

Planeamiento y diseño de las nuevas redes de MO *Broadband* con vistas a la futura evolución hacia la 5G en Cuba

Planning and design of the new *Broadband* MO network for the future evolution towards 5G in Cuba

MSc. Elbert Mesa Rodríguez

Recibido: 10/2019 | Aceptado: 02/2020

Palabras clave

MO
Agregación
Convergencia
5G

Resumen

Se plantea la necesidad de un cambio en el diseño y planificación de las redes de agregación por MO —Microonda— existente en Cuba, con vistas a garantizar los altos anchos de bandas que se espera en los extremos de la red, producto del despliegue masivo de la internet móvil a partir de los nuevos sistemas 3G/4G y futuro 5G necesarios para la informatización de la sociedad. Para ello se plantea un nuevo paradigma que permita hacer un uso eficiente de los recursos de red que la moderna tecnología por MO permite, proponiéndose la integración con el resto de la red de agregación por FO —Fibra Óptica—, que partiendo de las premisas del uso racional de las inversiones realizadas, permita disminuir los costos de CAPEX —*CAPital EXpenditures*— y OPEX —*OPerational EXpenditure*— de la Operadora y al mismo tiempo posibilite combinar los beneficios de las nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para desarrollar los servicios móviles como el resto de los servicios *broadband* en Cuba. Para el desarrollo de esta investigación se emplearon los métodos de Análisis Documental y el Analítico-Sintético.

Keywords

MO
Aggregation
Convergence
5G

Abstract

This paper provides a change in the design and planning of the existing aggregation networks for MO in our country to guaranteeing the high bandwidths expected at the ends of the network resulting from the massive deployment of the mobile internet from the new 3G / 4G systems and future 5G ne necessary for the society. For this, a new paradigm is proposed that

allows efficient use of the network resources that modern technology allows us by MO, intending to integrate with the FO aggregation network, based on the premises of use investments made, it allows reducing the costs of CAPEX (CAPital EXpenditures) and OPEX (OPerational EXpenditure) of the Operator and at the same time it is possible to combine the benefits of the new information technology and communications technologies to develop mobile services like the rest of the broadband services in Cuba.

Introducción

Con el despliegue masivo a nivel mundial de la red móvil 2G/3G/4G y próximamente la nueva 5G, además del triunfo de la internet móvil, los operadores de telecomunicaciones deben transformar el diseño de la red para hacer frente a los altos anchos de bandas que ahora estarán presentes no solamente en el core sino también en los extremos de la red.

Para que esta nueva arquitectura pueda funcionar y garantizar la conectividad de los sistemas, se necesitan realizar cambios tecnológicos y de conceptos en el paradigma de diseño y planificación de la red de agregación (sea por MO o por FO), que propicie su evolución a la par de las nuevas características de los sistemas enfocados en lograr servicios multimedia de grandes anchos de banda, bajas latencias y alta movilidad a los usuarios finales.

En la presente investigación se reflejan los aspectos necesarios a tener en cuenta en la red de MO con vistas a garantizar la próxima introducción de la tecnología 5G en Cuba.

Materiales y métodos

Los principales métodos empleados fueron el Análisis Documental, respecto a la integración de las redes de Telecomunicaciones; y como método principal el Analítico-Sintético que se empleó para realizar el estudio bibliográfico y determinar los aspectos fundamentales de las redes de MO y de la tecnología 5G, así como la evolución del acceso en las redes fija y móvil, sus parámetros fundamentales para el planeamiento y despliegue.

Resultados y discusión

Redes de Agregación por MO

En la figura 1 se muestran los elementos a considerar para lograr una agregación eficiente de los usuarios al sistema en una red típica 3G/4G/5G.

Como puede apreciarse se realiza una combinación entre sistemas de MO y sistemas por FO. La tecnología de los sistemas de MO ha evolucionado sus capacidades en las redes actuales y su manera de implementación dentro de la red al punto que estos sistemas son considerados ahora como router/switch, es decir que son capaces de manejar caminos tradicionales por FO y además caminos especiales por MO (actualmente en bandas tradicionales y bandas milimétricas) con todas las funcionalidades de enrutamiento capa 2 (Ethernet), capa 3 IP —*Internet Protocol*— y capa 2.5 IP/MPLS —*Internet Protocol/MultiProtocol Label Switching*—.

La evolución de los sistemas de MO y su uso dentro de la infraestructura del operador está motivada por las amplias ventajas que ofrece en cuanto a costo, rapidez de despliegue y flexibilidad operativa en relación con la FO (Camarillo y García, 2010). Una comparación del costo de implementación de ambas tecnologías de *backhaul* puede apreciarse en la figura 2.

El costo de implementación promedio para la activación de un *backhaul* por FO para una distancia de 1 km duplica el costo del mismo sistema de MO. Este costo aumenta linealmente con la distancia de los sitios, lo que lo hace siempre menos rentable que el sistema de MO que mantiene el mismo costo aproximado para distancias mayores, debido a las características intrínsecas de su tecnología (vanBosse, 2013).

Esta gran ventaja de los sistemas de MO en el *backhaul* frente a los sistemas por FO es la que condiciona que actualmente los operadores estén aumentando dentro de sus redes el número de saltos de este tipo.

En la figura 3 se muestra el caso de los operadores europeos que mantienen un ritmo de crecimiento de un 8% anual de estos sistemas, según van necesitando las nuevas demandas de servicios móviles.

En general, si se hace un análisis mundial del uso de este tipo de *backhaul*, se puede ver cómo para el 2023 un total de 65 % del *backhaul* de los operadores

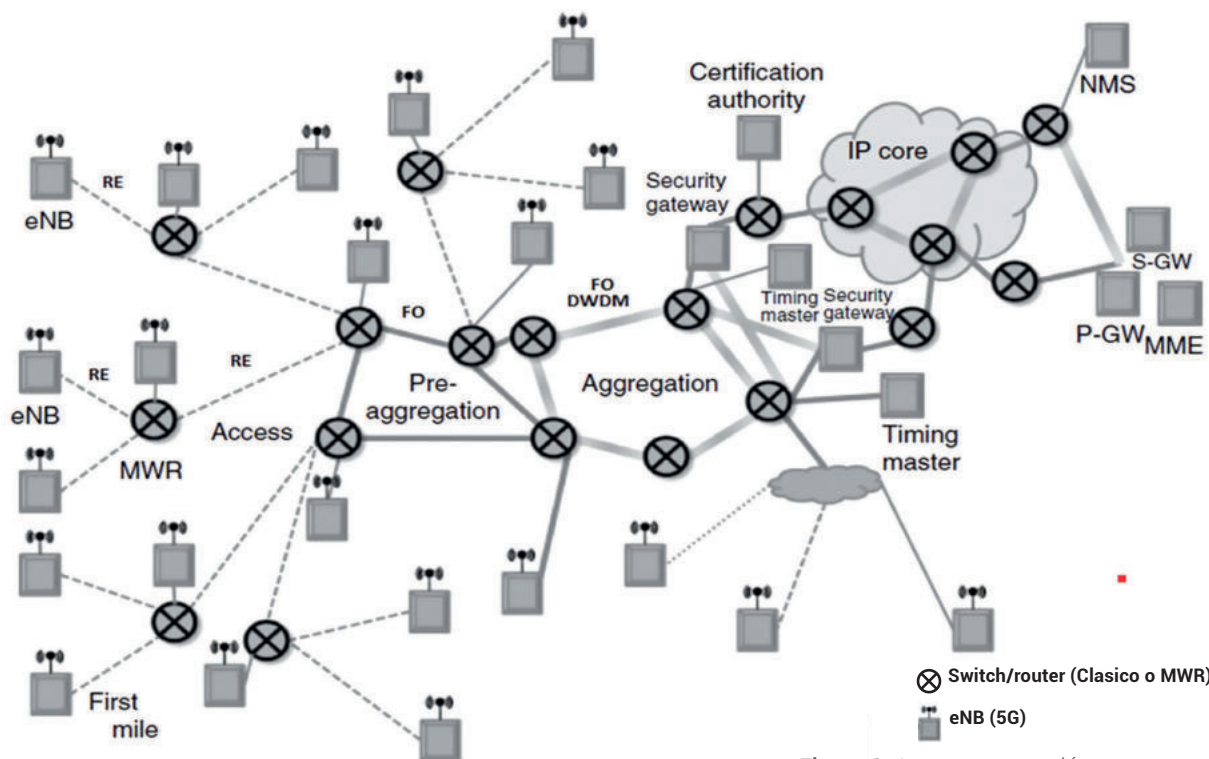


Figura 1. Acceso, agregación y core en red 5G

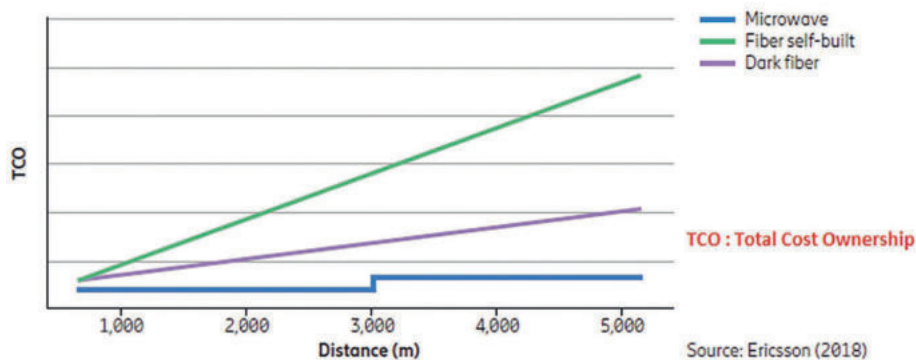


Figura 2. Comparación de costos de soluciones *backhaul* por FO y MO

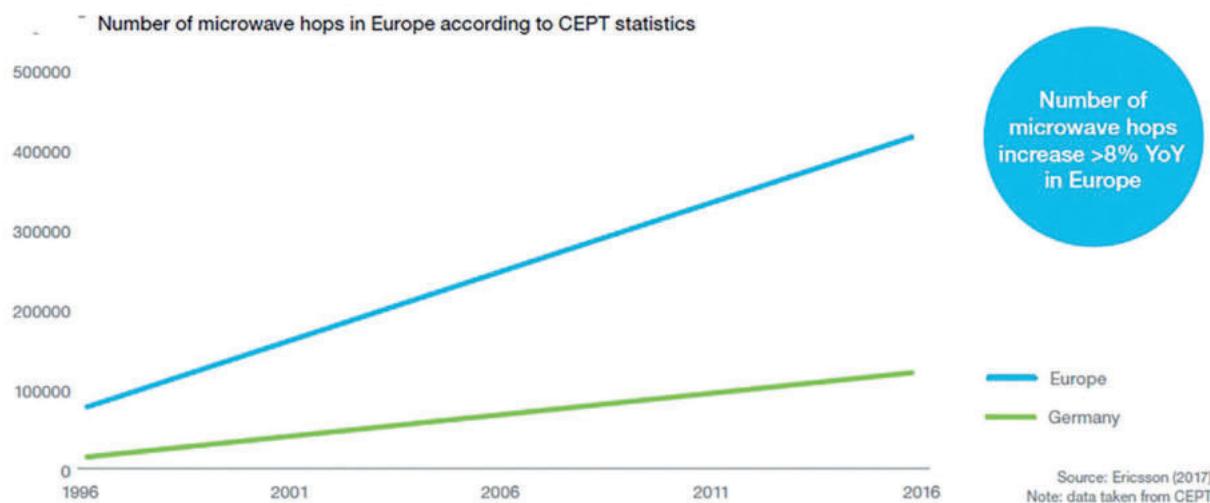


Figura 3. Razón de incremento del número de saltos de MO en Europa

mundiales (excluyendo China y al norte de Asia) será por MO, según puede apreciarse en la figura 4.

Por lo tanto, estos sistemas deben garantizar el reto de los anchos de banda crecientes que demandan las nuevas RAN de los servicios móviles, las cuales aumentan su velocidad de manera vertiginosa según se muestran en la figura 5.

Se espera que el ancho de banda actual de 150Mb/s requerido para sistemas 4G en zonas urbanas aumente en el orden de 450 Mb/s a 10Gb/s para el 2022; y pudiera llegar en zonas urbanas muy densas de 600Mhz a 20Ghz para el 2025 cuando la

red 5G esté totalmente implementada por el operador (Monserrat y García, 2017).

Para el soporte de estas grandes capacidades se han realizado mejoras tecnológicas en los sistemas *backhaul* por MO que permiten aumentar la eficiencia espectral a valores elevados, dando soporte a velocidades de 1Gb/s, 10 Gb/s y 100 Gb/s cuando son combinadas con bandas espectrales milimétricas tales como la banda E (70/80Ghz), W (92/115Ghz), y la D (130/175Ghz). En la figura 6 se muestra un resumen de las principales mejoras realizadas en estos sistemas. También se usa la técnica de RLB

—*Radio Link Bonding*— donde múltiples portadoras de radios se unen para aumentar la capacidad. Cuando las portadoras están en bandas diferentes, la técnica se conoce como “Multiband Booster” que consiste en unir una frecuencia de banda alta que presenta mayor ancho de banda por frecuencia, pero menor disponibilidad, con una frecuencia de banda baja de menor ancho de banda por frecuencia, pero de mayor disponibilidad (Rábanos, 2017). De esta manera, es posible aprovechar mejor las características

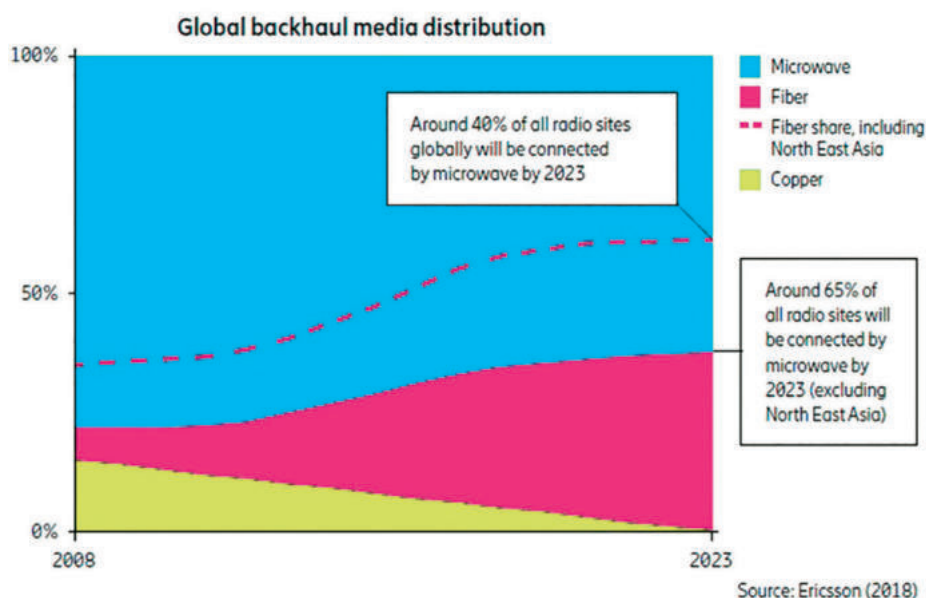


Figura 4. Distribución del *backhaul* en operadores a nivel mundial

	2018 Low – high cap sites	2022 Low – high cap sites	Towards 2025 Low – high cap sites
Urban	150Mbps – 1Gbps	450Mbps – 10Gbps	600Mbps – 20Gbps
Suburban	100Mbps – 350Mbps	200Mbps – 2Gbps	300Mbps – 5Gbps
Rural	50Mbps – 150Mbps	75Mbps – 350Mbps	100Mbps – 600Mbps

Source: Ericsson (2018)

Figura 5. Requerimientos de *backhaul* por sitio según evolución de las RAN

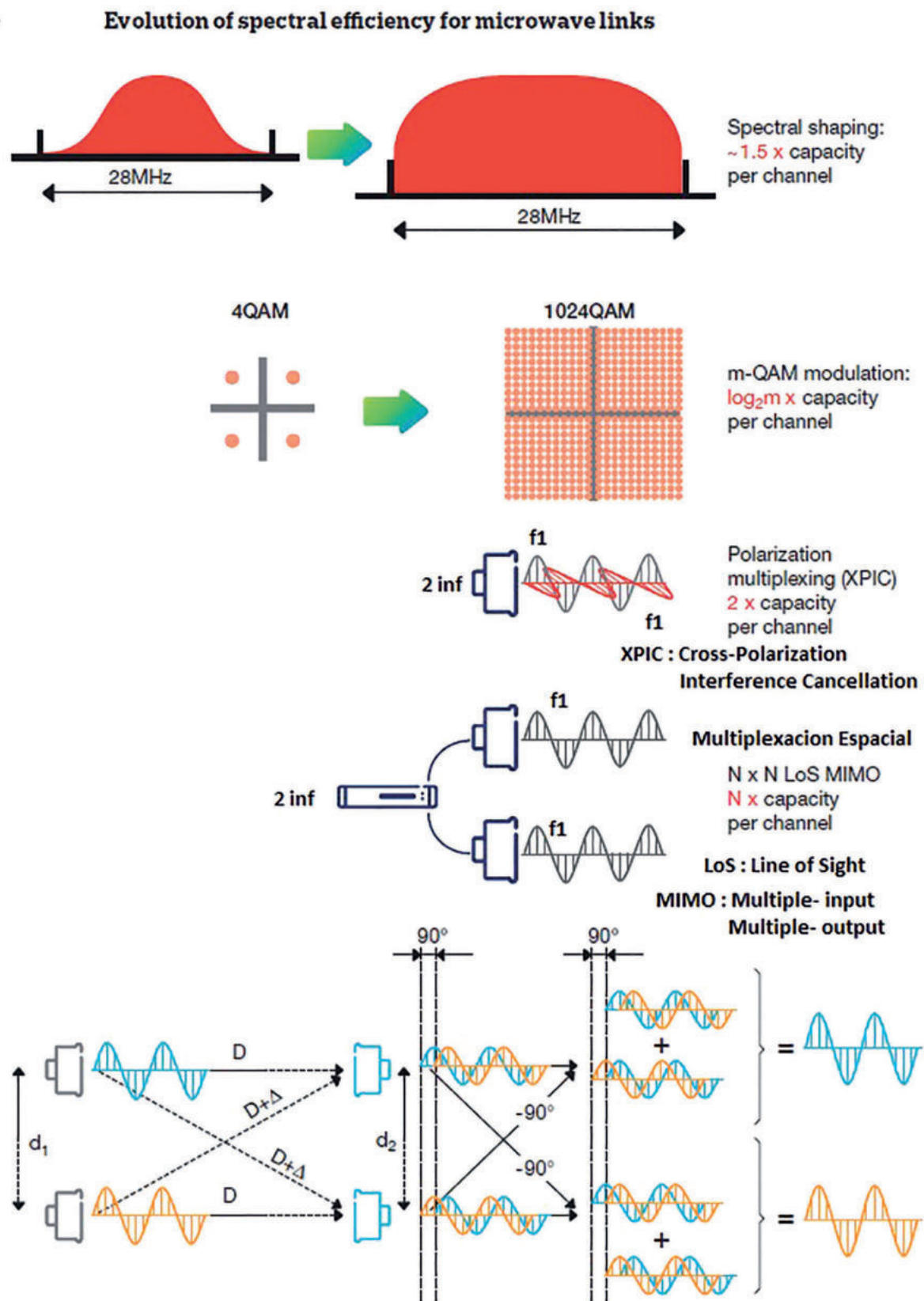


Figura 6. Evolución de la eficiencia espectral en enlaces de microondas (MO)

de ambos canales para formar un único canal virtual que presenta ahora gran capacidad y puede llegar a más distancia con disponibilidad en dependencia de la Calidad de los Servicios —Quality of Services (QoS)—. La implementación de esta técnica puede apreciarse en la figura 7 para climas moderados.

El aprovechamiento de las posibilidades de los canales en función de la disponibilidad de los servicios puede verse en la figura 8.

Se observa cómo un sistema de MO al usar la banda baja con una disponibilidad de 99.999 % (indisponible por 5 min en 365 días) puede aumentar su capacidad haciendo uso de una banda más alta pero ahora con QoS variables, donde obtiene su capacidad máxima con una disponibilidad de 99.5 (1.8 días en 356 días). Si el servicio no permite este tipo de desempeño hay que escoger las distintas tasas de disponibilidad (99.9%, 99.95%, 99.99% etc.) en función de la calidad del servicio, esto implica un funcionamiento muy integrado entre la red de agregación, la red de acceso, la gestión y la plataforma de servicios planteada en la solución de la figura 4, ya que la asignación de los recursos de las sesiones no se realiza de manera constante, sino que varía en función de las necesidades y del tipo de servicios (Poikselka, 2012).

Un ejemplo práctico del uso de esta técnica para

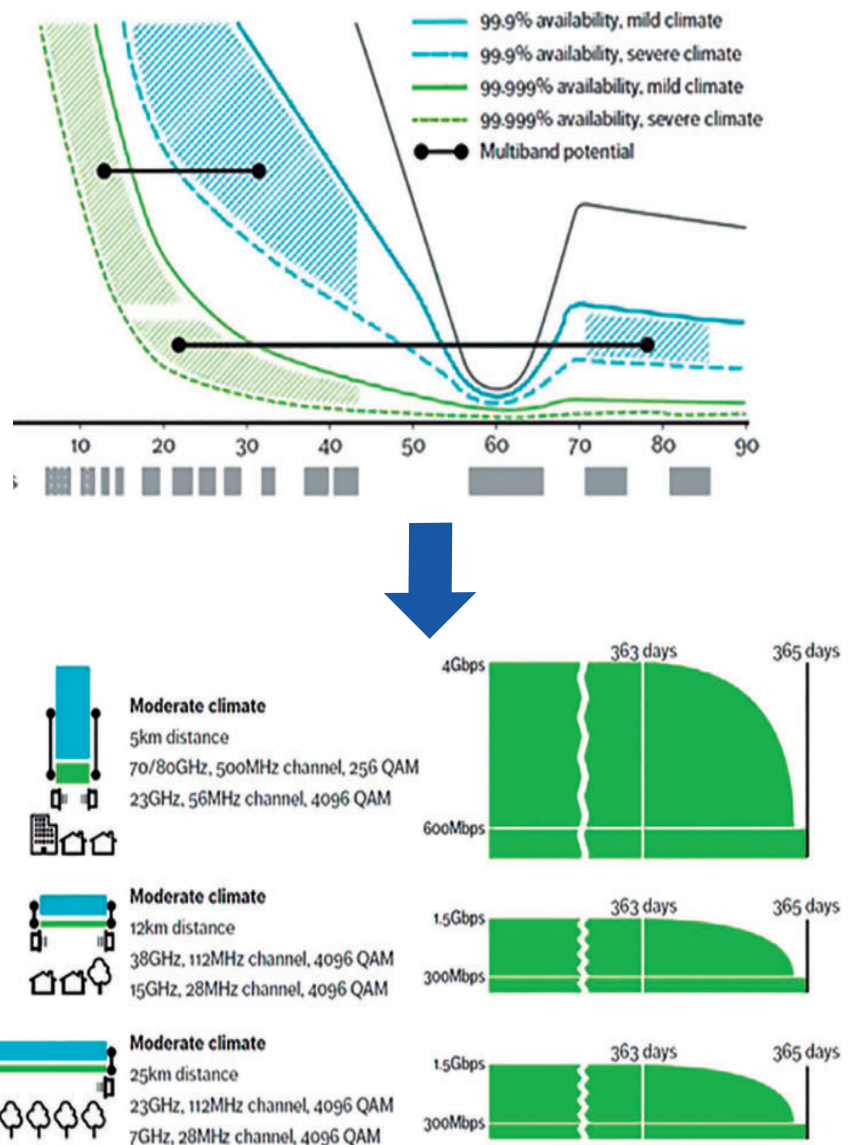


Figura 7. Aplicación de "Multiband Booster" en el *backhaul* de MO

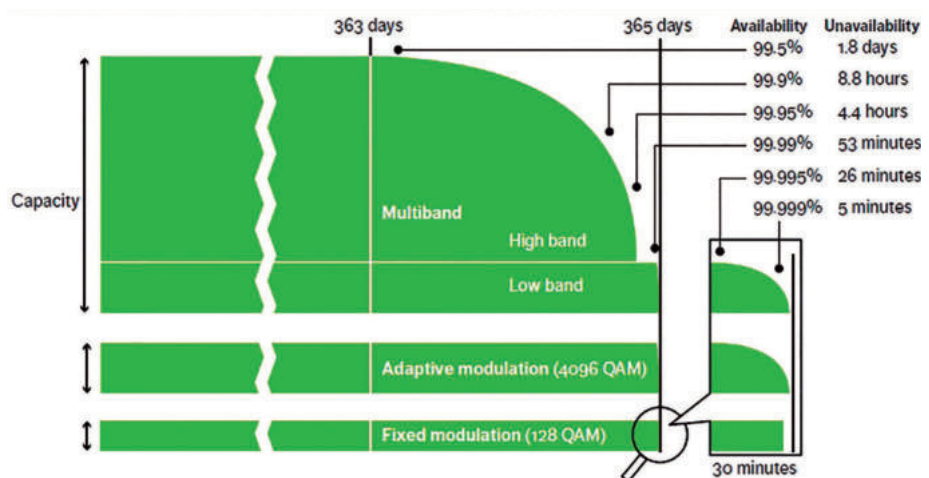


Figura 8. "Multiband Booster" y disponibilidad en *backhaul* MO

Frequency Band	Antenna: 0.3m Typical deployment: Urban Typical range: <2km, mild climate <1km, severe climate	Antenna: 0.6m Typical deployment: Suburban Typical range: <8km, mild climate <4km, severe climate	Antenna: 0.9m Typical deployment: Rural Typical range: <15km, mild climate <18km, severe climate
Traditional low 6-13GHz			2Gbps/99.999% 1x 224MHz or 2x 112MHz 4x 56MHz
Traditional mid 15-23GHz		1Gbps/99.999% 1 x 112MHz or 2 x 56MHz 4 x 28MHz	4Gbps/99.999% 2x 224MHz or 4x 112MHz
Traditional mid 26-42GHz			4Gbps/99.9% 2x 224MHz or 4x 112MHz
E-band 70-88GHz	10Gbps/99.999% 1 x 2000MHz or 2 x 1000MHz	10Gbps/99.9% 1 x 2000MHz or 2 x 1000MHz	
Capacity Total	10 Gbps	11 Gbps	10 Gbps

















Capacity (Gbps)	Channel (MHz)					
	2000	1000	224	112	56	28
	E-band		Traditional bands			
1	<div>  Channel in vertical polarization  Channel in horizontal polarization  Short-haul Today: 1Tx radios Future: 1Tx and 2Tx radios  Short-haul Today: 1Tx radios  Long-haul Today: 1Tx radios Future: 1Tx and 2Tx radios </div>					
2						
4						
10						

Figura 9. Aplicación de "Multiband Booster" en el *backhaul* de MO

climas más severos como el de Cuba logrando velocidades de 10Gb/s puede apreciarse en la figura 9.

Por tanto, para lograr velocidades de 10Gb/s debe hacerse uso de las 3 bandas tradicionales y de la nueva Band E que aún no está disponible en Cuba, por lo que se necesita comenzar las solicitudes al Ministerio de Comunicaciones (MIC) de la licencia de operación en esta banda y de 32 Ghz que debe habilitarse con canales de 112Mhz y de 224Mhz. Esta banda se recomienda para Cuba ya que, como se aprecia en la figura 10, se han definido las bandas de 26/28Ghz y 38/42Ghz para uso de los sistemas 5G, por lo que en muchos países que tenían esta banda en operación para MO se encuentran en proceso de transición y liberación de la misma.

Una vez ampliado el espectro radioeléctrico y realizando la apropiada inversión en la tecnología descrita puede brindarse en Cuba, las distintas soluciones de *backhaul* por MO en armonía con el despliegue de los nuevos sistemas móviles 3G/4G y 5G a lo largo del territorio nacional. En la figura 11 se muestra un resumen de las soluciones que se pueden dar en dependencia de la zona donde se realice el despliegue.

Para la zona urbana de alta densidad (ejemplo municipios de muchos edificios en zona céntrica de La Habana) la solución más apropiada sería el uso de la banda E. Se espera que la nueva 5G pueda generar tráficos picos en el orden de 5 a 20 Gb/s en zonas densamente pobladas. Esta banda puede asumir esas velocidades en distancias cortas menores de 1 km. A partir

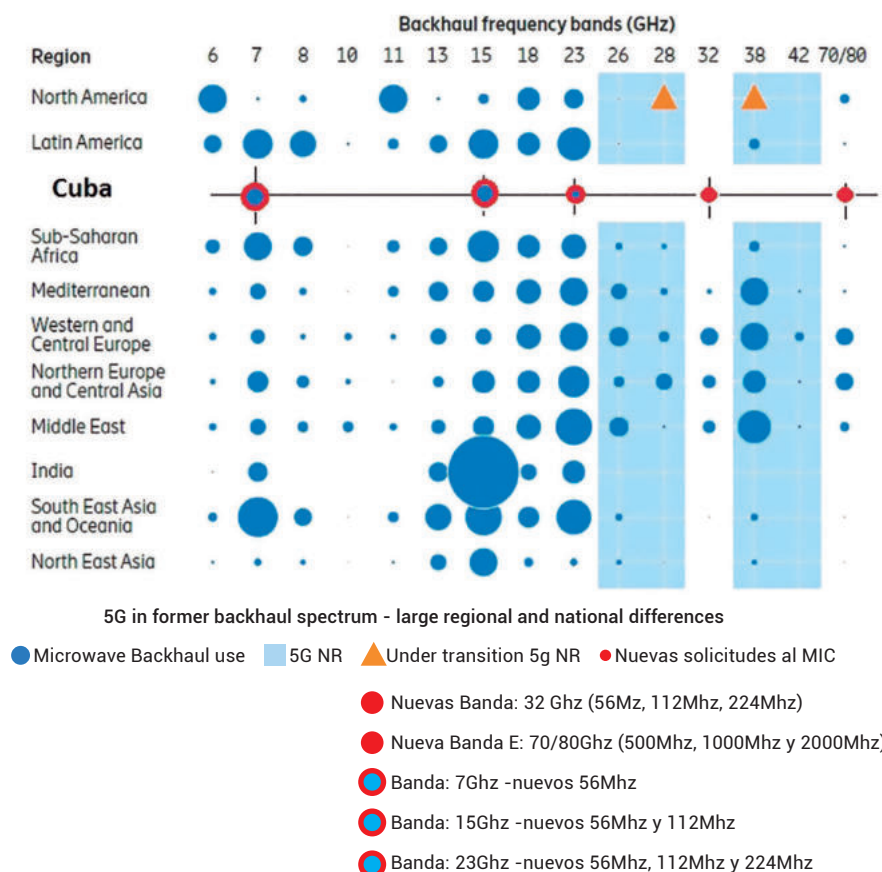


Figura 10. Frecuencias en uso en el *backhaul* de MO en el mundo y en Cuba

de ahí para las distintas zonas del país (urbana, suburbana y rural) se podrán emplear las distintas formas de RLB que pueden ser desde las más tradicionales *Multi-carrier* cuando las frecuencias a unir están en la misma banda, hasta la *Multi-band* analizada anteriormente.

Se debe tener en cuenta en el diseño y planificación de estas redes la arquitectura de distintos modelos topológicos que las nuevas g-RAN — *Next Generation RAN*— imponen en el sistema, (Figura 12). Las gRAN pueden desplegarse en sus modelos, el distribuido DRAN, el concentrado CRAN o de forma virtualizada VRAN donde aparece la nueva interfaz F1 entre las unidades funcionales DU —*Distributed Units*—

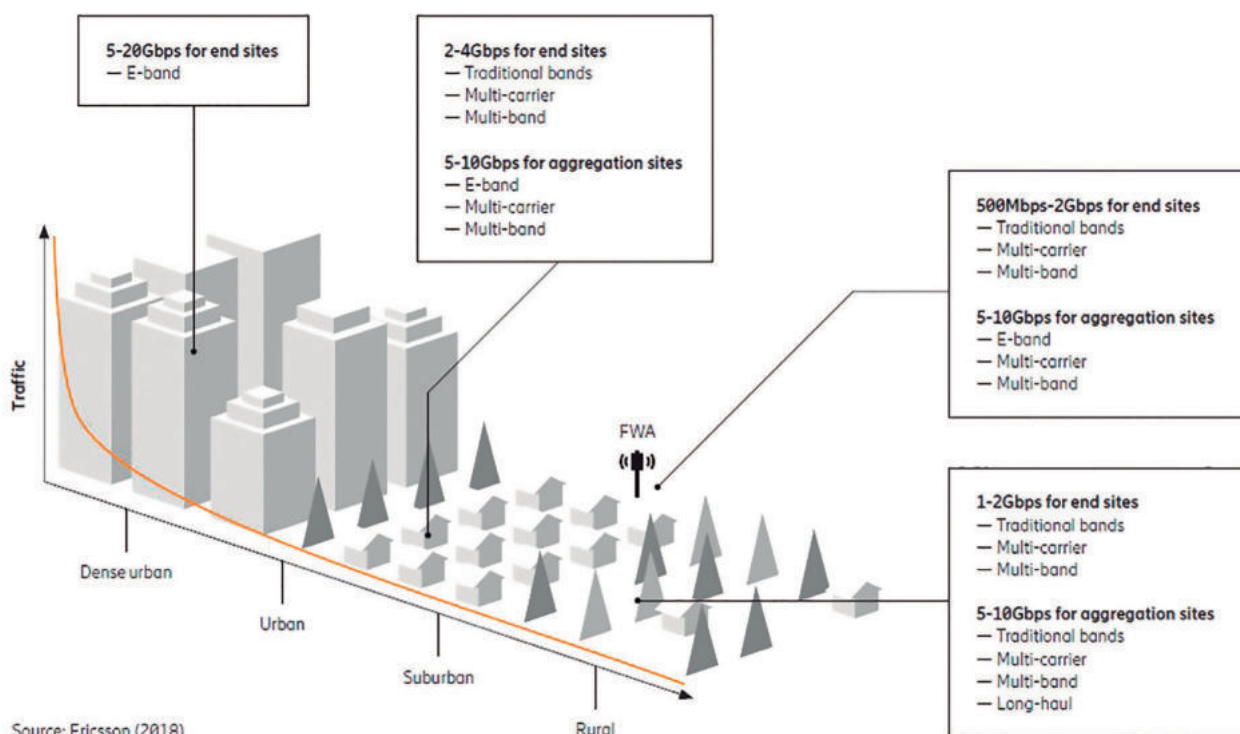


Figura 11. Soluciones de *backhaul* por MO para despliegue de nuevas RAN (4G/5G)

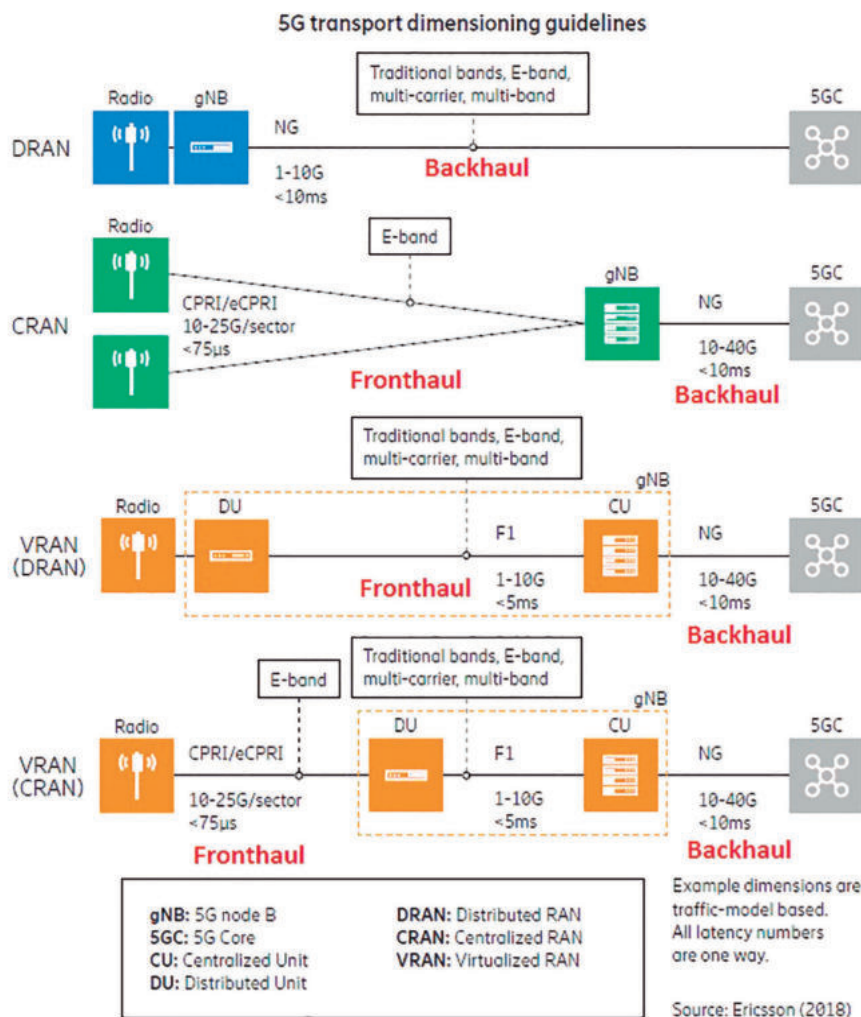


Figura 12. Guía para el dimensionamiento del transporte en redes 5G

y CU —*Centralized Units*—, que habría que conectar con velocidades de 1-10Gb/s y con latencias menores de 5 ms.

Hay que notar que en la figura 12 se presenta un nuevo tipo de red de transporte conocido como *Fronthaul* por MO. Esta posibilidad aparece en los operadores a partir de las grandes velocidades y bajas latencias que permite la banda E. En esta arquitectura se separan las unidades de Radio de la gNB —*Next Generation Node B*— y permite despliegues muy rápidos con gran cobertura en zonas urbanas (vanBosse, 2013).

SDN, MPLS, por MO y nuevas formas de gestión NMS

Los modernos sistemas de transmisión por MO son considerados actualmente como potentes router que pueden manejar caminos convencionales por FO y MO, por

tanto, en el diseño y planificación de estas redes tienen que considerarse estas nuevas funcionalidades que conlleva a un cambio de paradigma y de visión sobre el uso e implementación de estos sistemas.

En la figura 13 se observa cómo una red de *backhaul* por MO puede establecer funcionalidades MPLS —*Multiprotocol Label Switching*— que permite establecer VPN —*Virtual Private Network*— con todas las características de protocolos usados en “router” convencionales (IS-IS —*Intermediate System to Intermediate System*—, LDP —*Label Distribution Protocol*—, MG-BGP —*Media Gateway Border Gateway Protocol*—, etc.). Esto permite lograr protecciones de caminos para garantizar el tráfico cuando un determinado enlace por MO sufre desvanecimientos o corte total del sistema. En el ejemplo puede verse cómo la IDU AGS20 del proveedor SIAE puede establecer caminos por MO y por FO.

También es posible realizar re-enrutamiento del servicio de manera tal que cuando un paso de radio que comparte varias VPN sufre desvanecimientos o problemas de trayectos y tiene que disminuir su velocidad de transmisión, el sistema puede hacer un ajuste dinámico del servicio haciendo uso de las posibilidades de MPLS en combinación con SDN —*Software Defined Network*—. Ver figura 14.

En la figura 15 se muestra cómo podría ser la configuración futura de una red de transporte integrada de un operador, donde se considere el nuevo *backhaul* por MO como parte integrante del enrutamiento de nivel 3 (específicamente 2.5 MPLS) y donde se aprovechan las posibilidades de SDN para la provisión, protección y gestión de los servicios.

Es necesario señalar que para poder ir evolucionando la infraestructura de la red de MO presente en la red de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A.

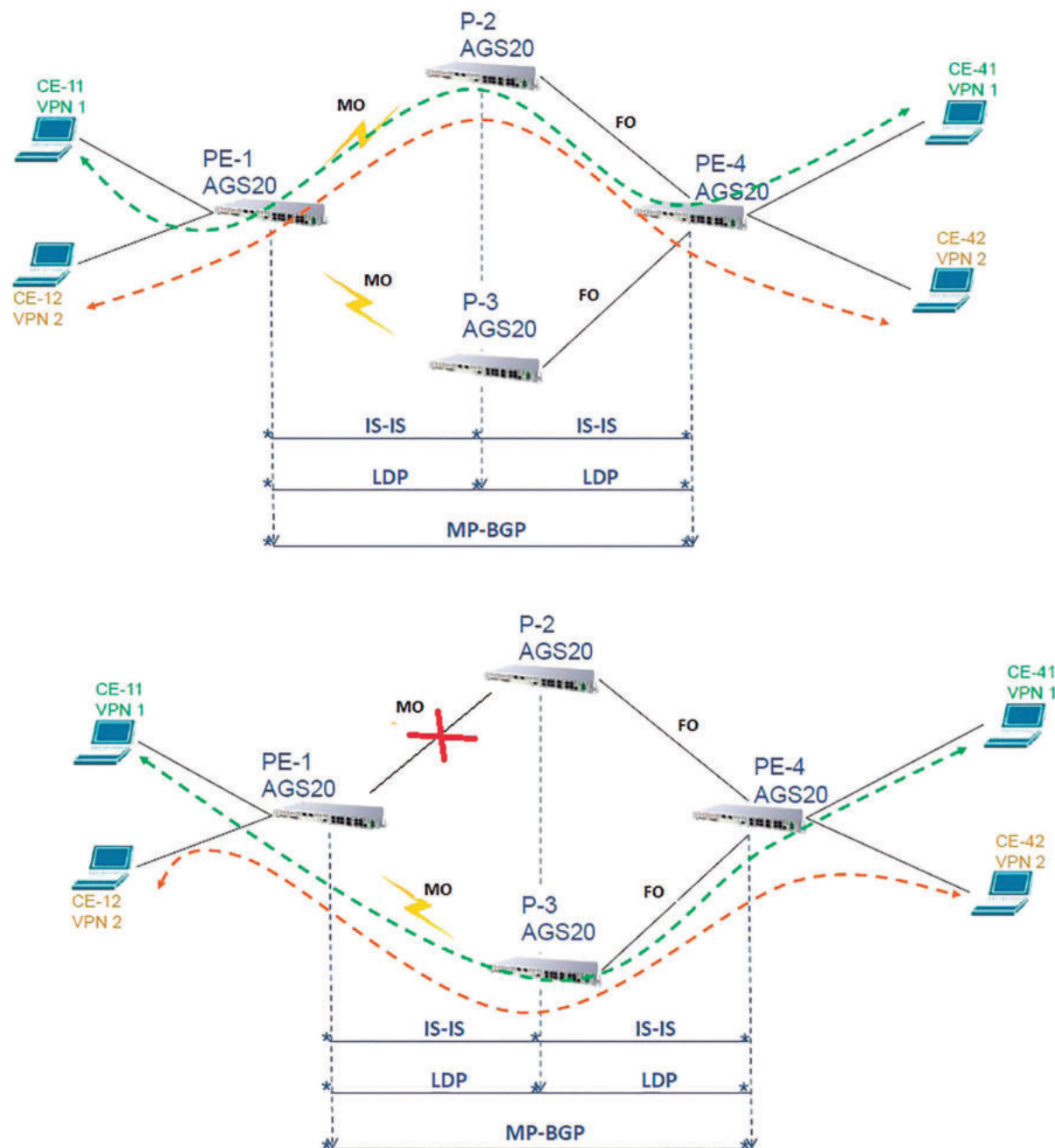


Figura 13. MPLS VPN protección de tráfico por MO (variante 1)

ETECSA y lograr llegar a la red objetivo presentada, se necesitan realizar mejoras en la estructura de la gestión de los saltos de MO, que incluyen la incorporación completa de todos los saltos de MO que hoy se encuentran gestionados por un bus TDM —*Time-division multiplexing*— de 2 Mb/s y por ATM/*FrameRelay* —*Asynchronous Transfer Mode*— hacia la VPN del BB IP/MPLS; así como el mejoramiento del router de Gestión de MO hacia uno de tecnología moderna que permita el soporte del incremento del

servicio, y la necesidad de incorporación del servidor SOEM hacia el interior de la red móvil para una mejor convivencia con el resto de los servidores y aplicaciones de gestión.

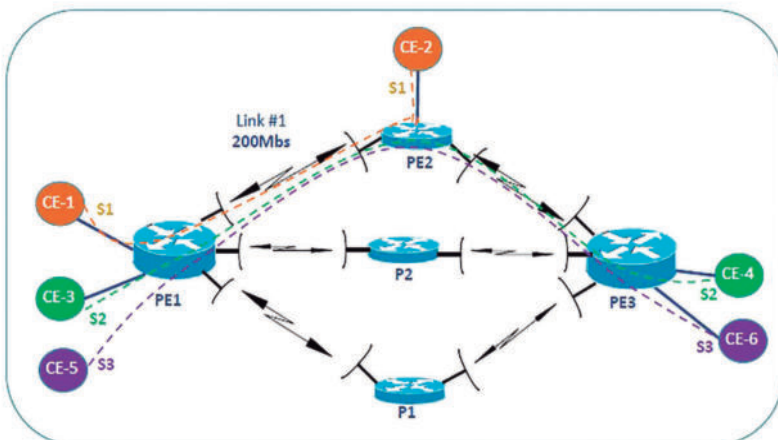
Conclusiones

Se han presentado los principales cambios que habría que realizar en la planificación y diseño del *backhaul* por MO para hacer frente al amplio despliegue de altos anchos de bandas a los extremos de la red a partir de la nueva cobertura 3G/4G y la futura 5G en Cuba. Se debe considerar

como aspectos fundamentales el uso en Cuba de la nueva banda E para lo cual se necesita una ampliación de las regulaciones existentes en el MIC en cuanto al uso de estas frecuencias, también el uso de canales de 112Mhz y de 224Mhz, así como la banda de 32 Ghz. Esto posibilitará en

un futuro usar técnicas de RLB y *Multiband Booster* que garantizan sistemas de MO con altas disponibilidades para diferentes QoS aprovechando además el uso de la tecnología IP/MPLS over MO y SDN para garantizar la gestión avanzada y las protecciones de servicios cerca de los usuarios finales.

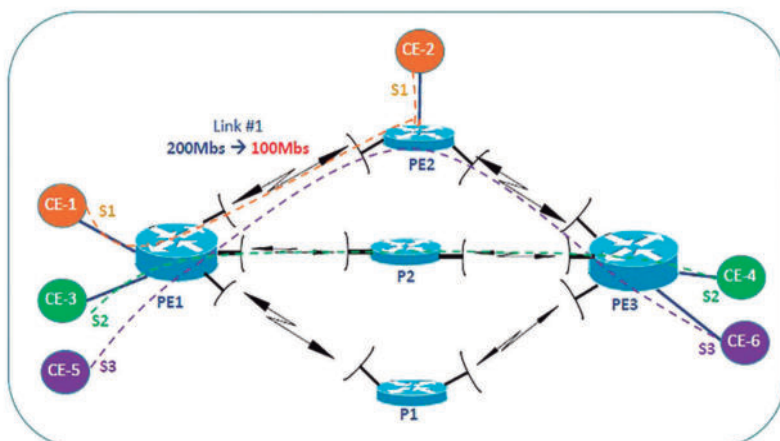
Network topology in nominal conditions



Description:

- Microwave IDUs act as IP/MPLS nodes
- Three different L3 services are carried using L3 VPN:
 - S1 between PE1 and PE2
 - S2 and S3 between PE1 and PE3

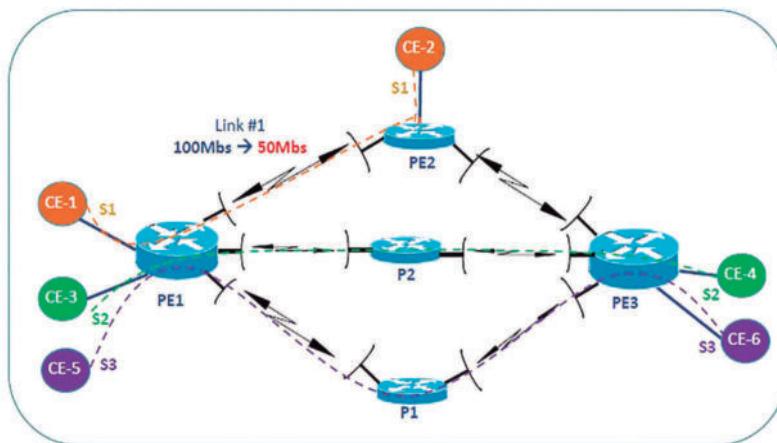
Network topology with a first congestion event detected



Description:

- First event of ACM downshift:
 - Reduced capacity on Link #1 (200Mbps → 100Mbps)
- The SDN controller detects the topology change through event notification
- S2 is re-routed on an alternative path

Network topology with a second congestion event detected



Description:

- Second event of ACM downshift:
 - Reduced capacity on Link #1 (100Mbps → 50Mbps)
- The SDN controller detects the topology change through event notification
- S3 is re-routed on an alternative path

Figura 14. MPLS VPN protección de tráfico por MO (variante 2)

L3 capabilities extended to the Microwave Network

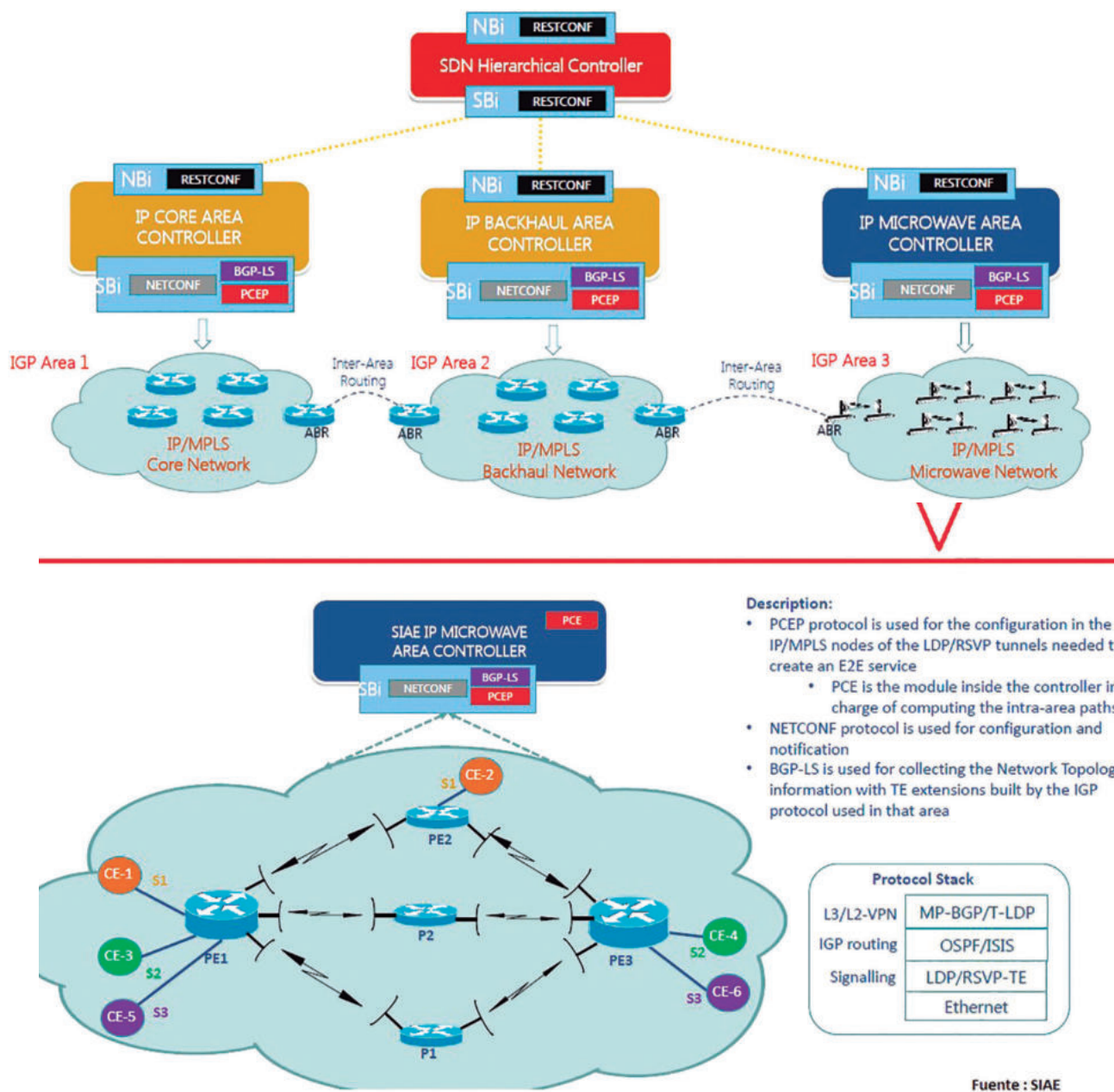


Figura 15. Integración SDN, MPLS VPN y Red de MO en red de transporte y core

Referencias

- Camarillo, G. y García, M. (2010). The 3G IPMultimedia Subsystem, Inglaterra.
- vanBosse, J. G. (2013). Signaling in Telcom Networks. 2nd. Edition.
- Monserat, J. F. y García, M. (2017). 3GPP LTE-Advanced y su evolución hacia la 5G móvil.
- Rábanos Hernando, J.M. (2016). Comunicaciones Móviles.
- Poikselka, M.(2012). The IMS IP Multimedia Concepts and Services. 3rd Edition.