

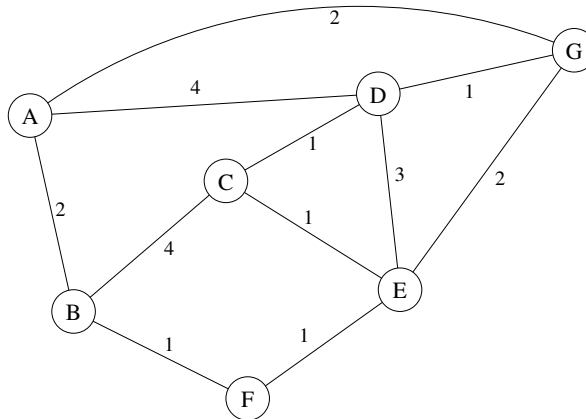
Corso di Reti di Calcolatori  
**Soluzione della prova scritta**

Mauro Brunato, Elio Salvadori

Martedì 6 settembre 2005

**Esercizio 1**

Considerare la seguente rete, dove i numeri accanto agli archi rappresentano i costi:



**1.1)** Applicare l'algoritmo di Dijkstra per determinare gli alberi dei cammini minimi a partire da A e da E (riportare sul foglio una traccia dell'esecuzione).

**1.2)** A partire dagli alberi così trovati, indicare le tabelle di instradamento dei nodi A ed E comprendenti le colonne *destinazione*, *next hop* e *costo*.

**1.3)** Supponendo che nella rete sia in funzione un algoritmo di tipo Distance Vector, scrivere le tabelle di instradamento dei nodi A ed E risultanti dalle seguenti ipotesi:

1. all'inizio, ogni nodo conosce soltanto i percorsi per i primi vicini;
2. a turno, in ordine alfabetico, ogni nodo invia una e una sola volta la propria tabella di instradamento ai suoi primi vicini.

**Soluzione** —

**1.1) 1.2)** Applicazione dell'algoritmo di Dijkstra a partire dai nodi A ed E: i numeri sono i costi temporanei dei nodi.

A partire dal nodo A:

A0	B2	D4	G2
B2	D4	G2	C6
G2	D3	C6	F3
D3	C4	F3	E4
F3	C4	E4	
C4	E4		
E5			

Destinazione	Next hop	Costo
B	B	2
C	G	4
D	G	3
E	B	4
F	B	3
G	G	2

A partire dal nodo E:

E0	C1	D3	F1	G2
F1	C1	D3	G2	B2
C1	D2	G2	B2	
D2	G2	B2	A6	
G2	B2	A4		
B2	A4			
A4				

Destinazione	Next hop	Costo
A	G	4
B	F	2
C	C	1
D	C	2
F	F	1
G	G	2

1.3) Si veda la seguente tabella, creata con le seguenti notazioni: di ogni nodo (riga) è riportata l'evoluzione della tabella di instradamento, a partire dalla tabella iniziale, a seguito dei turni di spedizione dei messaggi da parte dei vari nodi (colonna). Sono riportate soltanto le modifiche rilevanti, ovvero tutte quelle che riguardano i nodi A ed E (richiesti dall'esercizio) e i nodi che devono ancora trasmettere la propria tabella. Per esempio, la casella riguardante l'aggiornamento del nodo B da parte del nodo C è contrassegnata come "Non Rilevante" (N.R.) in quanto le eventuali modifiche alla tabella di B non hanno ripercussioni sulla soluzione dell'esercizio (B non trasmetterà mai più la propria tabella). Sono indicate in grassetto le modifiche alla tabella precedente.

Nodo	Iniziale	A	B	C	D	E	F	G
A	<b>BB2</b> <b>DD4</b> <b>GG2</b>		BB2 <b>CB6</b> DD4 <b>FB3</b> GG2		BB2 <b>CD5</b> DD4 <b>ED6</b> FB3 GG2			BB2 <b>CG4</b> <b>DG3</b> <b>EG4</b> FB3 GG2
B	<b>AA2</b> <b>CC4</b> <b>FF1</b>	AA2 CC4 <b>DA6</b> FF1 <b>GA4</b>		N.R.			N.R.	
C	<b>BB4</b> <b>DD1</b> <b>EE1</b>		<b>AB6</b> BB4 DD1 EE1 <b>FB5</b> <b>GB8</b>		N.R.	N.R.		
D	<b>AA4</b> <b>CC1</b> <b>EE3</b> <b>GG1</b>	AA4 <b>BA6</b> CC1 EE3 GG1		AA4 <b>BC5</b> CC1 <b>EC2</b> <b>FC6</b> GG1		N.R.		N.R.
E	<b>CC1</b> <b>DD3</b> <b>FF1</b> <b>GG2</b>			<b>AC7</b> <b>BC5</b> CC1 <b>DC2</b> FF1 GG2	<b>AD6</b> BC5 CC1 DC2 FF1 GG2		<b>AF4</b> <b>BF2</b> CC1 DC2 FF1 GG2	N.A.
F	<b>BB1</b> <b>EE1</b>		<b>AB3</b> BB1 <b>CB5</b> <b>DB7</b> EE1 <b>GB5</b>			AB3 BB1 <b>CE2</b> <b>DE3</b> EE1 <b>GE3</b>		
G	<b>AA2</b> <b>DD1</b> <b>EE2</b>	AA2 <b>BA4</b> DD1 EE2			AA2 BA4 <b>CD2</b> DD1 EE2 <b>FD7</b>	AA2 BA4 CD2 DD1 EE2 <b>FE3</b>		

Si noti che le tabelle finali di A ed E realizzano i percorsi minimi (il fatto non era scontato).

### Esercizio 2

Discutere la distinzione fra le reti a commutazione di circuito e le reti a commutazione di pacchetto; presentare qualche esempio di un tipo e dell'altro e spiegare quali criteri si possono usare per decidere il tipo migliore per una data applicazione.

**Soluzione** — Vedere il libro e gli appunti.

### Esercizio 3

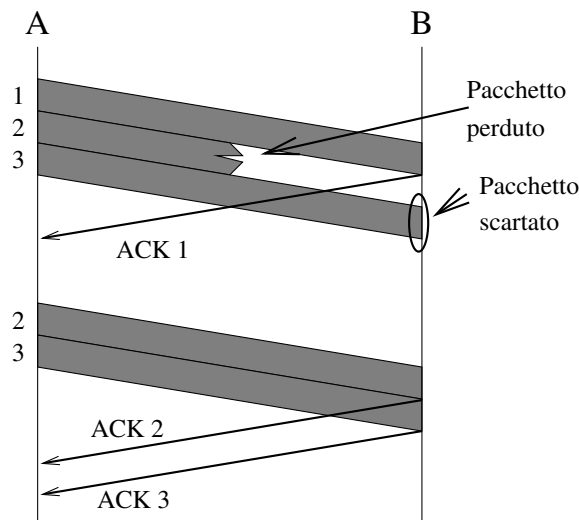
Due macchine, A e B, sono collegate da una rete con velocità di trasmissione pari a 80Mbps (megabit al secondo) e latenza costante pari a 1ms. La macchina A deve trasmettere alla macchina B un file da 10kB (kilobytes) spezzettato in segmenti aventi un carico utile di 1kB. Si considerino trascurabili le dimensioni degli ACK e le intestazioni dei pacchetti dati.

3.1) Calcolare il tempo di trasferimento del file nei seguenti casi:

1. Protocollo Stop&Wait;
2. Protocollo TCP con CWND pari a 4, finestra del ricevente illimitata e connessione già avvenuta.

3.2) Si supponga ora che la rete di trasmissione da A a B perda un pacchetto dati ogni cinque (vengono persi il quinto, il decimo, il quindicesimo pacchetto e così via), mentre i pacchetti di controllo (ACK) non vengono mai persi. Calcolare il tempo di trasferimento nei seguenti casi:

1. Protocollo Stop&Wait con RTO (timeout di ritrasmissione) pari a 10ms;
2. Protocollo TCP con CWND iniziale pari a 4, finestra del ricevente illimitata, connessione già avvenuta e RTO pari a 10ms. Si ipotizzi inoltre, per semplificare il protocollo, che il ricevente non consideri ricevuto un pacchetto se non è quello atteso, ad esempio:



Dal momento che il pacchetto 2 è perduto, B non considera validi i pacchetti successivi e smette di inviare ACK; riprenderà soltanto quando il pacchetto 2 sarà ricevuto correttamente, e in tal caso si aspetterà di ricevere tutti i pacchetti successivi, anche se erano già stati consegnati.

In entrambi i casi, si consideri la trasmissione terminata solo quando è stato ricevuto l'ultimo ACK.

**Soluzione** — Anche per quest'esercizio, le soluzioni possono essere molteplici, a seconda delle ipotesi sul comportamento del protocollo TCP. In particolare, l'esercizio non richiede di considerare i parametri come la soglia di linearità, e nemmeno di considerare l'evoluzione di CWND: la scelta di mantenere costante CWND in caso di errori, per quanto non realistica, sarebbe stata accettata.

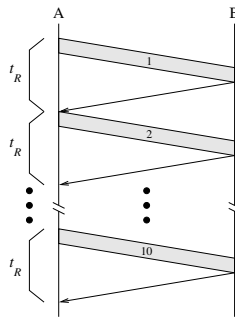
Trattandosi di un file da 10kB da spedire in segmenti da 1kB, sono necessari 10 segmenti. Il tempo di immissione di un pacchetto nella rete, visto che possiamo trascurare le intestazioni, è dato dalla dimensione del pacchetto divisa per la velocità della rete:

$$t_P = \frac{\text{dimensione pacchetto}}{\text{velocità rete}} = \frac{1\text{kB}}{10\text{MB} \cdot \text{s}^{-1}} = 0.1\text{ms}.$$

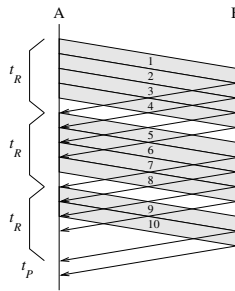
Il tempo totale dall'inizio della trasmissione di un pacchetto alla ricezione dell'ACK relativo è quindi

$$t_R = t_P + 2 \cdot \text{latenza} = 2.1\text{ms}.$$

3.1) Nel primo caso, ciascun pacchetto viene spedito alla ricezione dell'ACK precedente, come mostrato in figura (i tempi di trasmissione e di propagazione non sono in scala):

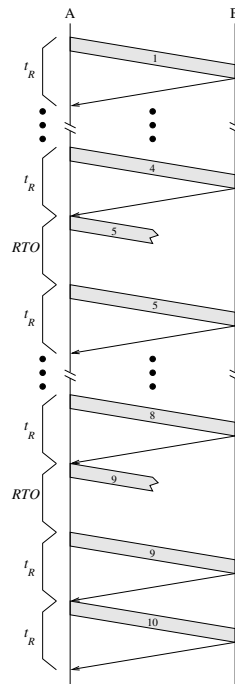


Il tempo totale è dunque  $10t_R = 21\text{ms}$ . Per TCP, il diagramma completo è il seguente:

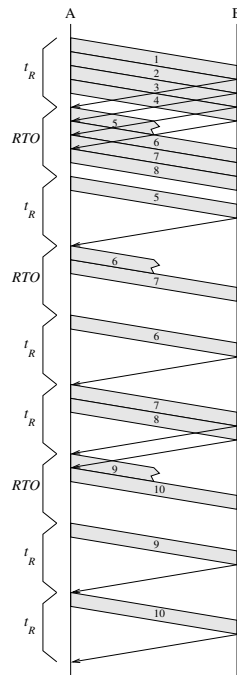


da cui si evince che il tempo totale di trasmissione del file è pari a  $3t_R + t_P = 6.4\text{ms}$ . Si noti che si è ipotizzato che CWND non cresca ulteriormente dopo i successi dei primi ACK. Nel caso in cui CWND vari, ovviamente, i pacchetti 9 e 10 sono trasmessi subito dopo e il tempo di trasmissione si riduce.

**3.2)** In caso di errore ogni cinque pacchetti (a cominciare dal quinto), la temporizzazione di Stop&Wait si complica nel seguente modo:



Il tempo di trasmissione complessivo cresce fino a  $10t_R + 2RTO = 41\text{ms}$ . Il caso di TCP è naturalmente il più complesso. Nell'ipotesi che CWND non cresca mai oltre il valore di 4 e ripiombi a 1 dopo un errore, la temporizzazione è la seguente:



da cui si ricava il tempo totale di trasmissione  $6t_R + 3RTO = 42.6\text{ms}$ .