

# **“Le Tecnologie di Accesso”**

**Fabrizio Ferri/Valentino Carcione**

## **VI WORKSHOP del GARR**

**Roma 18 Novembre 2005**

A dashed green line that curves from the bottom left, goes horizontally across the bottom, and then curves back up towards the right side.

## PREMESSA

- ▶ Esigenza di valutare nuove tecnologie di accesso per soddisfare la nuova tipologia di utenti (scuole, piccole sedi periferiche, ecc.)
  - confronto con gli accessi di tipo CDN con una metodologia di qualificazione
  - Approccio end-to-end dell'analisi del Local Loop
- ▶ Vengono prese in esame tecnologie xDSL di diversi operatori e Hyperlan

## Agenda

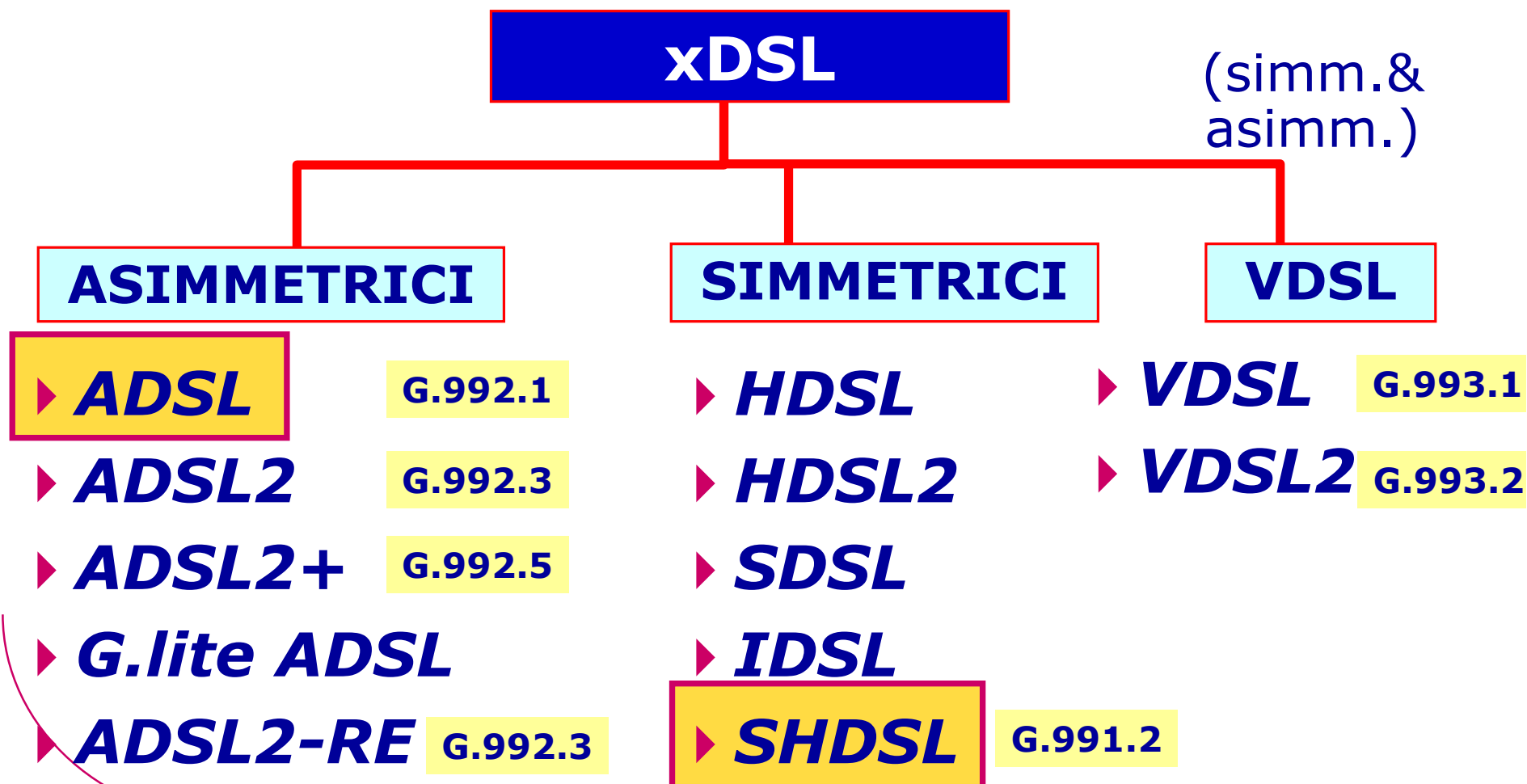
- ▶ La tecnologia di accesso xDSL
  - Tecnologie asimmetriche e simmetriche
- ▶ Local Loop in rame
- ▶ Test di jitter e delay
  - SHDSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL consumer
  - Hyperlan

# Agenda

- ▶ La tecnologia di accesso xDSL
  - Tecnologie asimmetriche e simmetriche
- ▶ Local Loop in rame
- ▶ Test di jitter e delay
  - SHDSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL cosumer
  - Hyperlan

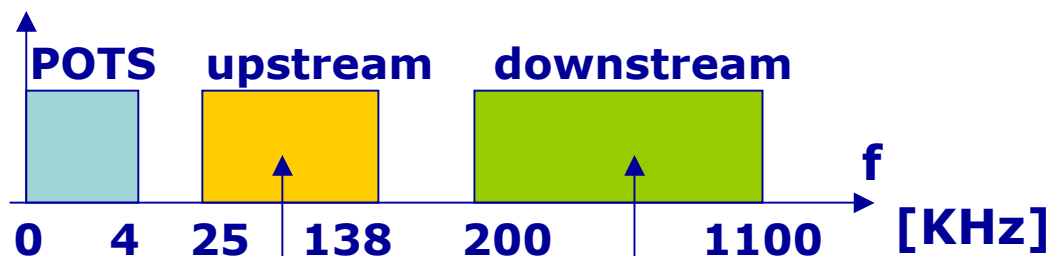
# Tecnologia xDSL di nuova generazione

- ▶ Le tecniche xDSL si suddividono in tre famiglie:



# DSL asimmetrico: ADSL

- ▶ **Asymmetrical DSL:** è detta asimmetrica perchè  
 $BW_{\text{downlink}} > BW_{\text{uplink}}$
- ▶ Valore limite di  $BW_{\text{downlink}} = 6.144\text{Mbps}$
- ▶ Valore limite di  $BW_{\text{uplink}} = 640\text{Kbps}$
- ▶ Questo tipo di DSL è diffusa soprattutto in ambito residenziale (60% della base installata mondiale xDSL)
- ▶ È prevista sullo stesso doppino la coesistenza dell'ADSL con il servizio di telefonia analogica POTS
- ▶ Le specifiche dell'ADSL: ITU-T **G.992.1**
- ▶ Può raggiungere un massimo di 5.5Km



**Fino a 640Kbps**

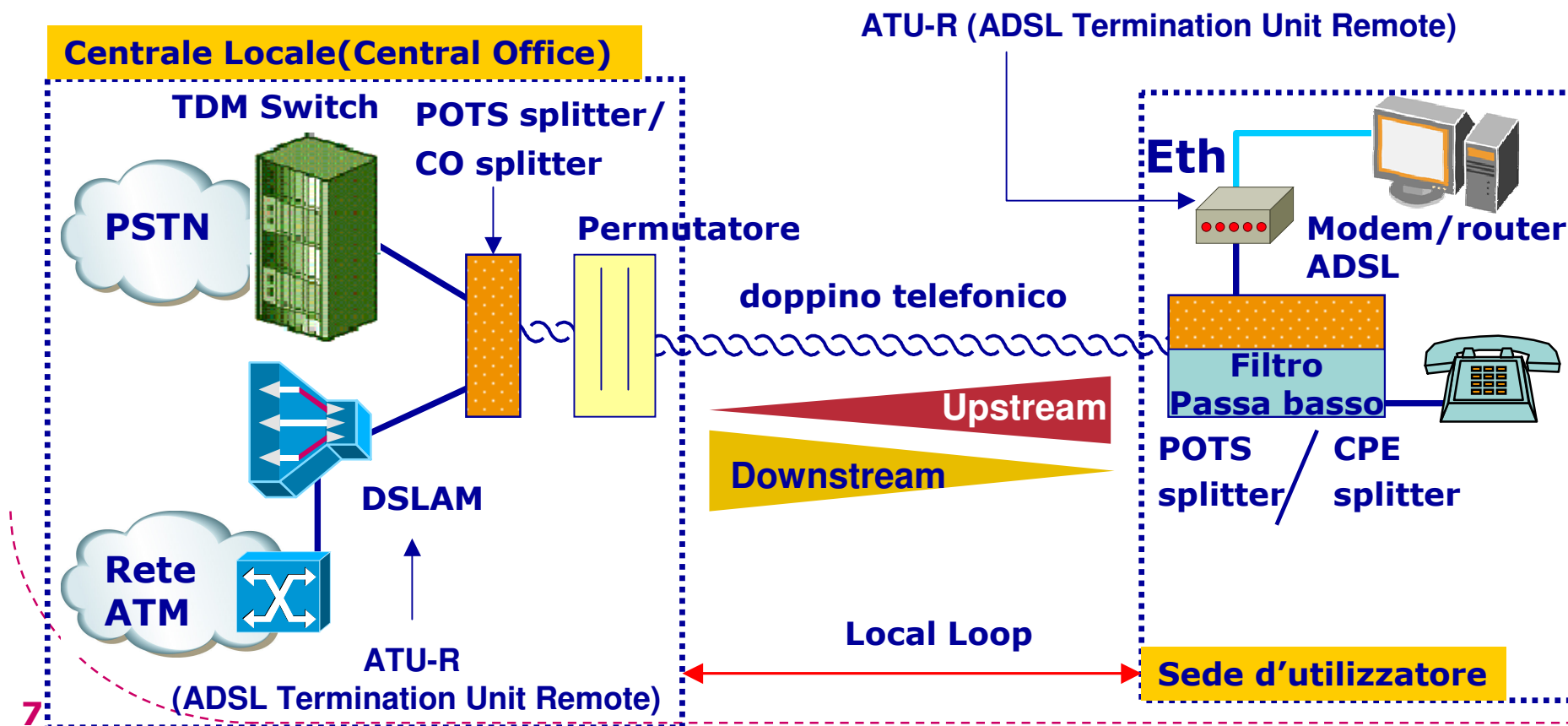
**Fino a 6,144Mbps**

$BER < 10^{-7}$

$\phi =$	0.5mm	0.4mm
6 Mbps	3.6Km	2.7Km
1.5 Mbps	5.5Km	4.5Km

## Modello di riferimento dell'ADSL Forum

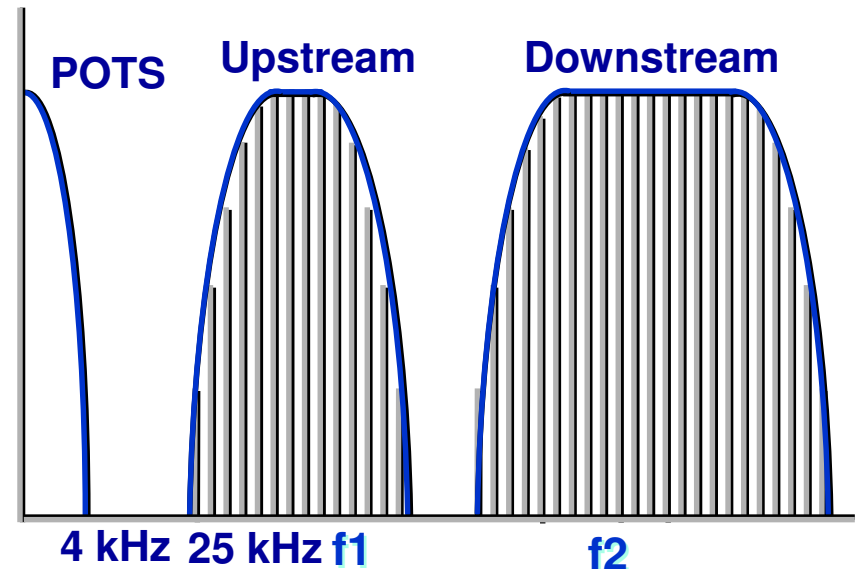
- ▶ La potenza in downstream è più alta nel DSLAM e più bassa nel CPE
- ▶ La potenza in Upstream power è più bassa nel DSLAM e più alta nel CPE



## DSL asimmetrico: ADSL

- ▶ Due tecniche di modulazione: DMT (standardizzata) e CAP
- ▶ DMT (Discrete Multi Tone) codifica i dati in **256** sottoportati a banda stretta (**4,32KHz**), denominati toni, partendo da 0KHz (i sottocanali dal #1 al #6 sono riservati alla voce)
- ▶ Il modem può modulare i toni con una densità di bit diversa (un massimo di **60 Kbps/4 kHz**) in dipendenza del rumore di linea
- ▶ Con DMT la **velocità di linea è adattativa** poichè nel caso in cui l'interferenza della linea sia alta, alcuni toni vengono azzerati, e non utilizzati.

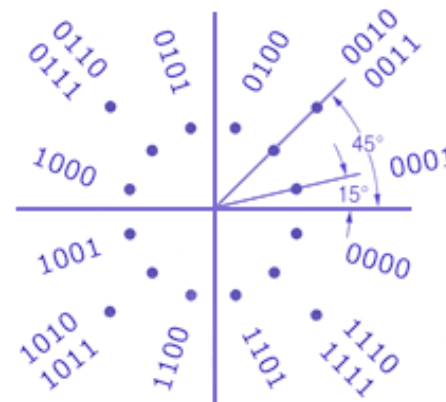
- **32** canali per l'upstream
- **250** canali per il downstream (che si riducono a **218** con cancellazione d'eco)
- DMT definisce due modalità: fast e interleaved





## DSL asimmetrico: ADSL

- ▶ Ogni canale DMT può essere modulato in QAM (Quadrature Amplitude Modulation)
- ▶ QAM può essere rappresentata come modulazione di fase e di ampiezza:
  - attraverso 2 possibili variazioni di ampiezza e 12 variazioni di fase e si ottengono fino a 16 diversi tipi di segnale
  - è possibile assegnare 4 bit per ogni segnale



# SHDSL

- ▶ G.SHDSL standard ITU-T G.991.2
- ▶ G.SHDSL è simmetrico:
  - offre uno standard a **due fili** che opera a **2.3Mbps**
- 1. **È standard.** L'HDSL non fu mai utilizzato come standard internazionale per l'incompatibilità spettrale con il servizio residenziale ADSL.
- 2. **Maggiore throughput.** Possibilità di aggregare tecnologia G.SHDSL con il multilink, e Inverse Multiplexing ATM PVC che può portare ad un raggio della banda rispetto all' HDSL's
- 3. **È multirate.** Supporta velocità da **192Kbps** a **2.3Mbps**
- 4. **È multiprotocollo.** Supporta tutti i protocolli (atm,e1, ISDN, IP)
- 5. **Distanze maggiori dell'HDSL.** 20%-30% maggiore dell'HDSL
- 6. **Compatibilità spettrale:** G.SHDSL è spettralmente compatibile con l'ADSL (basso crosstalk tra G.SHDSL e ADSL nei cavi multicoppia)
  - ▶ Può raggiungere un max di **7Km**
  - ▶ Utilizza una codifica Trellis PAM 16 (**Pulse Amplitude Modulation**)

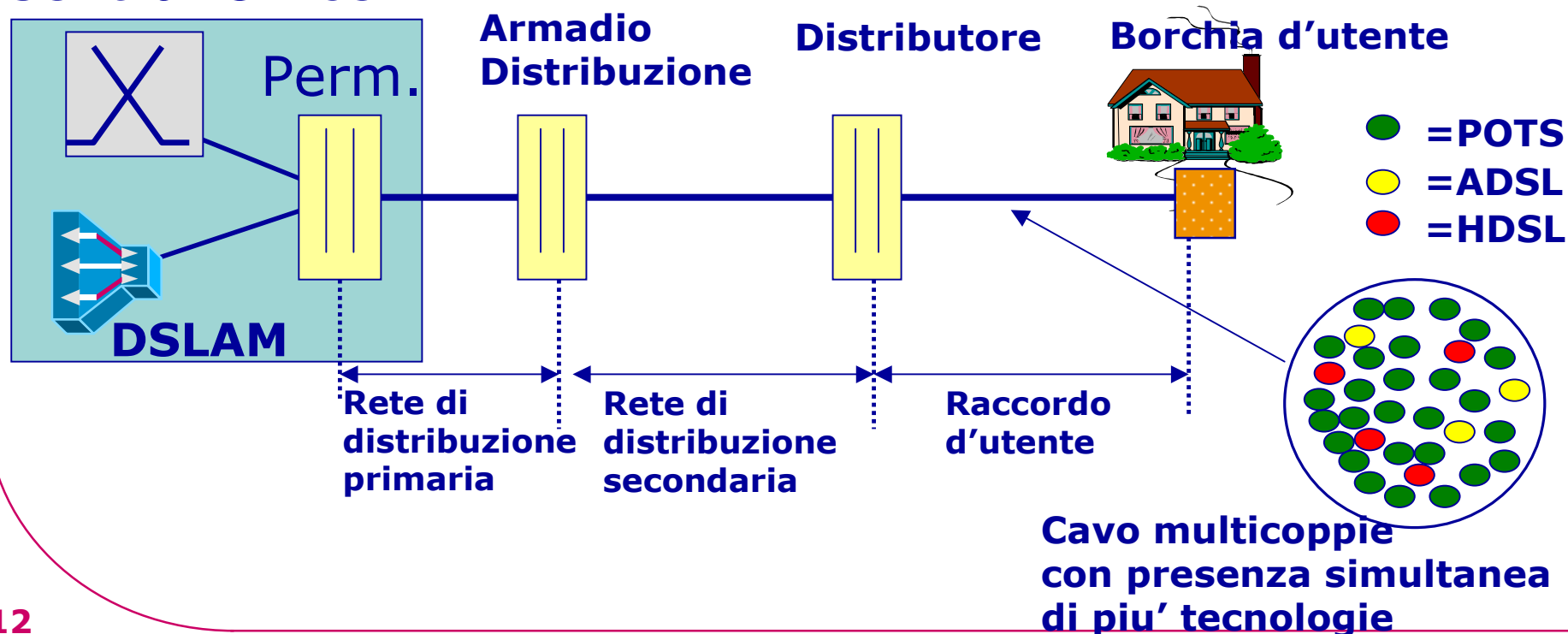
## Agenda

- ▶ La tecnologia di accesso xDSL
  - Tecnologie asimmetriche e simmetriche
- ▶ **Local Loop in rame**
- ▶ Test di jitter e delay
  - SHDSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL cosumer
  - Hyperlan

# Modello di Local Loop in Rame

- ▶ Le *rete di accesso* in rame permette agli operatori di fornire servizi xDSL
- ▶ I sistemi xDSL utilizzano *coppie in rame all'interno dello stesso cavo* con **spettri sovrapposti** per cui le prestazioni (bit rate, distanza) sono ridotte dalle interferenze mutue

## Central Office

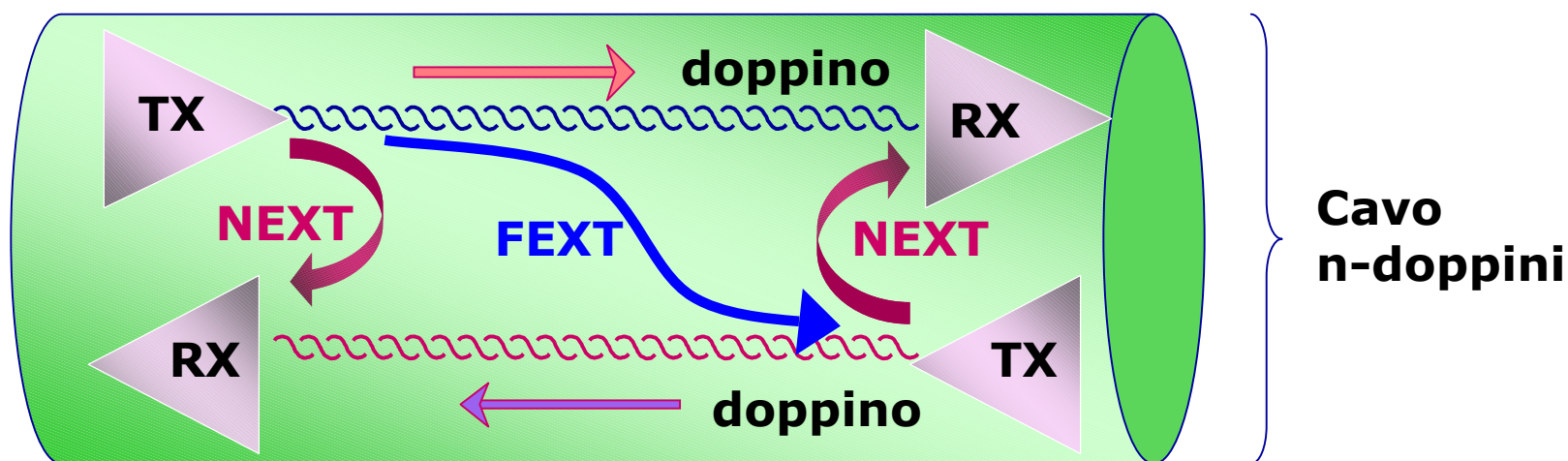


# Principali Cause di Disturbo nel LL

- ▶ Diafonia (Cross-Talk)
  - Paradiafonia o NEXT (Near End Cross-Talk)
  - Telediafonia o FEXT (Far End Cross-Talk)
- ▶ Interferenze da sorgenti radio
- ▶ Rumore
  - Impulsivo
  - background
- ▶ Attenuazione del segnale
- ▶ Derivazioni in parallelo
- ▶ Disadattamento di impedenza alle giunzioni

## Diafonia (Cross-Talk)

- ▶ La diafonia è causata dall'accoppiamento elettromagnetico tra doppini presenti nello stesso cavo o settore di cavo che trasportano servizi che condividono porzioni di spettro
- ▶ Il valore del cross-talk indica “quanto” una coppia disturba un'altra e definisce la compatibilità spettrale fra sistemi
  - **NEXT**: interferenza prodotta da uno o più trasmettitori locali nei confronti di un ricevitore locale (presente quando uplink e downlink condividono una porzione di spettro)
  - **FEXT**: interferenza prodotta da uno o più trasmettitori remoti nei confronti di un ricevitore locale (sempre presente)



# Diafonia

La diafonia dipende da

- densità spettrale di potenza del segnale trasmesso
- numero di doppini mutuamente interferenti
- sovrapposizione dello spettro del segnale utile e dei segnali interferenti

## NEXT

**Non dipende dalla lunghezza del LL**

**Non dipende dalla funzione di trasferimento del canale (doppino)**

**Sistemi che usano porzioni diverse di spettro per il downstream e l'upstream NON sono degradate dal NEXT**

## FEXT

**Dipende dalla lunghezza del LL**

**Dipende dalla funzione di trasferimento del canale**

**Sistemi che usano porzioni di spettro diverse per upsteam e downstream sono degradate dal FEXT**

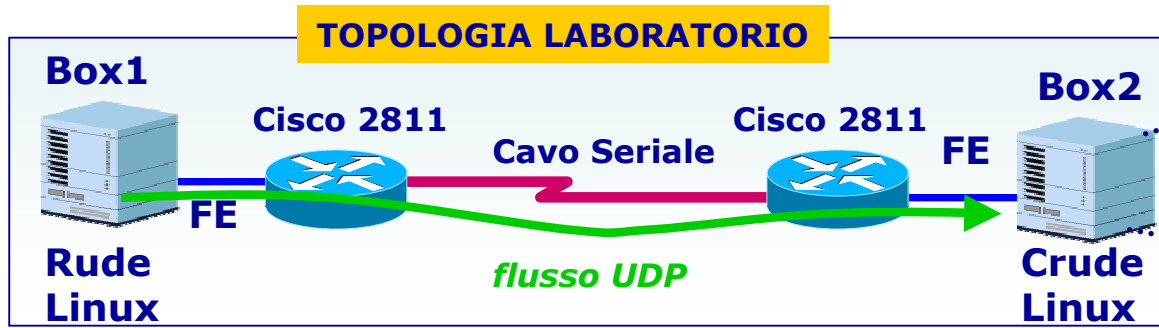
**Il FEXT è in generale meno degradante del NEXT : decine di dB meno intenso**

## Agenda

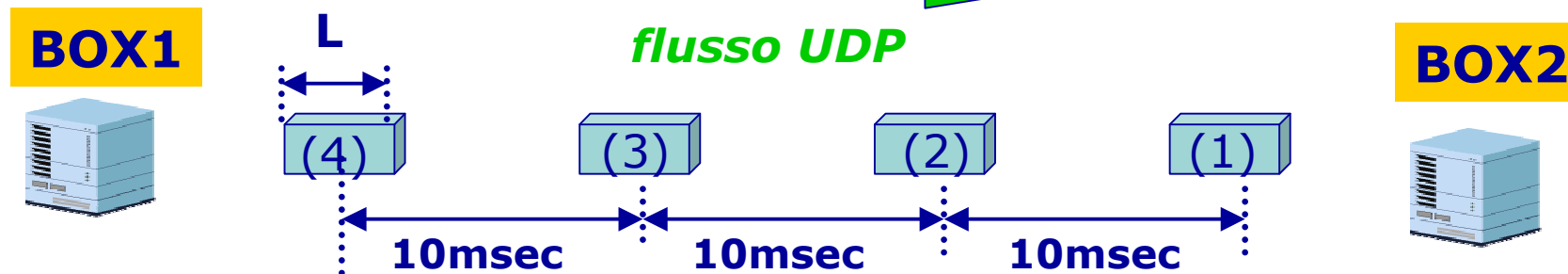
- ▶ La tecnologia di accesso xDSL
  - Tecnologie asimmetriche e simmetriche
- ▶ Local Loop in rame
- ▶ Test di jitter e delay
  - SHDSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL consumer
  - Hyperlan



# TOPOLOGIA TEST DI LABORATORIO



- ▶ Durata test: 1 ora
- ▶ N.100 pacchetti IP/sec

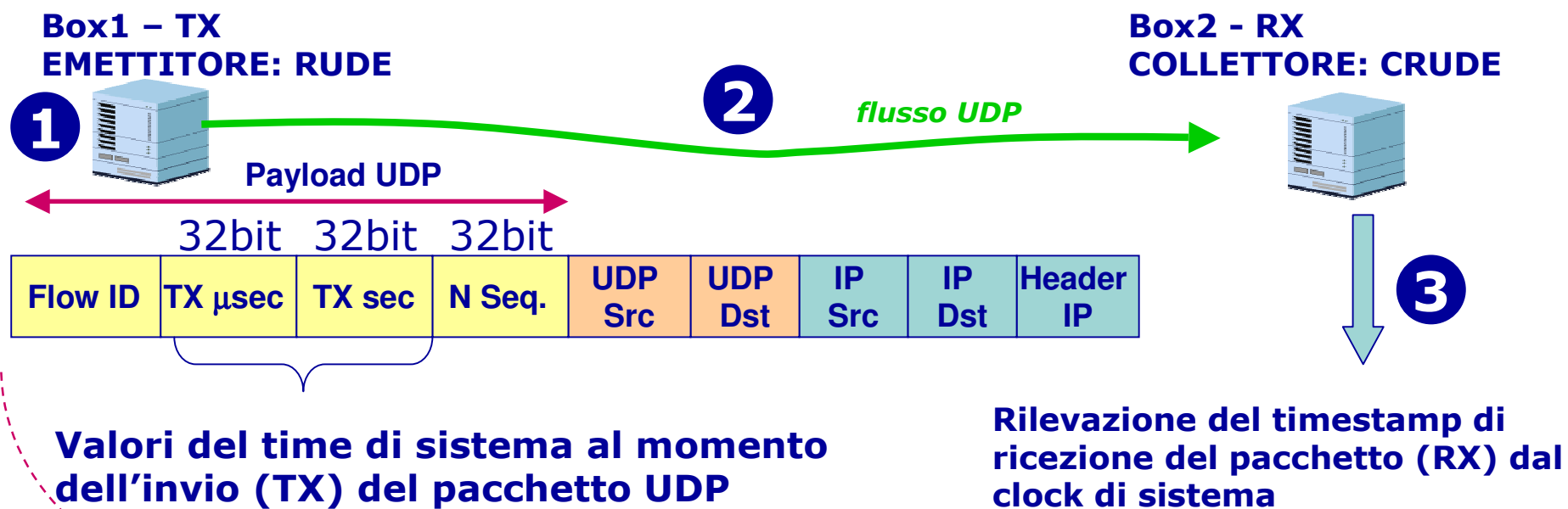


- ▶ L=64Byte -> flusso 51.2Kbps
- ▶ L=1500Byte -> flusso 1.2Mbps

# Jitter

$$\text{Jitter} = (RX_2 - RX_1) - (TX_2 - TX_1)$$

- ▶ Il Jitter è nullo quando tutti i pacchetti arrivano all'end-point con lo stesso ritardo
- ▶ Per effetto di congestione e accodamento la rete è soggetta a jitter



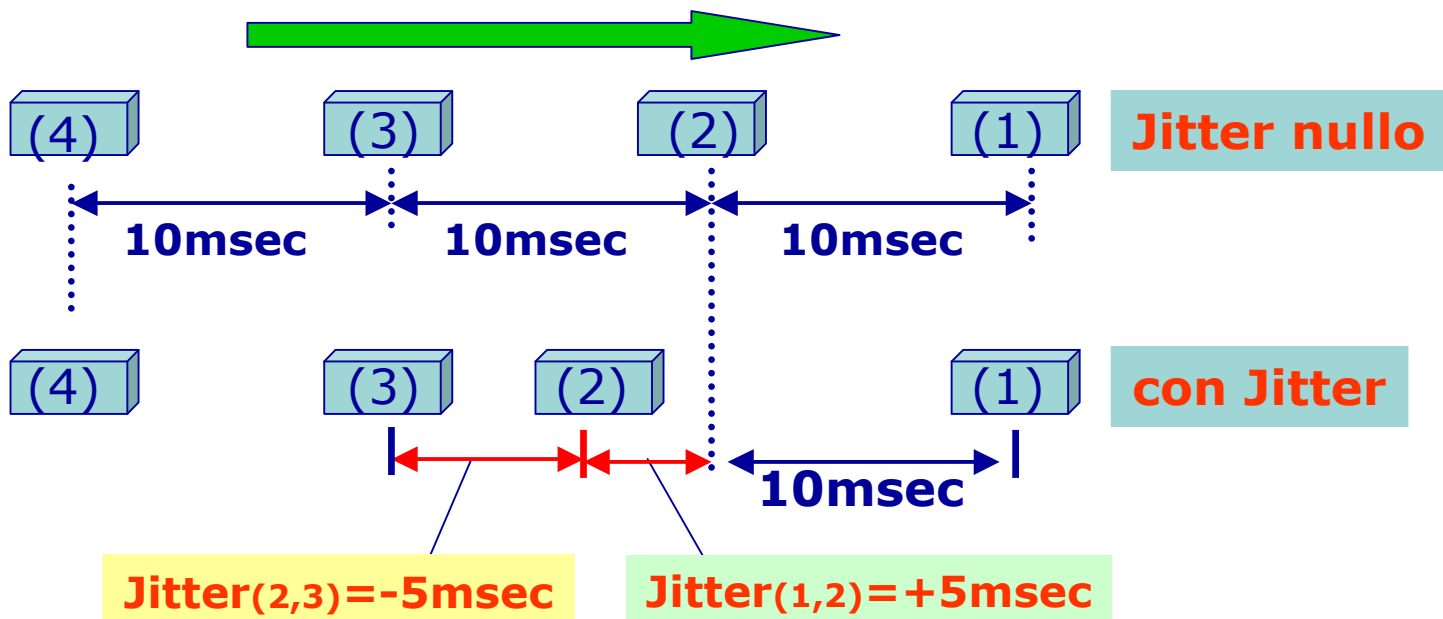
# Esempio di Jitter

	Tx	Rx
Pacchetto (1)	100	107
Pacchetto (2)	110	122
Pacchetto (3)	120	127

$$\text{Jitter} = (RX_2 - RX_1) - (TX_2 - TX_1)$$

$$\text{Jitter}(1,2) = (122 - 107) - (110 - 100) = +5\text{msec}$$

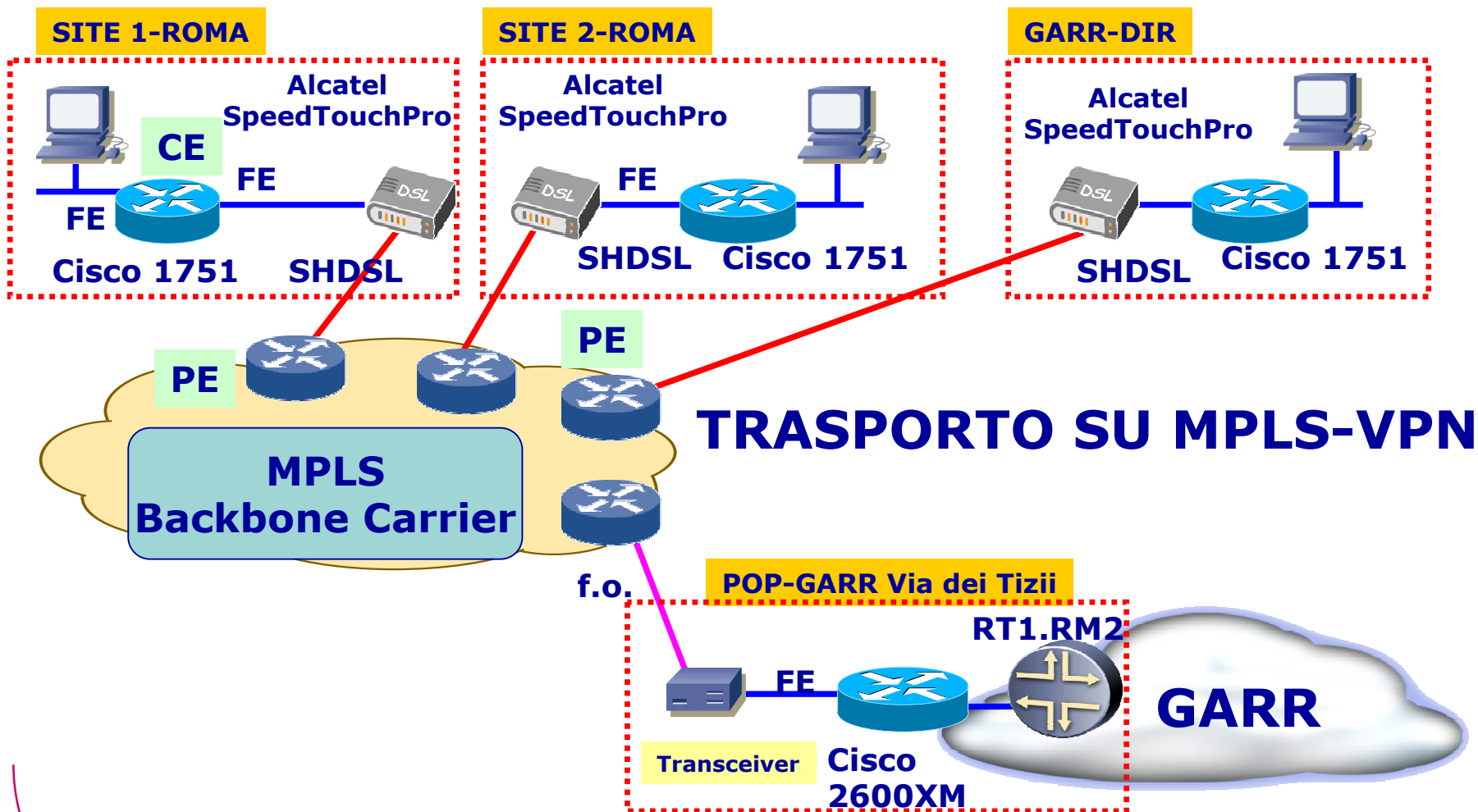
$$\text{Jitter}(2,3) = (127 - 122) - (120 - 110) = -5\text{msec}$$



## Agenda

- ▶ La tecnologia di accesso xDSL
  - Tecnologie asimmetriche e simmetriche
- ▶ Local Loop in rame
- ▶ Test di jitter e delay
  - SHDSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL consumer
  - Hyperlan

# TOPOLOGIA TEST SHDSL

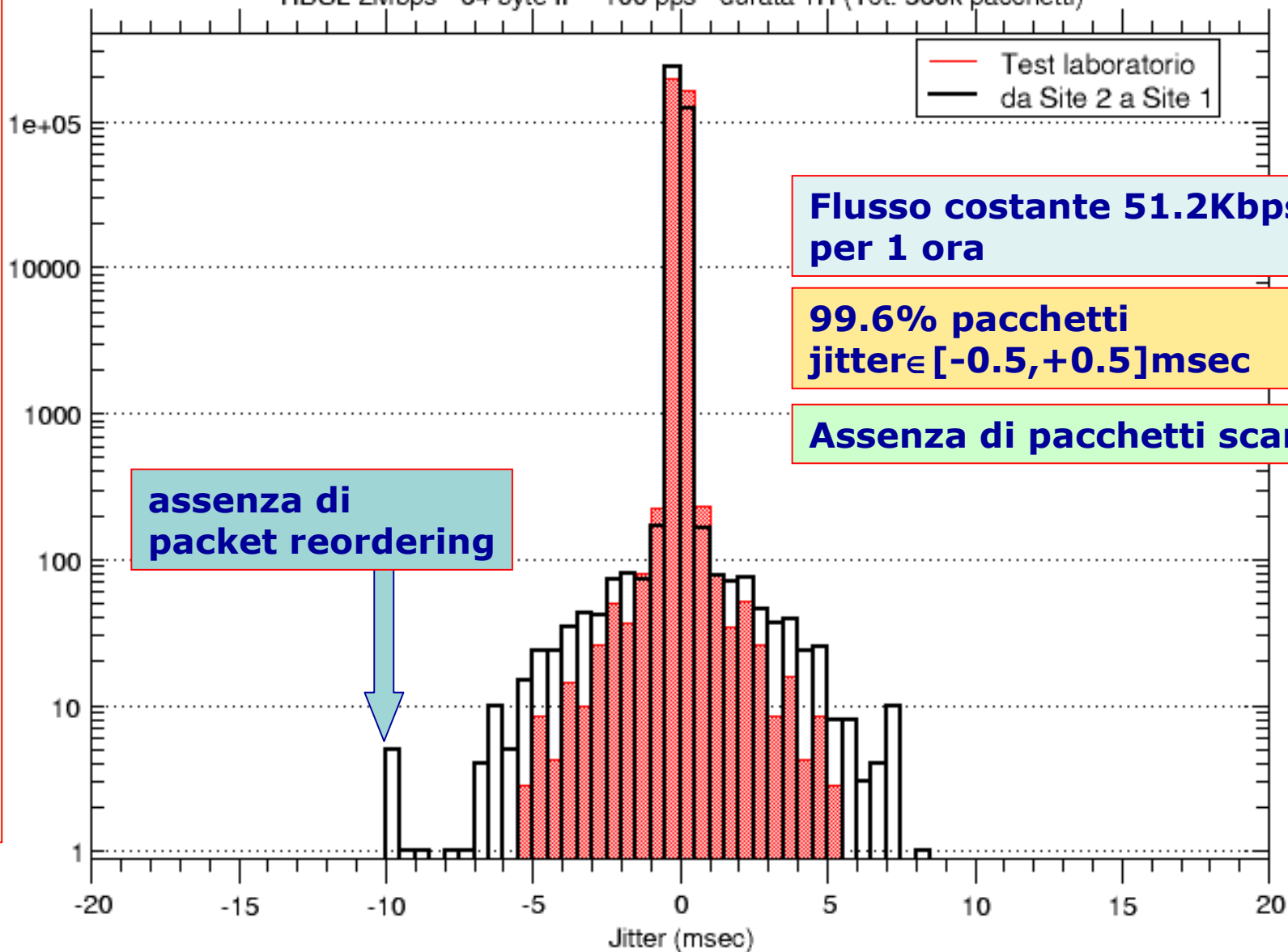


La numerazione IP in ogni site è assegnata da GARR

## Jitter da Site 2 a Site 1

HDSL 2Mbps - 64 byte IP - 100 pps - durata 1H (Tot. 360k pacchetti)

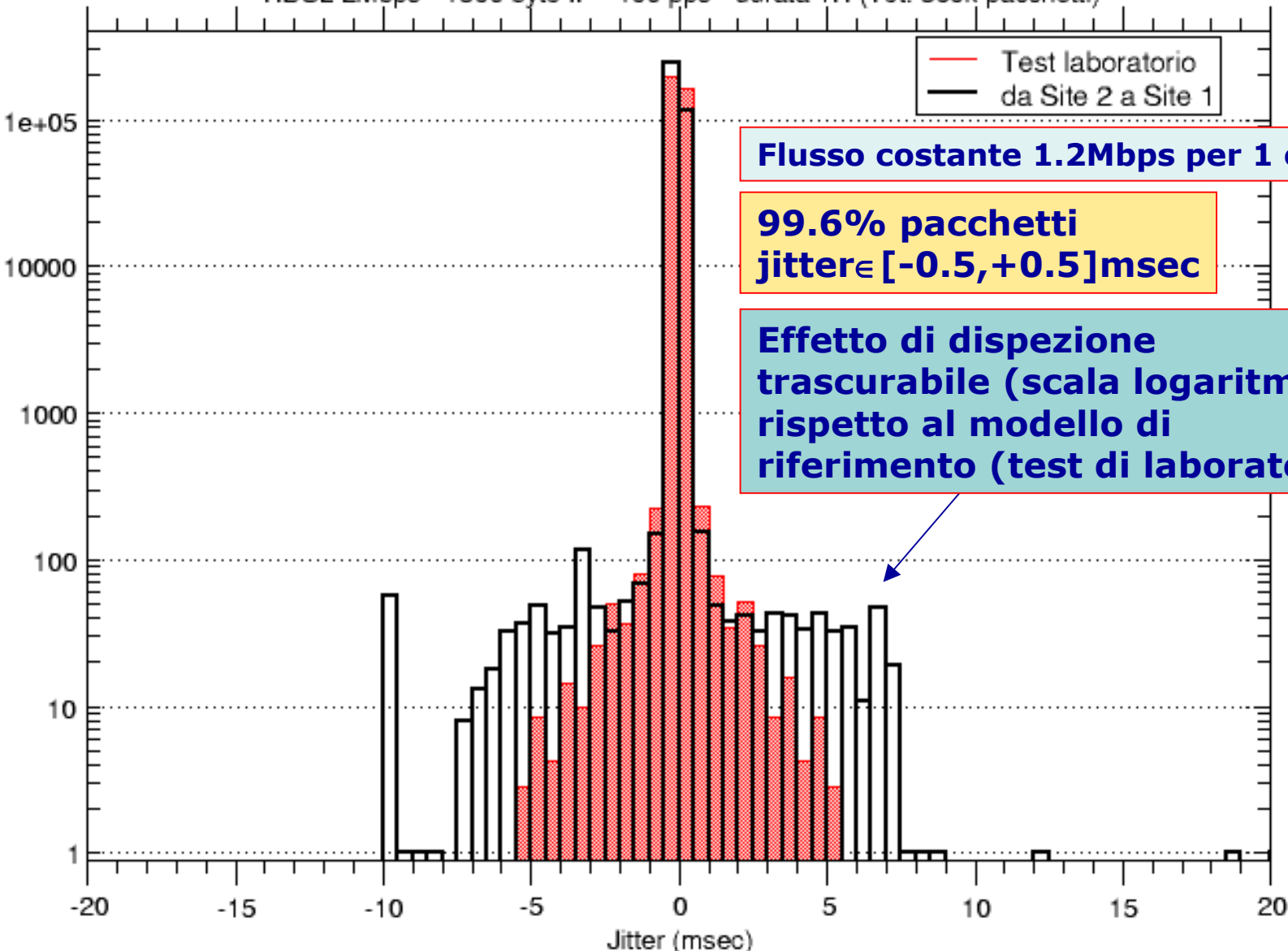
Numero pacchetti (Scala logaritmica)



## Jitter da Site 2 a Site 1

HDSL 2Mbps - 1500 byte IP - 100 pps - durata 1H (Tot. 360k pacchetti)

Numero pacchetti (Scala logaritmica)



Flusso costante 1.2Mbps per 1 ora

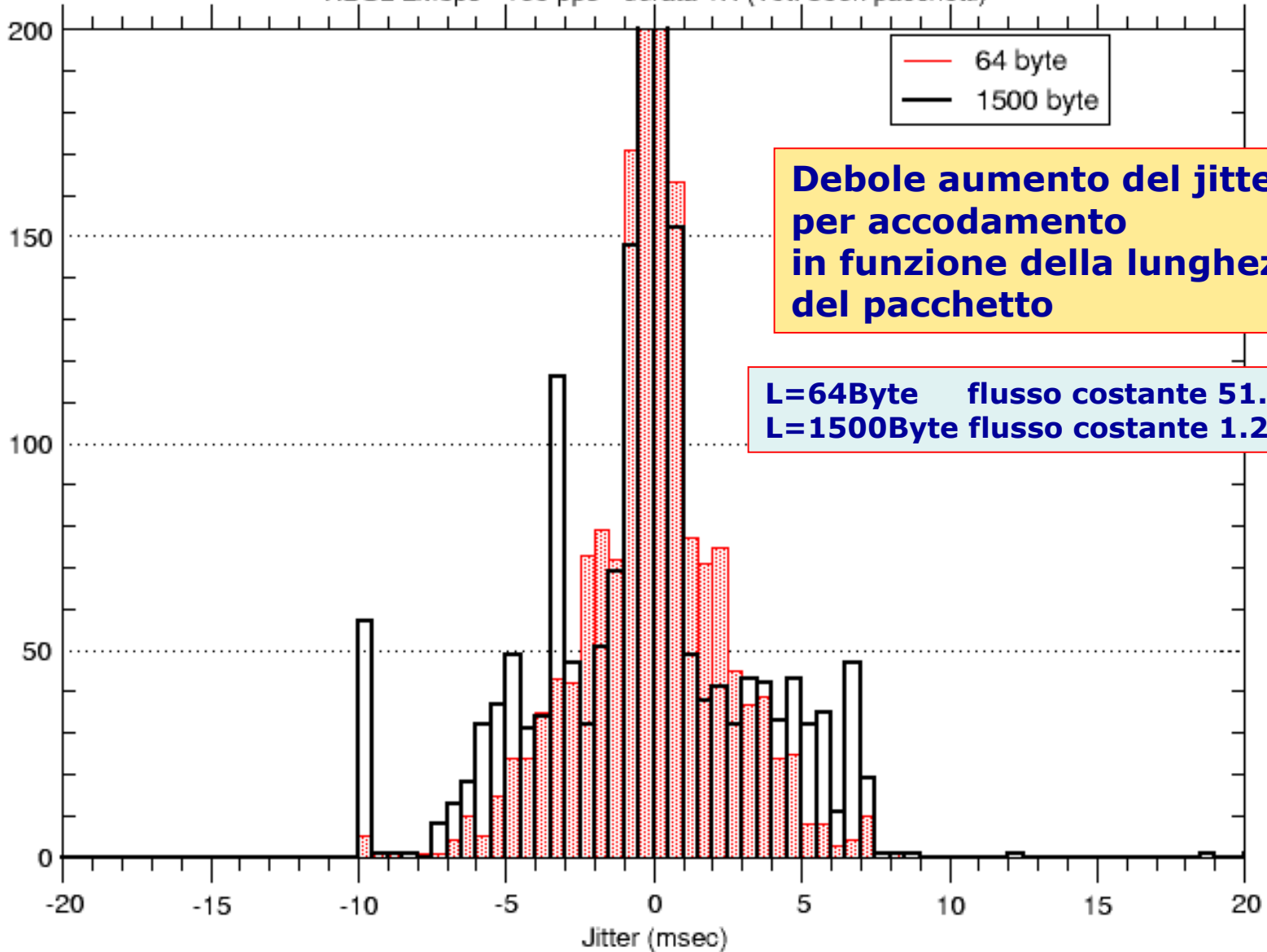
99.6% pacchetti jitter  $\in [-0.5, +0.5]$ msec

Effetto di dispezione trascurabile (scala logaritmica) rispetto al modello di riferimento (test di laboratorio)

## Jitter da Site 2 a Site 1

HDSL 2Mbps - 100 pps - durata 1H (Tot. 360k pacchetti)

Numero pacchetti (Scala lineare)

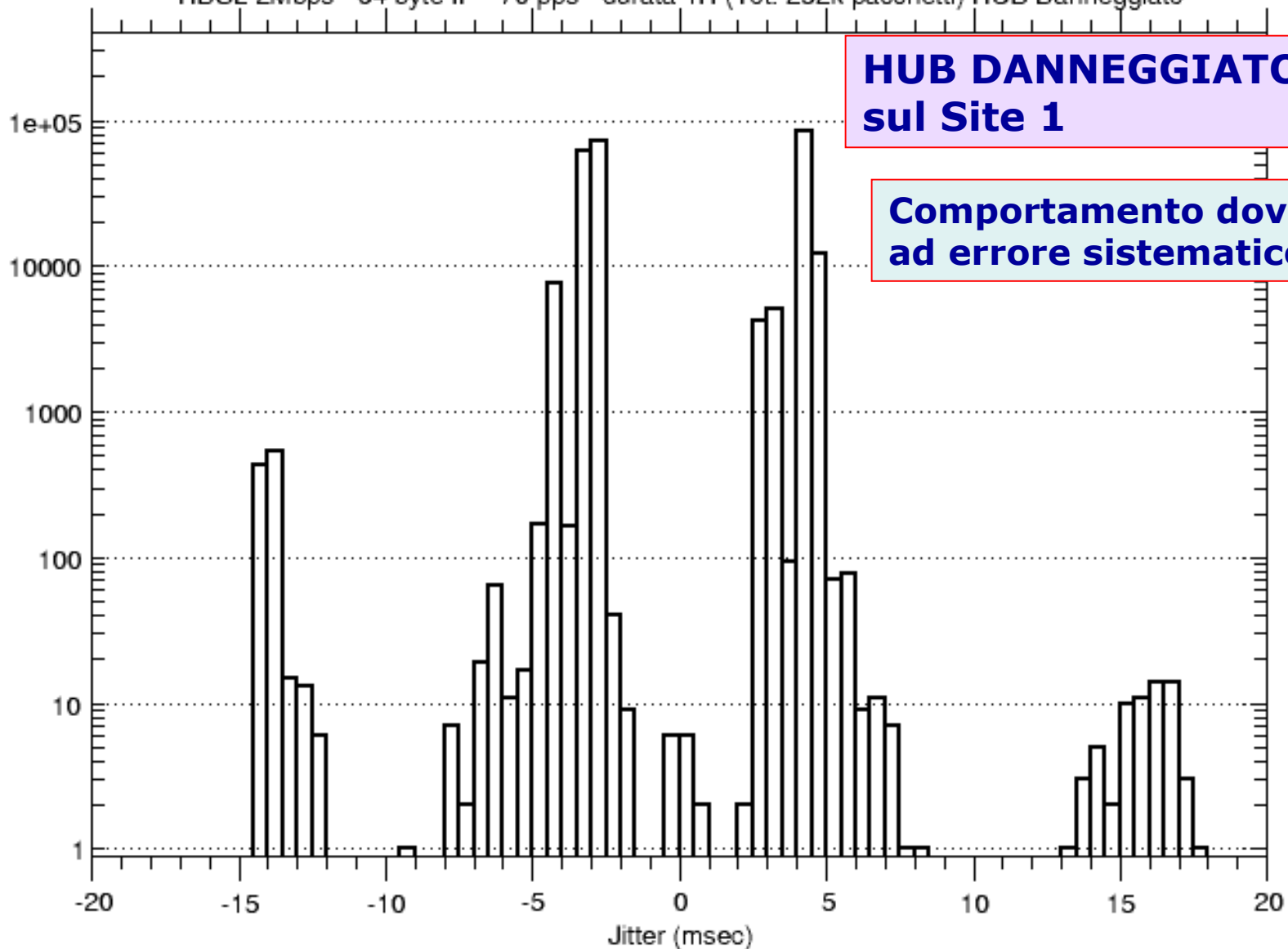




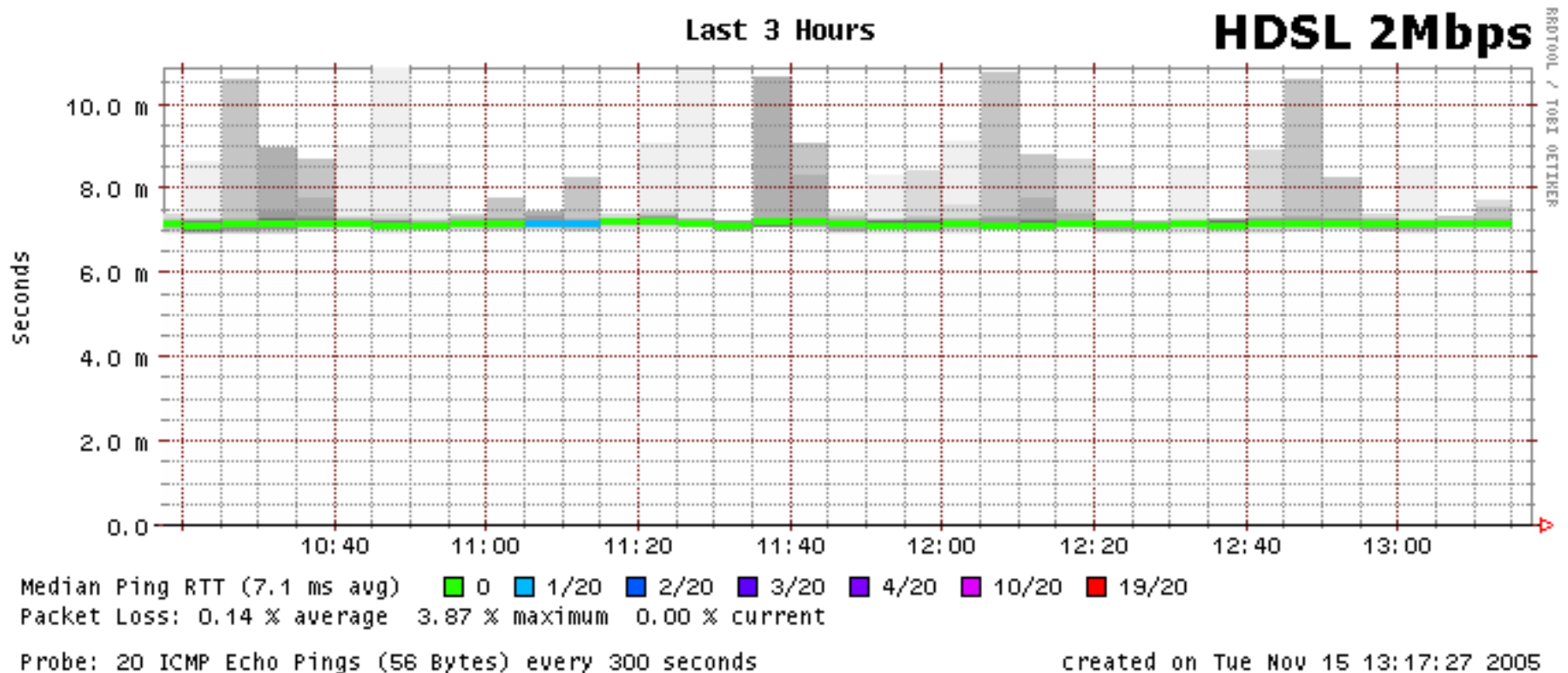
## Jitter da Site 2 a Site 1

HDSL 2Mbps - 64 byte IP - 70 pps - durata 1H (Tot. 252k pacchetti) HUB Danneggiato

Numero pacchetti (Scala logaritmica)



# RTT: SHDSL SMOKEPING



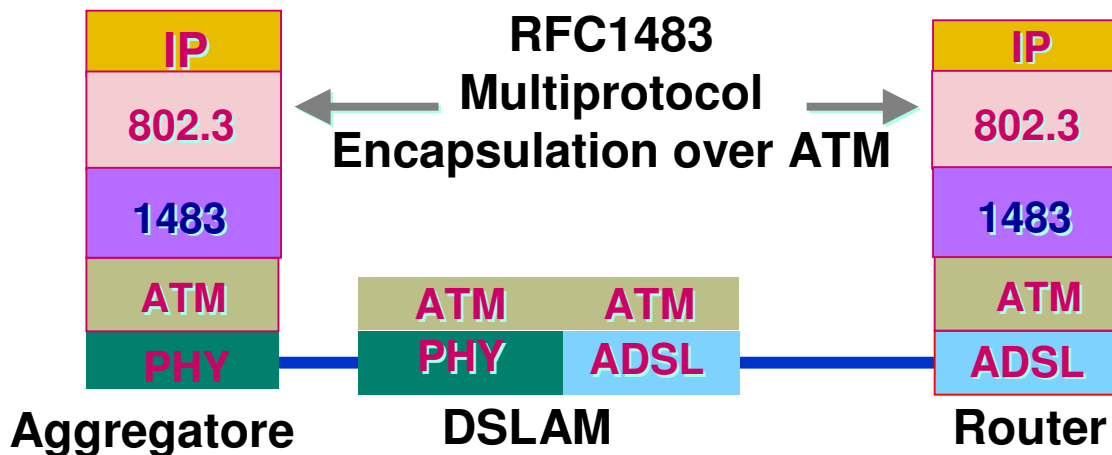
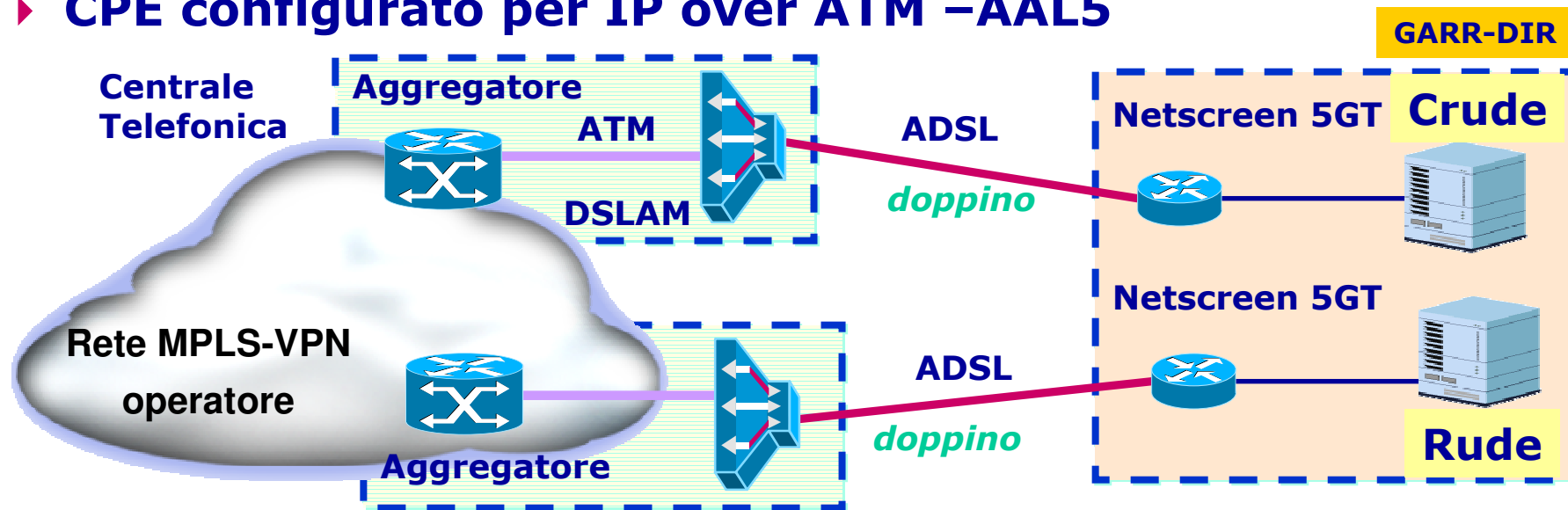
**RTT medio=7msec**  
**Packet Loss medio=0.14%**

## Agenda

- ▶ La tecnologia di accesso xDSL
  - Tecnologie asimmetriche e simmetriche
- ▶ Local Loop in rame
- ▶ Test di jitter e delay
  - HDSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL consumer
  - Hyperlan

# TOPOLOGIA TEST ADSL

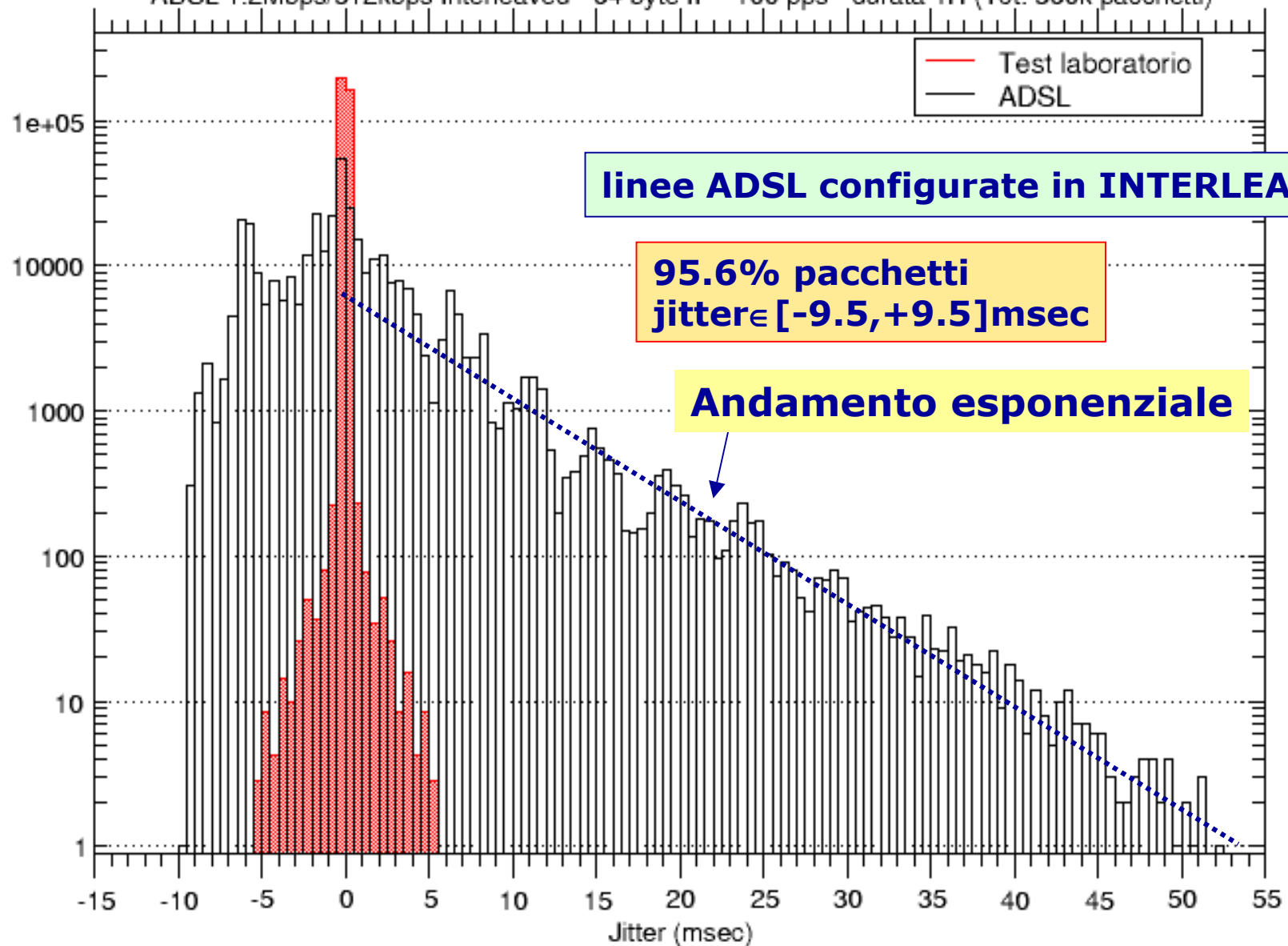
- ▶ ADSL (in interleaved) con trasporto su MPLS-VPN
- ▶ CPE configurato per IP over ATM -AAL5



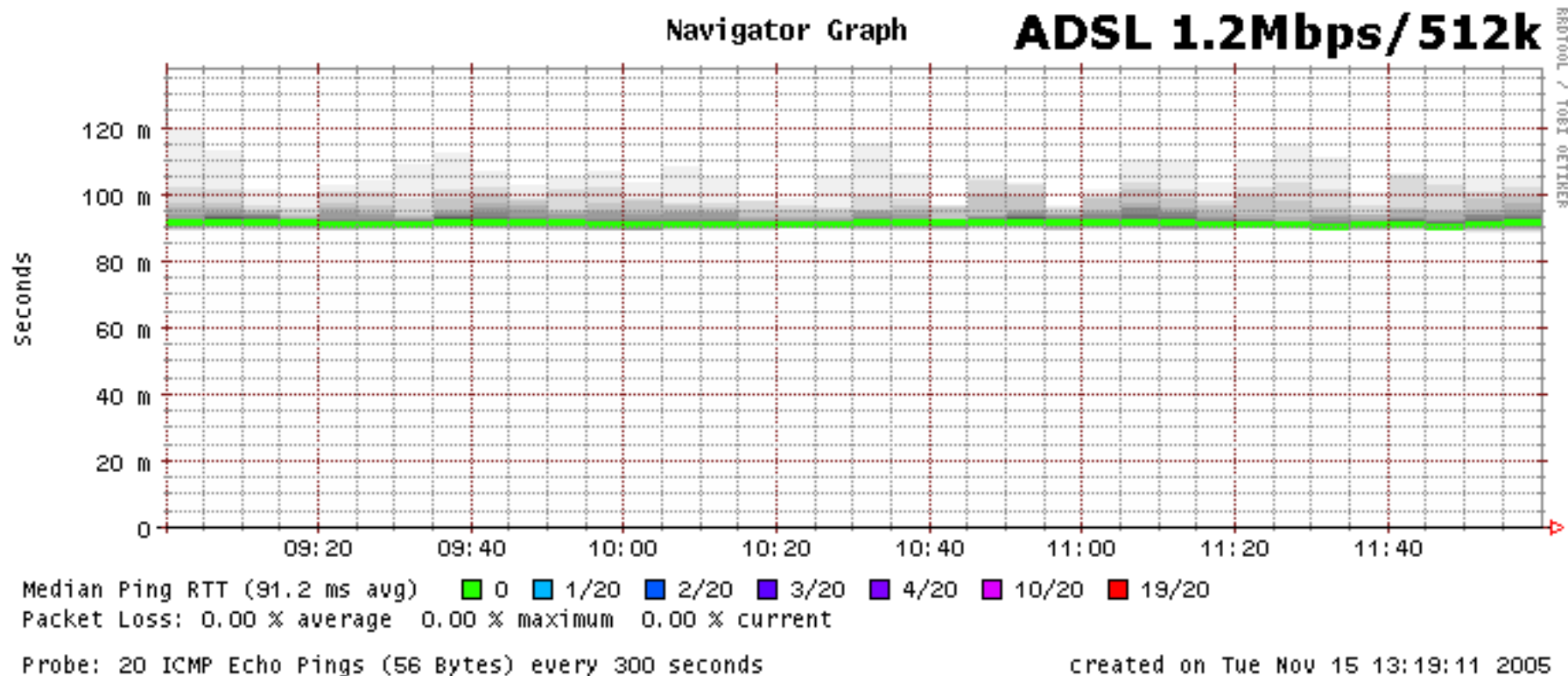
## Jitter ADSL in VPN MPSL

ADSL 1.2Mbps/512kbps Interleaved - 64 byte IP - 100 pps - durata 1H (Tot. 360k pacchetti)

Numero pacchetti (Scala logaritmica)



# RTT: ADSL in MPLS-VPN

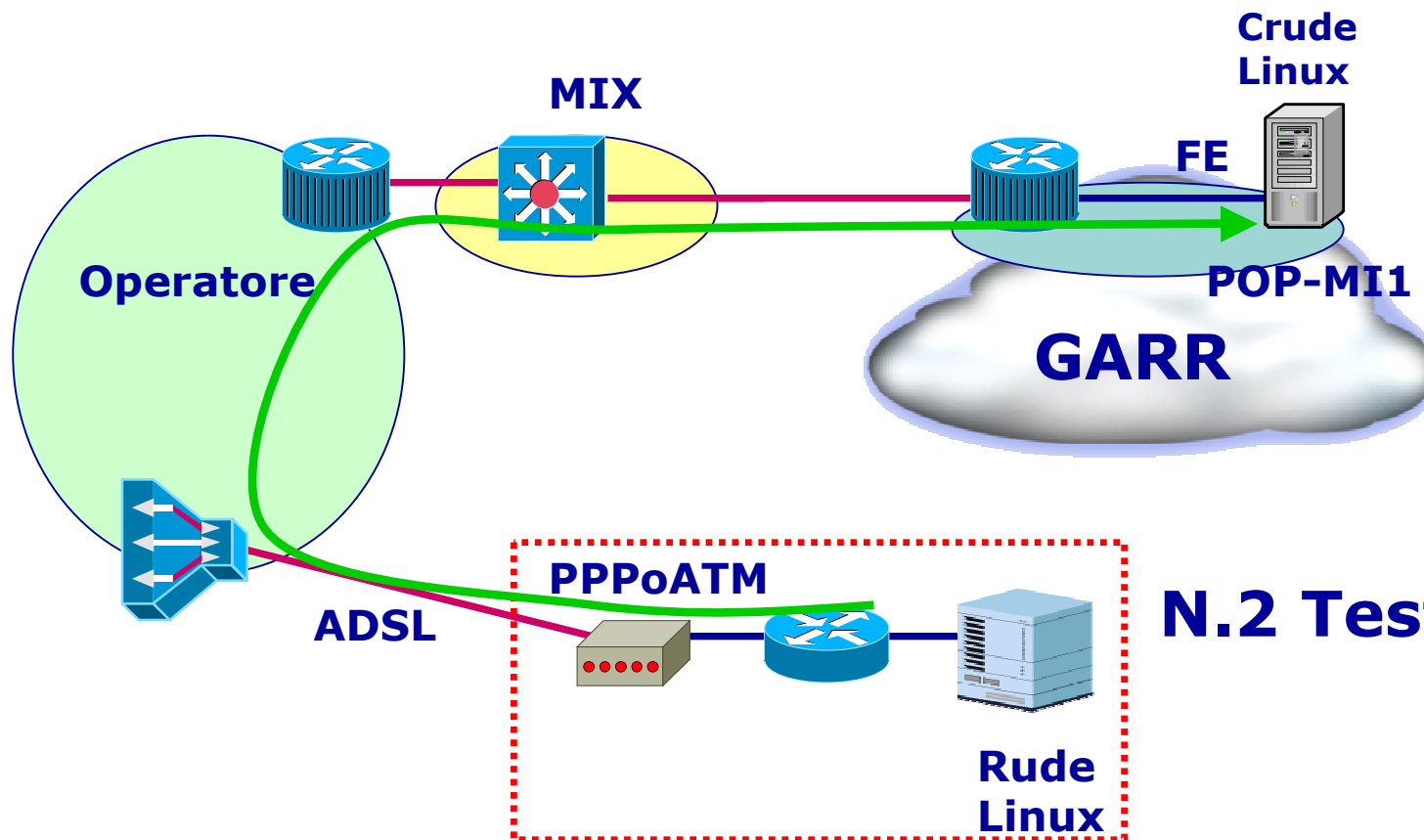


**RTT medio=90msec  
Pacchetti persi=0%**

# Agenda

- ▶ La tecnologia di accesso xDSL
  - Tecnologie asimmetriche e simmetriche
- ▶ Local Loop in rame
- ▶ Test di jitter e delay
  - HDSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL consumer
  - Hyperlan

# TOPOLOGIA TEST ADSL CONSUMER



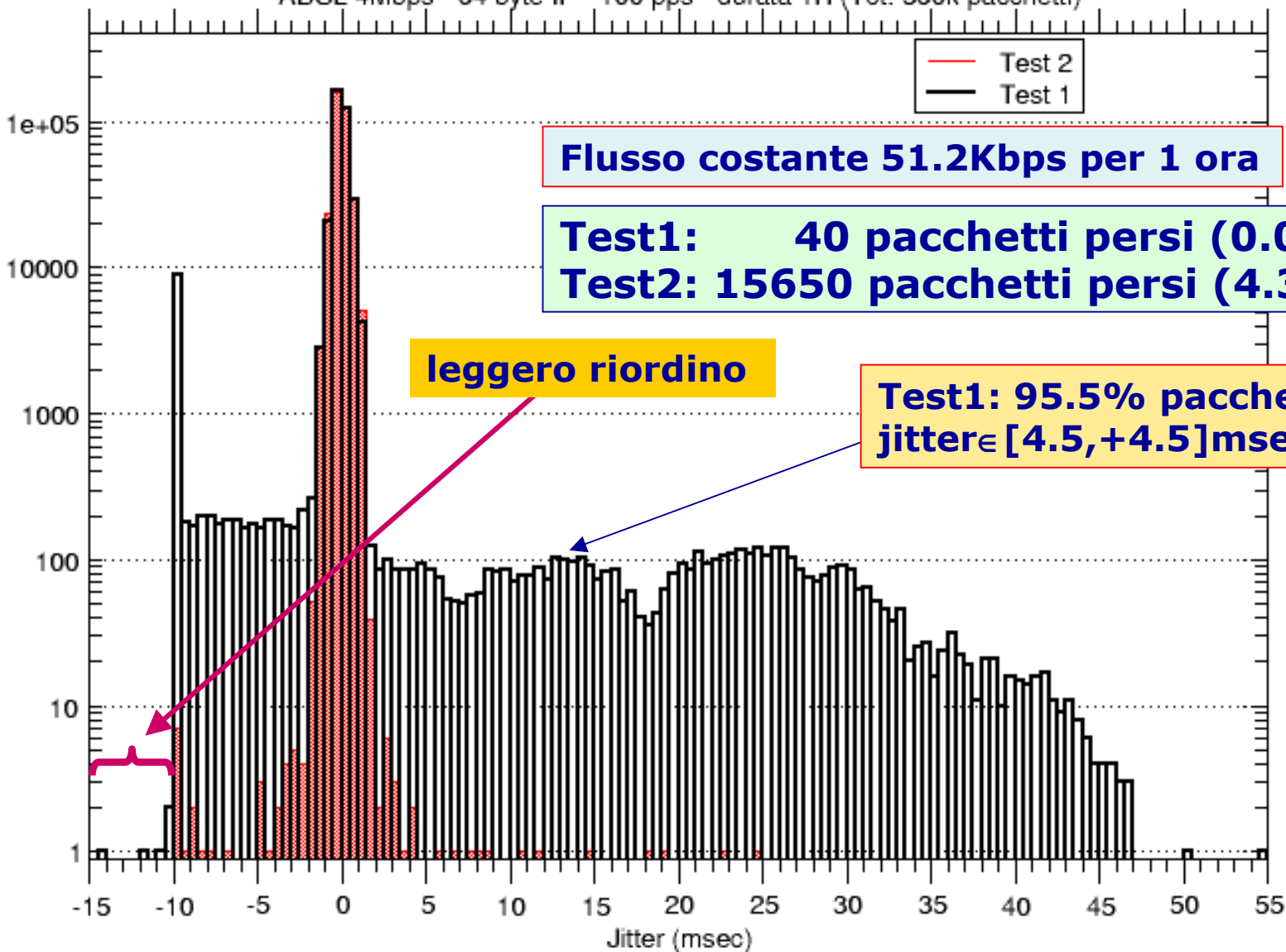
**N.2 Test da 1 ora**



## Jitter da customer a DIR-GARR

ADSL 4Mbps - 64 byte IP - 100 pps - durata 1H (Tot. 360k pacchetti)

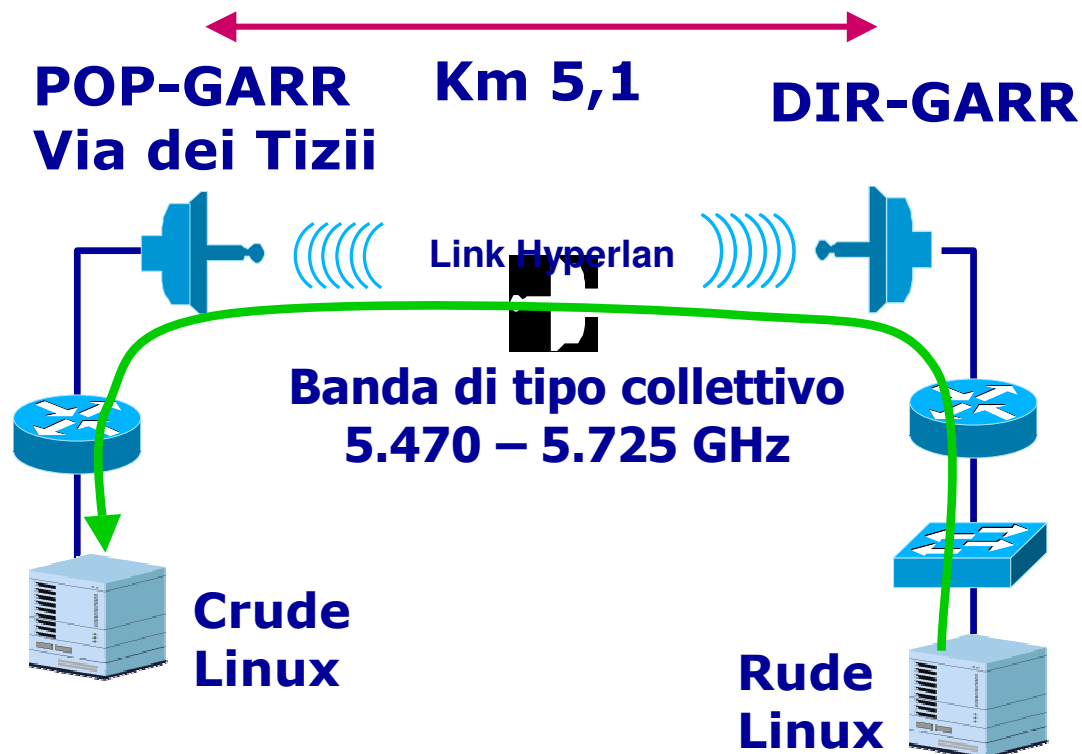
Numero pacchetti (Scala logaritmica)



## Agenda

- ▶ La tecnologia di accesso xDSL
  - Tecnologie asimmetriche e simmetriche
- ▶ Local Loop in rame
- ▶ Test di jitter e delay
  - HDSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL con trasporto su MPLS-VPN
  - ADSL consumer
  - Hyperlan

# TOPOLOGIA DI TEST HYPERLAN



Throughput complessivo effettivo  
del link 7Mbps

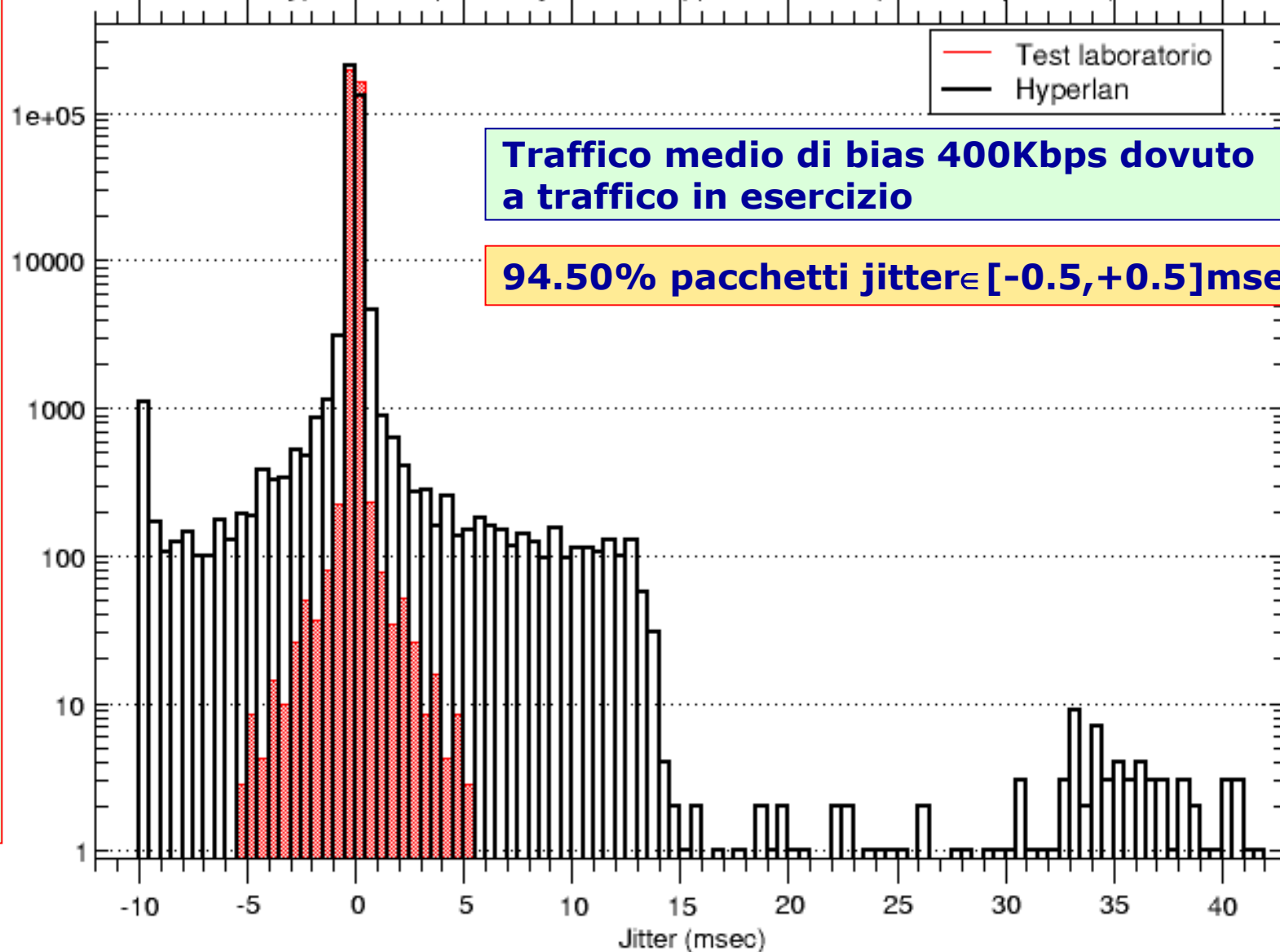


Installazione  
Hyperlan DIR-GARR

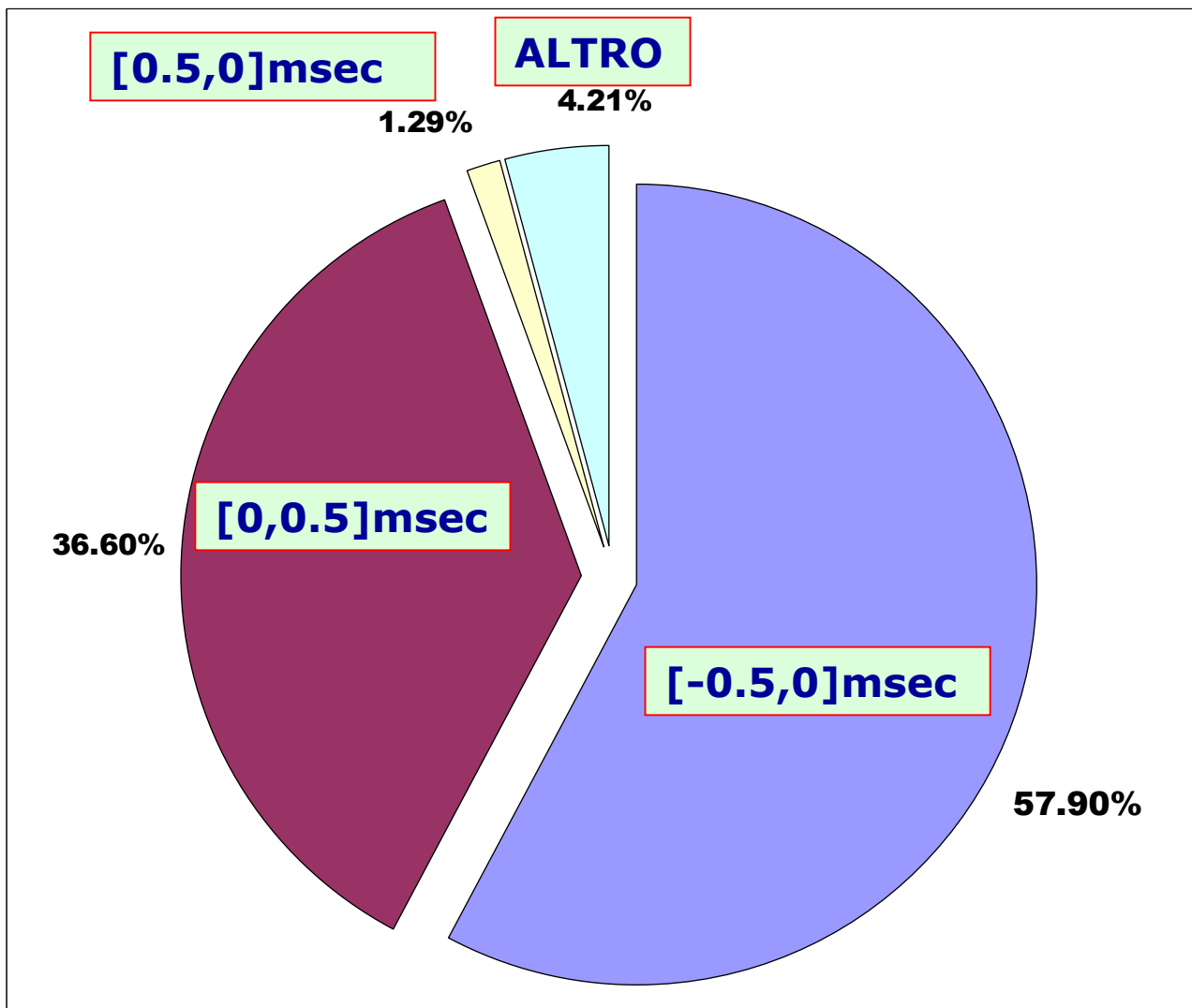
### Jitter da GARR-DIR a PoP RM2

Hyperlan 7Mbps - 64 byte IP - 100 pps - durata 1H (Tot. 360k pacchetti)

Numero pacchetti (Scala logaritmica)



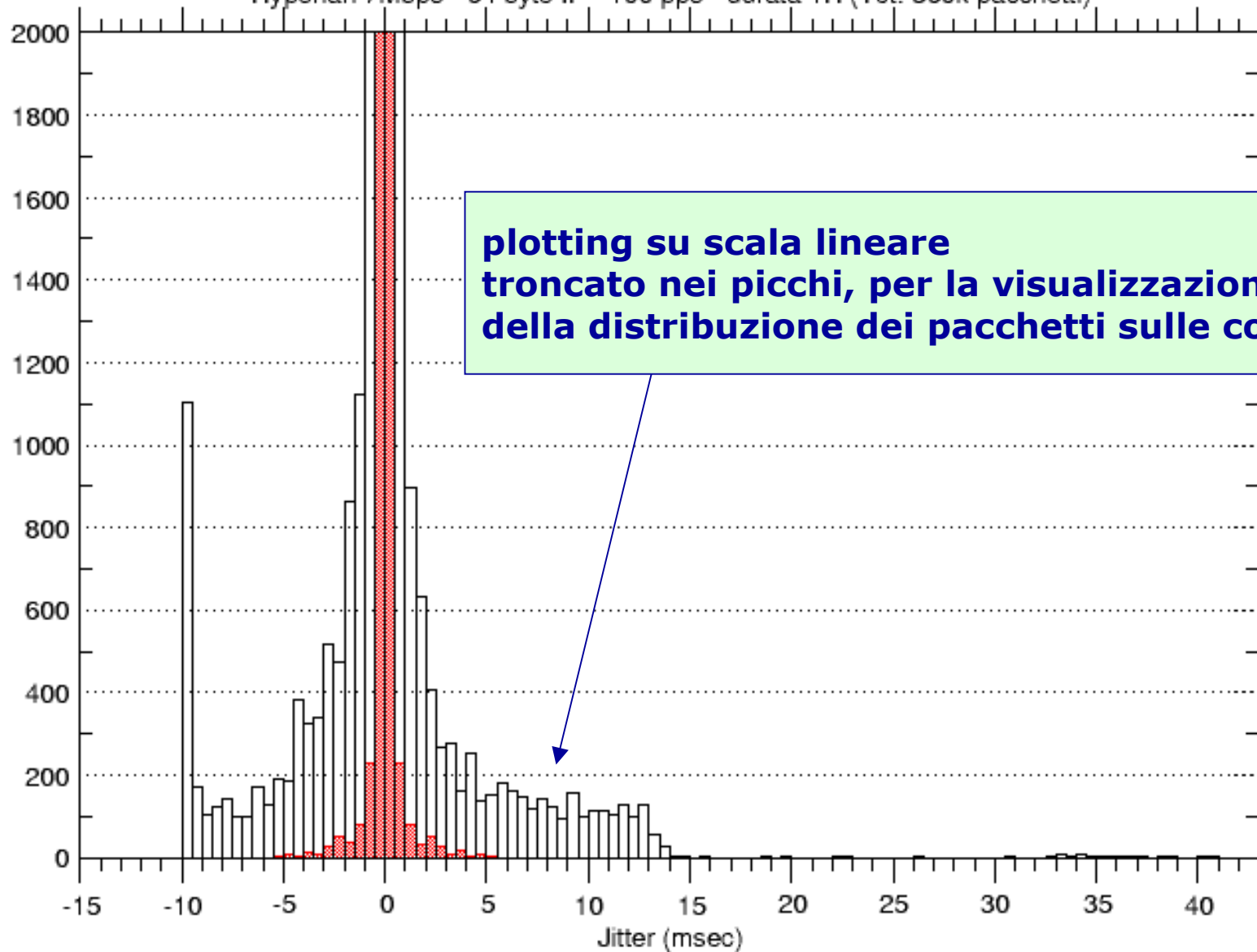
# Hyperlan: distribuzione del Jitter



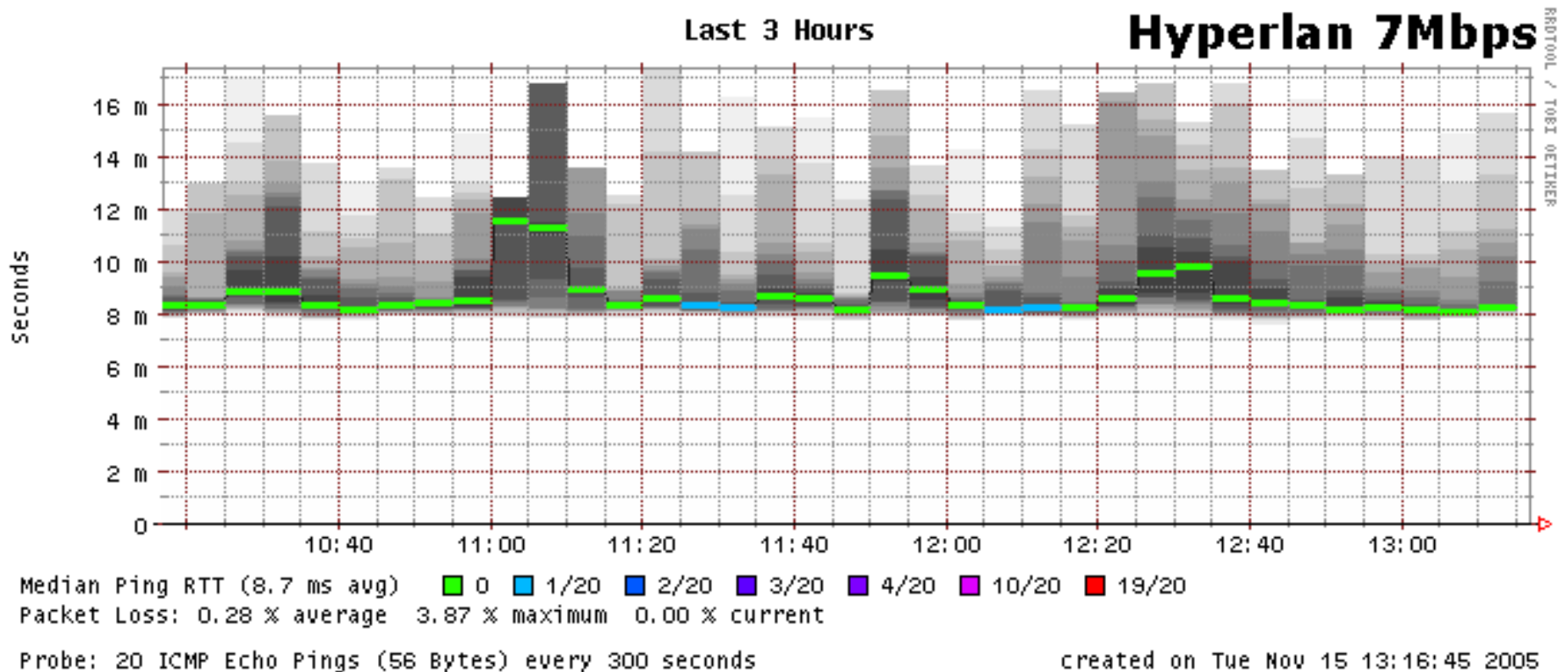
### Jitter da GARR-DIR a PoP RM2

Hyperlan 7Mbps - 64 byte IP - 100 pps - durata 1H (Tot. 360k pacchetti)

Numero pacchetti (Scala lineare)



# RTT: Hyperlan



**RTT medio=8msec**  
**Packet Loss medio=0.28%**

# Risultati delle misure

- ▶ *Eccellente per l' SHDSL (su MPLS VPN)*
  - **99.6%** pacchetti con jitter  $\in [-0.5, +0.5]$ msec  
delay=7msec, **pacchetti persi=0%**
- ▶ *Buona per ADSL interleaved (su MPLS VPN)*
  - **95.6%** pacchetti con jitter  $\in [-9.5, +9.5]$ msec  
delay=90msec, **pacchetti persi=0%**
- ▶ *Non deterministica per ADSL consumer*
  - **95.5%** pacchetti con jitter  $\in [-4.5, +4.5]$ msec  
delay=32msec, **pacchetti persi  $\approx 0.01\%$**
  - **95.7%** pacchetti con jitter  $\in [-4.5, +4.5]$ msec  
delay=32msec, **pacchetti persi  $\approx 4\%$**
- ▶ *Buona per Hyperlan*
  - **94%** pacchetti con jitter  $[-0.5, +0.5]$ msec delay=8msec,  
**pacchetti persi=0.3%**



# CONCLUSIONE

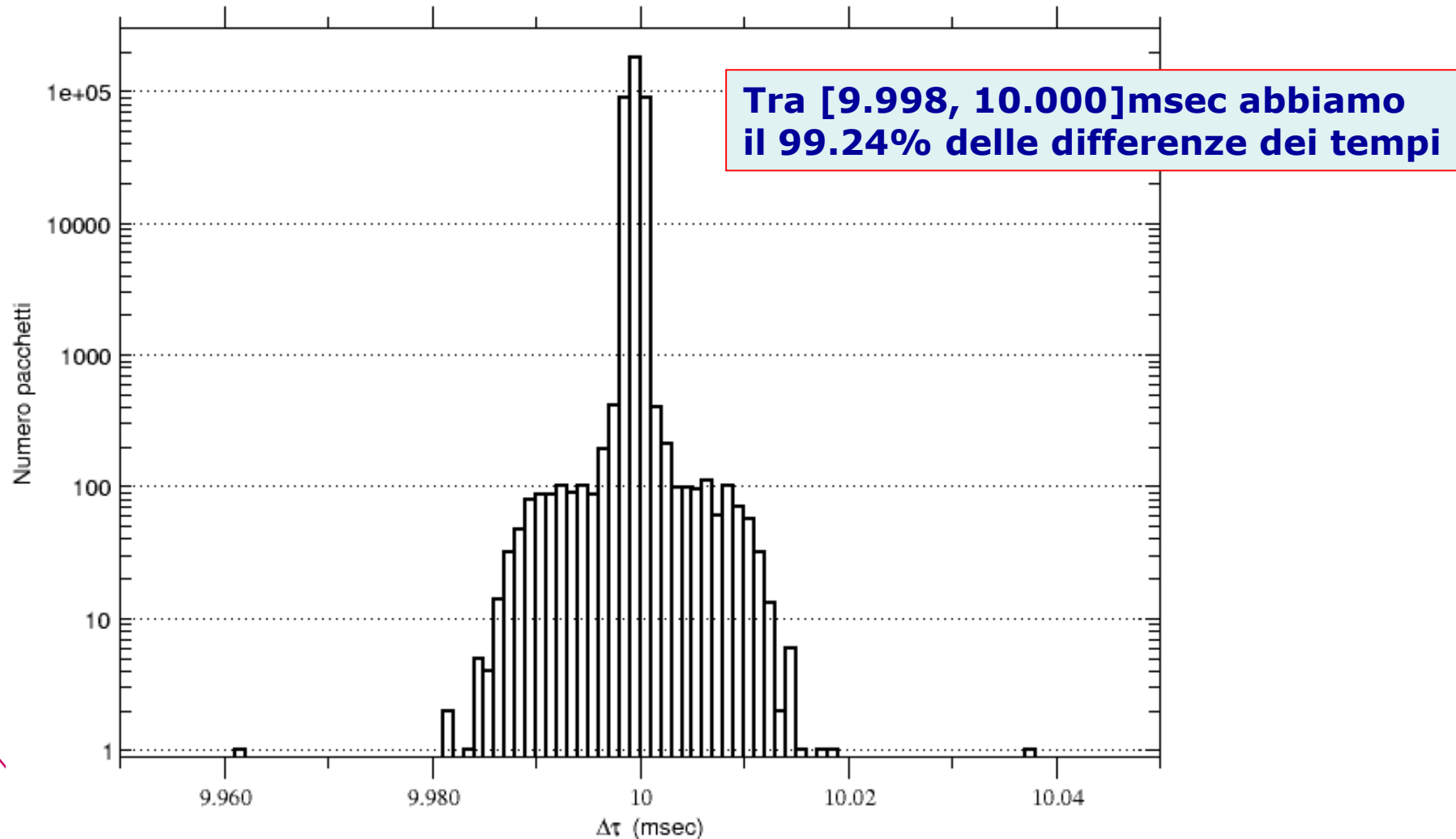
- ▶ Le misure di Jitter/Delay sistematiche, ma su un numero limitato di circuiti
- ▶ I test sono condotti con traffico ridotto; in presenza di congestione effetti di *dispersione nella distribuzione del jitter*
- ▶ Medesime tipologie di LL possono presentare comportamenti diversi, poichè è la catena e2e che determina il comportamento complessivo
- ▶ La tecnologia ADSL fornita dagli operatori sul mercato consumer è economica, ma non presenta alcuna garanzia
  - **la banda non è l'unico qualificatore tecnologico**
- ▶ Alcuni test presentati saranno ripetuti in presenza di traffico Premium IP (con congestione) e Multicast

**GRAZIE**

# Slide aggiuntive

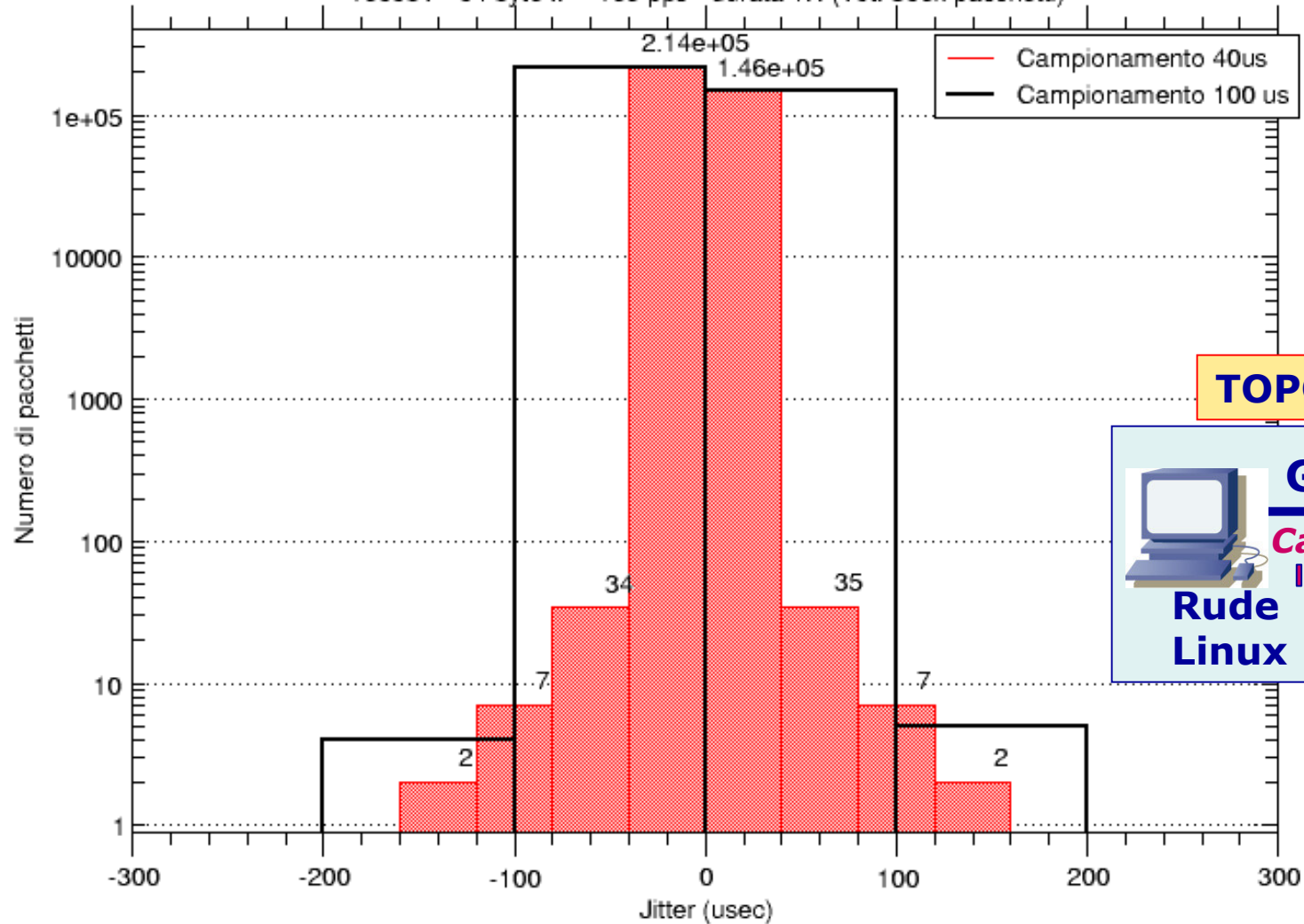
# Distribuzione della differenza dei tempi di timestamp di pacchetti consecutivi

Distribuzione delle differenze dei tempi di trasmissione

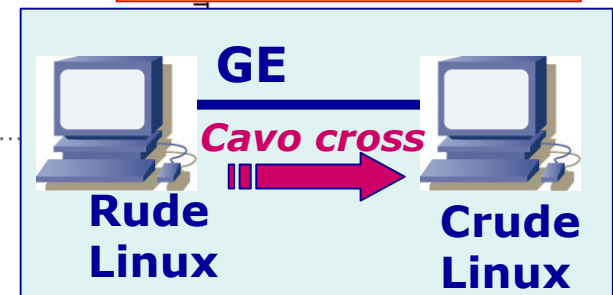


## Jitter da PC1 a PC2 cavo cat.5 cross

1000bT - 64 byte IP - 100 pps - durata 1H (Tot. 360k pacchetti)



### TOPOLOGIA TEST



## Risultato della misura

- ▶ Il test dimostra che il sistema per la misura del jitter costituito da:
  - HW (componenti del PC)
  - SW (sistema operativo + generatore di pacchetti Rude/Crude)presenta un errore sperimentale complessivo nella misura del jitter contenuto in  $\pm 100\mu\text{sec}$

## Jitter da Site 2 a Site 1

HDSL 2Mbps - 64 byte IP - 100 pps - durata 1H (Tot. 360k pacchetti)

