

Quesito 1. Un sistema operativo utilizza un registro ampio 32 *bit*, contenente valori di tipo *unsigned*, per rappresentare il tempo in secondi trascorso da una data fissata, ed un registro contatore, ampio 10 *bit*, usato in modalità ciclica, che ne alimenta il valore. Assumendo un oscillatore di frequenza 400 Hz, si specifichi il valore di inizializzazione da porre nel registro contatore per dotare il sistema di un *clock tick* del periodo dell'ampiezza desiderata. Volendo poi aumentare la frequenza dell'oscillatore senza modificare le altre caratteristiche del sistema, si individuino i fattori che ne limitano il valore massimo.

Quesito 2. Cinque processi a lotti, identificati dalle lettere A-E, arrivano all'elaboratore, registrandosi come pronti, agli istanti di tempo di valore 0, 3, 5, 7 e 10 rispettivamente, con un tempo stimato di esecuzione di 11, 7, 2, 5 e 6 unità di tempo rispettivamente, e valori di priorità statica rispettivamente pari a 3, 2, 4, 1 e 5 (dove 5 il valore massimo). Per ognuno dei seguenti algoritmi di ordinamento si determini l'andamento temporale della loro esecuzione, il tempo medio di completamento (*turnaround*) ed il tempo medio di attesa, trascurando i tempi dovuti alle commutazioni di contesto:

- *Round Robin* (quanto di tempo = 4) in un sistema a divisione di tempo
- Priorità senza prerilascio (un processo per volta, fino al completamento)
- *FCFS* (un processo per volta, fino al completamento)
- *SJF* (un processo per volta, fino al completamento).

Quesito 3. Un *file system* utilizza un vettore di *bit* (*bitmap*), con posizioni numerate da sinistra verso destra, per indicare i blocchi liberi presenti in una data partizione di disco. La formattazione della partizione libera tutti i blocchi tranne il 1^o, che viene assegnato alla *directory* radice. In tale sistema, l'assegnazione di blocchi liberi a *file* considera sempre prima i blocchi di indice minore, trascurando ogni considerazione di contiguità. Si mostri il contenuto della parte iniziale di tale vettore dopo ciascuna delle seguenti operazioni:

- Scrittura del *file* A, ampio 8 blocchi
- Scrittura del *file* B, ampio 6 blocchi
- Rimozione del *file* A
- Scrittura del *file* C, ampio 12 blocchi
- Rimozione del *file* B

Si mostri poi l'evoluzione del contenuto di tale vettore a fronte della medesima sequenza di operazioni nel caso in cui il sistema volesse assicurare la massima contiguità dei blocchi assegnati ad ogni *file*.

Quesito 4. Il progettista di un sistema operativo ha deciso di usare nodi indice (*i-node*) per la realizzazione del proprio *file system*, stabilendo che essi abbiano la stessa dimensione di un blocco, fissata a 256 *byte*. Il progettista ha poi deciso che un nodo indice primario contenga 12 campi di indirizzo di blocchi di disco e 2 campi puntatori a nodi indice di primo e secondo livello di indizione rispettivamente. Sapendo che gli indirizzi di blocco sono espressi su 32 *bit*, si vuole allocare un *file* logicamente composto da 20.000 *record* da 75 *byte* ciascuno, imponendo che un *record* non possa essere suddiviso su due blocchi. Calcolare quanti blocchi verranno utilizzati per allocare il *file* dati e quanti per gestire la sua allocazione tramite nodi indice. Determinare inoltre l'occupazione totale in memoria secondaria risultante da tale strategia di allocazione.

Quesito 5. Un utente residente su un nodo di indirizzo IP 147.162.22.93 vuole accedere mediante protocollo *http* all'indirizzo *www.ctan.org*, per il che gli viene assegnata la porta 3056. Si illustri, in non più di 5 righe, il meccanismo usato per determinare l'indirizzo IP del nodo corrispondente all'indirizzo logico dato. Assumendo poi che l'indirizzo IP di destinazione sia 216.92.66.46, si mostrino i valori di indirizzo usati nei prefissi delle unit dati trattati ai livelli TCP ed IP per tale servizio, specificando anche il nome di tali unità.

Quesito 6. Lo schema logico riportato in figura 1 rappresenta la rete dati di una piccola Azienda composta da due reparti operativi. Il “reparto operativo 1” è composto da 4 postazioni di lavoro il cui traffico è prevalentemente di tipo utente-servente, che fanno capo al “SERVER 1”, mentre le 3 postazioni del “reparto operativo 2” sono caratterizzate da un traffico prevalentemente di tipo utente-servente, facenti capo al “SERVER 2”. A tutti gli utenti, con esclusione dei *server*, deve anche essere garantito un traffico di accesso ad *Internet* fissato in 200 Kbps. Sapendo che tutti i dispositivi di rete sono di standard *Ethernet* operanti a 10 Mbps, si specifichino i flussi di traffico massimo determinati dalla configurazione *hardware* della rete nel caso peggiore di attività simultanea di tutti gli utenti.

Avendo l'Azienda acquistato dal proprio ISP la seguente sottorete di classe A:

- indirizzo di rete = 111.12.13.128
- *subnet mask* = 255.255.255.224
- indirizzi di nodo utili = 111.12.13.129 - 111.12.13.158

e volendo al proprio interno ulteriormente suddividere gli indirizzi utili in 2 sottoreti, una per ogni diramazione interna del *router* secondo la configurazione riportata in figura, si proponga una possibile assegnazione degli indirizzi IP a tutti i dispositivi di rete, individuando per ognuno la coppia IP/*subnet-mask*.

Si tenga conto che i parametri di configurazione della porta del *router* di lato ISP sono predeterminati ed hanno valore: indirizzo di rete = 198.7.80.8 e *subnet mask* = 255.255.255.0.

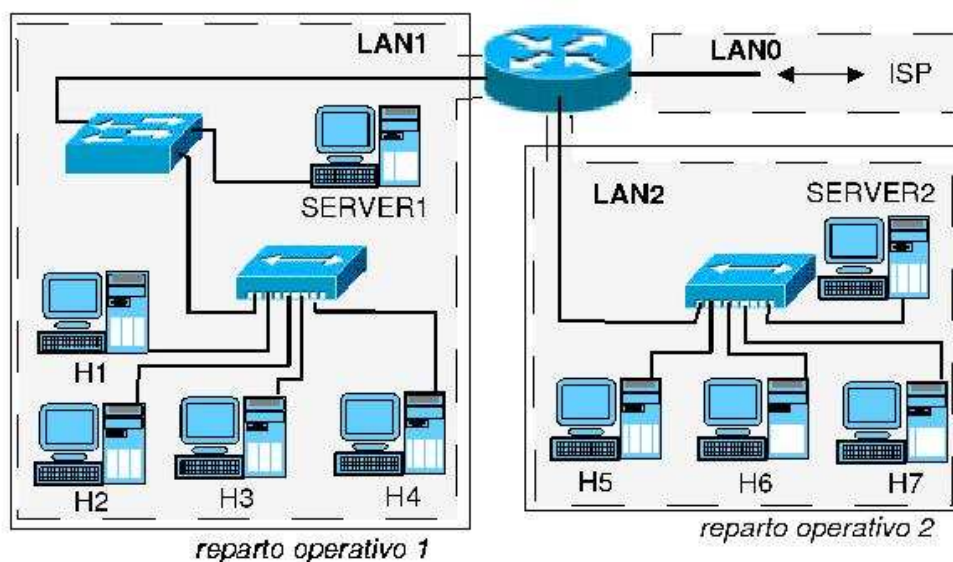


Figura 1: Schema della rete dati dell'Azienda.

Soluzione 1 (punti 4). Il sistema prevede un *clock tick* di periodo 1 secondo. Avendo l'oscillatore la frequenza di 400 Hz, il valore di inizializzazione da porre nel registro contatore dovrà essere 400, così da causare una interruzione ed un conseguente aggiornamento del valore dell'orologio ad ogni 400° decremento del contatore, così che 1 secondo di tempo reale corrisponda all'avanzamento di 1 secondo dell'orologio. Essendo il registro contatore ampio 10 bit, il suo massimo valore di inizializzazione sarà $2^{10}-1 = 1023$ che sarà anche la massima frequenza ammissibile per l'oscillatore per mantenere il periodo dell'orologio ad 1 secondo. Il valore di inizializzazione dovrà sempre corrispondere al valore di frequenza dell'oscillatore nell'intervallo tra 400 e 1023.

Soluzione 2 (punti 5). Richiamiamo i dati del problema:

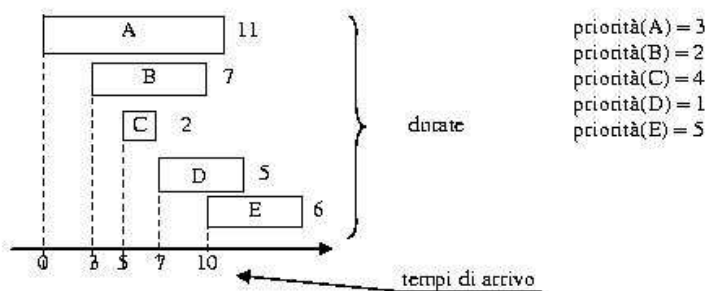


Figura 2: Dati del problema.

Round Robin (con quanto di tempo = 4).

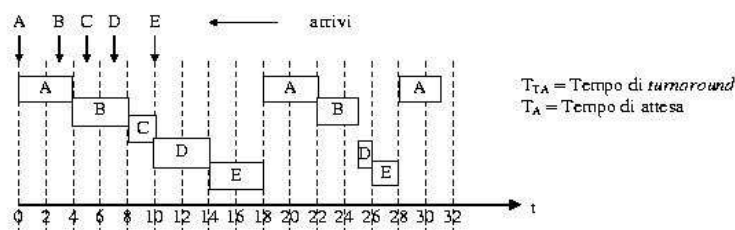


Figura 3: Andamento temporale dell'esecuzione dei processi (*round robin*).

$$T_{TA}(A) = (\text{arriva a } t=0 \text{ e termina a } t=31) = 4+4+2+4+4+4+3+1+2+3=31$$

$$T_{TA}(B) = (\text{arriva a } t=3 \text{ e termina a } t=25) = 1+4+2+4+4+4+3=22$$

$$T_{TA}(C) = (\text{arriva a } t=5 \text{ e termina a } t=10) = 3+2=5$$

$$T_{TA}(D) = (\text{arriva a } t=7 \text{ e termina a } t=26) = 3+4+4+4+3+1=19$$

$$T_{TA}(E) = (\text{arriva a } t=10 \text{ e termina a } t=28) = 4+4+4+3+1+2=18$$

$$T_{TA}(\text{medio}) = (31+22+5+19+18)/5 = 19,0$$

$$T_A(A) = 0+4+2+4+4+3+1+2=20$$

$$T_A(B) = 1+2+4+4+4=15$$

$$T_A(C) = 3$$

$$T_A(D) = 3+4+4+3=14$$

$$T_A(E) = 4+4+3+1=12$$

$$T_A(\text{medio}) = (20+15+3+14+12)/5 = 12,8$$

Priorità senza prerilascio

$$T_{TA}(A) = (\text{arriva a } t=0 \text{ e termina a } t=11) = 11$$

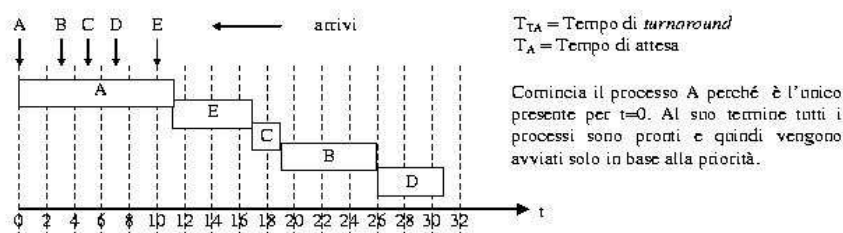
$$T_{TA}(B) = (\text{arriva a } t=3 \text{ e termina a } t=26) = 8+6+2+7=23$$

$$T_{TA}(C) = (\text{arriva a } t=5 \text{ e termina a } t=19) = 6+6+2=14$$

$$T_{TA}(D) = (\text{arriva a } t=7 \text{ e termina a } t=31) = 4+6+2+7+5=24$$

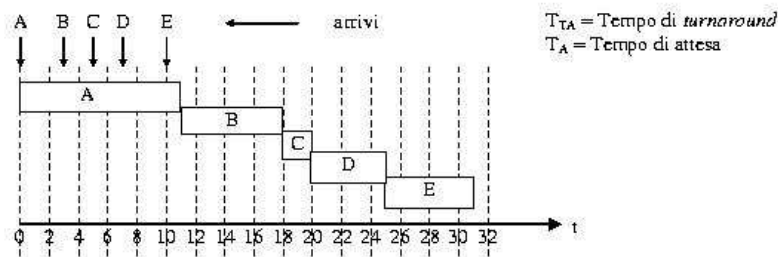
$$T_{TA}(E) = (\text{arriva a } t=10 \text{ e termina a } t=17) = 1+6=7$$

$$T_{TA}(\text{medio}) = (11+23+14+24+7)/5 = 15,8$$

Figura 4: Andamento temporale dell'esecuzione dei processi (*priorità senza preilascio*).

$$\begin{aligned}
 T_A(A) &= 0 \\
 T_A(B) &= 8+6+2=16 \\
 T_A(C) &= 6+6=12 \\
 T_A(D) &= 4+6+2+7=19 \\
 T_A(E) &= 1 \\
 T_{A(\text{medio})} &= (0+16+12+19+1)/5 = 9,6
 \end{aligned}$$

FCFS

Figura 5: Andamento temporale dell'esecuzione dei processi (*FCFS*).

$$\begin{aligned}
 T_{TA}(A) &= (\text{arriva a } t=0 \text{ e termina a } t=11) = 11 \\
 T_{TA}(B) &= (\text{arriva a } t=3 \text{ e termina a } t=18) = 8+7=15 \\
 T_{TA}(C) &= (\text{arriva a } t=5 \text{ e termina a } t=20) = 6+7+2=15 \\
 T_{TA}(D) &= (\text{arriva a } t=7 \text{ e termina a } t=25) = 4+7+2+5=18 \\
 T_{TA}(E) &= (\text{arriva a } t=10 \text{ e termina a } t=31) = 1+7+2+5+6=21 \\
 T_{TA(\text{medio})} &= (11+15+15+18+21)/5 = 16,0 \\
 T_A(A) &= 0 \\
 T_A(B) &= 8 \\
 T_A(C) &= 6+7 = 13 \\
 T_A(D) &= 4+7+2 = 13 \\
 T_A(E) &= 1+7+2+5=15 \\
 T_{A(\text{medio})} &= (0+8+13+13+15)/5 = 9,8
 \end{aligned}$$

SJF

$$\begin{aligned}
 T_{TA}(A) &= (\text{arriva a } t=0 \text{ e termina a } t=11) = 11 \\
 T_{TA}(B) &= (\text{arriva a } t=3 \text{ e termina a } t=31) = 8+2+5+6+7=28 \\
 T_{TA}(C) &= (\text{arriva a } t=5 \text{ e termina a } t=13) = 6+2=8 \\
 T_{TA}(D) &= (\text{arriva a } t=7 \text{ e termina a } t=18) = 4+2+5=11 \\
 T_{TA}(E) &= (\text{arriva a } t=10 \text{ e termina a } t=24) = 1+2+5+6=14 \\
 T_{TA(\text{medio})} &= (11+28+8+11+14)/5 = 14,4 \\
 T_A(A) &= 0 \\
 T_A(B) &= 8+2+5+6 = 21 \\
 T_A(C) &= 6 \\
 T_A(D) &= 4+2 = 6
 \end{aligned}$$

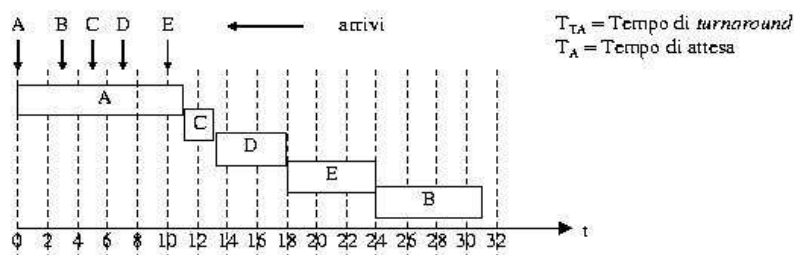


Figura 6: Andamento temporale dell'esecuzione dei processi (SJF).

$$T_A(E) = 1+2+5=8$$

$$T_A(\text{medio}) = (0+21+6+6+8)/5 = 8,2$$

Soluzione 3 (punti 5). Seguiamo l'evoluzione del contenuto della maschera nel primo caso, concentrandoci sulle sue prime posizioni:

Dopo la formattazione:	1000000000000000 ...
Scrittura del file A:	1111111100000000 ...
Scrittura del file B:	1111111111111110 ...
Rimozione del file A:	1000000001111110 ...
Scrittura del file C:	11111111111111110 ...
Rimozione del file B:	11111111100000011110 ...

Vediamone ora l'evoluzione nel secondo caso, nel quale prevalgono considerazioni di contiguità dei blocchi assegnati ai file:

Dopo la formattazione:	1000000000000000 ...	
Scrittura del file A:	1111111100000000 ...	alloc.ne contigua senza frammentazione esterna
Scrittura del file B:	1111111111111110 ...	alloc.ne contigua senza frammentazione esterna
Rimozione del file A:	1000000001111110 ...	
Scrittura del file C:	10000000011111111111111111110 ...	alloc.ne contigua con frammentazione esterna
Rimozione del file B:	10000000000000011111111111110 ...	

Soluzione 4 (punti 5). Richiamiamo i dati del problema:

N_R = numero di *record* che compongono il file = 20.000

D_R = dimensione di un *record* = 75 byte

D_I = dimensione di un indirizzo = 4 byte

D_B = dimensione di un blocco = 256 byte

N_RB = numero di *record* per blocco = $\text{int}(D_B/D_R) = \text{int}(256/75) = \text{int}(3,41) = 3$

N_{BF} = numero di blocchi occupati dal file = $1 + \text{int}(N_R/N_RB) = 1 + \text{int}(20000/3) = 6.667$

N_{IB} = numero di indirizzi in un blocco = $D_B/D_I = 256/4 = 64$

N_{ID} = numero di indirizzi in X blocchi indiretti = X^2

I blocchi da indirizzare sono $N_{BF} = 6.667$:

- di questi, 12 possono essere indirizzati direttamente dal nodo indice principale
- dei rimanenti $6.667 - 12 = 6.655$, N_{IB} (cioè 64) sono indirizzabili ad indizione singola tramite l'indirizzo ad indizione singola del nodo indice principale
- per i rimanenti $6.655 - 64 = 6.591$, si possono utilizzare blocchi indiretti di 64 indirizzi con indizione doppia. In tal modo potranno essere indirizzati un massimo di $64 \times 64 = 4.096$ indirizzi
- per i rimanenti $6.591 - 4.096 = 2.495$, si dovrebbe utilizzare indirizzamento ad indizione tripla, della quale però il quesito non ammette l'esistenza, rendendo pertanto impossibile l'allocazione di un file con le dimensioni date nel problema.

Soluzione 5 (punti 6). Il cliente Web sul nodo dell'utente richiederà al proprio *name server* di zona l'indirizzo IP del nodo corrispondente all'indirizzo logico dato. Tale richiesta verrà emessa mediante protocollo UDP e potrà essere ricorsiva od iterativa a seconda delle capacità dell'emittente. Si noti che uno qualunque dei *name server* tra quelli interrogati, sia nella zona dell'utente, che in quelle adiacenti o gerarchicamente superiori, potrebbe già disporre, nella propria *cache* dell'informazione richiesta.

Ottenuto l'indirizzo IP del nodo destinazione, l'entità di trasporto richiederà di stabilire una connessione con il nodo destinazione, utilizzando pertanto il protocollo TCP. Gli indirizzi che definiranno tale connessione al livello trasporto saranno i numeri di porta ad essa riservati sui 2 nodi. Conosciamo dal quesito il numero di porta assegnato al nodo mittente. Sappiamo poi che il *server http* sul nodo destinazione ascolta sulla porta pre-assegnata 80. La coppia di valori a 16 bit (3056,80) verrà pertanto posta nella 1ª parola a 32 bit del prefisso dei segmenti TCP scambiati tra i nodi. Si noti che, in realtà, il *server http* non utilizzerà la porta 80 per la connessione utente, assegnandocene una quella non riservata, e preservando la 80 per ascoltare ogni altra richiesta di connessione. Sappiamo poi banalmente dal quesito gli indirizzi IP dei due nodi terminali di questa connessione. La coppia di valori a 32 bit (147.162.22.93, 216.92.66.46) verrà pertanto posta nella 4ª e 5ª parola a 32 bit dei *datagram* emessi dal livello di rete dei due nodi della connessione.

Soluzione 6 (punti 7). Il router separa le reti locali, e poiché non abbiamo ingerenze reciproche di traffico tra le due reti locali aziendali LAN1 e LAN2, possiamo determinarne il traffico separatamente.

LAN1

La rete LAN1 è caratterizzata da uno SWITCH che segmenta la rete in tre domini di collisione, uno verso il router, uno verso il *server* ed uno verso l'HUB cui fanno capo i 4 *host* utente. Il traffico prevalentemente di tipo utente-servente viene limitato dall'HUB, in quanto il traffico massimo X fruibile da un *host* deve condividere la banda di una porta con gli altri 3 X determinati dai flussi analoghi degli altri 3 *host*, e dal traffico che fa capo al *server*, di valore $4X$. La banda massima di una porta dovrà quindi essere ripartita tra i traffici $X + 3X + 4X = 8X$, da cui $X = 1,25$ Mbps. Per il traffico I di tipo utente-Internet valgono analoghe considerazioni. Ne risulta quindi che il traffico risultante deve soddisfare l'equazione: $10 = 8X + 8I$ che, risolta con il dato iniziale $I = 0,2$ Mbps, porta al valore $X = 8,4/8 = 1,05$ Mbps.

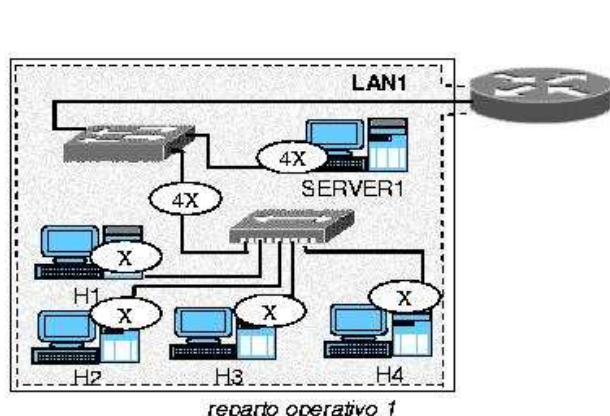


Figura 7: Stima del traffico nella rete LAN1.

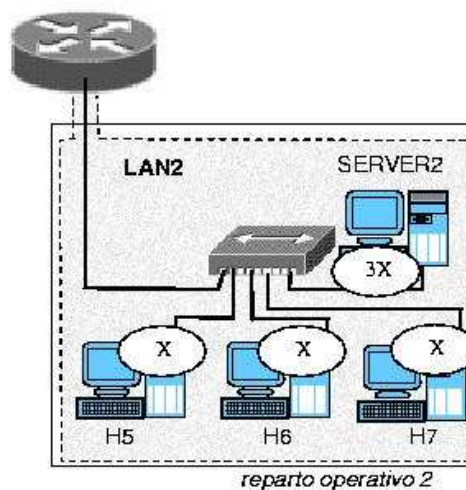


Figura 8: Stima del traffico nella rete LAN2.

LAN2

In questa rete, detto X il traffico massimo fruibile da un *host* ed essendo il traffico predominante di tipo *host-server*, il traffico gestibile dal *server* dovrà valere $3X$. Poiché la rete base viene gestita tramite HUB, il traffico prodotto da ogni dispositivo viene inoltrato su tutte le altre porte, per cui ogni porta gestirà un traffico dato da $X+X+X+3X = 6X$. Per il traffico secondario di tipo *Internet*, cioè diretto da ogni *host* alla porta di questa LAN del router, detto I il suo valore, con ragionamenti del tutto analoghi possiamo stabilire che il suo

contributo in ogni porta varrà ancora $I+I+I+3I = 6I$. Ne segue che il traffico totale su ogni porta dell'HUB vale $6X+6I$. Questa espressione deve avere come valore teorico massimo il valore della banda del sistema, cioè 10 Mbps, ed inoltre ricaviamo dal testo che I vale 0,2 Mbps. In definitiva, da: $6I+6X = 10$ ricaviamo che $X = 8,8/6 = 1,433$ Mbps.

I traffici teorici massimi nei vari rami, garantiti dalla configurazione di rete data, sono riportati in figura:

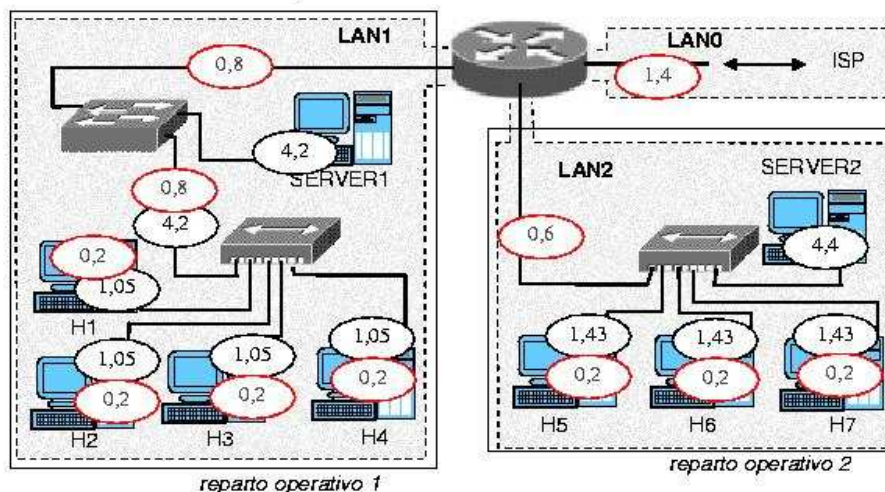


Figura 9: Stima del traffico massimo teorico in ogni ramo della rete aziendale.

Attribuzione indirizzi IP

La sottorete di classe A acquistata dall'Azienda è associata ad una *subnet mask* di valore 255.255.255.224, la quale occupa 19 *bit* del campo *host* originale. Di conseguenza, i 5 *bit* rimanenti permetterebbero di indirizzare $2^5 - 2 = 30$ *host* distinti, come indicato nei dati del problema (da 111.12.13.129 a 111.12.13.158).

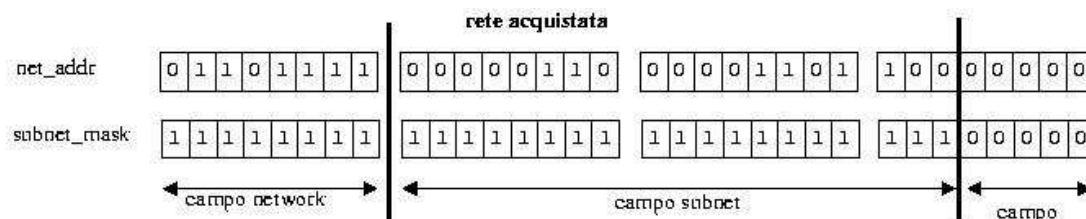


Figura 10: Indirizzo IP e maschera fornite all'Azienda dall'ISP.

Per soddisfare le esigenze aziendali interne è però richiesta un'ulteriore suddivisione in due sottoreti. Dovendo suddividere gli indirizzi utili in due sottoreti, dovremo dedicare 2 *bit* al nuovo campo di rete interna (mediante procedura di *subnetting*), dato che il numero di reti utili con N *bit* è dato da $2^N - 2$, e nel nostro caso con $N=2$ otteniamo proprio 2.

I *bit* rimanenti sono 3, dato che dei 24 *bit* disponibili per classe A, 19 sono stati utilizzati dall'ISP per il proprio *subnetting*, e 2 sono stati utilizzati dall'Azienda per il *subnetting* interno. Di conseguenza, il numero di indirizzi per *host* utili all'interno di ogni sottorete aziendale vale $2^3 - 2 = 6$. Questo numero è sufficiente a soddisfare le nostre esigenze (dato che la rete LAN1 necessita di soli 6 indirizzi, e LAN2 solo di 5).

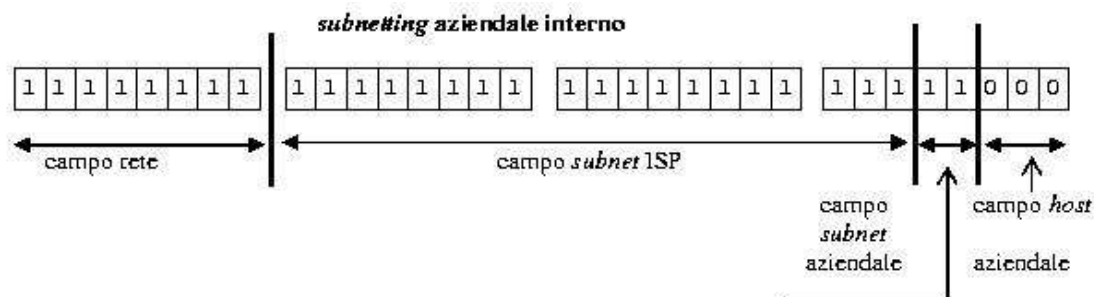


Figura 11: Suddivisione in sottoreti interne effettuata dall'Azienda.

01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 01 000	111.12.13.136	inutilizzabile (indirizzo della Iª sottorete)
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 01 001	111.12.13.137	1ª host utilizzabile nella Iª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 01 010	111.12.13.138	2ª host utilizzabile nella Iª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 01 011	111.12.13.139	3ª host utilizzabile nella Iª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 01 100	111.12.13.140	4ª host utilizzabile nella Iª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 01 101	111.12.13.141	5ª host utilizzabile nella Iª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 01 110	111.12.13.142	6ª host utilizzabile nella Iª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 01 111	111.12.13.143	inutilizzabile (broadcast nella Iª sottorete)
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 10 000	111.12.13.144	inutilizzabile (indirizzo della IIª sottorete)
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 10 001	111.12.13.145	1ª host utilizzabile nella IIª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 10 010	111.12.13.146	2ª host utilizzabile nella IIª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 10 011	111.12.13.147	3ª host utilizzabile nella IIª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 10 100	111.12.13.148	4ª host utilizzabile nella IIª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 10 101	111.12.13.149	5ª host utilizzabile nella IIª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 10 110	111.12.13.150	6ª host utilizzabile nella IIª sottorete
01101111 . 00001100 . 00001101 . 100 10 111	111.12.13.151	inutilizzabile (broadcast nella IIª sottorete)

Questa una possibile attribuzione di indirizzi IP per i dispositivi aziendali interni:

dispositivo	indirizzo IP	subnet mask	
H1	111.12.13.137	255.255.255.248	
H2	111.12.13.138	255.255.255.248	
H3	111.12.13.139	255.255.255.248	
H4	111.12.13.140	255.255.255.248	
H5	111.12.13.145	255.255.255.248	
H6	111.12.13.146	255.255.255.248	
H7	111.12.13.147	255.255.255.248	
SERVER1	111.12.13.141	255.255.255.248	
SERVER2	111.12.13.149	255.255.255.248	
Router E0	198.7.80.8	255.255.255.0	porta router-LAN0 (predefinito)
Router E1	111.12.13.142	255.255.255.248	porta router-LAN1
Router E2	111.12.13.150	255.255.255.248	porta router-LAN2