

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

Mauro Brunato, Roberto Riggio

Lunedì 16 gennaio 2006

**Esercizio 1**

Una sequenza di frammenti IP arriva all'interfaccia di destinazione nel seguente ordine (solo i campi rilevanti sono indicati). Considerare l'intestazione IP standard da 20 byte, senza opzioni.

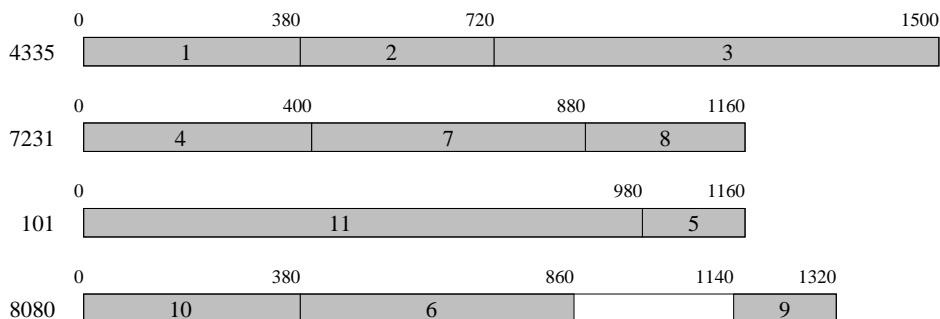
Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
1	400	4335	0	1
2	360	4335	380	1
3	800	4335	720	0
4	420	7231	0	1
5	200	101	980	0
6	500	8080	380	1
7	500	7231	400	1
8	300	7231	880	0
9	200	8080	1140	0
10	400	8080	0	1
11	1000	101	0	1

**1.1)** Indicare quali pacchetti IP sono ricostruiti, in quali istanti ciascuno dei pacchetti IP originali è completamente ricostruito, e i valori dei campi indicati in tabella per i pacchetti ricostruiti.

**1.2)** Si supponga invece che i frammenti della tabella non siano ancora giunti a destinazione, e debbano transitare per una rete con MTU pari a 500 byte e intestazione di livello 2 di 12 byte (da contare nell'MTU). Indicare quali frammenti vengono ulteriormente frammentati, e quali saranno i valori contenuti nei campi indicati in tabella per i nuovi frammenti.

**Soluzione** — Considerare che nel campo *Total Length* è compresa l'intestazione IP, mentre il campo *Fragment Offset* riguarda lo spiazzamento del solo carico utile. Questa è peraltro l'unica interpretazione compatibile col contenuto della tabella: se il campo *Total Length* riguardasse soltanto la dimensione del carico senza intestazione, allora gli spiazzamenti sarebbero male allineati. Per ricostruire i pacchetti, dunque, è necessario considerare i soli carichi utili, sottraendo sistematicamente 20 byte alle *Total Length* indicate in tabella.

**1.1)** La figura seguente mostra la situazione dopo la ricezione degli 11 frammenti:



Le parti grigie sono i frammenti ricevuti, e i numeri all'interno sono gli istanti di ricezione indicati in tabella. Da ciò deduciamo la seguente sequenza di pacchetti ricostruiti:

Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
3	1520	4335	0	0
8	1180	7231	0	0
11	1180	101	0	0

Il pacchetto ID=8080 non viene ricostruito

Notare che nei pacchetti ricostruiti la total length comprende l'intestazione da 20 byte, il fragment offset è nullo e il flag *More Fragments* è falso.

1.2) Porre la MTU pari a 500 significa, data l'intestazione di livello 2 di 12 byte, che i frammenti IP debbono avere lunghezza totale minore o uguale a 488 byte. Vanno dunque frammentati ulteriormente i pacchetti 3, 6, 7 e 11. Ecco una possibile suddivisione. Molte altre suddivisioni sono possibili, l'importante è rispettare la MTU, che comporta una dimensione massima del carico utile di 468 byte.

Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
3	800	4335	720	0

Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
3a	410	4335	720	1
3b	410	4335	1110	0

Si noti che, dato che il frammento 3 era l'ultimo di una sequenza (MF originario a 0), allora l'ultimo frammento risultante ha MF=0.

Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
6	500	8080	380	1

Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
6a	260	8080	380	1
6b	260	8080	620	1

Si noti che in questo caso, non essendo il frammento originario l'ultimo, i flag MF dei frammenti risultanti sono entrambi a 1. Gli altri due frammenti si possono spezzare come segue:

Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
7	500	7231	400	1

Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
7a	260	7231	400	1
7b	260	7231	640	1

Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
11	1000	101	0	1

Istante d'arrivo	Total length	ID	Fragment offset	More Fragments
11a	470	101	0	1
11b	470	101	450	1
11c	100	101	900	1

## Esercizio 2

A lezione, l'alternanza tra due docenti ha causato una situazione "anomala": argomenti diversi, trattati sequenzialmente dai libri di testo, sono stati trattati in parallelo (a lezioni alternate).

2.1) Per quali motivi la trattazione dei livelli 3 e 4 della pila ISO/OSI potrebbe procedere in parallelo senza intoppi?

2.2) Individuare i punti deboli di questa scelta.

### Soluzione —

L'esercizio è un pretesto per parlare brevemente dei livelli ISO/OSI indicati. I punti fondamentali richiesti sono i seguenti:

- Descrizione sommaria dei livelli in questione, senza scendere nei particolari;
- Descrizione delle interazioni e interdipendenze tra i protocolli dei due livelli;
- In base a tali interdipendenze, e alla filosofia generale del modello a strati protocollari, discutere la possibilità di trattarli in parallelo.

### Esercizio 3

La seguente tabella riassume il traffico in kilobyte al secondo tra cinque calcolatori (A, B, C, D ed E) e l'esterno ("Internet"). Ciascuna casella documenta il traffico in ciascuna delle due direzioni. Ad esempio, la macchina C invia alla macchina E 4 kilobyte di dati al secondo, ed E ne invia altrettanti a C.

	B	C	D	E	Internet
A	2	2	4	2	2
B	-	4	1	3	1
C		-	3	4	2
D			-	5	2
E				-	3

Definiamo *throughput complessivo* di una macchina il numero di byte al secondo che entrano o escono da interfacce di quella macchina. In particolare, un byte instradato attraverso una macchina va contato due volte nel throughput di quella macchina.

Si supponga che la macchina A sia il gateway verso Internet. Si calcoli il throughput complessivo di ciascuna macchina nei seguenti casi:

**3.1)** Topologia a stella con E al centro.

**3.2)** Topologia completa.

**3.3)** Topologia ad anello unidirezionale (A-B-C-D-E-A).

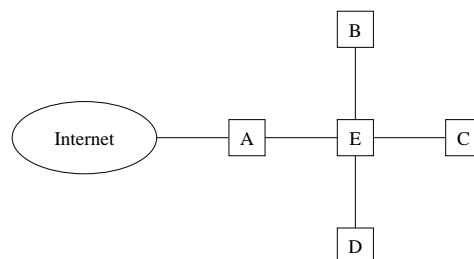
**Soluzione** — Nei punti seguenti, chiameremo traffico *proprio* di una macchina il traffico generato da essa o ad essa destinato. Al carico (throughput) complessivo di una macchina concorrono il traffico proprio e quello che la macchina deve eventualmente inoltrare.

Consideriamo ad esempio il traffico in uscita da B:

- 2kBps verso A
- 4kBps verso C
- 1kBps verso D
- 3kBps verso E
- 1kBps verso Internet

Per un totale di 11kBps in uscita. L'esercizio dice di considerare il traffico come simmetrico, quindi il traffico proprio di B è 22kBps.

**3.1)** Consideriamo il caso a stella:



Le macchine B, C e D gestiscono soltanto il proprio traffico.

Per quanto riguarda A, al traffico proprio di 24kBps va sommato il traffico Internet proveniente da e diretto verso altri nodi. Il traffico diretto dai nodi B, C, D ed E verso Internet è 8kBps; tale traffico va contato due volte in quanto attraversa A, quindi interessa due interfacce. Il traffico in uscita verso Internet da parte dei nodi B, C, D ed E causa pertanto su A un carico di 16kBps; altrettanto quello in ingresso, per un totale di 32kBps che vanno a sommarsi al traffico proprio. Il carico complessivo di A è dunque pari a 56kBps.

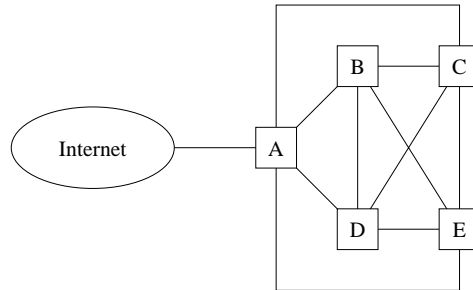
Per determinare il carico di E, è sufficiente considerare che E supporta tutte le comunicazioni tra gli altri nodi, ad esclusione delle comunicazioni di A con Internet. Sfruttiamo questo fatto sommando insieme il traffico proprio di tutti gli altri nodi: 24kBps per A, 22kBps per B, 30kBps per C e D, per un totale di 106kBps. Si noti che tale cifra comprende il traffico proprio di E verso gli altri nodi della rete, e comprende già il raddoppio del traffico passante: ad esempio, il traffico tra B e C è contato sia nel traffico proprio di B che in quello di C. Questi 106kBps vanno però corretti:

- è considerato anche il traffico di A da e per Internet (4kBps), che non passa per E;
- **non** è invece incluso il traffico proprio di E con Internet (6kBps);

- il traffico dei nodi B, C e D con Internet (10kBps) è considerato solo una volta, mentre essendo in transito deve essere contato due volte.

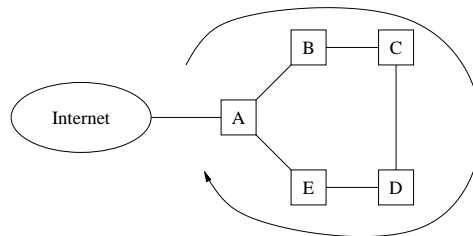
Il carico di E è dunque 118kBps.

3.2) Il caso della rete completa è il più semplice.



Ogni nodo supporta soltanto il proprio traffico, il nodo A supporta in più quello tra gli altri nodi e Internet, come nel caso precedente. Segue che il carico di A è 56kBps, quello di B è 22kBps, quello di C e D è 30kBps, quello di E (non calcolato prima) è 34kBps.

3.3) Chiudiamo col caso dell'anello.



Una semplice considerazione semplifica notevolmente i calcoli: ogni unità di traffico fra due nodi riportata in tabella incide per due unità su ogni nodo. Ad esempio, il traffico da B a D indicato in tabella vale 1kBps. Tale traffico nasce da B (caricandolo di 1kBps), attraversa il nodo C (caricandolo per 2kBps) e giunge al nodo D (1kBps). Il traffico inverso da D a B nasce da D (1kBps), attraversa E e A (2kBps ciascuno) e termina in B (1kBps). Il risultato complessivo è che ciascun elemento della tabella causa un carico doppio su ciascun nodo dell'anello (il traffico per Internet può essere visto come traffico da e per il nodo A), a patto di escludere come unica eccezione il traffico tra A ed Internet. Quindi, il carico dei nodi B, C, D ed E è pari a 76kBps (due volte la somma degli elementi della tabella, escluso l'elemento da A verso Internet).

Per il nodo A, bisogna sommare al precedente il carico sull'interfaccia verso Internet, corrispondente alla somma degli elementi della colonna "Internet" raddoppiata per tenere conto della bidirezionalità. In tutto il carico di A è dunque 96kBps.

Riassumendo, i carichi complessivi in kilobyte al secondo sono i seguenti:

	A	B	C	D	E
Stella	56	22	30	30	118
Completa	56	22	30	30	34
Anello	96	76	76	76	76