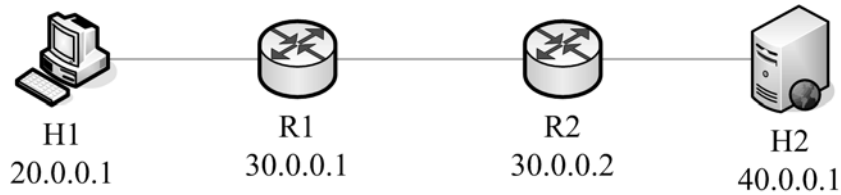


ESERCIZIO 2: Si consideri la rete di calcolatori illustrata in figura, ove H1 rappresenta una workstation, H2 un Web server, e R1 e R2 due router.



A un certo istante, l'host H1 stabilisce una connessione TCP con H2 tramite il proprio browser al fine di effettuare il download di una pagina Web. Sia la dimensione della richiesta HTTP inviata da H1 pari a 100 bytes, mentre la dimensione della pagina Web trasmessa da H2 sia 1000 bytes.

Altre ipotesi:

- Sia gli host che i router sono del tutto inutilizzati, se non per lo scambio dati previsto dal presente esercizio.
- Siano le interfacce di rete full-duplex.
- I router siano in grado di inoltrare contemporaneamente pacchetti su interfacce distinte.
- Sia la MTU su tutte le interfacce pari a 1040 bytes.
- Siano i tempi di elaborazione, il ritardo dovuto a livelli link layer e sottostanti, e la latenza di propagazione trascurabili rispetto al tempo di trasmissione dei pacchetti.
- L'algoritmo di congestion control utilizzato dai livelli TCP di H1 e H2 sia Reno (cioè slow start + congestion avoidance + fast retransmit + fast recovery). **Si consideri il meccanismo di fast recovery attivo fin dall'inizio della connessione TCP.**
- La advertised window del TCP è pari al massimo valore consentito.

Il candidato:

1. Riporti i seguenti campi degli header TCP e IP per il secondo e terzo segmento scambiato nell'ambito della connessione TCP, osservandone il transito sul collegamento R1/R2: indirizzo IP sorgente + destinazione, IP total length, porta TCP sorgente + destinazione, TCP sequence + acknowledgment number, TCP data offset, presenza di eventuali flag TCP. Laddove il testo non contiene elementi specifici per il riempimento dei campi, si riportino valori appropriati motivandone scelta.

Si supponga che il rate trasmissivo H1/R1 e H2/R2 sia 10 Mb/s, mentre quello R1/R2 sia 1 Mb/s. Siano tutti i collegamenti esenti da errori di trasmissione, a meno di diversa indicazione nel seguito. In questione condizioni, il candidato:

2. Illustri un diagramma temporale delle fasi di invio e trasmissione dei segmenti TCP da quando viene avviata la creazione della connessione TCP a quando viene ricevuto completamente da H1 la pagina Web richiesta. Si riportino gli istanti di invio da parte di H1 e H2 di tutti i segmenti TCP, ove l'istante  $t = 0$  sia quello in cui è stata avviata la creazione della connessione TCP.

**Si consideri nel seguito esclusivamente la fase di download della pagina Web trasmessa da H2, che supponiamo da ora in avanti essere pari a 8000 bytes.** Per semplicità, sia inoltre nel seguito il tempo di trasmissione di un segmento TCP di dimensione massima pari a 3 ms su H1/R1 e H2/R2 e 6 ms su R1/R2, mentre il tempo di trasmissione di un riscontro TCP sia pari a 1 ms su H1/R1 e H2/R2 e 2 ms su R1/R2. Sia il timeout del TCP costante e pari a 200 ms. Per comodità il numero di sequenza del primo byte della pagina Web sia 1

Il candidato illustri tramite un diagramma temporale le fasi di trasmissione dei segmenti TCP sugli host e i router coinvolti nei seguenti casi:

3. Nessun errore di trasmissione.
4. Il secondo segmento dati trasmesso da H2 non viene ricevuto a causa di un errore di trasmissione tra R2 e R1. Eventuali ritrasmissioni di esso invece hanno esito positivo.
5. Il quarto segmento dati trasmesso da H2 non viene ricevuto a causa di un errore di trasmissione tra R2 e R1. Eventuali ritrasmissioni di esso invece hanno esito positivo.

Nei tre quesiti precedenti, si specifichi: il valore del campo TCP sequence number dei segmenti trasmessi da H2; il valore del campo TCP acknowledgment number dei segmenti trasmessi da H1; il valore istantaneo della congestion window e della slow start threshold di H2. Inoltre, si indichi l'istante in cui H1 è in grado di visualizzare la pagina Web ricevuta da H2.

## RISOLUZIONE ESERCIZIO

## 1. Secondo segmento:

- indirizzo IP sorgente: 40.0.0.1
- indirizzo IP destinazione: 10.0.0.1
- IP total length: 40 (20 IP + 20 TCP, no payload)
- porta TCP sorgente: 80 (porta well-known Web)
- porta TCP destinazione: 20000 (ephemeral selezionata da H1,  $< 2^{16}$ )
- TCP sequence number: 800 (selezionato da H2,  $< 2^{32}$ )
- TCP acknowledgment number: 70000 (selezionato da H1,  $< 2^{32}$ )
- TCP data offset: 5 (nessuna opzione: header di 40 bytes)
- TCP flags: SYN, ACK

## Terzo segmento:

- indirizzo IP sorgente: 10.0.0.1
- indirizzo IP destinazione: 40.0.0.1
- IP total length: 140 (20 IP + 20 TCP + 100 payload)
- porta TCP sorgente: 20000
- porta TCP destinazione: 80
- TCP sequence number: 70000
- TCP acknowledgment number: 801
- TCP data offset: 5
- TCP flags: ACK

2. Il diagramma temporale e' riportato in Figura 1.

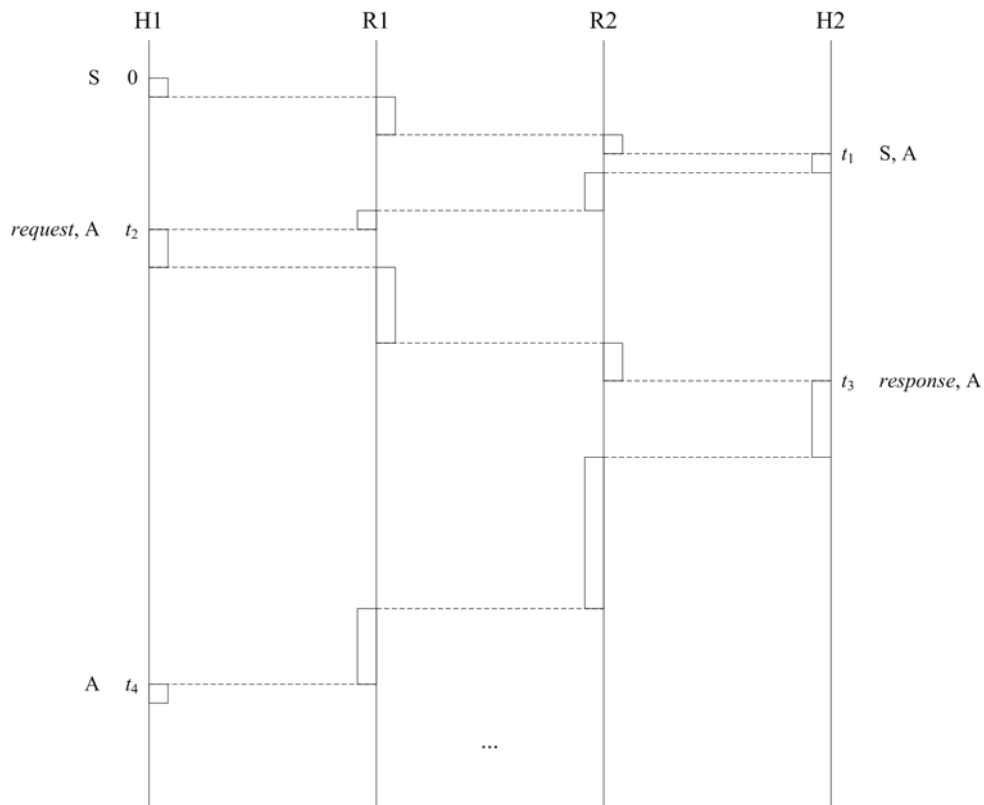


Figura 1 Diagramma temporale punto 2.

Considerando che la durata dei segmenti e':

- segmento TCP senza dati: 0.032 ms su H1/R1 e H2/R2, 0.32 ms su R1/R2
- segmento TCP con 100 bytes: 0.112 ms su H1/R1 e H2/R2, 1.12 ms su R1/R2
- segmento TCP con 1000 bytes: 0.832 ms su H1/R1 e H2/R2, 8.32 ms su R1/R2

Il valore degli istanti marcati con  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ , e  $t_4$  in Figura 1 e':

- $t_1 = 0.384$  ms
- $t_2 = 0.728$  ms
- $t_3 = 2.112$  ms
- $t_4 = 12.096$  ms

3. Il diagramma temporale e` riportato in Figura 2, ove i numeri di sequenza e riscontro TCP sono riportati al fianco delle rispettive trasmissioni di segmenti, mentre la congestion window del TCP su H2 e` nella parte destra della figura.

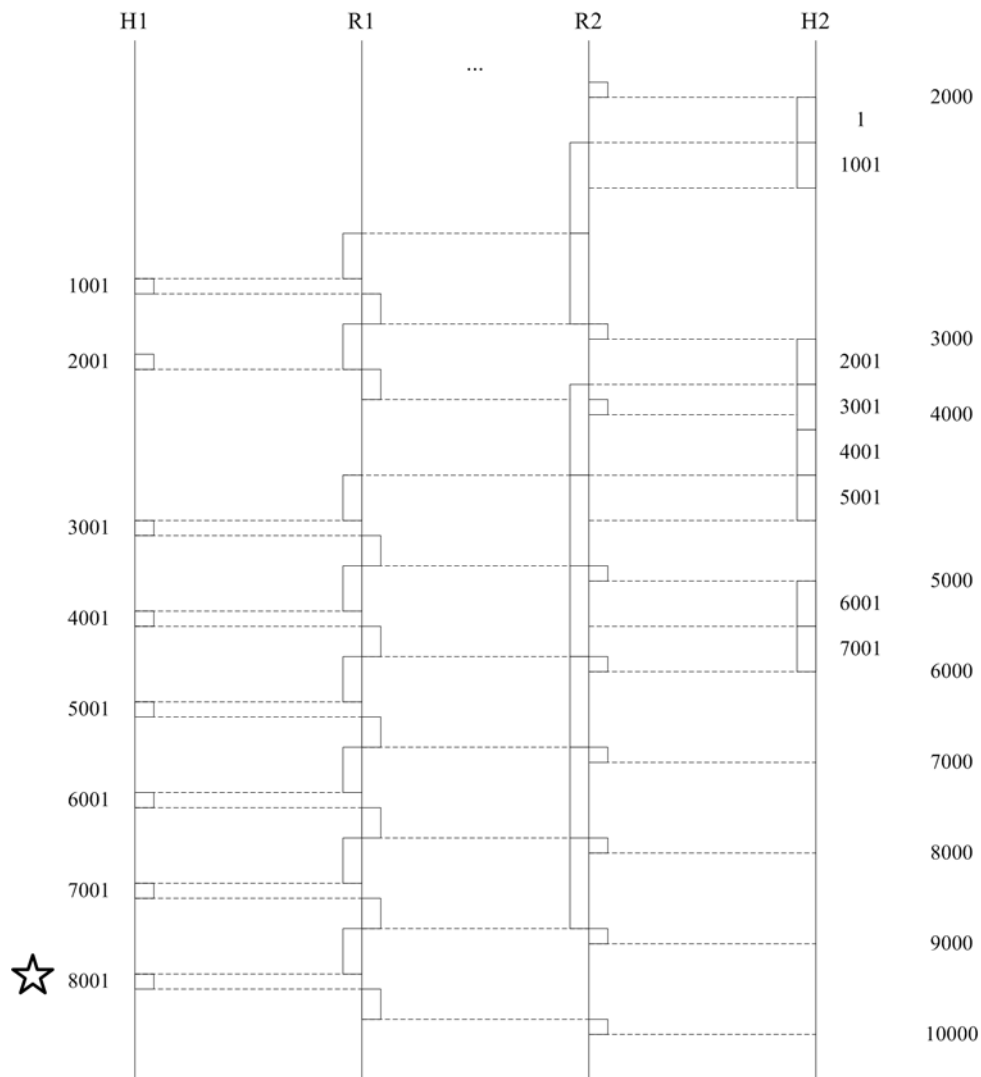


Figura 2 Diagramma temporale punto 3.

4. Il diagramma temporale e` riportato in Figura 3.

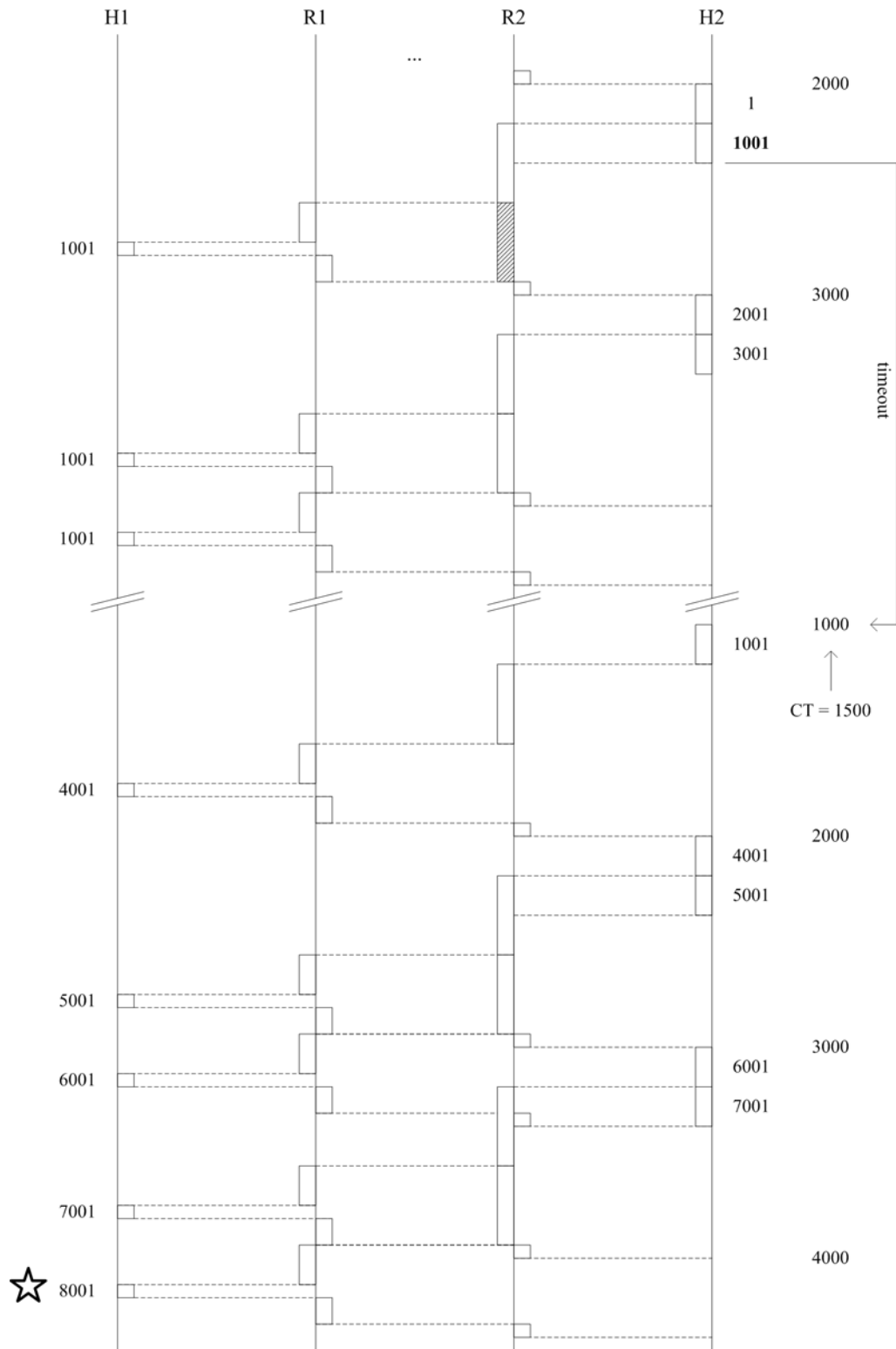


Figura 3 Diagramma temporale punto 4.

5. Il diagramma temporale e` riportato in Figura 4.

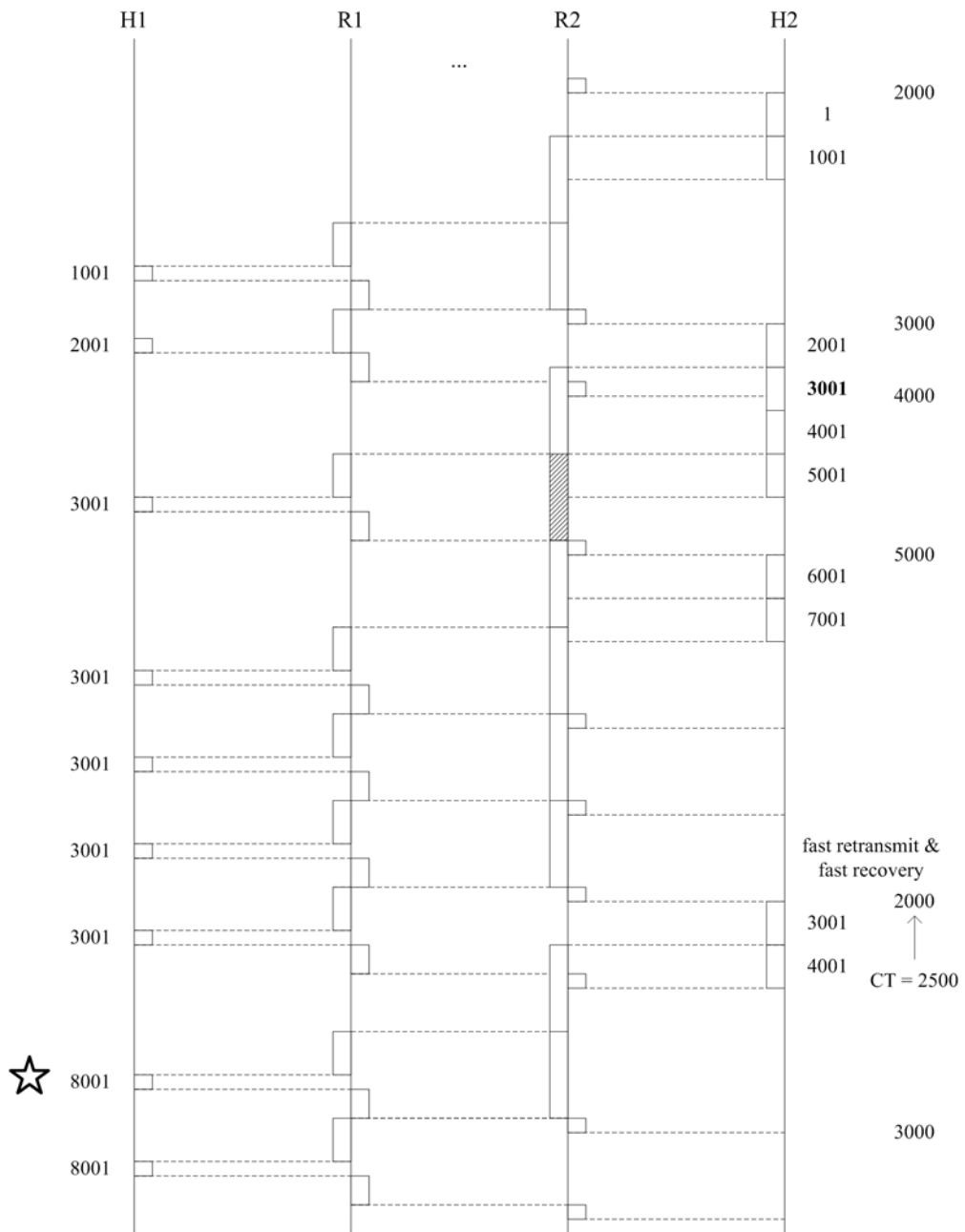


Figura 4 Diagramma temporale punto 5.

