



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Implementación de conexiones E1 entre dos servidores Asterisk utilizando los equipos SDH del Laboratorio de Telecomunicaciones

Isaura Ponguillo ⁽¹⁾, Fabrizio Triviño ⁽²⁾, Rebeca Estrada Pico ⁽³⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador

iponguil@fiec.espol.edu.ec ⁽¹⁾, ftrivino@fiec.espol.edu.ec ⁽²⁾

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) ⁽³⁾, Ingeniera en Computación ⁽³⁾, restrada@fiec.espol.edu.ec ⁽³⁾

Resumen

El proyecto a implementar consiste en la Conexión de E1 por medio de dos servidores Asterisk, usando los equipos SDH que existen en el laboratorio de Telecomunicaciones, realizándose hasta 30 llamadas simultaneas, que es la capacidad que tiene un E1.

Con la ejecución de este proyecto se busca administrar y garantizar de forma eficiente tanto los recursos económicos como tecnológicos que nos ofrece un E1, para el uso empresarial.

De esta manera, se presenta tres partes básicas para la realización del proyecto: equipos SDH, hardware y software. En cuanto a los equipos SDH HUAWEI OPTIX 1500B, estos tienen comunicación por medio de fibra óptica y cada uno nos provee de un E1. El hardware utilizado en cada servidor es la tarjeta Digium, el cual permite la conexión con el E1 y a la vez interactúa con Asterisk. En cuanto a la parte del software, se utiliza el protocolo Dahdi para la configuración correcta entre los equipos SDH, el hardware y el software, garantizando el entorno del software libre.

Palabras Claves: Asterisk, SDH, E1, DAHDI, Tarjeta E1

Abstract

The project consists implementing the E1 connection through two Asterisk servers using existing SDH equipment in the laboratory of Telecommunications, carried out up to 30 simultaneous calls, which is the ability of an E1.

With the implementation of this project seeks to manage and ensure efficiently both economic and technological resources that offers a E1, for business use.

Thus, it has three basic parts to the project: SDH equipment, hardware and software. For SDH equipment HUAWEI OPTIX 1500B, they have communication through optical fiber and each provides us with an E1. The hardware used on each server is the Digium card, which allows the connection to the E1 and simultaneously interact with Asterisk. On the software side, the protocol used for the correct configuration DAHDI between SDH equipment, hardware and software, guaranteeing the free software environment.

1. Introducción

La comunicación es una necesidad que inicio desde la aparición del hombre como parte de la sociedad. En los últimos años varios factores han favorecido el importante desarrollo tecnológico de todos los equipos y servicios relacionados con el mundo de las telecomunicaciones, de esta manera se ha ido avanzando a lo largo del tiempo, llegando hasta el día de hoy a los métodos más modernos para lograr este objetivo.

Es así como la demanda por servicios de telecomunicaciones en volúmenes de tráfico de datos se incrementan. El mercado demanda la extensión de las Redes de Área Local, sin embargo, hay que rentabilizar las cuantiosas inversiones realizadas en redes de fibra óptica y equipos de transporte, es así que se debe preparar las redes para la integración de las tecnologías y esto se debe realizar con miras a reutilizar las inversiones existentes.

Debido a que las grandes redes SDH actualmente soportan la mayor cantidad de tráfico telefónico y de datos (urbano, de larga distancia e internacional), cuentan con un alto grado de estandarización y garantizan calidad de servicio entre otras cualidades, con el fin de evolucionar para permitir esta demanda creciente de integración de Servicios, Operación y Gestión.

2. Metodología

Para el correcto funcionamiento de la comunicación que se va a efectuar entre los enlaces E1 que tienen los servidores Asterisk, se debe realizar la siguiente configuración en los equipos a utilizar, a continuación los detalles:

1. Configuración los equipos SDH del laboratorio de Telecomunicaciones.
2. Instalación del sistema operativo Centos en las PCs.
3. Instalación de la tarjeta digital TE205P.
4. Instalación de Asterisk.
5. Configuración del archivo chan_dahdi.conf
6. Configuración del archivo system.conf
7. Configuración del archivo extensions.conf
8. Configuración del archivo sip.conf
9. Cargar con Asterisk.
10. Etapa de pruebas de llamadas sobre enlace SDH.

3. Descripción del Proyecto

El proyecto trata de dos servidores Asterisk, que tienen instalado el sistema operativo Centos, cada uno con una tarjeta digital TE205P, utilizando un puerto de dicha tarjeta, del cual nosotros aprovecharemos una conexión para enlace E1 que nos brinda, proporcionándonos hasta un máximo de 30 canales, ya sea para voz o datos y así poder comunicarnos con el mundo exterior. Cada E1 lo obtenemos de los equipos SDH de Huawei OptiX OSN 1500B, el cual tiene comunicación por medio de fibra óptica, siendo habilitados por la gestión de sistema que el mismo laboratorio de telecomunicaciones posee.

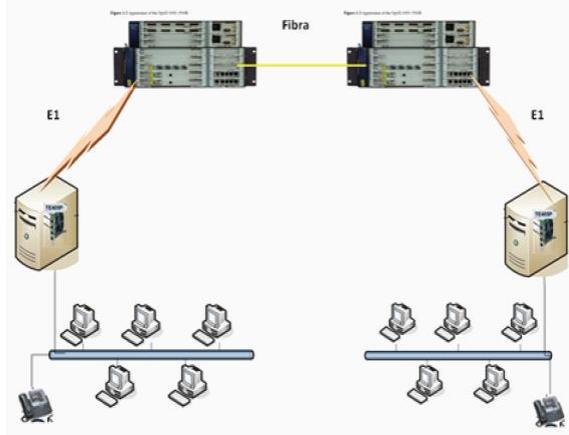


Figura 1. Esquema de la implementación

4. Asterisk y E1

Asterisk es un software tipo PBX (Private Branch Exchange y Private Automatic Branch Exchange para PABX), lo que significa que funciona como una central secundaria privada automática, puedes obtener a partir de su empleo una central telefónica conectada directamente a la red pública de teléfono por medio de líneas troncales para gestionar, además de las llamadas internas, las entrantes y/o salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica. Está diseñado originalmente para que funcione con Linux, pero trabaja muy bien con BSD, Windows (emulado) y OS X. Asterisk funciona a partir del protocolo IP y puede interfundarse con casi todo el equipo de telefonía basado en los estándares usando un hardware relativamente económico. Provee servicios voicemail (correo de voz), comunicación directa, identificación de llamadas, respuesta de voz interactiva y llamada en espera. Para ello emplea servicio de llamadas ID con los protocolos SIP, H323, ADSI y IAX. Para



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



funcionar con voz sobre IP no necesita de ningún hardware adicional, ahora para interconectar con la telefonía tradicional requiere de tarjetas especiales que se instalan en el computador y que son de muy bajo costo como las conocidas tarjetas analógicas y digitales. Para la interconexión con la red SDH y con las tarjetas digitales E1, a los servidores Asterisk se les instala la tarjeta TE205P el cual tiene dos puertos E1 del cual usamos solo uno, la conexión con los equipos SDH lo tenemos por medio de un cable directo conectado de la tarjeta instalada en el servidor hacia el los puertos del equipo SHD.

5. Implementación del proyecto

La solución a presentar está basada en el software libre Asterisk permite implementar centrales telefónicas a pequeña, mediana y gran escala, que por ser de libre acceso lo utilizamos en forma gratuita. Además tiene muchos addons que nos sirven para ampliar los usos de dicho software y encontrar recursos para solucionar toda clase de problemas como lo resolverían las centrales telefónicas privadas, con la diferencia que ahorramos el costo del equipo y tenemos un mayor control en el manejo de llamadas.

5.1 Requerimientos para iniciar el proyecto en Asterisk

5.1.1 Hardware

Las características al momento de seleccionar un servidor puede ser considerada fácil o complicada, esto depende del presupuesto del usuario. De tal manera se debe tener en cuenta el diseño general del sistema a implementar y las funcionalidades que requerirá, esto ayudará a determinar la marca, modelo del CPU, tarjeta madre, y fuente de energía.

Los requisitos de hardware que se ha configurado en cada uno de los servidores para el desarrollo del proyecto, son los siguientes:

- Procesador arquitectura x86 de 2.6 GHz con 800 MHz FSB
- 1 GB RAM DDR400
- 80 GB en disco duro
- Tarjeta de red 10/100 Mbps
- Tarjeta Digium Dual E1/T1 card

5.1.2 Software

Para poder gozar de todo lo que nos brinda Asterisk debemos bajar, extraer, compilar e instalar

los paquetes nombrados a continuación:

- Libpri
- Dahdilinux
- Dahditools
- Asterisk
- AsteriskAddons

Todos estos paquetes se los guarda en /usr/src
Luego de esto se comienza a extraer por medio de tar -xvzf.

Una vez hecho esto se procede a compilar cada archivo que esta en cada carpeta.

5.1.3 Generalidades DAHDI

DAHDI es compatible con versiones de Asterisk mayores a 1.4.22 reemplaza a los módulos del kernel Zaptel. El propósito principal de la versión 2.0.0 es la incorporación de apoyo de BRI.

Entre las características de DAHDI, tenemos:

- Supresores de eco, pueden ser aplicados ahora por canales y seleccionados en la configuración del tiempo.
- Cambios en la asignación de memoria del canal de un gran bloque dentro de un bloque pequeño en orden a reducir errores de memoria a un sistema que ha estado corriendo para algún tiempo.
- Cambios en el diseño para soporte de paquetes binarios.

5.2 Configuración de Archivos del Proyecto Asterisk

En el servidor A y B se procedió a realizar cambios en los archivos de configuración sip.conf, extensions.conf y chan_dahdi.conf, cabe recalcar que el servidor A es aquel que va a recibir las llamadas que se van a realizar desde el servidor B.

5.2.1 Configuración SIP.CONF

/etc/asterisk/sip.conf

El protocolo SIP se utiliza para configurar las extensiones que se van a requerir en el proyecto.

El archivo sip.conf tiene tres estructuras:

General: donde hay que definir la configuración general de nuestras extensiones.

Central: donde configuraremos el registro a nuestros proveedores VoIP (y, si queremos, los datos para conectar entre ellos distintos servidores Asterisk).

Final: donde se configura las extensiones internas y externas.

5.2.1.1 Configuración general

[general]

Etiqueta que introduce la parte general de la configuración

context=default

Permite hacer búsquedas de registros DNS SRV para llamadas SIP salientes basadas en los nombres de dominio

svrlookup=yes

Permite hacer búsquedas de registros DNS SRV para llamadas SIP salientes basadas en los nombres de dominio.

language=es

Si hemos instalado locuciones en más de un idioma, aquí podemos definir cual idioma usará la extensión. En este caso se instalaron las locuciones en español, y se especifica con el prefijo es.

5.2.1.2 Configuración extensiones

[xxxx]

Número de la extensión

type=friend

Tipo de extensión. Puede ser friend, user o peer. Friend puede hacer y recibir llamadas, user solo recibir y peer solo puede hacer (como en el caso de proveedores VoIP que usamos solo para hacer llamadas)

secret=xxxx

Define la contraseña de la extensión

qualify=yes

Determina el tiempo de respuesta de una extensión y si está alcanzable o no

nat=no

Si la extensión se conecta al servidor asterisk detrás de un firewall hay que poner yes, *caso contrario no*.

host=dynamic

si la extensión se conecta remotamente cambiando continuamente su dirección IP se pone este parámetro

canreinvite=no

Yes si queremos que la extensión intente conectarse directamente con la extensión llamada. No si queremos que Asterisk haga de puente entre las dos extensiones.

context=internal

El contexto que usará la extensión

A continuación se muestra la configuración final del archivo sip.conf, tanto en el servidor A como en el servidor B.

[general]

*context=default
svrlookup=yes
language=es*

[1001]

*type=friend
secret=1001
qualify=yes
nat=no
host=dynamic
canreinvite=no
context=internal*

[general]

*context = default
svrlookup = yes
languaje = es*

[2001]

*type = friend
secret = 2001
quality = yes
nat = no
host = dynamic
canreinvite = no
context = internal*

[2002]

*type = friend
secret = 2002
quality = yes
nat = no
host = dynamic
canreinvite = no
context = internal*

(a)

(b)

Figura 2. Configuración del archivo sip.conf en servidor A (a) y B (b)

5.2.2 Configuración EXTENSIONS.CONF

/etc/asterisk/extensions.conf

Este archivo contiene el plan de marcado de la central telefónica para cada contexto y por tanto para cada usuario. El plan de marcado tiene 4 definiciones fundamentales: contexto, extensiones, prioridades y aplicaciones.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



5.2.2.1 Contexto general

[general]

Se establecen configuraciones generales. Que se aplica al resto de contexto.

static=yes

Se lo puede indicar en el archivo, como no se lo puede poner. Indica si se ha de hacer caso a un comando "save dialplan" desde la consola. Por defecto es "yes".

5.2.2.2 Contexto internal

Es una instrucción que asterisk seguirá como consecuencia de una llamada entrante o por dígitos marcados en un canal activo, en este contexto se establece el dial plan para las extensiones internas que se conectan mediante el protocolo SIP.

exten => 1001,1,Dial(SIP/1001,10,r)

Define el canal de salida SIP para las extensiones, con su propio nombre. De esta manera se tiene configurado la extensión 1001 y 1002. Luego del nombre tenemos la prioridad y por último la aplicación que se va a ejecutar, es decir una acción en la llamada.

exten => 1003,1,Answer()

Forma para que conteste.

exten => 1003,2,Wait()

Para que espere una mínima cantidad de tiempo, en caso de que este ocupado.

exten => 1003,3,Hangup()

Se colgara, así terminado la llamada.

Luego se agregan 30 extensiones más, con el mismo formato que la 1003, de manera que tendríamos los 30 canales disponibles en un E1.

exten => _2XXX,1,Dial(DAHDI/g1/\${EXTEN},10,r)

Se configuran las extensiones de destino al cual queremos llamar conformado con la tecnología DAHDI, seguido de la fuente remota, que en nuestro caso es g1 al cual se refiere a los 30 canales que están disponibles, luego tenemos \${EXTEN} para que Asterisk guarde la variable que hemos marcado, le sigue el tiempo de espera, que van a ser 10 segundos y el último argumento es una función para modificar el comportamiento de Dial a lo que ponemos la letra r para que el llamante escuche el tono de timbrado.

[from_B]

include => internal

De esta manera acepta las llamadas que vienes del servidor B.

Usara el contexto internal.

```
[general]
exten => 1013,1,Answer()
exten => 1013,2,Wait()
exten => 1013,3,Hangup()

[internal]
exten => 1001,1,Dial(SIP/1001,10,r)
exten => 1002,1,Dial(SIP/1002,10,r)

exten => 1003,1,Answer()
exten => 1003,2,Wait()
exten => 1003,3,Hangup()

exten => 1004,1,Answer()
exten => 1004,2,Wait()
exten => 1004,3,Hangup()

exten => 1005,1,Answer()
exten => 1005,2,Wait()
exten => 1005,3,Hangup()

exten => 1006,1,Answer()
exten => 1006,2,Wait()
exten => 1006,3,Hangup()

exten => 1007,1,Answer()
exten => 1007,2,Wait()
exten => 1007,3,Hangup()

exten => 1008,1,Answer()
exten => 1008,2,Wait()
exten => 1008,3,Hangup()

exten => 1009,1,Answer()
exten => 1009,2,Wait()
exten => 1009,3,Hangup()

exten => 1010,1,Answer()
exten => 1010,2,Wait()
exten => 1010,3,Hangup()

exten => 1011,1,Answer()
exten => 1011,2,Wait()
exten => 1011,3,Hangup()

exten => 1012,1,Answer()
exten => 1012,2,Wait()
exten => 1012,3,Hangup()

exten => 1014,1,Answer()
exten => 1014,2,Wait()
exten => 1014,3,Hangup()

exten => 1015,1,Answer()
exten => 1015,2,Wait()
exten => 1015,3,Hangup()

exten => 1016,1,Answer()
exten => 1016,2,Wait()
exten => 1016,3,Hangup()

exten => 1017,1,Answer()
exten => 1017,2,Wait()
exten => 1017,3,Hangup()

exten => 1018,1,Answer()
exten => 1018,2,Wait()
exten => 1018,3,Hangup()

exten => 1019,1,Answer()
exten => 1019,2,Wait()
exten => 1019,3,Hangup()

exten => 1020,1,Answer()
exten => 1020,2,Wait()
exten => 1020,3,Hangup()

exten => 1021,1,Answer()
exten => 1021,2,Wait()
exten => 1021,3,Hangup()

exten => 1022,1,Answer()
exten => 1022,2,Wait()
exten => 1022,3,Hangup()

exten => 1023,1,Answer()
exten => 1023,2,Wait()
exten => 1023,3,Hangup()

exten => 1024,1,Answer()
exten => 1024,2,Wait()
exten => 1024,3,Hangup()

exten => 1025,1,Answer()
exten => 1025,2,Wait()
exten => 1025,3,Hangup()

exten => 1026,1,Answer()
exten => 1026,2,Wait()
exten => 1026,3,Hangup()

exten => 1027,1,Answer()
exten => 1027,2,Wait()
exten => 1027,3,Hangup()

exten => 1028,1,Answer()
exten => 1028,2,Wait()
exten => 1028,3,Hangup()

exten => 1029,1,Answer()
exten => 1029,2,Wait()
exten => 1029,3,Hangup()

exten => 1030,1,Answer()
exten => 1030,2,Wait()
exten => 1030,3,Hangup()

exten => 1031,1,Answer()
exten => 1031,2,Wait()
exten => 1031,3,Hangup()

exten => 1032,1,Answer()
exten => 1032,2,Wait()
exten => 1032,3,Hangup()

exten => 1033,1,Answer()
exten => 1033,2,Wait()
exten => 1033,3,Hangup()

exten => _2XXX,1,Dial(DAHDI/g1/S/${EXTEN},10,r)
[from_B]
include => internal
```

(a)

```
[internal]

exten => 2001,1,Dial(SIP/2001,10,r)
exten => 2002,1,Dial(SIP/2002,10,r)

exten => _1XXX,1,Dial(DAHDI/g1/${EXTEN},10,r)
exten => 123,1,System(/etc/asterisk/script)

[from_A]

include => internal
```

(b)

Figura 3. Configuración del Archivo extensions.conf

Servidor A (a) y B (b)

5.2.3. Configuración CHAN_DAHDI.CONF

/etc/asterisk/chan_dahdi.conf

Switchtype=euroisdn.- Es un estándar que permite el interfuncionamiento total y transparente entre todos los países europeos, por eso la siglas euro e isdn (Integrated Services Digital Network).

Context=from_B o from A.- Los contextos provienen del servidor asignado, en este caso si nos encontramos en el servidor A vienen desde el servidor B y viceversa.

Group=1.- Es el número de grupo el cual es asignados ha ambos servidores.

Channel => 1-15 ; channel => 17-31 .- Obtenemos los canales desde el 1 al 15 y del 17 al 31 todos estos corresponde a 30 canales de comunicación y el canal 16 que es el único canal de señalización usado. Ambos implementados en los dos servidores.

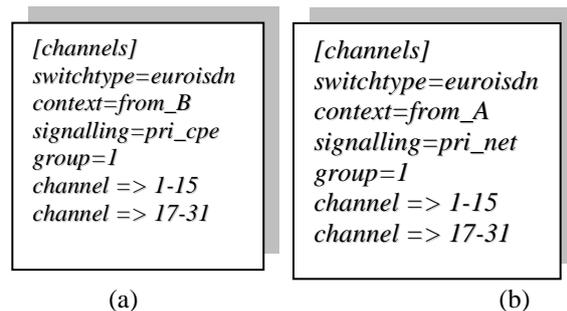


Figura 4. Configuración del Archivo chan_dahdi.conf

Servidor A (a) y B (b)

5.3 Configuración de Archivos del proyecto Dahdi

5.3.1 Configuración SYSTEM.CONF

/etc/dahdi/system.conf

En este archivo se configuran todos los parámetros requeridos para las tarjetas E1, es instalado por el paquete dahdi.

La configuración de este archivo contiene span=(spannum),(timing),(LBO),(framing),(coding) spannum= Numero del span. Esto comienza en 1.

timing= Para sincronizar el tiempo de los dispositivos.

0: no usa este span como fuente de sincronización; envía tiempo de sincronización a otro terminal.

1: Usa como fuente primaria de sincronización.

2: establece como secundario

LBO= Line Build Out – Largo del cable entre la tarjeta y modem proveedor SmartJack/telco. Casi siempre debería de ser 0. Esta distancia no incluye el cobre en la calle a el CO/exchange.

0: 0 dB (CSU) / 0 - 133 feet (DSX-1)

1: 133 - 266 feet (DSX-1)

2: 266 - 399 feet (DSX-1)

3: 399 - 533 feet (DSX-1)

4: 533 - 655 feet (DSX-1)

5: -7.5 dB (CSU)

6: -15 dB (CSU)

7: -22.5 dB (CSU)

Framing (tramado)= Establece como va a ser la comunicación entre el hardware con el otro terminal de la línea. Para E1, es CAS o CCS, en nuestro proyecto usamos CCS.

Coding (codigo)= Otro parámetro de comunicación entre el terminal de línea con el hardware.

Para E1: El código es AMI or HDB3 (E1 puede necesitar crc4). En este caso utilizamos hdb3.

Bchannels= los canales b por donde se va a ir la información, por tanto los únicos canales que transmiten son 1-15 y del 17-31

Dchannels= Los canales d son para señalización, es por esta razón que el canal 16 está reservado para esta función específica.

Loadzone= es el idioma

Defaultzone= el idioma por default

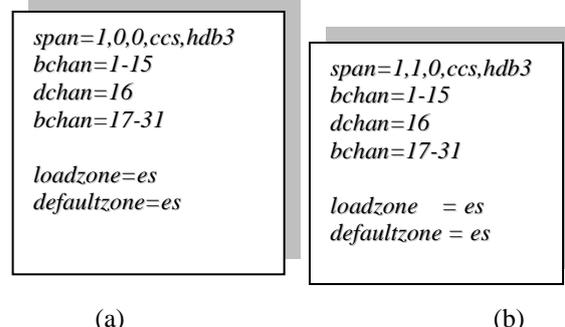


Figura 5. Configuración del archivo system.conf Servidor A (a) y B (b)

6. Configuración de Equipos SDH

Los laboratorios de Telecomunicaciones utilizan los equipos Huawei OptiX 1500 con la topología anillo, garantizando una buena operación y mantenimiento de estos.

En términos del nivel de protección de la red, el OptiX OSN 1500B tiene dos fibras de sección de protección múltiple (MSP) anillo.

Los anillos de fibra que se encuentran en el laboratorio constan de tres equipos llamados FIEC1, FIEC2 y FIEC3, los cuales se gestionan a través del servidor T2000, el cual nos informa de las novedades que se presentan en los equipos.

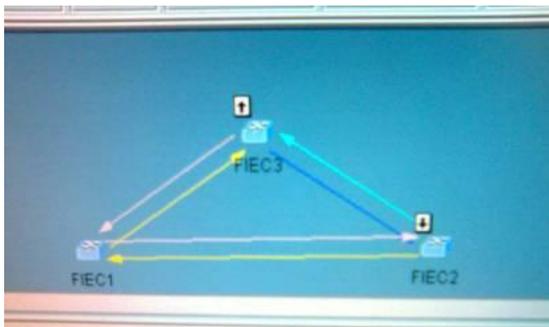


Figura 6. Topología anillo del laboratorio de Telecomunicaciones

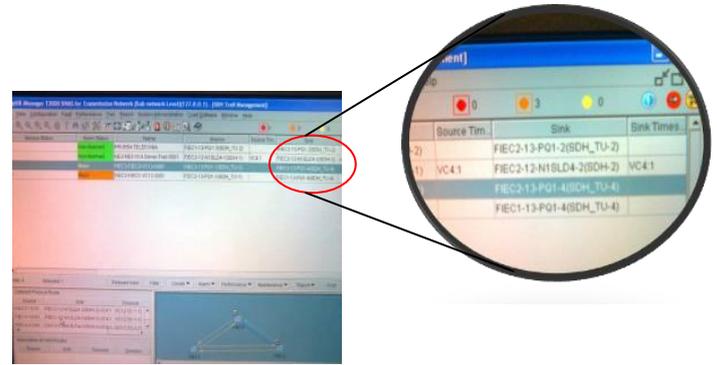


Figura 7. Gestión de los equipos SDH Huawei



Figura 8. Conexión en los puertos del rack

6.1 Funcionamiento y Pruebas del Proyecto

6.2 Pruebas con equipos SDH

Una vez establecida la conexión, por medio del cable T1 crossover, procedemos a establecer comunicación con los equipos SDH del laboratorio de telecomunicaciones.

Para conectar la tarjeta TE205P con el equipos SDH utilizamos un cable RJ45 directo, previamente a la conexión entre servidores y equipos, se debe de verificar con el servidor T2000, los canales que se encuentran habilitados.

Es así, que viendo el sistema de gestión en el servidor de los equipos, se ve que están habilitados FIEC1 en el puerto 2 y FIEC2 en el puerto 2.

Se verifico la correcta comunicación entre los equipos SDH con los servidores, ingresando en el servidor B el siguiente comando:

```
originate DAHDI/g1/1001 application echo
```




ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



adicionalmente brinda servicios de valor agregado y posee características fáciles de personalizar.

▪ Se comprobó que la implementación de Asterisk@Home para una PBX resulta sumamente fácil en su administración, monitoreo, control y rápido acoplamiento.

8. Recomendaciones

❖ A la hora de instalar la tarjeta TE205P en la Pc, es necesario tomar en consideración que los jumpers estén calibrados para que funcione a la conveniencia del usuario, es decir como E1 o bien como T1.

❖ Tomar muy en cuenta el color que nos indica el led de la tarjeta TE205P, ya que si es de color rojo quiere decir que no se están entendiendo los equipos. El color verde indica éxito en la comunicación.

❖ Verificar en la gestión de los equipos SDH el camino previamente creado y los puertos disponibles en el rack para luego conectar físicamente, de la manera correcta con los puertos de los servidores Asterisk.

9. Referencias

[1] HUAWEI, OptiX OSN 1500 Intelligent Optical Transmission System V100R008, 2007

[2] VOIP-INFO, Configuración de la tarjeta TE110P,
http://www.voip.unam.mx/mediawiki/index.php/Instalaci%C3%B3n_y_Configuraci%C3%B3n_de_la_Tarjeta_TE110P, 2009

[3] VOIP-INFO, Archivo system.conf,
<http://www.voip-info.org/wiki/view/system.conf>, 2009

[4] VOIP-INFO, Archivo chan_dahdi.conf,
<http://www.voip-info.org/wiki/view/system.conf>, 2009

[5] VOIPON, Manual de usuario digium series TE200,
<http://www.modulo.ro/Modulo/docs/te200series-user-manual.pdf>

[6] WIKIPEDIA, E1,
<http://es.wikipedia.org/wiki/E1>, 2009

[7] Monografias, SDH,
<http://www.monografias.com/trabajos15/jerarquia-digital/jerarquia-digital.shtml>, 2009

[8] Wikipedia, SDH,
http://es.wikipedia.org/wiki/Jerarqu%C3%ADa_digital_s%C3%ADncrona, 2009

[9] Mailxmail, Trama STM-1,
<http://www.mailxmail.com/curso-jerarquia-digital-sincrona-sdh/trama-stm-1>, 2009

[10] Mailxmail, Modulo de transporte sincrónica,
<http://www.mailxmail.com/curso-jerarquia-digital-sincrona-sdh/modulo-transporte-sincrono>, 2009

[11] Fabila, Fibra Optica,
<http://www.fabila.com/noticia.asp?id=667>, 2009