



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE
EL5003 - TALLER DE PROYECTO

PROYECTO: AVANCE

Taller de Proyecto

Iluminación de tendido de fibra oscura

Telecomunicaciones

Profesor:

Bunel, Sergio

Integrantes:

Liberman, Sergio

Peet, Thomas

Rebolledo, Juan

Sanhueza, Andrés

Fecha:

25 de junio de 2014

Índice

1. Introducción	1
1.1. Overview del proyecto	1
1.2. Objetivos del proyecto	1
1.3. Acrónimos	1
2. Caracterización de la red actual	2
3. Justificación del Proyecto	3
3.1. Active Network	3
4. Propuesta	4
5. Ingeniería de Detalle	5
6. Estimación SLA	7
6.1. Efecto de la probabilidad de cortes de cable en el SLA	7
6.2. Garantías en cuando al ancho de banda y <i>throughput</i> de la red óptica	7
7. Evaluación	9
7.1. CAPEX	9
8. Planificación del Proyecto	10
9. Conclusiones	11

Índice de figuras

4.1. Diagrama d 4

1. Introducción

1.1. Overview del proyecto

Durante el semestre de otoño de 2014, en el marco del curso EL5004 (Taller de Proyecto), se encomendó a un grupo de estudiantes de ingeniería eléctrica de la Universidad de Chile, la planificación, diseño y evaluación de un proyecto para mejorar la capacidad de comunicación entre data centers de la empresa Entel S.A. Para ello, se aprovechó la infraestructura existente de fibra óptica oscura, que une los data centers en cuestión y que actualmente utilizan los clientes de forma directa para acceder a sus planes contratados.

En la primera parte de este informe se discutieron los puntos que hacen razonable y necesario el cambio de paradigma de la red. Para ello, se discutirán las principales diferencias entre ambos tipos de fibra: oscura y activa. Se marcaron los puntos que hacen poco conveniente no realizar el proyecto, y a la vez se contrastaron tanto los aspectos técnicos como los económicos y financieros en favor de las redes activas.

Más adelante, se realizó la caracterización de la red. Este paso incluyó determinar las variables a manipular durante el desarrollo de la solución. A través de la caracterización, se discutieron los tipos de implementación tecnológica posibles según los criterios introducidos.

Finalmente se presentaron las inversiones OPEX y CAPEX necesarias para el proyecto además de las conclusiones y planteamientos futuros de diseño para un mejor despliegue de la red.

1.2. Objetivos del proyecto

Estudiar tanto la factibilidad técnica y económica como el diseño final de una red activa de fibra óptica para la interconexión garantizada de data centers, aprovechando un tendido de fibra oscura preexistente.

La factibilidad técnica introduce la necesidad de estudiar a fondo la arquitectura de una red de fibra óptica.

1.3. Acrónimos

En el informe se manejarán las siguientes siglas:

- **DWDM** Multiplexación por división de longitudes de onda densas
- **FO** Fibra óptica
- **GE** Gigabit Ethernet
- **MTBF** Tiempo medio entre fallas
- **MTTR** Tiempo medio para reparación
- **ODF** Organizador de fibra óptica
- **SLA** Acuerdo a nivel de servicio
- **WSN** Red óptica conmutada por longitud de onda
- **WSS** Conmutación de longitud de onda selectiva

2. Caracterización de la red actual

La red con la que se cuenta en un comienzo es un tendido de fibra óptica, tipo G.652.D, sin ningún tipo de dispositivo modulador.

En un comienzo, se asume que la red no tiene cortes y que todos los cables son de 96 fibras. Cada fibra es de tipo G.652.D y no se cuenta con ningún dispositivo acoplador, amplificador o distorsionador en la red.

El tendido inicial es de 399 Km distribuidos en 9 tramos, de los cuales tres son de distancias mayores a 40 Km.

El tendido tal y como está no tiene considerado ningún análisis que considere cortes de los cables, por lo que no existen garantías *per se* que establezcan políticas claras de calidad de servicio. Por otro lado, es sabido que tramos de más de 40 Km. deben ser compensados en dispersión y atenuación. Por esa razón el tendido de fibra oscura no cumple tampoco con los SLA establecidos en calidad de la señal (ver sección 6).

No existe en la red inicial un mecanismo de multiplexación de los distintos protocolos, por lo que la red no es escalable.

3. Justificación del Proyecto

- Escalable.
- Inversion benéfica a largo plazo.
- Uso eficaz de recursos desplegados.

3.1. Active Network

Active networking is a communication pattern that allows packets flowing through a telecommunications network to dynamically modify the operation of the network.

4. Propuesta

La propuesta consiste en desarrollar una red dinamica eficiente que sea robusta ante posibles fallas en la interconexión física de los datacenters. Para esto se ha desarrollado un modelo basado probabilístico que asegura el total funcionamiento de la red para un cierto umbral de seguridad.

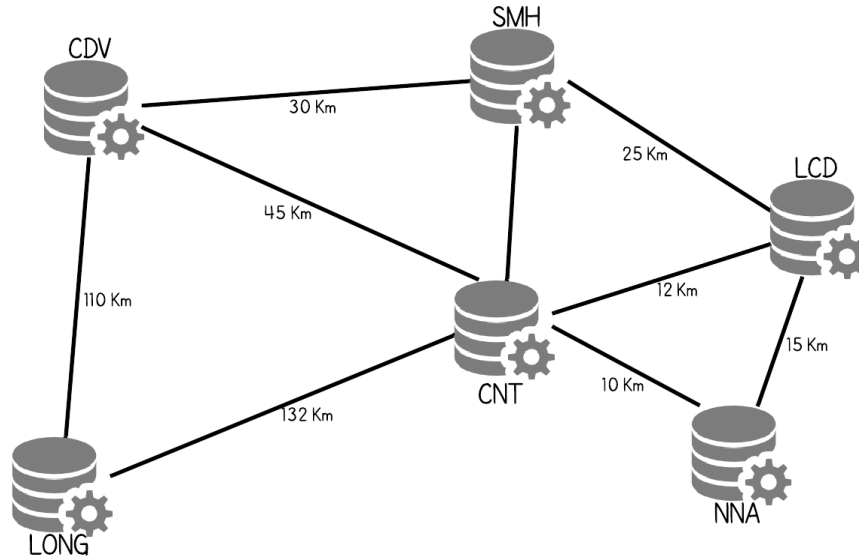


Figura 4.1: Diagrama d

Para la definición de la red, fue necesario definir las rutas que conectan cada par de *DataCenters*. Para obtener un modelo robusto a cortes, es necesario que exista más de una ruta entre cada par de puntos o almenos cierta cantidad que garantice los requerimientos predefinidos.

La forma en que se diseño esta red, utiliza ciertas características intrínsecas de la red de fibra oscura actual. Por ejemplo se ciñe a las tasas anuales de corte para la fibra utilizada (AEG-10 **CORREGIR**), y también a las capacidades requeridas por cada protocolo GE y (balblalbal)

El conjunto de rutas alternativas debe cumplir un criterio de umbral de seguridad, si no lo cumple se agregarán más rutas alternativas hasta que se logre dicho objetivo.

5. Planificación del Proyecto

- puntos de red a utilizar
- planos de data centers con distribución de los equipos
- diagramas de conexión
- rotulación de fibras, conectores, etc
- frecuencias

6. Ingeniería de Detalle

Es el conjunto de documentación técnica completa del proyecto que permite que la ejecución de éste sea entregada a un tercero y éste pueda efectuar la Instalación y Puesta en Marcha con mínimas variaciones.

La Instalación y Puesta en marcha de un proyecto no necesariamente debe ser ejecutada por el grupo de trabajo que prepara la Ingeniería de Detalle. El ejecutor puede ser otra sección dentro de la misma Empresa o una Empresa contratista (Outsourcing). Por este motivo la Ingeniería de detalle debe ser completa y muy precisa. No deben quedar detalles sin definir.

Dentro de la Ingeniería de detalle de un proyecto, y dependiendo de la naturaleza de éste, se pueden incluir los siguientes elementos:

Planos de planta de las estaciones, especificando ubicación y dimensiones de los racks que alojarán a los equipos nuevos Layout de los equipos, esto es, planos frontales de los racks indicando la disposición de los equipos.

Diagramas en bloque de los equipos indicando las interconexiones de los diferentes módulos (no se trata de los diagramas de circuitos electrónicos de cada tarjeta, información que los fabricantes no suelen entregar, sino que de las conexiones externas entre las diferentes tarjetas, para conseguir que los equipos trabajen en la forma deseada).

Diagrama de cross-conexiones entre las diferentes interfaces de línea y las puertas tributarias de los equipos. Plan de sincronización de la Red Planos de Planta Externa Memorias de cálculo

El último elemento requiere de explicaciones adicionales.

Una Memoria de Cálculo, como su nombre indica, es el resultado de los análisis y cálculos que efectúa un ingeniero especialista en una materia para determinar la forma correcta como debe ejecutarse una parte del proyecto para que el sistema funcione correctamente y de acuerdo a lo esperado.

La memoria de cálculo puede ser de varios tipos según el proyecto. Algunos ejemplos:

Memoria de cálculo de malla de tierra. Arroja como resultado especificaciones sobre la geometría de la malla, profundidad y número de las barras de cobre que deben enterrarse, valor de resistividad del terreno al cual debe llegarse.

Memoria de cálculo de un radio enlace. Incluye un perfil del enlace, cálculos de niveles de señal, atenuaciones de las guías de onda y filtros, ganancia de las antenas, potencias de salida de los transmisores y nivel de recepción. Pero lo más importante es el cálculo de predicción de comportamiento del enlace en el peor mes del año, esto es % del tiempo que el enlace estará indisponible (Tasa de error peor que $1E-03$) y % del tiempo que el enlace estará degradado (Tasa de error peor que $1E-06$). Todos los métodos de cálculo y valores límites para los porcentajes mencionados están detallados por el ITU.

Memoria de cálculo de enlaces por fibra óptica. Este tema es de importancia para el proyecto que les corresponde desarrollar. estos cálculos incluyen: balance de potencia; cálculo de razón señal a ruido óptica (OSNR) y cálculos de dispersión.

Los resultados de estos cálculos determinan el diseño de la red y por lo tanto tiene impacto en el CAPEX y OPEX del proyecto: tipo de interfaces ópticas (estándar, de alta potencia, Ultra alta potencia), necesidad de usar Amplificadores Ópticos de Línea (OLA) o Regeneradores intermedios en un enlace.

El impacto en el CAPEX es claro, si el diseño arroja que es necesario incluir una estación regeneradora en medio de un enlace entre estaciones ya existentes, el costo del proyecto se eleva notablemente.

Por otra parte, un diseño muy audaz puede significar una reducción del margen disponible en el enlace, lo cual ante una degradación menor del cable de fibra puede hacer que el enlace se corte o degrade, obligando a efectuar mantenimiento con más frecuencia y elevando el OPEX.

Memoria de cálculo de una torre. En un proyecto que incluya enlaces de microondas y emplazamiento de radio estaciones nuevas con sus receptivas torres, se debe incluir el cálculo de la estructura de la torre para asegurar su resistencia al peso de las antenas, al viento, etc. Naturalmente este cálculo cae dentro

de las responsabilidades de un Ingeniero Civil no Eléctrico.

7. Estimación SLA

El acrónimo *SLA* corresponde a las siglas de Service-level agreement o de Acuerdo a Nivel de Servicio. Esto corresponde a un contrato entre el proveedor y el cliente para asegurar que el servicio se entregue correctamente ante un contexto legal. En el contrato se especifican todos los puntos relevantes para garantizar una cierta *QoS* (calidad de servicio) para el cliente.

El *SLA* es, en este caso, algo que se debe determinar de las características del diseño del proyecto. Esto se debe a que existe una cierta infraestructura que será aprovechada para cumplir los objetivos buscados.

Entre los diversos elementos que permite garantizar el *SLA* de una red destacan:

- Servicios prestados
- Parámetros de la QoS:
 - Throughput
 - Ancho de banda medio
 - Latencia máxima
 - Interrupciones máximas
- Tarifas y facturación

Una forma en que puede variar el **SLA** y que está considerado entre las restricciones del proyecto es la probabilidad de cortes de los cables.

7.1. Efecto de la probabilidad de cortes de cable en el SLA

En una infraestructura de red oscura, un corte de cable entre dos data centers significa que todas las conexiones entre esos data centers quedan suspendidas hasta que alguien repare físicamente los cables (introduciendo el valor del *MTTR*). Ello repercute directamente en el *SLA*, reduciendo el índice de interrupciones máximas.

Afortunadamente, el desarrollo actual permite que acceder a la tecnología de conmutación dinámica de red ópticas sea mucho más fácil de lo que era hace unos años. Acceder a arquitecturas basadas en *WSN*, *ROADM* y *WSS* hoy no aumenta significativamente el *CAOEX*, *OPEX* o la complejidad del proyecto, pero sí afecta sustancialmente al *SLA*, introduciendo mejoras al índice de interrupciones máximas al reducir al mínimo el *MTBF*.

7.2. Garantías en cuando al ancho de banda y *throughput* de la red óptica

Entre las especificaciones del proyecto se pide un cierto número y tipo de servicios para comunicaciones entre los data centers. Los equipos instalados tras el diseño propuesto en este informe tienen la obligación de dejar instalada la capacidad pedida en cada caso.

Las capacidades pedidas por data center y por protocolo de transmisión se muestran en la tabla.

10GE	CNT	CDV	LONG	SMH	NNA	LCD
CNT	-	20	10	4	4	6
CAD		-	10	4	4	4
LONG			-	6	4	4
SMH				-	4	4
NNA					-	4
LCD						-

Tabla 7.1: Número de servicios entre data centers para protocolo 10GE

8. Evaluación

8.1. CAPEX

Para este punto de la planificación del proyecto, es importante visualizar todos los componentes del proyecto y la cantidad de horas hombre en ingeniería y en instalación de equipos que se destinarán. Es importante visualizar, especialmente, los componentes con los que no se cuenta inicialmente, siendo necesaria la

La instalación inicial de fibra tipo G.652.D permite ahorrarse este componente de la

9. Conclusiones