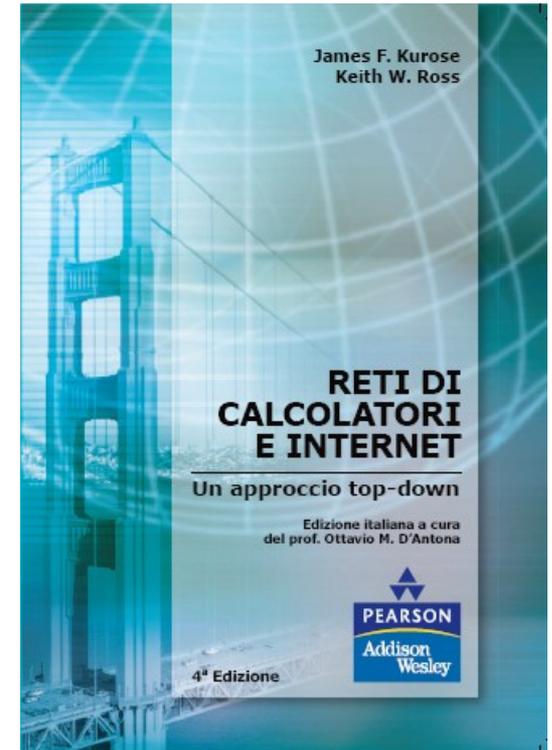


Capitolo 7

Reti multimediali



*Reti di calcolatori e
Internet: Un approccio top-
down*

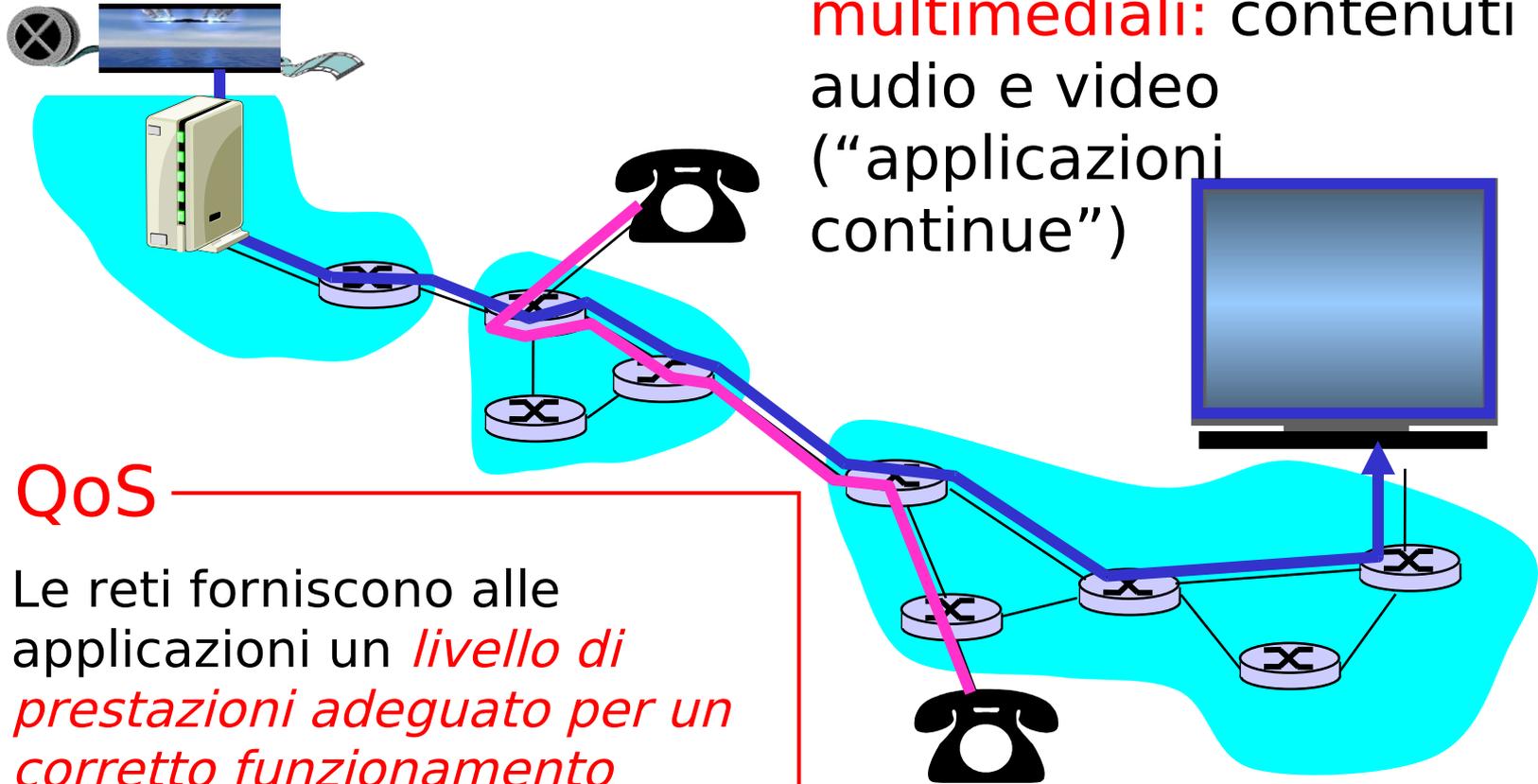
4ª edizione
Jim Kurose, Keith Ross

Pearson Paravia Bruno Mondadori
Spa
©2008

All material copyright 1996-2007
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

Multimedia - Qualità del servizio: di cosa si tratta?

Applicazioni multimediali: contenuti audio e video ("applicazioni continue")



QoS

Le reti forniscono alle applicazioni un *livello di prestazioni adeguato per un corretto funzionamento dell'applicazione.*

Capitolo 7: obiettivi

Principi

- ❑ Classificazione delle applicazioni multimediali.
- ❑ Identificazione dei servizi di rete necessari per le applicazioni.
- ❑ Utilizzo ottimale del servizio best-effort.

Protocolli e architetture

- ❑ Protocolli specifici per il servizio best-effort.
- ❑ Meccanismi per fornire QoS.
- ❑ Architetture per QoS.

Capitolo 7: Reti multimediali

7.1 Applicazioni multimediali di rete

7.2 Streaming memorizzati

7.3 Utilizzo ottimale del servizio best-effort

7.5 Fornitura di più classi di servizio

7.6 Fornire garanzie di qualità del servizio

Applicazioni multimediali di rete

Classi di applicazioni multimediali:

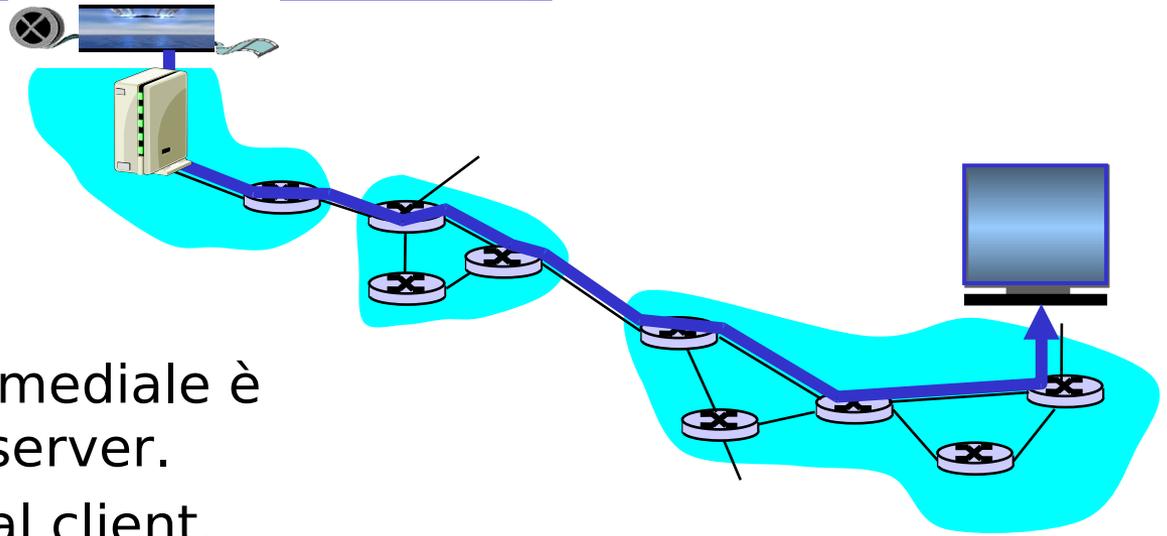
- 1) Streaming audio e video memorizzato.
- 2) Streaming audio e video in diretta.
- 3) Audio e video interattivi in tempo reale.

Jitter: termine con il quale si indica la variabilità dei ritardi subita dai pacchetti dello stesso flusso.

Caratteristiche fondamentali

- ❑ **Sensibili al ritardo:**
 - Ritardo end-to-end
 - Ritardo jitter
- ❑ Ma **tolleranti alla perdita:** perdite occasionali causano solo marginali interferenze.
- ❑ In antitesi con i dati: lunghi ritardi possono risultare fastidiosi ma la completezza e l'integrità dei dati trasferiti risultano di fondamentale importanza.

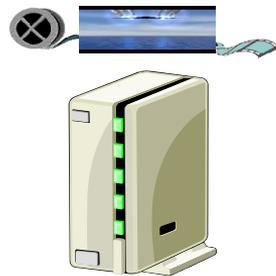
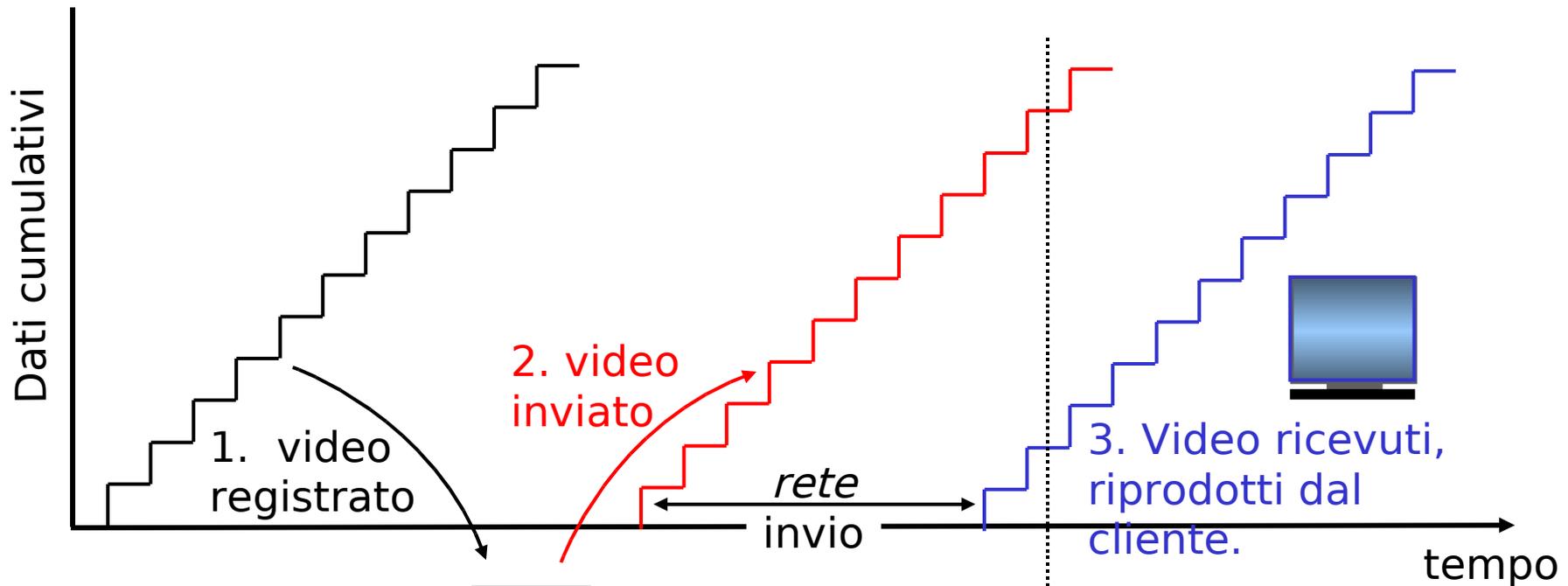
Streaming audio e video memorizzato



Streaming:

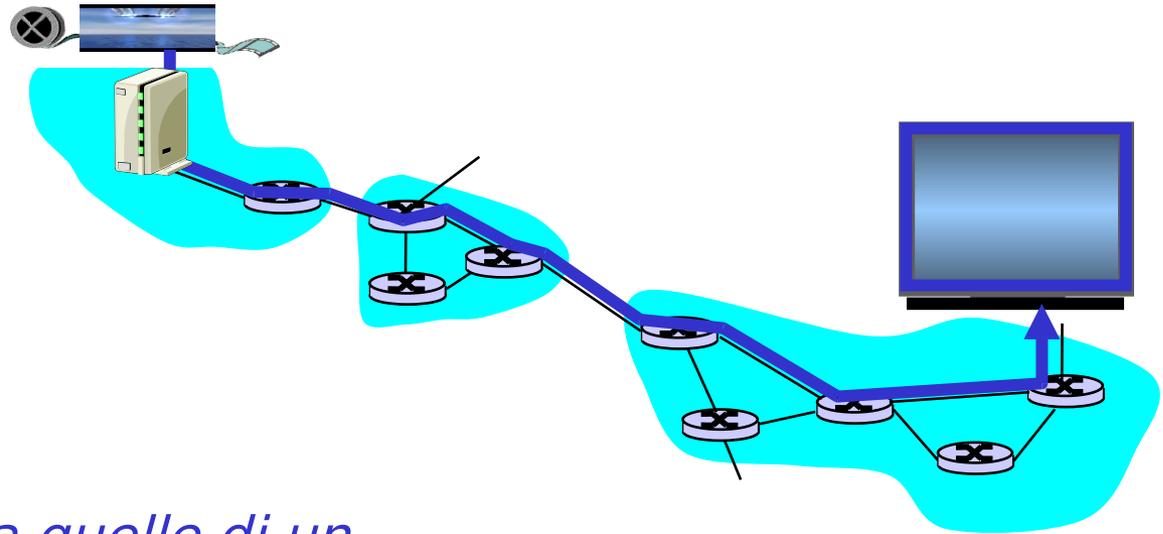
- ❑ Il contenuto multimediale è memorizzato sul server.
- ❑ Viene trasmesso al client.
- ❑ **Streaming:** il client può iniziare la riproduzione di una parte del file *prima* di averlo interamente scaricato.
- ❑ La riproduzione del file multimediale procede in sincronia con i tempi di registrazione originali.

Streaming audio e video memorizzato



streaming: in questo momento, il client può iniziare la riproduzione di una parte del file audio/video prima di averlo interamente scaricato.

Streaming audio e video memorizzato: interattività



- *Funzionalità simili a quelle di un videoregistratore:* il cliente può mettere in pausa, mandare avanti o indietro il video
 - 10 sec ritardo iniziale OK
 - 1-2 sec prima che il comando abbia effetto OK
 - Vincoli di tempo per i dati ancora da trasmettere

Streaming audio e video in diretta

Esempi:

- ❑ Programmi radiofonici in Internet.
- ❑ Eventi sportivi in diretta.

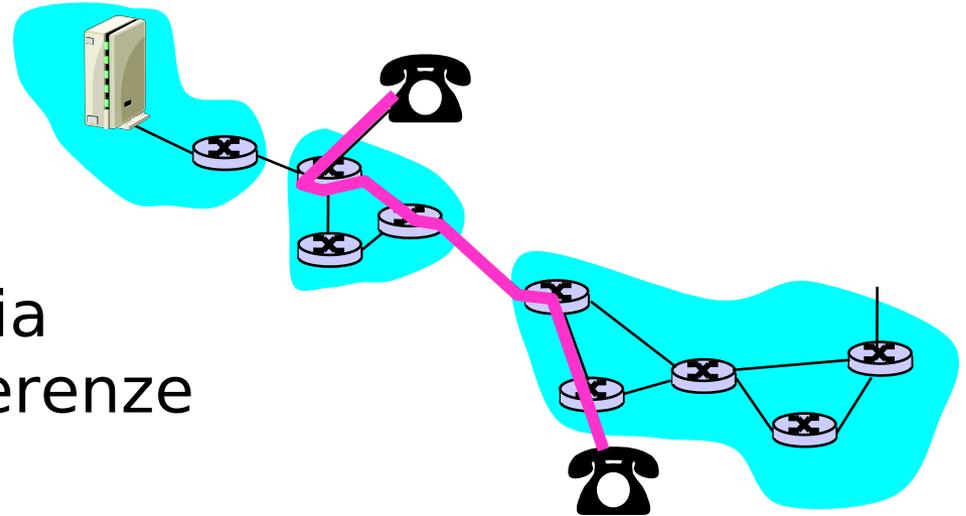
Streaming

- ❑ Riproduzione buffer.
- ❑ È tollerato un ritardo di una decina di secondi prima che avvenga la riproduzione.
- ❑ È necessaria la continuità della riproduzione.

Interattività

- ❑ Non è possibile usare l'avanzamento rapido.
- ❑ Riavvolgimento e pausa sì!

Audio e video interattivi in tempo reale



- **applicazioni:** telefonia Internet, video conferenze

- **Requisiti del ritardo end-to-end:**

- audio: < 150 msec buono, < 400 msec accettabile
 - ✘ Comprende i ritardi a livello di applicazione (pacchettizzazione) e il ritardo di rete
 - ✘ Ritardi superiori risultano frustranti, o impediscono addirittura la conversazione

- **Inizializzazione della sessione**

- Come fa il chiamante ad allertare indirizzo IP, numero di porta, algoritmi di codifica?

Ostacoli alla multimedialità in Internet

TCP/UDP/IP: servizio best-effort

- ❑ Non offre garanzie sulla consegna, né sul ritardo



Ma non abbiamo detto che le applicazioni multimedia richiedono QoS e adeguati livelli di performance?



Oggi le applicazioni multimediali in Internet utilizzano tecniche a livello di applicazione per mitigare (quanto possibile) i ritardi e le eventuali perdite.

Evoluzione di Internet verso un miglior supporto alle applicazioni multimediali

Filosofia di integrazione dei servizi:

- ❑ Cambiamenti radicali, per fornire alle applicazioni la possibilità di prenotare larghezza di banda.
- ❑ Software nuovi e più complessi in host e router.

Filosofia del “laissez-faire”

- ❑ Nessun cambiamento radicale.
- ❑ Più larghezza di banda quando necessario.
- ❑ Reti per la distribuzione dei contenuti

Filosofia di differenziazione dei servizi:

- ❑ Piccoli interventi, limitati ai livelli di rete e di trasporto
- ❑ Suddivisione dei datagrammi in due classi di servizio



Qual è la vostra opinione?

Compressione audio

- ❑ Campioni di segnali analoghi a tasso costante:
 - telefono: 8.000 rilevazioni al secondo
 - CD musicali: 44.100 rilevazioni al secondo
 - ❑ Ogni campione quantizzato, cioè arrotondato a un intero.
 - es., $2^8=256$ valori possibili di quantizzazione.
 - ❑ Tutti i valori di quantizzazione sono rappresentati dallo stesso numero di bit.
 - 8 bit per 256 valori.
 - ❑ Esempio: 8.000 campione/sec, 256 valori di quantizzazione --> 64.000 bps
 - ❑ Questo segnale digitale può essere riconvertito in un segnale analogico per la riproduzione:
 - possibile perdita di qualità.
- Alcuni esempi:
- ❑ CD: 1.411 Mbps
 - ❑ MP3: 96, 128, 160 kbps
 - ❑ Telefonia Internet: 5,3 - 13 kbps

Compressione video

- ❑ Un video è una sequenza d'immagini, solitamente mostrate a un tasso costante:
 - es. 24 immagini/sec
- ❑ Un'immagine digitale consiste in una sequenza di pixel.
 - ❑ Ogni pixel è codificato da una serie di bit
- ❑ Due tipi di ridondanza:
 - Spaziale
 - Temporale

Esempi:

- ❑ MPEG 1 (CD-ROM) 1,5 Mbps
- ❑ MPEG2 (DVD) 3-6 Mbps
- ❑ MPEG4 (spesso usata in Internet < 1 Mbps)

Capitolo 7: Reti multimediali

7.1 Applicazioni multimediali di rete

7.2 Streaming memorizzati

7.3 Utilizzo ottimale del servizio best-effort

7.5 Fornitura di più classi di servizio

7.6 Fornire garanzie di qualità del servizio

Streaming memorizzati

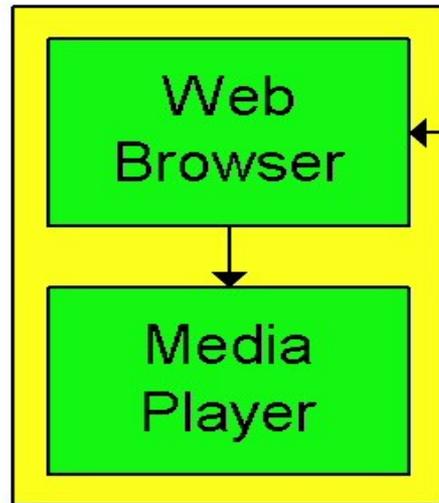
Tecniche di streaming a livello di applicazione per ottimizzare il servizio best effort:

- buffering lato client
- utilizzo di UDP
- più codifiche multimediali

Media Player

- Rimozione del jitter
- Decompressione
- Correzione degli errori
- Interfaccia in cui appaiono pulsanti e cursori interattivi.

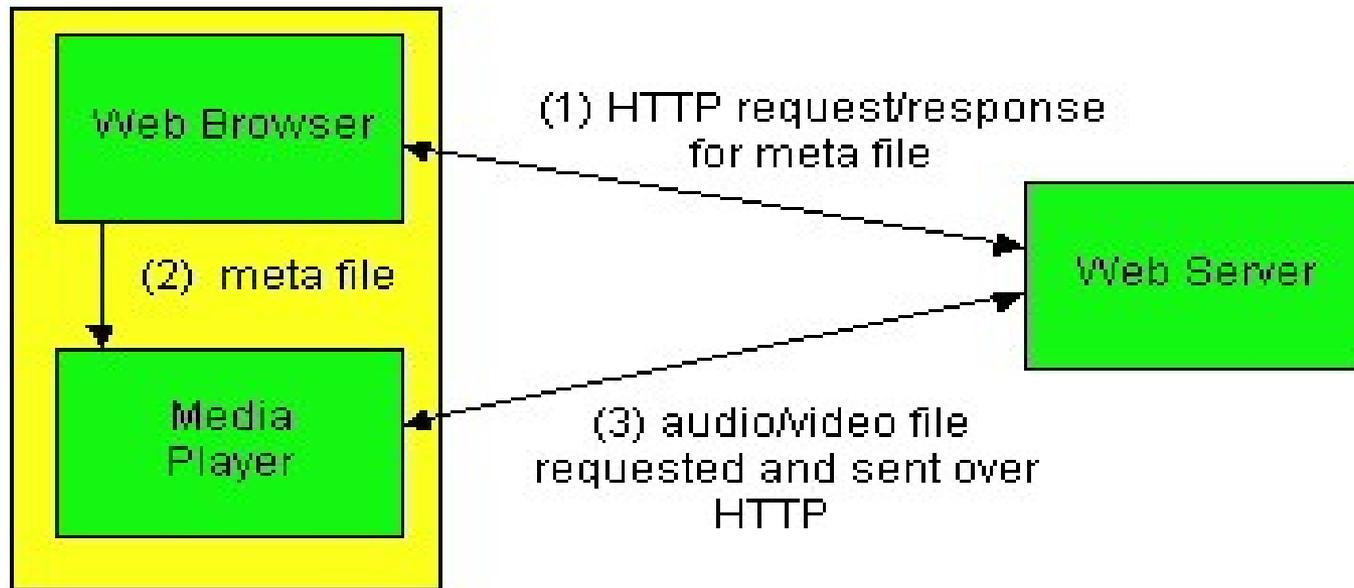
Accesso ad audio e video tramite server web



client

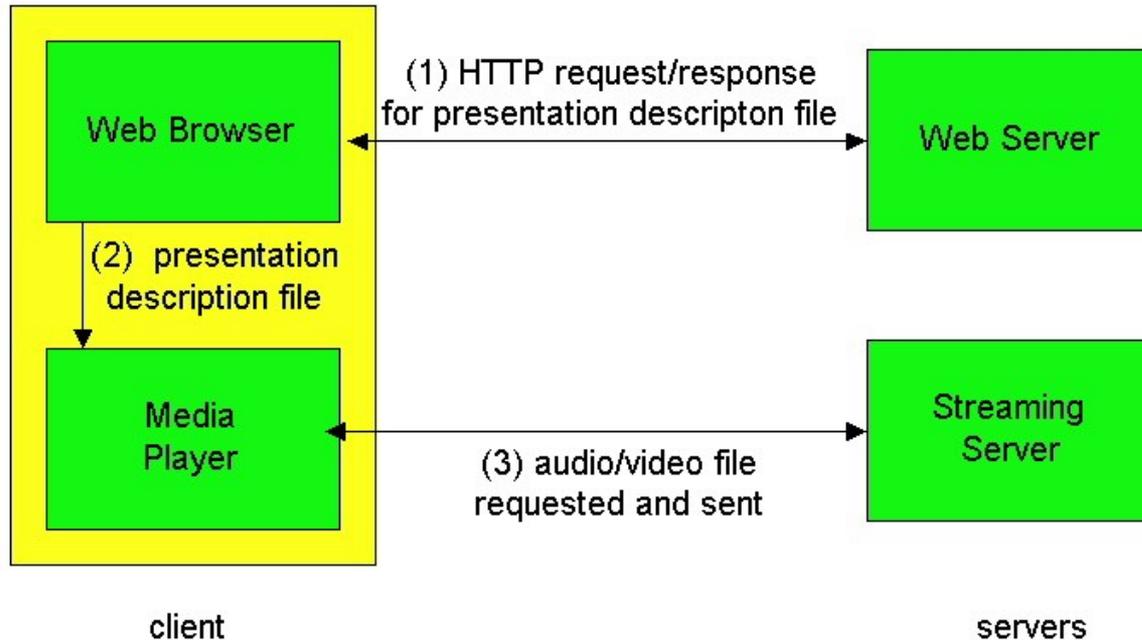
- ❑ Audio o video sono contenuti in un unico file.
- ❑ Il file viene trasferito tramite un messaggio HTTP
 - ricevuto per intero dal client
 - passato poi al media player per la riproduzione

Accesso ad audio e video tramite server web



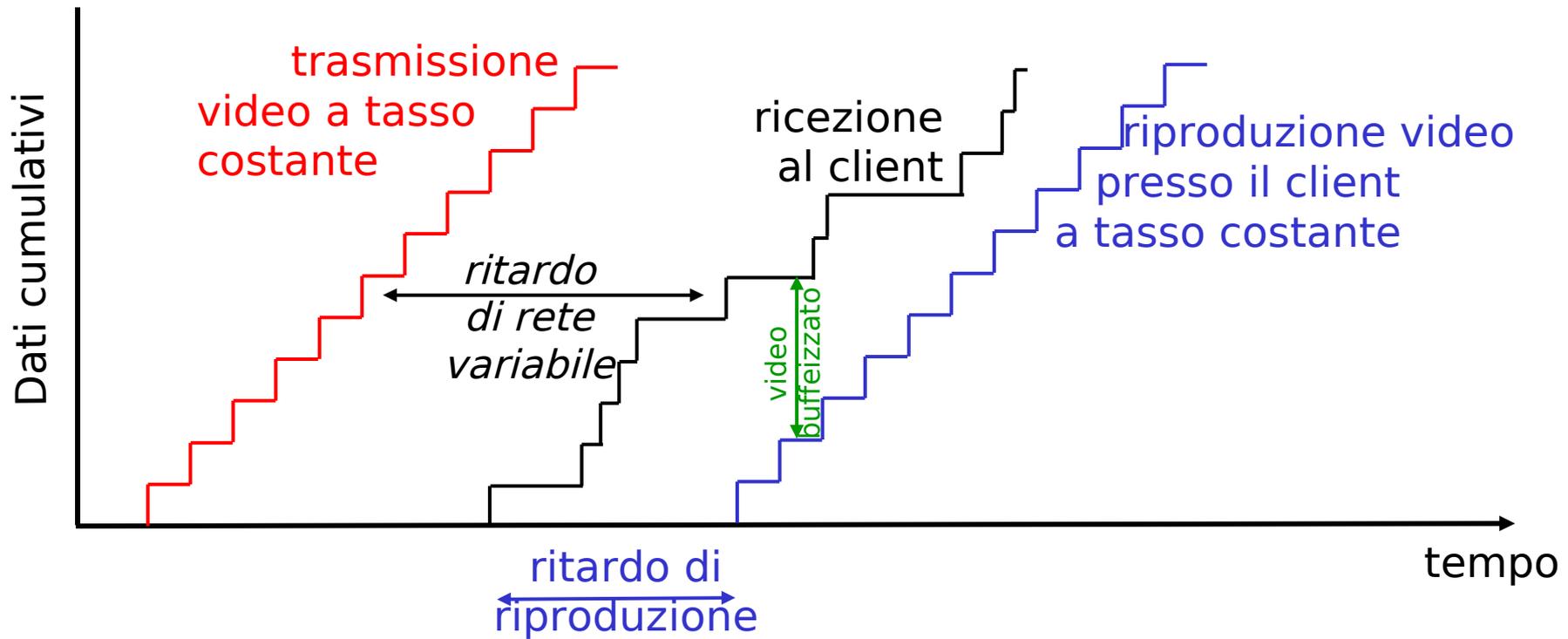
- ❑ Il browser ottiene un **metafile**.
- ❑ Il browser lancia il media player e passa il metafile.
- ❑ Il media player contatta direttamente il server.
- ❑ Il server invia il file audio/video al media player.

Invio di contenuti multimediali da server di streaming



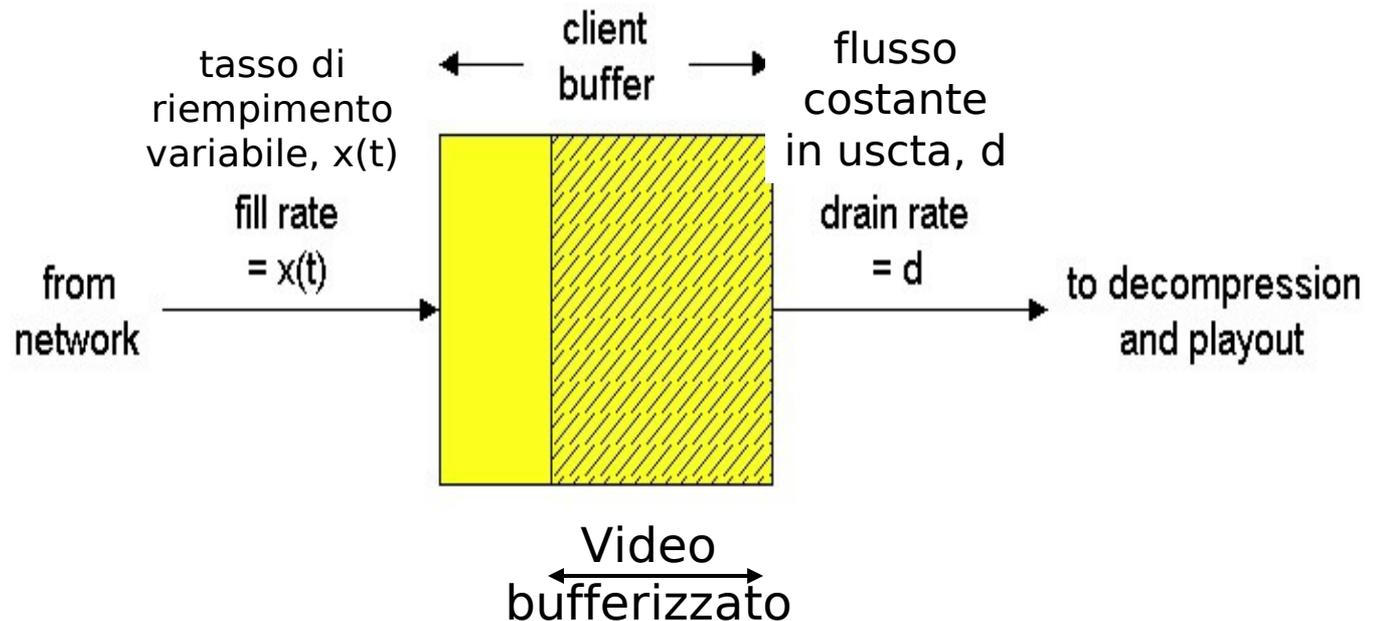
- ❑ Questa architettura evita l'uso del protocollo HTTP tra server e media player.
- ❑ Si può anche utilizzare UDP al passo (3) invece che TCP.

Streaming multimediale: client buffering



- buffering lato client: il ritardo di riproduzione compensa il ritardo aggiunto dalla rete e il jitter

Streaming multimediale: client buffering



- buffering lato client: il ritardo di riproduzione compensa il ritardo aggiunto dalla rete e il jitter

UDP o TCP?

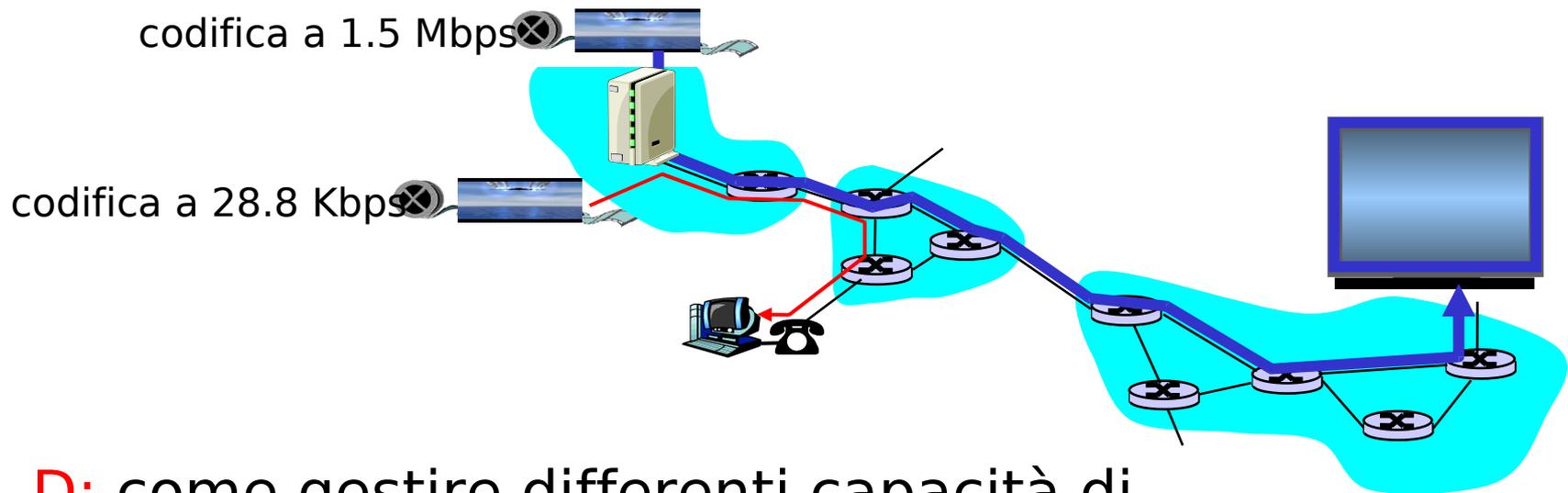
UDP

- ❑ Il server invia a un tasso appropriato per il client
 - In genere: tasso di invio = tasso di codifica = tasso costante
 - quindi, tasso di riempimento = tasso costante - perdita di pacchetti
- ❑ Il media player ritarda la riproduzione di 2-5 secondi per eliminare l'eventuale jitter indotto dalla rete.

TCP

- ❑ Il server immette, il più velocemente possibile, il video nella socket TCP.
- ❑ Il tasso di riempimento fluttua nel tempo a causa del controllo della congestione di TCP.
- ❑ Maggiore ritardo di riproduzione
- ❑ HTTP/TCP passano più facilmente attraverso i firewall

Streaming multimediale: ricezione presso i client



D: come gestire differenti capacità di ricezione dei client?

- 28.8 Kbps dialup
- 100 Mbps Ethernet

R: il server memorizza e trasmette più copie del video, codificate a differenti tassi trasmissivi

Capitolo 7: Reti multimediali

7.1 Applicazioni multimediali di rete

7.2 Streaming memorizzati

7.3 Utilizzo ottimale del servizio best-effort

7.5 Fornitura di più classi di servizio

7.6 Fornire garanzie di qualità del servizio

Applicazioni interattive in tempo reale

- Telefonia da PC a PC
 - Skype
- Telefonia da PC a telefono
 - Dialpad
 - Net2phone
 - Skype
- Videoconferenze con webcam
 - Skype
 - Polycom

Vediamo ora il caso di un'applicazione di telefonia Internet.

Telefonia Internet

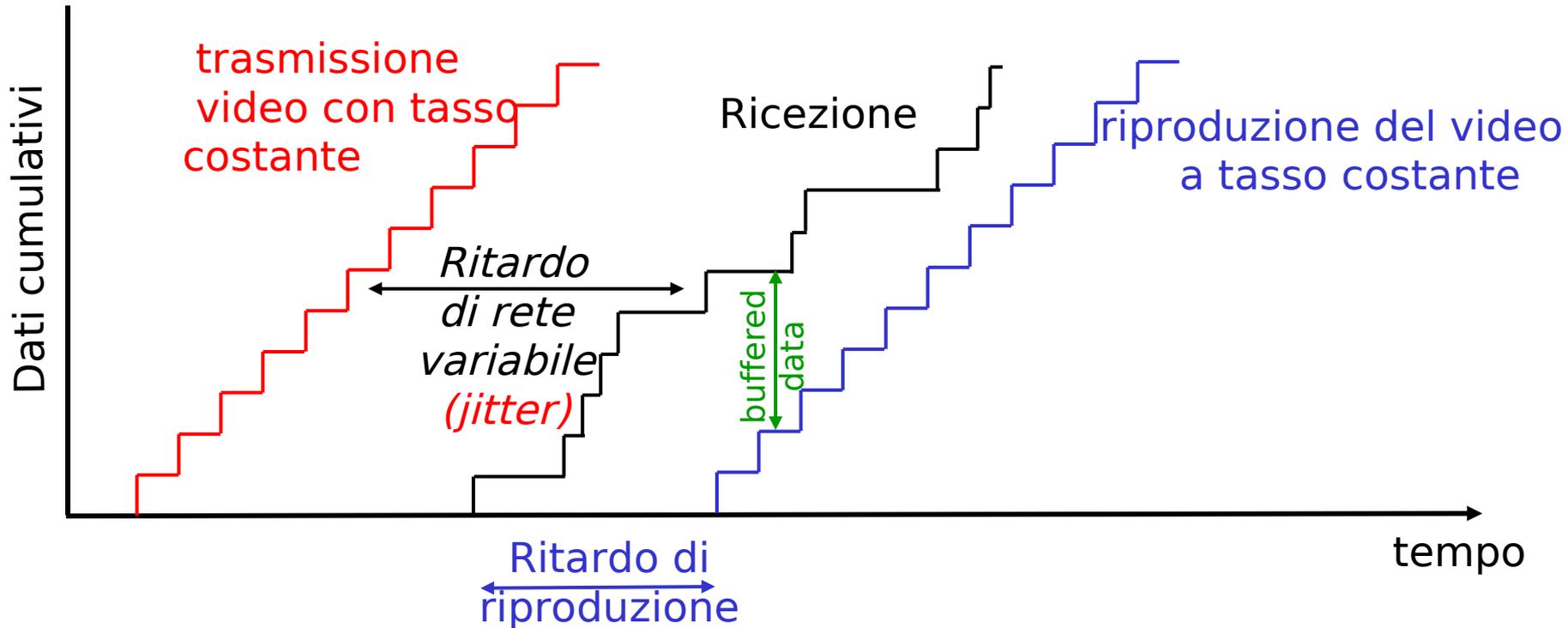
Introduciamo la telefonia Internet con un esempio:

- ❑ In una normale conversazione si alternano periodi di “parlato” e di “silenzio”:
 - 64 kbps durante il periodo di “parlato”.
- ❑ L'applicazione genera pacchetti solo nella fase di “parlato”.
 - Genera un flusso di 8.000 bps. Ogni 20 ms li riunisce in blocchi da 160 byte.
- ❑ Ciascun blocco ha un'intestazione a livello di applicazione.
- ❑ Il blocco e l'intestazione sono incapsulati in un segmento UDP.
- ❑ Quindi, durante la fase di emissione, ogni 20 ms viene inviato un segmento UDP.

Telefonia Internet: perdita dei pacchetti e ritardo

- ❑ **Perdita a causa della rete:** è possibile quando un buffer è pieno e non può ricevere il datagramma IP che, in questo caso, viene scartato e non arriverà mai a destinazione.
- ❑ **Perdita per ritardo:** quando i datagrammi IP arrivano con molto ritardo:
 - Diversi “tipi” di ritardo: di trasmissione, di elaborazione, di accodamento nei router, di propagazione e di elaborazione nei terminali lungo un collegamento.
 - Ritardo massimo tollerato: 400 ms.
- ❑ **Ritardo tollerato:** a seconda di come la voce è codificata e trasmessa, e di come la perdita è mascherata in ricezione, tassi di ritardo compresi fra 1% e 10% possono essere tollerati.

Jitter di pacchetto



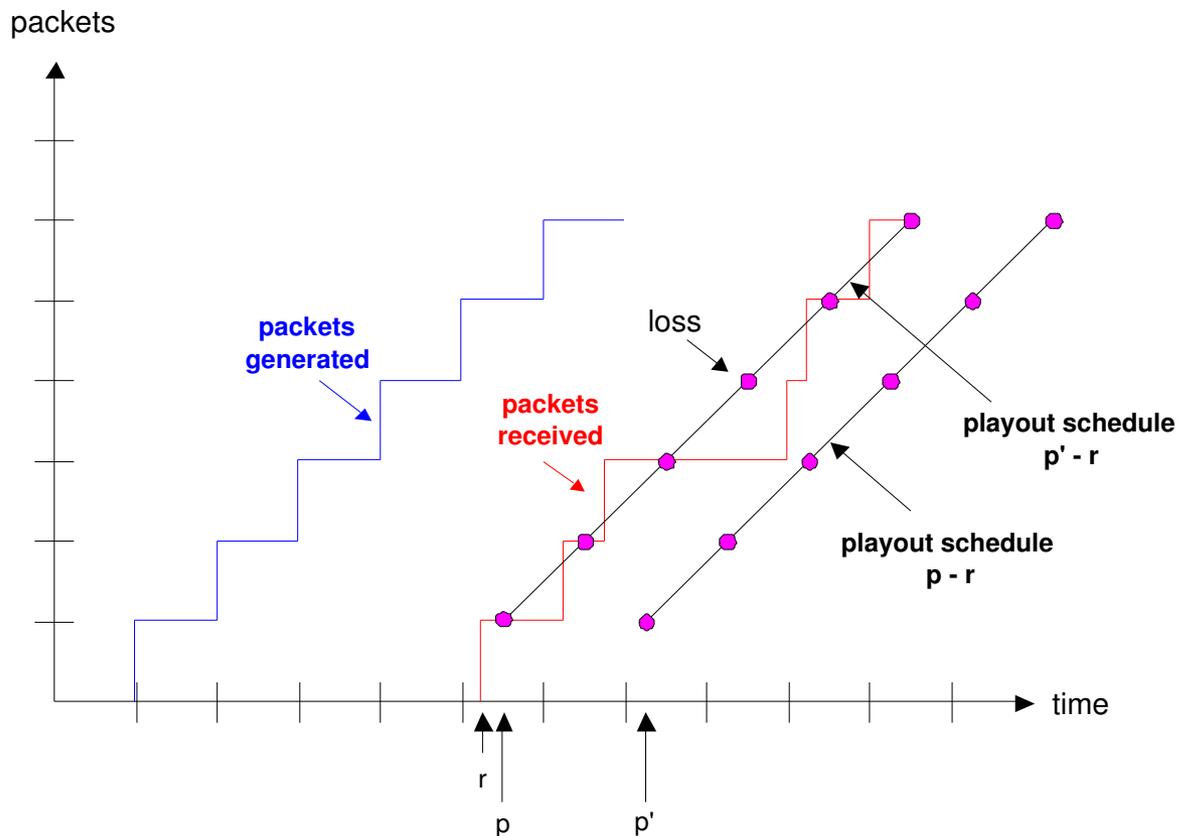
- Si considera ritardo end-to-end di due pacchetti: quando la differenza è maggiore o inferiore a 20 ms.

Ritardo di riproduzione fisso

- Il ricevente tenta di riprodurre ciascun blocco esattamente q millisecondi dopo che è stato generato.
 - Se un blocco è contrassegnato da un tempo di generazione t , il ricevente lo riproduce dopo un intervallo $t + q$.
 - Se il blocco non è arrivato in tempo utile, lo scarta e lo considera perso.
- Qual è la migliore scelta per q ?
 - q elevato: diminuisce la perdita dei pacchetti
 - q basso: la qualità è migliore (ma se q è addirittura inferiore a 400 ms molti pacchetti mancherebbero il tempo programmato per la riproduzione a causa del jitter)

Ritardo di riproduzione fisso

- Il trasmittente genera pacchetti a intervalli regolari, supponiamo ogni 20 ms.
- Il primo pacchetto è ricevuto al tempo r .
- Il primo istante di riproduzione inizia al tempo p .
- Il secondo istante di riproduzione inizia al tempo p' .



Recupero dei pacchetti perduti

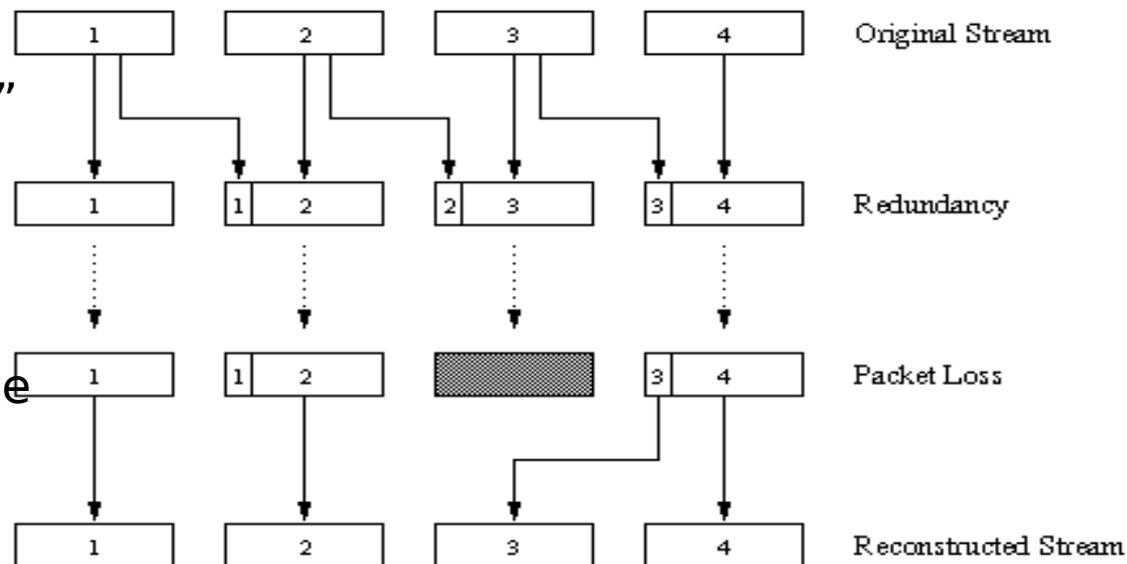
Correzione dell'errore in avanti (FEC): primo meccanismo

- Invia, dopo ogni n blocchi, un blocco ridondante ottenuto da un'operazione di OR esclusivo degli n blocchi originali.
- Se qualche pacchetto del gruppo $n + 1$ va perso, il ricevente lo può ricostruire integralmente.
- Se in un gruppo si perdono due o più pacchetti, il ricevente non può ricostruirli.
- Il ricevente deve attendere di aver ricevuto l'intero gruppo di pacchetti prima di poter iniziare la riproduzione.
- Conseguenze:
 - all'aumentare di n , minore spreco di banda
 - all'aumentare di n , maggiore ritardo di riproduzione.
 - all'aumentare di n , aumentano le probabilità che 2 o più blocchi vengano persi.

Recupero dei pacchetti perduti

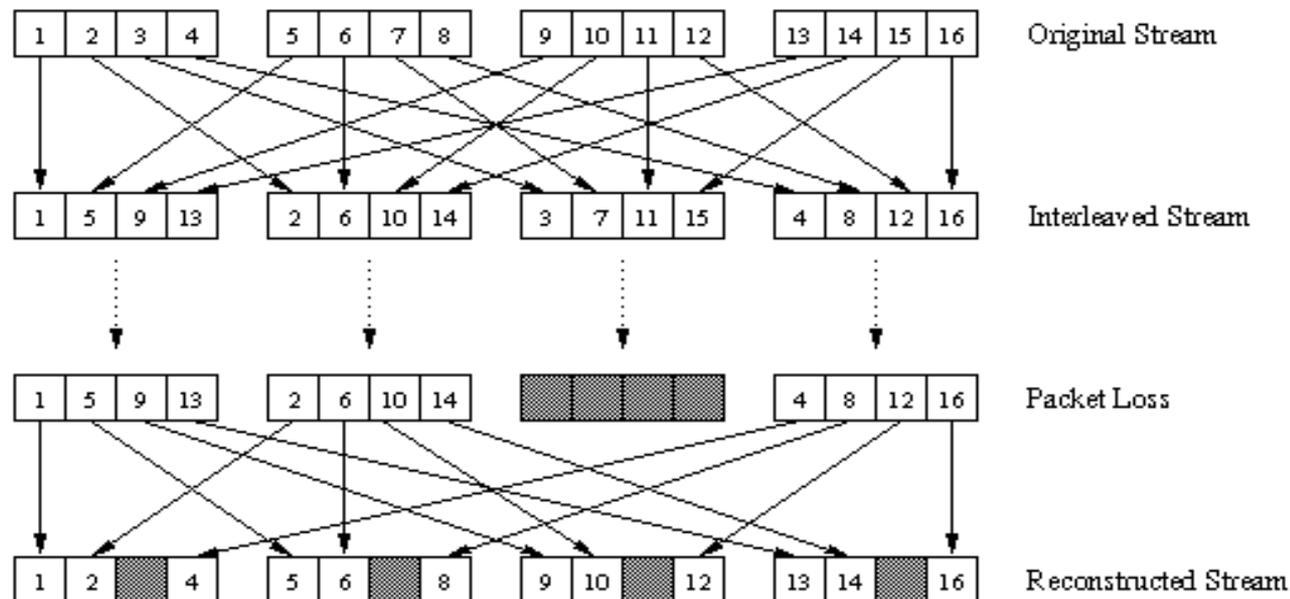
FEC: secondo meccanismo

- “informazioni ridondanti di bassa qualità con piggyback”
- consiste nell’inviare uno stream audio a bassa risoluzione come informazione ridondante.
- per esempio, stream nominale con codifica PCM a 64 kbps e una codifica GSM a 13 Kbps.



- Ogni volta che si perdono pacchetti non consecutivi, il ricevente può mascherare la perdita riproducendo il blocco codificato a bassa velocità.

Recupero dei pacchetti perduti



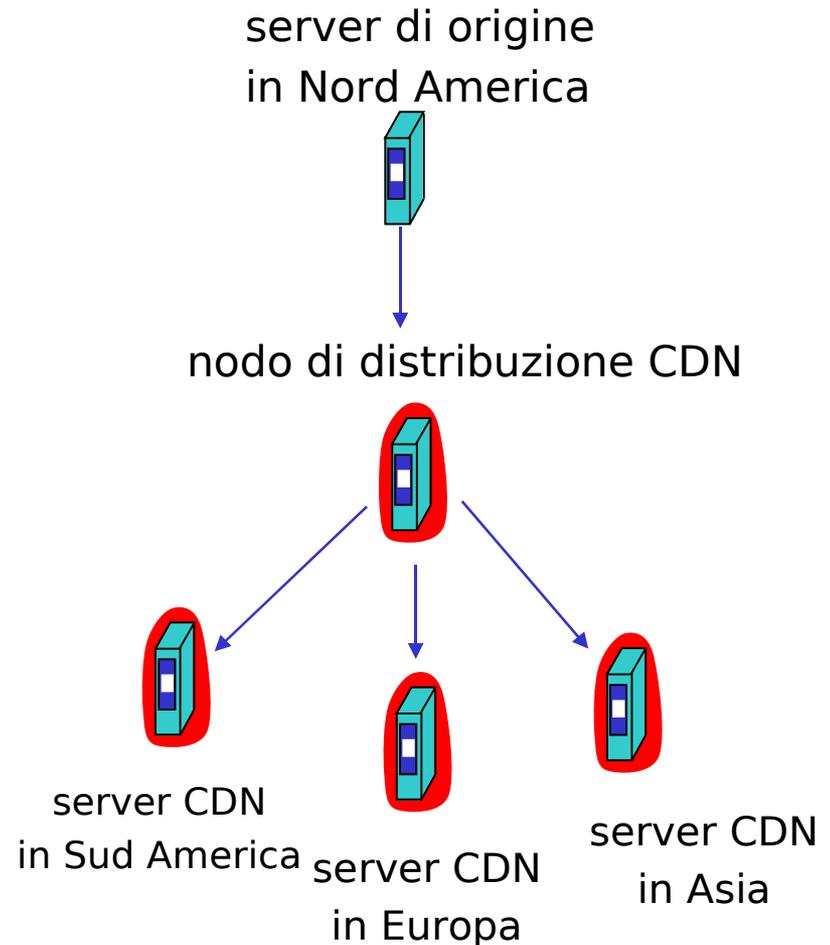
Interallacciamento

- ❑ Può migliorare la qualità con cui si percepisce uno stream audio
- ❑ Presenta una bassa ridondanza
- ❑ Non richiede l'aumento di larghezza di banda dello stream
- ❑ Incrementa la latenza, limitando così il suo utilizzo in applicazioni interattive come la telefonia
- ❑ Buone prestazioni nello streaming audio memorizzato

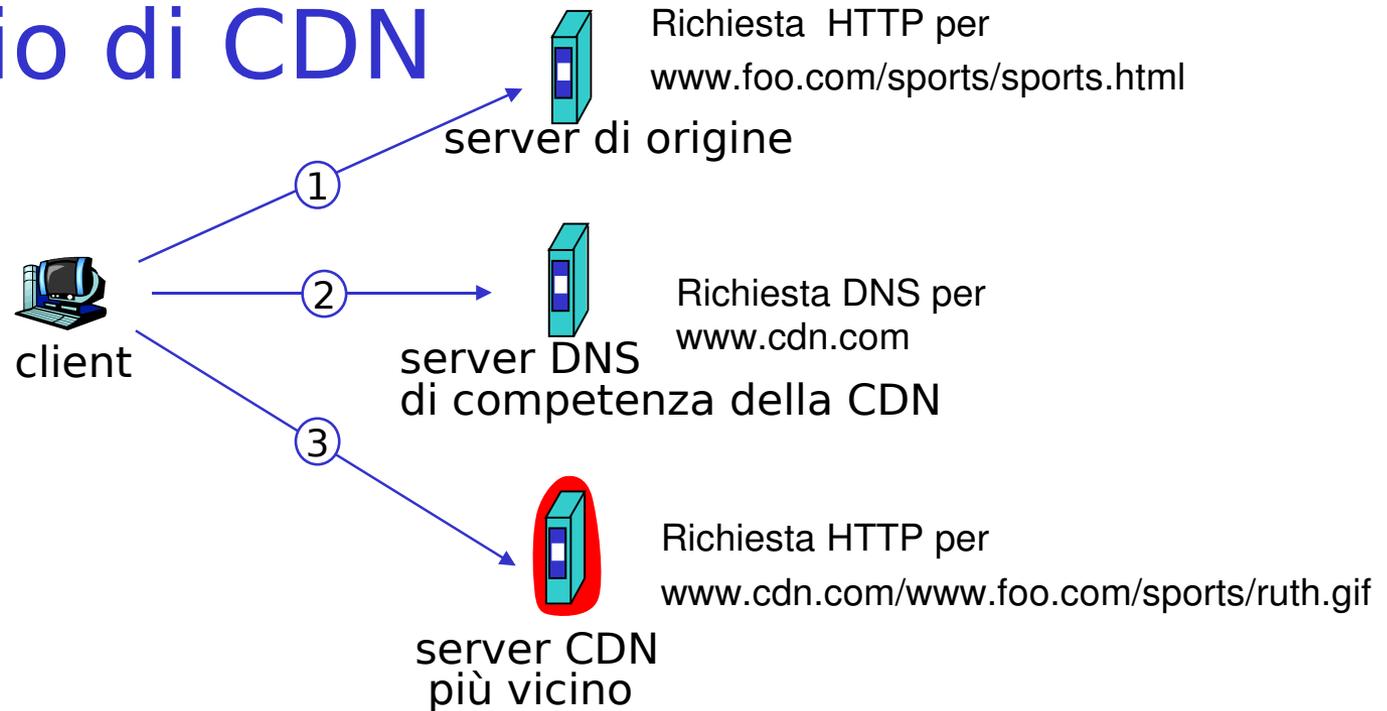
Reti per la distribuzione di contenuti multimediali (CDN)

Replica dei contenuti

- ❑ Inviare grossi file (es. video) in tempo reale da un unico server sembrava una sfida persa in partenza
- ❑ *soluzione*: replicare i contenuti su centinaia di server in tutta Internet
 - I contenuti sono scaricati dai server CDN
 - *Posizionare i contenuti "vicino" agli utenti permette di evitare gli inconvenienti (perdite, ritardi) di un invio su un lungo percorso*
 - server CDN vicini alle reti di accesso degli ISP



Esempio di CDN



server di origine (www.foo.com)

- ❑ distribuisce HTML
- ❑ sostituisce:

http://www.foo.com/sports.ruth.gif

con
ruth.gif

http://www.cdn.com/www.foo.com/sports/

Società CDN (cdn.com)

- ❑ Distribuisce file gif
- ❑ Usa il suo server DNS di competenza per instradare le richieste di redirectione

CDN: informazioni aggiuntive

Richieste di instradamento

- ❑ Per ciascun ISP di accesso a Internet (contenente potenziali client richiedenti), la CDN conserva traccia del miglior server CDN che lo serve
 - determinato in base alla conoscenza delle tabelle d'instradamento Internet, alla stima del tempo di ritardo e ad altre misurazioni
- ❑ In questo modo la CDN stima quale server CDN fornisce il miglior servizio best-effort all'ISP
- ❑ La CDN esegue questa analisi per un gran numero di provider e utilizza i risultati per configurare il server DNS di competenza

Riassunto: i trucchi delle reti multimediali

- ❑ **Usano UDP** per evitare il controllo di congestione di TCP (ritardo) per il traffico time-sensitive
- ❑ Fornitura di larghezza di banda
- ❑ Recupero degli errori (su UDP)
 - FEC, interallacciamento, mascheramento dell'errore
 - Ritrasmissione (se consentita)
- ❑ CDN: portano i contenuti più vicini ai client

Capitolo 7: Reti multimediali

7.1 Applicazioni multimediali di rete

7.2 Streaming memorizzati

7.3 Utilizzo ottimale del servizio best-effort

7.5 Fornitura di più classi di servizio

7.6 Fornire garanzie di qualità del servizio

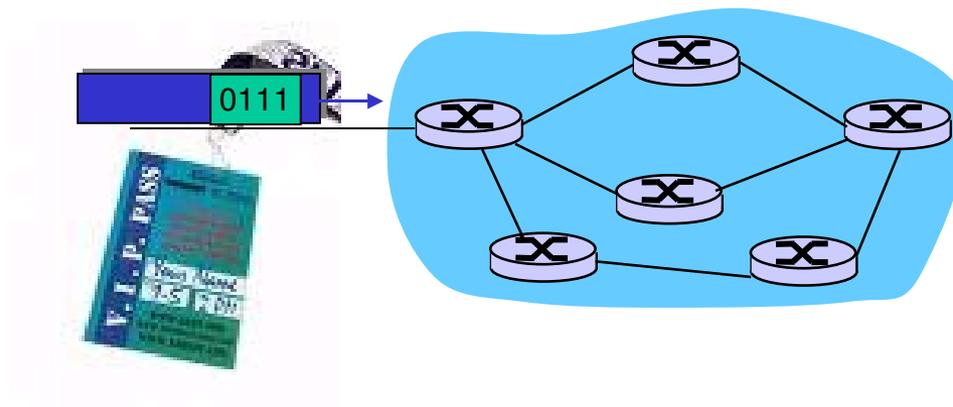
Fornire più classi di servizio

Fin qui: si è cercato di ottenere il meglio dal servizio best-effort

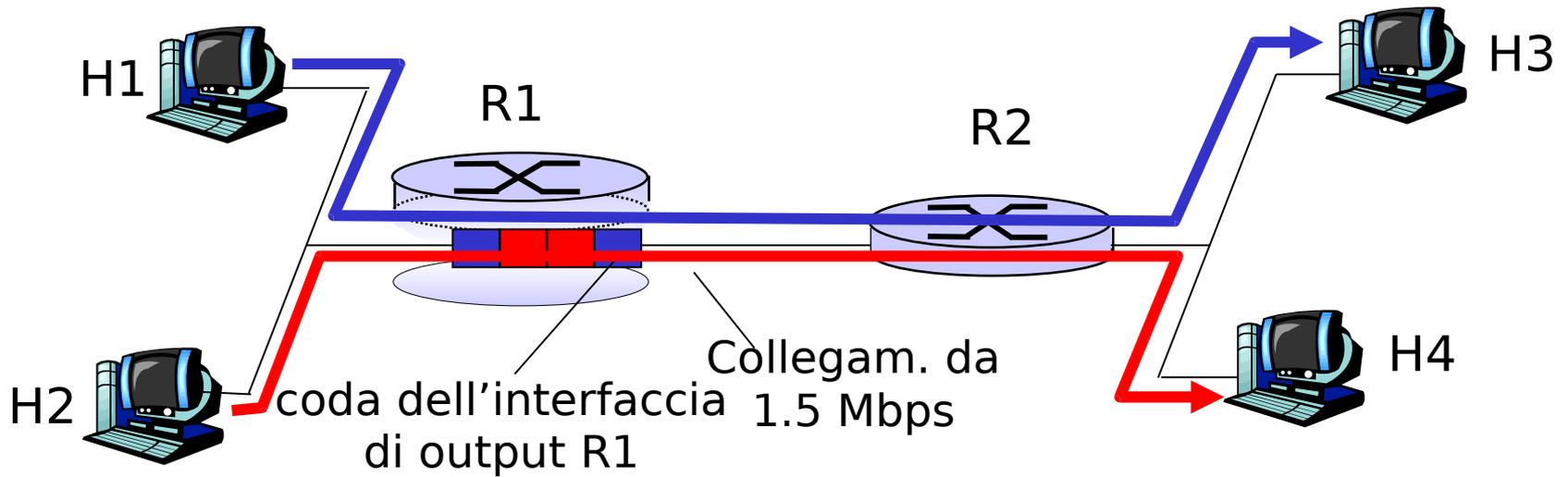
□ **Una tipologia per tutti i modelli di servizio**

Alternativa: più classi di servizio.

- Suddivisione del traffico in classi
- La rete tratta in modo diverso differenti classi di traffico (analogia: classe VIP e classe turistica)
- Granularità: servizi differenziati su più classi (non per collegamenti singoli)

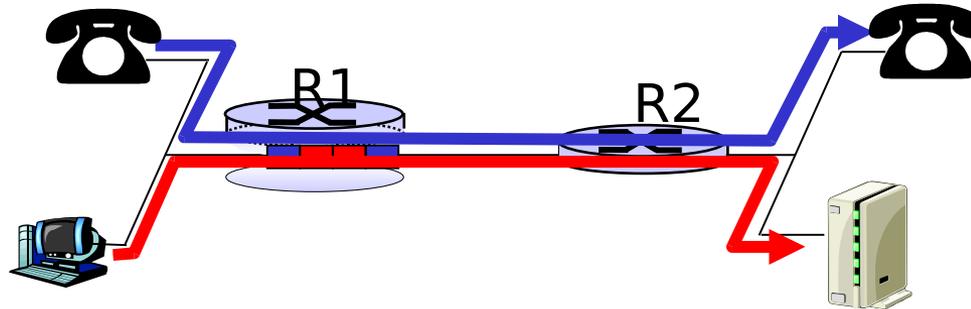


Più classi di servizio: scenario



Scenario 1: applicazione audio e FTP

- Esempio: applicazione audio a 1 Mbps, collegamento a 1,5 Mbps con applicazione FTP.
 - Una raffica di pacchetti dalla sorgente FTP può congestionare il router, causando la perdita di alcuni pacchetti.
 - Vogliamo dare priorità ai pacchetti audio rispetto a quelli FTP.

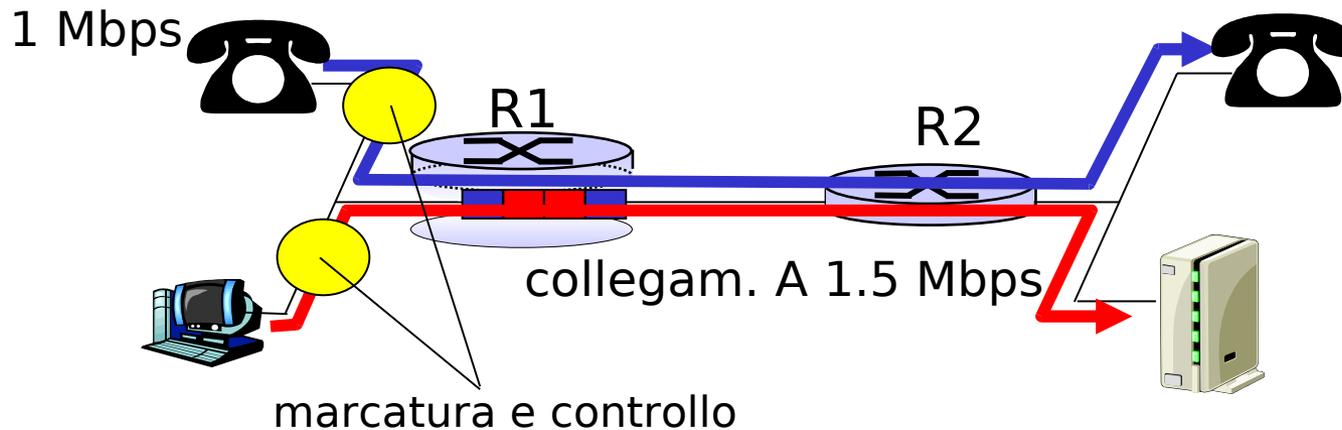


Principio 1

La marcatura dei pacchetti consente ai router di distinguerli in base alla loro classe di traffico e di trattarli di conseguenza.

Principi per fornire garanzie di QoS

- ❑ Cosa succede se un pacchetto audio viene inviato a un tasso più alto rispetto a quanto dichiarato?
 - controllo: costringere la sorgente ad attenersi all'allocazione di banda prevista
- ❑ Marcatura e controllo:
 - Simile ad ATM UNI (User Network Interface)

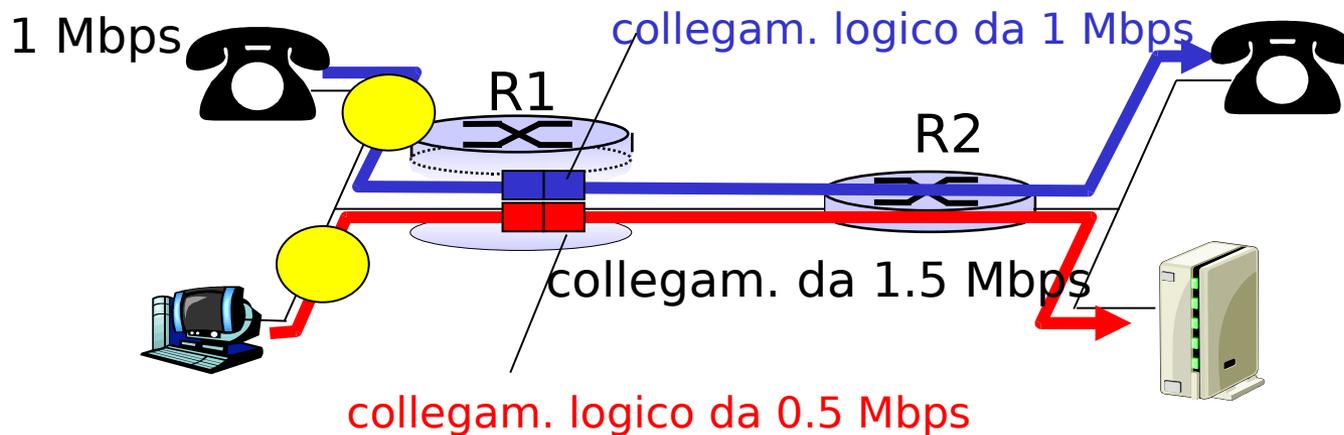


Principio 2

È auspicabile che ciascun flusso sia isolato, in modo che l'uno non subisca gli effetti negativi derivati dal comportamento non conforme degli altri.

Principi per fornire garanzie di QoS (segue)

- ❑ Allocare banda *fissa* (non-sharable) al flusso: uso *inefficiente* della banda se il flusso non rispetta la sua allocazione



Principio 3

È auspicabile che l'utilizzo delle risorse sia quanto più efficiente possibile anche in presenza di isolamento dei flussi.

Capitolo 7: Reti multimediali

7.1 Applicazioni multimediali di rete

7.2 Streaming memorizzati

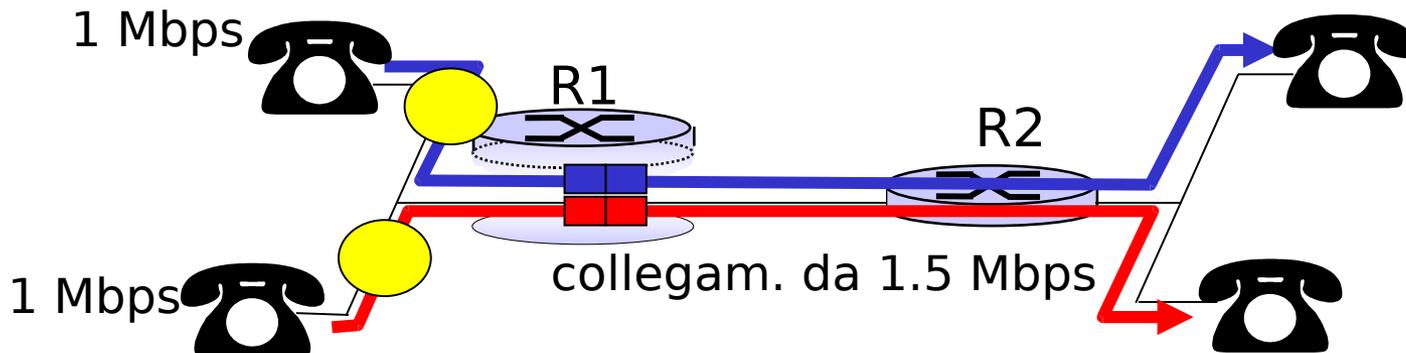
7.3 Utilizzo ottimale del servizio best-effort

7.5 Fornitura di più classi di servizio

7.6 Fornire garanzie di qualità del servizio

Principi per fornire garanzie di QoS (continua)

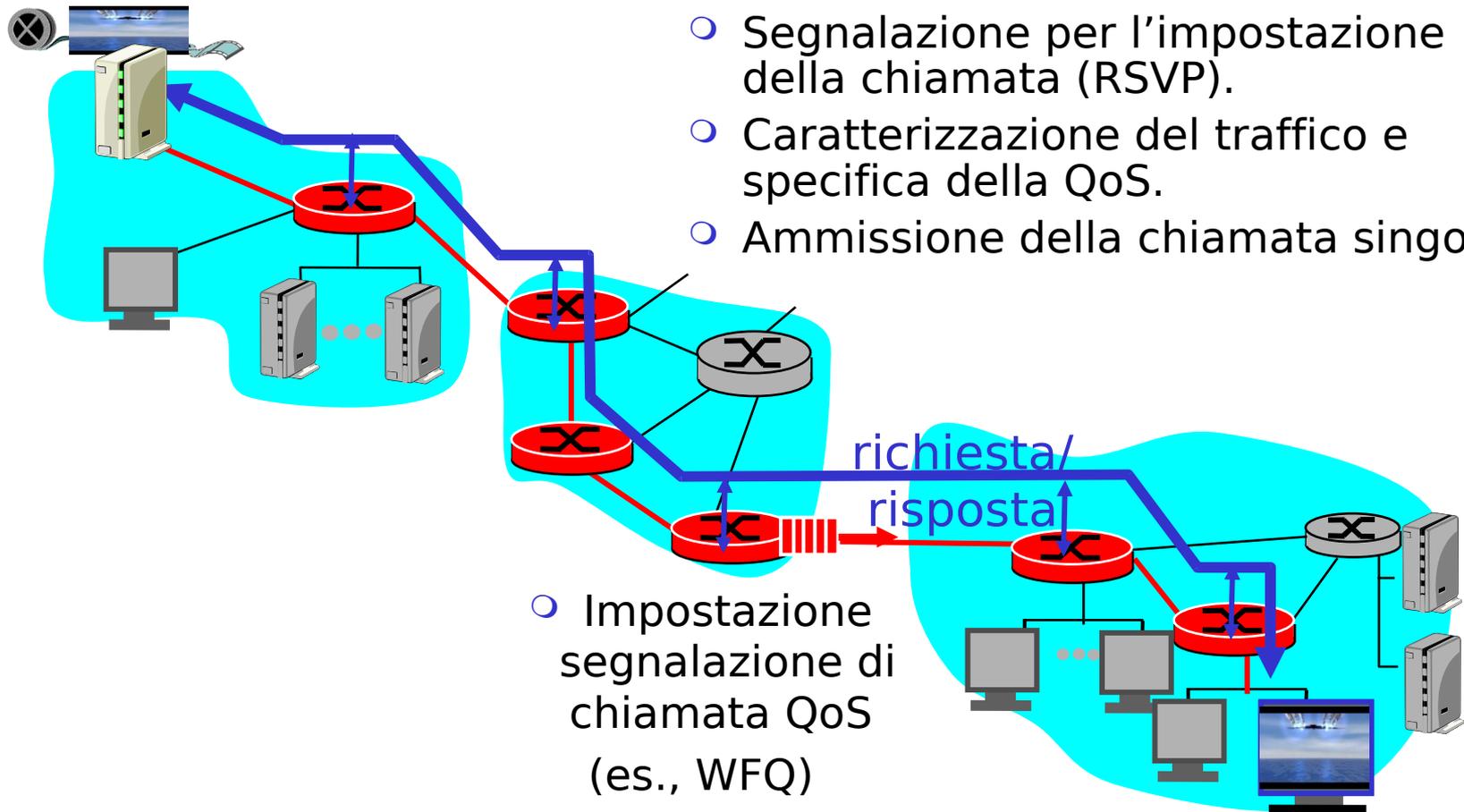
- *Assioma*: è impossibile supportare richieste di traffico superiore alla capacità del collegamento



Principio 4

È necessario un processo di ammissione alla chiamata durante il quale vengono confrontati i requisiti di servizio dei flussi con le risorse disponibili in quel dato momento. Se la richiesta può essere soddisfatta il flusso potrà accedere alla rete, altrimenti il suo ingresso sarà negato.

Scenario di QoS garantita



□ Prenotazione delle risorse

- Segnalazione per l'impostazione della chiamata (RSVP).
- Caratterizzazione del traffico e specifica della QoS.
- Ammissione della chiamata singola.

- Impostazione segnalazione di chiamata QoS (es., WFQ)

Capitolo 7: Riassunto

Principi

- ❑ Classificare le applicazioni multimediali
- ❑ Identificare i servizi di rete di cui le applicazioni hanno necessità
- ❑ Far funzionare al meglio il servizio best-effort

Protocolli e architetture

- ❑ Specificare i protocolli per il servizio best-effort
- ❑ Meccanismi per fornire QoS
- ❑ Architetture per la QoS
 - Più classi di servizio
 - Garanzie di QoS, prenotazione di risorse, ammissione e instaurazione della chiamata