

REDES DE DATOS PARA USUARIOS MÓVILES. ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA MOBILEIP/CELLULARIP

Marta Bordes¹, Anna Calveras
marta.bordes@cse.lt.it, acalveras@mat.upc.es
Grup de Comunicacions Mòbils
Departament de Matemàtica Aplicada i Telemàtica (DMAT)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
BARCELONA, ESPANYA

Paolo Pellegrino
Infrastructures, Switching Platform, Switching Systems
CSELT (Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni)
TORINO, ITALY



La creciente difusión de terminales portátiles está llevando a un crecimiento vertiginoso del número de usuarios que piden poder acceder a Internet o a su propia red empresarial independientemente de su posición geográfica y de la tecnología de red disponible en el acceso (LAN, PTSN, GSM...). Tanto los operadores de telefonía móvil como los proveedores de servicios de Internet (ISP), por tanto, están cada vez más interesados en satisfacer la demanda de servicios de datos para usuarios móviles. Pero para conseguir esto son necesarios nuevos protocolos que permitan el acceso remoto del terminal móvil y la continuidad de las comunicaciones durante el movimiento. Las soluciones propuestas son varias y provienen fundamentalmente de dos ámbitos tan diversos como Internet o el entorno radiomóvil GSM y su ulterior evolución UMTS. Todo esto hace pensar en un escenario futuro en el que las compañías ofrecerán servicios de datos utilizando diversas redes de acceso con diferentes protocolos. Será necesario, por tanto, un protocolo que gestione la movilidad de una red a otra. Una posible solución que está teniendo una gran aceptación en el ámbito IETF es el uso de MobileIP / CellularIP.

NUEVAS EXIGENCIAS DE MOVILIDAD

La telefonía móvil e Internet son las dos áreas que están teniendo un mayor desarrollo en estos últimos años en el mercado de las telecomunicaciones. La evolución de los terminales móviles nos hace pensar que probablemente en un futuro se creen nuevas necesidades intentando aprovechar la ventaja de no tener que conectar el terminal a la línea telefónica. Situaciones que hoy en día no son posibles, como el poder descargar un fichero de Internet mientras se camina por la calle puede llegar a convertirse en una práctica bastante común en el futuro.

La demanda de servicios de datos para usuarios móviles también se extiende al mundo empresarial. Las grandes empresas tienen empleados que trabajan normalmente a distancia, o que, debido al tipo de trabajo que realizan, están obligados a viajar frecuentemente. Sería muy interesante en estos casos el poderse conectar de manera remota a Internet y a su red empresarial mediante un PC con un interfaz wireless de modo que pudieran disponer de los recursos de la empresa y efectuar comunicaciones o transferencias de ficheros aun encontrándose en una localización diversa de las oficinas de la empresa, o incluso viajando en un tren.

La conexión remota a las redes empresariales ya es posible mediante tecnologías como las Redes Privadas Virtuales (VPN) [<http://www.vpnc.org>]. Las VPN permiten un acceso transparente a los recursos de la empresa de una manera económica, utilizando la red Internet o el

backbone de la red del ISP (Internet Service Provider), y mecanismos de tunnelling seguro, utilizando protocolos como L2TP [RFC2661] o IPSec [RFC2401]. No obstante, ésta es una solución válida para terminales portátiles con un interfaz de red tradicional (por ejemplo, Ethernet), y no para terminales móviles que, a parte de conseguir el acceso seguro, necesitan mecanismos que garanticen la continuidad de las comunicaciones incluso durante el movimiento.

Actualmente ya existen algunas soluciones que provienen del ámbito de las comunicaciones radiomóviles. A la oferta de servicios de voz se pretende añadir la de servicios de datos. No obstante, hay otras soluciones basadas en el protocolo IP [RFC791] que están teniendo gran aceptación debido a que poseen grandes ventajas respecto a aquellas basadas en radioenlaces.

SERVICIOS DE DATOS PARA USUARIOS MÓVILES. SITUACIÓN ACTUAL

Soluciones propuestas por los operadores radio

En los últimos años los operadores radiomóviles han empezado a añadir la oferta de servicios de datos a aquella de servicio de voz. Sobre la red GSM actualmente están disponibles los servicios de mensajería SMS (Short Message Service) y también el servicio de transmisión de datos sobre un circuito dedicado a baja velocidad CSD

¹ Actualmente realizando el Proyecto Final de Carrera de la titulación de Ingeniería Superior de Telecomunicaciones en CSELT (CSELT - Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni)

(Circuit Switched Data), que permite el acceso a Internet a los usuarios provistos de un teléfono móvil. A corto plazo, se propone GPRS (General Packet Radio Service), que es una solución basada en tecnología de paquetes diseñada para soportar IP y X.25, y con el objetivo de proveer de más velocidad al usuario. Con el GPRS se podrá ofrecer al usuario una velocidad máxima de 171 kbps.

Como solución a medio plazo tenemos los sistemas móviles de tercera generación UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) que adoptarán un nuevo acceso radio W-CDMA que permitirá la transferencia de datos a velocidad muy superior respecto a los sistemas actuales, hasta un máximo de 2Mbps en ambientes indoor.

La ventaja de estas soluciones es que los operadores radiomóviles ya poseen la infraestructura de redes celulares. Pero por otra parte tienen las desventajas asociadas a los sistemas basados en radioenlaces, que son la limitada capacidad de banda y el bajo aprovechamiento de los recursos radio.

Soluciones propuestas por los proveedores de servicios de Internet

Actualmente, los ISP responden a las estas nuevas exigencias de los usuarios ofreciendo un conjunto de servicios dial-up que incluyen el acceso remoto a Internet pero también la posibilidad de acceder de manera segura a una red empresarial a través de protocolos de tunnelling como L2TP o IPSec. Este es el caso de las VPN, de las que se ha hablado anteriormente. Por otra parte, muchos ISP se reúnen en confederaciones para ofrecer a los usuarios servicios de roaming entre las redes de las organizaciones miembros.

Una ulterior evolución que estudian los ISP es la posibilidad de ofrecer acceso wireless a los usuarios que tengan exigencias de movilidad, de este modo se les puede permitir seguir conectados incluso durante el movimiento. Las opciones disponibles incluyen la utilización de soluciones simples y económicas pertenecientes a la categoría de las Wireless LAN (IEEE 802.11 [<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/index.html>], Bluetooth [<http://www.bluetooth.com>], HomeRF [<http://www.homerf.org>], etc.) en ambientes indoor y la utilización de la cobertura wireless proporcionada por los operadores radiomóviles en ambientes outdoor urbanos y extraurbanos.

Pero el inconveniente principal de estas soluciones es el hecho de que la movilidad del terminal se realiza a nivel IP, pero se gestiona casi completamente por la infraestructura de red wireless, utilizando mecanismos propietarios. Esto puede comportar un direccionamiento no óptimo del tráfico de datos, pero sobretodo no permite

el roaming transparente entre las redes de acceso que utilizan tecnologías heterogéneas.

Con el objetivo de superar los problemas mencionados en el apartado anterior, la IETF (Internet Engineering Task Force) está estudiando actualmente nuevos protocolos para gestionar la movilidad a nivel de red. [<http://www.ietf.org/html.charters/mobileip-charter.html>]

EL PROTOCOLO MOBILEIP

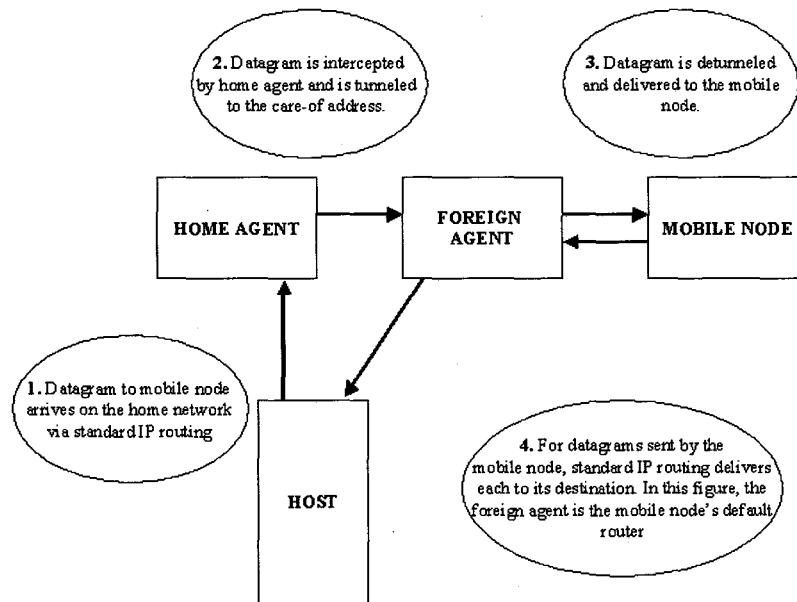
MobileIP (MIP) [RFC2002, RFC2003, RFC2004] es la solución estándar propuesta por el IETF para gestionar la movilidad de terminales entre subredes IP. El objetivo de MobileIP es permitir a un host cambiar de manera transparente el punto de conexión a Internet. MIP es un protocolo que trabaja a nivel IP actuando sobre el direccionamiento de los paquetes dirigidos hacia el nodo móvil y por este motivo está en grado de gestionar fácilmente la movilidad entre redes independientemente del tipo de acceso. La principal característica de MobileIP es que es independiente a la aplicación usada, ya que no cambia las direcciones IP saliente y destino, con lo cual las sesiones a nivel de transporte TCP [RFC793] activas no se interrumpen durante el movimiento. A continuación se especificará el funcionamiento de MobileIPv4, aunque también está en desarrollo MobileIPv6, es decir el correspondiente a la versión 6 del protocolo IP [RFC2460], que en realidad es análogo al anterior y difieren en solo unas pocas características.

FUNCIONAMIENTO DE MOBILEIP

El nodo móvil, también llamado Mobile Host (MH) tiene asignadas dos direcciones IP. La primera es propia de su red originaria, se llama Home Address (HAddr), y no cambia en todo el proceso. La segunda es la llamada Care-of Address (COAddr) y generalmente es la dirección IP de un router o estación base radio de la red visitada, que adquiere el papel de Foreign Agent (FA). Para que el terminal móvil pueda continuar comunicándose utilizando su propia dirección IP, es necesario que un router de su subred original adquiera el papel de Home Agent (HA). La Figura 1 muestra el esquema de funcionamiento.

Los llamados mobility agents (es decir, los routers que hacen el papel de Home Agent y Foreign Agent) envían periódicamente una serie de mensajes llamados Agent Advertisement, que son señales de beacon que permiten al terminal móvil conocer su localización actual y por tanto darse cuenta de si se ha movido o no respecto a su localización anterior. Si el MH se ha desplazado comienza un proceso de intercambio de paquetes entre el mismo y su Home Agent, y en el cual el Foreign Agent también está involucrado de manera que, al final del proceso, el HA tiene registrada la nueva posición del MH.

Cuando un nuevo terminal envía paquetes destinados al MH éstos, mediante enrutamiento IP standard,



Figural. Esquema de funcionamiento del protocolo MobileIP

llegaran a la subred originaria del móvil y serán captados por el HA. Este último ya sabe que el MH no está conectado a su subred, sino que está conectado a la subred perteneciente al FA, así que encapsula el paquete añadiendo una nueva cabecera IP (encapsulado IP en IP) en la cual la dirección destino será la COAddr. Mediante ese tunnelling los paquetes llegarán a la red del FA, éste los desencapsulará y se los entregará al MH. Por otra parte, el nodo móvil puede responder a la estación transmisora de modo directo utilizando como dirección saliente la Home Address.

GESTIÓN DE LA MICROMOVILIDAD EN REDES WIRELESS

Con MobileIP es posible acceder a cualquier red con un terminal wireless manteniendo la dirección IP original, y por tanto, siendo alcanzable por cualquier otro terminal que quiera establecer una comunicación con él mediante routing IP. Esto significa que el usuario, una vez que se conecte a la red y empiece a mantener una comunicación, podrá tener la necesidad de moverse y en ese caso se debe mantener la comunicación mientras se está produciendo el desplazamiento. Este requisito se traduce en la necesidad de ser capaz de llevar a término los procedimientos de gestión de la movilidad en el mínimo tiempo posible y con la mínima pérdida de datos.

En una red wireless se pueden llevar a cabo dos tipos de movimientos (handoff) que deben ser gestionados del modo oportuno para poder garantizar la continuidad de las comunicaciones. Uno de ellos es el movimiento entre estaciones base que pertenecen a la misma subred (handoff de nivel 2) y otro es el movimiento entre estaciones base pertenecientes a subredes distintas (handoff de nivel 3). El

handoff de nivel 2 se puede gestionar de modo rápido utilizando protocolos de señalización ad-hoc para la coordinación de estaciones base adyacentes.

En cambio, un handoff de nivel 3 implica un cambio de subred IP y por tanto requiere modificar el direccionamiento de los paquetes que van hacia el nodo móvil. La Figura 2 muestra los niveles 2 y 3 del handoff.

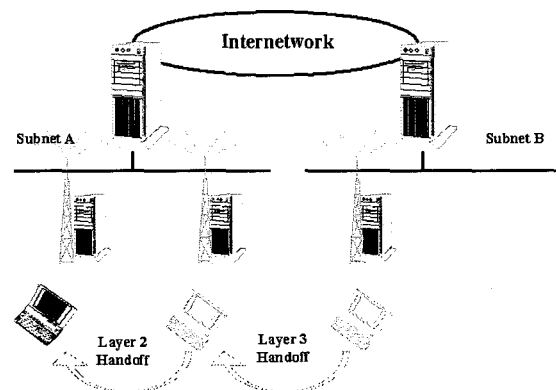


Figura 2. Handoffs de nivel 2 y 3

El protocolo MobileIP, como se ha visto anteriormente, realiza esto mismo a través de un mecanismo de tunnelling. Esta modalidad de funcionamiento puede llegar a provocar una pérdida bastante grande de paquetes durante el handoff, ya que el procedimiento de registro con el Home Agent puede requerir un tiempo de latencia mayor que un segundo, durante el cual los paquetes que estaban ya viajando se suelen perder. A parte de esto está

el problema de la gran carga de tráfico de señalización que provoca un nuevo registro con el Home Agent.

Existen ya varias propuestas para solucionar las limitaciones del protocolo MobileIP en cuanto a la gestión de micromovilidad y movilidad frecuente. Estos protocolos pueden dividirse en dos categorías:

- * En la primera categoría aparecen los protocolos que gestionan el direccionamiento del tráfico hacia los terminales móviles en roaming mediante protocolos de routing ad-hoc que no requieren la presencia de agentes de movilidad en el interior del dominio. La idea es tener solamente un Foreign Agent localizado en el router de a bordo del sitio visitado y hacerlo actuar de manera que parezca que este único Foreign Agent y el terminal móvil estén siempre localizados en la misma LAN, independientemente de la posición real del móvil en el interno del sitio.
- * En la segunda categoría aparecen los protocolos que, manteniendo la necesidad de tener un Foreign Agent en cada una de las subredes IP, gestionan localmente (lo cual significa, sin informar al Home Agent) todos los mensajes de registro MobileIP que el terminal móvil transmite después de cada movimiento.

CellularIP es un ejemplo de protocolo de gestión de la micromovilidad perteneciente a la primera categoría, y es una solución que está adquiriendo un gran consenso en el ámbito IETF. Otros protocolos que se están desarrollando son HAWAII [RLT99] (perteneciente al primer grupo) y Regional Tunnel Management [GJP98] y THEMA [MHW99], pertenecientes al segundo grupo.

A continuación vamos a especificar el funcionamiento de CellularIP.

CELLULAR IP

CellularIP [CGW00] es un protocolo optimizado para redes de acceso wireless y para usuarios que se mueven muy velozmente. Una red CellularIP es en general una red de routers IP, algunos de los cuales poseen además una o varias interfaces wireless a través de las cuales los usuarios pueden acceder al servicio. Esta tecnología es independiente de la tecnología de acceso radio utilizada. En este caso, el border gateway mediante el cual la red CellularIP se conecta a Internet es el que juega el papel de Foreign Agent y, como tal, desencapsula los paquetes recibidos mediante tunnelling del Home Agent y los retransmite hacia las estaciones radio base. Del mismo modo los paquetes generados por los terminales móviles van hacia el gateway, y éste los transmite hacia Internet.

El terminal móvil, cuando se encuentra en una de estas redes CellularIP, mantiene como dirección IP su dirección original, es decir, la Home Address. El tráfico dirigido hacia el móvil viene direccionado mediante un protocolo ad-hoc. Cada router de la red posee una tabla de routing en la que se guarda información sobre la ruta a seguir a fin de alcanzar al nodo móvil. Las tablas son actualizadas por unos paquetes de routing cache o de paging cache. Estos paquetes son enviados por el terminal móvil de una manera periódica a la estación base más cercana, y ésta se ocupa de actualizar la tabla y enviárselos al siguiente router en el camino hacia el gateway, y así sucesivamente actúan todos los routers de la red CellularIP.

Se distinguen dos tipos de paquetes dependiendo de si el móvil está en estado activo (recibiendo paquetes o enviando tráfico de datos) o inactivo. En el primer caso se envían los paquetes de routing cache y en el segundo de paging cache. Se hace esta distinción porque los paquetes de routing cache son enviados con mucha más frecuencia

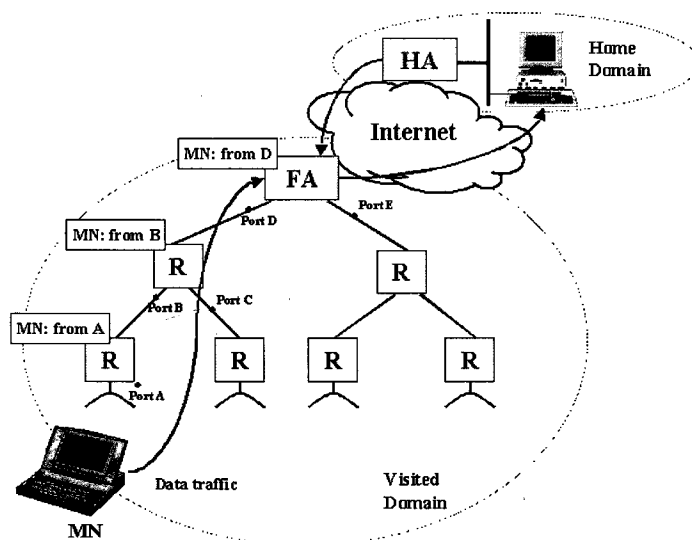


Figura 3. CellularIP

que los de paging, ya que cuando un móvil está activo es mucho más importante conocer su localización en todo momento.

Cuando el terminal móvil se desplaza, envía los paquetes a la nueva estación base y ésta inicia de nuevo el procedimiento de direccionarlo hacia el gateway. Las tablas actualizan los valores, y aquellas que no los actualicen borrarán el valor al cabo de un tiempo. Por tanto, los paquetes dirigidos al terminal móvil tomarán la nueva ruta de una manera automática. La Figura 3 muestra una posible estructura de CellularIP.

Cuando el gateway recibe un paquete dirigido al MN, consulta sus tablas de routing para ver si hay una entrada con esa dirección destino. Si la hay, va encaminando el paquete salto a salto consultando las tablas.

Hasta aquí hemos presentado como pueden gestionarse de forma independiente los dos niveles de movilidad. A continuación se verá una arquitectura híbrida.

LA ARQUITECTURA BASADA EN MOBILE IP/CELLULAR IP

Como una posible arquitectura de red para gestionar la movilidad de los usuarios a todos los niveles se propone el uso de MobileIP y CellularIP de manera conjunta. En la Figura 4 puede verse la arquitectura basada en ambos protocolos.

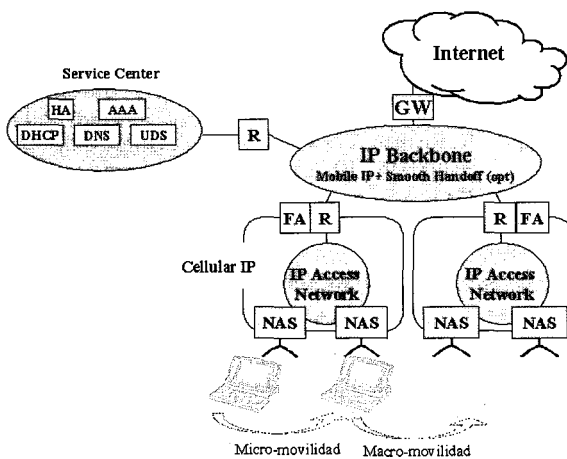


Figura 4. Arquitectura basada en MobileIP/CellularIP

La infraestructura de red comprende un backbone IP que interconecta un conjunto de redes de acceso wireless con tecnología IP. Esta red modela la estructura de la red de un ISP que ofrece servicios de acceso a Internet a particulares (por ejemplo, Teleline, Alehop, Ideo, Jazzfree, etc.), con la diferencia fundamental de que en este caso los NAS (Network Access Server) no terminan en conexiones dial-up, sino que están dotados de una o más interfaces

wireless. El backbone IP, por otro lado, puede interconectarse a Internet a través de un router que realiza las funciones de gateway, sobre el cual podría ser colocada también la funcionalidad de firewall o security gateway.

Una red construida de este modo podría ser:

- * La red conmutada de un operador radiomóvil que ofrece servicios de datos para usuarios móviles en el ámbito metropolitano o su escala nacional. En este caso las redes de acceso interconectadas son normalmente redes de router distribuidas sobre el territorio.
- * Una red corporativa con tecnología Wireless LAN. Las redes de acceso son normalmente las redes intranet con tecnología WLAN que cubren las sedes distribuidas o los diversos edificios de la empresa, mientras que el backbone IP es el que realiza la interconexión con la red backbone empresarial.

El terminal móvil se conecta mediante su interfaz wireless a unas redes de acceso IP que utilizan el protocolo CellularIP, el cual gestiona la movilidad en el interior de estas redes de acceso. Por otro lado, MobileIP se ocupa de la movilidad a nivel global, es decir, entre diferentes redes de acceso.

Esta es una solución basada totalmente en IP. Naturalmente hay otras alternativas para realizar una red wireless con estas características.

ESCENARIO FUTURO

Muy probablemente, la falta de regulación a la cual se está asistiendo en el mercado de las comunicaciones va a llevar a la presencia de diversos tipos de operadores con una única diferenciación en términos de servicios ofrecidos y de tecnologías utilizadas.

El escenario más probable en el futuro estará, por tanto, caracterizado por la coexistencia de varios tipos de redes wireless geográficamente superpuestas, pensadas para responder a necesidades específicas de los usuarios y por tanto, diferenciadas entre ellas en base a la banda disponible, a las zonas de cobertura, a las tecnologías de acceso radio y a los protocolos de interconexión. En un escenario de estas características, será bueno que el usuario pueda decidir cuándo moverse de un acceso wireless a otro, decisión que tomará en base a la disponibilidad o a las exigencias de calidad de servicio de una aplicación específica.

Actualmente no es posible que un usuario se mueva de modo transparente entre redes superpuestas, dado que a cada cambio de red wireless le viene asignada una dirección IP diferente.

Se espera que en el escenario futuro será posible realizar la interconexión entre redes wireless heterogéneas a través de un backbone IP común (por ejemplo Internet)

y en este escenario el protocolo MobileIP podrá ser reutilizado eficazmente para gestionar la movilidad del usuario entre una red y otra.

Por otro lado será necesario utilizar un protocolo común para gestionar la movilidad en el interior del dominio. Naturalmente pueden identificarse numerosas arquitecturas para redes de acceso wireless. Por una parte los ISP buscan una solución completamente basada en IP. En cambio, los operadores radiomóviles tienen diferentes alternativas, como el sistema GPRS simple, o un sistema GPRS evolucionado que será utilizado por el UMTS.

La solución basada totalmente en IP es sin duda la más revolucionaria y también la que presenta unas ventajas más interesantes, entre las cuales merece citar el routing óptimo a nivel IP, una integración más simple y completa con la red Internet y las otras redes IP fijas y el hecho de que no es necesaria la utilización de la señalización SS7. Por otra parte, la adopción de una solución arquitectural completamente IP deja abierta la posibilidad de ofrecer los servicios de voz y datos con una sola infraestructura de redes, aprovechando tecnologías emergentes como Voz sobre IP.

RESUMEN

En este artículo se ha presentado una solución para la gestión de movilidad en redes IP de datos. Para ello se han tratado los temas de MobileIP y CellularIP, como alternativas en desarrollo por los grupos de trabajo de la IETF.

En un futuro a medio plazo se espera una gran evolución del mercado de los servicios de datos para usuarios móviles, provocada por la alta demanda de estos servicios debida al desarrollo de los terminales portátiles. Esta evolución llevará muy probablemente a la coexistencia de un gran número de redes superpuestas con características diversas y gestionadas por entidades diferentes (ISP, operadores radiomóviles, etc.).

MobileIP es un protocolo propuesto por el IETF cuyo funcionamiento es óptimo para la gestión de la macromovilidad o movilidad poco frecuente. Es por tanto, un protocolo que puede gestionar la movilidad entre esas redes de acceso diversas de las que se ha hablado anteriormente.

Para la gestión de la micromovilidad o movilidad frecuente, es decir, el desplazamiento del terminal móvil en el interior de las redes de acceso hay diferentes alternativas. CellularIP es una de estas propuestas.

La arquitectura MobileIP/CellularIP se caracteriza por ser una solución basada totalmente en IP, lo cual permite una integración óptima con los servicios de Internet, entre otras ventajas. Por otra parte, la adopción de una solución arquitectural toda IP deja abierta la posibilidad

de ofrecer los servicios de voz y datos con una sola infraestructura de redes, aprovechando tecnologías emergentes como Voz sobre IP.

REFERENCIAS

- [CGW00] A. Campbell, J. Gomez, C-Y. Wan, S. Kim, Z. Turanyi, A. Valko. CellularIP. Enero 2000, <draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt>. Status: INTERNET DRAFT
- [GJP98] Eva Gustafsson, Annika Jonsson, Charles, E. Perkins. Mobile IP Regionalized Tunnel Management. draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-00.txt Noviembre 1998. Status: INTERNET DRAFT.
- [MHW99] Pete McCann, Tom Hiller, Jin Wang, Alessio Casati, Charles E. Perkins, Pat R. Calhoun. Transparent Hierarchical Mobility Agents (THEMA). Marzo 1999. draft-mccann-thema-00.txt. Status: INTERNET DRAFT.
- [RFC2002] C. Perkins. IP Mobility Support. Octubre 1996. Status: PROPOSED STANDARD
- [RFC2003] C. Perkins. IP Encapsulation within IP. Octubre 1996. Status: PROPOSED STANDARD
- [RFC2004] C. Perkins. Minimal Encapsulation within IP. Octubre 1996. Status: PROPOSED STANDARD
- [RFC2401] S. Kent, R. Atkinson. Security Architecture for the Internet Protocol. Noviembre 1998. Status: PROPOSED STANDARD
- [RFC2460] S. Deering, R. Hinden. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. Diciembre 1998. Status: DRAFT STANDARD
- [RFC2661] Layer Two Tunneling Protocol «L2TP». W. Townsley, A. Valencia, A. Rubens, G. Pall, G. Zorn, B. Palter. Agosto 1999. (Status: PROPOSED STANDARD)
- [RFC791] J. Postel. Internet Protocol. Sep-01-1981. Status: STANDARD
- [RFC793] J. Postel. Transmission Control Protocol. Sep-01-1981. Status: STANDARD
- [RLT99] R. Ramjee, T. La Porta, Thuel, K. Varadhan, L. Salgarelli. IP micro-mobility support using HAWAII. draft-ietf-mobileip-hawaii-00.txt. Junio 1999. Status: INTERNET DRAFT.

BIBLIOGRAFÍA

- * J. Solomon. Applicability Statement for IP Mobility Support (rfc2005.txt), October 1996
- * Charles E. Perkins. Mobile IP. Design Principles and Practices. Addison-Wesley. Wireless Communications Series. Reading, MA: Addison Wesley Longman, 1997
- * Andras G. Valko. CellularIP. A New Approach to the Internet Host Mobility
- * Andrea Calvi, Ivano Guardini. E01, Definizione delle attività su Mobile IP in CSELT. Documento Tecnico Informativo CSELT.
- * Paolo Fasano, Domenico Mazzei, Mobilità in reti IP. Documento Tecnico Informativo CSELT
- * David B. Johnson, David A. Maltz, Protocols for Adaptive Wireless and Mobile Networking. IEEE Personal Communications, 3, February 1996.