

Quesito 1 (punti 5). Cinque processi a lotti, identificati dalle lettere *A – E*, arrivino all'elaboratore agli istanti di tempo: 0, 2, 4, 7, 10 rispettivamente. Tali processi abbiano un tempo di esecuzione stimato di 6, 5, 2, 4, 3 unità di tempo rispettivamente ed anche un attributo di priorità, mantenuto staticamente nel corso dell'esecuzione, rispettivamente di 1, 4, 2, 4, 3 (ove a valore maggiore corrisponde priorità maggiore).

Per ciascuna delle politiche di ordinamento sotto indicate, trascurando i ritardi dovuti allo scambio di contesto, si determini: (1) il tempo medio di risposta; (2) il tempo medio di *turn-around*; (3) il tempo medio di attesa.

- FCFS: un processo per volta, fino al completamento, senza valutazione dell'attributo di priorità
- Round-Robin: con quanto di durata 3, senza valutazione dell'attributo di priorità
- Round-Robin: con quanto di durata 3, con valutazione dell'attributo di priorità e prerilascio immediato
- SJF: *Shortest-Job First*, con prerilascio, ma senza valutazione dell'attributo di priorità.

Nel risolvere il quesito si dia sempre precedenza ai processi già attivati rispetto a quelli appena arrivati.

Quesito 2 (punti 8). Un appassionato antiquario informatico desidera riutilizzare, senza modificarla, la struttura di *directory* di CP/M (riportata in figura 1) per un elaboratore di nuova generazione con disco fisso ampio 64 GB e blocchi di ampiezza 1 KB. Il nostro antiquario è però disposto a modificare il significato e l'ampiezza di alcuni campi per poter rappresentare *file* di dimensione massima.

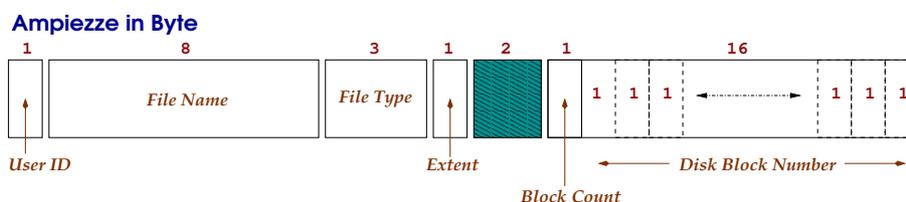


Figura 1: La struttura della *directory* in CP/M.

Ricordando che, in CP/M, il campo “*Extent*” denotava il numero d’ordine di estensione di una *directory entry*; il campo “*Block Count*” la dimensione del *file* espressa in numero di settori ampi 128 B; e ciascun campo “*Disk Block Number*” l’indice del corrispondente blocco su disco, ampio 1 KB, lo studente proponga, descrivendola, la soluzione che ritiene la migliore possibile, indicando anche la proporzione di incremento di dimensione massima di *file* ottenuta rispetto all’originale.

Quesito 3 (punti 3).

[3.A] Quale tra le seguenti affermazioni è corretta in relazione alla politica di ordinamento processi “FCFS senza valutazione dell’attributo di priorità”:

- 1: il tempo di attesa è sempre maggiore del tempo di risposta
- 2: il tempo di attesa è sempre minore del tempo di risposta
- 3: il tempo di attesa è sempre uguale al tempo di risposta
- 4: il tempo di attesa ed il tempo di risposta non hanno alcun legame prefissato.

[3.B] Un semaforo binario può:

- 1: assumere solo valori discreti
- 2: gestire solo l’accesso a due risorse condivise
- 3: gestire solo le richieste di accesso provenienti da due processi
- 4: assumere solo i valori 0 e 1, con essi denotando “risorsa libera” e “risorsa occupata”.

[3.C] Quale tra le seguenti affermazioni, fatte osservando un grafo di allocazione delle risorse, è certamente vera in generale:

- 1: se vi sono percorsi chiusi allora vi è situazione di stallo
- 2: se non vi sono percorsi chiusi allora non vi è situazione di stallo
- 3: se nel percorso chiuso eventualmente rilevato si trovano solo risorse a molteplicità > 1 , allora occorre analizzare il caso in questione
- 4: se nel percorso chiuso eventualmente rilevato si trovano solo risorse a molteplicità unaria, allora occorre analizzare il caso in questione.

Quesito 4 (punti 8). Lo studente illustri **sinteticamente** quali entità e protocolli vengano coinvolti quando un nodo $N1$ di una rete locale intenda comunicare a livello IP con un altro nodo $N2$ appartenente alla stessa sottorete, ma di cui conosca soltanto il nome logico (p.es.: slash.math.unipd.it). Facendo poi riferimento alla configurazione mostrata in figura 2, lo studente indichi se ed in che modo quanto precedentemente illustrato cambierebbe ove la comunicazione fosse invece diretta al nodo $N3$, di nome logico hyphen.dma.unipd.it.

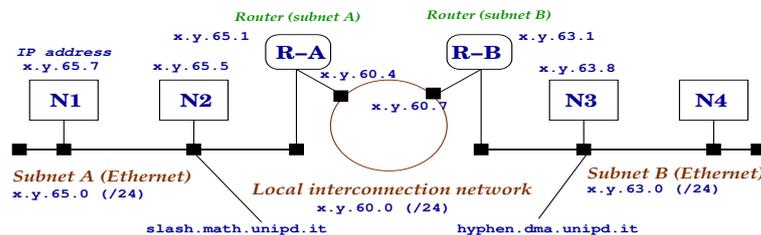


Figura 2: Architettura di rete per i nodi $N1, N2, N3$.

Quesito 5 (punti 8). Lo schema logico riportato in figura 3 rappresenta la rete dati di una piccola Azienda composta da due reparti distinti. In tale rete sono presenti tre nodi server: (1) Web Server, che offre servizi Web accessibili prevalentemente da utenti esterni all'Azienda, e che compone la zona DMZ dell'Azienda; (2) server_A, che offre servizi vari ai 6 utenti del reparto amministrazione; (3) server_P, che offre servizi vari ai 3 utenti del reparto progettazione.

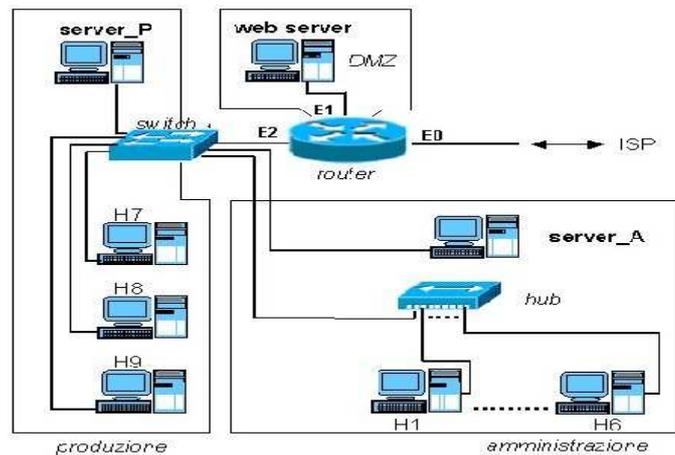


Figura 3: Architettura della rete interna dell'Azienda.

Gli utenti della rete sono suddivisi tra: (i) un reparto amministrazione, composto da 6 utenti ($H1 - H6$), caratterizzati da un traffico prevalentemente di tipo utente-servere facente capo al server_A; (ii) un reparto progettazione, composto da 3 postazioni di lavoro ($H7 - H9$), tutte caratterizzate da un traffico di tipo utente-servere facente capo al server_A, le prime 2 delle quali contraddistinte anche da un traffico multimediale di tipo utente-servere abbastanza costante, stimato in 5 Mbps, e che fa capo al server_P.

Sotto queste ipotesi, determinare i valori massimi teorici del traffico nei vari rami della rete nel caso peggiore, ove cioè tutti i singoli utenti necessitino del loro traffico massimo.

L'Azienda accede ad Internet mediante un unico indirizzo IP statico fornito direttamente dal proprio ISP, che le attribuisce anche una sottorete di indirizzi IP pubblici da utilizzare liberamente al suo interno. Questi i dati forniti all'Azienda dall'ISP:

configurazione della porta del router E0 (lato ISP)	
IP address	150.1.0.125
Subnet Mask	255.255.255.192
Default Gateway	150.1.0.126
sottorete a disposizione dell'Azienda (da ripartire internamente)	
Subnet IP address	150.1.0.128
Subnet Mask	255.255.255.192

Sotto queste ipotesi, determinare la configurazione IP (IP address, Subnet Mask e Default Gateway di tutti i dispositivi della rete Aziendale, facendo in modo che abbiano tutti la stessa Subnet Mask, e quindi che le sottoreti interne abbiano tutte la stessa dimensione.

Soluzione 1 (punti 5).

- FCFS: un processo per volta, fino al completamento, senza valutazione dell'attributo di priorità

```

processo A  AAAAAA
processo B  --bbbbBBBB
processo C  ----ccccccCC
processo D  -----ddddddDDDD
processo E  -----eeeeeeeEEEE

CPU        AAAAAABBBBBCCDDDEEEEE
coda       ..bbbcccccddeeee....
           ....cc.ddddee.....
           .....e.....
    
```

LEGENDA DEI SIMBOLI
 - non ancora arrivato
 x (minuscolo) attesa
 X (maiuscolo) esecuzione
 . coda vuota

processo	risposta	tempo di	
		attesa	turn-around
A	0	0	6
B	4	4	4+5=9
C	7	7	7+2=9
D	6	6	6+4=10
E	7	7	7+3=10
medie	4,80	4,80	8,80

- Round-Robin: con quanto di durata 3, senza valutazione dell'attributo di priorità

```

processo A  AAAaaaaAA
processo B  --bBBBBbbbbbBB
processo C  ----ccccccCC
processo D  -----ddddddDDDDddD
processo E  -----eeeeeeeEEEE

CPU        AAABBBAACCBDDDEEED
coda       ..baaacccbbddeeeddd.
           ....cbbbddee.....
           .....dd.e.....
    
```

LEGENDA DEI SIMBOLI
 - non ancora arrivato
 x (minuscolo) attesa
 X (maiuscolo) esecuzione
 . coda vuota

processo	risposta	tempo di	
		attesa	turnaround
A	0	3	3+6=9
B	1	1+5=6	6+5=11
C	5	5	5+2=7
D	6	6+3=9	9+4=13
E	6	6	6+3=9
medie	3,60	5,80	9,80

- Round-Robin: con quanto di durata 3, con valutazione dell'attributo di priorità e prerilascio immediato

```

processo A  AAaaaaaaaaaaaaAA
processo B  --BBBBB
processo C  ----ccccccccccCC
processo D  -----DDDD
processo E  -----eEEEE

CPU        ABBBBBDDDEEECCAAAA
coda       ..aaccccccecccaa....
           ....aaaaaaciaa.....
           .....a.....
    
```

LEGENDA DEI SIMBOLI
 - non ancora arrivato
 x (minuscolo) attesa
 X (maiuscolo) esecuzione
 . coda vuota

processo	risposta	tempo di	
		attesa	turnaround
A	0	14	14 + 6 = 20
B	0	0	5
C	10	10	10 + 2 = 12
D	0	0	4
E	1	1	1 + 3 = 4
medie	2,20	5,00	9,00

- SJF: *Shortest-Job First*, con prerilascio, ma senza valutazione dell'attributo di priorità

```

processo A      AAAAAA
processo B      --bbbbbbbbbbbbbBBBBB
processo C      ----ccCC
processo D      -----dDDDD
processo E      -----eeEEE

CPU      AAAAAACDDDDDEEEBBBBB
coda     ..bbccdbbbeebb.....
         ....bb.b..bb.....
    
```

LEGENDA DEI SIMBOLI
- non ancora arrivato
x (minuscolo) attesa
X (maiuscolo) esecuzione
. coda vuota

processo	risposta	tempo di	
		attesa	turnaround
A	0	0	6
B	13	13	13 + 5 = 18
C	2	2	2 + 2 = 4
D	1	1	1 + 4 = 5
E	2	2	2 + 3 = 5
medie	3,60	3,60	7,60

Soluzione 2 (punti 8). Calcoliamo, tanto per cominciare, la dimensione massima teorica di un *file* in CP/M, che è chiaramente determinata dal campo “*Block Count*”, il quale la fissa a: $2^8 \text{ settori} = 256 \times 128 B = 2^8 \times 2^7 B = 2^{15} B = 2^5 \times KB = 32 KB$, indipendentemente dal massimo valore assumibile dal campo “*Extent*”. Notiamo anche, per inciso, che se il campo “*Block Count*” denotasse blocchi invece che settori, la dimensione massima di *file* crescerebbe fino a 256 KB. Osserviamo infine che l'utilizzo dei 2 B inutilizzati per estendere l'ampiezza del campo “*Extent*” non sarebbe ragionevole, perchè in tal modo, ogni singolo *file* potrebbe richiedere una *directory entry* ampia: $2^{24} \times 32 B = 2^{24} \times 2^5 B = 2^{29} B = 512 MB$, una dimensione chiaramente improponibile.

Da quanto visto a lezione sappiamo invece che la struttura di *directory* di maggiore efficacia teorica dal punto di vista dell'ampiezza massima di *file* è quella MFT di NTFS, la cui struttura di base è richiamata in figura 4.

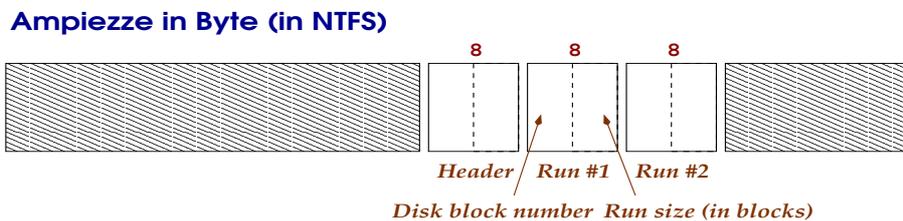


Figura 4: La parte di struttura MFT rilevante per il quesito.

Essendo il disco fisso del nostro antiquario ampio $64 GB = \frac{2^{36} B}{2^{10} B/\text{blocco}} = 2^{26}$ blocchi, ogni indice di blocco dovrà essere denotato su $32 \text{ bit} = 4 B$, per cui ogni campo “*Header*” e “*Run*” occuperà $2 \times 4 B = 8 B$.

Della struttura di *directory* CP/M potremmo in linea di principio utilizzare fino a 19 B, lasciando intatti i campi da “*User ID*” ad “*Extent*”, ma di fatto possiamo usarne solo multipli di 8 B. Ne segue che, come mostrato in figura 5:

1. dovremo usare il campo “*Extent*” per estendere la *directory* su più strutture contigue, ciascuna ampia 32 B

- nella prima struttura (di indice "Extent" = 0) porremo il campo "Header" ed il primo campo "Run"
- nelle strutture di estensione, fino a 255 successive, potremmo memorizzare fino a $\lfloor \frac{32-1}{2 \times 4} \rfloor = 3$ ulteriori campi "Run".

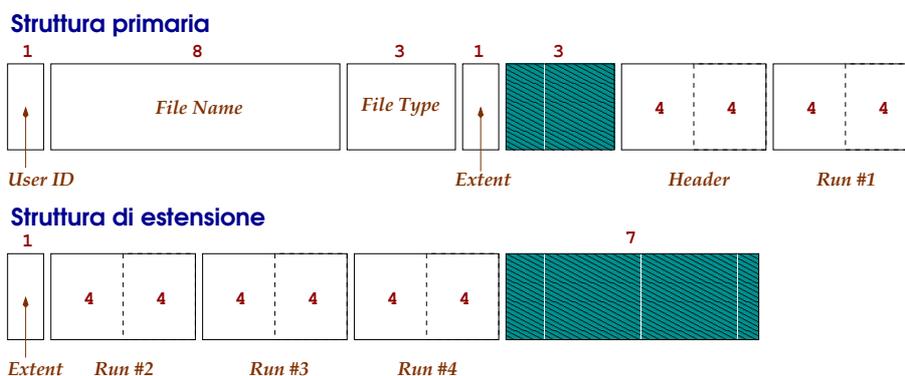


Figura 5: Vista MFT della struttura di directory CP/M.

È facile vedere che con questo accorgimento, anche in caso di un *file* massimamente frammentato (ossia con sequenze contigue di 1 solo blocco), la struttura che abbiamo consegnato consente di rappresentare l'ampiezza massima di: $(1 + 255 \times 3) \times 1 \text{ KB} = 766 \text{ KB}$.

È altrettanto facile vedere che, sotto le stesse ipotesi di dimensione di disco fisso e di blocco, la struttura originale CP/M consentirebbe invece dimensione massima assoluta di *file* non superiore a: $(4 + 255 \times \lfloor \frac{32-1}{4} \rfloor) \times 1 \text{ KB} = (4 + 255 \times 7) = 1789 \text{ KB}$, circa 2,3 volte maggiore di quanto possibile con il nuovo accorgimento, ma incomparabilmente inferiore nel caso di minore frammentazione.

Soluzione 3 (punti 3).

La risposta corretta al quesito 3.A è: 3.

La risposta corretta al quesito 3.B è: 4.

La risposta corretta al quesito 3.C è: 2.

Soluzione 4 (punti 8). È noto che gli indirizzi IP sono utilizzati soltanto per consentire a protocolli di alto livello di localizzare nodi appartenenti alla rete Internet, mentre la comunicazione tra nodi ha in realtà luogo al livello 2 (del collegamento dati) utilizzando gli indirizzi fisici dei nodi coinvolti.

Nel quesito proposto, il nodo *N1* conosce soltanto il nome logico del nodo destinatario *N2* (`slash.math.unipd.it`).

- Sarà il *DNS* a determinare la corrispondenza valida tra tale nome logico e l'indirizzo IP del nodo del destinatario (`x.y.65.5` in figura 2).

A questo punto, l'applicazione di livello 7 del nodo *N1* potrà costruire un pacchetto che indichi tale valore come indirizzo IP del destinatario ed inviarlo al proprio livello IP. Tale indirizzo risulterà appartenere alla medesima sottorete del mittente (`math.unipd.it`), per cui occorrerà solo determinarne l'indirizzo fisico (specificamente, i 48 *bit* dell'indirizzo Ethernet del nodo *N2*).

- Tale corrispondenza sarà ottenuta tramite invocazione del protocollo ARP (*Address Resolution Protocol*), che invierà un messaggio in diffusione entro la sottorete *A* (dunque inviato all'indirizzo `x.y.65.255`), al quale potrà rispondere esclusivamente il nodo *N2* in quanto solo possessore dell'indirizzo IP contenuto nell'interrogazione.

A questo punto il nodo *N1* potrà costruire una trama Ethernet con destinatario *N2* e campo dati contenente il pacchetto IP originario, ed effettuare così la comunicazione richiesta.

Il passo 2 precedentemente illustrato dovrebbe necessariamente cambiare ove il destinatario fosse il nodo *N3*, appartenente, secondo figura 2, ad un'altra sottorete (*B*, `dma.unipd.it`), collegata con la sottorete *A* di *N1* tramite un'apposita rete di interconnessione. Ciò avverrebbe perché un messaggio in diffusione sulla sottorete *A* non potrebbe mai raggiungere *N3* nella sottorete *B*. Interrogato il *DNS*, il livello IP del nodo *N1* rileverebbe che *N3* è esterno alla sottorete *A* e dunque costruirebbe una trama Ethernet, contenente il pacchetto IP destinato ad *N3*, e la invierebbe al nodo *R_A*, *router* di sottorete e *gateway* verso l'esterno. Ricevuta la trama ed estratto il pacchetto IP in essa contenuto, il nodo *R_A* determinerebbe di doverlo trasmettere al

nodo R_B , gateway di ingresso nella sottorete B , ove risiede $N3$. Tale trasmissione avverrebbe secondo il protocollo proprio del livello 2 del mezzo fisico di interconnessione. Una volta arrivata la trama di livello 2 al nodo R_B , questi, vedendo che l'indirizzo IP del destinatario appartiene alla sottorete B effettuerebbe il passo 2 precedentemente illustrato ed il nodo $N3$ potrebbe così ricevere la comunicazione inviatagli da $N1$.

Soluzione 5 (punti 8). Le tre porte del router1 ($E0, E1, E2$) identificano altrettanti reti locali:

LAN-0	rete esterna, di collegamento tra l'ISP e la rete Aziendale
LAN-1	settore non protetto della rete aziendale (DMZ), contenente i servizi Web esternalizzati
LAN-2	rete aziendale interna, composta da un unico dominio di diffusione

Il calcolo dei flussi nel caso peggiore può essere affrontato semplicemente limitando l'analisi alla sola rete interna LAN-2.

Per prima cosa si individueranno i flussi utili, ovvero quelli descritti dal quesito. Detti:

- X flusso di dati scambiato con il server_A dal generico utente di reparto *amministrazione* ($H1 \dots H6$)
- Y flusso di dati scambiato con il server_A dal generico utente del reparto *produzione* ($H7 \dots H9$)
- Z flusso aggiuntivo di dati scambiato con il server_P da ciascuna delle 2 postazioni multimediali $H7 - H8$ del reparto *produzione*, di valore noto pari a 5 Mbps ;

si ottiene facilmente la distribuzione rappresentata in figura 6, nella quale il traffico utile è indicato in grassetto, ed il traffico effettivo (quando diverso da quello utile) è racchiuso in un ovale.

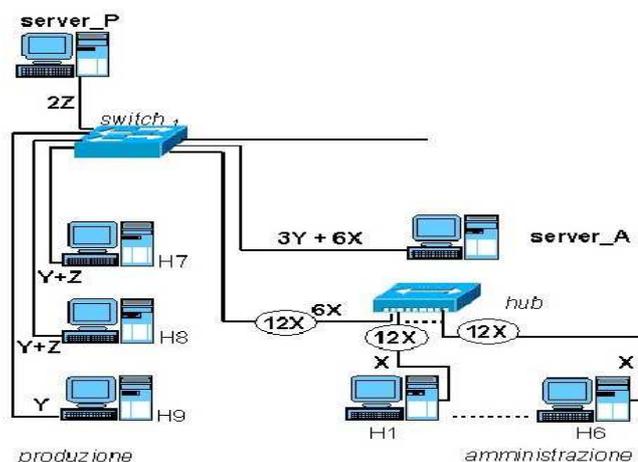


Figura 6: Determinazione dei flussi utili di caso peggiore.

Assumiamo ora che ogni ramo della rete possa trasferire al massimo 100 Mbps (notando che la metodologia di soluzione non dipende ovviamente dalla portanza della rete). Fissato questo dato, otteniamo le seguenti condizioni:

$$\begin{aligned}
 6X + 6X &\leq 100 \text{ Mbps} && \text{(porte dell'hub)} && (1) \\
 3Y + 6X &\leq 100 \text{ Mbps} && \text{(collegamento al server_A)} && (2) \\
 Y &\leq 100 \text{ Mbps} && \text{(host H9)} && (3) \\
 Y + Z &\leq 100 \text{ Mbps} && \text{(host H7 - H8)} && (4) \\
 2Z &\leq 100 \text{ Mbps} && \text{(collegamento al server_P)} && (5)
 \end{aligned}$$

Dalla condizione (2) ricaviamo: $X \leq 8,3 \text{ Mbps}$. Dalla condizione (3), prendendo per buono il valore massimo di $X = 8,3 \text{ Mbps}$, ricaviamo: $Y = \frac{100 - 6X}{3} = \frac{100 - 50}{3} = 16,6 \text{ Mbps}$. Dalla condizione (4) ricaviamo: $Y \leq 100 \text{ Mbps}$, che essendo meno restrittivo del valore già attribuito ad Y , può essere trascurato. Dalla condizione (5) ricaviamo: $Y \leq 95 \text{ Mbps}$, ancora una volta meno restrittivo di quanto già ricavato per Y , e che dunque trascuriamo. La condizione (5) infine viene automaticamente soddisfatta dato che $Z \leq 5 \text{ Mbps}$ per definizione. Globalmente, i valori massimi teorici del traffico nei vari punti della rete, nel caso peggiore in cui tutti gli utenti necessino del traffico massimo, valgono rispettivamente:

$$X_{MAX} = 8,3 \text{ Mbps} \quad Y_{MAX} = 16,6 \text{ Mbps}$$

Per quanto riguarda la ripartizione degli indirizzi IP della rete Aziendale, l'indirizzo IP statico acquistato dall'Azienda è un dato di fatto ininfluenza, dato che la configurazione della porta $E0$ del router è imposta dall'ISP medesimo. Per gli altri dispositivi abbiamo invece a disposizione una sottorete di indirizzi pubblici $150.1.0.128$, originariamente appartenenti alla

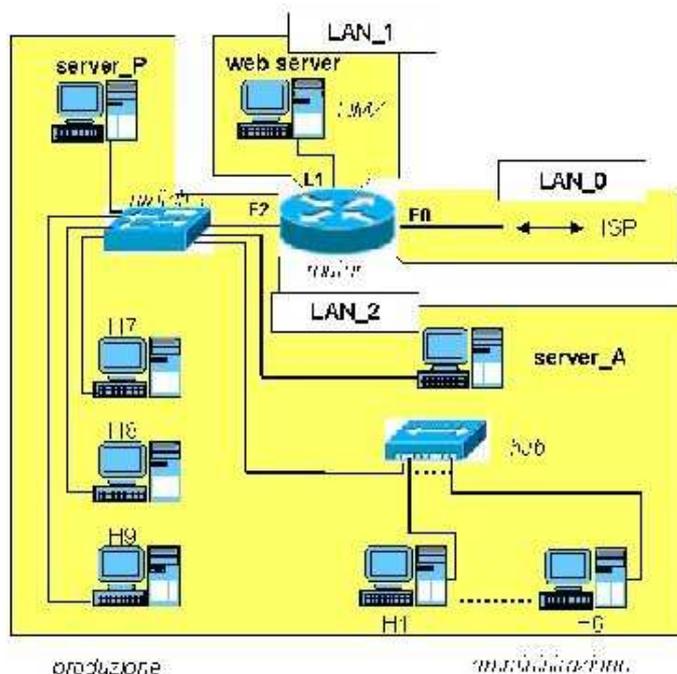


Figura 7: Architettura delle sottoreti interne all’Azienda.

classe B, ma ora associati alla maschera /26 e dunque resi *classless* (ricordiamo che la notazione /26 è la forma compatta di: 255.255.255.192). Come mostrato in figura 7, la rete interna comprende 2 sole sottoreti: LAN – 1 e la LAN – 2.

Il dato di progetto da cui partire per la ripartizione (*subnetting*) è chiaramente il requisito che le sottoreti abbiano tutte la stessa dimensione, ossia la stessa *subnet mask*. Dovendo creare 2 sottoreti utili e sapendo che il loro numero *S* è determinato dall’equazione $S = 2^N - 2$, dove *N* è il numero di *bit* impiegati per designarle, fissando $S = 2$ otteniamo $N = 2$. Il numero di nodi della sottorete LAN – 2 deve essere ≥ 12 , poiché abbiamo 9 *host*, 2 *server* ed 1 porta *router*. Ne segue che la parte ‘*host*’ dell’indirizzo IP deve essere composto da (almeno) 4 *bit*, dato che ciò consente di rappresentare $2^4 - 2 = 14$ indirizzi IP utili. In definitiva, per le 2 reti aziendali dobbiamo utilizzare 2 *bit* per designare la sottorete corrispondente e 4 *bit* per designare i rispettivi nodi.

La *subnet mask* fornita all’Azienda dall’ISP vale:

255.255.255.192 in binario: 11111111.11111111.11111111.11000000

lasciando a nostra discrezione proprio i 6 *bit* che ci servono. La sottorete assegnata soddisfa quindi esattamente le esigenze interne dell’Azienda, la cui *subnet mask interna* varrà:

255.255.255.240 in binario: 11111111.11111111.11111111.11110000

150	1	0	128		
parte di rete (classe B annullata da maschera)			sottorete (dall’ISP)		
10010110	00000001	00000000	10	00	0000
				sottoreti interne	nodi di sottorete

Tabella 1: Base dell’insieme di indirizzi di classe B riservati ad uso interno dell’Azienda.

In tabella 2 ricapitoliamo le caratteristiche degli indirizzi IP delle 2 sottoreti utili, mentre in tabella 3 riportiamo una possibile assegnazione di indirizzi IP per i dispositivi aziendali interni.

parte di rete (<i>classless</i>)		sottorete interna	nodo		destinazione indirizzo
10010110.00000001.00000000.	10	01	0000	150.1.0.144	riservato per la I sottorete
10010110.00000001.00000000.	10	01	0001	150.1.0.145	utilizzabile per 1° nodo nella I sottorete
...					
10010110.00000001.00000000.	10	01	1110	150.1.0.158	utilizzabile per ultimo nodo nella I sottorete
10010110.00000001.00000000.	10	01	1111	150.1.0.159	riservato al <i>broadcast</i> nella I sottorete
10010110.00000001.00000000.	10	10	0000	150.1.0.160	riservato per la II sottorete
10010110.00000001.00000000.	10	10	0001	150.1.0.161	utilizzabile per 1° nodo nella II sottorete
...					
10010110.00000001.00000000.	10	10	1110	150.1.0.174	utilizzabile per ultimo nodo nella II sottorete
10010110.00000001.00000000.	10	10	1111	150.1.0.175	riservato al <i>broadcast</i> nella II sottorete

Tabella 2: Ripartizione degli indirizzi nelle 2 sottoreti interne utili.

rete	dispositivo	IP address	subnet mask	default gateway
LAN – 1	Web server	150.1.0.157	255.255.255.240	150.1.0.158
	router E1	150.1.0.158	/28	—
LAN – 2	H1	150.1.0.161	/28	150.1.0.174
	H2	150.1.0.162	/28	150.1.0.174
	H3	150.1.0.163	/28	150.1.0.174
	H4	150.1.0.164	/28	150.1.0.174
	H5	150.1.0.165	/28	150.1.0.174
	H6	150.1.0.166	/28	150.1.0.174
	H7	150.1.0.167	/28	150.1.0.174
	H8	150.1.0.168	/28	150.1.0.174
	H9	150.1.0.169	/28	150.1.0.174
	server_A	150.1.0.172	/28	150.1.0.174
	server_P	150.1.0.173	/28	150.1.0.174
router E2	150.1.0.174	/28	—	

Tabella 3: Una possibile attribuzione di indirizzi IP interni alle postazioni della rete Aziendale.