

ARQUITECTURA DE INTEGRACIÓN DE WI-FI CON LAS REDES MÓVILES DE DATOS

Adriana Fernández Fernández¹, Leonardo Ochoa Aday², Luis E. Conde del Oso³, Carmen Moliner Peña⁴

^{1, 2, 3} Dpto. Estructura de la Red, ETECSA, ⁴ Facultad de Eléctrica, CUJAE.
¹e-mail: adriana.fdez@etecsa.cu, ²e-mail: leonardo.ochoa@etecsa.cu, ³e-mail: luis.conde@etecsa.cu, ⁴e-mail: carmen@tesla.cujae.edu.cu

RESUMEN

En la actualidad el notable incremento de los servicios móviles y el continuo desarrollo de los teléfonos inteligentes determinan una creciente demanda del tráfico de datos que congestiona aceleradamente las redes celulares y puede deteriorar la calidad de los servicios prestados. En este contexto se ha convertido en una necesidad cada vez mayor para los operadores móviles, encontrar alternativas que les permitan disminuir la presión en el acceso celular y satisfacer las expectativas de los usuarios. En este trabajo se exponen las ventajas del uso de la tecnología Wi-Fi para solucionar esta necesidad, como estrategia para descargar el tráfico de datos de las redes celulares de 2G y 3G. La propuesta de integración de redes 3GPP/Wi-Fi presentada, cumple numerosos requerimientos técnicos de detección y selección inteligente de la red de acceso, gestión unificada del suscriptor, autenticación transparente al usuario y continuidad de sesión entre ambas redes de acceso. Esta solución posibilita conformar redes heterogéneas, con menores costos de inversión y de operación, que optimizan tanto la utilización de los recursos disponibles como la experiencia de los usuarios, incluyendo el acceso a la banda ancha móvil. Para la implementación de la integración de la tecnología Wi-Fi en la Red Celular de Cuba se plantea una secuencia de escenarios que introducen modificaciones en la red celular según los objetivos que se persiguen en cada fase. Esta investigación brinda al operador celular directrices para aplicar esta solución de integración en su red de datos móviles.

PALABRAS CLAVES: Wi-Fi, integración, redes celulares, tráfico de datos móviles, experiencia del usuario.

ABSTRACT

At present, the significant increase of mobile services and the continued development of smartphones cause an increasing demand of data traffic that in turn, brings about an accelerated congestion of the cellular networks and such congestion may deteriorate the quality of the services provided. In this context, it has become an ever-increasing need for mobile operators to find alternatives that would allow them to reduce the pressure on wireless access and to meet the expectations of the users. In this paper, the advantages of using the Wi-Fi technology to address this need, as a strategy to offload the data traffic from cellular networks of 2G and 3G are presented. The proposal of integrating the 3GPP/Wi-Fi networks meets numerous technical requirements in connection with discovery and intelligent selection of the access network, unified subscriber management, transparent user authentication and session continuity between both access networks. This solution allows creating heterogeneous networks with lower investment and operation costs, which optimize both the use of

available resources and the user experience, including access to mobile broadband. With a view to implementing the integration of the Wi-Fi technology in to Cuba's Cellular Network, this paper presents a sequence of scenarios that introduce changes in the cellular network according to the objectives pursued in each phase. This research provides guidelines to the cellular network operator so that he can apply this integration solution in his mobile data network.

KEYWORDS: Wi-Fi, integration, wireless networks, mobile data traffic, user experience

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el tráfico de datos sobre las redes móviles ha experimentado un crecimiento sin precedentes en la historia. Ahora muchos operadores móviles alrededor del mundo descubren que los preciados recursos de sus redes celulares se están agotando críticamente como nunca antes. Mientras que en sus inicios los sistemas celulares se basaban fundamentalmente en ofrecer servicios de telefonía móvil, los usuarios de hoy demandan más la accesibilidad a servicios de datos, caracterizados por aplicaciones y contenidos con altos requerimientos de ancho de banda.

Con el objetivo de contribuir a la solución de esta situación surge el concepto de Descarga de Datos Móviles (*Mobile Traffic Offload*), que se puede definir como la utilización de otras tecnologías o redes complementarias disponibles para encaminar el tráfico de datos proveniente de las redes celulares. Esta estrategia permite a los operadores móviles reducir la congestión en las redes de telefonía celular, sin tener que obligatoriamente recurrir al despliegue y ampliación de infraestructuras de redes celulares de nuevas generaciones para introducir mayores capacidades, lo que lleva tiempo, requiere de la disposición de nuevas frecuencias y representa un alto costo de inversión.

Las principales tecnologías de redes complementarias utilizadas en la actualidad para la descarga de datos móviles son las femtoceldas [1] y Wi-Fi. El empleo de la tecnología Wi-Fi para la descarga del tráfico de datos móviles presenta numerosas ventajas frente a la opción de las femtoceldas, entre las que se encuentran mayores capacidades de espectro disponible, mayores velocidades de transferencia de datos, menores costos y una amplia adopción por los usuarios. Estos elementos convierten a Wi-Fi en una alternativa atractiva y viable para los operadores de redes celulares y permiten justificar la selección de esta tecnología en la solución propuesta como estrategia para descargar el tráfico de datos móviles.

En el escenario actual de las telecomunicaciones la tecnología Wi-Fi está comenzando a ser vista como la estrategia que necesitan los operados móviles para manejar exitosamente la demanda creciente del tráfico de datos móviles [2]. Esta solución consiste en que el tráfico de datos móviles sea descargado a través de Wi-Fi mientras que los recursos celulares liberados se empleen para manejar el tráfico de voz, lo que permite asegurar una mejor experiencia al usuario. Los operadores móviles pueden desplegar redes Wi-Fi integradas con sus redes celulares para: ofrecer un acceso inalámbrico de altas velocidades, confiable y económico; descargar el tráfico de datos móviles de las redes celulares para disminuir la presión en la red de acceso y, de manera general, brindar una tecnología de acceso inalámbrico complementaria dentro de una mayor red de acceso heterogénea.

Para lograr la descarga del tráfico de datos de los suscriptores móviles hacia redes Wi-Fi, es esencial abordar los aspectos técnicos de la arquitectura de integración de estas redes con las redes móviles

existentes. En este trabajo se analizan diferentes alternativas y se proponen soluciones técnicas para obtener una arquitectura de integración entre las redes Wi-Fi y celulares que permita realizar una detección y selección inteligente de la red de acceso, autenticación común y automática del usuario, transmisión segura y cifrada en el canal aéreo, acceso a todos los servicios de datos ofrecidos por el operador móvil, continuidad de servicio durante la movilidad entre ambas redes de acceso y tarificación común.

También se valoran las modificaciones que introducen dichas soluciones en las redes celulares existentes, así como las potencialidades que exigen de los dispositivos móviles para ser implementadas y se define una arquitectura de integración en la cual convergen las soluciones técnicas ofrecidas a los desafíos analizados. Finalmente se propone una secuencia de escenarios para la implementación de la integración de Wi-Fi en la Red Celular de Cuba.

ASPECTOS DE LA INTEGRACIÓN

Detección y selección inteligente de la red de acceso.

La detección y selección de la red de acceso más adecuada para enrutar el tráfico de datos del usuario es un elemento de gran importancia a tener en cuenta en una propuesta de integración entre redes heterogéneas. Los dispositivos actuales permiten seleccionar entre las redes Wi-Fi disponibles la más adecuada de acuerdo a diversos parámetros, como la calidad de la señal recibida por el dispositivo (valores de RSSI, ReceivedSignalStrengthIndicator) y otras estadísticas de la capa de enlace (demoras RTT (Round-Tripdelay Time), variación de las demoras, pérdidas de paquetes). El software existente en el dispositivo móvil responsable del descubrimiento y selección de red se denomina Gestor de Conexiones (CM, Connection Manager).

Los CM existentes actualmente en la mayoría de los dispositivos móviles trabajan bajo una política de preferencia Wi-Fi, lo que significa que, siempre que sea posible, el tráfico de datos es descargado por defecto hacia la red Wi-Fi. Este comportamiento de selección por defecto de la red Wi-Fi no siempre es lo ideal [3], pues los dispositivos no realizan una previa evaluación comparativa entre las capacidades actuales de la red celular y las que posee el BSS (Basic Service Set) detectado. De esta forma pueden existir situaciones en las cuales, por ejemplo, el AP (Access Point) presente menor ancho de banda de descarga en el backhaul que es la estación base que actualmente atiende al dispositivo o que la red Wi-Fi seleccionada tenga mayor intensidad pero esté mucho más cargada que la red celular.

Para realizar una detección y selección inteligente de la red de acceso, la misma debe ser una combinación de las condiciones de las redes Wi-Fi y celular, las políticas del operador y la inteligencia y condiciones internas del dispositivo móvil, lo cual permite lograr una experiencia de usuario consistente y mejorado.

Las condiciones del acceso Wi-Fi pueden ser brindadas al dispositivo móvil por los puntos de acceso de tecnología HotSpot 2.0 [4]. Esta especificación técnica, implementa el estándar 802.11u con el cual los AP pueden difundir una mayor cantidad de información en los mensajes Beacons, tales como: tipo de red (privada, pública, solo para servicios de emergencia), niveles de carga del BSS, acuerdos de

roaming con operadores móviles, entre otros, lo que contribuye a que el UE (User Equipment) pueda determinar cuál red Wi-Fi responde mejor a sus necesidades antes de asociarse a ella.

Aparte de los nuevos elementos de información difundidos, 802.11u establece el uso del protocolo ANQP (Access Network Query Protocol), el cual le permite al UE realizar una sesión de solicitud/respuesta con el AP antes de asociarse con él para obtener información adicional como: bandas en las que funciona, capacidades en los enlaces de subida (UL, Up Link) y de bajada (DL, Down Link), porcentaje de ocupación actual en cada sentido (UL/DL), métodos EAP (Extensible Authentication Protocol) soportados, tipo de dirección IP utilizada (IPv4 o IPv6), entre otros elementos.

Por su parte la red celular debe proporcionar parámetros de carga en tiempo real al equipo terminal del usuario. Dado que los mensajes CB (Cell Broadcast) [5] son utilizados en la red celular para difundir información de sistema al equipo terminal, constituyen una alternativa oportuna para distribuir la información del estado de la red requerida para realizar una selección más inteligente. Para esto se debe definir un nuevo mensaje CB o añadirle nuevos atributos a los mensajes ya existentes donde aparezca información relativa a niveles de carga de la red celular y parámetros umbrales de intensidad de la señal.

El uso de un servidor ANDSF (Access Network Discovery and Selection Function) [6] en la red, puede proporcionar al equipo terminal políticas basadas en umbrales y parámetros que el dispositivo puede utilizar para, con la información recibida de las redes Wi-Fi y celular y los criterios de validación como hora del día y área de ubicación, tomar la decisión de selección de red más acertada. Esta función introduce la posibilidad de que sean los operadores quienes controlen la descarga de datos móviles hacia redes Wi-Fi, pues les permite definir políticas de selección de forma dinámica, o sea establecer cuándo, dónde y bajo qué condiciones un dispositivo debe utilizar una tecnología de acceso determinada.

El CM ahora utiliza toda esa información recibida junto con los parámetros de condiciones propias del dispositivo tales como: niveles de batería, estado de movilidad, consumo de datos, etc. para realizar una detección y selección inteligente de red y ejecutar el direccionamiento del tráfico. La Figura 1 muestra la interacción entre los elementos mencionados para realizar una detección y selección inteligente de la red de acceso.

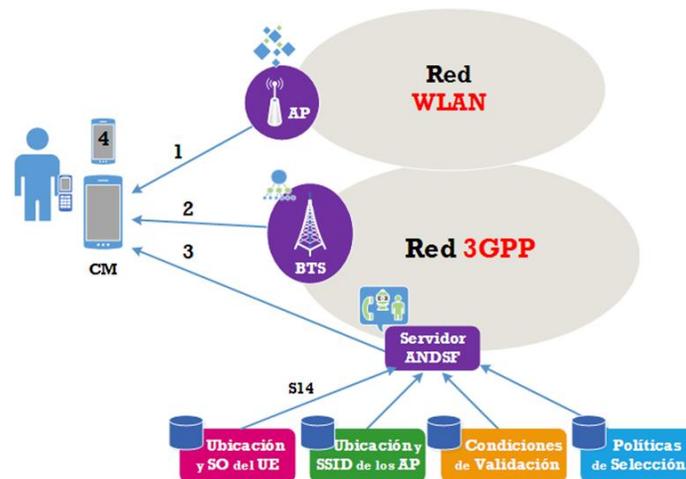


Figura 1. Propuesta de selección y detección inteligente de la red de acceso.

Transmisión en el canal aéreo segura y cifrada.

Para el operador se vuelve de vital importancia el poder garantizar la confidencialidad e integridad de la información del usuario en las redes WLAN (Wireless Local Area Network). Estas redes pueden tener varios niveles de seguridad en el enlace aéreo, los cuales van desde transmitir la información sin ningún requerimiento de cifrado hasta proveer una seguridad que puede ser comparable con la obtenida en las redes celulares. Las redes celulares ofrecen una interfaz aérea segura para el intercambio de información, garantizando en todo momento la confidencialidad e integridad de la información. La integración entre redes Wi-Fi y celulares ha de permitir una seguridad comparable a la de la red celular, sin tener en cuenta la red de acceso que utilice el suscriptor móvil.

Para lograr conexiones seguras en el canal aéreo se propone la tecnología WPA2 (Wi-Fi Protected Access), con encriptación AES (Advanced Encryption Standard) de la interfaz aérea, considerada actualmente como la tecnología de cifrado más segura en cualquier tipo de red (alámbrica o inalámbrica) [7]. De esta manera se logra gran seguridad en la red, debido a que se cambian las claves en cada sesión y son diferentes para cada usuario. Los AP que soportan el estándar HotSpot 2.0, utilizan WPA2 y complementan la seguridad con la incorporación de filtrado e inspección de tráfico en la capa 2 y control broadcast y multicast, los cuales permiten mitigar ataques comunes en redes Wi-Fi [8].

Autenticación común y automática del usuario

La autenticación debe realizarse de forma automática por el dispositivo sin la necesidad de intervención del usuario, es decir, sin que tenga que introducir manualmente un nombre de usuario y contraseña como es lo usual en el acceso de muchas redes Wi-Fi. Para lograr que un equipo terminal válido pueda acceder automáticamente desde la red celular y las redes Wi-Fi del operador, se realiza la autenticación basándose en la información contenida en la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module).

El mecanismo de autenticación propuesto es el protocolo EAP, frecuentemente utilizado por teléfonos móviles en la actualidad y en la mayoría de las soluciones de integración existentes. Este protocolo establece un esquema de autenticación basado en el principio de desafío-respuesta con autenticación mutua e incluye el uso de diversos métodos de acuerdo al tipo de credenciales utilizadas. La elección natural en escenarios de integración con redes celulares GSM (Global System for Mobile Communications) es el método EAP-SIM [9], pues utiliza las credenciales de la tarjeta SIM existente en los dispositivos móviles de sus suscriptores. De igual forma para redes UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) se puede emplear EAP-AKA (Authentication and Key Agreement), equivalente de EAP-SIM para usuarios con USIM (Universal SIM).

Para realizar la autenticación de forma automática por el dispositivo e imperceptible para el usuario se requiere la existencia de un servidor AAA (Authentication, Authorization and Accounting) en el núcleo de la red móvil 3GPP (3rd Generation Partnership Project), el cual (entre otras funciones) será el responsable de comprobar la validez de las credenciales recibidas del móvil, de acuerdo a la información almacenada en el HLR (Home Location Register). Cuando la red celular y la WLAN pertenecen a diferentes operadores el intercambio de mensajes AAA ocurre entre el servidor AAA en el núcleo de la red celular 3GPP y un servidor AAA en la WLAN, con el objetivo de garantizar la confidencialidad de la información del suscriptor existente en el núcleo de la red móvil. Además, en la WLAN los AP deben

soportar el protocolo 802.1x y los AC (Access Controller) tienen que permitir el mecanismo de autenticación EAP. Los AP de tecnología HotSpot 2.0 cumplen con este requerimiento.

Aunque los mecanismos de autenticación EAP-SIM/AKA no requieren intervención del cliente ni el uso de una aplicación específica, los dispositivos deben soportar estos protocolos. En la actualidad los sistemas operativos de los smartphones líderes tales como Apple's iOS, Android 4.0 en adelante, Blackberry, Symbian (Nokia) and Windows 8, soportan EAP-SIM/AKA [10]. Con un ciclo típico de sustitución de los smartphones de dos años o menos, la instalación global de dispositivos con capacidad EAP-SIM/AKA se espera que crezca rápidamente.

Manejo del tráfico para acceder a los servicios de datos

Existen diferentes esquemas de acceso a los servicios que permiten realizar un manejo eficiente del tráfico de datos. Estos enfoques están en correspondencia con el nivel de acoplamiento entre las redes Wi-Fi y celular que se desea tener. El empleo de uno de estos métodos va a determinar los servicios a los cuales puede acceder el usuario, las modificaciones necesarias a introducir en la red y la capacidad de control del operador sobre el tráfico de datos móviles.

a) Acceso WLAN con desvío local (breakout)

En esta opción la WLAN ofrece al tráfico de datos móviles acceso directo a las redes externas de paquetes (PDN, Packet Data Network), sin tener que atravesar el núcleo de la red celular. Se utiliza la dirección IP local asignada por la WLAN y no es posible el acceso de los usuarios a los servicios internos de datos del operador móvil. Esta solución es una de las más populares entre los operadores móviles en la actualidad, ya que al direccionar el tráfico localmente (breakout) desde la WLAN hacia las redes de datos externas, no se requiere introducir nuevos elementos y nuevas interfaces 3GPP estandarizadas, lo que permite que el costo y tiempo de recuperación de la inversión sea relativamente pequeño [11].

b) Acceso WLAN a través del núcleo de la red móvil

Para elevar el plano de integración a un nivel de acoplamiento superior se deben considerar esquemas de acceso a los servicios que enrutan todo el tráfico proveniente de los dispositivos hacia el núcleo de la red móvil. Esta modalidad posibilita ejecutar políticas de control de tráfico y brindar conectividad a los usuarios con los servicios de datos internos del operador móvil. Los esquemas de acceso a través del núcleo de la red móvil se clasifican de acuerdo al nivel de seguridad presente en la red de acceso Wi-Fi, existiendo dos posibilidades: acceso desde redes Wi-Fi confiables y acceso desde redes Wi-Fi no confiables.

El término confiable se refiere a redes Wi-Fi controladas por el operador móvil que implementan métodos seguros de autenticación y encriptación en el canal aéreo. Aunque en la práctica esta clasificación queda a criterio del operador, las redes de acceso Wi-Fi confiables deben soportar como mínimo métodos de autenticación basados en 802.1x y en protocolos EAP y mecanismos de cifrado potentes como WPA2. Como en las redes de acceso Wi-Fi confiables la comunicación entre el equipo terminal y el núcleo de la red móvil es segura, no se requieren capacidades adicionales en los dispositivos móviles para garantizar la confiabilidad e integridad de la información.

Por otra parte sí es necesario, además de los requerimientos de seguridad, introducir otras modificaciones en la red de acceso Wi-Fi. Para implementar esta solución el Gateway de acceso WLAN debe soportar el protocolo de tunelización GTP (GPRS Tunneling Protocol) para el establecimiento de los contextos PDP (Packet Data Protocol). Mediante este túnel GTP el Gateway de acceso WLAN se conecta con el GGSN (Gateway GPRS SupportNode) y se transfiere el tráfico de datos generado por los usuarios, como se aprecia en la Figura 2. Conceptualmente el Gateway de acceso WLAN en este esquema actúa como un SGSN (Serving GPRS SupportNode), lo que requiere introducir en este nodo mayor complejidad.

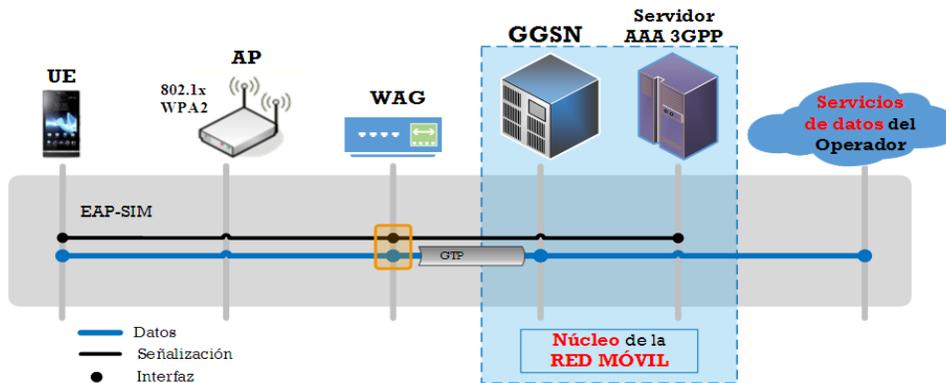


Figura 2. Acceso WLAN a través del núcleo desde redes Wi-Fi confiables.

La función principal de este nodo, es asegurar que el tráfico de datos proveniente de un usuario autorizado en una WLAN sea correctamente dirigido hacia el GGSN asociado al servicio requerido en la PLMN (PublicLand Mobile Network) adecuada. Este elemento establece el túnel GTP, ejecuta las políticas del operador que recibe del servidor AAA 3GPP basadas en el perfil del usuario e implementa los mecanismos de QoS (Quality of Service) adecuados luego del establecimiento del túnel con el GGSN. Además, es capaz de generar información para la facturación y desempeñar funciones de filtrado de tráfico, comportándose como un firewall para los paquetes de la red WLAN. Para diferenciar este nodo con nuevas funcionalidades añadidas del Gateway de acceso WLAN tradicional, en lo adelante se hará referencia a él como WAG (Wireless Access Gateway).

El acceso no confiable incluye cualquier tipo de red Wi-Fi sobre la cual el operador no tenga el control, como hotspots públicos, domésticos y corporativos o infraestructuras Wi-Fi de otros proveedores de servicios. También incluye las redes de acceso Wi-Fi que no provean suficientes mecanismos de seguridad como autenticación y encriptación del enlace aéreo.

En este caso para poder brindar acceso a los servicios de datos internos del operador de forma segura, el tráfico de paquetes del usuario debe ser conducido a través de un túnel IPsec (Internet Protocol Security) que se establece entre el MS (Mobile Station) y un nodo que se introduce en la PLMN del operador que actúa como extremo final. Este enfoque de túnel extremo a extremo permite utilizar en la integración cualquier red Wi-Fi, sin tener en cuenta sus características de seguridad. El modelo de acceso no confiable no requiere cambios en la red de acceso Wi-Fi, pero tiene mayor impacto en el dispositivo móvil, el cual tiene que soportar el protocolo IPsec para poder realizar el túnel. Esto provoca un aumento considerable de encabezados y un mayor consumo de los recursos en el MS.

Para implementar esta solución se requiere introducir un nuevo elemento en el núcleo de la red móvil, con la capacidad de establecer los túneles apropiados y enrutar el tráfico desde los usuarios hasta el servicio de datos seleccionado. Estas funcionalidades se pueden lograr de dos maneras: mediante la introducción de un PDG (Packet Data Gateway) o la incorporación de un TTG (Tunnel Termination Gateway) conectado al GGSN, ambas variantes se pueden apreciar en la Figura 3.

El PDG es un nodo con funcionalidades similares a las del GGSN, pero que además puede actuar de extremo del túnel de datos establecido con el usuario. Este elemento direcciona el tráfico de datos proveniente del MS hacia la PDN indicada, de acuerdo al servicio solicitado por el usuario a través del W-APN (WLAN-Access Point Name). Además, puede realizar funciones como traslación de direcciones (entre la dirección IP local y la dirección IP remota), reforzamiento de políticas y generar reportes para la facturación.

Las funcionalidades del PDG se pueden lograr al conectar un GGSN y un TTG ubicados en la misma PLMN a través de la interfaz Gn. Estos nodos se comunican a través de un túnel GTP. El elemento TTG constituye el extremo final del túnel establecido con el UE y actúa como un SGSN cuando realiza el túnel GTP. Mientras que del GGSN se reutilizan funciones como control de políticas, asignación de dirección IP, autenticación en redes externas, generación de reportes para la facturación, direccionamiento del tráfico hacia los servicios de datos internos del operador y redes de datos externas, entre otras.

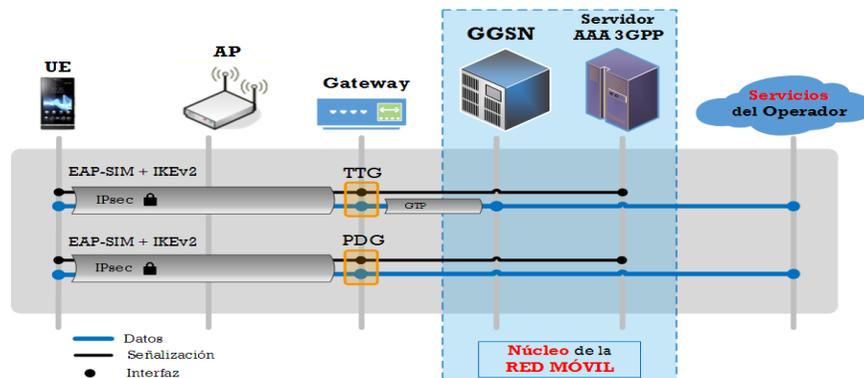


Figura 3. Acceso WLAN a través del núcleo desde redes Wi-Fi no confiables.

Continuidad de servicio

Asegurar que los usuarios puedan disfrutar de un servicio ininterrumpido durante una transferencia de sesión entre las redes Wi-Fi y celulares, es sin duda un aspecto a tener en cuenta y de gran interés en toda solución de integración. Es altamente deseable por los proveedores de servicios y por los usuarios finales tener la posibilidad de mover de forma imperceptible una sesión IP entre los accesos Wi-Fi y celular. El mantenimiento de una sesión se puede lograr mediante soluciones de movilidad con preservación de la dirección IP entre redes celulares y Wi-Fi.

En el acceso WLAN con desvío local (breakout), la continuidad de servicios entre ambas redes es soportada a través del protocolo de movilidad DSMIPv6 (Dual-Stack Mobile IP Protocol v6) [12], el cual asigna una dirección permanente al dispositivo (HoA, Home of Address) a través del Agente Base (HA, Home Agent). La funcionalidad HA puede ser implementada como una entidad aislada o colocada en el

GGSN. Cuando el dispositivo se mueve hacia una red Wi-Fi recibe una dirección IP temporal (CoA, Care of Address) y notifica al HA de esta nueva ubicación.

Luego de que se actualiza la posición actual del UE en el HA, se establece entre ambos elementos un túnel IP bidireccional. Ahora los paquetes que provienen de las redes de datos externas hacia el UE, al llegar al HA son enviados por este a su nueva dirección IP (CoA). Este proceso de traspaso de sesión puede resultar ineficiente, ya que el tiempo requerido para el intercambio de mensajes de señalización DSMIPv6 entre el HA y el UE es elevado, lo que conlleva pérdidas de paquetes durante la transferencia.

Para implementar esta solución se requiere un cliente DSMIPv6 en el dispositivo móvil, el cual posibilita la señalización y la transferencia de datos de usuario con el agente de movilidad ubicado en la red. En la actualidad todavía no existe una adopción significativa de soluciones DSMIPv6 por los fabricantes de dispositivos, por lo que los operadores móviles necesitan instalar en los dispositivos una aplicación cliente con soporte DSMIPv6 como parte de la oferta de integración a sus suscriptores si se opta por esta solución [13].

La eficiencia en el manejo de la movilidad entre las redes celulares y Wi-Fi constituye una de las principales ventajas del esquema de acceso WLAN a través del núcleo de la red móvil, ya que se reutilizan los mecanismos de gestión de la movilidad propios de las redes celulares. Como en este caso el tráfico de los usuarios, para ambas tecnologías de acceso, es direccionado hacia el servicio de datos por el mismo GGSN, este nodo es responsable de asignar la misma dirección IP al UE después del movimiento.

Para lograr la continuidad de servicio, el WAG o el TTG (según el grado de seguridad en la red de acceso Wi-Fi) al recibir una solicitud de acceso a los servicios, envían la información de registro del suscriptor sobre las interfaces GTP hacia el GGSN que originalmente manejaba la sesión del suscriptor. El GGSN con esta información asigna la misma dirección IP al dispositivo móvil, asegurando la entrega de los paquetes destinados al suscriptor en la red visitada. Si en lugar de un TTG conectado al GGSN se emplea un PDG, entre este nodo y el GGSN se establece un túnel GTP y se realiza el mismo intercambio de información descrito anteriormente.

Luego de una migración exitosa hacia la red Wi-Fi, el tráfico destinado al UE es ahora enviado desde el GGSN hacia el PDG, TTG o WAG a través del túnel GTP. Estos nodos reenvían entonces los paquetes IP recibidos hacia el UE. Debido a que la misma dirección IP es asignada al UE durante la transferencia, el UE continúa recibiendo los paquetes IP sin percibir discontinuidad de sesión.

Esta solución, a diferencia, del protocolo DSMIPv6, no requiere de capacidades adicionales en los dispositivos móviles. Además, se reducen los tiempos de demora por señalización y con ello la pérdida de paquetes durante el traspaso de sesión entre las redes Wi-Fi y celulares.

Tarificación común

La tarificación común permite simplificar y unificar la facturación al cliente con la extensión de un mecanismo común para todas las tecnologías de acceso. En dependencia del modelo de negocios del operador, este pudiera facturar a los usuarios por la cantidad de contenidos descargados a través de sus

redes -tanto Wi-Fi como celular- o denegar el acceso a ellas en cuanto el saldo de los suscriptores se termine.

Estas modalidades de tarificación que se conocen como facturación pospago y facturación prepago se realizan a través de los nodos de tasación que se encuentran en el núcleo de la red celular, conocidos como sistema de facturación fuera de línea (OFCS, Offline ChargingSystem) y sistema de facturación en línea (OCS, Online ChargingSystem) respectivamente.

Para realizar la facturación común, el servidor AAA 3GPP debe ejecutar diferentes funciones. En el caso de los abonados prepagos se necesita integración con el OCS del operador para la administración de cuotas y la desconexión en tiempo real. Para los servicios pospago, el AAA debe generar los CDR (CallDetails Records) a partir del volumen de información intercambiado por el suscriptor, los cuales son enviados al Sistema de Mediación para la Facturación a través del CG (Charging Gateway).

Arquitectura de integración

A continuación se presenta en la Figura 4 la arquitectura de integración diseñada que comprende las diferentes soluciones técnicas propuestas para satisfacer los requerimientos planteados. En esta arquitectura de integración 3GPP-WLAN se aprecian un grupo de nuevas interfaces estandarizadas -conocidas como puntos de referencia- que permiten el correcto funcionamiento entre los elementos de la red. Para estas interfaces se adoptó la notación y funcionalidad descrita en el TS 23.234 [14].

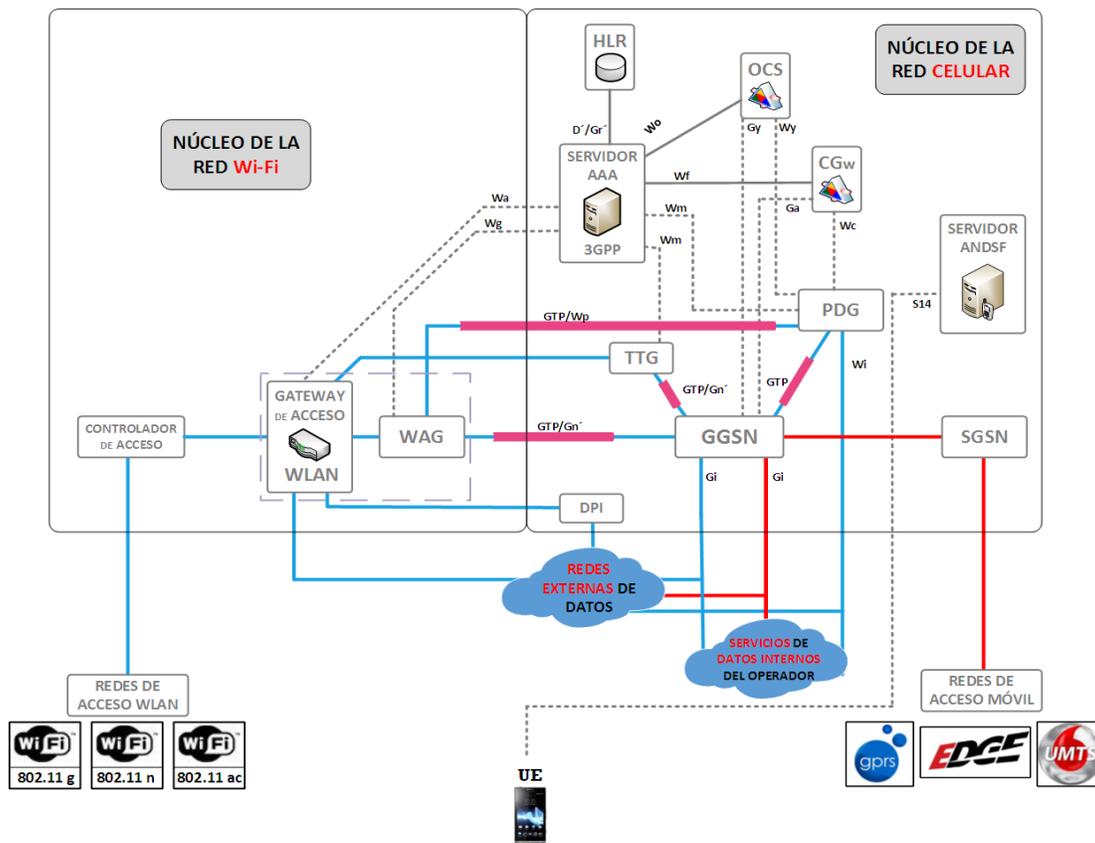


Figura 4. Arquitectura de integración de Wi-Fi con el núcleo de la Red Celular.

La propuesta de integración presentada soporta los diferentes esquemas de acceso a los servicios analizados anteriormente. Cada operador móvil debe decidir qué esquema o combinación de ellos le resulta más conveniente aplicar de acuerdo a sus objetivos de negocio y las características de la infraestructura de red que posee. Para lograr la continuidad del servicio, en la arquitectura diseñada se utiliza el protocolo de movilidad GTP, lo cual elimina la necesidad de soporte MIP en los dispositivos móviles de los clientes.

En esta arquitectura se aprecian las interconexiones del servidor AAA 3GPP con los demás elementos requeridos para realizar las funciones de autenticación y facturación común y para enviar las políticas del operador y el perfil de QoS del suscriptor a los elementos que participan en el establecimiento de los túneles.

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN LA RED CELULAR DE CUBA

La Red Celular de Cuba enfrenta actualmente una situación de crecimiento acelerado del tráfico de datos móviles, determinado en primer lugar por la reciente incorporación de nuevos servicios de datos y la creciente demanda generada por los usuarios, donde se destaca el servicio de correo electrónico NAUTA. Este aumento del tráfico de datos, mostrado en la Figura 5, ha provocado la congestión de las radiobases celulares y con ello una disminución de la capacidad destinada a atender el tráfico tradicional de voz. Esto presupone que se deba continuar invirtiendo en costosas infraestructuras de redes de nueva generación, para poder satisfacer la actual y futura demanda de ancho de banda.

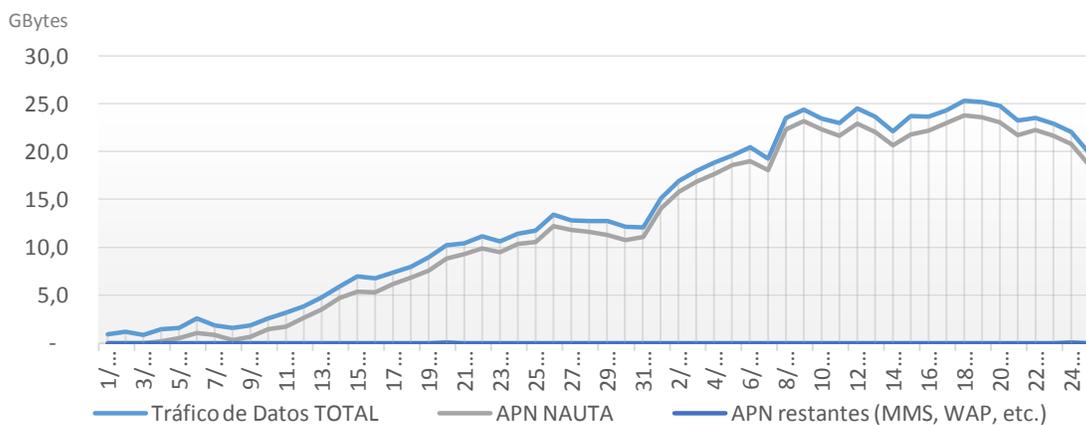


Figura 5. Incremento del tráfico de datos móviles desde la introducción del servicio NAUTA en la Red Celular Cubana.

De igual forma la nueva generación de terminales móviles que constantemente son introducidos por los usuarios, ofrecen capacidades de acceso e interacción con un número cada vez mayor de contenidos multimedia, lo que incide en los actuales niveles de estrés a los que es sometida la red.

La paulatina introducción de la 3G (3rd Generation) que está teniendo lugar en la Red Celular cubana, propicia en mayor medida la aparición de nuevos servicios de banda ancha, siendo una de las proyecciones existentes para este año incorporar el acceso a Internet entre los servicios de datos móviles, lo cual sin dudas será otro elemento que propicie el incremento de tráfico de datos en la red.

Estos elementos justifican la búsqueda e implementación en la Red de Servicios Móviles de Cuba de una solución que utilice la tecnología Wi-Fi como otra red de acceso para descargar el tráfico de datos móviles. De esta forma se liberan los recursos tan disputados por el acceso celular, beneficiando al tráfico de voz y los SMS. Actualmente la Red de Servicios Móviles de Cuba no está preparada para una inmediata implementación de una solución de descarga de datos móviles utilizando la tecnología Wi-Fi, ya que es necesario actualizar algunos elementos de la red e introducir otros nuevos.

Fases para la implementación de la integración de Wi-Fi con la Red Celular de Cuba

El despliegue de esta propuesta de integración por un operador de telecomunicaciones como ETECSA en la Red Celular de Cuba debe tener varias etapas en su desarrollo, definidas entre otras cosas por la inversión requerida y la paulatina aceptación y demanda por parte de los usuarios móviles. Además, en el establecimiento de las diferentes fases de implementación se deben tener en cuenta la disponibilidad y madurez de las soluciones así como el grado de estandarización de los productos y normas a utilizar para garantizar la interoperabilidad y escalabilidad de la solución. La integración de Wi-Fi con las redes y servicios móviles se puede considerar por tanto para el caso de nuestro país en 3 fases, cuyas principales características se muestran en la Figura 6. El paso de una fase a otra vendrá acompañado y a su vez determinado por la evolución futura de la red móvil existente.

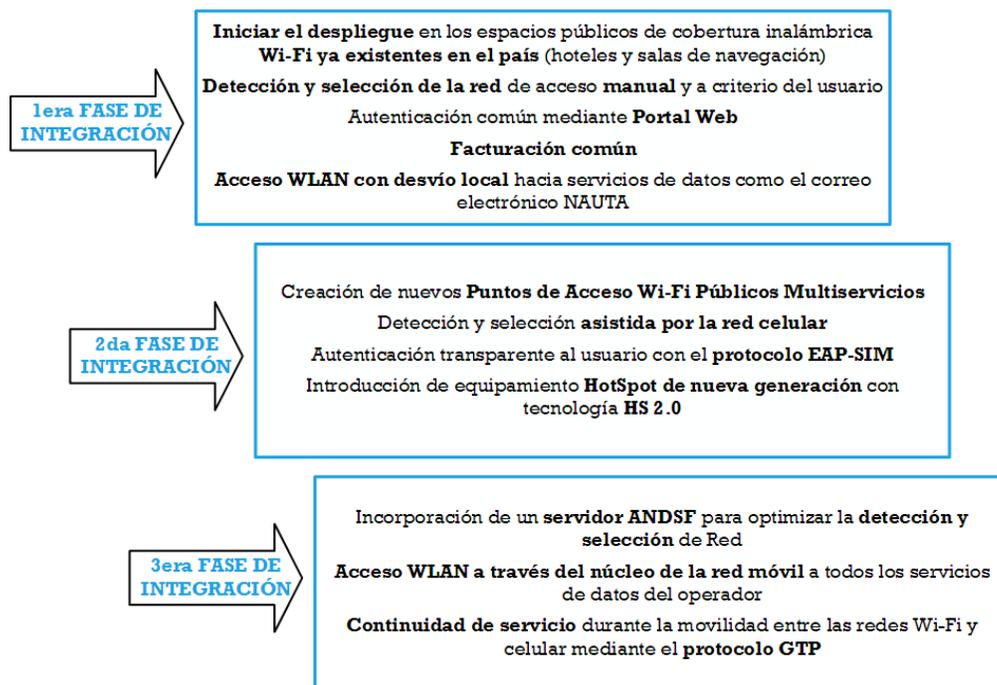


Figura 6. Características de las 3 fases propuestas para la implementación de la integración de Wi-Fi en la Red Celular de Cuba.

CONCLUSIONES.

Los operadores móviles, frente al incremento experimentado por el tráfico de datos móviles en la actualidad, requieren implementar soluciones que les permitan descargar este tráfico hacia redes de acceso complementarias, con lo cual reducen los niveles de congestión en la red y a la par ofrecer experiencias de banda ancha mejorada a los usuarios móviles.

La tecnología Wi-Fi resulta una alternativa conveniente para descargar el tráfico de datos móviles, pues es una tecnología de acceso que permite altas velocidades de transferencia de datos, rápidos y económicos despliegues, trabaja en el espectro no licenciado y es ampliamente utilizada en el escenario actual de las telecomunicaciones.

La integración de la tecnología WLAN con las redes celulares posibilita a los usuarios seguir utilizando los servicios de datos móviles sobre redes Wi-Fi y proporciona una experiencia transparente y segura, sin necesidad de otra autenticación o intervención del cliente y sin interrupción de la conexión, independientemente de la tecnología de acceso usada para servir al abonado.

La implementación de una propuesta de integración de la tecnología Wi-Fi en la Red Celular de Cuba representa una oportunidad atractiva y viable para solucionar los problemas de congestión y accesibilidad existentes y permitir un mayor desarrollo de los servicios de datos móviles y su prestación con calidad a los usuarios de la telefonía celular. Mediante una conexión Wi-Fi totalmente integrada al acceso móvil y al núcleo de la red, el operador podrá satisfacer las expectativas de acceso a la banda ancha móvil de los usuarios y asegurar el crecimiento sostenible en los datos móviles durante muchos años.

Esta nueva realidad representa a la vez un desafío y una oportunidad para los operadores móviles, los cuales están en la posición indicada para colocar el acceso Wi-Fi entre las principales tendencias de las comunicaciones móviles y convertirlo en parte integral de la banda ancha móvil. En la actualidad, un nuevo paradigma en las comunicaciones móviles se divisa, uno en el cual Wi-Fi y las redes celulares están perfectamente integradas y son indistinguibles en la mente del usuario móvil.

REFERENCIAS.

1. MORALES CÉSPEDES M. Gestión de Interferencia en Sistemas Femtocelda [Proyecto Fin de Carrera]. Tutor: Ana García Armada. Universidad Carlos III de Madrid: Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, Octubre 2010.
2. HETTING, C. *Seamless Wi-Fi Offload: A Business Opportunity Today* [en línea]. [ref. de 3 de marzo 2014]. Disponible en Web: <http://www.aptilo.com/seamless-wi-fi-offload-white-paper>.
3. 4G AMERICAS. *Integration of Cellular and Wi-Fi Networks* [en línea]. [ref. de 13 de febrero 2014]. Disponible en web: http://www.4gamericas.org/documents/Integration_of_Cellular_and_WiFi_Networks-White_Paper-9.25.13.pdf.

4. CISCO NETWORKS. *The Future of Hotspot: Making Wi/Fi as Secure and Easy to Use as Cellular* [en línea]. [ref. de 20 de febrero 2014]. Disponible en web: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/service-provider-wi-fi/white_paper_c11-649337.pdf.
5. 3GPP TS 25.925 v3.5.0. *Radio interface for broadcast/multicast services*. Technical report, 3rd Generation Partnership Project. Disponible en Web: http://www.3gpp.org/ftp/specs/archive/25_series/25.925/25925-350.zip.
6. 3GPP TS 24.312 v12.4.0. *Access Network Discovery and Selection Function (ANDSF)*. Technical specification, 3rd Generation Partnership Project. Disponible en Web: http://www.3gpp.org/ftp/specs/archive/24_series/24.312/24312-c40.zip.
7. RUCKUS WIRELESS. *Hotspot 2.0: Making Wi/Fi as easy to use and secure as cellular* [en línea]. [ref. de 5 de marzo 2014]. Disponible en Web: http://theruckusroom.typepad.com/files/hotspot_2.0_wp_2013.pdf.
8. WIRELESS BROADBAND ALLIANCE. *Developing a new experience for Wi-Fi users* [en línea]. [ref. de 21 de enero 2014]. Disponible en Web: <http://www.wballiance.com/resource-center/wba-white-papers>.
9. RFC 4186. Extensible Authentication Protocol Method for Global System for Mobile Communications (GSM) Subscriber Identity Modules (EAP-SIM). Internet Technical specification, Enero 2006 [Internet]. Available from: <http://ietfreport.isoc.org/rfc/PDF/rfc4186.pdf>.
10. KUMAR VARSHNEY R. *WiFi Offload of Mobile Data: UE CHALLENGES*. Aricent White Paper, 2013 [en línea]. [ref. de 8 de marzo 2014]. Disponible en web: <http://www.aricent.com/sites/default/files/pdfs/Aricent-WiFi-Offload-Whitepaper.pdf>.
11. RUCKUS WIRELESS. *The Business Case for Service Provider Wi-Fi*. White Paper, 2013 [en línea]. [ref. de 22 de febrero 2014]. Disponible en Web: <http://a030f85c1e25003d7609-b98377aee968aad08453374-eb1df3398.r40.cf2.rackcdn.com/wp/wp-business-case-for-sp-wifi.pdf>.
12. RFC 5555. *Mobile IPv6 Support for Dual Stack Hosts and Routers*. Internet Technical specification, Junio 2009 [en línea]. [ref. de 27 de febrero 2014]. Disponible en Web: <http://ietfreport.isoc.org/rfc/PDF/rfc5555.pdf>.
13. GREENPACKET. *Managing mobile data offloading securely over WLAN access networks with I-WLAN*. White Paper, 2011 [en línea]. [ref. de 16 de marzo 2014]. Disponible en Web: <http://www.greenpacket.com/dl/wpapers.html>.
14. 3GPP TS 23.234 v11.0.0. *3GPP system to Wireless Local Area Network (WLAN) interworking*. Technical specification, 3rd Generation Partnership Project. Disponible en Web: http://www.3gpp.org/ftp/specs/archive/23_series/23.234/23234-b00.zip.