

REDES HETEROGÉNEAS Y VIRTUALIZACIÓN PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE LAS REDES MÓVILES.

Msc. Frank Zurbano Quintana

ETECSA, División de Servicios Móviles Villa Clara, Cuba, frank.zurbano@cubacel.cu, Alfredo Barrero No 6 e/ Máximo Gómez y Villuendas. Santa Clara. VC

RESUMEN

La mejora, densificación y la complementación de la red celular macro con nodos de baja potencia son métodos adicionales para incrementar la capacidad celular denominado: redes heterogéneas. Estas son un medio atractivo para expandir la capacidad de la red móvil y las pequeñas celdas son una vía para resolver la capacidad y los problemas de cobertura en puntos de acceso tales como, plazas congestionadas, calles comerciales, estaciones de ferrocarril, hoteles, centros comerciales, oficinas y aeropuertos. Para que esto suceda hay que enfrentar un número de dificultades. La más importante es la coordinación estrecha entre los nodos de la red, las tecnologías y los recursos, ya que esta arquitectura añade complejidad a las funciones de red. Para resolver los problemas de coordinación se puede cambiar la arquitectura de la red moviendo funciones de hardware especializado a una infraestructura de centro de datos estándar, lo que se denomina Virtualización de las Funciones de Red. Esta iniciativa tiende a reducir la complejidad de la red y los eventos operacionales relacionados, llevando las tecnologías de virtualización estándar IT a la consolidación de diferentes tipos de equipos de red sobre servidores industriales estándares de gran volumen, conmutadores y almacenadores. La virtualización de la estación base se lleva a cabo distribuyendo los recursos entre múltiples nodos lógicos en la RAN de diferentes sistemas, asignando dinámicamente los recursos y disminuyendo el consumo de potencia. La tecnología de RAN Centralizada (C-RAN) con virtualización puede potenciar más eficientemente la utilización de recursos entre diferentes estaciones base físicas.

PALABRAS CLAVE: Virtualización, Pequeñas Celdas, Estación Base.

ABSTRACT

Enhancing, densifying and complementing the macro-cellular network with low power nodes or small cells, are additional methods of increasing cellular capacity named: heterogeneous networks. Heterogeneous networks are an attractive means of expanding mobile network capacity and Small Cells is a great way to solve capacity and coverage problems in hotspots such as busy city squares, commercial streets, railway stations, hotels, shopping mall, offices and airports. But to make this happen a number of challenges need to be overcome. The most important is a close coordination in the network between all nodes in the network, all technologies and all resources because this architecture adds

complexity to the network functions. For overcome the problems of coordination we can change the architecture of the mobile network moving functions from specialized hardware to standard data centre infrastructure called Network Function Virtualization. This method aims at reducing the network complexity and related operational issues by leveraging standard IT virtualization technologies to consolidate different types of networks equipment onto industry standard high volume servers, switches and storage. Base station virtualization can achieve sharing of resources among multiple logical RAN nodes from different systems, dynamically allocating the resource as well as reducing power consumption. Centralized-RAN (C-RAN) technology with virtualization can leverage more efficient resource utilization among different physical base stations.

KEYWORDS: Virtualization, Small Cells, Base Station.

INTRODUCCIÓN

El tráfico de datos móviles continúa incrementándose. De acuerdo a los últimos análisis se espera que el tráfico generado por los dispositivos móviles tenga un crecimiento anual del orden de un 60% a nivel global. Este incremento de tráfico está determinado fundamentalmente por el gran incremento de teléfonos inteligentes en el mercado que son utilizados, no solamente para acceder a Internet sino también para acceso de aplicaciones y servicios basados en la nube, incluyendo video y otros contenidos de ancho de banda intensivo. Por otro lado, y como consecuencia de lo anterior, se va manifestando un aumento significativo en las demandas de tráfico en determinadas locaciones como son plazas muy ocupadas en una ciudad, calles comerciales, estaciones de ferrocarril, hoteles, centros comerciales, oficina y aeropuertos. Además, los operadores deben brindar una consistente experiencia en cuanto a calidad y ancho de banda que exceda las expectativas de la experiencia de los usuarios, lo que implica una mejora en el comportamiento de los datos tanto en el entorno general de las celdas como en sus bordes, especialmente en interiores donde aproximadamente el 70% del tráfico es generado en la actualidad. Por este motivo, los operadores de redes móviles tienen que buscar nuevas alternativas y estrategias para dar solución a esta problemática actual considerando además las exigencias futuras que se propone para la 5ta. Generación.

Las soluciones iniciales se basan fundamentalmente en la introducción de la tecnología de pequeñas celdas como complemento de las celdas macro tradicionales, lo que ha dado lugar a las llamadas redes heterogéneas y a lo que ha contribuido la arquitectura distribuida aplicada a la Estación Base. La iniciativa de ETSI en cuanto a la vitalización de las funciones de red (NFV) promete un mejora significativa al aplicarse esta tecnología tanto al núcleo de la red móvil como a la estación base y que han dado lugar a una nueva distribución de los nodos en la arquitectura de la red móvil hasta llegar al concepto de Red de Acceso (RAN) en nube o concentrada, basada en los conceptos de computación en nube conjuntamente con la virtualización de funciones de la red móvil tecnología denominada C-RAN. Más recientemente y basado en los mismos principios, se ha procedido a virtualización de funciones del núcleo de la red y situarlas en los bordes de esta o sea, cercanas al usuario garantizando así cierta independencia de estos últimos ante dificultades en la red de acceso con el núcleo de red y del propio núcleo, iniciativa denominada Computación en el Borde Móvil (Mobile Edge Computing) y abreviada MEC.

Todas estas iniciativas son aplicables al total de las tecnologías móviles en uso pero su mayor efectividad se logra a partir de los sistemas LTE y LTE-A, por lo que su aplicación está fundamentalmente dirigida hacia estas tecnologías que hasta la fecha, son las destinadas a implementar la 5ta. Generación de redes móviles.

La aplicación de todas las iniciativas aquí mencionadas no deja de chocar con serias dificultades a la hora de la implementación práctica y como tradicionalmente ha sido, el mayor desafío está en la Red de Acceso y en particular, en la porción de esta encargada de la conectividad de todos sus elementos y que se denomina Backhaul.

Este trabajo tiene por objetivo dar a conocer los principios básicos de las iniciativas tecnológicas aquí citadas y las principales dificultades a que se enfrenta su implementación.

REDES HETEROGÉNEAS.

La expansión de capacidad a partir de la arquitectura tradicional de las redes móviles tiene como nodo principal la estación base macro. A partir de esta estación podemos hacer un incremento de su capacidad mediante la utilización de un espectro de frecuencias superior, mayor número de antenas y una mejora del procesamiento dentro de los nodos constituyentes, así como entre ellos. De este modo se incrementa la capacidad sin tener que añadir nuevos sitios. Pero esto no es suficiente para ciertos escenarios como son:

- Puntos de acceso en exteriores de grandes demandas tales como, plazas y calles comerciales, con una densa red macro ya definida y que son áreas donde la interferencia es alta.
- Puntos de acceso aislados de alto tráfico localizados en interiores como son: centros de negocios y hoteles donde es difícil llegar mediante una estación macro en exterior.
- Puntos de acceso de alto tráfico en interiores, como centros comerciales, aeropuertos y estaciones del metro, donde las demandas de movilidad y la interferencia son altas.
- Puntos de acceso localizados en interiores o espacios con poca cobertura tales como oficinas pequeñas y restaurantes que exigen despliegues y gastos de estructura de las redes celulares convencionales.

Para satisfacer las demandas de tráfico, los operadores de redes móviles han tenido que adoptar estrategias encaminadas al aumento de la capacidad y cobertura de la red mediante tres propuestas y son las siguientes:

- Mejora de las macro celdas existentes. Lo que consiste en una ampliación de las macroceldas utilizando más espectros de frecuencias, antenas avanzadas, incremento del orden de diversidad en el receptor y/o el transmisor y una gran capacidad de procesamiento dentro de los nodos y entre ellos. Por otro lado se evoluciona en las tecnologías a utilizar tales como HSPA y LTE que mejoran la eficiencia por la introducción de rasgos inherentes a ellas tales como son las modulaciones de orden superior, orden de sectorización superior, utilización de portadoras múltiples y utilización de soluciones con múltiples antenas y de radio con vista reestructurar el espectro.
- Densificación de la red macro. Cuando la mejora de la estación macro es insuficiente se procede a la densificación que en una primera opción consistirá en dividir las celdas lo que implica una

transición de un sitio con tres sectores a uno con seis. Si esta estrategia no es suficiente se procede a añadir nuevos sitios macro en puntos estratégicos.

- Adición de pequeñas celdas. Consiste en añadir pequeñas celdas como complemento de la estación macro. Las pequeñas celdas brindan una alta capacidad por usuario en su área de cobertura con la potencialidad de incrementar el rendimiento en la red macro descargando tráfico generado en los puntos de acceso.

La mezcla de las celdas macro con las pequeñas celdas se reconoce como red heterogénea, y el éxito radica en lograr una mezcla óptima. [1]

Las redes heterogéneas constituyen un medio atractivo para expandir la capacidad. En general, están compuestas por múltiples tecnologías de acceso, arquitecturas, soluciones de transmisión y diferentes estaciones base con potencia de transmisión variables. En la figura 1 se pueden ver varios entornos de estas redes.

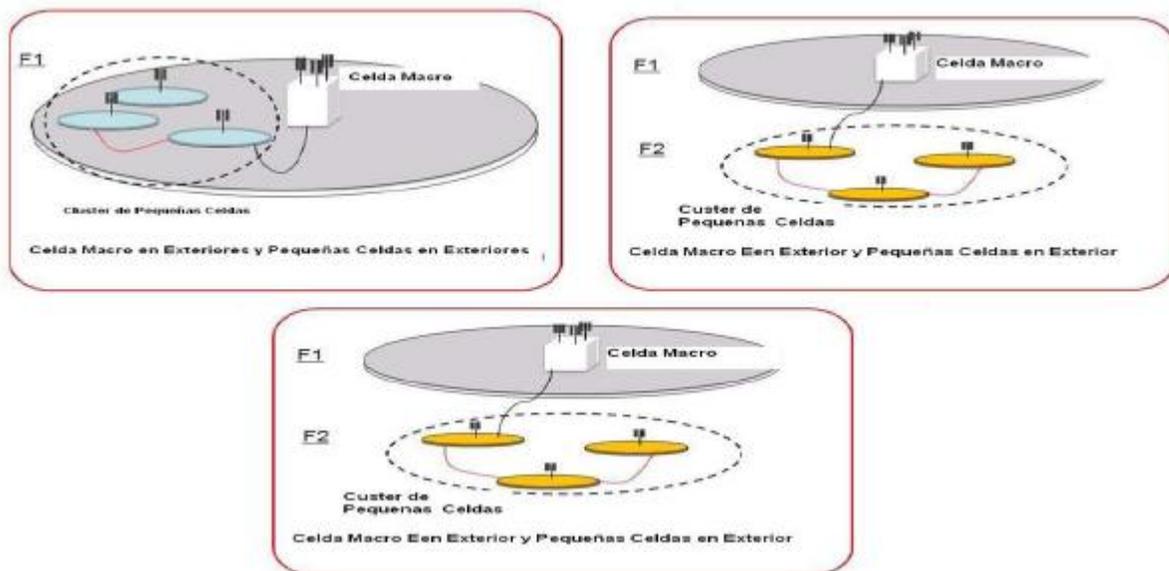


Figura 1: Distintos escenarios para redes heterogéneas

PEQUEÑAS CELDAS

Las pequeñas celdas son una reciente solución a las demandas de tráfico estandarizadas por 3GPP y son las que resuelven la demanda de tráfico en las redes heterogéneas. Se pueden clasificar de acuerdo con la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 1: Clasificación de las pequeñas celdas

	Femtocelda	Picocelda	Micro/Metrocelda
Interiores/Exteriores	Interiores	Interiores Exteriores	Exteriores
Número de Usuarios	4 a 16	32 a 100	Aproximadamente 200
Potencia de salida	20 a 100 mW.	100 a 200 mW.	2 W.
Radio de la celda máx.	10 a 50 mts.	200 mts.	2 km.

En el sentido más amplio se define una pequeña celda con acceso público como dispositivos de una estación base pequeña de corto alcance utilizada para complementar el servicio móvil y que forma parte integrante de los operadores móviles de redes de acceso de radio 3G y 4G y por tanto son accesibles a todos los clientes de los operadores.[2]

Las pequeñas celdas están definidas para cualquiera de las tecnologías pero su papel dentro de las redes heterogéneas en la actualidad se prioriza sobre 3G fundamentalmente en interiores y LTE en el entorno urbano.

Las pequeñas celdas son desplegadas donde dicte la demanda.

Las pequeñas celdas son menos susceptibles a la interferencia que las celdas macro por estar situadas a poca distancia del suelo y esto se traduce en más capacidad y con señales de alta calidad lo que da lugar a un mejor desempeño, ya que permite que el sistema utilice un esquema de transmisión con mayor eficiencia espectral, lo que se traduce en una transmisión con mayor número de bits en un mismo tiempo. Por este motivo, las aéreas donde los usuarios pueden transmitir y recibir con altas razones de datos son más grandes que en la celda macro. Además, ofrecen ventajas en cuanto a latencia y la cobertura en los bordes de la celda es mejor que en la celda macro sobre todo en el enlace de subida y brinda una mejor penetración de la cobertura, lo que refuerza los servicios en aéreas urbanas congestionadas.

También representa una fuente de ingresos significativa al brindar una mejor cobertura en edificaciones si se tiene en cuenta que aproximadamente un 40% del tráfico móvil se origina en el hogar y un 25% en el trabajo.

DIFICULTADES EN EL DESPLIEGUE DE REDES HETEROGÉNEAS

El despliegue y operación de las redes heterogéneas tropieza con un número de obstáculos que en algunos casos constituyen desafíos para los operadores, estos se pueden resumir en los casos siguientes: [3]

EL BACKHAUL

El backhaul constituye el elemento que más dificultades exhibe en el despliegue de redes heterogéneas y por tanto, es donde radican los mayores desafíos. Su comportamiento afecta el rendimiento de las redes de acceso de radio. Se requiere un backhaul de alto rendimiento y baja latencia. La selección del backhaul debe estar basada en el tipo de pequeña celda para que sea efectivo en cuanto a costos.

Es necesaria una coordinación bien ajustada con las pequeñas celdas para el óptimo uso de los escasos recursos del espectro.

El costo del backhaul para pequeñas celdas es superior que el de la macro celda por tanto, uno de los mayores problemas que enfrentan los operadores es cómo una pequeña celda puede ser conectada al backhaul existente y a los puntos de conexión.

Las redes con un gran número de pequeñas celdas requieren soluciones en el backhaul que puedan hacer una selección de los medios de transmisión físicos, que incluye microondas, fibras, líneas de cobre y conectividad inalámbrica, lo que significa un problema para los operadores que desean utilizar los recursos de la infraestructura existentes que no necesariamente son los que necesita el sitio y que resulta en una inversión en una red de mayores rendimientos, lo que afecta el costo de instalación y el tiempo a invertir.

Al ser instaladas las estaciones a poca distancia del suelo, en interiores y exteriores los sistemas típicos de microondas con visión directa (LOS) no son efectivos al no tener visión despejada entre los nodos, lo que se acrecienta cuando las estaciones están desplegadas en áreas urbanas donde las celdas están por debajo del nivel de los edificios. Por otro lado, la fibra es cara de desplegar si ésta no está presente en punto de acceso requerido. El empleo de las técnicas de propagación no visuales (NLOS) y NrLOS, utilizando bandas sub-6 GHz son las candidatas para las conexiones inalámbricas en el backhaul. Las bandas V y E en el rango de 20 a 80 GHz son una alternativa de las bandas sub-6GHz. [4]

En la mayoría de las redes se utilizan mezclas de tecnologías alámbrica e inalámbricas en el backhaul.

La utilización de configuraciones de antena avanzadas como son 3D, CoMP y MIMO masivo proporcionan un incremento en la ganancia de capacidad, pero al costo de incrementar la complejidad y las consecuencias que de ello se deriva en los procesos de coordinación, que ya son a considerar.[5]

LA INTERFERENCIA

El aumento de celdas en la red heterogénea aumenta el nivel de interferencia debido al reuso de frecuencias, Las técnicas de Multipunto Coordinado (CoMP) y la utilización de los métodos de Auto-Optimización de Red (SON) son soluciones que los operadores deben tener en cuenta antes de desplegar la red.[6]

EL HANDOVER

La presencia y densidad de pequeñas celdas en la red y en particular en una misma locación producen un incremento significativo del handover comparado con el que ocurre entre celdas macro. Aquí el handover se produce entre pequeñas celdas vecinas y entre estas y la celda macro. El exceso de handover puede forzar el trabajo de la red debido a la cantidad de procedimientos a efectuar. De aquí se deriva la necesidad de incluir en la red, técnicas de optimización de handover, que por otro lado añaden complejidad a la red.

Eliminando la necesidad de enviar tráfico al núcleo de red cuando nos movemos entre celdas con técnicas de soft handover entre estaciones se reducen tanto la latencia como la caída de conexiones.

Se estudian los beneficios de una conexión simultánea entre pequeñas celdas y la macro celda.

EL SITIO

La elección del sitio es de suma importancia debido a que la elección óptima del mismo da por resultado un máximo aprovechamiento del espectro. Esto sugiere flexibilidad y alternativas en las soluciones para el emplazamiento óptimo de sitios ya que en el caso de entornos urbanos hay además que tener en consideración los aspectos administrativos y permisos para establecer los sitios, que ahora dependen de municipalidades, agencias y comerciantes.

LA COORDINACIÓN

Existen numerosas técnicas para ayudar al aumento de la capacidad en redes heterogéneas pero con el resultado de un aumento considerable de la complejidad lo que implica un incremento y complejidad de gestión de las funciones de coordinación entre los nodos de la red.

La coordinación entre la pequeñas celdas y la red macro en redes heterogéneas se logra mediante una gestión de tráfico común a través de tecnologías, frecuencias y locaciones, lo que implica habilitar un monitoreo continuo del comportamiento del usuario a través de las tecnologías y coordina decisiones basadas en la carga de la red o priorización de servicio.

La coordinación de radio entre las celdas macro y las pequeñas puede reducir también el número de pequeñas celdas requeridas en el orden de un 70%

Un gran número de celdas crea una nueva complicación para los móviles para detectar la mejor celda para asociarse.

Desde la perspectiva de la red de radio, la complejidad de las redes heterogéneas compuestas de varios niveles y tecnologías puede, con facilidad, pasar a ser incontrolable a menos que sea cuidadosamente diseñada. La cantidad de relaciones de vecindades en una red de diferentes tamaños de celdas puede incrementarse sustancialmente y la gestión manual de la identidad de la celda y su lista de vecindades se convierte en una labor intensiva y costosa. La necesidad de moverse inapreciablemente desde una tecnología de acceso a otra para mantener un máximo de cobertura y utilización de los recursos exige una interrelación de trabajo efectiva entre celdas macro y pequeñas celdas al igual que entre tecnologías de acceso de radio.

En las redes heterogéneas la coordinación entre la macro celda y la pequeña celda tiene un impacto muy positivo en el comportamiento de la red de radio.

La coordinación reduce el número de pequeñas celdas requeridas entre un 50% y un 70% e incrementa la razón de bit del usuario en dispositivos limitados por potencia de transmisión e interferencia en un factor de dos a diez.

Hasta aquí se puede concluir que aspecto más importante y complejo para la correcta operación de las redes heterogéneas es la coordinación. Por esta razón, los operadores trabajan para gestionar las funciones de coordinación en las formas más eficientes posibles y menos complejas. Esto se ha logrado separando los datos, las funciones de control y las aplicaciones y mediante la virtualización de las funciones moverlas desde un hardware especializado hacia una infraestructura estándar de centro de datos, lo que se denomina Virtualización de las Funciones de Red (NFV). Figura 2 [7]



Figura 2: Objetivo de la Virtualización

VIRTUALIZACION

La Virtualización de las Funciones de Red (NFV) está encaminada a transformar el modo en que los operadores de red diseñan la arquitectura de la misma mediante la evolución del estándar de las Tecnologías de la Información (TIC) sobre la tecnología de virtualización para consolidar muchos tipos de equipos de red sobre servidores estándar industriales de gran volumen, conmutadores y dispositivos de almacenaje, los cuales podrían estar localizados en una variedad de Puntos de Presencia en una Infraestructura NFV (NFVI-PoP), incluyendo centros de datos, nodos de red y en las premisas del usuario final.[8]

Nueve casos de redes virtualizadas han sido definidos por ETSI y dos de estos casos son la virtualización del Núcleo de Red Móvil y la virtualización de la Estación Base Móvil o también Red de Acceso de Radio (RAN).

VIRTUALIZACIÓN DEL NÚCLEO DE RED

En el caso de virtualización del Núcleo de la Red Móvil las ventajas que se obtienen son:

- Reducción del TCO
- Mejora de la eficiencia en el uso de la Red debido a la flexibilidad de asignación de diferentes Funciones de Red.
- Disponibilidad de servicios y resiliencia superiores brindadas a los usuarios mediante reconfiguración dinámica de la red, que es un rasgo inherente a la tecnología de virtualización.
- Elasticidad, lo que significa que la capacidad dedicada a cada función de red puede ser dinámicamente modificada de acuerdo a la carga actual de la red.
- Reconfiguración Topológica: La topología de la red puede ser reconfigurada dinámicamente para optimizar su rendimiento.

La virtualización se puede llevar a cabo en forma parcial virtualizando sólo algunas funciones de todas las posibles. En la actualidad la virtualización del núcleo de red está dirigida solamente al núcleo EPC del sistema LTE y las funciones de red adjuntas como son: MME, S/P-GW, PCRF, etc.

También las Funciones de Red para interoperación entre 3G y EPC como son: SGSN y GGSN y a las Funciones de Red de IMS. Un núcleo de red con funciones de red virtualizadas puede coexistir con otro con funciones de red no virtualizadas.

La virtualización del núcleo de red permite que determinadas funciones de este puedan ser movidas hacia otros nodos de la red móvil. [9]

Teniendo en cuenta lo anterior, surge una iniciativa de modificar la arquitectura de la red de modo que se puedan distribuir ciertas funciones del núcleo hacia el borde de la red. Esta iniciativa se conoce como Computación en el Borde Móvil (Mobile Edge Computing- MEC). [10]

MEC brinda capacidades IT y de Computación de Nube dentro de la RAN muy próximas al suscriptor móvil.

Para proveedores de contenido y los especialistas dedicados al desarrollo de aplicaciones, los bordes de la RAN ofrecen un ambiente de servicio con una latencia muy baja y un gran ancho de banda así como acceso directo a información de la red de radio en tiempo real, las que pueden ser utilizadas por aplicaciones y servicios para ofrecer servicios relacionados con contexto, los que son capaces de hacer diferenciaciones en la experiencia móvil de banda ancha.

MEC permite acelerar contenido, servicios y aplicaciones incrementando la correspondencia con el borde. La experiencia del suscriptor móvil puede ser enriquecida mediante operaciones eficientes de la red y los servicios basados en la visión dentro de las condiciones del radio y la red.

Los operadores pueden abrir el borde de la red de radio a terceras partes, permitiéndoles un rápido despliegue de nuevas aplicaciones y servicios hacia los suscriptores móviles, empresas y otros segmentos verticales. Proximidad, contexto, agilidad y velocidad pueden ser traducidos en valor y pueden crear oportunidades para los operadores móviles y los proveedores de servicio y contenido.

Un Nuevo grupo denominado Grupo de Especificación de la Industria (Industry Specification Group (ISG)) está propuesto para ser establecido por ETSI con vista a la creación de las especificaciones de MEC. En la figura 3 se muestran varios escenarios de aplicación de la iniciativa MEC.

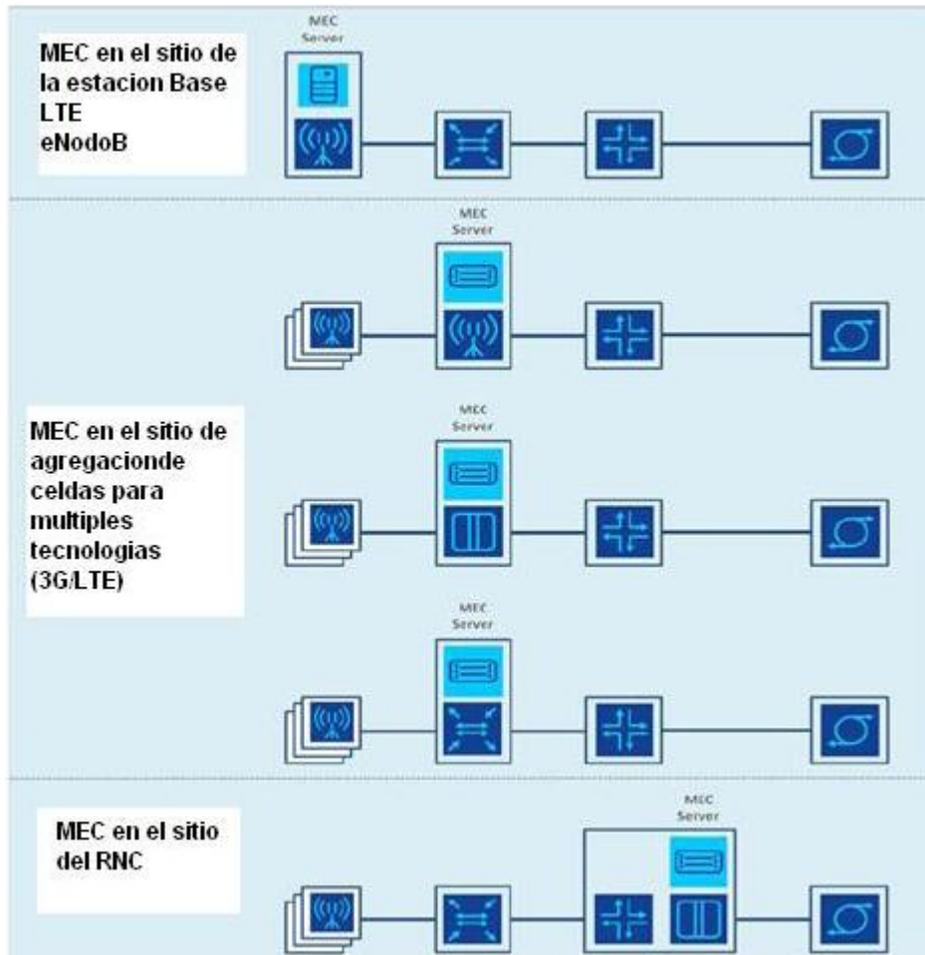


Figura 3: Escenarios de aplicación de MEC.

VIRTUALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE

La virtualización de la estación base móvil lleva la virtualización hasta al menos una parte de los nodos de la RAN sobre servidores IT estándar, conmutadores y almacenadores lo que debe proporcionar ventajas en cuanto a espacio ocupado y consumo de energía, debido a la asignación dinámica de recursos y el balance de la carga de tráfico y una mejor gestión y operación.

Lo que se desea es que las redes móviles con múltiples nodos de RAN, provenientes de múltiples suministradores y que usualmente operan con diferentes sistemas de red móvil (3G, LTE) en una misma área puedan ser consolidados dentro de una estación base física mediante tecnologías de virtualización.

En la arquitectura tradicional, si el sistema está diseñado para satisfacer la carga pico, lo que es usual, la utilización de la RAN estará por debajo de su máxima capacidad y por tanto, la carga promedio será aún más baja pero los recursos de cada RAN no pueden ser compartidos con otras.

La virtualización de Radio bases requiere procesamiento de la banda base de radio utilizando las tecnologías de virtualización en IT, tales como procesadores de propósitos generales de alto rendimiento y procesamiento en tiempo real de virtualización para garantizar la capacidad de procesamiento de señal requerida. Por otro lado, la virtualización de estación base para C-RAN requiere la construcción de los recursos de procesamiento o sea, el conjunto de Unidades de Banda Base (BBU) para la agregación de recursos dentro del entorno virtualmente centralizado tal como un centro de datos o infraestructura de nube.

Los objetivos se plantean para LTE pero son aplicables indistintamente a 2G y 3G. Los objetivos principales son:

- Para los nodos de RAN tradicionales tales como eNodo B, HeNodoB, femtoceldas y picoceldas, el objetivo de virtualización recae sobre MAC, RLC, PDCP, RRC, CoMP y unidad de procesamiento de banda base de radio.
- Para C-RAN, se consideran todas las funciones en la BBU, arriba descritas, junto con las funciones de conmutación y balance de carga.

Mediante la virtualización de la Estación Base es posible compartir los recursos entre diferentes sistemas mediante asignación dinámica con la consiguiente reducción del consumo de potencia. La posibilidad de virtualización de la estación base permite modificar la arquitectura típica de la RAN al caso denominado RAN Centralizada (C-RAN) lo que permite aprovechar más eficientemente la utilización de recursos entre diferentes estaciones base físicas.

En la arquitectura típica de estaciones base distribuidas los elementos que la constituye son la unidad de Banda Base (BBU) alojada en un bastidor y la unidad de radio remota, denominada RRU que se encuentra ubicada en la base de la torre o en lo alto de esta. La conexión entre ambos módulos se realiza mediante fibra óptica a través de la interface CPRI. La centralización de la RAN mueve la BBU a una locación centralizada donde comparte el espacio con otras unidades de banda base. [9]

ARQUITECTURA C-RAN.

Se le aplican varias denominaciones tales como RAN en Nube (Cloud RAN), RAN virtualizada y RAN Centralizada. [11]

La arquitectura tradicional de la RAN se va haciendo muy cara para los operadores móviles para mantener la competitividad. La misma va perdiendo eficiencia para soportar la requerida gestión de interferencia centralizada requerida en las redes heterogéneas así como la flexibilidad para migrar servicios en el borde de la red con el objetivo de innovar aplicaciones, disminuyendo la habilidad de generar nuevos ingresos. Es por ello que se debe evolucionar a nuevas arquitecturas.

La arquitectura C-RAN no es más que una nueva distribución de los nodos de la RAN y puede ser de dos tipos fundamentales: Completamente Centralizada y Parcialmente Centralizada. Ambas arquitecturas están compuestas de tres partes: las unidades de radio distribuidas, referidas como RRH o RRU y donde están las funciones de radio, conjuntamente con las antenas colocadas en el sitio remoto, una red de

transporte de gran ancho de banda y baja latencia (por lo general óptica) que unirá la colección de unidades de banda base (BBU) con los RRH y por último la BBU donde radican las funciones de banda base de la capa L1 y aquellas pertenecientes a la las capas L2 y L3 de la BTS la que está compuesta sobre la base de procesadores programables y tecnología de virtualización en tiempo real.

En la arquitectura completamente centralizada las capas L1 (o banda base), L2 y L3 de las funciones de la BTS están localizadas en la BBU. Esta arquitectura tiene la ventaja de una fácil actualización y expansión de la capacidad de la red y posee una mejor capacidad para soportar operación con múltiples estándares y distribución de recursos además, es más conveniente para soportar las técnicas de procesamiento de señal en multi-celdas cooperativas (CoMP). Su desventaja radica en el gran ancho de banda requerido por la BBU.

En la arquitectura parcialmente centralizada los RRH van a integrar no solamente las funciones de radio si no también las de banda base, mientras que las restantes se localizan en la BBU. La ventaja de esta arquitectura es que requiere mucho menos ancho de banda de transmisión entre BBU y RRH. Su desventaja radica en tener menos flexibilidad para actualizaciones y menos conveniente en el caso de celda colaborativas al estar el procesamiento de banda base integrado con el RRH. En las figuras 4 y 5 se muestran ambas arquitecturas.

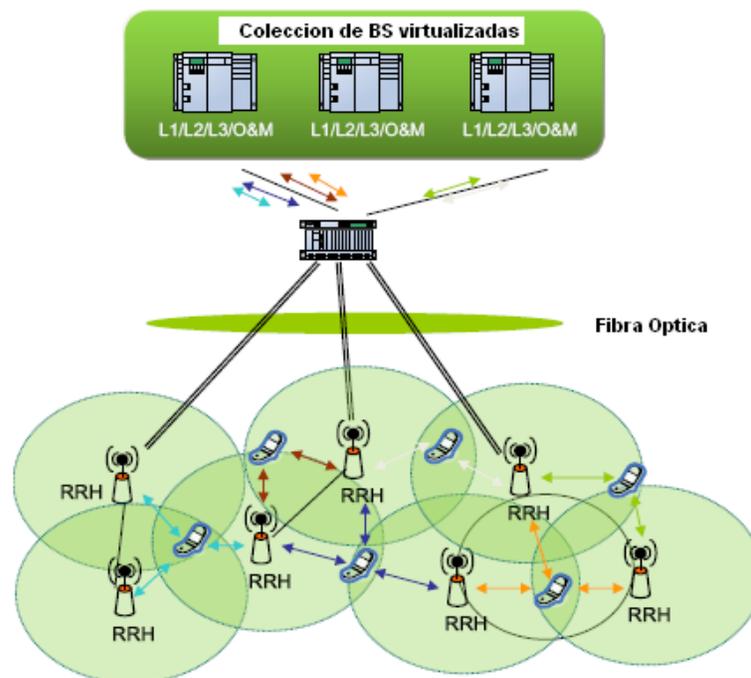


Figura 4: Arquitectura C-RAN Completamente Centralizada.

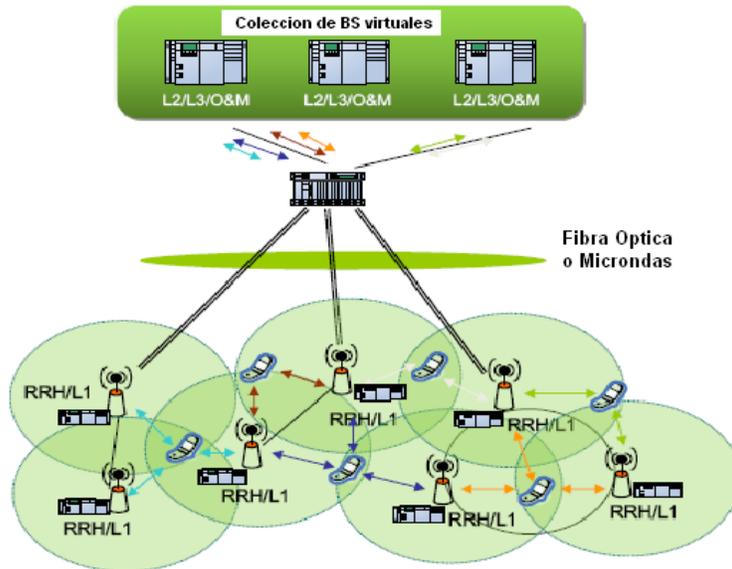


Figura 5: Arquitectura C-RAN Parcialmente Centralizada.

VENTAJAS DE LA DISTRIBUCIÓN C-RAN

- Infraestructura eficiente en cuanto a energía
- Costo reducido en CAPEX y OPEX.
- Mejora de la capacidad.
- Adaptabilidad ante tráfico no uniforme
- Descarga de tráfico de Internet Inteligente
- Alta eficiencia espectral
- Basada en plataformas abiertas.
- Soporta múltiples estándares
- Evolución homogénea
- Brinda una plataforma para ingresos adicionales mediante generación de servicios.

CONCLUSIONES.

Para dar respuesta a las demandas de tráfico en las redes móviles y poder brindar aplicaciones y contenido que satisfagan la experiencia, los operadores se inclinan a modificar la estructura de las redes de forma tal que estas sean más eficientes al menor costo. Una solución inicial la constituye la arquitectura con redes heterogéneas haciendo uso de la avanzada tecnología de pequeñas celdas. Al logro de los objetivos ayudan en forma significativa las propias tecnologías móviles en desarrollo, donde el papel principal y futuro está en LTE y nuevas tecnología de gestión de interferencias y recursos de red basados en funciones de coordinación entre celdas y el desarrollo de sistemas de antenas. Sin embargo, en un entorno actual, representado por redes con múltiples tecnologías, múltiples entornos en exteriores e interiores y la necesidad de una gestión dinámica de los recursos, unido a las soluciones tecnológicas que se introducen han introducido un nivel de complejidad tal que la gestión de coordinación entre los nodos de la red móvil se hace engorrosa sin considerar los desafíos a los que se enfrentan los operadores para desplegar sus redes a un costo razonable.

Estas dificultades se van salvando gracias al desarrollo de las tecnologías de virtualización de redes y la aplicación de la esta tecnologías a la red logrando que la funciones de la red móvil sean concentradas y gestionadas desde servidores estándar situados en centros de datos basados en los principios de las Tecnologías de la Información lo que da por resultado una flexibilidad y gestión mucho más eficaz y logra paulatinamente salvar las dificultades en la coordinación de los elementos y funciones de las redes móviles. Por ello el futuro hacia redes 5G tiene su apoyo en la virtualización de funciones sobre las tecnologías avanzadas como es LTE-A.

REFERENCIAS.

1. Landström, S. Kronstedt, F. Heterogeneous networks – Increasing cellular capacity. Ericsson Review 1.2011 p4
2. SMALL CELL FORUM. SCF 049. Release Four. Backhaul Technologies for small cells-Use cases, requirements and solutions. Document 049.04.02. 2013
3. NOORDMAN, M. ERICSSON. The Role of Small Cells in heterogeneous Networks. 2012. Disponible en Web: http://www.ericsson.com/res/region_RLAM/press-release/2012-10-22_small-cell-en.pdf
4. HANSRYD, J. EDSTAM, J. Non-line-of-sight microwave backhaul for small cells. Ericsson Review 3.2013 p2.
5. DAHLMAN, E. 3G Evolution HSPA and LTE for Mobile Broadband. Gran Bretaña . Academic Press. 2008. ISBN 978-0-12-374538-5.

6. SANNECK, H. LTE Self-Organising Networks (SON)-Network Management Automation for Operational Efficiency. Nokia Siemens Networks. United Kingdom.. John Wiley & Sons. Ltd. 2012. ISBN 9781119970675.
7. SMALL CELL FORUM. SCF 106. Release 6. Overview of virtualization for small cells. Version 106.06.01.2015. Disponible en Web: <http://scf.io/documents/106>
- 8 . SMALL CELL FORUM. SCF 161. Release 6. Network aspects of virtualized small cells. Version 161.06.01.2015. Disponible en Web: <http://scf.io/documents/161>
9. ETSI GS NFV 001 V1.1.1 (2013-10) Network Functions Virtualization (NFV) Uses Cases Disponible en Web: http://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/nfv/001_099/001/01.01.01_60/gs-nfv001v010101p.pdf
10. Mobile-Edge Computing – Introductory Technical White Paper. 2014. Disponible en Web :https://portal.etsi.org/portals/0/tbpages/mec/docs/mobile-edge_computing_-_introductory_technical_white_paper_v1_18-09-14.pdf
11. CHINA MOBILE RESEARCH INSTITUTE. White Paper . C-RAN The Road Towards Green RAN . Version 2.5 (Oct, 2011). Disponible en Web: http://labs.chinamobile.com/cran/wp_-_content/uploads/CRAN_white_paper_v2_5_EN.pdf
6. MUÑOZ, P.; BARCO, R.; DE LA BANDERA, I. “On the potential of handover parameter optimization for self-organizing networks”. *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, 2013, vol. 62, pp. 1895-1905.
7. LEGG, P.; HUI, G.; JOHANSSON, J. “A simulation study of LTE intra-frequency handover performance”. En *Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2010-Fall)*, 2010 IEEE 72nd, 2010, pp. 1-5.
8. BAE, H.-D.; RYU, B.; PARK, N.-H. “Analysis of handover failures in LTE femtocell systems”. En *Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC)*, 2011, pp. 1-5.
- LKÄ, M.; HOLMA, H.; HONGISTO, J.; KALLIO, J.; TOSKALA, A. *Voice over LTE (VoLTE)*. John Wiley & Sons, 2012.
19. GUDMUNDSON, M. “Correlation model for shadow fading in mobile radio systems”. *Electronics letters*, 1991, vol. 27, pp. 2145-2146.
20. CHU, X.; LOPEZ-PEREZ, D.; YANG, Y.; GUNNARSSON, F. *Heterogeneous Cellular Networks: Theory, Simulation and Deployment*. Cambridge University Press, 2013.
21. UIT-T P.59: “Calidad de transmisión telefónica. Aparatos para mediciones objetivas. Habla conversacional artificial”. 1993.
22. SENGUPTA, S.; CHATTERJEE, M.; GANGULY, S. “Improving quality of VoIP streams over WiMax”. *Computers, IEEE Transactions on*, 2008, vol. 57, pp. 145-156.