

**Quesito 1 (punti 5).** Cinque processi, identificati dalle lettere  $A - E$ , arrivano all'elaboratore agli istanti di tempo di valore 0, 3, 5, 6 e 9 rispettivamente. I processi hanno un tempo stimato di esecuzione di 8, 3, 6, 3 e 5 unità di tempo rispettivamente. Per ciascuna delle politiche di ordinamento sotto indicate, si determinino, trascurando i tempi dovuti allo scambio di contesto: (1) il tempo medio di completamento — *turn-around*; (2) il tempo medio di attesa; (3) il tempo medio di risposta.

- First Come First Served (FCFS) senza prerilascio (un processo per volta, fino al completamento)
- Round Robin (RR) con quanto di ampiezza 2 unità di tempo
- Shortest Job First (SJF) senza prerilascio

Si assuma che, in presenza di eventi concomitanti, il *dispatcher* di ogni politica considerata privilegi il processo arrivato prima all'elaboratore.

**Quesito 2 (punti 8).** Un delicato apparato elettro-medico prevede 2 modi operativi:

- ◊ modo (1), inteso per l'emissione di elettroni a bassa intensità esclusivamente su oggetti inanimati
- ◊ modo (2), inteso per l'emissione di raggi X a bassa intensità su pazienti umani.

L'apparato è inizialmente configurato in modo operativo (1). Per operare in modo (2), l'operatore deve esplicitamente attivare un comando che posiziona un convettore, un filtro e due pareti protettive davanti alla sorgente del fascio di elettroni, così da convertirlo in raggi X emessi in modo filtrato e sicuro.

L'apparato è governato da un sistema *software* comprendente 2 flussi di controllo (*thread*) concorrenti:

- ◊ *operator interface task* (OIT): che riceve ed esegue immediatamente i comandi di configurazione emessi dell'operatore ( $1 \rightarrow 2$  e  $2 \rightarrow 1$ )
- ◊ *equipment control task* (ECT): che riceve ed esegue immediatamente il comando di emissione del fascio di elettroni previsto per il modo operativo corrente.

Nel corso della 1<sup>a</sup> settimana d'uso dell'apparato, un paziente venne esposto all'irraggiamento nel modo operativo (1) subendo così gravi danni, nonostante che l'operatore avesse effettivamente comandato la riconfigurazione al modo (2). L'indagine che ne seguì concluse che la causa principale del malfunzionamento risiedeva nella *race condition* cui l'architettura del sistema *software* era esposta.

Si discutano la natura e la causa del problema nel sistema dato e si proponga una soluzione correttiva plausibile.

**Quesito 3 (punti 3).**

[3.A] Quale tra le seguenti politiche di ordinamento in generale minimizza il tempo medio di risposta dei processi:

- 1: First Come First Served (senza prerilascio, fino al completamento)
- 2: Round Robin
- 3: Shortest Job First (senza prerilascio)
- 4: Accodamento FIFO con priorità e prerilascio.

[3.B] Una scheda di rete operante secondo lo standard *Ethernet*, configurata in modalità *promiscua*, è in grado di:

- 1: trasmettere e ricevere trame contemporaneamente
- 2: leggere tutte le trame che arrivano alla sua interfaccia
- 3: trasferire al suo livello superiore tutte le trame che arrivano alla sua interfaccia.
- 4: mascherare l'indirizzo del mittente nelle trame trasmesse.

[3.C] Indicare, tra le seguenti, la funzionalità più importante in un analizzatore di protocollo:

- 1: *packet analyzer*
- 2: *packet sniffer*
- 3: *packet filtering*
- 4: *packet disassembler*.

**Quesito 4 (punti 8).** Una particolare interrogazione all'agente responsabile per l'esecuzione di uno specifico protocollo del modello TCP/IP, effettuata agli istanti successivi  $T_0$  e  $T_1$ , restituisce l'informazione riportata in tabella 1:

1. Si individui il protocollo responsabile della produzione di tale informazione.
2. Si descriva brevemente la funzionalità del protocollo.
3. Si proponga la propria interpretazione dell'informazione riportata in tabella 1, spiegando anche la sua evoluzione temporale.

Interfaccia	192.168.114.91			Istante
	<b>Indirizzo Internet</b>	<b>Indirizzo fisico</b>	...	T0, T1
	147.162.22.66	00-01-e6-b5-00-96	...	T0
	192.168.114.254	00-40-f4-7b-b4-ac	...	T1
	...	...	...	

Tabella 1: Informazione restituita da successive interrogazioni all'agente di protocollo.

**Quesito 5 (punti 8).** Lo schema logico riportato in figura 1 rappresenta la rete dati di una piccola Agenzia di Servizi suddivisa tra due sedi, (A e B), connesse tra loro tramite un collegamento in fibra ottica di proprietà.

Nella struttura logica di tale rete, tutti i cui dispositivi di rete operano con standard a 100 Mbps, sono presenti tre servernti:

- il *Server Intranet*, che offre servizi di application server e di accreditamento agli utenti aziendali di entrambe le sedi
- il *Server A*, che offre servizi di condivisione di *file* alle 5 postazioni di lavoro della sede A
- il *Server B*, che offre servizi di condivisione di *file* alle 5 postazioni di lavoro della sede B.

Il traffico di tutti gli utenti dell'Agenzia è essenzialmente caratterizzato da tre componenti:

1. componente Internet diretta genericamente verso lo spazio Web, di valore massimo costante e pari a 100 Kbps per ogni utente
2. componente Intranet facente capo al *Server Intranet*
3. componente utente-server facente capo al *Server* di condivisione *file* della sede di residenza dell'utente.

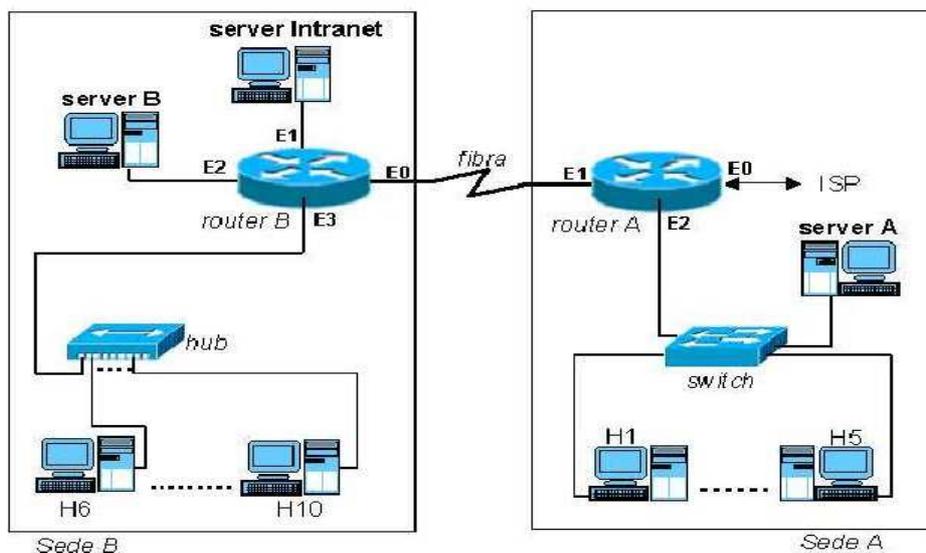


Figura 1: Articolazione della rete interna dell'Agenzia.

Si determini il flusso teorico massimo per tale rete nel caso peggiore in cui tutti gli utenti operino in rete simultaneamente.

L'Agenzia accede ad Internet mediante un unico indirizzo IP statico fornito direttamente dal proprio ISP. Al suo interno, invece, decide di condividere gli indirizzi privati di una intera classe C (192.168.0.0), sfruttando la funzione di traduzione degli indirizzi (NAT, *Network Address Translation*) realizzata all'interno del Router A.

Si proponga una ripartizione degli indirizzi utili in sottoreti della massima capienza possibile e della medesima dimensione (e dunque stessa *subnet mask*).

Si compili poi una tabella che contenga, per ciascun dispositivo di rete, l'indirizzo IP ad esso associato, la sua *subnet mask* ed il *default gateway* corrispondente.

**Soluzione 1 (punti 5).**

- **First Come First Served (FCFS) senza prerilascio:** un processo per volta, fino al completamento

```
processo A AAAAAAAAA
processo B ---bbbbbbb
processo C -----ccccccCCCCCC
processo D -----ddddddddddd
processo E -----eeeeeeeeEEEEEE
CPU      AAAAAAABBCCDDDEEEEEE
coda    ...BBBBCCDDDDDEEEE
        .....CCDDDEEEEEE
        .....DD,EE
```

processo	risposta	tempo di	
		attesa	completamento
A	0	0	8
B	5	5	5 + 3 = 8
C	6	6	6 + 6 = 12
D	11	11	11 + 3 = 14
E	11	11	11 + 5 = 16
medie	6,6	6,6	11,6

- **Round-Robin: con quanto di ampiezza 2 unità di tempo**

```
processo A AAAAaaAAaaaaAA
processo B ---bBBbbbbB
processo C -----cccCCccccccCCcccCC
processo D -----ddddDDdddddd
processo E -----eeeeeeEEeeeEEeeE
CPU      AAAABBAACCBDDAAEECCDECCE
coda    ...BAACCBDDAAEECCDECCE
        .....CBBDDAECCDDEEC
        .....DDAAECDD
        .....EC
```

processo	risposta	tempo di	
		attesa	completamento
A	0	7	7 + 8 = 15
B	1	5	5 + 3 = 8
C	3	13	13 + 6 = 19
D	5	11	11 + 3 = 14
E	6	11	11 + 5 = 16
medie	3,0	9,4	14,4

- **Shortest Job First, senza prerilascio**

```
processo A AAAAAAAAA
processo B ---bbbbbbb
processo C -----ccccccccccccCCCCCC
processo D -----ddddDDD
processo E -----eeeeEEEEEE
CPU      AAAAAAABBDDDEEEEEECCCCC
coda    ...BBBBDDDEEECCCCC
        .....CDDCECCC
        .....CC.CC
```

processo	risposta	tempo di	
		attesa	completamento
A	0	0	0 + 8 = 8
B	5	5	5 + 3 = 8
C	14	14	14 + 6 = 20
D	5	5	5 + 3 = 8
E	5	5	5 + 5 = 10
medie	5,8	5,8	10,8

**Soluzione 2 (punti 8).** Come sappiamo (cf. diapositive 1 – 11 di lezione 2, a.a. 2004/5) la *race condition* è la condizione per la quale l'effetto globale dell'attività di flussi di controllo concorrenti e cooperanti dipende in maniera non predicibile dall'ordine con cui essi possono accedere a variabili condivise.

Il sistema *software* descritto nel quesito include un esempio classico di 2 flussi di controllo concorrenti e cooperanti, OIT ed ECT. Per come è descritto il sistema, OIT certamente scrive la variabile condivisa “modo operativo corrente”, che invece ECT legge per effettuare l'operazione richiesta.

OIT può scrivere tale variabile prima o dopo aver completato le operazioni di configurazione.

In ogni caso, sarebbe funzionalmente necessario assicurarsi che ECT non possa procedere fino a che OIT non abbia completato tutta la propria esecuzione (scrittura e configurazione). In caso contrario avremmo *race condition*, perchè ECT potrebbe andare in esecuzione prima che OIT abbia completato il comando ma dopo che esso abbia scritto la variabile condivisa. In tal modo, ECT potrebbe “capire” che il modo operativo è 2 prima che la configurazione sia stata effettivamente completata. Se ciò accadesse il povero paziente verrebbe irraggiato direttamente con elettroni invece che con raggi X. E questo è precisamente quanto è avvenuto.

La condizione di sicurezza è facilmente ottenibile utilizzando un semaforo binario per l'accesso in mutua esclusione alla variabile condivisa ed un semaforo di sincronizzazione sul quale ECT attenda il “via” da OIT.

### Soluzione 3 (punti 3).

La risposta al quesito 3.A è: 2.

La risposta al quesito 3.C è: 3.

La risposta al quesito 3.B è: 3

**Soluzione 4 (punti 8).** Come sappiamo (cf. diapositiva 395 di lezione 15 e diapositive 7 – 11 di esercitazione 6, a.a. 2004/5) il protocollo ARP — *Address Resolution Protocol* si occupa di risolvere, entro una data rete locale o dominio di collisione, la corrispondenza tra l'indirizzo IP di una destinazione logica e l'indirizzo fisico (p.es. Ethernet) del nodo ad esso associato.

Per realizzare comunicazioni di livello IP nell'ambito della rete locale di appartenenza, ciascun nodo deve necessariamente dotarsi di tale protocollo ARP. Esso realizzerà e manterrà una propria tabella *cache* di corrispondenze tra gli indirizzi IP pervenuti al nodo come destinazione di qualche proprio pacchetto e gli indirizzi fisici cui essi corrispondono.

Gli indirizzi IP entro una rete locale possono essere attribuiti temporaneamente (ossia in *leasing*). Gli indirizzi fisici sono invece attribuiti permanentemente delle schede di rete di ciascun nodo. Per questo motivo la tabella di corrispondenze mostrata in tabella 1 è in effetti una *cache*, il cui contenuto può variare nel tempo.

La tabella in questione ci mostra:

- ◇ l'indirizzo IP attribuito al nodo che ha emesso l'interrogazione ARP (“Interfaccia”: 192.168.114.91)
- ◇ le corrispondenze rilevate agli istanti  $T_0$  e/o  $T_1$  tra indirizzi IP in ingresso e gli indirizzi Ethernet corrispondenti.

**Soluzione 5 (punti 8).** Come illustrato in figura 2, l'architettura di rete dell'Agenzia in questione comprende 6 sottoreti locali così composte:

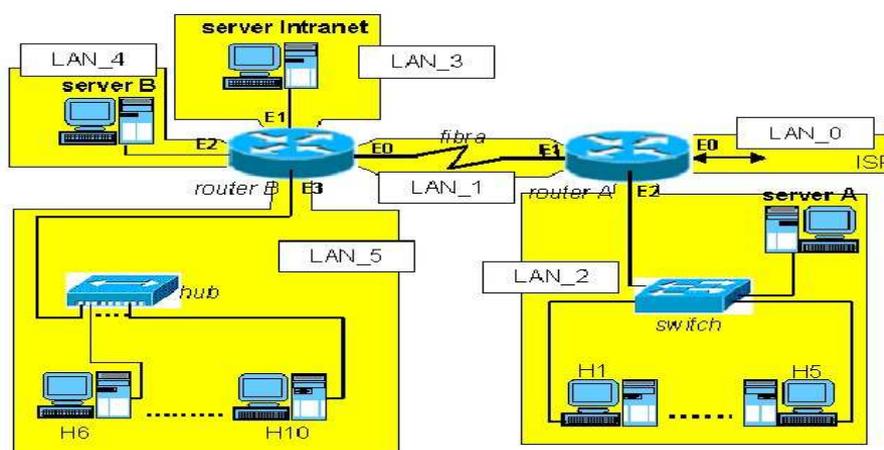


Figura 2: Articolazione delle sottoreti interne dell'Agenzia.

**LAN-0** : rete esterna, di collegamento tra l'ISP e la rete dell'Agenzia

**LAN-1** : rete di interconnessione tra le due sedi, facente capo rispettivamente all'interfaccia *E1* del *Router A* ed all'interfaccia *E0* del *Router B*, composta da un unico dominio di diffusione ed un unico dominio di collisione

**LAN-2** : rete della *Sede A*, facente capo all'interfaccia *E2* del *Router A*, composta da un unico dominio di diffusione e da 7 domini di collisione, uno per ogni porta dello *switch* e contenente, tra l'altro, il *file server* della *Sede A*

**LAN-3** : settore protetto della rete contenente i servizi *Web* interni, accessibili solo agli utenti interni dell'Agenzia, composto da un unico dominio di diffusione e da un unico dominio di collisione

**LAN-4** : rete contenente il *file server* della *Sede B*, facente capo all'interfaccia *E2* del *Router B*, composta da un unico dominio di diffusione e da un unico dominio di collisione

**LAN-5** : rete della *Sede B*, facente capo all'interfaccia *E3* del *Router B*, composta da un unico dominio di diffusione e da un unico dominio di collisione.

Il calcolo dei flussi nel caso peggiore può essere affrontato limitando l'analisi alle sole reti interne. Occorre innanzitutto individuare i flussi utili descritti dal testo. Detti:

*X* componente *Intranet* del traffico dati tra il generico utente della *Sede A* (*H1 – H5*) facente capo al *Server Intranet*; il valore di tale componente è numericamente uguale alla componente del traffico utente-server verso il *Server A*

*Y* componente *Intranet* del traffico dati tra il generico utente della *Sede B* (*H6 – H10*) facente capo al *Server Intranet*; il valore di tale componente è numericamente uguale alla componente del traffico utente-server verso il *Server B*

si ottiene facilmente la distribuzione rappresentata in figura 3, in cui il traffico utile è indicato in grassetto ed il traffico effettivo (ove diverso da quello utile) è racchiuso in un ovale. Imponendo il dato di progetto che ogni ramo della rete può trasferire al

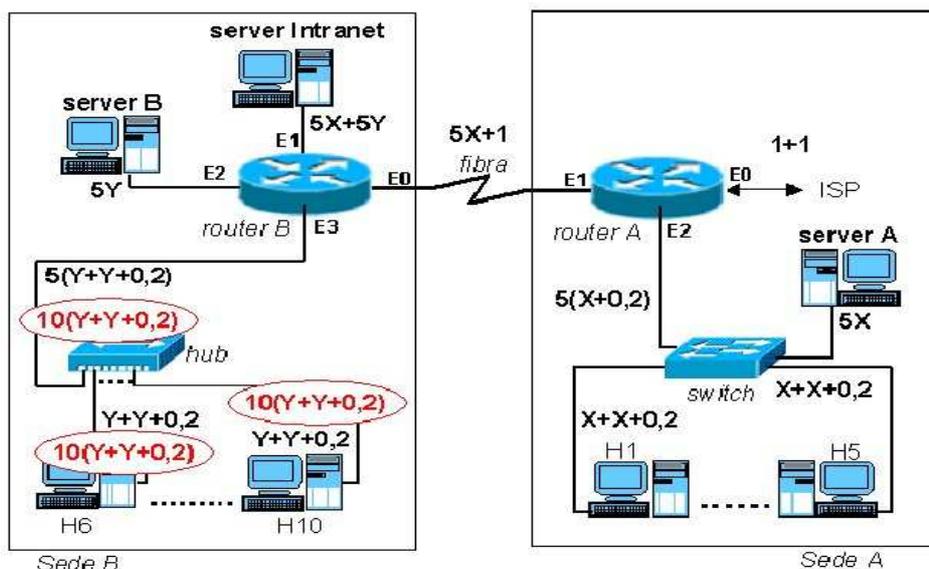


Figura 3: Ripartizione del traffico interno.

massimo 100 Mbps, otteniamo le seguenti condizioni:

- $X + X + 0,2 \leq 100 \text{ Mbps}$  (host H1-H5) (1)
- $5X \leq 100 \text{ Mbps}$  (collegamento al *Server A*) (2)
- $5 \times (X + 0,2) \leq 100 \text{ Mbps}$  (collegamento tra *switch* ed interfaccia *E2* del *Router A*) (3)
- $10 \times (Y + Y + 0,2) \leq 100 \text{ Mbps}$  (host H6-H10, tutte le porte dell'*hub*) (4)
- $5Y \leq 100 \text{ Mbps}$  (collegamento tra interfaccia *E2* del *Router B* e *Server B*) (5)
- $5X + 5Y \leq 100 \text{ Mbps}$  (collegamento tra interfaccia *E1* del *Router B* e *Server Intranet*) (6)
- $5X + 1 \leq 100 \text{ Mbps}$  (collegamento tra le sedi) (7)

Dalla condizione 1 ricaviamo  $X \leq 49,9$  Mbps.

Dalla condizione 2 ricaviamo  $X \leq 20,0$  Mbps, più restrittivo.

Dalla condizione 3 ricaviamo  $X \leq 19,8$  Mbps, ancor più restrittivo.

Dalla condizione 4 ricaviamo  $Y \leq 4,9$  Mbps.

Dalla condizione 5 ricaviamo  $Y \leq 20$  Mbps, più permissivo.

Usiamo la condizione 6 per verifica. Sostituendovi i valori massimi di  $X$  ed  $Y$  sin qui calcolati, otteniamo:

$$5X + 5Y = 5 \times 19,8 + 5 \times 4,9 = 123,5 > 100$$

maggiore della banda massima e dunque inammissibile. Per rendere ammissibile il sistema dobbiamo allora ridimensionare proporzionalmente i volumi di traffico  $X$  ed  $Y$  fissati dalla condizione 6 associata al collegamento tra l'interfaccia  $E1$  del Router  $B$  ed il Server *Intranet*.

Mantenendo inalterato il rapporto tra  $X$  ed  $Y$  rispetto alla condizione 6, imponiamo:

$$X_p : X = (X_p + Y_p) : (X + Y) \qquad Y_p : Y = (X_p + Y_p) : (X + Y)$$

Sapendo dalla condizione 6 che:  $X_p + Y_p = \frac{100}{5} = 20,0$  e  $X + Y = 19,8 + 4,9 = 24,7$  otteniamo facilmente:

$X_p = 19,8 \times \frac{20,0}{24,7} = 16,03$  e  $Y_p = 4,9 \times \frac{20,0}{24,7} = 3,97$ , valori che soddisfano la condizione per costruzione.

La condizione 7 duplica di fatto la condizione 3, per cui possiamo trascurarla. Ne consegue che, in definitiva i valori massimi teorici del traffico di caso peggiore in tutti i rami della rete valgono rispettivamente:

$$X \leq 16,03 \text{ Mbps} \qquad Y \leq 3,97 \text{ Mbps.}$$

Per quanto riguarda la pianificazione degli indirizzi IP della rete dell'Agenzia, per la rete LAN-0 non sono necessarie considerazioni particolari, dato che la sua configurazione di natura statica è in generale a carico dell'ISP. Per gli altri dispositivi abbiamo a disposizione un'intera rete di classe C di indirizzi riservati 192.168.0.0. La rete interna dell'Agenzia comprende 5 sottoreti utili, da LAN-1 a LAN-5.

Il vincolo di progetto da cui partire per l'individuazione degli indirizzi delle sottoreti è che tutte debbano avere le medesima dimensione e la stessa *subnet mask*.

Sapendo che il numero  $K$  di sottoreti utili  $S$  è dato dall'equazione:  $S = 2^N - 2 \geq K$ , dove  $N$  è il numero di *bit* impiegati per designarle, per  $N = 3$  otteniamo  $S = 6 > K = 5$ .

Ciò lascia  $8 - 3 = 5$  *bit* per il campo nodo dell'indirizzo, che consente di denotare fino a  $2^5 - 2 = 30$  nodi per sottorete, ampiamente sufficienti per i nostri obiettivi.

La *subnet mask* interna all'Agenzia, comune a tutte le sue sottoreti interne, varrà allora: 255.255.255.224 (ed in binario: 11111111.11111111.11111111.11100000).

192	168	0	0	
11000000	10101000	00000000	000	000000
<i>parte di rete (classe C)</i>			<i>sottoreti interne</i>	<i>nodi di sottorete</i>

Tabella 2: Base dell'insieme di indirizzi di classe C riservati ad uso interno dell'Agenzia.

In tabella 3 ricapitoliamo le caratteristiche degli indirizzi IP delle 4 sottoreti utili, mentre in tabella 4 riportiamo una possibile assegnazione di indirizzi IP per i dispositivi aziendali interni.

parte di rete	sottorete interna	nodo	destinazione indirizzo		
11000000.10101000.00000001.	001	00000	192.168.0.32	riservato per la I sottorete	
11000000.10101000.00000001.	001	00001	192.168.0.33	utilizzabile per 1° nodo nella I sottorete	
...					
11000000.10101000.00000001.	001	11110	192.168.0.62	utilizzabile per ultimo nodo nella I sottorete	
11000000.10101000.00000001.	001	11111	192.168.0.63	riservato al <i>broadcast</i> nella I sottorete	
11000000.10101000.00000001.	010	00000	192.168.0.64	riservato per la II sottorete	
11000000.10101000.00000001.	010	00001	192.168.0.65	utilizzabile per 1° nodo nella II sottorete	
...					
11000000.10101000.00000001.	010	11110	192.168.0.94	utilizzabile per ultimo nodo nella II sottorete	
11000000.10101000.00000001.	010	11111	192.168.0.95	riservato al <i>broadcast</i> nella II sottorete	
11000000.10101000.00000001.	011	00000	192.168.0.96	riservato per la III sottorete	
11000000.10101000.00000001.	011	00001	192.168.0.97	utilizzabile per 1° nodo nella III sottorete	
...					
11000000.10101000.00000001.	011	11110	192.168.0.126	utilizzabile per ultimo nodo nella III sottorete	
11000000.10101000.00000001.	011	11111	192.168.0.127	riservato al <i>broadcast</i> nella III sottorete	
11000000.10101000.00000001.	100	00000	192.168.0.128	riservato per la IV sottorete	
11000000.10101000.00000001.	100	00001	192.168.0.129	utilizzabile per 1° nodo nella IV sottorete	
...					
11000000.10101000.00000001.	100	11110	192.168.0.158	utilizzabile per ultimo nodo nella IV sottorete	
11000000.10101000.00000001.	100	11111	192.168.0.159	riservato al <i>broadcast</i> nella IV sottorete	
11000000.10101000.00000001.	101	00000	192.168.0.160	riservato per la V sottorete	
11000000.10101000.00000001.	101	00001	192.168.0.161	utilizzabile per 1° nodo nella V sottorete	
...					
11000000.10101000.00000001.	101	11110	192.168.0.190	utilizzabile per ultimo nodo nella V sottorete	
11000000.10101000.00000001.	101	11111	192.168.0.191	riservato al <i>broadcast</i> nella V sottorete	
11000000.10101000.00000001.	110	00000	192.168.0.192	riservato per la V sottorete	
11000000.10101000.00000001.	110	00001	192.168.0.193	utilizzabile per 1° nodo nella V sottorete	
...					
11000000.10101000.00000001.	110	11110	192.168.0.222	utilizzabile per ultimo nodo nella V sottorete	
11000000.10101000.00000001.	110	11111	192.168.0.223	riservato al <i>broadcast</i> nella V sottorete	

Tabella 3: Ripartizione degli indirizzi nelle 5 sottoreti interne disponibili.

rete	dispositivo	indirizzo IP	subnet mask	default gateway
LAN-1	Router A porta E1	192.168.0.61	/27	—
	Router B porta E0	192.168.0.62	/27	—
LAN-2	H1	192.168.0.65	255.255.255.224	192.168.0.94
	H2	192.168.0.66	/27	=
	H3	192.168.0.67	/27	=
	H4	192.168.0.68	/27	=
	H5	192.168.0.69	/27	=
	Server A	192.168.0.93	/27	=
	Router A porta E2	192.168.0.94	/27	—
LAN-3	Server Intranet	192.168.0.125	/27	192.168.0.126
	Router B porta E1	192.168.0.126	/27	—
LAN-4	Server B	192.168.0.157	/27	192.168.0.158
	Router B porta E2	192.168.0.158	/27	—
LAN-5	H6	192.168.0.161	/27	192.168.0.190
	H7	192.168.0.162	/27	192.168.0.190
	H8	192.168.0.163	/27	192.168.0.190
	H9	192.168.0.164	/27	192.168.0.190
	H10	192.168.0.165	/27	192.168.0.190
	Router B porta E3	192.168.0.190	/27	—

Tabella 4: Una possibile attribuzione di indirizzi IP interni alle postazioni della rete Aziendale.