

Pathneck

Marco Squarcina, Gianpaolo Silvestrini

27 maggio 2009



Sommario

L'approfondimento riguarda Pathneck, un tool opensource rilasciato sotto licenza GPL sviluppato per individuare i colli di bottiglia in Internet. Viene illustrato nel dettaglio il funzionamento, partendo dall'idea base dell'RPT (*Recursive Packet Train*) fino ad una breve introduzione agli algoritmi impiegati per il riconoscimento dei *bottleneck* in rete. Gran parte del materiale utilizzato per la stesura di questo articolo è tratto dal paper "Locating Internet Bottlenecks: Algorithms, Measurements, and Implications" [1] a cura di Ningning Hu, Li Erran Li, Zhuoqing Morley Mao, Peter Steenkiste, Jia Wang; in mancanza di riferimenti espliciti, si presume che le informazioni presentate siano tratte dal documento precedentemente citato.

Indice

1	Introduzione	3
2	Funzionamento di Pathneck	3
2.1	Etichettatura delle sequenze di gap	4
2.2	Media delle sequenze di gap	4
2.3	Classificazione dei possibili bottleneck	5
3	Utilizzo di Pathneck	5
4	Test effettuati	6
4.1	Individuazione degli host	6
4.2	Impiego del tool	6
4.3	Presentazione dei dati raccolti	6
5	Conclusioni	7
6	Ringraziamenti	8

1 Introduzione

Un *bottleneck* (collo di bottiglia), all'interno di un percorso in rete, è un collegamento fra due nodi che ha a disposizione una banda inferiore rispetto agli altri collegamenti attraversati dal flusso dati, tale da determinare il *throughput* effettivo fra mittente e destinatario.

Al fine di effettuare valutazioni sulle prestazioni e ricercare eventuali malfunzionamenti, l'individuazione dei bottleneck in Internet è di estrema importanza. Purtroppo, l'impossibilità di accedere, soprattutto da parte degli utenti finali, a tutti i nodi coinvolti in una trasmissione di dati, rende molto complessa l'identificazione di tali colli. Per sopperire a tale limitazione è stato sviluppato *Pathneck*, un tool che produce un basso overhead in grado di dedurre la posizione dei bottleneck senza necessitare di accesso alla destinazione. Alla base del funzionamento di Pathneck sta l'impiego di una tecnica chiamata *Recursive Packet Train* (RPT) discussa nella successiva sezione.

2 Funzionamento di Pathneck

Nella Figura 1 viene illustrato un esempio di RPT. Ogni cella rappresenta un pacchetto UDP e il numero contenuto è identificativo del TTL (*Time To Live*) relativo a tale pacchetto. Il "treno" è composto da pacchetti di misura (*measurement packets*) e di carico (*load packets*). Nella figura sono presenti 30 pacchetti di misura disposti secondo TTL crescente all'inizio del treno e altri 30 in coda con TTL decrescente. I 60 pacchetti di carico centrali, di dimensione maggiore rispetto ai precedenti, rappresentano del traffico campione.

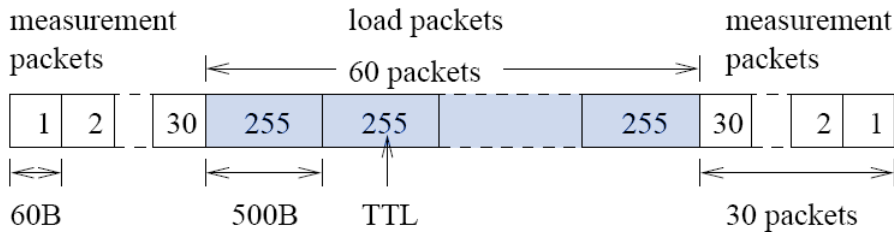


Figura 1: Recursive Packet Train (RPT)

All'invio dell'RPT, il primo e l'ultimo pacchetto di misura, a causa del valore di $TTL = 1$, scadono e vengono inviati dal router due pacchetti ICMP (*time exceeded*) alla sorgente. Una volta decrementato il valore del campo TTL dei rimanenti pacchetti, il treno così composto viene spedito al router successivo e il processo precedentemente descritto di scarto del primo e ultimo pacchetto di misura con relativo invio alla sorgente di due pacchetti ICMP viene ripetuto ricorsivamente fino al raggiungimento della destinazione per ogni router appartenente al percorso attraversato dall'RPT. L'intervallo di tempo che intercorre fra la ricezione alla sorgente del pacchetto ICMP relativo al pacchetto di misura di testa e quello relativo al pacchetto in coda (*gap*), viene utilizzato per stimare la banda disponibile su un determinato link.

Al fine di rilevare i bottleneck, Pathneck procede secondo tre fasi distinte: etichettatura delle sequenze di gap, media delle sequenze di gap, classificazione dei possibili bottleneck.

2.1 Etichettatura delle sequenze di gap

Teoricamente i gap misurati dovrebbero poter soltanto crescere (nel caso in cui il link non disponga di banda sufficiente a mantenere la velocità di trasferimento del RPT) o rimanere costanti, ma causa di *burstiness* nel traffico di rete si verificano dei disturbi nelle misurazioni.

Pathneck introduce quindi delle correzioni sui valori ottenuti: vengono eliminati tutti i dati relativi a router dai quali non sono stati ricevuti entrambi i pacchetti ICMP (nel caso in cui non si riceva più della metà dei pacchetti ICMP attesi viene scartata l'intera sequenza) e corretti gli eventuali *hill* e *valley* point causati da valori di gap decrescenti, come illustrato in Figura 2.

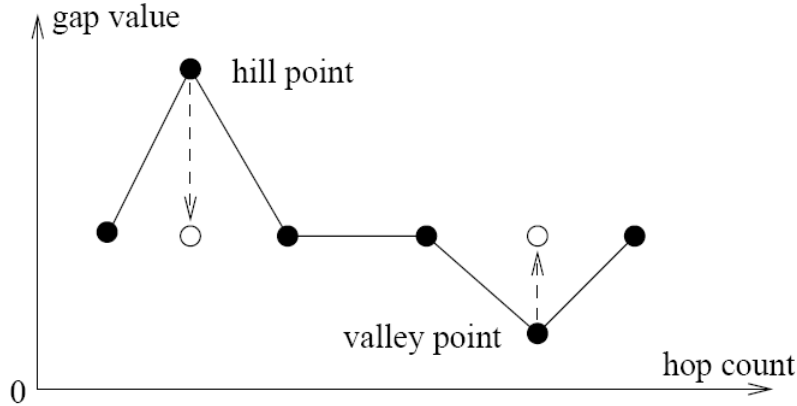


Figura 2: Hill e valley points

Successivamente il tool impiega un algoritmo per approssimare al meglio la sequenza di gap ad una *step function* (Figura 3), in modo da identificare ogni gradino come un possibile collo di bottiglia.

2.2 Media delle sequenze di gap

Per ridurre gli errori introdotti dal traffico sul percorso, Pathneck usa i risultati ottenuti dall'invio di più RPT (generalmente dai 6 ai 10).

Vengono definiti due parametri: *conf*, rappresentativo dell'“affidabilità” di un collo di bottiglia inteso come la percentuale di riduzione di banda rispetto al totale e *d.rate*, corrispondente alla frequenza con la quale i candidati bottleneck compaiono nelle varie misurazioni con $conf \geq 0.1$.

Pathneck considera solo i candidati bottleneck con $d.rate \geq 0.5$.

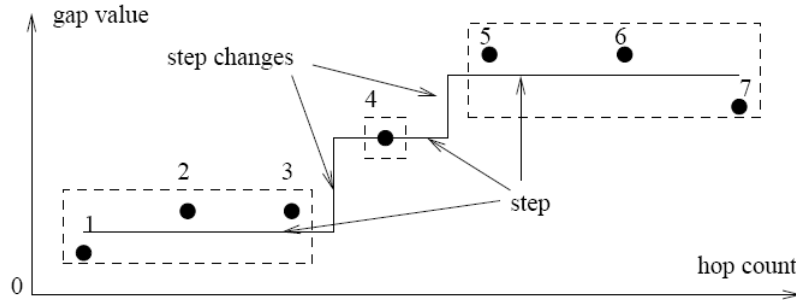


Figura 3: Step function

2.3 Classificazione dei possibili bottleneck

Il tool effettua il *ranking* dei candidati bottleneck in base alla media sui valori di gap ottenuti dalle varie misurazioni. Maggiore sarà il gap medio per un nodo, minore sarà la banda disponibile sul link corrispondente. Di conseguenza, il collo di bottiglia del percorso sarà determinato dal router con il gap maggiore.

3 Utilizzo di Pathneck

Pathneck è un programma opensource rilasciato con licenza GPL utilizzabile su Linux, *BSD, Mac e Solaris.

L'utilizzo è molto semplice e ben documentato dal file README presente nella directory dei sorgenti: dopo aver specificato un IP o un hostname di destinazione, il tool visualizza la lista dei nodi con uno stile simile a quello di *traceroute*, mostrando per ogni nodo l'indice relativo, l'RTT, l'IP, il gap misurato, il valore del gap corretto, la "confidenza" con la quale tale nodo è un bottleneck, la stima della banda disponibile, l'eventuale limite superiore o inferiore di banda disponibile¹ e l'hostname.

Tramite opportuni parametri è possibile intervenire sia sull'output che sulla configurazione del treno di pacchetti. È fondamentale notare come le prestazioni del tool siano influenzate dalla banda e dalla capacità di elaborazione della macchina dalla quale vengono effettuati i test. I parametri di default sono pensati per una connessione a 100Mbps e CPU con frequenza superiore ai 400MHz. Nei test da noi effettuati, come consigliato dagli autori stessi nel caso la banda a disposizione sia inferiore, abbiamo dovuto diminuire il numero dei pacchetti di carico portandolo da 60 a 20.

Sebbene Pathneck invii un singolo treno di pacchetti, tramite degli script presenti nella directory dei sorgenti, è possibile eseguire i test più volte ed elaborare in modo automatico i risultati raccolti.

¹Pathneck non è in grado di misurare la banda effettiva per ogni link, ma fornisce soltanto una indicazione sulla misura di banda rilevata come limite superiore o inferiore della banda in un determinato link

4 Test effettuati

I test da noi effettuati sono stati svolti dal'host pms.i-iter.org (situato a Montreal, in Canada). L'utilizzo di una macchina remota si è reso necessario in quanto le prove effettuate in Italia dalle linee ADSL domestiche con i provider Telecom Italia e NGI, non risultavano significative a causa della perdita, in ricezione, di gran parte dei pacchetti ICMP inviati dai router.

4.1 Individuazione degli host

Il tool è stato testato su cinque host in base alla loro posizione geografica:

- 170.210.7.162 (Buenos Aires - Argentina)
- 202.87.130.24 (Nouméa - New Caledonia isola a Est dell'Australia)
- 204.74.99.100 (San Mateo - California - USA)
- 133.11.114.194 (Giappone)
- 93.95.216.120 (Piemonte - Italia)

4.2 Impiego del tool

Per ottenere dei risultati più affidabili, non abbiamo utilizzato Pathneck direttamente, ma abbiamo effettuato le misurazioni più volte tramite lo script `run.sh`. Tale script genera 2 file contenenti l'output delle singole esecuzioni del tool e fornisce una descrizione dettagliata dei colli di bottiglia trovati secondo la seguente sintassi:

```
sum: [d_rate] [#appear] [#detected] [avg_gap] [hop#] [ip]

dove:
d_rate = #detected/#appear
avg_gap = media dei valori di gap rilevati su 10 misurazioni
hop# = posizione del router nel percorso
```

4.3 Presentazione dei dati raccolti

Per il primo host sono stati rilevati 2 colli di bottiglia in Argentina, come si può vedere dal seguente output:

```
170.210.7.162:
sum: 1.44 09 13 29029 18 170.210.7.162
sum: 1.00 09 09 57270 17 190.225.249.137
```

I bottleneck individuati durante i test verso l'host situato nell'isola australiana, invece, sono stati ben 3, tutti in area neozelandese:

```
202.87.130.24:
sum: 0.57 07 04 20769 15 202.22.158.111
sum: 1.00 07 07 10775 13 202.87.128.17
sum: 1.00 07 07 14636 11 202.10.12.8
```

Nell'analisi del percorso fra la nostra sorgente e l'host californiano, è emerso un solo collo di bottiglia all'interno del territorio canadese:

```
204.74.99.100:  
    sum: 0.50 10 05 15155 4 4.68.101.136
```

Allo stesso modo è stato individuato un solo bottleneck durante il passaggio negli USA con l'host giapponese:

```
133.11.114.194:  
    sum: 0.70 10 07 14923 4 133.11.127.66
```

Infine, l'analisi condotta verso un host italiano ha rilevato la presenza di un bottleneck in prossimità dello stesso destinatario:

```
93.95.216.120:  
    sum: 0.70 10 07 10960 14 212.239.108.130
```

5 Conclusioni

Pathneck ha dimostrato di avere numerosi limiti. Come abbiamo potuto sperimentare, l'impiego di pacchetti di risposta ICMP da parte dei router per determinare la sequenza di gap, non è un sistema affidabile e sulle connessioni ADSL domestiche è praticamente impossibile effettuare alcuna stima. Oltre a questo problema dovuto alla natura dei pacchetti stessi, un'altra forte limitazione è quella di non poter fare analisi accurate nel caso la dimensione del treno venga "dilatata" da uno dei link iniziali.

È importante considerare comunque, come questo tool riesca ad individuare effettivamente i colli di bottiglia in un percorso senza aver accesso alla destinazione e generando un overhead molto contenuto. I risultati che abbiamo ottenuto dall'esecuzione multipla di Pathneck ci sembrano realistici.

6 Ringraziamenti

Si ringrazia la fondazione Vox Humanitatis² per averci permesso di effettuare i test dal loro webservice.

²<http://www.voxhumanitatis.org/>

Riferimenti bibliografici

- [1] Ningning Hu, Li Erran Li, Zhuoqing Morley Mao, Peter Steenkiste, Jia Wang; Locating Internet Bottlenecks: Algorithms, Measurements, and Implications; disponibile su <http://www.cs.cmu.edu/~papers/bottleneck.pdf>