

Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca

SIMULAZIONE ESAME DI STATO DI ISTRUZIONE SECONDARIA SUPERIORE

Indirizzo: INFORMATICA E TELECOMUNICAZIONI

ARTICOLAZIONE: TELECOMUNICAZIONI

Tema di: TELECOMUNICAZIONI

Internet è la più grande rete esistente al mondo, costituita da alcune centinaia di milioni di computer collegati tra loro con vari mezzi trasmissivi, e pertanto può essere definita “la rete delle reti” o “la rete globale”.

Internet offre i più svariati servizi, i più importanti dei quali sono il World Wide Web e la posta elettronica, ed è utilizzata per le comunicazioni più disparate: private e pubbliche, lavorative e ricreative, scientifiche e commerciali. I suoi utenti, in costante crescita, alla fine del 2005 hanno superato il miliardo. Il candidato, dopo averne illustrato l'architettura, descriva i seguenti temi:

- 1) i protocolli di trasmissione utilizzati inquadrandoli nel Modello di Riferimento OSI;
- 2) i principali servizi offerti da Internet.

Considerato un collegamento dedicato che utilizza un canale telefonico e formulata ogni ipotesi aggiuntiva che ritiene opportuna, il candidato:

- a) calcoli la capacità teorica del canale in assenza di rumore e di codifica multilivello;
- b) nell'ipotesi di trascurare l'effetto del rumore, proponga una soluzione per raggiungere sul canale una velocità di trasmissione pari a 20 kbit/s;
- c) calcoli la capacità del canale per un segnale avente una potenza $S = 0,1 \text{ W}$, in presenza di rumore bianco con densità di potenza $S_N = 1 \text{ } \mu\text{W/Hz}$;
- d) calcoli la velocità di trasmissione di un collegamento in tecnica 4PSK differenziale che utilizza una portante sinusoidale avente ampiezza $A_M = 50 \text{ mV}$, affinché in ricezione si abbia una probabilità di errore sia $p_e = 3,2 \cdot 10^{-4}$, nell'ipotesi che la potenza di rumore misurata in ricezione sia $N = -20 \text{ dB}$.

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

Internet (Interconnected networks, reti interconnesse) è la rete telematica più grande e importante del pianeta, sia per estensione geografica sia per numero di utenti; è presente in tutto il Mondo e collega centri di ricerca, università, grandi e piccole società e un numero elevatissimo e crescente di utenti privati.

In realtà, come indica lo stesso nome, Internet è una rete di reti, aggregatesi spontaneamente e in maniera discontinua a un primitivo nucleo centrale: per questo motivo, è definita anche “madre di tutte le reti”.

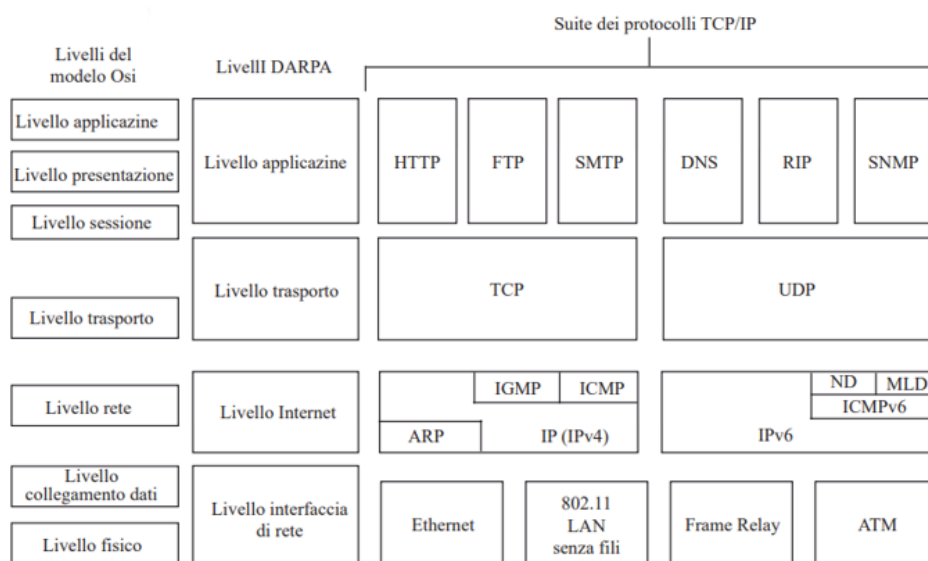
La tipica struttura di Internet prevede una modalità di funzionamento di tipo architettura client/server, cioè un'applicazione informatica costituita da due moduli interagenti ma distinti, che possono trovarsi su piattaforme hardware diverse e che collaborano per eseguire le funzioni richieste dell'utente.

Il client costituisce l'interfaccia con l'utente e gestisce la richiesta e la presentazione dei dati, mentre il server realizza il reperimento e l'invio al client dei dati richiesti. Durante una connessione il client, in seguito a un'azione dell'utente o a un evento programmato, invia una richiesta al server il quale, verificato che siano soddisfatte le condizioni per esaudirla, come l'autorizzazione all'accesso e la correttezza sintattica del messaggio, provvede a inviare i dati richiesti, eventualmente dopo averli sottoposti a processi di elaborazione.

Il client, una volta ricevuti i dati, li presenta all'utente e ritorna in attesa di ulteriori richieste.

- 1) I protocolli utilizzati in Internet appartengono alla famiglia TCP/IP, un insieme di protocolli, comunemente denominati Internet protocol suite (collezione di protocolli Internet), sviluppati per realizzare un sistema di comunicazione distribuito, basato su una struttura gerarchica.

La denominazione TCP/IP deriva dai due principali protocolli che lo compongono, il TCP (Trasmission Control Protocol) e l'IP (Internet Protocol). Analogamente al modello OSI, anche il TCP è strutturato secondo un modello a livelli (precisamente quattro), denominato DARPA, attraverso i quali sono definite le loro relazioni. I quattro livelli, dei quali nella figura seguente è riportata la corrispondenza con il modello OSI, sono: Applicazione (o livello di processo), Trasporto (o host-to-host), Internet e Interfaccia di rete.



Il **livello di Applicazione** gestisce i programmi di interfaccia con la rete realizzati in modalità client-server, in modo da implementare una comunicazione secondo uno specifico protocollo per ogni applicazione. Contiene molti protocolli, peraltro continuamente in sviluppo, dei quali quelli attualmente più noti sono:

- il protocollo HTTP (Hypertext Transfer Protocol), utilizzato per “scaricare” i file che costituiscono le pagine sul Web;
- il protocollo FTP (File Transfer Protocol), utilizzato per trasferire singoli file;
- il protocollo SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), impiegato per trasferire messaggi e allegati di posta elettronica;
- il protocollo DNS (Domain Name System), impiegato per tradurre i nomi letterali di un computer nel corrispondente indirizzo IP;
- il protocollo RIP (Routing Information Protocol), utilizzato nelle reti IP per instradare i pacchetti;
- il protocollo SNMP (Simple Network Management Protocol), utilizzato per scambiare informazioni relative alla gestione di rete tra una console gestionale e periferiche di rete, come router, bridge e server.

Il **livello di Trasporto** è analogo all'omonimo livello del modello OSI e gestisce la comunicazione tra due host, regolando il flusso delle informazioni sia con recupero degli errori sia senza; i più importanti protocolli di questo livello sono il TCP e l'UDP. È importante sottolineare che i protocolli del livello di trasporto sono stati sviluppati per "nascondere" la natura dell'infrastruttura di comunicazione utilizzata: il loro ruolo fondamentale è infatti la simulazione ai livelli superiori della disponibilità di un'infrastruttura di rete completamente dedicata alle loro esigenze avente la qualità e l'affidabilità richiesta.

Il **livello Internet** gestisce lo smistamento delle singole PDU e lo scambio dei messaggi di controllo e di monitoraggio tra i vari nodi costituenti Internet (corrisponde al livello Rete del modello OSI); il protocollo su cui si basa questo livello è l'IP, sia nella vecchia versione IPv4 (attualmente la più utilizzata nelle reti Intranet e sul Web), sia nella nuova IPv6.

La versione IPv4 è costituita dai seguenti protocolli di base:

- il **protocollo ARP** (Address Resolution Protocol), avente la funzione di tradurre l'indirizzo di livello Internet nel corrispondente indirizzo di livello fisico dell'interfaccia di rete utilizzata (indirizzo MAC);
- il **protocollo RARP**, che realizza la funzione inversa, permettendo di risalire dall'indirizzo fisico all'indirizzo di livello Internet;
- il **protocollo IP** (Internet Protocol), che si occupa dell'indirizzamento e dell'instradamento dei dati;
- il **protocollo ICMP** (Internet Control Message Protocol), che consente di verificare lo stato della rete attraverso l'invio di messaggi, detti di tracciamento, tramite i quali segnala eventuali errori che si sono verificati durante la trasmissione dei pacchetti IP;
- il **protocollo IGMP** (Internet Group Management Protocol), che gestisce gruppi multicast IP.

La versione IPv6 è invece costituita dai seguenti protocolli di base:

- il **protocollo IPv6**, avente la funzione di indirizzare e instradare i pacchetti;
- il **protocollo ICMPv6** (Internet Control Message Protocol for IPv6), che gestisce tutte le informazioni utili riguardanti la mancata consegna di pacchetti;
- il **protocollo ND** (Neighbor Discovery), che gestisce le interazioni tra nodi IPv6 adiacenti;
- il **protocollo MLD** (Multicast Listener Discovery), che gestisce gruppi multicast IPv6.

Il **livello Interfaccia di rete** fornisce i mezzi fisici, elettrici e procedurali per attivare, mantenere e disattivare connessioni fisiche, gestendo l'invio e la ricezione delle unità di dati (PDU, Protocol Data Unit). Il TCP/IP, allo scopo di adattarsi a tecnologie diverse, è stato progettato in modo da essere indipendente dal metodo di accesso alla rete, dal formato delle trame e dai mezzi trasmissivi: è pertanto possibile utilizzarlo nelle diverse tipologie di reti LAN.

- 2) Tutti i servizi offerti da Internet sono strutturati secondo l'architettura client/server: essi prevedono l'esistenza di un programma che funge da server (cioè che offra i servizi) e un programma client (che usufruisce dei servizi offerti dal server).

I servizi che offre Internet sono raggruppabili nelle tre categorie di seguito elencate.

- **Scambio di messaggi interpersonali:** avviene attraverso il sistema di posta elettronica; a questa categoria appartengono i servizi destinati a facilitare la comunicazione tra due o più utenti di Internet; i più importanti sono:
 - o **electronic-mail** (o semplicemente e-mail), cioè la posta elettronica (si possono scambiare messaggi personali o file);
 - o **mailing list**, elenchi di indirizzi di posta elettronica ai quali spedire contemporaneamente un messaggio; •
 - o **newsgroup**, sistema per la distribuzione, ricerca e pubblicazione di notizie;
 - o **chat** (IRC), messaggi in tempo reale.
 - o **Comunicazione e scambio dati fra computer:** è un insieme di applicazioni che consentono di gestire lo scambio di file tra computer o di controllare computer remoti; i più importanti sono:
 - **Ping**, per verificare la presenza di un host in rete;
 - **FTP**, per il download e l'upload di file da un computer remoto;
 - **Telnet**, per il controllo di un computer remoto.
 - **Navigazione ipermediale:** comprende sostanzialmente tutti i servizi di cui è possibile fruire mediante un software capace di accedere alle informazioni ipertestuali e multimediali esistenti nel Web; grazie al protocollo HTTP si possono infatti visualizzare, in modalità sia testuale sia grafica, le informazioni collegate ipertestualmente con suoni e animazioni.

- a) Poiché la capacità di un canale non rumoroso con codifica a L livelli è:

$$C = 2B \log_2 L$$

ponendo $L = 2$ (assenza di codifica multilivello) e considerando che la banda di un canale telefonico è $B = 3100$ Hz (300 – 3400 Hz), la capacità teorica (assenza di rumore e utilizzo di tutta la banda disponibile) risulta:

$$C = 2B = 2 \cdot 3100 = 6200 \text{ bit/s}$$

- b) Per aumentare la velocità di trasmissione a 20 kbit/s si può ricorrere a una codifica multilivello; infatti, nell'ipotesi di trascurare l'effetto del rumore, poiché la capacità di canale è:

$$C = 2B \log_2 L$$

il numero dei livelli L necessario per ottenere una velocità di trasmissione di 20 kbit/s vale:

$$L = 2^{\frac{C}{2B}} = 2^{\frac{20000}{(2 \cdot 3100)}} = 9,35$$

Approssimando all'intero immediatamente superiore risulta $L = 10$. Pertanto, con una codifica a 10 livelli è possibile aumentare la velocità di trasmissione a 20 kbit/s; in tal caso, infatti, risulta:

$$C = 2B \log_2 L = 2 \cdot 3100 \log_2 10 = 20596,4 \text{ bit/s}$$

- c) Essendo la densità di potenza del rumore $S_N = 1 \mu\text{W/Hz}$, la potenza N del rumore è:

$$N = BS_N = 3100 \cdot (1 \cdot 10^{-6}) = 3,1 \text{ mW}$$

In tal caso, poiché il rapporto segnale /rumore (S/N) vale:

$$\frac{S}{N} = \frac{0,1}{3,1 \cdot 10^{-3}} = 32,26$$

per la relazione di Shannon, la capacità teorica del canale telefonico risulta:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 3100 \log_2 (1 + 32,26) = 15673 \text{ bit/s}$$

- d) Per un sistema di trasmissione 4PSK differenziale la probabilità di errore p_e è:

$$p_e = 2 \text{ ERFC}(x)$$

dove ERFC(x) è la funzione errore (Error FunCtion) ottenuta dalla legge di distribuzione gaussiana e x il suo argomento che vale:

$$x = \sqrt{\frac{2A_M^2 \text{sen}^2 \frac{\pi}{2L}}{V_m S_N}}$$

Pertanto si ha:

$$\text{ERFC}(x) = \frac{p_e}{2} = \frac{3,2 \cdot 10^{-4}}{2} = 1,6 \cdot 10^{-4} = 0.00016$$

Dalla tabella che esprime la funzione ERFC(x) in funzione del suo argomento x risulta:

$$x = 3,60$$

Poiché la potenza del rumore misurata all'ingresso del ricevitore è:

$$N = -20 \text{ dB} \equiv P_0 \cdot 10^{\frac{\text{dB}}{10}} = 10^{-3} \cdot 10^{\frac{-20}{10}} = 10^{-5}$$

(si ricordi che la potenza di riferimento $P_0 = 1 \text{ mW}$), la densità di potenza S_N sul canale telefonico vale:

$$S_N = \frac{N}{B} = \frac{10^{-5}}{3100} = 3,22 \cdot 10^{-9} \text{ W/Hz}$$

Dall'espressione dell'argomento x della funzione ERFC(x), ricordando che si è in presenza di una modulazione a 4 livelli ($L = 4$), si può allora ricavare la velocità di modulazione V_m :

$$V_m = \frac{2A_M^2 \text{sen}^2 \frac{\pi}{2L}}{x^2 S_N} = \frac{2 \cdot 0,05^2 \text{sen}^2 \frac{\pi}{8}}{3,60^2 \cdot 3,22 \cdot 10^{-9}} = 17546 \text{ bit/sec}$$

e quindi la velocità di trasmissione risulta:

$$V_T = V_m \log_2 L = 17546 \log_2 4 = 35092 \text{ bit/s}$$