

---

# IEEE 802.16 Point-to-MultiPoint

---

Stefano Abbate

Daniel Cesarini

Michela Fazzolari

Mariantonietta Noemi La Polla

---

# Sommario

- ✓ Obiettivi
- ✓ Introduzione allo standard 802.16
- ✓ Scenari
- ✓ Simulazioni e analisi dei risultati
  1. Set up
  2. Traffico VoIP e CBR
  3. Traffico VoD e CBR
  4. Traffico VoIP, VoD e CBR
- ✓ Conclusioni

# Obiettivi

- ✓ Analisi delle prestazioni dell'algoritmo di scheduling DRR utilizzato nell'ambito di uno scenario 802.16 Point-to-MultiPoint
- ✓ Confronto delle prestazioni al variare del tipo di traffico e del numero di stazioni connesse alla stazione base

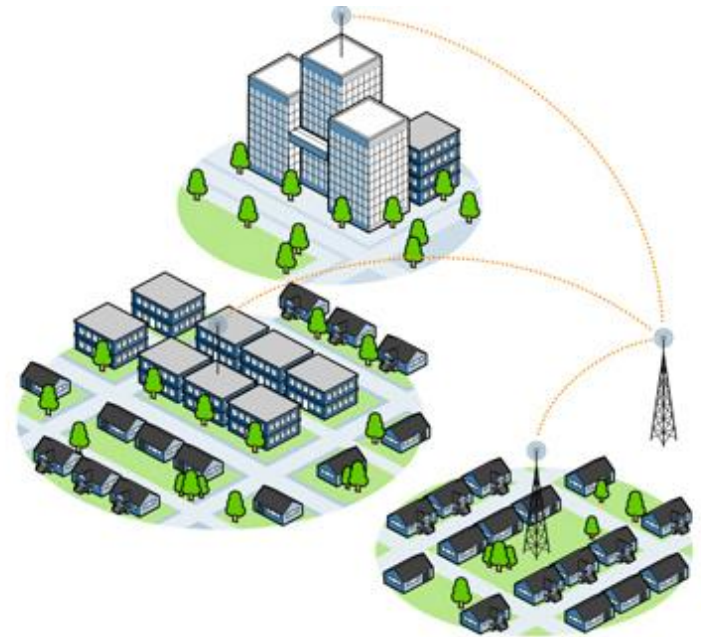
---

# Scenari

- ✓ Topologia della rete
- ✓ Tipo di traffico
- ✓ Metriche utilizzate
- ✓ Parametri di simulazione

# Topologia

- ✓ Nelle simulazioni si è analizzato il comportamento di una rete composta da una BS e un numero variabile di SS
- ✓ Le connessioni considerate sono di tipo *uplink* e *downlink*
- ✓ La modulazione utilizzata per la trasmissione è di tipo QPSK  $\frac{1}{2}$  (worst case)



# Tipi di traffico

- ✓ VoIP – Traffico voce *full-duplex* con Codec GSM.AMR
- ✓ VoD – Traffico video-streaming *simplex* (solo *downlink*)
- ✓ CBR – Traffico *full-duplex* a bit-rate costante
- ✓ Il rapporto nodo-connessione è 1:1

Parametri	VoIP	VoD	CBR
Data Rate	4Kbps-64Kbps	5Kbps-384Kbps	0.01Mbps-100Mbps
Traffic Flow	Real-Time continuous	Continuous, bursty	Non-real-time, bursty
Packet loss	<1%	<1% for audio <2% for video	0
Delay variation	<20ms	<2sec	N/A
Delay	<200ms	<250ms	Flexible

# Metriche

- ✓ One-Way Average Delay (e2e\_owd\_a)
- ✓ MOS (voip\_e2e\_mos)
  - Qualità della comunicazione VoIP
- ✓ Packet Loss (e2e\_owpl)
  - Qualità stream VoD

---

# Parametri

- ✓ VoIP
  - VoIP Polling
  - VoIP Aggregate
- ✓ VoD
  - VoD Polling
  - VoD Buffer
  - VoD Reserved
  - VoD MaxBurst



---

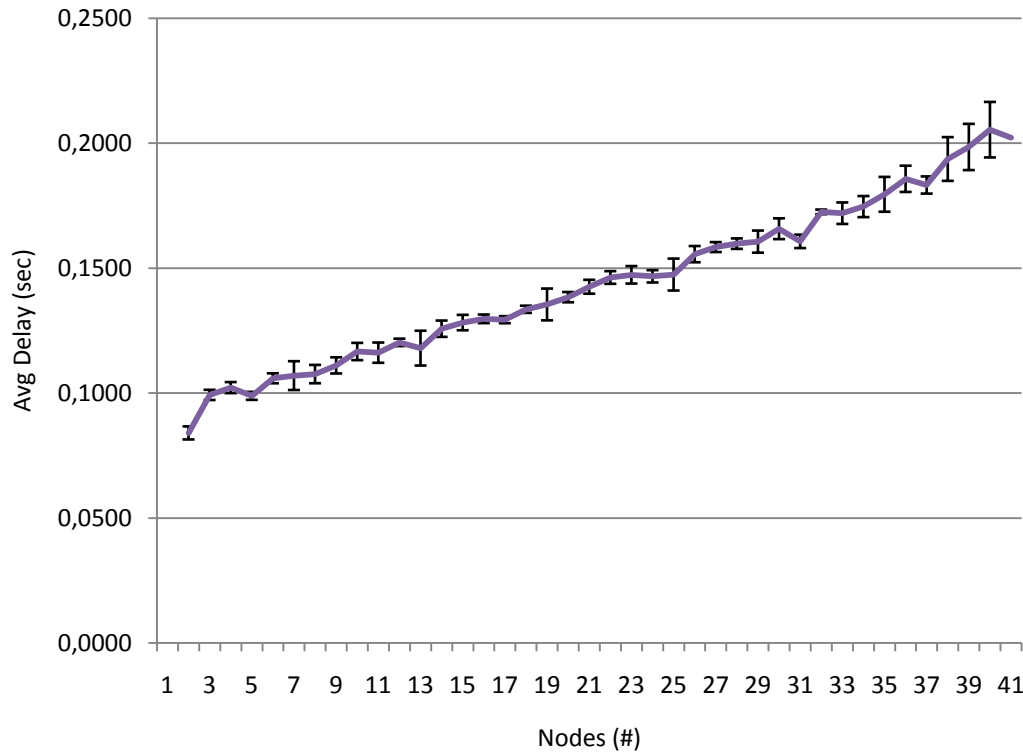
# Scenari di Set up

# Set up

- ✓ Durata simulazione
- ✓ Warm up time
- ✓ Numero max di nodi VoIP
- ✓ Numero max di nodi VoD
- ✓ Numero max di nodi VoIP e VoD (scenari misti)

# Set up – Durata simulazione

## Scenario 101 - VoIP durata 50 secondi



ondi

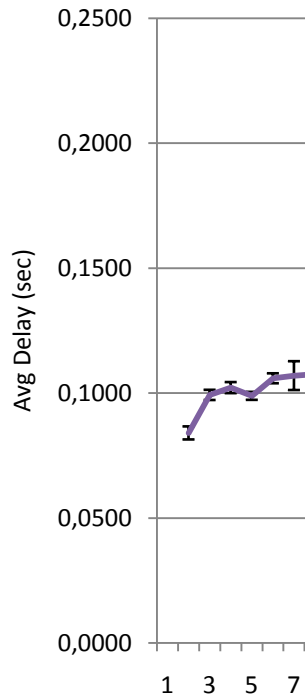
di

Nodes (#)

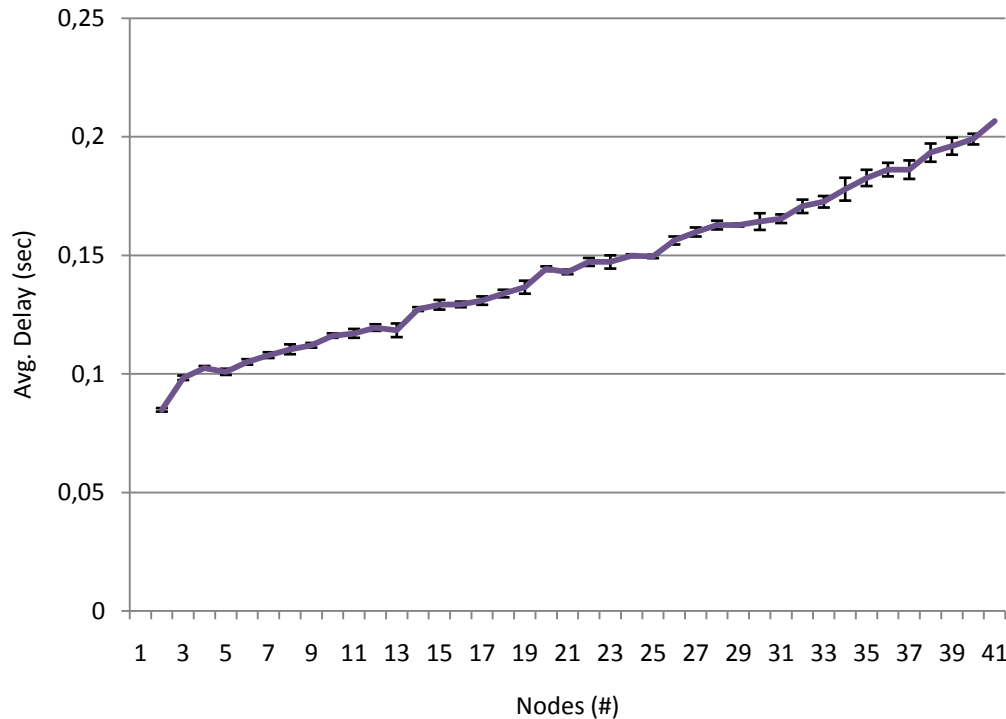
Nodes (#)

# Set up – Durata simulazione (Cont.)

## Scenario 101 - VoIP durata 50 secondi



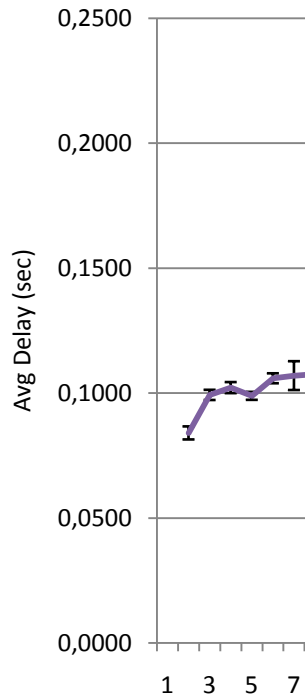
## Scenario 102 - VoIP durata 100 secondi



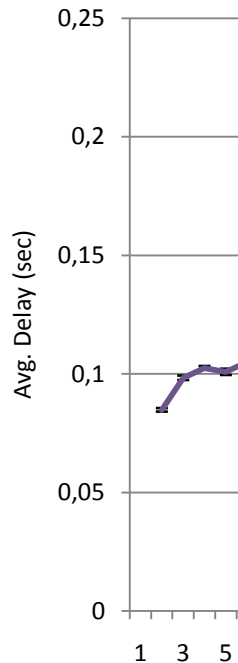
Nodes (#)

# Set up – Durata simulazione (Cont.)

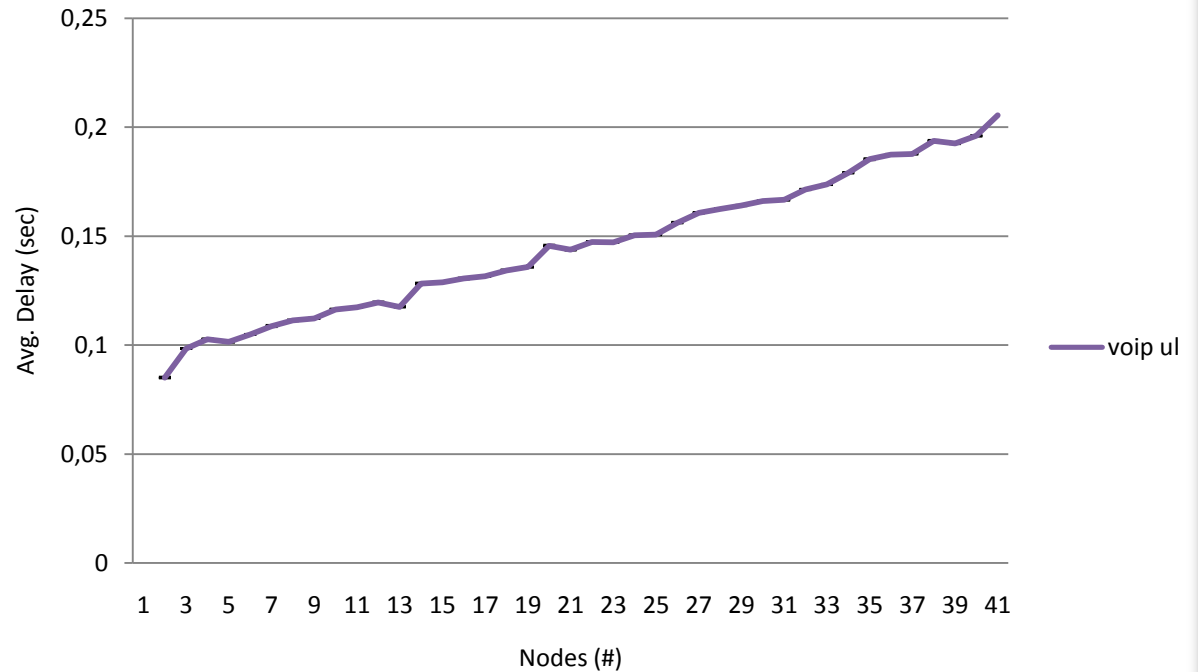
## Scenario 101 - VoIP durata 50 secondi



## Scenario 102 - VoIP durata 100 secondi

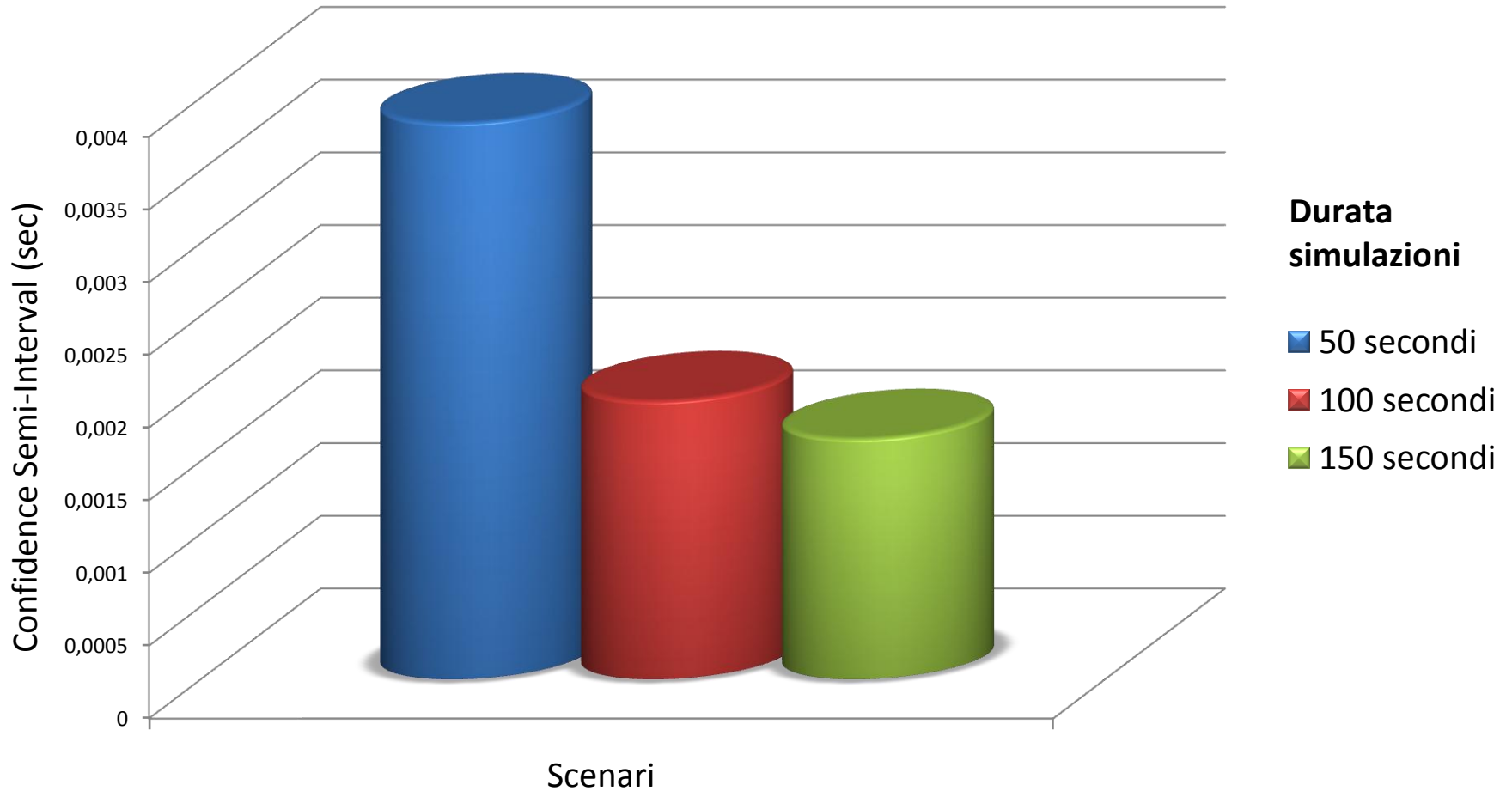


## Scenario 103 - VoIP durata 150 secondi

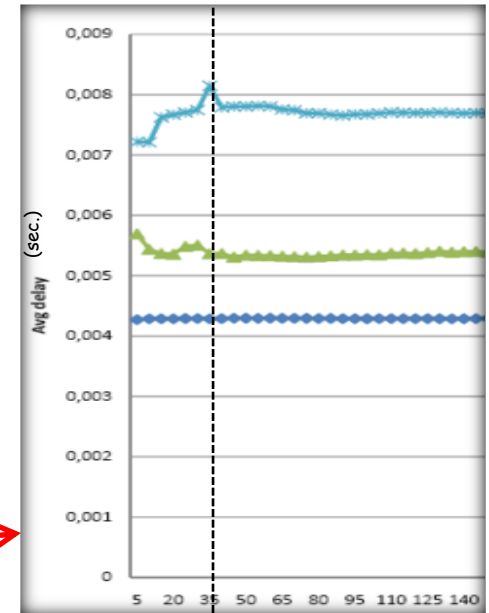
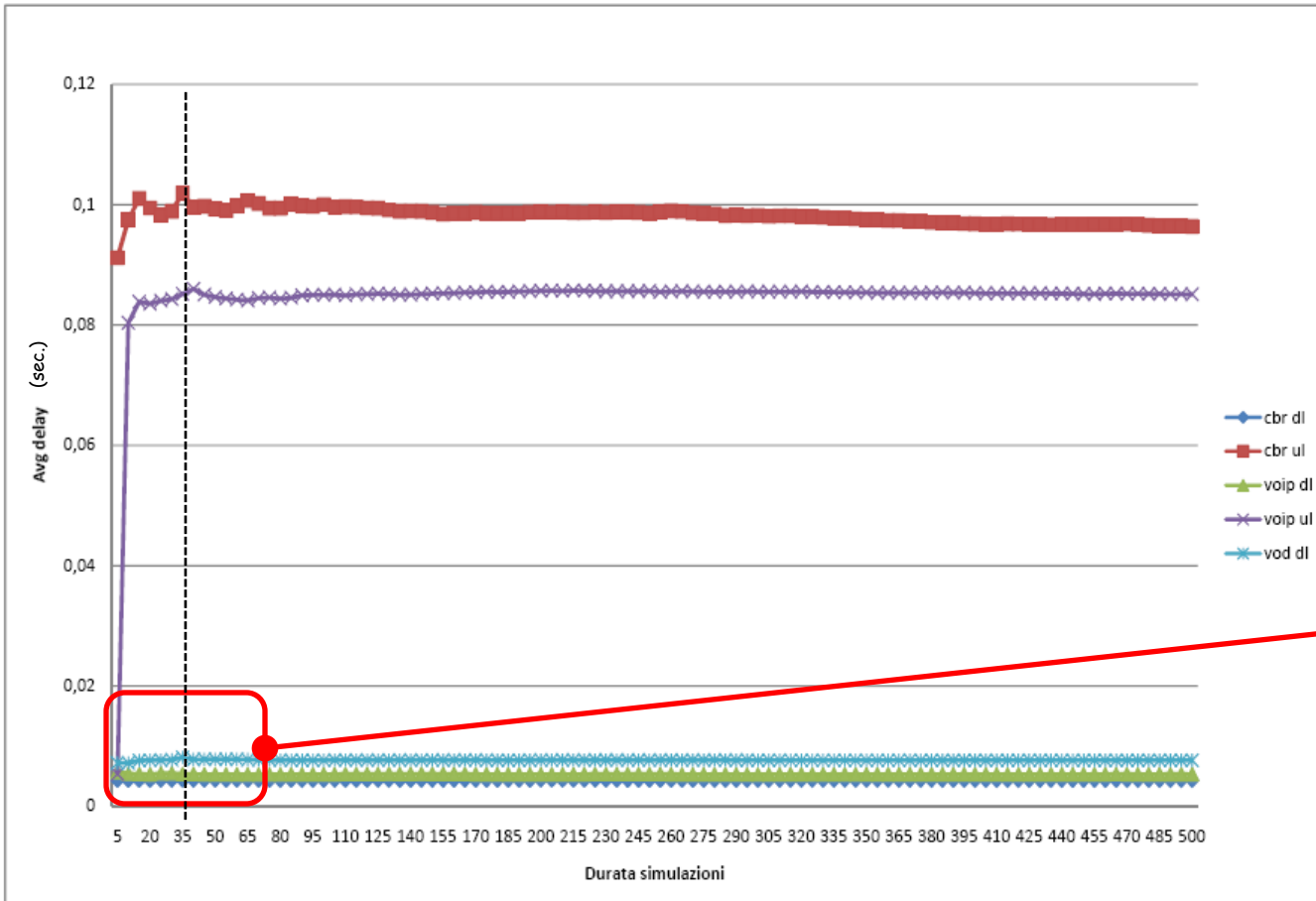


# Set up – Durata simulazione (Cont.)

Media semi-intervalli di confidenza



# Set up - Definizione warm up time



---

# Set up - Definizione numero nodi VoIP

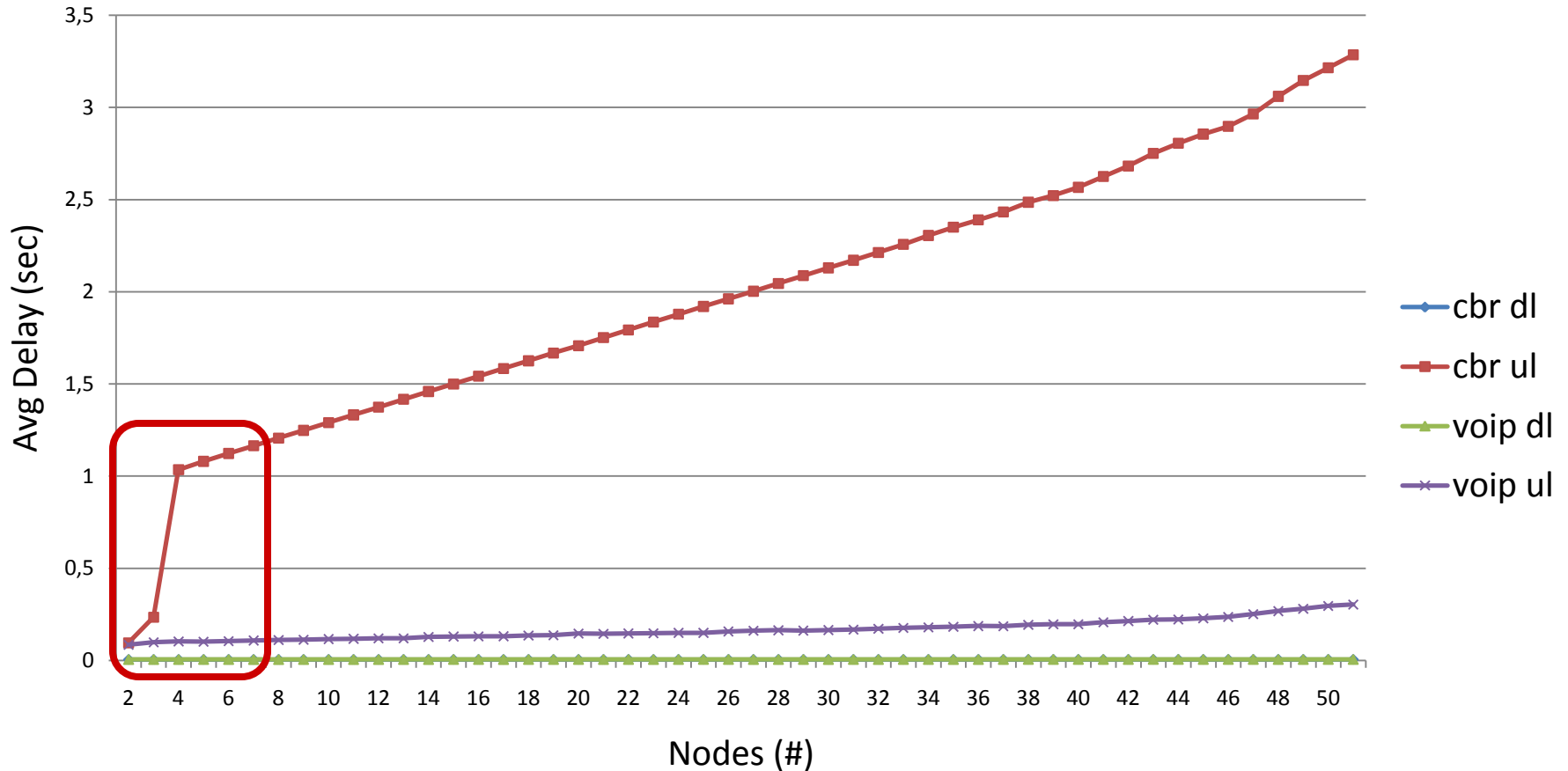
- ✓ Definire il numero massimo di nodi VoIP per ottenere e2e Delay e MOS accettabili
- ✓ Connessioni:
  - 1 CBR di disturbo
  - Numero nodi VoIP: 1 - 50
- ✓ Check abilitato



# Set up - Definizione numero nodi VoIP (Cont.)

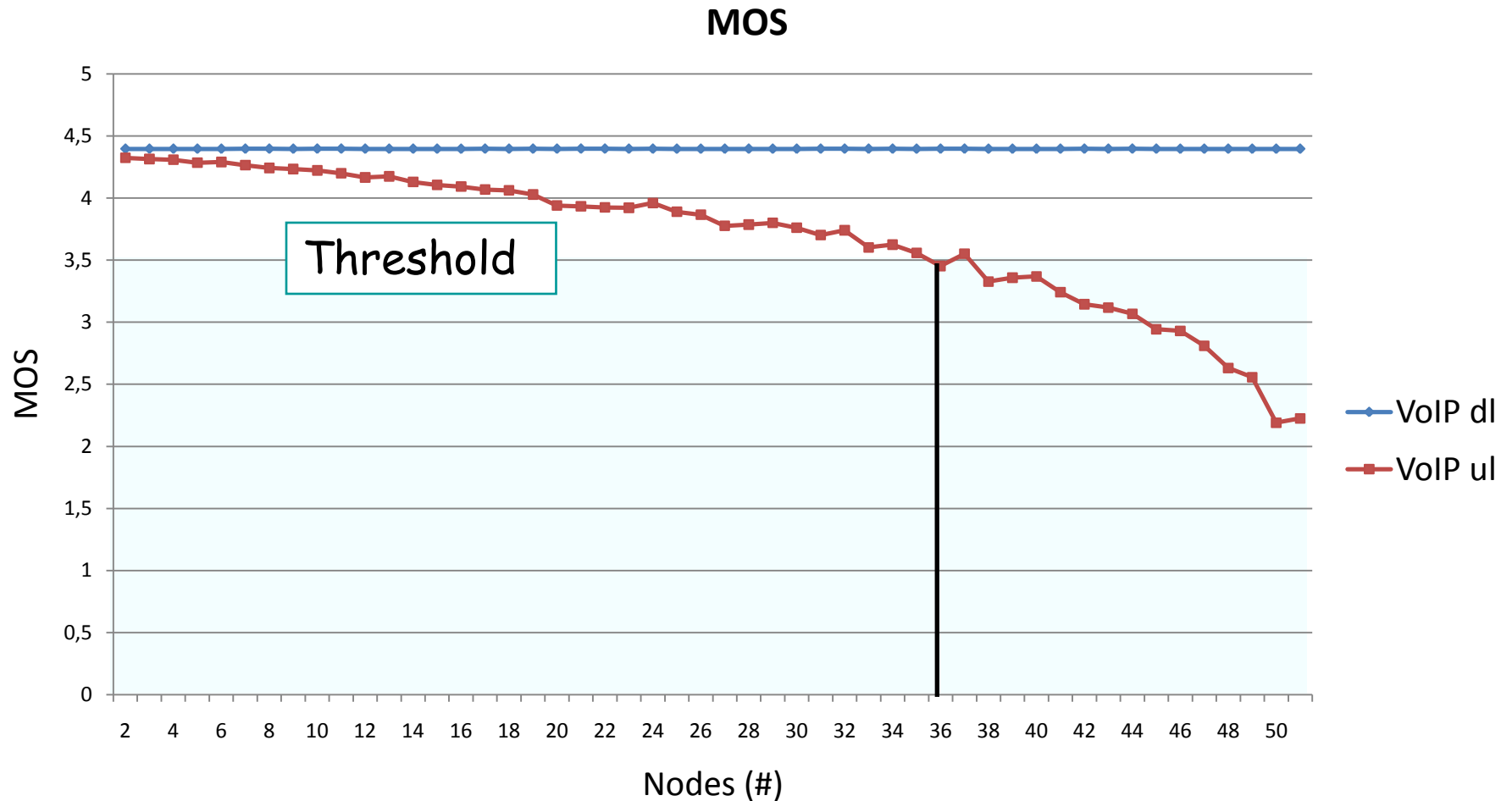
1 CBR e VoIP crescente

Delay medio



# Set up - Definizione numero nodi VoIP (Cont.)

1 CBR e VoIP crescente



---

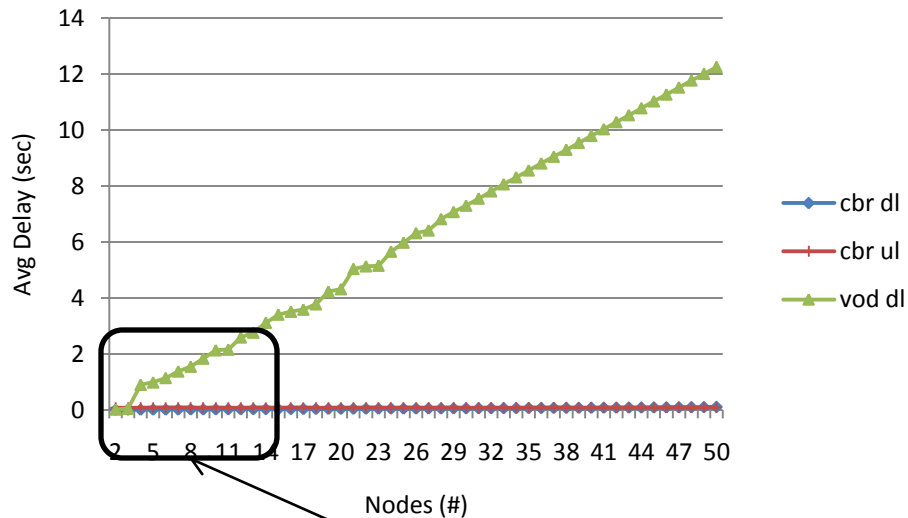
# Set up - Definizione numero nodi VoD

- ✓ Definire il numero massimo di nodi VoD per ottenere e2e Delay, Packet loss accettabili
- ✓ Connessioni:
  - 1 CBR di disturbo
  - Numero nodi VoD: 1 - 50
- ✓ Check abilitato

# Set up - Definizione numero nodi VoD (Cont.)

1 CBR e VoD crescente

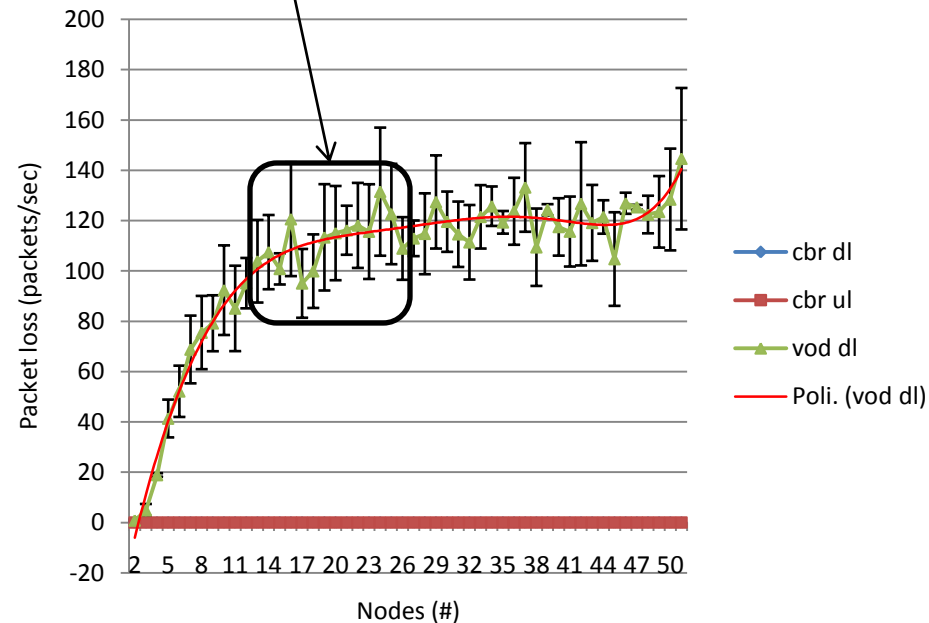
### Delay medio



Il delay massimo accettabile per il VoD è 250ms.

Il sistema va in saturazione, tutti i pacchetti generati vanno persi. Nota: frammentazione

### Packet loss



# Set up - Definizione numero nodi VoD e VoIP

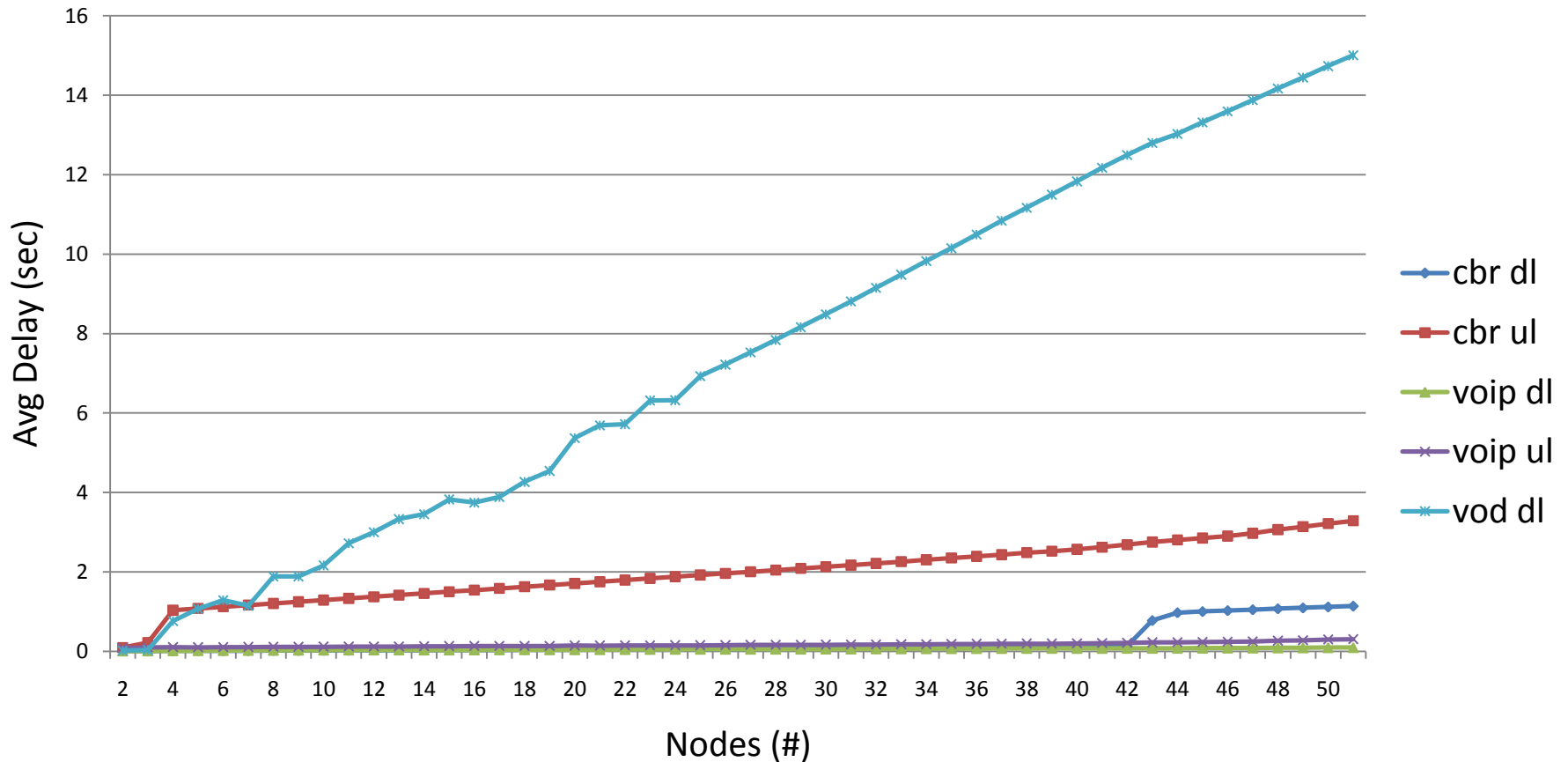
## 1 CBR e VoIP & VoD variabile

- ✓ Definire il numero massimo di nodi VoD e VoIP per ottenere e2e Delay, Packet loss e MOS accettabili
- ✓ Connessioni:
  - 1 CBR di disturbo - val. iniziale: 1 upperbound: 1
  - 1 connessione VoD e 1 VoIP per nodo, numero nodi: 1 - 50
- ✓ Check abilitato

# Set up - Definizione numero nodi VoD e VoIP

## 1 CBR e VoIP & VoD variabile

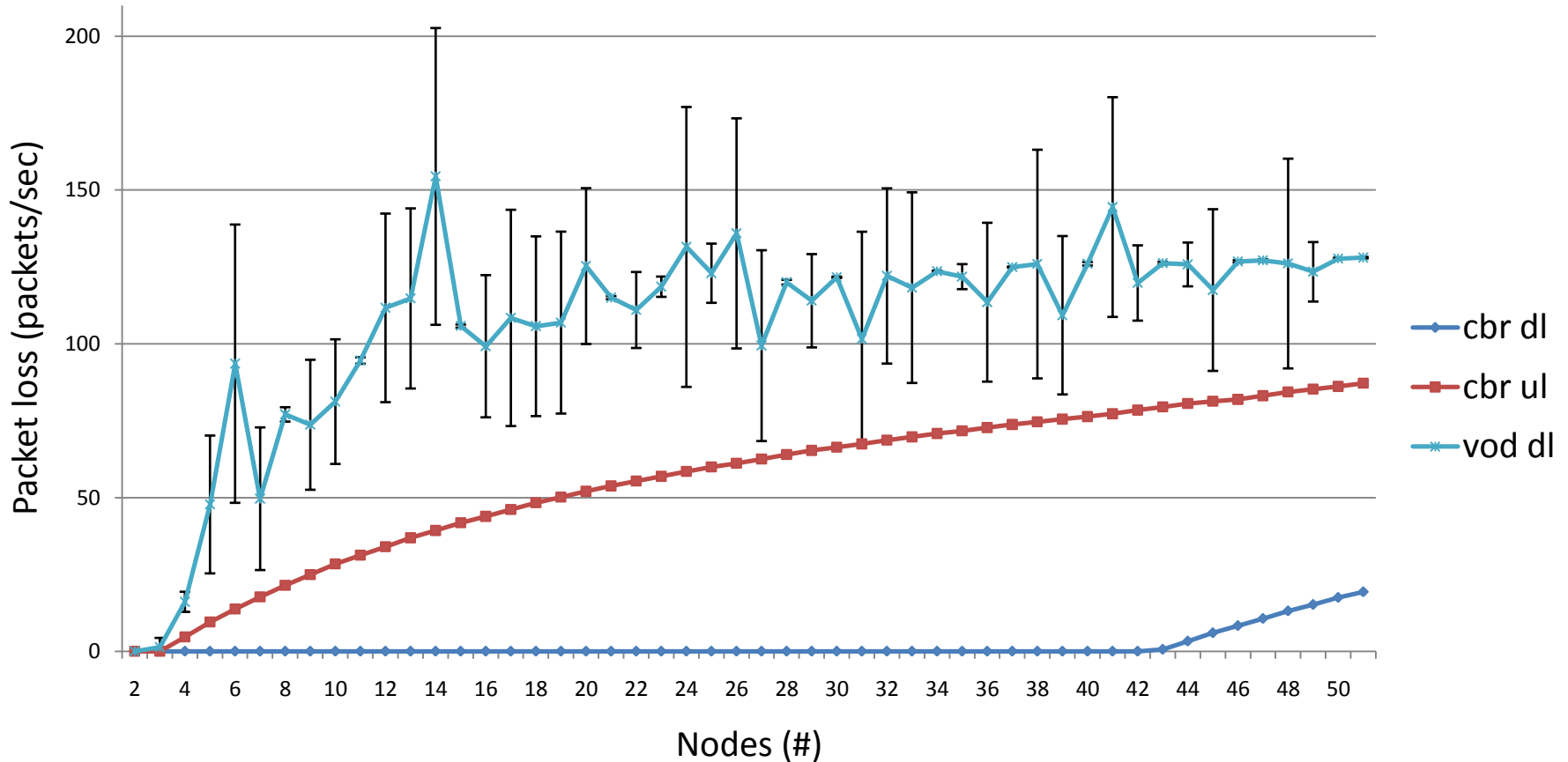
### Delay medio



# Set up - Definizione numero nodi VoD e VoIP

## 1 CBR e VoIP & VoD variabile

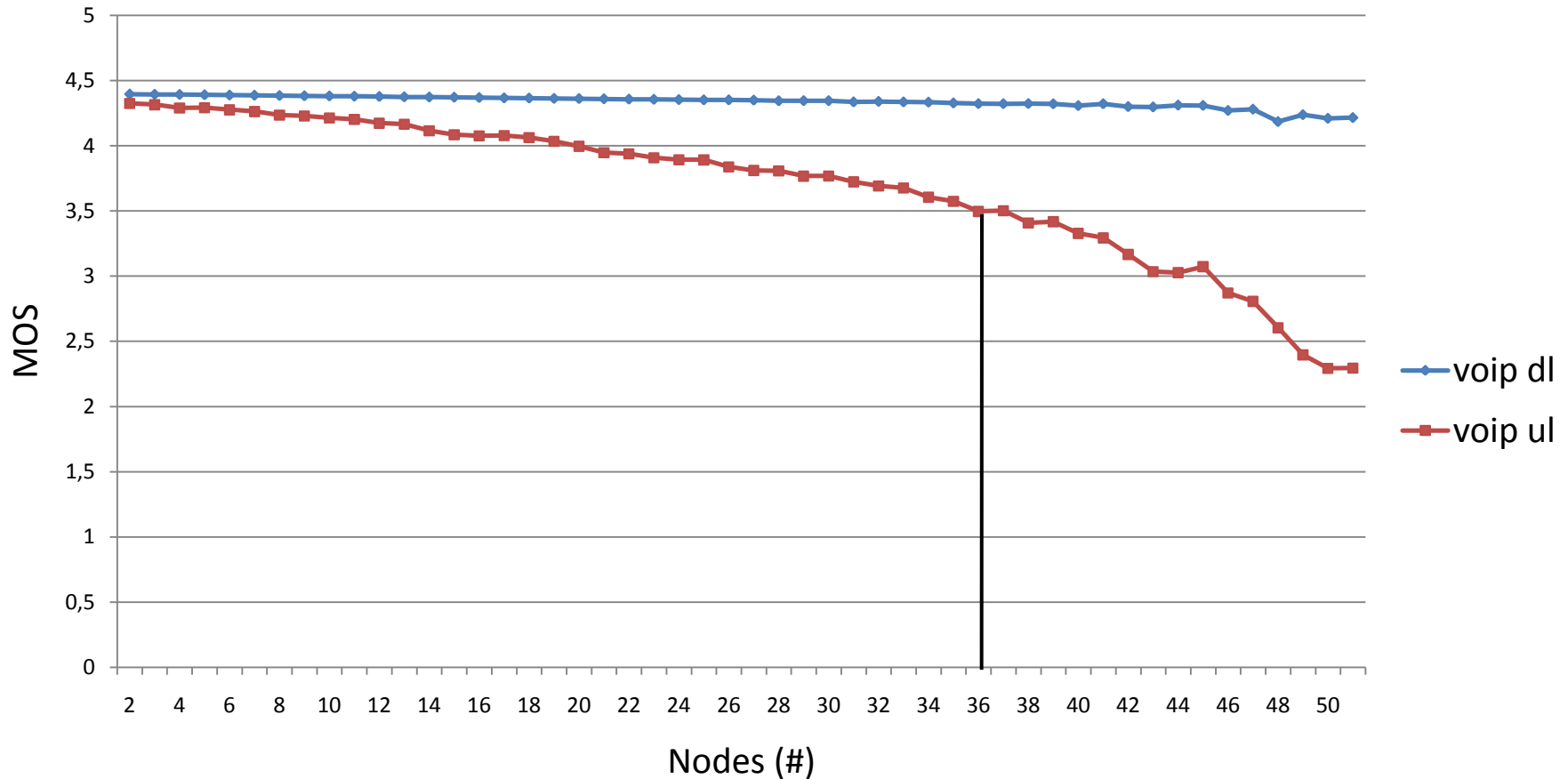
Packet loss



# Set up - Definizione numero nodi VoD e VoIP

## 1 CBR e VoIP & VoD variabile

MOS





# Set up – Conclusioni

- ✓ Durata simulazioni: 110 secondi
- ✓ Warm up time: 35 secondi
- ✓ Numero massimo di nodi VoIP e VoD: 40
- ✓ CBR di disturbo: 1 nodo

---

# Scenari VoIP e CBR

---

# VoIP e CBR

- ✓ Analisi del comportamento al variare di:
  - VoIP polling
  - VoIP aggregate

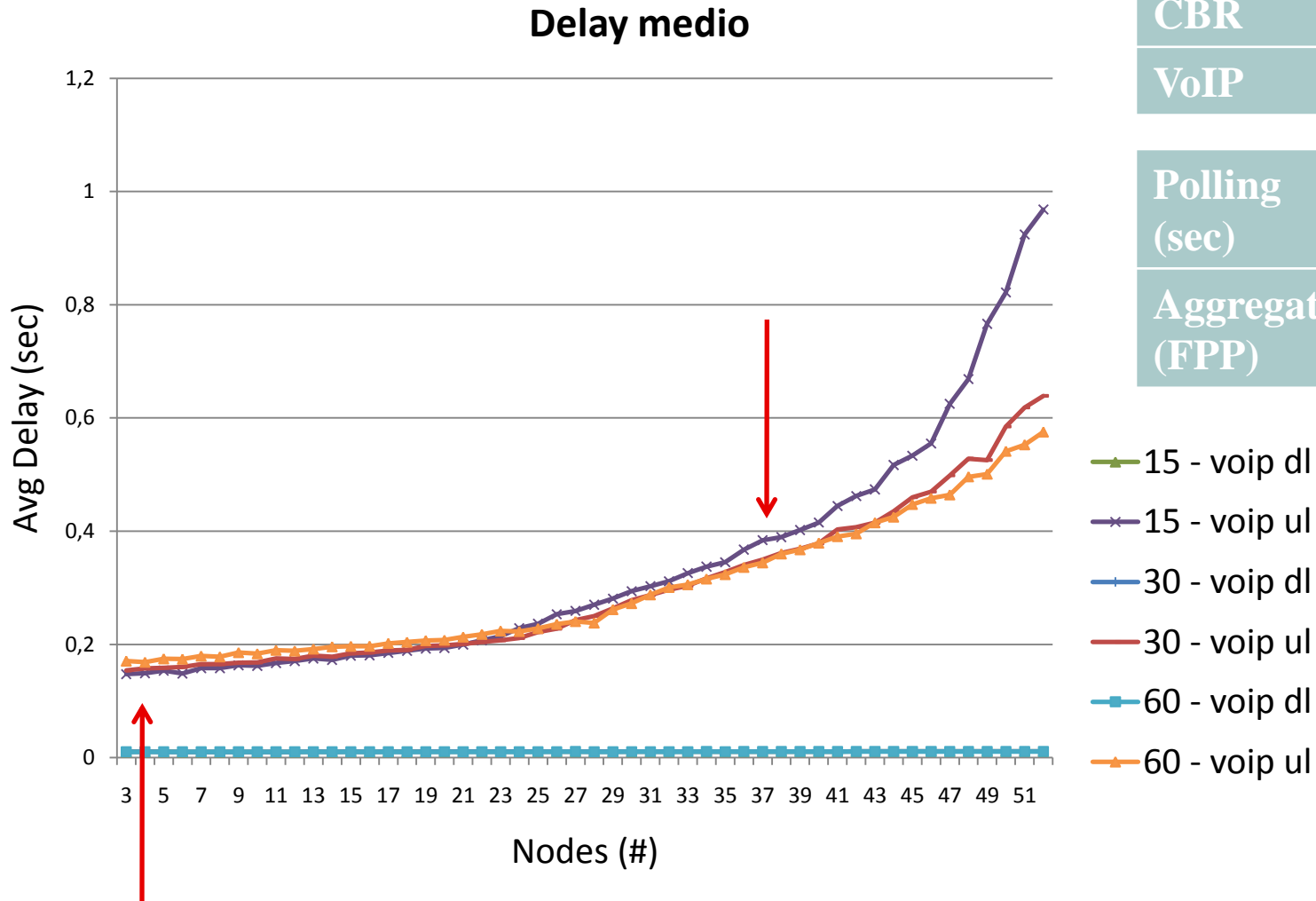
# VoIP e CBR

	<b>VoIP</b>
Numero stazioni	Da 1 a 50
VoIP Polling interval set	15-30-60 (Seconds)
VoIP model	One-to-one
VoIP aggregate	2-4-10 (Frame per packet)

	<b>CBR</b>
Numero stazioni	2
Packet size	1000 Bytes
Rate	1.000.000 Bytes/sec.
Scheduling	nrtPS
Frammentazione	Sì

## Comportamento al variare del VoIP polling

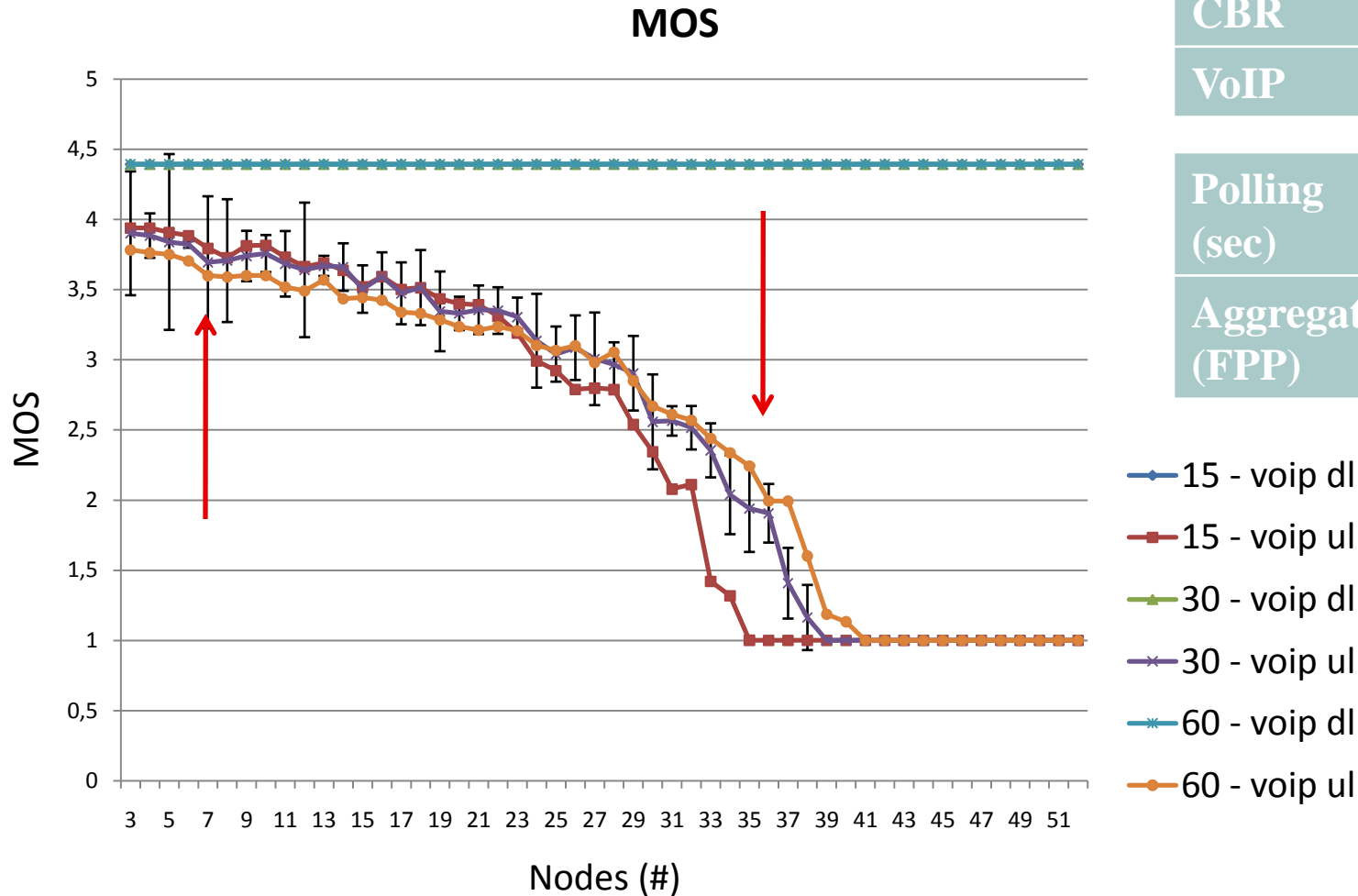
# VoIP polling – Delay medio VoIP



CBR	2
VoIP	1 – 50

Polling (sec)	15-30-60
Aggregate (FPP)	2

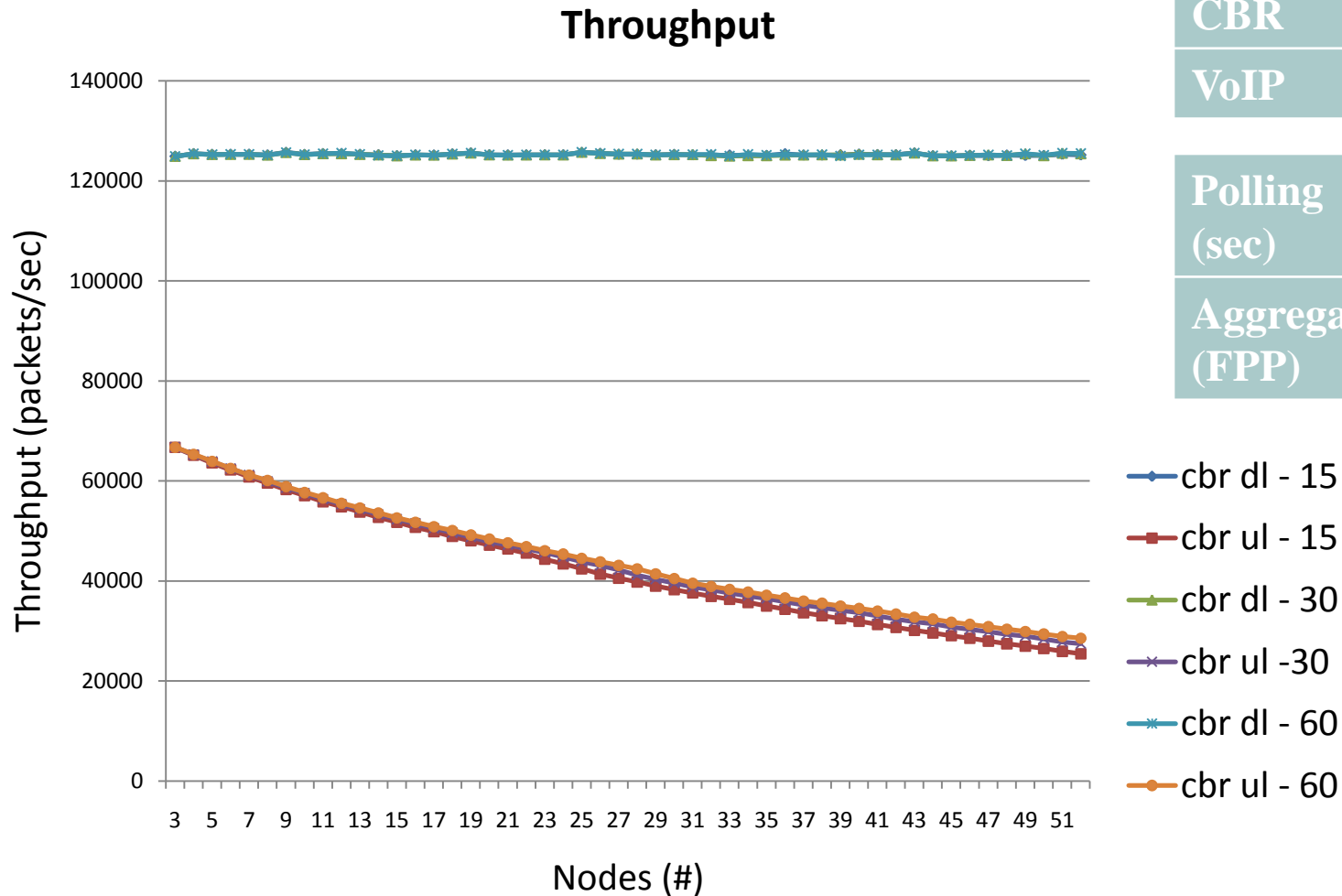
# VoIP polling – MOS VoIP



CBR	2
VoIP	1 – 50
Polling (sec)	15-30-60
Aggregate (FPP)	2

- 15 - voip dl
- 15 - voip ul
- 30 - voip dl
- 30 - voip ul
- 60 - voip dl
- 60 - voip ul

# VoIP polling – Throughput CBR



CBR	2
VoIP	1 – 50
Polling (sec)	15-30-60
Aggregate (FPP)	2

- cbr dl - 15
- cbr ul - 15
- cbr dl - 30
- cbr ul - 30
- cbr dl - 60
- cbr ul - 60

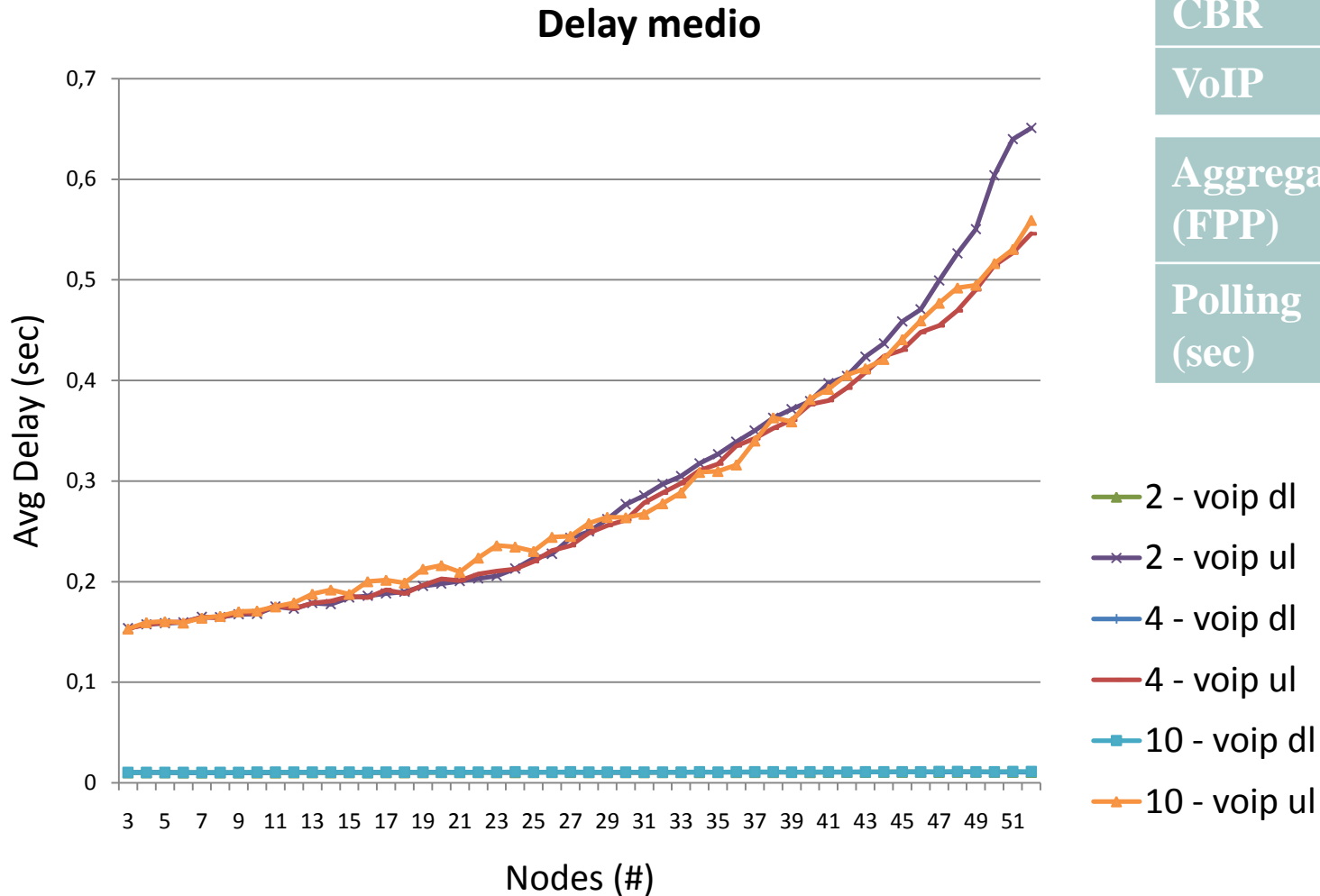


# Comportamento al variare del VoIP polling

- ✓ Si nota un'inversione delle prestazioni attorno ai 20 nodi, da attribuire all'overhead introdotto dal polling
- ✓ Il polling più elevato peggiora le prestazioni in condizioni di rete con pochi nodi VoIP
  - Overhead significativo
- ✓ Miglioramento delle prestazioni con un numero superiore di nodi VoIP
  - Overhead poco significativo

## Comportamento al variare del VoIP aggregate

# VoIP aggregate – Delay medio VoIP

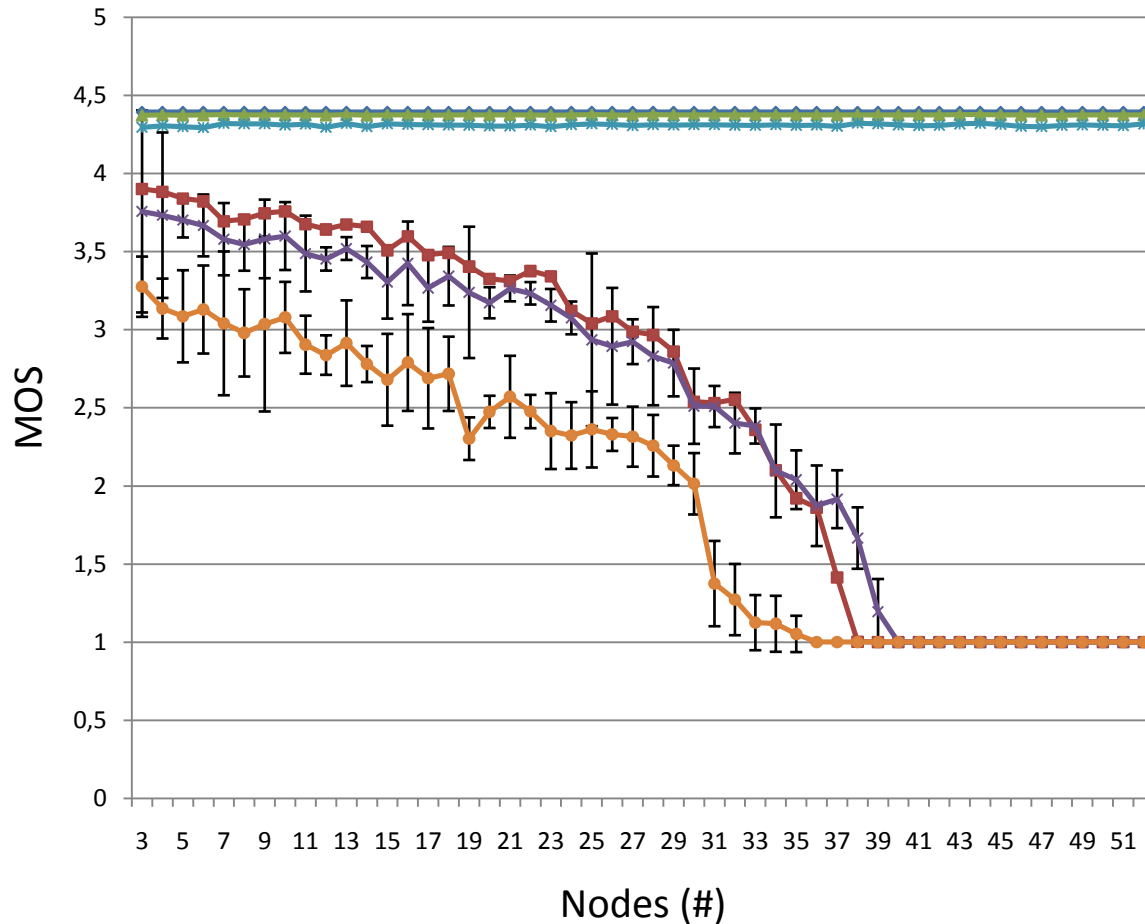


CBR	2
VoIP	1 – 50
Aggregate (FPP)	2-4-10
Polling (sec)	30

- 2 - voip dl
- 2 - voip ul
- 4 - voip dl
- 4 - voip ul
- 10 - voip dl
- 10 - voip ul

# VoIP aggregate – MOS VoIP

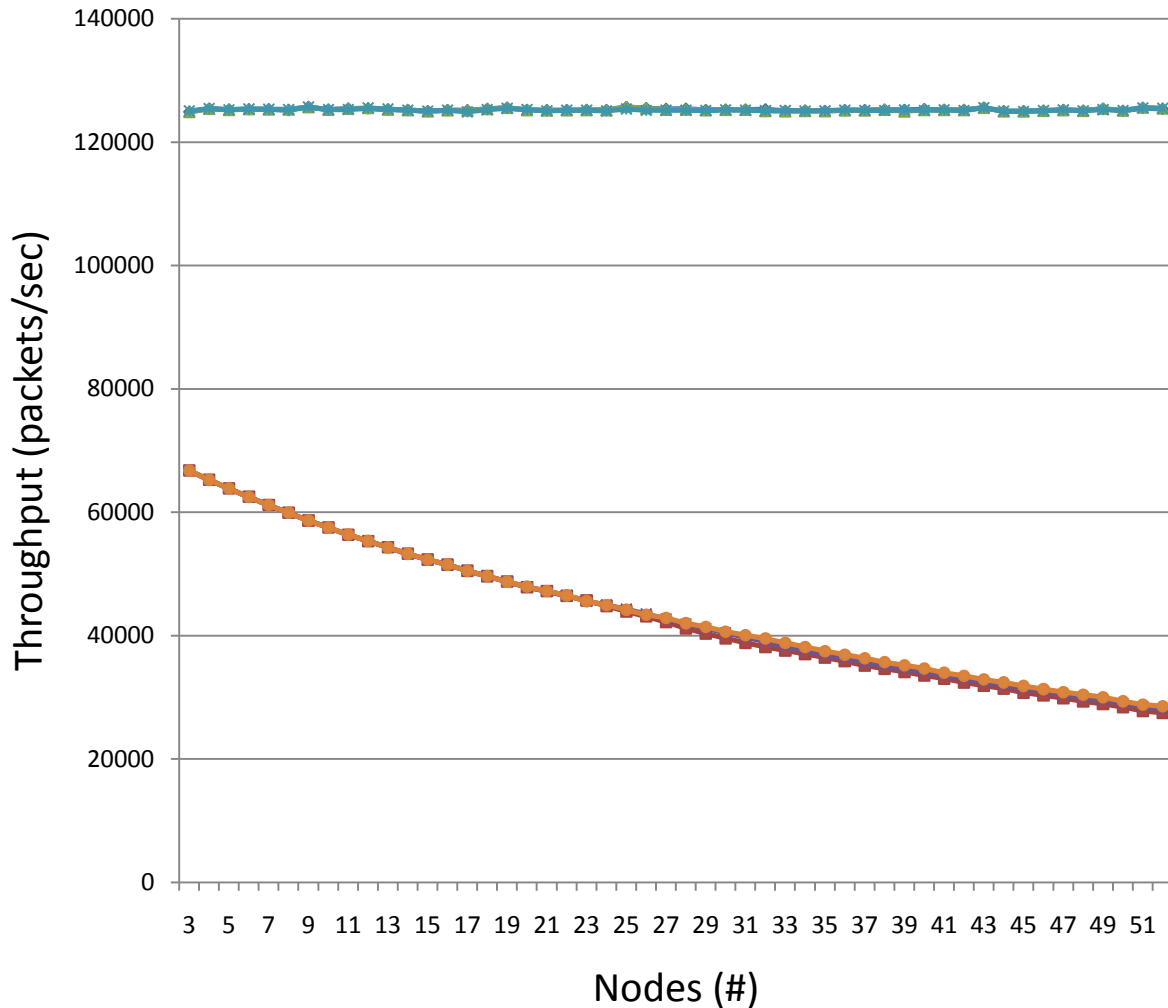
**MOS**



CBR	2
VoIP	1 – 50
Aggregate (FPP)	2-4-10
Polling (sec)	30

- ◆ 2 - voip dl
- 2 - voip ul
- ▲ 4 - voip dl
- ✕ 4 - voip ul
- ✱ 10 - voip dl
- 10 - voip ul

# VoIP aggregate – Throughput CBR



CBR	2
VoIP	1 – 50
Aggregate (FPP)	2-4-10
Polling (sec)	30

- cbr dl - 2
- cbr ul - 2
- cbr dl - 4
- cbr ul - 4
- cbr dl - 10
- cbr ul - 10

---

# Comportamento al variare del VoIP aggregate

- ✓ Il valore attribuito al VoIP aggregate incide poco sul delay dei pacchetti
- ✓ Al contrario valori superiori dell'aggregate peggiorano le prestazioni del VoIP misurate tramite il MOS

---

# VoIP e CBR – Conclusioni

- ✓ Variazioni del VoIP Polling incidono sulle prestazioni del VoIP solo a livelli di MOS inferiori alla soglia accettabile
- ✓ Solo con VoIP Aggregate avente valore inferiore a 4 è possibile avere MOS accettabili

---

# Scenari VoD e CBR



# VoD e CBR

- ✓ Analisi del comportamento al variare di:
  - VoD polling
  - VoD buffer
  - VoD reserved
  - VoD max-burst

# VoD e CBR

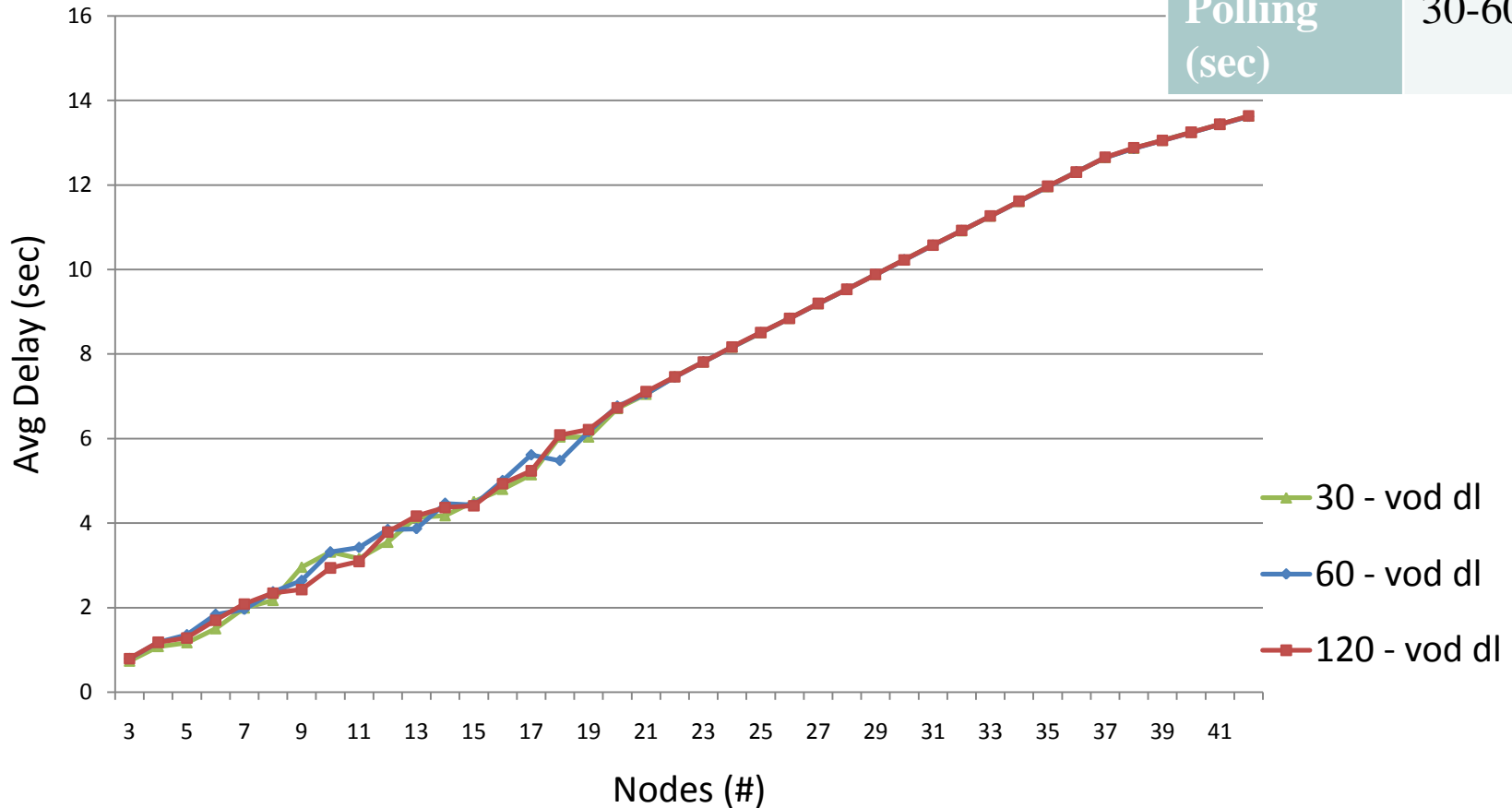
	<b>VoD</b>
Numero stazioni	Da 1 a 40
VoD trace	streaming
VoD polling interval	30-60-120 (Seconds)
VoD buffer	50000-100000-200000 (Bytes)
VoD min reserved rate	32000-64000-128000 (Bytes/sec.)
VoD max burst	500-1000-2000 (Bytes)
	<b>CBR</b>
Numero stazioni	1-2
Packet size	1000 Bytes
Rate	1.000.000 Bytes/sec.
Scheduling	nrtPS
Frammentazione	Sì

## Comportamento al variare del VoD polling

# VoD polling – Delay medio VoD

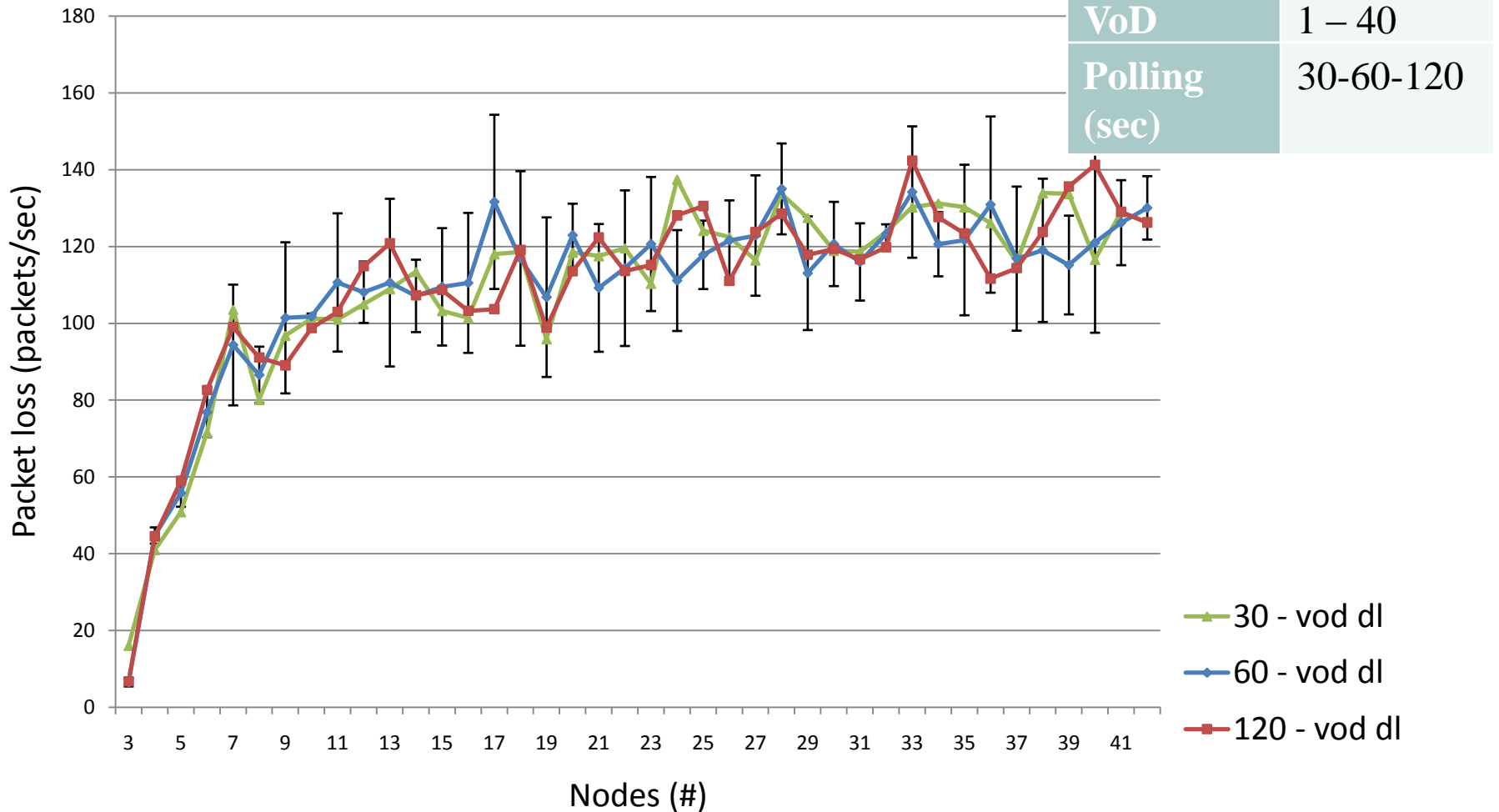
Delay medio

CBR	2
VoD	1 – 40
Polling (sec)	30-60-120

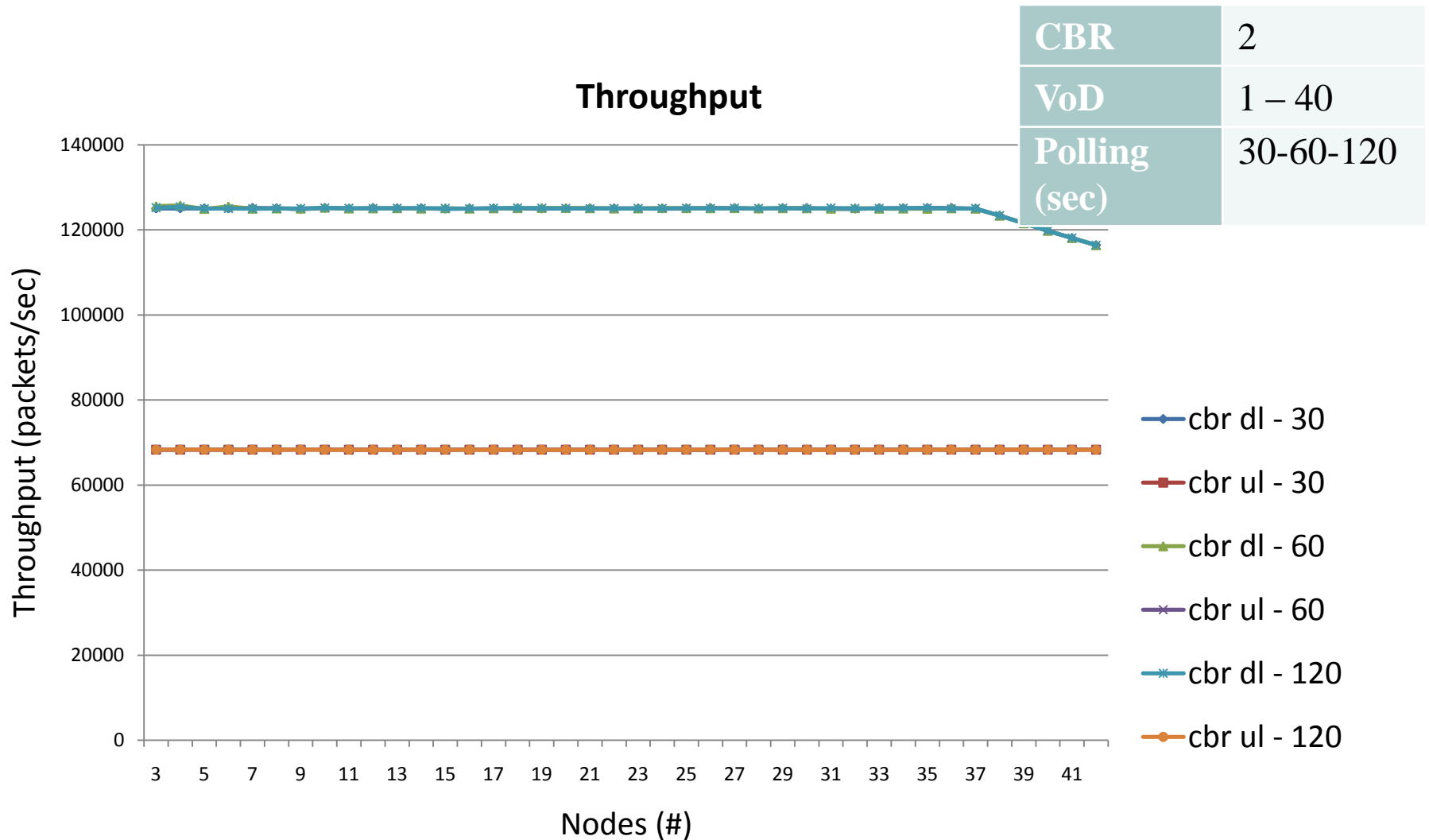


# VoD polling – Packet loss VoD

## Packet loss



# VoD polling – Throughput CBR



---

# Comportamento al variare del VoD polling

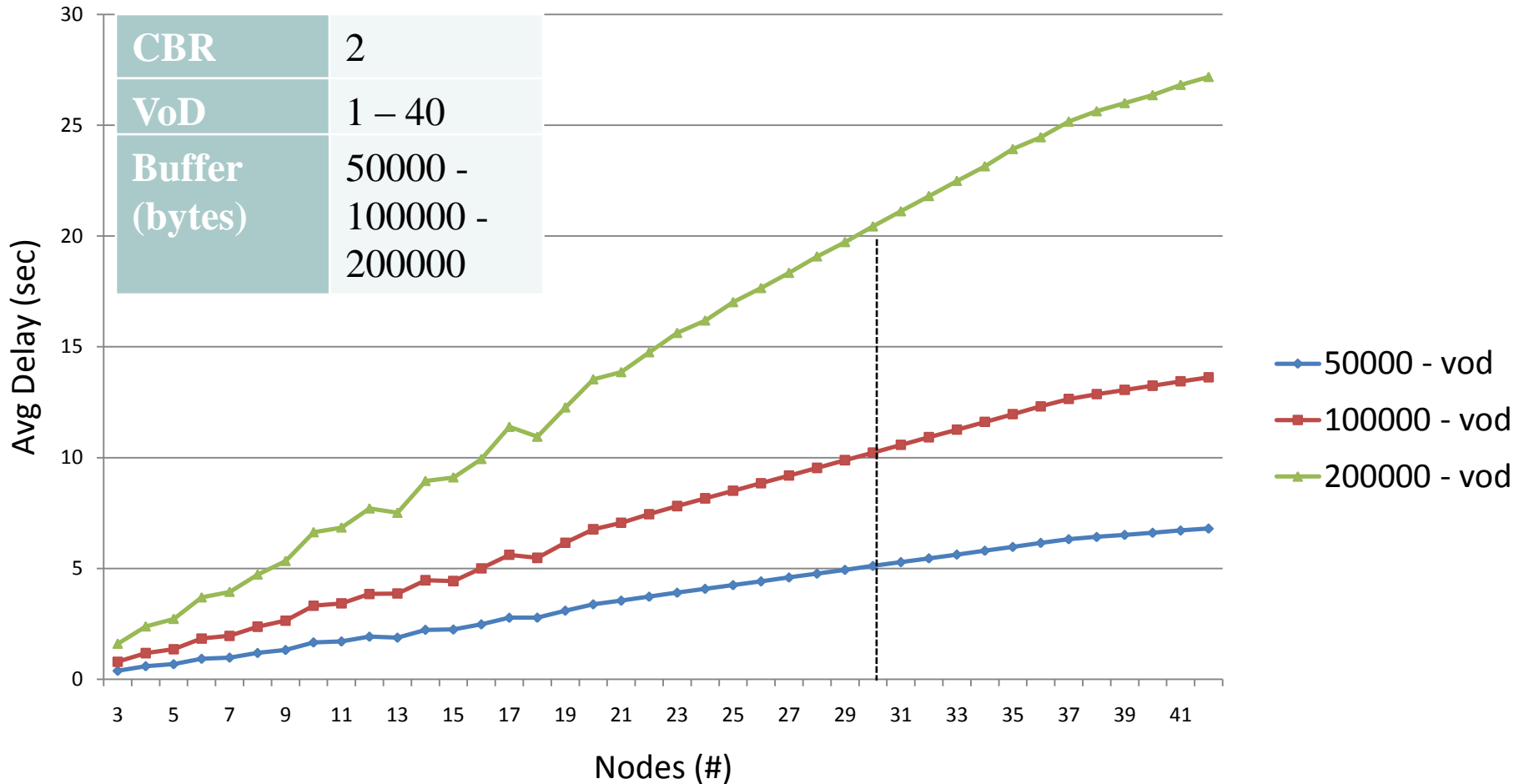
- ✓ Il VoD polling non comporta cambiamenti sensibili delle prestazioni del VoD
  - Delay
  - Packet loss
- ✓ Throughput del CBR

## Comportamento al variare del VoD buffer



# VoD buffer – Delay medio VoD

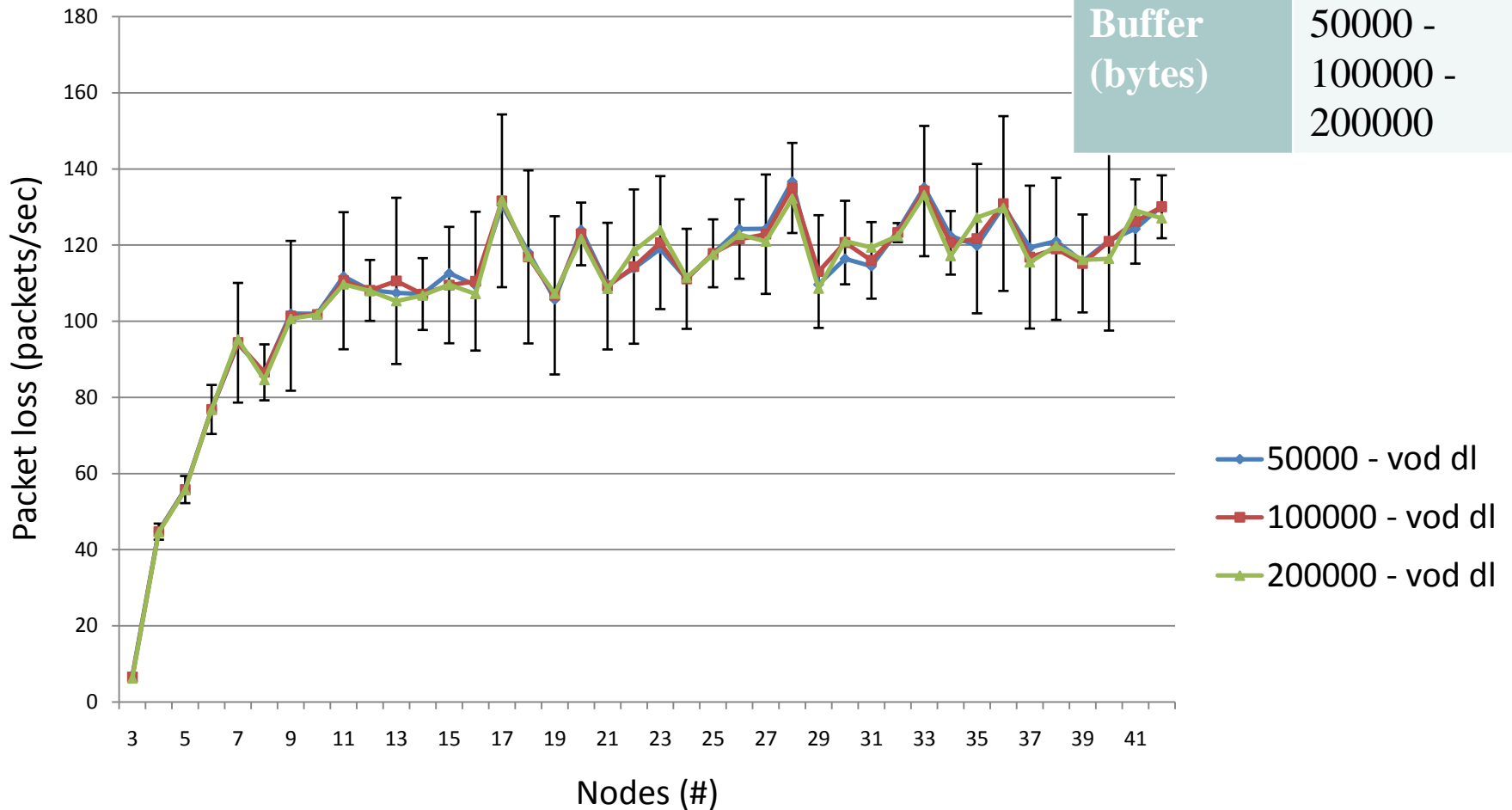
## Delay Medio



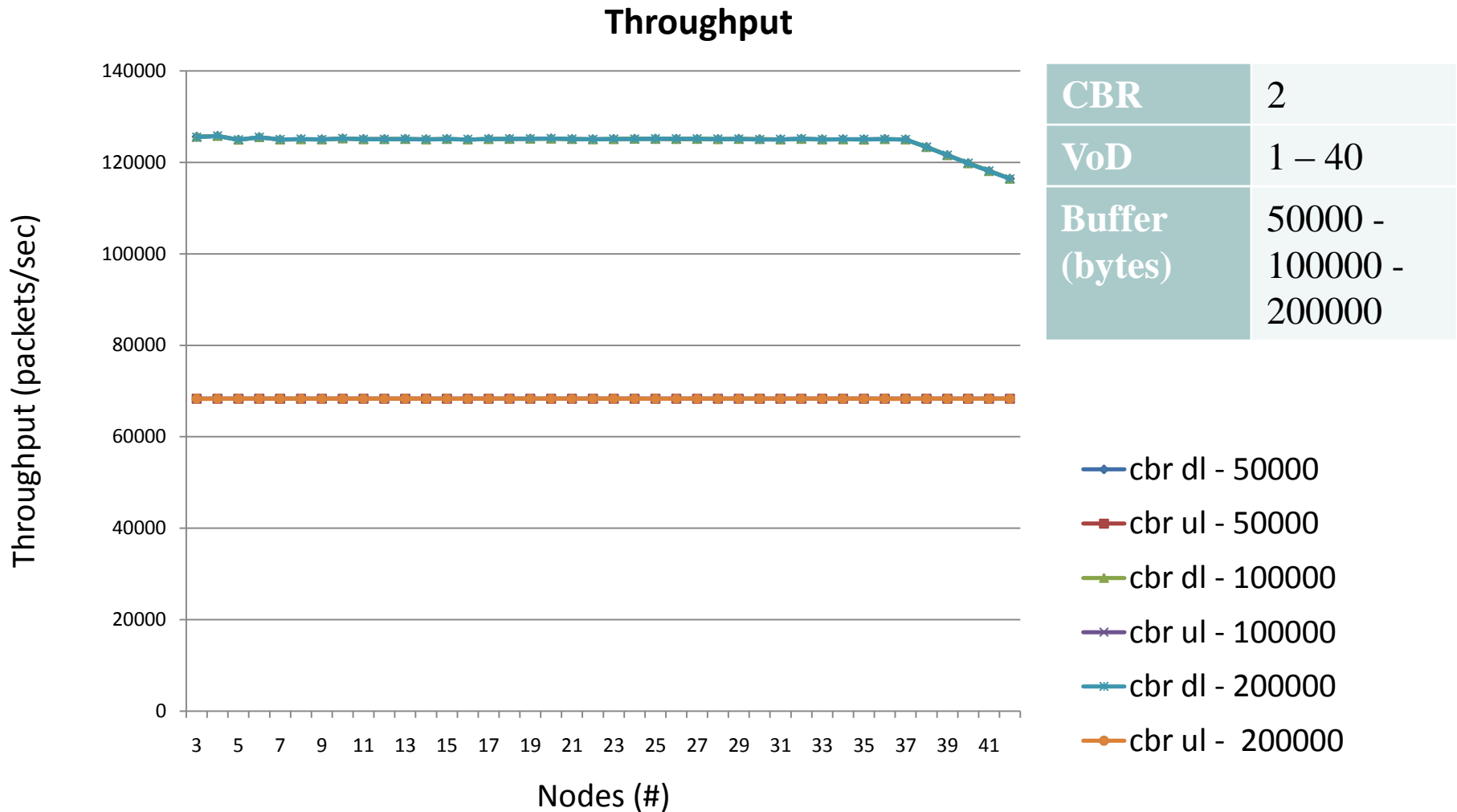
# VoD buffer – Packet loss VoD

## Packet loss

CBR	2
VoD	1 – 40
Buffer (bytes)	50000 - 100000 - 200000



# VoD buffer – Throughput CBR



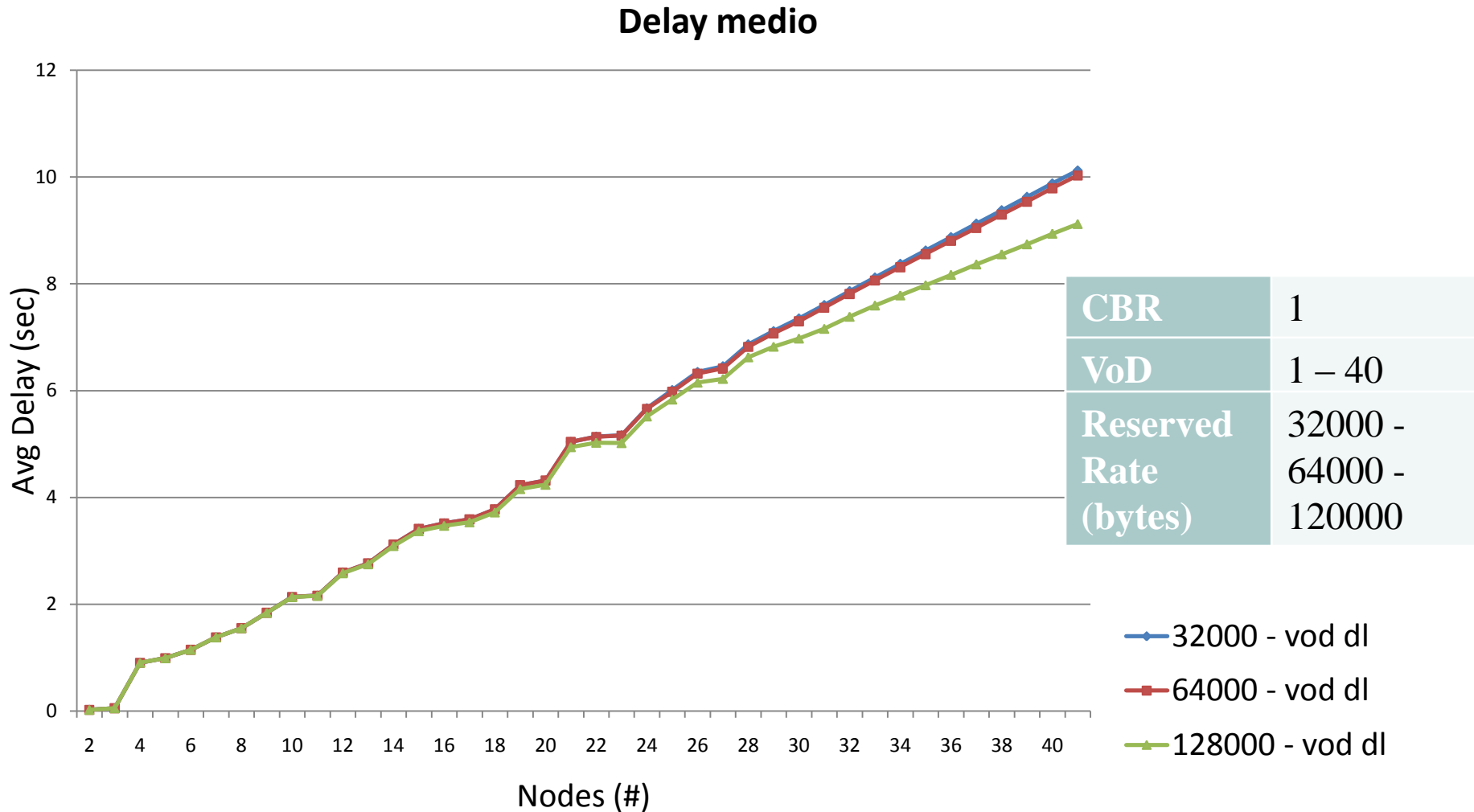
---

# Comportamento al variare del VoD buffer

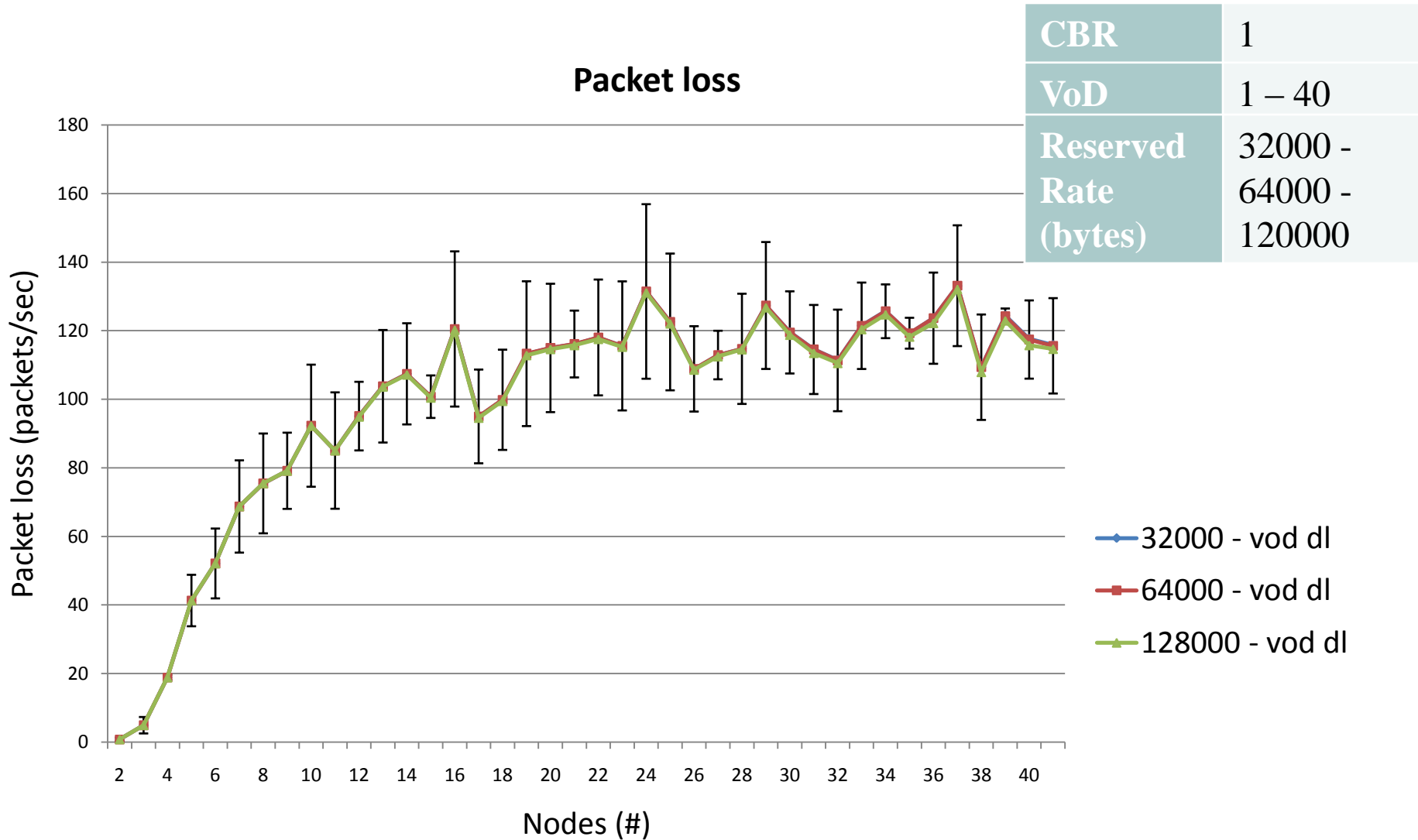
- ✓ La variazione del VoD buffer
  - Incide linearmente sul Delay
  - Non comporta variazioni significative della packet loss

## Comportamento al variare del VoD reserved rate

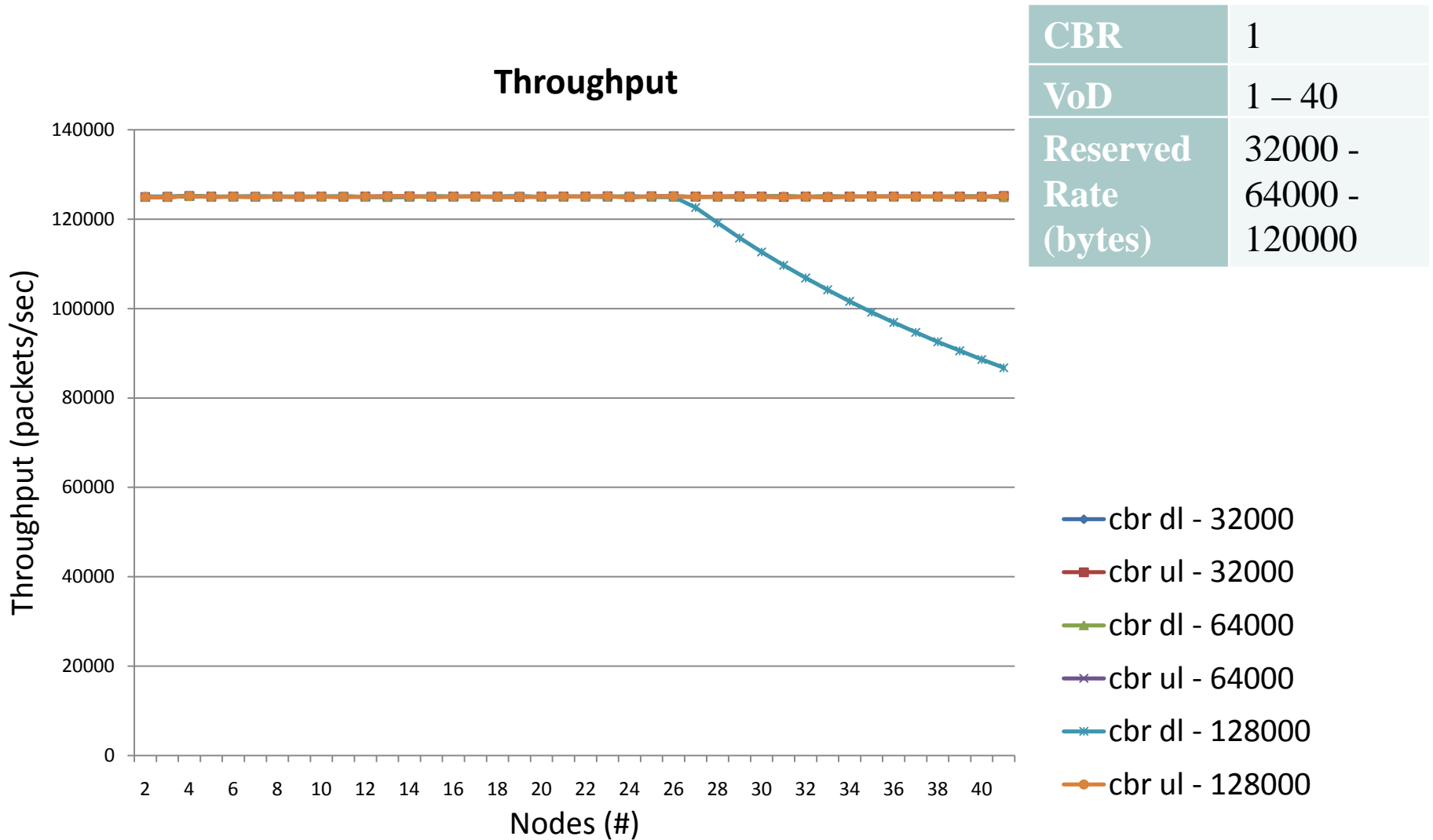
# VoD reserved rate – Delay medio VoD



# VoD reserved rate – Packet loss VoD



# VoD reserved rate – Throughput CBR





# Comportamento al variare del VoD reserved rate

- ✓ Il delay risente positivamente dell'aumento del VoD reserved rate
- ✓ Per un numero di nodi elevati il CBR evidenzia una diminuzione del throughput
- ✓ La Packet loss non è influenzata per i valori di VoD reserved Rate considerati

## Comportamento al variare del VoD max-burst

---

# Comportamento al variare del VoD max-burst

- ✓ Dalle simulazioni effettuate si nota che la variazione del VoD max-burst non influisce sulle metriche di interesse per il traffico VoD
- ✓ Non si hanno variazioni significative sul throughput del CBR
- ✓ V. Approfondimenti

---

# Scenari di Cross Evaluation

# Cross evaluation

- A. Valutazione prestazioni 20 nodi VoIP all'aumentare di quelli VoD
  - 1. Con impostazioni predefinite
  - 2. Con aumento priorità al VoD (set opt(vod-maxburst) 10000)
  - 3. Riduzione banda VoIP in downlink (set opt(dl-pusc-size) 16)
- B. Valutazione prestazioni 20 nodi VoD all'aumentare di quelli VoIP
  - 1. Con impostazioni predefinite
  - 2. Con aumento priorità al VoD (set opt(vod-maxburst) 10000)
  - 3. Riduzione banda VoIP in downlink (set opt(dl-pusc-size) 16)

# Cross evaluation

	<b>VoIP</b>
Numero stazioni	variabile
VoIP Polling interval set	30 (seconds)
VoIP aggregate	2 (frame per packet)

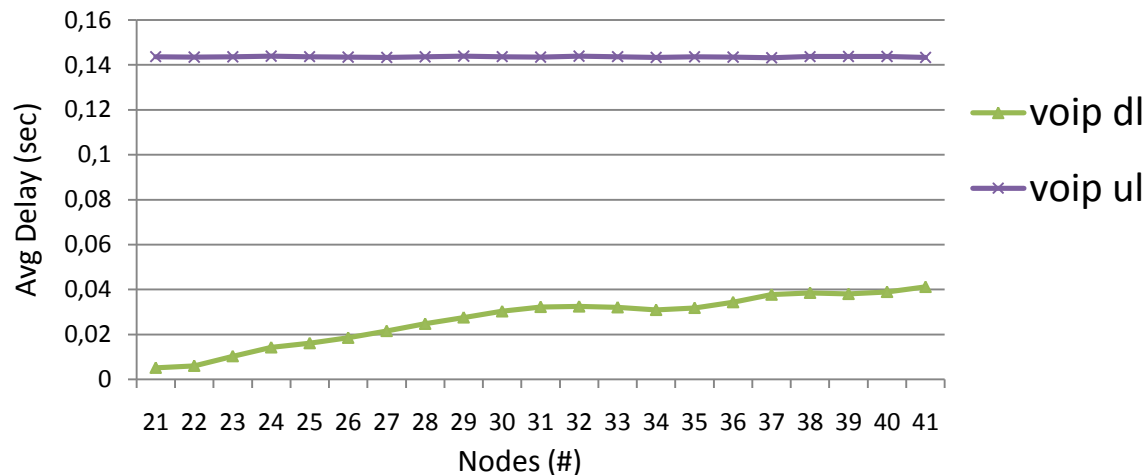
	<b>VoD</b>
Numero stazioni	variabile
VoD trace	streaming
VoD polling interval	60 (seconds)
VoD buffer	100000 (bytes)
VoD min reserved rate	64000 (B/sec)
VoD max burst	1000 (bytes)

	<b>CBR</b>
Numero stazioni	1
Packet size	1000 (bytes)
Rate	1.000.000 B/sec
Scheduling	nrtPS
Frammentazione	Sì

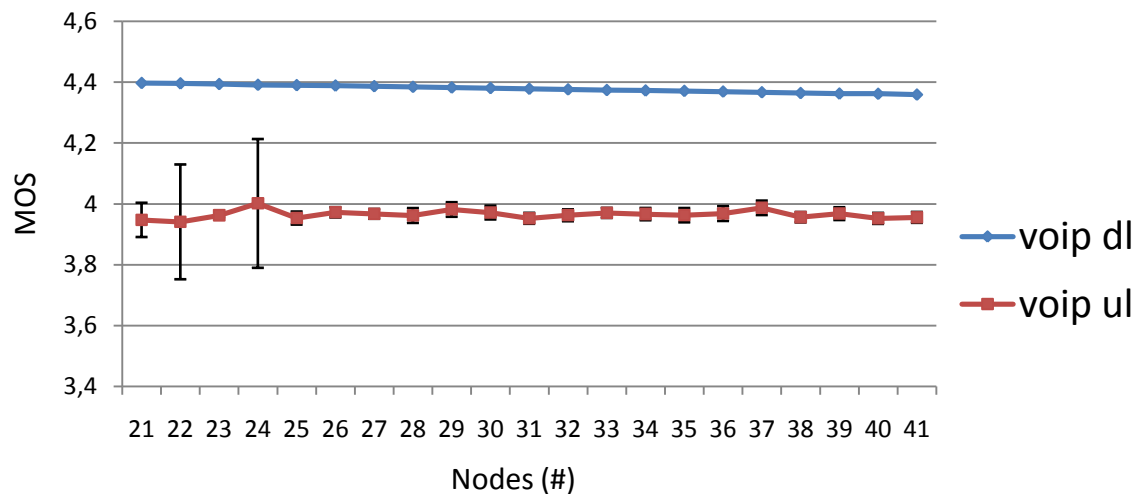
## Comportamento VoIP all'aumentare VoD

# Cross evaluation – Delay medio/MOS VoIP

## Delay Medio



## MOS



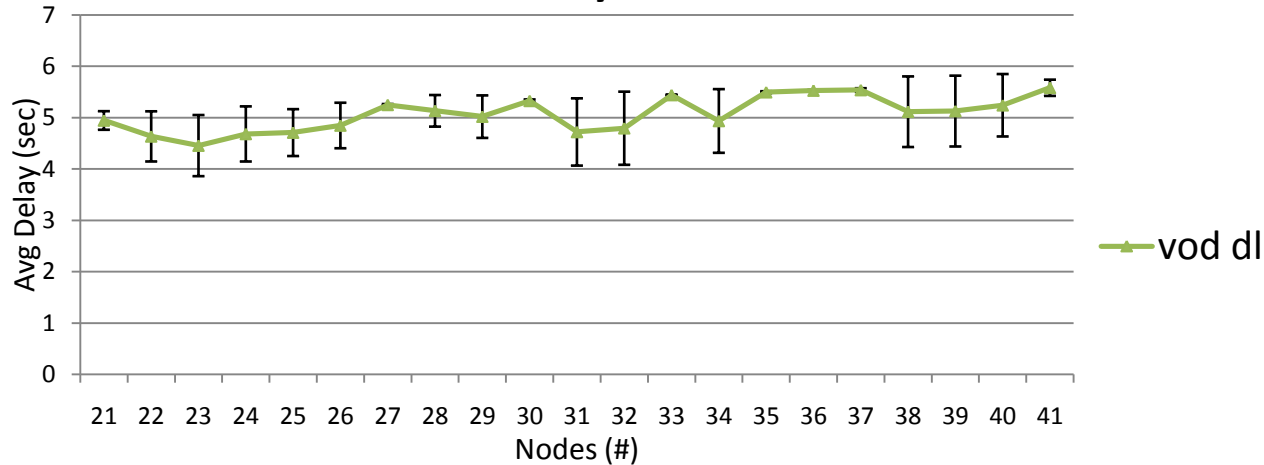
CBR	1
VoD	1 – 20
VoIP	20



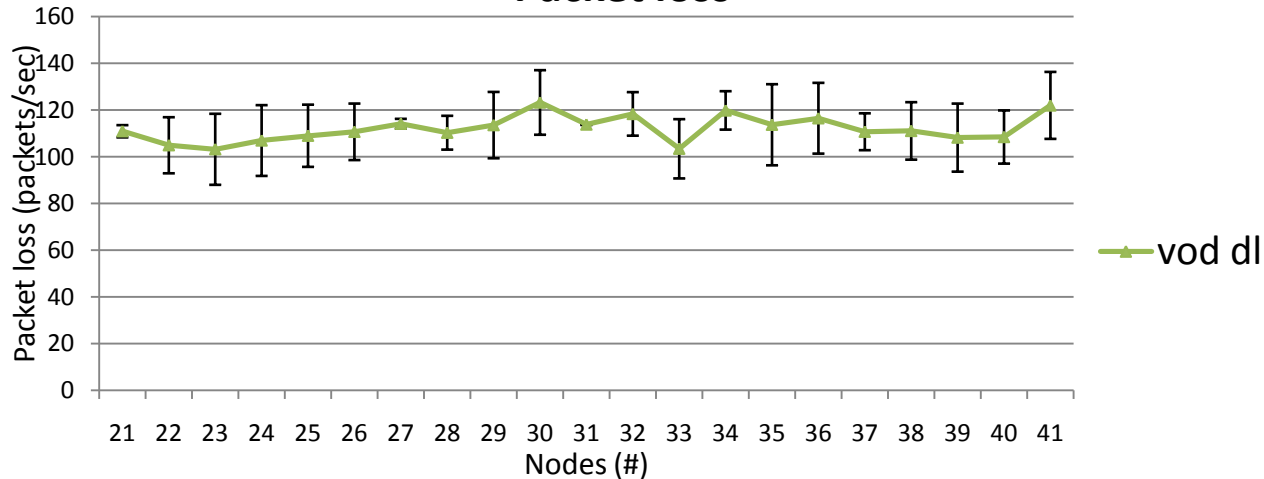
## Comportamento VoD all'aumentare VoIP

# Cross evaluation – Delay medio/Packet loss VoD

## Delay medio



## Packet loss

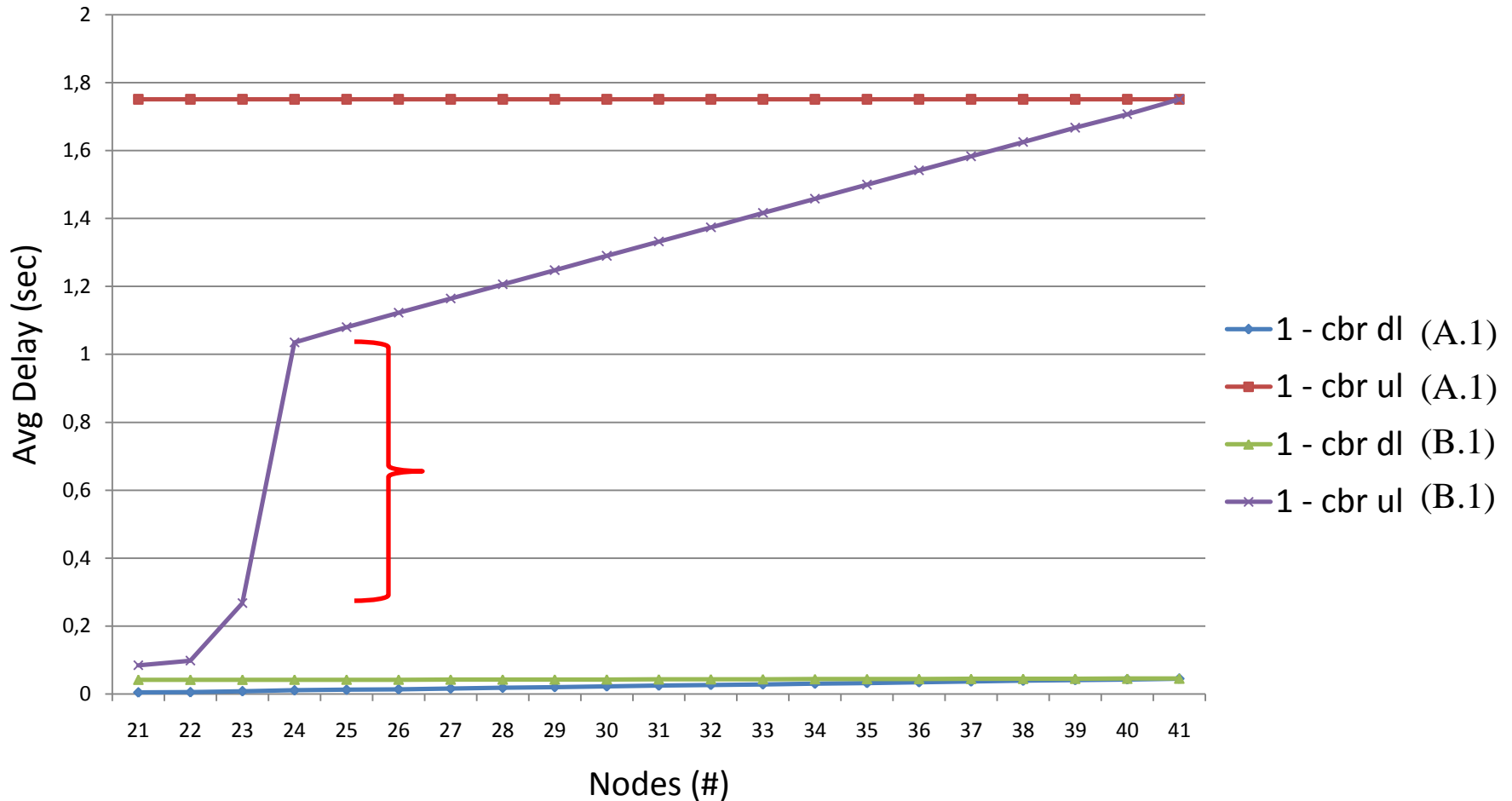


CBR	1
VoD	20
VoIP	1 - 20

## Confronto CBR

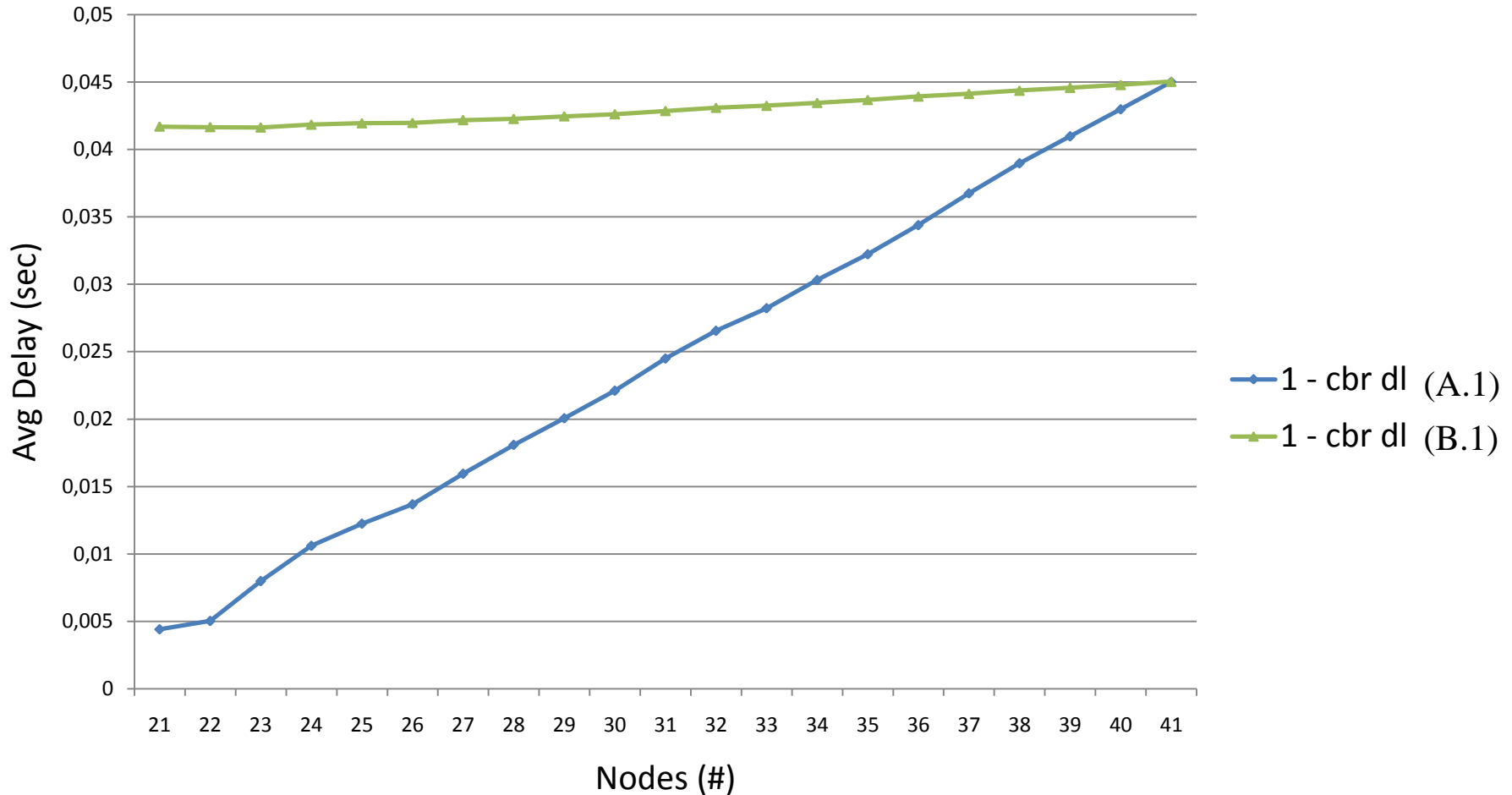
# Cross evaluation – Delay medio CBR

## Confronto scenari A.1 vs B.1 - Delay medio



# Cross evaluation – Delay medio CBR (cont.)

Confronto scenari A.1 vs B.1 - Delay medio - Downlink



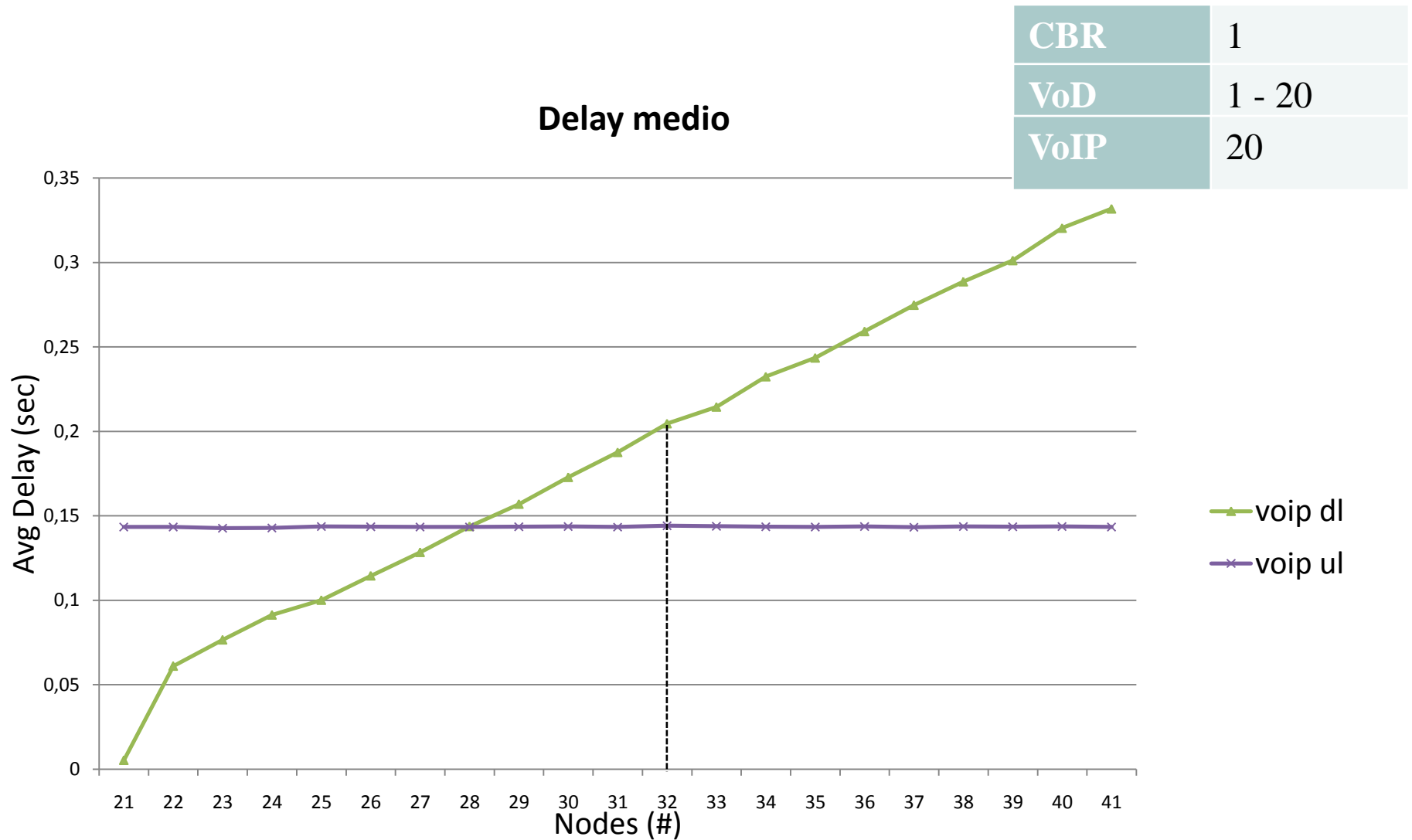
---

# Cross evaluation – Conclusioni

- ✓ Il traffico VoIP non risente particolarmente di quello VoD
- ✓ Il traffico VoD subisce gli effetti della presenza del VoIP
- ✓ Il traffico CBR risulta maggiormente influenzato dall'aumento del traffico VoD piuttosto che da quello VoIP

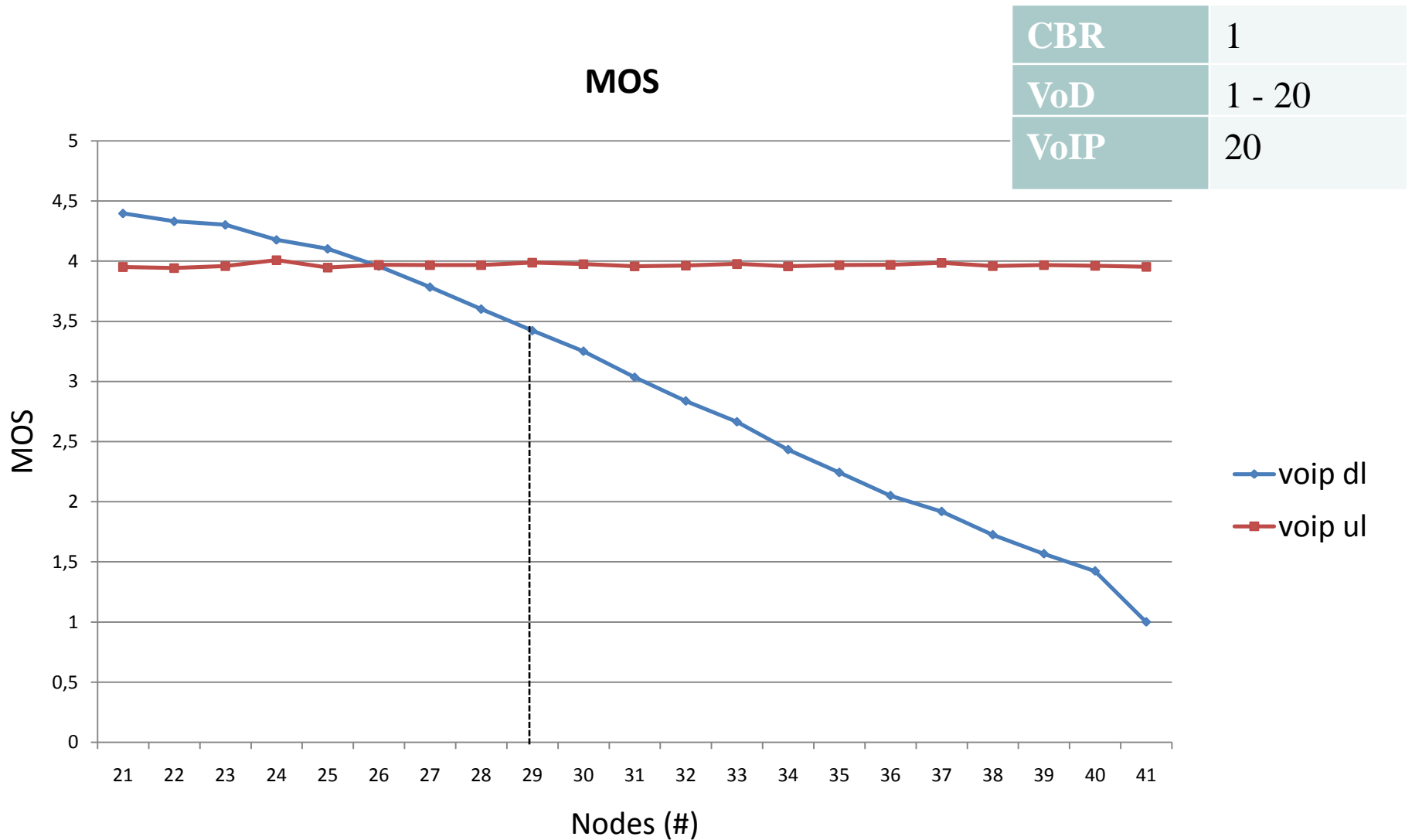
## Comportamento VoIP all'aumentare VoD Incremento priorità VoD

# Cross evaluation – Delay medio VoIP





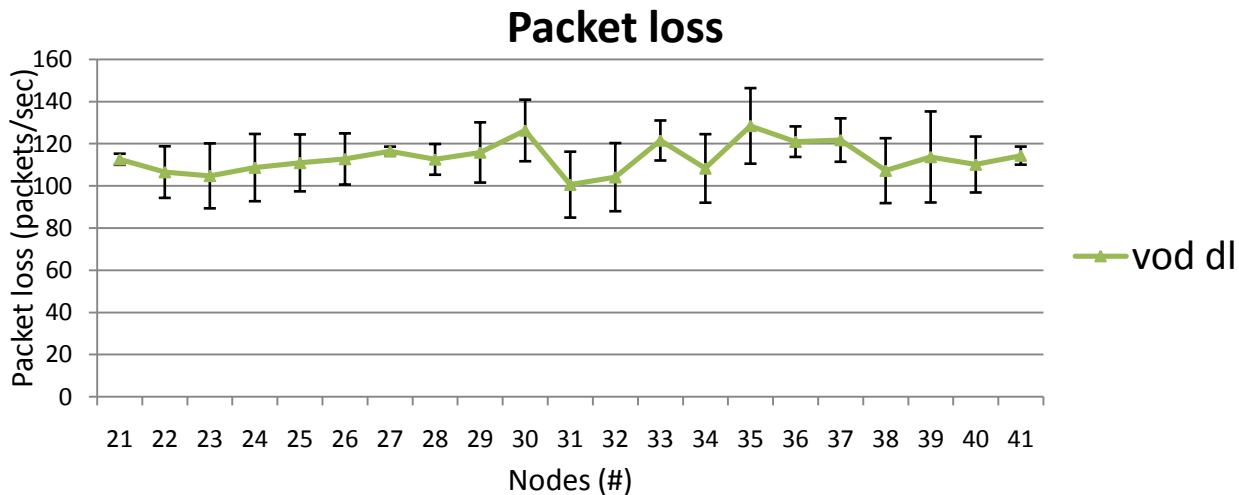
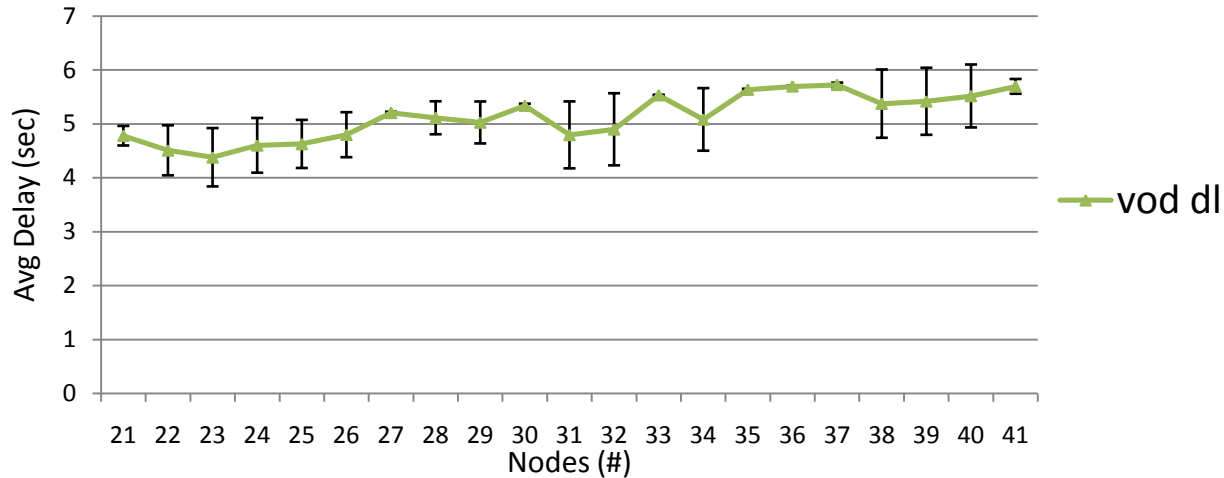
# Cross evaluation – MOS VoIP



## Comportamento VoD all'aumentare VoIP Incremento priorità VoD

# Cross evaluation – Delay medio VoD

## Delay Medio

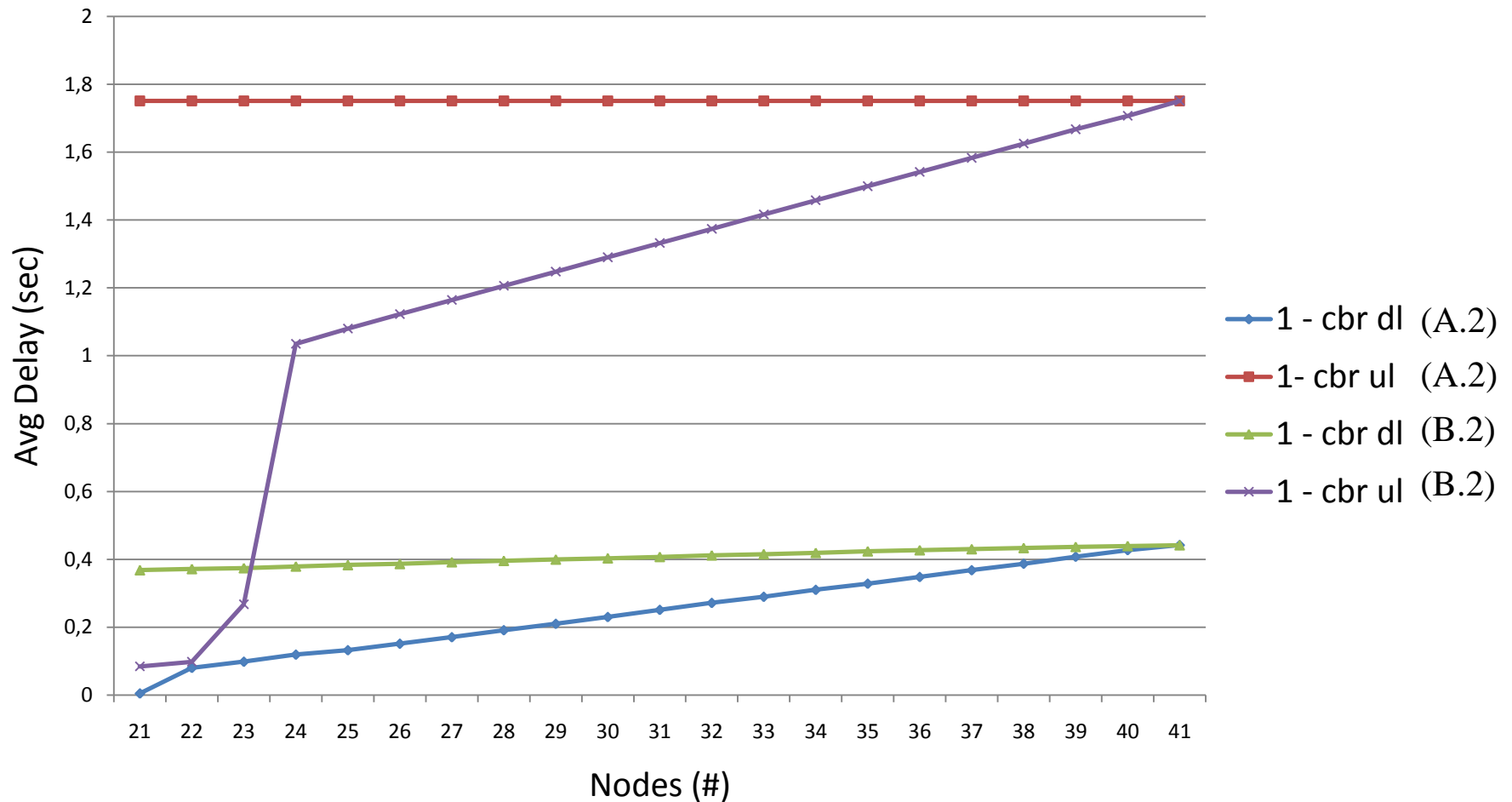


CBR	1
VoD	20
VoIP	1 - 20

## Confronto CBR Incremento priorità VoD

# Cross evaluation - Delay medio CBR

## Confronto scenari A.2 vs B.2 - Delay medio



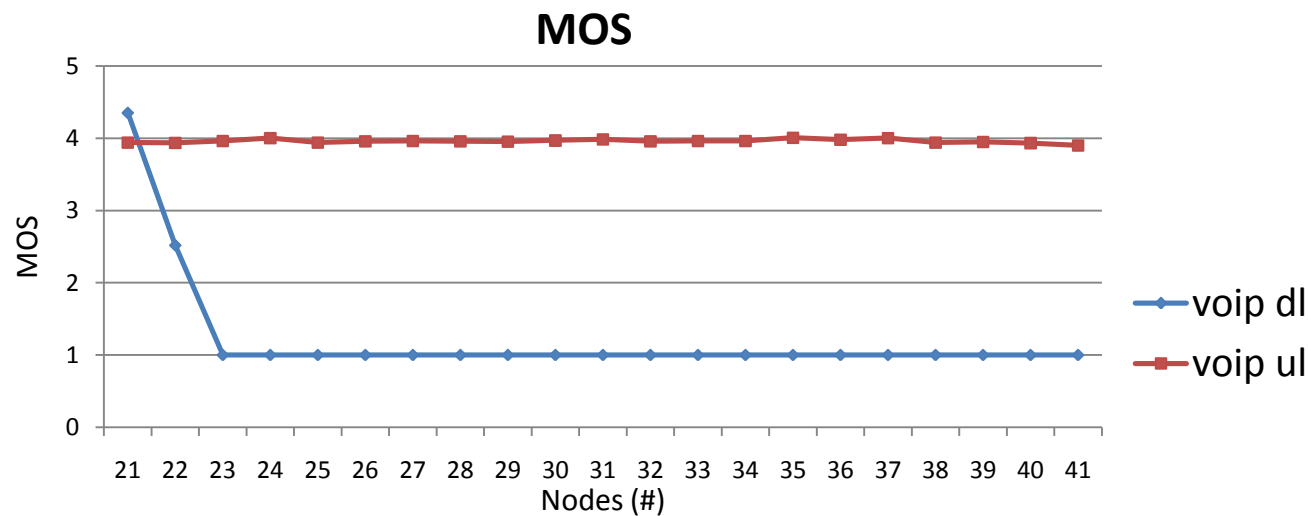
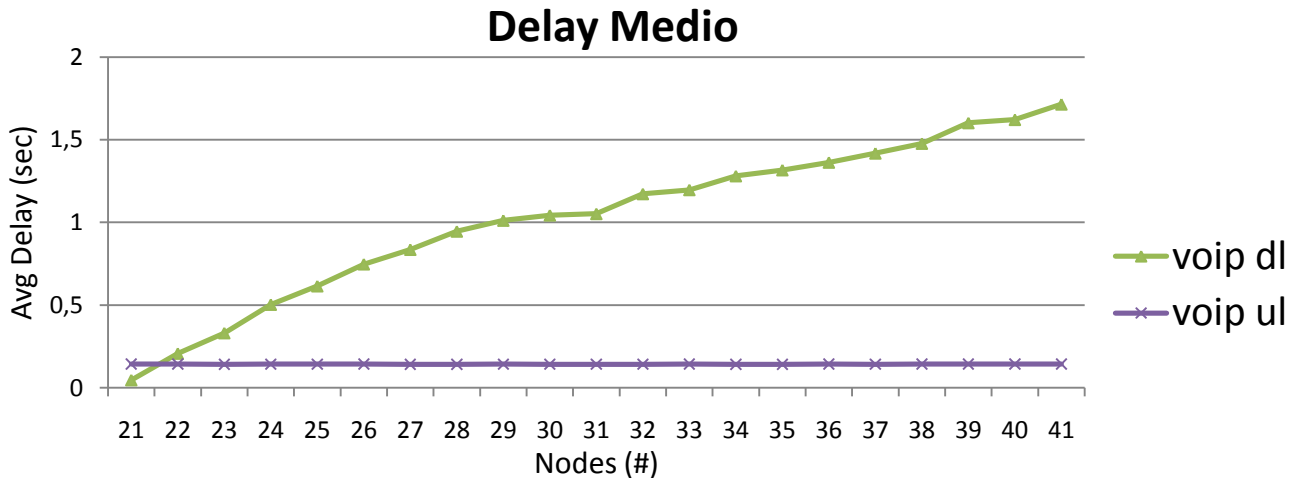
---

# Cross evaluation – Conclusioni

- ✓ Il traffico VoIP risente del traffico VoD con priorità maggiore
- ✓ Il traffico VoD subisce gli effetti della presenza del VoIP
- ✓ Il traffico CBR risulta maggiormente influenzato dal traffico VoIP piuttosto che da quello VoD

## Comportamento VoIP all'aumentare VoD Degradamento prestazioni VoIP in DL

# Cross evaluation – Delay medio/MOS VoIP



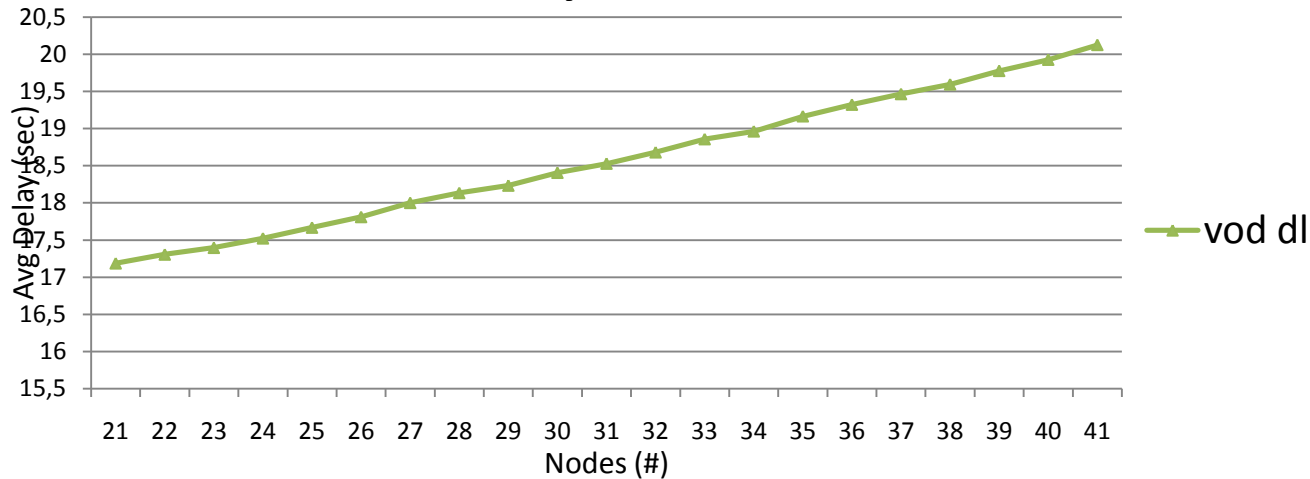
CBR	1
VoD	1 - 20
VoIP	20



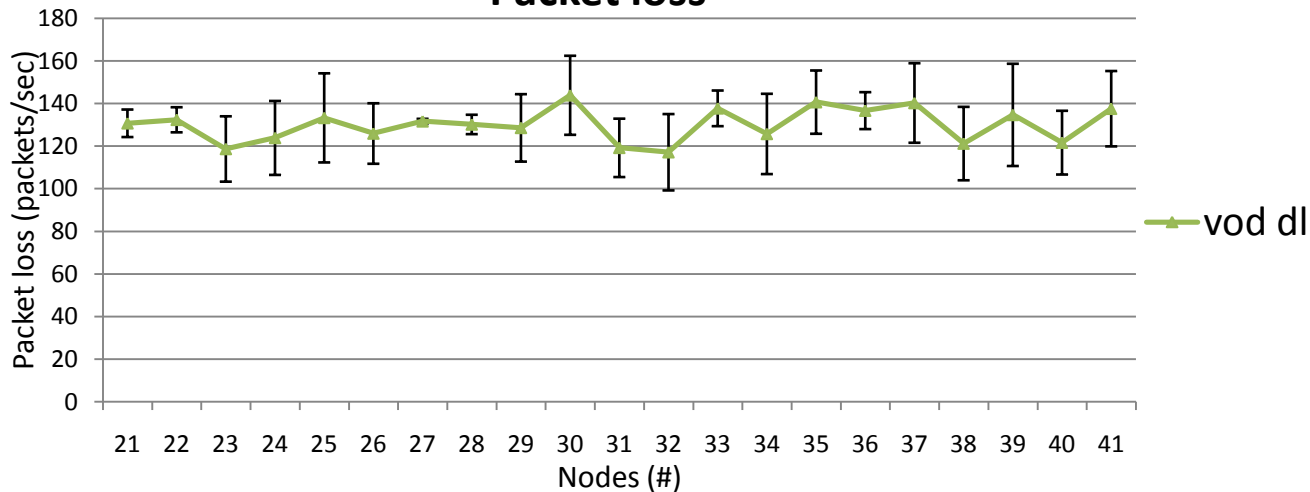
## Comportamento VoD all'aumentare VoIP Degradamento prestazioni VoIP in DL

# Cross evaluation – Delay medio/Packet loss VoD

## Delay Medio



## Packet loss

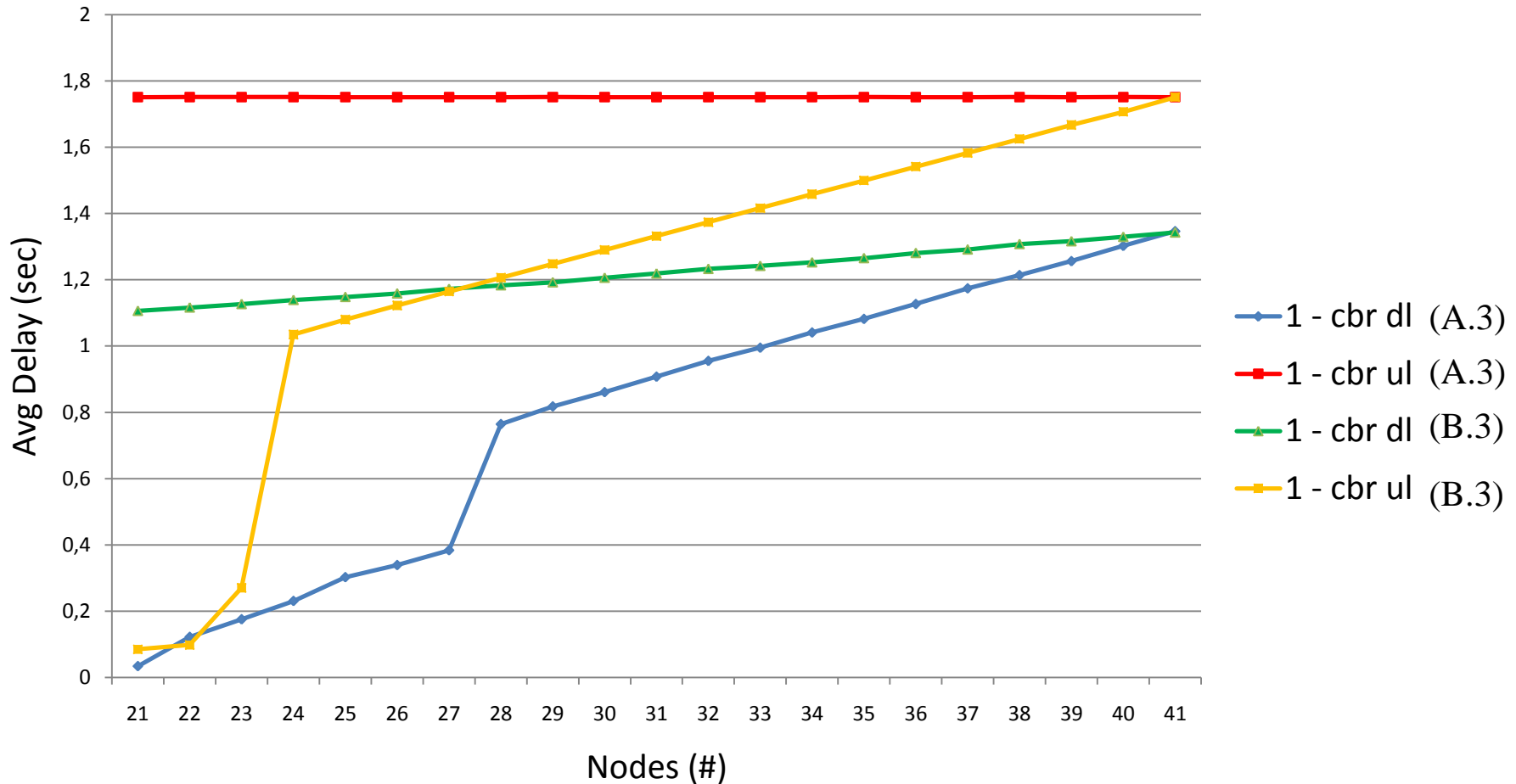


CBR	1
VoD	20
VoIP	1 - 20

## Confronto CBR Degradamento prestazioni VoIP in DL

# Cross evaluation – Delay medio CBR

## Confronto scenari A.3 vs B.3 – Delay medio



---

# Cross evaluation - Conclusione

- ✓ Il traffico VoIP risente notevolmente quello VoD
- ✓ Il traffico VoD viene penalizzato in favore del traffico VoIP
- ✓ Il traffico CBR è poco influenzato da quello VoIP e quindi ha un delay in DL confrontabile con quello in UL per numero di nodi elevato ma è influenzato dal traffico VoD

## Confronto Delay e MOS VoIP

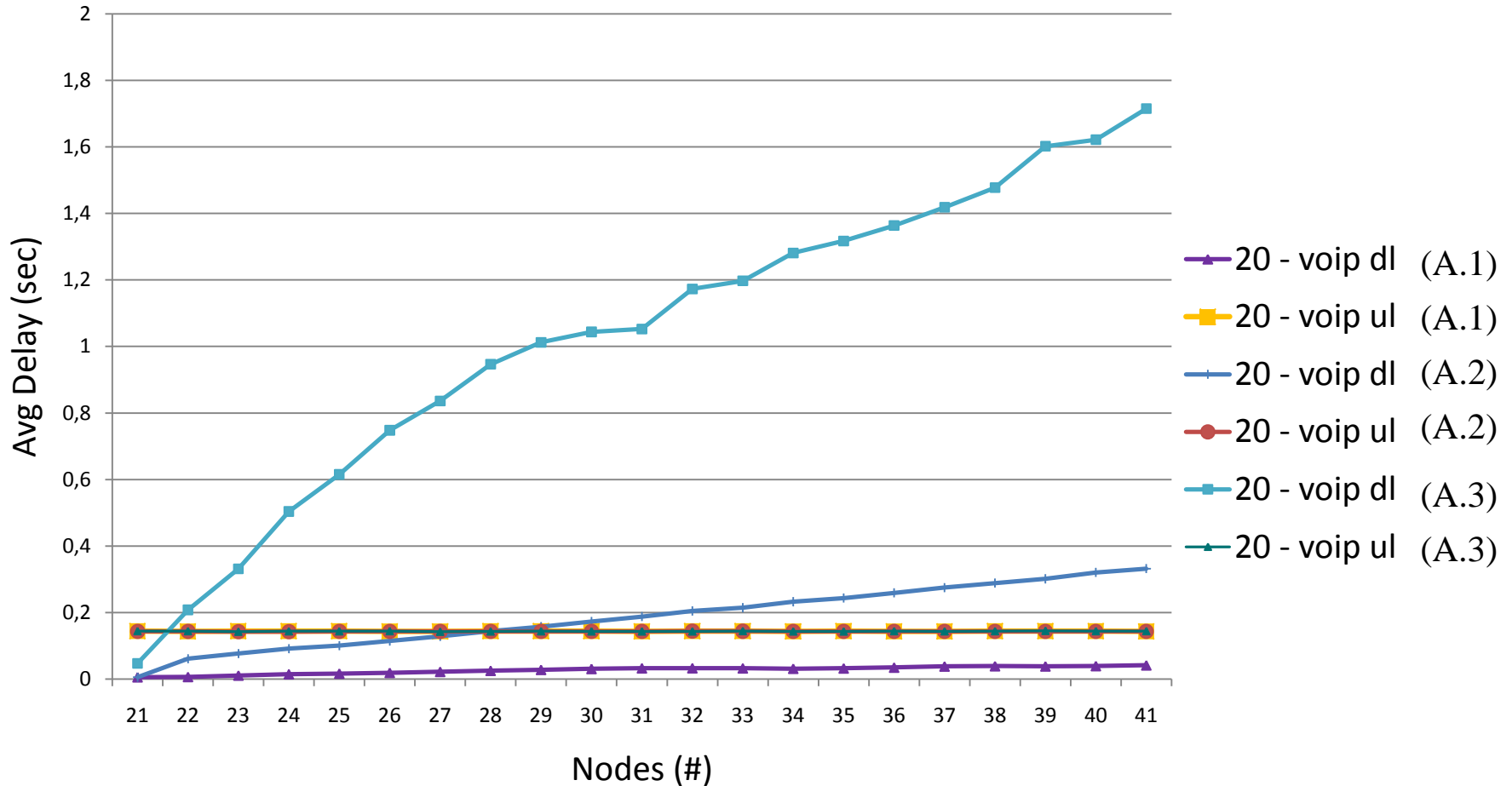
---

# Cross evaluation

- ✓ Confronto Delay e MOS dei VoIP nei 3 casi
  1. Normale
  2. VoD priorità maggiore
  3. VoIP con prestazioni DL degradate

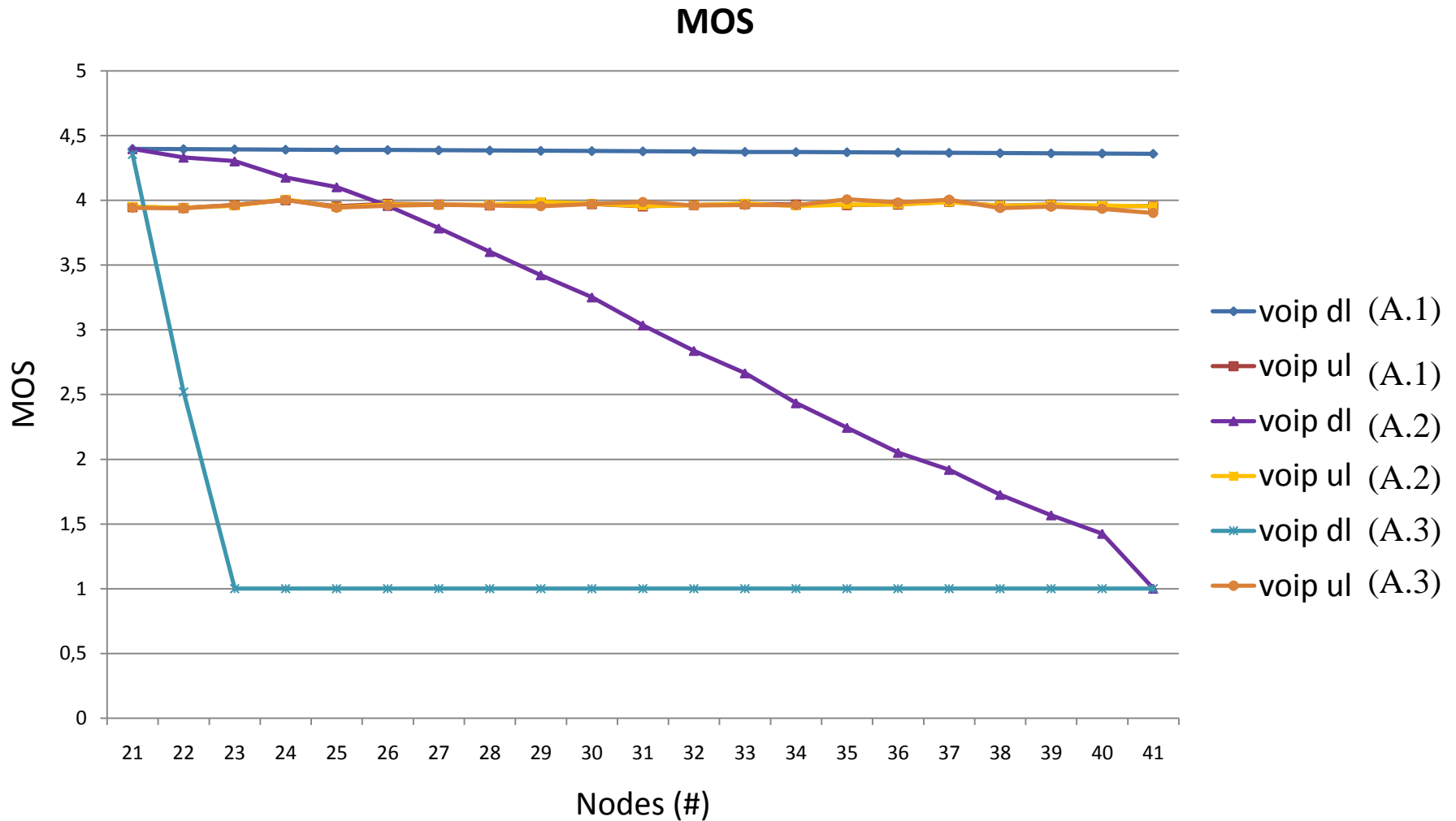
# Cross evaluation – Delay medio VoIP

## Delay medio





# Cross evaluation – MOS VoIP



---

# Cross evaluation – Conclusioni

- ✓ Il traffico VoIP sperimenta un Delay sempre maggiore e una riduzione del MOS (in downlink)
- ✓ Diminuzione priorità traffico VoIP
  - Indiretta
  - Diretta

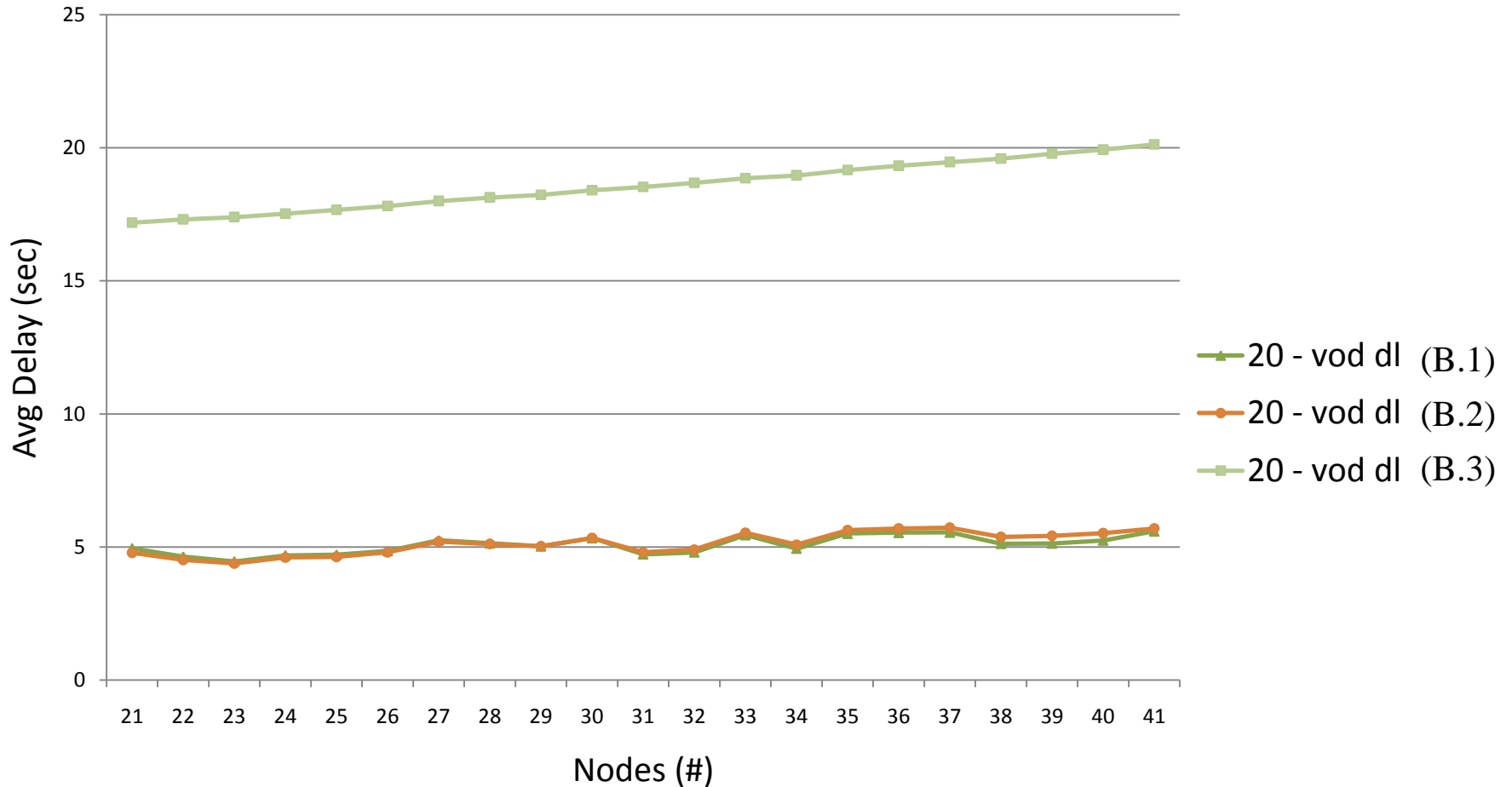
## Confronto Delay e Packet loss VoD

# Cross evaluation

- ✓ Confronto delay e packet loss del VoD nei 3 casi
  1. Normale
  2. VoD priorità maggiore
  3. VoIP con prestazioni DL degradate

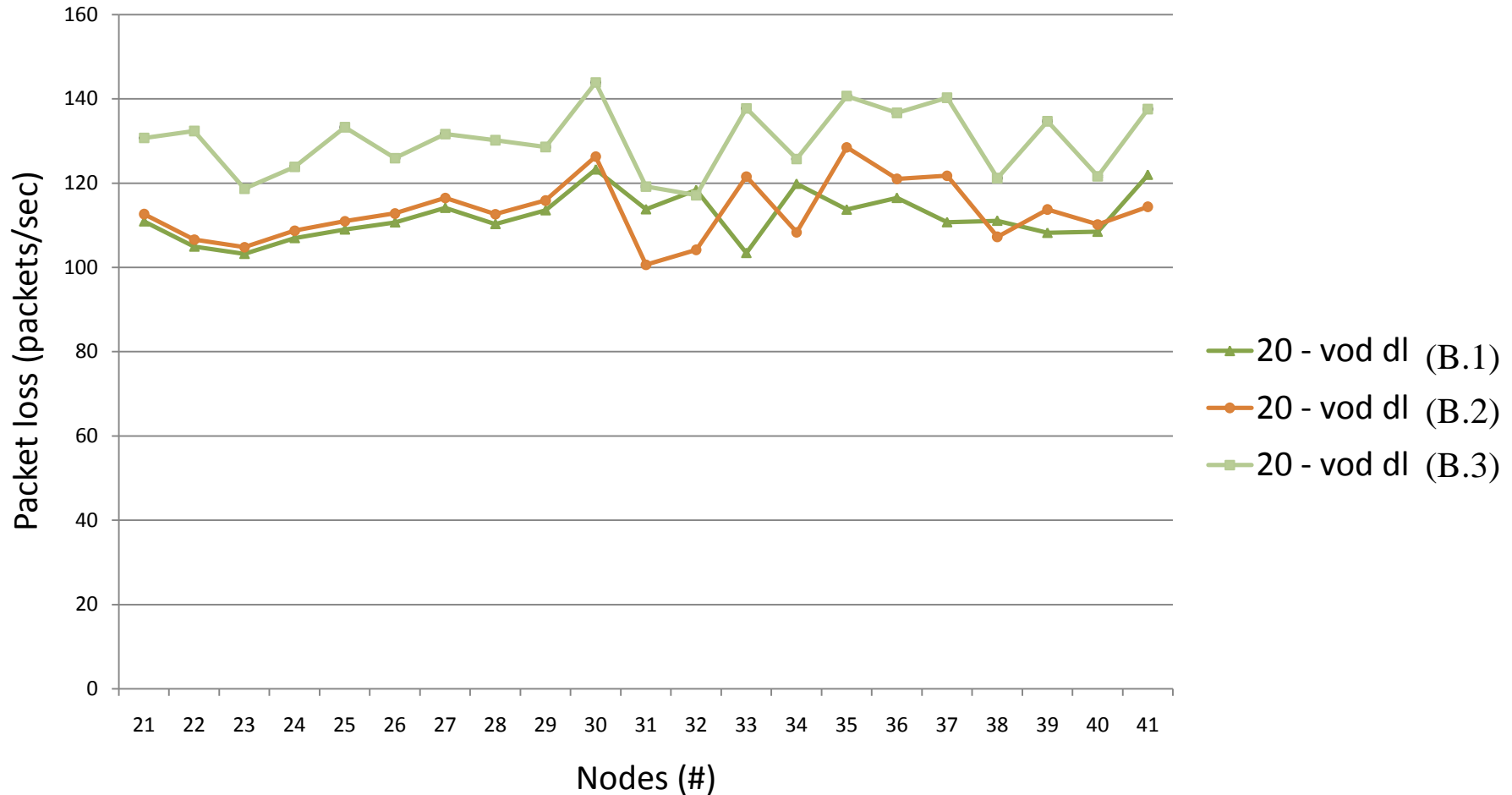
# Cross evaluation – Delay medio VoD

Delay medio



# Cross evaluation – Packet loss VoD

Packet loss



---

# Cross evaluation – Conclusioni

- ✓ Il Delay diminuisce significativamente aumentando la priorità del traffico VoD
- ✓ La degradazione delle prestazioni del traffico VoIP non influisce sul Delay
- ✓ La Packet loss è elevata (il sistema è saturo)

# Conclusioni generali

- ✓ Tra i tipi di traffico analizzati, il VoIP è quello che ottiene prestazioni migliori rispetto agli altri
- ✓ In condizioni di rete carica si è sperimentato che il traffico VoD necessita di una priorità più elevata affinché possano essere soddisfatti i requisiti di QoS
- ✓ Il traffico CBR (nrtPS) influenza maggiormente i nodi con traffico VoD, piuttosto che quelli VoIP
- ✓ In generale sono sufficienti pochi nodi con traffico CBR perché si riscontrino degradazioni della QoS



## Approfondimenti

---

# Approfondimenti

- ✓ Panoramica sullo standard 802.16
  - Scenari PMP
- ✓ Quality Of service
- ✓ Algoritmo di scheduling DRR
- ✓ Comportamento al variare del VoD max-burst

---

# Introduzione a 802.16

- ✓ Standard di comunicazione wireless
- ✓ Accesso a banda larga
  - Riduzione del *digital divide*
  - Alternativa alla ADSL
  - Tecnologia da *ultimo miglio*
- ✓ Nomadicità e mobilità
- ✓ Supporto alla QoS
- ✓ Not Line Of Sight (NLOS)

# 802.16 PMP

- ✓ **Point-to-MultiPoint**
  - Una *Base Station (BS)*
  - Molte *Subscriber Station (SS)*
- ✓ Lo standard riguarda sia il livello MAC che quello fisico
  - La *Quality of Service* è offerta a livello MAC
- ✓ Il downlink è gestito totalmente dalla BS
- ✓ L'uplink è conteso dalle SS, che vi accedono seguendo le regole dettate dal tipo di servizio richiesto:
  - Unsolicited Grant Service
  - real-time Polling Service (VoIP)
  - non real-time Polling Service (VoD e CBR)
  - Best Effort
  - Extended Real-Time Variable Rate(ERT-VR)

# Quality of Service

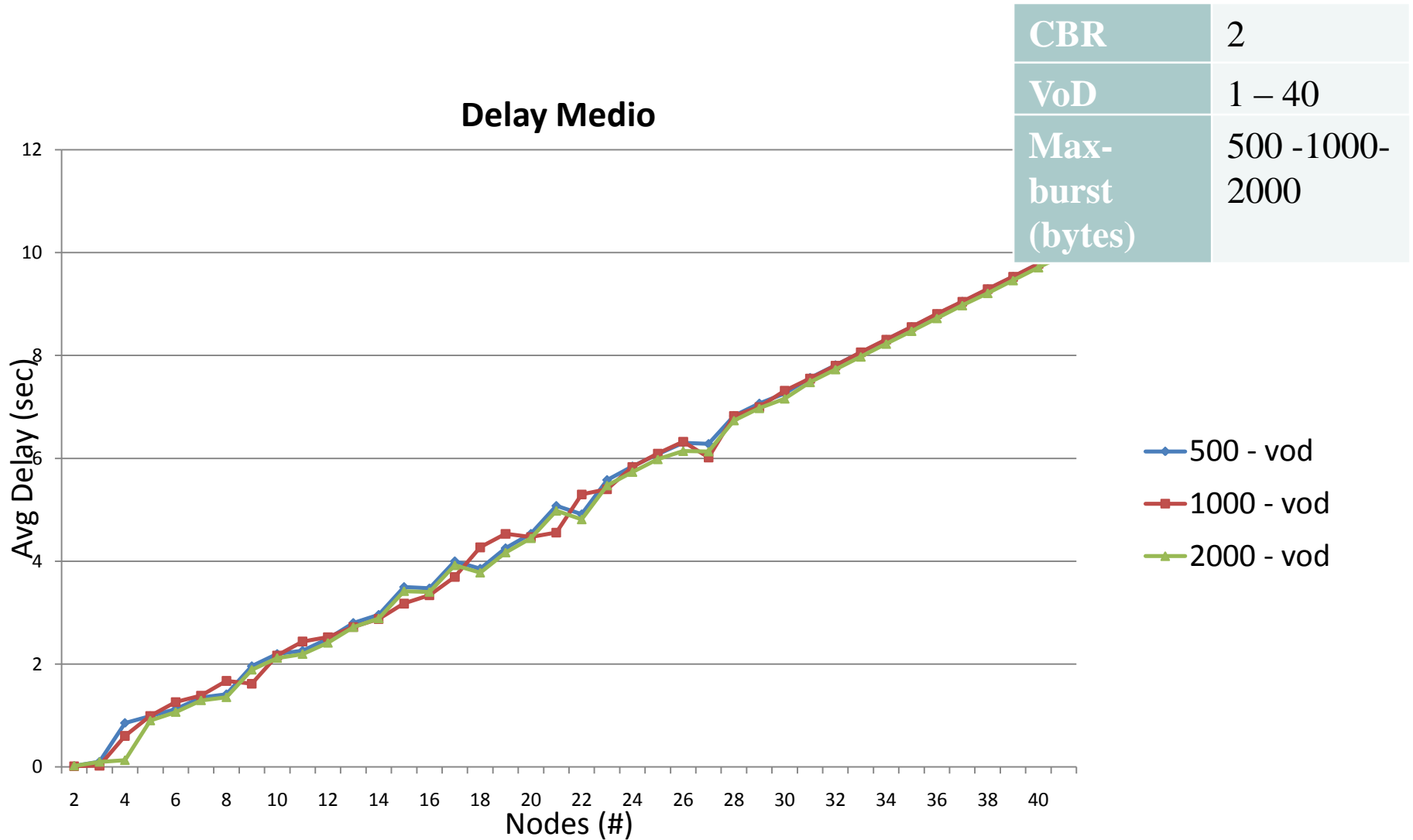
- ✓ L'approccio usato per l'allocazione della banda è di tipo semi-distribuito
- ✓ La BS gestisce l'uplink permettendone l'utilizzo a singole SS, mediante meccanismi di *UG*, *polling*, e *procedure di contesa*
- ✓ La BS garantisce le richieste di banda alle SS:
  - È compito delle singole SS occuparsi di allocare la banda ottenuta dalla BS fra le proprie connessioni.
  - Gli algoritmi di scheduling utilizzati da BS e SS possono essere differenti

- ✓ Il DRR (Deficit Round Robin) è una versione modificata del *RR*
  - Rispetta il vincolo di *fairness*
- ✓ L'implementazione del DRR prevede che
  - ogni connessione (o SS) abbia associato un counter, nel quale memorizzare crediti, con valore iniziale zero
  - sullo scheduler sia configurato il *quantum* per round.

✓ Esempio:

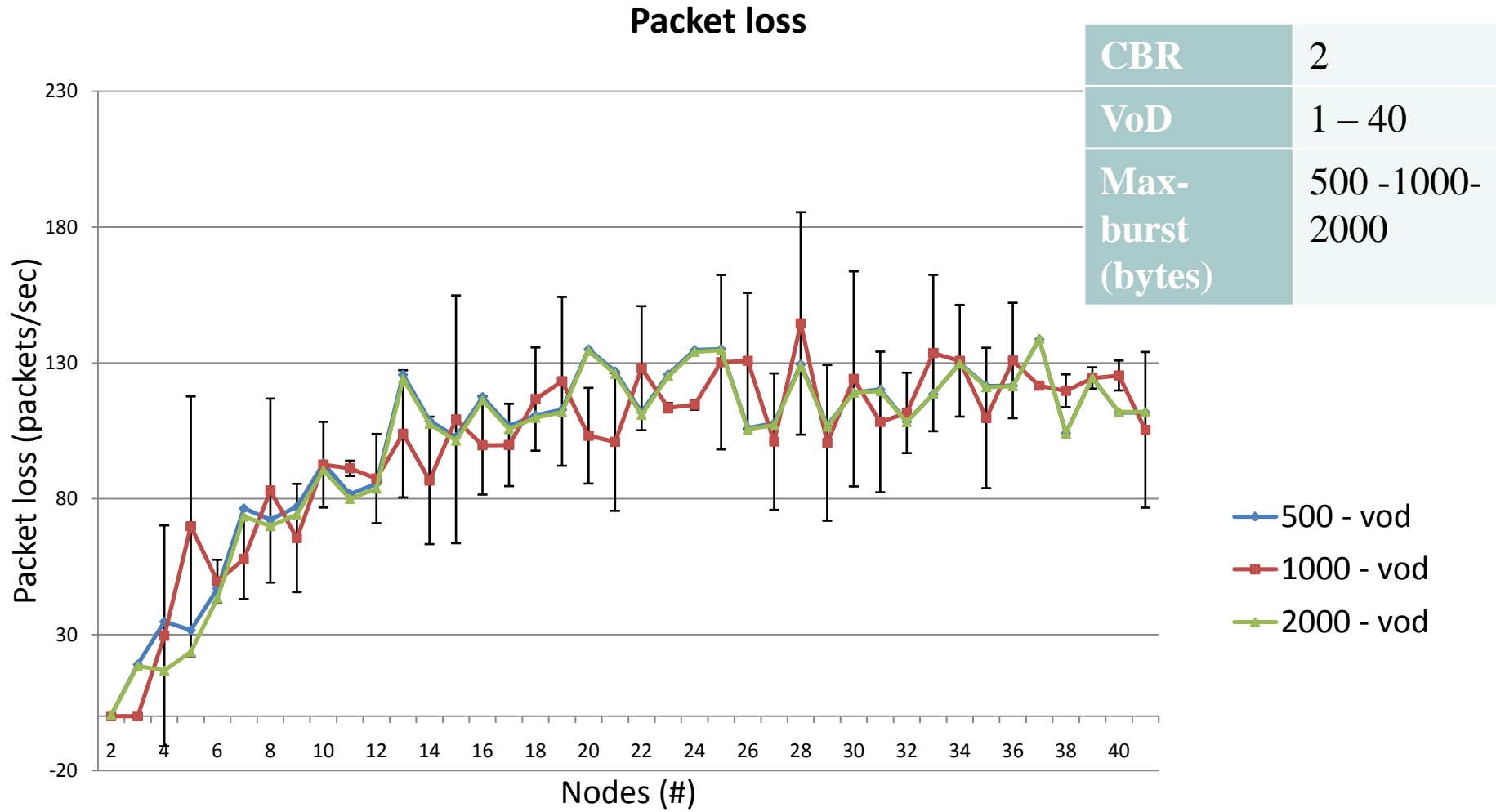
- Quanto=1000, 3 connessioni (A,B,C), con dimensione dei pacchetti rispettivamente di 1500, 800 e 1200
- 1° round:
  - ❑ Il contatore di A viene settato a 1000
  - ❑ B viene servito e il suo counter settato a 200
  - ❑ Il contatore di C viene settato a 1000
- 2° round:
  - ❑ A viene servito e il suo counter è settato a 500 ( $1000+1000-1500$ )
  - ❑ Il contatore di B viene resettato a zero
  - ❑ C viene servito e il suo counter è settato a 800 ( $1000+1000-1200$ )

# VoD max-burst – Delay medio VoD





# VoD max-burst – Packet loss VoD



# VoD max-burst – Throughput CBR

