



Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica

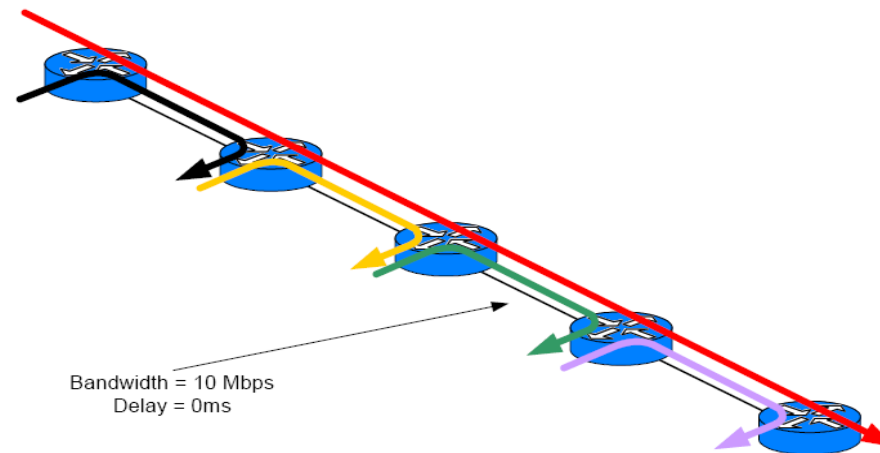
Curriculum Networking e Multimedia

Progetto di
Architetture Avanzate di Networking e Sistemi Wireless
Prof. L. Lenzini
a.a. 2006/2007

Candidati:

- Giuseppe Cossu
- Alberto Donadoni
- Francesco Piga
- Federico Sartini

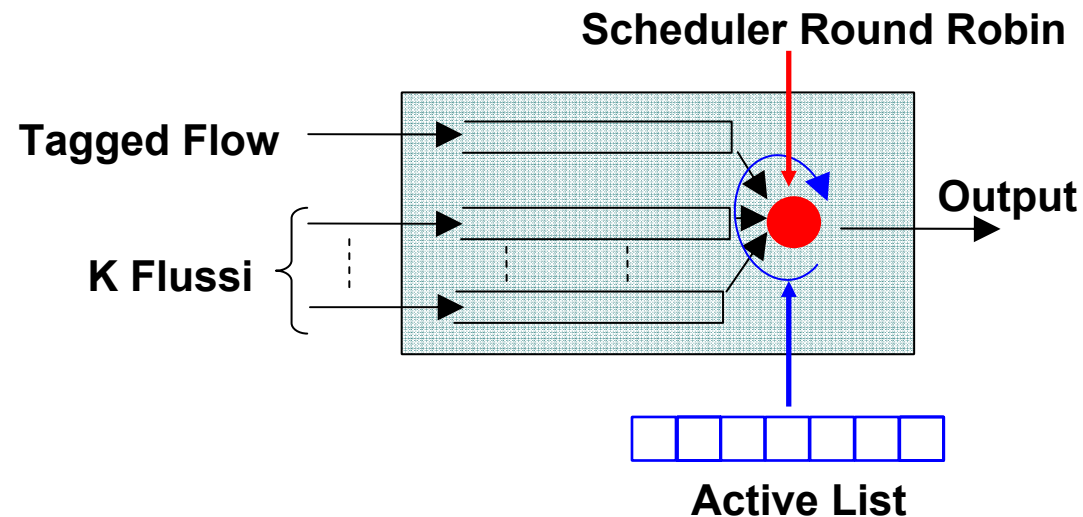
Scenario di base



- Un particolare flusso (tagged flow) invia pacchetti di lunghezza fissa $L=1000$ bytes ad un tasso costante di 1 Mbps lungo un percorso che comprende l'intera sequenza di nodi
- Ad ogni nodo i , $1 \leq i < N$, $K=9$ flussi inviano il proprio traffico sul nodo immediatamente a valle
- Il traffico inviato ha un tasso medio di 1 Mbps, ed i pacchetti hanno una lunghezza distribuita uniformemente tra 100 e 1500 bytes
- Tutti i flussi usano UDP come protocollo di trasporto

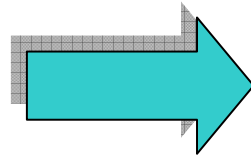
Algoritmi di scheduling

- Sono stati implementati e confrontati i due seguenti algoritmi di scheduling:
 - **DRR** – Deficit Round Robin
 - **ERR** – Elastic Round Robin



DRR – Deficit Round Robin

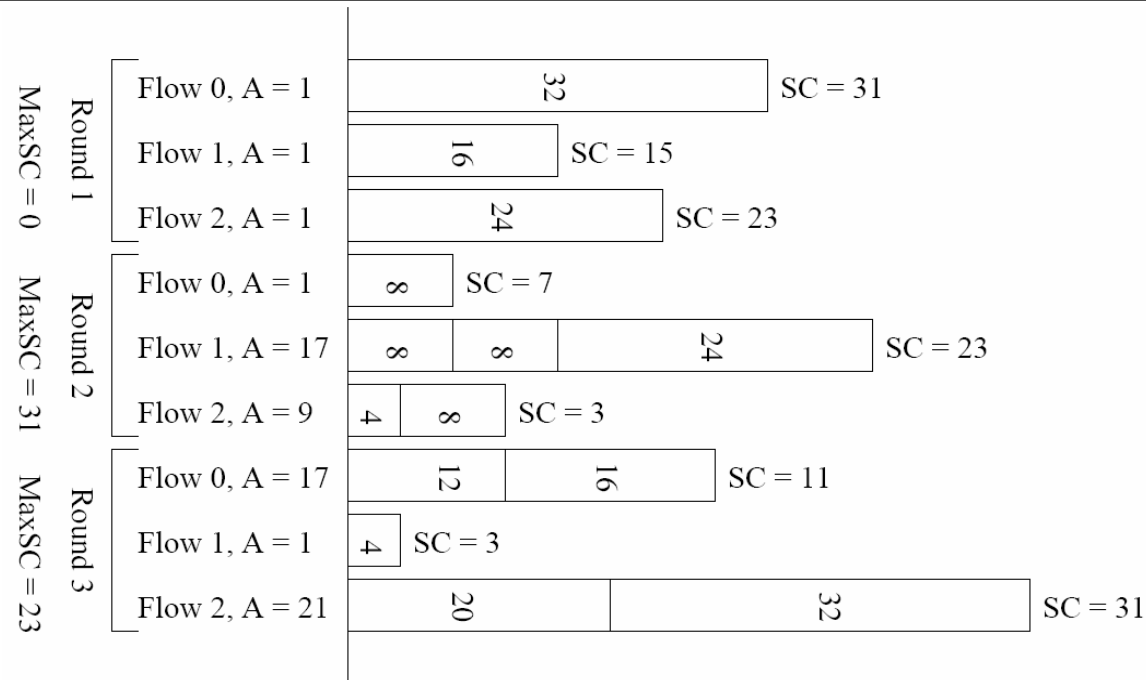
- I parametri sono stati impostati per garantire una complessità computazionale di $O(1)$



$$\Phi_i \geq L_{i \max} \forall i$$

- Per ogni flusso, il quanto è stato scelto pari alla dimensione massima dei pacchetti del flusso stesso

ERR – Elastic Round Robin



$$SC_i(r) = Sent_i(r) - A_i(r)$$

$$MaxSC(r) = \max \left\{ \frac{SC_i(r)}{w_i} \right\} \forall \text{ flusso } i \text{ servito nel round } r$$

$$A_i(r) = w_i [1 + MaxSC(r-1)] - SC_i(r-1)$$

$SC_i(r)$: Surplus Count del flusso i al round r

w_i : peso associato al flusso i

$A_i(r)$: Allowance del flusso i al round r

$Sent_i(r)$: n' di flit inviati dal flusso i nel round r



Misurazioni

- Per la raccolta dei risultati è stato utilizzato il *framework ns2-measure* per il simulatore *NS2* – versione 2.30
- Sono state eseguite **repliche indipendenti** di ogni simulazione fino al verificarsi di una delle seguenti 2 condizioni:
 - L'intervallo di confidenza al 95% raggiunge un'ampiezza pari al 10% del valor medio
 - Vengono eseguite il numero massimo di repliche (settato a 10)
- Ogni simulazione ha avuto una durata di 120 secondi
 - Sono state scartate le misurazioni relative ai primi 20 secondi al fine di raccogliere campioni in condizione di regime

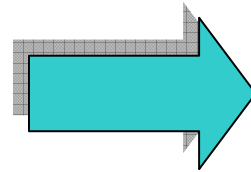


Indici di prestazione

- Dalle simulazioni sono state tratte misurazioni relative a:
 - Distribuzione e valor medio del ritardo end-to-end del *tagged flow*
 - Valor medio (del valore assoluto) e distribuzione del jitter del *tagged flow*

Scenari opzionali (code piene)

- Per ogni tipologia di scenario, le stesse misurazioni sono state effettuate mantenendo **le code dei K flussi sempre piene**



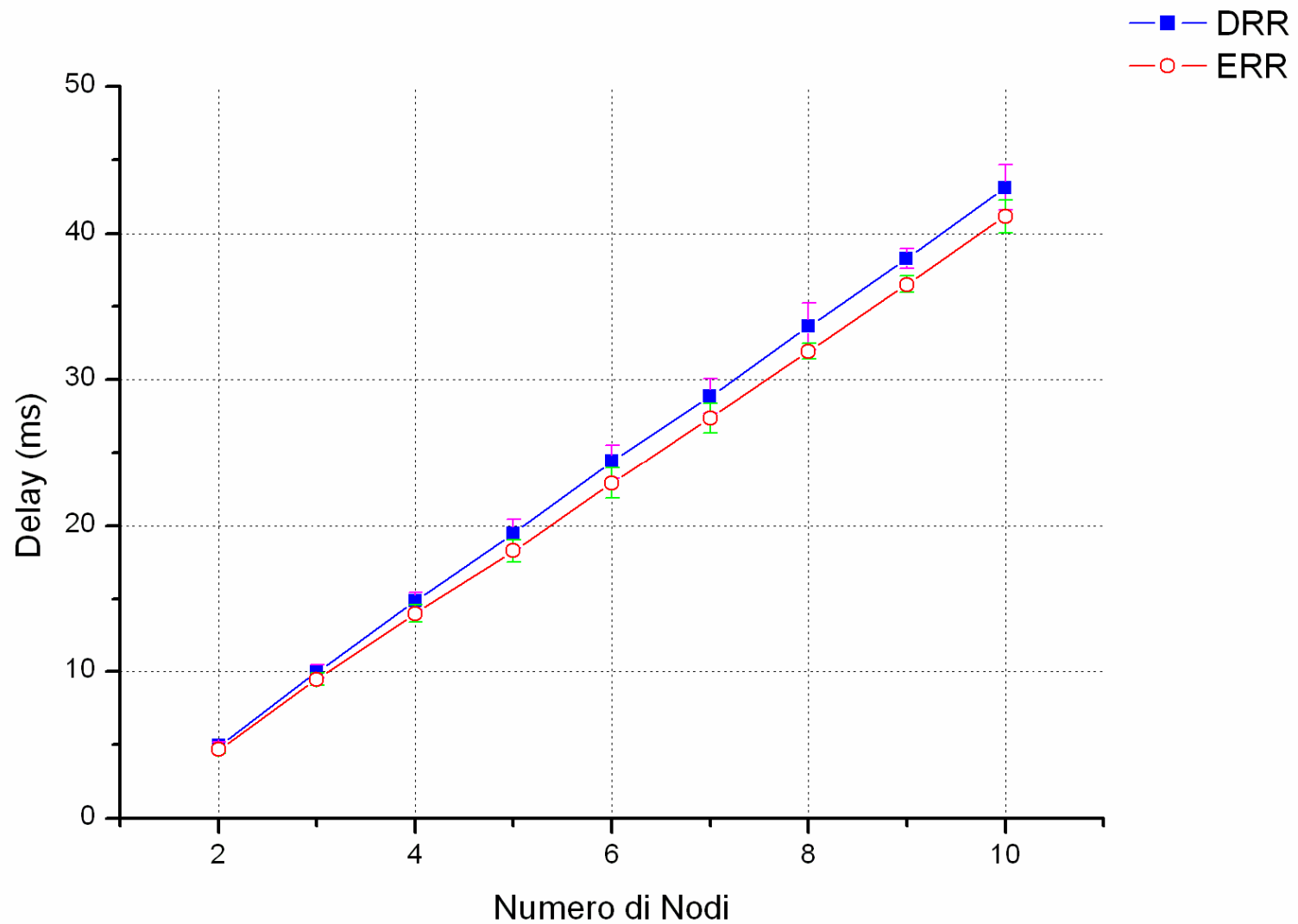
- Per i generatori *CBR random*, è stato impostato un rate di invio pari a 1.2 Mbps



SCENARIO 1

**Variare del numero di nodi
da 2 a 10**

Delay – valor medio

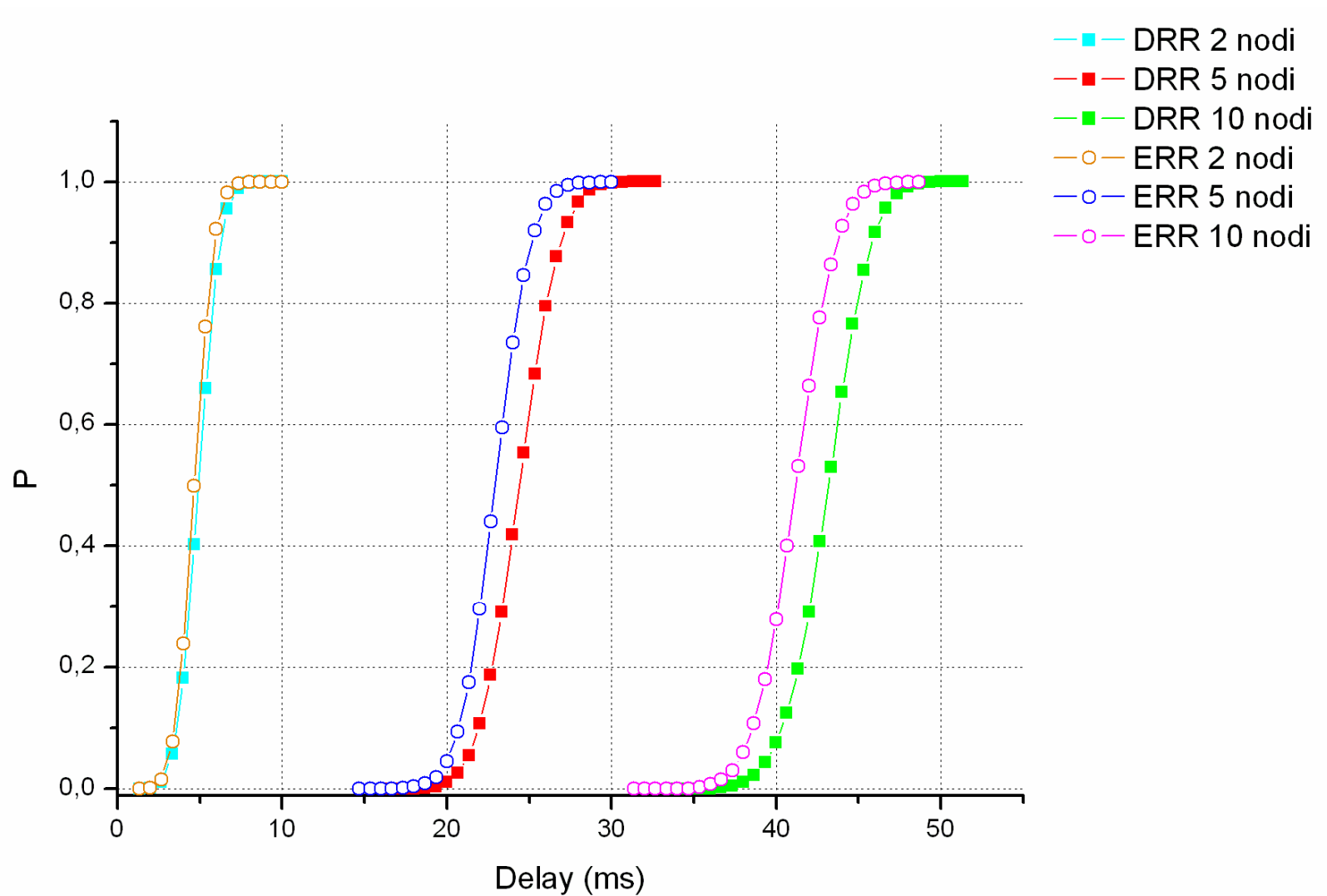




Delay – valor medio

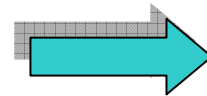
- Il comportamento dei 2 scheduler è sostanzialmente equivalente
- Il maggiore ritardo del DRR è dovuto al fatto che la distribuzione della dimensione dei pacchetti dei K flussi tra 100 e 1500 bytes permette loro di sfruttare meglio il quanto rispetto al tagged flow

Delay – distribuzione



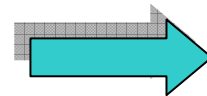
Delay – distribuzione

- Il valor medio del ritardo mostra il divergere delle 2 curve all'aumentare dei nodi



- All'aumentare del numero dei nodi, il gap tra le curve dei 2 scheduler (a parità di numero di nodi) aumenta

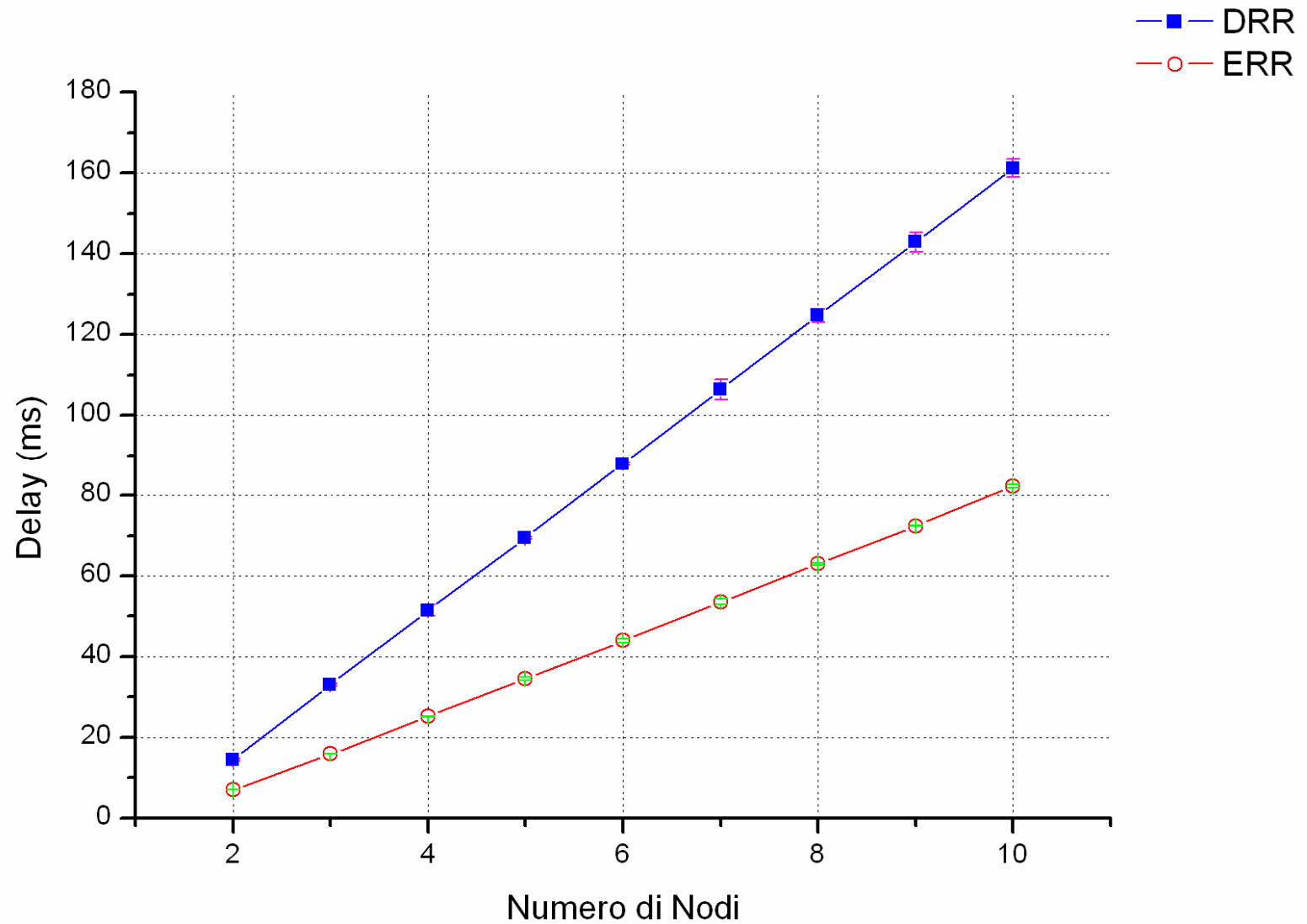
- A parità di numero di nodi, l'andamento delle curve relative ai due scheduler è sostanzialmente identico



- Questo suggerisce un andamento del jitter pressochè equivalente

Delay – valor medio

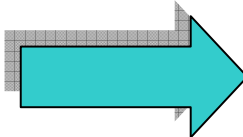
Scenario con code piene



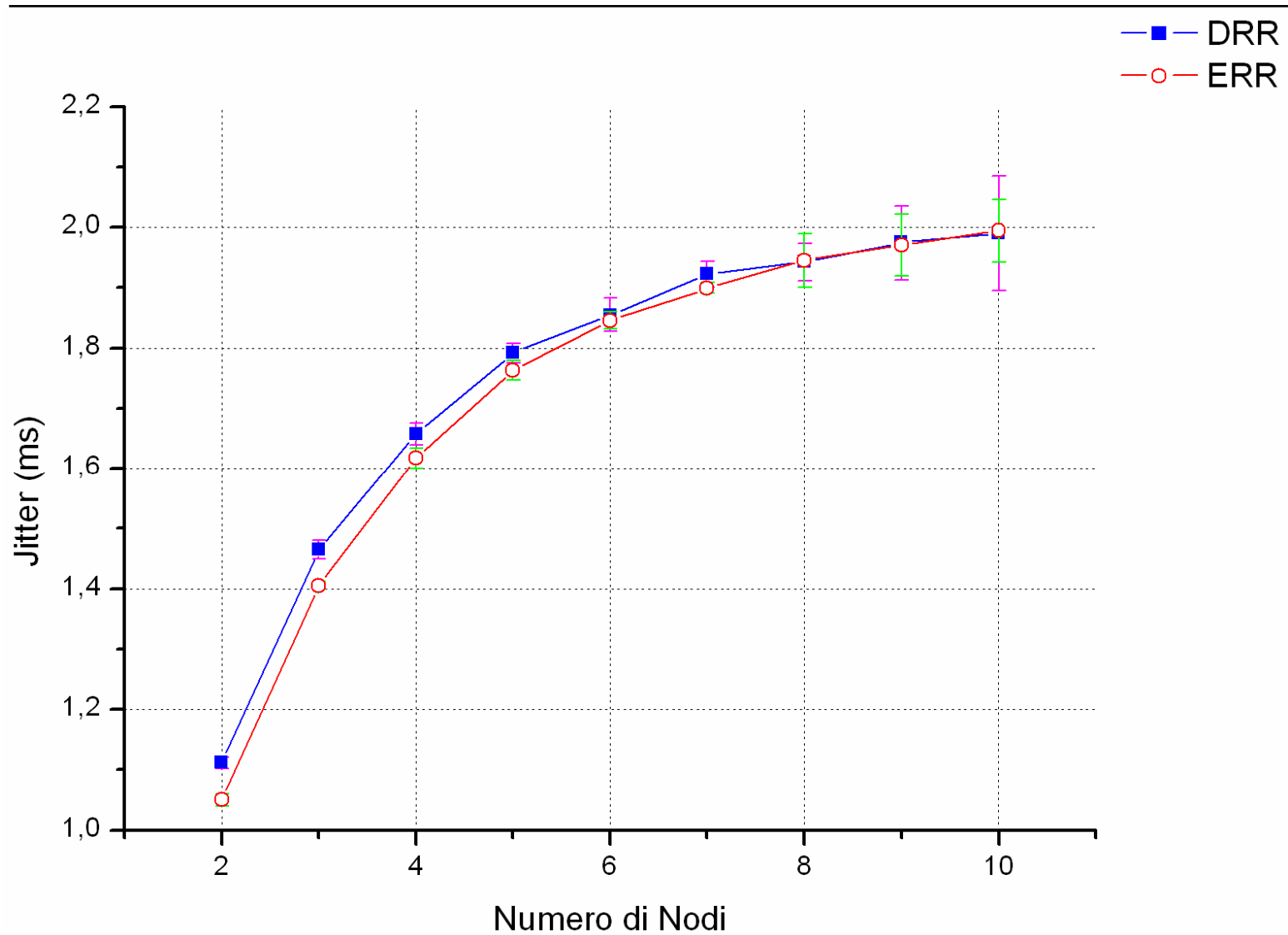
Delay – valor medio

Scenario con code piene

I K flussi sono sempre backlogged

- Con **DRR**, anche quando essi non sfruttano tutto il quanto, il loro valore di Deficit Counter non viene azzerato (si accumula)
 - Ogni flusso ha la possibilità di spedire una quantità di dati maggiore o uguale al quanto (1500 bytes)
 - Con **ERR**, il valore di Surplus Count non viene azzerato (rappresenta un debito)
 - **Mediamente** ogni flusso ha la possibilità di spedire meno di 1500 bytes
- 
- I K flussi hanno una maggiore possibilità di invio nel DRR
 - Il round nel DRR ha mediamente una durata maggiore rispetto a ERR

Jitter – valor medio



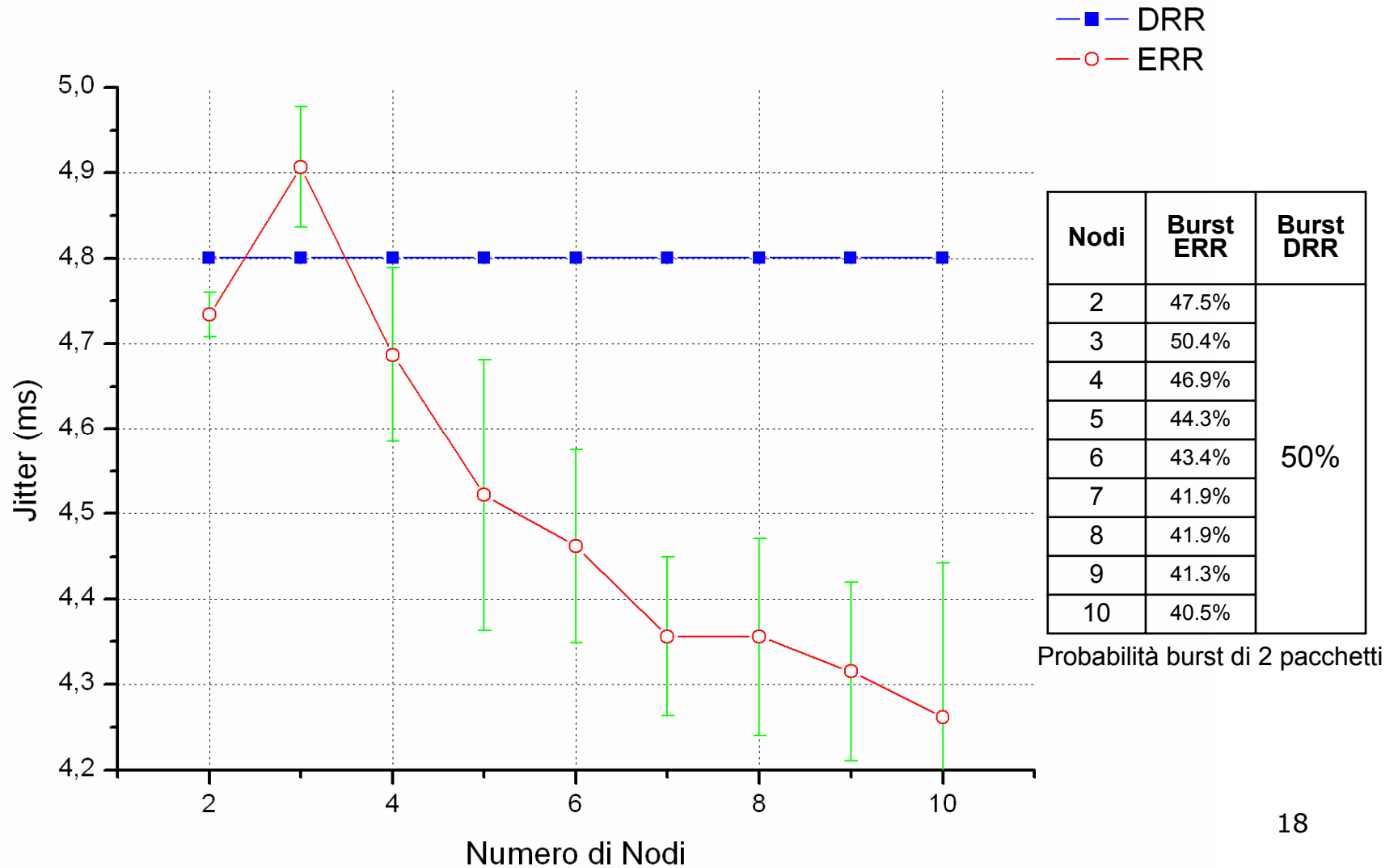


Jitter – valor medio

- L'andamento delle 2 curve è sostanzialmente lo stesso
- All'aumentare del numero di nodi, l'andamento del jitter (seppur crescente) tende ad appiattirsi
 - I “contributi” al jitter introdotti dai vari nodi iniziano a compensarsi

Jitter – valor medio

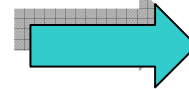
Scenario con code piene



Jitter – valor medio

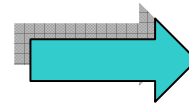
Scenario con code piene

- In DRR, la presenza di burst (relativamente al Tagged Flow) si mantiene costante al crescere del numero di nodi



- Il valor medio del jitter rimane pressochè costante

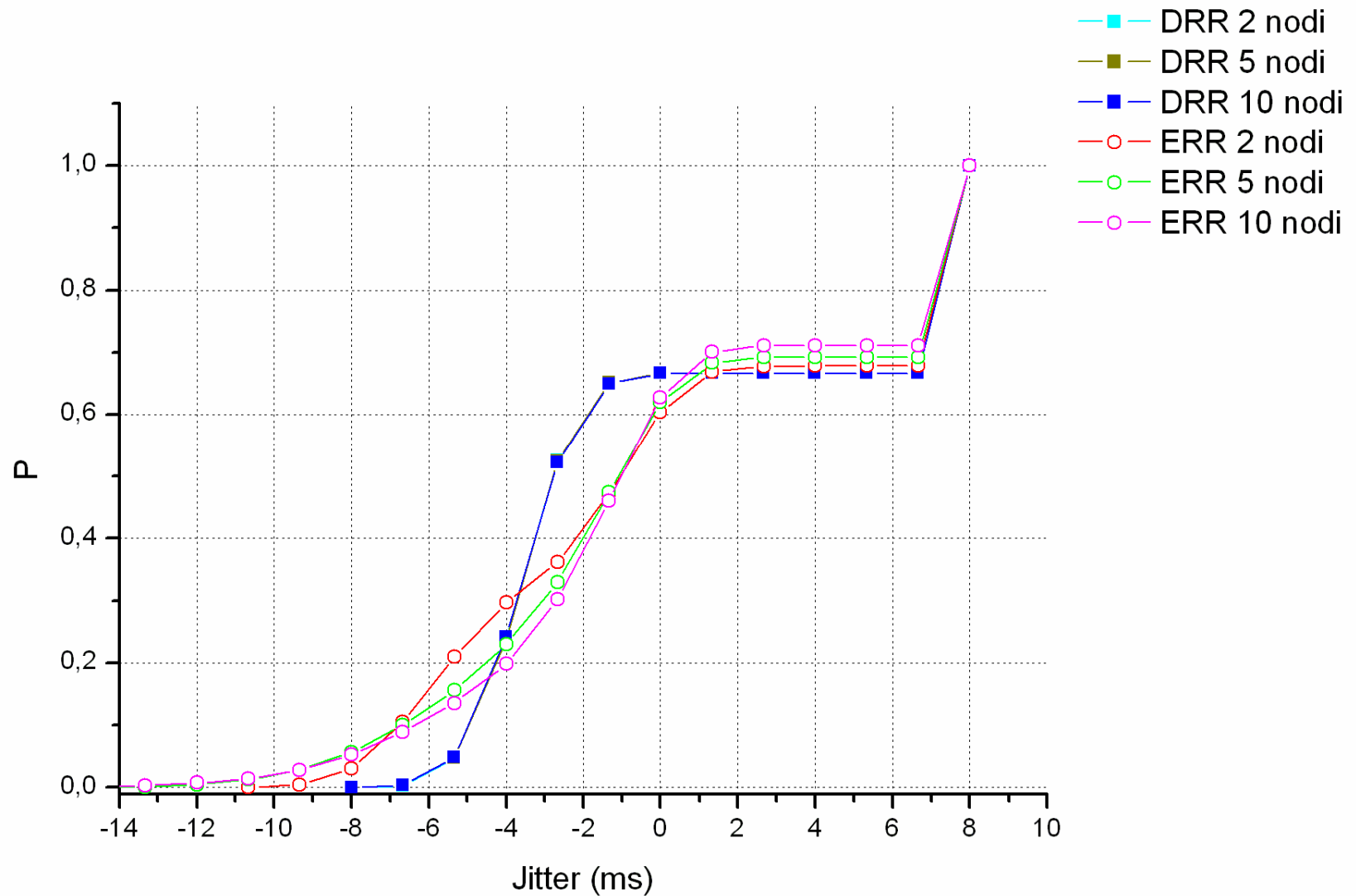
- In ERR, i burst tendono a “sciogliersi” al crescere del numero di nodi



- L'andamento del jitter si conforma alla variazione della probabilità di burst di 2 pacchetti

Jitter – distribuzione

Scenario con code piene





Jitter – distribuzione

Scenario con code piene

- Per ogni curva è possibile riscontrare:
 - Una parte relativa al verificarsi di burst (picco intorno agli 8 ms)
 - Una parte rappresentativa dell'andamento privo di burstiness
- In **DRR**, l'andamento delle curve è pressochè costante all'aumentare del numero di nodi
- In **ERR**, sussiste una maggiore varianza sia rispetto al DRR che all'aumentare dei nodi



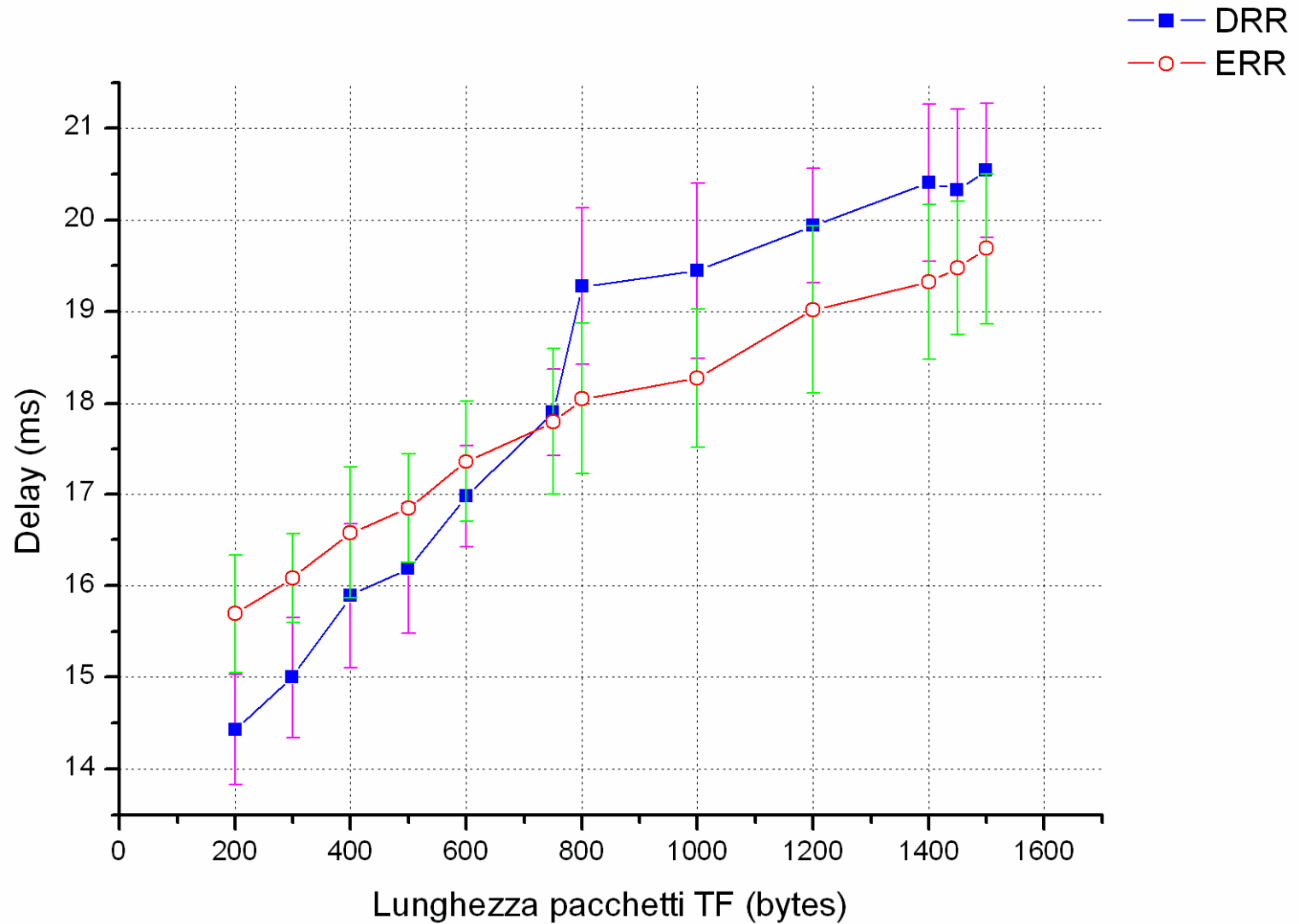
SCENARIO 2

**Variare della dimensione
dei pacchetti del *tagged flow***

5 nodi

$L=[200, 1500]$ bytes

Delay – valor medio





Delay – valor medio

- Andamento qualitativamente lineare e crescente all'aumentare della dimensione dei pacchetti
- Il valor medio del ritardo di DRR ed ERR si inverte intorno alla dimensione di 750 Bytes.
- Questo e' dovuto a due fenomeni:
 - Burstiness
 - Durata media del round



Delay – valor medio

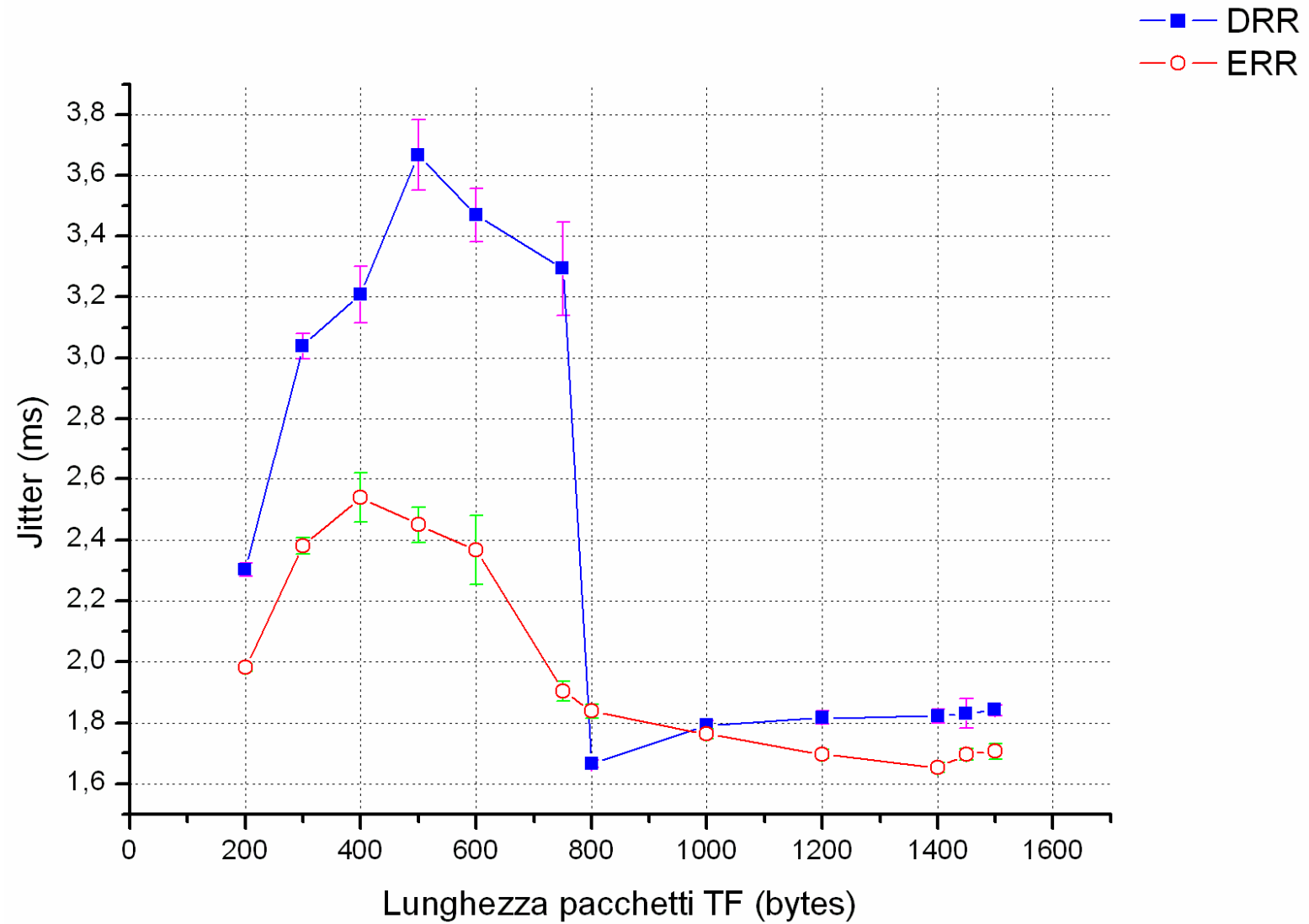
- **Packet Size < 750 Bytes**

- Il DRR ha un minor ritardo poiche' facilita i burst del TF

- **Packet Size > 750 Bytes**

- I burst tendono a sparire
- Il fenomeno predominante nella determinazione del ritardo è la durata media del round.
- L'ERR ha una durata media del round inferiore quindi introduce un minor ritardo

Jitter – valor medio



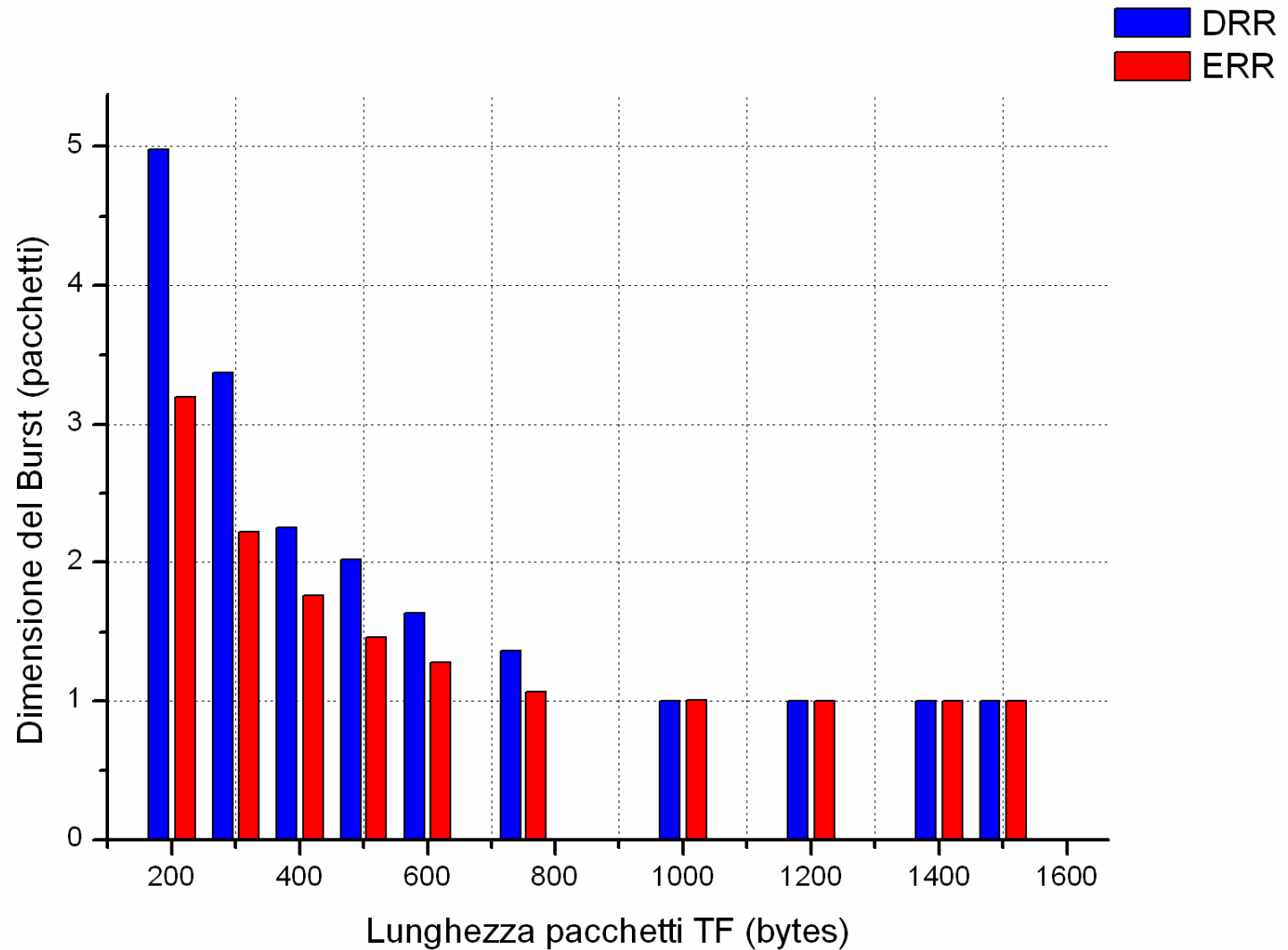


Jitter – valor medio

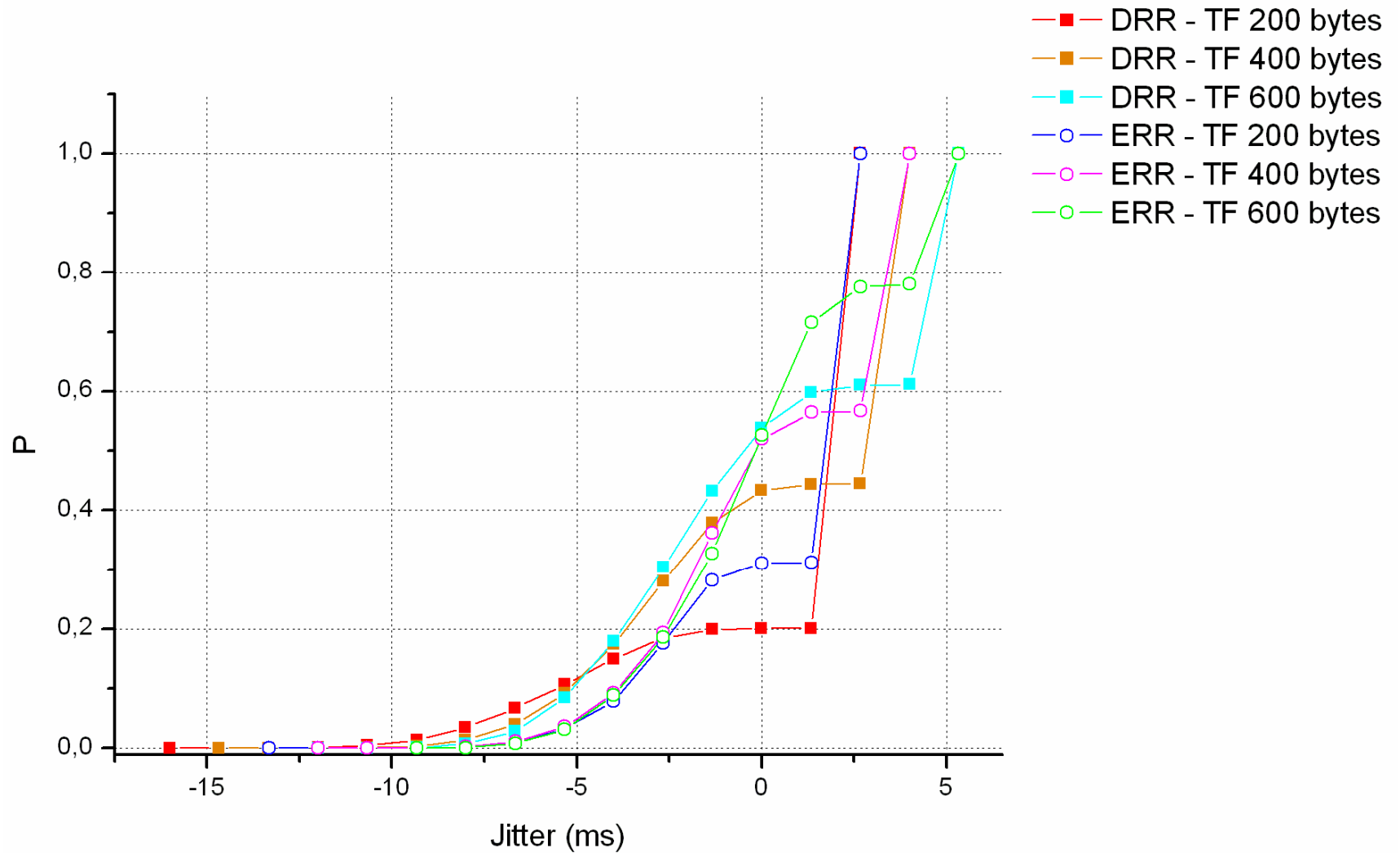
- Andamento concavo per **packet size < 750B**
 - Jitter determinato dalla burstiness
 - Massimo jitter per burst di 2 pacchetti
- L'ERR ha un jitter inferiore al DRR
 - Minor frequenza e dimensione dei burst
- Andamento costante per **packet size > 750B**
 - Jitter determinato dalla varianza della durata del round

Jitter – valor medio

Burst Size Media



Jitter – distribuzione

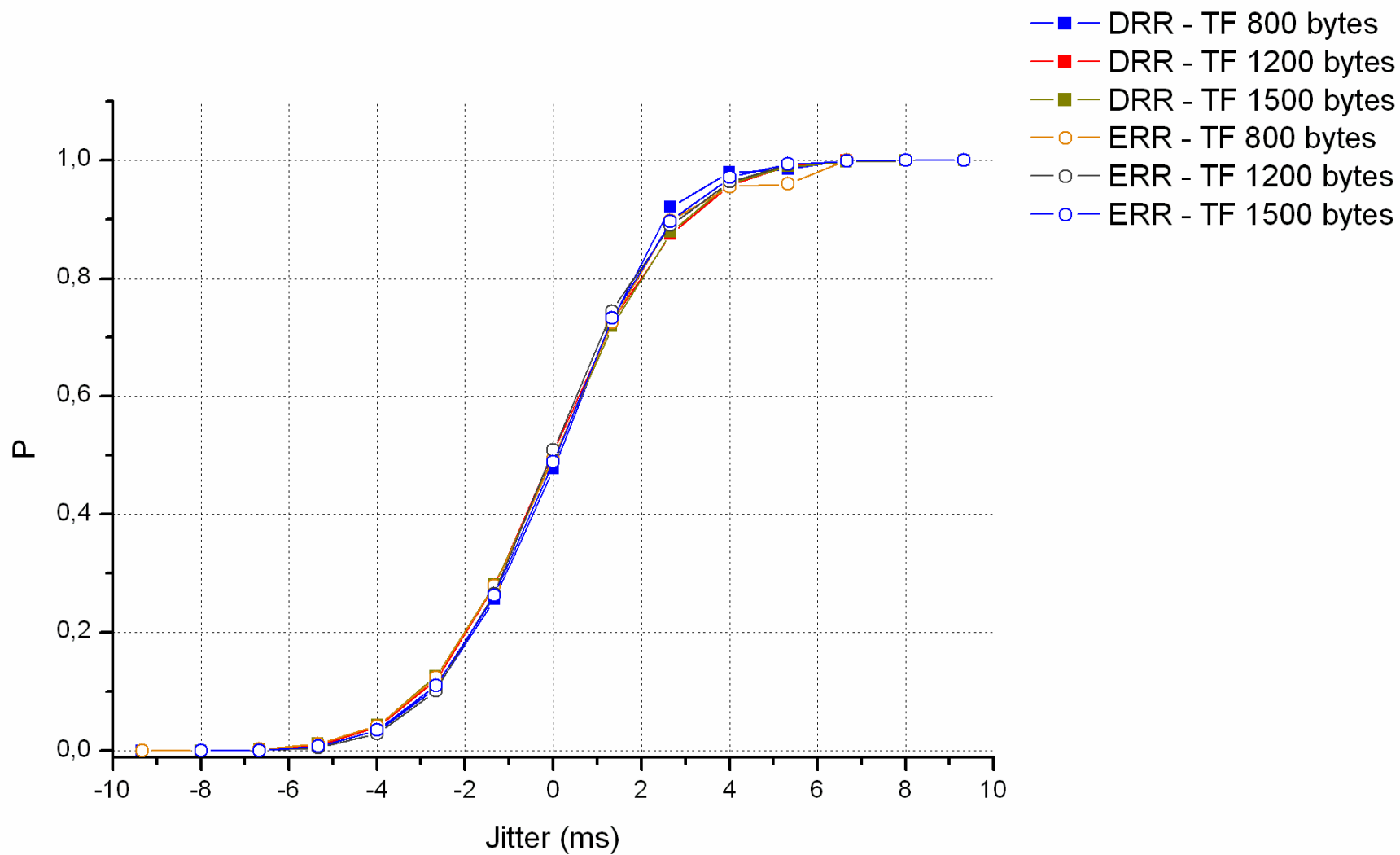




Jitter – distribuzione

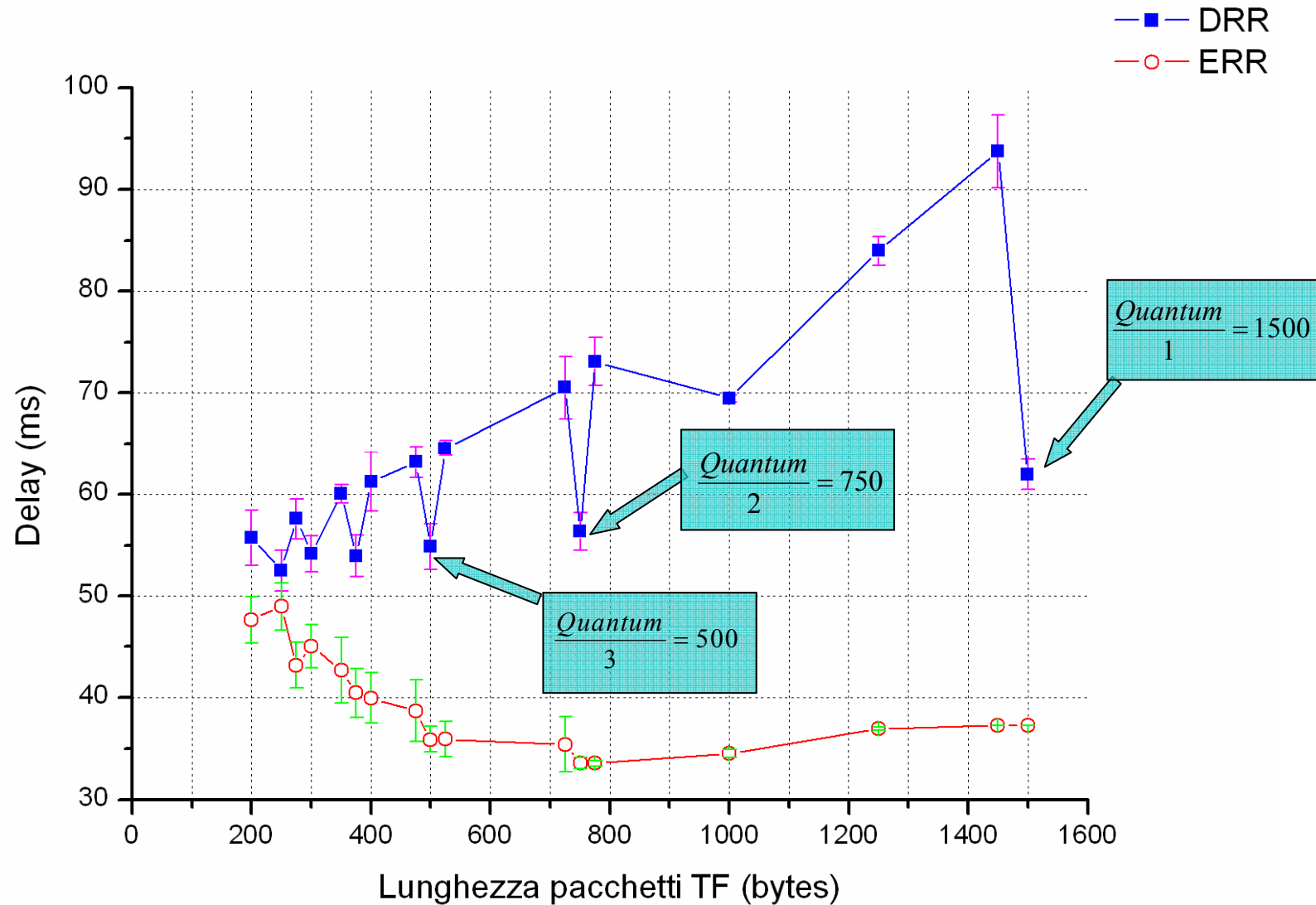
- **Packet Size < 750B:** distribuzione bimodale dovuta ai burst
 - Il primo pacchetto di un burst sperimenta un jitter generalmente negativo e dipendente dalla durata del round
 - I successivi pacchetti sperimentano un jitter costante dipendente dal tempo d'interarrivo tra due pacchetti successivi
 - Il gap tra ogni “coppia” di curve relative ai 2 scheduler denota la differenza di probabilità del fenomeno dei burst
- **Packet Size > 750B**
 - L'andamento è pressochè identico

Jitter – distribuzione



Delay – valor medio

Scenario con code piene





Delay – valor medio

Scenario con code piene

DRR:

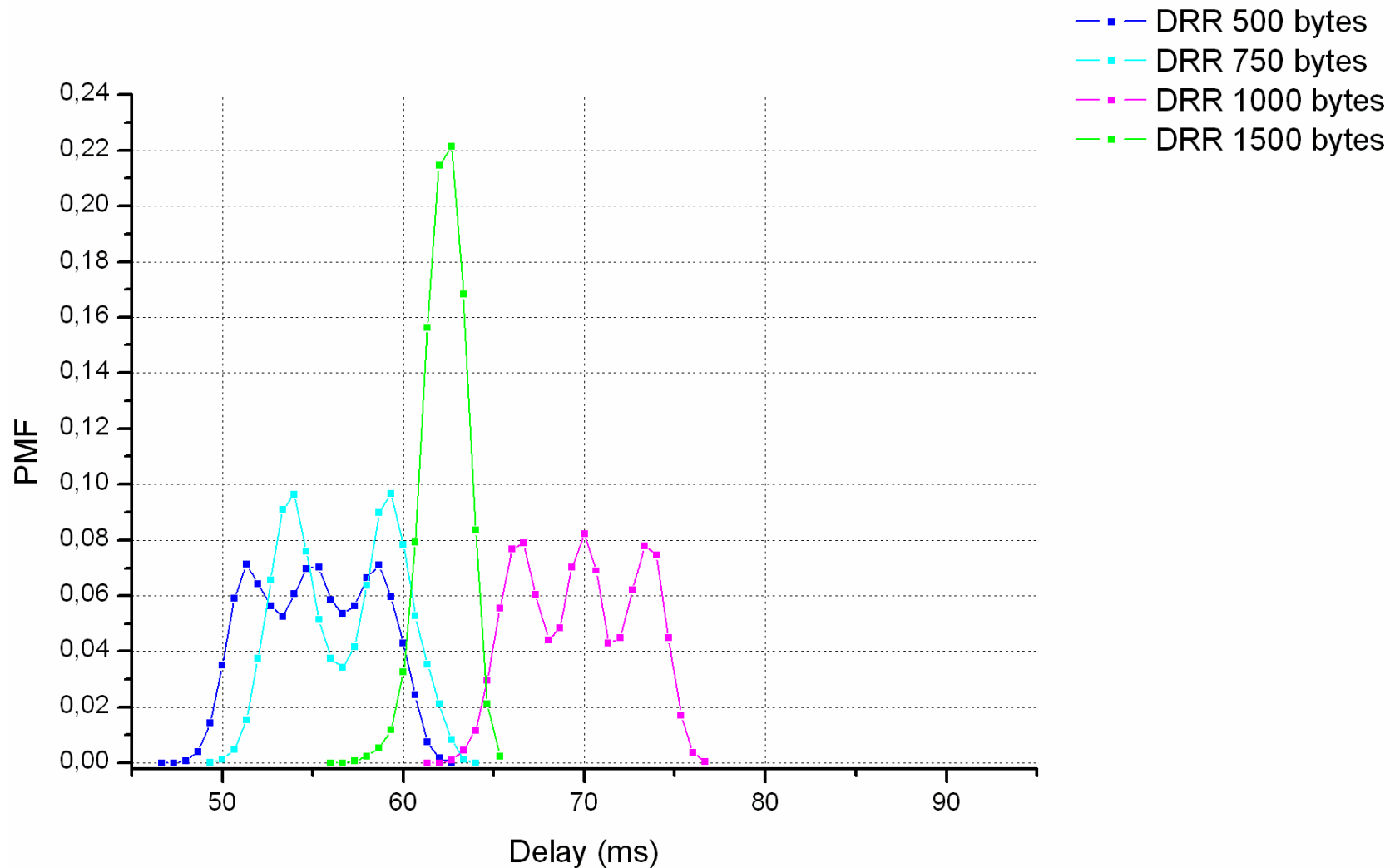
- Mantiene un andamento lineare crescente
- Presenta dei *notches* in corrispondenza di dimensioni che “arrotondano” bene il quanto
 - Questo indica una forte dipendenza del DRR rispetto alla dimensione dei pacchetti

ERR:

- Andamento pressoché costante
 - Bassa dipendenza dell'ERR dalla dimensione dei pacchetti
- Maggior ritardo per pacchetti di piccole dimensioni
 - L'ERR non facilita la trasmissione di burst
- Ritardo inferiore al DRR
 - Il round dura meno rispetto a quello del DRR

Delay – distribuzione nel DRR

Scenario con code piene





Delay – distribuzione nel DRR

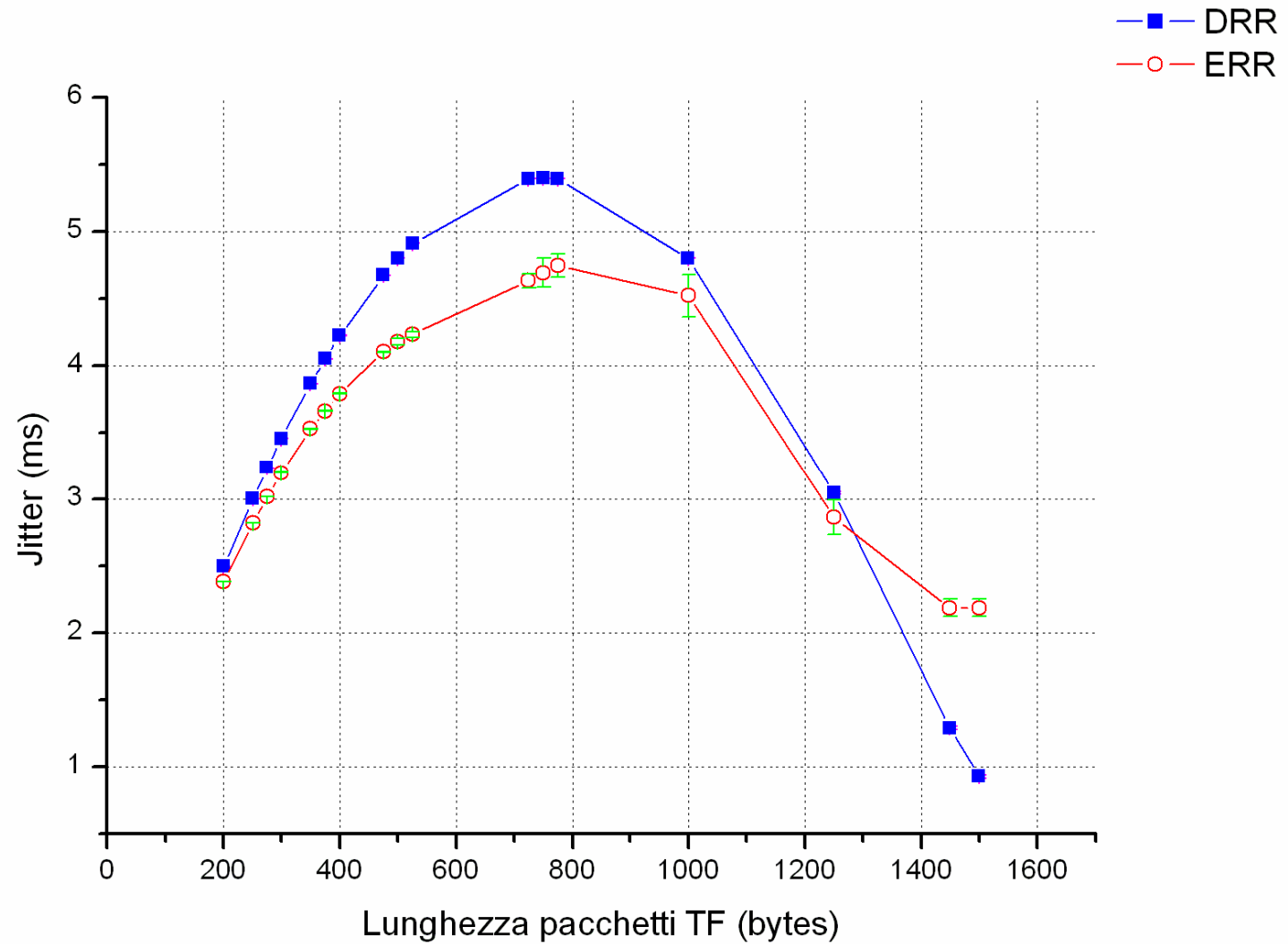
Scenario con code piene

DRR:

- Con dimensioni dei pacchetti sottomultiple del quanto il traffico assume un andamento piuttosto regolare
 - Il numero di pacchetti inviato per round è costante
 - Il ritardo è minimo e concentrato intorno a determinati valori
- Per le altre dimensioni il ritardo è maggiore e distribuito più uniformemente
 - Occorrono un numero maggiore di round per ottenere la banda riservata

Jitter – valor medio

Scenario con code piene





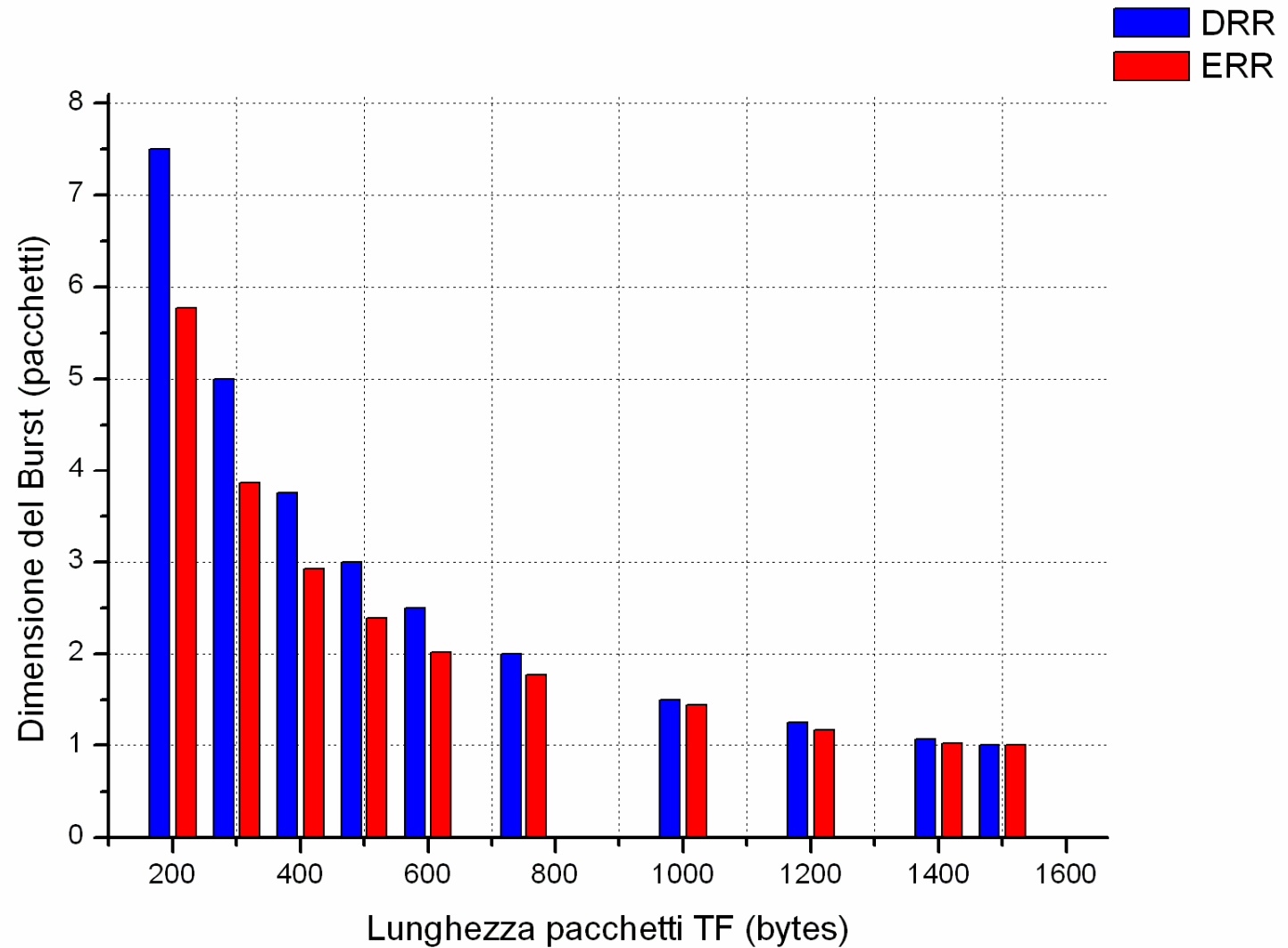
Jitter – valor medio

Scenario con code piene

- La condizione di rete sovraccarica fa sì che la burstiness sia il fenomeno predominante
 - Questo porta ad un andamento del jitter qualitativamente simile nei due scheduler
- Il massimo jitter si ha in corrispondenza delle dimensioni che generano burst di 2 pacchetti

Jitter – valor medio

Scenario con code piene





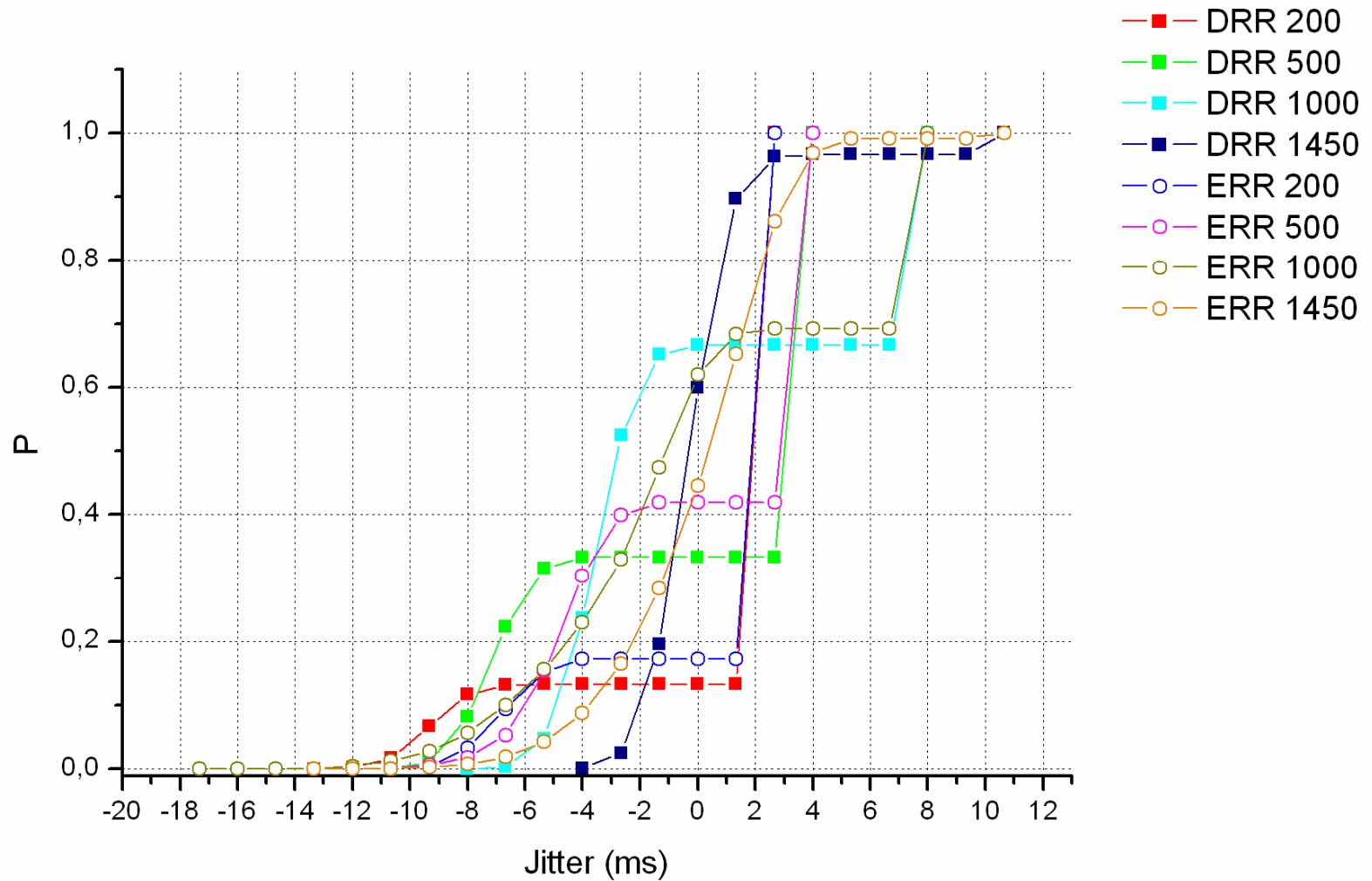
Jitter – valor medio

Scenario con code piene

- L'ERR presenta un jitter più basso dovuto alla minor frequenza e dimensione dei burst
- **Al di sotto di 600 bytes**, i burst hanno dimensioni maggiori di 2 pacchetti
 - Il jitter tende al tempo di inter-arrivo dei pacchetti
- **Oltre la dimensione di 1300 bytes** la situazione risulta invertita
 - I burst spariscono (il traffico si allinea ad un pacchetto per round)
 - In entrambi gli scheduler il fenomeno predominante risulta la variabilità della durata del round (maggiore nell'ERR)

Jitter – distribuzione

Scenario con code piene





Jitter – distribuzione

Scenario con code piene

- Per entrambi gli scheduler si nota un **andamento bimodale**
 - I picchi sono in relazione alla probabilità dei burst: essa diminuisce all'aumentare della dimensione dei pacchetti
 - La parte “curva” denota l'andamento del jitter relativamente al primo pacchetto di un burst o a un pacchetto non appartenente a un burst
- A parità di dimensione del pacchetto emerge che:
 - DRR ha una maggiore probabilità di presentare burst rispetto a ERR
 - La parte “curva” denota la varianza della durata del round (maggiore in ERR)



SCENARIO 3

**Variare del rate di invio del
*tagged flow***

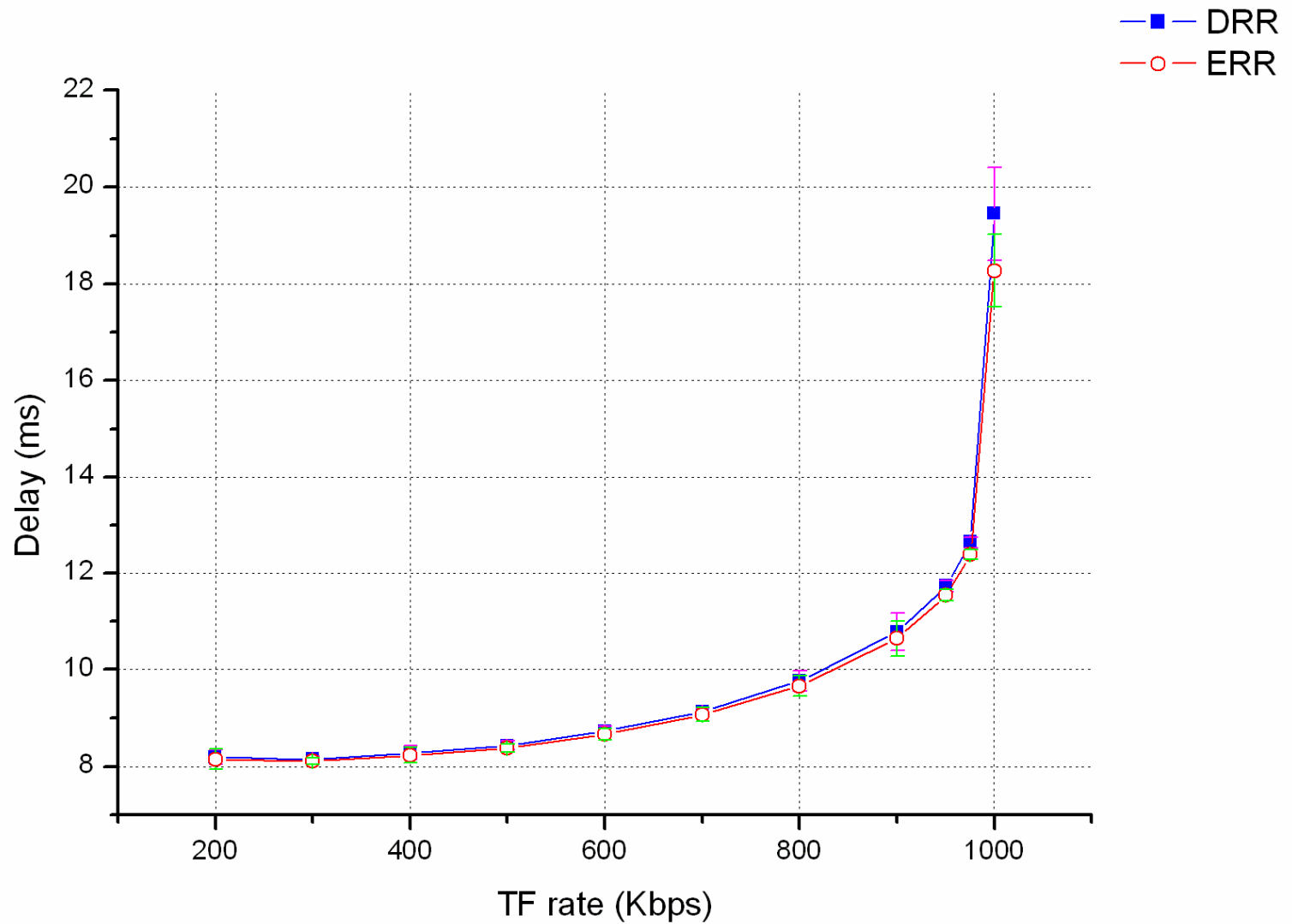
5 nodi

$L=1000$ bytes

$r_{TF}=[200 \text{ kbps}, 1 \text{ Mbps}]$

rate garantito $_{TF}=1 \text{ Mbps}$

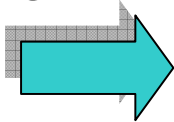
Delay – valor medio





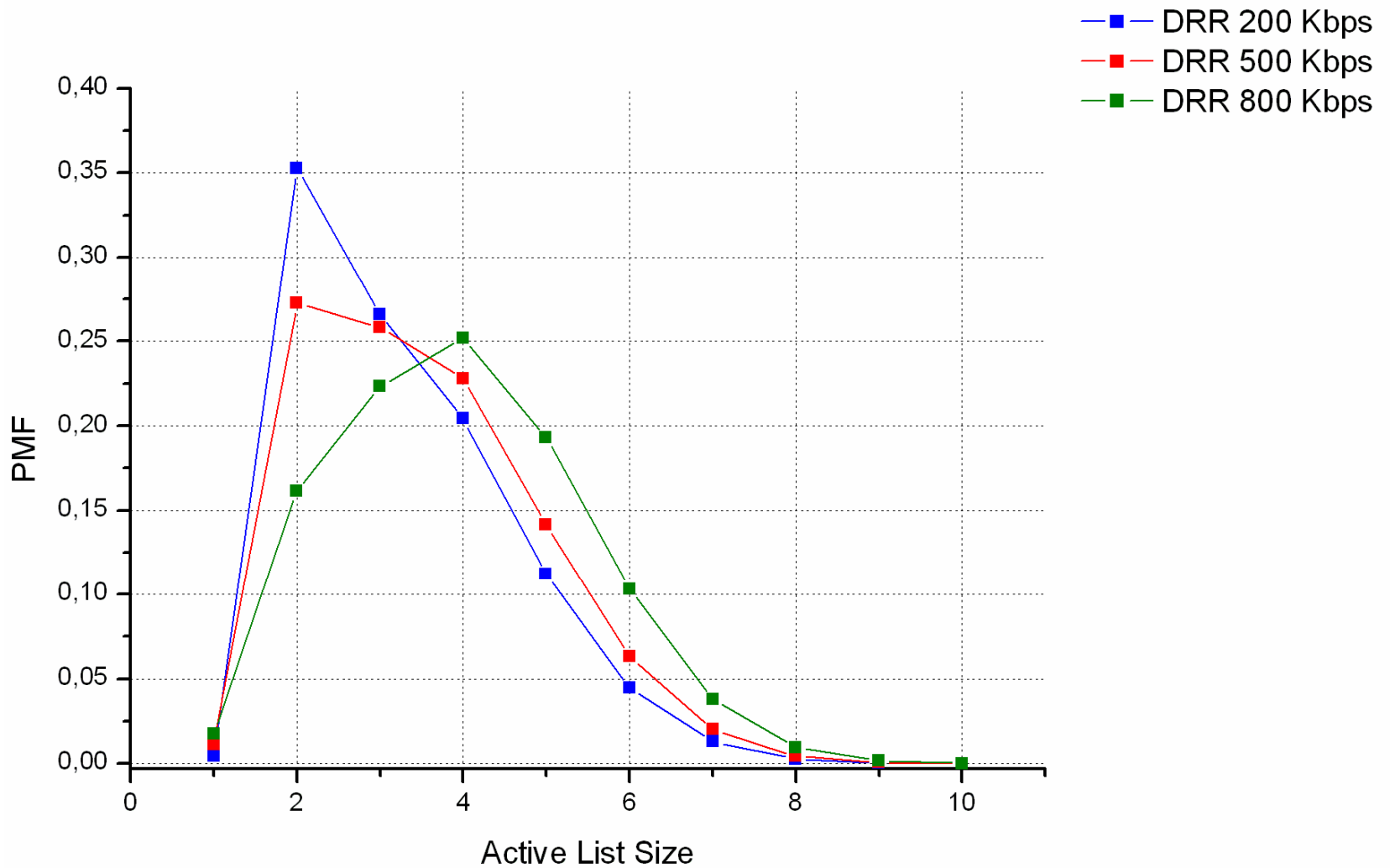
Delay – valor medio

Al diminuire del rate del Tagged Flow

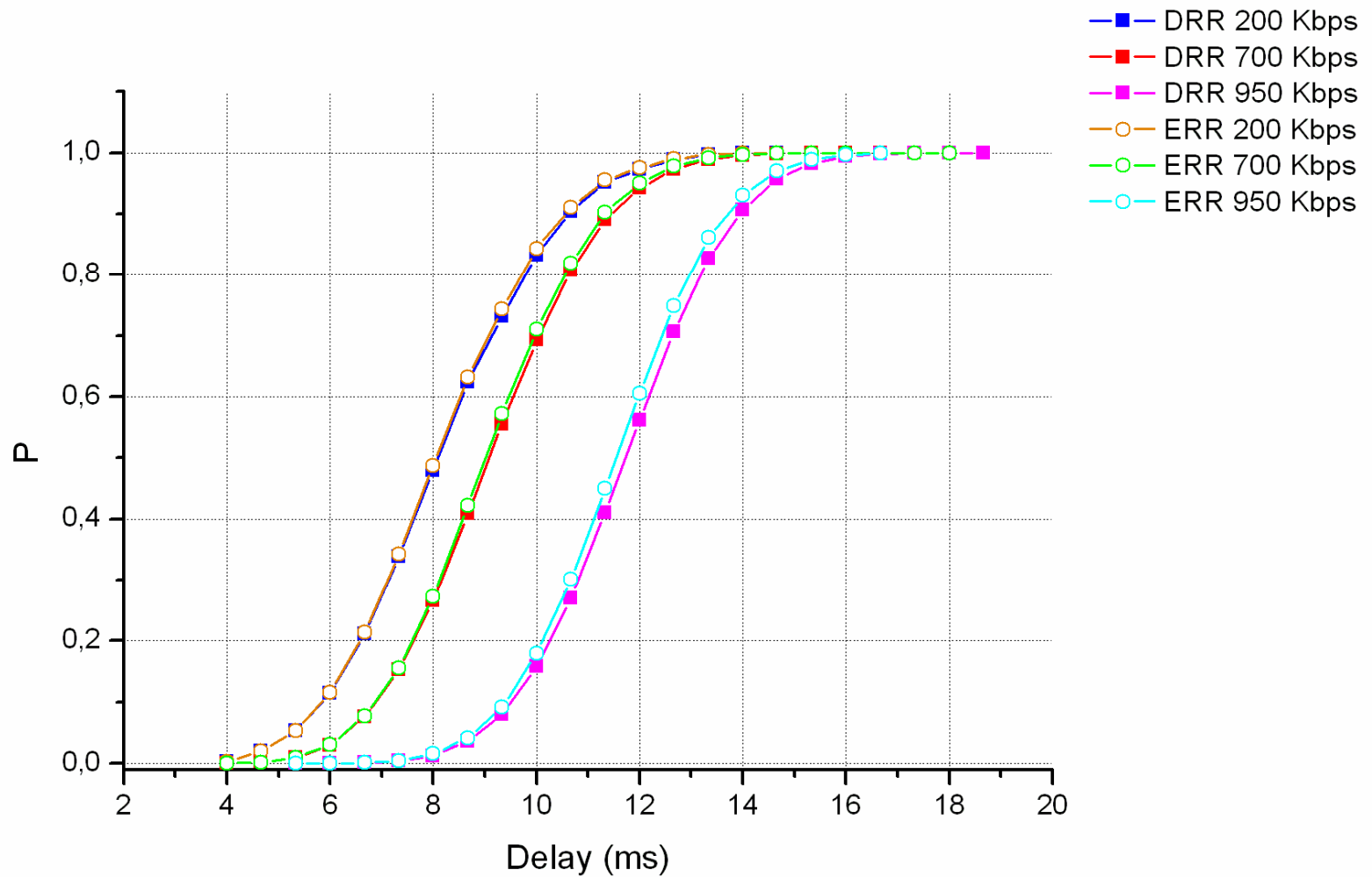
- I K flussi ricevono una banda maggiore del loro rate di invio e quindi diventano più frequentemente idle
- 
- L'Active List è mediamente più corta
 - La durata del round decresce
 - Il Tagged Flow risente di un minore ritardo

Delay – valor medio

probabilità Active List Size

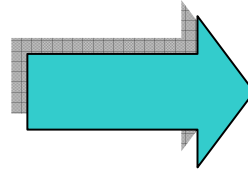


Delay – distribuzione



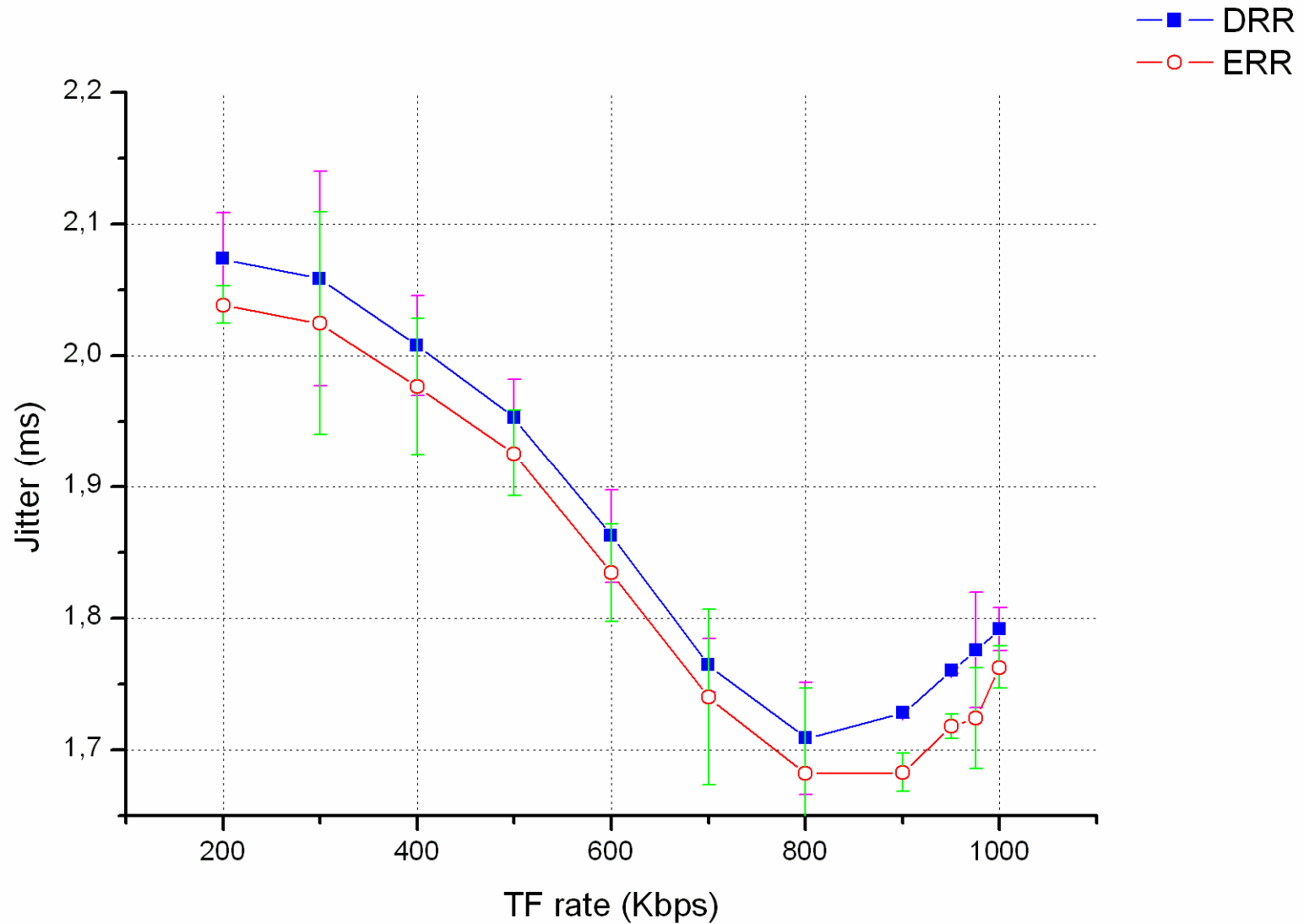
Delay – distribuzione

- L'ERR presenta un round di durata mediamente inferiore



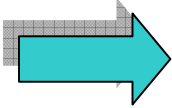
- Il gap è maggiormente visibile quando la rete è carica (rate del TF pari a 1Mbps)

Jitter – valor medio



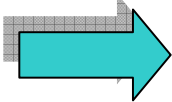


Jitter – valor medio

- La diminuzione del jitter è dovuta ad una diminuzione della varianza della durata del round
 - A bassi rate del TF, i K flussi accodano raramente più di un pacchetto
 - Questo è dovuto al fatto che essi ottengono una banda superiore al proprio rate di invio
- 
- La varianza del round segue la varianza della dimensione dei pacchetti dei K flussi

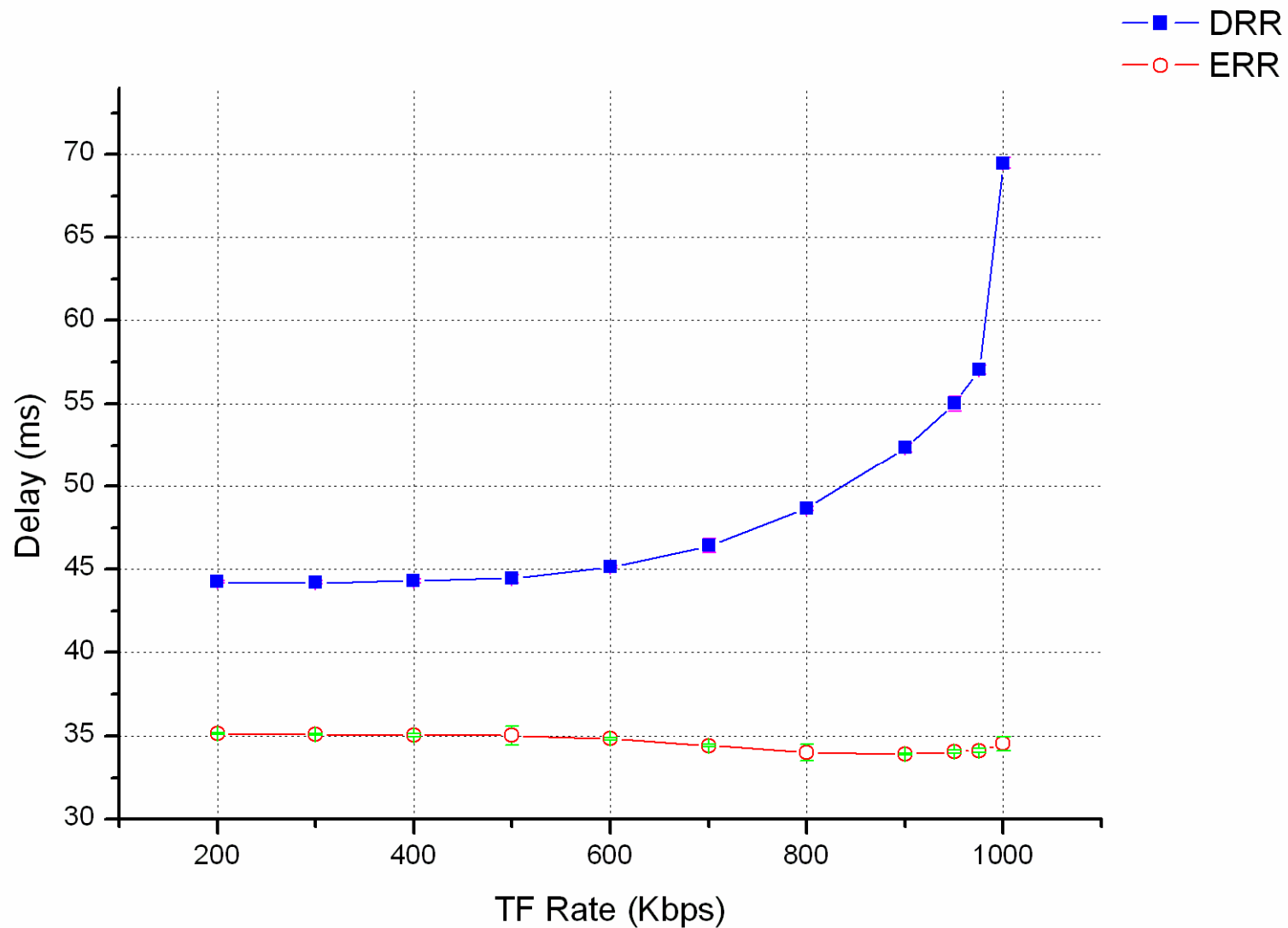


Jitter – valor medio

- All'aumentare del rate del TF, i K flussi riescono ad accodare un numero di pacchetti maggiore
 - Il numero di bytes inviati nel round si allinea alla possibilità massima di invio (quanto nel DRR, Allowance nel ERR) 
 - La varianza della durata del round tende a diminuire
- Oltre 900 Kbps iniziano a verificarsi dei burst che provocano un aumento del valor medio

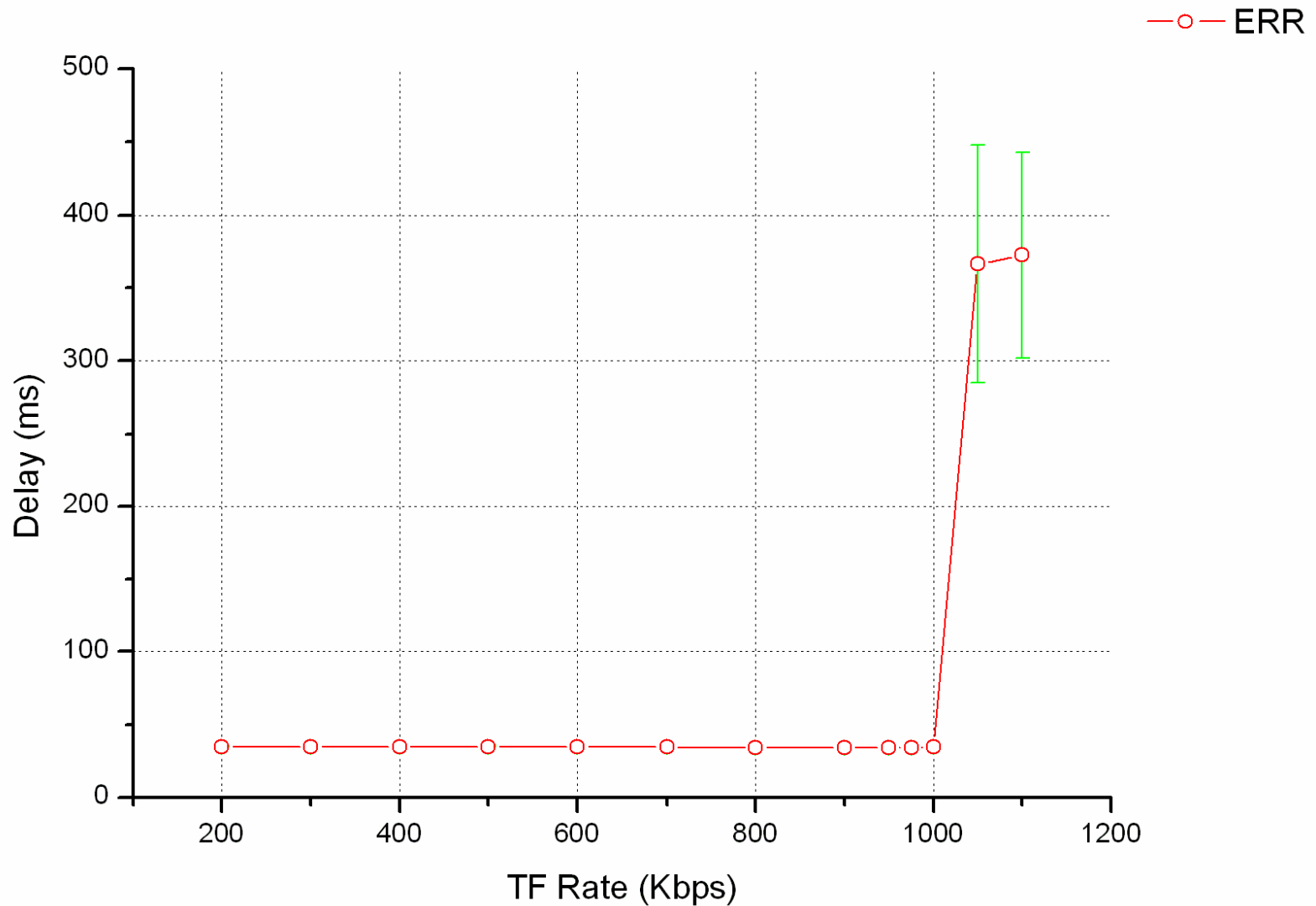
Delay – valor medio

Scenario con code piene



Delay – valor medio

Scenario con code piene





Delay – valor medio

Scenario con code piene

- La durata media del round è indipendente dal rate del TF in quanto le code dei K flussi sono sempre backlogged
- Finchè la durata media del round è inferiore al tempo di inter-arrivo di 2 pacchetti consecutivi, l'andamento del ritardo è costante per entrambi gli scheduler
 - Nel **DRR** questa condizione è vera fino a 600 kbps; per rate superiori, aumenta la possibilità di accodamento e di conseguenza il ritardo
 - Nel **ERR** questa condizione si mantiene anche per rate superiori a 600 Kbps essendo il round di durata inferiore



Delay – valor medio

Scenario con code piene

- **Problema:** anche avvicinandosi al rate garantito, il delay nel ERR rimane pressochè costante
- Questo è dovuto ad un **comportamento non *fair***
 - Il SurplusCount rappresenta un debito: esso viene azzerato quando il TF diviene idle
 - I K flussi, al contrario, sono sempre backlogged: ad ogni round viene sottratto il SurplusCount
 - Fintanto che il TF transita regolarmente dallo stato backlogged a quello idle riesce a sottrarre banda ai K flussi



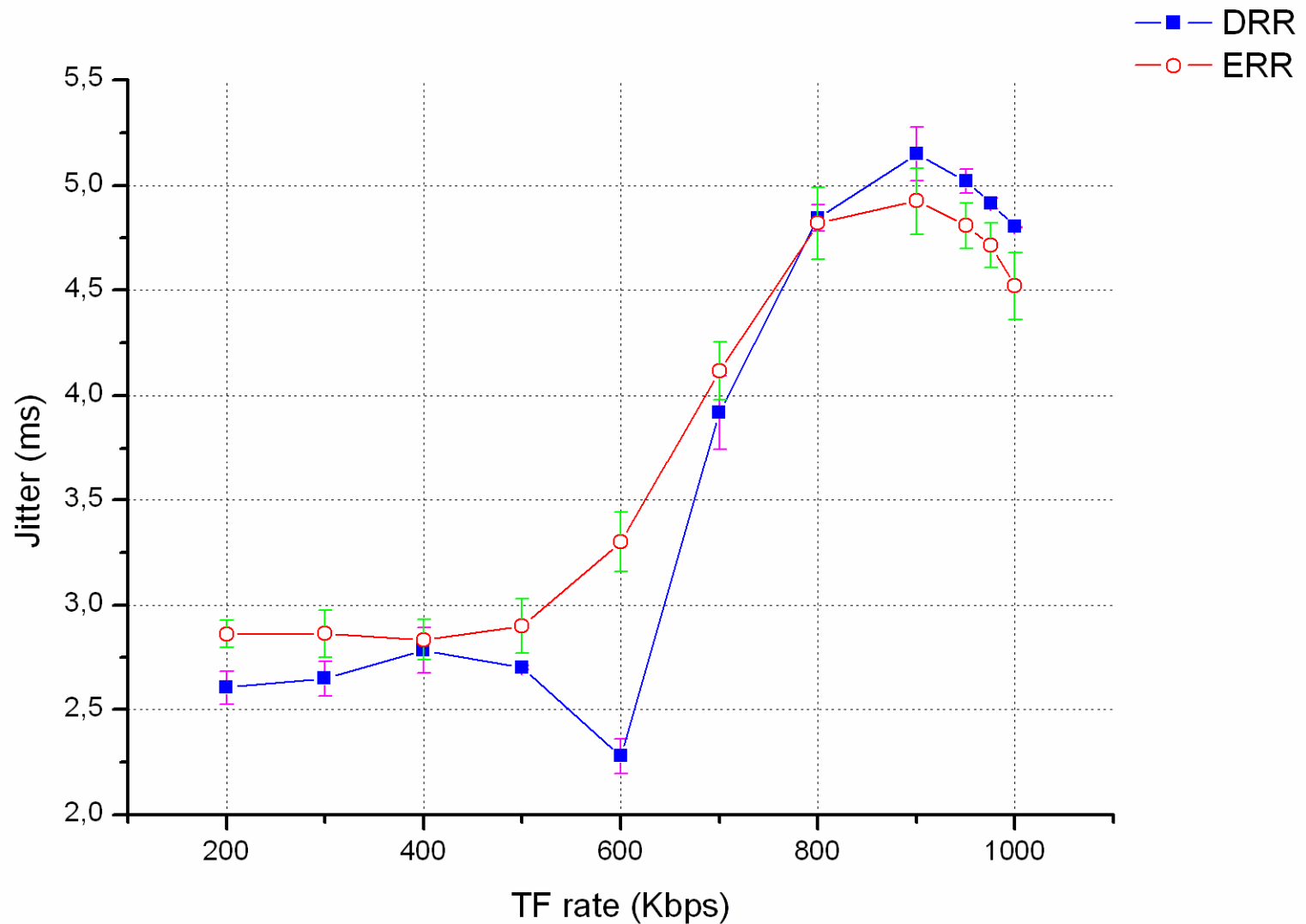
Delay – valor medio

Scenario con code piene

- A sostegno di quanto detto, sono state effettuate simulazioni utilizzando per il TF un valore di packet size pari a 1500 bytes, mantenendo invariati tutti gli altri parametri (rate garantito, buffer, etc)
- In questa situazione, con lo scheduler ERR il Tagged Flow riesce a mantenere un rate di 1.05 Mbps **senza perdere nessun pacchetto**

Jitter – valor medio

Scenario con code piene





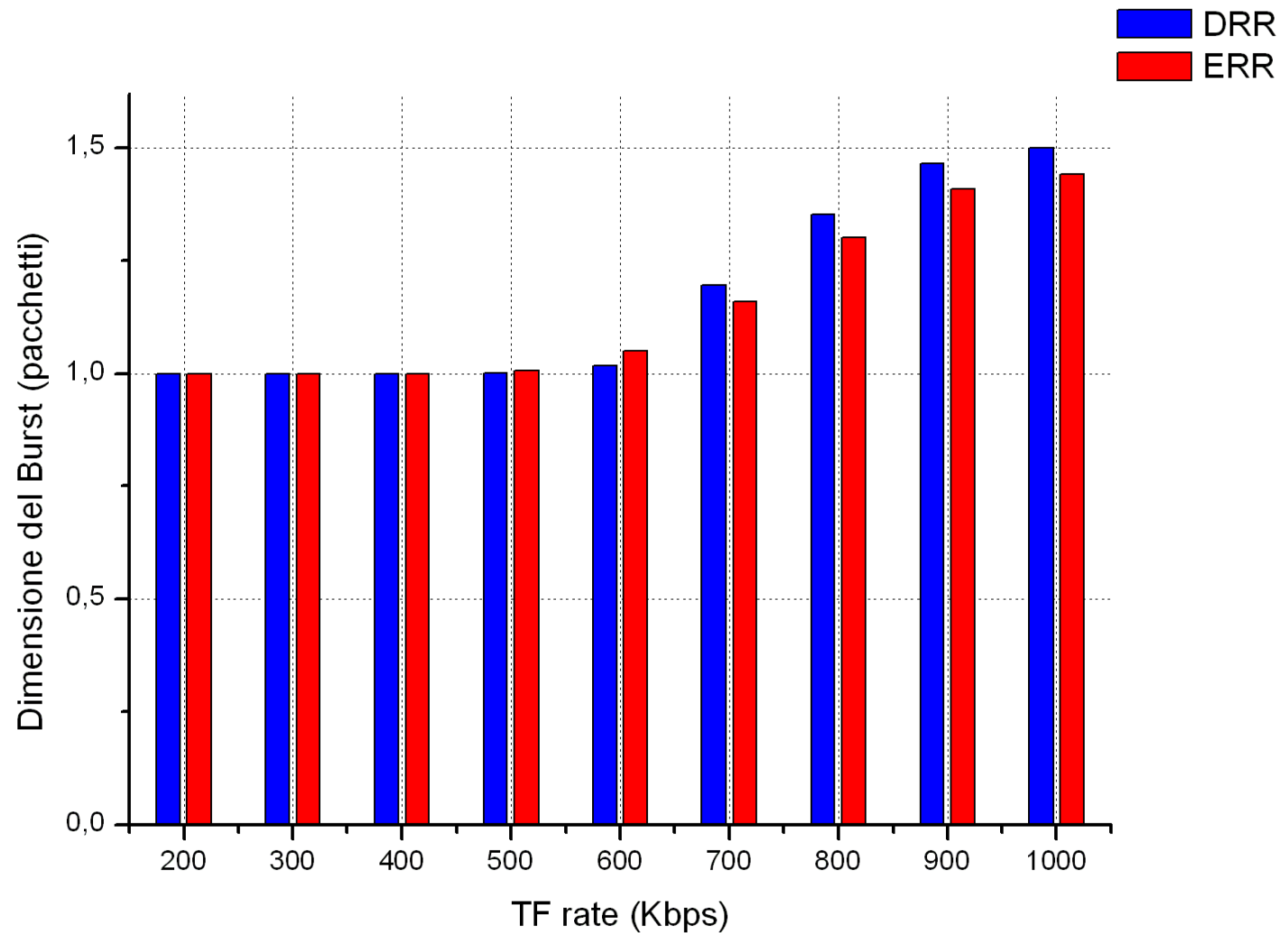
Jitter – valor medio

Scenario con code piene

- Per **rate < 600 kbps**, non si verificano burst
- Per **rate compresi fra 600 e 900 kbps**, la frequenza dei burst aumenta all'aumentare del rate del TF
- Per **rate > 950 kbps**, il profilo del traffico si allinea a 1 pacchetto seguito da un burst di 2 pacchetti

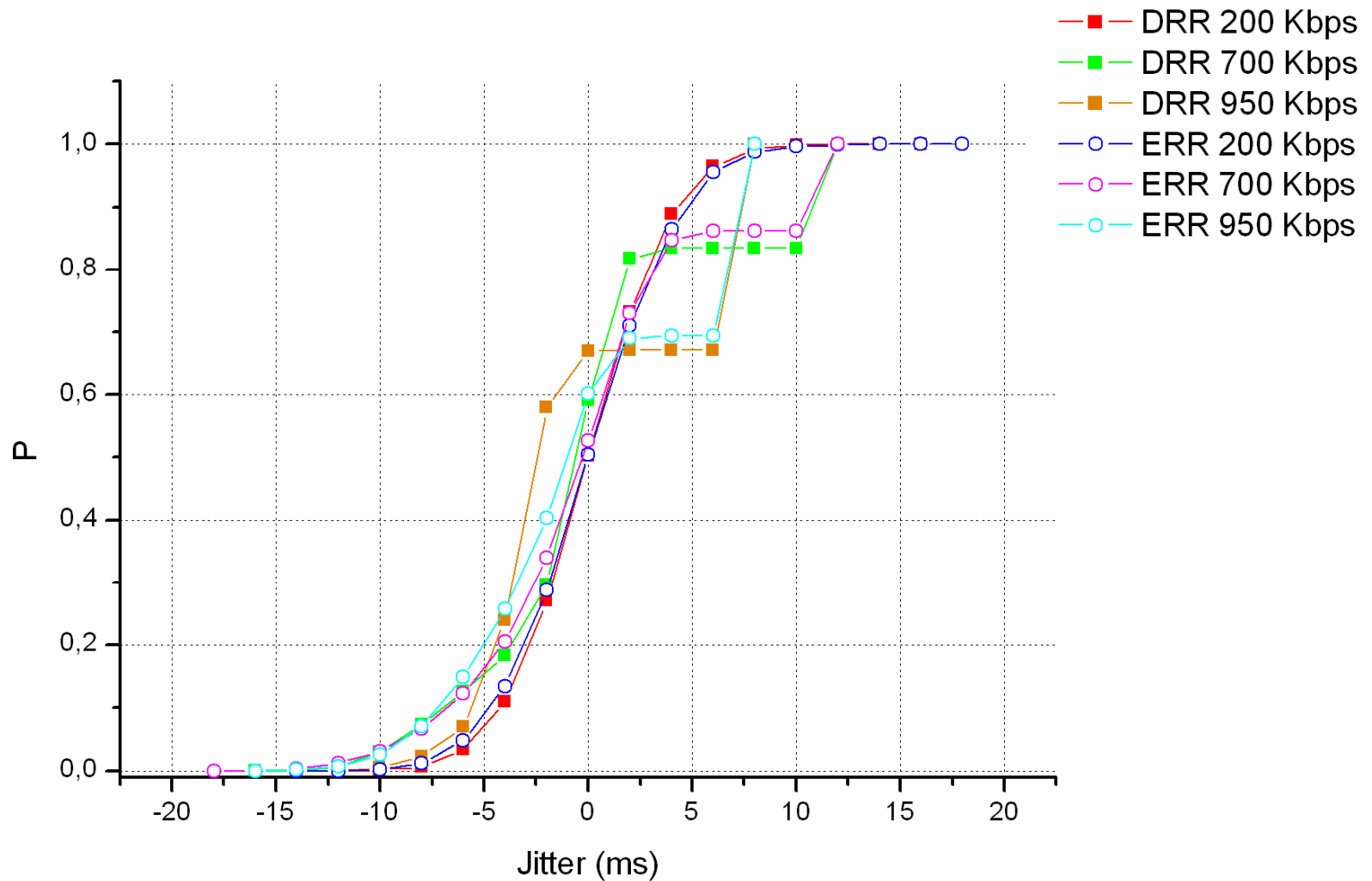
Jitter – valor medio

Scenario con code piene



Jitter – distribuzione

Scenario con code piene





Jitter – distribuzione

Scenario con code piene

- Andamento qualitativamente uguale per entrambi gli scheduler
- Per **rate < 600 kbps**, andamento coincidente con distribuzione a sigmoide
- Per **rate compresi fra 600 e 900 kbps**, i burst (picchi) variano in maniera dipendente dal rate del Tagged Flow
- Per **rate > 950 kbps**, il picco positivo è costante, mentre la durata del round tende a stabilizzarsi



CONCLUSIONI



Conclusioni

Limitatamente agli scenari analizzati

Possiamo trarre le seguenti conclusioni relative al comportamento del Tagged Flow:

- L'ERR presenta una minor dipendenza dalla dimensione dei pacchetti
- L'ERR genera round di durata mediamente inferiore al DRR.
 - Questo è la conseguenza di una minor tendenza a generare burst.



Conclusioni

Queste caratteristiche incidono sugli indici di prestazione misurati, nel seguente modo:

- **Ritardo:**
 - Nel ERR la minor durata media del round determina un ritardo generalmente inferiore rispetto al DRR
- **Jitter:**
 - In entrambi gli scheduler l'andamento è sostanzialmente identico in quanto nell'ERR si compensano due fenomeni:
 - La maggior varianza della durata del round determina un maggior jitter che si compensa con...
 - ...una minor frequenza dei burst