

# **ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE TRANSPORTE IP RAN PARA VOZ Y DATOS PARA REDES DE TELEFONÍA CELULAR DE CUARTA GENERACIÓN EN EL ECUADOR.**

**Ayala Abarca Ana Cristina**

**Ing. Román Lara C.  
Ing. Rubén León V.**

**Departamento de Eléctrica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército Av. El Progreso S/N, Sangolquí - Ecuador.**

## **Resumen**

El rápido incremento del tráfico de datos y su tendencia al alza con la llegada de las tecnologías de nueva generación (4G), ha hecho que muchas de las redes de transporte o (backhaul) queden obsoletas. Es por este motivo, la migración a una red de transporte que permita manejar esta demanda de tráfico en las redes móviles de manera adecuada será realmente trascendental.

Con este antecedente, el presente proyecto tiene como objetivo diseñar una red de transporte IP RAN para voz y datos en redes de cuarta generación en el país, a fin de que para los operadores represente la mejor solución costo-efectivo para la migración del backhaul.

## **Introducción**

En [1], se detalla que en la actualidad existe una gran demanda en el incremento del ancho de banda puesto que los usuarios necesitan una interconexión no solo dedicada a la voz sino también al acceso de datos y con conexión a Internet.

La mayor demanda de prestación de servicios y ancho de banda producido por las aplicaciones que se pueden implementar en las nuevas redes móviles generan grandes desafíos para los operadores y las soluciones actuales de la red son ineficientes en uso de ancho de banda y no

garantizan todos los parámetros de calidad de servicio por lo que quedan obsoletas.

En la actualidad, el medio de transporte en las redes de telefonía de 2G y 3G se basa en la multiplexación por división de tiempo (TDM) o en tecnología de jerarquía digital sincrónica (SDH), fundamentalmente orientada a conmutación por circuitos como se muestra en [2]. Con las tradicionales redes de transporte se deben implementar más conexiones físicas y lógicas a nivel de la RAN (Radio Access Network), a fin de satisfacer las necesidades de ancho de banda de los usuarios especialmente en la transmisión de datos.

En [3] se presenta el diseño de una red de transporte totalmente óptica que permite al operador disponer de una capa de transmisión de gran capacidad con una gestión muy simple. Siendo está la base sobre la que se puedan construir diferentes redes de transporte IP, o cualquier otro tipo de red que en su momento se necesite.

Con estos antecedentes en [4] se explica las necesidades de los operadores para mantenerse al día con las demandas de los suscriptores de ancho de banda creciente, mientras que compensar la disminución de los ingresos de voz tradicionales.

En este marco, a fin de obtener servicios con garantía de anchos de banda y QoS se necesita migrar las antiguas redes de backhaul a redes modernas con capacidad de ofrecer una diversidad de soluciones

orientadas a satisfacer las nuevas y crecientes demandas de los usuarios.

## Desarrollo

### 1. Etapas de Migración

Una red de transporte IP RAN está compuesta por las siguientes etapas de migración, tal como se muestran en la figura 1.1.

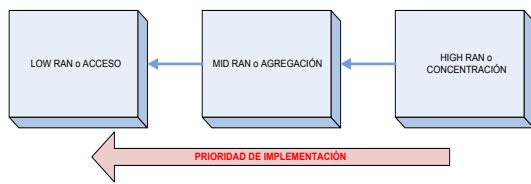


Figura 1.1. Etapas de Migración de IP RAN.

Cada etapa cumple funciones específicas que se detallan a continuación:

#### 1.1. Low RAN o Acceso

En esta etapa se provee la última milla de conectividad entre las radiobases y la red de backhaul. Se puede utilizar múltiples tecnologías de enlaces físicos (microondas, cobre o fibra óptica).

La etapa de acceso transporta el tráfico desde la celda hasta el primer nodo de agregación de la red MPLS. Puede ser una combinación de radios Full IP o híbridos dependiendo del tráfico que se esté transportando.

#### 1.2. Mid RAN o Agregación

La función principal de la MRAN es la de agregar todo tipo de tráfico y convergerlo sobre un mismo transporte que puede ser trasladado sobre cualquier medio: fibra óptica, cobre o microonda, no obstante hoy

en día se prefiere implementar esta etapa a través de fibra óptica.

También se incluyen en esta etapa mecanismos para manejar la calidad de servicio y realizar protección de tráfico de tal forma que se tenga una red totalmente confiable.

A través de VPNs implementadas sobre MPLS, es posible adaptar los diferentes tipos de servicios siendo transportados en forma transparente sobre la red IP/MPLS, es decir el tráfico de los diferentes servicios no se mezcla entre sí, a pesar de que todos están compartiendo en forma dinámica un mismo transporte y ancho de banda.

De acuerdo al servicio que se transporte se puede utilizar VPNs punto a punto (PWEs) o multipunto de capa 2 (VPLS) o capa 3 (VPRNs o IP VPNs).

#### 1.3. High RAN o Concentración

La etapa High RAN, también conocida como concentración es la encargada de recoger, agregar y concentrar desde la Mid RAN hacia el core de la red.

Al momento de implementar una red IP RAN, la etapa de concentración es la que tiene mayor prioridad.

Además en High RAN se produce una clasificación del tráfico que llega hacia el core, es decir, a través del router de concentración se dirige el tráfico hacia la central de voz, el internet, servidores, etc.

### 2. Diseño descriptivo de una Red de Transporte IP RAN

Como ya se ha visto a lo largo del documento, se necesita un gran ancho de banda para la demanda de los servicios de nueva generación, por esto la evolución del backhaul de la RAN hacia una red de paquetes es realmente importante. Sin

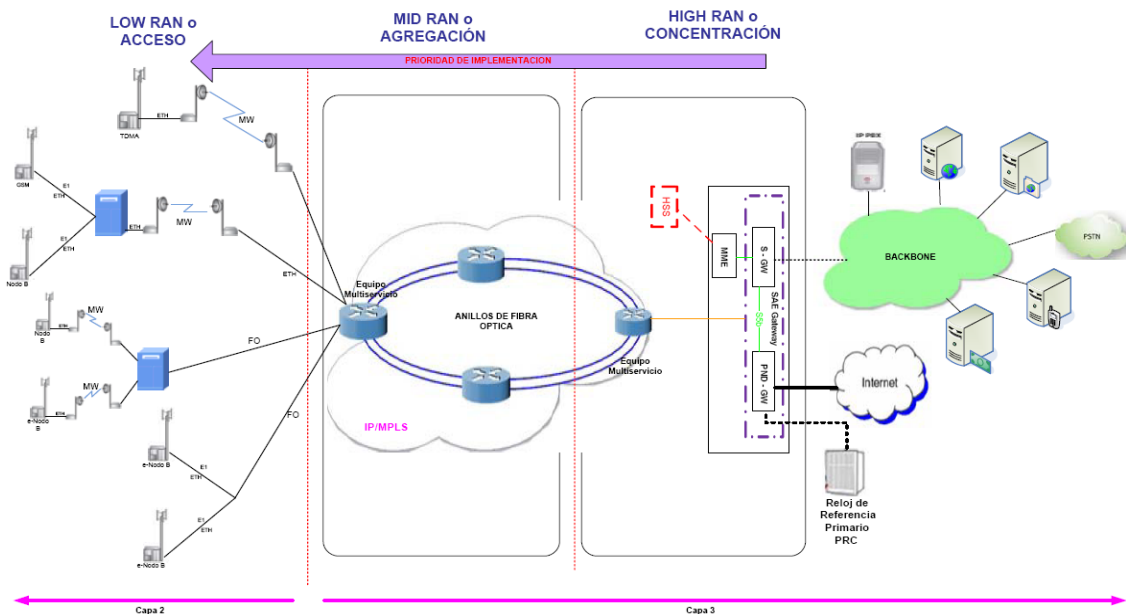


Figura 2.1. Diseño Físico la red de transporte IP RAN.

embargo no se debe olvidar que la voz también tendrá que trasladarse en la misma red de transporte.

Antes de mostrar el diseño, se debe tener en cuenta que de manera general, sobre la red existente se deben realizar algunos trabajos para la implementación de una red IP RAN como:

- Dimensionamiento e implementación para cambiar los radios de microondas a radios híbridos (manejo de tráfico TDM y Full IP), es conveniente realizar esta implementación de acuerdo a prioridades.
- Dimensionamiento e implementación de equipos multiservicios necesarios para brindar los nuevos servicios a través de una conmutación basada en paquetes.
- Creación de red IP/MPLS en la fase de agregación con equipos Multiservicio y medios propios.
- Cambio de configuración en Nodos B y demás radiobases existentes hacia un escenario Full IP.
- Migración y liberación de los servicios de 3G con E1's hacia las interfaces Ethernet (Full IP).

A continuación se presenta un diseño descriptivo de una red de transporte IP RAN que permitirá el transporte de voz y datos.

El diseño presentado tiene 2 partes: la descripción de la parte física y la descripción de la parte lógica para la implementación de la red.

## 2.1. Diseño Físico

En el gráfico 2.1. se muestra un bosquejo de cómo debería implementarse la red físicamente, mostrando algunas opciones que se puede utilizar en la etapa de Acceso o Low RAN, así como también se detalla características de las etapas restantes en lo que se refiere a medios de transmisión a utilizarse.

El proceso de migración debe ser transparente para convertir la tradicional red de transporte a una red IP para transportar el tráfico de backhaul (voz y datos) en el RAN, por lo que será importante realizarlo en algunas fases cuando se implemente la red.

Una vez que se ha tomado la decisión de tener una red basada en paquetes, un proceso de diseño detallado es el más

adecuado, pues nunca una transición es fácil.

Como se puede observar en la figura 2.1, el tráfico de las radiobases existentes se agrega dinámicamente usando IP sobre el menor número posible de enlaces E1, compartiendo el ancho de banda y aprovechando el ancho de banda recapturado para introducir y transportar nuevos servicios IP en la estación base.

## 2.2.Diseño Lógico

Luego de haber visto el diseño de la red físicamente, es importante establecer algunas premisas para la configuración lógica de los elementos dentro de la red IP/MPLS formada en la etapa de agregación y concentración de la red IP RAN, puesto que por ella transitan gran cantidad de información y datos.

Para el diseño lógico se puede establecer algunas consideraciones de configuraciones tanto en los protocolos de enrutamiento, los protocolos de señalización, servicios para la virtualización de la red y la topología de la red, como se muestra en la figura 2.2.

Para la topología de la red se sugiere una conexión **full mesh virtual**, es decir, una red totalmente mallada, con esto cada sitio de la VPN puede comunicarse con cualquier otro sitio que se encuentre dentro de la misma VPN utilizada, independientemente de que sea una VPN capa 2 o capa 3.

El protocolo de enrutamiento que se recomienda utilizar para los distintos anillos de fibra óptica es **OSPF** configurado bajo la misma área backbone (área 0), a continuación se mencionan beneficios de esta configuración.

- Configuración simple y fácil, teniéndose una misma configuración en todos los elementos de la red, por esta razón cuando existan problemas tan sólo se

debe buscar en la configuración de enlaces individuales.

- Crear LSPs de extremo a extremo con o sin ingeniería de tráfico, con ésta última inclusive se puede crear LSPs de extremo a extremo así los routers se encuentren en diferentes anillos, reduciendo así el tiempo de recuperación ante un posible fallo en la red.
- En la tabla de enrutamiento de OSPF se puede verificar que los enrutadores han aprendido sobre la existencia de todas las redes conectadas al núcleo de la red IP/MPLS (incluyendo las direcciones de Loopback)

Sin embargo se debe considerar que el protocolo OSPF se podrá utilizar hasta redes con 100 nodos como máximo, superado este número de nodos se deberá utilizar el protocolo IS – IS como protocolo de enrutamiento.

Una de las mayores preocupaciones de los operadores, es el elegir si desplegar su red con L2VPNs (VPNs de capa 2) o L3VPNs (VPNs de capa 3) para la virtualización de la red.

Pero bajo el contexto analizado, sería provechoso utilizar VPNs de capa 2 en la parte de acceso ya que proveen un transporte transparente del tráfico de los clientes y permiten cualquier protocolo de capa 3 a ser usado en la red y VPNs de capa 3 desde la etapa de agregación en adelante tomando en cuenta que con VPRNs se puede integrar y administrar las estaciones base de manera rápida.

A fin de brindar calidad de servicio (QoS) se debería utilizar el protocolo de señalización RSVP – TE, pues permite el manejo de ingeniería de tráfico basándose en recursos que el flujo de datos requiere y en los recursos disponibles en toda la red. Al mismo tiempo este protocolo admite protección de caminos y por medio de los mensajes que utiliza se puede determinar si un camino está o no activo.

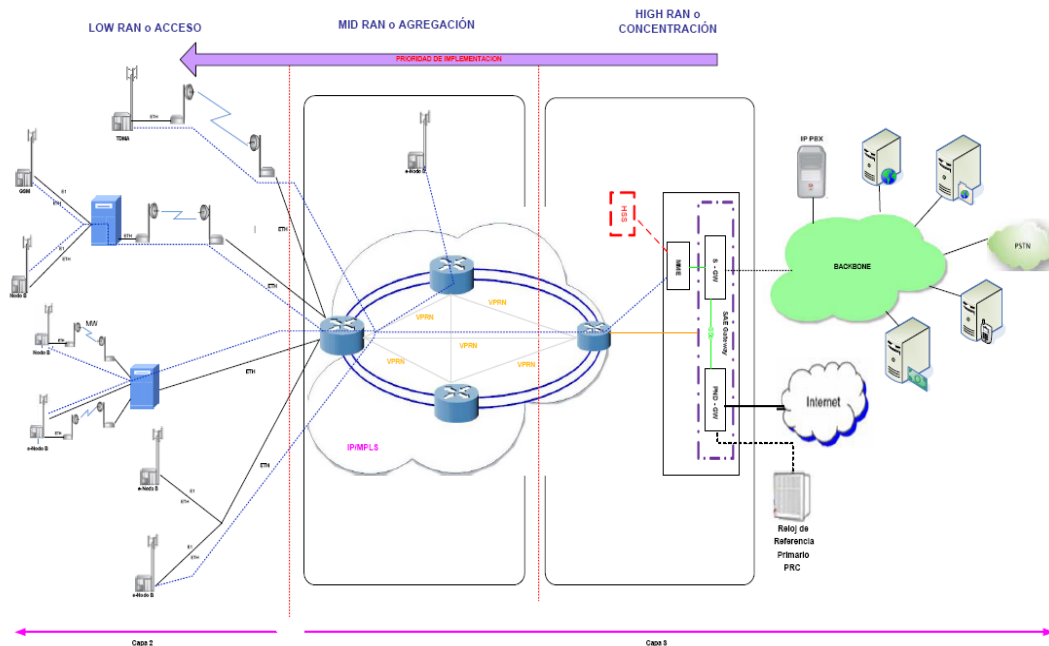


Figura 2.2. Diseño lógico de la red de transporte IP RAN.

Siguiendo las premisas de diseño tanto físico como lógico se logrará un buen manejo del tráfico existente en la red evitando así congestiones, mejorando el desempeño general y reduciendo la latencia, maximizando así la capacidad de la red y minimizando los costos.

### Resultados

Después de mostrar el diseño de esta red de transporte se obtienen los siguientes resultados que serán mostrados como ventajas y desventajas del uso de una red IP RAN

### Ventajas de IP RAN

Las principales ventajas que se consiguen con la implementación de una red IP RAN se enumeran en la siguiente lista:

- Una red IP RAN es una red simplificada, rentable, fácil de desplegar, y fácil mantener.
- Ofrece una gama de soluciones para la cobertura inalámbrica de las redes celulares, así como mejora la capacidad del backhaul.

- Reducción de CAPEX: Las redes IP RAN pueden ofrecer un ahorro significativo comparados con un despliegue de una red tradicional reduciendo gastos de implementación del sitio y maximizando la utilización del recurso espectral. Permiten que un operador despliegue capacidad adicional en la red exactamente donde es necesaria.
- Reducción de OPEX: El uso de IP proporciona enormes ahorros en OPEX tanto como una reducción del 75 por ciento en coste con respecto al uso de E1/T1 tradicionales, además que proporciona soluciones escalables extremo a extremo.
- Más fiabilidad y seguridad, puesto que con IP RAN se puede ofrecer QoS garantizado en toda la red, desde el sitio del cliente hasta la capa de acceso y el core de la red.
- Con este tipo de red se puede ofertar nuevos servicios con mayor ancho de banda, mejor cobertura y con capacidad de calidad de servicio con lo que se aumentará la satisfacción del cliente.

- Admite una integración de backhaul de los sistemas 2G, 3G y 4G a través de una convergencia IP.

### **Desventajas de IP RAN**

- Una de las desventajas más notorias al momento de la implementación de la red es la inversión que el operador tendrá que realizar en la adquisición de nuevos equipos multiservicios que permitan el manejo del tráfico a través de la conmutación de paquetes.
- La coexistencia de redes 2G, 3G y 4G produce un precio de gastos operativos más altos puesto que la necesidad de apoyar las redes de transporte y sistemas de gestión y mantenimiento tanto para TDM, ATM y Ethernet, se vuelve costoso ya que se debe invertir capital en la capacitación del personal para que sepa como sobrellevar cualquier problema sin importar que tipo de red que maneje (2G, 3G, 4G).

### **Conclusiones**

- Las empresas móviles han incrementado sus patrones de tráfico en las redes de telefonía por la utilización de terminales con servicio de datos, por lo tanto, una red inteligente con la capacidad de optimizar de forma rápida y autónoma, podría mantener tanto la calidad de la red así como una experiencia de usuario satisfactoria.
- Luego de realizar el análisis de la tecnología IP/MPLS se concluye que este tipo de red soporta el transporte de diferentes servicios ya sean capa 2 o capa 3 incluyendo TDM, ATM, e IP aportando de manera significativa a la migración hacia IP RAN pues permite la convergencia de los diferentes tipos de tráfico, ayudada por la Ingeniería de Tráfico (TE) y Calidad de Servicio (QoS)

mejorando y maximizando el manejo de los recursos de la red.

- Para las operadoras de telefonía móvil será de vital importancia la optimización de la red de transporte, pues actualmente en sus redes los datos cada vez son más importantes y requieren de una infraestructura por conmutación de paquetes que contribuya de manera acertada al manejo de los mismos.
- Con la utilización de IP/MPLS en las redes de backhaul es factible reutilizar los elementos de red o infraestructura ya existente como los elementos de red instalados en el pasado para el transporte TDM/ATM generando ahorros al momento del despliegue de la red IP RAN.
- El diseño de la red de transporte IP RAN que se presenta, permite manejar adecuadamente las redes móviles generando una red rentable que cumple con los requerimientos actuales de aumento de tráfico de datos, además de ser un diseño escalable, confiable, y que permite una gestión simplificada a fin de reducir los costos de operación.
- La red de transporte IP RAN diseñada, cumple estrictos requisitos de calidad para los servicios móviles y es capaz de transferir la información de sincronización del reloj cuando sea necesario por la red.
- Al estudiar los servicios que se pueden brindar en LTE se determinó que el backhaul celular a través de Ethernet permite ofrecer los servicios existen en la actualidad y también nuevos e innovadores servicios, además de permitir que la red de transporte esté lista para el tráfico generado por tecnologías futuras.

- Después de realizar el proyecto de tesis y analizar los beneficios y desventajas de una red de transporte IP RAN se llega a concluir que los costos generados por la convergencia de redes genera menores gastos de OPEX para los operadores, que seguir añadiendo líneas preparadas para voz T1/E1 para transportar datos.

### Recomendaciones

- El dimensionar correctamente la red de transporte inteligente para LTE será decisivo para poder maximizar el desempeño de la red LTE tanto desde el punto de vista de sus prestaciones como desde el financiero.
- Se recomienda elegir la tecnología IP/MPLS, para disminuir la inversión que genera al montar una nueva red de transporte ya que es una tecnología que admite la reutilización, de la infraestructura existente además de proporcionar la optimización del canal.
- Se debe realizar una transformación paulatina hacia la red IP RAN a fin de que este cambio sea totalmente transparente para el usuario y de cómo resultado el aumento de una cantidad de nuevo servicios que serán innovadores servicios ALL IP y así la expansión sea relativamente simple evitando los cuellos de botella tradiciones causados por la actual arquitectura.
- Se recomienda que para que la red por conmutación de paquetes (IP/MPLS) funcione adecuadamente, el protocolo de enrutamiento a implementarse en los equipos multiservicios, debe ser aquel que permita conocer la información de ruteo a nivel de IP,

por lo que sería beneficioso el uso del protocolo OSPF si la red llega hasta los 100 nodos sí supera esta cantidad de nodos lo mejor es utilizar IS-IS.

- A pesar de que lo óptimo es una red netamente IP, se sugiere que la voz siga siendo transportada por redes 2G y la red LTE me sirva estrictamente se utilice para el tráfico de datos.
- Por otro lado se recomienda a los investigadores, trabajar en proyectos de investigación relacionados al presente como la factibilidad de desplegar servicios de seguridad mediante cámaras IP de videovigilancia a través de redes celulares de cuarta generación en tiempo real, aplicaciones sobre servicios de localización utilizando las nuevas redes de transporte así como también el comportamiento del tráfico generado por el video-streaming para implementar IPTV sobre redes celulares.

### Referencias

[1] Internet. “Evolución de los servicios y las redes de transporte de las operadoras”. <https://www.rediris.es/difusion/publicacion/es/boletin/66-67/ponencia5.pdf>.

[2] Internet. “Nuevas redes de retorno para banda ancha en móviles” <http://www.coit.es/publicaciones/bit/bit175/40-42.pdf>

[3] Internet. “Redes de transmisión todo ópticas: Independencia frente a las redes de transporte”. <http://www.colegiosma.com/DEP-ELE/stlf/Sistemas%20de%20Telefon%C3%ADa/Art%C3%ADculos/Redes%20de%20transmisi%C3%B3n%20todo%20%C3%B3pticas%20independencia%20frente%20a%20las.pdf>

[4] Internet. "IP Mobile backhaul".  
<http://www.aviatnetworks.com/solutions/ip-mobile-backhaul/>

### **Biografía**

Ana Cristina Ayala Abarca, nacida en la ciudad de Riobamba, el 12 de Julio de 1986.

Sus estudios primarios y secundarios los realizó en la Unidad Educativa "María Auxiliadora" donde obtuvo el título de bachiller en Ciencias Básicas especialización Físico - Matemático, ha realizado pasantías en la Superintendencia de Telecomunicaciones delegación Centro y en CONECEL S.A., desde Diciembre de 2011 se encuentra trabajando en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Actualmente es egresada de la facultad de Electrónica de la ESPE y se encuentra presentando su proyecto de grado.