

**CARACTERIZACIÓN DEL ROAMING ENTRE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA
RED INALÁMBRICA DE ÁREA LOCAL CON APLICACIÓN AL ENTORNO
COLOMBIANO**



**LUIS CARLOS COLLAZOS MUÑOZ
HELMUT ALEXANDER RUBIO WILSON**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYÁN
2005**

**CARACTERIZACIÓN DEL ROAMING ENTRE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA
RED INALÁMBRICA DE ÁREA LOCAL CON APLICACIÓN AL ENTORNO
COLOMBIANO**

**LUIS CARLOS COLLAZOS MUÑOZ
HELMUT ALEXANDER RUBIO WILSON**

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

**Director
GUEFRY AGREDO MENDEZ
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYÁN
2005**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Popayán, Octubre de 2005

Agradezco a Dios por guiarme y disponer todo para alcanzar mis metas.

A mi Papá por su amor, ejemplo, fortaleza y orientación.

A mi Mamá por su amor, ternura, fortaleza y dedicación.

A mis Hermanos por su compañía, cariño y apoyo incondicional.

A toda mi Familia por sus oraciones, cariño y colaboración.

A mi Amigo Helmut por culminar juntos una de nuestras metas.

Luis Carlos

Agradezco a Dios por la vida
A mi Mamá por su amor, dedicación y paciencia.
A mi Hermana por su cariño y apoyo incondicional.
A toda mi Familia por su afecto y colaboración.
A mi Amigo Lucho por su amistad

Helmut

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos por la contribución con sus conocimientos y colaboración para a realización de este Trabajo de Grado a:

Guefry Agredo Méndez, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Pedro Vera, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Aldemar Holguín, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Rafael Rengifo Prado, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Carlos Rene López Granda, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Movistar.

Juan Carlos Muñoz Ante, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Movistar.

Marcelo Gómez, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Links S.A.

Ingeniero Gonzalo Llano, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Links S.A.

Ricardo lozano, Ingeniero de Sistemas. Telelitoral.

Gidward Albeiro Gómez Constain, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. COMCEL S.A.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. TECNOLOGÍAS MÓVILES CELULARES Y DE ACCESO INALÁMBRICO IEEE 802.11X UTILIZADAS ACTUALMENTE EN COLOMBIA.....	5
1.1 ENTORNO Y TECNOLOGÍAS MÓVILES CELULARES EN COLOMBIA	6
1.1.1 TDMA/IS-136 – Norma Móvil de 2G.....	7
1.1.2 GSM – Norma Móvil de 2G	8
1.1.3 GPRS – Norma Móvil de 2.5G	9
1.1.4 EDGE – Norma Móvil de 3G	10
1.1.5 CDMA2000 1X – Norma Móvil de 3G	12
1.1.6 CDMA2000 1xEV-DO – Norma Móvil de 3G	13
1.2 ENTORNO Y TECNOLOGÍAS WLAN EN COLOMBIA.....	15
1.2.1 IEEE 802.11b.....	17
1.2.2 IEEE 802.11a.....	18
1.2.3 IEEE 802.11g.....	18
1.3 ENTORNO REGULATORIO	20
2. SOLUCIONES TÉCNICAS PARA LA REALIZACIÓN DEL ROAMING ENTRE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA RED WLAN	22
2.1 SOLUCIONES RÍGIDAMENTE ACOPLADAS PARA GPRS.....	23
2.1.1 Emulación BSS	23
2.1.2 Emulación SGSN.....	27
2.1.3 AAA	30
2.1.4 Análisis	32
2.2 SOLUCIONES LIGERAMENTE ACOPLADAS PARA GPRS.....	33
2.2.1 Soluciones que utilizan el protocolo IP Móvil	34
2.2.2 Soluciones que utilizan el protocolo SCTP	39
2.2.3 AAA	41
2.2.4 Análisis	45
2.3 SOLUCIONES RÍGIDAMENTE ACOPLADAS PARA CDMA2000 1X.....	47
2.3.1 Emulación BSC	48
2.3.2 Emulación ACN/PCF	50
2.3.3 AAA para las soluciones Rígidamente Acopladas	51
2.3.4 Análisis	52

2.4	SOLUCIÓN LIGERAMENTE ACOPLADA PARA CDMA2000 1X.....	54
2.4.1	AAA	56
2.4.2	Análisis	57
3.	ESTRATEGIAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA RED WLAN EN COLOMBIA.....	58
3.1	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE ACUERDO CON NECESIDADES Y DEMANDA DEL MERCADO.....	59
3.1.1	Usuarios	60
3.1.2	Operadores.....	64
3.2	INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS RELACIONADOS CON LAS DISTINTAS SOLUCIONES	73
3.3	EXPERIENCIAS.....	75
3.4	COMPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES RÍGIDAMENTE Y LIGERAMENTE ACOPLADAS	79
3.4.2	Desventajas de las soluciones rígidamente acopladas	80
3.4.3	Ventajas de las soluciones ligeramente acopladas.....	80
3.4.4	Desventajas de las soluciones ligeramente acopladas.....	81
3.5	ESTRATEGIAS DE DESPLIEGUE Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	81
3.5.1	Primera Fase	82
3.5.2	Segunda Fase.....	83
3.5.3	Tercera Fase:.....	84
4.	PANORAMA TECNOLÓGICO Y MUNDIAL DEL ROAMING ENTRE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA RED WLAN	87
4.1	NUEVAS TECNOLOGÍAS	87
4.1.1	UMA.....	88
4.1.2	MIPv6	90
4.1.3	DIAMETER	91
4.2	TENDENCIAS DEL <i>ROAMING</i> ENTRE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA RED WLAN A NIVEL MUNDIAL	93
4.2.1	Europa	93
4.2.2	Asia	95
4.2.3	América.....	95
	CONCLUSIONES	98
	RECOMENDACIONES	100
	ACRÓNIMOS	101
	BIBLIOGRAFÍA	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitectura red GPRS con dispositivo emulador del BSS.....	24
Figura 2 – Plano de transmisión BSS Emulada (primera opción).....	24
Figura 3 – Plano de transmisión BSS Emulada (segunda opción)	25
Figura 4 – Plano de señalización BSS Emulada (segunda opción)	26
Figura 5 – BSIC para el segmento WLAN y la celda GPRS.....	27
Figura 6 – Arquitectura red GPRS con dispositivo emulador del SGSN.	28
Figura 7 – Plano de transmisión SGSN Emulado	29
Figura 8 – a) Plano de señalización SGSN - HLR b) SGSN - VLR/MSC.....	30
Figura 9 – AAA para soluciones Rígidamente Acopladas a) Emulación BSS b) Emulación SGSN	31
Figura 10 – Esquema General para el <i>Roaming</i> entre la red móvil Celular y la red WLAN utilizando IP Móvil.....	34
Figura 11 – HA ubicado en la red Local utilizando direcciones <i>care-of</i>	35
Figura 12 – HA ubicado en la interfaz Gi utilizando direcciones <i>care-of</i>	36
Figura 13 – HA ubicado en la red Local utilizando direcciones <i>co-located</i> <i>care-of</i>	37
Figura 14 – Plano de Señalización del GGSN/FA	38
Figura 15 - Utilización del nodo GGSN/FA integrado	39
Figura 16 – <i>Roaming</i> GPRS/WLAN usando SCTP	40
Figura 17 – Escenario AAA para soluciones ligeramente acopladas	42
Figura 18 – Escenarios de Tarificación soluciones ligeramente acopladas ..	43
Figura 19 – Plano de transmisión BSC Emulada.....	48
Figura 20 – Plano de Señalización BSC Emulada	49
Figura 21 – Transmisión de señalización sobre la Interfaz A1	50
Figura 22 – Plano de transmisión ACN/PCF Emulada.	51
Figura 23 – AAA para soluciones Rígidamente Acopladas	52
Figura 24 – Esquema General para el <i>Roaming</i> entre la red móvil Celular CDMA2000 1X y la red WLAN utilizando IP Móvil.....	55
Figura 25 – Componentes de Red y entunelamiento UMA	89
Figura 26 – Modos de comunicación en MIPv6	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Resumen Capacidades Tecnologías Móviles en Colombia	14
Tabla 2 – Algunos sitios con puntos WiFi en Colombia	17
Tabla 3 – Requerimientos para operadores y usuarios	72
Tabla 4 – Principales características que ofrece Diameter.....	92

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la popularidad de las Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN – Wireless Local Area Network) se ha incrementado dramáticamente, es así, que muchas compañías están empezando a implementar estas redes como un conveniente método de acceso para proporcionar movilidad a su cuerpo de trabajo dentro de sus campus y edificios. Una de las principales ventajas que ofrece este tipo de tecnologías son los relativos bajos costos de implementación, debido a que no se necesita modificación o reforma de la infraestructura para la interconexión de los equipos, lo que se constituye en una opción atractiva, rentable, cómoda y rápida para su despliegue en diversos entornos. Sumado a esto, el gran apoyo por parte de los fabricantes ha influido en una mayor penetración en el mercado debido a los costos cada vez más bajos de los equipos, además de mejores esquemas de seguridad y las muy conocidas bondades de velocidad de acceso que ofrecen.

En el espacio público, hoteles, aeropuertos, centros comerciales, centros de convención, cafés Internet e incluso restaurantes, entre otros sitios estratégicos altamente concurridos, se están desplegando *hotspots* WLAN con el fin de facilitar acceso a Internet a altas velocidades. Esto podría verse como un esquema de generación de ingresos o como un mejoramiento del servicio al cliente por parte del proveedor o propietario, apuntando hacia un camino de movilidad y constante acceso a la información, tanto para actividades laborales, como para el entretenimiento y el ocio.

El crecimiento en la instalación de equipos inalámbricos en hogares y conjuntos residenciales debido a las facilidades de conexión sin cableado y compartidas, combinados con una masificación de tecnologías de banda ancha a bajo costo como lo son el cable modem y las tecnologías xDSL (Digital Subscriber Line), han contribuido al comienzo de una cultura móvil e inalámbrica en constante crecimiento que requiere de un nuevo mercado dinámico y diversificado, ofrecido por las nuevas tecnologías de información.

En los lugares donde no hay disponibles accesos a Internet a través de WLANs, las redes móviles celulares de 2.5G y 3G están en la capacidad de proporcionar esta conexión, aunque a velocidades más bajas, pero que permiten una gran movilidad sobre una amplia cobertura. Actualmente, estas redes se encuentran extendiendo su portafolio de servicios a través de la introducción y soporte de nuevas aplicaciones y servicios de datos, con lo cual se quiere pasar de un

mercado dominado por la voz, a uno que ofrezca más y mejores posibilidades de comunicación y de acceso a la información.

En este mercado, los fabricantes de equipos han impulsado el desarrollo de dispositivos duales, es decir que soportan tanto tecnologías WLAN como celulares, con el fin de aprovechar las características independientes de cada red, beneficiando y supliendo las necesidades de los usuarios.

Teniendo en cuenta este panorama, se plantea la posibilidad para los proveedores de servicio de comunicaciones móviles e inalámbricas de combinar los servicios de 2.5G y 3G con servicios WLAN en un solo paquete, a clientes corporativos y residenciales, que demanden acceso continuo y de alta capacidad a la información. Para obtener una gran participación en este mercado, los operadores de las redes de comunicaciones móviles celulares y los proveedores de acceso a Internet inalámbrico, necesitarán proporcionar una conexión sin restricciones ni limitaciones, con altos grados de seguridad a través de diferentes tipos de redes, y haciendo uso del *roaming* para transferir información o brindar servicios a usuarios móviles de una red a otra sin necesidad de re-autenticación o interrupción en las sesiones activas de los mismos.

En este nuevo escenario, los operadores deben satisfacer la movilidad de sus usuarios a través de un *roaming* inteligente que monitoree y priorice las conexiones para optimizar el *throughput* y reducir costos, mientras los usuarios son transferidos entre redes celulares y redes WLAN.

En el ambiente local, los operadores de comunicaciones móviles celulares actualmente se ven enfrentados al aumento en la cantidad de tráfico de voz y datos, lo cual ha generado una mayor congestión en sus redes, dificultándoles una adecuada prestación del servicio. Un incremento tanto en la cantidad de usuarios, como la transmisión de datos y la prestación de nuevos servicios a través de estos sistemas, ha generado que los operadores busquen nuevas alternativas que les brinden una solución viable para el descongestionamiento de sus redes y la prestación adecuada servicio. Esto se traduce en mayores capacidades para el usuario final en cuanto a disponibilidad de ancho de banda se refiere, no sólo debido a las exigencias generadas por las nuevas aplicaciones, sino también a los entornos de trabajo en los cuales se encuentra.

En la actualidad existen lugares donde la capacidad de la red celular es insuficiente para el volumen de datos que se demanda, ya que los elevados costos de despliegue de la tecnología y las bajas velocidades de transmisión que soporta, limitan los servicios que se les pueden brindar a los usuarios. Hoy por hoy en Colombia subsisten redes de comunicaciones Móviles Celulares y WLANs en forma independiente, por lo que se plantea que un trabajo conjunto de las dos redes permitirá a los operadores celulares aprovechar las bondades que ofrecen las redes inalámbricas para dar solución a este problema, a la vez que podrán ampliar su participación en el mercado, beneficiando al mismo tiempo a los

operadores inalámbricos al incluir la movilidad en su portafolio de servicios, diversificando el mercado y favoreciendo a las empresas del sector.

De esta manera, en el presente documento se realiza la caracterización del *roaming* entre la red móvil celular y la red WLAN, su forma de implantación, problemas, posibilidades relacionadas con el tipo de *roaming* a realizar (voz, datos ó voz y datos), diferentes arquitecturas y demás elementos relacionados teniendo en cuenta las características del entorno local, de forma tal que se constituya en una referencia para los operadores del sector en el país, con el fin de proporcionar una alternativa y foco de desarrollo de las comunicaciones móviles e inalámbricas en Colombia.

En el Capítulo 1 se establecen las características más importantes del entorno Colombiano con respecto a las tecnologías móviles celulares e inalámbricas IEEE 802.11x implementadas actualmente, sus capacidades de transmisión y servicios soportados con el fin de centrar el desarrollo de este trabajo en la realidad tecnológica nacional.

En el Capítulo 2 se describen y analizan las diferentes opciones de solución para el *roaming* entre la red móvil celular y la red WLAN con base a las tecnologías utilizadas actualmente en Colombia, describiendo sus aspectos técnicos y de implementación más relevantes.

En el Capítulo 3 se describen los diversos factores, tanto técnicos como del entorno, que impactan el despliegue de este tipo de soluciones y que influyen directamente en la elección de una de ellas como la más óptima para su implementación en el país. Se realiza un análisis de los requerimientos de acuerdo con las necesidades y demanda del mercado, y se muestra cual es la aceptación de estas soluciones a nivel mundial por parte de los fabricantes y entidades de investigación, de tal forma que se obtengan las bases suficientes para generar las recomendaciones y estrategias necesarias para un despliegue adecuado de este tipo de soluciones en Colombia.

En el capítulo 4 se hace referencia al entorno mundial y panorama futuro de las tecnologías que permiten realizar el *roaming* entre la red Móvil celular y las redes WLAN, con el fin de brindar una información más completa respecto a los alcances de esta tecnología en el mundo.

En los Anexos se muestra la descripción de las arquitecturas de las tecnologías móviles celulares e inalámbricas desplegadas actualmente en Colombia, los métodos de AAA más comúnmente utilizados, los esquemas de seguridad y conceptos de algunos de los protocolos que se utilizan en las distintas soluciones para el *roaming* entre las redes móviles celulares y las redes WLAN, así como los procesos y señales que tienen lugar cuando se realiza el *roaming* entre estas redes a través de soluciones específicas. Además, se muestran algunos datos recopilados de diferentes entidades, los cuales forman la base del conocimiento y

proyección del sector de las telecomunicaciones a nivel nacional. También se muestran resultados importantes de estudios realizados en otros lugares con respecto al proceso de *roaming*, así como los equipos y soluciones disponibles comercialmente a nivel mundial.

1. TECNOLOGÍAS MÓVILES CELULARES Y DE ACCESO INALÁMBRICO IEEE 802.11X UTILIZADAS ACTUALMENTE EN COLOMBIA

En Colombia, la demanda de telefonía móvil esta siendo cubierta por tecnologías celulares de tres generaciones diferentes (2G, 2.5G y 3G), esto debido a que la evolución de estas redes se ha presentado de forma gradual a los usuarios, teniendo en cuenta las características (ante todo económicas) del entorno, las cuales impiden una migración inmediata a las tecnologías de ultima generación. Es por esto que es posible encontrar operando la red TDMA en paralelo con la red GSM/GPRS y EDGE del operador América Móvil (COMCEL), así como la red TDMA con la red CDMA2000 1X – 1xEVDO del operador Telefónica (Movistar), que igualmente inició su incursión en la tecnología GSM; mientras que el operador que cuenta con una tecnología unificada en su red es Colombia Móvil (Ola) que utiliza una infraestructura GSM/GPRS.

Paralelo a la evolución y crecimiento de la telefonía móvil celular, Internet está surgiendo como una fuerza significativa dentro del mercado de las telecomunicaciones, es por esto que nuevas tecnologías de acceso como las WLAN, han tenido un auge importante en los últimos años y proliferan rápidamente en lugares públicos y empresas debido a sus relativos bajos costos de implementación y principalmente al impulso que le han dado los fabricantes de equipos. Entre los operadores WLAN más destacados en Colombia se encuentran Avantel, Flycom, Expressnet, IFX Networks, Avaya entre otros.

En éste capítulo se describe el entorno y la realidad de las tecnologías de acceso en mención empleadas actualmente en Colombia, de tal forma que el lector obtenga la información necesaria acerca de los servicios que están en capacidad de ofrecer y cuales son los alcances y beneficios que se obtienen al interoperar entre si, proporcionando un escenario en el cual el proceso de *roaming*¹ entre estas redes generará e impulsará el desarrollo e implementación de nuevas aplicaciones y servicios.

¹ El término general de *roaming* describe el cambio de celda o red de acceso en una sesión activa de voz o datos en un sistema celular homogéneo (*handover* horizontal), o en uno heterogéneo donde las celdas utilizan diferentes tecnologías de acceso (*handover* vertical). En este documento se utiliza el término *handover* para hacer referencia al *handover* horizontal y *roaming* para hacer referencia al *handover* vertical.

1.1 ENTORNO Y TECNOLOGÍAS MÓVILES CELULARES EN COLOMBIA

En el año 2004 se destacó el aumento de la penetración de los servicios de telefonía móvil celular alcanzando un 22.9% hasta el mes de diciembre según lo indicó el Ministerio de Comunicaciones, superando a la telefonía fija, como ha ocurrido en la mayoría de los países desarrollados y en algunos países de América Latina. [1] Este proceso ha sido importante debido a la conjunción de múltiples factores internos y externos, y se acentuará a medida que los operadores aumenten su oferta de servicios, especialmente en lo relacionado con el Internet Móvil, los mensajes de texto y las aplicaciones multimedia. Al mes de Junio de 2005, el número de usuarios de telefonía móvil en el país alcanzó la cifra de 15.5 millones según lo revelado por el Ministerio en el Informe del Segundo Trimestre – Abril a Junio de 2005 [2], lo que sigue mostrando el gran impacto y aporte del sector de las telecomunicaciones en el desarrollo del país.

En la actualidad se observa la necesidad de que las empresas del sector establezcan alianzas estratégicas, con el fin de generar un aumento en la oferta que promueva la diversificación del portafolio y el empaquetamiento de servicios, beneficiando tanto a los usuarios como a los operadores. En el ámbito nacional es posible encontrar diversos acuerdos, por ejemplo, entre los operadores móviles de las marcas comerciales Comcel y Movistar para el envío de SMS entre equipos pertenecientes a ambas redes, la reducción de tarifas para las llamadas entre líneas fijas de las Empresas Públicas de Medellín y la líneas móviles de la marca comercial OLA (lo cual se encuentra en discusión para el establecimiento de tarifas unificadas), así como el fortalecimiento de la empresa nacional Colombia Comunicaciones (Telecom) a través de la posible alianza con TELMEX, lo que le permitiría incursionar en el mercado de la telefonía móvil y ampliar el paquete de servicios de Internet para la empresa y el hogar.

En cuanto al desarrollo de aplicaciones de contenido para equipos móviles, existen grupos de desarrolladores entre los fabricantes como el Ericsson Mobility World y el Nokia Forum que realizan concursos y maratones con el fin de dar mayor solidez a este campo en el país. Existen plataformas y herramientas como .NET, Java y BREW que facilitan el desarrollo y puesta en el mercado de dichas aplicaciones, lo que aumenta la oferta de servicios de datos y genera mayor competencia en cuanto al contenido que ofrecen los operadores que manejan una u otra plataforma.

En países como Colombia se goza de ciertas ventajas claras, como que las tecnologías lleguen “maduras” después de haber sido desplegadas y probadas en países desarrollados, lo cual brinda una gran base de experiencia-conocimiento para su introducción e implementación en el mercado. No obstante, se necesitan estrategias concretas y bien orientadas para elevar los niveles de consumo e introducir verdaderamente servicios de datos inalámbricos.

Dentro de las proyecciones en cuanto a servicios y tecnologías, la telefonía IP, el Internet móvil y las aplicaciones multimedia marcan el desarrollo de las comunicaciones en Estados Unidos y en la Unión Europea, y tarde o temprano serán una realidad para los colombianos, como consecuencia de la internacionalización y consolidación del sector

Para conocer puntualmente la actualidad de las redes móviles celulares de Colombia, es necesario abordar cada una de las tecnologías que se encuentran desplegadas y visualizar el camino que están tomando para la evolución de las mismas hacia redes más avanzadas, con mejores prestaciones en cuanto a velocidades de acceso, servicios y aplicaciones.

En las secciones 1.1.1 – 1.1.6 se hace referencia a las principales características y servicios que soporta cada una de ésta redes, con el fin de tener claridad acerca de los beneficios que se obtienen a la hora interoperar con las redes WLAN. En el anexo A se detallan los elementos de red que se encargan del manejo de los paquetes de datos, las interfaces de transmisión de señalización y de tráfico de usuario que se requieren para la correcta prestación del servicio de datos, haciendo énfasis en la infraestructura que maneja los paquetes de datos, debido a que estos forman una pieza fundamental a la hora de explicar las diferentes opciones de solución para el *roaming* entre la red móvil celular y las redes WLAN que se exponen en el capítulo 2.

1.1.1 TDMA/IS-136 – Norma Móvil de 2G

La red TDMA/IS-136 es una tecnología de transmisión digital con capacidad de operar en las bandas de frecuencia de 850 Mhz y 1900 Mhz, que utiliza el esquema de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA – Time Division Multiple Access) y por lo tanto permite el acceso de número determinado de usuarios a un canal simplex de radio frecuencia, mediante la asignación de Intervalos de Tiempo (TS – Time Slots) específicos para que cada subscriber pueda transmitir información dentro de cada canal.

TDMA/IS-136 utiliza el servicio Celular Digital de Paquetes de Datos (CDPD - Cellular Digital Packet Data) para la transmisión de datos, ofreciendo alta calidad en la transmisión con una velocidad máxima de 19,2 Kbps (si se asigna el canal completo a un solo usuario) a través de los canales de tráfico de voz que se encuentran libres, si todos los canales de voz están ocupados, los datos son almacenados hasta que alguno de ellos quede libre (almacenamiento y reenvío). También emplea la tecnología de Servicio de Mensajería Corta (SMS – Short Message Service) que usa la técnica de almacenamiento y reenvío para transmisiones de datos, y que a diferencia de CDPD, utiliza canales específicos de datos como el Canal SMS (SMSCH - SMS Channel), en lugar de los canales de tráfico, lo que evita la reducción en la capacidad de tráfico de voz del sistema y aumenta la continuidad de las conexiones. SMS está especialmente diseñado

para transmisión de tráfico esporádico de datos que consume poco ancho de banda.

La arquitectura completa de la red TDMA/IS-136, que aún es utilizada en Colombia por los operadores América Móvil y Telefónica, y que opera en la banda de 800 Mhz trabajando conjuntamente con las nuevas tecnologías celulares de generaciones posteriores a la segunda, y sus principales características en cuanto a los dispositivos que intervienen en el manejo del tráfico de datos, son referidas en el anexo A sección 1.1.

1.1.2 GSM – Norma Móvil de 2G

El Sistema Global para la Comunicación Móvil (GSM – Global System for Mobile Communication) es una tecnología de transmisión digital que utiliza el esquema de acceso TDMA con 8 TS, haciendo uso de canales duplex de radio frecuencia que constan de dos frecuencias, una de transmisión y otra de recepción, diseñado para suministrar servicios de voz y datos por conmutación de circuitos. GSM está en la capacidad de operar en las bandas de frecuencia de 850 Mhz, 900 Mhz, 1800 Mhz y 1900 Mhz.

Para la transmisión de datos GSM emplea SMS, que utiliza el Canal de Búsqueda (PCH – Paging Channel) para permitir a los suscriptores enviar mensajes alfanuméricos de una longitud máxima de 160 caracteres. Adicionalmente, GSM introduce una tecnología por conmutación de circuitos denominada Datos de Alta Velocidad por Conmutación de Circuitos (HSCSD – High Speed Circuit Switched Data) con el objetivo de superar la velocidad de transferencia de 9,6 Kbps a través de la asignación de hasta cuatro TS para una sesión de transferencia de datos (técnica multicanal). HSCSD es una tecnología que proporciona un servicio portador a la red GSM para la conexión a cualquier clase de red que utilice el protocolo TCP/IP, esto es posible utilizando un terminal GSM y una computadora portátil o un teléfono que utilice el Protocolo de Aplicación Inalámbrico (WAP – Wireless Application Protocol). HSCSD provee baja latencia y un mejor desempeño para un flujo continuo de datos y aplicaciones que requieren una conexión ininterrumpida. GSM puede transportar 9,6 Kbps o 14,4 Kbps por canal, por lo cual se alcanza una velocidad de transmisión máxima de 57,6 Kbps utilizando los 4 TS en el enlace de bajada.

Una característica muy importante de la red GSM es que utiliza una tarjeta inteligente denominada Módulo de Identificación del Subcriptor (SIM – Subscriber Identity Module) para la identificación y autenticación del usuario, de tal forma que éste tiene la posibilidad de cambiar de dispositivo celular fácilmente conservando su identidad en la red.

La arquitectura completa de la red GSM utilizada actualmente en Colombia por los operadores Colombia Móvil en la banda de 1900 Mhz, América Móvil en la banda

de 850 Mhz y aún en fase de implementación en Telefónica Móviles en la banda de 850 Mhz y 1900 Mhz [3] se puede encontrar en el anexo A sección 1.2.

1.1.3 GPRS – Norma Móvil de 2.5G

La red de Servicio General de Paquetes por Radio (GPRS – General Packet Radio Service), es una red superpuesta para introducir servicios de datos por conmutación de paquetes con altas velocidades de transmisión a los sistemas celulares GSM y TDMA/IS – 136, gracias a la utilización efectiva de los escasos recursos de radio y al soporte del acceso inalámbrico constante e instantáneo a las redes basadas en el protocolo IP, como Internet y Redes de Área Local (LAN – Local Area Networks), reutilizando infraestructura celular existente y elementos de red que utilizan el protocolo IP (enrutadores, switches, DNS, servidores, entre otros).

La tecnología de conmutación de paquetes utilizada en GPRS está diseñada considerando los protocolos de paquetes de datos más comúnmente usados. Por lo tanto, las aplicaciones basadas en estos estándares se soportan de manera más eficiente que en las redes GSM de conmutación de circuitos, al igual que se proporcionan velocidades de transmisión de datos mucho más altas, hasta 21,4 Kbps por TS, alcanzando un máximo teórico de 171.2 Kbps utilizando los 8 TS en la portadora GSM al mismo tiempo, aunque se debe tener en cuenta que la mayoría de implementaciones para dispositivos móviles están diseñadas para soportar de 3 a 4 TS en el enlace de bajada y 1 o 2 TS en el enlace de subida.

La interfaz de radio GPRS proporciona mayor eficiencia en el espectro para la transmisión de paquetes de radio, ya que provee mecanismos de compresión de encabezado y carga útil de los paquetes antes de ser transmitidos por la interfaz de radio. El ancho de banda resultante que se ahorra, resulta crítico en los sistemas celulares debido a que el espectro del cual disponen es un recurso relativamente escaso y por lo tanto debe ser utilizado de la forma más eficientemente posible.

En GPRS, la tecnología de conmutación de paquetes permite que un canal sea asignado cuando se necesita y liberado inmediatamente después de la transmisión de los paquetes; gracias a este principio, múltiples usuarios pueden compartir el mismo canal físico o TS. Como resultado se obtiene una utilización altamente eficiente del recurso de radio en comparación con las tecnologías que asignan canales de radio dedicados, tal y como ocurre con las redes basadas en conmutación de circuitos TDMA/IS-136 y GSM.

GPRS proporciona un establecimiento de sesión haciendo uso de un protocolo de gestión de sesión de paquetes, es decir, mientras que en las redes de conmutación de circuitos una conexión tipo módem se requiere para que sea posible el intercambio de datos entre la MS y la red, en GPRS, no se requiere realizar este tipo de procedimiento por lo que se reduce el tiempo de

establecimiento de sesión. Se debe tener en cuenta que GPRS soporta operación concurrente con los servicios GSM existentes como SMS y de conmutación de circuitos para voz y datos, por lo que la red soporta tanto terminales GSM, como terminales con tecnología GPRS.

Con el objetivo de mejorar la prestación de servicios de datos y hacer uso óptimo de las condiciones variables de radio, sobre la interfaz de radio se pueden diferenciar cuatro Esquemas de Codificación (CS – Coding Scheme) que incorporan diferentes niveles de chequeo de integridad de la información a través de la corrección de errores de encabezado de los datos transmitidos y que se utilizan dependiendo de la calidad del canal en el instante en particular. Debido a la incorporación de estos CS es que se pueden brindar velocidades de datos de hasta 171.2 Kbps a través de 8 TS, por ejemplo, con el CS4. En el anexo A sección 1.3 se hace referencia a las diferentes velocidades que brinda cada uno de los esquemas de codificación por *time slots* asignados a una sesión de paquetes determinada.

Los equipos que manejan los mecanismos de codificación que ofrecen mayores velocidades son más costosos para los usuarios y por lo tanto no son tan comunes en el mercado. También se hace más complejo y más costoso el manejo de la red para los operadores, debido a que se hacen necesarias actualizaciones en los enlaces Abis entre los Transceptores de Estaciones Base (BTSs - Base Transceiver Stations) y los Controladores de Estaciones Base (BSCs - Base Station Controllers) (ver anexo A sección 1.3) para lograr implementar CS-3 y CS-4, con lo que es posible que algunas de éstas redes no brinden soporte a tales velocidades. [4]

La arquitectura completa de la red GPRS utilizada actualmente en Colombia por los operadores de Colombia Móvil y América Móvil es referida en el anexo A sección 1.3.

1.1.4 EDGE – Norma Móvil de 3G

EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution) constituye la siguiente etapa en la evolución de la red GSM/GPRS que acerca la introducción del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS – Universal Mobile Telecommunication System), realizando en su primera fase (implementada en la red del operador América Móvil y en etapa de implementación en la red del operador Colombia Móvil [5]) una mejora tanto en el servicio de conmutación de paquetes denominado GPRS Mejorado (EGPRS – Enhanced GPRS), como en el servicio de conmutación de circuitos de alta velocidad denominado servicio de Datos Mejorado por Conmutación de Circuitos (ECSD – Enhanced Circuit Switched Data). EDGE es básicamente una interfaz de aire genérica que proporciona altas velocidades de bit de forma eficiente y tiene como objetivo reutilizar el espectro actualmente asignado a los operadores celulares de 2G y 2.5G para proporcionarles capacidades de 3G.

EDGE trata principalmente el mejoramiento de la interfaz de radio y también puede ser considerado como un sistema que permite a las redes de acceso de radio GSM y TDMA/IS-136 ofrecer un conjunto de nuevas portadoras de acceso a sus núcleos de red. EDGE está en la capacidad de operar en las bandas de frecuencia de 850 Mhz, 900 Mhz, 1800 Mhz y 1900 Mhz.

Un aumento en las velocidades de bit impone nuevos requerimientos sobre la arquitectura de red GSM/GPRS. La introducción de EDGE realmente no tiene un impacto sobre la arquitectura de red GSM/GPRS ya establecida, debido a que solo introduce cambios en la capa física de la interfaz de radio, también conocida como protocolo RLC/MAC.

El despliegue inicial de transceptores con capacidad para EDGE complementa a los transceptores GSM estándar, en un subconjunto de celdas en las que se desee la cobertura de EDGE. De esta forma, coexiste una mezcla de subscriptores por conmutación de circuitos y conmutación de paquetes (GSM, GPRS y EDGE) en la misma banda de frecuencia. Para reducir al máximo los esfuerzos y costos al operador, la implementación relacionada con EDGE no requiere extensas modificaciones de la planificación de radio (planificación celular, planificación de frecuencias, ajuste de niveles de potencia y otros parámetros celulares).

EDGE, proporciona servicios de paquetes de datos con una velocidad de bit en la interfaz de aire que va de 11,2 a 59,2 Kbps por intervalo de tiempo mediante la reutilización de la estructura GSM/GPRS y la introducción del nuevo esquema de modulación 8PSK. Los servicios por conmutación de circuitos están soportados con una velocidad de bit en la interfaz de aire de hasta 28,8 Kbps por intervalo de tiempo. El funcionamiento multi-intervalo, que está soportado para todos los servicios, ofrece hasta ocho veces la velocidad de bit proporcionada por un solo intervalo de tiempo y una velocidad de bit pico de 473,6 Kbps en la interfaz de aire para paquetes de datos.

En la actualidad, la segunda fase de EDGE ha sido sustituida por la Red de Acceso por Radio GSM/EDGE (GERAN – GSM/EDGE Radio Access Network), la cual cumple con los objetivos de estandarización para la alineación de servicios UMTS y la evolución hacia una red de acceso por radio que sea independiente de núcleo de red, que permita a GSM/EDGE y UMTS/UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access) compartir un núcleo de red común. Esta evolución, que aún no ha sido desplegada en Colombia por algún operador, permitirá incorporar mejoras a servicios multimedia y soporte para aplicaciones en tiempo real a través del protocolo IP.

El concepto de EDGE fase II se cambió por GERAN, debido a que los organismos de estandarización, influenciados por proveedores y operadores, tomaron la decisión de conectar GSM/EDGE con UMTS por medio de la interfaz Iu^2 para

² Interfaz entre UTRAN y la red principal GSM/UMTS

permitirle brindar todas las clases de QoS definidos para UMTS y alcanzar los servicios 3G, ya que el desarrollo tecnológico de EDGE fase II ya se había estandarizado para UMTS.

1.1.5 CDMA2000 1X – Norma Móvil de 3G

CDMA2000 es una interfaz de aire que ofrece mejoras en la calidad de voz de CDMA/IS-95 (comercialmente conocido como cdmaOne) y es una solución de red que aprovecha las nuevas dinámicas del mercado creadas por la movilidad e Internet. Además es compatible con las redes cdmaOne, lo cual protege las inversiones de los operadores y provee una migración lo más simple y económica posible hacia 3G.

CDMA2000 1X se refiere a la implementación de CDMA2000 dentro del espectro existente o nuevo espectro para las portadoras de 1,25 Mhz de cdmaOne. El término técnico se deriva de N=1 (es decir, el uso de la misma portadora de 1,25 Mhz de cdmaOne) y el 1x significa una vez 1,25 Mhz.

La red comercial CDMA2000 1X proporciona un tasa de transferencia de datos de 153,6 kbps en entornos móviles, aunque la máxima tasa de datos teórica es de 628 kbps para entornos fijos en el enlace de bajada, la cual se alcanza a través de 2 Canales Suplementarios (SCH – Supplemental Channels) que proporcionan altas velocidades de datos, 307 kbps cada uno, y un Canal Fundamental adicional (FCH – Fundamental Channel) de 14.4 kbps. La mayoría de los equipos de usuario comerciales para éste estándar entregan 153,6 kbps, con un promedio de 60 a 90 kbps de velocidad de transmisión, pero éstas prestaciones pueden disminuir dependiendo de la velocidad de desplazamiento del usuario, la congestión de la red, fenómenos atmosféricos, etc.

La tecnología CDMA2000 1X trabaja en las bandas de 850 Mhz y 1900 Mhz, y provee soporte a dos tipos de servicios, IP Simple e IP Móvil, brindando comunicación de datos por conmutación de paquetes de alta velocidad y permitiendo a los suscriptores conectarse a Internet o intranets privadas. Mientras que el servicio de IP Simple proporciona conectividad a redes externas de datos cuando el usuario móvil permanece en un segmento de red determinado, el servicio de IP Móvil proporciona un método para mantener las direcciones IP y continuidad en las sesiones de usuario cuando éste se cambia a un segmento de red diferente. Esta tecnología es esencial para habilitar la conectividad “*always on*” de usuarios de datos inalámbricos, permitiendo realizar *roaming* ininterrumpido a través de redes de paquetes de datos inalámbricas, independiente de la ubicación del suscriptor. La arquitectura de la red CDMA2000 1X utilizada actualmente en Colombia por el operador Telefónica Móvil se describe en el anexo A sección 1.5.

1.1.6 CDMA2000 1xEV-DO – Norma Móvil de 3G

La red CDMA2000 1xEV-DO (EV-DO – Evolution Data Only), siguiente evolución de la red CDMA2000 1X, se encuentra implementado dentro de esta misma arquitectura, siendo utilizada por el operador Telefónica Móviles. El sistema 1xEV-DO realiza un mejor esfuerzo en relación con el tráfico de paquetes de datos, proporcionando mayores velocidades de transmisión de datos con un *throughput*³ más alto en comparación con la red CDMA2000 1x, convirtiéndose en un atractivo complemento para ésta.

Para implementar 1xEV-DO en una red CDMA2000 1X, es necesario agregar una portadora separada que está dedicada a uso exclusivo de datos en cada sector de celda donde se requieren servicios de datos de alta velocidad; sin embargo, los suscriptores podrán transferirse de una portadora 1X a una 1xEVDO de forma transparente.

La red CDMA2000 1X EV-DO opera en las frecuencias de 850 Mhz y 1900 Mhz, y ofrece tasas de hasta 2.4 Mbps en el enlace de bajada, con una velocidad promedio por usuario experimentada de 300 a 600 kbps en condiciones normales de funcionamiento, de 650 a 1400 kbps en horas donde la red no presenta mayor carga y de 150 a 300 kbps en horas pico [6], y una tasa de 153,6 Kbps en el enlace de subida. Además se deben tener en cuenta las variaciones de velocidad de acuerdo con el desplazamiento del usuario, esto es, alrededor de 2 Mbps para ambientes fijos, 384 kbps para peatones y 144 kbps para ambientes vehiculares en el enlace de bajada.

La arquitectura de la red CDMA2000 1xEV-DO es prácticamente idéntica a la de la red CDMA2000 1X, y en Colombia, esta red se encuentra operando simultáneamente con las redes de TDAM/IS-136 y CDMA2000 1X a través del mismo operador, en especial en aquellos lugares donde la demanda de tráfico de datos es elevada.

Como se observa, en el país se encuentran desplegadas infraestructuras móviles considerablemente diferentes para proporcionar servicios de voz y datos, aunque el servicio que aún prevalece en el mercado de las telecomunicaciones es el servicio de voz. Por lo tanto, se necesita de un verdadero impulso y esfuerzo para la creación de un mercado de datos diversificado que llegue a los usuarios, sectores corporativos y a los hogares colombianos, ofreciendo un acceso a la información con mayor calidad generando mayor productividad y desarrollo tanto a nivel empresarial como personal. La tabla 1 resume las tecnologías móviles desplegadas actualmente en Colombia, sus velocidades y tipos de servicios soportados.

³ Número de bits, caracteres, o paquetes de datos que se transmiten a través de un sistema de comunicaciones o porción de un sistema, en un determinado tiempo.

TECNOLOGÍA	OPERADOR (ES)	MAX TASA DE DATOS (downlink, Kbps)	SERVICIOS SOPORTADOS
TDMA/IS-186	América Móvil Telefónica Móviles	19,2	Voz, Circuitos de Datos
GSM	América Móvil Colombia Móvil Telefónica Móviles	57,6	Voz, Circuitos de Datos
GPRS	América Móvil Colombia Móvil	171,2	Servicio de Paquetes de Datos
EDGE	América Móvil Colombia Móvil- (Fase de implementación)	473,6	Voz, Paquetes de Datos
CDMA2000 1X	Telefónica Móviles	628	Voz, Circuitos de Datos, Paquetes de Datos
CDMA2000 1X EV-DO	Telefónica Móviles	2400	Servicios de Paquetes de Datos

Tabla 1 – Resumen Capacidades Tecnologías Móviles en Colombia

Como se muestra en la tabla 1, las diferentes tecnologías móviles implementadas en el país están en la capacidad de ofrecer servicios de datos que demanden velocidades medias o altas, aunque éstas realmente varían dependiendo de factores como la velocidad del usuario (se desplaza en automóvil, es un peatón o se encuentra estático), la geografía, factores atmosféricos, congestión de la red, etc. Aunque estas redes estén evolucionando y se encuentren en camino de poder prestar servicios de tercera generación, las velocidades que manejan no alcanzarán a las ofrecidas por las tecnologías WLAN.

En cuanto a servicios que se proporcionan comercialmente tanto a usuarios corporativos como residenciales se encuentran:

- Internet, que utiliza contenidos livianos diseñados para dispositivos móviles.
- Email.
- FTP.
- Streaming (música y videos en línea).
- Mensajería Instantánea.
- Chat.
- Servicio de Mensajes Cortos (SMS).
- Servicio de Mensajes Multimedia (MMS – Multimedia Message Service), que incluyen únicamente imágenes y sonido.
- Servicios de Localización, en su mayoría se aplica en vehículos.
- Servicios *Broadcast*.
- Servicios *Multicast*.
- Telemetría

- Internet Móvil para dispositivos con mayores capacidades como PDAs (Personal Digital Assistant) y Computadores Portátiles, que hacen uso de tarjetas de red específicas para cada tecnología de acceso disponible por parte del operador.

La actualidad de las tecnologías celulares en Colombia, se caracteriza por una fuerte lucha entre sus operadores por atraer mayor cantidad de clientes, por medio de la oferta de diversos planes y opciones que mejoran su experiencia como usuarios del servicio y su mercado aun hace alto énfasis en el tráfico de voz.

1.2 ENTORNO Y TECNOLOGÍAS WLAN EN COLOMBIA

Uno de los aspectos que más impacta el crecimiento y desarrollo de las tecnologías de la información es la penetración de Internet, y en este aspecto, según el Informe Sectorial de las Telecomunicaciones del 2004 [1], Colombia aún se encuentra rezagado. En el primer semestre del 2004 el porcentaje de penetración del Internet en Colombia era del 7.9%, inferior al nivel latinoamericano cercano al 10% para ese mismo periodo. Adicionalmente, en servicios como el acceso a Internet a través de banda ancha, los índices demuestran que el país se encuentra rezagado con un 1.2% de penetración en el 2004. Esto se debe básicamente a que en Colombia, existe un desconocimiento importante por el término banda ancha, el cual se maneja con cierta propiedad solo en sectores relacionados con tecnología, lo cual permite prever que para que exista una masificación de los servicios de Internet y de banda ancha, se requiere que los operadores trabajen en la culturización de los usuarios acerca de los beneficios que pueden obtener de las nuevas tecnologías.

Las redes WLAN, que manejan el estándar 802.11x (comúnmente llamadas redes Wi-Fi), están creciendo rápidamente y proporcionando acceso inalámbrico en sitios públicos y privados como hogares y oficinas, utilizando bandas de frecuencia no licenciadas, lo cual facilita su expansión, pero no garantiza en algunos casos la calidad de servicio y la seguridad e integridad de los datos debido a la utilización libre de su espectro. El mercado muestra que en ciertos puntos donde existe presencia masiva de usuarios tales como hoteles, restaurantes y aeropuertos, se está ofreciendo el servicio de acceso a Internet a través de la tecnología Wi-Fi (Wireless Fidelity), esto principalmente en las grandes capitales del país, donde se concentra el mayor número de usuarios de Internet. La tabla 2 muestra algunos de los puntos de acceso Wi-Fi que actualmente se encuentran operando en nuestro país.

LUGAR	CIUDAD	COSTO
Hotel Radisson	Bogotá	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas
Hotel Hacienda Royal	Bogotá	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas
Hotel Andino Royal	Bogotá	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas
Hotel Bogotá Royal	Bogotá	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas
Hotel Casa Dann Carlton	Bogotá	Tarjeta prepago Flycom Viajero (con ella 30 minutos valen 5.000 pesos y 60 minutos, 10.000 pesos) o 5 dólares el día
Hotel Tequendama Intercontinental	Bogotá	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Restaurante Cábala	Bogotá	Tarjeta prepago Flycom Viajero
Restaurante San Ángel	Bogotá	Tarjeta prepago Flycom Viajero
Club El Nogal	Bogotá	Tarjeta prepago Flycom Viajero
Puente Aéreo	Bogotá	Gratuito. A usuarios sin chip Wi-Fi les prestan una tarjeta
Restaurante Leo Katz	Bogotá	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas
Restaurante NY Deli.	Bogotá.	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas
Restaurante Cafe Renault	Bogotá	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas
Restaurante Dinner	Bogotá	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas
Sala VIP American Airlines – Aeropuerto El Dorado	Bogotá	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas
Hotel Intercontinental	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Hotel Belfort	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Hotel Novelty Suites	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Hotel Las Lomas	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Restaurante Ay Caramba	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Restaurante Ave María	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Restaurante Le Bon	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Restaurante Al Rojo	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Restaurante Zoo Café	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día

Restaurante La Martinera	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Restaurante Bourbon	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Restaurante Thaico	Medellín	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Sala VIP Avianca – Aeropuerto Rionegro	Medellín	Gratuito. A usuarios sin chip Wi-Fi les prestan una tarjeta
Hotel Intercontinental	Cali	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Hotel Dann Carlton	Cali	Tarjeta prepago Flycom Viajero o 5 dólares el día
Hotel Pacífico Royal	Cali	Planes pospago Avantel o tarjetas prepago de 10.000 o 24.000 pesos por 24 horas

Tabla 2 – Algunos sitios con puntos WiFi en Colombia

La arquitectura de una red WLAN es relativamente sencilla, debido a que la mayoría de las WLANs desplegadas en Colombia constan de una red distribuida de APs inalámbricos que se conectan a una LAN corporativa alamburada y a Internet a través de una conexión alamburada Ethernet, ADSL, cable modem de banda ancha, ISDN o una conexión T1. En el anexo A sección 2 se realiza una descripción de los elementos de red que forman parte de una WLAN.

Para lograr cierto nivel de seguridad tanto para la autenticación de usuario como para la protección de la información, se está utilizando la combinación de varios métodos que en conjunto han resultado satisfactorios para muchos operadores que prestan servicios de acceso inalámbrico, entre los cuales se encuentran el control de acceso con 802.1X, el filtrado de direcciones del nivel de Control de Acceso al Medio (MAC – Media Access Control), el encriptado con Privacidad Equivalente Cableada (WEP – Wired Equivalent Privacy), Acceso Protegido para Wi-Fi (WPA – Wi-Fi Protected Access), o WPA2 y en algunos casos 802.11i (Ver anexo B). Contrario a lo que se puede pensar, en Colombia, salvo algunas excepciones el nivel de seguridad en general de las redes WLAN, es relativamente bajo al ser una tecnología de reciente utilización en nuestro país.

Actualmente el mercado de las WLANs se encuentra experimentando una “batalla de estándares”, similar a la mayoría de las tecnologías en estado emergente, las cuales son promovidas por distintos fabricantes y vendedores, y adoptadas por empresas. Los estándares 802.11 más utilizados en Colombia son el 802.11a, 802.11b y 802.11g, de los cuales es necesario conocer sus características funcionales y técnicas, con el fin de tener un concepto claro de sus implicaciones en el mercado de las comunicaciones inalámbricas.

1.2.1 IEEE 802.11b

Este estándar actualmente se utiliza ampliamente en ambientes públicos y privados debido a sus características y rendimiento. Proporciona una velocidad de

transmisión de datos máxima de 11 Mbps sobre la banda de radio de 2.4 Ghz, con un rango promedio de cobertura de 100m (que puede ser mucho mayor de acuerdo a los equipos utilizados y a la configuración de la red). Se debe tener en cuenta que debido a que ondas de radio son las que transmiten la información, la relación señal a ruido y la velocidad de transmisión de los datos se ve afectada por factores como obstáculos en el trayecto y la longitud de la distancia entre el transmisor y receptor. Este estándar maneja otras velocidades como 1, 2, 5.5 y 11 Mbps de acuerdo a las condiciones del entorno.

IEEE 802.11b opera sobre 14 canales de radio, los cuales varían dependiendo del país, por ejemplo, los canales del 1 al 11 están disponibles en Colombia y Estados Unidos, mientras que en Europa se encuentran disponibles los canales del 1 al 13 y en Japón todos los 14 canales. Debido a la interferencia con los canales adyacentes, únicamente se pueden utilizar, por ejemplo, los canales 1, 6 y 11 en una subred WLAN.

1.2.2 IEEE 802.11a

Este estándar es utilizado en menor medida que el 802.11b, aunque especifica una velocidad de transmisión de datos máxima de 54 Mbps sobre la banda de radio de 5 Ghz. Dependiendo de condiciones similares a las que afectan al estándar 802.11b, la velocidad que ofrece el estándar 802.11a puede disminuir hasta 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbps.

La utilización de la banda de radio de 5 Ghz es una ventaja debido a que se encuentra menos saturada que la popular banda de 2.4 Ghz, sobre la cual operan las redes bluetooth, teléfonos inalámbricos y microondas, pero presenta la desventaja que al ser una frecuencia mayor los obstáculos del trayecto afectan la señal en forma más notoria. Se debe tener en cuenta que la tecnología 802.11a no es compatible con la 802.11b, por lo tanto, muchos fabricantes WLAN están produciendo equipos multibanda 802.11a/b.

1.2.3 IEEE 802.11g

El estándar 802.11g es un híbrido entre los estándares 802.11a y 802.11b, y es compatible con la tecnología 802.11b, compartiendo la misma banda de radio de 2.4 Ghz. La tecnología 802.11g proporciona una velocidad máxima de 54 Mbps en la transmisión de datos, manejando también velocidades de 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6, 11, 5.5, 2, 1 Mbps. [7][8]

Actualmente en el país, los clientes de equipos inalámbricos están solicitando dispositivos (puntos de acceso) que utilicen las tres tecnologías disponibles para redes Wi-Fi, siendo las tecnologías 802.11b y 802.11g las más populares debido a sus prestaciones, y teniendo en cuenta que los distribuidores autorizados manejan equipos de comunicaciones de fabricantes como CISCO y LYNKSYS, que soportan estos estándares inalámbricos [9]

Bajo redes o puntos de acceso implementados con éstas tecnologías se están prestando servicios de conexión hacia LAN's, servicios de Hotspots, servicios de acceso a Internet en Cybercafes, y en general servicios que requieren ubicuidad de la información, a la vez que existen proyecciones para la implementación futura de servicios de VoIP y ToIP (Voz sobre IP y Telefonía sobre IP), manejando niveles de seguridad que incluyen protocolos propietarios de Cisco como LEAP, junto con el estándar 802.1X y servidores de autenticación centralizado de AAA, con protocolos como RADIUS. [9]

Existe otro estándar inalámbrico que está emergiendo en la actualidad denominado IEEE 802.16, mejor conocido como Interoperabilidad Mundial por Acceso por Microondas WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), que está generando grandes expectativas debido a sus características de cobertura y capacidad; pero teniendo en cuenta que es una tecnología muy reciente, no se realizará una descripción de la misma teniendo en cuenta que su implementación a gran escala en Colombia tardará algún tiempo más, además los desarrollos que permiten el *roaming* entre las redes celulares y las redes inalámbricas están enfocados en la tecnología 802.11x

En el mercado residencial, los servicios que se brindan a través de WLAN están limitados al acceso a Internet de alta velocidad. Algunas aplicaciones como descarga de programas, música y video por demanda, video juegos, televigilancia y teleeducación, se encuentran disponibles a través de este tipo de conexiones que brindan soporte de altas tasas de datos.

Para el sector corporativo, los operadores ofrecen diversos servicios y aplicaciones para el manejo y transmisión de la información, dentro de los cuales se encuentran los siguientes:

- Streaming (aplicaciones de video, audio e imágenes en línea)
- Videoconferencia
- Voz sobre IP
- Data centros
- Televigilancia
- Seguridad Informática
- Voz corporativa
- Hosting
- Control de Inventario
- Interconexión de PBX
- Interconexión LAN
- Acceso remoto a bases de datos
- Oficinas Virtuales (permiten realizar actualizaciones o consultas sin necesidad de desplazarse hasta la oficina).
- Redes Privadas Virtuales (servicio de conexión de datos a través de túneles entre cada una de las oficinas del cliente y su sede principal)
- Acceso dedicado a Internet

El costo actual de los servicios de banda ancha se presenta como una de las principales variables para la adquisición de una conexión de alta velocidad a nivel residencial y PYMES. Este costo se considera alto, principalmente por el desconocimiento por parte de los usuarios de los beneficios que una conexión de banda ancha puede brindar, y en general, por que no se han creado las necesidades suficientes para tener un acceso de este tipo, ya que por ejemplo, en el caso de usuarios residenciales, el correo electrónico y el Chat se constituyen en las aplicaciones mas utilizadas, las cuales pueden ser soportadas por una conexión de acceso conmutado o de banda angosta de manera satisfactoria.

Antes de que se pueda pensar en la masificación de WLAN como tecnología de acceso, debe promoverse el uso de tecnologías de banda ancha como xDSL o cable MODEM, por medio de generación de contenidos y aplicaciones, de tal forma que se motive a los usuarios a que adopten las nuevas tecnologías.

1.3 ENTORNO REGULATORIO

En esta sección se brinda una visión general acerca del entorno regulatorio por el que está caracterizado Colombia y que se relaciona con el tema central de este documento, aunque no se realiza un énfasis profundo acerca de su normatividad ya que el objetivo es mostrar únicamente cual es la posición del gobierno frente a estas tecnologías y dejar referencia a las resoluciones que el Ministerio de Comunicaciones a sentado en el marco regulatorio de las mismas.

Las condiciones y normatividad existentes, y los incentivos del gobierno (programas de masificación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TICs), intervienen en el desarrollo de servicios y aplicaciones, implantación de nuevas tecnologías, mercados y el uso productivo de la infraestructura existente por parte de los operadores, proveedores de soluciones y desarrolladores de contenido. Igualmente, desde el punto de vista de los usuarios, estas condiciones impulsan la utilización de los servicios, proporcionan medios de acceso y se constituyen en la herramienta para la culturización de la tecnología y desarrollo de la Sociedad de la Información.

Con respecto a la regulación del servicio de Banda Ancha (esencial para la expansión de las tecnologías inalámbricas en todos los sectores del país), de conformidad con lo establecido por el Gobierno Nacional, y por ser diferente a los servicios básicos de telecomunicaciones y utilizar éstos como soporte, así como por permitir el envío o intercambio de información, se clasifican en Colombia como servicios de valor agregado, es decir todos los servicios de telecomunicaciones estarán sometidos a un régimen de libertad de tarifas, excepto en los casos señalados en el Título V de la Resolución CRT 087 de 1997, o cuando la CRT resuelva lo contrario.

El Ministerio de Comunicaciones, observando el auge de las redes de acceso inalámbrico en el mundo, y con el fin de promover el uso de tecnologías inalámbricas de acceso de banda ancha en Colombia, expide la resolución 689 del 21 de abril de 2004, que se considera la “norma inalámbrica unificada”, porque armoniza y reúne todos los sistemas de acceso inalámbrico tales como Wi-Fi y bluetooth. Esta Resolución permite garantizar el “uso libre y público del espectro”, y se aplica a los sistemas de radiocomunicación de acceso inalámbrico y a las redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia.

A través de esta Resolución, se atribuyen dentro del territorio nacional a título secundario, para operación sobre una base de no-interferencia, los siguientes rangos de frecuencias radioeléctricas para su libre utilización:

- Banda de 902 a 928 MHz
- Banda de 2 400 a 2 483,5 MHz
- Banda de 5 150 a 5 250 MHz
- Banda de 5 250 a 5 350 MHz
- Banda de 5 470 a 5 725 MHz
- Banda de 5 725 a 5 850 MHz

La regulación de estas tecnologías es uno de los primeros pasos hacia la expansión de las mismas, por lo que aunque en el caso de las tecnologías inalámbricas la normatividad sea tan reciente, es conocido que uno de los principales factores que impulsó la realización de la misma fue la presión del sector al gobierno central.

De esta manera, conociendo la realidad tanto de las tecnologías inalámbricas como de las tecnologías móviles celulares en el país, sus principales características, velocidades de acceso y servicios que están en capacidad soportar, en el capítulo 2 se realiza una descripción de las diferentes opciones para la implementación del *roaming* entre estas dos redes para su integración y soporte de servicios de datos sin interrupciones en las sesiones activas.

2. SOLUCIONES TÉCNICAS PARA LA REALIZACIÓN DEL ROAMING ENTRE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA RED WLAN

En la actualidad, aunque las redes celulares de generaciones posteriores a la 2.5G ofrecen buena velocidad para la transmisión de datos de usuarios móviles, la utilización de redes WLAN en recintos públicos, redes corporativas, empresas, etc., hace que esta tecnología surja como una nueva alternativa para el acceso a la información, gracias a las bondades y ventajas que ofrece. La demanda de movilidad y velocidad por parte de los usuarios ha generado grandes perspectivas a nivel mundial, promoviéndose así, la utilización conjunta de éstas dos tecnologías, con el fin de beneficiar a los usuarios y generar un nuevo mercado que supla las necesidades y las exigencias del nuevo siglo.

Se debe tener en cuenta que las alternativas de solución disponibles actualmente para la integración de la red WLAN con la red Móvil Celular, hacen énfasis en tecnologías celulares de 2.5G y 3G, debido a que las redes celulares de 2G utilizan conmutación de circuitos (ver secciones 1.1.1 y 1.2.1) para la transmisión de datos y brindan velocidades finales a los usuarios que resultan ser muy inferiores a las proporcionadas por tecnologías de generaciones posteriores (ver secciones 1.1.3 – 1.1.6). En este capítulo se analizan las alternativas existentes para las redes GPRS y CDMA2000 1X, debido a que son las tecnologías base para la prestación del servicio de paquetes de datos en las redes celulares y se constituyen en los pilares para su siguiente evolución como lo es la tecnología EDGE y CDMA2000 1xEV-DO respectivamente.

Las alternativas que posibilitan la integración de la red WLAN con la red Móvil Celular se dividen básicamente en dos grupos: soluciones Rígidamente Acopladas y soluciones Ligeramente Acopladas, las cuales, dependiendo de sus características básicas, pueden demandar la implementación de ciertos mecanismos adicionales para lograr unificar los procesos de AAA de ambas redes, necesarios para desempeñar tareas indispensables como el control de acceso a la red, identificación de los usuarios, facturación del servicio, entre otras.

En este capítulo se describen y analizan ambos grupos de soluciones, teniendo en cuenta las características de implementación, las funcionalidades que se logran, el grado de integración que se alcanza y los recursos de red que se comparten e interoperan. El objetivo que se persigue, es el de brindar al lector un campo de visión lo suficientemente amplio como para establecer con claridad cuáles son las opciones tecnológicas disponibles para lograr un *roaming* efectivo entre la red

Móvil Celular y la red WLAN, para que posteriormente, esté en capacidad de entender cual o cuales de las opciones resultarían convenientes para su implementación dentro del entorno colombiano.

2.1 SOLUCIONES RÍGIDAMENTE ACOPLADAS PARA GPRS

El objetivo que se encuentra detrás de estas soluciones es el de implementar un dispositivo WLAN que emule un elemento de red GPRS existente, de tal forma que el segmento WLAN pueda ser integrado completamente a la red GPRS.

Estas soluciones se plantean para que los operadores GPRS puedan desplegar celdas WLAN y prestar servicios de Internet a mayor velocidad dentro de éstas, con el fin de aprovechar las bondades de ambas redes sin tener que modificar el núcleo de la red.

Con el fin de evitar modificaciones forzosas de los nodos GPRS ya establecidos el nuevo elemento de red WLAN deberá satisfacer los protocolos utilizados en las interfaces GPRS con las cuales estará en conexión directa.

Dentro del grupo de las Soluciones Rígidamente Acopladas se dispone de dos opciones: la primera se refiere a la implementación de un dispositivo WLAN que se conecte directamente a la interfaz Gb, en cuyo caso se emula el BSS y la segunda, a un dispositivo WLAN que se conecte directamente a la interfaz Gn, en cuyo caso se emula el SGSN de la arquitectura GPRS. Si se selecciona esta última alternativa, tanto la interfaz de señalización Gr entre el SGSN y el HLR como la interfaz Gs entre el SGSN y el MSC/MLR deben ser tenidas en cuenta, ya que es la que permite al SGSN realizar los procesos de registro y autenticación de usuarios (ver anexo A sección 1.3).

2.1.1 Emulación BSS

La figura 1 muestra la arquitectura de la red GPRS que utiliza un dispositivo emulador del BSS. Como se observa, brinda la posibilidad de que el núcleo de red GPRS vea al segmento WLAN como otra celda GPRS.

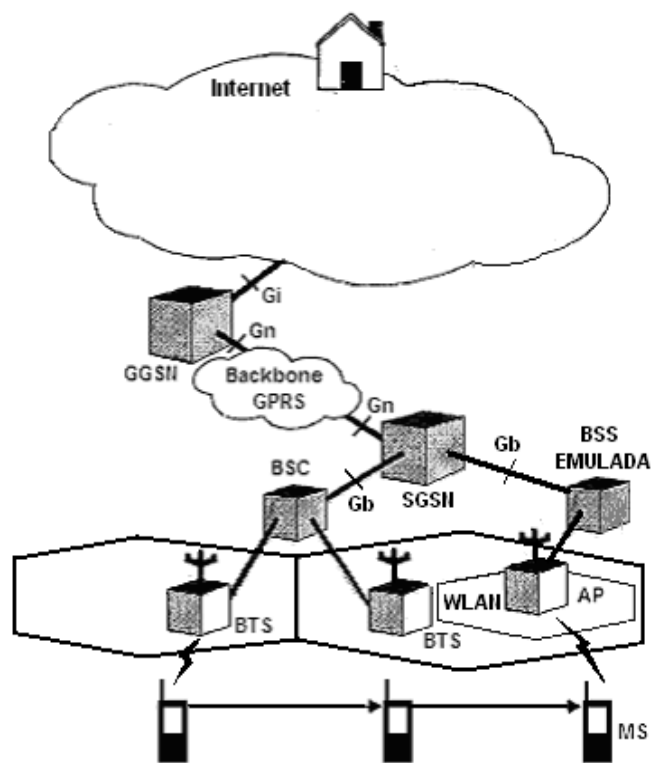


Figura 1 – Arquitectura red GPRS con dispositivo emulador del BSS. [10]

El nivel físico L1bis, el de Servicio de Red (NS – Network Service) y el del Protocolo GPRS del Subsistema de Estaciones Base (BSSGP – BSS GPRS Protocol) deben implementarse dentro del dispositivo emulador, teniendo en cuenta que las funciones desempeñadas por éste, son similares a las que desempeña el BSS en la red GPRS, como se muestra en la figura 2.

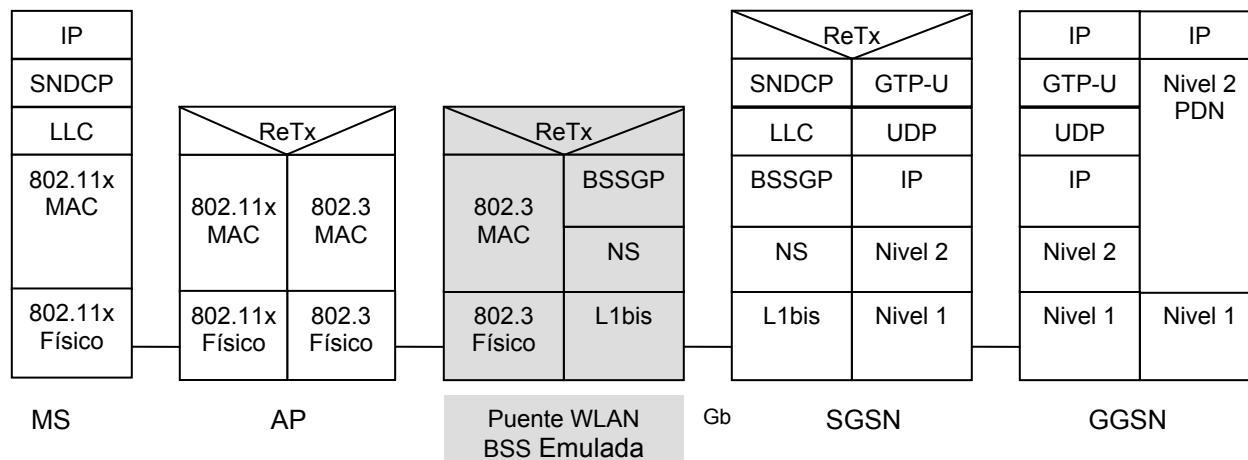


Figura 2 – Plano de transmisión BSS Emulada (primera opción). [11]

Cada vez que la MS (TE)⁴ se asocia a la red WLAN, requiere que se le asigne una dirección IP, función que puede ser implementada en el dispositivo emulador con el fin de disminuir la carga que genera esta tarea por el intercambio de información entre el SGSN y la MS. Para lograr este objetivo se deben integrar tanto el nivel de Control de Enlace Lógico (LLC – Logical Link Control) como el de Protocolo de Convergencia Dependiente de Subred (SNDCP – Sub Network Dependent Convergence Protocol) (figura 3), debido a que son los niveles encargados de sustentar esta función en el plano de señalización del sistema.

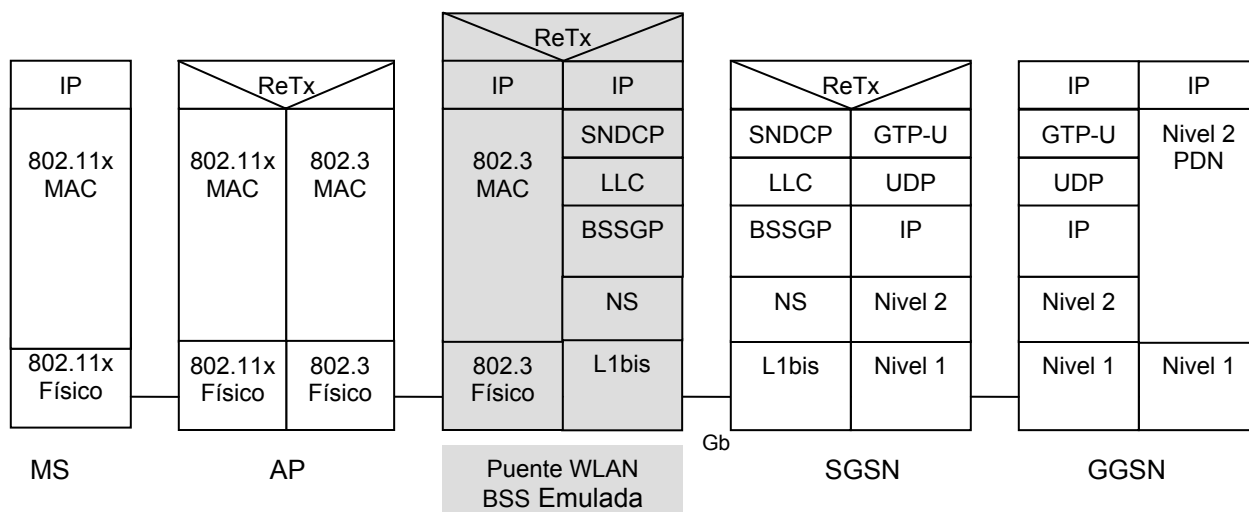


Figura 3 – Plano de transmisión BSS Emulada (segunda opción). [12]

El nivel LLC está diseñado para proporcionar un enlace lógico confiable entre la MS y el SGSN. También garantiza la confidencialidad de los datos de usuario por medio de funciones de encriptación y confidencialidad en la identidad de usuario. [13]

El nivel SNDCP realiza la compresión del encabezado y los datos de usuario utilizando algoritmos independientes con el fin de minimizar la cantidad de información transmitida sobre la interfaz aérea. Además, segmenta los paquetes provenientes del nivel superior, cuyo tamaño es mayor al permitido en el nivel LLC, de la misma forma en que los reensambla en el receptor para entregarlos al nivel superior. De igual manera, cuando los paquetes son de tamaño inferior al de una trama LLC, también es capaz de realizar multiplexación y demultiplexación, de forma tal, que ningún espacio del bloque de datos sea desperdiciado. Finalmente, es responsable de asegurar que los paquetes de usuario se transmitan y reciban de acuerdo con la QoS establecida. [14]

⁴ Se debe tener en cuenta que la Estación Móvil (MS – Mobile Station) está conformada por el Equipo Terminal (TE - Terminal Equipment; por ejemplo, PC portátil) y el Terminal Móvil (MT – Mobile Terminal; por ejemplo, celular). Los terminales duales contarán con ambos sistemas en el mismo aparato.

Al incluirse el nivel LLC y SNDSCP, equivalente al nivel GMM/SM en el plano de señalización en el dispositivo emulador (figura 4), es posible simplificar el terminal de usuario, ya que se elimina la necesidad de algoritmos que desempeñan las funciones de estos niveles cuando la MS (TE) se conecta a la red WLAN. Adicionalmente se logra que el dispositivo emulador se encargue de tareas relacionadas con el soporte de movilidad del terminal entre la red móvil Celular y la red WLAN; como lo son la asociación y desasociación de un terminal GPRS, la actualización de áreas de enrutamiento, la actualización de localización y la activación y desactivación del contexto del Protocolo de Paquetes de Datos (PDP – Packet Data Protocol).

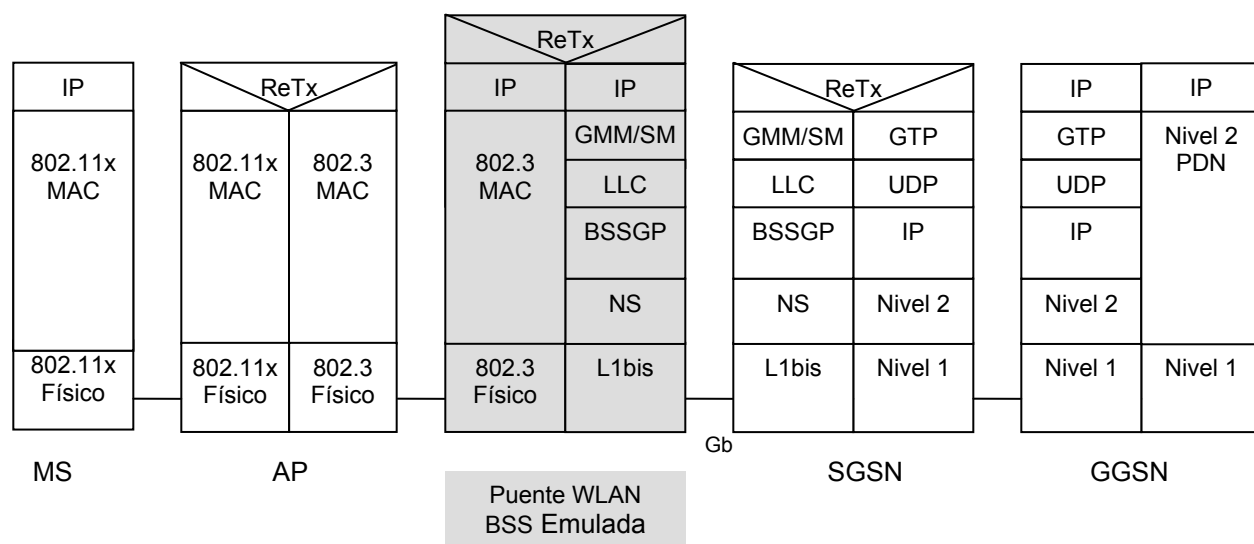


Figura 4 – Plano de señalización BSS Emulada (segunda opción). [12]

Para lograr que el *roaming* entre la red WLAN y la red móvil Celular funcione correctamente, se requiere información contenida en la tarjeta SIM de usuario. Una posible alternativa al inconveniente que tiene el TE de tener que estar accediendo a la información SIM puede ser la de almacenar la información SIM de todos los subscriptores en una base de datos conectada al dispositivo emulador.

El TE debe comunicarse con los protocolos de los niveles inferiores del MT para informar acerca de la cobertura WLAN en todo momento. Así mismo, debe identificar el segmento WLAN que cuenta con su propio Código de Identificación de Estación Base Tranceptora (BSIC – Base transceiver Station Identity Code), e indicar al MT que reporte a la red GPRS cuando encuentra una intensidad de señal alta en la celda WLAN para forzar al sistema a iniciar el *roaming* como lo muestra la figura 5.

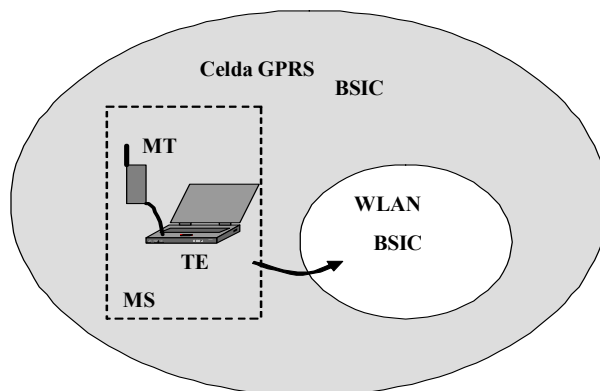


Figura 5 – BSIC para el segmento WLAN y la celda GPRS. [12]

Cuando la MS (TE) se mueve fuera de la cobertura WLAN debe recuperar información del MT acerca de cual intensidad de señal de las celdas es suficiente para forzar al dispositivo emulador a reportar esto a la red para así realizar el *roaming*. Esta solución se basa en configurar el dispositivo emulador como una celda estándar, de forma tal, que pueda reportar cuando el TE presente baja intensidad de señal en la interfaz WLAN. Debido a que la cobertura WLAN es mucho mas pequeña que la cobertura de una celda GPRS, es conveniente planear la estructura de celda para que esta última abarque a la celda WLAN.

La actualización del Área de Enrutamiento (RA – Routing Area) es menos compleja que el procedimiento de *roaming*. La actualización del RA se lleva a cabo periódicamente o cuando la MS se esta moviendo entre RAs. Como se muestra en la figura 9; el protocolo GMM/SM implementado en el dispositivo emulador es el encargado de realizar esta función, lo que significa que este puede enviar una actualización de RA cuando la MS (TE) se conecta al segmento WLAN. Debido a que la MS (MT) ejecuta actualizaciones de RA periódicamente cuando se encuentra asociada a la red móvil Celular, ésta debe ser notificada de no hacerlo cuando está asociada al segmento WLAN. Cuando la MS (TE) sale de la cobertura WLAN, la MS (MT) debe ser forzada a realizar una actualización de RA y sólo entonces ésta será asociada a la red móvil Celular.

2.1.2 Emulación SGSN

Teniendo en cuenta que la solución descrita anteriormente conduce a ciertos problemas de implementación, se plantea una solución alternativa en la que el dispositivo emulador se traslada a la interfaz Gn. La figura 6 muestra la arquitectura resultante para la red GPRS cuando se utiliza esta alternativa.

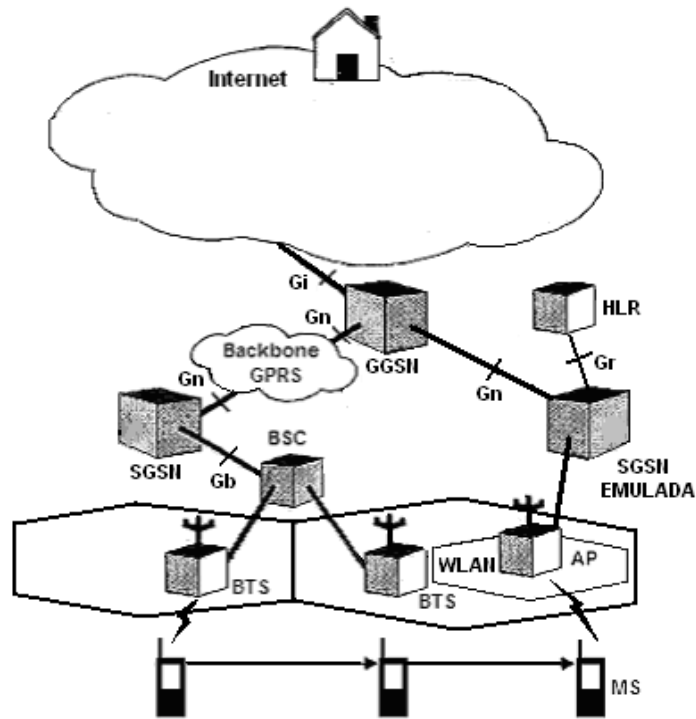


Figura 6 – Arquitectura red GPRS con dispositivo emulador del SGSN.

A simple vista esta puede lucir como una implementación muy simple, pero a diferencia de la alternativa planteada anteriormente donde el intercambio de información con el HLR es realizado por el SGSN de la red GPRS, en este caso es el dispositivo emulador quién realiza esta tarea; por lo tanto, debe soportar la interfaz de señalización Gr que lo comunica con el HLR debido a que emulará las funciones del SGSN, como por ejemplo, informar al HLR acerca de la ubicación actual de la MS y recibir del HLR el perfil del usuario. La figura 7 muestra el plano de transmisión para un dispositivo WLAN que emula el SGSN.

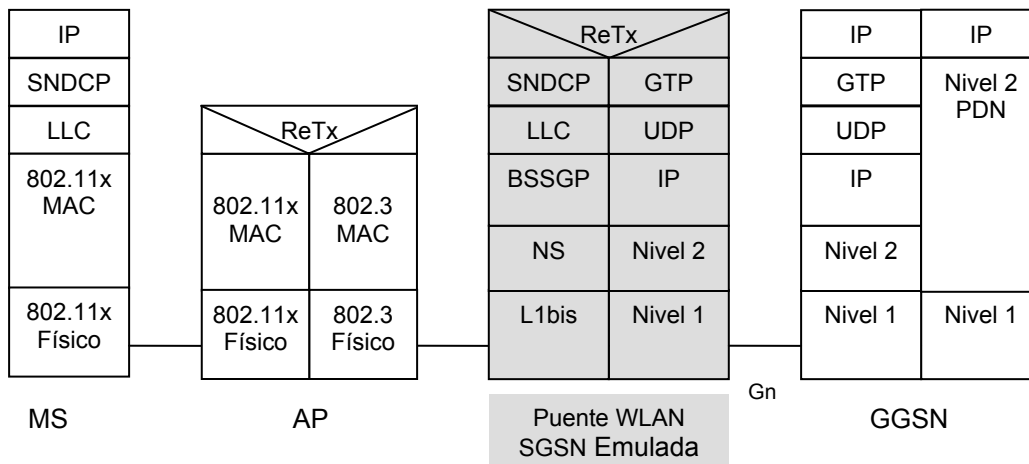


Figura 7 – Plano de transmisión SGSN Emulado. [11]

El nivel GTP que se especifica en el plano de transmisión de la figura 7, proporciona un servicio de transporte de paquetes de datos de usuario, a la vez que define un túnel de control y protocolo de gestión que es utilizado para crear, modificar y eliminar túneles, los cuales constituyen un herramienta esencial en la creación de servicios de conectividad GPRS. [15]

Interfaces de Señalización Gr y Gs:

La señalización entre el HLR y el SGSN incluye información relacionada con actualizaciones de localización, información de enrutamiento, perfiles de usuario y *roaming*. Por lo tanto, los protocolos en la interfaz Gr deben estar integrados en el dispositivo emulador debido a que proporcionan comunicación con el HLR para la realización de los procesos de registro, autenticación, autorización, encriptación y gestión de movilidad.

Como se muestra en la figura 8 a), el plano de señalización entre el SGSN y el HLR esta construido sobre el Segmento de Aplicación Móvil (MAP – Mobile Application Part), protocolo que permite la comunicación en tiempo real entre nodos que pertenecen a la red celular.

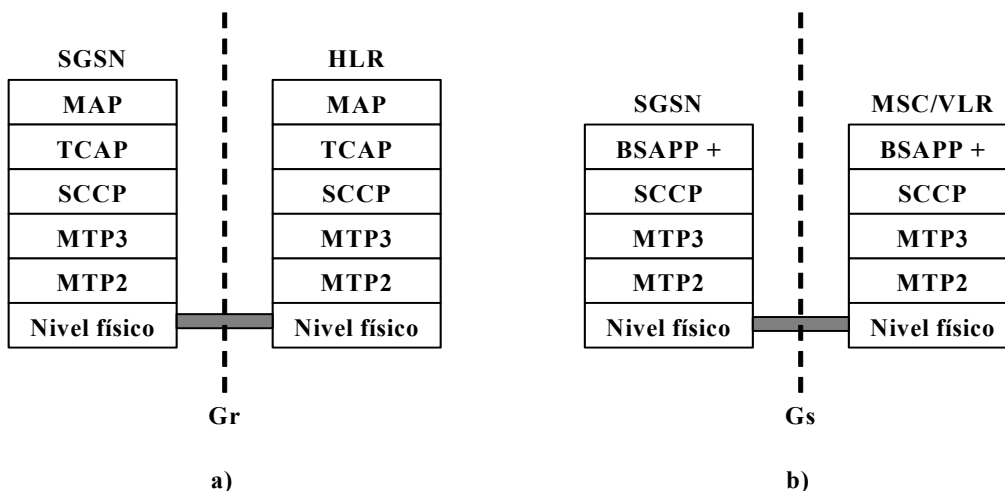
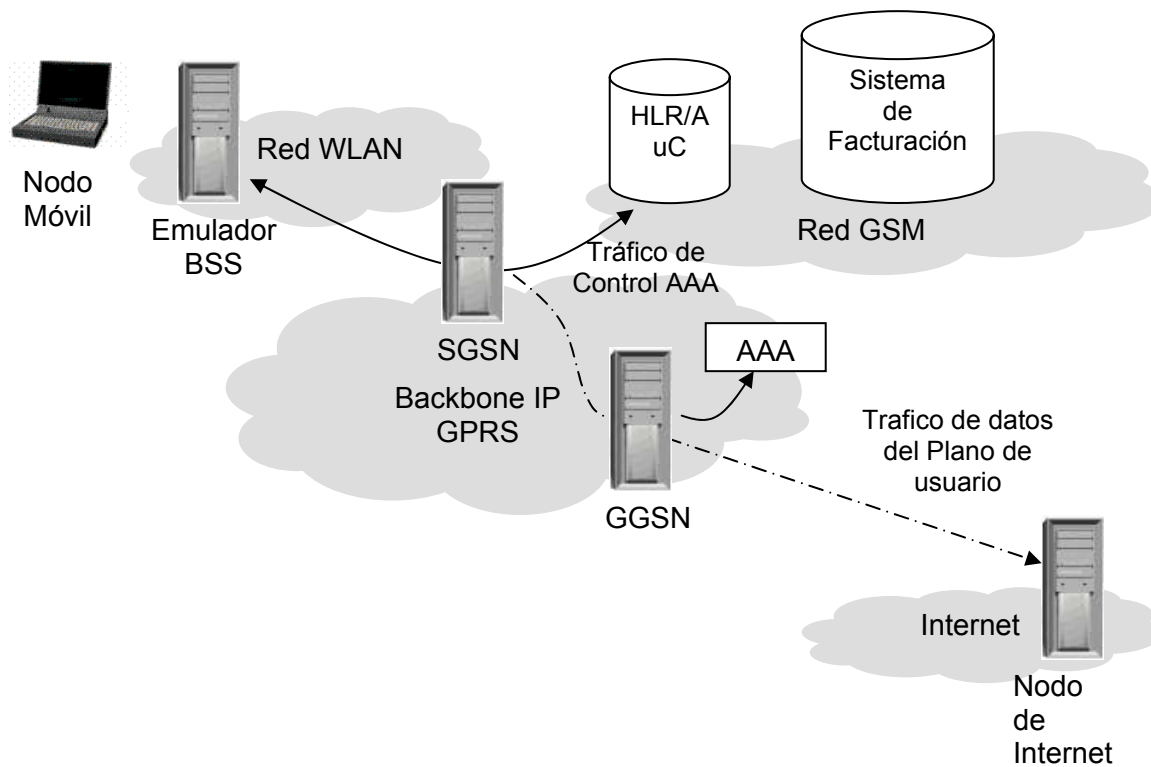


Figura 8 – a) Plano de señalización SGSN - HLR b) SGSN - VLR/MSC. [12]

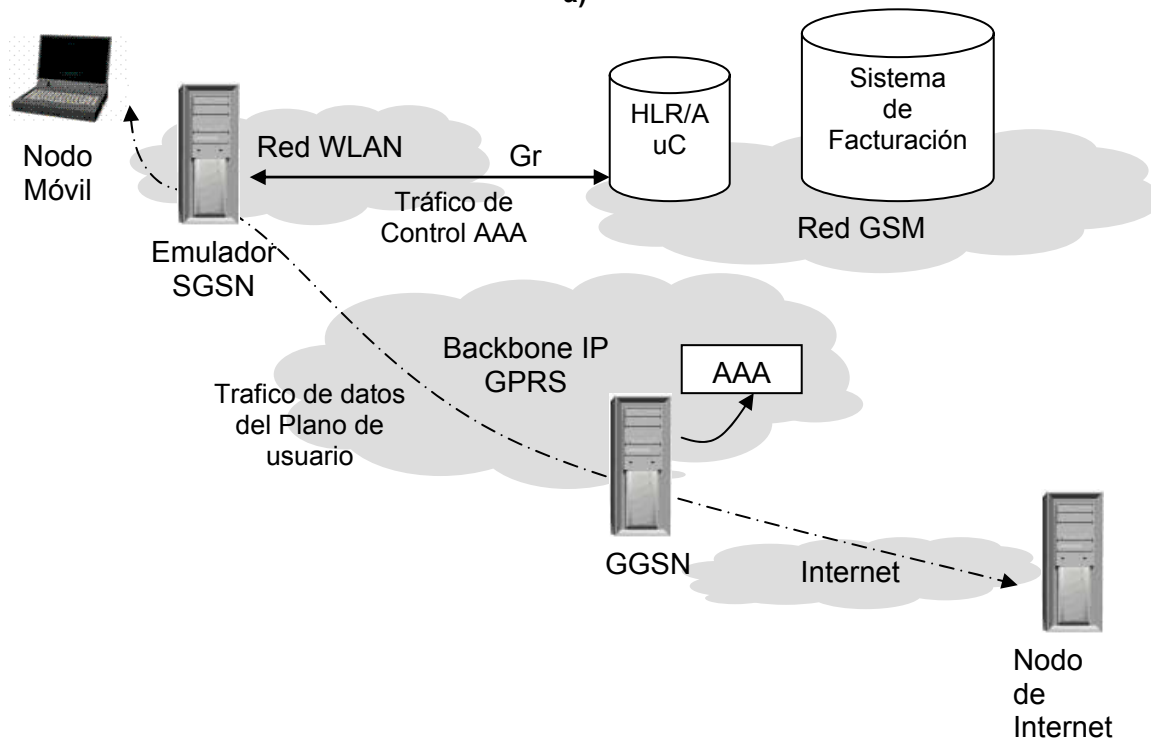
Una interfaz de señalización entre el SGSN y el MSC/VLR (figura 8 b)), que está definida sobre la interfaz Gs, puede ignorarse en el dispositivo emulador mientras que la MS opere en modo clase C, lo que significa que la MS, aunque soporta conectividad tanto de voz como de datos (GSM y GPRS), solo transmite y recibe un servicio a la vez.

2.1.3 AAA

En un sistema WLAN-GPRS rígidamente acoplado, la red WLAN toma ventaja de mecanismos relacionados con la autenticación, movilidad y seguridad que son proporcionados por la red GPRS. Por lo tanto, al comprender las primitivas GPRS, el dispositivo emulador está en la posibilidad de ejecutar operaciones como cualquier unidad de red GPRS. La figura 9 muestra la arquitectura AAA para las distintas soluciones rígidamente acopladas.



a)



b)

Figura 9 – AAA para soluciones Rígidamente Acopladas a) Emulación BSS b) Emulación SGSN. [16]

La red WLAN utiliza la conectividad del nivel de enlace (el AP maneja los dos primeros niveles del modelo OSI para la conexión con la MS) para relacionarse con la red de transporte GPRS. Por lo tanto, el control de tráfico de señalización relacionado con los servicios AAA, así como el tráfico relacionado con los datos de los clientes móviles, atraviesan el *backbone* GPRS y utilizan las interfaces existentes hacia las redes de paquetes externas como Internet. La IETF ha estandarizado un nuevo EAP-GPRS (ver anexo B sección 2.2.4) para la estructura de autenticación EAP que provee autenticación de clientes móviles en escenarios rígidamente acoplados como los que se han descrito.

2.1.4 Análisis

Tanto la emulación del BSS como del SGSN en las soluciones rígidamente acopladas, trae consigo la necesidad de información SIM en el TE y el dispositivo emulador. La información SIM puede leerse solamente por el MT, y por lo tanto demanda una interfaz para la comunicación con protocolos de nivel bajo para la comunicación con el TE. La necesidad de esta información SIM en el TE y en el dispositivo WLAN emulador puede traducirse en un problema de seguridad, aunque la integración de GMM/SM y LLC en el dispositivo emulador reduce el problema de seguridad mientras se logre disminuir el envío de información SIM sobre la interfaz de radio WLAN.

En las soluciones rígidamente acopladas la integración de la red WLAN a la red GPRS cuenta con el beneficio del soporte completo que ofrece la red GPRS para los servicios de AAA, ya que, el segmento WLAN es visto desde el *backbone* GPRS como una celda más de la red móvil Celular. De esta manera, tanto las operaciones de autenticación, autorización y tarificación, como la seguridad hacia redes externas, son responsabilidad de la red GPRS. Esta característica primordial de las soluciones rígidamente acopladas, permite brindar un *roaming* de alta velocidad a los usuarios que están en constante movimiento, lo que les garantiza continuidad en sus sesiones de transferencia de datos.

Las soluciones descritas habilitan la cobertura WLAN donde quiera que exista un *backbone* GPRS, de esta forma, donde hay carencia de cobertura de Internet, las redes GPRS cuentan con la habilidad de ofrecer gran ancho de banda a través de una tecnología WLAN de bajo costo.

2.1.4.1 Análisis Emulación BSS

Aunque el plano de transmisión del dispositivo WLAN que emula el BSS parece ser relativamente fácil de implementar, se requiere alguna modificación de software en la MS, con el fin de que sea capaz de usar tanto la interfaz del MT como la interfaz del TE con la misma dirección IP.

La implementación completa de la solución puede proporcionar mayor movilidad y *roamings* más rápidos al usuario, aunque la tasa de transmisión de datos puede

limitarse debido a la capacidad del nivel físico en la interfaz Gb. La utilización de Frame Relay en la interfaz Gb [17] limita la tasa de datos a 2Mbps que son mínimos cuando WLAN ofrece cerca de 11Mbps.

El inconveniente a afrontar con esta solución es que cuando una gran cantidad de usuarios se asocian a los segmentos WLAN, la carga en el *backbone* GPRS se incrementa debido a la diferencia de velocidades entre GPRS y WLAN, generando así cuellos de botella. El problema de carga es mayor en la interfaz Gb debido a las limitaciones en el nivel físico.

2.1.4.2 Análisis Emulación SGSN

La implementación del dispositivo emulador es compleja debido a que se requiere satisfacer tanto la interfaz Gn como la Gr. La implementación de la señalización MAP sobre la interfaz Gr parece ser la parte más complicada de la implementación del dispositivo, pero sería factible hacerlo sin afectar los nodos de red existentes.

Una ventaja importante de esta alternativa con relación a la anterior, es que la red GPRS en su *backbone* no limita la velocidad de transmisión de los datos cuando el usuario está asociado al segmento WLAN, debido a que los niveles inferiores no están estandarizados para la interfaz Gn, por lo que es posible de escalar de acuerdo a las exigencias de tráfico de la red. Adicionalmente, un segmento de red WLAN puede contar con un solo dispositivo emulador del SGSN controlando varios puntos de acceso, lo que se traduce en reducción de costos para el operador.

2.2 SOLUCIONES LIGERAMENTE ACOPLADAS PARA GPRS

Las soluciones ligeramente acopladas se caracterizan porque la infraestructura de la red WLAN permanece independiente de la infraestructura de la red móvil celular, es decir, que utilizan Internet como red de transporte tanto de datos del plano de señalización como del plano de transmisión. Debido a la independencia entre las redes, las funciones AAA deben realizarse mediante acuerdos preestablecidos entre los proveedores de los servicios tanto GPRS como WLAN, de tal forma que el sistema de cobro pueda unificarse y sea transparente al usuario.

En este tipo de soluciones se utiliza el protocolo IP Móvil (MIP – Mobile IP) o el Protocolo de Control de Transmisión de Flujo Móvil (MSCTP - Mobile Stream Control Transmission Protocol), que permiten manejar la movilidad de usuario a nivel IP y nivel de transporte respectivamente en redes WLAN, y que se diseñaron para ser transparentes a los enrutadores y servidores en Internet. Gracias a que el GGSN se observa como un enrutador IP normal cuando se accede a la red GPRS desde Internet a través de la interfaz Gi, también es posible utilizar los protocolos mencionados cuando se usa GPRS como una tecnología de acceso.

Para lograr que las dos redes interoperen y que el usuario pueda realizar un *roaming* efectivo entre ellas a lo largo de una sesión en curso, la intensidad de la señal WLAN debe medirse periódicamente por la MS (TE), una vez por segundo o algún tiempo estimado más o menos similar, mientras se encuentra activa en la red GPRS. Si la intensidad de la señal está en un nivel aceptable, la MS (TE) debe encontrar una dirección IP que le permita utilizar a la red WLAN como tecnología de acceso.

2.2.1 Soluciones que utilizan el protocolo IP Móvil

Existen varias soluciones posibles para lograr la interoperabilidad entre la red GPRS y la WLAN usando IP móvil si se tiene en cuenta el tipo de dirección IP que la red WLAN le asigna a la MS (TE), además de la ubicación del Agente Local (HA – Home Agent) y los Agentes Foráneos (FAs – Foreign Agents) (elementos propios del estándar IP móvil) con respecto a la red GPRS. En la figura 10 se muestra la arquitectura general para este tipo de soluciones.

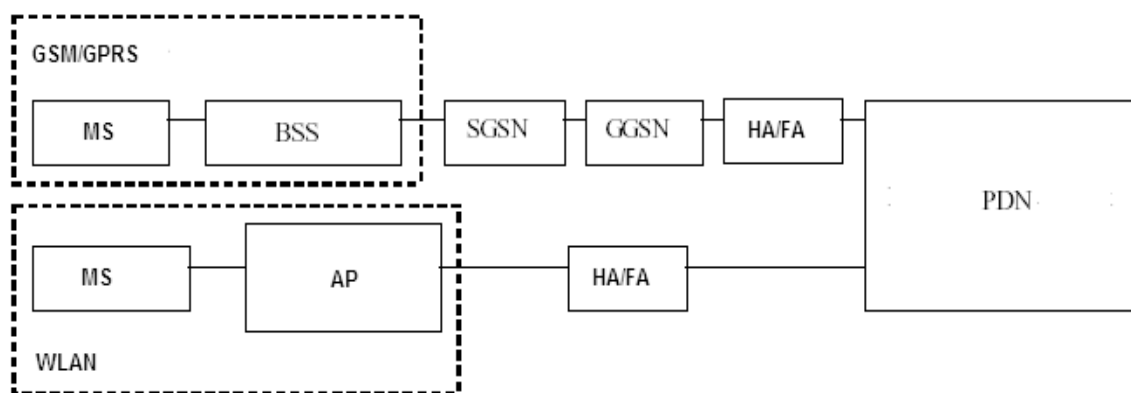


Figura 10 – Esquema General para el *Roaming* entre la red móvil Celular y la red WLAN utilizando IP Móvil. [11]

Las redes WLAN pueden ser redes corporativas o redes públicas (*hotspots* o puntos de acceso WLAN ubicados por el operador celular u otro operador de telecomunicaciones en sitios públicos), y dependiendo de estos y otros factores, se pueden tener diversas configuraciones en la arquitectura de red para que los usuarios puedan realizar el *roaming* de una tecnología a otra.

2.2.1.1 HA ubicado en la red Local utilizando direcciones *care-of*

La primera solución considerada con IP móvil, consiste en ubicar el HA en una red local en cualquier lugar en Internet preferiblemente donde el usuario permanece la mayor parte del tiempo, por ejemplo una red de una compañía, de un sitio público o una red perteneciente a un ISP. Los FAs deben estar ubicados en las redes WLAN restantes con las que se desea soporte para el *roaming* (figura 11), así como en la frontera con la red GPRS (interfaz Gi). Como el Punto de Acceso (AP

- Acces Point) WLAN es un puente entre Ethernet 802.3 y WLAN 802.11x, los FAs ubicados en los segmentos WLAN pueden usar la implementación estándar especificada por IP móvil.

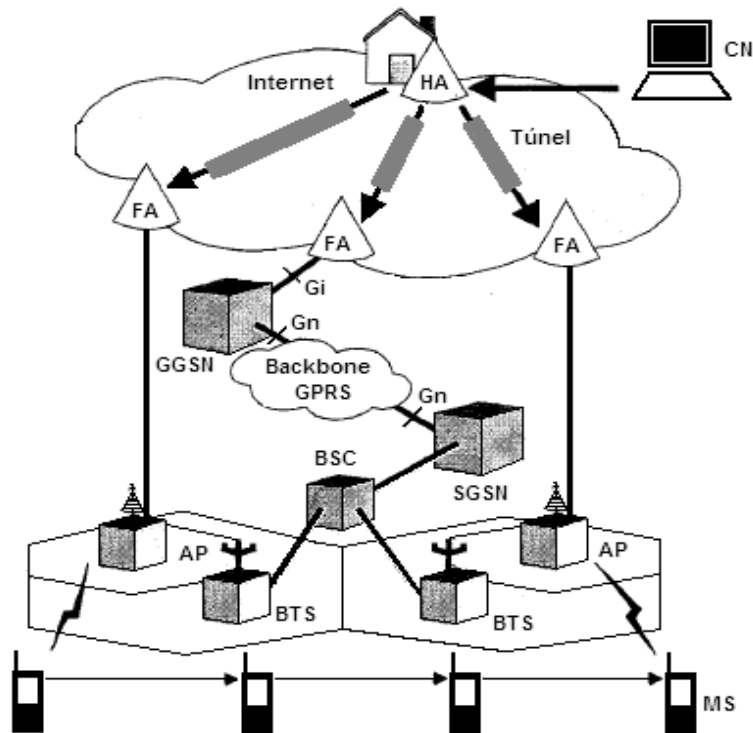


Figura 11 – HA ubicado en la red local utilizando direcciones *care-of*. [10]

En este caso se requiere que la MS (TE) utilice una dirección temporal o dirección *care-of*⁵ que la otorga el FA, el cual es el encargado de desencapsular y direccionar los paquetes provenientes del Nodo Correspondiente⁶ (CN – Correspondent Node) desde Internet y que están dirigidos a la MS, utilizando los protocolos del nivel de enlace como lo indica el estándar IP Móvil, ya que los protocolos de nivel de red se utilizan en el túnel con el HA. Se debe tener en cuenta que cuando la MS se encuentra enlazada con la red GPRS, su direccionamiento se realiza a nivel de red con la dirección que le ha sido asignada por la red GPRS. Por esta razón, el software del FA ubicado en la interfaz Gi debe modificarse para que en lugar de utilizar una dirección MAC para realizar el direccionamiento de la MS que se encuentra en la red GPRS, utilice la dirección IP que le ha sido asignada desde el GGSN.

⁵ Dirección temporal que le asigna un FA a un Terminal Móvil utilizando el estándar IP Móvil. Para más información remitirse al anexo C sección 1.2.1.

⁶ Equipo con el cual el nodo móvil se está comunicando. Puede ser un equipo móvil o fijo.

2.2.1.2 HA ubicado en la interfaz Gi utilizando direcciones *care-of*

Con el fin de evitar la modificación del software del FA que se ubica en la interfaz Gi, se considera una solución alternativa ubicar un HA en dicha interfaz y FAs en las WLANs como lo muestra la figura 12. Cuando el HA se ubica en la interfaz Gi, el operador de la red Móvil Celular puede ofrecer una dirección IP privada permanente para todos los nodos móviles debido a que el HA hace parte de su infraestructura.

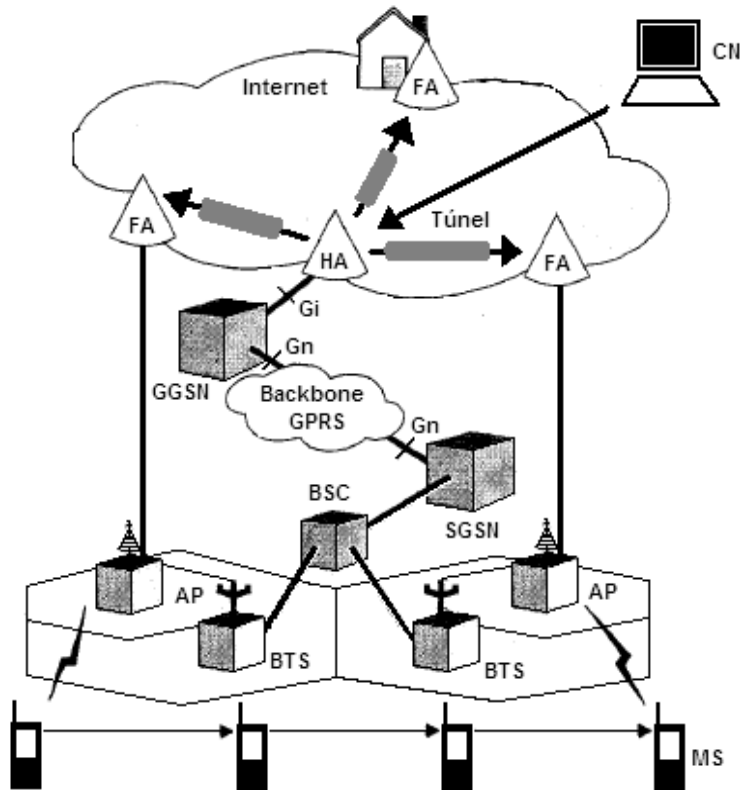


Figura 12 – HA ubicado en la interfaz Gi utilizando direcciones *care-of*.

En esta arquitectura tanto el HA como los FAs podrán operar con el estándar IP móvil sin necesidad de modificaciones. El HA puede enviar todos los paquetes direccionados a la MS por enrutamiento normal cuando ésta se encuentra en la red GPRS, o redirigirlos por medio del túnel IP-en-IP a la dirección *care-of* cuando la MS se encuentra en una WLAN.

2.2.1.3 HA ubicado en la red Local utilizando direcciones *co-located care-of*

En la arquitectura de red de esta solución solo se debe ubicar un HA en la red WLAN a la cual pertenece el usuario o en la que pasa la mayor parte del tiempo, y en las otras redes WLAN y en la red GPRS se deben ubicar servidores DHCP u

otro dispositivo para la asignación de direcciones IP *co-located care-of*⁷ como lo muestra la figura 13.

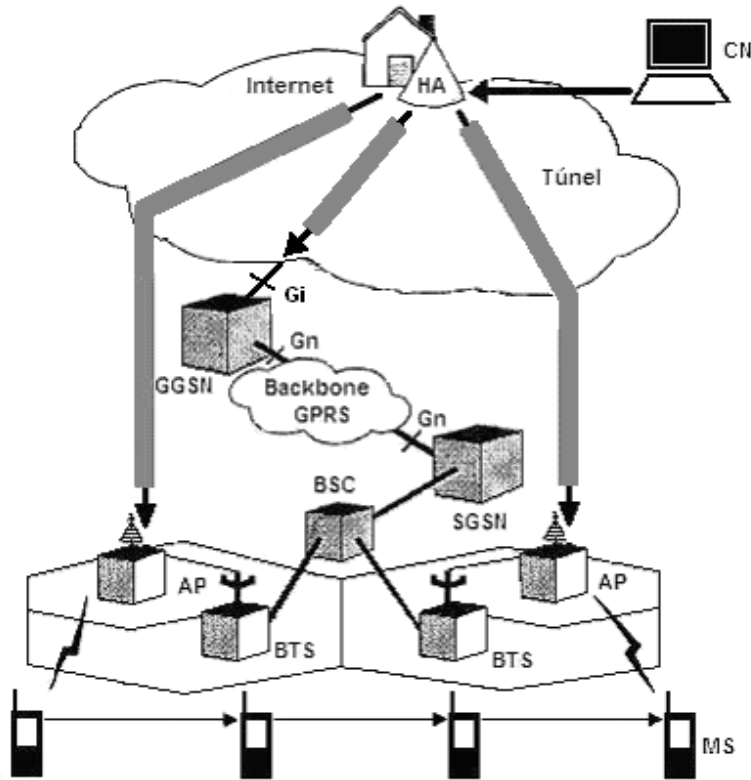


Figura 13 – HA ubicado en la red Local utilizando direcciones *co-located care-of*.

En este escenario, el nodo móvil recibe una dirección IP de un servidor DHCP o un NAT. Esta dirección, que puede utilizar mientras visita la red, es diferente a la dirección *care-of* que brinda un FA, pero de igual forma se registra con el HA, el cual entunela los paquetes directamente a la MS haciendo uso de esta dirección. Los paquetes entunelados llegan directamente a la MS, la cual se encarga de desentunelarlos.

2.2.1.4 Utilización del nodo GGSN/FA integrado

Esta solución se basa en una propuesta del Proyecto de Colaboración de Tercera Generación (3GPP - 3rd Generation Partnership Project) planteada en 1999 que consiste en la implementación de un GGSN que realice funciones de FA (figura 14). Este GGSN/FA está configurado con al menos una dirección *care-of* para que le sea posible desempeñar tareas relacionadas con IP Móvil. Adicionalmente

⁷ Otro tipo de dirección asignada al Terminal Móvil utilizando el estándar IP Móvil. Para mayor información acerca de su funcionalidad, remitirse al anexo C sección 1.2.2.

posee una lista que relaciona la dirección *care-of* asignada a la MS (TE), con el Identificador de Punto Final de Túnel TEID (Tunnel End Point Identifier). Este identificador, único para cada conexión que realiza una MS (MT) a la red GPRS, lo introduce el nivel GTP y se utiliza para el enrutamiento de los paquetes de datos a través del *backbone* GPRS. [18]

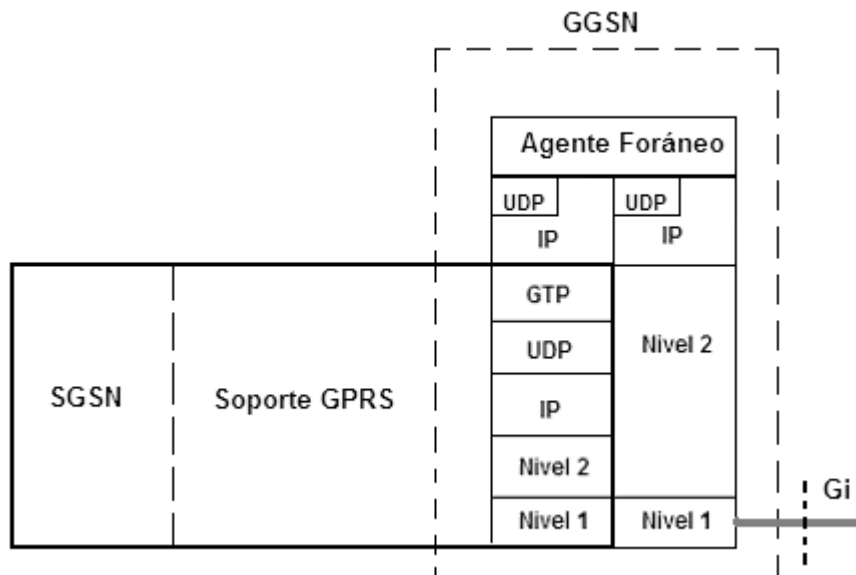


Figura 14 – Plano de Señalización del GGSN/FA. [16]

El agente foráneo FA integrado al GGSN proporciona la arquitectura de red que se muestra en la figura 15.

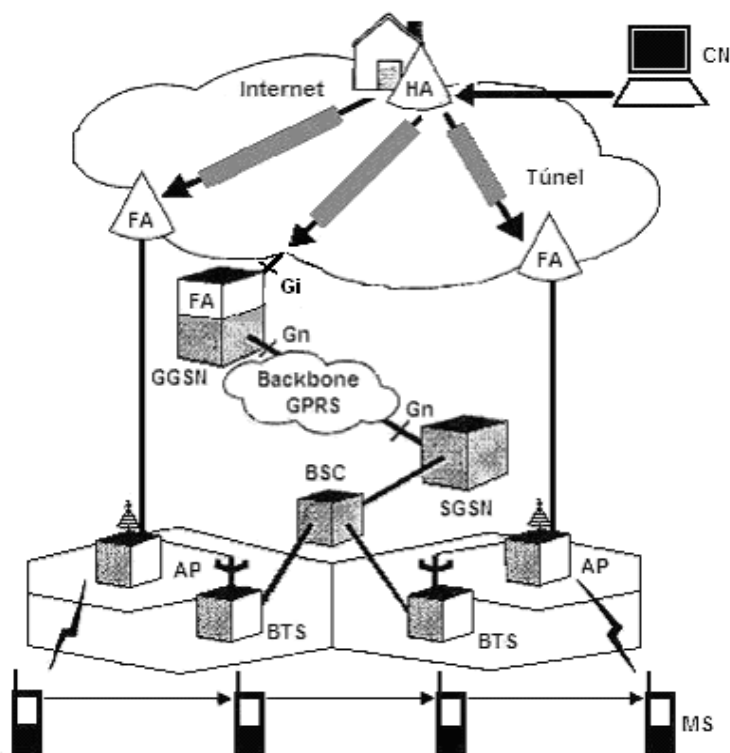


Figura 15 - Utilización del nodo GGSN/FA integrado.

La arquitectura es similar a la que se consideró anteriormente como primera opción de solución con el FA conectado directamente a la interfaz Gi. Como se observa, el HA puede ubicarse en el sitio donde la MS permanece la mayor cantidad de tiempo con el fin de disminuir la carga de la red. La principal diferencia que existe entre esta alternativa de solución y la que plantea la ubicación de un FA en la interfaz Gi, radica en que el GGSN/FA utiliza el TEID para direccionar la MS cuando se encuentra en la red GRPS y no necesita cambiar el estándar IP móvil como si ocurre en el otro caso.

2.2.2 Soluciones que utilizan el protocolo SCTP

Esta opción de solución utiliza el Protocolo de Transmisión de Control de Flujo (SCTP – Stream Control Transmission Protocol), el cual es un protocolo de nivel de transporte de nueva generación para Internet que utiliza un modelo cliente-servidor, donde un punto final es una MS y el otro es un CN estático (figura 16). Para soportar el *roaming* entre las redes GPRS y WLAN, se aplica la extensión de Reconfiguración de Dirección Dinámica (DAR – Dynamic Address Reconfiguration) de SCTP. Ésta permite a los puntos extremos agregar, eliminar y cambiar la dirección IP primaria dinámicamente en una conexión activa, usando segmentos de Configuración de Dirección (ASCONF Address Configuration), por lo cual también es llamada SCTP Móvil (MSCTP – Mobile SCTP). El protocolo SCTP introduce la idea de multi-localidad, donde un punto final único puede soportar

múltiples conexiones con diferentes interfaces y direcciones IP simultáneamente. Para soportar multi-localidad, los puntos extremos intercambian listas de direcciones IP durante la iniciación de una conexión o asociación, lo que hace posible la movilidad y el *roaming* a través de diferentes redes.

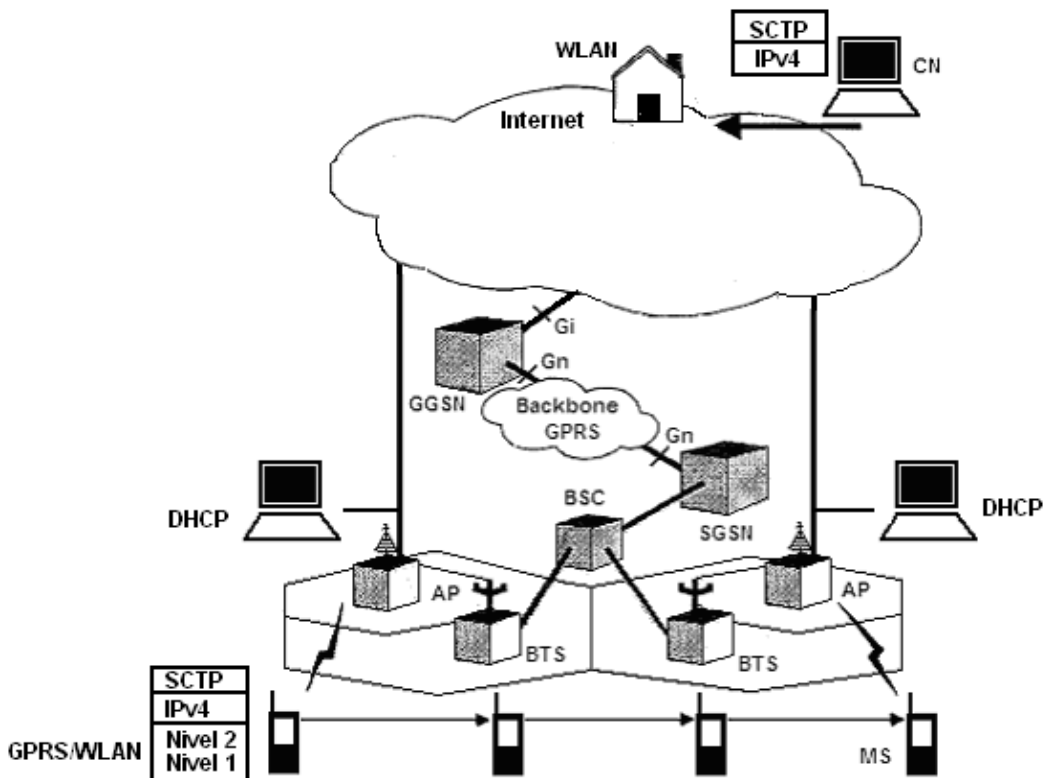


Figura 16 – *Roaming* GPRS/WLAN usando SCTP.

Para lograr el *roaming* entre la red móvil Celular y la red WLAN, el CN se puede configurar para soportar localidad simple o localidad dual. En el primer caso el CN proporciona una sola dirección IP para soportar el *roaming*, y en el segundo, el CN permite más de una dirección IP (usualmente dos) para soportar la movilidad de la MS. En ambas configuraciones se realizan tres procesos básicos: adición de la dirección IP, activación del proceso de *roaming* y eliminación de la dirección IP.

2.2.2.1 CN de localidad única

Cuando la MS entra a una WLAN dentro del área de cobertura de la red GPRS, esta obtiene una nueva dirección IP de la WLAN (vía DHCP u otro mecanismo de configuración de direcciones) y a continuación se lleva a cabo el proceso de adición de la dirección IP que consiste en que la MS informe al CN su nueva dirección IP enviando un mensaje ASCONF con el parámetro “Adicionar Dirección IP”. Posterior a la confirmación por parte del CN donde inserta la nueva IP en su tabla de direcciones de *host*, se inicia el proceso de *roaming* como tal, el cual establece la dirección IP WLAN como dirección primaria en la MS (la dirección

donde se van a enviar y recibir los datos a partir de ese momento) enviando un nuevo ASCONF, pero esta vez con el parámetro “Fijar Dirección Primaria”.

Después de haberse realizado el proceso de roaming desde la WLAN a la red GPRS completamente, si la MS pierde la señal proveniente de la WLAN, entra en el proceso de eliminación de la dirección IP. La MS envía un ASCONF con un parámetro “Eliminar Dirección IP” para solicitar al CN que libere la dirección IP WLAN de su tabla de direcciones. Cuando la MS recibe un ACK del CN elimina la dirección IP WLAN de su lista de direcciones, liberando de esta forma la conexión.

2.2.2.2 CN de localidad dual

Existen dos diferencias entre esta configuración y la de CN de localidad única. La primera es el proceso de agregar/eliminar direcciones IP. En la configuración de localidad dual, cuando el CN responde a una petición de agregar/eliminar una dirección IP de la MS con un ACK, adiciona un ASCONF para solicitar a la MS que agregue/elimine su dirección IP secundaria estando la asociación en curso. En respuesta, la MS envía un ACK para confirmar que el proceso de agregación/eliminación de la dirección IP secundaria del CN en su tabla de enrutamiento se ha completado. La segunda diferencia radica en la realización del proceso de *roaming*. Una vez la MS ha adicionado la dirección IP secundaria del CN en su tabla de enrutamiento, establece la dirección secundaria del CN como dirección primaria de destino e inicia el envío de datos a través del nuevo enlace. Como resultado se obtiene un enlace en el que la dirección IP primaria del CN está asociada con la dirección IP que la MS obtiene de la red móvil Celular y otro enlace en el que la dirección IP secundaria del CN está asociada con la IP que la MS obtiene de la red WLAN, disminuyendo de esta forma los retardos en el proceso de *roaming*. [19]

Para más información acerca del funcionamiento del protocolo MSCTP remitirse al anexo C sección 2.

2.2.3 AAA

En la figura 17 se muestran los posibles escenarios AAA que se presentan con las soluciones ligeramente acopladas para el *roaming* WLAN/GPRS.

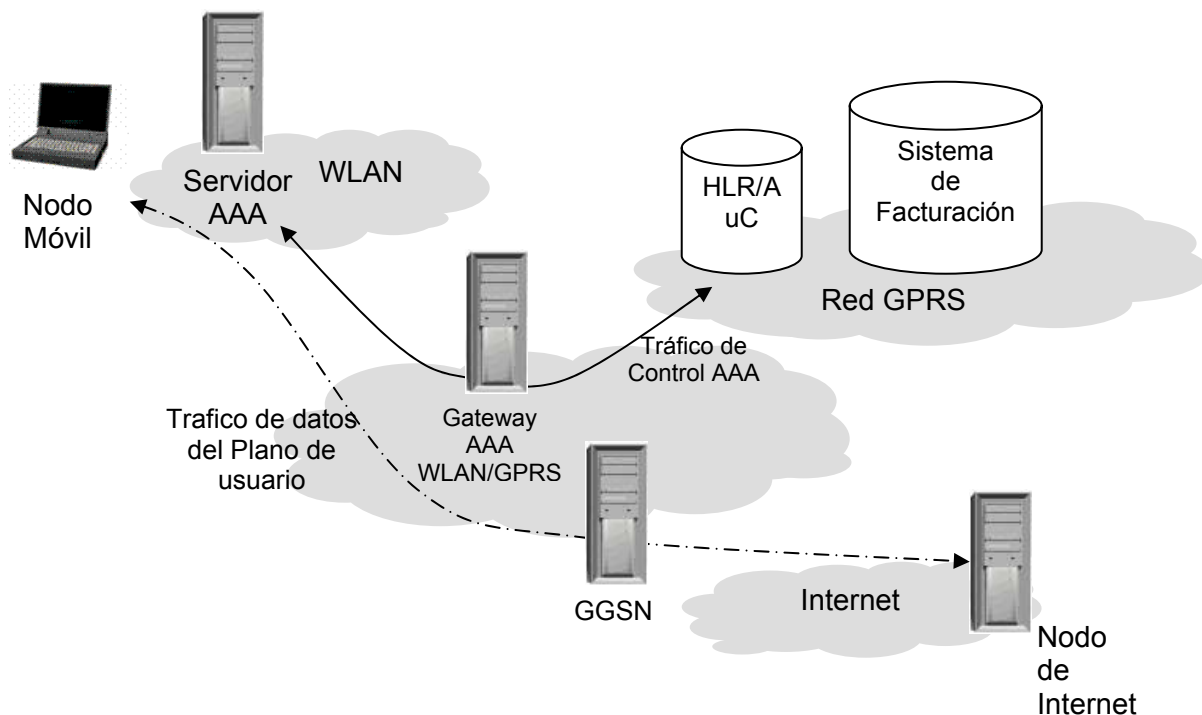


Figura 17 – Escenario AAA para soluciones ligeramente acopladas. [16]

La IETF ha estandarizado algunos mecanismos de autenticación basados en la información SIM del cliente móvil, lo que ofrece una identificación común entre la WLAN y la red GPRS. Los protocolos propuestos están basados en EAP y definen nuevos tipos dependiendo del nivel de compatibilidad. Para sistemas ligeramente acoplados se consideran principalmente EAP-SIM, EAP-AKA y EAP-SIM-GMM, entre otros. Debido a las fallas de seguridad en EAP-SIM, EAP-AKA ha sido recomendado como el protocolo seleccionado para la integración de AAA en redes WLAN/GPRS.

Tarifación WLAN-GPRS:

Se necesita un mecanismo que permita realizar el cobro a los clientes GPRS visitantes por los servicios y recursos proporcionados por el operador WLAN. Con el fin de brindar beneficios como una facturación unificada para el cliente móvil, se debe tomar ventaja de los mecanismos de cobro GPRS existentes y utilizarlos conjuntamente con las redes WLAN. Esto requiere que la entidad de tarificación WLAN comprenda el concepto de Registro Detallado de Llamada (CDR – Call Detail Record) para lograr una comunicación correcta con las entidades GPRS (CGFs y sistemas de facturación). Las redes WLAN capacitadas con la habilidad de generar CDRs proporcionarán la funcionalidad necesaria para permitir el envío de información de cobro a los sistemas de facturación GPRS.

La figura 18 resume los escenarios de implementación de tarificación posibles para operadores WLAN.

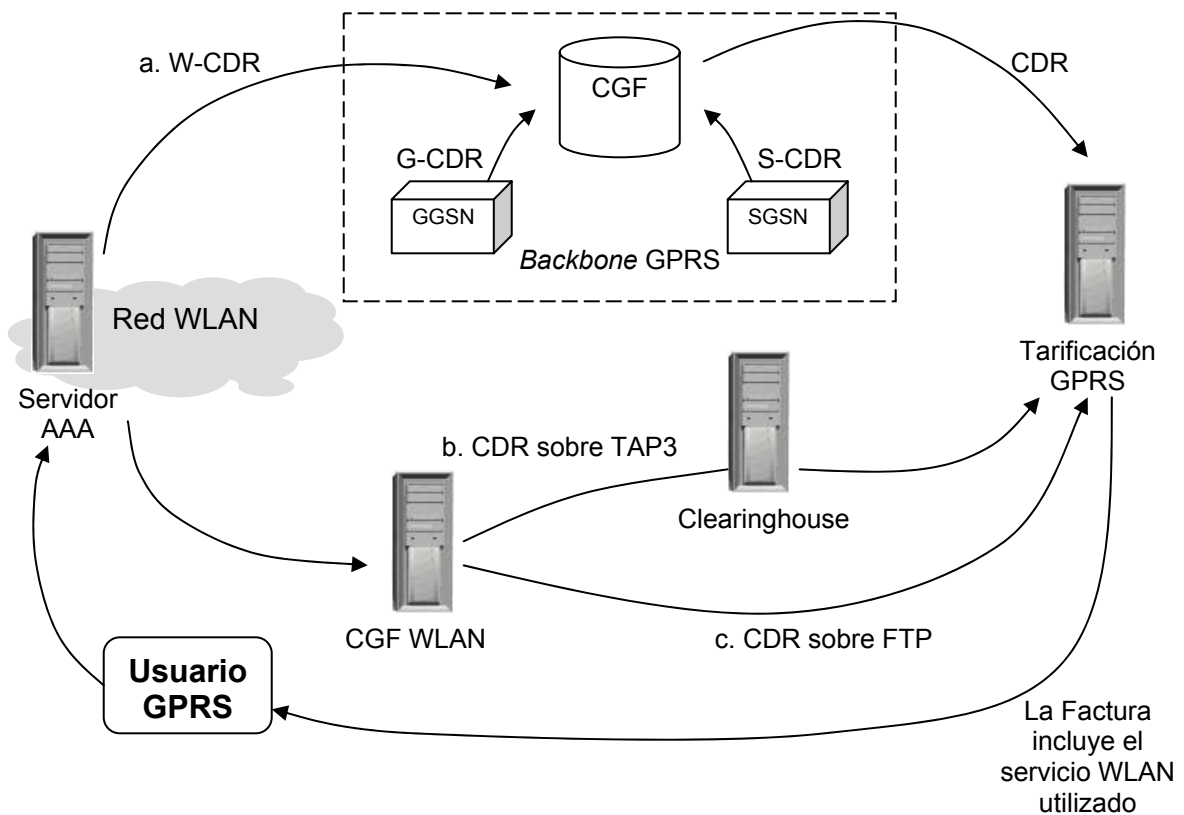


Figura 18 – Escenarios de Tarificación soluciones ligeramente acopladas. [16]

Escenario a:

El servidor de AAA de la red WLAN envía WLAN-CDRs (W-CDRs) a la Pasarela de Función de Cobro (CGF – Charging Gateway Function) a través de la interfaz Ga ubicada en la red GPRS. Este escenario es muy similar al funcionamiento de la tarificación en las redes GPRS. Los W-CDRs se generan en la red WLAN y se envían a las CGFs de la red GPRS donde se procesan como si fueran originados dentro de la misma red GPRS. La estructura del W-CDR debe ser igual a la de un GGSN-CDR (G-CDR) o un SGSN-CDR (S-CDR)⁸ para la CGF, con el fin de procesar la información sin ninguna modificación adicional al software CGF y a la plataforma GPRS. La CGF en la red GPRS simplemente proporciona los mecanismos para reunir la información CDR de la red GPRS para una sesión de un suscriptor específico. El CDR que se obtiene se envía al sistema de facturación.

El problema que surge con esta alternativa de tarificación se relaciona con la interfaz Ga estandarizada, debido a que el servidor AAA de la red WLAN

⁸ Se debe tener en cuenta que en las redes GPRS tanto el SGSN y GGSN generan CDRs.

(conectada a través de Internet) y la CGF de GPRS se localizan en diferentes *backbones* IP. Esto significa que el servidor AAA WLAN debe integrarse dentro del *backbone* IP GPRS para que pueda comunicarse con la CGF.

Escenario b:

El Sistema de facturación AAA/WLAN maneja la tarificación junto con el sistema de facturación GPRS a través de un acuerdo de *roaming* o un agente *clearinghouse*⁹. En este caso, la red WLAN cuenta con su propio módulo CGF que puede estar incluido en el servidor AAA. Éste agrega la información de inicio/fin de tarificación, bytes transferidos o tiempo de consumo de los usuarios WLAN, y además transforma la información de tarificación a un CDR final que contiene toda la información de cobro reunida necesaria para obtener una factura única para el cliente que utiliza servicios de la red WLAN y de la red GPRS.

La información de cobro agregada contenida en el CDR se envía preferiblemente sobre el Procedimiento para Transferencia de Cuentas (TAP3 - Transferred Account Procedure) a una *clearinghouse* o un agente que realice el proceso de facturación. La función de la *clearinghouse* básicamente es llevar la cuenta de los diferentes formatos de facturación, lo que permite que la red WLAN utilice un único formato, el cual ha sido acordado entre el operador WLAN y la *clearinghouse*.

Otros protocolos apropiados podrían utilizarse para transferir la información a la *clearinghouse/agente*. TAP3 se recomienda como la primera elección debido a que es la última versión del protocolo TAP recomendado en GSM para el transporte de información de cobro de un suscriptor a su red local cuando se encuentra en una red externa. [20]

Escenario c:

El Sistema de facturación AAA/WLAN se encarga de la información de cobro y transfiere los CDRs directamente a un sistema de facturación del operador GPRS utilizando el Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP – File Transfer Protocol). Si el proveedor AAA/WLAN tiene un acuerdo directo con un operador GPRS, este puede transferir sus CDRs directamente al sistema de facturación del operador GPRS utilizando el protocolo FTP. La recolección y procesamiento de los CDRs desde la WLAN se hace de la misma forma que en el escenario descrito anteriormente. Se debe tener en cuenta que la interfaz entre la CGF de la WLAN y el sistema de facturación de la red GPRS es particular para cada operador. [16]

⁹ Institución donde se realizan cuentas y pagos acordados entre diferentes empresas.

2.2.4 Análisis

2.2.4.1 Soluciones que utilizan IP Móvil

La especificación IP móvil se diseñó para realizar *roaming* entre tecnologías de acceso cuyas áreas de cobertura no se superponen. Debido a que en la mayoría de los casos la cobertura de la WLAN se encuentra en el área de cobertura de la red GPRS, el software IP móvil debe ser modificado en la MS para que cuente con la posibilidad de seleccionar una u otra tecnología de acceso que le preste el mejor servicio en un momento determinado.

La implementación de una infraestructura AAA en la red WLAN no requerirá cambios en el protocolo con el fin de realizar autenticación o autorización de usuarios como se especifica en la IETF, debido a que esta infraestructura es independiente de la infraestructura de la red móvil Celular, pero se deberán realizar las variaciones necesarias tanto en software como en infraestructura para lograr una tarificación unificada.

2.2.4.1.1 HA ubicado en la red Local que utiliza direcciones *care-of*

Desde el punto de vista de los usuarios la ubicación del HA en un punto arbitrario unido a Internet, como una red corporativa o un ISP, parece ser la opción más adecuada, ya que un nodo móvil ubicado en la red local opera como un nodo fijo al no necesitarse ningún entunelamiento por parte de IP Móvil. Es por eso que la ubicación del HA en la red donde el nodo móvil está situado la mayor parte del tiempo disminuye la carga en la red y en los nodos móviles, al no tener que asignarse direcciones *care-of*.

La ubicación de un FA en la interfaz Gi fuera del GGSN, puede causar algún problema de acuerdo con la especificación IP Móvil, teniendo en cuenta que la dirección que se asigna a la MS (TE) es una dirección IP perteneciente al FA (dirección *care-of*), y que en la red GPRS, se utiliza un tipo de direccionamiento de nodos móviles distinto al utilizado en IP móvil. Por esta razón, el FA requiere algunas modificaciones de implementación del estándar debido a que éste utiliza direcciones físicas (MAC) para encaminar el tráfico hacia los nodos móviles, lo que puede generar problemas de enrutamiento para aquellos que en determinado momento se encuentran asociados a la red GPRS.

Desde el punto de vista de los operadores celulares esta solución requiere pequeños cambios en la arquitectura de red, debido a que la ubicación de un FA en la interfaz Gi no afectará otros nodos en la red.

2.2.4.1.2 HA ubicado en la interfaz Gi que utiliza direcciones *care-of*

Para los operadores de la red móvil Celular, ésta es una solución con la posibilidad de crear dependencia por parte de sus clientes debido a que el HA

también estaría bajo su control. La desventaja más importante sería la carga de tráfico en la interfaz Gi, por lo que la red debe ser dimensionada para brindar una mayor capacidad en la transferencia de datos, debido al tráfico extra que se genera por el enrutamiento a través del HA, teniendo en cuenta que un usuario ubicado en un *spot* WLAN creará mucho más tráfico en la interfaz Gi que cuando se ubica en la red local GPRS a causa de las funciones de entunelamiento que debe realizar el HA.

En esta alternativa, el operador de la red móvil Celular cuenta con mayor control sobre las MSs que tendrán el servicio WLAN, por lo cual se incrementa la seguridad. De manera similar, se simplifica el proceso de unificación de tareas AAA, principalmente la de tarificación, debido a que la infraestructura WLAN de red local pertenece al operador de la red móvil Celular.

Como es lógico, desde el punto de vista de los usuarios será una desventaja que el HA pertenezca al operador de la red móvil Celular, ya que sería deseable no depender de la tecnología de acceso de un único operador en el caso de servicios WLAN, ante todo por cuestiones de cobertura.

2.2.4.1.3 HA ubicado en la red Local que utiliza direcciones *co-located care-of*

Desde el punto de vista del usuario esta solución parece flexible y no debería presentar problemas para la prestación del servicio, aunque el doble encabezado IP es una pequeña desventaja por el reducido ancho de banda de la red GPRS en comparación con la red WLAN. El encabezado IP usualmente tiene 20 octetos y el tamaño del paquete va desde 20 octetos hasta 1500 octetos, el encabezado extra es del 0.5 % al 1.5 % del tamaño del paquete. [12]

Esta alternativa resulta inadecuada para conexiones de corta vida, debido que la carga que produce en la red la asignación de una dirección IP para uso exclusivo de una sola MS no se justifica en estos casos. Para este tipo de tráfico resulta mas adecuado utilizar direcciones *care-of* que son compartidas por mas de una MS, lo que permite optimizar los procesos de asignación de direcciones en los agentes foráneos.

Una de las mayores ventajas con las que cuenta esta solución radica en que la MS puede visitar redes WLAN que no cuenten con un FA, debido a que puede obtener una dirección IP temporal de un servidor DHCP. También es posible utilizar un NAT en lugar de un servidor DHCP, alternativa que puede resultar muy útil para realizar una asignación dinámica de direcciones si no se dispone de un espacio muy amplio de direcciones IP, principal inconveniente de IPv4.

2.2.4.1.4 Utilización del nodo GGSN/FA integrado

Esta alternativa es muy similar a la solución con el FA ubicado en la interfaz Gi. La diferencia radica en que el FA se encuentra ubicado en el GGSN, lo que evita que se tengan que realizar modificaciones al estándar IP Móvil. La interfaz de comunicación entre el GGSN y el FA no está estandarizada, y se encuentra abierta a la implementación por parte de los fabricantes.

Esta solución permite que se demande una menor cantidad de direcciones IP, ya que aparte de las direcciones IP asignadas en el segmento WLAN, no se van a requerir otras direcciones adicionales debido a que las MSs serán direccionadas a través del TEID cuando se encuentran asociadas a la red GPRS gracias a que el nodo GGSN/FA relaciona directamente ambas formas de direccionamiento.

2.2.4.2 Soluciones que utilizan el protocolo SCTP

Trabajos realizados para comparar la eficiencia de las dos configuraciones utilizadas en SCTP [21], muestran que para la realización del *roaming*, la eficiencia que se alcanza en configuración de localidad dual es mucho más alta que la que se logra en la configuración de localidad única. Esto es debido a que la localidad dual permite a la MS y al CN operar en una configuración simétrica multi-localidad que facilita una distinción sencilla de los dos caminos posibles entre la MS y el CN teniendo en cuenta la tecnología de acceso utilizada (móvil Celular o WLAN). De esta manera, el camino redundante proporciona disminución en los retardos de transmisión así como tolerancia a fallas y pérdida de información en la transmisión de datos cuando se realiza el *roaming*. [19]

La principal ventaja de M-SCTP comparando con IP Móvil, es que no se requiere de la participación de equipos adicionales, ni de la modificación de los equipos intermedios existentes para que se pueda llevar a cabo el *roaming* entre las redes. Por otro lado, el principal inconveniente de las soluciones que utilizan este protocolo se encuentra en el incremento de la carga de procesamiento en los equipos terminales debido a que tienen que encargarse de manejar tablas de direcciones de *host*, además que la gran mayoría de aplicaciones móviles se encuentran desarrolladas para correr bajo los protocolos del nivel de transporte UDP o TCP, lo que no facilita su adopción.

2.3 SOLUCIONES RÍGIDAMENTE ACOPLADAS PARA CDMA2000 1X

Al igual que en las soluciones rígidamente acopladas para el *roaming* entre la red WLAN y la red GPRS explicadas en la sección 2.1, el objetivo de este tipo de soluciones es hacer que la red WLAN aparezca en el núcleo de la red CDMA2000 1X como otro segmento de red móvil Celular, por lo tanto, la red WLAN deberá emular algunas funciones propias de la red CDMA.

En este tipo de soluciones se dispone de dos opciones: la primera es la emulación del Controlador de Estación Base (BSC – Base Station Controller), que se conecta a un módulo de Función de Control de Paquetes (PCF - Packet Control Function) a través de las interfaces A8 y A9, y la segunda es la emulación del Controlador de Acceso a la Red (ACN/PCF – Access Network Controller PCF), el cual se conecta al núcleo de red a través de las interfaces A10 y A11 (ver anexo A sección 1.5).

En las secciones siguientes se explicarán más específicamente estas soluciones con el fin de brindar una más clara comprensión de las funciones que debe realizar cada uno de los dispositivos WLAN que realizan la emulación, con el fin de poder tener una mayor visión y por lo tanto un criterio más adecuado para evaluar cual es la solución más óptima para la realización del *roaming* entre la WLAN y la red CDMA de acuerdo a las condiciones de nuestro entorno.

2.3.1 Emulación BSC

Para la emulación de este dispositivo en la red CDMA2000 1X se deben tener en cuenta los protocolos que se manejan en cada una de las interfaces, ya sean interfaces de señalización o de tráfico de datos de usuario, con el fin de que éste permita que la WLAN sea vista desde la red móvil Celular como otra celda o segmento CDMA2000 1X.

Para de ilustrar de una mejor manera las funciones que debe cumplir el emulador BSC, en la figura 19 se gráfica el plano de transmisión del dispositivo.

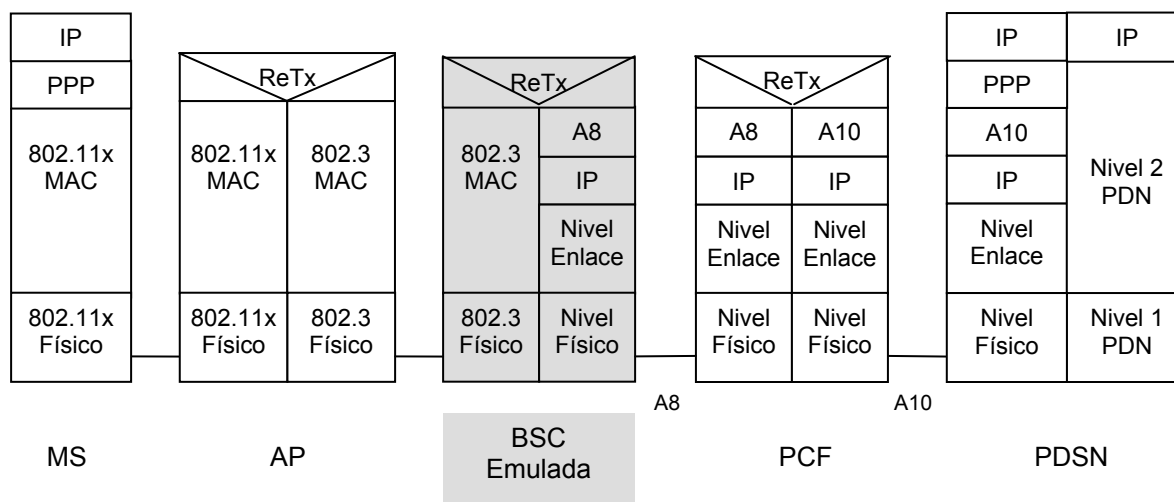


Figura 19 – Plano de transmisión BSC Emulada. [22]

El BSC Emulado envía los datos de usuario a través de la interfaz A8 hacia el PCF implementando túneles IP a través del protocolo de Encapsulación de

Enrutamiento Genérico (GRE – Generic Routing Encapsulation) que se emplea en los niveles denominados como A8 y A10. A cada paquete se le asigna un número de secuencia para que se pueda ordenar en el destino, además de tener una clave que identifica al paquete IP en cada sesión de transferencia de datos. Esta clave posee un Indicador de Sesión PCF (PCF SID – PCF Session Identifier) y un Indicador de Sesión PDSN (PDSN SID- PDSN Session Identifier).

La MS debe soportar funciones del nivel 3 o del Control de Acceso al Enlace (LAC - Link Access Control). Éste provee un mecanismo para el correcto transporte y entrega de mensajes de señalización, generados en el Nivel 3 para establecer, mantener, modificar y remover los radio enlaces establecidos con la BSC emulada. [22]

Con el fin de mantener una conexión punto a punto entre la PDSN y la MS, ésta debe soportar el Protocolo Punto a Punto (PPP - Point to Point Protocol), el cual es un protocolo de entunelamiento robusto. La MS puede moverse dentro y fuera de la cobertura de la red, pero al mantenerse la conexión PPP, se establece un túnel confiable con la PDSN, evitando que se interrumpa la sesión y brindando una experiencia de siempre en línea (*always on*). [23]

En el plano de señalización, mientras que el nivel PPP se utiliza para establecer la conexión de señalización entre la MS y la PDSN, el protocolo del nivel A11 es una versión modificada del protocolo IP y se utiliza para brindar soporte a tareas relacionadas con la gestión de movilidad y de túneles GRE utilizados en el plano de transmisión (al igual que el protocolo del nivel A9), además de encargarse de la recolección de datos de tarificación. La figura 20 ilustra el plano de señalización para la BSC Emulada.

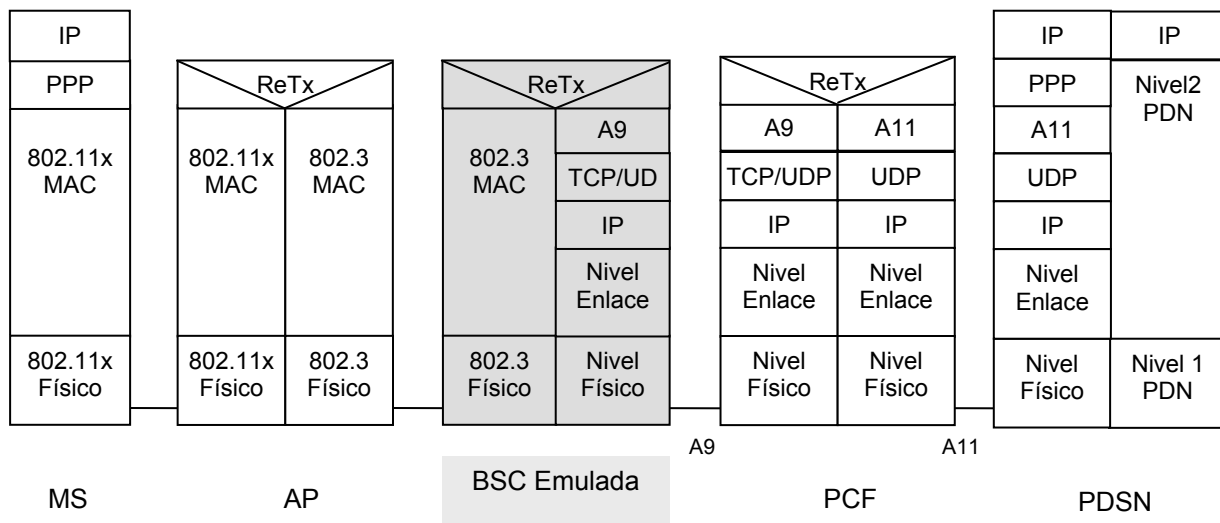


Figura 20 – Plano de Señalización BSC Emulada. [22]

Estas interfaces de señalización permiten que le sean asignados los respectivos recursos en el núcleo de la red de paquetes a la MS, se realice la autenticación

basada en los servicios de Internet con el servidor AAA a través de la PDSN para luego establecer la conexión PPP con ésta y obtener finalmente una dirección IP.

Hay que tener en cuenta que cuando el usuario va a iniciar la sesión en la red, primero debe autenticarse desde la perspectiva del acceso radio, por lo tanto la BSC debe soportar la interfaz de señalización A1 que la comunica con la MSC (figura 21), encargada de realizar la autenticación con el HLR. [24]

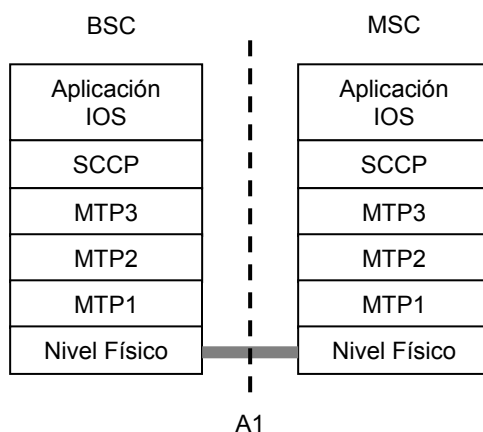


Figura 21 – Transmisión de señalización sobre la Interfaz A1. [22]

La interfaz A1 lleva información de señalización entre las funciones de Control de Llamada (CC – Call Control) y de Gestión de Movilidad (MM – Mobility Management) entre el MSC y el BSC. El nivel de aplicación IOS es independiente de los protocolos transporte de bajo nivel, los cuales se dejan a criterio de los operadores y fabricantes. [24] [25]

2.3.2 Emulación ACN/PCF

Hay que tener en cuenta que en la red CDMA2000 1xEV-DO, el PCF generalmente forma parte de la ACN (módulo evolucionado de la BSC para soportar servicios de datos en la red CDMA2000 1xEV-DO, anexo A sección 1.6), por lo tanto, para lograr mayor simplicidad en la red resulta más adecuado describir un dispositivo WLAN que emula el nodo ACN/PCF integrado.

Con el fin de que ésta solución sea compatible con la red CDMA2000 1X EV-DO, el PCF debe tener implementado funciones de Control de Sesión y Gestión de Movilidad (SC/MM - Session Control and Mobility Management) y operaciones específicas de Paquetes de Datos de Alta Velocidad (HRPD - High Rate Packet Data).

El PCF maneja la iniciación del túnel GRE/IP hacia la PDSN, la selección de la PDSN, lleva la cuenta de todos los *timers* de los equipos (tiempo que llevan recibiendo el servicio, tiempo en bajo consumo de batería) y envía ésta información a la BSC. Si el equipo se encuentra en modo inactivo y recibe tráfico

entrante, el PCF es quien informa a la BSC para realizar una búsqueda del equipo para establecer el canal de tráfico [26]. El plano de transmisión del emulador PCF se muestra en la figura 22.

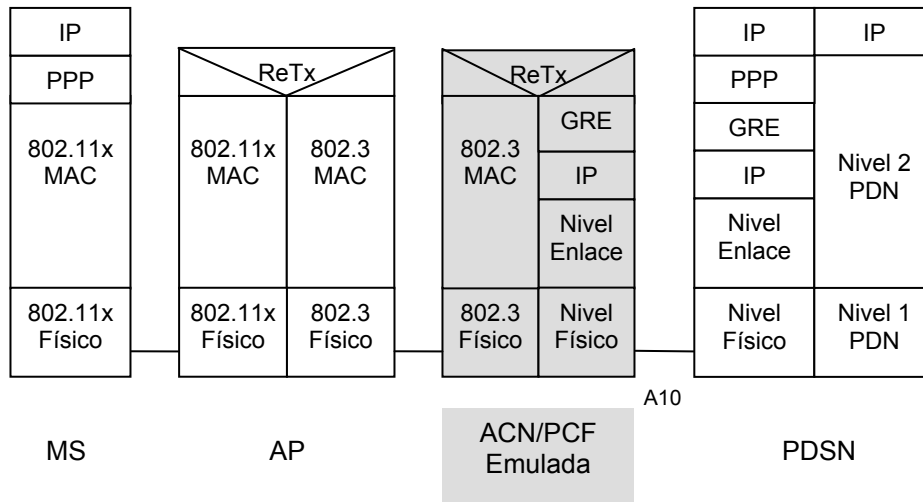


Figura 22 – Plano de transmisión ACN/PCF Emulada. [22]

El PCF debe soportar la interfaz A11 (figura 20) para comunicarse con la PDSN e intercambiar información de señalización con el fin de que se le asignen a la MS los respectivos recursos de red, se establezca la conexión PPP y obtenga su dirección IP. Pero la ACN/PCF no solo debe emular ésta interfaz de señalización, también debe cumplir con las funciones de autenticación hacia el HLR, por lo tanto, debe soportar la interfaz A1 para las funciones de CC y MM, cuyos protocolos se muestran en la figura 21.

2.3.3 AAA para las soluciones Rígidamente Acopladas

Cuando un usuario de la red WLAN se conecta a través de un dispositivo emulador de un nodo de red CDMA2000 1X que soporta las interfaces de señalización hacia el MSC y hacia el PCF o la PDSN, puede aprovechar los mecanismos relacionados con los procesos de autorización, autenticación, tarificación, movilidad y seguridad proporcionados por la red móvil Celular, debido a que el dispositivo emulador comprende las primitivas y por lo tanto ejecuta operaciones como cualquier unidad de red CDMA2000 1X. La figura 23 ilustra las arquitecturas de AAA para las soluciones rígidamente acopladas.

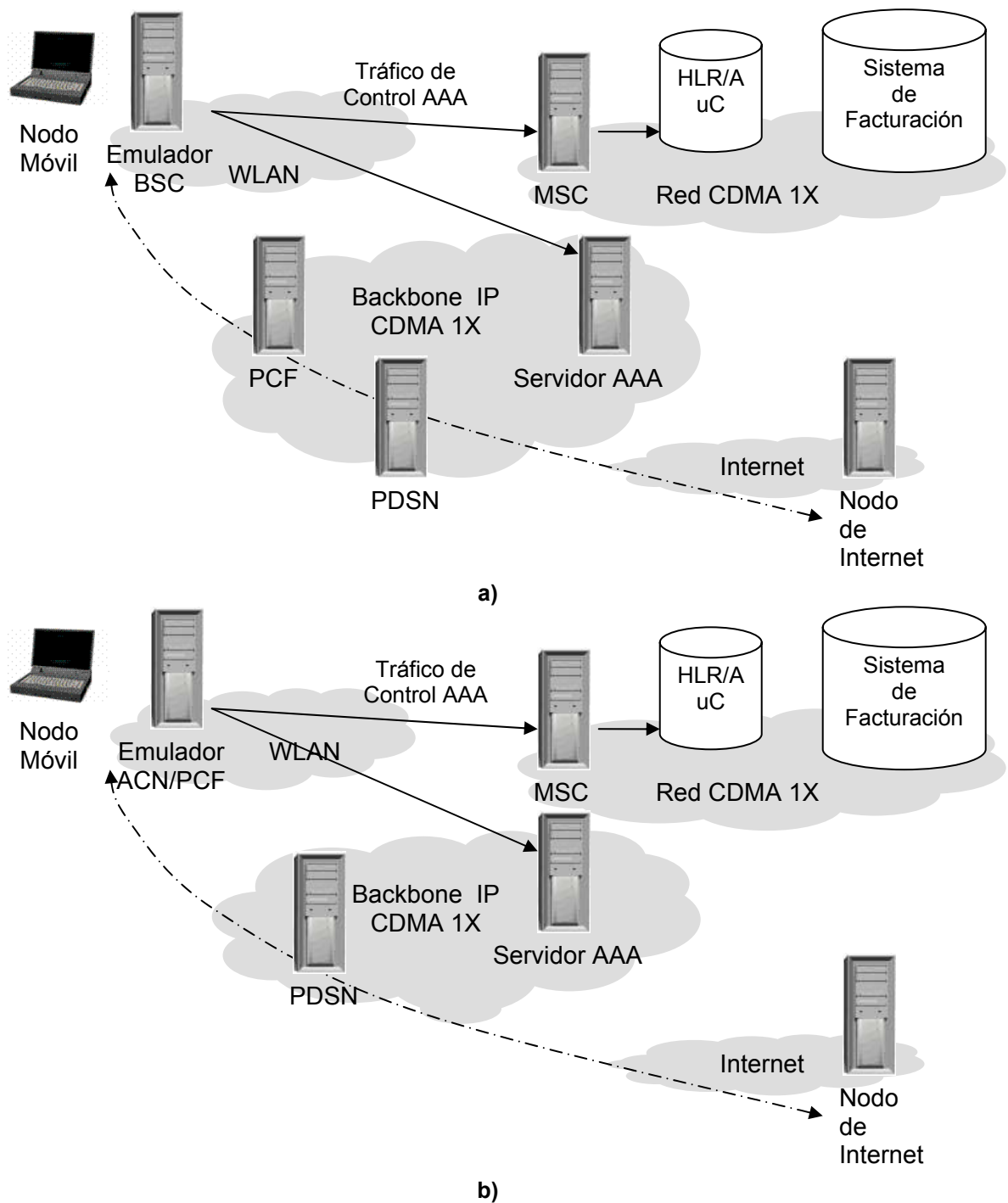


Figura 23 – AAA para soluciones Rígidamente Acopladas. [16]

2.3.4 Análisis

Para los servicios de AAA, al igual que las soluciones rígidamente acopladas para la red GPRS, el usuario conectado al dispositivo emulador obtendrá los beneficios del soporte que ofrece la red CDMA2000 1X, por lo tanto, será una ventaja

implementar en éste dispositivo los niveles de señalización y control que le permitan comunicarse con los elementos de la red móvil Celular que cumplen éstas funciones.

La implementación de un dispositivo emulador de una BSC o una ACN/PCF no afecta el funcionamiento de los nodos restantes de la red CDMA2000 1X, pero se debe tener en cuenta que la seguridad de la red móvil celular puede verse comprometida al tener conectado directamente un dispositivo WLAN al *backbone* IP, por lo que es indispensable contar con mecanismos de seguridad confiables en los puntos de acceso.

Las soluciones rígidamente acopladas resultan apropiadas para los operadores celulares que desean prestar servicios WLAN y contar con un control total de ellos de tal forma que la celda WLAN se comporte como si fuera una celda celular y se alcancen altas velocidades de *roaming* de usuario.

2.3.4.1 Emulación BSC

Para la emulación de la BSC se requieren grandes esfuerzos de implementación, ya que debe soportar las interfaces de señalización y transporte tanto hacia la red CDMA2000 1X como a la WLAN. Además, tanto el MT como el TE, deben trabajar con la misma dirección IP, lo que requiere que se modifique su software.

La interfaz A8, a la cual se conecta el emulador, se basa en la utilización del protocolo IP, lo que le permite operar sobre varios medios físicos escalables, y ofrece altas velocidades de transporte de datos sin el temor de que se generen cuellos de botella por el alto flujo de datos que ofrece la red WLAN frente a la red CDMA2000 1X.

2.3.4.2 Emulación ACN/PCF

La implementación del emulador ACN/PCF resulta un poco más compleja que la de un emulador de la BSC al tener incluido el PCF, pero es similar en el sentido que debe soportar la misma interfaz de señalización hacia el MSC, aunque las interfaces de comunicación con el *backbone* CDMA2000 1X cambian por su conexión a la PDSN.

Debido a que un PCF puede manejar varios accesos de red, el emulador estará en capacidad de manejar varios puntos de acceso WLAN. De forma similar a como ocurre con la emulación de la BSC, la velocidad de transmisión de datos no se verá limitada por los niveles físicos, debido a que éstos son escalables de acuerdo a las exigencias del tráfico de red, que sin duda aumentará sustancialmente.

2.4 SOLUCIÓN LIGERAMENTE ACOPLADA PARA CDMA2000 1X

De forma similar a como ocurre en las soluciones rígidamente acopladas, este tipo de alternativas requieren la introducción de un nuevo elemento de red WLAN, con la diferencia de que éste no se encuentra conectado directamente con elementos de la red móvil Celular CDMA2000 1X, sino que se encuentra conectado a Internet. Es por eso que debido a la independencia que se logra entre las redes, las funciones de AAA deben realizarse mediante acuerdos preestablecidos entre los operadores de la red móvil Celular y los operadores de la red WLAN, de tal forma que el sistema de cobro pueda unificarse y sea transparente al usuario.

A diferencia a como ocurre con la red móvil Celular GSM/GPRS, en la red móvil Celular CDMA2000 1X los módulos de red que proporcionan la conexión de paquetes (específica para el tráfico de datos), como son la PDSN y la PCF, soportan la movilidad de usuario a través de IP Móvil (anexo A sección 1.5). Por esta razón, el camino que se plantea para lograr el *roaming* entre la red móvil Celular CDMA2000 1X y la red WLAN, si se piensa en soluciones ligeramente acopladas, está prácticamente predeterminado, ya que el objetivo tanto de fabricantes como operadores es aprovechar al máximo los recursos de red con los que cuenta actualmente la red móvil Celular CDMA2000 1X.

La figura 24 muestra la arquitectura de red que permite el *roaming* entre la red móvil Celular CDMA2000 1X y la red WLAN a través de una solución ligeramente acoplada.

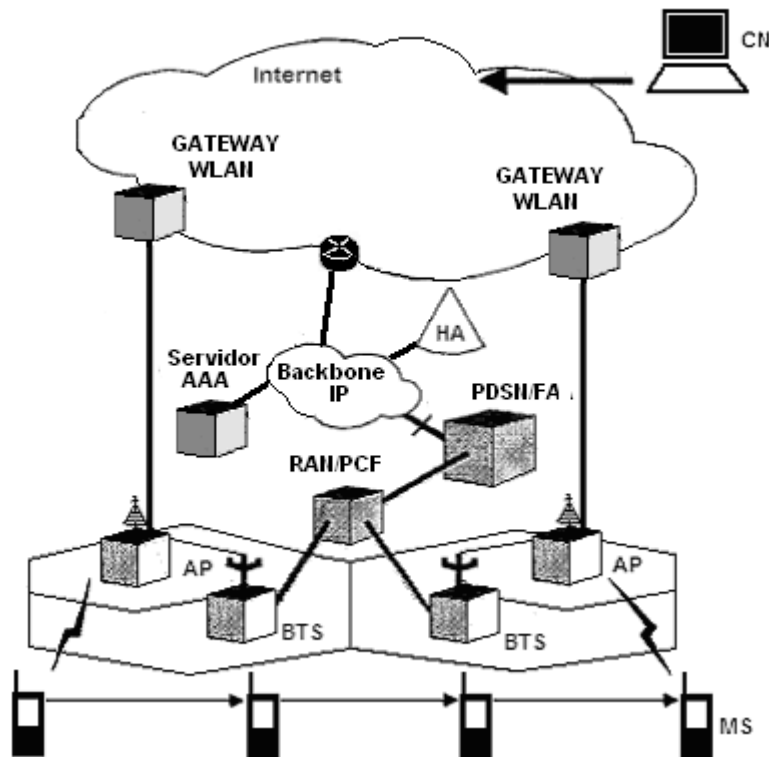


Figura 24 – Esquema General para el *Roaming* entre la red móvil Celular CDMA2000 1X y la red WLAN utilizando IP Móvil.

La MS realiza el *roaming* básicamente en dos situaciones: cuando se pierde la señal del enlace inalámbrico que se está utilizando actualmente o cuando encuentra un mejor enlace que le brinda mayor velocidad. Para evitar la interrupción del servicio y la pérdida de paquetes durante el *roaming*, la MS debe explotar la cobertura traslapada de las dos redes como lo muestra la figura 24.

La *gateway* WLAN puede servir a múltiples APs y controlar el tráfico proveniente de estos debido a que tiene incorporados una serie de subsistemas software como: servidor RADIUS, agente IP Móvil, *Firewall* dinámico, módulo de calidad de servicio y módulo de tarificación.

El módulo que sirve como agente IP Móvil puede actuar como Agente Local y como Agente Foráneo (HA y FA). El FA es el que permite la movilidad de los clientes a través de diferentes segmentos de red, así como a través de distintas tecnologías de acceso, mientras que el HA incorporado reduce la carga adicional de tráfico producida por IP Móvil debido a que se activa para el segmento de red WLAN donde el usuario permanece la mayor parte del tiempo, por lo que se evita el uso obligado del HA ubicado dentro de la red CDMA2000 1X.

2.4.1 AAA

En la solución ligeramente acoplada, solamente el tráfico de señalización AAA es intercambiado entre la red móvil Celular CDMA2000 1X y la red WLAN para cada sesión de transferencia de datos de la MS cuando el usuario se encuentra asociado a la red WLAN, ya que la gestión de movilidad se lleva a cabo en forma independiente de la red Móvil Celular

El servidor RADIUS incorporado en la *gateway* WLAN, se utiliza para autenticar clientes en dos formas diferentes. Para redes WLAN que tienen implementado el protocolo de control de acceso al puerto 802.1X y utilizan EAP para transferir la información de autenticación entre el usuario y la red, el servidor RADIUS actúa como retransmisor de información EAP, es decir que se encarga de conducir la información de autenticación de los APs 802.11x al servidor AAA local de la red móvil Celular o de la red WLAN local, de acuerdo a la configuración de AAA implementada entre estas dos redes. Para WLANs que no hayan implementado 802.1X, el servidor AAA de la *gateway* interactúa con el módulo de IP Móvil que opera como FA, para autenticar al cliente con su servidor AAA local a través de los mecanismos utilizados en IP Móvil.

La *Gateway* WLAN debe proporcionar acceso a Internet solamente a usuarios legítimos y por lo tanto debe soportar autenticación de los mismos. Por ejemplo, en el nivel de enlace de datos son posibles tres métodos de autenticación:

- Filtrado estático basado en direcciones MAC.
- Autenticación WEP del estándar 802.11b.
- Utilización del estándar 802.11i, que es el más reciente estándar para el control de acceso, que permite una autenticación dinámica de usuario por sesión y una encriptación de paquetes mucho más fuerte.

El primer método no resulta conveniente para utilizarlo en un entorno público, debido a que una configuración estática de los AP resulta ineficiente por la naturaleza dinámica de los accesos. En cuanto a la utilización de WEP, el problema radica en que la clave es compartida por todos los usuarios que están asociados al mismo AP, por lo tanto todos los usuarios autenticados pueden fisgonear en el tráfico de los demás. 802.11i se considera como una mejora significativa para el ambiente público ya que emplea el estándar 802.1x para control de acceso al puerto que especifica el uso del protocolo EAP sobre LAN (EAPOL – EAP Over LAN) entre la MS y el AP para llevar a cabo autenticación de usuario por sesión.

Una consideración adicional a tener en cuenta sobre la *Gateway* WLAN, es que debe soportar IPsec o SSL para redes privadas virtuales y proporcionar encriptación rápida para ser capaz de proveer privacidad sobre el nivel 3 y superiores, característica importante si la red WLAN opera sin encriptación y autenticación de nivel 2.

Una vez el usuario ha sido autenticado y autorizado para utilizar la red WLAN, el módulo encargado de la tarificación en la *gateway* entra en acción, ya que debe reunir la información de tarificación de la sesión del usuario y enviarla al servidor local de tarificación, que puede estar ubicado en la red móvil Celular. La información de tarificación recolectada por éste módulo, se resume en un W-CDR e incluye la hora de inicio y fin de sesión, el conteo de paquetes y octetos, así como información auxiliar como la identidad de usuario, la dirección IP y la dirección MAC, información que se obtiene de la base de datos de sesiones activas.

2.4.2 Análisis

Gracias al grado de independencia que se alcanza entre ambas redes, los operadores de la red Móvil Celular pueden continuar con el desarrollo autónomo de su red, a la vez que se benefician de los nuevos desarrollos en la tecnología WLAN, sin necesidad de grandes inversiones de capital. De igual forma, les brinda la posibilidad de que a través de acuerdos con operadores WLAN que ya ofrecen acceso inalámbrico, puedan proporcionar cobertura en áreas claves cubiertas por *hotspots*.

Esta alternativa se favorece del hecho de que el *backbone* de la red CDMA2000 1X es totalmente IP y además tiene incluidas características de IP Móvil. En consecuencia, la compatibilidad con las redes WLAN que utilizan este protocolo para brindar soporte a la movilidad de usuario es mucho más alta, lo que disminuye costos de implementación para el operador de la red Móvil Celular.

Debido a las diversas ventajas que ofrece la alternativa ligeramente acoplada sobre la rígidamente acoplada, está emergiendo como la arquitectura preferida para lograr la integración de las redes WLAN con las redes móviles Celulares.

3. ESTRATEGIAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA RED WLAN EN COLOMBIA

Existen diversos factores que impactan las estrategias de despliegue de nuevas tecnologías para el operador, ante todo por el riesgo que hay de perder competitividad si no se es capaz de desplegar servicios comercialmente viables. Es de vital importancia reducir al máximo los costos de implementación de la tecnología y los nuevos servicios a través de una implantación simple, paulatina y oportuna, manteniendo una buena calidad de servicio con el fin de poder ofrecer durante el proceso una experiencia satisfactoria al usuario final. De esta manera, las empresas proveedoras del servicio tienen la oportunidad de mejorar en aquellos aspectos en los que se han identificado puntos débiles y fortalecer aquellas etapas del ciclo del servicio que los usuarios consideran como las más importantes¹⁰.

Para determinar una solución tecnológica viable, el operador debe tener en cuenta las oportunidades de mercado y riesgos económicos que genera la implementación de la misma, así como ventajas y desventajas de la tecnología, economías de escala en fabricación de equipos, disponibilidad de terminales y dimensionamiento de las necesidades del mercado.

Teniendo en cuenta los factores mencionados, y habiendo considerado los aspectos técnicos de las diversas alternativas de solución planteadas en el capítulo 2, en este capítulo se describen los diversos factores, tanto técnicos como del entorno, que impactan el despliegue de este tipo de soluciones y que influyen directamente en la elección de una de ellas como la más óptima para su implementación en el país. Se realiza un análisis de los requerimientos de acuerdo con las necesidades y demanda del mercado, y se muestra cual es la aceptación de estas soluciones a nivel mundial por parte de los fabricantes y entidades de investigación, de tal forma que se obtengan las bases suficientes para generar al final del capítulo, las recomendaciones y estrategias necesarias para un despliegue adecuado de este tipo de soluciones en Colombia.

¹⁰ Para establecer el grado de conformidad de sus usuarios, los operadores utilizan los resultados que arrojan las encuestas cuyo principal objetivo es medir el Nivel de Satisfacción de Usuario (NSU), esto ha permitido que los operadores cuenten con una herramienta que les permite percibir la forma como los usuarios califican el servicio. En Colombia, la medición del NSU está a cargo de la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (CRT).

3.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE ACUERDO CON NECESIDADES Y DEMANDA DEL MERCADO.

Es de vital importancia para los operadores tener en cuenta que para el usuario del común, que en su gran mayoría no posee conocimientos profundos en tecnología, lo más importante son las aplicaciones y los servicios a los que puede acceder, por lo tanto, la tecnología que se utilice para dar soporte a éstos es irrelevante desde su perspectiva, esto quiere decir que las nuevas redes deben enfocarse en incorporar calidad de servicio con altas tasas de transferencia, y en el caso de las redes inalámbricas, agregar total libertad de movimiento.

La inmensa disponibilidad de información en Internet ha hecho del acceso a esta red casi una necesidad vital, debido a que las personas desean estar constantemente conectados, mientras se mantienen en continua movilidad. Esto ha impulsado el rápido crecimiento de las redes inalámbricas en muchos países, sin embargo, la aceptación de estas tecnologías, el Internet inalámbrico y las nuevas aplicaciones y servicios, están ligados a la situación regional y a las diferencias culturales. La situación del mercado de las comunicaciones móviles e inalámbricas en países como Japón o Estados Unidos es muy diferente a la de los países como Colombia, debido a que su sociedad está acostumbrada a cambios tecnológicos constantes debido a su entorno industrial, a su poder adquisitivo y a las características del mercado en general. Las empresas que ofrecen servicios de transporte de datos en los países más desarrollados pueden invertir grandes capitales en la adquisición, adopción y despliegue de nuevas tecnologías debido a que la dinámica del mercado les permite recuperar la inversión y obtener ganancias más rápidamente que en los países en vía de desarrollo.

En Colombia el escenario es muy distinto, las empresas adoptan mayores precauciones a la hora de arriesgar grandes capitales en la implementación de las más modernas tecnologías, debido a los costos que implica esto dentro de un mercado que potencialmente no puede adquirir servicios a altos precios. Sin embargo, las empresas de telecomunicaciones y las redes empresariales, corporativas e institucionales, se ven obligadas a ofrecer soporte a las exigencias de un mercado globalizado basado en el acceso a la información, es por eso, que el despliegue de nuevas tecnologías a bajos costos relativos de implementación como las redes inalámbricas, ha ofrecido una buena alternativa para suplir la demanda por parte de los usuarios, que aunque no sea de la misma magnitud que en otros mercados, se proyecta como una de los mejores focos de desarrollo e inversión del país.

El mercado móvil está cambiando de un ambiente dominado por la voz a uno donde el Internet móvil y los servicios de datos mejorados serán igualmente primordiales. La importancia de proporcionar conectividad de datos en diversos escenarios genera una discusión acerca de cual de las soluciones tecnológicas para la implementación del *roaming* entre las redes WLAN y las redes Móviles

Celulares ofrece mayores beneficios a los usuarios finales, y cual solución se adapta mejor a un mercado que cambia de manera acelerada y que exige mayor flexibilidad en las redes que brindan soporte a las diferentes aplicaciones y servicios.

Para establecer en forma clara cuales son las principales necesidades que debe cubrir un sistema que permita el *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN en Colombia, a continuación se enumeran varios casos, cuyo objetivo es representar los grupos de usuarios y proveedores de servicio más significativos dentro del entorno colombiano, teniendo en cuenta la información que ha sido reunida y analizada en este documento y cuyas principales contribuciones han sido obtenidas de consultas realizadas a los operadores a través de encuestas (ver anexo E) y diversos informes que indican el comportamiento del mercado de las TICs (Tecnologías de Información y Comunicación) en Colombia, publicados por la CRT y el Ministerio de Comunicaciones¹¹.

Los casos que se muestran no hacen referencia a usuarios u operadores en particular, ya que se constituyen básicamente en una herramienta¹² para que el lector pueda comprender de forma sencilla como se generan las exigencias que se espera deban ser satisfechas por una posible implementación del *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN en Colombia. Por lo tanto, los grupos representativos y sus respectivas expectativas presentadas en las dos siguientes secciones, forman parte de la clasificación propuesta en éste documento para representar situaciones reales de acuerdo con indicadores del mercado, que están relacionados con los usuarios a los cuales se va a brindar soporte de *roaming* y con los operadores móviles e inalámbricos, cuyas proyecciones independientes generan distintos escenarios de implementación del mismo proceso.

3.1.1 Usuarios

En esta sección se realiza una representación de los usuarios del sector de las telecomunicaciones (telefonía fija, móvil e Internet) según el nivel de acceso a diferentes tecnologías alambradas, móviles, inalámbricas, el Internet y la frecuencia de utilización de equipos fijos, móviles, inalámbricos y de servicios de voz y datos en distintos escenarios, especificando algunas de las principales expectativas de acuerdo a las necesidades y experiencias de cada perfil.

¹¹ Una de las misiones propuestas por estas entidades gubernamentales es la de “generar elementos analíticos que contribuyan al estado del conocimiento sobre la realidad de las telecomunicaciones en el país”.

¹² Este método es similar al utilizado en la primera etapa del modelo especificado en [27], donde se establecieron los requerimientos necesarios para el soporte de servicios a través de RDSI, pero con la diferencia que en este documento se hace una representación de operadores y usuarios con el fin de identificar sus expectativas y de esta manera lograr enfocarse en la identificación de los requerimientos que generan.

3.1.1.1 Usuario 1

Este tipo de usuario utiliza un teléfono móvil con cuenta prepago para contactarse con sus clientes y proveedores y utiliza los servicios que le proporciona su operador como SMS, correo de voz y consulta de noticias entre otros. Cuando está en su hogar utiliza un teléfono fijo para realizar negocios y para sus llamadas personales, así que dentro de su agenda incluye números telefónicos fijos y móviles, prefiriendo utilizar el teléfono móvil en lugar de su teléfono residencial para realizar sus actividades laborales debido a que todos los números importantes se encuentran almacenados en él, así que si existe alguna opción para reducir los costos del servicio de telecomunicación eliminando el teléfono fijo realmente la probaría¹³.

Expectativas:

- Instalación sencilla y rápida de su equipo.
- Disponer de todos los servicios con los que cuenta en la actualidad a pesar de la introducción de la nueva tecnología, independientemente del lugar que se encuentre con su teléfono móvil.
- Correcto desempeño de todos los servicios de los que dispone actualmente sin importar las características de la nueva tecnología que se le ofrezca.
- Disminuir el costo de su servicio de telecomunicación¹⁴.

En este caso, las ventajas que ofrece el *roaming* con la red WLAN se ven reflejadas para el operador en cuanto a la descarga de tráfico y el aumento en la utilización de los servicios por parte del usuario, ya que puede ofrecer una disminución de costos al existir la posibilidad de soportar VoIP. A este tipo de usuario básicamente no le interesa que clase de red esta utilizando (teniendo en cuenta que sus conocimientos acerca de la tecnología son mínimos), siempre y cuando el operador le garantice calidad y bajos costos por el servicio que le ofrece.

3.1.1.2 Usuario 2

Posee un teléfono móvil y una computadora de escritorio con conexión a Internet a través de una línea telefónica, además de una computadora portátil para uso personal que emplea cuando tiene que trabajar, por lo general en su casa o en sitios públicos. Utiliza su computadora portátil para acceder a su correo electrónico, calendario y algunas otras utilidades a través de la misma conexión telefónica de su computadora de escritorio¹⁵.

¹³ Colombia no es ajena a las tendencias mundiales que revelan un elevado crecimiento de usuarios de telefonía móvil en relación a los usuarios de telefonía fija. Ver anexo F figura F.1.

¹⁴ Muchos usuarios colombianos optan por eliminar las líneas de telefonía fija debido a los bajos costos que esta ofreciendo la telefonía móvil. Ver anexo F figura F.2.

¹⁵ El acceso a Internet que actualmente se encuentra mas difundido en Colombia es el acceso telefónico o conmutado (especialmente para el sector residencial), ya que ofrece menores costos, pero al mismo tiempo ofrece los menores beneficios para el usuario en cuanto a ancho de banda se refiere, por lo que los accesos

Expectativas:

- Mejorar su acceso a Internet para su computadora portátil debido a que la conexión *dial-up* es demasiado lenta.
- Aprovechar de mejor forma las capacidades de su computadora portátil, de tal forma que pueda acceder a los servicios que requiere sin necesidad de estar atado al cable telefónico, pero sin que se eleven excesivamente los costos que tenga que asumir.
- Disponer de un dispositivo que le permita desempeñar las tareas que usualmente realiza independientemente con su teléfono móvil y su computadora portátil.
- Mayores facilidades para acceder a la información que necesita, en lugares diferentes al hogar o la oficina como por ejemplo aeropuertos o centros comerciales.
- Poder conectar simultáneamente a Internet su computadora de escritorio y su computadora portátil sin necesidad de adquirir una segunda línea telefónica.

Las ventajas para este usuario se reflejan en una utilización más óptima de las conexiones a Internet a través de tecnologías inalámbricas, ya que el acceso le brinda beneficios en el hogar, donde éste puede ser compartido y de alta capacidad, a la vez que le proporciona conexión en sitios públicos. El proceso de *roaming*, teniendo en cuenta los escenarios donde utiliza los servicios inalámbricos, añade el valor de la movilidad a través de coberturas extensas, lo que amplía su rango de utilización.

3.1.1.3 Usuario 3

Debido a su trabajo está más relacionado con la tecnología que los otros dos usuarios, así que no considera crítico que la instalación de un equipo nuevo sea un poco complicada debido a sus conocimientos. Posee una computadora de escritorio conectada a la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC) y una computadora portátil¹⁶ con capacidades de acceso inalámbrico 802.11x (por ejemplo 802.11a, b o g) en el lugar donde trabaja (donde existen varios puntos de acceso WLAN) y en el área residencial donde vive. Además, cuenta con un teléfono fijo (cuya línea comparte con la computadora de escritorio) y un teléfono móvil para comunicarse con sus compañeros de trabajo, familiares y amigos.

Expectativas:

- Disponer de un servicio de voz unificado en un solo dispositivo, esto le permitiría prescindir de la línea telefónica alambrada.

dedicados y de banda ancha a pesar de que comparativamente son inferiores en cantidad, presentan mayor crecimiento. Ver anexo F figura F.3.

¹⁶ La cantidad de usuarios en Colombia que adquiere computadores para uso personal aumenta día a día, en algunos casos se requiere más de un equipo por usuario de acuerdo con las necesidades que se posean. Ver anexo F figura F.4.

- Aprovechar de una mejor forma el acceso 802.11 debido a su bajo precio y buen desempeño tanto en su hogar como en su trabajo.
- Evitar en lo posible que las nuevas opciones que se le presenten requieran de la adquisición de nuevos equipos más costosos.

El proceso de *roaming* le permite a este usuario sacar provecho de su experiencia con las nuevas tecnologías, ya que considera importante el aporte que le brinda el acceso a la información a nivel profesional, en cuanto a su productividad laboral, y a nivel personal en su hogar.

3.1.1.4 Usuario 4

En su empresa posee una línea telefónica conmutada con dos extensiones de Telefonía Digital Mejorada Inalámbrica (DECT – Digital Enhanced Cordless Telephone)¹⁷ y una máquina contestadora, además de una computadora de escritorio con una conexión a Internet a través de una línea ADSL¹⁸ que tiene instalada una extensión que le permite conectar una *gateway* residencial WLAN, por lo que puede aprovechar la conectividad inalámbrica de su computadora portátil. Debido a que también posee una oficina en su casa, accede a información de su empresa y utiliza aplicaciones corporativas desde su hogar a través de la línea telefónica que conecta a su computadora portátil¹⁹, que por cuestiones de seguridad tiene instalado un cliente VPN.

Expectativas:

- Reducir los costos de las comunicaciones móviles en su empresa.
- Poder utilizar su computadora portátil tanto en su hogar como en sus oficinas sin ningún tipo de limitaciones de conectividad cuando se encuentra en movimiento.
- Continuar disfrutando de un buen ancho de banda para la transferencia de información que requiere de su negocio aun cuando se encuentra en su hogar.

Las ventajas que el proceso de *roaming* ofrece para este usuario, se ven reflejadas en la continuidad que puede obtener en cuanto al acceso a la información sin ningún tipo de limitaciones, al tiempo que obtiene la comodidad que brindan la movilidad y las conexiones de alta velocidad a través de un solo dispositivo.

¹⁷ En Colombia operadores como ALCATEL y ESCARSA prestan servicio de telefonía a través de esta tecnología que brinda cierto grado de movilidad a sus usuarios. Actualmente opera en las bandas 1910-1930, banda que se otorgó mediante Resolución 024 del 11 de enero de 2001.

¹⁸ Aunque la cantidad de usuarios de banda ancha en el país realmente no es muy alta, se debe considerar la tendencia en el crecimiento de este mercado, en especial el de tecnologías como xDSL y accesos dedicados. Ver anexo F figura F.3.

¹⁹ En Colombia también se destaca el crecimiento del tráfico de Punto de Acceso a la Red (NAP - Network Acces Point). Ver anexo F figura F.5.

3.1.2 Operadores

En esta sección se realiza una representación de los operadores de telefonía fija, móvil y de acceso a Internet (alambrado e inalámbrico) de acuerdo con la caracterización del entorno colombiano planteada en el capítulo 1, es decir, teniendo en cuenta las tecnologías que manejan en sus redes para la prestación de servicios de voz y datos en distintos escenarios y especificando algunas de las principales expectativas de acuerdo a las necesidades del sector.

3.1.2.1 Operador 1

Posee una red Móvil Celular que proporciona servicio a miles de subscriptores y ofrece los servicios típicos, incluyendo algunos servicios suplementarios como transmisión de datos (en conmutación de circuitos y de paquetes), SMS entre otros²⁰.

Expectativas:

- Considera que proporcionando acceso móvil de buena calidad en lugares estratégicos como aeropuertos, centros comerciales y en general en sitios altamente concurridos, puede traducirse en un mayor uso de la red celular por parte de sus clientes. En la medida que los usuarios encuentren que el servicio celular les ofrece buena calidad, establecerán el número de su teléfono móvil como número principal (sobre el teléfono fijo), lo que contribuirá a que una mayor cantidad de llamadas se realicen utilizando la red celular.
- Mejorar la experiencia del suscriptor a través de los servicios de datos que ofrece el acceso sobre tecnologías como WLAN, incrementará la adopción de servicios móviles por parte de los usuarios.
- Disminuir la carga que genera el tráfico proveniente de puntos estratégicos donde la red Móvil Celular brinda cobertura a través del empleo de una tecnología alternativa que se encuentre ampliamente difundida y que posea características complementarias, de tal forma que se puedan evitar inversiones adicionales sustanciales de capital asociados con la expansión de la capacidad de la red.²¹
- El uso de APs comerciales y equipos en el sitio de usuario²² que no requieren mayores modificaciones permitirá controlar costos y obtener mayores dividendos.
- Preservar un buen comportamiento de todos los servicios que actualmente se ofrecen tanto en el espectro licenciado como en el no licenciado (o banda de

²⁰ En el mercado de telecomunicaciones colombiano, el sector que corresponde a la telefonía móvil es el que presenta mayor crecimiento, y junto con la telefonía local es el que está registrando mayor cantidad de ingresos. Ver anexo F figura F.1.

²¹ El tráfico generado en las redes de servicio móvil desde el 2004 presenta una tendencia de constante crecimiento. Ver anexo F figura F.7.

²² El sitio de usuario corresponde básicamente a la red de acceso radio que tiene contacto directo con el terminal de usuario. En el caso de WLAN abarca hasta la interfaz con el controlador de acceso, de forma similar en la red Móvil Celular abarca hasta la interfaz con el controlador de estaciones base.

2,4 Ghz), esencialmente lo relacionado con los tiempos en el establecimiento de sesión, pérdida de paquetes y velocidades de transmisión.

- Evitar cambios en el núcleo de red para proporcionar todos los servicios celulares incluyendo la autorización y tarificación de usuarios tanto para el acceso en la banda licenciada como en la no licenciada.
- Minimizar las complicaciones en las premisas de usuario en lo relacionado con los terminales y los puntos de acceso.
- Evitar relaciones de negocio con los ISPs que transportarán el tráfico proveniente de los usuarios.
- Desea un sistema que permita escalarse eficientemente en la medida que el número de usuarios y puntos de acceso inalámbrico se incrementen y que además permita la migración a nuevas tecnologías en el núcleo de red.

El proceso de *roaming* ofrece a este operador ventajas claras entre las que sobresalen la ampliación y diversificación de su mercado de datos, así como el aprovechamiento de las capacidades WLAN para la descarga de tráfico en sitios claves.

3.1.2.2 Operador 2

De forma similar al operador 1, posee una red Móvil Celular que proporciona servicio a miles de suscriptores, pero se diferencia en que también proporciona acceso inalámbrico a sus clientes en la banda no licenciada por medio de APs que tiene desplegados en lugares estratégicos.

Expectativas:

- Incrementar sus ingresos, proporcionando acceso a través de *hostpots* en áreas donde no provee cobertura con la red Móvil Celular²³.
- Aprovechar la red de *hotspots* que posee para prestar un servicio de *roaming* con su red celular.
- Brindar asesoría técnica a sus usuarios acerca de utilizar el acceso en la banda no licenciada teniendo en cuenta necesidades de ancho de banda, calidad de servicio y volumen de tráfico de datos.
- Administrar eficientemente los recursos de red necesarios para la autenticación y autorización de usuarios que se movilizan entre ambas redes de acceso pero que no se encuentran en sesiones activas.
- Permitir una gestión integrada y eficiente cuando se logre un funcionamiento conjunto y coordinado de ambas redes de acceso.

El *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN ofrece un mercado compuesto de opciones más atractivas para captar nuevos usuarios y obtener mayor fidelidad

²³ Los operadores buscan nuevas fuentes de ingresos ya que existe una disminución en el Ingreso Promedio por Usuario (ARPU – Average Revenue Per User), motivado principalmente por la alta competencia y la oferta de servicios a través de una continua generación de planes y tarifas diferenciales para los diversos segmentos del mercado. Ver anexo F figura F.8.

de los que ya forman parte de la empresa, lo que genera grandes beneficios económicos al operador.

3.1.2.3 Operador 3

Este operador proporciona servicios de telefonía basados en PSTN y posee un acuerdo con un operador de telefonía Móvil Celular para permitir llamadas entre teléfonos móviles y fijos. Utilizando tecnologías xDSL y Cable Modem, proporciona servicios de banda ancha que permiten a sus usuarios acceder a Internet desde el hogar y/o la oficina utilizando un punto de red fijo y en ocasiones uno móvil haciendo uso de WLANs.

Expectativas:

- Ampliar su campo de negocios a través de acuerdos o alianzas con los operadores de telefonía Móvil Celular para ofrecer un servicio conjunto con su red de acceso WLAN.
- Generar una disminución de costos para los usuarios por medio de la integración de servicios de telefonía Móvil Celular con los servicios WLAN que actualmente ofrece.
- Ofrecer una mejor experiencia de usuario en relación a empresas competidoras que también ofrecen acceso inalámbrico.
- Disponer de una solución apropiada para proporcionar continuidad en las sesiones de usuarios cuando ofrece soluciones inalámbricas a empresas relativamente grandes que requieren *handover* entre APs.
- Obtener mayores ingresos ofreciendo acceso inalámbrico en lugares donde el servicio que proporciona la red Móvil Celular resulta insuficiente.

El proceso de *roaming* ofrece a este tipo de operador la oportunidad de ingresar a formar parte del sector de las comunicaciones que en el país están generando los más altos ingresos y las mayores expectativas de crecimiento, con lo que incrementará su participación en el mercado obteniendo mayores ganancias.

La introducción de una tecnología que permita unificar a la red WLAN con la red Móvil Celular también debe satisfacer necesidades de operadores no celulares que brindan servicios de voz y datos, esto debido a que en Colombia existe una participación considerable de estos operadores en el mercado de las telecomunicaciones móviles²⁴.

Teniendo en cuenta las condiciones del entorno planteadas en el capítulo 1, y por medio de un análisis de las expectativas y situaciones mencionadas que hacen referencia a usuarios y operadores colombianos, a continuación se generan una serie de requerimientos que debería satisfacer un sistema que permita el *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN. Para una fácil lectura de los mismos, se presentan en forma organizada en la tabla 3, de tal forma que los requerimientos

²⁴ Ver Anexo F Figura F.6.

al inicio de la tabla son más pertinentes a los operadores y los finales son más pertinentes a los usuarios. En la segunda columna de la tabla se realiza una breve descripción del requerimiento y en la tercera y cuarta columna se indica cual requerimiento se aplica indispensablemente a determinado usuario u operador. Para representar los usuarios y operadores nombrados anteriormente se utilizan las siguientes abreviaturas respectivamente: U1 (usuario 1), U2, U3, U4 y O1 (operador 1), O2, O3.

	REQUERIMIENTO	USUARIO	OPERADOR
1	Arquitectura y tecnología		O2,O3
1.1	Deben soportarse las tecnologías estandarizadas ya existentes en las premisas de usuario, por ejemplo, cable modem y xDSL que son las tecnologías de banda ancha con mayor en Colombia.		O2,O3
1.2	No debe requerirse alguna funcionalidad específica necesaria para el <i>roaming</i> entre la red Móvil Celular y la red WLAN en los APs		O2,O3
1.3	Si se trata de una solución rígidamente acoplada, las interfaces que se manejan entre el dispositivo controlador de acceso WLAN y el núcleo de la red Móvil Celular deben corresponder a las estandarizadas para la tecnología celular específica.		O1,O2
1.4	Los APs que no poseen capacidades de <i>roaming</i> con la red Móvil Celular también deben ser soportados por el sistema.	U3,U4	O2,O3
1.5	Una interfaz entre la MS y la red de acceso WLAN debe permitir los estándares 802.11 más utilizados en Colombia como son 802.11b y 802.11g.	U3	O2,O3
1.6	El operador debe ser capaz de gestionar el AP y cualquier otro equipo que se utilice en las premisas de usuario.		O1,O2 O3
1.7	El sistema debe permitir una migración paulatina de la red Móvil Celular actual hacia una generación posterior.		O1,O2
1.8	La implementación del <i>roaming</i> entre ambas redes de acceso no debe impactar la estructura de celdas de la red Móvil Celular. Es decir que no se debe requerir que cada AP sea configurado como una celda, debido a que esto exigirá demasiados identificadores que pueden ofrecer dificultades para la gestión de la red.		O1,O2
1.9	El sistema debe permitir descarga de tráfico que cursa en el núcleo de la red Móvil Celular.		O1,O2
1.10	El sistema debe ser fácilmente escalable cuando se refiere a un incremento de usuarios, APs y volumen de tráfico		O1,O2 O3
1.11	El sistema debe permitir un agrupamiento flexible de APs en celdas.		O1,O2

1.12	El operador celular no debe necesitar de replantear su esquema de áreas de localización y enrutamiento cuando el <i>roaming</i> sea implementado.		O1,O2
2	Compatibilidad		
2.1	La adición de compatibilidad con la WLAN a la MS no debe deteriorar su habilidad de operar sobre la red Móvil Celular.	U1,U2 U3,U4	O1,O2
2.2	No debe imposibilitarse el uso simultáneo de las dos tecnologías de acceso.	U2,U3 U4	O1,O2 O3
2.3	El sistema debe ser implementable en todas las tecnologías celulares a partir de 2.5G existentes en Colombia.		O1,O2
2.4	El sistema debe coexistir con los esquemas de autorización y encriptación utilizados actualmente en <i>hotspots</i> .		O2,O3
3	Seguridad		
3.1	El <i>roaming</i> con la red WLAN no debe comprometer la seguridad de la red Móvil Celular.		O1,O2
3.2	Autenticación bilateral entre el controlador de acceso a la red WLAN y la MS.		O1,O2 O3
3.3	La autenticación y autorización de la MS con el núcleo de la red debe utilizar recursos y procedimientos ya existentes.		O1,O2 O3
3.4	El tráfico de señalización debe estar asegurado durante toda la comunicación para proteger los datos del suscriptor de forma similar a como se realiza en la autenticación SIM.		O1,O2 O3
3.5	La red WLAN con la que la MS realiza el <i>roaming</i> debe proporcionar una seguridad tan elevada para el tráfico de usuario, como la proporcionada por la red Móvil Celular.	U1,U2, U3,U4	O1,O2 O3
4	Especificación y desarrollo		
4.1	El sistema no debe requerir el desarrollo de nuevas especificaciones donde las existentes son adecuadas y operan correctamente.		O1,O2 O3
4.2	El sistema no debe requerir de cambio en los estándares existentes.		O1,O2 O3
4.3	El sistema debe haber sido probado con éxito con buenos resultados de rendimiento.		O1,O2 O3
4.4	El sistema debe minimizar su impacto en las MS y el núcleo de red, así que deber ser posible de implementar con esfuerzos mínimos en desarrollo y verificación.		O1,O2
5	Gestión de la Red		
5.1	El sistema debe proporcionar el soporte necesario para operaciones de gestión y mantenimiento de la red.		O1,O2 O3

5.2	El impacto sobre las operaciones normales en el núcleo de la red debe ser mínimo.		O1,O2
5.3	El sistema debe trabajar transparentemente a través de redes de proveedores de Internet. No debe requerir que el usuario final o el operador tengan que negociar acuerdos con ISPs.	U1,U2 U3,U4	O1,O2
5.4	Tanto la red Móvil Celular como la red WLAN deben ser capaces de proporcionar información estadística relacionada con el movimiento de usuarios entre las redes.		O1,O2 O3
6	Cobertura		
6.1	El sistema debe cubrir tanto hogares como oficinas.	U1,U2 U3,U4	
6.2	El sistema debe prestar servicio a través de <i>hotspots</i> en lugares públicos como aeropuertos y centros comerciales.	U2	
6.3	El sistema debe permitir acceso simultáneo a múltiples usuarios sobre un punto de acceso.		O1,O2 O3
7	Direccionamiento		
7.1	El usuario debe ser accesible al mismo número telefónico sin importar si esta asociado a la red WLAN o la red Móvil Celular.	U1,U2 U3,U4	
7.2	La identificación de suscripción de la MS debe ser la Identidad de Suscriptor Móvil Internacional (IMSI – International Mobile Subscriber Identity).		O1,O2
8	Tarificación		
8.1	La tarificación de los usuarios debe utilizar recursos y procedimientos ya existentes en la red Móvil Celular.		O1,O2
8.2	Debe permitir que el usuario pueda seleccionar que el servicio sea prepago o pospago teniendo en cuenta el amplio mercado de usuarios prepago en Colombia.	U1,U2 U3,U4	
8.3	Los registros de cobro deben almacenar transiciones entre la red Móvil Celular y la red WLAN, esto podría incluir la hora en que se realizó el <i>roaming</i> y cualquier cambio en la QoS en ese instante.	U2,U3 U4	
9	Servicios y Calidad de Servicio QoS		
9.1	El sistema de <i>roaming</i> con la red WLAN, debe brindar soporte a servicios que se proporcionan actualmente a través de las redes celulares colombianas como mínimo, por ejemplo: SMS Correo de Voz Identificación de Llamadas Internet Móvil	U1,U2 U3,U4	O1,O2
9.2	La red WLAN debe proporcionar una calidad de servicio similar o mejor a la que proporciona la red Móvil Celular a los usuarios. En particular, se deben tener en cuenta	U1,U2	O1,O2

	<p>los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando una conexión IP posee una QoS garantizada en la red Móvil Celular, esta debe conservarse o mejorarse cuando el usuario se asocia a la red WLAN. - La velocidad de transmisión proporcionada por la red WLAN debe ser igual o superior a la que se le puede proporcionar al usuario en el momento que se encuentra asociado a la red Móvil Celular. - Si se establece una sesión de voz a través de la WLAN, su QoS debe ser similar a la garantizada por la red celular. 		
10	Selección de la red de acceso		
10.1	Selección del AP		
10.1.1	Todos los AP con capacidades de <i>roaming</i> con la red Móvil Celular pueden brindar servicio a los usuarios teniendo en cuenta condiciones de acceso impuestas por el propietario.	U2	
10.1.2	Todos los AP con capacidades de <i>roaming</i> con la red Móvil Celular pueden brindar servicio a los usuarios teniendo en cuenta condiciones de acceso impuestas por el operador.		O1,O2 O3
10.1.3	Un AP debe ser capaz de soportar conexión con múltiples redes celulares al mismo tiempo.		O2,O3
10.2	Selección de la red Móvil Celular		
10.2.1	Las MS con capacidades duales deben ser capaces de conmutar entre la red Móvil Celular y la red WLAN sin ningún tipo de intervención del usuario.	U1,U2 U3,U4	
10.2.2	El usuario debe ser capaz de seleccionar el modo preferido para la selección automática de la red de acceso; con prioridad a la red Móvil Celular o con prioridad a la red WLAN.	U2	
10.2.3	El operador debe ser capaz de seleccionar el modo preferido para la selección automática de la red de acceso; con prioridad a la red Móvil Celular o con prioridad a la red WLAN		O1,O2
10.2.4	El usuario debe estar en la capacidad de deshabilitar manualmente la selección automática de la red de acceso y establecer como red de acceso por defecto a la red Móvil Celular o la red WLAN.	U2,U3, U4	
10.2.5	El sistema debe permitir que la MS reconozca las opciones de la interfaz de aire disponibles y se las notifique al usuario.	U2,U3 U4	
10.2.6	La MS debe ser capaz de obtener servicio cuando la red Móvil Celular y la red WLAN son controladas por el mismo operador o cuando son controladas por distintos operadores.	U2,U3 U4	
10.2.7	El sistema debe operar normalmente en áreas donde	U1,U2	O1,O2

	existen múltiples redes inalámbricas y celulares que están prestando servicio.	U3,U4	O3
10.2.8	Debido a que en algunos casos, ciertos atributos del servicio como costo o QoS pueden variar de una red de acceso a otra debe ser posible que el usuario sea notificado cuando una transición entre la red Móvil Celular o la red WLAN ocurre.	U2,U3 U4	
10.2.9	Una MS debe estar capacitada para seleccionar una red WLAN en el momento del encendido.	U1,U2 U3,U4	O2,O3
10.2.10	Debe ser posible para una MS con prioridad de conexión con la red inalámbrica, registrarse en una PLMN visitante de la red Móvil Celular a través de la red WLAN.		O1,O2
11	<i>Roving</i>²⁵		
11.1	Dependiendo del modo de selección de la red, la MS debe ser capaz de asociarse a una WLAN si ésta es seleccionable.	U1,U2, U3,U4	O2,O3
11.2	Dependiendo del modo de selección de la red, la MS debe ser capaz de asociarse a la red Móvil Celular si ésta es seleccionable.	U1,U2, U3,U4	O1,O2
11.3	El sistema debe permitir <i>roving</i> de terminales entre redes WLAN.	U3	O2,O3
11.4	El <i>roving</i> entre redes WLAN es prioritario al roving de la red WLAN y la red Móvil Celular.	U3	O3
12	<i>Roaming</i>		
12.1	Teniendo en cuenta el modo de selección de la red de acceso, el sistema debe permitir el <i>roaming</i> desde la red Móvil Celular a la red WLAN teniendo en cuenta que las siguientes condiciones se cumplen: - La MS se encuentra dentro del área de cobertura de la red WLAN y en el rango de velocidad de movimiento de un peatón. - La MS permanece en el área de cobertura de las dos redes durante el <i>roaming</i> .	U1,U2 U3,U4	O1,O2 O3
12.2	Teniendo en cuenta el modo de selección de la red de acceso, el sistema debe permitir el <i>roaming</i> desde la red WLAN a la red Móvil Celular teniendo en cuenta que la MS se encuentra dentro del área de cobertura de la red Móvil Celular.	U1,U2 U3,U4	O1,O2 O3
12.3	El sistema debe permitir el <i>roaming</i> entre redes WLAN teniendo en cuenta que las siguientes condiciones se cumplen: - La MS se encuentra dentro del área de cobertura de la red WLAN y en el rango de velocidad de movimiento de un peatón. - La MS permanece en el área de cobertura de las dos	U3	O2,O3

²⁵ Término que se utiliza para indicar el cambio de la red de acceso (o asociación a otra red de acceso) cuando la MS se encuentra en estado inactivo.

	redes durante el <i>roaming</i> .		
12.4	El sistema debe administrar eficientemente el ancho de banda durante el <i>roaming</i> .		O1,O2 O3
12.5	Debe ser posible adecuar el juego de servicios que se proporciona al usuario, si no es posible proporcionar todos los servicios a través de la red de acceso objetivo del <i>roaming</i> .		O1,O2 O3
12.6	El usuario debe tener la posibilidad de terminar la conexión o el contexto si la QoS que obtiene al realizar el <i>roaming</i> no es satisfactoria.	U1,U2 U3,U4	
13	Equipo de Usuario		
13.1	Los usuarios deben ser capaces de utilizar los puntos de acceso WLAN existentes.	U3,U4	O1,O2 O3
13.2	La activación del servicio de <i>roaming</i> no debe requerir que el usuario tenga que dirigirse al centro de servicio.	U1	
13.3	El sistema no debe requerir de cambios en la configuración IP en el equipo de usuario	U1	O2,O3
13.4	La vida útil de la batería en la MS no debe verse comprometida por acceder al servicio de <i>roaming</i> con la red WLAN.	U1,U2 U3,U4	
13.5	Debe generar un impacto mínimo en el terminal de usuario en cuanto a demanda de procesamiento y almacenamiento se refiere.	U1,U2 U3,U4	
13.6	Cualquier dispositivo con capacidades de acceso dual (WLAN o Móvil Celular) debe ser capaz de acceder al servicio de <i>roaming</i> entre ambas redes.	U1,U2 U3,U4	O1,O2 O3

Tabla 3 – Requerimientos para operadores y usuarios

En la tabla 3 se observa que un sistema que permita el *roaming* de usuarios entre la red Móvil Celular y la red WLAN y que se pretenda implementar en Colombia debe gozar de ciertas características que son indispensables, tanto para operadores como para usuarios en general. De igual forma, es posible observar que determinados requerimientos a satisfacer son menos prioritarios y pueden ofrecer cierta flexibilidad en el momento de seleccionar determinada solución, esto de acuerdo con las condiciones particulares de cada operador y que están relacionadas con la tecnología utilizada, la gestión de la red y el tipo de usuarios a los que ofrecen sus servicios. Consecuentemente, esta información se constituye en una importante base teórica para la implantación del *roaming* entre estas redes de manera que sea realizada de forma eficaz, beneficiando los distintos grupos de operadores y usuarios.

3.2 INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS RELACIONADOS CON LAS DISTINTAS SOLUCIONES

El operador no solo debe contar con que la tecnología a implementar posea excelentes prestaciones y satisfaga a cabalidad las necesidades que se desean cubrir, también debe establecer el grado de aceptación que recibe por parte de organismos investigativos y fabricantes, teniendo en cuenta que es de vital importancia que la tecnología continúe su evolución y además sea posible encontrar una gran disponibilidad y amplia gama de opciones en cuanto a equipos se refiere. Por lo tanto, en esta sección se hace referencia a las investigaciones y desarrollo que se están llevando a cabo a nivel internacional con el objetivo de conocer cual es el verdadero impacto de este tipo de tecnologías alrededor del mundo.

El Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI - European Telecommunications Standards Institute), es un organismo que agrupa cerca de 688 miembros provenientes de 55 países Europeos y de otros continentes incluyendo fabricantes, operadores de red, administraciones, proveedores de servicios, cuerpos de investigación y usuarios²⁶. Uno de los Proyectos ETSI denominado Armonización de las Telecomunicaciones y el Protocolo de Internet sobre las Redes (EP TIPHON - ETSI Project for Telecommunications and Internet Protocol Harmonisation Over Networks), está dirigido específicamente a la telefonía IP incluyendo comunicaciones entre redes basadas en IP y redes PSTN, ISDN y GSM y su objetivo es la elaboración y promoción de normas específicas para esta área de las telecomunicaciones, con vistas a la consecución, en un periodo de tiempo predeterminado, de un conjunto coherente de normas que posibiliten la implantación de un nuevo servicio, red o sistema de telecomunicaciones. Para lograr este objetivo, cuenta con el respaldo de un Comité Técnico ETSI denominado Grupo de Estándares Móviles (TC MSG - Mobile Standards Group) encargado de las normas pertinentes de carácter general relativas a sistemas móviles. [28]

Además también se encuentran actualmente en actividad dos proyectos ETSI, desarrollados en cooperación con organismos ajenos al Instituto²⁷, como ARIB (Association of Radio Industries and Business), CCSA (China Communications Standards Association), ATIS (Alliance for Telecommunications Industry Solutions), TTA (Telecommunications Technology Association) y TTC (Telecommunications Technology Committee). El primero de los proyectos en mención, se denomina Proyecto de Colaboración de Tercera Generación (3GPP -

²⁶ Estos participantes claves en el campo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (ICT - Information and Communication Technologies), determinan el programa de trabajo del instituto, proporcionan los recursos necesarios y aprueban sus deliberaciones. Como resultado, las actividades de ETSI están relacionadas estrechamente con las necesidades del mercado y sus productos son ampliamente aceptados por los operadores.

²⁷ Esta modalidad se emplea cuando la citada colaboración no es posible dentro de las modalidades de Proyectos del ETSI o de los Comités técnicos.

3rd Generation Partnership Project), cuyo objetivo principal es generar especificaciones técnicas y reportes técnicos para sistemas de tercera generación basados en el núcleo de red GSM y en las tecnologías de acceso radio que este soporta. Es por esto que entre sus trabajos recientes se encuentra el estudio y estandarización del *interworking* entre las redes celulares de tercera generación GPRS/EDGE/UMTS y redes IP, que básicamente impulsa la utilización de una solución ligeramente acoplada, con el empleo de IP móvil como protocolo base para permitir el proceso de *roaming* entre la red Móvil Celular y la WLAN. [29]

El segundo proyecto en curso se denomina 3GPP2 y nace de las discusiones entre la ETSI y la comunidad ANSI-41 debido a la necesidad de consolidar la colaboración de esfuerzos para todos los estándares miembros de la ITU, por lo que se estimó apropiado que se estableciera un Proyecto de Colaboración que involucrara los beneficios del esfuerzo colaborativo y del reconocimiento como organismo generador de especificaciones. Este proyecto basa su estándar en la tecnologías de radio CDMA2000 y la red IS-45, teniendo grupos de trabajo que se dedican al estudio del *interworking* con redes basadas en IP. De forma similar al 3GPP, impulsa la utilización de una solución ligeramente acoplada a través del protocolo IP móvil, esto teniendo en cuenta que dentro de las características básicas del núcleo de red CDMA2000, se encuentra el brindar soporte a este protocolo. [30]

Recientemente se ha conformado un grupo de trabajo denominado Consorcio de la Tecnología de Acceso Móvil No-licenciada (UMAC – Unlicensed Mobile Access Technology Consortium), que reúne operadores y proveedores de telecomunicaciones líderes en el mercado como Alcatel, British Telecom, Cingular, Kineto Wireless, Motorola, Nokia, Nortel Networks, Siemens, Sony Ericsson, y T-Mobile, cuyo objetivo es desarrollar y publicar una serie de especificaciones técnicas para extender los servicios de voz y datos móviles ofrecidos por GSM/GPRS sobre las tecnologías que operan sobre el espectro no licenciado (incluyendo Bluetooth y Wi-Fi) y subsecuentemente fomentar la adopción de dichas especificaciones por un organismo de estandarización reconocido a nivel mundial²⁸. Las especificaciones publicadas por UMAC definen protocolos y elementos de red que soportan autenticación de usuario y *roaming* transparente de las sesiones de voz y/o datos entre las torres celulares y los puntos de acceso IP WLAN y *Bluetooth* a través de una solución rígidamente acoplada que utiliza ciertos protocolos de entunelamiento que permiten un transporte seguro del tráfico del plano de usuario y del plano de señalización sobre la red IP. [31]

²⁸ Las compañías participantes de UMAC, publicaron las especificaciones iniciales en septiembre 2 de 2004 y contribuyeron a las especificaciones del 3GPP como parte del ítem “Acceso Genérico a las interfaces A/Gb”, y en abril de 2005 el 3GPP aprobó las especificaciones para la entrega número 6 como parte del ítem en mención. Actualmente, las compañías participantes de UMA han acordado terminar su operación como grupo independiente y continuar sus esfuerzos con el desarrollo de la tecnología dentro de la organización 3GPP.

Una de las consideraciones que se tiene actualmente es si UMA podría surgir como una tecnología individual para prestar este tipo de servicios, o si podría llegar a ser parte de un conjunto más grande de tecnologías de Subsistemas Multimedia IP (IMS – IP Multimedia Subsystems). Se prevé que IMS es un camino para unir todas las formas de acceso a las comunicaciones sobre una plataforma IP, siendo UMA visto como un paso en el camino hacia IMS. IMS fue estandarizado por el 3GPP, habilitando a equipos fijos y móviles para establecer sesiones IP entre si. Estas conexiones forman la base de un amplio rango de servicios de comunicación multimedia que pueden accesarse sobre cualquier conexión IP, como por ejemplo, a través de redes GPRS y WCDMA, conexiones de banda ancha en los hogares o *hotspots* WLAN. [32] [33]

Adicionalmente es posible encontrar otros organismos que también se encuentran realizando trabajos relacionados con el *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN, como el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF - Internet Engineering Task Force), que es una gran comunidad abierta de diseñadores, operadores, fabricantes e investigadores de redes y están trabajando en lo concerniente a la evolución de la arquitectura y operación de Internet. El trabajo técnico se realiza por grupos que se dedican a las áreas de Internet, Operación y Mantenimiento, Área de transporte, Aplicaciones, Enrutamiento, Sub-IP, Seguridad y General, colocando los resultados usualmente en RFCs. También se destaca el Foro de Internet Móvil Inalámbrico (MWIF - Mobile Wireless Internet Forum), un consorcio de la industria internacional sin ánimo de lucro, que tiene como misión manejar la aceptación y adopción de una arquitectura de Internet móvil inalámbrico única y abierta que sea independiente de la tecnología de acceso. Este consorcio ha establecido relaciones con el 3GPP, el 3GPP2 y la IETF con el fin de llegar a éste objetivo.

3.3 EXPERIENCIAS

Es necesario conocer y establecer a ciencia cierta cuáles son los precedentes en cuanto a desempeño y experiencias obtenidas de implementaciones comerciales de las alternativas, en especial cuando se trata de una tecnología reciente, cuya fase de estandarización no se ha completado aún. Los resultados de pruebas obtenidos en estas implementaciones que soportan el proceso de *roaming* entre redes celulares y redes WLAN aunque pueden brindar una visión acerca del rendimiento de soluciones similares, solamente muestran el rendimiento real de la red en particular, debido a que se sujeta al tipo de equipos que utilizan con sus características funcionales, operacionales y del entorno específicas.

A continuación se resumen algunos proyectos de importantes entidades o fabricantes del sector que han sido seleccionados de acuerdo a la importancia que sus resultados y experiencias representan para la consecución del objetivo de este documento. Al mismo tiempo, pueden ofrecer un panorama general acerca de cuáles de las soluciones que permiten efectuar el *roaming* entre las redes Móviles

Celulares y las redes WLAN están generando mayores expectativas y presentan mejor desempeño, no solo a nivel técnico, sino también bajo el concepto de los usuarios.

3.3.1 OmniCon

Es un proyecto realizado por miembros de la IEEE en la Universidad de Stony Brook en el Estado de New York y presentado en la Conferencia Internacional de Proyectos acerca del Procesamiento en Paralelo del 2004 (ICPPW'04 - International Conference on Parallel Processing Workshops) donde se dieron a conocer ciertas mediciones concernientes al rendimiento obtenido del proceso de *roaming* entre la red WLAN y la red GPRS a través de una solución ligeramente acoplada basada en IP Móvil, donde el HA estaba ubicado en la red local y el FA en la interfaz Gi de la red GPRS.

En la arquitectura propuesta por OmniCon, que es una simple extensión a las implementaciones IP Móvil ya existentes, los resultados obtenidos (ver anexo G) muestran que esta solución puede conmutar efectivamente una conexión entre las dos tecnologías de red mencionadas de manera completamente transparente a las aplicaciones de red y a los usuarios, con retardos bajos y pérdida de paquetes cercana a cero durante el proceso de *roaming*. Las medidas del rendimiento del prototipo implementado, exponen las ventajas del diseño propuesto basado en IP Móvil, en particular, mecanismos que evitan la pérdida de paquetes en el proceso de *roaming* muestran la factibilidad de la arquitectura OmniCon, además del *overhead*²⁹ del 10% al 20% de tráfico adicional necesario para un efectivo control en la transmisión de datos a través del enlace.

Es de importancia resaltar que distintas aplicaciones demandan diversos niveles de QoS, por lo que una solución basada en IP Móvil puede valerse de diferentes mecanismos con el fin de proporcionar niveles óptimos de calidad a la hora de prestar un servicio como se demostró en el estudio de Omnicom. Por ejemplo, pueden utilizarse mecanismos de priorización de tráfico en aplicaciones de tiempo real como servicios de VoWLAN, con el fin de evitar retardos no deseados en la comunicación. En el caso de las redes inalámbricas, la IEEE ha venido trabajando en varios estándares suplementarios para mejorar la QoS (.11e), soporte de movilidad (.11f), seguridad (.11i) y nuevas tecnologías de nivel físico (.11n), pero es necesario establecer acuerdos e implementar otros mecanismos con el fin de ofrecer estos mismos niveles cuando se realiza el proceso de *roaming* hacia y desde las redes celulares.

Para servicios o aplicaciones que por sus características funcionales permiten variaciones en los niveles de QoS, es más sencilla la implementación del *roaming* entre diferentes tecnologías de red, pero independientemente de los procesos a los que se les quiera brindar soporte en una red, es necesario realizar un estudio

²⁹ Información adicionada a un paquete de datos de usuario transmitido con el propósito de control. El *overhead* puede incluir chequeo de error e información de sincronización.

del rendimiento particular de cada una, con el fin de ofrecer una calidad óptima y satisfacer las necesidades de los usuarios.

3.3.2 Rotuaari

Rotuaari es un proyecto de la Agencia Nacional de Tecnología con sede en Finlandia, cuyo propósito es evaluar la manera en que la movilidad de usuario afecta el desempeño y calidad de servicio percibida por los usuarios en un entorno de red heterogéneo. Implementado en la universidad de Oulu, Finlandia, y formado por la red panOULU (basada en 802.11x) y Octopus (basada en GSM/GPRS), el proyecto permite a los nodos móviles realizar un cambio automático entre ambas redes de acceso, basándose en una solución ligeramente acoplada e introduciendo una extensión simple a la implementación de IP Móvil proporcionada por la compañía Secgo. [34]

Para la evaluación de la QoS percibida por los usuarios (QoS subjetiva) en torno a los efectos que produce el proceso de *roaming* entre la red GPRS y la red WLAN sobre las sesiones activas ejecutándose distintos tipos de aplicaciones o servicios en el proyecto Rotuaari, se sometió a 20 personas a realizar ciertas tareas que involucraban tráfico de datos únicamente, y donde el principal protagonista fue la Base de Datos Cultural Digital de Oulu (DOK – Database Cultural Oulu Digital), ya que ofrece diversos servicios en un solo paquete, por ejemplo, permite navegar en páginas xHTML, descargar presentaciones multimedia, y encadenamiento de datos de audio y video. En DOK los contenidos proporcionados fueron adaptados en tamaño de acuerdo con la clase de dispositivo que el usuario utiliza y no de acuerdo con la tecnología de red.

Para realizar la evaluación del servicio se empleó una tabla (ver anexo G) con el fin de establecer la calidad del servicio percibida por el usuario, inicialmente con la operación independiente de las redes y posteriormente realizando el proceso de *roaming* entre las mismas, sin previa indicación a los usuarios de las características pertenecientes a las tecnologías de acceso que utilizarían.

Los resultados del proyecto (ver anexo G) muestran que los usuarios comprendieron claramente las ventajas de utilizar una tecnología de acceso múltiple híbrida, es decir, la mayoría utilizaría el *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN si sus equipos móviles lo permitieran. Como era de esperarse, el acceso WLAN (más rápido y de menor costo, pero de pequeña cobertura) fue preferido a la conexión GPRS (más lenta, más costosa y de gran cobertura) para realizar las tareas relacionadas con tráfico de datos, pero también se encontró que se le otorga mayor peso a la disponibilidad del servicio que a las ventajas que puedan ofrecer las diversas tecnologías en determinados momentos de la comunicación.

Como se observa, las investigaciones y prototipos que se han llevado a cabo por parte de entidades de estandarización, fabricantes y proveedores de servicios, dan

a conocer la popularidad de las soluciones ligeramente acopladas basadas en IP Móvil para un mercado tan diversificado y creciente en esta área que demanda soluciones que permitan a las redes evolucionar y adecuarse a un sin número de escenarios volubles cada vez más exigentes. Esto no indica que las soluciones rígidamente acopladas hayan sido rechazadas de pleno por los organismos investigativos, pero como se observó en la sección 3.2, su estandarización aún es reciente y a pesar de que muchos de los miembros del UMAC se encuentran en la actualidad en fase de pruebas con operadores de telecomunicaciones afiliados, sus resultados no se encuentran a disposición del público.

Tampoco se encuentran soluciones ligeramente acopladas entre la red CDMA2000 y la red WLAN, aunque en el estándar de esta red celular se brinde soporte al protocolo IP Móvil, a lo cual se puede creer que debido a la limitada cantidad de fabricantes que ofrecen un reducido número de equipos CDMA, sumado al crecimiento de las redes basadas en la tecnología GSM y la migración de los operadores a soluciones basadas en la misma, el interés en la investigación de procesos como el *roaming* de esta red con otras tecnologías no ha generado grandes expectativas.

Independientemente de la solución que brinde el *roaming* entre las redes celulares y las redes WLAN, es seguro que el rendimiento de la red mejorará y que se generará un incremento de la capacidad en cuanto al número de conexiones en determinadas áreas donde la demanda de tráfico de datos es alta. En un estudio publicado en el "IEEE Communications Magazine" de Julio de 2003 [35], se observa el comportamiento de una red donde se utilizan *hotspots* WLAN y HIPERLAN/2 como complemento de la red celular de tercera generación UMTS, cuyo despliegue se centra en una zona urbana densa donde los requerimientos de capacidad son los más exigentes. Para cuantificar el rendimiento de la red, este estudio realizó el despliegue simulado de una red de 3G de alta capacidad, seguido por un cubrimiento de *hotspots* integrado mediante dos configuraciones distintas: la primera incluía tres APs y la segunda incluía 15 APs.

En general, el soporte de conexión de datos a través de *hotspots* ofreció velocidades considerablemente mayores que incluso las tasas más altas de las redes 3G, habilitando el transporte de aplicaciones multimedia (video, gráficos en 3D) sobre la red. Se mostró que la capacidad de la red tuvo un incremento significativo cuando se empleó *interworking* entre los *hotspots* y la red 3G, particularmente cuando un alto porcentaje del área se encontraba cubierta por una red de *hotspots*. Se argumentó que cerca de 1000 conexiones extras pueden soportarse en un área de 1 km² cuando 15 *hotspots* WLAN son desplegados a lo largo de una red 3G.

Por lo tanto, es evidente el mejoramiento que experimenta un servicio a través de este tipo de procesos entre redes heterogéneas, y conociendo de antemano algunos resultados de estudios y proyectos realizados a implementaciones, en la siguiente sección se describen las principales características de cada tipo de

solución con el fin de mostrar cual de éstas proporciona las mejores prestaciones para su despliegue dentro del entorno Colombiano.

3.4 COMPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES RÍGIDAMENTE Y LIGERAMENTE ACOPLADAS

Como se planteó en el capítulo 2, las alternativas tecnológicas disponibles actualmente para permitir el *roaming* de usuarios entre la red Móvil Celular y la red WLAN se clasifican básicamente en dos grupos, denominados como soluciones rígidamente acopladas y soluciones ligeramente acopladas. Cada grupo pretende brindar los mayores beneficios tanto para los usuarios como para los operadores a la hora de implementar, gestionar y aprovechar los recursos existentes, así como actualizar y desarrollar de una manera flexible la arquitectura y los servicios que soporta la red.

El método que se seleccione para permitir el *roaming* entre las dos redes en un caso particular, se debe basar principalmente en que tanta inter-dependencia se quiere introducir entre las dos redes. Por lo tanto, la selección general de una solución como la más óptima dentro del entorno colombiano, solo muestra un concepto general basado en las tecnologías, beneficios, proyecciones y perspectivas del mercado y no cierra las puertas a que en un caso particular una solución alternativa constituya una mejor opción.

A continuación, se realiza una comparación entre los dos grupos o tipos de soluciones teniendo en cuenta sus características técnicas, esto con el fin resaltar las bondades que cada una ofrece, y así obtener un panorama más claro acerca de cual es la situación de cada tecnología frente a las necesidades que se plantean dentro del entorno colombiano.

3.4.1 Ventajas de las soluciones rígidamente acopladas

Las ventajas que ofrece una infraestructura rígidamente acoplada son:

- Esquema unificado de autenticación y autorización de los usuarios de la red WLAN y de la red Móvil Celular, lo que proporciona mayor seguridad y simplicidad de operación de la red.
- Facilidades de registro de facturación de usuarios, al ser centralizado y estar a cargo únicamente de la red Móvil Celular.
- Las operaciones necesarias para llevar a cabo el *roaming* se realizan en un menor tiempo y en consecuencia permite un *roaming* más rápido, debido a que los procedimientos de señalización necesarios son responsabilidad única de la red Móvil Celular y no requieren de encabezados adicionales en los paquetes de información.

- Brindan mayores facilidades para que el operador celular pueda realizar los procedimientos de gestión necesarios para control y mantenimiento del segmento WLAN.

3.4.2 Desventajas de las soluciones rígidamente acopladas

Las desventajas que ofrece una infraestructura rígidamente acoplada son:

- Limitación en los escenarios a los cuales pretende llegar debido a sus características de implementación.
- Se requiere de un nuevo elemento de red, al que se asigna la responsabilidad de servir de intermediario entre la red WLAN y la red móvil celular, por lo que exige mayor inversión por parte de los operadores celulares.
- Teniendo en cuenta que el tráfico generado en la red WLAN atraviesa el *backbone* de la red Móvil Celular, cualquier inconveniente que afecte el curso normal de operación de esta red, también afectará a la red WLAN.
- Existe la posibilidad de que un elevado volumen de tráfico generado por la red WLAN genere una sobrecarga en el núcleo de la red Móvil Celular si no se ha realizado un dimensionamiento adecuado de tráfico en las interfaces que comunican sus distintos nodos de red.
- Se deben tomar mayores precauciones de seguridad, debido a que el segmento WLAN está conectado directamente al *backbone* IP de la red Móvil Celular.
- Debido a que existe una reciente estandarización de este tipo de soluciones, se encuentran aún en proceso de prueba en entornos reales.

3.4.3 Ventajas de las soluciones ligeramente acopladas

Las ventajas que ofrece una infraestructura ligeramente acoplada son:

- Es posible la división de la responsabilidad administrativa con respecto al soporte de las redes debido a que el operador WLAN puede mantener cierta independencia del operador celular y aún así ofrecer servicio de *roaming* gracias a acuerdos establecidos con el operador celular respectivo.
- Facilidad de implementación en distintos escenarios, además de flexibilidad en el diseño y arquitectura de red, principalmente gracias a que se mantiene cierto grado de independencia entre las redes.
- Existe una carga menor de tráfico en el *backbone* de la red Móvil Celular, ya que el tráfico de datos de alta velocidad proveniente de la WLAN, nunca lo atraviesa, y en su lugar solamente el tráfico de señalización AAA es intercambiado entre ambas redes.
- Se patrocina un desarrollo independiente en la ingeniería de tráfico de las redes WLAN y las redes Móviles Celulares, por lo cual los operadores de la red Móvil Celular pueden continuar con el desarrollo de su red, a la vez que se benefician de los nuevos desarrollos WLAN sin necesidad de inversiones extras de capital.

- Los operadores celulares pueden beneficiarse al ofrecer servicio de *roaming* con redes WLAN que pertenecen a otros operadores y que prestan servicios en zonas clave donde no es posible instalar nuevos puntos de acceso.

3.4.4 Desventajas de las soluciones ligeramente acopladas

Las desventajas que ofrece una infraestructura ligeramente acoplada son:

- La gestión de movilidad de los usuarios presenta mayores complicaciones, ya que se requieren de algoritmos adicionales en el equipo terminal para determinar el momento en que se activa el proceso de *roaming* entre las redes de acuerdo con la posición relativa del usuario respecto a las zonas de cobertura.
- Necesidad de actualización de uno o más nodos de la red celular para el soporte del estándar que brinda movilidad a los usuarios a través de las redes WLAN, esto principalmente en el caso de las redes GPRS que originalmente no soportan IP Móvil.
- Las operaciones de autenticación y autorización en la red WLAN son independientes de la red Móvil Celular, lo que adiciona ciertas complicaciones para la gestión del usuario por parte del operador.
- Se conservan las vulnerabilidades de seguridad conocidas en redes WLAN debido a que la infraestructura WLAN continúa siendo la misma y con las mismas debilidades que presenta la familia de protocolos 802.11x.
- Se requieren esfuerzos extras para centralizar los procesos de facturación, incluso cuando el operador Celular también ofrece el acceso a través de la red WLAN.
- Brindan menores facilidades para que el operador celular pueda realizar los procedimientos de gestión necesarios para control y mantenimiento del segmento WLAN.
- Los tiempos relacionados con el proceso de *roaming* son críticos y deben ser manejados con mayor cuidado, debido a los encabezados adicionales que se introducen para poder brindar soporte a la movilidad de usuario.
- Debido a que la seguridad para este tipo de soluciones se basa en el protocolo de entunelamiento IPSec, presenta ciertos inconvenientes para que se reanuden las sesiones cuando se presentan fallos en la red y además exige encabezado adicional debido a que no soporta Traducción de Direcciones de Red (NAT – Network Address Translation), tecnología utilizada en la mayoría de redes corporativas y proveedoras de servicio.

3.5 ESTRATEGIAS DE DESPLIEGUE Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Conocidas las ventajas y desventajas que presenta cada tipo de solución, y de acuerdo con las necesidades de usuarios y operadores, el apoyo y las expectativas que se le ha dado a cada opción tecnológica, y sustentado en

análisis reales de implementaciones realizadas por parte de entidades del sector, en esta sección se realiza la selección de la opción, cuyas características de acuerdo al entorno tanto tecnológico como nacional, se adapta mejor para su despliegue en Colombia, además de que se establecen unas estrategias determinadas para que su implantación sea llevada a cabo de la mejor manera.

Cuando se trata de una tecnología cuyo ciclo de vida no ha alcanzado el periodo de maduración, los operadores deben tener especial cuidado en establecer hasta que punto un despliegue paulatino o agresivo de la nueva tecnología puede representarle mayores beneficios a través de la satisfacción oportuna de las necesidades de los usuarios y la modernización de sus redes.

Está claro que en el panorama colombiano, aunque acorde con las tendencias mundiales de crecimiento relacionadas con los mercados de telecomunicaciones móviles y de banda ancha, se debe tener en cuenta que las condiciones del entorno planteadas a lo largo del documento, impiden un despliegue agresivo de esta tecnología, entendiéndose por despliegue agresivo como la selección de la solución que además de proporcionar mecanismos unificados de registro, autorización y tarificación de usuarios, garantiza la continuidad tanto de sesiones de datos como de voz haciendo uso de VoIP en una sola fase de implementación.

En consecuencia, para el caso específico de Colombia, la implementación de una solución que permita el *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN debe estar acorde con los parámetros establecidos para la evolución tecnológica planteada de las redes Móviles Celulares (ver capítulo 1), es decir, que la introducción de la tecnología debe ser gradual, de tal forma que se establezca un espacio para fomentar la penetración de una tecnología inalámbrica de banda ancha como WLAN, así como el tráfico de datos (en ambos casos las proyecciones de crecimiento son bastantes altas) especialmente para usuarios residenciales, ya que en la actualidad los mayores consumidores de estos servicios pertenecen al sector empresarial [36]. Por esta razón se plantea que la implementación de la tecnología en cuestión debe realizarse en varias fases:

3.5.1 Primera Fase

Es indispensable para los operadores reconocer la importancia de comprender la dinámica de las condiciones del mercado, de manera que sea posible identificar las oportunidades disponibles, así como las tendencias del mismo, de igual forma, deben comenzar a reinventar su posición en el mercado para asegurar la retención de clientes y mayores retornos por abonado. Por otro lado, los proveedores tendrán que abandonar su actual rol de provisosores de equipamiento meramente, para convertirse en “socios” de los operadores móviles al facilitar el lanzamiento de soluciones que, en última instancia, incrementarán el ingreso medio por usuario y la necesidad de actualizaciones de red y terminales nuevos.

El objetivo de esta fase es básicamente contribuir a la penetración de las tecnología WLAN en Colombia, por lo cual el operador debe centrarse en introducir y promover el uso de dispositivos duales³⁰, lo cual permitirá a los usuarios continuar con el servicio celular del que actualmente disfrutaban, brindándoles a la vez la posibilidad de acceder a redes WLAN a través del mismo dispositivo. Se recomienda llevar a cabo programas de promoción y divulgación de las ventajas de la adopción de las nuevas tecnologías de información y su integración a la vida diaria. Esta promoción debe realizarse para generar una cultura de uso y una base de conocimientos que permita a los usuarios percibir los beneficios que ofrecen dichas tecnologías

En esta fase inicial es aconsejable no realizar modificaciones en la red, de tal forma que no se preste el servicio de *roaming*, redundando en la permanencia independiente de los procesos de AAA utilizados actualmente tanto en redes celulares como en redes WLAN. Esto permitirá a los operadores establecer un proceso educativo para los usuarios, con el fin de que sean percibidas en forma adecuada las bondades que otorga disponer de ambas tecnologías de acceso en el mismo dispositivo y en consecuencia existan mayores posibilidades de ampliar el mercado.

3.5.2 Segunda Fase

En la medida que el operador celular encuentre los espacios necesarios para ofrecer sus servicios a través de redes WLAN, implementando puntos de acceso propios o estableciendo acuerdos con operadores WLAN independientes que tienen implementados puntos de acceso en sitios claves para sus usuarios, se debe iniciar el proceso de despliegue de la tecnología que permite el *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN. En este punto, es donde se debe decidir que tan conveniente resulta implementar una solución rígidamente acoplada o en su lugar, una ligeramente acoplada.

Como se estableció en el capítulo 2, aunque las soluciones rígidamente acopladas representan simplicidad y eficiencia de operación al interior de la red para los operadores celulares, principalmente por el hecho de que la red WLAN se convierte básicamente en un aditamento de la red Móvil Celular³¹, los operadores colombianos deben inclinarse inicialmente por una solución ligeramente acoplada como punto de partida para el despliegue de la tecnología, teniendo en cuenta principalmente las siguientes razones:

- El tráfico generado en la red WLAN no atraviesa el *backbone* de la red Móvil Celular. Esto es muy importante para evitar redimensionamiento del núcleo de la red Móvil Celular, principalmente si se tiene en cuenta que en Colombia

³⁰ PDAs, teléfonos móviles y tarjetas de red para computadores portátiles. Ver anexo H.

³¹ La red celular emplea las ventajas que ofrece la red WLAN como tecnología de acceso radio (cobertura reducida y altas velocidades de transmisión), pero conserva y reutiliza todos aquellos procesos y recursos característicos de su núcleo de red.

éste continúa siendo 2.5G, de no muy alta capacidad si se piensa brindar soporte a un tráfico generado en WLANs, ya que los servicios 3G introducidos actualmente solo corresponden a mejoras en la interfaz de aire. De esta forma es posible evitar un mayor gasto en la primera fase de introducción de la tecnología, y más aún cuando son conocidas las precauciones que deben adoptar los operadores a la hora de incursionar en un nuevo mercado en nuestro país.

- Las soluciones ligeramente acopladas disponibles comercialmente permiten un despliegue gradual de los servicios³², lo que permite al operador evaluar la respuesta de un mercado en crecimiento y por lo tanto responder de forma adecuada, evitando la implementación de soluciones sobredimensionadas.
- Estas soluciones ofrecen mayores beneficios al brindar gran libertad en la configuración de la arquitectura de red. Es por esta razón que facilitan la implementación del servicio de *roaming* entre la red móvil celular y las redes inalámbricas, sean nuevas o previamente desplegadas en empresas, corporaciones o diferentes entidades públicas y privadas, generando de esta manera mayores expectativas dentro de un mercado creciente.
- Aunque algunos equipos que permiten la implementación de soluciones rígidamente acopladas ya se encuentran a disposición de los operadores (anexo H figura H.3), la mayoría de fabricantes (miembros de UMAC) aún se encuentran en fase de evaluación de desempeño e interoperabilidad de los mismos en entornos reales.³³

Evaluated el tipo de solución que se va a desplegar, el paso a seguir es unificar los procesos de AAA de ambas redes, ya que hasta el momento han permanecido independientes, para lo cual se recomienda la utilización de un esquema EAP-SIM en redes GPRS y la utilización de EAPOL en redes CDMA, ya que es un protocolo de autenticación robusto y que no requiere mayores complicaciones de implementación. Hasta este punto es posible prestar un servicio que puede resultar atractivo para los usuarios al brindárseles la posibilidad de contar con acceso dual Celular/WLAN con cobro a través de una única factura.

3.5.3 Tercera Fase:

En la medida que el operador establezca los acuerdos necesarios para poder brindar una cobertura conveniente para los usuarios ya sean residenciales o corporativos a través APs 802.11 propios o pertenecientes a otros operadores, se debe iniciar la implementación del mecanismo de gestión de movilidad, de tal forma que pueda ofrecer un servicio de continuidad en las sesiones cuando el

³² Acceso a través de ambas tecnologías pero sin implementación de *roaming*, *roaming* de sesiones de datos, *roaming* de sesiones de voz o *roaming* de sesiones de voz y datos.

³³ Los miembros de UMAC actualmente se encuentran realizando pruebas con siete de los más importantes operadores europeos, entre los que se destaca TeliaSonera de Dinamarca. [37]

usuario cambia de tecnología de acceso. Sin duda alguna, el protocolo a tener en cuenta para este fin es IP Móvil, que es el más aceptado en la industria de las telecomunicaciones para redes IPv4.

En cuanto a la arquitectura de red que se recomienda, la que presenta mayores ventajas en cuanto a eficiencia de operación es la que integra el FA al nodo GGSN³⁴ (ver sección 2.2.1.4), pero debido a que los equipos que ejecutan esta función dual no son aún muy populares comercialmente, el operador podría considerar una solución donde el FA opera en forma independiente de la GGSN (ver sección 2.2.1.1), y que es una alternativa más popular que la anterior, además que evita sustituir o realizar cualquier tipo de modificación al nodo GGSN de la red GPRS.

De otra forma, la arquitectura a implementar para la red CDMA2000 está prácticamente predeterminada por la naturaleza de la misma (ver sección 2.4) con la utilización de IP Móvil³⁵, además de requerir menores esfuerzos ya que solo necesita la pasarela WLAN como nodo adicional. Se recomienda que el operador considere muy cuidadosamente la implementación de la solución en CDMA, debido a que la conocida impopularidad de esta tecnología entre los fabricantes refleja una disponibilidad y variedad de equipos en el mercado sustancialmente inferior en comparación con la tecnología GSM³⁶.

Se debe pensar en primer lugar que el despliegue del *roaming* debe limitarse inicialmente al tráfico de datos y a zonas donde la demanda del mismo es más elevada o donde existe una petición expresa por parte de los usuarios o corporaciones, considerando principalmente que las exigencias de QoS para servicios de voz al ser mayores, requieren una alta optimización al interior de la red para proporcionar un buen servicio. Se debe tener claridad en que al interior de la celda WLAN se pueden seguir proporcionando los servicios GSM, ya que en este caso la red WLAN/IP solo entra a reemplazar los servicios de datos proporcionados por GPRS.

Una vez se han establecido los parámetros adecuados de desempeño que indican que la pérdida de paquetes no es significativa, podría pensarse en la implementación de un servicio de VoIP, aunque realmente es un escenario poco recomendable aún, debido a las complicaciones adicionales que se introducen en el núcleo de red. Si bien este problema se encuentra por fuera de los objetivos de este documento, se debe anotar que sus orígenes se encuentran en las claras diferencias existentes entre la señalización empleada para la transmisión de voz y

³⁴ En el anexo D se proporciona un análisis de los procesos y señales que involucra el *roaming* utilizando el nodo GGSN/FA integrado con el fin de ofrecer una visión completa del funcionamiento de éste mecanismo.

³⁵ En el anexo D se proporciona un análisis de los procesos y señales que involucra el *roaming* entre la red CDMA 200 y la red WLAN utilizando IP Móvil, con el fin de ofrecer una visión completa del funcionamiento de este mecanismo.

³⁶ Cerca del 80% de la telefonía móvil a nivel mundial utiliza tecnología GSM según datos publicados en la página de la tecnología www.gsmworld.com/index.shtml

la señalización empleada para la transmisión de datos al interior de las redes GSM/GPRS y CDMA 2000.

En el capítulo 4 se describe el panorama futuro de este tipo de tecnologías, con el fin de brindar una información más exacta acerca de los alcances y proyecciones que se espera tengan en el sector, vislumbrando así su adopción a nivel mundial, y particularmente a nivel nacional.

4. PANORAMA TECNOLÓGICO Y MUNDIAL DEL ROAMING ENTRE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA RED WLAN

Las comunicaciones móviles han ocasionado profundas repercusiones económicas y sociales en Colombia y otros lugares del mundo, ya que se han convertido en un elemento omnipresente, utilizado en casi todas las esferas de la actividad humana: privada, empresarial y pública. Para lograr que sus niveles de penetración continúen en aumento, el factor definitorio de los próximos años será el crecimiento de los servicios móviles de banda ancha, a medida que se vaya materializando el potencial de los móviles de tercera generación y sus mejoras, así como el de otras tecnologías inalámbricas, tales como WLAN y WiMax. La difusión de estas tecnologías representa un cambio de paradigma que permitirá la aparición de nuevos servicios de datos en los que se combinen las ventajas de la banda ancha y de la movilidad, de tal forma que podrían tener un notable impacto social y transformar el modo en que los operadores prestan los servicios, y a la vez generar efectos económicos significativos capaces de modificar la manera de hacer negocios.

La existencia de diversos organismos que están invirtiendo grandes esfuerzos en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para brindar solución a los nuevos retos impuestos por la sociedad, ha ocasionado que el panorama de las comunicaciones móviles e inalámbricas en el mundo se encuentre en constante transformación, es por eso que en este capítulo se aborda el futuro de las tecnologías que permiten el *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN, ya que no son ajenas a este proceso de evolución. El objetivo que se busca, es establecer las alternativas con las que los operadores disponen para implementaciones futuras, así como aclarar cual es el camino que esta tomando la industria de las telecomunicaciones con respecto a este tema en particular.

4.1 NUEVAS TECNOLOGÍAS

A continuación se muestra una visión general acerca de las tecnologías que formarán parte de una evolución a corto y mediano plazo de las soluciones que permiten el *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN y que además, marcarán la pauta en cuanto a innovación de la red, debido a la popularidad que gozan entre fabricantes y organismos de estandarización.

4.1.1 UMA

La tecnología de Acceso Móvil No-Licenciado (UMA), es el producto de los esfuerzos del Consorcio UMA (UMAC) caracterizado por ser una solución rígidamente acoplada que proporciona una extensión de los servicios móviles que ofrece GSM/GPRS por medio de un entunelamiento de los protocolos utilizados por la tecnología GSM/GPRS a través de una red IP de banda ancha y un enlace de radio en la banda no licenciada en el sitio de usuario. Protocolos adicionales controlan y gestionan el acceso UMA y transportan el tráfico portador de la información sobre la red IP. [38] [39]

A través de la tecnología UMA, la red WLAN se convierte básicamente en una extensión o aditamento de la red Móvil Celular, complementando la cobertura radio que ofrece la tecnología GSM/GPRS. De esta forma se mejora el acceso en el sitio de usuario y se incrementa la capacidad de la red, ofreciendo una posible disminución de costos para los usuarios. UMA permite que el operador proporcione servicios de datos y voz mientras el usuario se moviliza entre la red GSM y las redes de acceso WLAN y Bluetooth conectadas, que pueden estar localizadas en hogares, oficinas o lugares públicos.

En esencia, UMA se trata de una solución rígidamente acoplada donde se realiza un entunelamiento de la pila de protocolos GSM, que se inicia en el equipo terminal y termina en un elemento de red denominado Controlador de Red UMA (UNC – UMA Network Controller), que básicamente es un emulador del BSS de la red GSM/GPRS similar al planteado en la sección 2.1.1. El túnel permite al operador ofrecer todo el rango de servicios de la red GSM, además de una calidad de voz mejorada en interiores debido a que se emplean las ventajas que ofrece la tecnología WLAN, al mismo tiempo que evita accesos no autorizados y protege la integridad de los datos de usuarios, teniendo en cuenta que éste atraviesa tanto la red de acceso radio en la banda no licenciada como la red IP.

UMA introduce los siguientes componentes a la red celular:

- Terminales de usuario con capacidades duales GSM/WLAN
- Controlador de Red UMA (UNC)
- Sistema de Aprovisionamiento del Servicio (SPS – Service Provisioning System).
- Sistema de Gestión de Elementos (EMS – Element Management System).

Cada uno de estos elementos se integra al núcleo de la red Móvil Celular utilizando las interfaces existente ya definidas, como lo muestra la figura 25.

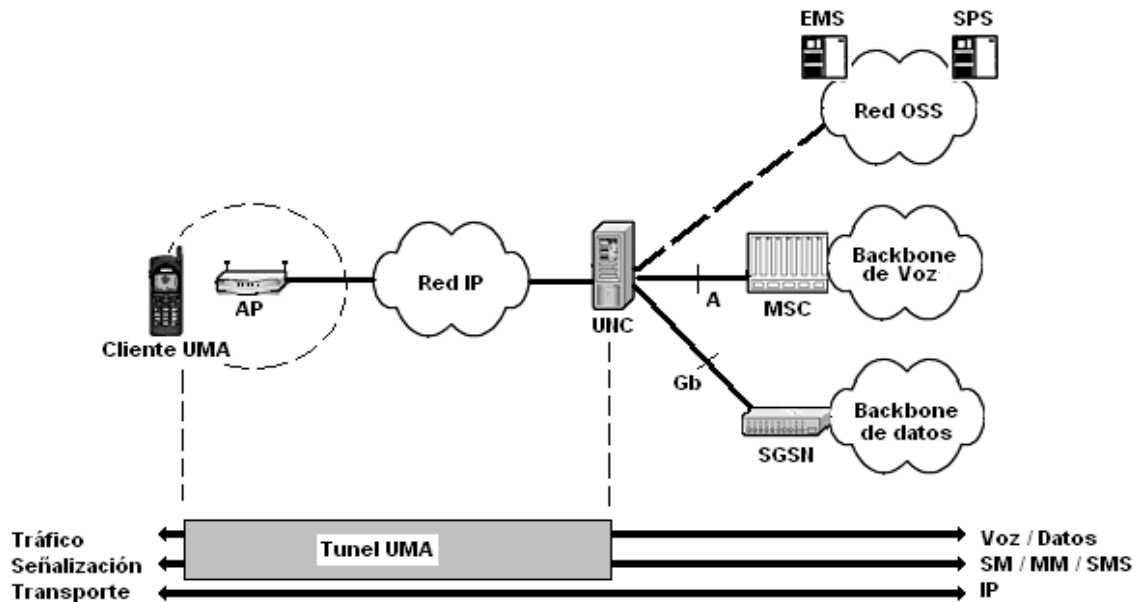


Figura 25 – Componentes de Red y entunelamiento UMA

- Controlador de Red UMA

Es el componente principal de la solución proporcionada por UMAC ya que es el encargado de la conexión entre red IP privada o pública y el núcleo de red de la red Móvil Celular utilizando las interfaces A y Gb ya estandarizadas. Gestiona el acceso a servicios de voz y servicios de datos provenientes de diversas locaciones WLAN, enrutando el tráfico de usuario a través del núcleo de red existente y permitiendo que el sistema de facturación existente funcione sin necesidad de cambios. Está formado por submódulos que le permiten gestionar la seguridad de la conexión IP apropiadamente y realizar la traducción entre IP y las conexiones de circuitos conmutados.

- Sistema de Gestión de Elementos

Es un software que está completamente integrado a los Sistemas de Soporte de Operaciones (OSS – Operations Support Systems) y como su nombre lo indica permite una gestión adecuada y oportuna de los elementos de red UMA. Soporta despliegues a gran escala y brinda soporte total para Gestión de Fallas, Gestión de Configuración, Administración, Gestión de Desempeño y Gestión de Seguridad (FCAPS - Fault Management, Configuration management, Administration, Performance management and Security management).

- Sistema de Aprovisionamiento del Servicio

Es un servidor centralizado que brinda asistencia para la integración y automatización en el despliegue del servicio UMA. Se conecta a los sistemas

OSS/BSS y proporciona funciones de soporte de localización de los APs además de gestión del aprovisionamiento de los servicios del suscriptor.

La simplicidad del protocolo MIP tiene su debilidad y se encuentra principalmente en el soporte de la micro movilidad, es decir, en entornos de alta movilidad en los que el nodo móvil cambia de punto de acceso con gran frecuencia, el rendimiento del protocolo puede no ser el adecuado según el tipo de servicio que se quiera soportar. Cada cambio, aunque sea dentro de una misma red, requiere de un intercambio de señalización con el HA lo que ralentiza el proceso de actualización con la posterior pérdida de paquetes que esto supone. Por esta razón se prevé que UMA, se constituirá en una de las soluciones más populares a mediano y largo plazo a nivel mundial dentro de las alternativas que posibilitan el *roaming* la red Móvil Celular y la red WLAN, teniendo en cuenta al amplio apoyo que está recibiendo por diversos fabricantes de equipos. Asimismo, su despliegue es más simple en comparación con soluciones que utilizan MIP, y permite a los operadores proporcionar alta calidad de servicio de voz en lugares donde la cobertura *indoor* que proporciona la red celular es deficiente, lo que promoverá el establecimiento del teléfono móvil como teléfono principal especialmente en el caso de usuarios residenciales. Igualmente presenta beneficios a los operadores no celulares al permitir que proporcionen servicios característicos de las redes celulares tales como SMS y MMS conservando intacta su red de acceso IP.

4.1.2 MIPv6

Es el protocolo que se constituye en la evolución de MIP (MIPv4), ya que trabaja con IPv6, lo que le permite ganar en eficiencia, incluso reduciendo el número de nodos especiales necesarios para su despliegue, es decir que en una comunicación MIPv6 intervienen principalmente tres elementos: Nodo Móvil (MN – Mobile Node), Agente Local (HA – Home Agent) y el Nodo Correspondiente (CN – Correspondent Node). Los MNs se identifican siempre mediante su Dirección Local (HoA – Home Address) que es una dirección IP asignada en su red local en lugar de identificarse mediante su punto de conexión a Internet. [40]

Un nodo detecta que ha cambiado de red mediante la recepción de los Anuncios de Router (RA – Router Advertisements), en los cuales se difunden los prefijos de las redes, cuando un MN se conecta a una red foránea, también será alcanzable gracias a una o mas *care-of address* (CoA). En forma similar a como ocurre en MIP cuando el MN está fuera de su red local, adquiere una CoA, que se registra en el HA, pero la diferencia radica en que el MN obtiene esta dirección mediante mecanismos convencionales de IPv6 como la autoconfiguración *stateless* (gracias a los anuncios de prefijo de los routers) o *stateful* (gracias a DHCP).

Entre el MN y el CN existen dos modos de comunicación, en el primero se realiza un entunelamiento bidireccional es decir el CN envía los paquetes a la HoA y el HA se encarga de interceptarlos y entunelarlos hacia el MN, mientras que los paquetes dirigidos al CN se entunelan desde el MN y se envían al HA que se

encarga de desentunelarlos y encaminarlos hacia el MN. El segundo modo, se denomina enrutamiento optimizado y en éste se requiere que el MN registre la relación HoA/CoA en el CN, ya que cuando éste envía un paquete a cualquier destino IPv6, comprueba en su caché y si encuentra una entrada con la dirección HoA/CoA, utiliza una extensión de cabecera (específicamente creada para brindar soporte de movilidad) para transportar la HoA, pero únicamente para que le sea posible el encaminamiento directo a la MN utilizando la dirección CoA como destino. De manera similar, el MN establece como dirección fuente a su CoA actual y añade la extensión de cabecera para transportar el HoA y poder llegar directamente al CN (ver figura 26).

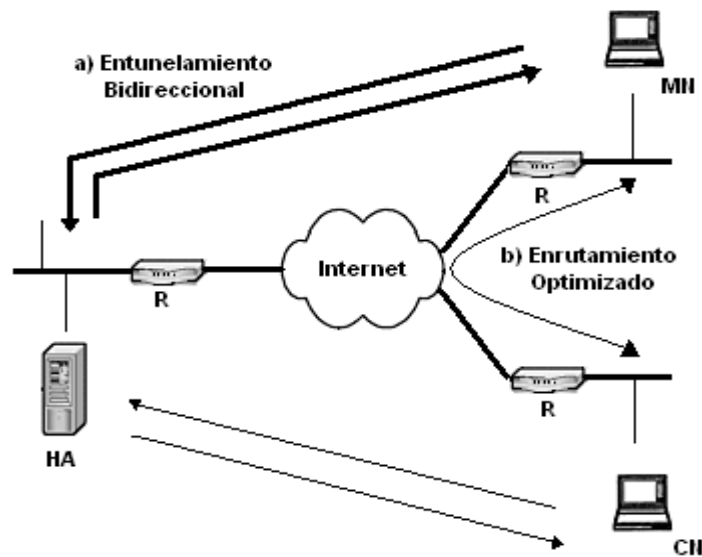


Figura 26 – Modos de comunicación en MIPv6

Es claro que la denominada cuarta generación de redes celulares (4G) tendrá como ejes estratégicos la utilización de múltiples interfaces de radio y la utilización de IP como protocolo de transporte de datos y señalización. Estas dos tendencias son claramente observables en la actualidad, ya que IP se ha convertido en el protocolo de interconexión universal y las propuestas de redes de 3G planteadas por el 3GPP y el 3GPP2, muestran una clara evolución hacia redes todo IP (all – IP).

En el caso del 3GPP, se da un paso más a la adopción de IPv6 como protocolo de red en lugar de IPv4, debido a que IPv6 introduce una solución a la actual escasez de direcciones, además de, entre otras cosas, integrar una serie de mecanismos de seguridad y brindar un mejor soporte de movilidad.

4.1.3 DIAMETER

Los servicios de seguridad AAA proporcionan la primera estructura a través de la cual un administrador de red puede configurar el control de acceso en los puntos

de entrada a la red, lo cual es usualmente función de un enrutador o un servidor de acceso. Los procesos AAA son indispensables en la red ya que la Autenticación identifica el usuario, la autorización determina los recursos de red que el usuario puede emplear y la tarificación monitorea la utilización de la red con propósitos de facturación. [41]

DIAMETER es un protocolo diseñado por la IETF y se constituye en la siguiente generación de protocolos AAA que entrarán a reemplazar a RADIUS. Los requerimientos para DIAMETER están siendo definidos aún por el Grupo de Trabajo de Operaciones de Roaming de IP Móvil (Mobile IP ROAMOPS – Roaming Operations) teniendo en cuenta que hay diversas tecnologías de acceso donde existe la necesidad de proporcionar autorización, autenticación y tarificación de usuarios.

Como se muestra en la tabla 4, DIAMETER corrige muchas de las falencias al interior del modelo utilizado por RADIUS, debido a que no utiliza su misma unidad de datos de protocolo aunque es compatible permitiendo una migración suave. Una diferencia primordial entre DIAMETER y RADIUS es que el primero permite un modelo de comunicación de pares para intercambiar una variedad de mensajes ya que el concepto básico detrás de DIAMETER es el generar un protocolo base que pueda ser ampliado con el fin de proporcionar servicios AAA a las nuevas tecnologías de acceso

CARACTERÍSTICA	SOPORTE DIAMETER
Comunicación bidireccional par a par	La forma en que está diseñado el protocolo brinda flexibilidad para su implementación en diversas arquitecturas (RADIUS es unidireccional)
Muy eficiente	<ul style="list-style-type: none"> - Puede soportar 32 bit para definir los Atributos Específicos del Proveedor (VSA-Vendor Specific Attributes) mientras que RADIUS solo soporta 8 bits - Soporta muchas más solicitudes AAA. - Su estructura de 32 bit aprovecha las ventajas de las nuevas tecnologías de procesadores
Extremadamente confiable y altamente disponible	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza reconocimiento de mensajes AAA transmisor/receptor para la recepción de solicitudes - Soporte de notificaciones “keepalive”, notificaciones de falla o falla pendiente
Seguro	Previene ataques de repetición de Autenticación a través de encriptación.

Tabla 4 – Principales características que ofrece DIAMETER

Los operadores deben evaluar que servicios aplicables pueden utilizar la implementación actual de RADIUS, teniendo en cuenta que no se introducirán

nuevas funcionalidades a este protocolo y que muchas de las nuevas tecnologías requieren de una arquitectura par a par, más segura y confiable, en cuyo caso es mas recomendable la flexibilidad y robustez que proporciona un protocolo de una generación posterior tal como lo es DIAMETER.

4.2 TENDENCIAS DEL ROAMING ENTRE LA RED MÓVIL CELULAR Y LA RED WLAN A NIVEL MUNDIAL

El crecimiento de las redes WLAN es una realidad mundial³⁷, y se constituye en el echo fundamental que promoverá la masificación de las soluciones que permiten el *roaming* con la red Móvil Celular, ya que los operadores celulares están observando que en vez de competir en el mercado de datos con una tecnología que proporciona mayores velocidades de acceso deben establecer acuerdos y adoptar las medidas necesarias que les permitan aprovechar el buen momento de popularidad con el que cuentan actualmente este tipo de tecnologías.

4.2.1 Europa

En el año 2003, Radionet una compañía de operadores de redes Wi-Fi en conjunto con el operador GSM TeliaSonera de Finlanda y con el apoyo Ericsson y la Universidad de Tecnología de Helsinki, demostraron el primer *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN en una red comercial. Este proyecto aun en curso, terminará su fase de pruebas el presente año con solo un grupo de usuarios de la red, e iniciará su fase de comercialización como servicio, para ponerlo a disposición de todos los usuarios. Básicamente se trata de la implementación de una solución ligeramente acoplada basada en MIP que proporciona una conexión de datos segura a través de dos tecnologías de acceso diferentes como son GRPS y WLAN. [42]

Desde el año 2004, operadores GSM como O2, Orange Vodafone y T-Mobile con presencia en diversos países Europeos como el Reino Unido, Irlanda y Alemania, ofrecen además de GPRS, servicios 3G y acceso WLAN. En la actualidad, solo permiten el *roaming* entre la red 3G y la red GPRS pero ya cuentan con procesos AAA unificados, lo que les permite realizar cobros únicos a sus usuarios por la utilización de cualquiera de sus tecnologías de acceso. Para promover el servicio tienen a disposición de los usuarios tarjetas de datos para computadores portátiles y PDAs que poseen capacidades de acceso 3G, GPRS y Wi-Fi y complementadas con un software que se encarga de gestionar las conexiones de red. [43]

³⁷ Según un informe de la consultora y analista de mercados Pyramid Research, en la actualidad, alrededor de 50 millones de usuarios utilizan soluciones Wi-Fi a nivel mundial, y en cinco años se prevé que esta cifra crezca de forma exponencial. El número de usuarios llegará a los 700 millones para 2008.

Es muy común que muchos operadores europeos en la actualidad se asocien con proveedores de equipos y establezcan alianzas acordes con las condiciones de su entorno con fines de obtener un rápido desarrollo de sus productos y abaratar los costos de equipos y servicios principalmente con el objetivo de masificar y popularizar los mismos, por ejemplo para el caso finlandés, Hewlett Packard y Vodafone han firmado un acuerdo por el que HP comercializará sus portátiles profesionales y Tablet PCs junto con la tarjeta de datos Vodafone Mobile Connect 3G/GPRS, ampliando de este modo su cartera de productos y soluciones para los usuarios profesionales.

Por otro lado, TeliaSonera de Dinamarca con apoyo de Motorola se convierte en uno de los pioneros en probar el nuevo estándar de la tecnología UMA como nuevo concepto donde la telefonía móvil se integra con la telefonía en el hogar, lo que forma parte de su ambición por liderar la migración de servicios de Internet fijos a móviles. Su propósito consiste en proporcionar gradualmente una solución de telefonía IP integrada donde las necesidades de los usuarios por comunicación, serán satisfechas con un teléfono móvil. El periodo de evaluación de esta solución rígidamente acoplada continuará durante este año para su posterior lanzamiento en el 2006 teniendo en cuenta la disponibilidad de terminales y las condiciones generales del mercado. Estos ensayos iniciales han sido diseñados para demostrar a otros operadores, que es posible un despliegue sin incidentes a la hora de introducir la movilidad sin límites a través de las redes celulares y de banda ancha IP.

Adicionalmente, Motorola se encuentra en fase de lanzamiento de un proyecto denominado Clínica del Operador de Red Convergente con el fin de brindar a los operadores fijos y móviles europeos, la oportunidad de aprender de su experiencia en el despliegue de UMA, así como en el desarrollo de otras soluciones que permiten el *roaming* entre la red Móvil Celular y la red WLAN. La clínica incluirá reportes de diversas pruebas de mercado y mejores prácticas para el despliegue de servicios convergentes empleando diversos núcleos de red, redes de acceso y dispositivos. Igualmente, Motorola tiene planeado asesorar a los operadores en la evaluación del caso de negocio para la implantación de IMS y sus servicios asociados que permitirán la convergencia de aplicaciones de voz, datos y video.

Un sondeo encargado por Motorola ha confirmado la fuerte demanda existente de servicios UMA por parte del consumidor, siendo Italia, España y Suecia los países europeos más entusiastas con este tipo de servicios en cuanto a aceptación y potencial. La encuesta on-line, se realizó a 1.000 consumidores en cada uno de estos seis mercados europeos: Alemania, Francia, Italia, España, Suecia y el Reino Unido y la conclusión principal sacada de este estudio es que el servicio UMA sería recibido positivamente, debido a que el costo de cualquier servicio potencial UMA tiene un impacto importante en la posible adopción por parte del consumidor del servicio, esto es si las llamadas utilizando el teléfono móvil desde el hogar tuvieran el mismo costo que las llamadas a una línea fija, alrededor del 50% de los encuestados contratarían el servicio de UMA en el plazo de 12 meses.

El estudio demuestra que no hay una barrera importante para la adopción de UMA en estos seis países europeos y los encuestados demuestran una buena comprensión del sistema y lo consideran atractivo. Además, los encuestados en Italia y España hacen un alto número de llamadas desde el móvil en el hogar, por ello muestran una posición favorable para beneficiar la introducción de este tipo de tecnologías. [44]

4.2.2 Asia

En noviembre de 2004, PCTEL, una industria líder global en movilidad, anunció la actualización del software de Cliente Roaming, utilizado por el proveedor NTT Docomo en Japón para el servicio de acceso Wi-Fi, con el fin de soportar *roaming* con la red celular de tercera generación de Docomo llamada FOMA, que maneja la tecnología WCDMA y PHS (Personal Handyphone Service), siendo ésta una de varias características que PCTEL integrará a las redes de Docomo para mejorar su funcionalidad y utilización.

Los usuarios de esta empresa en Japón pueden bajar y personalizar el Cliente Roaming desde el sitio Web de NTT Docomo, lo que facilita la expansión del servicio y refleja fielmente el nivel tecnológico que tanto operadores como usuarios manejan, exponiendo además, la gran dinámica del mercado de las telecomunicaciones en los países orientales.

“El propósito de NTT Docomo a través del soporte tecnológico de PCTEL, es trabajar para proveer a los usuarios de datos móviles de Asia con el más amplio arreglo de opciones de *roaming* inalámbrico disponibles”, según el Vicepresidente y Gerente General del Grupo de Soluciones Móviles de PCTEL Biju Nair. [45]

En países como Japón se vive una cultura tecnológica muy avanzada, por lo que los servicios de acceso a la información con características de movilidad y de altas capacidades de datos son algo corriente. El desarrollo alcanzado por estos países refleja una gran efectividad en la utilización de los recursos, tanto humanos como materiales, pero sobre todo una gran globalización del acceso y manejo de la información como fuente misma de progreso.

4.2.3 América

En América, Estados Unidos es el país que cuenta con los mayores avances en cuanto a la integración de servicios de redes celulares y WLAN debido a la amplia difusión de redes inalámbricas de acceso público o Wi-Fi en su territorio. Como muestra de las grandes expectativas que se están generando en torno al estándar Wi-Fi en este país, pueden citarse iniciativas como el proyecto Cometa Networks que es una alianza constituida entre otros por IBM, Intel, AT&T, y que extiende una red de acceso inalámbrico con 20.000 puntos de acceso en los principales 50 núcleos metropolitanos del país, encontrándose operativa desde el 2004. Basándose en la tecnología Wi-Fi, el objetivo de Cometa Networks es posibilitar que empresas de telecomunicaciones, ISPs y operadoras inalámbricas y de cable

puedan ofrecer a sus clientes acceso inalámbrico y de banda ancha a Internet desde su red de puntos de acceso.

De forma similar, T-Mobile, uno de los operadores celulares GSM/GPRS en Estados Unidos, posee más de 2000 *hotspots* en todo el país, contando además con un acuerdo establecido con Boingo Wireless desde el año 2003 para acercarse cada vez más a la convergencia de sus redes. Bajo este acuerdo, Boingo ha desarrollado una solución cliente- servidor basada en RADIUS y en ciertas plataformas privadas de su compañía, de tal forma que a través de la instalación de un software en su computadora portátil o PDA con capacidades duales, los usuarios pueden disfrutar de servicios AAA integrados, así como administrar cómodamente sus conexiones de datos entre las diferentes redes de acceso Wi-Fi y GPRS pertenecientes a T-Mobile, designando sus preferencias de red o seleccionando una conexión automática a la mejor alternativa de acceso disponible. Otro operador, Verizon, que posee mayor participación de mercado móvil en Estados Unidos, firmó un acuerdo con Nortel Networks valorado en 1.000 millones de dólares para ampliar su red CDMA 2000 y hacerla compatible con sus *hotspots*. [46]

En lo que se refiere a la distribución de las aplicaciones Wi-Fi, los ordenadores personales (portátiles y de escritorio), serán el principal destino de las mismas, pero no desestima el impacto que tendrán en teléfonos móviles y PDAs y que en la actualidad esta dando inicio.

En América Latina el panorama es muy distinto, en la actualidad las compañías operadoras se encuentran aún en fase de promoción de las nuevas tecnologías de acceso, por ejemplo, Intel y Telefónica han establecido un acuerdo de colaboración que se centrará en masificar servicios avanzados de voz y datos, incluido el desarrollo de productos y servicios ADSL y acceso inalámbrico a Internet de banda ancha sobre PCs con tecnología Intel, la promoción del Hogar Digital y el desarrollo de productos y servicios que emplean tecnologías móviles como Wi-Fi, GPRS-UMTS y Wi-MAX. También será terreno especial de colaboración el desarrollo y la promoción de servicios móviles 3G, así como el fomento de redes de nueva generación en general, pero principalmente ambas pretenden explotar líneas de colaboración basadas en impulsar el acceso inalámbrico a Internet mediante Wi-Fi en lugares públicos, como aeropuertos u hoteles, buscando también fomentar la penetración de esta tecnología en las PYMES (pequeñas y medianas empresas). Realmente es difícil conocer datos exactos acerca de la penetración de la tecnología Wi-Fi en América Latina debido a sus distintos entornos de utilización, pero según la Wi-Fi Alliance, los países con mayores niveles de penetración son Brasil y México.

En lo que se refiere a los Modelos de Negocio o Modelo Comercial de Wi-Fi, no es posible ignorar lo que ya es una realidad en los países desarrollados y que se presenta como una realidad cada vez más próxima en países como Colombia. Aunque en diversos puntos de Latinoamérica y el Caribe ya se cuenta con *hotspots*, los diferentes Modelos de Negocio se encuentran en proceso de

maduración y aparecerán nuevos Modelos para las nuevas necesidades, algunas desconocidas hasta ahora por las redes alambradas o cableadas

Mientras en otros países mas desarrollados la oferta de servicios crece y se hace cada vez más frecuente, en Latinoamérica el asunto está relacionado con la rapidez con que los usuarios locales encuentren nuevos usos a sus teléfonos móviles y el dinero que estén dispuestos a desembolsar por ellos, lo que se traduce en que la oferta de nuevos servicios en la región es mas riesgosa que en otros lugares del mundo donde el mercado se encuentra más avanzado. Contrario a lo que se podría pensar, resulta ser una motivación adicional, en especial para los operadores celulares que se encuentran enfrascados en una fuerte competencia por atraer la atención de los usuarios y saben que la oferta de nuevos servicios de conectividad, harán la diferencia en la batalla por los diferentes nichos de mercado.

CONCLUSIONES

En Colombia subsisten tecnologías móviles celulares de 2G, 2.5G y 3G junto con tecnologías inalámbricas, cuyas características particulares permiten ofrecer movilidad a través de amplias coberturas para servicios de voz y datos y conexiones a altas velocidades a través de coberturas reducidas para servicios de acceso a Internet respectivamente. Este mercado de las tecnologías móviles y el acceso a Internet a través de tecnologías de banda ancha inalámbricas es uno de los focos de mayor crecimiento a nivel nacional, el cual está penetrando ampliamente y a gran velocidad el mercado de las telecomunicaciones, acelerando el desarrollo de aplicaciones y servicios y masificando el acceso a la información, lo que ha generado que los proveedores busquen formas de ampliar y dirigir un mercado dominado por la voz hacia un mercado diversificado que expanda la utilización de los servicios de datos.

Las exigencias de los nuevos mercados y las necesidades de mantenerse en continuo acceso a la información contando con calidad de servicio y altas velocidades transmisión, sumado a la movilidad, han generado que tanto a nivel corporativo como a nivel residencial, los usuarios demanden servicios de conexión de datos que permitan a bajos costos aumentar la productividad en sus negocios y facilitar sus actividades diarias de comunicación. Es bajo este escenario que las tecnologías móviles celulares y las tecnologías inalámbricas se afirman y fortalecen dentro del mercado de las telecomunicaciones, a la vez que generan grandes expectativas para los operadores al plantearse soluciones de integración entre estas redes, lo que permitirá a cada sector ampliar su portafolio de servicios así como su participación en el mercado.

Las perspectivas de integración de estas redes heterogéneas a través del proceso de *roaming* son muy positivas, debido a que beneficiará tanto a los operadores como a los usuarios a través de un aprovechamiento de las ventajas que cada una de las tecnologías ofrece en forma independiente. Esto permitirá que los operadores amplíen su mercado en lugar de competir y puedan fortalecerse para solventar las necesidades de los usuarios y las limitaciones de cada red.

Es clara la importancia que tiene para la economía colombiana y su sociedad en general el desarrollo de la banda ancha, dados sus beneficios para todos los sectores. Colombia, que aún se encuentra lejos de un mercado desarrollado de banda ancha, viene realizando grandes esfuerzos tendientes a reducir la brecha digital, paso fundamental hacia la sociedad de la información. Dichos esfuerzos

generan grandes expectativas con respecto a la masificación de las tecnologías inalámbricas, entre otras, lo que promueve la creación de nuevos mercados redundando en beneficios mutuos entre usuarios y operadores.

El desarrollo de las tecnologías de banda ancha requiere de tres elementos esenciales: los usuarios, que son quienes demandan los servicios de información, entretenimiento y aplicaciones; los contenidos, que se constituyen en la información y las aplicaciones requeridas por los usuarios; y la infraestructura, que son las redes y equipos necesarios que permiten a los usuarios acceder a los contenidos. Los operadores deben actuar sobre estos tres elementos buscando una mejor generación de contenidos y un mayor desarrollo de su infraestructura de tal forma que sean capaces de responder a las necesidades del nuevo milenio.

El costo de los servicios es una de las principales barreras para lograr una mayor penetración de los servicios de banda ancha en Colombia, por lo tanto, reducir el costo del servicio se convertirá en un incentivo para su uso. Contar con la posibilidad de disfrutar de los beneficios de tecnologías de acceso diferentes pero complementarias a un menor precio y a través de un solo dispositivo, permitirá que cada vez más usuarios contribuyan a la penetración de las nuevas tecnologías en nuestro territorio.

En el momento en que un operador desee tomar una decisión con respecto a la implementación de una nueva tecnología, debe evaluar cuidadosamente las condiciones de su entorno, así como el estado actual de su red, en especial cuando se trata de un mercado caracterizado por la fuerte competencia y falta de capacidad adquisitiva de gran parte de la población.

En las economías donde se presenta mayor competencia de proveedores de servicios, el desarrollo de la banda ancha ha tenido un fuerte impulso. Esta competencia debe darse a través del fomento del uso de medios de acceso diferentes al cobre, de tal forma que el usuario perciba los beneficios que se obtienen y los operadores cuenten con mayor campo de acción.

De acuerdo a las características del entorno Colombiano, las soluciones ligeramente acopladas presentan una gran ventaja con respecto a las soluciones rígidamente acopladas debido a su flexibilidad en el despliegue e implementación en distintos entornos y escenarios, además de que los costos de implementación son relativamente bajos, ya que muchos de los equipos involucrados solo necesitan una actualización software, lo que además ha generado gran interés tanto por parte de entidades de estandarización como por parte de fabricantes y centros de investigación. De otro lado, las soluciones rígidamente acopladas ofrecen ventajas con respecto a la velocidad de *roaming* y al aprovechamiento de los recursos y servicios de AAA que brinda la red móvil celular, pero dentro de sus principales desventajas se encuentran que los equipos de emulación pueden ser costosos, a la vez que no ofrecen una infraestructura flexible, característica esencial para la adopción de nuevas tecnologías.

RECOMENDACIONES

La dificultad en la consecución de datos para la obtención de información de primera mano acerca de la realidad de las empresas del sector móvil e inalámbrico, redes, arquitecturas y proyecciones, genera complicaciones en el desarrollo de procesos de investigación de nuevas tecnologías por parte de entidades de educación superior que pueden aportar grandemente al mejoramiento del sector tanto a nivel del conocimiento tecnológico como procedimental para la implementación de soluciones viables que aporten al progreso del sector a nivel nacional. Particularmente en el desarrollo de este trabajo de grado, los mecanismos de consecución de dicha información fueron insuficientes, por lo que se plantea la posibilidad de que se abran distintos medios a través de acuerdos entre la Universidad y las empresas del sector, con el fin de hacer más fácil la interacción directa entre el personal académico, estudiantil y profesional para la realización de proyectos que repercutan e impacten positivamente el desempeño tanto de la Universidad como entidad generadora y promotora del conocimiento para el desarrollo del entorno, como de las empresas del sector cuyo fin es buscar satisfacer las necesidades de los usuarios, a la vez que aportan al mejoramiento de la calidad de vida de una sociedad.

Sería de importancia la realización de trabajos de investigación y desarrollo centrados en la utilización conjunta de los mecanismos de AAA, tanto en las redes celulares como en las redes WLAN, con el fin de establecer cuales de éstos ofrecen mayores ventajas a la hora de interactuar en un escenario de *roaming*. Estos mecanismos forman parte fundamental del despliegue de las soluciones de *roaming*, por lo que es necesario que dentro del entorno nacional se tengan resultados que cuantifiquen el rendimiento de los principales protocolos de AAA utilizados en ambientes reales.

El *roaming* entre las redes celulares y las redes inalámbricas generará un nuevo “nicho de mercado” en el cual las aplicaciones y servicios de contenido, el soporte de VPNs, aplicaciones de VoWLAN, el soporte de soluciones corporativas y personalizadas, entre otras, acrecentarán la utilización de distintas plataformas impulsando el desarrollo y la competencia entre las empresas del sector, incrementando los beneficios tanto para usuarios como para los mismos proveedores. Es aquí donde la imaginación permitirá expandir el mercado con el fin de solventar las necesidades de una sociedad, por lo que se plantea el desarrollo de trabajos y proyectos que brinden soluciones a través de servicios telemáticos soportados sobre estas redes.

ACRÓNIMOS

A

AAA. Authentication, Authorization and Accounting – Autorización, Autenticación y Tarificación

ACN/PCF. Access Network Controller PCF – Controlador de Acceso a la Red PCF

ARIB. Association of Radio Industries and Business – Asociación de Industrias de Radio y de los Negocios

ASCONF. Address Configuration – Configuración de Dirección

ATIS. Alliance for Telecommunications Industry Solutions – Alianza para Soluciones de la Industria de las Telecomunicaciones

B

BSC. Base Station Controller – Controlador de Estación Base

BSIC. Base transceiver Station Identity Code – Código de Identificación de Estación Base Tranceptora

BSSGP. BSS GPRS Protocol – Protocolo GPRS BSS

BTS. Base Transceiver Station – Estación Base Tranceptora

C

CC. Call Control – Control de Llamada

CCSA. China Communications Standards Association – Asociación de Estándares de Comunicaciones Chino

CDPD. Cellular Digital Packet Data – Datos de Paquetes Digitales Celular

CDR. Call Detail Record – Registro Detallado de Llamada

CGF. Charging Gateway Function – Pasarela de Función de Cobro

CN. Correspondent Node – Nodo Correspondiente

CS. Coding Scheme – Esquema de Codificación

D

DAR. Dynamic Address Reconfiguration – Reconfiguración de Dirección Dinámica
DECT. Digital Enhanced Cordless Telephone – Telefonía Digital Mejorada Inalámbrica
DOK. Database Cultural Oulu Digital – Base de Datos Cultural Digital de Oulu
DSL. Digital Subscriber Line – Línea de Suscripción Digital

E

EAPOL. EAP Over LAN – EAP sobre LAN
ECSD. Enhanced Circuit Switched Data – Datos por Circuitos Conmutados Mejorados
EDGE. Enhanced Data rates for Global Evolution – Tasas de Datos Mejoradas para la Evolución Global
EGPRS. Enhanced GPRS – GPRS Mejorado
EMS. Element Management System – Sistema de Gestión de Elementos
EP TIPHON. ETSI Project for Telecommunications and Internet Protocol Harmonisation Over Networks – Armonización de las Telecomunicaciones y el Protocolo de Internet sobre las Redes
ETSI. European Telecommunications Standards Institute – Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo

F

FA. Foreign Agent – Agente Foráneo
FCH. Fundamental Channel – Canal Fundamental
FTP. File Transfer Protocol – Protocolo de Transferencia de Archivos

G

GERAN. GSM/EDGE Radio Access Network – Red de Acceso Radio GSM/EDGE
GPRS. General Packet Radio Service – Servicio de Radio Paquetes General
GRE. Generic Routing Encapsulation – Encapsulación de Enrutamiento Genérico
GSM. Global System for Mobile Communication – Sistema Global para las Comunicaciones Móviles

H

HA. Home Agent – Agente Local

HoA. Home Address – Dirección Local

HRPD. High Rate Packet Data – Paquetes de Datos de Alta Velocidad

HSCSD. High Speed Circuit Switched Data – Datos por Circuitos Conmutados de Alta Velocidad

I

IETF. Internet Engineering Task Force – Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet

IMSI. International Mobile Subscriber Identity – Identidad de Suscriptor Móvil Internacional

L

LAC. Link Access Control – Control de Acceso al Enlace

LAN. Local Area Network – Red de Área Local

LLC. Logical Link Control – Control de Enlace Lógico

M

MAC. Media Access Control – Control de Acceso al Medio

MAP. Mobile Application Part – Segmento de Aplicación Móvil

MM. Mobility Management – Gestión de Movilidad

MMS. Multimedia Message Service – Servicio de Mensajes Multimedia

MN. Mobile Node – Nodo Móvil

MSCTP. Mobile Stream Control Transmission Protocol – Protocolo de Control de Transmisión de Flujo Móvil

MWIF. Mobile Wireless Internet Forum – Foro de Internet Móvil Inalámbrico

N

NS. Network Service – Servicio de Red

NAT. Network Address Translation – Traducción de Direcciones de Red

O

OSS. Operations Support Systems – Sistemas de Soporte de Operaciones

P

PCF. Packet Control Function – Función de Control de Paquetes

PCF SID. PCF Session Identifier – Indicador de Sesión PCF

PCH. Paging Channel – Canal de Búsqueda

PDA. Personal Digital Assistant – Asistente Digital Personal

PDP. Packet Data Protocol – Protocolo de Paquetes de Datos

PDSN. Packet Data Serving Node – Nodo de Servicio de Paquetes de Datos

PDSN SID. PDSN Session Identifier – Indicador de Sesión PDSN

PPP. Point to Point Protocol – Protocolo Punto a Punto

R

RA. Routing Area – Área de Enrutamiento

RTPC. Red Telefónica Pública Conmutada

S

SMS. Short Message Service – Servicio de Mensajes Cortos

SMSCH. SMS Channel – Canal SMS

SIM. Subscriber Identity Module – Módulo de Identificación del Suscriptor

SCH. Supplemental Channels – Canales Suplementarios

SNDCP. Sub Network Dependent Convergence Protocol – Protocolo de Convergencia Dependiente de Sub Red

SCTP. Stream Control Transmission Protocol – Protocolo de Transmisión de Control de Flujo

SC/MM. Session Control and Mobility Management – Control de Sesión y Gestión de Movilidad

SPS. Service Provisioning System – Sistema de Aprovechamiento del Servicio

T

TAP3. Transferred Account Procedure 3 – Procedimiento para Transferencia de Cuentas 3

TDMA. Time Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Tiempo
TEID. Tunnel End Point Identifier – Punto Final de Túnel TS. Time Slots – Espacio de Tiempo
TIC. Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones
TTA. Telecommunications Technology Association – Asociación de Tecnología las Telecomunicaciones
TTC. Telecommunications Technology Committee - Comité de la Tecnología de las Telecomunicaciones

U

UMA. Unlicensed Mobile Access Technology – Tecnología de Acceso Móvil No-Licenciado
UMAC. Unlicensed Mobile Access Technology Consortium – Consorcio de la Tecnología de Acceso Móvil No-licenciada
UMTS. Universal Mobile Telecommunication System – Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal
UNC. UMA Network Controller – Controlador de Red UMA UTRAN. UMTS Terrestrial Radio Access – Acceso Radio Terrestre UMTS

W

WLAN. Wireless Local Area Network – Red de Área Local Inalámbrica
WAP. Wireless Application Protocol – Protocolo de Aplicación Inalámbrico
WiFi. Wireless Fidelity – Fidelidad Inalámbrica
WEP. Wired Equivalent Privacy – Privacidad Equivalente Alamburada
WPA. Wi-Fi Protected Access
WiMAX. Worldwide Interoperability for Microwave Access – Interoperabilidad Mundial por Acceso por Microondas

Otros

3GPP. 3rd Generation Partnership – Project Proyecto de Colaboración de Tercera Generación
3GPP2. 3rd Generation Partnership 2 – Project Proyecto de Colaboración de Tercera Generación 2

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Informe Sectorial de Telecomunicaciones, Comisión de Regulación de Telecomunicaciones; Bogotá, Colombia, Febrero de 2005.
En línea: www.crt.gov.co/documentos/biblioteca/Informe_semestral_2004.pdf
- [2] Informe Trimestral Telefonía Móvil Celular, Dirección de Administración de Recursos de Telecomunicaciones, Ministerio de Comunicaciones; Bogotá, Colombia, Junio de 2005.
En línea:
http://www.mincomunicaciones.gov.co/mincom/src/user_docs/Archivos/Documentos/InformeTMC2sem2005.pdf
- [3] En línea: http://www.gsmworld.com/roaming/gsminfo/cou_co.shtml
- [4] Gudding Hakon. “Capacity Analisis of GPRS”. Tesis de Maestría, Departamento de Telemática, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Telecomunicaciones, Universidad de Ciencia y Tecnología de Noruega; Noruega, 1999-2000.
- [5] En línea: <http://www.3gamericas.org/pdfs/edgefactsheet.pdf>
- [6] CDMA2000 1X Overview, Qalcomm, October 2002.
- [7] Díaz Urrego José Crispin. “WiFi La Tendencia en las Redes de Área Local”. En línea: <http://pwp.007mundo.com/jose.diaz>
- [8] Fritz Jordan. Wireless LAN Report, Mobile Trax Enterprise IT Research Service; 2003.
- [9] Fuente: Ingeniero Gonzalo LLano R, Gerente Regional Links S.A. E-mail recibido – 24 de agosto de 2005
- [10] Stefa Aust, Daniel Proetel, Andreas Konsgen, Cornel Pampu, Carmelita Gorg. “Design Issues of Mobile IP Handoffs between General Packet Radio Services (GPRS) Networks and Wireless LAN (WLAN) Systems”. Universidad de Bremen, Siemens AG; Alemania.

- [11] Parmod Mehta, Gaurish M S Khandeparkar, M C Swamy. "Inter-operability between Heterogeneous Networks". Wipro Technologies.
- [12] Bjørnar Salberg. "WLAN – GPRS Interworking". Tesis de Grado, Agder University College; Noruega 2001.
- [13] 3GPP, "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network; Mobile Station - Serving GPRS Support Node (MS-SGSN); Logical Link Control (LLC) layer specification; (Release 5)". (3GPP TS 44.064 V5.1.0).
- [14] 3GPP "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network; Mobile Station (MS) - Serving GPRS Support Node (SGSN); Subnetwork Dependent Convergence Protocol (SNDCP); (Release 6)". (3GPP TS 44.065).
- [15] 3GPP "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network; General Packet Radio Service (GPRS); GPRS Tunnelling Protocol (GTP) across the Gn and Gp interface; (Release 6)" (3GPP TS 29.060).
- [16] Joakim Nyström, Mikael Seppälä. "Experimental Study of GPRS/WLAN Systems Integration". Tesis de Maestria, Linköping Institute of Technology; Suecia 2003.
- [17] 3GPP "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group GSM EDGE Radio Access Network; General Packet Radio Service (GPRS); Base Station System (BSS) - Serving GPRS Support Node (SGSN) interface; Network Service; (Release 6)". (3GPP TS 48.016).
- [18] 3GPP "3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Combined GSM and Mobile IP Mobility Handling in UMTS IP CN; (Release 3)". (3G TR 23.923).
- [19] Li Ma, Fei Yu, Victor Leung. "A New Method to Support UMTS/WLAN Vertical Handover Using SCTP". University of British Columbia; Vancouver, BC, Canadá.
- [20] En línea: <http://www.gsmworld.com/using/billing/index.shtml>
- [21] R. Stewart. "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) dynamic address reconfiguration". Internet draft, draft-ietf-tsvwg-addip-sctp-07.txt; Febrero 2003.
- [22] Jyh – Cheng Chen, Tao Zang. "IP Based Next Generation Wireless Networks". Jhon Wiley & Sons Inc. 2004.
- [23] QUALCOMM, Inc. "1xEV: 1x EVolution IS-856 TIA/EIA Standard Airlink Overview Revisión 7.2". Noviembre 2001.
- [24] RADCOM Ltd. "Introduction to CDMA 20001x / 1x EV-DO". Agosto 2003.

[25] TIA/EIA “Interoperability Specification (IOS) for CDMA2000 Access Network Interfaces. (Release B)”. TIA/EIA/IS-2001.2.B (3GPP TS 29.060).

[26] QUALCOMM, Inc. “1xEV-DO System Architecture”. 2003.

[27] Integrated Services Digital Network (ISDN) – General Structure – Method for the Characterization of Telecommunication Services Supported by an ISDN and Network Capabilities of an ISDN. ITU-T I.130. Geneva: International Telecommunication Union, 1993.

[28] En línea: <http://www.etsi.org>

[29] En línea: <http://www.3gpp.org>

[30] En línea: <http://www.3gpp2.org>

[31] En línea: <http://www.umatechnology.org/>

[32] En línea:
<http://www.wirelessweek.com/article/CA626287.html?spacedesc=Departments>

[33] En línea: http://press.nokia.com/PR/200409/960657_5.html

[34] Sutinen, Tiia. End User Service Quality in Multi-Access Networks. Tesis de Maestría, Universidad de Oulu, Departamento de Ingeniería Eléctrica e Información, Oulu, Finlandia

[35] Doufexi, A. Tameh, E. Nix, A. Armour, S. Molina, A. Hotspot wireless LANs to enhance the performance of 3G and beyond cellular networks. Universidad de Bristol, Reino Unido.

En línea:
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?tp=&arnumber=1215640&isnumber=27341

[36] Pyramid Research. “Análisis del Mercado Servicios de Banda Ancha en Colombia. Cintel, Bogotá D.C., Febrero de 2004.

En línea: www.crt.gov.co/documentos/biblioteca/

[37] Noticia en línea:
http://www.motorola.com/mediacenter/news/detail/0,,5483_5473_23,00.html

[38] Unlicensed Mobile Access (UMA); UMA Architecture (Stage 2); R1.0.0. (2004-09-01)

[39] Unlicensed Mobile Access (UMA); Protocols (Stage 3); R1.0.0 (2004-09-01)

[40] Mobility for IPv6 (mip6) Working Group; Mobility Support in IPv6; RFC3775.

[41] Network Working Group; Diameter Base Protocol; RFC 3588.

[42] En línea:

http://www.teliasonera.com/articlewide/0,2859,l-en_h-12815,00.html

[43] En línea:

<http://reviews.zdnet.co.uk/hardware/networking/0,39023970,39167071,00.htm>

[44] En línea: <http://www.motorola.com/mediacenter/news>

[45] En línea: <http://investor.pctel.com/ReleaseDetail.cfm?ReleaseID=147625>

[46] En línea: <http://www.t-mobile.com/company/pressroom/>