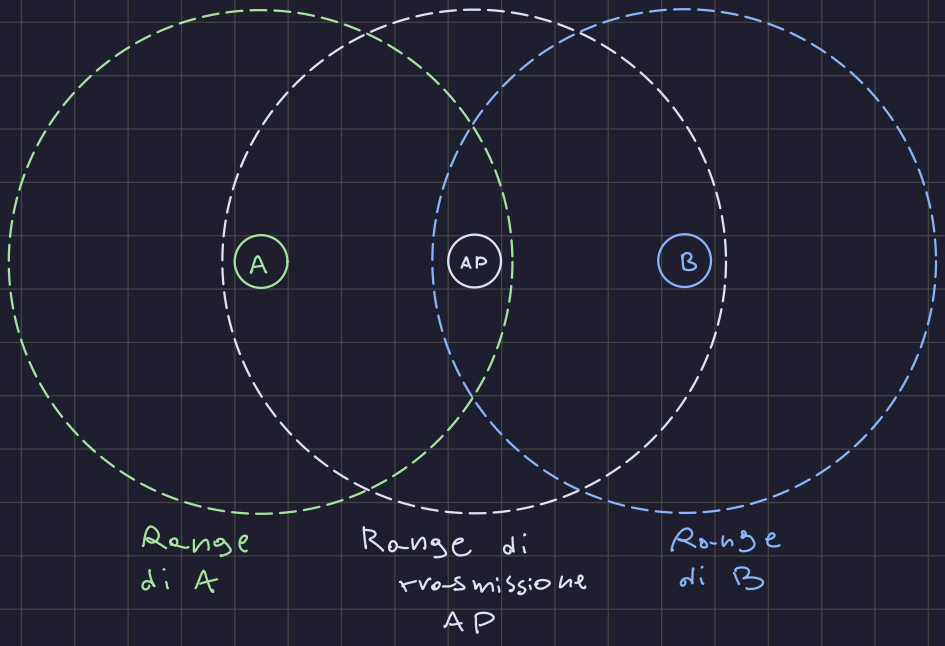
Esame 22/02/2024

Domande sulla teoria (4 punti ciascuna)

Lo studente risponda in maniera concisa, ma precisa, alle seguenti domande riguardanti la parte teorica. E' necessario che lo studente ottenga almeno 7 punti (su un totale di 12 punti a disposizione). In caso contrario, gli esercizi non verranno considerati e il voto finale sarà insufficiente.

1. Si descriva il problema del "terminale nascosto" (hidden terminal problem) nelle Wireless LAN e la soluzione adottata dallo standard 802.11.
2. Si spieghi brevemente la funzionalità di frammentazione dei pacchetti IP, incluso le motivazioni e gli apparati che effettuano frammentazione / deframmentazione e i campi dell'header coinvolti. Nella spiegazione, si mostri un esempio numerico di un pacchetto frammentato.
3. Si descriva la modalità di instaurazione di una connessione TCP, specificando i messaggi scambiati e i campi più significativi dell'header utilizzati durante tale fase.

1. Il problema del terminale nascosto nasce all'interno delle reti wireless e si verifica quando due host sono all'interno del range di trasmissione dell'access point, cioè quel limite oltre il quale il segnale non è più riconoscibile, ma non sono all'interno del range di trasmissione dell'altro host, come nell'immagine successiva:



In questo esempio vediamo che entrambi gli host A e B sono all'interno del range di trasmissione dell'access point, però B non è nel range di A, quindi A non lo rileva e A non è nel range di B, quindi B non lo rileva.
Se A e B iniziano a trasmettere una trama contemporaneamente, l'access point non riesce a demodulare i segnali perchè si sovrappongono e al contempo l'host A non rileva la collisione con B perchè non rileva una potenza maggiore di quella trasmessa perchè B non è nel suo range e questo vale anche per B.

Le possibili soluzioni sono 3:
1) Introdurre un ack di livello 2
2) Limitare lo spazio di responsabilità dell'access point
3) Introdurre il protocollo RTS/CTS che descrive lo scambio di 2 tipi di messaggi:
   - RTS: La sorgente che vuole trasmettere una trama manda un RTS (Request To Send) all'access point
   - CTS: L'access point che riceve un RTS invia in broadcast un CTS (Clear To Send) che indica alla sorgente che vuole trasmettere che il canale è libero, mentre tutte le altre stazioni che non dovevano trasmettere nulla (quelle che non hanno inviato un RTS) interromperanno la ricezione per un tempo indicato all'interno del messaggio CTS.

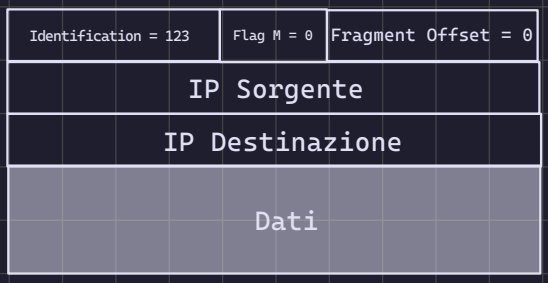
   Si può alternativamente guardare il MAC di destinazione e la lunghezza della trama all'interno delle trame trasmesse, se il ricevente non è il destinatario interrompe la ricezione per un tempo necessario alla trasmissione della trama. Questa tecnica è chiamata NAV (Network Allocation Vector).

2. Ogni collegamento di ogni dispositivo ha un campo chiamato MTU (Maximum Transmission Unit) che rappresenta il limite massimo trasmissibile, quindi quando un segmento raggiunge un link che ha MTU minore della lunghezza del segmento deve essere frammentato. Il dispositivo responsabile per la frammentazione è l'intermediate host in cui viene riscontrato un MTU

e l'unico responsabile del riassemblaggio dei frammenti è l'host di destinazione. I campi dell'header coinvolti sono:

- Identification: È un identificativo progressivo assegnato dalla sorgente che serve per il riassemblaggio dei pacchetti.
- Flags: Il flag M viene impostato a 0 se il pacchetto non è stato frammentato oppure se è l'ultimo frammento; viene impostato ad 1 se il pacchetto è stato frammentato, tranne nel caso dell'ultimo frammento.
- Fragment Offset: Indica lo spostamento del frammento rispetto al pacchetto originale diviso per 8

Un esempio di frammentazione è il seguente:



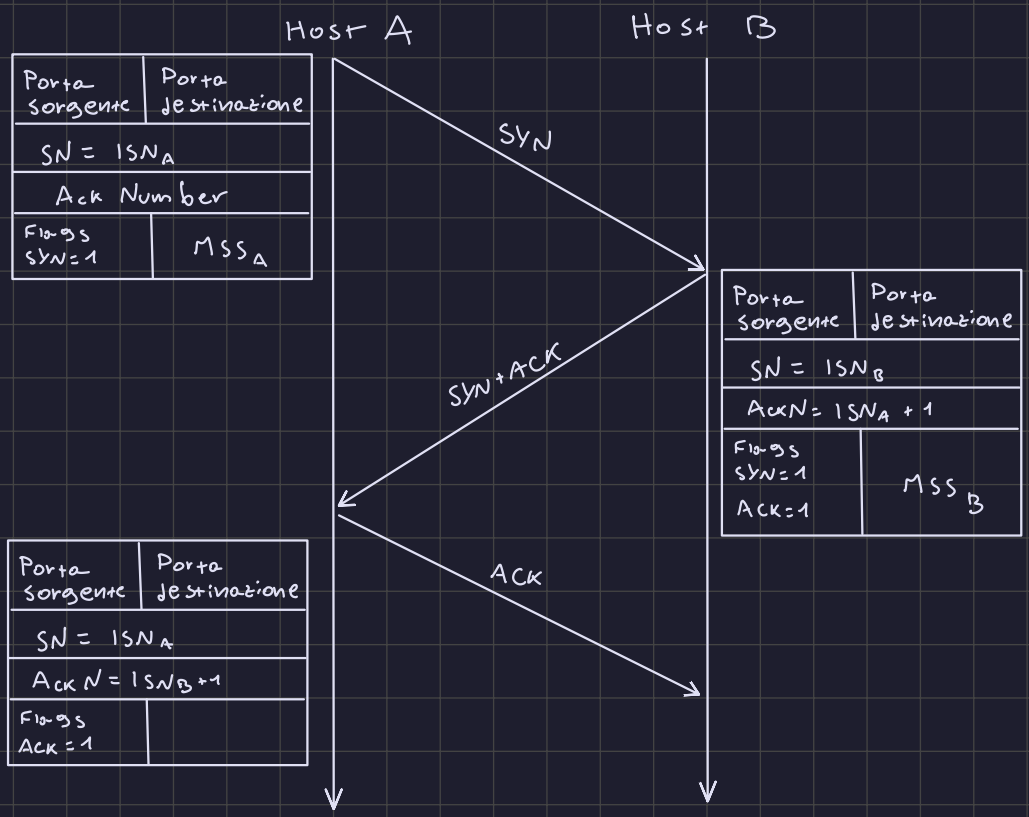
La sorgente che ha come MTU = 5000 genera un segmento da 4020byte in cui 20 byte sono dedicati all'header e 4000 sono dedicati al payload. La sorgente ha assegnato al campo identification un valore di 123, il flag M viene settato a 0 e anche il fragment offset perchè il segmento non è stato frammentato. Questo segmento raggiunge un intermediate host con un link che ha MTU = 1400, quindi l'intermediate host si preoccupa di frammentare il segmento e lo separa in 3 segmenti il cui payload ha la massima dimensione possibile in base all'MTU del link per cui devono passare:

Ai primi due frammenti viene posto il flag M a 1 perchè sono dei frammenti di un pacchetto, mentre all'ultimo viene posto a 0 perchè è l'ultimo frammento, esso verrà identificato come frammento perchè avrà impostato il fragment offset. Il fragment offset viene calcolato come lo spostamento rispetto al segmento originale diviso 8, quindi:

$$O_1 = \frac{0}{8} = 0 \qquad O_2 = \frac{1400}{8} = 175 \qquad O_3 = \frac{2800}{8} = 350$$

3. Il TCP è un protocollo connection oriented, cioè prima di scambiare messaggi deve instaurare una connessione e questo avviene tramite Three Way Handshake, cioè vengono scambiati 3 messaggi. I campi dell'header utilizzati durante questa fase sono:
   - IP Sorgente: È l'IP dell'host che invia il messaggio
   - IP Destinazione: È l'IP dell'host destinatario
   - Flag: In questa fase vengono settati i flag SYN e ACK per segnalare di voler iniziare una comunicazione
   - Sequence Number: Indica l'offset rispetto al byte iniziale del segmento a cui viene sommato un numero generato dalla sorgente, chiamato Initial Sequence Number
   - Acknowledge Number: Indica il byte successivo che il destinatario si aspetta di ricevere, questo campo viene utilizzato quando si inviano i riscontri per i segmenti ricevuti.
   - MSS (Maximum Segment Size): Indica la dimensione massima di un segmento che può essere trasmessa

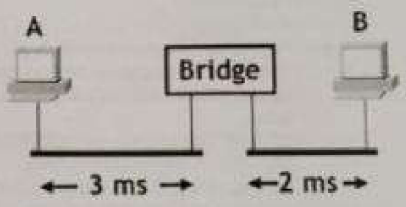
   Un esempio di Three Way Handshake è il seguente:



L'host A vuole instaurare una connessione con l'host B, quindi invia un segmento che ha settato il flag syn a 1. Oltre al flag questo segmento comunica il sequence number di A e la sua maximum segment size. B risponde con un segmento che ha i flag syn e ack posti a 1, questo perchè B vuole sia iniziare la comunicazione con A sia inviare il riscontro per aver ricevuto il suo messaggio. Il segmento di B contiene il suo sequence number, la sua MSS e come ack number avrà il sequence number di A + 1. A risponderà con un riscontro non appena avrà ricevuto il segmento di B e anche la risposta di A avrà come ack number il sequence number di B + 1 e il flag ack posto a 1. I 2 host utilizzeranno il valore minimo tra le MSS comunicate.

Esercizio 1 (7 punti)

Un Bridge è attestato contemporaneamente su due segmenti distinti di rete; agli estremi dei due segmenti di rete vi sono due stazioni A e B (si veda la figura a fianco). Il Bridge è un particolare tipo di stazione che memorizza ciascuna trama che arriva da un segmento di rete e, una volta ricevuta completamente, la ritrasmette sull'altro segmento di rete (tale comportamento è valido, in modo indipendente l'uno dall'altro, in entrambi i sensi); le trame restano in memoria del Bridge fino a quando la trasmissione sull'altro segmento non è andata a buon fine.



Le stazioni e il Bridge utilizzano un protocollo CSMA persistent. Le caratteristiche del sistema sono:

- velocità dei segmenti: 2.0 Mbit/s;
- lunghezza delle trame generate dalle stazioni: 1500 byte;
- ritardo di propagazione tra la stazione A e il Bridge: 3 ms;
- ritardo di propagazione tra la stazione B e il Bridge: 2 ms.

Le stazioni generano le seguenti trame:

- stazione A: una trama (A1) all'istante tA1=946 msec e una trama (A2) all'istante tA2=960 msec, entrambe dirette a B;
- stazione B: una trama (B1) all'istante tB1=951 msec e una trama (B2) all'istante tB2=964 msec, entrambe dirette ad A;

In caso di collisione, si supponga che le stazioni decidono di ritrasmettere Z millisecondi dopo la fine della trasmissione della trama corrotta; il numero Z viene deciso secondo il seguente metodo:

- si attende un tempo pari a Z = Sc * N + T, dove
  - Sc = somma delle cifre che compongono l'istante di inizio trasmissione
  - N = numero di collisioni subite da quella trama
  - T tempo di trama

ad esempio, se l'istante di inizio trasmissione è 418 msec, Z = (4+1+8)*N + T

Determinare:

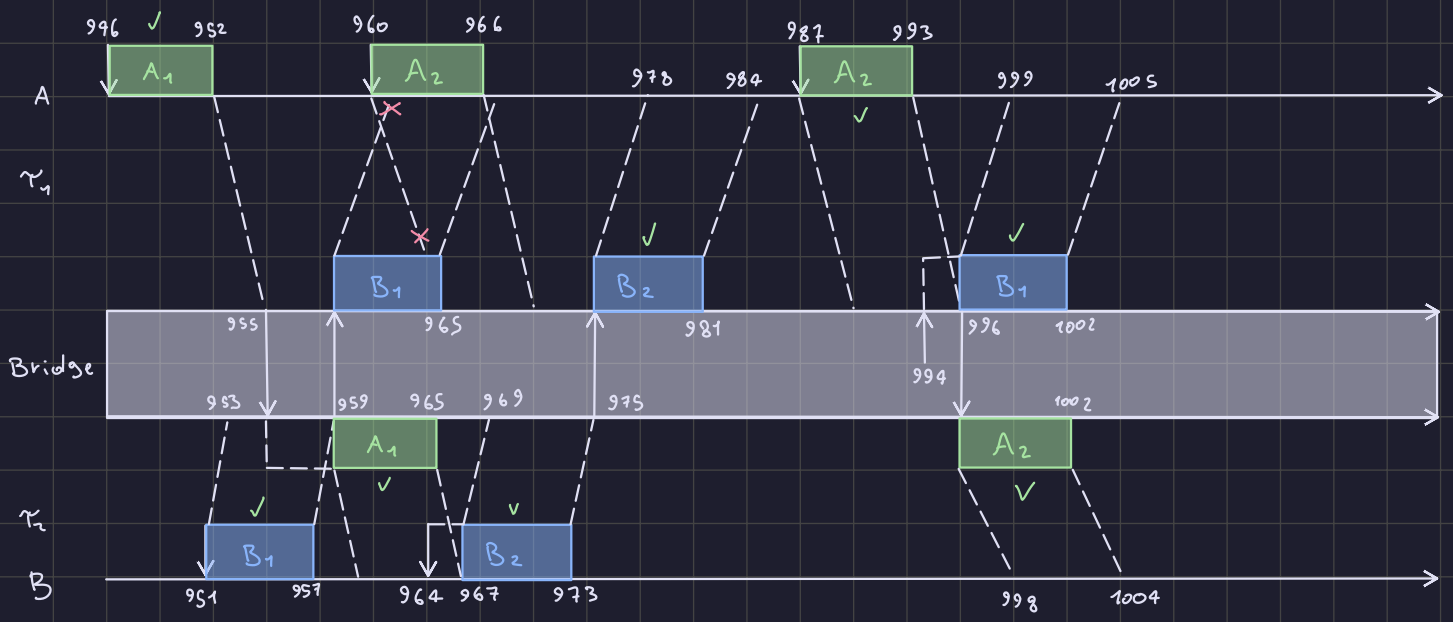
1. graficamente le trasmissioni delle diverse trame, indicando se avviene collisione, in quali istanti essa viene eventualmente avvertita e da quali apparati;
2. il periodo di vulnerabilità del sistema preso in considerazione

$v = 2 \frac{Mbit}{s}$ $L = 1500$ byte $\tau_1 = 3ms$ $\tau_2 = 2ms$

$$T = \frac{1500 \cdot 8}{2 \cdot 10^6 \frac{bit}{s}} = 6ms$$

A: $\begin{cases} t_{A1} = 946\ ms \rightarrow B \\ t_{A2} = 960\ ms \rightarrow B \end{cases}$

B: $\begin{cases} t_{B1} = 951\ ms \rightarrow A \\ t_{B2} = 964\ ms \rightarrow A \end{cases}$



Alla collisione tra A2 e B1:

$z_{A2} = (9+6+0) \cdot 1 + 6 = 21\ ms \rightarrow 966 + 21 = 987ms$ A2 ritrasmette per primo

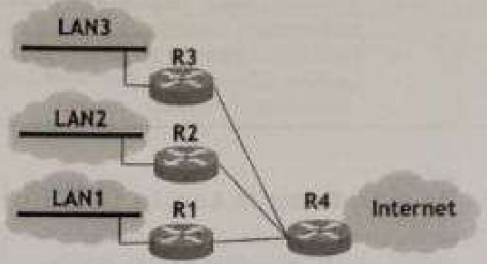
$z_{B1} = (9+5+9) \cdot 1 + 6 = 29\ ms \rightarrow 965 + 29 = 994ms$

Il periodo di vulnerabilità, cioè il periodo in cui possono verificarsi collisioni, di questo sistema è 2τ perchè nel csma persistent ci possono essere collisioni soltanto se una stazione trasmette mentre un altra trama è già stata trasmessa ma non è ancora arrivata alla stazione. In questo caso per il segmento a sinistra τ = 3ms, quindi il periodo di vulnerabilità è 6ms, per il segmento di destra τ = 2ms e il periodo di vulnerabilità è di 4ms.

Esercizio 2 (7 punti)

Si consideri la rete rappresentata in Figura, collegata ad Internet attraverso il router R4 (router di default per la rete). Si hanno i seguenti vincoli:

- Le LAN 1, 2 e 3 devono poter contenere rispettivamente almeno 400, 300, e 100 host;
- la LAN 3 contiene un host con indirizzo 174.212.154.201.



Tralasciando gli indirizzi del collegamento punto-punto con il router R4:

1. Si specifichi il blocco CIDR più piccolo da assegnare alla rete nel rispetto dei vincoli citati;
2. Si assegnino gli indirizzi di rete e di broadcast alle LAN 1, 2 e 3, utilizzando il blocco CIDR individuato nel punto precedente.
3. Si scriva la tabella di routing del router R1, considerando come metrica il numero di hop e assumendo che il router R4 abbia annunciato di poter raggiungere qualsiasi host su Internet in 5 hop.

1.

Lan 1: 400 → 512 → 2^9 host

Lan 2: 300 → 512 → 2^9 host

Lan 3: 100 → 128 → 2^7 host

Blocco totale = 512 · 2 + 128 = 1152 → 2048 → 2^{11} host

Possiamo derivare il blocco CIDR totale dall'indirizzo della lan3 che ci è stato fornito:

174 . 212 . 154 . 201

↓

174 . 212 . 1 0 0 1 1 0 1 0 . 1 1 0 0 1 0 0 1

Sappiamo che il blocco CIDR totale ha bisogno di 11 bit di suffisso, quindi 21 bit di prefisso. In un indirizzo di rete tutti i bit che non appartengono al prefisso vengono messi a 0, mentre nel broadcast vengono messi a 1.

Rete 174 . 212 . 1 0 0 1 1 0 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 0

Prefisso

↓

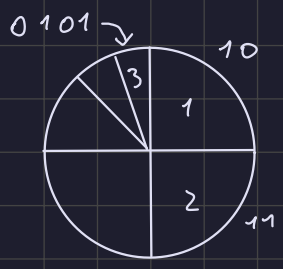
174 . 212 . 152 . 0/21

Broadcast 174 . 212 . 1 0 0 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1

Prefisso

↓

174 . 212 . 159 . 255/21



2.

Lan 3

Della lan 3 ci viene fornito un indirizzo da cui possiamo derivare a che sottorete appartiene. La lan 3 ha bisogno di 7 bit di suffisso per indirizzare tutti gli host, quindi 25 bit di prefisso di cui 4 sono dedicati alla sottorete:

Rete: 174 . 212 . 1 0 0 1 1 0 1 0 . 1 0 0 0 0 0 0 0

Prefisso Sottorete

↓

174 . 212 . 154 . 128/25

Broadcast: 174 . 212 . 1 0 0 1 1 0 1 0 . 1 1 1 1 1 1 1 1

Prefisso Sottorete

↓

174 . 212 . 154 . 255/25

Lan 2

Rete: 174 . 212 . 1 0 0 1 1 1 1 0 . 0 0 0 0 0 0 0 0

Prefisso | Sottorete

↓

174 . 212 . 158 . 0 /23

Broadcast: 174 . 212 . 1 0 0 1 1 1 1 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1

Prefisso | Sottorete

↓

174 . 212 . 159 . 255 /23

Lan 1

Rete: 174 . 212 . 1 0 0 1 1 1 0 0 . 0 0 0 0 0 0 0 0

Prefisso | Sottorete

↓

174 . 212 . 156 . 0 /23

Broadcast: 174 . 212 . 1 0 0 1 1 1 0 1 . 1 1 1 1 1 1 1 1

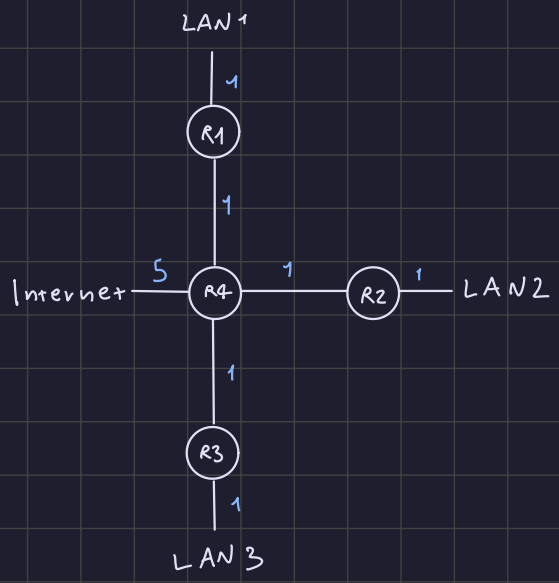
Prefisso | Sottorete

↓

174 . 212 . 157 . 255 /23

3.

IL grafo della rete è il seguente:



La tabella di routing di R1 è la seguente:

dst	next hop	cst
LAN1	R1	1
R4	R4	1
Internet	R4	6

Esercizio 3 (7 punti)

Un'applicazione A deve trasferire 174000 byte all'applicazione B utilizzando il protocollo TCP. Si supponga che la connessione tra A e B sia già stata instaurata. La trasmissione dei segmenti inizia al tempo t=0. Sono noti i seguenti parametri:

- MSS concordata pari a 1200 byte;
- RCVWND annunciata da B ad A pari a 19200 byte; a partire dal tempo t_a>5.0 la destinazione annuncia una RCVWND pari a 26400 byte; a partire dal tempo t_b>9.0 la destinazione annuncia una RCVWND pari a 4800 byte; a partire dal tempo t_c>14.0 la destinazione annuncia una RCVWND pari a 19200 byte;
- SSTHRESH iniziale = RCVWND;
- CWND= 1 segmento a t=0;
- RTT pari a 1.0 secondo, costante per tutto il tempo di trasferimento;
- RTO base = 2*RTT; nel caso di perdite consecutive dello stesso segmento, i timeout seguenti raddoppiano fino ad un massimo di 4 volte il RTO base (incluso), dopodiché la connessione viene abbattuta;
- il tempo di trasmissione dei segmenti è trascurabile rispetto RTT;
- il ricevitore riscontra immediatamente i segmenti.

Inoltre si supponga che la rete vada fuori servizio nei seguenti intervalli di tempo:

- da t_1=9.5s a t_2=10.5s;
- da t_3=18s a t_4=20s;

Si tracci l'andamento della CWND nel tempo e si determini in particolare:

1. il valore finale di CWND (sia graficamente, sia esplicitandolo);
2. i valori assunti dalla SSTHRESH durante il trasferimento (graficamente);
3. il tempo necessario per il trasferimento dei dati (sia graficamente, sia esplicitandolo);
4. il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se ne vengono ricevuti i riscontri o meno (sia graficamente, sia esplicitando i valori).

$L = 174000 \text{ byte} = \frac{174000}{1200} = 145 \text{ segmenti}$

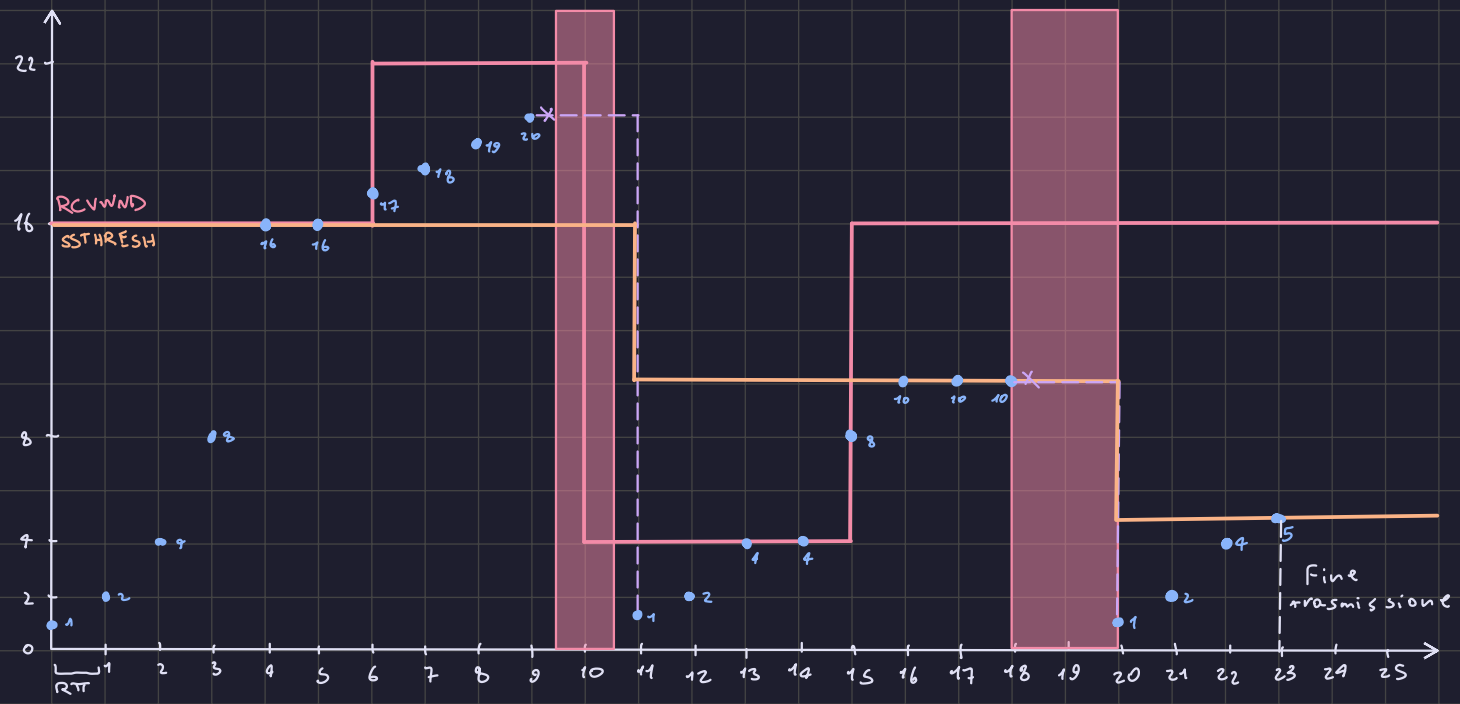
MSS = 1200 byte

SSTHRESH = RCVWND

RTT = 1s costante

$$RCVWND = \begin{cases} 19200 \text{ byte} & t \leq 5 = 16 \text{ segmenti} \\ 26400 \text{ byte} & t_a > 5 = 22 \text{ segmenti} \\ 4800 \text{ byte} & t_b > 9 = 4 \text{ segmenti} \\ 19200 \text{ byte} & t_c > 14 = 16 \text{ segmenti} \end{cases}$$

$$DOWN = \begin{cases} (9.5, 10.5) \\ (18, 20) \end{cases}$$



Segmenti trasmessi = 1+2+4+8+16+16+17+18+19+20+1+2+4+9+8+10+10+10+1+2+4 = 145

1 3 7 15 31 47 64 82 101 121 102 104 108 112 120 130 140 145 141 143 145

Il tempo necessario per trasmettere tutti i segmenti è di 23 secondi e il valore finale della cwnd è 5.