



# Università degli Studi di Bergamo

---



**DIP. DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE E  
METODI MATEMATICI**

## **LABORATORIO DI RETI**

---

### **03 – Controllo a Finestra**

# Controllo della velocità di trasmissione della sorgente di traffico

---

- Abbiamo visto negli esempi precedenti sorgenti di traffico che immettono direttamente il traffico in rete così come viene generato
- E' possibile (e in molti casi assolutamente necessario) controllare la velocità di immissione in rete dei pacchetti da parte della sorgente per:
  - evitare di sommergere un ricevitore lento di pacchetti
  - evitare di congestionare qualcuno dei link attraversati

# Controllo di flusso

---

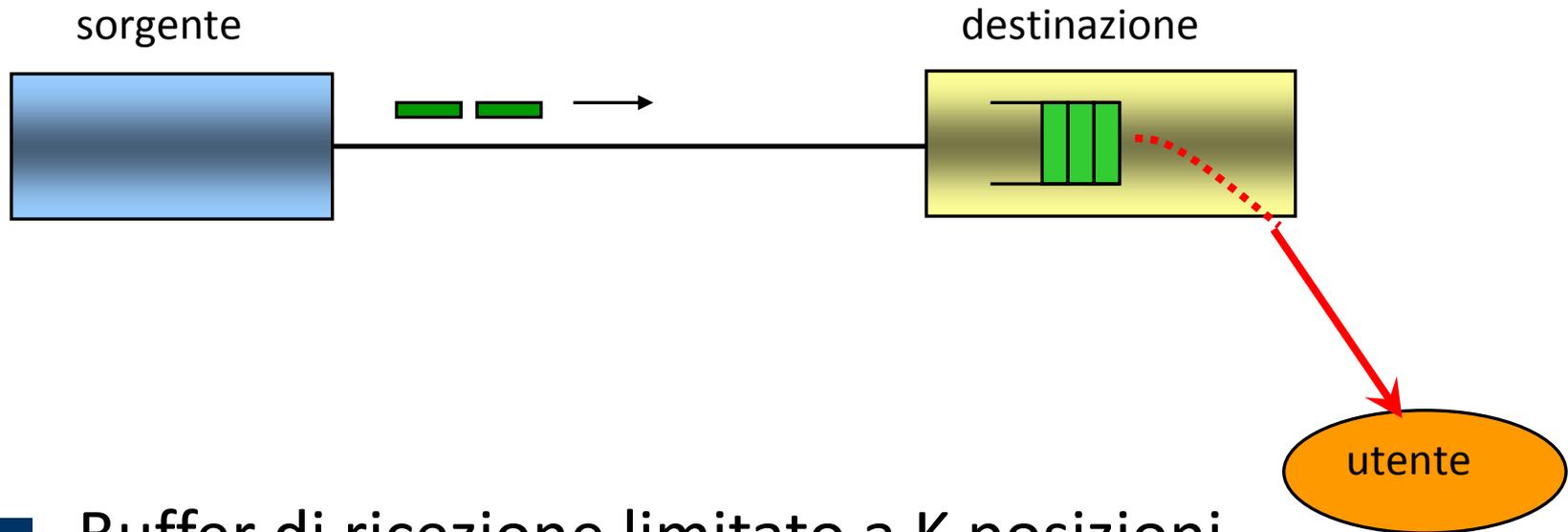
## ■ Obiettivo:

- regolare la velocità di invio delle unità informative da una sorgente ad una destinazione in modo che tale velocità non sia superiore a quella con la quale le unità informative vengono smaltite a destinazione

## ■ Il controllo di flusso si trova di solito implementato nei livelli

- livello di linea (2), e/o
- livello di trasporto (4)

# Controllo di flusso: schema di esempio



- Buffer di ricezione limitato a  $K$  posizioni
- ritmo di assorbimento dell'utente arbitrario
- obiettivo: evitare che pacchetti vadano persi perché all'arrivo trovano il buffer pieno

# Il controllo di congestione

- le reti a pacchetto consentono una elevata condivisione delle risorse di rete:
  - risorse trasmissive (canali)
  - buffer di trasmissione e ricezione
  - capacità di elaborazione dei nodi (CPU)
- la condivisione di risorse porta l'inconveniente della congestione:
  - ingresso in rete di più traffico di quello che la rete può supportare



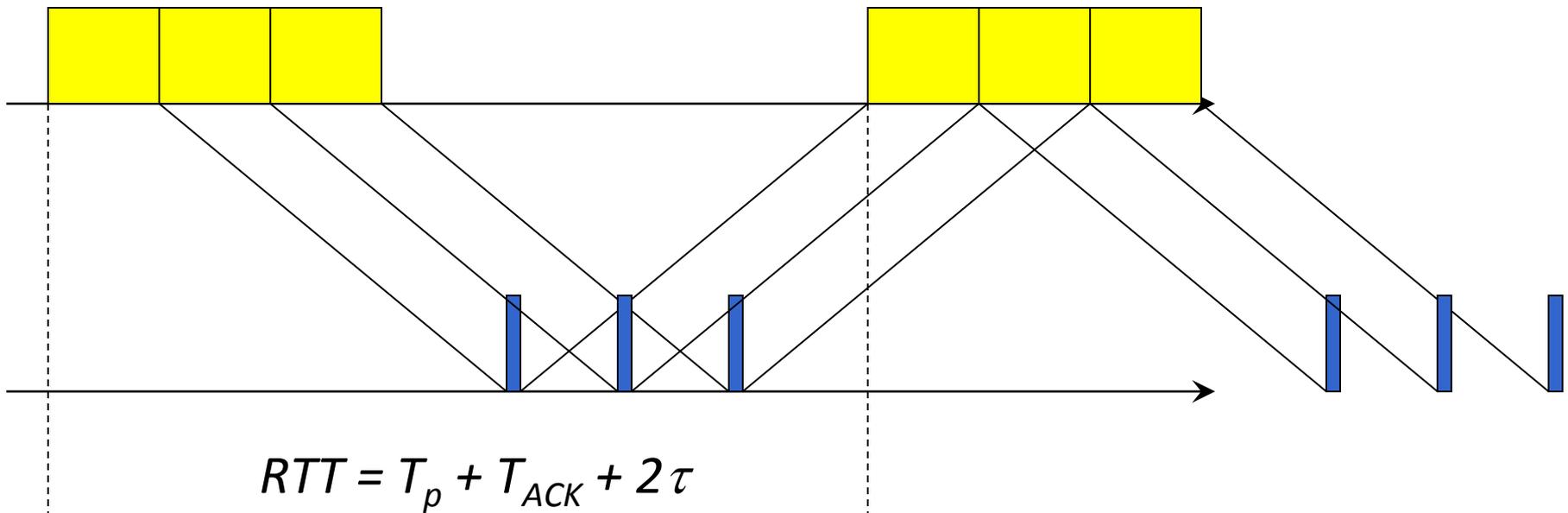
# Controllo a finestra

---

- Uno dei possibili strumenti di controllo della velocità di trasmissione è il controllo a finestra
- la sorgente non può inviare più di  $W$  trame senza aver avuto il riscontro
- si può esercitare un controllo sulla velocità di trasmissione limitando
  - il ritmo di ritorno dei riscontri
  - le dimensioni della finestra

# Controllo a finestra: singolo link

- La dimensione della finestra può limitare la velocità di invio dei pacchetti anche quando i riscontri vengono trasmessi immediatamente dopo la ricezione del pacchetto
- Nel caso di singolo link:



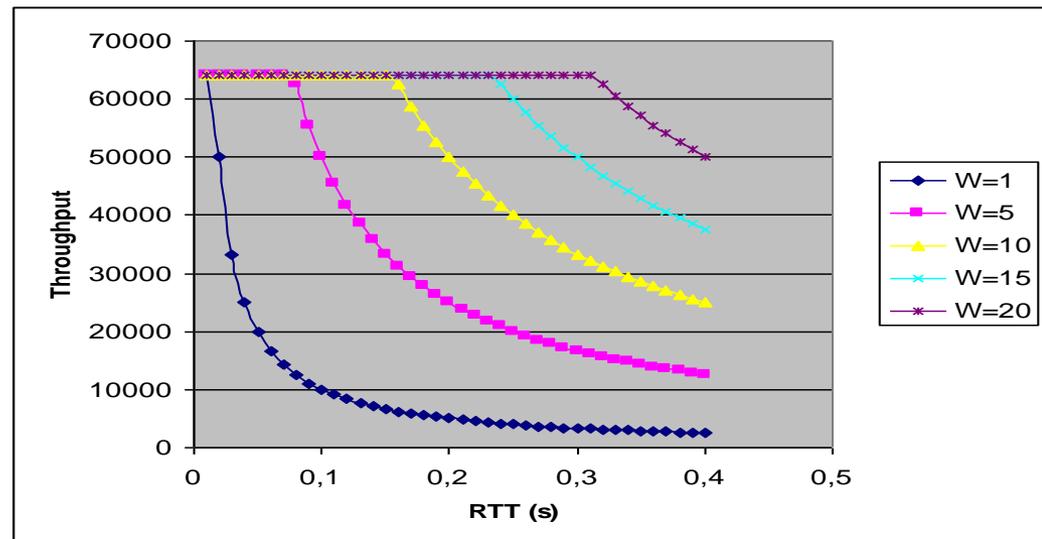
# Controllo a finestra: singolo link

- la velocità di trasmissione risulta limitata da:

$$c_{eff} = \min \left\{ c, \frac{W \cdot L}{RTT} \right\}$$

- dove  $c$  è la capacità del link ed  $L$  la lunghezza dei pacchetti

**L = 1000 bits**  
**C = 64 kb/s**



# Controllo a finestra: singolo link

---

- Affinché la **finestra non sia limitante** occorre che:

$$W \cdot L \geq c \cdot RTT$$

- che prende il nome di **prodotto banda-ritardo**

# Studio del Controllo a finestra con NS

---

- Con NS è possibile avere un meccanismo di controllo a finestra a livello di agente (trasporto) utilizzando gli agenti della famiglia TCP
- Per evitare (per il momento) di entrare nei dettagli dei meccanismi complicati dei TCP reali (oggetto del corso di Architetture e Protocolli per Internet) utilizziamo l'agente *TCPedu*:

**Agent/TCP/RFC793edu**

# Esercizio 7

---

## ■ Con nscript

- Considerare un semplice struttura di rete con due nodi ed un link duplex
- durata della simulazione 1.0s
- utilizzare un agente **TCPedu** in trasmissione e un **TCPsink** in ricezione
- utilizzare una sorgente **FTP**
  - capacità del link: 10 Mb/s
  - ritardo di propagazione: 4ms
  - packet size (TCP): 500 bytes
  - window (TCP): 1, 10, 20, 21
  - (attivare il nam)

# Esercizio 7

---

- Prodotto banda ritardo:

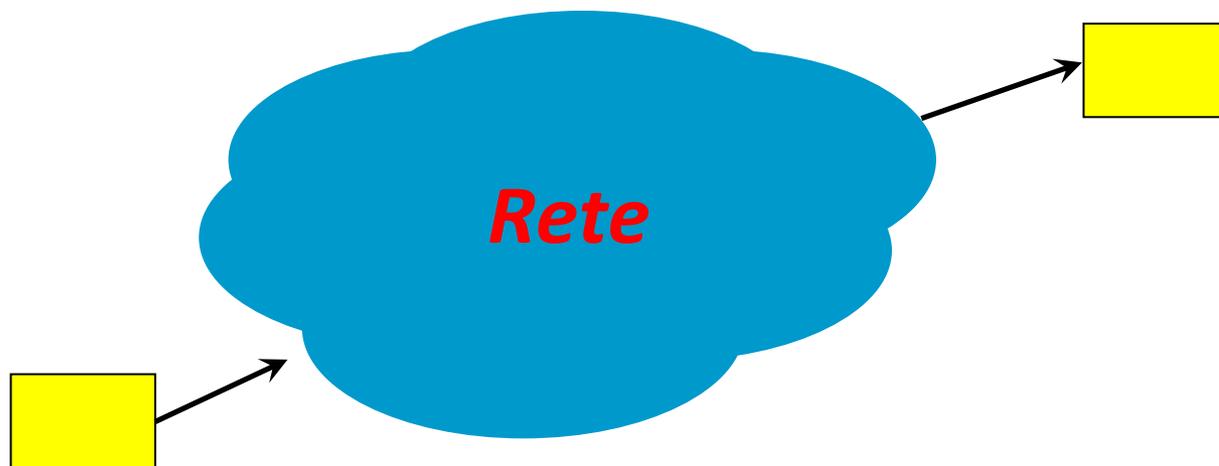
$$\begin{aligned} W &\geq \frac{c \cdot RTT}{L} = \frac{c \cdot (2\tau + L/c)}{L} = \\ &= \frac{10^7 \cdot (0.008 + 0.0004)}{4000} = 21 \end{aligned}$$

# Controllo di congestione a finestra

---

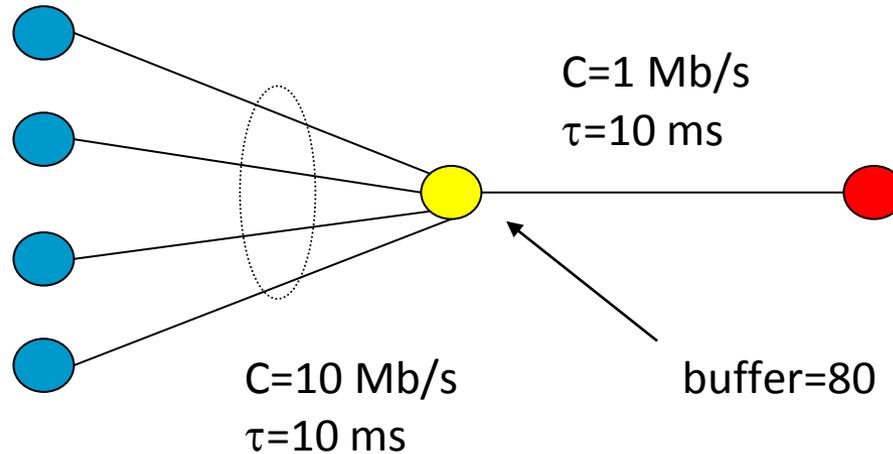
## ■ Approccio *end-to-end*

- se la rete va in congestione aumenta il ritardo (RTT) e diminuisce la velocità
- in questo caso in RTT ci sono anche i tempi di accodamento nei nodi intermedi
- molti approcci sono più sofisticati e variano la finestra dinamicamente in base alle condizioni della rete



# Esercizio 8: controllo di congestione end-to-end

- Si consideri la seguente rete:



- durata della simulazione 2.0s
- si colleghi un agente **TCPedu** ad ogni nodo blu (packet size=1000 bytes, window=20) e si connetta ciascun agente ad un **TCPsink** nel nodo rosso
- si colleghi un applicativo **FTP** a ciascun agente **TCPedu**

# Esercizio 8: controllo di congestione end-to-end

---

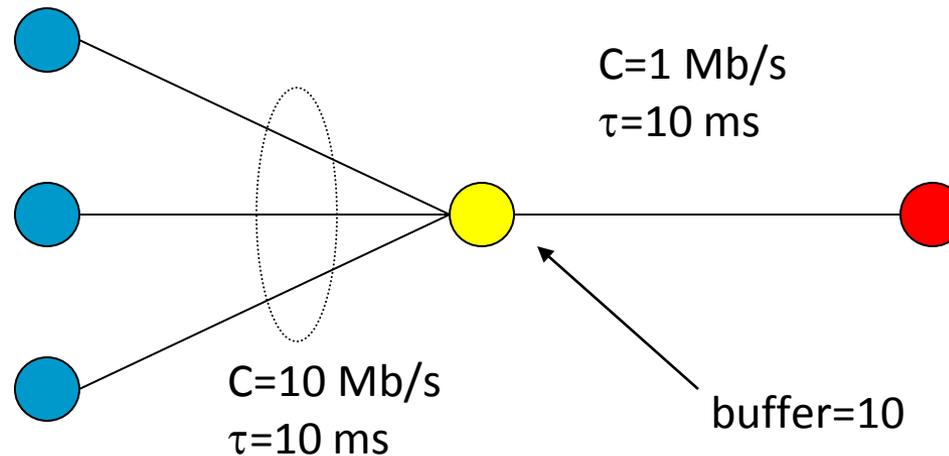
- calcolo del rate massimo di ogni sorgente:

$$rate = \frac{W \cdot L}{RTT} = \frac{W \cdot L}{2 \cdot 2\tau} = \frac{20 \cdot 8000}{0.04} = 4 \text{ Mb/s}$$

- teoricamente quindi il link da 1 Mb/s dovrebbe andare in congestione.
- Invece ...

# Esercizio 9: controllo di congestione end-to-end - effetto delle ritrasmissioni

- Si consideri la seguente rete:



- durata della simulazione 2.0s
- si colleghi un agente **TCPedu** ad ogni nodo blu (packet size=1000 bytes, window=5) e si connetta ciascun agente ad un **TCPsink** nel nodo rosso
- si colleghi un applicativo **FTP** a ciascun agente **TCPedu**

# Esercizio 9: controllo di congestione end-to-end - effetto delle ritrasmissioni

---

- calcolo del rate:

$$rate = \frac{W \cdot L}{RTT} = \frac{W \cdot L}{2 \cdot 2\tau} = \frac{5 \cdot 8000}{0.04} = 1 \text{ Mb/s}$$

- anche stavolta il rate è elevato.
- ce la farà il meccanismo a finestra a controllare il rate?