

Multimedia y QoS

Ing. Alvaro Sanchez

Ing. José Restaino

Puertos de voz en un router

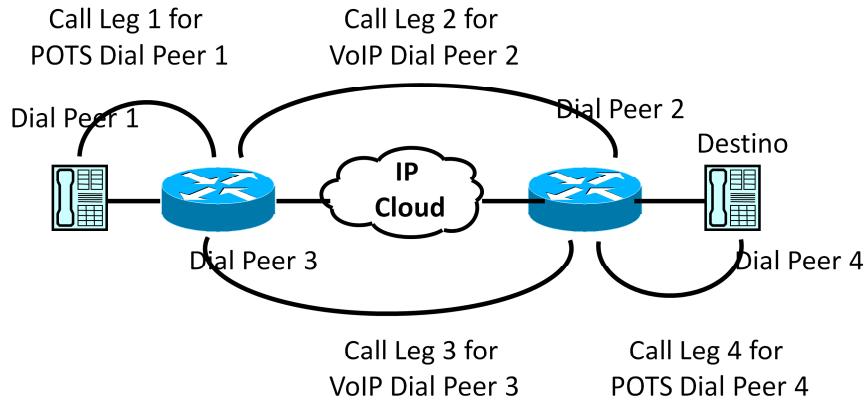
Los puertos de voz proveen soporte para tres formatos básicos de señalización de voz analógica :

- **VIC FXO** (Foreign Exchange Office). Esta interfaz es un conector RJ-11 que le permite a una conexión ser dirigida a la CO de la PSTN o a troncales que llegan a una PBX. Un puerto FXO se conecta a un urbano analógico de la PBX.
- **VIC FXS** (Foreign Exchange Station): También es un conector RJ-11 que le permite conexiones para equipos telefónicos básicos; las conexiones FXS brindan ring, voltaje y tono de marcado.

Algunos dispositivos tienen puertos de voz que soportan las siguientes señalizaciones digitales:

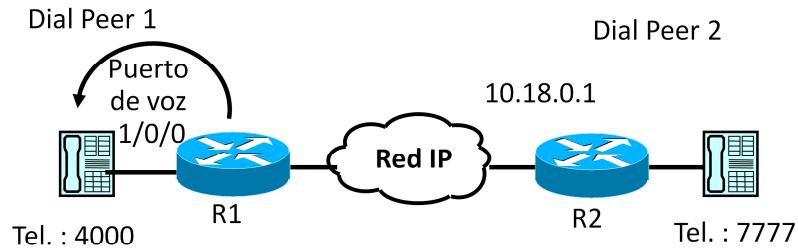
- E1: Utilizado por ej para PBX digital

Establecimiento de dial-peer call legs



Son necesarias cuatro call legs para una conexión punto a punto

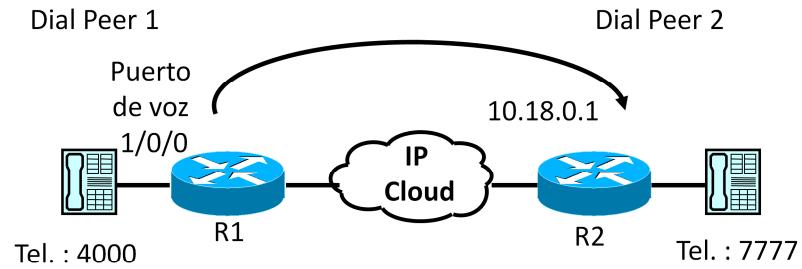
Ejemplo de configuración de dial peer POTS



Configuración para dial-peer 2 en R1:

```
dial-peer voice 1 pots  
destination-pattern 4000  
port 1/0/0
```

Ejemplo de configuración de dial peer VOIP

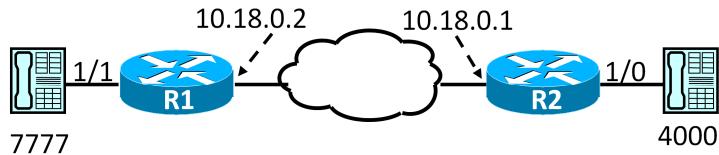


Configuración para dial-peer 2 en R1:

```
dial-peer voice 2 voip  
destination-pattern 7777  
session target ipv4: 10.18.0.1
```

Ejemplo de configuración de dial peer

Dial Peer 1



Dial Peer 2

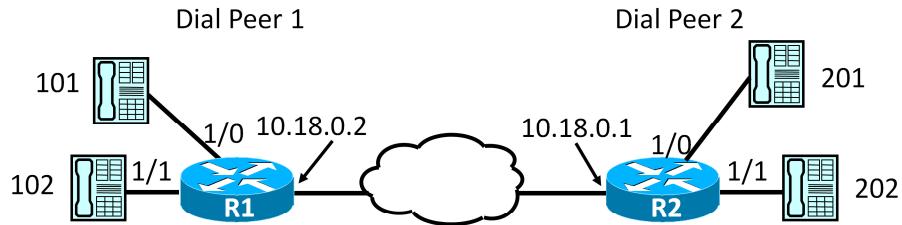
Configuración hecha en R1 :

```
dial-peer voice 1 pots  
destination-pattern 7777  
port 1/1  
dial-peer voice 2 voip  
destination-pattern 4000  
session target ipv4:10.18.0.1
```

Configuración hecha en R2:

```
dial-peer voice 4 pots  
destination-pattern 4000  
port 1/0  
dial-peer voice 3 voip  
destination-pattern 7777  
session target ipv4:10.18.0.2
```

Ejemplo de configuración de dial peer



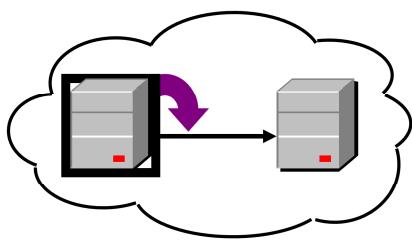
Configuración hecha en R1 :

```
dial-peer voice 1 pots  
destination-pattern 101  
port 1/0  
dial-peer voice 2 pots  
destination-pattern 102  
port 1/1  
dial-peer voice 3 voip  
destination-pattern 20.  
session target ipv4:10.18.0.1
```

Configuración hecha en R2 :

```
dial-peer voice 1 pots  
destination-pattern 201  
port 1/0  
dial-peer voice 2 pots  
destination-pattern 202  
port 1/1  
dial-peer voice 3 voip  
destination-pattern 10.  
session target ipv4:10.18.0.2
```

Componentes de retardos fijos



- Retardo de propagación
- ➡ Retardo de serialización
- █ Retardo de procesamiento

- **Retardo de propagación:** Es causada por el camino que los electrones deben recorrer a través de un conductor (seis microsegundos por kilómetro). Es despreciable en mucho casos, excepto cuando las distancias son largas, en particular cuando hablamos de comunicación satelital.
- **Retardo de serialización:** Es causada por la cadencia de colocación de bits en el medio físico.
- **Retardo de Procesamiento:**
 - Paquetización: Dependiente del número de muestras por paquete.
 - Algoritmo: Dependiente del codec, compresión y descompresión.

Matriz de serialización

Link Speed	1 Byte	64 Bytes	128 Bytes	256 Bytes	512 Bytes	1024 Bytes	1500 Bytes
56 kbps	143*	9 ms	18 ms	36 ms	72 ms	144 ms	214 ms
64 kbps	125*	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	128 ms	187 ms
128 kbps	62.5*	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	64 ms	93 ms
256 kbps	31*	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	32 ms	46 ms
512 kbps	15.5*	1 ms	2 ms	4 ms	8 ms	16 ms	23 ms
768 kbps	10*	640*	1.3 ms	2.6 ms	5.1 ms	10.2 ms	15 ms
1536 kbps	5*	320*	640*	1.3 ms	2.6 ms	5.1 ms	7.5 ms

* Tamaño en microsegundos

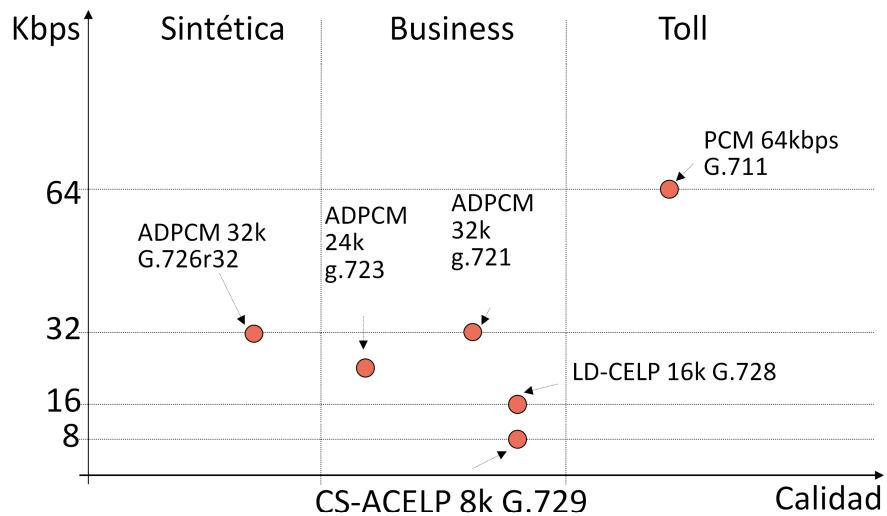
Nota: El tiempo de serialización recomendado es de 10ms.

Codificadores

- **De forma de onda (waveform):** Se caracterizan por usar mucho BW (16kbps a 64kbps), presentar muy poco retardo y buena calidad de voz (Ej G.711)
 - PCM
 - ADPCM
 - Delta
- **Paramétricos:** Modelan el canal LPC (Linear Predictive Coding), utilizan muy poco BW (2,4kbps a 8kbps), se caracterizan por producir retardos mayores que los híbridos y de forma de onda y tienen calidad de voz aceptable (Ej G.723)
- **Híbridos:** Utilizan características de ambos tipos de codificadores (son paramétricos con mejoras). Tienen poco retardo, utilizan poco BW (8kbps a 16kbps) y presentan buena calidad de voz (Ej: CS-ACELP (G.729))

10

Codificadores



Tráfico de tiempo real vs. tráfico de mejor esfuerzo

La voz y los datos pueden compartir el mismo medio, sin embargo sus características difieren ampliamente:

- La voz es tráfico de Tiempo-Real
- Los datos son tráfico enviados como Mejor-Esfuerzo.
- El tráfico en Tiempo-Real necesita garantía de retardos y temporizados.
- Las redes IP son diseñadas para enviar tráfico como de mejor-esfuerzo sin garantías de entrega, retardo o temporizado.

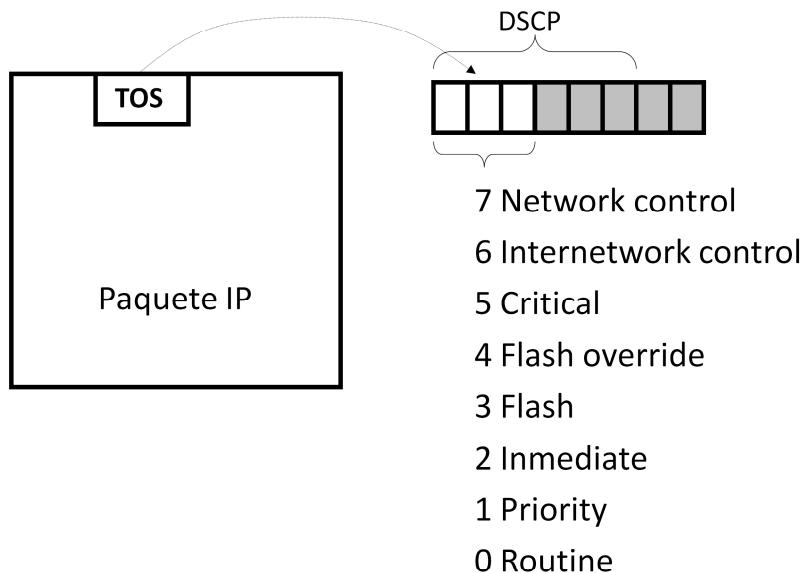
Para solucionar estos problemas se implementa calidad de servicio entre extremos de la comunicación.

Calidad de servicio (Quality of Service)

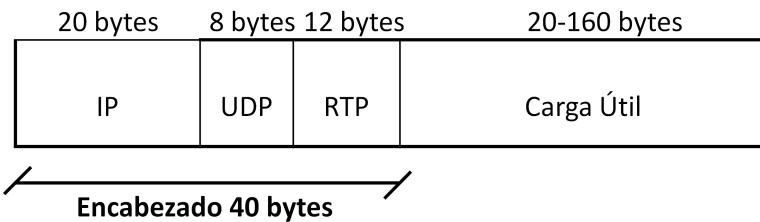
Mecanismos

- **Clasificación de paquetes:** IP Precedence
- **Gestión de ancho de banda y control de admisión:** compresión cRTP, gatekeepers
- **Gestión de congestión:** WRED
- **Gestión de colas:** LLQ

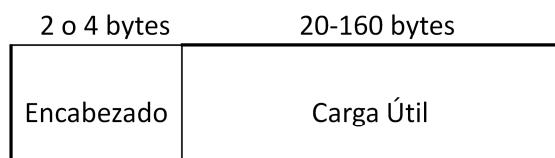
IP Precedence



Compresión de encabezados cRTP



Después de la Compresión RTP de headers



Nota: El codec G.729 genera tramas de 10 bytes y presenta una tasa de 8kbps. Si la carga útil de 8bytes la debo colocar en un paquete con 46 de encabezado (40 más el encabezado PPP), significa que para mandar 10 bytes de voz debo transmitir paquetes de 56 bytes, desaprovechando el 82%. Es decir en lugar de transmitir a 8Kbps debo hacerlo a 44.8kbps

15

Componentes de retardo variable

- **Retardo por encolamiento:** Este dependerá de las políticas de encolamiento utilizadas y otros factores como el de fragmentación
- **Retardos por congestionamiento:** En redes como ATM se pueden definir diferente calidad a distintos tipos de tráfico para no afectar a la voz
- **Retardos por política de regulación de tráfico utilizada (Policing y Shaping)**

Mecanismos para la regulación del tráfico

- Un **policer** generalmente dropea el tráfico excedente. Observación: la implementación de Policing utilizada por Cisco permite aplicar distintas acciones para el tráfico excedente como cambiar la precedencia de los paquetes, etc. (Ej CAR)
- Un **shaper** generalmente retarda el tráfico excedente utilizando un buffer, o mecanismo de encolamiento, para retener los paquetes y modelar el flujo cuando éste es mayor al esperado (Ej Traffic Shaping)

Nota: los dos mecanismos anteriores utilizan un algoritmo llamado TOKEN BUCKET

- **Buffer de dejitter:** Para corregir la variación de delay se utilizan buffers de dejitter, los cuales pueden ser dinámicos. Estos retienen los paquetes de voz con separación variable y los entregan igualmente espaciados.

Committed Access Rate (CAR)

Los límites de velocidad a partir de los cuales se define qué paquetes cumplen o exceden las condiciones preestablecidas son los siguientes:

- Average rate. Determina la velocidad de transmisión en promedio. El tráfico que está por debajo de esta velocidad cumple con las condiciones y puede ser transmitido.
- Normal burst: Es el tamaño de ráfaga máximo.
- Exceed burst: Cuando el tamaño del exceed burst supera al del normal burst, se permite una ráfaga adicional cuyo tamaño es la diferencia entre el exceed y el normal burst.

Técnicas de administración de encolamientos

- PQ (Priority Queuing):
 - Clasifica el tráfico de acuerdo a protocolo o interfaz
 - Soporta hasta cuatro colas distintas (High, Medium, Normal y Low)
 - Paquetes no clasificados, por defecto caen en la cola Normal
 - El algoritmo le proporciona prioridad absoluta a la cola de mayor prioridad
- CQ (Custom Queuing):
 - Clasifica el tráfico de acuerdo a protocolo o interfaz
 - Maneja hasta 16 colas distintas
 - Reserva un porcentaje del BW para cada cola indirectamente, mediante la asignación de bytes por cola
 - Atiende las colas por ciclos

Ip precedence: Clasifica los paquetes utilizando los tres primeros bits del campo TOS del encabezado IP

19

Técnicas de administración de encolamientos

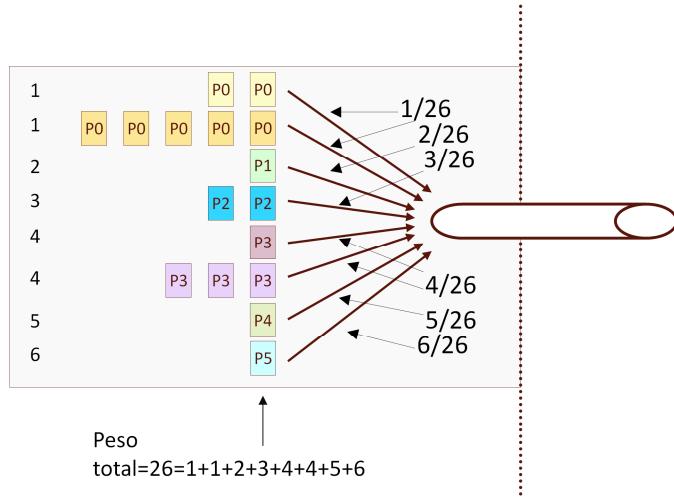
- WFQ (Weighted Fair Queuing)
 - Clasifica el tráfico por flujo y precedencia IP
 - Por defecto, 256 colas disponibles (configurable)
 - Reserva un % del BW para cada cola tomando en cuenta el valor de precedencia.
- CB-WFQ (Class-Based-Weighted Fair Queuing):
 - Clasifica el tráfico por protocolo, interfaz, lista de acceso.
 - Permite hasta 64 clases diferentes
 - Cada clase tiene asociada una cola
 - A cada clase se le asignan características como BW, peso de la clase y máxima cantidad de paquetes posibles de encolar
 - Se puede configurar una clase por defecto
 - Las colas serán atendidas en relación al BW reservado

Flujo: Un flujo queda determinado por puerto e IP origen y puerto e IP destino

Técnicas de administración de encolamientos

WFQ

Precedencia	Peso
P0	1
P1	2
P2	3
P3	4
P4	5
P5	6



Técnicas de administración de encolamientos

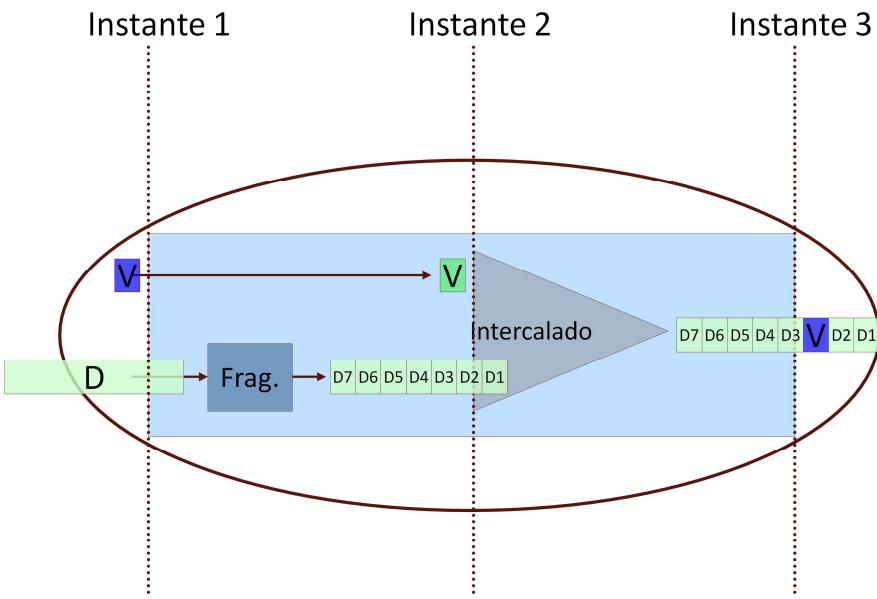
LLQ (Low Latency Queuing)

- Clasifica el tráfico por protocolo, interfaz, lista de acceso (precedencia para la clase prioritaria)
- Se configura una clase prioritaria a la que se le aplica PQ
- Al resto de las clases se les aplica CB-WFQ
- Cada clase tiene asociada una cola
- A cada clase se le asignan características de BW, peso de clase y máxima cantidad de paquetes por cola (para cada clase)

Otros mecanismos para QoS

- Fragmentación: Consiste en dividir un paquete grande en muchos pequeños que serán reensamblados en el destino (generalmente se utiliza para fragmentar los paquetes de datos). Esto evita que la velocidad de serialización de los paquetes supere lo aconsejable.
- Intercalado: Junto con el punto anterior y una política de colas adecuada como PQ o LLQ para los paquetes de voz, se logra acotar el tiempo que debe esperar un paquete de voz antes de comenzar a ser transmitido.
- Supresores de silencio o VAD (Voice Activity Detect): Debido a que las conversaciones se caracterizan por poseer silencio en aproximadamente el 35% del tiempo, con VAD uno puede detectarlo evitando mandar muestras vacías innecesarias a la otra punta. Esto produce la reducción del BW utilizado para la voz

Fragmentación e intercalado



Ejemplo de retardos totales de extremo a extremo

Tipo de retardo	Fijo (ms)	Variable (ms)
Retardo de codificador	18	-
Retardo de paquetización	30	-
Retardo de encolamiento	-	8
Retardo de serialización (64 Kbps)	5	
Retardo en la Red	40	25
Retardo por buffer de Dejitter	45	
Todas	138	33

Diagrama general para QoS (LLQ)

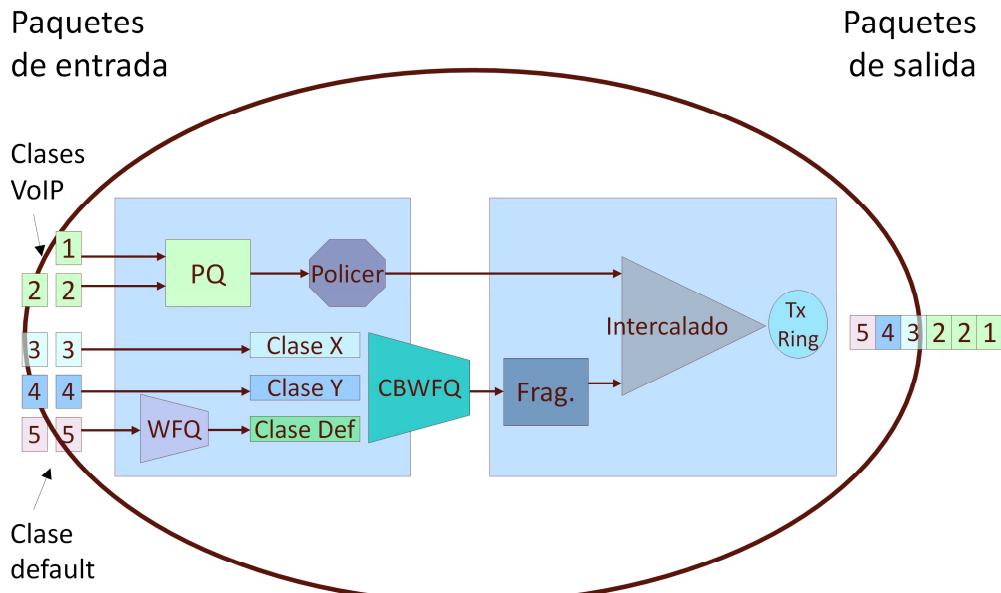


Diagrama general para QoS (LLQ)

- A la voz le corresponde una cola prioritaria PQ. El criterio para seleccionar dicho tráfico podrá ser: DSCP marcado con EF, precedencia IP en 5 o una lista de acceso determinada.
- La cola PQ tiene asociada un ancho de banda, que puede ser por ejemplo de 48Kbps. Este tráfico tendrá prioridad absoluta hasta la velocidad especificada. En caso de congestión, el tráfico de exceso de la cola PQ es descartado.
- Por otra parte en caso de congestionamiento, el tráfico de señalización y control podría ser descartado. Por tanto, es conveniente colocarlo en la cola PQ o en una clase que le asegure un % del BW necesario (CBWFQ) como la clase X o Y. El tráfico dentro de cada una de estas clases será manejado como FIFO.
- El tráfico CBWFQ que exceda el % reservado, se coloca en la clase por defecto junto al resto del tráfico. Si en la clase por defecto se especifica % de BW, el encolado para esta será FIFO, mientras que si se coloca la palabra fair se atenderá de la forma WFQ.

Configuración de LLQ

voice-port 0/0
cptone AR

```
access-list 100 permit udp any any precedence critical      (precedence 5)
access-list 100 permit tcp any any range 1718 1720
access-list 100 permit udp any any range 16383 32767
```

```
class-map match-all Voip
  match access-group 100
```

```
policy-map PoliticaDeVoip
  class Voip
    priority 48          (en kbps o % de BW)
  class class-default
    fair-queue
    queue-limit 16       (paquetes)
```

28

Configuración de LLQ

Fragmentación e intercalado en enlaces PPP

```
interface multilink 1
description Hacia el GK
ip address 192.168.1.1 255.255.255.252
service-policy output PoliticaDeVoip
ip tcp header-compression iphc-format
load-interval 30
ppp multilink
ppp multilink fragment-delay 10
ppp multilink interleave
multilink-group 1
ip rtp header-compression iphc-format
```

Configuración de LLQ

```
interface Serial0/0
no ip address
service-policy output PoliticaDeVoip
ppp multilink
multilink-group 1
load-interval30
```

```
dial-peer voice 1 voip
destination-pattern 10..
codec g723r53
ip qos dscp cs5 media
(precedence 5)
```

Configuración de LLQ

Fragmentación e intercalado en enlaces FR

voice-port 0/0

cptone AR

- access-list 100 permit udp any any precedence critical (precedence 5)
- access-list 100 permit tcp any any range 1718 1720
- access-list 100 permit udp any any range 16383 32767
- class-map match-all Voip
- match access-group 100
- policy-map PoliticaDeVoip
 - class Voip
 - priority 48 (en kbps o % de BW)
 - class class-default
 - fair-queue
 - queue-limit 16 (paquetes)

Configuración de LLQ

Fragmentación e intercalado en enlaces FR

```
interface Virtual-Template1
description Hacia los distintos GKs
ip address 192.168.1.1 255.255.255.252
bandwidth 64
ip tcp header-compression iphc-format
service-policy output PoliticaDeVoip
ppp multilink
ppp multilink fragment-delay 10
ppp multilink interleave
ip rtp header-compression iphc-format
```

```
interface Serial1/0
no ip address
encapsulation frame-relay IETF
frame-relay traffic-shaping
frame-relay lmi-type q933a
```

Configuración de LLQ

Fragmentación e intercalado en enlaces FR

```
interface Serial1/0.1 point-to-point
description Hacia GKn
bandwidth 64
frame-relay class clase64                                (Ver traffic shaping)
frame-relay interface-dlci 11 ppp Virtual-Template1

dial-peer voice 1 voip
destination-pattern 10..
codec g723r53
ip qos dscp cs5 media                                    (precedencia 5)

map-class frame-relay clase64
no frame-relay adaptive-shaping
frame-relay cir 64000
frame-relay bc 64000
frame-relay be 0
frame-relay mincir 64000
```

33

Configuración de LLQ

En el dial peer voip

```
dial-peer voice 1 voip
 ip qos dscp ef media
```

```
class-map match-all voip
 match dscp ef
```

```
policy-map salidaVoip
 class voip
 priority 80
 class class-default
 fair-queue
```

```
interface Serial1/0
 bandwidth 256
 service-policy output salidaVoip
```

Visualización de la política aplicada

```
GK1#show int s0/0
Serial0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is PowerQUICC Serial
    MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit, DLY 20000 usec,
      reliability 255/255, txload 9/255, rxload 9/255
  Encapsulation FRAME-RELAY IETF, loopback not set
  Keepalive set (10 sec)
  LMI enq sent 320, LMI stat recv 320, LMI upd recv 0, DTE LMI up
  LMI enq recv 0, LMI stat sent 0, LMI upd sent 0
  LMI DLCI 1023 LMI type is CISCO frame relay DTE
  Broadcast queue 0/64, broadcasts sent/dropped 0/0, interface
  broadcasts 0
  Last input 00:00:07, output 00:00:00, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters 00:53:27
  Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output
  drops: 0
  Queueing strategy: dual fifo
  Output queue: high size/max/dropped 0/256/0
  Output queue: 0/128 (size/max)
  30 second input rate 62000 bits/sec, 51 packets/sec
  30 second output rate 63000 bits/sec, 39 packets/sec
```

35

Visualización de la política aplicada

```
GK1#show policy-map interface virtual-access 2
```

```
Virtual-Access2
```

```
Service-policy output: PoliticaDeVoip
```

```
Class-map: Voip (match-all)
```

```
93877 packets, 6055300 bytes
```

```
30 second offered rate 16000 bps, drop rate 0 bps
```

```
Match: access-group 100
```

```
Queueing
```

```
Strict Priority
```

```
Output Queue: Conversation 264
```

```
Bandwidth 24 (kbps) Burst 600 (Bytes)
```

```
(pkts matched/bytes matched) 93877/6055264
```

```
(total drops/bytes drops) 0/0
```

Visualización de la política aplicada

Class-map: **class-default** (match-any)

687294 packets, 1014589138 bytes

30 second offered rate 9359000 bps, drop rate 9312000 bps

Match: any

Queueing

Flow Based Fair Queueing

Maximum Number of Hashed Queues 256

(total queued/total drops/no-buffer drops) 64/683353/0

Nota: offered (9359000) – drop (9312000) = 47000 -> + 47k +16k = 63k

37

Arquitecturas centralizada y distribuida, y protocolos

La telefonía tradicional se caracteriza por presentar una arquitectura centralizada donde terminales tontas (teléfonos) están controlados por un dispositivo central que oficia de switch. Es necesario un balance entre una administración y terminales sencillos, y la mejora de los servicios agregándole complejidad en los puntos terminales.

Los protocolos de control de llamada para VoIP más populares son:

- H.323
- Media Gateway Control Protocol (MGCP)
- Session initiation Protocol (SIP)
- H248/Megaco

Nota: Las arquitecturas centralizadas se asocian con MGCP y H.248/Megaco

Protocolo de señalización H.323

- Es de amplia aplicación ya que fue de los primeros en aparecer.
- Es un estándar de ITU para manejar VoIP.
- Incluye estándares relacionados como H.225 (control de llamada), H.245 (negociación de los parámetros y camino de los datos), H.235 (seguridad), H.225 RAS (protocolo H.323 para Gatekeeper) y H.450 (servicios suplementarios).
- Está pensado para una arquitectura distribuida. Permite construir redes fácilmente escalables, confiables y redundantes.
- Soporta inteligencia tanto en los puntos finales como en los gatekeeper.

Terminales H.323

Terminales H.323: Son extremos finales para la transmisión de voz basados en LAN. Algunos ejemplos de estas son los PC que corren el software Microsoft NetMeeting, software que emula teléfonos virtuales, los teléfonos IP y los gateways. Todas las terminales H.323 soportan comunicaciones full duplex en tiempo real con otras entidades H.323. Las terminales implementan funciones de transmisión de voz y especialmente incluyen un compresor/descompresor de voz o codec, que envía y recibe voz paquetizada.

Las terminales deben ser capaces de soportar las funciones de señalización usadas en el establecimiento y finalización de la llamada:

- H.225: para señalización, el cual deriva de la norma Q.931 utilizada en ISDN
- H.245: Usado para intercambiar información relativa a las capacidades de las entidades tales como compresión.
- RAS (Registro, Admisión, Status) que conecta una terminal con un Gatekeeper

Gateways y Gatekeepers

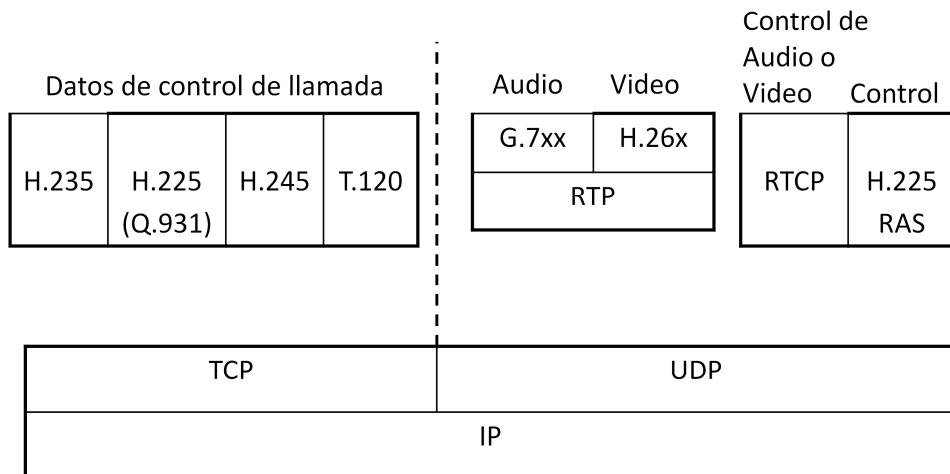
- **Gateway:**

Sirve de interfaz entre las redes H.323 y aquellas que no lo son. Como interfaz, el gateway necesita traducir los mensajes de señalización entre ambas partes así como comprimir y descomprimir la voz.

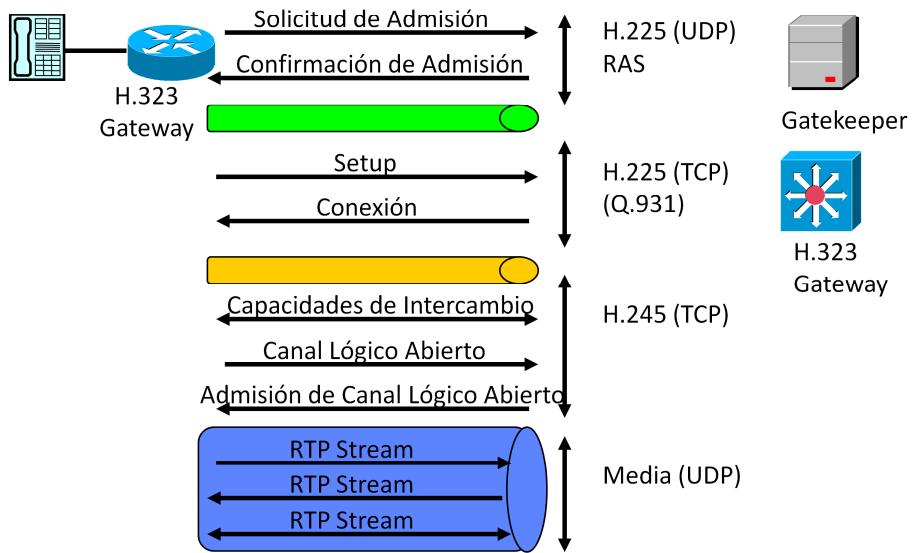
- **Gatekeeper:**

Puede no estar presente en una red H.323. Si está presente debe gerenciar las zonas H.323, los dispositivos deben registrarse con el gatekeeper al inicio, y recibir permiso para efectuar una llamada. El gatekeeper también provee traducción de direcciones y controles de acceso a la LAN para los dispositivos H.323. Entre las funciones opcionales de control, se encuentra la de proveer información de supervisión SNMP, servicios de directorio, de gerenciamiento del ancho de banda y pueden localizar otros gateways que intervengan en la comunicación.

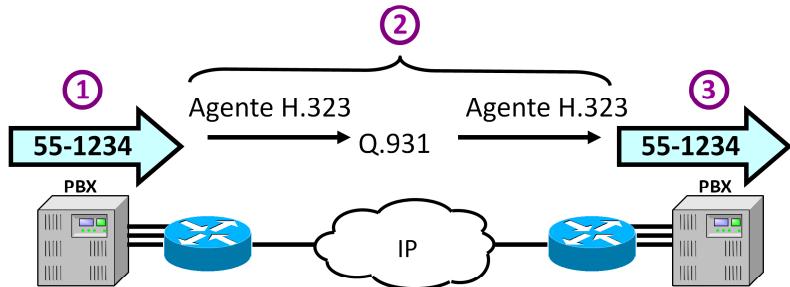
Stack H.323 de protocolos



Secuencia de señales H.323



Señalización entre routers (sin gatekeeper)



- ② El Dial Plan Mapper lee los dígitos discados, y encuentra la dirección del IP peer remoto. El agente H.323 inicia una llamada Q.931 al peer remoto.

Cuestionario

- 1- Por qué se generan 64 kbps al digitalizar la voz sin compresión?
- 2- En qué etapa de la digitalización se pierde calidad y por qué razón?
- 3- Qué técnicas emplean los distintos tipos de codificadores, y qué tasas en bps generan?
- 4- Qué requisitos de calidad tiene la voz digitalizada?
- 5- Qué funciones desempeñan RTP y RTCP?
- 6- Qué diferencias presentan las tarjetas FXO y la FXS? En qué casos se emplean unas y en qué casos las otras?
- 7- Qué tipo de dial-peers se configuran en VoIP y cuál es su utilidad?
- 8- Qué aspectos se consideran en el análisis de la calidad de servicio?
- 9- Qué diferencia CQ de CB-WFQ, y LLQ de CB-WFQ?
- 10- Por qué es necesario que los routers reconozcan el cRTP cuando se usa el mismo?
- 11- Para qué es útil el buffer de dejitter?
- 12- Por qué es necesario fragmentar paquetes de datos y además intercalarlos con los paquetes de voz?
- 13- Para qué sirve la supresión de silencios?
- 14- Qué protocolos se incluyen en la familia H.323 y cuál es la finalidad de cada uno?
- 15- Qué se negocia en el establecimiento de una comunicación H.323?
- 16- Cuáles son las funciones de un gateway y la de un gatekeeper en H.323?
- 17- En qué se diferencia SIP de H.323?
- 18- Cuáles son los tipos de servidores previstos en SIP y cuáles son sus funciones?
- 19- Qué formato de direccionamiento se emplea en SIP?
- 20- Qué tipos de servidores de SIP intervienen sólo en determinados momentos y cuáles permanecen participando durante toda las comunicaciones?

Investigación

- 1- Qué técnica aplica cRTP?
- 2- Cómo puede asegurarse calidad de servicio en IPv6, si no es posible fragmentar?

Análisis y discusión

- a- Desde un teléfono conectado al router A se disca el número 100 correspondiente a un teléfono conectado en el router B. Sin embargo, suena un teléfono conectado en el router C. En qué dial-peer y en qué router estará el error de configuración?
- b- Similarmente, desde el mismo teléfono del router A se disca el número 101 correspondiente a otro teléfono conectado en el router B. Sin embargo, suena otro teléfono conectado en el mismo router B. En qué dial-peer y en qué router estará el error de configuración?