

**PROPUESTA PARA LA INTEGRACION DE MECANISMOS DE CALIDAD DE
SERVICIO PARA SU IMPLEMENTACION EN DVB-RCS**



**CESAR AUGUSTO SIERRA FRANCO
DAVID FRANCISCO MARTINEZ MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYÁN
2007**

**PROPUESTA PARA LA INTEGRACION DE MECANISMOS DE CALIDAD DE
SERVICIO PARA SU IMPLEMENTACION EN DVB-RCS**

**CESAR AUGUSTO SIERRA FRANÇO
DAVID FRANCISCO MARTINEZ MUÑOZ**

Trabajo de Grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones

**Director
Ing. Mag. PEDRO VERA VERA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYÁN
2007**

TABLA DE CONTENIDO

1. ELEMENTOS RELEVANTES EN EL ACCESO SATELITAL DVB-RCS	1
1.1 Actores, Roles y Responsabilidades.....	1
1.1.1 Relación entre los Roles y Equipos.....	2
1.2 Principales componentes de una Red de Acceso Satelital.....	3
1.2.1 Terminal Satelital (ST).....	3
1.2.2 Gateway (GW).....	4
1.2.2.1 Arquitectura del Gateway.....	4
1.2.3 Arquitectura de Satélite Transparente.....	5
1.2.3.1 Características relevantes de la arquitectura	7
1.2.3.2 Protocolos de la capa de Enlace Lógico de la Red de Acceso Satelital.....	8
1.2.4 Arquitectura de Satélite Regenerativo.....	8
1.2.4.1 Características relevantes de la arquitectura	9
1.2.4.2 Stacks de Protocolos	10
2. CALIDAD DE SERVICIO Y APLICACIONES DE PRÓXIMA GENERACIÓN ..	13
2.1 SERVICIOS ORIENTADOS A LA COMUNICACIÓN	14
2.1.1 SERVICIOS CONVERSACIONALES.....	14
2.1.1.1 Escenario 1: VoIP entre usuarios de distintas redes de acceso	14
2.1.1.2 Escenario 2: VoIP entre usuarios pertenecientes a la red satelital.	16
2.1.1.3 Escenario 3: llamada multimedia (multimedia calling - MMoIP).....	17
2.1.1.4 Escenario 4: Conferencia Colaborativa.....	19
2.1.2 SERVICIOS INTERACTIVOS.....	21
2.1.2.1 Escenario 5: Compras en Línea	21
2.1.2.2 Escenario 6: Juegos Multiplayer.....	22
2.2 SERVICIOS ORIENTADOS A CONTENIDO	23
2.2.1 ENTREGA DE CONTENIDO	23
2.2.1.1 Escenario 7: Distribución Digital de Cine.	23
2.2.1.2 Escenario 8: Comunicación par a par ("Peer to Peer" - P2P).....	25
2.2.1.3 Escenario 9: Servicios de Mensajería.....	26
2.2.2 STREAMING.....	27
2.2.2.1 Escenario 10: Difusión.....	27
2.2.2.2 Escenario 11: Audio y Video bajo demanda.....	29
2.3 SERVICIOS ORIENTADOS A LA CONECTIVIDAD.....	31
2.3.1 Escenario 12: Backhaul WLAN o Extensión de WiMax.....	31
2.4 REQUERIMIENTOS PARA EL TRÁFICO DE SEÑALIZACIÓN.....	31
2.5 RESUMEN.....	33
3. ARQUITECTURA DE QoS EXTREMO A EXTREMO.....	35
3.1 Terminología Básica.....	35
3.1.1 NGN.....	35
3.2 PRINCIPIOS	36
3.3 Modelo General de Calidad de Servicio	37
3.3.1 Apreciación Global	37
3.3.2 El proceso de QoS	39
3.4 QoS en las Capas de Aplicación y Sesión	39
3.5 Calidad de Servicio en las capas de conexión y transporte.....	41
3.6 Arquitectura General.	43

4. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	44
4.1 REQUERIMIENTOS INDEPENDIENTES DEL SATÉLITE (Capas de conexión y transporte).....	44
4.1.1 Mecanismos de QoS a nivel IP	44
4.1.1.1 Intserv	44
4.1.1.2 DiffServ	45
4.1.2 Aspectos a nivel de Transporte.....	48
4.1.3 Control de Admisión basado en Políticas	48
4.2 REQUERIMIENTOS DEPENDIENTES DEL SATÉLITE.....	50
4.2.1 Mecanismos del Nivel 2.....	50
4.2.1.1 Mecanismos de Asignación de Capacidades en el nivel 2.....	50
4.2.1.2 Identificación de Conexión de Nivel 2	51
4.2.1.3 Método de Asignación de Capacidad para cada Conexión de Datos de Nivel 2	51
4.2.1.4 Eliminación de Paquetes de Nivel 2.....	53
4.2.1.5 Sincronización de las Características de QoS de los Enlaces de Bajada y de Retorno	53
4.2.2 Mecanismos de nivel 3	53
4.2.2.1 Clasificación de los flujos en el nivel 3	53
4.2.2.2 Priorización de los flujos en el nivel 3	54
4.2.2.3 Planificación de colas a nivel 3.....	54
4.2.2.4 Sincronización de las características de QoS de nivel 3 de los enlaces de bajada y de retorno.	54
4.2.3 Mecanismos de control de sincronización de nivel 2 y 3.....	54
4.2.4 Control de Admisión	55
4.3 REQUERIMIENTOS DE RENDIMIENTO.....	55
4.3.1 Parámetros de Rendimiento en Telefonía	55
4.3.1.1 General	55
4.3.1.2 Retardo E2E (extremo a extremo)	56
4.3.1.3 Retardos E2E	56
4.3.1.4 Pérdida de Paquetes E2E	56
4.3.1.5 Tiempos en la Configuración y liberación de llamadas	57
4.3.2 Parámetros de Rendimiento de otras Aplicaciones	58
4.4 RESUMEN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	61
5. INTEGRACION DE MECANISMOS DE QoS EN NIVELES 2 Y 3.....	62
5.1 Mapeo de elementos de QoS en la arquitectura de DVB-RCS.....	62
5.2 MAPEO DE LOS MECANISMOS DE QoS EN EL NIVEL 3	66
5.2.1 Funcionalidad del nivel 3	66
5.2.1.1 Funcionalidad en el Plano de Usuario.....	66
5.2.1.2 Funcionalidad en el Plano de Control.	66
5.2.2 Acondicionamiento de Tráfico.....	66
(Clasificación / Conformación / Vigilancia / Marcado).....	66
5.2.3 Puesta en Cola / Eliminación / Planificación.....	69
5.2.4 Soporte de QoS en el canal hacia delante	71
5.2.5 Soporte de QoS de Nivel 3 en el enlace de retorno.....	74
5.2.5.1 Apreciación Global.....	74
5.2.5.2 Rol del ST en el Soporte de QoS en el RL.....	74
5.2.5.3 Niveles de QoS en el Canal de Retorno	77
5.3 Mecanismos de QoS a Nivel 2 (MAC)	79
5.3.1 Introducción.....	79
5.3.2 Organización de recursos de Nivel 2.....	80
5.3.2.1 Recursos Lógicos (Direccionamiento de nivel 2).....	80
5.3.2.2 Recursos Físicos.....	85
5.3.3 Funcionalidad en la capa 2	86
5.3.3.1 Funcionalidad en el plano de Usuario.	86

5.3.3.2	Funcionalidad del Plano de Control	88
5.3.3.3	Generación y Distribución de Señalización e interfaz con la capa física	89
5.3.4	Control de Recursos	89
5.3.4.1	En el enlace de bajada.....	90
5.3.4.2	En el enlace de retorno.....	90
5.3.5	Control dinámico de recursos en el canal de retorno.....	90
5.3.5.1	Visión General.....	90
5.3.5.2	Organización de los recursos en el planificador.	91
5.3.5.3	Jerarquía de Planificación	93
5.3.5.4	Tipos de Capacidades en DVB-RCS	95
5.3.5.5	Mecanismos de Petición de Capacidad	99
5.3.5.6	Descripción del proceso de planificación de capacidades.....	100
5.4	Arquitectura de los equipos.....	102
5.4.1	Soporte de QoS en los ST	102
5.4.1.1	Descripción de los Módulos de QoS	103
5.4.2	Soporte de QoS en la GW	104
5.4.2.1	Descripción de los módulos de QoS.....	104
6.	CLASES DE TRÁFICO	106
6.1	Introducción	106
6.2	Clases de tráfico en la recomendación Y.1541 de la ITU	106
6.3	Clases de Trafico en 3GPP.....	108
6.4	Clases de tráfico BSM de la ETSI.....	109
6.5	Clases de Tráfico para los futuros sistemas DVB-RCS	113
6.5.1	Servicios examinados para las redes DVB – RCS de Próxima Generación	113
6.5.1.1	Clases de Tráfico Propuestas	114
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relaciones entre Roles	2
Figura 2. Relaciones entre Roles y Equipos.....	3
Figura 3. Arquitectura del Gateway[4]	5
Figura 4. Arquitectura Transparente – Topología en Estrella	6
Figura 5. Stack de Protocolos en un sistema de Satélite Transparente.....	8
Figura 6. Arquitectura Regenerativa – Topología en Malla.....	9
Figura 7. Comunicación en Estrella ST-GW	11
Figura 8. Comunicación en Malla entre STs.....	11
Figura 9. Comunicación en Estrella ST-GW	12
Figura 10. Comunicación en Malla entre STs.....	12
Figura 11. Escenario 1: VoIP #1.....	15
Figura 12. Escenario 2: VoIP #2.....	16
Figura 13. Escenario 3: Llamada multimedia.....	18
Figura 14. Escenario 4: Conferencia Colaborativa	20
Figura 15. Escenario 7: Distribución Digital de Cine.....	24
Figura 16. Escenario 8: P2P	26
Figura 17. Escenario 10: Difusión	28
Figura 18. Escenario 11: Audio y Video bajo Demanda	30
Figura 19. Planos involucrados en el transporte de la información [21].	37
Figura 20. Modelo General de QoS en Capas[34].....	38
Figura 21. QoS en las Capas de Aplicación y Sesión [34].....	40
Figura 22. QoS en las capas de Conexión y transporte [34].....	41
Figura 23. Arquitectura general para el control de recursos de Acceso [34]	42
Figura 24. Arquitectura General de QoS [34]	43
Figura 25. Arquitectura Diffserv.....	47
Figura 26. Estructura de Red Basada en Políticas de la IETF	49
Figura 27. Mapeo de los requerimientos de QoS del usuario ITU-T G.1010.....	58
Figura 28. ARQUITECTURA EN ESTRELLA.	63
Figura 29. ARQUITECTURA EN MALLA:	65
Figura 30. Método leaky bucket.	67
Figura 31. Método token bucket.	68
Figura 32. TCB genérico para DVB-RCS	69
Figura 33. Enrutador de Frontera como un nodo límite del dominio DS	72

Figura 34. Arquitectura Funcional de QoS de la “Gateway IP/DVB”	73
Figura 35. Arquitectura DiffServ Del ST	75
Figura 36. Transmisión con un PVC.....	84
Figura 37. Múltiples PVC.....	85
Figura 38. Áreas y canales sobre una trama MF-TDMA.....	92
Figura 39. Jerarquía de Planificación MAC – Topología de Acceso	94
Figura 40. Jerarquía de planificación MAC – Topología en malla.....	95
Figura 41. Soporte de QoS en los Terminales.....	103
Figura 42. Soporte de QoS en la GW.....	104
Figura 43. Mapeo de los servicios BSM de acuerdo a sus objetivos de rendimiento.	112

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los Requerimientos de cada Escenario	33
Tabla 2. Segmento del mercado de cada escenario y ventaja del satélite regenerativo ..	34
Tabla 3. Códigos DSCP para el perfil PHB AF	46
Tabla 4. Requerimientos de Retardo E2E	56
Tabla 5. Requerimientos de Retardos para una conversación E2E	56
Tabla 6. Requerimientos de Pérdida de Paquetes E2E	56
Tabla 7. Requerimientos en la configuración de Llamadas VoIP	57
Tabla 8. Valores estimados en la liberación de la llamada.....	58
Tabla 9. Objetivos de rendimiento para aplicaciones de Audio y Video ITU – T G.1010..	59
Tabla 10. Objetivos de rendimiento para aplicaciones de Datos ITU – T G.1010	60
Tabla 11. Principales mecanismos a mapearse en la arquitectura DVB – RCS.....	61
Tabla 12. Ejemplo del mapeo de clases de servicio dentro de los tipos de capacidad.....	99
Tabla 13. Objetivos de rendimiento de Red y Clases de QoS IP	107
Tabla 14. Tipos de servicio para la ITU-T y su tolerancia en cuanto al funcionamiento .	108
Tabla 15. Clases de QoS en 3GPP (UMTS)	109
Tabla 16. clases de tráfico BSM	111
Tabla 17. Clases de tráfico sugeridas para las futuras redes DVB- RCS.....	115

ACRONIMOS

- 3GPP** 3rd Generation Partnership Project
- ACSS** Access Control SubSystem (Subsistema del control de acceso).
- AF** Assured Forwarding (Reenvío Asegurado)
- AG** Access Gate (Compuerta de Acceso)
- ATM** Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia asíncrona)
- B2B** Business-to-Business (Negocio a Negocio)
- B2C** Business-to-Consumer (Negocio a Consumidor)
- BAS** Broadband Access Server (Servidor de Acceso de banda ancha)
- BA** Behaviour Aggregates (Comportamiento agregado por salto)
- BE** Best Effort (Mejor Esfuerzo)
- COPS** Common Open Policy Service (Protocolo Común Abierto para el Servicio de Políticas)
- CoS** Class of Service (Clase de Servicio)
- CPE** Customer Premises Equipment (Equipo de las premisas del usuario)
- CRA** Continuous Rate Assignment (Asignación de tasa constante)
- CSCF** Call Session Control Function (Funcion de control de llamada)
- DAMA** Demand Assignment Multiple Access (Asignación de recursos bajo demanda)
- DiffServ** Differentiated Services (Servicios Diferenciados)
- DVB** Digital Video Broadcast (Difusion de Video digital)
- E2E** End-to-End (Extremo a Extremo)
- EF** Expedited Forwarding (Reenvío Expedito)
- ETSI** European Telecommunications Standards Institute (Instituto Europeo de Estándares en Telecomunicaciones)
- FCA** Free Capacity Assignment (Asignación libre de capacidad)
- FIFO** First In First Out (Primero en entrar, primero en salir)
- FLSS** Forward Link SubSystem (Subsistema en el enlace hacia adelante)
- FRED** Flow RED (RED de flujo)
- GMSS** GW Management SubSystem (Subsistema de gestión del GW)
- G-VBDC** Guaranteed VBDC (VBDC garantizada)
- GW** Gateway (Compuerta)
- IETF** Internet Engineering Task Force (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet)
- IN** Interactive Network (Red interactiva)

IntServ Integrated Services (Servicios Integrados)

IP Internet Protocol (Protocolo Internet)

LAN Local Area Network (Red de Área Local)

MF-TDMA Multi-Frequency TDMA (Acceso por división de Tiempo y Multi-Frecuencia)

MMoIP MultiMedia over IP (Multimedia sobre IP)

MPEG Motion Picture Expert Group

NCC Network Control Center (Centro de Control de Red)

NGN Next Generation Network (Redes de Próxima generación)

PCF Policy Control Function (función de control de políticas)

P-CSCF Proxy CSCF

PDP Policy Decision Point (Punto de Decisión de Políticas)

PEP Policy Enforcement Point (Punto de Aplicación de Políticas)

PHB Per Hop Behaviour (comportamiento por salto)

PID Packet Identifier (Identificador de paquete)

PPP Point-to-Point Protocol (Protocolo punto a punto)

PPPoE PPP over Ethernet (Protocolo punto a punto sobre ethernet)

PQ Priority Queuing (Puesta en cola por prioridad)

PVC Permanent Virtual Channel (Canal Virtual Permanente)

QoS Quality of Service (Calidad de Servicio)

RBDC Rate Based Dynamic Capacity (Asignación dinámica de tasa basada en capacidad)

RCS Return Channel over Satellite (canal de retorno por satélite)

RED Random Early Detection (Detección Aleatoria Temprana)

RFSS Radio Frequency SubSystem (Subsistema de radio frecuencia)

RLSS Return Link SubSystem (Subsistema del canal de retorno)

RR Round Robin

RSVP Resource ReSerVation Protocol (Protocolo de Reservación de Recursos)

SLA Service Level Agreement (Acuerdo de Nivel de Servicio)

SNO Satellite Network Operator (Operador de la red satelital)

SP Service Provider (Proveedor de Servicios)

ST Satellite Terminal (Terminal Satelital)

TBTP Terminal Burst Time Plan

TCA Traffic Conditioning Agreement (Acuerdo de Condicionamiento de Tráfico)

TCB Traffic Conditioning Block (Bloque de acondicionamiento de tráfico)

TCP Transmission Control Protocol (Protocolo de Control de la Transmisión)
TISS Terrestrial Interface SubSystem (Subsistema de interfaz con la red terrestre)
TS Transport Stream
VBDC Volume Based Dynamic Capacity (Asignación de capacidad basada en volumen)
VoIP Voice over IP (Voz sobre IP)
VPI Virtual Path Identifier (Identificador del camino virtual)
VPN Virtual Private Network (Red Privada Virtual)
WFQ Weighted Fair Queuing (Puesta en cola Justa Ponderada)
WRED Weighted RED (RED Ponderado)
WRR Weighted Round Robin (Round Robin Ponderado)

INTRODUCCION

La gran aceptación y acogida de los servicios de difusión de televisión por satélite, y la tendencia hacia una mayor utilización de servicios de telecomunicaciones de carácter interactivo y conversacional, dió lugar al desarrollo del estándar de comunicaciones ETSI EN 790 DVB-RCS, que permite que los usuarios interactúen con los proveedores de contenido sin la utilización de redes distintas a la satelital y a través del mismo terminal. Esta tecnología define las características para infraestructuras de acceso satelital capaces de prestar servicios diferentes a la televisión por demanda y a otros servicios de difusión tradicionales en las redes satelitales, de esta manera los sistemas DVB-S/DVB-RCS se adaptan para la oferta de telefonía y conexión de banda ancha a Internet, lo que ha ocasionado una combinación de diferentes tipos de tráfico sobre una misma red, creando la necesidad de un tratamiento diferenciado a estos flujos para garantizar la satisfacción del usuario y rendimiento de la red.

En el caso de los servicios en tiempo real se ha demostrado que Internet y la generación subyacente de protocolos y tecnologías que operan en base al paradigma "*Best Effort*" proporcionan insuficiente soporte a la calidad de servicio, en la actualidad la tendencia hacia las redes y servicios de próxima generación "NGN" exige a las tecnologías de redes de paquetes adoptar mecanismos y estándares que proporcionen los elementos necesarios para que la operación de la red se ajuste a las características de los servicios, con el fin de lograr un rendimiento óptimo tanto en el la aplicación como en la utilización de los recursos de la Red.

Estos aspectos de QoS necesitan ser analizados cuidadosamente para redes satelitales debido a las características específicas de los servicios, muchos de naturaleza de tiempo real, y a las particularidades de los sistemas de acceso DVB-RCS basados en satélites geoestacionarios (retardo y acceso múltiple).

El objetivo principal del presente trabajo de grado es identificar mecanismos de calidad de servicio para su integración en redes de acceso bajo el estándar de comunicaciones por satélite DVB-RCS con el fin de lograr QoS extremo a extremo entre redes satelitales y terrestres.

Para lograr este objetivo general, el documento se organiza en seis capítulos, que abordan los siguientes temas: En el primer Capítulo, se proporcionan las características de los elementos involucrados en la comunicación satelital de banda ancha con DVB-RCS, que resulta útil para identificar los roles y actores presentes en la prestación de un servicio, así como la forma en que los subsistemas funcionales y arquitecturas interactúan en cada topología de red posible.

En el Capítulo 2, se identifican y analizan escenarios que requieren soporte de QoS extremo a extremo entre redes DVB-RCS y terrestres, para los que se hacen consideraciones relacionadas con las características de los servicios y la topología de la red, lo que permite identificar las necesidades de QoS en la prestación de servicios NGN desde la perspectiva de operadores y usuarios, que corresponde al primer objetivo específico del proyecto.

En los Capítulos 3 y 4 a partir de una arquitectura general de QoS, se identifican y analizan mecanismos de nivel 2 y 3 con base en los requerimientos y necesidades

encontradas, de esta manera se cumple con el segundo objetivo específico, y se proporcionan los fundamentos para que en el Capítulo 5 y 6 se analice con detalle la implementación de tales mecanismos en la arquitectura DVB-RCS.

En el Capítulo 5, partiendo de las arquitecturas y subsistemas definidas en el Capítulo 1, se explica con detalle la implementación a nivel 3 de “*DiffServ*” y sus mecanismos asociados adaptándolos no sólo a las particularidades de un acceso satelital, sino también a las condiciones y protocolos definidos en DVB-RCS. Al final del capítulo se muestra el diagrama en bloques del resultado de la integración de mecanismos en Gateway y Terminal Satelital.

Finalmente en el Capítulo 6, se proponen Clases de Tráfico para las redes DVB-RCS a partir de las características de los escenarios analizados en el Capítulo 2, y se mapean en las categorías de capacidad DVB-RCS.

Con los resultados de estos dos capítulos: integración de mecanismos en las arquitecturas DVB-RCS y propuesta de Clases de Tráfico se cumple con el tercer objetivo que es: Generar una propuesta para la evolución de las redes DVB-RCS integrando mecanismos y elementos asociados a la QoS.

La metodología presentada con detalle en el documento y desarrollada a lo largo del proyecto: definición de arquitecturas de referencia, estudio de escenarios, identificación de mecanismos e integración de mecanismos en las arquitecturas, presenta una secuencia lógica que proporciona abundante información y análisis sobre el tema, lo que hace de este trabajo una referencia metodológica adecuada para abordar la implementación de QoS en redes DVB-RCS, propósito que corresponde al cuarto y último objetivo del trabajo de grado.

El documento finaliza con una serie de conclusiones y recomendaciones futuras que se derivan de los aportes y perspectivas de esta investigación.

1. ELEMENTOS RELEVANTES EN EL ACCESO SATELITAL DVB-RCS

1.1 Actores, Roles y Responsabilidades

Es importante distinguir los actores, roles y responsabilidades en la comunicación satelital con DVB-RCS ya que esto permite agrupar y diferenciar las funciones que se deben llevar a cabo para la prestación de un servicio de telecomunicaciones a través de una red satelital.

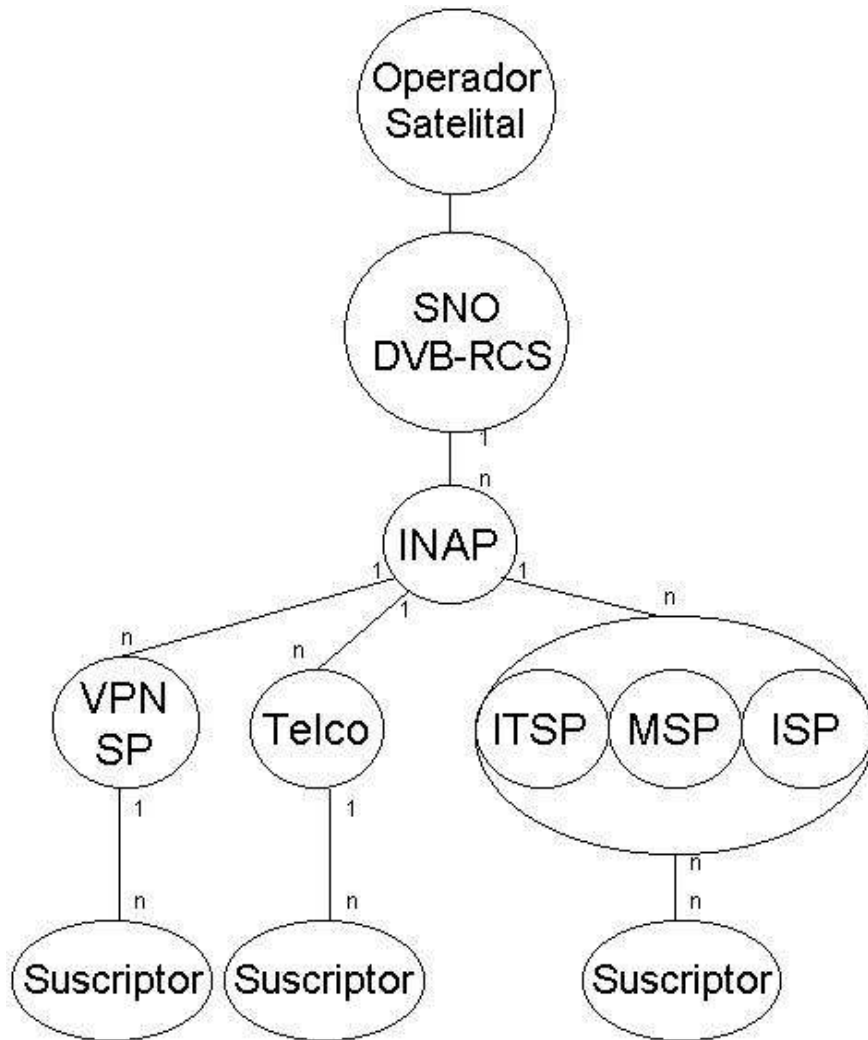
Un rol define un conjunto de procesos que implican funciones de gestión, los actores son aquellas entidades reales que tienen a cargo uno o más roles, por ejemplo, una compañía es un actor, el cual puede tener 2 o más roles (Operador de red satelital e INAP).

En [1] y [2] se da una descripción de los actores, roles y responsabilidades para proyectos sobre el satélite Amazonas, pero esta caracterización también es extensible a otros operadores de satélite, tanto en el acceso a la red satelital por medio de sistemas transparentes o regenerativos.

A continuación se presentan los roles presentes en un escenario DVB-RCS:

- **Operador de la red Satelital (SNO, *Satellite Network Operator*):** Es el propietario y el responsable de mantener, gestionar y operar el sistema RCS excluyendo los terminales (GW y ST), además es el responsable de tráfico global y las funciones de gestión en la red satelital en términos de rendimiento.
- **Operador del Satélite:** es el propietario y el responsable de mantener, gestionar y operar el satélite. En sistemas de satélites regenerativos estos intercambian información de configuración y estado del procesador a bordo del satélite con el SNO.
- **Proveedor de acceso a la red interactiva (INAP, *Interactive Network Access Provider*):** es quien brinda las redes satelitales virtuales (VSN, *Virtual Satellite Networks*) a los proveedores de servicio y las conexiones en estrella a los suscriptores. Un suscriptor solo se puede vincular con un INAP, el cual le permite beneficiarse de los servicios ofrecidos por los proveedores de servicios. El INAP es también responsable de compartir y gestionar recursos entre las VSNs.
- **Proveedores de Servicio (SP, *Service Providers*):** estos brindan un amplio rango de servicios incluyendo aquellos que se encuentran en redes terrestres. Se pueden identificar una gran variedad de proveedores de servicio, como por ejemplo los proveedores de acceso a Internet (ISP, *Internet Service Provider*), proveedores de servicios multicast (MSP, *Multicast Service Provider*), Proveedores de servicio de teléfono por Internet (ITSP, *Internet Telephony Service Provider*), Compañías Telefónicas (Telco, *Telephony Company*), y proveedores de VPN (VPN-SP).
- **Suscriptores:** son quienes usan los servicios interactivos que brinda el INAP. Estos tienen contratos con varios SPs para obtener dichos servicios, sin embargo, generalmente el uso de los servicios se delega a los usuarios finales.
- **Usuarios (o usuarios finales):** estos se conectan directamente o mediante una LAN al ST; se puede dar el caso en el que varios usuarios compartan un mismo ST haciendo uso de las aplicaciones suministradas por los proveedores de servicio.

Figura 1. Relaciones entre Roles



En la figura 1 se muestran las relaciones entre los roles mencionados, por ejemplo se puede observar que un SNO puede estar asociado a varios (n) INAPs, y de esta forma se presentan las relaciones entre INAP, SPs y suscriptores.

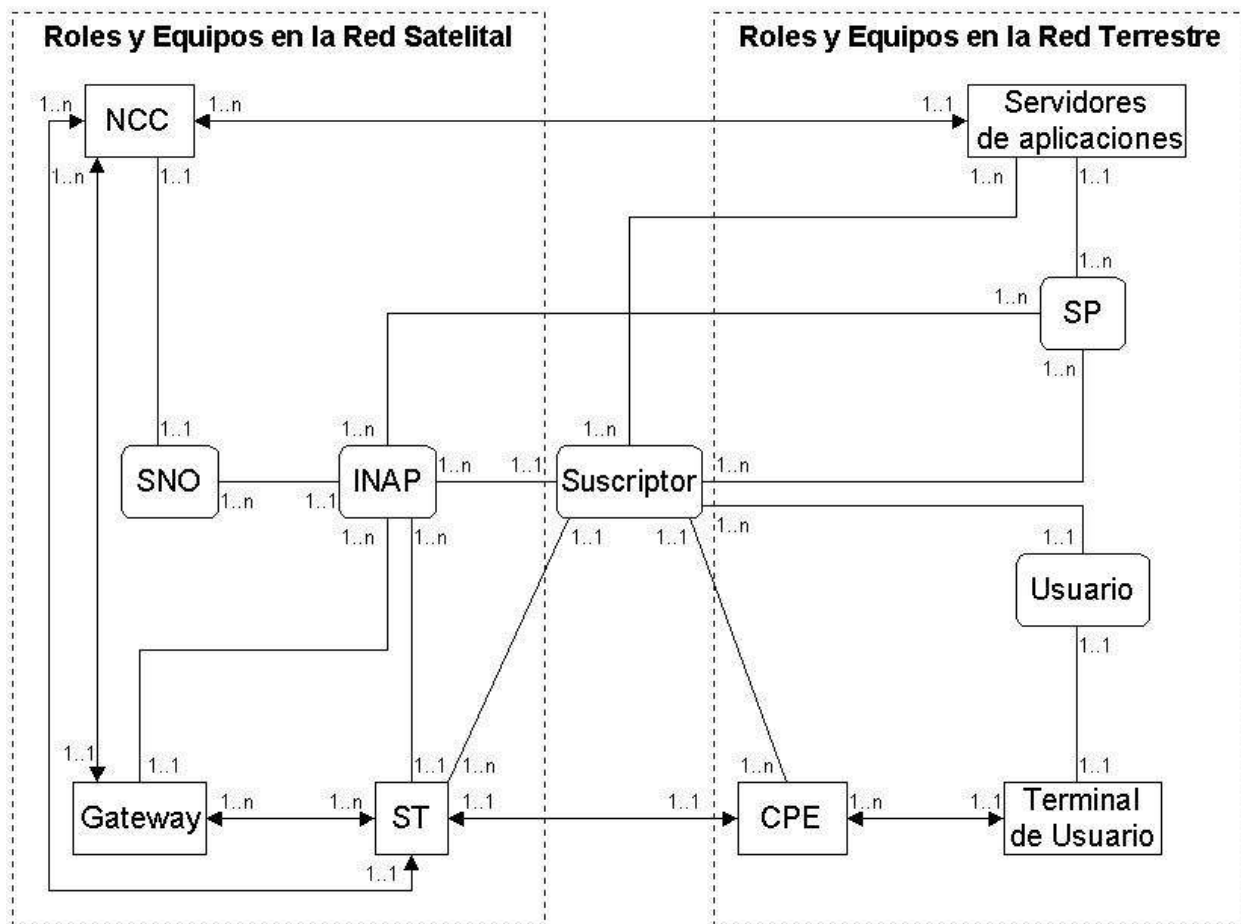
1.1.1 Relación entre los Roles y Equipos

En la figura 2 se muestran las relaciones entre los roles (cuadros redondeados) y los equipos (cuadrados), donde:

- Los enlaces significan “operan”. Se define entonces una cardinalidad.
- Las flechas de doble sentido indican comunicación.

Este modelo es válido tanto para las topologías en estrella como en malla, esto es, para sistemas de satélite transparente o regenerativo, respectivamente.

Figura 2. Relaciones entre Roles y Equipos



Los números que acompañan cada enlace o comunicación en la gráfica, indican la relación entre las dos entidades, por ejemplo, en el enlace entre INAP y ST del lado del INAP aparece: 1..n, lo que indica que un INAP puede operar n STs, y del lado del ST aparece: 1..1, lo que indica que un ST es operado únicamente por un sólo INAP, de esta forma se expresan las relaciones entre los demás roles y equipos que aparecen en la figura 2.

1.2 Principales componentes de una Red de Acceso Satelital

1.2.1 Terminal Satelital (ST)

El ST es el componente de destino de los flujos de transporte y proporciona la interfaz para los equipos en las premisas del usuario, como teléfonos de VoIP, PCs o equipos de red: Enrutadores LAN, Switches o hubs Ethernet.

En el Anexo que hace referencia a los aspectos de nivel físico de DVB-RCS se amplían las características y funciones de los subsistemas que componen el ensamblaje mecánico del terminal satelital.

1.2.2 Gateway (GW)

La Gateway es el principal componente de la Red de Acceso Satelital, el cual maneja el tráfico entre las redes terrestres y los terminales satelitales. El sistema puede requerir el soporte de varios GW con el fin de proporcionar a los proveedores de servicio (SPs) y suscriptores más capacidad satelital que lo que puede soportar un solo GW. La red de acceso satelital debe realizar gestión del recurso de radio con el fin de realizar una utilización eficiente de la capacidad del satélite. La GW está involucrada en la gestión de los recursos del satélite que se le asignan.

En adelante se considerará una red interactiva DVB con un solo GW, ya que las funciones de gestión de los recursos del satélite se centralizan en el Centro de Control de Red (NCC, *Network Control Center*) incorporado en el HUB (NCC+GW) que por simplicidad se denotará como GW.

También se deben gestionar los componentes del sistema, ésta funcionalidad puede ser realizada por un controlador dedicado, preferiblemente el INAP designa al GW para gestionar los STs.

1.2.2.1 Arquitectura del Gateway

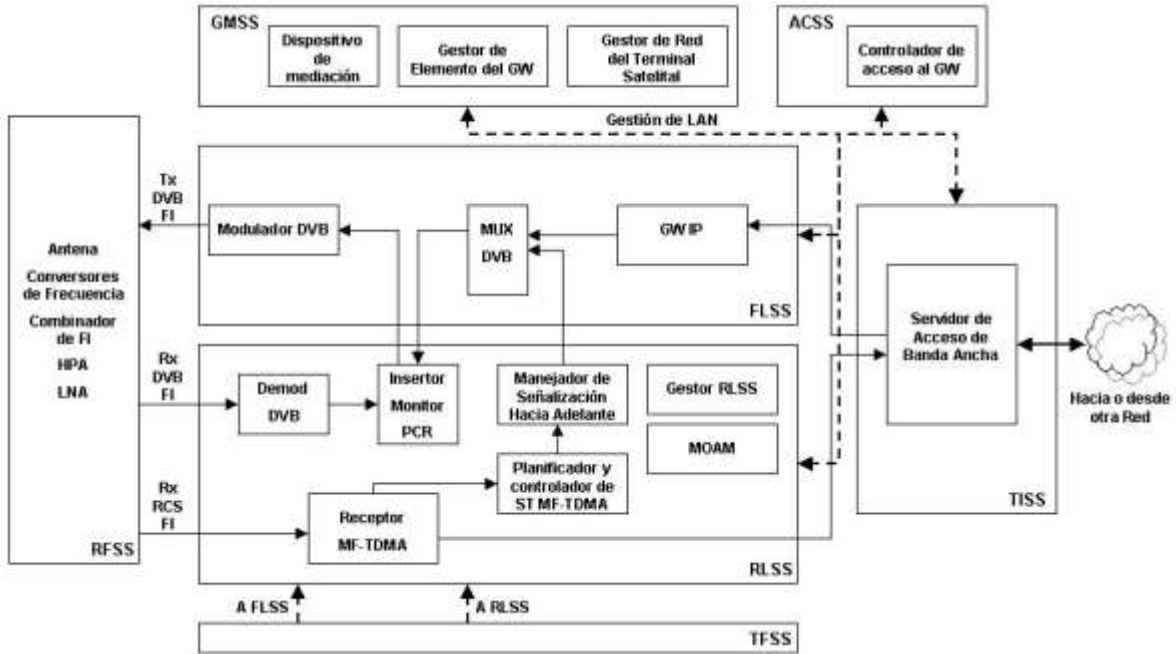
A continuación se describen los componentes de la arquitectura del "Gateway" DVB-RCS Alcatel 9780 [3], estos subsistemas proporcionan una referencia para identificar las funciones que se llevan a cabo internamente y su relación con el tráfico externo ya sea proveniente de los STs o de las redes a las cuales se interconecta el acceso satelital.

- **Subsistema del Canal hacia delante (FLSS, *Forward Link Sub-System*):** Este subsistema contiene todas las funciones MAC relacionadas con la operación del canal hacia delante. Sus elementos principales son el modulador DVB y el encapsulador IP a MPEG.
- **Subsistema del Canal de Retorno (RLSS, *Return Link Sub-System*):** este posee todas las funciones que se requieren en el "gateway" para procesar la información del canal de Retorno. Entre las funciones mas importantes realiza sincronización, control de potencia, planificación y control de conexión.
- **Subsistema de Interconexión Terrestre (TISS, *Terrestrial Interface Sub-System*):** Este realiza la interconexión entre los subsistemas FLSS/RLSS y la red terrestre. Dependiendo de las opciones este puede incluir un simple enrutador de frontera o un servidor de acceso de banda ancha (BAS, *Broadband Access Server*). El BAS ofrece funciones de enrutamiento, gestión de suscriptores e incluso funciones de QoS para ATM e IP.
- **Subsistema de Tiempo y Frecuencia (TFSS, *Timing and Frequency Sub-System*):** Este modulo es el encargado de generar un reloj de referencia estable de 10 Mhz al "Gateway" y suministrar un tiempo de referencia de 1 pulso por segundo al RLSS para realizar la sincronización.
- **Subsistema de control de acceso (ACSS, *Access Control Sub-System*):** este maneja la autenticación y el acceso de los ST, asignando identificadores y gestionando el ancho de banda para el FLSS y el RLSS de acuerdo a los SLA definidos en el GMSS, permitiendo realizar SLAs dinámicos gracias a la interacción con servidores de sesión, posibilitando la re-configuración de los parámetros de Tráfico del RLSS y FLSS.

- **Subsistema de Gestión del Gateway (GMSS, Gateway Management Sub-System):** Incluye todas las funciones de gestión del Gateway y de los ST.

En la figura 3 [4] se proporciona una ilustración de los componentes principales del "Gateway" y sus relaciones.

Figura 3. Arquitectura del Gateway[4]



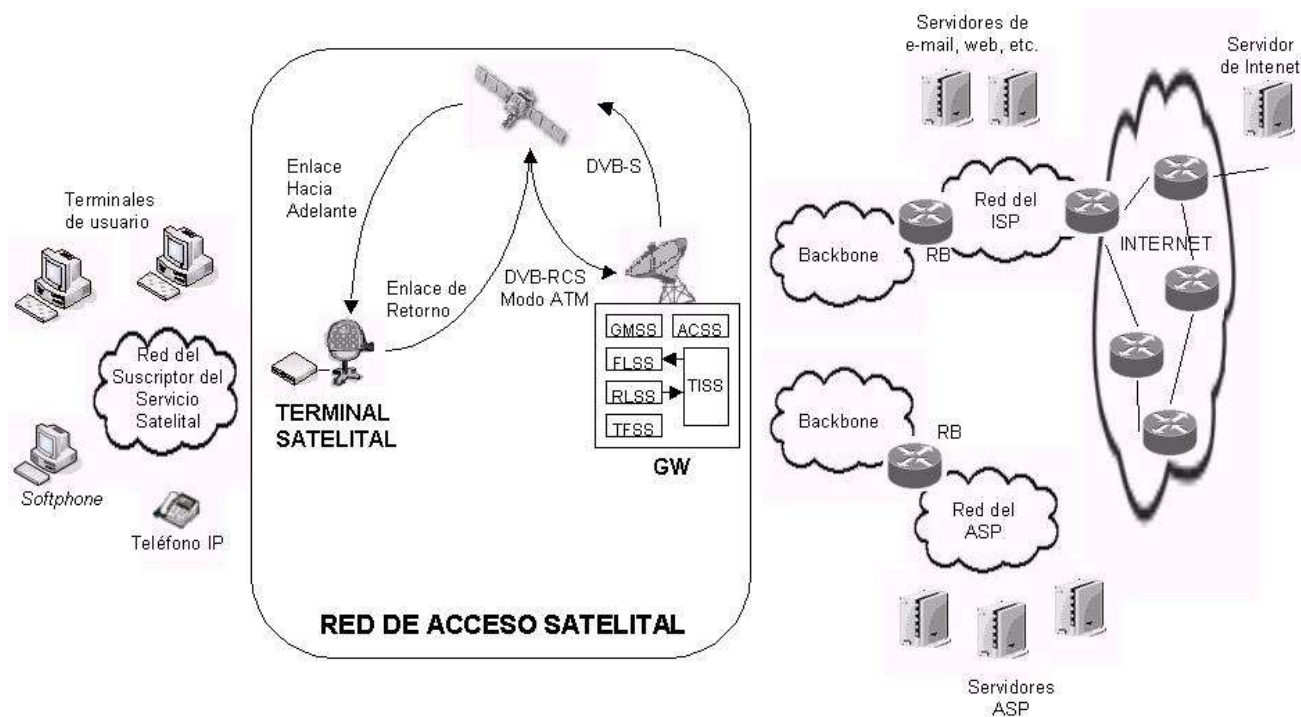
El subsistema de radiofrecuencia gestiona las funciones de la antena, este componente no se estudia a fondo ya que no posee implicaciones directas sobre la QoS.

Las funciones de estos componentes del Gateway varían dependiendo de la arquitectura de satélite, ésta descripción corresponde a un sistema de satélite transparente, para los sistemas regenerativos las diferencias se resaltan en la sección 1.3.2.1.

1.2.3 Arquitectura de Satélite Transparente

En la arquitectura Transparente [5] los componentes de la red de acceso satelital (GW y ST) comunican a los subscriptores con el backbone hacia la red del SP, como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Arquitectura Transparente – Topología en Estrella



La transparencia del satélite requiere que el ST tenga un receptor MPEG2 basado en DVB y un transmisor DVB-RCS, de igual forma el GW debe contar con un receptor basado en DVB-RCS y un transmisor DVB-S MPEG2, esto imposibilita la conexión directa en malla entre STs utilizando un solo salto de satélite, en [6] se analizan las topologías de red en estrella y malla para DVB-RCS.

La arquitectura de satélite transparente da la posibilidad de ofrecer servicios de acceso a internet o intranets, pero presenta inconvenientes frente a las topologías VPN y sus servicios asociados, aunque se pueden obtener a través de métodos de enrutamiento dentro del GW, el doble salto reduce enormemente la interactividad de los servicios que pueden surgir, el rendimiento de estos servicios para diferentes topologías se analizarán en el Capítulo 2.

Los suscriptores a los servicios de la red satelital pueden ser:

- Residenciales
- SOHO (Small Office Home Office)
- Residenciales + Teletrabajadores
- Corporativos

En los tres primeros casos se tienen varios usuarios por red de suscriptor, en contraparte para un cliente corporativo sólo se maneja un suscriptor.

Las redes de suscriptores incluyen una variedad de equipos en las premisas del usuario (CPE) que incluyen PCs, Televisores, Teléfonos IP con interfaz Ethernet o *Softphones*. Para el caso de suscriptores con acceso compartido al ST (*multi-dwelling*), el Proveedor de Acceso proporciona un punto de acceso que proviene del ST, desde ese punto la distribución a los suscriptores se puede hacer a través de tecnologías como Ethernet, DSL, WLAN, incluso WiMAX.

En una Red de Acceso Satelital con Satélite Transparente, se debe considerar:

- Un Proveedor de Servicios de Red (SP) cuya red puede ser pública como es el caso de un Proveedor del Servicio de Internet (ISP), Proveedores del Servicio de Aplicaciones (ASP) como *Multicast* (MSP) o Telefonía por Internet (ITSP).
- La red del SP puede ser privada como en el caso de las VPN
- La red interconecta el GW con las redes del SP que pueden ser una variedad de *backbones* interconectados que son por lo general propiedad de un operador de telecomunicaciones que se denota como: Proveedor de Acceso a la Red (NAP).

La red de acceso y la del SP son interconectadas en los routers de borde (ER).

El NAP e INAP pueden ser la misma entidad, para este caso y si el backbone es nulo, es decir, que hay una interconexión directa entre el GW y la red del SP, el ER se localiza en el GW.

Un ISP proporciona acceso a Internet, una dirección IP y servicios de Internet, mientras que un ASP ofrece servicios de aplicaciones tales como: telefonía, video-telefonía, video bajo demanda, juegos, etc.

Los Acuerdos de Nivel de Servicio (SLAs) entre NAP y ASPs generalmente incluyen una especificación de la Calidad de Servicio y las garantías de seguridad ofrecidas por éstas entidades.

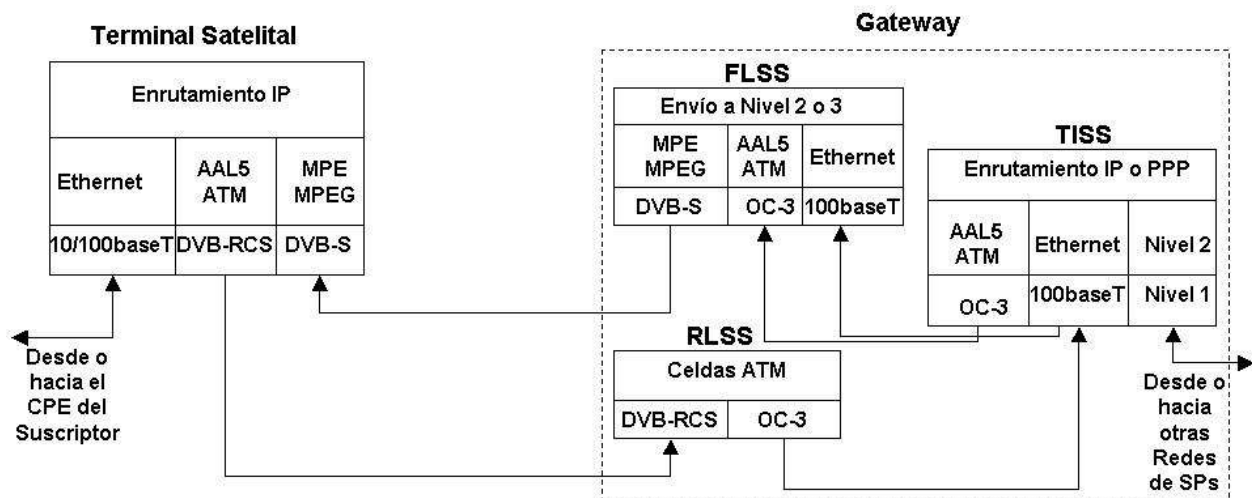
La suscripción de un usuario al ISP comúnmente consta de una tarifa plana que cubre el costo del NAP e ISP. En una suscripción a un ASP por lo general se combina una tarifa plana con un pago adicional por llamada o por invocación del servicio.

1.2.3.1 Características relevantes de la arquitectura

- El throughput máximo proporcionado por el GW en el enlace hacia delante es: 40 Mb/s
- Las posibles velocidades de la portadora de datos en el enlace de retorno, para varios tipos de suscripción, son:
 - 144 Kb/s;
 - 384 Kb/s;
 - 2048 Kb/s
- El número de STs activos simultáneamente va de 1000 a 10000
- El número de SPs simultáneos es de: 5

1.2.3.2 Protocolos de la capa de Enlace Lógico de la Red de Acceso Satelital

Figura 5. Stack de Protocolos en un sistema de Satélite Transparente



1.2.4 Arquitectura de Satélite Regenerativo

En un sistema de satélite regenerativo [5], un ST es un terminal DVB-RCS capaz de trabajar con los modernos satélites con carga regenerativa, los cuales tienen los siguientes tres segmentos principales:

- El segmento espacial, el cual está compuesto de un satélite con procesador a bordo (OBP) y su infraestructura de control asociada. El OBP es un tipo de circuito que maneja paquetes MPEG2.
- El segmento terminal, el cual es compuesto por los STs que pueden ser conectados a una red externa, caso en el que se denotan como GW como en la arquitectura transparente, o al equipo de las premisas del usuario STs directamente o a través de una LAN. La parte de ST de un GW se denota como GW-ST.
- El segmento de control y gestión, el cual incluye un centro de gestión de red (NMC) para las operaciones de configuración de alto nivel que no son en tiempo real y un centro de control de red (NCC) para los controles en tiempo real. En el sistema considerado, las funciones NMC y NCC están localizadas detrás del mismo ST, denotada como NCC-ST. Esos tres elementos componen la estación de gestión (MS).

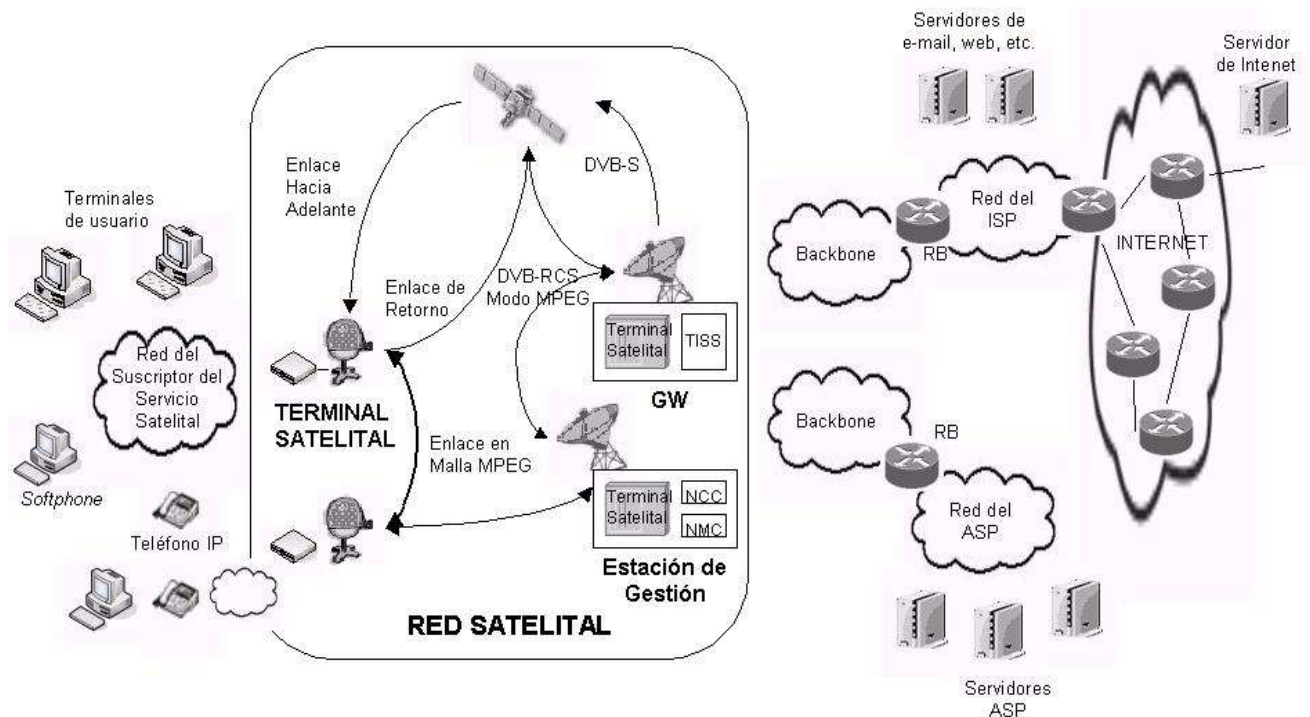
Tal arquitectura permite completa conectividad en malla gracias al OBP, el cual tiene capacidad de demodulación y decodificación, permitiendo recuperar las señales en banda base y el acceso a la información de señalización, que hace posible la implementación de algunas funciones de control a bordo del satélite.

Para efectos de simplicidad, en esta arquitectura se considera una sola Red Interactiva DVB, en la que el NCC es el equipo que controla y gestiona en forma centralizada el sistema.

Para esta arquitectura los terminales utilizan el modo de transporte MPEG-2 y el OBP tiene la capacidad de manejar dichos paquetes.

La figura 6 ilustra un ejemplo de la Topología de Red Regenerativa.

Figura 6. Arquitectura Regenerativa – Topología en Malla



1.2.4.1 Características relevantes de la arquitectura

- El sistema transporta los datos dentro de paquetes MPEG-TS.
- El enlace de subida utiliza MF-TDMA con el estándar DVB-RCS.
- El tráfico del enlace de bajada es completamente compatible con DVB-S.
- Un procesador digital a bordo del satélite permite enrutar de una forma flexible paquetes MPEG desde el enlace de subida hacia los haces del enlace de bajada.
- El sistema soporta tanto tráfico simétrico, como también tráfico en ráfagas generado por un amplio número de usuarios, debido a la asignación dinámica.
- El control y gestión de recursos es manejado de forma centralizada por el Operador de Red Satelital.

Las velocidades típicas a nivel MPEG en el enlace de subida son:

- 518 Kb/s para ST Clase 1
- 1.036 Mb/s para ST Clase 2
- 2.073 Mb/s para ST Clase 3
- 4.147 Mb/s para ST Clase 4, generalmente utilizado por los Gateways[7][5][8].

El sistema de satélite regenerativo proporciona a los usuarios los medios para [2][7]:

- Tener acceso a Internet o a una Intranet a través de la red satelital. El sistema RSAT comunica paquetes IP por medio del Gateway hacia la red terrestre del ISP o la red corporativa a la que está suscrito el usuario.
- Comunicarse en un solo salto satelital con otros usuarios de la RSAT que tienen suscripción al mismo ISP o que son parte de la misma Intranet o VPN.

Gracias a los sistemas regenerativos, los siguientes servicios pueden ser soportados por los proveedores [7], principalmente:

- Acceso a Internet o Intranet
- Multicast IP
- Interconexión de LANs
- Servicios de Audio y Video
- Servicios de difusión de Video
- Conmutación a bordo que permite la comunicación entre STs, o entre un ST y un GW localizados en diferentes haces.

Comparado con la topología en estrella de los sistemas de satélite transparente, el NCC, incluye un RLSS simplificado y el ACSS. El RLSS incluye un planificador MF-TDMA y un controlador de ST; el ACSS incluye un Gestor de Conexión y un sistema de gestión de ST. Además el NCC incluye funciones adicionales para gestionar la señalización RCS generada en el OBP.

El NMC es muy similar al GMSS de la arquitectura del Gateway para los sistemas transparentes, pero incluye funciones adicionales para gestionar el OBP.

El GW-ST incluye una parte modificada del FLSS y una parte RLSS modificada, el enlace hacia adelante maneja MF-TDMA de acuerdo a DVB-RCS pero genera varias portadoras en paralelo debido a los *modems* apilados, y el enlace de retorno es el enlace de bajada TDM proveniente del OBP.

1.2.4.2 Stacks de Protocolos

En esta sección se presentan los protocolos involucrados a nivel 1, 2 y 3 en la comunicación a través de DVB-RCS [7]. La posibilidad de 2 topologías para la operación de este tipo de redes (estrella y malla) permite identificar diferencias en el curso del tráfico de usuario y de señalización ya sea cuando la comunicación es entre STs o entre ST y GW [5].

1.2.4.2.1.Plano de Usuario

Figura 7. Comunicación en Estrella ST-GW

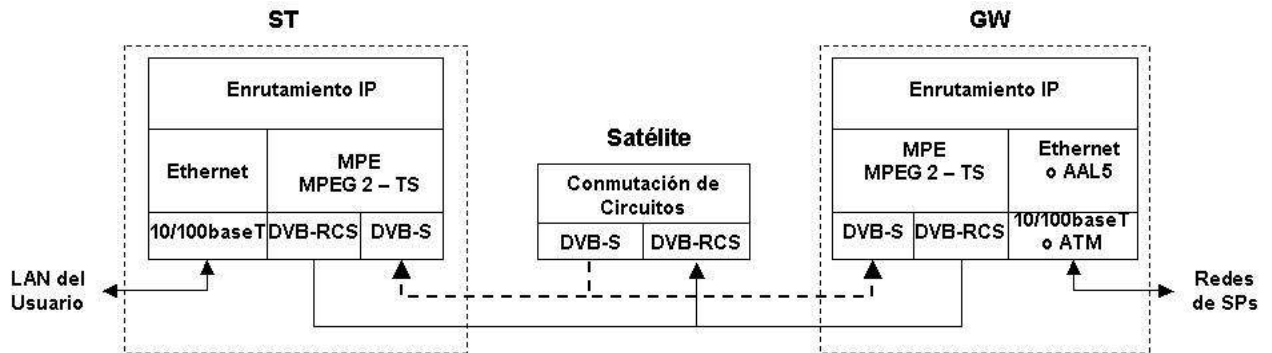
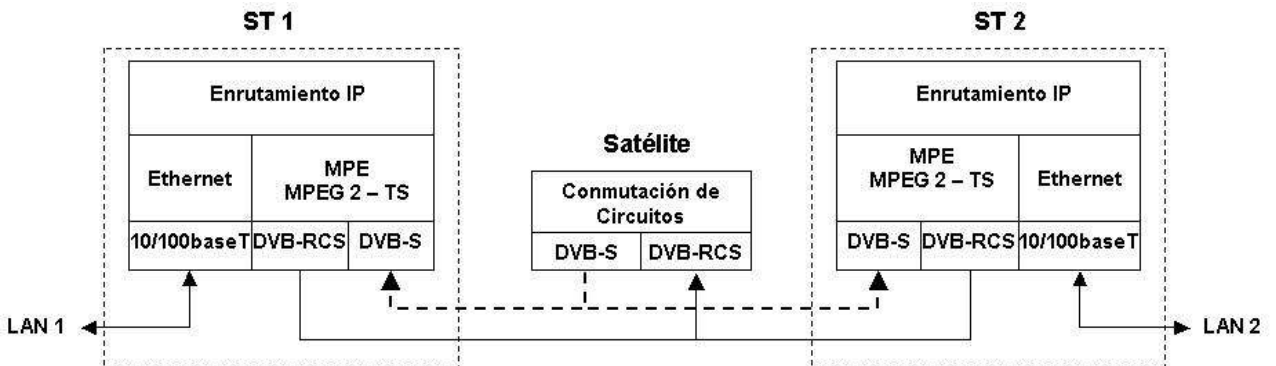


Figura 8. Comunicación en Malla entre STs



1.2.4.2.2. Plano de Control

Figura 9. Comunicación en Estrella ST-GW

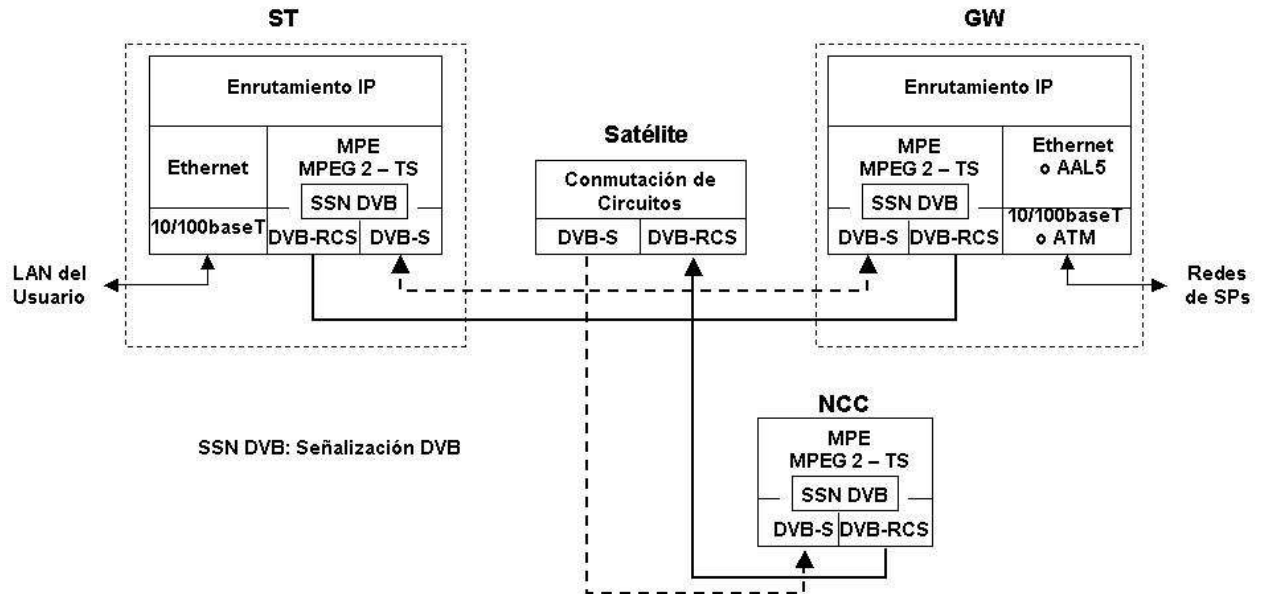
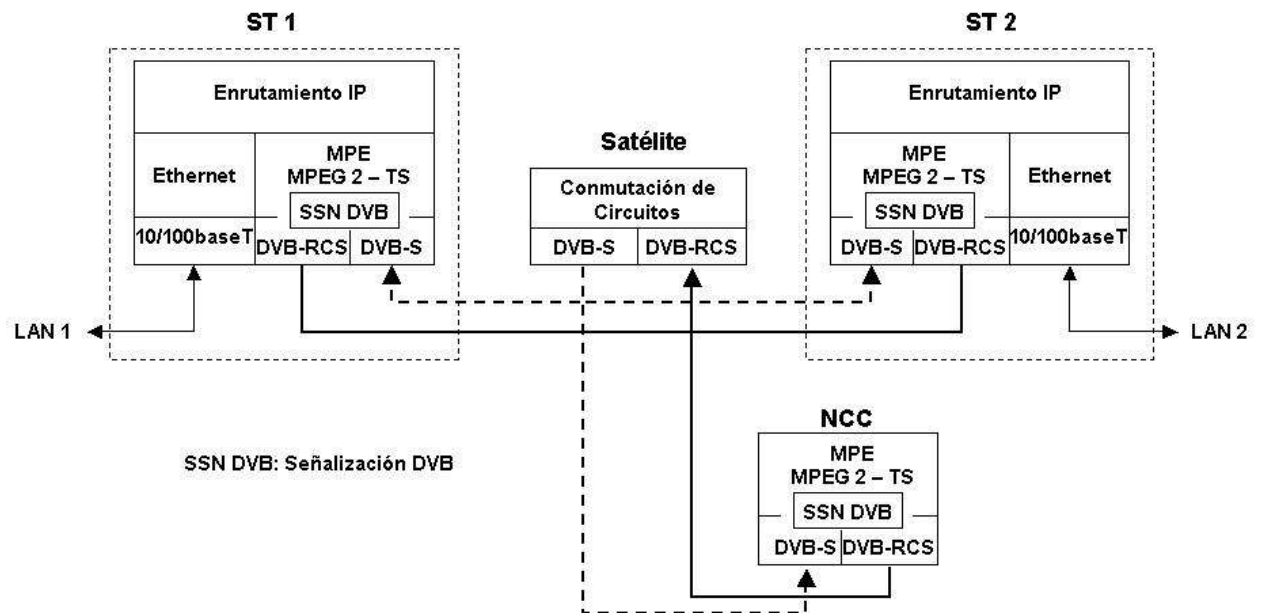


Figura 10. Comunicación en Malla entre STs



2. CALIDAD DE SERVICIO Y APLICACIONES DE PRÓXIMA GENERACIÓN

En este capítulo se hace un análisis cualitativo de las características de las aplicaciones más relevantes para las redes satelitales, como también de las que son posibles gracias al acceso satelital de banda ancha, los parámetros considerados son ancho de banda, retardo, “*jitter*” y pérdida de paquetes, ya que éstos son los que presentan una mayor variación entre una u otra aplicación en los distintos escenarios.

Teniendo como base los servicios de Internet, en [9] se presenta un esquema de clasificación de servicios, en donde aparecen: los servicios de Audio Digital, los Servicios Básicos de Datos, los Servicios de Valor Añadido, los Servicios Portadores de Datos y los Servicios de Video Digital, el listado de servicios que aparece en esta clasificación resulta útil para resaltar aquellos que presentan características importantes en un escenario satelital.

El propósito de éste capítulo es cumplir con el primer objetivo específico de la tesis: Identificar las necesidades de Calidad de Servicio en la prestación de servicios de Próxima Generación desde la perspectiva de operadores y usuarios de redes de acceso satelital. Para ello se debe tener en cuenta las necesidades inherentes a los servicios de próxima generación en especial si son de tiempo real y cuándo la operación del sistema sobre un satélite regenerativo representa una ventaja en términos del rendimiento del servicio o no es indispensable.

Para la selección de escenarios no sólo se tiene en cuenta el servicio como tal sino la ubicación de los usuarios, ya que en este aspecto para la comunicación entre redes satelitales y terrestres integradas se deben analizar unas variantes que son importantes y que tienen implicaciones en el rendimiento de los servicios, por ejemplo, cuando se establece la comunicación entre dos usuarios, en algunos servicios el comportamiento varía si ambos tienen un acceso satelital o si uno de ellos se conecta por satélite y el otro por medio de una red terrestre, ya que se debe analizar el número de saltos existentes en el enlace.

Considerando lo anterior las aplicaciones se clasifican en familias de servicio, en donde se resalta la naturaleza en tiempo real e interactividad, y en lugar de servicios portadores (ya que el análisis se centra en una sola tecnología de acceso), se analiza una familia de servicios orientados a la conectividad, en donde se plantean algunas características de la utilización del acceso satelital para extender una red inalámbrica tipo WLAN o WiMax, ya sea para interconectar redes de este tipo a través de satélite o para comunicarlas con un “*backbone*” terrestre.

Finalmente se hacen algunas consideraciones con relación al tráfico de señalización importantes para el INAP, y se resume lo identificado a lo largo del capítulo, señalando además la importancia de la utilización de sistemas de satélite regenerativo para cada escenario, todo esto con el fin de dar una indicación para que más adelante se identifiquen mecanismos de Calidad de Servicio que permitan a los operadores involucrados hacer una mejor gestión del tráfico y su vez una mejor utilización de los recursos del satélite.

2.1 SERVICIOS ORIENTADOS A LA COMUNICACIÓN

2.1.1 SERVICIOS CONVERSACIONALES

En esta familia de servicios se incluyen aquellas aplicaciones en tiempo real que comunican a dos o más personas. Las redes de próxima generación soportarán un gran número de servicios de telefonía que por su naturaleza avanzada, conllevarán a una evolución desde los servicios que sólo incluyen voz que se encuentran en la actualidad hacia servicios más complejos, como la telefonía audiovisual, las aplicaciones colaborativas, etc.

Las características de los servicios de comunicación interpersonal en tiempo real suponen de las redes de próxima generación desafíos significantes en términos de gestión de recursos. Estos servicios requieren recursos que estén disponibles bajo demanda y respondan a la petición del usuario en forma casi instantánea, ya que aún en los servicios telefónicos tradicionales se tienen tiempos cortos de acceso al servicio, los requerimientos de QoS tienden a ser exigentes y además necesitan ser mantenidos a lo largo de la llamada.

A continuación se presentan distintos escenarios que involucran diferentes aplicaciones que suministren servicios avanzados de comunicación e ilustran el tipo de recursos que necesitan las redes de próxima generación para soportarlos.

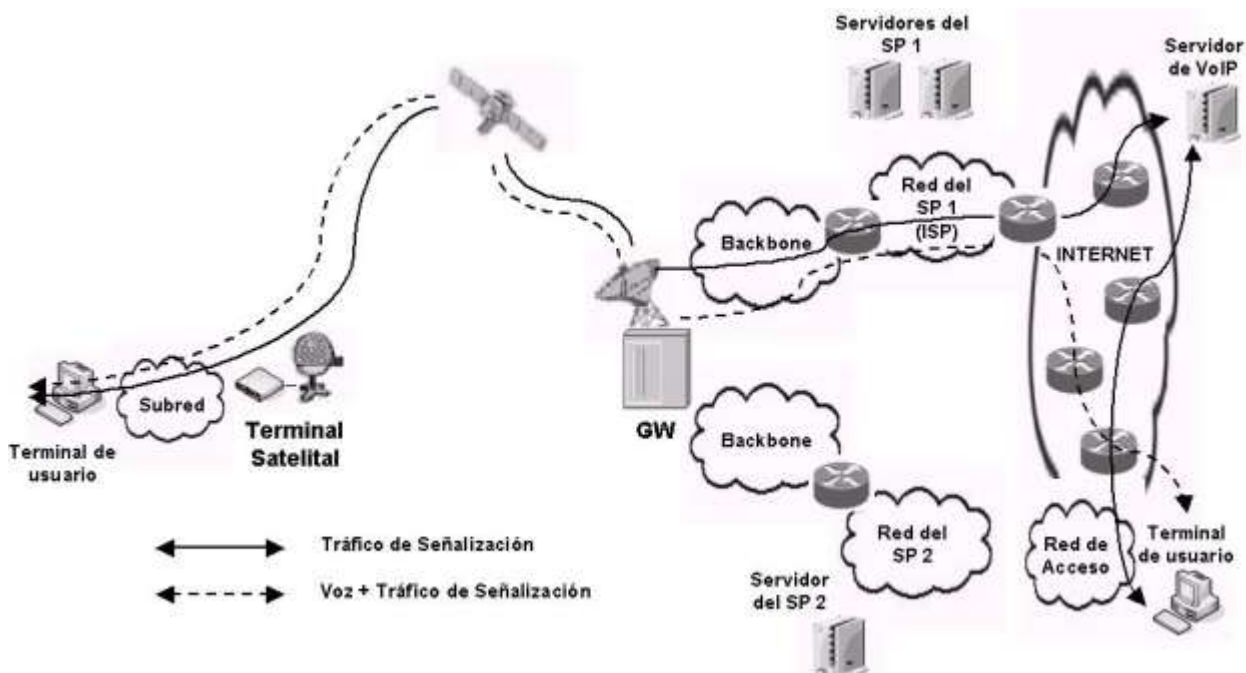
2.1.1.1 Escenario 1: VoIP entre usuarios de distintas redes de acceso

En este escenario se analiza la utilización de VoIP [10] en una red integrada [11], para ello se asume que un usuario que desea comunicarse con otro mediante una llamada de VoIP está conectado a una red terrestre y el otro a una red DVB-RCS.

Los eventos más relevantes que se llevan a cabo en esta comunicación son: en la fase de preparación, el terminal llamante inicia una secuencia de señalización para contactar al destino, para lo cual interactúa con uno o más servidores de llamadas y puede extenderse a varios dominios de servicio. El proceso de señalización de llamada a su vez da inicio al proceso de señalización de QoS con el fin de configurar los parámetros requeridos en el plano de transporte. Una vez que los recursos necesarios están disponibles los dos usuarios están en capacidad de comunicarse.

Se debe tener en cuenta que los recursos requeridos deben mantenerse vigentes durante una llamada de VoIP.

Figura 11. Escenario 1: VoIP #1



Análisis cualitativo del impacto sobre los parámetros básicos de desempeño:

Ancho de Banda: Un flujo de VoIP, requiere relativamente una baja cantidad de ancho de banda que deberá ser reservado durante toda la llamada, la cantidad de ancho de banda demandado dependerá de la calidad de voz deseada, pero comúnmente, está alrededor de unos pocos Kb/s. Dependiendo de las características del “codec” utilizado [12] el requerimiento de ancho de banda será variable o constante, por ejemplo, si la supresión de silencio está activada.

Pérdida de Paquetes: Una sesión de VoIP puede soportar un cierto grado de pérdida de paquetes, se podría decir que una tolerancia baja a media, y no requiere la completa confiabilidad en la capa de transporte, debido a la naturaleza de tiempo real del servicio, la retransmisión de paquetes no es pertinente.

Latencia: Un flujo de VoIP está limitado por un retardo extremo a extremo muy corto para el adecuado funcionamiento del servicio. Este tema es desafiante para las redes satelitales debido a la inevitable latencia introducida por los enlaces con satélites geoestacionarios. Sin embargo, es posible para las redes satelitales soportar servicios de voz con un razonable grado de calidad, gracias a las tecnologías de satélites regenerativos que permiten la operación de redes satelitales en malla.

Para este caso la topología incide en el número saltos que a su vez repercuten en el retardo que se introduce, algunas redes satelital/terrestre integradas incluyen un solo salto al satélite con retardo extremo a extremo menor o igual a 400 ms, que corresponde a la clase: *Narrowband/Acceptable* para la QoS en servicios de voz definidos por la ETSI en el proyecto TIPHON [13]. En contraste, las redes que incurren en doble salto al satélite solo son capaces de soportar una clase de QoS *Best Effort*, la más baja definida en el proyecto TIPHON y no define un umbral del máximo retardo aceptado.

Jitter: Debido a la necesidad de sincronización, un flujo de VoIP puede tolerar una baja cantidad de "jitter" [14].

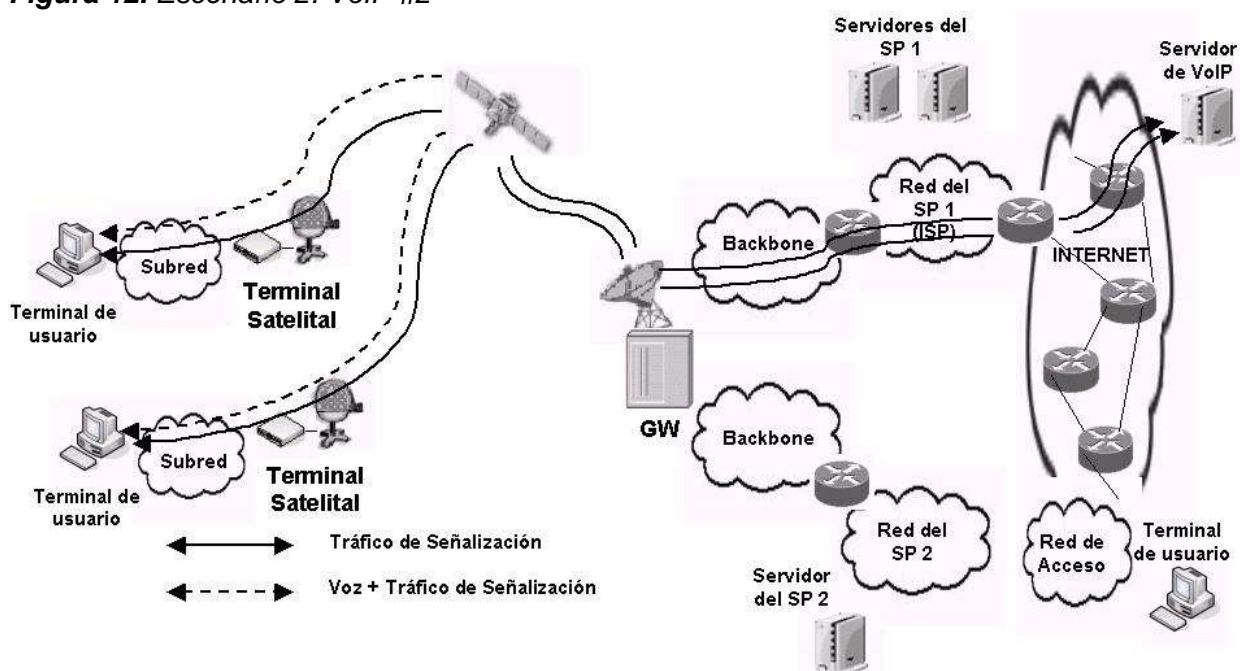
2.1.1.2 Escenario 2: VoIP entre usuarios pertenecientes a la red satelital.

En este escenario también se destaca el uso de VoIP sobre una red integrada. La diferencia con el escenario 1 es que en este caso los dos usuarios involucrados están conectados a una red DVB-RCS regenerativa. Aunque este caso podría considerarse como un escenario puramente satelital, ya que el tráfico de usuario no pasa por la red terrestre, se asume que para el tráfico de control se hace uso de un servidor de llamadas localizado en la red terrestre, la cual es una suposición válida y probable.

La secuencia de eventos es similar a la del escenario 1, inicialmente la fase de señalización de llamada tiene lugar, involucrando a los terminales VoIP (usados por los usuarios finales) y al servidor de llamadas en la red terrestre. Esta será seguida por una fase de señalización de QoS, para reservar los recursos requeridos por la sesión de VoIP. En este escenario se debe observar que los flujos de señalización entre el servidor de llamadas y cada terminal VoIP serán transportados sobre la red integrada mientras que los mismos entre los terminales VoIP serán transportados directamente sobre el satélite regenerativo. Una vez que se disponen los recursos necesarios, los dos usuarios finales podrán comunicarse entre sí, y su tráfico de voz será transportado directamente por el satélite regenerativo.

Así como en el escenario anterior, los recursos requeridos permanecen constantes durante la llamada requiriendo ser conservados desde el comienzo hasta el final de la comunicación.

Figura 12. Escenario 2: VoIP #2



El impacto sobre los parámetros claves en el desempeño del servicio, es muy similar al del escenario anterior, el único aspecto significativo, es que las llamadas VoIP entre usuarios de una red con satélite regenerativo, están habilitadas para soportar un umbral de retraso aceptable (<400 ms), en contraste con el caso en el cual los usuarios finales estuviesen en una red con satélite transparente, en el cual sería necesario realizar 2 saltos a través del satélite lo cual haría que el retraso fuera considerable.

2.1.1.3 Escenario 3: Llamada multimedia (multimedia calling - MMoIP)

Los servicios de llamada multimedia, conocidos también como multimedia sobre IP, son una ampliación de los servicios VoIP considerados anteriormente, con los cuales la comunicación entre usuarios es mejorada por el uso de una variedad de medios como video, audio, imágenes instantáneas y texto [8]. Las cantidades y tipos de medios utilizados por las aplicaciones MMoIP no están estrictamente definidos, dando lugar a un amplio número de servicios que pueden ser ajustados bajo el nombre de MMoIP.

Sin embargo, y sin tomar en cuenta las especificaciones para las actuales implementaciones, los servicios MMoIP pueden ser tipificados por su naturaleza de tiempo real y combinación de diferentes tipos de “media”. Otra característica importante es el aspecto dinámico de los diferentes “media” utilizados durante la llamada multimedia, y la forma flexible en la cual los usuarios pueden iniciar o terminar flujos de diferente tipo en el curso de una sesión multimedia.

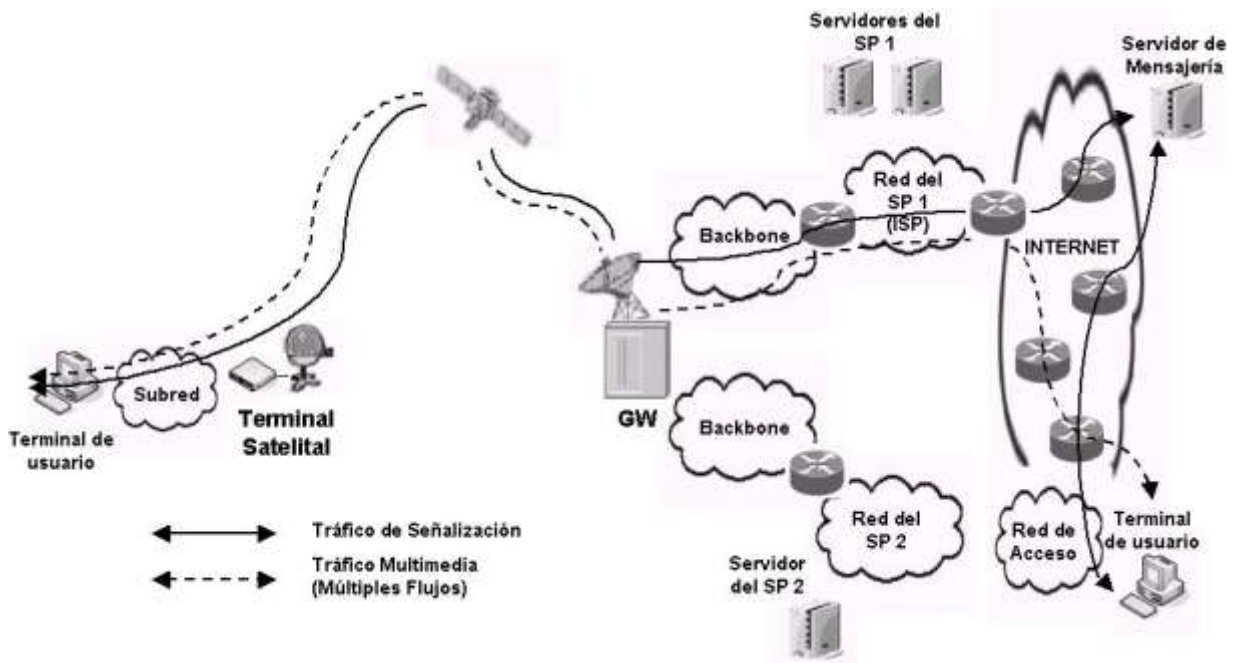
El escenario aquí planteado es justamente un ejemplo de una posible aplicación MMoIP para analizar su impacto en una red NGN. En este escenario, 2 usuarios (uno conectado a la red DVB-RCS y otro a la red terrestre) comienzan una conversación basada en texto usando un servicio de mensajería instantánea. En un cierto punto en el transcurso de la sesión los usuarios deciden enriquecer su conversación con el uso de audio/video y mejorar su comunicación hacia una videoconferencia (se asume que la comunicación tiene lugar por medio de un servidor de mensajería ubicado en la red terrestre responsable de gestionar la comunicación entre los usuarios para retransmitir la información enviada).

Se puede observar que este es un ejemplo relativamente sencillo, debido a que en la actualidad existen aplicaciones MMoIP más complejas con variedad de características adicionales como intercambio de archivos, capacidad de invitar otros participantes a la conversación basada en texto (pasando así de ser una conexión uno a uno a una de múltiples usuarios), etc. Algunas de estas características más avanzadas de las aplicaciones MMoIP son mencionadas en el escenario 4 (conferencia cooperativa).

De forma más detallada, la secuencia de eventos para este escenario podría ser la siguiente: durante la fase de establecimiento de la llamada, el mensaje del cliente que hace la llamada establece (punto a punto) un control de conexión con el servidor de mensajes y consulta el estado del usuario con el que se desea comunicar. Asumiendo que este se encuentra en línea, el servidor le envía un mensaje que le indica que se desean comunicar con él. Si éste acepta la petición el próximo paso será configurar una conexión punto a punto entre ambos clientes con los adecuados parámetros de QoS requeridos para el transporte de mensajes de texto. Una vez dichos recursos son dispuestos los dos clientes se encuentran en capacidad de intercambiar mensajes de texto directamente entre ellos.

Un proceso similar tiene lugar cuando los usuarios deciden cambiar la modalidad de conversación basada en texto a un modo de videoconferencia. Uno de los mensajes cliente pide el cambio usando un control de conexión al servidor y una vez la otra parte ha aceptado dicha petición, un nuevo proceso de señalización de QoS tiene lugar con el fin de configurar una conexión capaz de soportar los requerimientos de un flujo de datos audiovisual.

Figura 13. Escenario 3: *llamada multimedia*



En general los requerimientos de recursos para un servicio MMoIP dependen en gran medida de las características ofrecidas por la aplicación así como por el número y tipo de flujos utilizados durante la sesión. Para el escenario descrito anteriormente se usaron solo dos tipos de datos (texto y audio/video) que son considerados aisladamente.

Impacto en los parámetros básicos de desempeño para los Mensajes de Texto:

Ancho de Banda: El ancho de Banda requerido para una comunicación basada en texto es relativamente bajo, debido a que las cantidades de datos intercambiados son relativamente bajas, además, no es necesario que el ancho de banda asignado sea constante debido a la naturaleza *"bursty"* de la comunicación.

Perdida de paquetes: Para que la comunicación sea comprensible, los mensajes de texto deben ser transferidos de forma confiable.

Latencia: Puesto que la comunicación se lleva a cabo mediante mensajes de texto de forma instantánea e interactiva, esta se cataloga dentro de las aplicaciones en tiempo real, las cuales requieren una baja latencia, sin embargo, este tipo de comunicación puede soportar retardos de propagación mayores que las comunicaciones VoIP.

Jitter: Estas aplicaciones no son muy sensibles a las variaciones de retardos entre extremo y extremo.

Impacto en los parámetros básicos de desempeño para videoconferencia:

Ancho de Banda: Este requerimiento depende en gran medida de la calidad audiovisual deseada, para aplicaciones de videoconferencia en computador generalmente es suficiente con unos pocos cientos de Kb/s. Además debe tenerse en cuenta que la posible asimetría existente en este tipo de comunicaciones, debido a que los flujos en una dirección pueden necesitar mayores prestaciones que la otra, es el caso en el cual en una dirección haya un flujo de audio/video y solamente audio en la dirección contraria.

Perdida de paquetes: Este tipo de aplicación soporta un cierto grado de pérdida de paquetes, no requiere completa confiabilidad en la capa de transporte, ni tampoco retransmisión de paquetes debido a su naturaleza en tiempo real.

Latencia: La característica de tiempo real en las aplicaciones audiovisuales, impone requerimientos estrictos para el retardo extremo a extremo. Como se mencionó en el caso de VoIP, debido a la naturaleza del enlace satelital, es difícil lograr valores óptimos de latencia, sin embargo, con un correcto diseño de estas redes se puede soportar audio/video en tiempo real con una calidad razonable.

Jitter: debido a la necesidad de sincronismo, el “*jitter*” presente en los flujos MMoIP que transporten contenido audiovisual debe ser bajo.

2.1.1.4 Escenario 4: Conferencia Colaborativa

Este escenario representa una situación en donde un número de usuarios (una mezcla de usuarios satelitales y terrestres) hacen parte de una comunicación de un grupo amplio e intercambian información para propósitos de colaboración. El rango de capacidades de comunicación disponibles para los participantes varía desde el soporte de texto, hasta voz y video mezclados en el servicio. Similarmente, los tipos de información que son intercambiadas variarán dependiendo de las características de las implementaciones actuales, pero comúnmente incluyen elementos como las pizarras compartidas, la edición compartida de documentos, distribución de archivos compartidos, etc.

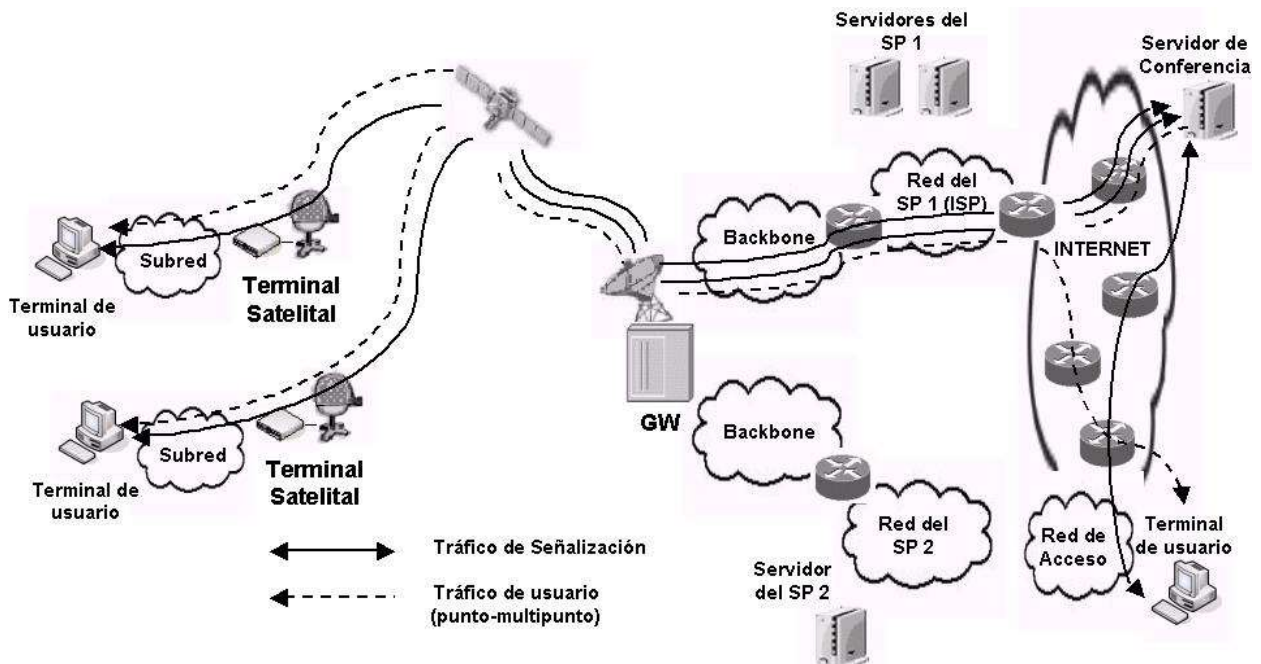
En general, los requerimientos de recursos de un servicio de conferencia colaborativa dependerán de la arquitectura del sistema, las características ofrecidas por la aplicación y la forma en las cuales los usuarios finales emplean esas características durante la sesión.

En términos de la arquitectura del sistema, una posible implementación involucra la utilización de un servidor de conferencia responsable de la gestión de la conferencia (salida y entrada de participantes, etc.) y del intercambio de datos entre participantes. En esta implementación, cada participante deberá establecer una o más conexiones punto a punto entre su estación de conferencia y el servidor de conferencia. En adición, el servidor de conferencia deberá establecer una o más conexiones punto a multipunto para los propósitos de la distribución de datos a los participantes.

Otra arquitectura posible (que se menciona aquí pero que no se considera en este escenario) es el uso de una implementación más distribuida en la cual el rol del servidor de conferencia es limitado a la gestión de la conferencia pero el intercambio de datos

ocurre directamente entre los participantes de la conferencia sin pasar por un servidor central. En esta implementación, cada participante deberá establecer al menos una conexión punto a punto con el servidor de conferencia para el intercambio de información de gestión. Adicionalmente, cada participante deberá establecer al menos una conexión punto a multipunto con los otros participantes para propósitos del intercambio de datos.

Figura 14. Escenario 4: Conferencia Colaborativa



Respecto a la arquitectura del sistema, los servicios de conferencia colaborativa son caracterizados por los siguientes aspectos:

- La naturaleza de interacción en tiempo real
- La utilización dinámica en la utilización de diferentes medios: en el curso de una sesión de conferencia colaborativa, los usuarios pueden hacer uso de diferentes medios en una forma muy flexible permitiendo que flujos de diferentes tipos pueden comenzar y terminar dinámicamente durante el curso de la sesión.
- La participación dinámica del usuario: En el escenario previo (llamada multimedia) se asume que en la comunicación ambos usuarios están involucrados de principio a fin, la conferencia colaborativa es un proceso entre varios usuarios con una dinámica más compleja ya que tienen la capacidad de entrar y salir de la conferencia en cualquier momento de la sesión.

Esas características crean un gran desafío para las redes NGN en términos de gestión de recursos si se asume que todos los elementos del servicio de conferencia colaborativa son soportados por medio de señalización. En la práctica, el impacto de la complejidad de la red dependerá de la política del operador con respecto a cuales componentes del servicio son soportados a través de señalización y cuales son soportados a través de sobre aprovisionamiento de la red. Para este caso, un operador puede sobre aprovisionar todos los componentes de servicio mientras que otro puede sobre aprovisionar

únicamente el componente de datos del servicio y utilizar señalización para soportar los componentes audiovisuales.

En términos del impacto sobre los parámetros claves este escenario tiene una combinación de los requerimientos impuestos por los otros servicios conversacionales (como VoIP y llamada multimedia), servicios de “*streaming*”, servicios interactivos y servicios de intercambio de archivos, los cuales serán tratados con más detalle en sus respectivas secciones.

2.1.2 SERVICIOS INTERACTIVOS

Esta familia de servicios incluye aquellas aplicaciones que se basan en la interacción en tiempo real entre usuarios (o grupos de usuarios) y un servidor.

2.1.2.1 Escenario 5: Compras en Línea

Este escenario es un ejemplo de muchos servicios en los que se realizan transacciones basadas en la Web [14], soportadas comúnmente en Internet, en el cual se podrá ilustrar las características de la mayoría de aplicaciones de comercio electrónico.

En un escenario de compras en línea, un usuario normalmente utiliza un navegador Web para acceder y examinar el sitio de algún comerciante en línea. Este puede ser un proceso interactivo en el cual el usuario pide información sobre algún artículo específico, lleva a cabo búsquedas en catálogos o bases de datos, añade/remueve artículos hacia/desde una canasta de compras, etc., siendo esta una comunicación uno a uno, tiene lugar mediante una conexión punto a punto entre un usuario y un servidor.

Impacto en los parámetros básicos de desempeño:

Ancho de Banda: los requerimientos [15] de BW tienden a ser moderados pero en general dependen en gran medida de la aplicación de comercio electrónico y su implementación. De hecho se puede decir que los servicios actuales de comercio electrónico están hechos a la medida para el ancho de banda actualmente disponible para los usuarios de Internet. En general, el perfil del tráfico generado por este tipo de aplicaciones es asimétrico, con muchos más datos enviados desde el servidor hacia el usuario que en sentido opuesto. Además el patrón de consumo de BW [14] es muy similar al de las aplicaciones “*Web browsing*”, con periodos de transferencia activa seguidos por periodos de reposo.

Perdida de paquetes: Para este tipo de servicios se requiere una total confiabilidad, lograda generalmente en la capa de transporte (a través de acuses de recibo y retransmisiones), por consiguiente una cierta cantidad de pérdida de paquetes puede ser tolerada, siempre y cuando no se vea afectada la funcionalidad de dicha aplicación en cuanto a demoras excesivas, la cual podría ser causada por múltiples retransmisiones.

Latencia: El retardo extremo a extremos debe ser lo suficientemente bajo para dar una sensación al usuario de interactividad así como la impresión que la sesión está en progreso, sin embargo no es necesario obtener latencias tan bajas como en las comunicaciones persona a persona, en este tipo de servicio, valores de menos de 30 ms pueden ser aceptables.

Jitter: Este tipo de aplicaciones no se ven afectadas por las variaciones de retardo extremo a extremo.

2.1.2.2 Escenario 6: Juegos Multiplayer

Este escenario hace referencia a una aplicación muy popular en internet: los juegos en línea. Los tipos y características de los juegos *multiplayer* [16] en línea varían enormemente y en consecuencia el rendimiento que requieren de la red. Sin llegar a una clasificación muy exhaustiva de los juegos, se analizará 3 familias de juegos diferentes:

2.1.2.2.1. Juegos de Tableros y Cartas

Estas son las versiones basadas en servidor de juegos tradicionales como: ajedrez, escalera, parqués, solitario, etc. los cuales por lo general involucran un pequeño número de jugadores al mismo tiempo. En general, y a pesar de su naturaleza interactiva, el rendimiento requerido de la red es liviano: bajo ancho de banda, buena tolerancia a la pérdida de paquetes (aunque se debe asegurar la confiabilidad) y tienen una alta tolerancia al retardo extremo a extremo.

Es factible que estos juegos sean jugados por una población mixta de usuarios satelitales y terrestres.

2.1.2.2.2. Juegos Masivos Multiplayer en línea (MMOG)

Estos son los juegos de rol, en donde los jugadores pueden entrar a formar parte en cualquier momento. Hay bastantes juegos conocidos de éste tipo, *Starcraft*, *Age of Empires*, etc. con cientos de miles de suscriptores cada uno y los juegos pueden involucrar simultáneamente decenas de miles de usuarios. Cada título es soportado típicamente por decenas de servidores.

Los requerimientos de rendimiento no son tan exigentes: bajo ancho de banda (*EverQuest* se juega en promedio a una tasa de 8 Kb/s en el enlace de bajada y 2 Kb/s en el enlace de subida), tienen una tolerancia media a la pérdida de paquetes (a pesar de que se debe asegurar la confiabilidad) y una tolerancia media al retardo extremo a extremo, ya que tienden a ser más interactivos que los juegos de cartas y tableros.

Como en el caso anterior, es común que un MMOG combine jugadores con accesos satelitales y terrestres.

2.1.2.2.3. Encuentros cara a cara

Estos juegos se caracterizan por la intensa interacción entre los participantes e incluyen géneros de juegos como: los juegos en primera persona, simuladores de vuelo, carreras o combate. Una sesión de juego de este tipo involucra un pequeño número de usuarios que comparten el mismo servidor.

En términos de ancho de banda, los requerimientos son también relativamente bajos, ya que los datos intercambiados son comúnmente información de estado de los participantes, comandos, movimientos, etc. sin embargo puede incrementarse cuando se

intercambia información relacionada con escenarios y gráficos para los juegos con muchos detalles, aunque el procesamiento de gráficas lo realiza cada estación.

La latencia es un aspecto clave para este tipo de juegos. Su naturaleza extremadamente interactiva requiere que los retardos entre servidores y usuarios no sean más altos que unos cuantos cientos de milisegundos, los valores exactos dependen de las características específicas de cada juego. A pesar de la exigencia de estos requerimientos, pruebas informales han mostrado que es posible tener un rendimiento aceptable conectándose al servidor desde un acceso satelital, sin embargo los jugadores más exigentes tendrán problemas con la latencia de un enlace satelital.

En realidad, más importante que los valores absolutos de latencia son las latencias relativas de los participantes del mismo juego. Estudios como [17] muestran que los jugadores prefieren servidores en los cuales su retardo es comparable al de los otros jugadores. Esto es un aspecto crucial cuando se considera la operación de juegos de este tipo en redes satelitales y terrestres integradas. La mayor latencia de los jugadores que utilizan un enlace DVB-RCS sugiere que será más agradable jugar entre usuarios de un acceso satelital que entre usuarios de redes mixtas, ya que se tiene una latencia más uniforme entre jugadores.

2.2 SERVICIOS ORIENTADOS A CONTENIDO

2.2.1 ENTREGA DE CONTENIDO

Esta familia de servicios incluye aplicaciones cuyo objetivo se basa en distribuir o intercambiar contenido en formato electrónico. Las principales características de estos servicios son:

Alta confiabilidad: El contenido necesita ser transmitido de forma confiable, esto es logrado usualmente por retransmisiones y /o codificaciones (FEC u otros).

No son de Tiempo real: Este tipo de servicio de entrega, tiende a no mostrar una preocupación por el tiempo de transmisión sino más bien a darle importancia a una alta confiabilidad.

A continuación se presentan varios escenarios de este tipo con el fin de ilustrar sus diferencias.

2.2.1.1 Escenario 7: Distribución Digital de Cine.

Este escenario es solo un ejemplo de un gran número de aplicaciones cuyo objetivo es distribuir contenido (potencialmente grande) a una comunidad de usuarios. Y debido a la naturaleza de difusión que presentan las redes satelitales, por su gran cobertura, este tipo de servicio es idóneo para ser transportado por estas redes.

La principal característica distintiva de este escenario es que la transferencia es iniciada por un servidor después de haberse anunciado previamente a los potenciales clientes.

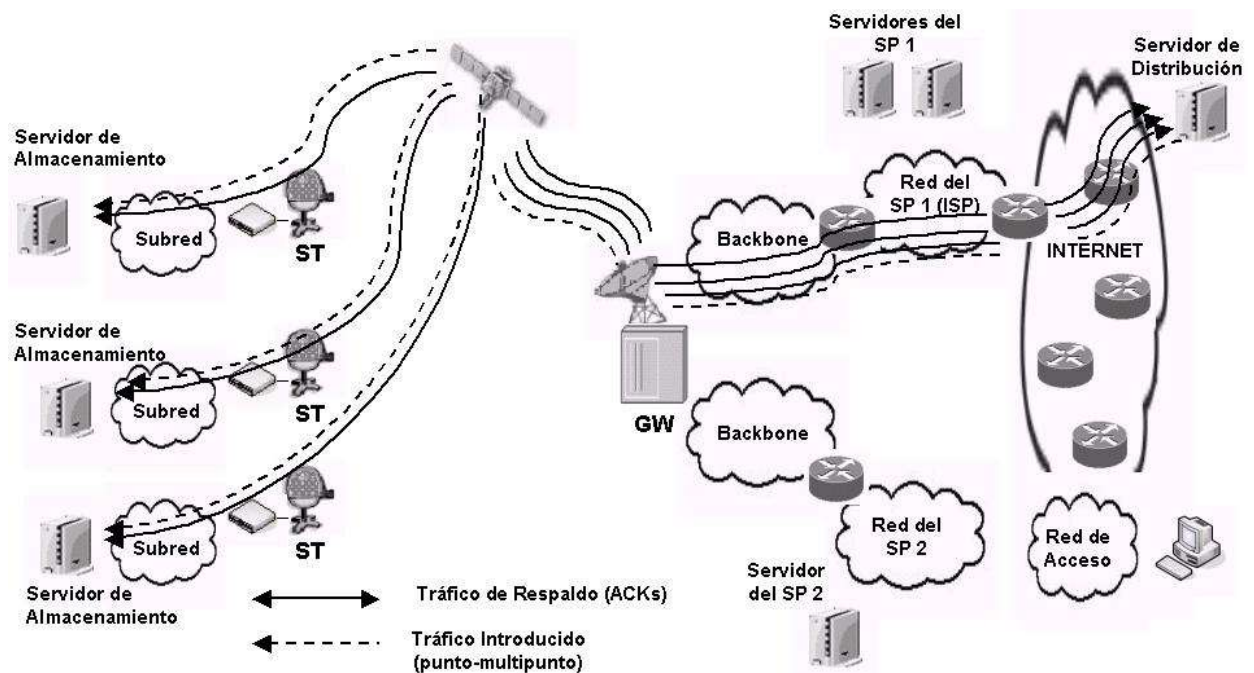
En este escenario se analiza el uso de una plataforma de distribución de contenido para la difusión de películas en formato digital desde una ubicación central a un grupo de usuarios. La secuencia sería la siguiente: Inicialmente, la película es cargada en un

servidor de distribución localizado en alguna parte de la red terrestre, con información sobre el horario de transmisión, precio y otras características concernientes a la transmisión. De tal forma que cuando llegue el momento, el servidor comenzará la distribución del video, siendo posible, ver el contenido a aquellas personas que lo solicitaron previamente.

Con el fin de asegurar un eficiente uso de los recursos, el contenido es comúnmente enviado sobre una conexión punto- multipunto, asegurándose de su correcta transmisión mediante mecanismos de retroalimentación con conexiones punto a punto entre el servidor CDN y cada cliente remoto.

Como el servicio de distribución es operado mediante un horario, los recursos de red son asignados de acuerdo a éste de forma manual o automática, además, dependiendo de cómo se maneje la confiabilidad por el servicio, será necesario contar con algunos recursos para el envío de información desde el usuario hacia centro de distribución de contenido.

Figura 15. Escenario 7: Distribución Digital de Cine



Impacto en los parámetros básicos de desempeño:

Ancho de Banda: los requerimientos para el ancho de banda están determinados directamente por el tipo y volumen de contenido a ser distribuido así como el tiempo en el cual, debe durar la transmisión, comúnmente estos servicios se operan por las noches o durante periodos en el cual la capacidad del satélite está con muy poca carga. La cantidad de tráfico es altamente asimétrica, debido a que la cantidad de datos enviada por el servidor es mucho mayor que la enviada por los usuarios.

Pérdida de Paquetes: El contenido debe ser transmitido de forma confiable. Como usualmente el contenido es enviado sobre una capa de transporte no confiable (*multicast*) esta confiabilidad es lograda en la capa de aplicación. Sin embargo una cierta cantidad de paquetes puede ser soportada gracias a la adición de redundancia en el contenido, y en caso de presentarse una mayor pérdida de paquetes se requerirán retransmisiones.

Latencia: debido a que la naturaleza de este servicio no es de tiempo real, no se ve afectado por el retardo introducido por la red.

Jitter: este tipo de aplicaciones no se ve severamente afectada por las variaciones en el retardo.

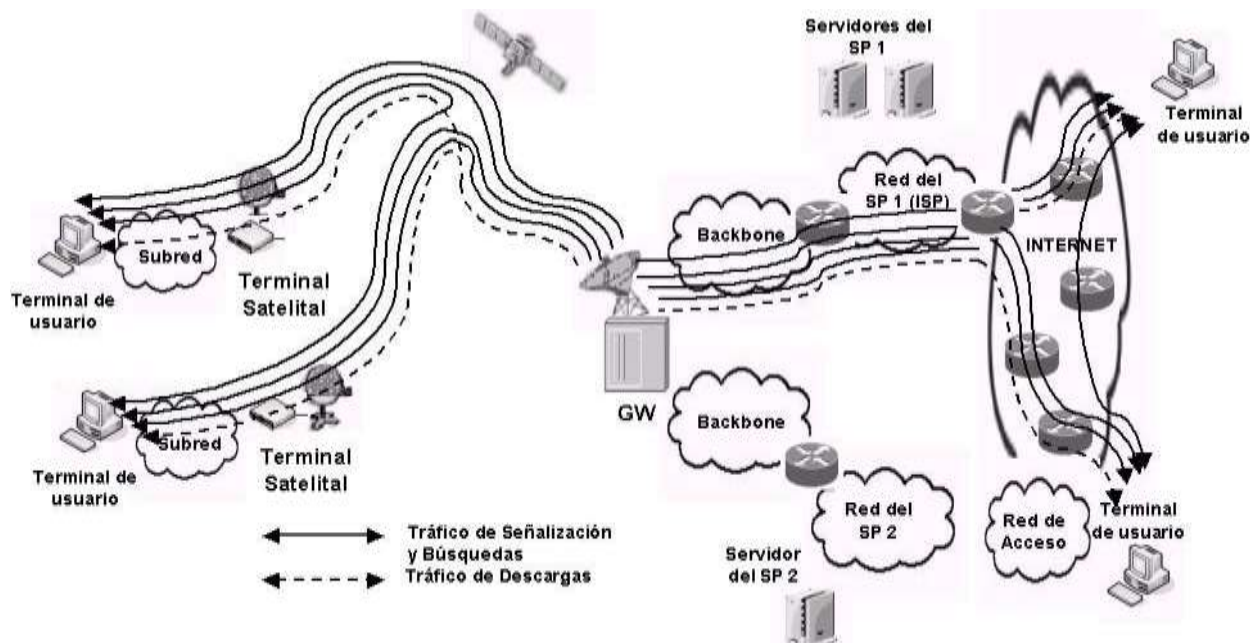
2.2.1.2 Escenario 8: Comunicación par a par (“Peer to Peer” - P2P)

Este escenario hace referencia a una de las aplicaciones más populares que actualmente existe en internet, el intercambio de archivos en redes conocidas como “Peer to Peer”, que permite a los usuarios de una manera muy sencilla intercambiar una amplia gama de contenidos al establecer una conectividad en malla de una forma “ad hoc”.

Este escenario considera el caso de una red “Peer to Peer” que involucra usuarios de redes satelitales y terrestres. La operación de esas aplicaciones depende del protocolo P2P específico utilizado por la red. En general, sin embargo, la topología de una red P2P es caracterizada por la existencia de un gran número de nodos considerablemente interconectados entre sí, que en algunos casos se organizan de una forma jerárquica y en otros de una forma muy descentralizada. Estos enlaces punto a punto en malla entre los nodos se realiza con el fin de propagar rápidamente las búsquedas de contenido a través de la red. Cuando el usuario decide algún tipo de contenido se abren una o más conexiones punto a punto con los nodos que almacenan el archivo y se comienza a descargar.

El análisis de la operación de una red P2P que involucra una mezcla de usuarios con acceso satelital y terrestre es una tarea compleja debido a su naturaleza altamente dinámica, ciertos nodos permanecen largos períodos en la red P2P, generalmente los que tienen conexiones permanentes a Internet, pero la mayoría están constantemente entrando y saliendo, la misma dinámica la tienen sus conexiones punto a punto.

Figura 16. Escenario 8: P2P



Impacto en los parámetros básicos de desempeño:

Ancho de Banda: Aunque el tráfico entre nodos individuales por lo general es limitado por su velocidad de conexión, cuando se considera una red P2P entera de gran tamaño el ancho de banda que se consume es alto [18].

Pérdida de paquetes: Al igual que todos los servicios de entrega de contenido, son necesarias las transferencias confiables con el fin de asegurar la integridad de los archivos que están siendo transferidos. Esto comúnmente se logra en la capa de transporte y por lo tanto la exigencia frente a la pérdida de paquetes es relativamente alta.

Latencia: El retardo extremo a extremo no es crucial para el componente de intercambio de archivos de una aplicación P2P[18] ya que estas transferencias corren como procesos de fondo, sin embargo una baja latencia es más importante para el componente de búsqueda de la aplicación, ya que las búsquedas necesitan propagarse a través de un gran número de nodos en la red y los usuarios esperan recibir resultados en un tiempo limitado. Se pueden tolerar retardos menos a 30 seg.

Jitter: Los servicios P2P son altamente tolerantes con la variación de retardo extremo a extremo.

2.2.1.3 Escenario 9: Servicios de Mensajería

Este escenario hace referencia al caso del intercambio de mensajes entre dos o más usuarios de forma no interactiva. Ejemplos de estos servicios son los e-mail [14], servicio de mensajes cortos SMS, que comúnmente se encuentran en el ambiente móvil, video mensajería, etc.

La operación de esos servicios es muy simple. Un usuario prepara un mensaje (escribe un SMS o un e-mail, graba un clip de video, etc.) y luego lo envía a uno o más recipientes (usuarios de destino). El mensaje normalmente es transferido desde el origen al destinatario pasando por varios servidores intermedios que actúan en modo de almacenamiento y envío que se comunican por medio de conexiones punto a punto.

El impacto en los parámetros básicos de desempeño es:

Ancho de Banda: los diferentes tipos de mensajes considerados tienen medidas variables y por lo tanto consumen diferentes cantidades de ancho de banda, típicamente del rango de unos pocos bytes, para un SMS o un breve e-mail, hasta unos pocos Mbytes para un mensaje de video o un e-mail con archivos adjuntos grandes.

El perfil de tráfico de una transferencia de mensajes es considerablemente asimétrico, en donde el volumen de datos viaja desde el usuario de origen al de destino y sólo una pequeña cantidad de datos se envían en sentido opuesto, generalmente confirmaciones de recibido o ACK.

Pérdida de paquetes: De la misma forma que en el escenario anterior las transferencias confiables son necesarias con el fin de asegurar la integridad del mensaje que está siendo transferido, lo que se realiza en la capa de transporte y por lo tanto la exigencia frente a la pérdida de paquetes es alta.

Latencia: Debido a la naturaleza de estos servicios que no son de tiempo real, en teoría no deberían haber exigencias significantes que deben ser logradas en términos del retardo extremo a extremo [14]. En la práctica sin embargo, los usuarios normalmente tienen la expectativa de que un mensaje SMS o un e-mail sea transferido con la mayor inmediatez por lo tanto una latencia aceptable estaría en el orden de no más de 30 segundos.

Jitter: Como los servicios de mensajería no son de tiempo real son altamente tolerantes con las variaciones de retardo [14].

2.2.2 STREAMING

Esta familia de servicios incluye aplicaciones basadas en entrega de contenido en tiempo real, particularmente audio y video.

Los dos escenarios considerados a continuación ilustran los dos modos de operación principales de los servicios tipo “*streaming*”: distribución iniciada por el servidor y acceso bajo demanda a contenido almacenado.

2.2.2.1 Escenario 10: Difusión.

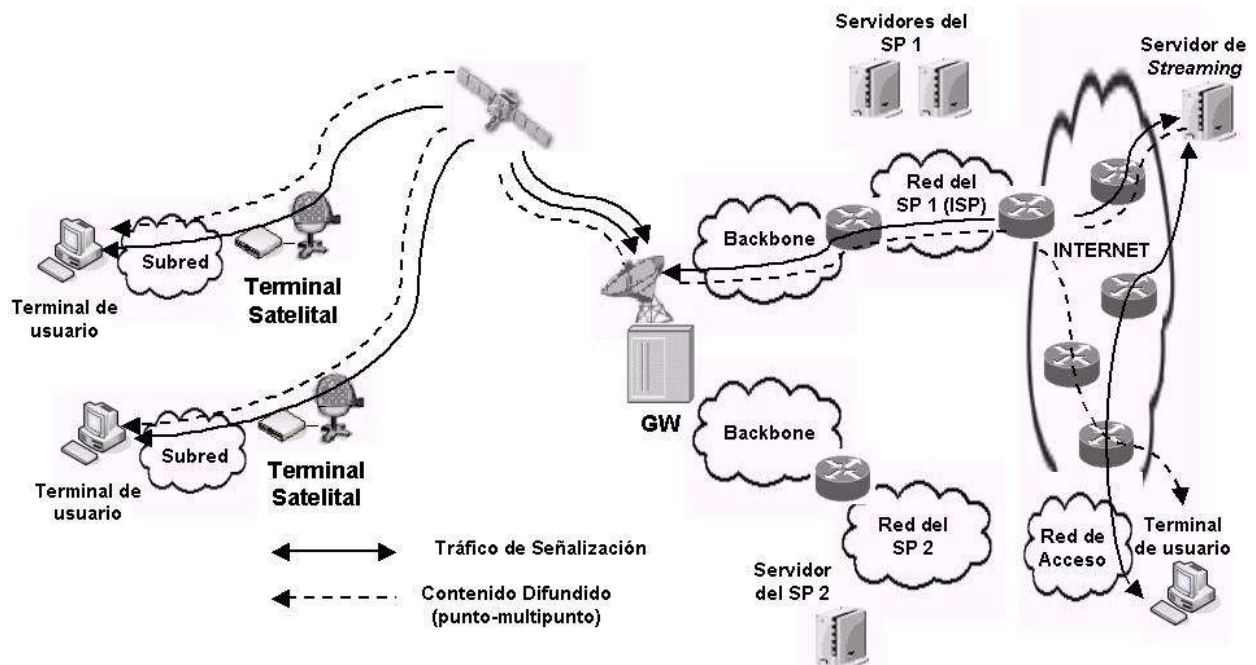
Este escenario considera el caso en el cual se transmite un evento en vivo o PRE-grabado (como por ejemplo un concierto de música, eventos deportivos, noticias, etc.) sobre una red *multicast* [7]. El modelo es exactamente el mismo de una red convencional de difusión de Televisión: El evento es transmitido (difusión) en tiempo real sobre la red, si los usuarios desean ver el contenido deben sintonizar el canal correcto. Este tipo de servicios es idóneo para la naturaleza de las redes satelitales.

En el caso de las redes únicamente satelitales que ofrecen estos servicios de difusión, el proveedor de contenidos generalmente está ubicado cerca de la estación alimentadora (HUB). Además estos servicios operan mediante una programación previa por lo cual los recursos requeridos también pueden ser programados con anterioridad.

En este caso se asume que el servidor de contenido esta ubicado en alguna parte de la red terrestre, y no es posible determinar el momento en el cual un usuario de la red satelital deseará sintonizar uno de estos servicios, de tal forma que no es posible programar una reserva de recursos. Sin embargo, se asume que la red terrestre a la cual esta conectada el servidor de contenido soporta tráfico *multicast*, con el fin de extender esta funcionalidad a la red DVB-RCS, lo cual implica que:

- Los terminales DVB-RCS poseen la capacidad de detectar cuando un usuario remoto desea unirse a un flujo multicast en particular.
- La red DVB-RCS posee la capacidad de enviar las peticiones de sus usuarios de unirse a la transmisión con el fin de adherirlos al árbol de distribución multicast.
- La red DVB-RCS posee la capacidad de asignar suficientes recursos en ambos sentidos para transportar el tráfico multicast.
- La red DVB-RCS posee la capacidad de detectar cuando todos los usuarios remotos abandonan la sesión multicast con el fin de liberar recursos.

Figura 17. Escenario 10: Difusión



Impacto en los parámetros básicos de desempeño:

Ancho de Banda: El ancho de banda requerido depende en gran medida de la calidad y tipo de contenido, usualmente, se requieren unos pocos Kb/s para comunicaciones basadas en texto, y unos pocos cientos Kb/s para tasas bajas y medias de flujos de audio/video. Además los requerimientos de BW son altamente asimétricos debido a que

el poco tráfico que envían los usuarios al servidor multicast son mensajes “*keep alive*” para mantener activa la comunicación.

Perdida de paquetes: En general y debido a la naturaleza de tiempo real de la comunicación soporta un cierto grado de pérdida de paquetes, sin necesidad de realizar retransmisiones, sin embargo, en algunas instancias de la comunicación cuando se envían datos de costos del actual servicio (pague por ver) y aspectos relacionados, se requiere una alta confiabilidad.

Latencia: A pesar de que el contenido es enviado en tiempo real, la poca interacción entre usuario y servidor, hace que no sean requeridos bajos valores de latencia.

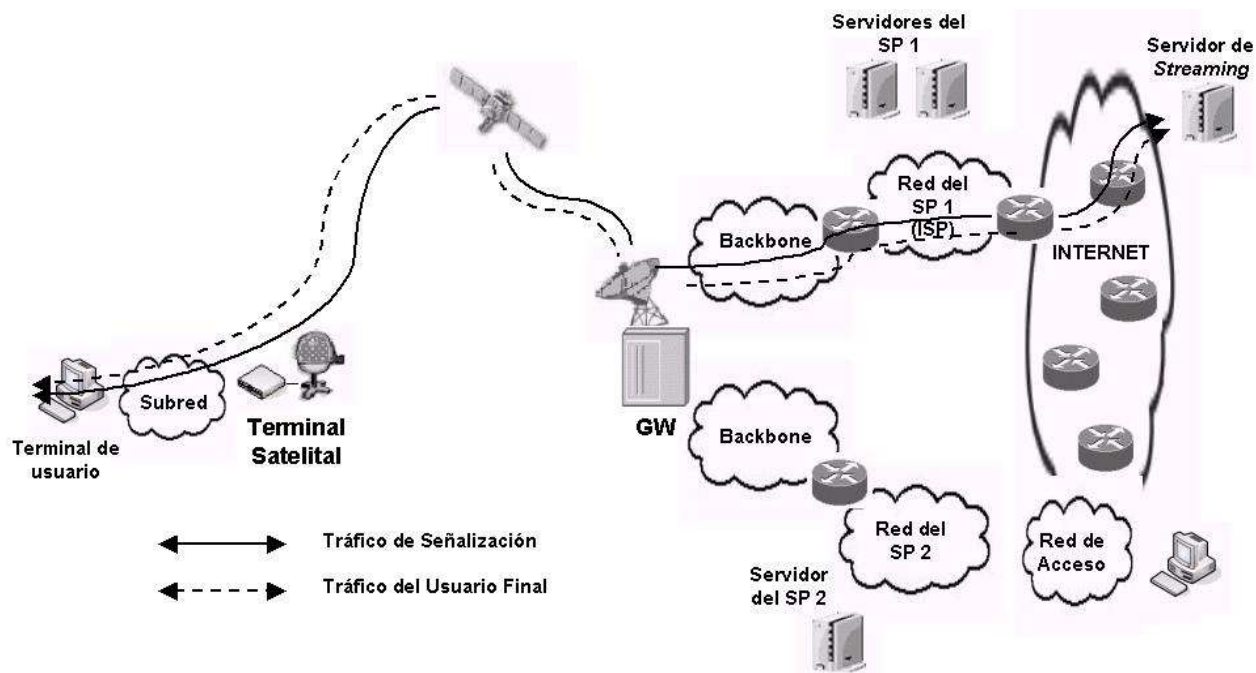
Jitter: La tolerancia a las variaciones de retardo introducidas por la red, depende en gran medida del tipo de contenido que se esté emitiendo; Si este es audio/video, se necesitará una mayor necesidad de sincronismo por lo cual habrá mayores requerimientos para este parámetro [14] a comparación de otro tipo de aplicaciones.

2.2.2.2 Escenario 11: Audio y Video bajo demanda

Este escenario considera el caso de un acceso bajo demanda a contenido almacenado que se transmite al usuario una vez que éste lo ha requerido, ejemplos de este tipo de contenido son: grabaciones de programas de radio, clips de noticias, material educativo audiovisual, etc. En este caso el servicio opera mediante la utilización de conexiones punto a punto entre el servidor de *streaming* y el usuario final, una situación que no es lo suficientemente adecuada para las características de una red satelital pero que no obstante debe ser considerada.

La operación de este escenario es la siguiente: un usuario después de buscar a través del contenido almacenado en el servidor de *streaming*, hace la petición de una parte de contenido en particular para que sea transmitido a su terminal. Este requerimiento inicia un proceso de señalización para establecer una conexión extremo a extremo entre servidor y cliente que sea capaz de suministrar los requerimientos de QoS del servicio de *streaming*. Una vez que la conexión se ha habilitado el servidor comenzará a transmitir el contenido. Se debe anotar que en este escenario el usuario normalmente tiene control sobre la reproducción del contenido y está en capacidad de pausarlo, rebobinarlo, adelantarlo, etc. En términos de gestión y asignación de recursos esta funcionalidad representa una tarea laboriosa, ya que las características del flujo que se transmite pueden cambiar enormemente durante la sesión de streaming, debido a las facilidades para adelantar, detener, acelerar o cambiar de contenido que tiene el usuario, tanto que se puede cambiar el flujo de video a uno de audio, o se puede suspender temporalmente la difusión cuando se pausa el contenido, aunque no se sabe por cuánto tiempo los recursos son liberados ya que el usuario en cualquier momento puede iniciar nuevamente la transmisión.

Figura 18. Escenario 11: Audio y Video bajo Demanda



Aunque el impacto sobre los parámetros básicos de desempeño es muy similar al escenario anterior hay algunas diferencias que hacen más complejo el panorama:

Ancho de Banda: Al igual que en el escenario de difusión de contenido, el ancho de banda requerido para soportar el servicio de streaming dependerá de la calidad y tipo de contenido, y la tasa de datos dependerá de cómo es codificado el contenido. Sin embargo, la tendencia de este servicio a ser más interactivo introduce diferencias significantes, en este caso, la transmisión puede experimentar pausas de un tiempo indeterminado. El requerimiento de ancho de banda es considerablemente asimétrico [14] pero el tráfico del enlace de retorno es un poco más significativo que en el escenario anterior debido a que el usuario utiliza frecuentemente las facilidades de interacción.

Pérdida de Paquetes: Aunque las aplicaciones de streaming de audio y/o video son capaces de soportar un cierto grado de pérdida de paquetes gracias a los "buffer", la codificación y la naturaleza de tiempo real que hacen innecesarias las retransmisiones, el requerimiento de confiabilidad por lo general está directamente relacionado con el valor del servicio contratado.

Latencia: La utilización potencial de la interactividad de la aplicación en este escenario introduce un límite al máximo retardo extremo a extremo que se puede aceptar y, aunque no es muy exigente es aceptable un valor menor a 3 o 4 segundos.

Jitter: Los servicios de streaming por demanda son utilizados comúnmente para la transmisión de contenido de audio y video los cuales requieren una baja variación de retardo extremo a extremo con el fin de mantener la sincronización. En la práctica, los clientes de streaming utilizan memorias "buffer" que les permiten corregir una cierta cantidad del "jitter" introducido por la red y por tanto la tolerancia a la variación de retardo se incrementa.

2.3 SERVICIOS ORIENTADOS A LA CONECTIVIDAD

Esta familia de servicio incluye aquellos servicios que se enfocan a suministrar conectividad en la capa de transporte.

2.3.1 Escenario 12: Backhaul WLAN o Extensión de WiMax

Este escenario analiza cuando *hotspots* WiFi o redes inalámbricas WiMax ubicadas en lugares remotos son conectadas vía satélite con un lugar central (*Data Center* por ejemplo) situado en el lado terrestre de una red integrada.

Este escenario se ha escogido como un ejemplo de un grupo de servicios que se pueden ofrecer bajo esta interconexión y exhiben las mismas características. Otro ejemplo de este tipo de servicios es el caso de VPNs en donde una multitud de oficinas remotas requieren una conexión segura a una Intranet corporativa, lo cual se suministra por medio de una red satelital DVB-RCS.

El análisis de cómo esos servicios inciden en la asignación de recursos y provisión de QoS necesariamente es diferente a lo hecho en los escenarios anteriores. En lugar de enfocarse en los requerimientos de recursos de flujos individuales en la capa de aplicación (como los flujos de VoIP) o un número pequeño de flujos asociados (como en el escenario de la llamada multimedia), en este escenario se consideran los requerimientos de conectividad en la capa de transporte que tiene un grupo de ubicaciones remotas.

En el caso más sencillo, todos los lugares esperan que las aplicaciones de cada sitio remoto soliciten y obtengan equitativamente el grado de servicio específico que soporte sus flujos. Una situación más común, es que cada sitio remoto tiene un cierto grado de recursos pre-definidos. Típicamente, la red o el operador de servicio define una serie de objetivos de desempeño para cada sitio remoto, como: el ancho de banda mínimo y máximo, la capacidad de acceder a recursos inutilizados, prioridad frente a otros sitios, etc. y se configura la red de acuerdo a esos parámetros. Aunque ésta es una configuración estática justa, la red necesita ser capaz de mejorar su respuesta en tiempo real frente a estos objetivos de rendimiento, como por ejemplo acelerar el tráfico de un sitio con alta prioridad cuando éste requiera ancho de banda, por lo que necesita ser capaz de adaptar su configuración dinámicamente.

2.4 REQUERIMIENTOS PARA EL TRÁFICO DE SEÑALIZACIÓN

Comparadas a las actuales redes de paquetes, las futuras redes de próxima generación (NGN) necesitarán transportar una gran cantidad de tráfico de señalización con el fin de soportar una gran cantidad de nuevos servicios y aplicaciones basados en sesión. Esto no quiere decir que todas las aplicaciones dependan de una señalización extremo a extremo (Algunas no requieren señalización en absoluto, mientras que otras solo lo requieren hasta la frontera de la red) pero se espera que para muchas de ellas sea un elemento fundamental. Dado que para la prestación de QoS muchas de estas aplicaciones y servicios se ven fuertemente apoyadas en la señalización, es importante tener en cuenta los requerimientos de recursos para este tipo de tráfico.

Una consideración evidente es la necesidad de un ancho de banda adicional para transportar tráfico de señalización, aunque de los parámetros de QoS es el menos significativo ya que éste tráfico es mucho menor que el tráfico de usuario. Parámetros como la latencia y la pérdida de paquetes son de mayor cuidado debido a que particularmente para aquellas aplicaciones que poseen componentes de tiempo real, requieren un muy buen funcionamiento en su canal de señalización, de otra forma, se presentará una degradación significativa en el rendimiento del servicio que incluso puede ocasionar una falla del mismo. Otros servicios son más tolerantes frente a estos parámetros como también la señalización asociada a ellos.

Lo expuesto anteriormente tiene una implicación especial para el componente DVB-RCS de una red integrada: la señalización que soporta los servicios en tiempo real no debe presentar retardos, como el que aparece cuando el terminal DVB-RCS solicita capacidad del enlace de retorno, lo cual tendría un efecto adverso con relación a los tiempos de establecimiento de llamada, por lo tanto una cierta capacidad del enlace de retorno deberá ser reservada o destinada prioritariamente para el tráfico de señalización de tal forma que pueda estar disponible rápidamente cuando la señalización aparezca.

Otro aspecto es el rendimiento del protocolo de señalización sobre una red integrada. En general, los protocolos de señalización involucran un gran número de intercambios de mensajes entre los puntos de señalización, ya que estos fueron diseñados principalmente para las redes terrestres en donde el retardo extremo a extremo es relativamente bajo, y por lo tanto incluso un protocolo con un número elevado de transacciones puede tener un rendimiento aceptable. Sin embargo el rendimiento de estos protocolos sobre una red satelital y terrestre integrada puede verse afectado por la latencia relativamente alta introducida por el componente satelital. Debido a esto, puede ser necesario investigar acerca de la utilización de "*proxies*" de señalización con el fin de mejorar el rendimiento del protocolo.

2.5 RESUMEN

A continuación se resume alguna información relacionada con los escenarios que se estudiaron en el presente capítulo. La siguiente tabla proporciona unas indicaciones cualitativas del rendimiento requerido por cada escenario.

Tabla 1. Resumen de los Requerimientos de cada Escenario

No	Escenario	Parámetros claves de rendimiento				Grado de Simetría	Grado de continuidad en las Ráfagas
		Ancho de Banda	Pérdida de Paquetes	Latencia	"jitter"		
1	Voz sobre IP #1	Bajo	Bajo/medio	Bajo	Bajo	Simétrico	Variable**
2	Voz sobre IP #2	Bajo	Bajo/medio	Bajo	Bajo	Simétrico	Variable**
3	Llamada Multimedia (MMoIP) • Mensajería de Texto • Videoconferencia	Bajo	Confiable	Medio	n.a	Simétrico	Alto
		Medio	Bajo/medio	Bajo	Bajo	Simétrico	Variable**
4	Conferencia Colaborativa	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable
5	Compras en línea	Medio	Confiable	Medio	n.a	Bastante Asimétrico	Alto
6	Juegos Multiplayer	Bajo	Confiable	Bajo*	n.a	Ligeramente Asimétrico	Medio
7	Distribución Digital de Cine	Alto	Confiable	Alto/na	n.a	Fuertemente Asimétrico	Constante
8	P2P	Alto	Confiable	Medio	n.a	Variable	Alto
9	Servicios de mensajería	Bajo/medio	Confiable	Medio	n.a	Fuertemente Asimétrico	Alto
10	Difusión	Variable	Bajo/medio	Medio	Bajo	Fuertemente Asimétrico	Variable**
11	Audio y Video bajo demanda	Variable	Bajo/medio	Medio	Bajo	Fuertemente Asimétrico	Variable**
12	Backhaul WLAN	Alto	Variable	Variable	Variable	Variable	Variable
13	Tráfico de Señalización	Bajo	Confiable	Bajo	n.a	Bastante Simétrico	Alto

* : La Latencia relativa entre los participantes es más crítica que los valores absolutos de latencia

** : La continuidad en las ráfagas depende de la codificación, puede estar en un rango de constante a un poco alrededor de una tasa nominal

n.a: el parámetro seleccionado no afecta sustancialmente el rendimiento de la aplicación en cuestión.

La siguiente tabla proporciona una indicación del segmento de mercado al cual es aplicable cada escenario, como también una indicación de si hay mejora en términos de QoS cuando los servicios son operados sobre redes satelitales regenerativas, se debe tener claro que con excepción de los escenarios de VoIP, todos los demás pueden operar en satélites transparentes o regenerativos.

Tabla 2. Segmento del mercado de cada escenario y ventaja del satélite regenerativo

Escenario	Segmento del Mercado			Satélite	
	B2B	B2C	CO	Transparente	Regenerativo
Voz sobre IP #1	X	X		X	
Voz sobre IP #2	X	X			X
(MMoIP)	X	X		X	X
Conferencia Colaborativa	X			X	X
Compras en línea		X		X	X*
Juegos Multiplayer		X	X	X	X*
Distribución Digital de Cine	X			X	X*
P2P	X		X	X	X
Servicios de mensajería	X	X		X	X
Difusión	X			X	X*
Audio y Video bajo demanda	X	X		X	X*
Backhaul WLAN	X	X		X	X*

X* : En estos escenarios el empleo de un satélite regenerativo no representa ventajas en términos de QoS

3. ARQUITECTURA DE QoS EXTREMO A EXTREMO

3.1 Terminología Básica

3.1.1 NGN

“NGN es un concepto para la definición y el desarrollo de redes, las cuales debido a su separación formal en diferentes capas y planos, y la utilización de interfaces abiertas, ofrece a los proveedores de servicios y operadores una plataforma que puede evolucionar de una forma incremental para crear, desarrollar y gestionar servicios innovadores” [19].

Una de las principales características de NGN es la independencia entre las redes y servicios. Por lo tanto en las arquitecturas propuestas de próxima generación existe una clara separación entre las funciones para los servicios y las funciones para el transporte, siendo estos acoplados mediante una interfaz abierta.

Las redes de próxima generación deben proporcionar las capacidades (protocolos, infraestructura, etc.) para permitir el despliegue y gestión de todos los posibles tipos de servicios (conocidos y no conocidos); esto incluye servicios que usen diferentes tipos de datos (audio, video, datos), con diferentes esquemas de codificación, servicios de datos conversacionales, “unicast”, “multicast”, difusión, mensajería, aplicaciones en tiempo real o no, servicios tolerantes a los retardos como aquellos que no lo son y servicios con diferentes requerimientos de ancho de banda, desde uno pocos kbps hasta algunos cientos de Mbps, siendo posible además que los usuarios personalicen sus propios servicios.

En las redes de próxima generación, las entidades funcionales (controladores de políticas, sesión, medios, recursos, entrega de contenido, seguridad, etc.) pueden estar distribuidos sobre toda la infraestructura, si se presenta el caso en el cual éstas se encuentren distribuidas físicamente, ellas se comunicarán mediante interfaces abiertas. La interconexión entre las redes de próxima generación y las redes existentes como PSTN, ISDN y GSM será suministrada mediante “Gateways”.

Estas redes prestan servicios avanzados a distintos tipos de dispositivos terminales sin importar si son nuevos o existentes, por lo tanto en las redes de próxima generación se pueden encontrar conectados teléfonos análogos, máquinas de fax, teléfonos móviles, terminales GPRS, terminales SIP, teléfonos ethernet a través de PCs, cable módems, etc.

Un tema indudable es la migración de servicios de voz a estas infraestructuras de próxima generación, debido principalmente a la Calidad de Servicio requerida por estos servicios (garantías de ancho de banda, retardos, pérdidas de paquetes, etc.) así como elementos asociados a la integridad y seguridad de la información, ya que este tipo de redes también proporcionan mecanismos para intercambiar información de forma segura y proteger la red de ataques externos.

Una de las principales características introducidas con el desarrollo de estas redes, es la clara separación entre las redes de acceso y la red del núcleo, que está capacitada para ofrecer servicios multimedia a los usuarios finales sin importar el tipo de acceso utilizado: UMTS, ADSL,... o redes de acceso satelital.

Otro requerimiento general es la **Movilidad Personal**, en la cual los usuarios finales pueden obtener una conexión en cualquier parte de la red y siempre obtener las mismas condiciones del servicio. El “**Roaming**” también es considerado como obligatorio, definiendo la posibilidad de que los usuarios obtengan una conexión con un operador diferente con el cual han realizado la suscripción del servicio.

Los requerimientos para los escenarios de Movilidad Personal y “*Roaming*” integran tanto a usuarios de redes cableadas como inalámbricas. Por consiguiente siempre se consideran dos redes diferentes.

“The Home Network”

Esta es la red a la que el usuario está suscrito y que le suministra los servicios, de tal forma que las características negociadas en la suscripción deben mantenerse independientemente del punto físico al cual esté conectado.

“the Visited Network”

Esta es la red desde la que el usuario final obtiene una conexión física. Esta red puede prestar servicios locales, sin embargo, estos no están basados en ningún tipo de suscripción.

Por lo tanto, la red visitante es la red que proporciona el punto de conexión (generalmente pertenece a la red de acceso) para alcanzar la “*home network*” y acceder al núcleo de red.

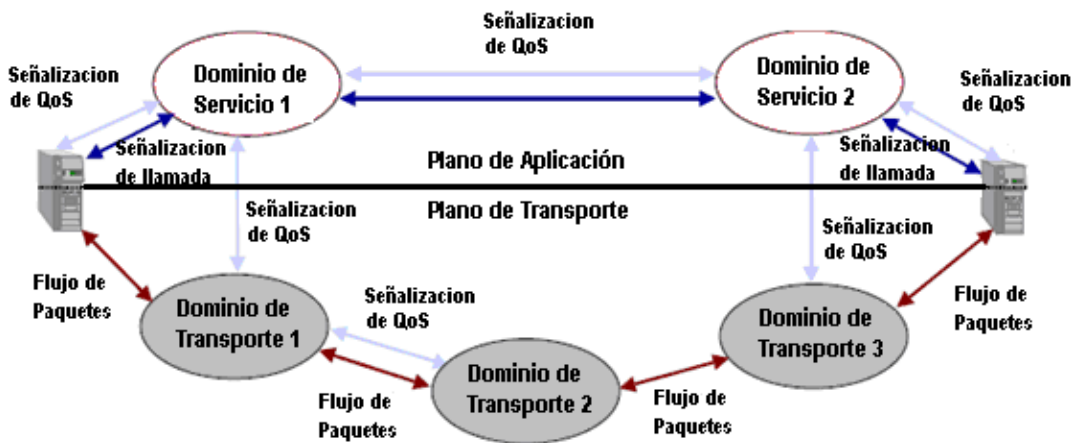
Esta división en dos redes es aplicable incluso cuando ambas pertenezcan a un mismo operador. Más allá de un escenario de “*Roaming*”, esta segmentación se realiza para designar los roles específicos mencionados anteriormente.

3.2 PRINCIPIOS

Considerando cualquier referencia de estandarización (ITU-T, ETSI TIPHON [20], UMTS o IETF) En la figura 19 se ilustran los planos involucrados en el transporte de la información.

- Plano de Aplicación.
- Plano de Transporte.

Figura 19. Planos involucrados en el transporte de la información [21].



El **plano de aplicación** proporciona el servicio a los usuarios, el cual se solicita mediante protocolos de señalización de la llamada del usuario (como por ejemplo H225[22] +H245[23], SIP[24] +SDP[25], H248[26]).

Dicha señalización permite describir:

- Puntos finales de la conexión.
- Parámetros de Calidad de Servicio (Codecs, tramas por paquete, tamaños de trama, retardos de los “*buffers*”, FEC, variaciones en los retardos, pérdidas de paquetes).
- Otros parámetros relacionados con el servicio.

El **plano de transporte** se encarga de brindar el transporte de paquetes y lograr una QoS deseada, la cual es solicitada mediante protocolos de señalización de QoS (RSVP [27], COPS[28]).

Las principales suposiciones son las siguientes:

- El camino que siguen los datos puede cruzar varios dominios de transporte.
- Cada dominio puede usar su propio espacio de direccionamiento.
- El enrutamiento de las llamadas entre los dominios de transporte será controlada por el plano de aplicación.
- El enrutamiento de las llamadas dentro de los dominios de transporte será independiente del plano de aplicación.

3.3 Modelo General de Calidad de Servicio

3.3.1 Apreciación Global

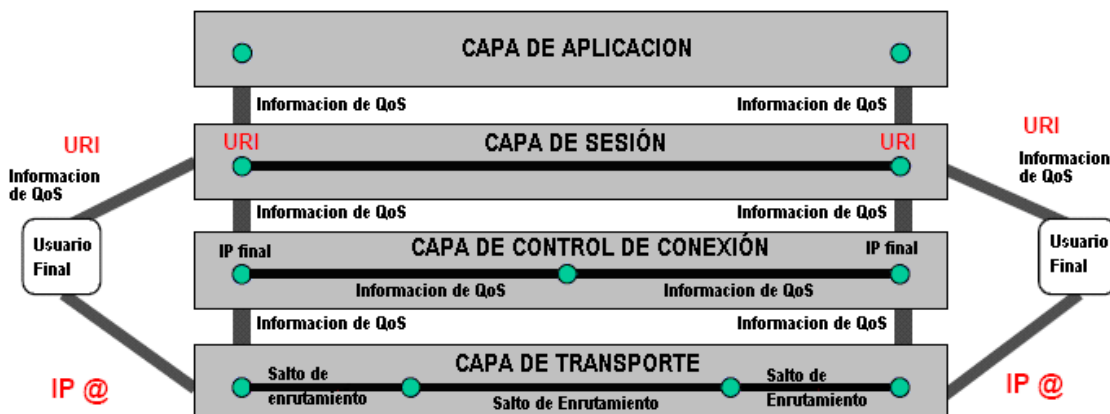
El modelo general para el manejo de QoS está basado en cuatro capas, divididas y caracterizadas principalmente por el alcance de la entidad manejada, que puede ser: el servicio o los usuarios finales. El modelo en sí es suficiente para describir el rol de cada

capa y las relaciones con las capas cercanas superiores e inferiores, pero sin evitar cualquier configuración actual:

- En la parte superior del modelo, la **Capa de Aplicación** posee la lógica del servicio que es proveído al usuario final (distribución de música, manejo de conferencia, enrutamiento personal, etc). Cuando se trata de sesiones multimedia, la capa de aplicación define la QoS asociada al servicio, de forma independiente a la tecnología de transporte.
- La **Capa de Sesión** maneja los procedimientos de señalización para establecer una sesión entre los usuarios finales y el acceso a otros puntos remotos como servidores de conferencia, etc. e incluye la negociación de las características de la sesión. Además de los usuarios finales, los elementos de red proporcionan capacidades de señalización de sesión que también se consideran en esta capa (Proxy, SIP, etc.). Las entidades direccionadas por la capa de sesión son los usuarios finales, conocidas por su URI [29] el cual puede ser considerado como un identificador lógico. El URI de un usuario final es expresado de la forma de una dirección de correo electrónico: usuario@dominio.
- La **Capa de Control de Conexión** maneja la configuración de portadora para cada componente multimedia, incluyendo el control de admisión y la reservación de recursos. Sin embargo, las portadoras se considerarán extremo a extremo, o al menos en los extremos de un dominio de red.
- La **Capa de Transporte** es responsable de llevar los paquetes de datos desde un origen a un destino, utilizando una red física. Por lo tanto, los mecanismos de saltos en los enrutadores se consideran aquí, lo cual hace referencia a la tecnología actual utilizada en la red de transporte, como por ejemplo: DiffServ [30], IntServ[31] sobre DiffServ [32], MPLS [33], etc.

La siguiente figura ilustra el modelo general utilizado para proporcionar servicios con QoS en el núcleo de la red:

Figura 20. Modelo General de QoS en Capas[34]



3.3.2 El proceso de QoS

El contrato entre el proveedor de servicios (SP) y el cliente especifica los niveles de QoS que desea pagar dicho cliente, así que el contrato al servicio tiene una componente principal llamada **Suscripción de QoS**, la cual corresponde al compromiso del SP en cuanto a la conservación de la QoS. Esta suscripción puede estar contenida dentro de un paquete global de servicios, sin necesidad de ser vista como un parámetro específico.

El modelo general para el manejo de QoS permite negociar la QoS que se va a usar en el establecimiento de la sesión de la siguiente manera:

- Primero **la QoS debe ser negociada extremo a extremo en las capas de aplicación y sesión**, lo cual implica realizar una verificación de los permisos de usuario en el perfil del suscriptor de ambos extremos de la comunicación. Para suministrar una petición de sesión, se deben seleccionar y negociar un conjunto de posibilidades de QoS teniendo en cuenta diferentes fuentes de información referentes a dicha QoS, como por ejemplo, las peticiones de usuario, el perfil del suscriptor, las peticiones de las aplicaciones, las capacidades conocidas de la red, etc. Esta negociación de QoS involucra tanto a la “home network” como la “visited network”, para ambos extremos de la comunicación.
- Una vez se han negociado las características de la sesión incluyendo la QoS, **la capa de control de conexión comprueba que las políticas del operador en la red visitante acepten las condiciones para las portadoras requeridas**, con el fin de determinar si las portadoras requeridas pueden ser admitidas o no. Una de las principales políticas es el Control de Admisión, es decir, verificar si en el dominio de red los recursos que se han demandado se encuentran disponibles para posteriormente ser reservados.
- Finalmente, **la capa de transporte es solicitada para configurar las portadoras en la red de transporte**, aplicando la tecnología utilizada en la red. Después de esto, se activan los mecanismos correspondientes asociados al transporte de los datos de acuerdo a las políticas del operador: RSVP, DiffServ, MPLS, etc.

En el caso en el cual la configuración de las portadoras falle (por no cumplir con las políticas establecidas, por falta de recursos para brindar QoS, etc.) la capa de sesión decidirá si es posible continuar con la comunicación.

Cualquiera de los usuarios finales puede renegociar las características establecidas para una sesión en cualquier momento: añadir nuevos tipos de datos, quitarlos o modificar sus características.

Cuando se cambia algún parámetro que modifique la calidad de servicio requerida, se debe ejecutar el mismo proceso de nuevo, incluyendo las 4 capas, para todas las componentes de la sesión multimedia. Obviamente para aquellas componentes que no se varían, no es necesario realizar los procedimientos de admisión de control ni reservación de recursos.

3.4 QoS en las Capas de Aplicación y Sesión

La terminología utilizada para describir la arquitectura de QoS está acorde con la que está siendo estandarizada por el 3GPP [35].

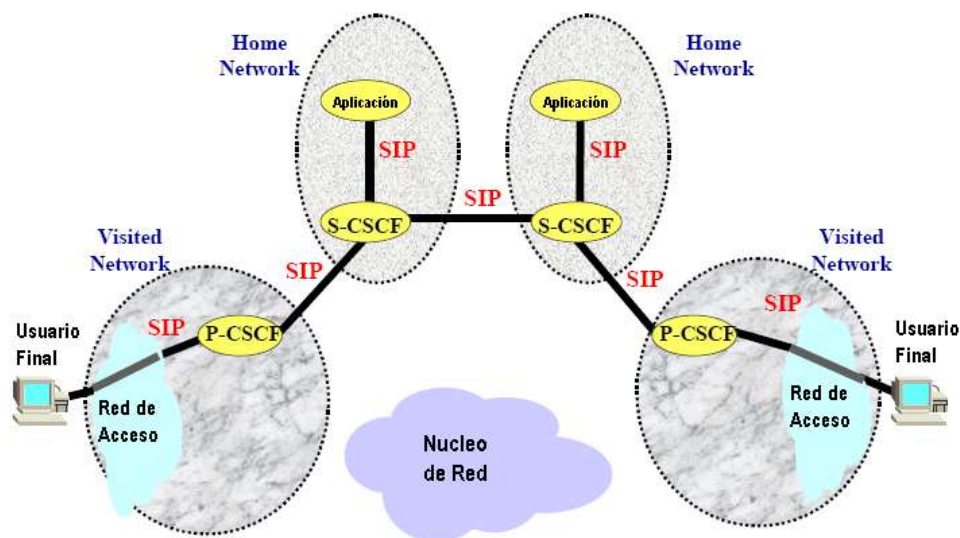
La Capa de Aplicación es suministrada por la misma **Aplicación** final, la cual incluso puede poseer un perfil del suscriptor dedicado. La capa de sesión es proveída por la **Función de Control de Sesión de Llamada (CSCF)**.

Las características de la sesión negociada están resumidas en una Descripción de Sesión llevada por el protocolo SDP (el cual está integrado en el protocolo de señalización SIP), y contiene para cada componente de una sesión multimedia:

- El tipo de componente multimedia: voz, audio, video, aplicación, datos, etc.
- La lista de "codecs" y formatos de codificación, si son relevantes (para voz, video).
- La información de tráfico (ancho de banda, la continuidad de las ráfagas, tamaño de los paquetes, etc.) y la información de Sensitividad de QoS (retardo extremo a extremo, máximo "jitter", pérdida de paquetes, etc.).

La información de Tráfico y Sensitividad pueden estar derivadas implícitamente del tipo de medio y la información del "codec" (si es posible), o una descripción específica y explícita del medio.

Figura 21. QoS en las Capas de Aplicación y Sesión [34]



La **Aplicación** siempre reside en la "Home Network", y proporciona la lógica efectiva de la aplicación al usuario final. La Aplicación es por definición un elemento no estandarizado, de hecho hay un gran empeño por parte de los cuerpos de estandarización como 3GPP e IETF para definitivamente evitar la estandarización de los servicios.

El **Proxy de Función de Control de Sesión de Llamada (P-CSCF)** se debe principalmente a la configuración del "roaming" inter-dominio, en donde el "Visited Network" es responsable por los recursos de portadora solicitados por el usuario final del roaming o por el S-CSCF (por demanda de una aplicación). Este Proxy utiliza la descripción de la componente multimedia contenida en SDP y que es llevada por SIP o RTSP, por ejemplo.

El **Servidor de Función de Control de Sesión de Llamada (S-CSCF)**, localizado en la “Home Network”, proporciona acceso al ambiente del servicio primitivo. Toda la señalización de sesión (SIP) es enrutada hacia la “Home Network”, mientras que el flujo de datos multimedia y eventualmente la señalización de reservación de recursos, usualmente siguen un camino más directo.

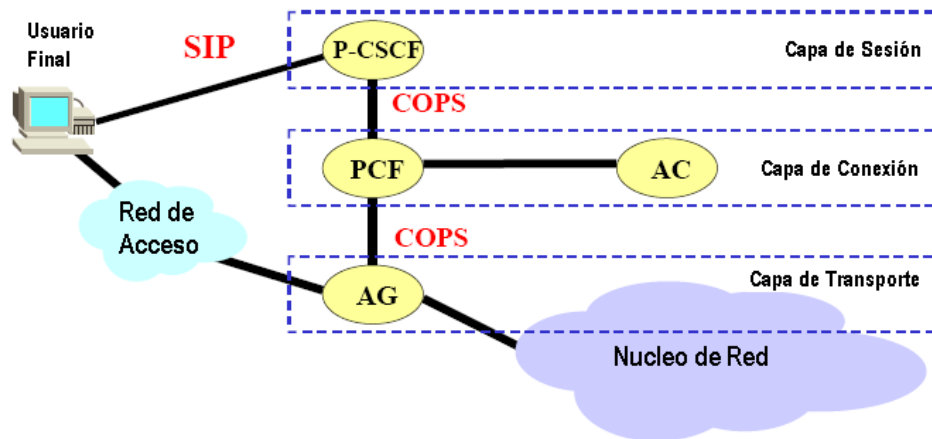
3.5 Calidad de Servicio en las capas de conexión y transporte.

Cuando se termina la negociación de los parámetros de la sesión, la P-CSCF asociada a cada uno de los usuarios finales, recibe el resultado final de dicha negociación (Una descripción de la sesión contiene un código SDP con la descripción de las componentes utilizadas así como información de tráfico y QoS).

En este punto los usuarios finales y las aplicaciones involucradas han concertado cuales de las componentes multimedia usarán los distintos niveles de QoS. El siguiente paso es verificar si las portadoras que implementan dichas componentes pueden ser admitidas.

La figura 22 muestra la arquitectura de QoS en las capas de control de conexión y transporte.

Figura 22. QoS en las capas de Conexión y transporte [34]



El P-CSCF proporciona una descripción de la sesión negociada a la **función de control de políticas (PCF – “Policy Control Function”)**, la cual traduce para cada componente, su descripción en una serie (IP) de parámetros de QoS. Esta información es utilizada por la PCF para aplicar las políticas del operador y reservar de esta forma los recursos necesarios y configuración de las conexiones.

La **función de control de Admisión (AC – “Admission Control”)** es demandada por la PCF para verificar la disponibilidad de los recursos en el núcleo de red.

La **puerta de Acceso (AG – “Access Gate”)** está localizada en el camino de transporte de datos y realiza un procesamiento por flujos (monitoreo, estadísticas, etc.). La puerta de acceso realiza toda la interconexión entre los procedimientos específicos de la red de acceso y del núcleo de red, implementando las políticas de QoS decididas por la PCF.

La AG gestiona el acceso a los servicios de QoS a través de compuertas, para lo cual a cada sesión con QoS se le asocia una compuerta, que es un clasificador de paquetes que asegura que sólo tengan acceso a dichos servicios de QoS aquellos flujos IP analizados anteriormente por la AC.

La interfaz entre la PCF y la AG está normalizada por el 3GPP y se fundamenta en COPS, mientras que generalmente la interfaz entre la PCG y la AC es propietaria.

En algunas redes de acceso se resuelve el problema de gestión de recursos usando protocolos específicos entre el usuario final y la AG, es el caso por ejemplo de UMTS donde se utiliza un protocolo PDP para alcanzar la GGSN a través de un SGSN.

En otras redes de acceso, en las cuales no existe un protocolo a este nivel (como por ejemplo en redes ADSL), existe una entidad especial que realiza las siguientes funciones.

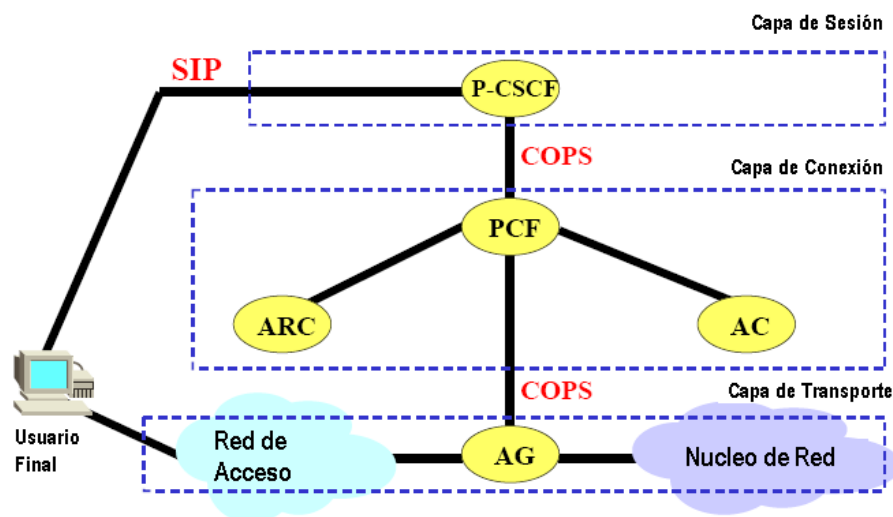
- Identificar la ubicación de los usuarios finales, especialmente resolver la dirección IP con la cual se encuentran conectados.
- Realizar un control de admisión en la red de acceso y en el enlace utilizado por el usuario final.
- Cuando el acceso al medio es compartido dinámicamente, realiza la asignación de recursos; es el caso de las redes satelitales.

A esta nueva entidad funcional se le llama función de **Control de Recursos de Acceso (ARC – Acces Resources Control)**. Esta entidad es la que obtiene los recursos en la red de Acceso mientras que la **AC**, obtiene los recursos necesarios en el núcleo de red.

En los párrafos anteriores se describió una arquitectura general para la QoS incluyendo la capa de sesión, la cual también puede ser utilizada en aplicaciones que no estén basadas en sesiones SIP y generalmente para aquellas que no hagan uso de la capa de sesión (exploración Web, intercambio de archivos, etc.). En estos casos la capa de sesión es simplemente ignorada, sin embargo tanto la PCF, como las funciones de AC/ARC y AG tienen el mismo rol.

En la figura 23 se muestra la arquitectura general para el control de recursos de acceso.

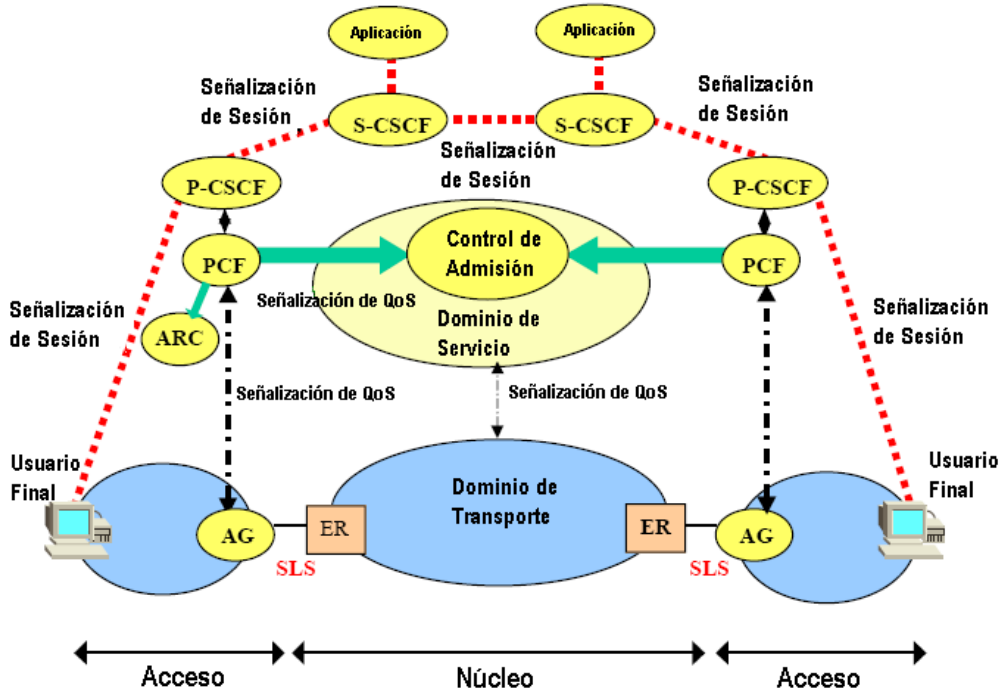
Figura 23. Arquitectura general para el control de recursos de Acceso [34]



3.6 Arquitectura General.

En la figura 24 se presenta un resumen de la arquitectura general, mostrando las relaciones entre todos los elementos involucrados.

Figura 24. Arquitectura General de QoS [34]



En esta figura se muestra como las aplicaciones por sí mismas controlan la QoS suscrita ofrecida a un usuario en una sesión determinada. Así, las funciones de control de admisión necesitan implementar los componentes de una sesión multimedia (audio, video, datos, etc.) independientemente de cómo se encuentren organizados los recursos, implementados y gestionados en el dominio de Transporte.

4. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

En este capítulo se definen los requerimientos del sistema, principalmente de los niveles 2 y 3.

4.1 REQUERIMIENTOS INDEPENDIENTES DEL SATÉLITE (Capas de conexión y transporte)

4.1.1 Mecanismos de QoS a nivel IP

4.1.1.1 Intserv

La arquitectura Intserv definida por la IETF [31], define un conjunto de extensiones para el modelo “*best effort*” de Internet, con el objetivo de brindar Calidad de Servicio extremo a extremo definiendo modelos para expresar tipos de servicios, cuantificar recursos y determinar la disponibilidad de los mismos.

Este mecanismo se fundamenta en el protocolo RSVP [27] (*Resource ReSerVation Protocol*), que implica una reserva de recursos en la red para cada flujo de información de usuario, así como el mantenimiento en la red (en los enrutadores) de un estado para cada flujo, esto significa, mantenimiento de la “reserva” (tablas de estados de reserva). RSVP es un protocolo señalización de QoS que posibilita:

- Dar a las aplicaciones un modo uniforme para solicitar un determinado nivel de QoS.
- Encontrar una forma de garantizar cierto nivel de QoS.
- Proporcionar autenticación.

RSVP es un protocolo que se desarrolla entre los usuarios y los diferentes nodos (enrutadores) de la red que soportan este protocolo. Consiste en hacer “reservas” de recursos en tales nodos para cada flujo de información de usuario, mediante mensajes de señalización y estados de reserva en cada nodo RSVP, para lo cual se definen dos sentidos para la transferencia, el “*downstream*” (fuente al receptor) y “*upstream*” (receptor a la fuente).

Este protocolo hace uso de dos mensajes básicos: *PATH* y *RESV* a través de los cuales se lleva a cabo la reserva de recursos en la red previo al establecimiento de la comunicación. Los mensajes *PATH* son generados por la fuente de solicitudes del usuario que necesita garantías de QoS, y muestran las características con relación a los recursos necesarios. La ruta que deben seguir estos mensajes es la misma que siguen los datos de usuario, para lo cual se requiere previamente un “diálogo” entre el proceso RSVP y el proceso de enrutamiento que determina dicha ruta.

En su paso por cada enrutador RSVP los mensajes *PATH* se actualizan y se retransmiten, reemplazando la dirección IP del enrutador que lo actualiza y re-envía. Cada nodo RSVP también almacena la dirección del anterior. Así pues, con los mensajes *PATH* es posible señalar al receptor, o receptores, no sólo las características del tráfico de usuario, sino también la ruta por donde debe solicitar las correspondientes reservas de recursos.

Los mensajes RESV son producidos por el receptor (o receptores) de los flujos de información de usuario, como “respuesta” a los mensajes *PATH*, y solicitan a la red (nodos RSVP) las correspondientes reservas de recursos que soporten la comunicación con características de QoS. Los mensajes *RESV* especifican el ancho de banda mínimo requerido para obtener un retardo máximo para un flujo de datos específico.

Estas reservas de recursos dentro de la red se materializan mediante “*softstates*” en los enrutadores RSVP, que tienen un determinado “*timeout*” por lo cual, mientras dure la transmisión de un determinado flujo con QoS se deben hacer actualizaciones periódicas, hasta que se desee liberar recursos de la red.

Es conveniente resaltar que la reserva de recursos extremo a extremo que posibilita RSVP es válida si, y solo si, la congestión y el retardo que introduzcan los enrutadores (no RSVP, los cuáles transfieren transparentemente los mensajes *PATH*) no sean grandes.

4.1.1.2 DiffServ

El modelo de diferenciación de servicios (“*DiffServ*”, ver [30]) proporciona mecanismos de calidad de servicio para reducir la carga en dispositivos de la red a través de un mapeo entre flujos de tráfico y niveles de servicio. Los paquetes que pertenecen a una determinada clase se marcan con un código específico (DSCP – *Diffserv CodePoint*). Este código es necesario para identificar una clase de tráfico. La diferenciación de servicios se logra mediante la definición de comportamientos específicos para cada clase de tráfico entre dispositivos de interconexión, hecho conocido como comportamiento por saltos (PHB, *Per Hop Behavior*). De esta manera a través de “*DiffServ*” se asignan prioridades a los diferentes paquetes que son enviados a la red. Los nodos intermedios (enrutadores) analizan estos paquetes y los tratan según sus necesidades.

Dentro del grupo de trabajo de “*Diffserv*” de la IETF, se define en [36] el campo de diferenciación de servicios (DS, *Differentiated Services*) es donde se especifican las prioridades de los paquetes. En el subcampo DSCP (*Differentiated Service CodePoint*) se especifica la prioridad de cada paquete, siendo estos campos válidos tanto para IPv4 como IPv6.

Existen tres perfiles PHB definidos en el modelo Diffserv:

- **Expedited Forwarding (EF):** se trata de aquellos flujos de tráfico que requieran un caudal mínimo asegurado, así como un retardo limitado y una variación de retardo máxima determinada. Este perfil se ajusta a aplicaciones para tráfico en tiempo real, como puede ser audio/video conferencia, o descarga de video bajo demanda.

El perfil PHB EF está identificado por el código DSCP: 101110.

- **Asured Forwarding (AF):** indicado para flujos de tráfico con menores requisitos que los indicados para EF, ya que no es posible indicar requisitos temporales para estos flujos (retardo/“*jitter*”). Este perfil define cuatro tipos de clases diferentes en función de los recursos reservados a las mismas. De forma que un nodo Diffserv debe reservar ciertos recursos para el encolamiento adecuado de este tráfico.

Dentro de cada clase definida en AF se establecen tres prioridades de descarte. De forma que el perfil AF define un conjunto de 12 posibles servicios. Si identificamos

cada servicio con dos subíndices AFxy, la variable x representaría la clase, mientras que la variable y identificaría la prioridad de descarte. Este perfil resulta muy adecuado para la implementación de los servicios olímpicos, donde se puede asignar a cada agregado de tráfico la clasificación de oro, plata o bronce, de forma que reciba los recursos correspondientes en cada nodo que atravesase por el dominio Diffserv. El perfil PHB AF correspondiente se identifica mediante los códigos DSCP descritos en la tabla 3.

Tabla 3. Códigos DSCP para el perfil PHB AF

<i>Prioridad de descarte</i>	<i>Clase #1</i>	<i>Clase #2</i>	<i>Clase #3</i>	<i>Clase #4</i>
Baja	001010	010010	011010	100010
Media	001100	010100	011100	100100
Alta	001110	010110	011110	100110

Un nodo perteneciente a un dominio Diffserv con soporte del perfil PHB AF debe ser capaz de detectar situaciones de congestión, y aplicar descarte de tramas en función de la clase a la que pertenezca el mismo. Típicamente se utiliza una técnica de encolamiento con algoritmo tipo RED (*Random Early Detection*) para implementar el mecanismo de descarte. El comportamiento AF especifica que cada clase debe ser tratada de forma independiente, de forma que no es posible agregar las diferentes colas formando nuevos agregados de tráfico. Un nodo Diffserv debe implementar obligatoriamente las tres prioridades de descarte, pero no resulta necesario que implemente las cuatro clases.

- **Best effort (BE):** aunque no pertenece exclusivamente al modelo Diffserv, este perfil se utiliza para el tráfico que no tiene requisitos de calidad de servicio (caudal garantizado o consideraciones temporales). Este perfil es adecuado para aplicaciones que trabajan en background o que no requieren trabajo en tiempo real, por ejemplo, descarga de ficheros ftp, navegación web, etc.

En la arquitectura definida por “*Diffserv*”, que se muestra en la figura 25, aparecen nodos extremos DS de entrada y salida, así como nodos DS internos. Este conjunto de nodos definen el dominio “*Diffserv*” y presenta un tipo de políticas y grupos de comportamiento por salto que determinarán el tratamiento de los paquetes en la red.

Figura 25. Arquitectura Diffserv



Se debe tener en cuenta que un dominio Diffserv puede estar formado por más de una red, de manera que el administrador será responsable de repartir adecuadamente los recursos según el acuerdo de nivel de servicio (SLA, *Service Level Agreement*) entre el cliente y el proveedor del servicios (SP, *Service Provider*).

A continuación se presentan las diferentes funciones que deben realizar los nodos DS:

- *Nodos extremos DS*: será necesario realizar diferentes funciones como el acondicionamiento de tráfico entre los dominios Diffserv interconectados. De esta manera debe clasificar y establecer las condiciones de ingreso de los flujos de tráfico en función de: dirección IP y puerto (origen y destino), protocolo de transporte y DSCP; este clasificador se conoce como MF (*Multi-Field Classifier*). Una vez que los paquetes se marcan adecuadamente, los nodos internos deberán seleccionar el PHB definido para cada flujo de datos. Los nodos DS de entrada serán responsables de asegurar que el tráfico de entrada cumple los requisitos de algún TCA (*Traffic Conditioning Agreement*), que es un derivado del SLA, entre los dominios interconectados. Por otro lado los nodos DS de salida deberán realizar funciones de acondicionamiento de tráfico o TC (*Traffic Conformation*) sobre el tráfico transferido al otro dominio DS conectado.
- *Nodos internos DS*: podrá realizar limitadas funciones de TC, tales como remarcado de DSCP. Los nodos DS internos sólo se conectan a nodos internos o a nodos externos de su propio dominio. A diferencia de los nodos externos para la selección del PHB sólo se tendrá en cuenta el campo DSCP, conocido como clasificador BA (*Behavior Aggregate Classifier*).

4.1.2 Aspectos a nivel de Transporte

Se han realizado una variedad de estudios con el fin de mejorar el rendimiento de TCP sobre redes satelitales debido al alto retardo introducido por la naturaleza del enlace satelital. Una de las mejoras a nivel TCP es la implementación de técnicas PEP (*Performance Enhancement Proxy*), mediante la implementación de un Proxy para la mejora en el rendimiento [37]. Sin embargo esta mejora depende en gran medida de como se genere el tráfico TCP, especialmente el tratamiento de los ACK por las capas inferiores, es decir, cuales Clases de Servicio tanto a nivel IP como a nivel MAC, cuales categorías de Capacidad, se apliquen a este tipo de tráfico con el fin de brindar un tratamiento de mayor prioridad.

4.1.3 Control de Admisión basado en Políticas

Los grupos de trabajo de la IETF han desarrollado señalización explícita de los requerimientos de QoS (Modelo IntServ) desde el usuario. Dentro de cada enrutador con QoS activa, el componente de control de admisión sólo toma en cuenta la reservación de recursos solicitada y la capacidad disponible para determinar si acepta o no la petición de QoS. Sin embargo, los mecanismos IntServ no incluyen un aspecto importante del control de admisión: los gestores de red y proveedores de servicio deben ser capaces de monitorear, controlar y reforzar la utilización de los recursos de red y servicios, basados en políticas derivadas de criterios tales como la identificación de los usuarios y aplicaciones, requerimientos de tráfico y ancho de banda, consideraciones de seguridad, y hora del día o día de la semana.

Similarmente, los mecanismos DiffServ además necesitan tener en cuenta políticas que involucren varios criterios tales como identidad, puntos de ingreso, etc.

Otro aspecto es acerca de la Calidad de Servicio Extremo a Extremo:

- IntServ opera con todos los enrutadores con IntServ habilitado.
- DiffServ define un comportamiento por salto (PHB: *per-hop-behavior*), el cual puede variar de un enrutador a otro al menos desde un dominio administrativo a otro.
- No hay QoS extremo a extremo.

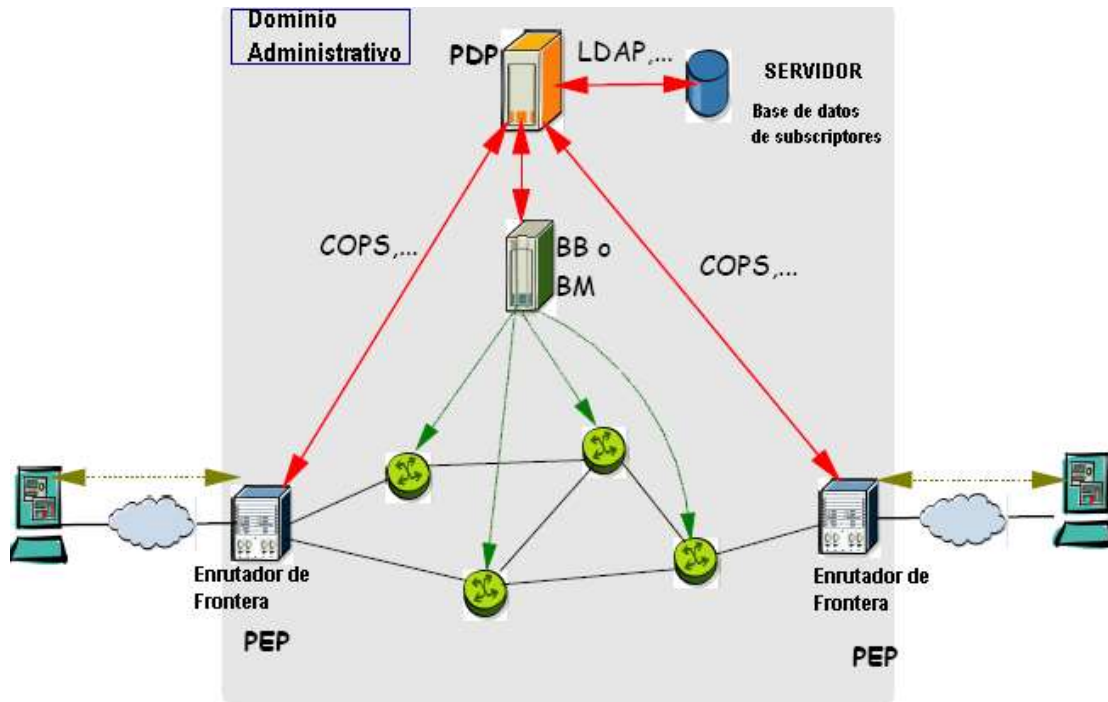
El modelo de políticas de la IETF [38] es una estructura general para Proporcionar control basado en políticas sobre las decisiones de control de admisión.

Los dos principales elementos de la arquitectura para el control de políticas son los puntos de implementación de políticas (PEP, *Policy Enforcement Point*) y los puntos de decisión de políticas (PDP, *Policy Decision Point*). PEP es un componente de un nodo de red y PDP es una entidad remota que puede residir en un servidor de políticas. El PEP representa el componente que corre en el Enrutador de Borde; éste es el punto en el cual las decisiones de políticas son aplicadas.

Las decisiones de políticas son realizadas primariamente en el PDP. El mismo PDP puede hacer uso de mecanismos adicionales y protocolos para lograr funcionalidades adicionales tales como: autenticación de usuarios, contabilidad, almacenamiento de información de políticas, etc. Por ejemplo, el PDP comúnmente utiliza un servicio de

directorio basado en LDAP para almacenar y recuperar información de políticas (Servidor en la figura 26).

Figura 26. Estructura de Red Basada en Políticas de la IETF



Cuando un PEP recibe la notificación de que se requiere una decisión de políticas entonces se formula una petición al PDP. Éste es el Modelo de Extracción “Pull”: los elementos de red extraen decisiones de políticas desde los servidores de políticas. El protocolo estandarizado entre PDP y PEP es COPS. La activación de COPS cuando los PEP reciben mensajes RSVP se describe en [39]. Este modelo también se conoce como modo “Outsourcing” en la terminología COPS.

La petición de control de políticas desde un PEP al PDP puede contener en el mensaje original uno o más elementos de políticas como también información de control de admisión (como la cantidad de ancho de banda pedida).

El PDP retorna la decisión de políticas correspondiente y el PEP la aplica apropiadamente aceptando o denegando la petición. El PDP puede además retornar al PEP información adicional, la cual incluye uno o más elementos de políticas.

Esta información no necesita ser asociada con una decisión de control de admisión, más bien, puede ser utilizada para formular un mensaje de error o un mensaje saliente reenviado.

Inversamente, un PDP puede introducir decisiones de políticas a los PEP sin ser notificado por ellos. Éste es el caso en el que un PDP recibe directamente mensajes de señalización de QoS, desde un punto extremo o desde un servidor de llamada o aplicación, este modelo se conoce como “Push” o modo de “Aprovisionamiento” en la terminología COPS descrito en [40].

Se debe tener en cuenta que el PDP puede estar asociado con un gestor de ancho de banda el cual puede asignar este recurso a los nodos.

De acuerdo a estas definiciones, en la arquitectura NGN:

- PCF actúa como un PDP y,
- AG actúa como un PEP.

4.2 REQUERIMIENTOS DEPENDIENTES DEL SATÉLITE

El Objetivo de los mecanismos de QoS es Proporcionar la mejor forma para compartir:

- Los recursos del satélite del SP SLA entre los subscriptores activos de ese SP.
- Los recursos del satélite asignados a un ST entre varios subscriptores que utilizan ese ST.
- Los recursos del satélite del SLA del subscriptor entre varias aplicaciones que están corriendo simultáneamente sobre los Terminales de Usuario del subscriptor, puede tratarse de varias aplicaciones simultáneas en un solo terminal de usuario o de varios terminales de usuario conectados a un ST cuando se lo utiliza de manera colectiva.

Los mecanismos de QoS deben tener en cuenta los posibles modos de asignación de recursos y los diferentes tipos de subscripción (CoS). Cuando los datos del subscriptor van a ser transmitidos, son colocados en varias colas conectadas a uno o varios caminos de datos (conexiones de datos). Las clases de conexiones de datos y su cantidad dependen de los mecanismos de asignación de recursos de nivel 2.

4.2.1 Mecanismos del Nivel 2

4.2.1.1 Mecanismos de Asignación de Capacidades en el nivel 2

Los posibles mecanismos de asignación de capacidad de nivel 2 son diferentes para los enlaces de bajada y retorno debido a las diferencias en los formatos de transmisión para cada enlace.

- Enlace de Retorno (basado en DVB-RCS)
- Asignación de Capacidad por Terminal Satelital:
 - Asignación Permanente y Garantizada (Asignación de Tasa Constante: CRA)
 - Asignación Dinámica de Capacidad Basada en Tasa (RBDC)
 - Asignación Dinámica de Capacidad Basada en Volumen (VBDC)
 - Asignación Libre de Capacidad (FCA)
- Enlace de bajada (MPE/MPEG-2)
- Asignación de Capacidad por PID:
 - Asignación de Capacidad Permanente y Garantizada
 - Máxima Asignación de Capacidad
- Asignación de Capacidad por dirección MAC MPE:
 - Asignación de Capacidad Permanente y Garantizada
 - Máxima Asignación de Capacidad

El modo de asignación de capacidad en el terminal satelital es una combinación de un modo en el enlace retorno y otro en el de bajada.

4.2.1.2 Identificación de Conexión de Nivel 2

La posibilidad de usar varios identificadores para discriminar conexiones con diferentes privilegios también incide en el número de conexiones:

- Enlace de Retorno (DVB-RCS)
 - Identificador de Registro (Logon_Id)
 - Identificador de Canal (Channel_Id)
 - Identificador de Población (Population_Id)
- Enlace de Bajada (MPE/MPEG-2/DVB)
 - PID
 - Direcciones MAC MPE

El rango de los PID es limitado, por lo tanto compartir este identificador entre un grupo numeroso de subscriptores puede ocasionar que cada subscriptor no tenga su propio identificador, de esta forma, el PID es uno de los recursos de la Red de Acceso Satelital que debe ser compartido, alrededor de 8000 PIDs [41] entre 10000 usuarios no permite que cada subscriptor tenga su propio PID; para un sistema de 10000 subscriptores, la asignación de QoS por PID no es suficiente para realizar discriminación de QoS por subscriptor.

4.2.1.3 Método de Asignación de Capacidad para cada Conexión de Datos de Nivel 2

El método de asignación de capacidad para la conexión de datos de nivel 2 en el enlace de bajada puede ser por PID o por dirección MPE MAC. En los recientes desarrollos, los PIDs no son utilizados para propósitos de asignación de capacidad y permanecen libres para ser usados por el INAP y las direcciones MPE MAC no son utilizadas para asignar ancho de banda por ST en el enlace de bajada. La asignación de ancho de banda por subscriptor requiere identificar cada subscriptor en el enlace de bajada.

Cada conexión de datos es asociada al modo de asignación de capacidad que corresponde, de acuerdo al SLA del subscriptor.

La Clase de Servicio del subscriptor puede ser el único parámetro certero para definir el modo de asignación de capacidad; por ejemplo, en el enlace de retorno:

- CoS Bronce → VBDC
- CoS Plata → RBDC + VBDC
- CoS Oro → CRA + VBDC
- CoS Platino → CRA + RBDC + VBDC

O cada CoS puede tener un rango de modos, dependiendo de la intención específica del subscriptor, por ejemplo:

- CoS Bronce → VBDC para un conexión simple (VPI/VCI) llevando flujos HPQ y LPQ

- CoS Plata →
 - (RBDC + VBDC) para una conexión simple (VPI/VCI) llevando flujos HPQ y LPQ, o
 - RBDC para la conexión que soporta flujos HPQ y VBDC para la conexión que soporta flujos LPQ
- CoS Oro →
 - CRA + VBDC para una conexión simple (VPI/VCI) llevando flujos HPQ y LPQ, o
 - CRA para la conexión que soporta los flujos HPQ y VBDC para la conexión que soporta los flujos LPQ
- CoS Platino →
 - CRA para la conexión que soporta los flujos HPQ y (RBDC + VBDC) para la conexión que soporta los flujos LPQ

Pueda darse cualquier combinación que ocurra, llevando a múltiples posibilidades. En el estudio actual, la conexión puede ser asociada a uno de los siguientes modos en el enlace de retorno:

- VBDC

Cuando el *“buffer”* de la conexión de transmisión no está vacío, los equipos de transmisión preguntan al controlador de los recursos de la SAN por ranuras de tiempo, emitiendo una petición VBDC. Los parámetros de la petición indican el volumen del contenido.
- CRA + VBDC

Cuando el *“buffer”* de la conexión de transmisión no está vacío, y si la tasa CRA asignada no es suficiente para vaciar el *“buffer”*, los equipos preguntan al controlador de los recursos de la SAN por ranuras de tiempo suplementarios emitiendo una petición VBDC.
- RBDC + VBDC

Cuando el *“buffer”* de la conexión de transmisión no está vacío, y si la tasa RBDC asignada no es suficiente para vaciar el *“buffer”*, los equipos preguntan al controlador de recursos de la SAN por ranuras de tiempo suplementarias emitiendo una petición VBDC.
- CRA + RBDC + VBDC

Cuando el *“buffer”* de la conexión de transmisión no está vacío, y si la tasa CRA asignada no es suficiente para desocupar el *“buffer”* y si la tasa RBDC asignada tampoco lo es, los equipos preguntan al controlador de recursos de la SAN por ranuras de tiempo adicionales enviando una petición RBDC. Entonces, si la tasa máxima RBDC (definida en el SLA) no es suficiente para desocupar el *“buffer”*, los equipos preguntan al controlador de recursos de la SAN por ranuras de tiempos adicionales enviando una petición VBDC.

Como ya se mencionó, dependiendo de los modos disponibles dentro de los controladores de asignación de capacidad de los enlaces de bajada y de retorno, la conexión puede ser asociada a uno de los siguientes modos enumerados en 4.2.1.1.

4.2.1.4 Eliminación de Paquetes de Nivel 2

La estrategia para descartar paquetes de nivel 2 también incide en la QoS. Los parámetros de esta estrategia son la medida del “*buffer*” y el tipo de eliminación:

- *Tail Drop* (Eliminación de los paquetes más antiguos)
- *Head Drop* (Eliminación de los últimos paquetes recibidos)

“*Tail drop*” es más adecuada para los flujos en tiempo real, mientras que “*head drop*” es más adecuada para los flujos que no son en tiempo real. Tener una estrategia de eliminación de paquetes por “*buffer*” puede ser mejor para lograr una QoS eficiente. Sacarle ventaja a esa estrategia implica que cada “*buffer*” se llene con un solo tipo de flujo (RT o NRT) [42].

4.2.1.5 Sincronización de las Características de QoS de los Enlaces de Bajada y de Retorno

Gestionar la QoS del suscriptor requiere sincronizar el tráfico del enlace bajada y el de retorno, cuyos formatos de transmisión son bastante diferentes. La QoS asignada en el enlace de bajada debe corresponder a la asignada en el enlace de retorno. Tomemos el ejemplo de una sencilla comunicación de VoIP, para ilustrar la correspondencia entre ambos enlaces:

- Los anchos de banda de los dos enlaces aunque son idealmente iguales pueden variar, pero deben ser más grandes que el mínimo requerido para la comunicación.
- El máximo “*jitter*” en los dos enlaces también pueden ser diferentes pero debe ser menor que el máximo soportado por los equipos involucrados.

Los mecanismos de eliminación de paquetes también deben tener una correspondencia en ambos enlaces.

4.2.2 Mecanismos de nivel 3

Para gestionar la QoS, se requiere una sincronización entre los mecanismos de QoS de la capa 3 (a nivel IP) y los mecanismos de asignación de recursos de la capa 2 (nivel MAC).

4.2.2.1 Clasificación de los flujos en el nivel 3

Para cada Terminal Satelital, la red de acceso satelital aplica los mecanismos de QoS disponibles y establecidos en el contrato entre el INAP y el SP. Esta configuración puede ser global de acuerdo al SP o individual para un suscriptor específico.

El objetivo de estos mecanismos de QoS es minimizar el “*jitter*” introducido por la red, si se presenta congestión la disminución del efecto del “*jitter*” se logra aplicando prioridades entre los flujos.

A nivel IP estas prioridades dependen de la clasificación de los flujos, que se puede hacer mediante el establecimiento de una etiqueta de QoS dentro de la cabecera IP o haciendo una clasificación más compleja dependiendo de:

- El valor de la etiqueta de QoS (ToS o DSCP).
- Las direcciones IP fuente y destino.
- El tipo de protocolo.
- Los puertos TCP o UDP del origen y destino.

4.2.2.2 Priorización de los flujos en el nivel 3

A nivel IP, las prioridades dependen del número de colas para separar los diferentes tipos de datos que se van a transportar. Una primera aproximación consiste en tener 2 tipos de colas:

- Colas de alta prioridad (*High Priority Queue - HPQ*)
- Colas de baja prioridad (*Low Priority Queue - LPQ*)

4.2.2.3 Planificación de colas a nivel 3

La QoS también depende de los algoritmos y mecanismos mediante los cuales las colas son desocupadas.

- Estrictamente por prioridad
- Equidad
- “*Weighted Fair*”

4.2.2.4 Sincronización de las características de QoS de nivel 3 de los enlaces de bajada y de retorno.

Si se implementan mecanismos de QoS de nivel 3, gestionar la QoS del subscriptor requiere gestionar sincronizadamente el tráfico de los enlaces de bajada y de retorno, por lo tanto se necesita saber qué características de la conexión de nivel 3 difieren de un enlace a otro, tal como se describió para el nivel 2 en donde la QoS asignada debe corresponder a la capacidad que se otorgó de acuerdo a los mecanismos de cada enlace.

Los mecanismos de eliminación de paquetes también deben corresponder en ambos enlaces de nivel 3.

4.2.3 Mecanismos de control de sincronización de nivel 2 y 3

Un canal de nivel 2 consiste de: un nivel de colas L2 y un mecanismo de acceso (VBDC, RBDC, etc.), la QoS también requiere el mapeo de los flujos IP una vez clasificados en los canales de nivel 2 más convenientes.

Un primer acercamiento puede consistir en la utilización de 2 colas de nivel 3 que simplemente se mapean en las 2 colas de nivel 2:

- IP HPQ en L2 HPQ
- IP LPQ en L2 LPQ

Se utilizarán más niveles de priorización de nivel 3, como:

- Flujos de Audio de VoIP
- Flujos de comunicación de video
- Flujos de *streaming* de video
- Flujos HTTP

Para ser mapeados en varios canales L2, tales como:

- VBDC en L2 HPQ
- CRA en L2 HPQ + VBDC en L2 LPQ
- RBDC en L2 HPQ + VBDC en L2 LPQ
- CRA en L2 HPQ + RBDC en L2 LPQ + VBDC en L2 LPQ

Este mapeo puede seleccionarse globalmente por todas las suscripciones de los operadores de SAN o de un proveedor de servicio específico incluso de un suscriptor.

4.2.4 Control de Admisión

El Control de Admisión participa de la suscripción global de QoS. El Control de Admisión evita autorizar una comunicación suplementaria con su QoS asociada (ancho de banda, retardo, *"jitter"*, tiempo de establecimiento, etc), la cual:

- No puede asegurarse a los suscriptores con una capacidad garantizada
- O induce sobre-reservación excesiva de recursos desde la SAN para los suscriptores que no cuentan con una capacidad garantizada (*"Best Effort"*)

El primer paso en el desarrollo del sistema puede ser el control de admisión por registro del terminal satelital (*"ST logon"*) y el segundo paso puede ser realizar el control de admisión por configuración de la comunicación (*"communication set-up"*).

4.3 REQUERIMIENTOS DE RENDIMIENTO

4.3.1 Parámetros de Rendimiento en Telefonía

4.3.1.1 General

Para que un servicio de telefonía en Internet sea satisfactoriamente utilizado por un gran número de usuarios, debe tener pocas interrupciones y adaptarse al comportamiento de los servicios de telefonía existentes. Una expectativa es acerca de la calidad de la conexión, la cual implica que los recursos se pongan en disposición para cada llamada.

El sistema debe minimizar los defectos de las llamadas. Esas son situaciones en donde las llamadas nunca se completan u ocurre un error cuando el destino recibe la alerta de la llamada. Los requerimientos sobre los defectos de las llamadas son típicamente mucho más exigentes que los del bloqueo de llamadas. Además, dada la costosa y limitada capacidad del satélite, el proveedor y los puntos extremos utilizan *"codecs"* para consumir menos ancho de banda.

El sistema debe minimizar el retardo *"post-dial"*, el cual es el tiempo entre el último dígito marcado por el usuario y la recepción de una confirmación positiva desde la red. Este retardo debe ser lo más corto posible con el fin de que los usuarios no perciban una

diferencia con el retardo “*post-dial*” de una PSTN o concluyan que ya no existe conectividad en la red. Esto significa que el número de mensajes de ida y vuelta deben guardar un mínimo absoluto y siempre que sea posible deben ser enviados directamente a los sistemas extremos.

La señalización de llamada necesita proporcionar suficiente información al protocolo de gestión de recursos con el fin de activarlos para que sean asignados dinámicamente en la red. Esto típicamente requiere de la mayoría de componentes de un clasificador de paquetes (IP de origen, IP de destino, Puerto de Origen, Puerto de Destino, Protocolo) que esté disponible para la asignación de recursos.

El sistema debe minimizar el retardo “*post-pickup*”, que es el tiempo que transcurre mientras el usuario descuelga el teléfono y se establece una conexión de voz. Éste debe ser lo más corto posible para que no se afecte la parte inicial de la comunicación de voz.

4.3.1.2 Retardo E2E (extremo a extremo)

En el contexto del proyecto TIPHON de la ETSI se propone lo siguiente con respecto al retardo E2E [13]:

Tabla 4. *Requerimientos de Retardo E2E*

< 100 ms	Clase de QoS “HIGH speech”
100 ms a 150 ms	Clase de QoS “MEDIUM speech”
150 ms a 400 ms	Clase de QoS “ACCEPTABLE o BEST EFFORT speech”

Por lo tanto el acceso satelital está dentro de la tercera categoría.

4.3.1.3 Retardos E2E

En el contexto del proyecto ETSI THIPON se proponen los siguientes valores respecto a los retardos E2E [13], los cuales se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. *Requerimientos de Retardos para una conversación E2E*

< 100 ms	Conversación de alta calidad.
Entre 100 ms y 150 ms	Conversación de calidad media.
Entre 150 ms y 400 ms	Conversación Aceptable o modelo “Best Effort”.

Por consiguiente los accesos satelitales se encuentran dentro de la tercera categoría.

4.3.1.4 Pérdida de Paquetes E2E

La pérdida de paquetes E2E debe estar por debajo del 2%, dependiendo de los “codecs” que se están utilizando. En el contexto del proyecto TIPHON se proponen las siguientes clases de red con respecto a la pérdida de paquetes [13]:

Tabla 6. *Requerimientos de Pérdida de Paquetes E2E*

< 0.5%	Clase I
0.5% al 1%	Clase II
1% al 2%	Clase III

Si los retardos E2E exceden los 150 ms, como es el caso del acceso satelital, y se debe mantener una Clase de QoS, debe tolerarse una menor cantidad de pérdida de paquetes E2E en la medida que el retardo se hace mayor.

Actualmente la relación entre el retardo (superior a 150 ms) y la pérdida de paquetes depende del tipo de "codec" utilizado.

Considerando la alta confiabilidad del acceso satelital, se encuentra dentro de la primera categoría.

4.3.1.5 Tiempos en la Configuración y liberación de llamadas

4.3.1.5.1. Retardos en la configuración de la llamada

Los valores de la tabla 7 están basados en [43] y [44].

Tabla 7. Requerimientos en la configuración de llamadas VoIP

Tiempo de Configuración de llamada por entrada de:				
Clase de QoS	Numero E.164	Direccionamiento IP directo	Alias del correo Electronico	Descriptor
Mejor	< 1.5 s	< 1.5 s	< 3 s	Rapido
Alta	< 3 s	< 3 s	< 6s	Normal
Media	< 5 s	< 5 s	< 12 s	Medio
Baja	< 10 s	< 7 s	< 20 s	Lento

4.3.1.5.2. Retardo en la liberación de llamada

Los valores de la tabla 8 están basados en [43] y [44]

Tabla 8. Valores estimados en la liberación de la llamada

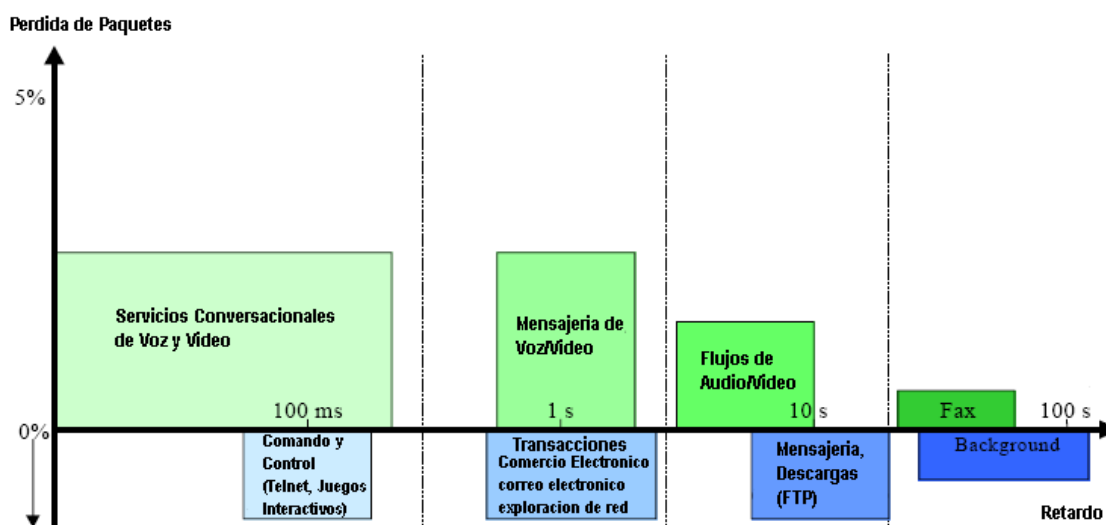
Average value	< 3990 ms (TELCORDIA) < 3500 ms (ITU)
95% quantile	ffs.

4.3.2 Parámetros de Rendimiento de otras Aplicaciones

En [45] se define un modelo para las categorías de Calidad de Servicio multimedia desde el punto de vista del usuario final. Considerando las expectativas del usuario para un rango de aplicaciones multimedia, se identifican 8 categorías distintas, basadas en la tolerancia a la pérdida de información y retardo. Con esto se intenta que esas categorías sean la base para definir clases de QoS reales para las capas más bajas de las redes de transporte, y los mecanismos de control de QoS asociados.

Este modelo se ilustra en la figura 27, en donde la medida y forma de los rectángulos proporcionan una indicación general del límite de retardo y pérdida de información tolerable para cada clase de aplicación. Por supuesto, es posible que cada categoría pueda ser subdividida en más categorías para proporcionar un rango de niveles de calidad para un servicio específico, como se ha hecho para los servicios conversacionales de voz en [46].

Figura 27. Mapeo de los requerimientos de QoS del usuario ITU-T G.1010



La tabla 9, extraída de [45], proporciona una indicación de objetivos de rendimiento adecuados para aplicaciones de audio y video.

La tabla 10, también extraída de [45], proporciona una indicación de objetivos de rendimiento adecuados para las aplicaciones de datos.

Tales requerimientos de rendimiento sólo pueden ser vistos como “informativos” desde el punto de vista del sistema satelital. En este aspecto se enfoca el trabajo del grupo BSM de la ETSI [46]. De hecho revisando algunas figuras, el acceso satelital no es adecuado para algunos servicios (por ejemplo: Telnet) aunque funcionan, lo hacen con un bajo rendimiento. En aquellas aplicaciones de datos, el trabajo que TIPHON realizó para la voz [13], fue incompleto y se pospuso para TIPHON *release 5*.

Tabla 8-Tabla 9. *Objetivos de rendimiento para aplicaciones de Audio y Video ITU – T G.1010*

Medio	Aplicación	Grado de Simetría	Tasa de Datos Típica	Parámetros básicos de rendimiento y valores clave			
				Retardo en una vía	Variación de Retardo	Pérdida de Información (Nota 2)	Otros
Audio	Voz Conversacional	Dos vías	4-64 kbit/s	Preferido <150 ms Límite <400ms (Nota 1)	< 1ms	< 3% Razón de Pérdida de Paquetes (PLR)	
Audio	Mensajería de Voz	Primariamente una vía	4-32 kbit/s	< 1 s para reproducir <2 s para grabar	< 1 ms	< 3% PLR	
Audio	Streaming de Audio de Alta Calidad	Primariamente una vía	16-128 kbit/s (Nota 3)	< 10 s	<< 1 ms	<1% PLR	
Video	Videoconferencia	Dos vías	16-384 kbit/s	Preferido < 150 ms Límite < 400 ms (Nota 4)		<1% PLR	Sinc. de voz y labios < 80ms
Video	Una <u> </u> vía	Una vía	16-384 kbit/s	<10 s		< 1% PLR	

Nota 1 – Se asume un control del eco adecuado.
Nota 2 – Los valores exactos dependen del “*codec*” específico, pero se asume la utilización de un algoritmo de pérdida de paquetes para minimizar el efecto de la pérdida de paquetes.
Nota 3 – La Calidad depende mucho del tipo de “*codec*” y la tasa de datos.
Nota 4 – Esos valores se consideran como valores clave a largo plazo los cuales no se encuentran en la actual tecnología.

Tabla 9-Tabla 10. *Objetivos de rendimiento para aplicaciones de Datos ITU – T G.1010*

Medio	Aplicación	Grado de Simetría	Cantidad de datos típica	Parámetros básicos de rendimiento y valores clave		
				Retardo en una vía (Nota)	Variación de Retardo	Pérdida de Información
Datos	Web-browsing – HTML	Primariamente Una vía	~10 KB		N.A.	Cero
Datos	Transferencia del volumen de datos / recuperación	Primariamente Una vía	10 KB – 10 MB		N.A.	Cero
Datos	Servicios de Transacción – Alta prioridad, por ejemplo: comercio electrónico, ATM	Dos vías	< 10 KB	Preferido < 2 s Aceptable < 4 s	N.A.	Cero
Datos	Comando / Control	Dos vías	~ 1 KB	< 250 ms	N.A.	Cero
Datos	Imagen Quieta	Una vía	< 100 KB	Preferido < 15 s Aceptable < 60 s	N.A.	Cero
Datos	Juegos Interactivos	Dos vías	< 1 KB	< 200 ms	N.A.	Cero
Datos	Telnet	Dos vías (Asimétrico)	< 1 KB	< 200 ms	N.A.	Cero
Datos	E-mail (Acceso al servidor)	Primariamente Una vía	< 10 KB	Preferido < 2 s Aceptable < 4 s	N.A.	Cero
Datos	E-mail (transferencia entre servidores)	Primariamente Una vía	< 10 KB	Puede ser varios minutos	N.A.	Cero
Datos	Fax (“Tiempo Real”)	Primariamente Una vía	~ 10 KB	< 30 s/pagina	N.A.	Cero
Datos	Fax (Guardar y Reenviar)	Primariamente Una vía	~ 10 KB	Puede ser varios minutos	N.A.	<10 ⁻⁶ BER
Datos	Transacciones de baja prioridad	Primariamente Una vía	< 10 KB	< 30 s	N.A.	Cero
Datos	Usenet	Primariamente Una vía	Puede ser 1 MB o más	Puede ser varios minutos	N.A.	Cero

Nota – En algunos casos, puede ser más apropiado considerar esos valores como tiempos de respuesta

4.4 RESUMEN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.

En la tabla 11 se ilustran los principales mecanismos y aspectos de QoS a ser mapeados en la arquitectura de DVB-RCS de acuerdo a los requerimientos encontrados.

~~Tabla 10.~~ Tabla 11. Principales mecanismos a mapearse en la arquitectura DVB – RCS

Área Funcional	Aspectos Técnicos
Mecanismos de QoS del nivel 2	<ul style="list-style-type: none">• Definición de las clases de tráfico MAC.• Relación entre las clases MAC y las categorías de asignación de capacidades en DVB-RCS.
Mecanismos de QoS del nivel 3	<ul style="list-style-type: none">• Soporte de mecanismos de QoS tanto en el enlace de bajada como en el canal de retorno.• Estrategias de puesta en cola y planificación de la información.• Mapeo de las clases de servicio (DiffServ) en las clases de tráfico MAC.

5. INTEGRACION DE MECANISMOS DE QoS EN NIVELES 2 Y 3

5.1 Mapeo de elementos de QoS en la arquitectura de DVB-RCS

De acuerdo a la arquitectura general de QoS del Capítulo 3 y a los requerimientos identificados en el Capítulo 4, en las figuras 28 y 29 se relacionan elementos de Calidad de Servicio con los bloques funcionales de las arquitecturas de referencia DVB-RCS presentadas en el Capítulo 1, tanto para las topologías en Estrella y malla.

Más adelante, para ambas arquitecturas, se proporciona una descripción de las funciones que deben asumir los subsistemas del GW DVB-RCS con relación a la QoS.

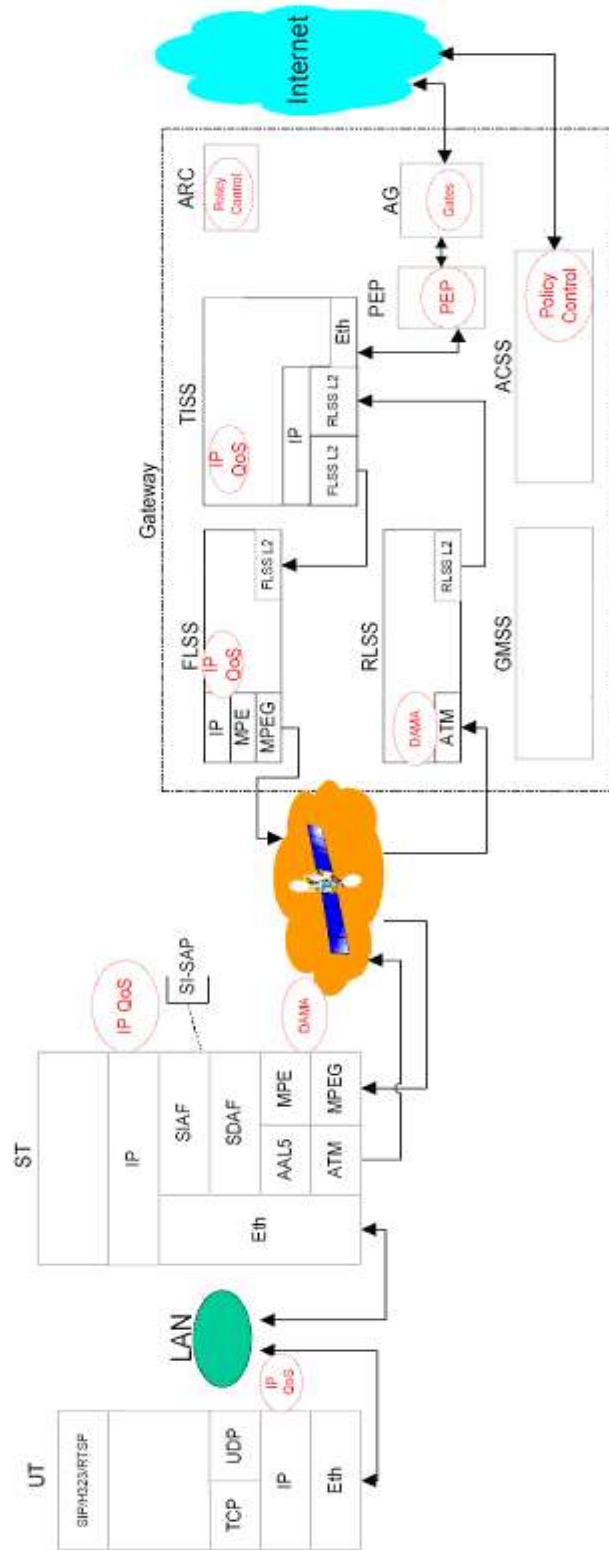
El trabajo de grado se orienta a la integración de mecanismos de nivel 2 y 3, por esa razón a lo largo de éste capítulo se profundiza en la implementación [47] de los mecanismos asociados a la Arquitectura “*DiffServ*”, que en el capítulo cuatro se consideró adecuada para satisfacer los requerimientos identificados en los escenarios de servicios; a nivel dos se entra en los detalles de la implementación de las colas MAC[48], y su relación con las clases “*DiffServ*” como también se detalla el mapeo en las categorías de asignación de capacidad DVB-RCS.

El modo de transmisión ATM en el enlace de retorno de DVB-RCS, impone unas características especiales a la implementación de “*DiffServ*” [49], para ello, ésta se apoya en estudios que exponen las particularidades en el desarrollo de “*DiffServ*” sobre ATM [50][51].

En [52] se pueden encontrar bastantes consideraciones acerca del tema para las redes satelitales tipo LEO, MEO y GEO, con elementos muy importantes para los sistemas satelitales con el modo de transmisión ATM, como DVB-RCS.

Finalmente se presenta la implicación de los elementos de QoS integrados, en las arquitecturas funcionales de los equipos (ST y GW).

Figura 28. ARQUITECTURA EN ESTRELLA.



Terminal de Usuario:

- QoS a nivel IP: la clasificación del tráfico IP se debe realizar de acuerdo a la arquitectura “*DiffServ*”.

Terminal Satelital (ST):

- QoS a nivel IP, y asignación dinámica de recursos.
- Asignación de recursos: bajo el control del GW (a través de la señalización enviada en el TBTP), ejecutando a nivel MAC el almacenamiento y planificación.

FLSS:

- QoS a nivel IP: Este se debe comportar como un nodo interior o de frontera en el canal hacia delante (dependiendo si el TISS implementa funciones de QoS o no), realizando funciones de clasificación de tráfico y planificación.

RLSS:

- Asignación de Recursos: Es quien decide la asignación de las ranuras de tiempo en las tramas a cada ST, de acuerdo a los parámetros y políticas establecidas.

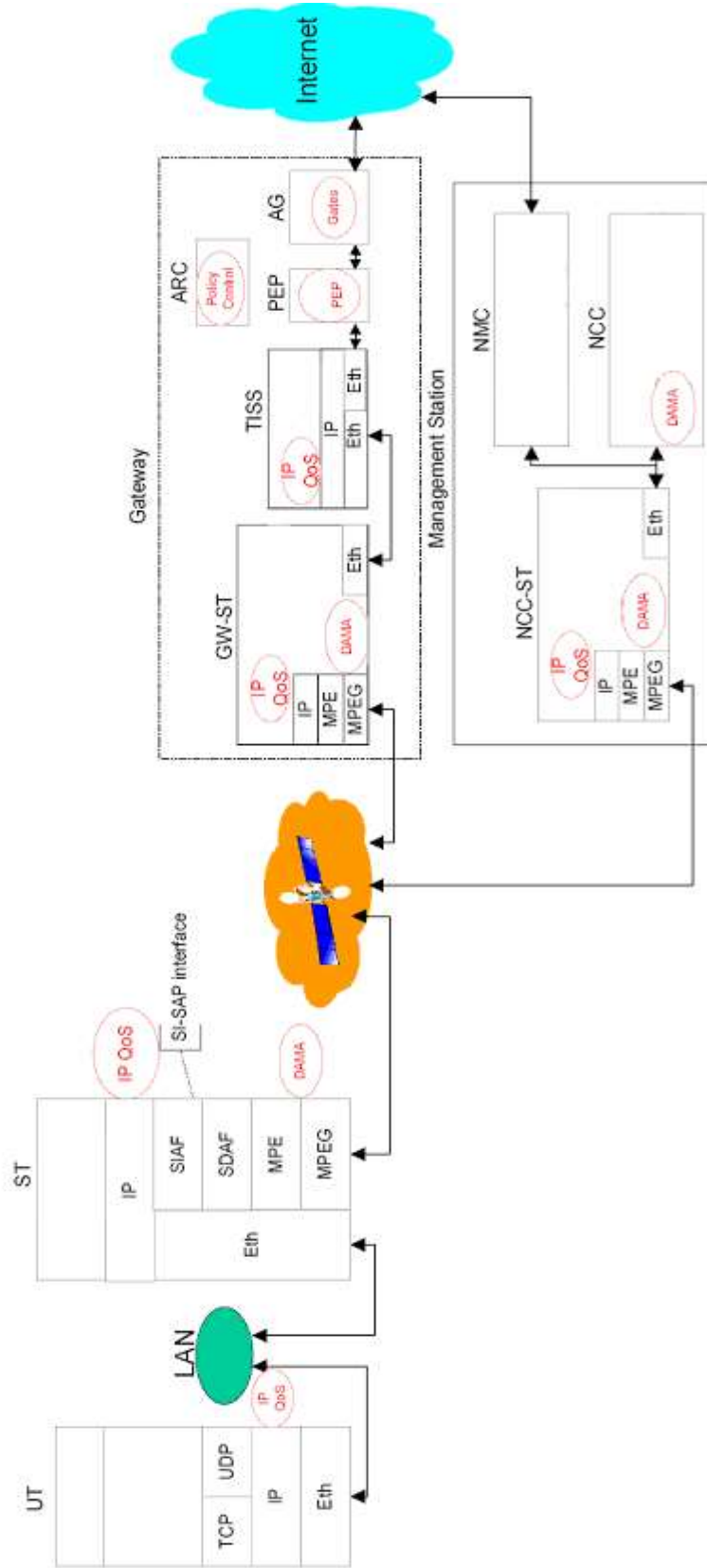
TISS:

- QoS a nivel IP: Este se puede comportar como un nodo interior o de frontera en el canal hacia delante (dependiendo si otros elementos del proveedor de acceso de red implementa funciones de QoS o no), realizando funciones de clasificación de tráfico y planificación.

AG:

- Realiza funciones de procesamiento de flujos para soportar servicios de QoS.

Figura 29. ARQUITECTURA EN MALLA:



5.2 MAPEO DE LOS MECANISMOS DE QoS EN EL NIVEL 3

En el capítulo 4 se revisaron las dos arquitecturas sugeridas para el soporte de QoS en redes IP, Servicios Integrados (“IntServ”) y Servicios Diferenciados (“DiffServ”), encontrando que esta última ofrece mayores ventajas en cuanto a escalabilidad y simplicidad en su implementación, a pesar de no poseer mecanismos de señalización extremo a extremo, por lo tanto, los mecanismos propuestos en el nivel 3 para su implementación en DVB-RCS se basan en esta arquitectura.

5.2.1 Funcionalidad del nivel 3

La funcionalidad en este nivel (capa de red o capa IP), se define en términos de los planos de control y de usuario. Estas funciones se asocian principalmente con el bloque TISS en la arquitectura de la GW, donde las principales diferencias para ambas topologías (acceso y malla), radican en la gestión de recursos del RL.

5.2.1.1 Funcionalidad en el Plano de Usuario

En el plano de Usuario se incluye el manejo de paquetes IP dentro de la red Interactiva y su interacción con las redes externas (Redes Públicas).

En general los datagramas IP que ingresan, a través de los nodos extremos se envían a los nodos internos (tal como se define en el contexto de la arquitectura “DiffServ”). Estos nodos extremos, incluyen funciones de clasificación de paquetes, planificación y acondicionamiento de tráfico, mientras que los nodos internos usualmente sólo realizan el re-envío de los paquetes de acuerdo a sus clases de servicio.

5.2.1.2 Funcionalidad en el Plano de Control.

Estas funciones se relacionan con el control de la red IP dentro de la red Interactiva Satelital, incluyendo el direccionamiento IP, traducción de direcciones, resolución de direcciones MAC-IP, configuración de componentes de la red IP y el control de QoS.

5.2.2 Acondicionamiento de Tráfico (Clasificación / Conformación / Vigilancia / Marcado)

Para brindar un tratamiento diferenciado a los servicios, “DiffServ” posee bloques funcionales tales como: clasificadores de tráfico, marcadores de paquetes, colas y planificadores, en esta sección se tratan los elementos que realizan un acondicionamiento del tráfico.

Los clasificadores se utilizan para determinar un comportamiento agregado por salto (BA, *Behaviour Aggregates*) para cada paquete de acuerdo al valor de su etiqueta DSCP, denominado clasificador BA. Si un paquete no tiene un valor específico de BA, un clasificador multi-campo se encargará entonces de mapearlo en una clase BA determinada y darle el valor correspondiente a la su etiqueta DSCP.

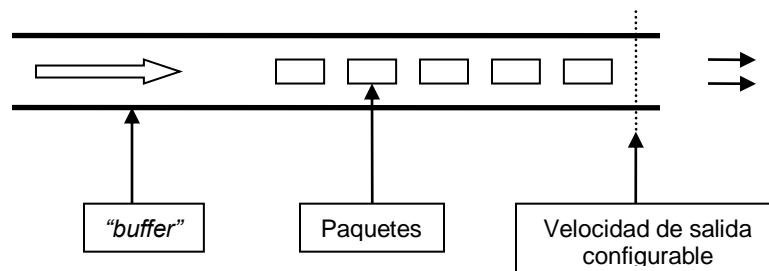
La conformación de tráfico permite que todo el tráfico que sale de la fuente sea conforme a los parámetros negociados con el proveedor, ‘suavizando’ las ráfagas inherentes al tráfico de velocidad variable y controlando otros atributos como la velocidad pico y la

velocidad promedio. Si un terminal no realiza esta operación, el tráfico no conforme que genere será sujeto a eliminación o degradación de prioridad en el nodo de ingreso a la red.

Básicamente se desean controlar tres atributos del tráfico entrante en la red: la velocidad pico, la velocidad promedio y el tamaño de las ráfagas. De acuerdo a cuál de los anteriores atributos se quiera intervenir, se utilizan diferentes algoritmos de conformación o combinaciones de ellos. Existen dos algoritmos fundamentales: “*leaky bucket*” y “*token bucket*”.

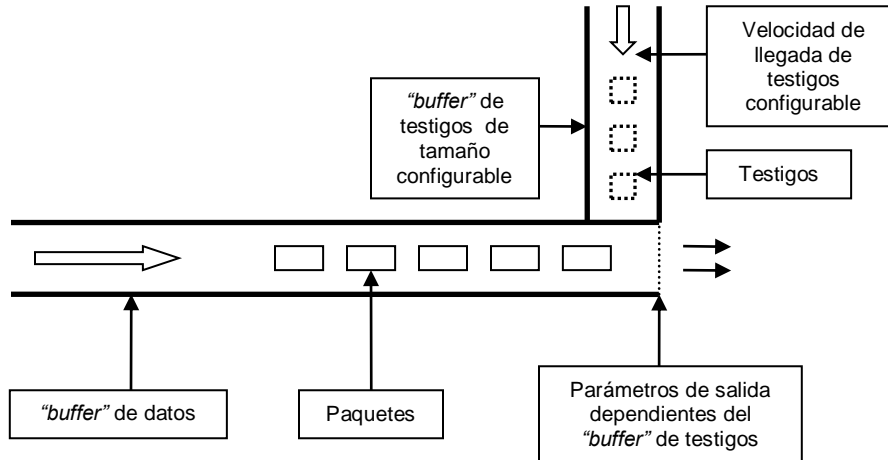
- ✓ **Leaky Bucket.** Es un método simple compuesto por un “*buffer*” que envía los paquetes a una velocidad determinada que se ajusta generalmente a la velocidad pico. La Figura 30 ilustra el método ‘*leaky bucket*’.

Figura 30. Método *leaky bucket*.



- ✓ **Token Bucket.** Este método introduce un control más avanzado sobre la salida de paquetes en el “*buffer*” y es especialmente útil cuando los parámetros que se desea controlar son la velocidad promedio y el tamaño de las ráfagas. El método utiliza un “*buffer*” adicional al de datos, que recibe ‘testigos’ a la velocidad promedio que se quiere ajustar y tiene un tamaño igual al máximo de las ráfagas permitidas. Un paquete puede salir solamente si hay suficientes testigos y uno de ellos es eliminado por cada paquete que se envía. Si no hay paquetes para enviar, el “*buffer*” de testigos se llenará, limitando el tamaño de las ráfagas de tráfico al número de testigos que se encuentran en el “*buffer*”. En redes que utilizan tamaños de paquetes variables, como las IP, los testigos están constituidos por una cantidad de bytes constante para poder controlar el ancho de banda utilizado. La Figura 31 ilustra el método ‘*token bucket*’.

Figura 31. Método token bucket.



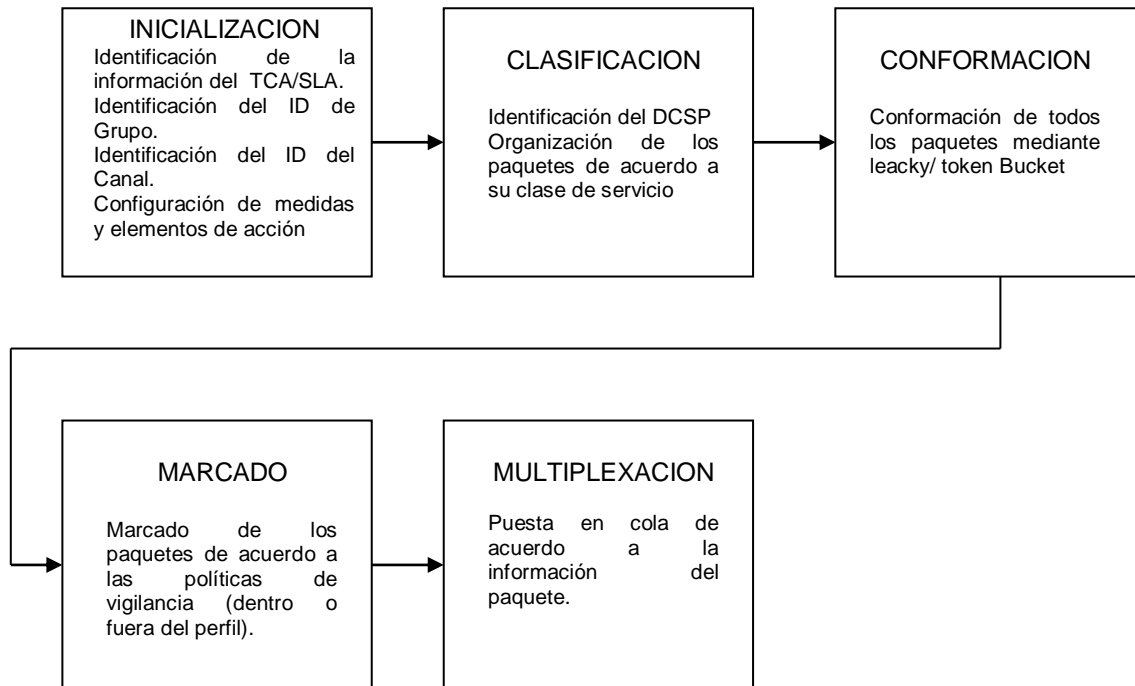
Generalmente los métodos *"leaky bucket"* y *"token bucket"* son utilizados en conjunto para ejercer control sobre los tres atributos de tráfico más importantes. Primero se utiliza un *"leaky bucket"* para controlar la velocidad pico y luego el *"token bucket"* para la conformación de velocidad promedio y tamaño de ráfagas.

La vigilancia se aplica en el borde de la red sobre cualquier paquete que intente ingresar, para permitir su entrada normal o, en caso que no sea conforme, eliminarlo o bajar su nivel de prioridad (actualizar la marca) de manera que este tráfico sea el primero en desecharse en caso de congestión.

Estos elementos mencionados se agrupan en un Bloque de Condicionamiento de tráfico (TCB, *Traffic Conditioning Block*) que se implementa en los puntos de ingreso al dominio DS (GW y ST).

En la figura 32 se ilustra un TCB con las características mencionadas anteriormente y algunas particularidades de la tecnología DVB-RCS.

Figura 32. TCB genérico para DVB-RCS



5.2.3 Puesta en Cola / Eliminación / Planificación

La puesta en cola y planificación se usan en conjunto con el acondicionamiento de tráfico para brindar un PHB determinado a cada clase de servicio.

“La puesta en cola se refiere al proceso de recibir los paquetes y asignarles una cola con base en la clasificación realizada anteriormente. Los algoritmos de planificación seleccionan el siguiente paquete a enviarse con base en criterios que varían de acuerdo al algoritmo.

Estos mecanismos tienen como objetivo controlar la utilización del ancho de banda de un enlace regulando la manera en que las distintas fuentes de tráfico comparten los recursos. Con esto, se puede garantizar que cada flujo reciba el tratamiento necesario, asegurando parámetros de transporte como la pérdida de paquetes, el retardo y el jitter.

Los métodos para gobernar la puesta en cola y la planificación se conocen también como disciplinas de servicio. A continuación se presentan las más importantes en cuanto a implementaciones realizadas por los fabricantes de dispositivos de red.

- ✓ **Primero en entrar, primero en salir (FIFO, First In First Out).** Es la disciplina que se utiliza por defecto en las redes tradicionales. Todos los paquetes se almacenan en un buffer común y se atienden en el orden en que llegaron. Esta disciplina tiene limitaciones serias para soportar Calidad de Servicio ya que no existe diferenciación entre los paquetes ni entre flujos, lo cual impide suministrar parámetros de transporte adecuados para cada uno de ellos.

- ✓ **Puesta en cola por prioridad (PQ, Priority Queuing).** Esta disciplina brinda tratamiento diferencial a los flujos mediante la utilización de varias colas con diferentes niveles de prioridad. Los paquetes se clasifican de acuerdo a la marcación que lleven y se almacenan en la cola correspondiente. El número de colas depende del número de prioridades que soporte el protocolo (se puede utilizar el campo ToS de IP, el DSCP en DiffServ o la marca de prioridad de las tramas 802.1p / 802.11e). El planificador no atiende una cola hasta que se hayan servido las de mayor prioridad y, por lo tanto, esta disciplina tiende a no atender a los paquetes con baja prioridad si el tráfico de mayor prioridad es muy grande. Los paquetes al interior de cada cola se atienden mediante la disciplina FIFO.
- ✓ **Round Robin (RR).** Esta disciplina utiliza una cola por cada flujo que deba atender. El planificador brinda servicio secuencialmente a las colas, tomando un paquete a la vez. Si una cola no tiene paquetes, se salta. El ancho de banda del enlace se comparte equitativamente entre los flujos solamente si el tamaño de los paquetes es igual en todos ellos, si un flujo tiene paquetes demasiado grandes puede monopolizar la utilización del ancho de banda ya que se emplearía mucho tiempo para servir a estos paquetes, mientras que los pequeños sufrirían largas esperas. Es por esto que se introdujeron modificaciones asignando pesos a las colas y en otros casos, utilizando contadores de bits que permiten calcular exactamente la proporción de ancho de banda asignada a cada cola.
- ✓ **Puesta en cola justa ponderada (WFQ, Weighted Fair Queuing).** Esta disciplina utiliza varias colas que tienen asignados diferentes pesos. Los paquetes se clasifican y se asignan a las colas con base en sus requerimientos de servicio. El algoritmo de planificación analiza el tamaño de los paquetes y el peso de cada cola para decidir qué paquete será el siguiente en salir, con lo cual se logra compartir de forma equitativa el ancho de banda del enlace.

Eliminación de paquetes

Es necesario establecer criterios para la eliminación de paquetes cuando se presenta congestión en los buffers de los dispositivos de red. Los principales objetivos son minimizar el tamaño de las colas (sin que ello se traduzca en subutilización de los enlaces) y evitar que un solo flujo monopolice el espacio del buffer bloqueando a los demás, lo cual contribuye con el aseguramiento de los parámetros de transporte a todo el tráfico. Tradicionalmente, el esquema que se utiliza es el de Eliminación al Final (Tail Drop), el cual actúa solamente cuando el buffer está completamente lleno, eliminando cualquier paquete que intente entrar en ese momento. Otros esquemas conservan los paquetes entrantes a expensas de los que se encuentran en espera al interior del buffer; se puede eliminar el paquete ubicado al principio de la cola o uno seleccionado al azar.

Este tipo de esquemas, en los cuales solamente se eliminan paquetes cuando el buffer está lleno, tienden a mantener la congestión en las colas por periodos de tiempo relativamente largos, afectando severamente el tráfico (especialmente las ráfagas). Es por esto que se desarrollaron esquemas más flexibles, que no dependen de un tamaño máximo fijo de la cola sino que utilizan procedimientos probabilísticos. El más conocido entre estos métodos es el denominado Detección Aleatoria Temprana (RED, Random Early Detection), el cual se basa en un tamaño promedio estimado de cola que es

directamente proporcional a la probabilidad de eliminación de un paquete. Es decir, si una cola ha estado relativamente vacía en un pasado reciente, se tiende a conservar los paquetes entrantes, mientras que si la cola ha estado relativamente llena, es muy probable que los paquetes entrantes se eliminen. RED también permite que se especifique un valor para el tamaño de la cola por debajo del cual no se elimine ningún paquete y otro valor por encima del cual se eliminen todos los paquetes entrantes. La eficacia de RED depende en gran medida de estos valores, y no existe un conjunto de ellos que sea adecuado para todo tipo de tráfico o escenario de congestión.

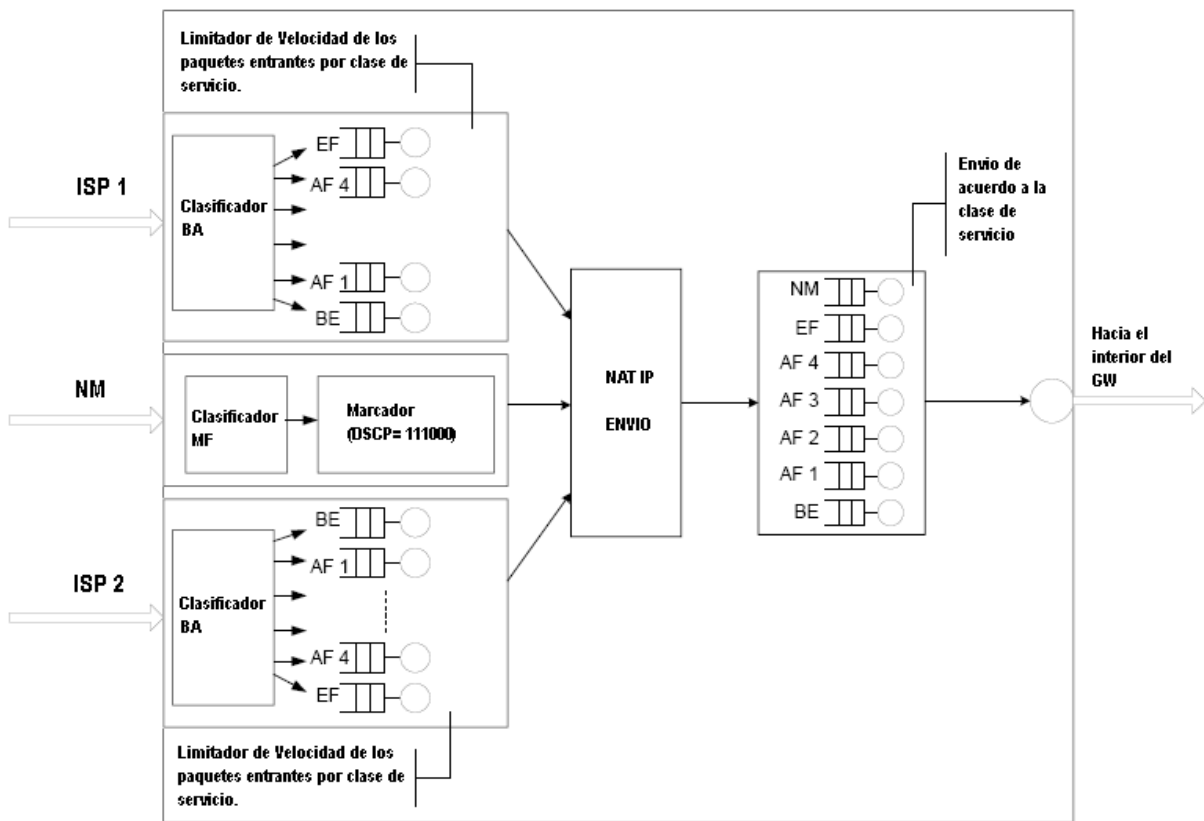
Es por esto que han surgido variantes como el RED de flujo (FRED, Flow RED), que introduce un control adicional basado en el porcentaje de utilización de la cola por un flujo determinado, y el RED ponderado (WRED, Weighted RED), que permite ofrecer un tratamiento diferencial a los flujos con base en la marcación que tengan, asignando una menor probabilidad de eliminación a los que tengan una mayor prioridad.

La eliminación de paquetes temprana también actúa como mecanismo de prevención de congestión, aprovechando las capacidades de control de TCP. Cuando un paquete se elimina, una fuente que utilice ese protocolo reducirá su velocidad de transmisión hasta que no se presenten pérdidas, lo cual contribuye con el despeje de la congestión. En otras palabras, se puede utilizar RED como un medio para que las fuentes que utilizan TCP ajusten su velocidad de transmisión para que se adapte a lo que la red puede soportar...”
[58]

5.2.4 Soporte de QoS en el canal hacia delante

La “gateway” es el punto de entrada de los datos al dominio “DiffServ” en la red satelital (que coincide con el dominio del INAP), siendo el enrutador de frontera el encargado de comportarse como el nodo extremo que implementa funciones correspondientes a políticas y acondicionamiento de tráfico, además de realizar marcado de paquetes de acuerdo con sus respectivas clases de servicio. Este enrutador de frontera es parte del TISS mencionado en la arquitectura de referencia del capítulo 1, su funcionalidad se ilustra en la figura 33.

Figura 33. Enrutador de Frontera como un nodo límite del dominio DS



En la figura anterior dos ISP envían datos, en donde se supone que cada uno de ellos ha marcado con anterioridad los paquetes con el DSCP apropiado, por lo que es suficiente implementar un clasificador BA (configurado para limitar la velocidad, con fines de vigilancia de tráfico) y clases de servicio específicas soportadas por el INAP. En contraste, los paquetes de gestión de red (*Network Management, NM*), deben estar marcados (por un clasificador multicampos) de acuerdo con el nivel de servicio y conformación de tráfico acordadas en el SLA entre el ISP e INAP. Estos mensajes corresponden a mensajes locales de gestión (OA&M) o interconexión (por ejemplo los mensajes asociados a la señalización de QoS a nivel de sesión).

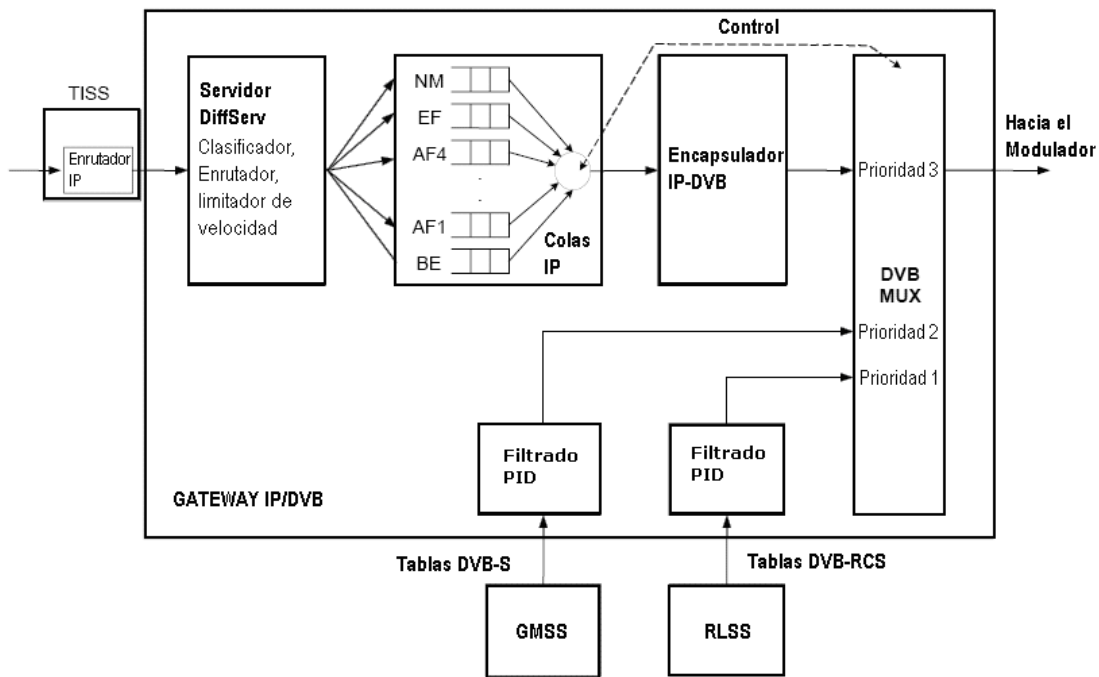
Una vez realizada la vigilancia de tráfico, los paquetes son enviados al bloque encargado de enviar y realizar NAT-IP, que actúa inicialmente como un multiplexor a nivel IP; multiplexando el tráfico proveniente de los ISPs para posteriormente enviarlo hacia la interfaz radio. El enrutamiento se realiza mediante bloques específicos de QoS (por ejemplo un conjunto de colas), los cuales realizan funciones de clasificación y organización consistente con los niveles de CoS determinados.

Al interior de una “*Gateway*” existen múltiples trayectos para el tráfico local, cada uno basándose en componentes IP (Ej. PEP, Servidores IPSec, Switches IP, todos ellos parte del TISS), por lo que se asume que el comportamiento de los paquetes de un camino a otro está basado en sus direcciones IP.

Dentro del FLSS, la “Gateway” IP/DVB es el único componente que realiza provisión de QoS, debido a que esta QoS no se propaga dentro de la capa MAC (MPEG): después de la conversión los paquetes MPEG son enviados a través de tuberías virtuales sin cambiar el orden dentro de dichas tuberías (ver sección 5.2.3).

El bloque funcional encargado de realizar QoS dentro de la “Gateway” IP/DVB está representado en la figura 34.

Figura 34. Arquitectura Funcional de QoS de la “Gateway IP/DVB”



En la arquitectura propuesta se implementan diferentes colas para cada clase DS soportada y los paquetes que se encuentren en dichas colas son planificados basándose en una disciplina de servicio predefinida (algoritmo de planificación). Después de que los paquetes son encapsulados, el tráfico de usuario es multiplexado con la señalización de tráfico (tablas DVB). El multiplexor local (DVB) también cumple funciones de planificación debido a que le brinda una mayor prioridad al tráfico de señalización que a los paquetes de usuario. Es importante señalar que en esta etapa los paquetes de usuario organizados previamente (en un flujo) de acuerdo con sus etiquetas DS, mantienen el orden establecido a través de todo el procesamiento MPEG.

Como resultado de la multiplexación del tráfico de usuario y de señalización, la capacidad disponible para el tráfico de usuario no es fija, dependiendo de la cantidad de tráfico de señalización (que tiene una mayor prioridad) que se envíe en un momento determinado. Por lo tanto, la tasa del tráfico multiplexado no debe exceder la tasa de salida (limitada por TDM). Para evitar esta situación, el multiplexor DVB debe controlar la cantidad de paquetes enviada desde las colas, para ello es necesario implementar en el servidor “DiffServ” una función que limite la tasa de paquetes IP, además de las funciones de marcado y re-envío. Para realizar esta limitación, es necesario configurar en el enrutador

IP un perfil determinado para cada clase específica, haciendo posible descartar tráfico (si es necesario) que se encuentre fuera de este perfil.

5.2.5 Soporte de QoS de Nivel 3 en el enlace de retorno

5.2.5.1 Apreciación Global

En el enlace de retorno el nodo de ingreso al dominio “*DiffServ*” (dominio INAP) es el ST, mientras que el punto de egreso es el enrutador de frontera o borde dentro de la “*Gateway*”-TISS.

Esto representa la mayor diferencia en comparación con la situación en el enlace hacia adelante, en dos aspectos:

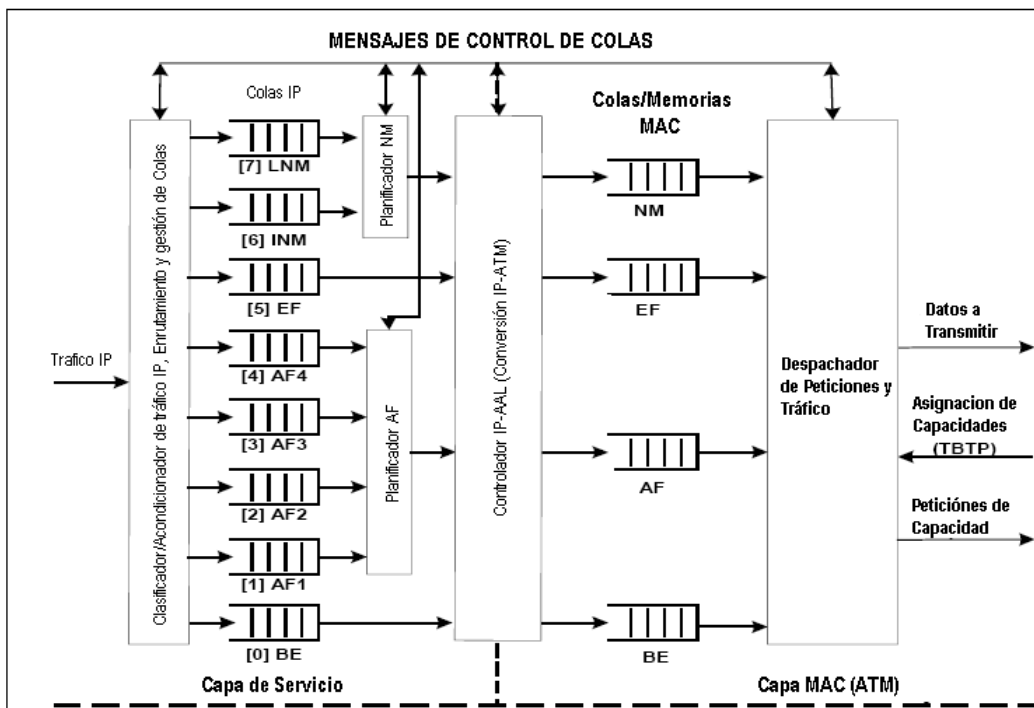
- El punto de ingreso se distribuye a través de la población de ST, mientras en el enlace de bajada es único.
- En el enlace de retorno cada nodo de ingreso sólo maneja el tráfico de ST, mientras en el enlace de bajada el nodo de ingreso maneja el tráfico de todos los STs.

Los paquetes IP que entran a la red del INAP por medio de un ST son transportados a la “*Gateway*” por medio de la interfaz de aire cuya ruta del enlace de retorno dentro de este incluye el RLSS y un número de componentes IP (Enrutador ATM/IP, IPSec, PEP) en adición al enrutador de borde o extremo (todas partes del TISS). El Planificador MAC dentro del RLSS implementa el control dinámico de recursos del enlace de retorno, y de esta forma juega un rol muy importante con respecto a la provisión de QoS en el enlace de retorno. A excepción del enrutador de extremo (que es el punto de egreso y puede requerirse para realizar el re-marcamiento de paquetes DSCP), los otros componentes de red de la “*Gateway IP*” son nodos del interior del dominio DS y como tales ellos sólo necesitan implementar la clasificación de paquetes y el re-envío de una clase específica de paquetes.

5.2.5.2 Rol del ST en el Soporte de QoS en el RL

Como nodo límite el ST es el componente más importante con respecto al soporte de QoS en el RL tiene que implementar funciones de políticas y acondicionamiento de tráfico, en adición a la clasificación de paquetes, el reenvío y planificación por salto de acuerdo a la clase de servicio del paquete. Una posible arquitectura de QoS del ST, basada en la plataforma “*DiffServ*”, se ilustra en la Figura 35.

Figura 35. Arquitectura "DiffServ" Del ST



La arquitectura asume que hay un suscriptor por ST. El ST compartirá los recursos del RL en el haz con otros suscriptores o STs del mismo ISP.

La arquitectura se basa en dos grupos de colas: una en el dominio IP y otra en el dominio MAC (ATM para la topología de acceso, MPEG para malla). La formación de colas gestionadas activamente, toman un lugar principalmente en las colas IP, mientras que las colas MAC son utilizadas más bien como "buffers".

El modelo de formación de colas soporta un total de 8 colas IP, llamadas cola BE, 4 colas AF, una cola EF, una cola INM y una cola LNM. Los valores en corchetes a lado de cada cola es un código que corresponde al valor del campo de precedencia. Las colas BE, INM y LNM corresponden a la precedencia del tráfico original heredado definido en el FRC 791. Las colas INM y LNM son reservadas para tráfico de gestión. En una red satelital tal tráfico es actualmente limitado al tráfico de gestión local (Tráfico OA&M como LNM). La evolución en el diseño va hacia el soporte de la QoS extremo a extremo involucrando señalización de sesión y QoS que probablemente necesitará soportar también el tráfico INM, por lo tanto puede ser necesario un grupo completo de colas.

La función de Clasificación, acondicionamiento, Enrutamiento y Gestión de Colas del tráfico IP consiste en la asignación de paquetes entrantes IP a una de las ocho colas IP [54] de acuerdo con el condicionamiento de paquetes configurado. En particular esta función es responsable de:

Clasificación de Tráfico: Se asume que los paquetes entrantes están ya marcados por las aplicaciones que corren en el "host" de usuario, así que sólo se necesita un comportamiento agregado por salto (BA). La marcación y re-marcación de paquetes por el

ST requerirá implementar un clasificador Multi-Campo (MF) en el ST o en la red privada del “host”, que requerirá una marcación confiable del “host”. El clasificador también puede ser necesario para marcar el tráfico de gestión.

Acondicionamiento de Tráfico (medición, conformación, puesta en cola)

Gestión de las Colas IP, incluye el manejo de la precedencia y puesta en cola de los paquetes, de acuerdo a un grupo de reglas establecidas para cada cola IP, de acuerdo con la aplicación del Acuerdo de acondicionamiento de Tráfico (TCA) establecido entre subscriber y su ISP, como parte del SLA.

Las funciones de Clasificación, Condicionamiento, Enrutamiento y Gestión de Colas del tráfico IP se deben implementar como Bloques de Condicionamiento de Tráfico, típicamente uno para cada clase de servicio. Un TCB implementa condicionamiento de tráfico basado en el TCA.

El SLA entre Subscriber e ISP en general incluye soporte para todos los DSCPs. Además contienen los detalles del TCA para cada DSCP. El TCA contiene información de cómo medir, marcar, descartar y conformar los paquetes con el fin de cumplir el SLA. El TCA/SLA necesita configurarse en el ST. Esto se puede hacer estática o dinámicamente; los protocolos COPS se pueden utilizar para configurar dinámicamente, como para toda la arquitectura de QoS, pero otros protocolos tales como SNMP pueden ser considerados como soluciones provisionales.

Hay que anotar que el condicionamiento de tráfico aplica al comportamiento agregado por salto y no a flujos individuales desde los usuarios finales.

La provisión de QoS por usuario y/o por aplicación incrementa la complejidad del ST, por lo tanto este caso no se considerará en las primeras etapas de implementación. Sin embargo, en el futuro, se puede concebir el soporte de QoS por usuario y/o aplicación.

Se sugiere un grupo reducido de colas en la capa MAC, ya que cada cola requiere su propio PVC y el número de PVCs utilizadas en el sistema puede limitarse por las exigencias del sistema y/o los equipos. En general, se recomienda una cola para cada clase de servicio básica o grupo PHB, por ejemplo EF, AF y BE. Comúnmente se requiere una cola adicional para los mensajes NM; alternativamente se pueden agregar mensajes NM con el tráfico de usuario en una de las clases de tráfico. Las colas MAC pueden ser asociadas con las clases de servicio MAC.

Como sólo se utiliza una cola MAC AF, el planificador AF es responsable para la diferenciación entre clases AF. El algoritmo del planificador determina la disciplina de servicio para los paquetes AF en todas las colas AF IP dentro de una cola MAC.

La interfaz entre los dos grupos de colas (dominios) es por medio de AAL5 para el perfil ATM ilustrado en la Figura 35. Los paquetes IP en la salida de cada cola IP se convierten en celdas ATM, por el controlador IP-AAL5, utilizando IP sobre ATM, y son transferidas a la respectiva cola o “buffer” MAC. Dependiendo de la longitud del paquete y el ancho de banda de transmisión disponible, varios paquetes IP pueden convertirse o almacenarse para evitar un flujo bajo en este “buffer”. Al mismo tiempo, se puede proporcionar realimentación desde las colas MAC a las colas IP y/o al planificador AF, con el fin de ajustar las velocidades del tráfico entrante a las velocidades disponibles en el canal de

retorno, que está sujeto a la asignación dinámica; ésta realimentación debe proporcionar sincronización y coordinación de colas y puede ser vista como un flujo local de control. Por lo menos, la capa MAC debe informar a la capa IP acerca del espacio disponible (número de celdas o bytes) en las colas AF (BE) MAC, con el fin de prevenir la transferencia de paquetes IP incompletos a las colas o “*buffers*” MAC. Esos “*buffers*” necesitan ser dimensionados apropiadamente con el fin de cubrir la latencia de planificación. Una práctica adecuada es dimensionar las colas con el fin de acomodar el tráfico acumulado en el intervalo de planificación a la velocidad máxima en el enlace de retorno o a la velocidad de la interfaz del terminal de usuario. Esto es necesario con el fin de cubrir la situación inmediatamente después del “*logon*” y antes de que los recursos de tráfico sean asignados en el enlace de retorno como resultado de una petición dinámica, por ejemplo antes de que el primer TBTP sea recibido. En general la cola BE debe ser la más larga, ya que hay una velocidad acordada y los paquetes pueden esperar más tiempo antes de que la capacidad esté disponible.

No hay necesidad de realimentación desde el “*buffer*” EF MAC, ya que se asume que el tamaño del tráfico EF correspondiente es limitado por la aplicación a un valor consistente con la tasa disponible para los servicios EF. Con respecto al tráfico NM, la realimentación desde la capa MAC o la capa IP puede o no ser útil, en función del servicio MAC ofrecido al tráfico.

Como resultado de la realimentación del nivel MAC hacia el nivel IP la formación de colas se hace principalmente a nivel IP. La clasificación según del tamaño de las colas AF y BE IP es más compleja, ya que depende no sólo del estado de las colas MAC sino también de las políticas de encolamiento, descarte y de los algoritmos de planificación.

En implementaciones prácticas puede haber un grupo simple de colas, con entradas IP y salidas ATM, como por ejemplo los “*buffer*”s AAL5 son utilizados como colas MAC.

Los mecanismos “*DiffServ*” son implementados en el dominio IP, mientras que el transporte de tráfico sobre la interfaz de aire tiene lugar en el dominio MAC y es gobernado por el protocolo de la capa MAC implementado en el planificador MAC. Con el fin de encontrar los requerimientos de remisión “*DiffServ*” las clases de servicio IP deben mapearse apropiadamente en las clases de QoS MAC y ellas dentro de las categorías de capacidad soportadas por el planificador. Se realizará la diferenciación entre clases para configurar los atributos de la cola, a nivel MAC e IP. A nivel IP los atributos se derivan del TCA del SLA entre el Subscriptor e ISP.

La función de Gestión de Petición y Despacho de Tráfico maneja dos funciones: la función de petición de capacidad y la función de distribución de asignaciones.

La mensajería de control de cola proporciona coordinación y sincronización de varios bloques funcionales, incluyendo la realimentación desde las colas MAC a las colas IP para el control del flujo local.

5.2.5.3 Niveles de QoS en el Canal de Retorno

Los niveles de QoS en esta sección se entienden de una forma relativa más que absoluta y sólo se le presta atención al tráfico enviado dentro de la red satelital. Una verdadera QoS extremo a extremo requiere componentes adicionales tal como se identificó en la arquitectura global de QoS.

La QoS en el canal de retorno depende principalmente del diseño del terminal satelital (ST) y el RLSS. La arquitectura propuesta en la figura 35 es general y permite soportar cualquier QoS-IP a cualquier DSCP [56]. Para un DSCP particular en el canal de retorno sólo es cuestión de configurar el ST y el RLSS, con el TCB y las colas específicas para las clases que se deseen soportar, siendo suficiente un solo PVC por ST y posiblemente uno adicional para tráfico de gestión de red.

En la arquitectura de QoS para el ST se asume solamente la existencia de un subscriptor; en el caso en que sean múltiples subscriptores, por cada uno, se requerirá duplicar la arquitectura de la figura 35.

La QoS es aplicable al tráfico en conjunto y no a los flujos individuales. Para soportar QoS a nivel de flujos se consideran dos soluciones.

- Propagar los flujos al interior del INAP

Esto requiere circuitos virtuales para flujos individuales y la implementación de estados por flujo, así como mecanismos de re-envío en varios elementos de la red. Este aspecto se relaciona con la fragmentación de la capacidad del canal de retorno (por ST), que permite lograr una mayor escalabilidad.

- Definir políticas/reglas para implementar control de admisión de conexiones (*CAC*, *Connection Admission Control*) en el terminal satelital.

Este método está en concordancia con la evolución de una QoS mediante SLAs dinámicos y políticas basadas en el control de admisión. La QoS soportada por usuario/Aplicación es concebida basándose en reglas implementadas en el ST y en una relación cliente-servidor entre los usuarios y el ST. Esto equivale a obtener funciones CAC locales basadas en arquitecturas PDP-PEP donde las funciones del PDP se encuentran implementadas en el ST y las PEP en el equipo del usuario (*host*). Las políticas/reglas a ser definidas, serán descargadas hacia el LPDP desde la *“Gateway”* (ACSS)/NCC.

En ambas soluciones sólo se puede ofrecer este tratamiento a un número limitado de flujos, siendo necesario implementar una adecuada señalización.

El soporte de QoS basado en la primera aproximación se puede relacionar con un establecimiento de conexiones semi-permanentes o bajo demanda dentro del INAP; así como la configuración de una conexión se realiza de acuerdo a las necesidades un flujo determinado.

Para una topología en malla el *“uplink”* coincide con el *“uplink”* del canal de retorno y el *“downlink”* con el *“downlink”* del canal hacia adelante. El procesador a bordo del satélite mapea el tráfico del canal de retorno en el tráfico del *“downlink”* y para un canal en malla la capacidad del *“downlink”* siempre coincide con la capacidad del *“uplink”*. La gestión de QoS en las redes en malla sólo requieren supervisión en los recursos del *“uplink”* y de esta manera se obtendrá una QoS similar en el canal de retorno de la red de acceso. Las principales diferencias son las siguientes:

- La arquitectura de la figura 35 se debe duplicar para cada canal soportado.

- El perfil MPEG requiere MPE en lugar de AAL5. Como resultado las conexiones se identifican no por PVC sino por PID / direcciones MAC.
- Los SLA en malla deben ser negociados con el administrador de la red malla y no con un proveedor de servicios público; éste debe tener componentes por canal.
- En una red en malla pura, la jerarquía en el control de QoS sólo involucra dos dominios: el dominio de red satelital (INAP) y el dominio de usuario, este último no presenta cambios, pero el dominio de red satelital no necesita una “Gateway” debido a que el tráfico sólo se trasmite entre STs. Los límites en el dominio de QoS (dominio INAP) son definidos por los STs. El NCC brinda el servicio de control de funciones MAC (Planificador MAC) y es el responsable (mediante el ACSS) del control de los STs (Ej. Configuración de parámetros, asignación de recursos lógicos)
- La topología de referencia en malla se apoya en satélites regenerativos. En este contexto se utiliza un GW-ST.

5.3 Mecanismos de QoS a Nivel 2 (MAC)

5.3.1 Introducción

Los mecanismos de Calidad de Servicio de nivel 2 se refieren a las funciones de la capa de enlace (capa de acceso o capa MAC) definidas en el plano de usuario y plano de control. Las funciones en el plano de usuario aseguran el transporte del tráfico en el formato (s) definido para la capa de enlace. Las funciones en el plano de control son responsables por la gestión y aprovisionamiento de los recursos satelitales necesarios para encontrar los requerimientos de re-envío de tráfico asociados a las clases de QoS soportadas por todo el sistema.

Se tienen dos arquitecturas de gestión de QoS: una para la topología de acceso satelital (estrella) y la otra para la topología de red satelital en malla. Los mecanismos de nivel 2 en esta sección aplican para ambas topologías y sus enlaces correspondientes (por ejemplo: enlaces de bajada/retorno para el acceso, enlaces en malla para la topología en malla).

Los recursos satelitales (por ejemplo: ancho de banda/capacidad y los identificadores lógicos asociados) son definidos en el dominio del INAP. Ellos están organizados en consistencia con la interfaz de aire de DVB-RCS, basada en un esquema TDM en el enlace hacia adelante y sobre un esquema MF-TDMA en el enlace de retorno. Sin embargo, la organización puede ser diferente para las dos topologías.

La organización de recursos reflejará la conectividad de red satelital interactiva. Para la topología de acceso la conectividad es definida entre un número de haces de usuario y un haz de servicio. El haz de servicio es el haz en donde se localiza la “Gateway” de acceso. Se asume que hay una sólo “Gateway” por INAP. Para la topología en malla la conectividad es definida entre los haces de usuario (para tráfico), pero además entre los haces de usuario y un haz de servicio (para control). El haz de servicio es el haz en donde está localizado el NCC. Éste puede además incluir una “Gateway” (GW-ST), ya que la

topología en malla (basada en un satélite regenerativo) no extingue los servicios de acceso.

El resultado neto de lo anterior es que en la topología en malla los STs dentro de un haz pueden tener múltiples caminos de conexión a otros STs en el mismo o diferente haz, y a la "Gateway". Los caminos de conexión se asocian con "circuitos rápidos" establecidos por el OBP, y por la configuración de conmutación (controlada por el NMC). En la escala de tiempo considerada para la gestión de recursos de nivel 2 los circuitos se consideran estáticos. El cambio de configuración del OBP y las implicaciones sobre los mecanismos de nivel 2 están por fuera del alcance de este estudio.

Se podría decir que el INAP ofrece servicios de conectividad. Los servicios DVB, requeridos para la operación de la red interactiva, están sobre esos servicios de conectividad. Los servicios DVB son entonces utilizados para ofrecer servicios IP, que son la última meta de la red satelital.

En las siguientes subsecciones se analizan los mecanismos de nivel 2 en los planos de usuario y control, con relación a los recursos lógicos y físicos (capacidad). El análisis resalta las diferencias entre el servicio de acceso y el servicio en malla, entre el enlace de bajada y de retorno.

5.3.2 Organización de recursos de Nivel 2

5.3.2.1 Recursos Lógicos (Direccionamiento de nivel 2)

Los identificadores lógicos de nivel 2 incluyen direcciones MAC, valores de PID, VCI/VPI (PVC), Id de Grupo, Id de Logon, Id de Población, Id de Canal. Se utilizan diferentes identificadores en varios enlaces definidos para la topología de acceso y la topología en malla.

5.3.2.1.1. Topología de Acceso

Para la topología de acceso la capa 2 descansa sobre el formato ATM en el enlace de retorno (por medio del encapsulamiento AAL5) y sobre el formato MPEG2 TS en el enlace de bajada. Consecuentemente se utilizarán los siguientes identificadores:

5.3.2.1.1.1. Dirección MAC

La dirección MAC es una dirección física almacenada en una memoria no volátil del ST y corresponde a un identificador hardware único. Ésta debe cumplir con el estándar IEEE 802.3 de 48 bits. El valor 0xFFFFFFFF debe ser reservado para difusión a todos los STs. Las direcciones MAC son utilizadas:

- En la dirección de bajada, para encapsular los datagramas IP dentro de paquetes MPEG2-TS (MPE) [54]
- En la dirección de retorno: para algunos procesos de señalización DVB-RCS (CSC, TIMs)

5.3.2.1.1.2. PID

Es un identificador DVB-S y se utiliza principalmente en el enlace de bajada para hacer un filtrado sub-red de paquetes MPEG en el terminal. El filtrado PID es seguido por el filtrado MAC de secciones DSM-CC y luego por el filtrado IP, de esta forma un ST puede reensamblar los datagramas IP.

5.3.2.1.1.3. VPI/VCI

VPI/VCI o PVC se utiliza para identificar canales virtuales en los enlaces de retorno. Un canal virtual se establece entre un ST como fuente y un destino, definido por el componente en la “Gateway” de acceso en donde tiene lugar la conversión de ATM a IP, como por ejemplo en un switch IP/ATM. Se utiliza en el destino para segregar las celdas ATM transmitidas a un canal virtual dado desde las celdas en otros canales virtuales, con el fin de habilitar el reensamble de los paquetes IP.

Un ST puede utilizar más de un PVC, en función del número de clases de servicio implementadas y de sus correspondientes colas MAC (un PVC por cola MAC

El campo VPI/VCI en el encabezado de las celdas ATM es de una longitud de 24 bits.

5.3.2.1.1.4. Identificadores DVB-RCS

- **Id de Grupo**

El Id de Grupo identifica un grupo de terminales que reciben un servicio común. Es utilizado para la operación del enlace de retorno, según el estándar DVB-RCS: STs del mismo identificador de Grupo recibirán sus asignaciones por medio de la misma sección en el TBTP y los mensajes de error por medio de la misma sección del CMT.

El Identificador de Grupo está compuesto por 8 bits. El valor 0xFF es reservado para uso del sistema.

Se espera que un ST siga siendo parte del mismo Id de Grupo para sesiones de logon sucesivas.

- **Id de Logon**

El Id de Logon identifica a un solo ST dentro de un Id de Grupo a lo largo de la duración de la sesión de logon.

El Id de logon está compuesto por 16 bits. El valor 0x3FFF es reservado para uso del sistema.

- **Id de Canal**

El Id de canal es utilizado en el enlace de retorno, típicamente para identificar los recursos asociados con un destino, como por ejemplo el camino de conexión. En este contexto es utilizado principalmente por el planificador para la gestión de los recursos del enlace de retorno.

El identificador de Canal consta de 4 bits (máximo 16 destinos). En el caso de la topología de acceso hay sólo un destino, la “Gateway” de acceso.

En general, los canales definen particiones de los recursos del enlace de retorno que son tratados independientemente de los recursos en otros canales. En este contexto los identificadores de canales pueden ser utilizados para hacer diferenciación entre clases de QoS MAC. Esta utilización del Id de Canal no será cubierta en el estudio.

- **Id de Población**

El Id de Población típicamente se utiliza en el enlace de bajada para identificar un grupo de terminales que recibe el mismo servicio de señalización del enlace de bajada (FLS).

En resumen, el enlace de bajada hace uso de MAC@, PID, Id de Grupo, Id de Logon, Id de Población, mientras que el enlace de retorno hace uso de MAC@, Id de Grupo, Id de Logon y PVC.

5.3.2.1.2. Topología en malla

Para la topología en malla, el nivel 2 se apoya en el formato MPEG2 tanto para el canal hacia adelante como para el canal de retorno. Por consiguiente se usan los siguientes identificadores:

5.3.2.1.2.1. Dirección MAC

Se asigna una dirección MAC específica para un ST sin importar la topología de la red, sin embargo su ocupación es diferente. En el caso de la topología en malla, ésta se usa tanto en el canal hacia adelante como en el canal de retorno (en el proceso MPE).

Es importante destacar que en esta topología se ven involucrados dos ST en una conexión, donde cada uno de ellos tiene su propia dirección MAC.

5.3.2.1.2.2. PID

Para la topología en malla, los PID se utilizan tanto en los “*Uplinks*” como “*Downlinks*”. En los “*Downlinks*” no sólo se utilizan para el tráfico entre usuarios (con otros ST en malla) sino también para señalización (desde el NCC), por lo que se hace la suposición que el procesador a bordo del satélite multiplexa el tráfico y la señalización a un determinado grupo de ST en el mismo flujo de transporte.

El uso de los PID con fines de señalización (tablas DVB) en los “*Downlinks*” es similar a su uso en el canal hacia adelante de la topología de acceso, a pesar que el uso sea diferente.

En consideración al tráfico, los PID son utilizados en ambos enlaces para identificar conexiones con una QoS-MAC específica, desde un ST a otro ST sin importar si es en el mismo o en diferentes haces.

Los PID se utilizan en los “*Uplinks*” en el proceso de encapsulamiento IP/MPEG. A cada ST se le asigna un número de PIDs igual al número de clases de QoS-MAC soportadas. En el proceso de encapsulamiento la identidad del ST destino se obtiene mediante la dirección MAC en la cabecera de la sección DSM-CC.

El uso de los PID en el “*Downlink*” en malla es similar a su uso en la topología de acceso, por ejemplo para realizar el filtrado de los paquetes MPEG en el ST destino con el fin de

reensamblar los paquetes IP originales. Una vez se filtran los PID, se continua con el filtrado de las direcciones MAC del ST destino y posteriormente el filtrado IP.

En el proceso de reensamblaje los PID deben ser identificados por el ST fuente y la clase de QoS-MAC. La fuente puede ser en principio algún canal (de cualquier haz) que puede ser establecido hacia el ST destino.

En el contexto anterior los PIDs en malla pueden presentar un esquema direccionamiento SQ, donde S significa fuente (“*Source*”) y Q la clase de QoS-MAC. El ámbito de utilización del PID es en canal, por ejemplo, los mismos PIDs pueden ser utilizados por un ST en todos los canales autorizados. El campo Q, define tuberías virtuales para determinadas clases de QoS-MAC dentro de un canal.

El número de valores para un PID está limitado a 8192 (13 bits), tanto para tráfico de usuarios como para señalización, por ello son más bien pocos los usuarios que pueden ser únicamente identificados, por lo tanto es necesario asignar una tasa límite en el “*downlink*” TDM (los requerimientos actuales para el reensamble de los paquetes IP dicen que se debe tener un único valor de PID en cualquier enlace TDM de bajada).

El esquema de los PID debe ser cuidadosamente diseñado debido a la existencia de diferentes tipos de tráfico (de diferentes ST y el tráfico de señalización del NCC) en el mismo enlace de bajada. Una vez establecido dicho plan estos valores de PID se deben configurar en todos los componentes relevantes de la red.

5.3.2.1.2.3. Identificadores en DVB-RCS

- **Identificadores de grupo y de acceso (Group_id y Logon_id)**

Usados en la topología de acceso

- **Identificador de canal (Channel_id)**

Este identificador se utiliza de la misma forma que en la topología de acceso, y típicamente sirve para identificar los recursos asociados a un destino, accesible desde un determinado haz de usuario (el destino es otro haz de usuario o un haz de servicio). Principalmente este identificador es utilizado para gestionar los recursos del canal de retorno (por parte del planificador).

- **Identificador de Población (Population_id)**

Se usa en la topología de acceso.

En resumen, en el caso de la topología en malla, a excepción del identificador de población (solo se utiliza en el enlace de bajada), todos los identificadores lógicos se utilizan tanto en los enlaces de subida arriba como en los de bajada.

5.3.2.1.3. Modelo con múltiples PVC

Este modelo es necesario cuando a nivel IP se ofrecen múltiples prioridades.

Caso con un PVC

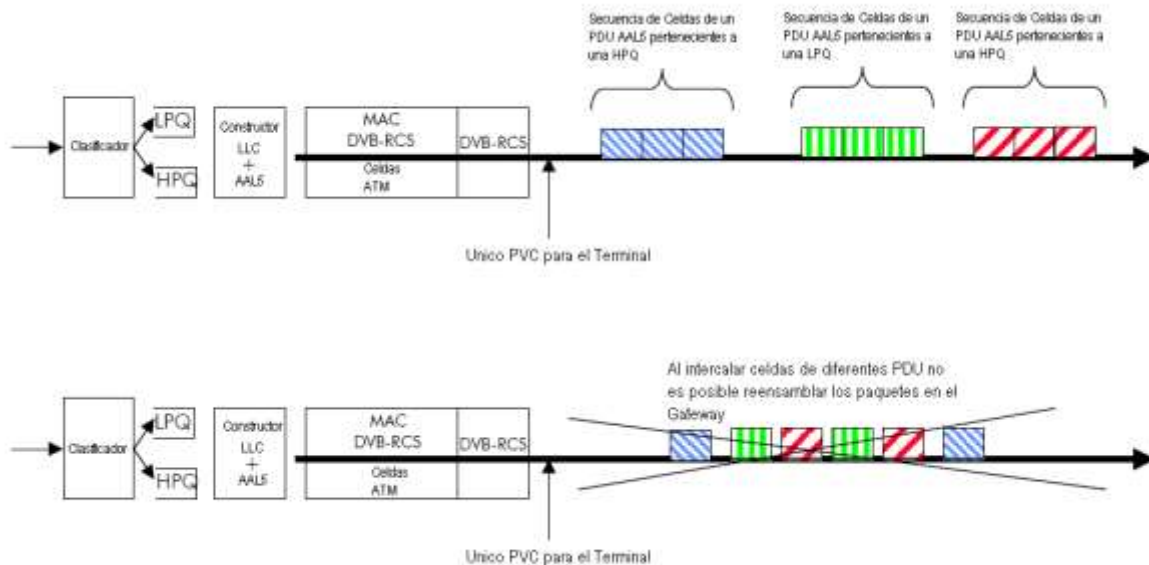
En este caso el PVC es completamente gestionado por el canal bidireccional satelital (SBC, *Satellite Bi-direccional Channel*), quien define lógicamente los enlaces virtuales full-dúplex entre las interfaces satelitales del terminal satelital y de la "Gateway".

La figura 36 muestra como se lleva a cabo el manejo de los paquetes IP cuando existen sólo dos prioridades (Prioridad alta – HP y Prioridad Baja - LP) y un PVC. Los paquetes con HP y LP son puestos en sus colas respectivas HPQ y LPQ, para posteriormente ser procesados por las funciones de segmentación y planificación de ATM:

- Siempre que haya un PDU AAL5 [51] en la cola de alta prioridad será procesada antes que los PDU en la cola de baja prioridad.
- Una PDU AAL5 (tanto de las colas HP como LP) se deben procesar completamente por las funciones de segmentación y planificación de ATM, antes de comenzar con el procesamiento de otras PDU, debido a que si se intercalan celdas de diferentes PDU en el otro extremo de la comunicación no se podrán reensamblar los paquetes.

Estas reglas brindan diferenciación de servicios a nivel IP, aunque a pesar que se reensamben correctamente las celdas en los PDU AAL5 en la "Gateway", se introduce un retardo y un "jitter" extra, ya que los PDU de alta prioridad no pueden ser transmitidos hasta tanto no se efectúe completamente la operación de planificación de la cola LP. Por lo tanto, este mecanismo no es adecuado para aplicaciones de tiempo real como VoIP.

Figura 36. Transmisión con un PVC

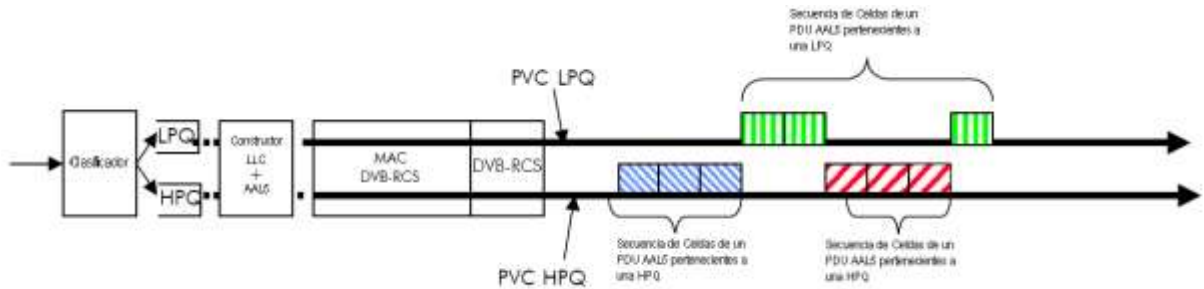


Caso con múltiples PVC

Este caso se define con el fin de superar las limitaciones de usar un solo PVC. En la figura 37 se muestra un esquema con dos PVC donde los procesos de encapsulamiento y

planificación son independientes de la prioridad de los paquetes al igual que el reensamble en la “Gateway”, lo que permite que haya intercalamiento entre los PDUs de HP y LP, obteniendo beneficios en la reducción del “jitter” y el retardo para los paquetes HP.

Figura 37. Múltiples PVC



El PVC utilizado para los paquetes LP es comúnmente configurado en el logon del ST (mediante un mensaje TIM). El segundo PVC utilizado para el tráfico HP es configurado justo después del logon mediante un mensaje SNMP de configuración.

5.3.2.2 Recursos Físicos

Los recursos físicos de nivel 2 están organizados en portadoras TDM en el enlace de bajada y en grupos de portadoras MF-TDMA en el enlace de retorno [52]. Inicialmente definidos para la topología de acceso, en el enlace de retorno y en el enlace de bajada, también son aplicables a la topología en malla. El hecho de que se han sugerido diferentes opciones de enlaces de retorno para el acceso (ATM) y malla (por ejemplo MPEG) tiene muy poca importancia con relación a los mecanismos de nivel 2.

Desde el punto de vista de nivel 2 los enlaces de bajada consisten en flujos continuos de paquetes de TS MPEG2, típicamente un TS por TDM. La “Gateway” de acceso debería manejar un número de TDMs, al menos uno para cada haz de usuario en el INAP.

En contraste, el enlace de retorno tiene una estructura de trama asociada con múltiples portadoras MF-TDMA, posiblemente de diferentes velocidades. La estructura de trama es consistente con el estándar DVB-RCS y consiste en SuperTramas, Tramas y Ranuras de Tiempo (“timeslots”). El estándar proporciona una gran flexibilidad en términos de trama y organización de supertramas, descritos por las tablas de composición de supertrama, trama y ranuras de tiempo (SCT, FCT y TCT), comúnmente referido como el Plan de Tiempo de las Ráfagas (BTP).

En una implementación típica de un sistema DVB-RCS:

- Todas las tramas tienen la misma duración y el mismo ancho de banda (capacidad).
- Una ranura en una trama puede ser de uno de los siguientes tipos: ranura de encabezado (por ejemplo: CSC, ACQ, SYNC) o ranura de tráfico (TRF). Se pueden definir tramas con varias combinaciones de encabezado y ranuras de tráfico (por medio del BTP).

- Una ranura lleva una ráfaga de tráfico (ATM, MPEG), o una ráfaga CSC o dos ráfagas de sincronización SYNC
- La duración de la trama, mientras no esté definida por el estándar, típicamente es configurado a 26.5 milisegundos, con lo que se proporciona una granularidad de control de recurso de 16 kbps (para el formato ATM).
- La trama es la base para la temporización de todos los procesos de control de recursos, como por ejemplo los procesos relacionados con la organización o programación (planificación).
- Un BTP es utilizado para definir la composición de ranuras del ancho de banda de cada transpondedor de UL o RL. Los terminales en un haz de usuario típicamente tendrán acceso al ancho de banda de un transpondedor o a una porción de éste.
- En el caso de la topología de acceso el ancho de banda total o la capacidad es utilizada para conectar los terminales a la “Gateway” de acceso.
- En el caso de la topología en malla, se definen canales dentro del ancho de banda del transpondedor, para permitir a los terminales en un haz acceder a los terminales en otros haces o a la “Gateway”/NCC de acceso. Los canales en malla son definidos en términos de ranuras sobre portadoras MF-TDMA; su forma debe coincidir en cualquier momento con la conectividad configurada en el OBP. Allí podrían existir algunas restricciones en la definición del canal en malla, reflejando las limitaciones potenciales en la configuración y/o diseño del OBP. En adición a los recursos físicos, un canal en malla también se caracteriza por un origen y un destino. El origen o fuente es un haz del enlace de subida (o un transpondedor de enlace de subida de retorno UL RL dentro de un haz), mientras que el destino es un enlace de bajada TDM. Los canales accesibles a un ST son únicamente identificados por sus ids de canal.
- Dentro de los canales accesibles a un terminal se pueden establecer conexiones con otros terminales (o “Gateway”/NCC), localizados en otros haces y recibiendo los TDMs del enlace de bajada definidos por los canales de destino.

5.3.3 Funcionalidad en la capa 2

A continuación se especificará la funcionalidad en el nivel 2 en los planos de control y usuario para ambas topologías de Red.

5.3.3.1 Funcionalidad en el plano de Usuario.

La funcionalidad en el plano de usuario incluye las funciones y mecanismos de transporte que se implementarán en todos los elementos de la red satelital. A continuación se incluyen funciones necesarias a ser implementadas:

- Intercambio de paquetes con la capa de Red.

En este trabajo se consideran 2 tipos de paquetes, específicamente los paquetes IP y ethernet[56]. Sin embargo, en el trabajo solo se concentra en la QoS para el tráfico con el formato IP.

- Formato de paquetes / intercambio con la capa física.

Los formatos de los paquetes en la capa física son consistentes con los esquemas de modulación y codificación planteados en el estándar DVB-RCS.

- Encapsulación de los paquetes a nivel de red en formato nativo (IP, Ethernet) dentro de los formatos soportados en la capa MAC para la interfaz aire (en el canal de retorno y hacia delante)

En el canal hacia delante el formato MAC es MPEG.

La encapsulación de los paquetes IP o Ethernet dentro de paquetes MPEG tiene lugar en la *“Gateway IP/DVB”* que se configura con los parámetros IP/MAC/PID en el caso de los paquetes IP y solamente con parámetros MAC/PID para los paquetes Ethernet. Este proceso se encuentra basado en la encapsulación multi-protocolo (MPE, *Multi Protocol Encapsulation*): los paquetes son encapsulados en las secciones DSM-CC con las direcciones MAC de los destinos (ST en el caso de los paquetes IP, *“host”* en el caso de paquetes Ethernet) con valores definidos para los PID. Las direcciones fuente MAC en la cabecera ethernet es el ultimo componente en el camino de re-envío dentro de la *“Gateway”*

En el canal de retorno el formato MAC es ATM, y la encapsulación de los paquetes IP se basa en AAL5.

Los paquetes Ethernet también se pueden encapsular usando AAL5, para luego despojarlos de su cabecera. En otro caso, si dichos paquetes se usan en conjunto con un modo de acceso PPPoE, la encapsulación sobre AAL5 (según el RFC 2684) se puede usar en ambos casos (paquetes IP y paquetes PPPoE).

En las redes en malla (en ambos sentido de la comunicación) el formato es MPEG.

El proceso de encapsulación es exactamente el mismo que se realiza en el canal de bajada, a diferencia que ocurre en un terminal. Las direcciones MAC en la sección DSM-CC pueden ser del *“Host”* destino (trafico de usuario) o del ST (trafico OA&M).

- Multiplexación del trafico con la señalización FLS (generada con el formato de nivel 2)

La señalización FLS es parte del plano de control (explicado mas adelante).

En el caso de la topología de acceso la multiplexación de la señalización ocurre en la *“Gateway IP/DVB”* que incluye dicha función. En el caso de la topología en malla, la multiplexación ocurre en el satélite al interior del procesador a bordo (OBP, On Board Processor), enviando paquetes que se reciben del *“Uplink”* para ser enviadas por el *“Downlink”*.

- Conmutación de los paquetes del nivel 2 en el OBP

La conmutación es el proceso de mayor velocidad, y se realiza de acuerdo a la frecuencia y a la posición de los paquetes MPEG, el PID y otros identificadores mencionados no tienen ningún papel en este procedimiento. Los circuitos configurados en el conmutador detectan la conectividad y la existencia de recursos disponibles en un momento determinado. Debido a que los conmutadores tienen funcionalidades de nivel 2, es necesario implementar una interfaz entre las capas física y MAC en el OBP.

- Reensamblaje de los paquetes nativos de red en los paquetes originales.

Este reensamblaje sigue la misma pila de protocolos que se utiliza en el proceso de encapsulación.

En el caso del canal hacia delante y en la topología en malla, el reensamblaje se realiza en los ST (basado en MPE). Los paquetes se filtran de acuerdo a su PID, luego por su dirección MAC (ser reensamblado en la sección DSM-CC) y por último por su dirección IP (para obtener los paquetes IP) o por su dirección de fuente MAC (para obtener los paquetes ethernet).

En el caso del canal de retorno (formato ATM) los paquetes se reensamblan en la "Gateway" basándose en AAL5

5.3.3.2 Funcionalidad del Plano de Control

La funcionalidad de nivel 2 en el plano de control incluye funciones asociadas con el acceso del terminal (logon) a la red satelital, control del enlace, control de recursos, generación y distribución de tablas. Tales funciones necesitan ser implementadas en todos los componentes de la red satelital, por ejemplo: ST, GW ("Gateway" y ST-GW), NCC-ST, Satélite.

5.3.3.2.1. Proceso de log-on

El proceso de log-on es el proceso por el que un ST obtiene el acceso al enlace de retorno de la red interactiva, y se realiza por medio de la señalización de los enlaces de retorno (CSC, SYNC) y de bajada (TIM, CMT). Los siguientes eventos ocurren durante un proceso exitoso de log-on:

- Validación, Autenticación y Registro del ST con la Red.
- Autenticación del "host" (con un servidor RADIUS)

Para los mensajes RADIUS se utiliza IP OA&M (después de tener el OA&M PVC asignado al ST).

- Admisión de Conexión / Reservación de Recursos
- Adquisición de la sincronización en el enlace de retorno

La sincronización gruesa es adquirida mediante la utilización de ráfagas CSC/ACQ, mientras que la sincronización fina se realiza mediante las ráfagas SYNC. Los errores de frecuencia y tiempo son incluidos en réplicas CMT.

- Inicio de la recolección de la información de la cuenta

En adición a la señalización de DVB-RCS mencionada anteriormente (CSC, SYNC, CMT), el proceso de log-on también requiere mensajes TIM (desde la "Gateway"/NCC hacia el ST), que lleva identificadores lógicos (Id de Grupo, Id de logon, Ids de Canales, Direcciones IP del ST, valores de PID, PVCs) y mensajes de aceptación o rechazo.

5.3.3.2.2. Control del Enlace

Incluye:

- Mantenimiento de la sincronización fina

Se realiza con ráfagas SYNC periódicas y los errores de tiempo/frecuencia en réplicas CMT. Los errores de tiempo/frecuencia son medidos en tierra (topología de acceso) o a bordo (topología en malla).

- Control de potencia del enlace de subida (en el ST)

Se realiza con ráfagas SYNC periódicas y las réplicas CMT incluyen medidas de potencia o En/No

- Control de potencia (en la "Gateway")
- Opcional. Puede utilizar medidores de Radio

5.3.3.3 Generación y Distribución de Señalización e interfaz con la capa física

La señalización de nivel 2 incluye la señalización en los enlaces de bajada y retorno.

Los formatos para la transmisión de señalización en el RL (CSC, ACQ, SYNC) en la capa física están de acuerdo con los esquemas de modulación y codificación definidos en el estándar DVB – RCS.

La señalización en el FL incluye las tablas DVB, las tablas estándar y las tablas específicas RCS [ref estándar]. Ellas se llevan en los paquetes MPEG TS, multiplexados con los paquetes de tráfico. Desde el punto de vista de nivel 2 las tablas DVB se originan en la "Gateway" IP/DVB. El contenido de la tabla lo proporciona el NCC o se genera dentro del RLSS. Sin embargo, en el caso de la topología en malla, el contenido del CMT se origina en el OBP, en donde se realizan medidas de potencia, tiempo y frecuencia. Los resultados de las medidas con encapsulados en paquetes MPEG específicos, que son conmutados a los DL TDMs apropiados, de acuerdo a la configuración de conmutación del OBP. Los recursos requeridos para la señalización deben ser tenidos en cuenta en la definición de las tablas de conmutación. En la "Gateway"/NCC tales paquetes MPEG específicos son filtrados por PID en la misma forma que los paquetes de tráfico. La "Gateway"/NCC construye los mensajes CMT para la transmisión a los STs.

La transmisión de las tablas DVB requiere recursos en el FL. La tabla que utiliza recursos de forma más intensiva es la TBTP, que es transmitida por cada trama (como el CMT). Otras tablas son transmitidas con periodicidad más baja o cuando se necesiten como la tabla TIM. La consecuencia es una carga variable de las tablas DVB. Como la tasa en el FL es fija, la capacidad disponible para el tráfico de usuario es variable. Esto tiene implicaciones en la implementación y configuración en la "Gateway" IP/DVB de los mecanismos de nivel 2 ("DiffServ") para el FL.

Los formatos para la transmisión de señalización para el FL en la capa física van de acuerdo al tráfico de usuario.

La extracción de las tablas DVB en los terminales se basa en la filtración de PID.

5.3.4 Control de Recursos

El control de recursos de nivel 2 se refiere a la gestión (asignación) de los recursos físicos MAC para las conexiones que han sido admitidas y configuradas, basados en reglas predefinidas. Esta es una función asociada con planificadores. Los planificadores se relacionan solo con la gestión de los recursos del enlace de subida; el procesador a bordo asegura que los recursos asignados sobre los enlaces de subida también estén

disponibles en los enlaces de bajada correspondientes según las tablas de conectividad. Con el fin de que esto suceda los recursos necesitan ser organizados en planificadores para reflejar las tablas de conectividad.

5.3.4.1 En el enlace de bajada

La gestión de los recursos en el enlace de bajada es realizada por el ACSS dentro de la “Gateway” y está basado en fuentes virtuales de capacidad típicamente asociada con los proveedores de servicio, establecida a lo largo de rutas del enlace de bajada de acuerdo a la conectividad del sistema. Los paquetes son alimentados en esas fuentes como estén disponibles desde la capa de red IP, con una disciplina de planificación basada en servicio o no basada en terminal. El orden de los paquetes establecido en la capa IP no se cambia luego de la encapsulación MPEG. La encapsulación ocurre en la “Gateway” IP/DVB, que además multiplexa los paquetes de usuario con los paquetes de señalización (tablas de DVB y tablas DVB-RCS). El proceso se ilustra en la Figura 34 para una “Gateway” IP/DVB típico (SkyStream SMR 25/26).

5.3.4.2 En el enlace de retorno

En el enlace de retorno los recursos están sujetos a la contienda entre STs, que la resuelve el planificador MAC dentro del RLSS. Esto es parte del control dinámico de recursos del RL analizado en una sección aparte dada la importancia en un sistema DVB-RCS y su relevancia para el aprovisionamiento de QoS.

5.3.5 Control dinámico de recursos en el canal de retorno.

5.3.5.1 Visión General

El control dinámico de recursos consiste en asignar ranuras de tiempo a los terminales basándose en sus peticiones y los valores límite negociados durante el establecimiento de la conexión. Estas asignaciones están condicionadas por la disponibilidad de recursos (capacidad) definida en el enlace de retorno y son realizadas por el planificador MAC, que implementa el protocolo de asignación por demanda para acceso múltiple [57] (DAMA, *Demand-Assignment Multiple Access*).

El proceso anterior se aplica al enlace de tanto retorno en la topología de acceso como en la topología en malla, por lo tanto a este proceso se refiere como planificación del enlace de subida.

El planificador MAC para la topología de acceso se encuentra localizado en tierra (en la “Gateway de acceso”). Para la topología en malla puede estar en tierra o a bordo del satélite.

Este proceso involucra tanto al planificador como al terminal, particularmente:

- Calcular las peticiones de capacidad en los terminales.
- Transmitir las peticiones de capacidad al planificador.
- Calcular la capacidad a asignarse a los terminales.
- Asignación de la capacidad destinada.
- Generación y transmisión de los TBTPs a los terminales.
- Distribución (dentro de los terminales) de la capacidad asignada entre los usuarios finales y sus aplicaciones (de acuerdo con la arquitectura de colas MAC y disciplinas de servicio)

En las próximas secciones se mencionarán aspectos de cada uno de los ítems anteriores analizando cada una de las opciones posibles.

La planificación para las topologías de acceso y malla son muy parecidas pero no idénticas, el proceso básico es el mismo pero existen unas pequeñas diferencias como resultado de la organización de los recursos en el planificador, una de las más importantes es la relacionada con el número de canales necesario a ser soportados; uno para la topología de acceso y varios para la topología en malla.

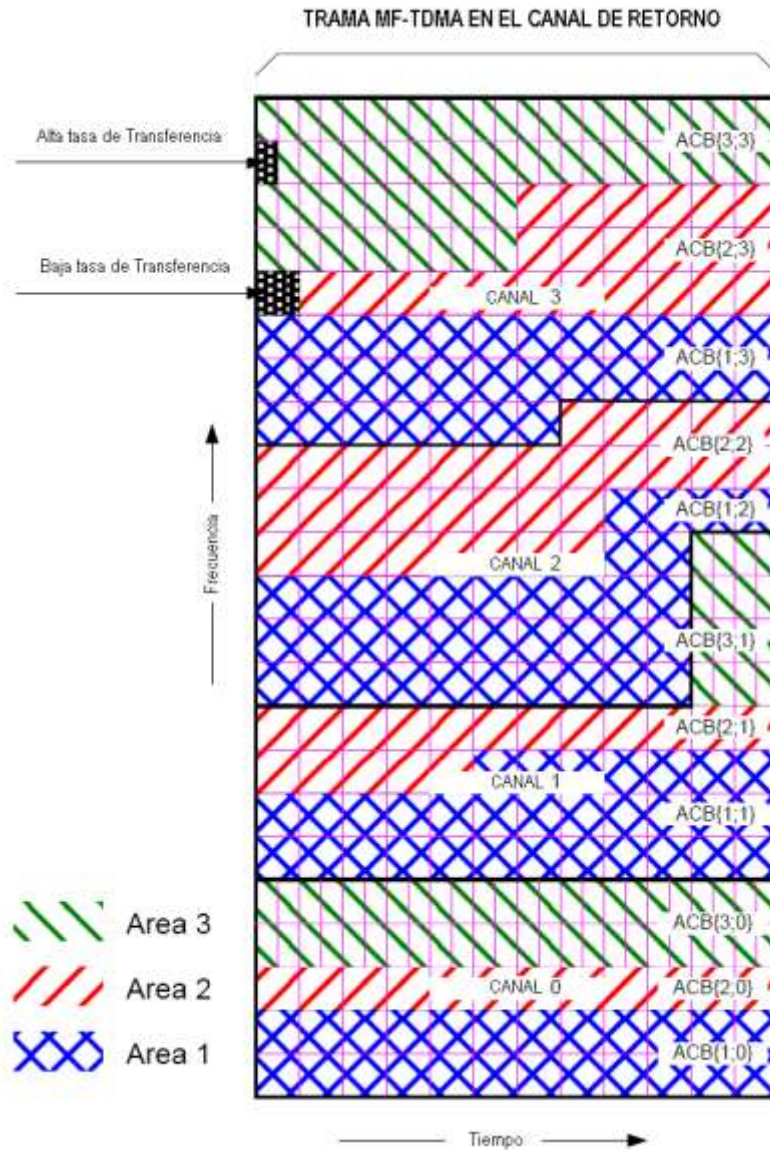
El rol del planificador en la suministro de QoS se analiza en el contexto global de QoS-IP, por lo tanto se basa fundamentalmente en la arquitectura “DiffServ” y los mecanismos asociados a la capa de red. Sin embargo, el planificador es capaz de brindar un acceso diferenciado haciendo uso de las clases de servicio implementadas en la capa MAC haciendo uso de un correcto mapeo de dichas clases en sus respectivos tipos de capacidad.

5.3.5.2 Organización de los recursos en el planificador.

Con el propósito de alternar los recursos y realizar una conmutación adecuada, se organizan en canales físicos, que de acuerdo al destino permiten realizar una conmutación a bordo del satélite (enlaces de bajada si es topología en malla y enlace de servicio para la topología de acceso).

Los canales reflejan la conectividad configurada en un momento dado en el conmutador a bordo. Se asume que este conmutador permite a un canal abarcar cualquier cantidad de ranuras de tiempo distribuidas en cualquier parte de las tramas en el enlace de subida. En la figura 38 se muestra un enlace con 4 canales, que comprende bloques compactos con ranuras dispuestas de acuerdo con lo estipulado en MF-TDMA. En la figura también se muestra el caso en el que uno de los canales presente una mayor tasa de ranuras de tiempo (relación 2 a 1) para lo que es necesario que el MCD a bordo del satélite pueda cambiar dicha tasa en medio de la portadora.

Figura 38. Áreas y canales sobre una trama MF-TDMA



Para lograr una planificación de la capacidad total del canal de retorno, este se divide en áreas, que ocupan una parte de uno o más canales. Un área corresponde a un agrupamiento lógico de la capacidad que se le ofrece a un grupo en particular de terminales y tienen las siguientes propiedades:

- Todas las portadoras / partes de portadoras tienen la misma velocidad de símbolo así como una misma duración de sus ranuras de tiempo.
- A un terminal solo le pertenece una y solamente un área.
- Cada área pertenece y es planificada solamente por un INAP, que puede tener múltiples áreas en un determinado haz, y un haz puede contener áreas que pertenezcan a diferentes INAP.

- Un área comprende un número de bloques de ranuras de tiempo, de un determinado canal. Cada bloque es llamado un ACB (“Área-Channel Block”).
- Si el planificador se encuentra bajo el mismo dominio administrativo (INAP), este puede planificar cada área independientemente de las demás, así como planificar distintas área.

No necesariamente cada canal soporta toda el área, así como, no necesariamente cada área soporte todos los canales (esto depende del proveedor de acceso para cada área). Se puede considerar que las áreas y los canales son subdivisiones de la capacidad del enlace de retorno de igual nivel de jerarquía. Cada ACB representa un punto de encuentro para Área/Canal. En la figura 38 existen 3 áreas, en donde la 1 y la 3 tienen capacidad en todos los canales, mientras que el área 2 solo se presenta en los canales 0,1 y 3.

El identificador de canal (utilizado tanto por el terminal como por el planificador) debe coincidir con el número de canal como se ilustra en la figura 38. Por lo tanto se asume que el identificador de canal se utiliza de acuerdo a un haz específico y no a un ST específico, y puede designar el mismo canal físico para todos los ST en una determinada área, de acuerdo a lo ilustrado para las áreas en la figura 38, el canal 2 no se implementa en el ST perteneciente al área 3.

5.3.5.3 Jerarquía de Planificación

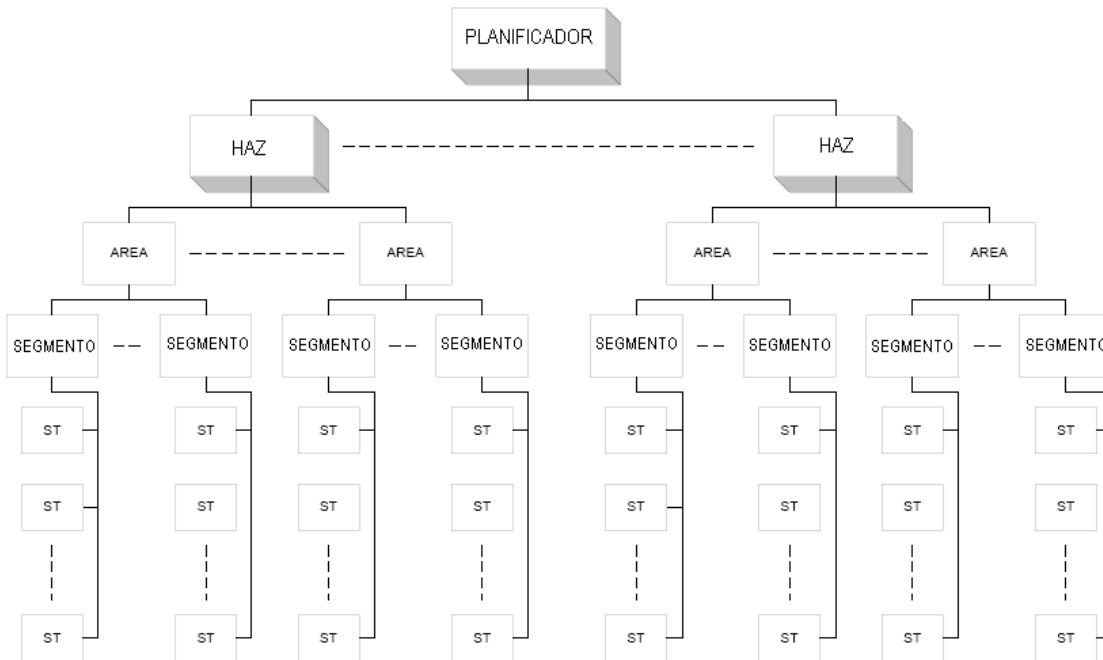
Conceptualmente, la planificación o planificación a nivel MAC puede ser considerada como un proceso jerárquico, que refleja la organización de los recursos del RL.

5.3.5.3.1. Topología de Acceso

En la topología de acceso solo hay un canal por haz. Los subscriptores asociados con terminales en el haz pueden pertenecer a diferentes SPs, según la arquitectura de referencia de acceso. Un SP es asociado a un segmento, cada segmento dentro de cada área posee un subgrupo de capacidad del área y tiene acceso garantizado a esa capacidad. Dependiendo de la configuración del sistema, el segmento también puede tener acceso a la capacidad del área que no es poseída por ningún segmento, mientras esté disponible.

Un Planificador MAC puede soportar un número de áreas de colocación, en donde cada una soporta un número de segmentos asignados, que a su vez cada uno soporta un número de STs, como se muestra en el árbol de planificación en la Figura 39. Un ST puede pertenecer únicamente a un segmento en un área.

Figura 39. Jerarquía de Planificación MAC – Topología de Acceso

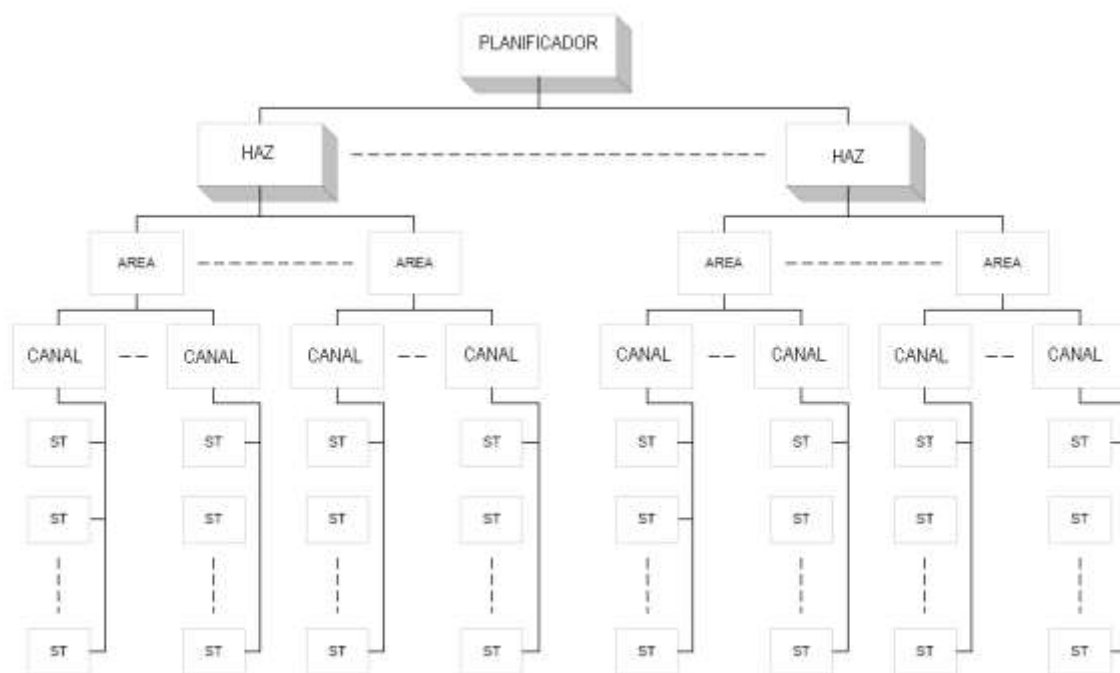


Los subscriptores asociados con los terminales en malla son del mismo proveedor de servicio, que a su vez está asociado a la red en malla (ellos son parte de un VPN). En este contexto no hay necesidad de soportar segmentos. La jerarquía de planificación en este ambiente multicanal de un solo segmento, se muestra en la Figura 40.

Un planificador MAC dado puede soportar un número de áreas de colocación, en donde cada una tiene capacidad para un número de canales. Un ST solo puede pertenecer a un área, pero puede pedir y recibir asignaciones de capacidad en diferentes canales.

La arquitectura de la Figura 40 y la organización de recursos no excluye el soporte para segmentos en el caso de la topología en malla, si se necesita por otras razones, tales como el agrupamiento de terminales para propósitos de facturación y/o contabilidad. Un segmento puede tener capacidad en varios ACBs, pero no hay asociación entre segmentos de capacidad en un ACB (que es un escalár) y recursos físicos.

Figura 40. Jerarquía de planificación MAC – Topología en malla



5.3.5.4 Tipos de Capacidades en DVB-RCS

Los tipos o categorías de capacidades que se le pueden asignar a un ST son consistentes con el estándar, y son:

- Asignación permanente y garantizada (Asignación de tasa Constante: CRA)
- Asignación Dinámica de Capacidad basada en Tasa (RBDC)
- Asignación Dinámica de Capacidad Basada en Volumen (VBDC)
- Asignación Libre de Capacidad (FCA)

Estos tipos de capacidades son muy importantes para el soporte de QoS en el nivel MAC, por lo tanto estos se describen a continuación en forma detallada de acuerdo a su prioridad (de la más alta a la más baja). Un terminal puede tener asignado uno o mas tipos de capacidades.

5.3.5.4.1. Asignación permanente y garantizada (Asignación de tasa Constante: CRA)

En esta categoría se define una tasa constante, sin estar sujeta a peticiones dinámicas, manteniéndose constante durante la duración de toda la sesión (siempre y cuando no se re-negocie este parámetro). Este tipo de capacidad define un determinado número de ranuras de tiempo por trama. La cantidad total de de CRA por ST se encuentra dentro de la máxima capacidad de transmisión del ST sin exceder la tasa de área. Y la suma de todos los CRA de todos los ST en un segmento/área se encuentra dentro de la capacidad de segmento/área total.

La capacidad dada por CRA se configura con el mismo valor determinado en el SLA del suscriptor, y prácticamente corresponde a un valor de capacidad reservada, debido a que el terminal no necesita realizar peticiones para obtener dichos recursos, y estos permanecen constantes sin importar si el terminal transmite datos o no.

CRA se usa típicamente para aplicaciones que requieren alta prioridad debido a su baja tolerancia a los retardos, requiriendo pues una tasa fija garantizada.

5.3.5.4.2. Asignación Dinámica de Capacidad basada en Tasa (RBDC).

Esta categoría de capacidad se utiliza para soportar tráfico de tasa variable de alta prioridad, que pueda tolerar pequeñas cantidades de “jitter” asociadas al tiempo de respuesta de planificador MAC. RBDC brinda una asignación de capacidad dinámica (en ranuras de tiempo por trama) de acuerdo a las peticiones que realicen los ST. Es necesario configurar una tasa máxima límite (MaxRBDC) de acuerdo a las tasas reservadas en el SLA, que es configurada en el planificador MAC y en el GMSS. Tal como en CRA, el MaxRBDC puede ser negociado “off-line” y almacenado en la base de datos del GMSS o mediante la señalización durante el establecimiento de la sesión.

Se dice que RBDC presta una capacidad garantizada si la suma de CRA y los valores para el MaxRBDC configurados en el planificador MAC se encuentra dentro de los límites físicos de transmisión y tasa de área para cada ST, y si los valores totales (CRA + MaxRBDC) para todos los ST de segmento/área se encuentran dentro de la capacidad segmento/área. Si estas condiciones se cumplen, RBDC es apropiado para el tráfico que requiere ancho de banda garantizado.

Si por el contrario se presenta una sobre-reserva, la condición anterior no se cumpliría y por lo tanto no existirían garantías para satisfacer a todas las peticiones en una trama determinada. Sin embargo se pueden presentar algunas estrategias para dar soporte a estas peticiones que se encuentren por fuera de la capacidad del MaxRBDC. Una de ellas consiste en ignorar la situación y garantizarlas mediante VBDC (si se encuentra disponible), pero no necesariamente en la misma trama, en este caso, los paquetes puestos en cola en el ST podrán ser transmitidos eventualmente, pero con un retardo y un “jitter” adicional. Los operadores de red utilizan esta sobre reserva para aprovechar al máximo la utilización de la capacidad, debido a que el tráfico es variable y no todos los ST transmiten con RBDC a su máxima capacidad, por lo que, en este caso las garantías de capacidad están soportadas en una base estadística.

La capacidad de RBDC otorgada en una supertrama es controlada por las peticiones dinámicas realizadas por los ST al Planificador MAC, cada una de estas peticiones solicita la cantidad de tasa que necesita, y cada vez que hay de nuevo una de ellas, esta última domina sobre las anteriores (para el mismo Terminal), encontrándose sujeta a un tiempo límite, para prevenir una reserva de recursos que no vayan a ser utilizados posteriormente.

5.3.5.4.3. Asignación Dinámica de Capacidad Basada en Volumen (VBDC)

Esta categoría de capacidad se utiliza para el tráfico que puede tolerar retardo y “jitter”, tal como el BE, y responde a las peticiones de volumen dinámicas realizadas (una determinada cantidad de ranuras sin restricciones de tiempo) por el ST al planificador MAC, que son almacenadas como un volumen de cuenta (Q) a encolar por terminal. De forma matemática se puede ilustrar de la siguiente manera, si cada petición equivale a R celdas de capacidad, estas se acumulan a las peticiones realizadas anteriormente de tal forma que $Q = Q + R$. En una determinada supertrama se destinará una cantidad de Q a ser satisfecha (A), por lo tanto el nuevo valor de la cuenta será $Q = Q - A$.

En general VBDC no es una capacidad que genere garantías de ancho de banda en un momento determinado, se utiliza para tráfico BE de acuerdo a los recursos disponibles, después de satisfacer todas las componentes de CRA y RBDC. El valor máximo de capacidad asignado mediante VBDC a un terminal está limitado por el valor del parámetro MaxVBDC, basándose en las reglas impuestas por el administrador de red de acuerdo a los resultados de las medidas de tráfico.

Sin embargo es posible definir un VBDC garantizado (G-VBDC) o un VBDC de alta prioridad (HP-VBDC) configurando valores mínimos (MinVBDC) en la asignación de capacidad por ST, siendo de esta forma entonces VBDC un 3 manera de proporcionar garantías en la asignación de Ancho de Banda. Sin embargo cabe resaltar que con esta variante no se cumplen las reglas de RBDC, debido a que no existen peticiones especiales para esta capacidad como es el tiempo límite. Aquellas peticiones VBDC que se encuentren por fuera del rango (en exceso) entrarán a competir con las capacidades VBDC de otros ST.

5.3.5.4.4. Asignación Libre de Capacidad (FCA)

Esta categoría de capacidad se asigna a los ST como una forma de aprovechar los recursos disponibles de la red en un momento determinado, sin que sea necesario realizar peticiones desde el hacia el planificador MAC. En el modelo básico cada terminal se debe limitar a una ranura FCA por supertrama, sin embargo y de acuerdo a los recursos disponibles se puede hacer uso de más ranuras, además un terminal se puede habilitar o no para hacer uso de esta capacidad de acuerdo a los parámetros de configuración en el perfil del terminal disponibles en el planificador MAC.

FCA permite mejorar el rendimiento de la red (“Throughput”), especialmente en condiciones de baja carga aunque introduce “jitter”, por ello se utiliza como complemento a VBDC.

5.3.5.4.5. Mapeo de las Clases de QoS MAC dentro de los tipos de capacidad

Anteriormente se sugirió que al menos una clase de QoS MAC debería ser utilizada para cada tipo de clase de servicio “DiffServ” (EF, AF y BE). Si se considera el tráfico de gestión de red en su propia clase MAC, habrán 4 clases de servicio MAC a saber: NM, EF, AF y BE (ver Figura 35).

En principio cualquier clase de servicio MAC puede ser mapeada en cualquier tipo o combinación de tipos de capacidad, apropiadamente configurada a los atributos de la cola, que define los valores para los tipos de capacidad autorizados para una cola dada.

De los cuatro tipos de capacidad anteriores, CRA, RBDC y G-VBDC pueden ofrecer capacidad garantizada, mientras que VBDC y FCA son los mejores tipos para Best Effort; la capacidad dinámica total garantizada se refiere a la capacidad reservada o a la tasa reservada. Desde otra perspectiva, RBDC y VBDC están basadas en peticiones de capacidad, mientras que CRA y FCA no involucran peticiones y por lo tanto se puede reducir el retardo y el gasto de *“jitter”* adicional en el caso de FCA.

Para los tipos de capacidad dinámica (RBDC y VBDC) el rendimiento frente al retardo puede ser expresado por medio de la latencia de planificación o de planificación, definida como la diferencia entre el tiempo en el que un ST hace una petición de capacidad y el momento en el que el ST comienza a utilizar la capacidad asignada para enviar tráfico. La Mínima Latencia de Planificación está dada por:

$$\text{MSL} = \text{Tpd(FL)} + \text{Tpd(RL)} + \text{Tiempo de Procesamiento}$$

En donde Tpd(FL) + Tpd(RL) son los tiempos de propagación en los enlaces de bajada y retorno (típicamente de 280 ms c/u para una satélite GEO). El procesamiento en la *“Gateway”* (extracción de las peticiones de capacidad y asignaciones a los STs) toma típicamente 4 tramas, mientras el procesamiento en el ST (principalmente extracción y remisión de asignaciones) toma 2 tramas. La duración de una trama es de 26.5 ms, lo que da un MSL de 666 ms.

Indudablemente CRA ofrece el mejor rendimiento en términos de retardo y variación de retardo, Tr. El retardo está dado por Tpd(FL) + Tiempo de Procesamiento, o alrededor de 386 ms. El *“jitter”* promedio es aproximadamente de una trama de duración. CRA es el que mejor se adapta a las aplicaciones sensibles al retardo como las aplicaciones de voz, VoIP por ejemplo, pero es un tipo de capacidad costoso.

En el caso de RBDC el retardo está dado por Tpd(FL) + MSL, o 946 ms, mientras que el *“jitter”* es similar al de CRA, una trama de duración por ejemplo.

Para CRA y RBDC, el retardo y *“jitter”* son independientes de la carga, ya que los dos tipos de capacidad son garantizados.

En el caso de VBDC el retardo está dado por Tpd(FL) + MSL + encolamiento en el ST. El tiempo de encolamiento depende de la carga; por lo tanto el retardo es más bajo limitado por Tpd(FL) + MSL, o 946ms, pero se incrementa con la carga del sistema, alcanzando los segundos entre un 90-95% de la carga. El *“jitter”* también varía en función de la carga del sistema y puede ser de varias tramas. La utilización de FCA puede mejorar el retardo, aún por debajo de los 946ms, pero añadiendo *“jitter”* adicional.

RBDC con capacidad absoluta garantizada puede ser utilizado satisfactoriamente para aplicaciones sensibles a la pérdida de paquetes y/o *“jitter”* pero sin requerimientos críticos de retardo, con tal que la aplicación genere un flujo de paquetes sostenido y, de esta forma proporcionar oportunidades regulares de petición. FCA debe evitarse en ese caso; aunque es verdad que puede aumentar la velocidad en la transmisión de tráfico también añade *“jitter”*. Se debe anotar que FCA no tiene impacto en las aplicaciones que utilizan CRA.

Si se reserva RBDC, solo se puede ofrecer estadísticamente garantizado. Dependiendo del factor de reservación y las características del tráfico, el rendimiento no puede ser afectado, pero se inducirá variación de retardo.

VBDC, combinado con FCA, puede ser utilizado para aplicaciones tolerantes con la pérdida de paquetes, retardo y "jitter". En donde se desea una tasa mínima con el fin de reducir la latencia se puede añadir un componente VBDC garantizado.

En general las clases de servicio de más alta prioridad se asocian con capacidad garantizada (CRA, RBDC, G-VBDC), mientras que las de más baja prioridad predominantemente dan capacidad "best effort" (VBDC, FCA). Como ya se mencionó, G-VBDC es una forma garantizada de VBDC, que es apropiada para las necesidades de transmisión de la clase AF. Un posible mapeo de las clases de QoS MAC (colas MAC) dentro de los tipos de capacidad se sugiere en la Tabla 12. La tabla también muestra la correspondencia de esas clases con las con las clases de servicio "DiffServ" por precedencia y hace referencia al condicionamiento de tráfico asumido a nivel IP.

Tabla 11-Tabla 12. Ejemplo del mapeo de clases de servicio dentro de los tipos de capacidad

CoS "DiffServ" / Precedencia	Cola MAC	Tipo de Capacidad
LNМ / INM	NM	CRA o G-VBDC + VBDC, con el condicionamiento de tráfico apropiado en la capa IP (conformación, sin descarte)
EF	EF	CRA o RBDC o CRA + RBDC, función de los requerimientos del sistema.
AF1-4	AF	G-VBDC + VBDC + FCA (conformación con una pequeña medida de "buffer", descarte)
BE	BE	VBDC + FCA

La utilización de capacidad absoluta garantizada debe ser considerada no solo desde el punto de vista de los requerimientos del servicios, pero además desde el punto de vista de las exigencias de MF-TDMA y ST (velocidades por ejemplo) y el modelo de subscritor ST. Sobre una portadora de baja velocidad el número de ranuras es algo limitado, 24 ranuras a una tasa de 384kbps y 26.5ms de duración de trama. De esto puede resultar problemas, tales como:

- Gasto de Capacidad, cuando todo el tráfico de un ST requiere un servicio garantizado y el tráfico exhibe alguna variabilidad.
- Demasiada fragmentación de la capacidad
 - o En el caso de múltiples canales por ST, en malla por ejemplo.
 - o En el caso de acuerdos de servicio con múltiples SPs por ST, si es permitido por el modelo de SLA de subscritor.

5.3.5.5 Mecanismos de Petición de Capacidad

Hay dos mecanismos fundamentales para las peticiones de capacidad enviadas por los terminales al planificador:

- Peticiones en Banda (IBR), en el que las peticiones son señalizadas en un encabezado suplementario de todas las celdas de datos enviadas por el terminal. Este encabezado es extraído por el demodulador de recepción y reenviado al planificación.
- Peticiones Fuera de Banda (OBR), en el que las peticiones son señalizadas independientemente de la asignación de ranuras de tráfico.

El estándar DVB-RCS hace provisión para IBR y OBR. IBR es asociada con el método de prefijos y con el Método de Etiquetado de Unidad de Datos (DULM), mientras que el OBR se asocia con el método “*minislot*” (que va en ráfagas SYNC). En el caso de los métodos de prefijos y “*minislot*” las peticiones son encapsuladas en un campo especial de control de acceso al satélite (SAC), junto a otros mensajes en el RL, mensajes M&C, Id de Logon, Id de Grupo). En el caso de DULM las peticiones son enviadas en ráfagas de tráfico.

Para la topología de acceso se utilizará el método de prefijos (IBR), combinado con el método de “*minislot*” (OBR) con la SYNC en modo pre-asignado. Las ranuras SYNC son primariamente asignados a un ST con el fin de satisfacer el UPC del RL y las necesidades de sincronización, típicamente una SYNC cada 32 tramas, 0.884 seg a una duración de trama de 26.5 ms. El rol de OBR por lo tanto es acelerar el acceso inicial a la capacidad del enlace de retorno.

Para la topología en malla, se utiliza el método “*minislot*”, campo SAC en ráfaga SYNC. El número de oportunidades de petición puede ser incrementado aprovechando la estructura variable de la ráfaga SYNC y la estructura del campo SAC (sección 3.4.3.2.3 en el estándar DVB-RCS). El número de peticiones por ráfaga SYNC puede variar de 2 a 4, en función de la tasa del esquema de codificación (que determina el tamaño de la carga útil), y de los sub-campos opcionales en el campo SAC que son utilizados (dependiente del sistema). Un terminal puede así hacer cuatro peticiones independientes al tiempo, para diferentes tipos de capacidad o para diferentes canales. En cuanto a la latencia de planificación, la periodicidad de ranuras SYNC asignados a un ST pueden necesitar ser incrementados, y esto impacta negativamente el encabezamiento de señalización en la trama MF-TDMA.

La decisión sobre cómo las ráfagas SYNC son utilizadas debe residir en el terminal, basado en reglas configuradas por la “*Gateway*”/NCC dependiendo de las condiciones de la carga de tráfico, por ejemplo la condición de las colas MAC. Tales reglas deben estar basadas en principios de igualdad o puede definir prioridades por el tipo de requerimiento, por destino y/o por otro criterio (por ejemplo el estado de las colas o de otros parámetros monitoreados). Una petición para RBDC debe tomar precedencia sobre una petición para VBDC. Algunos destinos pueden tener prioridad con respecto a otros. Un mecanismo “*round robin*” (pesado o no) puede ser considerado por ejemplo, para compartir las oportunidades de petición entre diferentes canales lógicos.

5.3.5.6 Descripción del proceso de planificación de capacidades

El proceso de planificación es similar en ambas topologías de acceso, sin embargo no son idénticas, dando como resultados diferentes arquitecturas de planificación. Este proceso se describe a continuación para ambas arquitecturas detallando sus principales diferencias.

5.3.5.6.1. Topología de acceso

El proceso global para la asignación de capacidades comprende un número de pasos separados pero dependientes entre sí, de los que algunos se ejecutan en el terminal y otros en el planificador. A continuación se realiza una descripción de dicho proceso, en términos de los pasos individuales en orden de ejecución.

- El tráfico que llega al terminal desde los ST es organizado en un número de colas. El primer conjunto de colas son aquellas que se manejan a nivel IP y el segundo son manejadas a nivel MAC, su número depende de las clases de servicio / tipos de tráfico soportado y los métodos de QoS implementados. Desde el punto de vista del planificador, solo las colas del nivel MAC son importantes.
- Basándose en el estado y atributos de las colas, el terminal genera peticiones RBDC y/o VBDC después que se han aceptado las peticiones ya generadas, estas peticiones son generadas cuando es necesario y se sincronizan con la trama.
- Al llegar las peticiones de capacidad al planificador, estas se etiquetan de acuerdo al terminal que las origina y se almacenan en las colas adecuadas.
- Al comienzo de cada supertrama, el planificador usa las peticiones almacenadas así como aquellas no satisfechas para asignar las capacidades a los terminales.
- El planificador construye los mensajes de actualización del TBTP correspondientes a la asignación en el proceso anterior, transmitiéndolos hacia los terminales en el canal hacia delante en todas las supertramas.
- Una vez el terminal recibe estos mensajes de actualización, este los decodifica y envía el tráfico de las colas MAC en el número de supertrama y ranuras de tiempo asignadas.

5.3.5.6.2. Topología en Malla

La única y más importante diferencia con respecto a la topología de acceso, en el proceso de planificación para la topología en malla resulta de la arquitectura del planificador multi-canal.

Un terminal hace peticiones separadas para capacidad en cada canal en el área (el id del canal es codificado en el campo SAC), pero el procesamiento de las peticiones en el planificador no pueden ser hechas independientemente por canal, debido a las exigencias de las tramas MF-TDMA del terminal (un ST solo puede transmitir en una ranura al tiempo y el máximo número de ranuras es limitado por la velocidad de la trama). El proceso de asignación descrito para la topología de acceso necesita ser complementado con un proceso de colocación de ranuras. Este proceso es responsable de prevenir que las ranuras de tráfico asignados en diferentes canales colisionen con ranuras de tráfico de encabezamiento como por ejemplo SYNC.

La colocación de ranuras puede también ser requerida con el fin de reducir el *"jitter"* (en el caso de tráfico sensible al *"jitter"*), si la duración de la supertrama es relativamente larga. La duración actual de la supertrama de 26.5 ms se considera suficientemente corta, de tal forma que el *"jitter"* inducido es aceptable para todas las aplicaciones y servicios considerados en este estudio.

Hay tres enfoques básicos para la colocación de ranuras:

Enfoque 1: La colocación es un proceso diferente bajo el flujo de planificación, va después e independiente de la asignación.

Enfoque 2: La colocación y asignaciones son hechos al mismo tiempo.

Enfoque 3: Las asignaciones garantizadas son colocadas al tiempo de la asignación, la capacidad no-garantizada es colocada después del proceso de asignación.

De las anteriores, el tercer enfoque es el más prometedor, ya que permite que las ranuras colisionen durante la colocación de las asignaciones garantizadas para ser utilizados por las asignaciones no garantizadas.

La necesidad de algoritmos de colocación incrementa substancialmente los requerimientos de procesamiento del planificador.

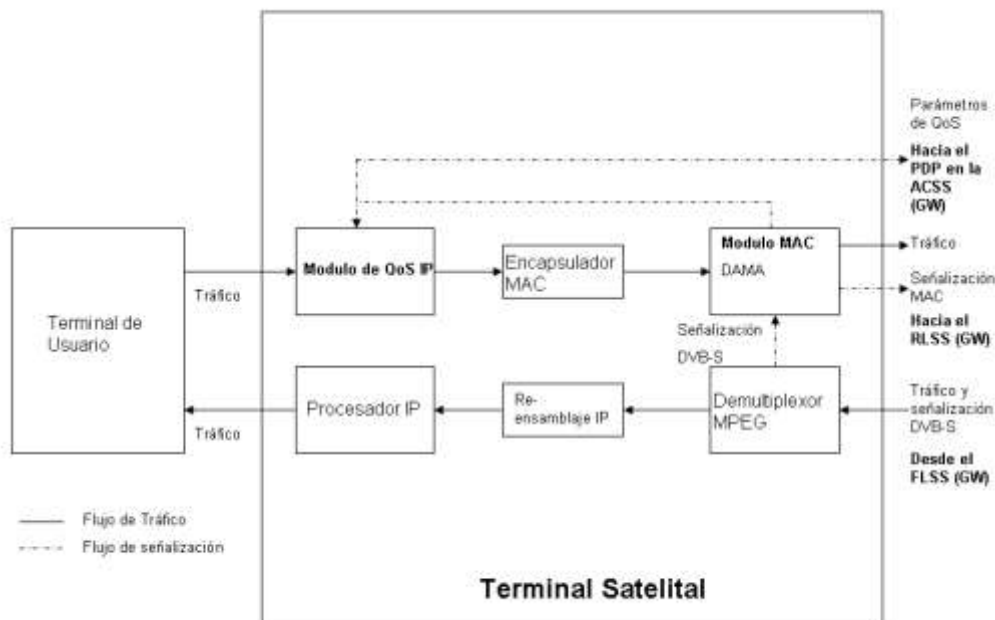
5.4 Arquitectura de los equipos

A continuación se detallan las funcionalidades que se deben introducir en los equipos para brindar las capacidades de QoS mencionadas en las secciones anteriores:

5.4.1 Soporte de QoS en los ST

En la figura 41 se ilustran los módulos que contienen las funciones de QoS y sus interfaces con el Terminal de usuario (no se ilustran los módulos que implementan las funciones de la capa física). Estas funcionalidades se pueden aplicar tanto a la topología de acceso (estrella) como a la topología en malla, donde sus principales diferencias radican en el formato de transporte en el canal de retorno (ATM para la de acceso, MPEG para malla), el origen/destino del tráfico (GW para la de acceso y otros ST para malla) y la señalización (GW para la de acceso y el NCC para malla).

Figura 41. Soporte de QoS en los Terminales



En el canal de retorno los componentes principales son el modulo QoS IP y el Modulo MAC, siendo estos adaptados entre si mediante el encapsulador MAC.

5.4.1.1 Descripción de los Módulos de QoS.

Encapsulador MAC

Este módulo realiza funciones de adaptación entre las funciones dependientes del satélite (funciones MAC) y aquellas independientes del satélite (funciones IP).

Módulo de QoS IP:

En este modulo se implementan funciones de QoS de Nivel 3, particularmente clasificación de paquetes, acondicionamiento de tráfico, puesta en cola y planificación. Este recibe los paquetes del terminal de usuario y después de procesarlos lo envía al modulo MAC a través del encapsulador MAC.

En el caso de la topología en malla, es necesario implementar un modulo por cada canal.

Módulo MAC:

Este modulo maneja principalmente la función DAMA, y funciones de puesta en cola de paquetes MAC, peticiones de capacidad y el re-envío de paquetes de acuerdo al espacio asignado.

Este modulo interactúa con el modulo de QoS IP a través del encapsulador MAC, y con el demultiplexor MPEG con el fin de extraer la señalización concerniente a su funcionamiento (TBTP).

5.4.2 Soporte de QoS en la GW

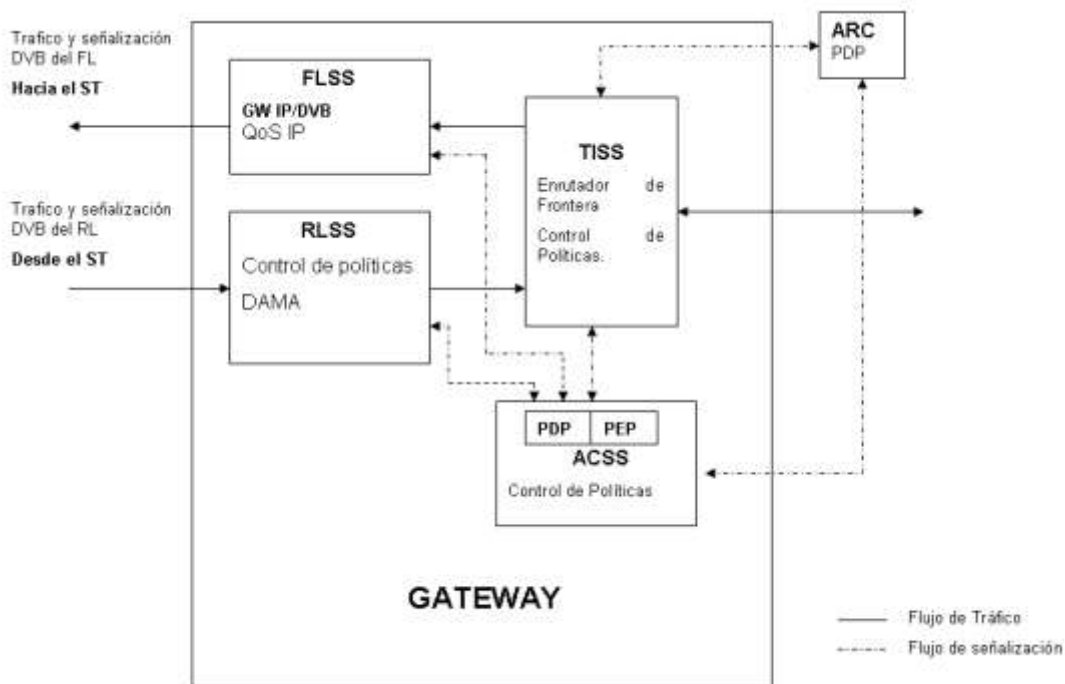
En la figura 42 se ilustra la arquitectura de la GW para la topología de acceso.

Las características de transporte IP se basan en las funciones de la capa MAC, que no se muestran explícitamente en la figura, sin embargo hacen parte del FLSS y RLSS, el FLSS convierte los paquetes IP al formato MPEG y el RLSS realiza la conversión de los paquetes ATM a IP.

La GW es el punto de ingreso al dominio de QoS en el canal FL, a nivel 3, el componente mas importante es el enrutador de frontera en TISS, que será el responsable de realizar el marcado de paquetes, puesta en cola y conformación de tráfico. Los demás componentes son nodos internos por lo tanto sólo requieren funciones de re-envío de acuerdo a la clase de servicio.

En el canal de retorno el planificador MAC es el responsable del soporte de QoS a nivel dos, implementando el protocolo DAMA.

Figura 42. Soporte de QoS en la GW



5.4.2.1 Descripción de los módulos de QoS

RLSS:

Es el responsable del control dinámico de recursos en el RL (DAMA), y representa la funcionalidad del nivel 2. Éste modulo asigna la capacidad a los ST de acuerdo a sus peticiones y a un conjunto de tablas donde se asignan los valores límites de capacidad acordados en el SLA.

FLSS:

Este módulo realiza la conversión de los paquetes IP al formato MPEG efectuada por la "Gateway IP/DVB" ilustrada en la figura 34 en la sección 5.2.4, que es vista como un nodo interno enviando los datos de acuerdo a su clase de servicio, multiplexando el tráfico de usuario con la información de señalización.

TISS:

Este módulo funciona como una interfaz entre el RLSS/FLSS y la red terrestre. De acuerdo a las opciones este puede incluir un simple enrutador de frontera o un servidor de acceso de banda ancha.

En el FL actúa como un nodo de frontera que debe implementar funciones de clasificación de paquetes, acondicionamiento de tráfico y reenvío de acuerdo al código DSCP de los paquetes.

6. CLASES DE TRÁFICO

6.1 *Introducción*

Uno de los propósitos de este trabajo es proponer un número de clases que sean soportadas por las futuras redes DVB-RCS, como parte de una infraestructura de NGN emergente.

Una red DVB-RCS, es una red en un entorno en el que se busca establecer caminos de comunicación entre usuarios finales (red de acceso), sin embargo estas redes por lo general son heterogéneas, por lo tanto se presentan diferentes definiciones en las clases de tráfico. Actualmente no existe una definición unánime aceptada por todos los tipos de redes.

Los usuarios de estas redes integradas, por lo general son suscriptores de algún proveedor de servicio (SP), por lo tanto existe una tendencia a definir clases de tráfico de acuerdo a los servicios que ofrecen los SP, con el fin de obtener objetivos de comportamiento de varias aplicaciones multimedia. Estas clases de tráfico se pueden definir de acuerdo a características estadísticas o a reglas de re-envío adoptadas por la red. Se presenta también el caso en que estas clases se asocien a implementaciones de red en particular (por ejemplo un número de colas en varios niveles de la pila de protocolos) o con técnicas dentro de la red (control de recursos, uso de identificadores lógicos, etc.). Todos estos aspectos se mencionan cuando se está tratando con clases de tráfico debido a que es importante considerar el contexto global en el que se van a definir.

La propuesta definida en este trabajo considera varios de los aspectos mencionados anteriormente pero sin embargo, esta se orienta a los criterios de las aplicaciones y servicios, por lo que esta se basa en los escenarios planteados en el capítulo 2, y en el análisis de las clases de tráfico ya definidas por otras redes (3GPP, BSM) y los estudios realizados por los cuerpos de estandarización.

6.2 *Clases de tráfico en la recomendación Y.1541 de la ITU*

Para las redes genéricas IP la ITU define 6 tipos de clases, con respecto a objetivos de funcionamiento de la red tales como: retardo total de los paquetes IP (ITPD, *IP total Delay*), Variaciones de Retardos (IPDV, *IP delay Variation*), porcentaje de pérdida de paquetes (IPLR, *IP loss Ratio*) y porcentaje de errores (IPER, *IP Error Ratio*). Cada clase se relaciona con una combinación de valores límite para estos parámetros, en la tabla 13 se muestran valores referentes a estas clases.

Tabla 12. Tabla 13. Objetivos de rendimiento de Red y Clases de QoS IP

Parámetros de funcionamiento de Red	Objetivos de funcionamiento	Clases de QoS					
		Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5 Sin Especificar
IPTD		100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	
IPDV		50 ms (nota 3)	50 ms (nota 3)	U	U	U	U
IPLR		1x10 ⁻³ (Nota 4)	1x10 ⁻³ (Nota 4)	1x10 ⁻³	1x10 ⁻³	1x10 ⁻³	U
IPER		1x10 ⁻³ (Nota 5)					

Notas Generales:
 Los objetivos se aplican a las redes IP Públicas, y el compromiso de los proveedores de red con los usuarios, es intentar cumplir con los valores establecidos.

“U” significa no especificado (“*Unspecified*”). Cuando un parámetro en particular se identifica como “U”, la ITU-T no establece ningún objetivo para este parámetro y su funcionamiento puede ser pobre.

NOTA 1: Si existen tiempos de propagación muy largos, los objetivos para IPTD de las clases 0 y 2 pueden verse comprometidos y no siempre lograrse.

NOTA 2: La definición de los objetivos IPDV se encuentra bajo estudios.

NOTA 3: Estos valores dependen de la capacidad de los enlaces entre redes. Se pueden lograr variaciones de menor tiempo cuando las capacidades son mayores que las tasas primarias (T1 o E1), o cuando los campos de información de los paquetes son menores a 1500 bytes.

NOTA 4: los objetivos planteados para la clase 0 y clase 1 para IPLR se basan parcialmente en estudios realizados que muestran que las aplicaciones de voz de alta calidad así como sus codecs son afectados por menos de 10⁻³ de IPLR.

NOTA 5: estos valores aseguran que la pérdida de paquetes es el efecto dominante de los defectos presentados en las capas de transporte, y se puede mantener con el transporte de paquetes IP sobre ATM.

La recomendación Y.1541 brinda una guía para la aplicabilidad de Clases de QoS IP en 3 tipos de aplicaciones principales.

- Aplicaciones en Tiempo real (Ej. Voz, video en vivo)
- Aplicaciones de no-Tiempo Real (Ej. Navegación de Red)
- Aplicaciones tradicionales de Internet (Ej. Correo electrónico)

Tabla 13-Tabla 14. Tipos de servicio para la ITU-T y su tolerancia en cuanto al funcionamiento

Clases de QoS	Aplicaciones	Mecanismos del nodo	Técnicas de Red
0	Tiempo Real, sensitivas al "jitter" (VoIP, VTC)	Colas diferentes con servicios preferenciales	Enrutamiento Forzado
1	Tiempo Real, sensitivas al "jitter" (VoIP, VTC)		Menor enrutamiento Forzado
2	Transferencia de datos, altamente interactivo	Colas diferentes, prioridades establecidas.	Enrutamiento Forzado
3	Transferencia de datos interactiva		Menor enrutamiento Forzado
4	Necesidad solo de bajas perdidas(Transferencias de datos cortas)	Colas largas, prioridad en la transferencia	Cualquier Ruta/Camino
5	Aplicaciones tradicionales de las redes IP.	Colas diferentes (de menor prioridad)	Cualquier Ruta/Camino

En la tabla 14 se incluye información sobre los mecanismos implementados en los nodos y técnicas de red, los nodos también implementan funciones de políticas y acondicionamiento de tráfico.

6.3 Clases de Trafico en 3GPP

3GPP en define la arquitectura para proporcionar QoS en redes UMTS y servicio de portadoras. Para esto se definen 4 clases de servicio:

- Clase de servicios conversacionales.
- Envío de datos ("Streaming").
- Clase de servicios interactivos.
- "Background"

Estas clases de servicios se diferencian principalmente por su tolerancia al retardo, donde la más sensible es la clase de servicios conversacionales mientras que la clase "Background" es prácticamente insensible al retardo.

Las clases de servicios conversacionales y "Streaming" están catalogadas como flujos de tráfico en tiempo real, además su evaluación requiere de la percepción humana.

Las clases de tráfico interactivo y de apoyo son vistas como las aplicaciones tradicionales de Internet como WWW, FTP, Telnet, etc. que son menos sensibles a las variaciones en el retardo, sin embargo, son más sensibles a la perdida de paquetes.

De esta forma pues las clases que presentan la mayor prioridad son las conversacionales y las de menor prioridad "Background".

El la tabla 15 se muestran las clases de tráfico y algunas características más detalladas.

Tabla 14. Tabla 15. Clases de QoS en 3GPP (UMTS)

Clases de Tráfico	Clase de servicios Conversacionales	Clase de servicio "Streaming"	Clase de Servicios interactivos "Best Effort"	Servicios background "best Effort"
Características Fundamentales	Patrones conversacionales Preservar la relación (Variación) de tiempo entre las entidades de información y el "Stream"	Preservar la relación (Variación) de tiempo entre las entidades de información y el "Stream"	Patrones de petición/respuesta Preservar el contenido de la carga útil.	El Destino no espera los datos en algún momento determinado. Preservar el contenido de la carga útil
Ejemplos de aplicaciones	Aplicaciones de Voz/video (Telefonía, VoIP, videoconferencia).	Flujos de Audio y Video	Web interactiva, correo electrónico.	Descarga de archivos en un segundo plano.

Los atributos de QoS se definen en términos de máxima tasa de transferencia, tasas de transferencia garantizadas, retardos, máximo tamaño de unidad de transferencia, prioridades en los manejos de tráfico. El documento generado por 3GPP define los rangos de valores para cada clase de QoS.

6.4 Clases de tráfico BSM de la ETSI

Estas clases de tráfico siguen los principios generales y han sido una guía para ITU-T y 3GPP, el estándar propuesto [21] por la ETSI BSM STF237 actualmente intenta combinar y suplementar las clases de tráfico propuestas por la ITU y 3GPP presentando un conjunto más comprensible de 8 clases de tráfico con el fin de que los operadores y los operadores BSM puedan ofrecer a sus clientes, estas clases se mencionan en la tabla 16.

Clase de Tráfico BSM	Categorías de Servicio	Mecanismos en el Nodo	Gestión de Recursos BSM Nota 1	Técnicas de Red (Solo Informativo)	Clase de Tráfico Y.1541	Capacidad de Transferencia Y.1221	PHB Nota 2
0	Prioritarios, servicios de emergencia, servicios de red esenciales	Priorizar cualquier tráfico que tenga asignado ancho de banda BSM	Control de Admisión estricto con prioridad	Control de Admisión estricto con prioridad	N/A	N/A. Nueva Clase de Tráfico	EF
1	Tiempo Real, sensible al "jitter", alta interacción – celdas de tamaño fijo (VoIP)	Cola separada con servicio preferencial, organización de tráfico, estrictamente admitido	Ancho de banda dedicado o solicitado	Enrutamiento y distancia exigentes	0	Ancho de Banda Dedicado	EF
2	Tiempo Real, sensible al "jitter", interactivo – paquetes de tamaño variable (video en tiempo real)	Cola separada con servicio preferencial, organización de tráfico, ligeramente admitido	Ancho de banda dedicado o solicitado	Enrutamiento y distancia menos exigentes	1 (Sin referencia al tamaño variable de los paquetes)	Ancho de Banda Dedicado	EF
3	Datos de Transacción, altamente interactivos, (señalización, ingeniería de tráfico, PEPs)	Cola separada, prioridad de descarte, estrictamente admitido	Ancho de banda contenido o solicitado	Enrutamiento y distancia exigentes	2	N/A Nueva Clase de Tráfico	AF
4	Datos de Transacción, PEP, Interactivo	Cola separada, prioridad de descarte, flujo controlado	Ancho de banda contenido o solicitado	Enrutamiento y distancia menos exigentes	3	N/A Nueva Clase de Tráfico	AF
5	Solo baja pérdida: Transacciones cortas, datos voluminosos, streaming de video	Cola larga, prioridad de descarte, flujo controlado	Ancho de banda contenido o solicitado	Cualquier ruta o camino	4	N/A Nueva Clase de Tráfico	AF

6	Pérdida mediana, alto retardo (aplicaciones tradicionales de las redes IP)	Cola separada, flujo controlado	Ancho de banda contenido o solicitado	Cualquier ruta o camino	5	Best Effort	BE
7	No especificado. Puede ser utilizado por el tráfico multicast o de difusión de baja prioridad o en redes de almacenamiento con capas más altas confiables	Cola Separada	Ancho de banda contenido o solicitado	Cualquier ruta o camino	N/A	Best Effort	BE

Nota 1: Las descripciones de recursos BSM son solo ejemplos informativos, lo que no significa que la gestión de recursos no se pueda implementar de otra forma. Los tres tipos de asignación de recursos que se indican son: dedicado, reservado y contenido.

Nota 2: El PHB se define en los RFCs 2475 y 2597

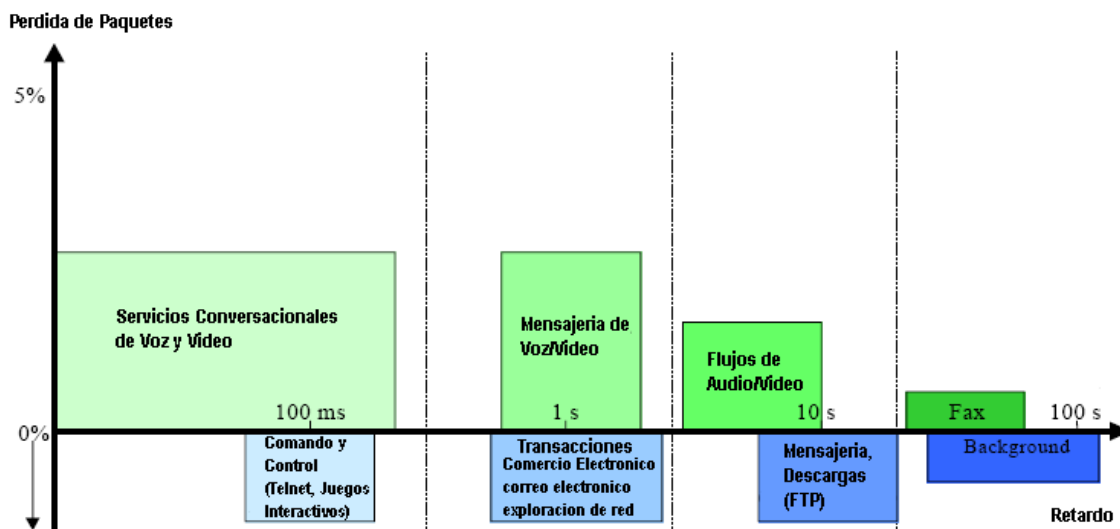
~~Tabla 15.~~ Tabla 16. *clases de tráfico BSM*

Las clases de tráfico BSM generalmente se basan en 2 criterios:

- Tipo de interacción (Tiempo real interactivo, interactivo y no interactivo)
- Tipo de servicio, definiendo las métricas de rendimiento en términos de QoS (perdida de paquetes, retardo y "jitter".)

Las 8 clases resultantes vienen de varias combinaciones de los criterios mencionados anteriormente y principalmente de las categorías de servicio. El principal diferenciador entre estas características es la tolerancia al retardo y a la pérdida de paquetes. El tráfico proveniente de varias aplicaciones multimedia se puede mapear en una categoría de servicio u otra, de acuerdo a sus expectativas de rendimiento. En la figura 43 se ilustra un típico mapeo de dichas aplicaciones, donde el ancho de las áreas, representa la tolerancia a la variación en el retardo.

Figura 43. Mapeo de los servicios BSM de acuerdo a sus objetivos de rendimiento.



Estas clases se caracterizan por ser tratadas por los mecanismos de los nodos, y las técnicas de gestión de recursos particulares para cada una de ellas.

En cuanto a los mecanismos en los nodos, estos se refieren al número de colas, técnicas de puesta en cola (basadas en prioridad, con o sin control de flujo), tipos de acondicionamiento de tráfico ("*dropping*", "*grooming*"). Todos estos mecanismos se pueden implementar en una arquitectura "*DiffServ*", y se enmarcan dentro del nivel 3.

En cuanto a las técnicas de gestión de recursos se refieren al control de conexión, reserva dinámica de recursos, y pueden ser asociados con funciones del nivel 2.

Las técnicas de red se refieren a la gestión de recursos fuera de la red BSM y se pueden asociar con funciones de control de sesión/conexión o con ingeniería de tráfico.

De acuerdo con el modelo BSM se puede decir lo siguiente:

- Existen demasiadas clases con respecto a:

- Número de clases de servicio “DiffServ”.
- Número de PVCs necesarios.
- Clase 0
 - No es consistente con la arquitectura “DiffServ”
 - No es consistente con la definición de SLA
- Interactividad
 - Se puede debatir si se debe utilizar como un diferenciador de tráfico.
- Tamaño de los paquetes
 - Se puede debatir si se debe utilizar como un diferenciador de tráfico

Los anteriores comentarios se basan en que se considera que las clases de tráfico se deben basar en los requerimientos de las aplicaciones multimedia así como en los mecanismos de nivel 2 y 3.

6.5 Clases de Tráfico para los futuros sistemas DVB-RCS

6.5.1 Servicios examinados para las redes DVB – RCS de Próxima Generación

En el Capítulo 2 se proporciona un resumen de los escenarios de aplicación de próxima generación y los requerimientos de servicio correspondientes.

La mayoría de los servicios son aplicables a los mercados B2B, B2C y solo un poco aplicable al mercado únicamente del consumidor. Se anticipa que la mayoría de los servicios serán ofrecidos sobre redes satelitales transparentes y regenerativas. Como resultado se consideran todos los servicios enumerados en el Capítulo 2 y sus requerimientos.

Los requerimientos de ancho de banda se refieren al volumen e intensidad de tráfico y tendrán impacto en la configuración de los mecanismos del nodo, además son importantes para la ingeniería de tráfico y para todo el dimensionamiento de la red.

Los otros parámetros de rendimientos pueden estar directamente asociados con las categorías de servicio. Diferentes servicios muestran distintas sensibilidades frente a la pérdida de paquetes, retardo y variación de retardo, cualitativamente hablando sensibilidades baja, media y alta. Algunos requerimientos o parámetros de rendimiento no son relevantes para algunos servicios o (n.a) no aplican. Los valores de los parámetros de rendimiento para aplicaciones o servicios similares se pueden obtener de las recomendaciones proveídas por la ITU u otros cuerpos de estandarización. Las aplicaciones más difíciles de estandarizar son aquellas con requerimientos de rendimiento variables, lo que puede llevar a un servicio inadecuado o un gasto innecesario de recursos.

El grado de continuidad de las ráfagas se considera en la configuración de los mecanismos del nodo, a través de los parámetros del TCA en el SLA.

6.5.1.1 Clases de Tráfico Propuestas

La definición de clases de tráfico para las redes DVB-RCS futuras se apoya principalmente en los requerimientos del servicio definidos en términos de los parámetros de rendimiento y mecanismos de nivel 3 y nivel 2. En particular la definición considerará las clases de servicio “*DiffServ*” y el empleo adecuado de varios tipos de capacidad MAC. Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El grado de interactividad tiene que ver con el rendimiento frente al retardo.
- El tamaño del paquete se refiere a los mecanismos “*DiffServ*” en el nodo, en especial al grado de conformidad pobre o estricta.
- La pérdida de paquetes se relaciona con la configuración de los umbrales de re- envío de paquetes y otros parámetros “*token bucket*” en los mecanismos “*DiffServ*” del nodo
- Los requerimientos de ancho de banda se asocian a varias clases AF. Se asume que el ancho de banda asegurado decrece desde AF4 a AF1.
- El retardo o latencia y “*jitter*” se refieren a mecanismos de nivel 2, precisamente a los tipos de capacidad MAC.
- Para aplicaciones altamente asimétricas, las clases de tráfico solo aplicarán en el enlace de bajada.

Se tienen en cuenta las siguientes observaciones:

- Las aplicaciones en tiempo real requieren en general un bajo retardo y “*jitter*”.
- Las aplicaciones con bajo “*jitter*” deben estar a cargo de las formas garantizadas de capacidad MAC.
- Las aplicaciones que requieren un muy bajo retardo puede necesitar capacidad MAC reservada o estática.
- Las aplicaciones que requieren una baja pérdida de paquetes típicamente necesitan una forma garantizada de capacidad MAC, en el sentido estadístico o absoluto en función de la tolerancia a la variación de retardo.
- Las aplicaciones con requerimientos intermedios de rendimiento pueden asociarse a una combinación de recursos garantizados y “*best effort*.”
- Las aplicaciones con pobres requerimientos de rendimientos solo necesitaran recursos “*best effort*”.

Basado en los criterios y observaciones anteriores se puede definir unas clases de aplicaciones más amplias y en consecuencia unas clases de tráfico más completas, llamadas:

- Tiempo Real, Intolerante al Retardo y “*Jitter*”
- Tiempo Real, con alguna Tolerancia al Retardo y “*Jitter*”
- No-Tiempo Real, con varios requerimientos de Ancho de Banda y Pérdida de Paquetes, pero algo Tolerante al Retardo y “*Jitter*”
- No-Tiempo Real, con varios requerimientos de Ancho de Banda, pero más Tolerante frente a la Pérdida de Paquetes, Retardo y “*Jitter*”
- Señalización, intolerante a pérdidas y retardo
- Señalización, intolerante a pérdidas pero tolerante al retardo y el “*jitter*” se considera irrelevante

Una definición potencial de las clases de tráfico para los futuros sistemas DVB-RCS se consigna en la Tabla 17. Para cada clase de tráfico la tabla indica la categoría de servicio, los mecanismos de nivel 3 en el nodo, los mecanismos de control de recursos de nivel 2, las clases “*DiffServ*” sugeridas, la clase BSM correspondiente y los escenarios aplicables.

Clase de Tráfico DVB - RCS	Categorías de Servicio	Mecanismos en el Nodo	Control de Recursos DVB - RCS	Técnicas de Red (Solo Informativo)	PHB	Clase BSM	Escenario
1	Tiempo Real, Sensible al "jitter", tamaño de celdas fijo	Cola corta, conformidad estricta, tail dropping	Capacidad Reservada o Solicitada (CRA, RBDC)	Enrutamiento y distancia exigentes	EF	1	#1 VoIP #2 VoIP
2	Tiempo Real, Sensible al "jitter", tamaño de paquetes variable	Cola corta, conformidad y conformación pobre, tail dropping	Capacidad Reservada o Solicitada (CRA, RBDC)	Enrutamiento y distancia menos exigentes	EF	2	#3b (videoconferencia), #4 (conf. colaborativa)
3	No Tiempo Real, alto ancho de banda, retardo medio, tolerante al "jitter"	Cola Media, conformidad y conformación pobre, dropping algorítmico	Capacidad dinámica Garantizada + best effort (G-VBDC, VBDC, FCA)	Enrutamiento y distancia menos exigentes	AF4	NA	#7 Cinema Digital #8 P2P #12 WLAN
4	No Tiempo Real, ancho de banda medio, retardo medio, bajo "jitter"	Cola larga, bucket largo, conformidad estricta, dropping algorítmico	Capacidad dinámica Garantizada (G-VBDC, VBDC, FCA)	Enrutamiento y distancia exigentes	AF3	NA	#10 Difusión #11 Audio y video bajo demanda
5	No Tiempo Real, bajo ancho de banda, pérdida baja a media, retardo medio.	Cola Larga, bucket largo, conformidad y conformación algo pobres, dropping algorítmico	Capacidad dinámica Garantizada + best effort (G-VBDC, VBDC, FCA)	Cualquier ruta o camino	AF2	5	#3 ^a Mensajería de Texto #5 Compras en línea #6 Juegos Multiplayer #9 Mensajería, transacciones cortas, datos voluminosos y streaming de video
6	Bajo ancho de banda, retardo medio, bajo "jitter"	Cola larga, bucket largo, conformidad y conformación pobre	Capacidad dinámica garantizada (G-VBDC)	Enrutamiento y distancia exigentes	AF1	3	#13 Señalización
7	No Tiempo Real, pérdidas medias, alta tolerancia al retardo	Cola larga, sin condicionamiento, tail dropping	Capacidad dinámica best effort (VBDC, FCA)	Cualquier ruta o camino	BE	6	Aplicaciones IP Tradicionales (Web, E-mail, etc)

~~Tabla 16.~~ Tabla 17. Clases de tráfico sugeridas para las futuras redes DVB- RCS

En general se encontraron dificultades para mapear todos los escenarios en un número limitado de clases, consistente con el marco DiffServ; no hay suficientes clases “DiffServ” para las posibles mezclas de parámetros de rendimiento. Como ya se mencionó, la diferenciación de ancho de banda se asegura por medio de un grupo de clases AF, mientras que el rendimiento frente a la pérdida de paquetes, retardo y “jitter” se diferencian por medio de los mecanismos de nivel 2 y nivel 3.

La Tabla 17 debe considerarse como una ilustración, en donde es posible otros mapeos de escenarios en clases de tráfico. El mapeo exacto dependerá de las aplicaciones concretas que soportará el sistema, ya que desde una perspectiva más realista es sensato asumir que no todas las aplicaciones estarán presentes al mismo tiempo en una red determinada, los parámetros de configuración en los mecanismos del nodo y la gestión de recursos puede ser ajustada a las necesidades de las aplicaciones específicas. Si éste no es el caso, los parámetros necesitan ser configurados para satisfacer las necesidades de las aplicaciones más exigentes, pero esto puede conllevar una baja utilización de los recursos.

Es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Hay dos clases de tráfico mapeadas en EF, la clase 1 y la clase 2. Ellas se diferencian por la forma en que se verifica la conformidad: en el sentido estricto para la clase 1 correspondiente a un tamaño del paquete fijo, y en el sentido pobre para la clase 2 correspondiente a un tamaño de paquete variable. En general, debido a sus altos requerimientos de ancho de banda se espera que solo una aplicación en tiempo real esté corriendo a la vez. En el contexto de un modo dinámico de gestión de QoS se puede tener en cuenta el escenario en donde los parámetros en el nodo son configurados por aplicación.
- Hay solo una clase para la gestión de tráfico, por los mensajes locales y entre redes, y esta clase se mapeó en AF1. el tráfico de gestión local (OA&M) consiste en ráfagas cortas de datos, que requieren una apropiada conformación y puesta en “buffer”. La experiencia con las redes DVB-RCS no indican una necesidad de una clase preventiva para este tráfico. Lo mismo se espera para el tráfico entre redes, Señalización de sesión y QoS.
- Si se requiere una clase preventiva para las futuras redes DVB-RCS, para servicios de emergencia o mantenimiento básico, ésta necesitaría ser mapeada en la clase EF, afectando así el tráfico en esta clase, lo que va en contra de los requerimientos del estándar “DiffServ”. El SLA debe estipular las condiciones bajo las que es aceptable, duraciones, penalizaciones, etc. No es aceptable reservar recursos para los servicios de emergencia, especialmente en el enlace de retorno, debido al bajo volumen promedio.
- El control de admisión no es considerado un diferenciador de clase de tráfico, como es un flujo específico, mientras que el modelo considerado se basa en agregación de tráfico. La admisión de un flujo dentro de un agregado de tráfico se puede realizar basado en el control de admisión local implementado en los nodos de borde, basado en políticas de control.
- No se dio una consideración especial al tráfico asociado con TCP PEP ACKs, como en el modelo BSM. El ACK debe ser clasificado en una clase AF con una tasa asegurada configurada apropiadamente. Debido a su pequeño tamaño, los paquetes ACK siempre serán conformados y pasados con la más alta prioridad, de tal forma que ellos reciben un servicio casi garantizado.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Durante esta investigación se reforzó el estudio en lo concerniente a las redes satelitales, y en especial al acceso de banda ancha por medio de DVB-RCS, lo que permitió conocer la operación de este tipo de sistemas, sus características, y las particularidades que hacen de ellos alternativas viables que ofrecen importantes ventajas en comparación con las tecnologías de acceso tradicionales.
- En este trabajo de grado se logro vincular e integrar redes de acceso satelital a las investigaciones relacionadas con el tópico de Calidad de Servicio, a pesar de que en muchas ocasiones de una forma intuitiva se excluyen este tipo de redes para este tipo de estudios debido a limitaciones que impone el retardo inherente a las comunicaciones con satélites geoestacionarios, a lo largo del trabajo se demuestra el potencial de estas tecnologías para implementar mecanismos y adoptar estrategias que les permitan hacer una mejor utilización de los recursos, y ofrecer servicios de telecomunicaciones con un muy buen desempeño.
- Se mostró a DVB-RCS como una tecnología competitiva frente a soluciones de acceso satelital propietarias, de acceso terrestre e inalámbrico, al integrar elementos que le permitan enmarcarse dentro de las Redes de Próxima Generación.
- DVB-RCS se presenta como solución óptima para los proyectos de inclusión digital de gobiernos, en especial para países latinoamericanos, las cuales presentan zonas geográficas totalmente desprovistas de infraestructuras de telecomunicaciones, debido a su simplicidad y rapidez de implementación, a las cuales sería muy difícil llegar mediante soluciones cableadas o incluso tecnologías como wlan o WiMAX.
- Se analizó que mediante la integración de mecanismos que permiten realizar una utilización más eficiente de los recursos satelitales, no sólo mejora la gestión de tráfico en la red y por ende el desempeño de la aplicación ante el usuario final, sino que también representa ventajas en costos para éste, y mayores posibilidades de operatividad para el proveedor de servicios ya que se evita el sobre-aprovisionamiento de recursos.
- Se logró construir una base de información muy útil, relacionada con la caracterización de servicios de telecomunicaciones realizada en los escenarios estudiados en el capítulo dos, que permitió identificar fortalezas y debilidades de la red cuando se analizaban dentro de las particularidades de un escenario satelital y que más adelante sirvió de guía para identificar mecanismos que ayudaran a minimizar las deficiencias que pudieran presentarse.
- La integración de la arquitectura *"DiffServ"* y sus mecanismos asociados, con la arquitectura DVB-RCS, permitió asociar conceptos de ambas arquitecturas, definir un dominio *"DiffServ"* en donde estaban involucrados los Terminales y los subsistemas de la "Gateway" como también complementar sus funciones, y además adaptarse a los modos de transporte MPEG y ATM característicos del estándar.
- Se definieron Clases de Tráfico específicas para los sistemas DVB-RCS, consistentes con la arquitectura *"DiffServ"*, y como resultado del análisis realizado en el Capítulo 2.

- El presente trabajo de grado proporciona una guía metodológica para la implementación de mecanismos de Calidad de Servicio en los niveles 2 y 3 para Arquitecturas Satelitales, ya que parte del estudio de las características de los sistemas de referencia involucrados en la prestación de los servicios, luego el análisis de las necesidades de los servicios de acuerdo a los escenarios planteados, para después revisar los mecanismos que satisfacen los requerimientos y finalmente incorporarlos en los elementos de la arquitectura.

LINEAS FUTURAS

- Se recomienda avanzar en la investigación y especificación de mecanismos, protocolos y elementos asociados a la implementación de Calidad de Servicio en DVB-RCS para las capas de control de conexión y sesión de acuerdo al modelo general de Calidad de Servicio de referencia
- Es necesario analizar el soporte de protocolos asociados a la gestión de Calidad de Servicio en este tipo de redes.
- Mediante la simulación de uno o varios escenarios reales de aplicación de la tecnología, analizar el comportamiento de las arquitecturas mejoradas para DVB-RCS con elementos de QoS y establecer criterios para la definición de SLA, y para la configuración de las condiciones de los servicios para obtener un rendimiento óptimo.
- Realizar un estudio acerca de la implementación del planificador MAC en el procesador a bordo del satélite, ya que esta iniciativa ofrece ventajas en términos de la reducción del retardo, en especial en la reducción del valor de la MSL.
- Realizar un análisis de costos y de mercado para el desarrollo de equipos DVB-RCS con funciones de QoS; el impacto en la competitividad de estos productos frente a las soluciones existentes, y evaluar tanto el incremento de costos como las facilidades de actualización con relación a los equipos DVB-RCS actuales.

REFERENCIAS

- [1] Ana Yun, Fernando Vallejo. DVB-RCS MEETS DIRECT MESH CONNECTIVITY. Alcatel Espacio.
- [2] Ana Yun. SATLIFE, Nuevos Servicios de Banda Ancha sobre una Plataforma Satélite DVB-RCS Regenerativa. Alcatel Espacio – UPM.
- [3] Overall Broadband Satellite System Architecture and Specifications. Integrated Multi-layer Optimization in broadband DVB-S.2 Satellite Networks (IMOSAN). SIXTH FRAMEWORK PROGRAMME. Deliverable D2. v 1.0 Junio 2006
- [4] Hamelin. Broadband Networking by Satellite, ICTP 1st st Marzo 2005
- [5] Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Satellite Distribution Systems; guidelines for the use of EN301 790; DVB BlueBook A063 Rev. 2. Julio 2005
- [6] Digital Video Broadcasting, Return Channel via Satellite (DVB-RCS) Background Book, NERA.
- [7] Sergio Chacón, MULTIMEDIA APPLICATIONS OF THE INTEGRATED BROADCAST INTERACTION SYSTEM (IBIS), ALCATEL ESPACIO, España.
- [8] AMERHIS: A New Generation of Satellite Communications Systems. Eropean space Agency.
- [9] Luis Bellido Triana. Tesis Doctoral: Contribución a las metodologías para la evaluación de la calidad de servicio en redes hetereogéneas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid. 2004
- [10] ETSI. 2nd Speech Quality Test Event, Anonymized Test Report, 2002.
- [11] VoIP over DVB-RCS, A Radio Resource and QoS Perspectiva. VoIP White Paper. Nera Broadband Satellite, Diciembre 2004
- [12] M. A. Vázquez Castro, F. J. González Serrano, A. Martínez Fernández, G. Mohedano Moya. QUALITY OF SERVICE OF VOIP OVER DVB-RCS, Dept. de Teoría de Señal y Comunicaciones Universidad Carlos III de Madrid, España.
- [13] Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) Release 3; End-to-end Quality of Service in TIPHON systems; Part 2: Definition of speech Quality of Service (QoS) classes. ETSI TS 101 329-2 V2.1.3. Enero 2002.
- [14] Controlling WAN Bandwidth and Application Traffic. White Paper. PACKETEER, INC.
- [15] RFC 2729. Taxonomy of Communication Requirements for Large-scale Multicast Applications.

- [16]** Tristan. Henderson. "Latency and User Behaviour on a Multiplayer Game Server", Department of Computer Science, University College London, Noviembre 2001.
- [17]** Tom Beigbeder. The Effects of Loss and Latency on User Performance in Unreal Tournament 2003. Computer Science Department at Worcester Polytechnic Institute.
- [18]** Karan Bhatia. Peer-To-Peer Requirements On The Open Grid Services. Architecture Framework. Global Grid Forum. Julio 12, 2005
- [19]** The Voice of the Future: Next Generation Networks. White Paper. ATM Forum. Julio 2002
- [20]** Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) Release 3; End-to-end Quality of Service in TIPHON systems; Part 3: Signalling and Control of end-to-end Quality of Service, ETSI TS 101 329-3, v2.1.1, Septiembre 2001.
- [21]** R. J. Mort, QoS architecture for Broadband Satellite Multimedia (BSM) networks, ETSI.
- [22]** H.225: Call signalling protocols and media stream packetization for packet-based multimedia communication systems, ITU-T H.225.0
- [23]** H.245: Control Protocol for multimedia communication, ITU-T H.245.
- [24]** SIP: Session Initiation Protocol, IETF RFC 3261, Junio 2002
- [25]** SDP: Session Description Protocol, IETF RFC 2327, Abril 1998
- [26]** H.248: Gateway control Protocol, ITU-T H.248
- [27]** Resource Reservation Protocol (RSVP), IETF RFC 2205, Septiembre 1997
- [28]** Common Open Policy Service Protocol (COPS), IETF RFC 2748, Enero 2000.
- [29]** URI: Uniform Resource Identifier, Generic Syntax, IETF RFC 2396, Agosto 1998.
- [30]** An architecture for Differentiated Services, IETF RFC 2475, Diciembre 1998
- [31]** Integrated Services in the Internet Achitecture: an Overview, IETF RFC 1633, Junio 1994.
- [32]** A framework for integrated services operation over Diffserv networks, IETF RFC 2998, Noviembre 2000.
- [33]** Multiprotocol Label Switching Architecture, IETF RFC 3031, Enero 2001.

- [34] Stéphane Combes, Satellites in Next Generation Networks QoS issues, Alcatel Space, ITU-T workshop on Satellites in IP and Multimedia, Génova, Diciembre 2002.
- [35] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects, "3GPP TS 23.228 V5.13.0", 3GPP Organizational Partners, 2004.
- [36] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black. "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", RFC 2474, Diciembre 1998.
- [37] Performance results for advanced satellite optimised PEP, J. Neale et al, EMS Technologies and UQAM, 21st AIAA ICSC conference, Yokohama, Japan, Abril 2003.
- [38] A framework for Policy-based Admission Control, IETF RFC 2753, Enero 2000.
- [39] COPS usage for RSVP, IETF RFC 2749, Enero 2000.
- [40] COPS-PR: COPS usage for Policy Provisioning IETF RFC 3084, Marzo 2001.
- [41] A Framework for transmission of IP datagrams over MPEG-2 Networks, IETF draft, septiembre 2004.
- [42] JongWon Kim, "Queue Management", [Department of Information & Communication, GIST \(Gwang-Ju Institute of Science & Technology\)](#), 2003
- [43] TIPHON: General aspects of QoS, ETSI TR 101 329 v2.1.1, Junio 1999.
- [44] TIPHON: Definition of QoS classes, ETSI TR 101 329-2 v1.2.1, Diciembre 2000.
- [45] ITU-T G.1010, "End-user Multimedia QoS categories", Noviembre 2001.
- [46] TC SES; Broadband Satellite Multimedia; IP Interworking over satellite; Performance, Availability and Quality of Service; ETSI TR102157 v1.1.1, Julio 2003.
- [47] D1.1: Functional Architecture Definition and Top Level Design. Traffic Engineering for Quality of Service in the Internet, at Large Scale, IST-1999-11253-TEQUILA
- [48] Tallal O. Elshabrawy. MAC Architecture for Broadband Satellite Access Systems. Canadian Institute for Telecommunications Research (CITR) – University of Concordia. Abril 2000.
- [49] Arik Dasen. Implementation of Differentiated Services over ATM. Universidad de Bern. 2000
- [50] Alexander Dobreff, Comparison of Simulation and Real Functionality for the Mapping of Differentiated Services to ATM, Suiza, 1999.
- [51] Alexander Dobreff, Differentiated Services in ATM-Networks, Computer Networks and Distributed Systems, University of Bern, Suiza.

- [52]** SASTRI L.KOTA. QUALITY OF SERVICE FOR BROADBAND SATELLITE INTERNET – ATM AND IP SERVICES. Department of Electrical and Information Engineering, Telecommunication Laboratory, University of Oulu, Oulu, Finlandia, 2002.
- [53]** M.-J. Montpetit. A Framework for Transmission of IP Datagrams over MPEG-2 Networks. RFC: 4259. Mayo de 2002.
- [54]** J. Babiarz. Configuration Guidelines for DiffServ Service Classes. RFC: 4594. Network Working Group. Agosto de 2006.
- [55]** Y. Bernet. An Informal Management Model for Diffserv Routers. RFC: 3290. Mayo de 2002.
- [56]** J. Wroclawski. Integrated Service Mappings for Differentiated Services Networks. Internet Draft. Cisco Systems. Marzo, 2000.
- [57]** Alberto Gotta. Simulating Dynamic Bandwidth Allocation on Satellite Links. Institute of Information Science and Technologies (ISTI). Italia, Octubre 2006.
- [58]** Carlos A. Viteri, Mario F. Zamudio, "Análisis Multinivel de la QoS y su relación con TMN", Universidad del Cauca. Diciembre 2006.