

Ingegneria Informatica

FACOLTA' DI INGEGNERIA
LAUREA SPECIALISTICA IN INGEGNERIA INFORMATICA
CURRICULUM NETWORKING & MULTIMEDIA

Analisi delle prestazioni degli scheduler
DRR e Prio-DRR su architettura 802.16

Giovanni Bianchi, Cristiano Carnicelli
Mirko Marino, Daniele Ribolini

Analisi delle prestazioni degli scheduler DRR e Prio-DRR su architettura 802.16

Introduzione

- ✓ Nella presentazione verranno analizzate le prestazioni degli algoritmi di scheduling Drr e Drr Prioritario.

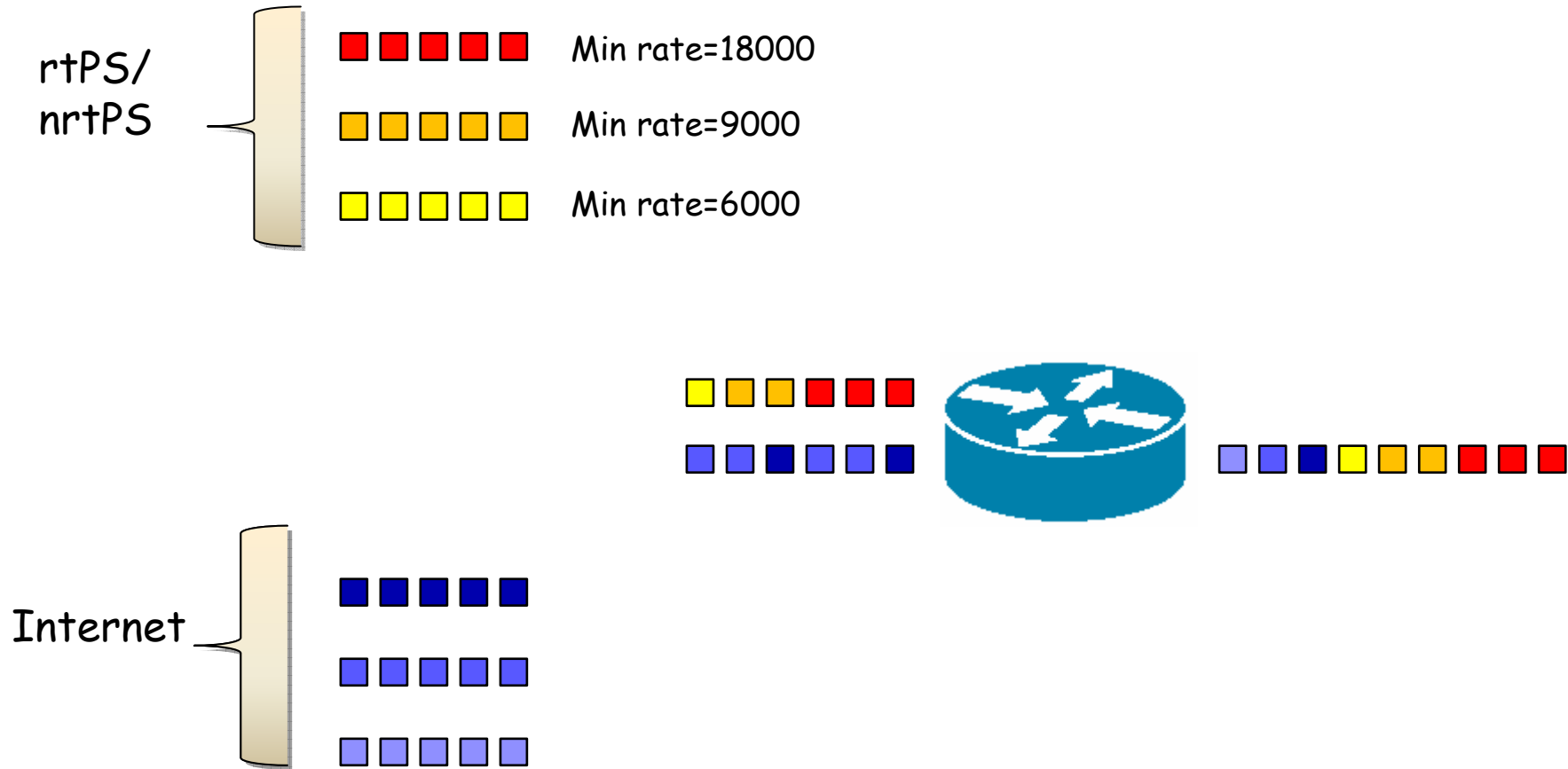
Introduzione (cont.)

- ✓ Come funziona il Prio-DRR
- ✓ Come funziona il DRR
- ✓ Scenari con VoIP:
 - a stazioni variabili;
 - con AVG rate Internet variabile;
 - con min resv rate Internet variabile
- ✓ Scenari con Video:
 - a stazioni variabili;
 - con min resv rate Video variabile
- ✓ Complessità

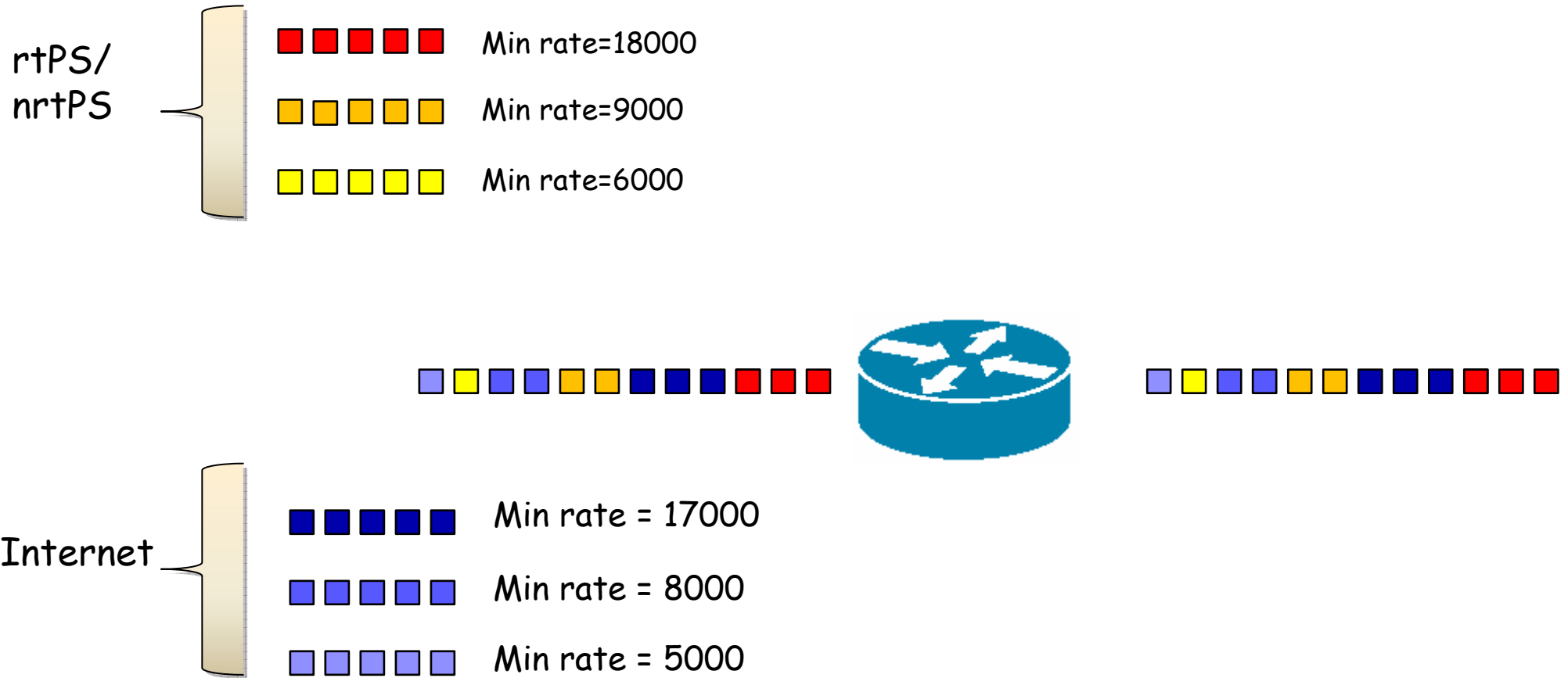
Introduzione

- Oggetto dell'analisi saranno connessioni di tipo:
 - Voip (rtPS) e Video;
 - Internet (Best Effort e nrtPS);
- Nota: Tutte le connessioni di un tipo hanno lo stesso min rate.

Come funziona il Prio-DRR



Come funziona il Drr



Scenario 1

Scenario a stazioni
variabili

Scenario 1

Scenario a stazioni variabili

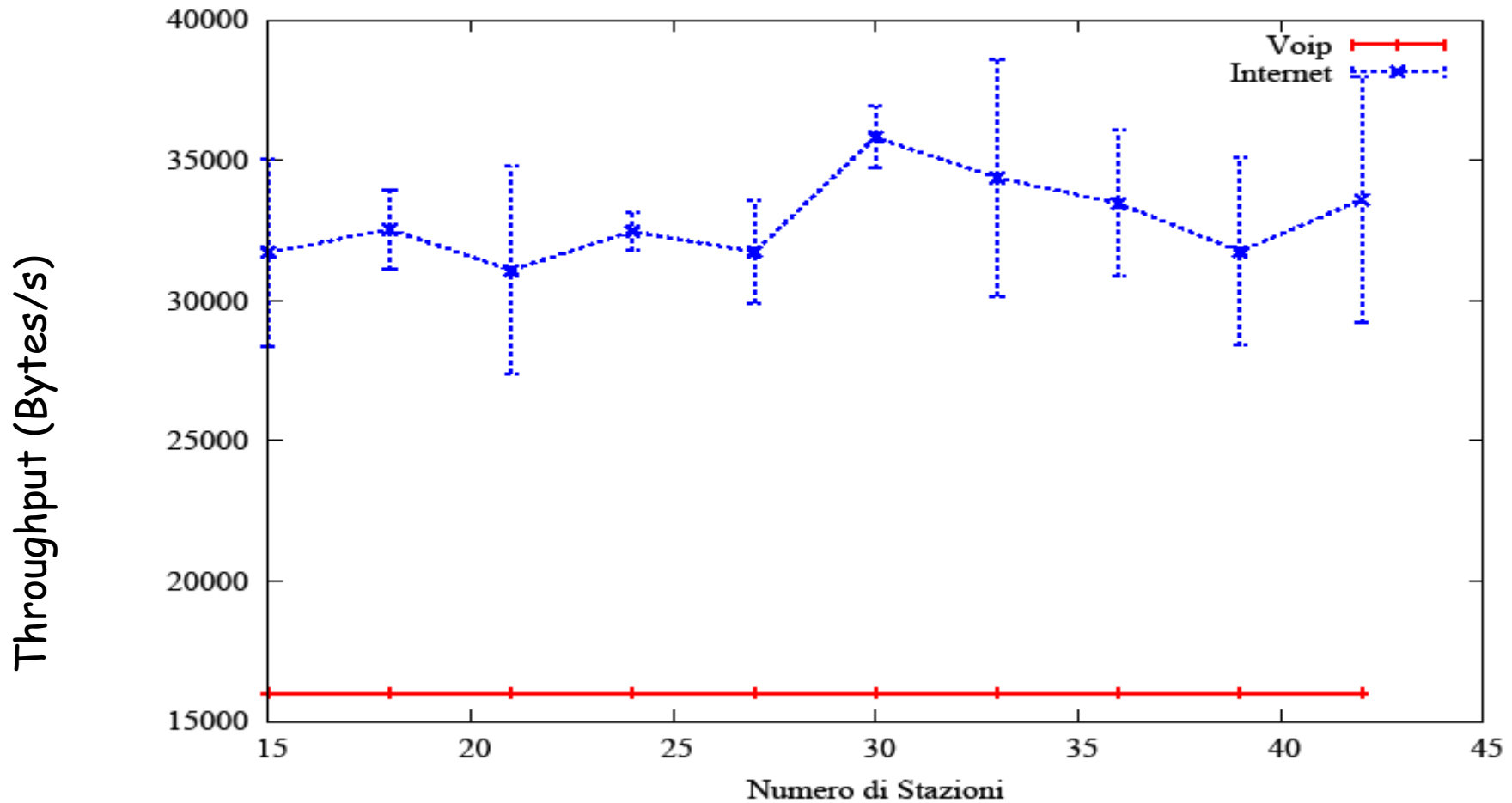
	Voip	Internet
N° Conn/Staz	1	1
Min. Resv. Rate	16Kbps	2Kbps **
Rate /Avg. Rate	64Kbps	100Kbps
Buffer	100KB	100KB
N° Stazioni	15÷42	

Obiettivo e Metriche

- ✓ Analizzare il comportamento dei due scheduler.
- Le metriche di valutazione delle prestazioni saranno:
 - Delay (Medio - Distribuzione - Percentile);
 - Throughput e Packet Loss;

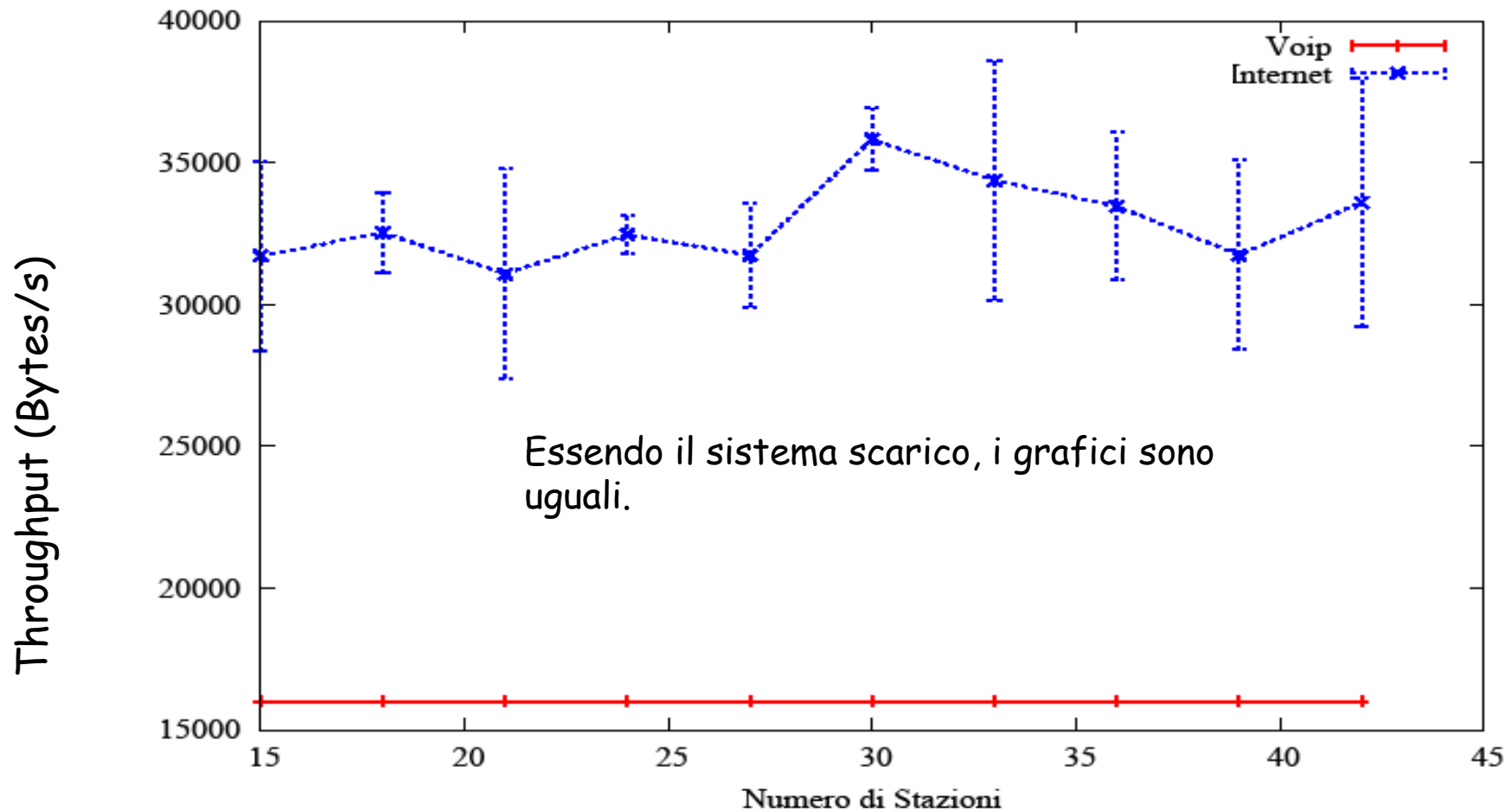
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Throughput di una conn. Internet e di una conn. Voip con scheduler Prio-DRR



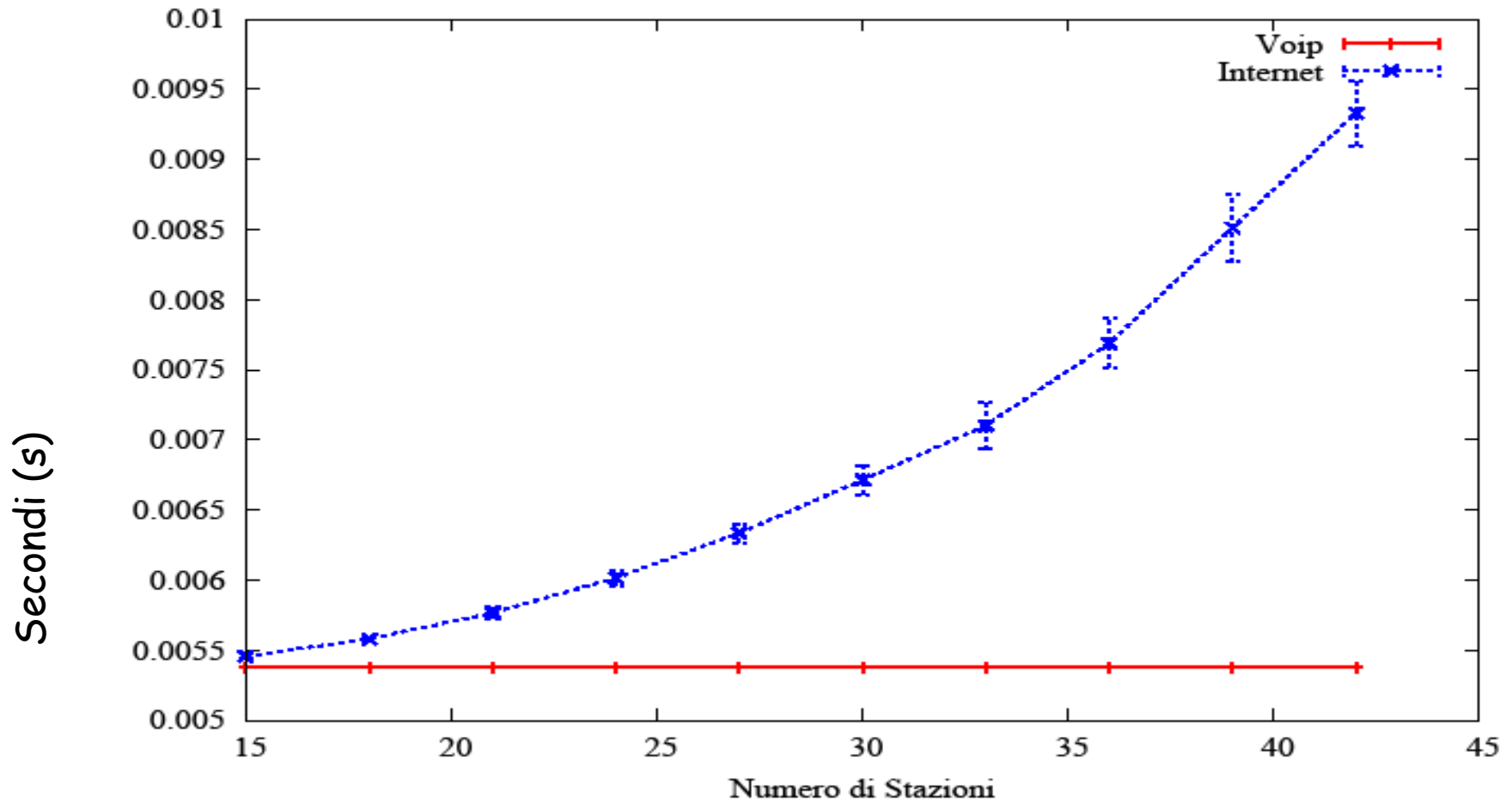
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Throughput di una conn. Internet e di una conn. Voip con scheduler DRR



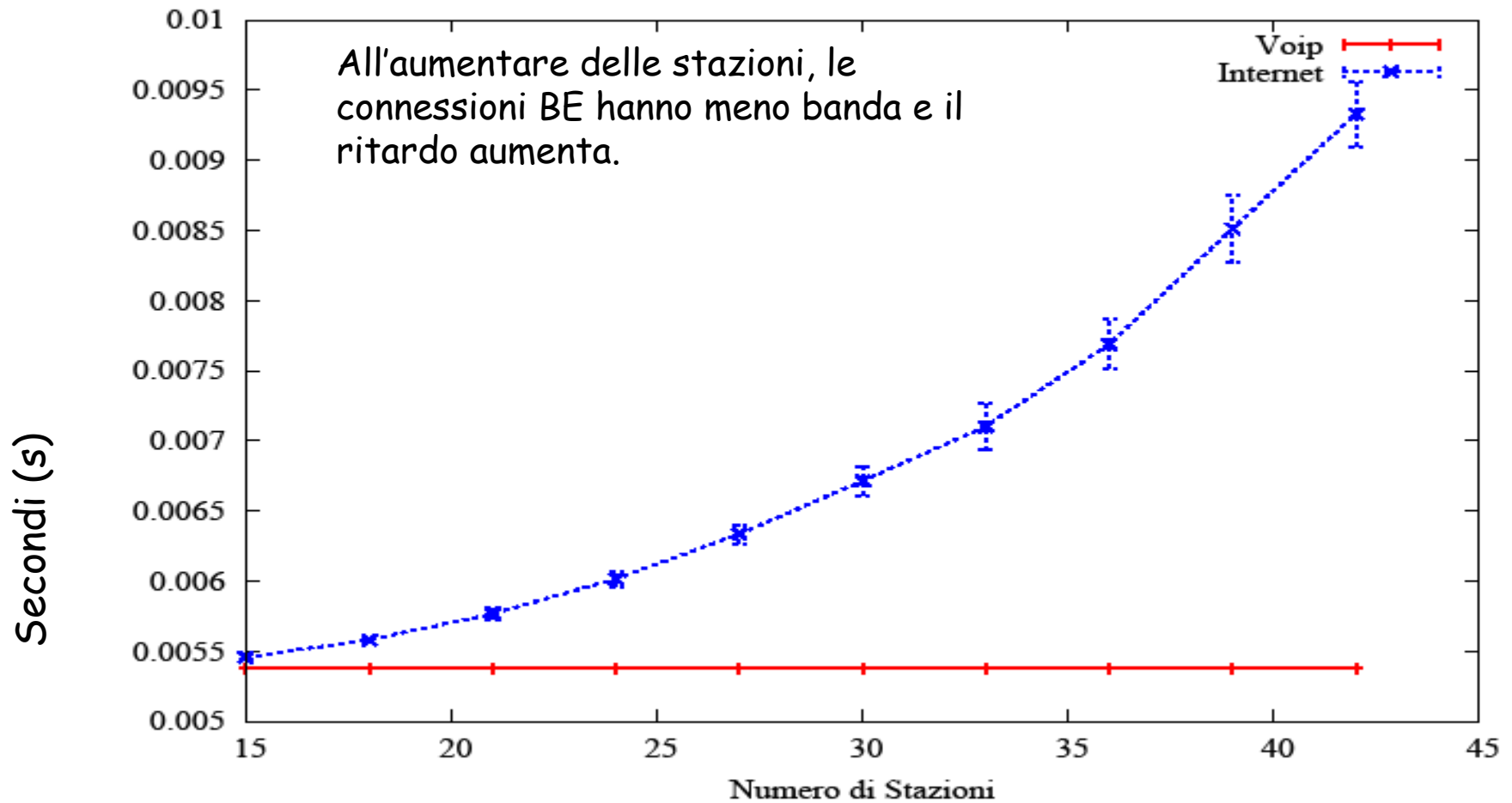
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler Prio-DRR



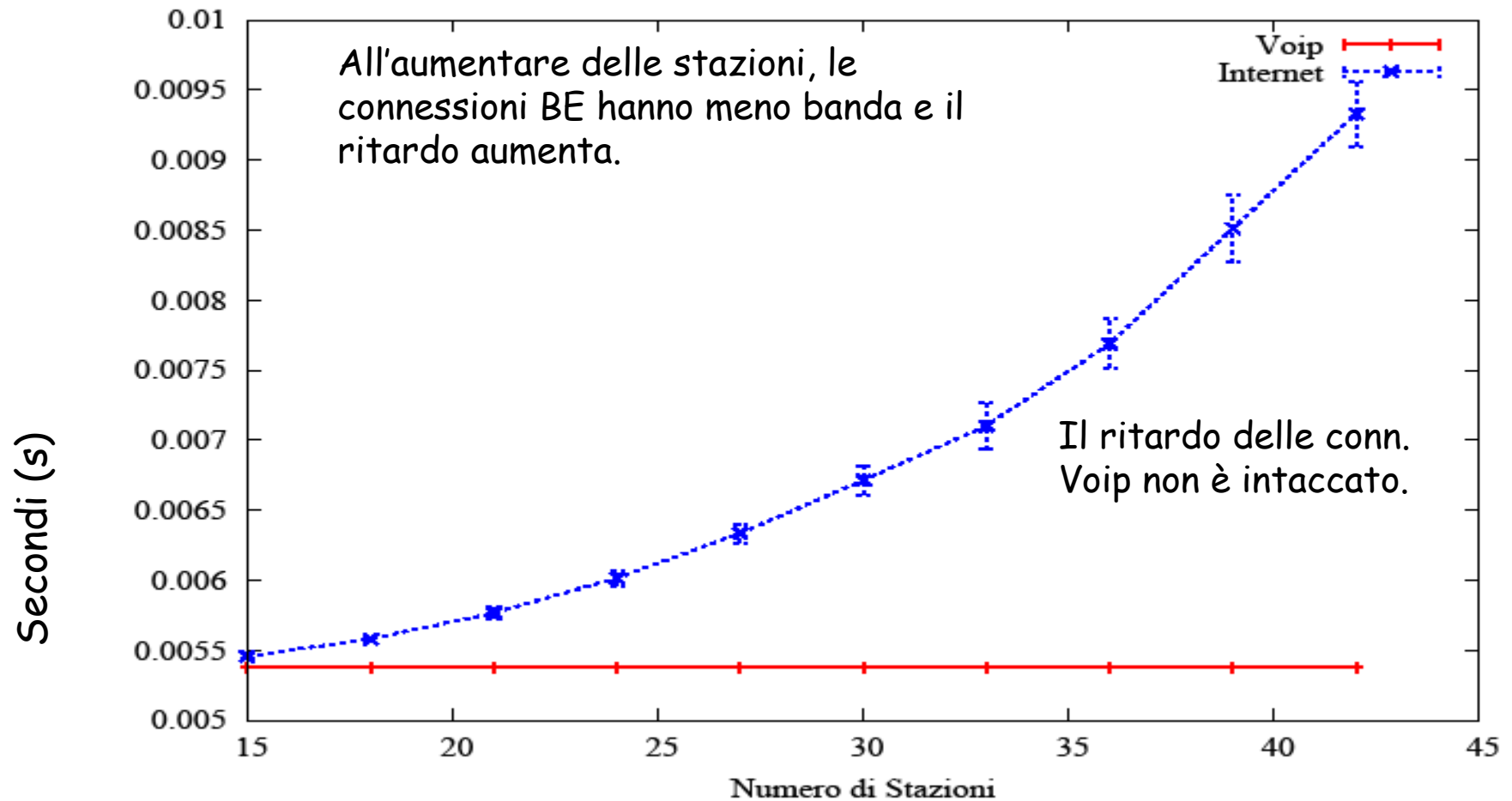
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler Prio-DRR



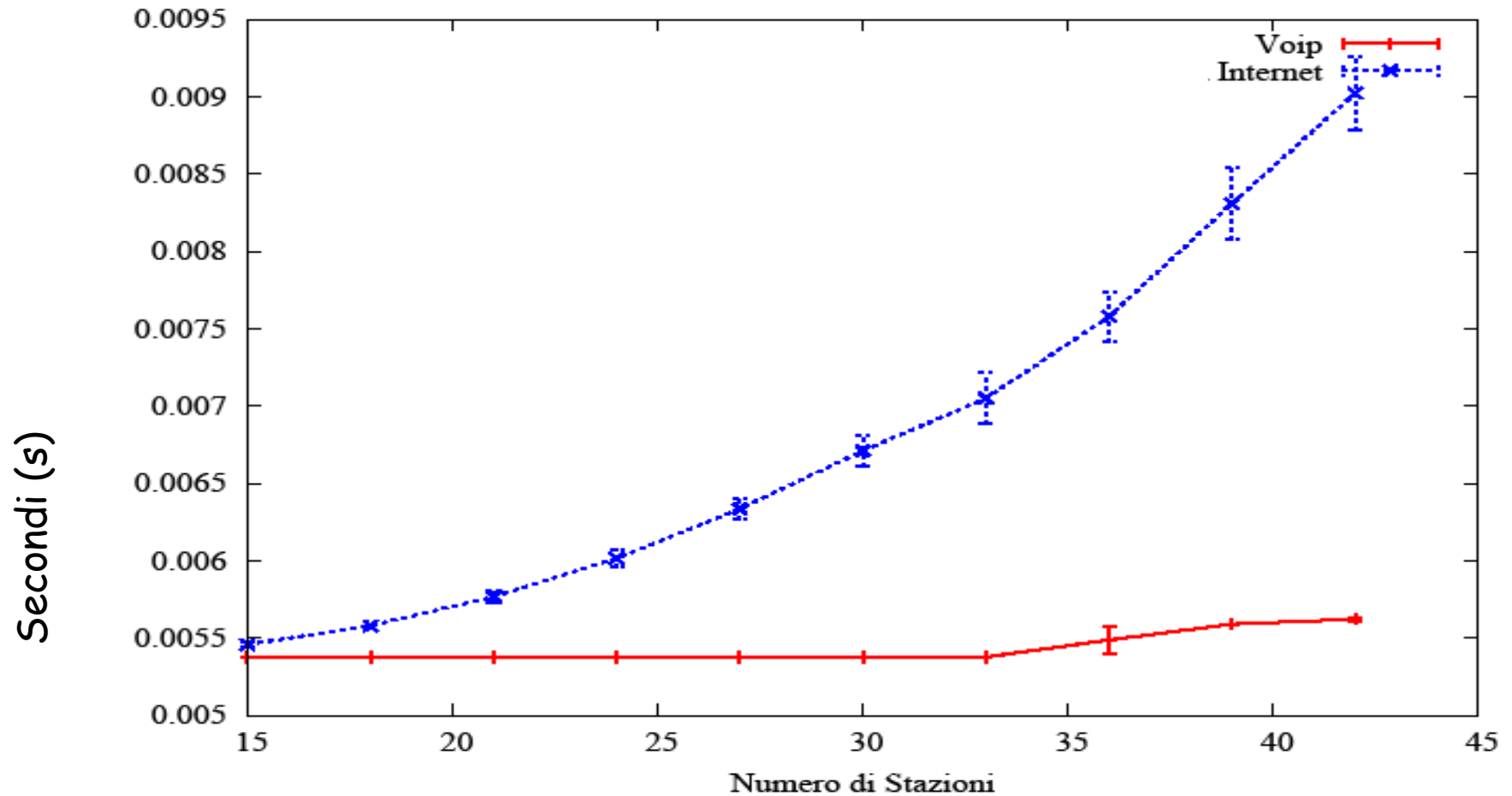
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler Prio-DRR



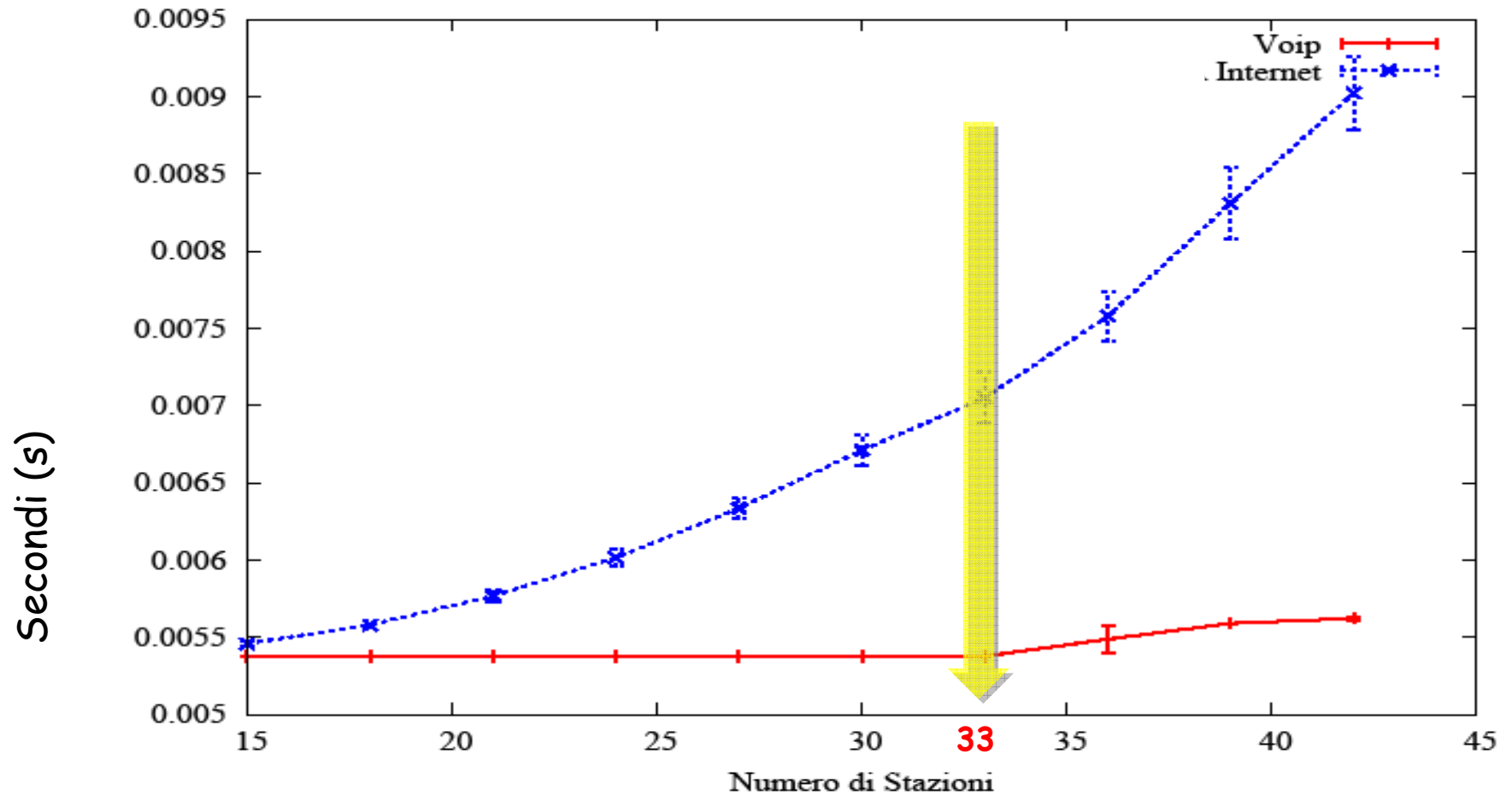
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler DRR

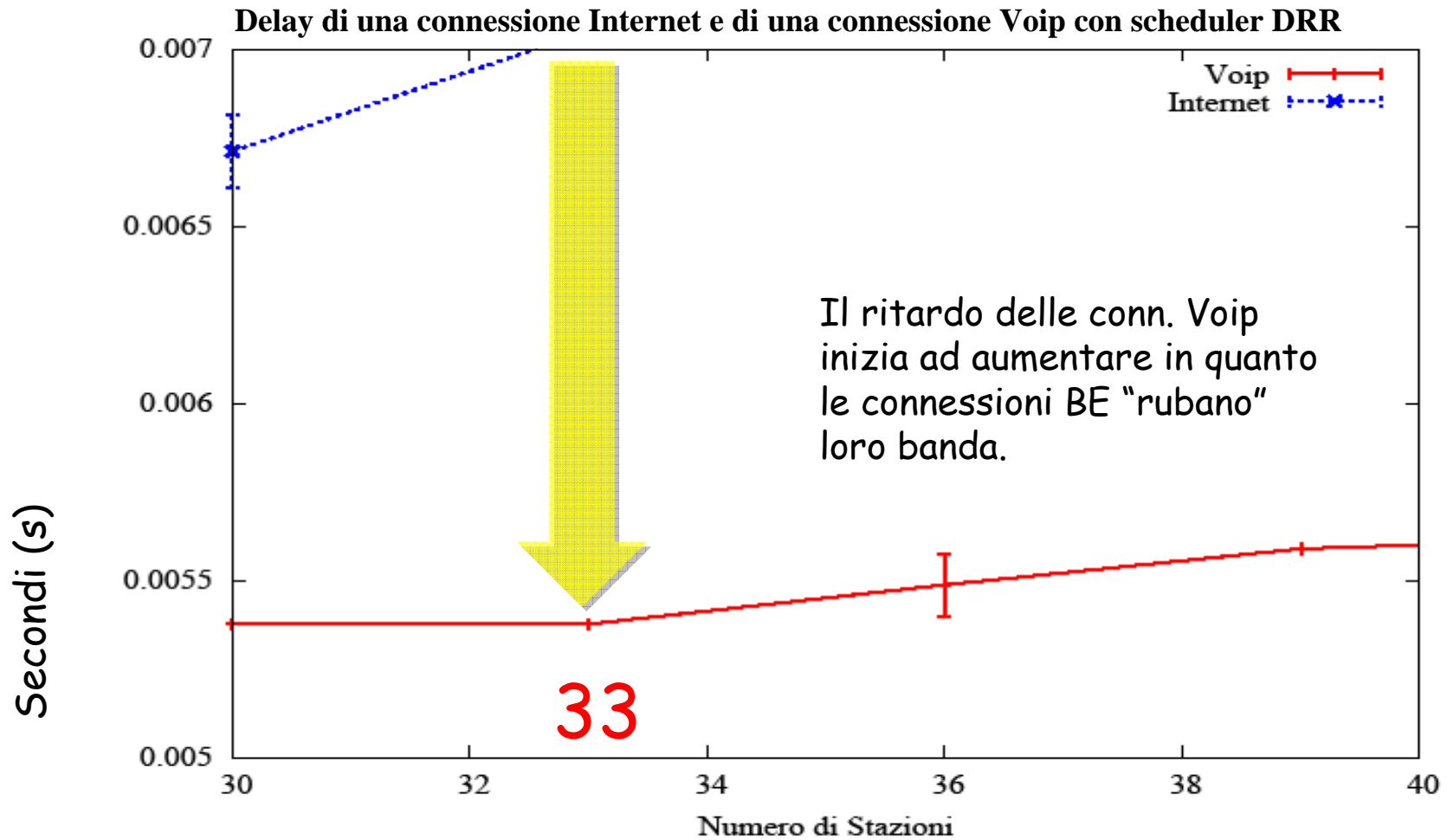


Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler DRR



Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

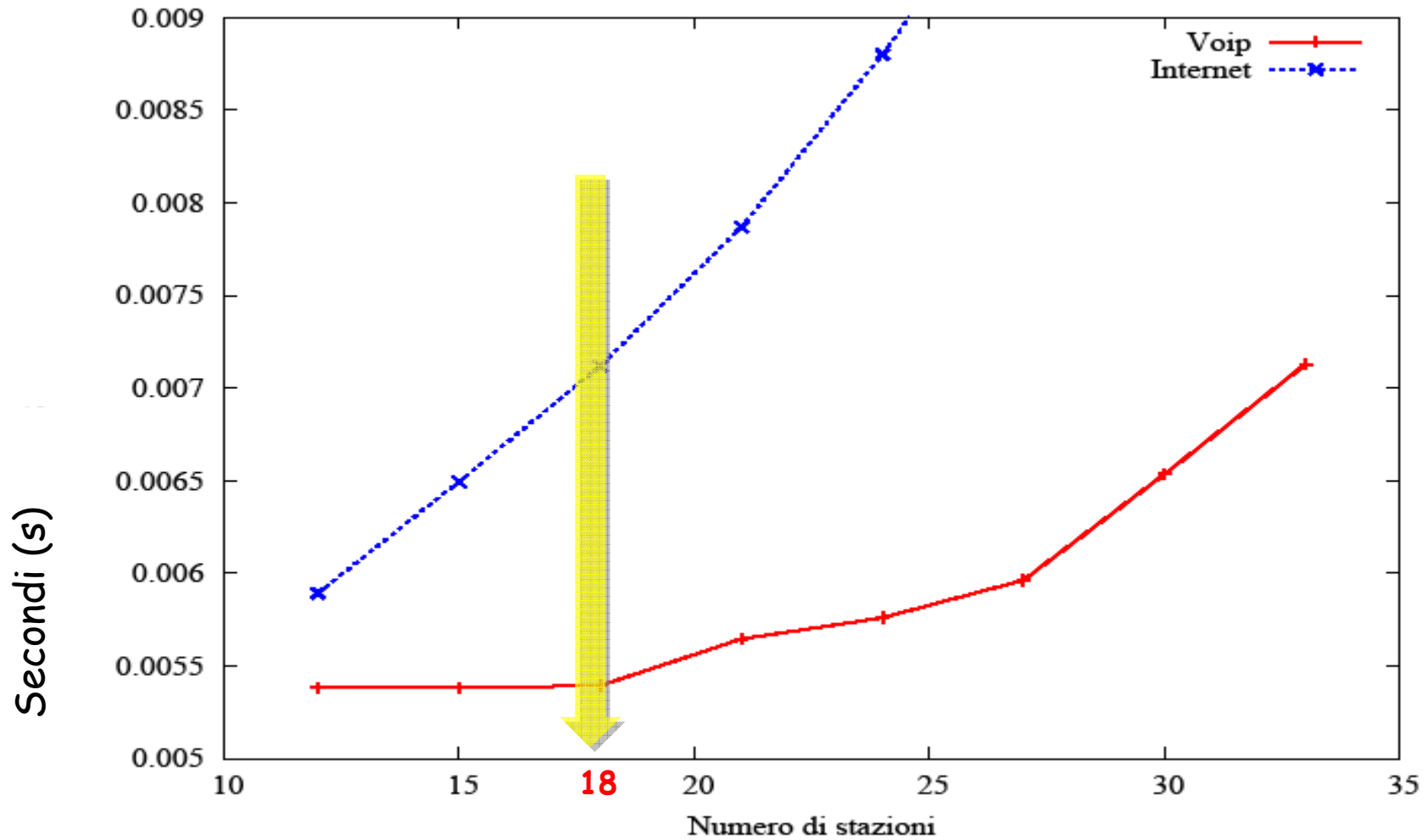


Osservazioni

- ✓ A 33 stazioni il comportamento dei due scheduler inizia a divergere.
- ✓ Aumentando il traffico del sistema, l'effetto si anticipa.

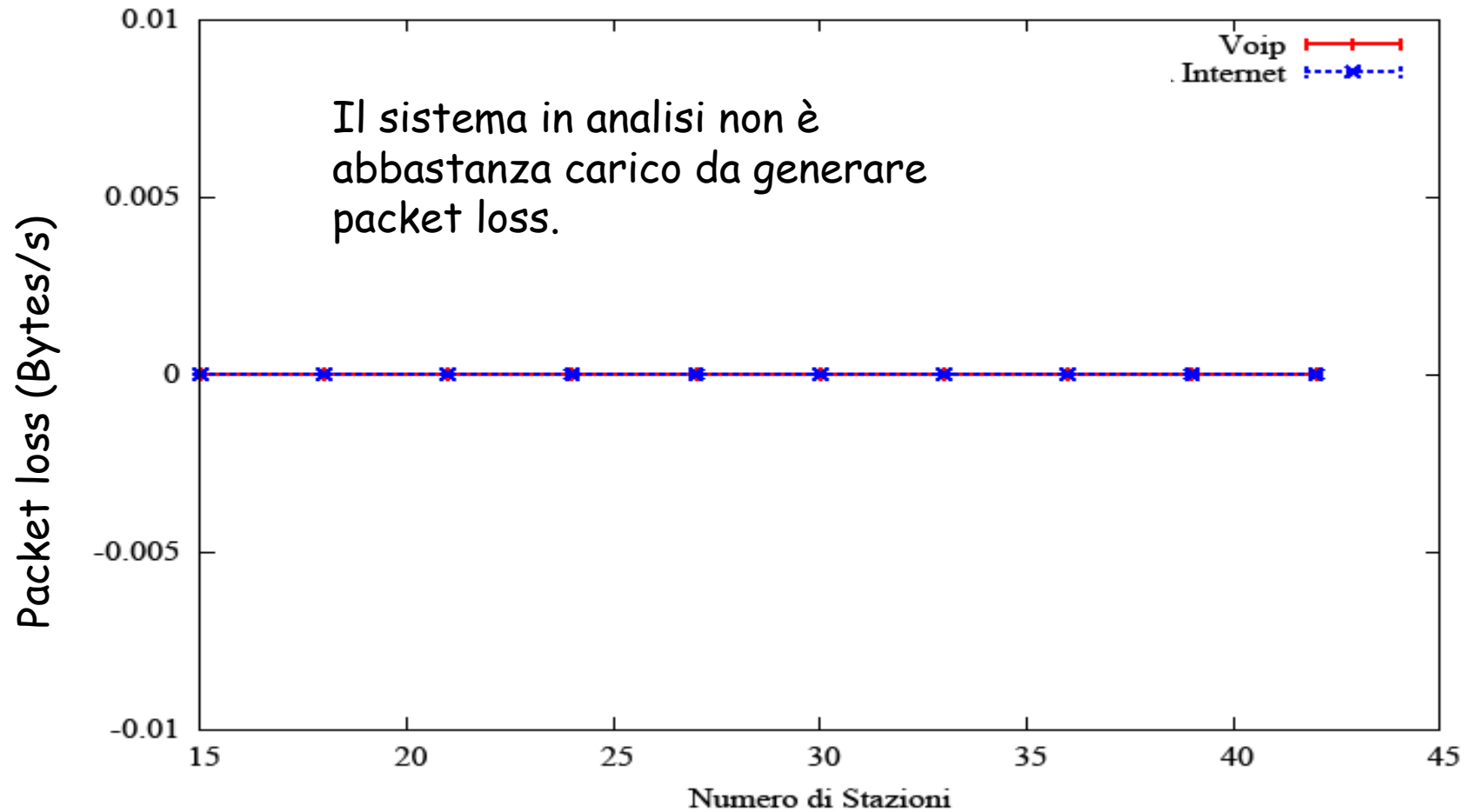
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler DRR

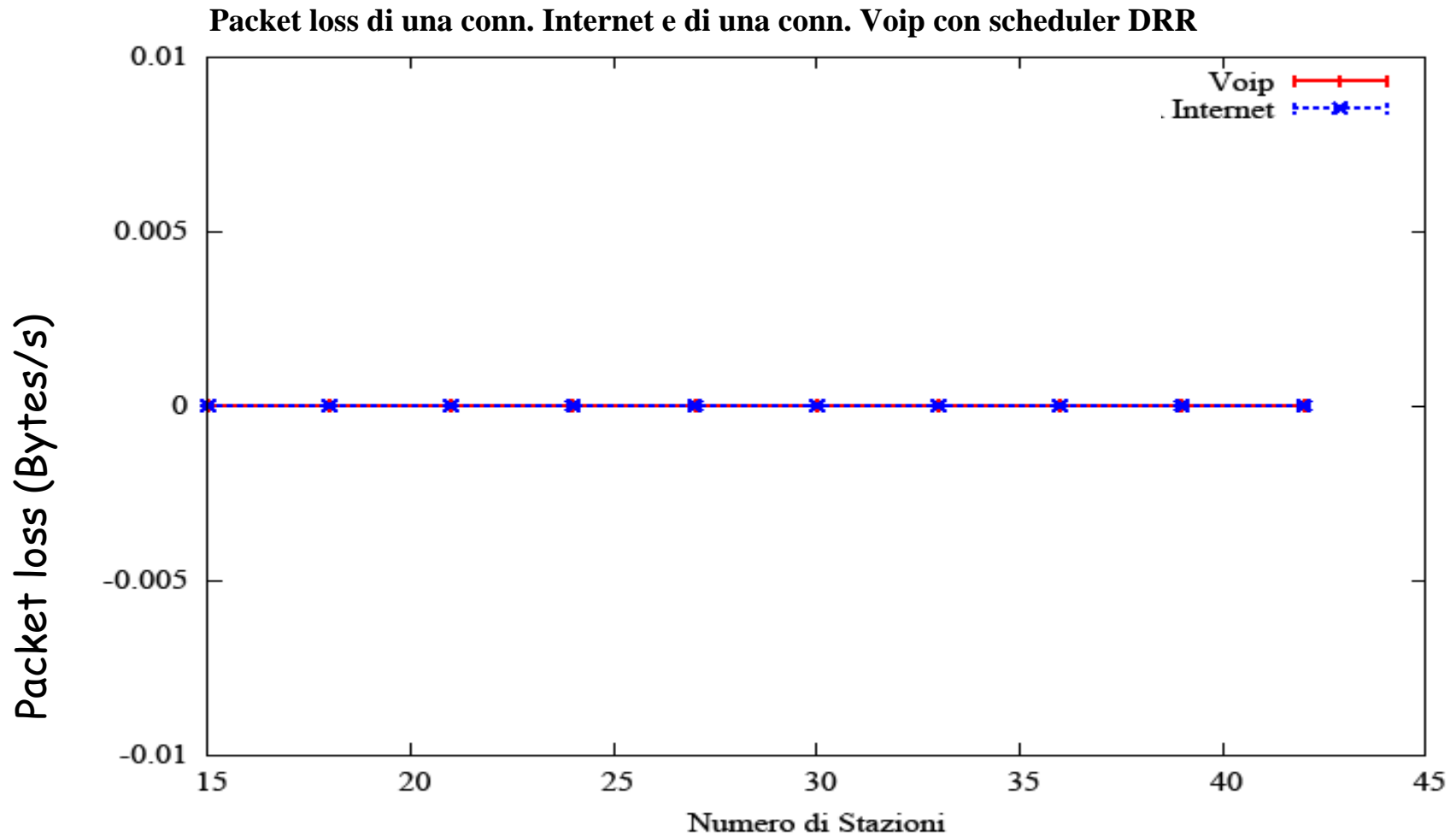


Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Packet loss di una conn. Internet e di una conn. Voip con scheduler Prio-DRR

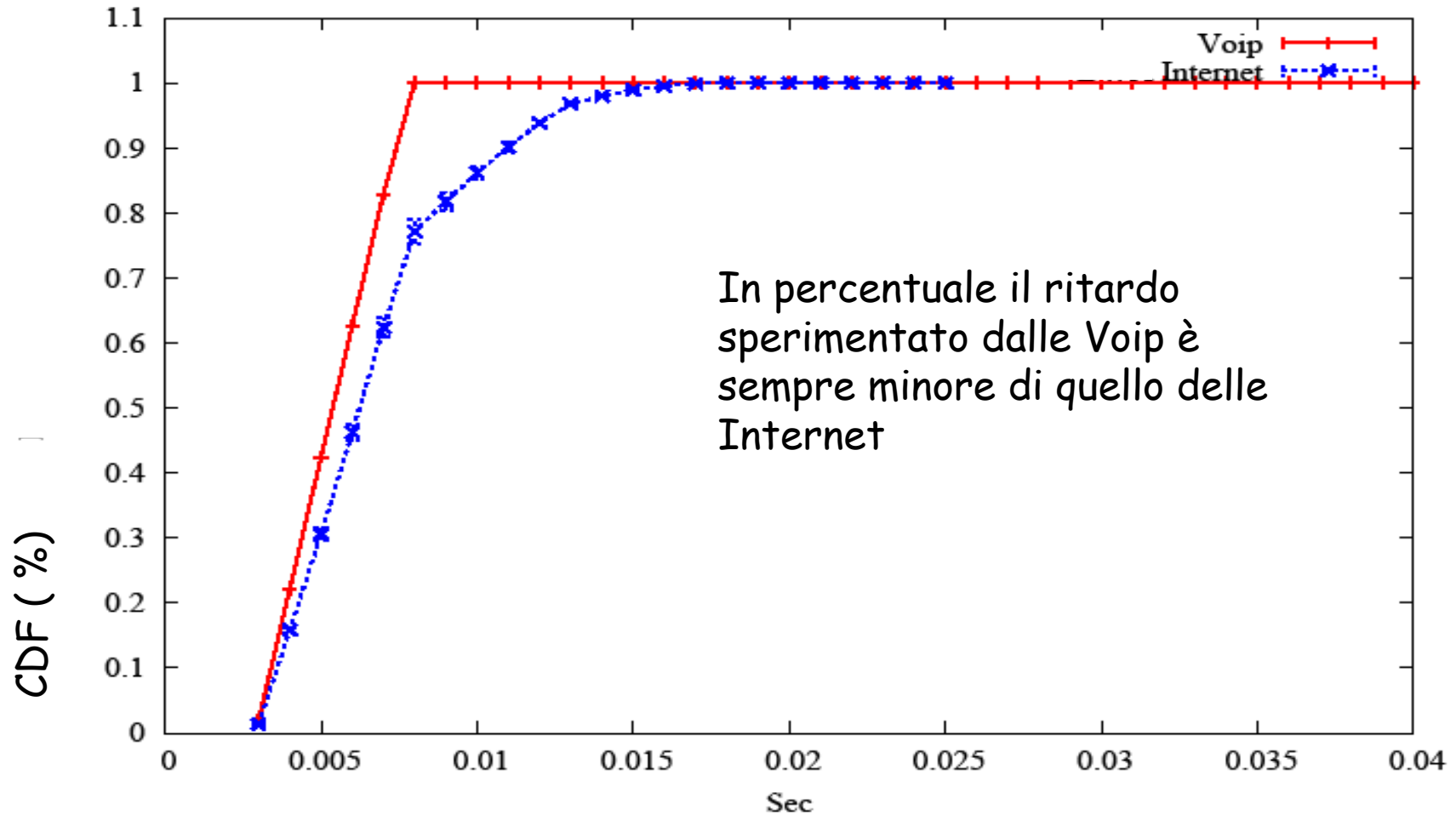


Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)



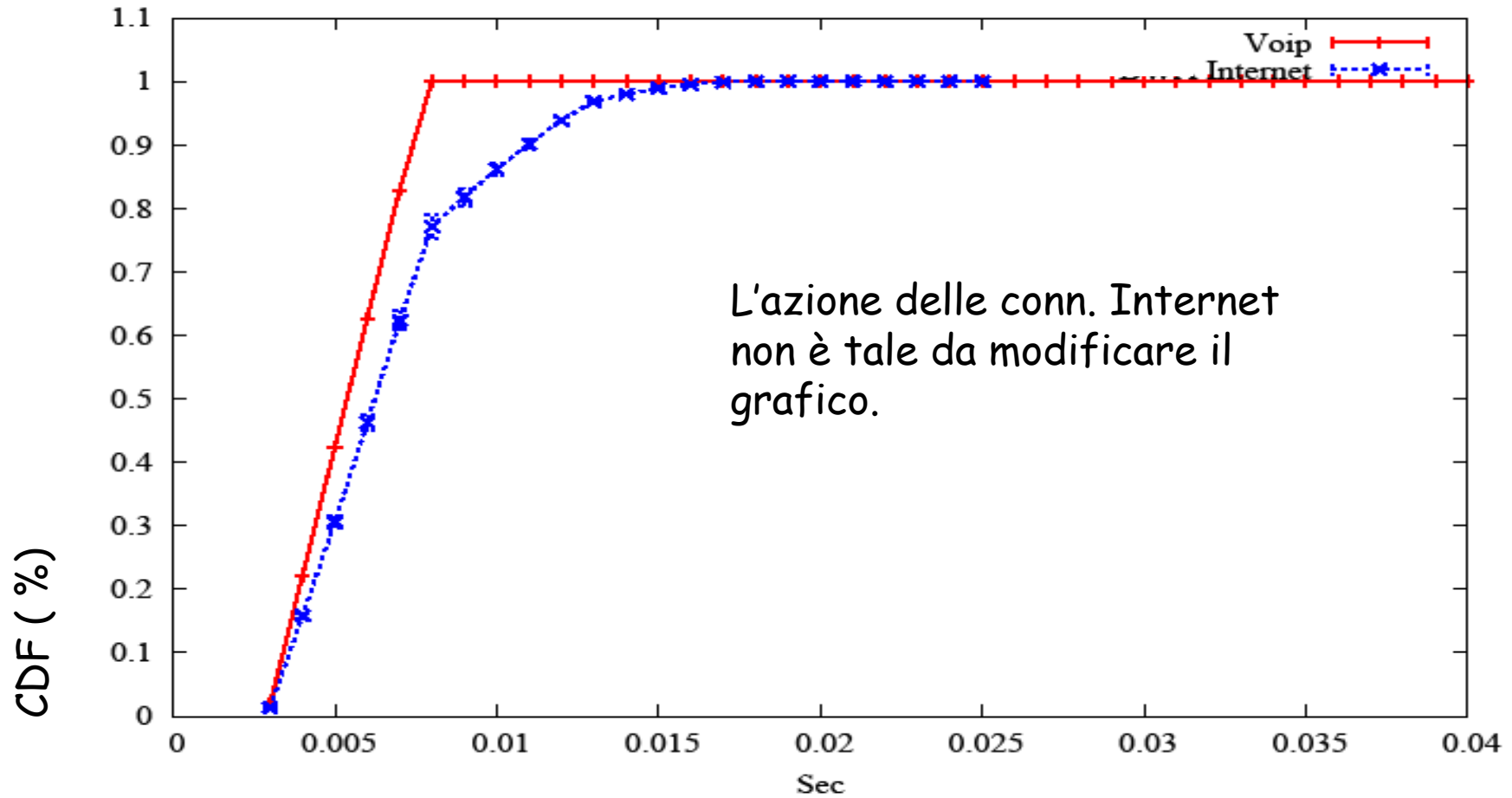
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Densità di probabilità di una conn. Internet e di una conn. Voip con scheduler Prio-DRR



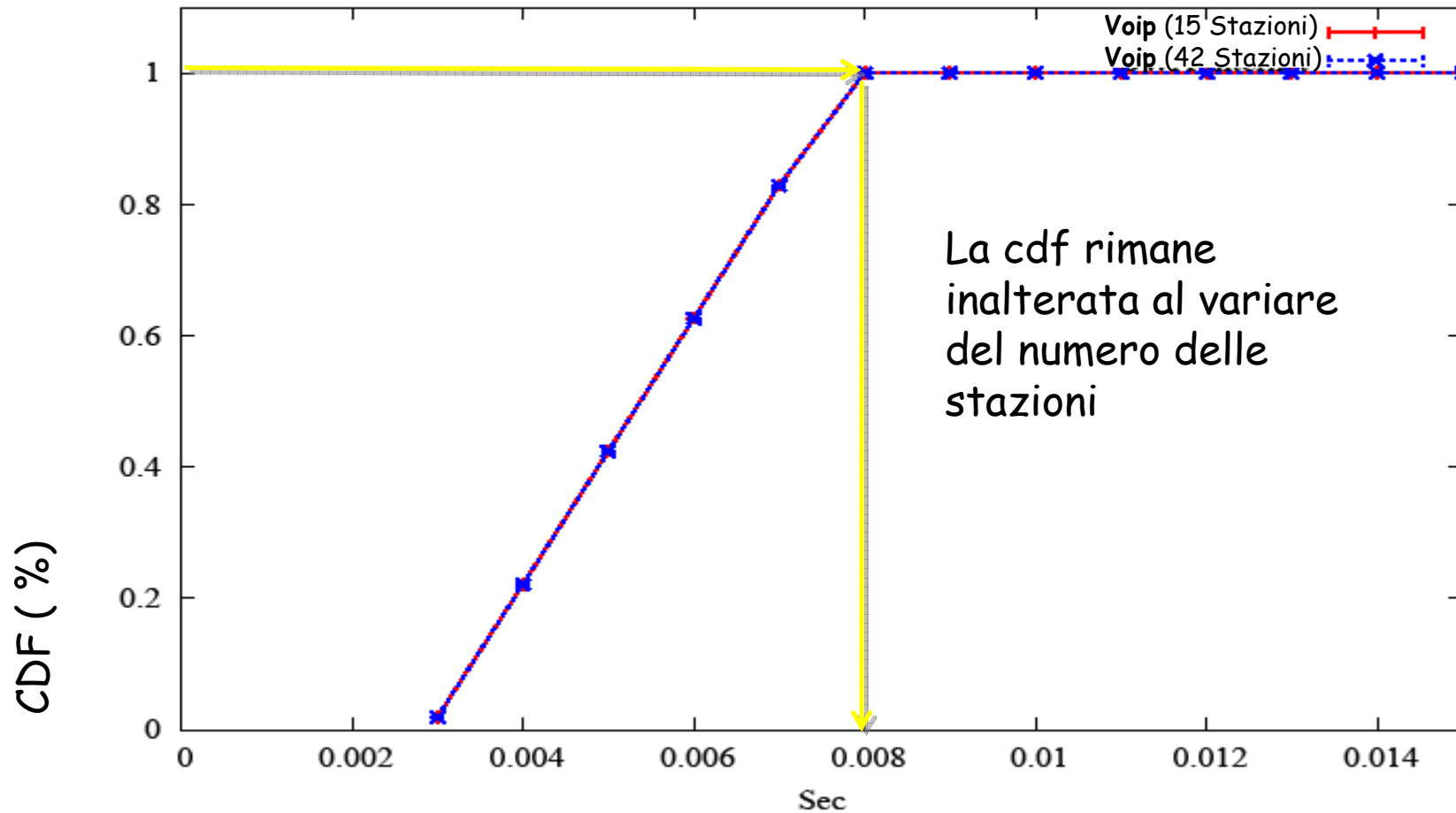
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Densità di probabilità di una conn. Internet e di una conn. Voip con scheduler DRR



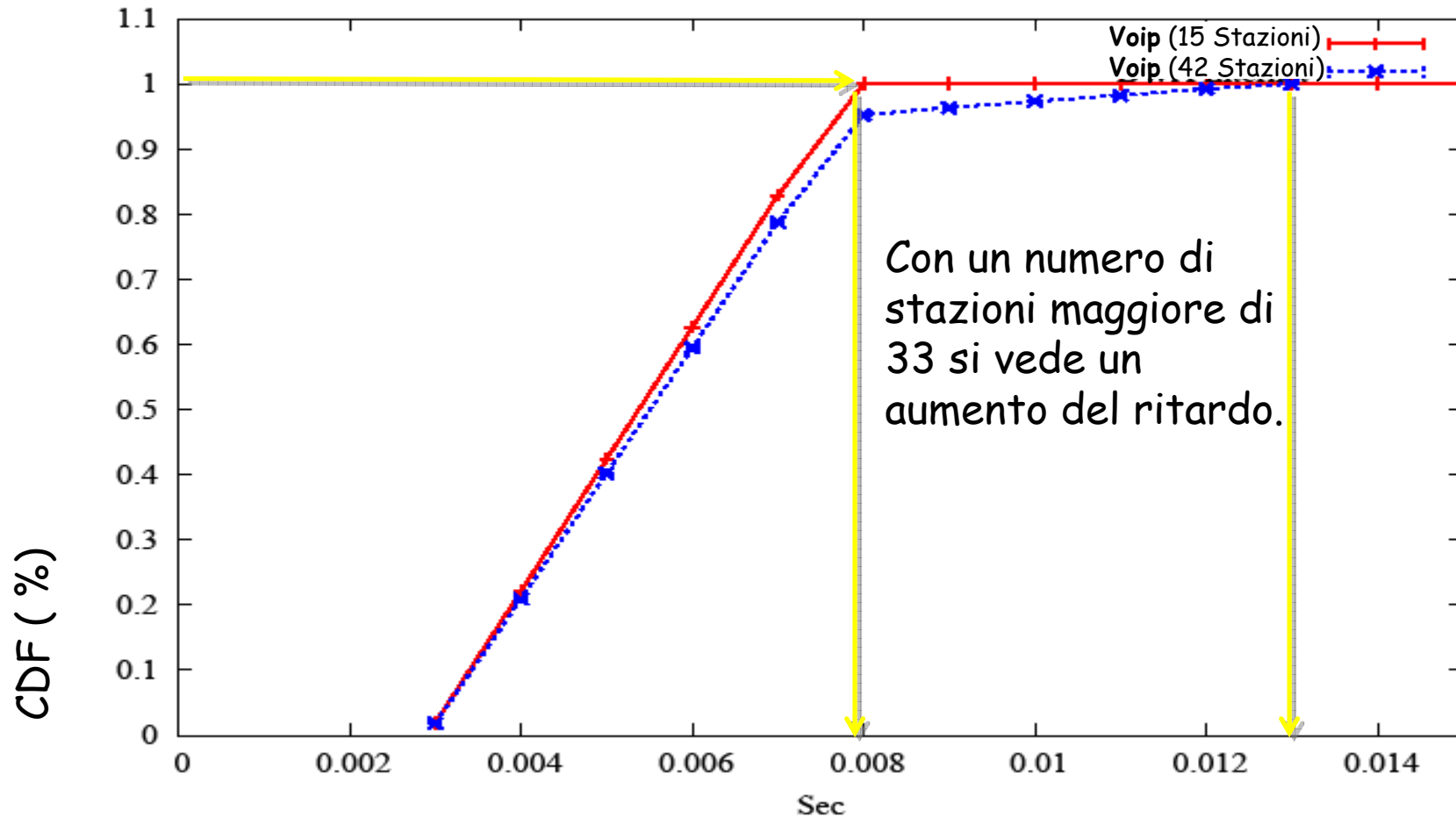
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Densità di probabilità di connessioni Voip con scheduler Prio-DRR



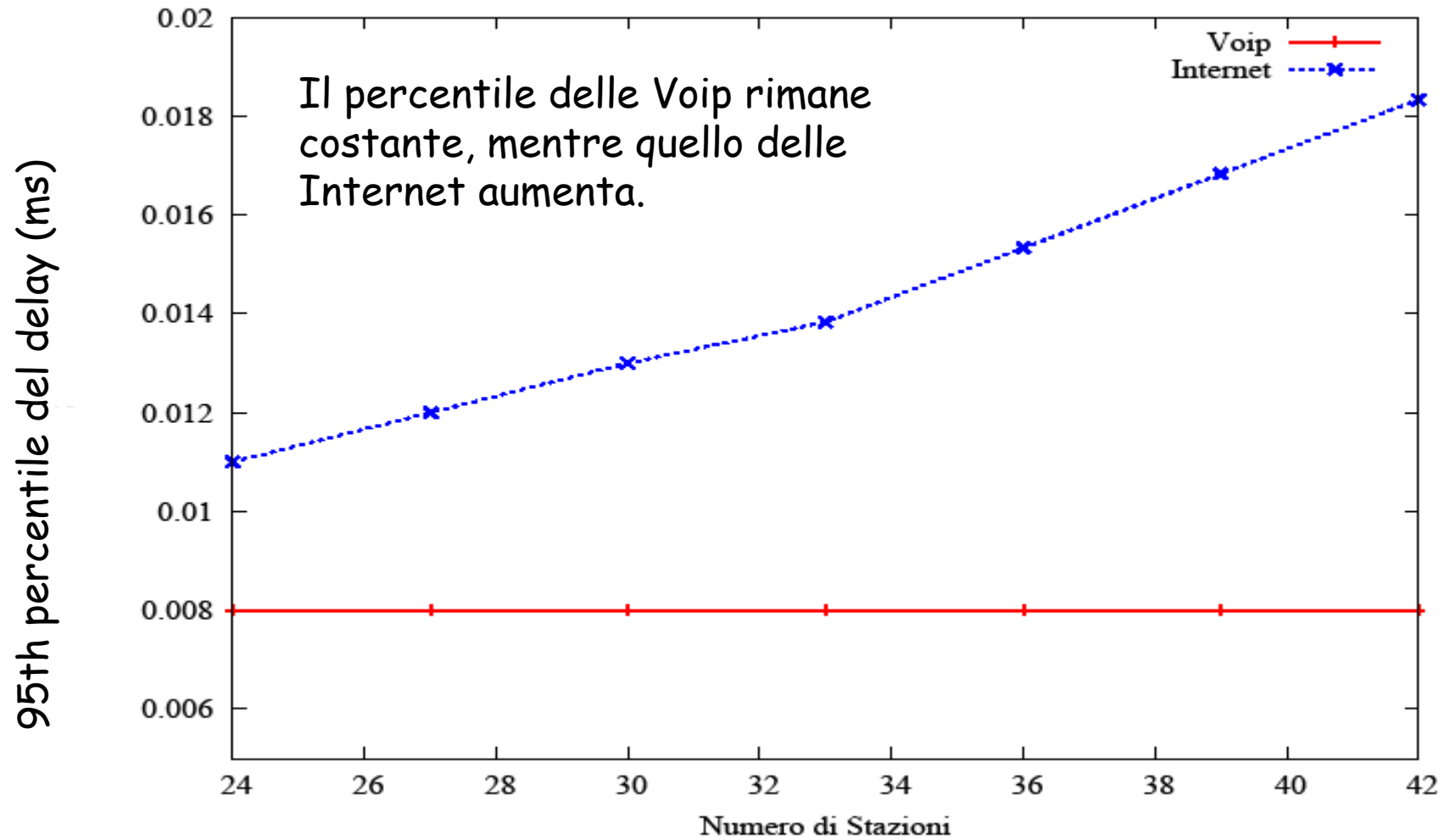
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Densità di probabilità di connessioni Voip con scheduler DRR



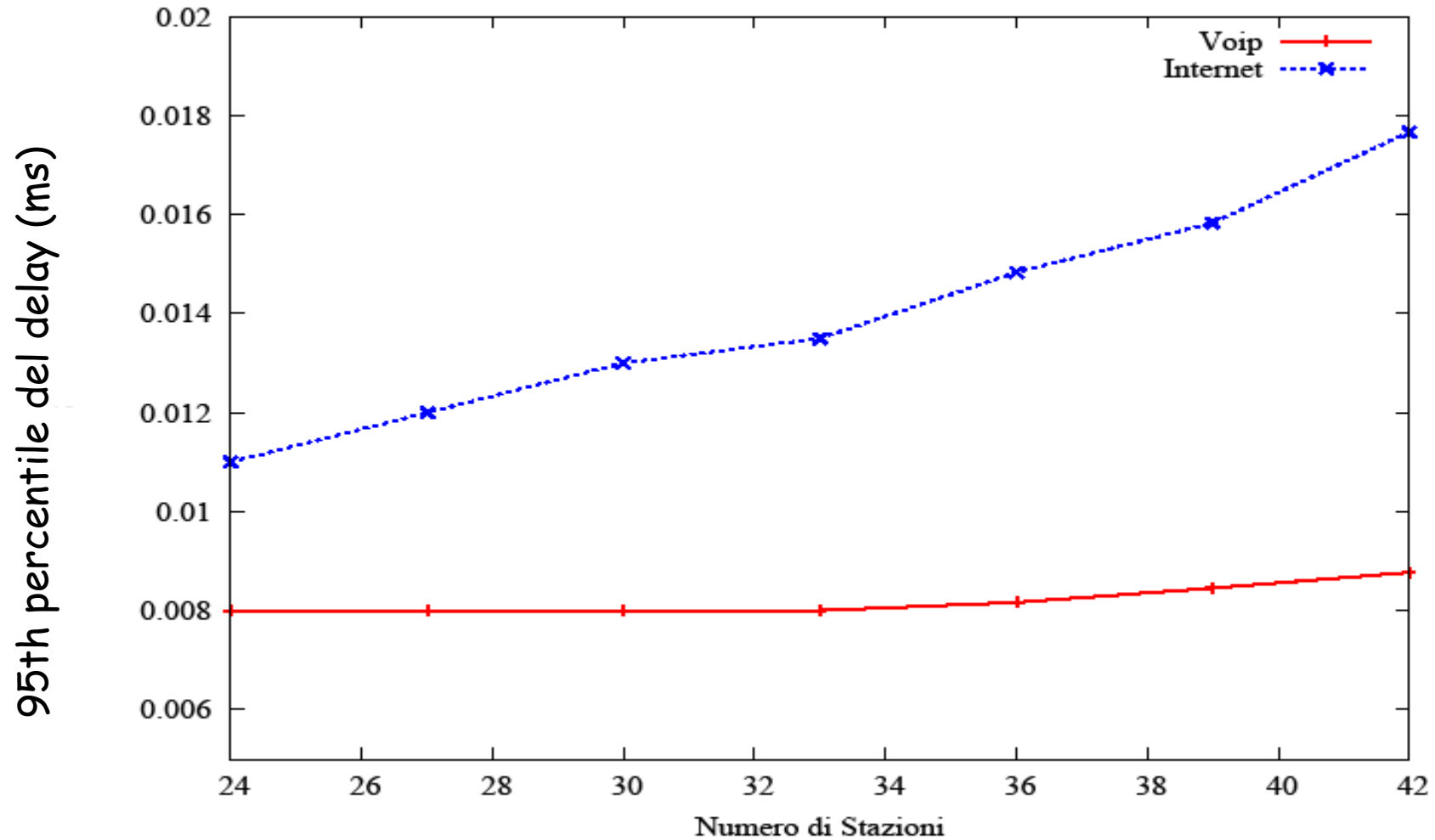
Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Percentile di una conn. Internet e di una conn. Voip con scheduler Prio-DRR



Scenario con Stazioni Variabili (Cont.)

Percentile di una conn. Internet e di una conn. Voip con scheduler DRR

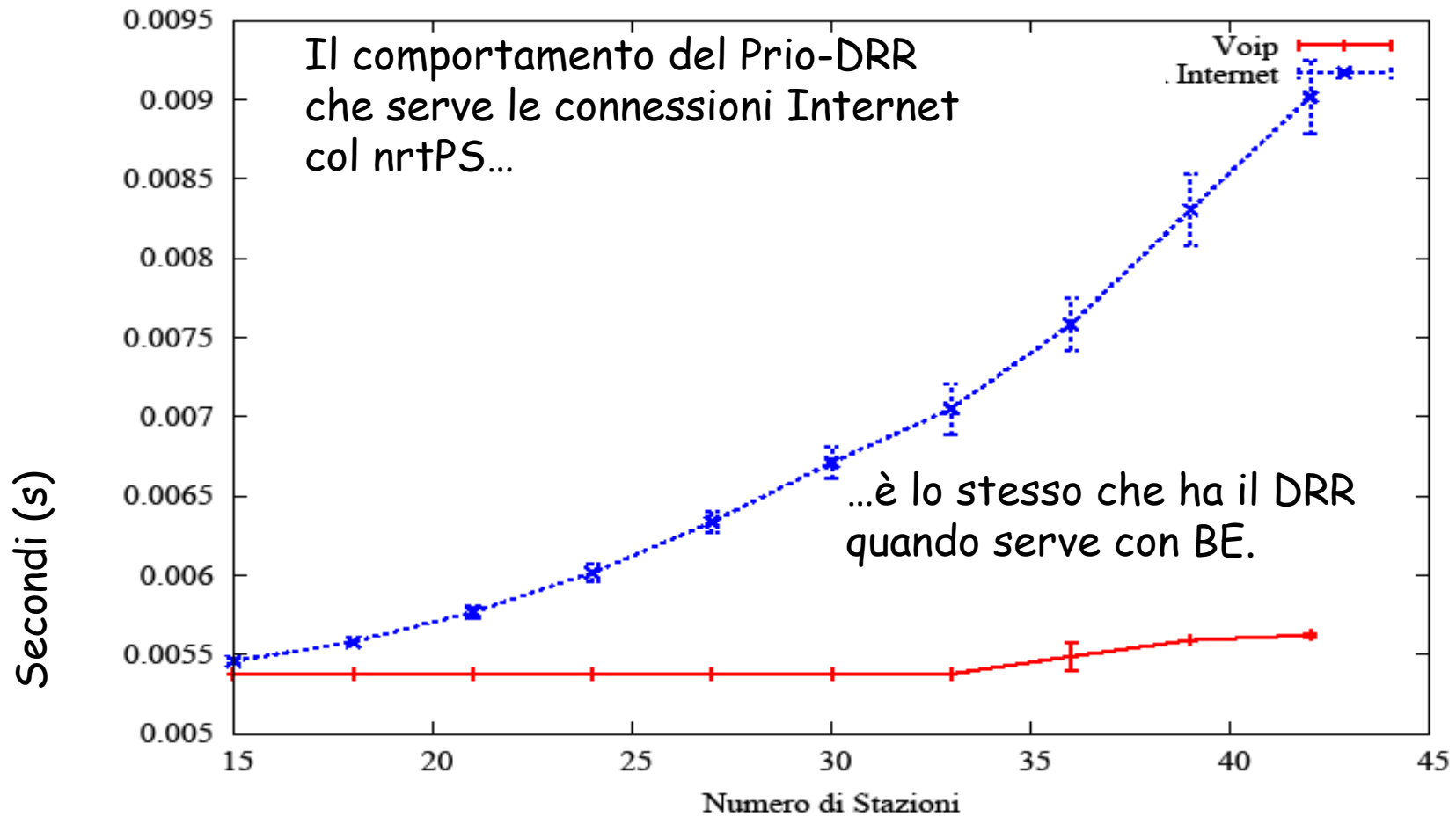


Osservazioni

- ✓ Serviamo le connessioni Internet con nrtPS anziché BE.
- ✓ In questo caso lo scheduler prioritario si comporta come quello non prioritario.

Osservazioni (Cont.)

Delay di una conn. Internet(nrtPS) e di una conn. Voip con scheduler Prio-DRR



Scenario 2

Scenario con AVG rate
Internet variabile

Scenario 2

Scenario con AVG Rate Internet Variabile

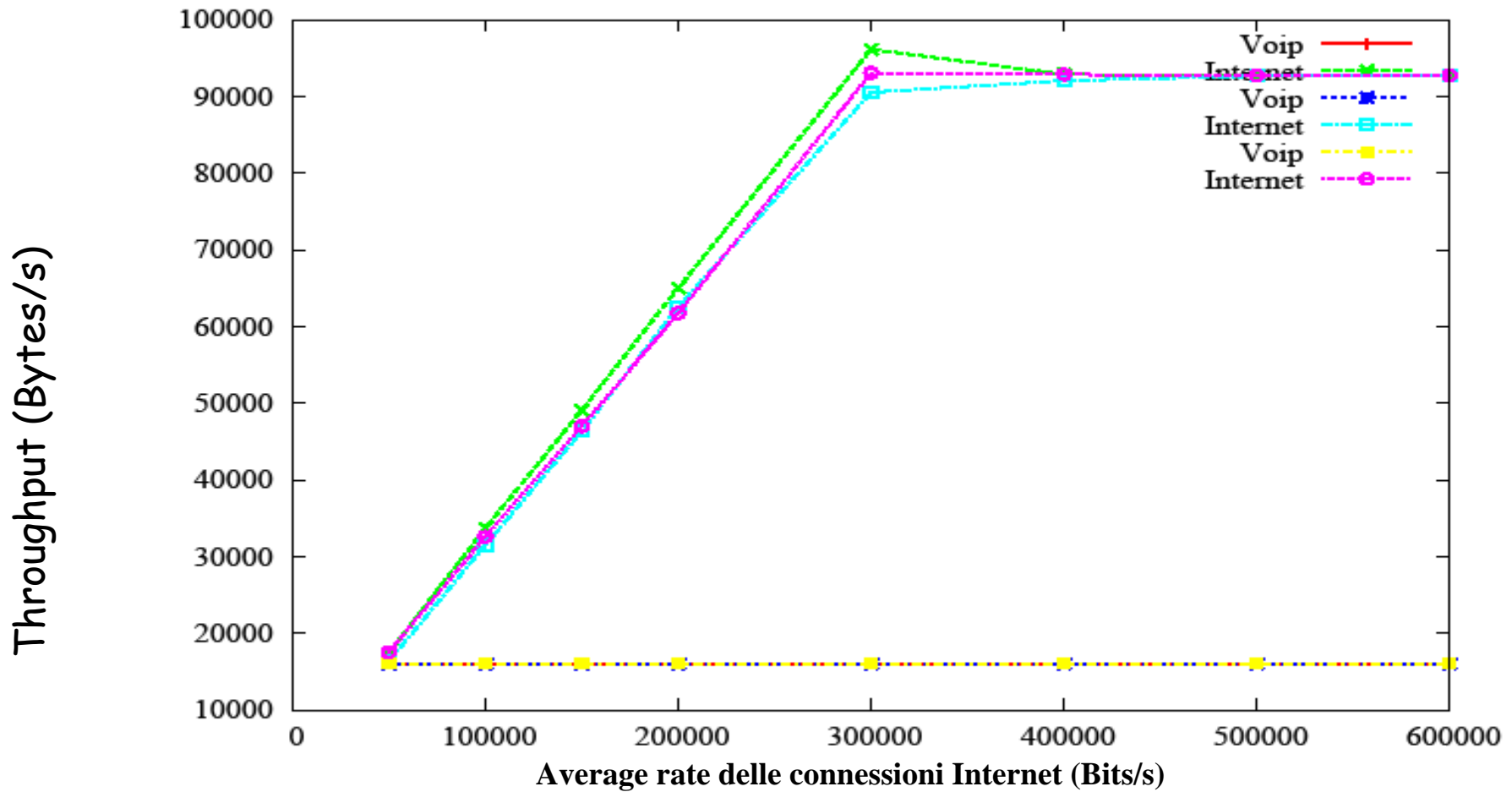
	Voip	Internet
N° Conn per staz.	1	1
Min. Resv. Rate	16Kbps	2Kbps***
Rate / Avg. Rate	64Kbps	100÷600 Kbps
Buffer	100KB	100KB
N° Stazioni	25	

Obiettivo e Metriche

- ✓ Questo scenario ci consente di stimare la capacità totale del sistema.
- ✓ Le metriche di valutazione delle prestazioni saranno:
 - Delay Medio
 - Throughput e Packet Loss;

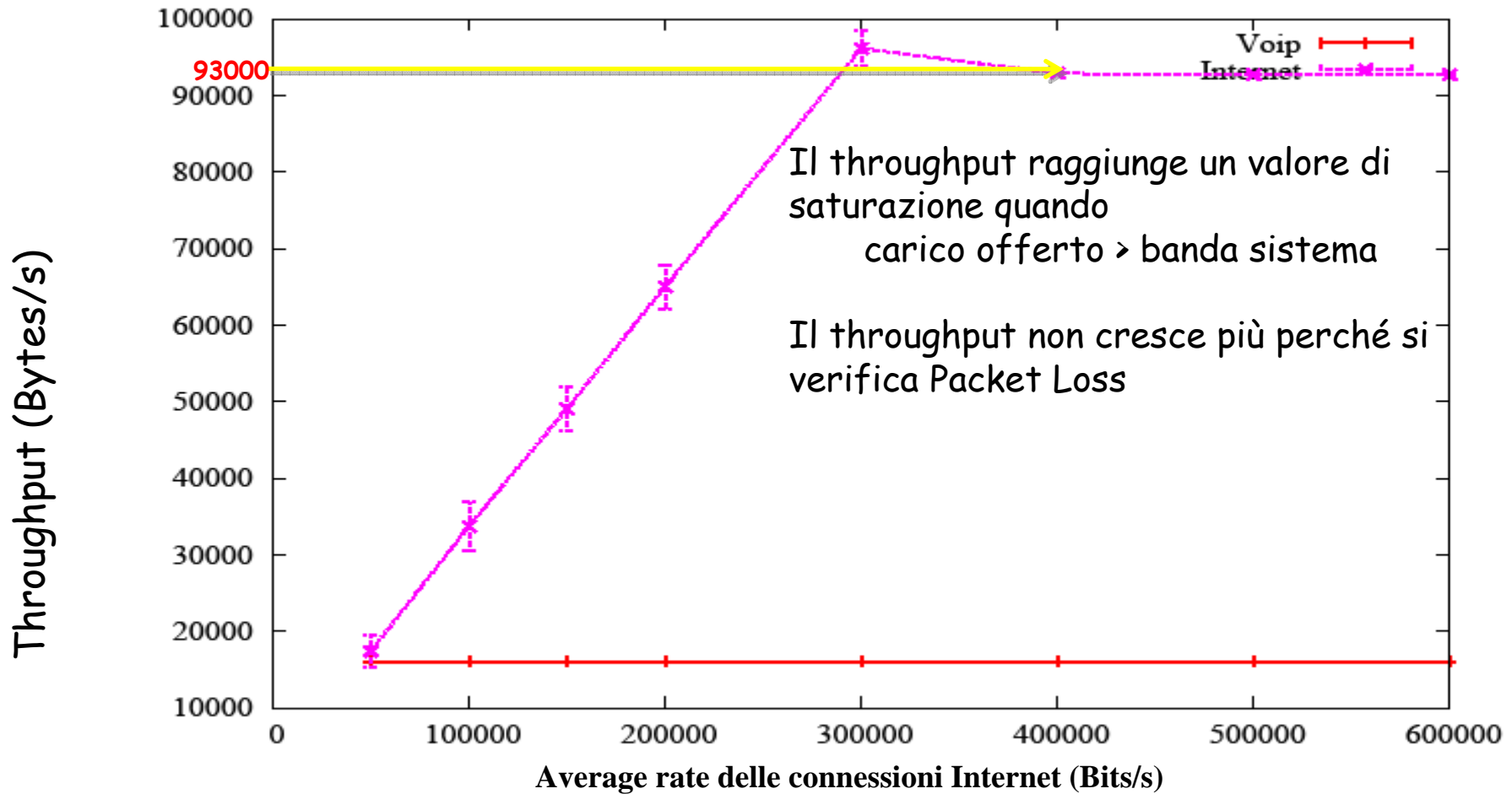
Scenario con AVG rate Internet variabile

Throughput di connessioni Internet e Connessioni Voip con scheduler DRR



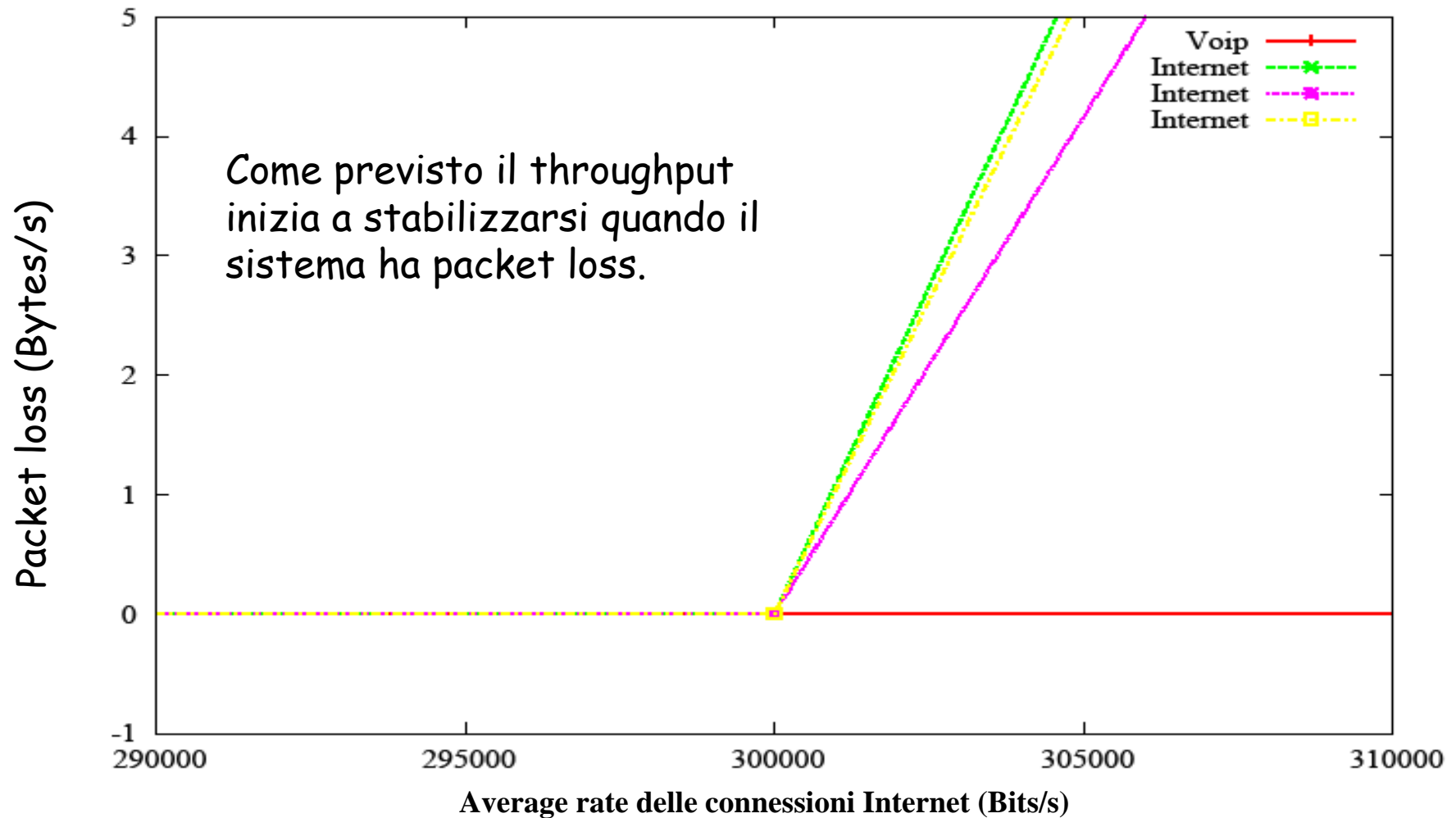
Scenario con AVG rate Internet variabile

Throughput di una conn. Internet e di una conn. Voip con scheduler DRR



Scenario con AVG rate Internet variabile

Packet loss di conn. Internet e di conn. Voip con l'algoritmo DRR



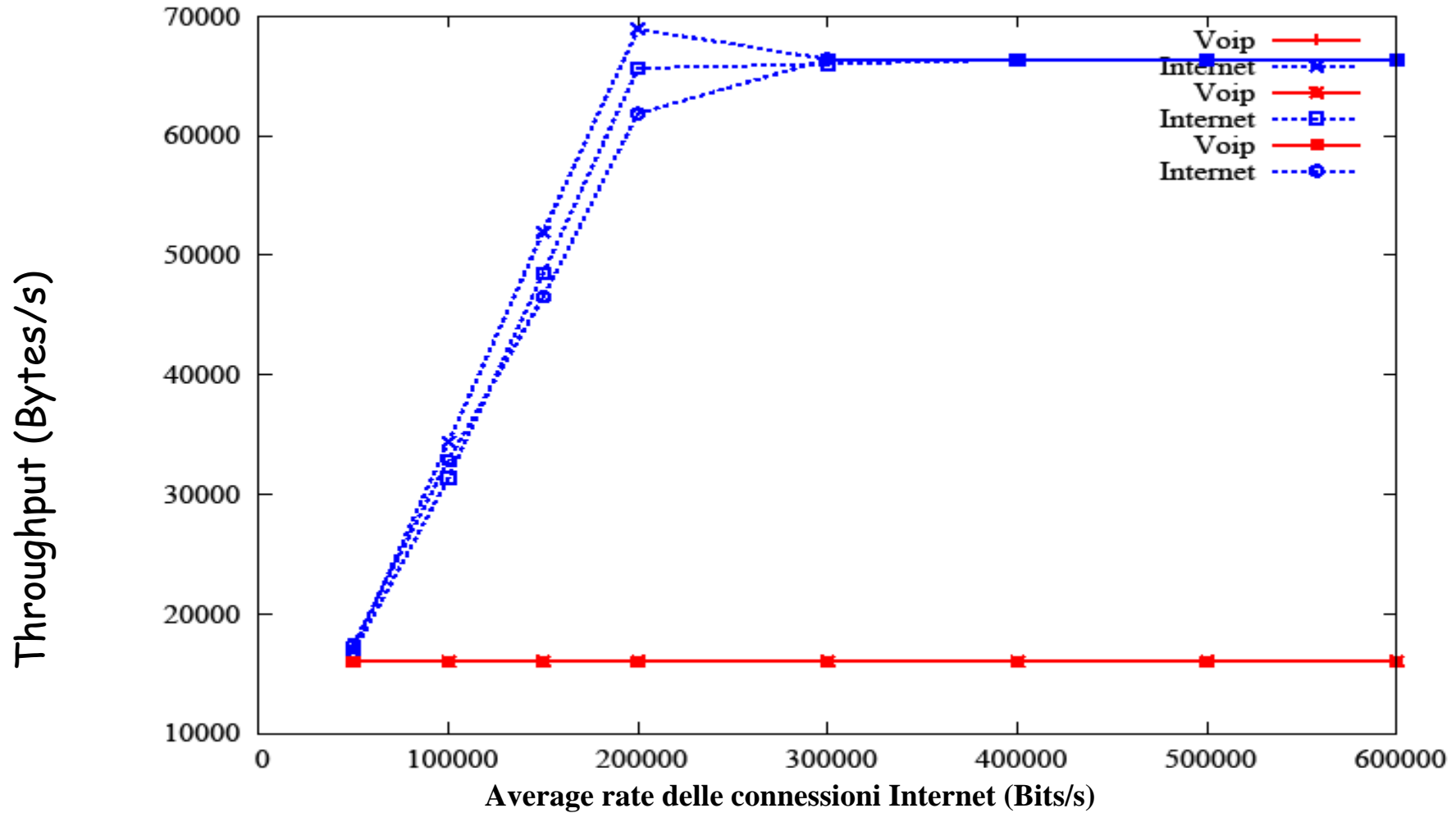
Scenario con AVG rate Internet variabile

- ✓ La capacità del sistema col DRR sarà circa uguale
 - $25 * 93.000 = 2.335.000$ Bytes/sec
 - $25 * 16.000 = 400.000$ Bytes/sec

Totale = $2.735.000$ Bytes/sec
 ≈ 22 Mbps

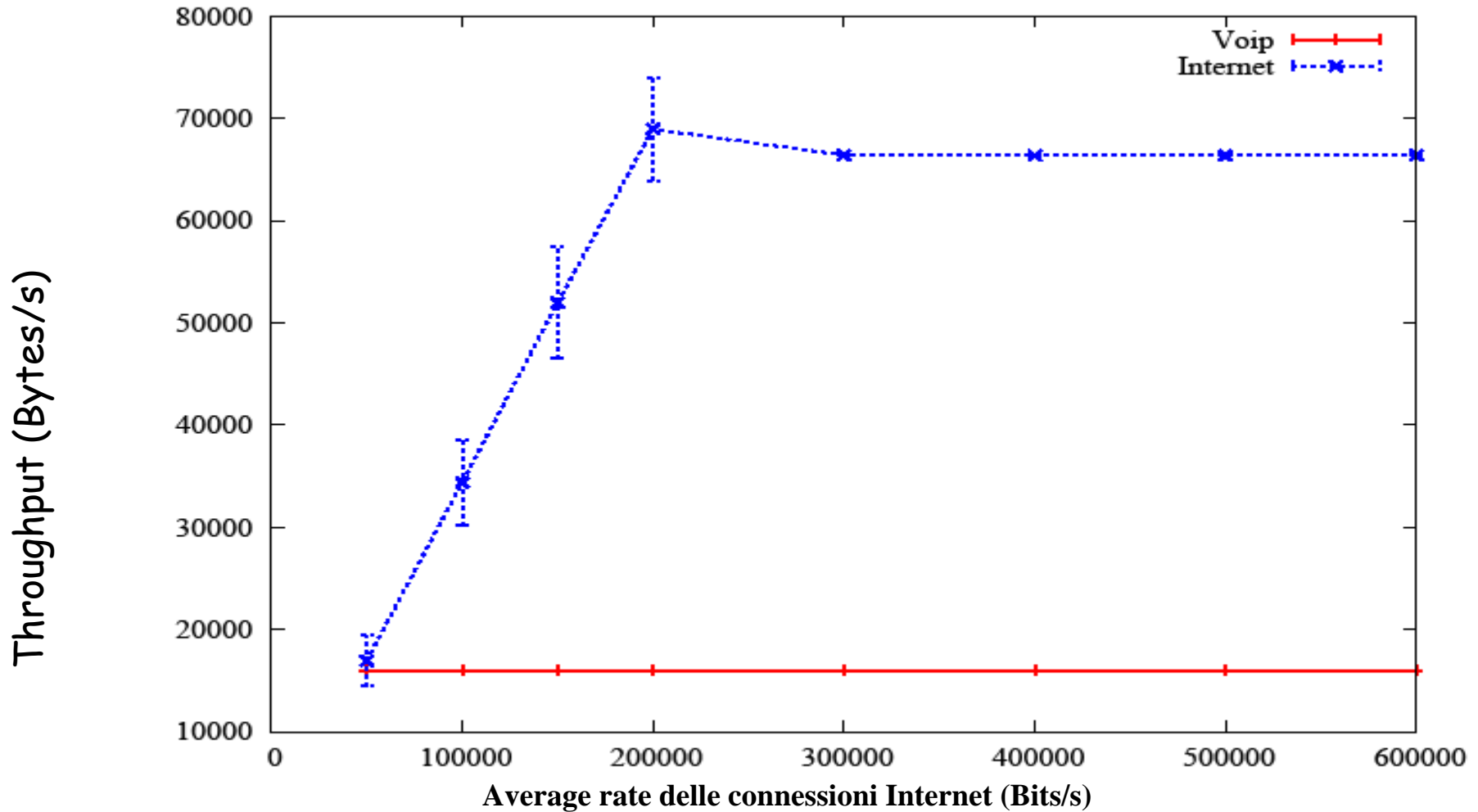
Scenario con AVG rate Internet variabile

Throughput di conn. Internet e di conn. Voip con scheduler Prio-DRR



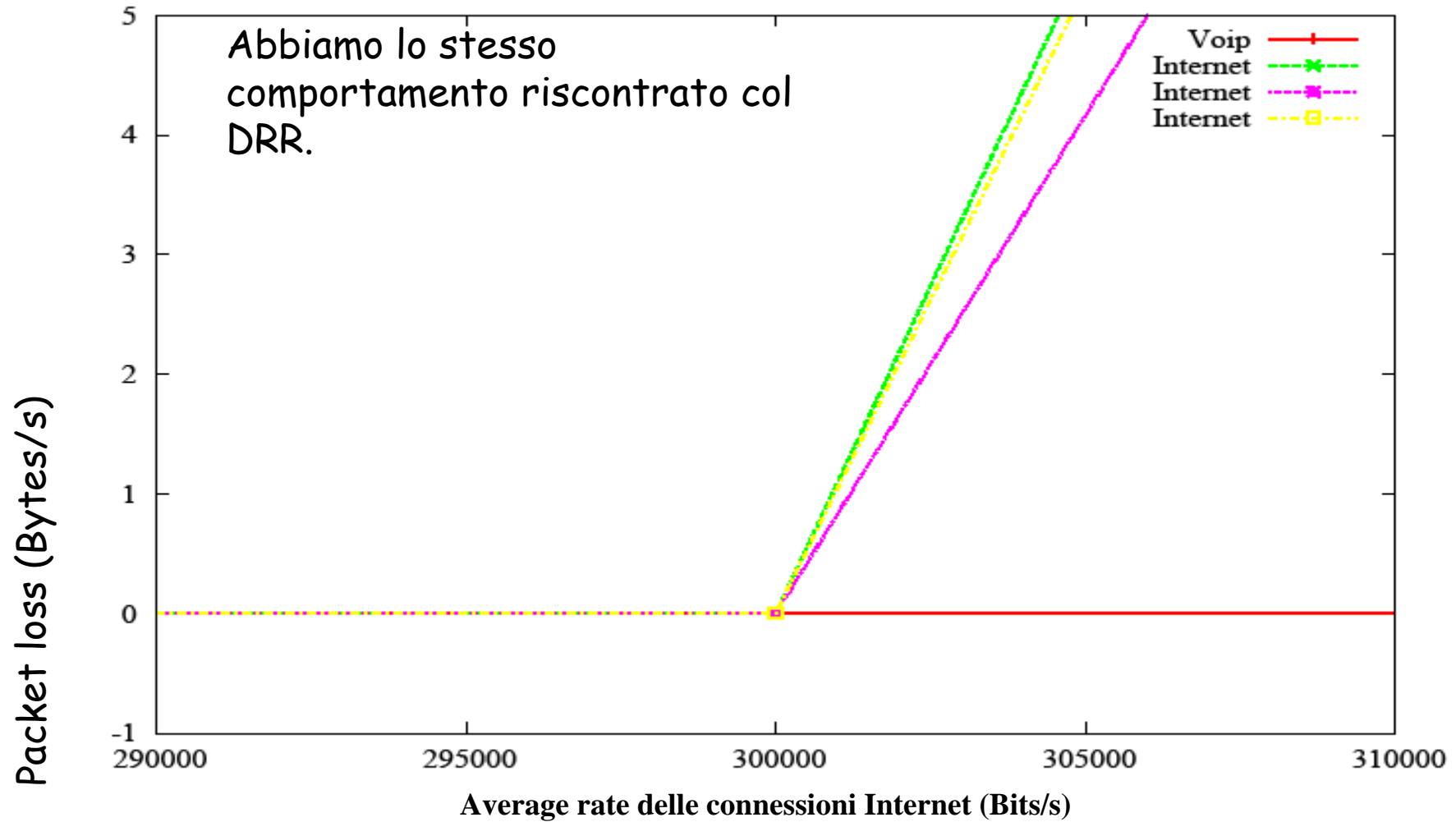
Scenario con AVG rate BE variabile (Cont.)

Throughput di una conn. Internet e di una conn. Voip con scheduler Prio-DRR



Scenario con AVG rate Internet variabile

Packet loss di conn. Internet e di conn. Voip con l'algoritmo Prio-DRR



Scenario con AVG rate Internet variabile

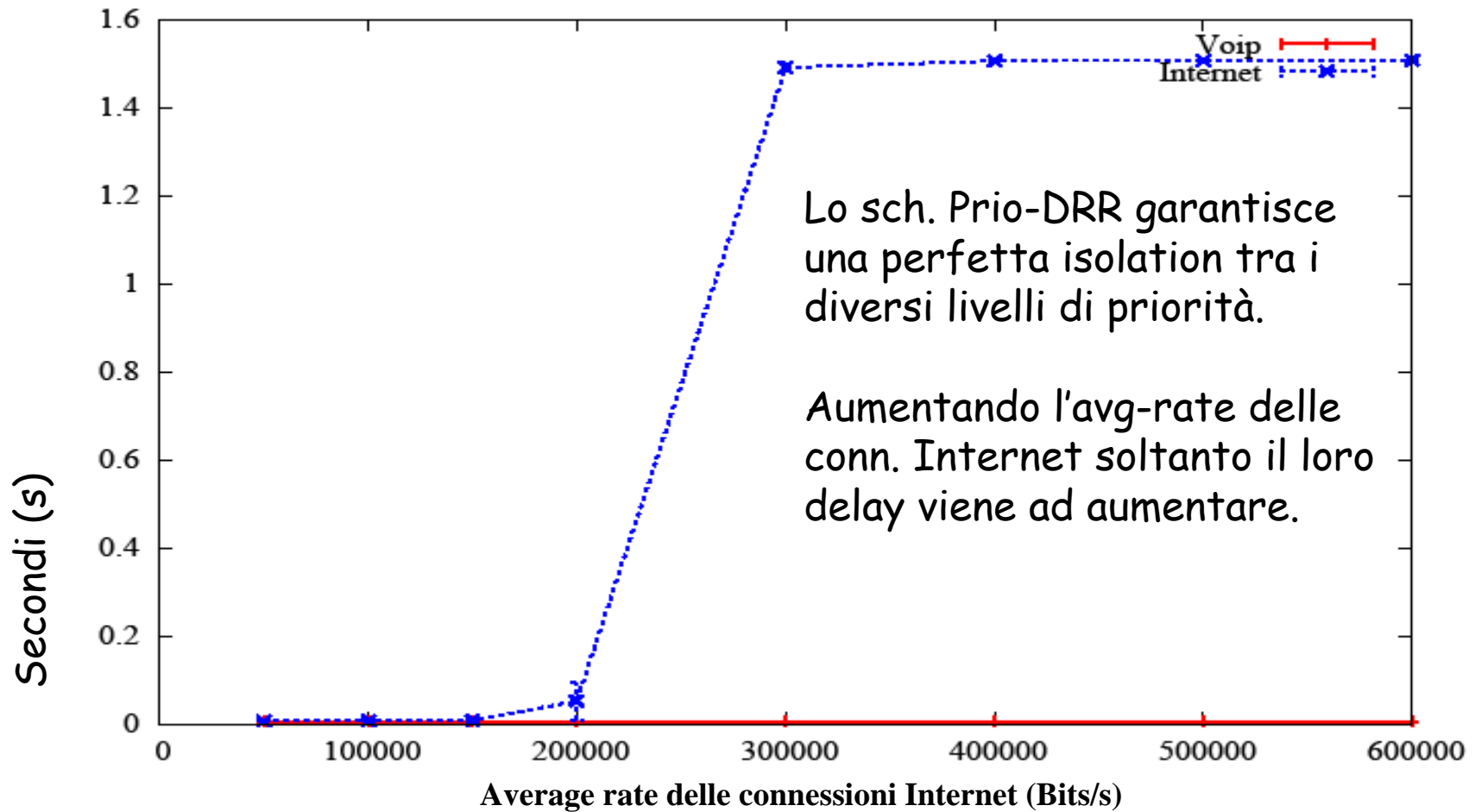
- ✓ La capacità del sistema col Prio-DRR sarà uguale a
 - $25 * 93.000 = 2.335.000$ Bytes/sec
 - $25 * 16.000 = 400.000$ Bytes/sec

Totale = 2.735.000 Bytes/sec
 ≈ 22 Mbps

LA CAPACITA' PER I DUE
SCHEDULER E' UGUALE

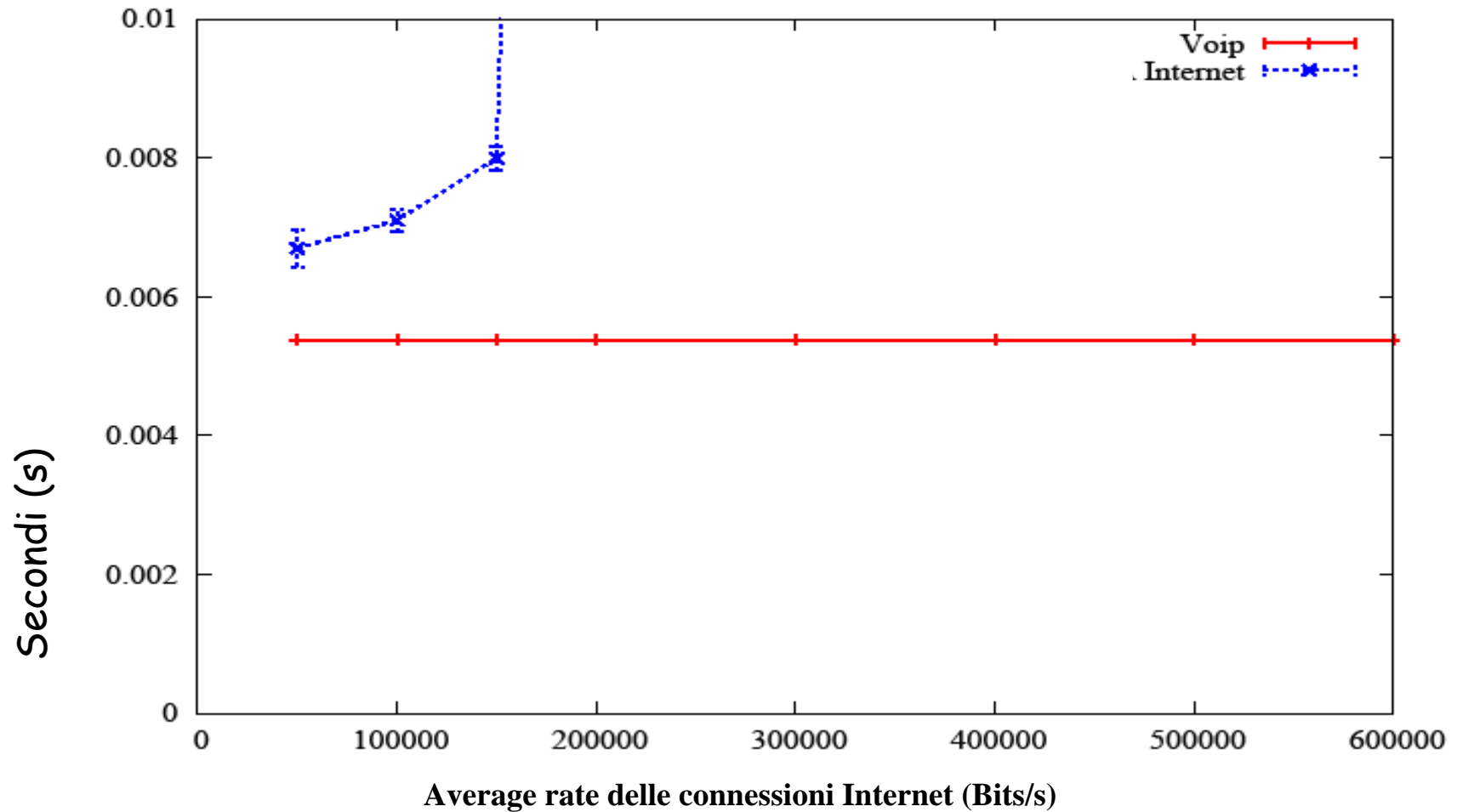
Scenario con AVG rate Internet variabile

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler Prio-DRR



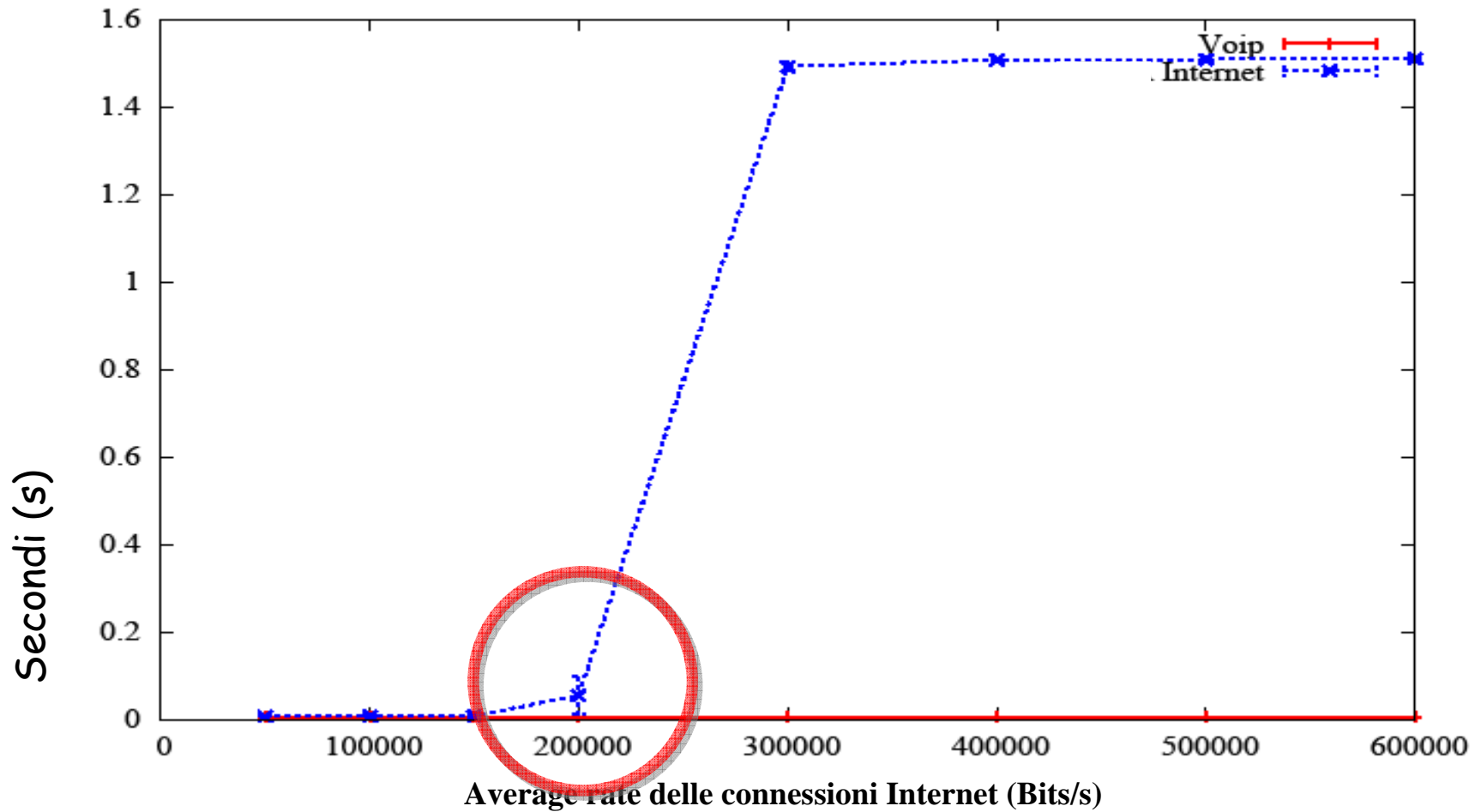
Scenario con AVG rate Internet variabile

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler Prio-DRR



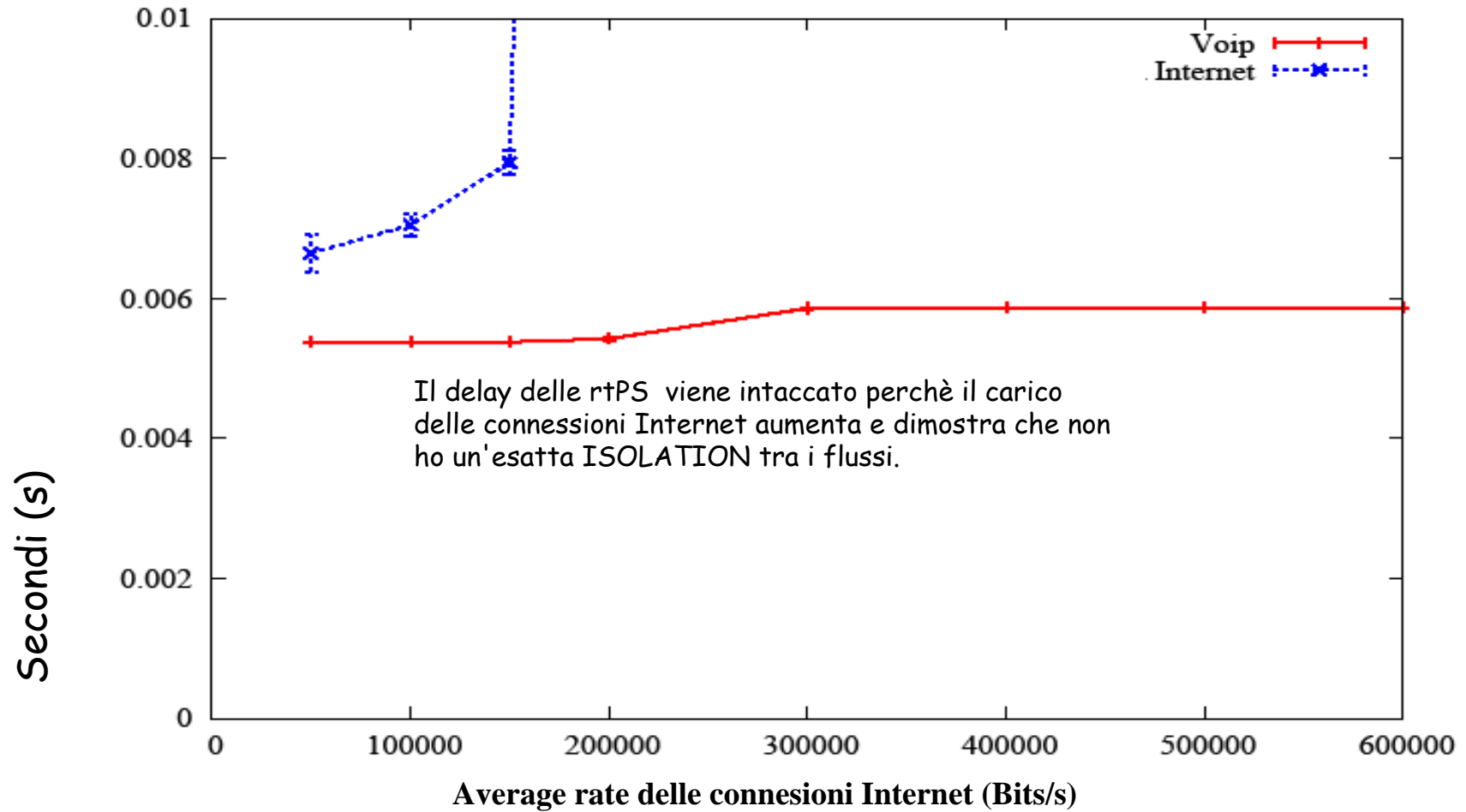
Scenario con AVG rate Internet variabile

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler DRR



Scenario con AVG rate Internet variabile

Delay di una connessione Internet e di una connessione Voip con scheduler DRR

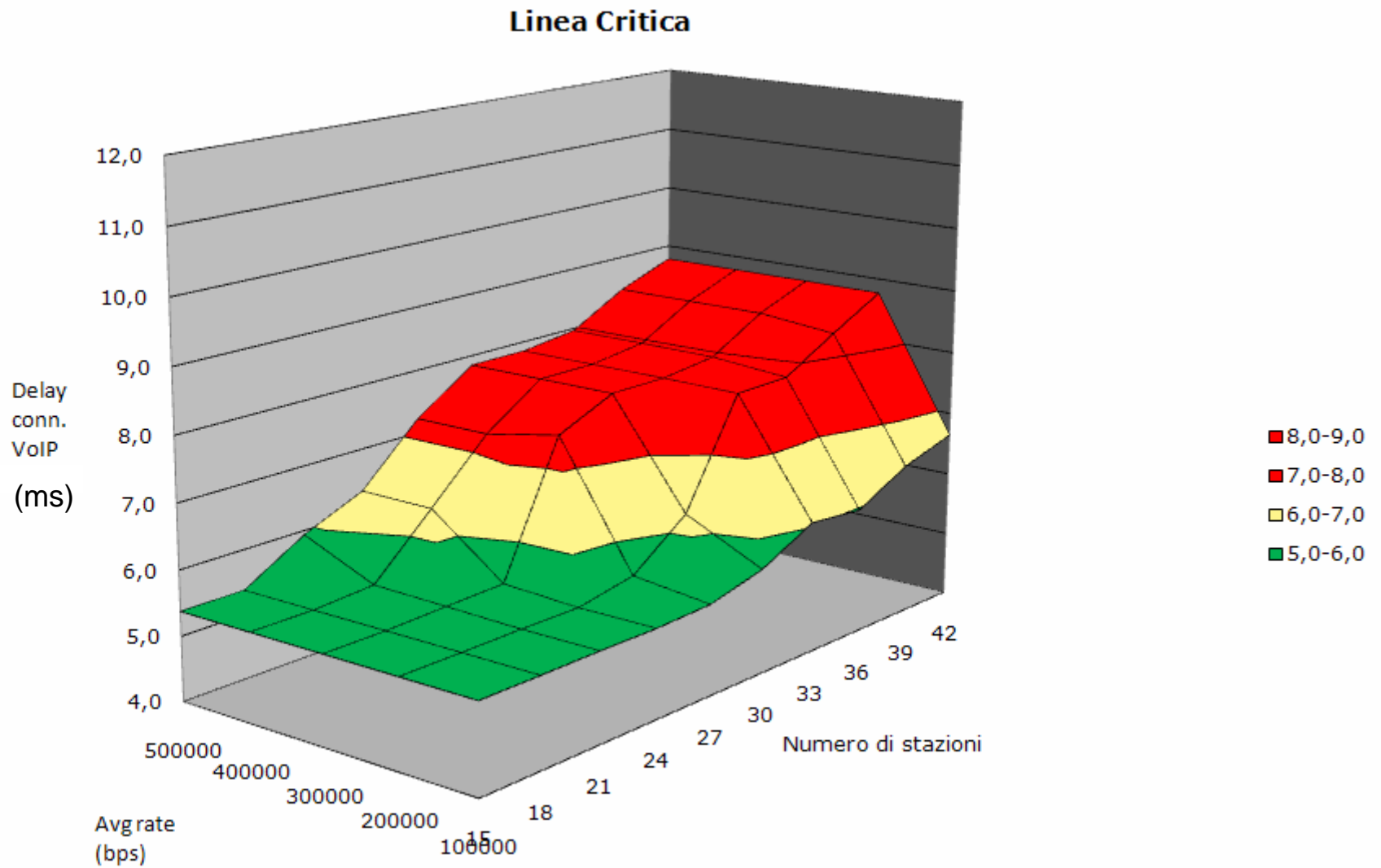


Osservazioni

- ✓ Come abbiamo visto con il Drr il ritardo delle conn. Voip aumenta al crescere del avg-rate e del numero di stazioni.

- ✓ Consideriamo uno scenario con stazioni e rate variabili.
 - Asse X-> Numero di stazioni
 - Asse Y-> Ritardo
 - Asse Z-> Avg-rate

Osservazioni sulle Voip



Osservazioni

- ✓ Il punto critico è diventato una linea critica.
- ✓ In questo modo con l'algoritmo Drr è possibile contenere il ritardo delle connessioni Voip e delle connessioni Internet giocando sui due parametri.

Scenario 3

Scenario con Min resv rate
Internet variabile

Scenario 3

Scenario con Min Rate Internet Variabile

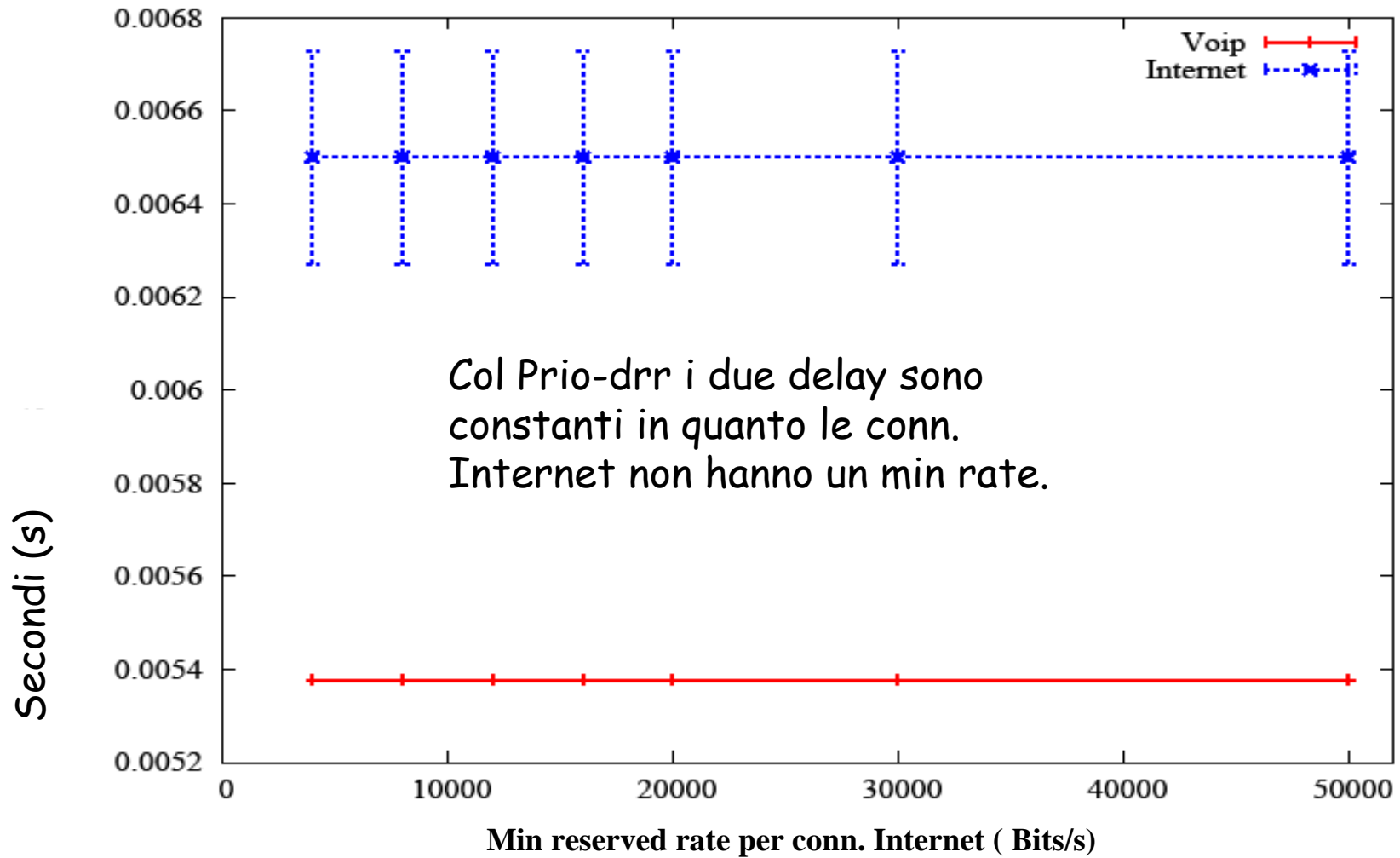
	Voip	Internet
N° Conn per staz.	1	1
Min. Resv. Rate	16Kbps	4:50Kbps**
Rate / Avg. Rate	64Kbps	100 Kbps
Buffer	100KB	100KB
N° Stazioni	25	

Obiettivo e Metriche

- ✓ Analisi a variare del Minimum Reserved rate
- Le metriche di valutazione delle prestazioni saranno:
 - Delay Medio e Percentile

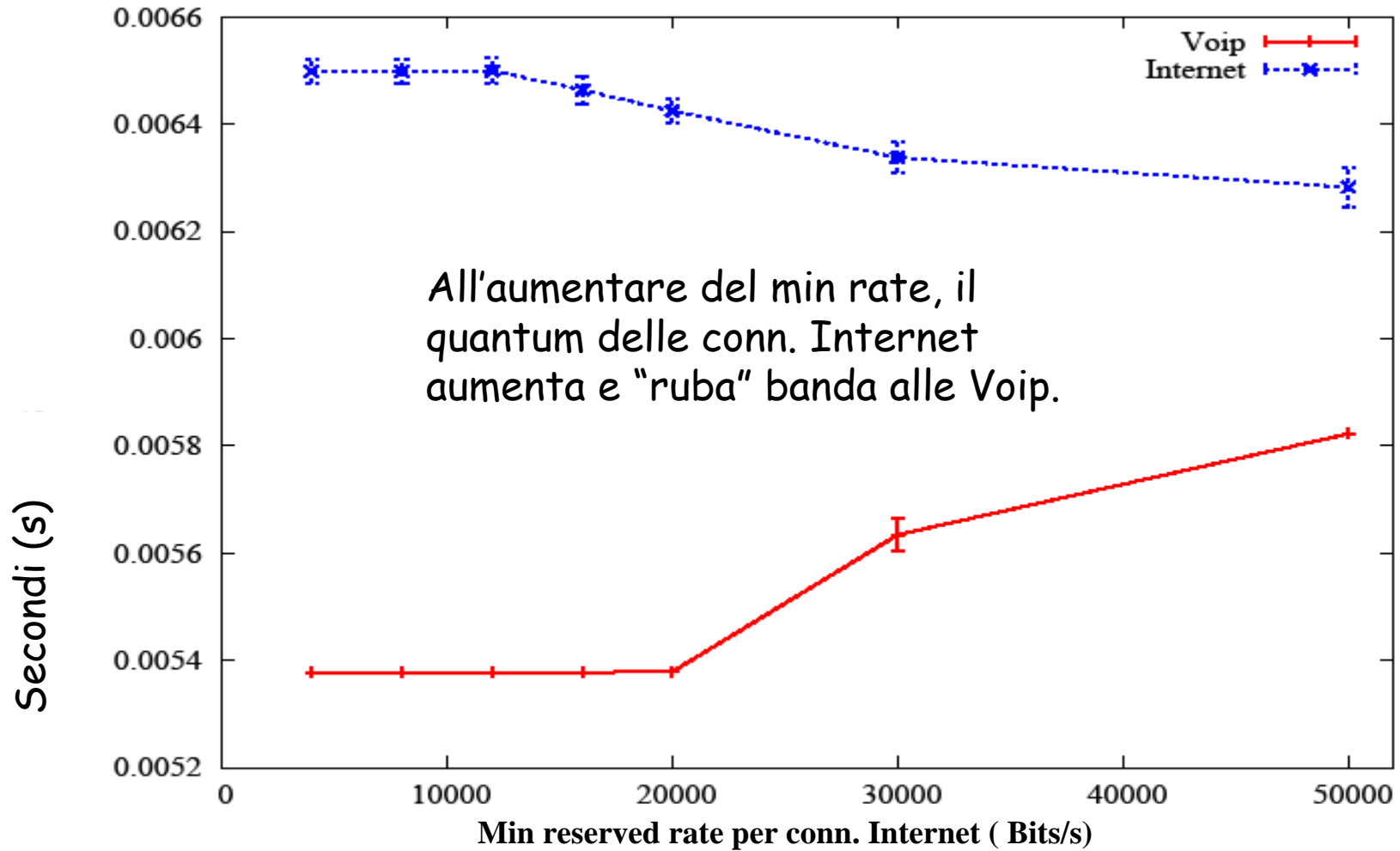
Scenario con Min resv rate variabile

Delay di una conn. Internet e di una conn- Voip con scheduler Prio-DRR



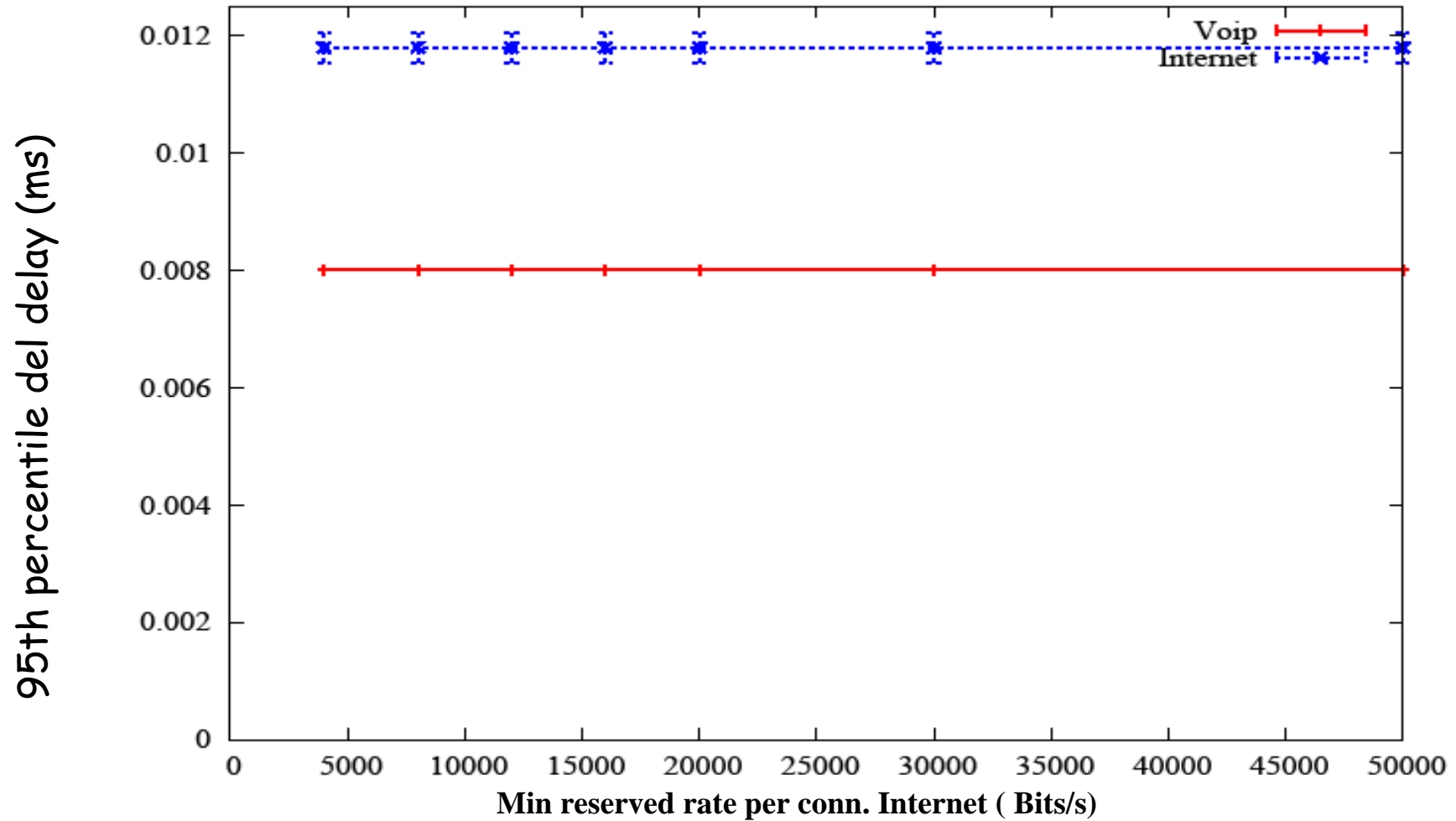
Scenario con Min resv rate variabile(Cont.)

Delay di una conn. Internet e di una conn- Voip con scheduler DRR



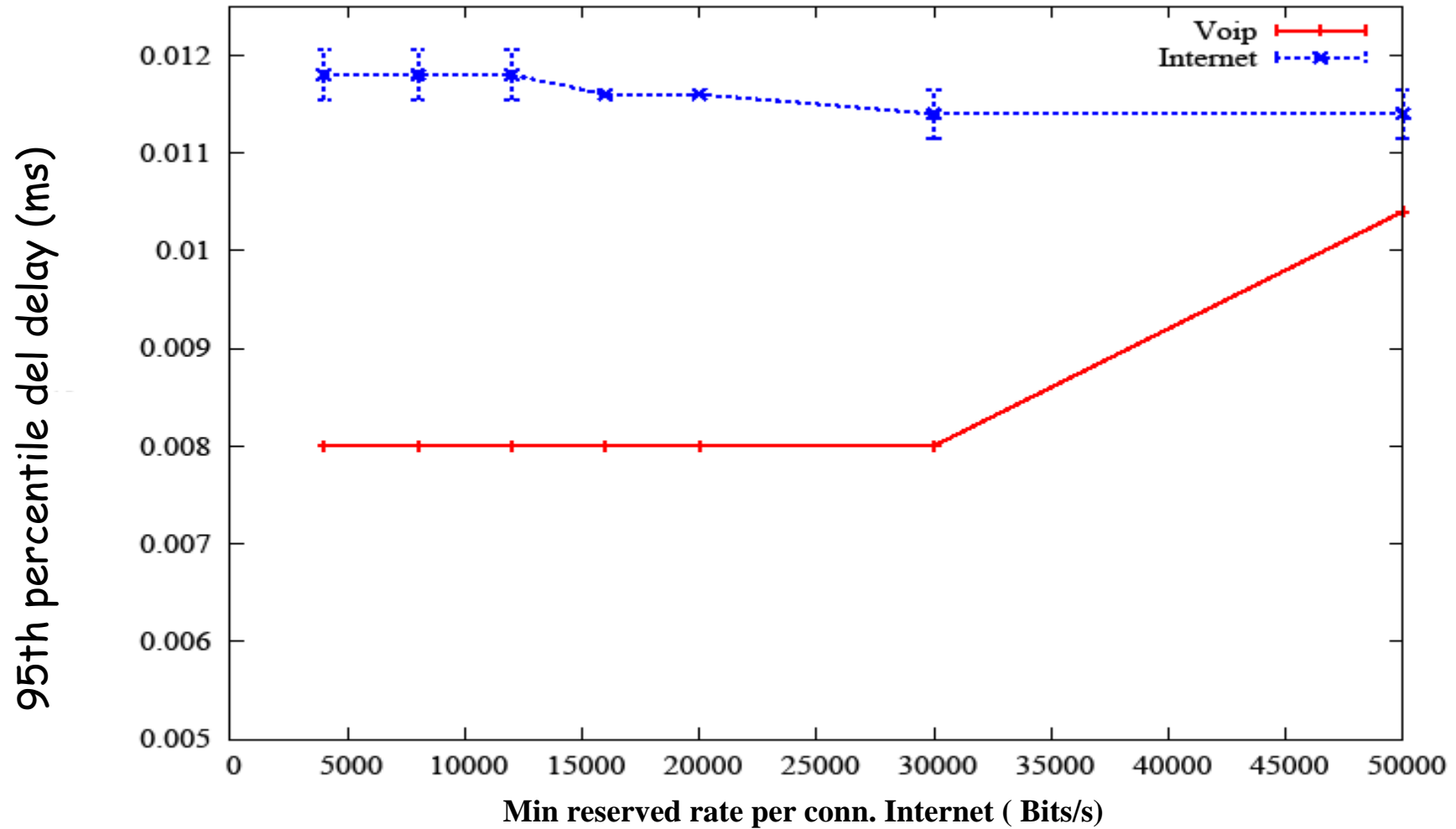
Scenario con Min resv rate variabile(Cont.)

Percentile di una conn. Internet e di una conn- Voip con scheduler Prio-DRR



Scenario con Min resv rate variabile(Cont.)

Percentile di una conn. Internet e di una conn- Voip con scheduler DRR



Video

Scheduling di un flusso Video

Intro Video

- ✓ Consideriamo ora uno **stream Video** al posto delle connessioni VoIP.

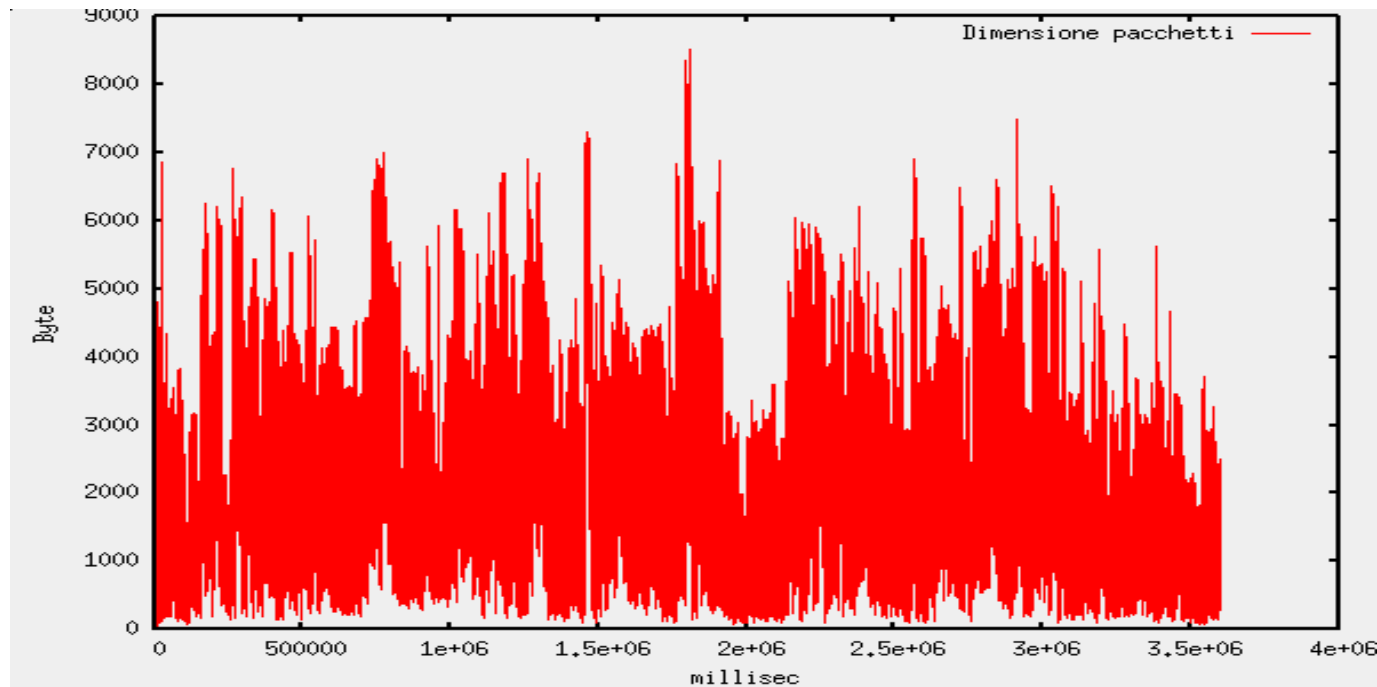
- ✓ Nel nuovo scenario si suppone che:
 - siano presenti 20 subscriber station (SS);
 - siano presenti due connessioni in downlink di tipo:
 - Stream video servito con rtPS
 - Traffico Internet servito con BE

- ✓ Diversamente dalle connessioni VoIP gli stream video possono **variare il loro Minimum Reserved Rate** (min_resv_rate)

Obiettivo

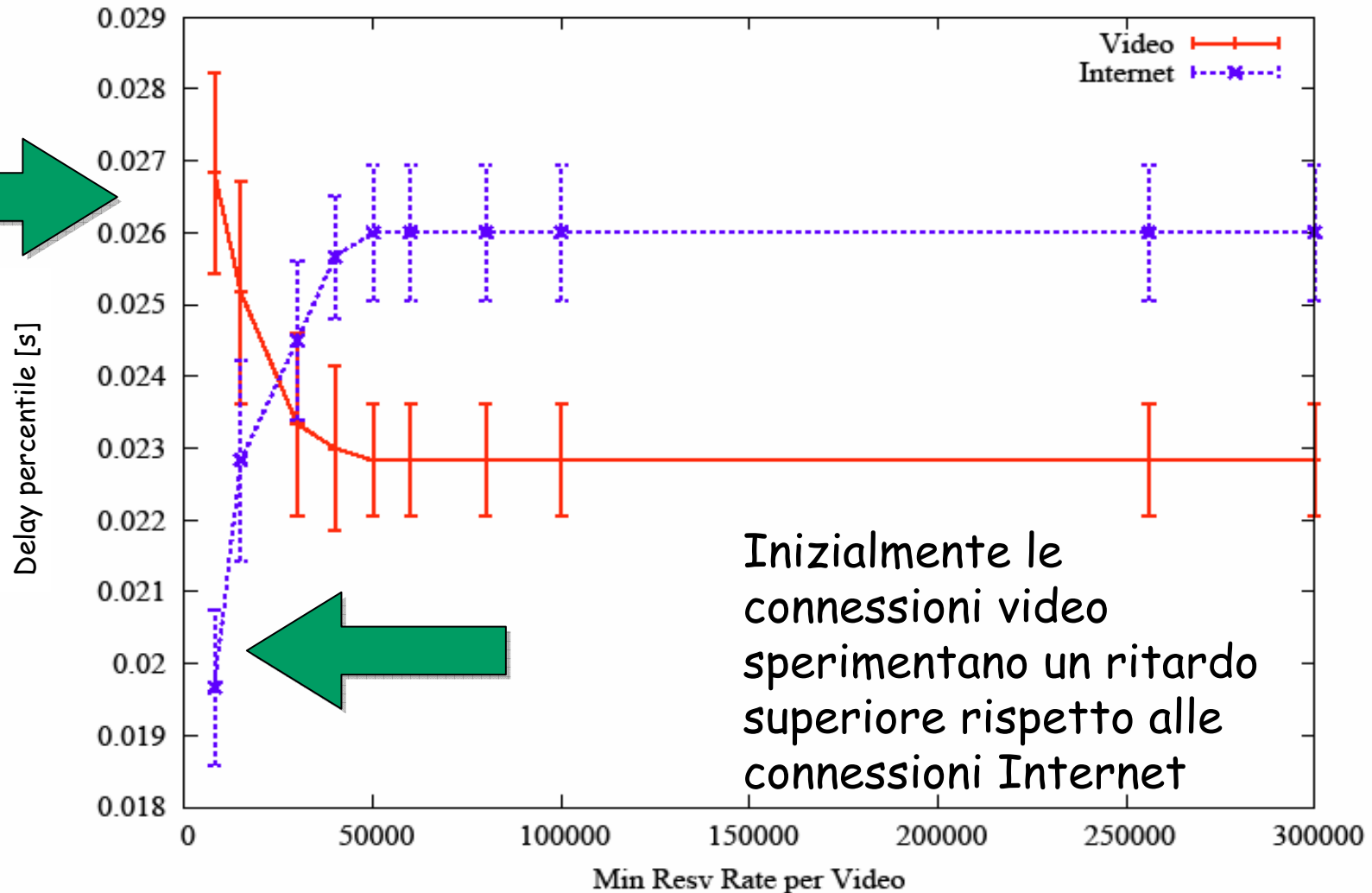
- ✓ Valutare il comportamento dei due scheduler in base alla variazione del `min_resv_rate` assegnato alle connessioni video
- ✓ Metrica utilizzata:
 - Delay percentile: tempo di accodamento dei pacchetti

Dati dello stream video

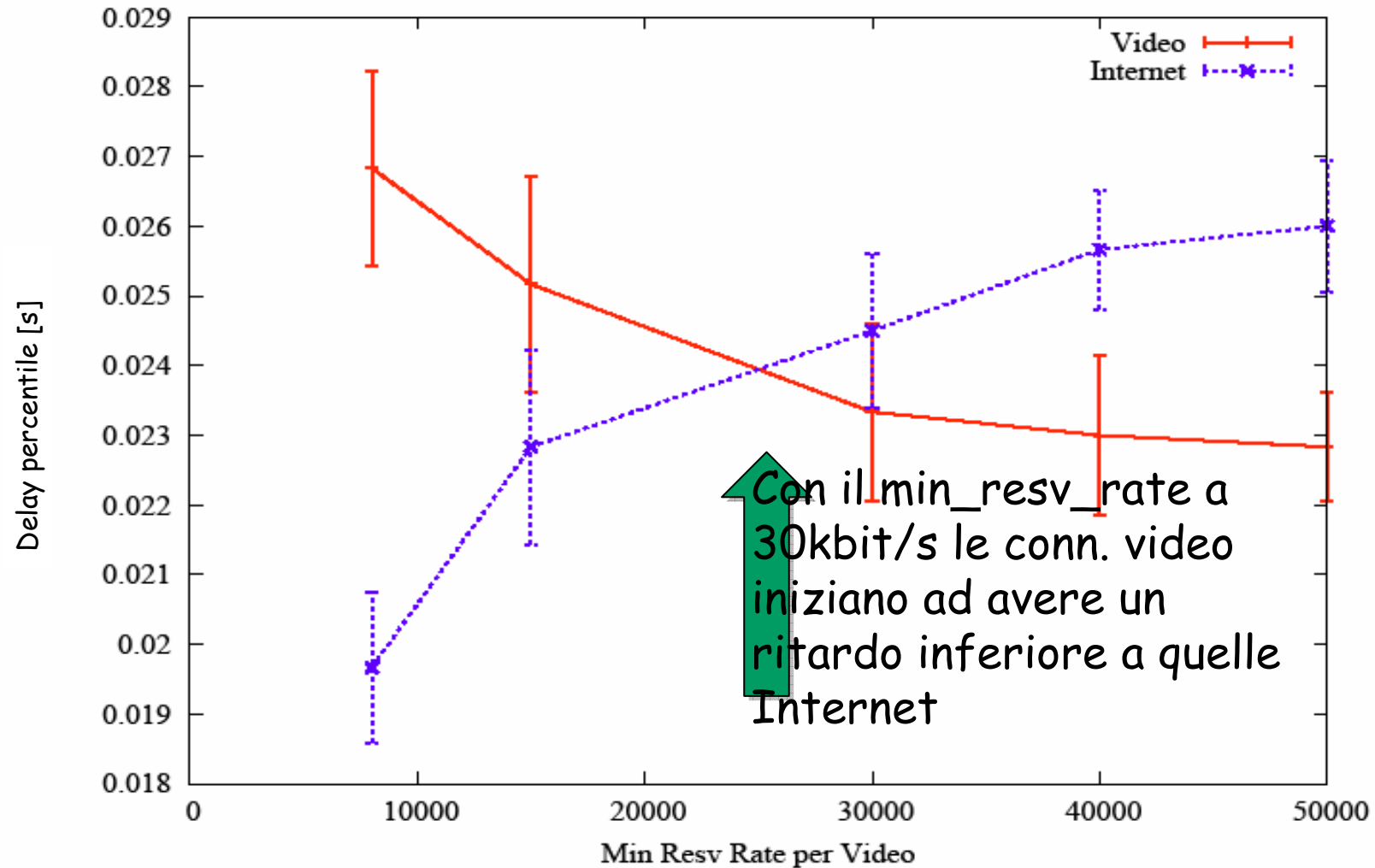


- ✓ Rate Medio: 256kbps
- ✓ Rate di picco: <400kbps
- ✓ Dimensione media pacchetti ≈ 1400 Byte
- ✓ Lunghezza trama: 1h

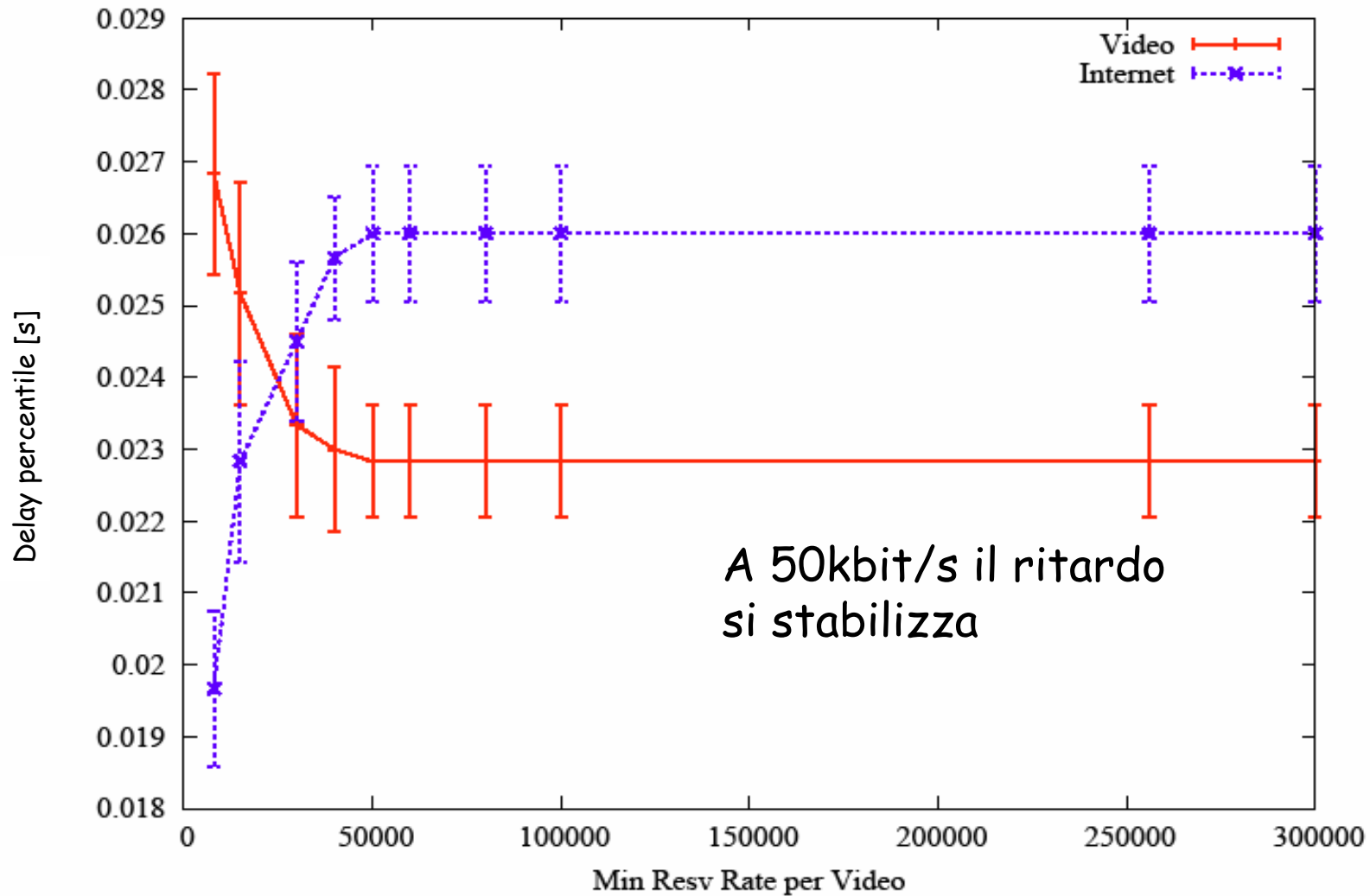
Delay di una connessione Internet e di una Video con scheduler DRR



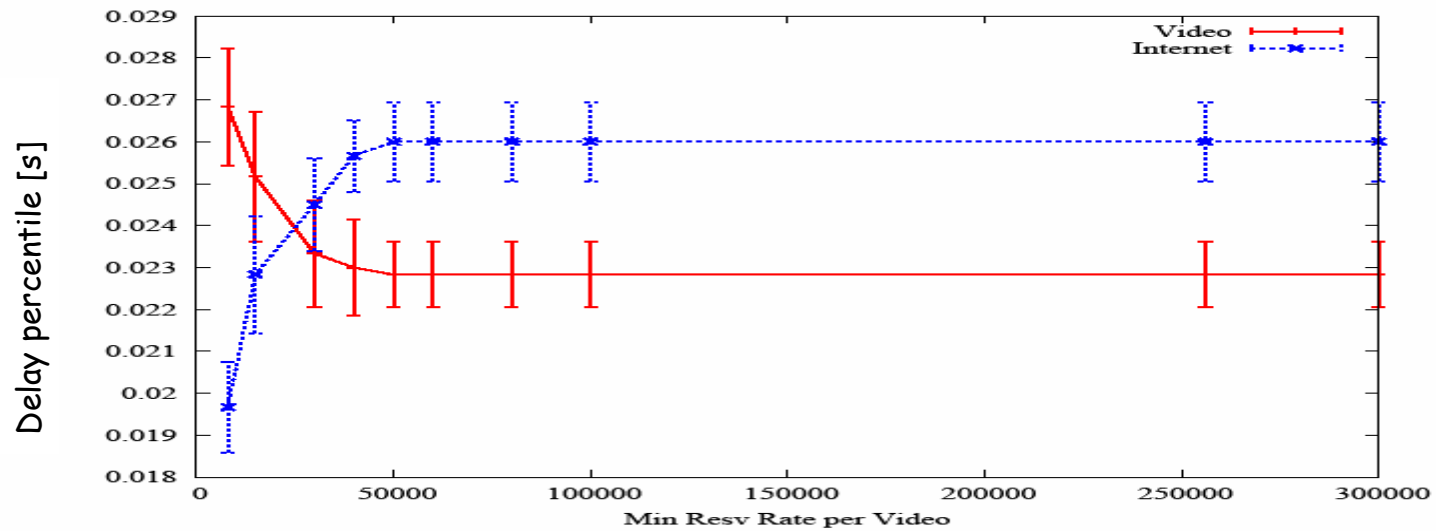
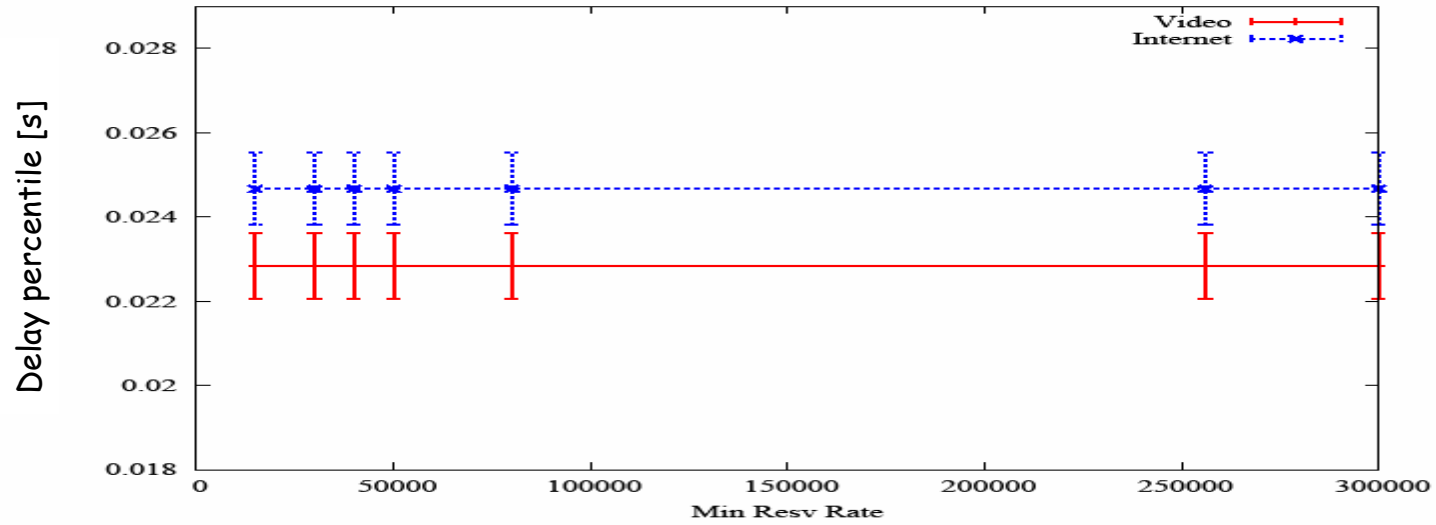
Delay di una connessione Internet e di una Video con scheduler DRR



Delay di una connessione Internet e di una Video con scheduler DRR



Delay di una connessione Internet e di una Video



Conclusioni lato ISP

- ✓ Un ISP ha l'interesse di servire il maggior numero di subscriber utilizzando al meglio le proprie risorse di rete.

- ✓ In particolare in questo scenario:
 - deve trovare un rate minimo per massimizzare l'utilizzazione garantendo un servizio video adeguato (di qualità buona) e
 - non ha vincoli rigorosi sulla packet loss e sul delay in quanto le applicazioni video sono tolleranti

Conclusioni lato ISP (cont.)

- ✓ Conviene utilizzare lo scheduler Prio-DRR in quanto per ottenere le stesse garanzie di ritardo con il DRR bisogna assegnare un **min_resv_rate di 50kbit/s**
- ✓ 50kbit/s è il valore minimo di rate riservato per **massimizzare l'utilizzazione del canale** utilizzando lo scheduler DRR

Delay - CDF

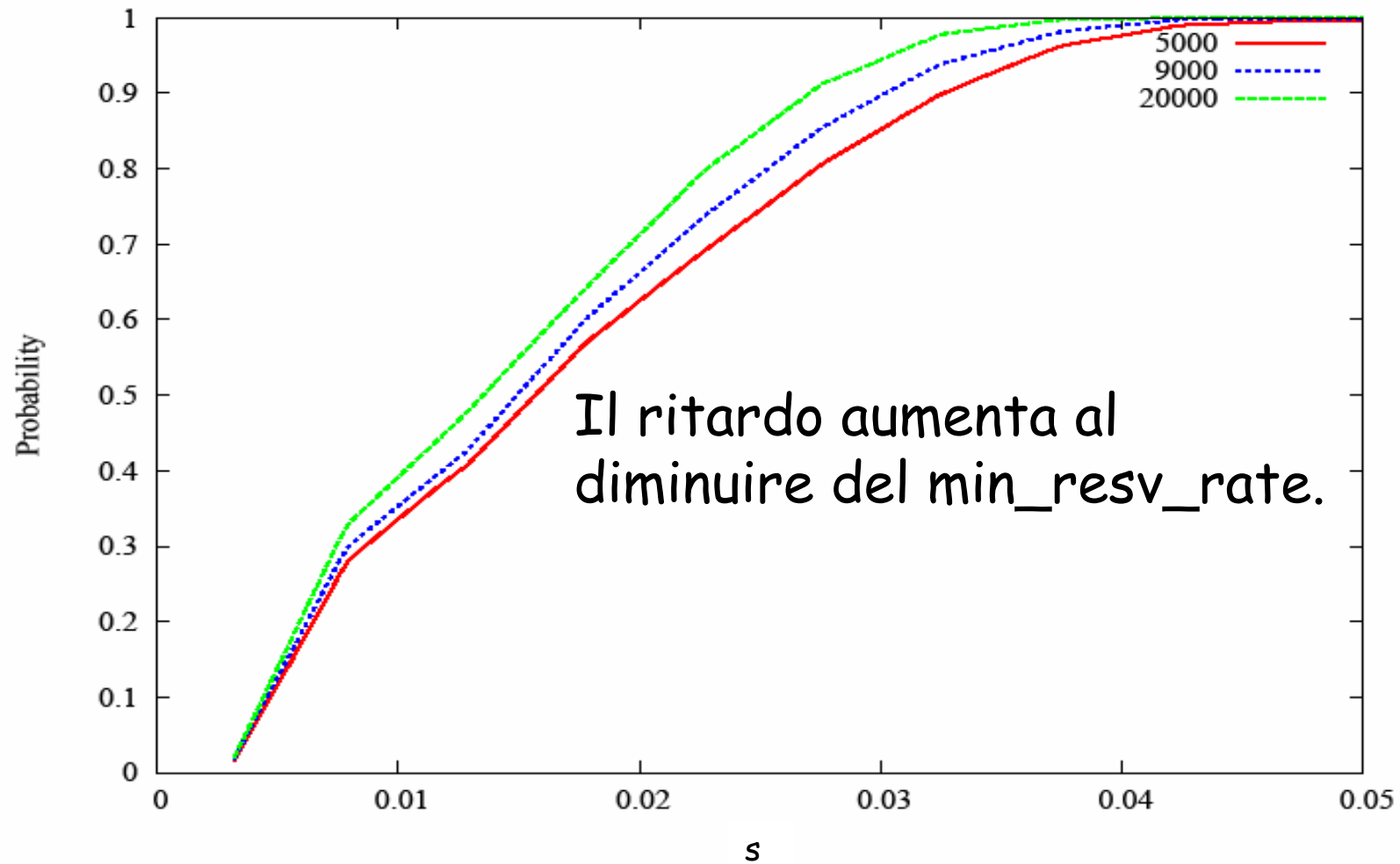
- ✓ Focalizziamo adesso la nostra attenzione sui diversi ritardi sperimentati utilizzando diversi `min_resv_rate`

- ✓ Obiettivo:
 - capire quale sia il ritardo massimo sperimentato dai pacchetti
 - settare un `min_resv_rate` adeguato alle esigenze del ISP

- ✓ Metrica utilizzata:
 - Funzione di distribuzione cumulativa (CDF)

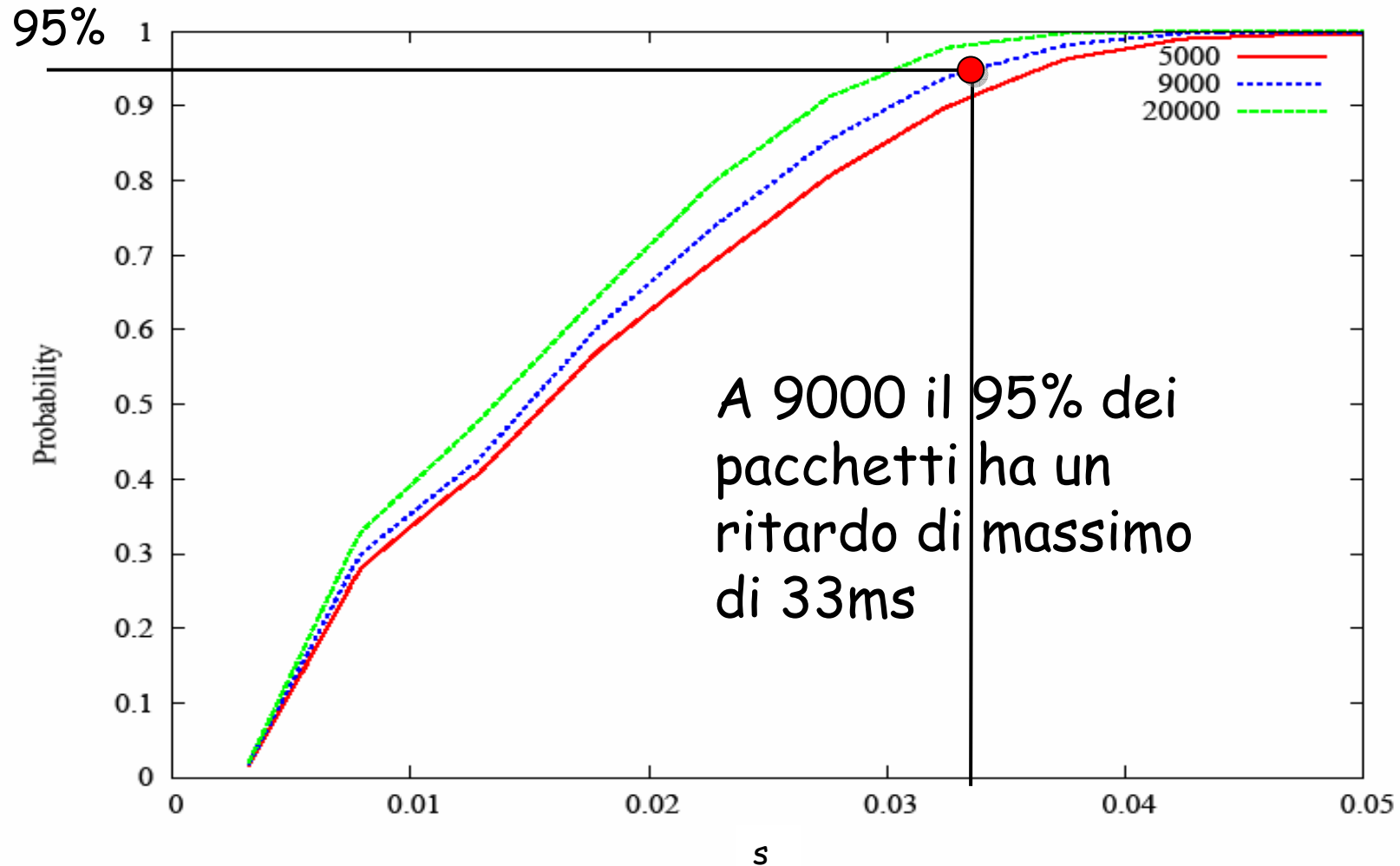
Delay di un flusso video con scheduler DRR

CDF



Delay di un flusso video con scheduler DRR

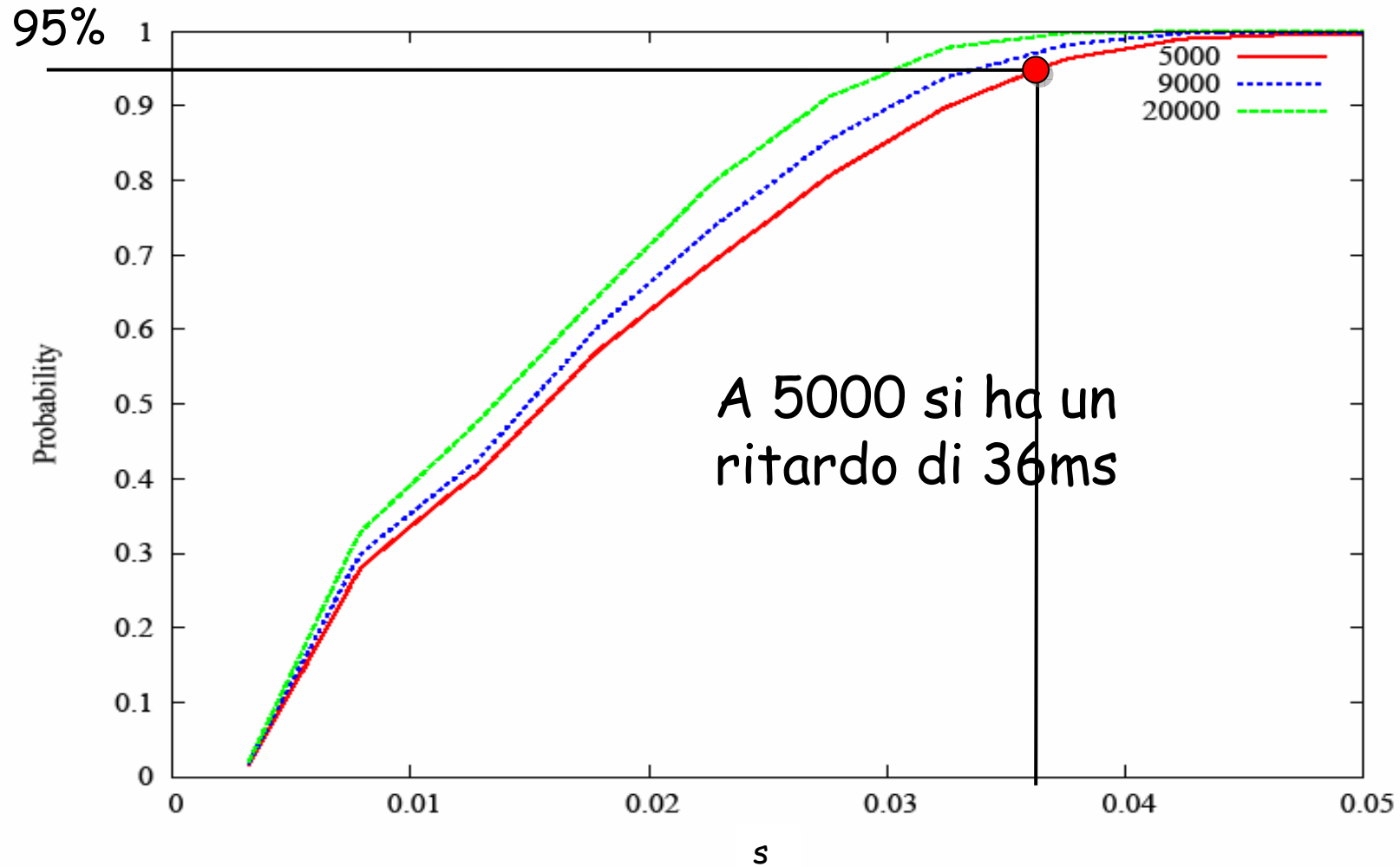
CDF



A 9000 il 95% dei pacchetti ha un ritardo di massimo di 33ms

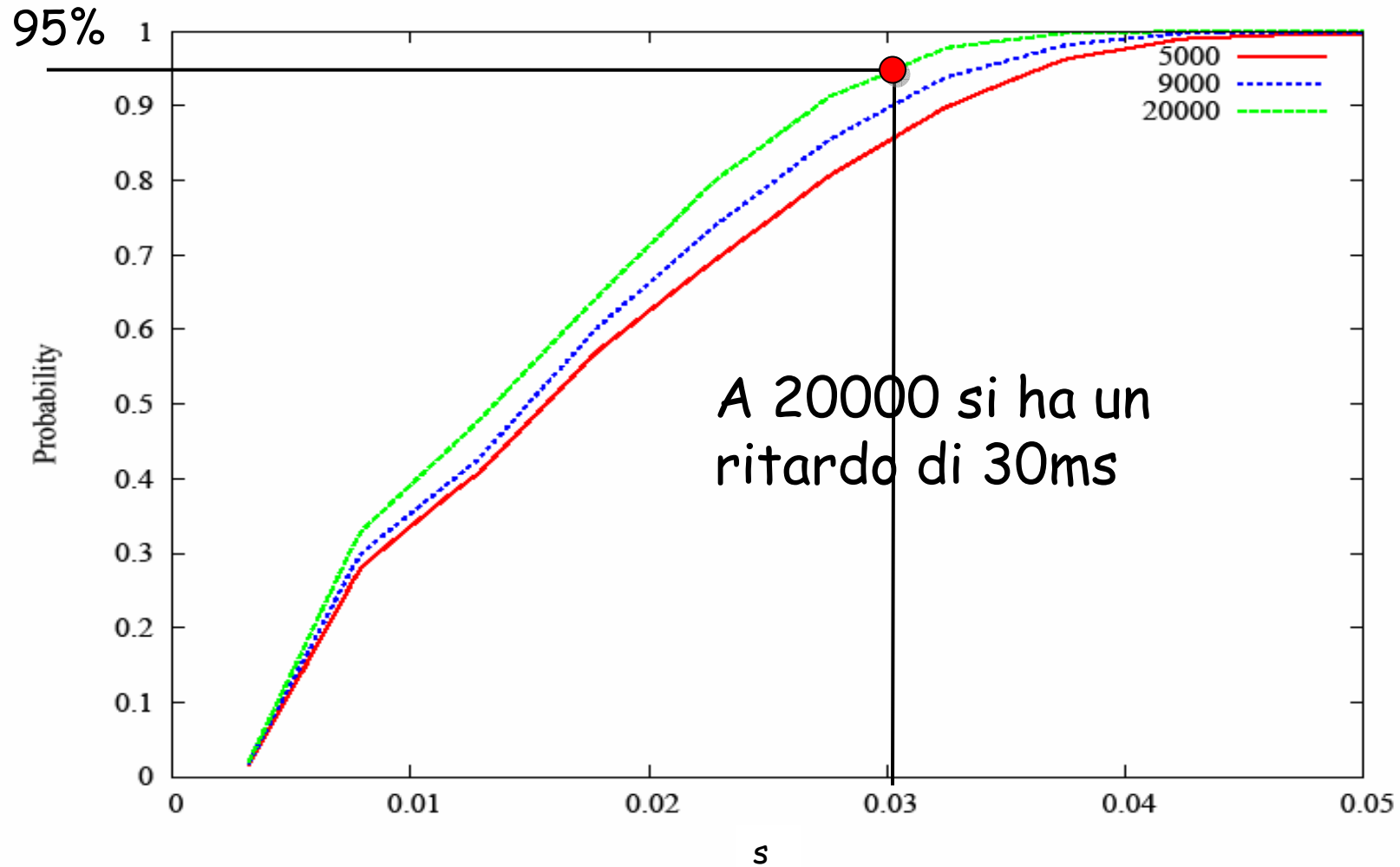
Delay di un flusso video con scheduler DRR

CDF

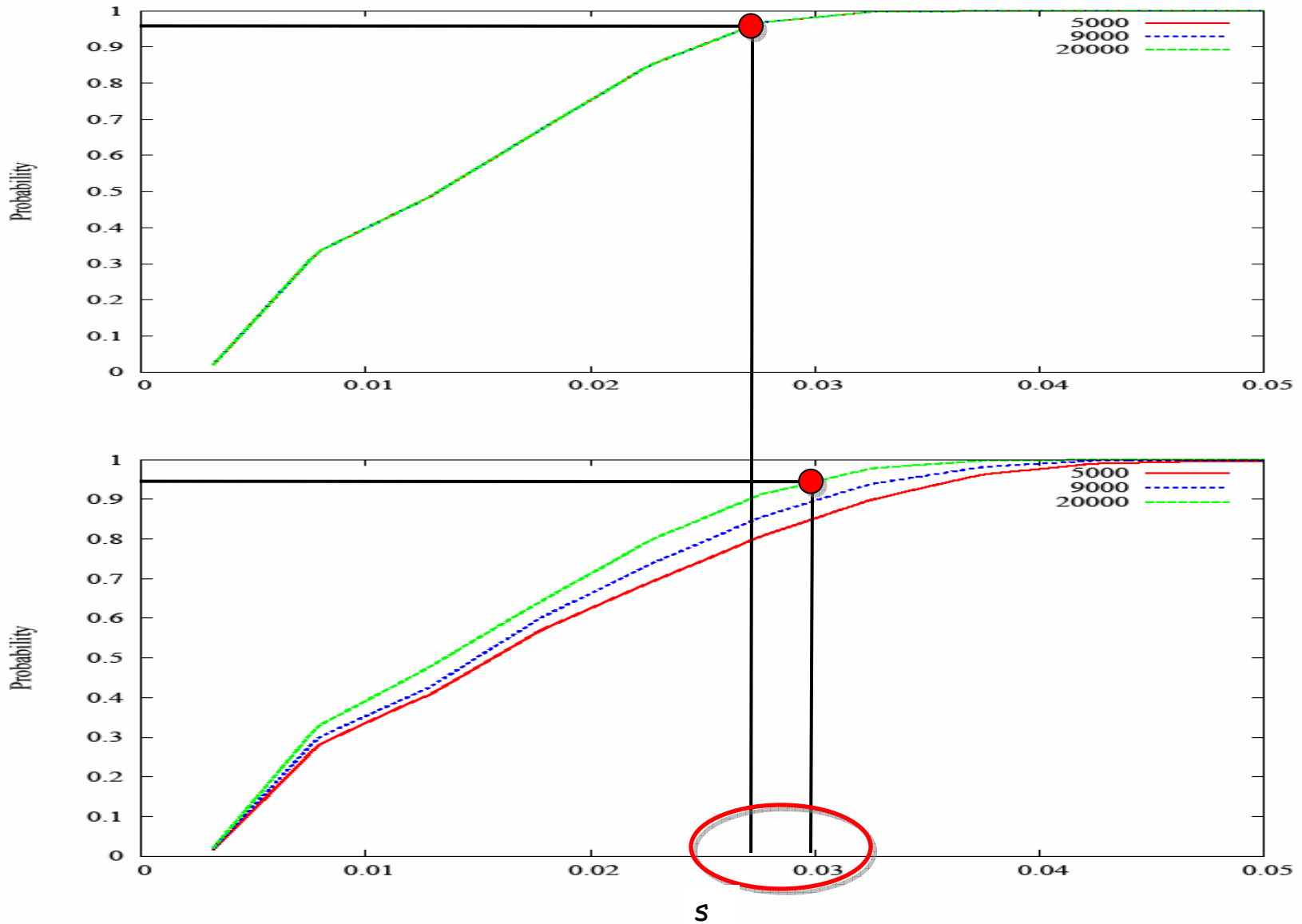


Delay di un flusso video con scheduler DRR

CDF



DRR vs Prio-DRR - CDF



Conclusioni CDF

- ✓ Utilizzando il DRR si può manipolare il massimo ritardo sperimentato dal video
- ✓ Il DRR può essere una scelta valida in quanto le applicazioni video sono tolleranti al ritardo

Conclusioni CDF (cont.)

- ✓ Se la differenza di pochi millisecondi non crea riduzioni significative di prestazioni posso allocare un `mir_resv_rate` \leq a 5000
- ✓ In questo modo posso servire piu stazioni

Studio al variare delle stazioni

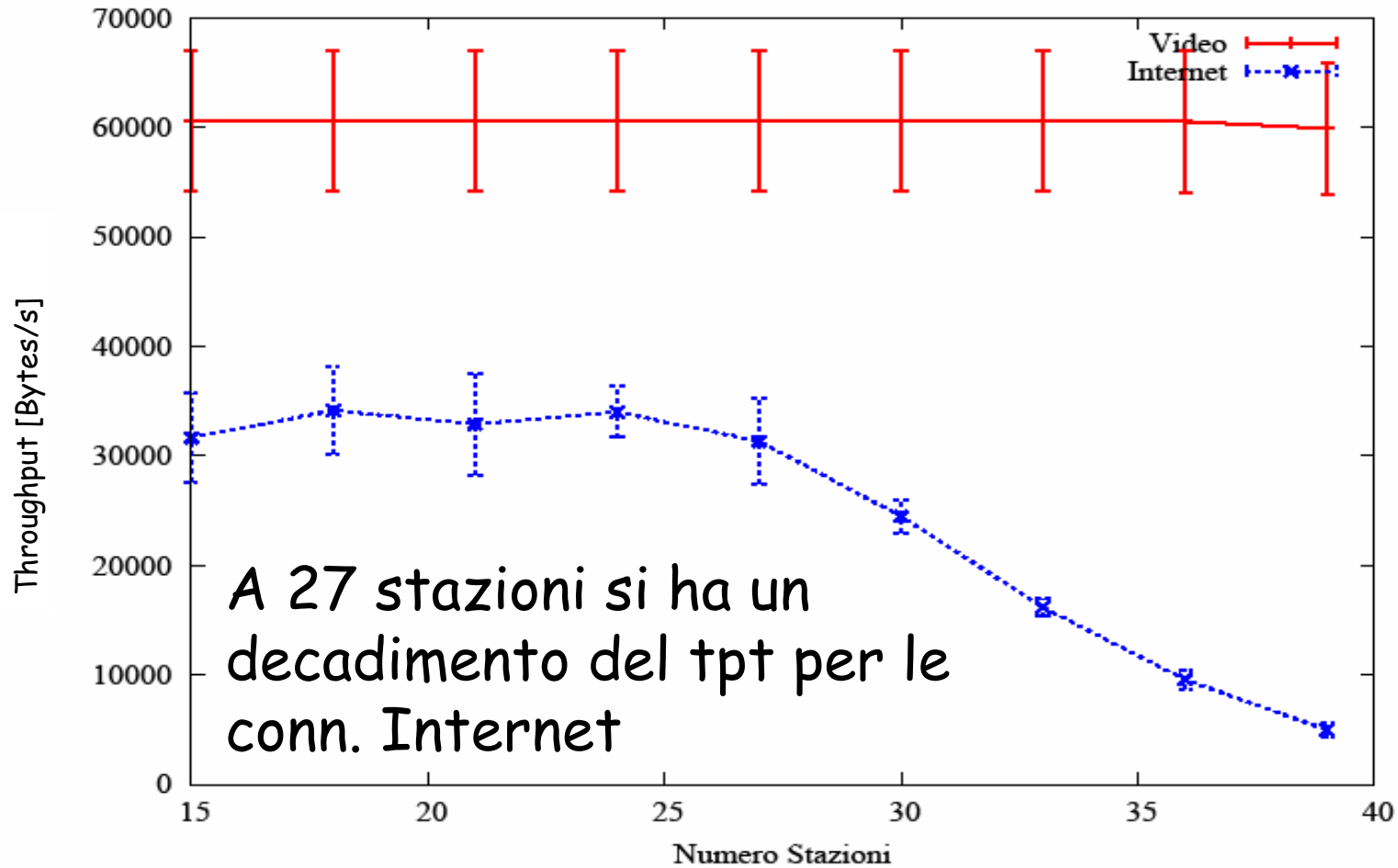
- ✓ Nel nuovo scenario si suppone che:
 - siano presenti due connessioni in downlink di tipo:
 - Stream video servito con rtPS
 - Traffico Internet servito con BE
 - Min_resv_rate alle connessioni **rtPS = 50kb/s**
 - Min_resv_rate alle connessioni **BE = 2kb/s**
 - Il numero di stazioni **varia da 15 a 39**

Obiettivi - var. stazioni

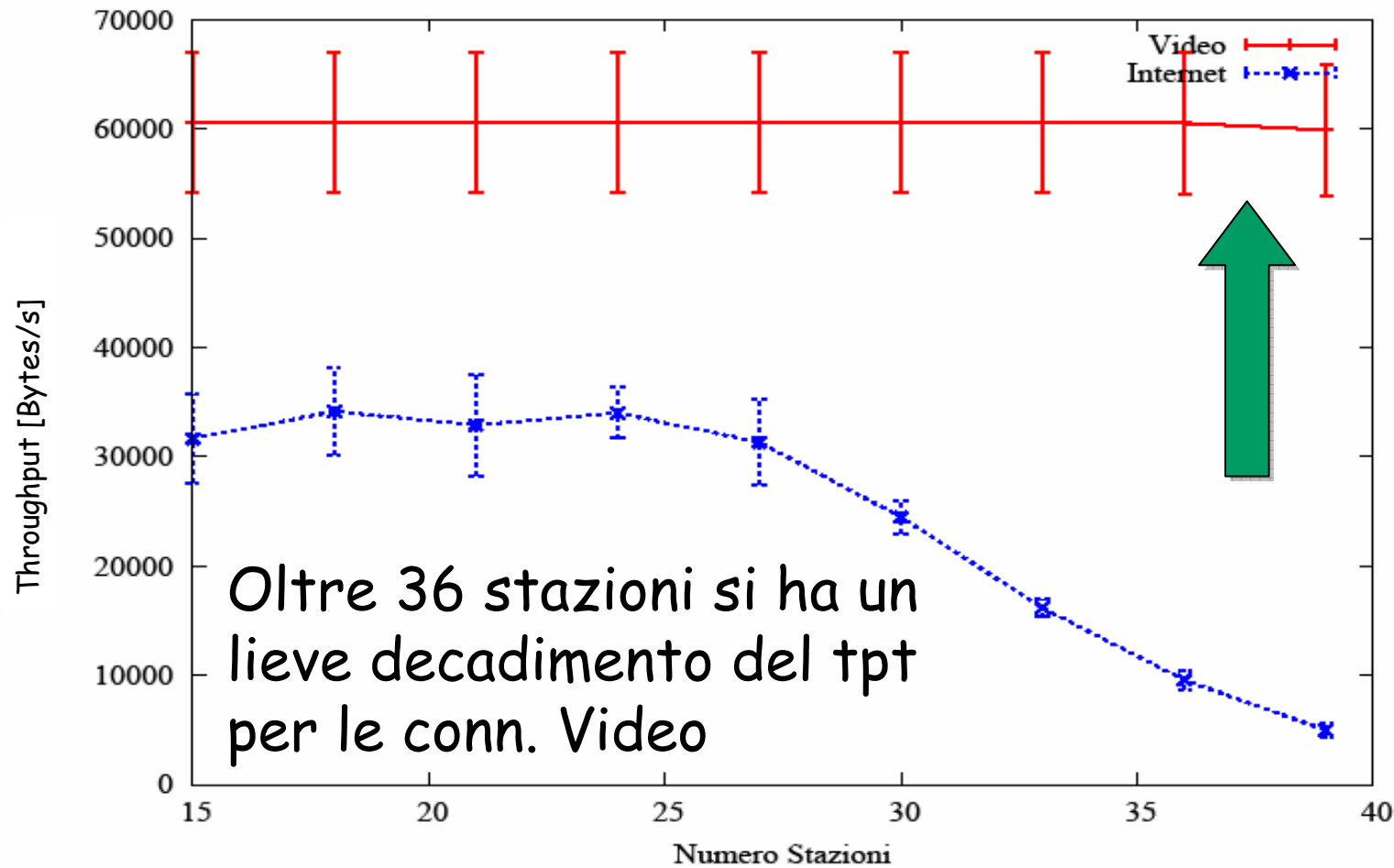
- ✓ Valutare il comportamento dei due scheduler al crescere del carico sulla rete

- ✓ Metriche utilizzate:
 - Delay medio e percentile
 - Throughput
 - Packet loss

Throughput con scheduler DRR

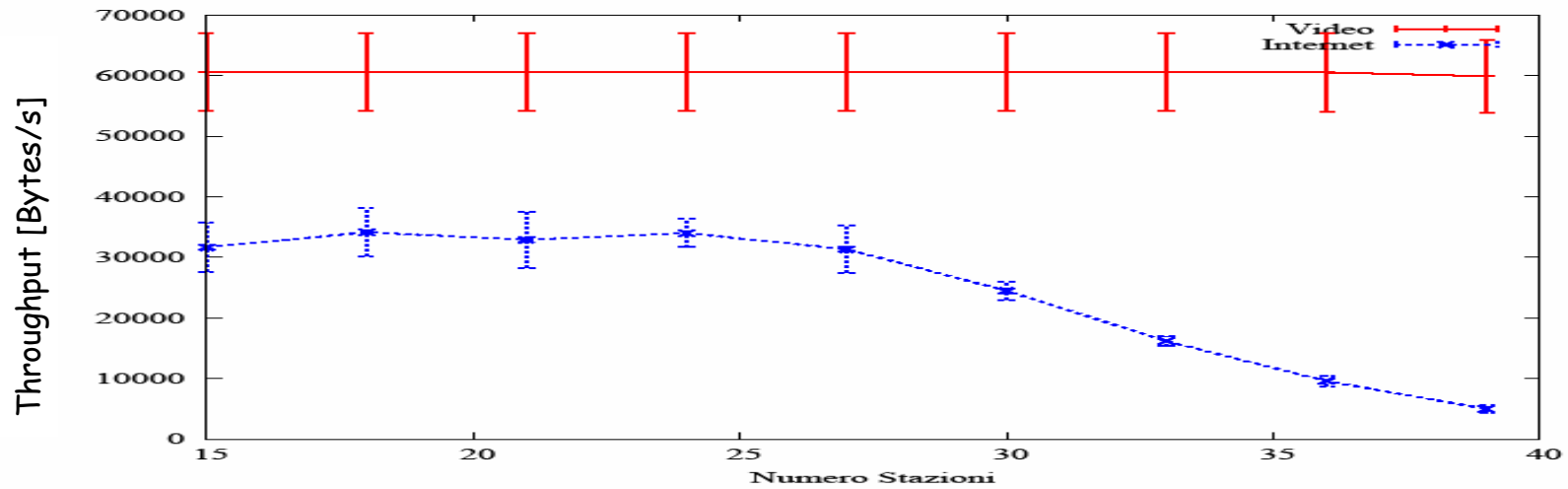


Throughput con scheduler DRR

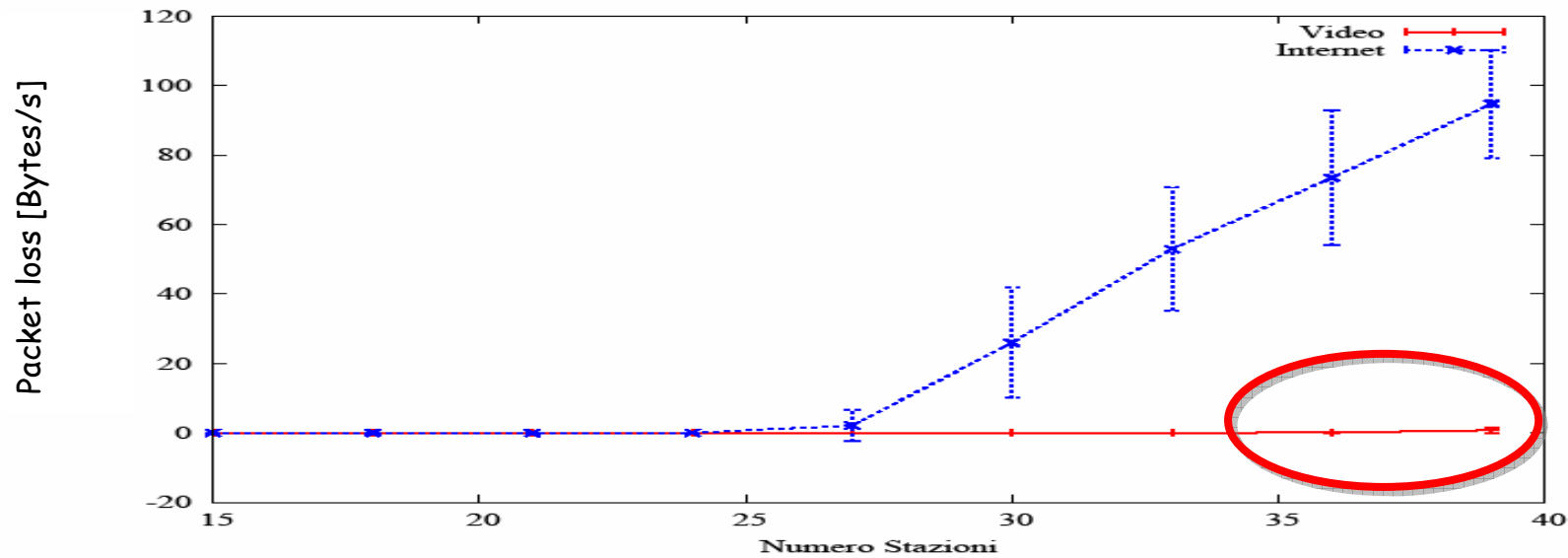


Oltre 36 stazioni si ha un lieve decadimento del tpt per le conn. Video

TPT & PL con DRR

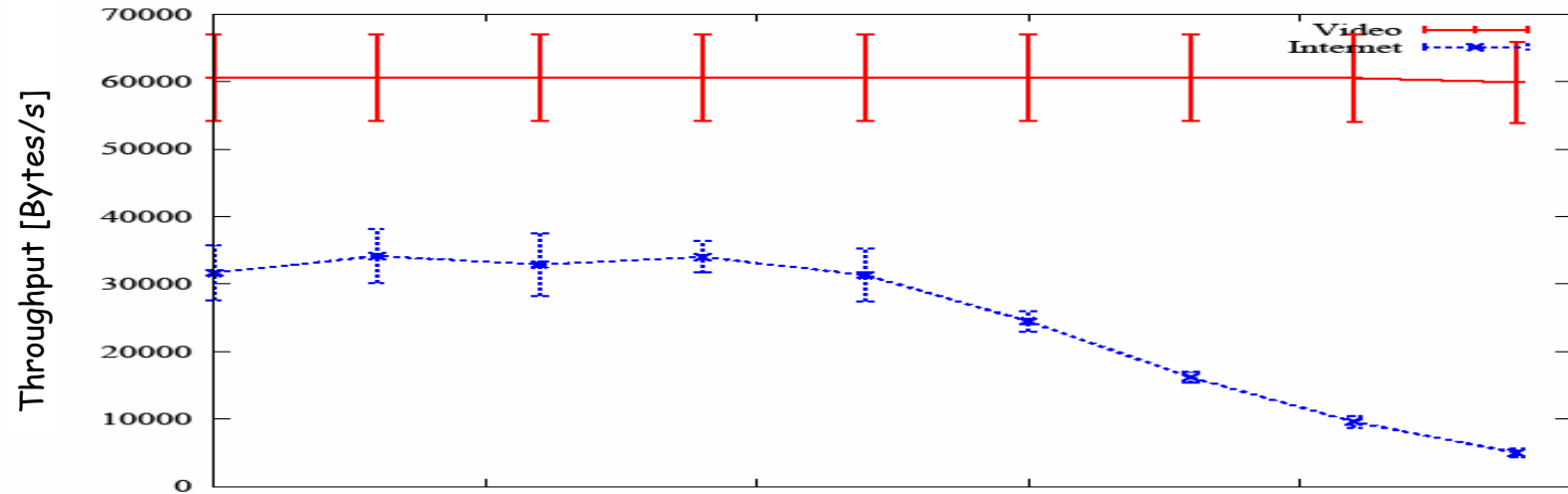


TPT

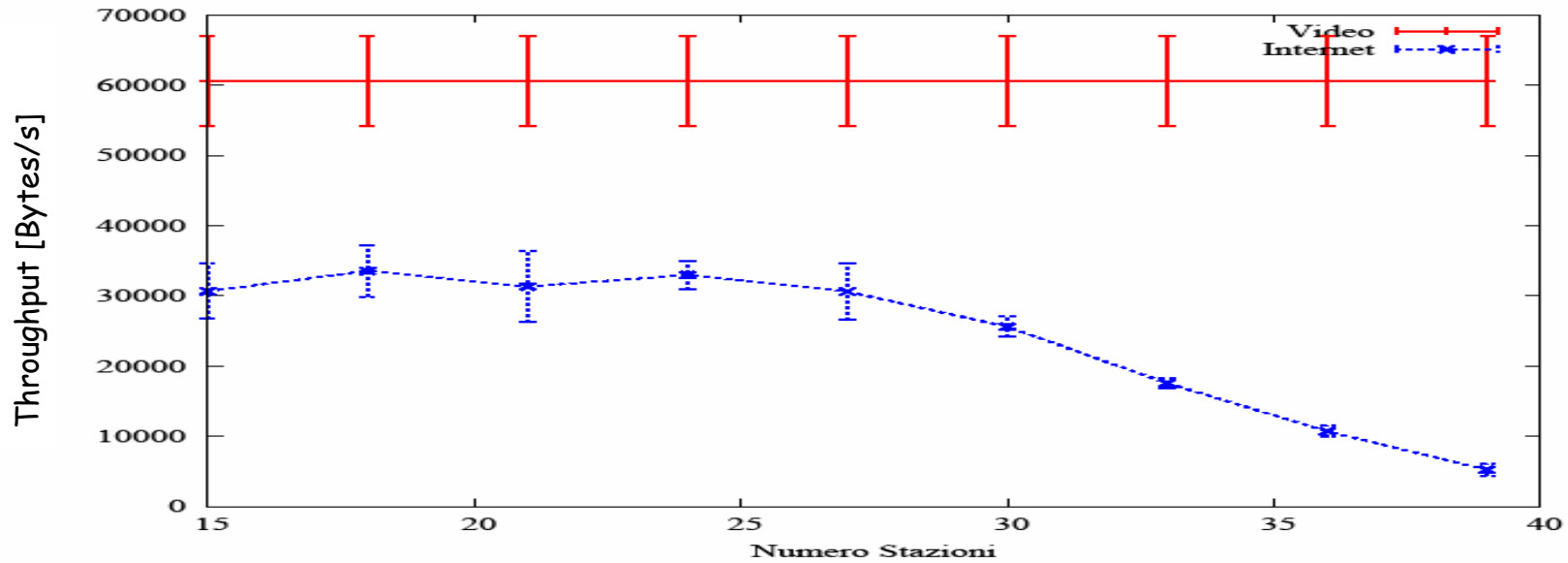


PL

Throughput DRR vs Prio-DRR

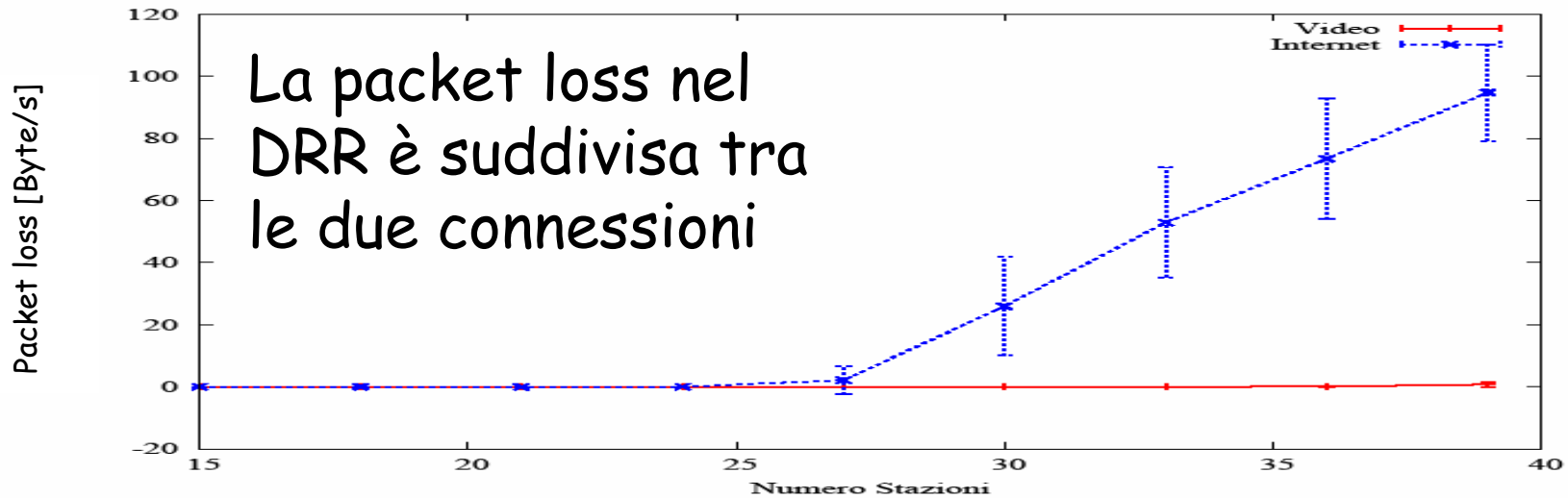


DRR

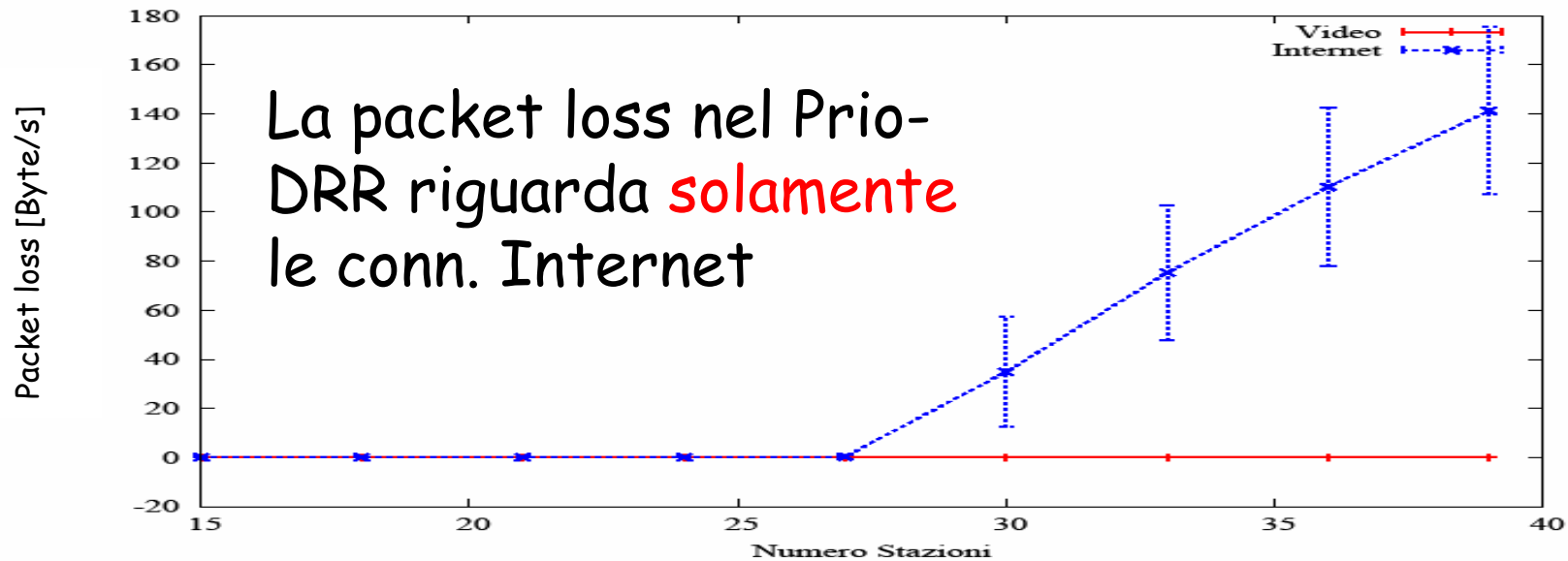


Prio
DRR

Packet loss DRR vs Prio-DRR



DRR



Prio DRR

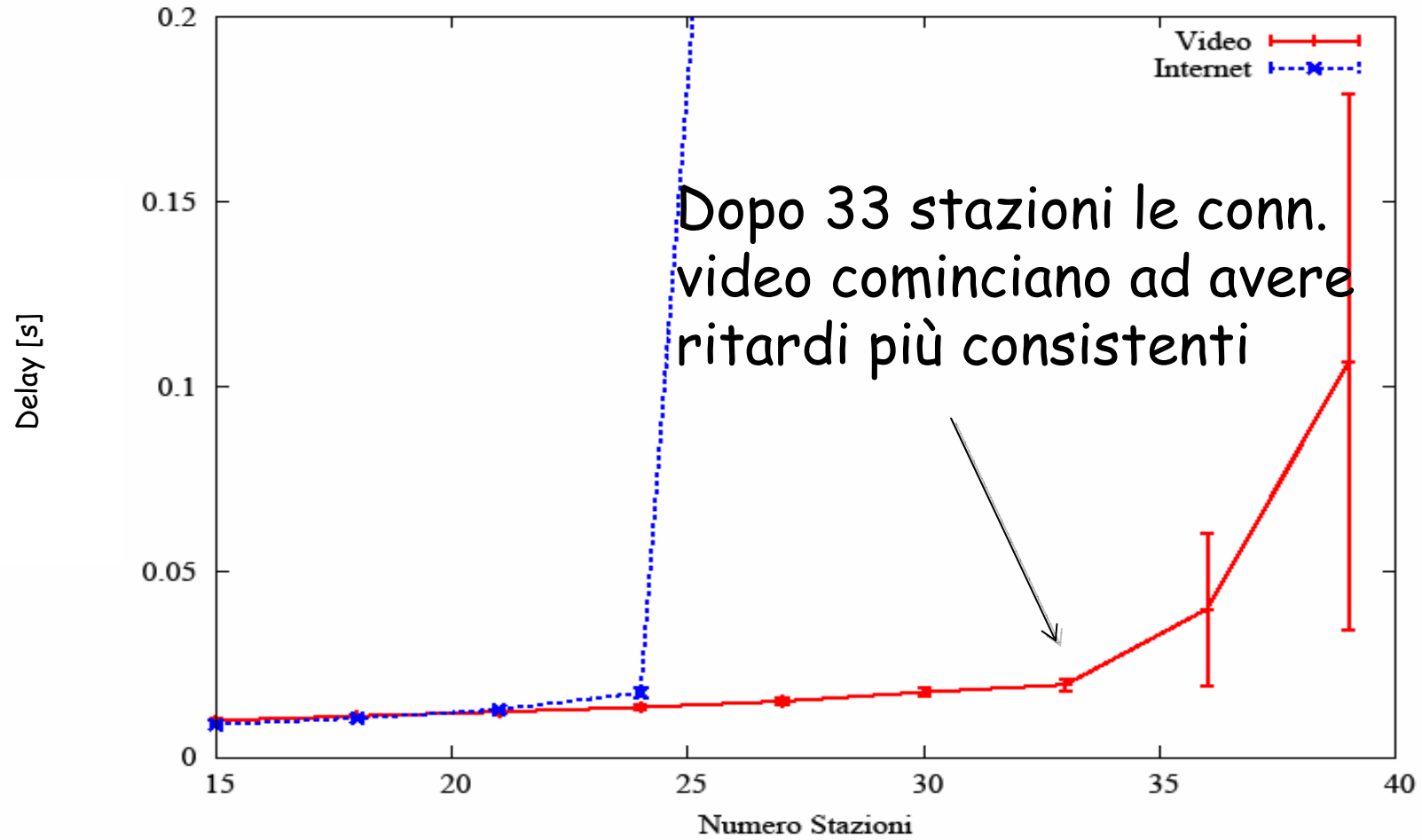
Conclusioni TPT

- ✓ Nel caso in cui un ISP debba gestire un numero di stazioni inferiore a 24 i due scheduler sono equivalenti
- ✓ Se l'ISP ha un numero di stazioni superiore a 39 le connessioni video schedolate con il DRR non sono più isolate

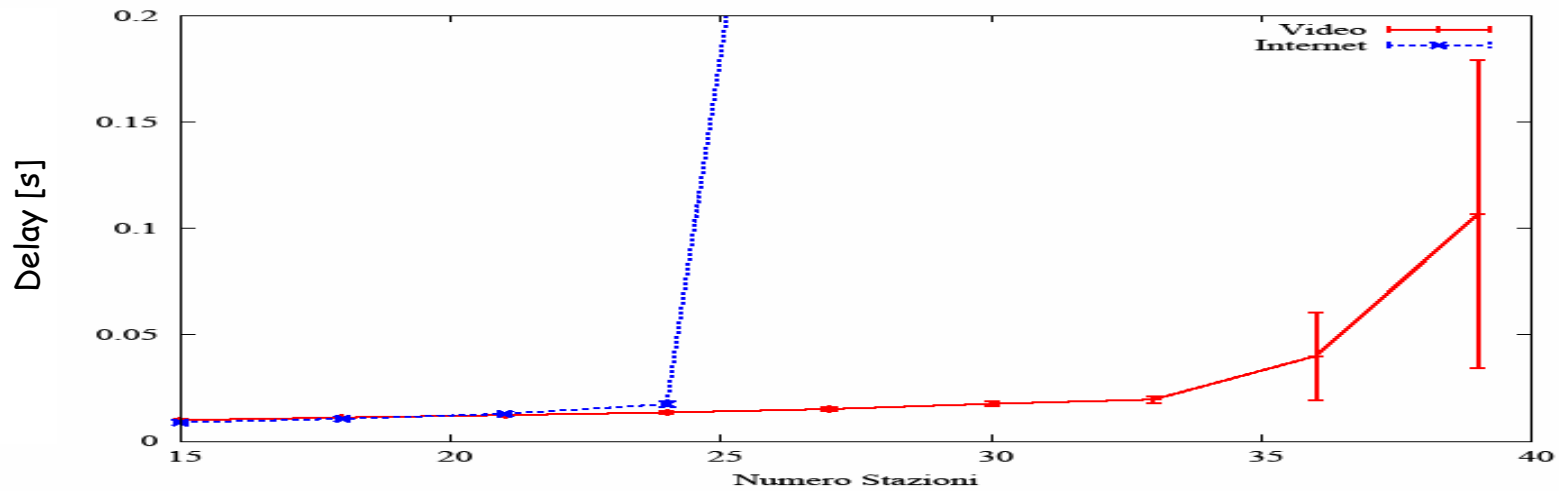
Delay con scheduler DRR



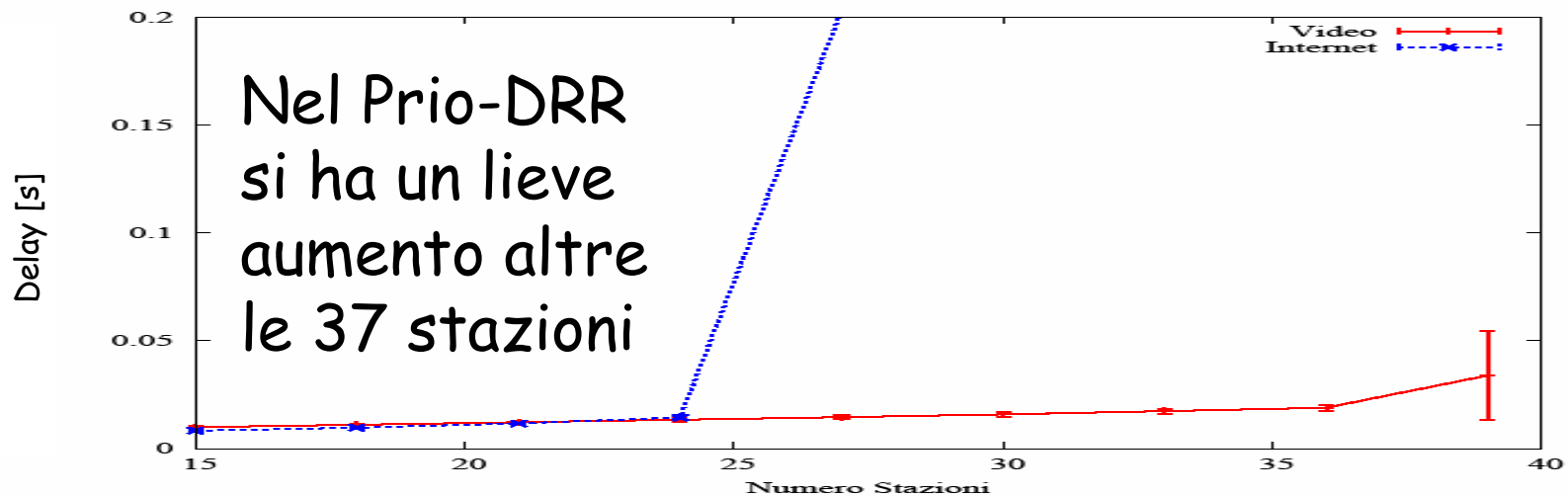
Delay con scheduler DRR



Delay DRR vs Prio-DRR



DRR



Prio
DRR

Conclusioni Delay

- ✓ Ad un ISP con più di 36 stazioni conviene utilizzare lo scheduler Prio-DRR in quanto:
 - garantisce un ritardo inferiore a quello del DRR
 - il DRR dopo 36 stazioni inizia ad avere packet loss per le connessioni Video

Complessità

Analisi della complessità dei due scheduler

Intro complessità

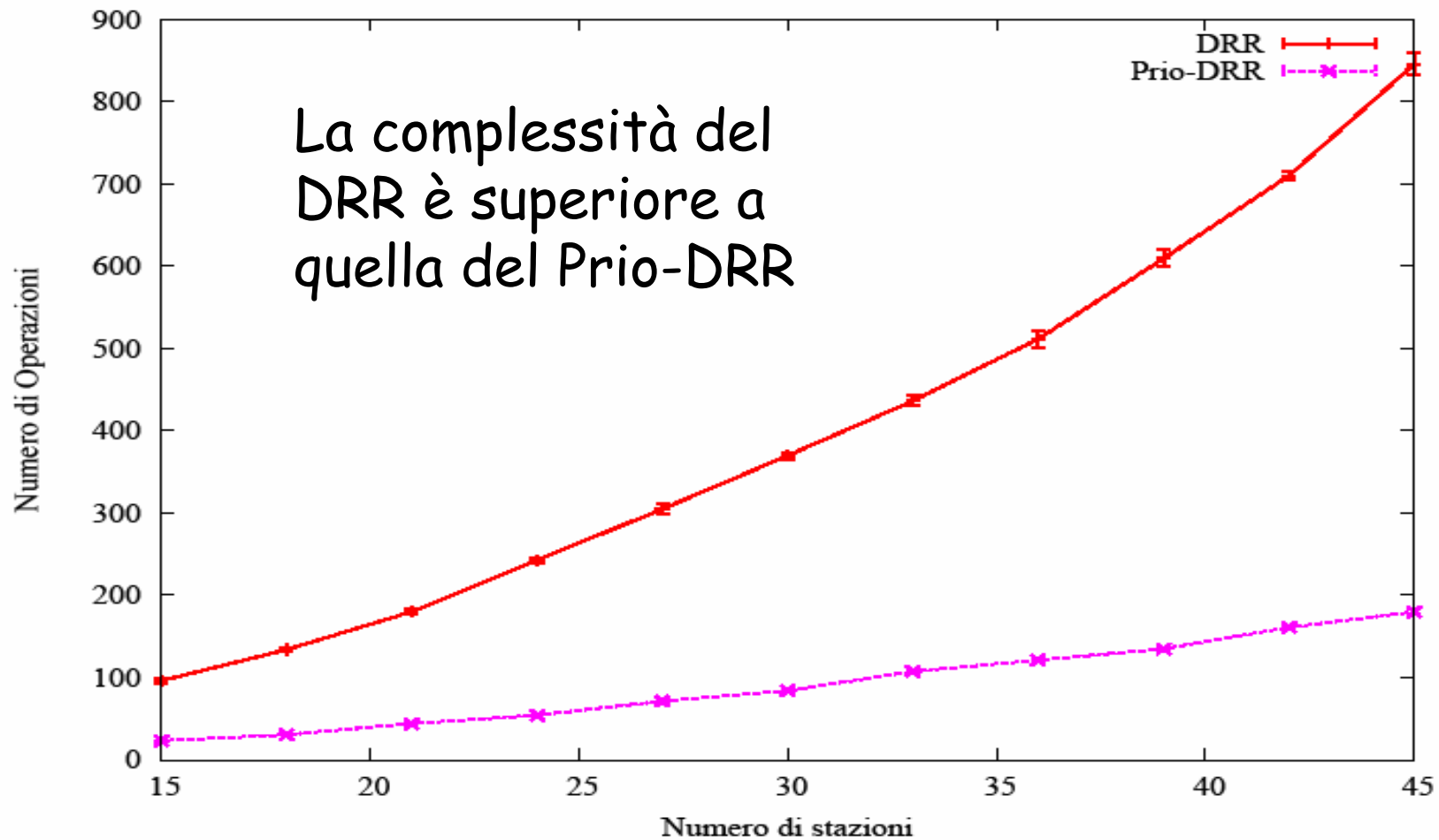
- ✓ Adesso ci focalizziamo sull'**analisi della complessità** dei due scheduler

- ✓ Scenario analizzato:
 - flussi **VoIP** serviti con rtPS;
 - flussi Internet serviti con Best Effort;
 - da **15 a 45** subscriber station (SS);

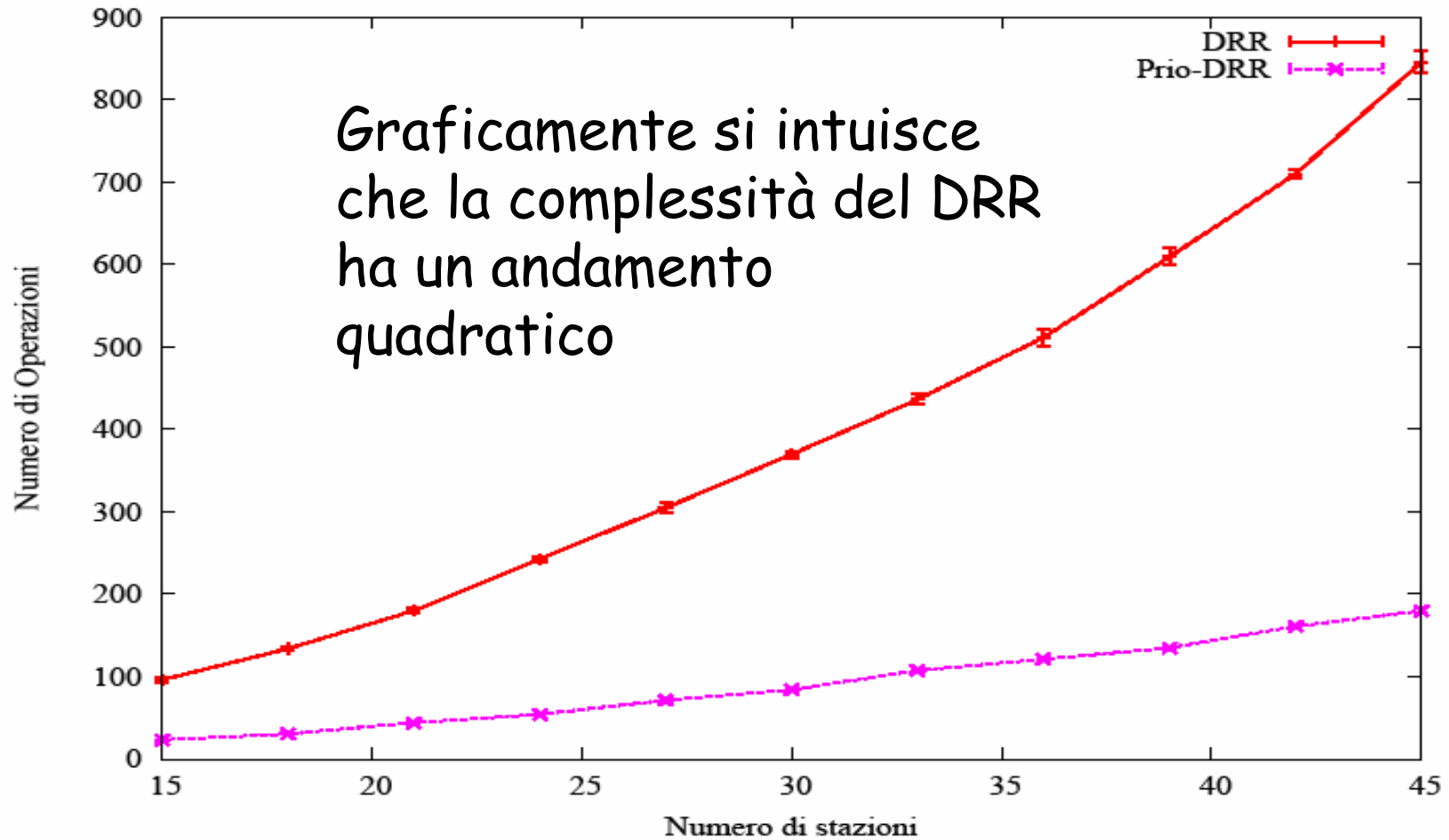
Obiettivo

- ✓ Abbiamo inserito una nuova metrica che permette di valutare il numero di visite che lo scheduler compie nelle code
- ✓ In questo modo riusciamo a valutare il numero di operazioni effettuate dallo scheduler (e quindi la sua complessità)

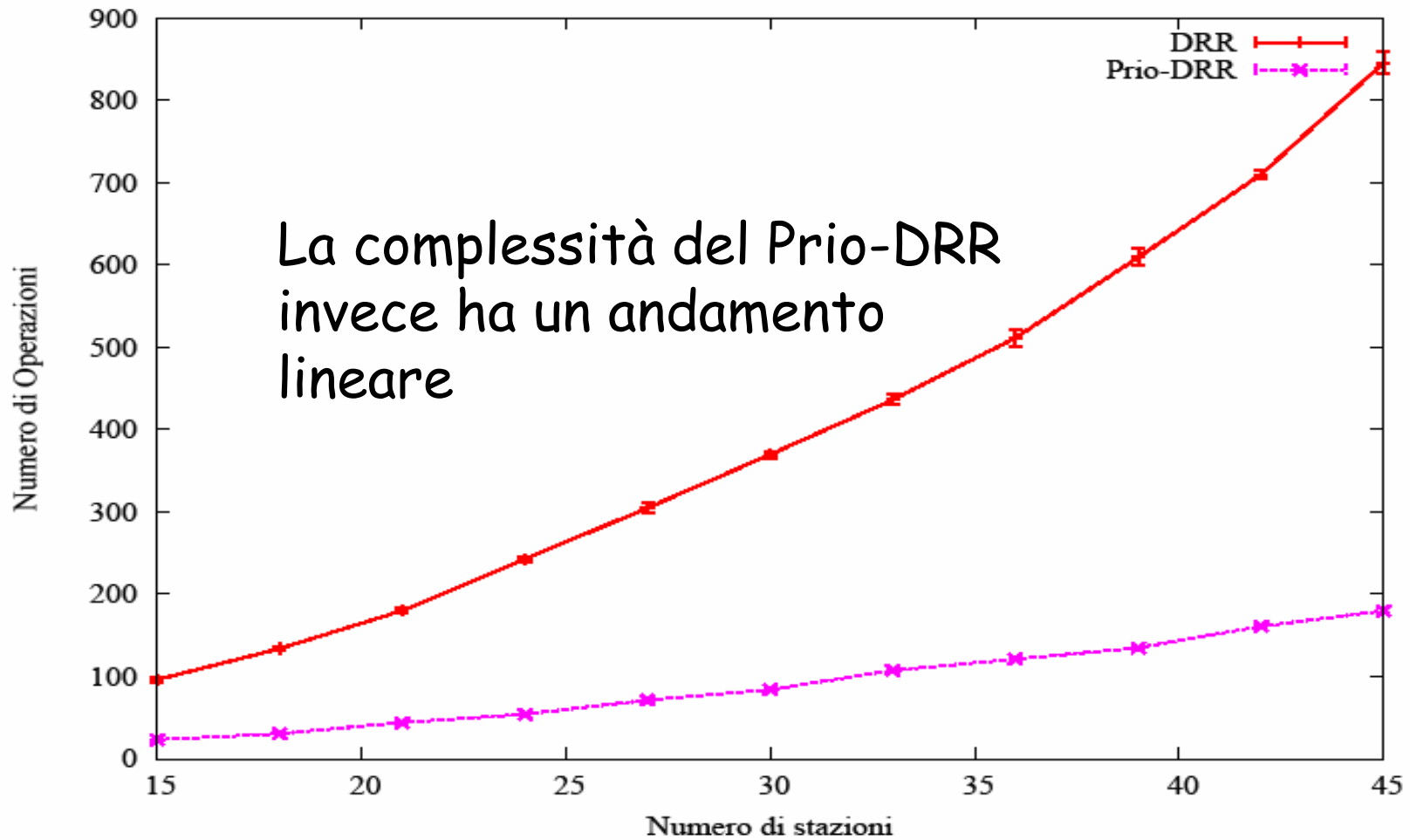
Complessità (cont.)



Complessità (cont.)

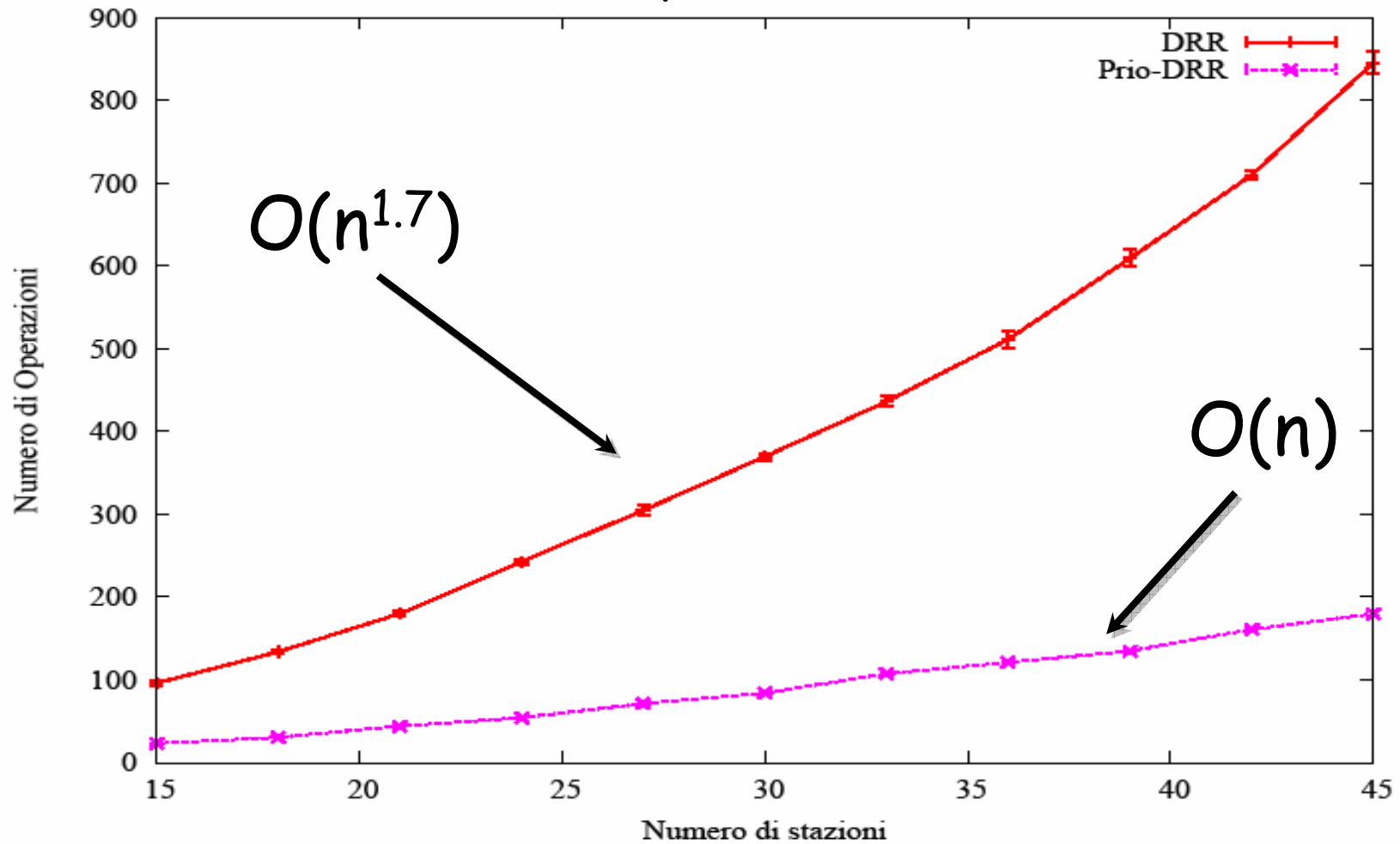


Complessità (cont.)



Complessità (cont.)

Empiricamente...



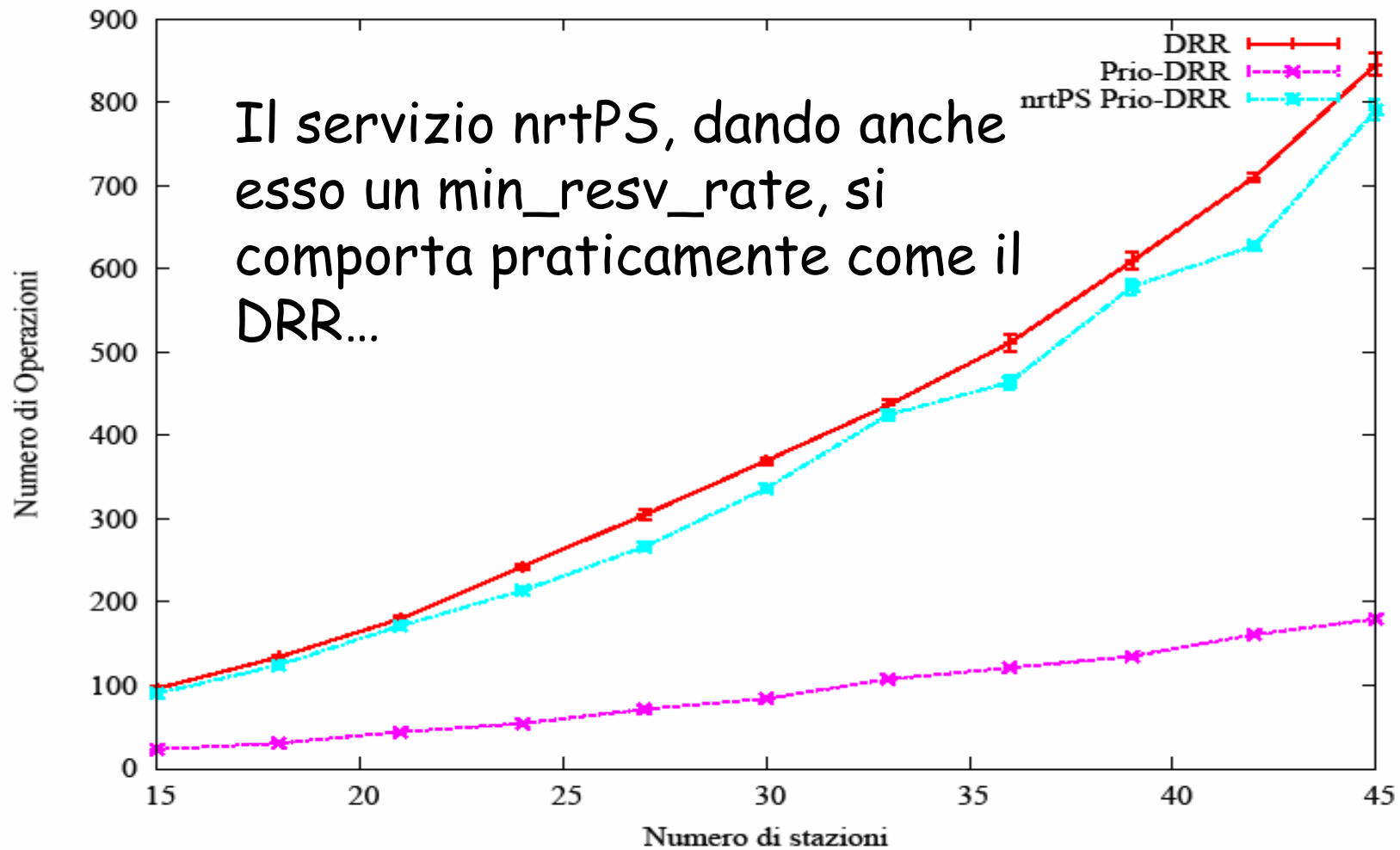
Complessità - nrtPS

- ✓ Come si comporta lo scheduler Prio-DRR se serve i flussi Internet con il servizio nrtPS?
- ✓ Il servizio nrtPS (Non Real-Time Polling Service) è specifico per flussi di dati tolleranti al ritardo
- ✓ Il servizio BE è per flussi di dati dove non è richiesto livello minimo di servizio.

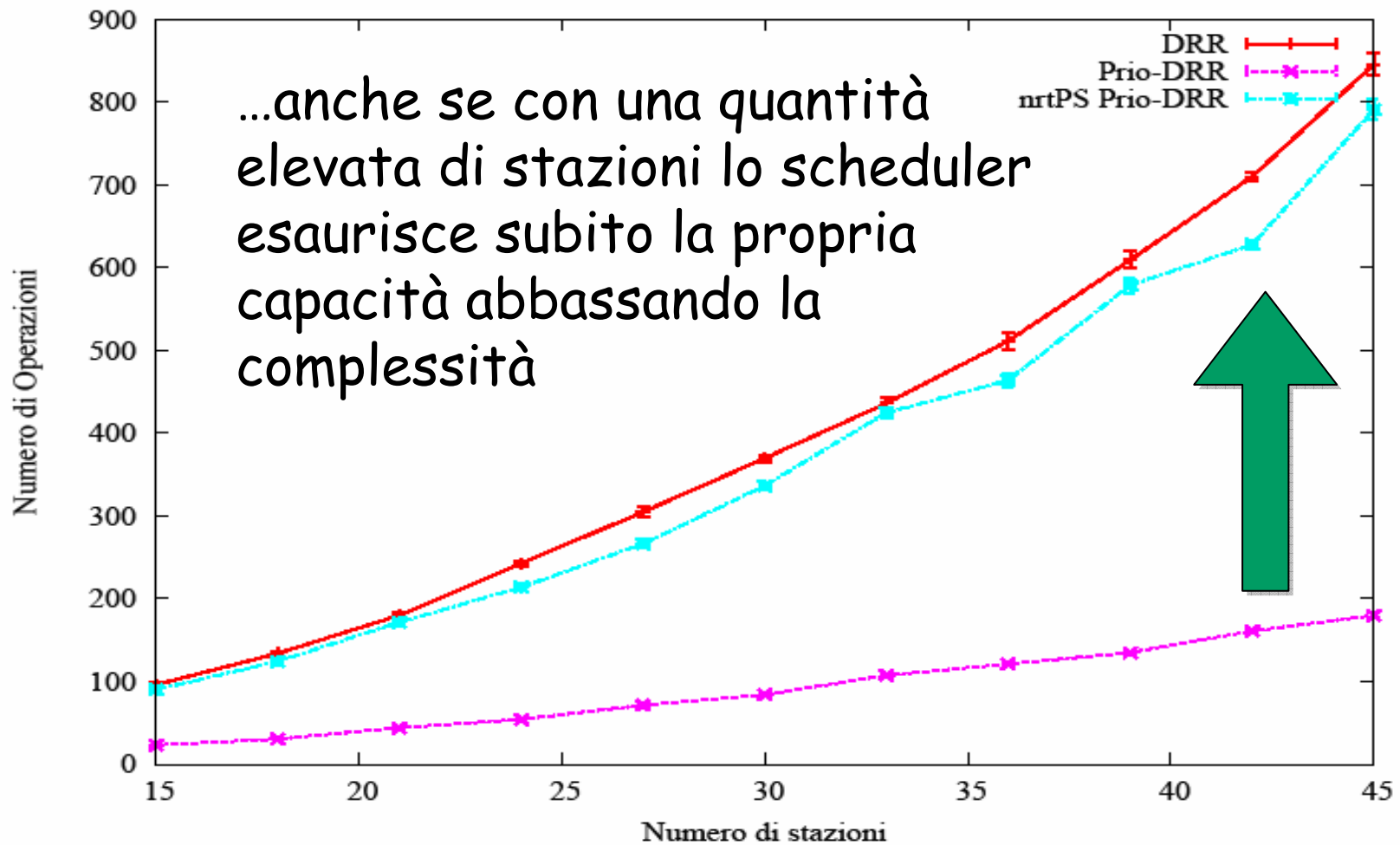
Complessità - nrtPS (cont.)

- ✓ Nuovo scenario analizzato:
 - flussi VoIP serviti con rtPS;
 - flussi Internet serviti con **Non Real Time Polling Server**;
 - da 15 a 45 subscriber station (SS);

Complessità - nrtPS (cont.)



Complessità - nrtPS (cont.)



Complessità - $O(1)$

- ✓ Il DRR ha complessità $O(1)$ quando viene rispettata la condizione:

$$L_{i,\max} \leq \Phi_i \quad \text{per ogni } i$$

- ✓ Con:

- $L_{i,\max}$ lunghezza massima del pacchetto appartenente all' i -esimo flusso;
- Φ_i "quantum" assegnato al flusso i -esimo.

Complessità - $O(1)$ (cont.)

- ✓ Quando la condizione precedente viene violata può accadere che un flusso, sebbene sia attivo, non riesca a trasmettere il pacchetto nel round corrente
- ✓ Nel caso peggiore questo può accadere consecutivamente tante volte quanti sono i flussi portando la complessità ad $O(n)$.

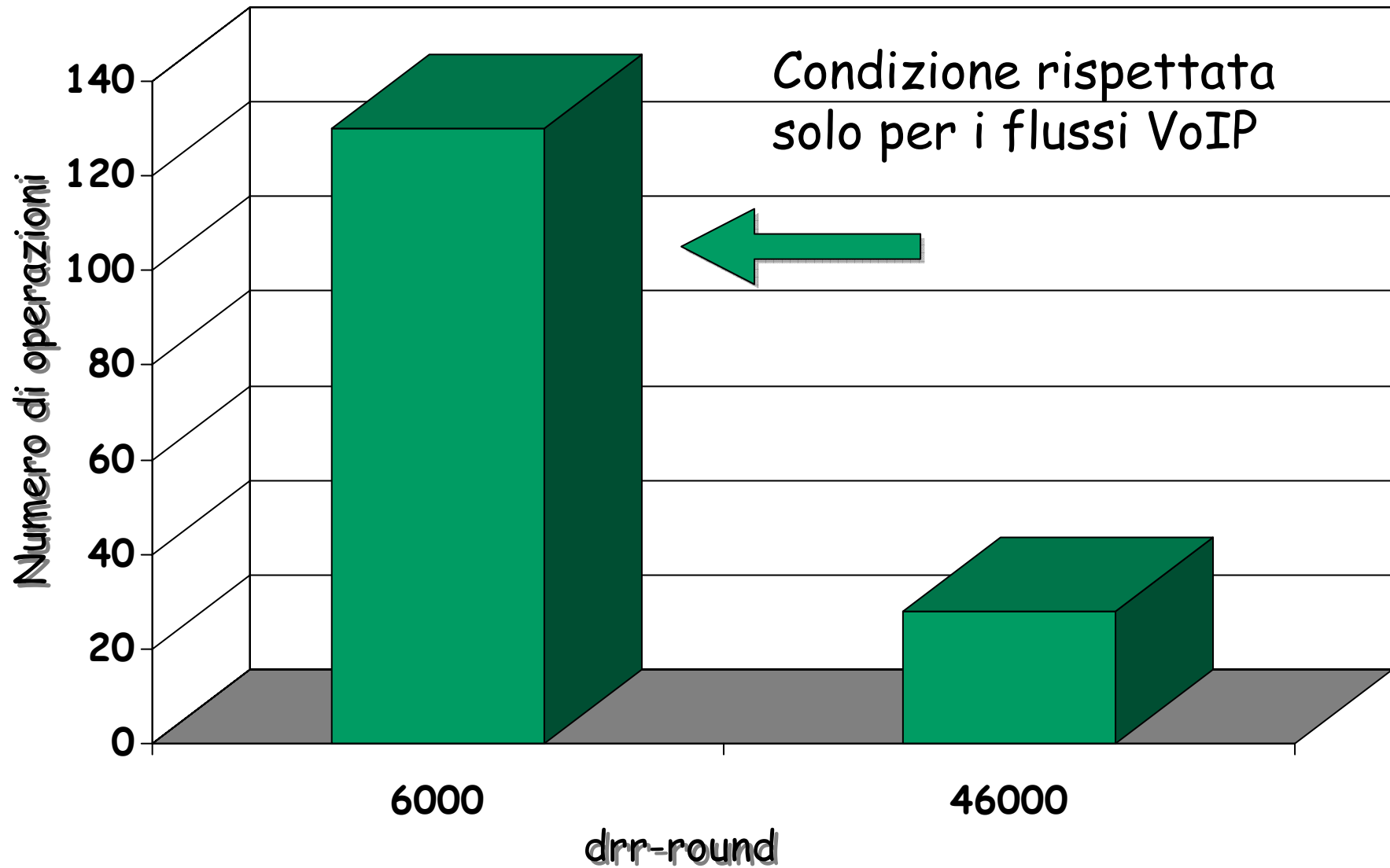
Complessità - $O(1)$ (cont.)

✓ Scenario analizzato:

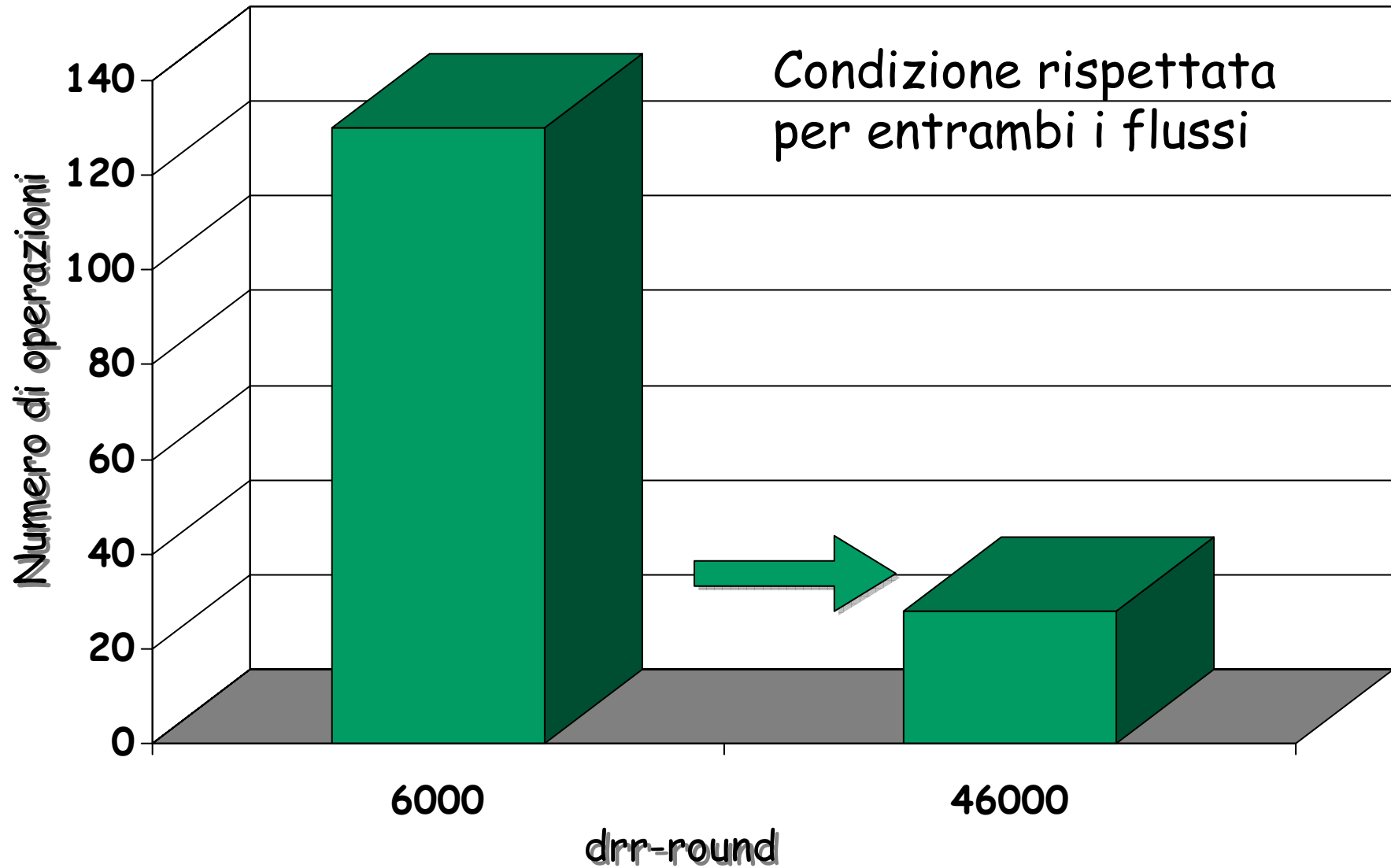
- flussi VoIP serviti con rtPS;
- flussi Internet serviti con BE;
- 30 subscriber station (SS);
- Lunghezza massima del pacchetto **VoIP = 150B**

✓ Per rispettare la condizione precedente si agisce sul parametro TCL **drr-round**

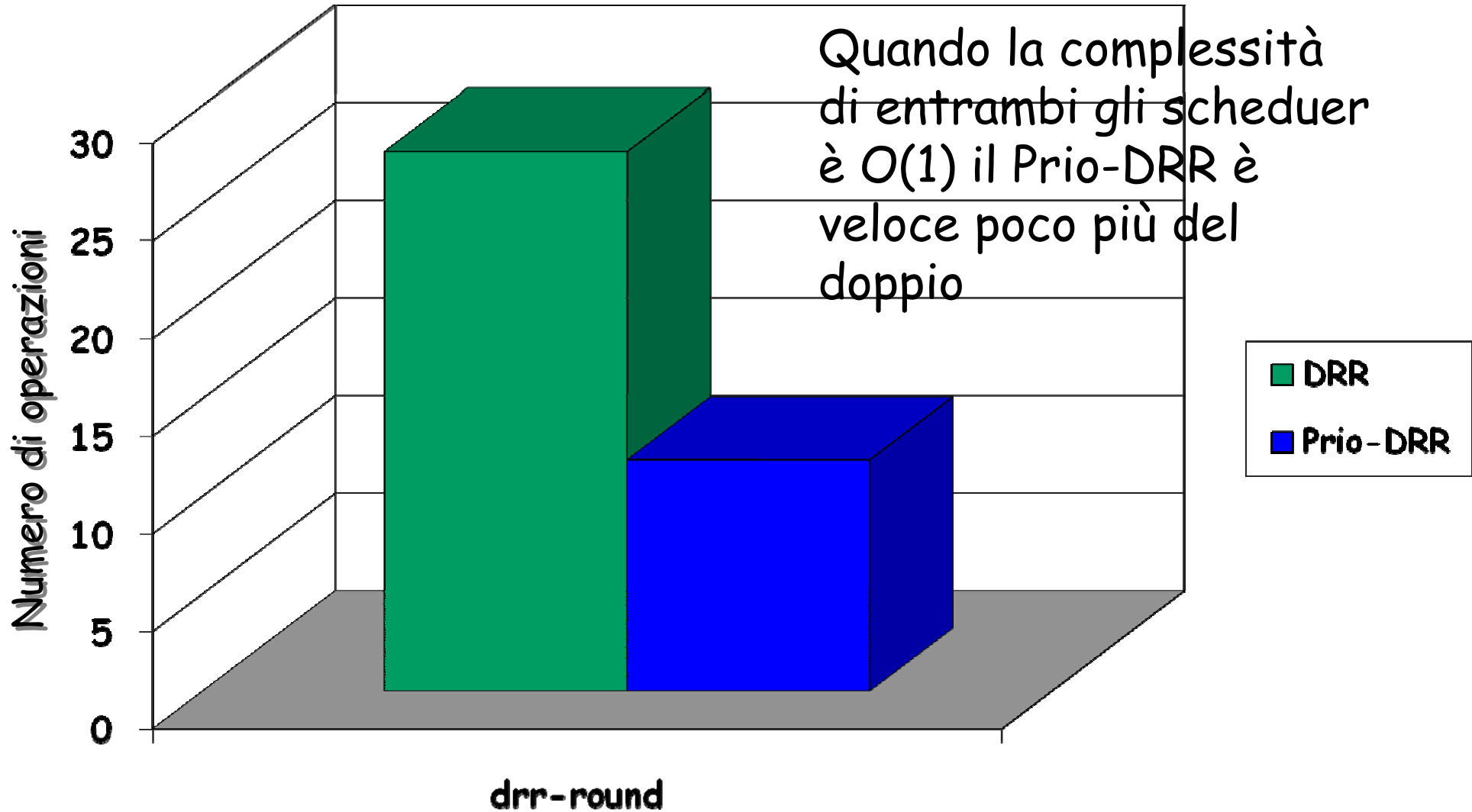
Complessità - $O(1)$ - DRR



Complessità - $O(1)$ - DRR



Complessità - $O(1)$ - DRR vs Prio-DRR



Conclusioni - Complessità

- ✓ Considerando i risultati ottenuti, anche in questo caso conviene utilizzare lo scheduler Prio-DRR
- ✓ Nell'ipotesi che un ISP abbia dei router con risorse computazionali limitate il Prio-DRR risulta più adatto a quest'ultimi

DRR

Conclusioni

Conclusioni DRR vs Prio-DRR

- ✓ Abbiamo analizzato il comportamento dei due scheduler utilizzando:
 - connessioni VoIP servite con rtPS e connessioni Internet servite con BE
 - connessioni VoIP servite con rtPS e connessioni Internet servite con nrtPS
 - connessioni Video servite con rtPS e connessioni Internet servite con BE

- ✓ Infine abbiamo analizzato la complessità

Conclusioni (cont.)

In definitiva i risultati sono stati **sempre** a favore del Prio-DRR