

Quesito 1 (punti 6). Cinque processi *batch*, identificati dalle lettere $A - E$ rispettivamente, arrivano all'elaboratore agli istanti 0, 3, 5, 7, 8 rispettivamente. Tali processi hanno un tempo di esecuzione stimato di 5, 6, 3, 4, 2 unità di tempo rispettivamente. Per ognuna delle seguenti politiche di ordinamento:

1. FPS (a priorità esplicita e costante, con prerilascio)
2. RR (a divisione di tempo, senza priorità e con quanto tempo di ampiezza 2)
3. SJF (senza considerazione di valori di priorità espliciti¹ e con prerilascio)

determinare, trascurando i ritardi dovuti allo scambio di contesto: (i) il tempo medio di risposta; (ii) il tempo medio di *turn around*; (iii) il tempo medio di attesa.

Ove la politica di ordinamento in esame consideri i valori di priorità, tali valori, mantenuti staticamente per l'intera durata dell'esecuzione, sono rispettivamente: 4, 3, 5, 3, 5 (con 5 valore maggiore).

Nel caso di arrivi simultanei di processi allo stato di pronto, fatta salva l'eventuale considerazione del rispettivo valore di priorità, si dia la precedenza ai processi usciti dallo stato di esecuzione rispetto a quelli appena arrivati.

Quesito 2 (punti 7).

Dato il sistema descritto dalla seguente rappresentazione insiemistica delle assegnazioni di risorsa, dove \mathcal{P} denota l'insieme dei processi, \mathcal{R} l'insieme delle risorse R_i^j di indice i e molteplicità j , $\mathcal{E}(\mathcal{P})$ l'insieme delle richieste di accesso a risorse in \mathcal{R} emesse da processi in \mathcal{P} e *attualmente pendenti*, e $\mathcal{E}(\mathcal{R})$ l'insieme degli accessi *attualmente soddisfatti* di processi in \mathcal{P} a risorse in \mathcal{R} :

$$\mathcal{P} = \{P_1; P_2; P_3; P_4; P_5; P_6\} \quad (1)$$

$$\mathcal{R} = \{R_1^1; R_2^2; R_3^2; R_4^1\} \quad (2)$$

$$\mathcal{E}(\mathcal{P}) = \{P_1 \rightarrow R_3; P_2 \rightarrow R_1; P_2 \rightarrow R_3; P_2 \rightarrow R_4; P_3 \rightarrow R_4; P_5 \rightarrow R_2; P_6 \rightarrow R_2\} \quad (3)$$

$$\mathcal{E}(\mathcal{R}) = \{R_1 \rightarrow P_1; R_2 \rightarrow (P_2, P_3); R_3 \rightarrow (P_4, P_5); R_4 \rightarrow P_6\} \quad (4)$$

si analizzi il grafo di allocazione delle risorse, determinando se il sistema si trovi attualmente in situazione di stallo o meno. Successivamente, si studi l'evoluzione dello stato del sistema ove il processo P_4 richiedesse accesso alla risorsa R_1 a partire dalla situazione data.

Quesito 3 (punti 7). Considerando come invariante la dimensione di un singolo settore su disco (come è noto fissata all'ampiezza di 512 B) si ipotizzino e si discutano concisamente le operazioni *logiche* con le quali un sistema operativo Unix "storico" arrivi a localizzare l'*i-node* di indice 42 relativo alla partizione di propria competenza. Si ricordi che per lo Unix storico la dimensione di un *i-node* è fissata a 64 B. Indicare poi:

1. almeno due delle ragioni che hanno spinto i progettisti di *file system* derivati da Unix di progettare un ampliamento dell'*i-node*;
2. un criterio guida per la scelta della dimensione di *i-node* più ampi per architetture a 32 *bit*.

Quesito 4 (punti 4).

[4.A]: L'affermazione: "Un sottoinsieme degli indirizzi delle porte che compongono una parte dell'indirizzo dell'*end point* di livello TCP è preassegnata dall'autorità IANA a processi di sistema o di utenti privilegiati":

- 1: è falsa perchè l'autorità competente sulle porte è il DNS di primo livello
- 2: è vera e le porte in questione sono quelle nel sottoinsieme 1 K a valore più alto (64511..65535)
- 3: è falsa perchè nessuna porta è preassegnata
- 4: è vera e le porte in questione sono quelle nel sottoinsieme 1 K a valore più basso (0..1023).

[4.B]: La più piccola sottorete rappresentabile a livello IP ha *subnet mask* e cardinalità di nodi *host*:

- 1: /31, 1
- 2: /31, 2
- 3: /30, 2
- 4: /30, 1.

¹Esclusi ovviamente i valori di priorità impliciti determinati dalla durata (residua) dei processi.

[4.C]: La cardinalità degli indirizzi Ethernet rispetto a quella degli indirizzi di livello trasporto (TCP) è:

- 1: inferiore
- 2: superiore
- 3: non paragonabile
- 4: uguale.

[4.D]: Il protocollo denominato sliding window serve per effettuare:

- 1: controllo di flusso a livello 2 (collegamento dati)
- 2: controllo di congestione a livello 4 (trasporto)
- 3: controllo di flusso a ogni livello con comunicazioni punto a punto
- 4: controllo di congestione a livello 3 (rete).

Quesito 5 (punti 8). Lo schema logico riportato in figura 1 rappresenta la rete dati di una piccola Azienda composta da due reparti operativi e una stanza per i gestori della rete informatica, con le seguenti caratteristiche:

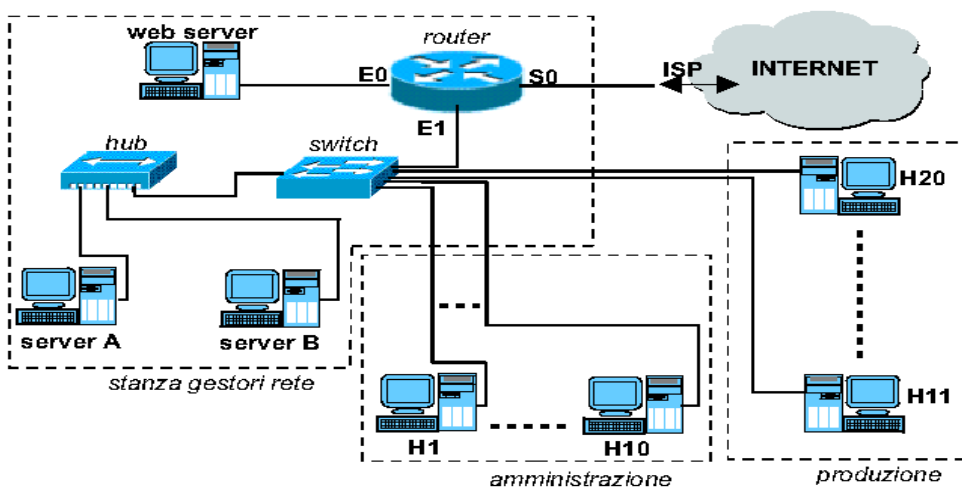


Figura 1: Articolazione della rete interna dell'Azienda.

reparto amministrazione : 10 postazioni di lavoro, caratterizzate da un traffico di tipo utente-servernte, facente capo per il 50% al server A, e per il rimanente 50% al Web server

reparto produzione : 10 postazioni di lavoro, caratterizzate da un traffico di tipo utente-servernte, facente capo per il 50% al server B, e per il rimanente 50% al Web server.

Sapendo che tutti i dispositivi di rete sono di standard *Fast-Ethernet*, pertanto operanti a 100 Mbps, calcolare i flussi di traffico massimo determinati dalla configurazione *hardware* della rete nel caso peggiore di traffico contemporaneo da tutti gli utenti. Il traffico proveniente dall'esterno e diretto verso il Web server può essere trascurato.

L'Azienda accede a *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. La tabella 1 riporta i dati forniti all'Azienda dall'ISP:

configurazione della porta S0 del router aziendale (lato ISP)		sottorete interna a disposizione dell'Azienda	
IP address	150.1.0.125	Subnet IP address	192.168.2.128
Subnet Mask	255.255.255.192	Subnet Mask	255.255.255.128
Default Gateway	150.1.0.126		

Tabella 1: Configurazione di rete assegnata all'Azienda dall'ISP di competenza.

Sotto queste ipotesi, assumendo che il router aziendale non sia in grado di gestire sottoreti a denotazione "tutti 0" e "tutti 1", determinare la configurazione IP di tutti i dispositivi della rete Aziendale, facendo in modo che tutti abbiano la stessa *Subnet Mask*, e che quindi le sottoreti interne abbiano tutte la stessa dimensione.

Soluzione 1 (punti 6).

- **FPS** (a priorità esplicita e costante, con prerilascio)

```

processo A  AAAAA
processo B  ---bbbbbbBBBBBB
processo C  -----CCC
processo D  -----dddddddddDDDD
processo E  -----EE

CPU        AAAAACCCCEEBBBBBBDDDD
coda      ...bbbbbbddddd....
          .....ddd.....
    
```

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

processo	risposta	tempo di	
		attesa	turn-around
A	0	0	0+5=5
B	7	7	7+6=13
C	0	0	0+3=3
D	9	9	9+4=13
E	0	0	0+2=2
medie	3,20	3,20	7,20

- **RR** (a divisione di tempo, senza priorità e con quanto di ampiezza 2)

```

processo A  AAAAaaa
processo B  ---bBBbbbBBbbbbbbBB
processo C  -----ccCCccccccC
processo D  -----ddddDDdddddDD
processo E  -----eeeeEE

CPU        AAAABBACCBBDDDEECBBDD
coda      ...baacbbddeecbbbdd
          .....cbddeecbbdd....
          .....eccbbdd.....
    
```

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

processo	risposta	tempo di	
		attesa	turn-around
A	0	2	2+5=7
B	1	1+3+5=9	9+6=15
C	2	2+6=8	8+3=11
D	4	4+5=9	9+4=13
E	5	5	5+2=7
medie	2,40	6,60	10,60

- **SJF** (senza considerazione di valori di priorità espliciti e con prerilascio)

```

processo A  AAAAA
processo B  ---bbbbbbbbbBBBBBB
processo C  -----CCC
processo D  -----dddDDDD
processo E  -----EE

CPU        AAAAACCCCEEDDDDBBBBBB
coda      ...bbbdddbbb.....
          .....bbb.....
    
```

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

processo	risposta	tempo di	
		attesa	turn-around
A	0	0	0+5=5
B	11	11	11+6=17
C	0	0	0+3=3
D	3	3	3+4=7
E	0	0	0+2=2
medie	2,80	2,80	6,80

Soluzione 2 (punti 7). La figura 2 riporta la versione grafica della rappresentazione insiemistica data.

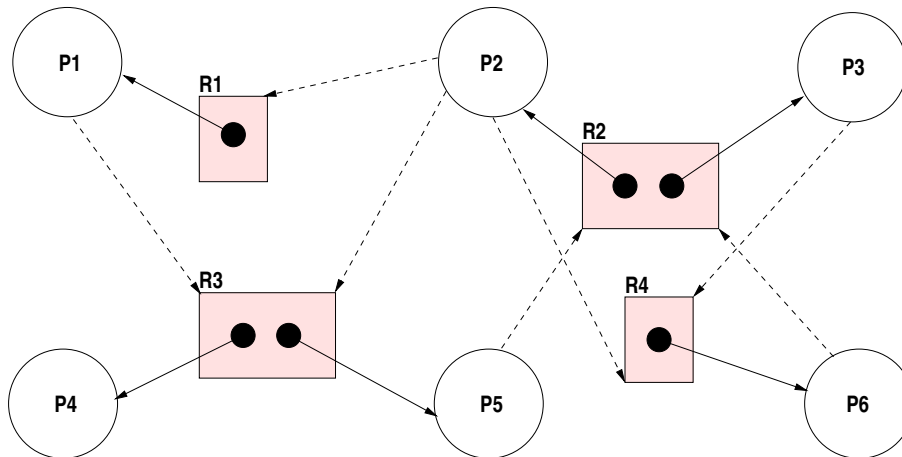


Figura 2: Grafo di allocazione delle risorse per il sistema dato, dove la freccia tratteggiata diretta da P_i a R_j denota una relazione in $\mathcal{E}(\mathcal{P})$ e la freccia solida diretta da R_j a P_i denota una relazione in $\mathcal{E}(\mathcal{R})$.

Allo stato si distinguono quattro percorsi chiusi:

percorso 1:

$$\{P_3 \rightarrow R_4 \rightarrow P_6 \rightarrow R_2 \rightarrow P_3\} \quad (5)$$

percorso 2:

$$\{P_2 \rightarrow R_3 \rightarrow P_5 \rightarrow R_2 \rightarrow P_2\} \quad (6)$$

percorso 3:

$$\{P_2 \rightarrow R_4 \rightarrow P_6 \rightarrow R_2 \rightarrow P_2\} \quad (7)$$

percorso 4:

$$\{P_1 \rightarrow R_3 \rightarrow P_5 \rightarrow R_2 \rightarrow P_2 \rightarrow R_1 \rightarrow P_1\} \quad (8)$$

entro i quali è presente almeno una risorsa completamente impegnata ma a molteplicità > 1 e quindi con almeno un processo potenzialmente non implicato nel percorso chiuso. In situazioni di questo genere *non si può* trarre alcuna conclusione a priori sullo stato di stallo del sistema, ma occorre analizzare il problema dato nel suo specifico dettaglio.

Tutti e 5 i percorsi condividono la risorsa R_2 a molteplicità > 1 . Inoltre il percorso 2 e il percorso 4 condividono anche la risorsa R_3 , anch'essa a molteplicità > 1 . Questa situazione comporta la stessa caratteristica per tutti i percorsi dati: o sono tutti reciprocamente bloccati oppure tutti si potranno liberare successivamente.

Possiamo notare che una istanza della risorsa R_3 è assegnata al processo P_4 che non è sospeso in attesa di alcuna altra risorsa. Esso potrà pertanto procedere con la sua esecuzione fino a rilasciare la propria istanza della risorsa R_3 . Quando ciò avverrà, due casi si potranno verificare in relazione a come verrà risolta la competizione di accesso ad essa da parte dei processi P_1 e P_2 . Due situazioni sono possibili. Esaminiamole in dettaglio:

Caso 1 (Attribuzione di R_3 a P_1): il processo P_1 potrebbe a questo punto riprendere l'esecuzione e poi, al proprio completamento, rilasciare sia R_1 (totalmente) che R_3 (una singola istanza), entrambe le quali potrebbero essere assegnate al processo P_2 , che però resterebbe in attesa di accesso alla risorsa R_4 . In tal caso pertanto il sistema entrerebbe in uno stato di stallo coinvolgente i processi $\{P_2, P_3, P_5, P_6\}$.

Caso 2 (Attribuzione di R_3 a P_2): il processo P_2 non potrebbe comunque beneficiare di questa attribuzione, rimanendo in attesa delle risorse R_1 e R_4 , il sistema trovandosi pertanto in uno stato di stallo che coinvolgerebbe i processi $\{P_1, P_2, P_3, P_5, P_6\}$.

Qualora infine il processo P_4 richiedesse accesso alla risorsa R_1 a partire dallo stato di sistema rappresentato in figura 2, esso entrerebbe inevitabilmente in una situazione di blocco definitivo (ovvero di stallo).

Soluzione 3 (punti 7). Come sappiamo, gli i-node di un *file system* Unix sono raccolti in una tabella posta in una zona prefissata della partizione, le cui coordinate (blocco di inizio, ampiezza, eventuale continuazione, etc.) sono reperibili nel superblocco. Essendo le strutture i-node indicizzate (ovvero individualmente denotate da un indice numerico unico) ed essendo la loro tabella ordinata per indice, l'i-node di indice $N = 42$ e ampiezza $I = 64$ B, verrà banalmente localizzato determinando quale settore S_i di disco successivo alla base T della tabella contenga i dati ricercati, sapendo che i settori hanno ampiezza $S = 512$ B, ovvero:

$$S_i = T + (\lceil \frac{N \times I}{S} \rceil) - 1 = T + (\lceil \frac{42 \times 64}{512} \rceil) - 1 = T + 5.$$

In particolare, la base dell'i-node di indice $N = 42$ si troverà alla distanza 128 B (ovvero alla posizione logica 2, corrispondente alla III struttura i-node) del settore $T + 5$. È da notare che alla stessa conclusione saremmo arrivati considerando che un singolo settore di disco contiene 8 strutture i-node, per cui quella di indice 42 si troverà appunto nella posizione logica 2 del VI settore, che avrà indice 5.

Esempio di esigenze di ampliamento della struttura i-node:

1. crescente capienza dei dischi, con conseguente incremento nella cardinalità e dunque nell'ampiezza in *bit* degli indici di blocco
2. aumento delle informazioni e degli attributi di descrizione dei *file* rispetto a quelli basici e minimali previsti nello Unix "storico".

Criterio guida per la scelta della dimensione di i-node:

Precisamente per agevolare le operazioni logiche di localizzazione su disco è del tutto ovvio che la dimensione di un i-node dovrà sempre convenientemente essere un divisore o un multiplo dell'ampiezza di un settore e dunque necessariamente una potenza di 2. Non stupisce allora che il primo ampliamento ne abbia portato la dimensione a 128 B (come in Unix System V), poi successivamente estesa fino al valore tipico di 1 KB (come in molte incarnazioni di GNU/Linux).

Soluzione 4 (punti 4).

Quesito	Risposta
[4.A]	4
[4.B]	3
[4.C]	2 (2^{48} rispetto a 2^{32})
[4.D]	3

Soluzione 5 (punti 8). Come è noto, il *router* separa le reti locali, isolandone i domini di diffusione. Pertanto, per il calcolo dei flussi nel caso peggiore possiamo analizzare il traffico separatamente per ogni rete locale.

Per prima cosa occorre individuare i flussi utili, secondo quanto indicato dal testo del quesito. Detti:

X flusso di dati gestito da un generico utente del reparto amministrazione ($H1 - H10$)

Y flusso di dati gestito da un generico utente del reparto produzione ($H11 - H20$)

si ottiene facilmente la distribuzione rappresentata in figura 3.

Passiamo ora ad analizzare le singole sottoreti interne.

LAN0 : connessione tra ISP e *router* aziendale (interfaccia $S0$). L'unico traffico segnalato dal quesito è quello relativo agli utenti del Web server esterni all'Azienda, che possiamo trascurare per dato di progetto

LAN1 : connessione tra *router* aziendale (interfaccia $E0$) e Web server. Per il traffico su questo ramo vale la condizione:

$$5X + 5Y \leq 100 \text{ Mbps} \quad (9)$$

LAN2 : connessione tra *router* aziendale (interfaccia E1) e, tramite l'unità *switch* aziendale, entrambi i reparti, che infatti appartengono alla medesima rete locale. La determinazione del traffico utile sui rami di questa sottorete è immediata e, operando sotto un *switch* non necessita neppure di considerare il traffico totale, ma solo quello utile. Le condizioni che applicano per i rami di questa sottorete sono le seguenti:

$$X \leq 100 \text{ Mbps} \tag{10}$$

$$Y \leq 100 \text{ Mbps} \tag{11}$$

$$5X + 5Y \leq 100 \text{ Mbps.} \tag{12}$$

Per completare il quadro dobbiamo osservare che il collegamento degli utenti interni verso i due server A e B è instradato da un *hub*, per cui dobbiamo prendere in considerazione il traffico totale che si produce sui rami di questo dispositivo, che è soggetto alla condizione:

$$10X + 10Y \leq 100 \text{ Mbps.} \tag{13}$$

La condizione più restrittiva tra quelle sopra riscontrate è senz'altro quella di indice (13) per la quale il valore di X e Y è massimizzato a 5.0 Mbps. Si veda la figura 4 per l'illustrazione del traffico utile sui rami della rete che consegue da tali valori.

La configurazione della porta S0 del *router* aziendale non influenza la pianificazione degli indirizzi IP delle sottoreti interne ed è, di norma, di competenza diretta ed esclusiva dell'ISP. I dati di progetto specificano che per gli altri dispositivi abbiamo a disposizione la sottorete di indirizzi riservati 192.2.128/25. Per poter utilizzare indirizzi privati all'interno della rete aziendale dovremo assumere che il *router* sia capace di realizzare funzionalità di NAT, *network address translation*. (È da notare che in caso contrario avremmo dovuto prevedere l'introduzione di un *router* supplementare da collocare tra la porta S0 del *router* aziendale e il collegamento verso l'ISP. Il farlo però comporterebbe la creazione di una sottorete aggiuntiva, senza alcuna utilità concreta, in quel ramo.)

Con l'architettura proposta occorre, come abbiamo visto, realizzare due sottoreti distinte LAN 1 e LAN 2 con le caratteristiche mostrate in figura 4, mentre per dato di progetto dobbiamo fare in modo che abbiano entrambe le medesime dimensioni e dunque la stessa *Subnet mask*. Dobbiamo infine tenere presente che il *router* aziendale non è in grado di gestire denotazioni di sottoreti con tutti i bit a 1 o a 0.

Dovendo realizzare 2 sottoreti e sapendo che il numero di sottoreti utili S è dato dall'equazione $S = 2^N - 2$, dove N il numero di bit impiegati per effettuare *subnetting*, fissiamo S = 2, da cui otteniamo $N = \log_2(S + 2) = \log_2 4 = 2$. Ne segue allora che, all'ampiezza di 25 bit fissata per la parte di rete dall'indirizzo di sottorete privata iniziale, dobbiamo aggiungere un campo *subnet* ampio 2 bit. Ciò che rimane è una parte di nodo di ampiezza 5 bit, che ci fornisce $2^5 - 2 = 30$ indirizzi utili, più che sufficienti per risolvere il problema dato.

Le sottoreti disponibili hanno dunque la forma mostrata in tabella 2, dove il campo *ss* può valere soltanto 01 (assumiamo per LAN 1) e 10 (per LAN 2) e la *Subnet mask* vale 255.255.255.224, ovvero /27.

Da ciò segue la possibile configurazione delle interfacce presenti nella rete aziendale in esame mostrata in tabella 3.

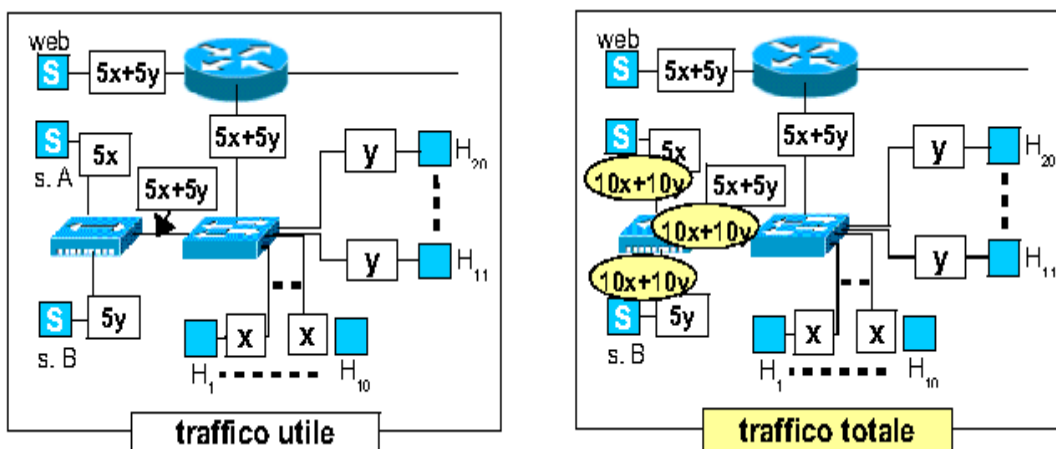


Figura 3: Ripartizione del traffico interno alla rete Aziendale.

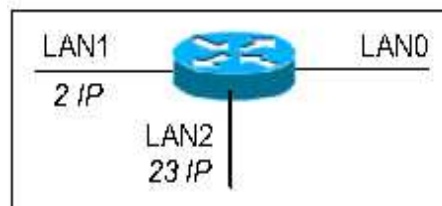
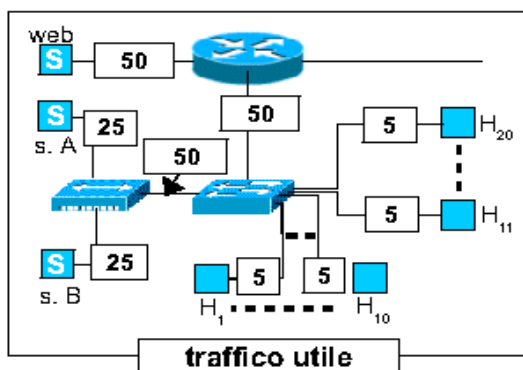


Figura 5: Esigenze di indirizzi IP nelle varie sottoreti interne dell'Azienda.

Figura 4: Traffico utile di caso peggiore sui rami della rete interna dell'Azienda.

192	168	2	128				
11000000	10101000	00000010	1	00	00000		
sottorete riservata				campo subnet	campo nodo		
11000000	10101000	00000010	1	ss	hhhhh		
11000000	10101000	00000010	1	01	00000	192.168.2.160/27	indirizzo LAN 1
11000000	10101000	00000010	1	01	00001	192.168.2.161/27	host 1
					...		
11000000	10101000	00000010	1	01	11110	192.168.2.190/27	host XXX
11000000	10101000	00000010	1	01	11111	192.168.2.191/27	diffusione in LAN 1
11000000	10101000	00000010	1	10	00000	192.168.2.192/27	indirizzo LAN 2
11000000	10101000	00000010	1	10	00001	192.168.2.193/27	host 1
					...		
11000000	10101000	00000010	1	10	11110	192.168.2.222/27	host XXX
11000000	10101000	00000010	1	10	11111	192.168.2.223/27	diffusione in LAN 2

Tabella 2: Struttura degli indirizzi delle sottoreti interne dell'Azienda.

rete	dispositivo	indirizzo IP	subnet mask	default gateway	note
LAN1	Web server	192.168.2.189	/27	192.168.2.190	porta Web server
	router (interfaccia E0)	192.168.2.190	/27		porta router LAN 1
LAN2		192.168.2.193	/27	192.168.2.222	H1 (amm.ne)
		192.168.2.194	/27	...	H2 (amm.ne)
	
		192.168.2.202	/27	...	H10 (amm.ne)
		192.168.2.203	/27	...	H11 (prod.ne)
		192.168.2.204	/27	...	H12 (prod.ne)
	
		192.168.2.212	/27	...	H20 (prod.ne)
	server A	192.168.2.220	/27	...	
	server B	192.168.2.221	/27	...	
	router (interfaccia E1)	192.168.1.222	/27		porta router LAN 2

Tabella 3: Una possibile attribuzione di indirizzi IP interni alle postazioni delle 5 sottoreti aziendali.