



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – a.a. 2009/10

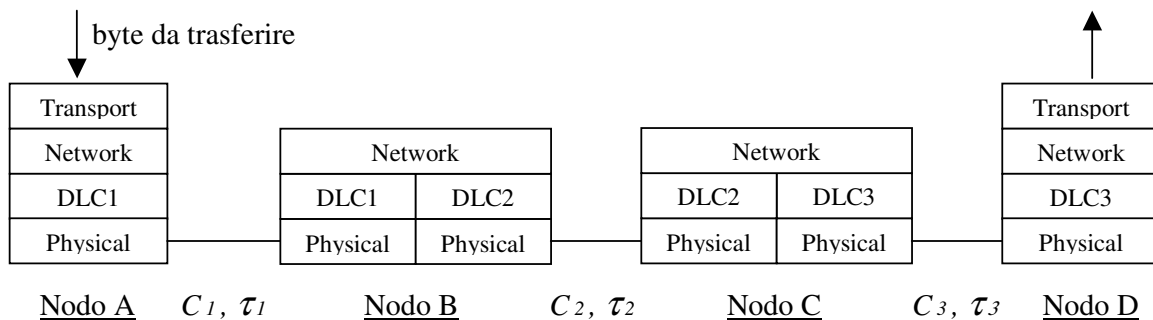
RETI DI CALCOLATORI (Sede MN) - 1<sup>a</sup> Prova in itinere del 26/04/2010

Tempo a disposizione: 2h 15'

## ESERCIZIO 1 (peso 0,35)

Sia data la rete indicata in figura, di cui si vuole studiare il comportamento prestazionale nel caso di trasferimento di un flusso continuo di byte da A a D. Il sistema funziona sotto le seguenti ipotesi:

- Il sistema è privo di errori e tutti i nodi dispongono di buffer di dimensione infinita.
- I protocolli utilizzando schema *Go-Back-n* prevedono la generazione, da parte dell'entità destinataria, di una PDU-ACK per ogni PDU-DATI ricevuta corretta.
- I nodi B e C commutano i pacchetti a livello 3 in modalità *store-and-forward* con un tempo di commutazione (fase di *processing* del pacchetto) trascurabile.
- Solo quando necessario, il livello *Network* di un nodo può eseguire frammentazione, con ricomposizione della PDU sempre e solo sul nodo destinatario D. In tal caso tutti i frammenti (eccetto al più l'ultimo) vengono generati alla massima dimensione permessa.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (tutti *full-duplex*):

$$C_1 = 32000 \text{ bps}$$

$$\tau_1 = 50 \text{ ms}$$

$$C_2 = 25600 \text{ bps}$$

$$\tau_2 = 100 \text{ ms}$$

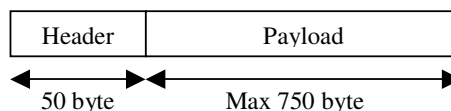
$$C_3 = \text{var}$$

$$\tau_3 = 50 \text{ ms}$$

## Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

**DLC1** utilizza un protocollo confermato Go-Back-n con  $n=2$ :

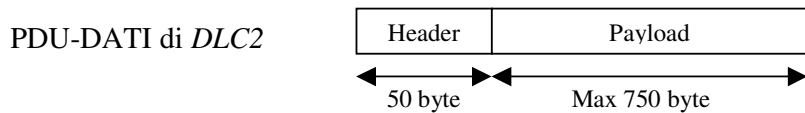
PDU-DATI di *DLC1*:



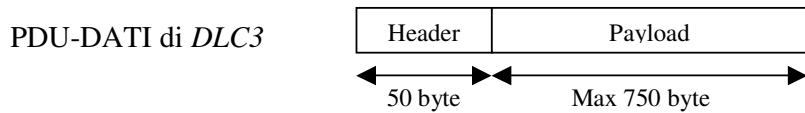
PDU-ACK di *DLC1*:

solo la porzione testata

**DLC2** utilizza un protocollo non confermato:

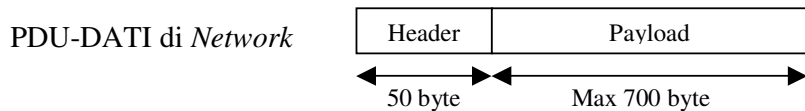


**DLC3** utilizza un protocollo confermato *Stop-and-Wait*:

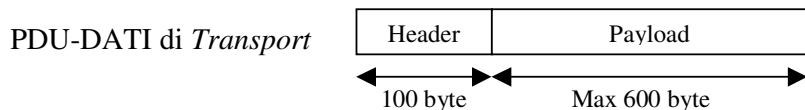


PDU-ACK di *DLC3*: solo la porzione testata

**Network** utilizza un protocollo non confermato:



**Transport** utilizza un protocollo non confermato:



### Domande

1. Determinare quanto segue:
  - a. l'espressione analitica di  $C_{sistema}$  ( $C_3$ ) sperimentata dal trasferimento in questione al di sopra del livello *Transport*, tracciandone altresì il grafico.
  - b. per quale/i valore/i di  $C_3$  la quantità  $C_{sistema}$  assume valore massimo, indicando tale valore.
  - c. la variazione di  $C_{sistema}$  nell'ipotesi in cui:
    - i.  $\tau_1$  viene incrementato di una quantità infinitesima
    - ii.  $\tau_2$  viene incrementato di una quantità infinitesima
    - iii.  $\tau_3$  viene incrementato di una quantità infinitesima
2. Determinare tutto quanto richiesto al punto 1 nell'ipotesi in cui la dimensione massima del Payload di DLC3 sia 350 byte anziché 750 byte.
3. Calcolare la variazione percentuale di  $C_{sistema}$  max calcolata al punto 2, rispetto al valore determinato al punto 1.

**Motivare sempre le risposte; fare sempre gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi**

### ESERCIZIO 2 (peso 0,23)

1. Illustrare il principio di funzionamento di un protocollo conforme allo schema *Selective-Repeat*.
2. Esistono delle condizioni sotto le quali un protocollo di tipo *Selective-Repeat* è in grado di garantire la consegna in sequenza al livello superiore? Spiegare nel dettaglio, motivando le risposte anche con schemi di trasferimento.

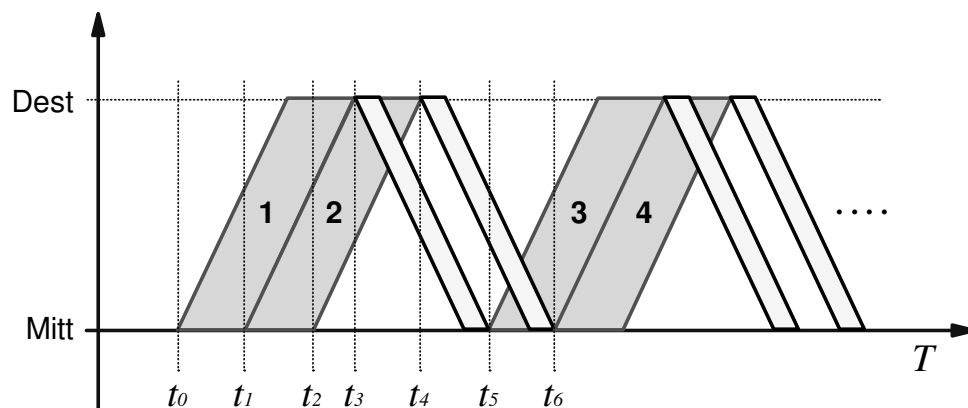
### ESERCIZIO 3 (peso 0,22)

- a) Illustrare la differenza tra schema *roll-call polling* e schema *hub polling*, indicando altresì esempi di applicazione in casi reali.
- b) Si supponga di collegare due nodi agli estremi di un canale ad accesso multiplo avente topologia a *bus* e lunghezza pari a 10 km. Sapendo che:
  - i. le stazioni accedono al canale attraverso il protocollo CSMA/CD
  - ii. la velocità di trasmissione è pari a  $C$
  - iii. la velocità di propagazione sul canale è pari a 200.000 km/s
  - iv. la lunghezza dei messaggi trasmessi è fissa e pari a 100 bytedire se vi possono essere dei casi in cui si verificano *collisioni* e, in caso affermativo, se è sempre possibile rilevarle.

### ESERCIZIO 4 (peso 0,20)

Siano dati due nodi *end-system* connessi direttamente attraverso un canale *punto-a-punto full-duplex*. Tali nodi comunicano tra loro utilizzando un protocollo di livello 2 conforme allo schema *Go-Back-n* con  $n=2$  (vedasi schema sotto).

Indicare il posizionamento di  $W_{trasm}$  e  $W_{rec}$  negli istanti  $t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6$  (utilizzare la numerazione delle PDU indicata in figura).





# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2009/10

RETI DI CALCOLATORI (Sede di MN) – Appello (straord.) d'esame del 01/04/2011

Pesi esercizi: 0,25 – 0,30 – 0,25 – 0,20

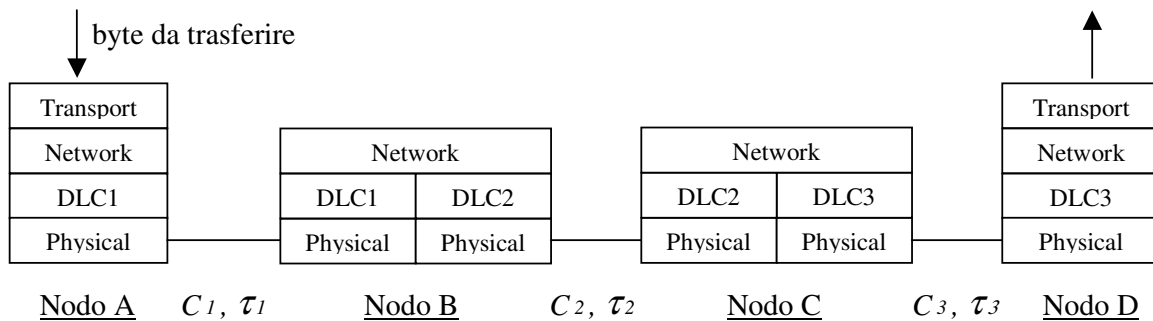
Tempo a disposizione: **2h30'**

## ESERCIZIO 1

1. Con riferimento al protocollo TCP, spiegare:
  - a. come vengono impostati i *time-out* del protocollo
  - b. perché viene introdotto e cosa prevede l'*algoritmo di Karn*
2. Illustrare quali sono i meccanismi adottati dal protocollo TCP per evitare di congestionare i nodi intermedi ed il destinatario finale.
3. Spiegare la tecnica di *forwarding* utilizzata dai router IPv4. Citare un altro dispositivo di interconnessione che utilizza la stessa tecnica, mostrando le affinità e le differenze rispetto ai router IPv4.
4. Dato un protocollo di comunicazione di tipo *stop-and-wait*, mostrare per quale motivo è necessario numerare le PDU-DATI, anche se il livello sottostante fornisce il servizio di consegna in sequenza.

## ESERCIZIO 2

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori), in cui i nodi B e C commutano i pacchetti a livello 3 in modalità *store-and-forward* con tempo di commutazione (*processing* della testata della PDU) trascurabile. Tutti i nodi indicati dispongono di buffer di dimensione infinita.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

$$C_1 = 32000 \text{ bps}$$

$$\tau_1 = 50 \text{ ms}$$

$$C_2 = 24000 \text{ bps}$$

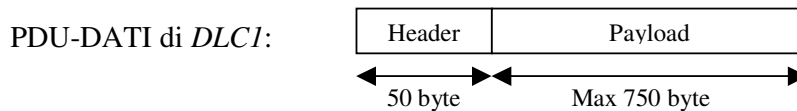
$$\tau_2 = 100 \text{ ms}$$

$$C_3 = \text{var}$$

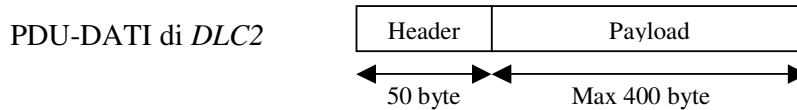
$$\tau_3 = 50 \text{ ms}$$

## Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

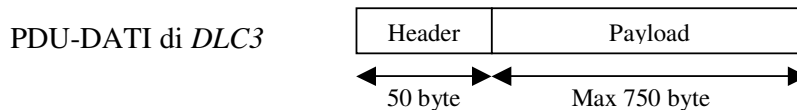
**DLC1** utilizza un protocollo non confermato:



**DLC2** utilizza un protocollo non confermato:

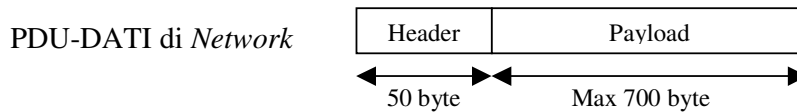


**DLC3** utilizza un protocollo confermato *Stop-and-Wait*:

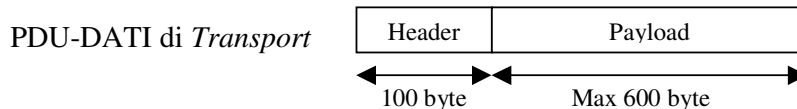


PDU-ACK: solo la porzione testata

**Network** utilizza un protocollo non confermato:



**Transport** utilizza un protocollo non confermato:



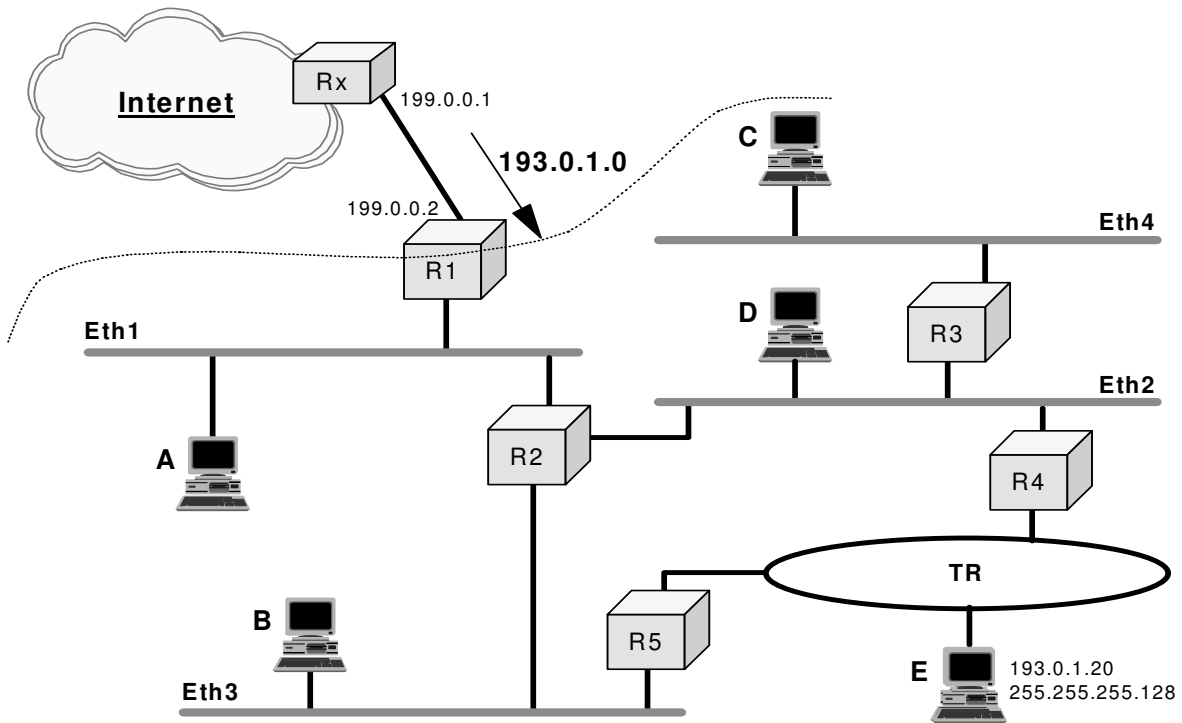
## Domande

Supponendo che il livello *Network* dei nodi supporti la frammentazione (con ricomposizione sul destinatario finale), determinare  $C_{sistema}$  ( $C_3$ ) sperimentata al di sopra del livello *Transport* al variare di  $C_3$  nell'insieme  $\mathcal{R}^+$  e tracciarne il grafico, calcolando altresì il/i valore/i di  $C_3$  per i quali  $C_{sistema}$  ( $C_3$ ) è massima.

## ESERCIZIO 3

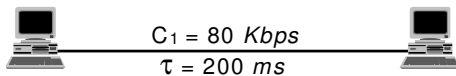
Sia data la rete indicata in figura. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 193.0.1.0 / 24. Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura coerentemente con lo spazio che è stato assegnato da Internet e con l'assegnazione fatta sull'host E (193.0.1.20 mask 255.255.255.128).

Per ogni LAN scrivere gli intervalli di indirizzi utilizzabili su tale link, costruendo infine tutte le tabelle di instradamento necessarie.



#### ESERCIZIO 4

Si supponga di avere 2 host TCP/IP connessi da una linea *full-duplex* punto-a-punto con capacità  $C = 80 \text{ Kbps}$  e ritardo  $\tau = 200 \text{ ms}$ .



Ipotesi:

- Il sistema è privo di errori
- Il TCP destinatario conferma ogni PDU-DATI ricevuta generando una PDU-ACK in un tempo trascurabile
- Gli overhead dei protocolli sono:
  - $H_{TCP} = 20 \text{ byte}$
  - $H_{IP} = 20 \text{ byte}$
  - $H_{DLC} = 25 \text{ byte}$
- $MSS_{TCP} = 800 \text{ byte}$
- $MTU_{IP} = 225 \text{ byte}$

#### Domande

Calcolare  $C_{sistema}$  osservato al di sopra di una *connection* TCP nei casi in cui:

1.  $W_{trasm} = 1 \text{ MSS}$
2.  $W_{trasm} = 4 \text{ MSS}$
3.  $W_{trasm} = 16 \text{ MSS}$ .



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2011/12

RETI DI CALCOLATORI (Sede di MN) – Appello d'esame del 04/09/2012

Pesi esercizi: 0,35 – 0,25 – 0,20 – 0,20

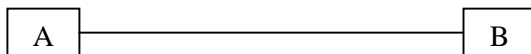
Tempo a disposizione: 2h30'

## ESERCIZIO 1

1. Con riferimento al protocollo TCP, spiegare:
  - a. come vengono impostati i *time-out* del protocollo
  - b. cosa si intende con l'espressione *ambiguità delle PDU-ACK*
  - c. perché viene introdotto e cosa prevede l'*algoritmo di Karn*
2. Avvalendosi anche (ma non solo) di esempi, illustrare le differenze sostanziali tra lo schema di indirizzamento IPv4 *classfull* e *classless*.
3. Spiegare nel dettaglio *algoritmi di routing* e tecniche di *forwarding* utilizzati dai *transparent bridge*.
4. Illustrare in dettaglio il funzionamento di uno specifico protocollo d'accesso (ad un canale condiviso), appartenente alla famiglia dei protocolli con assegnamento su domanda del canale.
5. Dato un protocollo di comunicazione di tipo *stop-and-wait* con *PDU non* numerate (il livello sottostante fornisce il servizio di consegna in sequenza), mostrare se vi possono essere malfunzionamenti del protocollo nei seguenti casi:
  - a) perdita di una *PDU-DATI*;
  - b) perdita di una *PDU-ACK*.In caso affermativo indicare i rimedi.

## ESERCIZIO 2

Si supponga di avere 2 host TCP/IP connessi da una linea full-duplex punto-a-punto con capacità  $C = 80$  Kbps e ritardo  $\tau = 250$ ms.



Ipotesi:

- Il sistema è privo di errori
- L'entità TCP destinataria conferma ogni *PDU-DATI* ricevuta generando una *PDU-ACK* in un tempo trascurabile
- Gli overhead dei protocolli sono:  $H_{TCP} = 20$  byte ;  $H_{IP} = 20$  byte ;  $H_{DLC} = 25$  byte
- $MSS = 800$  byte
- $MTU = 225$  byte

**Domande:**

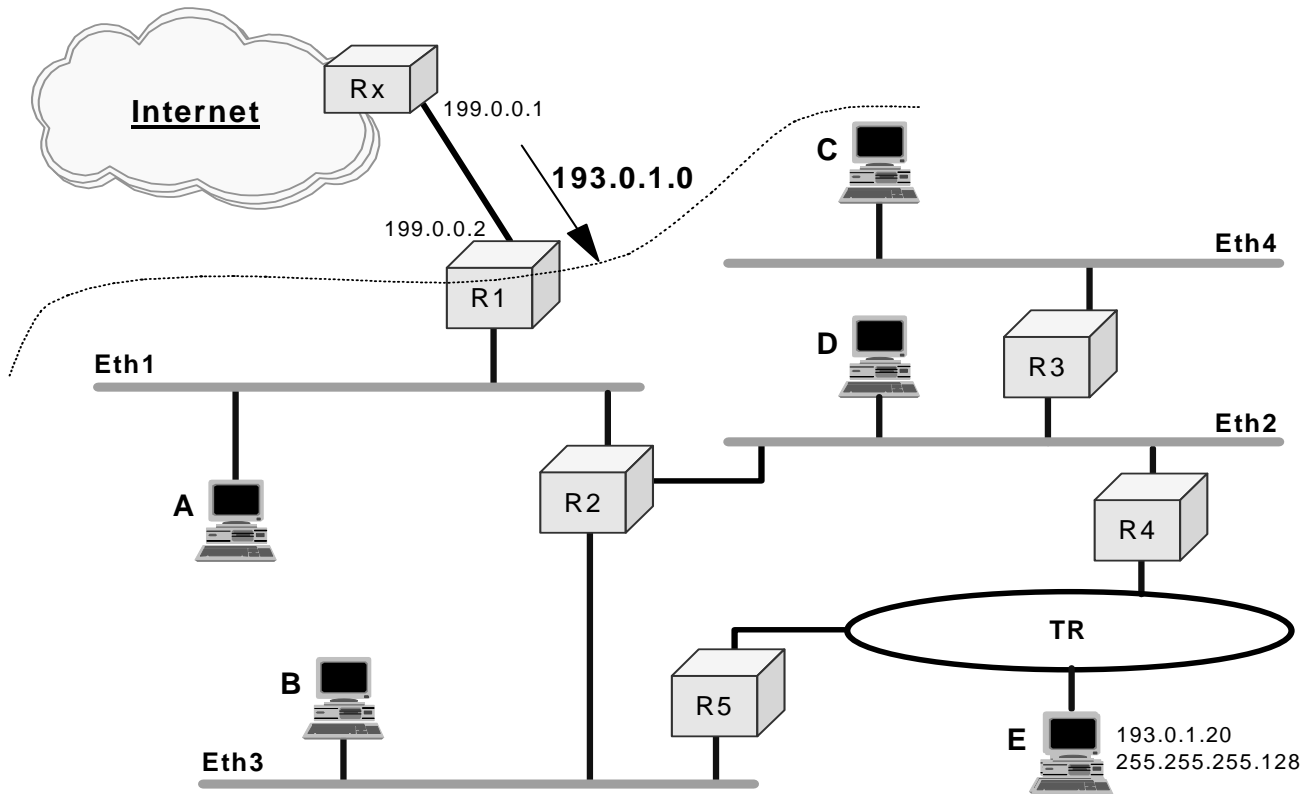
1. Determinare l'espressione analitica di  $C_{SISTEMA}(W_{TRASM})$ , osservata al di sopra di una *connection* TCP, quando  $W_{TRASM} = nMSS$ , dove  $n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ . Calcolare altresì il valor massimo di  $C_{SISTEMA}$ , indicando per quali valori di  $W_{TRASM}$  esso viene raggiunto.
2. Determinare quanto richiesto al punto 1 nell'ipotesi in cui l'entità TCP destinataria generi una sola *PDU-ACK* (cumulativa) per ogni finestra di messaggi a fronte della ricezione dell'ultima *PDU-DATI* in finestra.

### ESERCIZIO 3

Sia data la rete indicata in figura. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 193.0.1.0/24. Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura coerentemente con lo spazio che è stato assegnato da Internet e con i seguenti vincoli:

- Assegnazione ad E: 193.0.1.20 netmask 255.255.255.128
- Su **Eth1** devono poter essere connessi almeno 50 host
- Il piano di indirizzamento deve utilizzare tutto lo spazio assegnato

Per ogni LAN scrivere gli intervalli di indirizzi utilizzabili su tale link, costruendo infine tutte le tabelle di instradamento necessarie.



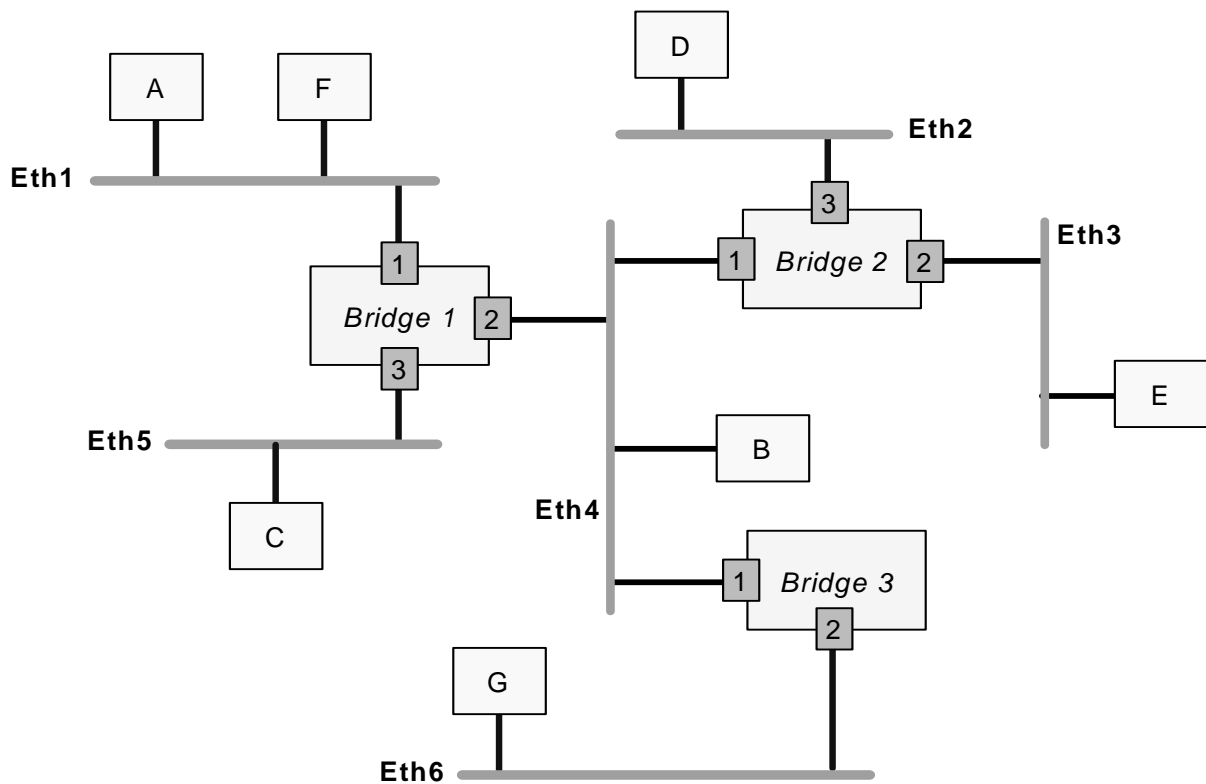


## ESERCIZIO 4

Sia data la rete indicata qui sotto, formata dall'interconnessione di 5 segmenti LAN Ethernet. I dispositivi di interconnessione sono Bridge Transparent.

La rete è stata appena avviata, quindi nessuna *frame* è ancora stata trasmessa. Spiegare come avviene la propagazione delle *frame* sulla rete, evidenziando inoltre il contenuto delle tabelle sui nodi (*station cache*), quando avvengono, in ordine, i seguenti invii:

- 1^ invio: da A a F
- 2^ invio: da F a A
- 3^ invio: da E a C
- 4^ invio: da B a D
- 5^ invio: da D a A
- 6^ invio: da B a E
- 7^ invio: da E a B





# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2011/12

RETI DI CALCOLATORI (Sede di MN) – Appello d'esame del 14/01/2013

Pesi esercizi: 0,35 – 0,25 – 0,20 – 0,20

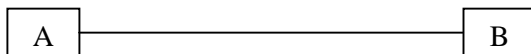
Tempo a disposizione: 2h30'

## ESERCIZIO 1

1. Con riferimento al protocollo TCP, spiegare:
  - a. come vengono impostati i *time-out* del protocollo
  - b. cosa si intende con l'espressione *ambiguità delle PDU-ACK*
  - c. perché viene introdotto e cosa prevede l'*algoritmo di Karn*
2. Avvalendosi anche (ma non solo) di esempi, illustrare le differenze sostanziali tra lo schema di indirizzamento IPv4 *classfull* e *classless*.
3. Spiegare nel dettaglio *algoritmi di routing* e tecniche di *forwarding* utilizzati dai *transparent bridge*.
4. Illustrare in dettaglio il funzionamento di uno specifico protocollo d'accesso (ad un canale condiviso), appartenente alla famiglia dei protocolli con assegnamento su domanda del canale.
5. Dato un protocollo di comunicazione di tipo *stop-and-wait* con *PDU non* numerate (il livello sottostante fornisce il servizio di consegna in sequenza), mostrare se vi possono essere malfunzionamenti del protocollo nei seguenti casi:
  - a) perdita di una *PDU-DATI*;
  - b) perdita di una *PDU-ACK*.In caso affermativo indicare i rimedi.

## ESERCIZIO 2

Si supponga di avere 2 host TCP/IP connessi da una linea full-duplex punto-a-punto con capacità  $C = 80$  Kbps e ritardo  $\tau = 250$ ms.



Ipotesi:

- Il sistema è privo di errori
- L'entità TCP destinataria conferma ogni *PDU-DATI* ricevuta generando una *PDU-ACK* in un tempo trascurabile
- Gli overhead dei protocolli sono:  $H_{TCP} = 20$  byte ;  $H_{IP} = 20$  byte ;  $H_{DLC} = 25$  byte
- $MSS = 800$  byte
- $MTU = 225$  byte

**Domande:**

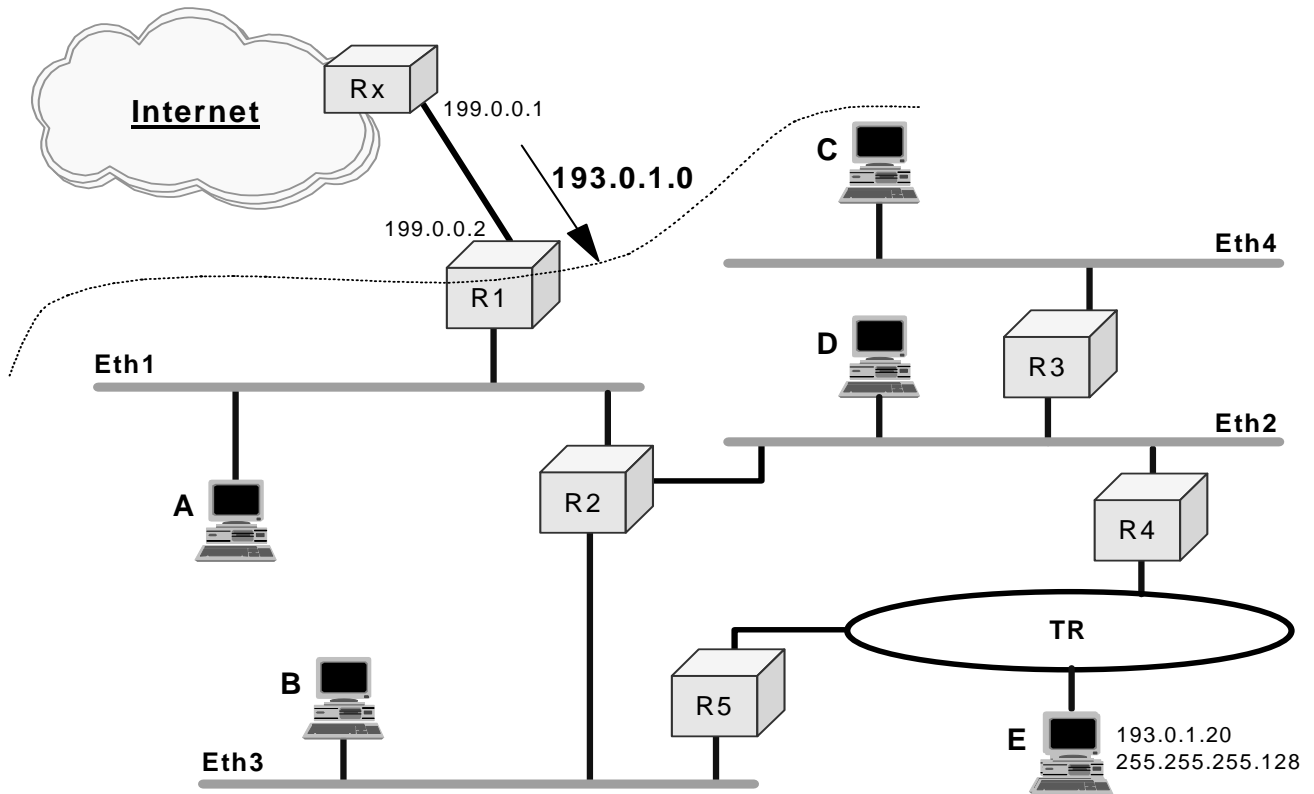
1. Determinare l'espressione analitica di  $C_{SISTEMA}(W_{TRASM})$ , osservata al di sopra di una *connection* TCP, quando  $W_{TRASM} = nMSS$ , dove  $n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ . Calcolare altresì il valor massimo di  $C_{SISTEMA}$ , indicando per quali valori di  $W_{TRASM}$  esso viene raggiunto.
2. Determinare quanto richiesto al punto 1 nell'ipotesi in cui l'entità TCP destinataria generi una sola *PDU-ACK* (cumulativa) per ogni finestra di messaggi a fronte della ricezione dell'ultima *PDU-DATI* in finestra.

### ESERCIZIO 3

Sia data la rete indicata in figura. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 193.0.1.0/24. Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura coerentemente con lo spazio che è stato assegnato da Internet e con i seguenti vincoli:

- Assegnazione ad E: 193.0.1.20 netmask 255.255.255.128
- Su **Eth1** devono poter essere connessi almeno 50 host
- Il piano di indirizzamento deve utilizzare tutto lo spazio assegnato

Per ogni LAN scrivere gli intervalli di indirizzi utilizzabili su tale link, costruendo infine tutte le tabelle di instradamento necessarie.

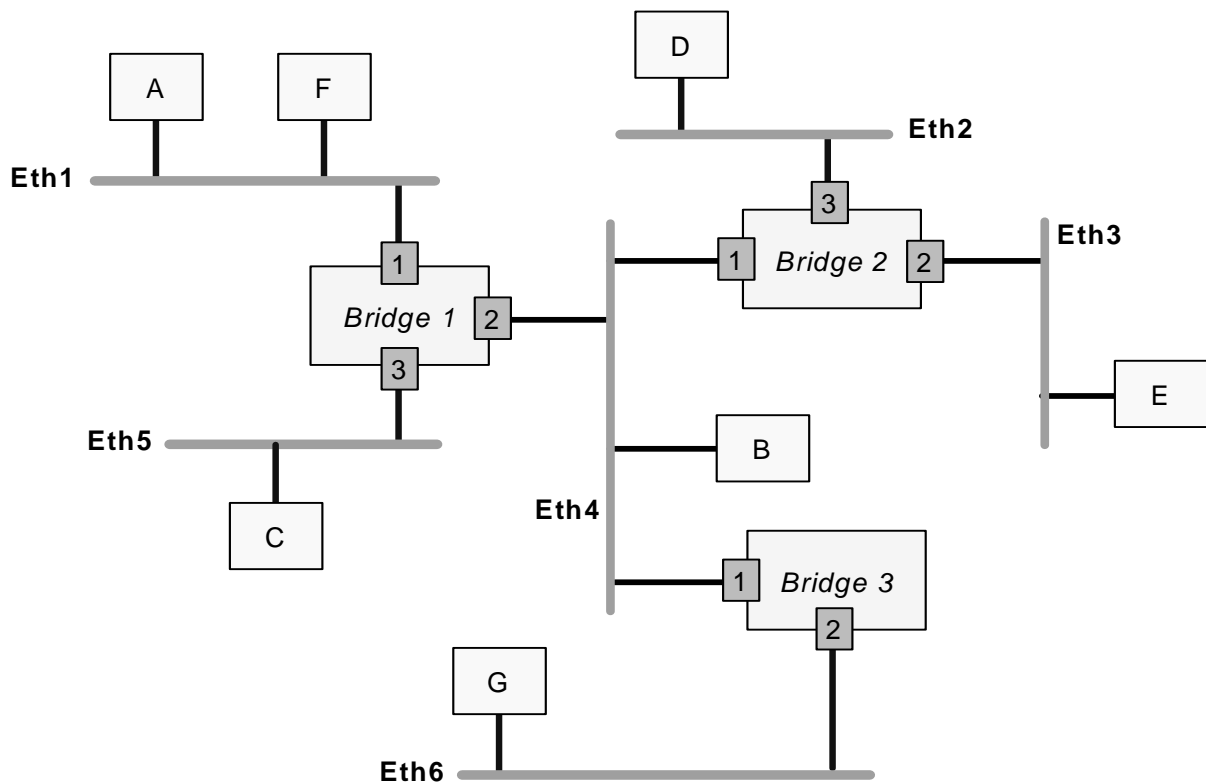


## ESERCIZIO 4

Sia data la rete indicata qui sotto, formata dall'interconnessione di 5 segmenti LAN Ethernet. I dispositivi di interconnessione sono Bridge Transparent.

La rete è stata appena avviata, quindi nessuna *frame* è ancora stata trasmessa. Spiegare come avviene la propagazione delle *frame* sulla rete, evidenziando inoltre il contenuto delle tabelle sui nodi (*station cache*), quando avvengono, in ordine, i seguenti invii:

- 1^ invio: da A a F
- 2^ invio: da F a A
- 3^ invio: da E a C
- 4^ invio: da B a D
- 5^ invio: da D a A
- 6^ invio: da B a E
- 7^ invio: da E a B





# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2009/10

RETI DI CALCOLATORI (Sede di MN) – Appello d'esame del 15/11/2010

Pesi esercizi: 0,25 – 0,30 – 0,25 – 0,20

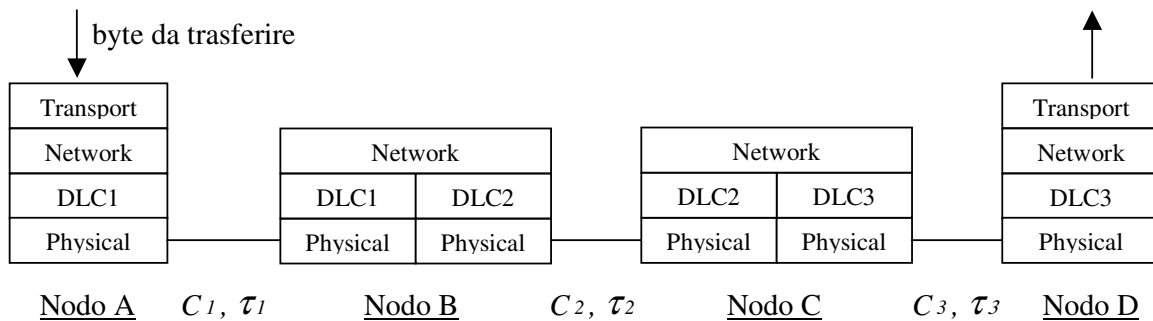
Tempo a disposizione: **2h30'**

## ESERCIZIO 1

1. Con riferimento al protocollo TCP, spiegare:
  - a. come vengono impostati i *time-out* del protocollo
  - b. perché viene introdotto e cosa prevede l'*algoritmo di Karn*
2. Illustrare quali sono i meccanismi adottati dal protocollo TCP per evitare di congestionare i nodi intermedi ed il destinatario finale.
3. Spiegare la tecnica di *forwarding* utilizzata dai router IPv4. Citare un altro dispositivo di interconnessione che utilizza la stessa tecnica, mostrando le affinità e le differenze rispetto ai router IPv4.
4. Dato un protocollo di comunicazione di tipo *stop-and-wait*, mostrare per quale motivo è necessario numerare le PDU-DATI, anche se il livello sottostante fornisce il servizio di consegna in sequenza.

## ESERCIZIO 2

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori), in cui i nodi B e C commutano i pacchetti a livello 3 in modalità *store-and-forward* con tempo di commutazione (*processing* della testata della PDU) trascurabile. Tutti i nodi indicati dispongono di buffer di dimensione infinita.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

$$C_1 = 32000 \text{ bps}$$

$$\tau_1 = 50 \text{ ms}$$

$$C_2 = 24000 \text{ bps}$$

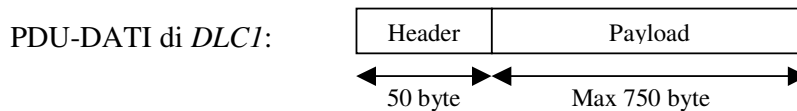
$$\tau_2 = 100 \text{ ms}$$

$$C_3 = \text{var}$$

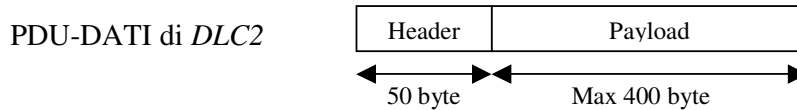
$$\tau_3 = 50 \text{ ms}$$

## Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

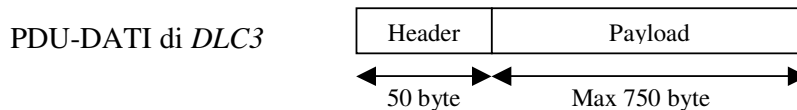
**DLC1** utilizza un protocollo non confermato:



**DLC2** utilizza un protocollo non confermato:

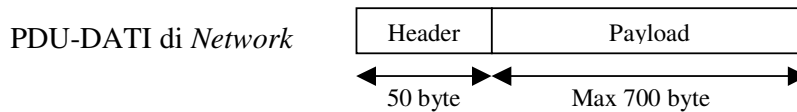


**DLC3** utilizza un protocollo confermato *Stop-and-Wait*:

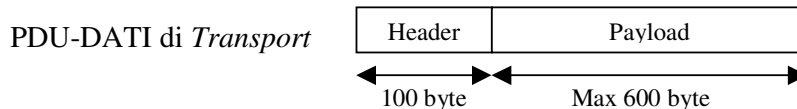


PDU-ACK: solo la porzione testata

**Network** utilizza un protocollo non confermato:



**Transport** utilizza un protocollo non confermato:



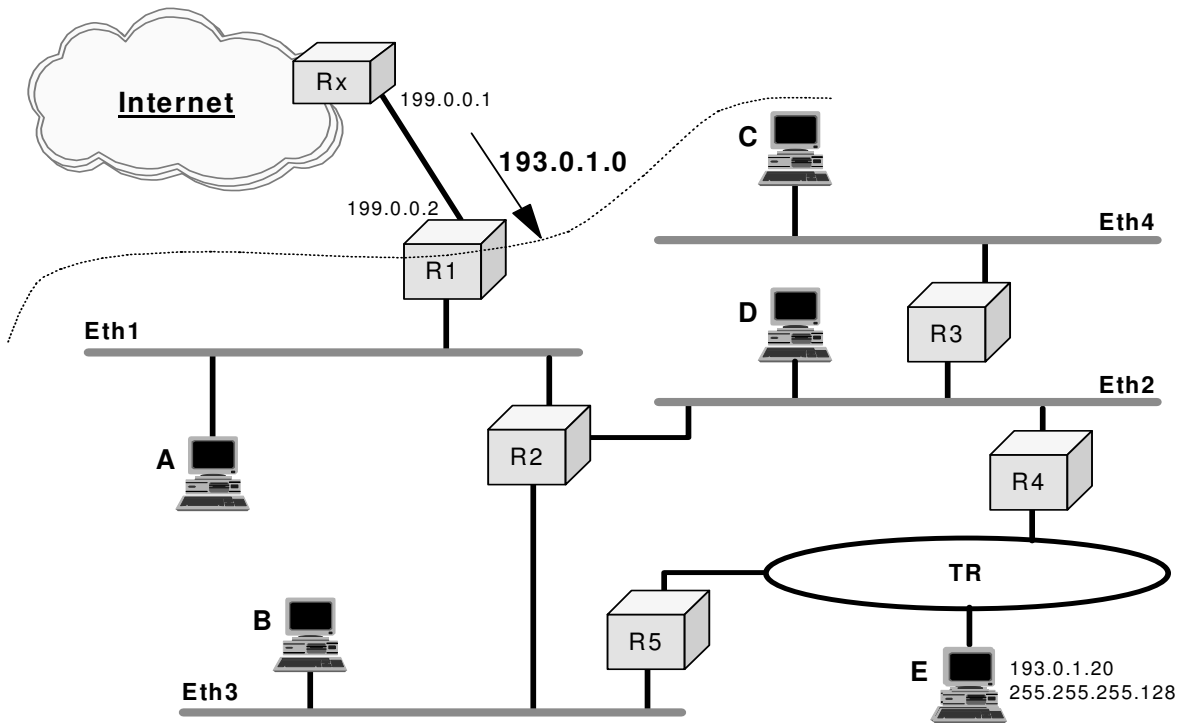
## Domande

Supponendo che il livello *Network* dei nodi supporti la frammentazione (con ricomposizione sul destinatario finale), determinare  $C_{sistema}$  ( $C_3$ ) sperimentata al di sopra del livello *Transport* al variare di  $C_3$  nell'insieme  $\mathcal{R}^+$  e tracciarne il grafico, calcolando altresì il/i valore/i di  $C_3$  per i quali  $C_{sistema}$  ( $C_3$ ) è massima.

## ESERCIZIO 3

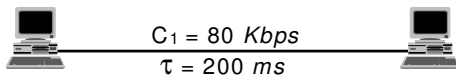
Sia data la rete indicata in figura. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 193.0.1.0 / 24. Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura coerentemente con lo spazio che è stato assegnato da Internet e con l'assegnazione fatta sull'host E (193.0.1.20 mask 255.255.255.128).

Per ogni LAN scrivere gli intervalli di indirizzi utilizzabili su tale link, costruendo infine tutte le tabelle di instradamento necessarie.



#### ESERCIZIO 4

Si supponga di avere 2 host TCP/IP connessi da una linea *full-duplex* punto-a-punto con capacità  $C = 80 \text{ Kbps}$  e ritardo  $\tau = 200 \text{ ms}$ .



Ipotesi:

- Il sistema è privo di errori
- Il TCP destinatario conferma ogni PDU-DATI ricevuta generando una PDU-ACK in un tempo trascurabile
- Gli overhead dei protocolli sono:
  - $H_{TCP} = 20 \text{ byte}$
  - $H_{IP} = 20 \text{ byte}$
  - $H_{DLC} = 25 \text{ byte}$
- $MSS_{TCP} = 800 \text{ byte}$
- $MTU_{IP} = 225 \text{ byte}$

#### Domande

Calcolare  $C_{sistema}$  osservato al di sopra di una *connection* TCP nei casi in cui:

1.  $W_{trasm} = 1 \text{ MSS}$
2.  $W_{trasm} = 4 \text{ MSS}$
3.  $W_{trasm} = 16 \text{ MSS}$ .



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2010/11

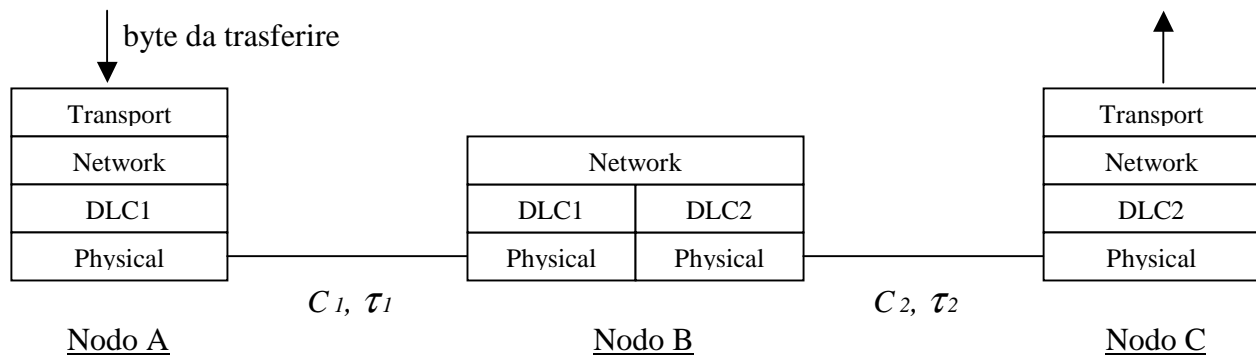
RETI DI CALCOLATORI - Appello del 16/01/2012 (Sede MN)

Pesi: 0,30 – 0,25 – 0,20 – 0,25

Durata: 2h30'

## ESERCIZIO 1

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori), in cui il nodo B commuta i pacchetti a livello 3 in modalità *store-and-forward* con tempo di commutazione (*processing*) trascurabile. Tutti i nodi indicati dispongono di buffer di dimensione infinita.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

$$C_1 = 32000 \text{ bps}$$

$$\tau_1 = \text{var}$$

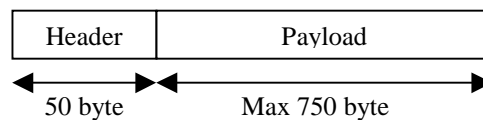
$$C_2 = 24000 \text{ bps}$$

$$\tau_2 = 50 \text{ ms}$$

### Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

**DLC1** utilizza un protocollo confermato *Stop-and-Wait*:

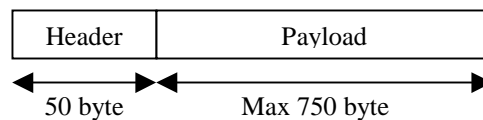
PDU-DATI di *DLC1*:



PDU-ACK di *DLC1*: solo la porzione testata di 50 byte

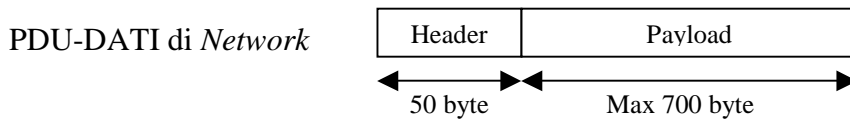
**DLC2** utilizza un protocollo non confermato:

PDU-DATI di *DLC2*

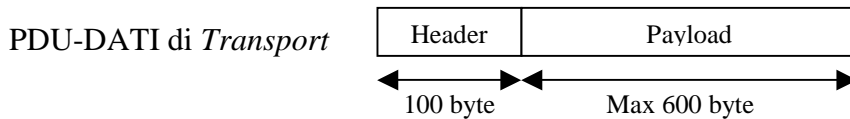




**Network** utilizza un protocollo non confermato:



**Transport** utilizza un protocollo non confermato:



### DOMANDE

1. Determinare  $C_{sistema}(\tau_l)$  sperimentata al di sopra del livello *Transport* al variare di  $\tau_l$  nell'intervallo  $[0, +\infty)$  e tracciarne il grafico. Indicare altresì per quale/i valore/i di  $\tau_l$  il nodo B presenta code di lunghezza indefinitamente crescente (continua ad accumulare pacchetti al suo interno, mentre è in corso il trasferimento da A a C).
2. Supponendo che il livello *Network* di ogni nodo effettui, solo quando necessario, la frammentazione delle PDU (con ricomposizione sul destinatario finale), determinare quanto richiesto al punto 1 nel caso in cui la dimensione max del Payload di *DLC2* sia 250 byte anziché 750 byte.

## ESERCIZIO 2

Sia dato un protocollo di comunicazione di livello 2 di tipo *Go-Back-n* (utilizzato su canali punto a punto *full-duplex*), il quale prevede una *PDU-DATI* e una *PDU-ACK* i cui rispettivi formati sono riportati qui sotto:

<b>Flag</b>	<b><u>Seq_Nr</u></b>	<b>Hdr-Chk</b>	<b>Payload</b>	<b>Flag</b>
-------------	----------------------	----------------	----------------	-------------

<b>Flag</b>	<b><u>Ack_Nr</u></b>	<b>Hdr-Chk</b>	<b>Flag</b>
-------------	----------------------	----------------	-------------

Significato e dimensione dei campi delle PDU del protocollo:

**Flag (1 byte)** = 01111110 (Bin) = delimitatore di inizio/fine *frame*

**Seq\_Nr (3 bit)** = numero di sequenza della *frame*

**Hdr\_Chk (8 bit)** = checksum di controllo dell'integrità della sola porzione *header*

**Payload** = PDU del livello superiore

**Ack\_Nr (3 bit)** = numero di sequenza della prossima *frame* attesa

### DOMANDE (motivare sempre le risposte)

1. Dire quali di queste funzioni possono essere svolte dal protocollo descritto sopra:
  - a. Controllo degli errori (*error control*): se necessario fare i vari sottocasi
  - b. Frammentazione delle PDU (*fragmentation*)
  - c. Controllo di Flusso (*flow control*)
  - d. Consegna in sequenza (*ordered delivery*)
  - e. Multiplazione dei traffici originati da entità diverse di livello 3 (*protocol multiplexing*)
2. Questo protocollo può utilizzare la tecnica del *piggybacking* ? Se si, come ?
3. Come è possibile massimizzare le prestazioni del protocollo agendo sulla variabile *n*?
4. Ipotizzando di utilizzare tale protocollo di comunicazione su un canale fisico ad accesso multiplo sul quale sono collegati *N* nodi (ovviamente è anche presente un protocollo d'accesso quale, per esempio, CSMA/CD), dire se e come sono possibili comunicazioni di tipo *unicast*, *multicast*, e *broadcast*.

### ESERCIZIO 3

Sia data la rete IPv4 indicata nella figura qui di seguito. Su alcuni segmenti LAN esistono dei vincoli (minimi) circa il numero di host che devono poter essere collegati:

Eth0: n. 55 host

Eth4: n.25 host

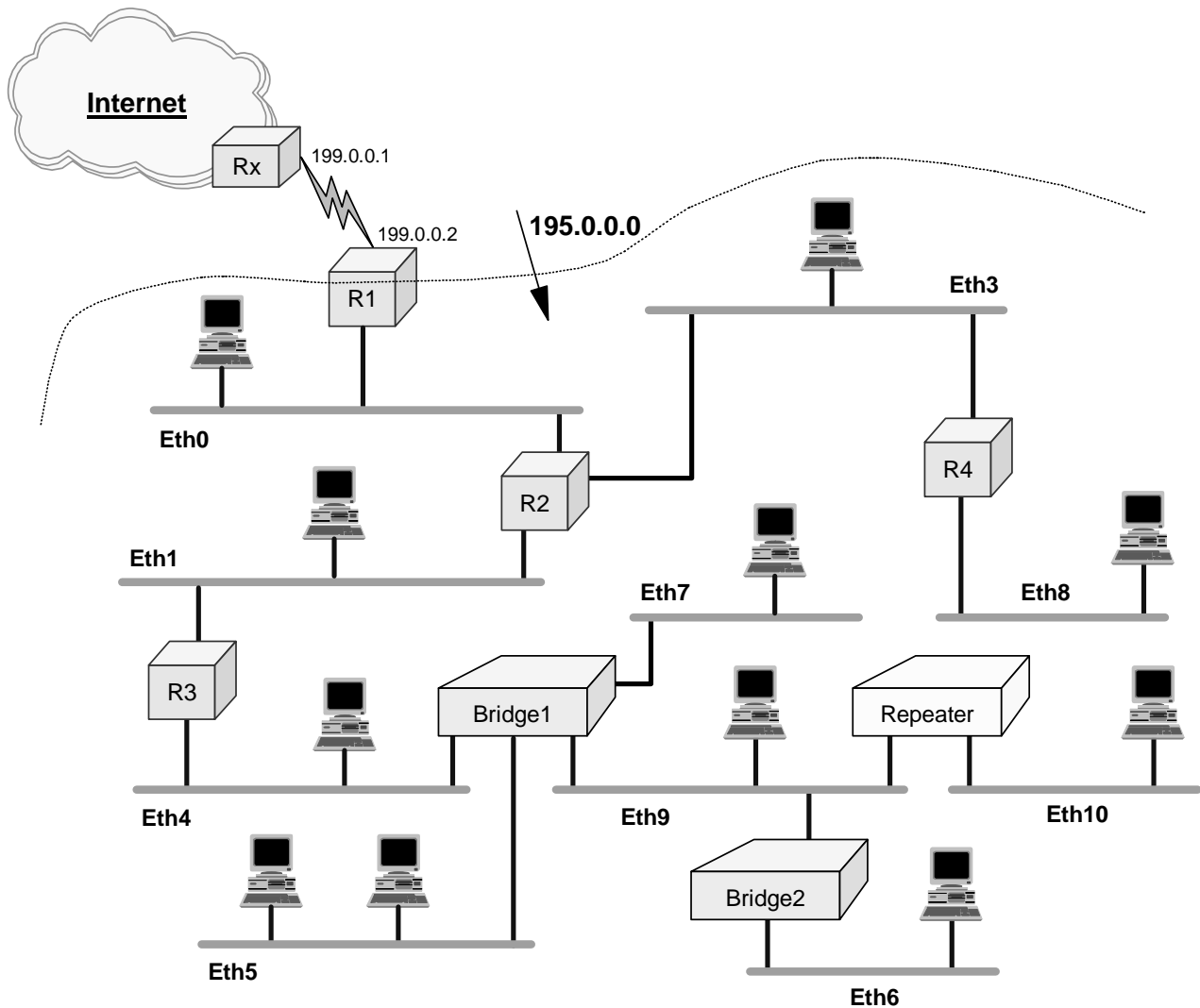
Eth5: n.55 host

Eth6: n.25 host

Eth7 n.10 host

Internet assegna lo spazio di indirizzamento IPv4 195.0.0.0/24. Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura (utilizzando tutto lo spazio assegnato da Internet), illustrando chiaramente i criteri utilizzati, nonché i singoli valori delle *subnet\_mask*. Costruire altresì tutte le tabelle di instradamento IPv4 necessarie.

NOTA PER LO SVOLGIMENTO DELL'ESERCIZIO: Gli indirizzi dei vari nodi possono essere riportati direttamente sullo schema qui sotto.



## **ESERCIZIO 4**

1. In riferimento ad un protocollo di comunicazione di livello 2, cosa si intende con l'espressione *problema della trasparenza dei dati* ? Quali sono le soluzioni al problema ? (Nota: per spiegare più agevolmente il concetto è possibile anche utilizzare esempi di protocolli reali)
2. Illustrare il principio di funzionamento della rete Ethernet (Ethernet V2), con particolare riferimento a:
  - a. Canale di comunicazione utilizzato e relativo protocollo d'accesso
  - b. Protocollo di comunicazione di livello 2 (fare riferimento alle funzioni svolte da un protocollo a livello architetturale k).
3. Mostrare il funzionamento di un nodo *Proxy TCP/IP*.
4. Illustrate in generale la funzione di "*protocol multiplexing*", indicando dove viene utilizzata all'interno dell'architettura TCP/IP (quali sono i protocolli coinvolti e attraverso quali strumenti viene eseguita tale funzione).
5. Illustrare le differenze tra lo schema *classfull* e lo schema *classless* nel protocollo IPv4.



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2011/12

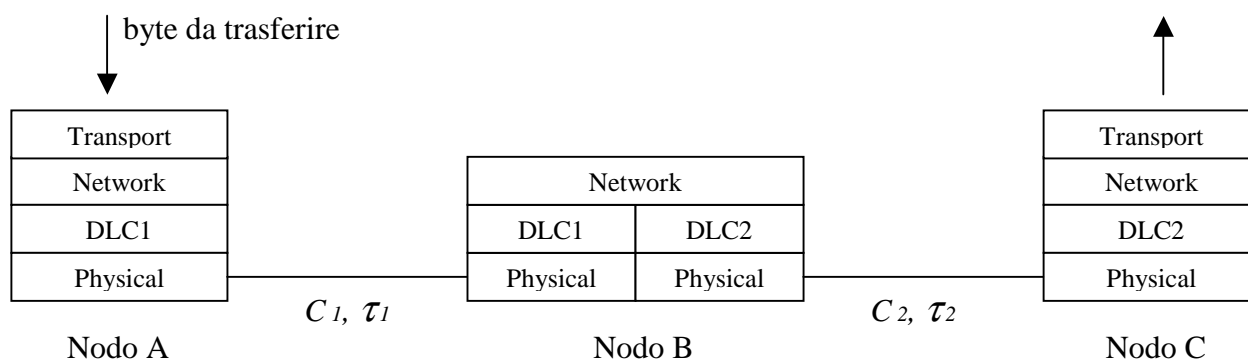
RETI DI CALCOLATORI (Sede distacc. di MN) – Appello d'esame dell'16/07/2012

Pesi degli esercizi: 0,28 – 0,25 – 0,25 – 0,22

Tempo a disposizione: **3h**

## ESERCIZIO 1

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori) dove il nodo B commuta le PDU di livello 3 in modalità *store-and-forward* con un tempo di elaborazione trascurabile.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

$$C_1 = 64.000 \text{ bps}$$

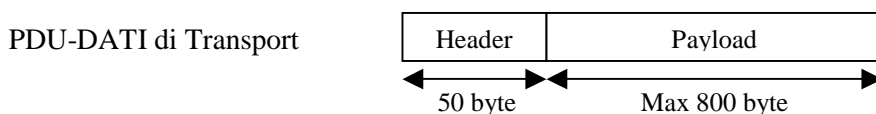
$$\tau_1 = 50 \text{ ms}$$

$$C_2 = \text{var}$$

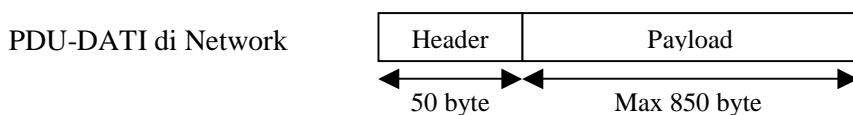
$$\tau_2 = 200 \text{ ms}$$

### Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

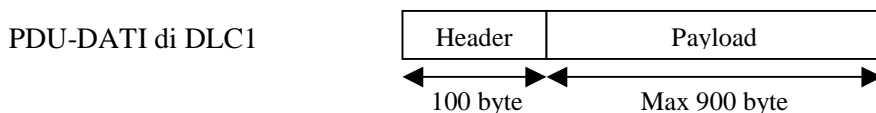
Il livello **Transport** utilizza un protocollo non confermato:



Il livello **Network** utilizza un protocollo non confermato:



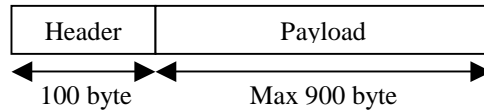
Il livello **DLC1** utilizza un protocollo confermato Stop-and-Wait:



PDU-ACK di DLC1: è costituita dalla sola *header* di 100 byte

Il livello **DLC2** utilizza un protocollo confermato *Stop-and-Wait*:

PDU-DATI di DLC2



PDU-ACK di DLC2: è costituita dalla sola *header* di 100 byte

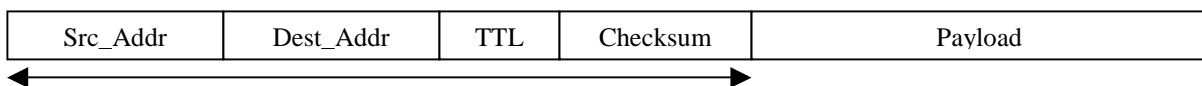
### Domande:

(Disegnare sempre tutti gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi)

1. Calcolare la capacità del sistema ( $C_{sistema}$ ) sperimentata al di sopra del livello *Transport* al variare di  $C$ . Disegnare inoltre il grafico di  $C_{sistema}(C)$ .
2. Rispondere a tutto quanto chiesto al punto 1, nel caso in cui la dimensione max del payload di DLC2 sia pari a 475 byte anziché 900 byte.

## ESERCIZIO 2

Sia dato un protocollo di comunicazione di livello 3, il quale prevede un unico formato di PDU (PDU-DATI) riportato qui sotto (la doppia freccia evidenzia la parte *header*).



Significato e lunghezze dei campi della PDU-DATI del protocollo:

Src\_Addr (16 bit) = Indirizzo entità mittente

Dest\_Addr (16 bit) = Indirizzo entità destinataria

TTL (4 bit) = Viene impostato dal mittente ad un valore  $>0$  e decrementato di 1 ad ogni attraversamento di un nodo intermedio. Se  $TTL=0$  su un nodo intermedio allora il pacchetto viene eliminato.

Checksum (8 bit) = Campo per il controllo dell'integrità della sola porzione *header*

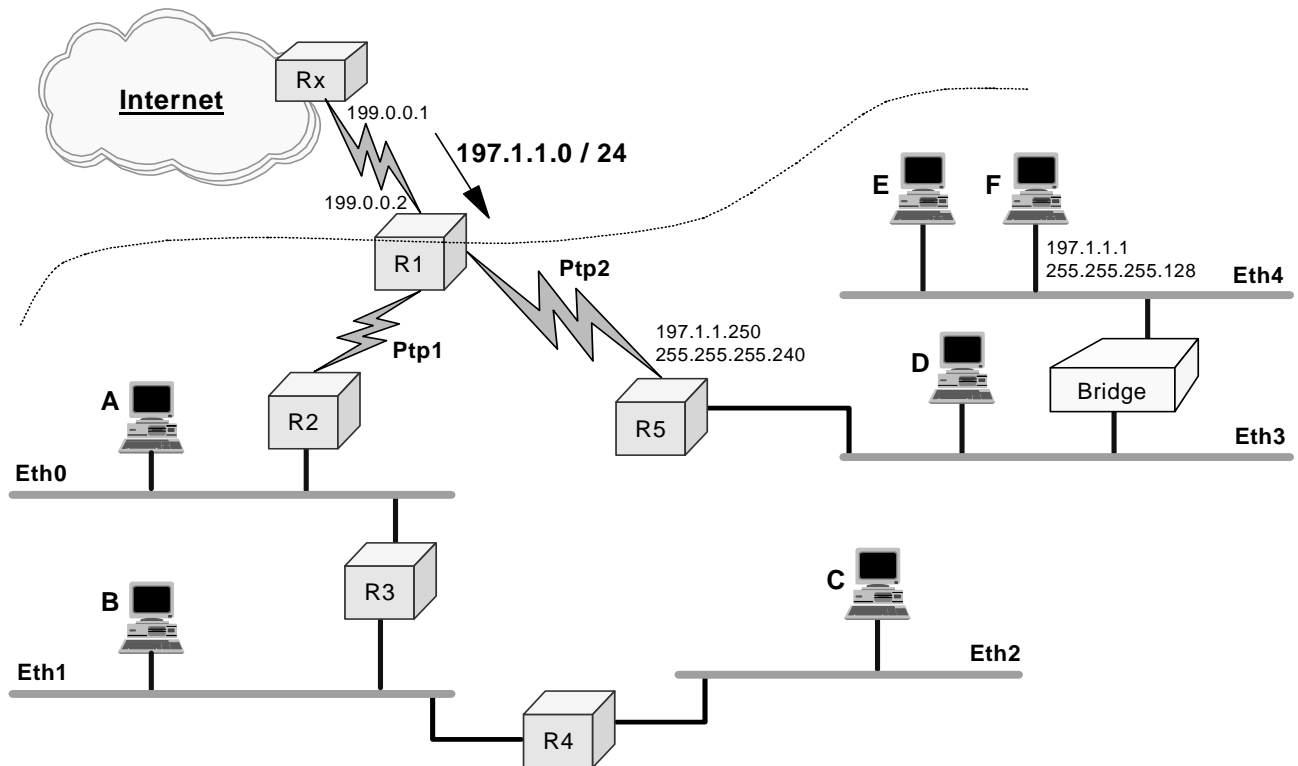
Payload = PDU del livello superiore

### Domande

1. Dire quali di queste funzioni (motivando sempre le risposte) possono essere svolte da tale protocollo:
  - a. Controllo degli errori (*Error Control*): se necessario fare i vari sottocasi
  - b. Frammentazione delle PDU (*Fragmentation*)
  - c. Controllo di Flusso (*Flow Control*)
  - d. Consegna in sequenza (*Ordered Delivery*)
  - e. Multiplazione dei traffici originati da entità diverse di livello 4 (*Protocol Multiplexing*)
2. Supponendo di voler utilizzare questo protocollo per costruire una rete di grandi dimensioni, esistono delle limitazioni circa il numero di nodi configurabili e/o la topologia della rete ?
3. Costruendo una rete complessa con un simile protocollo di livello 3 é possibile utilizzare indifferentemente una tecnica di forwarding di tipo *Source-Route-Forwarding* o *Destination-Based-Forwarding* ? Spiegare le motivazioni.

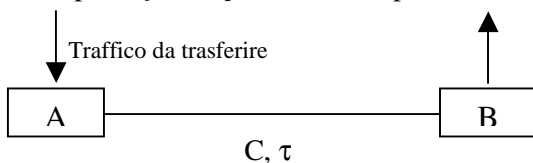
### ESERCIZIO 3

Sia data la rete IPv4 indicata nella figura qui di seguito. Utilizzando tutto lo spazio di indirizzamento dato (197.1.1.0 / 24) e tenendo conto delle assegnazioni già effettuate sull'host F e sul router R5, stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura (illustrando chiaramente i criteri utilizzati, nonché i singoli valori delle subnet mask). Costruire altresì tutte le tabelle di instradamento IPv4 necessarie.



### ESERCIZIO 4

Si supponga di avere 2 host, A e B, con stack TCP/IP connessi direttamente da un canale di comunicazione punto a punto *full-duplex* avente capacità  $C=64.000$  bps e ritardo  $\tau = 200$  ms.



Ipotesi:

- Si apre una *connection* TCP per effettuare un trasferimento di traffico (byte) da A a B.
- Il trasferimento è privo di errori e TCP destinatario genera, in un tempo trascurabile, un ACK per ogni segment corretto ricevuto.
- Gli overhead di incapsulamento non sono trascurabili:  $H_{tcp}=20$  byte,  $H_{ip}=20$  byte,  $H_{dlc}=160$  byte
- $MSS=800$  byte
- $W_{rec} = cost = 65535$  byte.

**Domande (disegnare sempre gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi):**

Determinare i valori di  $C_{sistema}$  sperimentati al di sopra del TCP dal traffico trasferito da A a B attraverso la *connection* nei seguenti intervalli di tempo.

- a. Primo RTT
- b. Secondo RTT
- c. Terzo RTT
- d. Quarto RTT
- e. Quinto RTT



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2011/12

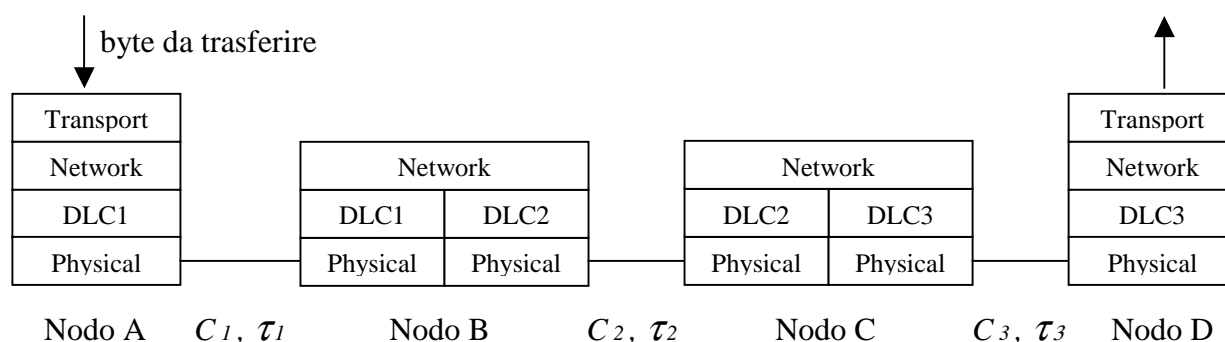
RETI DI CALCOLATORI - Appello d'esame del 19/09/2012 (Sede MN)

Pesi: 0,32 - 0,18 - 0,25 - 0,25

Durata: 2h 30'

## ESERCIZIO 1

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori), in cui i nodi B e C commutano i pacchetti a livello 3 in modalità *store-and-forward* con tempo di commutazione (fase di *processing*) trascurabile. Tutti i nodi indicati dispongono di buffer di dimensione infinita.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

$$C_1 = 25600 \text{ bps}$$

$$\tau_1 = 100 \text{ ms}$$

$$C_2 = \text{var}$$

$$\tau_2 = 50 \text{ ms}$$

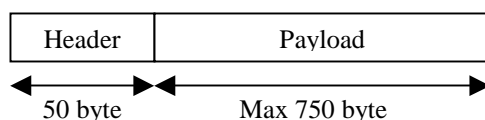
$$C_3 = 24000 \text{ bps}$$

$$\tau_3 = 100 \text{ ms}$$

### Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

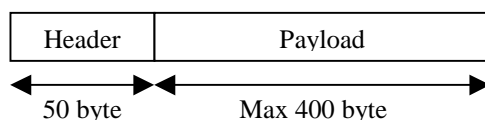
**DLC1** utilizza un protocollo non confermato:

PDU-DATI di *DLC1*:



**DLC2** utilizza un protocollo confermato *Stop-and-Wait*:

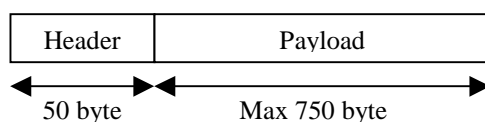
PDU-DATI di *DLC2*



PDU-ACK: solo la porzione testata

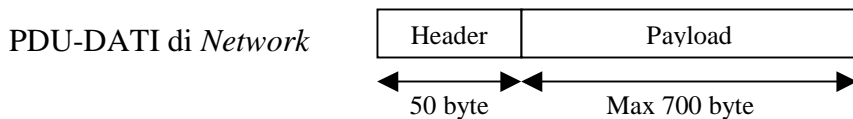
**DLC3** utilizza un protocollo non confermato:

PDU-DATI di *DLC3*

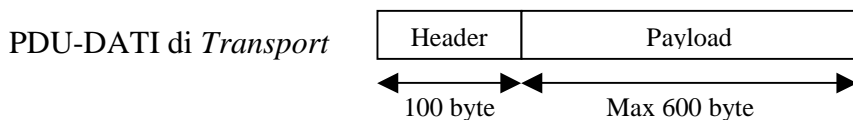




**Network** utilizza un protocollo non confermato:



**Transport** utilizza un protocollo non confermato:



### Domande

1. Supponendo che il livello *Network* dei nodi supporti la frammentazione (con ricomposizione sul destinatario finale), determinare  $C_{sistema}(C_2)$  sperimentata al di sopra del livello *Transport* al variare di  $C_2$  nell'insieme  $\mathcal{R}^+$  e tracciarne il grafico, calcolando altresì il/i valore/i di  $C_2$  per i quali  $C_{sistema}(C_2)$  è massima.
2. Si supponga di fissare la variabile  $C_2$  ad un determinato valore  $\alpha$ . Determinare, motivando analiticamente la risposta, il segno della variazione di  $C_{sistema}(\alpha)$  quando:
  - a.  $\tau_1$  varia di una quantità infinitesima;
  - b.  $\tau_2$  varia di una quantità infinitesima;
  - c.  $\tau_3$  varia di una quantità infinitesima;(Se necessario, fare delle ipotesi sui valori assunti da  $\alpha$ )

### Nota:

- Motivare sempre le risposte
- Fare sempre gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi

### ESERCIZIO 2

Sia data una rete formata da 2 host TCP/IP adiacenti connessi da un canale avente capacità  $C = 64.000$  bps e ritardo  $\tau = 100$  ms. Tra i 2 host è attiva una *connection* TCP a regime avente le seguenti caratteristiche:

- $MSS=900$  byte
- Overhead di incapsulamento non trascurabile pari a  $H = H_{tcp} + H_{ip} + H_{dlc} = 100$  byte
- Non vi sono errori nel trasferimento
- I transitori dovuti agli algoritmi di controllo della congestione sono da considerare esauriti (quindi ipotizzare che  $W_{cong} = \infty$ )
- Il TCP ricevente conferma istantaneamente con un ACK ogni messaggio corretto ricevuto.

Ipotizzando di agire su  $W_{rec}$ , determinare per quale/i valore/i di  $W_{rec}$  il valore della  $C_{sistema}$  osservata sopra il TCP è massima.

### **ESERCIZIO 3**

1. Dire, motivando le risposte, quali di queste comunicazioni sono possibili su un segmento LAN Ethernet: *simplex*, *half-duplex*, *full-duplex*.
2. Illustrare il principio di funzionamento di una rete locale Token Ring. E' necessario utilizzare un protocollo d'accesso?
3. Spiegare anche con esempi numerici cosa si intende, relativamente al protocollo IPv4, con l'espressione *indirizzamento gerarchico*.
4. Con riferimento alle funzioni svolte dai protocolli di comunicazione dell'architettura TCP/IP, spiegare in dettaglio come e da quali protocolli vengono svolte le funzioni di:
  - a. *Flow control*
  - b. *Protocol multiplexing*
  - c. *Fragmentation*
5. Illustrare il principio del *piggybacking*.

## ESERCIZIO 4

Sia data la rete IPv4 indicata nella figura qui di seguito. Su alcuni segmenti LAN esistono dei vincoli circa il numero minimo di host che devono poter essere collegati:

Eth1: n.15 host (compreso A)

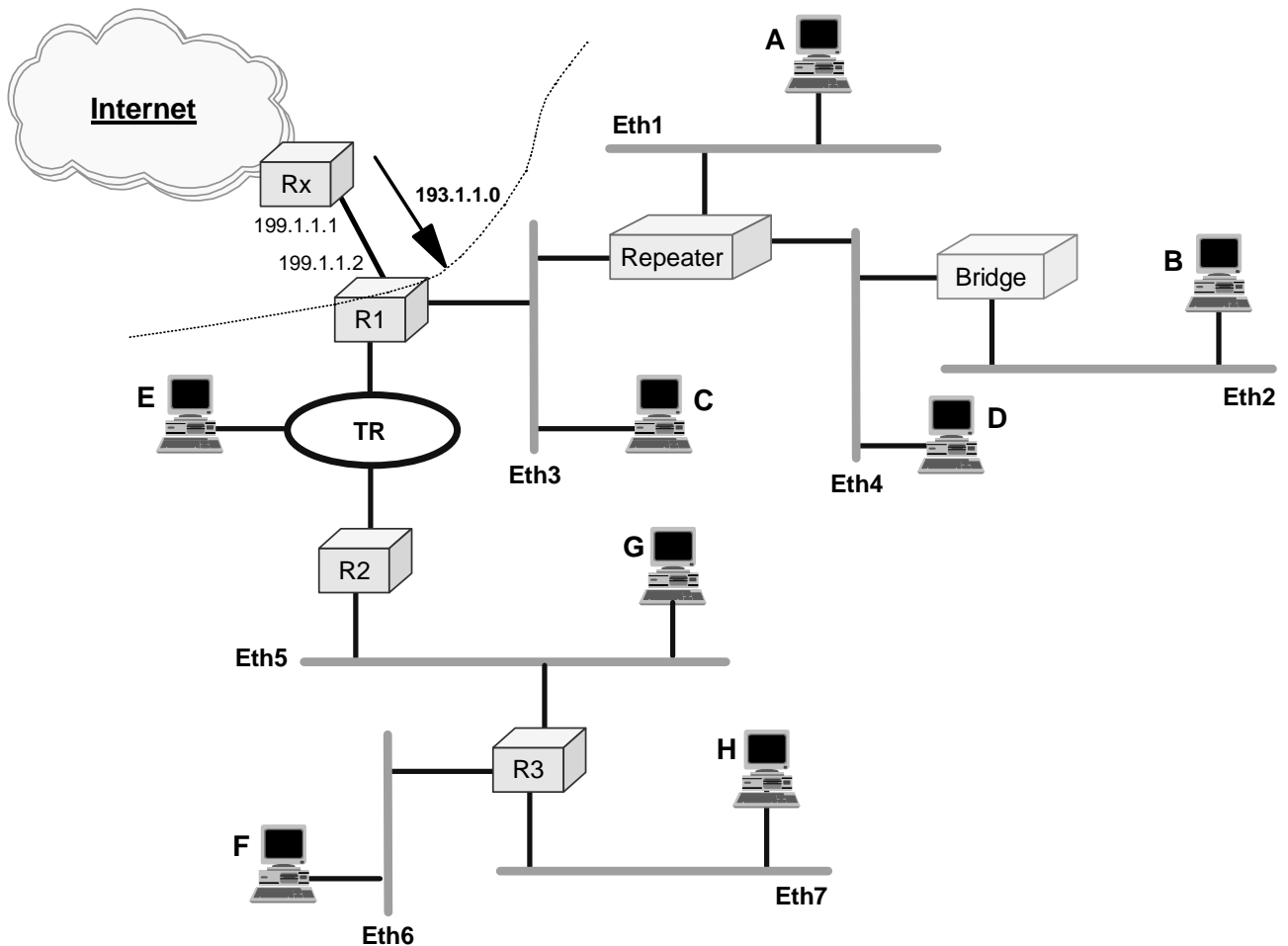
Eth2: n.15 host (compreso B)

Eth3: n.30 host (compreso C)

TR: n.80 host (compreso E)

Internet assegna lo spazio di indirizzamento IPv4 193.1.1.0/24. Stendere un piano di indirizzamento (utilizzando tutto lo spazio assegnato) per la rete indicata nella figura (illustrando chiaramente i criteri utilizzati, nonché i singoli valori delle *subnet mask*) coerentemente con lo spazio che è stato assegnato e i vincoli indicati, costruendo altresì tutte le tabelle di instradamento IPv4 necessarie.

NOTA PER LO SVOLGIMENTO DELL'ESERCIZIO: Gli indirizzi dei vari nodi possono essere riportati direttamente sullo schema qui sotto.





# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2011/12

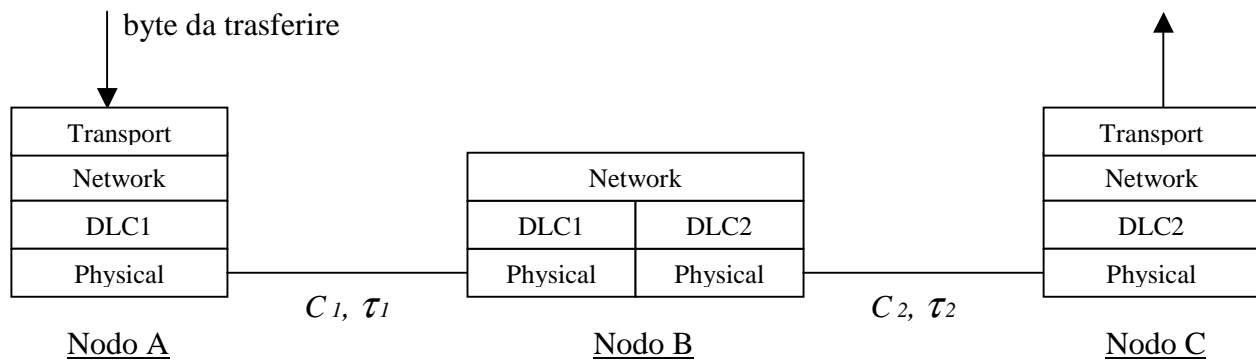
RETI DI CALCOLATORI (Sede MN) - Appello d'esame del 22/06/2012

Pesi esercizi: 0,28 – 0,25 – 0,20 – 0,27

Tempo assegnato: 2h 30'

## ESERCIZIO 1

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori) dove il nodo B commuta i pacchetti in modalità *store-and-forward* con  $\tau_{forwarding} = 0$ .

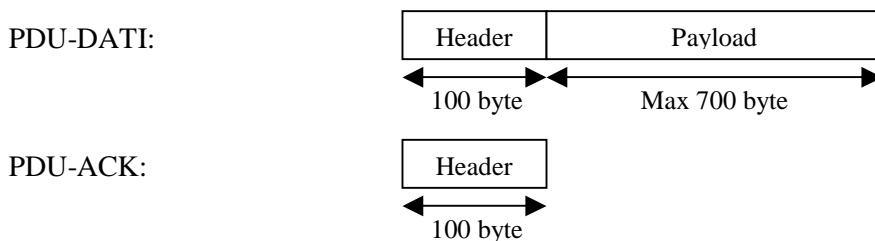


Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

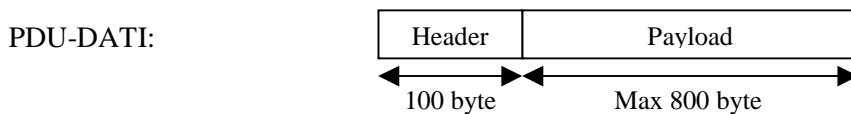
$C_1 = 16000 \text{ bps}$        $\tau_1 = 75 \text{ ms}$   
 $C_2 = \text{da determinare}$        $\tau_2 = 200 \text{ ms}$

Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

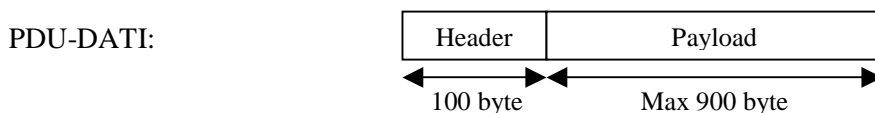
Il livello **Transport** utilizza un protocollo confermato di tipo *Stop-and-Wait*:



Il livello **Network** utilizza un protocollo non confermato:



I livelli **DLC1** e **DLC2** utilizzano un protocollo non confermato



**Domande:**

**(Disegnare gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi giustificando sempre ogni espressione analitica riportata)**

1. Calcolare il bit-rate  $C_2$  affinché la capacità del sistema ( $C_{SISTEMA}$ ) sperimentata al di sopra del livello *Transport* sia pari a 280 Byte/s.
2. Utilizzando il valore  $C_2$  calcolato al punto 1, supponendo che la dimensione massima del Payload di DLC1 sia pari a 500 byte anziché 900 byte e sapendo che il protocollo di livello *Network* supporta la frammentazione, calcolare la capacità del sistema ( $C_{SISTEMA}$ ) sperimentata al di sopra del livello *Transport*.

**ESERCIZIO 2**

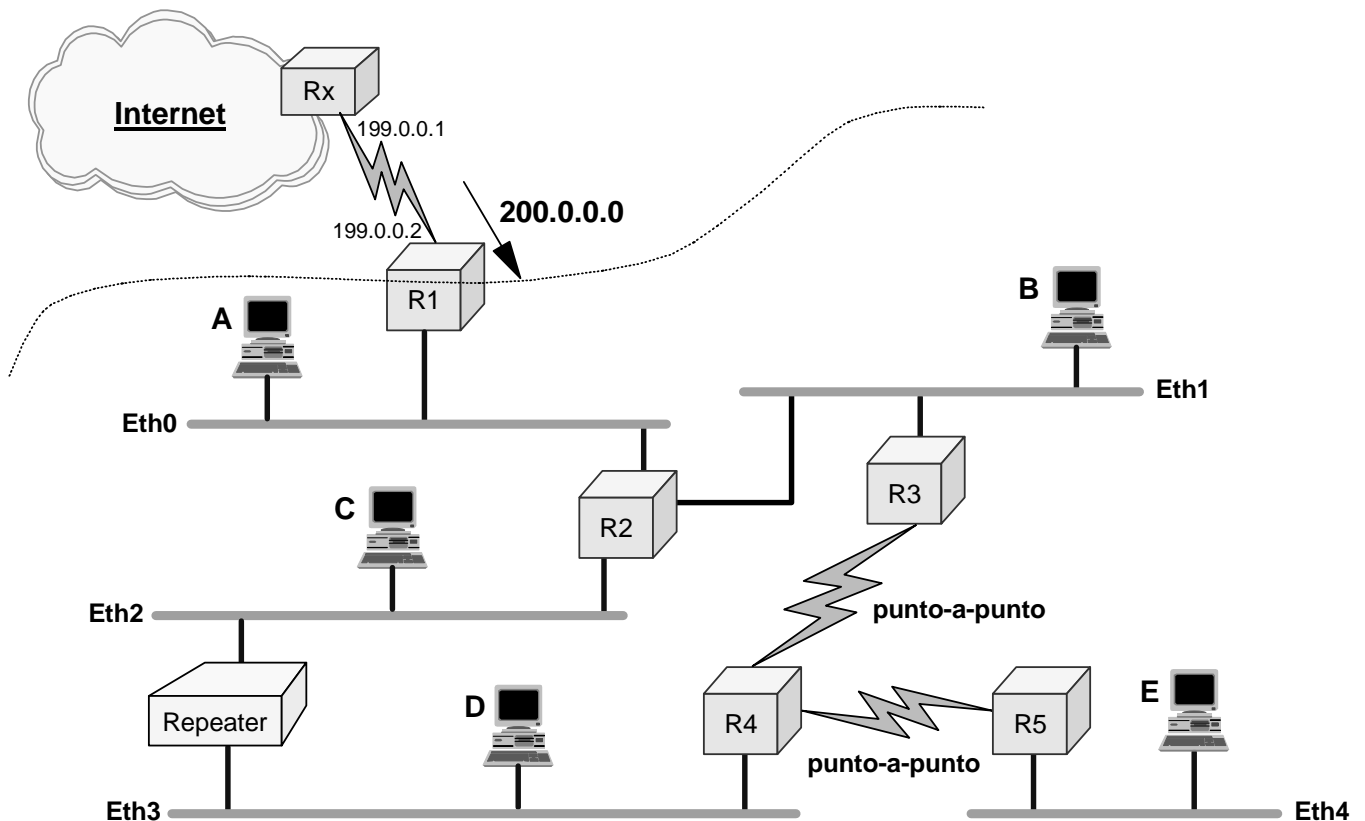
Sia data la rete riportata sotto. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 200.0.0.0 / 24. Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura utilizzando tutto lo spazio assegnato, sapendo che su alcuni link esistono i seguenti vincoli circa il numero di host collegabili:

Eth1: almeno 50 host (compreso B)

Eth2: almeno 50 host (compreso C)

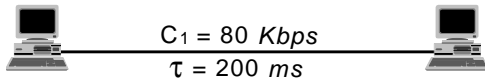
Eth3: almeno 40 host (compreso D)

Costruire infine tutte le tabelle di instradamento necessarie.



### ESERCIZIO 3

Si supponga di avere 2 host TCP/IP connessi da una linea full-duplex punto-a-punto con capacità  $C = 80$  Kbps e ritardo  $\tau = 200$  ms, i quali comunicano utilizzando il protocollo di trasporto UDP.



Le caratteristiche dei protocolli sono le seguenti:

Lunghezza\_Max\_Payload<sub>UDP</sub> = 2000 byte

H<sub>UDP</sub> = 8 Byte

H<sub>IP</sub> = 20 Byte

H<sub>DLC</sub> = 18 Byte

#### **Domande:**

Supponendo di frammentare i *datagram* IP in  $n$  *fragment* di ugual dimensione, determinare  $C_{SISTEMA}$  osservata al di sopra di UDP nei casi in cui:

- a)  $n = 2$
- b)  $n = 4$

determinando altresì le MTU da imporre sul DLC affinché avvengano tali frammentazioni.

### ESERCIZIO 4

1. Illustrare nel dettaglio gli schemi di controllo di flusso dei protocolli IPv4, TCP, UDP.
2. Cosa si intende con *problema della risoluzione di un indirizzo IPv4*? Spiegare il concetto ricorrendo anche ad esempi.
3. Con riferimento ad un protocollo di comunicazione di livello 2, cosa si intende con *problema della trasparenza dei dati*? Quali sono le soluzioni al problema? (Nota: per spiegare più agevolmente il concetto è possibile anche utilizzare esempi di protocolli reali).
4. Sia dato un protocollo di livello 2 di tipo *Stop-and-Wait* utilizzato su un canale *punto a punto full-duplex*. E' necessario utilizzare un campo per la numerazione delle PDU-DATI? Perché? Spiegare in dettaglio le varie motivazioni.



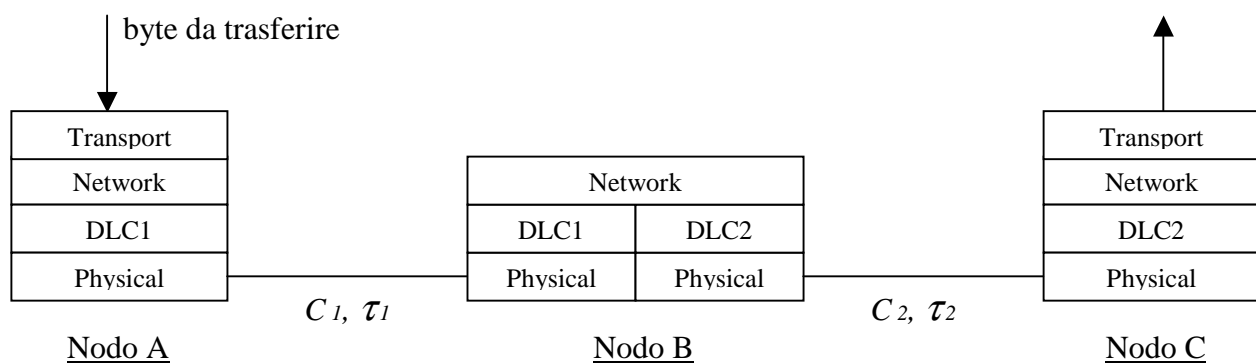
# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2011/12

RETI DI CALCOLATORI (Sede MN) - Appello d'esame del 22/11/2012

## ESERCIZIO 1

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori) dove il nodo B, avente buffer di dimensione infinita, commuta le PDU di livello 3 con modalità *store-and-forward* con  $\tau_{forwarding} = 0$ .

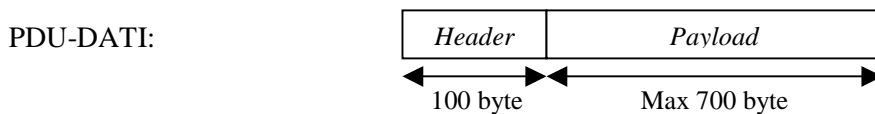


Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

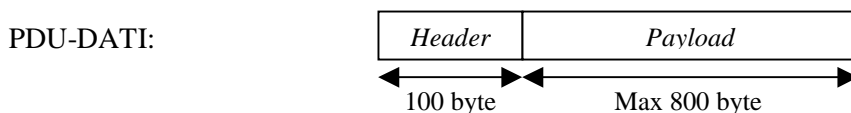
$C_1 = 16000 \text{ bps}$        $\tau_1 = 75 \text{ ms}$   
 $C_2 = \text{da determinare}$        $\tau_2 = 200 \text{ ms}$

Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

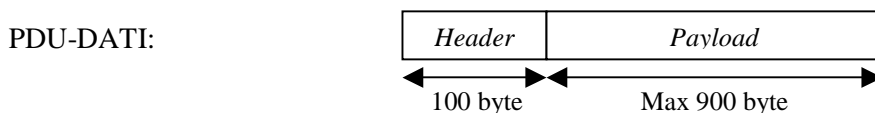
Il livello **Transport** utilizza un protocollo **non** confermato:



Il livello **Network** utilizza un protocollo **non** confermato:



I livelli **DLC1** e **DLC2** utilizzano un protocollo **non** confermato



### Domande:

(Disegnare gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi giustificando sempre ogni espressione analitica riportata)

1. Calcolare il bit-rate  $C_2$  affinché la capacità del sistema ( $C_{SISTEMA}$ ) sperimentata al di sopra del livello Transport sia pari a 350 Byte/s.
2. Utilizzando il valore  $C_2$  calcolato al punto 1, supponendo che la dimensione massima del Payload del protocollo DLC1 sia pari a 500 byte anziché 900 byte e sapendo che il protocollo di livello Network supporta la frammentazione (nello stile IPv4) con ricomposizione sul destinatario, calcolare la capacità del sistema ( $C_{SISTEMA}$ ) sperimentata al di sopra del livello Transport.
3. Mettendosi nelle ipotesi del punto 2, calcolare la capacità del sistema ( $C_{SISTEMA}$ ) nel caso in cui  $\tau_2 = 100\text{ ms}$  anziché  $\tau_2 = 200\text{ ms}$ .

### ESERCIZIO 2

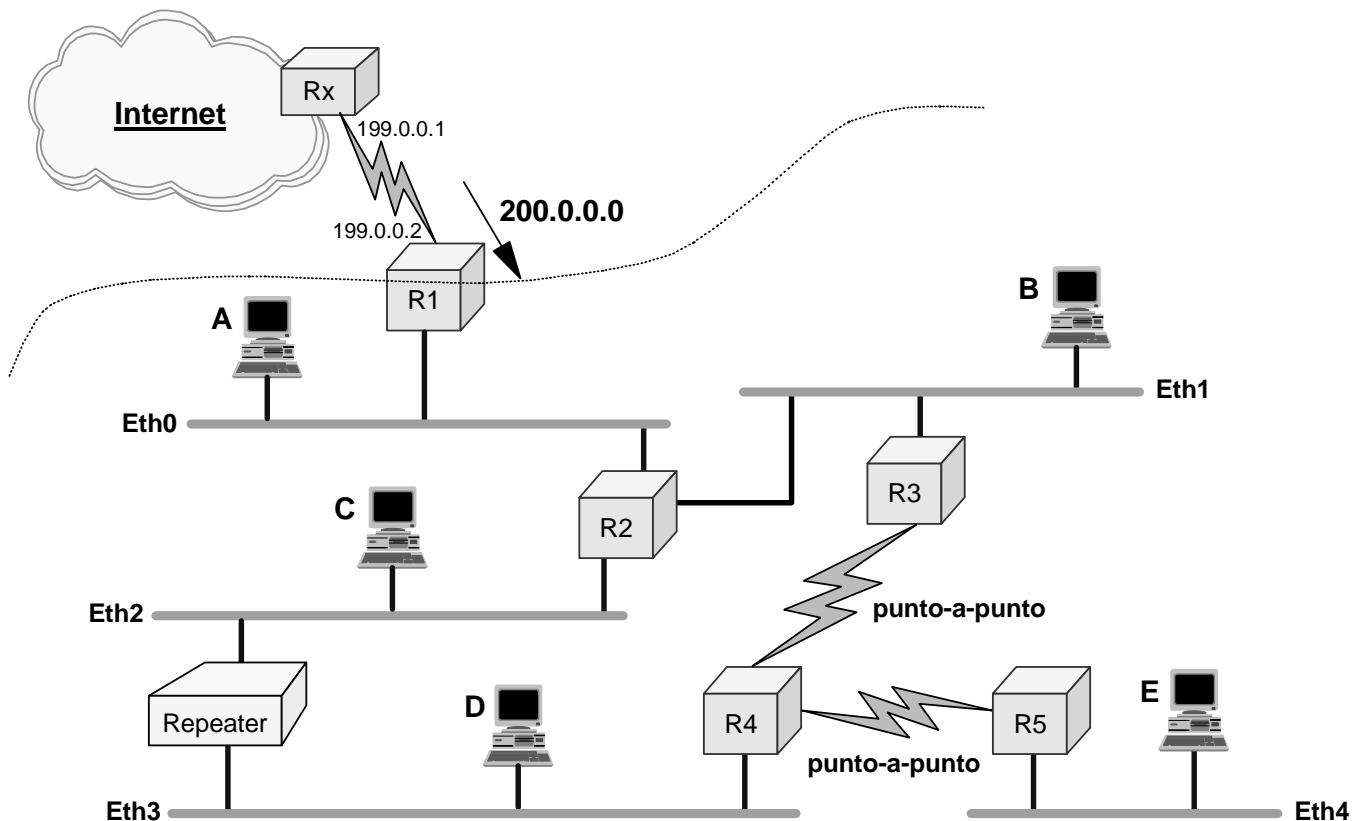
Sia data la rete riportata sotto. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 200.0.0.0 / 24. Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura utilizzando tutto lo spazio assegnato, sapendo che su alcuni link esistono i seguenti vincoli circa il numero di host collegabili:

Eth1: almeno 50 host (compreso B)

Eth2: almeno 50 host (compreso C)

Eth3: almeno 40 host (compreso D)

Costruire infine tutte le tabelle di instradamento necessarie.





### ESERCIZIO 3

Sia data la rete indicata qui sotto, formata dall'interconnessione di 5 segmenti LAN Ethernet. I dispositivi di interconnessione sono i Bridge Transparent *Bridge1* e *Bridge2*.

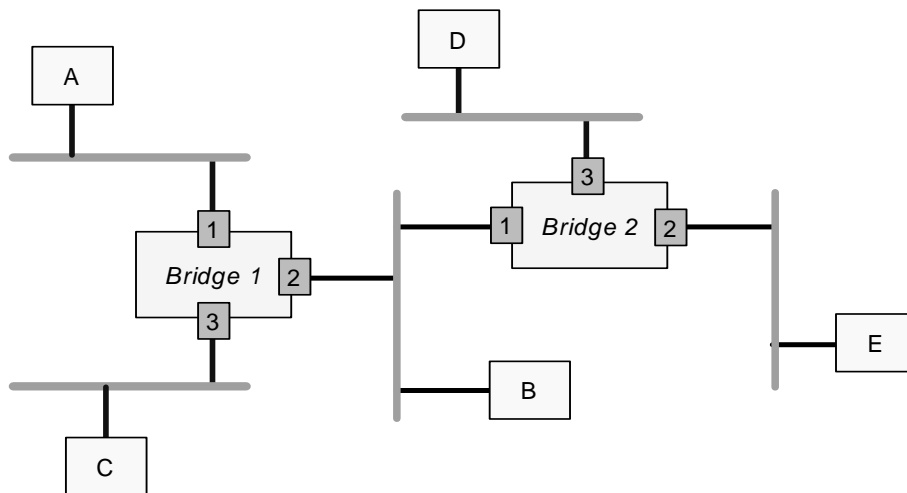
La rete è stata appena avviata, quindi nessuna frame è ancora stata trasmessa. Spiegare come avviene la propagazione delle frame sulla rete, evidenziando inoltre il contenuto delle tabelle sui nodi (*station cache*), quando avvengono le seguenti trasmissioni:

1<sup>a</sup> trasmissione: da A a D

2<sup>a</sup> trasmissione: da E a A

3<sup>a</sup> trasmissione: da E a C

4<sup>a</sup> trasmissione: da B a D



### ESERCIZIO 4

1. Illustrare gli schemi *Stop-and-Wait*, *Go-Back-n*, *Selective Repeat*.
2. Supponendo di avere a disposizione un protocollo di comunicazione conforme allo schema *Go-Back-n* con un tracciato di *PDU* dato, è possibile trasmettere con finestre arbitrariamente ampie?



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – a.a. 2009/10

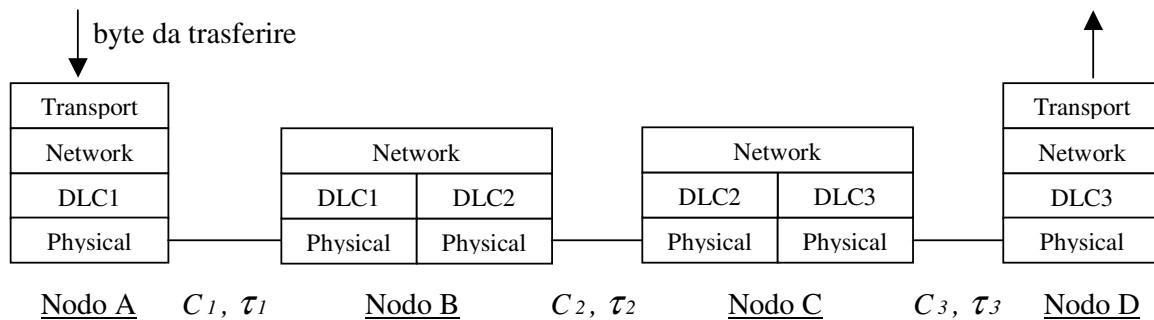
RETI DI CALCOLATORI (Sede MN) - Esame del 23/09/2010

Tempo a disposizione 2h 30'

## ESERCIZIO 1 (peso 0,30)

Sia data la rete indicata in figura, di cui si vuole studiare il comportamento prestazionale nel caso di trasferimento di un flusso continuo di byte da A a D. Il sistema funziona sotto le seguenti ipotesi:

- Il sistema è privo di errori.
- I nodi B e C commutano i pacchetti a livello 3 in modalità *store-and-forward* con un tempo di commutazione (fase di *processing*) trascurabile.
- Tutti i nodi indicati dispongono di buffer di dimensione infinita.
- Solo quando necessario, il livello *Network* di un nodo esegue la frammentazione delle PDU, con ricomposizione dei frammenti sempre e solo sul nodo destinatario D.
- Nel caso un protocollo sia confermato, l'entità destinataria genera immediatamente una PDU-ACK per ogni PDU-DATI corretta ricevuta.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (tutti *full-duplex*):

$$C_1 = 32000 \text{ bps}$$

$$\tau_1 = 100 \text{ ms}$$

$$C_2 = 40000 \text{ bps}$$

$$\tau_2 = 100 \text{ ms}$$

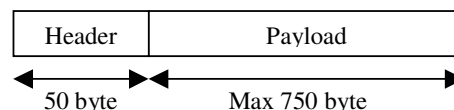
$$C_3 = 48000 \text{ bps}$$

$$\tau_3 = 50 \text{ ms}$$

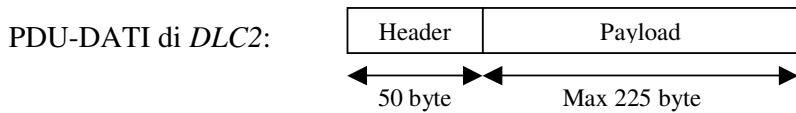
### Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

**DLC1** utilizza un protocollo non confermato:

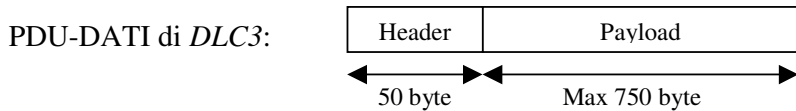
PDU-DATI di *DLC1*:



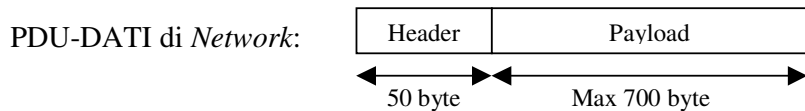
**DLC2** utilizza un protocollo non confermato:



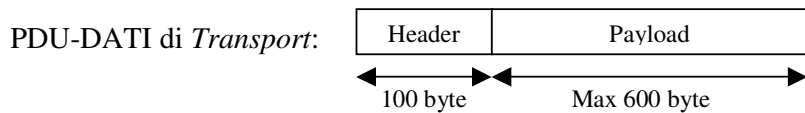
**DLC3** utilizza un protocollo non confermato:



**Network** utilizza un protocollo non confermato:



**Transport** utilizza un protocollo confermato *Go-Back-n* con  $n$  variabile:



PDU-ACK di *Transport*: solo la porzione testata

**DOMANDE (disegnare sempre gli schemi temporali e motivare analiticamente le risposte)**

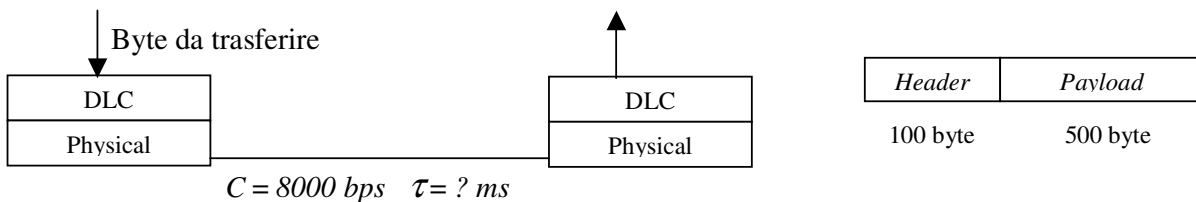
1. Determinare l'espressione analitica di  $C_{sistema}(n)$  sperimentata dal trasferimento in questione al di sopra del livello *Transport* e tracciarne il grafico.
2. Determinare a quale valore tende  $C_{sistema}$  quando  $n \rightarrow \infty$ .
3. Determinare il valore della quantità  $C_{sistema}$  quando il protocollo di livello *Transport* è di tipo *Stop-and-Wait*.

## ESERCIZIO 2 (peso 0,30)

1. Spiegare due tecniche di commutazione impiegate nelle reti a pacchetto e, per ciascuna di esse, un esempio di utilizzo in dispositivi reali.
2. Mostrare la differenza di funzionamento tra un nodo intermedio a commutazione di circuito e un nodo intermedio a commutazione di pacchetto.
3. Si consideri una semplice rete formata da due nodi connessi direttamente attraverso un canale punto a punto. Supponendo di utilizzare un protocollo di livello 2 di tipo *Stop-and-Wait*, dire, motivando la risposta, se è possibile evitare la numerazione delle *PDU-DATI*.
4. Siano dati i seguenti spazi di indirizzamento IPv4:  
197.2.4.0/24    197.2.10.0/24    150.0.0.0/16    197.2.2.0/24    150.1.0.0/16  
Utilizzando gli indirizzi qui sopra riportati, effettuare un *subnetting* ed un *supernetting*.
5. Indicare a quali valori vengono impostati i *time-out di ritrasmissione* nei protocolli IPv4, TCP, UDP.

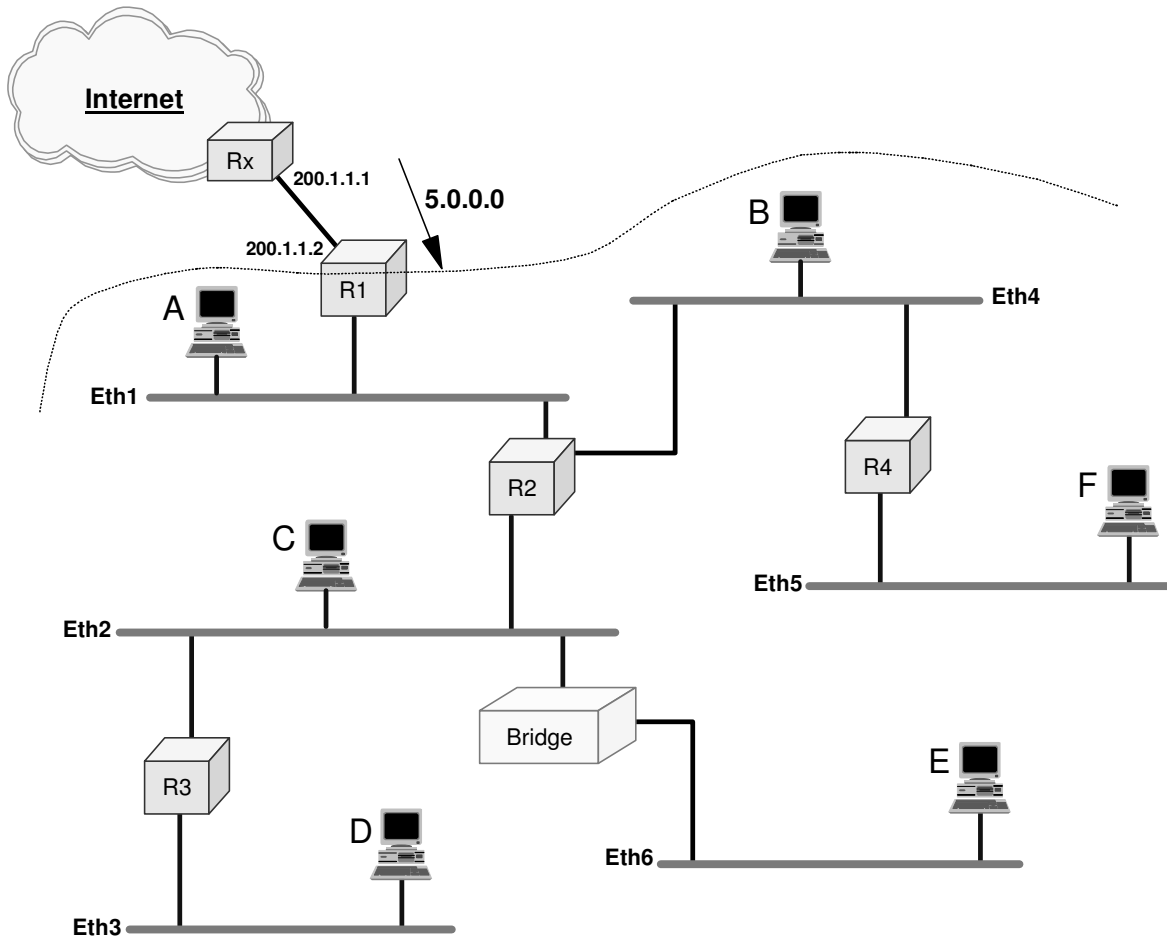
## ESERCIZIO 3 (peso 0,20)

Siano dati due nodi adiacenti utilizzanti un protocollo DLC confermato di tipo *Go-Back-n*, con  $n=3$  (la *PDU-DATI* è indicata nella figura a destra; la *PDU-ACK* è costituita solo dalla parte *Header*). Determinare per quale/i valore/i di  $\tau$  la grandezza  $C_{sistema}$  (sperimentata al di sopra del DLC) è massima, calcolandone il valore.



**ESERCIZIO 4 (peso 0,20)**

Sia data la rete riportata in figura. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 5.0.0.0/8. Stendere un piano di indirizzamento utilizzando tutto lo spazio assegnato. Per tutti i nodi indicati in figura, scrivere infine le tabelle di instradamento IP necessarie.





# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

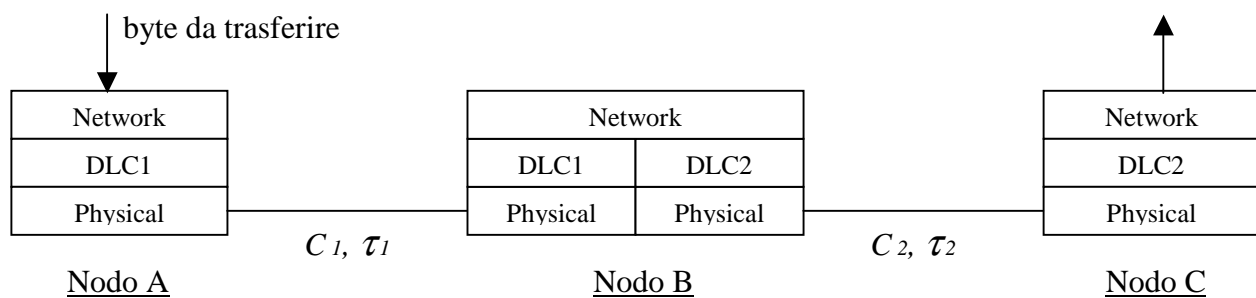
Facoltà di Ingegneria – A.A. 2010/11

RETI DI CALCOLATORI (Sede distaccata di Mantova) - Esame del 23/09/2011

Pesi dei singoli esercizi: 0,35 – 0,25 – 0,15 – 0,25

## ESERCIZIO 1

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori) dove il nodo B commuta i pacchetti in modalità *store-and-forward* con un tempo di commutazione trascurabile.



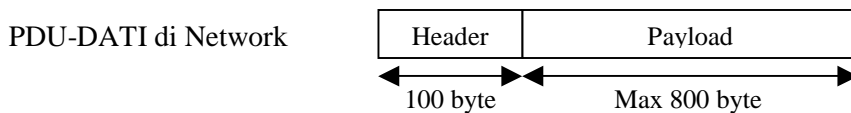
Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

$$C_1 = 16.000 \text{ bps} \quad \tau_1 = 100 \text{ ms}$$

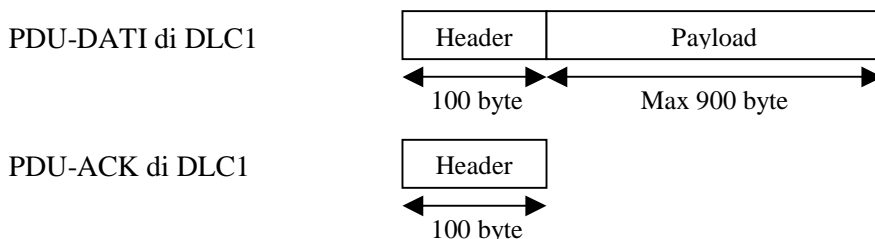
$$C_2 = 20.000 \text{ bps} \quad \tau_2 = 120 \text{ ms}$$

### Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

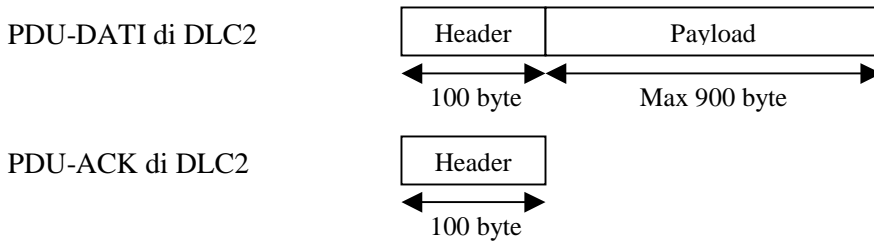
**Network** utilizza un protocollo non confermato, il quale prevede, quando serve, la funzione di frammentazione (come al solito ipotizzare che l'operazione di ricomposizione della PDU frammentata venga svolta solo sul destinatario finale C)



Il livello **DLC1** utilizza un protocollo confermato di tipo Stop-and-Wait:



Il livello **DLC2** utilizza un protocollo confermato di tipo Stop-and-Wait:



**Domande:**

**(Disegnare sempre tutti gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi)**

1. Calcolare la capacità del sistema  $C_{sistema}$  sperimentata al di sopra del livello *Network*, quando è in corso un trasferimento dal nodo A al nodo C.  
 Supponendo di dare un incremento infinitesimo (+/-) alle quantità  $C_1$ ,  $\tau_1$ ,  $C_2$ ,  $\tau_2$ , determinare la conseguente variazione di  $C_{sistema}$ .
2. Determinare tutto quanto richiesto al punto precedente nel caso in cui la dimensione max del Payload di DLC2 è 500 byte anziché 900 byte.

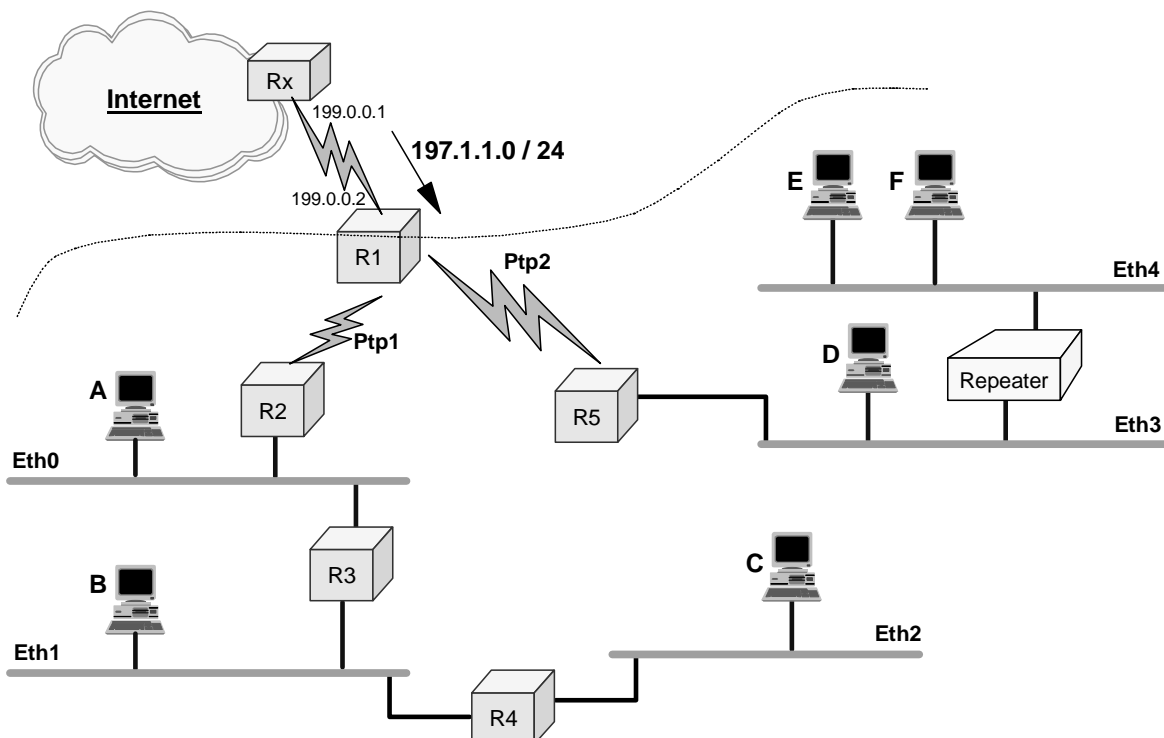
**ESERCIZIO 2**

Sia data la rete IPv4 indicata nella figura qui di seguito. Su alcuni segmenti LAN esistono dei vincoli circa il numero di host che devono poter essere collegati:

Eth2: n.90 host

Eth3: n.55 host

Internet assegna lo spazio di indirizzamento IPv4 **197.1.1.0/24**. Stendere un piano di indirizzamento (indicando le subnet mask) per la rete indicata nella figura impiegando tutto lo spazio di indirizzamento disponibile e costruendo altresì tutte le tabelle di instradamento IPv4 necessarie.



### **ESERCIZIO 3**

Si supponga di avere un canale ad accesso multiplo con topologia a bus di lunghezza pari a  $l$  km e bit-rate pari a  $C$ . Su tale canale viene utilizzato il protocollo d'accesso CSMA/CD.

Sapendo che i segnali si propagano alla velocità di 200.000 km/s e che le stazioni connesse su tale canale trasmettono messaggi di lunghezza pari a 150 byte, determinare se esistono valori di  $C$  per cui:

1. si può affermare che non si verificheranno mai collisioni;
2. si potranno verificare collisioni non rilevabili dalle stazioni;

Motivare sempre le risposte.

### **ESERCIZIO 4**

1. Spiegare cosa si intende con i termini *subnetting* e *supernetting*, riportando anche alcuni esempi numerici.
2. Illustrare l'algoritmo di routing utilizzato dai dispositivi *Transparent Bridge*.
3. Con riferimento ad un protocollo di comunicazione di livello 2 (es. SDLC), spiegare cosa si intende con *problema della trasparenza dei dati*, illustrando le possibili soluzioni.





# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2010/11

RETI DI CALCOLATORI (Sede di MN) – Appello d'esame del 24/02/2012

Pesi esercizi: 0,35 – 0,25 – 0,20 – 0,20

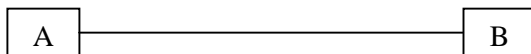
Tempo a disposizione: 2h30'

## ESERCIZIO 1

1. Con riferimento al protocollo TCP, spiegare:
  - a. come vengono impostati i *time-out* del protocollo
  - b. cosa si intende con l'espressione *ambiguità delle PDU-ACK*
  - c. perché viene introdotto e cosa prevede l'*algoritmo di Karn*
2. Avvalendosi anche (ma non solo) di esempi, illustrare le differenze sostanziali tra lo schema di indirizzamento IPv4 *classfull* e *classless*.
3. Spiegare nel dettaglio *algoritmi di routing* e tecniche di *forwarding* utilizzati dai *transparent bridge*.
4. Illustrare in dettaglio il funzionamento di uno specifico protocollo d'accesso (ad un canale condiviso), appartenente alla famiglia dei protocolli con assegnamento su domanda del canale.
5. Dato un protocollo di comunicazione di tipo *stop-and-wait* con *PDU non* numerate (il livello sottostante fornisce il servizio di consegna in sequenza), mostrare se vi possono essere malfunzionamenti del protocollo nei seguenti casi:
  - a) perdita di una *PDU-DATI*;
  - b) perdita di una *PDU-ACK*.In caso affermativo indicare i rimedi.

## ESERCIZIO 2

Si supponga di avere 2 host TCP/IP connessi da una linea full-duplex punto-a-punto con capacità  $C = 80$  Kbps e ritardo  $\tau = 250$ ms.



Ipotesi:

- Il sistema è privo di errori
- L'entità TCP destinataria conferma ogni *PDU-DATI* ricevuta generando una *PDU-ACK* in un tempo trascurabile
- Gli overhead dei protocolli sono:  $H_{TCP} = 20$  byte ;  $H_{IP} = 20$  byte ;  $H_{DLC} = 25$  byte
- $MSS = 800$  byte
- $MTU = 225$  byte

**Domande:**

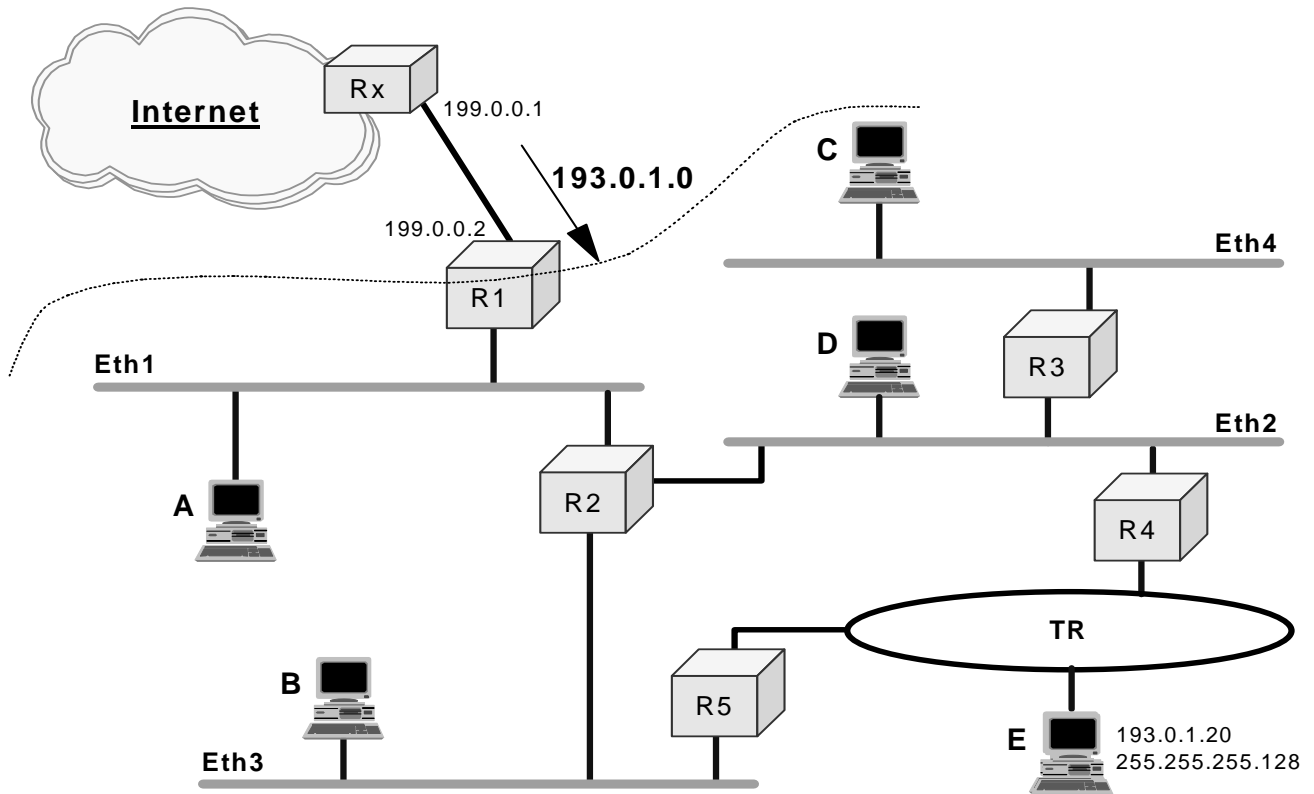
1. Determinare l'espressione analitica di  $C_{SISTEMA}(W_{TRASM})$ , osservata al di sopra di una *connection* TCP, quando  $W_{TRASM} = nMSS$ , dove  $n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ . Calcolare altresì il valor massimo di  $C_{SISTEMA}$ , indicando per quali valori di  $W_{TRASM}$  esso viene raggiunto.
2. Determinare quanto richiesto al punto 1 nell'ipotesi in cui l'entità TCP destinataria generi una sola *PDU-ACK* (cumulativa) per ogni finestra di messaggi a fronte della ricezione dell'ultima *PDU-DATI* in finestra.

### ESERCIZIO 3

Sia data la rete indicata in figura. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 193.0.1.0/24. Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura coerentemente con lo spazio che è stato assegnato da Internet e con i seguenti vincoli:

- Assegnazione ad E: 193.0.1.20 netmask 255.255.255.128
- Su **Eth1** devono poter essere connessi almeno 50 host
- Il piano di indirizzamento deve utilizzare tutto lo spazio assegnato

Per ogni LAN scrivere gli intervalli di indirizzi utilizzabili su tale link, costruendo infine tutte le tabelle di instradamento necessarie.

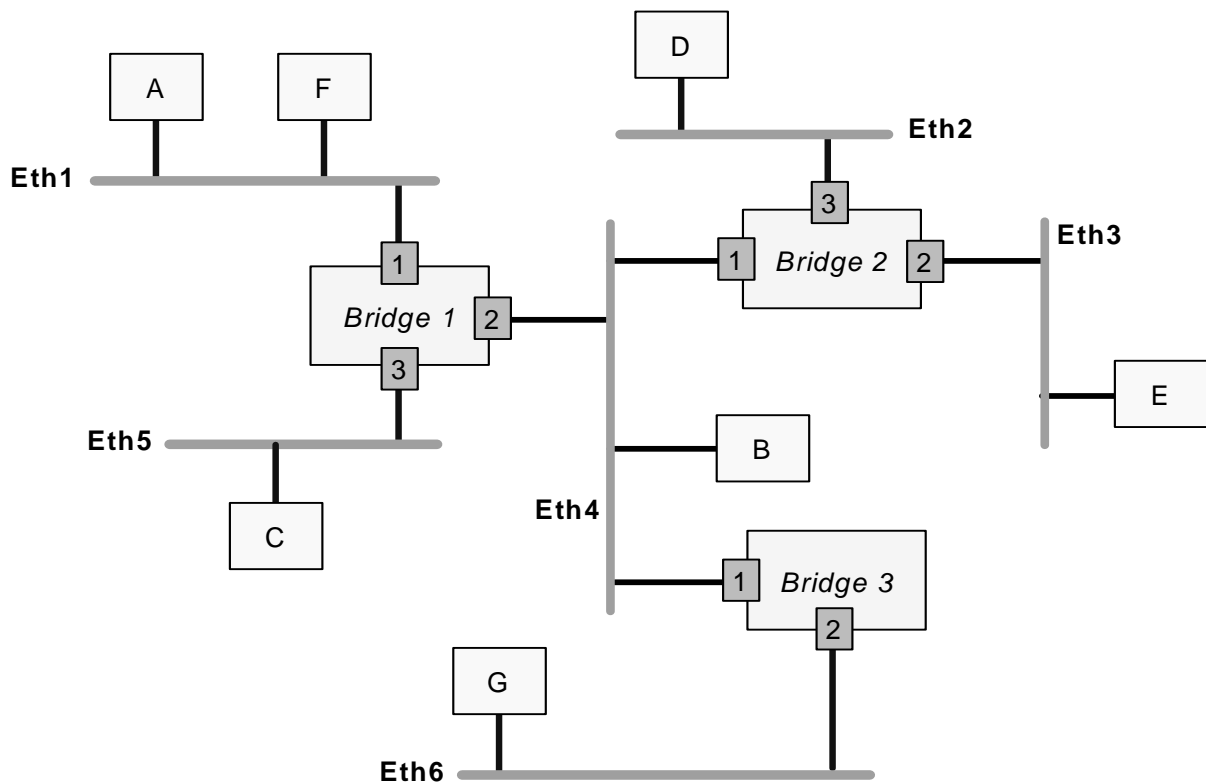


## ESERCIZIO 4

Sia data la rete indicata qui sotto, formata dall'interconnessione di 5 segmenti LAN Ethernet. I dispositivi di interconnessione sono Bridge Transparent.

La rete è stata appena avviata, quindi nessuna *frame* è ancora stata trasmessa. Spiegare come avviene la propagazione delle *frame* sulla rete, evidenziando inoltre il contenuto delle tabelle sui nodi (*station cache*), quando avvengono, in ordine, i seguenti invii:

- 1^ invio: da A a F
- 2^ invio: da F a A
- 3^ invio: da E a C
- 4^ invio: da B a D
- 5^ invio: da D a A
- 6^ invio: da B a E
- 7^ invio: da E a B





# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – a.a. 2009/10

RETI DI CALCOLATORI (Sede MN) - 2<sup>a</sup> Prova in itinere / Esame del 25/06/2010

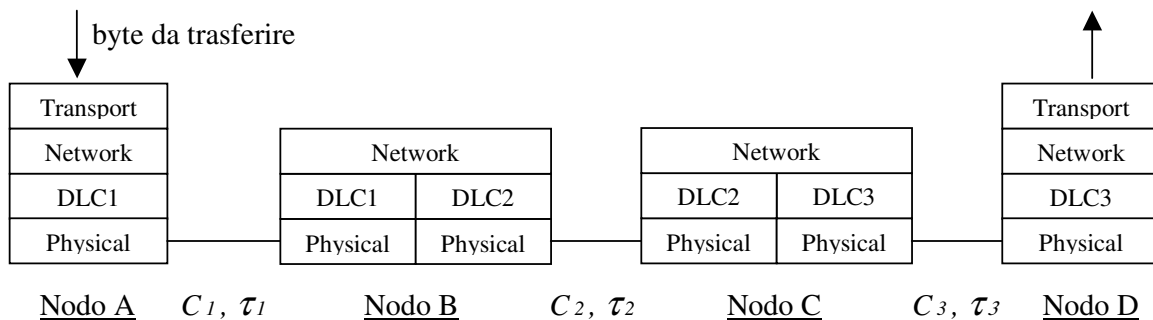
2<sup>a</sup> Prova in itinere: esercizi n. 3-4-5 tempo a disposizione 1h 45'

Prova completa d'esame: esercizi 1-2-3-4-5 tempo a disposizione 2h 30'

## ESERCIZIO 1 (peso 0,30)

Sia data la rete indicata in figura, di cui si vuole studiare il comportamento prestazionale nel caso di trasferimento di un flusso continuo di byte da A a D. Il sistema funziona sotto le seguenti ipotesi:

- Il sistema è privo di errori.
- I nodi B e C commutano i pacchetti a livello 3 in modalità *store-and-forward* con un tempo di commutazione (fase di *processing*) trascurabile.
- Tutti i nodi indicati dispongono di buffer di dimensione infinita.
- Solo quando necessario, il livello *Network* di un nodo esegue la frammentazione delle PDU, con ricomposizione dei frammenti sempre e solo sul nodo destinatario D.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (tutti *full-duplex*):

$$C_1 = 25600 \text{ bps}$$

$$\tau_1 = 50 \text{ ms}$$

$$C_2 = 16000 \text{ bps}$$

$$\tau_2 = 100 \text{ ms}$$

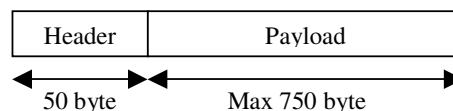
$$C_3 = 32000 \text{ bps}$$

$$\tau_3 = \text{var}$$

## Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

DLC1 utilizza un protocollo confermato Go-Back-n con  $n=2$ :

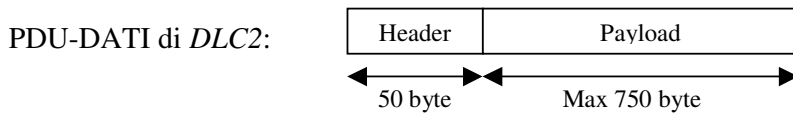
PDU-DATI di DLC1:



PDU-ACK di DLC1:

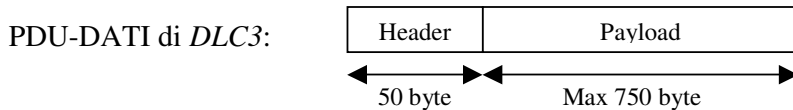
solo la porzione testata

**DLC2** utilizza un protocollo confermato Go-Back-n con  $n=2$ :



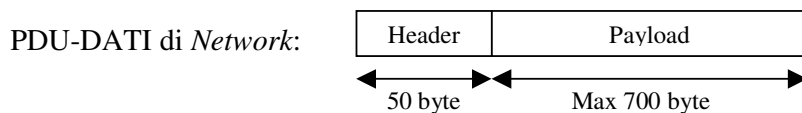
PDU-ACK di *DLC2*: solo la porzione testata

**DLC3** utilizza un protocollo confermato Stop-and-Wait:

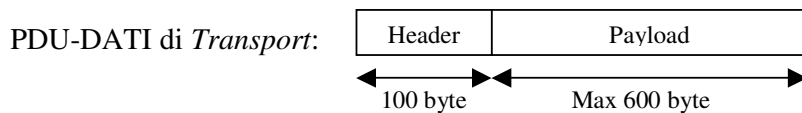


PDU-ACK di *DLC3*: solo la porzione testata

**Network** utilizza un protocollo non confermato:



**Transport** utilizza un protocollo non confermato:



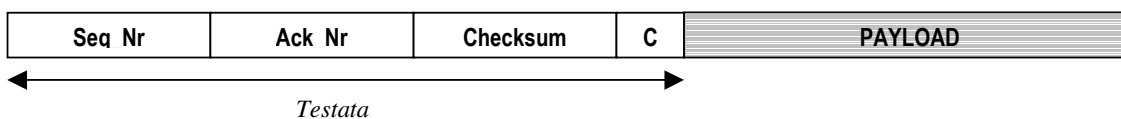
**DOMANDE (disegnare sempre gli schemi temporali e motivare analiticamente le risposte)**

1. Determinare l'espressione analitica di  $C_{sistema}(\tau_3)$  sperimentata dal trasferimento in questione al di sopra del livello *Transport* e tracciarne il grafico.
2. Determinare per quale/i valore/i di  $\tau_3$  la quantità  $C_{sistema}$  assume valore massimo, specificando tale valore.
3. Determinare per quale/i valore/i di  $\tau_3$  la quantità  $C_{sistema}$  assume valore pari al 50% del suo valore massimo.
4. Fissando  $\tau_3 = 0,05 s$ , determinare il segno della variazione della quantità  $C_{sistema}$  nei seguenti casi:
  - a.  $C_1$  viene incrementata di una quantità infinitesima  $\alpha$ .
  - b.  $C_2$  viene incrementata di una quantità infinitesima  $\alpha$ .
  - c.  $C_3$  viene incrementata di una quantità infinitesima  $\alpha$ .

## ESERCIZIO 2 (peso 0,14)

Sia dato un protocollo di comunicazione confermato di tipo *Go-Back-n*, operante a livello 4 (*Transport*) e avente le caratteristiche riportate qui sotto.

Tracciato delle **PDU-DATI** e **PDU-ACK** (quando le **PDU** hanno solo significato di **PDU-ACK** non esiste il campo PAYLOAD):



*Seq\_Nr* (32 bit) = Significativo per le **PDU-DATI**. Numero di sequenza della **PDU-DATI**.

*Ack\_Nr* (32 bit) = Significativo per le **PDU-ACK**. Numero di sequenza della prossima **PDU-DATI** attesa dal destinatario.

*Checksum* (32 bit) = Significativo per tutte le **PDU**. Controllo di integrità della **PDU** impostato dall'entità mittente e controllato dall'entità destinataria.

*C* (1 bit) = Flag di notifica di una situazione di congestione. Impostato da un'entità (di livello 4) di un nodo in stato di congestione. Viene spedito dal nodo congestionato verso il mittente del traffico.

Tenuto conto che:

- il protocollo in questione è presente solo sui 2 nodi finali (*end-system*)
- gli *end-system* di norma non sono adiacenti e sono collegati attraverso una dorsale a commutazione di pacchetto
- la dorsale commuta i pacchetti a livello 3
- i protocolli di livello 2 e 3 dell'intera rete sono non confermati (con riferimento alle funzioni di un livello architetturale, tali protocolli eseguono solo un controllo di integrità delle loro PDU con scarto in caso di errore)

dire (motivando sempre le risposte e spiegando eventuali meccanismi impiegati) se e come possono essere svolte dal protocollo sopra descritto le funzioni: *fragmentation* (frammentazione); *ordered delivery* (consegna in sequenza); *flow-control* (controllo di flusso); *error control* (controllo degli errori); *protocol multiplexing* (multiplicazione dei protocolli); *piggybacking* delle PDU.

## ESERCIZIO 3 (peso 0,20)

1. Cosa si intende nell'architettura TCP/IP con *problema della risoluzione di indirizzo da livello 3 a livello 2* ? Come viene risolto?
2. I protocolli IP, TCP, UDP utilizzano *time-out* di ritrasmissione? Se sì a quali valori vengono impostati?
3. Illustrare quali sono i meccanismi adottati dal protocollo TCP per evitare di congestionare i nodi intermedi ed il destinatario finale.
4. Indicare un dispositivo di tipo *gateway*, illustrandone nel dettaglio il funzionamento.

**ESERCIZIO 4 (peso 0,18)**

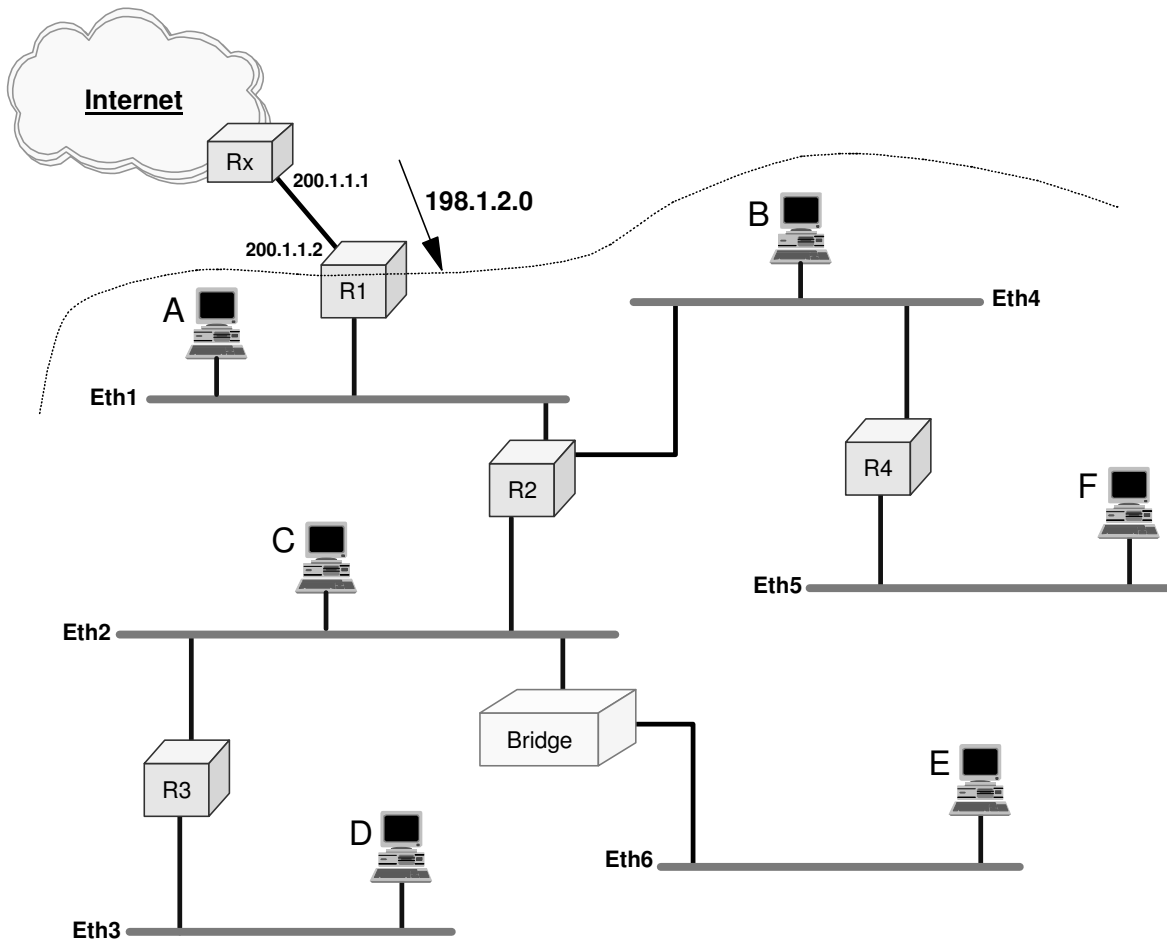
Sia data la rete riportata in figura. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 198.1.2.0/24. Stendere un piano di indirizzamento utilizzando tutto lo spazio che è stato assegnato, sapendo che su alcuni link esistono i seguenti vincoli sul numero di host collegabili:

Eth1: almeno 40 host

Eth2: almeno 25 host

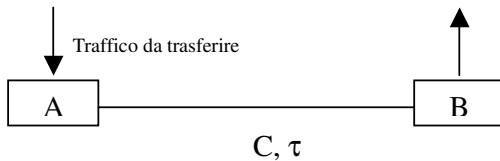
Eth6: almeno 55 host

Per tutti i nodi indicati in figura, scrivere infine le tabelle di instradamento IP necessarie.



### **ESERCIZIO 5 (peso 0,18)**

Si supponga di avere 2 host, A e B, con stack TCP/IP connessi direttamente da un canale di comunicazione punto a punto full-duplex avente capacità  $C=64.000 \text{ bps}$  e ritardo  $\tau = 200 \text{ ms}$ .



Ipotesi:

- Si apre una nuova connection TCP per effettuare un trasferimento di traffico applicativo (byte) da A a B.
- Il trasferimento è privo di errori e TCP destinatario genera, in un tempo trascurabile, un ACK per ogni segment corretto ricevuto.
- Gli overhead di incapsulamento non sono trascurabili:  $H_{tcp}=20 \text{ byte}$ ,  $H_{ip}=20 \text{ byte}$ ,  $H_{dlc}=160 \text{ byte}$
- $MSS=800 \text{ byte}$

**Domande (disegnare sempre gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi):**

1. Supponendo che  $W_{rec} = \underline{cost} = 6400 \text{ byte}$ , determinare il tempo necessario per trasferire da A a B sulla *connection* una sequenza di 8000 byte (si richiede il valore dell'intervallo di tempo che inizia dall'istante di completamento dello schema *three-way-handshake* e che termina con l'istante di arrivo dell'ultimo *segment* su B)
2. Calcolare quanto richiesto nella domanda 1 nei casi in cui anzichè  $W_{rec} = \underline{cost} = 6400 \text{ byte}$  si ha:
  - a.  $W_{rec} = \underline{cost} = 8000 \text{ byte}$
  - b.  $W_{rec} = \underline{cost} = 8800 \text{ byte}$
  - c.  $W_{rec} = \underline{cost} = 1600 \text{ byte}$





# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2010/11

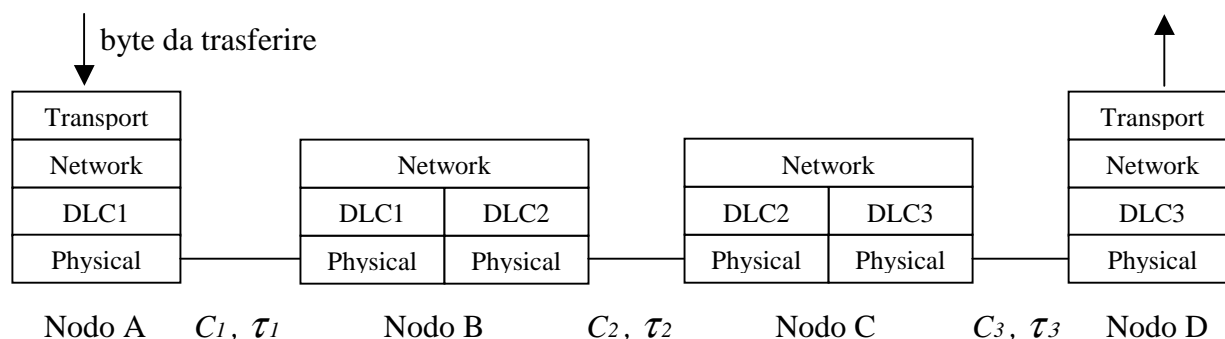
RETI DI CALCOLATORI - Appello straordinario del 26/03/2012 (Sede MN)

Pesi: 0,34 - 0,18 - 0,18 - 0,30

Durata: 2h 30'

## ESERCIZIO 1

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori), in cui i nodi B e C commutano i pacchetti a livello 3 in modalità *store-and-forward* con tempo di commutazione (fase di *processing* della testata della *PDU*) trascurabile. Tutti i nodi indicati dispongono di buffer di dimensione infinita.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (*full-duplex*):

$$C_1 = 25600 \text{ bps}$$

$$\tau_1 = 100 \text{ ms}$$

$$C_2 = 24000$$

$$\tau_2 = 50 \text{ ms}$$

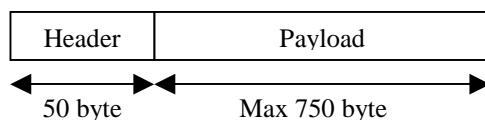
$$C_3 = 27500 \text{ bps}$$

$$\tau_3 = 100 \text{ ms}$$

### Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

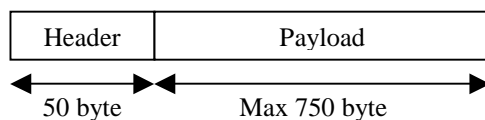
**DLC1** utilizza un protocollo non confermato:

PDU-DATI di *DLC1*:



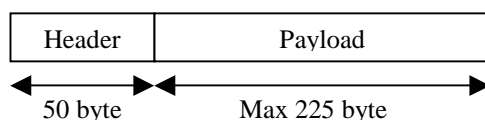
**DLC2** utilizza un protocollo non confermato:

PDU-DATI di *DLC2*

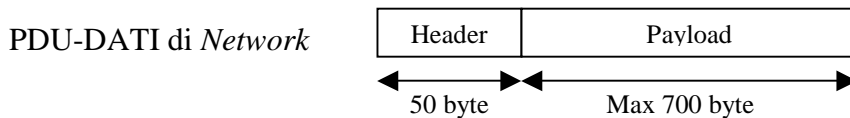


**DLC3** utilizza un protocollo non confermato:

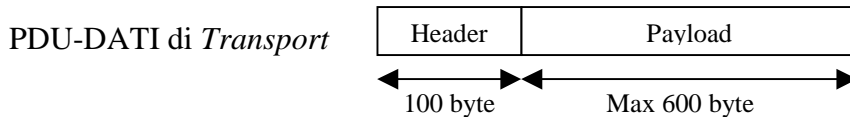
PDU-DATI di *DLC3*



**Network** utilizza un protocollo non confermato:



**Transport** utilizza un protocollo confermato Go-Back-n (con  $n$  variabile)



PDU-ACK di *Transport*: solo la porzione testata

### Domande

1. Supponendo che il livello *Network* dei nodi supporti la frammentazione delle *PDU* (con ricomposizione sul destinatario finale), determinare l'espressione analitica di  $C_{sistema}(n)$  sperimentata al di sopra del livello *Transport* al variare di  $n$  nell'insieme  $\mathcal{N}$  e tracciarne il grafico. Indicare altresì il/i valore/i di  $n$  per i quali  $C_{sistema}(n)$  è massima.
2. Si supponga di fissare  $n=1000$ . Determinare, motivando analiticamente la risposta, il segno della variazione di  $C_{sistema}$  quando:
  - a.  $\tau_1$  varia di una quantità infinitesima;
  - b.  $\tau_2$  varia di una quantità infinitesima;
  - c.  $\tau_3$  varia di una quantità infinitesima;
  - d.  $C_1$  varia di una quantità infinitesima;
  - e.  $C_2$  varia di una quantità infinitesima;
  - f.  $C_3$  varia di una quantità infinitesima;

### Nota:

- Motivare sempre le risposte
- Fare sempre gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi
- Nelle risposte alle domande 1 e 2 ipotizzare che al livello *Transport* venga consegnata una quantità illimitata di byte da trasferire

## ESERCIZIO 2

Sia data la rete riportata sotto. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 200.0.0.0 (cioè un Net\_Addr di classe C).

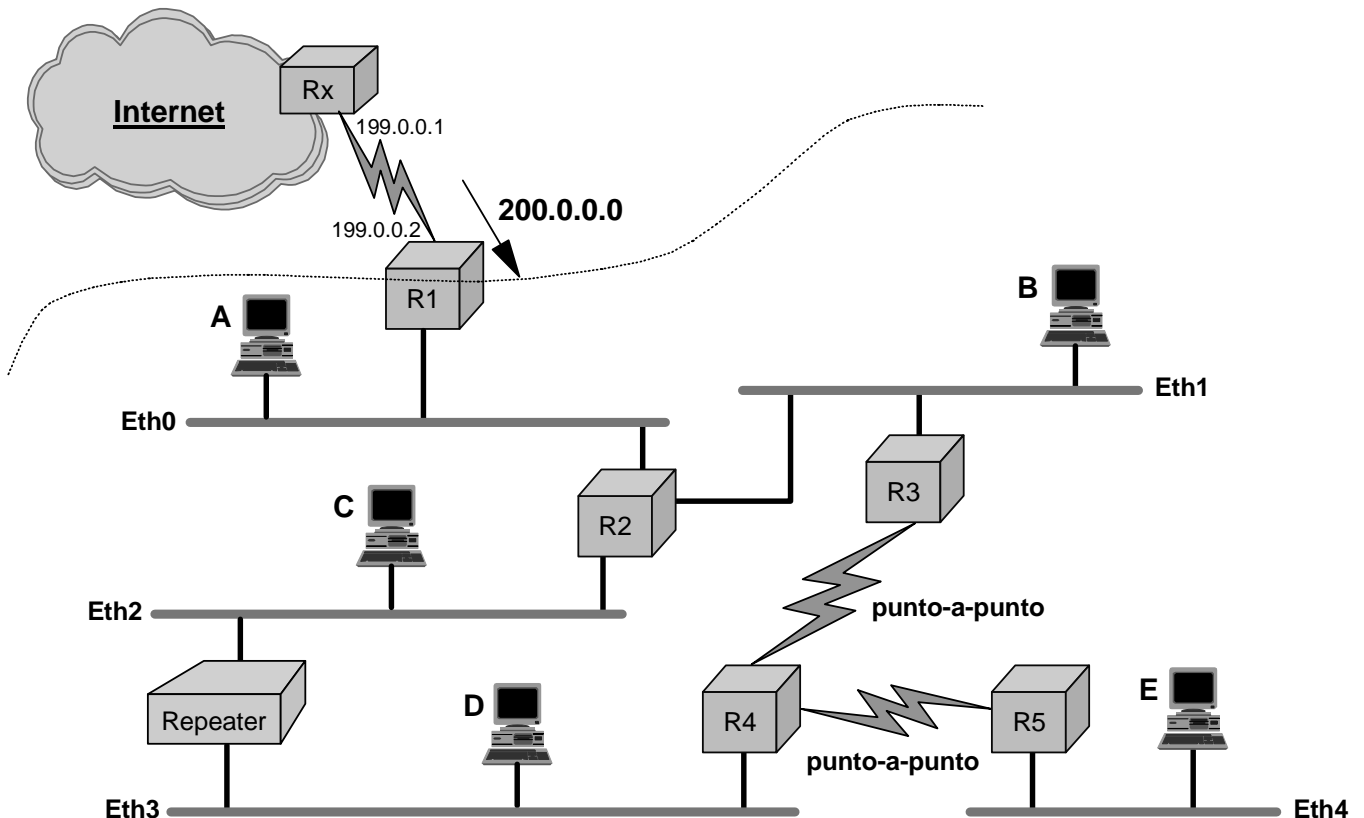
Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura utilizzando tutto il Net\_Addr che è stato assegnato e sapendo che su alcuni link esistono i seguenti vincoli sul numero di host collegabili:

Eth2: almeno 20 host (compreso C)

Eth3: almeno 32 host (compreso D)

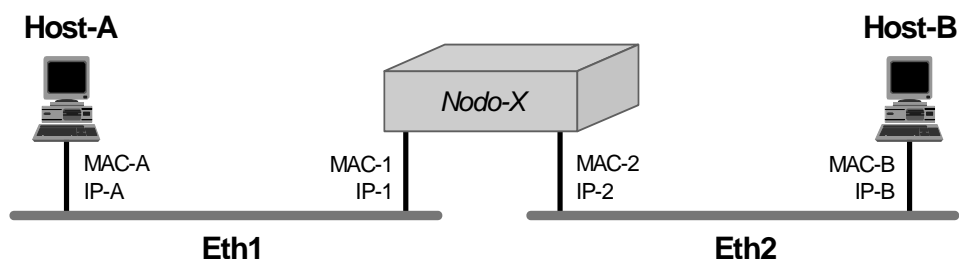
Eth4: almeno 100 host (compreso E)

Costruire infine tutte le tabelle di instradamento necessarie.



## ESERCIZIO 3

Si supponga di avere 2 host TCP/IP, *Host-A* e *Host-B*, connessi su 2 diverse LAN Ethernet a 10 Mbps (vedi figura sotto). Le 2 LAN sono collegate da un dispositivo di interconnessione (*Nodo-X*) al quale, quando necessario, vengono assegnati gli indirizzi di livello *DLC* **MAC-1** e **MAC-2** e gli indirizzi di livello *Network* **IP-1** e **IP-2**.



Il *NodoX* può essere:

1. Un *Repeater*
2. Un *Transparent Bridge*
3. Un *Router*
4. Un *Proxy/Web* (cioè funziona da *Proxy* dell'applicazione Web/HTTP)

Per ciascuno dei 4 casi sopra elencati, motivando sempre le risposte, dire:

- Se *NodoX* possiede gli indirizzi **MAC-1**, **IP-1**, **MAC-2**, **IP-2** e se questi sono utilizzati per svolgere la funzione di interconnessione.
- Nell'ipotesi in cui *Host-B* sia un Web Server e *Host-A* sia un Web Client che sta consultando pagine di tale Server (quindi le due stazioni utilizzano l'applicazione Web/HTTP), dire quali sono i valori degli indirizzi  
Src\_MAC\_Addr  
Dest\_MAC\_Addr  
Src\_IP\_Addr  
Dest\_IP\_Addr  
contenuti nelle testate delle PDU di livello 2 e 3 che:
  - viaggiano sulla Eth1 da *Host-A* a *Nodo-X*
  - viaggiano sulla Eth2 da *Nodo-X* a *Host-B*

#### **ESERCIZIO 4**

1. Si consideri la rete locale Ethernet:
  - a. Illustrare il principio di funzionamento di tale LAN.
  - b. Dato un segmento Ethernet formato da due sole stazioni A e B, detti  $t_A$  e  $t_B$  gli istanti di accesso al canale da parte rispettivamente di A e di B, dire sotto quale condizione le trasmissioni delle due stazioni vanno in *collisione*.
  - c. E' sempre possibile diagnosticare l'evento *collisione*?
2. Illustrare il protocollo d'accesso impiegato sulle reti Token Ring, inquadrandolo all'interno della classificazione vista a Lezione.
3. Illustrare una tecnica di forwarding (a scelta) vista a Lezione, riportando altresì un esempio di impiego in un dispositivo reale.
4. Con riferimento alle funzioni svolte dai protocolli di comunicazione dell'architettura TCP/IP, spiegare in dettaglio come e da quali protocolli vengono svolte le funzioni di:
  - a. *Ordered delivery*
  - b. *Protocol multiplexing*
  - c. *Fragmentation*
5. Si consideri l'architettura TCP/IP: vi sono dei casi in cui non è rispettato il principio costruttivo fondamentale dell'*indipendenza dei livelli*?



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – a.a. 2009/10

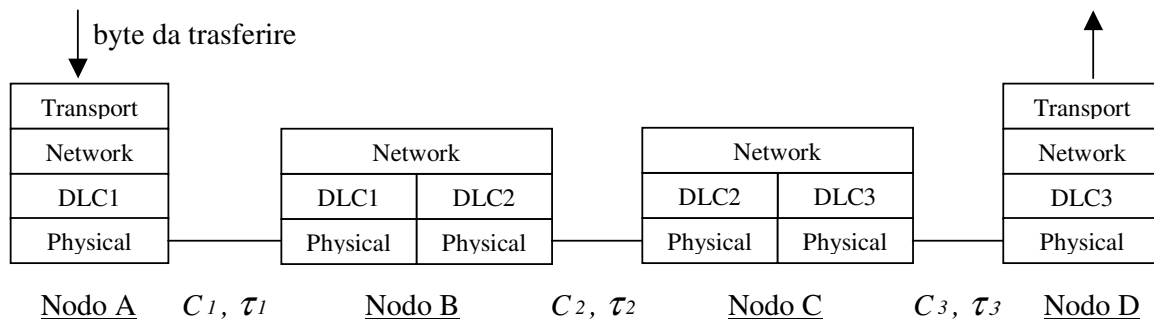
RETI DI CALCOLATORI (Sede MN) - Esame del 26/07/2010

Tempo a disposizione 2h 30'

## ESERCIZIO 1 (peso 0,30)

Sia data la rete indicata in figura, di cui si vuole studiare il comportamento prestazionale nel caso di trasferimento di un flusso continuo di byte da A a D. Il sistema funziona sotto le seguenti ipotesi:

- Il sistema è privo di errori.
- I nodi B e C commutano i pacchetti a livello 3 in modalità *store-and-forward* con un tempo di commutazione (fase di *processing*) trascurabile.
- Tutti i nodi indicati dispongono di buffer di dimensione infinita.
- Solo quando necessario, il livello *Network* di un nodo esegue la frammentazione delle PDU, con ricomposizione dei frammenti sempre e solo sul nodo destinatario D.
- Nel caso il protocollo sia confermato, l'entità destinataria genera immediatamente una PDU-ACK per ogni PDU-DATI corretta ricevuta.



Caratteristiche dei canali di trasmissione (tutti *full-duplex*):

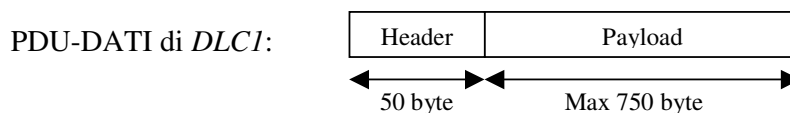
$$C_1 = 25600 \text{ bps} \qquad \tau_1 = 150 \text{ ms}$$

$$C_2 = 16000 \text{ bps} \qquad \tau_2 = 200 \text{ ms}$$

$$C_3 = 32000 \text{ bps} \qquad \tau_3 = \text{var}$$

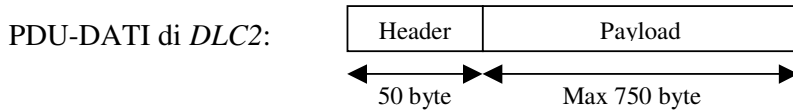
### Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

**DLC1** utilizza un protocollo confermato Go-Back-n con  $n=3$ :



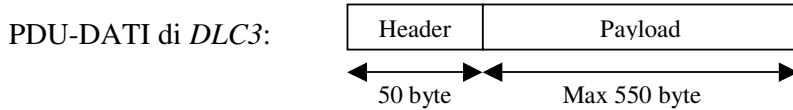
PDU-ACK di *DLC1*: solo la porzione testata

**DLC2** utilizza un protocollo confermato Go-Back-n con  $n=3$ :



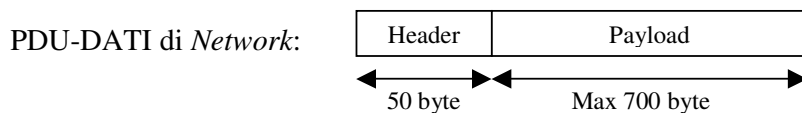
PDU-ACK di *DLC2*: solo la porzione testata

**DLC3** utilizza un protocollo confermato Stop-and-Wait:

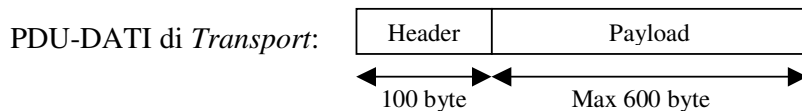


PDU-ACK di *DLC3*: solo la porzione testata

**Network** utilizza un protocollo non confermato:



**Transport** utilizza un protocollo non confermato:



**DOMANDE (disegnare sempre gli schemi temporali e motivare analiticamente le risposte)**

1. Determinare l'espressione analitica di  $C_{sistema}(\tau_3)$  sperimentata dal trasferimento in questione al di sopra del livello *Transport* e tracciarne il grafico.
2. Determinare per quale/i valore/i di  $\tau_3$  la quantità  $C_{sistema}$  assume valore massimo, specificando tale valore.
3. Determinare per quale/i valore/i di  $\tau_3$  la quantità  $C_{sistema}$  assume valore pari al 50% del suo valore massimo.
4. Fissando  $\tau_3 = 1$  s, determinare il segno della variazione della quantità  $C_{sistema}$  nei seguenti casi:
  - a.  $C_1$  viene incrementata di una quantità infinitesima  $\alpha$ .
  - b.  $C_2$  viene incrementata di una quantità infinitesima  $\alpha$ .
  - c.  $C_3$  viene incrementata di una quantità infinitesima  $\alpha$ .

## ESERCIZIO 2 (peso 0,20)

1. Esistono interdipendenze tra livelli nell'architettura TCP/IP?
2. Illustrare le differenze tra gli schemi *roll-call polling* e *hub-polling*, mostrando per ciascuno esempi di applicazioni pratiche in sistemi reali.
3. Spiegare il concetto generale di *multiplazione delle comunicazioni*, spiegando altresì l'applicazione di tale concetto al caso particolare del *canale di trasmissione (multiplazione fisica)*.
4. Con riferimento ad un *canale di trasmissione punto-a-punto*, dare le definizioni delle seguenti quantità:
  - a. *tempo di trasmissione*
  - b. *tempo di propagazione*
  - c. *utilizzo*
  - d. *throughput*
  - e. *capacità*
5. Illustrare il principio di funzionamento dei *source-route bridge*, evidenziandone le modalità con le quali vengono effettuati instradamento e commutazione. E' possibile utilizzare i *source-route bridge* per collegare segmenti LAN Ethernet? Motivare.

### ESERCIZIO 3 (peso 0,15)

Sia data la rete riportata in figura. Internet assegna lo spazio di indirizzamento 25.0.0.0/8. Stendere un piano di indirizzamento, sapendo che sui vari link devono poter essere collegati (cioè deve essere stato previsto un numero di indirizzi IP sufficiente) i seguenti host:

Eth1: almeno 150 host

Eth2: almeno 200 host

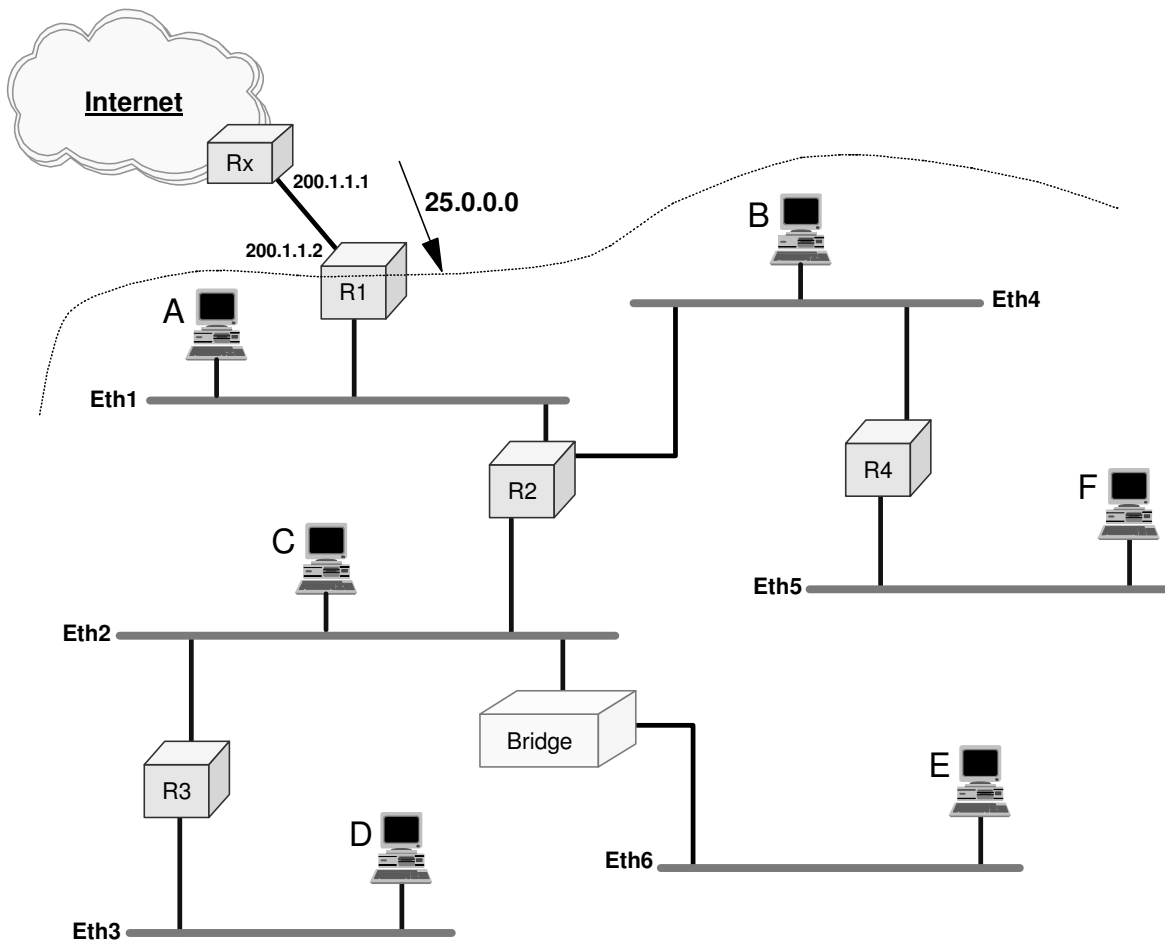
Eth3: almeno 250 host

Eth4: almeno 300 host

Eth5: almeno 350 host

Eth6: almeno 400 host

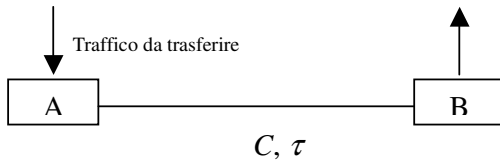
Per tutti i nodi indicati in figura, scrivere infine le tabelle di instradamento IP necessarie.





#### **ESERCIZIO 4 (peso 0,20)**

Siano dati 2 host TCP/IP adiacenti collegati tra loro attraverso una linea punto a punto *full-duplex* avente capacità  $C=16000$  bps e ritardo  $\tau=175$  ms.



Tra i due host è attiva una *connection* TCP con le seguenti caratteristiche:

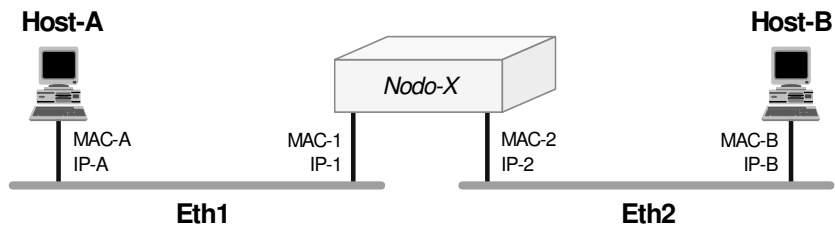
- $MSS=1000$  byte
- Overhead di incapsulamento non trascurabile:
  - $H_{TCP} = 20$  byte
  - $H_{IP} = 20$  byte
  - $H_{DLC} = 60$  byte
- Non vi sono errori nel trasferimento
- $W_{cong} = costante = 4 * MSS$  byte
- $W_{rec} = costante = 16 * MSS$  byte
- Il TCP ricevente conferma istantaneamente con una PDU-ACK ogni PDU-DATI ricevuta corretta.

**Domande (disegnare sempre gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi):**

1. Calcolare  $C_{sistema}$  sperimentata al di sopra del livello 4 (TCP) raggiungibile nel trasferimento sulla *connection*.
2. Supponendo di poter variare la *Maximum Segment Size* del TCP (mantenendo costanti tutti gli altri parametri), calcolare per quali valori di  $MSS$  la  $C_{sistema}$  sperimentata al di sopra del livello 4 (TCP) è rispettivamente pari a:
  - a. 800 byte/s
  - b. 1950 byte/s.

### ESERCIZIO 5 (peso 0,15)

Si supponga di avere 2 host TCP/IP, *Host-A* e *Host-B*, connessi su 2 diverse LAN Ethernet a 10 Mbps (vedi figura sotto). Le 2 LAN sono collegate da un dispositivo di interconnessione (*NodoX*) al quale, quando necessario, vengono assegnati gli indirizzi di livello *DLC* **MAC-1** e **MAC-2** e gli indirizzi di livello *Network* **IP-1** e **IP-2**.



Il *NodoX* può essere:

1. Un *Repeater*
2. Un *Transparent Bridge*
3. Un *Router*
4. Un *Proxy/Web* (cioè funziona da *Proxy* dell'applicazione Web/HTTP)

Per ciascuno dei 4 casi sopra elencati, motivando sempre le risposte, dire:

- Se *NodoX* possiede gli indirizzi **MAC-1**, **IP-1**, **MAC-2**, **IP-2** e se questi sono utilizzati per svolgere la funzione di interconnessione.
- Nell'ipotesi in cui *Host-B* sia un Web Server e *Host-A* sia un Web Client che sta consultando pagine di tale Server (quindi le due stazioni utilizzano l'applicazione Web/HTTP), dire quali sono i valori degli indirizzi  
Src\_MAC\_Addr  
Dest\_MAC\_Addr  
Src\_IP\_Addr  
Dest\_IP\_Addr  
contenuti nelle testate delle PDU di livello 2 e 3 che:
  - viaggiano sulla Eth1 da *Host-A* a *Nodo-X*
  - viaggiano sulla Eth2 da *Nodo-X* a *Host-B*



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2010/11

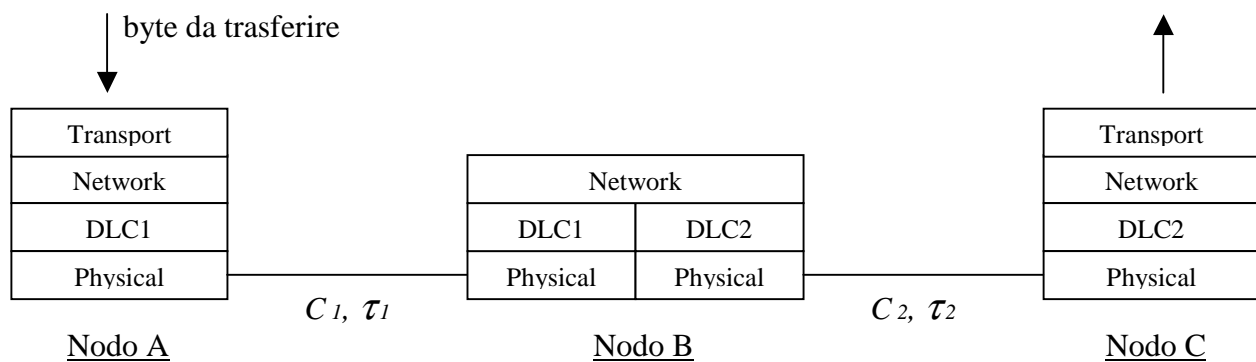
RETI DI CALCOLATORI (Sede di MN) – Appello d'esame del 28/11/2011

Pesi esercizi: 0,30 – 0,15 – 0,15 – 0,20 – 0,20

Tempo a disposizione: 3h

## ESERCIZIO 1

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori) dove il nodo B commuta i pacchetti in modalità *store-and-forward* con un tempo di commutazione trascurabile.



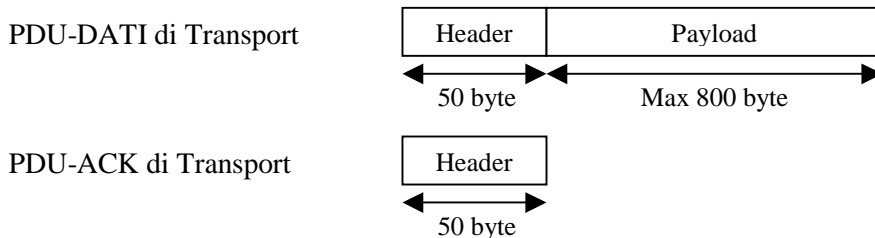
Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

$$C_1 = 32.000 \text{ bps} \quad \tau_1 = 100 \text{ ms}$$

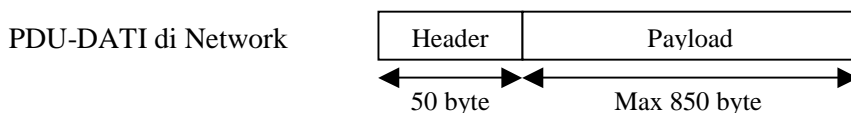
$$C_2 = 16.000 \text{ bps} \quad \tau_2 = 100 \text{ ms}$$

### Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

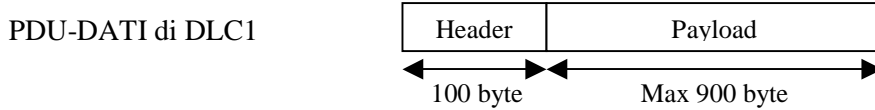
Il livello **Transport** utilizza un protocollo confermato di tipo Go-Back-n (con  $n$  specificato nella sezione Domande):



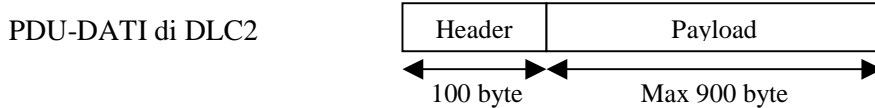
Il livello **Network** utilizza un protocollo non confermato:



Il livello **DLC1** utilizza un protocollo non confermato:



Il livello **DLC2** utilizza un protocollo non confermato:



### Domande:

(Disegnare sempre tutti gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi. Nel caso vi siano protocolli con finestre di trasmissione si consiglia di disegnare gli schemi di trasferimento di almeno un paio di finestre)

1. Supponendo di far variare  $n$ :
  - a. Determinare  $C_{sistema}(n)$  tracciandone altresì il grafico;
  - b. Determinare per quale/i valore/i di  $n$  la quantità  $C_{sistema}$  è massima, calcolandone quindi il valore.
2. Rispondere a tutto quanto richiesto nella domanda 1, nell'ipotesi in cui la dimensione massima del Payload di DLC2 sia 220 byte (anziché 900 byte).

## ESERCIZIO 2

Illustrare i principi di funzionamento di una rete a *commutazione di circuito* e di una rete a *commutazione di pacchetto*, evidenziandone le differenze di base.

## ESERCIZIO 3

Con riferimento alle funzioni svolte da un generico livello architetturale  $n$ , spiegare in dettaglio cosa si intende con *ordered delivery*, *protocol multiplexing*, *connection control*. Riportare inoltre esempi di protocolli reali, nei quali vengono svolte tali funzioni.

## ESERCIZIO 4

Sia data la rete IPv4 indicata nella figura qui di seguito. Su alcuni segmenti LAN esistono dei vincoli circa il numero di host che devono poter essere collegati:

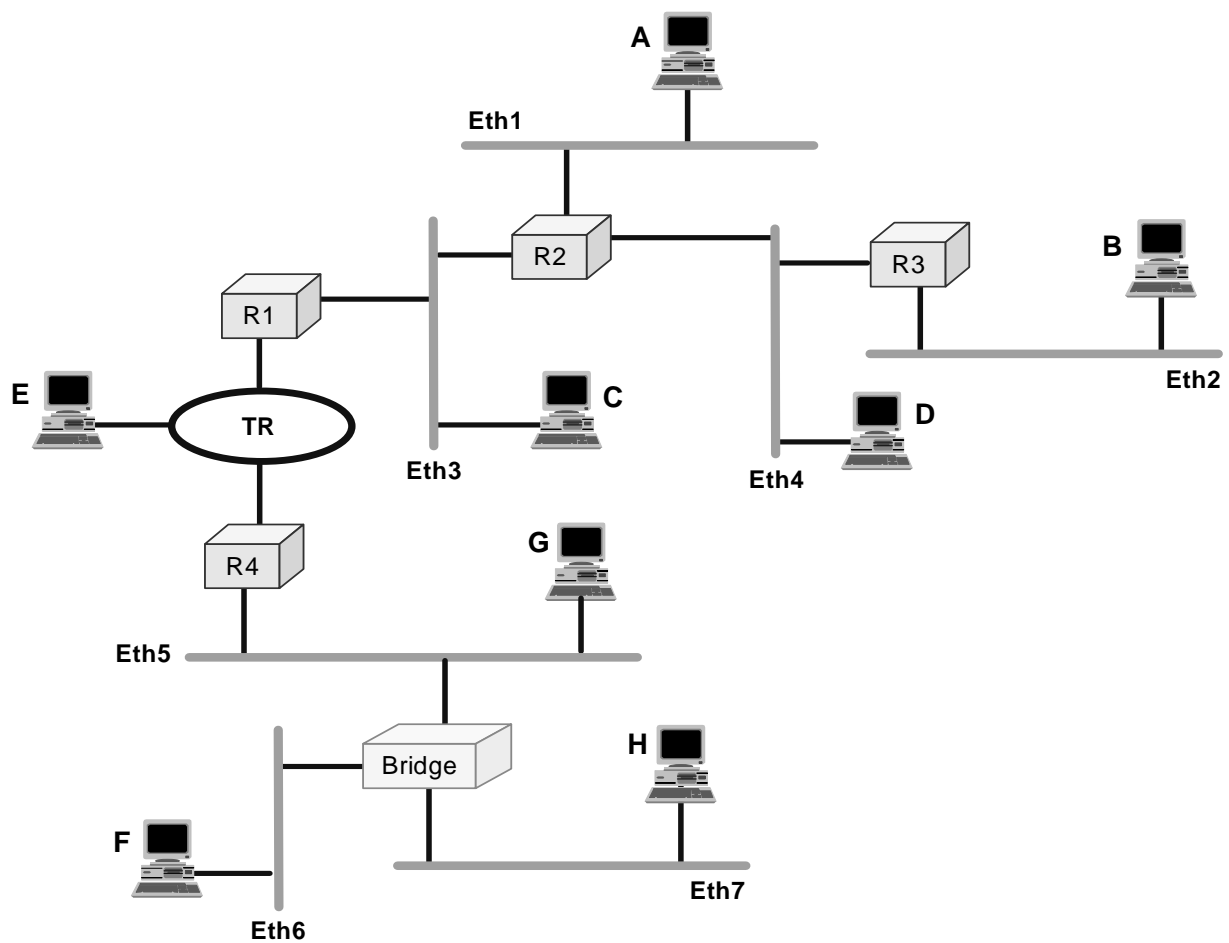
Eth7: n.55 host (compreso H)

TR: n.100 host (compreso E)

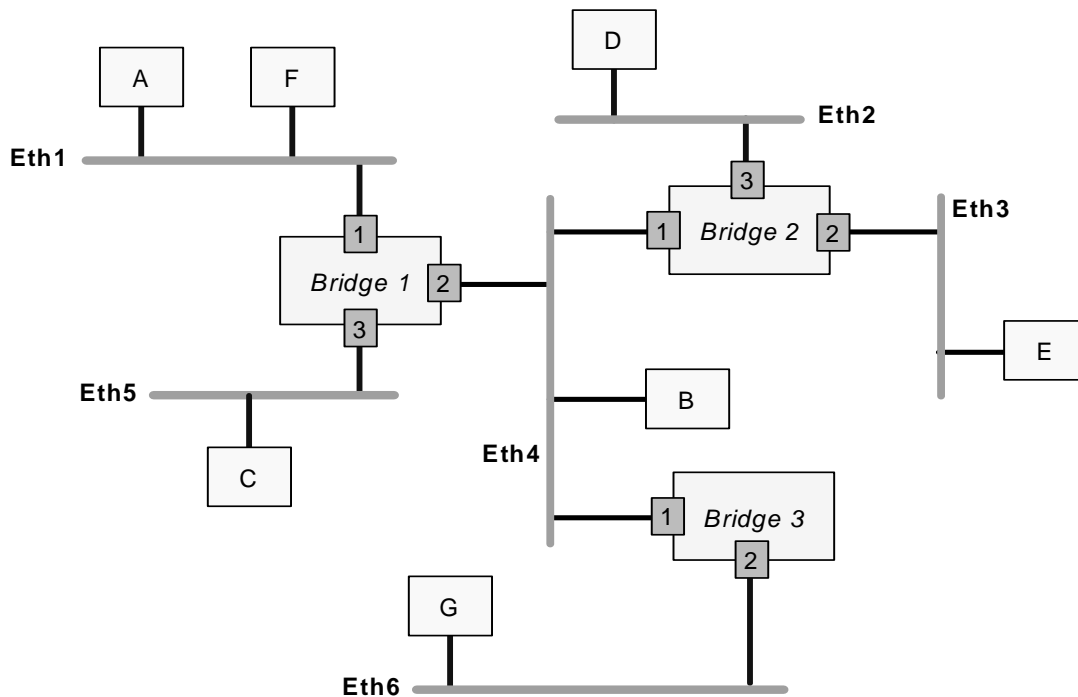
Utilizzando lo spazio di indirizzamento 192.168.0.0 mask 255.255.255.0, stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura (illustrando chiaramente i criteri utilizzati, nonché i singoli valori delle subnet mask). Costruire altresì tutte le tabelle di instradamento IPv4 necessarie.

NOTA PER LO SVOLGIMENTO DELL'ESERCIZIO:

Gli indirizzi dei vari nodi possono essere riportati direttamente sullo schema di rete.



## ESERCIZIO 5



1. Sia data la rete indicata sopra, formata dall'interconnessione di 6 segmenti LAN Ethernet. I dispositivi di interconnessione sono i Bridge Transparent *Bridge1*, *Bridge2*, *Bridge3*.

Si ipotizza che la rete sia appena stata avviata e che nessuna frame sia ancora stata trasmessa.

Spiegare come avviene la propagazione delle frame sulla rete, evidenziando inoltre il contenuto delle tabelle sui nodi (*station cache*), quando avvengono in sequenza le seguenti quattro trasmissioni:

- 1^ trasmissione: da A a D ;
- 2^ trasmissione: da A a B ;
- 3^ trasmissione: da E a A ;
- 4^ trasmissione: da E a G ;

2. Con riferimento ad una generica rete di *Transparent Bridge*, indicare secondo quali criteri e utilizzando quali algoritmi tali nodi scelgono i percorsi sulla rete. E' necessario imporre vincoli particolari circa la topologia della rete ? Spiegare.



# UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di Ingegneria – A.A. 2009/10

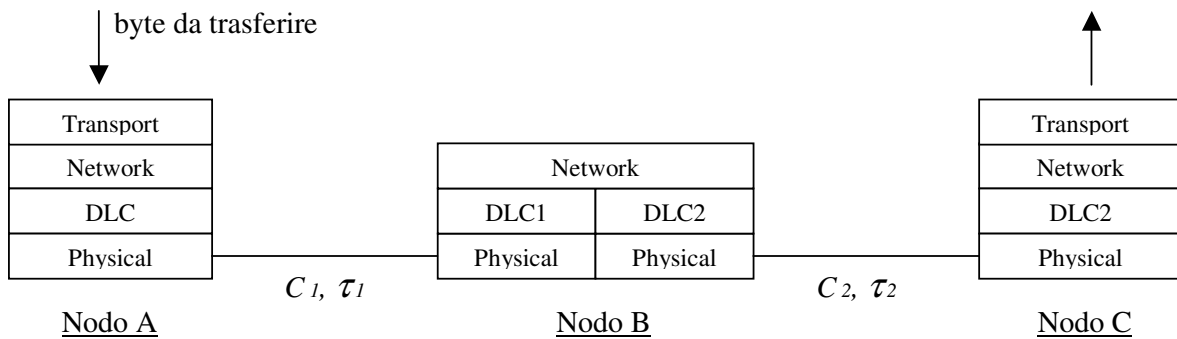
RETI DI CALCOLATORI (Sede distacc. di MN) – Appello d'esame del 31/01/2011

Pesi degli esercizi: **0,31 – 0,12 – 0,18 – 0,20 – 0,19**

Tempo a disposizione: 2h30'

## ESERCIZIO 1

Sia data la rete indicata in figura (il sistema è privo di errori) dove il nodo B commuta i pacchetti in modalità *store-and-forward* con un tempo di commutazione trascurabile.



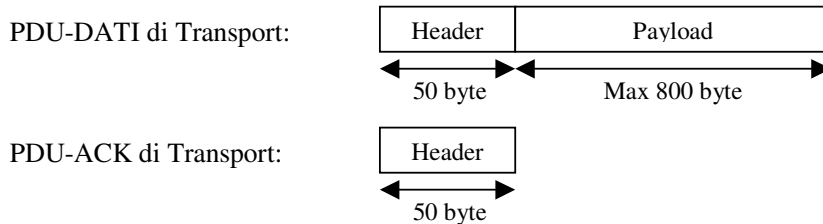
Caratteristiche dei canali di trasmissione (entrambi *full-duplex*):

$$C_1 = 32.000 \text{ bps} \quad \tau_1 = 100 \text{ ms}$$

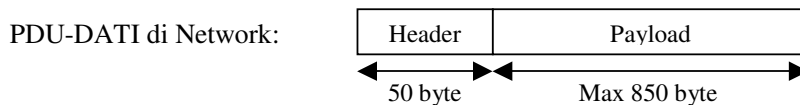
$$C_2 = 16.000 \text{ bps} \quad \tau_2 = 100 \text{ ms}$$

### Caratteristiche dei protocolli di comunicazione:

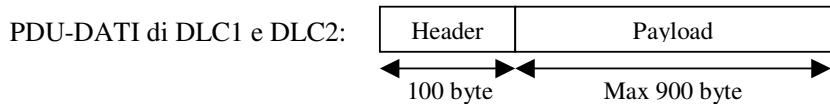
Il livello **Transport** utilizza un protocollo confermato di tipo Go-Back-n (con n variabile):



Il livello **Network** utilizza un protocollo non confermato:



I livelli **DLC1** e **DLC2** utilizzano lo stesso non confermato:



**Domande:**

**(Disegnare sempre tutti gli schemi temporali di trasferimento dei messaggi)**

1. Determinare la funzione  $C_{sistema}(n)$  sperimentata al di sopra del livello *Transport*, quando è in corso un trasferimento di una sequenza illimitata di byte dal nodo A al nodo C. Calcolare altresì per quale/i valore/i di  $n$  la  $C_{sistema}(n)$  è massima, determinando anche il valore di quest'ultima.
2. Determinare tutto quanto richiesto al punto 1 nel caso in cui la dimensione massima del *Payload* di DLC2 sia 220 byte anziché 900 byte.

## **ESERCIZIO 2**

Spiegare come avvengono le operazioni di instradamento e commutazione all'interno di un *Transparent Bridge*, inquadrandole nelle classificazioni viste a Lezione.

## **ESERCIZIO 3**

Con riferimento alle funzioni svolte da un generico livello architetturale  $n$ :

- a) spiegare in dettaglio cosa si intende con *ordered delivery*, *protocol multiplexing*, *connection control*, *fragmentation*;
- b) riportare esempi di protocolli reali, nei quali vengono svolte tali funzioni.

## **ESERCIZIO 4**

Sia data la rete IPv4 indicata nella figura qui di seguito. Su alcuni segmenti LAN esistono dei requisiti minimi circa il numero di host che devono poter essere collegati:

Eth1: n. 50 host (compresi quelli indicati in figura)

Eth2: n. 30 host (compresi quelli indicati in figura)

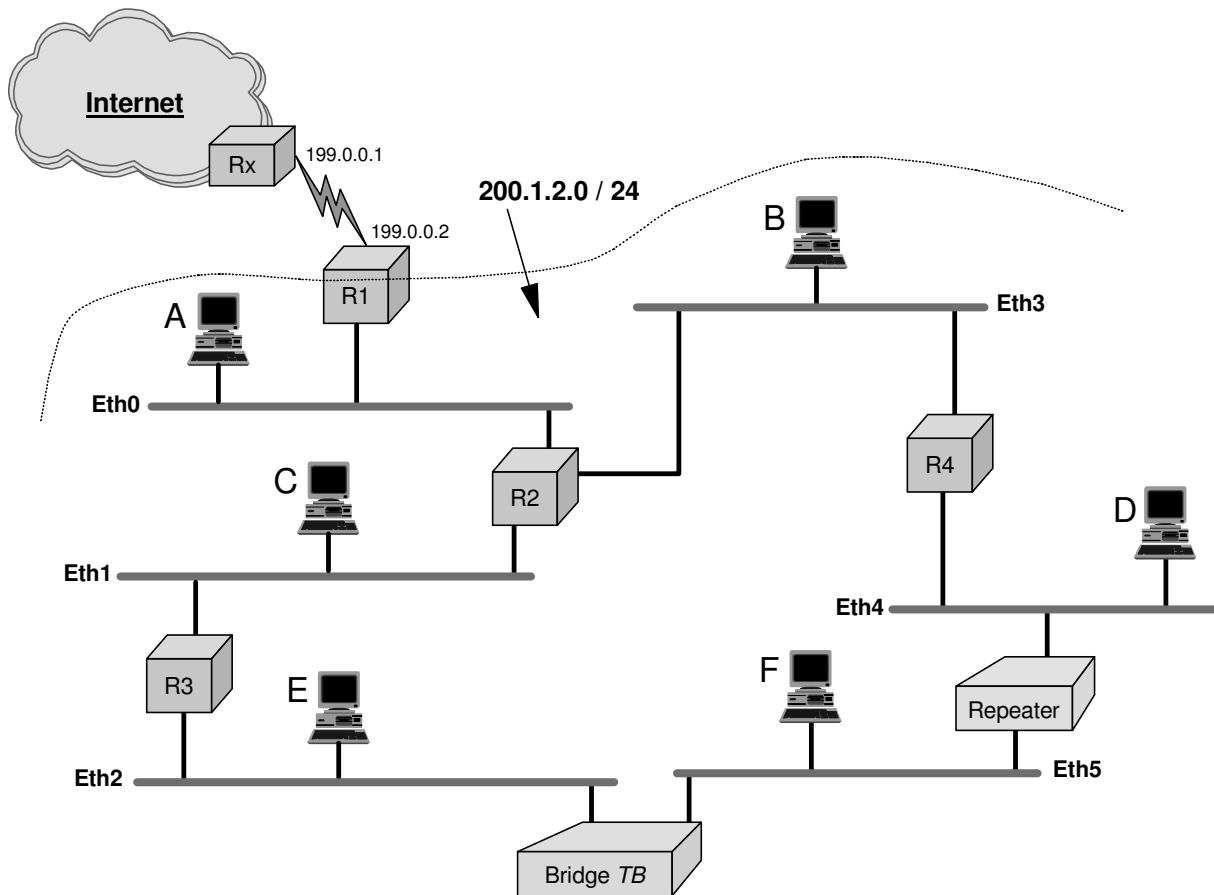
Eth4: n. 50 host (compresi quelli indicati in figura)

Eth5: n. 30 host (compresi quelli indicati in figura)

Internet assegna lo spazio di indirizzamento IPv4 200.1.2.0 / 24. Stendere un piano di indirizzamento per la rete indicata nella figura (utilizzando tutto lo spazio assegnato), illustrando chiaramente i criteri utilizzati. Indicare almeno una volta i singoli valori delle *subnet\_mask* nella notazione "decimale puntata". Costruire altresì tutte le tabelle di instradamento IPv4 necessarie (per brevità è possibile utilizzare la notazione a prefissi stile CIDR).

NOTA PER LO SVOLGIMENTO DELL'ESERCIZIO: Gli indirizzi dei vari nodi possono essere riportati direttamente sullo schema nella pagina successiva.





## ESERCIZIO 5

1. Illustrare le caratteristiche del protocollo RIP. Spiegare (anche con un esempio) cosa si intende con problema del *counting to infinity*?
2. Cosa si intende con l'espressione "*routing dinamico distribuito*"? Indicare se esistono esempi di implementazioni reali.
3. Mostrare 3 esempi di *supernetting* utilizzando, rispettivamente, indirizzi IPv4 appartenenti alle (vecchie) classi A, B, C.