

# Ambiente de pruebas de laboratorio para VoIP en entorno IPv6 e IPv6-IPv4

LACNIC

Foro Latinoamericano de IPv6 – FLIP6

● Mayo, 2011

Tutor: Ing. Álvaro Sánchez

Pablo Rico  
Matías Sentanaro  
Horacio Ruiz

# Objetivos

- Diseñar e implementar un ambiente de pruebas de laboratorio para VoIP y calidad de servicio sobre IPv6, utilizando para ello el protocolo de señalización SIP.
- Implementar un sistema de generación de llamadas y un sistema de PBX programables que permita controlar las llamadas.
- Evaluar posibilidad del diseño anterior para funcionamiento en un entorno híbrido IPv4-IPv6.
- Describir un conjunto de pruebas que se puedan llevar a cabo por estudiantes avanzados en la materia, y posibles maneras de incorporar nuevas funcionalidades.
- Verificar la utilidad del sistema desarrollado en los tipos de pruebas previstos.

# Herramientas Seleccionadas

## ➤ PBX

**Asterisk 1.8**

## ➤ Softphone

**KphoneSI**

## ➤ Sniffer

**Wireshark**

## ➤ Routers y switches

**Cisco**

## ➤ Generador de llamadas

**SIPp**

# Realización de las practicas

- **Por cada práctica se elaboró un documento en el que se expone la correcta realización de la práctica.**
- **Los documentos servirán como guía para la verificación de los resultados obtenidos.**
- **A continuación se presentan las conclusiones más relevantes de cada práctica.**

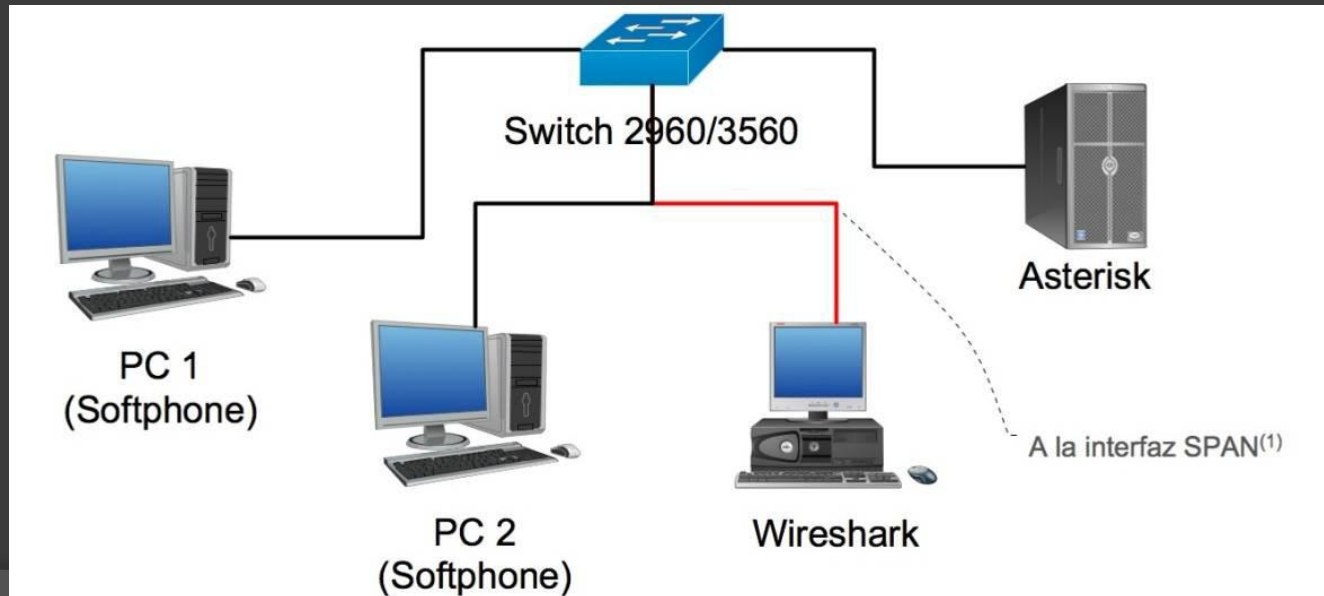
# Realización de las practicas

## Práctica 1 : Introducción a VoIPv6, Asterisk

### ➤ Objetivos:

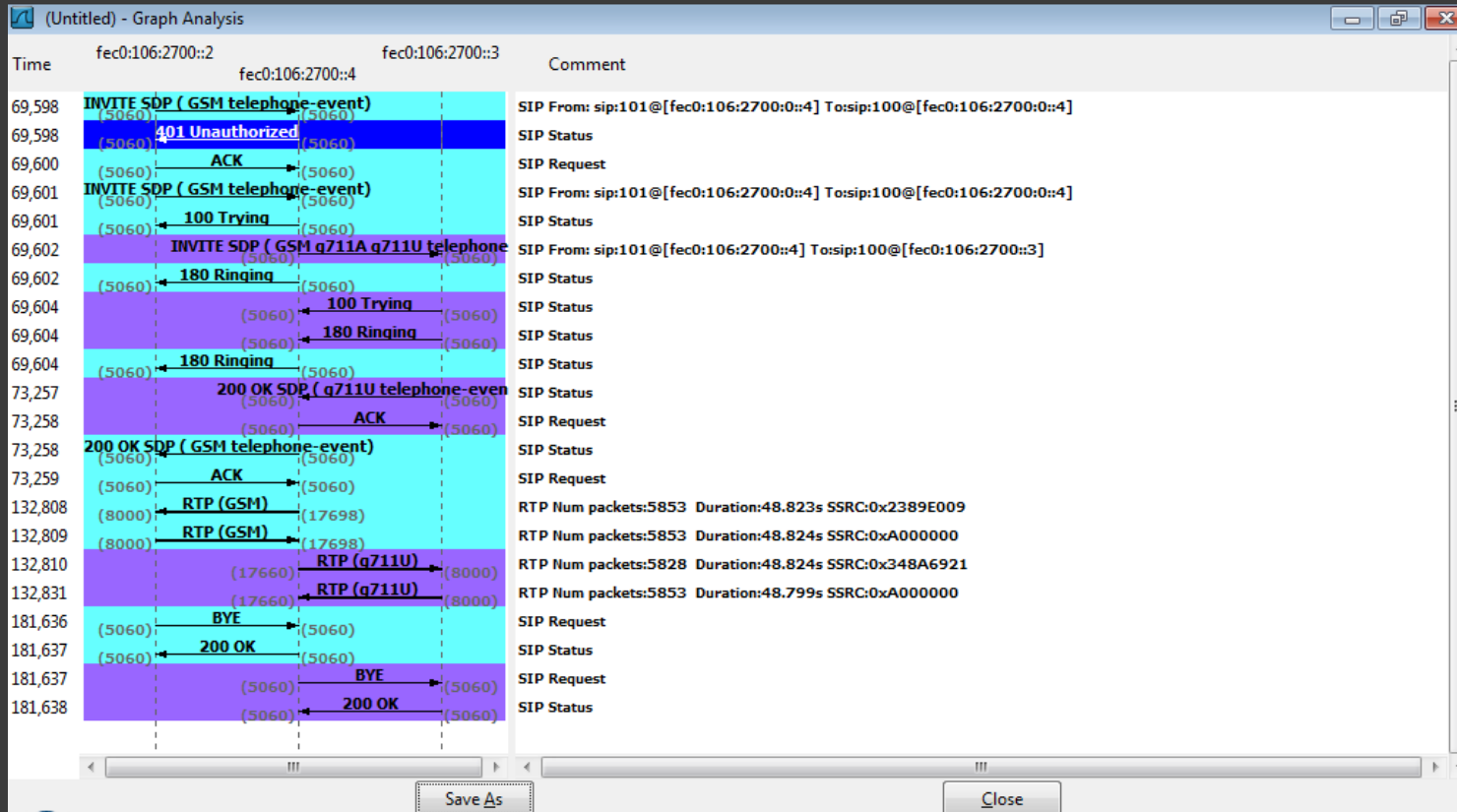
- Experimentar con sistemas de VoIP basados en Asterisk sobre una red IPv6.
- Medir los parámetros básicos de QoS, que servirán como referencia en prácticas posteriores.
- Analizar los mensajes de señalización SIP que escurren en la comunicación.

### ➤ Diagrama de laboratorio



# Realización practica 1

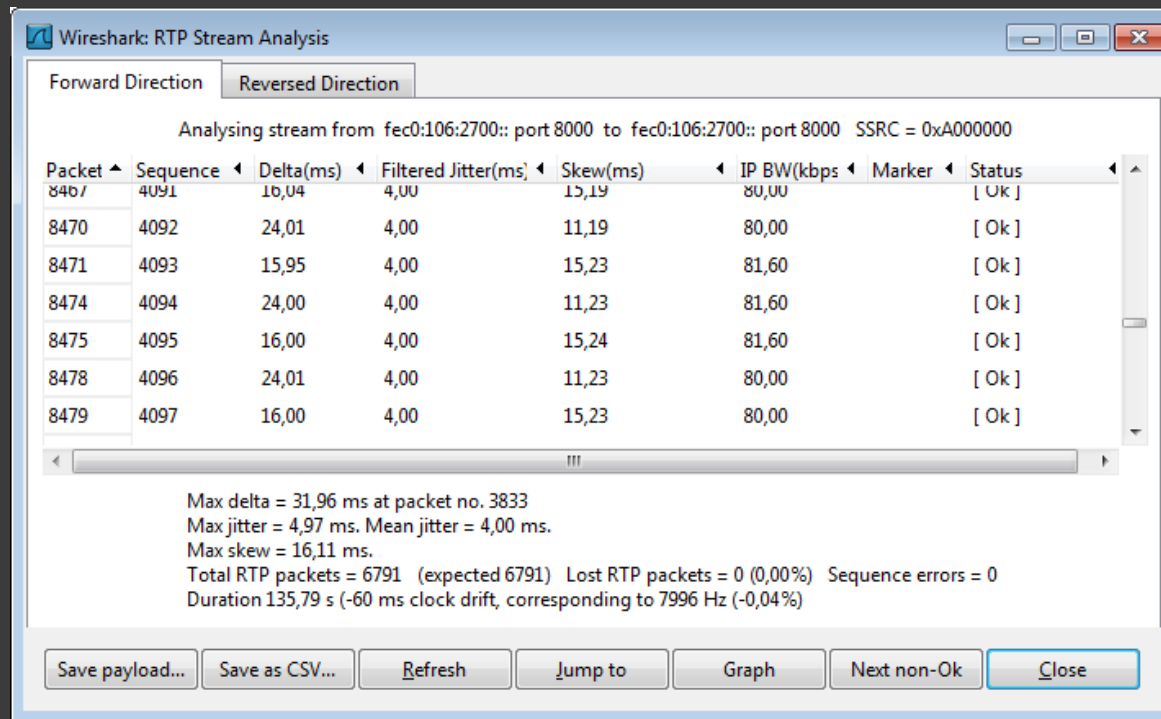
- Se comprobó la secuencia de mensajes SIP, en el establecimiento de una llamada exitosa.



- Se realizó el mismo procedimiento para una llamada fallida.

# Realización practica 1

➤ Se analizaron los flujos RTP y se relevaron parámetros inherentes a la calidad de servicio.



Wireshark: RTP Stream Analysis

Forward Direction | Reversed Direction

Analysing stream from fec0:106:2700:: port 8000 to fec0:106:2700:: port 8000 SSRC = 0xA000000

Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
8467	4091	16,04	4,00	15,19	80,00		[ Ok ]
8470	4092	24,01	4,00	11,19	80,00		[ Ok ]
8471	4093	15,95	4,00	15,23	81,60		[ Ok ]
8474	4094	24,00	4,00	11,23	81,60		[ Ok ]
8475	4095	16,00	4,00	15,24	81,60		[ Ok ]
8478	4096	24,01	4,00	11,23	80,00		[ Ok ]
8479	4097	16,00	4,00	15,23	80,00		[ Ok ]

Max delta = 31,96 ms at packet no. 3833  
Max jitter = 4,97 ms. Mean jitter = 4,00 ms.  
Max skew = 16,11 ms.  
Total RTP packets = 6791 (expected 6791) Lost RTP packets = 0 (0,00%) Sequence errors = 0  
Duration 135,79 s (-60 ms clock drift, corresponding to 7996 Hz (-0,04%))

Save payload... Save as CSV... Refresh Jump to Graph Next non-Ok Close

➤ El análisis se repitió utilizando distintos códecs.

# Realización practica 1

➤ Se comparó la cabecera IPv6 con la expuesta en el fundamento teórico, constatando la presencia de todos los campos.

```
10954 638.603056 fec0:106:2700::2 fec0:106:2700::3 RTP PT=GSM 06.10, SSRC=0xA0000000, Seq=5084, Time=12090734
Frame 10954 (107 bytes on wire (107 bytes captured))
Ethernet II, Src: Dell_a6:bf:cd (00:12:3f:a6:bf:cd), Dst: Inventec_da:0f:61 (00:1e:33:da:0f:61)
Internet Protocol Version 6
  0110 .... = Version: 6
  .... 0000 0000 .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
  .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
  Payload length: 53
  Next header: UDP (0x11)
  Hop limit: 64
  Source: fec0:106:2700::2 (fec0:106:2700::2)
  Destination: fec0:106:2700::3 (fec0:106:2700::3)
User Datagram Protocol, Src Port: irdmi (8000), Dst Port: irdmi (8000)
Real-Time Protocol
```

0000	00 1e 33 da 0f 61 00 12 3f a6 bf cd 86 dd 60 00	..3..a..?.....
0010	00 00 00 35 11 40 fe c0 01 06 27 00 00 00 00 00	...5.@.....
0020	00 00 00 00 00 02 fe c0 01 06 27 00 00 00 00 00	.....@.....
0030	00 00 00 00 00 03 1f 40 1f 40 00 35 1a c2 80 03	.....@.5...
0040	13 dc 00 b8 7d 6e 0a 00 00 00 d4 dd 72 61 19 b6	....}n...ra..
0050	a1 20 eb 06 26 ed 5a 20 20 13 78 b2 27 b4 20 c6	> & z x

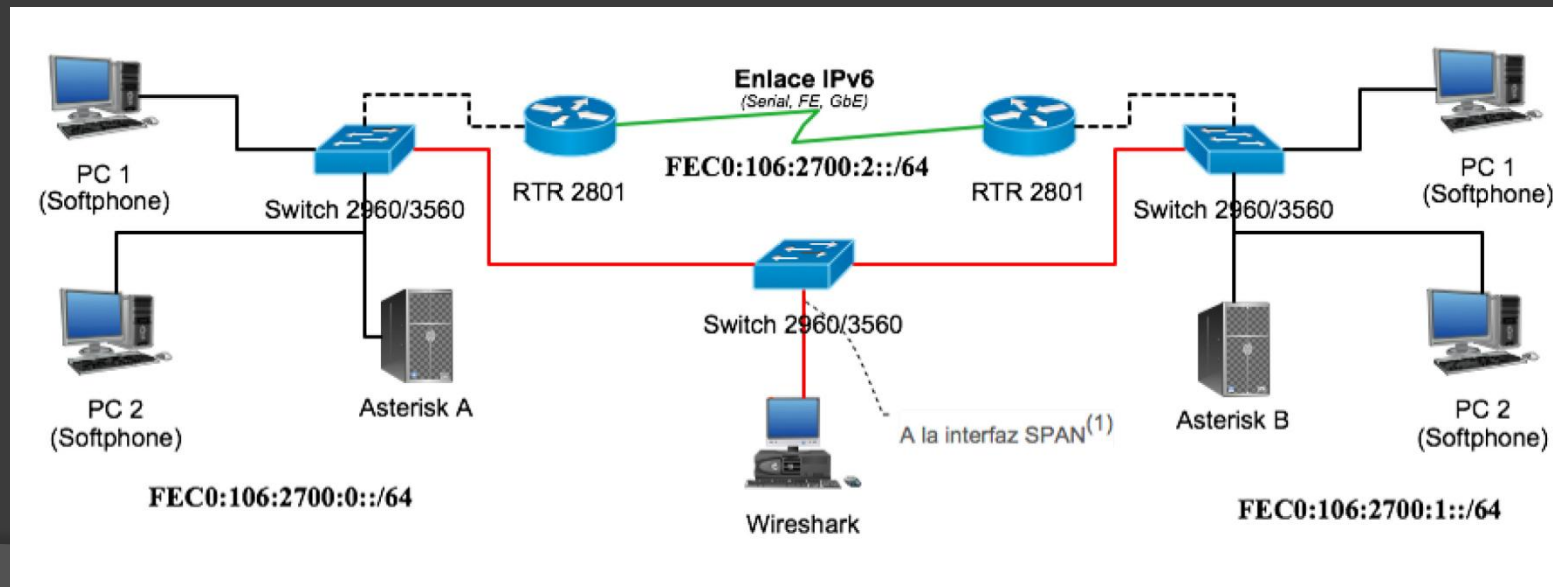
# Realización de las practicas

## Práctica 2: Calidad de servicio en IPv6

### ➤ Objetivos:

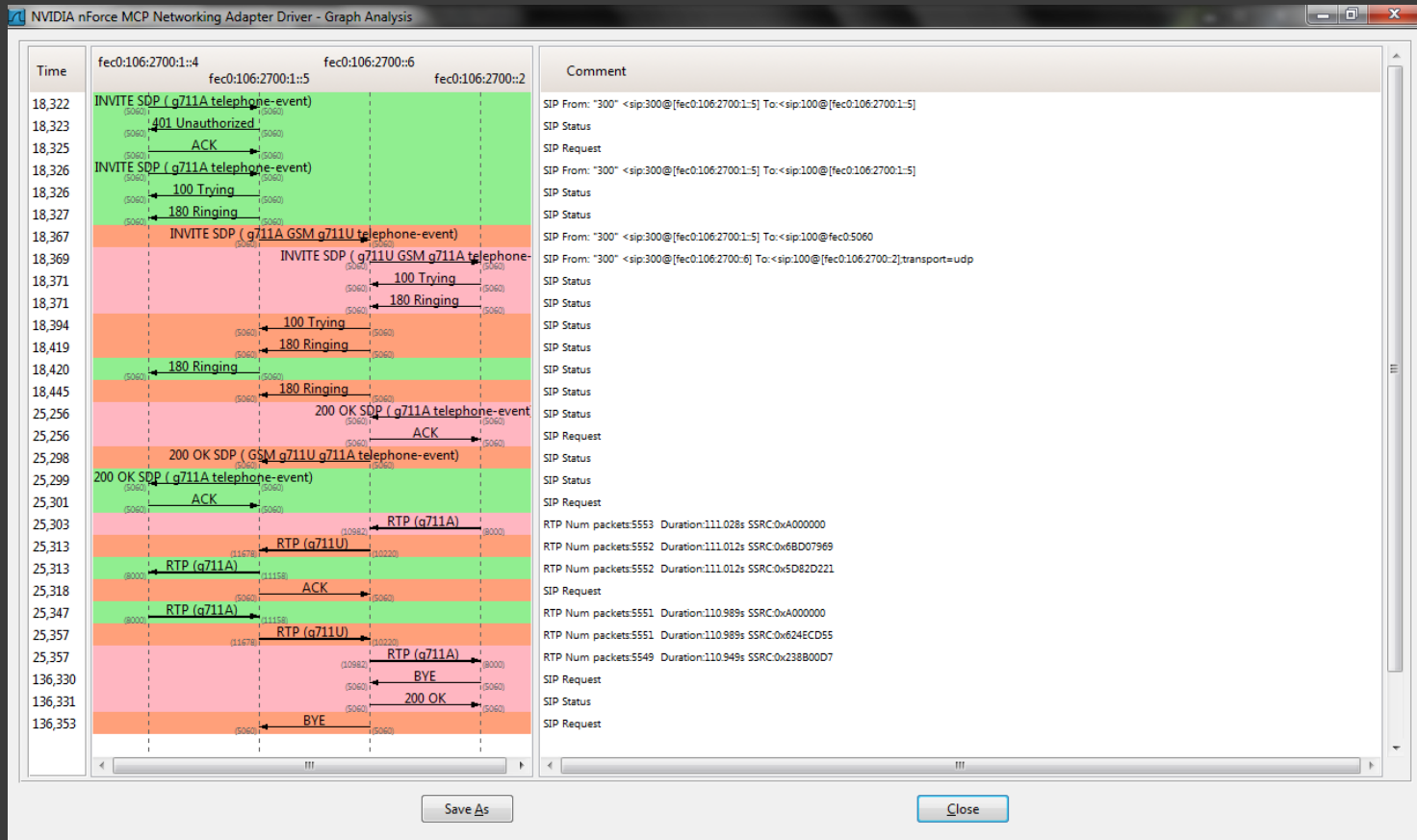
- Medir y analizar los parámetros de QoS de VoIP en una red IPv6 empleando routers Cisco.
- Registrar las diferencias entre emplear o no QoS.
- Comparar el funcionamiento de distintos tipos de colas: WFQ, CBWFQ y LLQ.

### ➤ Diagrama de laboratorio



# Realización practica 2

➤ Se verificó la secuencia de métodos SIP cursados, al utilizar 2 servidores Asterisk .



# Realización practica 2

➤ Se comprobó la disminución en la calidad de las llamadas, al pasar por un enlace congestionado.

	Enlace sin congestión	Enlace congestionado
Jitter (ms)	4.10	18.55
Delay (ms)	10.25	513
Paquetes perdidos (%)	0	7.25
Factor R	92.7	15.5
MOS	4.4	1.14

➤ Se aplicó QoS en el enlace cogestionado, obteniendo mejoras en las llamadas.

➤ Se implementaron diferentes mecanismos de encolamiento, con diversos ancho de banda para el tráfico de voz, obteniendo variaciones en la calidad de la comunicación.

# Realización practica 2

## •CBWFQ

Tamaño de cola	75%	50%	25%
Jitter (ms)	14.58	14.49	45.5
Delay (ms)	48.1	68.7	695.5
Paquetes perdidos (%)	0	0	38.11
Factor R	91.9	91.7	-23.0
MOS	4.38	4.38	1.0

## •LLQ

Tamaño de cola	75%	50%	25%	5%
Jitter (ms)	16.18	14.95	29.38	17.0
Delay (ms)	53.22	61.3	67.15	87.4
Paquetes perdidos (%)	0	0	38.2	82.4
Factor R	91.8	91.7	6.0	1.1
MOS	4.38	4.38	1.00	0.99

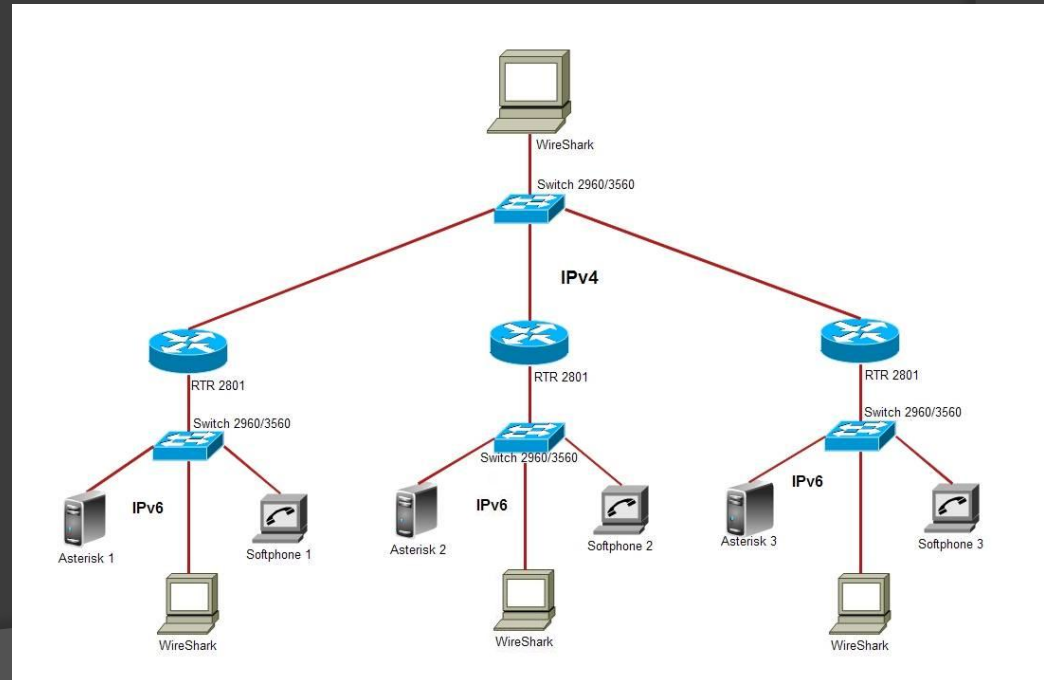
# Realización de las practicas

## Práctica 3: Métodos de transición: Túneles

### ➤ Objetivos:

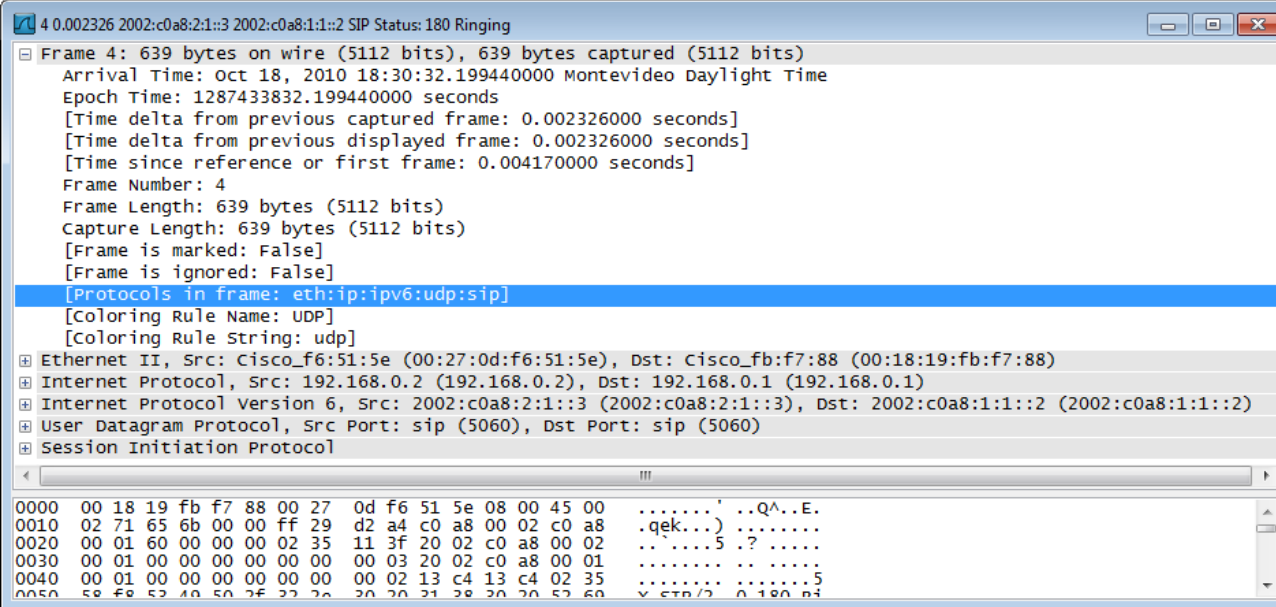
- Introducir los conceptos teóricos de los mecanismos de túnel, tanto automáticos “6to4”, como manuales “GRE” y “Manual”.
- Implementar los distintos mecanismos en un ambiente de routers Cisco.
- Medir y analizar los parámetros de QoS de VoIP al utilizar los diferentes tipos de túneles.

### ➤ Diagrama de laboratorio



# Realización practica 3

- Se lograron implementar correctamente 3 mecanismos de transición de tipo túnel: 6to4, Manual, GRE.
- Se pudo comprobar que la transición entre IPv4 e IPv6 no introduce problemas en la QoS, al emplear cualquier de los mecanismos de tipo túnel.



4 0.002326 2002:c0a8:2:1::3 2002:c0a8:1:1::2 SIP Status: 180 Ringing

- Frame 4: 639 bytes on wire (5112 bits), 639 bytes captured (5112 bits)
  - Arrival Time: Oct 18, 2010 18:30:32.199440000 Montevideo Daylight Time
  - Epoch Time: 1287433832.199440000 seconds
  - [Time delta from previous captured frame: 0.002326000 seconds]
  - [Time delta from previous displayed frame: 0.002326000 seconds]
  - [Time since reference or first frame: 0.004170000 seconds]
  - Frame Number: 4
  - Frame Length: 639 bytes (5112 bits)
  - Capture Length: 639 bytes (5112 bits)
  - [Frame is marked: False]
  - [Frame is ignored: False]
  - [Protocols in frame: eth:ip:ipv6:udp:sip]
  - [Coloring Rule Name: UDP]
  - [Coloring Rule String: udp]
  - Ethernet II, Src: Cisco\_f6:51:5e (00:27:0d:f6:51:5e), Dst: Cisco\_fb:f7:88 (00:18:19:fb:f7:88)
  - Internet Protocol, Src: 192.168.0.2 (192.168.0.2), Dst: 192.168.0.1 (192.168.0.1)
  - Internet Protocol Version 6, Src: 2002:c0a8:2:1::3 (2002:c0a8:2:1::3), Dst: 2002:c0a8:1:1::2 (2002:c0a8:1:1::2)
  - User Datagram Protocol, Src Port: sip (5060), Dst Port: sip (5060)
  - Session Initiation Protocol

```
0000 00 18 19 fb f7 88 00 27 0d f6 51 5e 08 00 45 00  ....'..Q^..E.
0010 02 71 65 6b 00 00 ff 29 d2 a4 c0 a8 00 02 c0 a8  .gek...).....
0020 00 01 60 00 00 02 35 11 3f 20 02 c0 a8 00 02  .....5.?.....
0030 00 01 00 00 00 00 00 00 00 03 20 02 c0 a8 00 01  .....
0040 00 01 00 00 00 00 00 00 00 02 13 c4 13 c4 02 35  .....5
0050 58 fe 52 40 50 2f 22 20 20 20 21 20 20 20 52 60  v smp/? 0 190 n3
```

# Realización practica 3

- Se logró constatar la posible escalabilidad de los túneles 6to4, debido a que se trata de un mecanismo dinámico y de sencilla configuración.
- Se comprobó la similitud existente entre los túneles Manual y GRE.
- Los mensajes correspondientes a protocolos de ruteo de IPv6, se transmiten a través de los túneles Manual y GRE.

Mecanismo empleado	IPv6 puro	6to4	Manual	GRE
Jitter (ms)	4.04	4.13	4.16	4.6
Delay (ms)	1.85	2.13	1.63	1.60
Paquetes perdidos (%)	0	0	0	0
Factor R	92.8	92.8	92.8	92.8
MOS	4.4	4.4	4.4	4.4

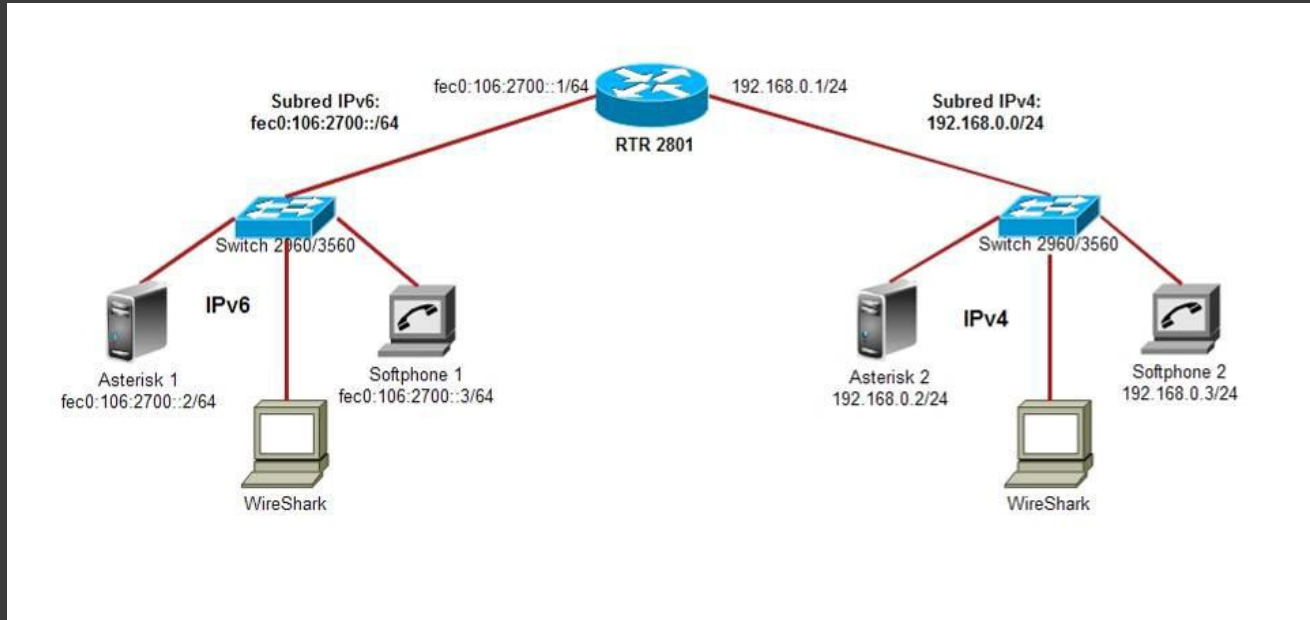
# Realización de las practicas

## Práctica 4 : Informe: Pruebas de VoIP con NAT-PT

- Debido a los resultados obtenidos, que delatan grandes problemas en la implementación de NAT-PT, se realizó un informe en lugar de la práctica 4.
- **Objetivos Originales:**
  - Introducir los conceptos teóricos del mecanismo de transición NAT-PT e implementarlo en un ambiente de routers Cisco.
  - Analizar el funcionamiento de VoIP utilizando el protocolo de señalización SIP con NAT-PT.

# Informe NAT-PT

➤ Topología empleada.



➤ Mapeo de direcciones empleado.

IPv6		IPv4
fec0:106:2700::2/64	→	172.16.0.2
fec0:106:2700:1::2/64	←	192.168.0.2

# Informe NAT-PT

- Se puede concluir que la traducción de direcciones se produce de manera correcta, a nivel de paquetes IP.
- Esto queda de manifiesto al ejecutar los comandos ping y ping6.

```
Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
ipv6lab@ubuntu:~$
ipv6lab@ubuntu:~$
ipv6lab@ubuntu:~$ ping6 fec0:106:2700:1::2
PING fec0:106:2700:1::2(fec0:106:2700:1::2) 56 data bytes
64 bytes from fec0:106:2700:1::2: icmp_seq=1 ttl=62 time=1.36 ms
64 bytes from fec0:106:2700:1::2: icmp_seq=2 ttl=62 time=1.36 ms
64 bytes from fec0:106:2700:1::2: icmp_seq=3 ttl=62 time=1.32 ms
64 bytes from fec0:106:2700:1::2: icmp_seq=4 ttl=62 time=1.28 ms
64 bytes from fec0:106:2700:1::2: icmp_seq=5 ttl=62 time=1.36 ms
64 bytes from fec0:106:2700:1::2: icmp_seq=6 ttl=62 time=1.34 ms
64 bytes from fec0:106:2700:1::2: icmp_seq=7 ttl=62 time=1.27 ms
64 bytes from fec0:106:2700:1::2: icmp_seq=8 ttl=62 time=1.37 ms
64 bytes from fec0:106:2700:1::2: icmp_seq=9 ttl=62 time=1.27 ms
^C
--- fec0:106:2700:1::2 ping statistics ---
9 packets transmitted, 9 received, 0% packet loss, time 801ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.274/1.330/1.370/0.059 ms
ipv6lab@ubuntu:~$
```

# Informe NAT-PT

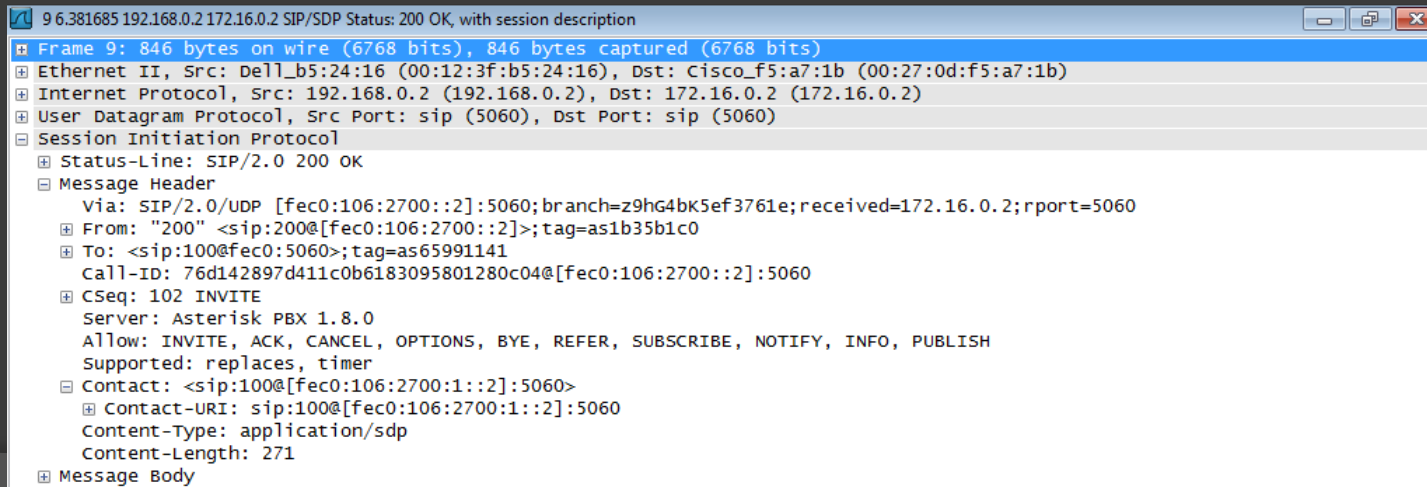
- Los campos de las cabeceras SIP y SDP, no varían al atravesar el NAT. Por lo que la comunicación RTP no se puede establecer.
- Esto queda de manifiesto en el siguiente paquete SIP, enviado desde el Asterisk IPv4, hacia el Asterisk IPv6.



```
8 11.880575 fec0:106:2700:1::2 fec0:106:2700::2 SIP/SDP Status: 200 OK, with session description
+ Frame 8 (842 bytes on wire, 842 bytes captured)
+ Ethernet II, Src: Cisco_f5:a7:1a (00:27:0d:f5:a7:1a), Dst: Dell_ab:b2:1b (00:12:3f:ab:b2:1b)
+ Internet Protocol Version 6
+ User Datagram Protocol, Src Port: sip (5060), Dst Port: sip (5060)
+ Session Initiation Protocol
+ Status-Line: SIP/2.0 200 OK
+ Message Header
+ Via: SIP/2.0/UDP [fec0:106:2700::2]:5060;branch=z9hg4bk54249480;received=172.16.0.2
+ From: "200" <sip:200@[fec0:106:2700::2]>;tag=as232eb99c
+ To: <sip:100@fec0:5060>;tag=as45ae64e6
+ Call-ID: 1b5221bd4193038a2c225d8a06f63f9f@[fec0:106:2700::2]:5060
+ CSeq: 102 INVITE
+ Server: Asterisk PBX 1.8.0
+ Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY, INFO, PUBLISH
+ Supported: replaces, timer
+ Contact: <sip:100@192.168.0.2:5060>
+ Content-Type: application/sdp
+ Content-Length: 259
+ Message Body
+ Session Description Protocol
+ Session Description Protocol Version (v): 0
+ Owner/Creator, Session Id (o): root 1949570458 1949570458 IN IP4 192.168.0.2
+ Session Name (s): Asterisk PBX 1.8.0
+ Connection Information (c): IN IP4 192.168.0.2
+ Time Description, active time (t): 0 0
+ Media Description, name and address (m): audio 18000 RTP/AVP 0 101
+ Media Attribute (a): rtpmap:0 PCMU/8000
+ Media Attribute (a): rtpmap:101 telephone-event/8000
+ Media Attribute (a): fmtp:101 0-16
+ Media Attribute (a): silenceSupp:off - - - -
+ Media Attribute (a): ptmime:20
+ Media Attribute (a): sendrecv
```

# Informe NAT-PT

- Al habilitar la opción de NAT, en el Asterisk4, se logran modificar los campos de las cabeceras SIP y SDP.
- En Asterisk6 no es posible habilitar la opción de NAT. Esto se debe a que no se considera necesario realizar NAT en IPv6.
- Por lo tanto al habilitar NAT solo es posible establecer flujo RTP en una dirección, de IPv6 a IPv4.
- Paquete SIP enviado desde el Asterisk IPv4, hacia el Asterisk IPv6. Habilitando NAT en Asterisk.



```
9 6.381685 192.168.0.2 172.16.0.2 SIP/SDP Status: 200 OK, with session description
Frame 9: 846 bytes on wire (6768 bits), 846 bytes captured (6768 bits)
Ethernet II, Src: Dell_b5:24:16 (00:12:3f:b5:24:16), Dst: Cisco_f5:a7:1b (00:27:0d:f5:a7:1b)
Internet Protocol, Src: 192.168.0.2 (192.168.0.2), Dst: 172.16.0.2 (172.16.0.2)
User Datagram Protocol, Src Port: sip (5060), Dst Port: sip (5060)
Session Initiation Protocol
Status-Line: SIP/2.0 200 OK
Message Header
Via: SIP/2.0/UDP [fec0:106:2700::2]:5060;branch=z9hg4bk5ef3761e;received=172.16.0.2;rport=5060
From: "200" <sip:200@[fec0:106:2700::2]>;tag=as1b35b1c0
To: <sip:100@fec0:5060>;tag=as65991141
Call-ID: 76d142897d411c0b6183095801280c04@[fec0:106:2700::2]:5060
CSeq: 102 INVITE
Server: Asterisk PBX 1.8.0
Allow: INVITE, ACK, CANCEL, OPTIONS, BYE, REFER, SUBSCRIBE, NOTIFY, INFO, PUBLISH
Supported: replaces, timer
Contact: <sip:100@[fec0:106:2700:1::2]:5060>
Contact-URI: sip:100@[fec0:106:2700:1::2]:5060
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 271
Message Body
```

# Informe NAT-PT

- Una posible solución para el problema de la traducción de las direcciones IP es utilizar servidores TURN.
- Para IPv6, desde el 2006 está desarrollándose la extensión de TURN para proveer comunicación IPv4-IPv6, IPv6-IPv6 e IPv6-IPv4, pero aún se encuentra en borrador.

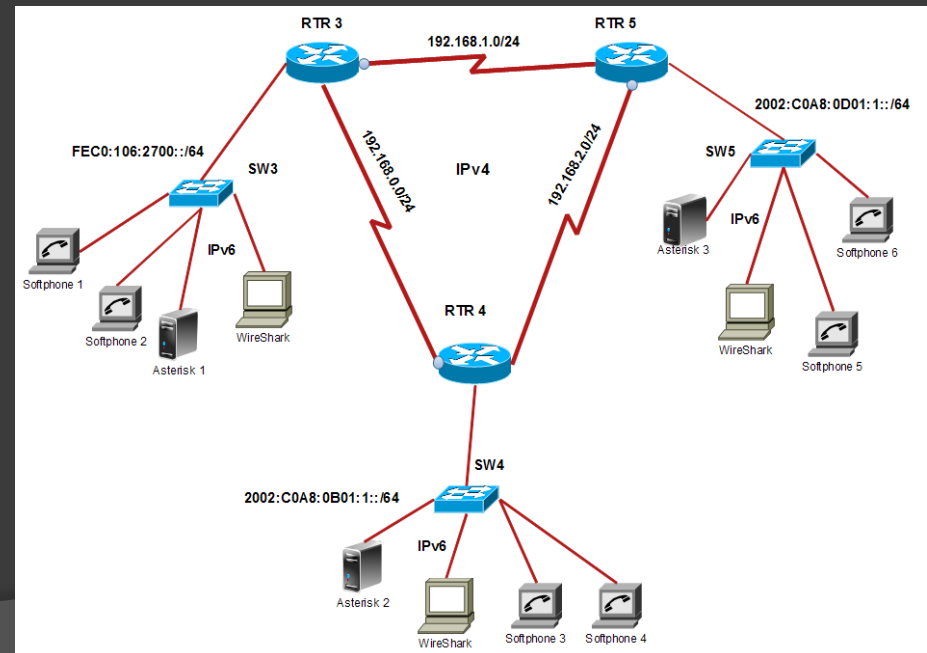
# Realización de las practicas

## Práctica 5 : Caso práctico

### ➤ Objetivos:

- Afianzar y reafirmar los conocimientos adquiridos en las prácticas 1, 2 y 3. Ponerlos en funcionamiento en una topología más compleja, que represente situaciones factibles del mundo real.
- Relevar los parámetros inherentes a QoS , para distintas situaciones de la red.

### ➤ Diagrama de laboratorio:



# Realización practica 5

## ➤ Prueba de velocidades:

- Se probó la performance al cursar 2 llamadas simultaneas, empleando 3 distintas velocidades : 128kbps, 192kbps y 256kbps.
  - A partir de las pruebas y los cálculos teóricos, se puede afirmar que la velocidad que se debe utilizar es 256kbps.
  - Con esta velocidad se prevé el pasaje de 2 llamadas (192kbps) y sobra espacio para otros paquetes que no sean RTP.
- Al realizarse una transferencia de archivo, a través del enlace de 256kbps, será indispensable aplicar algún método de QoS, para asegurar la calidad de las llamadas.

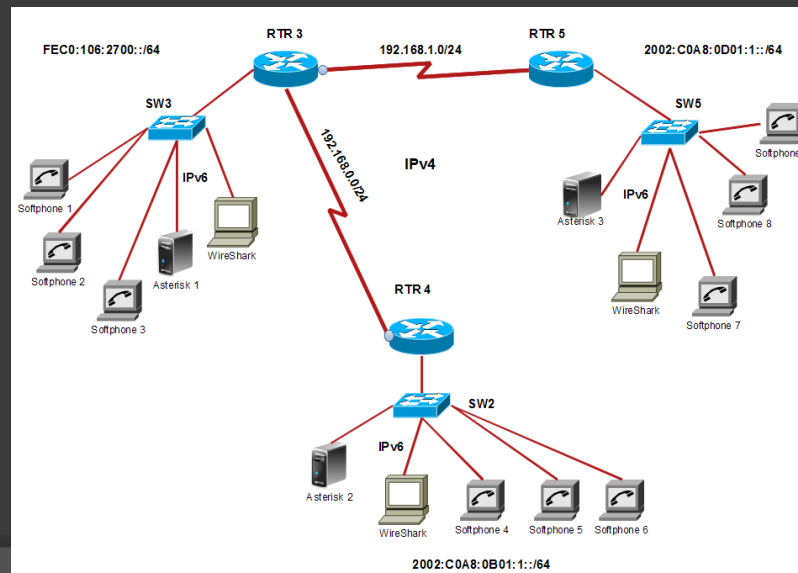
# Realización practica 5

- Se constató que los túneles 6to4 mantienen el marcado en los paquetes al añadir la cabecera IPv4.
- Por lo tanto es valido realizar el marcado de los paquetes se realiza en IPv6 y el encolamiento, la fragmentación y la priorización en IPv4.
- Estrategias para brindar QoS:
  - Se pudo observar que aplicar únicamente fragmentación, no se provoca ninguna mejoría.
  - Al priorizar los paquetes de voz, se pudo apreciar una mejora importante en la calidad de las llamadas.
  - Al priorizar y fragmentar los paquetes de voz se obtuvo una pequeña ventaja en lo que tiene que ver con los retardos.

# Realización practica 5

## ➤ Enrutamiento de tráfico y backup:

- Se volvió a calcular y se cambió la velocidad de los enlaces a *320Kbps*, para que soporten un llamada de backup.
- La caída en alguno de los enlaces no hará caer la llamada que se cursa a través de él.
- El tiempo que se demora en restablecer la comunicación, depende únicamente de la demora en la actualización de la tabla de ruteo.



# Temas pendientes y mejoras a realizar

➤ A continuación se exponen los temas pendientes más relevantes:

- Fragmentación en IPv6
- Comparación de parámetros de QoS de diferentes *sniffers*
- *Turn Server*
- Pruebas de funcionalidades de *Asterisk*, tarjetas ZAP y *HardPhones*
- Pruebas de distintas PBX o servidores proxy
- *Dual-stack*
- Túneles *Teredo* e *ISATAP*

# Conocimientos adquiridos

Los alumnos al culminar la realización de las prácticas contarán con

## ➤ Conocimientos sobre:

- IPv6
- SIP
- VoIP
- QoS en IPv6.
- Mecanismos de transición IPv4-IPv6:
  - De tipo túnel
  - NAT-PT

## ➤ Práctica en el manejo de:

- Asterisk 1.8
- IPv6 en routers Cisco
- KphoneSI
- Wireshark
- Ubuntu

# Conclusiones

## Contraste con los objetivos

- Se logró la creación de un ambiente de pruebas para VoIP y calidad de servicio sobre IPv6, empleando el protocolo de señalización SIP.
- Debido a la naturaleza *dual-stack* de las herramientas seleccionadas, se consiguió la implementación del funcionamiento híbrido IPv4-IPv6.
- Se elaboró una serie de prácticas, en las cuales se intentan abarcar los puntos más relevantes dentro de la temática planteada.
- Se generaron documentos en los que se deja constancia de la correcta realización de cada práctica y de los resultados obtenidos.

# Conclusiones

- Se constató que a nivel de sistemas operativos y de *router* Cisco el soporte de IPv6 es robusto.
- Se encontraron problemas de compatibilidad con IPv6 en la gran mayoría de PBX, *softphones* y analizadores de tráfico.
- Se verificó que gran parte de los mecanismos de QoS ya implementados en IPv4, funcionan correctamente en IPv6. Entre ellos se destacan: la priorización, las colas y el marcado de paquetes.
- En lo que respecta a la fragmentación en IPv6 se pudo constatar que no está contemplada en la norma.
- Se probaron exitosamente 3 mecanismos de transición de tipo túnel: 6to4, Manual y GRE.
- Se pudo verificar que en cualquiera de los mecanismos de transición de tipo túnel se mantiene el marcado de paquetes al pasar IPv6 a IPv4.
- Los túneles 6to4, por tratarse de un mecanismo dinámico, poseen notorias ventajas en redes medianas y grandes.
- Se comprobó que el mecanismo de traducción NAT-PT posee un correcto funcionamiento a nivel de capa 3 del modelo OSI. En capas superiores, no el rendimiento no es el esperado.

Muchas Gracias!!