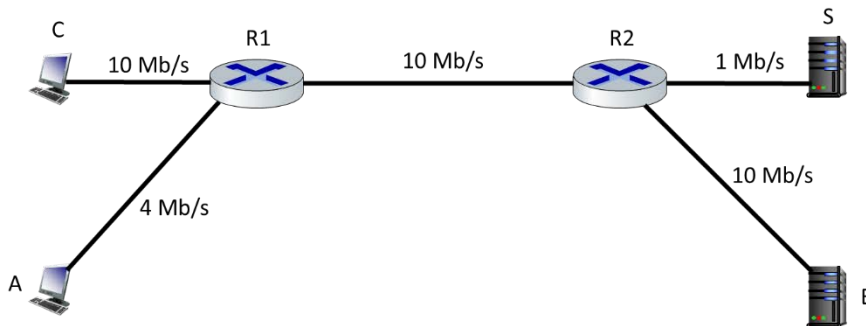


Esame di Reti di Elaboratori
Appello del 16 Giugno 2023

SOLUZIONI

Quesito n. 1

Data la topologia di rete illustrata nella figura sottostante, rispondere ai seguenti quesiti



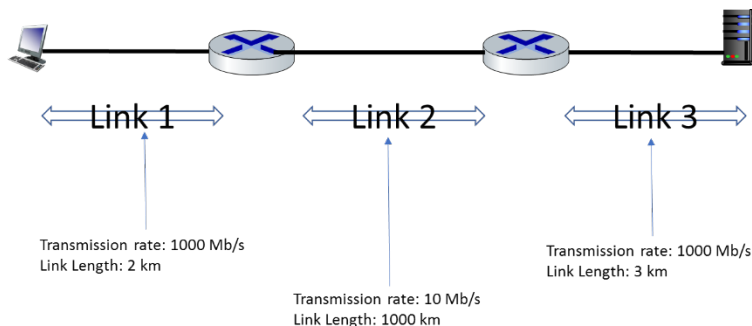
- 1) Quale è la capacità (throughput massimo) effettiva di trasferimento per un flusso http tra C e S sapendo che esistono due flussi interferenti tra A e B?
- 2) Quale capacità è disponibile per ciascuno dei due flussi tra A e B?
- 3) Quale link determina il collo di bottiglia tra A e B?
- 4) Quale link determina il collo di bottiglia tra C e S?

Soluzione

- 1) Il throughput massimo per un flusso tra C e S non può essere superiore a 1 Mb/s
- 2) Tra A e B ci sono due flussi e quindi si suddividono in maniera equa la capacità del link bottleneck (A-R1) e quindi la risposta è: 2 Mb/s
- 3) Il link tra R2 e S
- 4) Il link tra A e R1

Quesito n. 2

Considerate la figura seguente, con tre collegamenti, ciascuno con la velocità di trasmissione e la lunghezza del collegamento specificate. Assumete che la dimensione del pacchetto sia pari a 1500 bytes, la velocità di propagazione per ciascun link è pari a 3×10^8 m/sec (\sim velocità della luce).



Rispondere alle domande seguenti:

- 1) Quale è il transmission delay del link 1?
- 2) Quale è il propagation delay del link 1?
- 3) Quale è il total delay del link 1?
- 4) Quale è il transmission delay del link 2?
- 5) Quale è il propagation delay del link 2?
- 6) Quale è il total delay del link 2?
- 7) Quale è il transmission delay del link 3?
- 8) Quale è il propagation delay del link 3?
- 9) Quale è il total delay del link 3?
- 10) Quale è il total delay (dal client che si trova sulla parte sinistra della figura al server, che si trova sulla parte destra)?

Soluzione:

Per ogni link il transmission delay è dato da L/R , dove L è la dimensione del pacchetto da trasmettere in bits e R il link transmission rate in bits/sec (o Mb/s). Il propagation delay è dato da d/s , dove d è la lunghezza (fisica) del link, e s è la velocità di propagazione (nell'esercizio si suggerisce di utilizzare 3×10^8 m/sec).

$$1) \text{ Link 1 transmission delay} = \frac{1500 \times 8}{1000 \times 10^6} = \frac{12}{10^6} = 0.000012 \text{ sec}$$

$$2) \text{ Link 1 propagation delay} = \frac{2 \times 10^3}{3 \times 10^8} = \frac{2}{3 \times 10^5} = 0.000006666.. \text{ sec}$$

$$3) \text{ 3 Total delay link 1} = 0.000018666666 \text{ sec.}$$

$$4) \text{ Link 2 transmission delay} = \frac{1500 \times 8}{10 \times 10^6} = \frac{12}{10^6} = 0.012 \text{ sec}$$

5) Link 2 propagation delay = $\frac{1000 \times 10^3}{3 \times 10^8} = \frac{1000}{3 \times 10^5} = 0.003333333333.. \text{ sec}$

6) Total delay link 2 = 0.01533333333 sec.

7) Link 3: lo stesso valore del link 1, 0.000012 sec

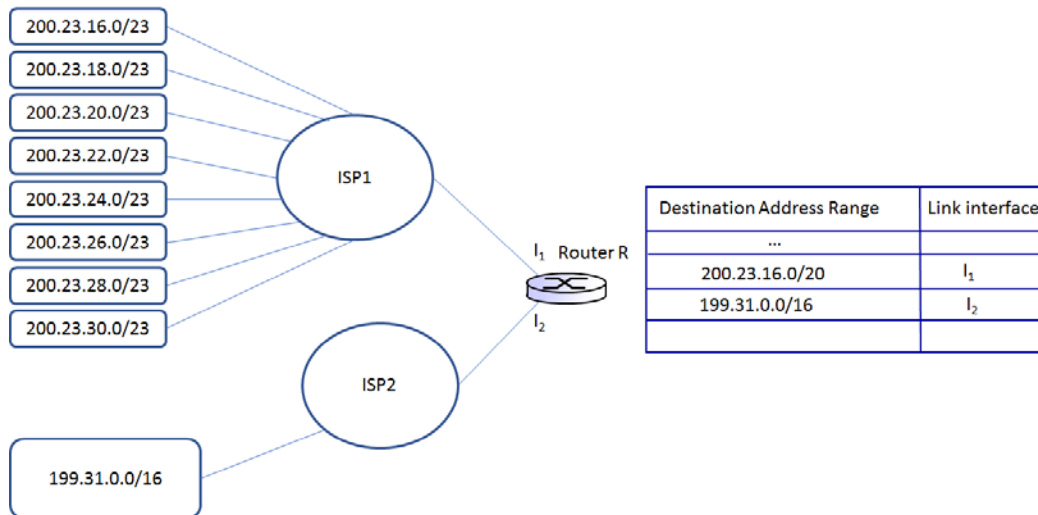
8) Link 3 propagation delay = $\frac{3 \times 10^3}{3 \times 10^8} = \frac{3}{3 \times 10^5} = 0.00001 \text{ sec}$

9) Total delay link 3, 0.000022 sec

10) Total delay 0.015374 sec.

Quesito n. 3

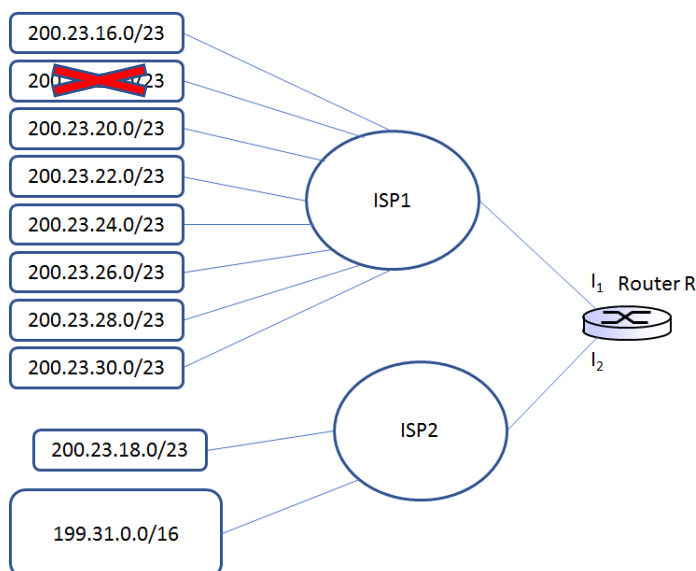
Ipotizzate uno scenario descritto nella seguente figura



in cui ci sono due ISP (ISP1 e ISP2) che gestiscono i range di indirizzi elencati nella figura.

Il router R (si ipotizzi che sia esterno rispetto ai due ISP) inoltra verso le sotto-reti che sono sotto il controllo di ISP1 mediante un'aggregazione di route "200.23.16.0/20 --> I1" (con una sola entry nella tabella di forwarding), mentre inoltra verso lo spazio di indirizzo controllato da ISP2 mediante la entry "199.31.0.0/16 --> I2".

Assumete che una delle sotto-reti nello spazio di indirizzi controllato dal ISP1, la sotto-rete 200.23.18.0/23, passi sotto il controllo di ISP2. Questa è un'operazione che in Internet si verifica quando un'organizzazione decide di cambiare ISP, ma ovviamente senza dover cambiare gli indirizzi. La nuova situazione è descritta dalla figura seguente.



Come deve cambiare (e se deve cambiare) la tabella di forwarding del router R per tenere in conto di questo cambiamento?

Nota: aggiungere le motivazioni (senza motivazioni la risposta verrà giudicata insufficiente)!

Soluzione:

Nota. Nella seconda figura c'era un errore: la rete 200.23.18.0/23 (quella spostata) viene erroneamente anche nella vecchia posizione (nella seconda figura questo è evidenziato mediante una x rossa).

La soluzione di questo esercizio viene descritta nel testo (e presentata a lezione). In particolare, nel testo questo viene descritto nel capitolo 4, Box 4.2.

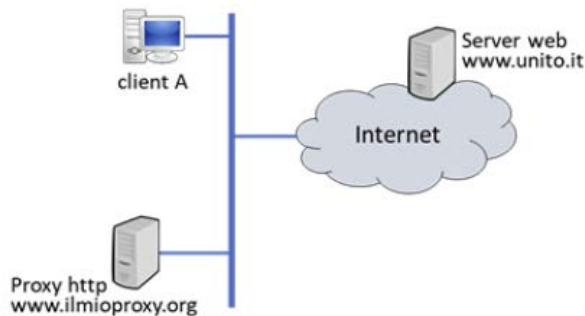
Lo spostamento della rete, e quindi le modifiche delle tabelle di forwarding, viene gestita mediante la tecnica del Longest Prefix Matching (LPM). In sostanza alla tabella di forwarding presentata nella figura viene aggiunta la destinazione 200.23.18.0/23 e i pacchetti verso questa destinazione sono inoltrati attraverso l'interfaccia I₂.

Si noti che quando al router R arriva un pacchetto con una destinazione appartenente alla rete 200.23.18.0 ci sono due entry nella tabella di forwarding che corrispondono a tale destinazione una /23 e una /20. Per effetto del LPM viene scelta la entry con un matching più lungo (/23).

Quesito n. 4

Lo scenario delineato nella seguente figura illustra un client, un proxy http ed un server. Supponete che un utente collegato all'host A richiede la pagina web all'indirizzo www.unito.it.

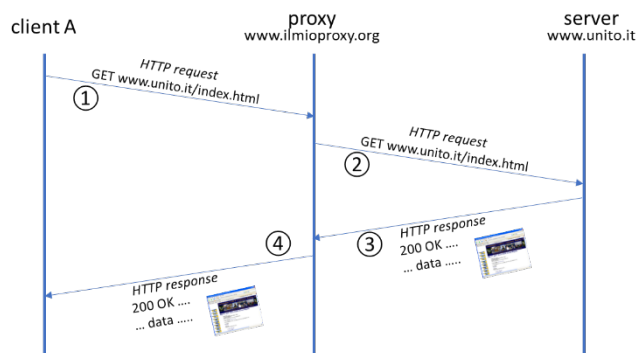
Mostrare il contenuto di tutti i comandi http che vengono scambiati tra **tutte** le entità coinvolte nei casi in cui:



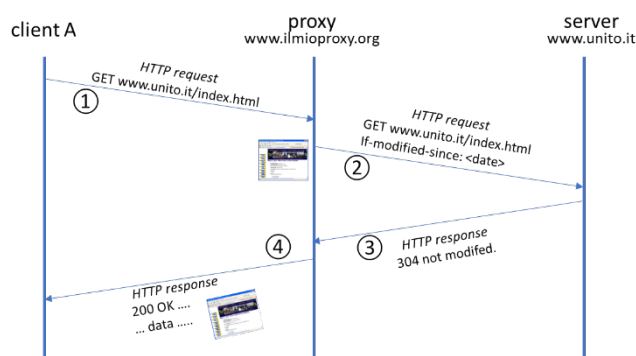
1. Il browser (del client A) abbia configurato il proxy http www.ilmiproxy.org e la pagina web non sia presente su tale proxy http.
2. Il browser abbia configurato il proxy http www.ilmiproxy.org la pagina web sia presente su tale proxy http.
3. Il browser non abbia configurato alcun proxy.

Soluzione:

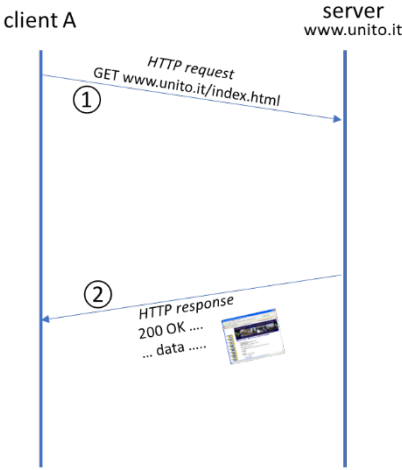
n. 1



n. 2

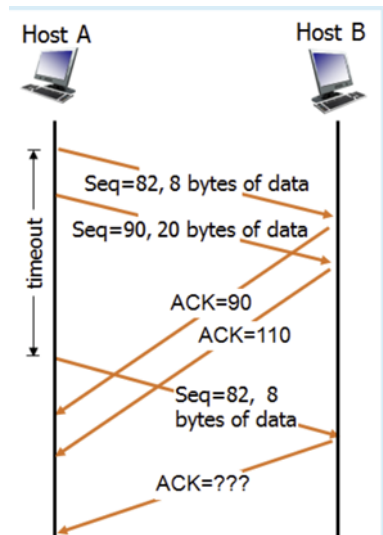


n. 3



Quesito n. 5

Supponete che durante la connessione TCP tra due host si verifichi una situazione riportata schematicamente nella figura sottostante



Notare che la situazione riporta un caso di "premature timeout expiration". Rispondere alle due domande seguenti:

1. Che valore riporterà il campo ACK la terza volta (quello evidenziato dai "??")?
2. Perché ?

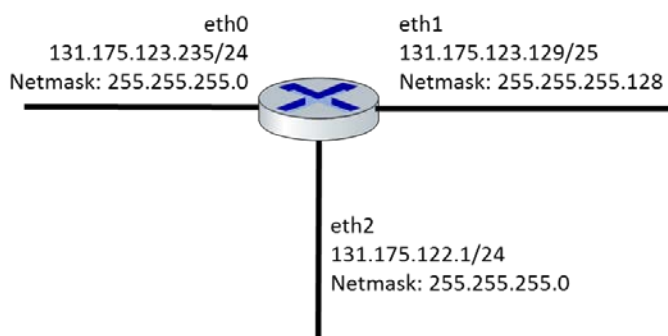
Soluzione:

Si tratta di un caso di timeout prematuro (o troppo breve). L'host B ha correttamente ricevuto i tre segmenti e li ha riscontrati. Quindi, dal punto di vista di tale host, aver inviato i tre riscontri (in particolare l'ultimo con ACK 110) sta a significare il prossimo segmento che si aspetta di ricevere **deve** avere Sequence number uguale a 110 e quindi ogni qual volta riceve un segmento fuori sequenza oppure duplicato (come nel caso dell'esempio) l'host B ribadisce che si aspetta di ricevere come prossimo sequence number 110 e questo lo notifica al mittente (host A) inviando come ACK = 120!

Risposta 120!

Quesito n. 6

Un router ha la seguente configurazione delle interfacce



e la seguente tabella di forwarding

Network	Netmask	Next Hop
130.170.0.0	255.255.0.0	131.175.123.1
130.171.0.0	255.255.0.0	131.175.123.132
130.171.4.0	255.255.252.0	131.175.122.2
130.170.10.0	255.255.254.0	131.175.122.3
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.123.3

Tale router riceve i seguenti pacchetti, per ciascuno dei quali vengono riportati l'indirizzo IP di destinazione e l'interfaccia attraverso cui il router riceve il pacchetto.

Pacchetti ricevuti	Destinazione	Interfaccia di provenienza
1)	130.170.132.240	Da eth1
2)	130.170.11.64	Da eth1
3)	130.171.5.125	Da eth1
4)	156.198.34.14	Da eth0

Si determini come si comporta il router per ciascuno dei pacchetti specificando su quale interfaccia il pacchetto viene inoltrato.

Soluzione:

Nota: In questo quesito è presente un problema che (parzialmente) crea delle ambiguità. I range di indirizzi delle reti connesse via eth0 e via eth1 non sono disgiunti e questo rende problematico stabilire su quali reti sono posizionati i router next-hop. In particolare, questo problema si evidenzia con il next hop 130.170.123.132 che potrebbe essere sia sulla rete connessa via eth0 e sia a quella connessa via eth1.

*Per questo è stato deciso di **valutare solamente** la scelta del next-hop per ogni pacchetto ignorando la seconda parte della domanda: la specifica dell'interfaccia di uscita.*

In ogni caso si riporta la soluzione per completezza ma a causa delle ambiguità tale esercizio non è stato valutato

Per prima cosa proviamo a calcolare i range di indirizzi per ciascuna delle entry della forwarding table.

- 1) 130.170.0.0 netmask 255.255.0.0 (/16): range di indirizzi 130.170.0.1 - 130.170.255.254
- 2) 130.171.0.0 netmask 255.255.0.0 (/16): range di indirizzi 130.171.0.1 - 130.171.255.254

3) 130.171.4.0 netmask 255.255.252.0 (/22): range di indirizzi 130.171.4.1 - 130.171.7.254

4) 130.170.10.0 netmask 255.255.254.0 (/23): range di indirizzi 130.170.10.1 - 130.170.11.254

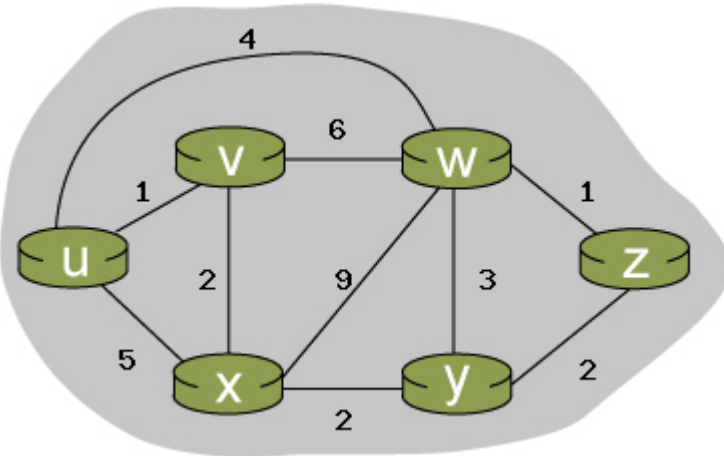
A questo punto diventa semplice scegliere il next hop: si seleziona la riga nella tabella di forwarding con la corrispondenza più lunga (Longest prefix matching).

- Pacchetto n. 1: destinazione 130.170.132.240, la riga della tabella selezionata è la prima e quindi il next-hop è 131.175.123.1.
- Pacchetto n. 2: destinazione 130.170.11.64. In questo caso ci sono due righe della tabella che possono corrispondono la prima (/16) e la quarta (/23). Per il LPM si sceglie la quarta e quindi il next hop è 131.175.122.3.
- Pacchetto n.3: destinazione 130.171.5.125. In questo caso i sono due righe della tabella che possono corrispondono la seconda (/16) e la terza (/22). Per il LPM si sceglie la terza e quindi il next-hop è 131.175.122.2.
- Pacchetto n. 4: destinazione 156.198.34.14. L'unica scelta possibile è l'ultima riga (default routing) e quindi il next-hop è 131.175.123.3.

Quesito n. 7

Dijkstra's Link State Algorithm (per il calcolo dei cammini di costo minimo)

Si consideri la rete con sei nodi con relativi costi di attraversamento dei link, mostrata in figura.

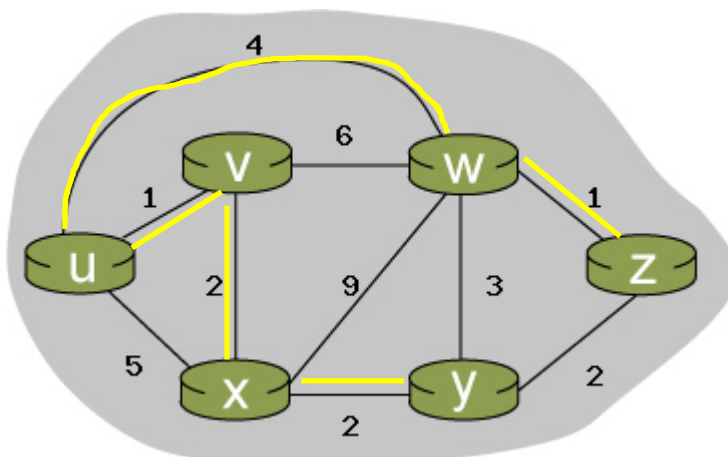


Rispondere alle due domande seguenti

1. Utilizzando l'algoritmo di Dijkstra, trovare il cammino di costo minimo dal nodo sorgente **u** verso tutte le altre destinazioni (Nota: Descrivere la risposta specificando l'albero dei cammini minimi. Es. u-to-node i1, u-to-node i2, node i1-to-node i3, ..., ...)
2. Specificare la tabella di next-hop per il nodo u (Nota: Descrivere la risposta specificando la tabella di next hop in questo modo con delle triple con il seguente significato "*u, destination_node, next_hop_node*")

Soluzione:

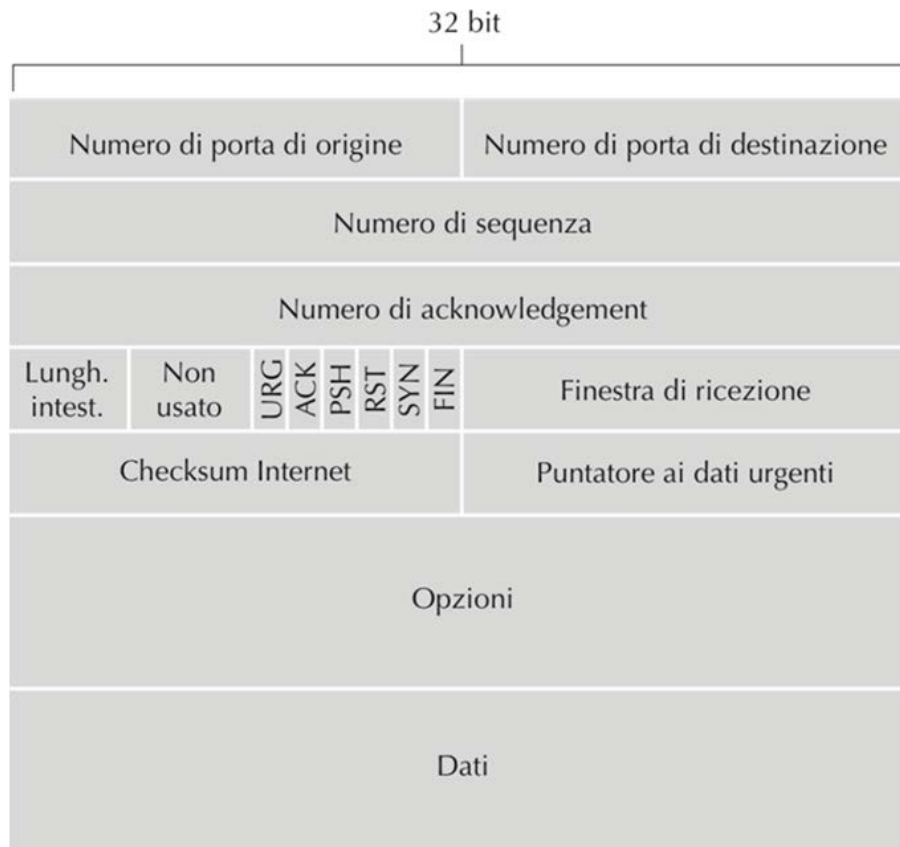
Applicazione dell'algoritmo di Dijkstra permette di ottenere il seguente minimum spanning tree



La tabella di next-hop per il nodo u e' la seguente: (u,v, v), (u, x, v), (u, w, w), (u, y, v), (u, z, w)

Quesito n. 8

TCP e struttura dei segmenti.

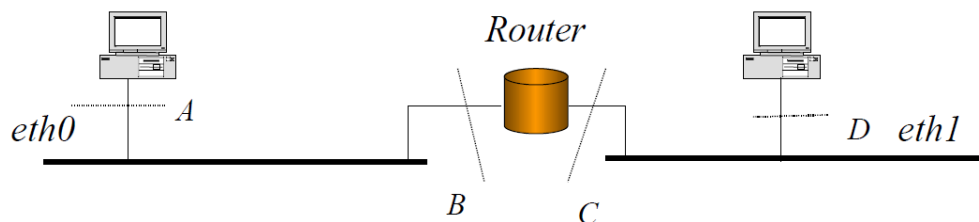


A che cosa servono ed in che occasione vengono utilizzati i flag-bit di URG, ACK, PSH, RST, SYN, FIN?

Soluzione:

Vedere cap. 3 del libro di testo.

Quesito n. 9

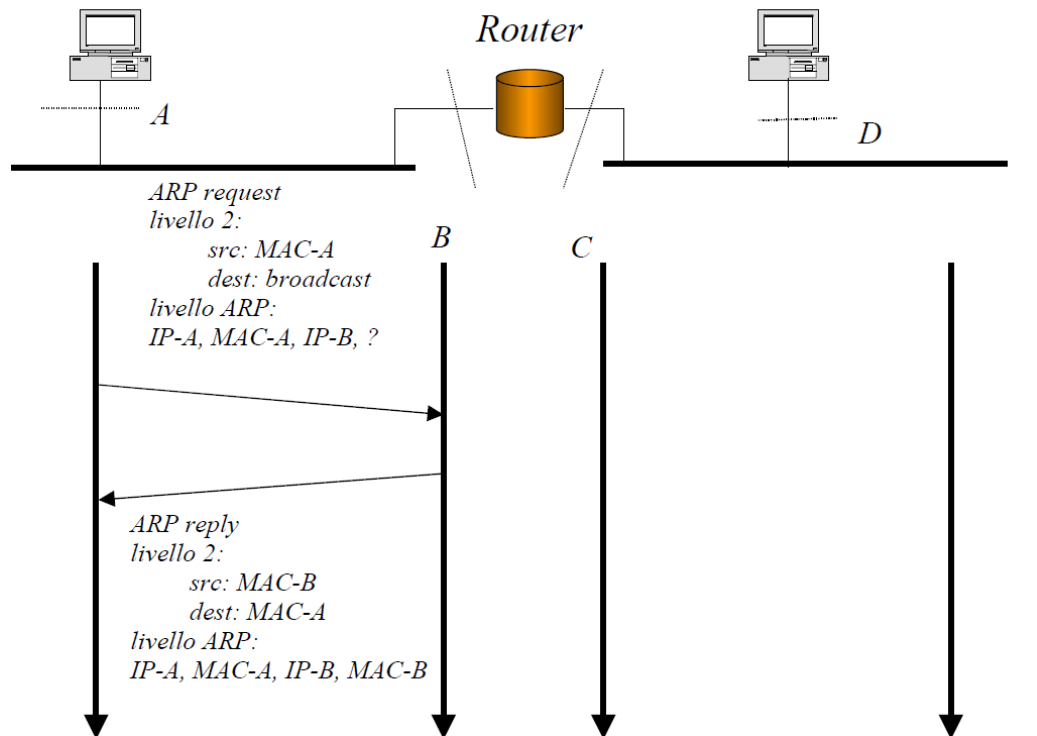


Si supponga che le ARP table di A, di B, e del router siano vuote. L'host A deve inviare un pacchetto IP verso l'indirizzo IP-D. Ricevuto tale pacchetto l'host D deve inviare un pacchetto di risposta verso A.

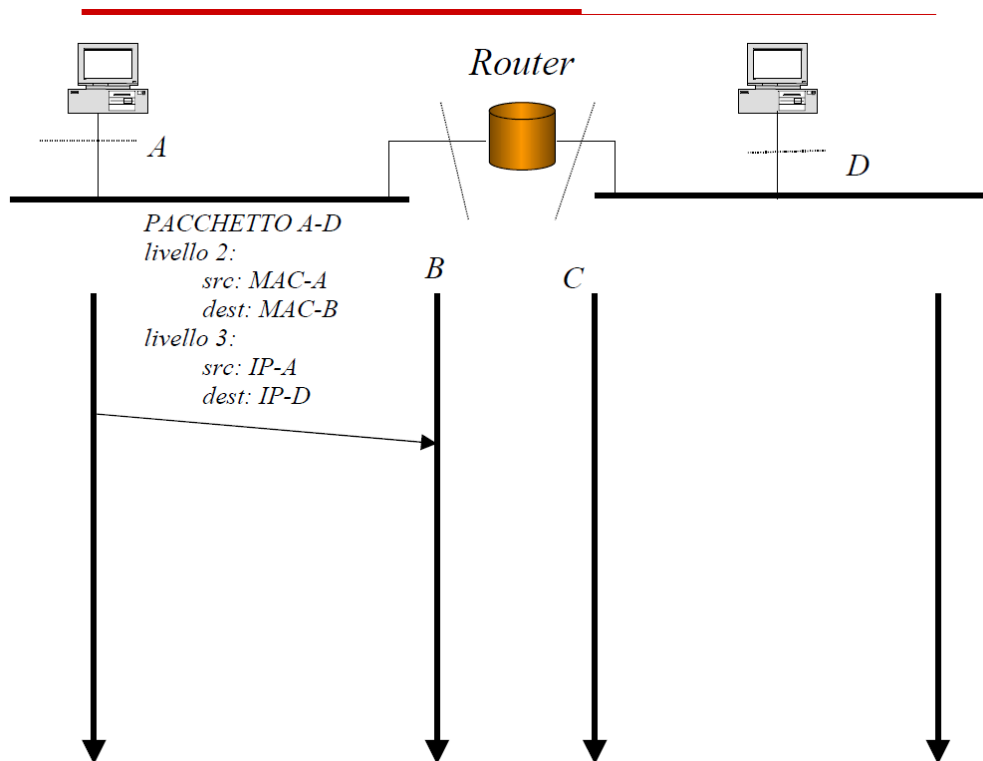
Si indichino graficamente i pacchetti che vengono trasmessi, e per ciascuno di essi (su ognuna delle reti Ethernet attraversate) gli indirizzi contenuti nei frame Ethernet, nei pacchetti ARP, e nei datagram IP.

Soluzione

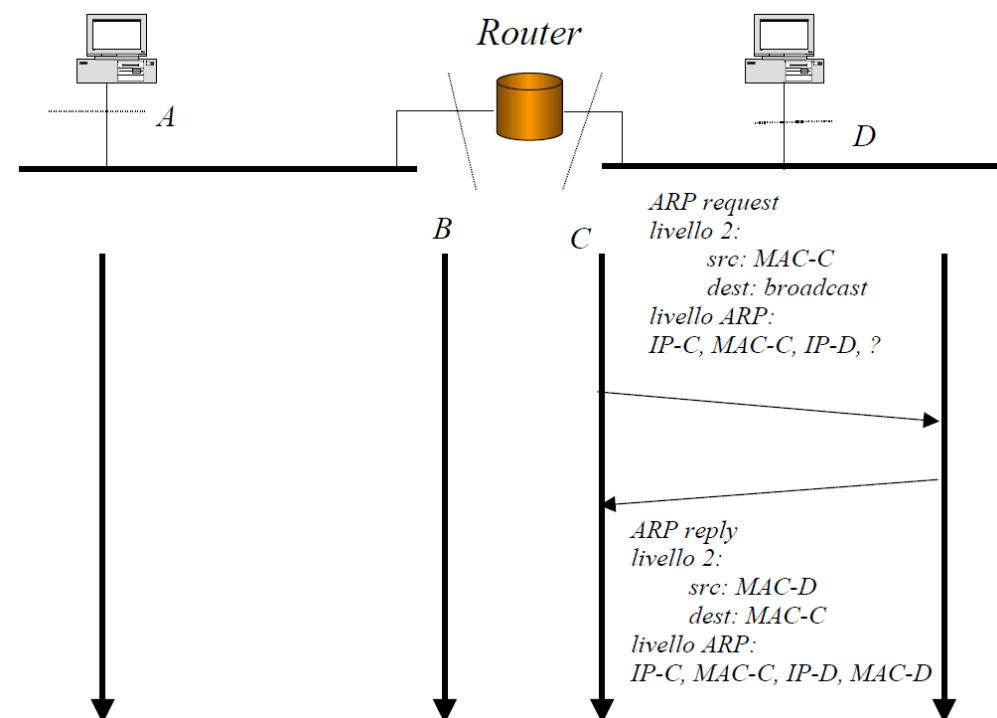
Primo passo: l'host A scopre che il destinatario non è sulla sua stessa rete (consegna indiretta). Questo è ovviamente una conseguenza dello scenario così delineato dalla figura (le due reti sono messe in comunicazione dal Router) e quindi deve spedire il pacchetto al Router (di cui conosce l'indirizzo IP ma non il MAC address).



Secondo passo: l'host A invia all'indirizzo del router (B) il pacchetto. Si noti che il SRC-IP = IP-A, DST-IP: IP-D, SRC-MAC: MAC-A, e DST-MAC: MAC-B (quello dell'interfaccia del Router sulla rete dove si trovano sia A che B)



Terzo passo: Il Router ha ricevuto il pacchetto e dall'indirizzo IP di destinazione scopre che il destinatario è connesso direttamente ma di tale destinatario non conosce l'indirizzo MAC (ma solo l'indirizzo IP) e quindi invoca ARP



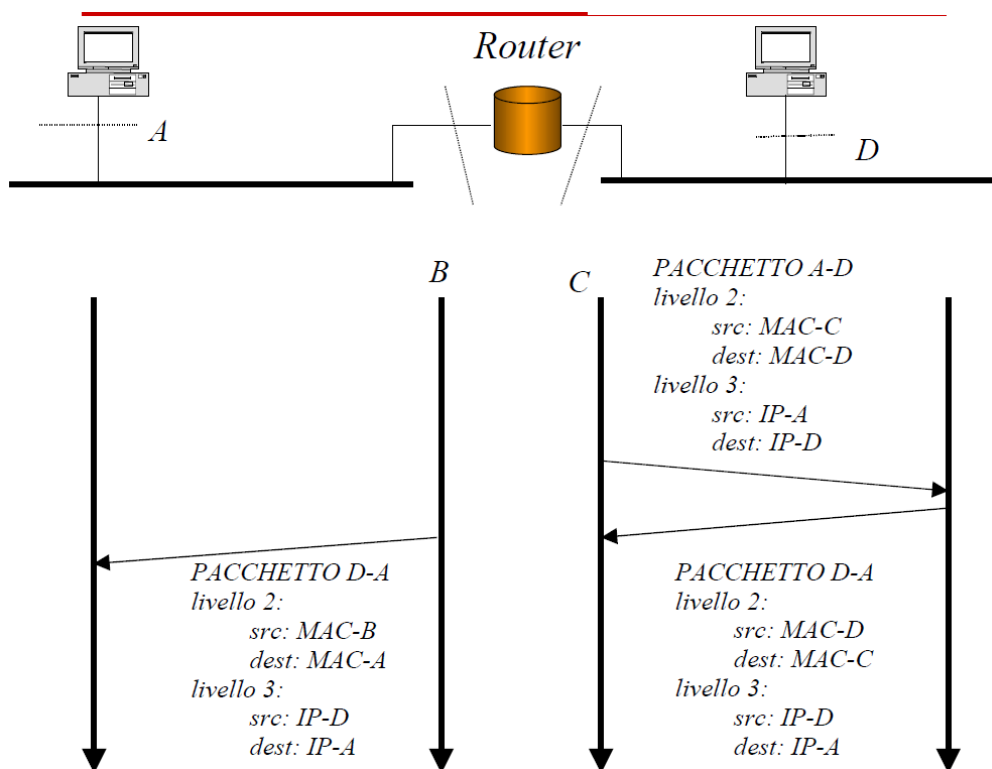
Passi n. 4, 5, e 6: Al passo n. 4 il Router invia il pacchetto a D (che si trova sulla sua stessa rete fisica). Si noti che il SRC-IP = IP-A, DST-IP: IP-D, SRC-MAC: MAC-C, e DST-MAC: MAC-D (l'indirizzo mittente è quello dell'interfaccia del router con indirizzo IP=C mentre l'indirizzo MAC destinatario è quello di D, che è stato ottenuto precedentemente mediante ARP).

quello dell'interfaccia del Router sulla rete dove si trovano sia A che B).

Passo n.5: l'host D invia la risposta ad A e per prima cosa scopre che A non e' sulla sua stessa rete e quindi deve spedire il pacchetto al Router (interfaccia con indirizzo C).

Si noti che non viene utilizzato ARP in quando D conosce l'indirizzo fisico che corrisponde a C in quanto ha appena ricevuto il pacchetto da C (la sua ARP table memorizza l'associazione IP-C, MAC-C)

Passo n.6: il router invia il pacchetto ad A. Si noti che anche in questo caso il router non richiama ARP in quanto la ARP table del router, per effetto degli scambi di pacchetti e delle chiamate ARP precedenti contiene l'associazione IP-A, MAC-A.



Quesito n. 10

Si consideri la trasmissione di un datagram IP avente un payload di 5000 bytes ed il campo *Identifier* del datagram contiene 25600. Tale datagram deve essere trasferito su una rete con un MTU = 1500 byte.

- 1) Definire i frammenti risultati in seguito alla frammentazione e per ognuno di essi si identifichino i valori dei campi *Total lenght*, *Identifier*, *Fragment offset*, *More-fragment-flag*.
- 2) Supponete che tutti il primo dei frammenti ottenuti derivati al punto precedente debba transitare attraverso una rete con MTU = 596 bytes. Definire i frammenti risultanti con i rispettivi campi *Total lenght*, *Identifier*, *Fragment offset*, *More-fragment-flag*.

Si assuma che tutti i datagram abbiano un header senza opzioni (quindi di lunghezza minima).

Soluzione:

- 1) Il datagram originale di 5000 byte di payload deve essere diviso in frammenti di 1500 bytes ciascuno (1480 byte di payload + 20 bytes di header) e quindi si ottengono 4 frammenti i cui payload, per i primi tre sono uguali a 1480 bytes mentre il quarto ha il payload di 560 bytes.
 - Frammento 1:
Identifier: 25600;
Total lenght: 1500 (1480 bytes per il payload e 20 bytes per la parte di header)
More-fragment-flag: 1
Fragment offset: 0
 - Frammento 2:
Identifier: 25600;
Total lenght: 1500 (1480 bytes per il payload e 20 bytes per la parte di header)
More-fragment-flag: 1
Fragment offset: 185
 - Frammento 3:
Identifier: 25600;
Total lenght: 1500 (1480 bytes per il payload e 20 bytes per la parte di header)
More-fragment-flag: 1
Fragment offset: 370
 - Frammento 4:
Identifier: 25600;
Total lenght: 580 (560 bytes per il payload e 20 bytes per la parte di header)
More-fragment-flag: 0
Fragment offset: 550
- 2) Consideriamo adesso il primo frammento (1480 bytes di payload e 20 di header) se tale frammento deve attraversare una rete con MTU di 596 bytes deve essere ulteriormente frammentato in tre frammenti i cui payload, per i primi due sono 576 bytes (+ 20 bytes di header = 596) ciascuno mentre il terzo ha un payload di 328 bytes (+ 20 bytes di header = 348).
 - Frammento 1-1:
Identifier: 25600;
Total lenght: 596 (576 bytes per il payload e 20 bytes per la parte di header)
More-fragment-flag: 1
Fragment offset: 0

- Frammento 2-1:
Identifier: 25600;
Total lenght: 596 (576 bytes per il payload e 20 bytes per la parte di header)
More-fragment-flag: 1
Fragment offset: 72
- Frammento 3-1:
Identifier: 25600;
Total lenght: 348 (328 bytes per il payload e 20 bytes per la parte di header)
More-fragment-flag: 1
Fragment offset: 144