

## Reti di calcolatori

### Prestazioni delle reti e protocolli

Prof.ssa Simonetta Balsamo  
Dipartimento di Informatica  
Università Ca' Foscari di Venezia  
balsamo@dsi.unive.it  
<http://www.dsi.unive.it/~reti>

Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.1

## Protocolli e prestazioni

- **QoS** Qualità del servizio: prestazioni, affidabilità, sicurezza
  - prestazioni dei protocolli
    - modelli
    - misurazioni
  - **indici** di prestazione
    - end-to-end delay
    - tempo di risposta
    - throughput
    - utilizzazione del canale
- **Esempi**
  - Aloha - Ethernet
  - Protocolli MAC

Prestazioni delle reti

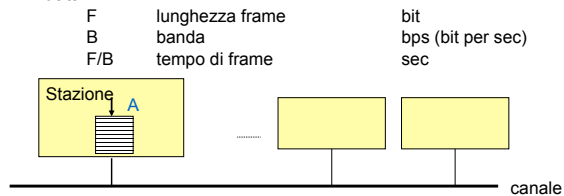
S. Balsamo A. A. 2010

R6.2

## Prestazioni - Aloha ed Ethernet

### ■ Aloha

- tempo di 'frame': tempo per trasmettere un frame di lunghezza data



- Generazione di frame secondo una distribuzione di Poisson con media di  $A$  frame/tempo di frame,  $0 < A < 1$  (condizione di stabilità)
- Generazione di ritrasmissione: distribuzione di probabilità di  $k$  tentativi per tempo di frame, Poisson di media  $G$  per tempo di frame,  $G \geq A$

Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.3

## Prestazioni - Aloha

1/2

### ■ Aloha:

- probabilità di trasmettere senza collisioni=probabilità che siano generati  $k=0$  frame

$$\text{Prob}[k] = G^k e^{-G} / k!$$

- $\text{Prob}(0) = e^{-G}$  non vengono generate ritrasmissioni
- Il **numero medio di frame** generati in un intervallo di 2 frame è  $2G$
- **Non** si verifica altro traffico in questo tempo con probabilità  $P[\text{no-traffic}] = e^{-2G}$
- Allora la media di frame generata dalla stazione,  $S$ , che in caso di stabilità corrisponde al **throughput** è

$$S = G e^{-2G}$$

- **Aloha slotted**: riduce il tempo di rischio di collisioni ad uno slot

$$\Rightarrow P[\text{no-traffic}] = e^{-G} \Rightarrow S = G e^{-G}$$

Prestazioni delle reti

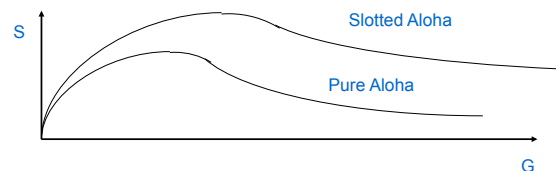
S. Balsamo A. A. 2010

R6.4

## Prestazioni - Aloha

2/2

- Aloha: Throughput in funzione del carico (media della probabilità di ritrasmissione)



Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.5

## Prestazioni - Ethernet

1/2

- Ethernet:

- numero di stazioni collegate  $N$
- probabilità di trasmettere durante uno slot  $p$
- probabilità che qualche stazione ottenga il mezzo durante lo slot  $A$

$$A = N p (1-p)^{N-1}$$

- $A$  è massimo per  $p = 1/N$

- $A \rightarrow 1/e$  per  $N \rightarrow \infty$

- probabilità che la contesa sia di  $j$  slot è  $\sum_j j A (1-A)^{j-1} = 1/A$

- allora l'intervallo medio di contesa è

$$2T/A$$

dove  $T$  è tempo di propagazione del segnale fra gli estremi della rete  
( $2T$  è la durata dello slot, perché...)

Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.6

## Prestazioni - Ethernet

2/2

- Se il tempo di frame (medio) è  $f$  secondi
- quando molte stazioni devono trasmettere si ha una utilizzazione  $U$  del canale di

$$U = f / (f + 2T/A)$$

dove:  $A$  prob. che qualche stazione ottenga il mezzo durante lo slot  
 $T$  tempo max di propagazione

- Sia

- $F$  lunghezza del frame bit  $\Rightarrow f = F/B$  sec
- $B$  banda della rete bps
- $L$  la lunghezza del cavo m  $\Rightarrow T = L/c$  sec
- $c$  velocità di propagazione m/s
- $e$  slot di contesa per ogni frame (caso ottimo  $A = 1/e$ )

- allora l'utilizzazione del canale è

$$U = 1 / (1 + 2BLE/cF)$$

Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.7

## Prestazioni dei protocolli di controllo del flusso

- Protocolli

- stop and wait
- a finestra scorrevole

- Notazione

- $F = D + H$  lunghezza di un frame bit
  - $D$  dati
  - $H$  header
- $A$  lunghezza di un ack bit
- $B$  banda (capacità del canale) bps
- $E$  probabilità che un bit sia errato
- $P_d$  probabilità che un frame dati sia perso o errato
- $P_a$  probabilità che un frame ack sia perso o errato
- $P$  probabilità di frame (dati o ack) errato
- $W$  dimensione della finestra
- $T_o$  tempo di time-out
- $R$  numero di ritrasmissioni per ogni frame di dati
- $U$  utilizzazione del canale

Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.8

## Prestazioni dei protocolli - ideale

### Utilizzazione ideale

- F/B tempo di trasmissione di un frame ( $F=H+D$ )
- A/B tempo di trasmissione di un ack
- I tempo di interruzione del servizio e ritardo di propagazione
- $\Rightarrow$  tempo =  $(F/B) + (A/B) + 2I$
- $\Rightarrow$  banda occupata  $B \cdot \text{tempo} = F + A + 2BI$
- D numero di bit trasmessi

$$U = D / (H+D+A+2BI)$$

### Una ritrasmissione richiede

- F+B To bit di capacità

### per R ritrasmissioni la capacità totale usata (ritrasmissioni ed invio)

- $R(F+B To) + (F + A + 2BI)$

### quanto vale R?

Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.9

## Prestazioni dei protocolli - stop and wait 1/2

### Numero medio di ritrasmissioni per frame

- probabilità di trasmissione corretta  $(1-P_d)(1-P_a)$
- probabilità di trasmissione errata  $P=1 - (1-P_d)(1-P_a)$
- probabilità di k ritrasmissioni  $(1-P)P^{k-1}$
- $\Rightarrow$  numero medio di trasmissioni per frame  $1/(1-P)$
- $\Rightarrow$  numero medio di ritrasmissioni  $R = P/(1-P)$

### $\Rightarrow$ utilizzazione

$$U = D / [(P/(1-P))(F+B To) + (F+A+2BI)]$$

### Se il time-out è minimo $To=A/B + 2I$

- $U = D / [(P/(1-P))(F+A+2BI) + (F+A+2BI)]$
- $= D / [(F+A+2BI) [1 + (P/(1-P))]]$
- $= D / [(F+A+2BI) [1/(1-P)]]$
- $= D (1-P) / (F+A+2BI) \quad * F/F$
- $= [D/F] (1-P) 1/[1 + (A+2BI)/F]$  dove  $B To = A + 2BI$

### $\Rightarrow$

$$U = [D / (H+D)] (1-P) / [1 + B To / (H+D)]$$

Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.10

## Prestazioni dei protocolli - stop and wait 2/2

$$U = [D / (H+D)] (1-P) 1 / [1 + B To / (H+D)]$$

perdita per l'header      perdita per l'errore      perdita per il protocollo stop and wait

- Dove la probabilità di frame errato è P

- La probabilità di frame corretto è  $(1-P) = (1-P_d)(1-P_a)$ 
  - $P_a$  probabilità di ack errato,  $P_d$  probabilità di frame errato

### Qual è la relazione fra P e la lunghezza del frame?

- Se ogni bit ha la stessa probabilità di errore E

$$(1-P) = (1-E)^{H+D} (1-E)^H$$

### Si può ricavare un valore ottimale di D (derivata di U rispetto a D)

$$D_{ottimo} \approx \sqrt{(H+B To)/E}$$

Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.11

## Prestazioni dei protocolli a finestra scorrevole - senza errori

- Tuttavia solitamente gli errori si presentano in gruppi (burst)

- Da osservazioni sperimentali una forma  $P_d = k (H+D)^\alpha$

- Per i protocolli a finestra scorrevole, con una finestra di  $W$  assumiamo che gli ack siano trasportati in *piggyback*

### CASO 1 - Assumiamo che non vi siano errori

- $\Rightarrow$   $I=T$  solo il tempo di propagazione

- F/B tempo di trasmissione di un frame
- WF/B tempo di trasmissione del mittente
- F/B + 2I tempo di arrivo del primo ack
- $\Rightarrow$  il mittente continua se  $WF/B \geq F/B + 2I$

### Finestra grande $W \geq 1 + 2BI / F$

$$U = D / (D+H)$$

### Finestra piccola $W < 1 + 2BI / F$

$$U = [D / (D+H)] W / [1 + 2BI / (H+D)]$$

Prestazioni delle reti

S. Balsamo A. A. 2010

R6.12

## Prestazioni dei protocolli a finestra scorrevole - con errori

### CASO 2 - Assumiamo che vi siano errori

- | protocollo *go-back-n*
- | protocollo *selective repeat*

### | protocollo *selective repeat*

- |  $\Rightarrow$   $I=T$  solo il tempo di propagazione
- |  $R=1/(1-P)$  numero medio di ritrasmissioni di frame errati
- |  $P$  probabilità di frame errato
- |  $W / (1-P)$  numero di frame da inviare per riceverne  $W$

| Finestra grande  $W \geq 1 + 2 B I / F$   $U = [D / (D+H)] * (1-P)$

| Finestra piccola  $W < 1 + 2 B I / F \Rightarrow$   
 $U = [D / (D+H)] * (1-P) * W / [1 + 2 B I / (H+D)]$