

MOBILE IP-RAN

**RUBEN DARIO ACOSTA VALLE
JOSE JAVIER LUCENA PUELLO**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.**

MOBILE IP-RAN

**RUBEN DARIO ACOSTA VALLE
JOSE JAVIER LUCENA PUELLO**

**MONOGRAFÍA PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO ELECTRONICO**

**DIRECTOR:
EDUARDO GOMEZ VASQUEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de Indias ___/___/_____

A nuestros **familiares** y **amigos**, que
estuvieron apoyándonos durante
toda nuestra carrera académica.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. TECNOLOGÍAS RAN 3G Y TECNOLOGÍAS 4G	2
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 TECNOLOGÍA 3G CDMA2000	2
1.3 TECNOLOGÍA 3G UMTS	4
1.4 TECNOLOGÍA 4G LTE	5
2. EVOLUCIÓN DE LAS REDES MOVILES 3G	7
2.1 REDES DE ACCESO RADIO 3G	7
2.2 EVOLUCION DE LA ARQUITECTURA UMTS (E-UTRAN)	11
2.3 EVOLUCION DE LA ARQUITECTURA DE RED EN CDMA2000	13
2.4 SINCRONIZACION EN REDES 3G	15
3. GENERALIDADES Y CARACTERISTICAS DE LAS REDES RAN 4G	19
3.1 MOVILIDAD DE USUARIO	20
3.2 SINCRONIZACION DE RED DE USUARIO	22
3.3 TRANSFERENCIA DE DATOS	23
3.4 LOCALIZACION DE USUARIO	24
3.5 QoS	24
3.6 AAA	25
3.7 SEGURIDAD Y CIFRADO	26
3.8 DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS	26
4. ARQUITECTURA MOBILE IP-RAN	27
4.1 ANALISIS DEL MODELO Y ARQUITECTURA DE LA RED RAN-IP	29

4.2 MODELO AAA EN MOBILE IP-RAN	41
4.3 MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO EN MOBILE IP-RAN	46
4.4 MODELO DE GESTION DE RECURSOS RADIO EN MOBILE IP-RAN	51
4.5 SINCRONIZACION DE LA RED MOBILE IP-RAN	52
4.6 DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS EN MOBILE IP-RAN	56
4.7 SERVICIOS DE LOCALIZACION EN MOBILE IP-RAN	59
4.8 MOVILIDAD EN MOBILE IP-RAN	62
4.9 APLICACIONES DE MOBILE IP-RAN	70
5. CONCLUSIONES	72

INTRODUCCION.

Las Redes de acceso radio (RAN)- IP es una propuesta de arquitectura de red de acceso radio, que soporta las tecnologías radio predominante de tercera generación (UMTS y cdma2000) y las propuestas de 4G (LTE y UMB), además de esto proporciona los servicios de acceso a una red de comunicación IP 4G, basada en tecnología IP móvil.

Entre los principales beneficios de esta propuesta de red acceso móvil, es la simplificación de la propia red móvil en el sentido de que se vuelve menos dependiente de las tecnologías de acceso radio y por lo tanto haciendo uso de la red troncal común independientemente de las tecnologías radio utilizadas.

Las redes de acceso radio actuales, a pesar de las investigaciones realizadas y la estandarización de mecanismos de movilidad IP, son limitadas en las funcionalidades ofrecidas, particularmente en los servicios ofrecidos por la red de acceso radio, los cuales no son específicos a nivel de red, pero claro está, deben ofrecerse con el fin de obtener el correcto funcionamiento de los servicios generales ofrecidos por las redes móviles, por ejemplo movilidad, gestión de recursos radio, sincronización de usuario y de red, cálculo de la posición global del móvil, y descubrimiento de servicios.

En esta monografía se pasa por un breve recuento de las redes de acceso radio, además de una explicación del funcionamiento de dichas redes, para llegar a como se logra compaginar estas distintas redes, a una red global de acceso internet basada en IPv6, se presentan las distintas arquitecturas necesarias para el funcionamiento de las redes de acceso radio IP, se explican los diferentes servicios que manejan las redes IP-RAN, se muestra un modelo de Mobile IP-RAN, y se explica cada uno de los componentes que conforman este modelo. La movilidad del equipo de usuario, la seguridad y la infraestructura de la red, son los aspectos a destacar en el entorno de esta monografía.

1. TECNOLOGÍAS RAN 3G Y TECNOLOGÍAS 4G.

1.1 INTRODUCCION

Para Comprender las tecnologías Mobile IP-RAN, es necesario conocer de las tecnologías antecesoras, cmda2000 y UMTS, además de abordar los conceptos de las nuevas tecnologías 4G. Aunque en su momento el grupo de 3GPP2 lanzo UMB (Ultra Mobile Broadband), tecnología sucesora de la cmda2000, esta arquitectura nunca llego a concluirse, así que cedió al grupo 3GPP toda la responsabilidad de la evolución de la tecnologías 4G por tanto en este documento se hablará solo de la tecnología LTE (Long Term Evolution) como la evolución de las tecnologías 3G.

1.2 TECNOLOGÍA 3G CDMA2000

La tecnología CDMA se consolido con la llegada del 2G alrededor de 1990, fue una de las tecnologías de mayor impacto gracias a las grandes ventajas que posee. Esta tecnología es un estándar digital que soporta velocidades de datos de 14,4KBPS aproximadamente, vía conmutación de paquetes y además vía conmutación de circuitos. Es un método de transmisión móvil celular de espectro extendido que permite a varios usuarios compartir el mismo espectro de radiofrecuencia por asignación de un código único a cada usuario activo.

Entre las ventajas que tiene esta tecnología se pueden destacar las siguientes:

- Mejora el tráfico telefónico.
- Reducción del número de lugares necesarios para soportar cualquier nivel de tráfico telefónico.
- Disminución de las necesidades en despliegue y costos de funcionamiento debido a que se necesitan muy pocas ubicaciones de celda.
- Disminución de la potencia media transmitida.
- Simplificación de la selección de lugares.
- Reducción de la interferencia con otros sistemas.
- Bajo consumo de energía lo cual ofrece más tiempo de conversación y permitirá baterías más pequeñas y livianas.
- Mejora la calidad de transmisión de voz y eliminación de los efectos audibles de fading¹.

La primera de las apariciones del CDMA en el 3G fue la tecnología CDMA20001X, que brinda voz (por conmutación de circuitos) y datos (por conmutación de paquetes). Posteriormente implemento la evolución de CDMA2000, denominada CDMA20001xEV-DO y CDMA20001xEV-DV.

En el caso de CDMA20001xEV-DO (portadora 1x, EV-Evolución, DO-Solo Datos), se presenta como una fase que permite ofrecer en forma dinámica velocidades ascendentes de datos de hasta 2.4 Mbps y en el enlace ascendente llega hasta 152Kbps, esto es posible cuando un usuario se encuentra realizando una transmisión de datos únicamente. Así también soporta servicios asimétricos no sensibles al retardo (típicamente navegación por Internet, pero no soporta servicios simétricos sensibles al retardo (servicios conversacionales de voz). El transporte está basado en la tecnología IP. Además, el sistema mantiene la compatibilidad con los estándares IS-95 y CDMA20001X.

¹ Fading, son las perturbaciones producidas por el multi-trayecto de las ondas para llegar al receptor.

1.3 TECNOLOGÍA 3G UMTS

La arquitectura UMTS se presenta como uno de los cambios más significativos en la evolución hacia las nuevas redes de comunicaciones. El modelo simplificado de la arquitectura del sistema UMTS, se muestra en la figura 1 la cual está compuesta de tres componentes principales:

- Las estaciones móviles o Equipos de Usuario (UEs),
- La Red de Acceso de Radio Terrestre UMTS (UTRAN)
- La red central o Núcleo de Red (CN)

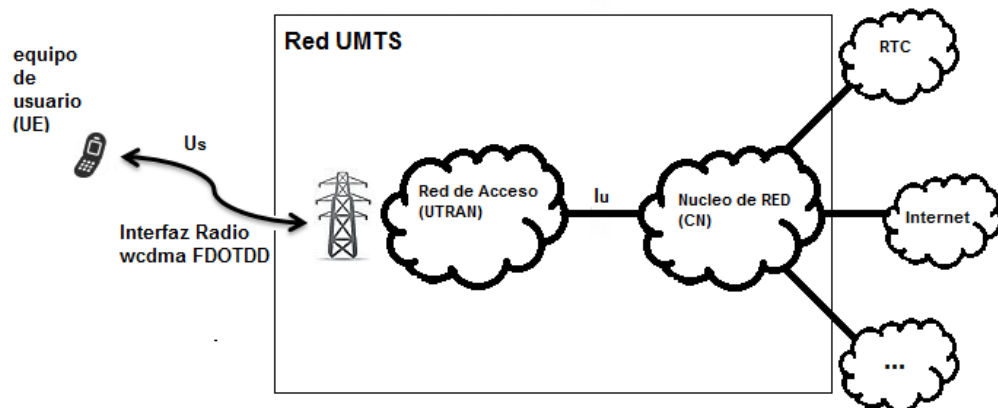


Figura 1. Arquitectura básica UMTS

El UE es el elemento que le permite al usuario acceder a los servicios que proporciona la red, a través de la interfaz de radio Uu basada en WCDMA.

Para el despliegue de una red UMTS se consideran diferentes entornos o escenarios de operación, asociados a distintos ámbitos de cobertura y grado de movilidad de las terminales. Las tasas de bit objetivo a ofrecer a los usuarios

dependen del entorno. Es un hecho que entre mayor es el área de cobertura y la velocidad del móvil, menor es la tasa de bit objetivo.

1.4 TECNOLOGÍA 4G LTE

Es un estándar de comunicaciones móviles desarrollado por la 3GPP. El interfaz radio (nivel físico) del sistema LTE es algo completamente nuevo, así que LTE es una nueva generación respecto a UMTS y a su vez GSM. LTE es una tecnología muy buena que permite altas tasas de bits con baja latencia, es barato y fácil de desplegar por los operadores, y evita la fragmentación por el tipo de duplexación. LTE nació para cubrir las siguientes necesidades:

- Mayor velocidad de carga y descarga de datos.
- Simplicidad de infraestructura y costos de mantenimiento.
- Competitividad a redes ya existentes 4G como WiMAX.

Las tasas de descarga y subida, puede alcanzar velocidades de pico de 173 Mbps de bajada y 86 Mbps de subida, la red es más fácil de desplegar, ya que LTE sólo utiliza conmutación de paquetes, LTE no puede gestionar SMS o llamadas, con conmutación de circuitos, de eso se encargan las redes 3G, con la consiguiente optimización de los costes en infraestructura. El sistema de *switching* de paquetes de LTE está muy optimizado, LTE está pensado para evitar la fragmentación de los terminales a nivel mundial por el tipo de duplexación, ya que las últimas revisiones del estándar son compatibles tanto con FDD (*Frequency Division Duplex*) y TDD (*Time Division Duplex*).

La interfaz y la arquitectura de radio del sistema LTE son completamente nuevas. Estas actualizaciones fueron llamadas Evolved UTRAN (E-UTRAN). Un

importante logro de E-UTRAN ha sido la reducción del costo y la complejidad de los equipos, esto es gracias a que se ha eliminado el nodo de control (conocido en UMTS como RNC). Por tanto, las funciones de control de recursos de radio, control de calidad de servicio y movilidad han sido integradas al nuevo Nodo B, llamado evolved Node B. Todos los eNB se conectan a través de una red IP y se pueden comunicar unos a otros usando el protocolo de señalización SS7 sobre IP. Los esquemas de modulación empleados son QPSK, 16-QAM y 64-QAM. La arquitectura del nuevo protocolo de red se conoce como SAE donde eNode gestiona los recursos de red.

2. EVOLUCION DE LAS REDES MÓVILES 3G.

Este capítulo está enfocado en la descripción y análisis de la evolución de las redes móviles 3G, específicamente sobre los sistemas UMTS y cdma2000, hacia las redes móviles 4G, así como los avances técnicos relacionados con la arquitectura de red y protocolos de movilidad IP, el cual es uno de los factores fundamentales en la evolución de las redes de acceso radio.

2.1 REDES DE ACCESO RADIO 3G

Como bien es conocido, las tecnologías móviles 3G dominantes son cdma2000 y UMTS, las cuales se basan en las redes de acceso radio (RAN) para cdma2000, y GERAN y UTRAN para UMTS. En la figura 2 se presenta la arquitectura de red básica para UMTS.

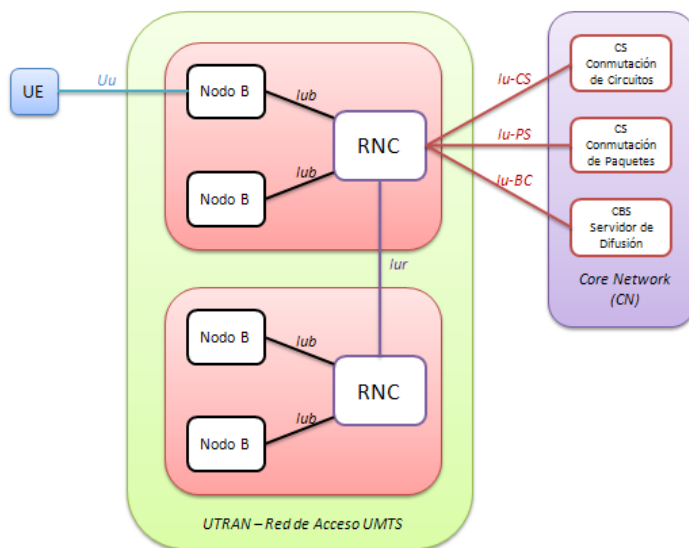


Figura 2. Arquitectura de red de acceso UMTS²

² Basada en la imagen tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

Los UE corresponden a los equipos de usuario, comúnmente llamado móvil, el cual es el equipo que el usuario trae consigo para lograr una comunicación con la estación base cuando lo desee y exista cobertura, este equipo debe soportar el estándar y los protocolos para los que fue diseñado. Este equipo de usuario se conecta con la red UTRAN por medio de la interfaz Uu. Los Nodos B son los encargados de la transmisión y recepción radio entre el equipo de usuario o terminal y una o más celdas UMTS. El RNC es el controlador de la red radio, el cual valga la redundancia, controla uno o más Nodos B y entre sus funciones se encuentra el manejo de tráfico en canales comunes y compartidos, y el manejo de la información del sistema y de los horarios de la información del sistema. Este se conecta con los Nodos B por medio de la interfaz Iub y con otro RNC por medio de la interfaz Iur. La Core Network o red central, está formada por varios elementos, los más relevantes son el MSC y el SGSN, que son las piezas centrales en una red basada en conmutación de circuitos y conmutación de paquetes respectivamente; estos se conectan con el RNC por medio de las interfaces Iu-CS y Iu-PS.

En la figura 3 se presenta la arquitectura de red de acceso básica para cdma2000, de igual forma que en UMTS se presenta una arquitectura jerárquica basada en estaciones base conectadas a controladores de estaciones base (BSC). Ambos sistemas están conectados a los dominios de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes a través de ciertas interfaces, en el caso de cdma2000 las interfaces A10/A11.

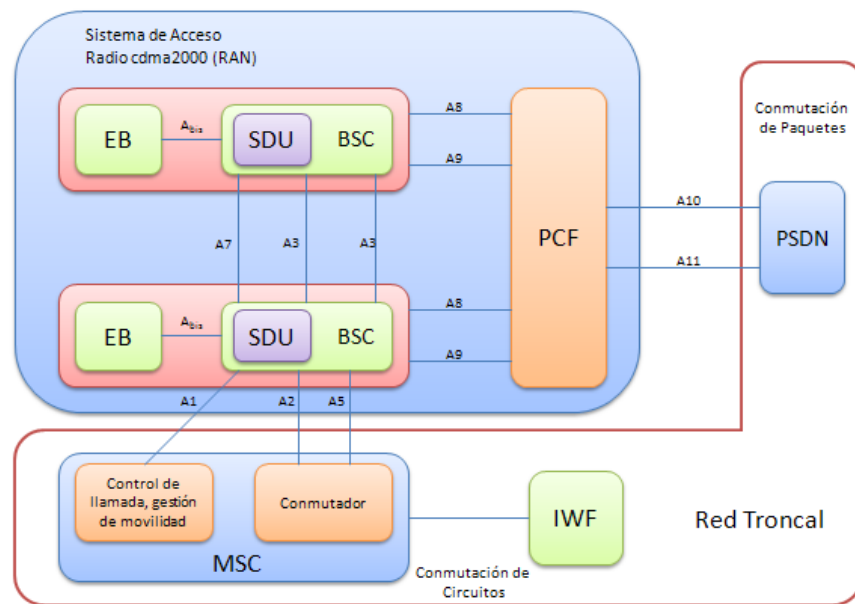


Figura 3. Arquitectura de red de acceso cdma2000³

Exponiendo en términos generales, las redes de acceso radio de tercera generación realizan funciones de red tales como:

- Mantenimiento de la conexión móvil-red troncal: En este punto, la red de acceso transporta los datos de usuario y señalización entre el móvil o equipo de usuario y la red troncal, garantizando la calidad de servicio extremo a extremo requerida por el usuario gestionando los recursos de la red.
- Control de acceso al medio: Entre la red de acceso radio y el equipo de usuario realizan el control de acceso siguiendo las reglas que señala la red troncal.
- Gestión de recursos radio: La red radio mantiene y asigna los recursos radio utilizados por el móvil a través de funciones de red como el control de

³ Basada en la imagen tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

potencia, handover, y gestión de la asignación de canales. Es conocido que existen canales de radio dedicados y compartidos, los cuales son utilizados dependiendo del tipo de comunicación y los parámetros de calidad de servicio que se requieran. En estas redes constantemente se mejoran e introducen nuevos canales con el fin de mantener la calidad de servicio y mejorar la eficiencia espectral.

- Movilidad radio: La red radio se encarga de la movilidad a través de gestión de los estados de movilidad, procedimientos de registro de tal forma que el usuario se mantenga conectado y utilizando solo los recursos necesarios de acuerdo a su perfil de movilidad y actividad.

- Sincronización: La red radio es la encargada de la sincronización de la información de usuario a nivel de trama y radio. Generalmente existen dos mecanismos de sincronización, los basados en referencias de tiempo común como el GPS, y los que se basan en protocolos de red para proveer el sincronismo.

- Determinación de la posición: Los servicios de localización o LCS son proporcionados por la red radio junto con elementos de la red que fueron diseñados específicamente para tal fin, mediante medidas radio para calcular la posición del equipo de usuario por petición o de la red móvil o del mismo equipo de usuario.

Estos servicios deben estar presentes en cualquier tecnología de acceso radio. Existe una gran similitud en la forma como se proveen estos servicios a pesar de las particularidades propias de cada tecnología, esta similitud permite que se pueda plantear la solución de diversificar las funcionalidades de red radio de cualquier tecnología mediante el uso de protocolos comunes.

2.2 EVOLUCION DE LA ARQUITECTURA UMTS (E-UTRAN)

La constante evolución de la red UMTS por parte de 3GPP ha llevado a la inclusión primeramente de los protocolos IP como base en el transporte de red, añadiendo la posibilidad de colocar una infraestructura 3G sobre redes IP. Luego de esto se procedió a la inclusión del subdominio IMS, el cual añade un dominio de servicios multimedia basados en el protocolo SIP, en el dominio de conmutación de paquetes.

A continuación de lo presentado, el 3GPP comienza el estudio de una especificación para una nueva arquitectura de red móvil, orientado al hecho de que la red debe soportar mayores velocidades, bajo retardo, orientación de paquetes y adicionalmente que soporte varias tecnologías de redes de acceso radio.

Los aspectos más importantes relacionados con la evolución de la red UMTS están sujetos a:

- El soporte de diferentes redes de acceso radio, y la selección de redes basándose en las preferencias del usuario, políticas del operador y estado de la red.

- Mantenimiento de QoS negociada a lo largo de toda la red, entre dominios y sistemas y la calidad de servicio en el enlace radio.

- Soporte a movilidad radio.

➤ **Arquitectura E-UTRAN.**

La arquitectura de la red de acceso E-UTRAN se compone de una única entidad de red denominada *evolved NodeB (eNB)*, que constituye la estación base en E-UTRAN. Estas estaciones integran toda la funcionalidad de la red de acceso, a diferencia de la red de acceso GSM o UMTS, las cuales estaban compuestas por estaciones base y equipos controladores.

En la figura 4 se presenta la arquitectura de red de acceso E-UTRAN:

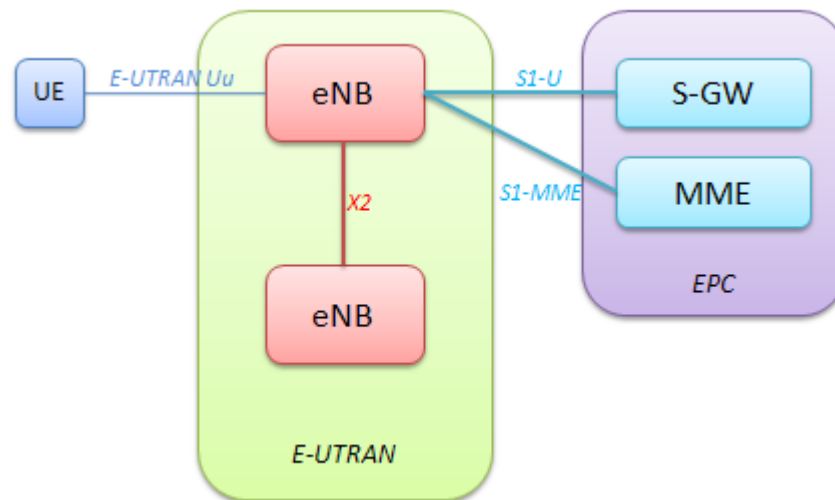


Figura 4. Arquitectura de red de acceso E-UTRAN⁴

Como se dijo anteriormente y como se aprecia en la figura 4, la red de acceso radio para E-UTRAN está formada por eNBs los cuales se comunican con el resto de elementos del sistema median tres interfaces: E-UTRAN U_u, S1 y X2.

La interfaz E-UTRAN U_u, también llamada LTE U_u permite la transferencia de información por el canal radio entre el eNB y el equipo de usuario. A través de la interfaz S1, el eNB se conecta a la red troncal EPC, esta interfaz S1 se divide a su

⁴ Basada en la imagen tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

vez en dos interfaces diferentes: la S1-U como soporte del plano de usuario, y la S1-MME para sustentar el plano de control. La separación entre el plano de control y el plano de usuario es una característica relevante en la organización de las torres de protocolos asociadas a las interfaces de la red; a su vez permite al eNB conectarse con dos nodos diferentes de la red troncal. La entidad de la red EPC encargada exclusivamente de sustentar las funciones relacionadas con el plano de control es la MME (Mobility Management Entity) y se conecta al eNB por medio de la interfaz S1-MME; de igual manera la entidad S-GW (Service Gateway) es la encargada de procesar el plano de usuario y se conecta al eNB por medio de la interfaz S1-U. Adicionalmente, los eNB pueden comunicarse entre ellos por medio de las interfaces X2, utilizada para el envío de mensajes de señalización para gestionar más eficientemente los recursos radio y el tráfico de usuarios del sistema cuando estos pasan de un eNB a otro en un proceso de handover.

2.3 EVOLUCION DE LA ARQUITECTURA DE RED EN CDMA2000

➤ Estándar de red IP Móvil.

El estándar de red IP Móvil en cdma2000 adhiere la gestión de movilidad basada en IP, y en IP móvil, para aumentar la movilidad de usuario entre los nodos PSDN. La utilización de MIPv4 o MIPv6 extiende la movilidad de usuarios dentro de un nodo al agregar una nueva entidad de mayor jerarquía de movilidad conocida como Home Agent, adicionalmente estos proporcionan los mecanismos generales de movilidad en el dominio de conmutación de paquetes basada en IP. En la figura 5 se muestra los diferentes niveles de movilidad para los servicios de datos

conmutados por paquetes IP en cdma2000 así como también las interfaces que hacen parte del proceso:

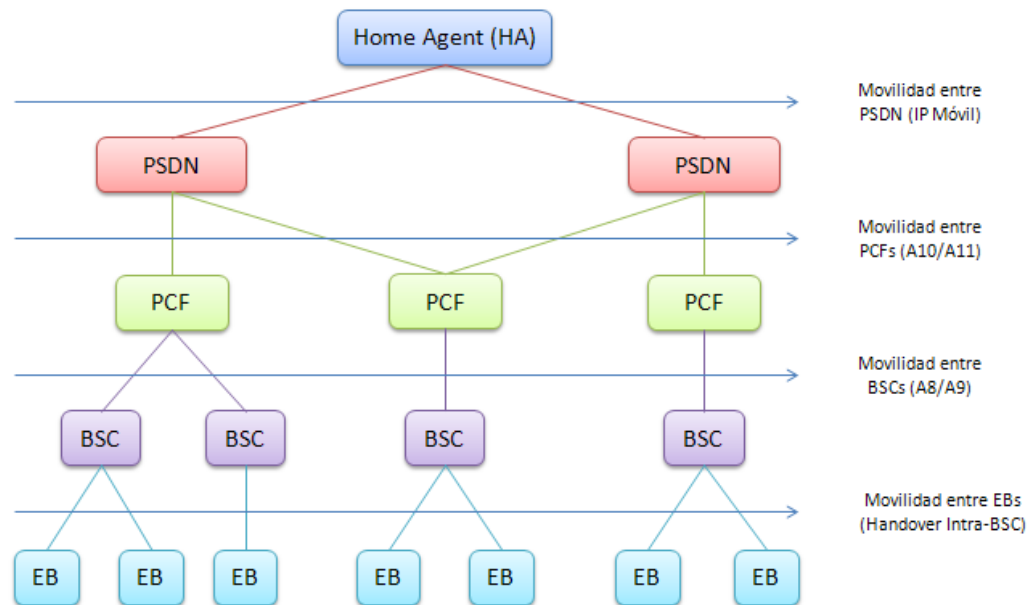


Figura 5. Niveles de movilidad para transmisión de paquetes IP en cdma2000⁵

La movilidad radio en los servicios de transmisión de paquetes IP en cdma2000 aun continua dependiendo de la red troncal.

➤ **UMB (Ultra Mobile Broadband).**

El UMB consiste en una nueva arquitectura de red de acceso radio que se conecta a la red troncal IP de cdma2000, y coexiste en dicha red con otras tecnologías de acceso móvil integrándose con la pasarela de accesos (AGW). De igual modo que en E-UTRAN, UMB tiene una nueva interfaz aire basada en acceso OFDM que

⁵ Basada en la imagen tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

añade múltiples antenas y permite llegar a velocidades de hasta 275 Mbps en bajada y 75 Mbps en subida. Esta red de acceso es una entidad funcional que tiene una instancia de enrutamiento para comunicarse con el móvil, entregando el soporte de señalización y datos de usuario; adicionalmente se incorpora el concepto de túnel entre las instancias de enrutamiento para asegurar que la instancia que tenga control del móvil (SRNC o eBS) puedan comunicarse con este a través de otros elementos de la red UMB. La estación base evolucionada o eBS es la estación base de la red de acceso UMB, la cual soporta la comunicación radio con el móvil; entre las funciones de esta se incluyen: la transmisión y recepción de paquetes en la interfaz radio, comprensión de cabeceras, aplicación de políticas de QoS en la interfaz radio, cifrado de paquetes a nivel de RLP en la interfaz radio. El SRNC es el elemento de autenticación en la red de acceso, y es el responsable de mantener la sesión con el móvil en la red de acceso.

2.4 SINCRONIZACION EN REDES 3G

➤ cdma2000.

En el sistema cdma2000 la sincronización se logra teniendo a las estaciones base sincronizadas entre sí y con el MSC a través del uso de un “tiempo del sistema” CDMA. Todas las transmisiones de las estaciones base están referenciadas a este tiempo del sistema común el cual utiliza el sistema de posicionamiento global y se relaciona de forma síncrona con el UTC. Este tiempo debe estar alineado de forma fija con los códigos PN (Pseudo ruido) utilizados en todas las estaciones base del sistema CDMA. Esta sincronización estricta se debe a que todas las estaciones base transmiten a la misma frecuencia y utilizando los mismos códigos cortos para ensanchar el canal en el enlace descendente; estas señales se diferencian en el

móvil dado que cada estación base tiene un desplazamiento propio de los códigos PN.

A pesar de que las estaciones base están sincronizadas entre sí, dado que todas se sincronizan al GPS, los móviles reciben las señales de las estaciones base con una combinación diferente de retardos dado que las EB están ubicadas a distancias diferentes del móvil. El tiempo de referencia para cada equipo de usuario se establece cuando este recibe la señal de la estación base, leyendo la información del sistema en el canal de sincronización. El mensaje contiene información que le permite al equipo de usuario sincronizar su código PN y su tiempo de referencia con el de la estación base pero retrasada debido al retardo de propagación entre ambos. Usando esta versión retrasada del tiempo del sistema, el móvil transmite por el canal ascendente y su señal es recibida por la estación base con un retardo adicional. La estación base utiliza el mensaje *A3-Propagation Measurement Delay Report* para indicar a la estación base vecina del retardo de propagación del móvil al momento de la adquisición y cualquier otro momento en el que el retardo supere en más de dos chips del código PN.

Para el caso de soft-handover en el que la MSC se comunica por el enlace descendente con dos estaciones base, se debe calcular el tiempo de transmisión de las tramas para que teniendo en cuenta el retardo de transmisión en los enlaces, los mensajes de datos lleguen con suficiente tiempo para poder ser transmitidos por la interfaz aire, y además que el tiempo de almacenamiento de la trama en la estación base se minimice antes de enviarlo por la interfaz aire, con el fin de reducir los requisitos de memoria en la estación base. Para lograr este proceso, los mensajes de datos descendente contienen el tiempo del sistema en que la trama debe ser enviada por la interfaz aire. Al recibir el mensaje, la estación base calcula el tiempo entre el tiempo del sistema en el momento de recibir el mensaje y el tiempo del sistema ideal cuando se ha recibido el mensaje, este resultado (PATE) se incluye en el próximo mensaje ascendente al MSC, y con

esta información de error este ajusta la transmisión de los próximos mensajes de datos hasta lograr un PATE = 0 o casi cero.

➤ UMTS.

En el caso de UMTS, la sincronización de la red se refiere a la distribución de una señal de referencia de sincronización a los nodos UTRAN y la estabilidad de los relojes de la UTRAN. El tiempo de referencia para la sincronización se extrae de los relojes de los elementos de mayor jerarquía en la red UMTS (MSC o SGSN) a través de la capa física de las interfaces terrestres. A diferencia que en cdma2000, UMTS no establece una sincronización estricta en el modo FDD, pero si en TDD, de donde la referencia se toma de los sistemas satelitales GPS o Galileo.

La sincronización de nodo, se refiere a la estimación y compensación de las diferencias de tiempo entre los nodos UTRAN. La sincronización del canal de transporte se refiere a los mecanismos definidos para la sincronización en el transporte de las tramas desde el RNC a los Nodos B; el principal objetivo es que las tramas lleguen en el menor tiempo posible para ser transmitidas al móvil y optimizar el almacenamiento en la memoria del Nodo B. La sincronización de la interfaz radio se entiende como el sincronismo en el enlace radio, específicamente en el envío de tramas radio al móvil. El alineamiento de tiempos permite el control de flujo en la transmisión de datos entre el RNC y los nodos de la red troncal. Y finalmente la sincronización en el enlace ascendente que es utilizado en el modo TDD es de 1.28Mcps. Todos estos son aspectos de sincronización a tener en cuenta para las redes UMTS.

Para el caso de sincronización de tramas en soft-handover, es necesario que el móvil reciba sus tramas de datos de dos o más estaciones base de forma más o menos sincronizada, de esta forma el móvil podrá combinar las tramas radio sin tener que acumular muchas muestras de la señal en su memoria local. A

diferencia de cdma2000, en UMTS en el modo FDD, cada estación base tiene una sincronía independiente de las demás, en este caso las estaciones base participantes en la operación de soft-handover deben sincronizar sus tramas de bajada; este proceso se repite para cada equipo de usuario que entre en esta operación.

Con el fin de facilitar el proceso de sincronización de los Nodos B participantes en esta operación, el equipo de usuario interviene en el proceso reportando a la UTRAN la diferencia de sincronía entre las tramas de los nodos B. De esta forma, el RNC puede enviar esta información a la estación base objetivo con el fin de sincronizar sus tramas de bajada. Esto se realiza a través de tramas de control *DL-Synchronization* y *UL Synchronization* en el plano de usuario, en donde el nodo origen envía una trama de prueba y el nodo destino indica su retardo o adelanto con respecto a la ventana de recepción que debió haberse formado al realizar la sincronización entre los dos nodos.

3. GENERALIDADES Y CARACTERISTICAS DE LAS REDES RAN 4G.

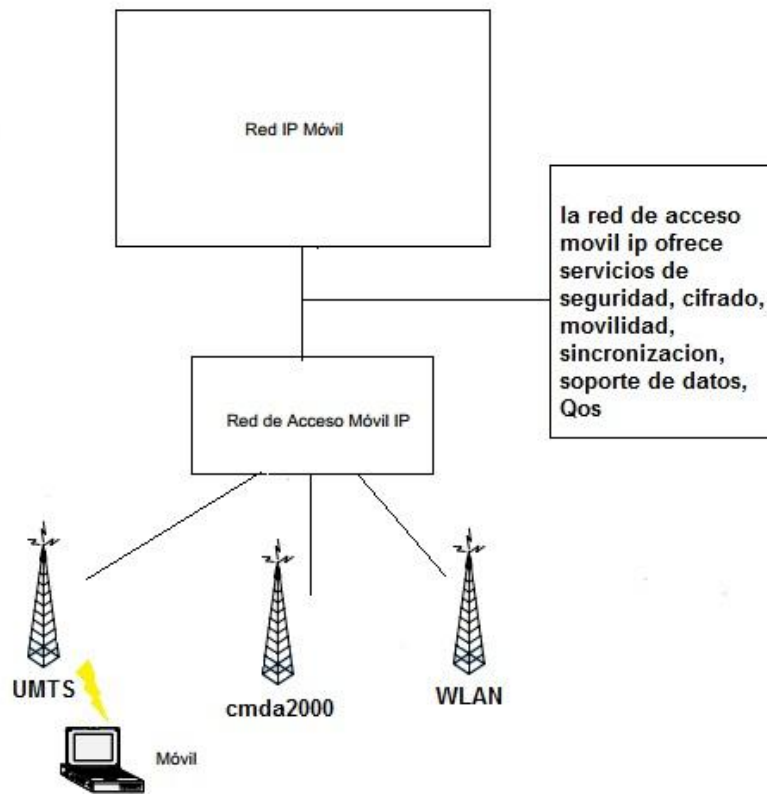


Figura 6. Esquema general IP-RAN⁶

En la figura 6 se muestra el esquema general de la red IP-RAN. Mobile-IP RAN se desarrolla para aprovechar los servicios que nos proporcionan las redes 4G; es una red que se encuentra bajo la administración de un operador que fija las políticas de seguridad, acceso y calidad de servicio a cada uno de los emplazamientos físicos y lógicos de la red, con respecto al tema de seguridad, se consideran que los equipos están lo suficientemente protegidos para impedir el acceso físico a los mismos, y que los equipos internos de la red tienen

⁶ Basada en la imagen tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

establecidas relaciones de confianza, Mobile-IP RAN se centra en servicios multimedia de voz, video y datos añadiendo a esto un valor agregado que es la movilidad, todos los mecanismo generales de movilidad de red basados en IPv6, vienen de la red troncal 4G.

Los servicios de usuario que prestan las redes de acceso 4G son los siguientes:

- Movilidad de usuario (registro, actualización de la localización, paging y handover).
- Sincronización de red y de usuario.
- Transferencia de datos de usuario (unicast, multicast y broadcast).
- Localización de usuario.
- QoS.
- AAA.
- Seguridad.
- Cifrado.
- Descubrimiento de servicios.

3.1 MOVILIDAD DE USUARIO

➤ Registro.

Se han establecido mecanismos de registro/acceso independientes para cada una de las redes.

- La movilidad de usuario en la red de acceso provee mecanismos de registro para la red de acceso.

- La movilidad de usuario en la red de acceso soporta el registro de usuarios a través de su dirección IP⁷.

➤ **Paging.**

La movilidad de usuario en la red de acceso soporta el mecanismo de paging (avisos) en la red de acceso radio, independientemente de que en la red troncal existan avisos, además soportar el paging a nivel IP, siguiendo los requisitos de [IP Paging], es decir, que se integran el Paging IP con el mecanismo de paging de las tecnologías de acceso radio anteriormente mencionadas.

➤ **Actualizaciones de localización de usuario.**

Hay varias formas en la esto puede ocurrir:

- De forma periódica.
- Al cambiar el área de localización
- Como respuesta a un aviso de la red de acceso

➤ **Handover.**

La movilidad de usuario en la red de acceso soporta el “handover” (traspaso) como está definido en las redes de acceso celulares, es decir, soporta el traspaso

⁷ Los sistemas móviles basan sus registros (manejo de identidades) en números o claves privadas (ejemplo: IMSI, TMSI, ESN, etc.).

de una estación base a otra manteniendo la comunicación con el mismo rendimiento, incluso en bases de diferentes tecnologías radio; soporta varios eventos de disparo del handover (por ejemplo: nivel de señal, calidad, preferencia del usuario, velocidad, etc.). Los mecanismos de handover a nivel IP están integrados con los mecanismos y técnicas de gestión de los recursos radio de una forma eficiente. Se entiende por eficiente eliminar la redundancia, siempre que sea posible, de la señalización en los handover.

3.2 SINCRONIZACIÓN DE RED DE USUARIO

La sincronización en las redes móviles consta de tres funciones fundamentales:

➤ Sincronización de interfaz aire

La sincronización de la interfaz aire, consiste, dependiendo de la tecnología radio, en la correcta temporización entre la estación base y el móvil. La sincronización en la interfaz aire típicamente incluye el uso de canales radio de sincronización.

➤ Sincronización de tramas

La sincronización de tramas consiste en determinar el momento correcto para enviar la tramas desde la red hasta la estación base, para que la trama pueda ser transmitida a tiempo al móvil y la trama no esté almacenada demasiado tiempo en la estación base, para disminuir el consumo de memoria.

➤ **Ajuste de temporización**

El ajuste de temporización, consiste en lograr una sincronización entre las diferentes estaciones base del sistema, para lograr que las funcionalidades de handover, puedan funcionar entre estaciones base. El objetivo entonces es lograr una armonización de la bases de tiempo entre las estaciones base, respecto a un móvil determinado o de forma absoluta.

Teniendo en cuenta esto la red de acceso radio provee mecanismos para permitir la sincronización de la interfaz aire, la sincronización de tramas y los ajustes de temporización para la comunicación usuario – red de acceso.

Las redes pueden ser asíncronas, o síncronas. Dentro de los sistemas síncronos, la sincronía puede adquirirse de una forma directa, a través de una fuente de sincronización externa común, por ejemplo a través del sistema GPS, o indirecta, a través de relojes independientes y de protocolos que permitan calcular y establecer una relación entre la temporización de los diferentes relojes, y con esto establecer una sincronización, ya que la red de acceso radio debe permitir la sincronización de todas las tecnologías de acceso radio independientemente de su características de sincronismo directo o indirecto, además se especifican todos los protocolos necesario para hacer el sincronismo entre las estaciones y los móviles.

3.3 TRANSFERENCIA DE DATOS

Se utiliza el protocolo IPv6 como protocolo de red para el transporte de los datos de usuario, ya sea de modo unicast, multicast o broadcast, de una forma eficiente, tanto en la red de acceso como en la interfaz aire.

3.4 LOCALIZACIÓN DE USUARIO

La localización es un servicio proporcionado por la red troncal que se basa en la información de posicionamiento suministrada por la red de acceso. Se provee servicios de localización a la red troncal, proporcionando la posición del usuario, el servicio de posicionamiento se basa en un mecanismo que de forma autónoma o a través de medidas del móvil determina la posición del usuario.

Existen diferentes métodos: basados en información de base de datos (Cell-ID), basados en el sistema GPS y otros a través de medidas sobre la interfaz radio (OTDOA). Asimismo se especifican varias áreas geográficas que pueden ser utilizadas para representar la posición del móvil, la red de acceso radio provee soporte a los mecanismos de posicionamiento especificados para cdma2000, UMTS y otras redes existentes de tecnología 3G, estos mecanismos incluyen: Identificador de célula, incluidas sus variantes, es decir, medidas de retardo, OTDOA (Diferencia de Tiempo de Llegada Observada), E-OTD (Diferencia Observada de Tiempo Mejorada), A-GPS (GPS Asistido) y AFLT (Triangulación Avanzada del enlace descendente). También soporta las áreas geográficas especificadas en los sistemas cdma2000 y UMTS. Por obvios motivos de seguridad, la localización del usuario debe ser privada, no se debe proporcionar la ubicación del usuario a sitios donde no se autoricen.

3.5 QoS

El soporte de calidad de servicio visto en las redes 3G se basaba principalmente en la proporción de mecanismos que garanticen pequeños retardos, pérdida de paquetes y retransmisión, valores aproximados de tasa de bits, señalización de usuario y prioridad relativa de los datos. En redes de acceso radio, el soporte de calidad de servicio se realiza típicamente por medio de:

La selección del canal de radio que se define de acuerdo al perfil de calidad de servicio de la comunicación de usuario, que a su vez está definido por el tipo de comunicación y los parámetros para realizar la comunicación con la calidad deseada.

Reservar, garantizar y priorizar los recursos de transporte terrestre a través de mecanismos de calidad de servicio en la red. Como por ejemplo el más utilizado dentro de las redes 3G, el *DiffServ*, el cual proporciona un método de calidad de servicio para redes de gran tamaño, analizando varios flujos de datos en vez de conexiones únicas o reservas de recursos.

3.6 AAA

El IETF ha definido los sistemas AAA para el fin de soportar los mecanismos de autenticación y autorización para ofrecer formas seguras de autenticación y acceso al usuario. Los sistemas AAA están encargados de comprobar la identidad de los usuarios, controlar los servicios que usan y facturarles por ello. Dicho esto, la red de acceso radio debe proveer la funcionalidad de los sistemas AAA dentro de la red de acceso de forma que se puedan realizar la autenticación, autorización y tarificación dentro de ésta de forma independiente o junto con la red troncal. Adicionalmente, al estar la red de acceso basada en identidades de IPv6, es necesario que la red soporte el NAI y la dirección IPv6 del usuario como identidades válidas para las funciones AAA.

3.7 Seguridad y Cifrado

A nivel general, el nivel de seguridad que ofrece la red de acceso 4G es similar al ofrecido por las redes 3G actuales, teniendo en cuenta que los mecanismos de seguridad implantados deben ser comunes para todas las tecnologías radio, y ofrecer autenticación y privacidad al usuario, así como también la confidencialidad e integridad de las comunicaciones de los usuarios. En este sentido, la red de acceso radio, en términos de seguridad debe proveer un nivel de seguridad al menos equivalente al presentado en las redes 3G, así como también cualquier mecanismo de seguridad debe estar basado en IP, soportar cifrado y protección de la integridad de los datos en la interfaz radio.

3.8 Descubrimiento de Servicios

La red de acceso 4G como parte de la infraestructura de la red, debe permitir el descubrimiento de servicios tanto como de red como de usuario por parte de los elementos de la red y de los usuarios. Entendiéndose como servicios de red aquellos relacionados con la funcionalidad de la red de acceso, como el servicio de posicionamiento de usuario, medidas de posicionamiento de usuario, etc. Y como servicios de usuario se entiende aquellos relacionados con el usuario final, como el servicio de localización, o el servicio de sesiones multimedia, etc. Dado esto, se requiere entonces que la red de acceso radio debe estar basada en una solución uniforme para las diferentes tecnologías radio, siendo posible adaptarla en la interfaz radio de las diferentes tecnologías, de manera que se optimice el uso de estas.

4. ARQUITECTURA MOBILE IP-RAN.

Mobile-IP RAN es una arquitectura, basada en protocolos IPv6-móvil, que proporciona los servicios de acceso necesarios en las redes móviles de 4G, de forma independiente a la tecnología radio, entendiéndose por tecnología radio a los sistemas actuales 2G y 3G y a aquellos pertenecientes a las tecnologías 4G.

La arquitectura IP-RAN tiene las siguientes características: es flexible para soportar las distintas interfaces aire existentes de forma simultánea, esto con el objetivo de homogeneizar los servicios (y los protocolos) que se prestan a la red troncal, está basada en IPv6 móvil como elemento fundamental de networking en la red, ya que es el protocolo base de la red 4G, provee los mismos servicios a la red troncal y al usuario que las redes 3G actuales y aquellos identificados para la 4G, minimiza la cantidad de cambios en hardware y software de los equipos móviles, los cambios solo ocurrieron en los protocolos de señalización y aplicación, no se vieron afectados los protocolos fundamentales de las redes de acceso, se utilizan eficientemente los recursos radio, la distribución interna de los nodos y funcionalidades de red son invisibles al usuario móvil, se utiliza eficientemente los recursos de red y confidencialidad de la ubicación del terminal.

Unas de las características más notables de la tecnología IP-RAN es la integración de las funciones radio genéricas en un entorno de red de acceso IP. La arquitectura de la red de acceso Mobile-IP RAN, permite la implantación de los siguientes servicios:

- **Movilidad Radio:** La movilidad radio incluye los procedimientos necesarios para el registro y acceso a la red troncal por parte de los usuarios móviles,

así como para su mantenimiento a través de procedimientos de actualización de la ubicación, handover y paging.

- Transferencia de datos de usuario, en modo unicast, multicast y broadcast.
- Gestión de recursos radio, incluye funcionalidades radio inherentes a cada tecnología radio, incluyendo el soft-handover, así como funciones de gestión de los recursos globales de la red de acceso.
- Servicios de Posicionamiento de usuarios a la red troncal, para proporcionar servicios basados en localización.
- Mecanismos de Sincronización de tramas de usuario.
- Calidad de Servicio en la red de acceso y en la interfaz radio.
- Descubrimiento de servicios.
- Seguridad, a través de mecanismos de autenticación, autorización y tasación en la red de acceso y el establecimiento de relaciones de confianza entre los elementos de red.

El modelo de la red Mobile-IP RAN, contiene los elementos de la red necesarios para la gestión de las funcionalidades de acceso radio de manera uniforme en todas las tecnologías, es una red que proporciona los principales servicios de una red de acceso móvil, a través de una arquitectura IP móvil genérica respecto a la tecnología radio, y que soporta diferentes tecnologías de acceso radio de forma simultánea, esto se refiere a que un mismo operador puede manejar UMTS y WLAN en la misma red de acceso móvil IP-RAN. La evolución de los accesos radio UMTS (E-UTRAN) y cdma2000 (UMB) consiste en una arquitectura más simple y prácticamente común (la red troncal es común), sin embargo, estas redes de acceso no soportan diversas tecnologías radio de forma simultánea (E-UTRAN y UMB sólo soportan su versión del acceso OFDM), a pesar de soportar todas las funciones típicas de una red de acceso.

4.1 ANÁLISIS DEL MODELO Y ARQUITECTURA DE LA RED RAN-IP

Basados en el modelo de referencia TCP/IP, la red de acceso IP-RAN cumple funciones hasta la capa de red, en lo que respecta a la capa 1 se encuentran elementos como el RRM, el RQoS, PDE, RA3c, adicionalmente el RAG⁸ y el RMM cumplen funciones de capa 1 y 2 del modelo TCP/IP. En la figura 7 se presenta la arquitectura de la red Mobile IP-RAN, y en la figura 8 se presentan las interconexiones lógicas entre los componentes de la red y sus interfaces.

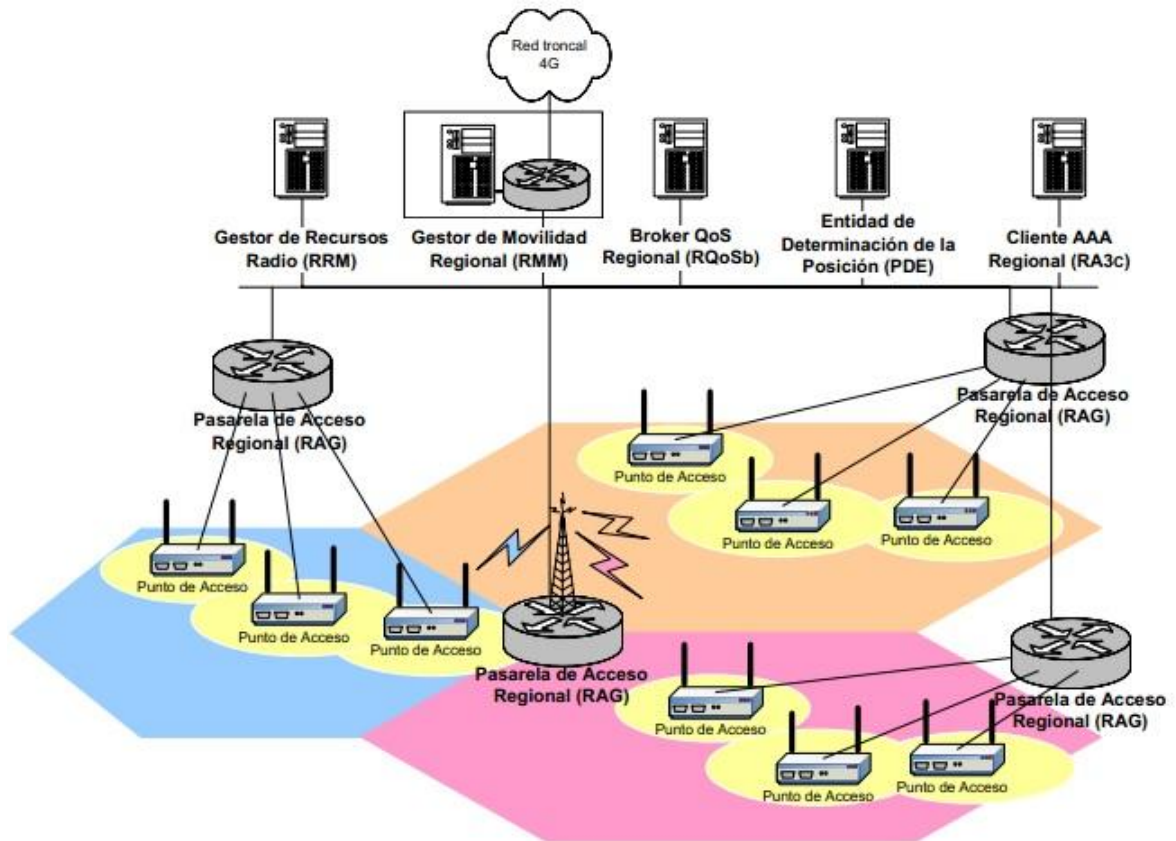


Figura 7. Modelo de la red RAN-IP⁹

⁸ Estas funciones están presentes por medio de un módulo de enrutamiento adicional.

⁹ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

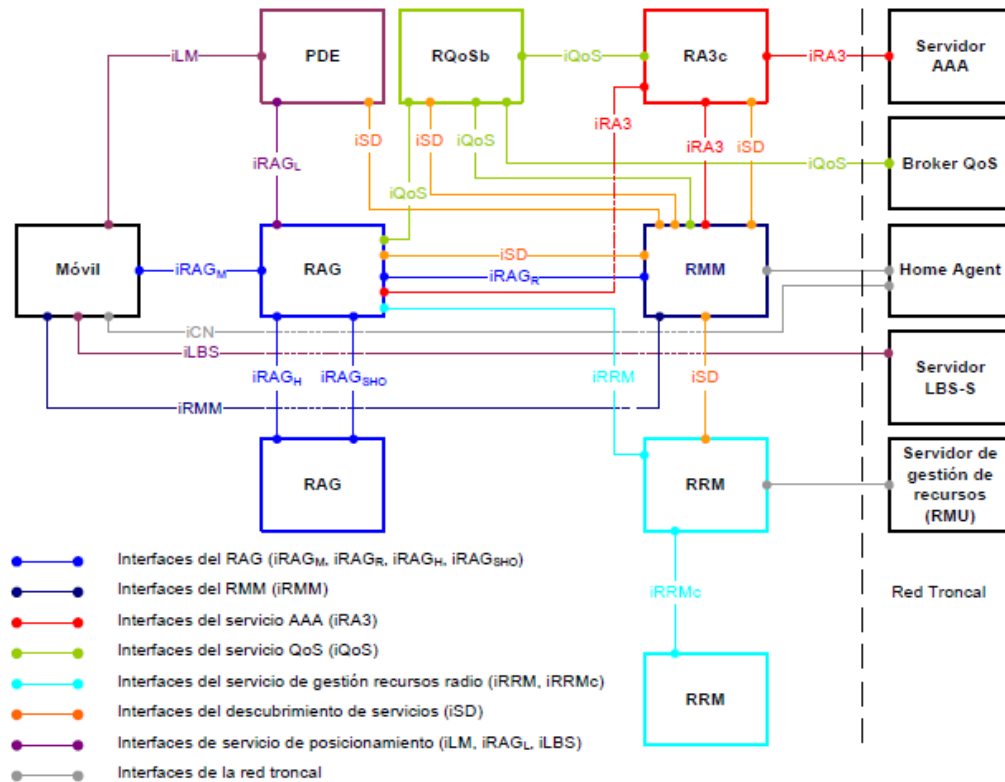


Figura 8. Interfaces lógicas de la red RAN-IP¹⁰

A continuación se describen cada uno de los componentes dentro de la red, junto con las funciones que realizan.

➤ **Regional Mobility Manager (RMM).**

Gestor de movilidad regional por su traducción en español, es el elemento central de la arquitectura Mobile IP-RAN. El RMM gestiona la movilidad IP local de los terminales móviles que se encuentran bajo su dominio, por medio del registro y

¹⁰ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

actualización de la localización del usuario en la red Mobile-IP RAN, la gestión de paging a los usuarios que se encuentren en el modo de movilidad Disponible-Ahorro, el manejo de los túneles IPv6 móvil [HMIPv6]¹¹ dentro de la red Mobile-IP RAN, y la transferencia de contexto del usuario durante el cambio del RAG de anclaje en el procedimiento de soft-handover. Para la gestión de la movilidad, el RMM funciona fundamentalmente como un MAP de [HMIPv6] para los terminales móviles que se encuentran bajo su dominio, con algunas extensiones, que se muestran más adelante. Asimismo, para el manejo de la funcionalidad de paging y de transferencia de contexto del usuario (en el handover), el RMM se basa en los protocolos definidos para las interfaces $iRAG_R$ e $iRAG_H$ respectivamente, autentica y autoriza al móvil para la utilización de recursos de la red troncal, durante el procedimiento de registro/actualización de la localización. Este procedimiento se realiza con la asistencia del Cliente AAA Regional ($RA3_c$) de la red Mobile-IP RAN y del servidor AAA de la red troncal, proporciona confidencialidad e integridad de los datos a la comunicación con el móvil, aplica la calidad de servicio a nivel IPv6 de acuerdo con el perfil del usuario y de las políticas proporcionadas por el Gestor de Calidad de Servicio Regional (RQoS_b) y además es el agente de directorios (DA) de la red Mobile-IP RAN, permitiendo el descubrimiento automático de servicios de red que proporciona la red Mobile-IP RAN. En la figura 9 se presenta la arquitectura del RMM.

¹¹ Esto se refiere a Hierarchical Mobile IPv6.

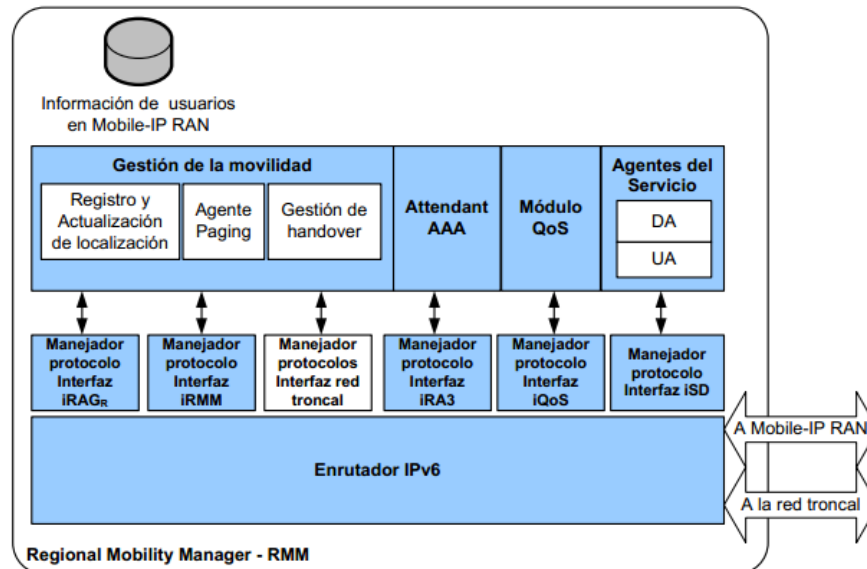


Figura 9. Arquitectura del RMM¹²

➤ **Regional Access Gateway (RAG).**

La pasarela de acceso regional, es la interfaz entre la red y el móvil. La diferencia de este con las estaciones base de la tecnología 3G, es que estas son autónomas, ósea que no necesitan de factores externos para la toma de decisiones de gestión de recursos radio, cumple las siguientes funciones:

- Proporciona la interfaz (radio) de acceso a la red, determinando los protocolos pertinentes a cada tecnología radio.

¹² Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

- Proporciona una función de mapeo entre los mecanismos de señalización disponibles en la red radio (canal de señalización, canal de difusión, canal de paging) y los procedimientos de movilidad utilizados en Mobile-IP RAN.
- Es el enrutador de acceso a la red: El RAG incluye las funcionalidades de un enrutador de acceso, lo cual incluye adicionalmente a la funcionalidad de enrutamiento IPv6, estas son, la interacción con el Cliente AAA Regional (RA3c) durante el proceso de acceso del móvil a la red Mobile-IP RAN (Registro) y la interacción con el Gestor de Calidad de Servicio Regional (RQoSb) para la aplicación de políticas de calidad de servicio en las interfaces terrestres, así como el mapeo de las políticas de calidad de servicio a la interfaz radio.
- Proporciona mecanismos que asisten al RMM en la gestión de movilidad, a través del soporte de procedimientos de paging, handover y soft-handover.
- Maneja los recursos radio propios, a través de sus algoritmos de gestión de recursos radio, en conjunto con el Gestor de Recursos Regional (RRM).
- Proporciona los mecanismos de sincronización de la red radio:
 - Sincronización de la interfaz radio (intervalos de tiempo, códigos, frecuencias).
 - Sincronización con otros RAGs.
 - Sincronización de tramas y del ajuste de temporización en soft-handover.
- Incluye la función de Servidor de medidas de localización LMU (Location Measurement Unit). La unidad de medidas de localización, es parte

funcional del RAG y se encarga de realizar medidas sobre una o varios canales radio para la determinación de la posición dentro de la red de acceso Mobile-IP RAN.

- Anuncia la presencia del servicio de medidas de localización (LMU) al agente de directorio de la red Mobile-IP RAN.

En la figura 10 se presenta la arquitectura del RAG:

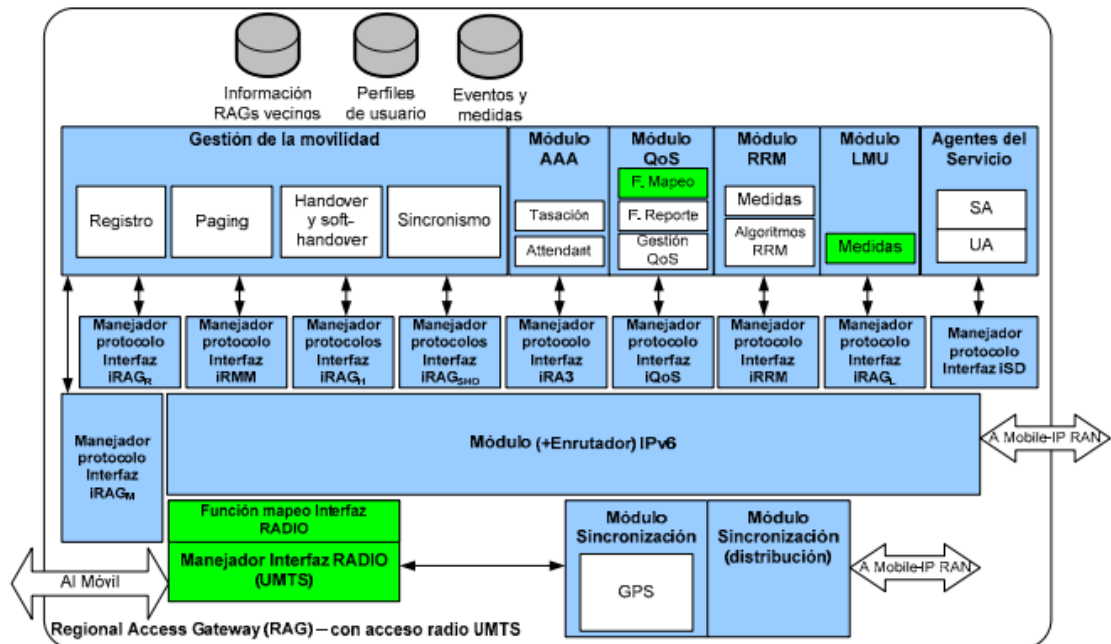


Figura 10. Arquitectura del RAG¹³

○ **Función de mapeo a la interfaz radio en el RAG.**

Para entender esto se tiene que pensar que en las tecnologías de acceso radio pasadas, los móviles que soportaban móvil IP RAN, adquieren la información de

¹³ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

enrutamiento IP de la red, a través de los mensajes de información del sistema de los protocolos de señalización radio. En la tecnología IP-RAN existe una función estática de mapeo entre el módulo de gestión de movilidad [HMIPv6] de Mobile-IP RAN con el módulo de señalización del RAG, que se encarga de actualizar el mensaje de información del sistema con la información de movilidad Mobile-IP RAN y de mapear el mensaje de [MIP-RAN] Paging de la interfaz iRAG_R al mensaje de Paging de la interfaz radio.

En aquellas tecnologías radio que no posean mecanismos de paging o de difusión de información del sistema (tales como las redes WLAN), esta función de mapeo no es necesaria, por lo que el RAG envía la información a través del mensaje Router Advertisement. En este caso, el móvil debe adquirir primero la conectividad radio o cable, según el caso.

- **Unidad de Medidas de Localización (LMU).**

La unidad de medidas de localización, es parte funcional del RAG y se encarga de realizar medidas sobre uno o varios canales radio para la determinación de la posición dentro de la red de acceso Mobile-IP RAN. Actúa bajo petición del PDE. Su funcionalidad es similar al LMU (Location Measurement Unit) de UMTS y al L-PDE (Local Position Determination Entity) de cdma2000 con la diferencia de que sus protocolos están adaptados a un entorno radio genérico por lo cual es posible su utilización para la determinación del posicionamiento en cualquier tecnología.

- **Regional Resource Manager (RRM).**

Gestor de Recursos Regionales o gestión común de los recursos radio (CRRM), se encarga de la gestión y coordinación de los recursos radio que están asociados a los RAG en la red Mobile-IP RAN, con el objeto de asegurar el uso óptimo de los

recursos radio así como maximizar el desempeño de la red radio a través de sus indicadores, tales como carga, interferencia, pérdida de paquetes o conexiones radio, etc.

El RRM está encargado de la interfaz con la función de gestión de recursos radio en el RAG, obtención y análisis de medidas de los recursos radio de los RAGs, aplica los algoritmos, que en conjunto con los datos y medidas de recursos, permitan la toma de decisiones de gestión de los recursos radio. Los algoritmos incluyen el control de carga, control de admisión, control de congestión y otros. Indica al RAG instrucciones (comandos) para la gestión (liberación/modificación) de los recursos radio asociados, asiste al RAG en decisiones de handover vertical (entre tecnologías radio) y de selección de tecnologías radio en el acceso y además sirve como interfaz con otros servidores RRM, para el intercambio de información de sus recursos asociados. En la figura 11 se muestra la arquitectura del RRM.

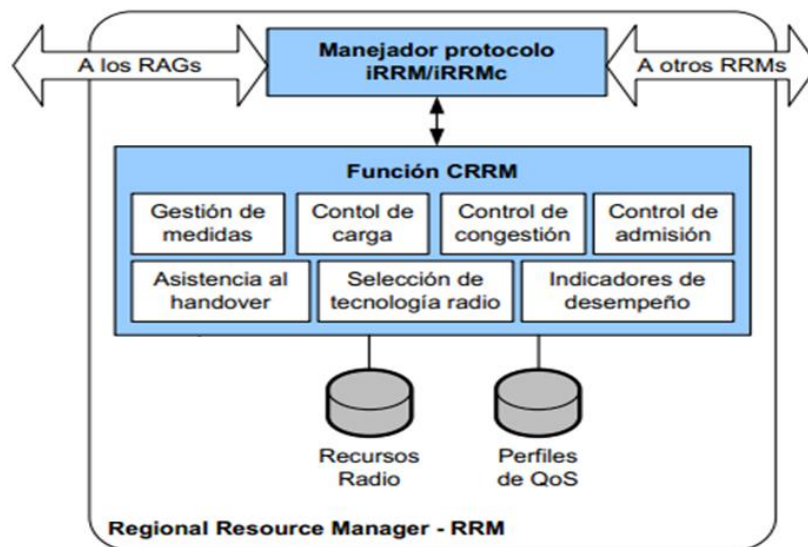


Figura 11. Arquitectura del RRM¹⁴

¹⁴ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

➤ **Position Determination Entity (PDE).**

La Entidad de Determinación de la Posición, se encarga del cálculo de la posición del móvil dentro de la red Mobile-IP RAN. Su funcionalidad es similar al SMLC (Serving Mobile Location Center) de UMTS y al PDE (Position Determination Entity) de cdma2000, con la diferencia de que sus algoritmos de cálculo e interfaces están adaptados a un entorno radio genérico por lo cual es posible su utilización para la determinación del posicionamiento en cualquier tecnología. En la figura 12 se presenta la arquitectura del PDE.

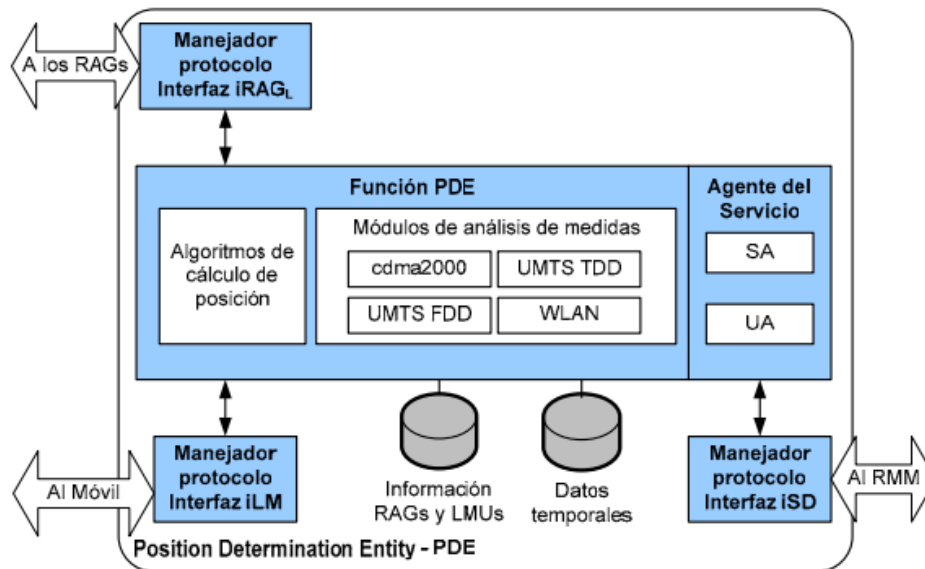


Figura 12. Arquitectura del PDE.¹⁵

Las funciones que desempeñan son, cálculo de la posición del móvil a través de las medidas ejecutadas por la Unidad de medidas de localización (LMU) en el RAG o a través de información de movilidad e información local. El PDE contiene

¹⁵ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

los algoritmos de cálculo para cada método de posicionamiento y además anunciar su presencia al agente de directorio de la red Mobile-IP RAN. Los registros del servidor PDE incluyen las siguientes entradas:

- Por cada RAG bajo su jerarquía:
 - Posición
 - Tecnología (cdma2000, UMTS, WLAN, etc.).
 - Parámetros fundamentales: Depende de la tecnología, incluyendo el identificador de célula, códigos de canalización, BSIC, dirección IP, etc.

- Por cada RAG con LMU bajo su jerarquía:
 - Identidad del LMU/célula: Dirección IP
 - Posición geográfica del LMU
 - Funciones de posicionamiento soportadas.
 - Funciones de medidas de asistencia soportadas.
 - Funciones de diagnóstico (opcional).

- Datos temporales:
 - Medidas en progreso.
 - Medidas de asistencia.
 - Actividades de operación y mantenimiento.

➤ **Regional AAA Client (RA3c).**

El Cliente AAA Regional (RA3c, Regional AAA Client) es un broker que maneja las funciones de autenticación, autorización y tasación de usuario en la red Mobile-IP RAN. El RA3c se comunica con los elementos de la red Mobile-IP RAN y con el servidor AAA de la red troncal, las funciones que presta son, gestionar la

autenticación y autorización de usuarios en la red Mobile-IP RAN. El RA3c es el punto por defecto en la red Mobile-IP RAN para el envío de peticiones de autenticación y autorización de los usuarios móviles, solicita al servidor AAA de la red troncal que corresponde al usuario, los vectores de autenticación referidos al usuario a ser autenticado, autentica al usuario en la red Mobile-IP RAN basado en la respuesta del usuario móvil a la petición de autenticación, autoriza el acceso en la red Mobile-IP RAN dependiendo la validación del dispositivo (terminal) que utilice el usuario, distribuye el perfil de calidad de servicio del usuario al RAG y al RQoSb durante el proceso de autenticación y autorización, recolecta y procesa los datos de tasación de los recursos móviles en la red Mobile-IP RAN y además anuncia su presencia (y el servicio que ofrece) al agente de directorio de la red Mobile-IP RAN. En la figura 13 se describe la arquitectura del RA3c.

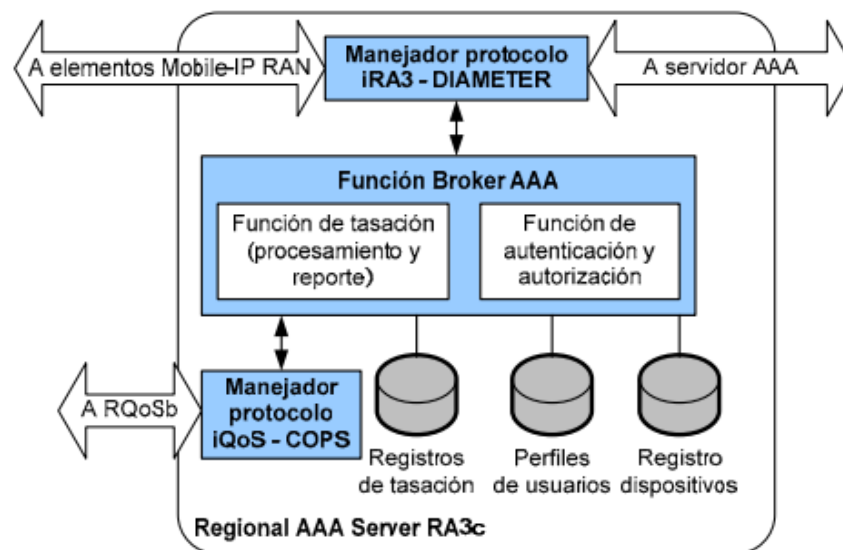


Figura 13. Arquitectura del RA3c.¹⁶

¹⁶ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

➤ **Regional QoS Broker (RQoSb).**

El Gestor de Calidad de Servicio Regional (RQoSb - Regional QoS broker) es el elemento central de la gestión de la calidad de servicio en Mobile-IP RAN. El RQoSb es la entidad que realiza las configuraciones de los enrutadores de la red Mobile-IP RAN (RAG y RMM), a partir de las peticiones del Broker de calidad de servicio de la red troncal (QoS Broker), sus principales funciones son, servir como interfaz entre el QoS Broker de la red troncal y los enrutadores de la red Mobile-IP RAN y con el RA3c para obtener el perfil de calidad de servicio del usuario durante el acceso (fase de registro). Configura los enrutadores de la red Mobile-IP RAN (RAG y RMM) para los distintos flujos de datos de usuario, recoge las estadísticas reportadas por los elementos de red y reportarlas al QoS Broker de la red troncal y anuncia su presencia (y el servicio que ofrece) al agente de directorio de la red Mobile-IP RAN. En la figura 14 se muestra la arquitectura del RQoSb.

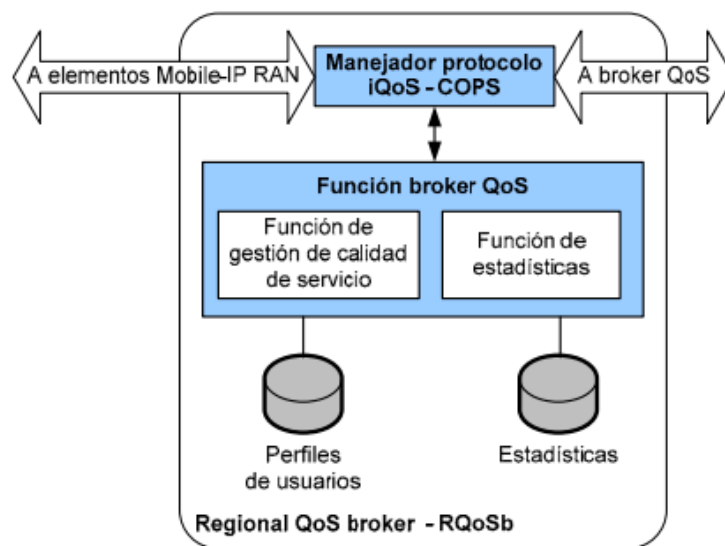


Figura 14. Arquitectura del RQoSb.¹⁷

¹⁷ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

4.2 MODELO AAA EN MOBILE IP-RAN

Mobile IP-RAN proporciona mecanismos de autenticación, autorización y tarificación de los usuarios que utilizan los recursos de la red de acceso.

En la figura 15 se muestra modelo de arquitectura AAA, para el soporte del acceso radio IP-RAN.

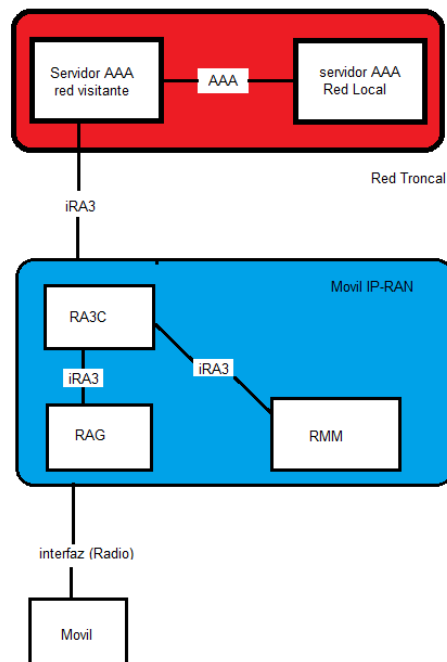


Figura 15. Arquitectura AAA¹⁸

➤ Funciones de los elementos de red en los procedimientos AAA.

Los distintos elementos de red cumplen funciones para que se puedan realizar los procedimientos AAA, como se ve en la figura 15, se explican a continuación las funciones que cumplen cada uno de estos elementos.

¹⁸ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

- **RAG.**

En la arquitectura Mobile-IP RAN, es el enrutador de acceso de la red, por lo que durante el primer acceso del móvil, el mismo inicia, a través de su cliente AAA una petición de autenticación del móvil al RA3c. Asimismo, para la tasación en el RAG, crea los registros locales de envío y transmisión de paquetes hacia/desde el móvil. Esta información es enviada al RA3c para su correcto formato y tratamiento después de cada sesión.

- **RMM.**

Como gestor de la movilidad en Mobile-IP RAN, interviene en la autenticación y autorización del usuario para el uso de los recursos de la red, también a través de su cliente AAA.

- **RA3c.**

El RA3c es el bróker AAA de la red Mobile-IP RAN. La función del R3Ac es coordinar la autenticación, autorización, y tasación dentro del entorno Mobile-IP RAN exclusivamente. Su función principal es recibir las peticiones de los RAGs y del RMM y reenviarla al servidor AAA de la red troncal. Asimismo, para la tasación, el RA3c, se encarga de recibir los reportes de uso de recursos de un móvil en los diferentes RAGs y compilarlos (y opcionalmente formatearlos) para su envío al servidor AAA.

➤ Autenticación y Autorización del acceso.

Durante el procedimiento de autenticación y autorización en el acceso, el móvil, que solicita el acceso a la red Mobile-IP RAN, es autenticado por la red y obtiene autorización para su acceso. El objetivo de este procedimiento es evitar que un móvil no autorizado utilice recursos radio. El procedimiento que se describe a continuación utiliza el modelo de autenticación de las redes móviles, utilizando el mecanismo del reto de autenticación.

- Una vez que el usuario ha completado el establecimiento del enlace radio (a través de los métodos específicos de la red radio, por ejemplo, una conexión RRC para el sistema UMTS), el RAG (que no tiene registros de la identidad del móvil) requiere al móvil su identificación. El móvil responde con la identidad del mismo (por ejemplo IMSI o NAI).
- El RAG, solicita al RA3c el inicio del proceso de autenticación Mobile IP-RAN, enviando el mensaje [iRA3] AA-Request a través de la interfaz iRA3. Este mensaje contiene el identificador de la sesión del usuario, y su identidad. El RA3c registra la petición, y si no posee el perfil y los vectores de autenticación del usuario, envía el mensaje [iRA3] AA-Request al servidor AAA para obtener los vectores de autenticación.
- El servidor AAA envía el perfil de usuario y los vectores de autenticación al RA3c a través del mensaje [iRA3] AA-Answer. El RA3c deriva el número aleatorio RAND y envía el mensaje [iRA3] AA-Answer, incluyendo el RAND al RAG.
- El RAG inicia el reto de autenticación al móvil enviando la petición/reto de autenticación al móvil. El móvil responde al reto de autenticación.
- El RAG envía el resultado del reto de autenticación al RA3c a través del mensaje [iRA3] AA-Request.

- El RA3c indica el resultado exitoso de la autenticación a través del mensaje [iRA3] AA-Answer.
- El RA3c envía el perfil del usuario autenticado y autorizado al RQoSb, a través del mensaje [iQoS] REPORT STATE.

A partir de este momento el RAG autoriza el acceso del móvil, y el mismo debe completar el proceso de registro con la red Mobile-IP RAN.

➤ **Procedimiento de Autenticación y Autorización RMM.**

Este procedimiento, consiste en el establecimiento de una asociación de seguridad entre el móvil y el RMM, con el objetivo de autenticar al móvil para el uso de los recursos Mobile-IP RAN y para permitir el acceso a la red troncal. Asimismo este procedimiento puede ser utilizado por el móvil (en el caso de redes Mobile-IP RAN de acceso compartido a varias redes troncales) el descubrimiento de su Home Agent designado. Este procedimiento sigue la especificación [HMIPv6] en lo que respecta al uso de IKEv2 [RFC4301] para el establecimiento de la asociación de seguridad entre el móvil y el RMM.

➤ **Tasación.**

Una vez que el móvil es autorizado, y completa su registro, el RAG, como medidor de recursos, realiza las medidas de tráfico de entrada y salida del móvil y lo envía al RA3c, los pasos que sigue para la realización de la tasación son los siguientes:

- El RAG, de acuerdo a la configuración de envío de datos de tasación (por ejemplo, periódicamente, cada volumen de datos o una vez que termine la

sesión), envía el reporte de tasación de la sesión del móvil (que incluye el volumen de datos transmitidos y recibidos) al RA3c a través del mensaje [iRA3] Accounting-Request.

- El RA3c asiente la recepción del reporte enviando el mensaje [iRA3] Accounting-Answer.
- El RA3c, de acuerdo a la configuración de envío de datos de tasación de usuario (por ejemplo periódicamente o cuando se cumpla un cierto volumen de datos), envía el reporte de tasación del usuario (que puede incluir reportes de varias sesiones) al servidor AAA, a través del mensaje [iRA3] Accounting-Request.
- El servidor AAA asiente la recepción con el mensaje [iRA3] Accounting-Answer.

➤ **Cifrado durante AAA.**

De forma genérica, el cifrado en la interfaz radio ocurre posteriormente a la autenticación y autorización del usuario móvil. El mecanismo AAA de Mobile-IP RAN ofrece la opción del envío de las claves de cifrado desde el servidor AAA hasta el RAG, para el soporte de cifrado de datos en las interfaces radio, de forma similar al mecanismo utilizado en las redes 3G. Este mecanismo es opcional, pudiendo utilizarse otros mecanismos específicos a la tecnología radio utilizada.

➤ **AAA durante handover.**

Mobile-IP RAN ofrece la opción, a través del contenedor AAA en el mensaje [CXTP] Context Transfer Data (CTD), de transferir al RAG destino, el contexto AAA (claves de cifrado y autenticación) para que el RAG destino (si se requiere)

inicie el procedimiento de (re)autenticación o aplique el cifrado utilizando las claves (pre)existentes.

4.3 MODELO DE CALIDAD DE SERVICIO EN MOBILE IP-RAN.

La calidad de servicio en Mobile IP-RAN es propuesta con el objetivo de proporcionar la mayor calidad de servicio posible teniendo en cuenta las características del acceso con el fin de mantener el servicio extremo a extremo, diferenciando además los servicios que fluyen en la red. Este modelo de QoS descrito en Mobile IP-RAN permite la diferenciación de servicios en la interfaz radio así como en la red de transporte, todo dependiendo del tipo de tráfico y la importancia del usuario. El modelo de calidad de servicio en Mobile IP-RAN utiliza una clasificación de los tipos de tráfico bajo el concepto de clases de servicios, las cuales se definen en la tabla 1:

Clase de servicio	Atributos del trafico asociado
Conversacional	Requiere bajo retardo, baja perdida de paquetes y baja variación del retardo, flujo direccional. Con una tasa de datos fija con ancho de banda dependiente de la aplicación.
Streaming	Es de flujo unidireccional, requiere de bajos retardos, es menos sensible a la perdida de paquetes y a la variación del retardo. Generalmente se requiere de una tasa de datos constante con un

	ancho de banda medio o alto dependiendo de la aplicación.
Interactivo	Es de flujo bidireccional, posiblemente asimétrico, puede soportar retardos medios o altos y permite pérdida de paquetes que son corregidos por la aplicación. Tasa de datos variable con comportamiento de ráfagas.
Por defecto	Es de flujo bidireccional, generalmente asimétrico, sin valores acotados de QoS. La tasa de datos es variable dependiendo de la aplicación.
Señalización	Es de flujo bidireccional, requiere de bajo retardo y baja pérdida de paquetes. No es susceptible a la variación del retardo y la tasa de datos es variable y dependiente del volumen de procedimientos en la interfaz.

Tabla 1. Atributos de las clases de servicio¹⁹

➤ **Perfil de Usuario – QoS.**

Mobile IP-RAN define un perfil de usuario que incluye las clases de servicio autorizadas a un usuario determinado, es decir, que los paquetes de usuario son marcados según un perfil de usuario definido, por parte del RAG en el enlace de subida y el RMM en el enlace de bajada.

¹⁹ Basada en la tabla tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

Con el fin de simplificar la gestión de la calidad de servicio en el acceso, Mobile IP-RAN no maneja calidades de servicio individuales, sino que cada usuario es caracterizado dentro de una clase de servicio y debido a un perfil de usuario. La prioridad relativa de un usuario con respecto al otro es determinada por los nodos RAG y RMM en caso de una sobrecarga o falta de recursos, de tal forma que puedan determinar que recursos de usuario utilizar para solventar la situación, este mecanismo de indicación de prioridad es llamado precedencia.

El perfil de usuario de Mobile IP-RAN es el encargado de definir cuáles son las clases de servicio que el usuario tenga autorizadas, por cada clase de servicio autorizada se define una tasa de bits máxima, la máxima pérdida de paquetes y retardo, la precedencia y valores DSCP autorizados. Estos parámetros son comunicados desde la red troncal (servidor AAA) hacia el RA3c, RQoSb y el RAG durante el procedimiento de registro.

➤ **Arquitectura de QoS en Mobile IP-RAN.**

La arquitectura de calidad de servicio en Mobile IP-RAN se incluye en el contexto de calidad de servicio de red y usuario en una red móvil de cuarta generación. En la figura 16 se muestra la arquitectura de servicio para el soporte de una red de acceso Mobile IP-RAN.

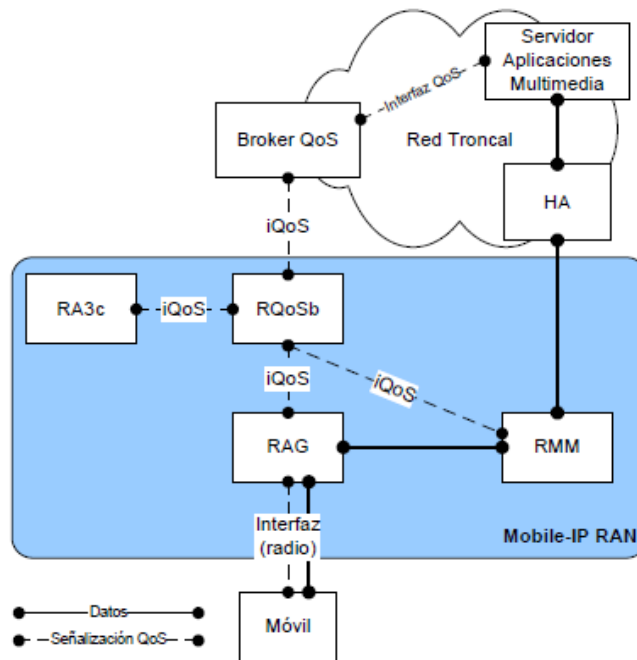


Figura 16. Arquitectura de QoS en Mobile IP-RAN²⁰

En la tabla 2 se muestra un mapeo de las funciones de calidad de servicio y los distintos elementos dentro de la red Mobile IP-RAN. Más específicamente se describen las funciones de los elementos como se muestra a continuación:

- El RQoSb es el elemento central en la gestión de calidad de servicio dentro de la red. Es quien realiza las configuraciones de los enrutadores de la red (RAG y RMM) a partir de las peticiones del QoS Broker de la red troncal.
- El RAG, como enrutador de acceso de la red, es el encargado de marcar los paquetes en el enlace terrestre de subida, así como mapear los parámetros de calidad de servicio a parámetros de la interfaz radio, esto depende de la tecnología radio utilizada. Adicionalmente, el RAG realiza el control de admisión sobre los recursos radio de la red y sus propios

²⁰ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

recursos ante la petición de configuración del RQoSb, además le indica a este último la realización del handover.

- El RMM, al igual que el RAG realiza control de admisión sobre los recursos de la red y sus propios recursos, y como enrutador de egreso de la red, se encarga de marcar los paquetes que entran o salen desde o hacia la red troncal.
- El RA3c posee los parámetros de calidad de servicio del perfil de usuario, adquiridos durante el procedimiento de registro, desde el servidor AAA. El RA3c le entrega los valores de perfil de usuario al RQoSb para poder aplicar una calidad de servicio requerida por el QoS Broker, con lo cual el RQoSb puede determinar si la calidad de servicio solicitada está de acuerdo con el perfil contratado por el usuario.

Función	Móvil	RAG	RMM	RQoSb	RA3c
Distribución del perfil de usuario					X
Gestión de QoS asociada a los recursos		X (radio)		X	
Aplicación de políticas de QoS (radio y transporte)	X	X	X		
Gestión de QoS en el handover		X			
Reporte de estadísticas de QoS		X	X	X	

Tabla 2. Mapeo de funciones de QoS a los elementos de la red²¹

²¹ Basada en la tabla tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

4.4 MODELO DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS RADIO EN MOBILE IP-RAN.

Este define dos funciones, la primera es gestión de recursos radio individuales y la segunda es la gestión y coordinación de un grupo de recursos radio, la primera es llamada por la siglas RRM del inglés Radio Resource Management y el segundo es llamado CRRM por Common.

La función RRM es la responsable de la gestión de recursos radio considerados individuales, que están típicamente asociados a una célula o punto de acceso o grupo de células pertenecientes a una misma estación base o punto de acceso, la función CRRM es responsable de la gestión RRM de un grupo de recursos considerados independientes. Este grupo de recursos puede tener la misma o diferente naturaleza (por ejemplo diferentes tecnologías radio). En Móvil-IP RAN, la función CRRM coordina recursos que pertenecen a distintas tecnologías (por ejemplo cdma2000, WiMAX, UMTS, WLAN). En la figura 17 presenta el modelo de gestión de recursos utilizando UMTS y WLAN.

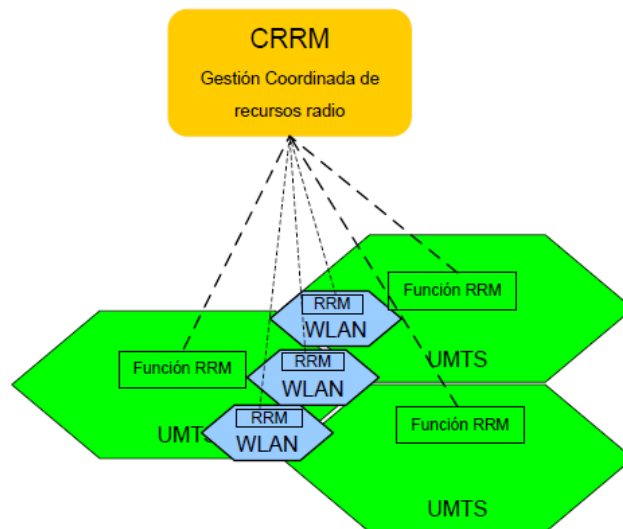


Figura 17. Modelo de gestión de recursos radio²²

²² Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

En el modelo de gestión de recursos radio de Móvil-IP RAN, la función RRM gestiona las funciones de los recursos individuales (considerados locales por estar ubicados en la misma estación base), y la función CRRM, basada en las medidas de las funciones RRM y de sus algoritmos de gestión, indica a la función RRM acciones para cambiar el estado de los recursos locales, con el objeto de mejorar los indicadores de la red Móvil-IP RAN (y con esto mejorar los indicadores globales de la red móvil). Estos indicadores incluyen por ejemplo, la carga de la red radio, interferencia, pérdida de tramas radio, tasa de bloqueo de canales, etc. El modelo de gestión de los recursos tiene una serie de procedimientos para la gestión coordinada de los recursos radio, que son los siguientes :

- Configuración, este procedimiento es utilizado por el RAG durante el proceso de inicialización para solicitar al RRM la configuración de los parámetros de sus algoritmos de gestión de los recursos radio.
- Medidas, es un procedimiento usado por el servidor RRM para solicitar al RAG información sobre el estado de los indicadores del desempeño de uno o más recursos gestionados por el RAG.
- Asistencia, este es utilizado por el RAG para solicitar la asistencia del RRM en la toma de una decisión que puede afectar los recursos de otro RAG.
- Comando de gestión de recursos, es utilizado por el RRM para indicar al RAG que debe ejecutar una acción sobre el recurso.

4.5 SINCRONIZACIÓN DE LA RED MOBILE IP-RAN.

En móvil IP RAN, como en las demás redes RAN se necesita sincronizar cuatro aspectos importantes de la red, a continuación se presentarán cada uno de los aspectos a sincronizar.

➤ Sincronización de red.

Se refiere a la utilización de una referencia común de tiempo para los elementos de red, y la distribución de esta referencia a los diferentes relojes de los elementos de red en Móvil-IP RAN. Como es conocido, la red IP RAN busca compatibilidad de tecnologías, por lo tanto la sincronización dependerá de la interfaz radio utilizada.

En tecnologías como cdma2000 y UMTS TDD el sincronismo es estricto entre los elementos de red, en el sistema cdma2000 utiliza un tiempo único o de sistema para la sincronización de todos los elementos de la red radio. Este tiempo del sistema se deriva del sistema GPS. En el sistema UMTS TDD, debido a la naturaleza de la interfaz radio TDD, también se requiere la utilización de un tiempo único. Para lograr esto se han especificado dos opciones, la primera basado en los sistemas cdma2000 consiste en un módulo GPS opcional que adquiere el tiempo del sistema de la red, tiene la ventaja de lograr una estricta sincronización entre los elementos de red. El módulo GPS es opcional, ya que es requerido por los RAGs cuya tecnología radio requiera una estricta sincronización entre sí²³. Existen casos donde no es viable el uso de GPS, por lo tanto es posible realizar el sincronismo de red propagando una señal de reloj que permita sincronizar las variables más importantes del tiempo del sistema, adaptado a un entorno genérico en términos de intervalos de transmisión de tramas y soportando los ciclos de los números de trama de las interfaces existentes. Entonces se puede observar que existen dos tipos de RAGs: los RAG de referencia GPS, aquellos que incorporan el receptor GPS y sincronizan el tiempo de sistema directamente de la señal del

²³ Las especificaciones de cdma2000 [CS0002-D] y UMTS [TS25402] especifican la sincronización de la red utilizando la señal del sistema GPS [ISGPS200] como referencia del sistema.

satélite y los RAG de referencia, que incorporan un módulo de distribución, que se encarga de mantener la señal de reloj sincronizada al sistema GPS.

También existen interfaces radio que no requieren un sincronismo estricto entre los componentes de la red, como en el caso de GSM, UMTS FDD o WLAN. La interfaz radio UMTS modo FDD utiliza mecanismos de sincronización de usuario indirectos sobre una red asíncrona. En el sistema GSM o WLAN, no es necesario que los elementos de red se encuentren sincronizados entre sí por lo que se consideran en operación asíncrona o con baja sincronización. En este escenario, los elementos de más alta jerarquía en la red, tales como el MSC, poseen un reloj de alta precisión y proporcionan sincronismo a los elementos de menor jerarquía, tales como el RNC y Nodos B a través de las interfaces terrestres. En ninguno de estos sistemas existe una referencia de tiempo estricta en el sistema.

➤ **Sincronización de la interfaz radio.**

Se refiere a la determinación de tiempos de transmisión y recepción y a la precisión de estos tiempos. Asimismo, se refiere a la capacidad del móvil de sincronizarse con los canales radio del sistema, para así poder leer la información de señalización y acceder a los servicios proporcionados a través de la interfaz radio.

El sincronismo en la interfaz radio no tiene ninguna modificación ya que la sincronización, siendo un procedimiento de bajo nivel, es particular a cada tecnología. Por lo tanto en esta monografía no se profundizara en este tema, ya que el objetivo es hablar de las modificaciones que se le han realizado para lograr la unión entre las redes RAN y la RED IP.²⁴

²⁴ Para mayor información sobre la sincronización de la interfaz radio en distintas tecnologías, ver [CS0002-D], [TS25402], [TS45010] y [80211].

➤ **Sincronización entre RAGs.**

Permite la estimación del retardo de transmisión y procesamiento entre dos unidades de procesamiento (protocolo) que se encuentran en dos RAG distintos. La sincronización entre RAGs, en conjunto a la sincronización de tramas permite al nodo origen adaptar su transmisión para que llegue al nodo destino al momento destinado para su reenvío al móvil. Asimismo la sincronización entre células, necesaria en los sistemas TDD para evitar interferencia entre células, se logra al sincronizar los RAGs a una referencia común de tiempo. La sincronización entre RAGs es necesaria en aquellos sistemas basados en división de códigos, tales como IS-95, UMTS y cdma2000. Otros sistemas tales como GSM y los sistemas WLAN, no requieren una sincronización entre RAGs.

La sincronización entre RAGs se logra al sincronizar los tiempos del sistema (SFN en UMTS y SYS_TIME en cdma2000) derivados del mecanismo de sincronización estricto de red. Cuando el tiempo del sistema se deriva de la señal recibida del GPS, el tiempo de sistema cero comienza el 6 de enero de 1980 a las 00:00:00 GMT. En este caso, es posible que se establezca por configuración externa (OMC), de acuerdo a la naturaleza del sistema CDMA, un desplazamiento (offset) del tiempo del sistema para separar las ráfagas de sincronización de los diferentes RAGs, cuando estos operan en modo TDD. Cuando el tiempo del sistema se deriva de la señal recibida por los puertos de sincronización del RAG (aplicable a redes UMTS TDD), el RAG de referencia deriva el tiempo del sistema.

➤ **Sincronización de tramas.**

La sincronización de tramas se utiliza cuando dos RAGs están en soft-handover con un móvil, para asegurar que el RAG origen envíe las tramas con un tiempo suficiente para que el RAG destino pueda transmitirla en el momento necesario para que las tramas, origen y destino, lleguen al mismo tiempo al móvil de forma que éste pueda combinarlas. Dentro de la sincronización de tramas, los ajustes de temporización permiten la adaptación dinámica de la temporización de las transmisiones de tramas de acuerdo a las condiciones del móvil, para asegurar la sincronización de las tramas en condiciones de movilidad del usuario.

4.6 DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS EN MOBILE IP-RAN.

En móvil-IP RAN se soporta el servicio de descubrimiento tanto en el acceso como en la red troncal, en móvil-IP RAN se prestan muchos servicios como AAA, calidad de servicio, determinación de la posición, gestión de los recursos radio y algunos otros. Pero así mismo la red troncal como tal ofrece también distintos servicios como localización de usuario, movilidad de red, y varios servicios de telecomunicaciones como servidores (SIP) de sesiones multimedia. La arquitectura general de la red de ser servicios se mostrara a continuación.

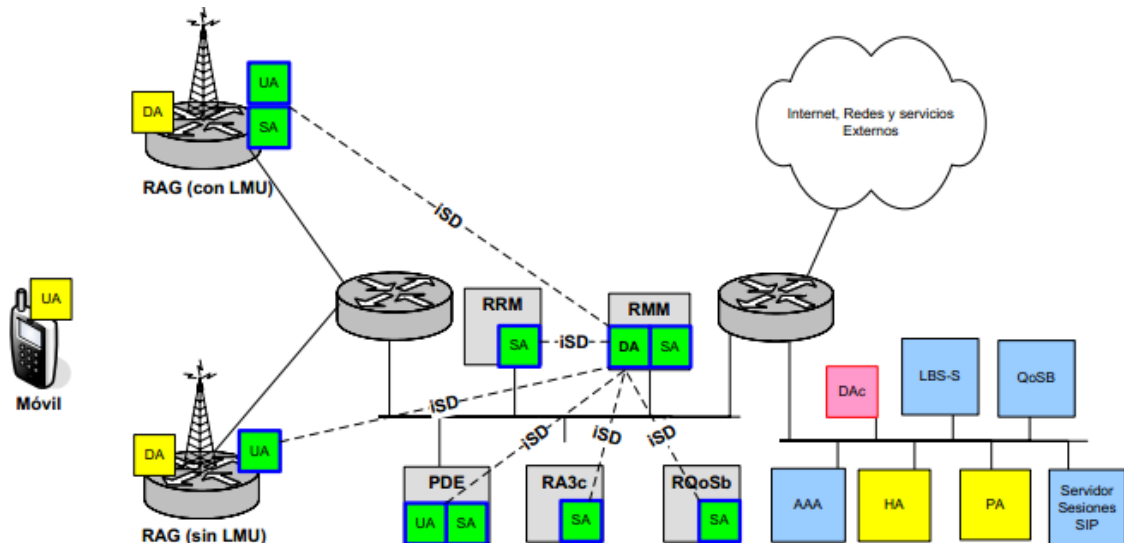


Figura 18. Arquitectura base de descubrimiento de servicios móvil IP -RAN.²⁵

En la figura 18 se muestran tres elementos lógicos UA, SA y DA.

- Agente del Usuario (UA, User Agent): El UA representa al usuario que solicita uno o más servicios. Este usuario puede ser un elemento de red o un móvil. En Mobile-IP RAN, todos los elementos que necesitan conocer la ubicación de un servicio, tiene una entidad lógica UA.
- Agente del Servicio (SA, Service Agent): El SA representa al servicio y lo anuncia a los elementos de red. En Mobile-IP RAN, cada elemento que proporciona un servicio que debe ser conocido por otros elementos (para la correcta operación o utilización del servicio), lo anuncia.
- Agente de Directorio (DA, Directory Agent): El DA es la base de datos (páginas amarillas) de los servicios del subsistema de red. El DA es el elemento en que se registran los servicios (SA) y también el elemento que comunica la ubicación de los servicios requeridos por los usuarios (UA).

²⁵ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

➤ **Ámbitos de descubrimientos de servicios.**

Están definidos tres ámbitos para el descubrimiento de servicios en móvil IP-RAN:

○ **Ámbito móvil-red.**

En el ámbito móvil-red, el móvil necesita conocer la dirección de los servicios de telecomunicación, localización, movilidad, etc. Se usan mensajes Router Advertisement para proporcionar esta información al móvil, a través de un nuevo contenedor denominado Extensión Mobile-IP RAN. Sin embargo, para mejorar la eficiencia cuando el acceso se basa en una interfaz radio 3G, se usa una función de mapeo de la información de movilidad IPv6 al mensaje de difusión de Información del Sistema de las redes 3G.

○ **Ámbito Mobile-IP RAN.**

En el ámbito Mobile-IP RAN, el descubrimiento de servicios de red se realiza a través de la interacción entre los agentes de servicio (SA), agentes de directorio (DA) y agentes de usuario (UA). Los agentes de servicio (SA) registran la ubicación del servicio en el agente de Directorio (DA) y los agentes de usuario (UA) obtienen la ubicación de los servicios del agente de directorio (DA) designado.

En el ámbito Mobile-IP RAN, el agente de directorio (DA) se ubica en el RMM, ya que es el elemento gestor de la movilidad y por ende considerado el de mayor jerarquía en la red de acceso. Sin embargo, es de notar que el agente de directorio (DA) podría ser un elemento independiente de la red o estar ubicado en cualquier otro elemento de la red Mobile-IP RAN, ya que su función lógica es independiente.

- **Ámbito Red Troncal.**

De forma análoga a la red Mobile-IP RAN, la red troncal también puede tener un agente de directorios que provea información de los servicios que ofrece al usuario final a través de la red Mobile-IP RAN.

En la arquitectura, los agentes de directorios (DA) de la red Mobile-IP RAN, tienen uno o más agentes de directorios designados en la red troncal, para obtener la información de los servicios que la misma ofrezca. Esta comunicación puede ser punto a punto a multicast entre los DA de la red Mobile-IP RAN y los DA de la red troncal.

Los DA de Mobile-IP RAN, almacenan esta información para reenviarla al agente de usuario del RAG una vez que éste lo solicite.

4.7 SERVICIOS DE LOCALIZACIÓN EN MOBILE-IP RAN

- **Arquitectura de los servicios basados en localización (LBS).**

En la arquitectura de localización se tiene en cuenta dos niveles de integración en los cuales es posible la localización del móvil, una es la arquitectura de localización básica la cual se basa en localización a través del identificador de célula (punto de acceso) o completamente basada en el móvil (GPS en el móvil sin medidas de asistencia). Para este tipo de localización, no es necesaria una infraestructura de localización en la red radio y el otro nivel es la arquitectura de localización avanzada, la cual se basa en la localización a través de cualquier método existente en la 3G y aquellos adaptados a las nuevas tecnologías de acceso, tales como Bluetooth y WLAN.

- **Elementos de red que conforman el LBS.**

- **Red troncal Mobile-IPv6.**

En la red troncal Mobile-IPv6 se añade el Servidor de Localización (LBS-S) así como modificaciones en el servidor AAA, para incluir perfiles e información AAA relacionada con el servicio de localización.

De acuerdo a los requisitos del sistema, se asume la existencia de un servidor de localización para servicios basados en localización (LBS-S) ubicado en la red troncal; el mismo se comunica con el cliente LBS a través de una interfaz estándar. El servidor de localización se encarga de la gestión del cliente LBS. Asimismo, el LBS-S se comunica con el móvil para la petición de la posición de este, a través de una interfaz estándar. El LBS-S también se comunica con el servidor AAA para la autorización del móvil a través de la interfaz iAAA y para opcionalmente determinar la ruta para la realización de las peticiones.

El LBS-S se anuncia a los móviles y a otros nodos de la red que necesiten sus servicios. Esto es para hacer conocer al móvil que la red soporta servicios LBS, y para hacerle conocer las direcciones del Servidor LBS-S.

Una de las tareas del LBS-S es gestionar el posicionamiento para los servicios de emergencia y para las entidades legales de interceptación. Estos servidores o entidades se comportan como clientes frente al LBS-S. La caracterización de entidad legal o de emergencia se realiza por medio de configuraciones previas.

- **Red de Acceso Mobile-IP RAN.**

En la red de acceso Mobile-IP RAN están los elementos: Entidad de Determinación de la Posición (PDE, Position Determination Entity) y la Unidad de Medidas de Localización (LMU, Location Measurement Unit), que son necesarios

únicamente cuando se soportan servicios de posicionamiento avanzado tales como E-OTD u OTDOA. En el caso que se soporten los servicios avanzados de localización, la red Mobile-IP RAN debe anunciar al móvil la presencia de este servicio utilizando el mecanismo de descubrimiento de servicios seleccionado.

➤ **Servidor AAA.**

El servidor AAA se encarga de la autorización de la petición de posicionamiento al suscriptor, de su autenticación, de la tarificación y de proveer la ruta al LBS-S para la petición. Los registros LBS del servidor AAA incluyen:

Por cada usuario:

- Dirección IP (global).
- Clase de privacidad (por cada clase existe un indicador de activación de la clase): Universal (no hay datos adicionales), Clientes LCS permitidos y nivel de privacidad (localización permitida siempre, localización permitida solo después del consentimiento del usuario, HA donde se debe cursar la petición), y Operador PLMN: Lista de clientes LCS genéricos asociados típicamente a operaciones de la red.
- Tipos de servicio: Servicios para los cuales el cliente LCS puede pedir la localización del móvil. Estos incluyen: Servicio comercial LCS, Servicios LCS internos, Servicios de emergencia LCS y Servicios legales LCS.
- Por cada servicio: HA donde cursar la petición y las Restricciones de localización (permitida solo después de notificar al usuario, permitida siempre, etc.).

Entre el servidor AAA y el LBS-S debe existir una asociación de seguridad ya sea dinámica o estática, para asegurar que el nodo que pregunta por la ruta de comunicación con el móvil es auténtico, es decir, existe una relación de confianza mutua. Asimismo los registros de tarificación del servicio de localización deben incluir las siguientes entradas: Tipo e identidad del cliente LCS, identidad del móvil

(usuario), identidad del servidor LBS-S que sirve al móvil, resultado (éxito/fallo, método utilizado, tiempo de respuesta, precisión) por cada reporte, tipo de petición (inmediata o diferida), posición del móvil, estado del móvil, evento, marca de tiempo y sistema de coordenadas utilizado. Estos registros se crean a partir de los reportes enviados por el LBS-S.

➤ **EI RAG.**

El RAG debe comunicarse con el LBS-S y el PDE para la difusión de las identidades del LBS-S y el PDE a los móviles. Esta información se difunde a los móviles a través de los canales de difusión en cada RAG.

➤ **Impacto en el móvil.**

En el móvil se incluyeron los nuevos protocolos de localización basado en IP para su comunicación con el LBS-S y con el PDE. Asimismo leen las identidades del LBS-S y del PDE a través de los mensajes de difusión del RAG.

4.8 MOVILIDAD EN MOBILE IP-RAN.

El modelo y procedimientos de movilidad permiten al móvil mantener conectividad con la red troncal en distintos escenarios de movilidad y actividad del móvil, al mismo tiempo que se optimiza la reserva de recursos radio de la red.

➤ **Modelo de movilidad.**

En Mobile IP-RAN se definen cuatro estados de movilidad en la red de acceso, cuyas transiciones están presentadas en la figura 19:

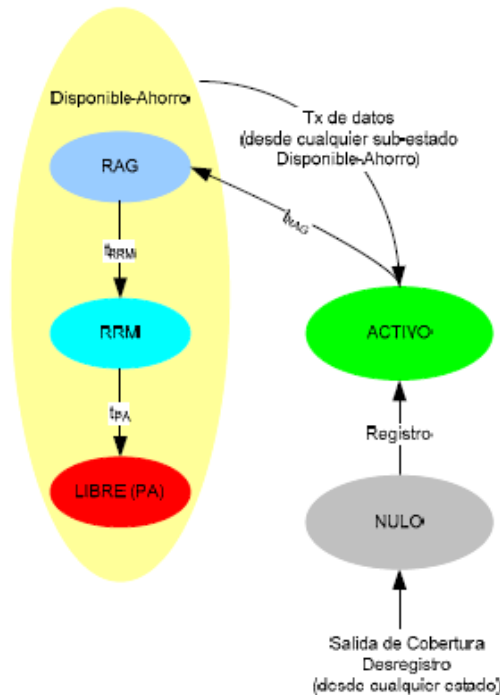


Figura 19. Transiciones entre los estados de movilidad radio (red y móvil)²⁶

1. Estado NULO: El dispositivo móvil se encuentra en estado nulo cuando se des-registra, por ejemplo cuando se apaga el terminal, o cuando se encuentra fuera de cobertura. En este estado, la red no conoce la ubicación del terminal, adicionalmente la red no puede enviar datos al móvil ni recibir datos de este.
2. Estado Disponible-Ahorro: En este estado la red conoce la ubicación del móvil pero no puede enviar datos a este, aunque es posible recibir datos de la red a través del proceso de paging. El móvil pasa a este estado desde el

²⁶ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

estado ACTIVO. Existen además dos sub-estados en el estado Disponible-Ahorro:

i) A nivel de RAG: El RMM (o red) conoce la ubicación del terminal a nivel del RAG. Se pasa a este estado a partir del estado ACTIVO cuando se cumple el tiempo de inactividad en el terminal. Para enviar datos al móvil, el agente de paging de la red troncal envía el mensaje al RMM, y desde allí es enviado al RAG donde se encuentra el terminal.

ii) A nivel de RMM: En este estado el agente de paging conoce el RMM donde se encuentra el terminal pero no conoce el RAG donde este está, por lo que se le realiza el paging a todos los RAG que se encuentran bajo su jerarquía. Se pasa a este estado cuando se ha cumplido el tiempo de inactividad en el sub-estado de Disponible-Ahorro RAG.

3. Estado ACTIVO: En este estado la red conoce la ubicación del móvil y este se encuentra en estado activo, es decir, transmitiendo información.
4. Estado LIBRE: En este estado el móvil está disponible a nivel del agente de paging de la red troncal. El agente no conoce el RMM donde se encuentra el terminal por lo que envía mensajes a todos los RMM bajo su jerarquía. Se pasa a este estado una vez se haya cumplido el tiempo de inactividad del estado Disponible-Ahorro RMM.

➤ **Registro en Mobile IP-RAN.**

Mediante este procedimiento, el móvil adquiere el acceso a Mobile IP-RAN. El registro consiste en adquirir el acceso radio, la autenticación y autorización de acceso a la red y la actualización de la localización en el RMM.

El proceso para el registro se realiza de la siguiente forma:

1. El móvil establece la conexión radio con el RAG, a través de los métodos específicos de cada tecnología radio.

2. Una vez se adquiere el acceso, se procede con la autenticación y autorización Mobile IP-RAN, momento en el cual el móvil está autorizado para acceder a los servicios de la red.
3. Y por último, se realiza el proceso de actualización de la localización para adquirir la conectividad a la red.

➤ **Avisos en Mobile IP-RAN (Paging).**

El paging en Mobile-IP RAN, se utiliza para ubicar al móvil e indicarle una futura interacción, cuando éste se encuentra en un estado NO ACTIVO, es decir Disponible-Ahorro RAG, Disponible-Ahorro RMM o LIBRE. Si el móvil se encuentra en el estado ACTIVO, la red Mobile-IP RAN simplemente reenvía los paquetes al móvil a través de su conexión activa.

Dependiendo del estado de movilidad, el paging en Mobile-IP RAN puede iniciarse en la propia red Mobile-IP RAN o en la red troncal, la red troncal puede hacer paging al móvil en cualquier momento, mientras que la red Mobile-IP RAN solo puede iniciar paging al móvil en los estados Disponible-Ahorro RAG y Disponible-Ahorro RMM. En el estado LIBRE, la red Mobile-IP RAN solo puede hacer paging al móvil, al recibir un paging de la red troncal que debe ser difundido a través de sus interfaces.

Existen dos tipos de paging: Iniciado por la red Mobile-IP RAN, este tipo de paging se utiliza para avisar al móvil que se encuentra en un estado Disponible-Ahorro RAG o Disponible-Ahorro RMM. Un ejemplo de este tipo de paging es que él HA envíe paquetes destinados al móvil, mientras éste se encuentra en estado Disponible-Ahorro RAG. En este tipo de paging el móvil es identificado por su LCoA en el estado Disponible-Ahorro RAG y por su RCoA en el estado Disponible-Ahorro RMM; Iniciado por la red troncal: este tipo de paging es utilizado por la red

troncal para avisar al móvil cuando éste se encuentra en el estado LIBRE. En este tipo de paging, el móvil es identificado por su Home Address.

Una de las principales características del paging en Mobile-IP RAN, compartida por la tecnología LTE, es que no existe el paging en el modo activo, ya que se considera que existe un único dominio multimedia de red troncal.

Para una mejor interacción entre el paging en Mobile-IP RAN y el de las tecnologías radio, se añade una función de mapeo de paging en el RAG. Esta función mapea el mensaje de paging recibido del RMM al protocolo de la interfaz (radio) donde va a difundir el mensaje (por ejemplo cdma2000 o UMTS).

➤ **Handover en Mobile-IP RAN.**

El handover en Mobile-IP RAN es el proceso mediante el cual el móvil, en estado de movilidad ACTIVO, cambia de enrutador de acceso en la red Mobile-IP RAN, por lo que debe cambiar su LCoA y posiblemente su RCoA. El objetivo del handover, como en cualquier otra red móvil, es permitir la movilidad del usuario a través de la red, manteniendo la calidad de sus comunicaciones. En la figura 20 se muestran los escenarios del handover en Mobile IP-RAN.

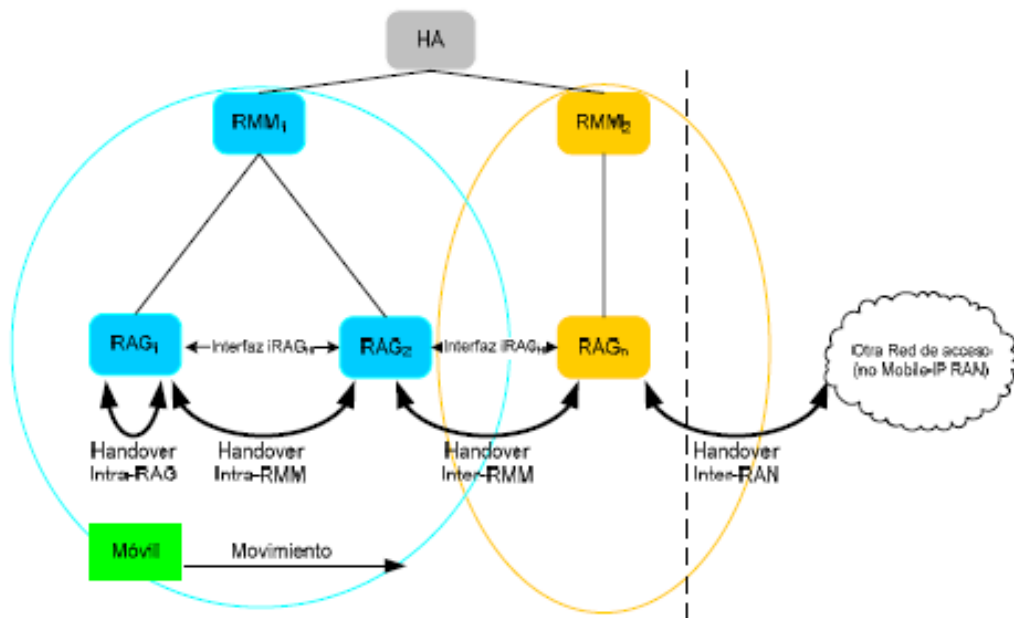


Figura 20. Escenarios de handover en Mobile IP-RAN²⁷

El handover, su pueden presentar 4 escenarios posibles:

1. Intra-RAG: Dependiendo de la arquitectura del RAG, éste puede estar formado por uno o más interfaces de acceso. En el caso de un RAG con más de una sub-red de acceso, es posible realizar handovers entre estas sub-redes.
2. Intra-RMM: En este escenario de handover, el móvil cambia de RAG, estando el RAG destino en el mismo dominio RMM que el RAG origen.
3. Inter-RMM: En este escenario de handover, el móvil cambia de RAG y de RMM, es decir el RAG destino se encuentra en otro dominio RMM que el RAG origen.
4. Inter-RAN: En este escenario de handover, el móvil sale de una red Mobile-IP RAN a otro tipo de red.

²⁷ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

En la monografía no se ampliarán estos temas, ya que se tiene como finalidad el explicar de manera general, el funcionamiento de las redes IP-RAN.

➤ **Soft-handover en Mobile IP-RAN.**

El Soft-handover es un mecanismo de gestión de recursos y movilidad radio propio de los sistemas radio basados en acceso móvil CDMA. Por medio de este proceso, el móvil puede mantener comunicación simultánea con la red a través de varios enlaces simultáneos en distintas células. El objetivo de este proceso es el incrementar la fiabilidad del enlace radio, así como aumentar la calidad de la comunicación a través del mecanismo de combinación de tramas radio por medio del móvil, y de selección/distribución por medio del controlador de la red (RNC, BSC).

El procedimiento se realiza directamente entre dos o más RAGs, siendo estos, junto con el móvil, los dos únicos elementos de la red involucrados en el proceso de Soft-handover. El RAG origen es donde se encuentra la célula principal del grupo activo, y el RAG destino es donde se encuentra la célula que va a ser agregada al grupo activo, es decir donde se va a establecer el soft-handover. En la figura 21 se muestra la arquitectura de este proceso en Mobile IP-RAN:

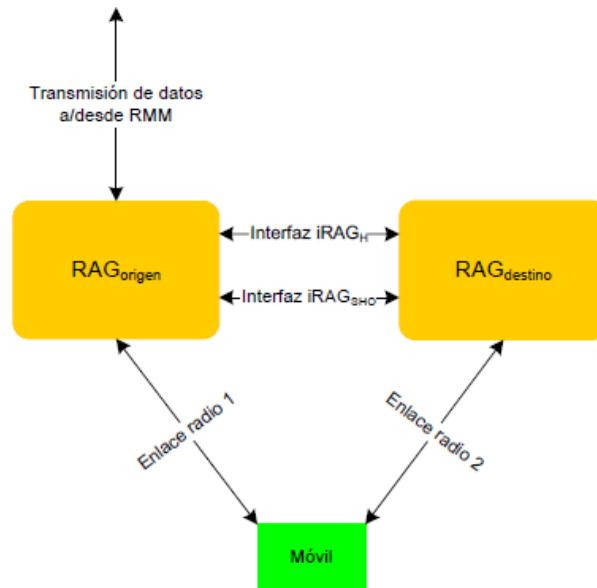


Figura 21. Arquitectura de soft-handover en Mobile IP-RAN²⁸

²⁸ Tomada de la tesis de Alberto Montilla Bravo, Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN.

4.9 APLICACIONES DE MOBILE IP-RAN

Dentro de las aplicaciones para Mobile IP-RAN se encuentra lo que se conoce como una convergencia de redes de cuarta generación y redes de generaciones pasadas (2G y 3G), al tomar a esta como una única red de acceso para la cual sea transparente la tecnología de red empleada para la petición de cualquier tipo de servicios, y además del tipo de tráfico que pase a través de esta.

La implementación de una red IP-RAN es relativamente sencilla, presentando como desventaja principal los costos de adquisición de equipos, implementación de la red como tal, y además de capacitación del personal para la implementación y mantenimiento de la red. La solución más viable para la implementación de esta red de acceso, viene sujeta al montaje de una red IP/MPLS, la cual tiene como característica principal, el transporte de información independientemente del tipo de tráfico, es decir, es posible concentrar voz (E1) y datos en un mismo equipo y transmitirlos por un mismo medio, que preferiblemente sería fibra óptica al ser un medio de transmisión de alta velocidad, bajas pérdidas y latencia. La topología de la red MPLS que se implementaría en dicho caso, sería una red anillada y redundante, de tal forma que sea más segura en caso de que algún equipo dentro del anillo requiera de mantenimiento. En la figura 22 se presenta el modelo práctico de la red de acceso descrita:

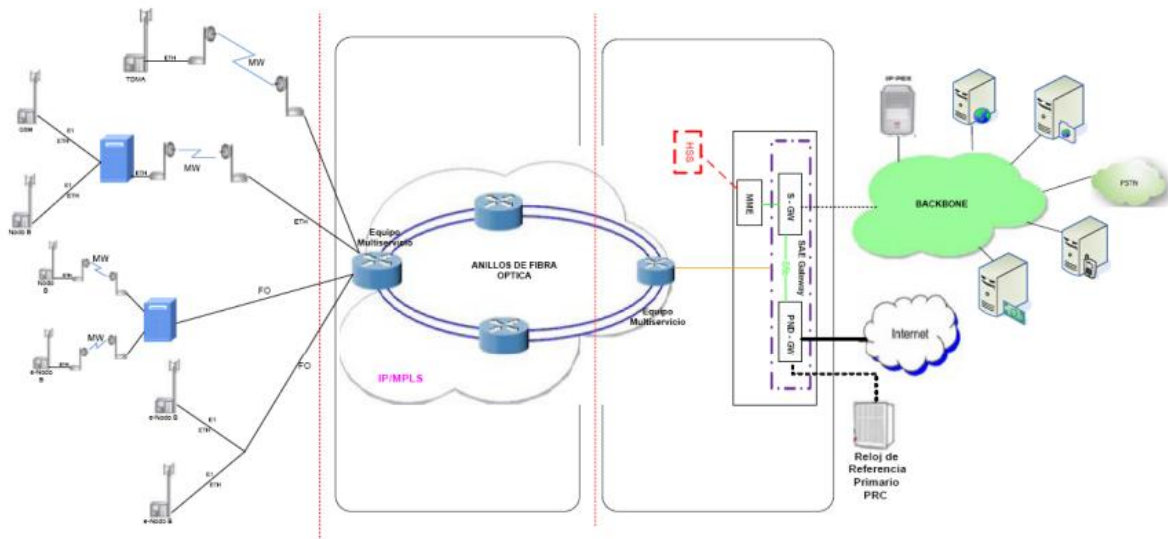


Figura 22. Modelo práctico de red de acceso Mobile IP-RAN²⁹

Adicionalmente, la red MPLS a implementar estaría totalmente basada en IP, utilizando protocolos de enrutamiento dinámicos (idealmente) como el OSPF, para el reconocimiento entre los equipos dentro del anillo, lo cual facilita la implementación de un nuevo equipo en caso de que se requiera ampliar la red en cuestión para ofrecer los servicios de la tecnología 4G a nuevos usuarios y ampliar la cobertura.

²⁹ Tomada del artículo de Román Lara y Rubén León. Estudio y diseño de una red de transporte ip ran para voz y datos para redes de telefonía celular de cuarta generación en el Ecuador.

5. CONCLUSIONES.

Mobile IP-RAN como arquitectura de red móvil para tecnologías de cuarta generación, presenta un gran avance en el ámbito de las redes de acceso radio, en la medida que permite converger tanto las redes de cuarta generación como las redes actuales de tercera generación, lo cual facilita la adaptación de los dispositivos móviles a cualquier entorno de red, permitiendo además acceder a diferentes tipos de servicios que las tecnologías actuales no son capaces de proveer.

Una de los aspectos más importantes de Mobile IP-RAN, es la unión de las diferentes redes de acceso radio a un mismo entorno de red, esto permite que las compañías que prestan los servicios móviles, puedan lograr que los dispositivos accedan a los beneficios que proporcionan las redes 4G, sin hacer cambios tan estrictos a la red y a los dispositivos móviles, además le permite a los usuarios obtener mejores prestaciones a mucho menor precio.

La evolución hacia las redes móviles de cuarta generación, centradas principalmente a la transmisión y recepción de información a mayores velocidades, manteniendo la calidad de servicio extremo a extremo ha permitido el desarrollo de tecnologías de redes de acceso radio capaces de soportar mayor tráfico de información y a velocidades superiores a las de las tecnologías actuales, adicionalmente la evolución de dichas tecnologías ha permitido acercarse a tales velocidades de transmisión, por medio de la optimización de la red y que sean soportadas por los dispositivos móviles actuales; con la evolución de los terminales y las redes, junto con Mobile IP-RAN se puede obtener una

concentración de información casi con total independencia de las tecnologías radio, logrando un gran paso a la migración hacia las tecnologías de 4G.

La complejidad y desventajas de la implementación de una red RAN basada en IP, está sujeta principalmente a los costos de los equipos, implementación y capacitación del personal a trabajar con esta tecnología; por lo que este tipo de solución es relativamente barata y proporciona además muchos beneficios para los usuarios en el sentido de que podrán acceder a muchos servicios diferentes, además de ser beneficiosa para los operadores de telefonía y datos móviles en el sentido de que obtendrán una única red de acceso para converger ambas tecnologías de redes propias, tanto de tercera generación como para cuarta generación, de tal forma que será mucho más fácil la solución de cualquier inconveniente dentro de la red.

GLOSARIO

2G	Segunda Generación
3G	Tercera Generación
3GPP	Proyecto de Asociación de la Tercera Generación
4G	Cuarta Generación
AAA	Autorización, Autenticación y Contabilidad
aGW	Pasarela de acceso E-UTRAN
BSC	Controlador de Estación Base
CDMA	Acceso Múltiple por División de Código
Cell-ID	Identificador de Célula
CN	Red Troncal/Nodo Correspondiente
CoA	<i>Care-of-Address</i>
CS	Conmutación de Circuitos
CXTP	Protocolo de Transferencia de Contexto
DA	Agente de Directorio
Diffserv	Servicios Diferenciados
DL	Enlace descendente
DSCP	Código de Servicios Diferenciados
EB	Estación Base

eBS	Estación Base (cdma2000) Evolucionada
eNB	Nodo-B Mejorado
E-OTD	Diferencia Observada de Tiempo Mejorada
ESN	Número de Serie Electrónico
E-UTRAN	UTRAN Evolucionada
FDD	Dúplex por División de Frecuencia
GERAN	Red de Acceso Radio GSM y EDGE
GMT	Tiempo Medio de Greenwich
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GSM	Sistema Global para Comunicaciones Móviles
HA	Agente Local
HMIPv6	IP Móvil v6 Jerárquico
IETF	Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet
IMS	Subsistema Multimedia IP
IMSI	Identidad Internacional del Subscriptor Móvil
IP	Protocolo Internet
IPv6	IP versión 6
LBS	Servicios Basados en Localización
LBS-S	Servidor LBS
LCoA	CoA Local
LCS	Servicios de Localización
LMU	Unidad de Medidas de Localización

LTE	Evolución a Largo Plazo (<i>Long Term Evolution</i>)
MAP	Punto de Anclaje de Movilidad
MIPv6	Protocolo de Internet Móvil versión 6
Mobile-IP RAN	Red de Acceso Radio basada en IP Móvil
MSC	Centro de Conmutación Móvil
OFDM	Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales
OMC	Centro de Operación y Mantenimiento
OTDOA	Diferencia de Tiempo de Llegada Observada
PDE	Entidad de Determinación de Posición
PS	Dominio de Conmutación de Paquetes
QoS	Calidad de Servicio
RA3c	Cliente AAA Regional
RAG	Pasarela Regional de Acceso
RAN	Red de Acceso Radio
RCoA	CoA Regional
RLP	Protocolo de Enlace Radio
RMM	Gestor de Movilidad Regional
RNC	Controlador de Red Radio
RQoS	Gestor/Broker Regional de QoS
RRC	Protocolo de Control de Recursos Radio
RRM	Gestor de Recursos Regionales

SA	Agente de Servicios
SAE	Evolución de la Arquitectura del Sistema
SGSN	Nodo de Reporte Servidor de GPRS
SIP	Protocolo de Inicio de Sesión
SRNC	Controlador de Sesión de Red (UMB)
SS7	Sistema de Señalización número 7
TCP/IP	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet
TDD	Dúplex por División de Tiempo
TMSI	Identidad Temporal del Suscriptor Móvil
UA	Agente de Usuario
UE	Equipo de Usuario
UL	Enlace Ascendente
UMB	Servicio Móvil de Banda Ancha Ultra
UMTS	Sistema Universal de Comunicaciones Móviles
UTC	Tiempo Universal Coordinado
UTRAN	Red de Acceso Radio UMTS
WCDMA	CDMA de Banda Ancha
WiMAX	Interoperabilidad global para acceso microondas
WLAN	Red de Área Local Inalámbrica

BIBLIOGRAFIA.

MONTILLA BRAVO, Alberto. Arquitectura de red de acceso móvil de cuarta generación: Mobile-IP RAN. Tesis Doctoral. Leganés: Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Telemática, 2009. 303 p.

Disponible en Internet: < <http://es.scribd.com/doc/60165166/20/Comparativa-E-UTRAN-y-UTRAN>>

LARA, Román y LEON, Rubén. Estudio y diseño de una red de transporte ip ran para voz y datos para redes de telefonía celular de cuarta generación en el Ecuador. Artículo. Salgoquí: Escuela Politécnica del Ejercito Av. El Progreso S/N. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 8 p.