

Esame di Stato - Sessione ordinaria 2017

Indirizzo Informatica e Telecomunicazioni

Articolazione Telecomunicazioni

Tema di Telecomunicazioni

SOLUZIONE PRIMA PARTE

Il candidato, valutata la struttura di rete indicata e formulate le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie:

- a. proponga il piano completo di assegnazione degli indirizzi, rispettando i vincoli previsti e segnalando le eventuali ridondanze;

Si opera con subnet mask di lunghezza variabile (VLSM, *Variable Length Subnet Mask*), ottimizzando il numero di indirizzi IP di ciascuna subnet (rete) IP.

Il blocco in classe C a disposizione, 192.168.1.x, essendo appunto di classe C ha come subnet mask iniziale la /24 (255.255.255.0).

Poiché la Rete 1 è composta da 100 host è possibile suddividere in due parti il blocco in classe C allungando di un bit la subnet mask, che diventa così una /25 (255.255.255.128):

- primo blocco (A) avente le seguenti caratteristiche:
 - indirizzo di rete 192.168.1.0 con subnet mask /25 (255.255.255.128)
 - la parte host degli indirizzi IP è di $32-25 = 7$ bit per cui sono disponibili $N_1=2^7 - 2 = 126$ indirizzi IP per gli host
 - l'indirizzo IP di broadcast è il 192.168.1.127

Il blocco A può quindi essere utilizzato per configurare gli host della Rete1 (subnet IP 1)

Vi sono poi $126-100 = 26$ indirizzi IP ridondanti, che possono essere tenuti di riserva per ulteriori host che dovessero essere aggiunti alla Rete1;

L'altro blocco, B, con indirizzo di rete 192.168.1.128 e subnet mask /25, può essere ulteriormente suddiviso in due parti allungando la subnet mask di un bit, che diventa così una /26 (255.255.255.192), ottenendo così i seguenti blocchi

- blocco C avente le seguenti caratteristiche:
 - indirizzo di rete 192.168.1.128 con subnet mask (/26) 255.255.255.192
 - la parte host degli indirizzi IP è di $32-26 = 6$ bit per cui sono disponibili $N_2=2^6 - 2 = 62$ indirizzi IP per gli host
 - l'indirizzo IP di broadcast è il 192.168.1.191

Il blocco C può quindi essere utilizzato per configurare gli host della Rete2 (subnet IP 2)

Vi sono poi $62-50=12$ indirizzi IP ridondanti che possono essere tenuti di riserva per ulteriori host che dovessero essere aggiunti alla Rete2;

L'altro sottoblocco, D, con indirizzo di rete 192.168.1.192 e subnet mask /26, può essere ulteriormente suddiviso in due parti allungando la subnet mask di un bit, che diventa così una /27 (255.255.255.224), ottenendo così i seguenti blocchi

- blocco E, avente le seguenti caratteristiche:
 - indirizzo di rete 192.168.1.192 con subnet mask (/27) 255.255.255.224
 - la parte host degli indirizzi IP è di $32-27 = 5$ bit per cui sono disponibili $N_2=2^5 - 2 = 30$ indirizzi IP per gli host
 - l'indirizzo IP di broadcast è il 192.168.1.223

Il blocco E può quindi essere utilizzato per configurare gli host della Rete3 (subnet IP 3)

Non vi sono indirizzi IP ridondanti e quindi non si possono aggiungere ulteriori host senza modificare il piano di indirizzamento.

L'altro sottoblocco, F, con indirizzo di rete 192.168.1.224 e subnet mask /27, può essere ulteriormente suddiviso in 2 parti, allungando la subnet mask di un bit, ottenendo i seguenti blocchi

G -> 192.168.1.224 con subnet mask /28 (255.255.255.240)

H -> 192.168.1.240 con subnet mask /28 (255.255.255.240)

Il blocco G può essere ulteriormente suddiviso in 4 parti allungando la subnet mask di 2 bit, che diventa così una /30 (255.255.255.252), in modo da poter configurare le 3 subnet di collegamento tra i router e avere un'ulteriore subnet di riserva.

Anche il blocco H rimane di riserva per ampliamenti dell'infrastruttura di rete.

Il piano di indirizzamento per i collegamenti Router1-Router3, Router1-Router2, Router2-Router4 si può fare, per esempio, con le seguenti scelte:

- SUBNET del collegamento Router1-Router3
 - indirizzo di rete 192.168.1.224 con subnet mask (/30) 255.255.255.252
 - la parte host degli indirizzi IP è di $32-30 = 2$ bit per cui sono disponibili $N_2=2^2 - 2 = 2$ indirizzi IP per gli host, corrispondenti alle due interfacce dei router R1 e R3 direttamente collegate, configurate rispettivamente con gli indirizzi 192.168.1.225 e 192.168.1.226
 - l'indirizzo IP di broadcast è il 192.168.1.227

- SUBNET del collegamento Router1-Router2
 - indirizzo di rete 192.168.1.228 con subnet mask (/30) 255.255.255.252
 - la parte host degli indirizzi IP è di $32-30 = 2$ bit per cui sono disponibili $N_2=2^2 - 2 = 2$ indirizzi IP per gli host, corrispondenti alle due interfacce dei router R2 e R4 direttamente collegate configurate rispettivamente con gli indirizzi 192.168.1.229 e 192.168.1.230
 - l'indirizzo IP di broadcast è il 192.168.1.231
- SUBNET del collegamento Router2-Router4
 - indirizzo di rete 192.168.1.232 con subnet mask (/30) 255.255.255.252
 - la parte host degli indirizzi IP è di $32-30 = 2$ bit per cui sono disponibili $N_2=2^2 - 2 = 2$ indirizzi IP per gli host, corrispondenti alle due interfacce dei router R1 e R2 direttamente collegate configurate rispettivamente con gli indirizzi 192.168.1.233 e 192.168.1.234
 - l'indirizzo IP di broadcast è il 192.168.1.235

Rimangono così di riserva (ridondanti) i seguenti blocchi di indirizzi IP:

G₄ -> indirizzo di rete 192.168.1.236 con subnet mask (/30) 255.255.255.252 che ha 2 indirizzi IP disponibili per gli host;

H -> indirizzo di rete 192.168.1.240 con subnet mask (/28) 255.255.255.240, che ha 14 indirizzi disponibili per gli host

Il piano di indirizzamento per la Rete 4, che comprende 80 host, può prevedere l'utilizzo della subnet mask /25 (255.255.255.128) e quindi l'impiego per la configurazione IP degli host del seguente blocco:

- blocco BR4, avente le seguenti caratteristiche
 - indirizzo di rete 192.168.2.0 con subnet mask (/25) 255.255.255.128
 - la parte host degli indirizzi IP è di $32-25 = 7$ bit per cui sono disponibili $N_1=2^7 - 2 = 126$ indirizzi IP per gli host
 - l'indirizzo IP di broadcast è il 192.168.2.127

Il blocco BR4 può quindi essere utilizzato per configurare tutti gli host della Rete4 (subnet IP 4). Vi sono poi $126-80=46$ indirizzi IP ridondanti che possono essere tenuti di riserva per ulteriori host che dovessero essere aggiunti alla Rete 4.

Per quanto concerne l'assegnazione degli indirizzi IP agli host, come criterio generale è possibile decidere di:

- assegnare in modo statico il primo indirizzo IP di ciascun blocco all'interfaccia del router che funge da default gateway per la rete corrispondente,
- riservare, a seguire, un certo numero di indirizzi IP, sempre statici, da assegnare agli altri apparati di rete (switch amministrabili ecc.),
- riservare, a seguire, un blocco centrale di indirizzi IP che viene messo a disposizione del server DHCP per la configurazione dinamica degli host di tipo client;
- gli ultimi indirizzi IP, infine, possono essere assegnati in modo statico agli eventuali server presenti in rete.

Il piano di indirizzamento per l'intera infrastruttura di rete può quindi essere quello riportato in figura 1

Per semplicità nella topologia logica di Figura 1 e di Figura 3 non si è distinto tra collegamento wireless Wi-Fi e collegamenti Ethernet cablati in quanto entrambi forniscono gli strati OSI 1 e 2. A livello 3, quindi, l'interfaccia del Router 2 verso la Rete 4, avente indirizzo IP 192.168.2.1 e subnet mask /25 (255.255.255.128), costituisce il default gateway (gateway predefinito) per la Rete 4 stessa.

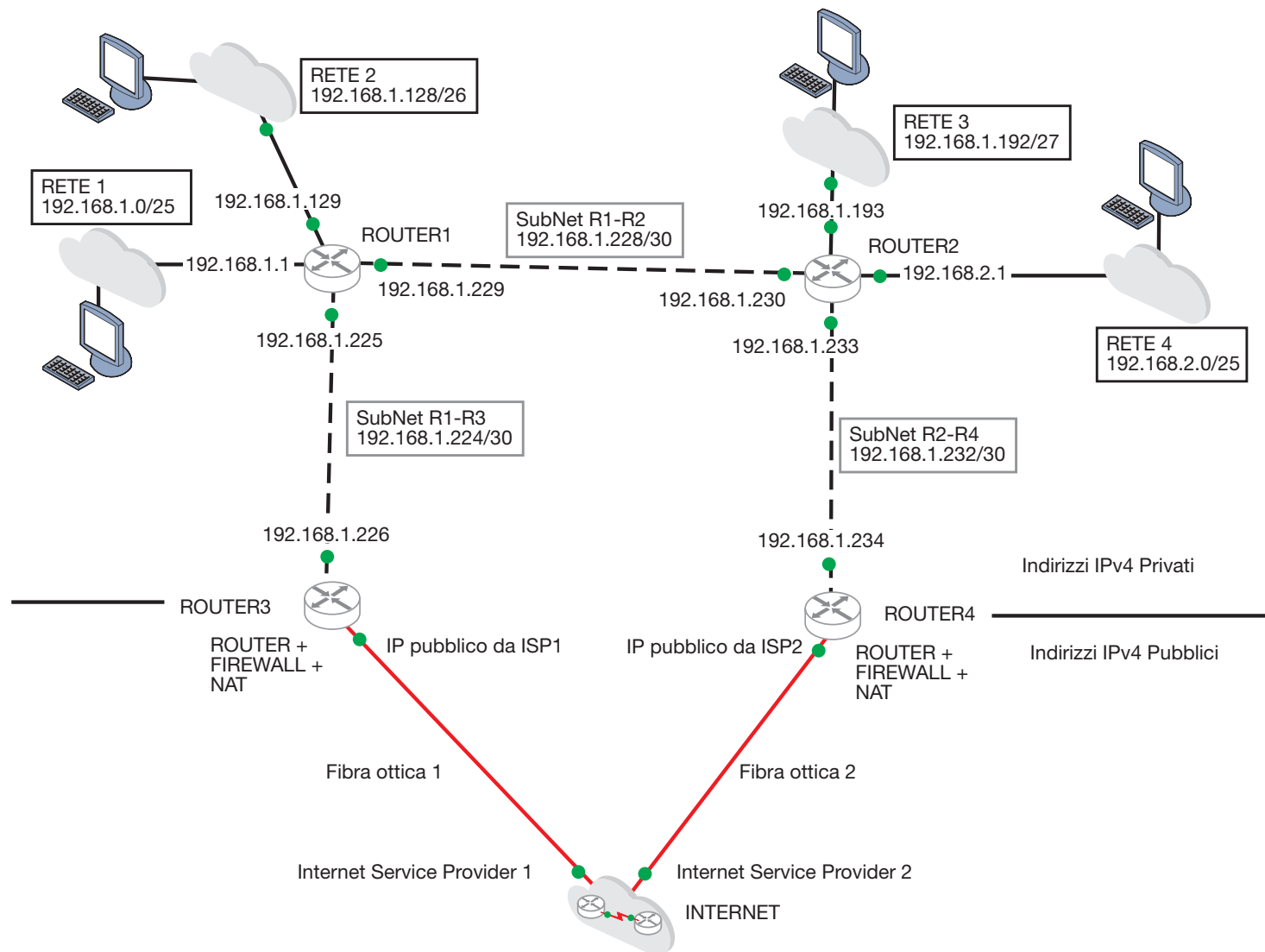


FIGURA 1 Piano di indirizzamento per l'infrastruttura di rete proposta

Va infine notato che il lato WAN dei Router 3 e 4 va configurato con indirizzi IPv4 pubblici, forniti dagli ISP, e che essi devono implementare la funzione NAT/PAT (Network Address Translation/Port Address Translation) per consentire agli host configurati con indirizzi IPv4 privati di accedere a Internet.

b. completi la rete con quei dispositivi che ritiene necessari per garantirne la funzionalità;

La struttura di rete proposta dalla traccia è la seguente

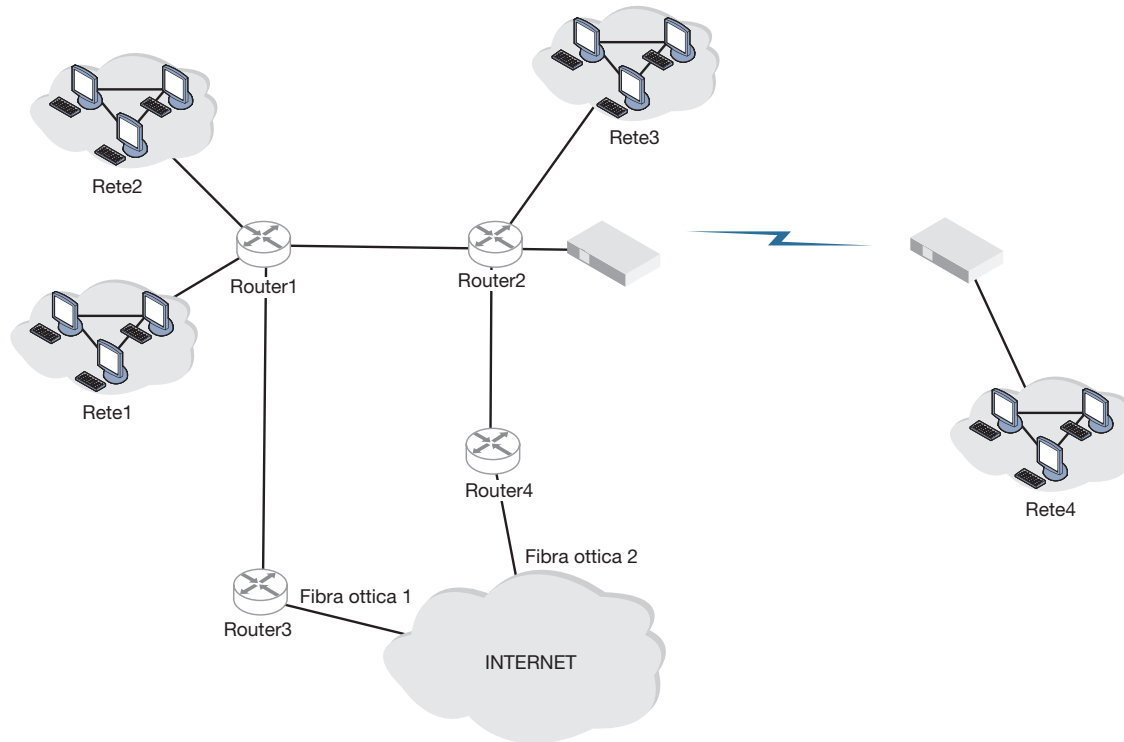


FIGURA 2 Infrastruttura di rete iniziale.

Come prima cosa, per garantire l'alta disponibilità della connessione Internet si completa l'infrastruttura di rete interconnettendo il Router 3 e il Router 4 (per esempio in f.o. e tecnologia almeno Gigabit Ethernet), in modo da creare una topologia a maglia tra i Router 1, 2, 3, 4 che consenta di avere dei percorsi completamente ridondati verso Internet.

Il piano di indirizzamento viene completato aggiungendo la subnet IP 192.168.1.236/30, che viene utilizzata per assegnare gli indirizzi IP alle due interfacce (I/F) dei Router 3 e 4 che sono interconnesse, per esempio con la scelta: I/F Router3 192.168.1.237/30; I/F Router4 192.168.1.238/30.

L'infrastruttura di rete diventa quindi quella riportata in FIGURA 3.

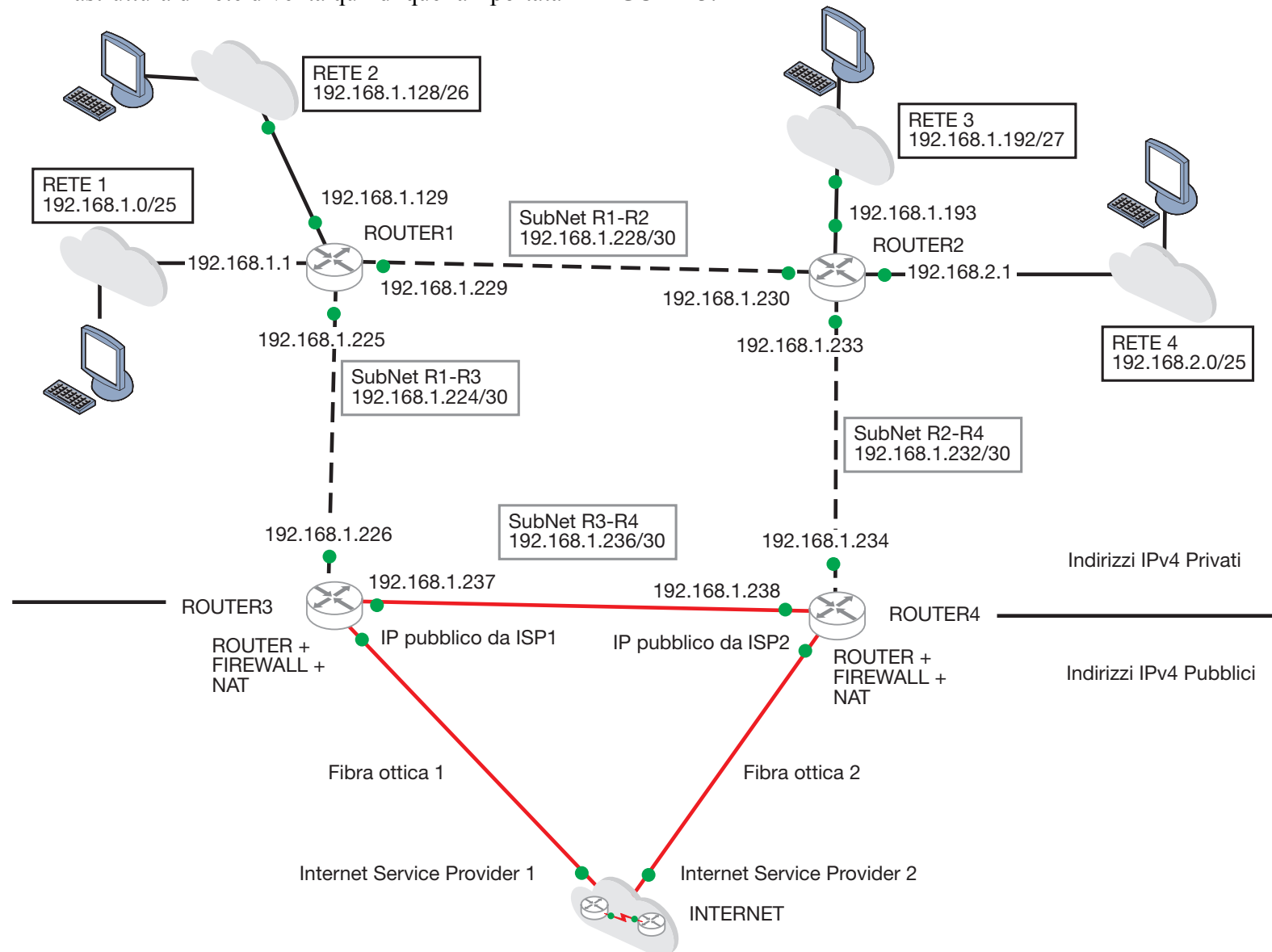


FIGURA 3 Infrastruttura di rete con topologia a maglia, ridondata.

Si ipotizza che le connessioni in fibra ottica verso Internet siano di tipo dedicato e che i router tramite cui si accede a Internet siano dotati di opportune interfacce per fibra ottica. Per garantire la funzionalità della rete è indispensabile impiegare almeno un firewall su ciascun accesso a Internet. Il Firewall può essere un dispositivo hardware dedicato a tale funzione oppure un'applicazione software installata sul router.

Ovviamente in ciascuna rete è necessario utilizzare degli switch Layer 2 con un congruo numero di porte; questi apparati devono essere di tipo amministrabile. Non potranno poi mancare ulteriori access point (preferibilmente a standard IEEE 802.11ac) per consentire un accesso wireless all'infrastruttura di rete da parte di client mobili (tablet, pc portatili, smartphone, ecc).

In un'ottica di rete convergente si può poi installare un *communication server* o un IP-PBX per garantire anche il servizio di telefonia su rete IP (ToIP).

Dal punto di vista della sicurezza fisica sarà poi necessario installare e configurare un servizio di videosorveglianza su rete IP.

Oltre agli apparati di rete è necessario installare e configurare un certo numero di servizi (con architettura client-server):

- servizio DHCP; può essere realizzato con un server dedicato oppure può essere implementato nei router stessi, configurandoli opportunamente;
- servizio DNS, può essere realizzato dalla macchina che funge anche da server DHCP;
- servizio SNMP, per consentire un monitoraggio e una gestione centralizzata della rete;
- servizio per l'autenticazione e il controllo gli accessi alla rete da parte dei client, tramite un server controllore di dominio;
- altri eventuali servizi come server syslog, server di posta elettronica, ecc.

Una diversa alternativa per quanto concerne l'accesso a Internet, realizzato con due connessioni su fibra ottica distinte e si ipotizza con due Internet Service Provider (ISP) diversi, è che invece di interconnettere i Router 3 e 4 si inserisca a monte di essi un dispositivo configurato per operare in *Load Balancing*, tipicamente un firewall con due porte WAN, in modo sia da garantire che l'interruzione di un connessione Internet non determini l'impossibilità di accedere a Internet da una porzione della rete sia l'utilizzo in contemporanea delle due connessioni su cui si ripartisce nel modo desiderato l'intero traffico verso Internet generato da tutte e quattro le reti. Il rovescio della medaglia è che così facendo si viene ad avere un "single point of failure" in quanto se il firewall dovesse cadere cadrebbe l'intera connessione Internet.

Se si volesse aumentare ulteriormente l'affidabilità della connessione Internet, infine, si potrebbe ipotizzare di sostituire la seconda connessione su fibra ottica con un collegamento wireless in ponte radio, ad alta capacità. In questo modo non solo si hanno due connessioni verso due ISP diversi ma anche con due mezzi trasmissivi diversi, per cui l'interruzione accidentale di un cavo che potrebbe contenere entrambe le fibre ottiche non determina l'impossibilità di accedere a Internet in quanto vi sopperirebbe la connessione wireless in ponte radio.

c. descriva la programmazione da effettuare su ciascun router per fare in modo che tutte le reti siano connesse ad *Internet*, indicando anche le ridondanze risultanti;

Si descrive prima la configurazione dei router nel caso dell'infrastruttura proposta dalla traccia (FIGURA 1).

La configurazione di base dei router affinché da tutte le reti si possa accedere a Internet in modo ridondato può essere la seguente.

Si configurano tutte le interfacce dei router con gli indirizzi IP statici ad essi assegnati. L'indirizzo IP dell'interfaccia di un router che appartiene a una rete costituisce il default gateway (o gateway predefinito) per quella rete. Facendo riferimento alla Figura 1 si può così compilare la seguente tabella di progetto per ciascun router. Si opta per operare con routing statico agendo nel seguente modo.

1. Si compila la tabella di progetto che indica per ciascun router come si raggiungono tutte le reti non direttamente connesse;
2. si analizza la tabella di progetto e si definiscono per ciascun router le route (rotte, percorsi) che vanno configurate per raggiungere tutte le reti non direttamente connesse, riassumendo quando possibile con un'unica route la rotta verso più reti.

	Router1	Router2	Router3	Router4
Rete IP Di destinazione	Next Hop	Next Hop	Next Hop	Next Hop
192.168.1.0/25	DC	192.168.1.229 (I/F Router1)	192.168.1.225 (I/F Router1)	192.168.1.233 (I/F Router2)
192.168.1.128/26	DC	192.168.1.229 (I/F Router1)	192.168.1.225 (I/F Router1)	192.168.1.233 (I/F Router2)
192.168.1.192/27	192.168.1.230 (I/F Router2)	DC	192.168.1.225 (I/F Router1)	192.168.1.233 (I/F Router2)
192.168.2.0/25	192.168.1.230 (I/F Router2)	DC	192.168.1.225 (I/F Router1)	192.168.1.233 (I/F Router2)
192.168.1.224/30	DC	192.168.1.229 (I/F Router1)	DC	192.168.1.233 (I/F Router2)
192.168.1.228/30	DC	DC	192.168.1.225 (I/F Router1)	192.168.1.233 (I/F Router2)
192.168.1.232/30	192.168.1.230 (I/F Router2)	DC	192.168.1.225 (I/F Router1)	DC
0.0.0.0/0 (Default Route primaria verso Internet, D.A. 1)	192.168.1.226 (I/F Router3)	192.168.1.234 (I/F Router4)	I/F ROUTER ISP1	I/F ROUTER ISP2
0.0.0.0/0 (Default Route secondaria verso Internet, D.A. 10)	192.168.1.230 (I/F Router3)	192.168.1.229 (I/F Router1)	-----	-----

D.A. = Distanza Amministrativa

Tabella 1 Tabella di progetto per l'infrastruttura di partenza

Dalla tabella di progetto si evince che è possibile raggiungere più reti attraverso un'unica route (rotta), impiegando delle subnet mask di lunghezza appropriata. Per ciascun router si possono così configurare le route riportate in Tabella 2 verso le reti non direttamente connesse.

ROUTER 1				
Rete di destinazione	Subnet mask	Next hop	Distanza Amministrativa	Note
192.168.0.0/22	255.255.252.0	192.168.1.230	1	Le reti 192.168.1.192/27 192.168.2.0/25 192.168.1.232/30 Si raggiungono attraverso l'interfaccia (I/F) 192.168.1.230 del Router2
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.226	1	Default route primaria verso Internet, raggiungibile attraverso l'I/F 192.168.1.226 del Router3
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.230	10	Default route secondaria (di riserva) verso Internet, raggiungibile attraverso l'I/F 192.168.1.230 del Router2
ROUTER 2				
192.168.1.0/24	255.255.255.0	192.168.1.229	1	Le reti 192.168.1.128/26 192.168.1.0/25 192.168.1.224/30 Si raggiungono attraverso l'I/F 192.168.1.229 del Router1
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.234	1	Default route primaria verso Internet, raggiungibile attraverso l'I/F 192.168.1.234 del Router4
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.229	10	Default route secondaria (di riserva) verso Internet, raggiungibile attraverso l'I/F 192.168.1.229 del Router1
ROUTER 3				
192.168.0.0/22	255.255.252.0	192.168.1.225	1	Tutte le reti interne si raggiungono attraverso l'I/F 192.168.1.225 del Router1
0.0.0.0/0	0.0.0.0	Indirizzo IP router ISP1	1	Default route primaria verso Internet
ROUTER 4				
192.168.0.0/22	255.255.252.0	192.168.1.233	1	Tutte le reti interne si raggiungono attraverso l'I/F 192.168.1.233 del Router2
0.0.0.0/0	0.0.0.0	Indirizzo IP router ISP2	1	Default route primaria verso Internet

Tabella 2 Route (rotte) da configurare nei router per consentire l'accesso a Internet di tutte le reti e la comunicazione fra esse.

Non essendovi però una topologia a maglia, nel caso in cui la rete interna funzioni correttamente, ma una delle connessioni Internet cada una porzione della rete, quella corrispondente alla default route primaria, non potrà accedere a Internet senza un intervento manuale che modifichi la default route primaria, mentre se cade una connessione interna, per esempio quella tra il Router1 e il Router3, il Router (Router1 nell'esempio) instraderà il traffico verso l'altra connessione Internet (attraverso il Router2 e il Router4).

Configurazione dei router nel caso (più complesso) di infrastruttura di rete con topologia a maglia, FIGURA 3.

La topologia a maglia consente di avere una ridondanza completa, tale per cui se cade una connessione Internet comunque tutte le reti possono accedere a Internet attraverso l'altra connessione Internet, così come se cade una connessione interna, sfruttando appieno la doppia connessione Internet per ottenerne l'alta disponibilità.

In questo caso però la configurazione dei router è più complessa perché si devono impiegare:

- il routing statico per le *default route*, che saranno due una primaria e una di backup (di riserva) per ciascun router, per esempio con distanza amministrativa 1 per la primaria e 10 per quella di backup;
- il routing dinamico, per semplicità con protocollo RIPv2, per la compilazione delle tabelle di routing relativamente agli instradamenti verso le reti interne.

La tabella di progetto per il routing statico di ciascun router viene riportata in TABELLA 3.

	Router1	Router2	Router3	Router4
Rete IP Di destinazione	Next Hop	Next Hop	Next Hop	Next Hop
0.0.0.0/0 (Default Route primaria verso Internet, D.A. 1)	192.168.1.226 (I/F Router3)	192.168.1.234 (I/F Router4)	I/F ROUTER ISP1	I/F ROUTER ISP2
0.0.0.0/0 (Default Route di backup verso Internet, D.A. 10)	192.168.1.230 (I/F Router3)	192.168.1.229 (I/F Router1)	192.168.1.238 (I/F Router4)	192.168.1.237 (I/F Router3)

Tabella 3 Tabella di progetto per le default route statiche

Per ciascun router si possono così configurare le default route riportate in Tabella 4.

ROUTER 1				
Rete di destinazione	Subnet mask	Next hop	Distanza Amministrativa	Note
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.226	1	Default route primaria verso Internet, raggiungibile attraverso l'I/F 192.168.1.226 del Router3
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.230	10	Default route secondaria (di backup) verso Internet, raggiungibile attraverso l'I/F 192.168.1.230 del Router2
ROUTER 2				
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.234	1	Default route primaria verso Internet, raggiungibile attraverso l'I/F 192.168.1.234 del Router4
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.229	10	Default route secondaria (di riserva) verso Internet, raggiungibile attraverso l'I/F 192.168.1.229 del Router1
ROUTER 3				
0.0.0.0/0	0.0.0.0	Indirizzo IP router ISP1	1	Default route primaria verso Internet
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.238	10	Default route secondaria verso Internet tramite Router 4
ROUTER 4				
0.0.0.0/0	0.0.0.0	Indirizzo IP router ISP2	1	Default route primaria verso Internet
0.0.0.0/0	0.0.0.0	192.168.1.237	10	Default route secondaria verso Internet tramite Router 3

Tabella 4 Default route statiche da configurare nei router per consentire l'accesso a Internet di tutte le reti.

Si passa quindi alla configurazione del protocollo RIPv2 in ciascun router, che nel caso di router Cisco avviene con i comandi di Tabella 5.

ROUTER 1	ROUTER 2	ROUTER 3	ROUTER 4
Router1(config)#router rip Router1(config-router)#version 2 Router1(config-router)#network 192.168.1.0 Router1(config-router)#no auto-summary Router1(config-router)#end Router1# ... Router1#copy run start	Router2(config)#router rip Router2(config-router)#version 2 Router2(config-router)#network 192.168.1.0 Router2(config-router)#network 192.168.2.0 Router2(config-router)#no auto-summary Router2(config-router)#end Router2# ... Router2#copy run start	Router3(config)#router rip Router3(config-router)#version 2 Router3(config-router)#network 192.168.1.0 Router3(config-router)#no auto-summary Router3(config-router)#end Router3# ... Router3#copy run start	Router4(config)#router rip Router4(config-router)#version 2 Router4(config-router)#network 192.168.1.0 Router4(config-router)#no auto-summary Router4(config-router)#end Router4# ... Router4#copy run start

Tabella 5 Configurazione del protocollo RIPv2 nei router (Cisco)

Il comando *no auto-summary* è necessario per far annunciare dal protocollo RIPv2 le singole subnet IP in cui è stato suddiviso l'indirizzo in classe C 192.168.1.0/24.

Configurando i router nel modo indicato si ottiene la completa ridondanza della rete dal punto di vista degli instradamenti, sia verso le reti interne sia verso Internet, e si sfrutta appieno la doppia connettività Internet.

d. descriva le modalità di programmazione degli *Access Point*, indicando anche la normativa riguardante antenne, potenza e sicurezza.

Si ipotizza di impiegare un access point Wi-Fi, configurabile anche come bridge Wi-Fi, conforme allo standard IEEE 802.11ac (o in subordine IEEE 802.11n), di operare nella gamma dei 5 GHz per minimizzare le interferenze e operare con un canale radio avente larghezza di banda maggiore, massimizzando così la velocità di trasmissione supportata dal bridge Wi-Fi. Nel caso si opti per access point conformi allo standard IEEE 802.11n è anche possibile (anche se meno consigliabile) operare nella gamma dei 2,4 GHz.

Le principali scelte da effettuare in sede di configurazione (programmazione) dei Bridge (access point) Wi-Fi sono le seguenti:

1. configurazione dell'SSID (nome della rete), per esempio <wifi-azienda>
2. scelta e configurazione del canale radio, per esempio il canale 100 nella gamma dei 5 GHz (con frequenza centrale 5550 MHz), per gli standard IEEE 802.11ac e 802.11n, oppure canale 1 nella gamma dei 2,4 GHz (con frequenza centrale 2412 MHz) per lo standard IEEE802.11n;
3. Scelta e configurazione della larghezza di banda del canale, pari per esempio a 80 MHz per 802.11ac e 40 MHz per 802.11n
4. configurazione del livello di potenza del trasmettitore nel rispetto della normativa vigente;

per quanto concerne la normativa su antenne e potenza, essa impone limiti alla potenza di trasmissione diversi a seconda della gamma di frequenze in cui si opera. Tali limiti sono espressi in termini di valore massimo di EIRP consentito, che è pari a $EIRP = +20$ dBm nella gamma dei 2,4 GHz e $EIRP = +30$ dBm nella gamma dei 5 GHz. Essendo il collegamento un ponte radio tra due punti, i bridge (access point) Wi-Fi dovrebbero essere dotati di antenna direttiva, che può essere integrata nel dispositivo oppure esterna e collegata ad esso tramite un cavo coassiale. Se si sceglie di operare nella gamma dei 5 GHz è quindi possibile configurare sull'apparato (bridge) una potenza di trasmissione maggiore rispetto a quanto si possa fare a 2,4 GHz, il che consente di ottenere una migliore qualità del segnale ricevuto a pari distanza (oppure di aumentare la distanza massima a pari qualità).

Noto il guadagno dell'antenna trasmittente (G_{TX} , espresso in dBi) e l'attenuazione (A_{cavo}) dell'eventuale cavo di interconnessione antenna-bridge (per antenne esterne), che dipende dalla frequenza di trasmissione e dalla lunghezza del cavo, è possibile determinare il massimo livello di trasmissione (L_{pTX}) configurabile su un apparato (bridge/AP Wi-Fi) con la seguente relazione:

$$L_{pTX} = EIRP - G_{TX} + A_{cavo} \quad dBm$$

La potenza di trasmissione (P_{TX}) massima si può poi calcolare con la seguente relazione: $P_{TX} = 10^{\frac{L_{pTX}}{10}} \quad mW$

5. Per quanto concerne la sicurezza a livello Wi-Fi, poiché i dispositivi Wi-Fi sono esclusivamente dedicati all'interconnessione di reti locali e non servono direttamente client Wi-Fi è possibile effettuare almeno le scelte:
- impiego del metodo WPA2 di autenticazione e crittografia (di tipo AES);
 - non irradiazione dell'SSID (nome della rete nascosto)
 - impiego di antenne ad elevata direttività, in modo da minimizzare l'irradiazione di segnale al di fuori del collegamento tra le due antenne dei due apparati bridge Wi-Fi
 - La configurazione come bridge (master e slave) prevede poi che su un dispositivo sia configurato anche l'indirizzo MAC dell'altro dispositivo, in modo da vincolare la comunicazione via radio solo tra essi.

SOLUZIONE SECONDA PARTE

Il candidato scelga due fra i seguenti quesiti e per ciascun quesito scelto formuli una risposta della lunghezza massima di 20 righe esclusi eventuali grafici, schemi e tabelle.

1. Con riferimento al *link* radio tra i due *Access Point* della prima parte della prova, descrivere come si può valutare la distanza massima ipoteticamente raggiungibile, se si considera una tratta in aria libera priva di ostacoli.

La distanza massima ipoteticamente raggiungibile è determinata dai seguenti fattori:

- Valore dell'EIRP, espresso in dBm, con cui si opera lato trasmissione;
- attenuazione dello spazio libero (A_{SL_dB}), che dipende dalla frequenza di trasmissione (f_{GHz}) e dalla distanza (d_{km}) del collegamento secondo la seguente relazione:

$$A_{SL} = 92,5 + 20 \log_{10} d_{[km]} + 20 \log_{10} f_{[GHz]} [dB]$$

- margine di link (collegamento), M_{L_dB} , che si desidera avere;
- guadagno dell'antenna ricevente (G_{RX_dBi}) e attenuazione (A_{cavo_dB}) dell'eventuale cavo di interconnessione nel caso di antenna esterna;
- sensibilità del ricevitore, cioè minimo livello di potenza che deve essere fornito in ingresso al sistema ricevente (Lp_{RX}).

Noti tutti gli altri fattori è così possibile calcolare la distanza massima operando nel seguente modo.

Si calcola il bilancio di potenza assumendo come incognita l'attenuazione dello spazio libero:

$$Lp_{RX} = EIRP_{[dBm]} - [A_{SL[dB]} + M_{L[dB]}] + G_{RX[dB]} - A_{cavo[dB]} \text{ dBm} \rightarrow A_{SL[dB]} = EIRP_{[dBm]} - M_{L[dB]} + G_{RX[dB]} - A_{cavo[dB]} - Lp_{RX} \text{ dB}$$

si determina la distanza massima, espressa in km, con i seguenti passaggi:

$$A_{SL} = 92,5 + 20 \log_{10} d_{[km]} + 20 \log_{10} f_{[GHz]} [dB] \rightarrow 20 \log_{10} d_{[km]} = A_{SL} - 92,5 - 20 \log_{10} f_{[GHz]} = X \rightarrow d = 10^{X/20} \text{ km}$$

Per esempio operando con EIRP=30 dBm, f=5,55 GHz, M_L=8 dB, G_{aRX}=23 dBi, Acavo= 2 dB, L_{pRX} = -85 dBm si otterrebbe il seguente risultato:

$$A_{SL[dB]} = 30 - 8 + 23 - 2 + 85 = 128 \text{ dB} \rightarrow 20 \log_{10} d_{[km]} = X = 128 - 92,5 - 20 \log_{10} 5,55 = 20,614 \rightarrow d = 10^{20,614/20} = 10,7 \text{ km}$$

Si deve poi calcolare l'altezza minima a cui porre le antenne, valutando il raggio della prima zona di Fresnel. Supponendo che il terreno sia pianeggiante (si trascura la curvatura terrestre), che non vi siano ostacoli di altezza significativa tra i due punti e che le antenne siano poste alla stessa altezza, per determinare l'altezza minima a cui vanno poste le antenne si deve calcolare il raggio massimo dell'ellissoide di Fresnel e imporre che entro tale raggio non vi siano ostacoli¹. Il raggio massimo dell'ellissoide di Fresnel si calcola come

$$r_{max} = 8,66 \cdot \sqrt{\frac{d_{km}}{f_{GHz}}} = 8,66 \cdot \sqrt{\frac{10,7_{km}}{5,55_{GHz}}} \cong 12 \text{ m}$$

2. Con riferimento alla prima parte della prova, nel caso che il collegamento ad *Internet* via *Access Point* della Rete 4 non garantisca un sufficiente livello di affidabilità, indicare di quale soluzione si potrebbe valutare la fattibilità, ai fini della connessione *Wan*, tenendo conto che risultano indisponibili per la rete in esame connessioni cablate.

Una possibile soluzione potrebbe essere quella di richiedere un ulteriore accesso a Internet per la rete 4 in modalità wireless ad un WISP (Wireless Internet Service Provider), l'accesso wireless dovrebbe essere a larga banda e con banda minima garantita. Utilizzando tale accesso si può poi implementare una connessione di tipo VPN (Virtual Private Network) per consentire la comunicazione e lo scambio di informazioni tra la rete 4 e la restante parte della rete aziendale.

La tecnologia per realizzare l'accesso wireless utilizzata dal WISP può essere di tipo proprietario, basata su Wi-Fi/HIPERLAN o su Wi-MAX.

L'aggiunta di un terzo ISP comporta però la necessità di una modifica della configurazione dei router che ora devono consentire di raggiungere la Rete 4 attraverso la VPN site-to-site via Internet.

Invece, nel caso in cui non si desideri o non si possa avere un'ulteriore accesso a Internet di tipo wireless, ipotizzando che la limitata affidabilità sia dovuta a un'attenuazione più elevata di quella calcolata nel punto 1 è possibile optare per un collegamento in ponte radio vero e proprio, operando

¹ Si veda il vol. 2 cap. 4 par. 14.2

con un valore di EIRP maggiore rispetto a quello dei bridge Wi-Fi in modo da compensare la maggiore attenuazione. Se si opera con un ponte radio operante a frequenze soggette a licenza è però necessario valutare attentamente anche i costi. Per la descrizione dei ponti radio digitali si rimanda al Capitolo 9 del libro di testo consigliato e al Manuale Cremonese di Informatica e Telecomunicazioni.

In casi particolari, con limitati volumi di traffico, si potrebbero valutare altre soluzioni, come connessioni a Internet con reti cellulari di 4a generazione (LTE) o collegamenti via satellite.

3. Descrivere la struttura di un sistema di trasmissione digitale su fibra ottica.

La struttura di principio di un sistema di trasmissione su fibra ottica (f.o.) può essere rappresentata come in FIGURA 4 (per una direzione), con struttura analoga nella direzione opposta. Il sistema comprende perciò due ricetrasmittitori ottici, o transceiver, e due fibre ottiche per consentire la comunicazione bidirezionale contemporanea (full duplex a divisione di spazio).

L'elemento principale del trasmettitore ottico è la sorgente ottica che può essere a diodo LED o a diodo LASER. Attualmente sono preferiti i diodi LASER per via delle migliori prestazioni che essi offrono. La fibra ottica può essere di tipo multimodale o monomodale. La f.o. multimodale ha prestazioni inferiori ma anche costi inferiori e una maggiore semplicità di installazione.

Il sistema può operare su tre finestre di trasmissione corrispondenti a tre lunghezze d'onda del segnale ottico: Ia finestra a $\lambda \cong 850 \text{ nm}$ su f.o. multimodale; IIa finestra a $\lambda \cong 1310 \text{ nm}$ su f.o. multimodale o monomodale; IIIa finestra a $\lambda \cong 1550 \text{ nm}$ su f.o. monomodale.

L'elemento principale del ricevitore ottico è il fotodiodo che può essere di tipo PIN o di tipo APD.

Per ulteriori dettagli si rimanda al Capitolo 5 vol. 2 del libro di testo consigliato e al Manuale Cremonese di Informatica e Telecomunicazioni.

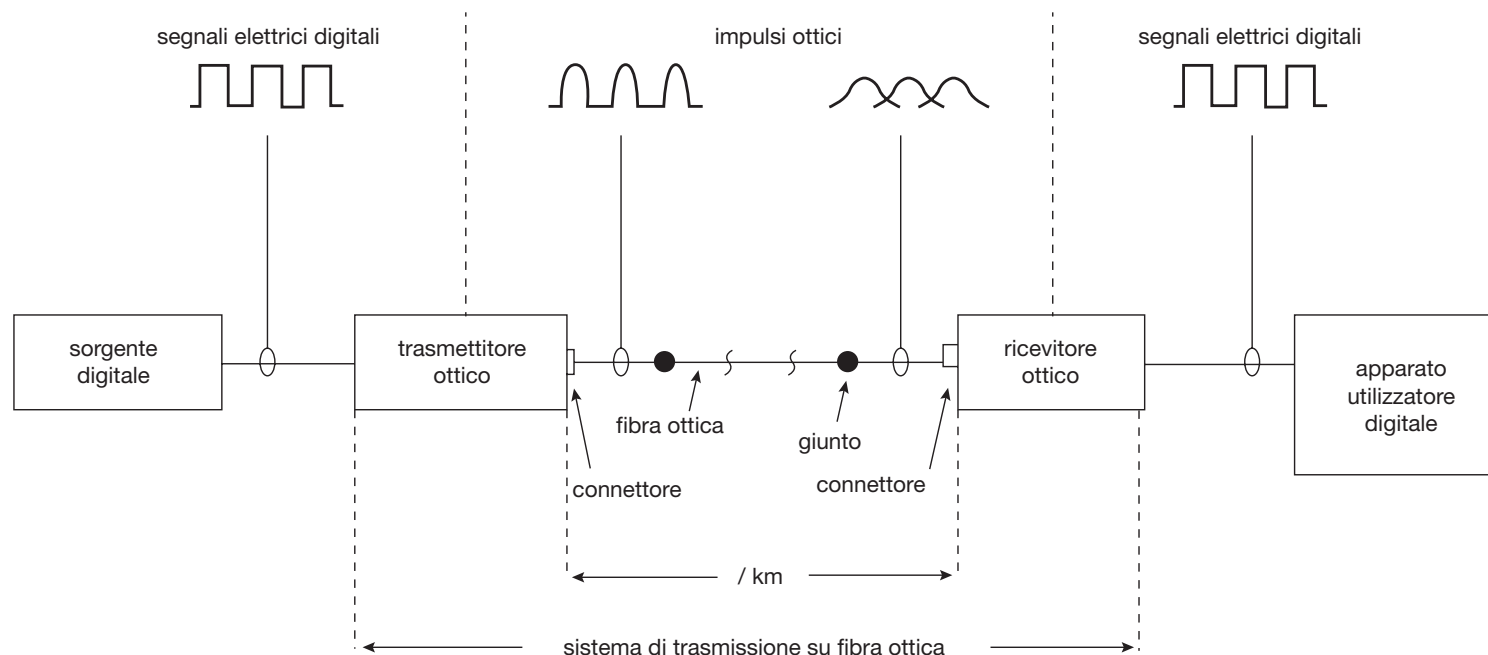


FIGURA 4 struttura di principio di un sistema di trasmissione su f.o. (una direzione)

4. Spiegare la natura e l'architettura del *routing* gerarchico.

Come il termine suggerisce, il routing gerarchico è una metodologia che consente di limitare le dimensioni delle tabelle di routing dei router nel caso di reti di grandi dimensioni, composte da un gran numero di reti e sottoreti tra loro interconnesse.

Per spiegare la natura e l'architettura del routing gerarchico come prima cosa è necessario ricordare che con il termine routing si intende la modalità con la quale si compilano e si tengono aggiornate le tabelle di routing dei router.

Il routing è di tipo statico quando la tabella di routing viene compilata e aggiornata manualmente da un amministratore di rete, mentre è di tipo dinamico quando viene compilata e aggiornata automaticamente per mezzo di un colloquio tra i router che avviene tramite un protocollo di routing (come RIPv2, OSPF, ecc.).

Una tabella di routing, poi, è composta da un certo numero di *route* (rotte o percorsi) ognuna delle quali fornisce al router le informazioni necessarie per raggiungere una certa rete o sottorete IP. Le informazioni fondamentali contenute in una route sono le seguenti:

Indirizzo IP della rete (o sottorete) di destinazione e subnet mask; next hop; distanza amministrativa e metrica.

Il *next hop* è l'indirizzo IP del prossimo router a cui vanno mandati i pacchetti IP che devono essere inoltrati verso la rete IP di destinazione specificata nella route.

La distanza amministrativa è un numero che consente di stabilire una priorità nella scelta quando vi sono più route che consentono di raggiungere una stessa rete di destinazione e le route sono fornite da sorgenti di routing diverse (da routing statico o dinamico, e nel caso di routing dinamico da protocolli di routing diversi), mentre la metrica consente di stabilire una priorità nella scelta quando vi sono più route che consentono di raggiungere una stessa rete di destinazione e le route sono fornite da una stessa sorgente di routing. Un valore più basso di distanza amministrativa o di metrica indica una priorità maggiore.

La *default route* è infine la route utilizzata per inoltrare i pacchetti IP verso un router di livello superiore, quando il router non ha in tabella una route specifica verso la rete di destinazione. Tutti i pacchetti destinati a reti IP che un router non sa come raggiungere vengono così inoltrati sulla *default route*.

Per ulteriori dettagli si rimanda al Capitolo 6 vol. 3 del libro di testo consigliato e al Manuale Cremonese di Informatica e Telecomunicazioni.

Si intuisce facilmente che senza adeguate metodologie e senza una struttura gerarchica del routing, e dei router, le tabelle di routing dei router presenti in reti di grandi dimensioni diventerebbero enormi, dato che dovrebbero contenere tutte le route verso tutte le reti e sottoreti interconnesse. Con il routing gerarchico, invece, una rete di grandi dimensioni viene suddivisa in un certo numero di aree, ognuna delle quali corrisponde a un insieme di sottoreti. I router presenti in un'area conoscono le route verso le sottoreti in essa presenti, mentre instradano verso un router di livello superiore i pacchetti destinati a reti o sottoreti appartenenti ad aree diverse.

I router di livello superiore hanno così una visione generale delle sole aree che compongono la rete di grandi dimensioni, mentre i router di livello inferiore hanno una visione più specifica e sono in grado di instradare i pacchetti IP destinati a sottoreti appartenenti alla stessa area.

Per esemplificare la struttura del routing gerarchico si può fare riferimento a Internet. Internet è costituita dall'interconnessione di un numero molto grande di reti e sottoreti appartenenti a organizzazioni diverse. Dal punto di vista del routing quindi si ha la suddivisione di Internet in Autonomous System. Un Autonomous System è costituito dall'insieme delle reti e sottoreti gestite da una stessa organizzazione e in cui si può adottare un protocollo di routing interno, come l'OSPF, gli Autonomous System sono interconnessi da router di livello superiore che colloquiano tra loro con un protocollo di routing esterno, come il BGP.

Si ricorda poi che dato un indirizzo IP di destinazione, variando la lunghezza della subnet mask, data dal numero di 1 in essa presenti quando è espressa in binario, è possibile variare la dimensione della rete IP da raggiungere:

- più corta è la subnet mask e più grande è la rete di destinazione (che sarà in realtà costituita da un certo numero di sottoreti interconnesse)
- più lunga è la subnet mask e più piccola è la rete di destinazione e quindi più vicini si è alla destinazione del pacchetto IP.

I router di livello superiore avranno nelle loro tabelle di routing subnet mask corte, mentre i router di livello inferiore avranno nelle loro tabelle di routing subnet mask più lunghe.

Per ulteriori dettagli si rimanda ai Capitoli 5 e 6 vol. 3 del libro di testo consigliato e al Manuale Cremonese di Informatica e Telecomunicazioni.

Libro di testo consigliato:

Onelio Bertazioli

Corso di Telecomunicazioni vol. 2 e vol. 3

Ed. Zanichelli

Si consiglia inoltre la consultazione del seguente manuale:

AA. VV.

Manuale Cremonese di Informatica e Telecomunicazioni

Ed. Zanichelli