

---

# Internet e Reti di Comunicazione

Prof. Stefano Bregni

I Appello d'Esame – 13 luglio 2011

Cognome e nome:

(stampatello)  
(firma leggibile)

Matricola:

**NB1:** In ogni esercizio, ogni risposta non giustificata adeguatamente, anche con pochissime parole, avrà valore nullo (esempi di risposte non accettabili: SI, NO,  $T=5.43$ ). **NB2:** leggere le domande prima di rispondere!

## Domanda 1

(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (6 punti)

In una connessione TCP è trasferito un file lungo 310 kbyte da a partire dal tempo  $t = 0$ . Si assuma che:

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 2 kbyte;
- Round Trip Time (RTT) = 500 ms, costante durante tutto il trasferimento;
- valore base TIMEOUT = 2·RTT; nel caso di TIMEOUT scaduti consecutivamente, secondo Karn TIMEOUT = 4·RTT dopo 1 pacchetto non riscontrato, TIMEOUT = 8·RTT dopo 2 pacchetti consecutivi non riscontrati, TIMEOUT = 16·RTT dopo 3 o più pacchetti consecutivi non riscontrati;
- Ssthresh( $t = 0$ ) = 32 kbyte;
- RCVWND( $t = 0$ ) = 40 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
  - RCVWND( $t = 6.0$  s) = 8 kbyte;
  - RCVWND( $t = 8.5$  s) = 40 kbyte;
- CWND( $t = 0$ ) = 2 kbyte;
- il trasferimento dei pacchetti in rete avviene senza errori o perdite; la capacità di trasmissione è abbastanza grande da rendere il tempo di trasmissione dei pacchetti trascurabile rispetto a RTT;
- il ricevitore riscontra immediatamente i segmenti ricevuti;
- la rete va fuori servizio negli intervalli di tempo aperti  $t = (3.0 \text{ s}, 3.5 \text{ s})$ ,  $t = (7.5 \text{ s}, 8.0 \text{ s})$ ,  $t = (12.0 \text{ s}, 12.5 \text{ s})$ ,  $t = (17.0 \text{ s}, 17.5 \text{ s})$ ,  $t = (19.0 \text{ s}, 25.0 \text{ s})$ ;
- vengono trasmessi segmenti di lunghezza MSS; se SNDWND non è multiplo intero di MSS, si arrotondi il numero di segmenti trasmessi all'intero più vicino;
- la procedura di *congestion avoidance* abbia luogo per  $\text{CWND} \geq \text{Ssthresh}$ .

Si tracci sul foglio allegato l'andamento nel tempo di CWND e SNDWND usando la notazione specificata in legenda. Si determinino in particolare:

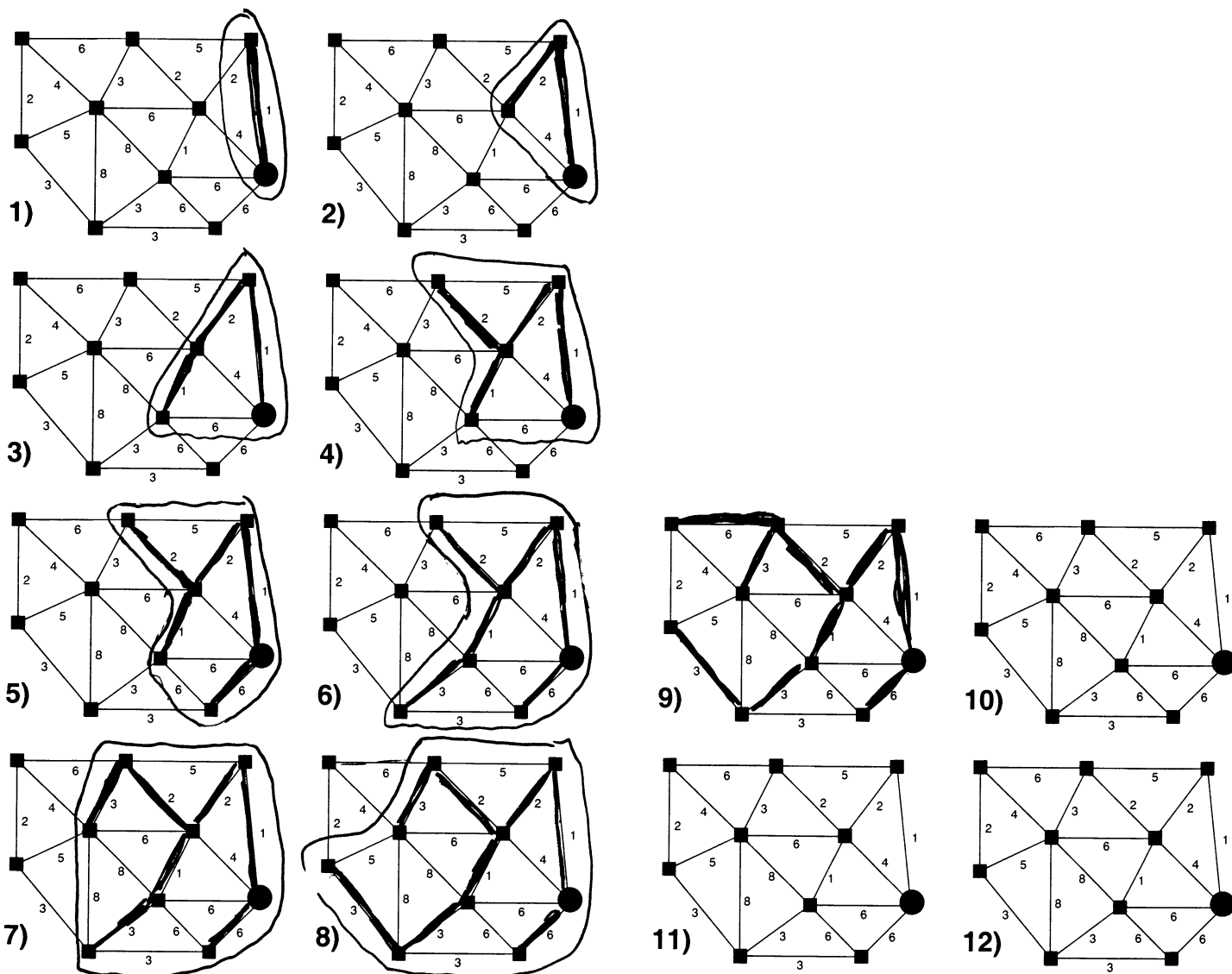
- il tempo totale di trasferimento del file  $T_{\text{END}}$  [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND (anche per  $t = T_{\text{END}}$ );
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se ne vengono ricevuti gli ACK o no;
- i valori assunti da Ssthresh durante il trasferimento.

**Domanda 2**

(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (5 punti)

1) Cos'è e a cosa serve l'algoritmo di Dijkstra?

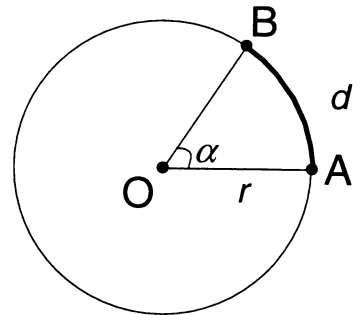
2) Applicare l'algoritmo di Dijkstra alla rete rappresentata nel grafo in figura (costo dei collegamenti indicato dal numero a fianco di ognuno), partendo dal nodo indicato con il pallino, aggiungendo un ramo ad ogni passo (contrassegnare, possibilmente con una biro colorata, sia il ramo che il nodo che si aggiungono).



**Domanda 3**

(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (6 punti)

Un sensore B sul bordo di una vasca circolare di raggio  $r = 150$  m trasmette dati alla base A, attraverso un sistema di trasmissione via fibra ottica lungo l'arco AB che fornisce un canale libero da errori, eccetto quando diversamente indicato, di capacità  $C = 1$  Gbit/s. A e B si trovano su una circonferenza di centro O, come rappresentato in figura. Sia  $\alpha$  l'angolo formato da OB e OA.



Il protocollo di livello 2, che controlla la trasmissione delle trame su questo collegamento, sia così caratterizzato:

- pacchetti dati di dimensione fissa  $L_D$ , consistenti in 60 byte di carico utile e 20 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa  $L_A = 20$  byte;
- tempo di elaborazione pacchetto dati da parte della stazione ricevente (tempo che intercorre tra la ricezione di un pacchetto dati e la trasmissione dell'ACK) trascurabile;
- tempo di elaborazione pacchetto ACK da parte della stazione ricevente (tempo che intercorre tra la ricezione di un pacchetto ACK e la trasmissione del pacchetto dati successivo) trascurabile.

Il protocollo sia di tipo *go-back-N*, con soli riscontri positivi (ACK), con dimensione della finestra di trasmissione pari a  $W = 5$  pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione  $TO = 5 \mu s$  (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del  $TO$  senza che sia ricevuto l'ACK; se il  $TO$  scade durante la trasmissione di un pacchetto, la trasmissione viene interrotta per ritrasmettere il pacchetto perso).

a) Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento di una quantità infinita di dati per  $\alpha = 0^\circ$  e per  $\alpha = 180^\circ$ . (3 punti)

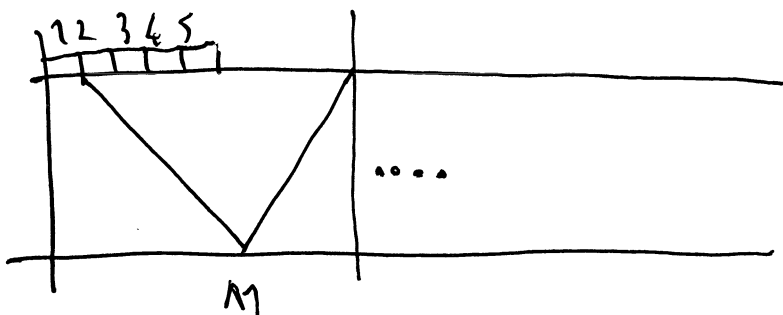
$$\alpha = 0 \quad d = 0 \quad T_{\text{TR}} = C = 1 \text{ Gbit/s}$$

$$T_A = 160 \text{ ns}$$

$$\alpha = 180^\circ \quad d = \pi r \quad T = \frac{\pi r}{v} = 2.356 \mu s$$

$$T_D = 640 \text{ ns}$$

$$2T + T_A \approx 7.6 T_D \Rightarrow T_{\text{X}} \text{ dominante.}$$



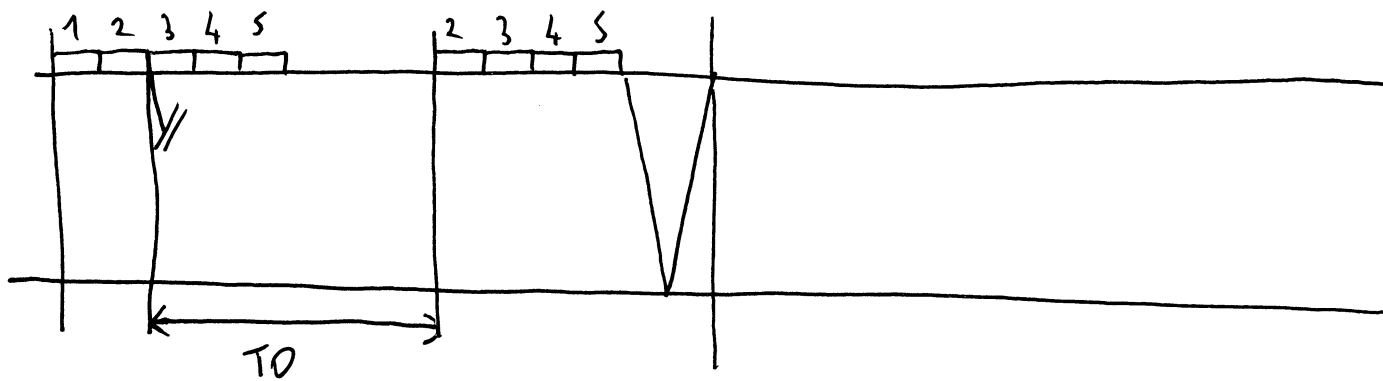
$$T_{\text{TR}} = \frac{5 L_D}{2T + T_A + T_D} = 580.51 \text{ nbit/s}$$

- b) Si calcoli il tempo di trasferimento da B ad A di un segmento di dati di lunghezza 250 byte (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto dati al termine della ricezione dell'ultimo ACK), per  $\alpha = 20^\circ$ , nel caso in cui il secondo pacchetto trasmesso da B non venga ricevuto correttamente da A. (3 punti)

$$N = \left\lceil \frac{250}{60} \right\rceil = 5 \text{ pacchetti} \quad d = r\alpha = 52,36 \text{ m} \quad \tau = \frac{d}{v} = 261,8 \text{ ns}$$

$$2\tau + T_A \cong T_0 \rightarrow \text{Tx cont.}$$

$< T_0 \rightarrow T_0$  tempo attesa

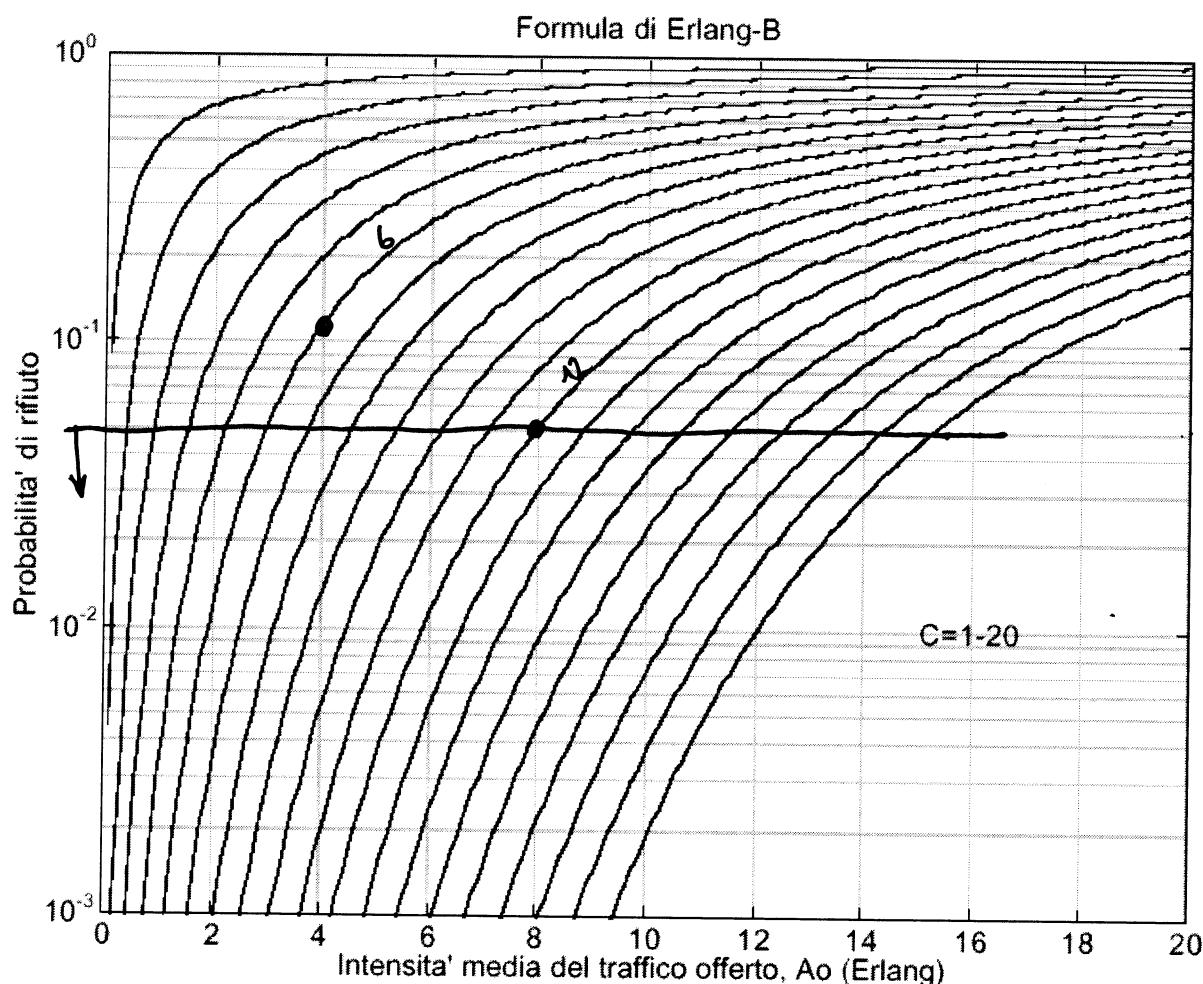


$$T_{\text{tot}} = 6T_0 + T_0 + 2\tau + T_A = 9.523 \mu\text{s}$$

**Domanda 4**

(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (4 punti)

120 persone dotate di telefono cellulare chiamano o tentano di chiamare mediamente ogni  $T$  ore, a intervalli casuali in istanti di Poisson. La durata media delle chiamate è 3 minuti. I telefoni sono agganciati a una stazione radio base collegata alla rete attraverso un fascio di 12 linee. Per valutare la probabilità di rifiuto delle chiamate, si usi la distribuzione Erlang-B  $E_{1,m}(A_0)$  rappresentata nel grafico sottostante.



- a) Ogni quanto tempo  $T$  possono chiamare gli utenti, mediamente, affinché la probabilità che essi non trovino una linea libera sia inferiore a 0.05? Si ricavi un valore approssimato dal grafico allegato della distribuzione Erlang-B e (specificare per  $T > \dots$  oppure  $T < \dots$ )

$$A_0 < 0.05 \quad 120 \cdot \frac{3'}{T} < 0.05 \rightarrow T > 45'$$

- b) Quanto vale la probabilità che gli utenti non trovino una linea libera se dimezzo il numero di linee e raddoppio il tempo  $T$ ?

$$N=6 \quad A_0 = 4 \text{ Erl} \rightarrow P \approx 0.12$$

**Domanda 5**

(rispondere su questo foglio negli spazi assegnati) (15 punti)

(NB: ogni risposta non giustificata adeguatamente, anche con pochissime parole, avrà valore nullo).

- 1) Un pacchetto IP parte da un host S e arriva all'host destinazione D dopo avere attraversato 4 router R1, R2, R3, R4. I due host sono collegati rispettivamente ai router R1 e R4 attraverso reti LAN. (3 punti)

- L'host S deve conoscere l'indirizzo MAC di D?

*no*

- I router intermedi?

*solo l'ultimo*

- L'host D riceve l'indirizzo MAC di S?

*no*

- L'host D riceve l'indirizzo MAC di R4?

*sì*

- L'host D riceve l'indirizzo IP di S?

*sì*

- L'host D riceve l'indirizzo IP di R4?

*no*

- 2) 16 segnali numerici con frequenza di cifra  $f_i = 2.048$  Mbit/s sono multiplati in modo sincrono a interallacciamento di byte. La trama di multiplo è composta da 4 byte di overhead e  $M$  byte di tributario. Quanto deve valere  $M$ , affinché la frequenza di cifra  $f_m$  del multiplo sia non superiore a 35 Mbit/s? (3 punti)

$$16 \cdot f_i = f_m \frac{n}{4+n} \quad f_m = \frac{4+n}{n} \cdot 16 \cdot 2.048 \text{ Mbit/s}$$

$$f_m \leq 35 \text{ Mbit/s per } n \geq 59 \text{ byte}$$

- 3) Descrivere le procedure di *slow start* e *congestion avoidance* nel TCP, precisando le regole e quando vengono applicate. (3 punti)

4) Illustrare le funzioni e modalità di impiego di BGP.

*(4 punti)*

- 
- 5) Si consideri una coda M/M/1. Il tempo medio di permanenza dei pacchetti nel sistema (attesa nel buffer più il tempo di trasmissione in linea) è dato da  $E[T] = (1/\mu)/(1-\rho)$ . La lunghezza media dei pacchetti è  $L$ . La linea ha capacità  $C = 100$  Mbit/s. Il ritardo medio  $E[T]$  vale 10 ms, quando il ritmo medio di arrivo dei pacchetti è 5000 al secondo. Si calcoli la lunghezza media dei pacchetti.

*(2 punti)*

$$\mu = \frac{C}{L} \quad \lambda = 5000 \text{ p/s}$$

$$\frac{1/\mu}{1-\lambda/\mu} = 10 \text{ ms} \quad \frac{1}{\mu-\lambda} = 10 \text{ ms} \quad \frac{L}{C-\lambda L} = 10 \text{ ms}$$

$$L = \frac{C \cdot 10 \text{ ms}}{1 + \lambda \cdot 10 \text{ ms}} = 19.607,8 \text{ bit} = 2457 \text{ byte}$$

Cognome e nome:

Matr.

Firma:

$N=155$

