

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERIA

**ANALISIS DE LA PROVISION DE CALIDAD DE SERVICIO PARA
REDES MOVILES UTILIZANDO INTSERV Y DIFFSERV**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

JOSE LUIS ARCE FLORES

DIRECTOR: MSC. CARLOS EGAS

QUITO, ABRIL 2005

DECLARACION

Yo, José Luis Arce Flores, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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



José Luis Arce Flores

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Luis Arce Flores, bajo mi supervisión.



MSc. Carlos Egas

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más abiertos agradecimientos a la Escuela Politécnica Nacional, en particular a la Escuela de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, a su cuerpo docente y a todos quienes siendo parte de ella han contribuido a la consecución de este logro profesional.

Un agradecimiento especial al Director del presente trabajo de Titulación, el MSc. Carlos Egas, sin cuya ayuda no habría sido posible el desarrollo y pulimiento del mismo.

José Luis Arce Flores

INDICE

1 CAPITULO 1: Tecnologías Móviles	1
1.1 Introducción.....	1
1.1.1 Ventajas de las Redes Móviles Sobre las Redes Fijas.....	2
1.1.2 Organismos de Normalización.....	2
1.2 Estandares y Tecnologías Utilizadas en Redes Inalámbricas	5
1.2.1 Redes Inalámbricas de Area Extendida: WWAN (Wireless Wide Area Network) ..	5
1.2.1.1 GPRS	6
1.2.1.2 UMTS	6
1.2.1.2.1 WCDMA.....	7
1.2.2 Redes Inalámbricas de Area Local: WLAN (Wireless Local Area Network).....	8
1.2.2.1 Redes de Infraestructura Wireless.....	9
1.2.2.1.1 Problemas de Transmisión	10
1.2.2.2 Redes Ad Hoc.....	11
1.2.3 Wireless Area Personal Area Network Wpan.....	13
1.3 Introducción a Calidad de Servicio QoS.....	15
1.4 Introducción a QoS en Redes Móviles	16
1.4.1 Problemas en la Provisión de QoS	17
1.4.2 Nuevos Problemas de QoS en Redes Heterogéneas	18
1.4.2.1 Diferentes Hyper Handovers.....	19
1.4.2.2 Problemas de QoS En Hyper Handovers.....	20
1.4.2.3 Otros Problemas.....	20
2 CAPITULO 2. Calidad de Servicio QoS: IntServ y DiffServ	22
2.1 Introducción a IntServ y DiffServ.....	22
2.2 Arquitectura de Servicios Integrados IntServ	24
2.3 Arquitectura de Servicios Diferenciados DiffServ.....	27
2.3.1 Servicios Relativamente Diferenciados.....	33
2.3.1.1 Diferenciación de Servicio Relativa vs. Absoluta.....	33
2.3.2 El Modelo Móvil de Servicios Diferenciados.....	36
2.3.2.1 Servicio Premium Portátil.....	36
2.3.2.2 Servicio Móvil Premium	37
2.3.2.3 Servicio del Mejor Esfuerzo –Bajo Retardo.....	37
2.3.2.4 Servicio Olímpico Portátil o Móvil.....	38
2.3.2.5 Facilidad de Aplicación	39
2.4 Propuesta 1: BRAIN	40

2.4.1	Introducción	40
2.4.2	La Estructura de BRAIN.....	42
2.4.2.1	Red de Acceso y Núcleo de Red: IntServ sobre DiffServ	42
2.4.3	Principios de Diseño para la Red de Acceso	47
2.4.3.1	Direccionamiento y Escalabilidad.....	48
2.4.3.2	Interfaces entre Capas.....	50
2.4.3.3	Handovers y Movilidad.....	53
2.4.3.4	Protocolos de Movilidad y Calidad de Servicio.....	56
2.4.4	Extensiones Ad Hoc para BRAIN: Proyecto MIND.....	59
2.4.4.1	Provisión de QoS en Redes Ad Hoc.....	60
2.4.4.2	Provisión de QoS en Redes Mind	61
2.4.4.2.1	Señalización QoS en Redes Ad Hoc.....	61
2.4.4.2.2	Manejo del Recurso de Radio.....	62
2.4.4.2.3	Coordinación entre Dominios QoS.....	63
2.4.4.2.4	Ruteo QoS.....	64
2.5	Propuesta 2: MOBY DICK	65
2.5.1	Introducción	65
2.5.2	Requerimientos de los Usuarios del Servicio	66
2.5.2.1	Servicio Premium.....	67
2.5.2.2	Servicio de Firma Regular.....	67
2.5.2.3	Servicio Prepagado.....	68
2.5.3	Limitaciones de la Evolución de la Red.....	68
2.5.3.1	QoS Broker	69
2.5.4	Arquitectura Propuesta.....	71
2.5.4.1	Manejo QoS.....	72
2.5.4.2	Handovers	73
2.5.4.3	Care Of Address.....	74
2.5.4.4	Conexión o Enlace Inicial.....	74
2.5.4.5	Cambio en la Red De Acceso.....	75
2.5.5	Arquitectura Global.....	75
2.5.6	Qos en la Parte de Radio.....	77
2.5.7	Evaluación.....	79
2.6	Propuesta 3: Unión de Entidades AQMUA y SPAAQE	80
2.6.1	Introducción	80
2.6.2	Arquitectura Avanzada de Control QoS	81
2.6.3	AQMUA	82

2.6.3.1 Manejo de Recursos en el QoS Broker.....	84
2.6.4 SPAAQE	85
2.6.5 Conclusiones.....	88
2.7 Propuesta 4: IntServ sobre DiffServ	89
3 CAPITULO 3: Comparación de Propuestas.....	92
3.1 Introducción.....	92
3.2 Arquitecturas Revisadas	93
3.2.1 BRAIN y MIND.....	94
3.2.2 MOBY DICK	95
3.3 Comparación de las Arquitecturas BRAIN y MOBY DICK.....	95
3.3.1 Escalabilidad de los Protocolos de Señalización.....	96
3.3.2 Granularidad del Servicio.....	97
3.3.3 Estructura de Protocolos Utilizada	98
3.3.4 Red de Acceso	98
3.3.5 Capacidad Ad Hoc.....	99
3.3.6 Planes de Control y Gestión	100
3.3.7 Estrategias AAAC	101
3.3.8 Arquitectura del Terminal.....	101
3.3.9 Manejo de Handover	102
3.3.10 Soporte de Señalización	105
3.3.11 Handover y Reserva de Recursos	106
3.3.12 Handover Vertical	107
3.3.13 Adaptabilidad y Reconfiguración.....	108
4 CAPITULO 4. Conclusiones y Recomendaciones	111
5 Anexo	117
5.1 A.1 Descripción de Mobile IP	117
5.2 A.2 COPS	120
5.3 A.3 DHCP	121

RESUMEN

La Calidad de Servicio es un área sobre la cual se han realizado diversos estudios investigativos sobre componentes individuales más que sobre estructuras complejas que abarquen dichos componentes. El presente Trabajo de Titulación versa sobre las propuestas que trabajan partiendo de las bases expuestas por los trabajos estandarizados por el IETF para proveer Calidad de Servicio: Servicios Integrados, IntServ y Servicios Diferenciados, DiffServ.

IntServ 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. Su manejo es similar al sistema de circuitos conmutados. Sus principales desventajas son el tiempo de retardo al iniciar la comunicación y su escalabilidad limitada por el número de flujos.

DiffServ por su parte, trabaja con agregados de flujos, el marcaje lo hace utilizando el campo DSCP de la cabecera IP. Es más rápido al iniciar la comunicación debido a que no realiza un establecimiento previo de la ruta (manejo de red similar al sistema de conmutación de paquetes). El aseguramiento QoS es local (por salto). Sus desventajas son las posiblemente pocas clases de servicio con las que trabaja, y la falta de granularidad de servicio con respecto a IntServ.

La primera estructura propuesta es BRAIN, la cual conjuga lo mejor de los dos trabajos mencionados anteriormente: su red de acceso se basa en IntServ mientras que su núcleo de red trabaja con DiffServ. Además de las características inherentes a cada trabajo, se puede añadir que BRAIN tiene tiempo de recuperación del handoff considerable. En conclusión, BRAIN sacrifica velocidad e transferencia a favor de la estabilidad de la comunicación.

Otra ventaja que presenta BRAIN es su extensión para redes Ad Hoc denominada MIND, la cual posibilita a los usuarios de este tipo de redes el acceso a Internet manteniendo su movilidad e independencia física.

La segunda estructura propuesta es MOBY DICK. Esta estructura se basa a lo largo de toda la red en la propuesta de DiffServ. Gracias al trabajar con un bloque de protocolos tanto en su red de acceso como en su núcleo, así como el tener privilegio para el handover, se concluye que MOBY DICK está diseñada para presentar un mejor comportamiento frente a un perfil de movilidad más acentuado. Una de sus desventajas radica en la imposibilidad de poder trabajar con otro tipo de señalización para reserva de recursos diferente al marcaje del campo DSCP.

Una característica importante de señalar es la capacidad que tienen estas dos propuestas para manejar varios tipos de capas físicas en sus redes de acceso.

Las otras dos propuestas planteadas en este Trabajo de Titulación se refieren a "mejoras" que podrían implementarse en BRAIN; la propuesta 3 incluye la creación de entidades con la capacidad de manejar otro tipo de señalización (a más de RSVP o SIP) con lo cual se ampliaría su espectro de uso. La propuesta 4 plantea una mejora en el aspecto de radio, en la capa física: la posibilidad (que está contemplada en BRAIN) de realizar reservas de recursos en celdas vecinas (y estas serían determinadas probabilísticamente) para prevenir su escasez en caso de un handover.

No se puede determinar cuál de las propuestas es mejor para todo tipo de ambiente: se debe realizar un estudio de los parámetros que el administrador o el diseñador de la red consideren más importantes en su propio entorno. Se debe considerar además la rápida evolución de este tipo de tecnologías y la interoperabilidad de los dispositivos a utilizar.

PRESENTACION

Las actuales y futuras aplicaciones en el Internet móvil han conllevado a serios problemas al instante de diseñar las redes que las soportarán: nuevos retos se plantean al referirse a tópicos tales como Calidad de Servicio (QoS) y Seguridad.

Para redes fijas el IETF ha estandarizado dos trabajos para proveer Calidad de Servicio, a saber: IntServ y DiffServ, cada uno con sus ventajas y desventajas con respecto al otro. Obviamente, estos trabajos al ser ideados para redes fijas deben tomar ciertas consideraciones al instante de ser implementados en redes móviles (aspectos como movilidad, soporte al handover, etc).

En el presente trabajo de titulación se presentarán Esquemas para la provisión de Calidad de Servicio en Redes Móviles basándose en la combinación de IntServ y DiffServ, se referirán los problemas al considerar estas propuestas y se darán posibles soluciones. Se revisará además las facilidades que presenten estas propuestas para su posterior evolución.

El presente trabajo de titulación está compuesto de la siguiente manera: en el Capítulo 1 se analizará brevemente los aspectos relacionados con las redes móviles inalámbricas, haciendo una introducción a la Calidad de Servicio en este tipo de redes. En el Capítulo 2 se estudiará los trabajos de IntServ y DiffServ, así como ciertas estructuras que usen una (Moby Dick) o las dos propuestas. En el Capítulo 3 se realizará un estudio comparativo de las propuestas consideradas como las más importantes y que presentan una mejor estructura (Moby Dick y Brain) en cual se detallará los parámetros que son comparativos y su comportamiento en cada tipo de estructura. En el capítulo 4 se encontrarán la conclusiones y recomendaciones resultantes del estudio realizado. Finalmente se presentará cierta información que se considere necesario aclarar en los Anexos al final del Trabajo.

1 CAPÍTULO 1: TECNOLOGÍAS MÓVILES

1.1 INTRODUCCIÓN

El alcance técnico de las redes móviles MONETs (*Mobile Networks*)¹ refleja la simbiosis entre computadoras móviles y redes inalámbricas, enfocando la convergencia de la movilidad con la organización de la información y el trabajo computacional, su acceso y manejo.

Las redes y dispositivos móviles están llegando a ser cada vez más populares gracias a la capacidad de proveer a sus usuarios el acceso a la información y comunicación en cualquier momento y lugar. Un usuario dentro de una red móvil puede transmitir y recibir voz, datos y vídeo dentro de un edificio, entre edificios o campus universitarios e inclusive sobre áreas metropolitanas a velocidades de 11 Mbps o superiores.

Las comunicaciones móviles utilizan básicamente la transmisión vía radio; de esta característica se desprenden particularidades tales como el ancho de banda que proporciona este tipo de redes, el rápido despliegue que conllevan al no tener que realizar obra civil, etc. 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 (ya que es un canal único), dado que el espectro radioeléctrico (para MONETs) es un recurso compartido más bien escaso.

Las comunicaciones móviles no aparecen a nivel comercial hasta finales del siglo XX. Los primeros sistemas de telefonía móvil tenían tamaños y precios poco populares. Sistemas de Radiobúsqueda, redes móviles privadas o Trunking y sistemas de telefonía móvil mejorados fueron el siguiente paso. Después llegó la telefonía móvil digital, las agendas personales, laptops y otros aparatos dispuestos a conectarse vía radio con otros dispositivos o redes, incluyendo el

¹ http://dutetvg.et.tudelft.nl/~alex/CFP/xxxxxxxx-xxxxxxx-Journal-ACM_Baltzer_Mobile_Networks_and_Applications_MONET.html

Internet. 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.

1.1.1 VENTAJAS DE LAS REDES MÓVILES SOBRE LAS REDES FIJAS

- **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 de móviles pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas. Las configuraciones son muy fáciles de cambiar y además resulta muy fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red.

1.1.2 ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN

Debido al gran crecimiento de las redes móviles, han surgido nuevas organizaciones en esta industria como alianzas, consorcios y foros, que se encargan de proponer estándares y definir nuevas tecnologías. Se pueden dividir

estas organizaciones en tres categorías: alianzas de tecnología, organizaciones de estándares y asociaciones de la industria.

Alianzas de tecnología: típicamente, una alianza de tecnología está formada para introducir en el mercado una tecnología o protocolo específico y proveer interoperabilidad y certificación de productos de diferentes compañías que utilizan esa tecnología o protocolo. Ejemplos de estas alianzas son los siguientes:

- Bluetooth SIG: basado en la especificación Bluetooth, misma que utiliza la tecnología de radio para proveer conectividad a Internet a bajo costo a ordenadores portátiles, teléfonos móviles u otros dispositivos móviles, utilizando una conexión inalámbrica de corto alcance. Es un estándar que describe la manera en la que una enorme variedad de dispositivos pueden conectarse entre sí, de una forma sencilla y sincronizada. En sí, cada dispositivo deberá estar equipado con un pequeño chip que transmite y recibe información a una velocidad² de alrededor de 1 Mbps en la banda de frecuencias de 2,4 GHz (más precisamente en la banda ISM -Médico-Científica Internacional- de 2,45 Ghz, 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) que está disponible en todo el mundo, con ciertas particularidades según los diferentes países.
- HiperLAN1, HiperLAN Alliance e HiperLAN2 Global Forum (High Performance Radio LAN), dos organizaciones europeas que utilizan enlaces de radio de alto rendimiento a frecuencias en el rango de los 5 GHz. El Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI), es responsable de haber llevado a cabo durante los años 1991 y 1996 el proyecto HyperLAN, cuyo objetivo primordial es de conseguir una tasa de transferencia mayor que la ofrecida por la especificación IEEE 802.11. Según los estudios realizados, HyperLAN incluía cuatro estándares diferentes, de los cuales el denominado Tipo 1 tiene una velocidad de transmisión de estimada de 23,5 Mbps³, claramente superior a los 1 ó 2 Mbps de la normativa

² http://www.zonablueetooth.com/que_es_bluetooth.htm

³ <http://portal.etsi.org/bran/kta/Hiperlan/hiperlan1.asp>

IEEE 802.11 antigua⁴. Actualmente, el ETSI dispone de la especificación HiperLAN2 que mejora notablemente las características de sus antecesoras, ofreciendo una mayor velocidad de transmisión en la capa física de 54 Mbps⁵ para lo cual emplea el método de modulación OFDM (Orthogonal Frequency Digital Multiplexing) y ofrece soporte calidad de servicio QoS.

Bajo esta especificación se ha formado un grupo de reconocidas firmas: el HiperLAN2 Global Forum (H2GF) cuya intención es la de sacar al mercado productos basados en ese competitivo estándar.

- HomeRF: basada en una especificación para comunicaciones inalámbricas en hogares conocida por sus siglas en inglés SWAP (*Shared Wireless Access Protocol*). El Grupo de Trabajo HRFWG (*HomeRF Working Group*) fue fundado en 1998 con el objetivo de crear los cimientos para un amplio rango de dispositivos al establecer una especificación abierta a la industria para comunicaciones digitales inalámbricas entre PCs y dispositivos domésticos en los hogares con velocidades⁶ desde 1 y 2 MBps hasta 10 y 20 MBps).
- OFDM: esta organización está basada básicamente en una tecnología patentada conocida como WOFDM.
- WECA: la misión de la WECA (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*)⁷ es certificar la interoperabilidad del estándar conocido como Wi-Fi que es una versión de alta velocidad del estándar 802.11 de la IEEE (Wi-Fi utiliza las tecnologías 802.11 a y 802.11 b) y que trabaja en las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz.

Organizaciones de estándares: este tipo de organizaciones crean, definen y proponen estándares internacionales oficiales abiertos a la industria a través de un proceso abierto a todas las compañías. Ejemplos de estas organizaciones son: el IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) y el ETSI.

⁴ Pablo Brener: *A Technical Tutorial on the 802.11 Protocol*: BreezeCom, 1997

⁵ <http://portal.etsi.org/bran/hta/Hiperlan/hiperlan2.asp>

⁶ http://www.radio-electronics.com/info/wireless/homerf/homerf_overview.php

⁷ http://www.wirelessethernet.org/OpenSection/why_Wi-Fi.asp?TID=2

Asociaciones de la industria: estas organizaciones se crean para promover el crecimiento de la industria a través de educación y promoción, proveyendo información objetiva sobre el ambiente tecnológico en general, técnicas, tendencias, organizaciones y oportunidades independientemente de la tecnología (un ejemplo de este tipo de asociaciones es WLANA –Wireless LAN Association).

1.2 ESTANDARES Y TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN REDES INALÁMBRICAS

En la **tabla 1.1**⁸ aparecen los principales estándares de redes móviles inalámbricas WAN, LAN y PAN con sus características más importantes:

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

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

Las WWAN estuvieron formadas inicialmente por los sistemas de telefonía celular. GSM, el más antiguo, es una tecnología de conmutación de circuitos pensada fundamentalmente para voz, que permite velocidades de tan solo 9,6 Kbps⁹. Su sucesor es GPRS, un servicio pensado para datos que usan la misma infraestructura que GSM pero de una forma mucho más eficiente

⁸ Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas / Movilidad" Rogelio Montana, Universidad de Valencia
⁹ <http://ccnga.uwaterloo.ca/~jscouna/GSM/gsmreport.htm#1>

1.2.1.1 GPRS

La tecnología GPRS (Servicio General de Radio por Paquetes) se basa en la transmisión de paquetes de información sobre la red de telefonía móvil GSM (Sistema Global de Comunicaciones Móviles). Se puede decir que GPRS es una evolución no traumática (actualización de software) de la actual red GSM. GPRS tiene las limitaciones de su antecesor GSM. GPRS permite desdoblarse la transmisión de voz y datos en diferentes canales que transmiten de forma paralela, permitiendo mantener conversaciones sin cortar la transmisión de datos.

Cuando se trata de datos, en vez de enviar una corriente continua de información a través de una conexión permanente (como sucede en GSM, donde la voz se envía por un canal siempre abierto), 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 proporciona un rápido establecimiento de sesión (inferior al segundo) y gran rapidez en la transmisión de datos, lo que le ha convertido en una tecnología muy adecuada para usuarios móviles que requieran aplicaciones con transmisión de datos de carácter esporádico (servicios WAP, SMS, MMS, acceso a Internet, etc.).

Con esta tecnología se logran importantes avances, tales como el aumento considerable de la velocidad de transferencia (teóricamente hasta 171,2 Kbps)¹⁰, permite su utilización como módem para otros periféricos como los ordenadores portátiles y permite formas de facturación alternativas.

1.2.1.2 UMTS

UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) o Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles, es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de "tercera generación" del UIT. UMTS promete llegar a 2 Mbps y sus alcance máximo es de unos 35 Km.¹¹ en

¹⁰ <http://www.gsmworld.com/technology/gprs/intro.shtml#2>

¹¹ <http://www.umtsforum.net/>

condiciones óptimas, aunque normalmente es mucho menor. 35 Km. es la distancia máxima que se contempla en los retardos al diseñar una red GSM¹².

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, posibilita formas de facturación alternativas, etc. Así, UMTS puede ofrecer facilidad de uso y costos bajos, nuevos y mejores servicios, acceso rápido, transmisión de paquetes de datos y velocidad de transferencia de datos a pedido. UMTS ha sido concebido como un sistema global, que incluye tanto componentes terrestres como satelitales globales.

UMTS busca extender las actuales tecnologías móviles, inalámbricas y satelitales proporcionando mayor capacidad, posibilidades de transmisión de datos y una gama de servicios mucho más extensa, usando un innovador programa de acceso radioeléctrico y una red principal mejorada. UMTS tendrá un papel protagónico en el futuro de las comunicaciones multimedia inalámbricas de alta calidad que alcanzará millones de usuarios en todo el mundo para el año 2010.

UTRA¹³ (*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. Soportará las operaciones con una alta eficiencia espectral y calidad de servicio. Posiblemente las terminales UMTS no puedan operar en todo momento a las velocidades más altas de transmisión de datos principalmente en áreas alejadas o excesivamente congestionadas, debido a limitaciones de propagación o por razones económicas. Con el fin de permitir a los abonados usar siempre su terminal, los servicios serán adaptables a diferentes disponibilidades de velocidad de transmisión de datos y otros parámetros de Calidad de Servicio (QoS).

1.2.1.2.1 WCDMA

¹² Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad" Rogelio Montana, Universidad de Valencia

¹³ <http://www.tsp.ece.mcgill.ca/Telecom/Docs/UTRA-index.html>

WCDMA ha sido elegida como la tecnología básica de acceso de radio para UMTS/IMT-2000 en todas las áreas principales del mundo. Aparte de servicios a altas velocidades, el interfaz de radio WCDMA ofrece mejoras importantes sobre CDMA de banda estrecha de segunda generación, incluyendo mejor cobertura y capacidad, comportamiento mejorado, un alto grado de flexibilidad de servicio, un alto grado de flexibilidad de operador, apoyo para traspaso entre frecuencias y un protocolo rápido y eficaz de acceso por paquetes. UTRA incluye los modos FDD¹⁴ y TDD. El modo FDD está basado en WCDMA puro, mientras que el modo TDD incluye un componente adicional TDMA según la propuesta TDC/CDMA.

1.2.2 REDES INALÁMBRICAS DE AREA LOCAL: WLAN (WIRELESS LOCAL AREA NETWORK)

A continuación están las WLAN basadas en el estándar 802.11. Este estándar se ha ido mejorando por medio de sucesivas ampliaciones que han permitido incrementar su velocidad de los 1-2 Mbps originales a los 11-54 Mbps actuales¹⁵. Según la velocidad de transmisión estas redes pueden tener un alcance de hasta unos 70 a 150 m¹⁶. Existen las siguientes extensiones al estándar 802.11:

- *802.11b*: Surgió casi inmediatamente después del anterior (julio de 1999); llega hasta 11 Mbps dentro de la misma banda. Utiliza asimismo la banda de los 2.4 GHz.
- *802.11a*: Aprobado a la vez que el 802.11b; emite hasta 54 Mbps dentro de la banda de los 5 GHz.
- *802.11g*: Aunque apareció en el mes de noviembre de 2001, los productos con esta tecnología no aparecieron sino hasta el 2002 y 2003; es un intento de combinar lo mejor de 802.11a y 802.11b, de tal manera que puede llegar a velocidades de 54 Mbps utilizando la banda de los 2.4 GHz (aunque puede utilizar una banda superior). Sus puntos de acceso pueden interactuar con los de 802.11b.

¹⁴ <http://www.umtsworld.com/technology/wcdma.htm>

¹⁵ http://www.wirelessethernet.org/OpenSection/why_Wi-Fi.asp?TID=2

¹⁶ Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad", Rogelio Montana, Universidad de Valencia

Para las redes locales inalámbricas existen dos tipos de configuración básica: el modo infraestructura wireless y el modo *ad hoc* (o *peer-to-peer*).

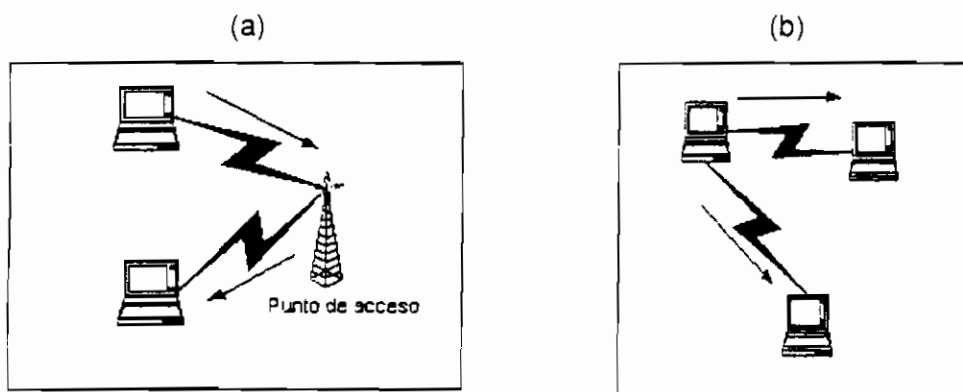


Figura 1.1: a) Infraestructura Wireless y b) Red Ad Hoc

1.2.2.1 Redes de infraestructura wireless

En el modo infraestructura, se instalan Puntos de Acceso "AP" (Access Point) a los que cada componente de la red inalámbrica envía la información que quiere transmitir y éste se encarga de distribuirlo a todos los componentes de la red. A la vez, los puntos de acceso permiten ampliar el área de captación de la red (al actuar como repetidores) y la entrada de la información a una red cableada. Este último punto permite que una red local inalámbrica pueda ser concebida como una prolongación de una red cableada existente. En este sentido, no es una tecnología de reemplazo necesariamente, sino que puede ser utilizada para dar un valor añadido a una red existente ya en explotación (y sin tener que detenerla para poder ponerla en marcha).

Las estaciones en cuanto descubren que se encuentran dentro del radio de cobertura de un AP se registran en él para ser tomadas en cuenta. La comunicación entre estaciones registradas en un AP nunca se realiza de forma directa sino que siempre tiene lugar a través del AP, que actúa como intermediario en cualquier comunicación. Esto tiene la consecuencia de que la comunicación entre las estaciones se hace siempre en dos saltos y ocupando dos veces el medio inalámbrico, (no es un problema si la mayoría del tráfico va dirigido a la LAN convencional). Una ventaja del uso de AP es que la existencia de estaciones ocultas ya no es un problema.

Los AP son puntos fijos de la red, por lo tanto sus antenas pueden situarse en lugares estratégicos y ser de alta ganancia. Una prerrogativa que poseen es que no necesitan mecanismos de bajo consumo de energía ya que no usan baterías.

1.2.2.1.1 Problemas de transmisión

El problema de la interferencia debida a la multitrayectoria se debe a que la onda electromagnética no sólo llega al receptor en línea recta, sino que también puede llegar reflejada por objetos sólidos presentes entre el emisor y el receptor. Si llega al receptor tendrá problemas pues la onda reflejada, al hacer un camino más largo, llega más tarde por lo que no coincide con la onda original (**figura 1.2¹⁷**).

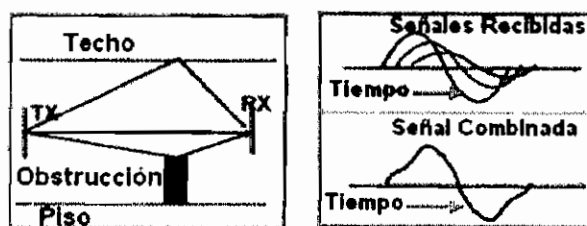


Figura 1.2 Interferencia Multitrayectoria

Normalmente la onda recibida directamente es más intensa, pero a menudo la onda reflejada no tiene una intensidad despreciable por lo que es percibida como una molesta interferencia por el receptor.

Como solución se han desarrollado las antenas de diversidad que se implementan en los puntos de acceso (estos dispositivos se encuentran en comunicación con todas las estaciones de la red). La antena diversidad consiste en dos antenas reales que se conectan por separado al receptor de radio. Cuando el equipo recibe una trama prueba a utilizar ambas antenas y elige la que considera más conveniente. Cuando el emisor va a emitir una trama a una estación no puede saber cual de las dos antenas es la más adecuada. En este caso se utiliza la antena que dio mejor calidad la última vez que se recibió una trama de dicha estación. Si la emisión falla se reintenta enviando la trama por la otra antena. La

¹⁷ Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad", Rogelio Montana, Universidad de Valencia

diferencia de unos centímetros puede suponer una diferencia significativa en el efecto multitrayectoria de la señal recibida o emitida por una antena diversidad.

Es importante observar que las dos antenas cubren la misma zona, por lo que no se pueden utilizar para cubrir zonas diferentes.

1.2.2.2 REDES AD HOC

En las MANETs (*Mobile Ad Hoc Network*) cada máquina puede comunicarse directamente con el resto, pero únicamente con aquellas máquinas que estén dentro de su zona de alcance. Estas redes no utilizan ninguna infraestructura fija. Los nodos de las MANETs se comunican mediante rutas de un solo salto o rutas multisalto. Los nodos intermedios que se encuentran en la ruta entre un par de nodos que se comunican entre sí actúan como routers, así que los nodos se comportan tanto como puntos medios o como hosts finales. Esto supone un inconveniente: siendo los nodos móviles, la creación de rutas se ve afectada por la adición o remoción de nodos y la topología de la red puede cambiar de una manera rápida e impredecible. En la **figura 1.3**¹⁸ se muestra una red Ad Hoc.

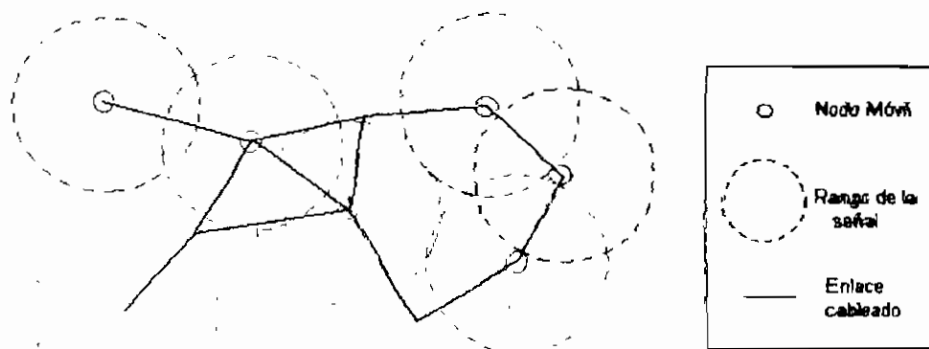


Figura 1.3: Red Móvil Ad Hoc

Las redes Ad Hoc heredan los problemas de la comunicación móvil e inalámbrica, tales como optimización del ancho de banda, control de energía y mejoramiento

¹⁸ Prasant Mohopatra; Jian Li; Chao Gui; "QoS in Mobile Ad Hoc Networks"; University of California QoS 2002

de la calidad de transmisión. Además, su naturaleza multisalto y la posible carencia de una infraestructura fija introducen nuevos problemas de investigación como la configuración de red, descubrimiento de dispositivos y mantenimiento de la topología, direccionamiento ad hoc y auto-enrutamiento¹⁹. El grupo de trabajo para Manet del IETF²⁰ se ha encaminado hacia estos objetivos con la visión de que las Manets son una evolución del Internet.

El éxito mundial alcanzado por la arquitectura en capas, ha promovido la adopción de soluciones similares para Manets. Sin embargo, un estricto diseño de capas no es lo suficientemente flexible para abastecer a la dinámica de un ambiente de red móvil y a sus futuras optimizaciones.

Debido a que el consumo de energía es directamente proporcional a la distancia entre hosts²¹, las transmisiones directas de *un solo salto* entre dos hosts pueden requerir una energía significativa, pudiendo interferir con otras transmisiones similares. Para evitar estos *problemas de ruteo*, dos hosts pueden usar transmisiones multisalto para comunicarse a través de otros hosts en la red.

Los hosts Ad Hoc pueden usar protocolos tales como el IEEE 802.11, estándar de control de acceso al medio para comunicarse a través de la misma frecuencia o pueden aplicar también Bluetooth u otra tecnología de salto de frecuencia. Con la tecnología IEEE 802.11, es difícil evitar colisiones debido a *estaciones ocultas*: dos hosts que no se comunican directamente pueden transmitir mensajes simultáneamente hacia un vecino común en la misma frecuencia.

Las redes móviles ad-hoc, debido a sus especiales características, hacen que la provisión de QoS sea un tema especialmente complicado. En la actualidad diferentes iniciativas han surgido dentro del propio grupo de trabajo sobre redes

¹⁹ S. Corson J. Macker, "Mobile Ad Hoc Networking: Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations"; Network Working Group; RFC 2501, 1999

²⁰ <http://www.ietf.org/html.charters/manetcharter.html>, manet@ietf.org

²¹ Prasant Mohapatra; Jian Li; Chao Gui: "QoS in Mobile Ad Hoc Networks"; University of California QoS 2002

Ad-Hoc del IETF (por ejemplo el grupo de trabajo INSIGNIA²²), sin embargo ninguno de ellos presenta especiales ventajas sobre los demás.

1.2.3 WIRELESS AREA PERSONAL AREA NETWORK WPAN

Existe además un estándar conocido como 802.15 que se ocupa de las redes inalámbricas de área personal WPAN²³. Esta tecnología se creó en el seno de un grupo de trabajo conformado por Nokia y Ericsson. Más tarde fue aprobado por el IEEE como el comité 802.15 en junio del 2002. Las redes definidas por este estándar son de muy corto alcance (10 m)²⁴. Esta categoría viene representada fundamentalmente por los productos Bluetooth (la denominación Bluetooth se debe a un Rey Danés del mismo nombre que en el siglo X unificó Dinamarca y Noruega), cuyo sistema se basa en ondas de radio. La tecnología utilizada relega ancho de banda a favor de fiabilidad. Esta tecnología es conocida como espectro extendido (*Spread Spectrum*) y se subdivide en dos mecanismos diferentes para llevarla a cabo:

- *Espectro extendido de salto de frecuencia* "FHSS" (Frequency-Hopping Spread Spectrum): Este sistema es el más antiguo, funciona en la banda de los 2.4 GHz²⁵. En este sistema el emisor va saltando de frecuencia en un patrón conocido por el receptor. Mediante una correcta sincronización, puede mantenerse un único canal lógico.
- *Espectro extendido de secuencia directa* (DSSS Direct-Sequence Spread Spectrum): Es más moderno que FHSS pero aun funciona en la banda de los 2.4 GHz²⁶. Para este sistema se genera un patrón redundante por cada bit que debe ser transmitido, llamado *chip*, de manera que en caso de pérdida de información ésta pueda ser recuperada; con ello se consigue que sea más resistente a cualquier interferencia y además un mayor rendimiento al aumentar la información útil que se puede transportar sin pérdidas.

²² "INSIGNIA: An IP-Based Quality of Service Framework for Mobile Ad Hoc Networks", *Journal of Parallel and Distributed Computing*, April 2000

²³ <http://www.ieee802.org/15/about.html>

²⁴ <http://www.palowireless.com/infotooth/whatis.asp>

²⁵ http://www.arcelect.com/DSSS_FHSS-Spead_spectrum.htm

²⁶ http://www.arcelect.com/DSSS_FHSS-Spead_spectrum.htm

Existe otro sistema de transmisión denominado Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia OFDM²⁷ (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), es el sistema más moderno y de mayor rendimiento. Corresponde al suplemento 802.11a de la norma. Su implantación en el mercado data de diciembre del 2001 y funciona en la banda de 5 GHz.

Los medios físicos son incompatibles entre sí, por ejemplo un sistema de radio DSSS no puede comunicarse con uno OFDM. Incluso FHSS y DSSS son incompatibles, aunque ambos utilicen la misma banda de frecuencias, ya que organizan los canales de modos completamente diferentes. Dentro de un mismo medio físico los equipos pueden interoperar, aunque no siempre puedan hacerlo con todas las posibilidades.

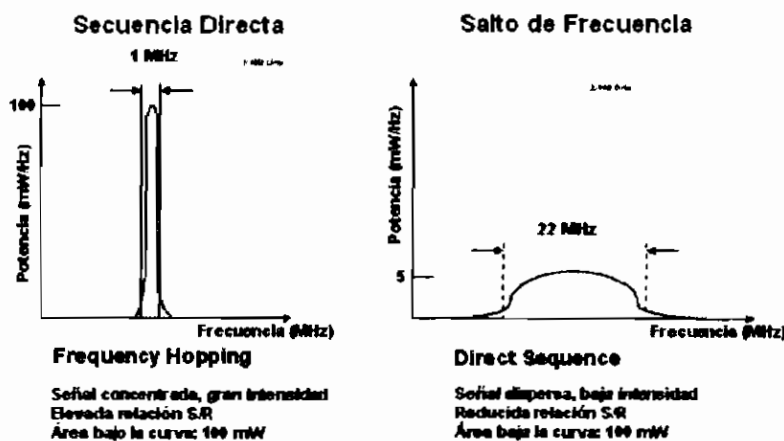


Figura 1.4²⁸: Comparación del espectro utilizado por DSSS y FHSS

En términos generales, los aparatos basados en el FHSS son más baratos y consumen menos, pero también tienen una zona de alcance menor que los de DSSS y están más limitados en el ancho de banda que ofrecen.

En la **tabla 1.2**²⁹, se muestra una comparación resumida de los sistemas de transmisión utilizados en el estándar 802.11.

²⁷ <http://www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/303787.pdf>

²⁸ Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad", Rogelio Montana, Universidad de Valencia

²⁹ Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad", Rogelio Montana, Universidad de Valencia

Medio físico	Infrarrojos	FHSS	DSSS	OFDM
Banda	850-950 nm	2,4 GHz	2,4 GHz	5 GHz
Velocidades* (Mbps)	1 y 2 (802,11)	1 y 2 (802,11)	1 y 2 (802,11) 5,5 y 11 (802,11b) 6, 9, 12, 18, 22, 24, 33, 36, 48 y 54 (802,11g)	6, 9, 12, 18, 24 36, 48 y 54 (802,11a)
Alcance (a vel. máx)	20 m	150 m	30 m (802,11b)	5 m
Utilización	Muy rara	Poca a extinguir	Mucha	Poca
Características	No atraviesa paredes	Interferencias Bluetooth y hornos microondas	Buen rendimiento y alcance	Solo en EE.UU y Japón

* Las velocidades en negrilla son obligatorias, las demás son opcionales

Tabla 1.2: Medios del nivel físico para 802.11

1.3 INTRODUCCIÓN A CALIDAD DE SERVICIO QoS

Una red IP tradicional no es capaz de diferenciar los distintos tráfico y, en consecuencia, a todos los trata por igual. Así, una gran transferencia FTP puede causar graves interrupciones de una sesión de videoconferencia. Un primer paso para evitar estas situaciones consiste en aumentar la capacidad de la red. Pero a la larga, no basta con disponer simplemente de más ancho de banda en bruto. Es preciso utilizar técnicas que hagan posible controlar el tráfico de aplicación. La combinación de técnicas de **Calidad de Servicio (QoS)** en el entorno de red permite a los administradores de TI tomar el control del tráfico de datos para asegurar el rendimiento de la red de un modo eficiente.

La Calidad de Servicio es un término ambiguo y difícil de interpretar, sin embargo se puede definir a la Calidad de Servicio (QoS) como el rendimiento de extremo a extremo de los servicios electrónicos tal como lo percibe el usuario final³⁰. Los parámetros de QoS son, por ejemplo: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Una red debe garantizar que puede ofrecer un cierto nivel de calidad de servicio para un nivel de tráfico que sigue un conjunto especificado de parámetros.

³⁰ www.waic03.uia.ve

En condiciones normales, QoS no es necesaria, pero hay eventos que impactan el rendimiento de las redes incluso cuando están bien diseñadas. Aunque la red se sobrecargue, QoS planea que el tráfico crítico no sea ni perdido ni retardado. En general, el manejo QoS añade fiabilidad y disponibilidad, haciendo un mejor uso del ancho de banda existente y dando a los usuarios tiempos de respuesta más rápidos. Además, permite a los administradores TI controlar el uso de las redes para dotarlas de mayor eficiencia. Una red con QoS es, pues, una red inteligente capaz de identificar y priorizar los tráficos críticos. Uniendo esta inteligencia a la enorme capacidad que aportan los nuevos conmutadores (por ejemplo: Gigabit Ethernet) se consigue niveles de eficacia no disponibles hasta ahora.

La implementación de Políticas de Calidad de Servicio se puede enfocar en varios puntos según los requerimientos de la red, los principales son:

- Asignar ancho de banda en forma diferenciada.
- Evitar y/o administrar la congestión en la red.
- Manejar prioridades de acuerdo al tipo de tráfico.
- Modelar el tráfico de la red.

1.4 INTRODUCCIÓN A QoS EN REDES MÓVILES

Los años recientes han presenciado un explosivo crecimiento de los sistemas móviles y un rápido surgimiento de nuevas tecnologías inalámbricas. El deseo de estar conectado "en cualquier momento, en cualquier lugar, de cualquier manera" conlleva a un creciente arreglo de sistemas heterogéneos, aplicaciones, dispositivos y proveedores de servicio. Se avizora que tal heterogeneidad no va a desaparecer en un futuro cercano porque la variedad de aplicaciones y sus requerimientos dificultan hallar una solución óptima y universal al tiempo que la avidez por capturar el mercado hace que las organizaciones en competencia produzcan sistemas no inter-operativos.

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 IPv6³¹. Algunos desarrollos han sido implementados para mejorar sus limitaciones en el manejo de micro-movilidad, tales como Fast Handover o Cellular IP³². 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 llave para el éxito de la próxima generación de sistemas móviles para comunicaciones.

1.4.1 PROBLEMAS EN LA PROVISIÓN DE QoS

IP, el cual ha sido adoptado como el protocolo universal de capa red para Internet, se está convirtiendo también en el protocolo universal para todos los sistemas inalámbricos. Sin embargo, para proveer a los usuarios con servicios satisfactorios, el uso de conectividad ubicua con servicios del mejor esfuerzo (tal como lo realiza IP) no es suficiente. En el entorno tan heterogéneo de las redes móviles, el comportamiento de las aplicaciones del usuario puede deteriorarse fácilmente debido a varias razones y la fluctuación del comportamiento puede ser

³¹ J. Solomon: *"Mobile IP: The Internet Unplugged,"* Prentice Hall, September 1997

³² A. Campbell et al., "Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP", *IEEE Pers. Comm.*, vol. 7, No. 4, pp. 42 – 49, Aug. 2000.

demasiado amplia para ser aceptable. Gracias a la Calidad de Servicio (QoS) se puede ocultar la variación de las capas inferiores a las aplicaciones y proveer las garantías de servicio necesarias.

Para proveer QoS en Internet móvil, varios problemas relacionados con la heterogeneidad y movilidad deberán ser muy bien estudiados. Al moverse de una red hacia otra, los usuarios pueden interactuar con diferentes operadores de servicio los cuales pueden diferir en los términos del acuerdo del nivel de servicio (*SLA Service Level Agreement*), capacidad de la red, topología y políticas, los usuarios pueden utilizar diferentes tecnologías de acceso inalámbricas que difieran en las características de canal (ancho de banda, retardo, pérdida de paquetes, etc.) y capacidad de soporte de QoS; el usuario podría migrar a aplicaciones más convenientes para su terminal y esperar diferente soporte de las capas inferiores. Todos estos factores pueden complicar la provisión de QoS entre extremos y limitar la habilidad de la adaptación del servicio.

Apuntando hacia estos grandes retos, existe una considerable cantidad de investigaciones relacionadas con la calidad de servicio que se están llevando a cabo. La mayoría del trabajo inicial se ha enfocado al desarrollo de estructuras tales como IntServ y DiffServ para Internet del mejor esfuerzo ya existente.

Solo recientemente se han realizado algunos avances apuntando a los problemas de QoS en redes móviles, manejo de la movilidad y dispositivos portátiles. La mayoría de estos trabajos se mantienen en el contexto de arquitecturas individuales con sus componentes y mucho menor ha sido el progreso en lo referente a una arquitectura general de QoS para Internet móvil.

1.4.2 NUEVOS PROBLEMAS DE QoS EN REDES HETEROGÉNEAS

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.

1.4.2.1 Diferentes Hyper Handovers

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. La **tabla 1.3**³³ muestra cuatro clases diferentes de hyper handovers y las principales diferencias que los usuarios pueden experimentar durante el handover. Note que la **tabla 1.3** solo muestra el efecto de cada hyper handover por separado. En la práctica los usuarios pueden experimentar combinaciones de diferentes tipos de handovers.

Categorías	Diferencias entre handover pares
Dominio de Administración	ISP, ASP, AAA, SLA, políticas, topología de red, contexto de aplicaciones, tráfico de red, servicios disponibles
Tecnología de Acceso	Ancho de banda, pérdida, retardo, área de cobertura, soporte de movilidad, soporte de QoS, aplicaciones convenientes, Costo, seguridad.
Terminales	CPU, tamaño de memoria, resolución de pantalla, batería, interfaz de red, plataforma de software, Aplicaciones instaladas.
Aplicaciones	Especificación del tráfico, requerimientos de QoS, preferencias del usuario, sensibilidad del usuario, habilidad de adaptación, conexión de red

Tabla 1.3 Cuatro categorías de Hyper Handovers

³³ Xia Gao; Gang Wu; Toshio Miki; "End-to-end QoS Provisioning in Mobile Heterogeneous Networks", pdf

1.4.2.2 Problemas de QoS en hyper handovers

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 dinámicas³⁴. 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 contrato son usualmente inexactas, el uso de recursos y características de flujo no son generalmente definidas por adelantado, las funciones dinámicas de QoS permiten que el contrato sea llenado 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 QoS es mucho más complicado que en los handovers horizontales.

1.4.2.3 Otros Problemas

Soporte de Movilidad. Actualmente no hay soporte de QoS durante el período de handover. Cuando un terminal se mueve desde una estación base hacia otra, los paquetes que arribaron hacia una estación previa son enviados hacia la nueva sin soporte de calidad de servicio.

Los esfuerzos para acortar el retardo por el handover y reducir la tasa de pérdida de paquetes se han reflejado en algunos protocolos de soporte de movilidad tales

³⁴ D. Chalmers, and M. Sioman, "A Survey of Quality of Service in Mobile Computing Environments", IEEE Comm. Surveys, 2nd Quarter, pp. 2 – 10, 1999.

como *Fast Handover for Mobile IP*, *Hierarchy Mobile IP*, *Cellular IP*³⁵, etc. Estos protocolos, sin embargo, no soportan los parámetros de QoS requeridos para aplicaciones específicas, dado que aplicaciones diferentes tienen diferentes parámetros de QoS en términos de ancho de banda, retardo y pérdidas.

Red de Aplicación. La introducción de un servidor de aplicación puede ayudar a reducir la latencia y ayudar a las aplicaciones a adaptarse a las variaciones de las redes. Pero un servidor de aplicación puede cambiar la ruta extremo a extremo y complicar el procedimiento de reserva de recursos. Puede además cambiar la configuración de sesiones de aplicaciones añadiendo o cambiando servicios, lo cual una vez más tiene su influencia en los procedimientos de negociación y adaptación de la calidad de servicio.

Funcionalidades Dinámicas de la Calidad de Servicio. Es bien conocido que los algoritmos de control de admisión y de reserva de recursos en redes cableadas tienen que ser modificados para poder ser utilizados en caso de producirse un handover horizontal. Las más grandes diferencias ocurren durante el hyper handover e introducen más retos en las funcionalidades dinámicas de QoS. Por ejemplo, al moverse de un dominio administrativo hacia otro, debido a que el usuario puede tener un contrato o una autorización diferentes con cada dominio, las especificaciones QoS tienen que ser cambiadas y la habilidad de adaptación de QoS tiene que ser limitada debido a problemas de costo o políticas, los cuales son paralelos a los requerimientos de la aplicación misma.

³⁵ A. Valk: "Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility," *ACM Computer Communication Review*, January 1999.

2 CAPÍTULO 2. CALIDAD DE SERVICIO QoS: INTSERV Y DIFFSERV

2.1 INTRODUCCIÓN A INTSERV Y DIFFSERV

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 que dificultan la complejidad computacional y memoria, ambos problemas que obstaculizan 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 sólo proveen débiles garantías de servicio, lo cual no siempre contempla las necesidades de las aplicaciones.

Desde su creación en los inicios de los 70’s, el Internet ha adoptado el servicio del mejor esfuerzo, el cual se basa en tres principios:

- No existe la negación del ingreso para cualquier tipo de tráfico en la red.
- Todo el tráfico es tratado de la misma manera.
- La única garantía dada por la red es que el tráfico será transmitido de la mejor manera posible dándole los recursos disponibles; esto es, no se generarán retardos artificiales y no ocurrirán pérdidas innecesarias.

El servicio del mejor esfuerzo es adecuado mientras las aplicaciones que usen la red no sean sensibles a variaciones en pérdidas y retardos (por ejemplo correo electrónico) y si la carga de la red es pequeña. Estas condiciones eran reales en los primeros días del Internet, pero no se mantienen en la actualidad debido al creciente número de aplicaciones que usan Internet.

Existe la creencia errónea que aumentar la capacidad del backbone hace obsoleta a la calidad de servicio (QoS). De hecho, el núcleo del Internet está actualmente sobre dimensionado y provee baja latencia y bajas pérdidas para todo el tráfico que soporta. Pero esta tendencia de aumentar la capacidad del núcleo del Internet únicamente traslada el cuello de botella hacia sus bordes y el servicio que experimentan las aplicaciones permanece inadecuado. A más de esto, el desperdicio de recursos al sobredimensionar de red puede significar una inversión con muy poco beneficio. Como resultado, los mecanismos para la diferenciación de servicios son urgentemente necesarios en las redes de acceso que conectan usuarios terminales con el backbone de Internet.

La explosión de la capacidad del enlace en la red, en lugar de aliviar la necesidad de garantías en el servicio, ha creado requerimientos más severos en las arquitecturas de QoS. Los routers en los límites de la red de backbone de Internet tienen ahora que servir a varios millones de flujos concurrentes a tasas de gigabit por segundo, lo cual introduce además requerimientos de escalabilidad. Primero, la información del estado de los flujos mantenida en los routers para proveer QoS debe ser pequeña. Segundo, el tiempo de procesamiento para clasificar y fijar el tratamiento para los paquetes de acuerdo a sus garantías de QoS debe ser pequeño, incluso con el advenimiento de hardware más rápido.

Durante la última década, dos grandes esfuerzos para la provisión de calidad de servicio en Internet han sido desarrollados. El primero, **IntServ** (*Integrated Services: Servicios Integrados*) promete provisión de servicio *por flujo* lo que le supone problemas por su carencia de escalabilidad. Su sucesor, **DiffServ** (*Differentiated Services: Servicios Diferenciados*), es más escalable pero pierde granularidad de servicio y no está diseñado para usuarios de extremo a extremo.

De lo dicho anteriormente se desprende que existe un compromiso entre calidad de servicio y escalabilidad.

2.2 ARQUITECTURA DE SERVICIOS INTEGRADOS INTSERV

El grupo de investigación de Servicios Integrados *IntServ*³⁶, se enfoca hacia flujos individuales de paquetes es decir, cadenas de paquetes IP entre hosts finales y aplicaciones las cuales tienen las mismas direcciones fuente y destino, los mismos números de puerto TCP/UDP y el mismo campo de protocolo. En este método, cada flujo puede pedir a la red niveles específicos de servicio. Los niveles de servicio son típicamente cuantificados como una tasa mínima de servicio, un retardo máximo tolerable de extremo a extremo o una tasa de pérdida. La red acepta o niega las peticiones de los flujos, basándose en la disponibilidad de los recursos y las garantías ya provistas a otros flujos.

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 búffer en los routers; y el Protocolo de Reserva de Recursos RSVP³⁷ 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.

RSVP es un protocolo de señalización para conducir los parámetros de QoS desde la fuente hacia el destino para realizar reservaciones a lo largo de la ruta de comunicación. El protocolo funciona de la siguiente manera³⁸: i) el remitente de una aplicación envía mensajes PATH que contienen especificaciones del tráfico al receptor o receptores de la aplicación. ii) El receptor luego de recibir estos mensajes PATH, envía mensajes RESV al emisor especificando el flujo que espera recibir. iii) Al ir el mensaje RESV de regreso al emisor se van realizando las reservaciones en cada nodo intermedio a lo largo de la ruta. Si cualquier nodo

³⁶ <http://www.ietf.org/html.charters/intservcharter.html>

³⁷ R. Braden et al., "Resource Reservation Protocol – Version 1 Functional Specification," IETF RFC, Sept. 1997

³⁸ Yoram bernet, "The Complementary Roles of RSVP and Differentiated Services in the Full-Service QoS Network" *EEE Communications Magazine* • February 2000

a lo largo de la ruta no puede aceptar la petición, la misma es bloqueada. iv) En cada router a lo largo de la ruta, un estado de PATH y RESV es mantenido para cada sesión. Para refrescar dichos estados (también llamados "soft state"), mensajes PATH y RESV son enviados periódicamente.

Los problemas de escalabilidad nacen principalmente debido a que IntServ requiere de los routers para controlar y enviar el estado para todos los flujos que pasan a través de ellos. Mantener y procesar este estado para cada flujo para enlaces de velocidades de gigabits o terabits, con millones de flujos activos simultáneamente es significativamente difícil desde el punto de vista de la implementación. Incluso si los routers de la siguiente generación pueden acomodar millones de flujos, la arquitectura IntServ hace el mantenimiento y la contabilización de una red IP particularmente más complicado.

Adicionalmente, requiere nuevas interfaces para las aplicaciones de red y puede únicamente proveer garantías de servicio cuando todos los nodos en la ruta del flujo son capaces de manejar el sistema IntServ.

El modelo de IntServ basado en RSVP provee tres tipos de servicios³⁹ a los usuarios: Primero, Servicio del Mejor Esfuerzo el cual está caracterizado por la ausencia absoluta de especificaciones de calidad de servicio y la red provee la mejor calidad posible; Segundo, el Servicio Garantizado provee a los usuarios un determinado ancho de banda asegurado, límites fijos de retardo extremo a extremo y no existen pérdidas por encolamiento para los flujos; Tercero, *Servicios de Carga Controlada*, los cuales aseguran que el flujo provisto de este servicio alcanzará su destino con un mínimo de interferencia por parte del tráfico del mejor esfuerzo. Los Servicios de IntServ se detallan en la **figura 2.1**⁴⁰

³⁹ J. Wroclawski, "The Use of RSVP with IETF Integrated Services," IETF RFC, Sept., 1997

⁴⁰ Alberto López Toledo, "Calidad de servicio en IPv6" Madrid Global IPv6 Summit

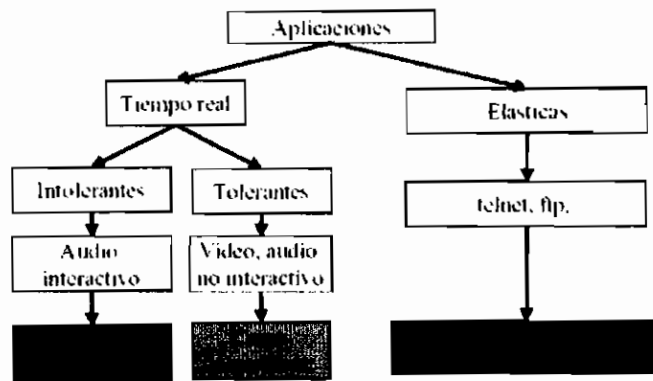


Figura 2.1: Servicios de IntServ

Debido a que fue diseñado para redes fijas, RSVP asume puntos finales fijos y por tal razón, su desempeño no causa problemas en redes móviles. Cuando un nodo móvil (NM) cambia su punto de conexión (handover), debe reestablecer las reservaciones con su (o sus) nodo(s) correspondiente(s) a lo largo de la nueva ruta (o nuevas rutas). Para una sesión saliente, el NM debe entregar un mensaje PATH inmediatamente después del cambio de la ruta y esperar por su correspondiente mensaje RESV antes de empezar la transmisión de datos a través del nuevo punto de conexión. Dependiendo del número de saltos entre el emisor y el receptor este proceso puede conllevar a retardos considerables, resultando en una ruptura temporal del servicio.

Los efectos de un handover son incluso más molestos en una sesión entrante porque el NM no tiene la capacidad para invocar inmediatamente el procedimiento de reestablecimiento de la ruta; en lugar de esto tiene que esperar por un nuevo mensaje PATH para poder completar el reestablecimiento de la ruta. El mero decrecimiento del período del timer del soft state no es una solución eficiente debido a que esto podría aumentar la señalización significativamente. La mayoría de las soluciones propuestas para el problema del reestablecimiento de la ruta durante un handover requieren considerables mejoramientos o alteraciones a la operación del protocolo. En ambientes de micro-movilidad, solo una pequeña parte de la ruta cambia, mientras que la parte remanente del circuito puede ser reutilizada. De acuerdo con lo anterior, un esquema para un reestablecimiento parcial de la ruta puede ser considerado, el cual maneje descubrimiento y arreglo de la nueva parte entre el router y el nodo móvil.

Separar paquetes que necesitan un trato preferencial de los otros puede ser una tarea difícil: en el caso de flujos extremo a extremo, se deben mantener tablas de direcciones fuente/destino y números de puerto (este proceso es conocido como *clasificación multicampo*). Debido a que los números de puerto no son parte de la cabecera IP, puede que ellos no sean identificables debido a mecanismos de encriptación o fragmentación de paquetes IP. Adicionalmente, puede que sea necesario guardar información especial (por ejemplo el tipo de servicio requerido) para cada flujo.

Es importante distinguir entre problemas de escalabilidad que tienen que ver con la granularidad de servicio y la escalabilidad de señalización. Todavía, la inherente escalabilidad del protocolo de ruteo es un problema fundamentalmente diferente de la escalabilidad del modelo de servicio.

2.3 ARQUITECTURA DE SERVICIOS DIFERENCIADOS DIFFSERV

El siguiente hito en la historia de la provisión de calidad de servicio en Internet es DiffServ⁴¹. Aquí, los routers tienen diferentes roles: los routers de borde (routers en el punto final del dominio) clasifican a los usuarios en diferentes clases para disminuir la cantidad de información de estado, de esta manera los routers de núcleo pueden contar con un número manejable de clases de usuarios; las clases pueden ser determinadas mediante el uso del campo DSCP (DiffServ Code Point) en la cabecera IP. Los siguientes puntos de escalabilidad deben ser comprendidos:

- Para que un sistema sea escalable, el “trabajo” (en términos de capacidad de procesamiento, espacio en memoria, etc.) para una entidad no debe depender directamente del número de usuarios.
- La agregación es un concepto clave para reducir el número de usuarios con los que una entidad tiene que tratar.
- El mejoramiento de la escalabilidad alcanzado mediante agregación se logra en detrimento de la calidad de servicio.

⁴¹ <http://www.ietf.org/html.charters/diffservcharter.html>

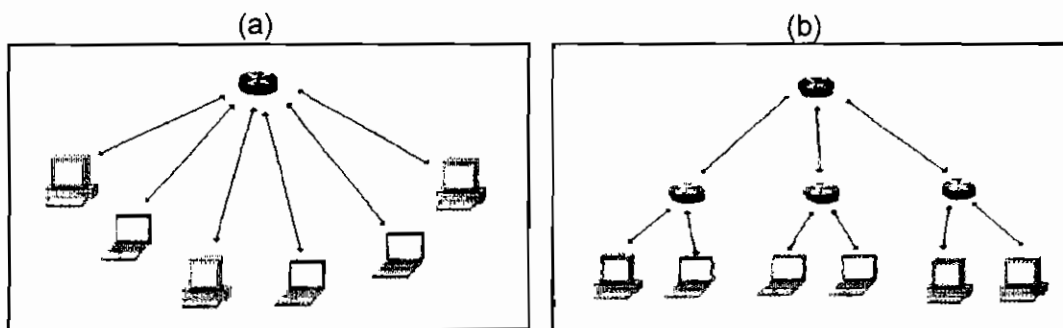


Figura 2.2: a) Sirviendo a seis usuarios de una manera no escalable; b) sirviendo a seis usuarios de una manera escalable

La idea básica es que la cantidad de tráfico en el núcleo de red no permite mecanismos complejos de QoS y la mayoría de los mecanismos de QoS deben ser ejecutados en la red periférica, donde el volumen de tráfico es menor. En DiffServ, se acoplan flujos con similares requerimientos QoS en ciertas clases de tráfico⁴²: Envío Rápido “EF” (*Expedited Forwarding*) que provee garantías estrictas de ancho de banda y retardo; y el Envío Asegurado “AF” (*Assured Forwarding*) con una QoS más relajada. El control de acceso se lo lleva a cabo en los bordes (Broker de Ancho de Banda)⁴³.

Diffserv define un campo Diffserv Code Point “DSCP” asociado a la cabecera IP (ya sea IPv4 o IPv6), de manera que el tratamiento de este tráfico en los nodos intermedios de la red vendrá determinado por el valor asociado a este campo (figura 2.3⁴⁴). DSCP es un campo de seis bits que resulta de la combinación de los campos Procedencia y Tipo de Servicio. De esta forma se logra la agregación de flujos, consiguiendo un tratamiento especial para cada servicio en función del código DSCP, es decir, no existen reservas sino prioridades.

⁴² J. Manner, A. Laukkanen, M Kojo, K. Raatikainen, “A QoS Architecture Framework for Mobile Networks”; University of Helsinki; pdf

⁴³ J. Manner, A. Laukkanen, M Kojo, K. Raatikainen, “A QoS Architecture Framework for Mobile Networks”; University of Helsinki; pdf

⁴⁴ Alberto López Toledo: “Calidad de servicio en IPv6”, Madrid Global IPv6 Summit

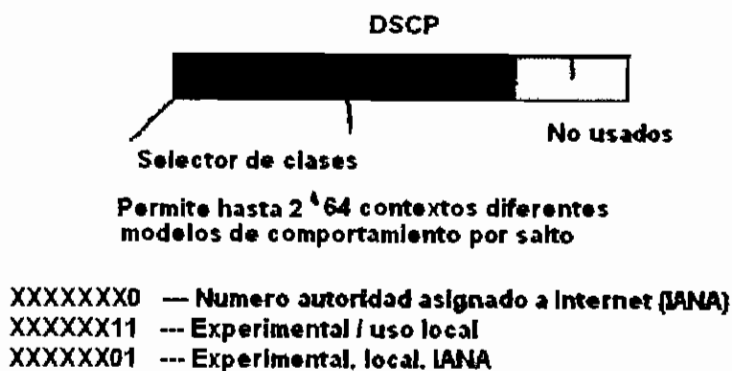


Figura 2.3: Esquema del campo DSCP

Para que no exista problemas con routers anteriores que sólo soportan la Procedencia IP los valores DSCP son usados porque son compatibles con el campo de procedencia IP. Los comportamientos EF y AF están definidos por los siguientes valores en el campo DSCP: Comportamiento por salto PHB (Per Hop Behavior) para asegurar el servicio en el nodo: EF (DSCP = 101110) y AF (DSCP= nnnmm0; nnn= selección de clase de cola, mm = selección de clase de descarte) y Comportamiento por Dominio PDB (Per Domain Behavior) para el aseguramiento de extremo a extremo⁴⁵.

De lo mencionado anteriormente, se deduce que existe un pacto entre simplicidad de implementación y robustez de las garantías del servicio, como se muestra en la **figura 2.4**. IntServ y EF pueden ser demasiado complejos para ser comprendidos por una gran población de flujos. AF solo provee débiles garantías de servicio QoS.

Como se muestra en la **figura 2.4**, una arquitectura que provea un servicio “ideal” debería proveer fuertes garantías de servicio con una limitada complejidad.

⁴⁵ Alberto López Toledo: “Calidad de servicio en IPv6”, Madrid Global IPv6 Summit

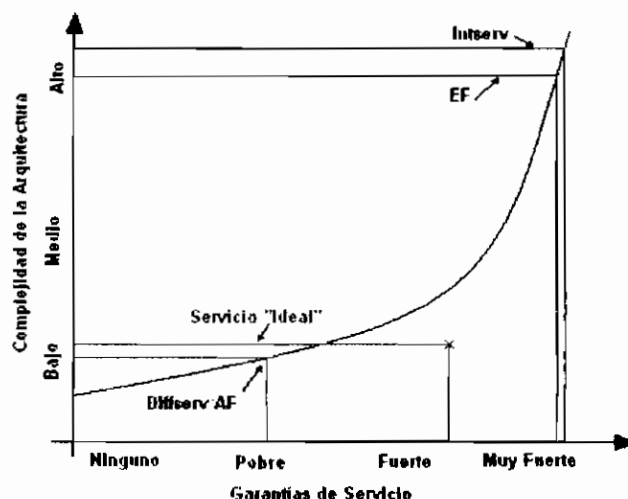


Figura 2.4: El pacto entre fortaleza en los servicios de QoS y su complejidad de implementación

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 búffers, regulación de tráfico, etc. que pueden ser usados para construir bloques de servicio basado en clases con buena diferenciación y baja complejidad.

Las propuestas existentes para modelos de servicio pueden ser divididos de acuerdo a su taxonomía **Figura 2.5**⁴⁶.

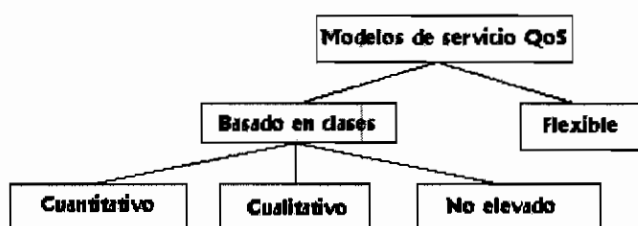


Figura 2.5: Taxonomía de un modelo de servicio

Primero, los modelos de servicio pueden ser flexibles o basados en clases. Los modelos flexibles representan los deseos de los usuarios del servicio, para quienes la red debe adaptarse a las necesidades de las aplicaciones en cuanto a requerimientos de calidad de servicio se refiere. De ahí que un modelo flexible

⁴⁶ Jorg Diederich, Martina Zitterbart; "A Service Model to Provide Quality of Service in Wireless Networks Focusing on Usability"; pdf

tiene tantos parámetros de QoS como sean posibles para lograr una personalización individual para el usuario. En este sentido, el modelo de servicio flexible no impone límites en las aplicaciones soportadas por las diferentes capas de la red. Sin embargo, un inconveniente de este tipo de modelo es la gran dificultad para su configuración desde el punto de vista de un programador de aplicaciones o un usuario del servicio.

En contraste, los servicios basados en clases, tales como el esquema DiffServ, proveen solo unas cuantas clases de servicio, cada una con un número limitado de parámetros de QoS a ser afinados individualmente. En este caso, cada clase de servicio soporta solo aplicaciones con ciertos requerimientos de QoS, por ejemplo, aplicaciones que requieren un bajo retardo.

Los modelos de servicio basados en clases pueden consistir de servicios cuantitativos, cualitativos o no-elevados. Los modelos cuantitativos proporcionan valores (por ejemplo los servicios resultantes del legado de DiffServ e IntServ). Los modelos cualitativos proveen servicios que no dan un aseguramiento estricto en los parámetros de QoS. En su lugar, estos modelos describen la calidad de servicio para un parámetro de QoS, pudiendo ser tanto cualitativamente (por ejemplo un "bajo retardo") o en relación a otras clases de servicio como en la propuesta de **Servicios Diferenciados Proporcionalmente**. Aunque estos modelos de servicio tienen solo unos cuantos parámetros de servicio configurables, son difíciles de manejar por el usuario del servicio. Esto se debe a que la QoS resultante de estos servicios no es estable en el tiempo y puede variar dependiendo de la cantidad de tráfico que compite en la red.

Algunos modelos adicionales han sido propuestos especialmente para redes móviles inalámbricas. Estas propuestas pertenecen a los modelos flexibles (por ejemplo, el modelo de servicio UMTS (3GP 2002)) o pueden contener servicios cuantitativos o cualitativos. Sin embargo, tales modelos propuestos presentan dificultades debido a que poseen gran número de parámetros a especificar (tal como lo que sucede en el modelo UMTS) o los parámetros son difíciles de proveer en general (por ejemplo, especificando el perfil de movilidad de cada

terminal móvil de manera anticipada como es necesario en la propuesta MRSVP) Además, el uso de los parámetros de QoS no está suficientemente especificado del todo y ninguno de los modelos propuestos para proveer QoS presenta una baja complejidad, un alto nivel de uso y no pueden manejar el recorte de recursos que se produce en el handover de una manera eficiente.

La tabla 2.1⁴⁷ muestra las principales diferencias entre Intserv y Diffserv.

	Intserv	Diffserv
Granularidad de la diferenciación del servicio	Flujos individuales	Agregado de flujos
Estado en los routers por ej: manejo de búffers	Por flujo	Por agregado
Base de la clasificación de tráfico	Algunos campos de cabecera	El campo DSCP (6 bits) de la cabecera IP
Tipo de diferenciación del servicio	Garantías determinísticas o estadísticas	Aseguramiento absoluto o relativo
Control de admisión	Requerido	Requerido solo para diferenciación absoluta
Protocolo de Señalización	Requerido (RSVP)	No requerido para esquemas relativos; esquemas absolutos necesitan reservaciones semi-estáticas o un agente broker
Coordinación para la diferenciación de servicio	Extremo a extremo	Local (por salto)
Alcance de la diferenciación de servicio	Una ruta unicast o multicast	Cualquier lugar en la red o rutas específicas
Escalabilidad	Limitado por el número de flujos	Limitado por el número de clases de servicio
Contabilidad de red	Basado en las características del flujo y requerimientos QoS	Basado en el uso de clases
Manejo de red	Similar a las redes de circuitos conmutados	Similar al existente en redes IP
Despliegue interdominio	Acuerdos multilaterales	Acuerdos Bilaterales

Tabla 2.1: Una comparación de las arquitecturas Intserv y Diffserv.

⁴⁷ Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan; 'A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model'; Universidad de Wisconsin-Madison; pdf

2.3.1 SERVICIOS RELATIVAMENTE DIFERENCIADOS

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 $1 < i \leq N$, en términos de desempeño local (por salto) para retardos por encolamiento y pérdidas de paquetes.

Nótese que la alusión “o al menos no es peor” es necesaria debido a que en condiciones de baja carga todas las clases experimentarán la misma calidad de servicio. El IETF ha estandarizado ocho de dichas clases, llamadas Selector de Clases de Comportamiento por Salto (Class selector per-hop behaviour)⁴⁸, usando los bits de Procedencia de la cabecera de IP. 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 el router en el límite entre dos redes. Por ejemplo, una aplicación telefónica IP puede dinámicamente adaptar la clasificación de sus paquetes basándose en las medidas de retardos y pérdidas de la llamada en cuestión. O, en el caso de una organización, la clasificación de paquetes puede estar basada en políticas, tal como que el departamento administrativo usará una clase superior, mientras que el departamento de ingeniería usará una clase inferior.

Un servicio de diferenciación relativa debe estar fuertemente acoplado con un esquema de precios o de políticas para hacer que las clases superiores sean más caras (o restringidas en sus usos). De otra manera, todos usarían la clase superior y la diferenciación relativa resultaría poco efectiva.

2.3.1.1 Diferenciación de Servicio Relativa vs. Absoluta.

En un modelo absoluto se asegura a los usuarios admitidos los recursos y por tanto su desempeño pedido. La desventaja radica en que a un usuario le será

⁴⁸ Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan: ‘A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model’. Universidad de Wisconsin-Madison

negado el ingreso si los recursos de red no están disponibles en la cantidad por el 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 200ms⁴⁹. 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. Por ejemplo, una aplicación de telefonía IP adaptativa puede usar un rango de técnicas de codificación y mecanismos de realimentación para ofrecer una calidad razonable (aunque algunas veces degradada), cuando el ancho de banda está en el rango de 6-32 Kbps y el retardo extremo a extremo está sobre los 300 ms. Si el retardo observado en esta clase es superior a los 300 ms, la aplicación puede cambiar dinámicamente a clases superiores, hasta que encuentre la clase más baja en la cual pueda operar adecuadamente. Si no existiese tal clase o si el usuario ha especificado restricciones máximas económicas, el usuario experimentará una calidad degradada, debido a que la ruta en la red no fue configurada y/o no fue presupuestada para cumplir con esta combinación de requerimientos de calidad y costo.

Lo anterior no implica que la diferenciación absoluta no sea requerida por alguna aplicación. Sin embargo, la creciente popularidad de muchas aplicaciones adaptativas (por ej: Real Player y aplicaciones de telefonía IP) muestra que los usuarios pueden algunas veces tolerar variaciones en la calidad. Desde luego, hoy en día ciertas aplicaciones adaptativas reciben ocasionalmente niveles

⁴⁹ Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan; "A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model": Universidad de Wisconsin-Madison

inaceptables de servicio. Se puede predecir que esto ocurre debido tanto a enlaces con pocos recursos o un diseño de “el mismo servicio para todos los modelos”; sin embargo, una vez que este modelo sea reemplazado con esquemas de diferenciación del servicio, los usuarios tendrán una carga adicional, llamada clase de servicio que se encarga de controlar la calidad que reciben. El costo del acceso a Internet dependerá también del tipo de usuario (hablando en relación a la clase de servicio que recibirá) y de las aplicaciones que utilizará.

Es un concepto erróneo el pensar que el modelo de la diferenciación relativa tiene que servir a las clases en un orden estricto de prioridad, con las clases altas servidas antes que las bajas. Incluso aunque tal esquema podría mantener el orden deseado entre clases (por ejemplo, las clases altas son siempre mejores), tendría siempre sus inconvenientes. Primero, si las clases superiores son solicitadas persistentemente esto podría conllevar largos períodos de “inanición”⁵⁰ para las clases inferiores. Segundo, un esquema de priorización estricta es *no controlable*, esto es, no provee herramientas de afinamiento para ajustar el espaciamiento entre clases. En cambio, el punto de operación depende de la distribución de la carga entre las clases. La habilidad para ajustar el espaciamiento de calidad entre clases independientemente de la clase de carga es una propiedad crucial para un esquema de diferenciación relativa⁵¹.

Cuando una clase superior se sobrecarga ofrecerá un peor servicio de envío de paquetes que una clase inferior. Esto sería un caso de una diferenciación de clases *inconsistente* o *impredecible*. La razón para este comportamiento es que la calidad de servicio en cada clase depende de la relación “inmediata” entre los servicios asignados a una clase y la carga que arriba a dicha clase. Debido a que muchas aplicaciones de Internet son de una corta duración (por ejemplo, sesiones Web), es importante que el orden relativo de clases se mantenga consistente en cortas escalas de tiempo. Es importante asegurar a los usuarios que,

⁵⁰ Son Vuong, Xizheng Shi; ‘A Proportional Differentiation Service Model for the Future Internet Differentiated Services’ University of British Columbia; pdf

⁵¹ Son Vuong, Xizheng Shi; ‘A Proportional Differentiation Service Model for the Future Internet Differentiated Services’ University of British Columbia; pdf

independientemente del tiempo en que se monitoree la diferenciación entre dos clases, siempre las clases superiores son mejores.

2.3.2 EL MODELO MÓVIL DE SERVICIOS DIFERENCIADOS

El llamado Modelo Móvil de Servicios Diferenciados MoDiQ (*Mobile Differentiated Services QoS Model*) es una extensión del modelo de servicio DiffServ para poder encajar las especificaciones de las redes móviles. El modelo MoDiQ comprende los nuevos servicios⁵²: Servicio Móvil Premium, Servicio Portátil Premium, Servicio del Mejor Esfuerzo con Bajo Retardo BELD (Best Effort Low Delay), Servicio Móvil Olímpico y Servicio Portátil Olímpico además del ya existente Servicio del Mejor Esfuerzo. Este modelo provee soporte para las típicas aplicaciones existentes hoy en día para redes fijas y móviles, tiene una alta probabilidad de evitar el recorte de recursos y sus técnicas pueden ser desplegadas de una manera incremental.



Figura 2.5⁵³ El modelo de Servicio MoDiQ

2.3.2.1 Servicio Premium Portátil

El servicio Premium Portátil es un servicio que proporciona bajo retardo, bajo jitter y baja pérdida, asegurando el máximo ancho de banda provisto. El único parámetro de QoS configurable es el llamado "tasa pico" (*peak-rate*) es configurado por el programador de la aplicación (si la tasa es fija para la aplicación) o por el usuario del servicio en una petición de sesión. El Servicio Premium Portátil es similar al servicio Premium heredado del modelo de servicio

⁵² Diederich, J: "Simple and Scalable Quality of Service for Wireless Mobile Networks": University of Karlsruhe; pdf

⁵³ Jorg Diederich y Martina Zitterbart: "A Service Model to Provide Quality of Service in Wireless Networks Focusing on Usability".pdf

DiffServ⁵⁴ y puede ser construido usando el EF PHB (*Expedited Forwarding per hop behavior*), aunque el retardo de paquetes pueda ser más alto y variable que en las redes fijas. Esto se debe a las retransmisiones de paquetes en la capa enlace o similares para compensar la alta tasa de error inalámbrica.

El Servicio Portátil Premium fue diseñado para terminales que no realizan handovers mientras están conectados a la red.

2.3.2.2 Servicio Móvil Premium

El Servicio Móvil Premium mejora el servicio Portátil Premium en que adicionalmente asegura que el recorte de recursos que se produce en el handover es evitado con cierta (alta) probabilidad. Este aseguramiento se basa en el llamado esquema de priorización del handover el cual previamente reserva cierta cantidad de ancho de banda, lo que también se conoce como recursos de handover. Estos recursos pueden ser usados solamente por terminales móviles que se encuentran realizando un handover dentro de una celda. Las simulaciones han mostrado que de esta manera se evita el recorte de recursos durante el handover con una probabilidad de alrededor del 95% para un modelo de movilidad razonable. Sin embargo, el factor básico de tal esquema es que la petición de sesión de nuevos terminales móviles que quieran unirse a la red podría ser bloqueada debido a que no está autorizada para utilizar los recursos de handover.

2.3.2.3 Servicio del Mejor Esfuerzo –Bajo Retardo

El Servicio del Mejor Esfuerzo con Bajo Retardo BELD (*Best Effort Low-Delay*)⁵⁵ es un servicio de bajo retardo y por consiguiente relacionado a los Servicios Premium Portátil y Móvil Premium. Sin embargo, en contraste a lo descrito en los dos Servicios Premium, el envío de paquetes puede ocurrir en este servicio BELD

⁵⁴ Zhang, L., Jacobson, V & Nichols, K.; 'A Two-bit Differentiated Services Architecture for the Internet', *Internet Engineering Task Force*, 1999

⁵⁵ Diederich, J., Zitterbart, M., 'Best-Effort Low-Delay Service'. in 'Proc. of the 28th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN)', Bonn, Germany (2003).

para un cierto período de tiempo. Uno de los objetivos del Servicio BELD es utilizar los recursos no usados en los Servicios Premium para hacer la utilización de recursos más eficiente. La eficiencia en los recursos es importante debido a que se asume que los recursos del Servicio Premium proporcionan una gran parte de los réditos del operador.

2.3.2.4 Servicio Olímpico Portátil o Móvil

En el legado del modelo de Servicio DiffServ, el Servicio Olímpico⁵⁶ está diseñado para soportar diferenciación de servicio para flujos de datos de tipo ráfaga lo cual contrasta con el Servicio Premium. El Servicio Olímpico no asegura retardo o jitter pero provee un aseguramiento en el ancho de banda mínimo negociado.

En el modelo de servicio MoDiQ, el Servicio Olímpico es dividido en Servicio Portátil Olímpico y Servicio Móvil Olímpico de manera análoga a la diferenciación del servicio Premium en Móvil y Portátil. Sin embargo, el evitar la escasez de recursos durante el handoff en el Servicio Móvil Olímpico es posible solo cuando el tráfico está dentro de la tasa negociada. Uno de los problemas que se mantiene en vigencia para las redes móviles es que el ancho de banda disponible puede variar de manera muy drástica, por ejemplo, en un inter-sistema al producirse un handoff entre celdas de diferentes redes inalámbricas (puede ser de una red Wireless LAN a una UMTS). Por consiguiente, el esquema de priorización de microflujos ha sido añadido al Servicio Olímpico en el modelo de Servicio MoDiQ. En este esquema, el usuario del servicio puede señalar la prioridad de un microflujo hasta el borde de la red usando el campo DSCP. Al introducir estas prioridades definidas por el usuario para microflujos⁵⁷ en la propuesta MoDiQ se puede incrementar la QoS para aplicaciones con varios micro flujos. Como un ejemplo, considérese una transmisión de noticias por televisión con un canal de video y otro de audio. Si ambos canales son tratados de la misma manera, ambos experimentarán la misma tasa de pérdida de

⁵⁶ Heinanen, J., Baker, F., Weiss, W. & Wroclawski, J., 'Assured Forwarding PHB Group', *Internet Engineering Task Force* (1999)

⁵⁷ Bouch, A., Sasse, M., DeMeer, H. 'Of packets and people: A user-centered approach to Quality of Service', in 'Proceedings of 9th International conference on Quality of Service', Pittsburgh, PA, USA. (2000)

paquetes en caso de congestión. A cierto nivel de congestión los dos canales serán poco usables. Esto se puede evitar si el usuario especifica prioridades para los canales: en el caso de la transmisión de noticias, el canal de audio será aparentemente más importante que el canal de video.

2.3.2.5 Facilidad de Aplicación

El modelo de servicio MoDiQ es flexible: Un único servicio es usable solo para una única aplicación y se resume en la **tabla 2.2**⁵⁸.

Adicionalmente, la combinación de ambos servicios, sensitivo y no sensitivo a pérdidas, conlleva a la creación de un servicio combinado con diferenciación de servicio relativa: El servicio de baja pérdida constituye la parte de alta prioridad y el servicio sin aseguramiento con respecto a pérdidas la parte de baja prioridad del servicio resultante combinado.

Servicio Móvil	Clase de Aplicación	Ejemplo de Aplicación
Servicio Premium Portátil / Móvil	Aplicaciones sensibles a QoS en terminales portátiles o móviles con requerimientos de baja pérdida y bajo retardo	Telefonía IP inalámbrica High end (con/sin soporte de handoff QoS)
Servicio BELD	Aplicaciones adaptivas a pérdidas en terminales móviles con requerimientos de bajo retardo y con cierta tolerancia a pérdida de paquetes	Telefonía inalámbrica IP de bajo costo
Servicio Olímpico Portátil / Móvil	Aplicaciones adaptivas, menor sensibilidad al retraso	Canales de audio y video (con/sin soporte de handoff QoS)
Servicio Mejor Esfuerzo	Aplicaciones adaptivas Sin requerimientos QoS	Transferencia de archivos entrega de e-mails

Tabla 2.2: Aplicaciones únicas utilizando servicios únicos

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

⁵⁸ Jorg DIEDERICH y Martina Zitterbart; 'Tomado de: A Service Model to Provide Quality of Service in Wireless Networks Focusing on Usability'. pdf

banda para la reservación de recursos. Debido a que el medio es compartido, es necesario también que la reserva 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 asegura poco retardo en la creación de las colas en el nodo si el ancho de banda es mayor (o igual) a la tasa de arribo EF. El tráfico AF PHB 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.⁵⁹

2.4 PROPUESTA 1: BRAIN

2.4.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto **BRAIN**⁶⁰ (Broadband Radio Access for IP based Networks): Acceso de Radio de Banda Ancha para Redes Basadas en IP y su posterior agregado **MIND**⁶¹. Desarrollos de Redes basados en Movilidad IP, constituyen 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 segunda 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 desde las aplicaciones de

⁵⁹ C. Aurrecochea et al., "A Survey of QoS architectures", *ACM Multimedia Systems Journal*, pp. 138 – 151 May 1998.

⁶⁰ www.istbrain.org

⁶¹ www.ist-mind.org

usuario hasta la interfaz aérea. BRAIN provee una base universal IP para redes móviles inalámbricas; comprende tanto el terminal como la infraestructura de la red de acceso. El alcance de la red BRAIN se muestra en la **figura 2.6**⁶²

- El terminal definido por BRENTA (Brain End Terminal Architecture)⁶³, consiste de una pila de protocolos de Internet con compatibilidad para optimización para aplicaciones móviles vía retroalimentación y una capa inferior de convergencia con la interfaz seleccionada de radio.
- La Red de Acceso BAN (Brain Access Network), provee soporte para movilidad local la cual es optimizada para transporte de datos de aplicaciones IP, creando la idea de una interconexión directa de la red de backbone con una interfaz estándar ruteada.

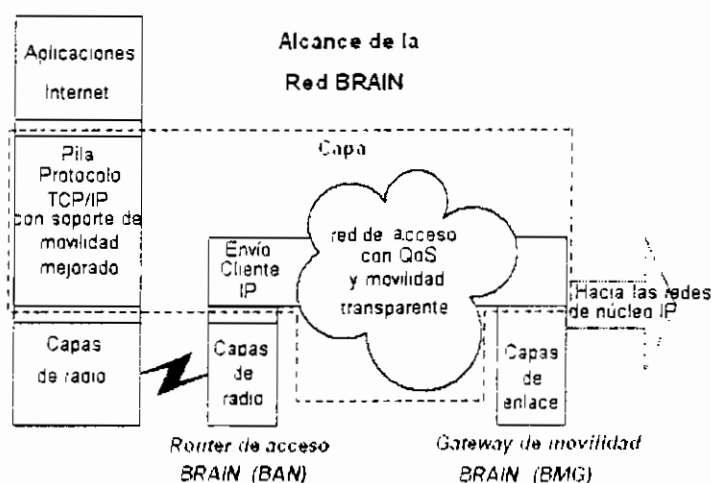


Figura 2.6: Alcance de la Red BRAIN

⁶² R. Hancock, H. Aghvami, M. Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer". pdf

⁶³ G. Neureiter, L. Burness, A. Kassler, P. Khengar, E. Kovacs, D. Mandato, J. Manner, T. Robles, H. Velayos; "The Brain Quality Of Service Architecture For Adaptable Services With Mobility Support"; pdf.

2.4.2 LA ESTRUCTURA DE BRAIN

2.4.2.1 Red de Acceso y Núcleo de Red: IntServ sobre DiffServ

El grupo de trabajo de la IETF de Servicios Integrados sobre Capas Enlace Específicas "ISSLL" (*Integrated Services over Specific link Layers*)⁶⁴ 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 (DiffServ). El estado de los recursos o el conocimiento de la disponibilidad de los recursos se necesitan mantener solo en los routers del borde de red y en un Broker de Ancho de Banda "BB" (*Bandwidth Broker*).

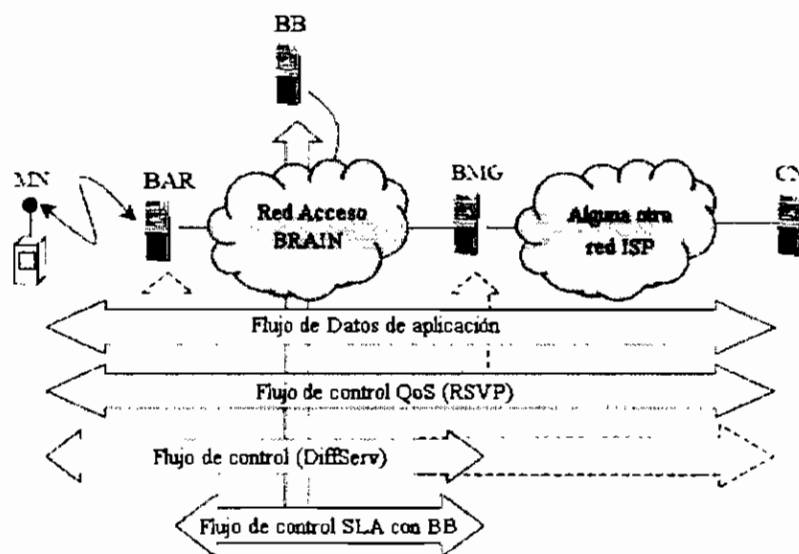


Figura 2.7⁶⁵: Los nodos QoS-aware y la señalización QoS

Además de la reservación señalizada por aplicación, BRAIN también permite un marcaje directo del campo *DiffServ Code Point* "DSCP" para aplicaciones que no son QoS y RSVP-aware. El marcaje directo puede indicar alguna prioridad

⁶⁴ ISSLL Working Group: <http://www.ietf.org/html.charters/issll-charter.html>

⁶⁵ Jukka Manner, Louise Burness, Eleanor Hepworth, Alberto López, Enric Mitjana; "Provision Of Qos In Heterogeneous Wireless IP Access Networks"; pdf

comportamiento DiffServ. Adicionalmente, el NM debe estar configurado para comprender que tipo de servicio puede pedir a través de un marcaje directo DSCP en los paquetes IP y cuales son los problemas adicionales de esos servicios.

Un punto importante en el envío de flujos reservados mediante RSVP es la manera en la que se traduce las reservaciones RSVP al agregado de envío DiffServ apropiado. La manera natural⁶⁹ podría ser usar el agregado de comportamiento EF, debido a que la aplicación señaló una petición específica probablemente con parámetros de ancho de banda y retardo. Sin embargo, la traducción no está basada únicamente en un Comportamiento por Salto (PHB *Per-Hop Behaviour*) sino mas bien en un Comportamiento Por-Dominio (PDB *Per-Domain Behaviour*). El tratamiento del envío debe proveer un servicio constante a través de todo el dominio, así el tratamiento del envío PHB dedicado a RSVP debe tomar en cuenta la ruta completa entre el BAR y BMG.

El objeto DCLASS⁷⁰ RSVP, el cual permite a un mensaje RSVP incluir información acerca del DSCP conveniente para este flujo, puede proveer alguna ayuda en este aspecto. Cuando el NM realiza una petición de recursos definidos para una transferencia entrante, el nodo BAR puede añadir un objeto DCLASS al mensaje RESV de retorno. Cuando el NM recibe un RESV con un objeto DCLASS, podría usar el presente DSCP para su transferencia.

El uso del objeto DCLASS RSVP es solo aplicable para transferencias entrantes, debido a que el nodo correspondiente puede no ser 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. En la **tabla 2.3**⁷¹ se muestran las garantías para los tipos de flujos: RSVP y No RSVP.

⁶⁹ Csaba Keszei, Jukka Manner, Zoltán Turányi, András Valkó; "Mobility Management and QoS in BRAIN Access Networks"; pdf

⁷⁰ Bernet, Y., "Format of the RSVP DCLASS Object". *Internet Engineering Task Force, Internet Draft, October 1999 (draft-ietf-issll-dclass-01.txt)*.

⁷¹ Csaba Keszei, Jukka Manner, Zoltán Turányi, András Valkó. "Mobility Management and QoS in BRAIN Access Networks"; pdf

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 2.3: Aseguramiento de envío para flujos

Una cuestión que nace es como el nodo móvil puede hacer el marcaje por sí mismo de una manera confiable. Si el NM trata de iniciar un servicio mejor o enviar más información de aquella por la cual se realizó una petición de recursos, la formación de flujos DiffServ eliminará o remarcará los paquetes que no estén de acuerdo con la especificación de tráfico indicada, o el NM tendrá que pagar un precio adicional debido al mejor servicio⁷².

Otro problema de la implementación central es la coordinación de los recursos de radio. La disponibilidad de los recursos de radio en las diferentes celdas y el control de admisión a estos recursos es un problema de comunicación inter-capas de gran dificultad. Los problemas aparecen cuando la capacidad de una celda dada cambia, por ejemplo, en CDMA en ancho de banda, debido al desvanecimiento y la distancia entre nodos móviles y la antena de la estación base. La información de estos cambios sería necesaria en la capa IP para calcular apropiadamente la capacidad disponible para los nodos móviles. Estos problemas, entre otros han sido adoptados por el grupo de investigación IP2W⁷³.

⁷² Bernet, Y., Blake, S., Grossman, D., Smith, A., "An Informal Management Model for DiffServ Routers". Internet Engineering Task Force, Internet Draft, July 2000

⁷³ BRAIN project deliverable 2.1 "BRAIN Access network requirements, specifications and evaluation of current architectures and technologies and their requirements: core network and air interface", September 2000.

2.4.3 PRINCIPIOS DE DISEÑO PARA LA RED DE ACCESO

La arquitectura de BRAIN esta construida de la siguiente manera: Adopta el modelo de Internet de "protocolos construidos como bloques"⁷⁴, reconociendo que es la mejor manera de adaptarse a los rápidos avances en la ingeniería de telecomunicaciones.

De hecho, siempre que sea posible, los protocolos existentes de Internet son usados sin cambios, en particular dentro del núcleo de red donde se asume la no existencia de funciones específicas de BRAIN. Sin embargo, no es suficiente el considerar a los protocolos como independientes, como componentes aislados. También se requiere una estructura dentro de la cual las interacciones de estos componentes puedan ser consideradas y controladas. Esto permite la determinación del desempeño global de BRAIN y una completa verificación del sistema. Crucialmente, también permite la evaluación de soluciones "plug-in" de reemplazo para partes específicas del problema. El adoptar este método permite alcanzar el nivel de optimización encontrado en las redes móviles públicas tradicionales.

Brain trata de proveer un servicio de extremo a extremo, pero al complicarse esta tarea, redefine sus principios de la siguiente manera:

- Ser independiente de capas específicas de transporte y aplicaciones.
- Proveer solo un servicio IP genérico sin conexión, el cual ofrece (con variantes en el grado de desempeño) transferir paquetes entre el terminal y el núcleo de red.
- Ser independiente del tipo de paquete que está siendo transportado y asumir simplemente que los paquetes son enviados de acuerdo a su cabecera IP.
- Minimizar el número de funciones especiales que provee la red de acceso.

Estos conceptos son resumidos en la **figura 2.8**⁷⁵

⁷⁴ D. Wisely, W. Mohr, J. Urban: "Broadband Radio Access for IP Networks (BRAIN)", IST Mobile Summit, October 2000

⁷⁵ Robert Hancock, Hamid Aghvami, Markku Kojo, Mika Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer".pdf

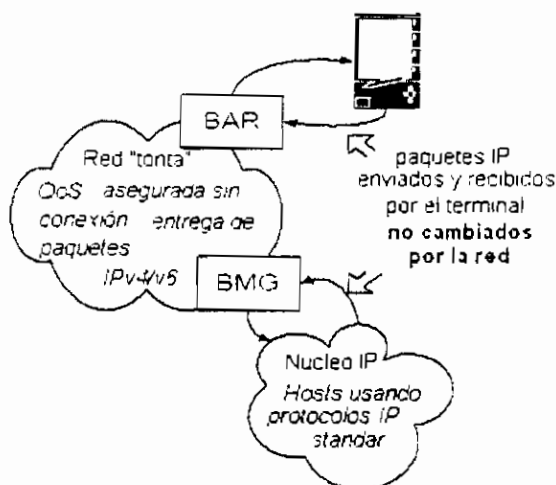


Figura 2.8: Transparencia de la red de acceso.

La capa red debería tener un interfaz genérico hacia la capa enlace, en la cual nuevas y antiguas de radio puedan ser explotadas cambiar la red. Donde las aplicaciones requieran soporte mejorado, este debería ser invocado de una manera genérica, típicamente vía alguna clase de interfaz de servicio con soporte QoS.

Esta combinación de capas genéricas superiores e inferiores es fundamental para la arquitectura de red BRAIN. De hecho, si bien el proyecto BRAIN inicialmente utiliza HiperLAN 2 como punto de partida⁷⁶, se espera que la capa red de BRAIN pueda ser implementada finalmente con eficiencia sobre cualquier tecnología de interfaz o incluso combinación de tecnologías.

2.4.3.1 Direccionamiento y escalabilidad

El objetivo básico de cualquier red de acceso BRAIN "BAN" es hacer que el acceso móvil inalámbrico a Internet parezca un acceso "normal" a través de una infraestructura cableada⁷⁷. Así, una BAN debe permitir al terminal conseguir una

⁷⁶ Jukka Manner, Louise Burness, Eleanor Hepworth, Alberto López, Enric Mitjana; "Architecture for Providing QoS in an IP-based Mobile Network"; pdf

⁷⁷ Pedro M. Ruiz, Enric Mitjana, Louise Burness; "Advanced services over future wireless and mobile networks in the framework of the MIND project";pdf

dirección IP para ser usada en la comunicación con los hosts correspondientes, en otras palabras, una BAN rutea los paquetes hacia y desde su dirección, de tal manera que externamente parezca igual a cualquiera otra red IP. El mecanismo de direccionamiento no ha sido arreglado, aunque soluciones como DHCP son opciones típicas⁷⁸; en cualquier caso, esta es una función de la capa de convergencia de enlace, la cual se discutirá posteriormente. BRAIN asume que la dirección IP es única para el terminal, más bien que compartida.

Una vez que las direcciones han sido asignadas, el rol fundamental de la BAN es soportar la movilidad transparente del terminal cuando se mueve entre routers de acceso. En consecuencia, la dirección asignada debe permanecer válida a través de toda la BAN, así que hay una relación directa entre la escalabilidad de la red de acceso y asignación de direcciones. Existen esencialmente dos opciones:

- Si la movilidad transparente es requerida solo dentro de una única área, una BAN está autorizada a interconectar con el núcleo de red en un único punto, correspondiendo a un único BMG.
- Si la movilidad transparente se requiere sobre una gran área, el comportamiento de Internet previene contando con handovers BAN-BAN para soportar esta situación. Por consiguiente, la combinación del soporte para una gran área y la movilidad transparente del terminal obliga al uso de múltiples interconexiones con el núcleo.

La **figura 2.9**⁷⁹ muestra un ejemplo de uso de opciones para los diferentes protocolos dentro de la BAN dependiendo de los requerimientos del proveedor de servicio.

⁷⁸ Robert Hancock, Hamid Aghvami, Markku Kojo, Mika Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer"; pdf

⁷⁹ Robert Hancock, Hamid Aghvami, Markku Kojo, Mika Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer"; pdf

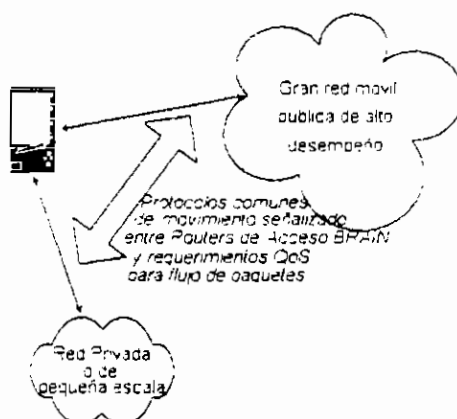


Figura 2.9: Independencia de red en la interfaz aérea

En cualquier otro caso, se asume que la BAN está bajo un único control administrativo y handovers transparentes entre administraciones no están previstos. La combinación de estos escenarios se puede apreciar en la **figura 2.10**⁸⁰

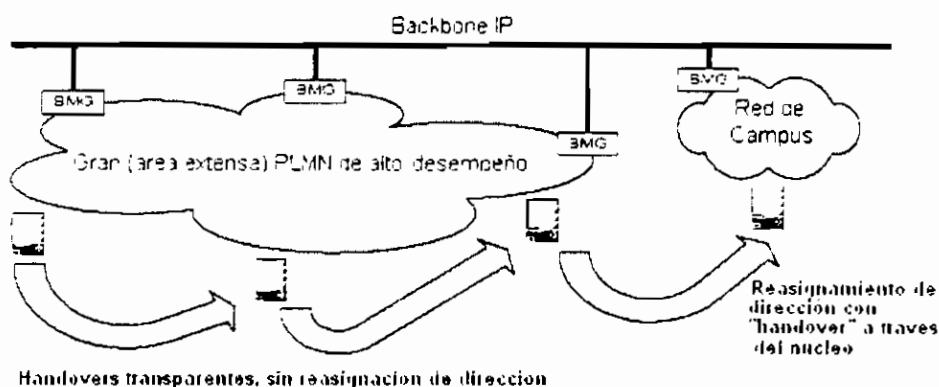


Figura 2.10: Asignación de Dirección y Escalabilidad de la Red de Acceso

2.4.3.2 Interfaces entre Capas

Las interfaces abstractas juegan un papel de gran valor en el problema de partición de las redes móviles además de clarificar el comportamiento esperado o soportado por un componente particular de la red; BRAIN cuenta con dos

⁸⁰ Robert Hancock, Hamid Agniami, Markku Kojo, Mika Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer", pdf.

interfaces entre capas para éste propósito⁸¹. La primera se encuentra antes de los protocolos básicos de red y transporte y provee un soporte mejorado para las aplicaciones, necesario en el ambiente móvil. Esta interfaz permite una negociación extendida de la información de QoS entre el nivel de aplicación y las capas inferiores, incluyendo la renegociación durante sesiones activas y existe solo en terminales BRAIN⁸². La segunda es una interfaz especializada para emparejar la capa IP con las capas inalámbricas, de aquí su nombre IP2W (*IP to Wireless*) y es común para los terminales y routers de acceso. Las interfaces son mostradas en la **figura 2.11**⁸³

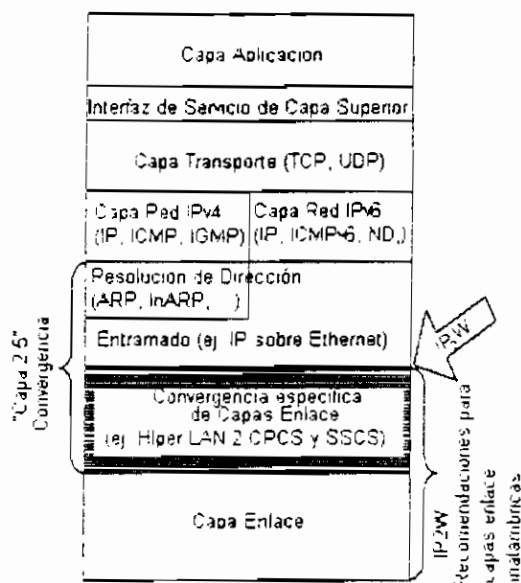


Figura 2.11: Interfaces entre capas.

La combinación de estas dos interfaces es la clave para permitir el desarrollo de una pila de protocolos TCP/IP, capaz de manejar QoS, la cual ofrece facilidades avanzadas para las aplicaciones ya eficientemente integradas dentro de su capa enlace. Las principales tareas de esta interfaz son el establecimiento y liberación del enlace, asignación de dirección en capas enlace y red, negociación y re-

⁸¹ Josef Urban; "BRAIN: Broadband Radio Access for IP Based Networks Developments for a broadband mobile access network beyond third generation"; Siemens AG, 26-27 April 2001

⁸² 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

⁸³ Robert Hancock, Hamid Aghvami, Markku Kojo, Mika Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer"; pdf

negociación de QoS en capa enlace y la interacción entre esta y el manejo del búffer en la capa red³⁴

El resultado 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.

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

Tabla 2.4: Funcionalidad Visible en la Interfaz IP2W

Algunas funciones distintas han sido identificadas en las interfaces, mostradas en la **tabla 2.4**³⁵; algunas son opcionales y la capa enlace anuncia cuales puede soportar a través de una 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 búffer y características del control de errores. Los mandatos del modelo no especifican una estructura dentro de una capa enlace dada, y de hecho, algunas funciones pueden ser inherentes en un tipo particular

³⁴ IST 1999-10054 Project BRAIN, Deliverable D2.2, March 2001

³⁵ Robert Hancock, Hamid Aghvami, Markku Kojo, Mika Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer"; pdf

de enlace, mientras otras quizás tengan que ser añadidas por una capa de convergencia.

2.4.3.3 Handovers y movilidad

Los handovers en esta estructura pueden ser divididos en dos clases: si los recursos fueron reservados con RSVP o no. Cuando un NM se mueve, dependiendo de la implementación, el NM o la red necesitan encontrar una nueva celda que pueda soportar:

1. El contexto del recurso de radio del NM, en términos de DSCPs y PHBs, de los cuales algunas pueden ser reservaciones RSVP.
2. Recursos de la red núcleo para los flujos marcados igual, y
3. Los mismos recursos del enlace desde el BMG hacia la red externa.

Los diferentes escenarios donde se producen los handovers pueden ser divididos además dependiendo de si el BAR o el BMG cambian. Para las soluciones QoS durante el handover, se necesita definir un protocolo de señalización interna, el cual permita al nodo móvil o a la red pedir o reservar recursos de todas las tres áreas lógicas mencionadas anteriormente. Este mecanismo debería estar basado tanto en RSVP como en COPS, por ejemplo.

Se pueden identificar seis tipos distintos de handovers, los cuales crean diferentes cantidades de señalización de control entre las distintas entidades. El mismo handover físico puede crear diferentes handovers lógicos para flujos diferentes como se muestra en la **tabla 2.5**⁸⁶:

Si el BAR no cambia durante el handover, el control del handover puede por consiguiente chequear únicamente la disponibilidad de recursos de radio, debido a que los flujos continuarán utilizando las mismas rutas entre el BAR y el BMG. Incluso la parte del control de admisión puede ser dejado a un lado, debido a que

⁸⁶ Csaba Keszei, Jukka Manner, Zoltán Turányi, András Valkó: "Mobility Management and QoS in BRAIN Access Networks". pdf

el control de admisión ya ha sido realizado por el BAR cuando el NM inició la transferencia. Esto aplica tanto para flujos con señalización RSVP como para flujos sin ella.

Tipo	QoS flujo involucrados	Descripción
Intra BAR	Flujos RSVP y no RSVP	Handover dentro del mismo BAR, así que el ruteo no cambia. Igual para todos los flujos
Inter BAR	Flujos RSVP y no RSVP	Handover entre dos BAR, donde el BMG es el mismo. Afecta a los flujos RSVP una fracción más que a los flujos no RSVP
Inter BMG	Flujos RSVP y no RSVP	Handover, donde el BMG cambia para algunos flujos. Este es el handover más problemático, debido a que mucha señalización de control es necesaria, posiblemente incluso extremo a extremo Flujos RSVP afectados grandemente

Tabla 2.5. Tipos de Handover para flujos independientes

Si para un flujo saliente con reservación RSVP el BAR cambia, pero el BMG continua siendo el mismo debido a un ruteo similar, el control de handover necesita chequear la disponibilidad de recursos de radio y los recursos en el núcleo de la red en el Broker de Ancho de Banda Central. Además, el BAR puede necesitar chequear el control de admisión al mismo tiempo. Este tipo de handovers necesita, junto con otra información, algún conocimiento de la estructura de ruteo del antiguo y del nuevo BAR, para limitar la señalización relacionada con el handover.

Con RSVP, el NM necesita enviar periódicamente mensajes RESV o PATH para cada flujo, dependiendo de si el NM es receptor o transmisor, para refrescar las reservaciones de extremo a extremo. Para permitir un período más corto en el cual no hay reservación, los mensajes de refresco deberían ser enviados inmediatamente después de un handover para iniciar en el BMG una actualización de la localización del NM.

La coordinación de recursos debido a la movilidad es mucho más afectada por el cambio de BMGs: el NM puede rehacer la reserva de los recursos extremo a extremo o esperar hasta que un mensaje de refresco programado llegue al router que tiene el estado de la reservación y pueda así iniciar una actualización en el

estado de la reservación de la ruta. Si el BMG cambia, la coordinación y asignación de recursos se hace más compleja, debido a que antes del handover el control del mismo necesita chequear la disponibilidad de recursos en los tres enlaces: en enlace de radio, el enlace con el núcleo de la red (el cual es visto como un único enlace) y el enlace con el borde la red. Por consiguiente, el tener una ruta sostenida entre la localización del móvil y la red externa es muy importante. Más específicamente se necesitaría mantener el mismo BMG durante el handover si es posible. Sin embargo, por consideraciones de escalabilidad, el BMG no debe estar atado al NM en una base permanente.

Para flujos que han iniciado sin RSVP, el control de handover y la subsiguiente señalización de recursos son similares a los flujos con reservación RSVP. La diferencia es que no deberían existir "períodos vacíos" durante los cuales el BAR/BMG refresque sus tablas de ruteo RSVP y la asignación de recursos. El NM puede por consiguiente conseguir un servicio más eficaz para estos flujos. La misma señalización de disponibilidad de recursos es necesaria para chequear los recursos en los tres enlaces mencionados. Si los recursos están disponibles, el BB, BAR y BMG solo necesitan actualizar sus estados de recursos. Si el BMG cambia la asignación de recursos, esta es también más rápida debido a que no es necesaria una señalización RSVP de extremo a extremo.

Si los recursos no están disponibles, el NM necesitará ser avisado (señalizado) de esta condición. Con los flujos reservados RSVP el reporte de error RSVP aplica directamente y con los flujos directamente marcados el NM puede conseguir un mensaje de error ICMP. Debe notarse que, para minimizar la señalización necesaria de error, la red debe realizar inicialmente las negociaciones con el BB antes del handover para chequear de antemano si los recursos estarán disponibles en la nueva celda después del handover.

Asegurar los recursos cuando un NM cambia de celda es otro de los problemas importantes. Algunos proyectos de investigación han discutido el realizar

reservaciones en las celdas vecinas⁸⁷. Estos recursos cubren principalmente los recursos de radio, pero podría tomarse en cuenta también los recursos del núcleo de red entre el borde de la red y los recursos de la interfaz entre su dominio y el siguiente operador

El NM puede realizar reservaciones tentativamente en sus celdas vecinas y de hecho tomar los recursos si se mueve hacia una celda vecina. Cuando algunos NM hacen estas reservaciones tentativas, los recursos pueden ser movidos innecesariamente de su uso actual. La manera en que estos recursos pre-reservados es una cuestión importante. Por ejemplo, el asignar estos recursos tentativos para tráfico del mejor esfuerzo, mientras el NM se mueve haciendo uso de ellos no es una buena solución. La Macro-diversidad, enviando o recibiendo datos a través de dos estaciones base separadas es una opción que necesita ser estudiada.

2.4.3.4 Protocolos de Movilidad y Calidad de Servicio

Se han definido las principales responsabilidades 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 ser contactados en una dirección (IP) dada, por ejemplo usando DNS Dinámico o SIP (Session Initiation Protocol)⁸⁸. 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*⁸⁹) y es referida vagamente como "**macromovilidad**"

⁸⁷ Chen, J-C, et al. "QoS Architecture Based on Differentiated Services for Next Generation Wireless IP Networks" Internet Engineering Task Force, Internet Draft, July 2000

⁸⁸ www.ietf.org/html.charters/sip-charter.html

⁸⁹ Johnson, D., Perkins, C., "Mobility Support in IPv6". IETF, Internet Draft (work in progress), July 2001.

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”.

Solo la tercera parte de los requerimientos de movilidad conciernen directamente a la red de acceso BRAIN. Sin embargo, 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, HAWAI⁹⁰, soluciones *Tunnel Proxying* y ruteo Ad Hoc⁹¹; la evaluación de estos protocolos está en proceso.

El segundo aspecto en el área funcional para la red de acceso BRAIN es el soporte para el procesamiento de paquetes QoS dentro del terminal. Este aspecto es manejado por implementación en concordancia con las interfaces de servicio descritas antes; el objeto aquí es como el terminal negocia los requerimientos QoS para sus flujos de datos hacia la red y como la red se maneja para proveer QoS.

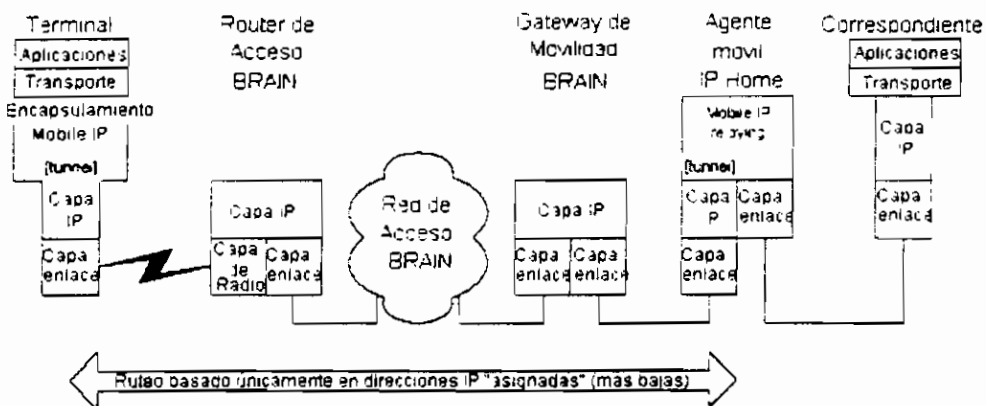


Figura 2.11⁹². Soporte Transparente de Mobile IP en la red de acceso

⁹⁰ R. Ramjee et al: "IP micro mobility support using HAWAI". Internet Draft, July 2000.

⁹¹ Csaba Keszei, Jukka Manner, Zoltán Turányi, András Valkó: "Mobility Management and QoS in BRAIN Access Networks" pdf

⁹² Robert Hancock, Hamid Aghvami, Markku Kojo, Mika Liljeberg: "The Architecture of the BRAIN Network Layer", pdf

Las interacciones QoS son muy severas, siendo los mayores problemas los siguientes:

- La necesidad en el sistema de Servicios Integrados de mover una reservación existente hacia una nueva ruta,
- El hecho de que la congestión de celdas locales pueda requerir renegociación de QoS luego de un evento de handover.
- La falta de capacidad de los actuales protocolos de redes fijas de manejar aspectos del ambiente móvil, tales como el comportamiento a nivel de paquetes durante un handover.

Nuevamente, la evaluación de los actuales proyectos está en progreso y nuevamente está claro que existen soluciones IntServ y DiffServ que no reúnen todos los requerimientos propuestos para el ambiente móvil en consideración.

En los sistemas tradicionales de 2a y 3a generación, tanto los handover como la QoS son considerados aspectos del manejo del recurso de radio y la arquitectura BRAIN se basa también en esta aseveración. La estrategia para un completo manejo del recurso de radio para la red BRAIN incluye selección de la celda, iniciación del handover (intra e inter red de acceso), control de admisión de acuerdo a la QoS requerida y a la carga actual del sistema, control de portadora y asignación dinámica del canal. La BAN también interactúa con entidades externas de manejo de recursos para obtener otros recursos de red IP para la sesión; alternativamente, el usuario puede señalar los requerimientos QoS transparentemente a través de la BAN hacia una red remota, por ejemplo usando RSVP. Interacciones rápidas y eficientes entre entidades de manejo del recurso de radio, micromovilidad y QoS son esenciales y este soporte e integración es provisto inicialmente por la interfaz IP2W⁹³.

⁹³ Robert Hancock, Hamid Aghvami, Markku Kojo, Mika Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer", pdf

2.4.4 EXTENSIONES AD HOC PARA BRAIN: PROYECTO MIND

El proyecto BRAIN consideró los elementos básicos de la provisión de calidad de servicio en ambientes móviles. La facultad primordial del proyecto MIND⁹⁴ 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). La figura 2.12⁹⁵ muestra un ejemplo de una red MIND, pero también son posibles algunas otras configuraciones.

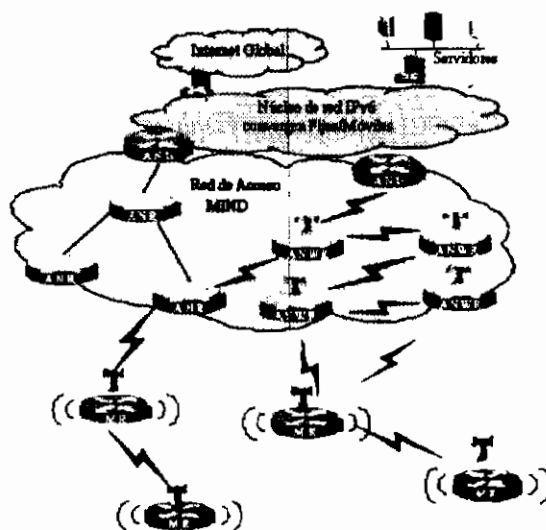


Figura 2.12: Escenario básico MIND

Un tipo de red ad hoc consiste de routers de acceso inalámbricos (ANWR *Access Network Wireless Router*), posiblemente móviles, que pueden interconectarse a través de mecanismos ad hoc en una topología general de malla, formando una red propietaria de un operador. En contraste al escenario previo, una red ad hoc formada espontáneamente a través de Routers Móviles comprende en su mayoría usuarios dueños de terminales con capacidad de ruteo y un comportamiento de movilidad con un escalabilidad de media a alta. En consideración con los casos antes mencionados, se han desarrollado algunas pautas encaminadas hacia la

⁹⁴ www.ist-mind.org

⁹⁵ 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.

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.

2.4.4.1 Provisión de QoS en redes Ad Hoc.

El proveer calidad de servicio para redes que transportan paquetes a través de redes ad hoc necesita tomar en cuenta ciertas consideraciones. Además de los típicos problemas encontrados en redes inalámbricas se deben enfrentar nuevos problemas inherentes a las redes ad hoc.

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. Adicionalmente, los terminales son alimentados por baterías, así que existe un pacto entre la transmisión de datos y el consumo de energía.

Las redes Ad Hoc son más susceptibles de ataques de seguridad que las redes fijas. Las redes móviles son más fácilmente interferidas y la distinción entre un router y un terminal no es clara. Los terminales pares pueden o no tener *relaciones de confianza* y pueden, por consiguiente, restringir el envío de información de datagramas. La distribución de la *seguridad y políticas de información* a través de la red ad hoc de uno o más operadores puede afectar en la operación de QoS.

La configuración de recibo y procesamiento de la información que proviene del dominio de un operador controlado es otro problema. Debido a que uno de los propósitos de la red es la conexión con Internet, sería muy útil si el soporte QoS pueda interoperar transparentemente con mecanismos QoS de redes fijas.

2.4.4.2 Provisión de QoS en redes MIND

Además de las decisiones básicas existentes en BRAIN, el manejo del recurso de radio, mecanismos de interoperabilidad QoS y ruteo QoS necesitan ser considerados en el ambiente Ad Hoc.

2.4.4.2.1 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. Mas aún, 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*⁹⁶" 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*⁹⁷" 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 en un menor procesamiento, ambas características beneficiosas para terminales alimentados

⁹⁶ P. Ruiz, E. Mitjana, L. Burness: "Advanced services over future wireless and mobile networks in the framework of the MIND project" pdf

⁹⁷ P. Ruiz, E. Mitjana, L. Burness: "Advanced services over future wireless and mobile networks in the framework of the MIND project" pdf

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.

No es fácil el encontrar un apropiado balance para los mecanismos de señalización. Resulta clara la necesidad de una separación funcional de la señalización QoS de otras funciones (p.ej. ruteo); esta separación hace más fácil la evolución del sistema para construir diferentes sistemas interoperativos.

2.4.4.2.2 Manejo del recurso de radio.

En los ambientes móviles tradicionales, donde un nodo móvil está conectado a la red de acceso a través de un simple enlace de radio, las funciones del Manejo de Recurso de Radio⁹⁸ (RRM Radio Resource Management) residen en la capa enlace y realizan mediciones locales, asignan de recursos y toman decisiones sobre el control de admisión.

En el ambiente dinámico ad hoc, no es factible el tener servidores RRM centralizados, así que las funciones RRM son distribuidas entre todos los nodos. Empero, 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 inter-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 handovers pueden ser soportados mediante la identificación de celdas con capacidades apropiadas para soportar las sesiones QoS del móvil. Esta es una parte del mecanismo de

⁹⁸ L. Burness; J. Eisl, N. Georganopoulos, A. López; J. Manner: "QoS Provision and Mobility Management in MIND Access Networks and Ad Hoc Extensions" Siemens Mobile Networks 2002 .

elección del router de acceso candidato, que actualmente está siendo definida dentro del grupo de trabajo del IETF Seamoby⁹⁹. El ruteo QoS necesita información de las funciones RRM para determinar cual interfaz puede soportar de mejor manera el 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 provisionamiento de recursos en capa enlace debe ser coordinado a través de múltiples saltos para evitar la interferencia entre celdas.

2.4.4.2.3 Coordinación entre dominios QoS.

Un flujo de datagramas puede cruzar a través de algunos dominios de redes 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 para el envío de paquetes. Esta señalización extremo a extremo entre aplicaciones no debería ser afectada por una solución QoS local, aunque mallas de MR (*Mobile Router*) y de routers de acceso inalámbricos pueden utilizar señalización interna en la capa red (**figura 2.13**¹⁰⁰). Los mecanismos extremo a extremo deben ser traducidos a mecanismos de dominio en los bordes de éstos.

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 Router Móvil para determinar si puede actuar como un gateway. Como la topología de red de routers de acceso inalámbricos no cambia significativamente, puede usar similares mecanismos de inter-operabilidad asociados con el trabajo tradicional inter-dominio, tal como DiffServ.

⁹⁹ J. Kempf. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietfseamoby-context-transfer-problem-stat04.txt>, May 2002.

¹⁰⁰ Jukka Manner, Louise Burness, Eleanor Hepworth, Alberto López, Enric Mitjana "Provision Of Qos In Heterogeneous Wireless IP Access Networks" pdf

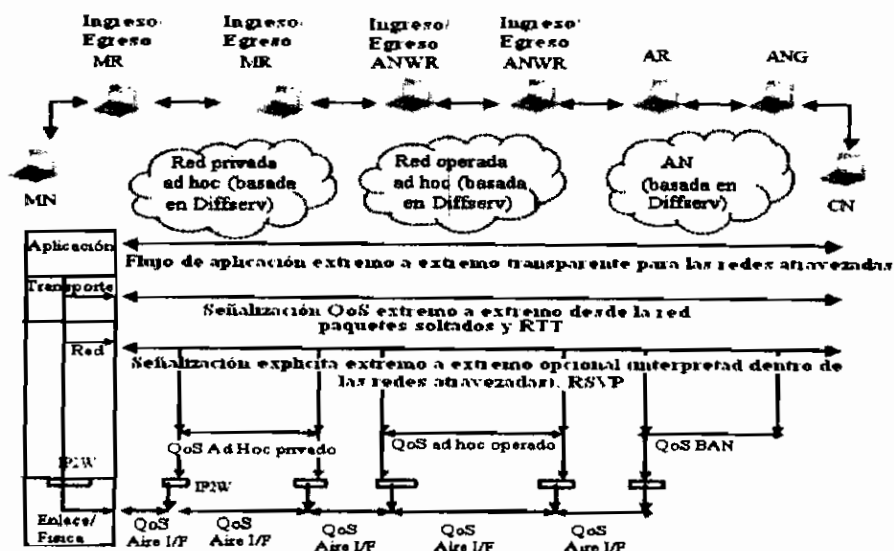


Figura 2.13: Conceptos extremo a extremo in redes ad hoc.

2.4.4.2.4 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 transmisión¹⁰¹, usando ruteo de fuente para direccionar los datos a través del camino correcto. 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 de routers de acceso inalámbricos 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 lleva información adicional, tal como retardo de tiempo, disponibilidad del ancho de banda o la relación de señal a ruido. Los

¹⁰¹ L. Burness; J. Eisl, N. Georganopoulos, A. López; J. Manner: "QoS Provision and Mobility Management in MIND Access Networks and Ad Hoc Extensions" Siemens Mobile Networks 2002 .

problemas de este modelo incluyen la complejidad de la decisión de ruteo y el manejo del estado para evitar vueltas en el ruteo¹⁰².

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 opción. 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.

2.5 PROPUESTA 2: MOBY DICK

2.5.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto Moby Dick¹⁰³ (Mobility and Differentiated Services in a Future IP Network): Movilidad y Servicios Diferenciados en una Red IP, es un proyecto colaborativo de la Unión Europea liderado por Deutsche Telecom que ayuda a definir, implementar y evaluar una arquitectura basada en IPv6 que permita movilidad a la vez que entregue QoS de extremo a extremo. Esta arquitectura soportará tres diferentes tecnologías¹⁰⁴: WCDMA (UMTS), Wireless LAN (802.11) y Ethernet.

La arquitectura QoS del proyecto que deriva en una estructura potencialmente escalable está basada en DiffServ. La arquitectura provee un manejo completo de la solución QoS, incluyendo la definición del QoS Broker (Brokers de ancho de banda mejorados), un conjunto de interacciones con AAC y el protocolo Mobile IP, especificando soluciones de señalización y técnicas de QoS para trazado de rutas entre diferentes capas y tecnologías¹⁰⁵.

¹⁰² S. Chakra Barty, A. Mishra; "QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks" *IEEE Communications Magazine*, feb 2001, pp 142-148

¹⁰³ <http://www.istmobydick.org/>

¹⁰⁴ Amardeo Sarma; "Mobility Approach in Moby Dick"; NEC Europe Ltd. Network Laboratories

¹⁰⁵ Ilka Miloucheva, Sandra Tartarell; "Next Generation Network Initiative", NEC-Europe Ltd. Salzburg Research, 08/10/2002

Moby Dick separa claramente los roles de las diferentes entidades de su arquitectura y define su interconexión:

- Las entidades de AAAC se encargan de la seguridad y los costos de los flujos de comunicación que está usando la red.
- Los Brokers de QoS manejan los recursos disponibles en la red de acceso a la vez que autorizan o niegan los servicios a los usuarios.
- Mobile IPv6¹⁰⁶ mantiene la conectividad cuando un Terminal Móvil (MT) se mueve a través de la red.

2.5.2 REQUERIMIENTOS DE LOS USUARIOS DEL SERVICIO

El requerimiento básico desde el punto de vista del usuario fue que la red Moby Dick debería soportar servicios de voz y datos, a través de diferentes tecnologías (celular, inalámbrica y cableada), con una calidad de servicio comprable a UMTS. Naturalmente, el usuario busca costos razonables y seguridad de ataques impersonales.

Desde el punto de vista del proveedor del servicio, los requerimientos asociados con el soporte al usuario son sustancialmente más complejos, incluyendo la interoperación multi-proveedor. Los proveedores de servicio requerían que esta red sea controlable como una red UMTS. La red tenía que ser completamente auditada, individualmente por el cliente, con una (cercana) aproximación al pago exacto (debido a los servicios prepagados). Así, cada usuario puede tener un perfil individual, por ejemplo, la descripción de los diferentes servicios de red a los que el usuario tiene acceso, dependiendo del acuerdo del nivel de servicio específico que tenga. El aumento en AAAC es importante comparado con las redes tradicionales IP; sin embargo, estos requerimientos AAAC se encuentran al mismo nivel de complejidad de las actuales redes de telecomunicaciones móviles¹⁰⁷.

¹⁰⁶ Johnson, D., Perkins, C., "Mobility Support in IPv6" IETF, Internet Draft (work in progress), July 2001.

¹⁰⁷ Victor Marques, Rui Aguiar, Jurgen Jahnert, Karl Tomas, Marco Liebsch, Francisco Fontes, Hans Einsiedler; "A Heterogeneous Mobile IP qoS-Aware Network",pdf

Este perfil conceptual del usuario puede conllevar a un amplio número de modelos de negocios y a una gran flexibilidad. El costo asociado al manejo podría ser muy alto en términos de recursos y tiempo. Entonces, algún objetivo en el servicio debe estar definido por la red¹⁰⁸:

- Servicio Premium: El usuario se suscribe a este servicio para un throughput mínimo asegurado (y eventualmente un jitter, retardo o pérdidas mínimas especificadas en su contrato);
- Servicio de Firma Regular: El usuario se suscribe a este servicio con parámetros muy específicos (tasa de bit, retardo, jitter, pérdida de paquetes, disponibilidad);
- Servicio Prepagado: El usuario está autorizado a usar cierta cantidad de recursos de red, hasta que los fondos prepagados expiren.

2.5.2.1 Servicio Premium

Un usuario con un servicio Premium requiere que los parámetros del servicio sean satisfechos todo el tiempo, incluyendo durante y después del handover. Esto puede resultar crítico, especialmente si el usuario intenta realizar un handover hacia una celda que no posee suficientes recursos para cumplir con su contrato QoS. Algún mecanismo inteligente para el handover debe ser usado. En primera instancia, el degradar otras conexiones no-premium en una pequeña cantidad puede ser suficiente para alcanzar este objetivo. Las funciones AAAC, especialmente la Contabilización y Cargo son simples en este tipo de perfil. Sin embargo, en el caso de un handover entre dominios, es requerido un tiempo adicional para una re-autenticación, lo cual podría tener un impacto negativo en la QoS provista durante el handover.

2.5.2.2 Servicio de Firma regular.

Este tipo de servicio es el más flexible, debido a que los detalles específicos del servicio dependerán del perfil del usuario. Típicamente, El contrato permitirá

¹⁰⁸ Hans Einsiedler et al, "The Moby Dick Project: A Mobile Heterogeneous ALL-IP Architecture", *Advanced Technologies, Applications and Market Strategies for 3G ATAMS 2001, Kraków, Poland, June 17-20, 2001*

alguna clase de degradación en los parámetros QoS, proveyendo al operador de red alguna flexibilidad desde el punto de vista del manejo de la misma. Sin embargo, este tipo de servicio puede requerir procedimientos AAAC de mayor complejidad.

2.5.2.3 Servicio Prepagado.

El servicio prepago es un servicio donde el usuario previamente paga por ciertos recursos. Así, la actividad del usuario debe ser monitoreada continuamente para impedir el uso sin pago, esto es, prevenir que el usuario gaste más de lo que ha pagado. Este tipo de servicio es el que más demanda produce en términos de AAAC debido a sus requerimientos en "tiempo real" en la estructura de cobros.

2.5.3 LIMITACIONES DE LA EVOLUCIÓN DE LA RED.

La arquitectura de red tiene algunas limitaciones originadas por los desarrollos previstos en la tecnología IP y por la necesidad de mantener una interconexión global con Internet. Métodos IP standard (con algunas mejoras)¹⁰⁹ son utilizados como base para el manejo QoS y de movilidad. Los terminales móviles pueden viajar desde una red de acceso hacia otra dentro de esta infraestructura, usando cualquier clase de servicio, con QoS asegurada, sin importar la red de acceso. La red Moby Dick tiene que ser lo suficientemente flexible para proveer mecanismos comunes para los tres tipos de tecnologías, a la vez que soporte mecanismos de optimización para uno de los medios de acceso.

Toda la estructura AAAC tiene que estar basada en los estándares existentes del IETF¹¹⁰, para proveer un camino de evolución uniforme para el Internet actual. Estas funciones pueden estar eventualmente controladas por distintas entidades¹¹¹.

¹⁰⁹ S. Blake: "An Architecture for Differentiated Services" Diciembre 1998

¹¹⁰ Victor Marques, Rui Aguiar, Jurgen Jahnert, Karl Tomas, Marco Liebsch, Francisco Fontes, Hans Einsiedler; "A Heterogeneous Mobile IP qoS-Aware Network",pdf

¹¹¹ http://www.iwi.uni-hannover.de/iv/seminar_ss04/www/Norman_Behrens/xhtml/section3.html

En este contexto, la **figura 2.14**¹¹² muestra una visión simplificada de la arquitectura de red Moby Dick, derivada de estas limitaciones.

Esta arquitectura provee movilidad al usuario (handovers tanto horizontales como verticales) basándose en los procedimientos de Mobile IP, con capacidades QoS basadas en procedimientos Diffserv y capacidades de Autorización, Autenticación, Contabilización y Costos basadas en AAAC. Nótese que no se provee información acerca de la manera en que las entidades AR, QoS Broker, AAAC Server, NMS (*Network Management System*) trabajan juntas y donde están localizadas para alcanzar el propósito general.

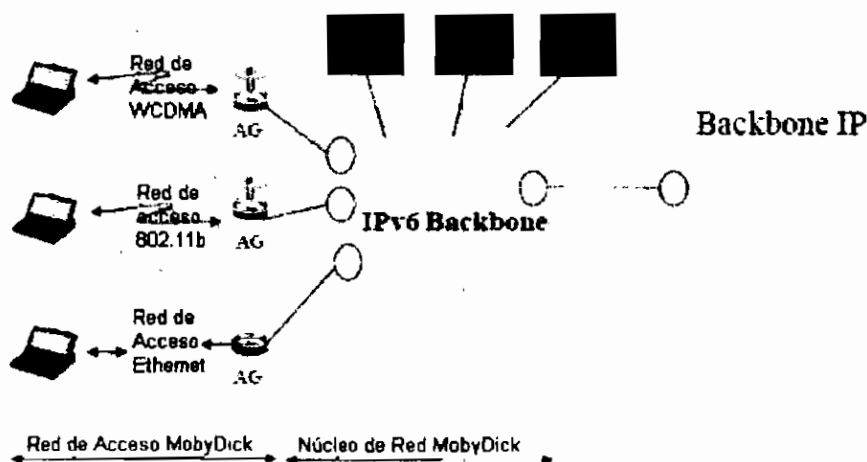


Figura 2.14: Arquitectura general de la red Moby Dick

2.5.3.1 QoS Broker

De acuerdo a la información contractual del usuario, el QoS Broker¹¹³ está a cargo de la asignación de recursos por usuario y por servicio (señalizado por el DSCP) en la red de acceso. A más de esto, el QoS Broker es responsable de la reservación de recursos para los agregados de flujos en el núcleo de red. Para la provisión de servicios QoS orientada a usuarios, el QoS Broker interactúa con el

¹¹² Amardeo Sarma; "Mobility Approach in Moby Dick" NEC Europe Ltd. Network Laboratories

¹¹³ C. García, P. Vico, A. Cuevas, I. Soto, J. Moreno; "QoS en redes móviles de cuarta generación"; Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad Carlos III de Madrid; pdf

sistema AAAC durante la fase requerida de registro del usuario. Cuando un usuario se registra en la red, el sistema AAAC envía el Visor del Perfil de Usuario de Red 'NVUP' (*Network Visor User Profile*) al QoS Broker responsable del manejo de esa parte de la red.

El Perfil de Usuario es un perfil manejado de una manera centralizada y contiene toda la información relevante específica de cada usuario para el provisioning del servicio. El NVUP, un subconjunto de este perfil, tiene toda la información de QoS relevante del contrato del usuario. Teniendo esta información, el QoS Broker puede ahora desplegar las decisiones del Servicio de Control de Admisión para cada petición realizada por un Terminal Móvil. Para esto, el QoS Broker también interactúa con los ARs en su dominio QoS. Estas interacciones son requeridas para la configuración QoS en los ARs y por la autorización del servicio.

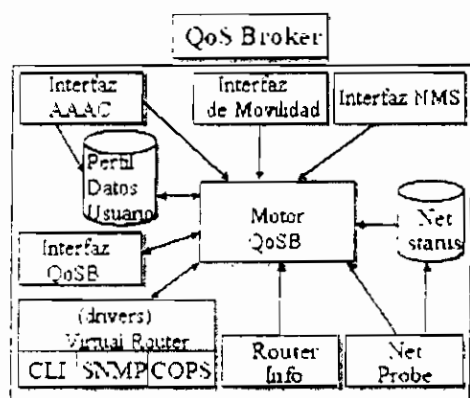


Figura 2.15¹¹⁴: Arquitectura del QoS Broker

El QoS Broker es una entidad del núcleo en la arquitectura QoS que despliega la mayoría de decisiones de control y manejo de los recursos en su dominio. Es una entidad compleja y flexible, capaz de operar en un ambiente heterogéneo. Su núcleo, el **motor QoS B**, incluye todos los algoritmos de decisión para el manejo de QoS en la red. El motor QoS B opera basándose en una vista abstracta de los ARs, el Módulo Virtual del Router. El Módulo Virtual del Router provee una interfaz uniforme al motor QoS B independientemente de la interfaz de manejo de un AR específico y traduce el control del motor QoS B en comandos específicos de red para cada AR. El QoS Broker provee algunas interfaces adicionales: una

¹¹⁴ C. Beaujean, N. Chaher, V. Marques, R. Aguiar, C. Garcia, M. T. Ziegler; "Implementation and Evaluation of an End-to-End IP QoS Architecture for Networks Beyond 3rd Generation" pdf

interfaz AAAC para recibir el NVUP del usuario desde el servidor AAAC y una **Interfaz QoS Broker** para intercambiar información con otros QoS Broker para proveer QoS de extremo a extremo dentro y entre dominios administrativos. Para el manejo QoS durante el handover se ha definido una **Interfaz de movilidad**.

Tres diferentes funciones están dedicadas a aspectos de control y de monitoreo de la red: un NetProbe monitorea el status de la red y lo guarda en la base de datos NetStatus, un RouterInfo que es un módulo que obtiene la información del router, ya sea manual o automáticamente y una NMSInterface que permite a la entidad NMS (Sistema de Monitoreo de Red) definir los recursos de red que pueden ser controlados por el Broker.

2.5.4 ARQUITECTURA PROPUESTA.

Existen algunas opciones y soluciones para la localización de las funciones específicas implementadas por estos elementos de red de alto nivel. La solución final debe ser tal que trabaje respetando las limitaciones con un mínimo de complejidad y costo. En primera instancia las funciones AAAC pueden estar centralizadas en un único punto por dominio o pueden existir algunas unidades pequeñas con un subconjunto de estas funciones cerca de los límites de la red para permitir un servicio más rápido y ligero. Cuestiones que deben ser consideradas son el retardo en la ejecución de cada tarea (la distancia eléctrica y el número de saltos entre dispositivos son importantes), el procesamiento de la sobre carga en cada dispositivo y lo cuestiones de escalabilidad.

El principio básico de Moby Dick puede ser descrito como "hacer handovers rápidos entre celdas, en conexiones existentes, con parámetros QoS asociados, manteniendo un control de contabilización. De esta manera, Moby Dick está especialmente relacionada con las implementaciones para mejorar el soporte de handovers, manteniendo los procesos apropiados de auditoría y contabilización. Para un handover entre dominios se requieren mecanismos adicionales de autenticación, los cuales no deberían demorar el proceso del handover¹¹⁵.

¹¹⁵ Victor Marques; "Enabling IP QoS in Mobile Environments", IST Mobile Summit, Barcelona-España, 9-12 de Septiembre de 2001.

2.5.4.1 Manejo QoS.

Varias aplicaciones existentes no poseen mecanismos inherentes para señalar los requerimientos QoS en la red. Esto implica que se requieren algunas funciones inteligentes en los bordes de la red para configurar la QoS provista al usuario

Estos aspectos contribuyen al trabajo de Moby Dick para el manejo de QoS. El núcleo de la red soportará mecanismos DiffServ¹¹⁶, con el tráfico del mejor esfuerzo actuando como búffer para el tráfico con habilidades QoS: la cantidad de recursos para tráfico del mejor esfuerzo decrecerá con el incremento del tráfico con habilidades QoS. El control de acceso (y marcaje) será realizado en los bordes. Cuando el tráfico crezca cerca de cierto nivel en los bordes serán instalados más recursos en el núcleo (y eventualmente se incrementará la cobertura de radio en redes de acceso por radio). Por lo que se necesita alguna entidad para controlar el uso de los recursos en los bordes¹¹⁷: un Punto de Aplicación de Políticas PEP (*Policy Enforcement Point*) co-localizado con el Gateway de Acceso (AG). Además, como esta utilización dependerá del usuario, un Punto común de Decisión de Políticas PDP (*Policy Decisión Point*) centralizará las reglas de control para un conjunto de PEPs.

Globalmente, el manejo del sistema QoS se implementará en una arquitectura distribuida¹¹⁸. Un subconjunto de funciones AAAC también tendrá que estar presente en los bordes para mantener el monitoreo y reportar al servidor central AAAC el uso de los recursos. Esta es una característica crucial especialmente para el servicio prepago. Estas funciones estarán distribuidas entre el PDP (el cual realizará el manejo de las decisiones) y el PEP (que monitoreará el uso de recursos y aplicará las decisiones PDP). Estas entidades controlarán la red de acceso. Un QoS Broker, interoperando con estas entidades, será el responsable

¹¹⁶ C. Beaujean, N. Chaher, V. Marques, R. Aguiar, C. García, T. Ziegler; "Implementation and Evaluation of an End-to-End IP QoS Architecture for Networks Beyond 3rd Generation"; pdf

¹¹⁷ Victor Marques, Rui Aguiar, Jurgen Jahnert, Karl Tomas, Marco Liebsch, Francisco Fontes, Hans Einsiedler; "A Heterogeneous Mobile IP qoS-Aware Network"; pdf

¹¹⁸ http://ietf.org/html_charters/disman-charter.html (Distributed Management)

global de asegurar la disponibilidad de recursos durante la conexión a través de toda la red.

2.5.4.2 Handovers

En algunos ambientes móviles, los handovers imponen algunas condiciones críticas para el mantenimiento (y auditoría) de los contratos QoS. Esto es especialmente complejo cuando no es posible el mantener conexiones simultáneas a múltiples estaciones base durante la movilidad del usuario: el nodo móvil tiene que estar conectado a un único Router de Acceso en cualquier tiempo. Este es el caso del acceso WCDMA en la red Moby Dick.

Como consecuencia, handovers (en capa enlace) deben ser realizados en un estilo de "cortar antes de mover"¹¹⁹ (*break before make*). No será posible tener dos conexiones activas de capa enlace (canales de radio) aunque mensajes broadcast de múltiples Gateways de Acceso pueden ser recibidos. Debido a que este es el escenario más crítico, la solución global de handover deberá también tener un buen desempeño bajo estas circunstancias.

Tomando esto en consideración se define una estrategia para separar en handovers de capas enlace y red con el objeto de tener todos los recursos de capa red disponibles cuando la conexión antigua en capa enlace se corte y se establezca una nueva¹²⁰. Cada nueva conexión será negociada en capa red (IP) a través del router existente: cada router de acceso soportará una o varias estaciones base vecinas y la entrada de un nodo móvil dentro del área de cobertura de estos ARs hará -a nombre del nodo móvil- que el anterior AG distribuya una copia del perfil del usuario (incluyendo la configuración de la red) al nuevo AR asociado a la nueva área de cobertura. Esto hace posible una reserva de recursos de red antes de que el handover de la capa enlace se inicie. Tomando esto en consideración, la manera en la que el terminal tiene que actuar es la siguiente: conseguir una nueva CoA (*Care of Address*) del nuevo dominio de

¹¹⁹ http://www.iw.uni-cannover.de/iv/seminar_ss04/www/Norman_Behrens/xhtml/section3.html

¹²⁰ Victor Marques; 'Enabling IP QoS in Mobile Environments', IST Mobile Summit, Barcelona-España, 9-12 de Septiembre de 2001

capa IP a través de su conexión anterior con el router, negociar todos los parámetros AAAC y QoS y entonces, cuando todos los recursos estén asegurados, el handover de capa enlace será un simple cambio de canal de radio.

2.5.4.3 Care of Address

El uso de Mobile IP implica que el nodo móvil usará Care of Address cuando esté conectado a otras redes. La adquisición de la CoA es un gran problema en el caso de redes móviles¹²¹; en este tipo de redes, el nodo móvil tiene que pedir explícitamente una CoA válida del nuevo AR o AG antes de terminar la conexión existente con el anterior AG y sin establecer una nueva conexión con el nuevo AG. Por lo tanto, la solución global usada en Moby Dick debe tomar en cuenta este punto. Dos situaciones diferentes nacen cuando la adquisición de CoA es considerada: el punto de enlace inicial del nodo móvil y el handover entre redes.

2.5.4.4 Conexión o enlace inicial

El nodo móvil escucha los Consejos del Router (como se norma en Mobile IP)¹²² en todos los AG accesibles por radio. El nodo móvil construye una dirección de enlace local y puede también conseguir un prefijo global de dirección del router respectivo en cada interfaz (o una de ellas). Dependiendo del algoritmo de decisión (calidad del enlace, costos, etc.) una interfaz es seleccionada. El mensaje de petición de CoA es enviado a este AG, apuntando su dirección de enlace local. Esta CoA es entonces enviada de regreso al nodo móvil en la réplica apropiada CoA. El AG puede crear una entrada a su Tabla de Recursos (de radio) si se mantiene una tabla de nodos móviles conectados y su correspondiente CoA.

¹²¹ M. Lebsch et al; "CoA Acquisition in MD Architecture", Internal Report, Moby Dick project, July 2001

¹²² Johnson, D., Perkins, C., "Mobility Support in IPv6" IETF, Internet Draft (work in progress), July 2001.

2.5.4.5 Cambio en la red de acceso.

Mientras este conectado a una red de acceso, los Consejos del Router pueden ser escuchados en interfaces alternas. Estas pueden ser interfaces de la misma o de diferente tecnología (como en el caso de las celdas de radio). El algoritmo de decisión puede notificar al stack IP para proceder con la petición de la nueva CoA para una dirección de router dada. Esta CoA puede ser enviada al nuevo AG a través de la conexión existente con el AG anterior. Aunque existen otras soluciones¹²³, la presente es la que adopta Moby Dick debido a que para cada estación base se tiene un router de acceso asociado en una estrategia de malla. Además, este método es preferido por razones QoS, debido a que este mensaje puede iniciar directamente el intercambio de información entre ambos AGs, allanando el camino para una transferencia posterior

En particular, si los Consejos del Router tienen la dirección IPv6 completa del AG (continúa en evaluación en términos de eficiencia para el enlace de radio), el nodo móvil puede simplemente direccionar al nuevo AG a través de su interfaz normal, pidiendo al nuevo AG la nueva CoA. El nuevo AG puede determinar la CoA a proveer y envía de regreso un apropiado mensaje de réplica. El paquete de réplica direcciona la CoA global, actualmente válida para el nodo móvil y va a través del anterior AG.

2.5.5 ARQUITECTURA GLOBAL

Tomando en cuenta todo lo mencionado anteriormente, la arquitectura presentada puede ser redefinida a la arquitectura general Moby Dick como se muestra en la **figura 2.16**¹²⁴. El AG está compuesto por un router y una interfaz al medio. El router estará basado en máquinas Linux. La interfaz al medio para redes UMTS estará basada en una interfaz de usuario desarrollada para RT-Linux, con un software stack IPv6 específico. La interfaz para 802.11b está siendo desarrollada por tarjetas de acceso Lucent.

¹²³ J. T. Marinin; "Mobile IPv6 Regional Registrations" March 2001

¹²⁴ Victor Marques, Rui Aguiar, Jurgen Jahnert, Karl Tomas, Marco Liebsch, Francisco Fontes, Hans Einsiedler; "A Heterogeneous Mobile IP qoS-Aware Network",pdf

Cuando un nodo móvil se conecta a una red, primero conseguirá una CoA, para así poder negociar con los otros elementos de red. Después de la adquisición de la CoA el nodo móvil inicia el proceso de Autenticación a través de mensajes enviados al router de borde. Este router contacta a la entidad local encargada de las funciones de AA (Autenticación y Autorización). Debido a que el usuario está tratando de autenticarse así mismo por primera vez en esta red, la entidad local AA debe pedir al servidor AAAC una copia del subconjunto relevante de tal usuario. Si el usuario que actualmente está usando el nodo móvil pertenece a ese dominio, el servidor local AAAC envía inmediatamente ese perfil, si no pertenece tendrá que pedir al servidor local AAAC el perfil de ese nodo móvil.

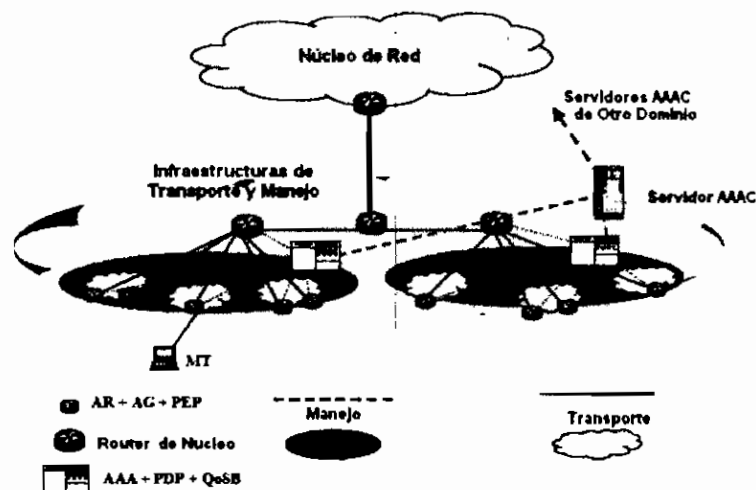


Figura 2.16: Arquitectura general de red de Moby Dick para Transporte y Manejo

La entidad global AA, después de conseguir el perfil del nodo móvil debe autenticarlo. Después de una correcta autenticación el nodo móvil puede iniciar la fase de autorización. Para esto, se contacta con la entidad AA nuevamente. Después de esto, se le notifica al QoS Broker de que debe proveer una ruta QoS para el nodo móvil: esta petición puede ser implícita, basada en los paquetes enviados por el nodo móvil y detectados por el PEP (AG). El PDP monitoreará el uso de los recursos por parte del nodo móvil y si el usuario excede su límite, enviará comandos para que el PEP corte las conexiones del nodo móvil.

Si el nodo móvil se mueve a la siguiente celda dentro del mismo dominio, el QoS Broker tendrá que proveer una nueva ruta QoS pero todas las otras entidades no

necesitan realizar ninguna otra función: básicamente, deben mantenerse funcionando como antes de modo a que el perfil del usuario ha sido ya distribuido a las celdas vecinas.

El AG monitorea el uso y lo reporta periódicamente al agente local AA, así mantiene un registro del actual uso. Hasta que el nodo móvil se desconecte, este agente informa al servidor AAAC, de tal manera que los registros de uso del terminal son actualizados. En el caso del servicio pre-pagado, el agente local AA tiene que asegurarse de que el nodo móvil no exceda su crédito y cuando el mismo se agote instruirá al PDP o al PEP para que corten la comunicación¹²⁵

Este conjunto de acciones será completamente ejecutado únicamente cuando el nodo móvil se mueve de un dominio a otro. En ese caso, el servidor local AAAC tiene que ser contactado nuevamente; de otra manera la red confía en la información local distribuida a través de varios elementos de red.

2.5.6 QOS EN LA PARTE DE RADIO

Debido a todas las arquitecturas "todo IP" usadas en el proyecto, las funciones del Manejo del Recurso de Radio (RRM: *Radio Resource Management*) localizadas en el núcleo de red UMTS no son usadas. Para proveer QoS de extremo a extremo existe una nueva necesidad de traducir las clases de QoS IP, marcadas en el campo DSCP en clases de QoS para UMTS definidas en los standards 3GPP. Además, estos parámetros deben también ser traducidos en un conjunto de parámetros de radio para asegurar la operación apropiada de toda la Interfaz de Radio W-CDMA.

Parámetros como el ancho de banda, retardo, tasa de pérdida de paquetes deben ser convertidos a una cierto número de slots de tiempo, formatos válidos de transporte, códigos de convolución, valores TTI, etc. Esta conversión se realiza en dos pasos. El primer paso consiste en definir a priori las clases QoS y sus

¹²⁵ Victor Marques, Rui Aguiar, Jurgen Jahnert, Karl Tomas, Marco Liebsch, Francisco Fontes, Hans Einsiedler, 'A Heterogeneous Mobile IP qoS-Aware Network' pdf

parámetros proveyendo a los usuarios de Moby Dick con una calidad equivalente para cada servicio a la que ellos esperan recibir en el mundo IP. Por ejemplo un servicio de tiempo real S1 en el mundo IP Moby Dick puede ser traducido en una clase conversacional de QoS en el mundo de radio. El segundo paso se ejecuta cuando el servicio inicia con el cálculo computacional del conjunto final de parámetros basados en estas clases QoS de radio, en la configuración de las celdas de radio y en los recursos ya asignados.

Cuando el QoS Broker autoriza el inicio de un nuevo servicio para un usuario, provee al Gateway de Radio con el DSCP y las clases QoS de radio traducidas. Este mensaje inicia la asignación de los correspondientes recursos en la Interfaz de Radio: el Gateway de Radio almacena la información de la traducción y abre una nueva portadora de radio conectando al Gateway de radio y al terminal Móvil a través de varias entidades constituyendo la interfaz de radio. Estas entidades se muestran en la **figura 2.18**¹²⁶

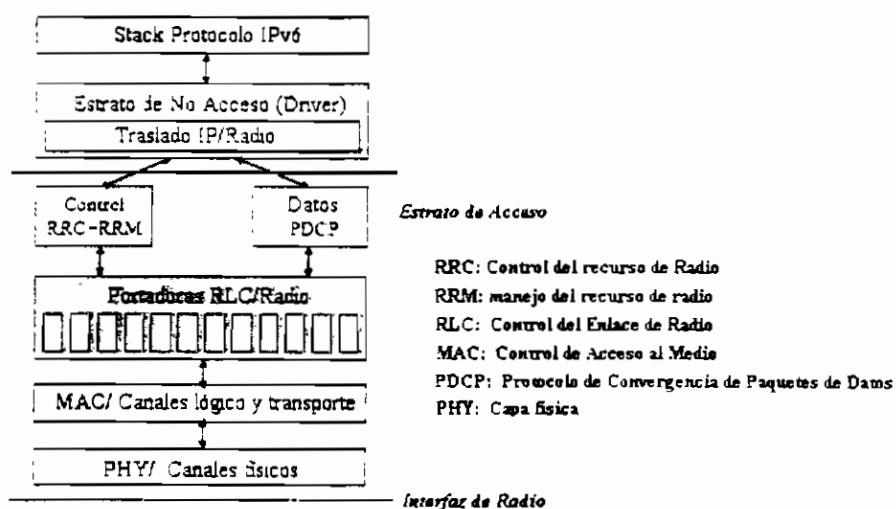


Figura 2.18: Representación en capas de QoS para W-CDMA

Esta nueva portadora de radio es usualmente traducida a canales lógicos, de transporte y físicos, como se muestra en la **figura 2.18**. Una vez que la Interfaz de radio está sincronizada, el estrato de No Acceso es capaz de transferir paquetes IP a través de la portadora de radio y sus canales internos, usando la

¹²⁶ Beaujean, N. Chaher, V. Marques, R. Aguiar, C. Garcia, M., T. Ziegler, "Implementation and Evaluation of an End-to-End IP QoS Architecture for Networks Beyond 3rd Generation": pdf

traducción previamente guardada como llave para el identificador del Punto de Acceso al Servicio (SAP). Cuando el tráfico IP termina, el QoS Broker cierra la portadora de radio de la misma manera.

2.5.7 EVALUACIÓN

La implementación de la arquitectura Moby Dick incluye dos fases. Una primera fase consiste en desarrollar las principales funcionalidades de las entidades QoS y las interfaces de comunicación entre ellas. Una segunda fase provee las funcionalidades completas de los componentes QoS y sus interfaces de comunicación con las entidades de seguridad y movilidad.

La arquitectura de red ha sido desplegada en algunos sitios experimentales, entre ellos Madrid y Stuttgart. La **figura 2.19**¹²⁷ muestra el sitio de prueba para Moby Dick en Madrid. Varias pruebas fueron desarrolladas demostrando que las garantías QoS pueden ser aseguradas.

Queda mucho trabajo por desarrollar: el lograr que al producirse un handover se mantenga el mismo nivel de QoS mientras se mueve el terminal, se requiere entonces la definición de un protocolo de re-negociación QoS en el caso (muy probable) de que la situación de QoS no sea la misma en el nuevo router de acceso. Otro reto es hacer que el iniciador del flujo asigne recursos de manera diferente en ambas direcciones: de la fuente y del destino. Por ahora, por defecto es bidireccional, en el sentido de que cada terminal que envía datos desarrolla su asignación de recursos de manera separada.

¹²⁷ *Beaujean, N. Chaher, V. Marques, R. Aguiar, C. Garcia, M., T. Ziegler; 'Implementation and Evaluation of an End-to-End IP QoS Architecture for Networks Beyond 3rd Generation'. pdf*

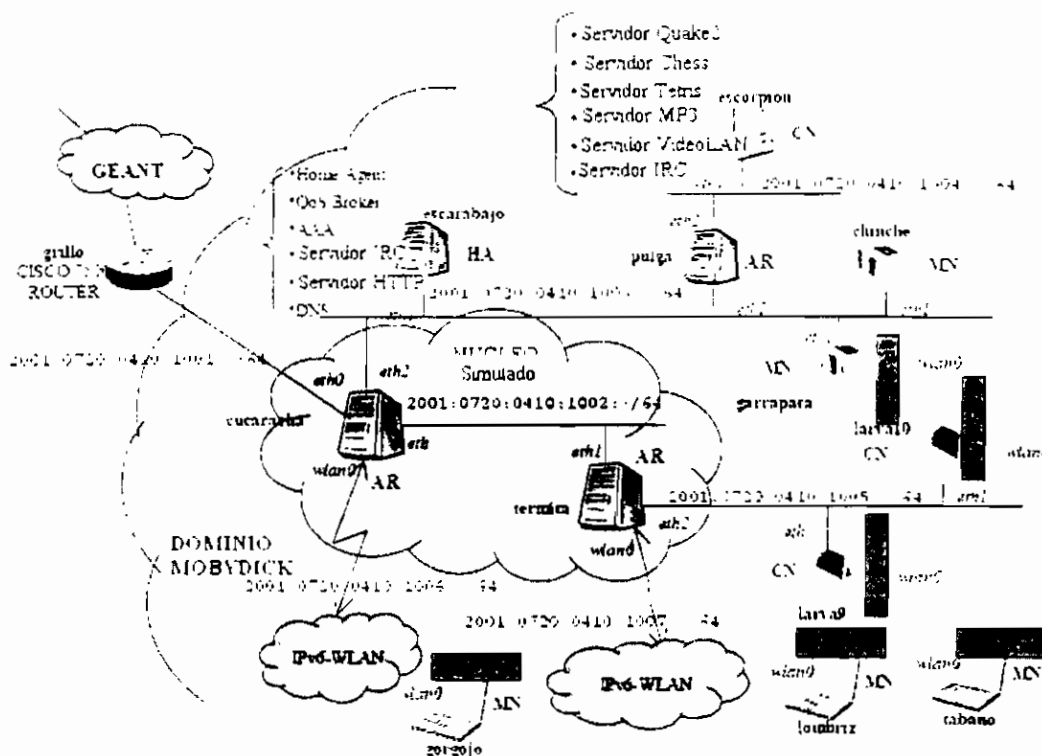


Figura 2.19: Sitio de pruebas en Madrid

2.6 PROPUESTA 3: UNIÓN DE ENTIDADES AQMUA Y SPAAQE

2.6.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo puede verse como una “evolución” de ciertos componentes de la estructura propuesta por el grupo de trabajo del IETF de Servicios Integrados sobre Capas Enlace Específicas “ISSLL” (*Integrated Services over Specific link Layers*)¹²⁸, dado que ciertas implementaciones de IntServ sobre DiffServ Existen sufren de varios problemas: carencia de flexibilidad (debido a que no son capaces de adaptarse a nuevos protocolos de señalización); problemas de escalabilidad (debido a la concentración del Broker en una sola máquina¹²⁹ o porque solamente llevan la señalización Intserv sobre la red DiffServ sin cambiar la red en sí misma.

¹²⁸ ISSLL Working Group: <http://www.ietf.org/html.charters/issll-charter.html>

¹²⁹ Y. Bernet, P. Ford, R. Yavatkar, F. Baker, L. Zhang, M. Speer, R. Braden, B. Davie, J. Wroclawski, E. Felstaine, “A Framework for Integrated Services Operation over DiffServ Networks”, November 2000.

La arquitectura que se presenta a continuación trata de encaminarse hacia lo problemas antes mencionados

2.6.2 ARQUITECTURA AVANZADA DE CONTROL QOS

Por razones de escalabilidad, el soporte de QoS en el nivel de red requiere de Diffserv en el núcleo de la red. Esta arquitectura de control de QoS asume dicha arquitectura y define entidades específicas para señalización y control. Tres entidades diferentes son definidas:

- Un servidor AAA (Autorización, Autenticación y Contabilidad) es responsable de los problemas de manejo en el nivel de contrato, identificar usuarios y desplegar la contabilidad. Esta entidad está posicionada en el nivel administrativo.
- **AQMUA** (*Advanced QoS Manager de la Universidad de Aveiro*), a cargo del manejo de todos los flujos de la red. Múltiples máquinas AQMUA implementarán un sistema AQMUA distribuido.
- Una entidad **SPAACE** (*Signalling Procesing, Access Authorization and QoS Enforcement*), la cual despliega la señalización y refuerza las restricciones QoS. Reside en cada punto de borde de la red.

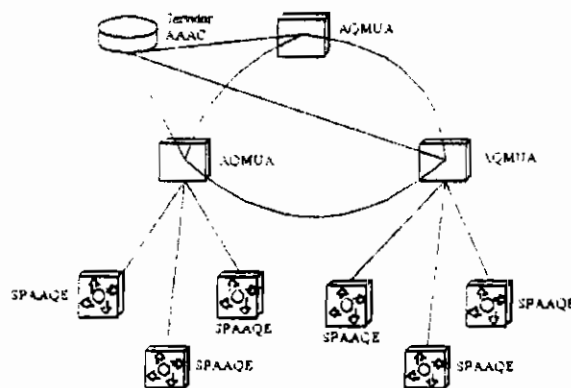


Figura 20¹³⁰: Arquitectura propuesta de red.

¹³⁰ P. Gonçalves, D. Gomes, V. Marques, R. Aguiar: "QoS Control support for heterogeneous networks". pdf

La entidad AAA es la que contiene todos los aspectos relacionados con el servicio. Desde el punto de vista del control de red, AQMUA es una relevante entidad de control. En esencia es un "tradicional" QoS Broker con funcionalidades añadidas. Cada AQMUA define una región "autónoma" independiente en su capacidad de asignar recursos y controla sus dispositivos de borde asociados (entidades SPAAQE). En cada router de borde del núcleo de la red existirá una segunda entidad funcional a cargo de reforzar las políticas AQMUA y manejar la QoS local, el SPAAQE. Esta entidad es además responsable de la traducción de la señalización de paquetes QoS externa (tal como IntServ) en una adecuada señalización (DiffServ) interna. Aunque esta traducción es realizada por SPAAQE, debe ser validada y comunicada al resto de la red por AQMUA. Este estilo de arquitectura es distribuida. Una de las más grandes mejoras con respecto a otras arquitecturas es la capacidad de procesar señalización no solo IntServ sino también cualquier otro protocolo de señalización (tal como SIP). Esta habilidad es inherente al diseño de SPAAQE. En el borde de la red SPAAQE traduce cualquier tipo de señalización al mecanismo de señalización propio de la red, homogenizando toda la información de señalización que circula en ella y simplificando el proceso de asignación de recursos. La red distribuida AQMUA además actúa como una red de señalización interna capaz de intercambiar información relacionada a la QoS de una manera simple y rápida. Toda la información acerca de los Perfiles del Usuario y servicios disponibles pueden ser recolectados desde un servidor AAAC central por los AQMUAs. De esta manera, el administrador puede fácilmente desplegar políticas y servicios en una gran red de una manera muy simple.

2.6.3 AQMUA

AQMUA es el elemento de la arquitectura que hace el manejo de la red y provee soporte SPAAQE a todas las acciones relacionadas con QoS (marcaje, políticas, señalización). Posee todo el conocimiento de la carga de la red e información de la topología necesario para realizar el control de admisión y tiene el conocimiento de las redes vecinas para actuar en las peticiones QoS.

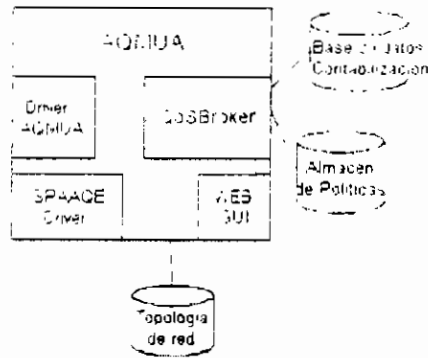


Figura 2.21: Componentes internos de AQMUA

La **figura 2.21**¹³¹ muestra los componentes internos de AQMUA. Contiene cuatro componentes principales:

- Un QoS Broker que toma las decisiones de control de admisión y realiza las tareas del manejo global de la red;
- Un driver SPAAQE, que interactúa con entidades SPAAQE de su propia red.
- Un driver AQMUA, usado para comunicarse con otras entidades AQMUA con el fin de implementar un ambiente de control distribuido.
- Una interfaz de usuario gráfica de configuración y control. AQMUA puede ser configurado usando WebGUI cuando los elementos de la red puedan incluirse en listas de base de datos y donde las características de los elementos de la red puedan ser definidos.

Con el objetivo de guardar toda la información necesaria, AQMUA tiene tres bases de datos internas: una base de datos de contabilización donde se registra el uso de la red; una base de datos de políticas donde se tiene una descripción del servicio en términos de parámetros QoS y una base de datos de la topología de la red donde se mantiene una descripción de los elementos de red y su utilización así como la arquitectura de red de áreas vecinas.

¹³¹ P. Gonçalves, D. Gomes y. Marques, R. Aguiar; "QoS Control support for heterogeneous networks"; pdf

2.6.3.1 Manejo de Recursos en el QoS Broker.

El QoS Broker realiza el manejo de decisiones AQMUA. Después de una petición de recursos, el QoS Broker examina la disponibilidad de recursos de red y decide aceptar o no el flujo de tráfico. Una vez que la decisión ha sido tomada, el SPAAQE es informado y el tráfico es encaminado hacia su destino o bloqueado. La información relacionada con la autorización es insertada en la base de datos de contabilización y puede ser usada más tarde en decisiones de control de admisión o para propósitos de contabilización.

Los principales bloques del QoS Broker se muestran en la **figura 2.22**¹³².

- Motor QoS: la entidad que toma las decisiones de control de admisión;
- La interfaz AQMUA: la entidad que interactúa con AQMUA, recibe peticiones de control de admisión y envía instrucciones de configuración.
- Interfaz NetProbe: interactúa con las entidades proveyéndolas de información acerca del uso real de la red para realizar algunos ajustes en las estimaciones internas acerca del uso de la red.
- Driver CLI: Un driver que habilita al QoS Broker para tomar acciones de configuración en los elementos de la red que no sean SPAAQE, usando los comandos de la Interfaz de la Línea de Comandos (*Command Line Interface*). Después de una decisión de aceptación, el QoS Broker puede también realizar algunos ajustes en los elementos de red en el núcleo, usando esta interfaz.

Como se mencionó, AQMUA es la entidad que conoce la topología de red y provee este conocimiento relevante a los SPAAQEs. El conocimiento de la topología de red es provisto a AQMUA de dos diferentes fuentes: una topología interna de red (de su área local) es provista por la base de datos donde los elementos de red están enlistados y descritos en términos de interfaces y características; una información más general de la red es provista por otras

¹³² P. Gonçalves, D. Gomes, Y. Marques, R. Aguiar: 'QoS Control support for heterogeneous networks'.pdf

entidades AQMUA que comporten su información característica sobre ellas mismas.

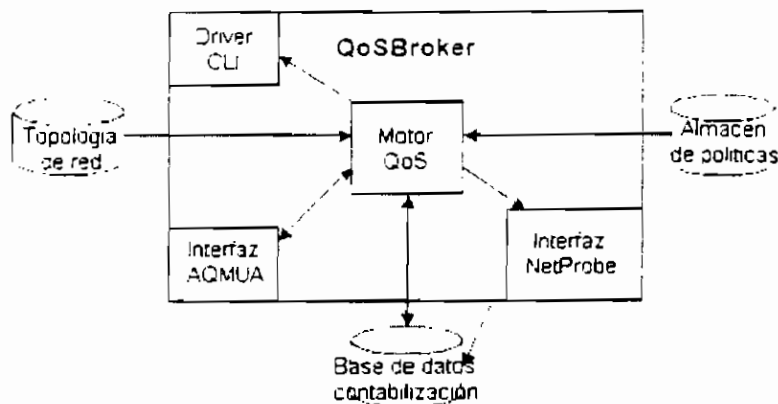


Figura 2.22: Componentes internos del qoS broker

Una vez que el flujo de tráfico parece ser ruteado hacia una nueva área de red, AQMUA envía una petición a la entidad "AQMUA de la nueva área" pidiendo la información necesaria para tomar una decisión correcta en términos de control de admisión de tráfico y para tomar las opciones correctas de marcaje y señalización. Después de la recepción de esta información AQMUA guarda la nueva información de la red en su base de datos, mejorando su conocimiento global de las redes de acceso. Este mecanismo permite al AQMUA el interoperar con diferentes redes con diferentes arquitecturas QoS de una manera escalable a la vez que mantiene el tiempo requerido para tomar las decisiones del control de admisión en una tasa razonablemente baja.

2.6.4 SPAAQE

En esta arquitectura distribuida, SPAAQE es el elemento localizado en el borde de la red de acceso. SPAAQE es responsable de detectar, clasificar y procesar flujos de datos que van desde y hacia el núcleo de red DiffServ. A primera vista, esta entidad podría ser tomada como un simple Router de Borde DiffServ, pero sus funcionalidades añadidas y la capacidad de procesamiento individual la convierten en una entidad significativamente diferente. En el SPAAQE, los flujos no son tratados solo por QoS sino para posteriores procesos de señalización,

contabilización, traducción de la dirección de destino y otro tipo de tratamientos que pueda necesitar el Proveedor de Servicio o que desee añadir a su servicio. Todas las decisiones tomadas por el SPAAQE son locales y relativas al procesamiento del flujo y son realizadas gracias a la información provista por el AQMUA. Es importante notar que el SPAAQE no toma decisiones individuales por su cuenta. Toda la información relacionada al actual estado de la red es mantenida por los AQMUAs. Así que ninguna decisión es tomada por el SPAAQE solamente y todas las decisiones deben ir a través del AQMUA para su conocimiento y validación. Sin embargo, una vez configurado, el SPAAQE es capaz de tomar pequeñas decisiones basadas en la información intercambiada con el AQMUA y sus archivos de configuración.

Uno de los más grandes avances de SPAAQE es la capacidad de manejar microflujos, identificables por múltiples mecanismos. Estos flujos representan una mayor granularidad en el sentido del manejo del tráfico de red. En primera instancia, estos micro-flujos pueden representar tráfico Usuario/Aplicación específico entre pares que puede proveer al administrador de red de nuevas maneras de personalizar los recursos disponibles para cada cliente específico. Esto provee una granularidad IntServ adaptable a las aplicaciones del usuario incluso cuando estas no son IntServ-aware (aplicaciones con capacidades IntServ). Además, estas características son provistas sin ninguna otra interfaz o nuevas restricciones para el usuario final. Esto se resume en uno de los más grandes objetivos de SPAAQE: una interfaz de señalización flexible para el proveedor de red, totalmente transparente al usuario final.

La arquitectura SPAAQE consiste de cuatro elementos principales (**figura 2.23**¹³³): Un Clasificador, un Programador de Envío, un módulo de Contabilización, y una Avanzado Agente QoS ASQA (*Advanced QoS Agent*). El Clasificador es capaz de clasificar los paquetes que ingresan basándose en la información que transmite el ASQA. El Programador de Envío maneja varias colas de paquetes y es responsable de reforzar la QoS en paquetes que van a

¹³³ P. Gonçalves, D. Gomes, V. Marques, R. Aguiar, "QoS Control support for heterogeneous networks"; pdf

través de SPAAQE. El módulo de contabilización interactúa con cualquier sistema de contabilización desplegado en el sistema (en primera instancia Servidores Radiales o Diametrales) proveyendo información privilegiada acerca del uso de la red.

La **figura 2.23** representa una visión simplificada del flujo de información dentro de SPAAQE. Los paquetes que van a través del clasificador son marcados de acuerdo a la configuración instalada. Los paquetes que no concuerdan con ninguna directiva de configuración son considerados como no marcados y son ruteados ASQA para un proceso posterior. El Clasificador puede también rutear paquetes que requieren un procesamiento avanzado hacia el ASQA, basado en una configuración explícita. El Programador de Envíos debe ser capaz no solo de entregar cada paquete a su cola apropiada sino también de eliminarlos si es necesario. El módulo de Contabilización debe actuar activamente para información de peticiones del programador de envíos y ASQA a través de una interfaz insertable.

El principal elemento de SPAAQE es el ASQA, donde toda la información es procesada y tratada. El ASQA no solo es responsable de configurar el Clasificador y el Programador sino es además responsable de las funcionalidades avanzadas de SPAAQE.

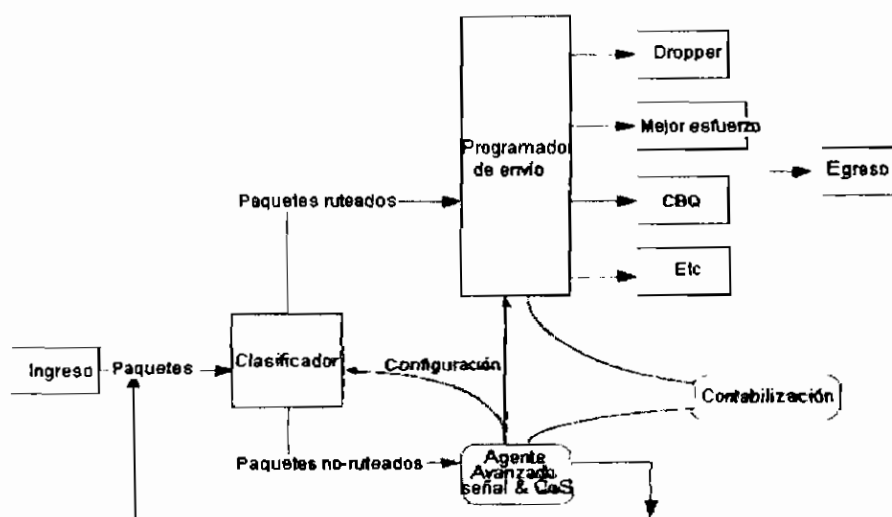


Figura 2.23: Vista simple del flujo dentro de SPAAQE

Una característica interesante de SPAAQE es la capacidad del proceso de Manejo de Flujo en el ASQA para procesar mensajes de señalización, tales como paquetes RSVP o mensajes SIP. Esta característica provee el medio para alcanzar las funcionalidades de red deseadas para suministrar una señalización homogénea a las entidades del núcleo, mientras se soporta completamente cualquier tipo de señalización en la red de acceso. En primera instancia, en términos de mensajes RSVP, el Manejador de Flujo recibe los paquetes RSVP y de acuerdo con la información intercambiada con le AQMUA refuerza los parámetros QoS adecuados para cada flujo de paquetes. El Manejador de Flujo no solo es capaz de interpretar paquetes RSVP y consecuentemente realizar la traducción de IntServ a DiffServ, sino también es capaz de generar paquetes RSVP (lo cual implica traducir paquetes marcados DiffServ a flujos IntServ) y entregar los mensajes apropiados a las aplicaciones.

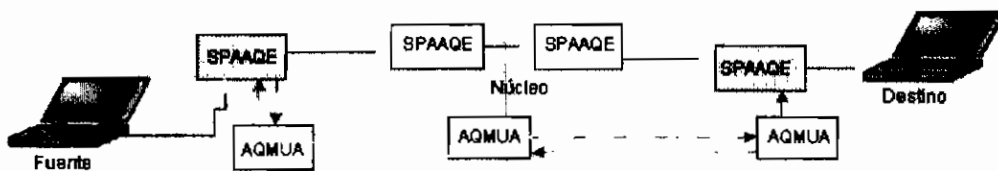


Figura 2.24¹³⁴: Interrelación de AQMUA y SPAAQE

2.6.5 CONCLUSIONES.

Para redes híbridas, el procesamiento RSVP es realizado por SPAAQE, convirtiendo las peticiones RSVP en la deseada CoS DiffServ así como realizando la conversión inversa. AQMUA toma el control del manejo de la red instruyendo a SPAAQE para que tome las decisiones adecuadas en el control de admisión.

La arquitectura propuesta permite un soporte QoS de extremo a extremo independientemente de la arquitectura QoS usada en las redes entre la fuente y el

¹³⁴ P. Gonçalves, D. Gomes, V. Marques, R. Aguiar; "QoS Control support for heterogeneous networks"; pdf

destino. Las peticiones de tráfico QoS están siempre "adaptadas" a la arquitectura existente en la siguiente red vecina, permitiendo la reutilización de los elementos existente de red y de arquitecturas.

2.7 PROPUESTA 4: INTSERV SOBRE DIFFSERV

La presente arquitectura está basada en la operación de IntServ sobre DiffServ. Esta estructura 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 ¹³⁵ prueban que implementar este modelo de servicio no es suficiente 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

En una serie de estudios ¹³⁶ se ha determinado que DiffServ, tal como se lo ha diseñado para redes fijas, necesita de varias mejoras. Incluyendo señalización y consideraciones de movilidad, deben ser tomadas en cuenta para ser implementados en redes 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

¹³⁵ Tomado de A.K. Talukdar, B. Badrinath, y A.Acharya, "Integrated Services packet networks with mobile hosts: Architecture and performance" ACM/Baltzer Wireless Networks, vol 5, pp 111-124, 1999

¹³⁶ I. Mahadevan y K. Sivalingam, " Architecture and experimental framework for supporting QoS in Wireless networks using differentiated services " ACM/Kluwer Mooile networks and Aplications , vol 6, pp 385-395, 2001

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 interoperar 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 una 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).

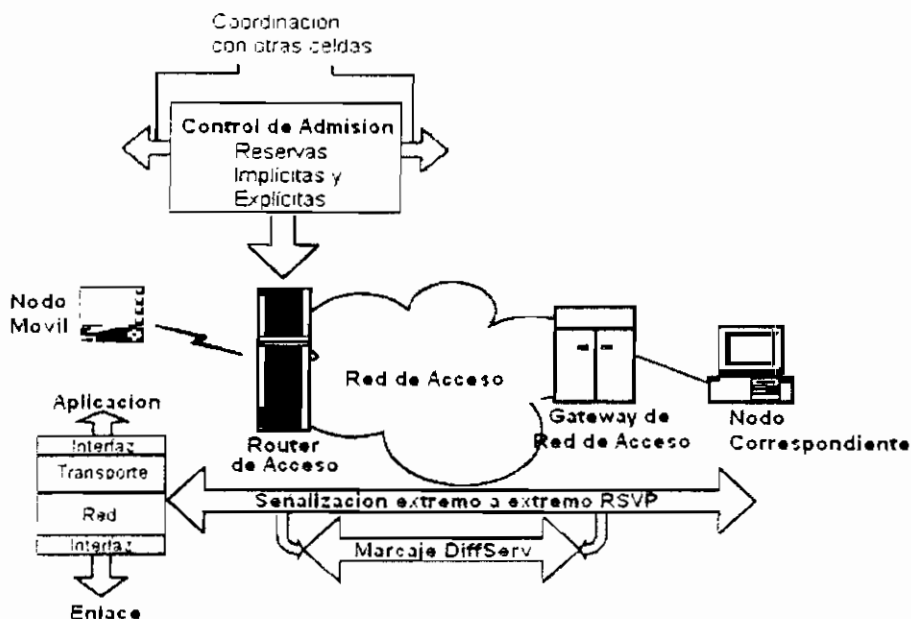


Figura 2.25: Esquema de la propuesta 4

3 CAPÍTULO 3: COMPARACIÓN DE PROPUESTAS

3.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una importante variedad de ofertas de redes de comunicaciones móviles inalámbricas con capacidad para proveer servicios basados en Internet (comunicaciones multimedia, comercio electrónico, acceso a Internet, etc.). 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 coste 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 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 mencionadas¹³⁷, 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

¹³⁷ *Ivan Armuelles, Carlos Voinov Bader, Tomás R. Valladares. 'Integración de Sistemas: Hacia una arquitectura de comunicaciones móviles de 4G', pdf*

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.

3.2 ARQUITECTURAS REVISADAS

De entre las estructuras estudiadas en capítulos anteriores, la comparación se realizará entre las arquitecturas de red BRAIN y MOBY DICK por las siguientes razones:

De las arquitecturas que combinan IntServ y DiffServ encontradas, se concluyó que la que más desarrollo y evolución ha tenido hasta la actualidad es **BRAIN**, la cual posee una mejor definición de red e incluso existe para ella una extensión (el proyecto MIND) que añade extensiones Ad Hoc para redes BRAIN. Las otras arquitecturas con IntServ sobre DiffServ son únicamente variantes de BRAIN siendo su aporte más complementario que sustitutorio. Por ejemplo, la propuesta 3 podría ser vista mas bien como una mejora complementaria gracias a su planteamiento de la creación de mecanismos en los routers de acceso con capacidad de realizar una traducción al mundo DiffServ (al marcaje del campo DSCP) no solo desde la señalización RSVP utilizada por IntServ sino también desde otros protocolos de señalización interna como SIP (Protocolo de Inicio de Sesión; *Session Initiation Protocol*) añadiendo bases de datos específicas para realizar dicha traslación y para decidir cuando hacerla en casos de ambientes heterogéneos sin señalización interna. Así mismo, la propuesta 4 cubre un campo mencionado al tratar sobre BRAIN: la reserva de recursos en celdas vecinas para evitar la degradación o caída o de la conexión ante un evento de handover.

MOBY DICK es, por otro lado, un ejemplo de la aplicación de una sola tecnología de provisión de calidad de servicio QoS (DiffServ) en una arquitectura de extremo a extremo y resulta una excelente muestra de los problemas y ventajas que conlleva el utilizar solo un tipo de estructura en este tipo de arquitecturas. Cabe

señalar que Diffserv no es una tecnología de extremo a extremo, pero la estructura propuesta por Moby Dick la faculta para este desempeño.

A continuación se muestra un breve resumen descriptivo de los proyectos que se tomarán en consideración para realizar la siguiente comparación.

3.2.1 BRAIN Y MIND.

El proyecto BRAIN y su continuación MIND tienen como objetivo proveer servicios multimedia de banda ancha, totalmente adaptables a las condiciones de los usuarios móviles sobre distintos tipos de redes integradas (GPRS/UMTS, HiperLan2, PANs y MANETs). Su arquitectura de red integrada está basada en el stack IP y provee de mecanismos de QoS de extremo a extremo. Provee también mecanismos particulares de gestión de movilidad, QoS, AAA y seguridad integrados a pesar de que arquitectura es lo suficientemente flexible como aceptar protocolos estándares de la IETF.

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 permitir las 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; todas las funciones en capas superiores son transparentes. Aunque inicialmente ayudó al soporte de Hiperlan/2 y otros sistemas WLAN, el proyecto BRAIN se supone 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 un

interfaz genérico de servicios IP a Wireless IP2W. El mejoramiento o la adaptación para soportar IP2W son provistos por una capa específica de convergencia de interfaz aérea que le pertenece.

3.2.2 MOBY DICK

El objetivo principal de MOBY DICK 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.

El proyecto Moby Dick desarrolla, evalúa e implementa una arquitectura de red basada en IPv6 con capacidades QoS con servicios AAAC (autorización, autenticación, contabilización y costos). La arquitectura de red integra separadamente modelos del IETF para soportar Mobile IP, QoS y AAAC y está diseñada para soportar diferentes tecnologías de acceso como lo son W-CDMA, 802.11 y Ethernet. En los casos en que las aplicaciones existentes o los modelos IETF no provean los requerimientos necesarios, se proporcionan las extensiones y modificaciones precisas.

Moby Dick implementa y evalúa el modelo de QoS basado en Servicios Diferenciados (DiffServ) en una red de topología heterogénea, a la vez que plantea el soporte mejorado para un evento de handover permitiendo una rápida recuperación por parte de la red, manteniendo buenas características en términos de contabilización.

3.3 COMPARACIÓN DE LAS ARQUITECTURAS BRAIN Y MOBY DICK

Múltiples parámetros pueden ser referidos para evaluar las bonanzas o debilidades de una arquitectura de red. Pero al contrastar redes de extremo a extremo que utilizan distintas tecnologías, una comparación cualitativa resulta ser

más práctica que una cuantitativa en razón de que de esta manera se evaluarán las características funcionales similares, se expondrán las diferencias existentes y se obtendrá un resultado cualitativo del estado del arte en el diseño de redes basadas en IntServ y DiffServ. Una evaluación cuantitativa dependerá del ambiente en el que se desempeñen estas arquitecturas y como se verá a continuación, cada arquitectura tiene sus ventajas dependiendo del entorno en el que encuentren desplegadas.

Del análisis realizado a estas arquitecturas se han encontrado similitudes y diferencias entre sus iniciativas en distintos aspectos como escalabilidad, ajuste del servicio, 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, los esfuerzos relacionados con la adaptabilidad y re-configurabilidad.

3.3.1 ESCALABILIDAD DE LOS PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN

Una característica importante resulta ser la escalabilidad de los protocolos de señalización (este tipo de escalabilidad no hace referencia directa con la escalabilidad del servicio), es decir, la capacidad de aumentar el número de flujos a los que la red da servicios sin que el desempeño de red se vea afectado de una manera directamente proporcional. Este parámetro siempre tiene un pacto con la calidad de servicio resultante: el mejoramiento de la escalabilidad alcanzado mediante agregación se logra en detrimento de la calidad de servicio.

BRAIN (IntServ en la red de acceso) utiliza el protocolo de señalización RSVP (por flujo), esto es, cada flujo que circula por la red genera señalización para la misma. Además, IntServ requiere de los routers para controlar y enviar el estado de todos los flujos que pasan a través de aquellos. Resulta obvio que al aumentar el número de flujos que atraviesan la red se aumentará también la señalización necesaria para tratar adecuadamente cada flujo; por el contrario Moby Dick (DiffServ en la red de acceso) utiliza el campo DSCP de la cabecera IP para informar a la red la calidad de servicio que requiere, así no se genera señalización

adicional para la red. Si se añade a esto la capacidad DiffServ de agregación de flujos (agrupación de flujos DiffServ con similares características QoS) para disminuir aún más la información que tiene que manejar la red se llega a la conclusión de que en términos de escalabilidad, Moby Dick (cuya escalabilidad está limitada por el número de clases de servicio) presenta mejores resultados que BRAIN (estando su escalabilidad limitada por el número de flujos).

Otra característica a destacar es que BRAIN puede (o no) realizar el marcaje de paquetes en el nodo móvil mientras que MOBY DICK la realiza en los bordes de la misma. Esto tiene dos grandes ventajas: Primero, el NM toma parte del manejo de paquetes debido a que el BAR no necesita chequear las cabeceras IP (y de transporte) para obtener información para la clasificación de multicampo, sino que puede más bien contar con la clasificación del Agregado de Comportamiento BA. Segundo, permite usar al NM la encriptación de payload IPsec (y cualquier sistema de tunnelling IP-dentro de-IP). Un beneficio adicional de tener a los NMs marcando por sí mismos los paquetes IP con algún valor DSCP es que estos valores podrían también ser usados para propósitos de planificación en capa enlace.

3.3.2 GRANULARIDAD DEL SERVICIO

La granularidad del servicio puede ser entendida como la capacidad de la red de tratar con cada uno de los usuarios/aplicación y responder adecuadamente a sus peticiones QoS. En otras palabras se podría entender como una "atención personalizada al usuario".

BRAIN, como ya se mencionó, utiliza un sistema de señalización por flujo, lo que asegura que cada flujo pida por separado los recursos que considera necesarios para su completo desempeño. Esto le brinda a BRAIN una buena personalización de los detalles del servicio. En la otra mano, Moby Dick al usar DiffServ, solo trata con agregados de flujos (no con flujos individuales) agrupándolos en clases QoS, y tratándolos de una manera global dependiendo de la clase a la que pertenezcan, lo que le hace perder el trato "personalizado" con sus usuarios.

3.3.3 ESTRUCTURA DE PROTOCOLOS UTILIZADA

Inicialmente, ambas estructuras de red se basan en la mejora del protocolo IP para redes móviles: Mobile IP. Con la implementación de este protocolo se logra la apariencia de que los nodos móviles tienen un enlace normal a través de una infraestructura cableada. Es decir, los usuarios pueden mantener una dirección IP "permanente" cuando se mueven entre redes.

Otro principio importante que manejan ambos tipos de arquitecturas es el de mantener sus elementos con cierta separación modular, de tal manera que las partes diferentes puedan evolucionar y mejorar independientemente. Esto tiene ciertas ventajas como permitir desarrollos separados de cada entidad sin interferir con el desempeño normal de la red y lograr que mejoras posteriores puedan ser entregadas de manera transparente a los usuarios.

Mantienen además, tanto BRAIN como Moby Dick, la idea de que los compradores de tecnología no deben estar atados a soluciones propietarias, este objetivo se alcanza gracias a que las interfaces existentes en sus arquitecturas no dependen de protocolos internos particulares, pero deben permitir a los proveedores de red escoger la solución apropiada para sus propias circunstancias.

3.3.4 RED DE ACCESO

De acuerdo con los tipos de redes de acceso integradas en los proyectos revisados se concluye que ambas iniciativas se han concentrado en la integración de redes de acceso heterogéneas, terrestres 3G y WLANs, como se muestra en la figura 3.1. También la integración de las redes emergentes MANET y PANS empiezan a ser tomadas en cuenta. Con esta previsión se espera poder cubrir los actuales y futuros mercados en los que una creciente demanda de servicios móviles, multimedia, juegos *on line*, video conferencia, etc. ha conllevado a una heterogeneidad de productos y tecnologías, que no son, necesariamente de fácil integración entre sí.

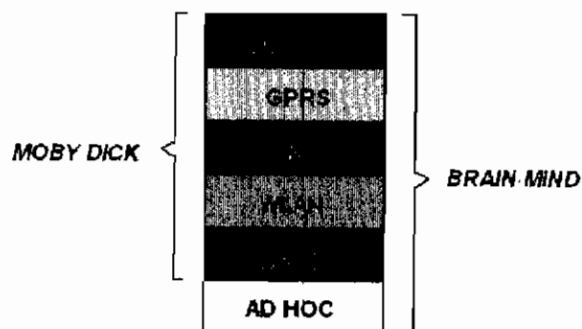


Figura. 3.1. Comparación de los tipos de redes de acceso contemplados en los proyectos analizados.

En el stack de protocolos tanto de BRAIN como de Moby Dick existen entidades específicas para emparejar la capa IP con las capas inalámbricas, pero la de BRAIN es una interfaz especializada IP2W (*IP to Wireless*) común para los terminales y routers de acceso la cual a más de servir de interfaz para las actuales tecnologías de radio GPRS/UMTS, HiperLan2, PANs y MANETs ayuda para una próxima evolución hacia nuevas interfaces aéreas.

3.3.5 CAPACIDAD AD HOC

Dado el progresivo aumento de redes Ad Hoc, se encuentra que BRAIN posee una ventaja Moby Dick y es su extensión para este tipo de redes: MIND. De esta manera, se formaliza la iniciativa para que las redes Ad Hoc se encuentren conectadas al Internet con la facultad de intercambiar información (incluyendo aplicaciones con altos requerimientos de recursos de red) con la red de backbone a la vez que recibe un tratamiento QoS. Estas redes Ad Hoc pueden estar conectadas a redes fijas o móviles (por ejemplo BRAIN).

Siguiendo esta idea, la propuesta de BRAIN aumenta potencialmente su área de cobertura y puede ser usada en redes sensoras (conjunto de dispositivos móviles), monitoreo del clima, cobertura de un evento y en cualquier otro ambiente Ad Hoc.

Si bien la habilidad de BRAIN de interconectarse con redes Ad Hoc supone una ventaja, se infiere a su vez una inherente complejidad para manejar este tipo de tráfico dado que 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.

Más aún cuando en el ambiente Ad Hoc se requiere de aplicaciones altamente adaptivas y la señalización debería ayudar a esta adaptación a través de realimentación. Para sobrellevar este inconveniente se debe investigar muy a fondo que tipo de señalización conviene más al desempeño de la red: la señalización *En-banda* (que provee una rápida adaptación a los cambios en la red pero con un overhead de la información QoS que podría aumentar carga de señalización) o una señalización *Fuera-de-banda* que permite el establecimiento de QoS antes de que la transmisión se inicie pero con cierta demora.

3.3.6 PLANES DE CONTROL Y GESTIÓN

Diferencias y similitudes fueron encontradas en la integración de los planes de control y gestión (Figura 3.2). Por ejemplo, BRAIN utiliza una estrategia de integración sencilla o baja para el soporte de QoS de extremo a extremo sobre redes heterogéneas a través de la traducción (mapping) de los parámetros de QoS, pudiendo ser de IntServ (RSVP) a DiffServ (DSCP), a diferencia de MOBY DICK que propone el uso de un conjunto común de clases de QoS (DiffServ).

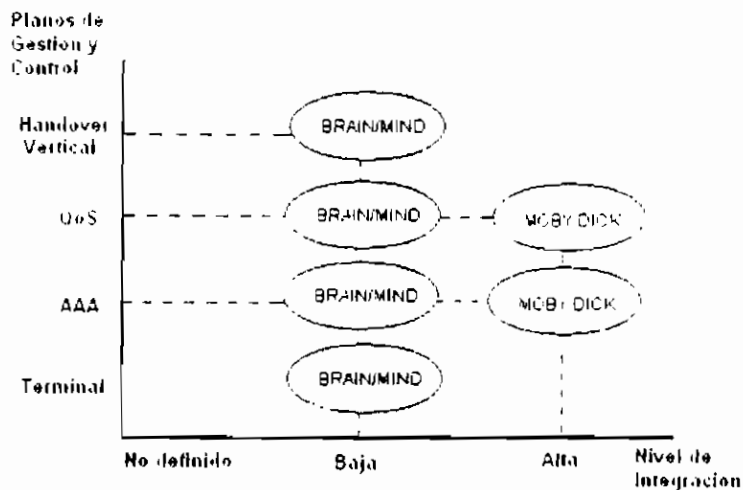


Figura 3.2. Integración de Control y Gestión de las redes heterogéneas estudiadas.

3.3.7 ESTRATEGIAS AAAC

BRAIN elige una baja integración de los sistemas de autenticación, autorización, contabilización y cobros (AAAC), usando distintos mecanismos en cada red de acceso permitiendo el intercambio de información de las bases de datos AAA. Sin embargo, MOBY DICK, se inclina por el uso de un sistema común (protocolos y bases de datos), el cual puede mejorar el comportamiento de esta arquitectura en la renegociación de garantías QoS en caso de ocurrir un handover, debido a que se demorará un menor tiempo en actualizar el estado de la red que si tuviese que realizar un intercambio de información QoS con otras entidades similares de la arquitectura.

En Moby Dick las funciones AAAC pueden estar centralizadas en un único punto por dominio o pueden existir algunas unidades pequeñas con un subconjunto de estas funciones cerca de los límites de la red para permitir un servicio más rápido y ligero.

3.3.8 ARQUITECTURA DEL TERMINAL

La arquitectura del terminal en cuanto a los niveles inferiores a la capa de red se dice que posee un mayor grado de integración cuando se especifica el uso de

terminales multimodo que usan la misma interfaz para las distintas tecnologías de acceso por radio. En el caso BRAIN en el que el BAR (Brain Access Router) es quien está a cargo de la coordinación de recursos para las estaciones base bajo su control y posee una interfaz para cada una de sus estaciones base, se dice que se trata de una arquitectura con un nivel de integración bajo.

A más de esto, BRAIN posee una interfaz superior de servicio (entre capas Aplicación y Transporte) existente en los terminales BRAIN que mejora las prestaciones de las aplicaciones adaptándolas al ambiente móvil en el que se desenvolverán. Esta característica la significa a esta arquitectura un mejor desempeño en capas superiores.

3.3.9 MANEJO DE HANDOVER

Uno de los grandes inconvenientes dentro de las redes móviles es -como su nombre lo indica- la innata movilidad que presenta el terminal de usuario o Terminal Móvil. Esta movilidad puede llevar a la red a un evento de handover y los mecanismos para mantener la calidad de servicio durante este evento deberían asegurar al usuario final que no existirá un corte en el servicio (al menos no un corte perceptible para el usuario y sus aplicaciones).

Si el terminal móvil se mueve dentro de su mismo dominio y no cambia su gateway de movilidad, cada arquitectura se encarga de proceder al handover de acuerdo a su estructura y a sus políticas. Pero si el handover se produce hacia la zona de cobertura de otro gateway de movilidad puede ser necesaria la renegociación completa de la QoS a través de la nueva ruta.

Tanto para BRAIN como para Moby Dick, la coordinación de recursos durante y después de un handover entre gateways de movilidad, se complica de extrema manera, por lo que ambas arquitecturas plantean que de ser posible, aunque el nodo móvil cambie su localización el Gateway de movilidad debe ser mantenido. Obviamente, esta sugerencia resulta poco práctica en razón de que esta situación significaría que el nodo móvil se encontrase atado a un punto fijo de conexión.

BRAIN a través de IntServ realiza reservaciones previas de recursos antes de la transmisión de datos y ante un evento de handover puede que se requiera una nueva reservación a través de la nueva ruta a través de paquetes PATH y RESV. Dependiendo del número de saltos entre el emisor y el receptor este proceso puede conllevar a retardos considerables, resultando en una ruptura temporal del servicio.

Este problema se complica mucho más cuando se trata de una comunicación entrante puesto que la reserva de recursos a lo largo de ruta la inicia el nodo transmisor; el nodo receptor no tiene manera de informar a su correspondiente de que ha cambiado la ruta hasta que llegue un nuevo mensaje PATH de refresco. Si bien existen estudios para disminuir la influencia de esta molestia, tal como reducir el período de tiempo en el cual la red envía mensajes PATH y RESV de refresco, estas propuestas deben ser probadas aún más y por el momento no logran superar el comportamiento de Moby Dick.

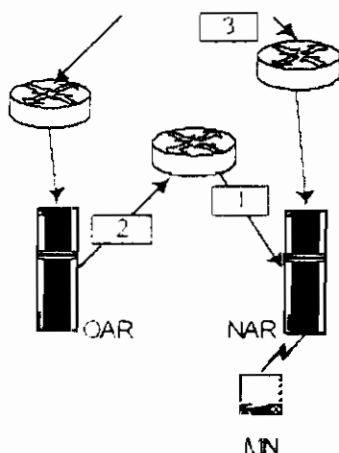


Figura 3.3¹³⁸: Ejemplo de tunnelling en un handover; los paquetes 1 y 2 deberán llegar al nuevo Router de Acceso NAR a través del anterior Router de Acceso OAR antes de que arribe el paquete 3 enviado directamente al NAR

Para Moby Dick, con DiffServ, la reserva de recursos se la realiza sin mensajes previos y no existe una ruta específica para la provisión del servicio, sino más bien el servicio se lo garantiza por salto. Entonces, cuando se produce un

¹³⁸ de Louise Burness, Eleanor Hepworth, Alberto López, Jukka Manner; "Architecture for Providing QoS in an IP-Based Mobile Network"; pdf

handover no existe la necesidad de realizar reservas explícitas o de enviar mensajes a los nodos intermedios y el traspaso de recursos al nuevo gateway de movilidad se lo puede realizar de una manera mucho más rápida. Las diferencias en la señalización y marcaje QoS se muestran en la figura 3.4 a y b.

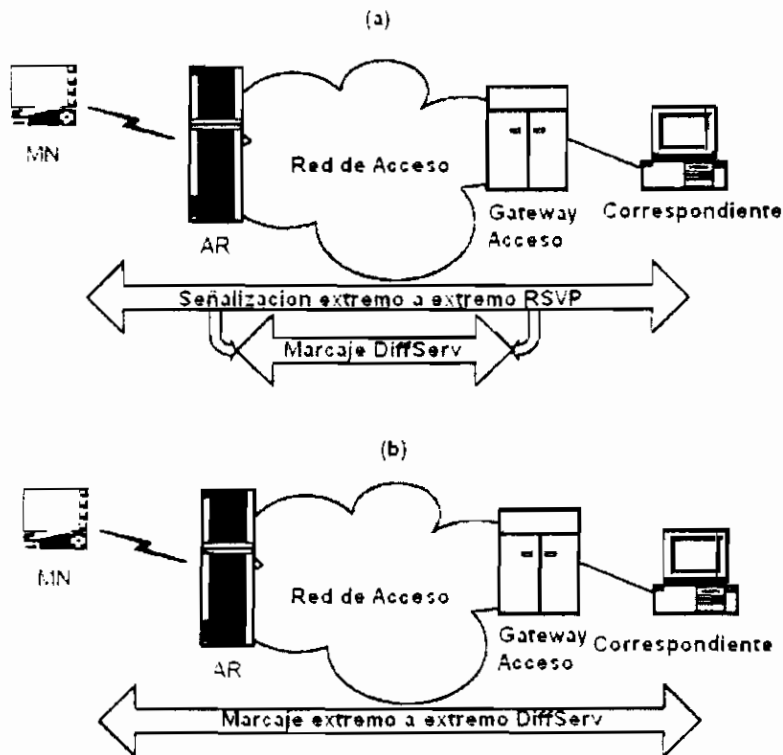


Figura 3.4: Diferencias de marcaje y señalización entre BRAIN (a) y Moby Dick (b)

Como se dijo anteriormente la estructura de Moby Dick confía en una mecanismo común de de protocolos y bases de datos que mejora su desempeño en movilidad. Cuando se inicia un handover, parte de la información de las características QoS del terminal móvil es enviada al nuevo QoS Broker que maneja al nuevo Router de Acceso, de esta manera el nuevo QoS Broker está apto para configurar al nuevo Router de Acceso. Este paso le permite al Terminal Móvil acceder rápidamente a los recursos de la red desde el nuevo AR sin invocar la arquitectura AAAC.

3.3.10 SOPORTE DE SEÑALIZACIÓN

Otra razón para usar DiffServ en la red de acceso (caso Moby Dick) es de un carácter más general. Cuando la red de acceso tiene un tipo de tecnología distinta a la del núcleo de red (en el caso de BRAIN: IntServ en la red de acceso y DiffServ en el núcleo) es necesario que en el borde de la red de acceso exista un mecanismo que traduzca las directivas de la señalización RSVP (en el cual se deben chequear varios campos de cabecera) a los parámetros adecuados DSCP (donde se debe chequear solo el campo DSCP de la cabecera IP). Estas tareas consumen recursos computacionales y si se da el caso de que la entidad que realiza la traducción también es móvil también consumirá recursos de energía (mismos que son un factor crítico en comunicaciones móviles).

Si se mantiene un mismo tipo de señalización a lo largo de toda la ruta desde la fuente hasta el destino se evita el tener que realizar una traducción de señalización y se optimiza los recursos computacionales e incluso se evita la existencia de entidades específicas (con todo el ahorro de recursos que esto implica, por ejemplo búffers, sistemas de almacenamiento para bases de datos, etc.) para realizar dicha traducción. En la figura 3.4 se muestran las diferencias con respecto a la señalización aceptada por las dos arquitecturas.

Pero BRAIN presenta otra ventaja en el ámbito del marcaje y la señalización QoS. Para aplicaciones que no son QoS-aware o RSVP-aware BRAIN permite el marcaje directo del campo DSCP. Al no existir ninguna predisposición para el manejo de este tipo de tráfico, queda abierta la posibilidad de marcar los paquetes que pertenecen a estas aplicaciones con, por ejemplo, una prioridad relativa (por ejemplo, Envío Asegurado AF, *Assured Forwarding*), o el operador de la red puede disponer directamente de valores predeterminados para el campo DSCP para servicios predefinidos. Cabe señalar que el tráfico marcado directamente tendrá un comportamiento de "conmutación de paquetes" a diferencia del tráfico señalizado RSVP que tendrá un comportamiento de "conmutación de circuitos".

El establecimiento de una conexión de circuito conmutado es un tanto más larga (pero más segura) que la de una conexión de conmutación de paquetes. Dado que el tráfico que ha sido marcado directamente su campo DSCP se asume que no tiene peticiones explícitas de QoS a diferencia del tráfico señalizado RSVP, se acepta que este último tenga prioridad sobre el primero y añadiendo lo expuesto sobre la demora en conexión, la red debe procurar que los paquetes con marcaje directo DSCP no interfieran con el tráfico señalizado RSVP.

3.3.11 HANDOVER Y RESERVA DE RECURSOS

Otros aspectos importantes abordados en los proyectos son las estrategias elegidas para efectuar el handover en la red de acceso (*handover horizontal*) y el soporte de QoS durante la movilidad, incluso el acoplamiento entre ambos mecanismos. Tanto BRAIN como MOBY DICK tienen como objetivo el soporte de un *traspaso íntegro*, que reduce tanto la pérdida de los paquetes, como el tiempo de desconexión de la terminal. Existe otro método que provee de *traspaso suave* y se preocupa únicamente por reducir las pérdidas de paquetes.

Pero la diferencia radica en que Moby Dick extiende la gestión del traspaso con distintos niveles de acoplamiento con el soporte de QoS, como se muestra en la figura 3.5. Este mecanismo tiene como propósito reducir el tiempo del restablecimiento de QoS ofrecido inicialmente a la terminal después de un evento de handover. 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 (Moby Dick al usar DiffServ puro).

Para BRAIN, ya que por defecto su red de acceso utiliza señalización RSVP, resulta de crucial importancia que, dado un evento de handover, pueda realizar el traspaso hacia una celda con igual o mejores recursos que la antigua. El NM puede realizar reservaciones tentativamente en sus celdas vecinas y de hecho tomar los recursos si se mueve hacia una ella. Pero esto podría acarrear que se utilicen recursos que pueden ser aprovechados por otro tipo de aplicaciones (como por ejemplo las aplicaciones no QoS-aware o no RSVP-aware). De tal

manera que todas estas tentativas deben tener la capacidad de manejar mecanismos con Ingeniería de Tráfico para no producir la inanición de recursos para un nodo móvil cuyas aplicaciones sean incapaces de señalar o marcar sus paquetes con cierta calidad de servicio deseada.

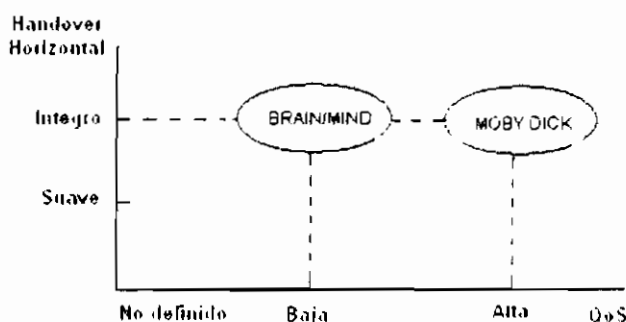


Figura 3.5. Niveles de acoplamiento logrados entre los mecanismos de QoS y Gestión de movilidad en el traspaso horizontal.

3.3.12 HANDOVER VERTICAL

El proceso de traspaso entre tecnologías (handover vertical), es gestionado en las capas superiores (por ejemplo en la capa IP o la de sesión) en la alternativa provista en BRAIN/MIND. 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.

En la figura 3.6 se muestran los proyectos divididos según sus esfuerzos en términos del mecanismo de handover entre distintas tecnologías de redes de acceso. En los proyectos recientes, la gestión del "handover 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 coste, cualidades de QoS requeridas o al desempeño de la red, distribución del tráfico, etc.

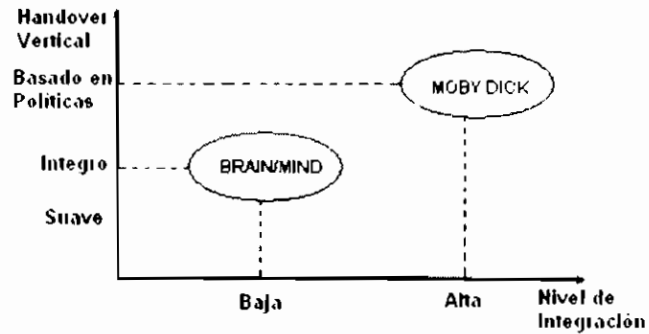


Figura 3.6 Clasificación de los tipos de traspaso vertical utilizados en distintos proyectos.

Un ejemplo de este tipo de arquitecturas es la presentada en Moby Dick. Esta resulta ser una importante característica, puesto que la diferenciación del servicio debe estar acompañada de sistemas que la conviertan en una opción atractiva y evitar que todos los usuarios deseen tener siempre la clase más alta, haciendo que los recursos para esta clase disminuyan y la vuelvan, en un extremo, inútil.

3.3.13 ADAPTABILIDAD Y RECONFIGURACIÓN

En otra comparación, los proyectos son analizados en términos de sus esfuerzos en el ámbito de la adaptabilidad y la re-configuración, figura 3.7.

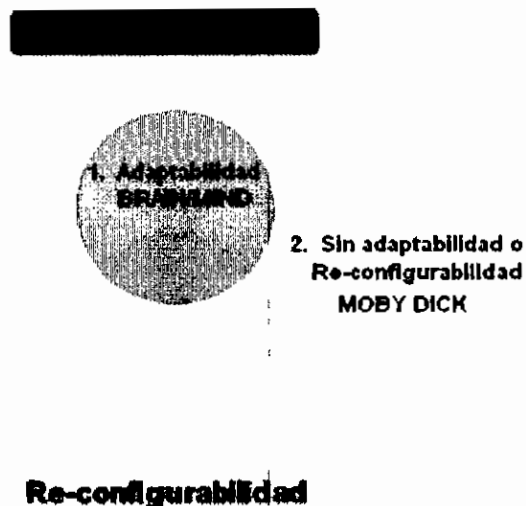


Figura 3.7. Esfuerzos orientados a la Re-configurabilidad y Adaptabilidad realizados en varios proyectos.

Se plantea 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.

Cualitativamente hablando, se puede concluir que en este aspecto, BRAIN, gracias a una estructura un tanto más distribuida y a su habilidad de intercambiar información entre sus entidades, es un tanto superior a Moby Dick que carece de adaptabilidad o reconfigurabilidad, escasez que deviene, en parte, de su estructura más integrada (centralizada) y que está ligada directamente al uso de DiffServ en toda la estructura de red.

A continuación se presenta una tabla comparativa que resume las diferencias señaladas anteriormente:

PARAMETRO	BRAIN			MOBY DICK	
Protocolo Base	I	IPv6	Capa IP	I	IPv6 Capa IP
Redes de Acceso Soportadas	II	Incluye MANETS	Capa física	I	Capa física
Soporte de señalización QoS	II	RSVP y DSCP	Capa Transporte Capa IP	I	DSCP Capa IP
Soporte QoS extremo a extremo	I	Traducción de RSVP a DSCP	Capa Transporte Y Capa IP	I	Conjunto común DiffServ Capa IP
Soporte a movilidad de aplicaciones	I	Capa de convergencia para aplicaciones	Interfaz entre capas Aplicación y Transporte	I	---
Marcaje alternativo	I	Nodos o Terminales		I	Nodos
Integración de Estructura AAA	I	Mecanismo en cada red de acceso		I	Conjunto común de protocolos
Escalabilidad (protocolo de señalización)	I	RSVP	Capa Transporte	I	Marcaje DSCP Capa IP
Granularidad	I	Flujos individuales		I	Agregados de flujos
Tiempo de establec. de conexión	I	Conmutación de circuitos	Capa IP	I	Conmutación de paquetes Capa IP
Soporte a Handover horizontal	I	Integro		II	Integro con acoplamiento QoS
Soporte a Handover vertical	I	Integro	Capas IP o Superiores	I	Basado en políticas Caps enlace o Física
Tiempo de reestablec. de handover	I		Capas IP y Transporte	I	Capa IP
Perdida de paquetes y tiempo de desconexión	I		Capa IP	II	Capa IP
Adaptabilidad a los cambios	I			I	

4 CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dada la increíble expansión de aplicaciones multimedia, paralela al creciente deseo de las personas de estar "conectado a toda hora y en cualquier lugar", las redes móviles se han convertido en una plataforma de expansión para redes fijas de gran importancia. Amplían la zona de cobertura de las redes fijas a la vez que pueden aportar valores añadidos a sus servicios (una red móvil puede ser vista como la conjugación de equipos computacionales móviles y/o portátiles con una estructura de red inalámbrica).

Si se van a transportar datos de aplicaciones que requieran determinados recursos de red en ciertas proporciones o se necesita que se aseguren las condiciones en las cuales llegarán los paquetes de datos, se necesita de la existencia de servicios y garantías QoS en la estructura de red para asegurar que tales aplicaciones reciban el tratamiento adecuado, de tal manera que el usuario final no perciba las inherentes fluctuaciones de los recursos a las redes móviles.

Estas estructuras QoS deben procurar el aseguramiento de los recursos de extremo a extremo para las aplicaciones que los pidan pero también para las aplicaciones que no sean capaces de solicitarlos por sí mismas (y lo anterior no implica que no se beneficien de un trato mejor); se requiere entonces de un sistema, que pueda indicar a la red que tales aplicaciones podrían recibir un tratamiento superior que el del mejor esfuerzo propuesta por Internet y que pueda asegurar que proveerá tal soporte a dichas aplicaciones.

Los trabajos aceptados por el IETF y la IEEE, 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

Además, cuando se maneja un sistema de QoS de Diferenciación del Servicio (por ejemplo DiffServ) se debe tener presente que debe estar fuertemente acoplado a un mecanismo de políticas que haga que dicha diferenciación produzca los resultados deseados: no es lógico que todos los usuarios de la red se suscriban a la clase más alta puesto que un comportamiento así degradaría el servicio resultante y sus usuarios recibirían un trato inferior a alguna otra clase, lo cual se opone al principio de diferenciación del servicio.

Queda claro entonces que una estructura QoS que desee poseer todas las cualidades positivas antes mencionadas, deberá priorizar los aspectos que considere más importantes en el desempeño esperado de la red (tomando en cuenta factores como el ambiente físico en el cual se desplegará, las predicciones de movilidad, seguridad, costos, etc.) y luego de realizar este análisis, procurar conjugar estas dos estructuras (IntServ y DiffServ) de la mejor manera posible para satisfacer sus necesidades.

Una cuestión muy importante que se debe resaltar en arquitecturas que combinan IntServ y DiffServ es que no basta una mera superposición de un servicio sobre otro: el transporte de tráfico IntServ sobre una red DiffServ tendría algunos efectos indeseables en las garantías QoS debido a que los nodos DiffServ no reconocerían la señalización RSVP y reforzarían al tráfico IntServ del Mejor Esfuerzo. En el caso de tráfico DiffServ fluyendo en una red IntServ ocurre lo mismo, debido a que los nodos DiffServ no utilizan señalización RSVP así que los nodos IntServ no son peticionados para dar algún tratamiento especial al diferente QoS DiffServ. Mecanismos para asegurar una equidad en el trato para ambos tipos de tráfico son necesarios.

Las arquitecturas expuestas en el presente trabajo de titulación (siendo las más importantes BRAIN y MOBY DICK), son excelentes ejemplos de estructuras resultantes de múltiples esfuerzos investigativos, a la vez que presentan un buen

potencial para desarrollos futuros: Sólo mediante un estudio profundo de los posibles escenarios de red se pueden corregir las posibles fallas y mejorar el desenvolvimiento de los distintos componentes de la arquitectura.

Las otras dos propuestas expuestas en el presente trabajo de titulación pueden ser vistas más bien como una mejora a la estructura BRAIN: se basan en la operación de IntServ en la red de acceso y de DiffServ en el núcleo de red, pero en ellas básicamente se contemplan nuevas posibilidades en la red de acceso, siendo el factor clave en la propuesta 3 la posibilidad de trabajar con múltiples protocolos de señalización y en la propuesta 4 la particularidad de realizar reservas de recursos en celdas vecinas (para el caso de un handover) de una manera estadística.

BRAIN utiliza una combinación de las propuestas IntServ en la red de acceso y DiffServ en el núcleo de red, lo que le supone un mejor comportamiento en términos de granularidad, soporte de señalización (RSVP y DSCP) y una mejor adaptabilidad a los cambios en la red. Provee además soporte (gracias a interfaces especializadas) para las aplicaciones en ambientes móviles y para diferentes tecnologías de acceso (aunque inicialmente se basa en HipeLAN/2).

MOBY DICK en cambio, se basa en el uso de DiffServ a lo largo de toda su arquitectura de red, gracias a lo cual (a más del diseño de su arquitectura), su desempeño es mejor al hablar de parámetros como escalabilidad del protocolo de señalización (en la red de acceso), comportamiento ante un handover y estructura AAAC.

Si bien ambas arquitecturas están diseñadas e implementadas para soportar redes de acceso heterogéneas en lo que el aspecto de radio se refiere, BRAIN facilita el potencial despliegue de esta opción (y su evolución) gracias a su capa de convergencia IP2W.

En BRAIN, los paquetes señalizados RSVP reciben un trato de conmutación de circuitos (la conexión de circuitos conmutados es unidireccional, dos fases de

establecimiento son requeridas para una conexión dúplex) mientras que los paquetes directamente marcados su campo DSCP reciben un trato de conmutación de paquetes. Estas dos facilidades le brindan al administrador de red una mayor versatilidad para manejar los recursos (y de cierta manera la señalización) y proporcionar al usuario una sensación de personalización del servicio, si bien se debe observar que el conjunto de parámetros QoS permitidos, debe ser bastante limitado para una traducción más directa y simple de RSVP a agregados de comportamiento DiffServ.

Una evolución futura de BRAIN puede incluir la factibilidad de manejar otros protocolos de señalización, pero esta posibilidad deberá ser muy bien estudiada y probada puesto que el retardo producido en la "traducción" de los sistemas podría demorar el procesamiento del flujo de información e incluso el sistema podría colapsar en caso de un evento de handover hacia un celda que posea un protocolo de señalización diferente.

MOBY DICK maneja la señalización del campo DSCP como lo establece DiffServ y dado que en toda la red existirá un solo tipo de señalización, no se necesitará de entidades que realicen la conversión de una sistema a otro, aumentando de esta manera la velocidad de transferencia. De esto se deduce que uno de los objetivos primordiales de Moby Dick es el soporte de rápido en caso de handovers en ambientes de alta movilidad.

Un buen concepto que manejan ambas arquitecturas es el de tener un stack de protocolos construidos como bloques, esto les permite una buena evolución ya que cada protocolo puede ser estudiado y mejorado por separado para luego ser agregado nuevamente al stack.

Las entidades funcionales QoS Broker, AAAC, etc., también presentan una buena estructura en ambas arquitecturas; se definen sus tareas, las entidades con las que se relacionan y las interfaces requeridas para dicha interacción. Esto permite un mejor desempeño en el monitoreo de la red y una mejor recuperación en caso

de fallas. Las entidades con problemas pueden ser detectadas más rápidamente y las acciones requeridas serán más puntuales.

En Moby Dick, sin embargo no se provee información acerca de la manera en que las entidades AR, QoS Broker, AAAC Server, NMS (*Network Management System*) trabajan juntas y dónde están localizadas para alcanzar el propósito general. Esta particularidad deja abierta la posibilidad de ubicarlos en los sitios más convenientes para el operador/dueño de la red y obtener una mejor respuesta conjunta.

La extensión para redes Ad Hoc para la arquitectura BRAIN, llamada MIND, es un gran avance para incorporar a nuevos usuarios de dicho tipo de redes a Internet a la vez que se les provee calidad de servicio. Un ejemplo puede ser un conjunto de vehículos en una carretera formando una red Ad Hoc comunicándose entre sí para mantener un tráfico vehicular más dinámico. En el caso de un accidente, la información de este hecho (y posiblemente detalles sobre dónde, magnitud del accidente y tiempo hace cuánto ocurrió deberán ser transmitidos a la mayor brevedad posible).

Un parámetro importante a ser considerado en redes Ad Hoc es el consumo de energía. Los mensajes de señalización no deben ser muy frecuentes y el tiempo computacional necesario para manejar los paquetes debe ser mínimo (quizás aprovechando la factibilidad de manejar señalización DiffServ), para evitar que la red presente una lenta reacción a los cambios de la topología.

No se puede asumir que una arquitectura es superior a otra; cada arquitectura tiene sus beneficios y desventajas y cada una de ellas tiene un mejor comportamiento en cierto parámetro en detrimento de otro. Para decidir el despliegue de una de ellas para una red determinada se deberá tener presente los principios de movilidad y calidad de servicio anteriormente mencionados y verificar además el soporte que provea cada arquitectura a los servicios y aplicaciones necesarios.

La actual tendencia (casi necesidad) de los fabricantes de sacar al mercado sus productos lo más rápido posible, provoca que estos no sean completamente interoperativos con otros productos relacionados: de ahí que la falta de consenso en el diseño de arquitecturas de soporte QoS produce que no exista un soporte adecuado en los protocolos.

Las trabajos expuestos en el presente Proyecto de Titulación se bien se basan en esquemas aceptados por el IETF (IntServ y DiffServ) no tienen aún proyectos comerciales definidos por lo cual no se ha realizado una comparación entre precios de implementación de cada arquitectura o esquema. De hecho, debido a las falencias que presentan individualmente dichas estructuras, IntServ y DiffServ no lograron alcanzar un alto impacto comercial.

Aún quedan muchos problemas por solucionar (por ejemplo el soporte QoS completamente eficaz durante un handover), pero las pautas expuestas en el presente trabajo de titulación son un paso importante para lograr el objetivo de la provisión de Calidad de Servicio de extremo a extremo en redes móviles.

5 ANEXO

5.1 DESCRIPCIÓN DE MOBILE IP

Las implementaciones tradicionales de la serie de protocolos TCP/IP asumen que una dirección de nodo IP identifica de manera única su punto de unión a Internet. En este entorno, un nodo podría mantener una conectividad continua mientras se traslada entre diferentes redes de una de las dos formas siguientes.

- El nodo móvil podría alterar su dirección IP cada vez que se mueve o
- Podría tener rutas específicas de host propagadas a todos sus posibles correspondientes a través de Internet

Ambos escenarios no son deseables. La alteración de la dirección IP podría causar la caída de las conexiones de transporte existentes. Mientras que la propagación de las rutas a host origina serios problemas de escalado, especialmente con un número siempre creciente de nodos móviles buscando al nodo host.

Mobile IP es un estándar industrial que mejora el protocolo IP para solucionar los problemas existentes y permite el encaminamiento transparente de datagramas IP a nodos móviles de Internet.

Usando la solución Mobile IP los nodos móviles están siempre identificados por su dirección privada permanente, con independencia de su punto de unión actual a Internet. Además de esta dirección privada permanente, el nodo móvil, mientras está fuera de su red privada, es asociado con un «care-of address» (asistente de dirección), que proporciona información acerca del punto actual de acceso a Internet. Mobile IP hace posible el objetivo de comunicaciones transparentes a la localización, definiendo un conjunto de mecanismos por los que los nodos móviles adquieren un «care-of address». También asegura medios para que los paquetes destinados al nodo móvil (entregados por los tradicionales medios de

encaminamiento IP a los nodos móviles de la red privada) sean por último retransmitidos a la localización actual del nodo móvil, como se indica en el «care-of address » actual.

El elemento básico en este protocolo es el «Nodo móvil», también llamado host móvil, que se mueve entre la red privada y otras redes ajenas. La movilidad se lleva a cabo en parte teniendo un «host» en la red privada de nodos móviles, llamado Home Agent (Agente Local), que es el responsable de atrapar los paquetes destinados al nodo móvil, y retransmitirlos a la localización actual del nodo móvil si está fuera de casa (de la red privada). La localización actual del nodo móvil tiene la forma de «care-of address». Esta «care-of address» se obtiene directamente por el nodo móvil usando un mecanismo de asignación externo (por ej., Dynamic Host Configuration Protocol [DHCP]) o desde un nodo especial, llamado Foreign Node (Nodo ajeno), que pertenece a la red ajena y proporciona servicios de movilidad a los nodos móviles visitantes. Los paquetes son retransmitidos desde el Home Agent a la «care-of address», por encapsulado y tunelización de los mismos, a la «care-of address». Si la «care-of address» del fin del túnel es la del Foreign Agent, los paquetes son desencapsulados por éste y retransmitidos por mecanismos de nivel de enlace al nodo móvil.

Care of Address. Es el punto terminal de un "túnel" hacia un nodo móvil para datagramas enviados hacia el nodo móvil cuando este se encuentra lejos de la red local. El protocolo puede utilizar dos tipos diferentes de "care of address": un "agente extranjero care of address" es una dirección de un agente extranjero con el cual el nodo móvil está registrado y una "care of address co-localizada" que es una dirección local externamente obtenida con la cual el nodo móvil está asociado con una de sus propias interfaces de red.

Red local. Es una red, posiblemente virtual, que tiene un prefijo de red que concuerda con la dirección local del nodo móvil. Nótese que los mecanismos standard IP de ruteo entregarán datagramas destinados hacia la dirección local del nodo a la red local del nodo móvil.

Dirección Local. Una dirección local que es asignada por un período extendido de tiempo para un nodo móvil. Esta dirección permanece sin cambios sin importar del lugar en el que el nodo móvil se conecta a Internet.

Agente Local. Un router en la red local del nodo móvil el cual realiza el "tunnelling" para los datagramas a entregar al nodo móvil cuando se encuentra lejos de su red hogar y mantiene la información de la actual localización del nodo móvil.

Enlace. Un medio o instalación por medio del cual un nodo se puede comunicar en la capa enlace. Un enlace está por debajo de la capa red.

Dirección de Capa Enlace. La dirección utilizada para identificar un punto final de alguna comunicación sobre un enlace físico. Típicamente, la dirección de capa enlace es una dirección de la interfaz MAC: Control de Acceso al Medio.

Nodo Móvil. Un host o router que cambia su punto de conexión de una red o subred a otra. Un nodo móvil puede cambiar su localización sin cambiar su dirección IP; puede continuar comunicándose con otros nodos en Internet en cualquier localización utilizando su dirección (constante) IP, asumiendo que la conectividad en capa enlace a un punto de conexión está disponible.

Por "túnel" se entiende la ruta que sigue un datagrama mientras está encapsulado. El modelo es tal que, mientras está encapsulado, un datagrama es ruteado a un agente desencapsulador con el conocimiento necesario, el cual desencapsula el datagrama y lo entrega correctamente a su destino final.

Un agente extranjero es un nodo en la red a la que el nodo móvil está visitando el cual provee servicios de ruteo para el terminal móvil. El agente extranjero procesa los túneles y envía los datagramas al nodo móvil; estos paquetes fueron previamente realizados el "tunnelling" por el agente local del nodo móvil. Para datagramas enviados por un nodo móvil, el agente extranjero puede servir como un router por defecto para los nodos móviles registrados.

Una solución Mobile IP ofrece los beneficios siguientes:

- Ayuda a proporcionar acceso seguro en un entorno de interconexión de redes abierto utilizando cifrado Mobile IP entre el cliente y el servidor.
- Permite a los trabajadores móviles establecer una presencia de red remota de una manera barata.
- Pretende proporcionar el encaminamiento más barato proporcionando la máxima eficiencia del sistema.
- Proporciona interconexión fija y
- Proporciona la posibilidad de migrar a través de redes sin intervención del usuario
- Ofrece una solución barata para añadir movilidad a Intranets/Internet.

5.2 COPS

Si una aplicación tiene capacidades QoS puede que realice peticiones a la red. Una desventaja de usar aplicaciones con capacidades QoS es que el mismo tipo de aplicaciones multimedia puede implementar diferentes técnicas dependiendo de su fabricante y la red no utilizará el tipo adecuado de QoS. Otra desventaja es que las aplicaciones tienden a pedir tantos recursos (por ejemplo ancho de banda) como sea posible sin tomar en cuenta que otras aplicaciones existen en la red.

COPS (*Common Open Policy Service*) es un protocolo diseñado para intercambiar información de políticas entre servidores de políticas y equipo de red, incluyendo parámetros QoS, tanto en el esquema IntServ como en DiffServ.

COPS describe un protocolo simple de pregunta y respuesta que puede ser usado para intercambiar información de políticas entre un servidor de políticas (Punto de decisión de Políticas: PDP) y sus clientes (Puntos de Aplicación de Políticas: PEPs). Esta diseñado de tal manera que otro tipo de clientes (en términos de políticas) puedan ser soportados en el futuro. El modelo no asume ningún nada con respecto a los métodos del servidor de políticas, pero cuenta con que el

servidor responda con una decisión a sus peticiones. Cada mensaje consiste del encabezado COPS seguido de un número de objetos tipificados.

5.3 DHCP

El Protocolo de Configuración Dinámica del Host (DHCP: *Dynamic Host Configuration Protocol*) provee a los hosts de Internet con parámetros de configuración. DHCP consiste de dos componentes: un protocolo para entregar al host parámetros específicos de configuración desde un servidor DHCP a un host y un mecanismo para asignación de direcciones a los hosts de la red.

5.4 GLOSARIO DE TÉRMINOS

2G: Segunda generación de comunicaciones móviles. Se refiere a sistemas inalámbricos digitales celulares y PCS orientados a la transmisión de voz y datos en baja velocidad.

3G: Tercera Generación. Se refiere a los sistemas inalámbricos digitales y de datos de alta velocidad. Está siendo estandarizada por 3GPP y 3GPP2.

802.11: Una tecnología inalámbrica de IEEE de reemplazo de Ethernet en la banda ISM. 802.11b es la más común y corre aproximadamente a 10Mbps en la banda de los 2.4 GHz. 802.11a corre a 54 Mbps en la banda de los 5 GHz. 802.11g provee 24 Mbps en ambas bandas y asegura compatibilidad con 802.11b.

AGENTE EXTRANJERO: Nodo IP que recibe paquetes del Agente local para entregarlos al nodo móvil que se encuentre a ese instante en esa zona de cobertura.

AAA: Autenticación, autorización y contabilidad.

ATM: *Asynchronous Transfer Mode*. Modo de transferencia asíncrono (MTA). Tecnología de transferencia de datos a alta velocidad, basada en el empleo de paquetes (células) de tamaño fijo y pequeño, lo que supuestamente lo hace muy adecuado para manejar tipos de tráfico muy heterogéneo (voz, vídeo, datos genéricos, etc.). Transmite datos en unidades de 53 bits usando un protocolo orientado a conexión a una velocidad de hasta 2.488 Gbps.

AUTENTICACIÓN: Proveer la identidad de un individuo o aplicación.

BACKBONE: Red troncal que cursa el tráfico de otros dispositivos o redes menores.

BER: Bit Error Rate. La fracción de bits que son recibidos con un valor erróneo

CELDA: El área de cobertura de un sector de radio en un sistema celular o PCS.

CELULAR: Un concepto de radio que permite la multiplicación de la capacidad usando algunas celdas de baja potencia para cubrir un área reusando las frecuencias tanto como sea posible.

CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS: Datos transmitidos sobre un canal dedicado (aunque usualmente virtual). La dirección del destino es implícitamente definida por el circuito (virtual) que ha sido seleccionado.

CONMUTACIÓN DE PAQUETES: Es una técnica utilizada mediante la cual la información a transmitir se divide en paquetes de datos. Cada paquete consta de la información propiamente dicha más otra información adicional (entre la que se encuentra el destino y origen del paquete) necesaria para su identificación y encaminamiento en la red. Cada paquete es encaminado por la red hasta su destino de forma independiente, pudiendo incluso utilizar diferentes canales físicos. En el destino, los paquetes son reagrupados para recuperar la información original. La conmutación de paquetes, a diferencia de la conmutación de

circuitos, permite compartir simultáneamente los canales físicos entre múltiples comunicaciones.

DIFFSERV: Differentiated Services. Diferentes clases de QoS para diferentes tipos de tráfico (por ejemplo voz, video, e-mail, etc). Véase RFCs del IETF 2474 y 2475.

HANDOVER O HANDOFF: Proceso mediante el cual un nodo móvil cambia de una frecuencia en una celda o sector a una diferente frecuencia en otra celda vecina.

IETF: Internet Engineering Task Force. Cuerpo del Internet encargado de la estandarización.

INTSERV: Servicios Integrados. Define garantías QoS por flujo.

IPV4: Protocolo IP version 4. Es la version que actualmente se utilize en el Internet y contiene 32 bits para el direccionamiento.

IPV6: Protocolo IP ersion 6. Es una version que está planeada para proveer un direccionamiento más poderoso y que eventualmente reemplazaría a IPv4.

ISM: Banda de frecuencias Industrial, Científica y Médica (2.45 GHz – 2.5 GHz). Está disponible en todo el mundo para aplicaciones sin licencia, generalmente utilizando baja potencia a cortas distancias.

MOBILE IP: Conjunto de protocolos que permite a un nodo móvil movilizarse por el Internet. No está completamente implementado.

MOVILIDAD: La capacidad de un dispositivo de iniciar o recibir servicios en varios sistemas y para mantener los servicios mientras viaja entre los sistemas.

LAN: Red de Área Local

MAN: Red de Área Metropolitana.

NODO MÓVIL: Un nodo de red IP que tiene tanto un direccionamiento estático como un "care of address" asociado. Los paquetes IP puede ser direccionados hacia él vía un Agente Local (a su dirección estática) y a un Agente Extranjero (a su "care of address").

PAN: Red de Área Personal.

QoS: Calidad de Servicio. Un conjunto de atributos medibles tales como ancho de banda, retardo, jitter que deben ser asegurados para un servicio específico de comunicación.

REDES AD HOC: Red móvil que no posee puntos de acceso. En este tipo de redes los nodos se comportan tanto como nodos como repetidores.

ROUTER: Un switch para paquetes IP.

ROUTER DE BORDE: Un router IP que se conecta otros routers en otras redes

SEÑALIZACIÓN: Mensajes usados para controlar las llamadas, asignar recursos, mantener y monitorear los sistemas de telecomunicaciones.

STACK: Pila o conjunto de protocolos

WAN: Red de gran Cobertura.

THROUGHPUT: El tráfico soportado por la red (distinto del ancho de banda). El ancho de banda no es igual al Throughput debido a errores, retransmisiones, errors de ruteo y algunas otras causas.

TRANSPARENTE: Datos que son, para las capas inferiores, solo una secuencia de bits. Un protocolo bien diseñado trata de que los protocolos de cada capa sean transparentes a las otras capas.

CAPÍTULO 1

- <http://dutetvg.et.tudelft.nl/~alex/CFP>
- <http://www.zonablueetooth.com>
- <http://portal.etsi.org>
- Pablo Brener; A Technical Tutorial on the 802.11 Protocol; BreezeCom, 1997
- <http://www.radio-electronics.com>
- <http://www.wirelessethernet.org>
- Rogelio Montana, "Redes Inalámbricas Y Movilidad", Rogelio Montana, Universidad de Valencia
- <http://ccnga.uwaterloo.ca>
- <http://www.gsmworld.com/technology/gprs>
- <http://www.umtsforum.net>
- <http://www.tsp.ece.mcgill.ca/Telecom/Docs>
- <http://www.umtsworld.com/technology/wcdma.htm>
- http://www.wirelessethernet.org/OpenSection/why_Wi-Fi.asp?TID=2
- S. Corson J. Macker; "Mobile Ad Hoc Networking: Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations"; Network Working Group; RFC 2501, 1999
- <http://www.ietf.org>
- Prasant Mohapatra; Jian Li; Chao Gui; "QoS in Mobile Ad Hoc Networks"; University of California QoS 2002
- "INSIGNIA: An IP-Based Quality of Service Framework for Mobile Ad Hoc Networks", Journal of Parallel and Distributed Computing, April 2000
- <http://www.ieee802.org/15/about.html>
- <http://www.palowireless.com/infotooth/whatis.asp>
- http://www.arcelect.com/DSSS_FHSS-Spead_spectrum.htm
- <http://www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/303787.pdf>
- www.walc03.ula.ve
- J. Solomon: "Mobile IP: The Internet Unplugged," Prentice Hall, September 1997
- A. Campbell et al., "Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP", IEEE Pers. Comm., vol. 7, No. 4, pp.42 – 49, Aug. 2000.

- Xia Gao; Gang Wu; Toshio Miki; "End-to-end QoS Provisioning in Mobile Heterogeneous Networks"; pdf
- D. Chalmers, and M. Sloman, "A Survey of Quality of Service in Mobile Computing Environments", IEEE Comm. Surveys, 2nd Quarter, pp. 2 – 10, 1999.
- Valk: "Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility," ACM Computer Communication Review, January 1999.

Capítulo 2

- <http://www.ietf.org>
- R. Braden et al., "Resource Reservation Protocol – Version 1 Functional Specification," IETF RFC, Sept. 1997.
- Yoram Bernet; "The Complementary Roles of RSVP and Differentiated Services in the Full-Service QoS Network" IEEE Communications Magazine • February 2000
- J. Wroclawski, "The Use of RSVP with IETF Integrated Services," IETF RFC, Sept., 1997.
- Alberto López Toledo: "Calidad de servicio en IPv6", Madrid Global IPv6 Summit
- J. Manner, A. Laukkanen, M. Kojo, K. Raatikainen, "A QoS Architecture Framework for Mobile Networks"; University of Helsinki; pdf
- Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan; "A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model"; Universidad de Wisconsin-Madison; pdf
- Son Vuong, Xizheng Shi; "A Proportional Differentiation Service Model for the Future Internet Differentiated Services" University of British Columbia; pdf
- Diederich, J; " Simple and Scalable Quality of Service for Wireless Mobile Networks"; University of Karlsruhe; pdf
- Jorg Diederich y Martina Zitterbart; "A Service Model to Provide Quality of Service in Wireless Networks Focusing on Usability" pdf
- Zhang, L., Jacobson, V. & Nichols, K.; "A Two-bit Differentiated Services Architecture for the Internet", Internet Engineering Task Force; 1999

- Diederich, J., Zitterbart, M., "Best-Effort Low-Delay Service", in Proc. of the 28th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN)', Bonn, Germany. (2003).
- Heinanen, J., Baker, F., Weiss, W. & Wroclawski, J., "Assured Forwarding PHB Group", Internet Engineering Task Force. (1999)
- Bouch. A., Sasse, M., DeMeer, H., "Of packets and people: A user-centered approach to Quality of Service",in 'Proceedings of 9th International conference on Quality of Service', Pittsburgh, PA, USA. (2000)
- C. Aurrecoechea et al., "A Survey of QoS architectures", ACM Multimedia Systems Journal, pp. 138 – 151, May 1998.
- www.istbrain.org
- www.ist-mind.org
- R. Hancock, H. Aghvami, M.Liljeberg; "The Architecture of the BRAIN Network Layer". pdf
- G.Neureiter, L. Burness, A. Kassler, P. Khengar, E. Kovacs, D. Mandato, J. Manner, T. Robles, H. Velayos; "The Brain Quality Of Service Architecture For Adaptable Services With Mobility Support"; pdf.
- ISSLL Working Group: <http://www.iketf.org/html.charters/issll-charter.html>
- Jukka Manner, Louise Burness, Eleanor Hepworth, Alberto López, Enric Mitjana ; "Provision Of Qos In Heterogeneous Wireless IP Access Networks"; pdf
- Baker, F., Heinänen, J., Weiss, W.,Wroclawski, J., "Assured Forwarding PHB Group". Internet Engineering Task Force, Request for Comments (RFC) 2597, June 1999.
- Durham, D., et al. "The COPS (Common Open Policy Service) Protocol". Internet Engineering
- Task Force, RFC 2748, January 2000.
- Csaba Keszei, Jukka Manner, Zoltán Turányi, András Valkó; "Mobility Management and QoS in BRAIN Access Networks"; pdf
- Bernet, Y., "Format of the RSVP DCLASS Object". Internet Engineering Task Force, Internet
- Draft, October 1999 (draft-ietf-issll-dclass-01.txt).

- Bernet, Y., Blake, S., Grossman, D., Smith, A., "An Informal Management Model for DiffServ Routers". Internet Engineering Task Force, Internet Draft, July 2000
- BRAIN project deliverable 2.1 "BRAIN Access network requirements, specifications and evaluation of current architectures and technologies and their requirements: core network and air interface", September 2000
- D. Wisely, W. Mohr, J. Urban; "Broadband Radio Access for IP Networks (BRAIN)", IST Mobile Summit, October 2000
- Jukka Manner, Louise Burness, Eleanor Hepworth, Alberto López, Enric Mitjana : "Architecture for Providing QoS in an IP-based Mobile Network"; pdf
- Pedro M. Ruiz, Enric Mitjana, Louise Burness; "Advanced services over future wireless and mobile networks in the framework of the MIND project;pdf
- Kassler, L. Burness, P. Khengar, E. Kovacs, D. Mandato, J. Manner, G. Neureiter, T. Robles, H. Velayos; "BRENTA – Supporting Mobility and Quality of Service for Adaptable Multimedia Communication", IST Mobile Summit, October 2000
- Josef Urban; "BRAIN: Broadband Radio Access for IP Based Networks Developments for a broadband mobile access network beyond third generation"; Siemens AG, 26-27 April 2001
- IST 1999-10054 Project BRAIN, Deliverable D2.2, March 2001
- Chen, J-C. et al. "QoS Architecture Based on Differentiated Services for Next Generation Wireless IP Networks". Internet Engineering Task Force, Internet Draft, July 2000
- R. Ramjee et al; "IP micro mobility support using HAWAII", Internet Draft, July 2000.
- 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
- Johnson, D., Perkins, C., "Mobility Support in IPv6". IETF, Internet Draft (work in progress) July 2001.

- Chen, J-C, et al. "QoS Architecture Based on Differentiated Services for Next Generation Wireless IP Networks". Internet Engineering Task Force. Internet Draft. July 2000
- R. Ramjee et al: "IP micro mobility support using HAWAII", Internet Draft, July 2000.
- 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
- P. Ruiz, E. Mitjana, L. Burness; "Advanced services over future wireless and mobile networks in the framework of the MIND project"; pdf
- J. Kempf, <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-seamoby-context-transfer-problem-stat04.txt>, May 2002.
- Ilka Miloucheva, Sandra Tartarelli; "Next Generation Network Initiative"; NEC-Europe Ltd, Salzburg Research, 08/10/2002
- Amardeo Sarma; "Mobility Approach in Moby Dick"; NEC Europe Ltd. Network Laboratories
- <http://www.istmobydick.org>
- S. Chakra Barty, A. Mishra; "QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks" IEEE Communications Magazine, feb 2001, pp 142-148
- Victor Marques, Rui Aguiar, Jurgen Jahnert, Karl Tomas, Marco Liebsch, Francisco Fontes, Hans Einsiedler; "A Heterogeneous Mobile IP qoS-Aware Network", pdf
- Hans Einsiedler et al, "The Moby Dick Project: A Mobile Heterogeneous ALL-IP Architecture", Advanced Technologies, Applications and Market Strategies for 3G ATAMS 2001, Kraków, Poland, June 17-20. 2001
- <http://www.iwi.uni-hannover.de>
- S. Blake; "An Architecture for Differentiated Services" Diciembre 1998
- García, P. Vico, A. Cuevas, I. Soto, J. Moreno; "QoS en redes móviles de cuarta generación"; Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad Carlos III de Madrid; pdf
- Beaujean. N. Chaher, V. Marques, R. Aguiar. C. García, M., T. Ziegler; "Implementation and Evaluation of an End-to-End IP QoS Architecture for Networks Beyond 3rd Generation"; pdf

- Victor Marques: "Enabling IP QoS in Mobile Environments". IST Mobile Summit, Barcelona-España, 9-12 de Septiembre de 2001.
- <http://www.iwi.uni-hannover.de>. Liebsch et al; "CoA Acquirement in MD Architecture", Internal Report, Moby Dick project, July 2001
- Johnson, D., Perkins, C.. "Mobility Support in IPv6" IETF, Internet Draft (work in progress), July 2001
- J. T. Marinen; "Mobile IPv6 Regional Registrations" March 2001
- Y. Bernet, P. Ford, R. Yavatkar, F. Baker, L. Zhang, M. Speer, R. Braden, B. Davie, J. Wroclawski, E. Felstaine, "A Framework for Integrated Services Operation over DiffServ Networks", November 2000.
- ISSLL Working Group: <http://www.ietf.org/html.charters/issll-charter.html>
- P. Gonçalves, D. Gomes, V. Marques, R. Aguiar; "QoS Control support for heterogeneous networks": pdf
- Mahadevan y K. Sivalingam, " Architecture and experimental framework for supporting QoS in Wireless networks using differentiated services " ACM/Kluwer Mobile networks and Applications , vol 6, pp 385-395, 2001
- A.K. Talukdar, B. Badrinath, y A. Acharya, "Integrated Services packet networks with mobile hosts: Architecture and performance" ACM/Baltzer Wireless Networks, vol 5, pp 111-124, 1999

Capítulo 3

- Ivan Armuelles, Carlos Voinov Bader, Tomás R. Valladares; "Integración de Sistemas: Hacia una arquitectura de comunicaciones móviles de 4G"; pdf
- Louise Burness, Eleanor Hepworth, Alberto López, Jukka Manner; "Architecture for Providing QoS in an IP-Based Mobile Network", pdf