

Reti di Calcolatori

Esercizi

Univr - Dipartimento di Informatica

Fabio Irimie

1° Semestre 2024/2025

Indice

1	Indirizzamento	2
1.1	Esercizio 1	2
1.1.1	Risoluzione	2
1.2	Esercizio 2	2
1.2.1	Risoluzione	2
1.3	Esercizio 3	3
1.3.1	Risoluzione	3
1.4	Esercizio 4	4
1.4.1	Risoluzione	4
1.5	Esercizio 5	6
1.5.1	Risoluzione	6
1.6	Esercizio 6	7
1.6.1	Risoluzione	7
1.7	Esercizio 7	9
2	TCP	9
2.1	Esercizio 1	10
2.1.1	Risoluzione	10
2.2	Esercizio 2	12
2.2.1	Risoluzione	12
2.3	Esercizio 3	14
2.3.1	Risoluzione	15
2.4	Esercizio 4	16
2.4.1	Risoluzione	16
2.5	Esercizio 5	19
2.5.1	Risoluzione	19

1 Indirizzamento

1.1 Esercizio 1

Qual'è l'indirizzo di rete se ho il seguente indirizzo IP:

140.120.84.20/20

1.1.1 Risoluzione

L'indirizzo di rete corrisponde ai primi 20 bit dell'indirizzo IP, quindi bisogna passare alla notazione binaria:

140.120.84.20 → 10001100 01111000 01010100 00010100

I primi 20 bit sono assegnati al prefisso:

$\underbrace{10001100\ 01111000\ 0101}_{\text{Prefisso}}\ \underbrace{0100\ 00010100}_{\text{Suffisso}}$

Per ottenere l'indirizzo di rete bisogna azzerare i bit del suffisso:

$\underbrace{10001100\ 01111000\ 0101}_{\text{Prefisso}}\ \underbrace{0000\ 00000000}_{\text{Suffisso}}$

che in notazione decimale puntata diventa:

140.120.80.0

La maschera di questo IP è:

$\underbrace{11111111\ 11111111\ 1111}_{\text{Prefisso}}\ \underbrace{0000\ 00000000}_{\text{Suffisso}}$

che in notazione decimale puntata diventa:

255.255.240.0

1.2 Esercizio 2

Si hanno 3 LAN. All'insieme delle 3 LAN è stato assegnato il blocco:

165.5.1.0/24

Creare 3 sottoreti per le 3 LAN in modo che abbiano tutte lo stesso numero di host.

1.2.1 Risoluzione

Per prima cosa si trasforma l'indirizzo IP in notazione binaria:

$\underbrace{10100101\ 00000101\ 00000001}_{\text{Prefisso}}\ \underbrace{00000000}_{\text{Suffisso}}$

Per poter ottenere 3 sottoreti di dimensione servono 2 bit che vengono presi dal suffisso per identificare ciascuna delle 3 reti:

$\underbrace{10100101\ 00000101\ 00000001}_{\text{Prefisso}}\ \underbrace{00}_{\text{Sottorete}}\ \underbrace{000000}_{\text{Suffisso}}$

Le combinazioni possibili sono:

- $\underbrace{10100101 \ 00000101 \ 00000001}_{\text{Prefisso}} \underbrace{00}_{\text{Sottorete}} \underbrace{000000}_{\text{Suffisso}}$
- $\underbrace{10100101 \ 00000101 \ 00000001}_{\text{Prefisso}} \underbrace{01}_{\text{Sottorete}} \underbrace{000000}_{\text{Suffisso}}$
- $\underbrace{10100101 \ 00000101 \ 00000001}_{\text{Prefisso}} \underbrace{10}_{\text{Sottorete}} \underbrace{000000}_{\text{Suffisso}}$
- $\underbrace{10100101 \ 00000101 \ 00000001}_{\text{Prefisso}} \underbrace{11}_{\text{Sottorete}} \underbrace{000000}_{\text{Suffisso}}$

Ci troviamo con 4 sottoreti con lo stesso numero di indirizzi ($2^6 = 64$). Di queste 4 sottoreti ne utilizziamo 3 e l'ultima rimane libera per utilizzi futuri.

Traducendo i blocchi in notazione decimale puntata si ha:

165.5.1.0/26 → LAN 1
 165.5.1.64/26 → LAN 2
 165.5.1.128/26 → LAN 3
 165.5.1.192/26 → Libero

1.3 Esercizio 3

Usando lo stesso blocco dell'esercizio 2 si modifichi la LAN 1 affinché abbia il doppio degli indirizzi rispetto a quelli assegnati alle altre 2 LAN.

1.3.1 Risoluzione

Il blocco di partenza in notazione binaria è:

10100101 00000101 00000001 00000000

Per ottenere il doppio degli indirizzi rispetto alle altre 2 LAN bisogna prendere un bit dal suffisso e assegnarlo al prefisso ottenendo così 2 reti /25.

$\underbrace{10100101 \ 00000101 \ 00000001}_{\text{Prefisso}} \underbrace{0}_{\text{Sottorete}} \underbrace{0000000}_{\text{Suffisso}}$
 $\underbrace{10100101 \ 00000101 \ 00000001}_{\text{Prefisso}} \underbrace{1}_{\text{Sottorete}} \underbrace{0000000}_{\text{Suffisso}}$

Dalla rete si fa la stessa operazione separando un bit dal suffisso e ottenendo altri 2 blocchi da /26.

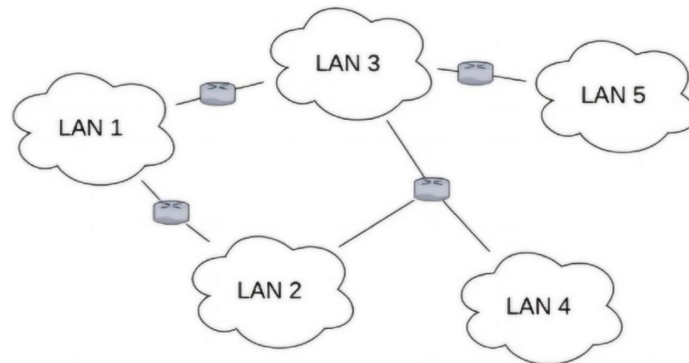
$\underbrace{10100101 \ 00000101 \ 00000001}_{\text{Prefisso}} \underbrace{0}_{\text{Lan 1}} \underbrace{0000000}_{\text{Suffisso}}$
 $\underbrace{10100101 \ 00000101 \ 00000001}_{\text{Prefisso}} \underbrace{10}_{\text{Lan 2}} \underbrace{000000}_{\text{Suffisso}}$
 $\underbrace{10100101 \ 00000101 \ 00000001}_{\text{Prefisso}} \underbrace{11}_{\text{Lan 3}} \underbrace{000000}_{\text{Suffisso}}$

Traducendo i blocchi in notazione decimale puntata si ha:

Lan 1: 165.5.1.0/25
 Lan 2: 165.5.1.128/26
 Lan 3: 165.5.1.192/26

1.4 Esercizio 4

Si consideri la seguente rete suddivisa in 5 sottoreti:



Ci sono due indirizzi già assegnati alla rete:

- 101.75.79.255
 - 101.75.80.0
1. Qual'è il blocco **CIDR** più piccolo (con il minor numero di indirizzi) che contiene tali indirizzi?
 2. Dato il blocco **CIDR** della domanda precedente, si creino 5 sottoreti con i seguenti vincoli:
 - **LAN 1**: deve essere una sottorete /21
 - **LAN 2**: deve ospitare fino a 1000 host
 - **LAN 3**: deve essere una sottorete /23
 - **LAN 4**: deve ospitare fino a 400 host
 - **LAN 5**: deve ospitare metà host rispetto al blocco iniziale

1.4.1 Risoluzione

1. Converto entrambi gli indirizzi in notazione binaria:

101.75.79.255 → 01100101 01001011 01001111 11111111

101.75.80.0 → 01100101 01001011 01010000 00000000

Siccome i due IP sono uguali fino al 19° bit a partire da sinistra, si può dire che il blocco CIDR più piccolo che contiene entrambi gli indirizzi sia quello della rete:

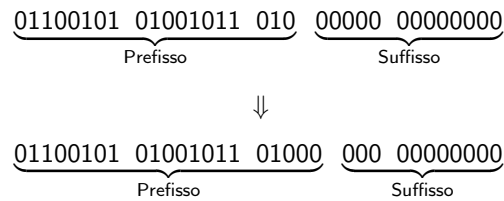
01100101 01001011 010 00000 00000000
Prefisso Suffisso

che in notazione intera puntata è il seguente:

101.75.64.0/19

2. • **LAN 1:**

Per avere una sottorete /21 basta spostare i bit del prefisso:

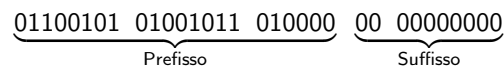


che in notazione intera puntata risulta:

101.75.64.0/21

• **LAN 2:**

1000 host sono circa 2^{10} , di conseguenza per avere un blocco che possa ospitare fino a 1000 host esso deve avere almeno 10 bit di suffisso:



che in notazione intera puntata risulta:

101.75.64.0/22

• **LAN 3:**

Per avere una sottorete /23 basta spostare i bit del prefisso:

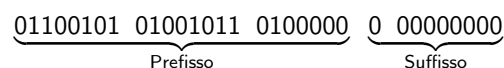


che in notazione intera puntata risulta:

101.75.64.0/23

• **LAN 4:**

400 host sono circa 2^9 , di conseguenza per avere un blocco che possa ospitare fino a 400 host esso deve avere almeno 9 bit di suffisso:



che in notazione intera puntata risulta:

101.75.64.0/23

- **LAN 5:**

Il blocco iniziale riesce ad ospitare 2^{13} host, quindi per creare una rete che ne ospiti la metà bisogna avere $\frac{2^{13}}{2} = 2^{13-1} = 2^{12}$ 12 bit di suffisso:

$\underbrace{01100101\ 01001011\ 0100}_{\text{Prefisso}}\ \underbrace{0000\ 00000000}_{\text{Suffisso}}$

che in notazione intera puntata risulta:

101.75.64.0/20

1.5 Esercizio 5

Si hanno 3 LAN con i seguenti numeri di host:

1. LAN 1: 300 host
2. LAN 2: 40 host
3. LAN 3: 90 host

L'indirizzo di broadcast della LAN 3 è:

148.12.79.255

1. Trovare il blocco CIDR totale da assegnare all'intera rete
2. Partendo da tale blocco suddividerlo in sottoreti da assegnare alle 3 LAN

1.5.1 Risoluzione

1. Per trovare il blocco CIDR totale bisogna trovare il blocco che riesce a contenere il numero di host totale (in base 2) delle 3 LAN:

$$512 + 64 + 128 = 704$$

Il blocco CIDR che riesce a contenere 704 host è:

$$2^{10} = 1024$$

Di conseguenza il blocco CIDR totale dovrà avere 10 bit di suffisso e l'indirizzo di rete si ottiene convertendo l'indirizzo di broadcast in notazione binaria e azzerando i bit del suffisso:

$\underbrace{10010100\ 00001100\ 010011}_{\text{Prefisso}}\ \underbrace{00\ 00000000}_{\text{Suffisso}}$

che in decimale risulta:

148.12.76.0/22

2. Per suddividere il blocco CIDR in 3 sottoreti bisogna trovare il numero di bit di suffisso necessari per contenere il numero di host di ciascuna LAN:

- LAN 1: 300 host, $2^9 = 512$ quindi 9 bit di suffisso

- LAN 2: 40 host, $2^6 = 64$ quindi 6 bit di suffisso
- LAN 3: 90 host, $2^7 = 128$ quindi 7 bit di suffisso

Quindi il blocco CIDR totale:

$\underbrace{10010100 \ 00001100 \ 010011}_{\text{Prefisso}} \ \underbrace{00 \ 00000000}_{\text{Suffisso}}$

verrà suddiviso in:

LAN 1: $\underbrace{10010100 \ 00001100 \ 010011}_{\text{Prefisso}} \ \underbrace{0}_{\text{Lan 1}} \ \underbrace{0 \ 00000000}_{\text{Suffisso}}$
 LAN 2: $\underbrace{10010100 \ 00001100 \ 010011}_{\text{Prefisso}} \ \underbrace{11 \ 01}_{\text{Lan 2}} \ \underbrace{000000}_{\text{Suffisso}}$
 LAN 3: $\underbrace{10010100 \ 00001100 \ 010011}_{\text{Prefisso}} \ \underbrace{11 \ 1}_{\text{Lan 3}} \ \underbrace{0000000}_{\text{Suffisso}}$

che in notazione puntata risultano:

LAN 1: 148.12.76.0/23
 LAN 2: 148.12.79.64/26
 LAN 3: 148.12.79.128/25

1.6 Esercizio 6

Si hanno 4 lan che devono contenere il seguente numero di host:

LAN 1: 130 host
 LAN 2: 270 host
 LAN 3: 65 host
 LAN 4: 35 host

La LAN 1 contiene l'indirizzo 46.144.141.41.

1. Calcolare il blocco CIDR totale.
2. Quali sono gli indirizzi di rete delle 4 LAN?

1.6.1 Risoluzione

1. Per trovare il blocco CIDR totale bisogna trovare il blocco di indirizzi che contiene tutti gli indirizzi delle LAN (in base 2):

LAN 1: $130 \rightarrow 256 = 2^8$
 LAN 2: $270 \rightarrow 512 = 2^9$
 LAN 3: $65 \rightarrow 128 = 2^7$
 LAN 4: $35 \rightarrow 64 = 2^6$

il blocco totale sarà:

$$256 + 512 + 128 + 64 = 960 \rightarrow 1024 = 2^{10}$$

Avremo bisogno di 10 bit per il suffisso per poter indirizzare 1024 host.

Convertiamo l'indirizzo contenuto dalla LAN 1 in binario per poter ricavare l'indirizzo di rete:

46.144.141.41

↓

00101110 10010000 10001101 00101001

Sappiamo che 10 bit vanno dedicati al suffisso, di conseguenza 22 saranno dedicati al prefisso, quindi l'indirizzo di rete è:

00101110 10010000 10001100 00000000
Prefisso Suffisso

che in notazione decimale diventa:

46.144.140.0/22

2. Per trovare gli indirizzi di ognuna delle LAN dobbiamo vedere quanti bit bisogna assegnare ad ognuna di esse per indirizzare tutti gli host richiesti. Abbiamo visto nella domanda precedente che gli indirizzi richiesti per ogni lan sono i seguenti:

LAN 1: $130 \rightarrow 256 = 2^8$

LAN 2: $270 \rightarrow 512 = 2^9$

LAN 3: $65 \rightarrow 128 = 2^7$

LAN 4: $35 \rightarrow 64 = 2^6$

- La LAN 1 richiede 8 bit di suffisso e sappiamo che contiene il seguente indirizzo:

00101110 10010000 10001101 00101001
Prefisso LAN 1 Suffisso

di conseguenza l'indirizzo di rete della LAN 1 è:

00101110 10010000 10001101 00000000
Prefisso LAN 1 Suffisso

↓

46.144.141.0/24

- La LAN 2 richiede 9 bit di suffisso:

00101110 10010000 1000111 0 00000000
Prefisso LAN 2 Suffisso

↓

46.144.142.0/23

- La LAN 3 richiede 7 bit di suffisso:

$$\underbrace{00101110}_{\text{Prefisso}} \underbrace{10010000}_{\text{Prefisso}} \underbrace{10001100}_{\text{LAN 3}} \underbrace{10000000}_{\text{Suffisso}}$$

↓

46.144.140.128/25

- La LAN 4 richiede 6 bit di suffisso:

$$\underbrace{00101110}_{\text{Prefisso}} \underbrace{10010000}_{\text{Prefisso}} \underbrace{10001100}_{\text{LAN 4}} \underbrace{01000000}_{\text{Suffisso}}$$

↓

46.144.140.64/26

1.7 Esercizio 7

Si hanno 3 lan con i seguenti host:

LAN 1: 400 host

LAN 2: 300 host

LAN 3: 1200 host

La LAN 1 contiene un host con indirizzo:

178.242.85.168

Si consideri la topologia con un router di bordo X tra la rete internet e la LAN1, un secondo router di bordo A tra la LAN1 e la LAN2, un terzo router di bordo B tra la LAN2 e la LAN3 e un ultimo router di bordo D collegato alla LAN3 e al router di bordo della rete internet.

Ogni host è collegato tramite un cavo coassiale a tutti gli altri host e anche al router e quindi li raggiunge entrambi con 1 hop.

1. Calcolare il blocco CIDR totale.
2. Calcolare gli indirizzi di rete delle 3 LAN.
3. Trovare la tabella di routing del router A considerando come metrica il numero di hop e assumendo che il router X abbia annunciato di raggiungere tutti gli host su Internet con 5 hop.

2 TCP

L'obiettivo di questi esercizi è quello di vedere come si comporta l'algoritmo in situazioni particolari.

2.1 Esercizio 1

Un'applicazione A deve trasferire verso un'applicazione B 96000byte. Si suppone che la connessione sia già stata instaurata. I dati sono i seguenti:

- $mss = 1000$ byte
- $rcvwnd = 32000$ byte, costante per l'intero trasferimento dei dati
- $ssthresh = \frac{rcvwnd_{iniziale}}{2}$
- $rtt =$ costante, pari a 0.5 secondi
- $rto = 2 \cdot rtt$, raddoppia in caso di perdite sequenziali
- Down di rete (rete fuori uso, in cui tutti i segmenti vengono persi) =

$$t_1 = 3 \rightarrow t_2 = 3,5$$

$$t_3 = 7 \rightarrow t_4 = 7,5$$

Lo scopo è quello di valutare l'evoluzione temporale della $cwnd$ fino a fine trasmissione.

2.1.1 Risoluzione

Il numero di segmenti da trasmettere sono:

$$\frac{\text{byte da trasmettere}}{mss} = \frac{96000\text{byte}}{1000\text{byte}} = 96 \text{ segmenti}$$

La $rcvwnd$ iniziale vale:

$$rcvwnd_{iniziale} = \frac{32000\text{byte}}{1000\text{byte}} = 32 \text{ segmenti}$$

La $ssthresh$ vale:

$$ssthresh_{iniziale} = \frac{32}{2} = 16 \text{ segmenti}$$

La $cwnd$ iniziale vale 1:

$$cwnd_{iniziale} = 1$$

L'andamento della trasmissione è il seguente:

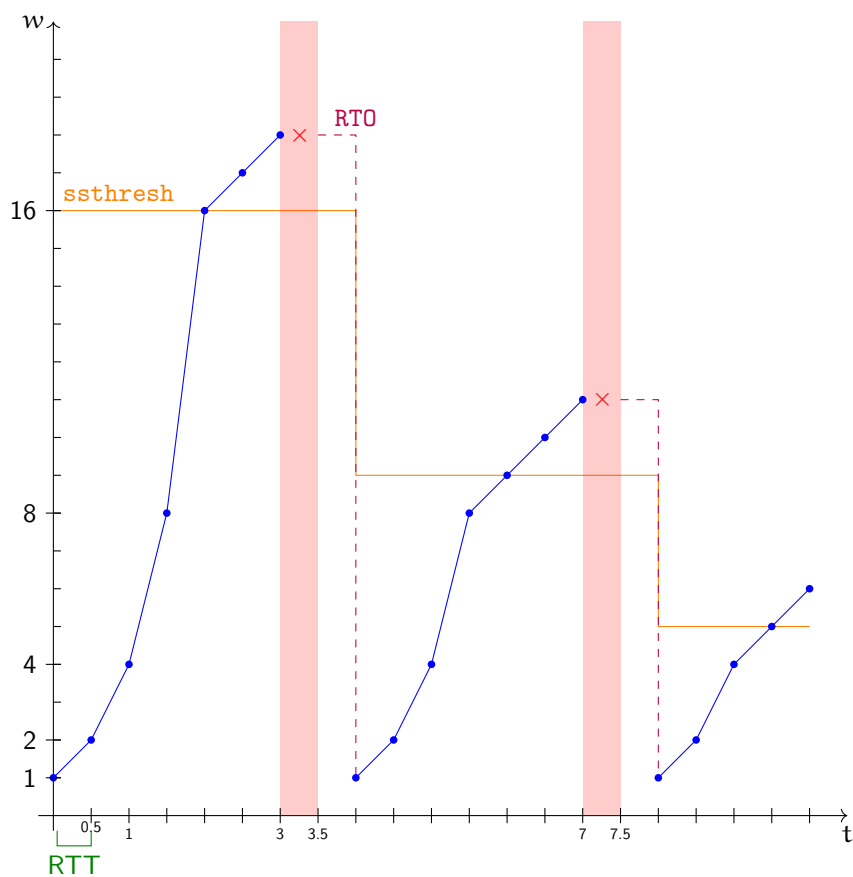


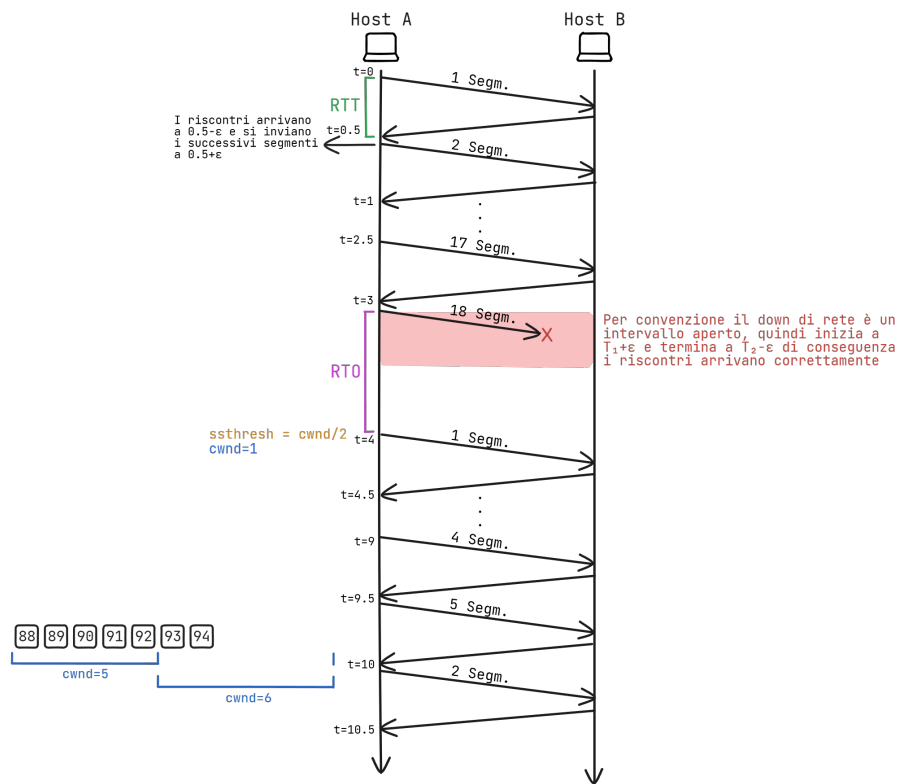
Figura 1: Andamento di cwnd in funzione del tempo

Il numero di segmenti trasmessi è:

$$\begin{aligned} \#seg &= 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 17 + 18 + 1 + 2 + 4 + 8 + 9 + 10 + 11 + 1 + 2 + 4 + 5 + 6 \\ &= 96 \end{aligned}$$

All'ultimo RTT si trasmettono soltanto 2 segmenti al posto di 6 perchè nonostante la finestra sia grande 6, il numero di pacchetti rimasti da trasmettere sono soltanto 2.

Un'altra possibile rappresentazione è la seguente:



2.2 Esercizio 2

Abbiamo un'applicazione A che trasferisce 46500byte verso un'applicazione B.

$$MSS = 1500 \text{ byte}$$

$$RCVWND_{\text{iniziale}} = 24000 \text{ byte} \rightarrow \text{costante}$$

$$SSTHRESH = \frac{RCVWND_{\text{iniziale}}}{2}$$

$$RTT = 0.5 \text{ secondi} \rightarrow \text{costante}$$

$$RTO = 2 \cdot RTT \rightarrow \text{raddoppia in caso di perdite consecutive}$$

$$\text{Down di rete} = [1.5 \rightarrow 3.5], [7 \rightarrow 7.5]$$

2.2.1 Risoluzione

Il numero di segmenti da trasmettere sono:

$$\frac{46500}{1500} = 31 \text{ segmenti}$$

$$RCVWND_{\text{iniziale}} = \frac{24000}{1500} = 16 \text{ segmenti}$$

$$SSTHRESH = \frac{16}{2} = 8 \text{ segmenti}$$

L'evoluzione della finestra di congestione è la seguente:

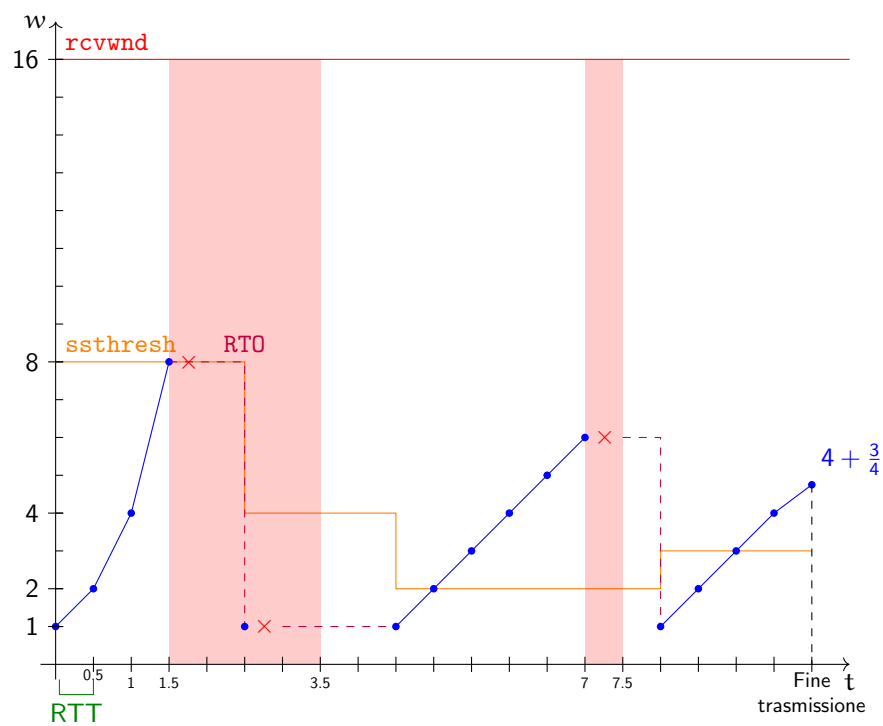
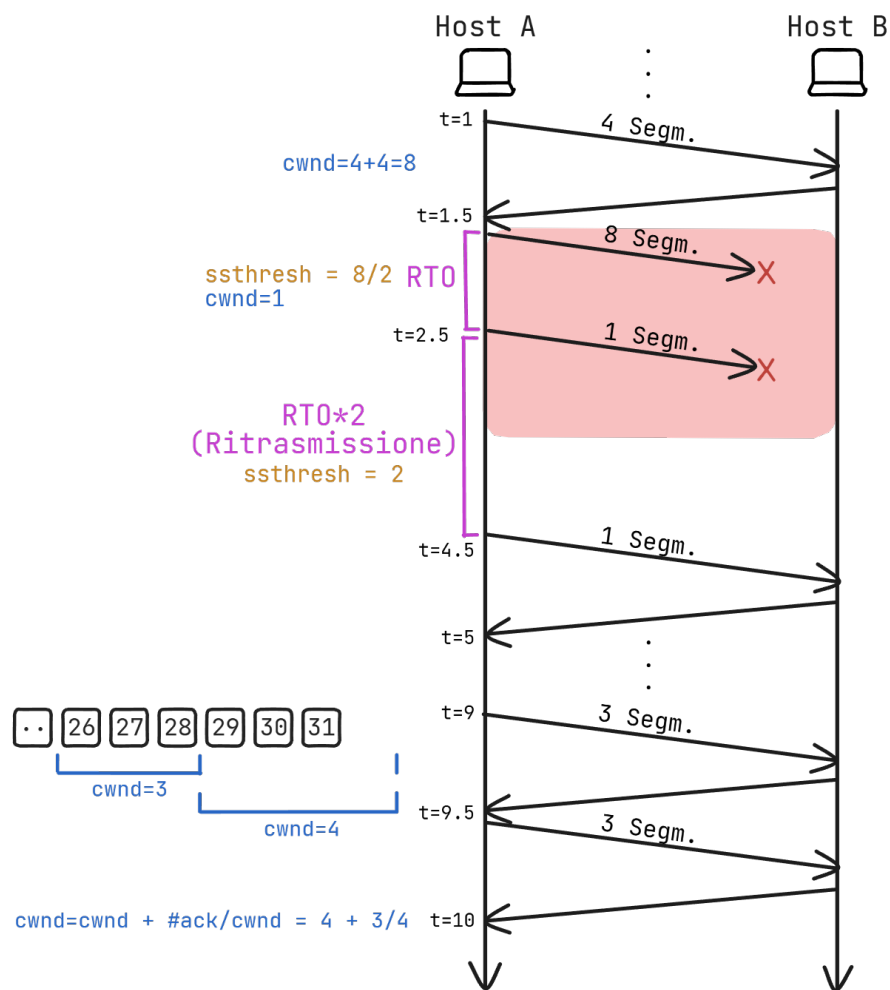


Figura 2: Andamento di `cwnd` in funzione del tempo

Il numero di segmenti trasmessi è:

$$\begin{aligned} \#seg &= 1 + 2 + 4 + \cancel{8} + \cancel{1} + 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + \cancel{6} + 1 + 2 + 3 + \cancel{4}^3 \\ &= 31 \end{aligned}$$

Un'altra possibile rappresentazione è la seguente:



2.3 Esercizio 3

Abbiamo un'applicazione A che trasferisce 104000byte verso un'applicazione B.

MSS = 1200 byte

RCVWND_{iniziale} = 24000 byte → costante

SSTHRESH = RCVWND_{iniziale}

RTT = 0.5 secondi → costante

RTO = 2 · RTT → raddoppia in caso di perdite consecutive

Down di rete = [3.5 → 4.5], [6.5 → 10.5]

2.3.1 Risoluzione

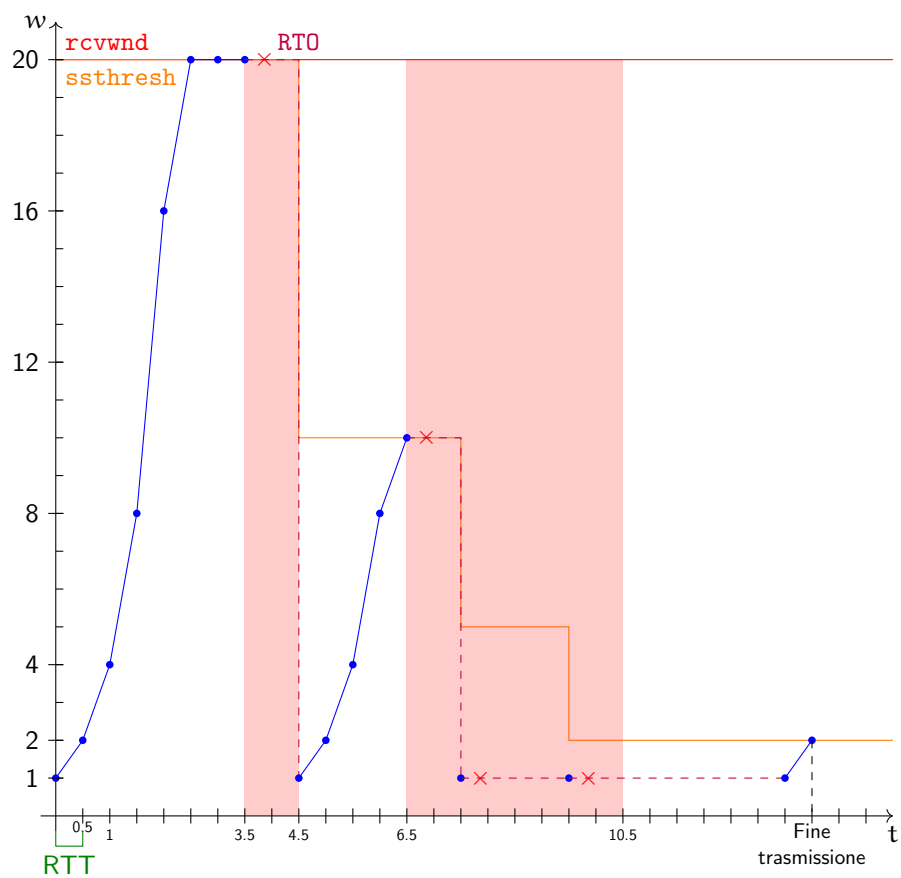
Il numero di pacchetti inviati è:

$$\frac{104000}{1200} = 87 \text{ segmenti}$$

$$\text{RCVWND}_{\text{iniziale}} = \frac{24000}{1200} = 20$$

$$\text{SSTHRESH} = 20 \text{ segmenti}$$

L'evoluzione della finestra di congestione è la seguente:



2.4 Esercizio 4

Un'applicazione A trasferisce 104400byte verso un'applicazione B.

$$MSS = 1200 \text{ byte}$$

$$RCVWND_{\text{iniziale}} = 9600 \text{ byte}$$

$$SSTHRESH = RCVWND_{\text{iniziale}}$$

$$RTT = 1 \text{ secondo} \rightarrow \text{costante}$$

$$RTO = 2 \cdot RTT \rightarrow \text{raddoppia in caso di perdite consecutive}$$

$$\text{Down di rete} = [11.5 \rightarrow 12.5]$$

A partire dall'istante $t_a > 4 \text{ sec}$ la destinazione annuncia una

$$RCVWND = 14400 \text{ byte}$$

A partire dall'istante $t_b > 9 \text{ sec}$ la destinazione annuncia una

$$RCVWND = 7200 \text{ byte}$$

Bisogna tenere in considerazione il ritardo di ricezione dell'annuncio della nuova RCVWND

2.4.1 Risoluzione

Il numero di segmenti da trasmettere sono:

$$\frac{104400}{1200} = 87 \text{ segmenti}$$

$$RCVWND_{\text{iniziale}} = \frac{9600}{1200} = 8 \text{ segmenti}$$

$$SSTHRESH = 8 \text{ segmenti}$$

$$t_a^{\text{dst}} > 4 = 12 \text{ segmenti}$$

$$t_b^{\text{dst}} > 9 = 6 \text{ segmenti}$$

L'evoluzione della finestra di congestione è la seguente:

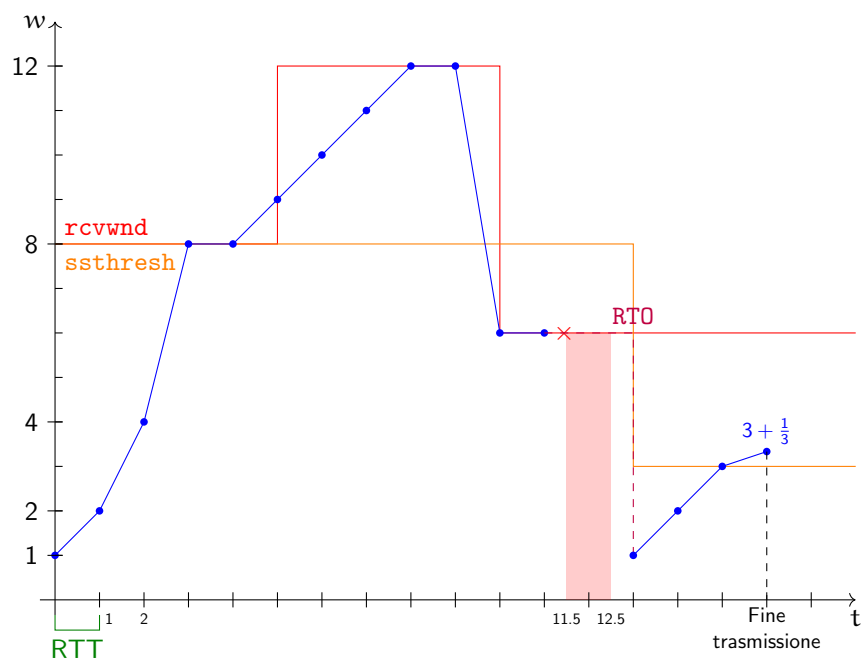
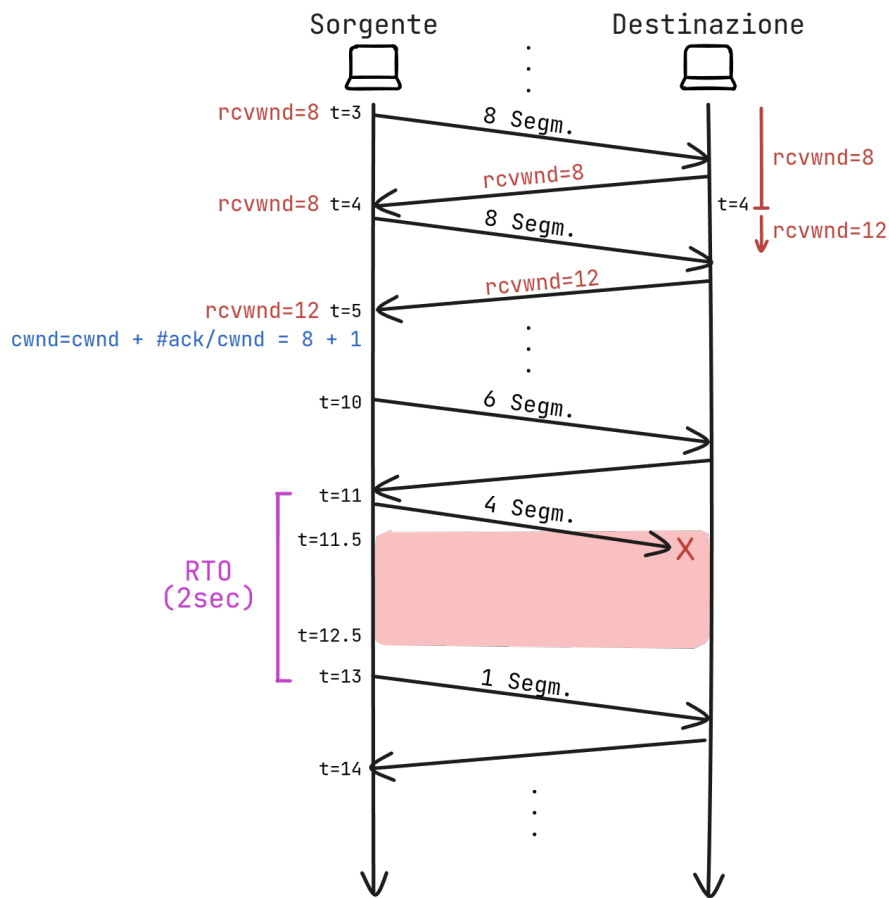


Figura 4: Andamento di $cwnd$ in funzione del tempo

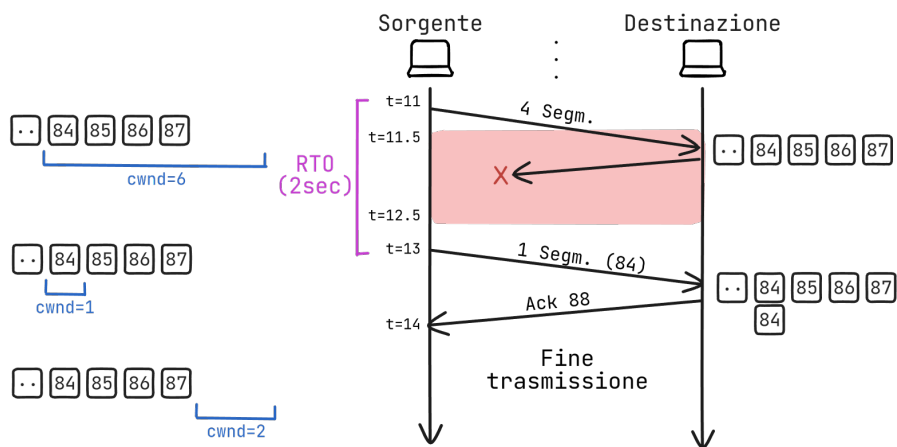
Il numero di segmenti trasmessi è:

$$\#seg = 1 + 2 + 4 + 8 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 12 + 6 + \cancel{4} + 1 + 2 + \cancel{3} = 87$$

Un'altra possibile rappresentazione è la seguente:



Se al posto di perdere il pacchetto si fosse perso il riscontro, avremmo avuto la seguente rappresentazione:



Anche questa rappresentazione è corretta, in quanto il numero di segmenti trasmessi è sempre 87.

2.5 Esercizio 5

Un applicazione A trasferisce 77500 byte verso un'applicazione B.

$$MSS = 1250 \text{ byte}$$

$$RCVWND_{\text{iniziale}} = 10000 \text{ byte}$$

$$SSTHRESH = RCVWND_{\text{iniziale}}$$

$$RTT = 1 \text{ second} \rightarrow \text{costante}$$

$$RTO = 2 \cdot RTT \rightarrow \text{raddoppia in caso di perdite consecutive}$$

$$\text{Down di rete} = [8 \rightarrow 10], [13.5 \rightarrow 14.5]$$

A partire dall'istante $t_a > 4 \text{ sec}$ la destinazione annuncia una

$$RCVWND = 17500 \text{ byte}$$

A partire dall'istante $t_b > 8 \text{ sec}$ la destinazione annuncia una

$$RCVWND = 12500 \text{ byte}$$

2.5.1 Risoluzione

Il numero di segmenti da trasmettere sono:

$$\frac{77500}{1250} = 62 \text{ segmenti}$$

$$RCVWND_{\text{iniziale}} = \frac{10000}{1250} = 8 \text{ segmenti}$$

$$SSTHRESH = 8 \text{ segmenti}$$

$$t_a^{\text{dst}} > 4 \quad RCVWND = 14 \text{ segmenti}$$

$$t_b^{\text{dst}} > 8 \quad RCVWND = 10 \text{ segmenti}$$

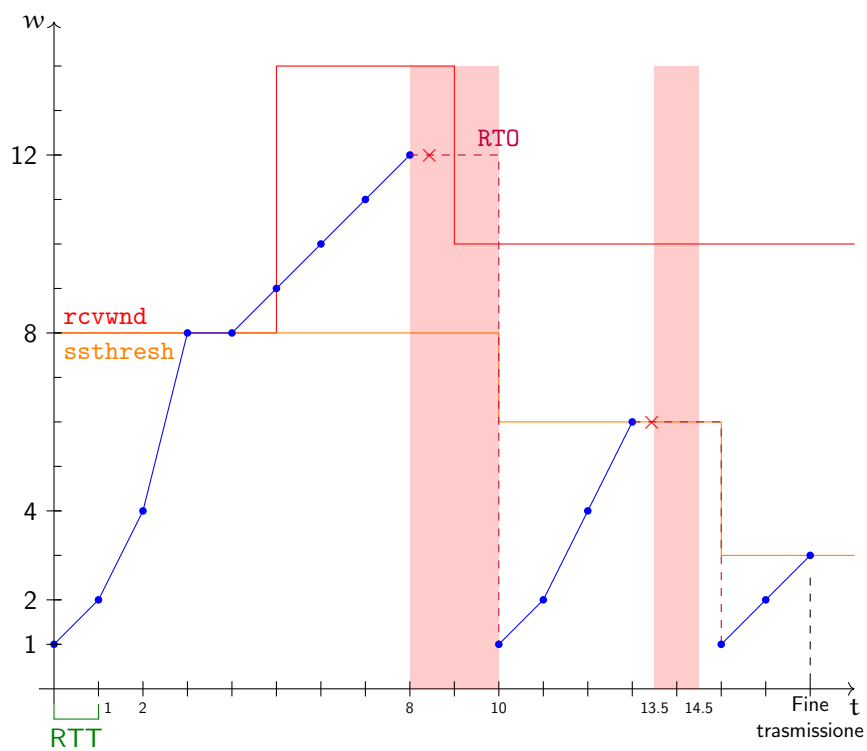


Figura 5: Andamento di $cwnd$ in funzione del tempo

Il numero di segmenti trasmessi è:

$$\#seg = 1 + 2 + 4 + 8 + 8 + 9 + 10 + 11 + \cancel{12} + 1 + 2 + 4 + \cancel{6} + 1 + \cancel{2} = 62$$