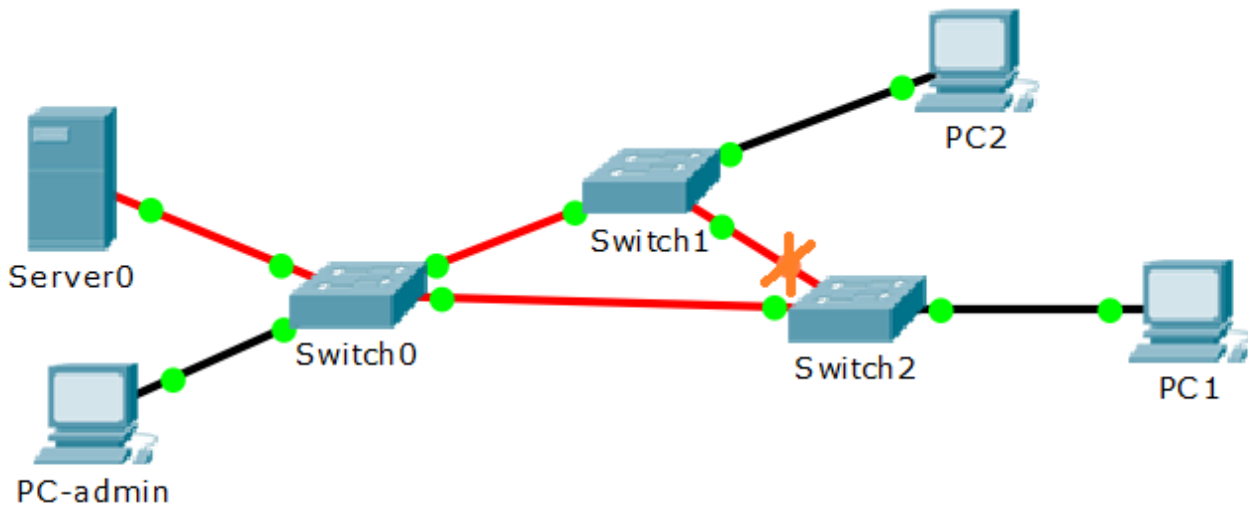


In una rete locale in cui si adotta la suite TCP/IP e la tecnologia Gigabit Ethernet, cablata in modo conforme agli standard, sono presenti 3 switch collegati come mostrato in figura.



Le caratteristiche salienti della rete sono le seguenti:

- I collegamenti fra i computer e gli switch hanno la massima lunghezza prevista dagli standard, mentre i collegamenti fra gli switch sono lunghi 200 m ciascuno. La velocità di propagazione sui mezzi trasmissivi è pari a $2,1E+8$ m/s. Gli switch operano in modalità *store and forward*.
- Si impiega un protocollo di applicazione per trasferire file con correzione d'errore per ritrasmissione e controllo di flusso con metodo *stop and wait*.
- Il protocollo di applicazione opera formando delle 7-PDU (Protocol Data Unit dello strato 7 OSI) caratterizzate da un Header di 2 B. La conferma di corretta ricezione (ACK) viene trasferita in una 7-PDU avente lunghezza totale pari a 4 B.
- Il protocollo di applicazione utilizza il servizio di trasporto offerto da un protocollo dello strato 4 che opera in modalità connectionless ed è caratterizzato da un header di 8 B.
- Il protocollo dello strato 3 opera anch'esso in modalità connectionless e crea delle PDU aventi un header di 20 B.
- Il campo informativo dei frame Ethernet II (payload) che trasportano dati ha dimensione pari a 542 B.

Dal PC1 ci si collega al Server0 e si effettua il download di un file di 20 MB.

Fatta ogni ipotesi aggiuntiva che si ritiene utile, si chiede di:

1. individuare la topologia fisica della rete mostrata in figura e illustrarne i vantaggi e le problematiche; effettuare quindi una classificazione degli switch e illustrarne il principio di funzionamento.
2. Calcolare: a) la dimensione massima che può avere ciascun blocco di byte in cui va suddiviso il file e che costituisce il payload del protocollo di applicazione; b) la dimensione di un segmento; c) la dimensione di un pacchetto; d) la dimensione totale di un frame.
3. Calcolare: a) il tempo di trasmissione di un frame; b) il ritardo causato da ciascun collegamento e il ritardo causato da ciascuno switch (si trascuri il tempo di trasferimento tra porta di ingresso e porta di uscita dello switch); c) il tempo di andata-ritorno o RTT (Round Trip Time), illustrare anche come l'RTT viene definito dagli standard IETF.
4. Calcolare il throughput massimo (o velocità di informazione massima) con cui può essere trasferito il file e il tempo necessario al suo trasferimento in assenza di errori.
5. Con adeguate motivazioni, indicare delle scelte alternative per il protocollo di applicazione e per quello di trasporto che consentano aumentare il throughput e quindi di diminuire il tempo di trasferimento del file, mantenendo inalterati il protocollo dello strato 3 e la tecnologia Ethernet impiegata.

Soluzione

1. Topologia a maglia; broadcast storm risolti con protocollo STP; vedere libro.

2. Essendo il payload Ethernet di 542 B si ha che il file va segmentato in blocchi di

$$D_{\text{blocco}} = D_{\text{payl.}_Eth} - H_{IPv4} - H_{UDP} - H_{7-PDU} = 542 - 20 - 8 - 2 = 512 \text{ B}$$

le dimensioni di segmento, pacchetto, frame sono quindi:

$$D_{\text{segmento}} = D_{\text{payl.}_Eth} - H_{IPv4} = 542 - 20 = 522 \text{ B}$$

$$D_{\text{pacchetto}} = D_{\text{payl.}_Eth} = 542 \text{ B}$$

$$D_{\text{frame}} = H_{Ethernet} + D_{\text{payl.}_Eth} + FCS = (8 + 6 + 6 + 2) + 542 + 4 = 568 \text{ B}$$

3. Essendo la velocità di trasmissione (bit rate) 1000 Mbit/s, si ha che la durata di un frame (senza contare l'IFG) è pari a:

$$\Delta T_{\text{Frame}} = \frac{D_{\text{Frame}} \cdot 8}{BR} = \frac{568 \cdot 8}{1 \cdot 10^9} \cong 4,54 \text{ } \mu\text{s}$$

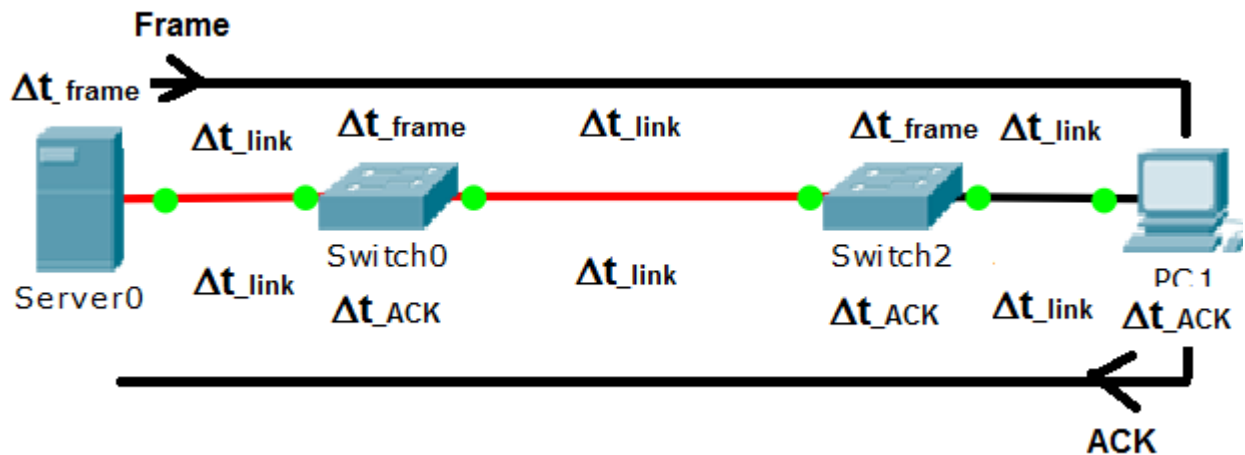
Nota la lunghezza e la velocità di propagazione si calcola il ritardo causato da ciascun collegamento

$$\Delta t_{\text{link_PC-switch}} = \frac{100}{2,1 \cdot 10^8 [m/s]} \cong 0,476 \text{ } \mu\text{s}; \quad \Delta t_{\text{link_switch-switch}} = \frac{200}{2,1 \cdot 10^8 [m/s]} \cong 0,952 \text{ } \mu\text{s}$$

Poiché gli switch operano in modalità store and forward essi devono memorizzare il frame prima di ritrasmetterlo per cui determinano un ritardo uguale alla durata di un frame (trascurando il tempo di trasferimento I->O);

Poiché fra PC1 e server 0 vi sono due collegamenti da 100 m, un collegamento da 200 m e sono presenti due switch, l'RTT si può calcolare come:

$$RTT \approx \Delta t_{\text{Frame}} + 2\Delta t_{\text{tot.}_link} + 2\Delta t_{\text{switch_Frame}} + 2\Delta t_{\text{switch_Ack}} + \Delta t_{\text{ACK}} [s]$$



Poiché la 7-PDU di Ack è di soli 6 B, la dimensione di un frame che trasporta l'ACK è la minima possibile, con un payload di 46 B, ed è di:

$$D_{\text{frame}} = H_{Ethernet} + D_{\text{payl.}_Eth} + FCS = (22) + 46 + 4 = 72 \text{ B}$$

la durata di un frame di Ack è quindi di $\Delta T_{\text{Ack}} = \frac{D_{\text{Ack}} \cdot 8}{BR} = \frac{72 \cdot 8}{1 \cdot 10^9} \cong 0,576 \text{ } \mu\text{s}$

l'RTT è quindi pari a:

$$RTT \approx 3\Delta t_{\text{Frame}} + 2\Delta t_{\text{tot.}_link} + 3\Delta t_{\text{ACK}} =$$

$$RTT \cong 13,62 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot (0,476 + 0,476 + 0,952) \cdot 10^{-6} + 1,728 \cdot 10^{-6} = 19,156 \text{ } \mu\text{s}$$

4. Poiché si opera con controllo di flusso e correzione d'errore stop and wait, bisogna attendere l'Ack prima di trasmettere il frame successivo e quindi tra l'inizio di un frame e l'inizio del frame successivo intercorre un tempo pari all'RTT. Il numero di frame/s che si trasmettono è pari a:

$$N_{Frame} = \frac{1}{RTT} = \frac{1}{19,156 \cdot 10^{-6}} \cong 52203 \text{ [frame / s]}$$

Il throughput a livello di applicazione o goodput è quindi pari a:

$$BR_{TH} = (N_{Frame/s}) \cdot (D_{blocco} \cdot 8) = 52203 \cdot 512 \cdot 8 = 214 \text{ Mbit / s}$$

Per trasferire il file ci vuole quindi un tempo pari a:

$$\Delta t_{Trasf.} = \frac{D_{File} \cdot 8}{BR_{TH}} = \frac{160 \cdot 10^6}{214 \cdot 10^6} \cong 0,748 \text{ s}$$

Un modo alternativo di calcolare il tempo di trasferimento è quello di calcolare il numero di 7-PDU e quindi di frame necessari per trasferire il file:

$$N_{7-PDU} = \frac{D_{file}}{D_{payload_7PDU}} = \frac{20 \cdot 10^6}{512} = 39062,5 \text{ Mbit / s}$$

Quindi si devono trasmettere 39062 7-PDU con payload da 512 B e una 7-PDU con payload da 256 B. Poiché la durata di un frame comprensivo di IFG è pari all'RTT, tranne che per l'ultimo frame che ha una durata pari a:

$$D_{frame} = H_{Ethernet} + D_{payl_Eth} + FCS = (8 + 6 + 6 + 2) + (20 + 8 + 2 + 256) + 4 = 312 \text{ B}$$

la durata è

$$\Delta T_{Ult.Frame} = \frac{D_{Frame} \cdot 8}{BR} = \frac{312 \cdot 8}{1 \cdot 10^9} \cong 2,5 \text{ } \mu s$$

Il tempo necessario a trasferire l'ultimo frame è pari a

$$\Delta T_{trasf_UF} = \Delta t_{U_Frame} + \Delta t_{tot_link} + 2\Delta t_{switch_Frame} = 3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} + (1,904 \cdot 10^{-6}) = 9,404 \text{ } \mu s$$

Quindi il tempo necessario a trasferire il file si può anche calcolare come:

$$\Delta t_{Trasf.} = N_{Frame} \cdot RTT + \Delta T_{trasf_UF} = 39062 \cdot 19,156 \cdot 10^{-6} + 9,404 \cdot 10^{-6} \approx 0,748 \text{ s}$$

5. Per aumentare il throughput è possibile utilizzare un protocollo di applicazione che non effettui correzione d'errore e controllo di flusso (come l'FTP) e impiegare un protocollo di trasporto che effettui la correzione d'errore ed il controllo di flusso con il metodo della finestra di trasmissione (come il TCP)