

M286 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE

Indirizzo: ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI

CORSO DI ORDINAMENTO

Tema di: TELECOMUNICAZIONI

Traccia n° 2

I dati provenienti da una sorgente d'informazione, prima di essere trasmessi in linea, vengono organizzati in una trama (PDU) in base ad un determinato protocollo di livello 2 secondo la disposizione della figura seguente:

FLAG	ADDRESS	CONTROL	PROTOCOL	INFO	FCS	FLAG
1 byte	1 byte	1 byte	2 byte	da 512 a 1500 byte	2 byte	1 byte

Il campo informativo, insieme ai dati costituenti il messaggio da trasmettere, contiene le intestazioni (header) dei protocolli di livello superiore per un totale di 32 byte. Per la trasmissione dei dati viene adottato un modem fonico intelligente il quale lavora, in modalità full duplex, con una velocità di modulazione di 2400 baud operando su 64 livelli; inoltre adotta un protocollo per la compressione dei dati in ingresso con efficienza del 200%.

Il candidato, formulata ogni ipotesi aggiuntiva che ritiene opportuna, illustri le tematiche inerenti la classificazione dei protocolli quindi, con riferimento al caso proposto, produca quanto segue:

1. Determinare il tempo necessario per trasmettere un testo di 263760 caratteri di 8 bit in condizione di linea ideale (senza ritrasmissione di pacchetti) con conseguente dimensione massima del campo dati. Per il calcolo si trascuri il ritardo introdotto dal collegamento e dal processo di elaborazione. Ripetere il calcolo in condizioni di linea rumorosa con una percentuale di ritrasmissione di pacchetti del 10% confrontando e commentando il dato trovato con il valore ottenuto precedentemente;
2. indicare quali vantaggi si potrebbero avere nel ridurre la dimensione del campo dati;
3. specificare il tipo di modulazione e la tecnica di trasmissione adottata dal modem per operare alla velocità calcolata precedentemente in full duplex su linea commutata PSTN.

Soluzione Traccia n° 2
(a cura del prof. Onelio Bertazioli)

Per la trattazione delle tematiche inerenti la classificazione dei protocolli (Modello di Riferimento OSI, architetture di rete e suite di protocolli TCP/IP) si rimanda all'Unità 9 del libro di testo

Onelio Bertazioli
Telecomunicazioni vol. B (2ª edizione)
ed. Zanichelli

Per la trattazione dettagliata dei protocolli di linea si rimanda all'Unità 12.

Per quanto concerne la trattazione dei modem fonici e della compressione dati si rimanda all'Unità 13 par. 13.5.

Per la descrizione della tecnica di full duplex impiegata si rimanda all'Unità 6 par. 6.6.2.

Per la descrizione della modulazione adottata si rimanda all'Unità 8 par. 8.7 e 8.8.

Il protocollo di linea proposto dal tema d'esame ha la stessa struttura di frame (trama) del protocollo PPP (Point to Point Protocol), riportata nella figura 12.5 (Unità 12) del testo citato.

Come illustrato nel par. 12.4 del testo, il protocollo PPP viene utilizzato come protocollo di livello 2 negli accessi a Internet via rete telefonica PSTN o ISDN (accessi commutati o dial up), nonché negli accessi via ADSL.

Il protocollo PPP, quindi, viene utilizzato per trasportare i protocolli della suite TCP/IP, che costituiscono i protocolli di livello superiore (si veda la figura 9.5 e il par. 12.4).

Come illustrato nel par. 12.4 dell'Unità 12, il PPP effettua la rivelazione d'errore (grazie al campo FCS, Frame Check Sequence), ma non la correzione d'errore, funzione che viene demandata a un opportuno protocollo dello strato di trasporto (strato 4 OSI), nella pratica al protocollo TCP (Transmission Control Protocol).

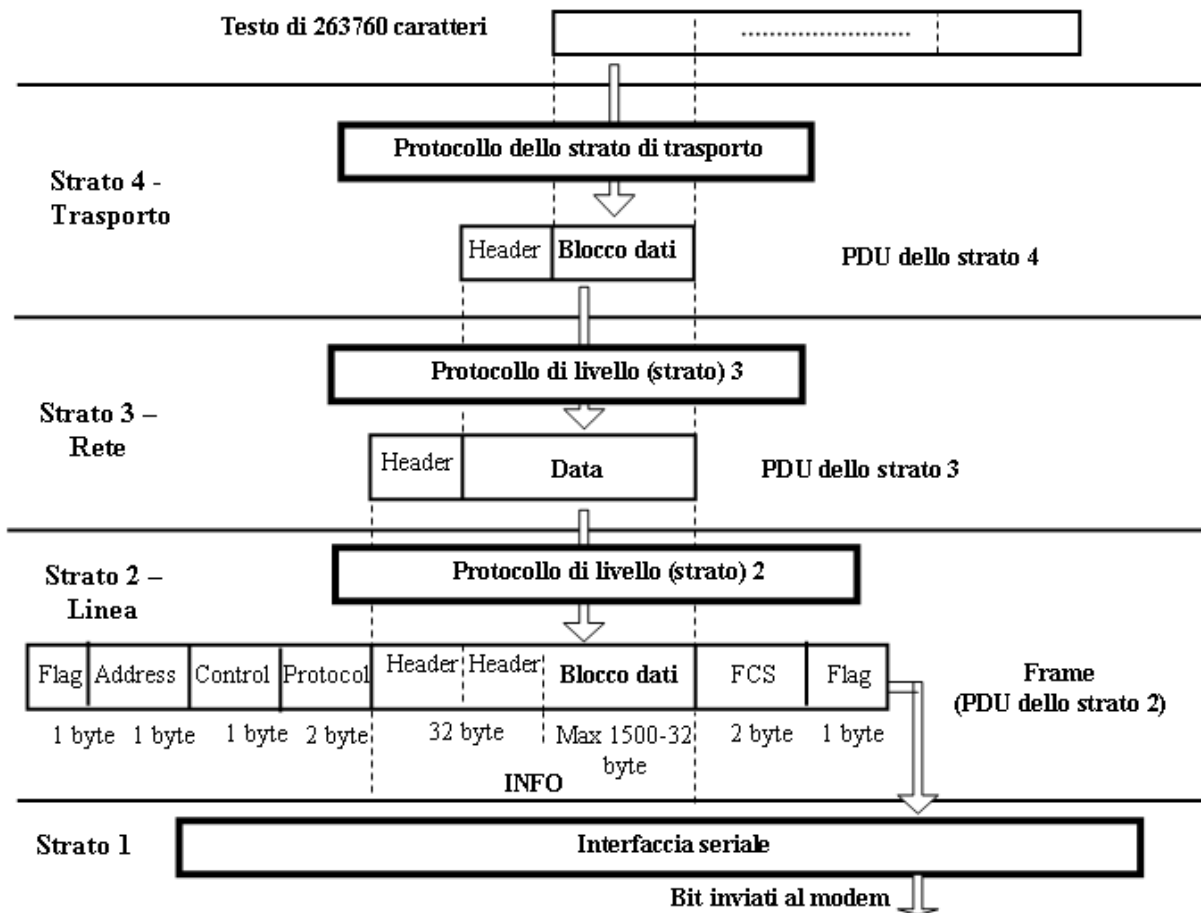
Possiamo quindi fare l'ipotesi che il protocollo di linea proposto dal tema d'esame sia il PPP e quindi faccia solamente la rivelazione d'errore, scartando i frame errati, ma non faccia né la correzione d'errore né il controllo di flusso. Tali funzioni vengono demandate a un opportuno protocollo dello strato di trasporto (strato 4), il TCP.

In linea con la filosofia del Modello di Riferimento OSI, e trascurando per semplicità i protocolli dello strato di Applicazione del TCP/IP (strati OSI 5, 6, 7), il principio con cui si opera è così riassumibile¹ (si vedano le figure 9.3 e 9.6):

- il protocollo dello strato di trasporto segmenta (suddivide) il file di testo (messaggio) in un certo numero di blocchi aventi dimensione massima (MSS, Maximum Segment Size, par. 9.5.1) vincolata dalla dimensione massima del campo INFO del frame (2-PDU), denominata MTU (Maximum Transmission Unit); aggiunge poi a ogni blocco una propria intestazione (header) formando così una 4-PDU (Protocol Data Unit dello strato 4, comunemente nota come segmento);
- ciascuna 4-PDU (segmento) viene passata al protocollo dello strato 3 (IP), il quale vi aggiunge la propria intestazione formando così una 3-PDU nota come pacchetto (IP);
- ciascuna 3-PDU (pacchetto) viene inserita nel campo INFO di un frame (2-PDU) del protocollo di linea (PPP) prima di essere inviato al modem.

¹ A livello pratico ci si può ricondurre al caso in cui la sorgente di informazioni sia un PC con installata la suite di protocolli TCP/IP, il quale impiega come protocollo di linea il PPP. Il PC è connesso a Internet via rete telefonica (PSTN) tramite l'impiego di un modem fonico intelligente. Ci si potrebbe riferire quindi alla seguente situazione: trasferimento (o *upload*) di un file di testo da un PC (*client* che accede a Internet via PSTN) verso un PC remoto (*server* posto su Internet). Come protocollo di file transfer è possibile utilizzare l'FTP (File Transfer Protocol), per cui il PC dovrà aver installato un software che funga da client FTP, mentre nel server dovrà essere installato e configurato un pacchetto software che funga da server FTP. La correzione d'errore (end-to-end) viene demandata al protocollo TCP residente nei due PC (client e server). In questo caso, però, gli header dei protocolli TCP e IP occupano normalmente 52 byte invece dei 32 byte indicati dal testo.

Il problema proposto si può quindi modellare come in figura:



In una situazione reale si può verificare che quanto proposto dal tema d'esame è corrispondente in linea di principio a un trasferimento di file governato dal protocollo dello strato di applicazione FTP (File Transfer Protocol); durante la fase di trasferimento dei dati avviene il seguente incapsulamento:

blocco dati --> segmento TCP --> pacchetto IP --> frame.

Ciò è evidenziabile tramite un analizzatore di protocollo, come mostrato in figura²:

² La figura si riferisce a un file transfer su una LAN Ethernet per cui come protocollo di livello 2 in questo caso si ha il protocollo Ethernet II, che ha la stessa dimensione del campo INFO del frame proposto (1500 byte); in realtà gli header dei protocolli superiori occupano 52 byte, per cui la massima dimensione del blocco dati risulta essere di 1448 byte.

Apertura della connessione TCP

Richiesta di trasferimento del file

Frame che trasporta nel campo info un blocco dati di 1448 byte

Il segmento TCP trasporta un blocco dati di 1448 byte

Blocco dati di 1448 byte

Header del segmento TCP (4-PDU)

Header del pacchetto IP (3-PDU)

Header del frame (2-PDU)

E' ora possibile passare alla trattazione dei singoli punti richiesti dal tema d'esame.

1. La dimensione massima, MSS (Maximum Segment Size), dei blocchi dati in cui viene segmentato il messaggio (testo di 263760 caratteri) non può superare **MSS=1500-32=1468 byte** in quanto il tema specifica che il campo INFO del frame (2-PDU) è al massimo di 1500 byte e le intestazioni dei protocolli di livello superiore al secondo occupano complessivamente 32 byte.

Il modem (si veda l'Unità 13 par. 13.5.3) riceve in modo seriale (tramite l'interfaccia seriale o l'USB) il flusso di bit da trasmettere, derivante dall'emissione in successione dei vari frame (2-PDU), e lo comprime con un'efficienza del 200%.

Il flusso di bit compresso va a modulare una portante con un'opportuna modulazione (descritta in seguito) per la trasmissione in linea.

L'adozione della compressione del 200% (per esempio con protocollo V.42 bis, Unità 13 pag. 393) equivale a raddoppiare il bit rate supportato dal modem, per cui si possono effettuare i calcoli supponendo che il bit rate generato dalla sorgente venga trasferito a una velocità doppia rispetto a quella effettiva del modem. Come indicato nell'Unità 13 par. 13.5.2 e 13.5.3, il modem accetta i bit dalla sorgente (un PC) in modo asincrono, ma trasmette in linea in modo sincrono.

In condizione di linea ideale si può adottare la dimensione massima del campo INFO del frame (2-PDU), nota come MTU (Maximum Transmission Unit), in modo da massimizzare il trasferimento di dati in ciascun frame.

Per trasferire il messaggio sono così necessari $263760/1468=180$ frame.

In questo caso, infatti, il campo INFO del frame può contenere un blocco di dati composto da 1468 caratteri di 8 bit, a cui si aggiungono i 32 byte delle intestazioni dei protocolli di livello superiore.

Poiché ogni frame è composto in totale da $1500+8=1508$ byte³, esso corrisponde all'invio di $1508 \cdot 8=12064$ bit --> **1 frame = 12064 bit**

³ Si è fatta l'ipotesi che ogni frame venga aperto e chiuso dal FLAG. E' anche possibile fare l'ipotesi che il FLAG di chiusura coincida con il FLAG di apertura del frame successivo, nel qual caso la dimensione massima di un frame risulta pari a 1507 byte.

Per trasmettere il testo di 263760 caratteri di 8 bit in totale la sorgente (PC) invia al modem 180 frame e ciò corrisponde all'invio di $12064 \cdot 180 = 2171520$ bit.

Il modem lavora, in modalità full duplex, con una velocità di modulazione di 2400 baud operando su 64 livelli (stati di modulazione).

In assenza di compressione il bit rate, R_s , supportato dal modem è quindi calcolabile con la relazione (8.1) di pag. 187: $R_s = V_m \log_2 M = 2400 \cdot \log_2 64 = 14400$ bit/s.

Con le ipotesi fatte la compressione consente al modem di accettare in ingresso fino a $R_s' = 14400 \cdot 2 = 28800$ bit/s.

I calcoli possono essere fatti ipotizzando di operare a questa velocità.

Il tempo necessario per trasmettere un frame risulta pari a:

$$\Delta t_{\text{frame}} = 12064 / 28800 \approx 0,419 \text{ s.}$$

Il tempo necessario per trasmettere l'intero testo (messaggio) può essere calcolato come

$$\Delta t_{\text{tot}} = 0,419 \cdot 180 = 75,4 \text{ s}$$

(oppure come $\Delta t_{\text{tot}} = 2171520 / 28800 = 75,4$ s).

In caso di **linea rumorosa** viene ritrasmesso il 10% dei pacchetti e quindi vengono inviati 18 frame in più. Il tempo necessario per trasmettere l'intero testo risulta così pari a

$$\Delta t_{\text{tot}} = 75,4 + 0,419 \cdot 18 \approx 82,94 \text{ s.}$$

2. Nel caso in cui la linea fosse rumorosa converrebbe ridurre la dimensione del campo INFO in modo tale da ridurre le dimensioni dei frame che vengono ritrasmessi. Per esempio se si adottasse la dimensione minima del campo INFO (512 byte), nel caso in cui si ritrasmettesse lo stesso numero di pacchetti e quindi di frame (18) si avrebbe:

dimensione blocco dati trasportato da un frame -> $MSS = 512 - 32 = 480$ byte;

n° di frame necessari = $263760 / 480 = 550$;

dimensione totale di un frame -> $512 + 8 = 520$ byte -> $520 \cdot 8 = 4160$ bit

$$\Delta t_{\text{frame}} = 4160 / 28800 = 0,144 \text{ s};$$

$$\Delta t_{\text{tot}} = (550 + 18) \cdot 0,144 \approx 81,79 \text{ s}$$

A parità di pacchetti (frame) ritrasmessi la riduzione della dimensione del campo INFO determina una diminuzione del tempo totale necessario per il corretto trasferimento del messaggio (file di testo completo).

3. Come indicato nell'Unità 13, tab. 13.1, il modem adottato è conforme allo standard V.32bis, per cui impiega la modulazione TCM (Trellis Coded Modulation), illustrata nell'Unità 8 par. 8.8. Il modem impiega la tecnica della cancellazione d'eco per operare in full duplex, come illustrato nell'Unità 6 par. 6.6.2.