

SIP: Session Initiation Protocol [RFC 3261]

SIP, visión de largo plazo:

- todas las llamadas telefónicas y videoconferencias se realizarán sobre Internet
- la gente está identificada por sus nombres o direcciones de e-mail, no por números de teléfono
- se debe poder localizar a quien se quiere llamar, independientemente del dispositivo IP que esté usando en el momento

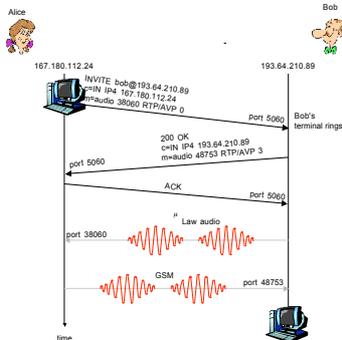
7: Multimedia Networking 7-60

SIP: servicios

- mecanismos para establecer una llamada, SIP permite...
 - al llamado saber que el llamante quiere establecer una comunicación
 - de forma que se pongan de acuerdo en tipo de "media", codificación
 - y finalizar la llamada
- determinar la dir. IP actual del llamado:
 - mapear identificador mnemónico a la dir. IP corriente
- gestión de la llamada:
 - agregar nuevos streams durante la llamada
 - Cambiar codificación durante la llamada
 - invitar a terceros
 - transferencia, "hold" de la llamada

7: Multimedia Networking 7-61

Establecer llamada a una dir. IP conocida



- SIP(Alice) manda mensaje *INVITE* que indica su puerto, dir. IP, codificación preferida (PCM μ law)
- el mensaje *200 OK* del SIP(Bob) indica su puerto, dir. IP, codificación preferida (GSM)
- los mensajes SIP se pueden enviar sobre TCP o UDP; en este caso RTP/UDP
- Puerto SIP por defecto es 5060

7: Multimedia Networking 7-62

Establecimiento de llamada (más..)

- negociación del codec:
 - Supongamos que Bob no tiene el codificador PCM μ law
 - Bob responderá con mensaje **606 NOT ACCEPTABLE**, listando sus codecs
 - Alice puede enviar nuevo mensaje **INVITE**, requiriendo un codec diferente
- Rechazo de llamada
 - Bob puede rechazar con respuesta "ocupado", "no estoy", "hay que pagar", "prohibido"
 - los datos se pueden enviar sobre RTP u otro protocolo

7: Multimedia Networking 7-63

SIP: ejemplo de mensaje

```
INVITE sip:bob@domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 167.180.112.24
From: sip:alice@hereway.com
To: sip:bob@domain.com
Call-ID: a2e3a@pigeon.hereway.com
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 885

c=IN IP4 167.180.112.24
m=audio 38060 RTP/AVP 0
```

Notas:

- Sintaxis del mensaje: HTTP
- sdp = session description protocol
- Call-ID es único para cada llamada

- en este caso no se conoce la dir. IP de Bob. Se necesitan servidores SIP intermediarios
- Alice manda y recibe mensajes SIP usando el puerto SIP por defecto 5060
- Alice especifica en el cabezal *Via*: que su cliente SIP usa transporte UDP

7: Multimedia Networking 7-64

Traslación de nombres y localización de usuario

- el llamante solo conoce el nombre o dir. e-mail del llamado
- necesita la dir. IP del host actual del llamado:
 - los usuarios se mueven..
 - DHCP...
 - los usuarios tienen diferentes dispositivos (PC, PDA, etc)
- el resultado puede estar basado en:
 - hora (trabajo, hogar)
 - llamante (queremos que el jefe nos llame a casa?)
 - status del llamado (ej. mandar al correo de voz si está hablando)

Servidores SIP:

- SIP registrar server
- SIP proxy server

7: Multimedia Networking 7-65

SIP Registrar

- cuando Bob lanza su cliente SIP, este envía el mensaje *SIP REGISTER* al registrar server (en forma similar a mensajería instantánea)

Register Message:

```
REGISTER sip:domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 193.64.210.89
From: sip:bob@domain.com
To: sip:bob@domain.com
Expires: 3600
```

7: Multimedia Networking 7-66

SIP Proxy

- Alice envía el mensaje *INVITE* a su proxy server
 - contiene la dirección sip:bob@domain.com
- el proxy es responsable del enrutamiento de los mensajes SIP al llamado
 - posiblemente a través de múltiples proxies
- el llamado envía la respuesta a través del mismo conjunto de proxies
- el proxy retorna un mensaje de respuesta SIP a Alice
 - contiene la dir IP de Bob
- proxy análogo a servidor DNS local

7: Multimedia Networking 7-67

Ejemplo

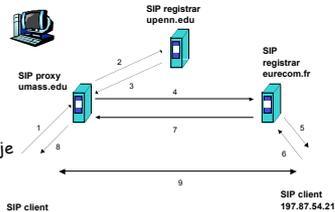
Llamante jim@umass.edu hace una llamada a keith@upenn.edu

- (1) Jim envía mensaje *INVITE* al SIP proxy umass
- (2) Proxy reenvía el mensaje al registrar server upenn
- (3) El servidor upenn retorna una respuesta redirect, indicando que debe intentar con keith@eurecom.fr

- (4) el proxy umass envía *INVITE* al registrar eurecom. (5) este reenvía *INVITE* a 197.87.54.21, donde está levantado el cliente SIP de keith.
- (6-8) la respuesta SIP es enviada (9) datos enviados directamente entre los clientes.

Nota: falta mostrar un mensaje *ACK* de SIP

7: Multimedia Networking 7-68



Comparación con H.323

- H.323 es otro protocolo de señalización para sesiones interactivas en tiempo real
- H.323 es una "suite" integrada y vertical de protocolos para conferencia multimedia: señalización, registro, control de admisión, transporte, codecs
- SIP es un único componente. Funciona con RTP, pero no es obligatorio. Se puede combinar con otros protocolos y servicios
- H.323 viene de la ITU (telefonía).
- SIP viene de la IETF: usa conceptos de HTTP
 - SIP tiene "sabor web", mientras que H.323 tiene "sabor telefonía"
- (principio usado por SIP: KISS = Keep it simple stupid)

7: Multimedia Networking 7-69

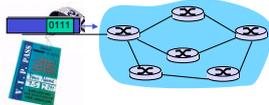
Capítulo 7: agenda

- 7.1 aplicaciones multimedia en red
- 7.2 streaming de audio y video almacenado
- 7.3 haciendo lo mejor posible con el servicio "best effort"
- 7.4 protocolos para aplicaciones interactivas en tiempo real
RTP, RTCP, SIP
- 7.5 provisión de múltiples clases de servicio
- 7.6 garantías de QoS

7: Multimedia Networking 7-70

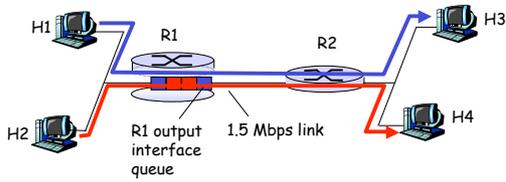
Provisión de Múltiples Clases de Servicio

- hasta ahora hemos visto como hacer lo mejor posible con el modelo best effort
 - modelo de servicio "uno para todo"
- alternativa: múltiples clases of servicio
 - partición del tráfico en clases
 - tratamiento diferenciado
- granularidad: servicio diferenciado entre múltiples clases, NO entre conexiones individuales
- historia: ToS bits



7: Multimedia Networking 7-71

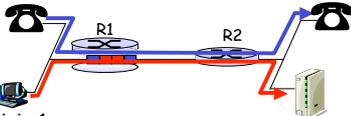
Múltiples Clases de Servicio: escenario



7: Multimedia Networking 7-72

Principios de Garantías de QoS

- Escenario: IP phone de 1Mbps comparte un enlace de 1.5 Mbps con FTP
 - ráfagas de FTP pueden congestionar el router, y causar pérdidas de audio
 - interesa dar prioridad al audio sobre FTP

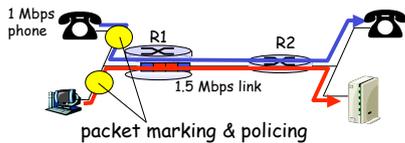


Principio 1
se necesita marcar los paquetes para que el router distinga entre clases de tráfico, y políticas para tratar los paquetes en forma diferenciada

7: Multimedia Networking 7-73

Principios de Garantías de QoS

- qué pasa si las aplicaciones "se portan mal" (p.ej. el audio envía más tráfico que el declarado)
 - policing: forzar a la fuente a ajustarse al ancho de banda reservado
- marcar y hacer policing en el borde de la red:
 - similar a la UNI de ATM (User Network Interface)

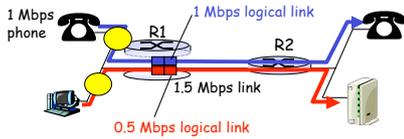


Principio 2
proveer protección (aislamiento) entre clases de tráfico

7: Multimedia Networking 7-74

Principios de Garantías de QoS

- asignar ancho de banda *fijo* (no compartible) a un flujo: uso *ineficiente* del recurso si no se usa el ancho de banda asignado



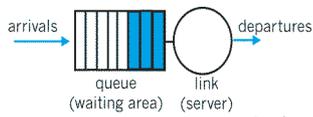
Principio 3

hay que proveer aislamiento, manteniendo (si es posible) un uso eficiente de los recursos

7: Multimedia Networking 7-75

Mecanismos de Scheduling & Policing

- **scheduling**: elección del próximo paquete a enviar por el enlace
- **FIFO (first in first out) scheduling**: enviar en el orden que llegan a la cola
 - **política de descarte**: que paquete descartar ante un arribo si la cola está llena?
 - Tail drop: descarta paquete recién llegado
 - prioridad: descartar en base a prioridades
 - random: descartar aleatoriamente

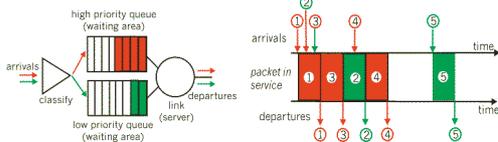


7: Multimedia Networking 7-76

Scheduling

Priority scheduling: transmitir el paquete con mayor prioridad en la cola

- múltiples *clases*, con prioridades diferentes
 - la clase se puede caracterizar por la marca del paquete u otra información del encabezado, por ej. IP fuente/dest, puerto, etc.

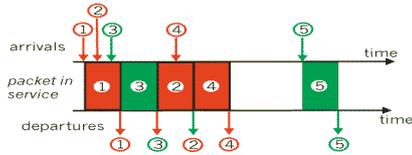


7: Multimedia Networking 7-77

Scheduling

round robin scheduling:

- múltiples clases
- búsqueda cíclica en las colas de cada clase, entregando una de c/u (si existe)

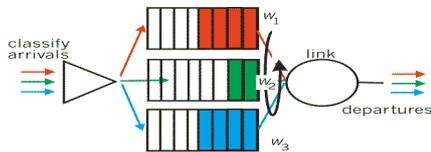


7: Multimedia Networking 7-78

Scheduling

Weighted Fair Queuing:

- Round Robin generalizado
- cada clase logra un tiempo de servicio ponderado en cada ciclo



7: Multimedia Networking 7-79

Policing

Objetivo: limitar el tráfico para que no exceda los parámetros acordados

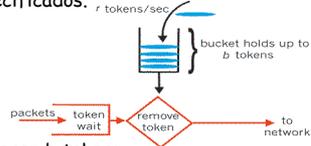
Tres criterios de uso común:

- **(Long term) Average Rate:** cuántos paquetes se pueden enviar por unidad de tiempo (en el largo plazo)
 - pregunta crucial: cuál es la longitud del intervalo? 100 paquetes por seg o 6000 paquetes por min tienen el mismo promedio!
- **Peak Rate:** ej., 6000 pqt/s por min. (ppm) promedio.; 1500 pps de pico
- **(Max.) Burst Size:** máx. cantidad de paquetes enviados consecutivamente (sin tiempo "idle" entre pqt/s)

7: Multimedia Networking 7-80

Policing

Token Bucket: limitar la entrada a Burst Size y Average Rate especificados.

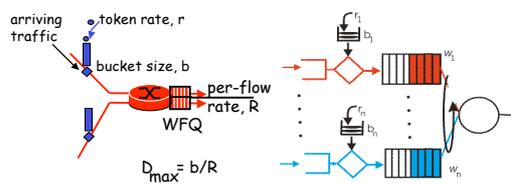


- bucket puede contener b tokens
- los tokens se generan a una tasa r token/seg salvo que se llene el bucket
- sobre un intervalo de long. t : cantidad de paquetes admitidos menor o igual a $(r \cdot t + b)$

7: Multimedia Networking 7-81

Policing

- token bucket & WFQ se pueden combinar para garantizar una cota superior en el retardo, es decir, **garantizar QoS!**



7: Multimedia Networking 7-82

IETF Differentiated Services

- clases de servicio "cualitativas"
 - tipos de servicio relativos: Platinum, Gold, Silver
- **escalabilidad:** funciones simples en el "core" de la red, y funciones relativamente complejas en el "borde" de la red (routers o hosts)
 - señalar y mantener estado por flujo es complicado con un gran número de flujos
- no define clases de servicio, solo provee componentes funcionales para construirlas

7: Multimedia Networking 7-83

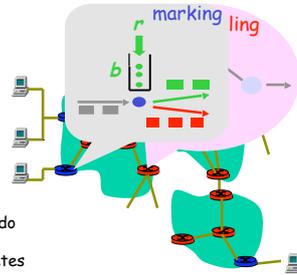
Arquitectura Diffserv

Edge router:

- gestión de tráfico por flujo
- marca paquetes in-profile & out-profile

Core router:

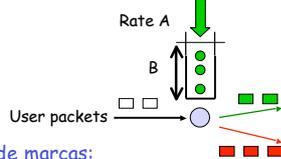
- gestión de tráfico por clase
- buffering & scheduling basado en marcas en el "edge"
- se da preferencia a los paquetes in-profile



7: Multimedia Networking 7-84

Marcar paquetes en el router de borde

- profile: tasa A pre negociada, tamaño de bucket B
- Marcas de paquetes basadas en profile por flujo



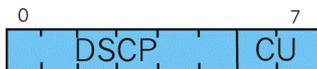
Posibles usos de marcas:

- class-based marking: paquetes de clases diferentes con marcas diferenciadas
- intra-class marking: porción del flujo "conforme" marcado diferente que "no conforme"

7: Multimedia Networking 7-85

Clasificación & Acondicionamiento

- los paquetes se marcan con el Type of Service (TOS) en IPv4, y Traffic Class en IPv6
- 6 bits usados para el Differentiated Service Code Point (DSCP), que determina PHB que recibirá el paquete
- 2 bits sin uso

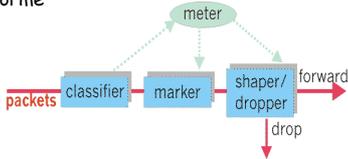


7: Multimedia Networking 7-86

Clasificación & Acondicionamiento

puede ser deseable limitar la tasa de tráfico de alguna clase:

- el usuario declara su "traffic profile" (ej., tasa, burst size)
- tráfico medido, y acondicionado (shaped) si es "no conforme"



7: Multimedia Networking 7-87

Forwarding (PHB)

- PHB resulta en características observables (medibles) de la performance de forwarding
- PHB no especifica que mecanismos se deben usar para asegurar estas características observables
- Ejemplos:
 - Clase A lleva x% del ancho de banda del enlace de salida en intervalos de longitud especificada
 - los paquetes de Clase A se envían antes que los paquetes de Clase B

7: Multimedia Networking 7-88

Forwarding (PHB)

PHBs definidos:

- **Expedited Forwarding:** tasa de salida de paquetes de una clase mayor o igual a una tasa especificada
 - enlace lógico con una tasa mínima garantizada
- **Assured Forwarding:** 4 clases de tráfico
 - c/u con un ancho de banda mínimo garantizado
 - c/u con tres particiones de preferencia de descarte (drop)

7: Multimedia Networking 7-89

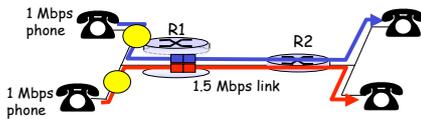
Capítulo 7: agenda

- 7.1 aplicaciones multimedia en red
- 7.2 streaming de audio y video almacenado
- 7.3 haciendo lo mejor posible con el servicio "best effort"
- 7.4 protocolos para aplicaciones interactivas en tiempo real
RTP, RTCP, SIP
- 7.5 provisión de múltiples clases de servicio
- 7.6 garantías de QoS

7: Multimedia Networking 7-90

Principios de Garantías de QoS

- de la vida real: no es posible soportar demandas de tráfico superiores a la capacidad del enlace

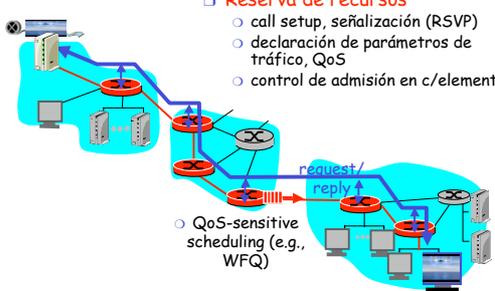


Principio 4
Control de Admisión: la red puede bloquear la llamada (e.j., "ocupado") si no hay recursos suficientes

7: Multimedia Networking 7-91

Escenario de QoS garantizada

- Reserva de recursos
 - call setup, señalización (RSVP)
 - declaración de parámetros de tráfico, QoS
 - control de admisión en c/elemento
- QoS-sensitive scheduling (e.g., WFQ)



7: Multimedia Networking 7-92

IETF Integrated Services

- arquitectura para proveer QoS garantizada en redes IP para cada aplicación
- reserva de recursos: routers mantienen información de estado ("a la VC") de los recursos asignados
- admisión/rechazo de nuevas llamadas...

Pregunta: se pueden admitir flujos nuevos con garantías de performance sin violar la QoS garantizada a los flujos ya admitidos?

7: Multimedia Networking 7-93

Control de Admisión

Nueva sesión debe:

- declarar sus requerimientos de QoS
 - **R-spec:** define la QoS requerida
- caracterizar el tráfico que inyectará en la red
 - **T-spec:** define las características del tráfico
- protocolo de señalización: necesario para comunicar R-spec y T-spec a los routers (donde la reserva es requerida)
 - **RSVP**

7: Multimedia Networking 7-94

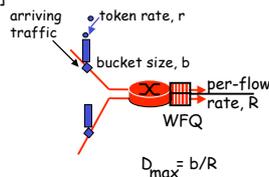
Intserv QoS: Service models [rfc2211, rfc 2212]

Servicio garantizado:

- peor caso de arribo de tráfico: fuente con política leaky-bucket
- asegura una *cota* simple (matemáticamente probable) del retardo [Parekh 1992, Cruz 1988]

Servicio de carga controlada:

- " QoS aproximada a la que se recibiría si los elementos de red estuvieran sin carga"



7: Multimedia Networking 7-95

Señalización en Internet

connectionless (stateless) forwarding by IP routers + best effort service = no network signaling protocols in initial IP design

- ❑ **Nuevo requerimiento:** reserva de recursos a lo largo de end-to-end path (involucra end system & routers) para la QoS de aplicaciones multimedia
- ❑ **RSVP:** Resource Reservation Protocol [RFC 2205]
 - "... permitir a los usuarios comunicar sus requerimientos a la red en forma robusta y eficiente" -> señalización!
- ❑ **antecedente:** ST-II [RFC 1819]

7: Multimedia Networking 7-96

Objetivos de diseño de RSVP

1. permitir **receptores heterogéneos** (anchos de banda diferentes a lo largo de caminos de red)
2. permitir aplicaciones con **diferentes requerimientos de recursos**
3. **debe funcionar en unicast y también en multicast**, con adaptación a la membresía de grupos multicast
4. **mejorar el enrutamiento multicast/unicast**, con adaptación "suave" a los cambios:
 - ❑ reestablecimiento de conexiones
5. **overhead del protocolo de control lineal** con la cantidad de receptores (como máximo)
6. **soft state en routers:** requiere refresco de estados
7. **diseño modular** para tecnologías heterogéneas

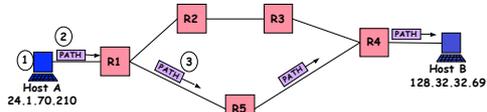
7: Multimedia Networking 7-97

RSVP no...

- ❑ especifica como se deben reservar los recursos
 - ❑ es solo un mecanismo para comunicar lo que se necesita
- ❑ determina la ruta de los paquetes
 - ❑ esta es la función de los protocolos de routing
 - ❑ señalización desacoplada del routing
- ❑ interactúa con el forwarding de paquetes
 - ❑ separación de los planos de control (señalización) y de datos (forwarding)

7: Multimedia Networking 7-98

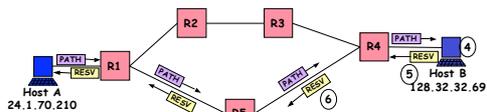
Reserva RSVP



1. An application on **Host A** creates a session, 128.32.32.69/4078, by communicating with the RSVP daemon on **Host A**.
2. The **Host A** RSVP daemon generates a **PATH** message that is sent to the next hop RSVP router, **R1**, in the direction of the session address, 128.32.32.69.
3. The **PATH** message follows the next hop path through **R5** and **R4** until it gets to **Host B**. Each router on the path creates soft session state with the reservation parameters.

7: Multimedia Networking 7-99

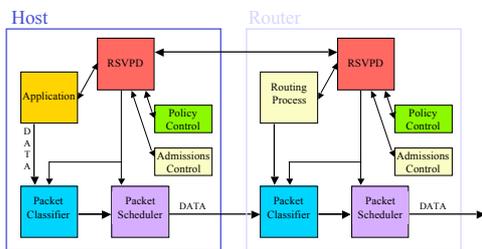
Reserva RSVP



4. An application on **Host B** communicates with the local RSVP daemon and asks for a reservation in session 128.32.32.69/4078. The daemon checks for and finds existing session state.
5. The **Host B** RSVP daemon generates a **RESV** message that is sent to the next hop RSVP router, **R4**, in the direction of the source address, 24.1.70.210.
6. The **RESV** message continues to follow the next hop path through **R5** and **R1** until it gets to **Host A**. Each router on the path makes a resource reservation.

7: Multimedia Networking 7-100

RSVP: diagrama funcional



7: Multimedia Networking 7-101

Reserva RSVP multicast

- ❑ emisores y receptores hacen "join" a grupo multicast group
 - por fuera de RSVP
- ❑ señalización del emisor a la red
 - *mensaje path* : anuncia presencia del emisor a los routers
 - path teardown: borra el "path state" de los routers
- ❑ señalización del receptor a la red
 - *mensaje reservation*: reserva recursos del emisor al receptor
 - reservation teardown: borra las reservas
- ❑ señalización de la red a los end-systems
 - path error
 - reservation error

7: Multimedia Networking 7-102

...y todo esto, va a funcionar?

- ❑ el modelo de **servicios integrados** tiene evidentes problemas de escala
 - pero RSVP se usa como mecanismo de señalización en múltiples áreas
- ❑ el modelo de **servicios diferenciados** puede escalar mejor...
 - pero hay que configurar coherentemente todos los routers de la red (mecanismos de scheduling y policing, PHBs)
- ❑ mecanismos para garantizar QoS en redes de backbone: MultiProtocol Label Switching, **MPLS**
 - "ideas de ATM pero en IP", y con soporte de tecnologías heterogéneas

7: Multimedia Networking 7-103

Capítulo 7: resumen

Principios

- ❑ clasificación de aplicaciones multimedia
- ❑ identificación de servicios de red necesarios por las aplicaciones
- ❑ haciendo lo mejor posible con el servicio "best effort"

Protocolos y Arquitecturas

- ❑ protocolos específicos para best-effort
- ❑ mecanismos para proveer QoS
- ❑ arquitecturas para QoS
 - clases de servicio
 - QoS garantizada, control de admisión

7: Multimedia Networking 7-104
