

Reti di Telecomunicazione

2024-2025

Studio numerico delle prestazioni delle reti, come grafi e sistemi a coda.

Prova scritta: esercizi + 3 domande teoria, progetto facoltativo (max 3 persone) da max 4 persone.

Rete contiene:

- sistema di gestione della rete fisica
- sistemi di recupero errori
- sistemi di instradamento

Tipi di reti:

- commutate (con destinatari precisi)
- broadcast
- ibride

Classificazione:

- *commutazione di circuito*: viene dedicato un cammino esclusivo per l'intera durata della comunicazione
- *commutazione di messaggio*: messaggio passato per *store-and-forward* nodo per nodo, eventualmente aspettando in coda se il canale è occupato
- *commutazione di pacchetto*: simile ai messaggi, ma i pacchetti hanno lunghezza limitata, sono indirizzati separatamente e numerati sequenzialmente.

Due modalità:

- *datagram*: instradamento indipendente, nodo per nodo, dei pacchetti
- *circuito virtuale*: instradamento su percorso deciso a priori. Viene prima mandata una richiesta di connessione e poi, alla risposta, i pacchetti sono instradati lungo il cammino virtuale

La divisione dei messaggi in pacchetti di piccole dimensioni permette di effettuare pipelining tra i nodi della rete, ma limitatamente, finché la dimensione dell'header non inizia a influire negativamente sulle prestazioni dell'invio.

Modalità *cut through*: se i link hanno tutti la stessa velocità, si può fare uno "stream" di un pacchetto senza aspettare di raccoglierlo completamente nel router.

La commutazione per datagram porta con sé rischi di perdite, duplicazione e perdita d'ordine tra i pacchetti. La riparazione di tali problemi è affidata al ricevente. In un circuito virtuale, invece, i pacchetti giungono ordinati e non duplicati, tranne in caso di perdite.

Un protocollo di comunicazione ha il compito di assicurarsi che gli utenti della rete scambino messaggi in modo comprensibile e corretto. Spesso si usano protocolli a strati. Entità di un livello su un nodo possono comunicare solo con entità di pari livello su altri nodi. Ogni livello offre servizi ai livelli superiori e usa servizi gestiti dai servizi inferiori. La complessità dei servizi offerti cresce salendo di livello. Il livello base è quello fisico.

Primitive di servizio: interazioni con l'interfaccia verso il protocollo.

- request
- indication
- response (facoltativa)
- confirm (facoltativa)

Architettura OSI:

- livelli 1-3: rete
- livello 4: collegamento
- livelli 5-6-7: utente

Multiplazione: FDM, TDM, CDM, WDM

Controllo di errore

ARQ: Automatic Repeat reQuest, solitamente a livello 2, che richiede la ritrasmissione dei pacchetti danneggiati o persi.

Correttezza: i pacchetti duplicati devono essere riconosciuti, l'ordine deve essere mantenuto, i pacchetti errati o mancanti devono essere riconosciuti e richiesti. Caratteristica imprescindibile.

Affidabilità: trade-off con prestazioni e complessità.

3 tipi di meccanismi:

- *stop-and-wait*: aspetto ACK/NACK o timeout per ogni singolo pacchetto
 - timeout di durata minima possibile: $2\tau + T_A + T_P$ (calcolato dalla fine della trasmissione del pacchetto)
 - possibilità di errori anche nell'ACK ma di solito si ignorano
 - casi d'uso: *half-duplex* (inefficiente su *full-duplex*)
 - * *piggybacking* dell'ACK nel pacchetto nella direzione opposta
 - necessità di numeri di trama: se un ACK va perso, il pacchetto viene ritrasmesso e se non è numerato non ci si accorge della duplicazione. Visto che la trasmissione è un pacchetto per volta, basta numerazione alternata 0-1-0-1 con un singolo bit
 - * nell'ACK si mette invece il *next expected package*
- *go-back-N*: aspetto un ACK collettivo dopo N pacchetti
 - N=8 normalmente, fino a 128 per satellitari
 - serve una numerazione fino ad N delle trame
 - il trasmettitore trasmette fino alla trama $N + i$ se i è l'ultimo pacchetto di cui è stato ricevuto un ACK cumulativo
 - in caso di errore si reinvidano gli N pacchetti precedenti
 - le trame fuori ordine vengono direttamente scartate
- selective repeat: non scarta le trame arrivate fuori ordine
 - sempre numerate, sempre trasmesse in modo continuo
 - si ritrasmettono solo le specifiche trame perse
 - ACK singoli con effetto cumulativo, NACK specifici
 - servono buffer sia di invio che di ricezione con capacità almeno pari al numero di trame “in volo” sul canale
 - poco usato per il problema dei buffer per i fuori ordine

Analisi prestazioni stop & wait:

- A trasmette a B con saturazione
- a tempo t_{out} è sempre disponibile l'esito della trasmissione
- massimo tasso di trasmissione per A: $t_T = t_I + t_{out}$

Probabilità di dover ritrasmettere i volte:

$$(1 - p) \cdot p^i + i t_T$$

dove p è la probabilità di un pacchetto non arrivato.

La sommatoria all'infinito ci porta a:

$$\sum_{i=1}^{\infty} i p^i = p \cdot \sum_{i=1}^{\infty} i p^{i-1} = p \cdot \frac{d}{dp} \left(\sum_{i=1}^{\infty} p^i \right) = p \cdot \frac{d}{dp} \left(\frac{1}{1-p} - 1 \right) = \frac{p}{(1-p)^2}$$
$$\Rightarrow t_V = \frac{t_T}{1-p}$$

Analisi prestazioni go-back-N:

- se non ci sono errori e ci sono sempre trame da trasmettere, la trasmissione procede in modo continuo
- se ci sono errori, si perdono tutte le trame nella finestra di timeout

La formula risulta quasi identica a quella dello stop-and-go:

- in caso di trasmissione senza errori abbiamo solo il tempo di trasmissione senza timeout
- in caso di errori è uguale allo stop-and-go

In entrambi i casi cerchiamo il $\lambda_{\max} = \frac{1}{t_v}$.