



Politecnico di Milano

Facoltà di Ingegneria dell'Informazione

Esercizi

Reti Mobili Distribuite

Prof. Antonio Capone



Accesso Multiplo



Esercizio 1

- ☐ a) Si illustri il modello per il calcolo del tempo medio di attesa in coda per sistemi a polling di tipo esaustivo.
- ☐ b) Nel caso di:
 - ☐ tempo di trasmissione pari a 3 ms
 - ☐ tempo di passaggio del token pari a 0.8 ms
 - ☐ traffico $r = 0.7$
 - ☐ numero di stazioni $M=10$
- ☐ si calcolino: 1) il ritardo medio d'attesa in coda; 2) la durata media del ciclo; 3) il numero medio di pacchetti nella coda locale; 4) il numero medio di pacchetti trasmessi per ciclo.



Soluzione 1

□ Per la parte b) si ha:

$$E[W] = \frac{\rho}{2(1-\rho)}T + \frac{M-\rho}{2(1-\rho)}h = 15.9ms$$

$$E[C] = \frac{Mh}{1-\rho} = 26.67ms$$

$$E[N_l] = \frac{\lambda E[W]}{M} = 0.37$$

$$Q_c = \frac{E[C] - Mh}{T} = 6.22$$

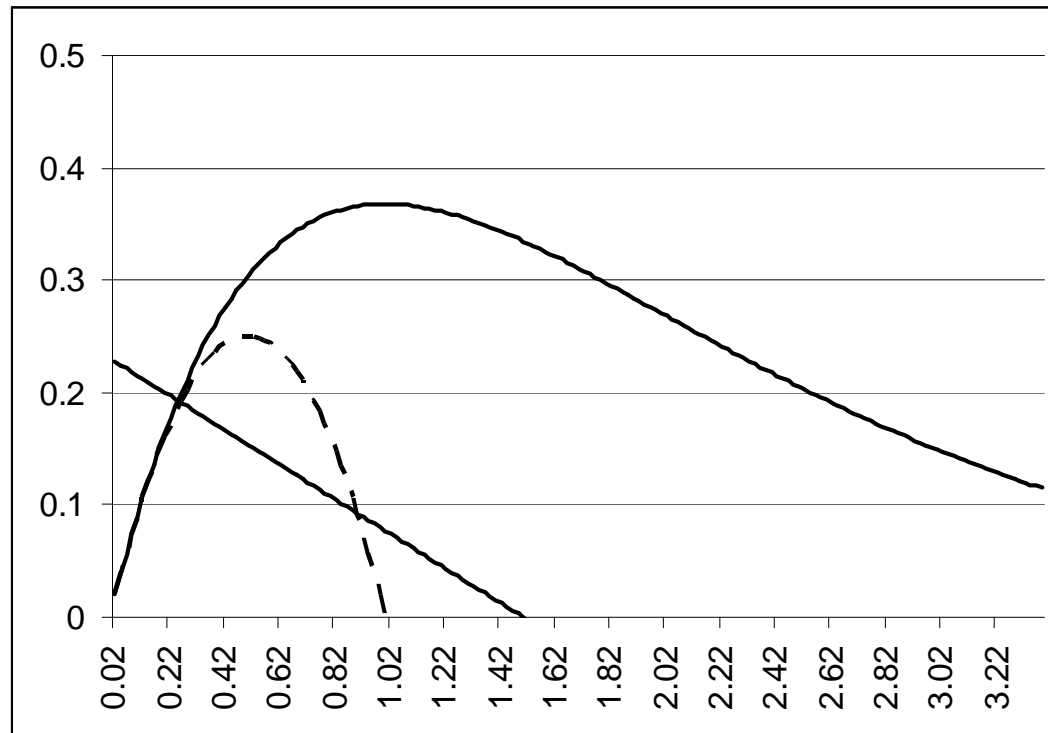


Esercizio 2

- a) Si illustri il modello single buffer di Aloha e si commentino i possibili stati di funzionamento.
- b) Si caratterizzi il comportamento del sistema (numero e tipo degli stati di equilibrio) nel caso di:
 - $M = 50$
 - $a = 0,004$
 - $b = 0,03$
- c) Si stimi il valore del throughput del sistema assumendo i valori numerici del punto precedente (suggerimento: si approssimi la curva del throughput con uno sviluppo in serie di secondo grado).



Soluzione 2



$$s(g) = ge^{-g} \cong g - g^2$$

$$a(g) = M\alpha + (g - M\alpha) \frac{\alpha}{\beta - \alpha}$$

$$s(g) = a(g)$$

$$s \cong 0.19$$

$$g \cong 0.25$$



Esercizio 3

- a) Si illustri il meccanismo di risoluzione delle collisione basato sugli algoritmi ad albero.
- b) Si descriva l'evoluzione del meccanismo, slot per slot, nel caso di 7 stazioni che collidono insieme nello slot 0, ipotizzando che nessun'altra stazione si inserisca durante la risoluzione della collisione e che il generatore di numeri casuali utilizzato da ogni stazione fornisca per ciascuna le seguenti sequenze:

1)	1	0	0	0	1	1	1
2)	1	1	1	1	1	0	0
3)	0	0	0	0	1	1	0
4)	0	0	1	1	0	1	0
5)	0	1	0	0	0	1	1
6)	0	1	1	1	0	0	1
7)	0	1	0	1	0	1	0



Esercizio 3



1	3	3	3	4	5	5	5	7	6	1	1	2
2	4	4			6	7				2		
3	5				7							
4	6											
5	7											
6												
7												

1)	1	0	0	0	1	1	1
2)	1	1	1	1	1	0	0
3)	0	0	0	0	1	1	0
4)	0	0	1	1	0	1	0
5)	0	1	0	0	0	1	1
6)	0	1	1	1	0	0	1
7)	0	1	0	1	0	1	0

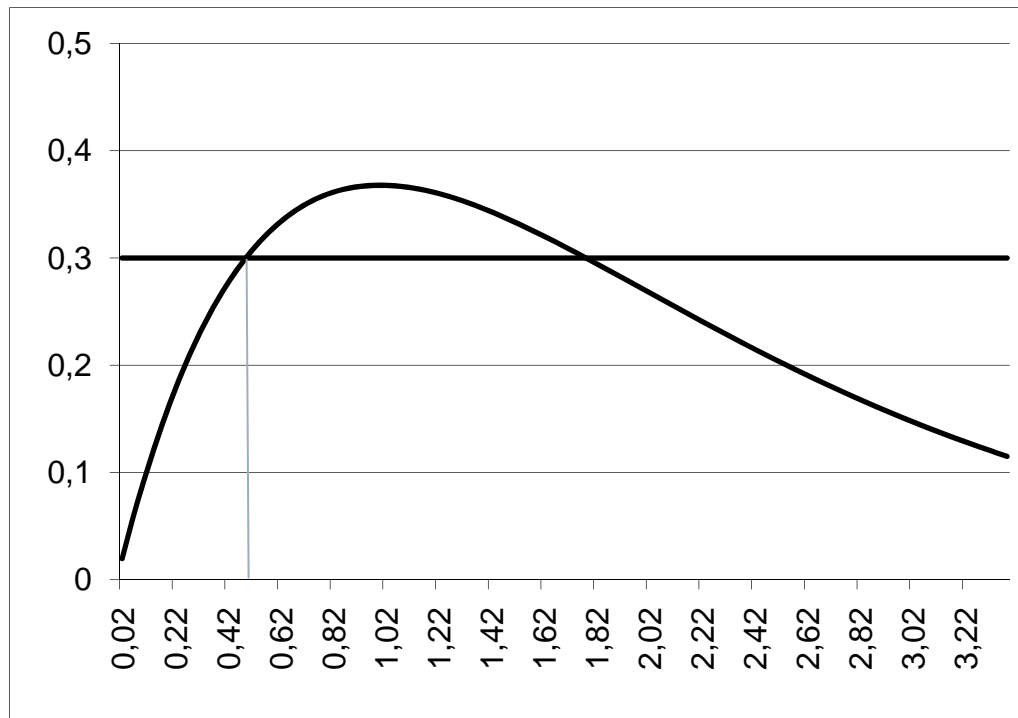


Esercizio 4

- Si illustri il modello single buffer di Aloha e si commentino i possibili stati di funzionamento.
- Si caratterizzi il comportamento del sistema (numero e tipo degli stati di equilibrio) nel caso di:
 - $M = \infty$
 - $M_{\alpha} = 0,3$



Soluzione 4



$$s(g) = ge^{-g}$$

$$a(g) = M\alpha = 0,3$$

$$s(g) = a(g)$$

$$s = 0,3$$

$$g \cong 0.49$$



Esercizio 5

- a) Si illustri il modello per il calcolo del tempo medio di attesa in coda per sistemi a polling di tipo esaustivo.
- b) Nel caso di:
 - tempo di trasmissione pari a 2 ms
 - tempo di passaggio del token pari a 0.5 ms
 - traffico $r = 0.7$
 - numero di stazioni $M=10$
- si calcolino: 1) il ritardo medio d'attesa in coda; 2) la durata media del ciclo; 3) il numero medio di pacchetti nella coda locale; 4) il numero medio di pacchetti trasmessi per ciclo.



Soluzione 5

□ Per la parte b) si ha:

$$E[W] = \frac{\rho}{2(1-\rho)}T + \frac{M-\rho}{2(1-\rho)}h = 10.08ms$$

$$E[C] = \frac{Mh}{1-\rho} = 16.67ms$$

$$E[N_l] = \frac{\lambda E[W]}{M} = 0.35$$

$$Q_c = \frac{E[C] - Mh}{T} = 5.83$$



TCP

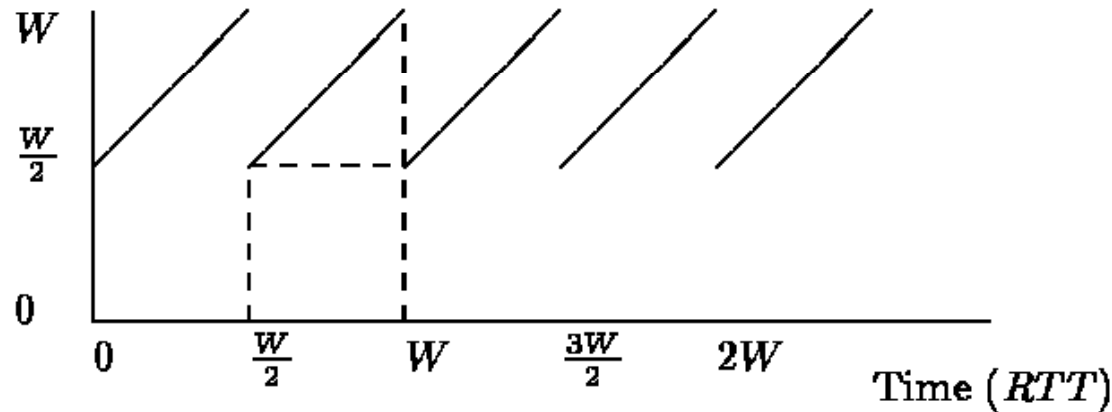


Esercizio 1

- Si descriva il modello per il calcolo del throughput medio per connessioni TCP di tipo long-lived. Si stimi il tempo medio per il trasferimento di un file di 10MB nell'ipotesi che:
 - Le perdite vengano tutte recuperate mediante fast retransmit
 - Le perdite siano solo dovute a congestione
 - La capacità del link che costituisce il collo di bottiglia della connessione è pari a 1 Mb/s
 - Il RTT è pari a 200 ms
 - Il MSS è pari a 1000B



Soluzione 1



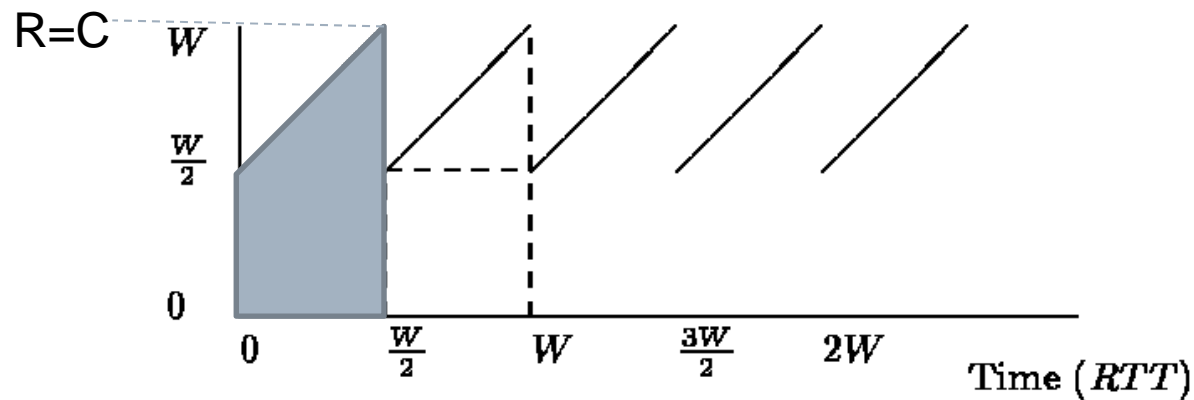
- ❑ In questo caso non è indicata una probabilità di perdita dei segmenti ma la capacità del collo di bottiglia del collegamento
- ❑ Quindi le perdite si hanno quando il rate di trasmissione raggiunge la capacità:

$$C = \frac{W \cdot MSS}{RTT}$$



Soluzione 1

- Il rate medio si può ottenere sostituendo W ricavato dalla formula nell'espressione del rate fornita dal modello per connessioni long-lived
- Oppure osservando la figura e notando che:



$$R = \frac{3}{4} C = 7,5 \text{ Mb/s}$$



Soluzione 1

□ E quindi

$$t = \frac{80 \text{ Mb}}{7,5 \text{ Mb / s}} = 10,67 \text{ s}$$



Esercizio 2

- Si descriva il modello per il calcolo del throughput medio per connessioni TCP di tipo short-lived. Si stimi il tempo medio per il trasferimento di un file di 30KB nell'ipotesi che:
 - La probabilità di perdita è pari a 2×10^{-2}
 - Il RTT è pari a 200 ms
 - Il timeout iniziale è pari a 2s
 - Il MSS è pari a 1000B



Soluzione 2

□ Si ha:

30 segmenti

$$l = 30 \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,6 \text{ segmenti persi}$$

$$Q(p) = \min \left(1; \frac{3}{\sqrt{\frac{3}{8pb}}} \right) = 0,7$$

$$u = l \cdot Q(p) \cdot (1 - p) = 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,98 = 0,41$$



Soluzione 2

□ continua:

$$t_{RTO} = u \cdot t_u = 0,41 \cdot 2 = 0,82 \text{ s} \quad \text{con } t_u \cong t_0$$

$$e = \frac{30 + 0,6}{u + 1} = 21,7$$

$$t_{xfer} = \log_2 \left(\frac{e}{w_0} + 1 \right) (u + 1) RTT = 1,27 \text{ s}$$

$$t_{tot} = 1,27 + 0,82 + 0,2 = 2,29 \text{ s}$$



Esercizio 3

- a) Si descriva il modello per il calcolo del throughput medio per connessioni TCP di tipo long-lived in presenza di errori sul canale wireless.
- b) Si stimi il tempo medio per il trasferimento di un file di $D=5\text{MB}$ nell'ipotesi che:
 - Le perdite vengano tutte recuperate mediante fast retransmit
 - La probabilità di perdita è pari a 8×10^{-3}
 - Il RTT è pari a 300 ms
 - Il MSS è pari a 1000B
 - La capacità del canale è pari a 2 Mb/s
 - Si usi una politica di delayed ack
 - c) Cosa cambia se il numero di connessioni TCP contemporanee è pari a 2? E nel caso in cui sono 10?



Soluzione 3

- Per la parte b) si ha:

$$R = \frac{MSS}{RTT} \frac{C}{\sqrt{p}} = 258 Kb / s$$

$$C = \sqrt{3/4}$$

$$t_{xfer} = \frac{D}{R} \cong 155,04 s$$

- Per la parte c) Nel caso in cui le connessioni siano 2 la stima del throughput continua a valere in quanto la capacità del link è significativamente più alta. Nel caso in cui le connessioni siano 10 la stima non è più valida.



Esercizio 4

- ☐ Si descriva il modello per il calcolo del throughput medio per connessioni TCP di tipo short-lived.
- ☐ Si calcoli fino a che dimensione del file si può considerare la connessione di tipo short-lived nell'ipotesi che:
 - Il RTT è pari a 250 ms
 - Il MSS è pari a 512B
 - La capacità del canale è pari a 4194,304 Kb/s
- ☐ Si stimi il tempo medio per il trasferimento di un file di 100 KB nell'ipotesi che:
 - La probabilità di perdita è pari a 5×10^{-2}
 - Il timeout iniziale è pari a 300 ms
- ☐



Soluzione 4

- b) La connessione rimane in slow start (short lived) fino a che la velocità di trasmissione è inferiore alla banda disponibile:

$$\frac{cwnd}{RTT} = B$$

- Dove

$$B = \frac{C}{MSS}$$



Soluzione 4

□ Si ha:

$$cwnd = B \cdot RTT$$

$$2^{i-1} = B \cdot RTT$$

$$i = \log_2(B \cdot RTT) + 1 = 9$$

□ La quantità di dati inviati è pari a:

$$data = (2^i - 1)MSS = 261,632KB$$



Soluzione 4

□ c)

data = 200 segmenti

$$l = \frac{data \cdot p}{1 - p} = 10.53 \text{ segmenti errati}$$

$$Q(p) = \min \left(1, \frac{3}{\sqrt{\frac{8}{3bp}}} \right) = 0.41 \quad \text{prob. che una perdita porti a RTO}$$



Soluzione 4

$$l = lQ(p) = 4.32 \quad \text{num di RTO}$$

$$u = lQ(p)(1 - p) = 4.11 \quad \text{num di gruppi di RTO}$$

$$t_u = \frac{1 + p + 2p^2 + 4p^3 + 8p^4 + 16p^5 + 32p^6}{1 - p} T_0 = 333.3 \text{ ms}$$

$$t_{RTO} = uT_u = 1369.3 \text{ ms}$$



Soluzione 4

$$v = u + 1 = 5.11 \quad \text{num. di rampe}$$

$$e = \frac{data + l}{v} = 41.2 \quad \text{Segmenti per rampa}$$

$$t_{xfer} = t_{RTO} + t_{xfer} + RTT = 2960 \text{ ms}$$



Quesiti



Quesito

- Si illustri in dettaglio il funzionamento del meccanismo di accesso multiplo utilizzato nella funzione DCF di 802.11 indicando inoltre
 - a) cosa indica la *RTSThreshold* e perché viene introdotta,
 - b) come avviene la trasmissione di trame broadcast,
 - c) in che modo viene evitato il problema dell'hidden terminal e in cosa consiste il problema del exposed terminal,
 - d) dato un grafo orientato $G(N, V)$ che rappresenta la topologia della rete e una trasmissione (i, j) quali trasmissioni blocca il meccanismo del carrier sense virtuale e tra queste quali potrebbero essere effettuate senza causare collisioni,
 - e) per quale motivo oltre al carrier sense virtuale viene comunque mantenuto il carrier sense fisico.



Quesito

- Si illustri in dettaglio il funzionamento del meccanismo di accesso multiplo utilizzato nella funzione HCF di 802.11e illustrando:
 - a) il funzionamento della modalità di accesso EDCA;
 - b) il funzionamento del meccanismo HCCA;
 - c) per quale motivo la modalità HCF risolve i problemi che impediscono a PCF di offrire servizi con garanzia di qualità;
 - d) perché le classi di EDCA sono considerate priorità statistiche e come si potrebbero definire priorità deterministiche;
 - e) come si selezionano i pacchetti da trasmettere nel caso in cui in una stazione sia presenti contemporaneamente code di diverse classi EDCA;
 - f) a cosa serve il Direct Link Protocol (DLP).



Quesito

- Si illustri in dettaglio il meccanismo di formazione di una piconet Bluetooth e il meccanismo di accesso multiplo che viene utilizzato dopo che la piconet è stata creata. Si indichi inoltre:
 - a) per quale motivo la procedura di *page* prevede un elevato consumo energetico per il dispositivo in *page* e uno bassissimo per quello in *scan*,
 - b) quanto può durare la procedura nel caso peggiore,
 - c) per quale motivo nella risposta al *inquiry* viene inviato un pacchetto di FHS,
 - d) se alla procedura di *inquiry* segue immediatamente una di *page* questa quanto tempo può durare,
 - e) come viene gestito il frequency hopping se si trasmettono pacchetti multi-slot.



Quesito

- Si illustri il concetto di scatternet definito per le reti Bluetooth. Si illustrino inoltre i possibili stati a basso consumo energetico di un terminale Bluetooth e le possibili relazioni con la gestione delle scatternet.



Quesito

- Si illustri in il funzionamento della e tecnologia e dei protocolli ZigBee illustrando:
 - a) le topologie di rete possibili;
 - b) la differenza tra FFD e RFD anche in relazione alle topologie di rete;
 - c) l'accesso al mezzo di tipo beacon-enabled;
 - d) l'accesso al mezzo non beacon enabled;
 - e) il meccanismo di routing di tipo cluster tree;
 - f) il meccanismo di routing di tipo reattivo e la sua integrazione con quello cluster tree.



Quesito

- Con riferimento alla tecnologia wireless IEEE 802.16 si illustrino
 - a) le possibili architetture di rete,
 - b) il meccanismo di accesso al canale utilizzato dal livello MAC,
 - c) le modalità di segnalazione per la richiesta di banda,
 - d) la funzione del uplink map,
 - e) la funzione del down link map,
 - f) le classi di schedulino predefinite,
 - g) le differenze tra la versione OFDM e la versione OFDMA.



Quesito

- Si illustri il livello MAC di WiMax nella versione OFDM per reti punto-multipunto. Si illustri il meccanismo di prenotazione delle risorse relativo alla modalità mesh centralizzata e distribuita.



Quesito

- ☐ a) Si descriva nel dettaglio il meccanismo di stabilizzazione dell'Aloha basato sulla probabilità di accesso al canale (b) illustrando l'algoritmo eseguito da ogni stazione per il calcolo della probabilità d'accesso.
- ☐ b) Si illustrino metodi di stabilizzazione alternativi.



Quesito

- Si illustrino in dettaglio i possibili approcci allo scheduling centralizzato per reti di accesso wireless illustrando inoltre:
 - a) le differenze fondamentali rispetto a schemi tradizionali per collegamenti punto-punto;
 - b) i meccanismi di fair-queuing wireless basati sullo stato del canale per sistemi a divisione di tempo (commentare le ipotesi su cui si basano);
 - c) i possibili meccanismi di scheduling nel caso di rate di trasmissione adattativo.



Quesito

- Si illustrino le caratteristiche dei protocolli di instradamento per reti ad hoc di tipo reattivo DSR e AODV e le loro differenze rispetto alla gestione delle rotte e al meccanismo di caching.



Quesito

- Si illustrino le caratteristiche fondamentali che differenziano i protocolli di instradamento per reti ad hoc di tipo proattivo, reattivo e geografico.



Quesito

- Si illustri il protocollo Mobile IP e si discutano gli ambiti di applicabilità anche in relazione ad approcci alternativi alla gestione della mobilità.



Quesito

- a) Si illustrino le caratteristiche dei protocolli di routing di tipo geografico per reti ad hoc e le si confrontino con quelle dei protocolli proattivi e reattivi.
- b) Si illustri il funzionamento del protocollo GPSR nella parte di inoltra greedy e in quella di superamento di minimi locali.



Quesito

- Si illustrino le caratteristiche principali dei protocolli di instradamento di tipo *data centric* per reti di sensori e le caratteristiche di un protocollo d'esempio a scelta.