



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

## Protocolo para la administración de movilidad en redes móviles en el 3GPP *Evolved Packet System: Perspectivas hacia 5G*

Héctor Alberto Fuentes Castillo, [fuenteshect@gmail.com](mailto:fuenteshect@gmail.com); M. en C. Cyntia Eugenia Enríquez Ortiz, [e\\_cyntia@hotmail.com](mailto:e_cyntia@hotmail.com); Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnología Avanzadas del Instituto Politécnico Nacional.

### Resumen

La administración de movilidad en redes ha representado un importante aspecto de estudio durante las décadas pasadas, mientras que las aproximaciones al problema diferían en un inicio entre los esfuerzos en Internet respecto a los conducidos por los sistemas celulares, ahora se traslapan con requerimientos cada vez más similares, motivados por la convergencia tecnológica hacia redes All-IP; existen diversas soluciones basadas en IP móvil presentan distintas ventajas y desventajas haciendo a la movilidad un problema abierto. El presente trabajo consiste en la propuesta de un protocolo alternativo basado en la administración de movilidad distribuida (*DMM*, por sus siglas en inglés), actualmente en investigación y desarrollo.

### Abstract

For the past decades mobility management in networks has represented such an important research topic, while early efforts for solutions differ in mobile telephony from Internet; nowadays with the highly adopted convergence to All-IP networks, requirements have become similar. Although there exist various ways to realize such a function, based on IP mobile that drawback in different aspects, making it remain an unsolved issue. In this work a novel protocol is introduced following the distributed Mobility Management (*DDM*) paradigm that is currently under research and development.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

**Palabras clave:** Administración de movilidad, Mobile IPv6, 3GPP, *Evolved Packet System*, 5G, Internet de banda ancha móvil.

### I. Introducción

El éxito de tecnologías novedosas, su adopción y diversificación dependen en gran medida de la calidad de experiencia que estas puedan proporcionar a los usuarios, en el actual panorama de nuevas tendencias como *Internet of Things* (*IoT*, por sus siglas en inglés), realidad aumentada, Internet de inmersión, y contenido multimedia podemos apreciar una creciente necesidad de conectividad móvil a Internet, [1]; el éxito de dichos servicios dependerá de su costo y calidad de experiencia que motiven su rápida adopción. En el presente escenario los operadores móviles enfrentan diversas dificultades para proporcionar servicios de banda ancha móvil capaces de proveer una conectividad óptima para estas nuevas tecnologías.

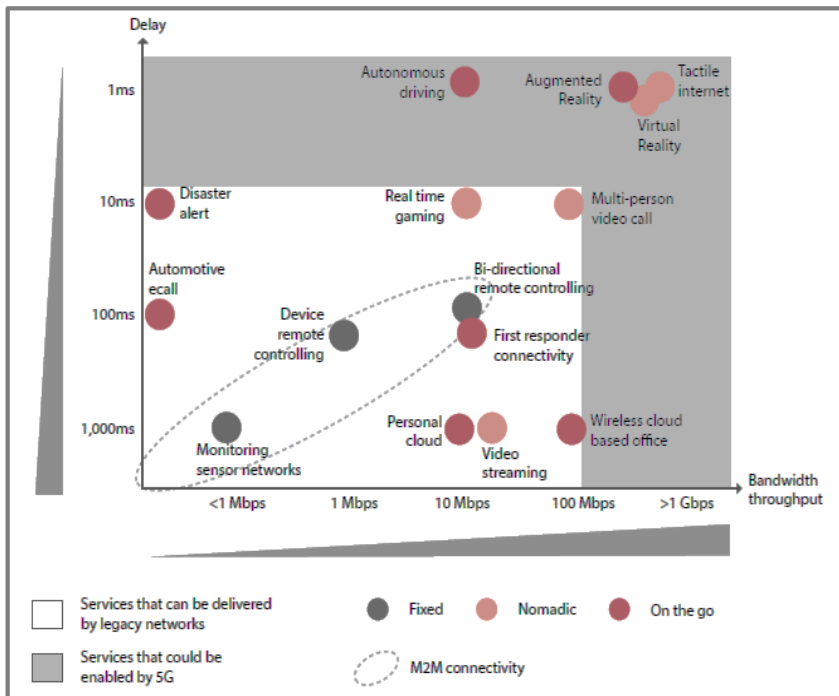
El principal obstáculo es la degradación de la calidad de servicio al incrementar la carga de tráfico por usuario y el número de usuarios móviles mientras estos cambian entre puntos de acceso. Estas redes, implementadas por los operadores móviles, se basan mayormente en la especificación del consorcio 3GPP para el núcleo evolucionado de conmutación de paquetes (*Evolved Packet Core, EPC*; por sus siglas en inglés) que soporta diversas redes de acceso. Donde uno de los requerimientos clave del consorcio 3GPP para el EPC es proporcionar movilidad sin interrupciones en la capa de red [2] mientras el usuario cambia entre diferentes redes de acceso, especificando para ello el uso de *Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)* o el protocolo de doble pila *Dual Stack Mobile IPv6 (DSMIPv6)*.

Además de los servicios tradicionales de acceso a Internet, actualmente existe un gran interés tecnológico por diversas tendencias que pueden dar forma al futuro

**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

ecosistema tecnológico y cuya funcionalidad se basa en gran medida en la conectividad a Internet; encontramos el concepto de *Internet of Things (IoT)* visto como la interconexión de objetos cotidianos a Internet y que incluye diversas tecnologías *wearables*.



*Ilustración 1* Requerimientos de tasa de transmisión y latencia de potenciales casos de uso en 5G [1]

Esta tendencia terminaría interconectando a Internet más objetos que personas de acuerdo con un informe de la compañía CISCO, según el cual, la siguiente oleada de crecimiento será el *Internet of Everything (IoE)*, una extensión del concepto *IoT* [3]. Estimando que para 2019 el 28% de los dispositivos móviles conectados a Internet emplearán conectividad de naturaleza *Machine to Machine (M2M)* [4].

La demanda incrementará en el futuro requiriendo mantener el rendimiento de la red en tasa de transferencia y latencia, como lo es el caso de las aplicaciones de videoconferencia comprendidas dentro de las capacidades de la cuarta generación. *GSMA Intelligence* [1] proporciona un gráfico (ver Ilustración 1) que muestra distintas aplicaciones con los requerimientos de conectividad estimados en cada caso de uso. Estos requerimientos de rendimiento deben alcanzarse mientras se proporciona continuidad de sesión sin interrupciones, es decir



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

manteniendo una misma dirección IP para las aplicaciones. Dado que la mayoría de las aplicaciones hacen uso de la pila TCP/IP la cual establece un estrecho acoplamiento entre la dirección IP y los flujos de la capa de transporte, la continuidad de sesión juega un papel crítico en el rendimiento. Gran parte de la degradación del rendimiento es debida a que los actuales procedimientos de administración de movilidad en el 3GPP son altamente centralizados [5] causando que gran cantidad de tráfico deba transitar por el núcleo de la red de los operadores.

Dentro de Internet existen un sinnúmero de propuestas de solución que buscan mejorar o resolver por completo los efectos de movilidad; sin embargo, algo a tener en cuenta al considerarlas es el hecho de que están pensadas para proporcionar continuidad de sesión dentro de los protocolos de Internet y su futura evolución, y es por ello que hacen un amplio uso de mecanismos de varias capas de la pila de protocolos de Internet [7]. Por otra parte existen propuestas de solución que únicamente se implementan dentro de la capa de red de la pila de protocolos. De las últimas existen básicamente dos categorías: la primera es basada en ruteo y la segunda basada en mapeo [8].

Las soluciones basadas en ruteo permiten que un nodo móvil use la misma dirección IP de red, sin importar en que segmento o subred de la red se encuentre, esto se consigue mediante un ruteo dinámico que actualizaría por completo a todos los elementos de ruteo en la red, lo que pudiera no ser un problema en redes pequeñas, pero en el caso de redes celulares se convierte en un gran problema [8], pues requiere actualizar las tablas de ruteo de todos los elementos de ruteo por cada nodo móvil que cambie de subred, y si tenemos en cuenta la cantidad de usuarios móviles estas soluciones no son prácticas.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Por otra parte las soluciones basadas en mapeo, permiten que el nodo móvil cambie su dirección IP pero mantienen un elemento de identificación del nodo (identificador) mismo que no cambia en los movimientos del nodo móvil [6]. La dirección IP que cambia es válida para ruteo en todo momento para mantener alcanzable al nodo móvil, es por ello que se le conoce como localizador. Mientras que las conexiones TCP mantienen como dirección al identificador permitiendo la continuidad de sesión. Dentro de la categoría de soluciones basadas en mapeo podemos encontrar dos subcategorías a su vez, dependiendo de qué elemento realice las tareas de mapeo, estas son las basadas en red y las basadas en el nodo móvil [9].

En la opción basada en red PMIPv6, cuando esta detecta que el nodo móvil (MN), también referido dentro del 3GPP como equipo del usuario (*User Equipment, UE*; por sus siglas en inglés), ha cambiado su punto de acceso a la red, ésta le proporciona al nodo móvil la misma dirección IP que tenía en el anterior punto de acceso. El elemento de red que realiza esta tarea también es responsable de actualizar el ancla de movilidad (*Mobility Anchor, MA*, por sus siglas en inglés) en la red, de modo que los paquetes puedan ser direccionados hacia la nueva localización del nodo móvil. De este modo el nodo móvil no está al tanto de las operaciones de señalización dentro de la red, es decir no realiza tarea alguna de administración de movilidad [6].

En la alternativa basada en el nodo móvil; el nodo móvil al cambiar su punto de acceso a la red obtiene una nueva dirección IP local denominada dirección de cuidado (*CoA, Care of Address*; por sus siglas en inglés) y entonces la tarea de actualizar al agente de casa (*Home Agent, HA*;) es responsabilidad del nodo móvil. El agente de casa (HA) mantiene a su vez una unión entre la dirección CoA y la dirección de casa del nodo móvil [6]. El agente de casa (HA) representa ahora al



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

nodo móvil en la red de casa y en adelante todo el tráfico hacia el nodo móvil es encapsulado (túnel) dentro de otro paquete IPv6 y enviado este último a la dirección CoA, lo que permite que sea ruteado al nodo móvil [10]. Por su parte el tráfico desde el nodo móvil utiliza el mismo túnel con el agente de casa (HA); finalmente el nodo móvil debe desencapsular los paquetes haciendo a la movilidad transparente e para la capa de transporte.

## II. Metodología

En este trabajo se propone el desarrollo de un protocolo como alternativa a los actuales protocolos ruteo no óptimo (triangulación). Buscando plantear una solución que involucre en menor medida al cliente y que permita mejorar el rendimiento de los procedimientos de administración de movilidad dentro de la red del operador móvil. El protocolo de administración de movilidad involucrará las tareas de ruteo de la capa de red, y estará orientado en el paradigma de administración distribuida de movilidad (*Distributed Mobility Management, DMM*).

A continuación se introduce una visión general de la propuesta de solución (ver Ilustración 2a), la cual se basa en el paradigma conocido como administración de movilidad distribuida (*Distributed Mobility Management, DMM*), en donde se busca equilibrar las características de los mecanismos de movilidad existentes basados en MIPv6 adoptados por el 3GPP.

El protocolo emplea anclas de movilidad (*Mobility Anchor, MA*) en vez de los conocidos agentes de casa (*Home Agent, HA*) definidos en PMIPv6, sin embargo estas anclas de movilidad incorporan a su vez parte de la funcionalidad de puerta de enlace de acceso móvil (*Mobile Access Gateway, MAG*), de este modo cuando un nodo móvil (*Mobile Node, MN*;) cambia su punto de conexión a la red este se adjunta a una ancla de movilidad cercana (ver Ilustración 2a) y ésta a su vez se





## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

encarga de anunciar el nuevo mapeo a el ancla de movilidad de procedencia. En cuanto a la actualización de la información de mapeo en las anclas de movilidad se proponen tres variantes:

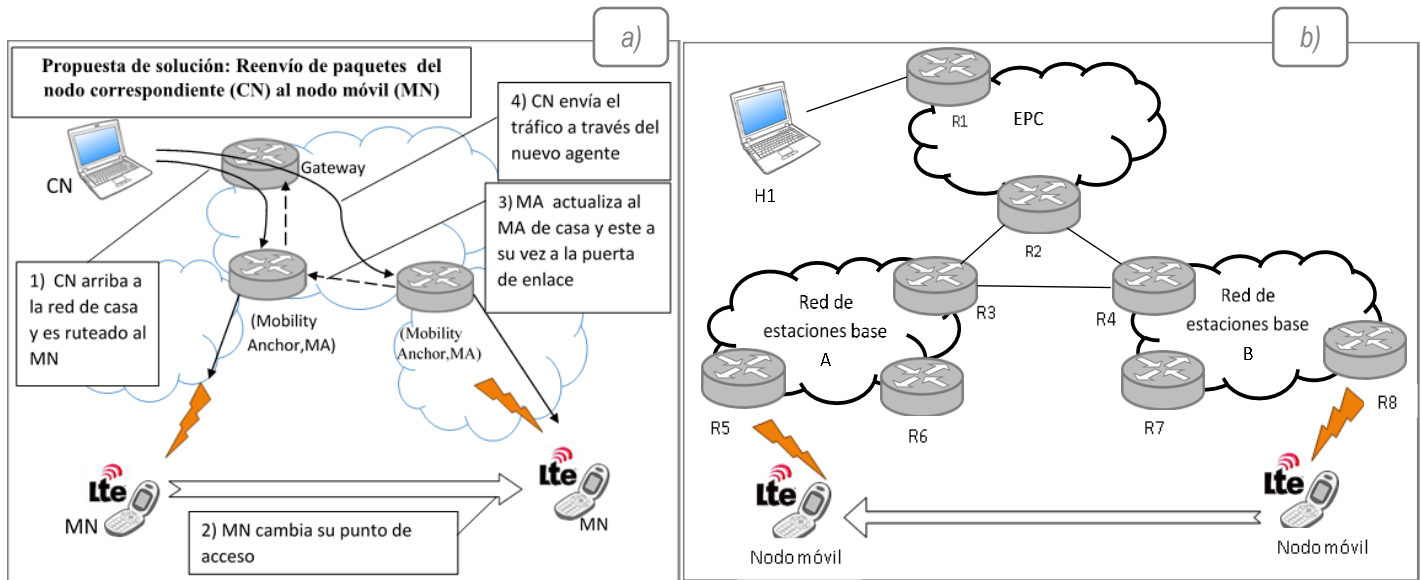
- 1) Emplear un procedimiento de búsqueda en las anclas móviles, reduciendo la señalización en cada actualización de localización del nodo móvil.
- 2) Cuando un ancla de movilidad encuentre un nuevo nodo móvil en su dominio, esta deberá actualizar al resto de anclas, reduciendo la latencia de respuesta.
- 3) Limitar el alcance de las actualizaciones dentro de la red, equilibrando las dos variantes anteriores, contando con políticas que permitan sólo actualizar las anclas de movilidad geográficamente próximas.

La validación del protocolo se realizará mediante su simulación, utilizando un simulador de eventos, comparándolo con los protocolos existentes adoptados por el consorcio 3GPP, es decir, el protocolo PMIPv6 y el protocolo DSMIPv6. Los casos a evaluar son:

- 1) La recepción de una nueva conexión de un usuario en un dominio que soporta movilidad.
- 2) La migración de un nodo móvil hacia otra red dentro del mismo dominio (señalización requerida).
- 3) Ruteo de paquetes durante la migración del nodo móvil (efectos en la transición).

El escenario de pruebas consistirá de dos dominios (ver Ilustración 2 b) dentro del simulador, empleando módulos de simulación de amplia aceptación académica existentes para las capas, física y de transporte para redes celulares de cuarta generación.

**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”**  
 Multidisciplinario  
 21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México



*Ilustración 2: a) Vista general de la solución propuesta b) Topología propuesta para el escenario de pruebas*

### III. Resultados

El protocolo de movilidad propuesto se encuentra actualmente en fase de desarrollo, se ha optado por el uso del simulador de eventos discretos NS-3 debido a que proporciona un amplio soporte para las tecnologías de cuarta generación (4G) en la simulación de las capas físicas y de enlace de datos, lo cual deja directamente la opción para emplear el protocolo IP en la capa de red. Para el caso del protocolo DSMIPv6 es necesaria la convivencia de las versiones de IPv4 e IPv6 dentro de la red lo que constituye un incremento en la complejidad de los elementos de ruteo en la capa de red. Finalmente en este escenario se implantarán las entidades definidas por los protocolos de movilidad y finalmente se realizarán las pruebas de movilidad. En las que se medirán como parámetros de rendimiento: la tasa de transferencia alcanzada en TCP y UDP sobre redes celulares de cuarta generación (*Long Term Evolution, LTE*); el tiempo de viaje





## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

redondo (*Round Trip Time, RTT*) es decir el valor de latencia de extremo a extremo, el costo de señalización y el retardo de la transferencia en tráfico UDP y TCP. Estas medidas de rendimiento se enfocan específicamente a medir la eficacia de los protocolos e movilidad y son ampliamente usadas en la industria.

### IV. Conclusiones

En este trabajo se presenta un análisis de de los protocolos de administración de movilidad dentro de sistemas celulares, basados en la arquitectura del consorcio 3GPP, se examinan las características de funcionalidad señalando sus principales ventajas y desventajas, así como posibles aspectos de mejora. Todo esto motivo la propuesta de un nuevo protocolo que equilibre las características de las soluciones existentes y que pueda beneficiar en gran medida el rendimiento general de los sistemas celulares. La simulación se propone debido a la gran complejidad de los sistemas, sin embargo se emplean modelos validados por la comunidad científica que brinda soporte al proyecto de simulador de red de eventos discretos NS-3 y donde se agrupan diversas universidades y organizaciones de la industria en la creación y validación de modelos precisos y confiables. Finalmente después de examinar los protocolos existentes se puede concluir que la propuesta de administración de movilidad distribuida es una opción prometedora para redes celulares inalámbricas dada la evolución de los servicios móviles y casos de uso de redes celulares en nuevas aplicaciones.

### V. Bibliografía

- [1] C. D. Dan Warren, «Understanding 5G: perspectives on future technological advancements in mobile,» GSMA Intelligence, London, 2014.
- [2] 3GPP, «3GPP TS 22.278 Tech. Spec., "Service Requirements for Evolution of the 3GPP System, Stage1, Release 8",» 3GPP, june 2008.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

- [3] Cisco Systems, Inc. , «Are You Ready for the Future of IT?,» Copyright © 2014 Cisco Systems, Inc., San Jose, CA, 2014.
- [4] Cisco systems Inc., «Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2014–2019,» Cisco, San Jose CA, 2015.
- [5] C. Bernardos, J. Zuñiga y A. Resnik, «Towards Flat and Distributed Mobility Management: a 3GPP Evolved Network Design,» de *ICC 2012 Workshop on Telecommunications: From Research to Standards*, Ottawa, Canada, 2012.
- [6] I. Ali, A. Casati, K. Chowdhury, K. Nishida, E. Parsons, S. Schmid y R. Vaidya, «Network-Based Mobility Management in the Evolved 3GPP Core Network (LTE 3GPP Release 8),» *IEEE Communications Magazine*, vol. 47, nº 2, p. 175, 2009.
- [7] I. Akyildiz, J. Xie y S. Mohanty, «A SURVEY OF MOBILITY MANAGEMENT IN NEXT-GENERATION ALL-IP-BASED WIRELESS SYSTEMS,» *IEEE Wireless Communications*, vol. 11, nº 4, pp. 16-28, 2004.
- [8] M. Liyanage, A. Gurtov y M. Ylianttila, *Software Defined Mobile Networks (SDMN): Beyond LTE Network Architecture Network Architecture*, Weinheim: John Wiley & Sons, 2015.
- [9] J.-H. Lee, «Host-based Distributed Mobility Management: Example of Traffic Offloading,» *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2013 IEEE*, vol. 2015, nº 9, pp. 637-640, 2013.
- [10] K. Mitsuya, R. Wakikawa y J. Murai, «Implementation and Evaluation of Dual Stack Mobile IPv6,» de *AsiaBSDCon 2015*, Klotto Japan, 2007