

DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE QoS Y TRÁFICO PARA REDES

VoIP

**DIDIER EDUARD MÉNDEZ CRUZ
LISETH XIMENA PEREZ OCAMPO**

**Monografía presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones**

Director:

Ing. ALEJANDRO TOLEDO TOVAR

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TRANSMISIÓN
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES**

POPAYAN

2001

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE QoS Y TRÁFICO PARA
REDES VoIP**



**DIDIER EDUARD MÉNDEZ CRUZ
LISETH XIMENA PEREZ OCAMPO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TRANSMISIÓN
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYAN
2001**

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE QoS Y TRÁFICO PARA
REDES VoIP**

**DIDIER EDUARD MÉNDEZ CRUZ
LISETH XIMENA PEREZ OCAMPO**

**Monografía presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones**

Director:

Ing. ALEJANDRO TOLEDO TOVAR

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TRANSMISIÓN
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYAN**

2001

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Popayán, Octubre de 2001

*A mi Padre **ALIRJO**, quien se encuentra en el cielo, porque me enseñó a esforzarme
para hacer realidad un sueño, fue un ejemplo a seguir
y la luz que iluminó mi camino...*

*A mi Madre **ORFA** por brindarme su amor y su dedicación en todo
momento...*

*A mis Hermanas **ROCÍO, CAROLINA y TATIANA** por su comprensión
y su constante ayuda...*

*A mi abuelita **PASTORA** por ser tan especial conmigo...*

*A mi Tío **PRÓSPERO** por creer en mí y brindarme su
apoyo incondicional.*

*A mi primer sobrino **CRISTIAN** quien trajo alegría a nuestras
vidas...*

Didier.

*A Dios por estar al control de mi vida y por su inmensa fidelidad
A mi esposito lindo por su amor y apoyo incondicional*

*A mis papás y mis hermanas por su comprensión y por hacerme
sentir que están cerca de mí a pesar de la distancia*

*A toda mi familia porque fueron una gran bendición durante
toda la carrera.*

Liseth.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN _____	1
1. GENERALIDADES DE VoIP _____	3
1.1. DEFINICIÓN: _____	3
1.2. ESTADO DEL ARTE _____	4
1.3. CARACTERÍSTICAS _____	6
1.3.1. Interoperabilidad _____	6
1.3.2. Reducción de costos _____	7
1.3.3. Tipos de llamada en VoIP _____	7
1.3.4. Stack H.323 _____	8
1.4. ARQUITECTURA _____	9
1.4.1. Elementos de la red VoIP _____	9
1.4.2. Terminales H.323 _____	10
1.4.3. Gateways _____	11
1.4.4. Gatekeeper _____	12
1.4.5. Unidad de control multipunto (MCU) _____	14
1.5. APLICACIONES _____	14
1.5.1. Doblador de Línea _____	14
1.5.2. Web Call Center (Click para conectar) _____	15
1.5.3. Trunking de voz _____	15
1.5.4. Mensajería Unificada _____	15
1.5.5. PSTN Gateways _____	15
1.5.6. Teléfonos para Internet _____	15
1.5.7. Acceso Remoto a una oficina sucursal (o casa) _____	16
1.5.8. Llamadas de voz de un portátil (PC) vía Internet _____	16

1.6. BENEFICIOS PARA OPERADORES Y USUARIOS	16
2. QoS Y TRÁFICO EN LOS COMPONENTES DE UNA RED VoIP	18
2.1. CALIDAD DE SERVICIO (QoS) EN VoIP	18
2.1.1. Definición de QoS	18
2.1.2. Clasificación de los servicios QoS	19
2.1.3. Parámetros que afectan la Calidad de Servicio	19
2.1.3.1. Retardo	19
2.1.3.1.1. Retardo en la Gateway	20
2.1.3.1.2. Retardo en la red	23
2.1.3.1.3. Retardo en el equipo terminal	23
2.1.3.2. Pérdida de paquetes	25
2.1.3.3. Jitter	26
2.1.4. QoS y Gatekeepers	27
2.1.4.1. Zonas	28
2.1.4.2. Gestión de zona	28
2.1.4.3. Procedimientos, Políticas y Servicios de la Gatekeeper	30
2.1.4.4. Procedimientos requeridos para la gestión de zona	31
2.1.4.5. Procedimientos opcionales de una Gatekeeper	31
2.1.4.6. Políticas y Servicios opcionales de la Gatekeeper	32
2.1.4.7. Gatekeeper redundante	34
2.2. TRÁFICO EN VoIP	34
2.2.1. Categorías de tráfico	34
2.2.1.1. Tráfico de tiempo real	34
2.2.1.2. Tráfico de operación	34
2.2.1.3. Tráfico de transferencia de volumen	35
2.2.2. Gestión de la congestión	35
2.2.2.1. Formación y programación de colas de espera	36
2.2.2.1.1. MDRR	37
2.2.2.1.2. WRR	39
2.2.2.1.3. WFQ	41
2.2.2.1.4. Prioridad IP RTP	48
2.2.2.1.5. Aplicación de WFQ, DWFQ y CBWFQ al tráfico de voz	49

2.2.2.2. Fragmentación de paquetes de datos	50
2.2.2.2.1. ¿Qué método de fragmentación debe usarse?	50
2.2.2.2.2. Métodos de fragmentación	52
2.2.3. Métodos para evitar la congestión (WRED)	54
3. FUNCIONES DEL ÁREA FUNCIONAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE DESEMPEÑO DE TMN RELACIONADAS CON QoS Y TRÁFICO.	57
3.1. GESTIÓN DE LA CALIDAD DE DESEMPEÑO	57
3.1.1. Funciones del Área de Gestión de la Calidad de Desempeño	58
3.1.2. Conjunto de funciones relacionadas con QoS	58
3.1.2.1. Garantía de la Calidad de Desempeño	58
3.1.2.2. Supervisión de la Calidad de Desempeño.	59
3.1.2.3. Control de la gestión de la Calidad de Desempeño	61
3.1.2.4. Análisis de la Calidad de Desempeño	61
3.1.3. Conjunto de funciones relacionadas con el tráfico	62
3.1.3.1. Supervisión de la Calidad de Desempeño	62
3.1.3.2. Control de la gestión de Calidad de Desempeño	62
3.1.3.3. Análisis de la Calidad de Desempeño	63
3.2 FUNCIONES CREADAS	63
3.2.1. Funciones relacionadas con QoS en una red de VoIP	64
3.2.1.1. Funciones de determinación de requerimientos de QoS	64
3.2.1.2. Función de determinación de la prioridad de servicio	64
3.2.2. Funciones relacionadas con tráfico en una red VoIP	65
3.2.2.1. Funciones de manejo de la congestión	65
3.2.2.2. Función de especificación del Ancho de banda	65
3.2.2.3. Funciones de reservación de recursos	65
4. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE QoS Y TRÁFICO PARA REDES DE VoIP	67
4.1 CAPTURA DE REQUERIMIENTOS	67
4.1.1. Definición de los requerimientos	71
4.1.2. Parámetros gestionados de la red VoIP	72
4.1.3. Usuarios del sistema	72

4.1.4. Ubicación del área de Desempeño de TMN dentro del Modelo de Gestión _____	73
4.1.5. Identificación de actores y casos de uso _____	74
4.1.5.1. Identificación de actores _____	74
4.1.5.2. Definición de los Casos de Uso _____	74
4.1.5.3. Descripción del modelo de casos de Uso _____	75
4.1.5.4. Elaboración del modelo de casos de uso _____	79
4.2. ANÁLISIS DEL MODELO DE GESTIÓN _____	80
4.2.1. Identificación de clases _____	80
4.2.2. Identificación de atributos y operaciones _____	81
4.2.2.1. Clase tráfico _____	81
4.2.2.2. Clase Entrada _____	81
4.2.2.3. Clase Parámetros _____	82
4.2.2.4. Clase Clase de servicio _____	83
4.2.2.5. Clase Ancho de banda _____	84
4.2.2.6. Clase Planes _____	85
4.2.2.7. Clase Informe _____	85
4.2.2.8. Clase Almacén _____	86
4.2.2.9. Clase Medidas _____	87
4.2.2.10. Clase Decisión. _____	87
4.2.2.11. Clase Cola. _____	88
4.2.2.12. Clase Error _____	89
4.2.2.13. Clase Red. _____	89
4.2.2.14. Clase Retardo _____	89
4.2.2.15. Clase Enrutador _____	90
4.2.2.16. Clase Algoritmo _____	90
4.2.2.17. Clase Paquete _____	91
4.2.2.18. Clase Fragmento _____	92
4.2.3. Diagrama de clases por casos de uso _____	92
4.2.3.1. Caso de uso Autorización de ingreso _____	92
4.2.3.2. Caso de uso Configurar parámetros, clase de servicio y ancho de banda. _____	93
4.2.3.3. Caso de uso Registrar equipo terminal y clase de servicio. _____	93
4.2.3.4. Caso de uso Establecer planes. _____	93

4.2.3.5. Caso de uso Supervisar parámetros.	94
4.2.3.6. Caso de uso Analizar parámetros.	94
4.2.3.7. Caso de uso Analizar clase de servicio seleccionada	94
4.2.3.8. Caso de uso Supervisar el ancho banda.	95
4.2.3.9. Caso de uso Analizar el ancho de banda.	95
4.2.3.10. Caso de uso Controlar la garantía de la clase de servicio.	96
4.2.3.11. Caso de uso Controlar usuarios por clase de servicio.	96
4.2.3.12. Caso de uso Prioritizar clase de servicio	97
4.2.3.13. Caso de uso Ver informe de umbrales.	97
4.2.3.14. Caso de uso Manejo de la pérdida de paquetes.	98
4.2.3. Diagrama de estructura estática	98
4.3. DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN	100
4.3.1. ELABORACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE SECUENCIA	100
4.3.1.1. Caso de uso Autorización de ingreso	100
4.3.1.1.1. Autorización aceptada	100
4.3.1.1.2. Autorización negada.	101
4.3.1.2. Caso de uso Configurar parámetros.	102
4.3.1.3. Caso de uso Registrar equipo terminal y clase de servicio.	103
4.3.1.3.1. Registro aceptado	103
4.3.1.3.2. Registro negado	104
4.3.1.4. Caso de uso Establecer planes	104
4.3.1.5. Caso de uso Supervisar parámetros	105
4.3.1.6. Caso de uso Analizar parámetros	106
4.3.1.7. Caso de uso Analizar clase de servicio seleccionada	107
4.3.1.8. Caso de uso Supervisar ancho de banda.	108
4.3.1.9. Caso de uso Analizar ancho de banda.	109
4.3.1.10. Caso de uso Controlar la garantía de la clase de servicio.	110
4.3.1.10.1. Manejo de retardo con fragmentación.	110
4.3.1.10.2. Manejo de retardo sin fragmentación	112
4.3.1.11. Caso de uso Controlar usuarios por clase de servicio.	113
4.3.1.11.1. Clase garantizada llena.	114
4.3.1.11.2. Clase controlada llena.	115

4.3.1.11.3. Clase best-effort llena.	116
4.3.1.11.4. Clases de Servicio llenas y clase garantizada hace solicitud de ingreso.	117
4.3.1.11.5. Clases de Servicio llenas y clase controlada hace solicitud de ingreso.	118
4.3.1.11.6. Clases de Servicio llenas y clase best-effort hace solicitud de ingreso	120
4.3.1.12. Caso de uso Prioritizar clase de servicio.	121
4.3.1.13. Caso de uso Ver informe.	123
4.3.1.14. Caso de uso manejo de pérdida de paquetes.	124
CONCLUSIONES	126
RECOMENDACIONES	128
BIBLIOGRAFÍA	130
GLOSARIO	132

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 2.1. Esquemas de compresión _____	21
Tabla 2.2. Procedimientos, Políticas y Servicios de una Gatekeeper H.323 _____	30
Tabla 2.3. Servicios suplementarios, descripción y soporte _____	33
Tabla 2.4. Precedencia IP y colas WRR asociadas _____	40
Tabla 2.5. Asignaciones de peso WRR por defecto _____	40
Tabla 2.6. Cuenta de Bytes y tiempo de transmisión para una velocidad de enlace dada _____	51
Tabla 2.7. Tamaño recomendado para los fragmentos _____	52

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1. PC a PC _____	7
Figura 1.2. PC a Teléfono _____	7
Figura 1.3. Teléfono a teléfono _____	8
Figura 1.4. Típica red H.323 _____	10
Figura 2.1. Proceso dentro de la Gateway _____	20
Figura 2.2. Estructura de un paquete de telefonía IP _____	22
Figura 2.3. Equipo terminal H.323 _____	24
Figura 2.4. Modo de prioridad estricta MDRR _____	38
Figura 2.5. Modo de prioridad alterna MDRR _____	39
Figura 2.6. Campo ToS de un paquete IPv4 _____	42
Figura 2.7. Clasificación WFQ. _____	44
Figura 2.8. Ejemplo de colas para clase CBWFQ _____	45
Figura 2.9. DWFQ Basado en flujos _____	46
Figura 2.10. DWFQ basado en grupos QoS _____	47
Figura 2.11. DWFQ basado en ToS _____	47
Figura 2.12. Prioridad IP RTP _____	48
Figura 2.13. Esquema conceptual de FRF.12 _____	53
Figura 2.14. LFI _____	54
Figura 2.15. WRED _____	56
Figura 4.1. Visión del Modelo de Gestión _____	70
Figura 4.2. Diagrama de casos de uso _____	79

Figura 4.3. Clase tráfico	81
Figura 4.4. Clase Entrada	82
Figura 4.5. Clase Parámetros	82
Figura 4.6. Clase Clase de servicio	83
Figura 4.7. Clase Ancho de banda	84
Figura 4.8. Clase Planes	85
Figura 4.9. Clase Informe.	86
Figura 4.10. Clase Almacén	86
Figura 4.11. Clase Medidas	87
Figura 4.12. Clase Decisión	88
Figura 4.13. Clase Cola	88
Figura 4.14. Clase Error	89
Figura 4.15. Clase Red	89
Figura 4.16. Clase Retardo	90
Figura 4.17. Clase Enrutador	90
Figura 4.18. Clase Algoritmo.	91
Figura 4.19. Clase Paquete.	91
Figura 4.20. Clase Fragmento.	92
Figura 4.21. Diagrama de clases para el caso de uso Autorización de ingreso	92
Figura 4.22. Diagrama de clases para el caso de uso Configurar parámetros.	93
Figura 4.23. Diagrama de clases para el caso de uso Registrar equipo terminar y clase de servicio	93
Figura 4.24. Diagrama de clases para el caso de uso Establecer planes	93
Figura 4.25. Diagrama de clases para el caso de uso Supervisar parámetros	94
Figura 4.26. Diagrama de clases para el caso de uso Analizar parámetros	94
Figura 4.27. Diagrama de clases para el caso de uso Analizar clase de servicio seleccionada	94

Figura 4.28. Diagrama de clases para el caso de uso Supervisar el ancho de banda	95
Figura 4.29. Diagrama de clases para el caso de uso Analizar el ancho de banda	95
Figura 4.30. Diagrama de clases para el caso de uso Controlar la garantía de la clase de servicio	96
Figura 4.31. Diagrama de clases para el caso de uso Controlar usuarios	96
Figura 4.32. Diagrama de clases para el caso de uso Prioritizar clase de servicio	97
Figura 4.33. Diagrama de clases para el caso de uso Ver informe de umbrales	97
Figura 4.34. Diagrama de clases para el caso de uso Manejo de pérdida de paquetes	98
Figura 4.35. Diagrama de clases de diseño	99
Figura 4.36. Diagrama de secuencia para el caso de uso Autorización aceptada	100
Figura 4.37. Autorización negada	101
Figura 4.38. Diagrama de secuencia para el caso de uso Configurar parámetros	102
Figura 4.39. Diagrama de secuencia para el caso de uso Registro aceptado	103
Figura 4.40. Diagrama de secuencia para el caso de uso Registro negado	104
Figura 4.41. Diagrama de secuencia para el caso de uso Establecer planes	104
Figura 4.42. Diagrama de secuencia para el caso de uso Supervisar parámetros	105
Figura 4.43. Diagrama de secuencia para el caso de uso Analizar parámetros	106
Figura 4.44. Diagrama de secuencia para el caso de uso Analizar clase de servicio seleccionada	107
Figura 4.45. Diagrama de secuencia para el caso de uso Supervisar ancho de banda	108
Figura 4.46. Diagrama de secuencia para el caso de uso Analizar ancho de banda	109
Figura 4.47. Manejo de retardo con fragmentación	111
Figura 4.48. Manejo de retardo sin fragmentación	112
Figura 4.49. Clase garantizada llena.	114
Figura 4.50. Clase controlada llena	115
Figura 4.51. Clase best-effort llena	116
Figura 4.52. Clases deservicio llenas y clase garantizada hace solicitud de ingreso	117

Figura 4.53. Clase controlada hace solicitud de ingreso _____	119
Figura 4.54. Clase best-effort hace solicitud de ingreso _____	120
Figura 4.55. Prioritizar Clase de servicio _____	121
Figura 4.56. Caso de uso Ver informe _____	123
Figura 4.57. Manejo de pérdida de paquetes _____	125

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A :

Trabajo de Grado: Implementación de una Gatekeeper H.323 y clientes de voz

ANEXO B :

Herramientas de medición para Calidad de Servicio en VoIP

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo de las telecomunicaciones está siendo revolucionado por el incremento de las redes de datos y sobre todo las redes IP que han sido el soporte para “Internet”. A esto se le suma el desarrollo de técnicas de digitalización de voz, que incluyen mecanismos de compresión que optimizan el ancho de banda y protocolos de transmisión en tiempo real que proporcionan monitoreo, control de sesión y reporte de estadísticas. Todo lo anterior permite la transmisión de voz a través de redes IP conocida como VoIP la cual no ha alcanzado su madurez y presenta deficiencias en cuanto a calidad de servicio en comparación con la telefonía básica. Para mejorar estas deficiencias y encontrar un nivel de equilibrio, es necesario identificar los principales factores que afectan la calidad en este tipo de redes.

Es así como surge la necesidad de aplicar el concepto de calidad de servicio (QoS) a las redes de VoIP con el fin de que sean aceptadas masivamente por el mercado. Para tal efecto se deben abordar aspectos relacionados con QoS, de los cuales existe uno muy importante que es el tráfico a través de la red, por ser éste último una combinación de voz y datos con características y requerimientos de calidad diferentes.

Para manejar el tráfico y QoS se toman como soporte los principios de gestión que ofrece TMN (Red de Gestión de Telecomunicaciones) que permiten hacer más eficientes los equipos, redes y servicios de telecomunicaciones.

Teniendo en cuenta la importancia de la gestión se desarrolla en esta monografía el Modelo de Gestión de QoS y tráfico para redes de VoIP bajo la perspectiva de TMN, el cual ofrece pautas para mejorar la calidad de la voz dependiendo de las necesidades del usuario. La monografía consta de 4 capítulos, conclusiones y recomendaciones que se abordan de la siguiente manera:

El capítulo 1 contiene los conceptos generales de VoIP, tales como: Definición, características, arquitectura, aplicaciones y beneficios para operadores y usuarios, que permiten dar una visión global de la tecnología y mostrar su importancia dentro del mundo de las telecomunicaciones.

El capítulo 2 comprende un análisis en forma detallada de los componentes que interactúan en una comunicación VoIP, donde se determinan los parámetros que afectan directamente el tráfico y QoS este tipo de redes, con el fin de identificar claramente los factores que se deben tener en cuenta para realizar la gestión.

En el capítulo 3 se analizan y seleccionan las funciones del área funcional de Gestión de Desempeño relacionadas con tráfico y QoS para VoIP. Además, se definen funciones adicionales, complementarias a las mencionadas anteriormente.

En el capítulo 4 se lleva a cabo el desarrollo del Modelo de Gestión de tráfico y QoS para redes de VoIP, siguiendo el Lenguaje de Modelado Unificado UML y la metodología de desarrollo Objectory que consta de las siguientes etapas: Captura de requerimientos, análisis y diseño del Modelo de Gestión.

Finalmente, se presentan las conclusiones acerca del trabajo realizado y recomendaciones para su futura implementación.

1. GENERALIDADES DE VoIP

En la actualidad las redes de paquetes están creciendo a una velocidad mucho mayor que las redes de voz, la razón principal detrás de este acelerado crecimiento ha sido la aceptación de Internet y, a este ritmo, la cantidad de tráfico de datos excederá muy pronto la cantidad de tráfico de voz. Parte del crecimiento de las redes de paquetes se ha presentado debido al transporte de voz sobre ellas, principalmente por el bajo costo ofrecido por éste tipo de redes, ventaja que esta siendo aprovechada cada vez más por compañías que ven el valor de transportar voz sobre IP para reducir costos tanto telefónicos y de facsímil. Además, el transporte de voz sobre redes de paquetes apunta a la integración de servicios, permitiendo la posibilidad de un gran número de innovaciones y aplicaciones de valor agregado, dando así el primer paso para fijar la fase de las aplicaciones multimedia avanzadas. Por otra parte, el soporte para comunicaciones de voz usando el Protocolo Internet (IP), se denomina VoIP (Voz sobre IP), en palabras simples es la habilidad para realizar una llamada telefónica sobre la red IP a un costo mas bajo que el de las redes telefónicas tradicionales. Aunque VoIP ofrece una gran oportunidad, el Protocolo Internet no fue diseñado para transportar voz, y por lo tanto proporcionar calidad aceptable es un gran desafío, por eso se esta trabajando en mejorar la calidad de servicio para proporcionar calidad aceptable de telefonía sobre redes IP, ya que este es uno de los pasos clave en la convergencia de voz, facsímil, video, y servicios de comunicaciones de datos. Al mejorar la calidad de voz en redes de paquetes se tendrá el potencial para obtener una red integrada, capaz de soportar voz y datos sobre una infraestructura común.

En el desarrollo de este capítulo se examinan los aspectos relacionados con la tecnología de VoIP, tales como: Definición, estado del arte, características, arquitectura, aplicaciones y beneficios.

1.1. DEFINICIÓN:

VoIP es una tecnología que usa el Protocolo Internet (IP) para transmitir voz como paquetes sobre una red IP y puede desarrollarse en cualquier red de datos que utilice IP, como: Internet, Intranets y redes de área local (LAN). En esta tecnología la señal de voz es digitalizada, comprimida y

convertida a paquetes IP para luego ser transmitida sobre la red IP, utilizando protocolos de señalización para establecer y finalizar llamadas, transportar información requerida para localizar usuarios y negociar capacidades.

Dentro del tipo de redes IP se pueden destacar tres clases para la aplicación de VoIP:

- *Internet*. La red de redes y su estado actual no permite un uso profesional para el tráfico de voz.
- *Red IP pública*. Los operadores ofrecen a las empresas la conectividad necesaria para interconectar sus redes de área local en lo que al tráfico IP se refiere. Se puede considerar como algo similar a Internet, pero con una mayor calidad de servicio y con importantes mejoras en seguridad, hay operadores que incluso ofrecen garantías de bajo retardo y/o ancho de banda, lo que las hace muy interesantes para el tráfico de voz.
- *Intranet*. La red IP implementada por la propia empresa. Suele constar de varias redes LAN (Red de Área Local) como Ethernet conmutada, ATM (Modo de Transferencia Asíncrono), que se interconectan mediante redes WAN (Red de Área Amplia) tipo Frame Relay / ATM, líneas punto a punto, RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) en inglés ISDN (Integrate Service Digital Network) para el acceso remoto, etc. En este caso la empresa tiene bajo su control prácticamente todos los parámetros de la red, por lo que resulta ideal para su uso en el transporte de voz.

1.2. ESTADO DEL ARTE

La tecnología de Voz sobre IP era sólo una visión cuando se introdujo el concepto de telefonía IP. A fines de 1996 la telefonía IP aún era considerada una especie de "radio de aficionados" en Internet, una aplicación para un pequeño grupo de personas que poseían estaciones de trabajo con PCs constituidas por configuraciones de parlantes y micrófonos. La calidad era pobre, no existían normas, y para poder hablar con alguien era necesario llamar primero por teléfono de la manera tradicional para averiguar si estaban conectados. Aquí la idea original consistía en utilizar una conexión a Internet y un PC para llamar a personas en cualquier parte del mundo y hablar por horas sin los cargos de una llamada de larga distancia.

La evolución de VoIP ha sido desde pequeñas soluciones de oficina en 1997 hasta completas soluciones extremo a extremo integradas con SS7 (Sistema de Señalización No.7) en el año 2001, de la siguiente forma:

- Entre 1997-1998: Soluciones basadas en servidores y enfocadas a brindar conexión a oficinas remotas.
- Más adelante surgen plataformas modulares con gran escalabilidad y se incrementa el interés de los proveedores de servicios (anuncian pruebas y servicios comerciales).
- En 1999: Se incrementan los proveedores que buscan la interoperabilidad entre Gateways y Gatekeepers H.323. Además hay una integración con las Gateways de señalización SS7.
- Entre 2000-2001: Se da la adopción y desarrollo de los estándares para QoS lo cual estimula el crecimiento de VoIP.
- En lo que va del 2001 se ha trabajado en la integración de las funcionalidades de las Gateways y PBXs (PBXs H.323 y Centros de servicios IP).

Actualmente el Forum de Voz sobre IP e IMTC (International Multimedia Teleconferencing Consortium) trabajan conjuntamente con un mismo objetivo: Establecer los estándares abiertos que satisfagan los requerimientos en tiempo real y alta calidad de servicio (QoS) para la telefonía sobre Internet y Redes Privadas de IP.

Paralelamente al desarrollo de VoIP, han surgido diversos fabricantes de equipos que soportan esta tecnología, los cuales ofrecen las siguientes alternativas de solución:

- *Un sistema que consta de tres componentes:* Hardware que conecta el teléfono al PC, Software que convierte la voz en paquetes IP y una Gateway encargada de enviar los paquetes de voz sobre IP a través de las redes públicas.
- *Un sistema que conecta directamente la PBX (Central de Conmutación Privada) a la red IP :* esto se realiza por medio de una Gateway de voz sobre IP contenida en una tarjeta que puede ser colocada en un equipo o PC, estas tarjetas pueden soportar una o dos llamadas simultáneas a través de FXS (Foreign Exchange Station, la cual sirve de interfaz entre una PBX y la PSTN (Public Switched Telephone Network)), FXO (Foreign Exchange Office, que sirve de interfaz

entre una PBX y sus extensiones) o bien soportar 24 llamadas simultáneas sobre una tarjeta T1 (1.544 Mbps) ó 30 llamadas sobre una tarjeta E1 (2.048 Mbps).

Estas dos soluciones se han generalizado debido al gran auge que la tecnología ha tomando, principalmente por la disminución de costos en llamadas telefónicas que se reflejan en un aumento del tráfico, como en el caso de las redes privadas donde se requiere tener beneficios en el costo de la red para el transporte de tráfico de voz y datos sobre enlaces de 64 Kbps; para ellas VoIP es la alternativa viable de solución ya que ofrece compresión de voz a 16 ó a 8 Kbps (16 Kbps representa muy buena calidad y 8 Kbps representa calidad aceptable) que permitirá explotar el ancho de banda para el transporte de voz y datos. Además, con la supresión de silencios, VoIP aprovecha más el ancho de banda al eliminar todos los paquetes vacíos originados durante una llamada telefónica.

Por todo lo anterior, la tecnología ha evolucionado a un ritmo acelerado permitiendo una sustancial mejora en la calidad y el incremento de los niveles de fidelidad de audio. Además VoIP cuenta con el soporte sólido de estándares como la recomendación H.323 de la ITU-T, lo que ha dado una mayor confianza.

Finalmente, es importante destacar que: “ En los últimos años se ha notado un alto crecimiento del trafico en las redes de paquetes por lo que se espera que la web hacia el año 2005 tenga el mismo tamaño que el sistema telefónico actual y en el año 2007 el 90 % del tráfico sea de datos”.¹

1.3. CARACTERÍSTICAS

Algunas de las características que resaltan la importancia de VoIP son las siguientes:

1.3.1. Interoperabilidad

VoIP asegura la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, fijando aspectos tales como la supresión de silencios, codificación de la voz y direccionamiento. Además establece nuevos elementos para permitir la conectividad con la infraestructura telefónica tradicional, los

¹ Según Vinton Cerf, vicepresidente de MCI, una de las principales compañías de telecomunicaciones de Estados Unidos

cuales se refieren básicamente a los servicios de directorio y a la transmisión de señalización por DTMF (Dual Tone Multifrequency - Multifrecuencia Tono Dual).

1.3.2. Reducción de costos

VoIP es más económica que la telefonía convencional debido a que el sistema de encaminamiento y conmutación es más eficiente que el de las grandes centrales telefónicas que necesitan un circuito por cada conversación, mientras que en IP la información se empaqueta y se pueden enviar varias conversaciones multiplexadas sobre un único circuito físico.

1.3.3. Tipos de llamada en VoIP

Existen 3 formas de realizar una comunicación en VoIP:

a) *PC a PC*: Estas llamadas son hechas desde un computador multimedia a otro.



Figura 1.1. PC a PC

b) *PC a teléfono*: Estas llamadas son hechas desde un PC a un teléfono normal.



Figura 1.2. PC a Teléfono

c) *Teléfono a teléfono*: Estas llamadas son realizadas desde un teléfono normal a otro teléfono normal, pero son enrutadas sobre Internet.



Figura 1.3. Teléfono a teléfono

1.3.4. Stack H.323

VoIP se basa en el stack H.323 v.2 que comprende a su vez una serie de estándares y se apoya en varios protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación como se muestra a continuación:

a) *Direccionamiento*:

- RAS (Registro, Admisión y estado - Registration, Admission and Status). Protocolo de comunicaciones que le permite a un equipo terminal H.323 localizar otro a través de la Gatekeeper.
- DNS (Servicio de Dominio de Nombres - Domain Name Service). Servicio de resolución de nombres en direcciones IP con el mismo fin que el protocolo RAS pero a través de un servidor DNS.

b) *Señalización*:

- Q.931. Señalización inicial de llamada.
- H.225. Control de llamada: Permite la señalización, registro, admisión, paquetización y sincronización del flujo de voz.

- H.245. Protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para flujos de voz.

c) Compresión de Voz:

- Requeridos: G.723 y G.729
- Opcionales: G.728 y G.722

d) Transmisión de Voz:

- UDP. La transmisión se realiza sobre paquetes UDP, pues aunque no ofrece integridad en los datos el aprovechamiento del ancho de banda es mayor que con TCP.
- RTP (Real Time Protocol): Maneja los aspectos relativos a la temporización, marcando los paquetes UDP con la información necesaria para la correcta entrega de los mismos en recepción.

e) Control de la Transmisión:

- RTCP (Real Time Control Protocol): Se utiliza principalmente para detectar situaciones de congestión de la red y tomar, en su caso, acciones correctivas.

1.4. ARQUITECTURA

1.4.1. Elementos de la red VoIP

Los servicios VoIP deben estar en capacidad de interactuar con las redes de voz conmutadas de circuitos tradicionales. Para esto, la ITU-T ha definido el stack H.323 el cual es un conjunto de estándares para redes multimedia basadas en paquetes que consta de cuatro componentes lógicos a saber: Terminales, Gateways, Gatekeepers y Unidades de Control Multipunto (MCUs) de los cuales los terminales, Gateways y MCUs se conocen como puntos extremos (endpoints).

Los elementos básicos de una red H.323 se muestran en la Figura 1.4 donde los terminales H.323 tales como teléfonos basados en PCs se conectan a la RDSI ó a la PSTN.

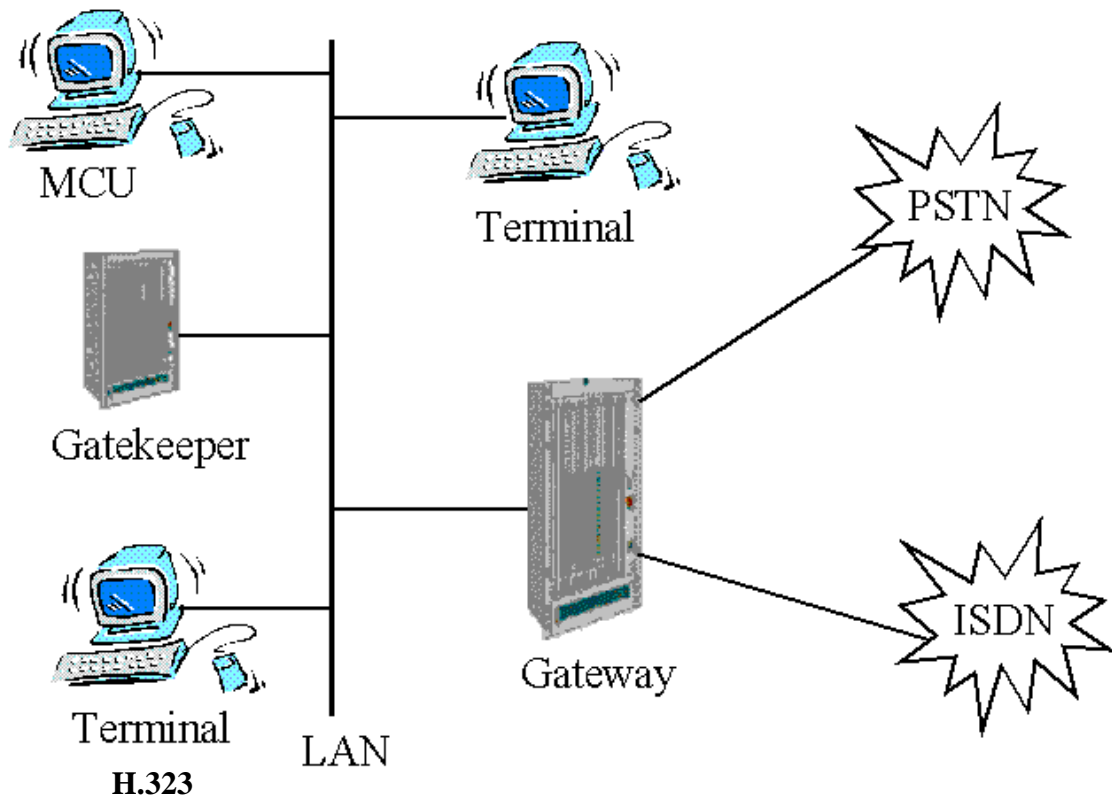


Figura 1.4. Típica red H.323

En esta figura, los terminales H.323 son puntos extremos en una LAN, las Gateways son la interfaz entre la LAN y la PSTN, las Gatekeepers desempeñan funciones de control de admisión entre otras y la MCU ofrece conferencias entre tres o más puntos extremos. Estos componentes están descritos con mayor detalle a continuación:

1.4.2. Terminales H.323

Los terminales H.323 son puntos extremos para transmisión de voz que soportan tiempo real, comunicaciones bidireccionales con otros componentes H.323 y pueden comunicarse con cualquier otro terminal H.323, una Gateway H.323 ó un MCU. Además, implementan funciones de

transmisión de voz e incluyen específicamente CODECs (Codificador/Decodificador) que envían y reciben voz paquetizada, entre los cuales los más comunes son: ITU_T G.711 (PCM), G.723 (MP-MLQ), G.729 A (CS-ACELP). Estos se diferencian entre sí por sus requerimientos de CPU, por la calidad de voz resultante y por el retardo inherente.

Los terminales necesitan funciones de señalización de soporte que se utilizan para estructurar las llamadas y los estándares aplicables a ellos son: Señalización H.225.0 que es un subconjunto de la señalización Q.931 para RDSI, H.245 que es usado para cambiar capacidades tales como estándares de compresión entre componentes H.323 y RAS que conecta un terminal a una Gatekeeper.

1.4.3. Gateways

Las Gateways son dispositivos que permiten la comunicación entre las señales telefónicas y los puntos extremos IP, comportándose como la interfaz entre la red H.323 y la red que no es H.323, es decir, en un lado ésta se conecta a la PSTN y en el otro lado a dispositivos basados en paquetes, por lo que necesita traducir mensajes de señalización entre los dos lados así como comprimir y descomprimir la voz. La Gateway usualmente desempeña las siguientes funciones:

- a) *Función de búsqueda:* Cuando una Gateway IP es utilizada para establecer una llamada a lo largo de la red IP, ésta recibe un número telefónico de llamada y lo convierte en la dirección IP de la Gateway del otro extremo, posiblemente a través de una tabla ubicada en la Gateway origen ó ubicada en un servidor de directorio centralizado.
- b) *Función de Conexión:* La Gateway origen establece una conexión a la Gateway de destino, intercambian llamadas de estructuración, información de compatibilidad y funciones de negociación.
- c) *Función de digitalización:* Las señales telefónicas analógicas que llegan a la Gateway son digitalizadas usualmente a 64 Kbps PCM.
- d) *Funciones de demodulación:* Algunas Gateways solo pueden aceptar señal de voz o señal de fax pero no ambas, aunque existen Gateways más sofisticadas que si pueden hacerlo. Cuando la señal es de fax es demodulada por el DSP (Procesador de Señal Digital) de 2.4 a 14.4 Kbps

formato digital y puesta dentro de paquetes IP para la transmisión, por consiguiente la información demodulada es remodulada a la señal analógica de fax original a través de la Gateway remota para la entrega a la máquina de fax remota.

- e) *Funciones de compresión*: Cuando la señal es de voz es comprimida usualmente por un DSP de 64K PCM a una señal de 5.3Kbps, que es el estándar G.723.1.

Físicamente, se puede considerar la Gateway como una caja que por un lado tiene una interfaz LAN y por el otro dispone de una o varias de las siguientes interfaces:

- FXO. Para conexión a extensiones de centralitas ó a la red telefónica básica.
- FXS. Para conexión a enlaces de centralitas ó a teléfonos analógicos.
- E&M. Para conexión específica a centralitas.
- BRI. Acceso básico RDSI (2B+D)
- PRI. Acceso primario RDSI (30B+D)
- G.703/G.704. (E&M digital) Conexión especifica a centralitas a 2 Mbps.

1.4.4. Gatekeeper

Las Gatekeepers son elementos opcionales en una red H.323, gestionan zonas H.323 (colección lógica de dispositivos) y se pueden presentar múltiples Gatekeepers para equilibrar cargas o capacidades de backup.

La Gatekeeper típica es implementada con un PC, mientras que las Gateways son a menudo basadas en plataformas de hardware propietario. Entre las funciones que puede realizar una Gatekeeper se encuentran:

- a) *Traducción de direcciones*: Traducción de una dirección alias a una dirección de transporte usando una tabla actualizada por medio de mensajes de registro.
- b) *Control de admisiones*: Autorización de acceso LAN, especificando que dispositivos pueden llamar y a qué números mediante mensajes de petición de admisión o confirmación y rechazo

(ARQ/ARC/ARJ); el acceso está basado en autorización de llamada, fuente, dirección de destino, ancho de banda o cualquier otro criterio.

- c) *Señalización de llamada:* La Gatekeeper puede escoger completar la señalización de llamada con los puntos extremos ó procesar la señalización de llamada él mismo. Alternativamente, puede orientar el punto extremo para conectar el canal de Señalización de Llamada directamente a cada lado.
- d) *Autorización de llamada:* La Gatekeeper puede rechazar llamadas de un terminal debido a fallas de autorización a través del uso de señalización H.225, las cuales pueden ser por acceso restringido durante algunos periodos de tiempo, acceso restringido a ó de terminales y Gateways particulares.
- e) *Gestión de ancho de banda:* Controla el numero de terminales H.323 autorizados para acceder simultáneamente a la red. A través del uso de señalización H.225, la Gatekeeper puede rechazar llamadas de un terminal debido a limitaciones de ancho de banda, por medio de mensajes de petición, confirmación y rechazo de ancho de banda.
- f) *Gestión de llamada:* La Gatekeeper puede mantener una lista de llamadas H.323 continuas, información que puede ser necesaria para indicar que un terminal llamado está ocupado y para proporcionar información a la función de gestión de ancho de banda.
- g) *Gestión de zona:* La Gatekeeper provee las funciones anteriores para terminales, MCUs y Gateways que estén registrados en su zona de control.

Además de lo anterior, la Gatekeeper puede participar en varios modelos de señalización (de acuerdo a lo dictado por la Gateway) que determinan qué mensajes de señalización pasan a través de la Gatekeeper y cuáles pueden pasar directamente entre componentes tales como el terminal y la Gateway; estos modelos pueden ser: Modelo de llamada directa que intercambia mensajes de señalización sin involucrar a la Gatekeeper y modelo de llamada a la Gatekeeper para asignación de ruta, donde todos los pasos de señalización son a través de la Gatekeeper.

1.4.5. Unidad de control multipunto (MCU)

La MCU permite funciones de conferencia entre tres o más terminales y contiene dos partes:

- a) *Controlador Multipunto (MC)* que maneja los mensajes de señalización y control necesarios para establecer y gestionar conferencias.
- b) *Procesador multipunto (MP)* que acepta flujos desde puntos extremos reproduciéndolos y enviándolos al punto extremo correcto.

Un MCU puede implementar ambas funciones (MC y MP) y en tal caso se referirá a un MCU centralizado. En contraste, un MCU descentralizado maneja solo la función MC dejando la función de procesador a los puntos extremos. Además, los MCUs pueden ser dispositivos autosuficientes, estar integrados a un terminal, a una Gateway ó a una Gatekeeper.

1.5. APLICACIONES

Múltiples son las aplicaciones que una solución VoIP puede soportar, sin embargo las más relevantes e inmediatas de implementar se describen a continuación:

1.5.1. Doblador de Línea

En la actualidad cuando un usuario se conecta a Internet a través de módem por línea analógica ésta permanece ocupada durante toda la sesión de navegación, lo que impide la recepción o establecimiento de nuevas llamadas telefónicas. Mediante una solución VoIP la Gateway podrá, a la vez que se mantiene la sesión Internet, enviar una señal al usuario para que éste acepte o rechace las llamadas telefónicas procedentes del exterior y en caso contrario el usuario podrá activar el software de teléfono IP residente en su PC para en un momento determinado efectuar una llamada telefónica al exterior a la vez que sigue navegando por la red.

1.5.2. Web Call Center (Click para conectar)

Si bien la aplicación anterior parece claramente dirigida a los usuarios domésticos, profesionales independientes ó empresas pequeñas que disponen de una única línea telefónica, los Web Call Center constituyen una solución claramente diseñada para las empresas de tamaño mediano-grande que consisten en centros de atención al cliente a través de la Web, de tal forma que pueda navegar para consultar cualquier tipo de información y a la vez disponer en la propia página de un icono (teléfono) que, con tan sólo hacer Clic sobre éste, le conecta automáticamente con un experto quien le resolverá sus dudas o preguntas.

1.5.3. Trunking de voz

Permite conectar centralitas telefónicas (PABX) a través de un enlace o red cuyo sistema de transmisión está basado en paquetes IP.

1.5.4. Mensajería Unificada

Sistema que permite el tratamiento conjunto de mensajes de voz y de correo electrónico desde una única aplicación.

1.5.5. PSTN Gateways

La interconexión de Internet a la PSTN puede ser lograda usando una Gateway, ya sea integrada en una PBX (la iPBX) o como un dispositivo separado, por ejemplo un teléfono basado en PC tendría acceso a la red pública llamando a una Gateway en un punto cercano del destino (por lo tanto minimiza cargos de larga distancia).

1.5.6. Teléfonos para Internet

Los teléfonos ordinarios (con cable o inalámbricos) puede adaptarse para servir como un dispositivo de acceso a Internet y también proporcionar telefonía normal, por ejemplo los servicios de directorio pueden ser accedidos a través de Internet enviando un nombre y recibiendo la respuesta de voz (o texto).

1.5.7. Acceso Remoto a una oficina sucursal (o casa)

Una pequeña oficina (o una oficina en casa) podría beneficiarse del acceso a servicios de voz corporativa, datos, y facsímil usando la Intranet de la compañía, por ejemplo emulando una extensión remota para una PBX.

1.5.8. Llamadas de voz de un portátil (PC) vía Internet

Se pueden realizar llamadas a la oficina utilizando un PC multimedia que se conecta vía Internet, un ejemplo de esto puede ser llamar por Internet desde un hotel a la oficina para enviar o recuperar los mensajes de voz y así evitar las tarifas costosas de los teléfonos del hotel.

1.6. BENEFICIOS PARA OPERADORES Y USUARIOS

Se tienen los siguientes beneficios entre otros:

- Las redes IP son las redes estándar para Internet, Intranets y Extranets.
- Integración de la voz sobre su Intranet como un servicio más de la red.
- Estándares consolidados (H.323).
- Uso de las redes de datos existentes.
- Menores costos que tecnologías alternativas (voz sobre TDM, ATM, Frame Relay).
- Reducción de costos debido a que no paga larga distancia en sus llamadas sobre IP.
- Interoperabilidad de diversos proveedores.
- Simplificación debido a que consta de una infraestructura integrada que soporta todas las formas de comunicación, permitiendo mayor estandarización y reduciendo el equipo complementario total.
- Aplicaciones avanzadas derivadas de multimedia y multiservicio. La combinación de características de voz y datos en nuevas aplicaciones proporcionará grandes ingresos a largo plazo.
- Eficiencia de la red debido a que se ahorra ancho de banda al detectar los silencios en una conversación y transmitir solo la información que es necesaria, luego en el receptor se reconstruye la señal de voz original agregando los silencios que se eliminaron. El ahorro es

bastante considerable ya que se estima que el 50% de una conversación está compuesta de silencios.

Además de los beneficios hay razones trascendentales para desarrollar soluciones de VoIP, la primera razón es que al disponer de una red única de transporte de voz y datos es más fácil y económico complementar soluciones integradas de gran valor agregado. Por ejemplo, al atender requerimientos de clientes utilizando voz, web u otros formatos informáticos simultáneamente por un solo medio, se obtiene un valor agregado en riqueza y calidad de comunicación que la red telefónica por sí sola no puede igualar ya que ésta solo entrega voz. Otra razón es el costo, la posibilidad de utilizar redes IP (Internet y/o Intranets) como un by-pass (vía alterna) de las redes telefónicas tradicionales ha sido el principal incentivo hasta la fecha para toda la industria de voz sobre IP. Efectivamente, hoy han surgido empresas proveedoras de productos y servicios que utilizando la gran infraestructura IP existente pueden reducir las facturas telefónicas mensuales de las corporaciones al menos a la mitad. Al transportar la voz por la Intranet es posible convertir todas las llamadas de larga distancia en "locales" y si se utiliza Internet ó los servicios de los así llamados "carriers de nueva generación", se puede llamar a todo el mundo a costos ínfimos. Sin duda, la revolución de Internet se siente con fuerza en actualidad, ya que este cambio tecnológico provoca un deterioro en la estructura de ingresos tradicionales de las telefónicas por lo tanto éstas deben tomar medidas para adaptarse a las nuevas demandas tecnológicas y de servicios.

Agregar voz a las redes de paquetes requiere una comprensión de cómo tratar los niveles de desafío tales como interoperabilidad, pérdida de paquetes, retardo, densidad, escalabilidad y fiabilidad; parámetros como estos afectan el tráfico y la Calidad de Servicio, por lo tanto algunos de ellos serán tratados en el siguiente capítulo ya que son de suma importancia para mejorar la calidad de voz sobre la Intranet corporativa e Internet y llegar a hacer realidad la visión de " red única".

2. QoS Y TRÁFICO EN LOS COMPONENTES DE UNA RED VoIP

Con el paso de los años y gracias al avance de la tecnología, las aplicaciones que se manejan a nivel empresarial han evolucionado hacia una arquitectura multiservicio unificada para datos, voz y video, por consiguiente la habilidad de gestionar las condiciones de la entrega de cada flujo de información se vuelve mas crítica. Es por esto que actualmente es necesario contar con técnicas especializadas en el manejo del tráfico, tales como colas de espera y técnicas de priorización dependiendo de las características del servicio, es decir: Características de tiempo real, sensibilidad al retardo, demanda de ancho de banda, etc.

A continuación se explican los aspectos mas relevantes referentes a la Calidad de Servicio en una red VoIP, como son: Clasificación de los servicios, principales parámetros que la afectan y características de gestión de una Gatekeeper; con respecto al tráfico se tratan las categorías de tiempo real, operación , volumen y por último los métodos de formación de colas de espera.

2.1. CALIDAD DE SERVICIO (QoS) EN VoIP

2.1.1. Definición de QoS

Calidad de Servicio se puede definir desde dos puntos de vista: La red y el servicio. Desde la primera perspectiva, es un conjunto de requerimientos de servicio que debe reunir la red mientras transporta un flujo de paquetes de una fuente a un destino (unicast ó multicast) y desde el punto de vista del servicio es la medida del nivel del mismo entregado a los usuarios de la red, el cual puede ser caracterizado por la probabilidad de perdida de paquetes, ancho de banda disponible, retardo de extremo a extremo, etc. El QoS puede ser proporcionado por los proveedores de servicio de red en términos de acuerdos (Acuerdos a Nivel de Servicios, ó SLAs) entre los usuarios de red y los proveedores de servicio.

2.1.2. Clasificación de los servicios QoS

La capacidad de una red para entregar un determinado servicio con algún grado de control sobre el retardo, pérdidas, Jitter y ancho de banda puede clasificarse en 3 niveles:

- a) *Servicio Best-Effort*: Brinda una conectividad básica sin garantías, como por ejemplo Internet.
- b) *Servicio controlado*: Facilita el manejo de clases de tráfico específicas, como por ejemplo el servicio ofrecido por una Intranet.
- c) *Servicio garantizado*: Reserva recursos de red para garantizar que un tráfico determinado adquiera el nivel de servicio que éste requiere; Este tipo de servicio es mejor para aplicaciones que demanden una cantidad específica de ancho de banda y que sean duraderas como por ejemplo una llamada de video conferencia, la cual necesita por lo menos 384 Kbps.

2.1.3. Parámetros que afectan la Calidad de Servicio

Los parámetros que más afectan la QoS de una red VoIP son: El retardo, la pérdida de paquetes y el Jitter, a continuación se muestra la forma en que estos parámetros influyen en los componentes de la red VoIP.

2.1.3.1. Retardo

Es el tiempo que demora un paquete para viajar a través de la red de un extremo a otro. La recomendación ITU-T G.114 especifica 150 ms como el máximo de retardo en una comunicación unidireccional para lograr una alta calidad de voz, sin embargo, en VoIP hay mayor flexibilidad dando como límite 300 ms para una conversación aceptable. El retardo extremo a extremo está determinado por dos fuentes principales: Retardo en la Gateway y retardo en la red. Sin embargo, es importante resaltar que también se genera un retardo en el equipo terminal, pero no es tan significativo como el producido por las dos fuentes anteriores.

2.1.3.1.1. Retardo en la Gateway

Para determinar el retardo originado en la Gateway es necesario examinar los procesos que se llevan a cabo dentro de ella, los cuales se muestran en la figura 2.1. Cada proceso introduce una cantidad de retardo que se adiciona al retardo total, como se explica a continuación:

Retardo en la interfaz de red: La interfaz de red en una Gateway comprende hardware o software que conecta la Gateway a la PSTN y convierte el flujo de datos de audio PCM (Pulse Code Modulation - Modulación por Codificación de Pulsos) digitalizados a un bus interno PCM para transportarlos al DSP (Digital Signal Processor- Procesador de Señal Digital). Este proceso introduce muy poco retardo, generalmente inferior a 1 ms.

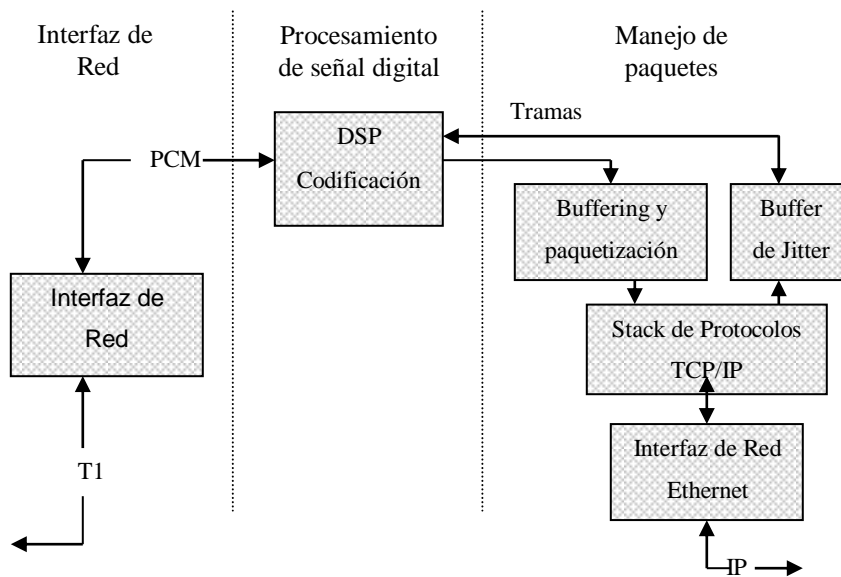


Figura 2.1. Proceso dentro de la Gateway

Retardo en el procesamiento de señal digital: El procesamiento de señal digital es una de las funciones más complejas de la Gateway y es realizada a través de un DSP (hardware) dedicado, algoritmos (software) que comprimen y descomprimen la voz, detector de tonos, detector de silencios y cancelador de eco. Todos los procesos anteriores son conocidos como codificación de voz o "**vocoding**". Dentro del proceso de compresión existen varios esquemas que tienen diferentes características de velocidad, calidad de voz y retardo como se muestra en la tabla 2.1

Esquema de Compresión	Velocidad de Compresión (Kbps)	Calidad de voz resultante	Retardo adicionado
G.711 PCM	64 (no-compresión)	Excelente	No asignado
G.723 MP-MLQ	6.4/5.3	Normal (5.3)	Alto
G.726 ADPCM	40/32/24	Normal (24)	Muy bajo
G.728 LD-CELP	16	Buena	Bajo
G.729 CS-ACELP	8	Buena	Bajo

Tabla 2.1. Esquemas de compresión

Retardo en la formación de tramas: Para un mejor desempeño del vocoding, el DSP toma los datos y los coloca dentro de tramas o lotes lo cual mejora la eficiencia en las aplicaciones de voz. El efecto negativo de procesar los datos en tramas es que ninguno de los datos puede ser procesados hasta que la trama esté completamente llena y entre mayor sea el tamaño de la trama, se va a presentar un mayor retardo, sin embargo, el tamaño de la trama está estandarizado de acuerdo al vocoder utilizado. Por ejemplo para G723.1 (6.4 kbps) el tamaño de la trama es de 24 bytes y para G723.1 (5.3 Kbps) es de 20 bytes.

Retardo en la paquetización: Una vez la voz es codificada debe ser empaquetada para ser transportada por la WAN, este proceso es realizado normalmente por el stack de protocolos TCP/IP usando UDP (User Datagram Protocol) y RTP (Real Time Protocol), los cuales mejoran la entrega oportuna de los paquetes que contienen datos de voz. Estos paquetes normalmente constan de una cabecera IP, UDP y RTP de 40 bytes en total como se muestra en la Figura 2.2; Dicha cabecera contiene la dirección IP de origen y destino, el número IP de puerto, el número de secuencia de paquete y otra información necesaria para realizar el transporte de los datos de manera apropiada. Después de la cabecera siguen una o más tramas de datos de voz codificada y la cantidad de tramas que deben ir en un paquete es una consideración importante en los sistemas de VoIP. Por ejemplo, en un sistema que usa un codificador G.723.1 el cual produce tramas de 24 bytes cada 30 milisegundos, cada paquete tendría 40 bytes de cabecera (overhead) y 24 bytes de datos lo que ocasionaría que su cabecera fuera el 167% de la carga útil de voz.

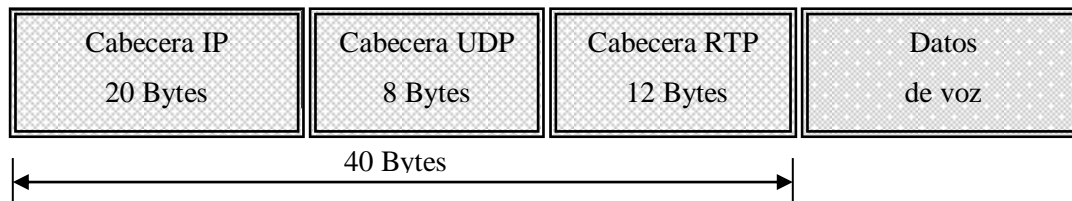


Figura 2.2. Estructura de un paquete de telefonía IP

La manera más común de reducir la ineficiencia del overhead del paquete IP es colocar más de una trama de voz en el paquete. Si en el ejemplo anterior se colocan dos tramas en el paquete, la cantidad de overhead se disminuye a un 83%, sin embargo, el efecto secundario de agregar una trama es que se introduce un retardo mayor, de ahí que es necesario tener en cuenta este aspecto en una red VoIP.

Un método para reducir el overhead sin incrementar el retardo es empaquetar tramas de voz de otros canales en un mismo paquete, esto siempre y cuando las tramas de voz del otro canal se dirijan hacia la misma Gateway de destino; Aunque este artificio no es soportado por el estándar H.323 puede utilizarse en soluciones propietarias para mejorar la eficiencia.

Retardo en el búfer de Jitter: Debido a que las redes IP no garantizan la entrega de los paquetes de datos a tiempo, estos datos llegan a una velocidad variable y a esta variabilidad en la velocidad de llegada se conoce como “Jitter”². Durante el proceso de decodificación de voz todos los sistemas deben compensar el Jitter en los datos que llegan desde la red y para esto utilizan una memoria (búfer) donde mínimo un paquete de datos se almacenará antes de pasar al DSP, con este búfer de Jitter se puede reducir significativamente la falta de datos y asegurar la llegada de datos a tiempo al DSP. Si no existiera el búfer de Jitter se escucharían vacíos en la conversación.

Como es de esperarse, el efecto secundario del búfer de Jitter es un mayor retardo, el cual depende del tamaño del búfer ya que entre mayor sea introducirá más retardo.

² Para mayor detalle ver página 26

2.1.3.1.2. Retardo en la red

Una vez los datos de voz han sido comprimidos y paquetizados en la Gateway, pasan a la WAN para ser transportados a la Gateway de destino. Este proceso introduce una cantidad de retardo significativo que afectará el retardo total. Entre los diferentes retardos presentados en la red se tienen:

Retardo de acceso al medio: Este es el retardo introducido por cada punto del medio físico por donde pasan los datos, debido a los diferentes medios físicos usados para interconectar las Gateways, enrutadores y otros equipos de red es muy importante tener en cuenta este retardo. Dicho retardo depende de la velocidad de acceso al medio ya que entre menor sea la velocidad se introduce un mayor retardo.

Retardo de enrutamiento: De acuerdo al protocolo IP, todos los paquetes tienen una dirección IP fuente y destino, por lo que los enrutadores deben examinar cada paquete y dependiendo de la dirección de destino dirigirlo por la ruta apropiada. El problema radica en que la lógica de formación de colas de espera utilizada por la mayoría de los enrutadores fue diseñada antes del concepto de VoIP y por lo tanto en situaciones de congestión no reaccionan en forma eficaz.

Para contrarrestar el efecto mencionado anteriormente se han propuesto métodos de priorización donde se le da al tráfico de voz mayor importancia sobre el tráfico de datos, debido a su característica de tiempo real. Es así como la IETF ha definido el protocolo RSVP (Resource ReSerVation Protocol - Protocolo de Reservación de Recursos) que permite la asignación y gestión de recursos dentro de enrutadores y Gateways.

2.1.3.1.3. Retardo en el equipo terminal

A pesar de que el retardo extremo a extremo está básicamente determinado por las dos fuentes mencionadas anteriormente, es importante tener en cuenta que debido a las funciones realizadas en el equipo terminal, éste también introducirá cierta cantidad de retardo aunque no tan significativo como el adicionado por la red y la Gateway; es por esto que se hace necesario analizar con detalle como está constituido un terminal y las funciones que realiza.

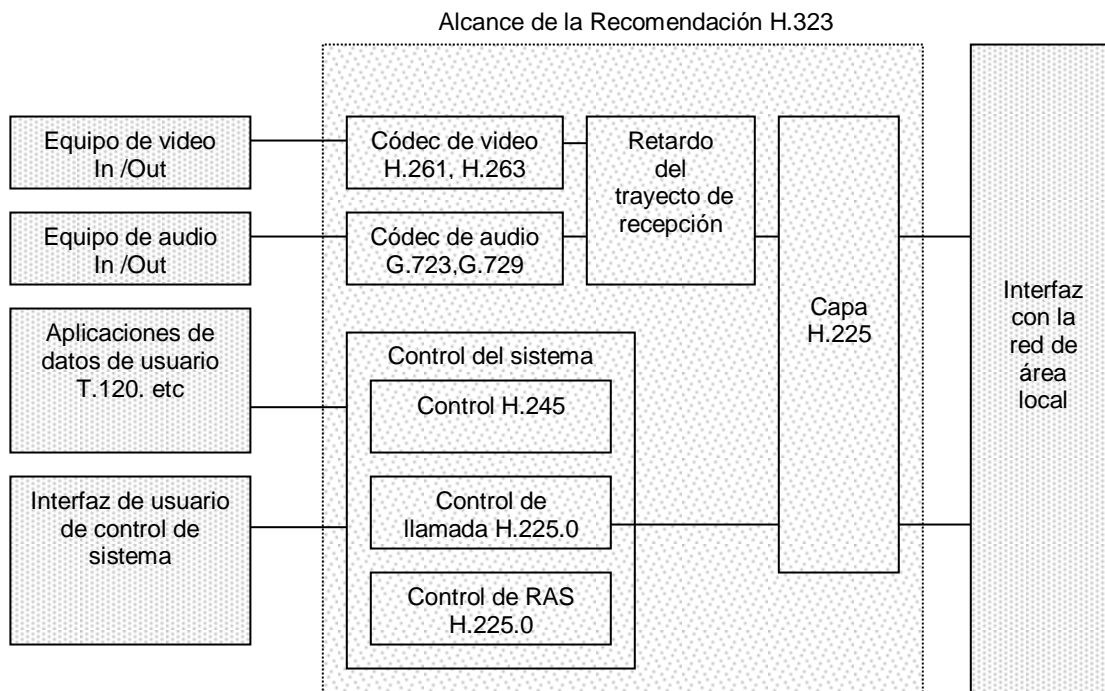


Figura 2.3. Equipo terminal H.323

En la Figura 2.3 se muestra un diagrama del terminal H.323, con la interfaz de usuario, el códec de video, el códec de audio, el equipo telemático (entrada - salida de audio y video), la capa H.225.0, las funciones de control del sistema y la interfaz con la LAN. Por otra parte se aclara que todos los terminales H.323 tendrán una unidad de control del sistema, capa H.225.0, interfaz de red y unidad códec de audio, mientras que la unidad códec de video y las aplicaciones de datos de usuario son opcionales. Además, en la figura 2.3 también se observa una zona punteada la cual contiene los elementos que se encuentran especificados dentro de la Recomendación H.323, la cual los define así:

- Códec de video (Recomendación H.261): Codifica el video a partir de la fuente de video para transmisión y decodifica el código de video recibido que es la salida hacia una presentación visual del video.

- Códec de audio (Recomendación G.711, etc.): Codifica la señal de audio del micrófono para transmisión y decodifica el código de audio recibido que es la salida hacia el altavoz.
- Control del sistema (Recomendaciones H.245 y H.225.0): Proporciona la señalización para un funcionamiento adecuado del terminal H.323 y permite el control de la llamada y el intercambio de capacidad.
- Retardo del trayecto de recepción: Incluye el retardo añadido a la señal de audio con el fin de sincronizarla con la señal de video.
- Capa H.225.0 (Recomendación H.225.0): Organiza los flujos de video, audio, datos y control transmitidos en mensajes de salida hacia la interfaz de la red y los recupera a partir de los mensajes que han llegado a dicha interfaz. Además, lleva a cabo la alineación de trama lógica, la numeración secuencial, la detección de errores y la corrección de los mismos según conviene a cada tipo de medio.

Dentro de los elementos que no se están especificados en la recomendación se encuentran:

- Equipo de audio asociado (Micrófono, altavoz, instrumento telefónico ó equivalente y dispositivos que proporcionan detección de activación por la voz).
- Equipo de video asociado (cámaras, monitores y procesamiento de video).
- Aplicaciones de datos de usuario (Recomendación T.120).
- Interfaz con la LAN.
- Interfaz de usuario de control del sistema.

2.1.3.2. Pérdida de paquetes

Es un fenómeno que consiste en la pérdida o alteración de un paquete en la red debido a varias razones, como: Enlaces sobrecargados, congestión, errores en el medio físico, etc. Para aplicaciones que no sean en tiempo real tales como transferencia de archivos, la pérdida de paquetes no es crítica debido a que el protocolo permite la retransmisión de los paquetes perdidos, sin embargo, para aplicaciones de tiempo real la información de voz tiene que llegar dentro de un tiempo determinado para ser usado en la reconstrucción de la señal de voz original.

Así, la pérdida de paquetes es inaceptable cuando el porcentaje de paquetes perdidos excede el 5% y ocurre cuando las colas de espera dentro de los enrutadores se sobrecargan durante los periodos de congestión y por los cambios de ruta cuando los enlaces de red se caen. Sin QoS el enrutador no tiene forma de decidir qué paquetes perder cuando las colas se llenan y los paquetes de voz son desechados aleatoriamente tal como si se tratara de paquetes de datos; Por otra parte el enrutador no puede garantizarle a las colas de espera que ninguno de los paquetes de voz no se pierda, primero porque hay una cantidad finita de colas disponibles en el enrutador y segundo porque el retardo de voz permitido sería excedido en caso de que las colas de espera fueran infinitas.

Para contrarrestar la pérdida de paquetes, algunos fabricantes de equipos VoIP ofrecen algoritmos de reparación llamados inserción de silencios que compensan la pérdida de paquetes mediante la inserción de paquetes de silencio que simulan las pausas de una conversación humana, sin embargo estos algoritmos no han sido diseñados para prevenir la pérdida de paquetes sino para minimizar el problema.

2.1.3.3. Jitter

Es la variación en el tiempo de llegada entre los paquetes. Generalmente las fuentes de voz generan los paquetes de voz a una velocidad constante, los algoritmos de descompresión de voz también esperan que los paquetes de voz entrantes lleguen con velocidad constante, sin embargo, el retardo de paquete a paquete impuesto por la red puede hacer que la velocidad varíe y sea diferente para cada paquete dando como resultado que los paquetes que son enviados con igual espaciamiento desde la Gateway de origen llegan con espaciamiento irregular a la Gateway de destino.

Como el algoritmo de descompresión que recibe los paquetes necesita que estos tengan un espaciamiento fijo, la mejor solución es implementar un búfer de Jitter dentro de la Gateway, el cual deliberadamente retarda los paquetes entrantes para presentarlos al algoritmo de descompresión con espaciamiento fijo. La operación del búfer de Jitter es análoga al consultorio de un doctor, donde los pacientes que tienen citas en intervalos fijos no llegan a tiempo y son retardados en una sala de espera de manera que se presentan ante el doctor a intervalos fijos; similarmente, mientras el descompresor de voz recibe paquetes a tiempo, los paquetes individuales son retardados durante su tránsito.

2.1.4. QoS y Gatekeepers

En una red multimedia H.323, las Gatekeepers desempeñan funciones de control, administración y gestión necesarias para mantener la integridad de las redes locales corporativas y redes WAN, por lo que son de vital importancia a la hora de hablar de QoS en una red VoIP.

En particular, las Gatekeepers son el mecanismo industrial estándar para:

- Control de llamadas y control del enrutamiento.
- Servicios de telefonía básica tales como servicios de directorio y funciones de PBX (por ejemplo, transferencia y reenvío de llamadas).
- Control del ancho de banda H.323 utilizado para proporcionar QoS y proteger otras aplicaciones críticas de red desde el tráfico H.323.
- Control total de la utilización de la red.
- Provisión de un sistema de políticas globales de administración y seguridad.

Aunque la recomendación H.323 describe a la Gatekeeper como un componente opcional del sistema funcional H.323, en la práctica, la Gatekeeper es esencial para aplicaciones de misión crítica debido a todas sus capacidades funcionales. En cuanto a estas capacidades, la especificación de la ITU define funciones obligatorias y opcionales para una Gatekeeper; las funciones obligatorias son especificadas como “procedimientos” que describen las características operacionales y el comportamiento de la Gatekeeper en la red. Las funciones opcionales son definidas como extensiones de los “procedimientos” y se les conoce como “políticas y servicios”, con ellas los diseñadores de Gatekeepers comerciales diferencian sus productos de los demás, mediante la introducción de conjuntos de características únicas y capacidades para sus implementaciones.

Por otro lado, para que una Gatekeeper realice gestión es necesario que se establezcan unas zonas con el fin de delimitar su campo de acción y una vez determinadas se utilizan procedimientos, políticas y servicios que han sido asignados a la Gatekeeper.

2.1.4.1. Zonas

En la práctica, el estándar H.323 está implementado por medio de “zonas”. Una zona es esencialmente el conjunto de puntos extremos sobre los cuales una y solo una Gatekeeper tiene autoridad. Además, ésta puede incluir un número de terminales, Gateways y MCUs; aunque la zona de una Gatekeeper se encuentra separada de los puntos extremos de la red, una aplicación de Gatekeeper puede correr dentro de un punto extremo terminal, MCU, Gateway ó incluso en un dispositivo de red que no sea H.323 como un servidor NT. Es importante destacar que independientemente de la localización física, solo debe haber una Gatekeeper activa corriendo al tiempo por zona.

La escogencia de la ubicación de la Gatekeeper es de suma importancia para la operación óptima de toda la solución H.323, por lo que se debe tener en cuenta que si la Gatekeeper reside en el punto extremo de un servidor o cliente para propósitos generales, el desempeño de la misma puede llegar a ser limitado si el terminal tiene que realizar otras tareas que requieran muchos recursos y como resultado se tendrá que cada usuario dentro de la zona experimentará una baja Calidad de Servicio. Un desempeño más eficiente y robusto puede ser logrado con plataformas tales como Gateways que corran Gatekeepers empotradas o integradas.

Los administradores de red tienen completa flexibilidad para definir las zonas de acuerdo a las necesidades específicas de una empresa. Por ejemplo, las zonas pueden definirse de acuerdo a la ubicación geográfica, a la conexión física de la red ó por un modelo funcional.

2.1.4.2. Gestión de zona

Una Gatekeeper gestiona todas las actividades en una zona y es importante que en los sistemas donde ella esté presente obligatoriamente todos los terminales dentro de la zona la usen como mecanismo para gestión. Por otro lado, una entidad H.323 consulta la red preguntándole si existen y cuales son las Gatekeepers que están presentes y disponibles para aceptar la petición de registro. Este proceso de “descubrimiento” y “registro” de los puntos extremos es pre-requisito para la gestión de zona por parte de la Gatekeeper.

Existen tres funciones de gestión de zona que una Gatekeeper debe obligatoriamente realizar:

- Traducción de dirección: La Gatekeeper provee traducción entre direcciones alias y de transporte en una petición de servicio de un punto extremo.
- Control de admisiones: Esta función le permite a la Gatekeeper autorizar el acceso a la red basándose en algún criterio específico.
- Control de ancho de banda: Con esta función la Gatekeeper monitorea y controla el ancho de banda utilizado y asegura que el tráfico de audio y video no exceda la carga máxima de la red definido por el administrador.

Entre otras funciones adicionales se tienen:

- Utilizar un modelo de señalización de llamada “enrutado” con el cual se puede direccionar la señalización de la llamada y controlar canales para las entidades en la red.
- Implementar una lógica para conceder o negar el acceso de terminales, Gateways y MCUs a los recursos asociados a la red como ancho de banda, Gateways, MCUs, servicios de directorio, etc. y esto puede llevarse a cabo mediante el monitoreo de todas las llamadas concurrentes en una zona y reforzando las políticas de gestión de red para cada nueva llamada (sesión) que un usuario quiera iniciar.

El diseñador de red puede configurar una Gatekeeper para permitir un conjunto específico de puntos extremos dentro de la zona y proveer a los usuarios privilegios únicos. De hecho, una Gatekeeper puede ofrecer una variedad de servicios opcionales a los puntos extremos en una zona por lo que es aquí donde las políticas y servicios opcionales llegan a ser importantes.

La Tabla 2.2 muestra los procedimientos, las políticas y servicios opcionales para una Gatekeeper definida en la especificación H.323.

Procedimientos requeridos para la gestión de zona	Políticas y servicios opcionales
Traducción de direcciones	Autorización de llamada
Control de admisiones	Gestión de ancho de banda
Control del ancho de banda	Servicios suplementarios
	Servicios de directorio
	Servicios de gestión de llamadas
Procedimientos opcionales	
Señalización del control de llamadas	

Tabla 2.2. Procedimientos, Políticas y Servicios de una Gatekeeper H.323

Se puede concluir que con un sólido control de zona, el administrador de la red puede:

- Prevenir la caída de una red debido a consumo de ancho de banda irregular.
- Autorizar ó no la utilización apropiada de recursos de red valiosos tales como MCUs y Gateways.
- Evitar el desempeño y la utilización ineficiente de la red.

2.1.4.3. Procedimientos, Políticas y Servicios de la Gatekeeper

Los Procedimientos, Políticas y Servicios descritos en la especificación H.323 le dan capacidad a los diseñadores para crear productos interoperables para telefonía IP, de tal manera que las Gatekeepers pueden soportar los terminales, Gateways y MCUs de diversos fabricantes, sin embargo, el estándar no define con precisión cómo las Gatekeepers son implementadas por los diseñadores. Mientras todos los diseñadores implementan los procedimientos obligatorios definidos en la especificación, escogen las diferentes políticas y servicios opcionales que implementarán, lo cual trae como resultado diferentes implementaciones de Gatekeepers con una variedad de funciones adicionales.

2.1.4.4. Procedimientos requeridos para la gestión de zona

Cuando una Gatekeeper está presente, ésta debe proporcionar el registro de todos los puntos extremos en su zona con:

- **Traslación de direcciones:** Los usuarios generalmente no saben la dirección IP del otro terminal al que desean llamar, de esta manera cuando un usuario hace una llamada la Gatekeeper traslada una dirección alias (nombre o dirección de correo electrónico) a una dirección de transporte. La especificación dice que una tabla de translación, que es guardada y actualizada por medio de un canal RAS (Registro, Admisión y Estado), puede ser utilizada para la translación, pero también pueden emplearse otros métodos como características avanzadas de valor agregado de una Gatekeeper para soportar puntos extremos que no usen el canal RAS para enrutar sus mensajes de comunicación.
- **Control de admisiones:** Todos los usuarios no siempre estarán habilitados para acceder a la red al mismo tiempo debido a que los recursos deseados son limitados; Es por eso que la Gatekeeper proporciona políticas que protegen la integridad de la red para todos los usuarios, por ejemplo una Gatekeeper autorizará el acceso a la red de acuerdo a pautas que el administrador haya elegido con respecto a la Gatekeeper y a la zona. Además, el acceso a la red y a los servicios especiales (por ejemplo el uso de una Gateway) pueden basarse en autorización de llamadas, utilización del ancho de banda u otro criterio; sin embargo el administrador puede seleccionar la aceptación de todas las peticiones pero solo en circunstancias de baja ocurrencia. Es importante destacar que el Control de admisiones es una forma de proporcionar garantías de QoS ya que preserva la integridad de las llamadas ó sesiones que están en progreso cuando un usuario pide acceder a la red.
- **Control del ancho de banda:** La Gatekeeper ofrece a los administradores de red la capacidad de restringir o asignar ancho de banda a diferentes aplicaciones de acuerdo a ciertos convenios de protocolos.

2.1.4.5. Procedimientos opcionales de una Gatekeeper

Entre los procedimientos opcionales se encuentra la señalización de control de llamada para la cual existen dos modelos: Modo Directo y Modo Enrutado. En ambos modos cuando la Gatekeeper

realiza la translación de direcciones, proporciona a los puntos extremos la dirección de transporte del destino de la llamada.

Modo directo: En el modo directo, la Gatekeeper proporciona a los puntos extremos la dirección del punto extremo de destino y dirige a los puntos extremos a conectar el canal de señalización de llamada directamente al otro para que todos los mensajes puedan intercambiarse directamente entre los dos puntos extremos sin la intervención de la Gatekeeper.

Modo enrutado: En el modo enrutado, la Gatekeeper provee su propia dirección como la dirección de destino para que ella pueda recibir todos los mensajes de señalización de llamada y pueda manejar el enrutamiento de señales de llamada entre ella misma y todos los puntos extremos durante una sesión. Este modelo es el método preferido ya que permite asegurar la entrega eficiente de servicios suplementarios, así como una gestión más robusta de la red.

2.1.4.6. Políticas y Servicios opcionales de la Gatekeeper

Los diseñadores pueden ofrecer funcionalidades extendidas mediante la implementación de las siguientes políticas y servicios opcionales:

- **Autorización/ Acceso de llamadas:** La Gatekeeper puede rechazar llamadas desde un terminal debido a un fallo en la autorización. Además, puede restringir el acceso a o desde terminales particulares y Gateways y restringir accesos durante ciertos periodos de tiempo. El criterio para determinar el fallo o el logro de la autorización no se encuentra especificado en el estándar H.323.
- **Gestión de ancho de banda:** La Gatekeeper puede controlar y limitar el número de terminales H.323 permitidos para utilizar simultáneamente la red y esto lo hace por medio de la señalización H.225.0 que le da a la Gatekeeper la capacidad de rechazar una llamada desde un terminal cuando ella determina que no hay suficiente ancho de banda disponible en la red para soportar dicha llamada y esta función también puede operar durante una llamada activa cuando un terminal de usuario requiere ancho de banda adicional. El criterio para determinar si el ancho de banda está disponible depende de la política específica tomada por una determinada compañía.

- Servicios de gestión de llamada: La Gatekeeper está en la capacidad de mantener una lista de llamadas H.323 entrantes de manera similar a los registros de una PBX. Esta información es necesaria para indicar que un terminal llamado está ocupado y para proporcionar información a la función de gestión de ancho de banda.
- Servicios suplementarios: Los servicios suplementarios tales como reenvío y transferencia de llamadas son funciones telefónicas importantes que los usuarios de una empresa esperan recibir de su red. La Versión 1 del estándar H.323 incluye un mecanismo simple para proveer servicios suplementarios de reenvío y transferencia de llamadas, pero la Versión 2 del estándar comprende H.450 que proporciona un mecanismo más completo para la implementación de dichos servicios y estos pueden soportarse en el terminal o la Gatekeeper, lo cual resulta más favorable dentro de la Gatekeeper ya que se reduce la complejidad computacional y la carga en el cliente. En la Tabla 2.3 se ilustra algunos servicios suplementarios con su respectiva descripción y soporte.
- Servicios de directorio: La base de datos de la Gatekeeper contiene perfiles de los usuarios que proporcionan la información necesaria para implementar los servicios de directorio que permiten a los usuarios encontrar a los otros.

Servicios suplementarios	Descripción	Estado de soporte H.323
Transferencia de llamadas	Es un servicio mediante el cual el usuario puede mantener la llamada mientras marca un número diferente y conecta las dos partes después de dejar la llamada.	Mecanismo simple en V.1. Manejado por H.450 en V.2, pero aún no desarrollado en su totalidad.
Reenvío	Un servicio que permite que todas las llamadas a un determinado terminal sean enviadas a un usuario de destino específico.	Mecanismo simple en V.1. Manejado por H.450 en V.2, pero aún no desarrollado en su totalidad.
Captura de línea	Para llamadas salientes, la Gatekeeper captura una línea disponible que soporte un servicio.	Fuera del alcance del estándar H.323.
Captura de terminal de grupo	Para llamadas entrantes, la Gatekeeper captura un terminal disponible.	También fuera del alcance del estándar H.323.

Tabla 2.3. Servicios suplementarios, descripción y soporte

2.1.4.7. Gatekeeper redundante

Para garantizar la integridad y sobre todo la disponibilidad de la red corporativa, debe existir una Gatekeeper redundante (una Gatekeeper activa y una en stand by lista para llegar a ser activa en el caso de que la primera falle). La Gatekeeper en estado activo es determinada arbitrariamente, generalmente es la primera que se registra en la red y una vez activada intenta conectarse con la que se encuentra en estado pasivo a intervalos regulares con el fin de confirmar su disponibilidad.

Por otra parte, la Gateway origen intenta registrarse con la Gatekeeper activa y para esto se reporta a intervalos fijos (generalmente cada 6 segundos). En caso de haber errores en el registro la Gateway tratará de registrarse con la Gatekeeper en stand by y en caso de que ambos registros fallen, se habilitará una función de “enrutamiento de emergencia” la cual proporciona la dirección IP para la conexión.

2.2. TRÁFICO EN VoIP

2.2.1. Categorías de tráfico

El tráfico que fluye a través de una red empresarial se puede clasificar en tres categorías básicas, las cuales se diferencian por el retardo de transporte permitido:

2.2.1.1. Tráfico de tiempo real

Este tipo de tráfico requiere muy poco retardo de transporte, típicamente menor a una décima de segundo en una vía y con un mínimo de Jitter como por ejemplo en una conversación de voz, video conferencia y multimedia de tiempo real. Aquí el tráfico comprimido es sensible a errores de transmisión, pero para evitar exceder el límite de retardo tolerado no puede solicitarse retransmisión.

2.2.1.2. Tráfico de operación

Este tráfico requiere retardos de aproximadamente un segundo o menos y si éste es superado, los usuarios tienen que esperar para responder a sus mensajes disminuyendo así la productividad.

Ejemplo de este tipo de tráfico lo constituyen las transacciones en línea y la entrada remota de datos.

2.2.1.3. Tráfico de transferencia de volumen

Este acepta cualquier retardo de red incluyendo los que son del orden de pocos segundos y es más sensible al ancho de banda disponible que al retardo. Aquí un incremento del ancho de banda puede causar una gran disminución del tiempo de transferencia, ya que las aplicaciones de transferencia de volumen están diseñadas para usar todo el ancho de banda disponible. Un ejemplo de esto es cuando el video y el audio son transferidos como archivos y se procesan y presentan al usuario final mientras el archivo aun está en camino.

Para nuestro caso en particular, es decir para VoIP, se hará referencia al tráfico de tiempo real, por lo que se puede deducir que el tráfico para VoIP está estrechamente relacionado con las características de QoS. De hecho el conjunto de características de QoS para VoIP permite hacer lo siguiente:

- Clasificar el tráfico para diferenciarlo adecuadamente.
- Definir políticas de tráfico.
- Fragmentar paquetes de datos grandes e intercalarlos con paquetes de voz para satisfacer los requerimientos de voz.
- Ofrecer garantías de ancho de banda y reservación para tráfico de voz de alta prioridad.
- Configurar un sistema que permita evitar la congestión donde sea posible.

Todas estas características garantizan un retardo constante, manejo de pérdidas, jitter mínimo o inexistente y ancho de banda disponible.

2.2.2. Gestión de la congestión

Una red que lleva tráfico de voz también transporta datos y tanto el tráfico de voz como el de datos comparten un mismo camino a través de la red interactuando entre sí en formas que afectan el

desempeño de una aplicación determinada, lo que resulta muchas veces en congestión de red y pérdida de paquetes.

La congestión resulta de una sobrecarga sustancial de tráfico y trae consigo la degradación del desempeño de la red y la pérdida de paquetes, factores críticos en la entrega del tráfico de voz. Por esto es necesario gestionar la congestión con el fin de disminuir el efecto de los factores anteriores. Dicha gestión debe tener las siguientes características:

- Control de la congestión cuando esta ocurre.
- La inclusión de formación de colas de espera y fijación de disciplinas que permitan conexiones individuales.
- Soporte de transmisión cooperativa de voz y datos a lo largo de un camino simple entre enrutadores.

Para controlar la congestión, una vez esta ocurre, se pueden implementar estrategias utilizando métodos de colas de espera y fragmentación de paquetes, el uso de estos mecanismos permite la asignación de un ancho de banda específico y la fijación de límites de retardo. A continuación se exponen estos métodos.

2.2.2.1. Formación y programación de colas de espera

Cuando el tráfico de voz es transportado sobre una red de paquetes, las colas de espera le brindan a la voz prioridad sobre el tráfico de datos. La formación de colas de espera es un mecanismo que las redes de paquetes utilizan para manejar el exceso de tráfico en ellas y consiste en el almacenamiento de los paquetes antes de ser transmitidos, ésta estrategia solo es necesaria en caso de que existan probabilidades de congestión en la red, es decir cuando el tráfico es mayor que el ancho de banda disponible (por encima del 50% de su utilización). Por otro lado una disciplina de programación de colas de espera determina la próxima cola a ser utilizada, decidiendo el orden en que el enrutador toma los datos almacenados.

En la actualidad se ofrecen muchos estándares en la gestión de la congestión para diferentes plataformas con características dirigidas a garantizar los requerimientos de tráfico de voz mientras se asegura que la transmisión de datos no es sacrificada. Entre estos estándares se tienen:

- MDRR (Modified Deficit Round Robin)
- WRR (Weighted Round Robin)
- WFQ (Weighted Fair Queueing). El estándar WFQ a su vez se divide en dos clases:
 1. WFQ basado en flujos.
 2. CBWFQ (Class-based Weighted Fair Queueing). Dentro de esta clase existe el estándar DWFQ (Distributed Weighted Fair Queueing) el cual se divide en tres clases: DWFQ basado en flujos, DWFQ basado en grupos QoS y DWFQ basado en ToS (Tipo de Servicio).
- Prioridad IP RTP (Prioridad de Transferencia de Protocolo de Tiempo-Real Internet)
- Prioridad de formación de colas dentro de CBWFQ

Los dos últimos permiten reservar una cola de espera para voz. Prioridad IP RTP proporciona prioridad estricta basada en un rango de puertos y la Prioridad de colas de espera dentro de CBWFQ brinda prioridad estricta por medio de un amplio rango de criterios.³

A continuación se explica cada uno de los estándares para la formación de colas.

2.2.2.1.1. MDRR

DRR es un protocolo de formación y programación de colas de espera para el manejo de paquetes, diseñado con el fin de ofrecer características similares a las proporcionadas por WFQ, tales como: Diferenciación de flujos y de clases, asignación de ancho de banda y límites de retardo, para enlaces de transporte de alta velocidad. MDRR extiende DRR para proveer soporte especial al tráfico sensible al retardo tal como VoIP y se caracteriza por ofrecer una cola que brinda alta prioridad y bajo retardo (LLHP – Low Latency High Priority – Bajo retardo alta prioridad) la cual es tratada de forma diferente a las otras colas asociadas a las clases de servicio; Esta cola especial es utilizada para manejar el tráfico sensible al retardo y es posible configurar MDRR para que la cola LLHP

³ Ver pagina 44

maneje prioridad estricta. Si la cola contiene paquetes de voz, esta es atendida primero antes que todos sus paquetes sean enviados, mientras que los paquetes IP son enviados a diferentes colas de clases de servicio mediante la utilización de bits de precedencia. Estas colas son atendidas en forma de round-robin, excepto la cola especial que maneja el tráfico de voz.

Se puede configurar MDRR en dos modos diferentes: Modo de prioridad estricta y modo de prioridad alterna.

A. Modo de prioridad estricta

También es llamado modo de alta prioridad y en éste si la cola LLHP contiene paquetes, esta es atendida primero hasta que todos sus paquetes sean enviados y la cola esté vacía, luego de esto, las colas CoS (Clases de Servicio) son entonces atendidas en forma de round-robin de acuerdo al algoritmo DRR.

Mediante el uso de la cola LLHP en modo de alta prioridad se garantiza el retardo más bajo posible, sin embargo este modo corre el riesgo de que las colas CoS no sean atendidas en largos periodos de tiempo, especialmente si la cola LLHP utiliza una gran porción del ancho de banda. La Figura 2.4 muestra MDRR configurado en modo de prioridad estricta. Se observa que todos los paquetes de voz (marcados con 1) usan la cola de prioridad estricta LLHP y son enviados antes de que los paquetes en las otras 8 colas sean atendidos en forma de round-robin.

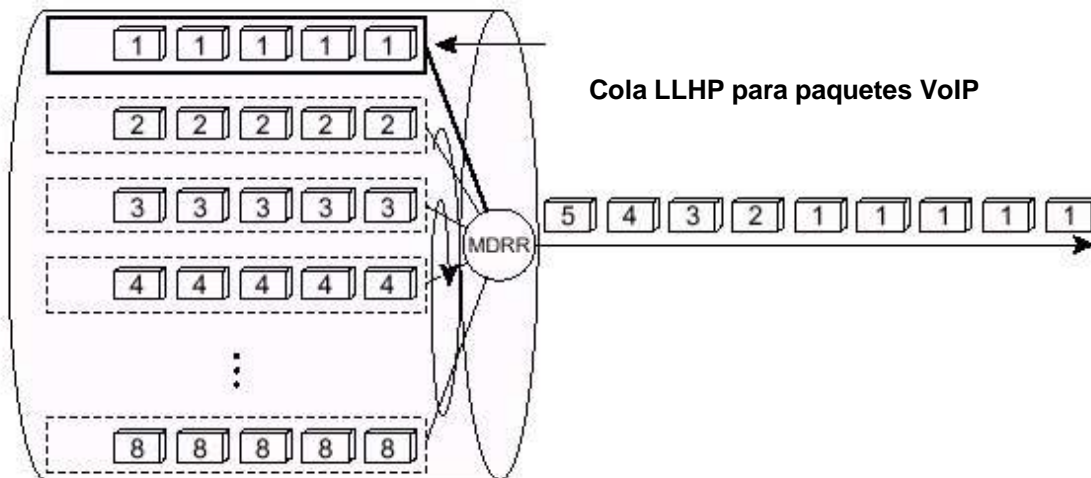


Figura 2.4. Modo de prioridad estricta MDRR

B. Modo de prioridad alterna

También es llamado de prioridad equitativa y en este modo se atiende de manera alternada la cola LLHP y las colas CoS, es decir que se atienden paquetes de la cola LLHP y luego de una cola CoS activa que es seleccionada entre las otras colas CoS en forma de round-robin repitiéndose el mismo proceso hasta que todas las colas queden vacías. Este modo no retarda indefinidamente la entrega del tráfico en las colas CoS y garantiza que todas las colas sean atendidas, pero a cambio de la introducción de retardo en la cola LLHP.

La Figura 2.5 muestra MDRR configurado en modo de prioridad alterna: Un paquete simple VoIP, marcado con 1, almacenado en la cola LLHP es atendido primero, luego un paquete de la cola 2, a continuación uno de la cola LLHP seguido por uno de la cola 3 y así sucesivamente. Siempre que la cola LLHP aún no este vacía, sus paquetes serán atendidos de esta manera.

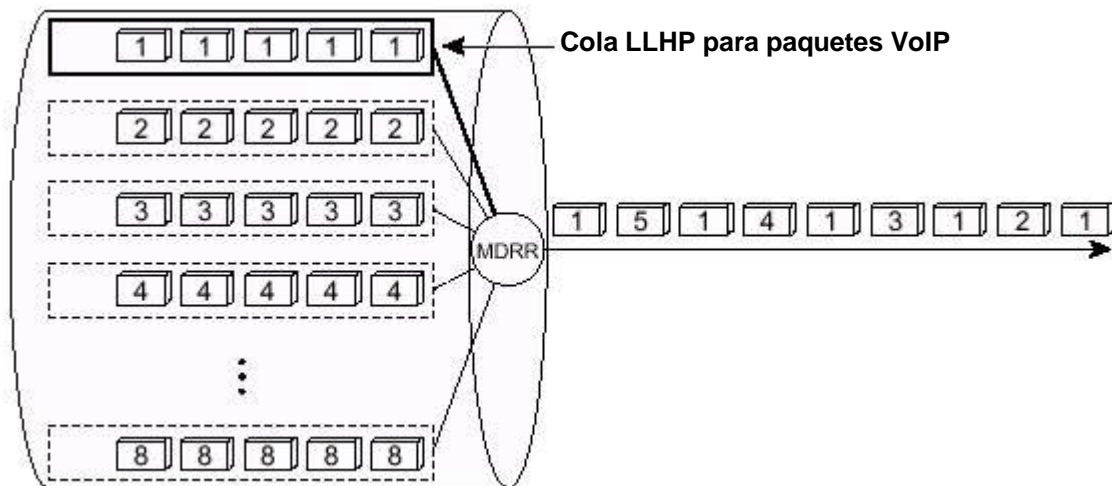


Figura 2.5. Modo de prioridad alterna MDRR

2.2.2.1.2. WRR

WRR es un algoritmo de formación y programación de colas de espera para el manejo de paquetes que proporciona diferenciación de clases, asignación de ancho de banda y límites de retardo. WRR interpreta la precedencia IP con el fin de fijar la clasificación de los paquetes, pero no se puede usar para marcar o cambiar la precedencia IP de un paquete. En forma más específica, WRR, interpreta el campo ToS de la cabecera IP del paquete y almacena los paquetes basándose en el valor de dicho ToS, difiere de WFQ que reconoce 7 categorías de precedencia IP, mientras que WRR clasifica los

paquetes en 4 categorías utilizando los dos primeros bits (el más significativo y de alto orden) del campo ToS.

La Tabla 2.4 muestra como se usan los bits de precedencia IP, clasificándolos en 4 categorías (00,01,10,11) cada una de las cuales tiene su propia cola de transmisión (Q-0,Q-1,Q-2,Q-3). WRR no reserva ancho de banda para cada una de estas 4 colas, sino que a cada cola le es asignado un peso diferente que determina la forma en que las colas comparten el ancho de banda.

valor de precedencia IP	Bits de precedencia IP	Prioridad de retardo	Cola asociada
0	000	00	Q-0
1	001	00	Q-0
2	010	01	Q-1
3	011	01	Q-1
4	100	10	Q-2
5	101	10	Q-2
6	110	11	Q-3
7	111	11	Q-3

Tabla 2.4. Precedencia IP y colas WRR asociadas

En la asignación de la precedencia IP a los paquetes, se recomienda que a los paquetes de voz se les designe valor de 5 ya que se interpretará que los paquetes de voz deben ser puestos en la cola 2 de WRR y los paquetes que tengan un peso de 8 son colocados en la cola 3 que recibe el más alto servicio de prioridad de WRR.

La Tabla 2.5 muestra las asignaciones de pesos por defecto a las colas WRR.

Colas WRR	Peso
0	1
1	2
2	4
3	8

Tabla 2.5. Asignaciones de peso WRR por defecto

En la configuración de WRR, es posible asignar diferentes pesos a cada cola y entre más alto sea el peso asignado a la cola, más alto será el ancho de banda efectivo atribuido a dicha cola. Esta relación entre el peso y el ancho de banda es diferente a WFQ en el que entre más bajo sea el peso, se adquiere una alta precedencia y por consiguiente mayor ancho de banda. Teniendo en cuenta el efecto del peso se puede garantizar que el tráfico de voz reciba un tratamiento de primera mediante la asignación de un peso mayor al que las colas usan para sus paquetes de voz.

El peso para cualquier cola está entre 0 y 15, sin embargo la suma de los pesos WRR para las 4 colas de una interfaz no puede exceder a 15, ya que si el total del peso excede este valor el ancho de banda de la interfaz también se excede.

2.2.2.1.3. WFQ

WFQ es un algoritmo para gestión de la congestión que proporciona gestión de prioridad, pero no priorización estricta para voz durante los periodos de congestión de tráfico. Además ofrece una solución que brinda consistencia, buen tiempo de respuesta basado en pesos, tráfico liviano y pesado sin necesidad de utilizar excesivo ancho de banda.

Dentro de WFQ se crea una cola de prioridad estricta en el momento que el algoritmo se activa, sin embargo, esta cola no puede usarse hasta que las características de Prioridad IP RTP sean habilitadas. Es importante destacar que por no tener prioridad estricta, WFQ y DWFQ no son útiles para aplicaciones de voz.

Por otro lado, antes de continuar, es necesario explicar algunos conceptos empleados por este algoritmo, como son:

A. Precedencia IP

La clasificación de paquetes es fundamental para las técnicas que seleccionan los paquetes que atraviesan un elemento de red o una interfaz en particular. Un método de clasificación de paquetes es marcarlos con valores de precedencia IP, la cual permite especificar la CoS para un paquete usando los 3 bits de precedencia en el campo ToS de la cabecera IPv4. Usando los bits ToS se puede definir las 8 clases de servicio y configurando otras características a lo largo de la red, es

posible usar estos bits para determinar la forma de tratar un paquete con respecto al tipo de servicio ofrecido por dicha red. Estas otras características permiten asignar políticas de manejo de tráfico apropiadas que incluyen estrategias para gestión de la congestión y asignación de ancho de banda. Por ejemplo, aunque la precedencia IP no es un método de formación de colas, los métodos WFQ y WRED pueden usar la precedencia IP para priorizar el tráfico de un paquete. La Figura 2.6 muestra el campo ToS dentro de la estructura de un paquete IP.

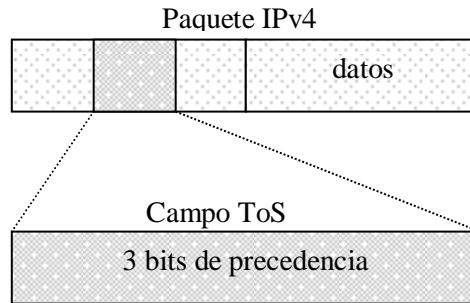


Figura 2.6. Campo ToS de un paquete IPv4

B. Pesos y ancho de banda

El peso de una clase es inversamente proporcional al ancho de banda de la misma, lo que quiere decir que entre más bajo sea el peso, mayor será el ancho de banda y mejor el servicio ofrecido por la clase. De acuerdo al peso que se fije, cada clase recibe al menos un 95% del ancho de banda configurado para dicho peso.

C. Clasificación de WFQ

1) WFQ basado en flujos

WFQ basado en flujos es conocido simplemente como WFQ y está habilitado por defecto en enlaces con velocidades de 2 Mbps o menores. Además no requiere configuración sino que automáticamente clasifica los flujos de tráfico en dos clases: Sesiones de alto ancho de banda y sesiones de bajo ancho de banda.

Por otro lado, WFQ está en la capacidad de detectar paquetes con alta prioridad por medio de la precedencia IP, de tal manera que exige que dichos paquetes sean transmitidos de manera más

rápida ofreciendo un mejor tiempo de respuesta. De esta manera, si a los paquetes de voz se les asigna una alta precedencia (de 5) se les brindará un mejor servicio que al tráfico de datos.

Es importante enfatizar que WFQ no caracteriza los flujos por su tipo, tal como Telnet, voz ó Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP) sino que clasifica dinámicamente dichos flujos de tráfico de acuerdo a sus características, ordenándolos dentro de mensajes que formarán una conversación. Además, WFQ puede clasificar los flujos basándose en el direccionamiento de la cabecera del paquete utilizando características como dirección IP fuente, dirección IP de destino, Protocolo de Control de Transmisión (TCP) de fuente o destino ó utilizar el puerto del Protocolo de Datagrama de Usuario (UDP) o un valor de ToS. Entre sus principales características se encuentran:

- Soporta formación de colas por flujos, es decir que relega cada flujo a una cola separada y aplica pesos o prioridades, lo que permite identificar los flujos de tráfico y así saber la cantidad de ancho de banda que necesita cada conversación. Además, el peso que asigna a un flujo determina el orden de transmisión de los paquetes ubicados en las colas.
- Interrumpe el tren de paquetes dentro de una conversación para asegurar que el ancho de banda es compartido equitativamente entre conversaciones individuales y que el tráfico de bajo volumen es transferido a tiempo.
- Ofrece prioridad al tráfico de bajo ancho de banda (bajo volumen) sobre el tráfico de alto ancho de banda (alto volumen) y este último es transmitido de acuerdo al peso que se le haya asignado.

La Figura 2.7 muestra dos flujos, donde se puede observar claramente que los paquetes mas pequeños son los de voz y tienen para este caso un tamaño de 100 bytes, los paquetes de datos son mas grandes con tamaño de 200 bytes. WFQ debe ofrecer trato preferencial a los paquetes de voz si se apoya en prioridad IP y realizar una asignación equitativa de ancho de banda para la transmisión. Es así, que para mantener un equilibrio entre las características de precedencia y asignación equitativa de ancho de banda envía dos paquetes de voz por uno de datos.

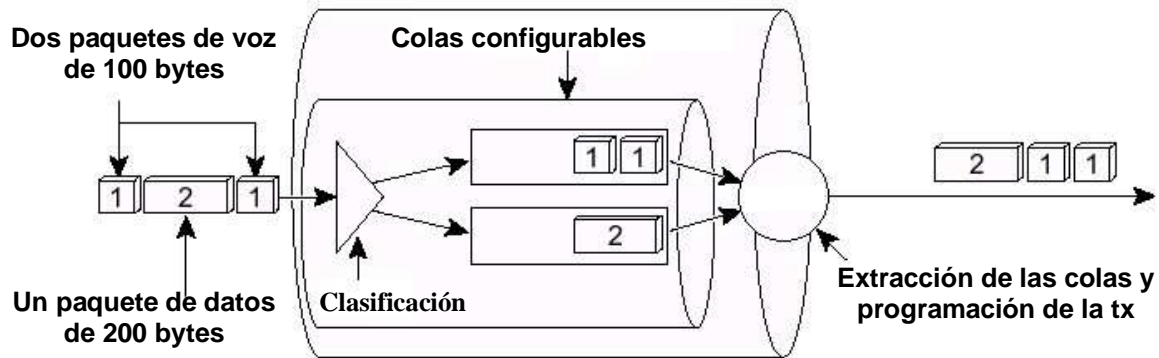


Figura 2.7. Clasificación WFQ.

2) CBWFQ

CBWFQ extiende la funcionalidad del estándar WFQ con el fin de proporcionar soporte para clases de tráfico definidas por el usuario y permite crear una clase específica para tráfico de voz. Además, es posible definir cómo se clasificará el tráfico mediante listas de control de acceso extendido y protocolos o nombres de interfaces de entrada, mas no clasificarlo en flujos. Aquí las clases creadas determinan como se agruparán los paquetes en las colas de espera siendo posible configurar más de 64 clases.

Por otro lado, CBWFQ permite especificar la cantidad exacta de ancho de banda que debe asignarse para una clase de tráfico específica, teniendo en cuenta el ancho de banda disponible en una interfaz. Además, es posible asignar una cantidad mínima de ancho de banda garantizado a una clase en Kbps ó como un porcentaje del enlace, el ancho de banda que no se utilice puede ser compartido con otras clases en proporción a los pesos que tengan asignados.

Una vez se ha definido la clase, se le asignan las características, como son: Fijar el ancho de banda (mínimo), el peso y el límite máximo de paquetes. También es posible configurar una clase por defecto y todo el tráfico que no esté clasificado se trata como si perteneciera a dicha clase, pero si esta clase no está configurada, entonces al tráfico no clasificado se le da un tratamiento de best-effort.

La Figura 2.8 muestra dos colas donde la primera es para tráfico de voz, cada paquete con una precedencia IP de 5 es asignado a la clase de voz adquiriendo un mínimo ancho de banda de 80 Kbps en el enlace de 128 Kbps.

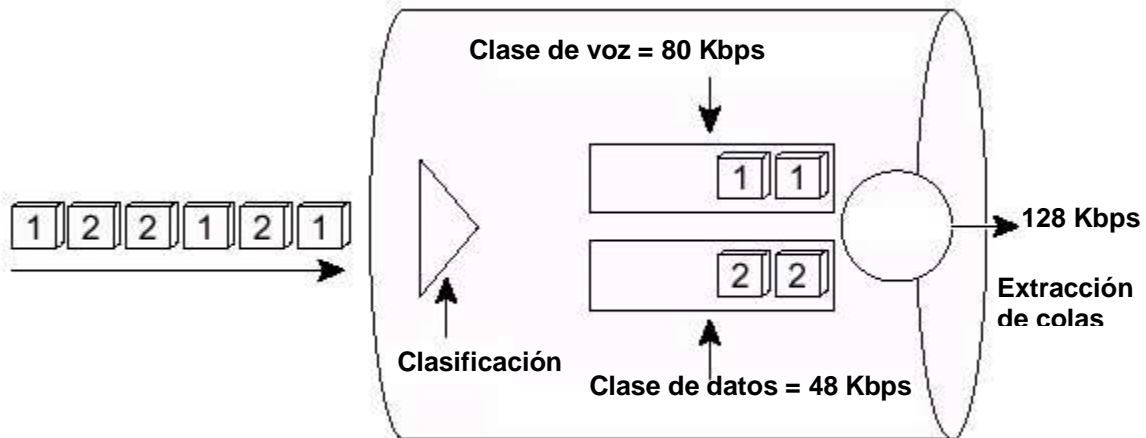


Figura 2.8. Ejemplo de colas para clase CBWFQ

Para CBWFQ, el peso especificado para una clase llega a ser el peso de cada paquete y depende del ancho de banda que se le asigne a la clase en el momento de su configuración, por lo que se puede decir que el peso para una clase es configurado por el usuario. Los paquetes que llegan a la interfaz de salida se clasifican de acuerdo a un criterio de filtros y a cada uno se le asigna el peso apropiado; una vez se le ha asignado el peso a un paquete, éste es puesto en la cola de espera en la cola de la clase apropiada.

3) DWFQ

DWFQ asigna ancho de banda y límites de retardo a determinadas fuentes de tráfico IP por medio de la separación del tráfico ya sea en flujos o clases y atiende a las colas en forma de FIFO (First In -primero en entrar, First Out -primero en salir) de acuerdo a los pesos que se les hayan asignado a dichas colas. Pero como este estándar no provee prioridad estricta que es requerida por el tráfico de voz, DWFQ no es útil para aplicaciones de voz.

D. Clasificación de DWFQ

1) DWFQ basado en flujos

En este tipo de DWFQ los paquetes se clasifican, como su nombre lo indica, por flujos. Los paquetes con la misma dirección IP fuente, dirección IP de destino, fuente TCP o puerto UDP y campos ToS pertenecen a un mismo flujo. Aquí a cada flujo le corresponde una cola de salida separada y cuando un paquete es asignado a un flujo, este es colocado en la cola fijada para ese flujo.

Como se vio anteriormente, durante períodos de congestión WFQ asigna igual ancho de banda a cada cola activa y todos los flujos tienen el mismo peso, mientras tanto, DWFQ basado en flujos usa una equitativa formación de colas y por consiguiente los paquetes no reciben un tratamiento de prioridad basado en la precedencia IP. La Figura 2.8 muestra colas con 6 flujos donde hay una cola por cada uno de estos flujos.

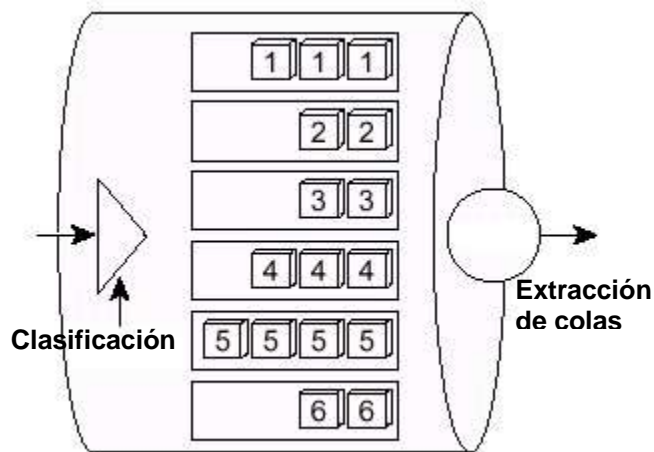


Figura 2.9. DWFQ Basado en flujos

2) DWFQ basado en grupos QoS

Es posible que los paquetes se asignen a diferentes colas de acuerdo a una política de enrutamiento basada en el grupo QoS o la precedencia IP en el campo ToS de la cola. Un grupo QoS es una clasificación interna de paquetes usada por un enrutador para determinar cómo las características de QoS manejan los paquetes.

Para DWFQ basado en grupos QoS, es posible especificar el peso para cada clase y durante períodos de congestión, a cada grupo se le es asignado un porcentaje de ancho de banda de igual valor al peso de la clase. Por ejemplo si a una clase se le fija el valor de 50 entonces a los paquetes de esa clase se les asignará al menos el 50% del ancho de banda durante periodos de congestión y mientras no haya congestión las colas pueden usar cualquier ancho de banda que esté disponible. La siguiente figura muestra dos colas basadas en grupos QoS.

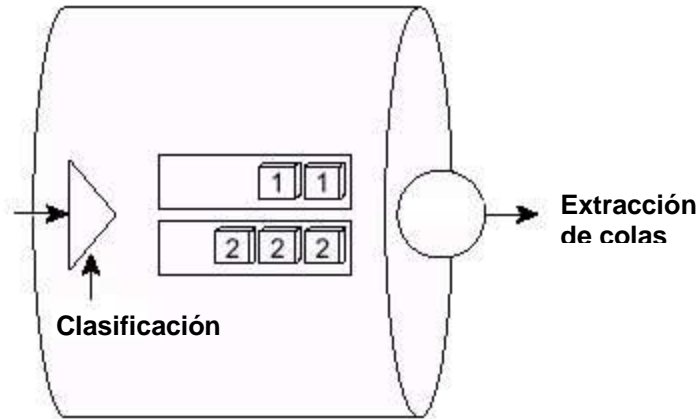


Figura 2.10. DWFQ basado en grupos QoS

3) DWFQ basado en ToS

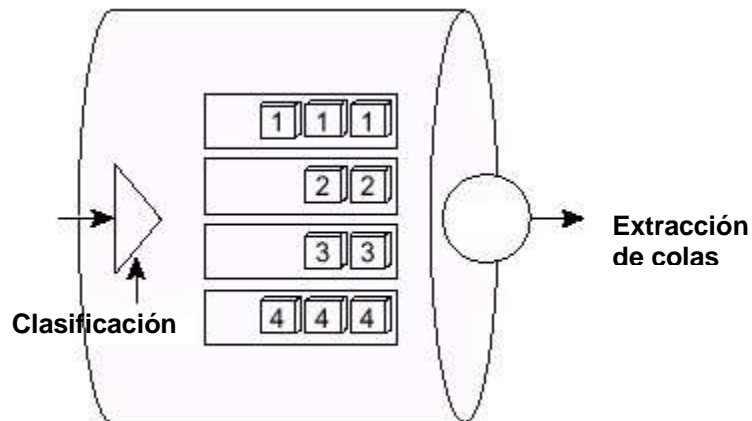


Figura 2.11. DWFQ basado en ToS

En DWFQ basado en ToS los paquetes se clasifican por medio de los dos bits de precedencia IP de bajo orden que son los dos últimos bits. Este estándar soporta 4 colas, como lo muestra la figura 2.11, a las que se les asignan pesos basándose en porcentajes.

2.2.2.1.4. Prioridad IP RTP

Cuando se habilita WFQ se crea una cola de prioridad estricta cuya utilización no está disponible hasta que la característica de Prioridad IP RTP sea configurada y la habilite, por consiguiente solo esta característica habilita la cola de estricta prioridad. Si no se emplea la Prioridad IP RTP, CBWFQ ofrecería realmente WFQ basado en clases sin una cola de prioridad estricta disponible para el manejo de tráfico de tiempo real.

La Figura 2.11 muestra 5 colas configuradas para Prioridad IP RTP donde la cola de prioridad es la cola más alta dedicada para tráfico de voz y todos sus paquetes son transmitido antes de que sean atendidas las otras colas.

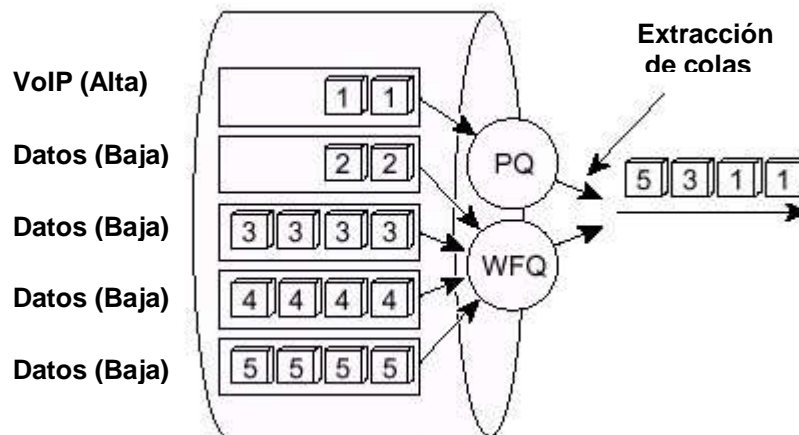


Figura 2.12. Prioridad IP RTP

Como lo muestra la figura anterior, es posible usar la Prioridad IP RTP en conjunto con WFQ o CBWFQ en una misma interfaz de salida y en este caso, al tráfico especificado para la cola de estricta prioridad se le garantiza ser atendido primero que las clases CBWFQ o los flujos WFQ. Las otras colas y clases son atendidas de la siguiente manera:

- Cuando se usa en conjunto con WFQ, los comandos de la Prioridad IP RTP proporcionan prioridad estricta a la voz y se programa WFQ para que se aplique a las colas sobrantes.
- Cuando se usa en conjunto con CBWFQ, los comandos de la Prioridad IP RTP proporcionan prioridad estricta a la voz y CBWFQ puede utilizarse para fijar las clases a los otros tipos de tráfico que necesiten ancho de banda dedicado y necesiten ser tratados mejor que el tratamiento best-effort aunque no sean de estricta prioridad.

En general cuando se usa el comando de Prioridad IP RTP, se especifica un límite estricto de ancho de banda el cual no debe ser excedido, por lo que prohíbe la transmisión de paquetes adicionales una vez este ancho de banda asignado haya sido consumido. En el caso en que la cantidad de ancho de banda configurada sea excedida, se perderán paquetes lo que es muy crítico para tráfico de voz. De hecho la característica de Prioridad IP RTP estipula que la suma de todo el ancho de banda asignado para flujos de voz y datos no debe exceder el 75% del ancho de banda total disponible, mientras que el 25% de ancho de banda restante es utilizado para el overhead y para tráfico best-effort. Además el ancho de banda para la clase por defecto en CBWFQ (si existe) también es tomado de ese 25% restante.

Es importante considerar que las políticas de control de admisión de la Prioridad IP RTP no tienen en cuenta la compresión de los paquetes de voz, así que si por ejemplo, se utiliza Prioridad IP RTP en conjunto con CBWFQ y además se reserva un ancho de banda de 24 Kbps para la cola prioritaria de voz ignorando que los paquetes de voz son comprimidos y el flujo se reduce a 12 Kbps, el control de admisión no dobla el número de paquetes de voz que podría dejar pasar y por consiguiente el ancho de banda que no se utilice se distribuye entre las otras clases CBWFQ. Esto también debe considerarse para Prioridad IP RTP en conjunto con WFQ.

2.2.2.1.5. Aplicación de WFQ, DWFQ y CBWFQ al tráfico de voz

Se puede utilizar Prioridad IP RTP para especificar el tráfico de voz que va a almacenarse en la cola de espera de prioridad estricta y además utilizar las características de Prioridad de colas de espera dentro de CBWFQ para configurar una clase de prioridad estricta y controlar el ancho de banda asignado a dicha clase. Por ejemplo en CBWFQ, se puede entregar alto ancho de banda a una clase y por consiguiente darle muy bajo peso.

WFQ por diseño le da el mismo tratamiento a todas las clases, por lo que resulta problemático para tráfico de voz que requiere un tratamiento prioritario. Sin embargo, WFQ y DWFQ son utilizados para tráfico de voz en enlaces rápidos que no soportan la característica de Prioridad IP RTP.

Otro aspecto a tener en cuenta es, que debido a, que los paquetes de voz son de poco tamaño éstos pueden introducirse entre los paquetes de datos (que son más grandes) que serán enviados al mismo

destino y esto es posible utilizando Fragmentación e Intercalado de Enlaces (LFI) en enlaces de baja velocidad, lo cual se explica a continuación.

2.2.2.2. Fragmentación de paquetes de datos

Para evitar excesivo retardo se deben fragmentar los paquetes de datos de gran tamaño e intercalarlos con los pequeños paquetes de voz. Existen tres métodos para fragmentación de paquetes que pueden usarse en conjunto con VoIP: FRF.12, LFI y Reducción de tamaño MTU (Unidad Mínima de Transmisión), los cuales ofrecen una mejora en la eficiencia de un enlace mediante la segmentación de paquetes de datos por secuencias de paquetes más cortos o tramas llamadas segmentos e intercalando el tráfico de bajo retardo con los paquetes de menor tamaño resultantes. Estos fragmentos son de un tamaño específico de tal manera que un dispositivo receptor pueda reensamblarlos dentro de la trama original. Por otro lado, intercalar estos fragmentos con el tráfico de voz garantiza un retardo predecible para dicho tráfico.

2.2.2.2.1. ¿Qué método de fragmentación debe usarse?

Es mejor utilizar mecanismos de fragmentación que operen en el nivel 2, tales como FRF12 o LFI pero si el uso de estos métodos no es posible, entonces como último recurso se debe considerar emplear la característica de Reducción de Tamaño MTU IP que fragmenta paquetes IP en el nivel 3 y en el caso que se vayan a enviar los paquetes IP sobre enlaces Frame Relay a través de un enlace ATM a un punto final Frame Relay.

FRF.12 trabaja mejor en enlaces donde los puntos extremos son Frame Relay porque esta técnica reensambla fragmentos en el extremo receptor, sin embargo, es deficiente cuando los paquetes son enviados por un enlace Frame Relay pero el extremo receptor es ATM ya que ATM no reensambla paquetes.

En general, antes de utilizar un método de fragmentación es necesario determinar si dicha fragmentación beneficia o no la configuración de la red. La fragmentación no es necesaria en enlaces donde la velocidad supera los 768 Kbps, pero si es preciso usarla se debe especificar el tamaño de los fragmentos y se puede decir que el tamaño óptimo depende del retardo introducido

por la formación de colas de espera. En caso de que la fragmentación sea requerida y no se utilice, la calidad de voz se verá negativamente afectada.

Para varias velocidades de enlace, la Tabla 2.6 muestra el tiempo medido en microsegundos o milisegundos para enviar un cierto número de Bytes. Aquí se puede observar que a medida que la velocidad de enlace aumenta, el tiempo de transmisión disminuye hasta el punto de que la fragmentación ya no es deseable.

La Tabla 2.7 recomienda el tamaño de los fragmentos para varias velocidades de enlace, estos tamaños permiten garantizar que el retardo introducido por los paquetes de voz no sea mayor a 10 ms, que es el valor recomendado por fragmento.

Velocidad de enlace	Número de Bytes y tiempo de transmisión						
	1 Byte	64 Bytes	128 Bytes	256 Bytes	512 Bytes	1024 Bytes	1500 Bytes
56 Kbps	142 us	9 ms	18 ms	36 ms	72 ms	144 ms	214 ms
64 Kbps	125 us	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	128 ms	187 ms
128 Kbps	62.5 us	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	93 ms
256 Kbps	31 us	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	46 ms
512 Kbps	15.5 us	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	23 ms
768 Kbps	10 us	640 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	10.24 ms	15 ms
1536 Kbps	5 us	320 us	640 us	1.28 ms	2.56 ms	5.12 ms	7.5 ms

Tabla 2.6. Cuenta de Bytes y tiempo de transmisión para una velocidad de enlace dada

Velocidad de enlace (ancho de banda)	Tamaño del fragmento
56 Kbps	70 Bytes
64 Kbps	80 Bytes
128 Kbps	160 Bytes
256 Kbps	320 Bytes
512 Kbps	640 Bytes
768 Kbps	1000 Bytes
1536 Kbps	No es necesaria la fragmentación

Tabla 2.7. Tamaño recomendado para los fragmentos

Es posible calcular el tamaño apropiado de un fragmento utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño del fragmento} = 10 \text{ ms} / \text{tiempo por Byte de ancho de banda}$$

2.2.2.2.2. Métodos de fragmentación

Como se mencionó anteriormente, existen 3 métodos de fragmentación que pueden utilizarse en VoIP y a continuación se explicará con más detalle cada uno de ellos.

A. FRF.12

FRF.12 es la implementación del estándar para fragmentación en Frame Relay aprobada por el Frame Relay Forum en 1998. Esta implementación especifica una misma forma para los proveedores segmentar paquetes de datos en fragmentos y ésta garantiza QoS para tráfico de voz. Entre algunas de sus características generales se tiene:

- Garantiza bajo overhead.
- El usuario puede fijar el umbral de fragmentación.
- Es un protocolo transparente.

Y para VoIP en particular tiene las siguientes características:

- Utiliza RTP para reservación de ancho de banda.

- Esta basado en la precedencia IP.
- Utiliza compresión basada en CODECs que pueden ser G.729 o G.711.

Es importante anotar que cuando FRF.12 es utilizado, el método de formación de colas de espera por defecto que debe utilizarse es WFQ y la fragmentación se lleva a cabo una vez los paquetes han sido puestos en la cola de espera mediante WFQ. Pero para realizar la segmentación, los fragmentos de paquetes de voz y datos salen de la cola de espera para ser enviados a dos colas FIFO: una de alta y otra de más baja prioridad. Los paquetes de voz se sitúan en la cola FIFO de alta prioridad utilizada para que dichos paquetes no sean fragmentados, mientras que la otra cola (de más baja prioridad) es empleada para ubicar los otros paquetes tal como lo muestra la siguiente figura:

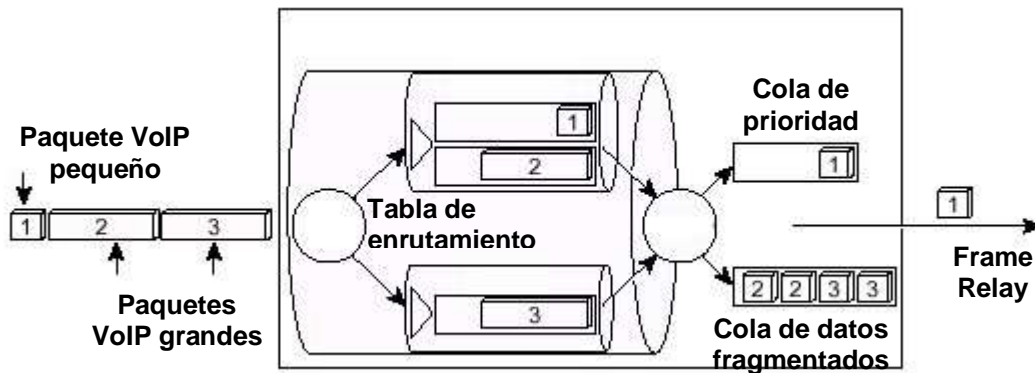


Figura 2.13. Esquema conceptual de FRF.12

B. LFI

LFI provee un método de fraccionamiento, recombinación y secuencia de datagramas a través de múltiples enlaces lógicos. Este mecanismo es usado en enlaces de baja velocidad para segmentar grandes paquetes de datos e intercalar los fragmentos resultantes con los paquetes de voz altamente sensibles al retardo con el fin de proveer atención prioritaria al tráfico de voz.

Los paquetes grandes que son fragmentados se transmiten sobre una línea arrendada, para luego ser reensamblados en el extremo receptor, lo que quiere decir que ellos no viajan por toda la red como fragmentos. Para asegurar una correcta transmisión y reensamble de los paquetes, LFI adiciona cabeceras multi-enlaces a los fragmentos datagrama después de que los paquetes son sacados de las colas de espera y se encuentran listos para ser enviados. A los paquetes pequeños y sensibles al

retardo no se les añade dicha cabecera, pero si son intercalados con los fragmentos grandes datagrama y es aquí donde LFI ofrece una cola de transmisión especial para los paquetes más pequeños y sensibles al retardo, permitiendo que sean enviados antes que los demás, como lo ilustra la figura 2.14:

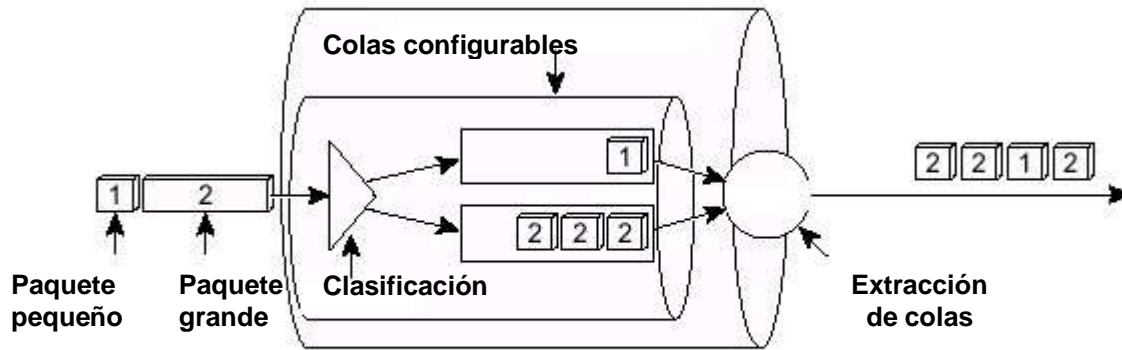


Figura 2.14. LFI

C. Reducción de tamaño MTU IP

La característica de Reducción de tamaño MTU IP permite reducir el tamaño de los paquetes IP de Nivel 3 y usando esta característica es posible fragmentar los paquetes grandes e intercalarlos con paquetes VoIP. Aquí los fragmentos no son reensamblados en el otro lado del enlace, por lo que son enviados como fragmentos hasta que alcancen su destino final.

2.2.3. Métodos para evitar la congestión (WRED)

Las técnicas para evitar la congestión pretenden anticipar y evitar la congestión cuando se presenten embotellamientos en la red.

El mecanismo más utilizado para evitar la congestión es WRED y aunque no es aplicable para tráfico de voz debido a que es un método de caída de paquetes comúnmente usado en ambientes TCP, en muchos casos WRED puede usarse en enlaces que envíen voz pero bajo ciertas condiciones. Específicamente la característica WRED combina las capacidades de Precedencia IP con las del estándar RED (Random Early Detection - Detección Temprana Aleatoria) para proporcionar características de desempeño para las diferentes clases de servicio, permitiendo de esta

manera un manejo preferencial al tráfico de voz bajo condiciones de congestión y es usado especialmente en redes de alta velocidad.

A pesar de que WRED provee buenas capacidades para evitar la congestión diseñadas para maximizar la capacidad de utilización de la red mientras maneja cuidadosamente la eliminación de paquetes, éste método no le ofrece al tráfico de voz la prioridad estricta que requiere. Entre sus principales características se tiene:

- Identifica las explosiones de tráfico temporales que pueden sobrecargar la red.
- Reduce el ancho de banda de manera equitativa para acortar fuentes de tráfico en proporción al ancho de banda a ser utilizado.
- Proporciona flexibilidad para introducción de parámetros con el fin de fijar umbrales mínimos y máximos a las colas y de probabilidad de caída de paquetes.

WRED solo puede proporcionar tratamiento preferencial para tráfico de alta prioridad tal como paquetes de voz durante situaciones de congestión bajo las siguientes condiciones:

- Cuando sirve como una disciplina de formación de colas de espera y usa, e interpreta, la Precedencia IP para dar prioridad al tráfico de voz sobre el de datos, permitiendo la caída solo de los paquetes de datos.
- Cuando existen flujos TCP en un enlace que soporta tráfico de voz, WRED puede utilizarse para los flujos TCP mientras que la prioridad estricta se configura para los flujos de voz si la característica está habilitada.

Sin embargo, existen ciertas limitaciones con respecto al tráfico de voz como son:

- Si WRED es utilizado solo, no proporciona garantías de ancho de banda para voz.
- WRED trabaja mejor en conjunto con protocolos de transporte robustos tales como TCP que reacciona a pérdida y caída de paquetes. VoIP utiliza UDP que no actúa frente a la caída de paquetes y por consiguiente un flujo UDP extremadamente pesado puede sobrecargar una cola WRED trayendo consigo la pérdida de paquetes de voz.

La Figura 2.15 muestra como WRED determina cuales paquetes son puestos en colas de espera y cuáles deja perder o envía durante periodos de congestión afectando el umbral de la cola.

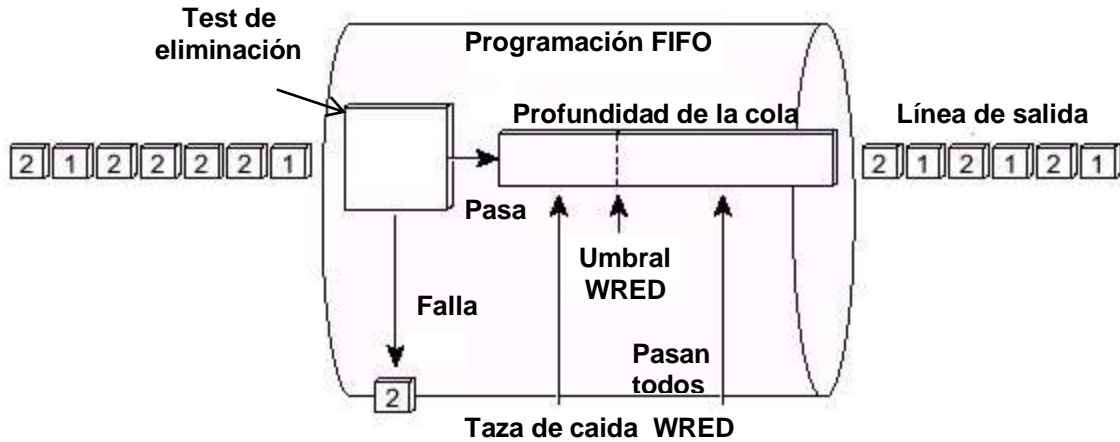


Figura 2.15. WRED

Cuando no se configura WRED, el enrutador autoriza búfers de salida que se llenarán durante los periodos de congestión y por defecto se caen los paquetes que están en el búfer cuando éste se congestiona, mientras que cuando está configurada, WRED anticipa la congestión mediante una cola inteligente que se encarga de llevar a cabo un monitoreo, chequeando el tamaño del búfer y seleccionando los paquetes a eliminar antes de que se presente la situación de congestión, mejorando así la utilización del enlace; Por lo tanto este método permite que el tráfico crítico y de mayor prioridad, como la voz, tenga mayor protección que el tráfico no crítico cuando se presenta la congestión.

Todo el análisis anterior, QoS y tráfico en los componentes de la red VoIP, constituye la base conceptual para el posterior desarrollo del Modelo de Gestión que además necesita de ciertas funcionalidades proporcionadas por el área de gestión de la Calidad de Desempeño de TMN (Red de Gestión de Telecomunicaciones – Telecommunication Management Network) como se presentará en el capítulo 3.

3. FUNCIONES DEL ÁREA FUNCIONAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE DESEMPEÑO DE TMN RELACIONADAS CON QoS Y TRÁFICO.

Las funciones de gestión se refieren a todas las actividades relacionadas para ayudar a satisfacer los requisitos de un determinado conjunto de características, en este caso funciones enfocadas a QoS y tráfico en una red VoIP. Para ello se han tomado las actividades relacionadas con el Área de Gestión de Desempeño de TMN y algunas actividades creadas para complementar las anteriores con el fin de obtener una base funcional que permita el desarrollo del Modelo de Gestión para QoS y tráfico en VoIP.

3.1. GESTIÓN DE LA CALIDAD DE DESEMPEÑO

El Área Funcional de Gestión de la Calidad de Desempeño proporciona funciones destinadas a evaluar el comportamiento de equipos de telecomunicaciones e informar al respecto, así como en relación con la efectividad de la red o del elemento de red. Su objetivo consiste en reunir y analizar datos estadísticos para supervisar y corregir el comportamiento y la efectividad de la red, el elemento de red o del equipo de red y facilitar la planificación, la provisión, el mantenimiento y la medición de la calidad.⁴

TMN recoge datos sobre la Calidad de Servicio de los elementos de red y contribuye a mejorar el QoS. Además puede pedir el envío, desde el elemento de red, de informes de datos de QoS o bien puede enviarse un informe automáticamente con arreglo a un plan en casos de excepción. En cualquier momento, TMN puede modificar el plan y/o los umbrales vigentes y los informes del elemento de red sobre datos de QoS, que pueden consistir en datos en bruto (datos recogidos durante la prestación de los servicios de telecomunicaciones) que luego se analizan, o efectuar el análisis de los datos, por parte del elemento de red, antes de enviar el informe.

⁴ Recomendación M.3400: Funciones de gestión de la red de gestión de Telecomunicaciones

3.1.1. Funciones del Área de Gestión de la Calidad de Desempeño

Según la Recomendación M.3400 de la ITU la Gestión de la Calidad de Desempeño comprende los siguientes grupos de conjuntos de funciones:

- Garantía de la Calidad de Desempeño.
- Supervisión de la Calidad de Desempeño.
- Control de la Gestión de la Calidad de Desempeño.
- Análisis de la Calidad de Desempeño.

Cada uno de estos grupos posee sus propias funciones de las cuales solo se seleccionarán las que están relacionadas con la Calidad de Servicio y tráfico.

3.1.2. Conjunto de funciones relacionadas con QoS

A continuación se analizará cada uno de los conjuntos de funciones del Área Funcional de Gestión de la Calidad de Desempeño con el fin de escoger aquellas que estén directamente relacionadas con QoS.

3.1.2.1. Garantía de la Calidad de Desempeño

La garantía de la Calidad de Desempeño sustenta procesos de decisión que establecen, conforme varían las necesidades del usuario, las medidas de calidad apropiadas al Área de Gestión de la Calidad de Desempeño y comprende los siguientes grupos de funciones relacionados con QoS:

- Conjunto de funciones para el establecimiento de los objetivos de Calidad de Servicio: Este conjunto gestiona las directrices para la evaluación de todas las medidas de Calidad de Servicio por componentes de una red. Para VoIP tales directrices hacen referencia a: Establecimiento de los umbrales de retardo, pérdida de paquetes, el ancho de banda total disponible, clases de servicio (garantizada, controlada y best-effort) y porcentajes asignados al ancho de banda por clase de servicio.

- Conjunto de funciones para el establecimiento de los objetivos de Calidad de Desempeño de la red: Este conjunto gestiona las directrices para la evaluación de la Calidad de Desempeño y disponibilidad de la red a fin de sustentar la garantía y ofertas del servicio. En una red VoIP los criterios a tener en cuenta son: Evaluación de la disponibilidad de los enlaces de interconexión con el fin de garantizar la continuidad del servicio dependiendo de la clase de servicio deseada. Además debe evaluarse la disponibilidad de los equipos (Gatekeeper) con el fin de asegurar que la gestión siempre esté presente.
- Conjunto de funciones de evaluación de la Calidad de Servicio: Este conjunto permite acceder al resumen de evaluación de todas las medidas de Calidad de Desempeño del servicio (por tipo de cliente, por tipo de servicio y por componente de red) que hace posible la comparación entre la calidad medida y los objetivos de calidad. Dentro de este conjunto funcional se establece una función encargada de presentar un informe que reúna información acerca de los parámetros fijados, medidos y su análisis.
- Conjunto de funciones de evaluación de la Calidad de Desempeño de la red: Este conjunto permite tener acceso al resumen de evaluación de la Calidad de Desempeño y la disponibilidad de la red. Dentro de este grupo se establece una función que se encarga de informar al administrador el estado de los equipos relacionados con la gestión (Gatekeeper).

3.1.2.2. Supervisión de la Calidad de Desempeño.

La supervisión de la Calidad de Desempeño implica la recolección continua de datos sobre la Calidad de Desempeño del elemento de red. En caso de condiciones graves de avería, se emplearán métodos de vigilancia de alarmas para su detección, aquí es necesario tener en cuenta que las condiciones de error de escasa frecuencia o intermitentes en unidades múltiples de equipo pueden provocar interacciones, dando como resultado una Calidad de Servicio baja y que quizá no sean detectadas por la vigilancia de alarmas, por lo que la Calidad de Desempeño se establece de manera que se mida la calidad global, utilizando parámetros supervisados a fin de detectar ese tipo de degradación. También puede concebirse de forma que se detecten las tendencias características de la degradación antes de que la calidad de la señal descienda por debajo de un nivel aceptable.

Por otro lado, la función básica de la supervisión de la Calidad de Desempeño consiste en “seguirle la pista” a las actividades del sistema, la red o el servicio para reunir los datos apropiados que permitan determinar dicha Calidad de Desempeño.

Entre los conjuntos de funciones relacionados con QoS se tienen:

- Conjunto de funciones de políticas de supervisión de la Calidad de Desempeño: Este conjunto permite establecer la supervisión de la Calidad de Desempeño, por ejemplo, la supervisión de los valores de los umbrales y los planes de recolección de datos. Dentro de este conjunto se establecen las siguientes funciones: Supervisar umbrales y medir parámetros.
- Conjunto de funciones de correlación y filtrado de eventos de supervisión de la Calidad de Desempeño de la red: Aquí se sustenta la notificación de la causa raíz de las alertas de rebosamiento de umbral y otros eventos. Además permite acceder a la información relacionada con las causas raíz identificadas y produce notificaciones no redundantes de caminos que causan señales permanentes de alerta de rebosamiento de umbral. Dentro de este grupo se establece la función de envío de notificación de rebosamiento de umbrales.
- Conjunto de funciones de acumulación de datos de supervisión de la Calidad de Desempeño: Este conjunto de funciones incluye la notificación de los datos de supervisión de la Calidad de Desempeño procesados y sin procesar. Dentro de este grupo se establece la función de ejecutar plan de supervisión por medio de las siguientes actividades: *Petición del plan de supervisión*, a través de la cual se extrae el plan de donde está almacenado, e *Iniciación del plan de supervisión*, donde el administrador indica que se da inicio a la supervisión.
- Conjunto de funciones de detección, cómputo, almacenamiento e información: Estas funciones sustentan la notificación de los resultados de detección, almacenamiento e información de las primitivas de Calidad de Desempeño. Gracias al almacenamiento los registros de la Calidad de Desempeño de un elemento de red se pueden leer a petición sin necesidad de tener que volver a iniciar el cómputo. Por otro lado, la función de informe permite que el elemento de red comunique cualquier parámetro de Calidad de Desempeño a petición e informe periódicamente de acuerdo a un plan. Dentro de este conjunto se establecen las siguientes funciones: Función de

almacenamiento encargada de guardar los umbrales fijados, parámetros medidos, la clase de servicio seleccionada, el ancho de banda disponible y el ancho de banda asignado a cada clase de servicio y la Función de análisis encargada de comparar umbrales fijados con parámetros medidos con el fin de tomar decisiones para garantizar el cumplimiento de los objetivos de Calidad de Servicio establecidos inicialmente.

3.1.2.3. Control de la gestión de la Calidad de Desempeño

El Control de la gestión de la Calidad de Desempeño sustenta la transferencia de información para controlar el Desempeño de la red en el Área de Gestión de la Calidad de Desempeño. Sus funciones relacionadas con QoS son: El conjunto de funciones de administración de la Calidad de Desempeño que permite la gestión de planes, umbrales y demás atributos de la supervisión de la Calidad de Desempeño. Dentro de este grupo se establecen las siguientes funciones: *Crear plan de supervisión*, donde el administrador define el plan a seguir para supervisar cada parámetro, *Modificar plan de supervisión*, donde el administrador modifica la duración o la periodicidad del plan de supervisión, *Eliminar plan de supervisión*, donde el administrador borra un plan establecido y la función de controlar la garantía de la clase de servicio encargada de tomar decisiones acerca del manejo de retardo.

3.1.2.4. Análisis de la Calidad de Desempeño

Los datos de Calidad de Desempeño podrían requerir un tratamiento y análisis adicional para evaluar el nivel de calidad de una entidad. Entre sus funciones relacionadas con QoS se tienen: El conjunto de funciones de política de umbrales de excepción que gestiona las condiciones de adopción de medidas correctivas en situaciones excepcionales referente a mediciones de calidad de Desempeño aceptable y designación del tipo de medida que se ha de tomar. En este conjunto se establece la función de Controlar usuarios por clase de servicio, en el caso de que muchos usuarios quieran acceder a la red al mismo tiempo, para realizar gestión del ancho de banda con el fin de darle prioridad a la clase de servicio garantizada.

3.1.3. Conjunto de funciones relacionadas con el tráfico

Las funciones del Área Funcional de Gestión de la Calidad de Desempeño relacionadas directamente con el tráfico (también por grupos) son:

3.1.3.1. Supervisión de la Calidad de Desempeño

Dentro de este grupo, las funciones relacionadas con el tráfico son: El conjunto de funciones sobre la situación del tráfico que proporciona la información sobre la situación del tráfico en un momento dado en la red y sus principales componentes. Dentro de este conjunto se tienen las funciones de: *Reportar situación de congestión*, la cual informa que el ancho de banda asignado a cada clase de servicio está a punto de ser sobrepasado, y *Solicitar reasignación de ancho de banda* por medio de la cual se reasigna ancho de banda a una clase de servicio específica.

3.1.3.2. Control de la gestión de Calidad de Desempeño

Dentro de este grupo también se encuentran conjuntos de funciones relacionadas con el tráfico y específicamente con la gestión del mismo como son aquellas que tienen que ver con la aplicación de controles de tráfico que impliquen el encaminamiento y el procesamiento de las llamadas. Entre estas se tienen:

- Conjunto de funciones de política de gestión de tráfico de la red: Este conjunto gestiona dominios de control sobre diferentes partes de la red y establece planes para las condiciones de congestión previstas. Dentro de este grupo se establece la función de controlar ancho de banda por clase de servicio por medio de la cual se busca dar solución a las situaciones de congestión que se presenten en la red, reasignando ancho de banda y limitando la entrada de usuarios.
- Conjunto de funciones de control de tráfico: Este conjunto crea y modifica configuraciones de encaminamiento a fin de disminuir la congestión de la red debido a cargas altas de tráfico por motivo de una distribución poco habitual de la carga o por una o más averías no protegidas. Además sustenta la gestión de tráfico de la red, entre algunas de sus funciones están: *Aplicación / modificación / eliminación de encaminamiento automático*, por medio de la cual se busca el mejor camino para optimizar el envío de los datos.

- Conjunto de funciones de ejecución de control de tráfico: Este conjunto sustenta instrucciones para cambiar el control de tráfico y permite acceder a datos sobre la situación y la ejecución de los controles. Dentro de este grupo se encuentra la función de secuencia que proporciona un orden lógico a las acciones a seguir frente a los diferentes eventos que ocurren durante una comunicación.

3.1.3.3. Análisis de la Calidad de Desempeño

Dentro de este grupo, las funciones relacionadas con tráfico son:

- Conjunto de funciones de análisis de tráfico en condiciones excepcionales: Este conjunto de funciones permite la comunicación de datos de tráfico analizado procedentes de una red o parte de la misma con el fin de detectar las condiciones excepcionales ocasionadas por una demanda inusual o una disminución en la capacidad, e informar al respecto. El análisis en estos casos consiste en el estudio de los patrones de tráfico para detectar condiciones de bloqueo que rebosen umbrales, a partir de esto se elaboran informes de dichas condiciones de bloqueo y estos informes dan datos de soporte suficientes como para poner de manifiesto el grado de congestión y permitir la adopción de medidas correctivas. Dentro de este conjunto se define la siguiente función: Función para evitar la congestión que se encarga de seleccionar los paquetes a perder en caso de que se presente la congestión
- Conjunto de funciones de análisis de la capacidad de tráfico: Este conjunto sustenta la elaboración de informes para estimar el nivel de tráfico ofrecido al que se puede dar curso con los recursos existentes, con el nivel deseado de QoS. Dentro de este grupo se establece la función de Calcular el porcentaje de ancho de banda correspondiente a cada clase de servicio.

3.2 FUNCIONES CREADAS

A continuación se presentan funciones nuevas que están relacionadas con QoS y tráfico y aplicadas a VoIP, con el fin de obtener un soporte que permita la gestión de dichos parámetros en las redes que transportan tráfico de voz.

3.2.1. Funciones relacionadas con QoS en una red de VoIP

Como se vio en el capítulo 2, la Calidad de Servicio en VoIP se ve afectada principalmente por el retardo, el Jitter y la pérdida de paquetes; por lo que se hace necesario definir funciones que permitan el tratamiento de dichos parámetros, sin olvidar otros que también son decisivos cuando de QoS se habla como son la clase de servicio a prestarse, la prioridad del servicio o aplicación entre otros. Dichas funciones se muestran a continuación:

3.2.1.1. Funciones de determinación de requerimientos de QoS

Este conjunto de funciones permite definir los requisitos que deben reunir los puntos extremos y Gatekeepers para soportar los mecanismos de QoS, por lo tanto este grupo consta de las siguientes funciones:

- Conjunto de funciones de requerimientos de los puntos extremos: Los puntos extremos deben estar en la capacidad de determinar las Clases de servicio QoS (Clase de servicio best-effort, Clase de servicio diferenciado y Clase de servicio garantizado) que pueden soportar y mostrar su desempeño actual de QoS y características a la Gatekeeper.
- Conjunto de funciones de requerimientos de la Gatekeeper: Una Gatekeeper debe estar en la capacidad de registrar el perfil de QoS de los usuarios con el proveedor de servicio, debe soportar capacidades para determinar si es posible que se den los mecanismos de QoS en un punto extremo. En caso de que las características de QoS de un punto extremo estén dentro de los perfiles registrados, la Gatekeeper debe conceder la autorización para el establecimiento de una llamada.

3.2.1.2. Función de determinación de la prioridad de servicio

A través de esta función se le da preferencia a la clase de servicio garantizada, catalogada de alta prioridad por sus características de tiempo real y sus restricciones de retardo, sobre la clase de servicio controlada y la best-effort. A su vez la Controlada tiene prelación sobre la best-effort y datos.

3.2.2. Funciones relacionadas con tráfico en una red VoIP

Las siguientes funciones permiten especificar las estadísticas de tráfico para llevar a cabo la gestión de recursos y para propósitos de control de admisión, que garantizará un desempeño óptimo de la red bajo todas las condiciones incluyendo cambios de carga y fallas.

3.2.2.1. Funciones de manejo de la congestión

Este conjunto de funciones permite, en situaciones de congestión, realizar su gestión y brindar mecanismos para evitarla. Estas funciones permitirán el control de la congestión cuando esta ocurra, la utilización colas de espera y el manejo de mecanismos que permitan la fragmentación e intercalado de paquetes.

3.2.2.2. Función de especificación del Ancho de banda

Esta función permite llevar a cabo el cálculo de requerimientos de ancho de banda de una llamada para su posterior asignación.

3.2.2.3. Funciones de reservación de recursos

En una red VoIP los recursos deben ser explícitamente gestionados a fin de satisfacer los requerimientos de las aplicaciones y aquí la *reserva de recursos* y *el control de admisión* son los elementos claves del servicio y, más aún, el éxito de dicha reserva reside en que los enrutadores se encuentren disponibles para ello. Por otro lado, para su implantación se requiere de algunas funciones como sigue:

- Función de solicitud de reserva: Esta función lleva el requerimiento de reserva de recursos a través de la red.
- Función de confirmación de reserva: A través de esta función se le indica al receptor que ha sido aceptado el requerimiento de reserva.

- Conjunto de funciones de control de tráfico: Estas funciones permiten determinar si existen los suficientes recursos disponibles para suministrar la calidad de servicio requerida, confirmar o rechazar el acceso para establecer la comunicación y ordenar la transmisión de los diferentes flujos.
- Conjunto de funciones de actualización de trayectoria: Este grupo de funciones permiten reestablecer la trayectoria en caso de fallas u optimización de la misma.
- Función de borrado: A través de esta función se pueden liberar recursos reservados y eliminar trayectorias.
- Conjunto de funciones de notificación de error: Estas funciones permiten reportar errores ocurridos en el momento de establecer la trayectoria y errores ocasionados durante la reserva misma.

Las funciones creadas complementan aquellas definidas por el área de Gestión de la Calidad de Desempeño enfocándose en aspectos específicos de VoIP. Después de realizar el proceso de selección y creación de las funciones que constituyen el Modelo de Gestión, se debe dar inicio al desarrollo del mismo tal como se describe en el capítulo 4.

4. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN DE QoS Y TRÁFICO PARA REDES DE VoIP

Después de tratar los conceptos básicos en una red VoIP, conocer los principales problemas que afectan la calidad de servicio en este tipo de red (el retardo, pérdida de paquetes y ancho de banda) y realizar un análisis de las funciones del Área de Desempeño de TMN relacionadas directamente con QoS y tráfico surge la necesidad de crear algunas funcionalidades que no se encontraban definidas en TMN y que eran de vital importancia; en el presente capítulo se plantea el desarrollo de un Modelo de Gestión de QoS y tráfico para redes VoIP, utilizando como lenguaje de modelado UML (Unified Modeling Language - Lenguaje de Modelado Unificado) debido a que es el lenguaje más completo y utilizado para el modelamiento de cualquier tipo de sistema sea ó no informático. Como metodología de desarrollo se utiliza Objectory, ideada para UML, desarrollada por la misma empresa que lo hizo posible: Rational Software Corporation, y se consideran aspectos del modelo para la creación de servicios multimedia; además, ha sido muy utilizada en la Facultad de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones (FIET) dando buenos resultados. Esta metodología está constituida por varias fases que son: Captura de requerimientos, análisis, diseño, implementación y pruebas, pero para el desarrollo del Modelo de Gestión solo son de interés las etapas de captura de requerimientos, análisis y diseño. Con el fin de validar el Modelo se analizaron todas las posibles situaciones que se pueden presentar en la red VoIP y quedaron establecidas en la parte de diseño.

En la captura de requerimientos se da una visión una visión global del Modelo de Gestión y se identifica los actores y casos de uso; en el análisis se definen las clases junto con sus atributos, operaciones y la interacción entre ellos; la etapa de diseño consta de los diagramas de secuencia que describen las funcionalidades que realiza el Modelo de Gestión.

4.1 CAPTURA DE REQUERIMIENTOS

La meta del proceso captura de requerimientos es describir lo que el sistema debería hacer de acuerdo a la descripción dada por los clientes y los mismos desarrolladores. La actividad fundamental de ésta es obtener el modelo de casos de uso, el cual es esencial tanto para el cliente, quien necesita confirmar que el sistema llegue a ser lo que él esperaba, como para los

desarrolladores, quienes necesitan obtener una mejor comprensión de los requerimientos del sistema.

Para el Modelo de Gestión el ambiente de desarrollo es una comunicación VoIP, donde dos o más puntos extremos quieren conectarse, el punto extremo llamante debe indicar el destino al que desea llamar y para esto la Gatekeeper analiza dicha petición y decide si tiene o no autorización para hacer la llamada; en caso afirmativo la Gatekeeper le indica a la Gateway origen que se comunique con la Gateway más cercana al punto extremo de destino, ésta debe comunicarse con su Gatekeeper para verificar si el punto extremo de destino tiene autorización, si es así se establece la comunicación entre los puntos extremos involucrados. Si la autorización es negativa para cualquiera de los puntos extremos no es posible establecerse la comunicación. Es importante resaltar que para el caso de una comunicación de PC a PC la Gateway es transparente.

Dentro del proceso anterior deben existir funcionalidades que le permitan al usuario obtener un servicio de acuerdo a sus necesidades, por lo tanto es necesario desarrollar un Modelo de Gestión de QoS y tráfico para VoIP para garantizar que el servicio entregado cumpla con los objetivos del servicio deseado.

El Modelo de Gestión de QoS y tráfico para VoIP debe ofrecer al usuario tres Clases de servicio: Best-effort, controlada y garantizada. La Clase best-effort se caracteriza por ofrecer un servicio para un perfil de usuario común y brinda un tratamiento equitativo tanto a la voz como a los datos. La Clase de servicio garantizada asegura al usuario un servicio de alta calidad y en el momento que lo solicite; para manejar la alta calidad exige que el nivel de retardo extremo a extremo se encuentre dentro del valor máximo permitido (150 ms) y que el porcentaje de pérdida de paquetes sea mínimo (inferior al 5 %). Además, esta Clase de servicio debe tener siempre ancho de banda disponible cuando un usuario desee efectuar una comunicación. Por otro lado, la Clase de servicio controlada es una clase intermedia entre las dos anteriores, en la cual el retardo es menos crítico (hasta 250 ms) y no se garantiza disponibilidad total del servicio.

Por otra parte la Clase de servicio garantizada tiene mayor prioridad sobre la controlada y la best-effort, a su vez la controlada tiene prioridad sobre la best-effort. Para establecer la prioridad entre Clases de servicio, se utiliza el campo ToS (Tipo de Servicio) de la cabecera IP para que el paquete pueda ser reconocido en cualquier parte de la red. En cuestión económica, los costos varían de

acuerdo a los requerimientos de cada clase de servicio, siendo mayores para la Clase de servicio garantizada y muy bajos para la best-effort.

Por otro lado, el Modelo de Gestión debe manejar apropiadamente las situaciones de congestión, tratar de evitarla y garantizar los recursos que el servicio necesite. También debe ofrecer funciones para recoger, analizar y controlar los parámetros directamente relacionados con VoIP como son: el retardo, la pérdida de paquetes y el ancho de banda.

Desde el punto de vista de TMN, el Modelo de Gestión está basado en el área funcional de Desempeño debido a su relación directa con los conceptos de QoS y tráfico, los cuales son abordados en forma general por la recomendación M.3400. Sin embargo es necesario la creación de otras actividades⁵ que vayan dirigidas a aspectos más específicos.

Es muy importante ubicar el Modelo de Gestión en un entorno físico, puede ser en la Gatekeeper dentro de sus políticas y servicios opcionales, debido a que éstas soportan las funciones de autorización/acceso de usuarios, gestión del ancho de banda entre otras; por lo tanto es la zona ideal para situar la gestión. Además, se tiene la ventaja de que no es necesario agregar un equipo más a la red, sino que se optimizan las funciones de la Gatekeeper que es prácticamente el corazón de la red VoIP.

La figura 4.1 muestra una Intranet corporativa que se encuentra compuesta por varias LANs ubicadas en diferentes ciudades e interconectadas a través de una WAN que brindará el servicio de VoIP entre los equipos terminales conectados a la Intranet, es decir comunicación de Pc a Pc. El usuario Administrador tiene acceso a la implementación del Modelo de Gestión a través de un terminal conectado a la Gatekeeper el cual es el dispositivo donde se concentrara la gestión.

La medición de los parámetros que afectan la QoS y el trafico en una red VoIP (el retardo, la perdida de paquetes y ancho de banda) se explica a continuación:

Los umbrales de retardo para cada Clase de servicio (para Garantizada 150 ms máximo, Controlada 250 ms máximo, Best-effort 250 en adelante) son configurados por el usuario

⁵ Ver Funciones creadas, pagina 63.

administrador a través de la Gatekeeper, la medición del retardo se efectúa en el equipo terminal, a través de un algoritmo heurístico⁶ que automáticamente correlaciona los datos capturados en ambos extremos; resultando más conveniente medir el retardo round-trip (de equipo terminal llamante a equipo terminal llamado y de regreso) y asumir que éste es el doble del retardo one-way (de equipo terminal llamante a equipo terminal llamado).

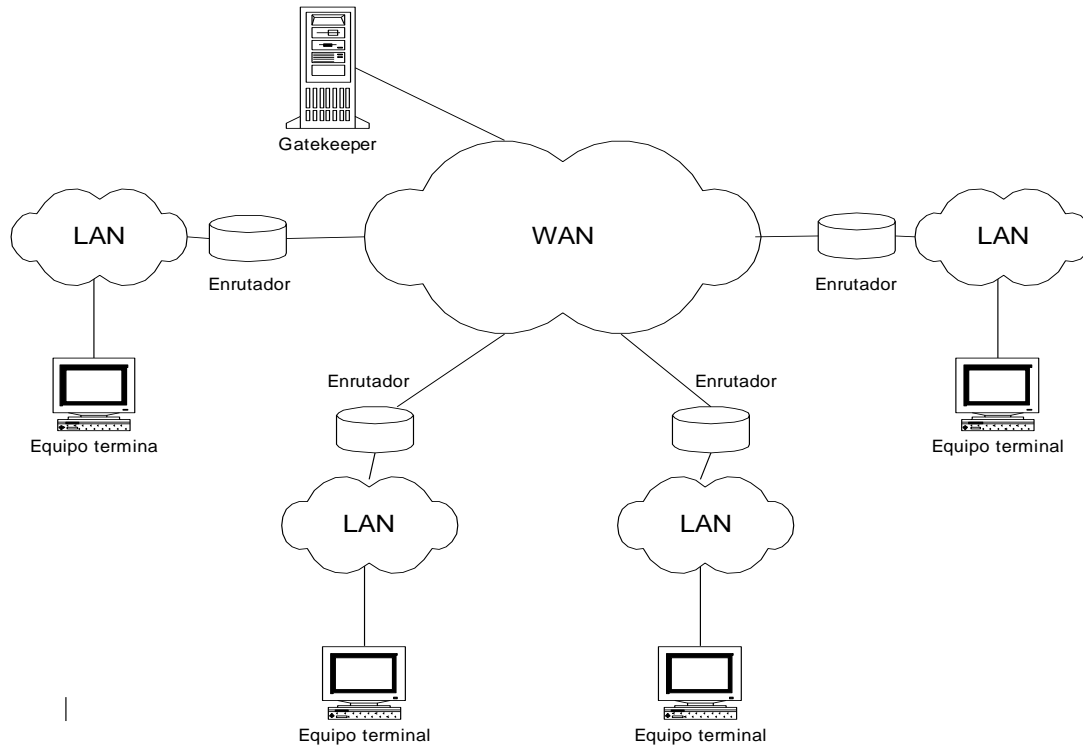


Figura 4.1. Visión del Modelo de Gestión

El porcentaje umbral de pérdida de paquetes (5% ó menos) es configurado por el usuario administrador a través de la Gatekeeper; la medición de la pérdida de paquetes se realiza sobre el enrutador, utilizando un algoritmo heurístico⁷ que automáticamente correlaciona los datos capturados en ambos extremos del enrutador, hace un análisis de los paquetes perdidos, captura el numero de secuencia del paquete y calcula el porcentaje de pérdida de paquetes con respecto al numero de paquetes analizados.

⁶ Para mas detalles ver Anexo B: Herramientas de medición para calidad de servicio en VoIP. Página B-3.

⁷ Ver Anexo B. Página B-5.

El ancho de banda es configurado por el usuario administrador a través de la Gatekeeper, este valor depende del ancho de banda total que haya disponible para la red, asignando un porcentaje de ese ancho de banda específicamente para VoIP. La medida el ancho de banda se realiza sobre el enrutador a través de una herramienta⁸ software que se basa en el análisis del algoritmo de codificación utilizado (G.723.1 a 5.3 ó 6.4 Kbps , G729 a 8 Kbps, entre otros).

4.1.1. Definición de los requerimientos

El Modelo de Gestión garantiza, supervisa, controla y analiza el funcionamiento de la red VoIP desarrollando las siguientes funciones:

- Autorizar usuarios: El Modelo de Gestión debe estar en la capacidad de permitir o negar la entrada de usuarios que quieran entablar una comunicación de VoIP.
- Establecer los umbrales de los parámetros de QoS: El Administrador debe fijar los umbrales de parámetros tales como retardo, pérdida de paquetes y ancho de banda para cada clase de servicio con el fin de controlarlos.
- Recopilar de acuerdo a planes los valores de los parámetros de QoS: El Modelo de Gestión ejecuta la medición del retardo, pérdida de paquetes y ancho de banda de acuerdo a planes de supervisión preestablecidos (por defecto) ó configurados por el administrador. Estos planes
- especifican el parámetro a medir, la duración de la medición y la periodicidad con el fin de monitorear la red para verificar su correcto desempeño de acuerdo a la clase de servicio.
- Analizar los valores obtenidos: El Modelo de Gestión debe hacer un análisis de los valores de los parámetros medidos en la red y los configurados por el Administrador con el fin de tomar las acciones necesarias para garantizar la clase de servicio deseada.
- Controlar los parámetros de QoS: El Modelo de Gestión debe estar en la capacidad de controlar el retardo cuando éste exceda el umbral fijado de acuerdo a la clase de servicio, manejar adecuadamente la pérdida de paquetes cuando se presente y garantizar que el ancho de banda esté disponible para una comunicación conforme a los requerimientos de la clase de servicio.

⁸ Ver Anexo B. Página B-3.

- Detectar situaciones excepcionales: El Modelo de Gestión debe reconocer situaciones inusuales tales como saturación del ancho de banda total o saturación del ancho de banda de una clase de servicio, con el fin de adoptar medidas correctivas.
- Evaluar la disponibilidad del elemento de gestión de la red VoIP: El Modelo de Gestión debe estar en la capacidad de garantizar que haya permanentemente gestión mediante la utilización de una Gatekeeper redundante.
- Adoptar medidas para evitar la congestión: El Modelo de Gestión debe anticipar y tratar de evitar la congestión, cuando se presenten embotellamientos en la red, a través de la selección de los paquetes que pueden perderse sin deteriorar la comunicación.
- Adoptar medidas en situaciones de congestión: El Modelo de Gestión debe estar en la capacidad de tomar acciones que faciliten el manejo de las situaciones de congestión, mediante el control de ancho de banda por clase de servicio.
- Establecer la prioridad para las diferentes clases de servicio: El Modelo de Gestión debe dar prioridad a la clase de servicio garantizada sobre la controlada y ésta a su vez sobre la best-effort.

4.1.2. Parámetros gestionados de la red VoIP

El Modelo de Gestión manejará los siguientes parámetros de QoS y tráfico de la red VoIP:

- Retardo para cada Clase de servicio .
- Pérdida de paquetes.
- Ancho de banda: Ancho de banda utilizado por el tráfico de Clase de servicio best-effort, Controlada y garantizada.
- Ingreso de usuarios, dando prioridad por Clase de servicio .
- Congestión, para ejecutar mecanismos que garanticen las características de la Clase de servicio seleccionada .

4.1.3. Usuarios del sistema

El administrador de la red VoIP tendrá acceso a algunas funciones, como configuración de parámetros, del Modelo de Gestión a desarrollar ya que algunas de estas funciones son automáticas como es el caso de la comparación entre umbrales fijados y medidos.

4.1.4. Ubicación del área de Desempeño de TMN dentro del Modelo de Gestión

A continuación se muestran las funcionalidades del área de Desempeño de TMN utilizadas en el Modelo de Gestión.

Garantía de la calidad de Funcionamiento

Dentro del Modelo de Gestión, estas funciones⁹ se encargarán de establecer los umbrales de los parámetros a gestionar, brindar las pautas para la evaluación de los datos de los parámetros tanto fijados como medidos y de garantizar que la prestación del servicio se lleve a cabo aunque se presenten inconvenientes en la red.

Supervisión de la Calidad de Funcionamiento

Estas funciones¹⁰ se encargan de la recolección de datos y monitoreo de los diferentes parámetros asociados tales como datos de: Retardo, Pérdida de paquetes y ancho de banda. Además debe realizar el almacenamiento de los resultados obtenidos que después de un tiempo especificado deben trasladarse a unidades de respaldo como cintas magnéticas, zip, etc.

Control de la calidad de Funcionamiento

A través de estas funciones¹¹, se garantiza la clase de servicio deseada, se lleva a cabo la reservación de recursos y los planes de recolección de datos y se ejecutan las medidas correctivas para garantizar el funcionamiento del servicio.

Análisis de la calidad de Funcionamiento

Estas funciones¹² son las encargadas de llevar a cabo soluciones en caso de congestión u otras situaciones excepcionales.

⁹ Ver página 58, Numeral 3.1.2.1 .

¹⁰ Ver páginas 59 y 62. Números 3.1.2.2 y 3.1.3.1.

¹¹ Ver páginas 61 y 62. Números 3.1.2.3 y 3.1.3.2 .

4.1.5. Identificación de actores y casos de uso

Inicialmente, con el fin de describir el diagrama de casos de uso, es necesario identificar los actores del sistema. Un actor es algo o alguien que representa a cualquier elemento que pueda interactuar con el sistema que se está desarrollando. Después de identificar los actores se deben describir los casos de uso del sistema, los cuales se modelan utilizando UML, la herramienta *Rational Rose 98 Evaluation Edition* y están basados en la definición de requerimientos.

4.1.5.1. Identificación de actores

Los actores del sistema son:

Actor 1: Administrador

Actor que tiene acceso a funciones comprendidas en el Modelo de Gestión.

Actor 2: Equipo terminal

Punto extremo que solicita o recibe la comunicación hacia o desde un destino determinado.

Actor 3: Gatekeeper

Equipo de red que gestiona aspectos de la comunicación tales como: Autorización de usuarios, facturación, ancho de banda, servicios de directorio entre otros.

4.1.5.2. Definición de los Casos de Uso

Los casos de usos son las funcionalidades que debe proveer el Modelo de Gestión y entre estos se tienen:

¹² Ver páginas 61 y 63. Numerales 3.1.2.4 y 3.1.3.3 .

- Autorizar ingreso.
- Configurar parámetros, clases de servicio y ancho de banda.
- Registrar equipo terminal y clase de servicio.
- Establecer planes.
- Supervisar parámetros.
- Analizar parámetros.
- Analizar clase de servicio seleccionada.
- Supervisar el ancho banda.
- Analizar el ancho de banda.
- Controlar la garantía de la clase de servicio.
- Controlar usuarios por clase de servicio.
- Prioritizar clase de servicio.
- Ver informe de resultados obtenidos.
- Manejo de la pérdida de paquetes.

4.1.5.3. Descripción del modelo de casos de Uso

Caso de uso 1: Autorización de ingreso.

Proceso ejecutado por la Gatekeeper a través del cual controla y limita el número de terminales permitidos para utilizar simultáneamente la red VoIP y esta función es iniciada por el equipo terminal.

Si el equipo terminal está registrado en la Gatekeeper, es necesario verificar si existen los recursos disponibles para permitir realizar la comunicación; en caso de que si existan autoriza el ingreso, de lo contrario no lo permite. Si el equipo terminal no está registrado en la Gatekeeper, es negada su petición de ingreso.

Caso de uso 2: Configurar parámetros, clase de servicio y ancho de banda.

Esta función es llevada a cabo por el Administrador y desarrolla el proceso de configurar parámetros y ancho de banda, es decir:

Configuración de los umbrales del retardo extremo a extremo (150ms,250, mas de 250ms de acuerdo a la clase de servicio) en una comunicación VoIP.

- Configuración del porcentaje admitido de pérdida de paquetes (5%).
- Configuración del ancho de banda total (Depende del ancho de banda que el administrador pueda asignar al servicio VoIP, puede ser 1 Mbps).
- Asignación de porcentajes de ancho de banda de acuerdo a la clase de servicio. Esto lo hace el administrador dependiendo de las necesidades de la red, sin embargo se recomienda una asignación de la siguiente manera: El 50% del ancho de banda total a la clase de servicio garantizada, el 20% a la clase de servicio controlada y el 30% restante a la clase best-effort. Esta sugerencia es debido a la alta calidad y disponibilidad que se le debe dar a la clase de servicio garantizada.

Las clases de servicio ya están preestablecidas por el Modelo de Gestión y son: Clase de servicio garantizada, clase de servicio controlada y best-effort.

Caso de uso 3: Registrar equipo terminal y clase de servicio.

Esta función se encarga de registrar en la Gatekeeper el equipo terminal junto con la clase de servicio que desee ó le sea asignada. Además, esta función verifica el número máximo de terminales que puede registrar y es ejecutada por el Administrador.

Caso de uso 4: Establecer planes.

En este proceso se establece la forma como se va a realizar la supervisión mediante la definición por parte del Administrador de los parámetros a monitorear, duración y periodicidad de la supervisión. Si el Administrador no establece ningún plan, entran en funcionamiento planes preestablecidos en el Modelo de Gestión los cuales se describen como sigue: Para el plan de retardo y ancho de banda, la medida se debe hacer mientras haya comunicación. Para el plan de pérdida de paquetes, la medida debe ejecutarse durante 1 minuto tomando muestras cada 500 ms y luego se repite el proceso después de 30 minutos debido a que el Modelo de Gestión tiene un fuerte control sobre la congestión permitiendo que la ocurrencia de una pérdida sea muy baja.

Caso de uso 5: Supervisar parámetros.

Esta función se encarga de tomar las medidas del retardo extremo a extremo durante el período de supervisión y este proceso se ejecuta automáticamente de acuerdo a los planes de supervisión, pero debe ser iniciada por primera vez por el Administrador.

Caso de uso 6: Analizar parámetros.

Este proceso es activado por el caso de uso “Supervisar Parámetros” y se encarga de comparar el valor del retardo medido en la red con el umbral configurado por el Administrador, determinando cuál está en condición normal y cuál está fuera del umbral.

Caso de uso 7: Analizar clase de servicio seleccionada.

Esta función se encarga de verificar si la clase de servicio escogida por un terminal cumple con los umbrales de los parámetros establecidos para dicha clase. Por ejemplo, en el caso de que un terminal elija servicio garantizado ésta función analiza si los parámetros medidos (retardo y pérdida de paquetes) se encuentran dentro de los valores permitidos. Para esto, este caso de uso necesita los resultados del caso de uso “Analizar parámetros” para iniciar su función.

Caso de uso 8: Supervisar el ancho de banda.

Esta función se encarga de medir el ancho de banda utilizado por los usuarios que están manteniendo una comunicación, donde cada usuario debe estar asociado a una Clase de Servicio específica (Garantizada, Controlada ó Best-effort). Esta función es iniciada por la Gatekeeper cuando autoriza la primera comunicación.

Caso de uso 9: Analizar el ancho de banda.

Este proceso verifica si cada clase de servicio está dentro de los límites del ancho de banda estipulado, comparando el ancho de banda medido por el caso de uso anterior con el ancho de banda establecido para cada clase en la etapa de configuración y es activado por el caso de uso “Supervisar el ancho de banda”.

Caso de uso 10: Controlar la garantía de la clase de servicio.

Esta función toma los resultados obtenidos en los casos de uso “Analizar clase de servicio” con el fin de tomar acciones en caso de rebosamiento de umbrales, por lo tanto este proceso es activado por los casos de uso mencionados anteriormente.

Caso de uso 11: Controlar usuarios por clase de servicio

Esta función es iniciada por el caso de uso “Analizar ancho de banda ” y se encarga de garantizar la comunicación al equipo terminal de acuerdo a la clase de servicio seleccionada.

Caso de uso 12: Prioritizar clase de servicio

Esta función se encarga de darle prioridad al tráfico dependiendo de su clase en su desplazamiento a través de la red y se inicia una vez un equipo terminal ingrese a la red con el fin de establecer una comunicación por lo que es activada por el caso de uso “ Autorización de ingreso”.

Caso de uso 13: Ver informe de resultados obtenidos.

Opción del Administrador que permite ver el informe de los umbrales fijados, parámetros medidos, analizados, la clase de servicio y el ancho de banda con el fin de ratificar el cumplimiento del servicio. El informe se presenta al usuario Administrador de la siguiente manera:

- Una tabla que contenga: Los datos configurados por el Administrador como son umbrales del retardo extremo a extremo, porcentaje admitido de pérdida de paquetes, configuración del ancho de banda total, porcentajes de ancho de banda de acuerdo a la clase de servicio. Esta tabla debe indicar la fecha y la hora en que se hizo la configuración anterior.
- Gráficos que contengan el comportamiento de: Retardo vs. Tiempo, Retardo medido vs. Retardo configurado, Ancho de banda por clase vs. Tiempo, Ancho de banda medido por clase vs. Ancho de banda configurado para cada clase, Porcentaje de pérdida de paquetes vs. Tiempo, Porcentaje de pérdida de paquetes medido vs. Porcentaje de pérdida de paquetes configurado.

- Una tabla que contenga la clase de servicio seleccionada y el análisis de retardo para dicha clase.
- Fecha y hora de presentación del informe al Administrador.

Caso de uso 14: Manejo de la pérdida de paquetes

Esta función se encarga de suavizar el efecto de la pérdida de paquetes en una comunicación VoIP mediante la inserción de silencios en el lugar donde debería ir el paquete extraviado. Este proceso es iniciado por el caso de uso “Supervisar parámetros”.

4.1.5.4. Elaboración del modelo de casos de uso

El Diagrama de casos de uso se muestra en la Figura 4.2

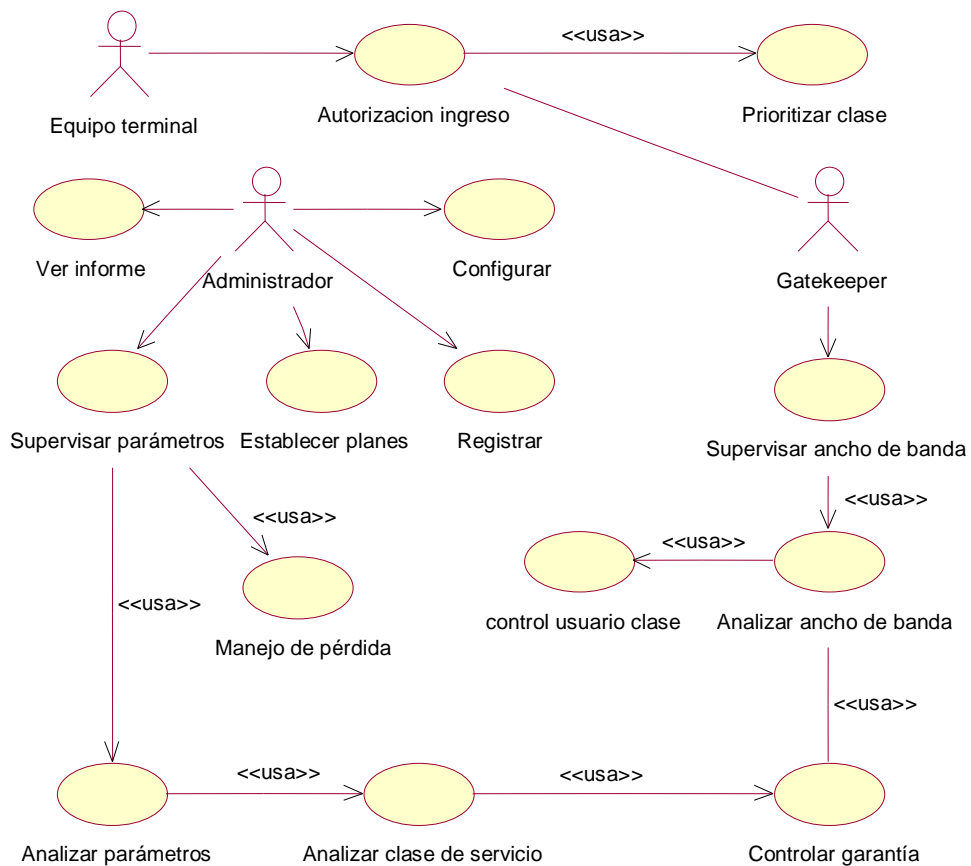


Figura 4.2. Diagrama de casos de uso

4.2. ANÁLISIS DEL MODELO DE GESTIÓN

En esta parte se presenta el análisis del Modelo de Gestión, especificando de manera abstracta la forma como el sistema es visto por los actores y está compuesto por un conjunto de clases que interactúan para cumplir con la funcionalidad del sistema.

4.2.1. Identificación de clases

Según la descripción de los requerimientos del Modelo de Gestión, se obtienen las siguientes clases:

- Tráfico
- Entrada
- Parámetros
- Clase de servicio
- Ancho de banda
- Planes
- Informe
- Almacén
- Medidas
- Decisión
- Cola
- Error
- Red
- Retardo
- Enrutador
- Algoritmo
- Paquete
- Fragmento

Cada una de estas clases es especificada a continuación, definiendo sus atributos y operaciones.

4.2.2. Identificación de atributos y operaciones

Identificar una clase es identificar una abstracción de un conjunto de objetos que comparten los mismos atributos y operaciones.

Las operaciones son los procesos que una clase debe llevar a cabo y se identifican como todas aquellas funciones asignadas a las clases. Los atributos representan las características propias de cada clase y normalmente se encuentran como complemento al nombre de la clase.

Los atributos y las operaciones de cada clase se describen a continuación:

4.2.2.1. Clase tráfico

La clase tráfico, Figura 4.3, representa el tráfico cursado por cada clase de servicio. Sus atributos son Nombre que identifica la clase de servicio y Datos que representa el tipo de datos que requiere. Sus operaciones son solicitar datos() y leer datos() de ancho de banda para la clase de servicio seleccionada y la operación de Censar usuarios que desean iniciar una comunicación.

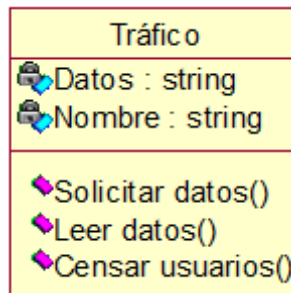


Figura 4.3. Clase tráfico

4.2.2.2. Clase Entrada

La clase Entrada, Figura 4.4, representa el acceso a la red VoIP. Tiene como atributo Equipo terminal que identifica al terminal que solicita el inicio de una comunicación, el cual puede ser el nombre del usuario, una dirección IP ó una dirección alias. Dentro de sus operaciones se encuentran: Buscar equipo terminal() que se encarga de verificar si el equipo terminal está o nó

registrado en la Gatekeeper, Verificar() receptor que se encarga de realizar el proceso de verificación anterior en el extremo receptor, Aceptar() entrada que es la encargada de permitir el acceso de un usuario mientras que Negar entrada() hace lo contrario, Notificar comunicación() que informa que existe una comunicación presente e Interrumpir comunicación() que se encarga de detener una comunicación activa.

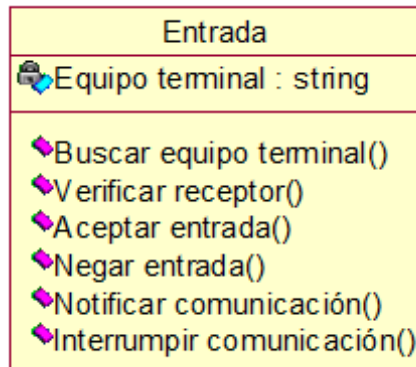


Figura 4.4. Clase Entrada

4.2.2.3. Clase Parámetros

La clase Parámetros, Figura 4.5, representa los parámetros a configurar tales como: Umbral de retardo extremo a extremo, porcentaje umbral de pérdida de paquetes, ancho de banda total y porcentajes de ancho de banda asignados a cada clase de servicio.

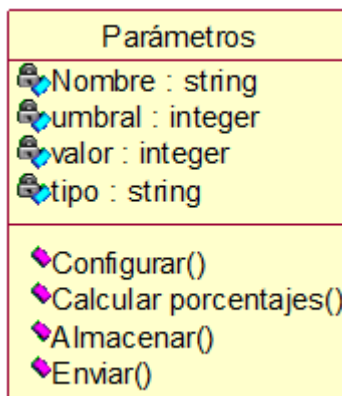


Figura 4.5. Clase Parámetros

Entre sus atributos se encuentran: Nombre que identifica el parámetro a configurar, es decir, retardo, pérdida de paquetes y ancho de banda; Umbral que identifica si se hace referencia al umbral de retardo, al porcentaje umbral de pérdida de paquetes ó a los porcentajes de ancho de banda para cada clase de servicio; el atributo Valor que representa los valores numéricos de los umbrales anteriores y Tipo que se encarga de identificar el tipo de clase de servicio.

Sus operaciones son: Configurar(), que se encarga de pedir y procesar los datos ingresados por el administrador, Calcular porcentajes() que realiza la operación de determinar los porcentajes a partir del ancho de banda total, Almacenar() que guarda los datos configurados, fecha y hora de configuración y los porcentajes calculados, también realiza la operación Enviar() que entrega todos los datos que sean solicitados por otra clase o actor.

4.2.2.4. Clase Clase de servicio

Esta clase, Figura 4.6, representa la clase de servicio seleccionada por un usuario. Entre sus atributos se encuentran: Nombre de la clase de servicio que identifica la clase de servicio específica elegida por un usuario determinado, Equipo terminal que representa al terminal del usuario el cual puede ser un nombre, una dirección IP o una dirección alias y Límite de usuarios que identifica el número máximo de usuarios que puede manejar la Gatekeeper.

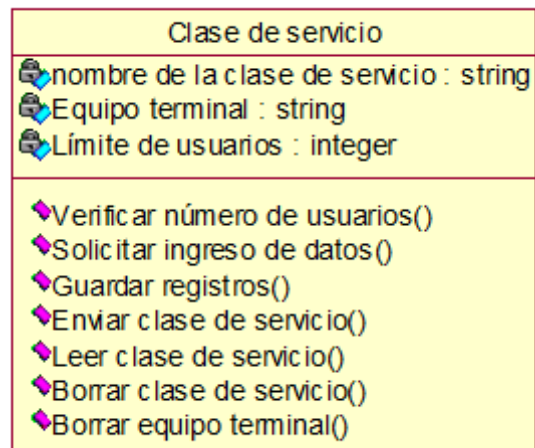


Figura 4.6. Clase Clase de servicio

Entre sus operaciones se tienen: Verificar número de usuarios(), que se encarga de monitorear la capacidad de la Gatekeeper, Solicitar ingreso de datos(), que solicita al administrador los datos necesarios para registrar un nuevo usuario, Guardar registros(), que guarda el registro de un usuario, Enviar clase de servicio() y Leer clase de servicio(), que permite identificar la Clase de servicio (Garantizada, Controlada ó Best-effort) que ha sido asignada a un usuario, Borrar clase de servicio() y equipo terminal(), que se encarga de eliminar el registro de un usuario que no desee más el servicio.

4.2.2.5. Clase Ancho de banda

Esta clase, Figura 4.7, representa el ancho de banda en una red VoIP. Sus atributos son: Valor que hace referencia a los valores numéricos del ancho de banda y Tipo que permite identificar a qué ancho de banda se está haciendo referencia (ancho de banda para la clase de servicio garantizada, controlada, best-effort).

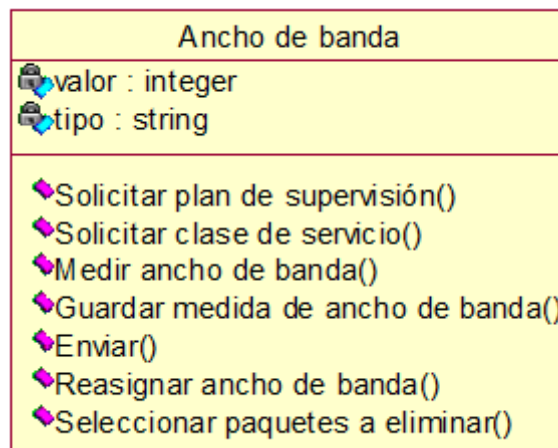


Figura 4.7. Clase Ancho de banda

Sus operaciones son: Solicitar plan de supervisión(), que se encarga de pedir el plan de supervisión de ancho de banda con el fin de efectuar la medida del mismo, Solicitar clase de servicio() para determinar cuántos usuarios están utilizando el ancho de banda por clase de servicio, Medir ancho de banda() que invoca un programa para efectuar la medición del ancho de banda, Guardar medida de ancho de banda() que guarda la medida, Enviar() que envía la medida de ancho de banda para la comparación con el ancho de banda configurado, Reasignar ancho de banda() que se encarga de tomar parte del ancho de banda de la clase de servicio best-effort para solucionar las necesidades de

las otras dos clases en situaciones extremas y Seleccionar paquetes a eliminar(), que se ocupa de elegir con anterioridad los paquetes de la clase de servicio best-effort que puede dejar caer en situaciones de congestión.

4.2.2.6. Clase Planes

Esta clase, Figura 4.8, representa los planes de supervisión de todos los parámetros a medir tales como: Retardo, ancho de banda y pérdida de paquetes. Como atributos tiene a Nombre, que identifica el parámetro al cual se le va a hacer supervisión, Duración que hace referencia al tiempo que demora la medición y Periodicidad que representa el período en el cual se va a ejecutar de nuevo el plan.

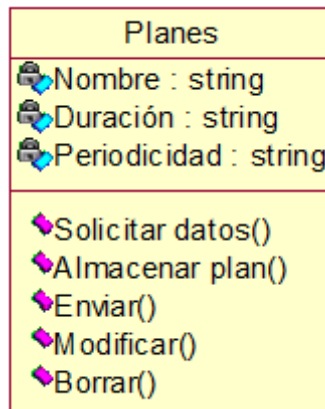


Figura 4.8. Clase Planes

Entre sus operaciones se tienen: Solicitar datos() que pide al administrador la información (retardo, ancho de banda, pérdida de paquetes, duración y periodo) necesaria para elaborar el plan de supervisión, Almacenar plan() que se ocupa de guardar el plan elaborado, Enviar() que envía el plan para su ejecución, Modificar() que se encarga de realizar cambios en el plan como alterar el tiempo de duración o la periodicidad y Borrar() que elimina un plan de supervisión.

4.2.2.7. Clase Informe

Esta clase, Figura 4.9, representa el informe que se presenta al administrador y contiene: Umbrales configurados, medida de retardo, análisis de retardo (Res_1), Clase de servicio analizada (Res_2),

medida del ancho de banda, ancho de banda analizado (Res_3), medida de pérdida de paquetes y análisis de la misma.

Sus atributos son: Nombre, que hace referencia a todos los datos mencionados en el párrafo anterior, Fecha y Hora que indican el momento en que fue presentado el informe al administrador. Por otro lado, sus funciones son: Leer datos() que se encarga de tomar la información necesaria para elaborar el informe la cual se encuentra almacenada en su respectiva clase y Enviar informe() que efectúa el envío del informe completo al administrador.

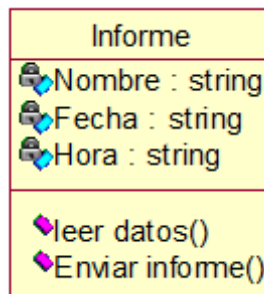


Figura 4.9. Clase Informe.

4.2.2.8. Clase Almacén

Esta clase, Figura 4.10, identifica la base de datos que guarda los resultados del análisis de retardo, Clase de servicio y ancho de banda, es decir Res_1, Res_2 y Res_3 respectivamente. Almacén tiene como atributos Nombre, que representa la información a guardar (Res_1, Res_2 y Res_3), Estado que hace referencia a la condición en que se encuentra la base de datos (llena o vacía) y Límite, que indica la capacidad de la base de datos.

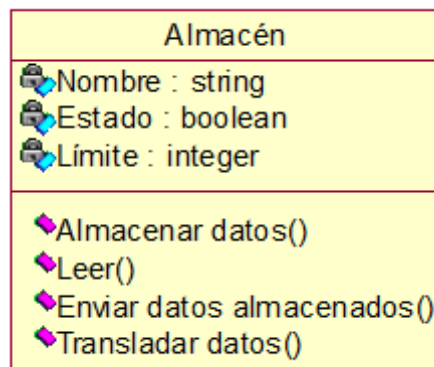


Figura 4.10. Clase Almacén

Sus operaciones son: Almacenar datos() que se encarga de guardar los datos Res_1, Res_2 y Res_3, Leer() y Enviar datos almacenados() se encargan de leer y enviar los datos guardados tanto para la toma de decisiones como para la elaboración del informe y Transladar datos() se refiere a la transferencia de información cuando la base de datos está llena. Esta transferencia puede hacerse a discos compactos, a cintas magnéticas u otro medio de almacenamiento.

4.2.2.9. Clase Medidas

Esta clase, Figura 4.11, representa la medida del retardo extremo a extremo en la red VoIP. El atributo Nombre representa el parámetro a medir y el atributo Valor indica el valor numérico del retardo. Sus operaciones son: Solicitar plan de supervisión() que se encarga de pedir el plan de supervisión con el fin de ejecutarlo, Medir() que se encarga de invocar un programa que ejecuta la medición del retardo, Almacenar medida() y Enviar medida() que guarda y envía respectivamente los resultados de la medición .

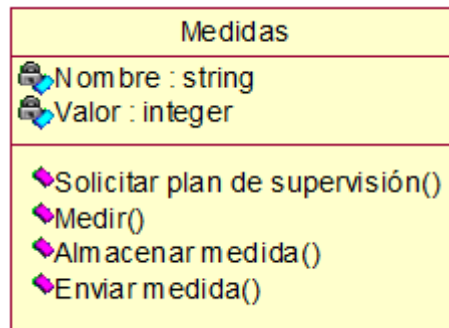


Figura 4.11. Clase Medidas

4.2.2.10. Clase Decisión.

Esta clase, Figura 4.12, representa las decisiones que deben tomarse como resultado del análisis de parámetros configurados y medidos en la red. Sus atributos son: Tipo, que hace referencia al parámetro que se analiza (puede ser retardo, ancho de banda o clase de servicio) y Valor, que representa el resultado del análisis.

Entre sus operaciones se encuentran: Solicitar datos() que se encarga de pedir los datos que necesita para hacer la comparación, Comparar datos() que realiza la comparación propiamente dicha entre los parámetros configurados y medidos y por último Enviar datos() que se encarga de enviar el resultado de la comparación.

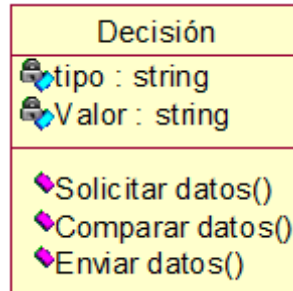


Figura 4.12. Clase Decisión

4.2.2.11. Clase Cola.

Esta clase, Figura 4.13, representa las colas de espera que se utilizan para manejar la prioridad de los paquetes por clase de servicio. Sus atributos son: Nombre de la clase de servicio, que indica a qué clase de servicio pertenece un paquete y Tipo de cola, que identifica las diferentes clases de colas existentes (cola de alta prioridad, cola 2, cola 3 y cola 4).

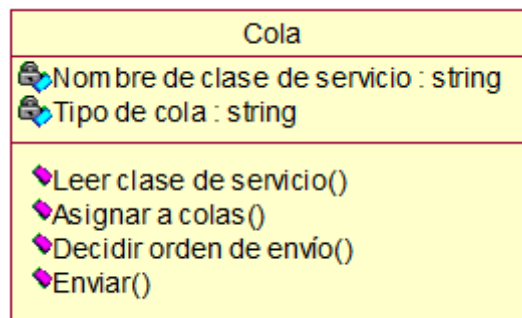


Figura 4.13. Clase Cola

Sus operaciones son: Leer clase de servicio() que se encarga de identificar a que Clase de servicio (Garantizada, Controlada ó Best-effort) pertenece un paquete, Asignar a colas() que se encarga de ubicar un paquete en la cola respectiva (cola de alta prioridad, cola 2, cola 3 y cola 4), Decidir orden de envío() y Enviar() que indican el orden en que deben ser enviados los paquetes a través de la red.

4.2.2.12. Clase Error

Esta clase, Figura 4.14, representa una notificación de error cuando el acceso es negado ó no es posible registrar un usuario. El atributo tipo indica si el error es de acceso ó de registro y la operación Reportar error() hace referencia a la notificación del error.



Figura 4.14. Clase Error

4.2.2.13. Clase Red.

Esta clase, Figura 4.15, representa la intranet que transporta los paquetes de voz entre los terminales. El atributo Tipo indica la clase de servicio solicitada. Entre sus operaciones se encuentran: Solicitar clase de servicio() la cual se utiliza para identifica la clase de servicio a la que pertenece un paquete, Enviar() que se encarga de enviar los paquetes a través de la red y Leer() que detecta una comunicación presente.

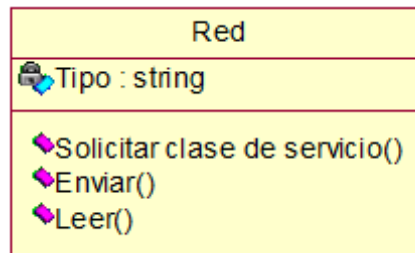


Figura 4.15. Clase Red

4.2.2.14. Clase Retardo

Esta clase, Figura 4.16, representa el manejo del retardo en el caso de que sus umbrales sean excedidos. El atributo Tipo identifica la información que necesita para tomar acciones que permitan disminuir el retardo.

Sus operaciones son: Solicitar datos() que pide la información sobre el análisis de retardo y clase de servicio, también pide la velocidad de enlace al enrutador, Ordenar() se encarga de comunicarle a la clase Enrutador que debe el buscar el camino mas optimo para reducir el retardo extremo a extremo.

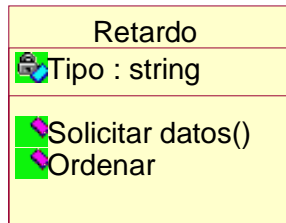


Figura 4.16. Clase Retardo

4.2.2.15. Clase Enrutador

Esta clase, Figura 4.17, representa los enrutadores presentes en la red VoIP. Su atributo es Tipo, que hace referencia a la clase de información que le solicitan, es decir si se pide buscar camino más optimo ó la velocidad del enlace.

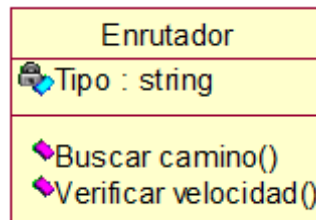


Figura 4.17. Clase Enrutador

Sus operaciones son Buscar camino() que se encarga de encontrar el camino más óptimo por donde deben viajar los paquetes con Clase de Servicio garantizada y Verificar velocidad() que se encarga de examinar la velocidad de enlace entre enrutador y enrutador.

4.2.2.16. Clase Algoritmo

Esta clase, Figura 4.18, representa el algoritmo encargado de crear paquetes, que simulen silencios, cuando se presente pérdida de ellos e insertarlos en la comunicación.

El atributo Valor identifica el número de secuencia del paquete perdido. Entre sus operaciones se encuentran: Ejecutar() que se encarga de llevar a cabo el algoritmo, Enviar() que entrega a la red el paquete creado y Solicitar() que pide el número de secuencia del paquete perdido.

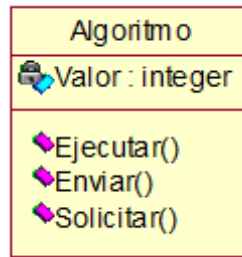


Figura 4.18. Clase Algoritmo.

4.2.2.17. Clase Paquete

Esta clase, Figura 4.19, representa los paquetes que viajan a través de la red VoIP. Sus atributos son: Nombre que identifica el plan de supervisión solicitado, Valor que hace referencia al valor numérico del umbral de pérdida de paquetes y Secuencia que se refiere a la posición del paquete perdido.

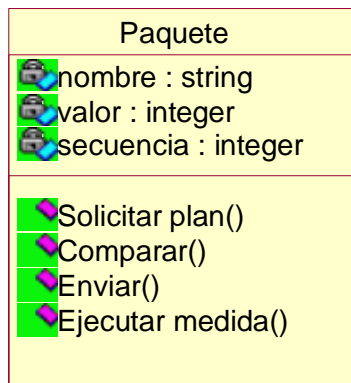


Figura 4.19. Clase Paquete.

Entre sus operaciones se encuentran: Solicitar plan() que pide el plan para hacer la medición de la pérdida de paquetes, Comparar() que hace la comparación entre el valor medido de pérdida de paquetes y el valor umbral, Enviar() que envía el número de secuencia a la clase Algoritmo y Ejecutar medida() que invoca un programa que lleva a cabo la medición de la pérdida de paquetes.

4.2.2.18. Clase Fragmento

Esta clase, Figura 4.20, representa el proceso de fragmentación de paquetes de datos con el fin de disminuir el retardo cuando éste sobrepase su valor umbral. El atributo Tamaño identifica la longitud del paquete de voz en que debe dividirse el paquete de datos.

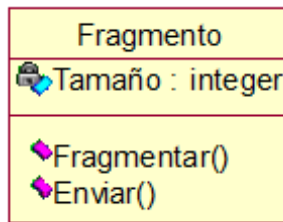


Figura 4.20. Clase Fragmento.

Sus operaciones son: Fragmentar() que realiza la segmentación de los paquetes de datos y Enviar() que los entrega para su posterior envío a la red.

4.2.3. Diagrama de clases por casos de uso

A continuación se muestran la interacción de clases por cada caso de uso. En los casos de uso “Configurar parámetros, clase de servicio, ancho de banda” y “Establecer planes”, hay interacción de una clase con un actor (Administrador). La explicación detallada se encuentra en los diagramas de secuencia que se ubican en la parte de diseño.

4.2.3.1. Caso de uso Autorización de ingreso

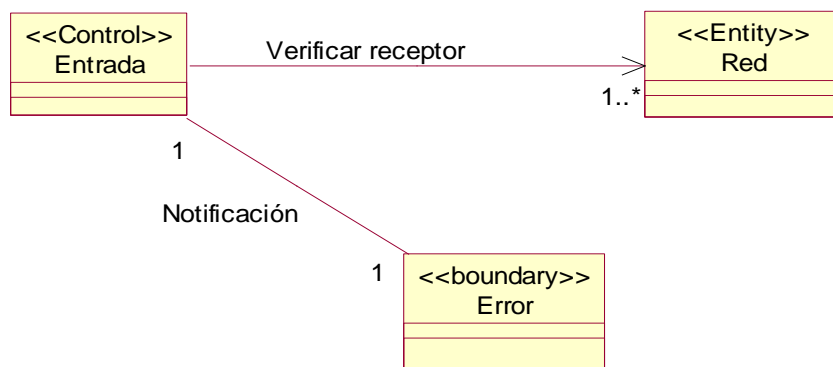


Figura 4.21. Diagrama de clases para el caso de uso Autorización de ingreso

4.2.3.2. Caso de uso Configurar parámetros, clase de servicio y ancho de banda.

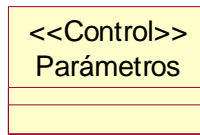


Figura 4.22. Diagrama de clases para el caso de uso Configurar parámetros.

4.2.3.3. Caso de uso Registrar equipo terminal y clase de servicio.

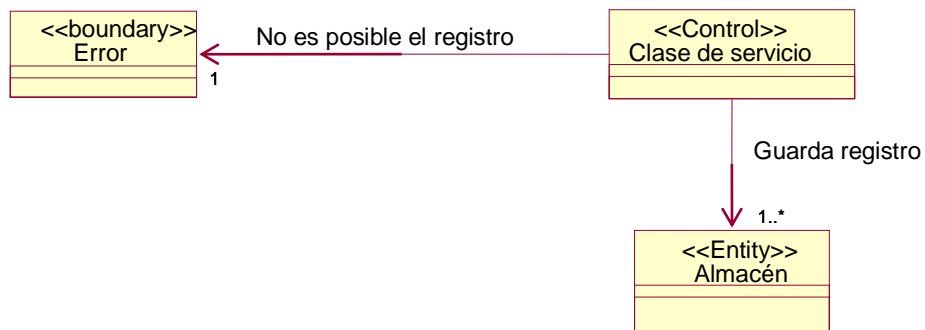


Figura 4.23. Diagrama de clases para el caso de uso Registrar equipo terminal y clase de servicio

4.2.3.4. Caso de uso Establecer planes.

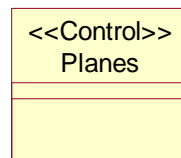


Figura 4.24. Diagrama de clases para el caso de uso Establecer planes

4.2.3.5. Caso de uso Supervisar parámetros.

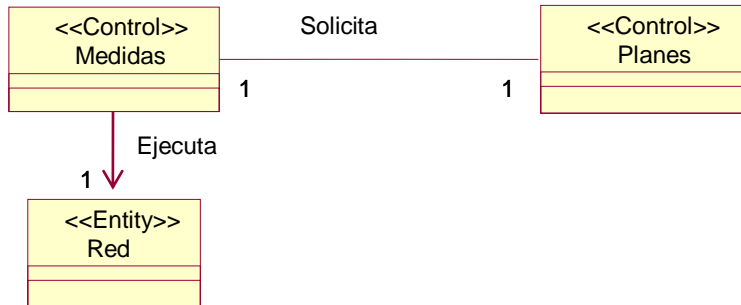


Figura 4.25. Diagrama de clases para el caso de uso Supervisar parámetros

4.2.3.6. Caso de uso Analizar parámetros.

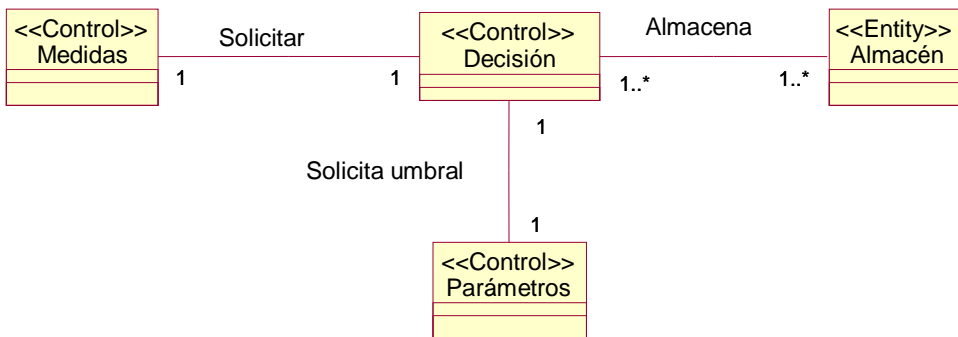


Figura 4.26. Diagrama de clases para el caso de uso Analizar parámetros

4.2.3.7. Caso de uso Analizar clase de servicio seleccionada

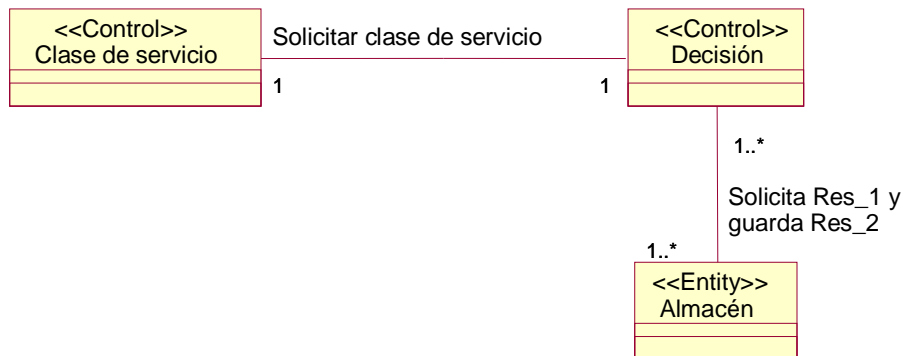


Figura 4.27. Diagrama de clases para el caso de uso Analizar clase de servicio seleccionada

4.2.3.8. Caso de uso Supervisar el ancho banda.

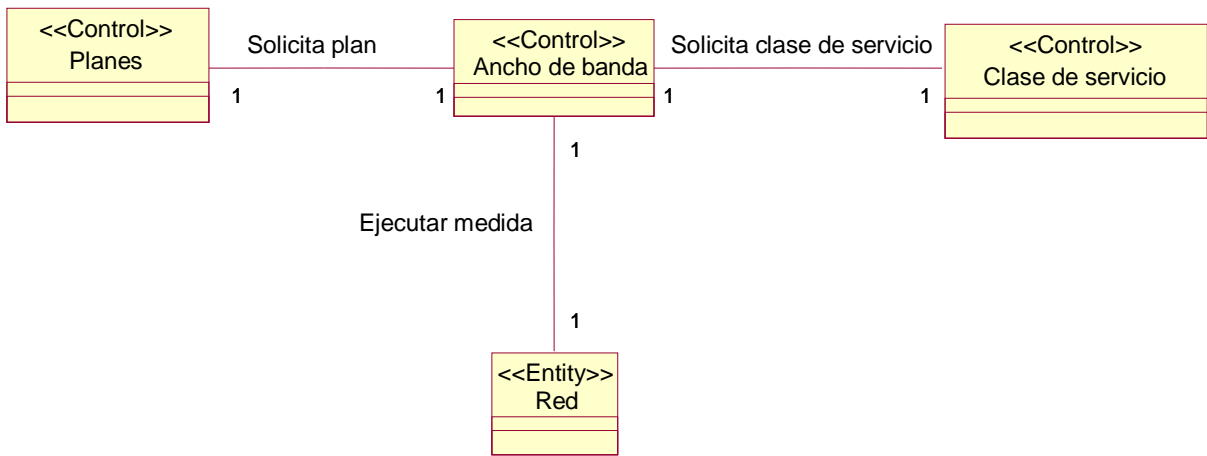


Figura 4.28. Diagrama de clases para el caso de uso Supervisar el ancho de banda

4.2.3.9. Caso de uso Analizar el ancho de banda.

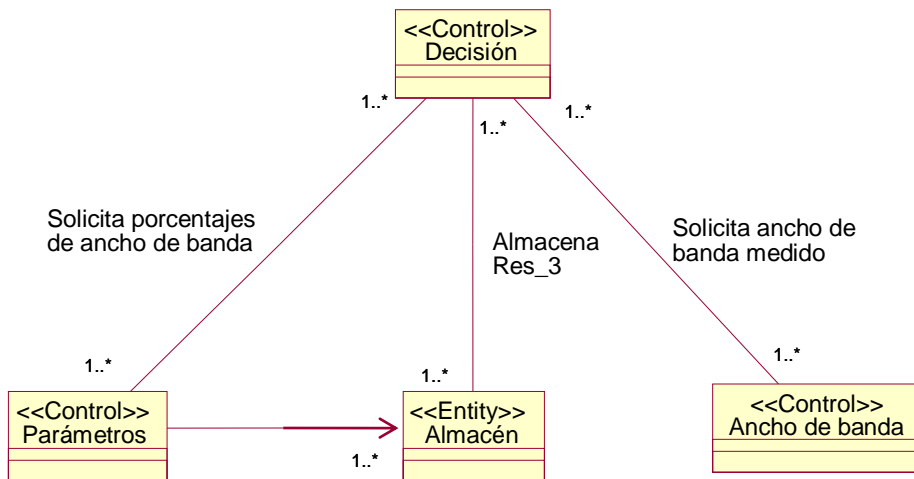


Figura 4.29. Diagrama de clases para el caso de uso Analizar el ancho de banda

4.2.3.10. Caso de uso Controlar la garantía de la clase de servicio.

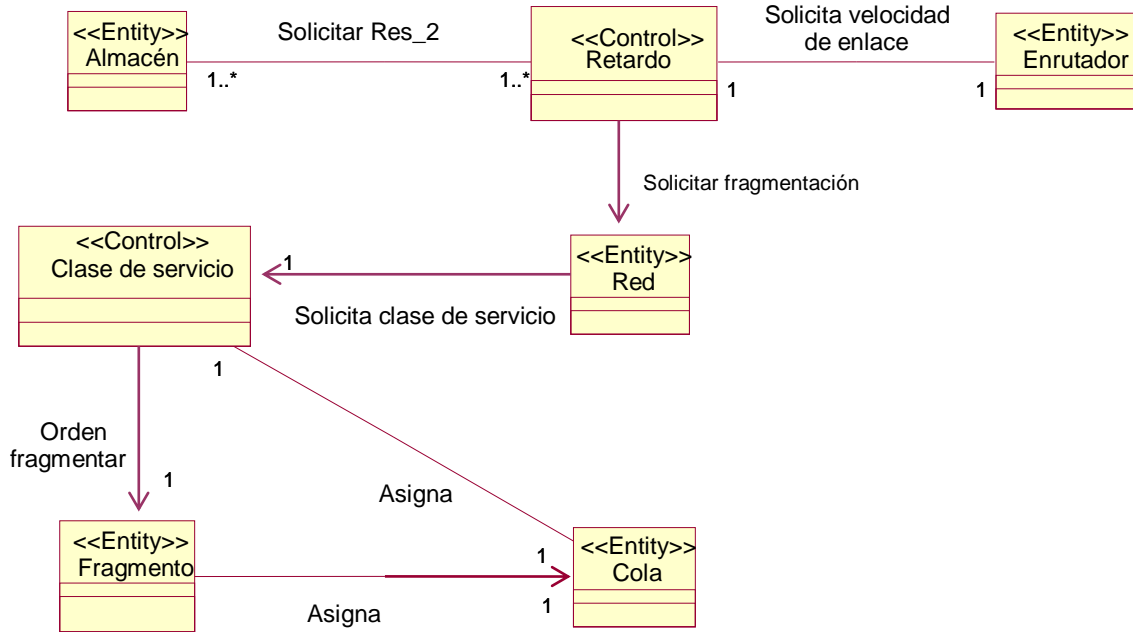


Figura 4.30. Diagrama de clases para el caso de uso Controlar la garantía de la clase de servicio

4.2.3.11. Caso de uso Controlar usuarios por clase de servicio.

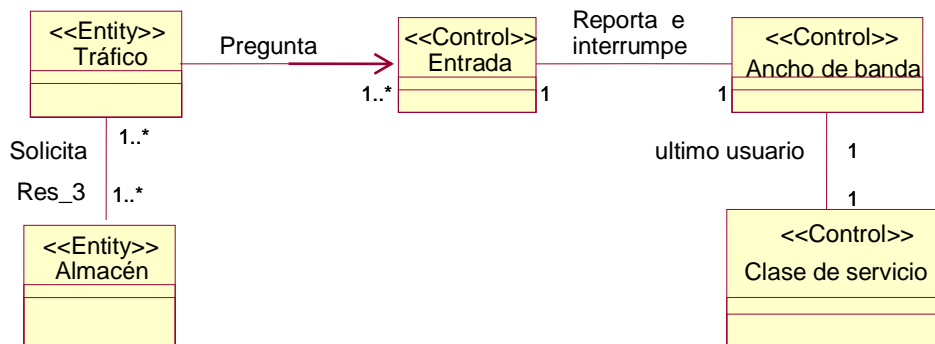


Figura 4.31. Diagrama de clases para el caso de uso Controlar usuarios

4.2.3.12. Caso de uso Prioritizar clase de servicio

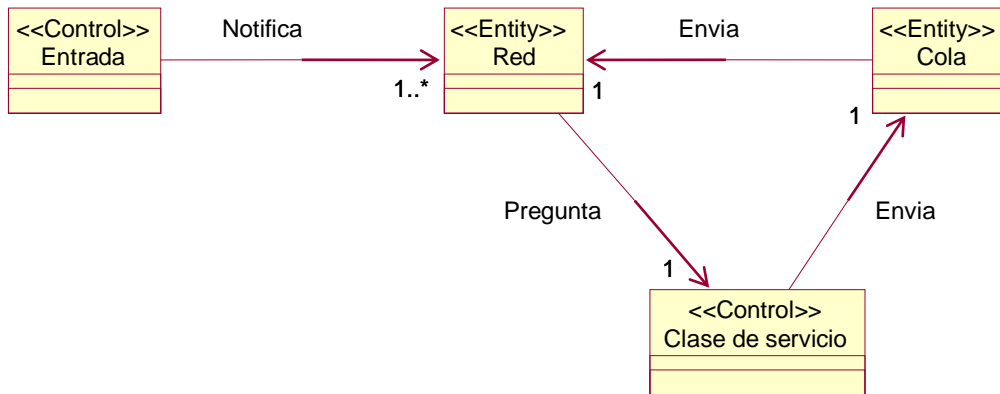


Figura 4.32. Diagrama de clases para el caso de uso Prioritizar clase de servicio

4.2.3.13. Caso de uso Ver informe de umbrales.

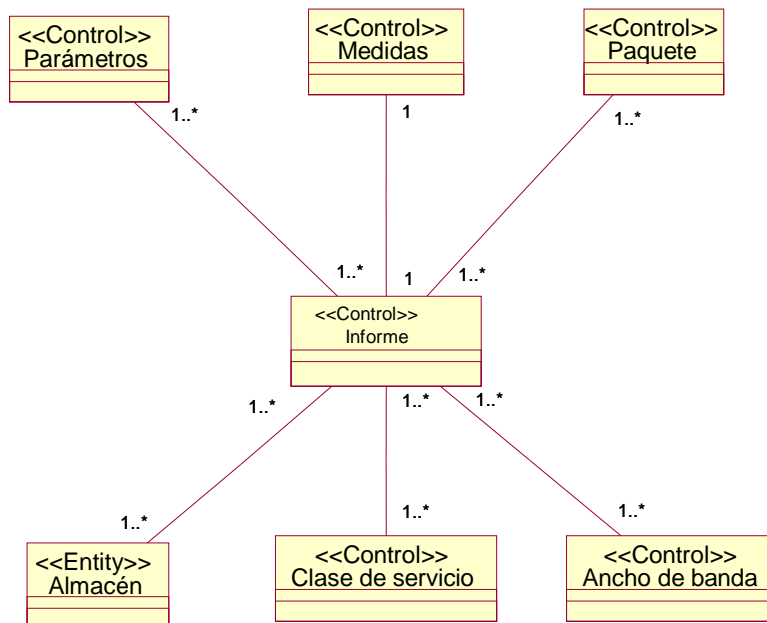


Figura 4.33. Diagrama de clases para el caso de uso Ver informe de umbrales

4.2.3.14. Caso de uso Manejo de la pérdida de paquetes.

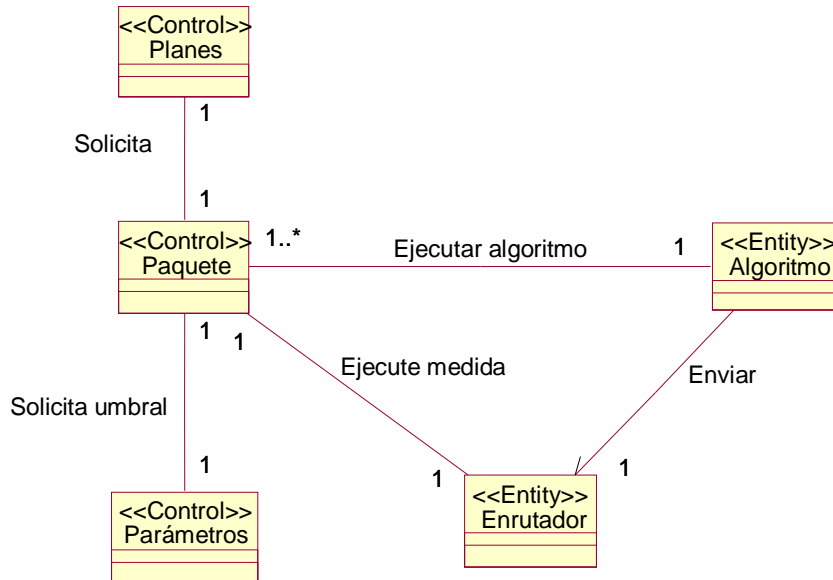


Figura 4.34. Diagrama de clases para el caso de uso Manejo de pérdida de paquetes

4.2.3. Diagrama de estructura estática

Este diagrama, Figura 4.35, muestra el conjunto de clases que hacen parte del Modelo de Gestión junto con las relaciones existentes entre estas clases. Permite ver de manera estática la estructura de información y la visibilidad de cada una de las clases dadas por sus relaciones con las otras clases en el proceso de modelado.

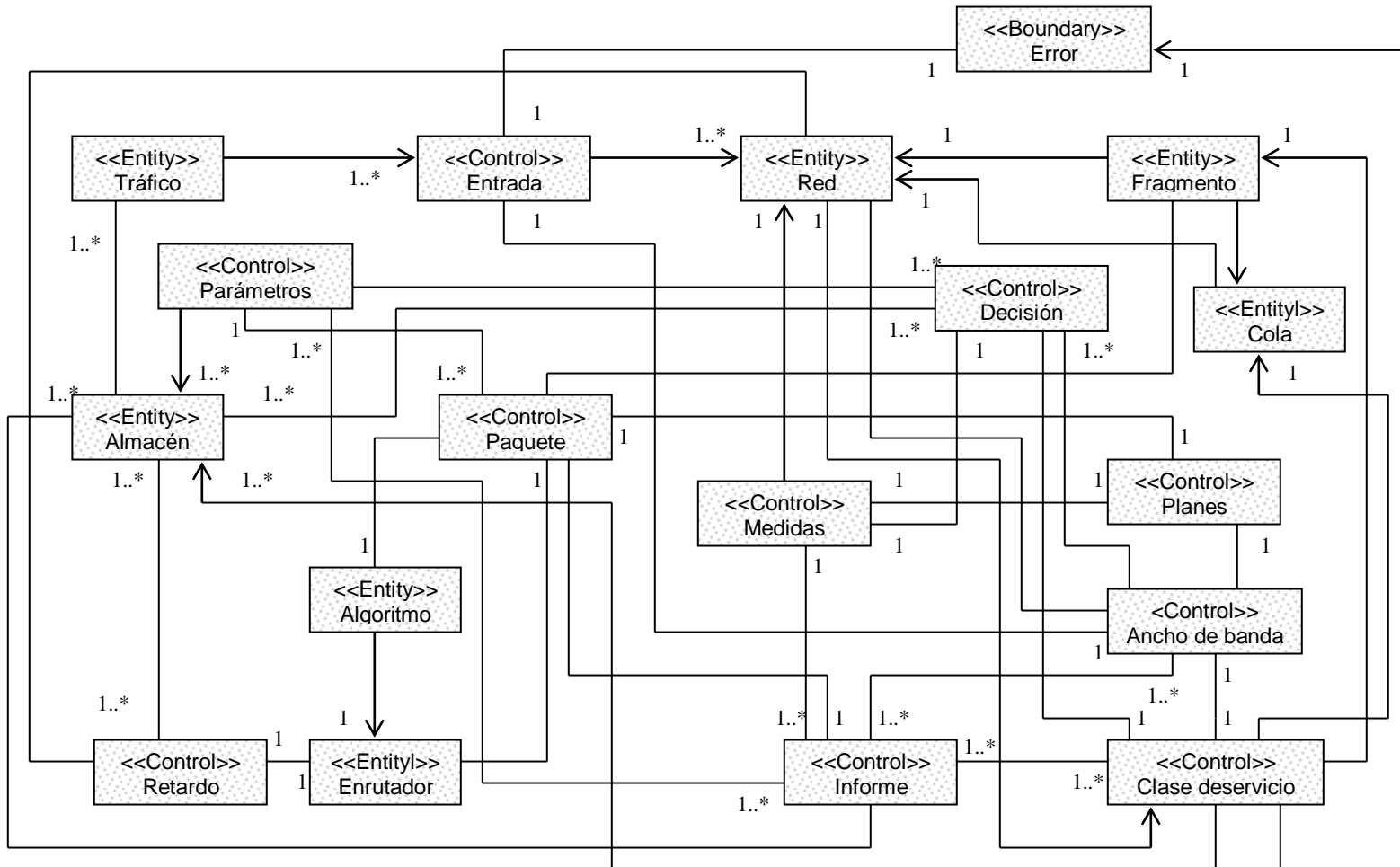


Figura 4.35. Diagrama de clases de diseño

4.3. DISEÑO DEL MODELO DE GESTIÓN

4.3.1. ELABORACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE SECUENCIA

Los diagramas de secuencia se elaboran para cada caso de uso y representan la forma en que interactúan los objetos entre sí, mostrando cómo los mensajes son enviados y recibidos entre estos objetos. A continuación se desarrollan los diagramas de secuencia para cada caso de uso.

4.3.1.1. Caso de uso Autorización de ingreso

4.3.1.1.1. Autorización aceptada

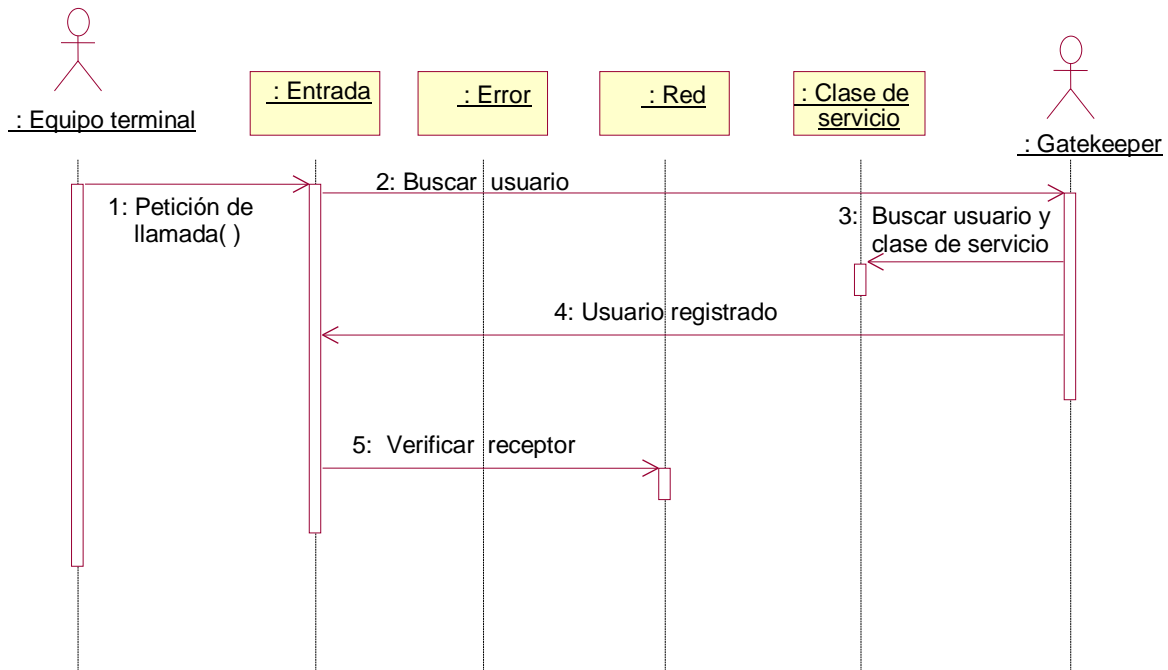


Figura 4.36. Diagrama de secuencia para el caso de uso Autorización aceptada

En este diagrama, Figura 4.36, de secuencia el equipo terminal hace una petición de llamada a la clase Entrada que es la encargada de aceptar o negar la entrada, para lo cual necesita preguntar a la Gatekeeper si el usuario está ó no registrado. La Gatekeeper a su vez busca si el usuario está registrado en los datos almacenados en la clase “Clase de servicio” y envía la respuesta a la clase Entrada para que tome la acción correspondiente. En este caso el usuario está registrado y la

petición es aceptada, por lo que le permite el paso a la red para que se verifique el receptor, siguiendo el mismo proceso.

4.3.1.1.2. Autorización negada.

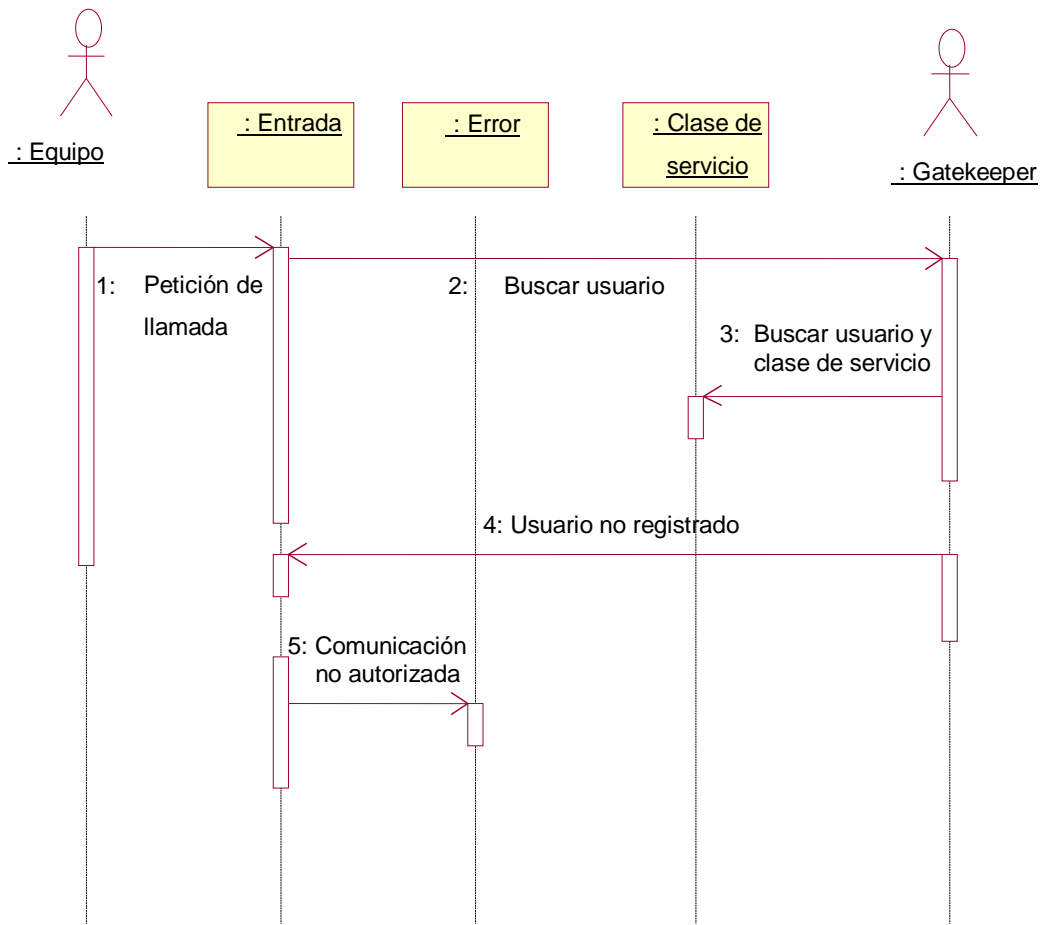


Figura 4.37. Autorización negada

4.3.1.2. Caso de uso Configurar parámetros.

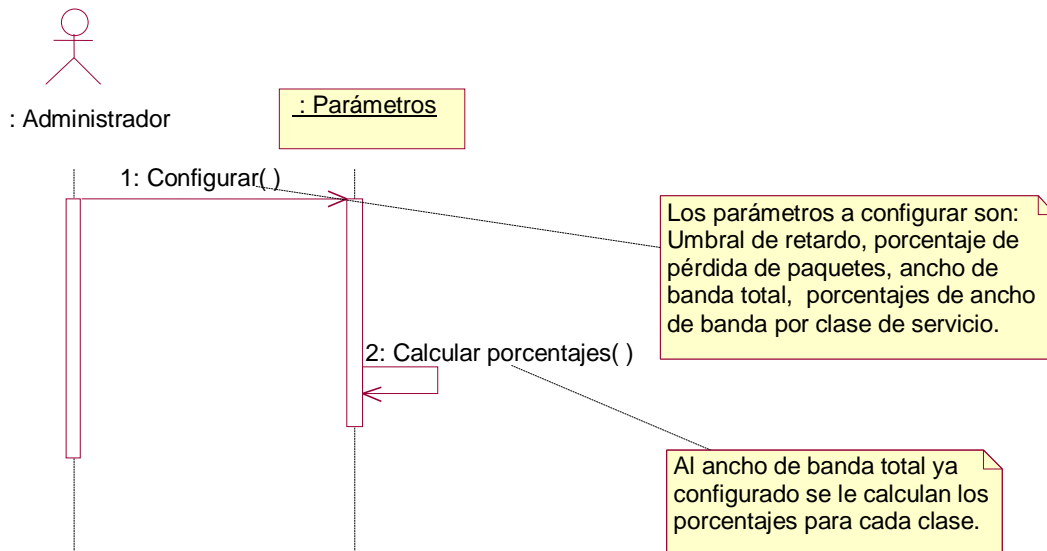


Figura 4.38. Diagrama de secuencia para el caso de uso Configurar parámetros

En este caso de uso, Figura 4.38, el administrador configura los umbrales de retardo (se recomiendan 150 y 250 ms para la clase garantizada y controlada respectivamente), ancho de banda total, porcentaje de pérdida de paquetes máximo y los porcentajes asignados a cada clase de servicio a través de la clase Parámetros la cual se encarga de almacenar dichos valores y calcula el ancho de banda para cada clase de servicio con base en los porcentajes asignados a cada una. Por ejemplo, se sugiere que el porcentaje asignado a la clase de servicio garantizada sea el 50% del ancho de banda total, para la controlada sea de 20% y para la best-effort de 30%. Luego de configurar estos valores, la clase Parámetros se encarga de realizar el cálculo propiamente dicho y a cada resultado le calcula a su vez el 95% ya que es un valor que avisa que el ancho de banda está a punto de ser sobrecargado; después de realizar estas operaciones, almacena los resultados. Por otro lado, es importante anotar que cada clase de servicio tiene niveles de retardo que puede aceptar y se sugiere una distribución de la siguiente manera: Clase garantizada de 0 a 150ms, clase controlada de 150 a 250ms y la clase best-effort de 250 en adelante.

4.3.1.3. Caso de uso Registrar equipo terminal y clase de servicio.

4.3.1.3.1. Registro aceptado

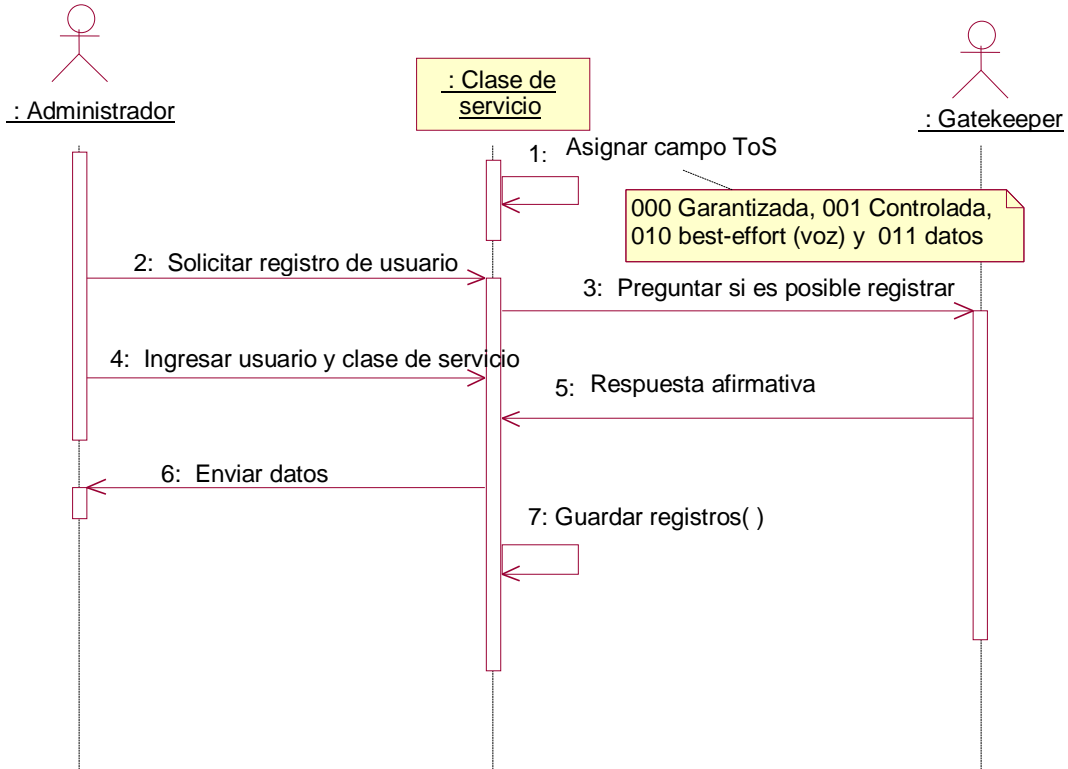


Figura 4.39. Diagrama de secuencia para el caso de uso Registro aceptado

En este caso de uso, Figura 4.39, la clase Clase de servicio relaciona los tres bits del campo ToS con cada clase de servicio, de tal forma que cuando el paquete viaje por la red pueda ser reconocido por la misma. Esta relación se hace de la siguiente manera: La clase de servicio garantizada se relaciona con el valor de 000, la clase de servicio controlada con el valor de 001, la clase de servicio best-effort (voz) con el valor de 010 y los datos con 011.

Además efectúa el registro del equipo terminal y la clase de servicio que desea dicho terminal para posteriormente inscribir y guardar estos datos, pero antes debe verificar con la Gatekeeper si es posible registrar más usuarios o si su capacidad ha llegado al límite. Cuando se le solicita la clase de servicio seleccionada a la clase “Clase de servicio” ésta envía la información tanto de la clase de servicio como la dirección IP del equipo terminal registrado.

4.3.1.3.2. Registro negado

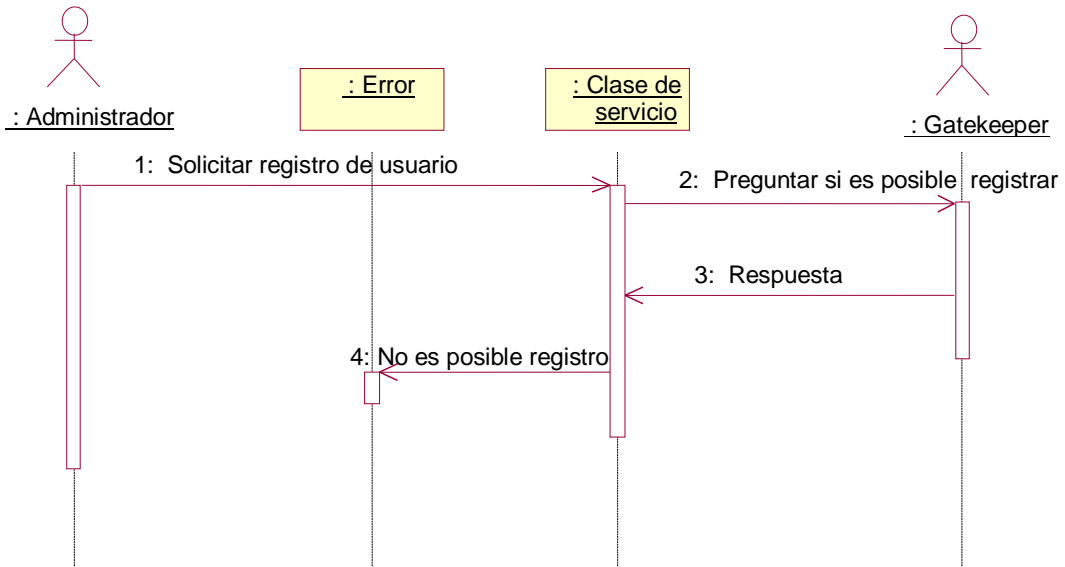


Figura 4.40. Diagrama de secuencia para el caso de uso Registro negado

4.3.1.4. Caso de uso Establecer planes

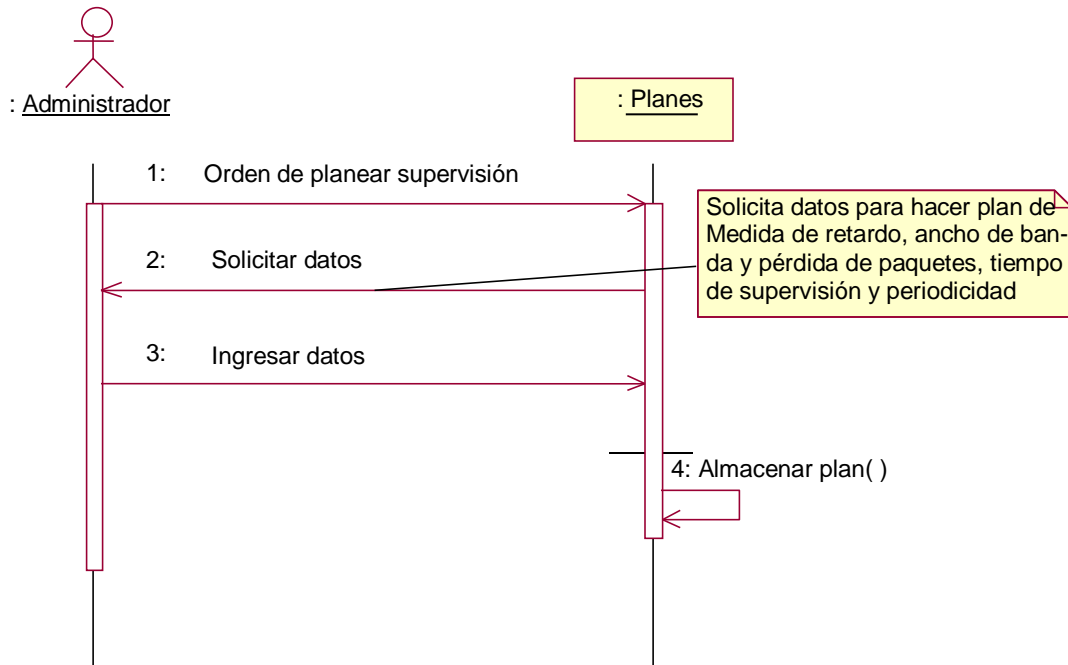


Figura 4.41. Diagrama de secuencia para el caso de uso Establecer planes

En este caso de uso, Figura 4.41, el administrador se encarga de elaborar los planes de supervisión a través de la clase Planes que debe primero solicitar el parámetro sobre el cual se va a diseñar el plan (retardo, ancho de banda o pérdida de paquetes), el tiempo durante el cual se va a ejecutar el plan y cada cuanto se va a realizar. Una vez elaborado el plan lo almacena en sí misma.

4.3.1.5. Caso de uso Supervisar parámetros

En este caso de uso, Figura 4.42, se ejecuta la supervisión del retardo a través de la clase Medidas que solicita el plan de supervisión a la clase Planes y una vez lo obtiene invoca un programa que se encarga de hacer la medida del retardo extremo a extremo en la red VoIP y almacenarla. Aquí el administrador inicia el plan por primera vez y luego se sigue ejecutando automáticamente de acuerdo a la periodicidad de dicho plan.

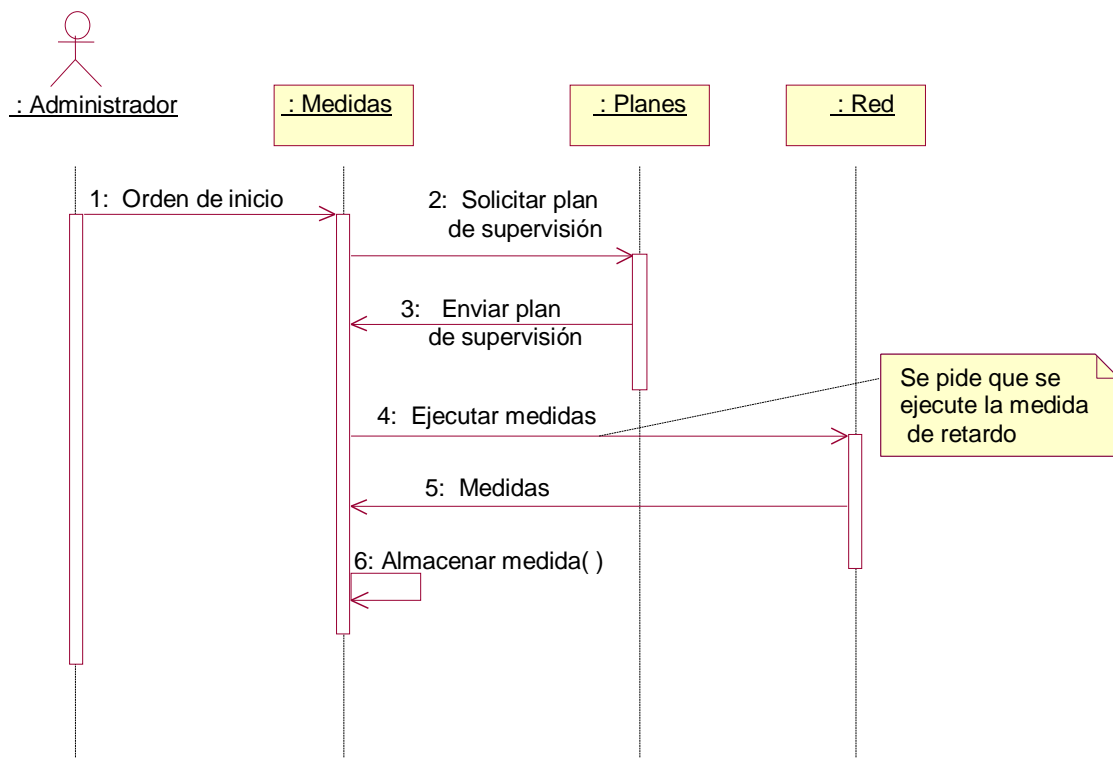


Figura 4.42. Diagrama de secuencia para el caso de uso Supervisar parámetros

4.3.1.6. Caso de uso Analizar parámetros

En este proceso, Figura 4.43, una vez se termina la supervisión, la clase Decisión solicita los umbrales de retardo configurados que se encuentran en la clase Parámetros y el resultado obtenido en la medición del retardo extremo a extremo almacenado en la clase Medidas, con el fin de hacer la comparación entre estos valores. El resultado de la comparación es Res_1 el cual puede contener cualquiera de las siguientes opciones: No se pasó de 150ms (por lo tanto tampoco de 250ms), se pasó de 150 ms pero no de 250ms y se pasó de 250 ms (por lo tanto también de 150 ms) y es guardado en la clase Almacén.

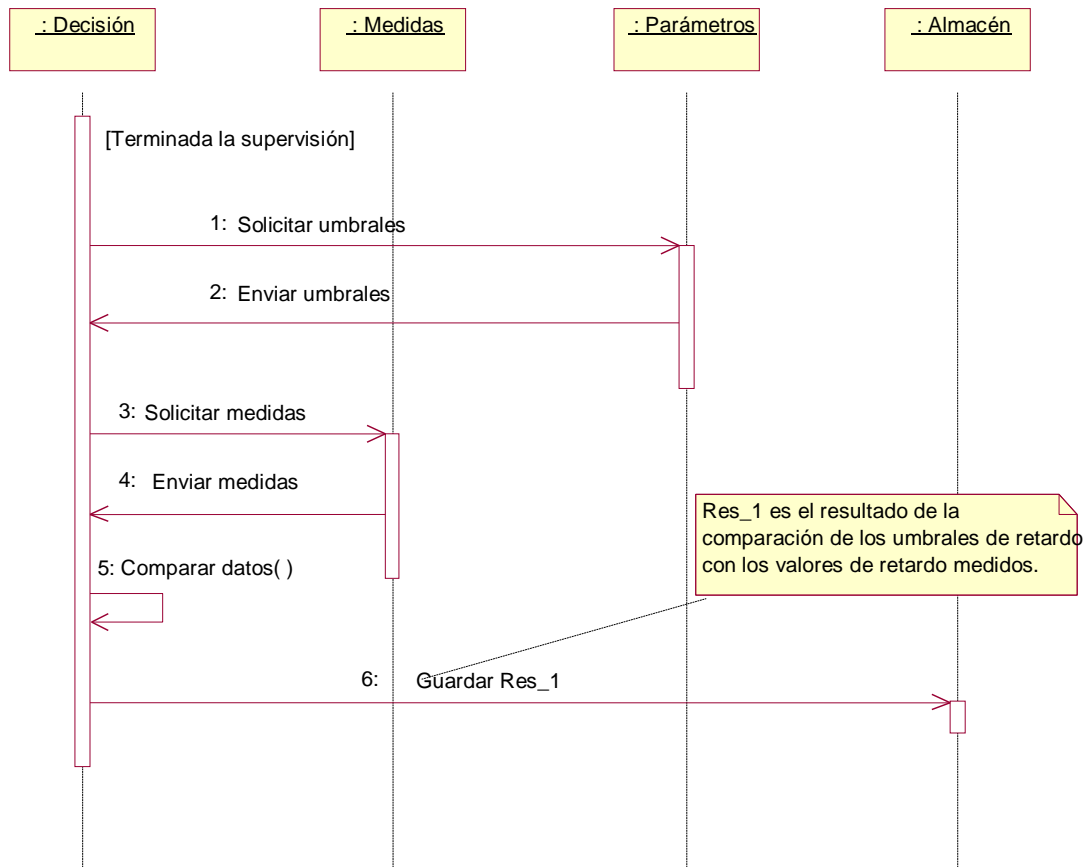


Figura 4.43. Diagrama de secuencia para el caso de uso Analizar parámetros

4.3.1.7 Caso de uso Analizar clase de servicio seleccionada

En este caso de uso, Figura 4.44, la clase Decisión solicita Res_1 a la clase Almacén que contiene el resultado de la comparación de retardo y luego pide la clase de servicio seleccionada por el terminal que inicia la llamada y está activo en ese momento a la clase “Clase de Servicio” con el fin de comparar estos valores y determinar si se cumple con los requerimientos de retardo para dicha clase de servicio. El resultado de esta comparación es Res_2 que contiene la información de “Retardo aceptable” para el caso de que Res_1 no se pase de 150ms y la clase de servicio sea garantizada o controlada, o si Res_1 está entre 150ms y 250ms y la clase de servicio es controlada. Res_2 también puede ser “Retardo inaceptable” si Res_1 es mayor de 150ms y la clase de servicio es garantizada ó si Res_1 es mayor de 250ms y la clase de servicio es controlada. Además Res_2 siempre llevará consigo la clase de servicio seleccionada junto al mensaje de “Retardo aceptable” o “Retardo inaceptable” y por último se guarda en la clase Almacén.

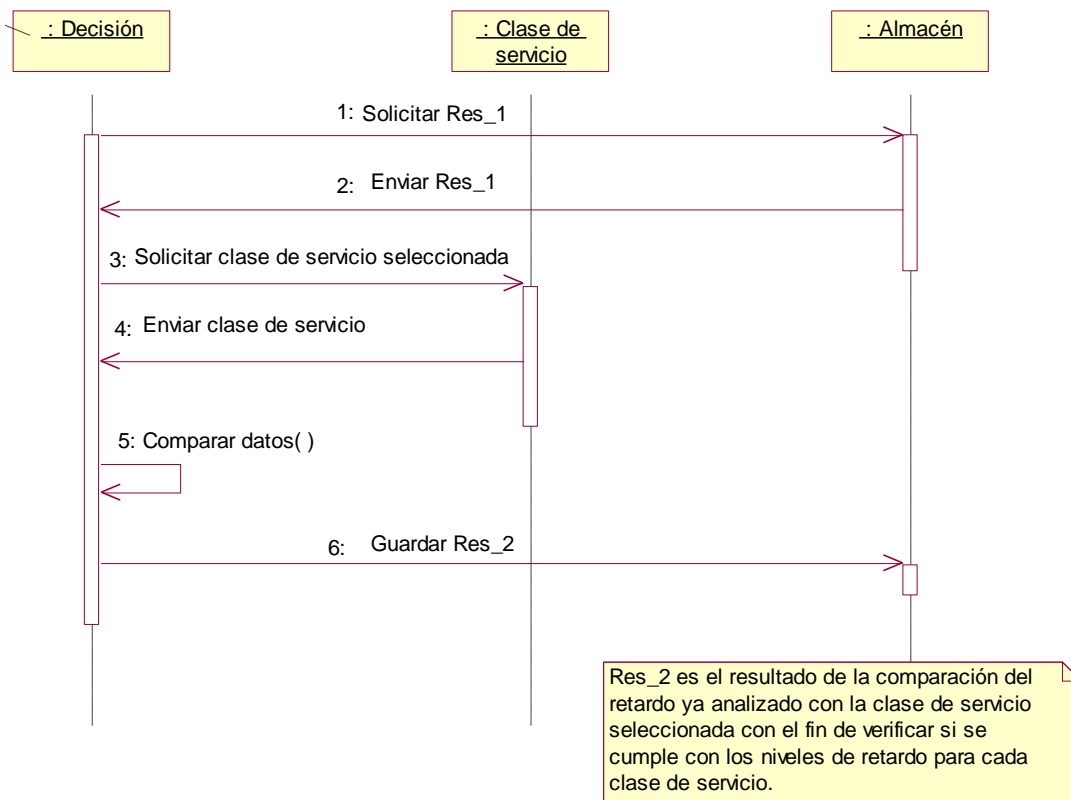


Figura 4.44. Diagrama de secuencia para el caso de uso Analizar clase de servicio seleccionada

4.3.1.8. Caso de uso Supervisar ancho de banda.

En este caso de uso, Figura 4.45, la Gatekeeper inicia la supervisión del ancho de banda debido a que siempre que haya una comunicación éste debe ser monitoreado. Luego de dar la orden de inicio, la clase Ancho de banda solicita el plan de supervisión de ancho de banda a la clase Planes y además pide la clase de servicio seleccionada a la clase Clase de servicio con el fin de verificar el número de usuarios de cada clase de servicio que pueden utilizar el ancho de banda disponible para dicha clase de servicio. Por ejemplo, si el ancho de banda total disponible es de 1 Mbps, el 50% correspondiente a la clase de servicio garantizada es de 500 Kbps, el ancho de banda por llamada es de aproximadamente 10Kbps (con G.723.1) y suponiendo que existan 10 comunicaciones con esta clase de servicio; el ancho de banda medido para dicha clase debe ser de 100Kbps.

Es necesario aclarar que para monitorear el ancho de banda, la clase Ancho de banda invoca un programa que ejecuta la medición del ancho de banda por clase de servicio y almacena el resultado.

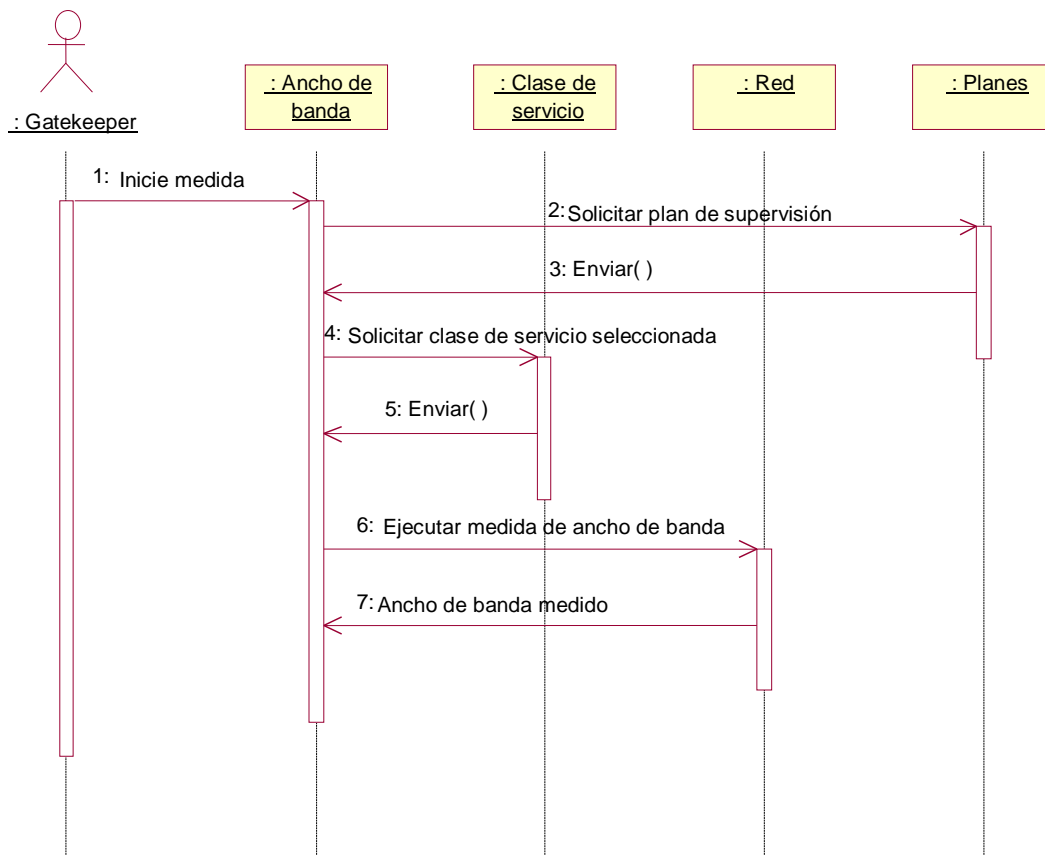


Figura 4.45. Diagrama de secuencia para el caso de uso Supervisar ancho de banda

4.3.1.9. Caso de uso Analizar ancho de banda.

Durante este proceso, Figura 4.46, la clase Decisión solicita el ancho de banda disponible para cada clase (que resulta de calcular los porcentajes de ancho de banda asignado a cada clase con respecto al ancho de banda total) a la clase Parámetros y además pide el ancho de banda medido a la clase Ancho de banda. Una vez se obtienen estos datos se comparan con el fin de verificar si se va a sobrecargar el ancho de banda disponible para cada clase de servicio y poder tomar acciones posteriormente.

Res_3 es el resultado de la comparación y contiene la información acerca de si se sobrepasó ó no el 95% del ancho de banda asignado a cada clase de servicio. Por último, Res_3 es guardado en la clase Almacén.

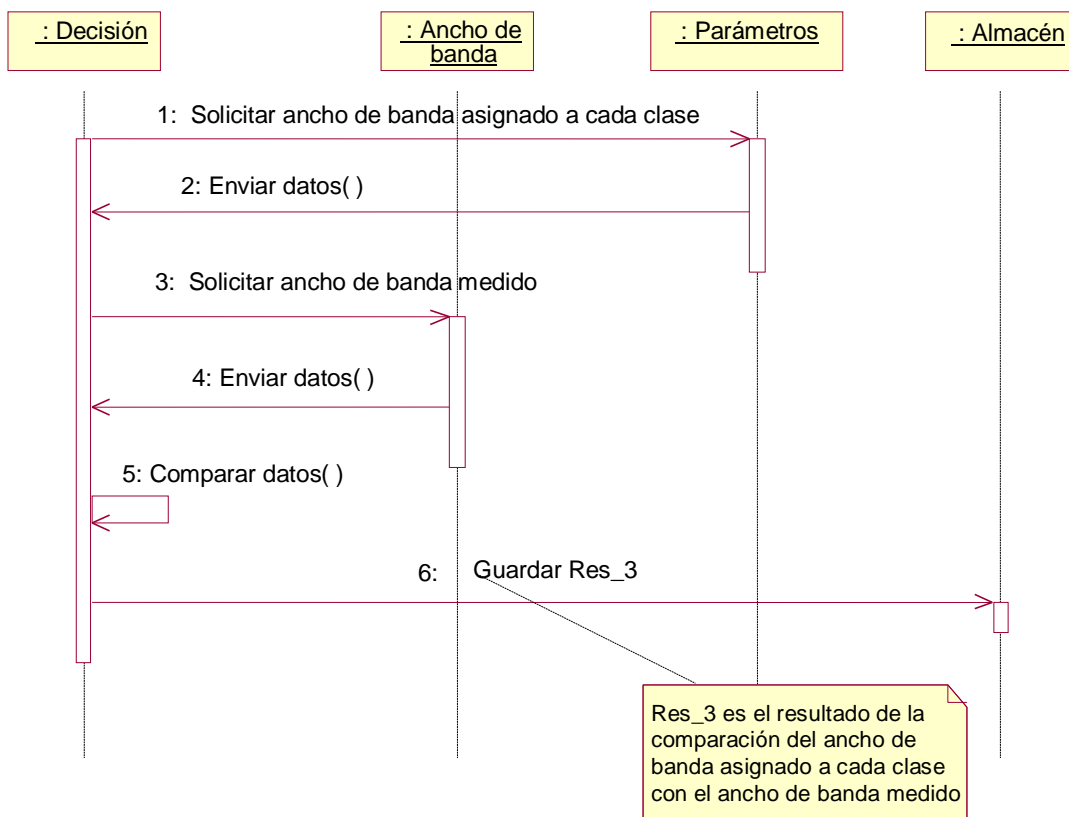


Figura 4.46. Diagrama de secuencia para el caso de uso Analizar ancho de banda

4.3.1.10. Caso de uso Controlar la garantía de la clase de servicio.

4.3.1.10.1. Manejo de retardo con fragmentación.

Para este proceso, Figura 4.47, la clase Retardo solicita Res_2 a la clase Almacén para conocer la clase de servicio seleccionada y si el nivel de retardo es aceptable ó no para ésta última. Una vez se obtiene esta información, analiza si el retardo es inaceptable y si la clase de servicio es garantizada o controlada. En caso afirmativo se debe llevar a cabo un control de retardo, por lo tanto la clase Retardo solicita a la clase Enrutador la velocidad del enlace que si es menor a 768 Kbps pide que se efectúe el proceso de fragmentación de paquetes de datos para que sean llevados al mismo tamaño de los paquetes de voz y de esta forma disminuir el retardo extremo a extremo. Para realizar la fragmentación, la clase Red solicita a la clase Clase de servicio que identifique los paquetes de datos que debe fragmentar y para esto se utiliza el campo ToS de la cabecera IP de cada paquete.

Si el campo ToS es 000, 001 ó 010, significa que son paquetes de voz entonces la clase Clase de servicio le indica a la clase Cola que los organice dentro de colas de espera. En caso de que el campo ToS sea 011, es decir, un paquete de datos; la clase Clase de servicio ordena a la clase Fragmento que realice la segmentación en paquetes del mismo tamaño de los paquetes de voz, para posteriormente solicitarle a la clase Cola que organice los paquetes ya segmentados dentro de colas de espera.

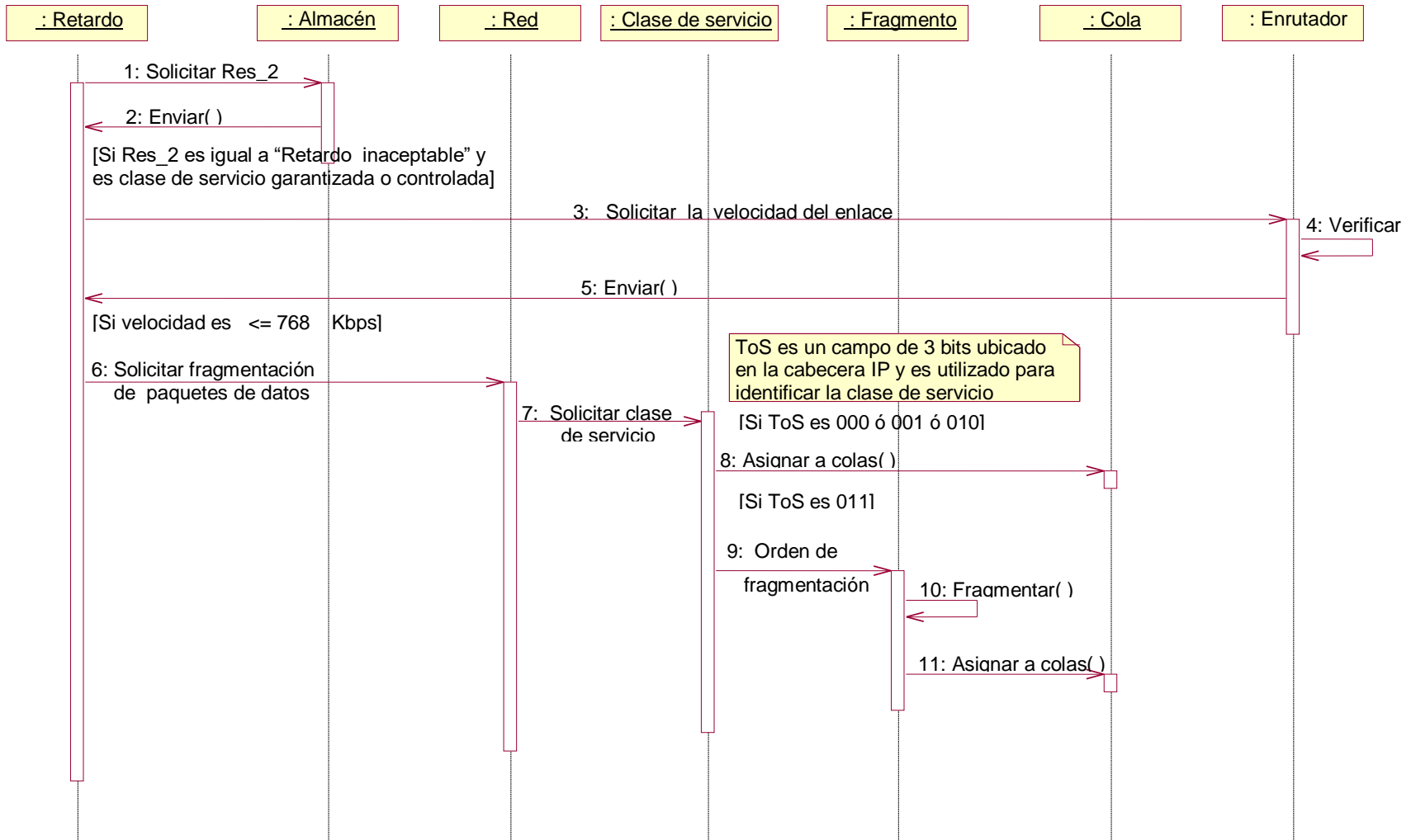


Figura 4.47. Manejo de retardo con fragmentación

4.3.1.10.2. Manejo de retardo sin fragmentación

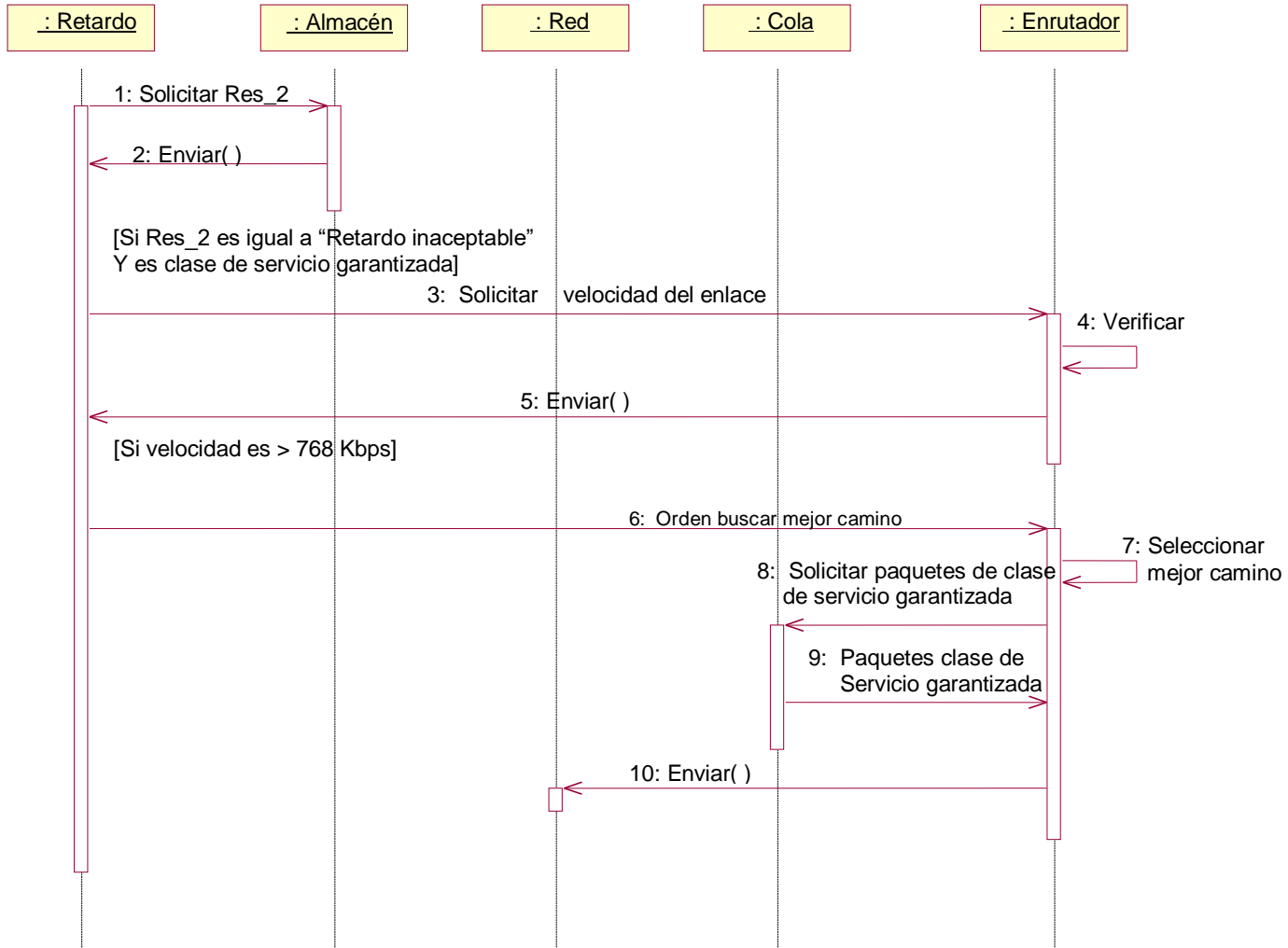


Figura 4.48. Manejo de retardo sin fragmentación

En este caso, Figura 4.48, una vez verificado que el nivel de retardo es inaceptable y la clase de servicio es garantizada se solicita la velocidad de enlace a la clase Enrutador. Si dicha velocidad es mayor a 768 Kbps la clase Retardo envía a la clase Enrutador una orden de buscar el camino más óptimo con el fin de disminuir el retardo extremo a extremo. Una vez la clase Enrutador ha seleccionado el mejor camino debe identificar los paquetes con clase de servicio garantizada para reenrutarlos por este camino, por lo que solicita a la clase Cola que le muestre dichos paquetes.

4.3.1.11. Caso de uso Controlar usuarios por clase de servicio.

En este caso de uso existen 6 posibilidades que permiten controlar el acceso de los usuarios dependiendo de su clase de servicio. Estas opciones son:

Clase garantizada llena: Esta opción permite controlar el acceso de usuarios de la clase de servicio garantizada en caso de que ésta clase se congestione y la clase controlada y best-effort estén en situación normal.

Clase controlada llena: Esta opción permite controlar el acceso de usuarios de la clase de servicio controlada en caso de que se presente congestión en ella y la clase best-effort esté en situación normal.

Clase best-effort llena: En caso de que esta clase de servicio se congestione, no hay más ancho de banda disponible por lo que si más usuarios best-effort quieren entrar es necesario negar su acceso.

Las otras tres alternativas hacen referencia a la posibilidad de que todas las clases de servicio presenten congestión y difieren entre sí por la clase de servicio a la que pertenecen los usuarios que hagan la solicitud de ingreso.

La clase best-effort tiene un control mínimo debido a sus características de simplicidad descritas en los requerimientos.

4.3.1.11.1. Clase garantizada llena.

Esta situación, Figura 4.49, se presenta cuando la clase Tráfico solicita Res_3, que contiene la notificación de que el ancho de banda para cada clase de servicio fue ó no sobrepasado, a la clase Almacén. En caso de que Res_3 se pase del 95% del ancho de banda asignado a la clase de servicio garantizada, es decir, haya congestión para esta clase; por ser clase de servicio garantizada (la de mayor prioridad) es necesario ofrecerle servicio a otros usuarios con la misma clase de servicio que deseen entrar. Por lo tanto, la clase Tráfico debe solicitar a la clase Entrada que averigüe si hay usuarios con clase de servicio garantizada que deseen entrar. En caso afirmativo, la clase Entrada solicita a la clase Ancho de banda que le brinde ancho de banda adicional para satisfacer la petición del usuario por lo que debe utilizar del ancho de banda asignado a la clase best-effort.

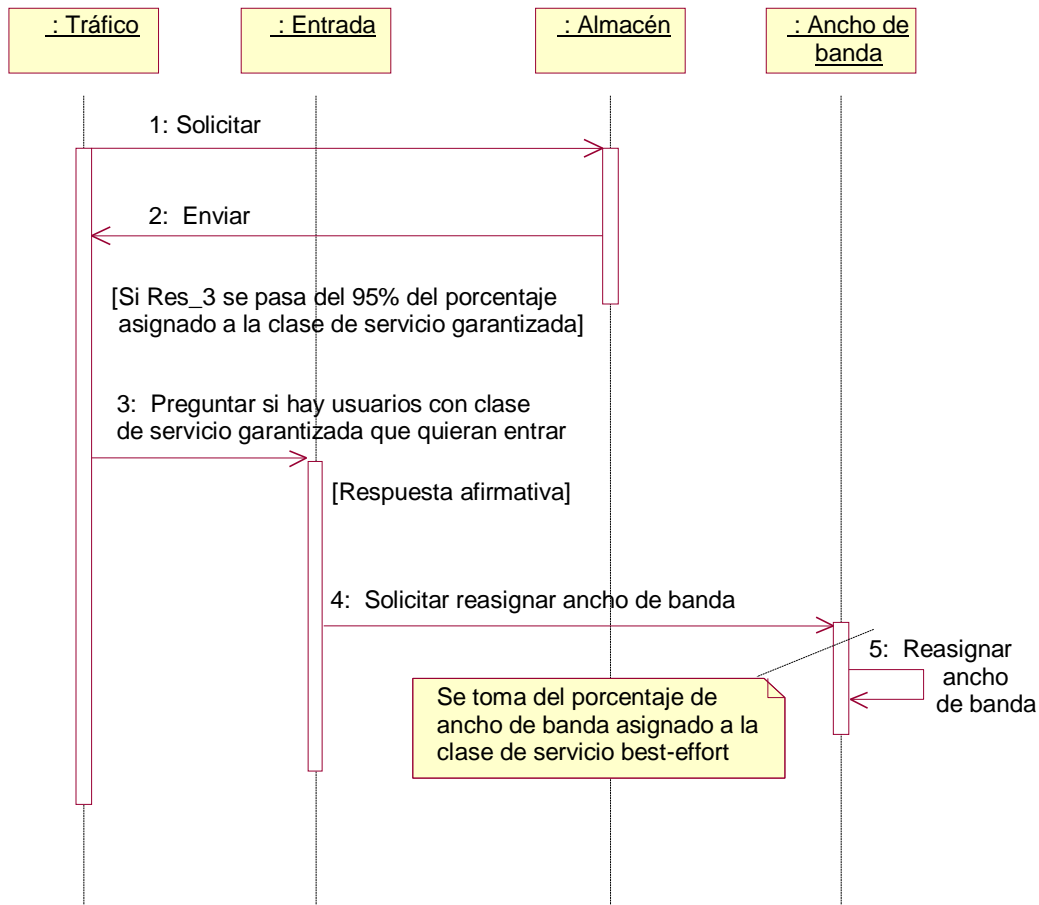


Figura 4.49. Clase garantizada llena.

4.3.1.11.2. Clase controlada llena.

En esta opción, Figura 4.50, la clase Tráfico solicita Res_3 a la clase Almacén con el fin de verificar si se sobrepasó ó no el 95% del ancho de banda asignado a la clase de servicio controlada. En caso de afirmativo, la clase Tráfico pregunta si hay más usuarios de dicha clase de servicio que deseen entrar, con el objetivo de buscar más ancho de banda para ellos mediante la reasignación de una porción del porcentaje de ancho de banda asignado a la clase best-effort.

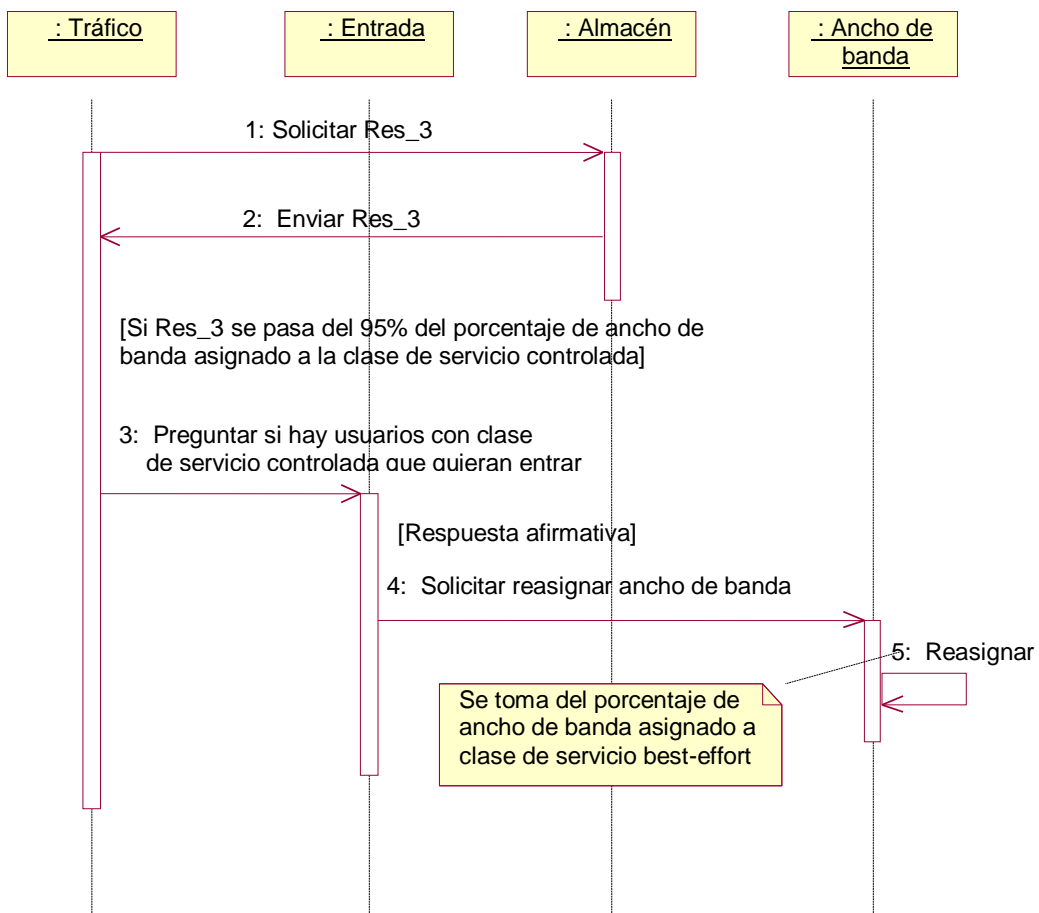


Figura 4.50. Clase controlada llena

4.3.1.11.3. Clase best-effort llena.

En esta opción, Figura 4.51, la clase best-effort se encuentra congestionada y en caso de que hayan más usuarios de dicha clase que deseen entrar no se les permite el acceso hasta que los usuarios que se encuentren conectados terminen su comunicación y liberen ancho de banda.

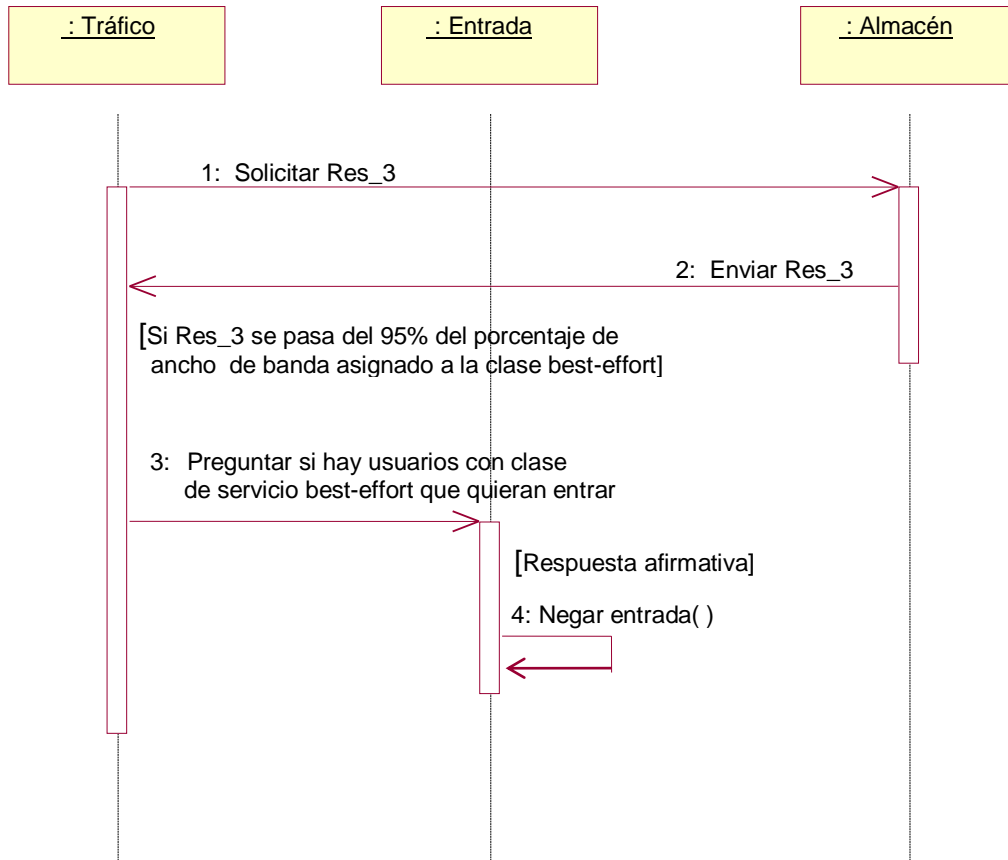


Figura 4.51. Clase best-effort llena

4.3.1.11.4. Clases de Servicio llenas y clase garantizada hace solicitud de ingreso.

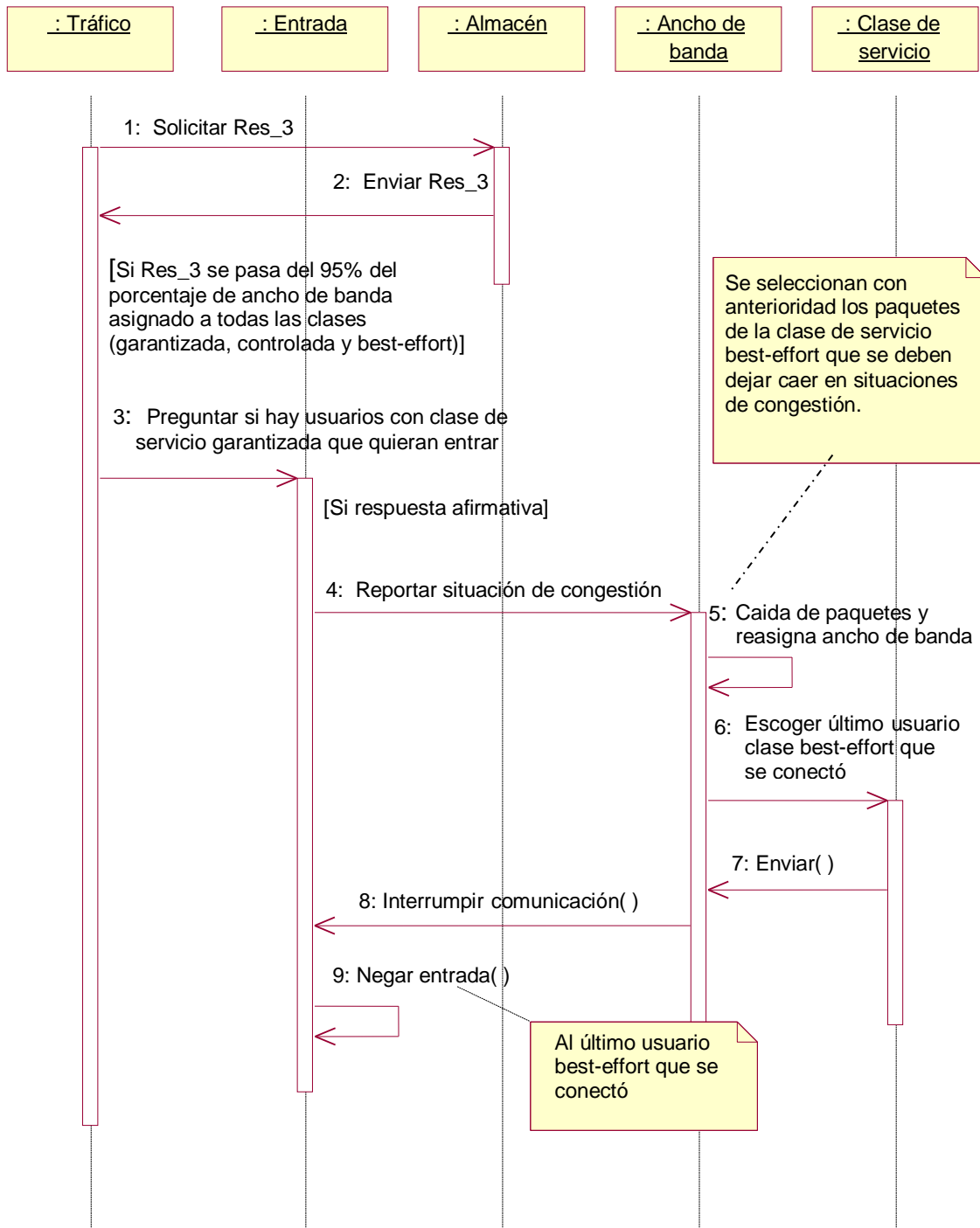


Figura 4.52. Clases de servicio llenas y clase garantizada hace solicitud de ingreso

En esta opción, Figura 4.52, la clase Tráfico solicita Res_3 a la clase Almacén. Si todas las clases (garantizada, controlada y best-effort) presentan congestión, es decir, exceden el 95% del ancho de banda asignado a cada una de ellas; la clase Tráfico pregunta a la clase Entrada si existen usuarios con clase de servicio garantizada que deseen entrar. En caso afirmativo, la clase Entrada reporta la situación de congestión a la clase Ancho de banda, la cual ha seleccionado con anterioridad los paquetes que puede dejar caer en estas situaciones como medida de protección para los paquetes de voz.

Como hay congestión y la clase de servicio best-effort también se encuentra llena, la clase Ancho de banda debe dejar caer los paquetes ya seleccionados y reasignar parte del ancho de banda de la clase best-effort para poder darle servicio al usuario de la clase de servicio garantizada que desea entrar. Para liberar parte del ancho de banda de la clase de servicio best-effort, averigua con la clase Clase de servicio cual fue el último usuario best-effort que se conectó y envía una orden a la clase Entrada para que interrumpa esa comunicación.

4.3.1.11.5. Clases de Servicio llenas y clase controlada hace solicitud de ingreso.

En esta opción, Figura 4.53, la clase Tráfico solicita nuevamente Res_3 a la clase Almacén. Si todas las clases (garantizada, controlada y best-effort) presentan congestión, la clase Tráfico pregunta a la clase Entrada si existen usuarios con clase de servicio controlada que deseen entrar. En caso afirmativo, la clase Entrada reporta la situación de congestión a la clase Ancho de banda, la cual debe dejar caer los paquetes ya seleccionados y reasignar parte del ancho de banda de la clase best-effort para poder darle servicio al usuario de la clase de servicio controlada que desea entrar.

De nuevo, se busca liberar parte del ancho de banda de la clase de servicio best-effort y para esto la clase Ancho de banda averigua con la clase Clase de servicio cual fue el último usuario best-effort que se conectó y envía una orden a la clase Entrada para que interrumpa esa comunicación.

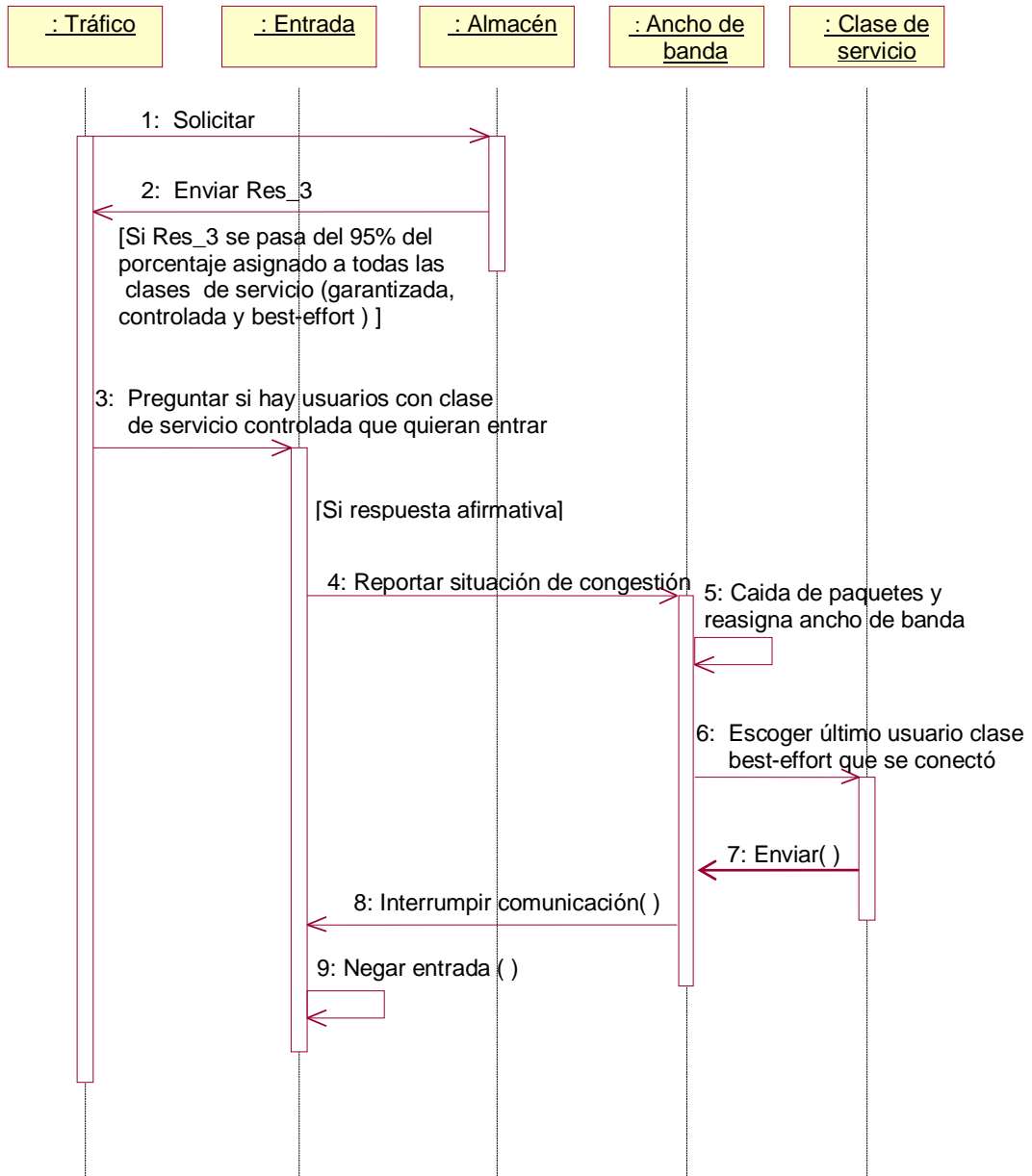


Figura 4.53. Clase controlada hace solicitud de ingreso

4.3.1.11.6. Clases de Servicio llenas y clase best-effort hace solicitud de ingreso

Aquí , Figura 4.54, la clase Tráfico solicita Res_3 a la clase almacén y se da cuenta que hay una situación de congestión en todas las clases de servicio. Para este caso, la clase Tráfico pregunta a la clase Entrada si hay usuarios con clase de servicio best-effort que deseen entrar y en caso afirmativo se procede a negarles la entrada.

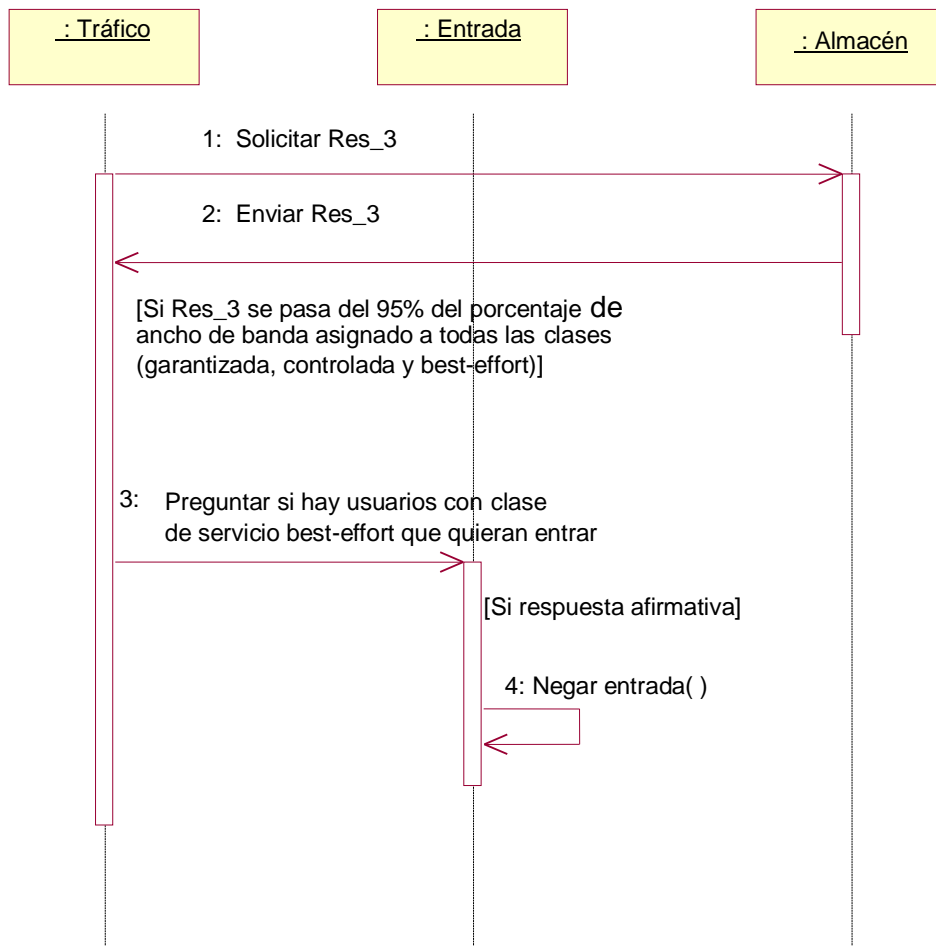


Figura 4.54. Clase best-effort hace solicitud de ingreso

4.3.1.12. Caso de uso Prioritizar clase de servicio.

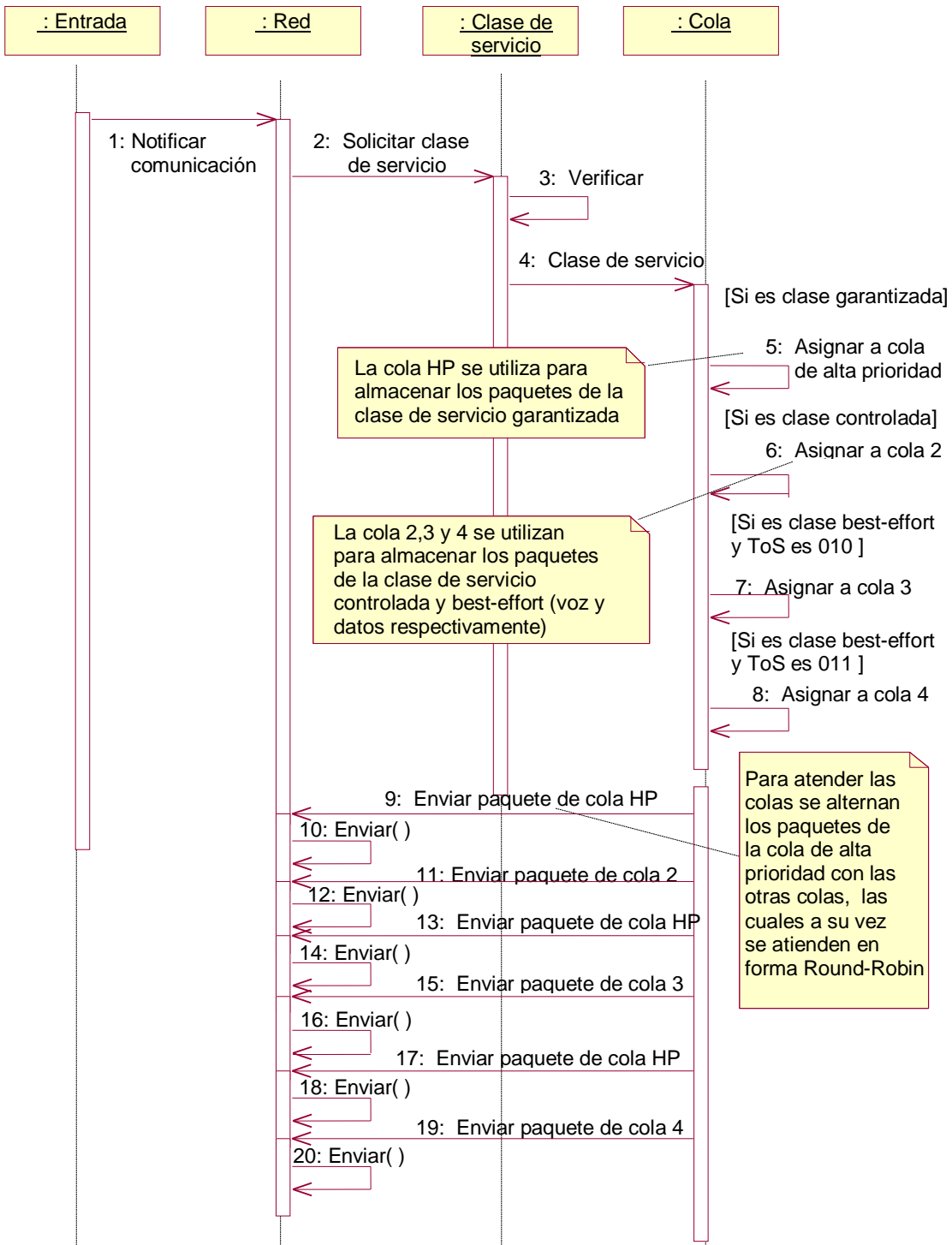


Figura 4.55. Prioritizar Clase de servicio

En este caso de uso, Figura 4.55, si existe una comunicación la clase Red necesita reconocer los paquetes que viajan por ella y relacionarlos a la clase de servicio a la que pertenecen. Para esto, interactúa con la clase Clase de servicio con el fin de que identifique los paquetes utilizando el campo ToS de la cabecera IP de cada uno de ellos; a su vez esta clase interactúa con la clase Cola que será la encargada de organizar los paquetes en colas de espera para su envío a través de la red VoIP.

La clase Cola reconoce si los paquetes pertenecen a la clase de servicio garantizada y los ubica dentro de una cola de alta prioridad (High Priority-HP), así mismo lo hace con los paquetes de la clase de servicio controlada y los ubica dentro de una segunda cola (Cola 2), a los paquetes de voz de la clase de servicio best-effort los ubica en una Cola 3 y a los paquetes de datos de esta misma clase de servicio los ubica dentro de una Cola 4.

Una vez tiene formadas las 4 colas de espera, procede a informarle a la clase Red que las colas deben ser atendidas de la siguiente manera: Primero se atiende un paquete de la cola HP, seguido de uno de la cola 2, luego otra vez es atendido un paquete de la cola HP, seguido de uno de la cola 3, nuevamente es atendido un paquete de la cola HP, seguido de uno de la cola 4 y así sucesivamente hasta que se atiendan los paquetes de todas las colas. Es decir, la cola HP se alterna con las demás colas las cuales son atendidas bajo un esquema Round-Robin debido a que de esta forma se garantiza que los paquetes de la clase de servicio garantizada sean los que presenten el menor retardo.

Además como puede observarse, con este esquema de atención de colas se maneja adecuadamente el concepto de prioridad siendo la clase de servicio garantizada la que presenta la mayor prioridad sobre las demás clases y en la misma forma la clase de servicio controlada tiene mayor prioridad sobre la clase de servicio best-effort.

4.3.1.13. Caso de uso Ver informe.

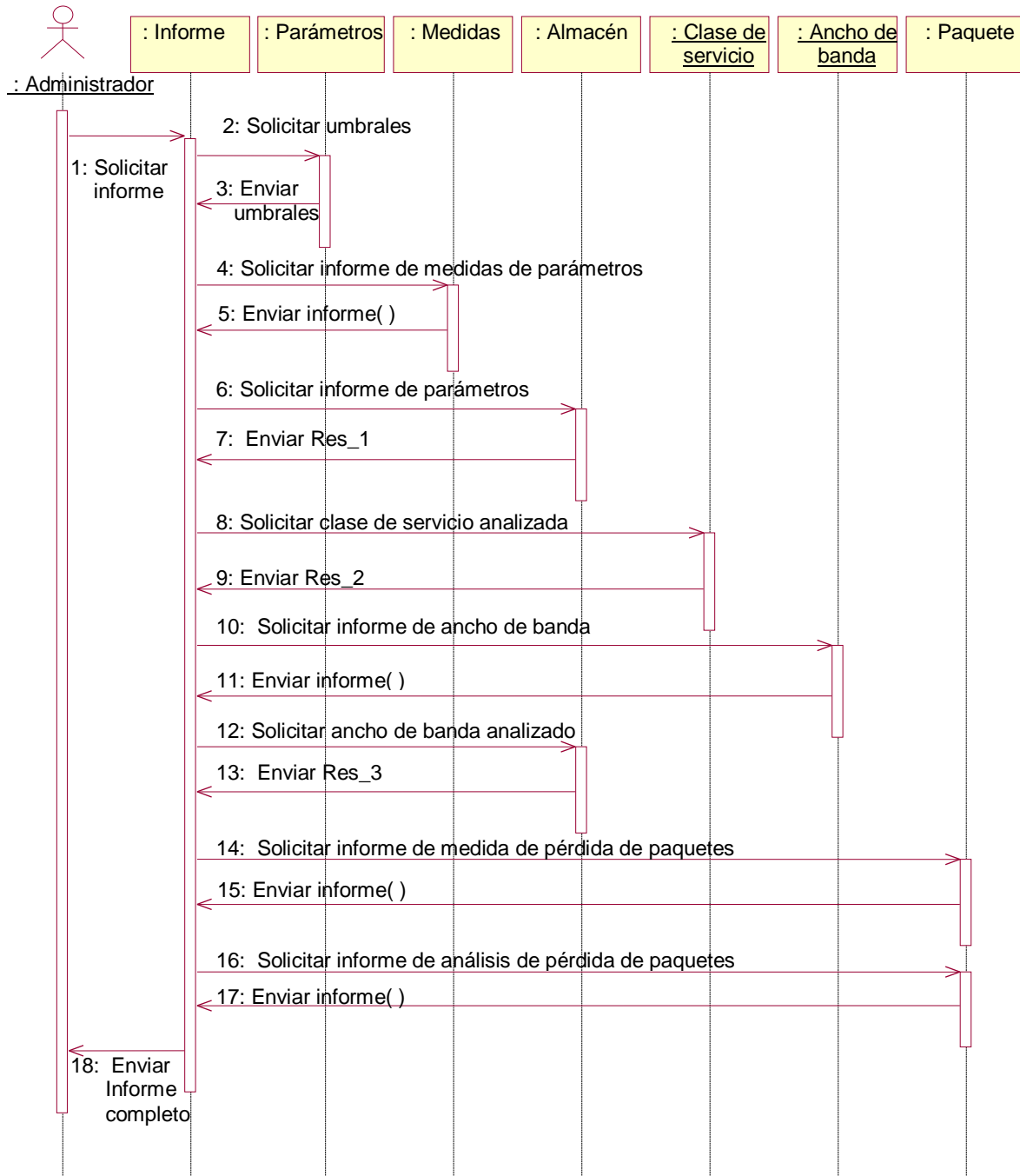


Figura 4.56. Caso de uso Ver informe

En este caso de uso, Figura 4.56, el Administrador solicita el informe de todos los parámetros a la clase Informe que interactúa con las clases Parámetros, Medidas, Almacén, Clase de servicio, Ancho de banda y Paquete; con el fin de reunir todos los datos necesarios para llevar a cabo la elaboración del informe.

El informe está compuesto por: Umbrales, medida del retardo, análisis de retardo (Res_1), análisis de la clase de servicio con retardo (Res_2), medida del ancho de banda, ancho de banda analizado (Res_3), medida y análisis de la pérdida de paquetes. Una vez completado el informe es presentado al administrador.

4.3.1.14. Caso de uso manejo de pérdida de paquetes.

En este caso de uso, Figura 4.57, la clase Paquete solicita el plan de supervisión de pérdida de paquetes a la clase Planes y pide a la clase Parámetros el porcentaje umbral de pérdida de paquetes ya configurado. A continuación, la clase Paquete ordena a la clase Enrutador que invoque un programa que realice la medida de pérdida de paquetes en la red y una vez se obtienen los datos; se compara el valor medido con el valor umbral.

Si se sobrepasa el umbral, la clase Paquete ordena a la clase Algoritmo que ejecute un algoritmo mediante el cual crea un paquete de voz que simule un silencio en la comunicación. Para esto la clase Algoritmo solicita el número de secuencia de los paquetes perdidos con el fin de conocer el destino al que se van a enviar los paquetes generados en esta clase.

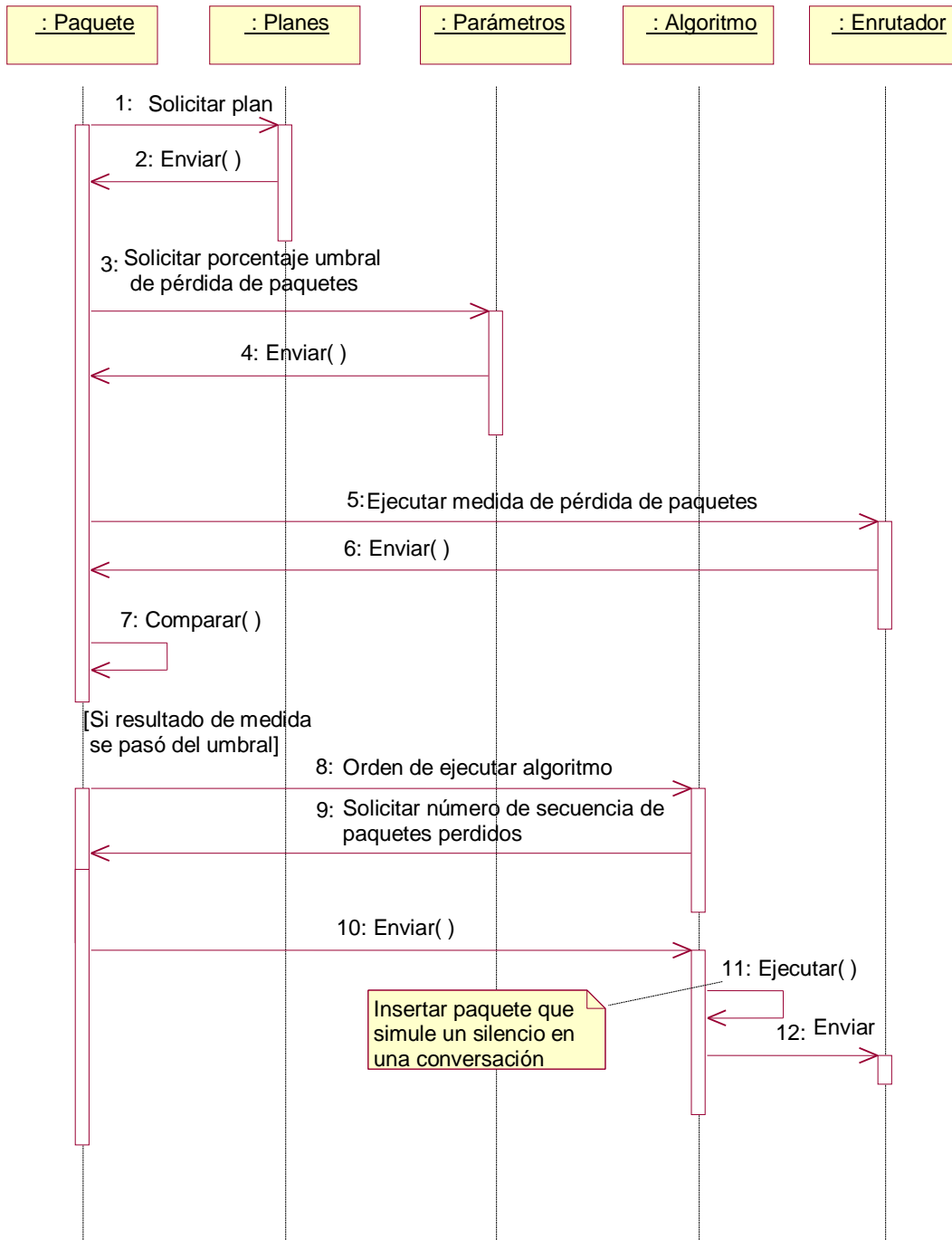


Figura 4.57. Manejo de pérdida de paquetes

CONCLUSIONES

En la actualidad existen empresas que están incursionando en el mercado de la voz sobre Internet, tales como: Net2phone, Netspeak, entre otras; pero ofrecen una calidad de voz inferior a la brindada por la PSTN. Esto es debido a que Internet es una combinación de redes, lo que implica que estén involucradas muchas administraciones las cuales deben llegar a actuar como una sola, mediante acuerdos a nivel de servicios (SLA), si se desea mejorar la calidad de voz en la Internet. Por lo tanto es necesario superar este inconveniente para que el servicio de voz como tal (sobre Internet) sea una realidad con características de calidad, fiabilidad, escalabilidad y gestión.

Por otro lado, es más factible brindar el servicio de VoIP sobre una red privada ya que se tiene un control sobre toda la red y se pueden tomar las medidas necesarias para ofrecer una calidad similar a la que proporciona la PSTN. Es por esto que el Modelo de Gestión de QoS y tráfico para redes de VoIP se orientó hacia una red privada empresarial, con sedes en diferentes ciudades y con exigencias de gran calidad al menor costo posible.

Para la elaboración del Modelo de Gestión, se llevó a cabo el análisis de los principales factores que afectan el QoS y el tráfico en una red de VoIP para realizar su posterior gestión. Dicho análisis arrojó los siguientes resultados:

- Los principales parámetros que afectan la calidad de servicio en VoIP son: Retardo, pérdida de paquetes y Jitter, siendo las de mayor incidencia las dos primeras.
- El retardo extremos a extremo esta compuesto por dos fuentes principales de retardo las cuales son: Retardo en la Gateway y retardo en la red; Se considera que el valor máximo de retardo admitido en una comunicación unidireccional es de 150 ms.
- La pérdida de paquetes es inaceptable cuando el porcentaje de paquetes perdidos excede el 5%.

- Las Gatekeepers desempeñan funciones de control, administración y gestión necesarias para mantener la integridad de las redes locales corporativas y redes WAN, por lo que son de vital importancia a la hora de hablar de QoS en una red VoIP.
- Las características de QoS para VoIP permiten: Clasificar el tráfico para diferenciarlo adecuadamente, definir políticas de tráfico, fragmentar paquetes de datos grandes e intercalarlos con paquetes de voz para satisfacer los requerimientos de voz, ofrecer garantías de ancho de banda y reservación para tráfico de voz de alta prioridad y configurar un sistema que permita evitar la congestión donde sea posible.
- En las redes de datos utilizadas para transmisión de voz, se debe asignar mayor prioridad a los paquetes de voz con el fin de mejorar su transporte y disminuir su retardo.
- Se están diseñando nuevos métodos para la formación de colas de espera que permitan darle al tráfico de voz la importancia que necesita debido a sus características de tiempo real y sensibilidad al retardo, ya que los métodos existentes fueron creados para el manejo de tráfico de datos.

Además de este análisis, resultó de suma importancia tomar el área funcional de Desempeño de TMN como base para realizar el Modelo de Gestión por su estrecha relación con los temas tratados y las pautas que ofrece en materia de gestión; todo este proceso (análisis y aplicación de TMN) permitió observar la necesidad de introducir funciones nuevas que complementarían las ya proporcionadas por el área de Desempeño y facilitarían la gestión en redes que transportan tráfico de voz. Estas funcionalidades permitieron la definición de los requisitos que deben reunir los puntos extremos y Gatekeepers para soportar los mecanismos de QoS, además de aquellas que proporcionaron el manejo de la congestión y reservación del ancho de banda.

Finalmente, para la especificación del Modelo de Gestión se empleó el lenguaje de modelado UML el cual ha sido desarrollado para modelar sistemas de tiempo real y posee elementos gráficos que permiten soportar la captura de requerimientos, el análisis y el diseño. Como metodología de desarrollo se utilizó Objectory, que realiza actividades que son traducidas a casos de uso que a su vez son implementados para coordinar el proceso de captura de requerimientos y para asegurar que toda la funcionalidad del sistema sea llevada a cabo.

RECOMENDACIONES

Después de realizar un extenso estudio en la tecnología de VoIP y brindar unas pautas para llevar a cabo la gestión de QoS y tráfico en redes que soportan esta tecnología, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Buscar las fuentes de retardo en la red y elaborar un presupuesto de retardo que ayude a identificar las áreas que pueden ser mejoradas.
- Utilizar un equipo de enrutamiento que soporte gestión de tráfico, que controle el ancho de banda, que esté en la capacidad de sondear el camino más óptimo en un momento determinado y permita priorizar el tráfico.
- Escoger un vocoder que vaya de acuerdo a las necesidades de los usuarios, buscando un equilibrio entre ancho de banda y calidad. Si se utiliza G.723 se ahorra en ancho de banda pero se disminuye la calidad ya que se presentan procesos de compresión que adicionan retardo, mientras que el G.729 utiliza mayor ancho de banda pero el retardo es menor, aumentando así la calidad.
- Evitar involucrarse con los equipos intermedios sobre los cuales no se tenga control, ya que las garantías no dependerán de su propia red.
- Como medida de protección se debe utilizar redundancia del equipo de gestión, para nuestro caso la Gatekeeper por ser el corazón de la red VoIP.
- Configurar adecuadamente el tamaño del búfer de Jitter. Si el búfer es demasiado pequeño, las perturbaciones en la red tales como pérdidas y Jitter causarían efectos audibles en la voz recibida y si es demasiado grande, la calidad de voz será muy buena aunque la conversación bidireccional podría convertirse en una conversación half-duplex a causa del

retardo. Por esto se recomienda que el tamaño del búfer de Jitter sea grande para mejorar la calidad y reducir el problema solo al manejo del retardo.

- Definir clases de servicio con el fin de ofrecer diferentes niveles de calidad que vayan de acuerdo a la necesidad del usuario. Se recomiendan tres tipos de clases: Una clase en la que se necesite alta calidad y que ofrezca disponibilidad la mayoría del tiempo, otra en la que se ofrezca un servicio de calidad aceptable y su frecuencia de utilización sea menor y una última clase en la que no hayan exigencias críticas de calidad ni de disponibilidad. Además, se sugiere una distribución de ancho de banda de 50%, 20% y 30% del ancho de banda total para cada clase respectivamente, con el fin de satisfacer las exigencias de cada una.
- Debido a que eliminar la pérdida de paquetes resulta imposible con la tecnología actual, lo único que se recomienda para anticiparse a ella es utilizar mecanismos óptimos que permitan evitar la congestión y si aún así se presenta la pérdida de paquetes, es aconsejable tratar de suavizar el problema mediante la inserción de silencios en la comunicación lo cual le permite al cerebro humano hacer un mejor reconocimiento de las palabras.
- Para desarrollar proyectos relacionados con calidad de servicio en VoIP es necesario recurrir a la mayor cantidad posible de fuentes de información con el fin de obtener una documentación sólida debido a la abundancia de aspectos involucrados en este tema.

Para finalizar, es necesario aclarar que la información general (de acceso público) acerca de los diversos aspectos relacionados con calidad de servicio en VoIP es muy limitada y los desarrollos más avanzados están a cargo de las empresas que tienen la tecnología para ello, por lo que dicha información es de carácter confidencial. Además, debido a que todavía no existe una completa estandarización en lo que a VoIP se refiere, ha sido imposible unir esfuerzos para que la calidad de servicio sea un hecho.

A pesar de lo anterior, el Modelo de Gestión de QoS y tráfico en redes de VoIP es factible en una Intranet corporativa y brinda las pautas necesarias para ofrecer un servicio de voz de alta calidad.

BIBLIOGRAFÍA

COAD Peter and YOURDON Edward. Object – Oriented Analysis. Yourdon Press Computing Series. Prentice Hall, 1991.

FOWLER Martin and SCOTT Kendall. UML gota a gota. Prentice Hall, 1999.

Recomendación H.323.v1. Sistemas y equipos videotelefónicos para redes de área local que proporcionan una calidad de servicio no garantizada. UIT-T Noviembre 1996.

Recomendación H.323.v2. Sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes. UIT-T Octubre 1997.

Recomendación H.323.v3. Sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes. UIT-T Septiembre 1999.

Recomendación H.323.v4. Sistemas de comunicación multimedia basados en paquetes. UIT-T Geneva, 9 – 10 Noviembre 2000

Recomendación H.225.0.v2. Protocolos de señalización de llamada y paquetización de flujos de medios para sistemas de comunicaciones multimedia basados en paquetes. Marzo 25 1997.

Recomendación H.245. Protocolo de control para comunicación multimedios. UIT-T. Marzo 1996.
Anexo N H.323. Calidad de servicio extremo a extremo, control de prioridad y señalización en sistemas H.323. Porto Seguro, Mayo 28 – Junio 8 2001.

Recomendación M.3010. Principios para una red de gestión de telecomunicaciones. UIT-T. Ginebra 1993.

Recomendación M.3400. Funciones de gestión de la red de gestión de telecomunicaciones. UIT-T. Ginebra 1993.

Páginas en Internet:

<http://www.packetizer.com>

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/qos.htm

<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/rtrmgmt/qos/pqpm20/pqpm20ug/pintro.htm>

<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/voice/ics7750/design/dprov.htm>

http://www.sitaranetworks.com/products/document_info.cfm?document=11

<http://www.networkcomputing.com/netdesign/1109voipfull.html>

http://www.unispherenetworks.com/index/home/products/voice_mediation/technical_information/positioning_papers/smx_pp_page1.html

ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/courses/cis788-99/qos_products/index.html

ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/courses/cis788-99/qos_routing/index.html

http://www.allot.com/html/white_products_technology_pbn.shtm

http://www.allot.com/html/white_products_technology_technical.shtm

<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3015.html>

http://200.10.68.58/bibvirtual/publicaciones/electrónica/Nº4_Dic1999/Calidad.htm

<http://www.vive.com/>

<http://www.lucent-networkcare.com/knowledge/whitepapers/voip.asp>

<http://www.ooad.de/objectory/ory/help/help.html>

http://www.cibertele.com/publicaciones/multimedia_ip.htm

<http://www.seas.upenn.edu:8080/~dmurphy/voip-pap.htm>

<http://www.iptelephony.org>

<http://www.ietf.org/rfc/rfc2386.txt?number=2386>

http://www.agilent.com/cm/commlink/hub/tech/voip/voip_imp_qos.html

<http://www.packeteer.com/>

<http://www.voipweb.f2s.com/>

<http://www.computertelephony.org/>

<http://www.voipwatch.com>

GLOSARIO

ACRÓNIMOS

ADPCM	Modulación por Codificación de Pulsos Diferencial Adaptativa (<i>Adaptive Differential Pulse Code Modulation</i>)
ATM	Modo de Transferencia Asíncrono
BRI	Acceso básico RDSI (2B+D)
CBWFQ	Formación de Colas de Espera de acuerdo a pesos y basada en clases (<i>Class-based Weighted Fair Queueing</i>).
CODEC	Codificador/Decodificador
CoS	Clase de Servicio
CS-ACELP	Estructura Conjugada- Código Algebraico con Predicción Lineal (<i>Conjugate Structure- Algebraic code excited linear prediction</i>)
DNS	Servicio de Dominio de Nombres (<i>Domain Name Service</i>).
DSP	Procesador de Señal Digital
DTMF	Multifrecuencia Tono Dual (<i>Dual Tone Multifrequency</i>)
DWFQ	Formación de Colas de Espera Distribuida de acuerdo a pesos (<i>Distributed Weighted Fair Queueing</i>)
FIFO	Primero en entrar Primero en salir (<i>First In First Out</i>)
FRF.12	Fragmentación en Frame Relay versión 12
FTP	Protocolo de Transferencia de Archivos
FXO	Oficina de Conmutación Foránea (<i>Foreign Exchange Office</i>)
FXS	Estación de Conmutación Foránea (<i>Foreign Exchange Station</i>)
IMTC	Consorcio Internacional de Teleconferencia Multimedia (<i>International Multimedia Teleconferencing Consortium</i>)
IP	Protocolo Internet
ISDN	Integrate Service Digital Network
LAN	Red de Área Local

LD-CELP	Retardo Bajo- Código de Predicción Lineal (<i>Low Delay-Code Excited Linear Prediction</i>)
LFI	Fragmentación e Intercalado de Enlaces
LLHP	Cola de Alta Prioridad
MC	Controlador Multipunto
MCU	Unidad de Control Multipunto
MDRR	Cola circular Modificada (<i>Modified Deficit Round Robin</i>)
MP	Procesador multipunto
MP-MLQ	Probabilidad de Cuantización Máxima de Pulso – Multi punto (<i>Point Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization</i>)
MTU	Unidad Mínima de Transmisión
NE	Elemento de Red (<i>Network Element</i>)
PBX	Central de Conmutación Privada (<i>Private Branch Exchange</i>)
PCM	Modulación por codificación de pulsos
PRI	Acceso primario RDSI (30B+D)
PSTN	Red Telefónica Pública Conmutada (<i>Public Switched Telephone Network</i>)
QoS	Calidad de Servicio (<i>Quality of Service</i>)
RAS	Registro, Admisión y estado (<i>Registration, Admission and Status</i>)
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
RSVP	Protocolo de Reservación de Recursos
RTCP	Protocolo de Control de Tiempo Real (<i>Real Time Control Protocol</i>)
RTP	Protocolo de Tiempo Real (<i>Real Time Protocol</i>)
SLA	Acuerdos a Nivel de Servicios
SS7	Sistema de Señalización No.7
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
TDM	Multiplexación por División de Tiempo
TMN	Red de Gestión de Telecomunicaciones (<i>Telecommunication Management Network</i>)
ToS	Tipo de Servicio (<i>Type of Service</i>)
UDP	Protocolo de Datagrama de Usuario
UIT-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones - Área de normalización de las Telecomunicaciones
UML	Lenguaje de Modelamiento Unificado (<i>Unified Modeling Language</i>)

VoIP	Voz sobre IP(Voice Over IP)
WAN	Red de Área Amplia
WFQ	Formación de Colas de Acuerdo a Pesos (<i>Weighted Fair Queueing</i>)
WRED	Detección Temprana Aleatoria por Pesos (<i>Random Early Detection Weighted</i>)
WRR	Cola circular de acuerdo a Pesos (<i>Weighted Round Robin</i>)

DEFINICIONES:

ATRIBUTO: Característica que describe un objeto asignándole unos valores y unas cualidades.

CLASE: Descripción de un conjunto de objetos que comparten los mismos atributos, operaciones, métodos relaciones y semántica.

ENRUTADOR: Un dispositivo que conecta dos o mas sistemas de redes.

GATEKEEPER: Dispositivo encargado de la gestión que traduce direcciones, realiza control de admisión, etc.

GATEWAY: Dispositivo que permite la comunicación entre las señales telefónicas y los puntos extremos IP.

GESTIÓN DE LA CALIDAD DE DESEMPEÑO: Área funcional de TMN que proporciona funciones destinadas a evaluar el comportamiento de equipos de telecomunicaciones e informar al respecto, así como en relación con la efectividad de la red o del elemento de red.

H.323: Stack de protocolos que comprende a su vez una serie de estándares y se apoya en varios protocolos que cubren los distintos aspectos de la comunicación.

H.225: Protocolo de Control de llamada que permite la señalización, registro, admisión y paquetización / sincronización del flujo de voz.

H.245: Protocolo de control para especificar mensajes de apertura y cierre de canales para flujos de voz.

IP: Internet Protocol. El protocolo utilizado para conectar redes en Internet. El termino "Dirección IP" se refiere a un único numero que es distribuido a proveedores de Internet. Un numero IP puede ser utilizado en lugar de un nombre de dominio para navegar en la Red o entrar en un servidor FTP.

INTRANET: La red IP implementada por la propia empresa.

JITTER: Es la variación en el tiempo de llegada entre los paquetes.

OBJETO: Una entidad con una identidad y un límite bien definidos que encapsula unas características. Esta representado por atributos y relaciones.

OPERACIONES: Describen el comportamiento de los objetos de una clase

Q.931: Protocolo para la señalización inicial de llamada.

PÉRDIDA DE PAQUETES: Es un fenómeno que consiste en la pérdida o alteración de un paquete en la red debido a varias razones como enlaces sobrecargados, congestión, errores en el medio físico, etc.

POLÍTICAS Y SERVICIOS: Funciones opcionales de la Gatekeeper que permiten a los diseñadores diferenciar sus productos comerciales de los demás.

PRECEDENCIA IP: Método de clasificación de paquetes que permite marcarlos con valores de precedencia para especificar la clase de servicio utilizando los 3 bits de precedencia en el campo ToS de la cabecera IPv4.

PROCEDIMIENTOS: Funciones obligatorias que describen las características operacionales y el comportamiento de la Gatekeeper en la red.

REQUERIMIENTO: Especificación de estímulos que están siendo enviados a instancias de objeto.

RETARDO: Es el tiempo que demora un paquete para viajar a través de la red de un extremo a otro.

SERVICIO BEST-EFFORT: Brinda una conectividad básica sin garantías, como por ejemplo Internet.

SERVICIO CONTROLADO: Facilita el manejo de clases de tráfico específicas, como por ejemplo el servicio ofrecido por una Intranet.

SERVICIO GARANTIZADO: Reserva recursos de red para garantizar que un tráfico determinado adquiera el nivel de servicio que éste requiere; Este tipo de servicio es mejor para aplicaciones que demanden una cantidad específica de ancho de banda y que sean duraderas.

TERMINAL H.323: Puntos extremos para transmisión de voz que soportan tiempo real y comunicaciones bidireccionales con otros componentes H.323. Además pueden comunicarse con cualquier otro terminal H.323, una Gateway H.323 ó un MCU.

TRÁFICO DE TIEMPO REAL: Tipo de tráfico que requiere muy poco retardo y un mínimo de jitter como por ejemplo una conversación de voz.

UDP: User Datagram Protocol. Protocolo de Datagramas de Usuario. Parte de la familia de protocolos IP. UDP añade estabilidad y multiplexado a datagramas IP.

WEB CALL CENTER: Centro DE Atención al cliente vía web.

ZONA: Es el conjunto de puntos extremos sobre los cuales una y solo una Gatekeeper tiene autoridad y puede incluir un número de terminales, Gateways ó MCUs.