

La qualità di servizio nelle reti a pacchetto

Mario Baldi
Politecnico di Torino
mario.baldi[at]polito.it
staff.polito.it/mario.baldi

Nota di Copyright

Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slide) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slide (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.

Le slide possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.

Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.

L'informazione contenuta in queste slide è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slide (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).

In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slide.

In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

Sommario

- Applicazioni multimediali
 - Requisiti e impatto sulle reti a pacchetto
- Tecniche per la qualità di servizio
 - Accodamento
 - Controllo dell'accesso

Applicazioni multimediali nelle reti a pacchetto

Cosa è la multimedialità?

Utilizzo contemporaneo di vari media



Testo

Suoni

Immagini

Video

La codifica dei media

Campionamento e quantizzazione

Degrado della qualità

Impercettibile

Codifica campioni

Possibilità di riproduzione senza degrado della qualità

Compressione

Eliminazione di ridondanza

→ Spaziale

→ Temporale

→ Eventuale perdita di informazione
→ Degrado della qualità

Codifica delle immagini

JPEG

JPEG2000

GIF

TIFF

Codifica del video

MPEG1

- Bassa qualità
- 1.5 Mb/s



MPEG2

- Alta qualità (DVD)
- 3.6 Mb/s



Codifica del video

MPEG4

- Codifica e compressione basata su identificazione di oggetti

H.261

- Videoconferenza
- Bassa qualità
- Banda limitata



Codifica della voce

PCM (64 Kb/s 56 Kb/s)

GSM (13 Kb/s)

G.729 (8 Kb/s)

G723.3 (6.4 Kb/s e 5.3 Kb/s)

Codifica audio

AVI

MP3 (MPEG layer 3 - audio)

- 128 Kb/s o 112 Kb/s
- Qualità tipo CD



Codifica audio

MP3

- Particolarmente robusto
 - Qualsiasi frammento può essere riprodotto indipendentemente dagli altri
- Adatto a Internet

Standard di codifica: quale scegliere?

La scelta della codifica dipende da

- Capacità elaborative dei terminali
- Disponibilità di risorse di rete

Standard di codifica: quale scegliere?

La scelta della codifica dipende da

- Tipo di applicazione
 - Live (real-time)
 - Store&retrieve

Applicazioni multimediali in rete

- World Wide Web
- Distribuzione video
- Video on Demand
- Telefonia
- Radio
- Servizio di jukebox

Applicazioni multimediali in rete

- Teleconferenza
- Giochi distribuiti interattivi
- Apprendimento a distanza (distance learning)
- Realtà virtuale

Applicazioni multimediali in rete

Anche un solo media, ma ...

Caratteristiche diverse dalle applicazioni tradizionali

Caratteristiche rilevanti: streaming

- Flusso continuo di dati
- Il profilo del flusso generato deve essere uguale a quello da riprodurre
 - Continuous playout
- Molto diverso dalle applicazioni tradizionali

Caratteristiche rilevanti: interattività

- Con un'altra persona
- Con un sistema
- Tempi di risposta brevi



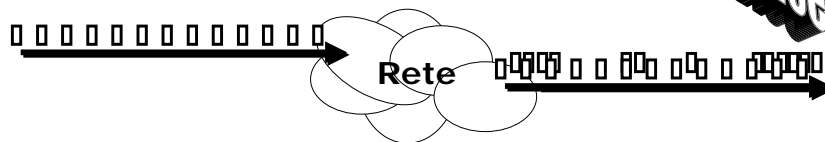
Caratteristiche rilevanti

- Larga banda trasmissiva
- Comunicazioni di gruppo (group multicast)
 - Comunicazioni molti a molti

Requisiti sulla rete

Streaming

- Perdite limitate
 - Molte applicazioni sono relativamente tolleranti alle perdite
- Ritardi costanti



Interattività

- Ritardi bassi
 - Dialogo: sotto 100 ~ 150 ms one way



Larga banda trasmissiva

Elevata disponibilità di risorse

- Capacità trasmissiva
- Memoria nei nodi (buffer)
- Potenza elaborativa (routing, ecc)
- Commutazione

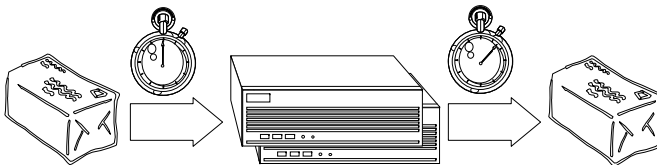
L'avanzamento tecnologico aiuta

Comunicazioni di gruppo

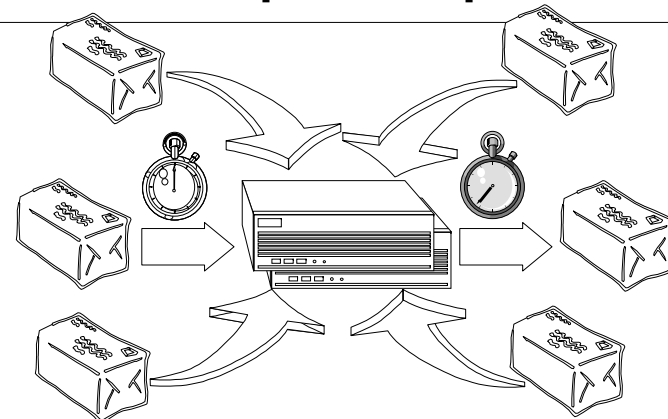
- Servizi di trasmissione multicast
 - IP multicasting
 - MBone
- Server con funzionalità di *reflector* o *multiconference unit*

Il ritardo, che problema!!

Le applicazioni multimediali sono dette anche applicazioni *real-time*



Il ritardo, qual è il problema?



Varia a seconda del carico istantaneo sui nodi

Contromisure nelle stazioni

Compensazione delle variazioni di ritardo

- ▷ Replay buffer
- ▷ Dimensione fissa per applicazioni non interattive
- ▷ Adattativo per applicazioni interattive

Contromisure nelle stazioni

L'unico modo per compensare le variazioni è conformare tutti a chi ha subito ritardo massimo

Aumento del ritardo "end-to-end"

Critico per interattività
(telefonia, conferenza, giochi, realtà virtuale)

Contromisure nelle stazioni

Adattamento alle condizioni della rete

Diminuire traffico generato quando la qualità della sessione diminuisce

A tutto c'è un limite

Strumenti

Comunicazione

- **Informazioni temporali**
 - RTP - Real-time Transport Protocol
 - Time stamp
- **Stato della comunicazione**
 - RTCP - RTP Control Protocol

Codifica adattativa (adaptive coding)

- **Granularità di quantizzazione**
- **Parametri della compressione**
- **Feedback**
 - Per esempio RTCP

Codifica a livelli (layered coding)

- **Layer base**
 - Trasmesso a più alta priorità
 - Eventualmente risorse riservate
- **Layer aggiuntivi che aumentano la qualità**
 - Trasmessi a bassa priorità
 - Eventualmente best-effort

Contromisure nella rete

- **Classificazione del traffico**
- **Sofisticati algoritmi di scheduling**
 - WFQ, RR, WRR, CBQ
- **Micro-controllo del traffico in ingresso alla rete (pacchetto)**
 - Shaping/policing

Contromisure nella rete

- **Macro-controllo del traffico in ingresso alla rete (chiamata)**
 - Segnalazione con prenotazione di risorse
 - **RSVP**
Resource reSerVation Protocol (IP)
 - **UNI**
User Network Interface (ATM)

Contromisure nella rete

- **Macro-controllo a priori**
 - **Network engineering**
 - Dimensionamento della rete rispetto al traffico previsto
 - Limite sul numero di utenti
 - **Traffic engineering**
 - Distribuzione controllata del traffico

Contromisure nella rete

Quality of Service
Support

Problemi collaterali

- **UDP a livello trasporto**

RTP

UDP

IP

- **I requisiti real-time normalmente sono incompatibili con i tempi di ri-trasmissione del TCP**
 - Anche se un pacchetto corrotto arriva, sarà inutile perché ha impiegato troppo tempo

Applicazioni non altruiste

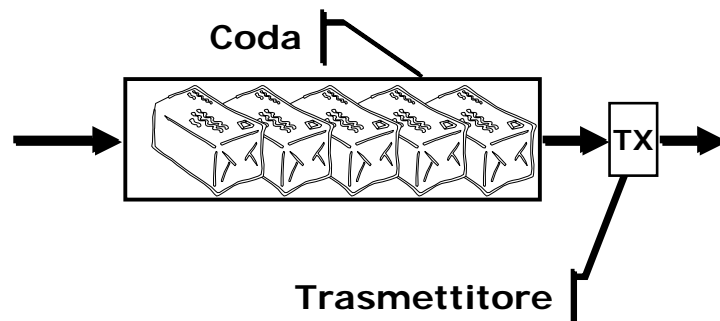
TCP si adatta alle condizioni di traffico, UDP le ignora

- Applicazioni multimediali possono penalizzare le altre
 - Soprattutto quelle che usano TCP, che è "cortese"
- Segregazione delle applicazioni e policing (bandwidth shaper)

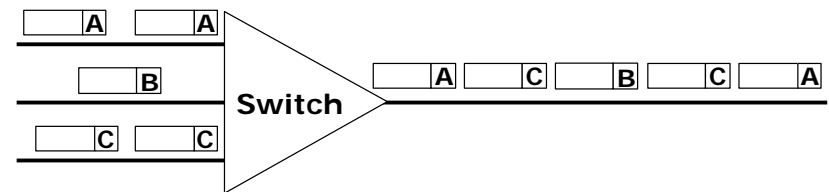
Tecniche per il supporto della qualità di servizio

Accodamento

Accodamento semplice FIFO (First In First Out)

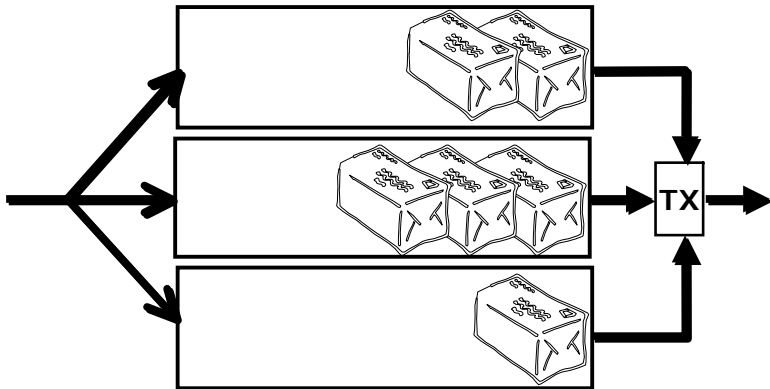


Multiplazione statistica



Qualcuno non sarà accontentato

Code multiple e scheduling



Algoritmi di scheduling

- Priority Queuing
- Round Robin
 - Weighted Round Robin
- Class Based Queuing (CBQ)
- Weighted Fair Queuing (WFQ)
- Deadline queuing (non work-conserving)

Classificazione

Identificazione dei pacchetti
cui garantire qualità

ovvero

In quale coda inserire
ogni pacchetto

Classificazione

Basata su varie informazioni
nell'intestazione IP (quintupla)

- ▷ Indirizzo IP destinazione
- ▷ Indirizzo IP mittente
- ▷ Protocollo di trasporto
- ▷ Porta mittente
- ▷ Porta destinazione

Classificazione

Algoritmi complicati

Realizzazioni hardware

ASIC:
Application Specific Integrated Circuit

CAM:
Content Addressable Memory

Accodamento e commutazione

Code in uscita (*output queuing*)

La soluzione più "semplice"

Però...

La capacità di commutazione è
una risorsa limitata

Non è detto che i pacchetti possano
essere commutati appena arrivano

Capacità di commutazione

→ Commutazione immediata sempre
richiede speed-up
→ La switching fabric
(matrice di commutazione) opera
a velocità maggiore degli ingressi

→ Particolarmente problematico
ad alta velocità

Accodamento e commutazione

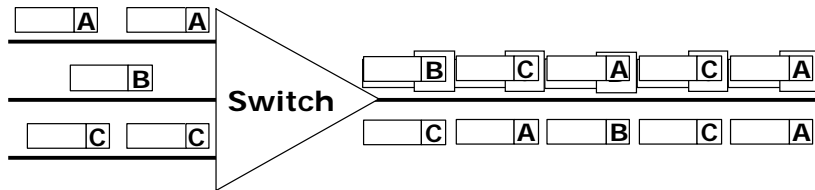
Code in ingresso (*input queuing*)

Controllo distribuito (complicato)

Virtual output queuing

Code nella matrice
di commutazione
(*distributed queuing*)

Siamo a posto?



Non è possibile accontentare tutti!

Tecniche per il supporto della qualità di servizio

Controllo dell'accesso

Controllo sull'accettazione delle chiamate

Call admission control (CAC)

→ Segnalazione

- Descrizione traffico generato
- Descrizione servizio voluto
- Esempi: RSVP e UNI ATM

→ Prenotazione risorse

QoS routing

- Trovare un percorso con le risorse necessarie
- Protocolli di routing distribuiscono informazioni sull'occupazione delle risorse in tempo reale
 - Informazioni molto dinamiche

QoS routing

- **Decisione di routing è basata su informazioni di occupazione**
 - Non solo su topologia
- **Instabilità con trasferimento dati non connesso**
- **Esempio: PNNI (private network node interface) in ATM**
 - Cranckback

Network engineering Traffic engineering

Azioni preventive

- **Dimensionamento della rete per il caso peggiore (o quasi)**
 - Statistiche sugli utenti
- **Determinazione delle direttrici di traffico**
 - Distribuzione del traffico

Network engineering Traffic engineering

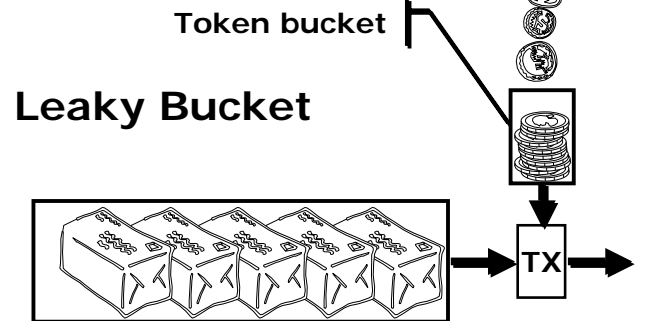
- **Continuo controllo dello stato della rete**
- **Eventuale cambiamento del dimensionamento e direttrici di traffico**

Network engineering Traffic engineering

- **Bassa efficienza nell'uso delle risorse**
- **Semplicità e scalabilità**

Policing e shaping

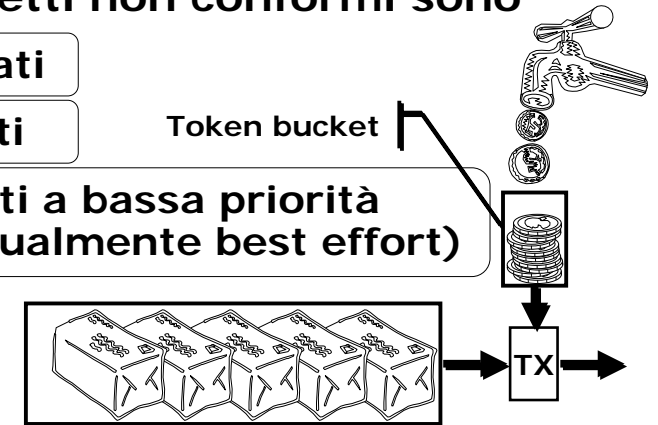
Assicurarsi che il traffico in ingresso alla rete sia come ci si aspetta



Leaky bucket

I pacchetti non conformi sono

- Ritardati
- Scartati
- Mandati a bassa priorità (eventualmente best effort)



Policy (politica)

Stabilisce aspetti generali di funzionamento di una rete

Determina aspetti specifici del funzionamento di un apparato

- ▷ Tipo di accodamento
- ▷ Regole per accettazione chiamate
- ▷ Parametri leaky bucket

Flessibilità: policy management

- Una policy può dipendere da
 - Tipo di traffico
 - Ora del giorno
- Evitare di dover configurare ogni apparato di rete e cambiare la configurazione

COPS (Common Open Policy Service)

Distribuzione automatica di policy

→ **Apparati prelevano policy da server**

→ **Server invia policy agli apparati**