

Propuesta de Modificaciones para la Red de Telecomunicaciones de la República del Congo. 2da parte

Dyhet Wesley ONANGA ELENGA

Estudiante de Maestría de Telemática (CUJAE) dweslay@yahoo.fr

RESUMEN / ABSTRACT

En el presente artículo, se propone un procedimiento para el diseño, instalación y puesta en funcionamiento de una red MetroEthernet. Luego se adapta el procedimiento propuesto al escenario de Brazzaville. El objetivo que se persigue es realizar una propuesta de modificación de la actual red de Telecomunicaciones de la República del Congo.

Palabras claves: Capas de red, GPON, IP/MPLS, red MetroEthernet, Servicio PoP

Proposal of Modification for the Telecommunications Network of the Republic of Congo

ABSTRACT

Presently article, intends a procedure for the design, installation and setting in operation of a net MetroEthernet, Then, the proposed procedure adapts, to the scenario of Brazzaville. The objective that is pursued is to carry out a proposal of modification of the current net of Telecommunications of the Republic of Congo.

Key words: IP/MPLS, GPON, Net layers, net MetroEthernet, Pop Service.

Introducción

El diseño, la instalación y puesta en funcionamiento de una red suele ser un proceso cuidadoso del cual depende, en grado sumo, que se cumplan los objetivos que llevaron a invertir en dicha red. Es por ello que resulta de vital importancia seguir algún procedimiento que indique los pasos a seguir para obtener resultados adecuados.

El procedimiento utilizado para la propuesta de diseño de una red MetroEthernet en la ciudad de Brazzaville, cuenta con 5 etapas que se mencionan a continuación.

- Etapa de estudio.
- Etapa de diseño.
- Etapa de licitación y selección del vendedor.
- Etapa de adaptación, instalación y puesta en funcionamiento de la solución.
- Etapa de la evaluación de las prestaciones y resultados.

Cada etapa mencionada anteriormente, indica los pasos a seguir para alcanzar resultados convenientes, que serán presentados en este trabajo de forma exhaustiva.

ETAPA DE ESTUDIO

La provincia Brazzaville es la capital del Congo, se sitúa en la zona sur del país. Cuenta con 1 200 000 habitantes aproximadamente. La ciudad está dividida en 8 circunscripciones administrativas: Makélékélé, Baongo, Poto-Poto, Moungali, Ouenzé, Talangaï, Mfilou y Ndiri [1] [2].

¿Cuáles son entonces los requerimientos y las necesidades de la red futura según los servicios a ofrecer y las demandas que están en el mercado y que se ofertarán? Para responder a lo anterior se propone que la empresa Congo Telecom tenga en cuenta lo que se describe a continuación.

En cuanto a los requerimientos técnicos, se requiere que la Red MetroEthernet de Brazzaville sea una red confiable, segura; que tenga herramientas (software) poderosas de gestión de servicio, equipamiento (hardware) bueno, sea tecnología de punta, los mismos deben ser ubicados en lugares seguros. Que tenga las políticas de seguridad robustas, que pueda automáticamente actualizar los antivirus, que cuente con respaldo de equipos y de energía. El personal implicado en la red MetroEthernet debe estar preparado y ser confiable. Que los servicios se brinden 24 horas, todos los días del año.

Se requiere también que la red sea escalable y gestionable; que la arquitectura de la red MetroEthernet pueda extenderse y los servicios a ofertar puedan crecer. Para cumplir con la norma de las redes actuales, la misma será una red jerárquica, es decir contará con nivel de acceso, nivel de agregación y nivel de core MetroEthernet.

En cuanto a las necesidades de equipamiento y personal, se necesita que se compren los equipos necesarios para la red que cumplan con los requerimientos mencionados anteriormente. Entre ellos se encuentran los NAM, aquellos a los que los clientes finales se conectarán para acceder a los servicios. (MSAN, DSLAM), los BTS-IP, etc. Se deberá contar con los recursos humanos calificados para la

instalación de los nuevos equipos, y que el personal técnico de la empresa sea capaz de administrar, mantener y operar la futura red.

En cuanto a las demandas de servicios, la red MetroEthernet de Brazzaville ofertará los tipos de servicios siguientes: Internet, Intranet, Telefonía fija, telefonía móvil de 3G, VPN, VoIP. Es necesario que se haga un estudio de todos los servicios, que se podrán brindar sobre la nueva red como videoconferencia, videollamadas, IPTV, VoD, etc., para explotar certeramente la red propuesta.

Para la ubicación de los diferentes nodos de las capas que constituyen la red MetroEthernet, se debe tener en cuenta la concentración de entidades de mayor población que podrá generar mayor tráfico en la red. En Brazzaville, los procesos administrativos están concentrados en el centro de la ciudad y en la periferia está concentrada la mayor parte de la población. Además, la capital cuenta con varias entidades donde se registra el mayor tráfico de la red, como la Universidad Marien Ngouabi, que se divide en 12 sedes. El Centro Cultural Francés (CCF), seis centros comerciales en Talangaï Mikalou, Ouenzé, Poto-poto, Mougali y en Baongo. Tres grandes hospitales estatales, los bancos que se encuentran en todo el territorio de Brazzaville un aeropuerto Internacional, dos puertos fluviales más dos estaciones estatales de bus para el transporte hacia el interior del país y una zona de concentración de las embajadas. En la actualidad se destaca un incremento acelerado de la población en las zonas periféricas de Brazzaville. Se señala que, esta zona del centro de la ciudad donde se encuentra la mayor concentración de los procesos administrativos es muy operativa y poblada en las horas laborales, o sea desde las 8:00 de la mañana hasta aproximadamente las 4:00 de la tarde. Por tales motivos, esta situación debe tomarse en cuenta a la hora de ubicar los nodos.

En la figura 1 que aparece a continuación, se muestra la concentración de las entidades que generan mayor tráfico.

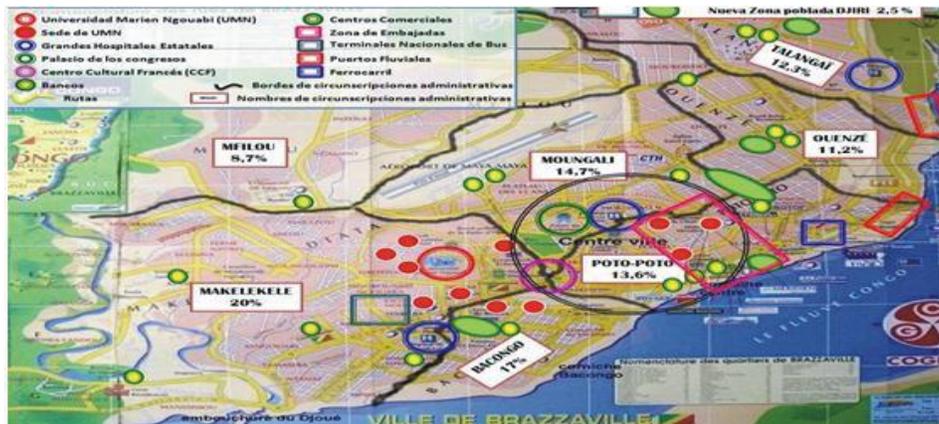


Figura 1: Concentración de entidades en la ciudad de Brazzaville

ETAPA DE DISEÑO

De acuerdo a lo analizado y según las normativas existentes, se propone que la Red MetroEthernet de BZV, esté jerárquicamente dividida en tres segmentos:

- Capa del core: Estará conformada por conmutadores de nivel 2/3, categoría Carrierclass, denominados conmutadores del core MetroEthernet, los cuales interconectarán la red de agregación al acceso MPLS del Backbone IP/MPLS.
- Capa de agregación: Estará conformada por un conjunto de equipos ópticos de categoría Carrierclass. Estos conectarán los equipos del nivel de acceso con los del nivel del core MetroEthernet.
- Capa de acceso: Estará compuesta por nodo de acceso multiservicio (MSAN, DSLAM) a los cuales se conectan los abonados.

Nivel de Core de la Red MetroEthernet

El nivel de core, estará formado por los equipos de borde de la red de transporte de paquetes (PE) que conectarán a los Switch Metro. Los enrutadores del nivel de borde PE, estarán interconectados entre ellos y con los nodos del Backbone IP/MPLS, a través de una interfaz 1Gigabit Ethernet. El nivel del borde del backbone IP/MPLS estará constituido por los puntos de acceso a servicios, o sea, los puntos de presencia de servicios PoP. Se define un servicio PoP como una entidad lógica constituida por diferentes PoP físicos. Mientras que los PoP físicos, no son más que los equipos que ofrecen un servicio específico y están interconectados mediante una LAN a la cual también está conectado el enrutador P del Backbone Nacional IP/MPLS. Los PoP de Brazzaville, estarán en la circunscripción administrativa de Poto-poto. La figura 2 muestra la ubicación de los servicios PoP y los posibles PoP físicos que la integran [3] [4] [5].



Figura 2: La entidad lógica PoP y posible PoP físico que la integran

Nivel de agregación de la Red MetroEthernet

Los nodos de accesos multiservicios distribuidos a nivel de acceso de la red, tendrán que recorrer grandes distancias para poder conectarse a los servicios PoP. Por lo tanto es necesaria una red de agregación que permita esta funcionalidad.

La presencia de un número elevado de los nodos de accesos multiservicios ubicados geográficamente en las partes periféricas de la red, necesita funcionalidad de agregación, con el objetivo de limitar el

número de las costosas interfaces de los equipos presentes en el servicio PoP, debido al ancho de banda que se transporta [3].

De acuerdo con los resultados obtenidos en la etapa de estudio, respecto a la concentración de población y tráfico, se realiza la propuesta de dónde se ubicarán los equipos ópticos que conformarán la red de agregación. La tarea siguiente sería la interconexión de estos equipos para formar una red de agregación. En esta capa el soporte de transmisión sería la fibra óptica monomodo debido a sus ventajas. Conforme a las topologías de red que existen, la mallada, la estrella, anillo, etc., en esta capa de agregación se usará la topología de anillo doble.

Por lo tanto, la capa de agregación de la red MetroEthernet de Brazzaville tendrá dos anillos, el primer anillo será, el anillo norte de la red MetroEthernet de Brazzaville, el mismo tendrá un recorrido de 70,5 km. El otro será el anillo sur de la red MetroEthernet de Brazzaville con un recorrido de 72 km. Cada anillo respectivamente comienza en un conmutador metro y termina en el otro conmutador metro así formando un anillo. En la figura 3 se muestra la red de la capa de agregación con sus dos anillos [2] [1].



Figura 3: Ubicaciones de equipos de agregación

Nivel de acceso de la Red MetroEthernet

La red NGN de Brazzaville tendrá como característica; el núcleo, donde estarán los enrutadores P del Backbone IP/MPLS de Congo Telecom, el nivel Edge, cuyo elemento principal será el servicio PoP, después viene otra capa que está constituida por los conmutadores MetroEthernet y los conmutadores Feeder que forman la red MetroEthernet. Entre los conmutadores Feeder y los NAM de la capa de acceso, iría la conectividad, o sea el acceso de última milla.

Para el acceso a la última milla se propone valorar tecnologías como las Redes Ópticas Pasivas a Gigabit (GPON, Gigabit Passive Optical Network), la cual en la distribución de las fibras en un área determinada, desempeña un papel importante. Con una sola fibra se pueden alcanzar 20 km y se puede tener “n” elementos pasivos (splitter), que permitan diversificar una fibra en “n” cantidades de fibras de una forma pasiva, reduciendo los costos y aprovechando el ancho de banda.

En Brazzaville estarán interconectados los conmutadores MetroEthernet en diferentes lugares donde se ubicarán los PE y determinados puntos de presencia. En la otra capa, donde no existen los servicios PoP, lo que se conectan son los conmutadores Feeder, que estarán repartidos en todo el territorio de Brazzaville. Los conmutadores Feeder deben ser interconectados con los conmutadores MetroEthernet y con los diferentes NAM, Gateways, BTS IP mediante las fibras ópticas. [6]

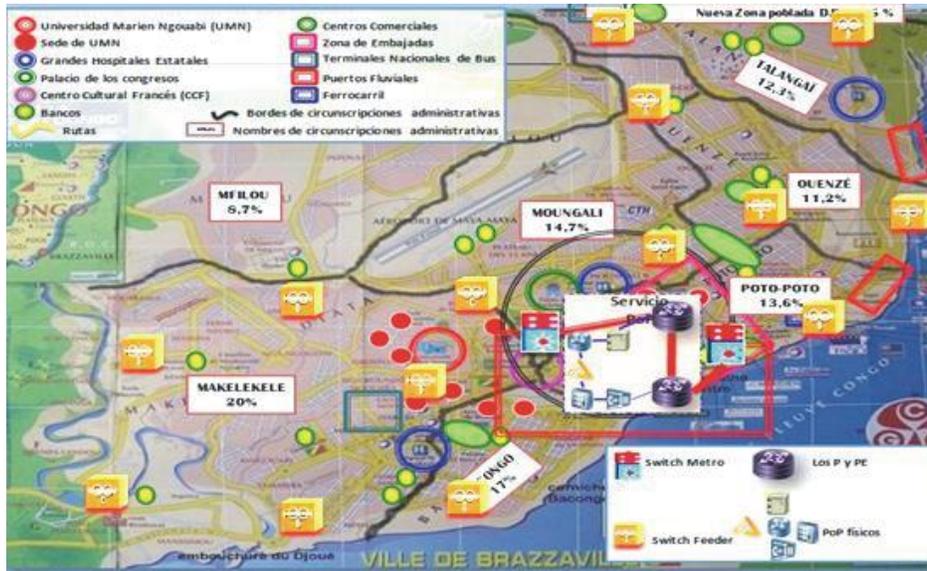


Figura 4: Distribución de Switch Feeder y MetroEthernet

Lo anterior impone la necesidad de hacer un enorme despliegue de fibras ópticas en la ciudad de Brazzaville.

Por tal motivo, el autor de este artículo propone el uso de la tecnología GPON en la última milla, solución que permitirá disminuir la cantidad de las fibras ópticas por área determinada.

En la implementación de GPON el equipo terminal de línea óptica (OLT, Optical Line Terminal) debe ser conectado en la central de la red. En la parte de los usuarios, se conectaría el equipo de terminación de red óptica (ONT, Optical Network Termination).

Hoy en día está desplegada la red de la fibra de cobre en Brazzaville. No se propone sustituir toda la red de cobre por la de fibra óptica, eliminando la variante de la fibra hasta la casa (FTTH, Fiber to the home). Se propone que Congo Telecom utilice la tecnología fibra hasta los gabinetes. (FTTC, Fiber to the curb).

Del OLT que está ubicado en la central, la fibra llega hasta la unidad de red óptica (ONU, Optical Network Unit), luego sale el cable de la red de cobre hasta los equipos terminales de red (NT, Network Terminal), que en este caso serían los módem ADSL de los usuarios finales para ofertar servicios de banda ancha, como se muestra en la figura 5.

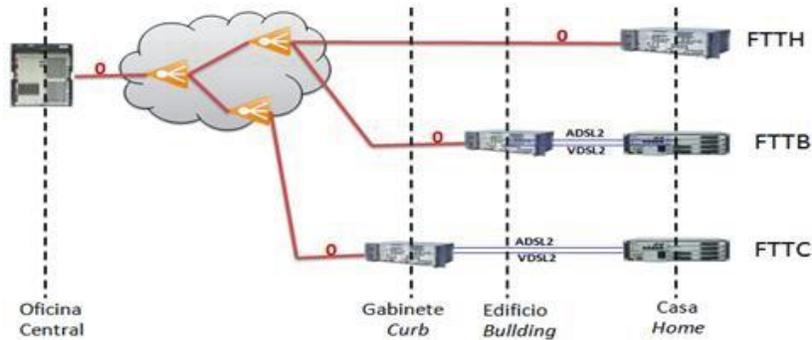


Figura 5: Soluciones GPON

¿Dónde irían los OLT y cómo sería la distribución de los splitter en Brazzaville?

Para responder a lo anterior, se recomienda lo siguiente:

-Los OLT serán ubicados donde estén los conmutadores Feeder. Cada OLT tendrá una solución de anillo doble de los splitter en su área. De esta forma se garantiza la redundancia que exigen las redes de Telecomunicaciones. Se propone usar los splitter que tengan 2 entradas y "n" salidas. Las entradas o, se conectarán en dos puertos a 1Gigabit Ethernet, formando un anillo doble. En este caso si se rompe un puerto, el otro sigue funcionando.

A los ONU también se propone llegar con dos fibras, de tal manera que si se rompe una se seguirá trabajando con la otra, garantizándose también la redundancia.

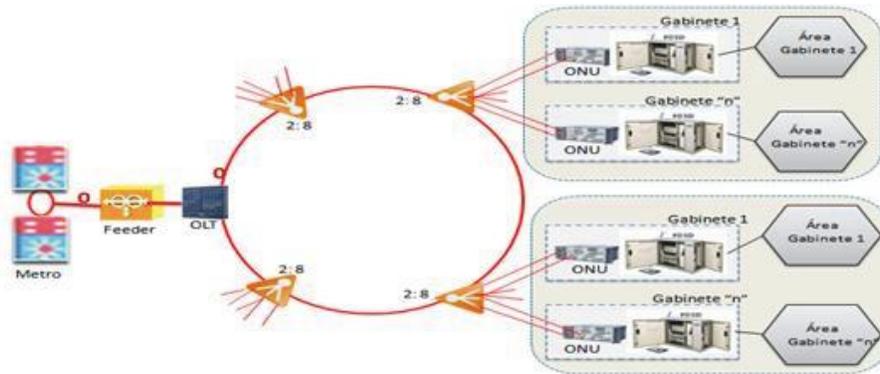


Figura 6: Ubicación de OLT y distribución de los splitter

Los requerimientos de los equipos que serán empleados en la red, serán discutidos más adelante en el trabajo. Pero se propone a Congo Telecom que, en cuanto al sistema operativo de la red, la selección del mismo será en función de los niveles de seguridad que tiene, los niveles de tolerancia ante fallos, además de que sea fácil la instalación y configuración.

ETAPA DE LICITACIÓN Y SELECCIÓN DEL VENDEDOR

En la etapa de licitación debe elaborarse un documento de especificaciones técnicas de equipos y soluciones completas MetroEthernet, que contenga todos los requerimientos de la red MetroEthernet

para Brazzaville, tanto de hardware como del software. Este documento recoge, por tanto, todo lo que se discutió en las dos primeras etapas del procedimiento propuesto en el presente trabajo. Esta oferta debe ser enviada posteriormente a más de un proveedor de equipos o de soluciones completas para Red MetroEthernet [4] [7].

En el segundo paso, se analizarán las respuestas dadas por cada suministrador, proceso que permitirá seleccionar la solución adecuada para los requerimientos planteados en dependencia de los costos.

Con las entrevistas (conversaciones telefónicas) realizadas a los especialistas de Congo Telecom, se comprobó que la empresa tiene contrato con dos proveedores extranjeros de equipos y soluciones completas de Redes MetroEthernet que son: Alcatel Shanghai Bell y Huawei Technologies[8]. El primer proveedor se ha especializado en los medios de transmisión y el segundo en los equipos de interconexión.

Congo Telecom para contratarlos, tuvo en consideración la experiencia de cada uno, la variedad de soluciones que ofrecen, el soporte técnico, la capacitación del personal involucrado, y los acuerdos financieros a que llegaron.

Propuesta de equipamiento para conformar la solución Huawei de la Red MetroEthernet de Brazzaville.

De acuerdo a la información obtenida y a la existencia de contratos con las empresas mencionadas en el epígrafe anterior, en el trabajo se incluye una posible selección de equipamiento para la propuesta de red MetroEthernet de la ciudad de Brazzaville.

En la selección del equipamiento de interconexión se tomaron en cuenta criterios que se exponen a continuación. En primer lugar, se conoció que Huawei tiene presencia en el mercado cubano de las telecomunicaciones, por lo que existía la posibilidad de consultar a expertos cubanos. Las entrevistas efectuadas a personal especializado de planeamiento estratégico de ETECSA y el estudio de bibliografía relacionada con el tema. Los especialistas de Huawei facilitaron la documentación de equipos, que a juicio del autor del presente trabajo, pueden servir para la implementación de la propuesta presentada.

En el Anexo, se muestran las especificaciones técnicas de los equipos seleccionados.

ETAPA DE ADAPTACIÓN, INSTALACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO

En la etapa de adaptación, instalación y puesta en funcionamiento de la red MetroEthernet, se analizará el tipo de migración a partir de la red existente. Esto quiere decir, el tipo de cambio que se hará: el cambio directo, el cambio en paralelo o el cambio por etapas.

El autor del trabajo recomienda emplear la migración por etapas a partir del presupuesto con el que cuenta Congo Telecom y de que es prudente contar con la nueva red y la vieja funcionando a la vez. Se dejará a los usuarios que así lo deseen en la red anterior (porque han invertido en tecnología de la red vieja, porque no quieren cambiar, porque necesitan amortizar el equipamiento con el que cuentan, etc.) y se irán montando los servicios de los nuevos usuarios en la nueva red.

Aunque existen equipos híbridos (que contienen tarjetas para SDH y para IP) no se aconseja utilizar esta variante para contar con una red IP, por las limitaciones que presentan estos equipos en cuanto al

manejo de ancho de banda, porque SDH no se puede gestionar dinámicamente el ancho de banda de una conexión, por su propia filosofía de reservar el ancho de banda asignado a una conexión aun cuando no hay tráfico.

A la hora de realizar el montaje, instalación y puesta en funcionamiento, resultará importante seguir los pasos citados a continuación.

- Instalar y probar el equipamiento.
- Instalar y probar los programas y herramientas necesarios.
- Entrenar al personal vinculado a la red.

En la figura 7, se muestra cómo quedará la red MetroEthernet propuesta para la ciudad de Brazzaville.

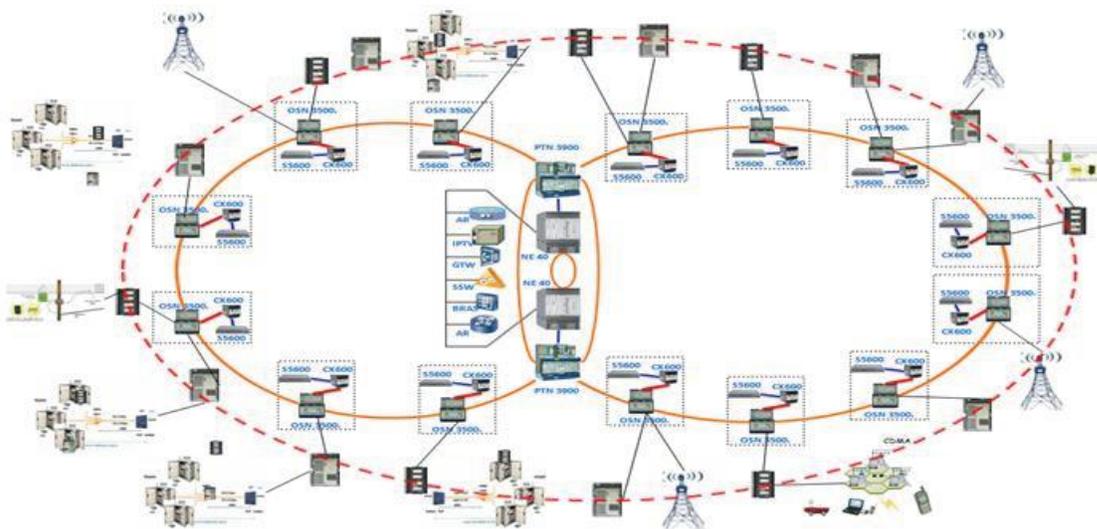


Figura 7: Propuesta de la red MetroEthernet de Brazzaville.

ETAPA DE EVALUCACIÓN DE LAS PRESTACIONES Y RESULTADOS

En dependencia de los resultados alcanzados en el proceso de evaluación de las prestaciones, si se notan algunos fallos, será necesario responder a estas preguntas; ¿Es un problema con el diseño realizado, problema por no tener el presupuesto necesario para el diseño de la red, problema de interconexión? Para responder a lo anterior, se propone que Congo Telecom tenga en cuenta lo que se describe a continuación:

Revisar la última etapa anterior a la de evaluación de las prestaciones, para examinar los aspectos que pudieron ser mal implementados. Los errores de implementación son los que determinan el correcto funcionamiento de la red. De no encontrarse fallos en la etapa de adaptación, instalación y puesta en funcionamiento de la red MetroEthernet, será necesario revisar la etapa anterior a ella y así sucesivamente. En dependencia de la profundidad de las modificaciones que se deban realizar puede ser necesario volver a la etapa de estudio de no encontrar errores en las etapas posteriores a la de estudio.

La red MetroEthernet es una poderosa red de acceso con la principal misión de evacuar todo tipo de tráfico de los NAMs y las estaciones base IP de redes móviles. Para el éxito en diseño de una red MetroEthernet se debe seguir una serie de pasos lo cual evitará la presencia de algunos problemas de diseño de red. El procedimiento discutido deberá ser tomado en cuenta al emprender cualquier tipo de red IP.

CONCLUSIONES

Después de la elaboración del trabajo, se puede concluir que:

»Se logró realizar la propuesta de una red MetroEthernet de la Ciudad de Brazzaville.

»La arquitectura de la red MetroEthernet propuesta y su dimensionamiento, se diseñó teniendo en cuenta la ampliación futura de la red y el crecimiento de los servicios a ofertar.

»Se validó el procedimiento a través de los especialistas que trabajan en la rama de diseño de Redes de Nueva Generación.

Los procedimientos empleados para el diseño que se propone en este trabajo, son generalizables con alcance nacional, ya que en el Congo existe la necesidad de diseñar redes MetroEthernet en otras regiones del país. En el plano tecnológico la red MetroEthernet propuesta para Brazzaville garantizará la oferta de varios servicios que se brindan en las NGN sobre una misma red, con facilidades de agregación y enrutamiento. En el plano social los resultados obtenidos aumentarán la efectividad en la prestación de los servicios. Será una garantía para ofertar a los clientes, servicios de calidad y la gestión de los mismos. En el plano económico la red MetroEthernet propuesta es una solución muy económica, los costos de implementación son inferiores en comparación con las redes tradicionales (SDH), ya que el precio de un equipo pequeño PTN 910 T-MPLS es aproximadamente 6.154.00 USD comparable con el costo de la tarjeta Eth/SDH que es de 6.433.00 USD.

Se propone además tomar en cuenta la posibilidad de desarrollar un modelo de negocios flexible y a largo plazo (5 o 10 años), lo que permitirá minimizar los costos, planificar adecuadamente los futuros crecimientos y contar con un respaldo de equipamiento que permita darle robustez a la red.

Anexo

Especificaciones técnicas de los equipos seleccionados

Parameter	NetEngine 40E
Switching capacity	640Gbps, non-blocking switching
Forwarding performance	400Mpps
Number of interface	8
Interface type	OC-192c/STM-64c POS 10GE-WAN/LAN OC-48c/STM-16c POS GE OC-12c/STM-4c POS FE OC- 3/STM-1 POS E1 OC-48/STM-16 cPOS is channelized to 155M OC- 12c/STM-4c ATM OC-3/STM-1 cPOS is channelized to E1/T1 OC-3/STM-1 ATM OC-48c/STM-16c RPR OC-192c/STM-64c RPR
Routing protocol	Supports the routing protocols as RIP, OSPF, IS-IS and BGP-4, and all the ports can still be able to keep wire-speed forwarding in the complex routing environment such as routing oscillation.
L2 service feature	Supports the basic VLAN feature; supports various L2 features as VLAN convergence, VLAN TRUNK, multicast VLAN, VLAN Translation, STP/RSTP/ MSTP, and HGMP.
MPLS VPN	Can serve as P and PE. Supports MPLS VPN, Supports MPLS L2VPN in Martini, Kompella, VPLS modes.

Parameter	Optix OSN 3500
Large Capacity Cross-connect	200G HO cross-connect, 20G LO cross-connect maximum 156.25G service access.
Powerful Networking Ability	Support Mesh networking, 2/4 fiber MSP, SNCP, DNI, Linear 1+1/1:N, single subrack support 1*STM-64 4 fiber MS-SPRING or 11*STM-16 4 fiber MS-SPRING or 12*STM-16 2 fiber MS-SPRING
Abundant Service Access:	STM-1(O/E), STM-4/16/64 standard or catenation, E1/E3/DS3/E4, FE/GE, SAN, DDN/N*64k, ATM/IMA 155/622.
Flexible Intelligent Features:	Service end-to-end configuration, 5 levels SLA, TE, Intelligent Synchronization of MESH Network, Timeslot defragmentation etc.
High Integration:	Single subrack 15 service slots, 16 interface board slots, 2 subrack per 2.2m ETSI cabinet
High Reliability:	SDH ring/chain protection, Mesh restoration, SCC, XCS, timing board, power board 1+1 backup, PDH/FE TPS, support SFP optical module.

Parameter	Optix PTN 3900
Switching Capacity	320Gbps
Service slot	16 slots for processing board and 16 slots for interface boards
Ethernet Interface	FE, GE, 10GE
Smart E1 interface	E1: 750hms, E1:120ohms
TDM interface	Channelized TDM STM-1
ATM interface	ATM STM-1
POS interface	STM-1/STM-4
CWDM interface	8 channels, compliant with ITU-T G.694.2

Item	NE40-8
Switching capacity	64Gbps, non-blocking switching
Forwarding performance	48Mpps
Number of interface	8
Interface type	OC-48c/STM-16c POS GE OC-12c/STM-4c POS FE OC-3/STM-1c POS E3 OC-48/STM-16 cPOS is channelized to 155M T3 OC-3/STM-1c POS is channelized to E1/T1 E1/cE1 OC-48c/STM-16c RPR T1/cT1 OC-12c/STM-4c ATM OC-3/STM ATM
Routing protocol	Supports the routing protocols as RIP, OSPF, IS-IS and BGP-4, and all the ports can still be able to keep wire-speed forwarding in the complex Routing environment such as routing oscillation.
Layer-3 switch feature	Serves as the universal core router, supports L2 switching and L3 forwarding function, provides rich switch features, including IEEE802.1ad, IEEE 802.1d, IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x, IEEE 802.3z, IEEE 802.1Q, IEEE 802.1p, IEEE 802.1D/802.1w, MSTP, supports VLAN convergence (Super VLAN); supports access control list based on the MAC Address and ports, supports 1438B.

Parameter	CX600-8
capacity	Switching capacity 640 Gbps, port capacity 320 Gbps.
Slots	8 for LUP 2 for SRU 2 for SFU
interface types	OC-192c/STM-64c POS, OC-12c/STM-4c POS, OC-3c/STM-1c POS, OC-48c/STM-16c POS OC-12c/STM-4c ATM, OC-3c/STM-1c ATM, GE/FE, E1/T1, CE1/CT1, E3/CT3
Other	QoS, L2/L3VPN, Multicast,

REFERENCIAS

1. Elongo, P., Entrevista sobre el Brazzaville. 2012.
2. Luis Conde, Las Redes Metro y los servicios en las redes de Nueva Generación. . 2010.
3. Luis Conde, L.O., Entrevista sobre diseño de red MetroEthernet. 2011.
4. Luís Conde, "Propuesta para la Validación Objetiva de la calidad de video del Servicio de IPTV sobre la Red Objetivo de ETECSA. 2010.
5. Luis Conde, Tecnología GPON como soporte de los servicios de las NGN. Marzo 2009.
6. Jorge Crespo Torres, Conf 1: Introducción y diseño de redes, in Maestría de Telemática (CUJAE), 10ma Edition. Habana - 2010.
7. Akouala, D., Projet de Couverture Nationale de Telecommunication. 2010.