



Università di Bergamo

**Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e
Metodi Matematici**

Laboratorio di Reti

Prof. Fabio Martignon



Università di Bergamo

**Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e
Metodi Matematici**

4 - Controllo a finestra

Laboratorio di Reti

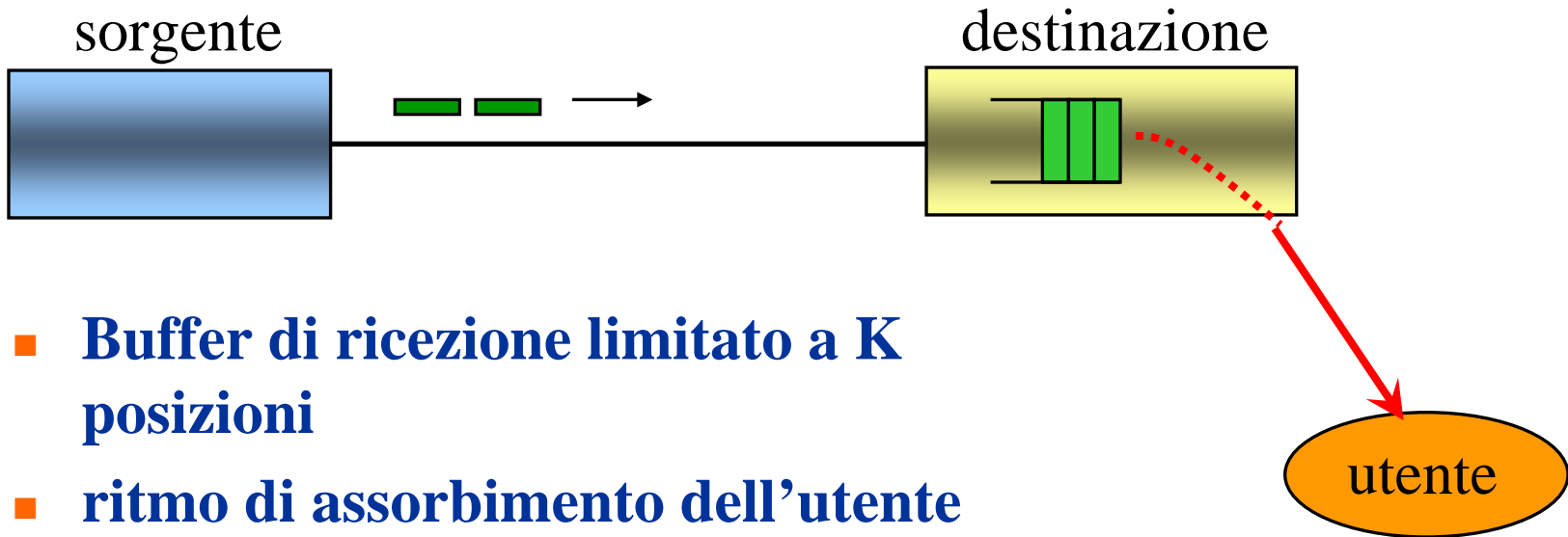
Controllo della velocità di trasmissione della sorgente di traffico

- **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 processamento 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

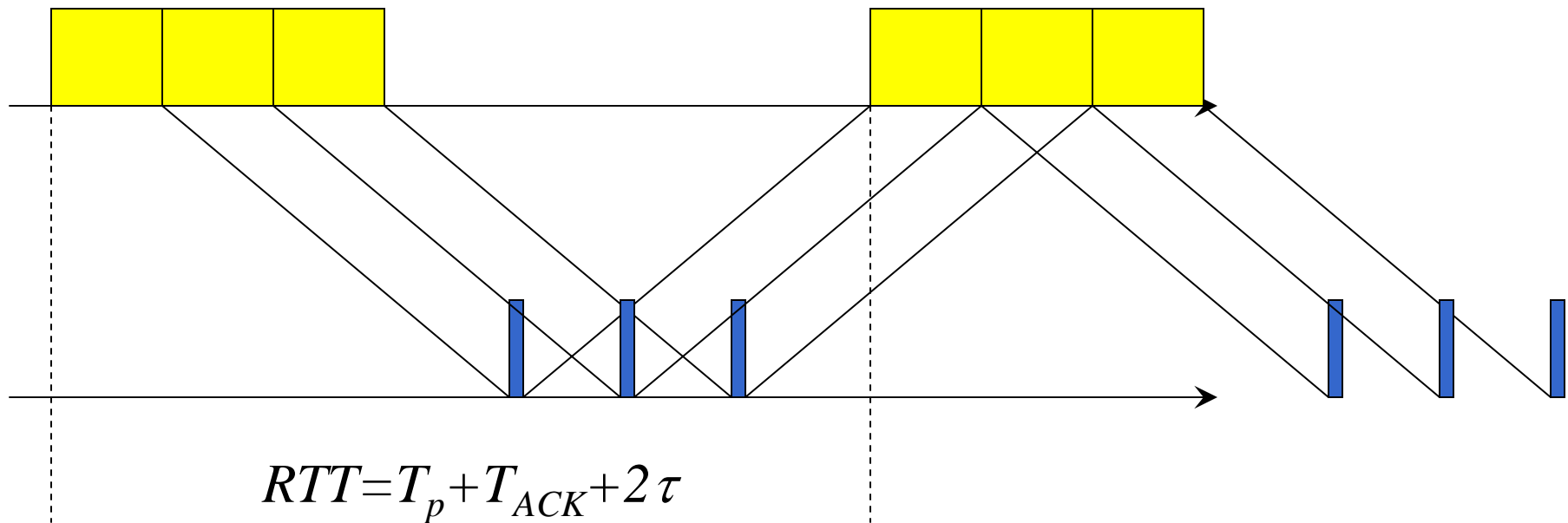


Controllo a finestra

- **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**
- **limitando il ritmo di ritorno dei riscontri e le dimensioni della finestra si può esercitare un controllo sulla velocità di trasmissione**

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:

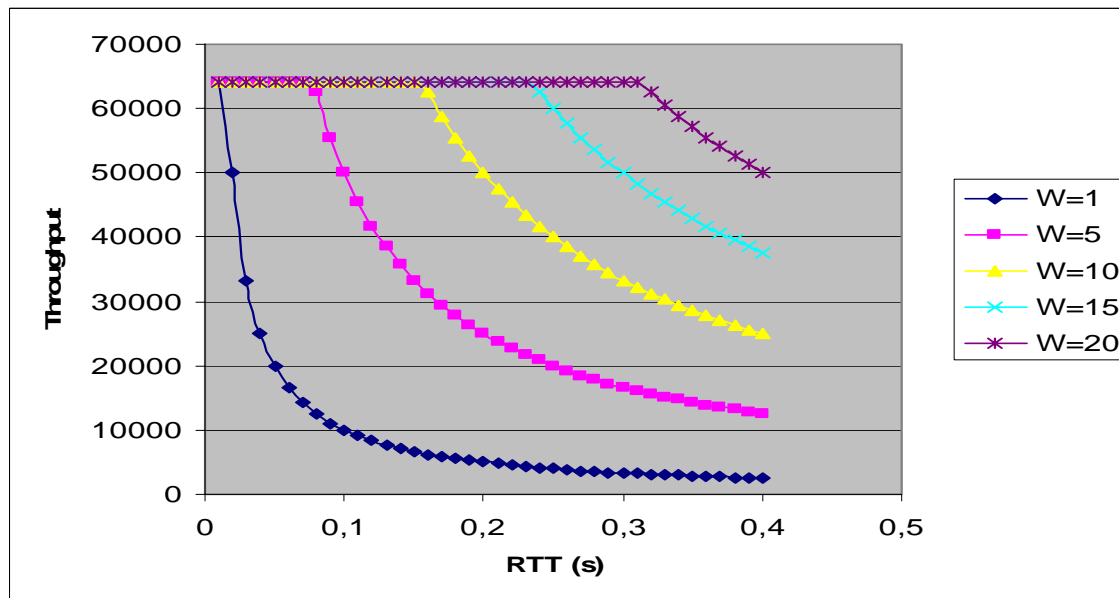


Controllo a finestra: singolo link

- 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)**

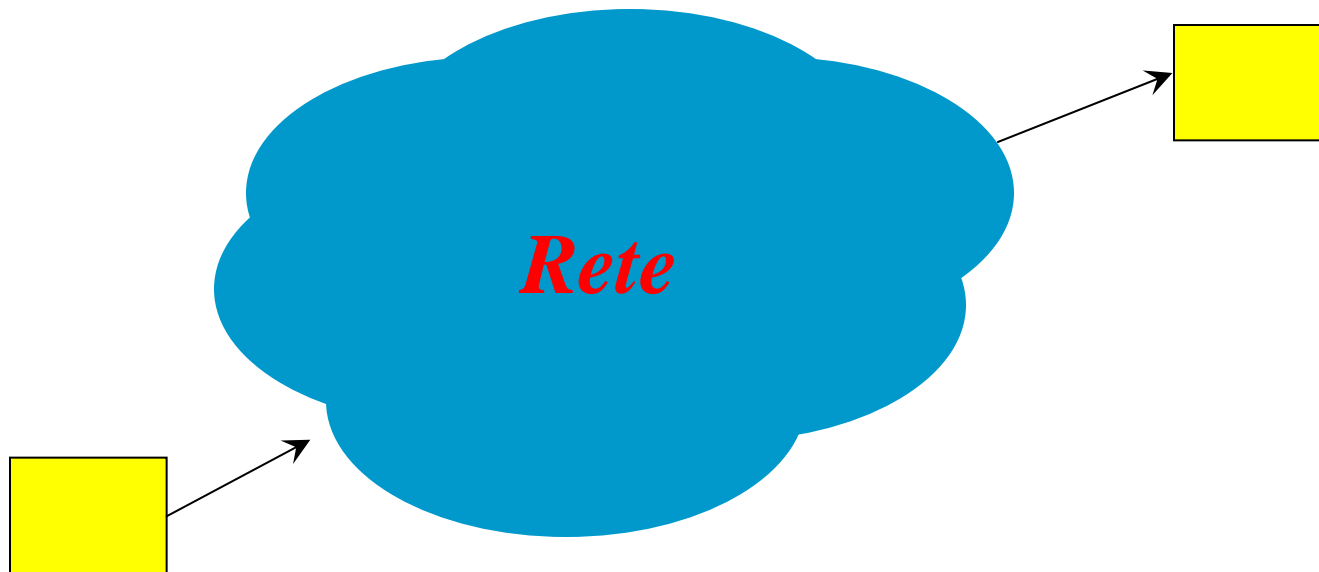
Esercizio 7

- Prodotto banda ritardo:

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

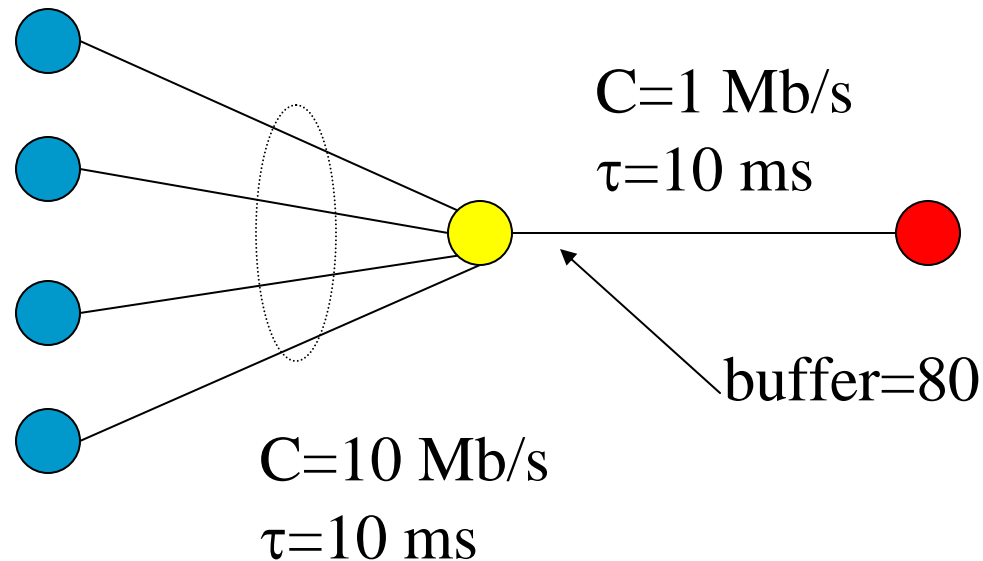
Controllo di congestione a finestra

- **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

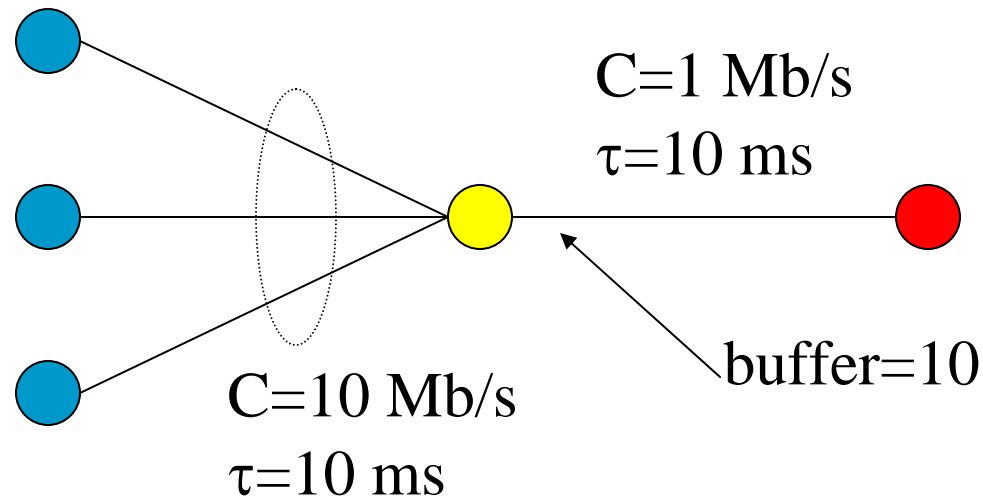
- calcolo del rate massimo di ogni sorgente:

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

- 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:

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

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