

IEEE 802.16 Point-to-MultiPoint

Valutazione delle prestazioni delle strategie di servizio DRR e WF²Q

Levantesi, Niccolini, Salvatori, Vallati

A.A. 2006/07

Sommario

- ✓ Obiettivi
- ✓ Introduzione - 802.16 PMP
- ✓ Scenario
 - Topologia
 - Traffico
 - Metriche
 - Parametri
- ✓ Condizioni generali di simulazione
- ✓ Simulazioni e analisi dei risultati
- ✓ Conclusioni

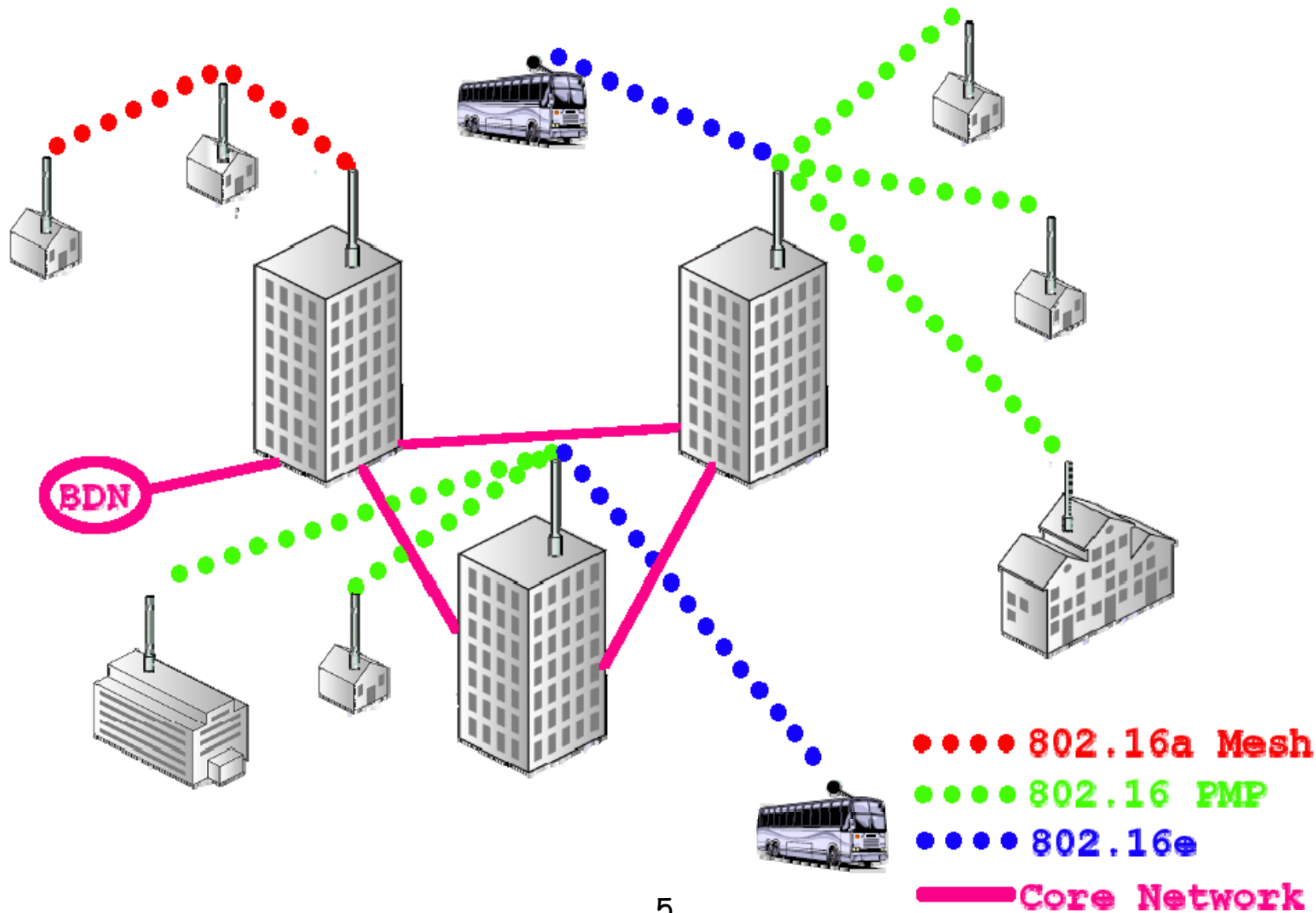
Obiettivi

- ✓ Implementazione dell'algoritmo WF^2Q per lo scheduler della BS (downlink)
- ✓ Analisi delle prestazioni del WF^2Q e del DRR in uno scenario PMP
- ✓ Confronto dei risultati ottenuti

Introduzione - 802.16 PMP

- ✓ Tecnologia wireless per l'accesso a banda larga
- ✓ Nata per la realizzazione di Wireless MAN
- ✓ 802.16e aggiunge componenti per la mobilità delle stazioni
- ✓ **Supporto nativo alla QoS con differenti modalità di servizio**

Introduzione - 802.16 PMP



✓ Livello MAC

- Orientato alla connessione
 - Connessioni unidirezionali
- Accesso al canale controllato dal BS bandwidth scheduler
- Supporto per la QoS:
 - UGS (Unsolicited Grant Service)
 - nrtPS (non real-time Polling Service)
 - rtPS (real-time Polling Service)
 - BE (Best Effort)

WF²Q - Implementazione

- ✓ Implementazione scelta: WF^2Q_+ [1]
 - Stesso comportamento
 - Diverso calcolo del Virtual Time
 - Stessi delay bounds
 - Stessa worst case fair index
 - Semplicità di implementazione
 - ❖ Start time e finish time assegnati per flusso anziché per pacchetto
 - Minore complessità
 - ❖ In funzione dell'algoritmo per la ricerca del minimum start time

[1] Hierarchical Packet Fair Queueing Algorithms - *Jon C. R. Bennett Hui Zhang*

WF²Q - Implementazione

- ✓ Aggiornamento **virtual time**

$$V = \text{Max} \left\{ \text{Min}_i \{S_i\}, V + \frac{L_i}{\sum \phi_i} \right\}$$

- ✓ Aggiornamento **start e finish time**

$$S_i = \text{Max} \{F_i, V\} \qquad F_i = S_i + \frac{L_i}{\phi_i}$$

- ✓ La complessità risultante varia tra $O(N)$ e $O(\log(N))$

WF²Q - Implementazione

- ✓ L'assegnamento dei pesi avviene in maniera tale da garantire lo stesso servizio offerto dal DRR

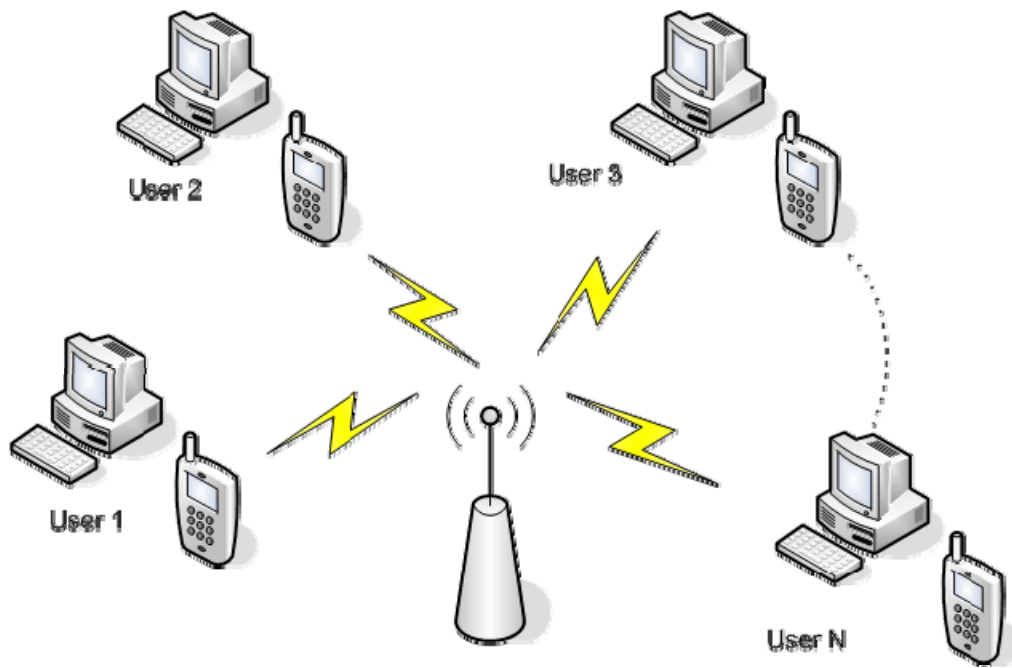
$$\Phi_i = \min \text{ResRate}_i$$

- ✓ Per il traffico Best Effort si è scelto di assegnare il peso pari a 1

Scenario

- ✓ Topologia di rete
- ✓ Tipo di traffico
- ✓ Definizione delle metriche di interesse
- ✓ Pianificazione dei parametri di simulazione

Scenario - Topologia



- ✓ Si focalizza l'attenzione sulle connessioni in direzione *Downlink* (BS → SS)
- ✓ Si suppone di utilizzare la stessa modulazione per tutte le stazioni:
 - QPSK $\frac{1}{2}$ (condizioni di canale peggiori)

Scenario - Traffico

- ✓ Ogni stazione ha due connessioni
 - VoIP
 - codec G.711 (64kbps)
 - No VAD (Voice Activity Detection)
 - QoS Service: rtPS
 - Internet (BWAInternet)
 - Rate medio [56000÷256000] bit/s
 - Dimensione pacchetti 192 bytes
 - QoS Service: nrtPS
- ✓ Tutte le connessioni utilizzano un agente UDP
 - Il modulo BWAInternet genera traffico in funzione di statistiche misurate su una rete reale a livello IP

Scenario - Metriche

- ✓ L'obiettivo è quello di misurare:
 - Ritardo medio dei pacchetti (OWD)
 - Distribuzione del ritardo (OWD_CDF e 95esimo percentile), per connessioni di tipo VoIP
 - Throughput (TPT)
 - Packet Loss (OWPL)

Scenario - Parametri

- ✓ Le misure sono state effettuate al variare dei seguenti parametri:
 - BS Scheduler (DRR, WF²Q)
 - Rate medio delle connessioni Internet
 - Minimum reserved rate delle connessioni Internet
 - Dimensione dei buffer
 - Numero delle stazioni
- ✓ I valori dei parametri sono stati scelti in maniera da rispecchiare il più possibile la realtà

Simulazione - Condizioni generali

- ✓ Sono state effettuate un minimo di 20 ed un massimo di 100 simulazioni per ogni configurazione dello scenario
 - Si è scelto un numero elevato di simulazioni per far fronte alla forte variabilità del traffico Internet
- ✓ La durata di ogni simulazione è di 200 secondi di tempo simulato
- ✓ Si sono esclusi dalle misure i primi 20 secondi di tempo simulato (10% del totale) per evitare eventuali transitori

Simulazione - Condizioni generali

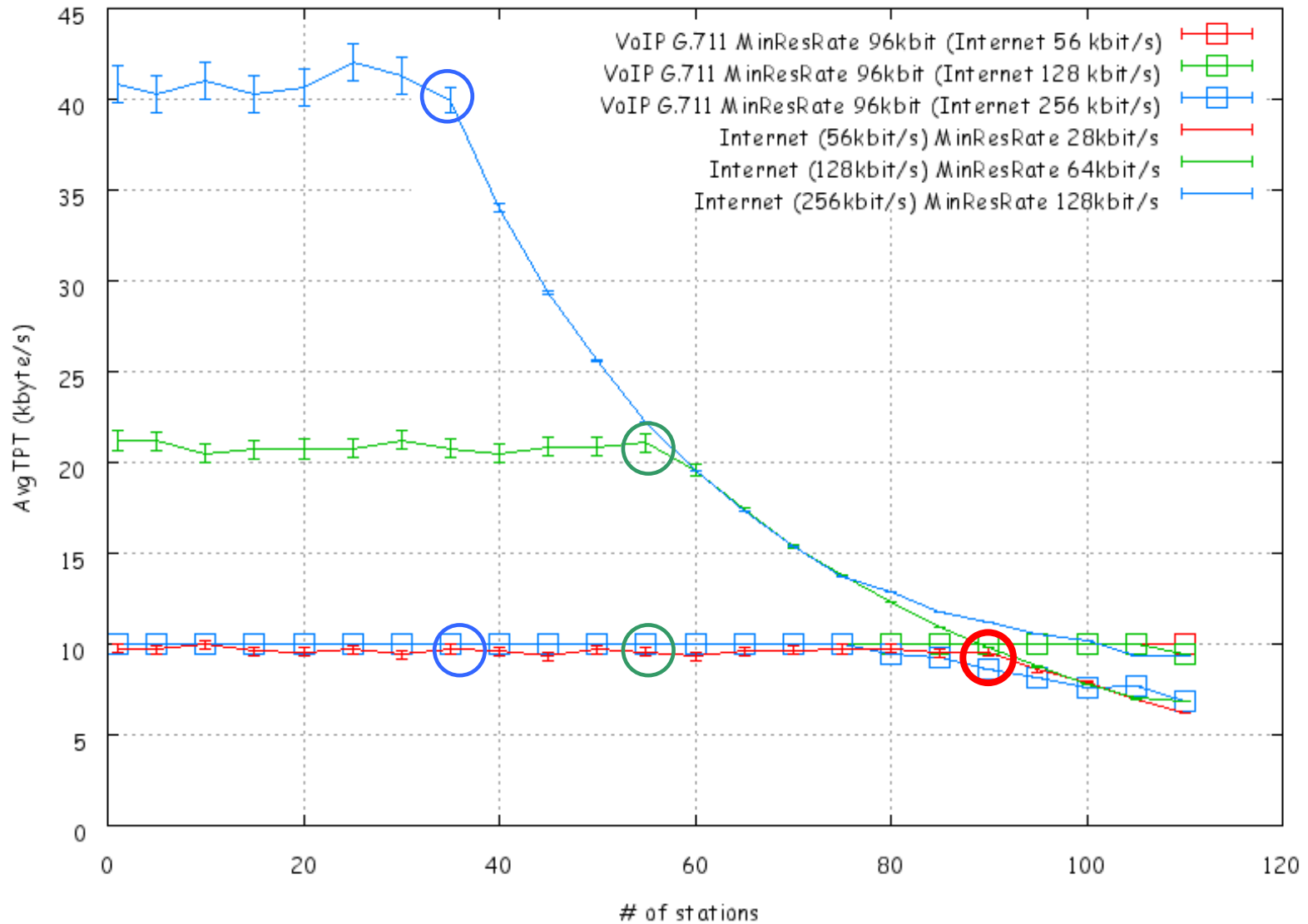
- ✓ Per la raccolta dei campioni è stato utilizzato il modulo **NS2measure** che provvede anche all'inizializzazione dei semi per i generatori (pseudo-random) di traffico
- ✓ Il numero delle stazioni è stato fatto variare da 1 a 110, con passo 5
- ✓ *Monitor* collegato alla prima stazione
 - Per i risultati più importanti sono state ripetute le simulazioni monitorando anche altre stazioni
- ✓ *Tagger* collegato alla Base Station

Scenario 1 - Capacità della rete

- ✓ Obiettivo: Stima della capacità della rete in termini di:
 - Numero di utenti serviti
 - Rate di canale
- ✓ Parametri:
 - Scheduler: DRR
 - Si studia il mezzo fisico: è un parametro indipendente dallo scheduler
 - InternetRate variabile [56,128,256] kbps
 - $\text{InternetMinResRate} = \text{InternetRate} / 2$

Scenario 1 - Throughput

[DRR] Fixed Internet MinResRate, variable Internet Rate



Scenario 1 - Throughput

✓ Rate di canale

- Prendiamo in esame i punti di saturazione contrassegnati.
- Per ognuno si calcola il rate di canale con la seguente formula:

$$\#stazioni \cdot (tpt_internet + tpt_VoIP)$$

RATE [kbit/s]	#stazioni	Tpt_internet [Byte/s]	Tpt_voip [Byte/s]	Rate di canale [kByte/s]
56	90	9582	10000	1762
128	55	21072	10000	1708
256	35	39951	10000	1748

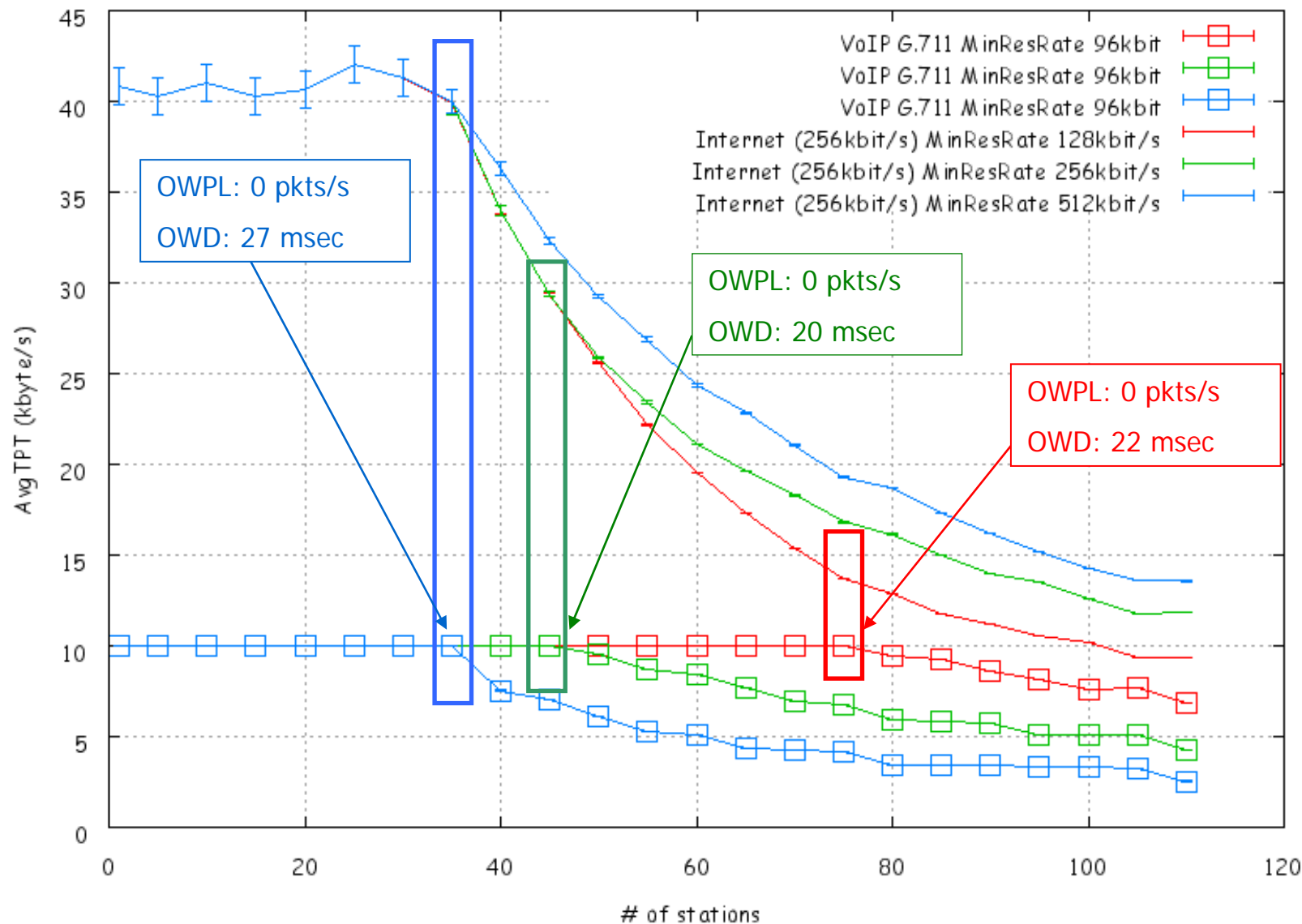
- ✓ Il rate si attesta intorno a **1750 kByte/s**
- ✓ Il risultato è attendibile vista la scelta della modulazione **QPSK $\frac{1}{2}$** che ha il rate di canale più basso.

Scenario 2 - MinReservedRate

- ✓ Obiettivo: Stimare il MinReservedRate, per il traffico Internet, in modo da massimizzare il numero di utenti servibili con una connessione VoIP attiva
- ✓ Parametri:
 - Scheduler: DRR, WF²Q
 - InternetRate 256 kbps
 - InternetMinResRate variabile [0.5;1;2]·InternetRate

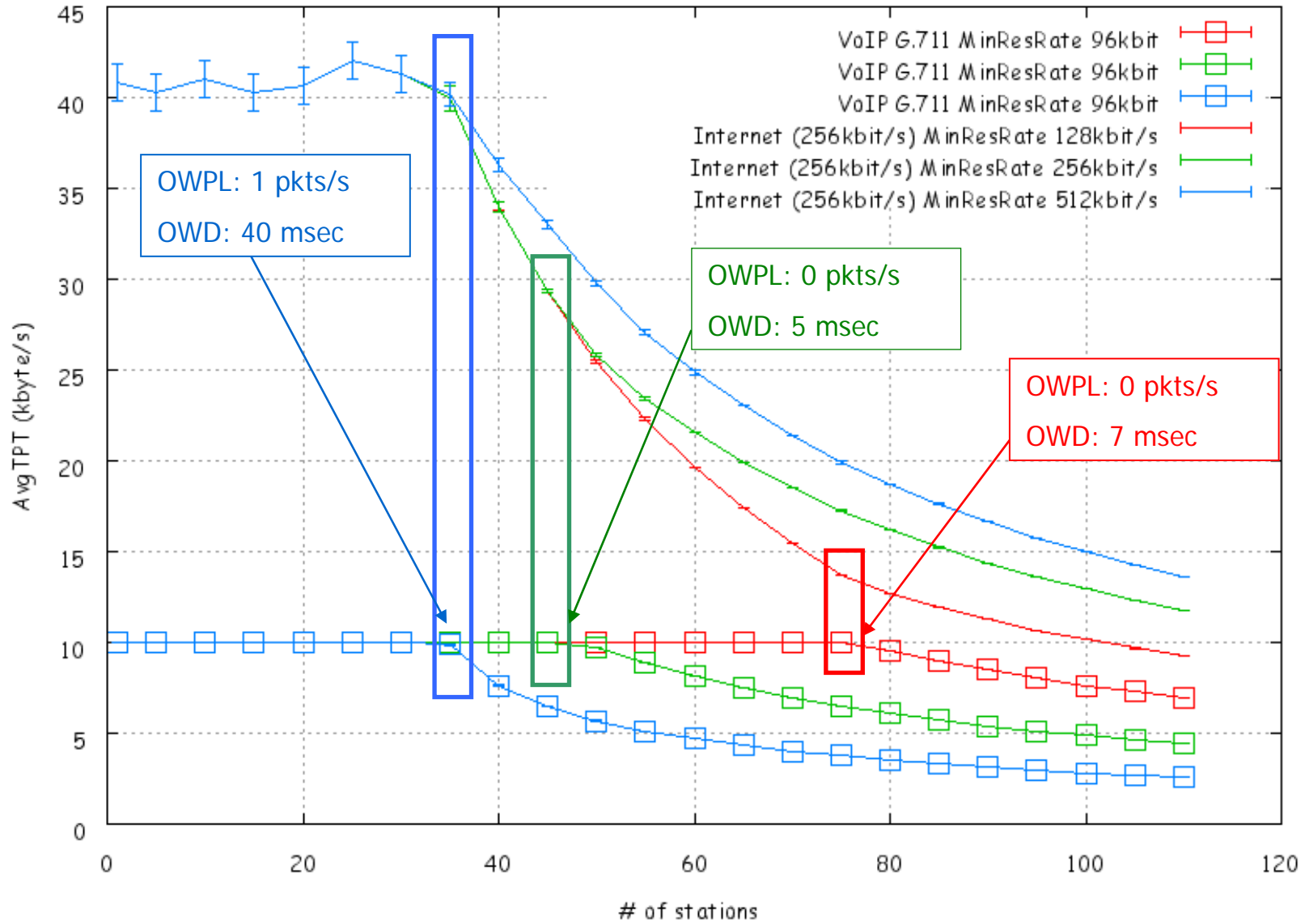
Scenario 2 - Utenti servibili DRR

[DRR] Fixed Internet Rate, variable Internet MinResRate



Scenario 2 - Utenti servibili WF²Q

[WF²Q] Fixed Internet Rate, variable Internet MinResRate



Scenario 2 - Utenti servibili

- ✓ Al variare del MinReservedRate del traffico Internet il numero di utenti servibili varia significativamente:

MinResRate [%]	#utenti	VoIP OWPL [pkts/s]		VoIP OWD [msec]		Internet TPT [kByte/s]	
		DRR	WF ² Q	DRR	WF ² Q	DRR	WF ² Q
50	75	0	0	22	7	13.7	13.7
100	45	0	0	20	5	29.3	29.4
200	35	0	1	27	40	40	40.2

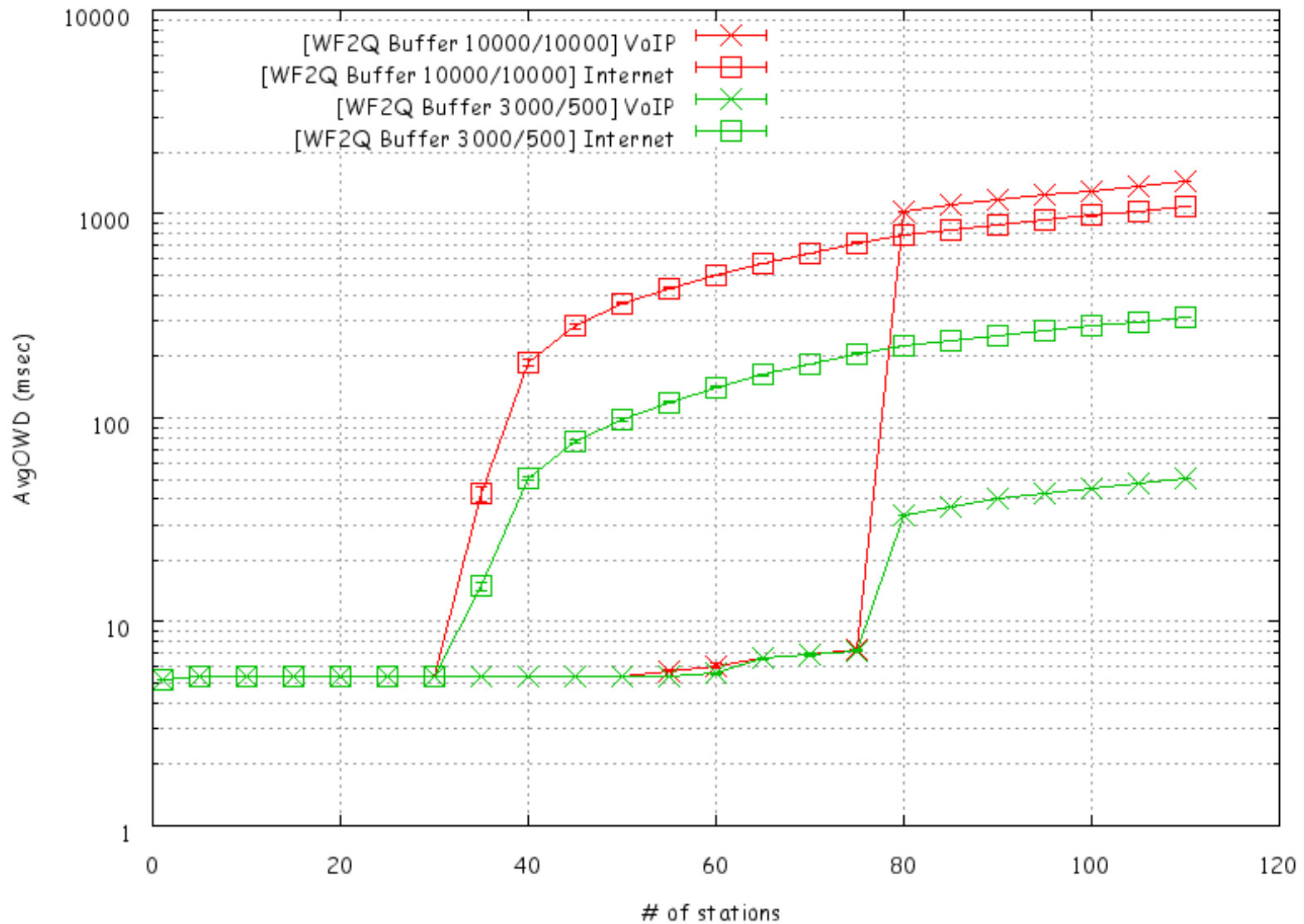
- ✓ Nonostante il traffico Internet sia fortemente penalizzato, utilizzando un MinReservedRate pari al 50% si riesce a gestire un numero di connessioni VoIP considerevolmente maggiore.
- ✓ Per questo motivo, nelle simulazioni successive, si utilizzerà tale valore.
- ✓ Il numero degli utenti serviti è indipendente dallo scheduler.

Scenario 3 - Buffer

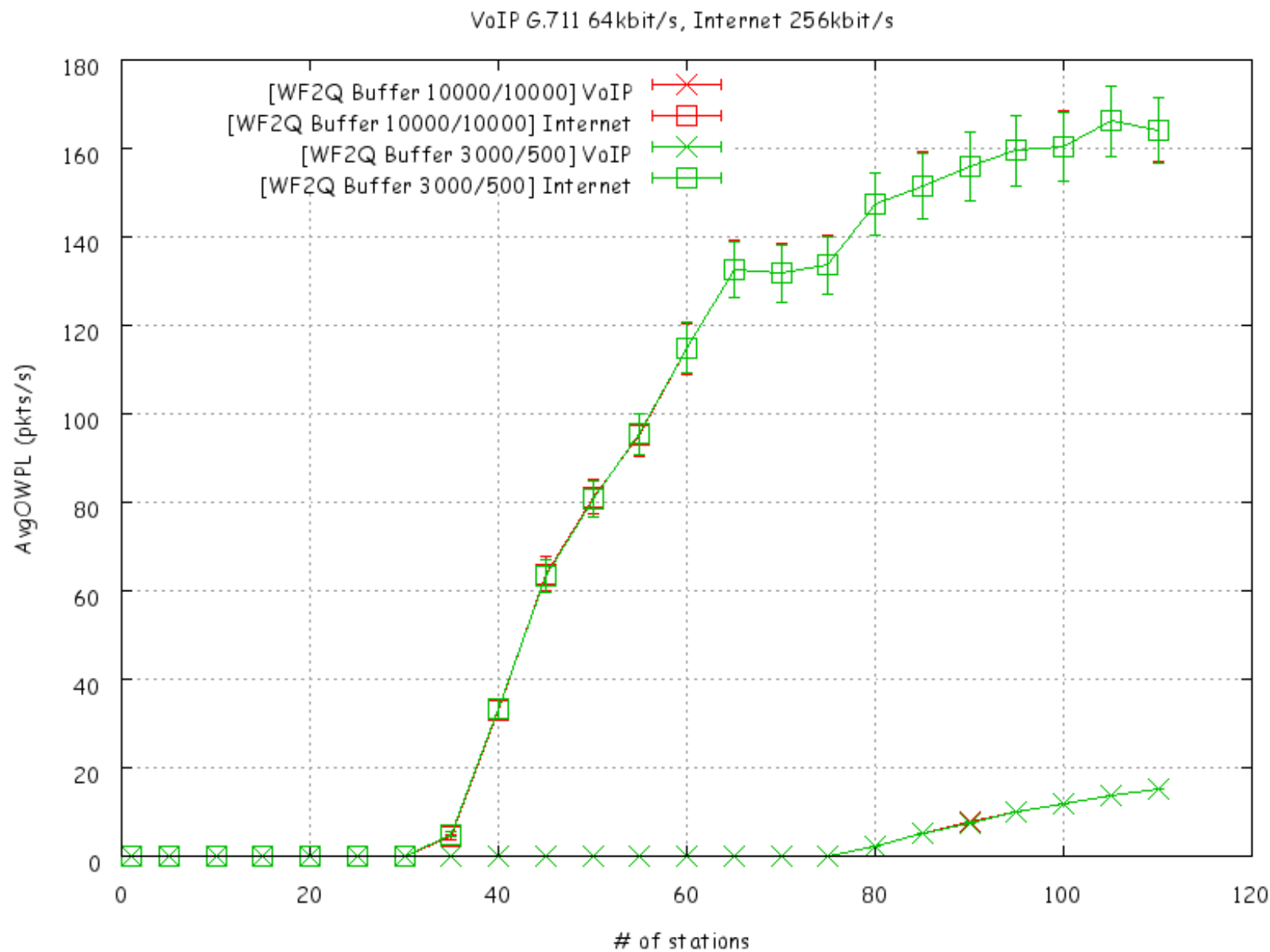
- ✓ Obiettivo: Dimensionamento dei buffer.
- ✓ Parametri:
 - Internet Rate: 256 kbit/s
 - Internet MinReservedRate: fisso 0.5
 - Numero stazioni: 1 ÷ 110
 - Buffer VoIP: [10000,500]
 - Buffer Internet: [10000,3000]
 - Scheduler WF²Q
- ✓ Metriche di interesse:
 - One Way Delay
 - One Way Packet Loss

Scenario 3 - OWD

VoIP G.711 64kbit/s, Internet 256kbit/s



Scenario 3 - OWPL



Scenario 3 - Considerazioni

- ✓ Il buffer ha lo scopo di assorbire eventuali burst di traffico.
- ✓ Al momento della saturazione della rete il contributo maggiore al ritardo è dato dalla permanenza dei dati nel buffer.
- ✓ Per un traffico di tipo CBR, come quello voce, l'uso di un buffer grande:
 - non fa diminuire la packet loss a lungo termine
 - fa aumentare il delay

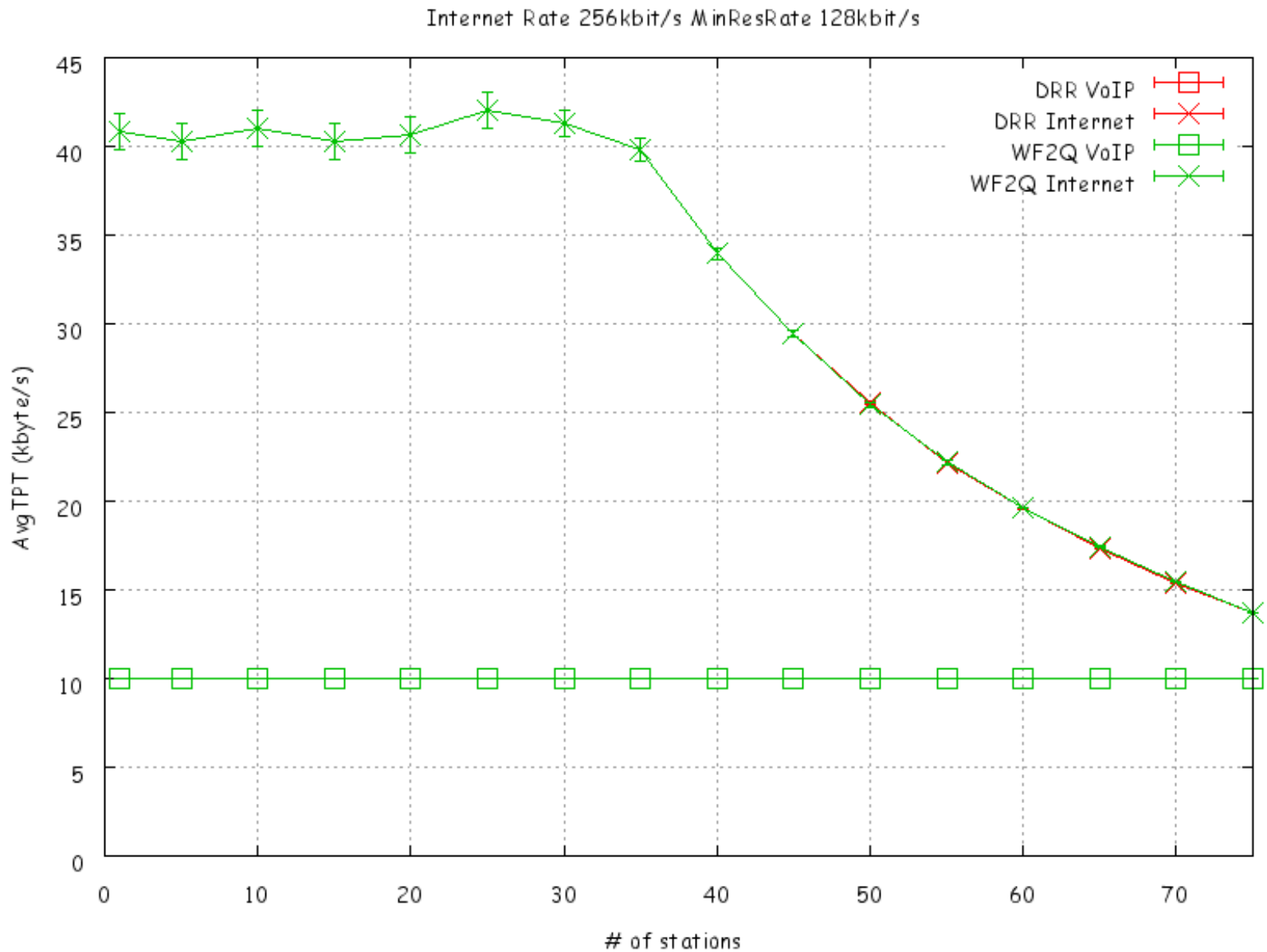
Scenario 3 - Considerazioni

- ✓ Il buffer delle connessioni VoIP può essere quindi dimensionato
 - sulla base del massimo ritardo accettabile per tale traffico
 - in modo da non avere packet loss in condizioni di rete non congestionataal fine di minimizzare l'uso di memoria
- ✓ Nel seguito si utilizzeranno:
 - BufferVoIP= 500 Bytes
 - BufferInternet= 3000 Bytes

Scenario 4 - DRR vs WF²Q

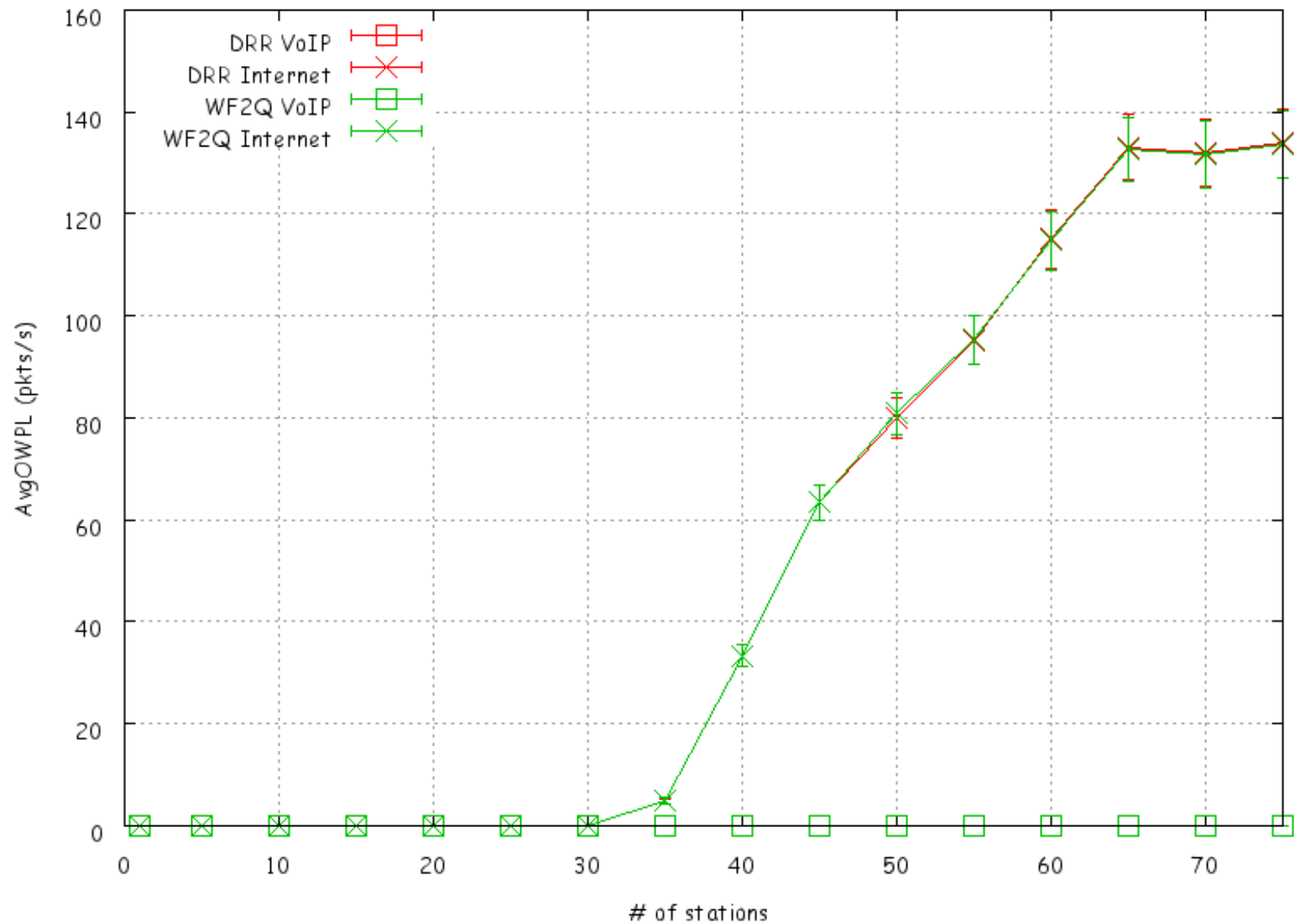
- ✓ Obiettivo: confronto degli scheduler.
- ✓ Parametri:
 - Internet Rate: 256 kbit/s
 - Internet MinReservedRate: fisso 0.5
 - Numero stazioni: 1 ÷ 75
- ✓ Metriche di interesse:
 - Throughput
 - One Way Delay
 - One Way Packet Loss

Scenario 4 - TPT

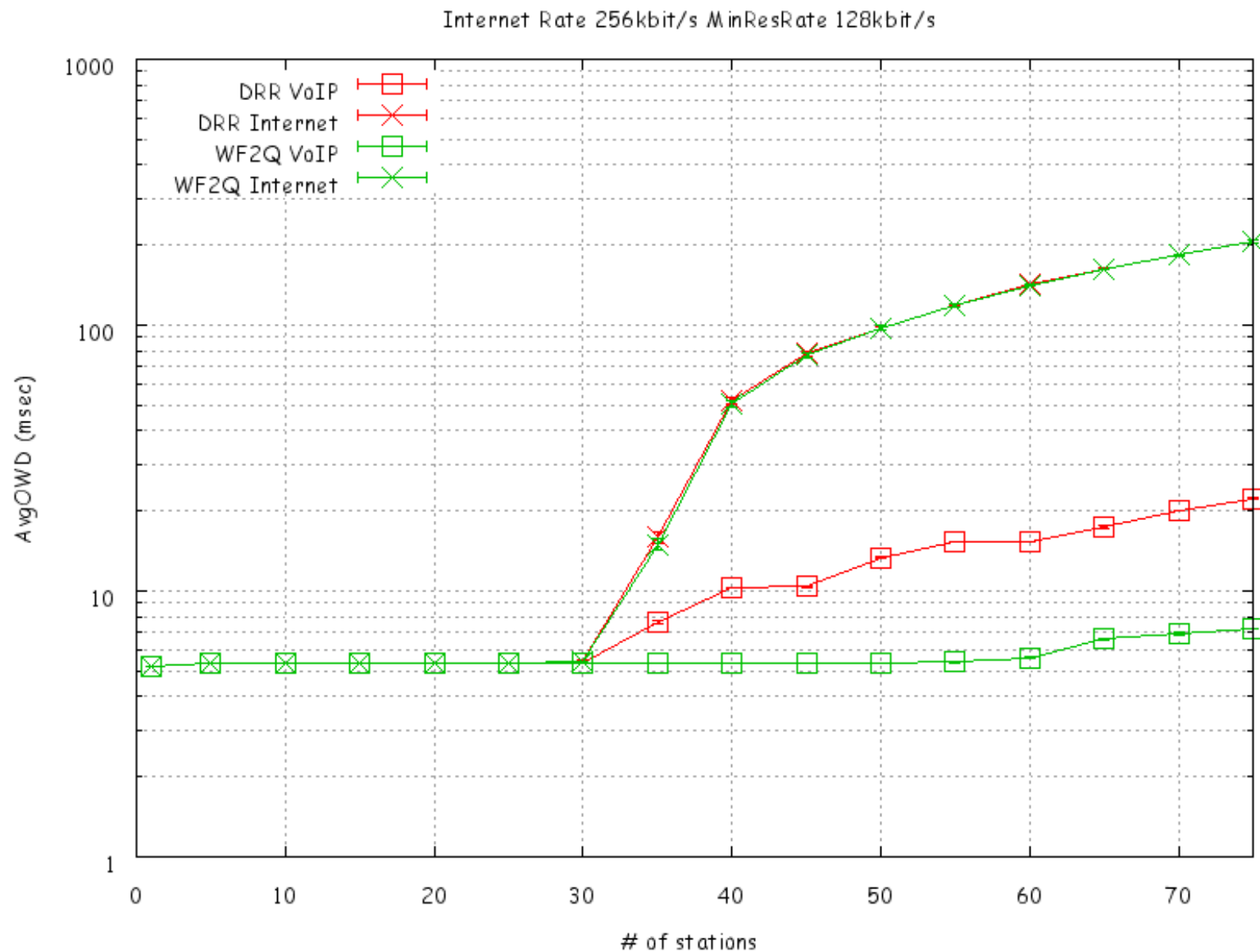


Scenario 4 - OWPL

Internet Rate 256kbit/s MinResRate 128kbit/s



Scenario 4 - OWD

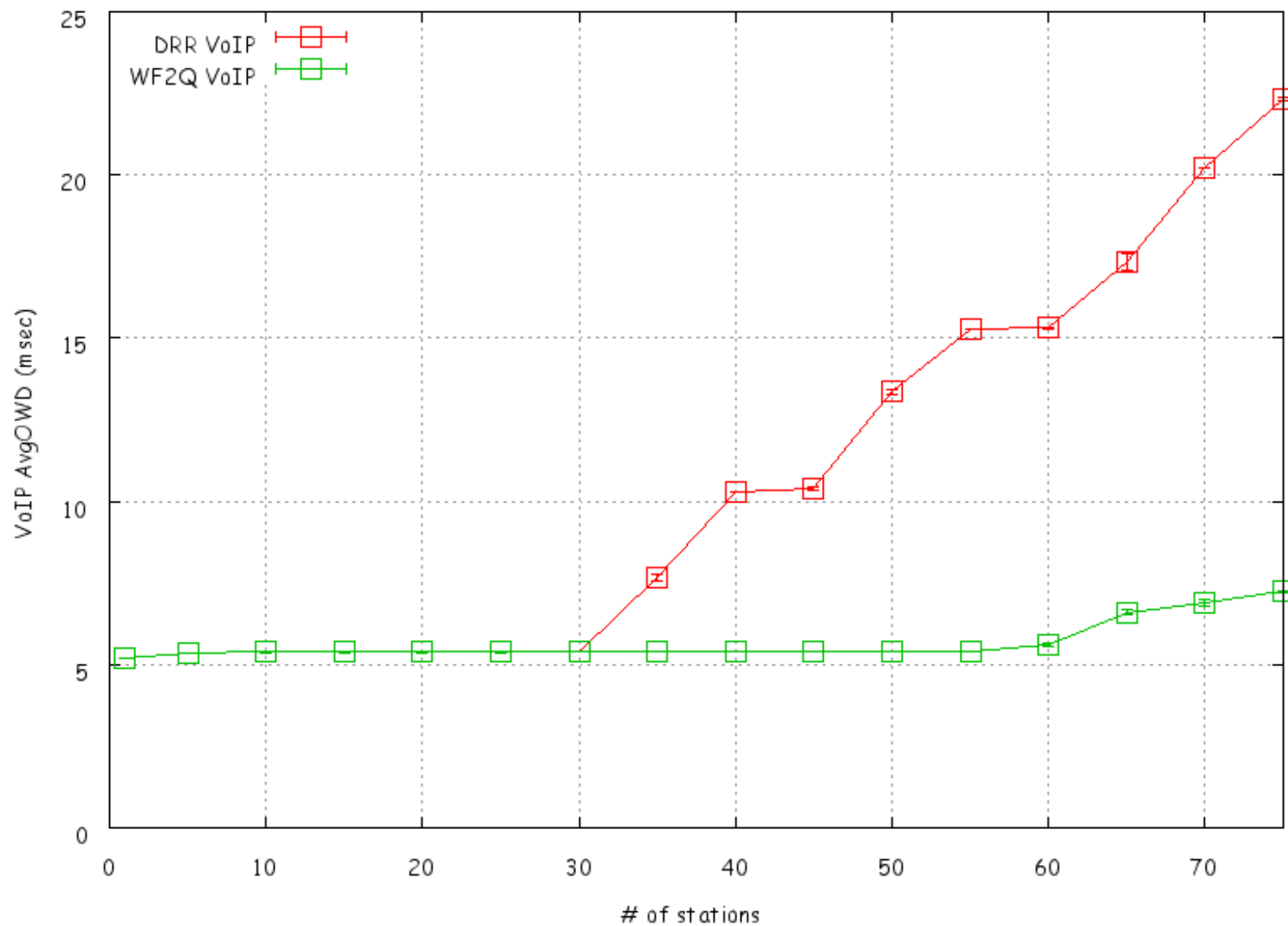


Scenario 4 - Confronto

- ✓ Non si riscontrano differenze significative tra le due strategie di servizio eccetto per il ritardo del traffico voce.

Scenario 4 - OWD VoIP

Internet Rate 256kbit/s MinResRate 128kbit/s



Scenario 4 - Considerazioni

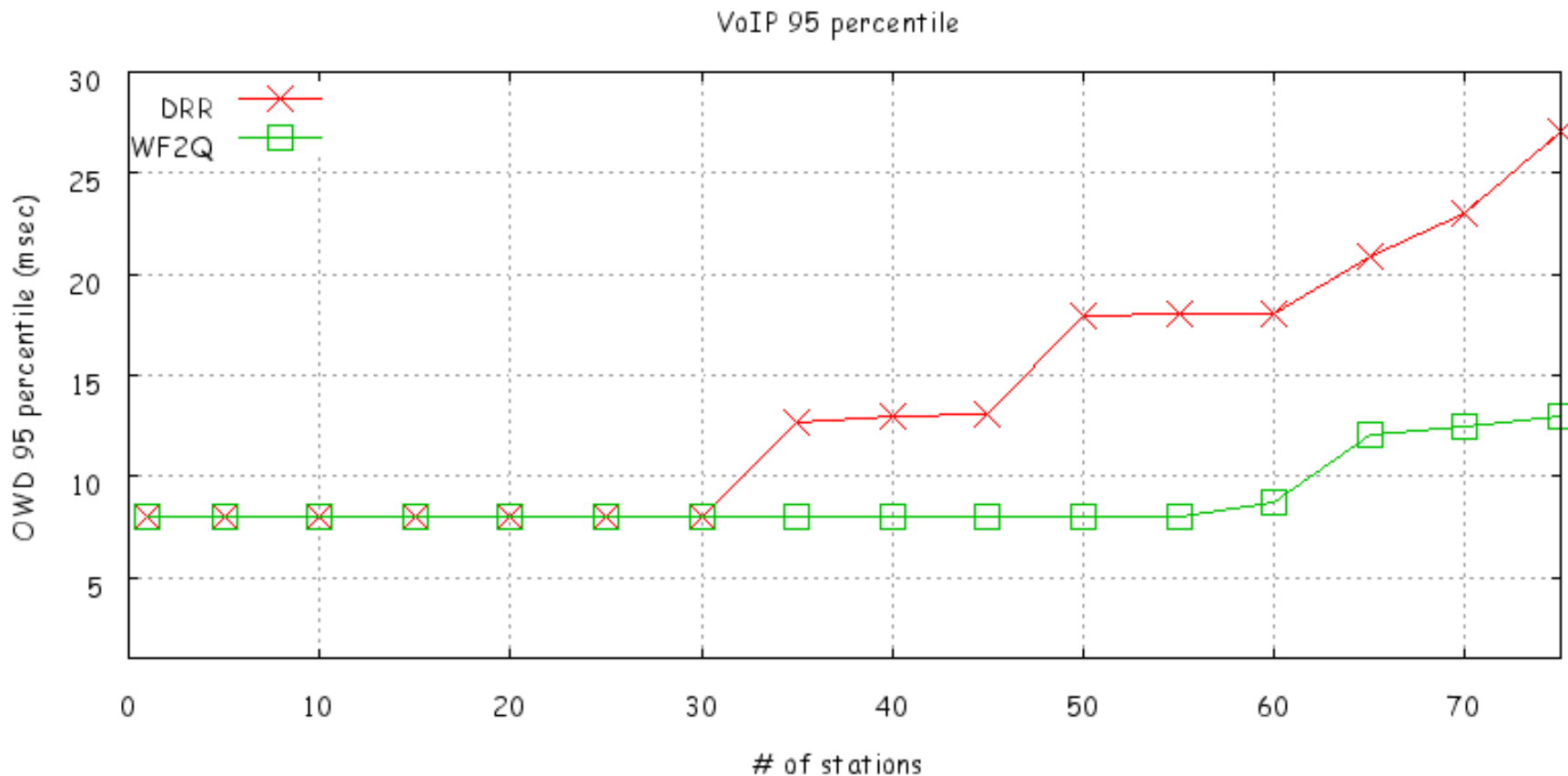
- ✓ Con il WF²Q il traffico voce sperimenta un ritardo minore a partire dal momento in cui la rete diventa sovraccarica.
- ✓ Quando il traffico sulla rete satura la banda disponibile, diventa determinante il ruolo dello scheduler.
- ✓ Entrambi gli scheduler permettono in tale situazione di mantenere un livello di servizio sufficiente da sostenere una connessione VoIP.
- ✓ Il ritardo massimo con il WF²Q è comunque considerevolmente inferiore rispetto a quello del DRR.

Scenario 4 - Motivazioni

- ✓ Il WF²Q è un algoritmo ottimale per l'approssimazione del GPS.
- ✓ Garantisce infatti un ritardo o un anticipo, rispetto al caso ideale, al massimo del tempo necessario alla trasmissione di un pacchetto.
- ✓ Il DRR invece non cerca di approssimare il GPS ma fornisce solamente un servizio equo e work conserving.

Scenario 4 - OWD 95° percentile

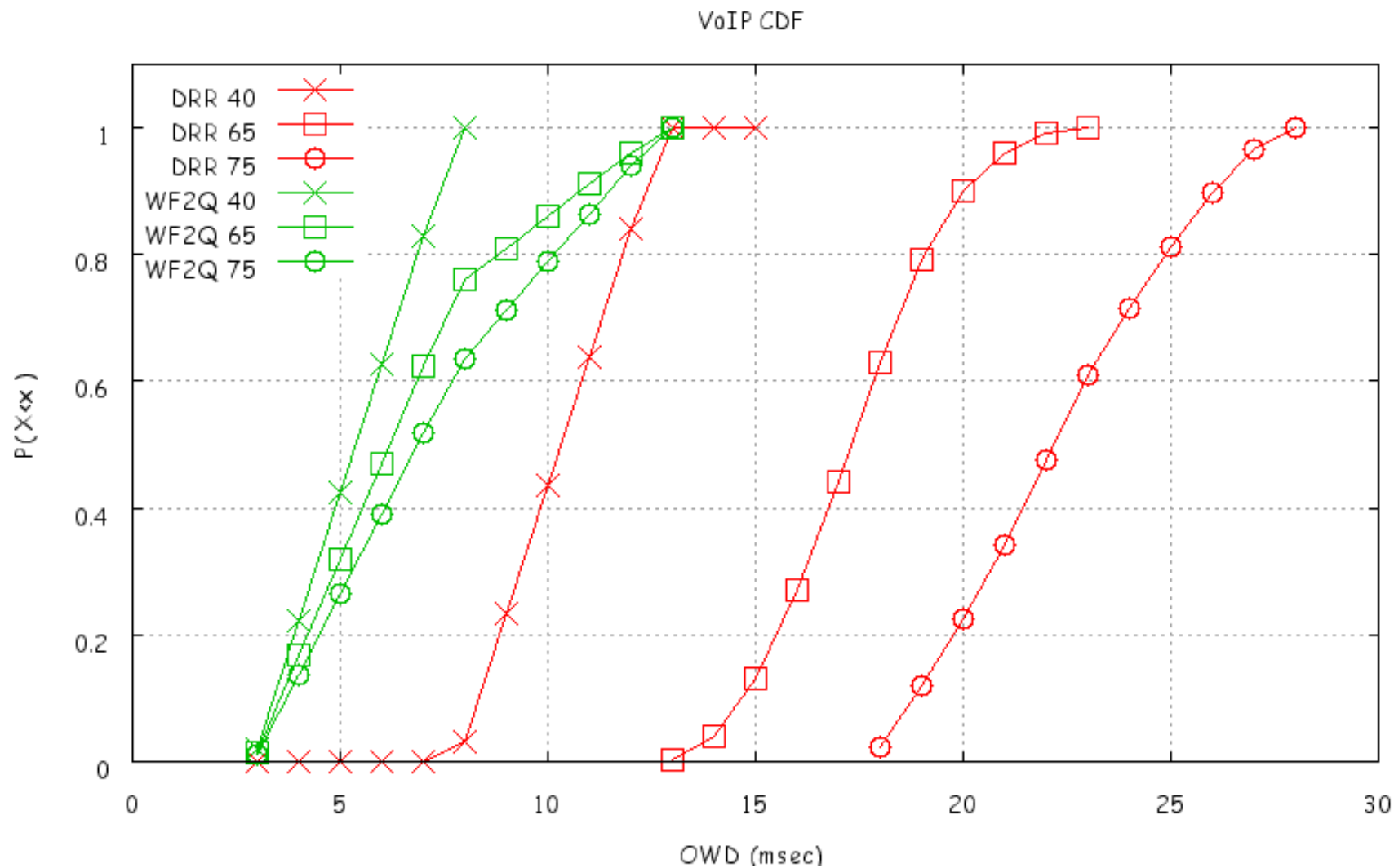
- ✓ Per il traffico voce è significativo analizzare il 95° percentile del ritardo



Scenario 4 - Considerazioni

- ✓ Il 95% dei pacchetti sperimenta un ritardo minore di:
 - 30 msec con DRR
 - 15 msec con WF²Q

Scenario 4 - OWD CDF



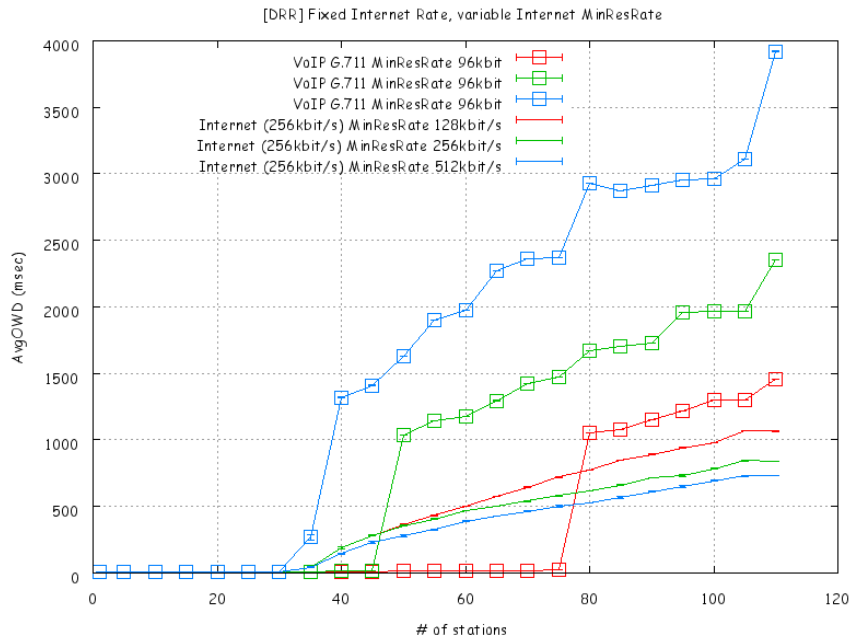
Scenario 4 - Considerazioni OWD CDF VoIP

- ✓ La CDF conferma quanto detto prima
 - Con WF^2Q si sperimentano valori inferiori al DRR
 - La distanza fra le varie distribuzioni, al variare delle stazioni, è minore con il WF^2Q , ciò indica che incrementando il carico il ritardo non aumenta di molto

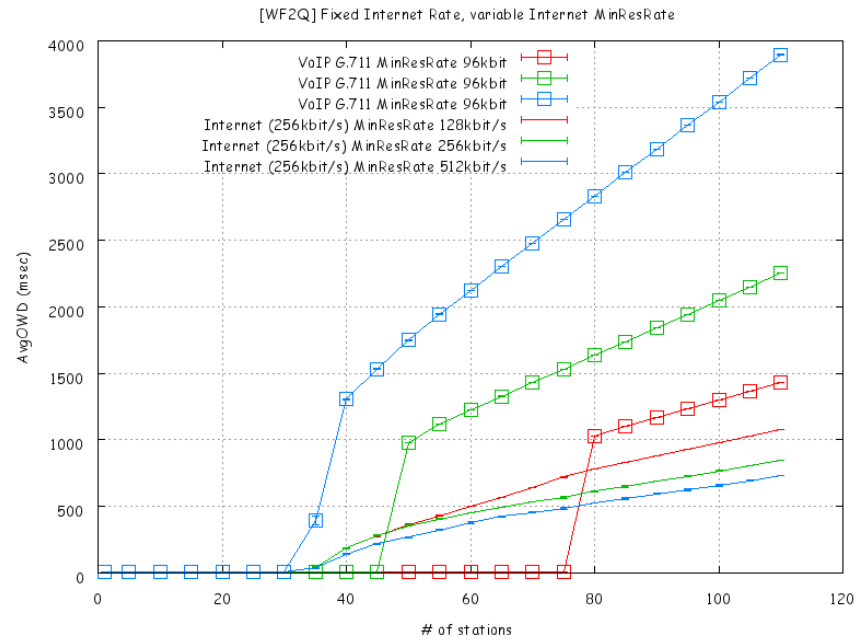
Scenario 4 - Linearità

- ✓ Al variare delle stazioni il WF^2Q ha un andamento più lineare rispetto al DRR
- ✓ I grafici sono generati utilizzando buffers di 10.000 Bytes per evidenziare le differenze

Scenario 4 - Linearità OWD



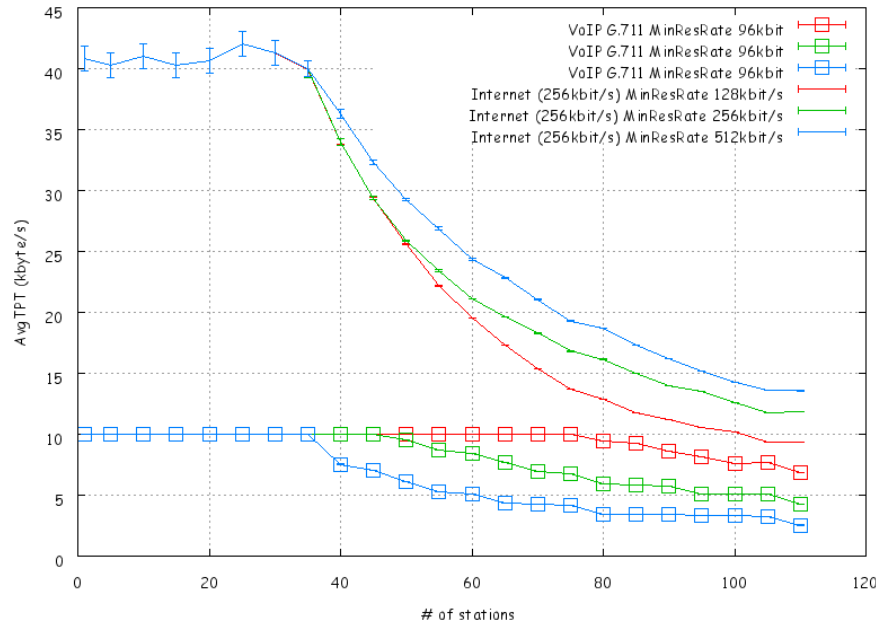
DRR



WF²Q

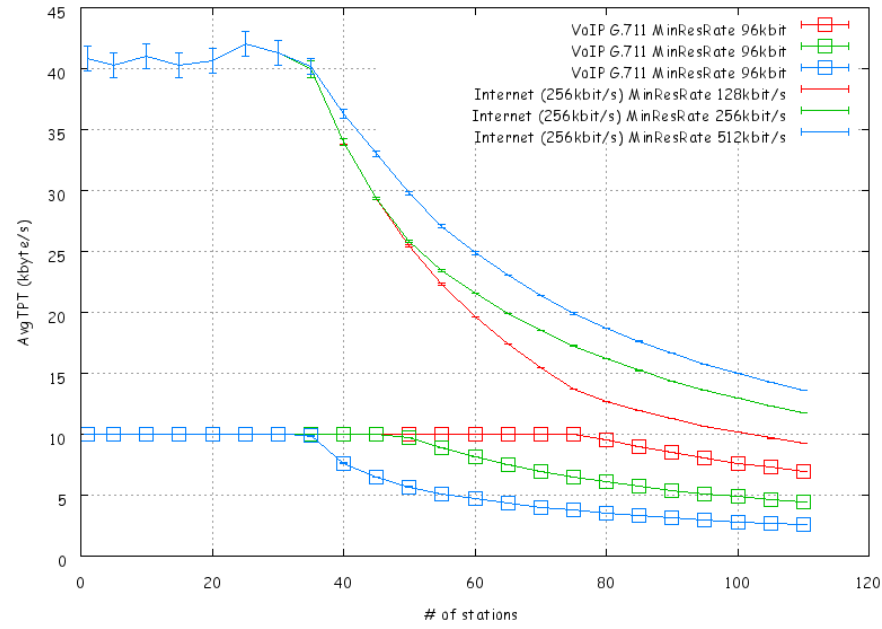
Scenario 4 - Linearità TPT

[DRR] Fixed Internet Rate, variable Internet MinResRate



DRR

[WF2Q] Fixed Internet Rate, variable Internet MinResRate



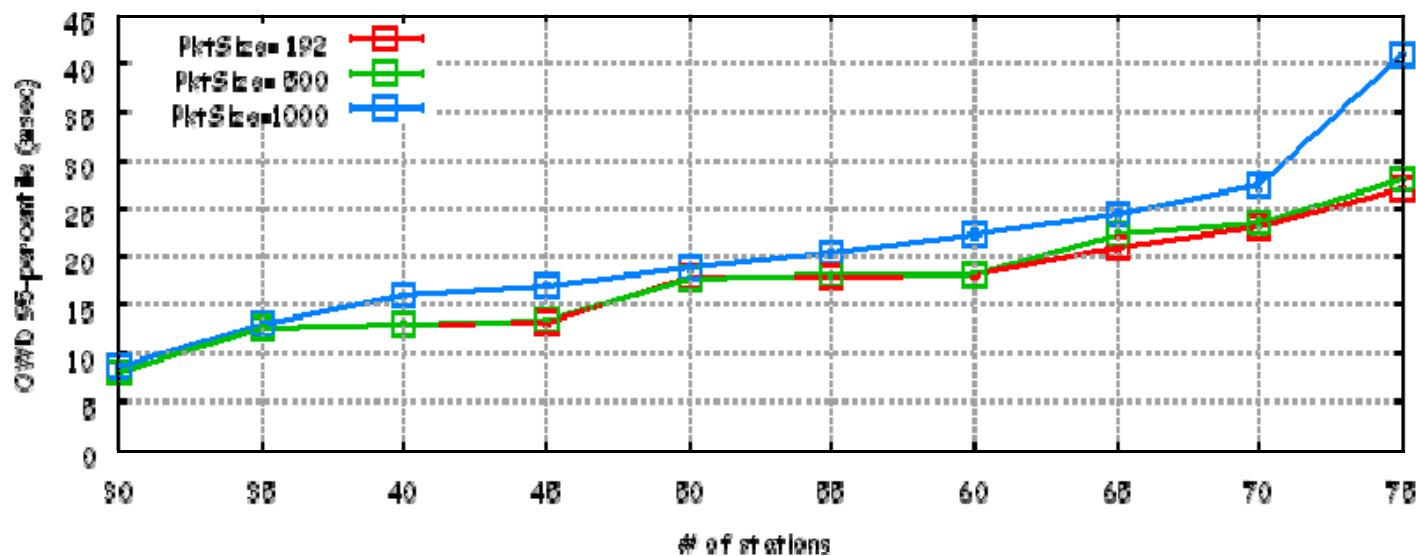
WF²Q

Scenario 5

- ✓ Obiettivi: Studio del comportamento dei due scheduler al variare delle dimensioni pacchetti Internet
- ✓ Parametri:
 - Internet Rate: 256 kbit/s
 - Internet MinReservedRate: fisso 0.5
 - Numero stazioni: 30 ÷ 75
 - Dimensione pacchetti Internet: [192,500,1000] bytes
- ✓ Metriche di interesse:
 - One Way Delay VoIP

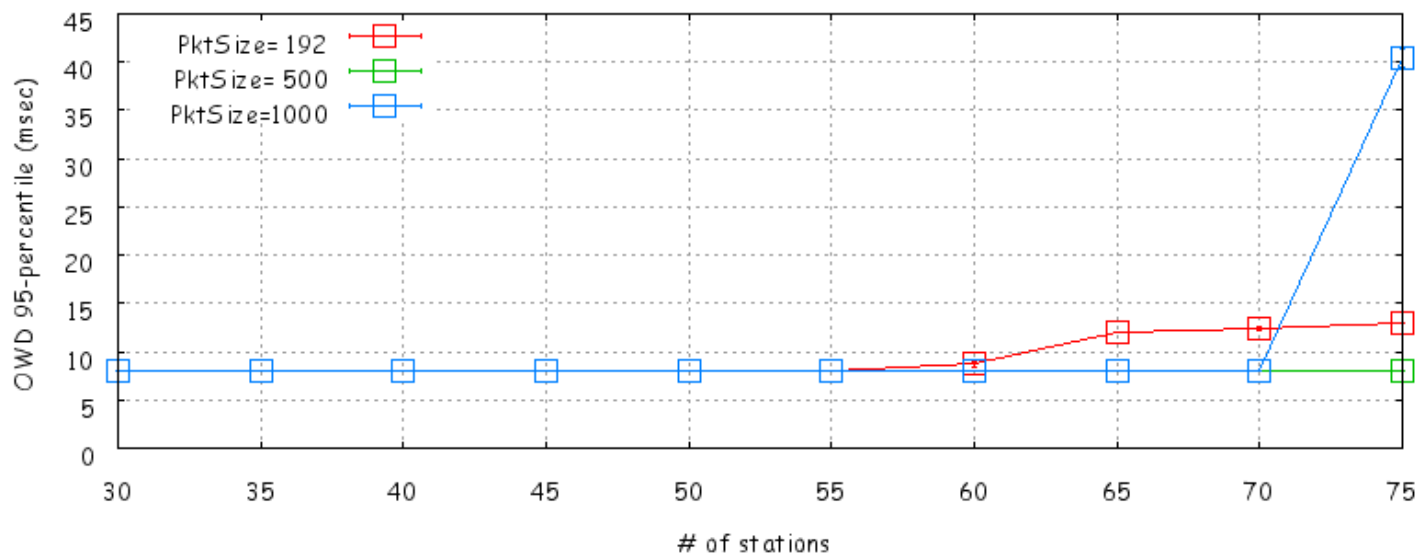
Scenario 5 - OWD 95^o percentile

[DRR] Variable Internet Packet Size



DRR

[WF2Q] Variable Internet Packet Size



WF²Q

Scenario 5 - Considerazioni

- ✓ Si nota un incremento del 95° percentile del Delay con il DRR
- ✓ Il DRR risente maggiormente dell'aumento delle dimensioni della packet size del traffico Internet (di disturbo)

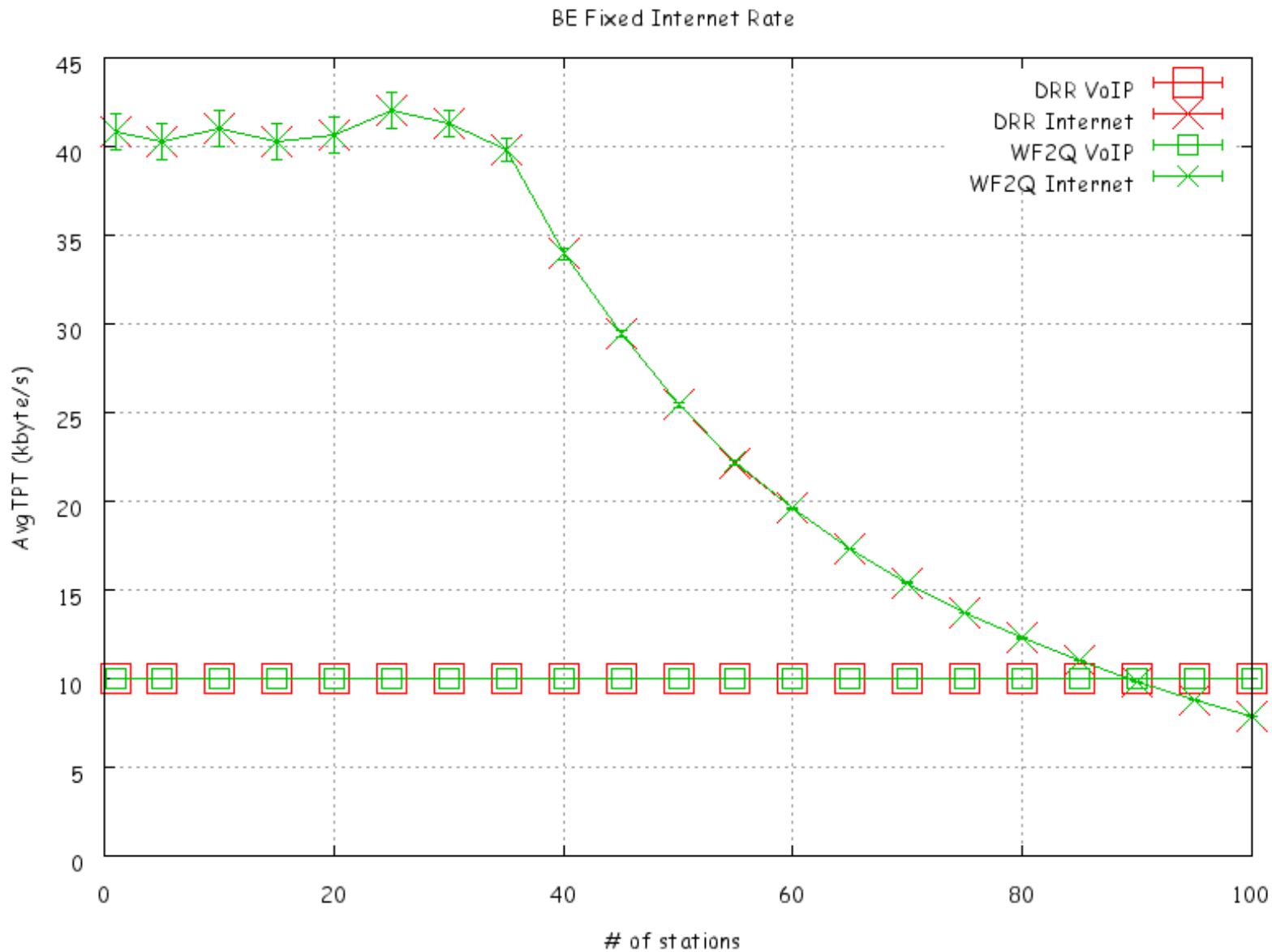
Scenario 5 - Considerazioni

- ✓ Il 95° percentile del Delay con il WF²Q migliora all'aumentare della packet size
- ✓ Il WF²Q privilegia i pacchetti di dimensione minore
- ✓ La lunghezza del pacchetto infatti influenza il calcolo dello start e finish time associato ad un flusso
- ✓ Il WF²Q spedisce prima pacchetti con start time minore

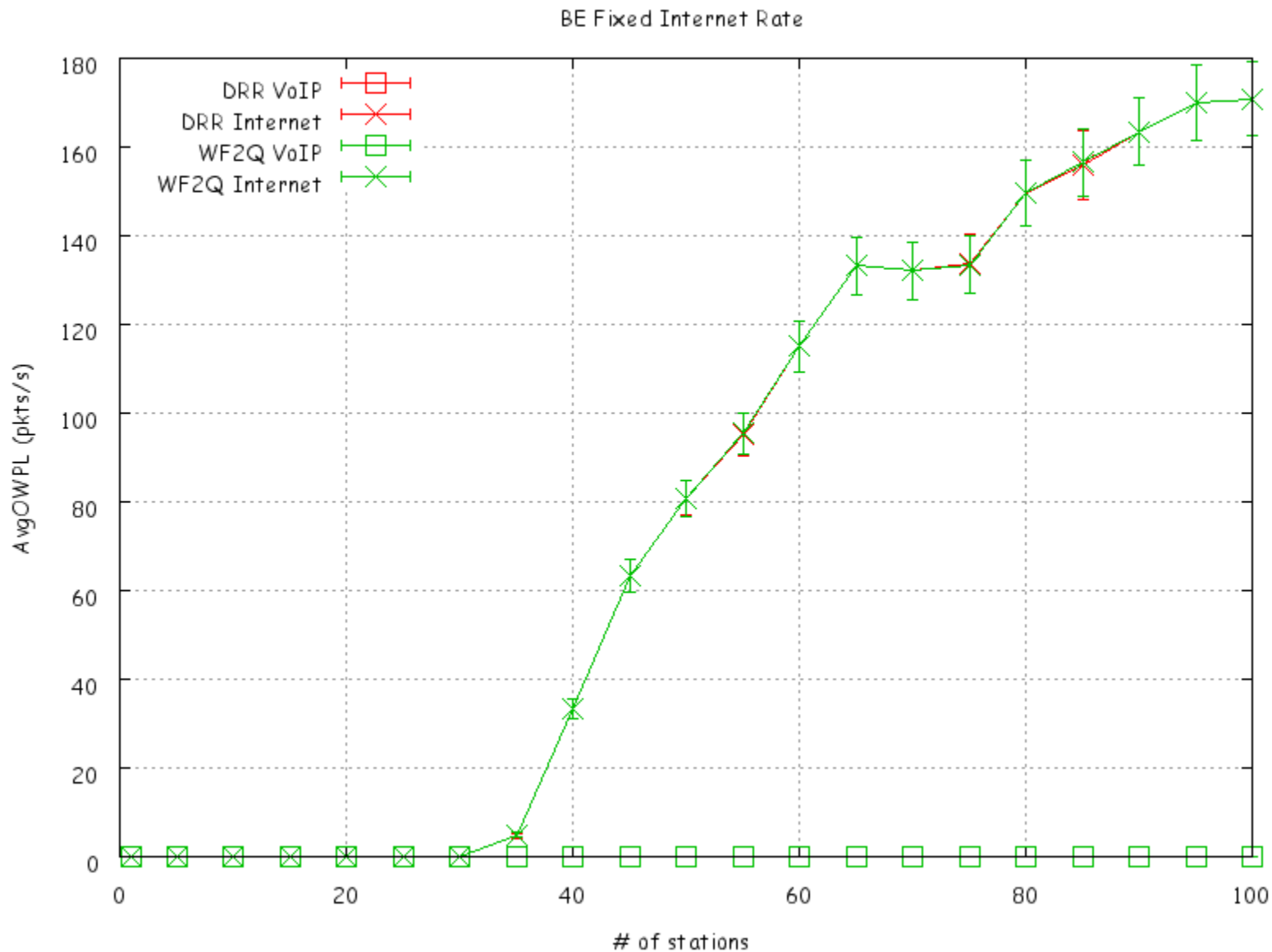
Scenario 6

- ✓ Obiettivi: studio del comportamento dei due schedulers con traffico Internet mappato su BE
- ✓ Parametri:
 - Internet Rate: 256 kbit/s
 - Numero stazioni: 1 ÷ 100
- ✓ Metriche di interesse:
 - Throughput
 - One Way Delay
 - One Way Packet Loss

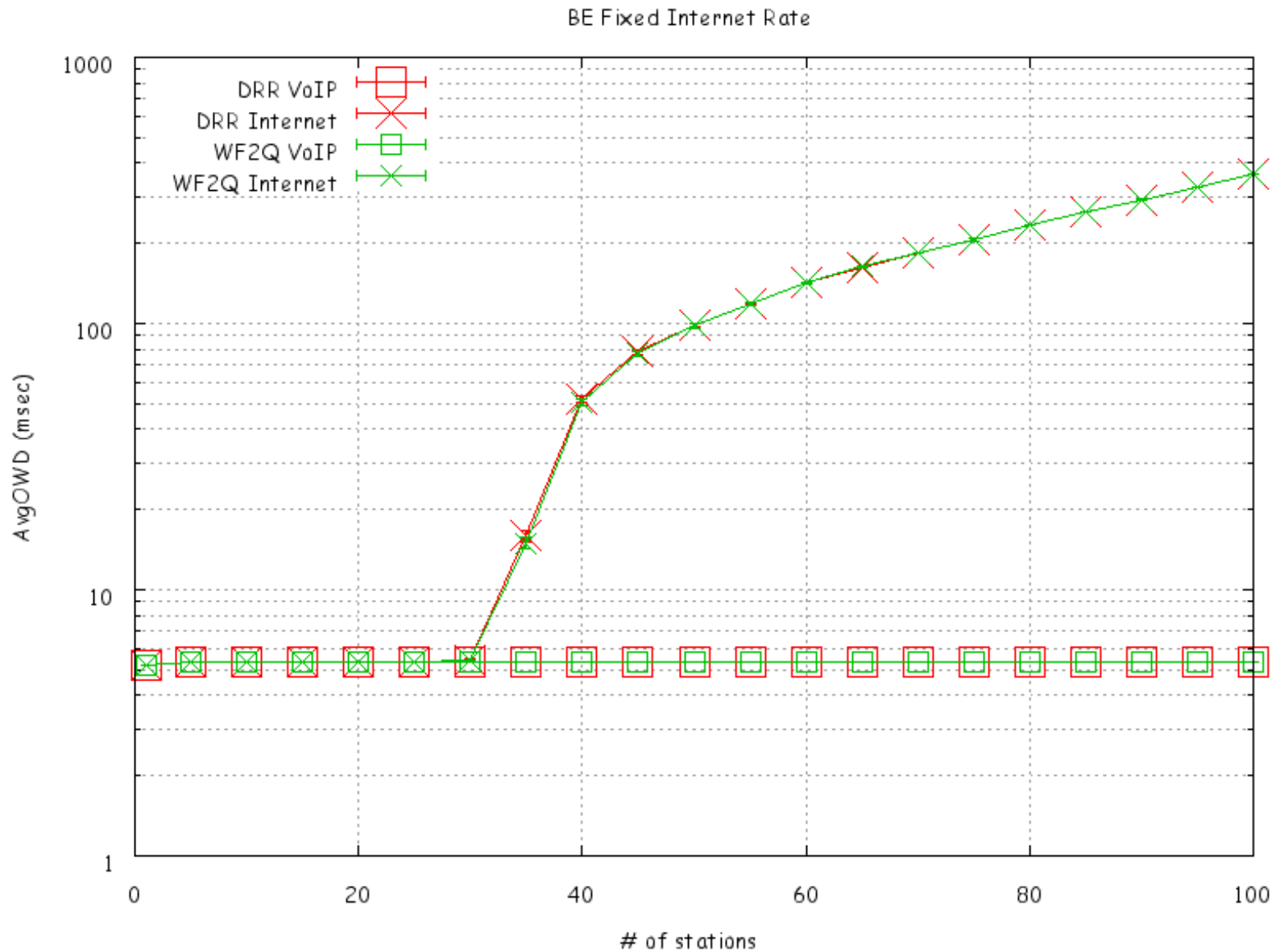
Scenario 6 - TPT



Scenario 6 - OWPL



Scenario 6 - OWD



Scenario 6 - Considerazioni

- ✓ Il traffico Internet non influenza il traffico VoIP
- ✓ Il comportamento dei due scheduler è identico
- ✓ In questo caso si preferisce usare il DRR per la sua minore complessità

Conclusioni

- ✓ Come atteso:
 - le prestazioni del WF²Q sono superiori a quelle del DRR
 - Minor delay
 - Andamento più regolare
 - la complessità computazionale del WF²Q è maggiore
 - gli scheduler garantiscono l'isolamento dei flussi di traffico
- ✓ Un operatore può operare sul reserved rate per migliorare le prestazioni della rete