

Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

Indirizzo: INFORMATICA E TELECOMUNICAZIONI

ARTICOLAZIONE TELECOMUNICAZIONI

Tema di: TELECOMUNICAZIONI

PRIMA PARTE

Si vuole realizzare una LAN in un edificio scolastico di tre piani che deve essere collegata ad internet tramite un ISP (fornitore di accesso Internet), con il quale è stato stipulato un contratto di tipo aziendale per la fornitura di una linea HDSL a 4 Mbit/s su doppino telefonico.

Il Router HDSL è fornito dall'ISP in comodato d'uso (noleggio).

La LAN deve avere un proprio server Web che ospita il sito Internet scolastico e un server interno di posta elettronica.

Le postazioni client sono 120, disposte in modo non uniforme sui tre piani.

La LAN deve soddisfare i seguenti requisiti:

- 1) il server Web su Internet deve essere pubblicato in maniera sicura e visibile a tutti;
- 2) i server web e di posta elettronica devono risiedere in una DMZ (essendo a rischio attacchi);
- 3) la LAN deve essere adeguatamente protetta da attacchi esterni;
- 4) deve essere previsto un access point per fornire la possibilità di accesso alla rete fissa tramite postazioni di lavoro wireless;
- 5) deve essere possibile bloccare la navigazione su alcuni siti Web non autorizzati;
- 6) si deve creare un File Server con Backup di tutti i dati sia amministrativi che didattici;

Il candidato, formulate le opportune ipotesi aggiuntive, sviluppi i seguenti punti:

- 1) proponga un progetto grafico dell'infrastruttura di rete, indicando le risorse hardware e software necessarie, esaminandone in particolare l'architettura, gli apparati e le caratteristiche dei collegamenti;
- 2) definisca un piano di indirizzamento IPv4 statico per l'infrastruttura di rete proposta ;
- 3) illustri le procedure di configurazione degli indirizzi IP statici (in Windows).

SECONDA PARTE

Il candidato per ciascuno dei seguenti quesiti formuli una risposta:

- 1) Una fibra multimodo di lunghezza $L = 4$ km presenta una banda modale per unità di lunghezza $B_{m0} = 1550$ MHz·km. Nel caso la fibra sia pilotata da un laser avente larghezza spettrale $\Delta\lambda = 3$ nm che lavora in prima finestra con coefficiente di dispersione cromatica $\mu = -90$ ps/nm·km, determinare la banda modale, la banda cromatica e la banda complessiva della fibra.
- 2) Una portante sinusoidale avente ampiezza $A_M = 0,2$ V è modulata con tecnica FSK incoerente da una sequenza modulante binaria. Sapendo che le frequenze di modulazione sono $f_1 = 2100$ Hz e $f_2 = 1200$ Hz e che l'indice di modulazione è $m_f = 0,70$, determinare la velocità di trasmissione dell'informazione e la potenza del segnale FSK riferita a un carico normalizzato (1Ω).

Durata massima della prova: 6 ore.

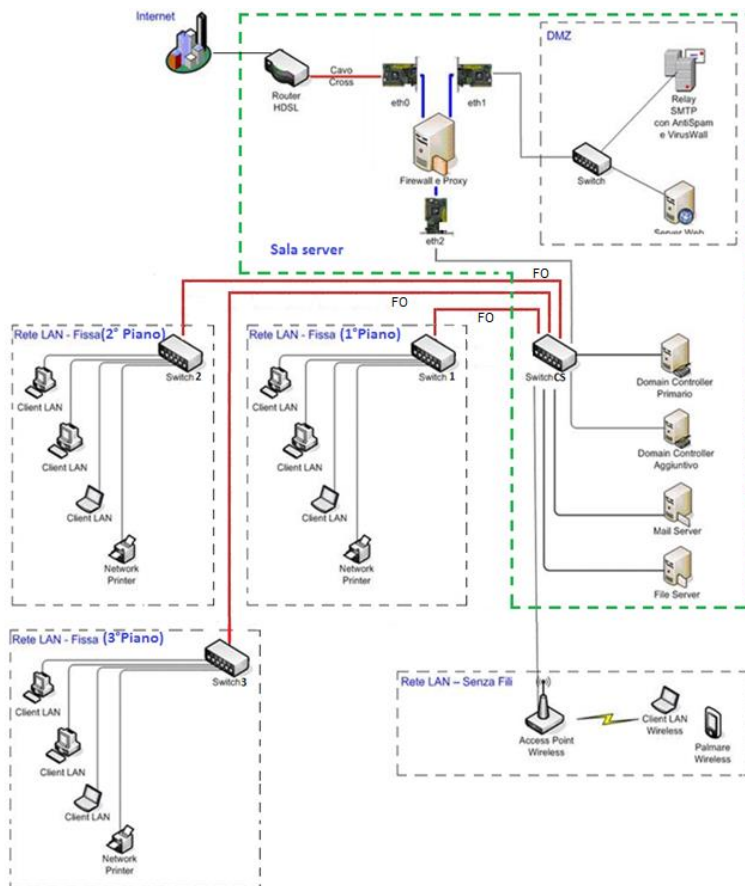
È consentito l'uso di manuali tecnici e di calcolatrice non programmabile.

È consentito l'uso del dizionario bilingue (italiano-lingua del paese di provenienza) per i candidati di madrelingua non italiana.

SOLUZIONE PRIMA PARTE

Punto 1 - Il candidato proponga un progetto grafico dell'infrastruttura di rete, indicando le risorse hardware e software necessarie esaminandone, in particolare, l'architettura, gli apparati e le caratteristiche dei collegamenti.

La seguente figura mostra la struttura della LAN proposta da analizzare approfonditamente in ogni sua parte.

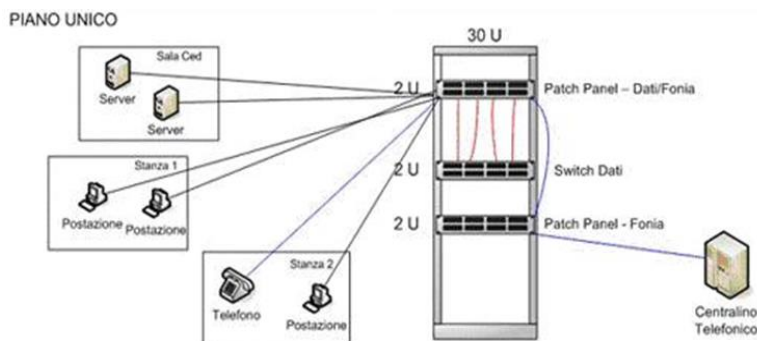


Struttura della LAN da realizzare

Realizzazione del Cablaggio dell'edificio

Essendo l'edificio da cablare formato da tre piani, per ciascuno di essi occorre realizzare un cablaggio orizzontale.

Tutte le estremità dei cavi che partono dalle prese a muro devono essere convogliate in un armadio a rack, denominato **Centro Stella di piano**, come mostrato nella figura che segue.

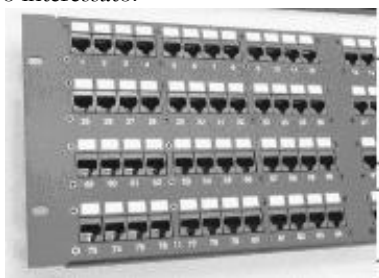


Cablaggio orizzontale

È importante sottolineare che ogni cavo ha limiti di lunghezza e pertanto, nel caso di superamento di tali limiti è necessario aggiungere dei ripetitori di segnale.

Ogni cavo proveniente da una presa a muro deve essere cablato sulla corrispondente terminazione RJ45 posta sul retro del **Patch Panel**, (figura seguente), installato nell'armadio rack.

Sulla presa a muro e sul corrispondente attacco RJ45 del patch panel, viene posta un'etichetta con uno stesso numero, il quale consente di individuare univocamente il cavo interessato.



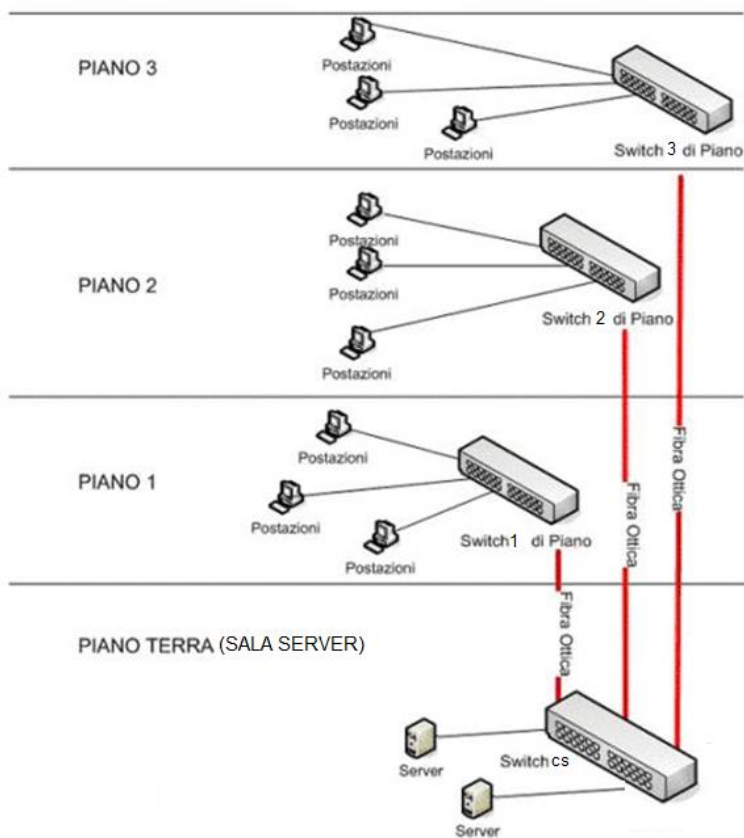
Patch panel

Per collegare un PC al centro stella di piano, tramite una bretella di cavo viene connessa la relativa scheda di rete alla presa a muro più vicina, annotando il numero identificativo della presa stessa; sul patch panel, tramite un'altra bretella di cavo, la presa identificata dallo stesso numero è collegata allo switch di piano installato nel rack.

Questa tipologia di cablaggio, detto strutturato, consente di utilizzare automaticamente i cavi per trasportare indifferentemente dati fonici.

Infatti, se al posto di un PC si vuole collegare un telefono, quest'ultimo può essere connesso alla presa a muro più vicina tramite una bretella telefonica a 4 fili (RJ11), annotandone il numero identificativo; tramite un'altra bretella telefonica viene collegata la porta del patch panel identificata dallo stesso numero al centralino telefonico, anziché allo switch di piano.

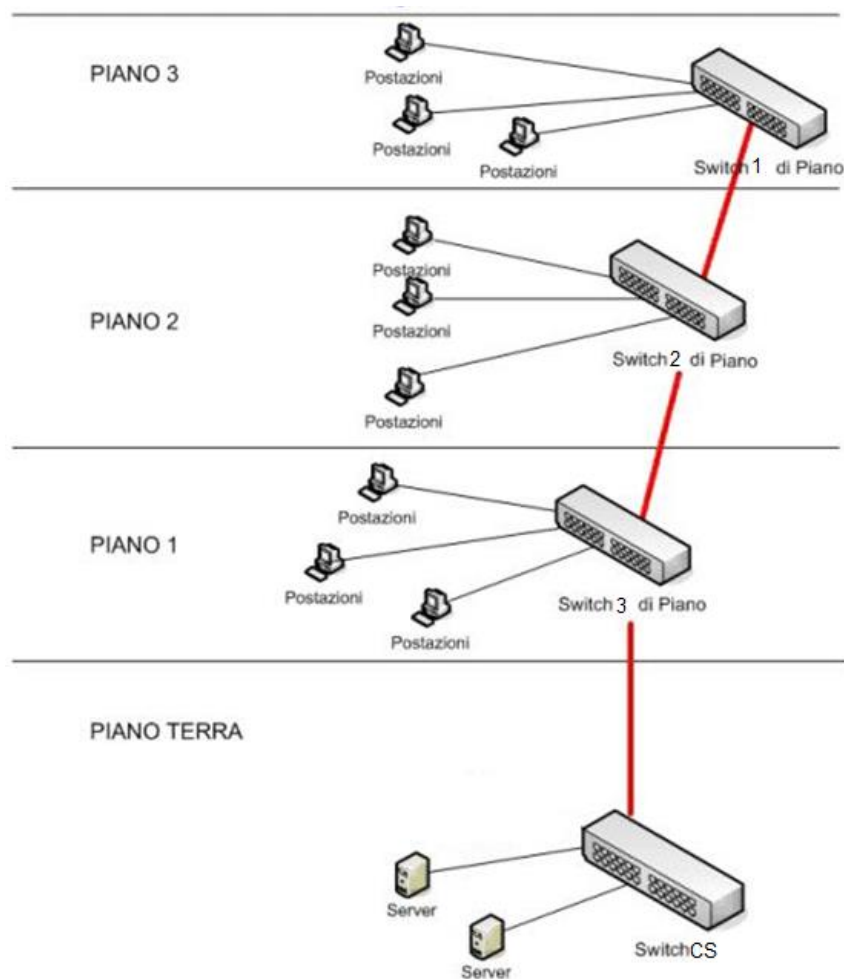
Tramite tre dorsali (cablaggio verticale), ogni switch di piano viene collegato allo switch centrale (centro stella di edificio), ubicato a piano terra nella sala Server, come indicato nella seguente figura.



Cablaggio verticale

Le dorsali (evidenziate in rosso) sono realizzate con cavi ottici monomodali, ciascuno dei quali formato da numero di fibre tale da garantire tutti i collegamenti previsti dall'architettura di rete proposta, tenendo anche conto di possibili sviluppi futuri e delle eventuali fibre di scorta per ogni singola tratta posata.

Nella figura seguente è indicato un collegamento in cascata di più switch, fattibile ma sconsigliato, in quanto nel caso di guasto di uno switch la comunicazione verrebbe interrotta.



Cablaggio verticale sconsigliato

La posa dei cavi e l'installazione delle prese a muro (o colonnine da pavimento) deve essere effettuata da elettricisti specializzati, i quali, tramite adeguati strumenti, possono "certificare" il corretto funzionamento di ogni tratto di rete (attenuazione, rumore, interferenze, ecc.).

Tale certificazione, solitamente rilasciata all'utente in formato file TXT, ha lo scopo di formalizzare la corretta installazione del cablaggio effettuato e quindi rappresenta garanzia di qualità.

Di seguito sono descritti in dettaglio i componenti sopra menzionati.

- Distribuzione Orizzontale
 - cavi in rame;
 - postazioni di lavoro;
 - pannelli di permutazione;
 - bretelle in rame (patch cord).
- Distribuzione di dorsale
 - dorsale in fibra ottica;
 - pannelli di permutazione ottica;
 - bretelle ottiche monomodali;

Cavi in rame

I cavi in rame proposti, utilizzati per realizzare la connessione tra il pannello di permutazione e la postazione lavoro (cablaggio orizzontale), sono di tipo non schermato **UTP Cat. 6 Classe E**.

Sono formati da 4 coppie intrecciate con conduttori a filo solido temprati a sezione circolare 23 AWG divise da un setto separatore a croce, ed hanno impedenza caratteristica 100 Ohm $\pm 3\%$.

Sono conformi alle normative EN50288-6-1 ed ISO/IEC 61156-5.

Le guaine dei cavi sono di tipo LSZH/FR (HF1) e risultano adatte per installazioni nell'interno degli edifici; supportano applicazioni ad elevata velocità di trasferimento dei dati, in quanto assicurano una larghezza di banda fino a 250 MHz, in accordo con gli standard di riferimento.

Possiedono le caratteristiche di auto-estinguenza in caso d'incendio, di bassa emissione di fumi opachi e gas tossici corrosivi nel pieno rispetto delle normative vigenti (CEI 20-37, IEC 61034, NES 713, IEC 60754, EN 50265, EN 50267) e di ritardo di propagazione della fiamma (Flame Retardant) conformemente alle normative IEC 60332-1-2 (CEI 20-35, EN 50265).

Postazioni di lavoro

Ciascuna postazione di lavoro è collegata connettendo il cavo di distribuzione orizzontale alla presa; durante la fase di installazione deve essere rispettata la condizione che la distanza tra il pannello di permutazione all'interno dell'armadio a rack di piano e la presa della postazione di lavoro sia al massimo di 90 metri.

La presa è formata da tre elementi:

- scatola esterna di tipo ritardante alla fiamma secondo UL 94V-0, UL listed;
- placca autoportante da 2 posizioni;
- prese modulari tipo U/UTP cat. 6.



Presa utente

Ciascuna presa è realizzata con un connettore ad innesto rapido tool free conforme alle normative internazionali recanti disposizioni in materia di prestazioni elettriche e meccaniche **ISO\IEC 11801 – 2nd Edition** e delle **EIA/TIA-568-B.2-1, EN 50173-1 2nd Edition** e testate in conformità alle **IEC 60603-7**.

Patch panel

I patch panel (pannelli di permutazione) sono utilizzati negli armadi a rack per l'attestazione dei cavi in rame UTP che distribuiscono il cablaggio orizzontale.

Sono formati da un pannello dotato di una struttura metallica modulare a 24 fori che contengono prese modulari RJ45.

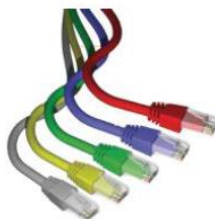
In genere hanno una struttura in acciaio satinato nero, con la parte frontale provvista di asole per montaggio su rack a 19", con 24 slot per prese RJ45 conformi alla normativa di riferimento **ISO\IEC 11801 – 2nd Edition, EIA/TIA 568-B.2-1** (per la Cat. 6), **EIA/TIA 568B.2-10** (per la cat. 6A) e testate in conformità alle **IEC 60603-7**.



Patch panel

Bretelle in rame (patch cord e work area cable)

La connessione dei pannelli di permutazione agli apparati attivi e delle postazioni di lavoro alle relative prese, è effettuata mediante bretelle in rame, denominate **patch cord** e **work area cable**, realizzate con un cavo a 4 coppie U/UTP; sono disponibili in diverse lunghezze, tagli e colori e sono conformi alla norma **ISO\IEC 61935-2**; hanno una protezione anti-annodamento sul plug.



Bretelle in rame

Cavi in fibra ottica

Al fine di aumentare le qualità tecnico-prestazionali della LAN, le dorsali sono realizzate con cavi in fibra ottica monomodale. I cavi ottici proposti sono di tipo loose in configurazione unitubo, rinforzati da fibre di vetro conformi agli standard **ISO/CENELEC** o **ITU-T G651 (MM)** e **ITU-T G652 (SM)**; hanno una guaina LSZH HF1 ed una protezione antiroditori garantita da filati vetrosi. Sono disponibili con 4, 8 e 12 fibre e resistono alle prove di penetrazione dei fluidi previste dalle normative internazionali **IEC 60794-1-2-F5**.

Le temperature di esercizio del cavo sono comprese tra -40°C a + 70°C.



Pannelli di permutazione ottica

I cavi ottici di dorsale sono attestati su pannelli di permutazione ottica, che rappresentano il punto di interfaccia verso gli apparati attivi, sono idonei al montaggio su rack a 19" (483mm).

Tali pannelli sono dotati di un vassoio porta bussole a scorrimento orizzontale, reclinabile a 45°, completo di fissaggi a sblocco rapido e ad ingombro ridotto.

Il pannello è internamente provvisto di tutti gli accessori per la gestione delle fibre, ovvero di rotelle plastiche per la gestione del cavo, di pressacavi e di supporti per giunti a fusione (**fusion spliceholder**) in materiale plastico; sono in grado alloggiare fino a 48 uscite fibra.



Pannello di permutazione ottica

Bretelle ottiche monomodali

Ogni dorsale in fibra ottica viene permutata, attraverso il pannello di permutazione ottica, verso gli apparati attivi tramite bretelle ottiche.

Le bretelle ottiche proposte (fiber patch cord e fiber work area cable) sono tratti di cavo ottico in fibra monomodale (9/125), di lunghezza compresa tra 1 m e 10 m, attestati con connettori SC.



Bretella ottica monodale

Sala server

Nella sala server sono installati, in uno o più rack, i server che gestiscono l'intera LAN, nonché l'apparato che interfaccia quest'ultima ad internet (router).

Occorre scegliere i Rack più idonei in termini di spazio, compatibilità dei server ed espansibilità futura.

I parametri da tener presente nell'acquistare un rack sono i seguenti:

- profondità dei server da installare;
- larghezza dei server;
- "unità" disponibili.

Per i server è opportuno scegliere un Rack da pavimento, per i patch panel di piano sono in genere sufficienti mini-rack a parete.

Gli armadi rack devono essere climatizzati, in quanto la temperatura deve essere compresa tra 10 °C e 28 °C: il valore ottimale è 19÷20 °C.

Occorre quindi dotare la sala server di un adeguato impianto di climatizzazione controllato da un software dedicato, che si avvale delle misurazioni effettuate dai diversi sensori di temperatura installati nella sala.

Nella sala server sono installati i seguenti server:

- il **Primary Domain Controller** (PDC), server che in una LAN Windows gestisce il dominio sul quale viene eseguita la Active Directory;
- il **Backup Domain Controller** (BDC), sistema di backup che conserva una copia a sola lettura del PDC, allo scopo di superare eventuali guasti di quest'ultimo.
- il **Mail server**, dove risiede il software che gestisce la ricezione e lo smistamento da un computer all'altro dei messaggi di posta elettronica;
- il **File server**, macchina progettata per mettere a disposizione degli utilizzatori della LAN un adeguato spazio su disco (singolo o composto da più dischi) nel quale sia possibile memorizzare, leggere, modificare, creare file e cartelle centralizzate, condivise da tutti oppure accessibili secondo regole o autorizzazioni generalmente assegnate dal gestore della rete. Tale macchina può essere un Network Attached Storage (NAS), cioè un apparecchio specificatamente studiato e costruito per tale scopo;

- il **Firewall**, che consente di filtrare ed eventualmente bloccare il traffico anomalo da e verso qualsiasi rete; il firewall agisce come una dogana che controlla il traffico proveniente dall'interno e dall'esterno di una rete, lasciando passare soltanto quello che rispetta regole definite; per motivi di sicurezza il firewall viene ospitato in un'apposita macchina dotata di tre schede di rete, eth0, eth1 e eth2 mediante le quali interfaccia rispettivamente il router, la DMZ e la LAN;
- il **router**, che collega la LAN ad Internet, il quale è fornito dall'ISP in comodato d'uso (noleggio);
- la **DMZ**, (DMZ-DeMilitarized Zone - zona demilitarizzata), ovvero la zona isolata che ospita le applicazioni a disposizione del pubblico, utilizzata per consentire ai server in essa ospitati di fornire servizi all'esterno senza compromettere la sicurezza della rete aziendale interna: per le connessioni esterne la DMZ appare infatti una sorta di "vicolo cieco". La politica di sicurezza attuata sulla DMZ è la seguente:
 - traffico esterno verso la DMZ **autorizzato**;
 - traffico esterno verso la rete interna **vietato**;
 - traffico della rete interna verso la DMZ **autorizzato**;
 - traffico della rete interna verso l'esterno **autorizzato**;
 - traffico della DMZ verso la rete interna **vietato**;
 - traffico della DMZ verso la rete esterna **vietato**.

La DMZ contiene gli elementi di seguito indicati.

- Il **Web server**, macchina contenente un insieme di applicazioni software, accessibile da parte dei client, che interpreta il linguaggio html (browser) utilizzando il protocollo di comunicazione HTTP;
- Il **relay SMTP**, server SMTP dove vengono utilizzati software di protezione per il traffico in/out (non solo email), ovvero:
 - Antispam (SpamAssassin, DSPAM);
 - Antivirus (ClamAV, OpenAntivirus).
- Uno **switch** a 8 porte al quale sono connessi il web service e il relay SMTP.

Materiale hardware attivo

Access Point

Le prestazioni dell'Access Point devono essere conformi agli standard IEEE 802.112. A seconda della richiesta, l'Access Point può essere alimentato sia autonomamente mediante adattatore di corrente, sia in modalità Power-over-Ethernet (PoE). Viene proposto un Access Point TP-Link TL-WA901ND V5.0 Access Point Wireless, 450 Mbps, 3 Antenne Esterne, WPS, PoE.

Switch

Nella configurazione di rete proposta è necessario utilizzare cinque switch, dei quali uno a 8 porte (per la DMZ) e quattro a 48 porte: uno per ogni armadio di piano (switch1, switch2, switch3), uno per la sala server (switchCS).

Gli switch 1, 2 e 3 devono avere almeno due porte SPH in fibra ottica, lo switchCS almeno quattro porte SPH in fibra ottica. Tutti gli switch devono inoltre presentare le seguenti caratteristiche:

- tecnologia Ethernet su cavi in rame: 1000BASE-T, 100BASE-T, 10BASE-T;
- standard di rete: IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.1s, IEEE 802.1w, IEEE 802.1x, IEEE 802.3ad, IEEE 802.3af, IEEE 802.3x.

Punto 2: il candidato definisca un piano di indirizzamento IPv4 per l'infrastruttura di rete proposta al punto 1.

Per motivi di sicurezza è necessario suddividere la rete in tre sezioni, ciascuna delle quali indirizzata con un blocco di indirizzi di classe C (in totale occorrono quindi 3 blocchi di classe C).

La prima sezione è la rete interna, costituita dai 120 client più il PDC, il BDC, il Mail server e il File server, indirizzabile, ad esempio, con il blocco 192.168.3.0/24; la seconda sezione è costituita dalla DMZ, indirizzabile, ad esempio, con il blocco 192.168.2.0/24; la terza sezione è costituita dal firewall e dal router, indirizzabile, ad esempio, con il blocco 192.168.1.0/24.

Rete interna

Si può ipotizzare di riservare gli indirizzi compresi tra 192.168.3.1/24 e 192.168.3.229/24 ai client (più che sufficienti per indirizzare i 120 client e per gli eventuali sviluppi futuri) e gli indirizzi compresi tra 192.168.3.230/24 e 192.168.3.254/24 alle macchine installate nella sala server; così facendo si ottiene il piano di indirizzamento seguente:

- 192.168.3.1 all'interfaccia eth2 del firewall (quella verso la rete interna);
- 192.168.3.2/24 al PC1(primo piano);
- 192.168.3.3/24 al PC2(primo piano);
- 192.168.3.4/24 al PC3(primo piano);
- 192.168.3.5/24 al PC4(primo piano);
- 192.168.3.6/24 al PC5(primo piano);
-
- 192.168.3.46/24 al PC 45 (secondo piano);
-
- 192.168.3.121/24 al PC 120 (terzo piano);

- 192.168.3.122/24 all'access point;
-
- 192.168.3.230/24 al PDC;
- 192.168.3.231/24 al BDC;
- 192.168.3.232 al mail server;
- 192.168.3.233 al file server;

DMZ

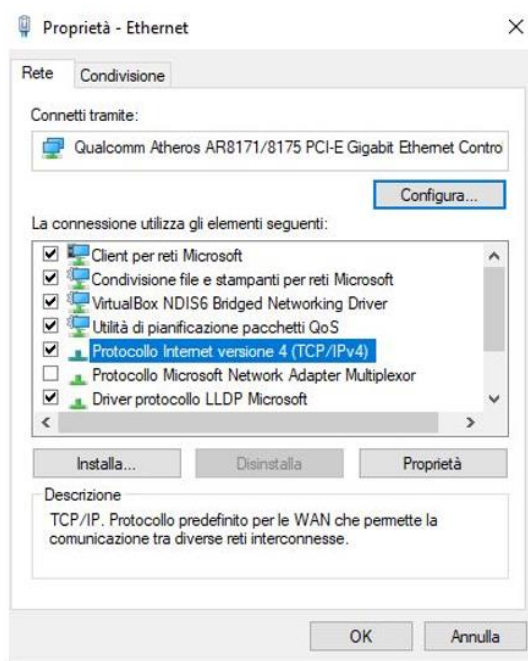
- 192.168.2.1 alla scheda eth1 del firewall (quella verso la DMZ);
- 192.168.2.2 al web service;
- 192.168.2.3 al STMP relay.

Firewall

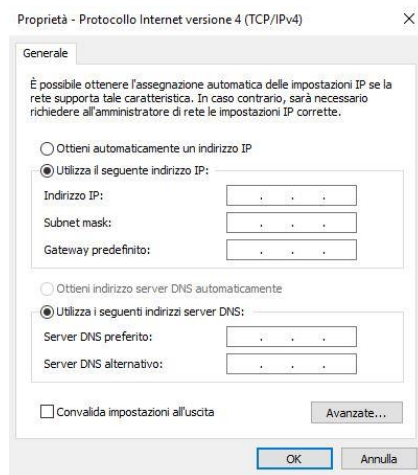
- 192.168.1.1 alla scheda eth0 del firewall (quella verso il router);
- 192.168.1.254 all'interfaccia interna del router (quella, verso il firewall, che funge da gateway).

Punto 3: *il candidato illustri le procedure di configurazione degli indirizzi IP statici (in Windows).*

Considerando, ad esempio, il client PC1, si seleziona “Pannello di controllo” → “Rete ed Internet” → “Connessioni di rete”. Cliccando con il tasto destro sull'icona che rappresenta la scheda di rete del PC e selezionando la voce “**Proprietà**”, compare la finestra che segue.



Si seleziona poi “Protocollo Internet versione 4 (TCP/IPv4)” e quindi “Proprietà” (finestra seguente).



In tale finestra è specificata la configurazione della scheda di rete nella quale occorre impostare i seguenti valori (per il PC1):

- Indirizzo IP: 192.168.3;
- Subnetmask: 255.255.255.0
- Gateway predefinito: 192.168.1.254;

Si può osservare che l'indirizzo del gateway coincide con quello del router: in questo modo tutti i pacchetti diretti a destinatari non appartenenti alla rete vengono inviati al router che provvede al loro instradamento.

Occorre infine configurare le impostazioni del DNS; al riguardo si utilizzano i seguenti indirizzi:

- Server DNS preferito: 192.168.3.230/24 (PDC); essendo i client in un dominio, come DNS preferito viene utilizzato il PDC: in questo modo i client si collegano al PDC, il quale, in base alle policy impostate, risolve i DNS dei client consentendo loro di navigare;
- Server DNS alternativo: 192.168.3.231/24; il DNS alternativo è facoltativo ma è consigliabile impostarlo con la stessa configurazione del BDC.

Per completare la configurazione della LAN si procede allo stesso modo per tutti gli altri PC e i server.

SOLUZIONE SECONDA PARTE

Punto 1: una fibra multimodo di lunghezza $L = 4 \text{ km}$ presenta una banda modale per unità di lunghezza $B_{m0} = 1550 \text{ MHz} \cdot \text{km}$.

Nel caso la fibra sia pilotata da un laser avente larghezza spettrale $\Delta\lambda = 3 \text{ nm}$ che lavora in prima finestra con coefficiente di dispersione cromatica $\mu = -90 \text{ ps/nm} \cdot \text{km}$, determinare la banda modale, la banda cromatica e la banda complessiva della fibra;

Considerando un parametro di mescolamento dei modi $\gamma = 0,85$, la banda modale risulta:

$$B_m = \frac{B_{m0}}{L^\gamma} = \frac{1550}{4^{0,85}} = 477 \text{ MHz}$$

La banda cromatica vale:

$$B_c = \frac{0,44 \cdot 10^6}{\mu \cdot \Delta\lambda \cdot L} = \frac{0,44 \cdot 10^6}{90 \cdot 3 \cdot 4} = 407,4 \text{ MHz}$$

La banda complessiva risulta:

$$B = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{B_m^2} + \frac{1}{B_c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{477^2} + \frac{1}{407,4^2}}} = 309,78 \text{ MHz}$$

Punto 2: una portante sinusoidale avente ampiezza $A_M = 0,2 \text{ V}$ è modulata con tecnica FSK incoerente da una sequenza modulante binaria. Sapendo che le frequenze di manipolazione sono $f_1 = 2100 \text{ Hz}$ e $f_2 = 1200 \text{ Hz}$ e che l'indice di modulazione è $m_f = 0,70$, determinare la velocità di trasmissione dell'informazione e la potenza del segnale FSK riferita a un carico normalizzato (1Ω).

Poiché l'indice di modulazione è:

$$m_f = \frac{f_1 - f_2}{V_m} = \frac{2\Delta f}{V_m}$$

Si può ricavare la velocità di modulazione V_m :

$$V_m = \frac{f_1 - f_2}{m_f} = \frac{2100 - 1200}{0,7} = 1285,7 \text{ baud}$$

Essendo la sequenza modulante binaria, la velocità di trasmissione coincide con quella di modulazione e quindi $V_T = V_m = 1285,7 \text{ bit/s}$.

Poiché l'ampiezza della portante non varia dopo la modulazione, la potenza del segnale FSK su un carico normalizzato pari a 1Ω vale:

$$S = \frac{A_M^2}{2} = \frac{0,2^2}{2} = 20 \text{ mW}$$