

Corso di Reti di Calcolatori
Soluzioni alla prova scritta

Mauro Brunato

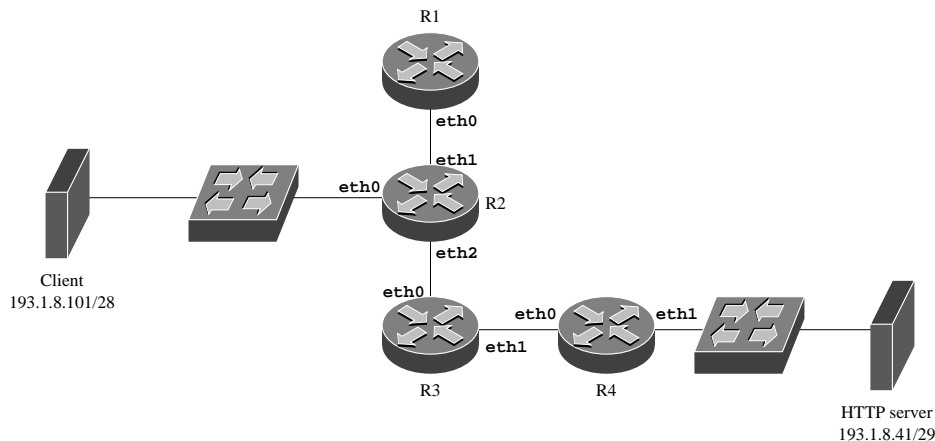
Claudio Covelli

Franco Mascia

Mercoledì 9 giugno 2009

Esercizio 1

Il client in figura, avente indirizzo IP 193.1.8.101/28, è collegato attraverso uno switch Ethernet al router R2, a sua volta collegato ai router R1 ed R3. Quest'ultimo è collegato al router R4, al quale è connessa una rete sulla quale è presente il web server 193.1.8.41/29. Tutti i router in figura sono forniti di schede Ethernet.



Il client invia un certo messaggio HTTP al server. Si indichino:

- 1.1) il default gateway e il broadcast IP address sia del client che del server;
- 1.2) gli indirizzi IP da assegnare alle interfacce di link fra i router (R1-R2, R2-R3, R3-R4) avendo a disposizione solo indirizzi IP compresi fra 191.1.1.20 e 191.1.1.31, spiegando dettagliatamente la tecnica adottata per il calcolo e il significato degli indirizzi utilizzati;
- 1.3) la tabella di routing del router R3 (destination, netmask, gateway, interface);
- 1.4) le modalità di funzionamento del protocollo con il quale il client individua l'indirizzo fisico della scheda eth0 del router R2.

Soluzione —

1.1) L'indirizzo IP del client è (traducendo l'ultimo otteetto in binario, in grassetto la parte di host) 193.1.8.0110**0101**/28. Appartiene dunque alla rete 193.1.8.96/28. Il default gateway del client è l'indirizzo IP dell'interfaccia eth0 del router R2 (assumiamo ad esempio che sia l'ultimo disponibile: 193.1.8.110/28), mentre l'indirizzo di broadcast si ottiene ponendo a 1 tutti i bit della parte di host: 193.1.8.111.

Allo stesso modo, il server ha indirizzo 193.1.8.000101**001**/29, per cui la sua sottorete è la 193.1.8.40/29. L'indirizzo del default gateway, corrispondente a quello assegnato all'interfaccia eth1 di R4, è ad esempio l'ultimo disponibile (193.1.8.46/29), mentre l'indirizzo di broadcast è 193.1.8.47.

1.2) Gli indirizzi disponibili sono compresi fra 191.1.1.00010100 e 191.1.1.00011111, il che ci permette di individuare tre sottoreti da 4 indirizzi IP (2 host) l'uno: 191.1.1.20/30, 191.1.1.24/30 e 191.1.1.28/30. Gli indirizzi da assegnare potranno dunque essere i seguenti:

Router	Interfaccia	Indirizzo IP
R1	eth0	191.1.1.21/30
R2	eth1	191.1.1.22/30
R2	eth2	191.1.1.25/30
R3	eth0	191.1.1.26/30
R3	eth1	191.1.1.29/30
R4	eth0	191.1.1.30/30

1.3) Il router R3 può fare riferimento alle due reti cui è collegato (191.1.1.24/30 e 191.1.1.28/30), alla rete del server (193.1.8.40/29), utilizzando R2 come default gateway per le rimanenti reti:

Destination	Netmask	Gateway	Interface
191.1.1.24/30	255.255.255.252	—	eth0
191.1.1.28/30	255.255.255.252	—	eth1
193.1.8.40/29	255.255.255.248	191.1.1.30	eth1
0.0.0.0/0	0.0.0.0	191.1.1.25	eth0

1.4) Viene utilizzato il protocollo ARP, che agisce a livello data link. Individuato il default gateway 193.1.8.110/28 dalla propria tabella di routing, il client ne cerca l'indirizzo MAC nella propria cache ARP; se non lo trova, invia in broadcast nella rete locale (quindi nel dominio di broadcast della rete Ethernet, individuato dall'indirizzo di broadcast FF:FF:FF:FF:FF:FF) un pacchetto ARP di richiesta per l'indirizzo IP indicato e attende una risposta dal router (inviata non più in broadcast ma in unicast verso l'indirizzo MAC della scheda eth0 del client). Ricevuto l'indirizzo MAC, può iniziare l'invio dei pacchetti a livello rete.

Esercizio 2

Il livello data-link di una scheda di rete deve trasmettere il messaggio (esadecimale)

48C8

completandolo (a destra) con un controllo CRC con polinomio generatore $x^4 + x + 1$.

2.1) Quale codeword verrà trasmessa?

2.2) Dimostrare che se in trasmissione i due bit più a sinistra vengono invertiti il controllo CRC del ricevente rileva l'errore.

2.3) Dimostrare che la raffica di errori 1111001 (quattro bit errati consecutivi, poi due bit corretti seguiti da uno errato) non è mai rilevata qualunque sia la sua posizione all'interno di qualsiasi codeword.

Soluzione —

2.1) Il messaggio, in forma binaria, è 0100100011001000 (16 bit). Va moltiplicato per x^4 (completandolo con 4 zeri sulla destra), dopodiché eseguiamo la divisione per il polinomio generatore (10011):

```
01001000110010000000 / 10011
000010011
  000000010000
    00011000
      01011
```

Il resto è 1011; la codeword è dunque 01001000110010001011, pari a 48C8B in esadecimale.

2.2) Dividiamo la codeword risultante dall'errore per il polinomio generatore:

```
10001000110010001011 / 10011
00010000
  00011110
    011010
      010011
        00000001011
```

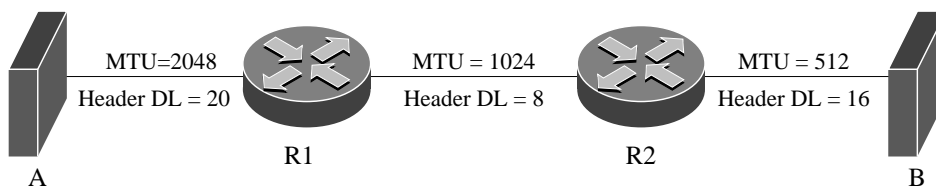
Il resto non è nullo.

2.3) Chiamando $E(x) = x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + 1$ il polinomio corrispondente alla sequenza di errori richiesta, è necessario e sufficiente che $x^i E(x)$, che rappresenta l'applicazione della raffica alla posizione i -esima della codeword, sia divisibile per il polinomio generatore per ogni valore di i . È dunque sufficiente provare che $E(x)$ è divisibile per il polinomio generatore:

```
1111001 / 10011
011010
  010011
    00000
```

Esercizio 3

Un'applicazione della macchina A deve spedire un blocco di 1200 byte di dati a un'applicazione della macchina B per mezzo del protocollo UDP utilizzando un unico pacchetto. Le macchine sono collegate come in figura:



Si considerino le MTU (Maximum Transmission Unit a livello Data Link) e le dimensioni delle intestazioni Data Link indicate in figura, si supponga che la frammentazione venga operata a livello IP e che quando un pacchetto viene frammentato tutti i frammenti tranne al più l'ultimo hanno la dimensione massima consentita.

- 3.1) Qual è la dimensione del pacchetto a livello Data Link in uscita dalla macchina A;
- 3.2) Quanti pacchetti transitano per la seconda e la terza rete, e quali sono i valori dei campi `Packet length`, `ID`, `More Fragments`, `Don't Fragment` e `Fragment Offset` delle loro intestazioni IP.
- 3.3) Quanti pacchetti, e di che dimensione, arrivano rispettivamente al livello Data Link, Rete, Trasporto e Applicativo della macchina B?

Suggerimento — Si ricordi che il campo `Packet Length` è comprensivo dell'intestazione e che il campo `Fragment Offset` dev'essere un multiplo di 8. Le dimensioni delle intestazioni più frequenti sono le seguenti: UDP (8 byte), TCP (200 byte), Ethernet (14 byte), IP (20 byte).

Soluzione —

3.1) Il blocco dati viene corredato da un'intestazione di livello trasporto (UDP) da 8 byte, una di livello rete (IP) da 20 byte e una di livello data link da 20 byte, per un totale di **1248 byte**. Data l'elevata MTU della rete A-R1, il frame esce dalla macchina A integro.

3.2) Ricevuto da R1, il frame viene liberato dell'intestazione DL da 20 byte: il pacchetto a livello rete ha una dimensione di 1228 byte, quindi il frame uscente da R1 dovrebbe avere una dimensione di 1236 byte, troppo per l'MTU. Il livello rete deve dunque spezzare il proprio payload in modo che i frame in uscita possano passare. A livello rete, il pacchetto ha un'intestazione IP da 20 byte e un payload di 1208 byte (i 1200 byte di livello applicazione e gli 8 byte di intestazione UDP). Il massimo payload che il livello rete può far transitare lungo il link R1-R2 è di $1024 - 8 - 20 = 996$ byte. Essendo però necessario che le dimensioni dei payload intermedi siano divisibili per 8 (a causa delle limitazioni del campo `Fragment offset` ricordate al termine dell'esercizio), il payload del primo frammento sarà di 992 byte; di conseguenza, il secondo frammento conterrà $1208 - 992 = 216$ byte di payload. I dettagli a livello IP dei due pacchetti sono dunque:

	ID	Total length	More fragments	Fragment offset
1	1234	$992 + 20 = 1012$	1	0
2	1234	$216 + 20 = 236$	0	992

Nel passaggio alla rete R2-B, il payload da 992 byte del primo frammento deve essere ulteriormente frammentato. Infatti, il payload massimo ammissibile in quella rete per un pacchetto IP è pari a $512 - 16 - 20 = 476$ byte, da arrotondare a 472 per la divisibilità per 8 dei frammenti intermedi. Il payload del primo frammento deve dunque essere diviso in tre parti, le prime due da 472 byte, la terza da $992 - 2 \cdot 472 = 48$ byte. Il frammento 2, invece, è abbastanza piccolo da transitare indenne. I frammenti in transito per la rete R2-B sono dunque:

	ID	Total length	More fragments	Fragment offset
1a	1234	$472 + 20 = 492$	1	0
1b	1234	$472 + 20 = 492$	1	472
1c	1234	$48 + 20 = 68$	1	944
2	1234	$216 + 20 = 236$	0	992

3.3) I quattro pacchetti elencati nell'ultima tabella arrivano a destinazione corredati da un'intestazione data link da 16 byte, per un totale di 508, 508, 84 e 252 byte rispettivamente. Il livello rete riceve esattamente i frammenti indicati nell'ultima tabella e li ricomponne nel pacchetto IP originario da 1228 byte e passa al livello trasporto (UDP) un pacchetto da 1208 byte. Quest'ultimo rimuove l'intestazione e passa all'applicazione il pacchetto originario da 1200 byte.