

RESUMEN

La Calidad de Servicio en Redes Inalámbricas es un tema que ha sido ampliamente tratado y difundido en los organismos de Normalización, proponiendo y creando estándares y normas que promulgan la satisfacción del mismo, en este proyecto de titulación se hace un análisis de las propuestas existentes y el estado del arte actualmente en las redes Inalámbricas.

En el primer capítulo se analizó el problema que significa la provisión de QoS en redes móviles en general, además se realizó un estudio del estado actual de las redes móviles, incluyendo los métodos para satisfacer QoS mas utilizados.

En el segundo capítulo se realizó un estudio general del Protocolo IPv6, ya que puede ser considerado como el mas importante en la actualidad, realizando especial énfasis en la satisfacción de QoS que ofrece dicho protocolo y las diferentes tecnologías que utiliza para su funcionamiento además se detallo en las diferencias principales y mejoras con respecto a IPv4.

En el tercer capítulo se realizó un estudio detallado de dos tecnologías principales para la satisfacción de QoS, como son el protocolo BRAIN y la arquitectura de red INSIGNIA, su funcionamiento y facultad de utilización.

En el capítulo cuarto se realizó una comparación entre las dos tecnologías, ventajas desventajas de la una con respecto a la otra, mejoras y facilidad de utilización, además del análisis de otras tecnologías que van de la mano o se derivan de las antes mencionadas.

El capítulo quinto consiste en las conclusiones y recomendaciones que se sacaron a colación a partir de la realización del presente trabajo.

Las redes inalámbricas existentes actualmente se dividen en tres grupos:

- **WPAN Wireless Personal Area Network como Bluetooth y IEEE 802.15**
- **WLAN Wireless Local Area Network HyperLAN, HOMERO**
- **WWAN Wireless Wide Area Network GSM, GPRS**

Los tipos de Servicios de Servicio IntServ y DiffServ también fueron analizados, el primero presenta buenas garantías QoS para flujos individuales así como una buena característica de seguridad al iniciar la transferencia de datos. El aseguramiento QoS es de extremo a extremo y utiliza el protocolo de señalización RSVP. .

DiffServ trabaja con agregados de flujos, el marcaje lo hace utilizando el campo DSCP de la cabecera IP, no realiza un establecimiento previo de la ruta, el aseguramiento QoS es local (por salto). Sus desventajas son las posiblemente pocas clases de servicio con las que trabaja.

BRAIN: su red de acceso se basa en IntServ mientras que su núcleo de red trabaja con DiffServ. BRAIN tiene tiempo de recuperación del handoff considerable, menos velocidad de transferencia para mayor estabilidad de la comunicación.

La extensión de BRAIN para redes inalámbricas MIND posibilita múltiples aplicaciones a los usuarios manteniendo su autonomía dentro de la red.

MOBY DICK, se basa a lo largo de toda la red en la propuesta de DiffServ. Trabaja con un bloque de protocolos tanto en su red de acceso como en su núcleo, así como el tener privilegio para el handover, su desventaja radica en no poder trabajar con otro tipo de señalización para reserva DSCP.

Otra de las propuestas tratadas es INSIGNIA, que es una arquitectura de red que brinda pautas para el diseño y funcionamiento de un protocolo de Calidad de Servicio basado en una plataforma IP, tiene amplia importancia su maquinaria de

acceso al medio y capacidad de adaptabilidad, ofrece servicios diferenciados, basándose en reserva de recursos.

La extensión de BRAIN para redes Ad Hoc, MIND es una propuesta muy interesante para brindar servicios de calidad en ambientes heterogéneos, así mismo las propuestas BRAIN 2 y 3 son extensiones de BRAIN en donde se pretende mejorar su falencia en términos de velocidad de adaptación y aprovechar su poderío en términos de escalabilidad.

PRESENTACIÓN

Basándonos en la creciente necesidad de movilidad y servicios en tiempo real, podemos decir que las redes móviles son el futuro de las telecomunicaciones, el constante añadimiento de usuarios y aplicaciones imponen un gran problema en el ámbito de la provisión de la Calidad de Servicio.

Es en este sentido que se han creado diversas propuestas para la solución de dicho problema y en este proyecto de titulación lo que se pretende es dar un enfoque global de las mismas, procurando el adentramiento en dos de ellas como son BRAIN e INSIGNIA.

En un comienzo se realizó un análisis al respecto del estado de las redes móviles en la actualidad, como se brinda calidad de Servicio en dichas redes, para luego hacer el análisis de varias propuestas creadas en torno a estas.

Al ser la tendencia todo IP, la mayor parte de las propuestas brindan servicios basados en plataformas todo IP y donde la provisión de Calidad de Servicio se basa en los tipos y clases de servicios o de flujos que se brindan.

Este trabajo pretende ser una guía para la mejor comprensión y análisis de los sistemas de Calidad de Servicio actuales, sin dejar de enfocar lo que nos interesa actualmente como es IPv6 y los diferentes protocolos basados en redes todo IP.

El análisis de tecnologías como BRAIN y MOBYDICK se realizó en base a que son dos de las tendencias mas sobresalientes, los servicios que ofrecen además del desarrollo que han mostrado es un símbolo inequívoco de la factibilidad de empleo de las mismas.

CONTENIDO

CONTENIDO.....	1
1. CAPÍTULO 1 ESTADO GENERAL DE LAS REDES MÓVILES EN LA ACTUALIDAD Y PROBLEMA QUE OFRECE EL SATISFACER LA CALIDAD DE SERVICIO	14
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.2 HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES.....	14
1.3 VENTAJAS DE LAS REDES MÓVILES SOBRE LAS REDES FIJAS	15
1.4 TECNOLOGÍAS Y ESTÁNDARES UTILIZADOS EN REDES INALÁMBRICAS	16
1.4.1 WLAN (WIRELESS LOCAL AREA NETWORK).....	16
1.4.1.1 Redes locales inalámbricas 802.11	17
1.4.1.2 WLAN 802.11b (Wi-Fi	18
1.4.1.3 WLAN 802.11g.....	18
1.4.1.4 WLAN 802.11a (Wi-Fi 5)	18
1.4.1.5 Compatibilidad	19
1.4.1.6 Seguridad.....	19
1.4.1.7 Comparación de las tecnologías de las redes LAN inalámbricas.....	19
1.4.1.8 Topologías de redes LAN inalámbricas.....	20
1.4.1.8.1 Topología de Infraestructura	20
1.4.1.8.2 Redes Ad Hoc.....	21
Descripción General del Funcionamiento - Modalidad Ad Hoc.....	21
Seguridad en Redes Ad Hoc.....	21
1.4.2 WPAN	22
1.4.2.1 802.15	23
1.4.2.2 Bluetooth	23
1.4.2.2.1 La interfaz área Bluetooth	24
1.4.2.2.2 Banda de frecuencia libre	25
1.4.2.2.3 Salto de frecuencia	25
1.4.2.2.4 Definición de canal.....	25
1.4.2.2.5 Definición de paquete.....	26
1.4.2.2.6 Definición de enlace físico	26

1.4.3 REDES INALÁMBRICAS DE AREA EXTENDIDA: WWAN (WIRELESS WIDE AREA NETWORK)	27
1.4.3.1 GPRS.....	27
1.4.3.2 UMTS,.....	28
1.4.3.2.1 Descripción	29
1.4.3.3 WCDMA (<i>Wideband Code Division Múltiple Access</i>).....	29
1.5 QoS EN REDES DE CUARTA GENERACIÓN	30
1.5.1.1 QoS.....	31
1.5.1.2 AUTENTICACIÓN, AUTORIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN (AAA)	31
2. CAPÍTULO 2 QOS EN PROTOCOLO IPV6.....	32
2.1 INTRODUCCIÓN A IPV6	32
2.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE IPV6.....	33
2.2.1 SEGURIDAD (RFC 2401 Y RFC 2411).....	33
2.2.2 MOVILIDAD (RFC 3024)	33
2.2.3 DEFINICIÓN DE DIRECCIÓN EN IPV6	36
2.2.4 DIFERENCIAS CON IPV4	36
2.2.5 QoS EN REDES BASADAS EN IP.....	37
2.2.6 PROYECTOS CREADOS EN BASE A IPV6.....	38
2.2.6.1 6INIT (The IPv6 Internet Initiative).....	38
2.2.6.2 LONG (Laboratories Over Next Generation networks).....	39
2.2.6.3 AQUILA (Adaptive resource control for QoS Using an IP-based Layered Architecture),.....	39
2.2.6.4 SEQUIN	39
2.2.6.5 GCAP	39
2.2.6.6 NETGATE	40
2.2.6.7 Drive.....	40
2.2.6.8 GLASS	40
2.2.6.9 MobyDick.....	41
2.2.6.10 BRAIN	41
2.2.6.11 SUITED.....	41
2.2.6.12 WINE	42

2.2.6.13	6WINIT (<i>IPv6 Wireless Internet Initiative</i>).....	42
2.3	QoS EN IPv6, INTRODUCCIÓN INTSERV Y DIFFSERV	42
2.3.1	<i>SERVICIOS INTEGRADOS INTSERV</i>	43
2.3.1.1	Especificación del flujo	45
2.3.1.1.2	TSPEC.....	45
2.3.1.1.3	RSPEC.....	45
2.3.1.1.4	RSVP.....	46
2.3.1.2	Problemas	47
2.3.2	<i>SERVICIOS DIFERENCIADOS DIFFSERV</i>	47
2.3.2.1	Estructura del Protocolo DIFFSERV.....	49
2.3.2.1.1	DSCP.....	49
2.3.2.1.2	SCORE/CSFQ.....	49
2.3.2.2	Servicios relativamente diferenciados	51
2.3.2.2.3	Diferenciación de Servicio Relativa vs. Absoluta.....	51
2.3.2.4	NPDD.....	52
2.3.2.4.1	El modelo de servicio NPDD	52
2.3.2.5	DIFFSERV contra MPLS.....	52
2.3.2.6	MPLS	53
2.3.2.6.1	Dificultades de implementación	53
2.3.3	<i>INTSERV SOBRE DIFFSERV</i>	54
2.3.3.1	Introducción.....	54
2.3.3.2	INTSERV sobre DIFFSERV	54
2.4	IPv6 SOBRE ATM	56
2.4.1	<i>SERVICIOS INTEGRADOS SOBRE ATM</i>	57
2.5	MOBYDICK - MOBILITY AND DIFFERENTIATED SERVICES IN A FUTURE IP NETWORK.....	58
2.5.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	58
2.5.2	<i>SOPORTE DE QoS EN REDES 4G</i>	58
2.5.2.1	Implementación del QoS Manager	62
2.5.3	<i>PROCESOS</i>	62
2.5.4	<i>REGISTRO DE UN USUARIO EN LA RED</i>	63

2.5.5 REGISTRO Y CONFIGURACIÓN DEL QoS MANAGER	63
2.5.6 AUTORIZACIÓN Y ACCESO A LA RED MobyDick POR UN USUARIO	64
2.5.7 OBTENCIÓN DE ESTADÍSTICAS Y RECONFIGURACIÓN.....	64
2.5.8 MOVILIDAD	64
3. CAPÍTULO 3 PROVISIÓN DE QOS EN IPV6 MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA INSIGNIA Y BRAIN	65
3.1 CALIDAD DE SERVICIO.....	65
3.1.1 TIPOS.....	65
3.1.2 QoS EN INTERNET.....	67
3.2 BRAIN	69
3.2.1 INTRODUCCIÓN.....	69
3.2.2 EL PROYECTO BRAIN.....	72
3.2.3 ARQUITECTURA DE CALIDAD DE SERVICIO	73
3.2.3.1 Arquitectura de la Red de Acceso.....	75
3.2.4 TOPOLOGÍA DE LA RED DE ACCESO BRAIN.....	75
3.2.5 Ámbito de la Capa de Red de BRAIN	76
3.2.5.1 Conceptos de Diseño	77
3.2.5.1.1 El Principio del Extremo a Extremo y la Transparencia.....	77
3.2.5.2 Obedecer el Modelo de Capas	78
3.2.5.3 Maximizar la Flexibilidad y la Evolución Futura	79
3.2.5.3.1 Minimizar los Requisitos del Terminal	79
3.2.5.4 Explotar la Funcionalidad Estándar de la Red Troncal IP	79
3.2.5.5 Estructura General y Conceptos de Diseño de la Red de Acceso	80
3.2.5.5.1 Direccionamiento	80
3.2.5.5.2 Escalado	81
3.2.5.1.3 Seguridad.....	82
3.2.5.5.4 Interfaces entre Capas	82
3.2.5.5.5 Control de la Movilidad.....	84
3.2.5.5.6 Calidad de Servicio	86
3.3 EL PROTOCOLO BRAIN 2	87

3.3.1 PROTOCOLO HMIP.....	87
3.3.2 El protocolo BRAIN 3 tiene las siguientes propiedades.....	88
3.4 PROYECTO MIND	88
3.4.1 INTRODUCCIÓN.....	88
3.4.2 PROVISIÓN DE QOS EN REDES MIND	90
3.4.3 SEÑALIZACIÓN QOS EN REDES AD HOC.	91
3.4.4 MANEJO DEL RECURSO DE RADIO.	91
3.4.5 COORDINACIÓN ENTRE DOMINIOS QOS	92
3.4.6 RUTEO QOS	93
3.4.7 PROBLEMAS DEL PROYECTO MIND.....	94
3.4.8 EXPERIMENTOS Y DEMOSTRADORES.....	95
3.4.9 ARQUITECTURA DE RED.....	95
3.4.9.1 Redes móviles.....	96
3.4.9.2 Movilidad global	96
3.4.9.3 Movilidad regional	96
3.4.9.4 QoS.....	97
3.4.9.5 Aplicaciones y Servicios	97
3.4.9.6 PLAN DE PRUEBAS	98
3.5 PROYECTO INSIGNIA	100
3.5.1 INTRODUCCIÓN.....	100
3.5.2 ESTRUCTURA DE RED	102
3.5.2.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	104
3.5.2.1.1 Servicios Adaptivos.....	104
3.5.2.1.2 Separación de Asignación de Ruta, Señalización y Envío.....	105
3.5.2.1.3 Señalización en Banda.....	106
3.5.2.1.4 Manejo de Recursos de Soft State	107
3.5.2.2 La Arquitectura QoS INSIGNIA	107
3.5.2.2.1 Envío de Paquetes	109
3.5.2.2.2 Ruteo	109

3.5.2.2.3 Clasificación de Paquetes	109
3.5.2.3 Control de Acceso al Medio (MAC)	109
3.5.2.4 El sistema de señalización INSIGNIA	110
3.4.2.4.1 Comandos de Protocolo.....	110
3.5.2.4.2 Nodo de Servicio	111
3.5.2.4.3 La Demanda de Ancho de Banda.	113
3.5.2.4.4 El Tipo de Flujo.....	114
3.5.2.4.5 El Indicador de Ancho de Banda.	115
3.5.2.4.6 Operaciones Protocolares	115
3.5.2.4.7 Reservación Rápida.....	116
3.5.2.4.8 Reporte de QoS	117
3.5.2.4.9 Manejo de Recurso de Soft State.....	118
3.5.2.4.10 Restauración	119
3.5.2.4.11 Adaptación	120
4. CAPÍTULO 4 COMPARACIÓN ENTRE INSIGNIA Y BRAIN	122
4.1 INTRODUCCIÓN.	122
4.2 INTEGRACIÓN DE SISTEMAS.	122
4.2.1 INTRODUCCIÓN.....	122
4.2.2 ANÁLISIS COMPARATIVOS DE RECIENTES PROYECTOS DE INTEGRACIÓN DE SISTEMAS Y SERVICIOS.	123
4.2.3 ACTUALES ESFUERZOS EN INTEGRACIÓN DE SISTEMAS Y SERVICIOS.....	123
4.2.3.1 Etsi Bran/3gpp:.....	124
4.2.4 RED INALÁMBRICA IP COMO PLATAFORMA GENÉRICA PARA EL SOPORTE DE SERVICIOS BASADOS EN LA LOCALIZACIÓN (WINE GLASS):	124
4.2.4.1 Movilidad y Servicios diferenciados en una red IP Futura (Mobydick):	124
4.2.5 SISTEMA MULTI-SEGMENTO PARA EL ACCESO UBICUO DE BANDA ANCHA DE SERVICIOS DE INTERNET Y DEMOSTRADOR (SUITED).	125
4.2.6 ACCESO DE RADIO DE BANDA ANCHA PARA REDES BASADAS EN IP (BRAIN) Y DESARROLLOS DE REDES BASADOS EN MOVILIDAD IP (MIND).....	125
4.2.7 TERMINAL UBICUO TRANSPARENTEMENTE RE-CONFIGURABLE (TRUST) Y AMBIENTE DE COMUNICACIONES CENTRADA EN EL USUARIO (SCOUT).....	125
4.2.8 CONVERGENCIA FLEXIBLE DE SERVICIOS Y ESTÁNDARES INALÁMBRICOS (FLOWS). ..	125

4.2.9 <i>TECNOLOGÍA FUTURA PARA EL ENTORNO DE RADIO UNIVERSAL (FUTURE)</i>	126
4.2.10 <i>COMPARACIÓN DE LAS ARQUITECTURAS DE INTEGRACIÓN DE SISTEMAS Y SERVICIOS</i>	126
4.3 <i>BRAIN</i>	130
4.3.1 <i>DRiVE</i>	130
4.3.2 <i>WINEGLASS</i>	131
4.3.3 <i>COMPARACIÓN DE ARQUITECTURAS</i>	132
4.3.4 <i>QoS BRAIN</i>	132
4.4 <i>INSIGNIA</i>	135
4.4.1 <i>COMPARACIÓN DE PARÁMETROS ENTRE BRAIN E INSIGNIA</i>	135
5. CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
ANEXOS	143
ARMONIZACIÓN DE DIRECCIONES EN ENTORNOS DE VOIP MEDIANTE ENUM	143
<i>INTRODUCCIÓN</i>	143
<i>ESCENARIO TRADICIONAL DEL SERVICIO DE VOIP</i>	144
<i>ESCENARIO TRADICIONAL BASADO EN LA RECOMENDACIÓN ITU-H.323</i>	144
<i>ESCENARIO TRADICIONAL BASADO EN EL PROTOCOLO SIP</i>	146

1. CAPÍTULO 1 ESTADO GENERAL DE LAS REDES MÓVILES EN LA ACTUALIDAD Y PROBLEMA QUE OFRECE EL SATISFACER LA CALIDAD DE SERVICIO

1.1 INTRODUCCIÓN

El avance de las redes Móviles en la actualidad se hace necesario en vista de la cada vez más creciente necesidad de velocidad y alcance, así las redes de hoy permiten obtener comunicación entre terminales lejanos y móviles sin la necesidad de cables, procurando que esta comunicación sea en tiempo real y con velocidades de acceso que van siendo mayores con el aumento de las necesidades.

La principal ventaja que ofrecen es la capacidad de transmisión de voz y datos en tiempo real a terminales móviles, así se podría tener terminales remotos y en movimiento, entre los cuales se realiza una transmisión de video en tiempo real.

La existencia de lugares de difícil acceso o el costo de la obra civil necesaria para la provisión de redes fijas es un limitante para éstas, ahí son necesarias las redes móviles, así mismo estos factores son los que exigen el mejoramiento constante de las redes móviles, tanto como la creación de nuevas tecnologías o mejoramiento de las anteriores, para que la convivencia de las redes físicas y los sistemas utilizados satisfaga una calidad de conexión.

Una de las principales dificultades de las redes móviles es la satisfacción de la Calidad de Servicio, al no tener un diseño definido y el problema que la movilidad en si define, es necesario mantener unos parámetros mínimos de calidad, por lo que se crean estándares y algunos de ellos son los que se ha decidido analizar en este proyecto.

1.2 HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES MÓVILES¹

La razón por la que las comunicaciones móviles son cada vez más exigentes es la existencia de emisores o receptores en movimiento, La movilidad de los extremos de la comunicación excluye casi por completo la utilización de cables para alcanzar dichos extremos. Por tanto utiliza básicamente la comunicación vía radio. Esta se convierte en una de las mayores ventajas de la comunicación vía radio la movilidad de los extremos de la conexión. Así también las redes inalámbricas tienen

características particulares como son el ancho de banda que proporcionan, el rápido despliegue que conllevan al no tener que llevar a cabo obra civil.

Sin embargo el cable es más inmune a amenazas externas, como el ruido o las escuchas no autorizadas, y no tiene que competir con otras fuentes por el espacio radioeléctrico, bien común más bien escaso.

Históricamente la comunicación vía radio se reservaba a transmisiones uno a muchos, es decir la radiodifusión, siendo ésta utilizada a grandes distancias. También era útil en situaciones en las que la orografía dificultase en exceso el despliegue de cables. Fundamentalmente se utilizaba para transmitir radio y TV. Por el contrario, las comunicaciones telefónicas utilizaban cables.

Las comunicaciones móviles, no aparecen a nivel comercial hasta finales del siglo XX. Los países nórdicos, por su especial orografía y demografía, fueron los primeros en disponer de sistemas de telefonía móvil, eso sí, con un tamaño y unos precios exagerados y no muy prácticos.

Los sistemas móviles más comunes y extendidos son la telefonía móvil terrestre, la comunicación móvil por satélite, las redes móviles privadas, la radiomensajería, la radiolocalización GPS, las comunicaciones inalámbricas y el acceso a Internet móvil. Tecnologías inalámbricas tales como General Packet Radio Service (GPRS), Home Rf Swap, Wi-Fi, y Bluetooth, hacen posible el acceso a la Web desde teléfonos móviles, imprimir documentos desde PDAs y sincronizar datos desde varios dispositivos de oficina.

1.3 VENTAJAS DE LAS REDES MÓVILES SOBRE LAS REDES FIJAS²

- Movilidad: las redes móviles proporcionan a sus usuarios acceso a la información (y comunicación) en tiempo real en cualquier lugar o entorno público (zona limitada) en el que estén desplegadas.
- Simplicidad y rapidez en la instalación: la instalación de una red móvil es rápida y fácil y puede eliminar la necesidad de pasar cables a través de paredes y techos.
- Flexibilidad en la instalación: la tecnología inalámbrica permite a la red llegar a puntos de difícil acceso para una red fija cableada.

- Costo de propiedad reducido: mientras que la inversión inicial requerida para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo en hardware de una red fija, la inversión de toda la instalación y el costo durante el ciclo de vida puede ser significativamente inferior (especialmente en ambientes muy dinámicos).
- Escalabilidad: los sistemas móviles pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas. Las configuraciones son muy accesibles al cambio y además resulta muy fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red.

1.4 TECNOLOGÍAS Y ESTÁNDARES UTILIZADOS EN REDES INALÁMBRICAS

1.4.1 WLAN (WIRELESS LOCAL AREA NETWORK)³

Una WLAN es un sistema de comunicaciones, que transmite y recibe datos utilizando ondas electromagnéticas, en lugar del par trenzado, coaxial o fibra óptica utilizado en las LAN convencionales y que proporciona conectividad inalámbrica punto a punto, dentro de un edificio, de una pequeña área residencial/urbana o de un campus universitario.

Las redes LAN inalámbricas de alta velocidad ofrecen las ventajas de la conectividad de red sin las limitaciones que supone estar atado a una ubicación o por cables.

Las WLAN se encuadran dentro de los estándares desarrollados por el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) para redes locales inalámbricas. Otras tecnologías como HyperLAN apoyada por el ETSI, y el nuevo estándar HOMERO también son utilizadas en el ámbito de la comunicación inalámbrica.

Como todos los estándares 802 para redes locales del IEEE, en el caso de las WLAN, también se centran en los dos niveles inferiores del modelo OSI, el físico y el de enlace, por lo que es posible correr por encima cualquier protocolo (TCP/IP , etc.) o aplicación, soportando los sistemas operativos de red habituales, lo que supone una gran ventaja para los usuarios que pueden seguir utilizando sus aplicaciones habituales, con independencia del medio empleado, sea por red de cable o por radio.

1.4.1.1 Redes locales inalámbricas 802.11⁴

Las redes WLAN se componen fundamentalmente de dos tipos de elementos, los puntos de acceso y los dispositivos usuarios. Los puntos de acceso actúan como un concentrador o hub que reciben y envían información vía radio a los usuarios que pueden ser de cualquier tipo, habitualmente, un PC o PDA con una tarjeta de red inalámbrica, con o sin antena, que se instala en uno de los slots libres o bien se enlazan a los puertos USB de los equipos.

La historia de las WLAN es bastante reciente, de poco más de una década. En 1989, en el seno de IEEE 802, se forma el comité IEEE 802.11, que empieza a trabajar para tratar de generar una norma para las WLAN, pero no es hasta 1994 cuando aparece el primer borrador, y habría que esperar hasta el año 1999 para dar por finalizada la norma.

Actualmente son cuatro los estándares reconocidos dentro de esta familia; en concreto, la especificación 802.11 original; 802.11a (evolución a 802.11 e/h), que define una conexión de alta velocidad basada en ATM; 802.11b, el que goza de una más amplia aceptación y que aumenta la tasa de transmisión de datos propia de 802.11 original, y 802.11g, compatible con él, pero que proporciona aún mayores velocidades.

El 802.11 es una red local inalámbrica que usa la transmisión por radio en la banda de 2.4 GHz, o infrarroja, con regímenes binarios de 1 a 2 Mbit/s. El método de acceso al medio MAC (Mecanismo de Acceso al Medio) es mediante escucha pero sin detección de colisión, CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*).

La dificultad en detectar la portadora en el acceso WLAN consiste básicamente en que la tecnología utilizada es *Spread-Spectrum* y con acceso por división de código (CDMA), lo que conlleva a que el medio radioeléctrico es compartido, ya sea por secuencia directa DSSS o por saltos de frecuencia en FHSS. El acceso por código CDMA implica que pueden coexistir dos señales en el mismo espectro utilizando códigos diferentes y eso para un receptor de radio implicará la detección de la portadora inclusive con señales distintas de las de la propia red WLAN. Hay que mencionar que la banda de 2.4 GHz está regulada como banda de acceso pública y

en ella funcionan gran cantidad de sistemas, entre los que se incluyen los teléfonos inalámbricos Bluetooth.

1.4.1.2 WLAN 802.11b (Wi-Fi)⁵

Un poco más tarde, en el año 1999, se aprobó el estándar 802.11b, una extensión del 802.11 para WLAN empresariales, con una velocidad de 11 Mbit/s (otras velocidades normalizadas a nivel físico son: 5.5 , 2 y 1 Mbit/s) y un alcance de 100 metros, que al igual que Bluetooth y Home RF, también emplea la banda de ISM de 2.4 GHz, pero en lugar de una simple modulación de radio digital y salto de frecuencia (*Frequency Hopping*), utiliza la modulación lineal compleja DSSS. Permite mayor velocidad, pero presenta una menor seguridad, y el alcance puede llegar a los 100 metros, suficientes para un entorno de oficina o residencial.

1.4.1.3 WLAN 802.11g

El IEEE también ha aprobado en el año 2003 el estándar 802.11g, compatible con el 802.11b, capaz de alcanzar una velocidad doble a la del 802.11b, es decir hasta 22 Mbit/s o llegar, incluso a 54 Mbit/s, para competir con los otros estándares que prometen velocidades mucho más elevadas pero que son incompatibles con los equipos 802.11b ya instalados, aunque pueden coexistir en el mismo entorno debido a que las bandas de frecuencias que emplean son distintas. Por extensión, también se le llama Wi-Fi.

1.4.1.4 WLAN 802.11a (Wi-Fi 5)⁶

El IEEE ratificó en julio de 1999 el estándar en 802.11a (los productos comerciales comienzan a aparecer a mediados del 2002), con una modulación QAM-64 y la codificación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) alcanza una velocidad de hasta 54 Mbits/s en la banda de 5 GHz, menos congestionada y por ahora, con menos interferencias, pero con un alcance limitado a 50 metros, lo que implica tener que montar más puntos de acceso (AP) que si se utilizase 802.11b para cubrir la misma área, con el costo adicional que ello supone.

La banda de 5 GHz que utiliza se denomina UNII (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia), que en los Estados Unidos está regulada por la FCC, el cual ha asignado un total de 300 MHz, cuatro veces más de lo que tiene la banda ISM, para uso sin licencia, en tres bloques de 100 MHz, siendo en el primero la potencia

máxima de 50 mW, en el segundo de 250 mW, y en el tercero puede llegar hasta 1W, por lo que se reserva para aplicaciones en el exterior.

1.4.1.5 Compatibilidad

A finales de la década de los 90, los líderes de la industria inalámbrica (3Com, Aironet, Lucent, Nokia, etc.) crean la WECA (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), una alianza para la Compatibilidad Ethernet Inalámbrica.

1.4.1.6 Seguridad

En general se utiliza WEP (*Wired Equivalent Privacy*), que es un mecanismo de encriptación y autenticación especificado en el estándar IEEE 802.11 para garantizar la seguridad de las comunicaciones entre los usuarios y los puntos de acceso. La clave de acceso estándar es de 40 bits, pero existe otra opcional de 128 bits, y se asigna de forma estática o manual (no dinámica), tanto para los clientes, que comparten todos el mismo conjunto de cuatro claves predeterminadas, como para los puntos de acceso a la red, lo que genera algunas dudas sobre su eficacia. WEP utiliza un esquema de cifrado simétrico en el que la misma clave y algoritmo se utilizan tanto para el cifrado de los datos como para su descifrado, lo que naturalmente se convierte en una debilidad de este protocolo, WEP es un nivel de seguridad básico en las redes inalámbricas.

Una limitación principal de este mecanismo de seguridad es que el estándar no define un protocolo para la administración de claves en la distribución de las mismas. Esto supone que las claves secretas y compartidas se entregan a la estación inalámbrica a través de un canal seguro e independiente de IEEE 802.11. Esto se vuelve un reto aún mayor cuando participa un gran número de estaciones.

1.4.1.7 Comparación de las tecnologías de las redes LAN inalámbricas⁷

Actualmente, destaca la implementación de dos soluciones LAN inalámbricas. Se trata de los estándares IEEE 802.11, principalmente 802.11b, y la solución propuesta por el grupo de trabajo HomeRF. Ambas soluciones no son íter operables entre sí ni con otras soluciones de redes LAN inalámbricas. Mientras que HomeRF está diseñado exclusivamente para el entorno doméstico, 802.11b se está implementando en hogares, en la pequeña y mediana empresa.

1.4.1.8 Topologías de redes LAN inalámbricas

Las redes LAN inalámbricas se construyen utilizando dos topologías básicas. Para estas topologías se utilizan distintos términos, como administradas y no administradas, alojadas y par a par, e infraestructura y "Ad Hoc".

1.4.1.8.1 Topología de Infraestructura

Una portátil o dispositivo inteligente, que se caracteriza como una "estación" en términos inalámbricos de una red, primero tiene que identificar los puntos y las redes disponibles de acceso. Esto se hace a través del monitoreo de cuadros desde puntos de acceso, anunciándose a sí mismo o probando activamente una red en particular utilizando cuadros de prueba.

La estación elige una red de las que están disponibles y sigue a través de un proceso de autenticación con el punto de acceso. Una vez que se han verificado entre sí el punto de acceso y la estación se inicia el proceso de asociación.

La asociación permite que el punto de acceso y la estación intercambien información y capacidades. El punto de acceso puede utilizar esta información y compartirla con otros puntos de acceso en la red para dispersar conocimiento de la ubicación actual de la estación en la red. Sólo después de terminar la asociación la estación puede transmitir o recibir datos en la red.

En la modalidad de infraestructura, todo el tráfico en la red de las estaciones inalámbricas pasa a través de un punto de acceso para llegar a su destino y una red LAN ya sea cableada o inalámbrica.

El acceso a la red se maneja utilizando un protocolo de telecomunicaciones con sensor y evasión de colisiones. Las estaciones escucharán transmisiones de datos por un período específico de tiempo antes de intentar ejecutar la transmisión este es el componente sensor del protocolo de telecomunicación. La estación debe esperar un período específico de tiempo después de que la red quede limpia o quede lista antes de hacer la transmisión. Luego se genera un reconocimiento de la transmisión por parte de la estación receptora, indicando una recepción exitosa de la parte que evita colisión del protocolo.

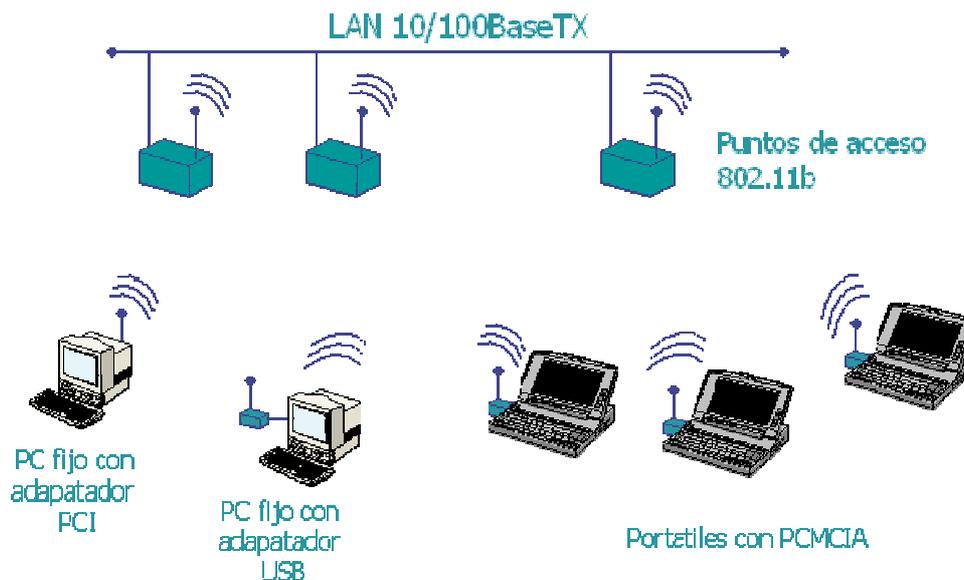


Fig. 1.1 Topología de Infraestructura⁸

1.4.1.8.2 Redes Ad Hoc

Descripción General del Funcionamiento - Modalidad Ad Hoc

En esta red sólo están presentes los dispositivos inalámbricos. Muchas de las responsabilidades previamente manejadas por el punto de acceso, como la formación de tramas y la sincronización, las maneja una estación. Algunas mejoras no están disponibles en la red Ad Hoc.

Algunos retos siempre han existido en las redes, pero se vuelven más complejos con las redes inalámbricas. Por ejemplo, debido a que la configuración es más fácil, las redes inalámbricas agregan funciones y mediciones que se incorporan a los parámetros de configuración.

Seguridad en Redes Ad Hoc⁹

Los puntos de acceso de 802.11 (o conjuntos de puntos de acceso) se pueden configurar con un identificador de conjunto de servicio (SSID). Este SSID también debe conocerlo la tarjeta de red para poder asociarlo con el AP y así proceder con la transmisión y recepción de datos en la red. Esto es una seguridad muy débil, si es que existe tal, porque:

- El SSID es reconocido por todas las tarjetas de red y APs.

- El SSID se envía a través del aire de manera libre (aún con lineamientos del AP).
- Independientemente de que se permita la asociación si el SSID no es reconocido, el mismo puede ser controlado por la tarjeta de red o controlador de manera local.
- No se proporciona ninguna encriptación a través de este esquema.
- Usuarios *roaming* (que se desplazan de un lugar a otro).

Cuando un usuario o estación se desplazan ("*roaming*") de un punto de acceso a otro, se debe conservar una asociación entre la tarjeta de interfaz de red y el punto de acceso para mantener la conectividad con la red. Esto puede presentar un problema especialmente difícil si la red es grande y el usuario debe cruzar límites de subredes o niveles de control administrativo.

Si el usuario cruza un límite de una subred, la dirección IP originalmente asignada a la estación puede no ser ya apropiada para la nueva subred. Si la transición requiere cruzar dominios administrativos, es posible que la estación no pueda tener acceso a la red del nuevo dominio con base en sus identificaciones.

1.4.2 WPAN

Una WPAN (*Wireless Personal Area Network*) es una red de área personal, una red para interconectar los dispositivos centrados alrededor del espacio de trabajo de una persona, donde las conexiones son totalmente sin hilos, una red personal sin hilos del área utiliza una cierta tecnología que permite la comunicación en aproximadamente 10 metros, es decir una gama muy corta. Una tecnología es Bluetooth, que fue utilizado como la base para un nuevo estándar, IEEE 802.15.

Una característica importante de las WPANs está en la capacidad para aceptar nuevos usuarios, los cuales se conectan selectivamente a la red, o así mismo, la capacidad para separar usuarios según sea la necesidad.

La tecnología para WPANs está en su infancia y está experimentando el desarrollo rápido. Las frecuencias de funcionamiento propuestas son alrededor 2.4 Gigahertz en modos digitales. El objetivo es facilitar la operación en el hogar o los dispositivos y los sistemas del negocio. Cada dispositivo en un WPAN podrá enchufar a

cualquier otro dispositivo en el mismo WPAN, con tal que estén dentro de la gama física.

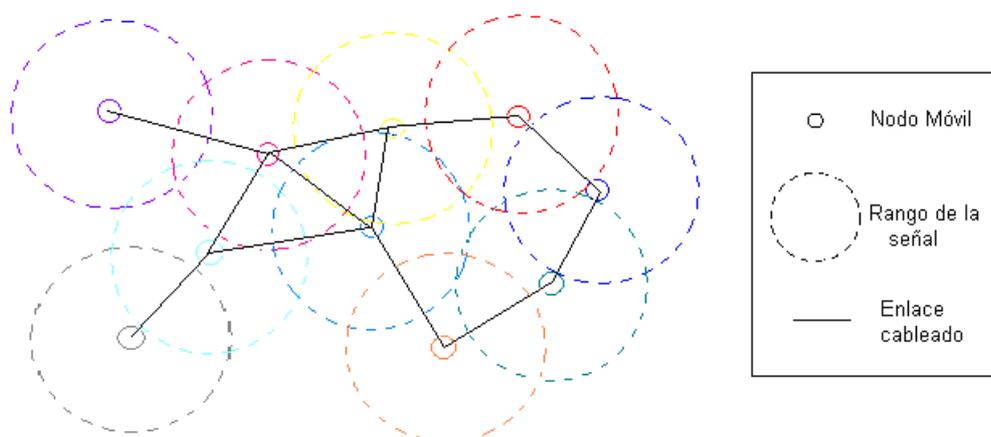


Fig. 1.2. Topología Ad Hoc¹⁰

1.4.2.1 802.15

802,15 es una especificación de las comunicaciones que fue aprobada a principios de 2002 por el instituto de la asociación de los estándares de los ingenieros electrónicos eléctricos (IEEE - SA) y para las redes WPANs. La versión inicial, 802.15.1, fue adaptada de la especificación de Bluetooth y es completamente compatible con Bluetooth.

El grupo de funcionamiento de IEEE 802.15 propone dos categorías generales de 802.15, llamadas TG4 (tarifa baja) y TG3 (tarifa alta). La versión TG4 proporciona velocidades de datos de 20 Kbps a 250 Kbps. Las velocidades de transmisión de datos de la versión TG3 varían desde 11 Mbps a 55 Mbps. Las características adicionales incluyen el uso de hasta 254 dispositivos en la red, un dispositivo dinámico que ayuda a los dispositivos en los cuales se manejan protocolos de handshake, provisión de seguridad, administración, ahorro de energía. Habrá 16 canales en la banda de 2.4 GHz, 10 canales en la banda 915 MHz, y un canal en la banda 868 MHz.

1.4.2.2 Bluetooth¹¹

Es la norma que define un estándar global de comunicación inalámbrica, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace

por radiofrecuencia. Los principales objetivos que se pretende conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Eliminar cables y conectores entre dispositivos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre nuestros equipos personales.

La tecnología Bluetooth comprende hardware, software y requerimientos de interoperabilidad, por lo que para su desarrollo ha sido necesaria la participación de los principales fabricantes de los sectores de las telecomunicaciones y la informática, tales como: Ericsson, Nokia, Toshiba, IBM, Intel y otros. Posteriormente se han ido incorporando muchas más compañías, y se prevé que próximamente los hagan también empresas de sectores tan variados como: automatización industrial, maquinaria, ocio y entretenimiento, fabricantes de juguetes, electrodomésticos, etc., con lo que en poco tiempo se presentará un panorama de total conectividad de equipos tanto en casa como en el trabajo.

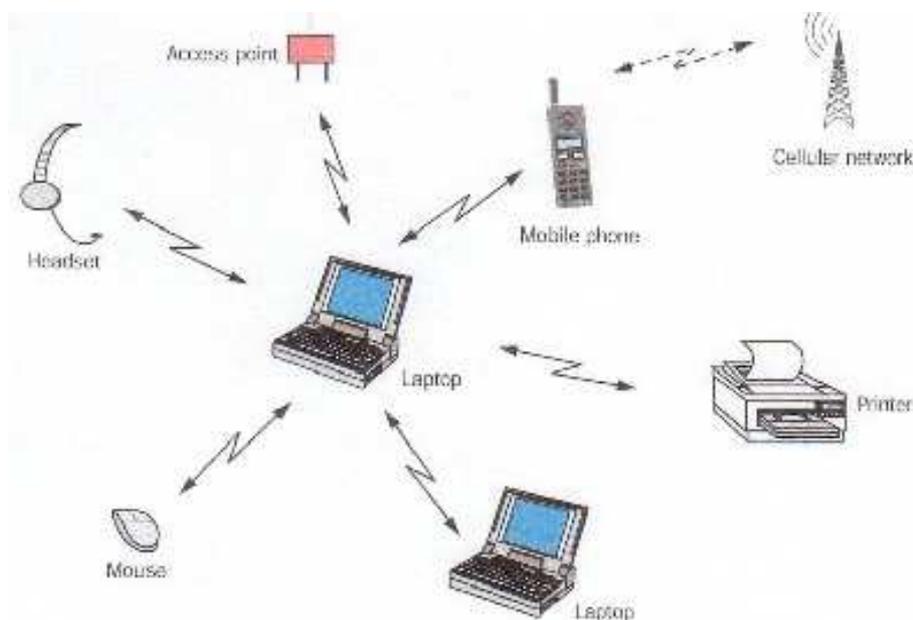


Fig.1.3 Red Bluetooth¹²

1.4.2.2.1 La interfaz área Bluetooth

El primer objetivo para los productos Bluetooth de primera generación eran los entornos de la gente de negocios que viaja frecuentemente. Por lo que se debería

pensar en integrar el chip de radio Bluetooth en equipos como: PCS portátiles, teléfonos móviles, PDAs y auriculares. Esto originaba una serie de cuestiones previas que deberían solucionarse tales como:

- El sistema debería operar en todo el mundo.
- El emisor de radio deberá consumir poca energía, ya que debe integrarse en equipos alimentados por baterías.
- La conexión deberá soportar voz y datos, por lo tanto aplicaciones multimedia.

1.4.2.2.2 Banda de frecuencia libre¹³

Para poder operar en todo el mundo es necesaria una banda de frecuencia abierta a cualquier sistema de radio independientemente del lugar del planeta donde nos encontremos. Sólo la banda ISM (médico-científica internacional) de 2.45 GHz cumple con éste requisito, con rangos que van de los 2.400 MHz a los 2.500 MHz, y solo con algunas restricciones en países como Francia, España y Japón.

1.4.2.2.3 Salto de frecuencia

Debido a que la banda ISM está abierta a cualquiera, el sistema de radio Bluetooth deberá estar preparado para evitar las múltiples interferencias que se pudieran producir. Estas pueden ser evitadas utilizando un sistema que busque una parte no utilizada del espectro o un sistema de salto de frecuencia. En los sistemas de radio Bluetooth se suele utilizar el método de salto de frecuencia debido a que ésta tecnología puede ser integrada en equipos de baja potencia y bajo costo. Este sistema divide la banda de frecuencia en varios canales de salto, donde los transceptores, durante la conexión van cambiando de uno a otro canal de salto de manera pseudo aleatoria. Con esto se consigue que el ancho de banda instantáneo sea muy pequeño y también una propagación efectiva sobre el total de ancho de banda. En conclusión, con el sistema FH (Salto de frecuencia), se pueden conseguir transceptores de banda estrecha con una gran inmunidad a las interferencias.

1.4.2.2.4 Definición de canal

Como se ha comentado, Bluetooth utiliza un sistema FH/TDD (salto de frecuencia/división de tiempo duplex), en el que el canal queda dividido en intervalos

de 625 μ s, llamados slots, donde cada salto de frecuencia ocupa un spot de tiempo. Esto da lugar a una frecuencia de salto de 1600 veces por segundo, en la que un paquete puede ocupar un slot para la emisión y otro para la recepción y que pueden ser usados alternativamente, dando lugar a un esquema de tipo TDD.

1.4.2.2.5 Definición de paquete

La información que se intercambia entre dos unidades Bluetooth se realiza mediante un conjunto de slots que forman un paquete de datos. Cada paquete comienza con un código de acceso de 72 bits, que se deriva de la identidad maestra, seguido de un paquete de datos de cabecera de 54 bits. Éste contiene importante información de control, como tres bits de acceso de dirección, tipo de paquete, bits de control de flujo, bits para la retransmisión automática y chequeo de errores de campos de cabecera. Finalmente, el paquete que contiene la información, que puede seguir al de cabecera, tiene una longitud de 0 a 2745 bits. En cualquier caso, cada paquete que se intercambia en el canal está precedido por el código de acceso.

1.4.2.2.6 Definición de enlace físico

En la especificación Bluetooth se han definido dos tipos de enlace que permitan soportar incluso aplicaciones multimedia:

- Enlace de sincronización de conexión orientada (SCO).
- Enlace asíncrono (ACL).

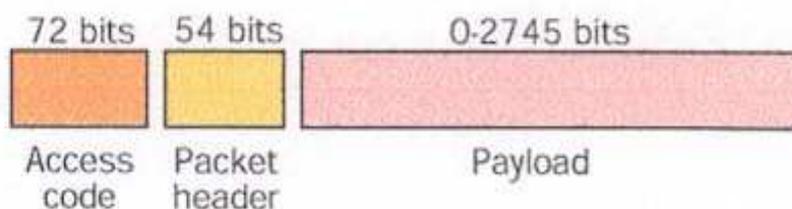


Fig. 1.4 Paquete de Bluetooth¹⁴

Los enlaces SCO soportan conexiones asimétricas, punto a punto, usadas normalmente en conexiones de voz, estos enlaces están definidos en el canal, reservándose dos slots consecutivos (envío y retorno) en intervalos fijos. Los

enlaces ACL soportan conmutaciones punto a punto simétrico o asimétrico, típicamente usadas en la transmisión de datos.

Un conjunto de paquetes se han definido para cada tipo de enlace físico:

Para los enlaces SCO, existen tres tipos de slot simple, cada uno con una portadora a una velocidad de 64 Kbit/s. La transmisión de voz se realiza sin ningún mecanismo de protección, pero si el intervalo de las señales en el enlace SCO disminuye, se puede seleccionar una velocidad de corrección de envío de 1/3 o 2/3.

Para los enlaces ACL, se han definido el slot-1, slot-3, slot-5. Cualquiera de los datos pueden ser enviados protegidos o sin proteger con una velocidad de corrección de 2/3. La máxima velocidad de envío es de 721 Kbit/s en una dirección y 57.6 Kbit/s en la otra.

1.4.3 REDES INALÁMBRICAS DE AREA EXTENDIDA: WWAN (WIRELESS WIDE AREA NETWORK)¹⁵

Las WWAN estuvieron formadas inicialmente por los sistemas de telefonía celular. GSM, es una tecnología de conmutación de circuitos pensada fundamentalmente para voz, que permite velocidades de tan solo 9,6 Kbps, su sucesor es GPRS, un servicio pensado para datos que usan la misma infraestructura que GSM pero de una forma mucho más eficiente.

1.4.3.1 GPRS

GPRS es un servicio sin hilos basado en la comunicación que promete tasas de datos a partir de 56 hasta 114 Kbps y conexión continua al Internet para los usuarios del teléfono móvil y de la computadora. Las tasas de datos más altas son necesarias para que los usuarios participen en video conferencias y que se manejen recíprocamente con los sitios de la red multimedia y las aplicaciones similares usando los dispositivos móviles del *handheld* así como las computadoras de la red. GPRS se basa en el sistema global para la comunicación móvil (G/M) y complementará servicios existentes, tales como conexiones con conmutador de circuito del teléfono portátil y el servicio de mensajería corto (SMS).

GPRS basa su funcionamiento en la antigua red GSM, siendo ésta mas completa y permitiendo la transmisión de datos en el mismo sistema de transmisión de voz,

cuando se trata de datos, en vez de enviar una corriente continua de información a través de una conexión permanente, esta tecnología utiliza la conmutación por paquetes en la cual la información se transmite en pequeñas ráfagas de datos a través de una red IP, utilizándose la red sólo cuando hay datos que enviar.

GPRS un estándar para sustituir conexiones con alambre entre los dispositivos, por las conexiones de radio, sin hilos. Además del Internet Protocol (IP), GPRS apoya X.25 , un protocolo basado en paquetes que se utiliza principalmente en Europa.

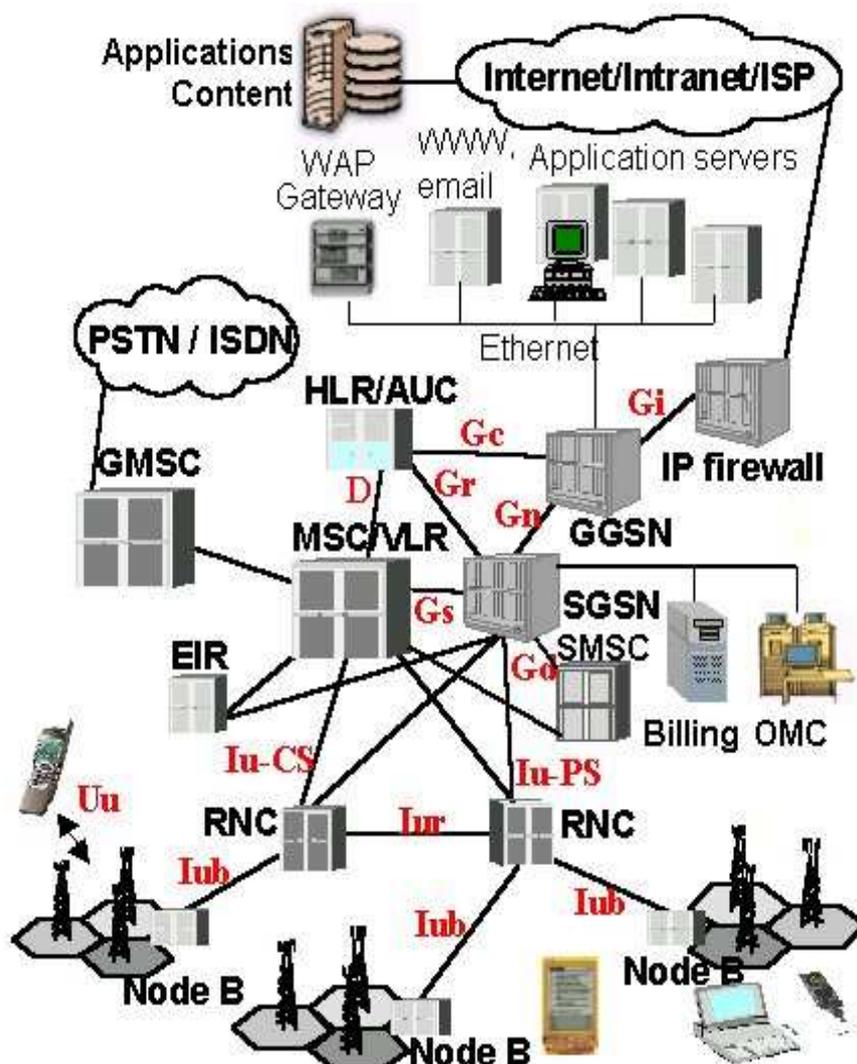


Fig. 1.5 UTRA (UMTS TERRESTRIAL RADIO ACCESS)¹⁶

1.4.3.2 UMTS^{17,18}

El sistema móvil universal de las telecomunicaciones (UMTS) se proyecta como el sucesor del sistema global para las comunicaciones móviles (G/M). UMTS proyecta el movimiento en la tercera generación (3G) de redes móviles. UMTS también

intenta administrar de mejor manera el espectro actualmente lleno de comunicaciones. La nueva red aumenta velocidad de la transmisión a 2 Mbps por usuario móvil y establece un estándar global.

1.4.3.2.1 Descripción

UMTS, (WCDMA), es uno de los avances más significativos de la evolución de telecomunicaciones en las redes 3G. UMTS permite que muchas más aplicaciones sean introducidas a una base mundial de usuarios y proporciona una vía de acoplamiento para los sistemas de hoy del G/M y del último estándar mundial para todas las telecomunicaciones móviles (IMT-2000).

UMTS ofrece los servicios telemáticos (SMS) y los servicios de transmisión, que proporcionan la capacidad para la transmisión de datos entre los puntos de acceso. Es posible negociar y renegociar las características de un servicio de transmisión en la sesión o el establecimiento de la conexión y durante la conexión en curso. Los servicios orientados a conexión y no orientados a conexión son soportados para enlaces punto a punto o punto a multipunto.

UMTS promete llegar a 2 Mbps y sus alcance máximo es de unos 35 Km. en condiciones optimas, aunque normalmente es mucho menor que 35 Km.

UMTS integra la transmisión de datos en conmutación de paquetes y circuitos de alta velocidad a los beneficios de conectividad virtual a la red en todo momento.

UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*) es un proyecto del ETSI que cumple con los requerimientos del IMT – 2000. UTRA está basado en la tecnología W-CDMA y es el sistema de acceso radioeléctrico de UMTS.

1.4.3.3 WCDMA (*Wideband Code Division Múltiple Access*)

Una tecnología para comunicaciones de radio digital con un ancho de banda para Internet, Multimedia, video y otras aplicaciones de alta capacidad. WCDMA, desarrollado por Ericsson, ha sido seleccionada para los sistemas de telefonía móvil de 3G en Europa, Japón y Estados Unidos. Voz, imágenes, datos y video son convertidos primero a una señal de radio digital para ancho de banda, para ser distinguida de la señal de otros usuarios. WCDMA utiliza técnicas de rangos variables en procesamiento digital.

WCDMA ha sido elegida como la tecnología básica de acceso de radio para UMTS/IMT-2000 en todas las áreas principales del mundo.

Tipo de red	WWAN Wireless WAN	WLAN Wireless LAN	WPAN Wireless PAN
Estándar	GSM/GPRS/UMTS	IEEE 802,11	IEEE 802,15 Bluetooth
Velocidad	9,6/170/2000 Kbps	1-2-11-54 Mbps*	721 Kbps
Frecuencia	0,9/1,8/2,1 GHz	2,4 y 5 GHz Infrarrojos	2,4 GHz
Rango	35 Km.	70-150 m	10m
Técnica de radio	Varias	FHSS, DSSS, OFDM	FHSS
Roaming	Si	Si	No
Equivalente a:	Conex. Telefónica módem	LAN	Cables de conexión

Tabla 1.1 Tecnologías y estándares utilizados en redes inalámbricas¹⁹

Las velocidades bajas (1-2 Mbps) corresponden a la norma 802.11 antigua.

1.5 QoS EN REDES DE CUARTA GENERACIÓN²⁰

La principal característica de las propuestas de redes móviles 4G es la utilización de tecnologías IP en el núcleo y en las redes de acceso, para soportar todos los servicios, Mientras en redes 3G coexistía un núcleo IP para la red de datos con otro núcleo basado en conmutación de circuitos para la prestación de servicios de voz, en las redes 4G sólo existirá un núcleo IP sobre el que se transportará todo el tráfico. Una imposición para el núcleo de las redes de cuarta generación será el soporte del protocolo IP en su versión 6, IPv6, con lo que quedarían resueltos problemas como el espacio de direcciones, vital para el despliegue de una nueva red donde sería deseable el uso de direcciones públicas.

Existen diferentes tecnologías de acceso que aparecerán en un escenario 4G. No se trata de tecnologías complementarias, de manera que todas podrán coexistir, y en función de las necesidades del cliente podrá optar por alguna de las siguientes:

1.5.1 WCDMA (UMTS), WIRELESS LAN 802.11, ETHERNET.²¹

Los elementos más representativos de esta arquitectura son:

1.5.1.1 QoS

La tecnología IP tal como se concibió originalmente, no ofrece ningún tipo de garantías de Calidad de Servicio. Sin embargo, existen servicios, entre ellos el telefónico, con rigurosos requisitos de retardo y variación del retardo (jitter), lo que hace necesario añadir funcionalidad a IP para que las redes basadas en este protocolo sean capaces de soportar este tipo de servicios.

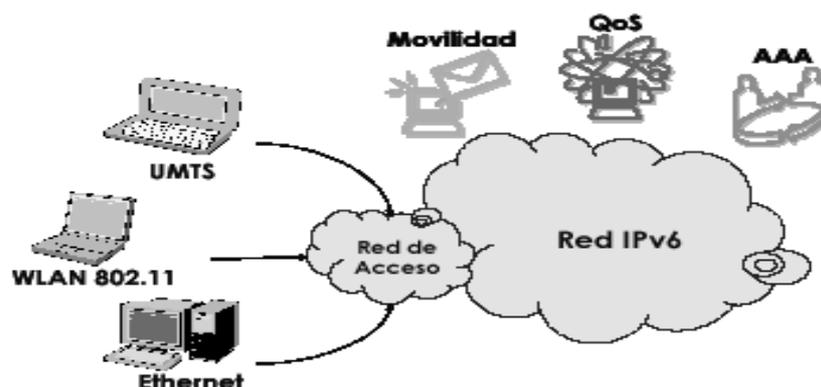


Fig. 1.6 Arquitectura de red de 4ª generación

1.5.1.2 AUTENTICACIÓN, AUTORIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN (AAA)

Los sistemas tradicionales de contabilidad basados en la generación de CDR (*Call Detail Record*) deben ser modificados para soportar de forma eficiente movilidad de usuarios sobre una red basada en datagramas. Adicionalmente deben soportarse mecanismos de autenticación y autorización para ofrecer mecanismos seguros de identificación y acceso de usuarios. En este sentido el IETF ha definido los sistemas AAA encargados de comprobar la identidad de los usuarios y de controlar los servicios que usan. Estos sistemas utilizan las redes IP para transportar la información de señalización necesaria. El IETF propone el protocolo DIAMETER, sustituto del tradicional RADIUS y capaz de soportar movilidad Inter Dominio (roaming) de usuarios.

Movilidad. Las redes de 4G deberán soportar mecanismos eficientes que permitan la movilidad de usuarios, que utilizando el mismo o distinto Terminal se conecten a la red mediante distintas redes de acceso (WCDMA, WLAN, Ethernet, etc.) operadas por distintas entidades. Esto requiere mecanismos que soporten *handover* entre subredes bajo igual o distinta tecnología (*handover* horizontal y vertical) de forma eficiente, teniendo como elemento común el transporte IP. La base del soporte de

movilidad en redes IP son los protocolos Mobile IP. La propuesta de Fast *Handover* permitirá conseguir *handovers* sin interrupción apreciable de las comunicaciones. Esta movilidad requiere interaccionar con los procesos de soporte de QoS en el caso de traspasos entre áreas con distintos recursos de red disponibles y con los mecanismos de AAA para el caso de traspasos entre redes pertenecientes a distintos dominios administrativos.

2. CAPÍTULO 2 QoS EN PROTOCOLO IPv6

2.1 INTRODUCCIÓN A IPv6²²

Antes de enfocarnos en la provisión de calidad de servicio en redes móviles, con la base en IPv6, voy a comenzar analizando primero el protocolo IPv4, el cual es el predecesor del nuevo y mejorado IPv6.

Hasta ahora para las conexiones a Internet, se utilizó el protocolo IPv4, el cual permite solo un número determinado de direcciones IP que son la base para la conexión a la red, las direcciones tienen 32 bits agrupados en 4 grupos de 8 bits, por lo que el conjunto global va de la dirección 0.0.0.0 a la dirección 255.255.255.255; lo que en realidad es menos por las diferentes direcciones restringidas, el problema está en que las direcciones se asignan en bloques o subredes; o sea, se agrupan, se asignan a alguien (empresa, Universidad, etc.) y todas ellas se consideran ya ocupados (se usen o no).

Las agrupaciones clásicas son:

- Clase A: donde se fija el primer octeto y se dejan los otros tres para que el usuario los maneje. Por ejemplo, se le asigna la subred "30.x.x.x". Las IPs asignadas al usuario son $256*256*256=16.777.216$
- Clase B: se fijan los dos primeros octetos y los dos restantes quedan para el usuario. Por ejemplo, "156.23.x.x". Las IPs asignadas al usuario son $256*256=65536$
- Clase C: se fijan los tres primeros octetos y el que resta queda para el usuario. Por ejemplo, "193.110.128.x". Las IPs asignadas al usuario son 256. El problema, sobre todo en las primeras fases, fue que se asignaban con mucha facilidad las clases A y B, con lo que el espacio consumido y, sobre todo, el desperdiciado fue y es muy grande.

El grave problema actual es que el direccionamiento IPv4 está cercano a agotarse y, por tanto, el crecimiento de Internet se pararía porque no podrían incorporarse nuevas máquinas a la Red.

IPv6 es el siguiente paso a IPv4 y, entre otras muchas características, soluciona el problema de direccionamiento.

2.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE IPv6²³

- Mayor espacio de direccionamiento (RFC 2373 o draft de 16/09/2002)
- Las direcciones pasan de los 32 a 128 bits, o sea de 2^{32} direcciones (4.294.967.296) a 2^{128} direcciones.
- Desaparezcan los problemas de direccionamiento del IPv4 actual.
- No sean necesarias técnicas como el NAT para proporcionar conectividad a todos los ordenadores/dispositivos de nuestra red.
- Por tanto, todos los dispositivos actuales o futuros (ordenadores, PDAs, teléfonos GPRS o UMTS, neveras, lavadoras, etc.) podrán tener conectividad completa a Internet.

2.2.1 SEGURIDAD (RFC 2401 Y RFC 2411)

Uno de los grandes problemas achacable a Internet es su falta de seguridad en su diseño base. Este es el motivo por el que han tenido que desarrollarse, por ejemplo, el SSH o SSL, protocolos a nivel de aplicación que añaden una capa de seguridad a las conexiones que pasan a través suyo.

IPv6 incluye IPsec, que permite autenticación y encriptación del propio protocolo base, de forma que todas las aplicaciones se pueden beneficiar de ello.

Al igual que ocurría con el punto anterior, en el actual IPv4 han tenido que desarrollarse protocolos a nivel de aplicación que permitiesen a los ordenadores conectados a una red asignarles sus datos de conectividad mientras se trabaja. IPv6 incluye esta funcionalidad en el protocolo base, la propia base intenta autoconfigurarse y descubrir el camino de conexión a Internet (*router discovery*).

2.2.2 MOVILIDAD (RFC 3024)

Con la movilidad (o roaming) ocurre lo mismo que en los puntos anteriores, una de las características obligatorias de IPv6 es la posibilidad de conexión y desconexión

de nuestro ordenador de redes IPv6 y, por tanto, el poder viajar con él sin necesitar otra aplicación que permita que esa conexión y desconexión se pueda hacer directamente.

bits:	4	8	16	20	32
Versión	Cabecera	TOS	Longitud Total		
Identificación			Indicador	Desplazamiento de Fragmentación	
TTL		Protocolo	Checksum		
Dirección Fuente de 32 bits					
Dirección Destino de 32 bits					
Opciones					

Fig. 2 .1 Descripción de la cabecera de un paquete IPv4²⁴

bits:	4	12	16	24	32
Versión	Clase de Tráfico	Etiqueta de Flujo			
Longitud de la Carga Util			Siguiente Cabecera	Límite de Saltos	
Dirección Fuente De 128 bits					
Dirección Destino De 128 bits					

Fig. 2.2 Cabecera de paquetes IPv6²⁵

Especificaciones básicas de IPv6 (RFC2460)²⁶

- **Version** – Versión (4 bits)
- **Header** – Cabecera (4 bits)
- **TOS (Type Of Service)** – Tipo de Servicio (1 byte)
- **Total Length** – Longitud Total (2 bytes)
- **Identification** – Identificación (2 bytes)
- **Flag** – Indicador (4 bits)
- **Fragment Offset** – Desplazamiento de Fragmentación (12 bits – 1.5 bytes)
- **TTL (Time To Live)** – Tiempo de Vida (1 byte)
- **Protocol** – Protocolo (1 byte)
- **Checksum** – Código de Verificación (2 bytes)
- **32 bit Source Address** – Dirección Fuente de 32 bits (4 bytes)
- **32 bit Destination Address** – Dirección Destino de 32 bits (4 bytes)

Se ha cambiado de 12 campos en IPv4, a tan solo 8 en IPv6.

El motivo fundamental por el que los campos son eliminados, es la innecesaria redundancia. En IPv4 se está facilitando la misma información de varias formas. Un caso muy evidente es el checksum o verificación de la integridad de la cabecera: Otros mecanismos de encapsulado ya realizan esta función (IEEE 802 MAC, framing PPP, capa de adaptación ATM, etc.).

El caso del campo de “Desplazamiento de Fragmentación”, es ligeramente diferente, dado que el mecanismo por el que se realiza la fragmentación de los paquetes es totalmente modificado en IPv6, lo que implica la total “inutilidad” de este campo. En IPv6 los routers no fragmentan los paquetes, sino que de ser precisa, dicha fragmentación/desfragmentación se produce extremo a extremo.

Algunos de los campos son renombrados:

- Longitud total longitud de carga útil (payload length), que en definitiva tiene una longitud de 16 bits (2 bytes).
- Protocolo siguiente cabecera (next header), dado que en lugar de usar cabeceras de longitud variables se emplean sucesivas cabeceras encadenadas, de ahí que desaparezca el campo de opciones. En muchos casos ni siquiera es procesado por los caminadores, sino tan sólo extremo a extremo. Tiene una longitud de 8 bits (1 byte).
- Tiempo de vida límite de saltos (Hop Limit). Tiene una longitud de 8 bits (1 byte)

Los nuevos campos son:

- Clase de Tráfico (*Traffic Class*), también denominado Prioridad (*Priority*), o simplemente Clase (*Class*). Podría ser más o menos equivalente a TOS en IPv4. Tiene una longitud de 8 bits (1 byte).
- Etiqueta de Flujo (Flow Label), para permitir tráficos con requisitos de tiempo real. Tiene una longitud de 20 bits.

Estos dos campos, como se puede suponer, son los que permiten una de las características fundamentales e intrínsecas de IPv6: Calidad de Servicio (QoS),

Clase de Servicio (CoS), y en definitiva un poderoso mecanismo de control de flujo, de asignación de prioridades diferenciadas según los tipos de servicios.

2.2.3 DEFINICIÓN DE DIRECCIÓN EN IPv6

Las direcciones IPv6 son identificadores de 128 bits para interfaces y conjuntos de interfaces. Dichas direcciones se clasifican en tres tipos:

Unicast: Identificador para una única interfaz. Un paquete enviado a una dirección unicast es entregado sólo a la interfaz identificada con dicha dirección. Es el equivalente a las direcciones IPv4 actuales.

Anycast: Identificador para un conjunto de interfaces (típicamente pertenecen a diferentes nodos). Un paquete enviado a una dirección anycast es entregado en una (cualquiera) de las interfaces identificadas con dicha dirección (la más próxima, de acuerdo a las medidas de distancia del protocolo de encaminado). Permite crear, por ejemplo, ámbitos de redundancia, de forma que varias máquinas puedan ocuparse del mismo tráfico según una secuencia determinada (por el routing), si la primera “cae”.

Multicast: Identificador para un conjunto de interfaces (por lo general pertenecientes a diferentes nodos). Un paquete enviado a una dirección multicast es entregado a todas las interfaces identificadas por dicha dirección. La misión de este tipo de paquetes es evidente: aplicaciones de retransmisión múltiple (broadcast).

2.2.4 DIFERENCIAS CON IPv4

Hay algunas diferencias importantes en el direccionamiento de IPv6 respecto de IPv4:

- No hay direcciones broadcast (su función es sustituida por direcciones multicast).
- Los campos de las direcciones reciben nombres específicos; denominamos “prefijo” a la parte de la dirección hasta el nombre indicado (incluyéndolo).
- Dicho prefijo permite conocer donde está conectada una determinada dirección, es decir, su ruta de encaminado.
- Cualquier campo puede contener sólo ceros o sólo unos, salvo que explícitamente se indique lo contrario.

- Las direcciones IPv6, indistintamente de su tipo (unicast, anycast o multicast), son asignadas a interfaces, no nodos. Dado que cada interfaz pertenece a un único nodo, cualquiera de las direcciones unicast de las interfaces del nodo puede ser empleado para referirse a dicho nodo.
- Todas las interfaces han de tener, al menos, una dirección unicast link-local (enlace local).
- Una única interfaz puede tener también varias direcciones IPv6 de cualquier tipo (unicast, anycast o multicast) o ámbito.
- Una misma dirección o conjunto de direcciones unicast pueden ser asignados a dos múltiples interfaces físicas, siempre que la implementación permita el balanceo de carga entre múltiples dispositivos.
- Al igual que en IPv4, se asocia un prefijo de subred con un enlace, y se pueden asociar múltiples prefijos de subred a un mismo enlace.

2.2.5 QoS EN REDES BASADAS EN IP

La Calidad de servicio (QoS) ha sido objeto de investigaciones y estandarizaciones activas desde el advenimiento de la calidad de la tecnología en las telecomunicaciones. La UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones sector de estandarización de Telecomunicaciones) ha realizado muchos trabajos en QoS, tanto en relación al desempeño de los mecanismos de red, cuanto con relación a los protocolos y arquitecturas que interactúan dentro de una red.

Está generalmente asumido que las actuales redes de conmutación de circuitos y de paquetes serán puestas a trabajar en conjunto en una infraestructura basada en IP, que pueda soportar tanto la red telefónica pública conmutada (PSTN) y el tráfico tradicional de aplicaciones de Internet. Este escenario de convergencias ofrece un gran problema y se hace necesaria la creación de nuevas tecnologías y recursos que brinden las aplicaciones necesarias. Sin embargo, esta convergencia se materializa lentamente. Desde el punto de vista técnico, el mayor tropiezo ha sido la provisión de calidad de servicio. Las redes IP tradicionales optan por el método del mejor esfuerzo para manejar su tráfico, dando a los usuarios una porción justa de los recursos de la red, pero no puedes asegurar que cumplirán con el nivel de desempeño particular. El paradigma del mejor esfuerzo ha tenido un éxito espectacular al soportar aplicaciones en tiempo no real tales como emails y transferencia de archivos, y se ha extendido a aplicaciones multimedia cercanas a

tiempo real tales como transferencia de audio o video o búsqueda Web. Dada la abundancia de ancho de banda en ciertas rutas, el paradigma del mejor esfuerzo puede incluso satisfacer las necesidades de muchos usuarios para telefonía interactiva y otras aplicaciones en tiempo real. Sin embargo, con esta naturaleza sin reporte de estado o sin conexiones, el garantizar el servicio o el desempeño de la red en una red IP es mucho más complejo. Esto explica porqué la calidad de servicio en redes IP permanece como un objeto de continua investigación en la UIT-T, IETF y otros cuerpos de estandarización.

2.2.6 PROYECTOS CREADOS EN BASE A IPv6

La Comisión Europea ha adoptado IPv6 como el centro de la nueva generación de servicios multimedia fijo e inalámbrico que abrirán las puertas a la Sociedad de la Información.

Sus actividades sobre la nueva generación de IP se engloban en el marco del programa de investigación IST. En el Programa IST, dentro del V Programa Marco de la UE; trece proyectos están o estarán en breve trabajando activamente sobre cuestiones relacionadas con IPv6. Cinco de ellos se centran en redes fijas (6INIT, LONG, AQUILA, SEQUIN, GCAP), siete en convergencia/interconexión de diferentes plataformas de acceso radio (DriVE, WINE GLASS, MobyDick, BRAIN, SUITED, WINE, 6WINIT) y uno está dirigido a la interconexión entre plataformas fijas e inalámbricas (NETGATE).

2.2.6.1 6INIT (*The IPv6 Internet Initiative*).²⁷

Este proyecto persigue mejorar el modelo de negocio de Euro-IPv6, mediante la definición de procedimientos de establecimiento e implementación para redes IP europeas, a fin de proporcionar al cliente puntos de acceso IPv6 nativos y servicios Internet basados en el protocolo. Sus áreas primarias de interés se centran en la definición de procedimientos operacionales para redes IPv6 y la migración de aplicaciones y de redes de IPv4 a IPv6, así como el establecimiento de servicios de telefonía y videotelefonía, y servicios de acceso a vídeo bajo demanda. Además, aborda implementaciones de aplicaciones IPv6 (por ejemplo, Bolsa o impresión remota de periódicos).

2.2.6.2 LONG (*Laboratories Over Next Generation networks*)²⁸

LONG (*Laboratories Over Next Generation networks*). Pretende desplegar una red de próxima generación testada que conectará a los socios que usan la infraestructura de red de investigación paneuropea e incorporar escenarios de migración de IPv4 a IPv6 y servicios avanzados. Uno de los objetivos de diseño es la incorporación de una mezcla de diferentes tecnologías de acceso (ADSL, cable, RDSI) y transporte (IP/ATM, IP/SDH, IPWDM). El proyecto persigue también dar soluciones a la integración de IPv6 con servicios de red avanzados, tales como técnicas QoS, mecanismos de movilidad, soporte multicast y procedimientos de seguridad.

2.2.6.3 AQUILA (*Adaptive resource control for QoS Using an IP-based Layered Architecture*).^{29, 30}

AQUILA (*Adaptive resource control for QoS Using an IP-based Layered Architecture*). Con este proyecto se trata de definir, evaluar, implementar y mejorar una arquitectura que proporcione QoS de extremo a extremo, dinámica en Internet. Será diseñada una arquitectura QoS compatible hacia atrás, escalable y de costo efectivo mejorando los enfoques existentes, como por ejemplo DIFFSERV (*Differentiated Services*), *Integrated Services* y las tecnologías de conmutación de paquetes. Así, introduce un nivel de software para un control de recursos adaptativo y distribuido, y facilita la migración de las redes existentes y las aplicaciones de usuario final.

2.2.6.4 SEQUIN³¹

SEQUIN (*Service Quality across Independently managed Networks*). En este proyecto se está definiendo e implementando un enfoque de extremo a extremo para QoS que operará a través de múltiples dominios de gestión y explotará una combinación de la tecnología ATM e IP, determinando una estrategia de migración desde las existentes ATM basadas en QoS a entornos híbridos y entornos IP puros.

2.2.6.5 GCAP³²

GCAP (*Global Communication Architecture and Protocols for new services over IPv6 networks*). Tiene como objetivo desarrollar dos nuevos protocolos de transporte multimedia y multicast de extremo a extremos integrados en una nueva arquitectura

global para proporcionar una QoS garantizada para aplicaciones Multimedia Multi-peer Multi-network avanzadas.

2.2.6.6 NETGATE³³

NETGATE (*Advanced Network Adapter for the new Generation of mobile and IP based Networks*). Este proyecto tiene como objeto diseñar y desarrollar un sistema escalable, flexible, eficiente y de bajo costo capaz de operar como una pasarela de protocolo de alto rendimiento. Dicha pasarela cubrirá la brecha de compatibilidad existente entre las diferentes redes de telecomunicación (redes inteligentes, ATM, GSM y GPRS), y proporcionará interfaces a redes basadas en IP. La solución NETGATE será capaz de aportar interoperatividad entre plataformas inalámbricas (GSM, GPRS) y plataformas cableadas (RDSI, ATM, IP), así como una arquitectura abierta para tecnologías futuras.

2.2.6.7 DriVE³⁴

DriVE (*Dynamic Radio for IP-Services in Vehicular Enviroments*). Se centra en el suministro de servicios multimedia IP inalámbricos de alta calidad para vehículos en un entorno heterogéneo multi-radio. Para este fin, el proyecto está tratando la convergencia de redes de broadcast y celulares, centrándose en dos aspectos esenciales: la interoperatividad optimizada de diferentes sistemas de radio (GSM, GPRS, UMTS, DAB, DVB-T) en un rango común de frecuencias asignadas dinámicamente, y la mejorada cooperación entre elementos y aplicaciones de red de una manera adaptativa. La interoperatividad optimizada se basa en una infraestructura móvil IPv6 que soportará perfiles de diferentes futuros servicios multimedia, especialmente de comunicación asimétrica desde y hacia el usuario, unicast, multicast, broadcast e interactivos en tiempo real (como streaming de vídeo y audio).

2.2.6.8 GLASS³⁵

GLASS (*Wireless IP Network as a Generic Platform for Location Aware Service Support*). Pretende explotar técnicas basadas en el nuevo o en un mejorado IP para soportar movilidad y QoS garantizado por software en una arquitectura Internet inalámbrica que incorpore UMTS y WLAN (Wireless LAN), y explorar su potencial

para ofrecer servicios de aplicación con QoS y localización para usuarios móviles inalámbricos.

2.2.6.9 MobyDick³⁶

MobyDick (*Mobility and Differentiated Services in a Future IP Network*). En este proyecto se está considerando una arquitectura QoS de extremo a extremo capacitada para la movilidad y basada en IPv6 partiendo de los actuales AAA, Mobile-IPv6 y modelos QoS del IETF. Será demostrada en un banco de pruebas que comprende UMTS, WLAN (Wireless LAN) y Ethernet. El proyecto está intentando, además, solucionar la optimización del rendimiento de la red en contextos heterogéneos con una variedad de servicios asimétricos y entornos de radio Múltiples. También trata aspectos tecnológicos para conseguir roaming entre servicios de localización. La introducción de IP en la red de acceso se centra en el suministro de servicios “sin fisuras” y con transparencia a través de múltiples accesos de radio. El *handover* entre e intra redes, evaluación de QoS IP y gestión son también aspectos subyacentes.

2.2.6.10 BRAIN³⁷

BRAIN (*Broadband Radio Access for IP based Networks*). Propone una arquitectura abierta que permita la convergencia de Internet fijo, especificaciones emergentes de Internet móvil/inalámbrico y UMTS/GPRS/GSM para proporcionar servicios integrados IP de extremo a extremo a usuarios móviles en mercados globales. Para ello, se definirán y especificarán mecanismos que permitan la escalabilidad del servicio y la adaptación de aplicaciones a fin de soportar redes y entornos de acceso diferentes. La red de acceso ofrecerá cobertura en células de ámbito doméstico, de edificio, suburbano y urbano. Su interfaz radio, basada en HIPERLAN 2, proporciona velocidades de datos de hasta 20 Mbps por célula compartidas dinámicamente entre los usuarios.

2.2.6.11 SUITED³⁸

SUITED (*Multi-Segment System for Broadband Ubiquitous Access to Internet Services and Demonstrator*). Se dirige a diseñar y desarrollar redes móviles basadas en IP formadas por componentes (UMTS, GPRS, WLAN) terrestres y satelitales. Para ello, demostrará la capacidad para proporcionar servicios móviles sensibles a

QoS sobre escenarios de Internet avanzados usando un entorno de pruebas basado en Internet actualizada para satisfacer un escenario de servicio que incluya la movilidad y QoS garantizado. El entorno de pruebas comprende una infraestructura multisegmento y un terminal móvil multimodo capaz de operar en forma transparente con redes terrestres y de satélites.

2.2.6.12 WINE³⁹

WINE (*Wireless Internet Networks*). Estudia las tecnologías necesarias para construir una Internet inalámbrica capaz de soportar QoS y basada totalmente en IPv6, a fin de definir una solución de extremo a extremo optimizada. Implementará una plataforma de pruebas multientorno basada en Bluetooth, HIPERLAN e IEEE 802.11.

2.2.6.13 6WINIT (*IPv6 Wireless Internet Initiative*).⁴⁰

6WINIT (*IPv6 Wireless Internet Initiative*). Esta iniciativa pretende introducir el nuevo Internet inalámbrico móvil, basado en una combinación de protocolos inalámbricos e IPv6 (GPRS y UMTS). El proyecto establecerá y validará una de las primeras iniciativas de Internet Móvil 3G e IPv6 operativas, con clientes que tengan puntos de acceso y servicios IPv6 nativos en un entorno 3G.

2.3 QoS EN IPv6, INTRODUCCIÓN INTSERV Y DIFFSERV

Las tecnologías inalámbricas están en pleno auge, y en ellas cabe pensar en un progresivo desarrollo de redes Ad Hoc entre dispositivos personales. La configuración de los sistemas para que puedan conectarse en modo Ad Hoc es un verdadero reto, pero se supone que muchos de estos dispositivos personales deberán además trabajar dentro de un entorno gestionado, en el lugar de trabajo. El cambio entre estos modos suele generar frustración y la dificultad inherente al proceso es sensiblemente mayor a la que se observa en cada uno de los modos por separado. Para eliminar esta complejidad, IPv6 ha definido un principio de arquitectura por el cual se solicita a los sistemas que soporten simultáneamente más de una dirección. Al combinar esta capacidad con el ámbito de direcciones restringido se da como resultado la capacidad de moverse fácilmente y de forma automática entre entornos Ad Hoc y gestionados.

Otra de las posibilidades que brinda IPv6 al mundo inalámbrico es una movilidad efectiva. Muchas aplicaciones actualmente esperan que las direcciones IP permanezcan constantes durante todo el ciclo de vida de la conexión desde un cliente remoto al servidor. Aunque esto es posible actualmente con IPv4, los mecanismos para lograrlo son complejos y de una gran fragilidad desde el punto de vista operativo. IPv6 elimina mucha de esta complejidad y permite a los sistemas finales redirigir eficazmente los paquetes hacia las nuevas direcciones de un nodo móvil mediante una actualización del enlace. Por medio de este mantenimiento de la movilidad en los puntos finales es posible preservar el tremendo potencial de una red transparente y flexible.

En la década pasada, la mayoría de las investigaciones para Internet se habían encaminado a proveer diferentes niveles de servicio para las aplicaciones. Las propuestas iniciales para la diferenciación del servicio proveyeron buenas garantías de servicio, con límites estrictos por flujo en los retardos, tasas de pérdida y throughput, pero requieren grandes recursos de cabecera en términos de complejidad computacional y memoria, ambos problemas que dificultan una fácil escalabilidad.

Recientemente, el interés de las investigaciones ha cambiado hacia arquitecturas por clase con bajos requerimientos de cabeceras. Sin embargo, estas nuevas arquitecturas de servicios sólo proveen débiles garantías de servicio, lo cual no siempre contempla las necesidades de las aplicaciones.

2.3.1 SERVICIOS INTEGRADOS INTSERV⁴¹

INTSERV o los servicios integrados es una arquitectura, que especifica los elementos para garantizar la calidad del servicio (QoS) en redes. La idea es que INTSERV se utilice para permitir que el vídeo y el sonido alcancen el receptor sin interrupción.

INTSERV especifica un sistema de grano fino de QoS, que se pone en contraste a menudo con el sistema de control de grano grueso de DIFFSERV.

La idea de INTSERV es que cada repetidora en el sistema pone INTSERV en ejecución, y cada uso que requiere una cierta clase de garantías tiene que hacer una reservación individual. "Especificación del flujo" para lo cuál es la reservación, mientras que "RSVP" es el mecanismo subyacente para señalarla a través de la red.

INTSERV envía cadenas de paquetes entre host finales y aplicaciones, ya que estos paquetes tendrían la misma dirección fuente y destino.

Cada host o aplicación deberá enviar mensajes previos solicitando una reserva de niveles específicos de servicio, los que serán definidos mediante un mensaje de retorno y serán examinados periódicamente por los participantes en la comunicación.

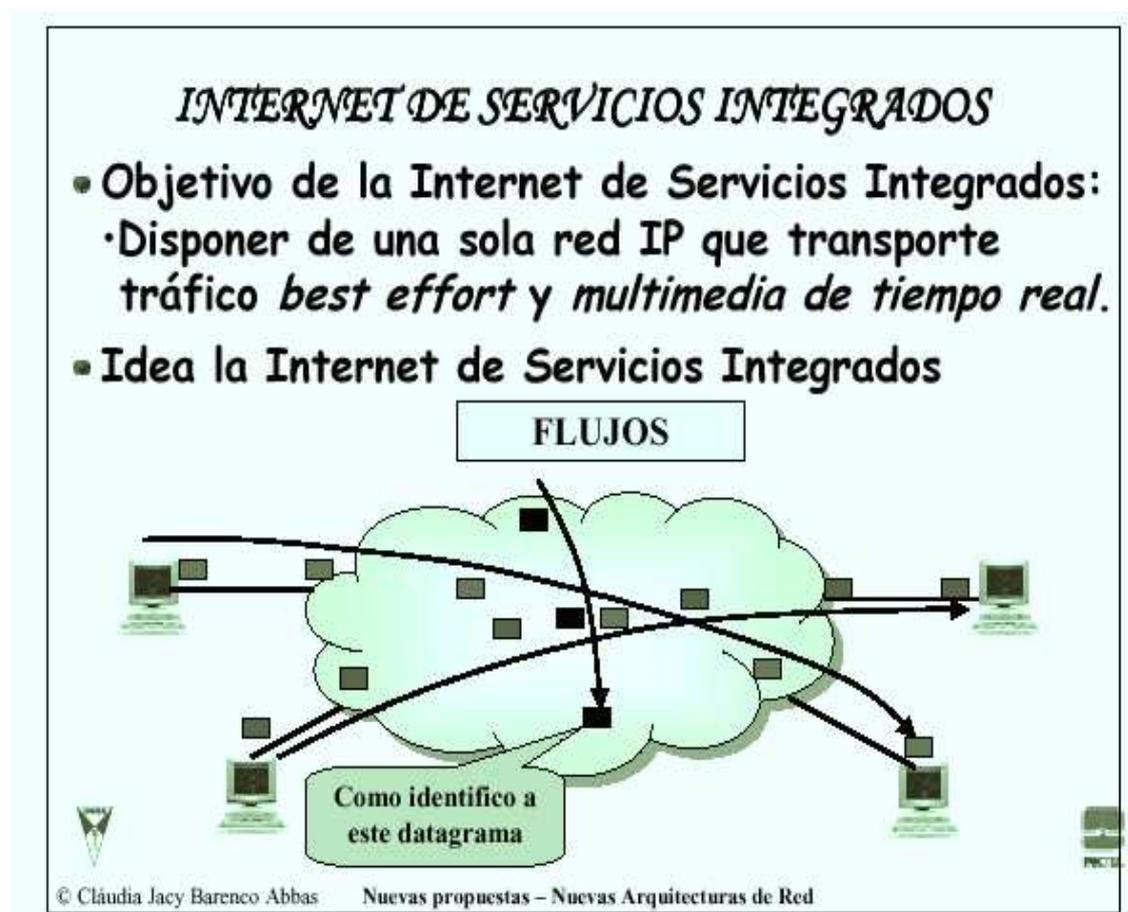


Fig. 2.3 INTSERV.⁴²

Los tres principales componentes en una arquitectura de INTSERV son: la Unidad de Control de Admisión, la cual chequea si la red puede aceptar las peticiones de servicio; el Mecanismo de Envío de Paquetes, el cual se encarga de las operaciones de paquetes entre pares, de la clasificación de flujos, formación, programación de envío y manejo del buffer en los routers; y el Protocolo de Reserva de Recursos RSVP⁴³ el cual asigna algún estado de flujo (por ejemplo reservaciones de ancho de banda, filtros, conteo, etc.) En los routers por los cuales están atravesando los flujos.

2.3.1.1 Especificación del flujo⁴⁴

Existen dos partes principales para la especificación del flujo:

- ¿Qué tráfico parece? Detallado en la especificación del tráfico o la parte de TSPEC.
- ¿Qué garantías necesita? Detallado en la especificación de la petición del servicio o la parte de RSPEC.

2.3.1.1.2 TSPEC

Incluye los parámetros simbólicos del algoritmo del cubo. Existe un cubo simbólico el cual llena lentamente para arriba del símbolo, llegando una tasa constante. Cada paquete que se envía requiere un símbolo, caso contrario, no puede ser enviado. Así, el símbolo indica el índice medio de la circulación, mientras que la profundidad del cubo dicta cuan pesado puede ser el tráfico.

TSPEC típicamente apenas especifica la tasa simbólica y la profundidad del cubo. Por ejemplo, un vídeo con un índice de restauración de 75 bits por segundo, por cada paquete, tomando 10 paquetes, pudo especificar un índice simbólico de 750Hz, y una profundidad del cubo de solamente 10. La profundidad del cubo sería suficiente para enviar un marco entero de una vez. Por otra parte, una conversación necesitaría una tarifa simbólica más baja, pero una profundidad mucho más alta del cubo. Esto es porque hay a menudo pausas en conversaciones, así que se pueden conformar con menos símbolo, si no se envían los paquetes entre las palabras y las oraciones. Sin embargo, esto significa que las necesidades de la profundidad del cubo aumentan para compensar el tráfico que es más pesado.

2.3.1.1.3 RSPEC

Especifica qué requisitos son necesarios para el tipo de flujo que va a ser enviado: puede ser flujo normal de Internet tratado como de 'mejor esfuerzo', en cuyo caso no es necesaria la reservación. Este tipo de flujo es utilizado para los Webpages, ftp y otros usos similares. Control de carga fija; especifica los requerimientos de recursos de una red que envía tráfico pesado, puede haber interferencias ocasionales cuando dos personas tienen acceso al mismo recurso, pero ambos se retrasan generalmente y la tasa es bastante similar a la deseada.

Este método de aseguramiento de flujo es utilizado por los requerimientos bajos de QoS. El método garantizado da un servicio absolutamente limitado, donde el retraso promete nunca estar por encima de una tasa dada y los paquetes nunca pueden perderse, proporcionando así el aseguramiento del tráfico dentro de la especificación.

2.3.1.1.4 RSVP

El protocolo RSVP es un protocolo de señalización mediante el cual se permite realizar la reservación de parámetros definidos de servicio, el funcionamiento de dicha reserva se realiza mediante el envío de mensajes entre el remitente y el destino, todos los routers que se encuentren en el camino entre fuente y receptor deberán a su vez reservar dichas especificaciones de flujo.

El remitente envía los datos de QoS, mediante un mensaje de la PATH, el destino que desea recibir datos envían un mensaje correspondiente de RESV (corto para la "reserva"); al recibir el remitente el mensaje de confirmación, realizará la reservación de parámetros, lo cual se hará en cada uno de los routers que intervengan en el camino de la comunicación.

Los routers entre el remitente y el oyente tienen que decidir si pueden apoyar la reservación que es solicitada, y si no pueden entonces enviar un mensaje de rechazo hacia el destino, por el contrario una vez que acepten la reservación el tráfico puede ser transportado normalmente.

Los routers entonces almacenan la naturaleza del flujo, esto se hace todo en soft state, si no se detecta nada para cierto periodo del tiempo, entonces caduca el tiempo de espera y la reservación será cancelada. Esto soluciona el problema de si el remitente o el receptor se cierran incorrectamente sin primero cancelar la reservación.

Para que no se cancele la reservación de tráfico es necesario que se envíen mensajes periódicos PATH Y RESV, con lo que se garantiza la reservación de parámetros a lo largo del canal de comunicación.

2.3.1.2 Problemas

El problema con INTSERV es que se deben almacenar muchos estados en cada router. Consecuentemente, INTSERV trabaja con un flujo pequeño, pero en un sistema del tamaño del Internet, es difícil no perder de vista todas las reservaciones. Consecuentemente, INTSERV no es muy popular.

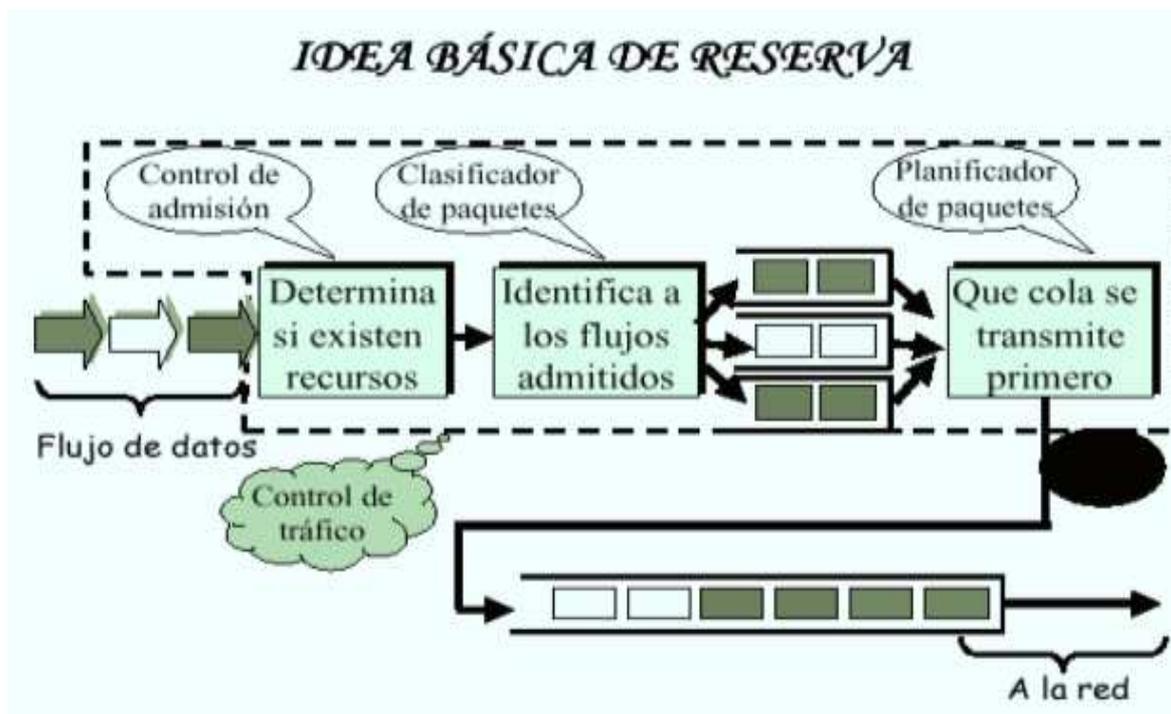


Fig. 2.4 Reserva de parámetros.⁴⁵

2.3.2 SERVICIOS DIFERENCIADOS DIFFSERV

DIFFSERV define una arquitectura para poner la diferenciación escalable del servicio en ejecución en Internet. Un "servicio" define algunas características significativas de la transmisión del paquete en una dirección a través de un sistema de una o más trayectorias dentro de una red.

Estas características se pueden especificar en términos cuantitativos o estadísticos del rendimiento de procesamiento, retraso, QoS, y/o pérdida, o se pueden especificar de otra manera en términos de una cierta prioridad relativa del acceso a los recursos de la red. La diferenciación del servicio es necesaria para asegurar requisitos y expectativas heterogéneas del usuario, y para permitir la diferenciación del servicio de Internet.

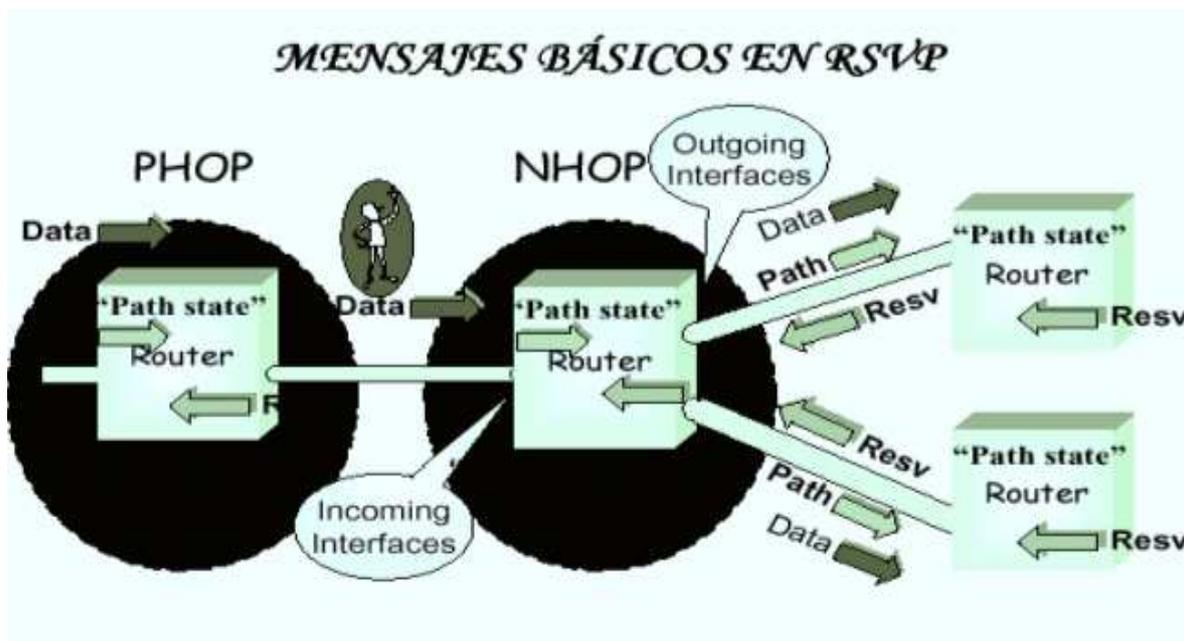


Fig. 2.5 mensajes en RSVP⁴⁶

El modelo de servicios diferenciados se basa en tráfico sin reservación.

Clasificación de los paquetes o mecanismos de prioridad:

- DSCP
- PHB

Su objetivo es asignar el ancho de banda a diferentes usuarios en una forma controlada DIFFSERV acopla flujos con similares requerimientos de QoS en ciertas clases de tráfico: Envío apresurado EF (*Expedited Forwarding*) y Envío Asegurado AF (*Assured Forwarding*). Se definen diferentes clases de tráfico para lo cual existen filtros y cada clase de tráfico tiene diferentes características en la red.

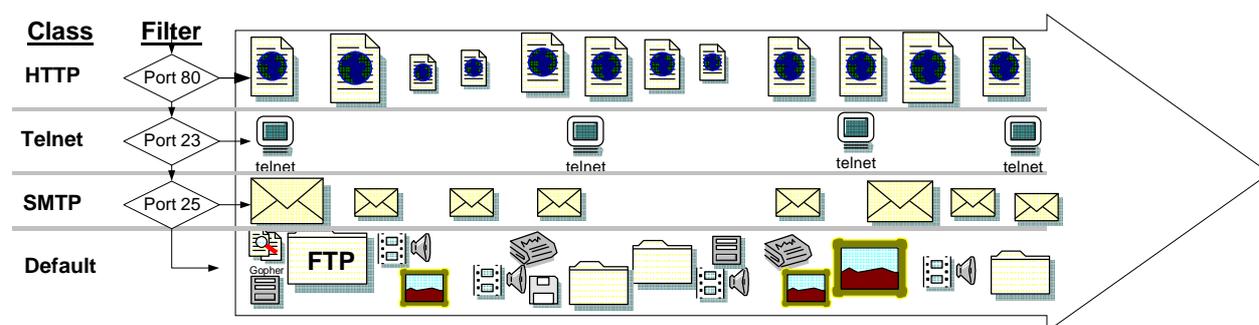


Fig. 2.6 Diferenciación del tráfico en DIFFSERV⁴⁷

La arquitectura de DIFFSERV se compone de un número de elementos funcionales puestos en ejecución en nodos de red, incluyendo un sistema pequeño de comportamientos de la expedición por salto, de funciones de la clasificación del paquete, y de funciones de condicionamiento del tráfico

La arquitectura distinguida del servicio alcanza escalabilidad poniendo la clasificación en ejecución compleja y condicionando funciones solamente en los nodos del límite de la red, y aplicando comportamientos usando el campo del DS en las cabeceras del IP (IPv4 o IPv6). Los comportamientos por salto se definen para permitir medios razonablemente granulares de asignar recursos del router intermedio y de la anchura de banda en cada nodo entre corrientes competentes del tráfico. El flujo por uso o el estado de la expedición del cliente no necesita ser mantenido dentro de la base de la red.

La arquitectura distinguida de los servicios se basa en un modelo simple donde el tráfico que incorpora una red se clasifica y se condiciona posiblemente en los límites de la red, y se asigna a diversos agregados del comportamiento. Cada agregado del comportamiento es identificado por un solo codepoint del DS. Dentro de la base de la red, los paquetes se remiten según el comportamiento del salto asociado al codepoint del DS.

2.3.2.1 Estructura del Protocolo DIFFSERV

La arquitectura distinguida en DIFFSERV, un campo del servicio del encabezado, llamado el campo del DS, se define para reemplazar las definiciones existentes del octeto de la QoS IPv4 y del octeto de la clase del tráfico IPv6. El formato del encabezado como sigue:

2.3.2.1.1 DSCP

El codepoint distinguido de los servicios para seleccionar el PHB un paquete en cada nodo, este campo tiene información acerca de la naturaleza del tráfico, define prioridades, mas no se realizan reservas.

2.3.2.1.2 SCORE/CSFQ

Una arquitectura que provea un servicio “ideal” (por ejemplo una arquitectura que pueda ser implementada en una gran red) debería proveer fuertes garantías de

servicio con una limitada complejidad. Uno de los avances más significativos en el diseño de arquitecturas que provea tal servicio es probablemente la arquitectura SCORE/CSFQ.

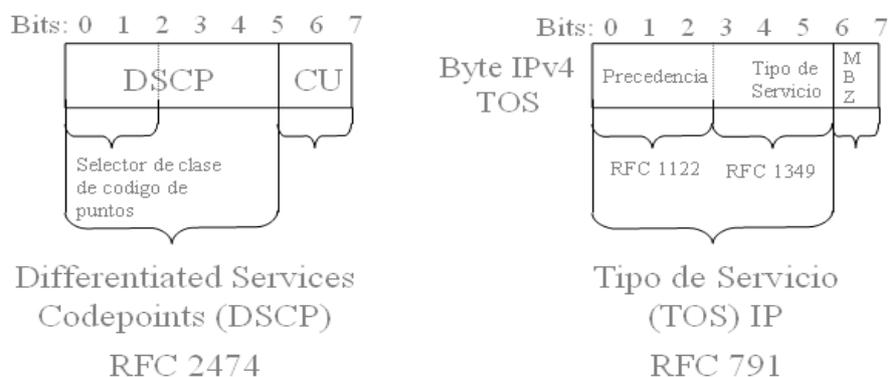


Fig. 2.7 Cabecera DSCP (*Differentiated Services Code Points*)⁴⁸

SCORE trata de reconciliar la simplicidad de DIFFSERV con la robustez de servicio de INTSERV, moviendo el estado de la información necesarios para proveer servicios del tipo INTSERV de los routers de la red hacia los paquetes IP. Desafortunadamente, SCORE no elimina la necesidad de clasificar los paquetes, lo cual puede ser computacionalmente hablando, demasiado costoso y requiere un cambio en el formato de la cabecera IP, lo cual incrementa los esfuerzos necesarios para desplegar este servicio.

Para lograr el objetivo combinado de proveer robustez en las garantías del servicio con baja complejidad, se cree que se debería revisar aspectos como la planificación de envío, manejo de los buffers, regulación de tráfico, etc. que pueden ser usados para construir bloques de servicio basado en clases con buena diferenciación y baja complejidad.

DIFFSERV define dos comportamientos: Comportamiento por salto PHB (*Per Hop Behavior*) para asegurar el servicio en el nodo: EF (Mejor Esfuerzo) y AF (Tráfico Asegurado) y Comportamiento por Dominio PDB (*Per Domain Behavior*) para el aseguramiento de extremo a extremo.

2.3.2.2 Servicios relativamente diferenciados⁴⁹

La premisa central en los servicios relativamente diferenciados es que el tráfico de la red está agrupado en N clases de servicio, las cuales están ordenadas de acuerdo a su calidad de envío de paquetes:

La clase i es mejor (o al menos no es peor) que la clase $(i-1)$ para $1 < i < N$, en términos de desempeño local (por salto) para retardos por encolamiento y pérdidas de paquetes.

El IETF ha estandarizado ocho de dichas clases, llamadas selector de clases de comportamiento por salto (*Class selector per-hop behaviour*), usando los bits de Procedencia de la cabecera de IPv4. Dependiendo del escenario de despliegue, la clasificación de paquetes dentro de las clases puede ser realizada por la aplicación, en el host final o en router intermedio entre dos redes.

2.3.2.23 Diferenciación de Servicio Relativa vs. Absoluta.

En un modelo absoluto se asegura a los usuarios admitidos los recursos y por tanto su desempeño pedidos. La desventaja radica en que a un usuario le será negado el ingreso si los recursos de red no están disponibles en la cantidad solicitada. Por ejemplo, supóngase que una aplicación de telefonía IP pide un ancho de banda de 32 Kbps y un retardo extremo a extremo de máximo 200ms. Si la petición del usuario es aceptada, la calidad de la llamada será asegurada. Sin embargo, si la red no es capaz de proveer el ancho de banda pedido y/o el retardo extremo a extremo, el usuario recibirá una señal de ocupado.

Por el contrario, en el modelo de diferenciación relativa lo único que asegura la red es que las clases superiores recibirán un mejor servicio que las clases inferiores. La cantidad de servicio recibido por una clase y la resultante calidad de servicio percibida por una aplicación depende de la carga actual en la red de cada clase. El usuario/aplicación en este contexto se supondrá que puede adaptar sus necesidades basándose en el nivel observado de desempeño en su clase o cambiar a una clase superior si sus restricciones económicas lo permiten.

2.3.2.4 NPDD

Arquitectura basada en DIFFSERV llamada NPDD (*Neighborhood Proportional Delay Differentiation*) para redes inalámbricas multisalto. En el modelo NPDD, la red soporta múltiples clases de servicio. El PHB en cada nodo asegura que la tasa promedio de retardo de paquetes en dos diferentes clases iguale la tasa predeterminada por el proveedor de servicio de red. Atractivamente, este requerimiento de PHB de retardo proporcional se mantiene todo el tiempo independientemente del ancho de banda dinámico de cada nodo o del tráfico que arriba. Se mantiene además entre nodos de la misma red. Basado en este modelo, se puede demostrar que las aplicaciones pueden escoger una clase para cada paquete para así lograr ya sea un requerimiento de retardo extremo a extremo o un requerimiento de *throughput* extremo a extremo. Juntos, NPDD con un sistema de Selección Dinámica de Clases DCS (*Dynamic Class Selection*) proveen una efectiva estructura de provisión de calidad de servicio extremo a extremo para redes móviles Ad Hoc.

Mientras NPDD asegura una diferenciación proporcional al retardo consistente todo el tiempo, el Retardo de Clase Absoluto (*Absolute Class Delay*) varía de acuerdo a la distribución de clases de tráfico. Como cada aplicación independientemente adapta sus clases, el retardo por la creación de colas fluctúa en cada nodo. Esencialmente, las aplicaciones compiten entre sí para mejorar su calidad de servicio

2.3.2.4.1 El modelo de servicio NPDD

El modelo de servicio NPDD soporta N clases relativamente ordenadas de retardos producidos en el encolamiento por paquete en cualquier nodo. En el nodo k , los paquetes de la clase i experimentan un retardo menor que el de la clase j siempre que $i < j$, $i, j \in SB_k$ donde SB_k es el conjunto de clases de retardos en el nodo k .

2.3.2.5 DIFFSERV contra MPLS

DIFFSERV (servicios diferenciados) y MPLS (conmutación multiprotocolo de la capa enlace) son dos estándares separados que pretendieron ayudar a solucionar el problema de la calidad de Servicio en IP.

DIFFSERV toma el campo de la ToS del IP (tipo de servicio), lo retitula el octeto del DS y lo utiliza para llevar la información sobre requisitos del servicio del paquete del IP. Funciona en la capa 3 solamente y no se ocupa de capas más bajas. Por otra parte, MPLS especifica las maneras que de capa 3 el tráfico se puede trazar a los transportes orientados a conexión de la capa 2 como el retardo de la atmósfera.

MPLS agrega una etiqueta que contiene la información de encaminamiento específica a cada paquete IP y permite que las repetidoras asignen las trayectorias explícitas a las varias clases del tráfico.

DIFFSERV confía en los acondicionadores del tráfico que se sientan en el borde de la red para indicar los requisitos de cada paquete, mientras que MPLS requiere la inversión en una red de sofisticado switchin, las repetidoras son capaces de mantener la información de jefe de la lectura y los paquetes al asignar a las trayectorias específicas como los circuitos virtuales en una red cambiada.

2.3.2.6 MPLS

Es un desarrollo clave de las tecnologías de Internet, que permite agregar un número de capacidades esenciales a las redes actuales IP que funcionan bajo el principio del “mejor esfuerzo” entre las que se encuentran:

- Interconexión de redes con ATM
- Ingeniería de Tráfico
- Tráfico con Clases de Servicio (CoS)
- Tráfico con Calidad de Servicio (QoS)
- Proporcionar Redes Privadas Virtuales (VPN's)

En abril de 1997 se creó el grupo de trabajo MPLS de la IETF, Se espera que los estándares terminen a mediados del 2001

2.3.2.6.1 Dificultades de implementación

INTSERV y DIFFSERV son, sin embargo, difíciles de implementar en redes inalámbricas multisalto. Las dificultades con respecto a INTSERV se refieren básicamente a la reserva de recursos. Como el ancho de banda disponible para cada nodo varía con el tiempo, es necesario pero muy difícil para el nodo el estimar el ancho de banda para la reservación de recursos. Debido a que el medio es

compartido, es necesaria también que la reservación de recursos sea realizada con una coordinación global. Una vez que la reservación ha sido realizada pueden existir violaciones debido a fluctuaciones del ancho de banda o a variaciones de las rutas que ya han sido fijadas. DIFFSERV también depende de los recursos disponibles del nodo. El tráfico EF PHB (Mejor Esfuerzo) asegura poco retardo en la creación de las colas en el nodo si el ancho de banda no es menor a la tasa de arribo EF. El tráfico AF PHB (Tráfico Asegurado) asegura un throughput en el nodo con marcación de la prioridad del paquete y manejo selectivo de las colas. Los paquetes marcados con una alta prioridad están seguros de recibir el servicio antes que los paquetes de baja prioridad. Si la tasa de marcación no excede el ancho de banda, un throughput igual a la tasa de marcación es asegurado en cada nodo. AF solo, sin embargo, no proporciona garantías de throughput de extremo a extremo. Ambos servicios EF y AF enfrentan el problema de asignación de recursos en redes dinámicas multisalto.

2.3.3 INTSERV SOBRE DIFFSERV

2.3.3.1 Introducción

La provisión de calidad de servicio (QoS) garantizada por parte de las redes de comunicación en un ámbito global es actualmente uno de los campos de investigación en activo, principalmente debido a la creciente importancia que cobra un conjunto de aplicaciones telemáticas, destacando entre ellas las dedicadas a la tele-educación, que precisan de esa garantía para su correcto funcionamiento. Una de las principales propuestas que se contemplan a la hora de definir marcos integrados de provisión de QoS propone la utilización de IP sobre ATM, de manera que se aprovechen tanto el control sobre los parámetros de QoS que proporciona ATM, como la gran expansión y conectividad de que goza IP.

2.3.3.2 INTSERV sobre DIFFSERV⁵⁰

Esta arquitectura está basada en la operación de INTSERV sobre DIFFSERV. Esta arquitectura permite a los usuarios el especificar parámetros QoS tanto a nivel de conexiones como de paquetes.

Los Servicios Integrados han sido extensamente estudiados en redes fijas y existen algunas propuestas para que esta estructura maneje tráfico en tiempo real. Algunos estudios y pruebas que implementan este modelo de servicio no son suficientes para asegurar recursos a lo largo de la ruta desde la fuente hasta el destino; es necesario

realizar reservaciones a lo largo de todas las rutas hacia las posibles localizaciones hacia las cuales el host puede moverse. Sin embargo no es necesario iniciar un flujo de datos a lo largo de cada una de estas rutas.⁵¹

En una serie de estudios se ha determinado que DIFFSERV, tal como se lo ha diseñado para redes fijas, necesita de varias mejoras, incluyendo señalización y consideraciones de móviles: Cuando un móvil ejecuta un handoff, es necesario asignar recursos dinámicamente. A más de esto, un protocolo de admisión es requerido para desarrollar funciones opuestas a la admisión implícita definida en DIFFSERV. El protocolo de señalización debe considerar aspectos como el bajo ancho de banda y las características de movilidad en redes inalámbricas.

Existe un inconveniente en ciertas propuestas de INTSERV sobre DIFFSERV: el asumir que se puede conocer de antemano las especificaciones de movilidad del usuario es poco factible. Además, el reservar ancho de banda en las celdas hacia las cuales puede (o no) trasladarse el móvil puede resultar demasiado conservador (para redes con mucha dinámica) y puede conllevar a una sub-utilización de la red.

A continuación se propone una arquitectura de red IP inalámbrica, que no requiere ningún cambio dentro de la red y puede ínter operar con la existente red fija. El protocolo RSVP es utilizado para la señalización de la reserva. Esta propuesta permite un manejo flexible de los recursos a la vez que alcanza una alta utilización de los mismos.

Este esquema está basado en un comportamiento probabilístico y no requiere un conocimiento preciso de las especificaciones de la movilidad del usuario. Esta arquitectura es lo suficientemente flexible para soportar cualquier probabilidad de envío.

Una característica importante de esta arquitectura es que puede operar con RSVP sin ninguna alteración requerida. Esto es debido a que posee un sistema de Control de Admisión que reserva explícitamente recursos en la celda local, pero reserva además recursos implícitamente en otras celdas.

Para reducir la probabilidad de pérdida de la conexión, este esquema propone que las celdas vecinas participen en la decisión de admisión de un nuevo usuario. Cada celda dará su decisión local y entonces, la celda en donde se emitió la petición

decidirá si la nueva petición se aceptará o no. Haciendo esto, la conexión admitida será más factible de supervivencia en caso de un *handoff*.

Al igual que cualquier esquema distribuido, la presente arquitectura usa la noción de un cluster o grupo de celdas. Cada usuario en la red con un conexión activa tiene un cluster asociado con él. Las celdas en el cluster son escogidas de acuerdo al lugar de residencia del usuario; estas son las celdas que están pendientes del usuario. La forma y el número de celdas del cluster del usuario dependen de factores tales como el tiempo que el usuario mantiene la conexión activa, requerimientos QoS, trayectoria y velocidad del Terminal.

El componente de Control de Admisión distribuido de la presente arquitectura permite incluir parámetros QoS por paquetes (por Ej., retardo) y por conexión (por Ej. probabilidad de pérdida de la conexión)

2.4 IPv6 SOBRE ATM ⁵²

La solución inicial planteada para llevar datagramas IP sobre SVC se especificó siguiendo el modelo clásico de IP, que se basa en definir cómo un datagrama IP viaja sobre una determinada subred. Dicha solución, denominada CLIP (*Classical IP over ATM*), engloba dos entidades: el servidor de ATMARP y el servidor MARS (*Multicast Address Resolution Server*). El primero se encarga de la resolución de direcciones IP a ATM. Esta función, que se resuelve de una forma sencilla en las redes locales utilizando sus mecanismos de difusión, ha de realizarse de forma centralizada en ATM. Todos los clientes mantienen una conexión con el servidor y a él dirigen sus preguntas cuando necesitan obtener la dirección ATM que corresponde a una determinada dirección IP.

El segundo servidor MARS se encarga de la gestión de los grupos multicast. A diferencia de lo que sucede en las redes locales, la correspondencia directa entre direcciones IP multicast y direcciones ATM no es posible, puesto que en ATM no existen direcciones multicast asignables dinámicamente. La solución pasa por gestionar la correspondencia entre direcciones IP multicast y el conjunto de las direcciones ATM de los clientes que en cada momento desean recibir el tráfico dirigido a dicha dirección de grupo. Ésta es precisamente la función del servidor de MARS.

A la hora de enviar tráfico multicast, el estándar MARS define dos posibles escenarios. El centralizado está basado en la existencia de un servidor de multicast (*Multicast Server, MCS*), y todos los emisores que envían tráfico a un grupo multicast establecen una conexión con una misma máquina, que es raíz de un único circuito multipunto compartido hacia los miembros del grupo. El segundo escenario es el distribuido, donde cada emisor realiza una consulta al servidor de MARS para obtener las direcciones ATM de los miembros del grupo, abriendo posteriormente un circuito multipunto directamente con ellos.

En el caso de la nueva versión del protocolo IP -IPv6-, la solución planteada para su funcionamiento sobre ATM es similar. Sin embargo, existen algunos cambios de importancia.

El modelo empleado para la resolución de direcciones en IPv6 (basado en el protocolo *Neighbour Discovery ND*) se ha definido de forma genérica, independiente de subred, y se ha obligado a que toda subred ofrezca servicio de multicast. La consecuencia es que en IPv6 no es necesaria la existencia del servidor de ATMARP, utilizando un solo protocolo, ND, para resolver direcciones de cualquier tipo de subred (a diferencia de lo que sucede en IPv4 con la utilización de dos protocolos: ARP para redes locales y ATMARP para ATM).

2.4.1 SERVICIOS INTEGRADOS SOBRE ATM

Dentro del modelo de Internet de Servicios Integrados (INTSERV) propuesto para dotar a las redes IP de soporte de QoS, se propone la utilización del protocolo RSVP (*Resource Reservation Protocol*) como protocolo de señalización que permita a los sistemas finales realizar peticiones de reserva de recursos para sus flujos de datos. RSVP se basa principalmente en dos tipos de mensajes denominados: PATH, cuyo objeto es informar acerca de las características de los flujos de datos enviados; y RESV, para realizar las reservas de recursos.

Sin embargo, la aplicación del modelo INTSERV a escenarios ATM no es sencilla, debido a las sustanciales diferencias entre ambos modelos de soporte de QoS.

2.5 MobyDick - MOBILITY AND DIFFERENTIATED SERVICES IN A FUTURE IP NETWORK

2.5.1 INTRODUCCIÓN⁵³

Los servicios móviles tratan de proporcionar una conexión permanente, pero hay momentos, al pasar de una red a otra, en los que las conexiones se caen. No importa que la pérdida de señal sea provisional, resulta muy molesto para los usuarios y pone en peligro los niveles de QoS (calidad de servicio). El proyecto 'MobyDick', financiado con fondos comunitarios, se propuso crear y evaluar una arquitectura de red móvil basada en el protocolo de Internet de próxima generación (IPv6) que aborda este problema

2.5.2 SOPORTE DE QoS EN REDES 4G

Existen diferentes iniciativas para proporcionar QoS en una red IP. El IETF divide sus esfuerzos en dos grupos INTSERV y DIFFSERV.

La implementación de la tecnología INTSERV presenta problemas de escalabilidad. La tendencia es el uso de DIFFSERV en el núcleo combinado con INTSERV como solución en la red de acceso.

Como los principales problemas de recursos aparecen normalmente en la red de acceso y dado que sobredimensionar el núcleo es relativamente sencillo y barato, el uso combinado de INTSERV y DIFFSERV en el acceso y núcleo respectivamente proporciona un buen compromiso entre costo y eficiencia. Sin embargo esta solución como técnica de QoS presenta algunas limitaciones:

- En DIFFSERV, al no existir una reserva extremo a extremo, la QoS no está garantizada al 100%. Lo más que podremos alcanzar es una alta probabilidad de obtener el nivel de calidad de servicio deseado, si bien un buen dimensionado de la capa de transporte asegurará un buen servicio.
- Las reservas realizadas por el usuario se traducirán en un código (DSCP) presente en los paquetes que éste envíe, que determinará el tratamiento de nuestro tráfico. El número de códigos es limitado y será el proveedor el encargado de definir éstos así como su implementación. Aparece entonces la posibilidad de que un mismo código DSCP no tenga el mismo significado para diferentes proveedores de servicio, de manera que la calidad de servicio final

vendrá determinada por la relación entre los diferentes proveedores que se atraviesen.

- El modelo se basa en el uso de un elemento encargado de la gestión de calidad de servicio, el QoS Broker. Este componente se encarga de administrar la reserva de recursos y gestionar los routers de la red de acceso y del núcleo.
- El QoS Broker se comunica con los routers usando el protocolo COPS para el intercambio de información relativa a gestión y administración de la red. COPS define un modelo cliente (routers) servidor (QoS Broker).
- El QoS Broker, corazón del sistema de calidad de servicio, conocerá el estado de los enlaces hacia cada red de acceso, y podrá autorizar o denegar el acceso de un usuario a la red según la carga. Este elemento mantendrá una relación entre los códigos DSCP utilizados y el comportamiento (PHB) que debe ofrecerse al tráfico.

Las especiales características de la clase Expedited Forwarding la hacen idónea para servicios en tiempo real como podrían ser conferencias de audio o video conferencias. Este tipo de tráfico no admite un retardo excesivo, ni la variación del mismo (jitter), además de requerir un ancho de banda bien determinado.

Las clases Assured Forwarding podrían utilizarse para diferentes tipos de tráfico. Por un lado el tráfico de señalización podría tratarse con una clase AF, resultando necesario realizar una previa caracterización del mismo para definir correctamente las técnicas de encolamiento requeridas.

El tradicional sistema de servicios olímpicos, definiendo las subclases: oro, plata y bronce, según el orden de precedencia en el descarte de paquetes.

Este sistema permite una gran flexibilidad para ofrecer una gran variedad de servicios al usuario. Finalmente podríamos destinar otra subclase AF, para algún tipo de tráfico de alta prioridad que no deseamos que compita por los recursos con el tráfico de servicios olímpicos.

Por último el tradicional servicio *Best Effort* para el tráfico que no presenta ningún requisito de calidad de servicio.

Service		Relative Priority	Service parameters	Service Description
Name	Class			
S1	EF	1	Peak BW: 32 kbit/s	Real time services
SIG	AF41	2a	unspecified	Signalling
S2	AF21	2b	CIR: 256 kbit/s	Priority (urgent) data transfer
S3	AF1*	2c	Three drop precedences (kbps): AF11 – 64 AF12 – 128 AF13 – 256	Olympic service (better than BE: streaming, ftp, etc)
S4	BE	3	Peak bit rate: 32 kbit/s	Best effort
S5	BE	3	Peak bit rate: 64 kbit/s	Best effort
S6	BE	3	Peak bit rate: 256 kbit/s	Best effort

Tabla 2.1. Servicios ofrecidos al usuario⁵⁴

Debido a las especiales características de las redes de 4G dónde el acceso podría ser una red Ethernet con una capacidad de hasta 100 Mbits, resulta necesario imponer un límite al tráfico inyectado por el usuario para evitar el colapso de la red. Este límite se puede implementar a través de la definición de diferentes subclases de tráfico BE, con diferentes límites de ancho de banda, que se corresponderían con diferentes filtros en los routers de acceso.

Como hemos comentado la interacción entre el QoS Broker y los routers determinará la QoS obtenida. Para ello podemos distinguir entre routers frontera o de acceso (*Access Router*) y routers del núcleo (*Core Routers*).

Las funciones referentes a QoS que deberán implementar todos los routers serán: clasificación, acondicionamiento y encaminamiento de tráfico.

Estas funciones son lo suficientemente sencillas para ser escalables a toda la red. De esta manera no aparecerá ningún problema de implementación en los Core Routers, evitando así el principal problema de escalabilidad del modelo INTSERV.

Por otra parte los Access Routers serán los encargados de controlar el acceso a la red, para ello deberán comunicarse con las entidades anteriormente comentadas: AAA Server y QoS Broker.

El módulo encargado de la gestión y provisión de QoS en los router de acceso es el QoS Manager. Las principales funciones desarrolladas por este módulo son las siguientes:

- Aplicar algoritmos de gestión y planificación de colas de QoS bajo configuración del QoS Broker. Esta configuración podrá cambiar en tiempo de ejecución.
- Mantener una comunicación COPS con el QoS Broker actuando como cliente PEP.
- Traducción de los protocolos de autenticación CHAP-DIAMETER para permitir el intercambio de señalización entre el usuario y el AAAC que se encuentra dentro de la red DIFFSERV.
- Capturar flujos de tráfico dirigidos hacia el núcleo de red DIFFSERV. Esos tráfico deberán estar marcados con determinados DSCPs para ser susceptibles de aplicárseles QoS.
- Generar estadísticas de uso de sus colas e interfaces para su envío al QoS Broker.

Las principales contribuciones tecnológicas a la hora de implementar el QoS Manager se corresponden a sus dos principales funcionalidades: calidad de servicio/conformado y políticas remotas. Para lo primero se utilizan las librerías TC API (*Traffic Control Application Program Interface*) de IBM.

El TC API es una interfaz programable para manejar los mecanismos de QoS del núcleo (kernel) de red en Linux.

La funcionalidad de QoS en Linux se limita a clasificar paquetes de red, conformar y planificar. Para ello se desarrollaron una serie de funciones que permiten interactuar desde el espacio de usuario con el kernel de red. Esa interacción, transparente al usuario, se realiza mediante los sockets netlink y nos permite construir árboles de QoS y obtener estadísticas de ellos.

2.5.2.1 Implementación del QoS Manager



Figura 2. 8 Diagrama de bloques del Router de acceso⁵⁵

Respecto a la segunda característica utilizamos el protocolo COPS (*Common Open Policy Service*). Este protocolo, descrito en la RFC 2748, define un modelo cliente/servidor sencillo para proporcionar control de políticas a protocolos de señalización de calidad de servicio.

El protocolo COPS se basa en sencillos mensajes de petición y respuesta utilizados para intercambiar información acerca de políticas de tráfico entre un servidor de políticas (PDP, *Policy Decision Point*) y distintos tipos de clientes (PEPs, *Policy Enforcement Points*).

Utiliza TCP como protocolo de transporte, es extensible en semántica y guarda el estado de todas las políticas. Cada mensaje COPS consta de una cabecera COPS y un conjunto de objetos COPS ya definidos.

2.5.3 PROCESOS

El router de acceso tiene que manejar algunos procesos, entre los más importantes se encuentra el registro y configuración del router, la autorización de un usuario para el uso la red MobyDick y el proceso de movilidad.

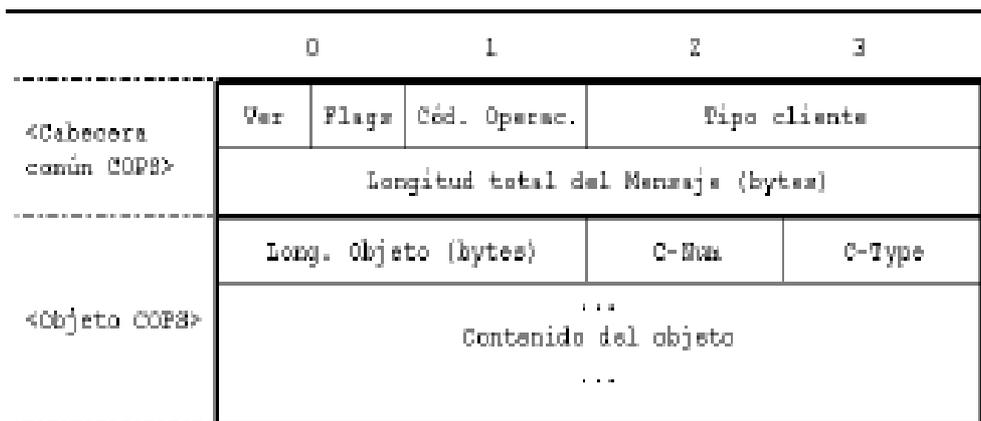


Figura 2. 9 Ejemplo de mensaje COPS⁵⁶

2.5.4 REGISTRO DE UN USUARIO EN LA RED

Cuando un cliente desea registrarse en la red MobyDick debe contactar en primer lugar con el servidor de AAAC, mediante conexiones CHAP (red de acceso) y DIAMETER (red MobyDick) se realiza la autenticación del usuario, por lo tanto, el Router debe encargarse de la conversión entre ambos tipos de protocolos.

Antes de que se le envíe al usuario la confirmación de registro, el AAAC debe instalar en el QoS Broker toda la información de conformado para todos los posibles tráfico del cliente.

2.5.5 REGISTRO Y CONFIGURACIÓN DEL QoS MANAGER

El QoS Manager, al arrancar su sesión COPS, debe registrarse en su QoS Broker y acto seguido debe pedirle la lista de correspondencias entre DSCPs y parámetros de calidad de servicio (PHBs).

Esa configuración la mantiene el QoS Broker en una tabla llamada: 'tabla de comportamiento' y se usa en inicializaciones y reconfiguraciones de la interfaz de acceso al QoS Manager.

La información es interpretada en el Router y mediante las librerías TC API, se crea un árbol de disciplinas de colas en su interfaz de acceso.

2.5.6 AUTORIZACIÓN Y ACCESO A LA RED MobyDick POR UN USUARIO

Una vez que el usuario está registrado en la red MobyDick, éste puede comenzar a cursar tráfico a ésta marcando los paquetes con los DSCPs recibidos. La elección de un DSCP determinado vendrá impuesta por el tipo de tráfico enviado.

Cuando el capturador del router de acceso detecta un nuevo tráfico desde la red hogar a la MobyDick, pregunta al QoS Broker si tiene que autorizar ese tráfico o no. En caso afirmativo, el QoS Broker debe enviar al router los parámetros de conformado para ese flujo. Toda la interacción se realiza a través del protocolo COPS.

2.5.7 OBTENCIÓN DE ESTADÍSTICAS Y RECONFIGURACIÓN

En el arranque del router, el QoS Broker configura las colas de calidad de servicio del interfaz de acceso de éste, por estas colas pasan todos los tráficos que viajan de la red MobyDick a la red de acceso. Mediante unas funciones del TC API, el router puede obtener estadísticas de uso de las colas tales como: régimen binario, paquetes por segundo, descartes por segundo, etc. Estas estadísticas son enviadas al QoS Broker a través de la conexión COPS, por lo que este servidor puede hacer cálculos con ellas y estimar la carga del router.

Si el algoritmo de planificación del Broker estima necesario una modificación en los parámetros de las colas de acceso del router, puede cambiar la 'tabla de comportamiento' y ordenar una reconfiguración. De este modo el router volvería a solicitar al QoS Broker la información sobre las colas de QoS y las instalaría de nuevo actualizadas en el interfaz de acceso.

2.5.8 MOVILIDAD

El QoS Manager permite la interacción con el módulo de 'Fast *Handover*' de la red MobyDick para trasposos rápidos de la configuración de calidad de servicio de un router a otro. Cuando un usuario se mueve de una red de acceso gobernada por un router a otra, se dice que se ha producido un 'Hand-Over'. En esta acción están implicadas al menos tres máquinas: el antiguo router de acceso, el nuevo y uno o más QoS Brokers.

El router de acceso antiguo debe informar a su QoS Broker sobre el cliente que va a moverse y hacia qué nuevo router de acceso, la información que le pasa el módulo

de Hand-Over al router y este a su vez le comunica al Broker es la siguiente: CoA antigua, CoA nueva y dirección del nuevo router. Dado que la transmisión ha de ser inmediata, el módulo de Fast Hand-Over debe interrumpir la ejecución del viejo router para que mande el mensaje de traspaso al Broker.

Cuando el QoSBroker recibe el mensaje comprueba si el router destino está dentro de su red. En caso afirmativo, debe buscar todos los tráficos instalados para ese usuario y mandárselos inmediatamente al nuevo router para que este instale las autorizaciones y los filtros de conformado correspondientes. Si el router nuevo no está en la red que gobierna el primer QoSBroker, éste debe mandar la información de los tráficos del cliente al QoSBroker que administra al nuevo router de acceso.

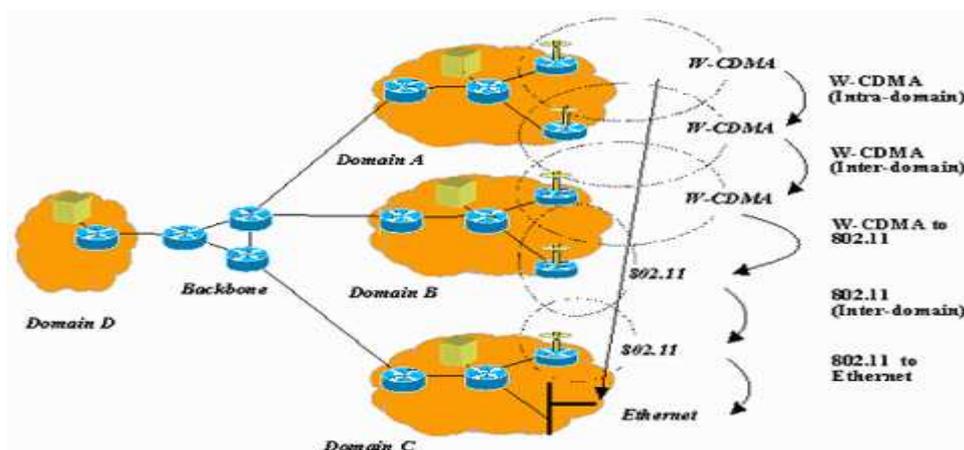


Fig. 2.9 Estructura de red y componentes MobyDick⁵⁷

3. CAPÍTULO 3 PROVISIÓN DE QoS EN IPv6 MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA INSIGNIA Y BRAIN

3.1 CALIDAD DE SERVICIO

3.1.1 TIPOS⁵⁸

Los protocolos de comunicación multienvío (aquellos donde un emisor envía un mensaje a un conjunto de receptores) se están haciendo cada vez más complejos. Las aplicaciones que usan este tipo de comunicaciones demandan una amplia gama de calidades de servicio, dependiendo de las garantías de entrega que deben ser satisfechas en caso de fallos de procesos, pérdidas de mensajes, altas cargas de tráfico o particiones de la red.

Las cajas de herramientas (toolkits) diseñadas para simplificar el uso de la comunicación multienvío se construyen habitualmente bien alrededor de un protocolo básico monolítico (que es adaptado para proporcionar diversas calidades de servicio), o bien como una familia completa de protocolos no relacionados entre sí, donde cada uno trata con una calidad de servicio diferente.

Cuando se comparan con los protocolos unienvío, los protocolos multienvío tienen una mayor necesidad de manejar calidad de servicio (QoS).

En los primeros se proporcionan normalmente sólo dos tipos de QoS: entrega fiable y ordenada, como TCP, o entrega no fiable y desordenada (best effort, mejor esfuerzo), como UDP. Aunque existen aplicaciones que requieren otras QoS (por ejemplo, las que tienen requisitos de tiempo real), la mayoría de las aplicaciones en sistemas tan grandes como Internet están construidas usando sólo TCP y UDP. Por otro lado, la lista de tipos de provisión de QoS que se están experimentando actualmente para la comunicación multienvío es muy larga e incluye garantías de orden (sin orden, orden FIFO, orden causal, orden total), fiabilidad (no fiable, atómica o fiable, uniforme), comportamiento especial en caso de particiones, etc.

Tratar con todos estos tipos de calidades de servicio usando sistemas basados en protocolos monolíticos ha probado ser difícil e ineficiente. Cuando se ajusta un protocolo para una cierta calidad, habitualmente se perjudica el rendimiento de otras. La extensión de estos protocolos para proporcionar nuevas garantías no es fácil y a menudo requiere rediseños completos para incorporar ciertas características. Las técnicas que se usan normalmente para ayudar en la resolución de estos problemas (como la programación orientada a objetos y la composición de módulos) aún no son de uso común entre los implementadores de protocolos multienvío.

Sólo en los últimos años está apareciendo un nuevo enfoque para la construcción de este tipo de protocolos. Este enfoque pone más atención en la estructura y se basa en la composición de los llamados micro protocolos.

Incluso en el caso del unienvío el diseño y la construcción de protocolos mediante su división en niveles es una técnica bien conocida en el campo de las comunicaciones. Modelos como el modelo de referencia OSI proporcionan incluso una arquitectura para el apilamiento y definen qué funcionalidad debería ser implementada en cada nivel de comunicaciones. Por lo tanto, es normal que a principios de los años 90

varios grupos de investigación identificasen la conveniencia de implementar protocolos grupales mediante el apilamiento (o composición) de "micro protocolos" reutilizables. Sin embargo, aún quedan en el campo muchos problemas abiertos y las arquitecturas que proporcionan modelos para integrar módulos software que puedan ser usados juntos para proporcionar un amplio espectro de QoS constituyen aún un área de investigación activa. Algunos de estos problemas son los siguientes:

- La comunicación entre un par de micro protocolos en la misma pila (comunicación dentro de la pila) requiere que estos ofrezcan una interfaz flexible. Pero para conseguir la apilabilidad esa interfaz debe ser tan uniforme y sencilla como sea posible.
- Algunas veces aparecen dependencias implícitas entre micro protocolos, cuando uno de ellos "espera" que otros hagan alguna acción en su beneficio. Esto hace que el software sea difícil de depurar y modificar.
- Un micro protocolo puede necesitar almacenar y examinar varios mensajes a la vez para implementar alguna QoS. Esto es difícil de implementar con las arquitecturas en niveles tradicionales, que suelen estar diseñadas para tratar con los mensajes de uno en uno.
- Varios micro protocolos pueden necesitar coordinarse o sincronizar su trabajo, lo que es también difícil en estos tipos de sistemas.

3.1.2 QoS EN INTERNET

Los problemas de movilidad y calidad de servicio no han madurado completamente en el entorno IP. Estos inconvenientes se hacen más palpables cuando se toma en consideración una integración de servicios de red de 3ª. Generación (UMTS), los mecanismos de calidad de servicio para IP no están completamente adaptados a la realidad de la movilidad con capacidad de proveer QoS entre diferentes tecnologías donde se requieren *handovers* rápidos. La próxima generación de servicios móviles plantea serios retos en términos del rendimiento de la red, provisión de calidad de servicio, movilidad y AAAC (Autorización, Autenticación, Contabilización y Costos).

Los problemas de la movilidad están siendo estudiados en la IETF desde 1996, con IPv4 e IPv6. Algunos desarrollos han sido implementados para mejorar sus limitaciones en el manejo de micro-movilidad, tales como *Fast Handover* o *Cellular IP*. Diferentes bancos de prueba han implementado diferentes aspectos del

problema general de la movilidad transparente, tanto en academias como en proyectos; no obstante, estos proyectos no proveen todas las soluciones a la compleja mezcla de movilidad, calidad de servicio, autorización y autenticación.

Como resultado, la habilidad para proveer servicios transparentes en este entorno tan heterogéneo es la clave para el éxito de la próxima generación de sistemas móviles para comunicaciones.

Uno de los objetivos para la nueva generación de redes inalámbricas es proveer servicios transparentes para usuarios que utilicen diferentes aplicaciones con diferentes tipos de terminales a través de tecnologías de acceso heterogéneas y entre diferentes dominios administrativos. Además, para solucionar problemas tales como variación del tiempo, pérdida del enlace inalámbrico por dependencia de la localización, limitado ancho de banda y movilidad, el manejo de la calidad de servicio en la próxima generación de redes tiene que enfrentar nuevos retos traídos por dicha heterogeneidad.

Un *handover* en un ambiente de red heterogéneo es diferente del *handover* en la misma red de acceso inalámbrica (por ejemplo de una estación base hacia otra). Mientras el *handover* dentro de los mismos sistemas es definido como un *handover* horizontal, el *handover* entre diferentes dominios administrativos, diferentes tecnologías de acceso, terminales de usuario o aplicaciones es definido como *handover* vertical o *Hyper Handover*.

Existen algunos trabajos enfocados en la provisión de QoS en redes homogéneas en las cuales se utiliza una única tecnología de acceso en el mismo dominio administrativo y en el mismo terminal. Estos son métodos tradicionales para el manejo de la calidad de servicio que tratan de ocultar las variaciones instantáneas en la QoS y las posibles violaciones de las aplicaciones. Basado en la escala de tiempo en el que estas funciones están envueltas, se clasifican como funciones estáticas y dinámicas. Usualmente, ocurriendo en el período de iniciación de la aplicación y manteniéndose constante por un tiempo largo, las funciones estáticas de QoS incluyen especificación, traducción, negociación, control de admisión y reserva de recursos. Debido a que las especificaciones del enlace son usualmente inexactas, el uso de recursos y características de flujo no son generalmente definidas por adelantado, las funciones dinámicas de QoS permiten que las características del enlace sean definidas sobre la marcha. Las funciones más

importantes incluyen monitoreo, creación de políticas, mantenimiento, renegociación, adaptación y realimentación.

A diferencia de los handovers horizontales, los hyper handovers introducen grandes cambios puntuales en la QoS y debido a la heterogeneidad del entorno, el manejo de QoS es mucho más complicado que en los handovers horizontales.

Mobile IPv6 permite a un nodo móvil mantener su conectividad hacia el Internet cuando se encuentra moviéndose de un Ruteador de Acceso (AR) a otro, en un proceso que se conoce como *Handover*. Estas operaciones de *handover* envuelven procesos de detección de movimiento, configuración de dirección IP y actualización de localización. La latencia combinada del *handover* es muchas veces suficiente para afectar aplicaciones en tiempo real. Aplicaciones de throughput sensible pueden verse beneficiadas por la reducción de esta latencia.

3.2 BRAIN

3.2.1 INTRODUCCIÓN⁵⁹

La necesidad cada vez mas creciente de movilidad y el incesante aumento de usuarios de servicios multimedia, han provocado la preocupación por la satisfacción de todos sus requerimientos, es así que la tendencia es a todo IP, además es necesaria la creación de protocolos, tecnologías y arquitecturas que favorezcan la satisfacción de QoS, en este ámbito se desarrolla el proyecto BRAIN.

En la siguiente figura se muestra el crecimiento de los usuarios de servicios de Internet (Móviles y fijos), a través de los años.

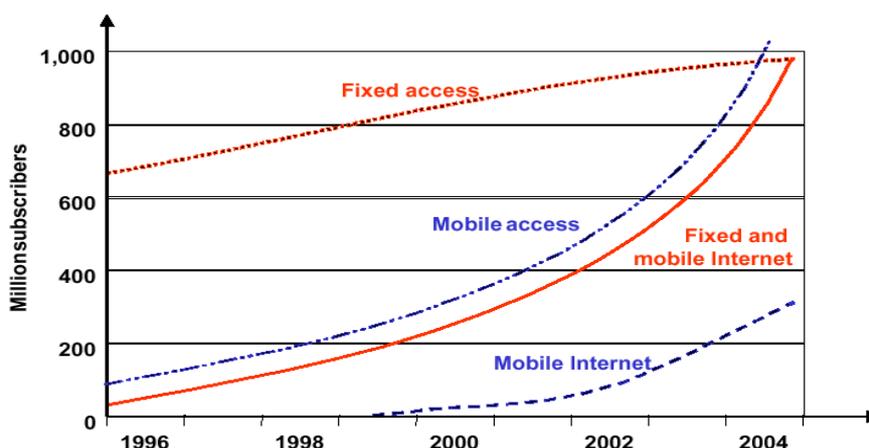


Fig. 3.1 Crecimiento de usuarios de servicios de Internet⁶⁰

Las tecnologías móviles están revolucionando el mercado de las telecomunicaciones. Desde los primeros sistemas analógicos de los 80, pasando por los sistemas digitales de 2ª generación (GSM, IS-95, IS-54, ANSIU-54, ANSI-136 y PDC), la demanda de servicio por parte de los clientes ha superado continuamente las previsiones más optimistas. Sin embargo, incluso recientemente, los servicios proporcionados han estado restringidos a comunicaciones de voz y servicios de bajo ancho de banda.

En el mismo periodo, la expansión de los servicios y aplicaciones multimedia basadas en la tecnología de Internet, se ha basado principalmente en las redes fijas. Las normas para los sistemas móviles de tercera generación (3G), IMT-2000 en ITU y UMTS en Europa, están emergiendo en todo el mundo con el propósito de soportar la transferencia de datos.

Estos sistemas 3G que se están desarrollando van a soportar servicios de datos de banda ancha y servicios multimedia móviles por encima de 2Mps. Como ya podemos apreciar en el caso de UMTS, se ha ido incluyendo cada vez más tecnología IP.

Desde la Versión'99 tanto voz como datos se transmiten utilizando paquetes IP y el control de llamada se realiza mediante el sistema de señalización SIP (*Session Inicial Protocol*), y los servidores de llamadas (*Call Server Control Functions*) se realizarán mediante servidores SIP. Mediante el uso de IP tanto para la parte de datos, como para la parte de señalización se aumenta claramente el potencial para integrar LANs inalámbricas y tecnologías de acceso a redes fijas, como ADSL, en un sistema 3G evolucionado.

Las LANs inalámbricas ofrecen características complementarias, típicas de los sistemas celulares:

- Corto alcance (típicamente < 100 m); gran ancho de banda (HIPERLAN 2 ofrece 10Mbit/s)
- Bajo costo (tarjetas para PC)
- Soporte de tráfico asimétrico
- Espectro libre de requisitos de licencia.

- Proporcionan cobertura mediante pico-células, con gran ancho de banda y cobertura de zonas específicas, como estaciones de ferrocarril, centros comerciales y de oficinas.

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) es otra tecnología emergente para el desarrollo de redes fijas, que será ampliamente desplegado simultáneamente a las redes 3G; esto permitirá la transmisión de datos a alta velocidad sobre los pares de cobre ya existentes. Se ofrecerá entonces a los clientes residenciales conexiones a Internet de bajo costo y gran ancho de banda.

En ese contexto BRAIN (*Broadband Radio Access for IP based Networks*) pretende proporcionar un sistema que sea la base para los sistemas a desarrollar después de la 3G.

El sistema propuesto estará basado totalmente en la tecnología de Internet (IP), para lo cual ha sido necesario realizar aportaciones para soportar Calidad de Servicio (*Quality of Service, QoS*) y movilidad como principales características en el entorno descrito.

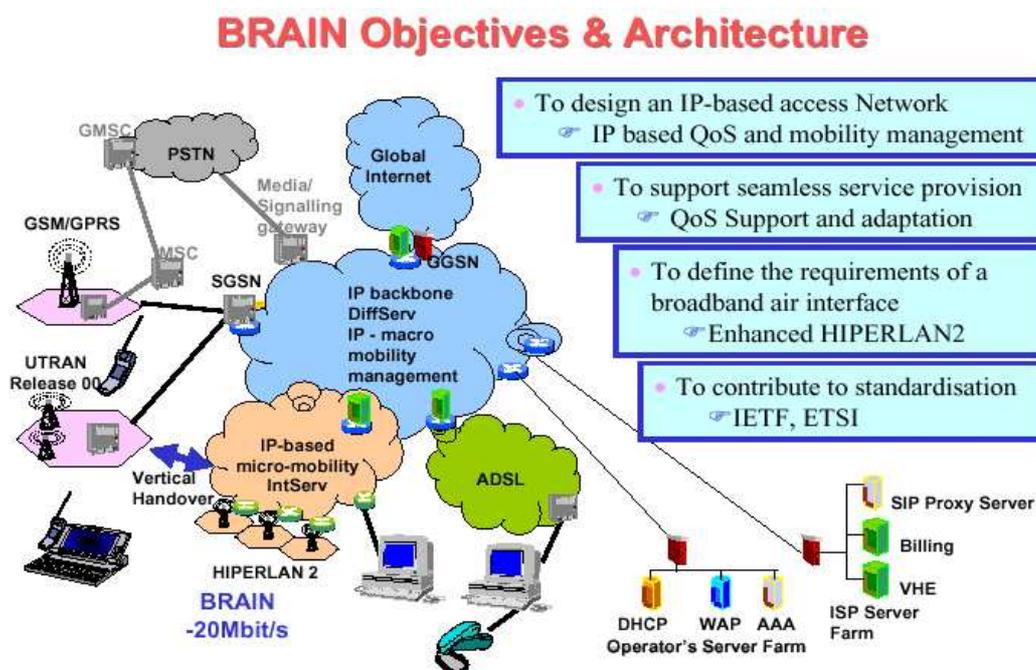


Fig. 3.2 Arquitectura y objetivos de BRAIN basado completamente en IP⁶¹

El primer proyecto BRAIN es un grupo de investigación con un gran rango de estudios, creado para desarrollar redes móviles inalámbricas basadas en el protocolo IP complementarias a los sistemas de 2^a y tercera generación. El enfoque inicial eran las premisas establecidas por el cliente para sus aplicaciones, incluyendo sistemas WLAN; sin embargo, se ha extendido a redes de área metropolitana debido al crecimiento de la demanda de servicios multimedia de banda ancha.

El proyecto abarca las aplicaciones de usuario, a través del middleware, hasta la interfaz aérea.

La figura 3.2 ilustra la integración de tecnologías existentes y emergentes, incluyendo la convergencia de redes fijas y móviles mostrando además un posible camino de evolución hacia los futuros sistemas de cuarta generación.

3.2.2 EL PROYECTO BRAIN

El núcleo de la Red IP interconecta redes de acceso de diferentes tipos, que son complementarias, incluyendo:

- Sistemas celulares móviles tradicionales, como GSM y UMTS que proporcionan cobertura de amplias zonas con anchos de banda hasta 2 Mbit/s.
- LAN inalámbricas como HIPERLAN/2 para proporcionar coberturas mediante pico-células y gran ancho de banda (Hasta 20 Mbit/s).
- Tecnologías de redes fijas como ADSL, que permite la transmisión de grandes anchos de banda utilizando los pares de cobre tradicionales.

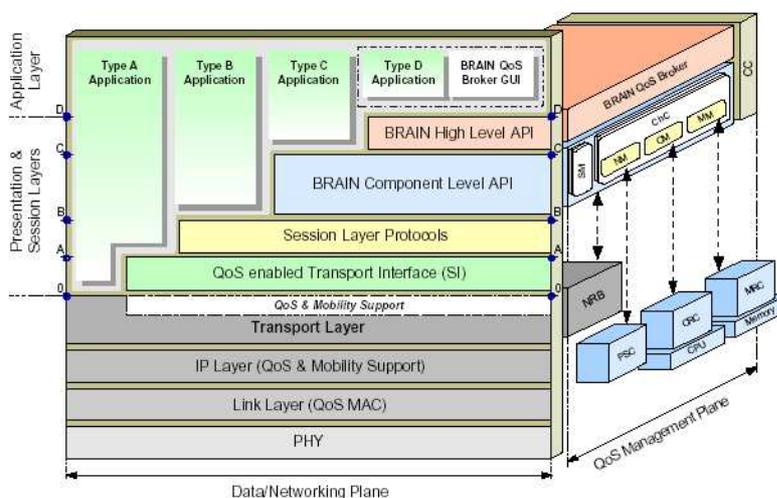
La movilidad de terminales y usuarios se soportará a los niveles micro y macro mediante el uso de mecanismos de *handover* que permitan los movimientos tanto dentro de la misma red de acceso, como el cambio a redes de acceso de diferente tecnología.

El proyecto BRAIN contribuye a esta visión centrándose principalmente en tres áreas:

1. El diseño de una red de acceso basada en IP que soportará tecnologías móviles no celulares (LAN inalámbricas); añadiendo funcionalidad para complementar a los sistemas 3G.
2. Soportar la provisión de servicios de forma transparente proporcionando adaptación de Calidad de Servicio.
3. Definir los requisitos de un interfaz radio (10Mbits/s) para la cobertura de zonas específicas mediante pico-células, proponiendo las modificaciones y mejoras necesarias para a la norma HIPERLAN/2.

3.2.3 ARQUITECTURA DE CALIDAD DE SERVICIO

Uno de los principales objetivos de BRAIN es el diseño de una plataforma que proporcione soporte para QoS, gestión de la movilidad y mecanismos de adaptación para diferentes tipos de aplicaciones. El resultado de este trabajo es BRENTA (BRAIN End Terminal Architectue).



- Capa Enlace (QoS MAC)
- Capa IP (Soporte QoS y Movilidad)
- Plano de Datos/Red

Figura 3.3 La Arquitectura de Calidad de Servicio del Terminal de Usuario⁶²

La arquitectura BRENTA opera en dos planos principales; el (usual) plano de red, y el plano de gestión de QoS recursos.

El aspecto de gestión de QoS es opcional, ya que mientras unas aplicaciones y servicios específicos (aplicaciones de tipo D) van a demandar estos servicios, otras aplicaciones gestionarán QoS por ellas mismas.

Las aplicaciones y servicios en BRENDA usaran un interfaz de QoS y movilidad, organizado en diversos interfaces, cada uno de ellos específico para un grupo de aplicaciones.

Las aplicaciones se las clasifica en cuatro grupos (A,B,C y D), según que tipo de interfaz utilicen:

- Tipo A (aplicaciones heredadas) acceden al interfaz clásico del nivel de transporte (API 0), que no proporciona soporte ni de QoS ni de movilidad. Estas aplicaciones pueden utilizar los servicios ofrecidos por un Enhanced Socket Interface (ESI – API A) que permite aislar BRENDA de implementaciones de Red específicas.
- Tipo B pueden usar una serie de protocolos de nivel de sesión (H.323, SIP) a través del API B. Estas aplicaciones que tiene que gestionar la QoS y la movilidad por ellas mismas solo van a utilizar protocolos normalizados de IETF mejorados con algunas funcionalidades relacionadas con al movilidad.
- Tipo C incorporan funcionalidades proporcionadas por un API de componentes (llamado API C). Este API proporciona componentes multimedia específicos como: grabadores, codecs, paquetizadores, etc., que pueden combinarse dependiendo de las necesidades de cada aplicación. En este tipo de aplicaciones las políticas para gestionar las violaciones de QoS deben ser implementadas dentro de la aplicación.
- Tipo D delegarán en su totalidad en los servicios externos, que agrupamos en lo que llamamos “el broker de QoS” (como un componente del API C o de forma transparente a través de un API D de nivel superior), para gestionar los recursos locales y remotos y poder reaccionar a posibles violaciones de QoS y eventos relativos a la movilidad. Esta gestión se basará en perfiles y políticas de usuario proporcionadas mediante los adecuados perfiles de QoS.

Las principales características de BRENDA son: modularidad, sistema abierto y configurabilidad/flexibilidad.

- La modularidad garantiza que las aplicaciones existentes pueden ser usadas de forma inmediata, mientras que soluciones de middleware más complejas pueden ser introducidas con posterioridad.
- Al ser un sistema abierto amplia el ámbito de uso de la arquitectura, teniendo en cuenta problemas de interoperabilidad con otras posibles arquitecturas.
- La flexibilidad es necesaria para poder gestionar diferentes tipos de datos.

3.2.3.1 Arquitectura de la Red de Acceso.

Los problemas principales en la capa de red son las interacciones entre la Calidad de Servicio (QoS) y la movilidad; la adaptación de las aplicaciones y los protocolos a la gran variedad de interfaces de radio con QoS variable; y la unificación del conjunto tan dispar de protocolos de Internet para formar una red móvil coherente.

El objetivo básico de la Red de Acceso BRAIN es hacer que el acceso móvil a la Internet aparezca como “transparente” a través de la infraestructura inalámbrica.

3.2.4 TOPOLOGÍA DE LA RED DE ACCESO BRAIN

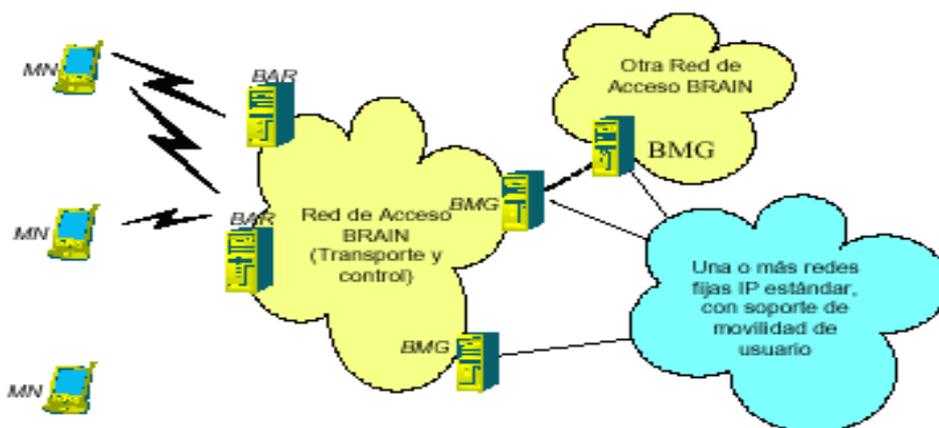


Fig. 3.4 Relación entre la red de acceso BRAIN (BRAIN Acces Network o BAN) con el resto de elementos.⁶³

Las entidades mostradas son:

- Nodo móvil (MN): Es el terminal, incluyendo toda la funcionalidad de los protocolos desde el interfaz de radio hasta las aplicaciones de usuario.

- Router de acceso BRAIN (BAR): Es un router IP con funciones específicas, con uno o más interfaces de radio hacia el MN y otros interfaces hacia la BAN.
- Gateway de movilidad BRAIN (BMG): Es un router IP todavía también específico, con interfaces hacia la BAN por un lado y con interfaces IP fijos hacia el otro.
- Red de Acceso BRAIN (BAN): Es la red de acceso completa.
- Redes IP fijas: Redes IP “estándar”, sin funcionalidades específicas de red del BRAIN.

Ámbito de la Capa de Red de BRAIN

La capa de red del BRAIN abarca tanto el terminal como la infraestructura de la red de acceso.

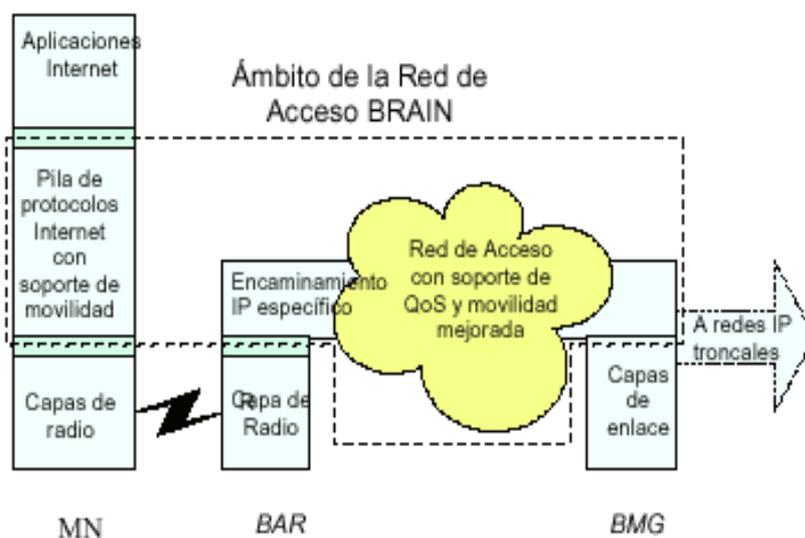


Fig. 3.5 Red de Acceso BRAIN⁶⁴

En el terminal abarca una pila de protocolos de Internet con optimizaciones para aplicaciones móviles (compatibles con las aplicaciones actuales) y un interfaz con la capa de adaptación de la tecnología de red seleccionada.

En la red de acceso, esta capa proporciona el soporte para la movilidad local y asume la interconexión directa con una red troncal IP con encaminamiento estándar.

3.2.5.1 Conceptos de Diseño

Los principios de diseño que han sido usados para guiar la selección de la arquitectura básica de la capa de red de BRAIN. Incluye tanto la infraestructura de la red de acceso como el terminal en sí. La lista no es ni definitiva ni exhaustiva, ni tampoco pretende sustituir los requisitos formales de una red de acceso. La intención principal es la de describir una motivación para la toma de decisiones cuando existen diferentes alternativas.

3.2.5.1.1 *El Principio del Extremo a Extremo y la Transparencia*

El argumento de Extremo a Extremo es uno de los principios arquitectónicos de Internet.

Consiste en que ciertas funciones necesarias, como la seguridad y la fiabilidad extremo a extremo, sólo pueden ser llevadas a cabo de forma correcta por los equipos finales.

El principio de extremo a extremo suele describirse comúnmente como el concepto de “red transparente”.

Éste término es algo desafortunado dado que es bastante complicado que una red de acceso móvil de alto rendimiento sea realmente transparente. En cualquier caso el concepto subyacente de la red con mínima funcionalidad puede aplicarse incluso en éste caso (es decir, la red debería aparecer como “transparente” para los elementos externos).

En el contexto de una red de acceso móvil este principio puede expresarse mediante los siguientes requisitos:

- Ser independiente de las capas de transporte y aplicación específicas. Proporcionar tan solo un servicio de transporte de paquetes no orientado a la conexión.
- Ser tan independiente como sea posible del tipo de paquetes que están siendo transportados.
- En particular, intentar no depender de características especiales de IPv4 ó IPv6 y no asumir que existe un encapsulamiento de nivel superior para tratar la movilidad.

- Minimizar el número de funciones especiales que proporciona la red de acceso. El papel principal de una red de acceso móvil es el aparecer como una red de acceso fija (genuinamente “estúpida”), es decir, ocultar la movilidad. La implementación de esta funcionalidad en la red no debería alterar su transparencia de acceso es un instrumento para la entrega de paquetes IP

3.2.5.2 Obedecer el Modelo de Capas

El modelo de capas es un principio fundamental a la hora de diseñar una pila de protocolos limpia; esto implica que la red de acceso debería limitar su funcionalidad a proporcionar el encaminamiento de los paquetes IP independientemente de las aplicaciones de las capas superiores.

En las redes móviles, es bastante común que capas diferentes en las pilas de protocolos estén fuertemente integradas por motivos de eficiencia.

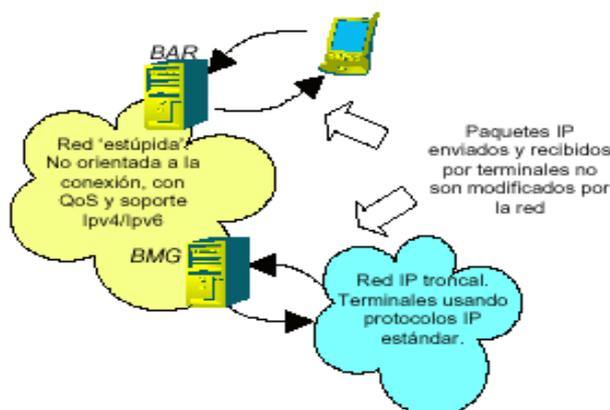


Fig. 3.6 La Red Transparente⁶⁵

En el proyecto BRAIN, el objetivo es conseguir una arquitectura lo más modular posible, con interfaces claras entre las capas.

Para ello se deben habilitar dos interfaces genéricas: uno hacia la capa de enlace de manera que las tecnologías nuevas de enlace (y las existentes) puedan ser utilizadas sin la necesidad de un rediseño de la arquitectura global; el segundo hacia las aplicaciones.

En caso de que éstas requieran un soporte optimizado, debería proporcionársele de manera genérica (p. Ej., un interfaz avanzado con soporte de QoS), evitando que la semántica de la capa superior no se viera modificada, de tal forma que el impacto se vea limitado a la implementación de un solo elemento aislado.

3.2.5.3 Maximizar la Flexibilidad y la Evolución Futura.

Es deseable en cualquier red que se minimicen las barreras a posibles evoluciones tecnológicas.

Esto se aplica igualmente a los servicios de las capas superiores, a las tecnologías de enlace y a los componentes de la red de acceso que se encuentran entre ambos.

Debería soportarse un sistema sencillo de implantación incremental de nuevas características, especialmente en los entornos inalámbricos públicos, donde una mejora del sistema que modifica el interfaz puede involucrar a cientos de organizaciones diferentes cada una con su propia infraestructura y cientos de millones de terminales.

3.2.5.3.1 Minimizar los Requisitos del Terminal

Minimizar los requisitos del Terminal puede oponerse al principio extremo a extremo; en cualquier caso es claramente deseable que en un entorno tan restringido como el móvil se minimicen las demandas al terminal final.

Este principio lleva, por ejemplo, al requisito de que la red de acceso debería soportar optimizaciones para los terminales en modo inactivo sin imponer una gran carga de señalización para soportar la movilidad.

Allí donde los protocolos ya existen, deberían ser reutilizados sin ninguna modificación, si es posible, o extenderse de alguna manera alternativa.

Esto se aplica de manera especial a los protocolos que se extienden tanto a la red troncal fija o a la capas de aplicación de los terminales.

3.2.5.4 Explotar la Funcionalidad Estándar de la Red Troncal IP

Trabajar con cualquier solución de QoS disponible en la red troncal "local" y no requerir ningún soporte especial (p. ej, relacionado con el *handover*). Adicionalmente

maximizar, como se ha visto antes, la reutilización de la funcionalidad estándar que está disponible, especialmente en áreas como control de llamadas de aplicación, seguridad extremo a extremo y autenticación.

El punto principal en el diseño es intentar no añadir complejidad al sistema intentando obtener soluciones óptimas para cada uno de los problemas que existen actualmente en las redes móviles, especialmente cuando el hacerlo conlleva a violar alguno de los principios comentados anteriormente.

3.2.5.5 Estructura General y Conceptos de Diseño de la Red de Acceso

Es considerada a un alto nivel, la manera en la que la funcionalidad requerida para la red de acceso encaja en un escenario de redes móviles extensas. Se consideran cuatro premisas fundamentales:

- El ámbito de las direcciones IP, cómo son controladas ya asignadas
- El tamaño de una red de acceso y sus límites
- Cómo interactúa una red de acceso con otras redes (fijas) desde el punto de vista de la seguridad, por ejemplo para controlar el acceso de los usuarios y generar información de contabilidad
- La relación que guarda la capa de red con otras capas (superiores e inferiores), que son necesarias para soportar aplicaciones a través de capas físicas inalámbricas

3.2.5.5.1 Direccionamiento

El objetivo principal de la red de acceso del BRAIN (BAN) es presentar la red de acceso inalámbrica como si se tratara de una red de acceso a Internet fija normal.

Así, la BAN debe permitir que un terminal obtenga una dirección IP para que se comunique con los nodos destino en otras redes: la BAN encamina los paquetes con origen y destino a esa dirección como si se tratase de otra red IP normal.

Un problema de BRAIN es que la dirección es única para el terminal, en vez de compartida (p. Ej., como en el caso de Mobile IPv4). Esto es una consecuencia del requisito de tener una solución limpia y unificada que aplique tanto a Mobile IPv4 como a Mobile IPv6 (y por tanto a muchos otros protocolos de niveles superiores).

Esta estrategia de encaminamiento del móvil basado únicamente en una dirección IP asignada se muestra en la figura 3.7.

Puede verse que las entidades dentro de la red de acceso BRAIN actúan como routers IP puros (al menos en lo que a encaminamiento de paquetes se refiere), sin ningún tratamiento especial para encapsulado o desencapsulado de direcciones del nodo móvil.

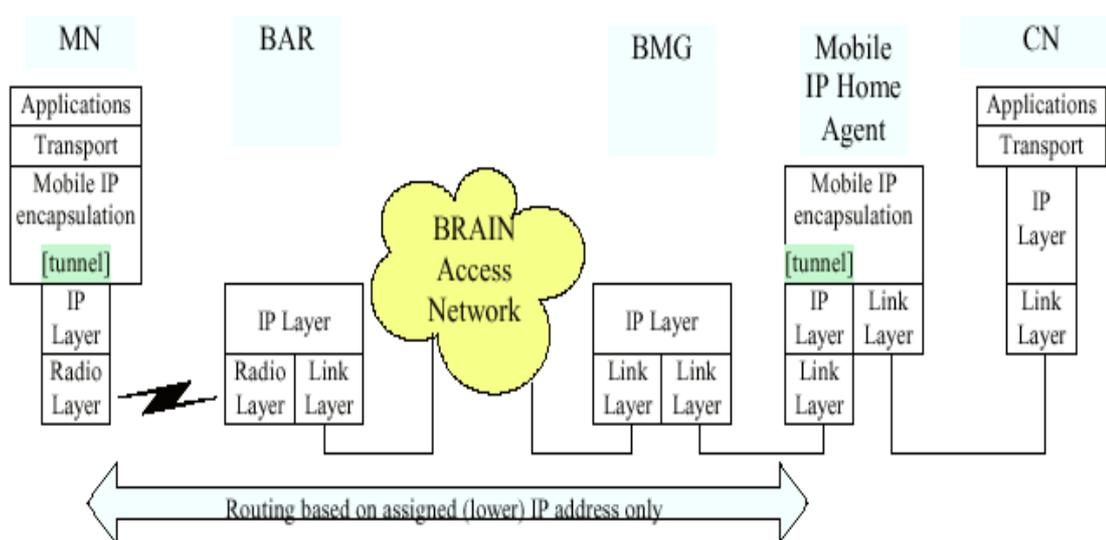


Fig. 3.7 Asignación de direcciones extremo a extremo.⁶⁶

3.2.5.5.2 Escalado

Una vez que la dirección ha sido asignada, el papel fundamental de la BAN es el de soportar una movilidad eficiente del terminal a medida que se mueve a través de los routers de acceso.

En consecuencia, la dirección asignada debe ser válida en toda la red de acceso, de manera que existe una relación directa entre la escalabilidad de la red y la asignación de direcciones.

Esencialmente existen dos opciones, que sólo se requiera una movilidad eficiente dentro de un dominio delimitado, con lo que un solo BMG es suficiente o que se requiera movilidad entre varios dominios, con lo que es necesario usar múltiples BMGs, ya que no se puede confiar en la eficiencia de Internet para *handovers* BAN-BAN.

3.2.5.1.3 Seguridad

En línea con el objetivo de diseño de mantener la red de acceso con la funcionalidad mínima, el problema fundamental de seguridad que concierne a la red de acceso del BRAIN es la Autenticación, Autorización y Contabilidad (AAA).

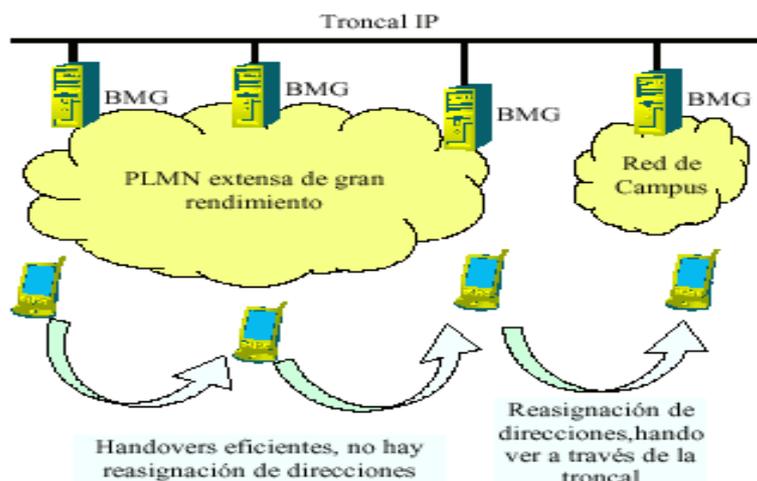


Fig. 3.8 Escalamiento entre BMGs⁶⁷

Hoy en día existe un gran número de estándares sofisticados para soportar AAA en Internet, la mayoría de los cuales han surgido alrededor del problema de la necesidad de soportar el acceso telefónico tradicional.

Estos estándares ya soportan conceptos avanzados como el roaming entre proveedores y se están extendiendo con capacidades extras como el cargo automático y el prepago. Por supuesto, todas estas arquitecturas pueden integrarse en BRAIN. En el contexto de una red de acceso móvil dos aspectos pueden resaltarse: la necesidad por parte del usuario de acreditarse en la red (y determinar así los recursos a los que tiene acceso) y la capacidad por parte de la red de validar esa información, de ser posible en tiempo real (indispensable para obtener una movilidad eficiente).

3.2.5.5.4 Interfaces entre Capas

Los interfaces abstractos juegan un papel muy valioso en el particionamiento del problema de las redes móviles y para clarificar el comportamiento esperado, o soportado, por componentes de red particulares.

En el mundo de Internet los interfaces de servicio han sido tradicionalmente minimalistas; el enriquecimiento de la funcionalidad de esos interfaces es un mecanismo para permitir mejoras de rendimiento de la red conservando la separación entre capas.

La capa de red de BRAIN se basa en dos interfaces para este propósito.

1. El primero se sitúa encima de los protocolos de transporte y red y proporciona un soporte mejorado a las aplicaciones, necesario en el entorno móvil; permite una negociación extendida de información de QoS entre las aplicaciones y las capas inferiores, incluyendo la renegociación de las sesiones activas. Sólo existe en los terminales BRAIN.
2. El Segundo interfaz especializado sirve para unir la capa IP con las capas inalámbricas, de ahí su nombre IP2W (IP to wireless) y se encuentra tanto en los terminales como en los routers de acceso.

La combinación de estas dos interfaces es la clave para permitir el desarrollo de una pila de protocolos capaz de manejar QoS y re-usable, el cual ofrece facilidades avanzadas para las aplicaciones ya eficientemente integradas dentro de su capa enlace.

Los principales problemas de esta interfaz son el establecimiento y liberación del enlace, asignamientos de dirección en capas 2 y 3, negociación y re-negociación de QoS en capa enlace y la interacción entre esta y el manejo del buffer en la capa red.

En particular, IP2W permite el uso de procedimientos de capa 2 los cuales son mucho más eficientes que los protocolos IP equivalentes operando sobre una interfaz de datos genérica. El desempeño de estas operaciones y el nivel de control que las capas superiores tienen sobre ellas tienen un impacto directo en el desempeño de los handovers en la capa IP y en la QoS recibida por el usuario móvil.

En detalle, la interfaz IP2W es separada en dos partes: Datos y Control, cada una ofreciendo acceso hacia alguna funcionalidad en la capa enlace. Algunas funciones distintas han sido identificadas en las interfaces (tabla 3.1) algunas son opcionales y la capa enlace anuncia cuales puede soportar a través de la interfaz de configuración. La interfaz de control también es usada para controlar la operación de algunas partes del plano de usuario tales como dimensionamiento del buffer y

características del control de errores. Los mandatos del modelo no especifican una estructura dentro de una capa enlace dado y de hecho, algunas funciones pueden ser inherentes en un tipo particular de enlace, mientras otras quizás tengan que ser añadidas por una capa de convergencia. Cuando una opción no es soportada, el stack TCP/IP puede “retirarse” al protocolo de capa 3.

	Interfaz	
	Control	Datos
Núcleo	Manejo de la Configuración	Control de errores
	Manejo de Direccionamiento	Manejo de Buffer
Opcional	Control QoS	Soporte QoS
	Control de Handover	Segmentación & Reensamblaje
	Soporte de Modo Idle	Compresión de Cabecera
	Manejo de Seguridad	Multicast

Tabla 3.1 Funcionalidad Visible en la Interfaz IP2W⁶⁸

3.2.5.5.5 Control de la Movilidad

Se han definido las principales responsabilidades de la capa red de BRAIN siendo estas las del soporte de movilidad y calidad de servicio para terminales móviles. Para movilidad se pueden distinguir tres amplias clases de requerimientos:

1. Los usuarios pueden anunciar la factibilidad de alcance en una dirección IP dada, por ejemplo usando DNS Dinámico o SIP. Los procedimientos de registro se asumen transparentes para la asignación de dirección para la red de acceso.
2. Los usuarios pueden mantener una dirección IP “permanente” cuando se mueven entre redes. Esta función es el dominio del clásico IP Móvil (Mobile IP) es referido vagamente como “macromovilidad”

3. Los usuarios pueden moverse rápidamente entre puntos de acceso inalámbricos, sin la necesidad de repetir el procedimiento de registro o de macromovilidad y preservando la ilusión de una conexión transparente hacia una red fija. Esta función es referida vagamente como micromovilidad.

Asumiendo únicamente *Care-of-addresses* co-localizada, el uso de Mobile IP afecta solo al terminal, debido a que la red de acceso ofrece un servicio de entrega de paquetes transparente el cual es “conciente” solo en las partes de la red en la que se ha asignado *Care-of-address*.

Por consiguiente, solo la tercera parte de los requerimientos de movilidad conciernen directamente a la red de acceso BRAIN. Sin embargo, como se ha discutido, la red debe estar preparada para proveer una solución completa a este problema incluso sobre una gran área, debido a que no se puede asumir que el protocolo Mobile IP dentro del núcleo pueda soportar este desempeño.

Existe ya una familia de protocolos de micromovilidad “basados en IP” que han sido propuestos para solucionar este problema, tales como Cellular IP, HAWAI, soluciones Tunnel Proxying y ruteo Ad Hoc; la evaluación de estos protocolos está en proceso. Lo que está claro es que mientras algunos de ellos encajen dentro del modelo básico de soporte de *handovers* locales muy rápidos para terminales usando direcciones IP semi-estáticas, ninguno de ellos satisfará todos los requerimientos para la integración de QoS, escalamiento o eficiente integración de capa enlace.

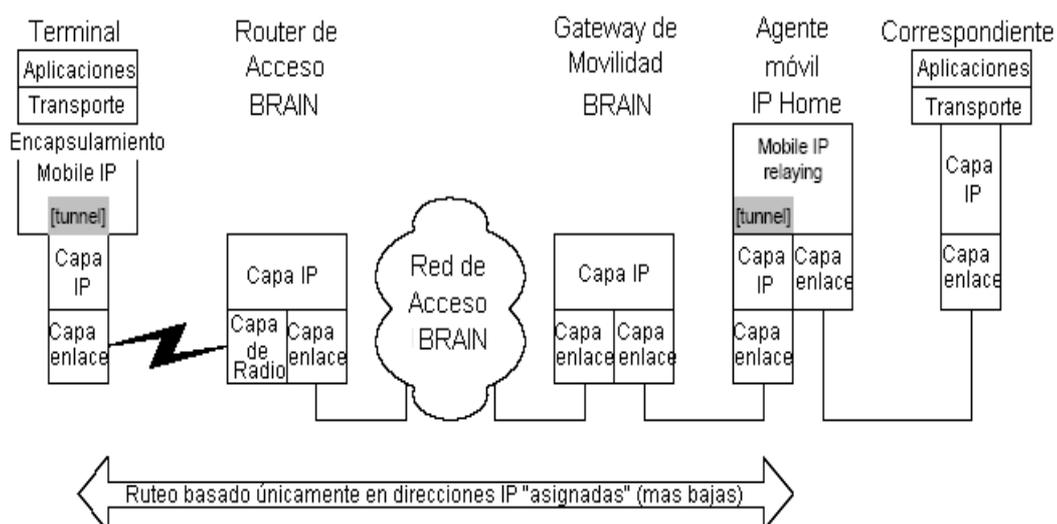


Fig. 3.9 Soporte Transparente de Mobile IP en la red de acceso.⁶⁹

3.2.5.5.6 Calidad de Servicio

El principal problema desde el punto de vista de la calidad de servicio es la decisión de las clases de QoS que serán soportadas y cómo se van a soportar y a mapear sobre los distintos niveles en los terminales y en la red de acceso.

Existe un compromiso entre el nivel de sofisticación de las clases, los requisitos de la aplicación y la complejidad introducida en la red. Sin embargo es necesario un mecanismo por el cual las aplicaciones comuniquen sus solicitudes de QoS a la red de acceso.

Las garantías solicitadas deberán instalarse en la red de acceso y ser notificadas al nivel de radio a través del interfaz IP2W.

La investigación dentro del grupo de QoS de BRAIN concluyó que, al igual que en el caso de la micromovilidad, no existe un mecanismo único que proporcione una satisfacción de todos los requisitos identificados.

En el caso de la QoS, la dependencia del modelo de negocio y el entorno de implantación del operador es, si cabe, aun mayor.

La necesidad de una red de acceso que proporcione garantías de QoS, a la vez que escalabilidad y que ofrezca interfaces completos a las capas superiores decantó la balanza por la arquitectura conocida como ISSLL. Siguiendo los principios de diseño expuestos anteriormente, la arquitectura de QoS se presenta como compuesta de dos partes diferenciadas: una arquitectura básica (ISSLL) mas una serie de mejoras que pueden ser aplicadas en entornos y componentes muy variados. Estas mejoras pueden ser aplicadas de manera independiente a la arquitectura básica, pudiendo combinar algunas de ellas o incluso aplicarlas todas, de tal manera que el proveedor de red decidirá, mediante un compromiso de costo/beneficio, qué funcionalidad desea añadir a su red.

Entre las mejoras específicas propuestas por el BRAIN se encuentran el modelado de tráfico estricto en los extremos de la red, el acoplamiento de protocolos de micromovilidad y calidad de servicio, pre-reservas, protocolos de transferencia de contexto, marcado de paquetes durante el *handover*, nuevos DS para DIFFSERV, RSVP hard-state, Proxy RSVP, señalización interna del BAN.

3.3 El Protocolo BRAIN 2⁷⁰

El protocolo BRAIN 2 y BRAIN 3; son continuaciones o mejoras hechas al protocolo BRAIN original, a continuación se detallan las principales características del Protocolo BRAIN 2:

- Los paquetes son enviados por tunneling o contiene la opción de ruta de la fuente.
- La localización del nodo móvil (NM) es determinada por una única entidad.
- Solo la menor parte de los nodos deberán ser específicamente BRAIN. Los paquetes son enviados usando protocolos IP estándar.
- Trabajo sin Mobile IP global.
- Soporta paginación para los nodos idle.
- Soporta handovers transparentes.
- Soporta múltiples gateways, incluyendo mecanismos para asegurar una elasticidad en caso de fallas del gateway.
- Este grupo de protocolo se ajusta a una pequeña BAN donde una única entidad es suficiente para mantener la pista de todos los nodos móviles.
- Esto previene la optimización del ruteo NM to NM; todos estos paquetes tienen que ir a través del gateway. La mejor ventaja del protocolo es su habilidad para correr sobre el legado de redes IP.
- El gateway y el Router de Acceso BRAIN (BAR) pueden ser conectados a una red existente y pueden estar de una manera rápida en estado operacional. Naturalmente, es posible el incluir más de un gateway en una red BRAIN 2 para incrementar tanto la robustez como el desempeño de la misma.

3.3.1 PROTOCOLO HMIP

El protocolo HMIP combina elementos de ambos grupos de protocolos. Primero, es similar a los protocolos de BRAIN 1 en que soporta múltiples niveles de jerarquías. Puede beneficiarse de la agregación de direcciones y puede limitar la carga de señalización en el gateway deteniendo las actualizaciones de localización en el nodo de cross over.

Segundo, es similar a los protocolos de BRAIN 2 en que utiliza “tunneling”. De hecho, usando el protocolo HMIP con solo un nivel jerárquico se puede decir que se

regresa a BRAIN 2, más específicamente a RR. Añadiendo las funciones apropiadas a MAILINEN, un protocolo entre ambos, BRAIN 3 podría ser desarrollado.

3.3.2 El protocolo BRAIN 3 tiene las siguientes propiedades:

- Los paquetes son enviados por tunneling o contiene la opción de ruta de la fuente.
- No hay una entidad central, la localización de la base de datos es distribuida a lo largo de la ruta del enlace.
- Selección (cercana) de la ruta óptima entre el NM y el Gateway de Movilidad BRAIN (BMG BRAIN Mobility Gateway).
- Pueden existir en la red routers IP no específicos BRAIN.
- Trabaja sin Mobile IP global.
- Utilización agregación de direcciones para disminuir el número de entradas por host que utilizan tunneling.
- La actualización de la localización puede ser detenida en routers de cross over y no tiene que llegar al BMG.
- Soporte de paginación para nodos Idle.
- Soporte para handovers transparentes.
- No hay punto de falla
- Ruteo optimizado (parcialmente) MN-to-MN.

La mayor ventaja en BRAIN 3 es en el despliegue. La movilidad puede ser añadida a una pequeña red existente implementando solo un nivel jerárquico. Esta podría ser esencialmente una red BRAIN 2. Entonces, más tarde, con el crecimiento de la red pueden ser añadidos más niveles para disfrutar de los beneficios de múltiples niveles, tales como disminuir la carga de señalización y entradas que utilizan tunneling.

La red resultante, sin embargo, trabajará solo como tunneling.

3.4 PROYECTO MIND

3.4.1 INTRODUCCIÓN⁷¹

El Proyecto MIND es una Extensión del Proyecto BRAIN, Para Redes Ad- Hoc. En el marco del proyecto MIND se están desarrollando experimentos que pretenden demostrar la viabilidad de la implantación de redes celulares futuras en un entorno

completamente IP. Uno de los conceptos claves que se pretenden demostrar es cómo la adaptación automática de aplicaciones a las condiciones de la red, junto a su integración con mecanismos de QoS y algoritmos de micromovilidad mejora el rendimiento en los handovers a la vez que permite que el usuario siga apreciando una buena calidad incluso en aplicaciones de audio y videoconferencia.

El proyecto MIND (*Mobile IP-based Network Developments*) está financiado por el programa IST de la Unión Europea. El consorcio está formado por los principales operadores, centros de investigación y fabricantes en Europa para investigar la extensión de redes de acceso radio basadas en IP para incluir elementos Ad Hoc e inalámbricos tanto dentro como conectados a las redes fijas.

El proyecto MIND es un sucesor del proyecto anterior llamado BRAIN (*Broadband Radio Access over IP Networks*). BRAIN desarrolló un marco de trabajo para la implantación de tecnologías de acceso de gran ancho de banda usando como ejemplo HIPERLAN/2 que podría ser complementaria a las tecnologías celulares de 3G.

Los elementos principales del marco de trabajo desarrollado en el proyecto BRAIN fueron:

- Una arquitectura de terminal y un framework de QoS para adaptar los servicios multimedia a enlaces inalámbricos y diferentes tecnologías de acceso.
- Una red de acceso radio basada en IP, con QoS y gestión de la movilidad a nivel IP.
- Una interfaz de aire mejorada para HIPERLAN/2 con una capa de convergencia para adaptar esta tecnología a una interfaz IP to Wireless.
- Un aspecto clave del proyecto MIND es la extensión de las tradicionales redes celulares que son estáticas durante largos periodos de tiempo, planificadas y formadas por nodos seguros y pertenecientes a los operadores de red.

El proyecto MIND pretende extender estas arquitecturas de red tradicionales con nodos que pueden no pertenecer a los operadores y que además pueden estar continuamente en movimiento.

El proyecto BRAIN consideró los elementos básicos de la provisión de calidad de servicio en ambientes móviles. La facultad primordial del proyecto MIND es introducir redes Ad Hoc que no están aisladas de Internet, sino que están conectadas de alguna manera a redes de acceso (por ejemplo BRAIN).

El rango de aplicaciones para este tipo de redes está creciendo rápidamente, por ejemplo al extender el área de cobertura de una red para incrementar la capacidad temporalmente para un evento mayor o construir redes de bajo costo dentro de campus universitarios o de negocios. La figura 3.10 muestra un ejemplo de una red MIND, pero también son posibles algunas otras configuraciones.

En consideración con los casos antes mencionados, se han desarrollado algunas pautas encaminadas hacia la solución de QoS en MIND. El propósito de estas pautas es asegurar la interoperabilidad con redes externas IP. Los mecanismos internos de QoS para MIND tienen su propio protocolo de señalización y pueden requerir parámetros propios especializados para distribuir la información necesaria, aunque la señalización extremo a extremo puede ser soportada por protocolos existentes tales como RSVP.

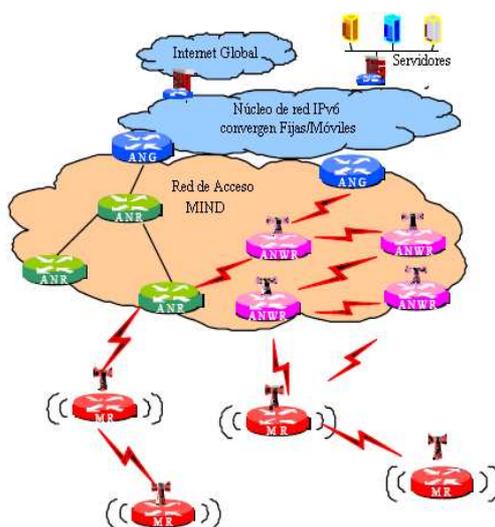


Fig. 3.10 Escenario básico MIND⁷²

3.4.2 PROVISIÓN DE QOS EN REDES MIND

Dentro del proyecto MIND, las consideraciones de diseño están afectadas por la naturaleza Ad Hoc de la red. Además de las decisiones básicas existentes en BRAIN, el manejo de los recursos de radio, mecanismos de interoperabilidad QoS y ruteo QoS necesitan ser considerados en el ambiente Ad Hoc.

3.4.3 SEÑALIZACIÓN QOS EN REDES AD HOC.

En las redes Ad Hoc, la asignación de recursos para los flujos puede ocurrir rápidamente con un overhead mínimo, aunque esto se lo logra reaccionando adecuadamente a los frecuentes cambios de topología y removiendo recursos tan pronto como la sesión haya concluido. Más aun, en el ambiente Ad Hoc, la señalización debería ayudar a la adaptación de las aplicaciones a través de una realimentación conveniente y rápida del estado de la red.

El encontrar un esquema apropiado de señalización para los requerimientos de las redes Ad Hoc es un problema complejo. La señalización en banda provee una rápida adaptación a los cambios en el estado de la red, ideal para escenarios altamente dinámicos. Sin embargo, el overhead de la información QoS en cada paquete podría añadir una significativa carga de señalización al restringido ancho de banda de las redes inalámbricas, a menos que la semántica de la comunicación sea altamente compactada (por ejemplo DIFFSERV puro). Sin embargo esquemas fuera de banda permiten el establecimiento de QoS antes de que la transmisión se inicie. Para minimizar el consumo de energía y el uso del ancho de banda, los mensajes de señalización no deben ser muy frecuentes, lo cual puede conducir a una lenta reacción a los cambios de la topología.

Un esquema DIFFSERV de señalización en banda requiere nodos para mantener un menor estado y participar un en menor procesamiento, ambas características beneficiosas para terminales alimentados por baterías. Sin embargo, el uso de estos esquemas dificulta el asegurar las garantías ya que resulta complejo el hacerlo sin un entendimiento global de la red.

Parece no ser fácil el encontrar un apropiado balance para los mecanismos de señalización QoS. Lo que parece claro es la necesidad de una separación funcional de la señalización QoS de otras funciones tales como el ruteo. La separación funcional hace más fácil que el sistema evolucione para construir diferentes sistemas ínter operativos.

3.4.4 MANEJO DEL RECURSO DE RADIO.

En los ambientes móviles tradicionales, donde un móvil está conectado a la red de acceso a través de un simple enlace de radio, las funciones de Manejo del Recurso de Radio (*RRM Radio Resource Management*) residen en la capa enlace realizando

mediciones locales, asignación de recursos y tomando decisiones sobre el control de admisión.

En el ambiente dinámico Ad Hoc, no es factible al tener servidores RRM centralizados, así que las funciones RRM son distribuidas entre todos los nodos. Sin embargo, la coordinación de los recursos de radio a través de múltiples enlaces de radio continua siendo requerida. Para lograr esto, algo de la funcionalidad RRM debe ser dispuesta en la capa red con mecanismos para soportar comunicación entre RRM. Es más, las entidades RRM deben monitorear la carga en todas las interfaces aéreas (*multihoming*) soportadas por un dispositivo terminal para determinar si un flujo puede ser soportado y que QoS se puede proveer. Esta apreciación global puede ser mantenida solo antes de capa enlace.

La capacidad y disponibilidad de recursos en las celdas vecinas y potencialmente en celdas a varios saltos de distancia deben ser monitoreadas para el soporte del *handover*, ruteo QoS y control de admisión.

Los *handover* pueden ser soportados mediante la identificación de celdas con capacidades apropiadas para soportar las sesiones QoS del móvil.

Esta es un parte del mecanismo de elección del router de acceso candidato, que actualmente está siendo definida dentro del grupo de trabajo del IETF *Seamoby*.

El ruteo QoS necesita información de las funciones RRM para determinar cual interfaz puede soportar de mejor manera del tráfico de flujos QoS. El control de admisión requiere entradas RRM para establecer si el nodo tiene suficientes recursos disponibles para soportar una nueva sesión de tráfico.

Finalmente, el aprovisionamiento de recursos en capa enlace debe ser coordinado a través de múltiples saltos para evitar la interferencia entre celdas.

3.4.5 COORDINACIÓN ENTRE DOMINIOS QOS.

Un flujo de datagramas puede cruzar a través de alguno dominios Ad Hoc o tradicionales. Cada dominio puede tener sus propios mecanismos internos de QoS y métodos para llevar los mensajes de señalización y comportamientos específicos de envío de paquetes. Esta señalización extremo a extremo entre aplicaciones no

debería ser afectada por una solución QoS local, aunque mallas MR y ANWR pueden utilizar señalización interna en la capa red.

Los mecanismos extremo a extremo necesitan ser trazados para los mecanismos de dominio en los bordes del mismo.

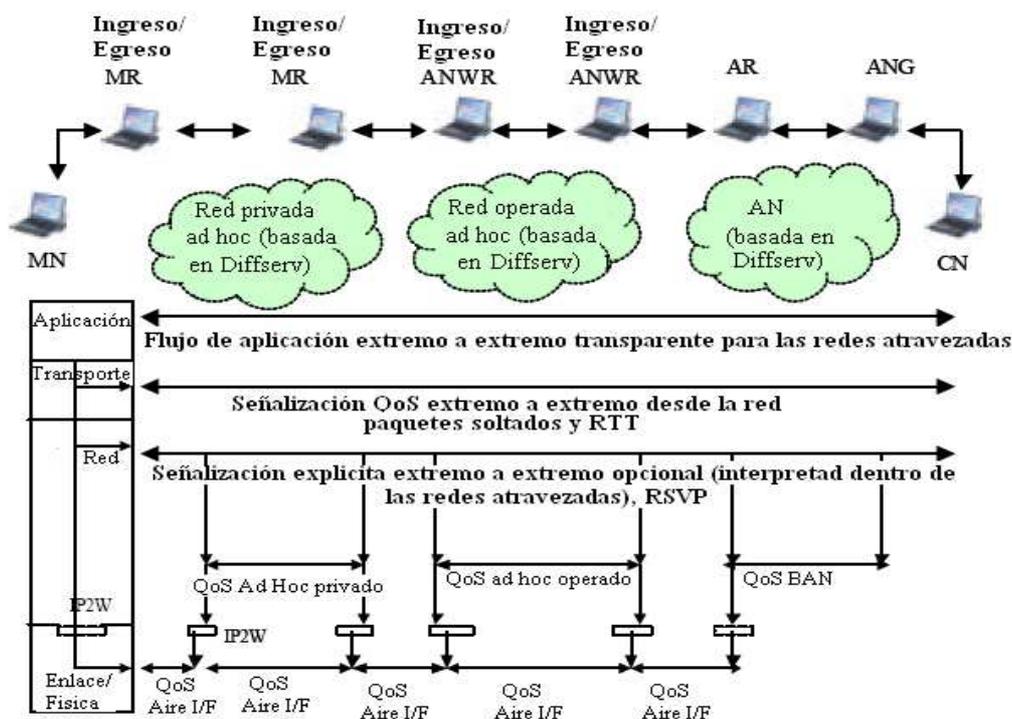


Fig. 3.11 Concepto extremo a extremo in redes Ad Hoc.⁷³

La inter operación dentro de la franja Ad Hoc es complicada debido a la carencia de un gateway fijo y a la topología poco estable.

Los mecanismos de identificación de pares son requeridos en un MR para determinar si puede actuar como un gateway. Como la topología de red ANWR no cambia significativamente, puede usar similares mecanismos de interoperabilidad asociados con el trabajo tradicional inter-dominio, tal como DIFFSERV.

3.4.6 RUTEO QOS

Se pueden identificar dos formas básicas de ruteo QoS:

- En la primera, los routers intentan rutear un flujo de acuerdo a sus requerimientos QoS.

- En la segunda, la fuente intenta determinar cual es la ruta más conveniente antes de la transmisión, usando ruteo de fuente para direccionar los datos a través de la ruta correcta.

En ambos casos, la naturaleza dinámica del ambiente hará que la información del ruteo QoS cambie rápidamente.

Debido a que la topología de red de la malla ANWR es relativamente estática, es aparente que la solución de ruteo proactivo es la más conveniente para el envío de datagramas. Aquí los routers mantienen tablas de ruteo que incluyen información sobre la factibilidad de alcance (número de saltos) de los nodos. El extender esto al soporte de ruteo QoS, puede significar que el protocolo de ruteo lleve información adicional, tal como retardo de tiempo, disponibilidad de ancho de banda o la relación de señal a ruido. Los problemas de este modelo incluyen la complejidad de la decisión de ruteo y el manejo del estado para evitar vueltas en el ruteo.

La topología dinámica en la franja Ad Hoc requerirá probablemente una solución reactiva donde la ruta hacia un nodo es determinada cuando es requerida. En esta situación, una fuente realiza un broadcast de mensajes para “encontrar una ruta”, escuchando las respuestas para determinar la mejor ruta. El mensaje de respuesta podría incluir no solo información QoS. Los problemas de este modelo incluyen la cantidad de mensajes de señalización generada y el retraso inicial antes de que cualquier transmisión de datos pueda iniciar.

3.4.7 PROBLEMAS DEL PROYECTO MIND

Se ha identificado que las existentes soluciones QoS no solucionan todos los problemas fundamentales asociados con un escenario MIND (Ad Hoc).

Se ha determinado que las redes MIND requerirán de distintas soluciones, tanto en señalización como en ruteo.

Se debe considerar también los problemas de la inter-operabilidad. Estas soluciones deben ser tales que el usuario no debe estar innecesariamente consiente del tipo de red en el cual se encuentra operando.

3.4.8 EXPERIMENTOS Y DEMOSTRADORES

El objetivo final de los experimentos es evaluar la viabilidad de la implantación de redes celulares futuras en un entorno completamente IP y estudiar el soporte que ofrecen las redes fijas actuales.

Es de esperar que los terminales sean de gran capacidad y que ejecuten aplicaciones multimedia mientras se mueven, por lo que las redes de acceso deben proporcionar al menos el protocolo IPv6 (para dar cabida a un número indeterminado de terminales), una movilidad eficiente, y por supuesto ciertas garantías de QoS.

Desde un punto de vista más técnico los demostradores de Ágora y la UPM pretenden evaluar y validar los conceptos de servicios definidos durante el proyecto BRAIN, tanto desde el punto de vista de la red como desde el punto de vista de las aplicaciones.

En el aspecto de red el interés principal es experimentar con mecanismos de movilidad, tanto global como regional, y aspectos relacionados con la QoS en este entorno.

Desde el punto de vista de las aplicaciones se utilizará la plataforma ISABEL, desarrollada por Ágora Systems, para estudiar el problema de la implantación de una plataforma multimedia de este tipo en un entorno móvil, evaluando el impacto y las interacciones. Los demostradores locales por separado tienen como objetivo estudiar todos estos factores, adquirir experiencia y finalmente decidir los elementos adecuados para ser usados en el demostrador final.

3.4.9 ARQUITECTURA DE RED

Los objetivos a evaluar desde el punto de vista de la arquitectura de red son claramente los relacionados con movilidad y calidad de servicio, todas ellas con el protocolo IPv6.

Como último objetivo se pretende establecer los mecanismos y servicios de red necesarios para que futuras aplicaciones con grandes requisitos de ancho de banda sean capaces de funcionar con normalidad.

Para ello se requiere una movilidad de alto rendimiento y soporte de calidad de servicio.

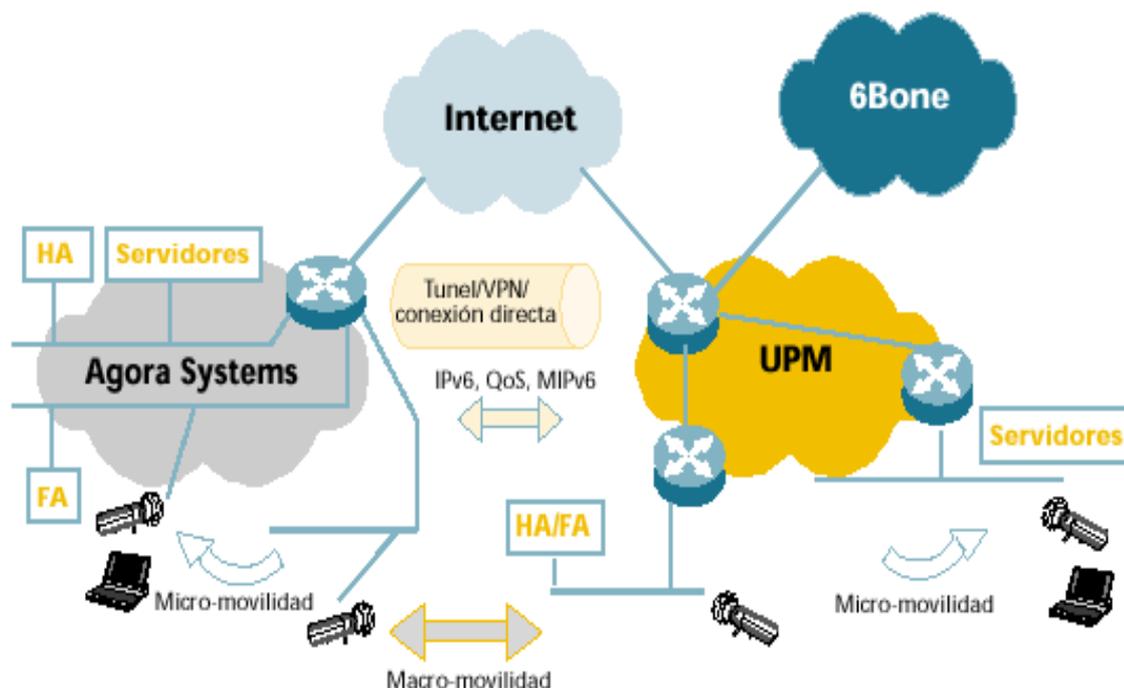


Fig. 3.12 Topología de redes utilizadas en las pruebas⁷⁴

Las áreas de estudio se detallan a continuación:

3.4.9.1 Redes móviles

El demostrador pretende incluir diversas tecnologías de red disponibles. Principalmente wirelessLAN y UMTS proporcionada por Ericsson. Otras como Bluetooth y GPRS están condicionadas a la disponibilidad de equipamiento y cobertura.

3.4.9.2 Movilidad global

Se pretenden realizar pruebas de macro-movilidad con el protocolo Mobile IPv6 con diferentes implementaciones, evaluando cada una de ellas y seleccionando la más apropiada. Uno de los objetivos principales es ofrecer soporte de movilidad IPv6 de manera permanente entre la UPM y Ágora Systems, para que las pruebas impliquen la movilidad de los terminales entre dominios administrativamente distintos, atravesando redes públicas y privadas no pertenecientes al demostrador

3.4.9.3 Movilidad regional

Para obtener un servicio de movilidad de alto rendimiento se evaluarán distintas implementaciones de protocolos de micro-movilidad existentes en la actualidad

(Hierarchical MobileIPv6, Cellular IPv6 y BCMPv6 entre otros). Otras implementaciones se irán añadiendo a medida que se vayan haciendo disponibles. El objetivo es construir el demostrador para terminales móviles y evaluar el rendimiento de los distintos esquemas.

3.4.9.4 QoS

El demostrador contará con mecanismos de provisión de calidad de servicio. Dado el estado inmaduro de las soluciones actuales es probable que sólo tengamos acceso a soluciones basadas en DIFFSERV. En cualquier caso la evaluación de servicios de QoS en redes móviles es un punto importante en los objetivos del demostrador.

Cada una de las sedes contará con dos o más subredes de manera que puedan probar mecanismos de macro-movilidad entre sedes a la vez que mecanismos avanzados de micro-movilidad dentro de cada uno de los dominios cuando los terminales estén haciendo roaming.

En cuanto a las conexiones externas la principal será la interconexión entre Ágora y la UPM, y posteriormente se tendrá acceso a redes públicas IPv6, como el 6bone y la red de producción europea (gestionada por RIPE).

3.4.9.5 Aplicaciones y Servicios

Uno de los conceptos claves durante el desarrollo del proyecto BRAIN fue la definición de una arquitectura de terminal móvil denominada BRENTA (*BRAIN End Terminal Architecture*). Esta arquitectura define las diferentes capas y planos de control necesarios para realizar todas las funciones necesarias en un terminal móvil de 4G.

Durante el proyecto MIND estamos redefiniendo dicha arquitectura para que siga siendo válida en redes auto organizadas y con redes Ad Hoc. Los principales componentes de BRENTA son la definición de gestión de la QoS en todos los niveles de la arquitectura, un protocolo de renegociación de la QoS extremo a extremo y una señalización hacia la aplicación que permite una adaptación automática a las condiciones de la red, especialmente en el caso de que se produzcan *handovers* entre diferentes routers de acceso a la red fija.

El objetivo principal en la parte de aplicaciones y servicios de nuestro testbed es demostrar como la funcionalidad propuesta por BRENTA mejora la calidad apreciada por los usuarios cuando se producen cambios en la conexión del terminal (por ejemplo un handoff entre WLAN y UMTS) debido a la adaptación automática que realizan las aplicaciones. Las pruebas se van a centrar en flujos en tiempo real y requiriendo bastante ancho de banda. En concreto, se van a implementar mecanismos de adaptación automática en la aplicación ISABEL.

La idea básica consiste en que la aplicación reciba información sobre los cambios en las condiciones de la red y automáticamente, en función del ancho de banda disponible, realice los cambios oportunos tales como cambios de codificaciones, cambio en los tamaños de los vídeos, cambios en las frecuencias de muestreo, pasar alguno o todos los vídeos a B/N o incluso usar sólo audio. Por lo tanto, se están definiendo e implementando diferentes interfaces tanto hacia los protocolos de micromovilidad como hacia los agentes de QoS para que se garantice una buena calidad extremo a extremo.

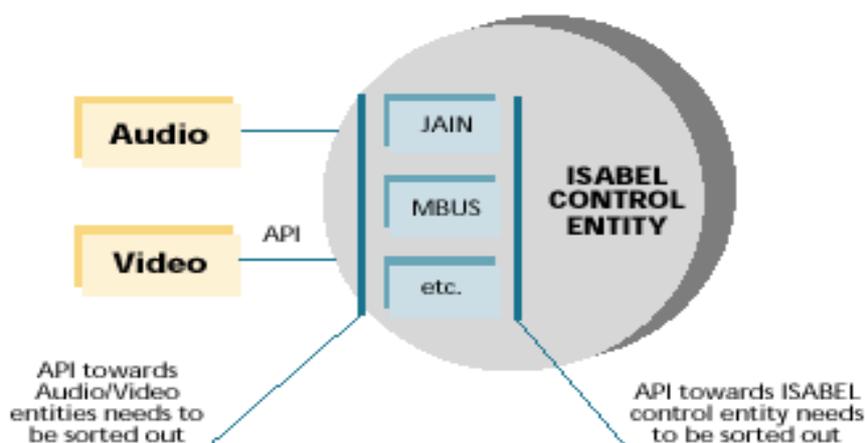


Fig. 3.13 Entidad de Control ISABEL⁷⁵

3.4.9.6 PLAN DE PRUEBAS⁷⁶

La plataforma se definirá en tres fases, siguiendo una aproximación top-down.

La Configuración de las redes internas y macro-movilidad La primera fase consistirá en la interconexión IPv6 entre Ágora y la UPM. Se están estudiando diferentes mecanismos, desde la interconexión directa por RDSI de banda ancha o ATM, pasando por túneles convencionales por Internet. No se descarta que se apliquen

simultáneamente varias de las alternativas. La primera fase incluye proporcionar servicio de roaming y movilidad entre las sedes mediante Mobile IPv6 y la evaluación de las distintas implementaciones. Se utilizarán aplicaciones convencionales sin soporte de QoS y/o movilidad para comprobar el prototipo.

Incorporación de mecanismos de micromovilidad y pruebas de rendimiento. En la segunda fase se incorporan mecanismos de micromovilidad para mejorar el handoff y el rendimiento de las comunicaciones de los dispositivos móviles en roaming. Las pruebas se realizarán con los servicios proporcionados por la plataforma ISABEL, obteniéndose medidas de rendimiento para los distintos esquemas y comprobando su interoperatividad. En esta fase una versión beta de los mecanismos de adaptabilidad de la aplicación se introducirán para obtener mediadas estimativas de su bondad.

QoS y servicios avanzados. Esta última fase incluye la implantación de mecanismos de QoS tanto en las redes de acceso como en las comunicaciones extremo a extremo. Se realizarán pruebas de las mejoras obtenidas cuando las redes estén saturadas. Cuando la infraestructura esté completa se investigará la posibilidad de añadir nuevas tecnologías de red como UMTS/GPRS/Bluetooth y el uso de dispositivos personales móviles como IPAQ. En esta fase, la integración entre la adaptación de la aplicación y los mecanismos de micromovilidad será plena y se probará en un entorno real en el que se realicen *handovers* entre diferentes tecnologías de acceso radio.

Se ha descrito un demostrador de servicios avanzados que se implantará entre Agora Systems S.A. y el Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos de la Universidad Politécnica de Madrid. El demostrador se centra principalmente en recrear una infraestructura avanzada de movilidad mediante la integración de distintos componentes. Las tecnologías a probar giran en torno a servicios avanzados de movilidad IPv6 para futuras redes inalámbricas basadas en este protocolo.

Las plataformas serán abiertas y darán soporte de movilidad global (roaming) y local, QoS e interoperación entre distintas tecnologías de red. Se hará especial hincapié en el papel que las aplicaciones tendrán en las redes futuras, mediante el estudio del rendimiento y el impacto que una red dinámica de gran ancho de banda tiene sobre

aplicaciones multimedia y los mecanismos que éstas deben poner en marcha para adaptarse.

3.5 PROYECTO INSIGNIA

3.5.1 INTRODUCCIÓN⁷⁷

El diseño, aplicación, y evaluación de INSIGNIA, una estructura de red basada en IP que soporta servicios adaptables en redes móviles Ad Hoc.

La arquitectura esta basada en una señalización en banda y manejo de asignación de recursos soft-state, que satisfacen bien una calidad de servicio de extremo a extremo en ambientes muy dinámicos donde la topología de la red, conectividad del nodo, y calidad de servicio son variables en el tiempo.

Arquitectónicamente INSIGNIA se diseña para soportar reservación rápida, restauración y la adaptación de extremo a extremo basada en la flexibilidad inherente y robustez además la escalabilidad encontrada en redes IP.

Las redes móviles Ad Hoc pueden ser grandes, lo que hace el problema de control de red difícil. La comunicación entre dos host fuente y destino se vuelve compleja por el canal de extremo a extremo que es una ruta que cambia con el tiempo. Puede haber varias posibles rutas entre dos host por donde los datos pueden fluir, y cada camino puede tener diferente capacidad disponible que puede o no puede reunir los requisitos de calidad de servicio deseados. Aun cuando el camino seleccionado entre una fuente y destino reúna las necesidades del usuario de estructuración de sesión, la capacidad y características de error observados a lo largo del camino son variantes en el tiempo, así como las topologías dinámicas que operan en la red.

Los retardos creados por la movilidad del receptor no siempre pueden enmascarse por capa enlace y típicamente producen efectos disímiles perceptibles en la calidad de la aplicación (ej., la entrega segura de audio y video puede degradar rápidamente).

Esto afecta en la capacidad de un camino dado a través de la red, donde los enlaces tienden a degradarse despacio al principio y luego caen rápidamente. Esto produce topologías dinámicas que operan en escalas de tiempo más lentas, lo que degenera en retardos del canal y otras discontinuidades. Para reaccionar a ésta capacidad dinámica de la red es necesaria una escala de tiempo apropiada, requiere velocidad,

mecanismos no muy pesados y protocolos sensibles a dichos cambios. Deben establecerse calidades de flujos, que se mantengan y sean removidos en redes móviles Ad Hoc sobre el enlace de una sesión de un usuario a usuario, quiere decir que se deben establecer jerarquías respecto a la calidad y demanda de servicios que requieran los usuarios.

Típicamente, la conexión (es decir, el establecimiento del estado de la información de los nodos a lo largo del camino) necesita ser mantenido y automáticamente renegociado en respuesta a la topología dinámica de la red y cambios de calidad del enlace. Los recursos son escasos en estas redes, cualquier protocolo de señalización necesita cabeceras con información sobre los límites de utilización de recursos de la red.

Por consiguiente, los requerimientos de ancho de banda deben mantenerse en un mínimo. Esto pone énfasis en minimizar la señalización requerida para el establecimiento de conexión, mantenimiento, restauración y los estados de red asociados con cada sesión de usuario. Además, debido a la necesidad de mantener el estado de red hace que los mecanismos de tear-down (señalización de desconexión) sean imprácticos. Esto es debido al hecho que es difícil mantener el estado de la red (establecido durante el arreglo de la sesión) en partes de la red en donde se está fuera del contacto de radio debido a los cambios de topología.

Hay necesidad de nuevas arquitecturas de redes móviles, servicios y protocolos que sean desarrollados en respuesta a estos desafíos. Los Nuevos sistemas de control tienen que ser altamente adaptivos y sensibles a los cambios en los recursos disponibles a lo largo del enlace entre dos terminales móviles. Los protocolos futuros necesitan ser capaces de diferenciar entre los requisitos de servicio de diferentes usuarios (ej., flujos de los medios de comunicación continuos, microflows, RPC, etc.). Los Paquetes asociados con un flujo que se encuentran atravesando nodos intermedios entre una fuente y su destino pueden requerir procesamiento especial para lograr requerimientos de ancho de banda altos de extremo a extremo y retardos específicos. Al construir un servicio de soporte de QoS en redes móviles Ad Hoc, se deberá tener en cuenta para el diseño de algoritmos la asignación de ruta, la cual debe rastrear eficazmente los cambios de topología.

Los protocolos de ruteo de redes Ad Hoc necesitan trabajar en unísono con señalización eficaz, control, y mecanismos de administración para lograr calidad de

servicio de extremo a extremo. Estos mecanismos deben consumir mínimo ancho de banda en su funcionamiento y reaccionar rápidamente a los cambios en el estado de la red (visto en los términos de cambios en la topología de la red) y estado de flujo (visto en términos de cambios en la calidad de servicio de extremo a extremo).

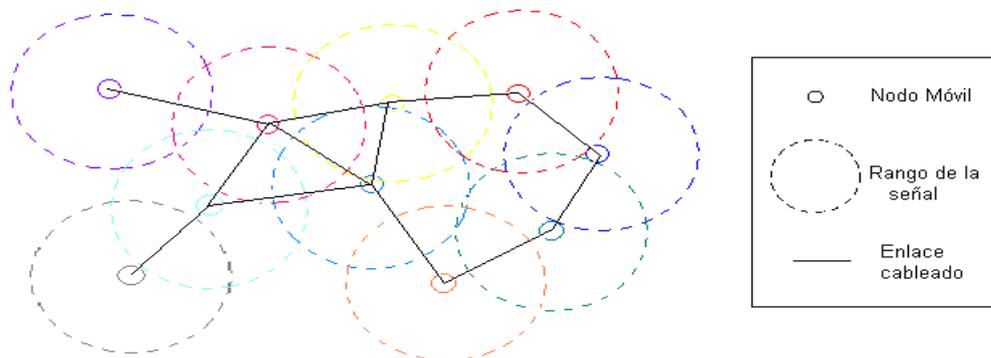


Fig. 3.14 Topología de una red Ad Hoc⁷⁸

Un componente importante de la arquitectura de QoS es el sistema de señalización de INSIGNIA, un sistema de señalización en banda que soporta la reservación rápida, restauración y algoritmos de adaptación que se diseñan para entregar servicios variables y adaptivos según los cambios que se susciten en la red. El sistema de señalización se diseña para ser ligero y muy sensible a los cambios en la topología de la red, conectividad del nodo, y condiciones de calidad de servicio de extremo a extremo.

3.5.2 ESTRUCTURA DE RED

La investigación y desarrollo de tecnologías de redes Ad Hoc está progresando en ambos ámbitos; académicos e industriales bajo el patrocinio comercial del ejército. Actualmente los proyectos de investigación militares como la Oficina de Investigación de Ejército enfocaron la Investigación en Iniciativas, el Laboratorio de Investigación de Ejército y el programa de DARPA Sistemas de Información Móviles globales (GloMo) está produciendo nuevas Tecnologías.

Ha habido pequeñas investigaciones en el área de calidad de servicio en redes Ad Hoc, sin embargo anteriormente no existían esquemas que tomen en cuenta los cambios de topología de la red y requerimientos de QoS. Típicamente, estos esquemas se basan en una sola tecnología de capa enlace y no en una interconexión de tecnologías inalámbricas diferentes en la capa IP. Además, no se

brindaba apoyo conveniente para paradigmas de QoS adaptables que son requeridos por los servicios adaptables en redes Ad Hoc. Se propone una arquitectura de red IP basada en QoS, servicios adaptables y protocolos de soporte incorporando soft state en el sistema de manejo de recursos. Este sistema es basado en técnicas de señalización para reservación a lo largo de múltiples tecnologías de acceso y las múltiples tecnologías de envío de paquetes.

Los nuevos estudios se dirigen a una arquitectura de control adaptativa de servicios para redes Ad Hoc. Sin embargo, no se propone ninguna nueva tecnología adaptativa de entrega de paquetes. Más bien se prioriza la entrega de QoS sobre las tasas de transferencia.

La provisión de calidad de servicio se basa en el "circuito virtual dinámico" derivado de redes fijas encontradas en redes ATM. Esta estructura utiliza un modelo del circuito que requiere manejo de conexión explícito y el establecimiento de hard state en la red antes de que se de la comunicación. Es necesario conseguir modelos de red que sean más sensibles a la dinámica encontrada en redes Ad Hoc sobre los circuitos virtuales de hard state.

Típicamente, los circuitos virtuales son establecidos a través de una red Ad Hoc usando señalización "fuera de banda" para poner reservaciones durante la duración de la sesión. Deben establecerse sesiones de flujo de datos que deben mantenerse para satisfacer las necesidades de flujo de transmisión de datos, más sistemas sensibles basados en el soft state y paradigmas de señalización en banda. Además a los circuitos virtuales les falta la flexibilidad intrínseca necesaria para adaptarse a la dinámica de las redes Ad Hoc de ahí que la conexión de estado suave manejado por las técnicas de señalización en banda son más convenientes. Hay una necesidad de desarrollar nuevas arquitecturas de QoS que puedan proporcionar reservación rápida, restauración sensible, y adaptación basada en la flexibilidad inherente, robustez, y la escalabilidad encontrada en redes IP.

La calidad de servicio de extremo a extremo esta intrínsecamente unida a la actuación del protocolo de la asignación de ruta porque nuevas rutas o rutas alternativas entre las fuentes y destinos necesitan ser computadas periódicamente durante sesiones continuas. El IETF mobile Ad Hoc Networks (MANET) Working Group recientemente empezó a estandarizar tecnologías de capa de red (es decir, protocolos de ruteo y soporte). Así también se encarga de regularizar los protocolos

de ruteo de capa red, convenientes para soportar entrega de paquetes de mejor esfuerzo basado en redes IP. Dentro de este contexto ha habido varias propuestas para un ruteo eficiente que sea adaptivo a los cambios de la topología de redes Ad Hoc, incluyendo el Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA).

3.5.2.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO ⁷⁹

3.5.2.1.1 Servicios Adaptivos

El paradigma de servicio más conveniente para redes Ad Hoc debe ser adaptivo en naturaleza. Las aplicaciones adaptivas de voz y video que operan en redes celulares son capaces de responder a la pérdida de paquetes, retraso (jitter), los cambios en el ancho de banda disponible y handoff mientras mantienen cierto nivel de calidad de servicio. Mientras que las aplicaciones de multimedia adaptables para responder a las dinámicas de la red requieren un mínimo ancho de banda, caso contrario son típicamente inútiles.

La estructura QoS de INSIGNIA se diseña para soportar servicios adaptables como una meta primaria. En este contexto, los servicios adaptables proporcionan un ancho de banda mínimo para asegurar la transmisión de voz y videos en tiempo real y datos que permiten niveles reforzados (es decir, ancho de banda máximo) de servicio cuando los recursos se vuelvan disponibles.

Un flujo representa una sucesión de paquetes enviada de una sola fuente a uno o más destinos que son flujos continuos de un solo tipo (ej., voz, video, etc.). Los Flujos requieren control de admisión, reservación de recursos y mantenimiento de los routers intermedios entre una fuente y destino para proporcionar calidad de servicio de extremo a extremo. Típicamente, los flujos continuos son mucho mas largos o de tiempo de vida largo comparados con los llamados micro flujos, que son flujos de corta duración (ej., interacciones cliente servidor estilo Web) eso comprende un tren limitado de paquetes de datos.

La arquitectura QoS de INSIGNIA se diseña para soportar transparentemente los requisitos de flujos de los medios de comunicación, ya sean estos continuos o micro flujos. Las aplicaciones de servicios adaptables pueden requerir QoS bajo (es decir, el ancho de banda mínimo) o QoS garantizado (es decir, máximo ancho de banda)

respectivamente. La semántica del servicio adaptable proporciona preferencia a paquetes asociados con el QoS bajo encima de los con QoS garantizado.

Adaptación es un proceso de aplicación específico. Algunas aplicaciones pueden ser incapaces de adaptarse mientras otras pueden adaptarse discretamente (ej., perfiles escalables de MPEG2) o continuamente (ej., las aplicaciones dinámicas de tasa variable). La escala de tiempo en estas aplicaciones puede adaptarse también a otras aplicaciones específicas, por ejemplo las aplicaciones de datos (transmisión de imágenes) pueden acceder a cualquier cambio en el ancho de banda disponible en cualquier momento. En contraste, las aplicaciones de medios de comunicación continuo (ej., audio y video) pueden preferir seguir tendencias en ancho de banda disponible basado en adaptación de escalas de tiempo más lentas, prefiriendo, algunos niveles estables de servicio en lugar de respuesta instantánea a cada cambio la disponibilidad del ancho de banda.

Las aplicaciones adaptables deben por consiguiente manejar el proceso de adaptación y dictar las escalas de tiempo y semántica de su proceso de adaptación. Dada esta observación, nuestro armazón de QoS es diseñado para adaptar sesiones de usuario al nivel disponible de servicio sin la señalización explícita entre los pares de fuente destino. En este caso la red y la aplicación se adaptan a dinámicas diferentes. La red se adapta (por algoritmos de restauración) a los cambios en topología y las condiciones del canal limitadas mientras soporta la entrega de QoS básico y garantizado. Las aplicaciones se adaptan a las fluctuaciones de QoS de extremo a extremo, dentro del límite máximo y mínimo preescrito en la adaptación específica en escalas de tiempo; esta observación conduce a varias decisiones de diseño de la arquitectura.

3.5.2.1.2 Separación de Asignación de Ruta, Señalización y Envío

Ha habido una gran cantidad de trabajos en el área de fluctuación de ruteo de QoS para redes fijas; aquí los protocolos de la asignación de ruta actúan paralelamente con la asignación del recurso para establecer caminos a través de la red que se encuentren acorde con los requisitos de QoS extremo a extremo (es decir, retardo, ancho de banda, posibles demandas de multi métrica). En este caso hay un cierto nivel de integración de la asignación del recurso y ruteo. Uno podría aplicar semejante acercamiento a los protocolos de ruteo de redes MANET ya que sus

escalas de tiempo son mucho más rápidas que tradicionalmente en el caso de asignación de ruta en infraestructuras fijas.

Por consiguiente, la señalización, asignación del recurso y ruteo deben ser diseñadas independientemente en la arquitectura de la red.

Consideramos que los protocolos de ruteo MANET no deben cargarse con la integración de funcionalidad de QoS que pueden estar enmarcadas en los modelos de QoS específicos. Más bien, defendemos que es mejor mantener una separación limpia entre señalización de ruteo y envío. Estos componentes arquitectónicos son bastante diferentes el uno del otro en la implementación de escalas de tiempo sobre la cual operan. Nuestro acercamiento es desarrollar una arquitectura de QoS que puede aceptar una gran variedad de protocolos de asignación de ruta. En este caso, reservación del recurso y señalización serán capaces de actuar recíprocamente con cualquier número de protocolos de asignación de ruta para proporcionar soporte de QoS extremo a extremo. Diferentes protocolos de ruteo MANET claramente realizan diferenciación en respuesta a la topología cambiante mientras la arquitectura de QoS realiza esfuerzos por mantener calidad de servicio de extremo a extremo.

3.5.2.1.3 Señalización en Banda

Los sistemas de señalización en banda son capaces de operar cerca de la velocidad de transmisión del paquete y satisface por consiguiente a las escalas de tiempo dinámicas encontradas en los ambientes Ad Hoc. El término señalización en banda se refiere al hecho de que el control de la información se lleva paralelamente con datos.

En contraste, sistemas de señalización de fuera de banda (ej., Internet RSVP, ATMs UNI, etc.) son incapaces de responder a la dinámica del escala de tiempo rápida porque los sistemas de señalización fuera de banda requieren mantenimiento de información de la ruta por parte de la fuente y responden a cambios de topología por señalización directa afectando a los recursos de la red e introduciendo así retardos.

En algunos casos, esto es imposible dada la conectividad entre los "affected routers" y la entidad de la señalización ya que se requieren paquetes independientes de control lo que disminuye los recursos presentes en el enlace de comunicación de datos.

El término señalización de fuera-de-banda se refiere al hecho de que la información de control es típicamente llevado en paquetes de control separados y en canales que pueden ser distintos a los que utilice el transporte de datos. Basando la señalización de INSIGNIA en un acercamiento de en banda, el sistema puede restaurar el estado del flujo (es decir, una reservación) en contestación a los cambios de topología dentro del intervalo de dos paquetes de IP consecutivos bajo las condiciones ideales.

El desempeño de INSIGNIA confía en la velocidad a que la asignación de ruta puede recalcular las nuevas rutas si ninguna ruta alternativa se esconde después de los cambios de la topología.

Sistemas de señalización de fuera-de-banda, por ejemplo, necesitarían mantener la ruta de la fuente de información y responder a los cambios de la topología directamente por medio de los routers de señalización intermedios en un enlace antiguo con recursos de red preestablecidos. En muchos casos, esto es imposible hacer si el router afectado está fuera de contacto de la entidad de señalización que intenta reasignar los recursos en el enlace establecido.

3.5.2.1.4 Manejo de Recursos de Soft State

Mantener QoS de flujos adaptables en ambientes Ad Hoc es uno de los aspectos más desafiantes de la arquitectura de QoS de INSIGNIA. En redes fijas ese soporte de calidad de servicio, manejo de estado, la ruta y la reservación entre los pares de fuente y destino permanece fijo para la duración de una sesión.

El desarrollo de nuevas redes QoS basados en la noción de la señalización de manejo de recursos en banda y estado suave y construcción con separación de rutas, señalización y funciones de envío proveerán una solución adaptativa, escalable y flexible para servicios adaptivos de entrega en redes Ad Hoc.

3.5.2.2 La Arquitectura QoS INSIGNIA⁸⁰

El soporte de QoS INSIGNIA para enviar paquetes de audio, video y transmisión de datos en tiempo real deben especificar sus máximos y mínimos anchos de banda necesarios y juegan un rol central en la distribución de los recursos, control de restauración y adaptación de sesión entre hosts móviles. Basándose en la variabilidad de ancho de banda de conexiones extremo a extremo.

Los mecanismos de QoS intentan introducir parámetros confiables en el soporte de servicios adaptivos.

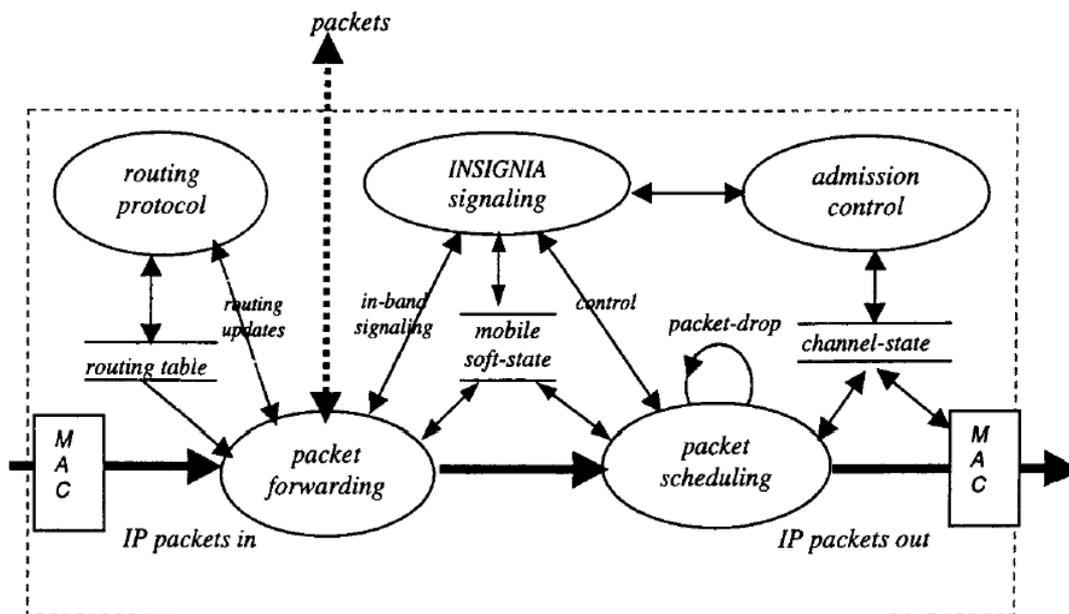


Fig. 3.15 ARQUITECTURA QoS INSIGNIA⁸¹

Para soportar servicios adaptivos, el soporte QoS de INSIGNIA establece y mantiene reservaciones para flujos continuos de datos y microflujos, para conseguir estos servicios de comunicación INSIGNIA necesita los siguientes componentes:

- Señalización en banda, establecimiento, restauración, adaptación y cierre de servicios adaptivos entre fuente y receptor.
- Los algoritmos de restauración de flujos responden a cambios en anchos de bandas variables. Basada en la señalización en banda la información específica de control es llevada en la cabecera del paquete IP, el flujo de sesión puede ser rápidamente establecido, restaurado, adaptado y retirado en respuesta a las variantes en redes inalámbricas y cambios de topología.
- El control de admisión; es adaptable a flujos basado en requerimientos de máximo y mínimo de ancho (QoS básico y garantizado). Una vez que los recursos son reservados deben ser refrescados periódicamente por mecanismos de estado suave para recepción de paquetes y datos.

El control de admisión se basa en la medición de la capacidad, utilización y requerimientos del canal.

Para mantener el protocolo de señalización simple y ligero las nuevas reservaciones no deben influir en las anteriores reservaciones.

3.5.2.2.1 Envío de Paquetes

Clasificar los paquetes y los envíos por el modulo apropiado (voz, ruteo, señalización, aplicaciones locales, modulo de certificación de paquetes, los mensajes de señalización son procesados por la señalización INSIGNIA y son entregados localmente) o enviados al modulo de clasificación de paquetes para ser transmitidos en el siguiente salto.

3.5.2.2.2 Ruteo

Los ruteos cambian dinámicamente en la topología Ad Hoc, haciendo la tabla de ruteo visible para el envío de paquetes en los nodos.

El soporte de QoS tiene adaptabilidad para un amplio numero de protocolos de ruteo en MANETS ellos pueden ser puestos dentro de la arquitectura.

El soporte de QoS asume que el protocolo de ruteo provee que nuevas rutas sean reactivadas por demanda en caso de topologías cambiantes.

3.5.2.2.3 Clasificación de Paquetes

Responde a condiciones del canal independientes para cada tipo de paquete en redes inalámbricas. Una gran variedad de disciplinas de clasificación pueden ser usadas en el modulo de clasificación de paquetes y en el modulo de servicio.

Actualmente se implemento una disciplina de servicio pesada, basada en la implementación de déficit, lo que se extiende en dar compensación en el caso de las condiciones independientes de canal de comunicación.

3.5.2.3 Control de Acceso al Medio (MAC)

Provee manejo de acceso de QoS por servicios inalámbricos adaptivos y de mejor esfuerzo. El soporte de QoS INSIGNIA es diseñado para ser transparente a cualquier protocolo de control de acceso y esta posicionado para operar sobre múltiples tecnologías de cada enlace en capa IP. Sin embargo el diseño de la capa

esta estrictamente relacionado con la provisión de QoS y los controles de acceso al medio.

3.5.2.4 El sistema de señalización INSIGNIA

El sistema de señalización INSIGNIA juega un rol importante en establecimiento, adaptación, restauración y reservaciones de extremo a extremo.

El sistema de señalización es diseñado para ser ligero en términos de consumo de ancho de banda para control de la red y debe ser capaz de reaccionar a rápidos cambios de la red como a la movilidad de los hosts, a la degradación de la conectividad intermitente de sesión.

3.4.2.4.1 Comandos de Protocolo

Los comandos de protocolo están codificados, en el campo de opción IP e incluye el campo de modo de servicio, tipo de payload, indicador de ancho de banda y campo de requerimiento de ancho de banda.

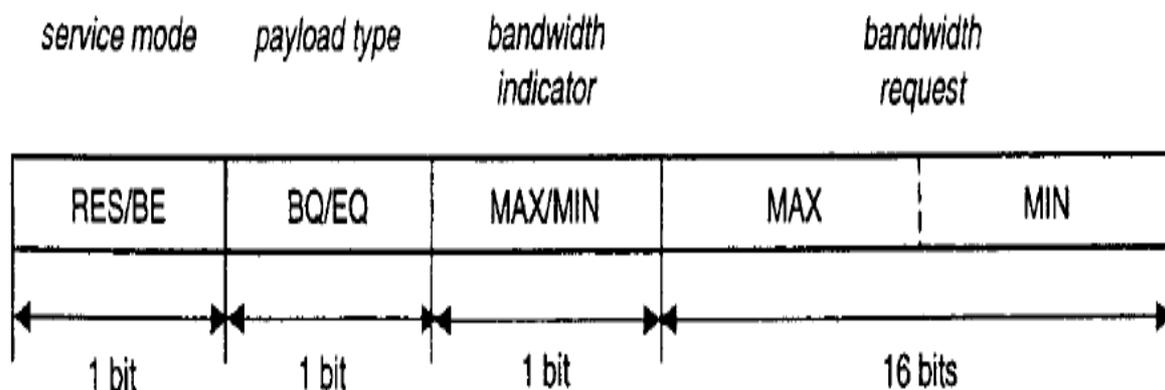


Fig. 3.16 INSIGNIA IP⁸²

Existe una opción INSIGNIA IP en cada cabecera de paquete IP, con lo que la complejidad de encapsulación de soporte de paquete en la red es abolida. Estos comandos de protocolo soportan los algoritmos de señalización antes mencionados incluyendo reservaciones de flujo, restauración y mecanismos de adaptación. Los comandos de protocolo manejan el estado de operación del protocolo; en la figura 4 se presenta una vista simplificada de las máquinas de estado de los host fuentes, router intermedio y host de destino.

Estas tres maquinas de estado capturan el mayor aporte de eventos y acciones y resultan transiciones de estado. Usamos estas maquinas de estado para ilustrar la dinámica del sistema de señalización INSIGNIA.

3.5.2.4.2 Nodo de Servicio

Cuando un nodo fuente quiere establecer una reservación rápida con un nodo destino, envía el bit del nodo de reservación (RES) en la opción de servicio INSIGNIA IP del paquete de datos y envía el paquete hacia el destinatario.

En la recepción de un paquete RES los nodos intermedios ejecutan control de admisión para aceptar o negar la petición. Cuando un nodo acepta la petición los recursos son reservados y los paquetes son clasificados de acuerdo a la reserva hecha. En cambio si la recepción es negada los paquetes son tratados como paquetes de mejor esfuerzo (BE).

En el caso donde un paquete RES es recibido y no hay recursos disponibles, el control de admisión intenta hacer una nueva reservación. Esta condición ocurre comúnmente cuando el flujo es devuelto después del tiempo de duración de una sesión en trámite por la movilidad del host. Cuando el destino recibe un paquete RES, el envía un reporte de QoS al nodo fuente indicando que va a ser establecido y la transición de su estado interno de mejor esfuerzo a estado de reservación.

El nodo de servicio, indica el nivel de servicio requerido para soportar servicios adaptivos. En la interpretación del bit de nodo de servicio esta indicado que paquetes son RES o BE, es dependiente del tipo de trafico payload y del indicador de ancho de banda. Un paquete que esta con el bit de nodo de servicio RES el indicador de ancho de banda en máximo o mínimo esta listo para realizar una reservación de máximo o mínimo ancho de banda respectivamente. Los requerimientos de ancho de banda del flujo están incluidos en el campo de requerimiento de ancho banda. Un paquete de RES puede ser degradado a BE en el caso de reruteo o de insuficiencia de recursos a lo largo de la nueva ruta o de la ya existente un paquete BE no requiere hacer reservación de recursos.

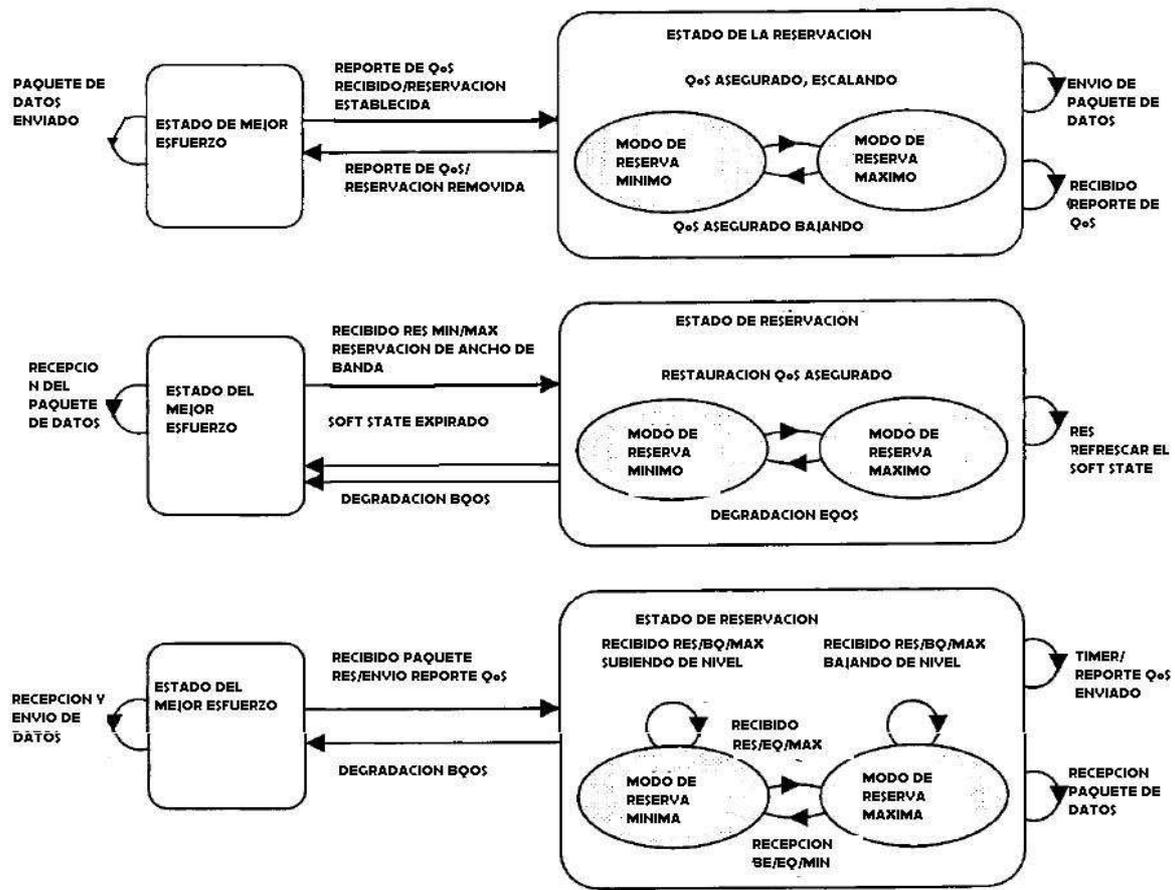


Fig. 3.17 Maquinaria de Estado(a) una fuente mobil-host (b) un Nodo mobil intermedio, y (c) un host de destino mobil. ⁸³

El campo opción IP también lleva una indicación del tipo de flujo, la cual identifica el tipo de comunicación, ya sea orientado a conexión o de estado duro (Ej., el circuito virtual) esto garantiza la calidad de servicio para la duración de la sesión. Sin embargo, estas técnicas no son flexibles en el ambiente Ad Hoc, donde el camino y necesidad de responder dinámicamente a los cambios de topología deben darse en una forma oportuna.

Un tratamiento de soft state en la administración de los routers intermedios es conveniente para el manejo de reservas en redes Ad Hoc. Este modelo se acerca a la naturaleza de reservas de la red que tienen que ser sensibles a las escalas de tiempo, variantes inalámbricas, movilidad de escala de tiempo moderada y a la sesión de escala de tiempo más larga “manteniendo tiempos”, el estado suave confía en el hecho que una fuente envía paquetes de datos a lo largo de un camino existente. Si un paquete de datos llega a un router móvil y ninguna reservación existe entonces el control de admisiones y reservas del recurso intentan establecer estado suave. Subsecuentemente la recepción de paquetes de datos

(asociados con una reservación) a ese router es usado para refrescar la reservación del estado suave existente. Esto se llama una conexión suave cuando se considera en una base de extremo a extremo y respecto al modelo de circuito virtual de estado duro.

Cuando un nodo intermedio recibe un paquete de datos que tiene una reservación, él reconfirma la reservación para el próximo intervalo. Por consiguiente el tiempo de tenencia de una conexión suave es basado en un intervalo de cronómetro de estado suave y no en la duración del tiempo de mantenimiento de la sesión. Si un nuevo paquete no se recibe dentro del intervalo de cronómetro de estado suave entonces se sueltan recursos y fluyen los estados quitados en una manera totalmente descentralizada.

Usando el paquete de estado (indicador de servicio de modo de flujo y tipo de ancho de banda) se puede determinar qué componente del flujo se degrada.

Recepción de un paquete de BE EQ MIN o RES BQ MIN indica que los paquetes de QoS garantizados son degradados al servicio de mejor esfuerzo. Supervisando el estado del paquete el nodo de destino puede emitir el comando de salto de escala a la fuente, basada en la máquina del estado de destino.

Las máquinas de estado de fuente, intermedio y destino soportan dos subestados reservación: el modo de reserva v-max mantiene reservación basada en flujos y en requerimientos mínimos de paquetes QoS. Este tipo de servicio requiere reservación de extremo a extremo exitosa para conseguir el ancho de banda máximo; que un flujo necesita (Ej., RESEQMAX). El modo v-min mantiene reservación basada en QoS y en el mejor esfuerzo, entrega el componente de QoS garantizado (si existe). Este modo de servicio típicamente ocurre cuando la reserva-max de flujos experimenta degradación en la red. Por ejemplo, los flujos max reservados pueden encontrar nodos móviles que carecen de los recursos para apoyar la base y QoS reforzado, resultando en la degradación de QoS garantizado a paquetes de mejor esfuerzo (Ej., BEEQMIN).

3.5.2.4.3 La Demanda de Ancho de Banda.

La demanda de Ancho de Banda permite una fuente para especificar su máximo (MAX) y mínimo (MIN) requerimiento de Ancho de Banda para servicios adaptivos.

Esto asume que la fuente ha seleccionado el modo de servicio RES. Una fuente también puede especificar simplemente un mínimo o un máximo requisito de Ancho de Banda. Para servicios adaptables el QoS básico (servicio min-reservado) es apoyado por el mínimo ancho de Banda, mientras que el máximo ancho de banda soporta la entrega de QoS básico y reforzado QoS (servicio max-reservado) entre los pares de fuente destino.

Los flujos son presentados según sea su requerimiento de máximo o mínimo ancho de banda. Esta caracterización normalmente se usa para tráfico de multi-resolución (ej., MPEG, audio y video), datos en tiempo real adaptivos que tienen requisitos max-min y servicios diferenciados que soportan ordenación de datos agregados en el Internet.

3.5.2.4.4 El Tipo de Flujo

El campo del flujo indica el tipo de paquete que es transportado INSIGNIA soporta dos tipos de flujos llamados QoS básico y reforzado, que son reservados vía el control de admisión de extremo a extremo distribuido y reservación de recursos.

La semántica de los servicios adaptables se relaciona al tipo del flujo y los recursos disponibles (Ej., QoS reforzado requiere ancho de banda máximo que puede reunirse a lo largo del camino entre un par fuente destino). La semántica de la QoS básico y reforzado son aplicaciones específicas, ellos pueden representar un esquema simple de la priorización de los paquetes, servicios diferenciados, o paquetes autónomos asociados con flujos de multi-resolución.

El proceso de adaptación puede forzar flujos adaptables para degradar cuando los recursos disponibles sean insuficientes para soportar el máximo ancho de banda a lo largo del camino existente o durante la restauración cuando el nuevo camino tiene recursos insuficientes. Por ejemplo, si hay sólo suficiente ancho de banda para reunir el requerimiento del QoS bajo, el reforzado se degrada a paquetes de mejor esfuerzo en los nodos “cuello de botella” por simple salto de modo de paquetes en EQ de RES a BE. Cuando un nodo del camino descubre paquetes degradados, suelta cualquier recurso que se pueda haber asignado previamente para soportar el transporte de paquetes de QoS reforzados.

El proceso de adaptación también es capaz de subir flujos tomando ventaja de cualquier disponibilidad del ancho de banda adicional que pueda encontrarse a lo largo de un camino existente. En este caso, un flujo podría ser ascendido de modo min-reservado a max-reservado.

3.5.2.4.5 El Indicador de Ancho de Banda.

Un indicador de ancho de banda juega un papel importante durante el arreglo de la reservación y adaptación. Durante el establecimiento de la reservación el indicador de ancho de banda refleja la disponibilidad de recursos a los nodos intermedios a lo largo del camino entre los pares fuente destino. La recepción de un paquete de demanda de arreglo con el bit indicador de Ancho de banda puesto en MAX indica que todos los nodos en el camino de comunicación tienen recursos suficientes para apoyar el ancho de banda máximo pedido (es decir, el modo max-reservado). En contraste, un indicador de ancho de banda puesto a MIN implica que por lo menos uno de los nodos intermedios entre la fuente y el destino es un nodo cuello de botella y el ancho de banda es insuficiente como para satisfacer el máximo requisito de ancho de banda; es decir, la entrega del modo sólo min-reservada puede apoyarse.

En este caso, los algoritmos de adaptación del destinatario pueden activar el protocolo de señalización para soltar cualquier recurso reservado entre la fuente y el nodo cuello de botella emitiendo un comando de salto de nodo fuente. Un indicador de ancho de banda puede ser puesto a MIN, sin embargo, indica que la red Ad Hoc puede soportar el mínimo requisito de ancho de banda (es decir, modo min-reservado). El indicador del ancho de banda también se utiliza durante la adaptación de los mecanismos de adaptación residentes en el hosts de destino, estos monitorean constantemente el indicador de ancho de banda para determinar cualquier servicio de ancho de banda adicional no utilizado para soportar mejorar la calidad de servicio.

3.5.2.4.6 Operaciones Protocolares

Se muestra una revisión de los mecanismos de protocolo principales y máquinas estado para la fuente, router intermedio y nodos de destino, Los componentes de señalización claves incluyen reservación rápida, reporte de QoS, manejo de recursos de estado suave, restauración y adaptación de flujo.

3.5.2.4.7 Reservación Rápida

Para establecer flujos adaptivos los nodos fuente inician reservaciones seteando el campo apropiado de opción IP en mensajes de datos antes de enviar los paquetes de requerimiento de reservación al nodo destino, un paquete de requerimiento de reservación esta caracterizado por tener el modo de servicio seteado en RES flujo situado en BQ-EQ indicador de ancho de banda seteado en MAX – MIN y requerimientos de ancho de banda. Los paquetes de reservación atraviesan nodos intermedios ejecutando módulos de control de admisión, destilación de recursos y establecimientos de estado bajo en los nodos intermedios entre fuente y destino.

Un nodo fuente continúa enviando paquetes de reservación hasta que el destino complete el arreglo de reservación informando al nodo fuente el estado del establecimiento del flujo usando reportes QoS.

Un nodo fuente (MS) requiere destilación de recursos máximos, el nodo M1 realiza control de admisión al momento de recibir el paquete de reservación.

Los recursos son destinados si están disponibles y el paquete de reservación es enviado al siguiente nodo M2. Este proceso se repite salto a salto hasta que el paquete de reservación alcance el nodo de destino MD.

El nodo de destino determina el estado de destilación del recurso chequeando el estado del paquete (es decir nodo de servicio, tipo de tráfico e indicador de ancho de banda).

Los mecanismos de reporte de QoS son usados para informar al nodo fuente del estado de reservación en la ruta, en lo concerniente al nodo la fase de reservación esta completa en la recepción del primer paquete RES.

Cuando una reservación es recibida por el nodo destino, el modulo de señalización chequea el estado de establecimiento de reservación. Esto es determinado inspeccionando el campo de opción IP de modo de servicio, que debe estar seteado en RES.

Si el indicador de ancho de banda esta seteado en MAX esto implica que todos los nodos entre fuente y destino han destinado exitosamente recursos para soportar máxima reserva.

Por otra parte si el indicador de ancho de banda esta seteado en MIN esto indica que solo QoS básico puede ser soportado. En este caso todos los paquetes de reservación con un campo de tráfico de EQ recibidos en el destino tendrán su nivel de servicio bajado de RES a BE en vista del nodo cuello de botella. Como un resultado, las reservaciones parciales existirán entre la fuente y el nodo cuello de botella.

En el caso de reservaciones parciales los recursos se mantienen reservados entre la fuente y el nodo cuello de botella hasta que sean explícitamente retirados.

El retiro de los recursos de reservas parciales puede ser iniciado por la fuente basado en el figbad durante la fase de reservación o como una parte del proceso de adaptación donde el destino puede dar un comando de salto de escala hacia abajo al nodo fuente, esto puede tener un efecto de limpieza en cualquier reservación parcial.

Una aplicación puede elegir no quitar las reservaciones parciales esperando que el ancho de banda se vuelva disponible en el nodo cuello de botella para conseguir una reservación total extremo a extremo.

Si una reservación es establecida al máximo y un paquete de estado RES – BQ - MIN es recibido persistentemente en el subastado, la maquinaria de estado determina que los paquetes QoS garantizados deban ser degradados en transición al mínimo estado reservado en anticipación a un regreso.

Esta degradación puede ocurrir en nodos intermedios por recursos insuficientes para soportar una nueva reservación o un flujo en servicio puede ser degradado durante el reruteo o la insuficiencia de recursos en el nuevo camino o en el existente.

La información de estado mantiene al destino informado cuando estas condiciones ocurren.

3.5.2.4.8 Reporte de QoS

El reporte de QoS es usado para informar al nodo fuente de un estado de flujo en trámite. El nodo destino activa monitoreo en flujos en tramite inspeccionando el estado de la información (indicador de ancho de banda) y registra los fallos de QoS (perdida de paquetes, retardo, interferencia, etc.).

El reporte de QoS no tiene que viajar en la ruta reversa hasta la fuente, típicamente ellos toman una ruta alternativa a través de la red Ad Hoc, mientras tanto los reportes de QoS son periódicamente generados de acuerdo con la sensibilidad de las aplicaciones de calidad de servicio, los reportes de QoS son enviados inmediatamente cuando son requeridos.

En el caso donde solo los paquetes BQ puedan ser soportados como en el caso de un nodo con un mínimo de reserva, el sistema de señalización en la fuente cambia lo paquetes BQ, de RES a BE enviando todos los paquetes degradados a mejor esfuerzo.

Cualquier reservación parcial existente entre fuente y destino es automáticamente acabada después del salto de estado en los paquetes EQ. Desde la ausencia de los paquetes EQ con el bit RES seteado en los routers intermedios cualquier recurso asociado es retirado entrando otros flujos a competir por estos recursos.

En una forma similar los reportes de QoS son usados como parte de un proceso de adaptación en marcha que responde a la movilidad y cambios de recursos en la red.

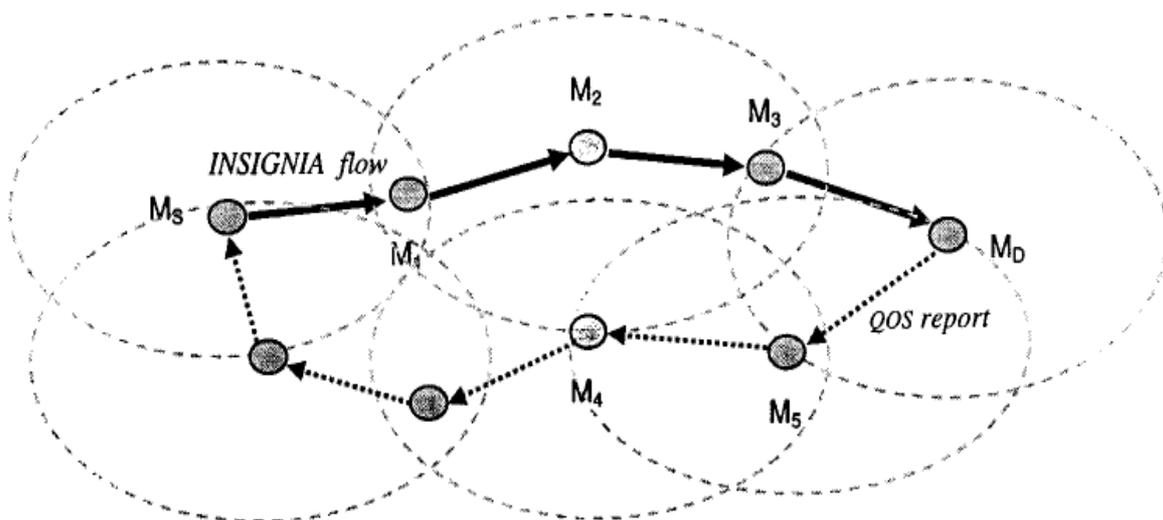


Fig. 3.18 Reporte de QoS⁸⁴

3.5.2.4.9 Manejo de Recurso de Soft State

Las reservaciones hechas en un router intermedio entre fuente y destino son dirigidas por manejo de estado suave.

Un acercamiento al estado suave se utiliza para el manejo de recursos en ambientes dinámicos, donde el camino y la reservación asociada con un flujo pueden cambiar rápidamente.

La transmisión de paquetes de datos es fuertemente acoplada al mantenimiento del estado de flujo (es decir reservaciones). En otras palabras con los cambios de rutas en la red, nuevas reservaciones deben ser restauradas automáticamente por el mecanismo de restauración.

El mejor beneficio de un estado suave es que los recursos destinados durante el establecimiento son automáticamente removidos cuando el camino cambia.

Un vez que el control de admisión ha aceptado el requerimiento para un nuevo enlace el manejo del estado suave inicia un timer asociado al nuevo o reruteado flujo. El timer de estado suave es continuamente refrescado mientras los paquetes asociados al flujo sean periódicamente recibidos en los routers intermedios.

Por el contrario si los paquetes no son recibidos entonces el estado suave no es refrescado y expira con el resultado de quitar cualquier recurso.

Desde que los paquetes de datos son usados para mantener los estados de los nodos intermedios, asociamos la tasa de flujo de datos con el valor del timer de estado suave.

El esquema simplificado setea valores para todos los flujos de la tasa de flujo de datos individual (recomendado 30 segundos).

3.5.2.4.10 Restauración

El flujo es generalmente reruteado cuando el tiempo de vida de las sesiones llevadas a cabo expira por el movimiento del hosts. La meta de restauración de flujo es restablecer la reservación tan rápida y eficientemente como sea posible.

El reruteo activa flujos envueltos en protocolo de ruteo (para determinar una nueva ruta), control de admisión y reservación de recursos para nodos que están a lo largo del nuevo camino.

La restauración también procede a llamar a la eliminación del estado de flujo en los nodos a lo largo del camino viejo. En un caso ideal la restauración puede venir

acompañada con la duración de unos pocos paquetes consecutivos hasta encontrar una nueva ruta alternativa, este tipo de restauración es llamada restauración inmediata.

Si una ruta alternativa no es encontrada la restauración se acopla a los protocolos de ruteo para encontrar una nueva ruta.

Tres tipos de restauración son soportados en la red QoS de INSIGNIA:

- Una restauración inmediata ocurre cuando un flujo reruteado recupera su reservación original, esto es, una reserva en modo máximo es inmediatamente restaurada como un flujo de modo de máxima reserva y un flujo de mínima reserva es restaurado como un flujo de mínima reserva.
- Una restauración degradada ocurre cuando un flujo es degradado por un periodo antes de que recupere su reserva original. Hay dos formas de degradación que un modo de reserva máximo opere como modo de reserva mínimo y/o modo de mejor esfuerzo y eventualmente recupera su estado original; o que un flujo de mínima reserva actúe como flujo de mejor esfuerzo.
- Una degradación permanente ocurre cuando el reruteo nunca recupera su reserva original.

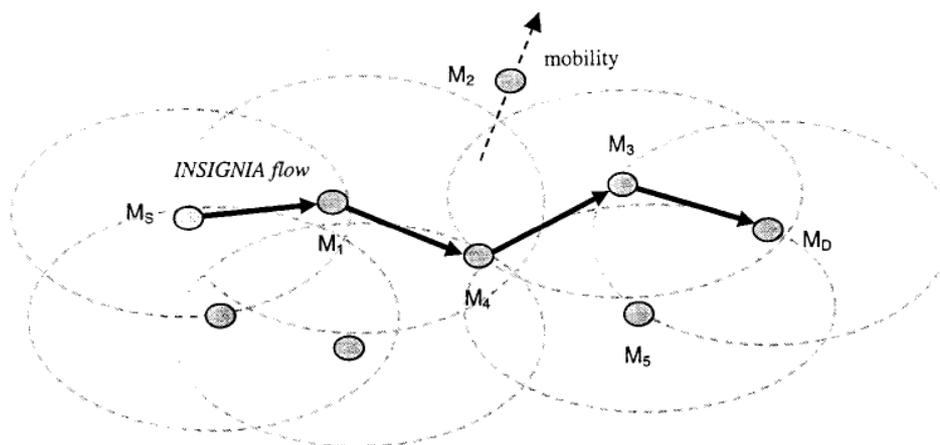


Fig. 3.19 Restauración y Degradación⁸⁵

3.5.2.4.11 Adaptación

La arquitectura QoS de INSIGNIA monitorea activamente los cambios de la red y adapta flujos en respuesta a los cambios observados basado en los cambios de soporte de usuario.

La calidad de recepción de flujo es monitoreada en el nodo destino y se basa en políticas de adaptación específicas para aplicaciones, acciones que son tomadas para adaptar flujos bajo ciertas condiciones observadas.

Las acciones tomadas son condicionales, estas son condicionadas según lo que sea programado dentro de la política de adaptación por el usuario.

Por ejemplo una política de adaptación puede mantener un nivel de servicio bajo condiciones degradadas; otro aspecto de las políticas es que siempre puede subir los flujos adaptivos, inclusive si los recursos no están disponibles.

La aplicación es libre de programar sus propias políticas de adaptación las cuales son ejecutadas por INSIGNIA en interacción con los nodos fuente y destino.

El sistema de señalización de INSIGNIA soporta tres comandos de adaptación que son enviados desde el destino hasta la fuente usando reportes de QoS:

Un comando de salto de escala requiere que el nodo fuente envíe sus paquetes QoS garantizados como paquetes BE. Un comando de salto requiere que el nodo fuente degrade sus paquetes QoS garantizados a paquetes QoS básicos. Un comando de baja escala requiere que un nodo fuente inicie la reservación para su servicio de calidad básica o garantizada.

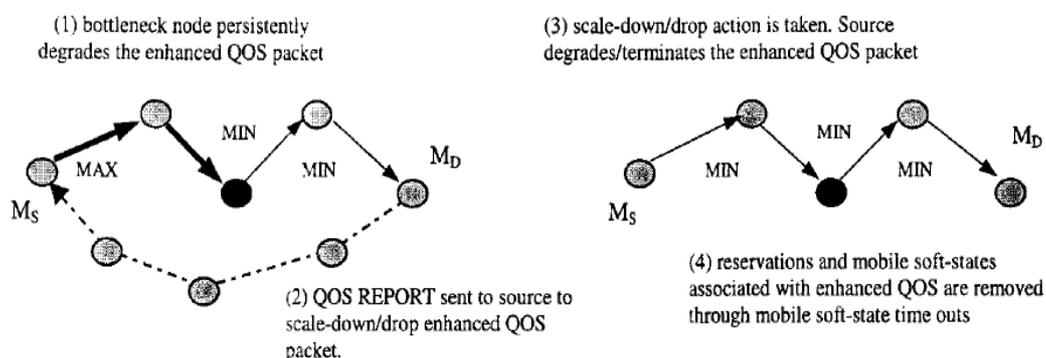


Fig. 3.21 Adaptación⁸⁶

4. CAPÍTULO 4 COMPARACIÓN ENTRE INSIGNIA Y BRAIN

4.1 INTRODUCCIÓN.

Antes de hacer referencia a las tecnologías en cuestión voy a hacer un recuento del problema ampliamente tratado, como es, la satisfacción de niveles de calidad de servicio para redes móviles, como hemos dicho estas redes han tenido un crecimiento geométrico en los últimos tiempos, la tendencia actual nos lleva a la movilidad y velocidad en transmisión de datos.

Esta tendencia conlleva al surgimiento de aplicaciones que cada vez van exigiendo mas satisfacción de parámetros específicos, como son, la transmisión en tiempo real, niveles mínimos de velocidad de transmisión, retardo, interferencia, etc.

Es así que se ve la necesidad de crear arquitecturas y protocolos que satisfagan estas necesidades, algunas de ellas están analizadas en este trabajo y ahora se pretende realizar una comparación entre dos de ellas: INSIGNIA Y BRAIN.

Es importante también establecer parámetros par la comparación de las tecnologías existentes, para así lograr una mayor comprensión de ellas y distinguir fortalezas y falencias, a continuación se detalla un estudio acerca de los protocolos actuales de provisión de QoS y una comparación entre ellos.

4.2 INTEGRACIÓN DE SISTEMAS.

4.2.1 INTRODUCCIÓN⁸⁷

Actualmente somos testigos de una importante variedad de ofertas de redes de comunicaciones móviles inalámbricas con capacidad para ofrecer servicios basados en la Internet (comunicaciones multimedia, comercio electrónico, acceso a Internet, etc.). Entre las tecnologías más relevantes podemos mencionar a las familias de redes de comunicaciones móviles públicas de operación concedida bajo licencia, tales como los sistemas de 2da generación (GSM, CDMA, etc.) y los sucesivos estándares (GPRS, UTMS, etc.) con mayores capacidades de transmisión y conmutación por paquetes que caracterizan a los sistemas de 3ra Generación (3G). Más recientemente, las redes de área local inalámbricas (WLANs) basadas en 802.11, cada vez más rápidas, ofrecen tasas de transmisión de hasta 54 Mbps a menor costo de implementación y sin requerimiento de licencia de operaciones, pero con una cobertura menor y de ámbito privado. Adicionalmente, nuevas tecnologías

de conectividad más flexible, como las redes móviles Ad Hoc (MANET) y de área personal (PANs), permiten la interconexión espontánea y descentralizada entre terminales, sin la necesidad de una infraestructura de telecomunicaciones fija.

Más allá de las comunicaciones de 3G, se espera que los usuarios puedan acceder a los servicios con tasas de transmisión aún superiores, en cualquier momento y lugar. Las entidades y organizaciones de investigación, desarrollo y estandarización principales apuestan por el progreso de las tecnologías mencionadas de forma particular. Por ejemplo, en Japón se inclinan por el ulterior desarrollo de un único estándar global y público como sistema ejemplar de cuarta generación (4G), con velocidades superiores a las facilitadas por los sistemas UMTS y CDMA2000.

En Estados Unidos se impulsa el desarrollo de las WLANs privadas como principal alternativa; sin embargo, en Europa la visión de las comunicaciones de 4G se apoya en la integración de las tecnologías mencionadas, ambas, públicas y privadas, incluyendo los nuevos sistemas MANETs y PANs para escenarios específicos, de gran velocidad de transmisión y sobre una variedad de dispositivos.

Esta última perspectiva europea sobre las comunicaciones de 4G, involucra a todos los sistemas y servicios, el uso eficiente del espectro radioeléctrico y la provisión integral de servicios mejorados y personalizados sobre la red más eficiente o preferida por el usuario en un momento dado. Esta visión centrada en el usuario propone que el mismo tendrá la facultad de estar “siempre conectado de la mejor manera posible” (always best connected, ABC) y de ello se deduce que entre los requisitos técnicos más importantes para este fin se encuentra la integración de todos estos sistemas.

4.2.2 ANÁLISIS COMPARATIVOS DE RECIENTES PROYECTOS DE INTEGRACIÓN DE SISTEMAS Y SERVICIOS.

En el contexto de los recientes programas, marco de investigación y desarrollo tecnológico de la comunidad europea, muchos son los proyectos que se destacan por sus propuestas para la integración de diversos sistemas para la oferta de la Internet Móvil con cualidades características más allá de la 3G.

4.2.3 ACTUALES ESFUERZOS EN INTEGRACIÓN DE SISTEMAS Y SERVICIOS

Con el fin de reconocer las características de los diferentes métodos de integración propuestos, se ha realizado un análisis comparativo de diferentes proyectos

ejemplares que se han realizado sobre integración de sistemas en el marco del Programa de Tecnologías de la Sociedad de la Información (IST) de la Comunidad Europea.

4.2.3.1 Etsi Bran/3gpp:

La propuesta de la ETSI BRAN/3GPP presenta dos niveles de integración, holgada y estrecha, entre las redes tipo UMTS y WLANs, concretamente el estándar Hiperlan/2 (H/2).

El nivel de integración seleccionado por el operador dependerá de las facilidades de implementación en un área dada. En la integración holgada, la información del usuario y la terminal es controlada desde la infraestructura central de la red, independiente de la red de acceso al que esté conectado el usuario. Sin embargo, no se puede realizar un traspaso íntegro entre las redes de acceso de distinta tecnología por que no comparten una señalización común, se asignan direcciones IP distintas y la QoS debe ser renegociada; a diferencia de la integración estrecha que es más compleja e incrementa la señalización en el sistema.

4.2.4 RED INALÁMBRICA IP COMO PLATAFORMA GENÉRICA PARA EL SOPORTE DE SERVICIOS BASADOS EN LA LOCALIZACIÓN (WINE GLASS):

El proyecto WINE GLASS tiene como objetivo ofrecer servicios con soporte de QoS basados en la localización del usuario en un ambiente heterogéneo de redes integradas UMTS y WLANs. Se basa en el uso de diferentes mecanismos ofrecidos por IPv6 como la gestión de QoS tipo DIFFSERV (sólo en la UTRAN) y la movilidad. En esta aproximación, la terminal realiza el marcado de los paquetes que ingresan en la UTRAN después de realizarse el control de admisión correspondiente. En cambio en las WLANs no se aplica al soporte de QoS.

4.2.4.1 Movilidad y Servicios diferenciados en una red IP Futura (Mobydick):

El objetivo principal de MobyDick es establecer de manera cuantitativa y cualitativa si la arquitectura TCP/IP (IPv6) puede reemplazar los mecanismos ofrecidos por las redes móviles orientadas a la conexión en un entorno heterogéneo. Por lo tanto, en este proyecto se proponen mecanismos de AAA, QoS y seguridad integrados con este fin.

4.2.5 SISTEMA MULTI-SEGMENTO PARA EL ACCESO UBICUO DE BANDA ANCHA DE SERVICIOS DE INTERNET Y DEMOSTRADOR (SUITED).

SUITED estudia como la movilidad basada en IP puede ser usada para dar soporte al traspaso entre diversos sistemas (redes de acceso terrestres y satelitales) componentes de una red amplia denominada Sistema de Banda Ancha Móvil Global (GMBS). La iniciativa se basa principalmente en una infraestructura de red multi-segmento y una terminal multi-modo capaz de operar íntegramente en ambos tipos de redes de acceso.

4.2.6 ACCESO DE RADIO DE BANDA ANCHA PARA REDES BASADAS EN IP (BRAIN) Y DESARROLLOS DE REDES BASADOS EN MOVILIDAD IP (MIND).

El proyecto BRAIN y su continuación en MIND tienen como objetivo proveer servicios multimedia de banda ancha (BA), hasta 20 Mbps, totalmente adaptables a las condiciones de los usuarios móviles sobre distintos tipos de redes integradas (GPRS/UMTS, H2, PANs y MANETs). Su arquitectura de red integrada está basada en el IP y provee mecanismos de QoS de extremo a extremo. Proveen, también mecanismos particulares de gestión de movilidad, QoS, AAA y seguridad integrados a pesar de que la arquitectura es lo suficientemente flexible como para aceptar protocolos estándares de la IETF.

4.2.7 TERMINAL UBICUO TRANSPARENTEMENTE RE-CONFIGURABLE (TRUST) Y AMBIENTE DE COMUNICACIONES CENTRADA EN EL USUARIO (SCOUT).

Las principal característica de los proyectos consecutivos TRUST y SCOUT es la utilización de re-configuración en las redes de acceso, permite una alta integración (estrecha). Esto se traduce en una interconexión íntegra de redes, una mejor planificación del uso del radio espectro y soportes mejorados de QoS y movilidad que intentan resolver distintos vacíos dejados en la propuesta ETSI BRAN/3GPP.

4.2.8 CONVERGENCIA FLEXIBLE DE SERVICIOS Y ESTÁNDARES INALÁMBRICOS (FLOWS).

El proyecto FLOWS se parece a los anteriores en que utiliza una red de acceso común IP al que están integradas diversas redes de comunicaciones móviles terrestres. Sin embargo se caracteriza por el aprovechamiento de la flexibilidad ofrecida por las técnicas de radio Múltiple Entradas/Múltiples Salidas (MIMO) para la convergencia de los estándares inalámbricos.

4.2.9 TECNOLOGÍA FUTURA PARA EL ENTORNO DE RADIO UNIVERSAL (FUTURE).

Fuera del contexto del IST, FUTURE es un proyecto promovido por el Programa Nacional de Investigación de Alta Tecnología China. Su objetivo es la investigación de tecnologías claves para el desarrollo de una interfaz de aire para sistemas de comunicaciones más allá de la 3G y de la 4G. Cubre distintos temas de investigación, p. Ej., WLANs y MANETs, técnicas de RF y MIMO, redes Ad Hoc basados en 3G, IPv6 en núcleo de la red móvil y otros con importantes contribuciones a organizaciones como el 3GPP2. En cuanto a integración de sistemas, FUTURE ofrece nuevos métodos de traspaso y acceso al medio compatible con futuras redes basadas en IP y redes inalámbricas estándar.

4.2.10 COMPARACIÓN DE LAS ARQUITECTURAS DE INTEGRACIÓN DE SISTEMAS Y SERVICIOS

El análisis comparativo de los proyectos considerados en la lista anterior sirve para la deducción de requisitos importantes para el diseño de una arquitectura de integración de servicios y sistemas para las comunicaciones de 4G.

Siguiendo este procedimiento, se han encontrado similitudes y diferencias entre los proyectos en distintos aspectos como los tipos de redes de acceso contemplados, el nivel de integración en los distintos planos de control, los niveles de acoplamiento de la QoS y la movilidad, el traspaso vertical alcanzado y los esfuerzos relacionados con la adaptabilidad y re-configurabilidad.

De acuerdo con los tipos de redes de acceso integrados en los proyectos revisados, a excepción de SUITED, la mayor parte se concentra en la integración de redes de acceso terrestres 3G y WLANs, también la integración de las redes emergentes MANET y PANs empiezan a ser tomadas en cuenta.

Otras diferencias y similitudes fueron encontradas en la integración de los planes de control y gestión. Por ejemplo, el proceso de traspaso entre tecnologías (traspaso vertical), es gestionado en las capas superiores (Ej., en la capa IP o la de sesión) en las iniciativas en una alternativa provista por ETSI BRAN, en BRAIN/MIND y en WINE GLASS. Esta aproximación puede ser considerada como un método de baja integración, en contraste con los métodos que gestionan el traspaso vertical en la capa física y de enlace, que pueden ser considerados como mecanismos de integración alta.

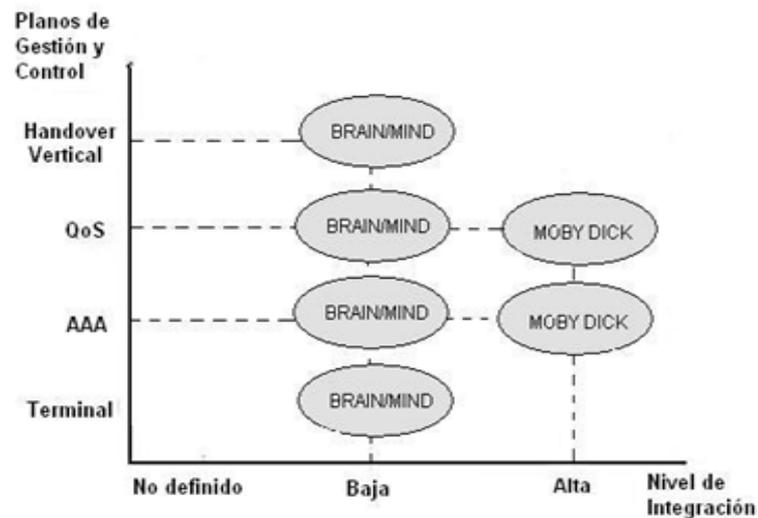


Fig. 4.1 Comparación de los tipos de redes de acceso contemplados en los proyectos analizados⁸⁸

La mayoría de las aproximaciones utilizan una estrategia de integración sencilla o baja para el soporte de QoS de extremo a extremo sobre redes heterogéneas a través de la correspondencia (mapping) de los parámetros de QoS, a diferencia de los que, como TRUST/SCOUT y MobyDick, proponen el uso de un conjunto común de clases de QoS.

Algunas iniciativas eligen una baja integración de los sistemas de autenticación, autorización y facturación (AAA), usando distintos mecanismos en cada red de acceso permitiendo el intercambio de información de las bases de datos AAA. Sin embargo, ETSI BRAN, WINE GLASS y MobyDick, se inclinan por el uso de un sistema común (protocolos y bases de datos). Finalmente, la arquitectura del terminal en cuanto a los niveles inferiores a la capa de red establece la diferencia entre dos grupos, los proyectos que proponen el uso de terminales multi-modo con una interfaz para cada red de acceso, y las propuestas que prefieren el uso de terminales multi-modo que usan la misma interfase para las distintas tecnologías de radio acceso. Entrás éstas últimas se encuentran FUTURE, FLOWS, MOBIVAS y SUITED y representan un mayor grado de integración.

Otros aspectos importantes abordados en los proyectos son las estrategias elegidas para efectuar el traspaso en la red de acceso (traspaso horizontal) y el soporte de QoS durante la movilidad, incluso el acoplamiento entre ambos mecanismos.

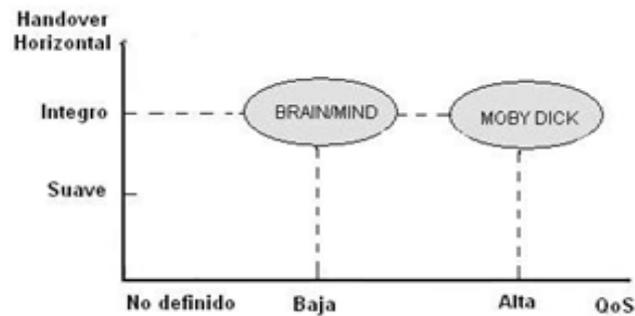


Fig. 4.2 Integración de Control y Gestión de las redes heterogéneas estudiadas.⁸⁹

El objetivo de la mayoría de los proyectos ha sido el soporte de un traspaso íntegro, que reduce tanto la pérdida de los paquetes, como el tiempo de desconexión de la terminal. Sólo FUTURE provee traspaso suave, que se preocupa únicamente por reducir las pérdidas de paquetes. Algunas iniciativas extienden la gestión del traspaso con distintos niveles de acoplamiento con el soporte de QoS,

Este objetivo tiene como propósito reducir el tiempo del restablecimiento de QoS ofrecido inicialmente a la terminal después de un evento de traspaso. El acoplamiento más estrecho se logra cuando la señalización intercambiada durante el traspaso entre red y terminal es usada para activar los mecanismos de QoS.

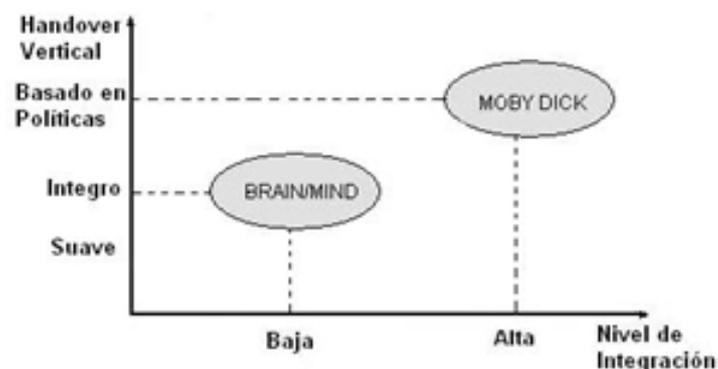


Fig. 4.3 Niveles de acoplamiento logrados entre los mecanismos de QoS y Gestión de movilidad en el traspaso horizontal.⁹⁰

En los proyectos recientes, la gestión del “traspaso vertical basado en políticas” ha despertado especial interés. En éste, los nodos móviles ejecutan el traspaso de una a otra red siguiendo otras directrices distintas a las de las condiciones de radio.

Éstas pueden ser las preferencias del usuario como el costo, cualidades de QoS requeridas o al despeño de la red, distribución del tráfico, etc.

En la Figura 4.4 se muestran términos del mecanismo de traspaso entre distintas tecnologías de redes de acceso (traspaso vertical).

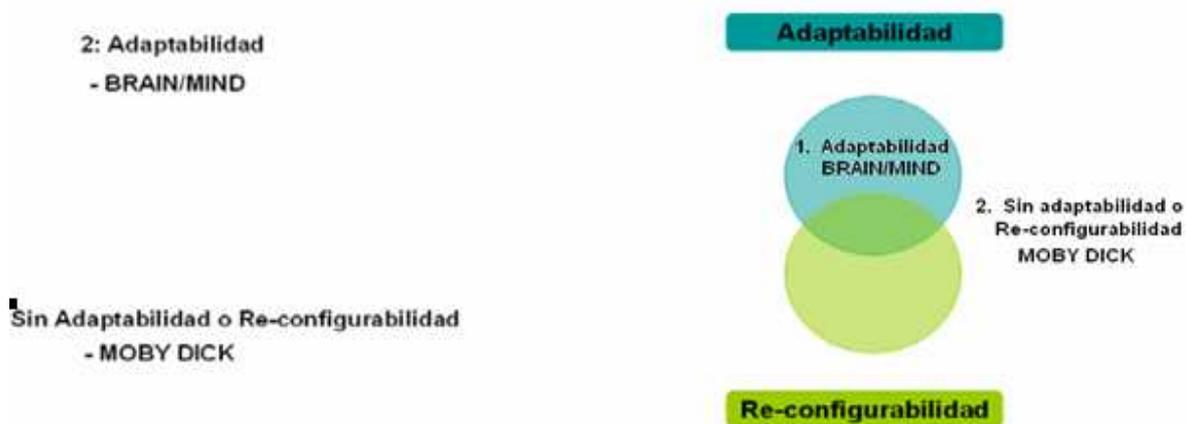


Fig. 4.4 Clasificación de los tipos de traspaso vertical utilizados en distintos proyectos.⁹¹

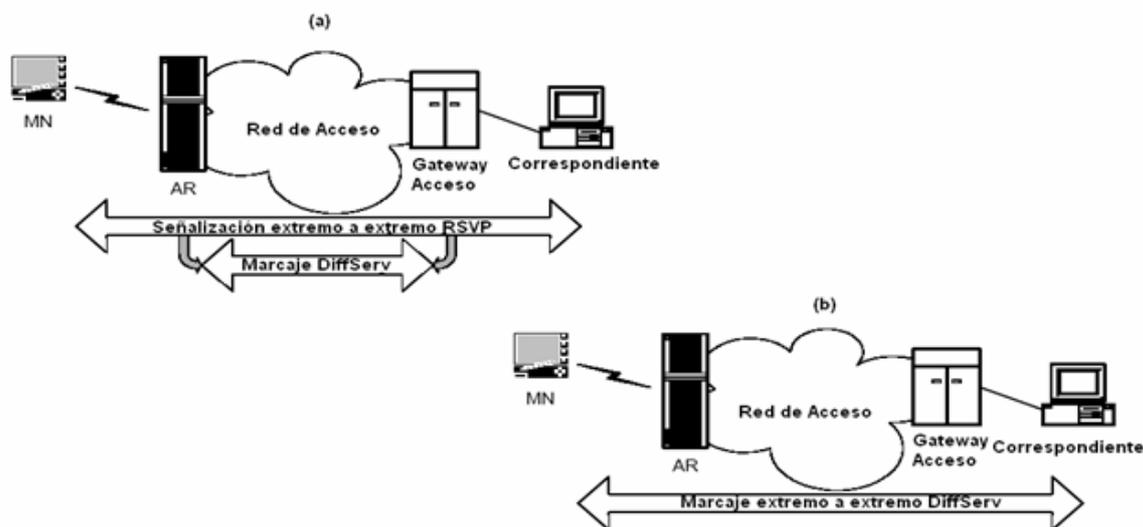


Fig. 4.5 Esfuerzos orientados a la Re-configurabilidad y Adaptabilidad realizados en varios proyectos.⁹²

En una última comparación, los proyectos son agrupados en términos de sus esfuerzos en el ámbito de la adaptabilidad y la re-configuración. Algunos proyectos introducen la adaptabilidad, como un método para superar los cambios experimentados por los servicios durante la movilidad, provee la habilidad a los

nodos de comunicación para cambiar dinámicamente entre estados predefinidos. Por otro lado, la re-configurabilidad es la capacidad de un nodo de comunicación de cambiar de un estado a otro nuevo que nunca antes había existido, dependiendo de las interacciones externas previas.

4.3 BRAIN

El objetivo básico del proyecto BRAIN en el área de las redes de acceso ha sido el diseñar una red de acceso basada en IP la cual soporte nuevas interfaces aéreas (por ejemplo Wireless LANs), añadiendo funcionalidad para permitirles complementar a los sistemas de tercera generación. Las principales funciones de esta red de acceso incluyen manejo de micromovilidad IP y manejo de calidad de servicio para proveer un servicio transparente y adaptación QoS, por ejemplo, al deteriorarse una señal de radio o al empobrecerse el ancho de banda en un *handover*.

En términos de capas, la red de acceso BRAIN esta restringida al puro transporte de datagramas IP con QoS asegurada, seguridad y *handover* transparente (movilidad del terminal); todas las funciones en capas superiores son transparentes. Dado que inicialmente ayudo al soporte de HIPerlan/2 y otros sistemas WLAN, el proyecto BRAIN se supone es adaptable para el caso de IP sobre otras interfaces aéreas. Esto se logra mediante una mejorada capa IP en los terminales y en algunas partes de la infraestructura de la red de acceso, la cual usa los servicios provistos en una interface genérica de servicios IP hacia Wireless IP2W. El mejoramiento o la adaptación para soportar IP2W son provistos por una capa específica de convergencia de interfaz aérea que le pertenece.

4.3.1 DRiVE

DRiVE introduce el diseño de una cubierta para la arquitectura de red que consiste de dos partes: el backbone y sistemas de acceso por radio individuales. Este proyecto ha sido manejado por dos objetivos fundamentales: primero, dejar los sistemas de acceso por radio intactos tanto como sea posible y segundo, proveer (vía backbone) una infraestructura para la cooperación entre sistemas de acceso (por ejemplo, para soportar control y distribución de tráfico o negociaciones dinámicas de asignación del espectro).

La segunda parte de la arquitectura consiste de sistemas de acceso independientes para redes particulares. La idea es que cada sistema de acceso tenga una interfaz hacia el backbone DRiVE con un sistema entallado denominado DRiVE Interface Unit (DIU), el cual implementa un conjunto de funciones necesarias en nombre de la red de acceso.

De aquí que, visto desde el punto de vista del backbone DRiVE todos los sistemas de acceso son iguales.

El sistema de acceso contiene un Nodo de Manejo de Tráfico (TMN) y un Nodo de Asignación del Espectro (SAN). Nótese que DRiVE soporta cualquier configuración del backbone de la red de acceso por parte de los operadores. Como extremo se tendría la situación de que un solo operador administre el sistema completo. Sin embargo, un escenario preferible es tener cada parte operada por diferentes operadores.

4.3.2 WINEGLASS

Tanto para GPRS como para UMTS el presente trabajo considera el problema de IP como dos cuestiones separadas: provisión de conectividad hacia Internet a la estación móvil y el uso de tecnología IP al interior de la red móvil. Estos dos aspectos no son integrados, cada uno juega su propio rol en capas separadas. El proyecto WINEGLASS está desarrollando una profunda integración entre los sistemas móviles e IP. La idea básica adoptada es re-usar el estado del arte de UTRAN y añadirle directamente a un Mobile IPv6 mejorado a través de una interfaz estándar. Los nodos GPRS en el núcleo de red ya no están presentes, en lugar de ellos se requieren router especializados de borde. Este trabajo está activo gracias a la completa separación alcanzada por UMTS entre NAS (Non Access Stratum) y AS (Access Stratum protocols an functionally)

Las mejores ventajas de este proyecto se relacionan con aspectos de sesión movilidad y autenticación, los cuales ya no se duplican tanto en los niveles IP como en UMTS. Esto también permite una integración más fácil con otras tecnologías IP de acceso, tales como WLAN o Lan fija. Este proyecto provee nuevas oportunidades al consumidor final y al proveedor de servicio. Por ejemplo, la autenticación se convierte en un servicio de red usando UMTS SIM y el usuario no

se halla ya forzado a cumplir con una doble autenticación en UMTS y en los niveles de aplicación. Conceptos similares se aplican a las cuestiones de movilidad.

4.3.3 COMPARACIÓN DE ARQUITECTURAS

A primera vista, las arquitecturas presentadas y su comparación presentan un arreglo desconcertante de opciones y alternativas y parece difícil de evaluar si existen conclusiones útiles que sacar. Sin embargo, análisis posteriores revelan algunas similitudes importantes especialmente cuando se comparan a las actuales arquitecturas de 3G y algunas diferencias igualmente importantes apuntando hacia áreas que requerirán estudios posteriores. Las conclusiones más importantes se detallan a continuación:

- La mayoría de proyectos asumen arquitecturas y protocolos del estilo de IETF AAA. Dentro de la infraestructura de red, en algunos casos existe un vago acoplamiento con otras funciones, pero la cuestión de una integración más cerrada entre AAA y QoS/movilidad se reconoce como un problema abierto.
- Donde los proyectos consideren soporte para interfaces aéreas heterogéneas, la prominencia es dada a los límites entre capas en y bajo la capa IP para optimizar las interacciones entre capas (principalmente para QoS y movilidad).
- El mayor trabajo realizado en este aspecto es en BRAHMS y BRAIN: el primero ha definido una capa genérica de convergencia para todos los sistemas satelitales mientras el segundo asume optimizaciones dentro de IP y ubica lo demás dentro de una capa específica de convergencia. El modelo tradicional OSI menciona vagamente el tema de QoS y redes móviles y no está claro si este trabajo apunta a un modelo de capas más sofisticado para futuros sistemas.

4.3.4 QoS BRAIN

El grupo de trabajo de la IETF de Servicios Integrados sobre Capas Enlace Específicas ISSLL (Integrated Services over Specific link Layers) determinó una estructura para enviar tráfico RSVP controlado a través de redes de Servicios Diferenciados DIFFSERV para dar a los usuarios QoS asegurada.

Esta estructura provee un poderoso mecanismo para permitir a la vez peticiones de recursos por aplicación a través de RSVP y agregación de flujos en el núcleo de

red. El estado de los recursos, o el conocimiento de la disponibilidad de los recursos es necesario sea mantenidos solo en los routers del borde de red y en un Broker de ancho de banda BB (Bandwidth Broker)

Además de la reservación señalizada por aplicación, la presente arquitectura también permite un marcaje directo DIFFSERV Code Point DSCP para aplicaciones que no son QoS y RSVP-aware, pero el usuario podría querer recibir algún servicio mejor para estos intercambios de datos, por ejemplo los flujos de VoIP basados en RTP. El marcaje directo puede indicar alguna prioridad relativa, por ejemplo, Envío Asegurado (AF, Assured Forwarding), pero nada prohíbe que el operador de la red disponga directamente valores para el campo DSCP para servicios predefinidos, como valores para 64, 125 y 256 kbps para baja latencia y un ancho de banda asegurado.

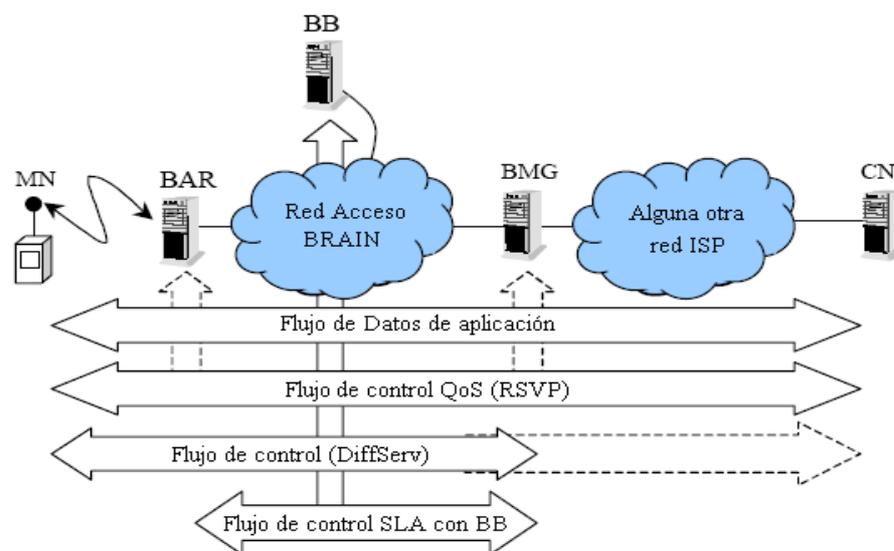


Fig. 4. 6 Los nodos QoS-aware y la señalización QoS⁹³

En una vía, para flujos unicast, las transferencias señalizadas RSVP consiguen una conexión de circuito conmutado (CS *Circuit Switched*), mientras los flujos directamente trazados consiguen un servicio de prioridad mejorada de paquetes conmutados (PS *Packet Switched*).

En una conexión CS, siempre existe una fase inicial de establecimiento de la conexión antes de la transferencia de datos. Con RSVP, la conexión virtual de CS es unidireccional, dos fases de establecimiento son requeridas para una conexión dúplex. La transferencia directamente trazada es menos confiable debido a la

carencia de establecimiento de una reservación dedicada, pero más rápida para iniciar.

Desde estos puntos de vista el problema de la interoperabilidad de la micromovilidad y QoS es fundamentalmente un problema de provisión de conexiones móviles CS, las conexiones PS deberán entonces no crear problemas adicionales. El componente BAR es el primer nodo basado en IP al cual arriba el flujo originado por un NM (o el último nodo basado en IP antes del NM para una transferencia saliente). El BAR está a cargo de la coordinación de recursos para las estaciones base bajo su control. El BAR tiene una interfaz para cada una de sus estaciones base y puede, por consiguiente, hacer una asignación de recursos por estación base; para el BAR una estación base es solo una de sus interfaces en la dirección del enlace saliente.

El nodo BAR tiene mucha de la funcionalidad propia del nodo de ingreso DIFFSERV actualizado con la funcionalidad necesaria para soportar la señalización RSVP y el manejo de Nivel de Acuerdo del Usuario (*SLA Service Level Agreement*).

El Gateway de Movilidad BRAIN (BMG) tiene mucha de la funcionalidad de un BAR pero para los flujos que arriban desde redes externas.

Tipo	Origen	Disponibilidad
Basado en RSVP	Nodo Móvil	Si, mejorado con el objeto DCLASS
Basado en RSVP	Nodo Correspondiente	Si, el BMG hace la clasificación
No basado en RSVP	Nodo Móvil	Si, a través del marcaje directo DSCP
No basado en RSVP	Nodo Correspondiente	No, el NM necesitaría proveer al BMG con algunas indicaciones de QoS, posiblemente con el mismo objeto DCLASS

Tabla 4.1 Aseguramiento de envío para flujos⁹⁴

El uso del objeto DCLASS RSVP es solo aplicable para transferencias entrantes, debido a que el nodo correspondiente "NC" puede que no sea capaz de manejar el objeto DCLASS. Incluso si el objeto DCLASS es usado de extremo a extremo puede que el propuesto DSCP no persista en toda la ruta desde el NC hasta el BMG. Por consiguiente, el BMG debe hacer la clasificación multicampo para los paquetes de salida tan bien como pueda, incluso en presencia de tunnelling IP.

Para aplicaciones sin reserva RSVP, una herramienta de control de QoS puede permitir al usuario realizar peticiones de un servicio mejor que el del mejor esfuerzo para ciertos flujos marcando los paquetes de flujos escogidos con el DSCP apropiado. Los servicios iniciados por el DSCP podrían ser configurados a través de la configuración dinámica normal del NM cuando entra a un dominio. Esto continua dejando que los flujos no-RSVP arriben al NM. El nodo móvil podría necesitar algún mecanismo para iniciar el marcaje DSCP apropiado y el PHB en el BMG. En caso de una para de los recursos en cierta clase de servicio no-RSVP, el NM podría necesitar ser informado de la congestión existente. Esto podría ser realizado con un mensaje ICMP, preferiblemente durante la fase de control de admisión antes de que un nuevo flujo sea incluso admitido en la red.

4.4 INSIGNIA

La arquitectura esta basada en una señalización en banda y manejo de asignación de recursos soft-state, que satisfacen bien una calidad de servicio de extremo a extremo en ambientes muy dinámicos donde la topología de la red, conectividad del nodo, y calidad de servicio son variables en el tiempo.

Arquitectónicamente INSIGNIA se diseña para soportar reservación rápida, restauración y la adaptación de extremo a extremo basada en la flexibilidad inherente y robustez, además de la escalabilidad encontrada en redes IP. Se evalúa la arquitectura prestando atención particular a la actuación del sistema de señalización de en banda que ayuda dinámicamente a la red de tiempo variante en apoyo de la entrega de servicios adaptables.

4.4.1 COMPARACIÓN DE PARÁMETROS ENTRE BRAIN E INSIGNIA

- El objetivo básico del proyecto BRAIN en el área de las redes de acceso ha sido el diseñar una red de acceso basada en IP, así mismo la arquitectura de

red INSIGNIA lo que pretende es conseguir una red de acceso y un manejo basado en todo IP.

- En términos de capas, la red de acceso BRAIN esta restringida al puro transporte de datagramas IP con QoS asegurada, seguridad y *handover* transparente (movilidad del terminal); todas las funciones en capas superiores son transparentes, INSIGNIA se basara en el protocolo que opere sobre ella, pero la intención es también hacer una diferenciación entre servicios.
- BRAIN pretende realizar una diferenciación de clases en los diferentes tipos de aplicaciones, dando tipos A,B,C y D, la arquitectónicamente INSIGNIA se diseña para soportar reservación rápida, restauración y la adaptación de extremo a extremo basada en la flexibilidad inherente y robustez además la escalabilidad encontrada en redes IP
- Para BRAIN la mayor dificultad en la capa de red esta en la interacción entre el soporte de QoS y la movilidad, la capa de red de INSIGNIA maneja así mismo soporte de QoS y , movilidad, de acuerdo con el protocolo e interfaces de capas que sean utilizados.
- BRAIN pretende seguir con el modelo de capas, así mismo NSIGNIA propone un modelo de capas e interfaces para la interacción de las mismas.
- BRAIN propone dos interfaces genéricos uno en la capa de enlace y otro para las aplicaciones.
- El objetivo principal de la red de acceso del BRAIN (BAN) es presentar la red de acceso inalámbrica como si se tratara de una red de acceso a Internet fija normal. , INSIGNIA utiliza una red de acceso basada en nodos de servicio los que proveen sistemas de control de acceso.
- La capa de red de BRAIN se basa en dos interfaces para este propósito: El primero se sitúa encima de los protocolos de transporte y red y proporciona un soporte mejorado a las aplicaciones, necesario en el entorno móvil; permite una negociación extendida de información de QoS entre las aplicaciones y las capas inferiores, incluyendo la renegociación de las sesiones activas. Sólo existe en los terminales BRAIN. El Segundo interfaz especializado sirve para unir la capa IP con las capas inalámbricas, de ahí su nombre IP2W (IP to wireless) y se encuentra tanto en los terminales como en los routers de acceso. Mientras que la arquitectura de QoS de INSIGNIA se presenta como compuesta de dos partes diferenciadas: una arquitectura

básica (ISSLL) mas una serie de mejoras que pueden ser aplicadas en entornos y componentes muy variados.

- En INSIGNIA se prioriza la entrega de QoS sobre las tasas de transferencia, mientras que BRAIN pretende realizar una compensación entre soporte de QoS y servicios reservados y asegurados.
- Las aplicaciones adaptivas de INSIGNIA de voz y video que operan en redes celulares son capaces de responder a la pérdida de paquetes, retraso (jitter), los cambios en el ancho de banda disponible y handoff mientras mantienen cierto nivel de calidad de servicio. BRAIN proporciona estas aplicaciones adaptivas, que son muy necesarias para la consecución de la red transparente.

Identificando los protocolos de micro movilidad se llega a la distinción de tres líneas de protocolos que pueden formar la base del futuro proyecto BRAIN.

El protocolo BRAIN 1 es un protocolo multinivel con rastreo de localización distribuida que utiliza paquetes estándar IP sin tunnelling o ruteo de la fuente.

El protocolo BRAIN 2 es un protocolo de un nivel en el cual un gateway central mantiene el rastro de los nodos móviles y utiliza tunnelling o ruteo de fuente para entregar paquetes al actual punto de conexión.

El protocolo BRAIN 3 es un híbrido que utiliza múltiples niveles de jerarquía y tunnelling al mismo tiempo.

Los tres protocolos anteriores representan un pacto entre las propiedades deseables del protocolo, tales como fácil despliegue, escalabilidad, habilidad para el soporte QoS, etc. La selección del protocolo adecuado para su uso en una Red de Acceso BRAIN depende primordialmente del escenario exacto y del pacto que se prefiera.

Se ha realizado un estudio de las diferentes soluciones brindadas para la satisfacción de QoS en redes móviles, es evidente que la tendencia es a todo IP.

Al realizar un análisis del proyecto BRAIN notamos que su factibilidad es bastante notable, ya que provee varios mecanismos adaptables a la cambiante topología de las redes inalámbricas, además de una gran adaptabilidad a las otras tecnologías.

Además de estas ventajas BRAIN y sus extensiones sobre todo MIND, intentan solucionar el gran problema de la calidad de servicio en las redes inalámbricas, tomando muy en cuenta la necesaria estabilidad entre servicios reservados y de mejor esfuerzo, ya que la mucha tendencia hacia unos provoca un déficit en términos de recursos del canal, mientras que los de mejor esfuerzo no brindan un nivel satisfactorio de calidad de servicio.

Por todas esas características se puede decir que BRAIN es una propuesta viable y de gran ayuda para la satisfacción de los problemas inherentes en las redes Ad Hoc. Al hablar de INSIGNIA hablamos de una arquitectura de red para QoS basada en IP, INSIGNIA provee determinados parámetros de diseño de una arquitectura de red, los cuales son tomando en cuenta la interacción con los protocolos existentes.

Existen ciertas particularidades importantes de INSIGNIA como son los parámetros de diseño basados en servicios brindados, ruteo, señalización, y la serie de aplicaciones que esto implica.

Una parte importante de INSIGNIA es el manejo que da a la cabecera de IP y la cantidad de información que en ella se introduce, permitiendo así dar seguridad al funcionamiento y respuestas rápidas a los cambios y problemas que estos producen.

La adaptabilidad de INSIGNIA es grande pero depende mas de los protocolos que interactúen con ella; así que su factibilidad de aplicación es grande, ya que provee una gran cantidad de parámetros y lineamientos para el diseño, pero su funcionabilidad o el éxito conseguido dependerá en gran parte de los protocolos interactuantes, pudiendo ser uno de ellos el mismo BRAIN.

Esta arquitectura provee tanto reservaciones directas RSVP como reservaciones indirectas DIFFSERV para QoS para soportar las diferentes aplicaciones. Es una arquitectura escalable y provee garantías de extremo a extremo, junto con garantías dentro de una única BAN, entre dos NMs. El uso de DIFFSERV en redes de acceso deja mucho espacio para evoluciones independientes de esquemas de micro movilidad, aunque algunos problemas de diseño de micro movilidad que aparecieron, pueden tener un efecto negativo en el desempeño global de la red. La arquitectura presentada solo requiere un nuevo protocolo para el manejo de peticiones QoS durante el *handover*, otros protocolos necesarios han sido ya definidos por el IETF.

	BRAIN	INSIGNIA
Interoperabilidad	Núcleo IP, interfaz aérea HIPERLAN2	Protocolos basados en IP
Base de la clasificación de Tráfico	Algunos campos de cabecera	El campo Opción IP (19 bits) de la cabecera IP
Tipo de diferenciación del servicio	Servicios Asegurados o de mejor esfuerzo	Aseguramiento absoluto o relativo
Control de admisión Router de Acceso	BAN BAR	MAC Medio de Control de Acceso Nodo de Servicio
Protocolo de Señalización Coordinación para la diferenciación de servicio	(RSVP) Extremo a extremo	Dependiente de los parámetros de diseño Extremo a extremo
Interfaces entre capas	IPW2 Mediante protocolo	No determinado
Reservación de flujo	RSVP	Mensajes RESV
Escalabilidad	Limitado por el número de Clases de Servicio	Limitado por el número de clases de servicio
Direccionamiento	Mediante direcciones asignadas validas en toda la red	Mediante modulo de envío Similar al existente en redes IP
Manejo de red Clasificación de Paquetes	Basado en redes IP Por diferenciación	Mediante Modulo de Clasificación de Paquetes
Arquitectura de QoS	BRENTA	Nodo de Servicio

Tabla 4.2 BRAIN e INSIGNIA

5. CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis del problema de la Calidad de Servicio en redes inalámbricas es ampliamente discutido y analizado, más sus soluciones o intentos de solución son bastante complicados, en este trabajo se procuró recoger una parte de las tecnologías y estándares que están siendo utilizados con relación a este problema; de los resultados obtenidos se puede notar que la cantidad de tecnologías es amplia y sobre todo que los servicios o formas de solución del problema son parecidas, la tendencia todo IP es general y la clasificación de servicios es un método muy utilizado y útil, cuando se quiere mantener ciertos niveles de QoS.

En este trabajo se ha analizado ampliamente la provisión de calidad de servicio, más bien ha sido el tópico central de dicho trabajo.

El proveer calidad de servicio para redes que transportan paquetes a través de redes Ad Hoc necesita tomar en cuenta ciertas consideraciones, como son la satisfacción de velocidad de transmisión, usuarios en la red, equipos presentes, etc.

Además de los típicos problemas encontrados en redes inalámbricas se deben enfrentar problemas inherentes a las redes Ad Hoc, como son la movilidad, la seguridad y administración de la red, lo que se torna difícil en vista de la movilidad.

Las redes Ad Hoc son heterogéneas por naturaleza, con algunos tipos de terminales con un conjunto de capacidades QoS variantes. Se requieren medios para auto-configuración, de tal manera que los distintos terminales puedan acordar en un mecanismo de QoS para apoyar servicios de transporte específicos.

Las redes Ad Hoc son más susceptibles de ataques de seguridad que las redes fijas.

Se ha analizado varios proyectos llegando a ciertas conclusiones, la tendencia actual definitivamente es a todo IP, lo que es comprensible, ya que los servicios actuales se basan principalmente en el acceso, o propiedades particulares de Internet, la convergencia existente entre servicios en tiempo real y las aplicaciones con menos necesidad de recursos son inherentes a la red ya que proveen aplicaciones específicas para una infinidad de usuarios.

La actual tecnología IPv4 es obsoleta para la red, así que la creación de la nueva tecnología IPv6 induce un mejoramiento en el nivel de servicios, así mismo, es la

base para la creación de las tecnologías que interactúan en una red, tanto es así que todas las tecnologías analizadas proveen servicios basados en IP o por lo menos adaptabilidad a ellos.

Las redes móviles son un gran reto para la provisión de servicios garantizados, reto que al parecer se está cumpliendo plenamente, con sus respectivos problemas y limitaciones, la afluencia de nuevas tendencias y tecnologías es constante, cada vez se crean más y mejores métodos de control y de caracterización de las redes móviles, así tenemos mejoras en velocidad, seguridad y en general en todos los ámbitos posibles que se implementan regularmente.

Para la provisión de calidad de servicio es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros, uno de ellos y al parecer uno de los más importantes es como se trata al tipo de servicio que se va a ofrecer en la red, se analizó la tendencia en este sentido y va hacia los servicios integrados o los servicios Diferenciados.

La diferencia entre estas dos formas de brindar servicios es simple, mientras la una (INTSERV) provee solo servicios de un tipo, DIFFSERV se encarga de hacer la caracterización de cada tipo de servicio o más bien dicho, ofrece varios tipos de servicio cada uno asociado a una limitada cantidad de recursos.

INTSERV y DIFFSERV, proveen a su manera las garantías QoS: INTSERV provee garantías por flujo y con un establecimiento previo de la ruta lo cual le supone un buen comportamiento en términos de granularidad de servicio y de seguridad pero representa un pobre desempeño en parámetros como escalabilidad y velocidad. DIFFSERV por su parte provee garantías por agregado de flujo y por salto. Esta propuesta presenta una buena escalabilidad y velocidad en el establecimiento de la transferencia pero le resta prestancia en granularidad, seguridad y respuesta a los cambios. Cabe señalar que la escalabilidad del protocolo de ruteo es un problema fundamentalmente diferente de la escalabilidad del modelo de servicio.

Al parecer las redes más beneficiosas serían las que logren un compendio entre estos dos tipos de servicios, es decir, clasificarles y asignarles una cierta cantidad de recursos, pero sin que esto genere una cantidad desmesurada de información añadida a la cabecera de los paquetes.

Es importante que las tecnologías trabajen con protocolos adecuados para la administración de recursos, es así que al tener servicios diferenciados, sería inútil si todos los usuarios pretenden tener enlaces con el máximo de recursos asignados, por lo que se hace indispensable la utilización de un control de admisión, clasificación y manejo de tráfico.

Se han analizado algunas arquitecturas en este trabajo siendo las más importantes BRAIN Y MobyDick, estas arquitecturas demuestran una gran capacidad de funcionamiento, así como de adaptabilidad y escalabilidad en las redes inalámbricas. Además son el resultado de un desarrollo exhaustivo, hay muchas investigaciones y pruebas realizadas en su entorno.

Otra parte muy importante de estas arquitecturas son las de más desarrollo, es así que BRAIN, tiene varios proyectos desarrollados a raíz del primero y sobre todo una extensión para redes Ad Hoc llamada MIND, lo que satisface de mejor forma el cumplimiento de los niveles de QoS que se pretende entregar.

Las propuestas INTSERV y DIFFSERV se basan en la red de acceso y en el núcleo de la red, respectivamente.

La clave de muchas de las tecnologías analizadas es el poder trabajar con protocolos de señalización, ruteo y manejo de tráfico, ellas apuestan a la interconectividad y a la ayuda que estos protocolos pueden brindar para conseguir la estabilidad necesaria en su funcionamiento.

Como se mencionó antes en el mismo trabajo la arquitectura BRAIN es compacta y bastante factible de utilizar, brinda muchas herramientas para el manejo de la calidad de servicio en las redes inalámbricas, además de ser una red con bases sólidas y una de las que posee mayor expansión y desarrollo.

INSIGNIA es una arquitectura de calidad de servicio, se basa en la reservación de tráfico, sea este garantizado o básico y la asignación de recursos que se brindan a estos.

INSIGNIA pretende realizar reservaciones de tráfico según sean las necesidades de los usuarios o es tráfico a realizarse, pero esto está supeditado a la disponibilidad de recursos existentes en la red, INSIGNIA brinda herramientas útiles para el

aseguramiento de calidad de servicio, pero debe necesariamente interactuar con otras tecnologías, pudiendo ser el caso BRAIN o MobyDick, etc.

Además la arquitectura INSIGNIA pone especial énfasis en la degradación de servicios reservados, manejo de los recursos degradados, reruteo y todo o que se refiere a la provisión de QoS cuando ocurren fallos, ya sea por movilidad, cambios en los recursos disponibles, etc.

Por último cabe recalcar que las tecnologías son cada vez más y mejores, sin duda en el futuro el crecimiento de las redes inalámbricas será aun mayor y la proliferación de más tecnologías será necesario, es por esto que las analizadas en este trabajo tienen la necesidad de seguir desarrollándose, implementándose y mejorando con el tiempo, ya que si ahora existen problemas por la cantidad de usuarios y los servicios utilizados, en el futuro esto se intensificará.

ANEXOS

ARMONIZACIÓN DE DIRECCIONES EN ENTORNOS DE VOIP MEDIANTE ENUM

INTRODUCCIÓN

Una parte fundamental en el desarrollo de las comunicaciones en la actualidad es la tendencia a transmitir o transportar voz sobre una plataforma IP, a continuación se hace un estudio de una herramienta útil para esta aplicación en especial, esta técnica está siendo muy utilizada y desarrollada últimamente por lo que me parece importante el estudio de las herramientas necesarias y que van siendo desarrolladas en los últimos tiempos.

La integración de voz y datos en una misma red IP presenta una serie de beneficios para las empresas. Entre éstos destaca la reducción de costos, tanto en la comunicación como en la infraestructura, un aprovechamiento más eficiente del ancho de banda, la mejora en la atención a los clientes y la oportunidad de desarrollar servicios avanzados que era imposible ofrecer con la telefónica tradicional.

De esta convergencia de las redes de voz y datos ha surgido un problema de direccionamiento. Los servicios telefónicos usan números de teléfonos estándar.

Los servicios basados en Internet como SIP, H.323 o SMTP usan formatos de direccionamiento diferentes. Como consecuencia, los usuarios mantienen múltiples identificadores de red (e-mail, teléfono, móvil, www, fax, etc.). El problema está en como integrar todos estos servicios e identificadores.

A continuación se presenta una solución basada en ENUM (Electronic NUMber/telephone Number Mapping), estándar del IETF que permite traducir números de teléfono a URLs .

ESCENARIO TRADICIONAL DEL SERVICIO DE VOIP.

Un escenario típico de soporte del servicio telefónico incluye tecnologías tradicionales (RTC y RDSI) así como tecnologías emergentes basadas en VoIP.

Dentro de estas últimas existen dos tecnologías en competencia: H.323 (desarrollado por el ITU-T) y SIP (Session Initiation Protocol, desarrollado por el IETF), con sus elementos correspondientes.

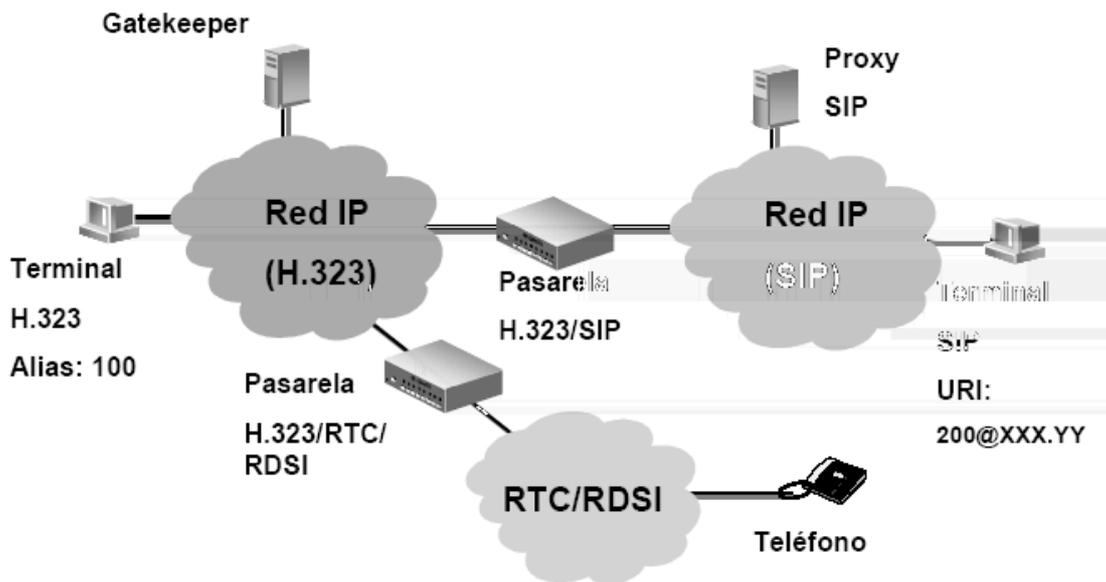
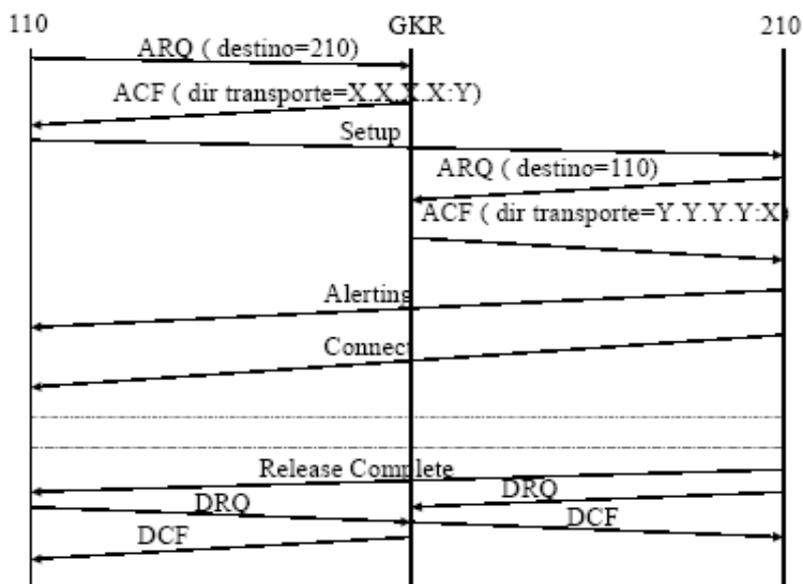
El escenario propuesto está compuesto por tres redes: RTC, red H.323 y red SIP

Junto con los elementos necesarios para comunicarse entre ellas (pasarelas H.323/SIP y H.323/RTC).

ESCENARIO TRADICIONAL BASADO EN LA RECOMENDACIÓN ITU-H.323

Un sistema H.323 está formado por los siguientes elementos: terminales, gateways, gatekeepers, y MCUs (Unidad de control Multipunto).

De entre los elementos de los sistemas H.323 se incluyen en el escenario terminales, gateways o pasarelas y gatekeepers. Las pasarelas facilitan la interconexión con otras redes, mientras el elemento clave de esta tecnología es el gatekeeper (GKR), quién además de realizar funciones de registro y resolución de direcciones, control de admisión, control de ancho de banda, permite la sencilla incorporación de nuevos servicios de valor añadido a las redes VoIP.

Fig. 6.1 Escenario voz sobre IP⁹⁵Fig. 6.2 Ejemplo de establecimiento de comunicación H.323⁹⁶

El funcionamiento básico de un sistema H.323 requiere el registro de todos los terminales en el GKR con un alias y su dirección IP asociada mediante el protocolo de señalización RAS (*Registration, Authentication and Status*).

El GKR es el encargado de mantener una base de datos con los alias asociados a cada dirección IP y el que hace posible la identificación de los usuarios por alias independientemente de su dirección IP.

Esta independencia tiene especial interés en entornos donde la dirección IP se obtiene de forma dinámica y donde el usuario puede conectarse indistintamente a varios terminales con distintas ISPs, por ejemplo en entornos corporativos. La principal ventaja de identificar a los usuarios mediante alias es que el usuario origen de la llamada sólo necesita conocer el alias que utilizará el usuario con el que quiere comunicarse. No necesita conocer la dirección IP del terminal en el que se encuentra en ese momento.

Para realizar una llamada H.323, el terminal origen solicita al GKR la dirección IP asociada al alias del usuario destino utilizando un mensaje ARQ (Admission Request) del protocolo RAS. En caso de que el GKR no tuviera registrado al usuario destino, se comunica con sus GKR vecinos para intentar localizarlo. Posteriormente se establecen los canales multimedia extremo a extremo.

Un ejemplo de una llamada H.323 puede verse en la Figura 6.2 en la que se muestra toda la señalización necesaria para el establecimiento y liberación de una comunicación.

ESCENARIO TRADICIONAL BASADO EN EL PROTOCOLO SIP.

En el caso de tecnología SIP, los tres elementos principales: un terminal (*User Agent*), un servidor proxy y un servidor registrar, además de las pasarelas con otras redes. El servidor registrar es una entidad que acepta las peticiones de registro de usuarios para hacer posible su localización, mientras el proxy recibe llamadas dirigidas a usuarios a los que se encarga de localizar (gracias al registrar) y las reenvía a la dirección adecuada.

El funcionamiento básico en caso de SIP requiere que el usuario al iniciar la sesión se registre con su dirección SIP-URI, un identificador similar a los utilizados en correo electrónico (el formato es user@domain), y su actual dirección IP en el registrar. En este caso, es el registrar el que mantiene la base de datos con las direcciones SIP-URI asociadas a cada dirección IP.

El establecimiento de llamada requiere el envío de un mensaje SIP INVITE destinado al Proxy, quien tras contactar con distintos servidores reenvía la petición al usuario destinatario quien puede aceptar o rechazar la llamada.

-
- 1 Pablo Brener; A Technical Tutorial on the 802.11 Protocol; BreezeCom, 1997
 - 2 www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios123/123cgcr/ipv6_c/sa_QoSv6.htm&prev=/search
 - 3 <http://www.monografias.com/computación>
 - 4 Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad", Rogelio Montana, Universidad de Valencia
 - 5 <http://www.monografias.com/trabajos14/wi-fi/wi-fi.shtml>
 - 6 <http://www.microsoft.com/latam/windowsxp/pro/biblioteca/planning/wirelesslan/intro.asp>
 - 7 <http://www.idg.es/comunicaciones/infraestructuras.asp>
 - 8 8,9
 - 9 Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad", Rogelio Montana, Universidad de Valencia
 - 10 Prasant Mohopatra; Jian Li; Chao Gui; "QoS in Mobile Ad Hoc Networks"; University of California QoS 2002
 - 11 http://www.zonablueetooth.com/que_es_bluetooth2.htm
 - 12 http://searchnetworking.techtarget.com/sDefinition/0,,sid7_gci213689,00.html&prev
 - 13 Corson J. Macker; "Mobile Ad Hoc Networking: Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations"; Network Working Group; RFC 2501, 1999
 - 14 http://www.zonablueetooth.com/que_es_bluetooth2.htm
 - 15 <http://www.microsoft.com/latam/windowsxp/pro/biblioteca/planning/wirelesslan/intro.asp>
 - 16 http://www.comlab.hut.fi/opetus/238/lecture4_Intro_to_WCDMA.pdf
 - 17 <http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm&prev=/search%3Fq%3Dumts%26hl%3Des%26lr%3D>
 - 18 <http://www.ericsson.com.mx/technology/WCDMA.shtml>
 - 19 Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad", Rogelio Montana, Universidad de Valencia
 - 20 <http://www.rediris.es/rediris/boletin/58-59/ponencia17.html>
 - 21 http://www.comlab.hut.fi/opetus/238/lecture4_Intro_to_WCDMA.pdf
 - 22 http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/software/ios123/123cgcr/ipv6_c/sa_QoSv6.htm&prev
 - 23 23, 24, 25
 - 24 23, 24, 25
 - 25 <http://www.consulintel.es/Html/ForoIPv6/Documentos/Tutorial%20de%20IPv6.pdf>
 - 26 <http://imasd.elmundo.es/imasd/ipv6/queesipv6.html>
 - 27 www.6init.org/ - 4k
 - 28 long.ccaba.upc.es/long/040Deliverables/LONG-D14.pdf
 - 29 <http://archive.dante.net/sequin/workshop/aquila/aquila.pd>
 - 30 <http://www.ist-ist-aquila.aquila.or>
 - 31 archive.dante.net/sequin
 - 32 www.ipsi.fraunhofer.de/mobile/projects/gcap/GCAP_E.pdf
 - 33 www.cordis.lu/ist/ka4/mobile/proclu/p/relatedproj.htm
 - 34 www.idg.es/computerworld/articulo.asp
 - 35 wineglass.tilab.com/index_right.html
 - 36 www.ist-MobyDick.org/
 - 37 www.cordis.lu/ist/ka4/mobile/calls/past/brainworkshop.htm
 - 38 sunbed.com/xq/asp/key.suited/lang.eng/qx
 - 39 www.vtt.fi/ele/projects/wine
 - 40 www.6winit.org
 - 41 <http://www.ietf.org/html.charters/INTSERVcharter.html>
 - 42 J. Wroclawski, "The Use of RSVP with IETF Integrated Services," IETF RFC, Sept., 1997
 - 43 <http://www.ee.columbia.edu/~alberto/publications/jitel2001-Qol.pdf>
 - 44 http://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_services&prev=/search%3Fq%3DINTSERV%26hl%3Des%26lr%3

-
- 45 R. Braden et al., "Resource Reservation Protocol – Version 1 Functional Specification," IETF RFC, Sept. 1997
- 46 Alberto López Toledo: "Calidad de servicio en IPv6", Madrid Global IPv6 Summit
- 47 Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan; "A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model"; Universidad de Wisconsin-Madison; pdf
- 48 Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan; "A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model"; Universidad de Wisconsin-Madison; pdf
- 49 <http://www.protocols.com/papers/DIFFSERV.htm&prev=/search%3Fq%3DDIFFSERV%26hl%3Des%26lr%3D>
- 50 Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan; "A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model"; Universidad de Wisconsin-Madison
- 51 ISSLL Working Group: <http://www.ietf.org/html.charters/issll-charter.html>
- 52 <http://imasd.elmundo.es/imasd/ipv6/queesipv6.html>
- 53 <http://www.ist-MobyDick.org/>
- 54 54,55,56
- 55 54,55,56
- 56 Amardeo Sarma; "Mobility Approach in Moby Dick"; NEC Europe Ltd. Network Laboratories
- 57 Ilka Miloucheva, Sandra Tartarelli; "Next Generation Network Initiative"; NEC-Europe Ltd, Salzburg Research, 08/10/2002
- 58 http://gsyc.escet.urjc.es/simple_com/phd-thesis-es/node5.html
- 59 <http://www.ee.columbia.edu/~alberto/publications/jitel2001-brain.pdf>
- 60 Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad", Rogelio Montana, Universidad de Valencia
- 61 61,62
- 62 IST 1999-10054 Project BRAIN, Deliverable D2.2, March 2001
- 63 63,64,65,66
- 64 63,64,65,66
- 65 63,64,65,66
- 66 Robert Hancock, Hamid Aghvami, Markku Kojo, Mika Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer"; pdf
- 67 www.cordis.lu/ist/ka4/mobile/calls/past/brainworkshop.htm
- 68 68,69
- 69 Robert Hancock, Hamid Aghvami, Markku Kojo, Mika Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer"; pdf
- 70 Csaba Keszei, Jukka Manner, Zoltán Turányi, András Valkó; "Mobility Management and QoS in BRAIN Access Networks" pdf
- 71 www.ist-mind.org
- 72 72,73,74
- 73 72,73,74
- 74 Louise Burness; Jochen Eisl, Nikos Georganopoulos, Alberto López; Jukka Manner: "QoS Provision and Mobility Management in MIND Access Networks and Ad Hoc Extensions" Siemens Mobile Networks 2002
- 75 75,76
- 76 www.ist-mind.org
- 77 77,79,80,81,82,83,84,85,86
- 78 Prasant Mohapatra; Jian Li; Chao Gui; "QoS in Mobile Ad Hoc Networks"; University of California QoS 2002
- 79 77,79,80,81,82,83,84,85,86
- 80 77,79,80,81,82,83,84,85,86
- 81 77,79,80,81,82,83,84,85,86
- 82 77,79,80,81,82,83,84,85,86
- 83 77,79,80,81,82,83,84,85,86
- 84 77,79,80,81,82,83,84,85,86
- 85 77,79,80,81,82,83,84,85,86
- 86 INSIGNIA: An IP-Based Quality of Service Framework for Mobile Ad Hoc Networks", Journal of Parallel and Distributed Computing, April 2000
- 87 Bernet, Y., Blake, S., Grossman, D., Smith, A., "An Informal Management Model for DIFFSERV Routers". Internet Engineering Task Force, Internet Draft, July 2000
- 88 88,89,90,91,92
- 89 88,89,90,91,92

⁹⁰ 88,89,90,91,92

⁹¹ 88,89,90,91,92

⁹² A. Kassler, L. Burness, P. Khengar, E. Kovacs, D. Mandato, J. Manner, G. Neureiter, T. Robles, H. Velayos; "BRENDA – Supporting Mobility and Quality of Service for Adaptable Multimedia Communication", IST Mobile Summit, October 2000

⁹³ 93,94

⁹⁴ 1999-10054 Project BRAIN, Deliverable D2.2, March 2001

⁹⁵ 95,96

⁹⁶ Armonización de direcciones en entornos de VoIP mediante ENUM

M^a Carmen Bartolomé¹, Raquel Panadero¹, Mario del Barrio², José Ignacio Moreno¹, David Fernández