

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

“DISEÑO DE UNA RED SDH ENTRE QUITO Y AMBATO PARA DAR SERVICIOS DE 2 STM-1 POR MEDIO DE INTERFACES GIGABIT ETHERNET A 1 STM-1 INCLUYENDO A UN CALL CENTER EN AMBATO DE 1 E1 INTERNACIONAL HACIA EL NAP DE LAS AMERICAS CON METRO ETHERNET Y TECNOLOGÍA TDMoIP”

Christian Colón Machuca Pérez – Jorge Luis González Sánchez
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
jlgonzal@espol.edu.ec
christian.machuca@outlook.com

Resumen

Nuestro estudio consiste en el diseño de una red SDH que permitirá la comunicación entre las ciudades de Quito y Ambato para dar servicios de 2 STM-1 por medio de interfaces Gigabit Ethernet a 1 STM-1 incluyendo a un call center en Ambato de 1 E1 Internacional hacia el NAP de las Américas con Metro Ethernet y tecnologías TDMoIP.

Se debe de proveer 2 STM-1 como servicio o puerto tributario entre las ciudades de Quito y Ambato para una compañía de Telefonía Fija del país que transmitirá sus canales de voz con mayor rapidez para aumentar sus ganancias. Cada una de estas ciudades cuenta con una red de fibra óptica oscura de diferentes proveedores. Adicional se diseñará un circuito clear channel 1 E1 con tecnología TDM pura o con TDMoIP entre la ciudad de Ambato hacia el NAP de las Américas hasta el Meet Me Room o MMR, cuya salida internacional es por TransNexa, que luego se interconecta con Colombia y a su vez a un cable de submarino óptico por el Mar Caribe llegando al NAP lo cual permitirá brindar el servicio al Call Center de la ciudad de Ambato.

Se muestran los costos de implementación de este proyecto. Se realizó la simulación del proyecto en los Laboratorios de Telecomunicaciones de la FIEC, para esto la ESPOL adquirió licencias las cuales nos permiten utilizar hasta tres equipos Optix OSN 1500 y hacer uso de ellos para simular las ciudades de Quito y Ambato junto al NAP, respectivamente, se estableció que las tres terminales estarían conectadas dentro del anillo SDH (Synchronous Digital Hierarchy) o (Jerarquía Digital Síncrona), ya que para acceder al NAP se utilizará la ciudad de Guayaquil para la simulación debido a costos más bajos y la alta demanda de cliente corporativos basados en nuestro análisis de factibilidad tanto económica como técnica para la conexión, de esta forma quedó demostrado el correcto funcionamiento de la Red.

Palabras Claves: Red SDH, Fibra Óptica, STM-4, STM-1, E-1, TDMoIP.

Abstract

Our study is the design of an SDH network allowing communication between the cities of Quito and Ambato to provide services 2 STM-1 via Gigabit Ethernet interfaces to 1 STM-1 including a call center in Ambato 1 E1 International to the NAP of the Americas and Metro Ethernet technologies TDMoIP .

It must provide two STM-1 port as service tax from Quito and Ambato for a company of country fixed telephony voice channels transmit its faster to increase their profits. Each of these cities has a dark fiber optic network from different providers. Additional circuit one clear channel E1 with pure TDM technology or TDMoIP between Ambato to the NAP of the Americas to the Meet Me Room or MMR, whose output is Transnexa International, which then interfaces with Colombia will be designed and their once a submarine optical cable by the Caribbean Sea arriving at NAP which will provide the Call Center service for the city of Ambato.

Implementation costs of this project are indicated. Project simulation was performed on Telecommunications Laboratories of the FIEC, the Repository for this acquired licenses which allow us to use up to three teams Optix OSN 1500 and use them to simulate the cities of Quito and Ambato by the NAP , respectively established that the three terminals would be connected within the ring SDH (Synchronous Digital Hierarchy) or (Synchronous Digital Hierarchy) as to access the

NAP Guayaquil to use the simulation because of lower costs and high demand corporate client based on our analysis of both economic and technical feasibility for the connection, thus demonstrated the proper functioning of the Network.

Keywords: SDH Network, Óptica Fiber, STM-4, STM-1, E-1, TDMoIP.

1. Introducción

Las altas demandas del acceso a internet a altas velocidades hoy en día es una necesidad en todo el mundo, por lo que se requiere una estructura de banda ancha que permita la generación y la distribución de la información.

Una red de Telecomunicaciones en donde los enlaces de transmisión son fibras ópticas y cuya arquitectura está diseñada para explotar las características singulares de este medio de transmisión. Su diseño e implementación requiere en general de una combinación compleja de elementos ópticos y electrónicos, así como del software adecuado que pueda garantizar su correcto funcionamiento, y su concepción arquitectónica obedece a un modelo de capas.

Las necesidades operacionales como ancho de banda, facilidad de multiplexación, calidad y control sobre la red e interoperabilidad han dado origen a sistemas digitales de transmisión que permitan proveer simplicidad, economía y flexibilidad lo cual permitió el surgimiento de la Red de Jerarquía Digital Síncrona facilitando el desarrollo de las comunicaciones por Fibra Óptica.

Las ventajas de una Red de Jerarquía Digital Síncrona nos permite tener menos interfaces de transmisión, menor cantidad de pasos de multiplexación, canales de operación y mantenimiento integrados, realización de redes flexibles, compatibilidad entre equipos de diferentes marcas y reducción de costos de equipos.

En nuestro análisis de una red de Jerarquía Digital Síncrona haremos hincapié en que nos permita transportar distintos flujos de datos. Se analizará multiplexación por División del Tiempo sobre Protocolo Internet que es una tecnología de acceso para la última milla que amplía las aplicaciones tradicionales de voz, datos y video de forma transparente sobre infraestructuras de red IP o Ethernet, permite entregar El Clear Channel para el Call Center.

El objetivo de este estudio es presentar un análisis de factibilidad económico de cuál sería la mejor opción, de forma adecuada nuestra análisis está dividido en cuatro capítulos, en el primer capítulo explicamos de forma conceptual como es un sistema de transmisión SDH, donde se podrá observar, la infraestructura de las tramas,

esquemas de multiplexación, protecciones de la Red, entre otros. [1]

2. Tecnología Utilizada

2.1 Fibra Óptica

La transmisión de la luz para la codificación de señales no es algo de nuestra era, en la antigüedad los griegos usaban espejos para transmitir información.

Para entender mejor la tecnología de Jerarquía Digital Síncrona debemos de tener un análisis de concepto y evolución de la fibra óptica. Lo novedoso aportado para nuestra época es de haber conseguido que la luz se propague dentro de un cable tendido por el hombre de modo que no expanda en todas direcciones, sino en una muy concreta y predefinida esto se ha logrado gracias a la fibra óptica, se podría definir como un conducto de vidrio-fibra; de vidrio ultra delgada protegida por un material aislante que sirva para transportar la señal lumínica de un punto a otro. En la figura 1 se observan los hilos de fibra óptica.

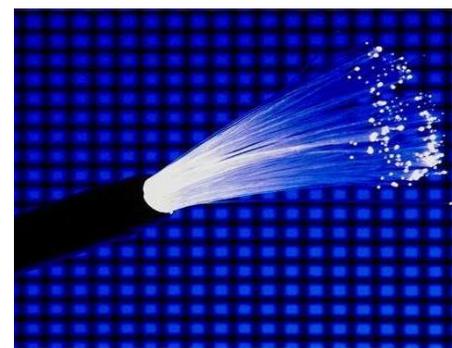


Figura 1 Fibra óptica

Unos de los primeros usos de la fibra óptica fue emplear un haz de fibras para la transmisión de imágenes, que se usó en el endoscopio médico. Usando la fibra óptica, se consiguió un endoscopio semiflexible. Para este uso se usó nuevas fibras revestidas con un material de bajo índice de refracción, ya que el uso que se le daba anteriormente se impregnaba con aceites o ceras. El problema de transmisión era que la luz perdía hasta el 99% de su intensidad al atravesar distancias de hasta 9 metros de fibra. En 1966 en Inglaterra afirmaron que se podía disponer de fibras de una transparencia mayor y propusieron el uso de fibras de vidrio y luz, en lugar de electricidad y conductores metálicos, en la transmisión

de mensajes telefónicos. Se demostró que las grandes pérdidas características de las fibras existentes se debían a impurezas diminutas intrínsecas del cristal. Mientras tanto, como resultado de los esfuerzos, se hicieron nuevas fibras con atenuación de 20 dB por Kilómetro y una banda pasante de 1 GHz para un largo de 1 Km, con la perspectiva de sustituir los cables coaxiales. La utilización de fibras de 100 μm de diámetro, envueltas en nylon resistente, permitirían la construcción de hilos tan fuertes que no podían romperse con las manos. Hoy en día ya existen fibras ópticas tan pequeñas de hasta 1 dB por kilómetro, lo que es muchísimo menor a las pérdidas de un cable coaxial.

Debido a sus mínimas pérdidas de señal y a sus óptimas propiedades de ancho de banda, la fibra óptica puede ser usada a distancias más largas que el cable de cobre. Además, las fibras por su peso y tamaño reducido, hace que sea muy útil en entornos donde el cable de cobre sería impracticable. [2]

2.2. Estructura de Multiplexación de Jerarquía Digital Síncrona

La multiplexación síncrona en una red de jerarquía digital síncrona está ligada a reglas complejas mediante las cuales se combinan bloques constitutivos. En la generación de las tramas de jerarquía digital síncrona se consideran dos tipos de multiplexación en cascada. El primer nivel de Unidad Tributaria (TU), y el otro nivel de Unidad Administrativa (AU), aquí es posible darse un proceso de sincronización de los flujos numéricos destinados a construir la trama de jerarquía digital síncrona.

Un módulo de transporte jerárquico STM-1 transporta grupos de unidades administrativas (AUG), según G.707 un grupo de unidad administrativa puede transportar: Un AU-4 ó Tres AU-3.

La señal plesiócrona, definida como E4 por el instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (en adelante ETSI), consiste en un flujo de valor nominal de 139,264 Mbps con una tolerancia de frecuencia de ± 15 partes por millón (abreviada como ppm). Dicha señal se adapta al contenedor C-4 formado por 9 filas con 270 columnas de la trama de jerarquía digital síncrona, con un total de 2300 bytes. Cada una de las 9 filas se estructura en 20 bloques, cada uno de ellos de 13 bytes. En cada fila hay 1934 bits de información (tipo I), un bit de oportunidad de justificación (tipo S) y 5 bits de control de justificación (tipo C). el bit de justificación puede estar vacío o llevar datos, y se utiliza para acomodar las velocidades de las señales plesiócrona dentro de la trama

del módulo de transporte síncrono (STM-1). Los bits C de control de justificación se utilizan para indicar si los bits S son o no de datos.

El flujo nominal de la señal es de 139,264 Mbps. Si todos los bits (nueve en total, uno por fila) llevan datos, entonces el flujo total del C-4 es de 139,320 Mbps, mientras que si todos están vacíos (dummy bits) el flujo es de 139,248 Mbps. Ello implica una desviación posible de entre -115 ppm (inferior) y 402 ppm (superior). Más allá de esas variaciones, el C-4 es incapaz de adaptar la señal plesiócrona.

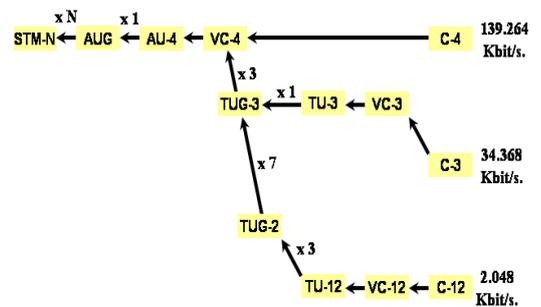


Figura 2 Esquema de multiplexación SDH según ETSI.

Observando la figura 2, se tiene que, al C-4 se le añade una cabecera de trayecto (POH, del inglés Path Over Head), transformándose así en un contenedor virtual tipo 4 (VC-4). Al contenedor se incorpora un nuevo campo, el puntero, y pasa a ser una unidad administrativa (AU-4), la cual se transporta directamente por el módulo de transporte síncrono. [5]

2.3 Plataforma de Transporte Multiservicios (MSTP)

La necesidad de incrementar capacidad es imperativa para solucionar el tráfico que se genera al crear un cuello de botella debido a la poca capacidad de las redes metropolitanas. Los tipos de redes de acuerdo a su localización podemos decir que el ancho de banda de las empresas y el de las comunicaciones a larga distancia están ampliamente desarrollados, tomando en cuenta que el ancho de banda de las redes metropolitanas es considerablemente menor. Un ancho de banda es asignada adaptativamente en un canal corriente arriba de una red de comunicaciones de datos en capas, de forma que pueda utilizarse para llevar mensaje desde varias unidades de abono, hasta un controlador central.

Usando la plataforma de transporte Multiservicios y los procesos de datos son optimizados, además de ofrecer servicios de voz tradicionales soporta también

10/100/1000 Mbps en full rate Ethernet. La red de jerarquía digital síncrona ha demostrado su eficacia garantizando una robustez excepcional, con el fin de absorber el transporte del crecimiento volumen de datos, y satisfacer las necesidades de conectividad de muchas organizaciones, la red de jerarquía digital síncrona ha evolucionado ofreciendo mayor capacidad de transmisión y nuevos interfaces de servicios. La mayor parte de las ocasiones, este proceso de adaptación, supone importantes inversiones en equipamiento alargando los ciclos de amortizaciones.

3. Métodos e Implementación

Se debe de proveer 2 STM-1 como servicio o puerto tributario entre las ciudades de Quito y Ambato para una compañía de Telefonía Fija del país que transmitirá sus canales de voz con mayor rapidez para aumentar sus ganancias o profits. En cada una de estas ciudades existen dos tipos de redes, una red Gigabit Ethernet y una red de fibra óptica oscura. Se debe diseñar un circuito clear channel 1 E1 con tecnología TDM pura o con TDMoIP entre la ciudad de Ambato hacia el NAP de las Américas hasta el Meet Me Room o MMR, cuya salida internacional es por TransNexa, que luego se interconecta con Colombia y a su vez a un cable de submarino óptico por el Mar Caribe llegando al NAP para brindar servicio a un Call Center de la ciudad de Ambato.

La red a implementar consta de 3 nodos representando las ciudades de Quito, Ambato y la correspondiente al NAP, que por motivos de conexión y salida internacional, se lo considera a éste último, como si estuviera ubicado en la ciudad de Guayaquil. La distancia en kilómetros entre cada uno de estos nodos se los detalla en la Tabla 1.

Ciudades	Distancia en Kilómetros
Quito – Ambato	157 Km
Ambato – Guayaquil	310 Km
Guayaquil – Quito	488 Km
TOTAL	955 Km

Tabla 1 Distancia entre ciudades

4. Parámetros y cálculos a considerar en diseño red SDH.

Para la implementación de la red BACKBONE se utilizará el medio canalizado.

Como alternativa de cable de Fibra Óptica para instalación canalizada se escogió la ADSS (All Dielectric Self-Supported o Auto soportado totalmente dieléctrico), de construcción robusta y liviana, en tubo holgado, apto para uso en redes de larga distancia (interurbana y provincial), conforme a la ITU-T-G.655.

A continuación los factores determinantes a la hora de elegir el tipo de fibra:

- Niveles de atenuación.
- Factor económico, pues ADSS es más barato que OPGW.
- Características de la red y tipo de tecnología utilizado para implementarla.
- Factores medioambientales variables.

Las variaciones temporales asociadas a variaciones rápidas de las condiciones de la señal recibida (principalmente, nivel de potencia y velocidad de transmisión), explican el por qué dichas condiciones en un sistema de comunicación varían. Estas variaciones se deben principalmente a múltiples trayectorias a través de las cuales la señal transmitida alcanza al receptor. En el caso de sistemas de comunicación por fibra óptica este permite medir la distancia máxima de transmisión sin que haya distorsión de la señal. En la siguiente tabla se mostrara especificaciones técnicas de la tarjeta STM-4. [3]

Índice de TX	Nivel Correspondencia	Longitud de Onda (nm)	Distancia de TX (km)	Potencia óptica de lanzamiento (dBm)	Sensibilidad de RX (dBm)
STM-1	I-1	1310	0-2	-15 a -8	-31
	S-1.1	1310	2-15	-15 a -9	-31
	L-1.1	1310	15-40	-5 a 0	-34
	L-1.2	1550	40-80	-5 a 0	-34
	Ve-1.2	1550	80-100	-3 a 2	-34
STM-4	I-4	1310	0-2	-15 a -8	-31
	S-4.2	1310	2-15	-15 a -8	-31
	L-4.1	1310	15-40	-3 a 2	-30
	L-4.2	1550	40-80	-3 a 2	-30
	Ve-4.2	1550	80-100	-3 a 2	-33

Tabla 2 Tipos y parámetros de módulos ópticos de tarjetas

Por lo tanto si consideramos:

$$P_t = -1\text{dbm}_{\text{max}}=70\text{km} \quad (1.1)$$

$$P_s = -25\text{dbm}$$

Reserva de -4 dbm

$$a_t = a_{\text{coef}} \cdot L + a_e \cdot \#_e + a_c \cdot \#_c \quad (1.2)$$

También se analiza el cálculo de margen de error permisible de enlace, siguiendo los valores de la atenuación total en dB, usamos la fórmula siguiente para el cálculo de atenuación:

$$a_t = (0.2 \text{ db/km})(70\text{km}) + (0.05\text{db})(12) + (0.5)(2) \quad (1.3)$$

$$a_t = 15.1\text{db}$$

De acuerdo a los Estándares, para $\lambda = 1550\text{nm}$ el

coeficiente de atenuación es $a_{\text{coef}} = 0.2 \text{ db/km}$

La potencia recibida por el equipo receptor se obtiene;

$$P_{R_x} = P_t - a_t \quad (1.4)$$

Dónde:

P_t = potencia de transmisión

a_t = atenuación del enlace

$$P_{R_x} = -1\text{db} - 15.1\text{db}$$

$$P_{R_x} = -16.1\text{db}$$

La sensibilidad de la tarjeta STM-4, conforme se indica en la tabla 2 es de -30dbm, adicional se estima -25dbm como un valor máximo para tener una reserva en la red en -4dbm. [4]

$$P_{M=} = (P_T - a_t) - P_s \quad (1.5)$$

$$P_{M=} = (-1 - 15.1) - (-25)$$

$$P_M = 8.9\text{db}$$

La potencia real de margen P_M es 8.9db

$$d_{\text{máx}} = P_t + P_M / a_{\text{coef}} \quad (1.6)$$

$$d_{\text{máx}} = 70\text{km} + \frac{8.9\text{db}}{0.2\text{db/km}}$$

$$d_{\text{máx}} = 114.5\text{km}$$

Utilizando los cálculos anteriores de atenuación de la tabla 2 y los valores de la distancia que existe en cada enlace de nodo óptico descrito en la tabla 1, tenemos los valores de potencia máxima de recepción que tendrá cada equipo y su margen de variación de potencia permitida.

5. Conclusiones y Recomendaciones

Para el proceso de implementación de una Red jerarquía digital síncrona, se debe considerar factores de diseño, desempeño, solución de problemas, acuerdo de nivel servicio y costos, todo este proceso a ser desarrollado por el área técnica y presentado a la gerencia para la toma de decisiones en el desarrollo del proyecto. El tipo de fibra que se vaya a utilizar dependerá básicamente de la Red a implementarse, adicionalmente se debe tomar en cuenta las especificaciones técnicas de las tarjetas ópticas a utilizar. El Proyecto contempla la instalación de 8 Regeneradores más los ubicados en las ciudades principales con lo cual se tiene un total de 11 Nodos en

la Red jerarquía digital síncrona, se debe recordar que en cada nodo Regenerador no se cuenta con las Interface ni equipos de Red Metro Ethernet. Este Proyecto cuenta con una Infraestructura escalable y expandible. Las principales razones para la reducción de costos de los Equipos de Transmisión son la posibilidad de integrar las funciones de transmisión, multiplexación e interconexión en un solo equipo, permite realizar un mantenimiento centralizado con rapidez y exactitud en la localización de fallas, al igual que el re enrutamiento automático y la monitorización permanente del circuito. Se tiene gran ancho de banda de transmisión y la posibilidad de acceder directamente a las señales de cualquier nivel sin necesidad de demultiplexar en los niveles inferiores. El procesamiento de la señal se la lleva a cabo a nivel de STM-1 donde las señales de velocidades superiores son síncronas entre si y están en fase por ser generadas localmente por cada nodo de la Red. La necesidad de sincronismo entre los nodos de una Red de Jerarquía Digital Síncrona es requerida para que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización. Por medio del cálculo de la VAN se concluye que el proyecto es factible cuando se opta por alquilar la red. Dado que el Valor Actual neto dio como resultado un valor positivo y la Tasa Interna de Retorno fue mayor a la tasa como mínima requerida (costo de oportunidad) de acuerdo a la fijada para realizar el análisis del proyecto (9,08%).

6. Referencias

- [1] ESPOL, Diseño de una Red SDH para dar Servicios de 2STM-1 y dotar a un Call Center con 8 E1 utilizando una Red Metro Ethernet con Tecnología TDMoIP, fecha de consulta febrero 2012
- [2] Wikipedia, Fibra Optica, http://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FIBRA_OPTICA, fecha de consulta febrero 2012
- [3] Wikipedia, STM-1, <http://es.wikipedia.org/wiki/STM-1>, fecha de consulta febrero 2012
- [4] Universidad Pública de Navarra, https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06_07/slides/15-MultiplexacionSDH.pdf, fecha de consulta febrero 2012
- [5] NEC International Training, Sistemas de Transmision SDH, <http://es.scribd.com/doc/76016935/26/Elementos-de-una-red-SDH>
- [6] Jacinto Ruiz Catalan, Rede y Comunicaciones, <http://www.mailxmail.com/curso-redes-comunicaciones-internet-3/redes-sdh>, fecha de consulta febrero 2012
- [7] Data Communications, What is SDH (Synchronous Digital Hierarchy) http://www.pulsewan.com/data101/sdh_basics.htm, fecha de consulta febrero 2012
- [8] Espol, Análisis del Diseño de una Red para dar Servicios de Trafico de Telecomunicaciones, <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream>, fecha de consulta febrero 2012
- [9] Espol, Análisis del Diseño de una Red para dar Servicios de Trafico de Telecomunicaciones <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>
- [10] Calvete Silvia, Metro Ethernet, <http://www.scribd.com/doc/52968952/METRO-ETHERNET>, fecha de consulta febrero 2012
- [11] Calvete Silvia, Metro Ethernet, <http://www.scribd.com/doc/52968952/METRO-ETHERNET>, fecha de consulta febrero 2012
- [12] Sanchez Gustavo, Metro Ethernet, <http://www.slideshare.net/iyepes/presentacin-trama-ethernet>, fecha de consulta febrero 2012
- [13] Sanchez Gustavo, Metro Ethernet, <http://www.slideshare.net/iyepes/presentacin-trama-ethernet>, fecha de consulta febrero 2012
- [14] Espol, Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de Telecomunicaciones, <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>, fecha de consulta febrero 2012
- [15] Espol, Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de Telecomunicaciones, <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>, fecha de consulta febrero 2012
- [16] Espol, Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de Telecomunicaciones, <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>, fecha de consulta febrero 2012
- [17] Espol, Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de Telecomunicaciones, <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>, fecha de consulta febrero 2012