

## Ritardi e perdite nella commutazione di pacchetto

Abbiamo già detto che **Internet** può essere definita come insieme di reti locali e Internet Service Provide (**ISP locali, e reti aziendali, Universitarie, ect.**) collegati tra di loro attraverso **ISP distrettuali e internazionali.**

Gli ISP sono quindi organizzati in maniera gerarchica (ad albero).

Nelle radici dell'albero sono presente **ISP di primo livello “Tier1”** **ISPs** che hanno una rete di interconnessione velocissima, sono internazionali e sono direttamente connessi ad altri ISP di primo livello.

Tali ISP sono connessi con un certo numero di **ISP di secondo livello** **Tier2” ISP** (di cui sono fornitori ) che vengono detti, in questo caso, utenti.

Gli **ISP di primo livello** formano, quindi, la **dorsale di Internet** (ne fanno parte UUNet , AT&T , Sprint ecc.).

All'interno di una rete ISP i punti di connessione tra ISP diversi si chiamano **POP (Point of Presence)** e fisicamente si compongono di router a cui si connettono i **router di altri ISP**. La connessione può avvenire due modalità:

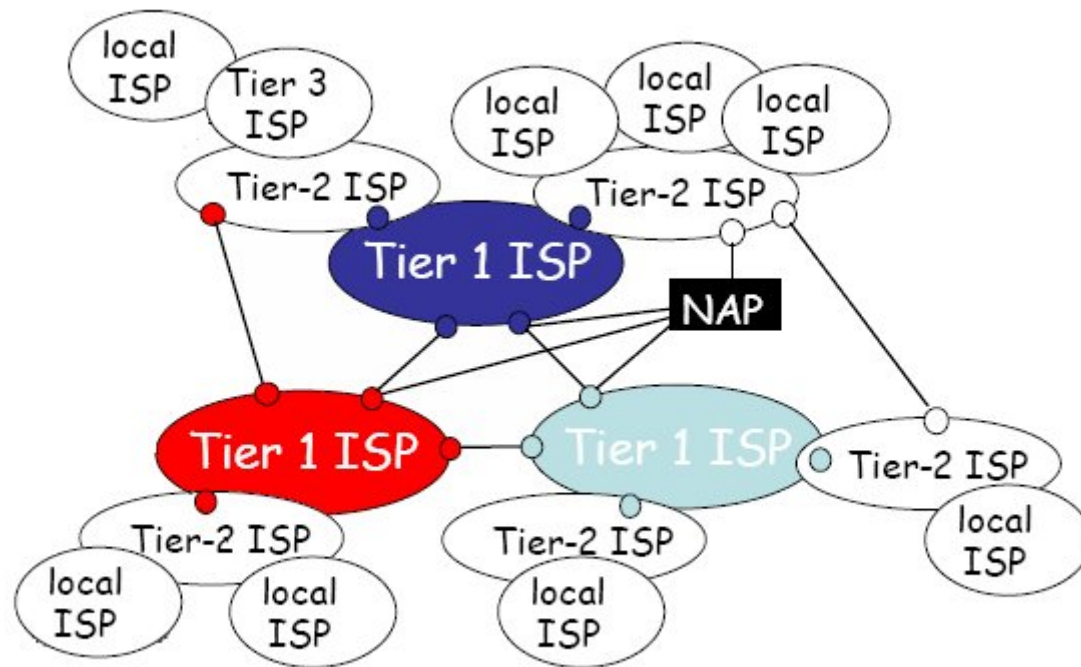
1.**Peering point** privati (un solo router connesso ad un solo router), usata soprattutto da ISP molto grandi

2.**NAP (Neutral Access Point)** (un router a cui si connettono diversi router)

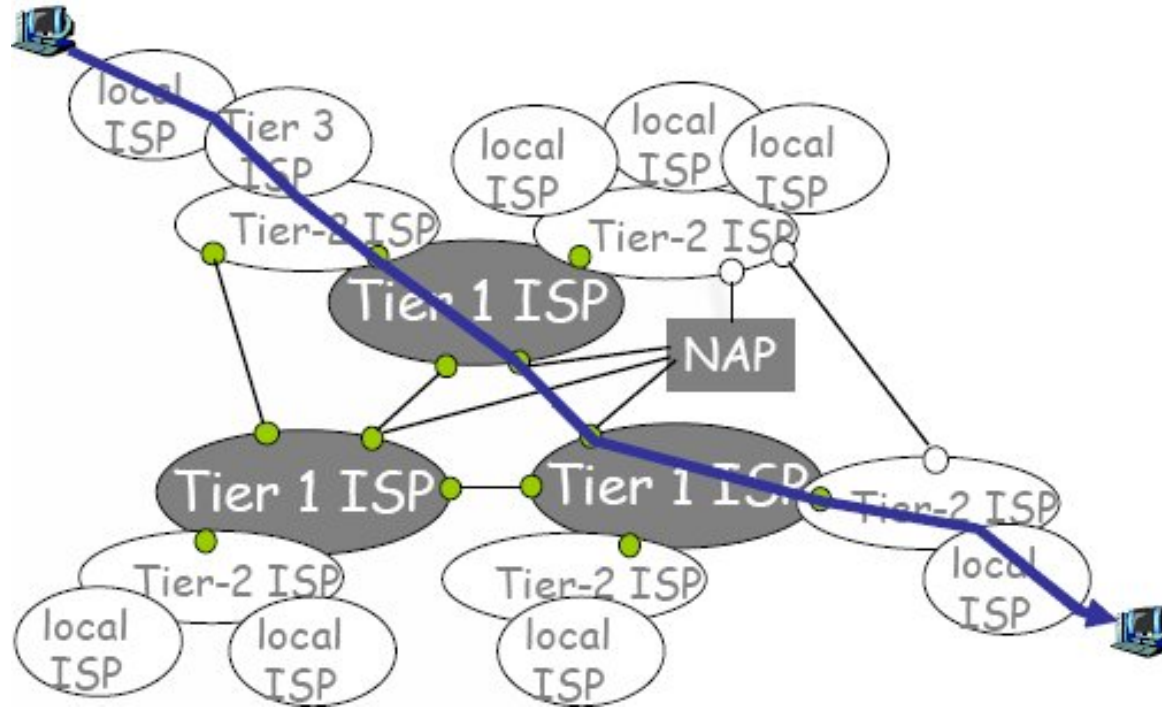
Gli **ISP di secondo livello** sono degli ISP più piccoli, a copertura regionale e si collegano oltre che ad ISP di primo livello ed anche ad altri ISP di secondo livello.

Gli ISP di secondo livello pagano gli ISP di primo livello per avere connettività verso il resto di Internet.

Gli **ISP di terzo livello** o **ISP locali** detti **last hop (“access”) network** sono clienti degli ISP di più alto livello che li connettono al resto di Internet.



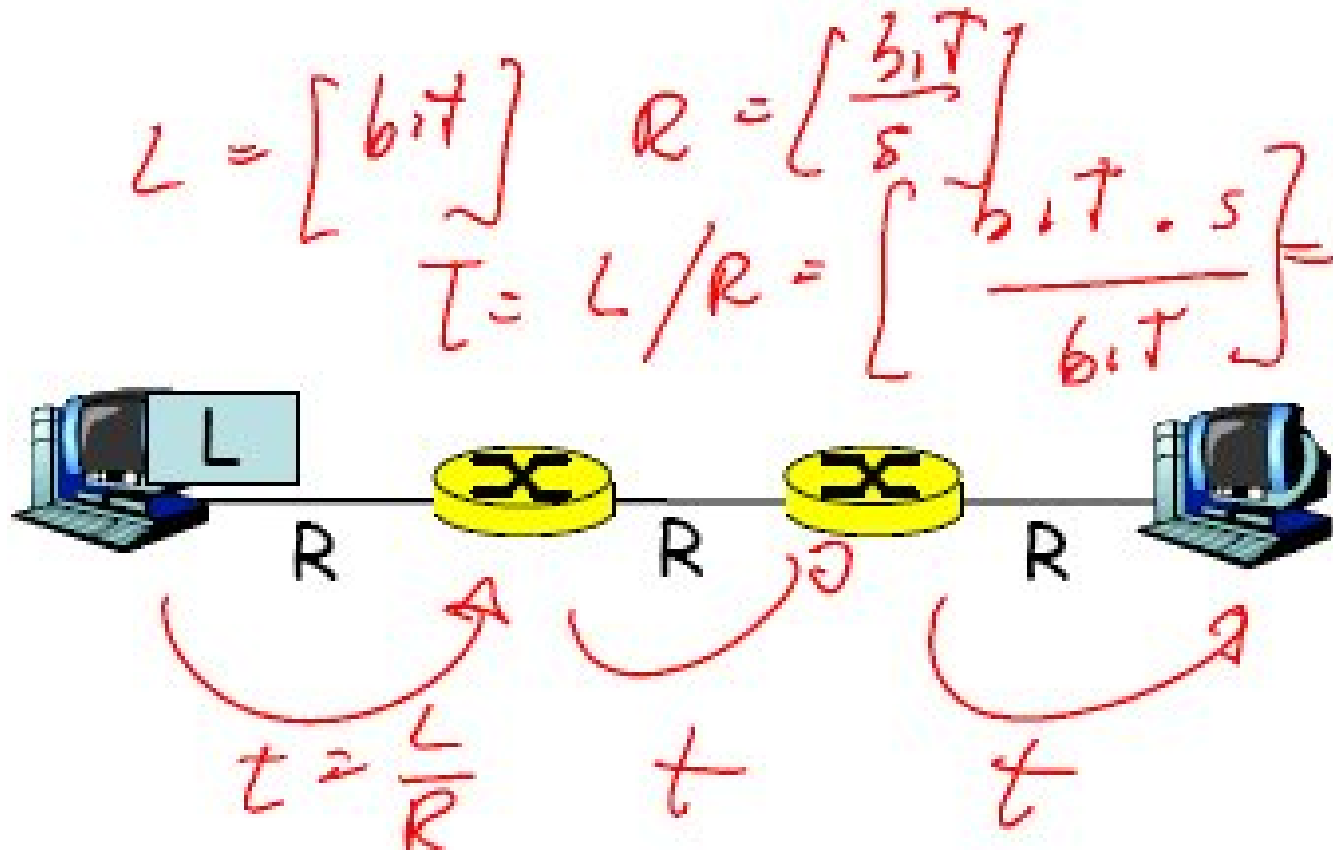
Ogni pacchetto attraversa una serie di reti per arrivare a destinazione.



Per attraversare tutta la catena dei provider un pacchetto subisce **store and forward** più volte, accumulando ritardi su ritardi.

Il tempo necessario per andare da sorgente a destinazione si definisce **end to end delay**.

Consideriamo il seguente esempio.



Se  $L$  = lunghezza pacchetto (bit) ed  $R$  = banda del link (bps) , il tempo per trasmettere i bit sul link =  $L/R$  .

Tutto il pacchetto deve essere arrivato al **next hop router** prima di essere inviato di nuovo (per via dello **store and forward**).

Nel caso in esame il ritardo =  **$3L/R$**  (Assumendo nullo il ritardo di propagazione).

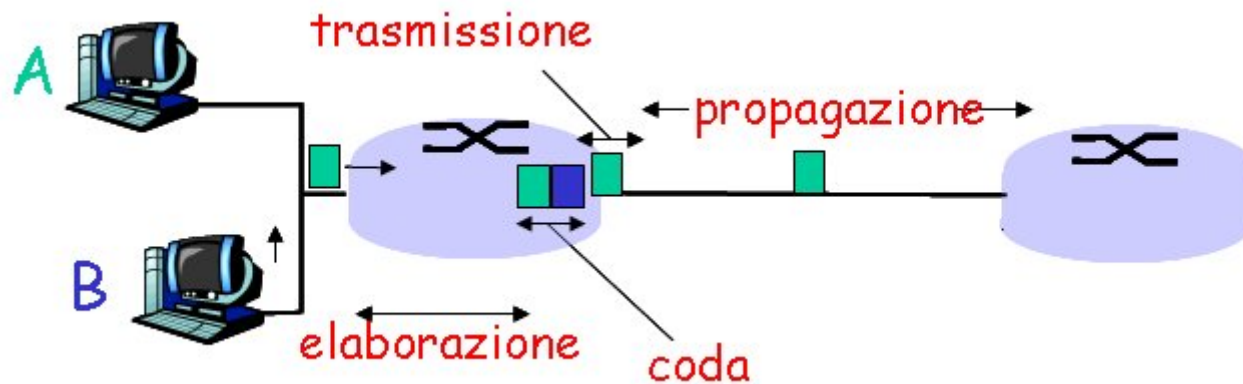
Se  **$L = 7.5 \text{ Mbits}$**   **$R = 1.5 \text{ Mbps}$**  **ritardo = 15 sec.**

I pacchetti subiscono ritardo anche perchè vengono accodati sui router:

- La CPU è spesso più lenta della rete
- Potrebbe anche darsi che il link di uscita sia meno capiente di quello di ingresso
- Se la rete funziona a pieno ritmo alcuni pacchetti vengono messi in coda (in un buffer) in attesa di essere instradati.

Riassumendo abbiamo 4 tipi di ritardo:

1. **Ritardo di Elaborazione** nel router: tempo di processamento del pacchetto
  - determina il link di uscita (controlla errori sui bit)
2. **Ritardo di Coda**: tempo di attesa sul link di uscita prima della trasmissione
  - dipende dal livello di congestione del router (pacchetti nel buffer)
3. **Ritardo di Trasmissione** : tempo necessario per trasmettere il pacchetto
  - $L$  = lunghezza pacchetto (bit) ,  $R$  = banda del link (bps) , il tempo per trasmettere i bit sul link =  $L/R$
4. **Ritardo di Propagazione** : tempo di propagazione del segnale
  - $d$  = lunghezza del link fisico ,  $s$  = velocità di propagazione nel mezzo, il ritardo di propagazione =  $d/s$



Il ritardo accumulato da ogni nodo sarà

$$d_{\text{nodo}} = d_{\text{elab}} + d_{\text{coda}} + d_{\text{trasm}} + d_{\text{prop}}$$

- $d_{\text{elab}}$  = ritardo di elaborazione tipicamente pochi  $\mu\text{s}$
- $d_{\text{coda}}$  = ritardo di coda dipendente dal livello di congestione
- $d_{\text{trasm}}$  = ritardo di trasmissione ossia  $L/R$ , significativo per link a bassa velocità
- $d_{\text{prop}}$  = ritardo di propagazione  $d/s$ , da pochi  $\mu\text{s}$  a centinaia di ms

Il ritardo di coda medio può variare da pacchetto a pacchetto, e si studia in termini statistici.



Se

$R$  = banda del link (bps)

$L$  = lunghezza pacchetto (bit) , ed

$a$  = velocità media di arrivo dei pacchetti

allora il valore

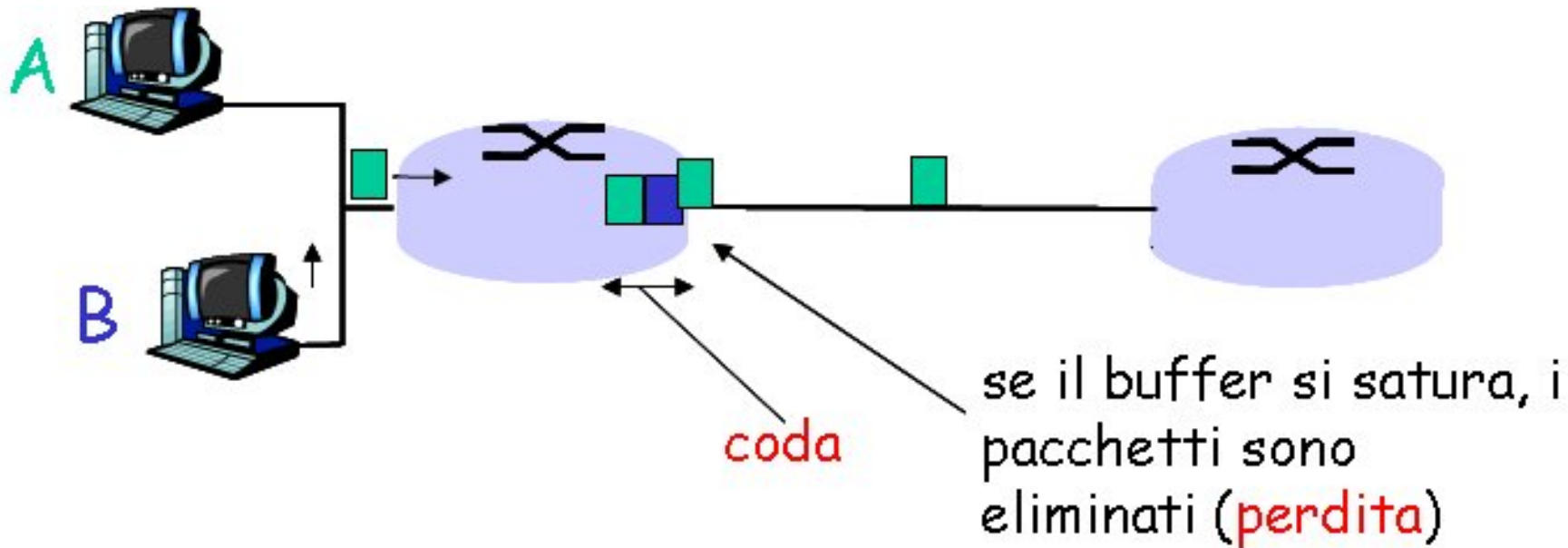
$La/R$  è detto intensità di traffico.

Si possono avere tre casi :

1.  $La/R \sim 0$ : ritardo medio di coda è piccolo
2.  $La/R \rightarrow 1$ : il ritardo diventa grande
3.  $La/R > 1$ : arriva più “lavoro” di quanto possa essere smaltito, il ritardo medio è infinito!

Se siano nel terzo caso accade che poiché il buffer del link di uscita ha capacità finita, quando un pacchetto arriva in una coda piena, esso viene eliminato (**dropped**) e si perde.

I pacchetti persi possono essere ritrasmessi dal nodo precedente, o non essere ritrasmessi.



## Traceroute

Il programma **traceroute** fornisce informazioni su quali sono i ritardi sulla rete (**Per windows, usare tracert**) oppure si può utilizzare dei applicativi in rete <http://www.traceroute.org/>.

**Traceroute** invia tre pacchetti verso la destinazione

- A distanze crescenti un router risponde a questi tre pacchetti
- Il Time To Live (TTL) del pacchetto parte da 1 ed incrementa fino a raggiungere la destinazione
- Visualizza il tempo di risposta

# Traceroute from **www.mclink.it** to **www.google.com**

Date: Thu Mar 12 19:59:51 CET 2009

---

1	net84-253-128-001 (84.253.128.1)	0.512 ms	0.348 ms	0.438 ms
2	89-97-241-241.ip19.fastwebnet.it (89.97.241.241)	0.639 ms	0.354 ms	0.440 ms
3	81-208-53-197.ip.fastwebnet.it (81.208.53.197)	10.724 ms	10.767 ms	10.656 ms
4	89.96.200.229 (89.96.200.229)	11.559 ms	11.771 ms	11.764 ms
5	89.96.200.229 (89.96.200.229)	11.833 ms	12.215 ms	11.588 ms
6	72.14.198.149 (72.14.198.149)	13.196 ms	12.518 ms	11.302 ms
7	216.239.47.128 (216.239.47.128)	132.087 ms	15.587 ms	
	209.85.249.54 (209.85.249.54)	11.461 ms		
8	209.85.249.234 (209.85.249.234)	123.482 ms		
	209.85.251.113 (209.85.251.113)	32.425 ms	35.274 ms	
9	209.85.254.114 (209.85.254.114)	36.124 ms		
	209.85.254.118 (209.85.254.118)	20.788 ms	21.078 ms	
10	209.85.254.126 (209.85.254.126)	25.220 ms		
	209.85.249.162 (209.85.249.162)	28.031 ms		
	209.85.254.134 (209.85.254.134)	21.399 ms		
11	fx-in-f104.google.com (74.125.39.104)	21.172 ms	21.363 ms	21.362 ms