

Teresa de Jesus Fernandes, S4190022

Elisa Gotelli, S5666586

LABORATORIO 1: PING PONG

Organizzazione della cartella ping pong

La cartella contiene le seguenti directory:

- **bin**: contenente i file oggetto e i file eseguibili, tra cui quelli utilizzati per eseguire i test
- **data**: contenente il makefile (creato dinamicamente a partire dallo script *mkfile.bash* e necessario per lanciare ulteriori programmi), gli istogrammi (creati dinamicamente a partire dallo script *print_histogram.bash*), i risultati delle interazioni ping-pong di UDP e TCP e infine i grafici del modello banda-latenza e quello dei dati provenienti da server seti.dibris.unige.it
- **scripts**: script per la bash, tra cui il file che crea i grafici a banda/latenza (*latencyBandModel.bash*) e il file che crea gli istogrammi (*print_histogram.bash*)
- **src**: contenente l'header, i file sorgente con funzioni di supporto (ad esempio *statistics.c*, per produrre i risultati corretti della statistica dei Round-Trip-Time) e infine i file sorgente modificati *pong_server.c*, *tcp_ping.c* e *udp_ping.c*

è inoltre presente il makefile principale ed un README di supporto associato.

Descrizione della cartella data

La cartella contiene i file *.out*, che descrivono il comportamento delle connessioni in base al protocollo (TCP/UDP), al numero di byte inviati e al numero di ripetizioni specificate (nel nostro caso sono state considerate sempre 501 ripetizioni, come proposto nell'esempio fornito nel README).

Questi file, quando passati allo script *collect_throughput.bash*, costruiscono i file *tcp_throughput.dat* e *udp_throughput.dat* i quali raccolgono in un unico file tutti i risultati dei singoli file *.out*. In particolare, lo script *collect_throughput.bash*, tramite il comando *grep*, estrae dai file dei risultati (*.dat*) le informazioni che servono per la generazione dei grafici. Per esempio, un file di tipo **_throughput.dat* è costituito in modo che ad ogni riga corrisponda il numero di byte inviati, il throughput mediano e il throughput medio di ciascun file *.out* individuale considerato.

Grazie ai file *tcp_throughput.dat* e *udp_throughput.dat*, l'eseguibile *gplot.bash* (servendosi del programma *gnuplot*) crea *throughput.png*. L'immagine genera il grafico di tutte le coppie di dati (numero di byte, throughput medio) e (numero di byte, throughput mediano), per entrambi i protocolli UDP e TCP.

All'interno della stessa cartella sono anche presenti i file *LBtcp.png* e *LBudp.png*, generati da *latencyBandModel.bash*. Ciascun file illustra un grafico con due curve: una determinata sperimentalmente e l'altra basata sui modelli banda-latenza che mostrano l'andamento teorico

lineare, avente formula $f(x) = x / (Latenza + x / Banda)$. I valori Latenza e Banda si trovano risolvendo il seguente sistema di equazioni:

$$\{ D(N_{min}) = L + N_{min} / B$$

$$\{ D(N_{max}) = L + N_{max} / B$$

dove N rappresenta il numero di byte, D(N) il tempo impiegato del client per mandare un messaggio al server, L la latenza, ossia il tempo necessario per stabilire una connessione TCP con il server, utile per poter solo successivamente comunicare con il server, e B la banda, cioè la velocità di scambio delle informazioni in Byte/s.

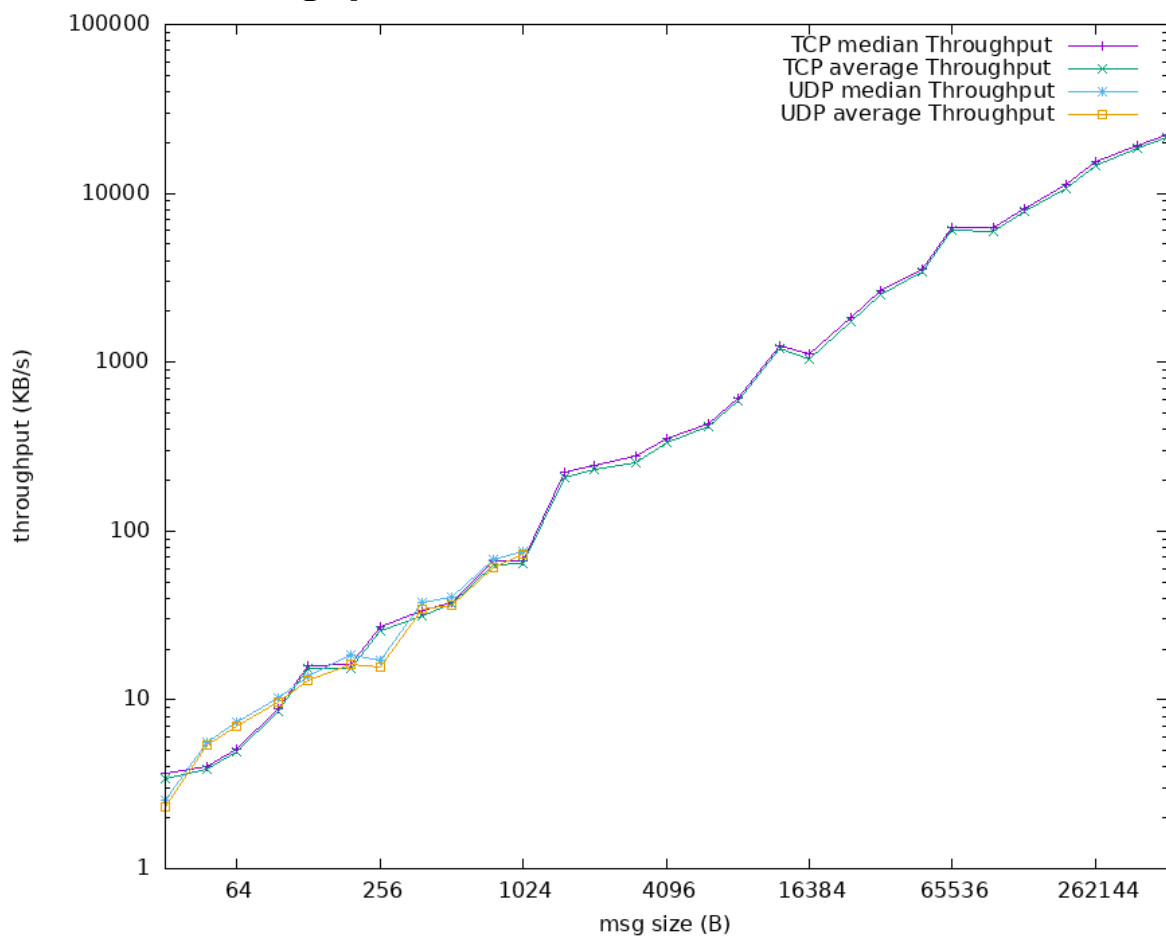
Si ricorda che dalle misurazioni non abbiamo a disposizione D(N), ma T(N), che rappresenta il throughput; pertanto per avere tutti i valori necessari per risolvere le equazioni si utilizza la formula $D(N) = N / T(N)$.

Si osserva infine che il grafico del modello teorico e quello ottenuto dai valori sperimentali coincidono nel rispettivo punto iniziale e finale, cioè le coordinate dei punti iniziali e finali del grafico sono le stesse. Questo risultato trova spiegazione nel fatto che il sistema lineare utilizza le misurazioni $(N_{min}, T(N_{min}))$ e $(N_{max}, T(N_{max}))$ per trovare i valori di banda e latenza, perciò i grafici dei rispettivi modelli passano necessariamente per quei punti nel piano cartesiano.

Problematiche riscontrate

A seguito dello sviluppo del codice, si osserva che il protocollo UDP non è risultato capace di inviare messaggi di dimensioni superiori a 1024 byte, pur dopo vari tentativi di connessione in momenti e luoghi differenti. Questo comportamento è stato associato alla possibile presenza di un firewall nella rete e alla natura stessa del protocollo, il quale risulta inefficiente nell'invio di messaggi di dimensioni più grandi in quanto maggiormente suscettibile a perdita di dati.

Analisi del throughput



L'analisi delle performance di UDP e TCP in base alla dimensione dei messaggi rivela che il protocollo UDP non riesce a gestire l'invio di messaggi superiori a 1024 byte: questo limite potrebbe essere dovuto, come già detto in precedenza, alla possibile presenza di un firewall nella rete che potrebbe filtrare i pacchetti frammentati o addirittura bloccare i pacchetti UDP di dimensioni superiori a un certo limite (in questo caso circa 1 KB) in quanto considerati meno sicuri o più propensi a causare problemi di rete. Questo rende il protocollo UDP meno adatto ad applicazioni che richiedono la trasmissione di messaggi di dimensioni significative.

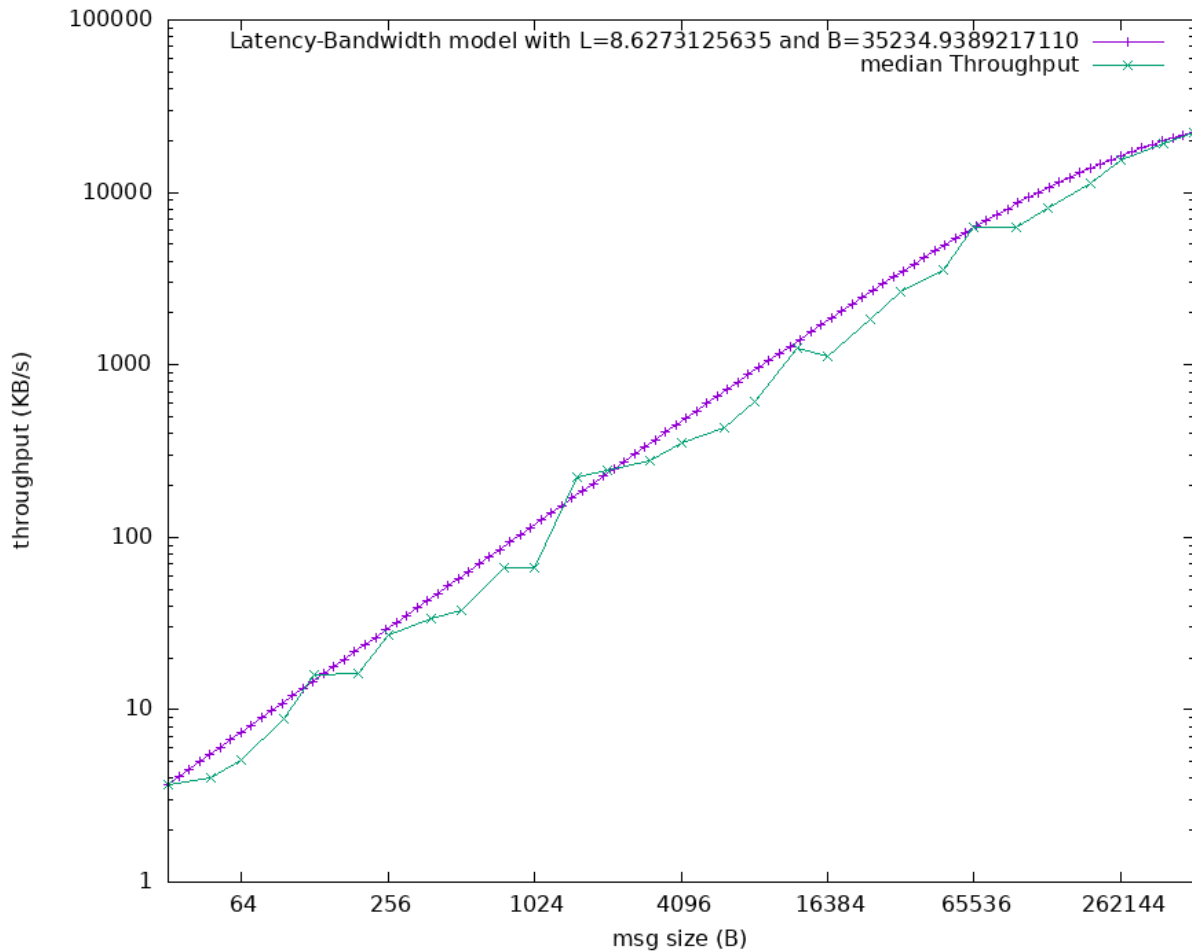
Per messaggi più piccoli, inferiori a 256 byte, UDP risulta al contrario generalmente più rapido di TCP. È interessante inoltre notare come TCP mantenga prestazioni costanti anche con l'aumentare della dimensione del messaggio. Questo può essere attribuito al meccanismo di controllo della congestione e alla capacità di adattarsi alle condizioni di rete, evitando così la saturazione del canale di comunicazione.

Man mano che aumenta il throughput e la dimensione del messaggio, è probabile che aumenti anche il delay. Questo effetto può essere dovuto al maggior tempo necessario per trasferire pacchetti di grandi dimensioni e al possibile accumulo di pacchetti in coda nei router o nei buffer di rete, causando ritardi aggiuntivi.

L'analisi delle misurazioni mostra infine che la media e la mediana sono quasi sempre sovrapponibili, indicando una possibile stabilità della rete: le prestazioni sono simili nella maggior parte delle prove e le variazioni sono minime, suggerendo l'assenza di congestione significativa o di fluttuazioni improvvise di velocità. Questo comportamento stabile rende prevedibili le performance, sia per UDP che per TCP, entro i rispettivi limiti.

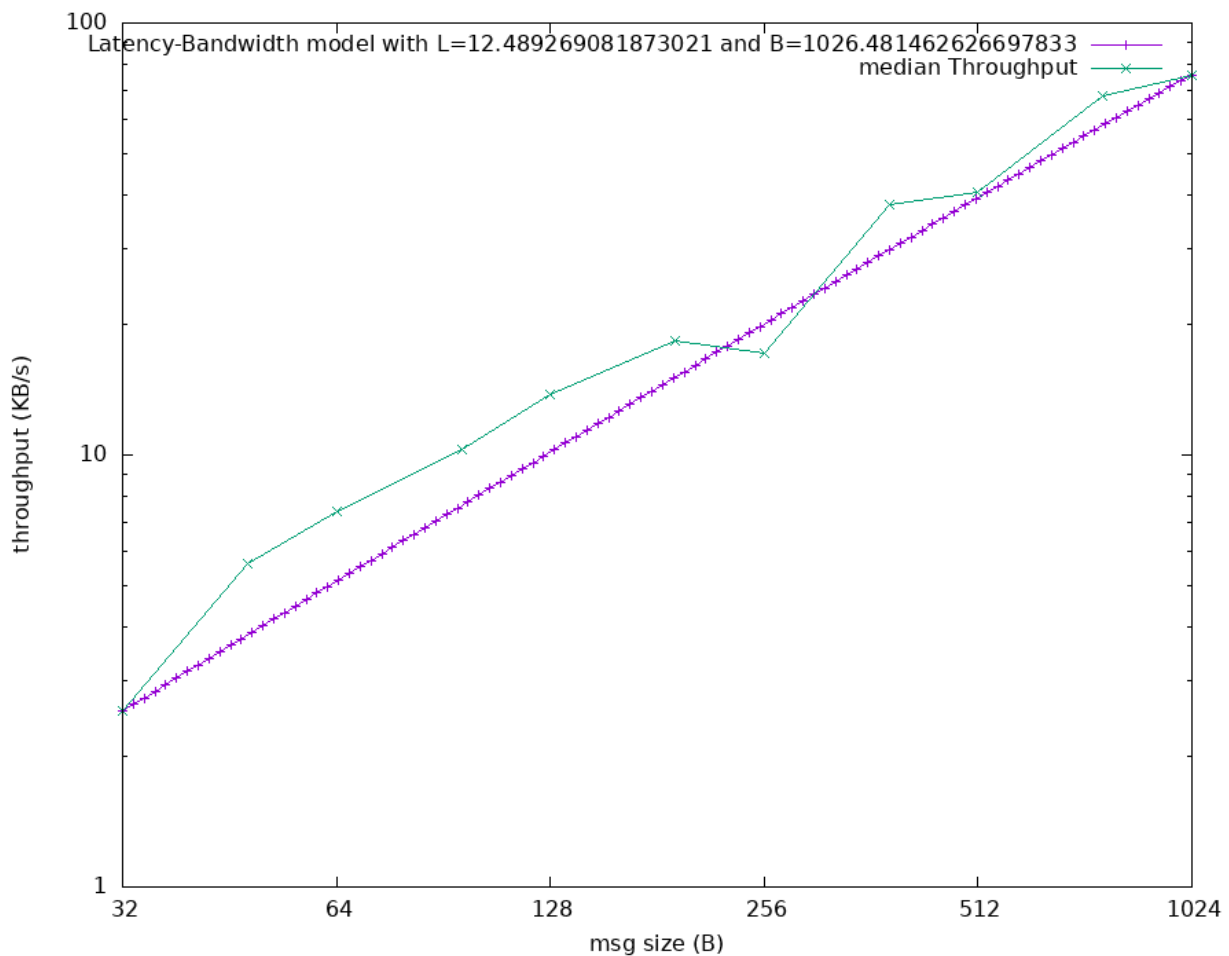
Analisi dei grafici del modello banda/latenza

TCP



Nel protocollo TCP, il throughput osservato risulta tendenzialmente minore rispetto alla curva del modello banda/latenza. In altre parole, la rete tende al throughput ideale previsto dal modello banda/latenza, ma non sempre raggiunge o supera i valori previsti. Questa situazione potrebbe dipendere da diversi fattori, imputabili, ad esempio, a caratteristiche dei componenti della rete o al grado di congestione della rete utilizzata durante i tentativi di connessione. Inoltre, il protocollo TCP -soprattutto nell'invio di pacchetti di piccole dimensioni- risulta essere maggiormente inefficiente, riducendo globalmente il throughput ottenibile.

UDP

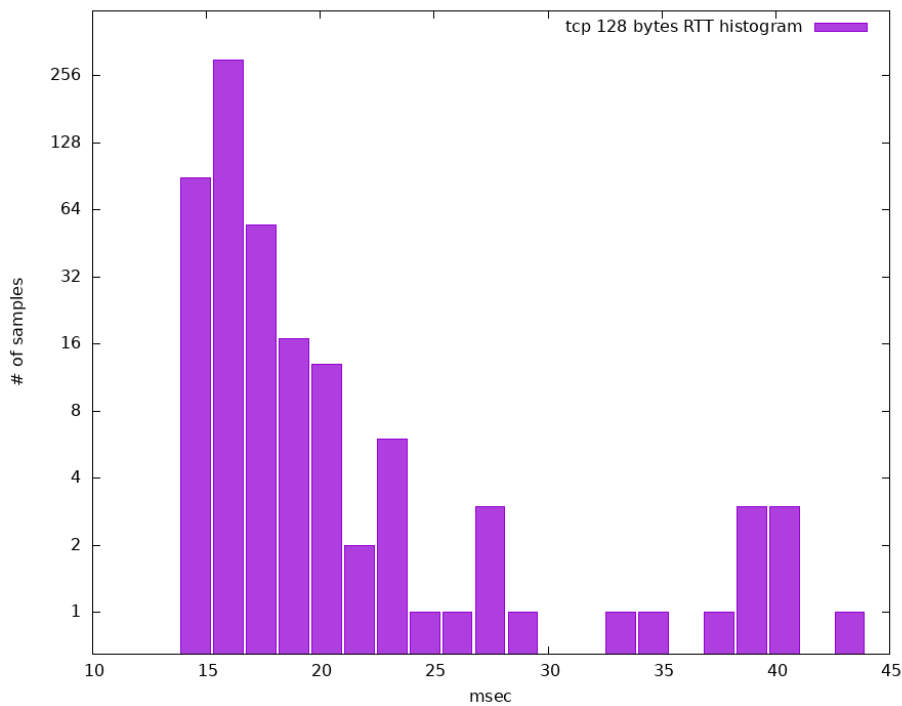


Nel protocollo UDP, i valori del throughput osservati risultano maggiori o uguali rispetto a quelli del modello banda/latenza (ad esclusione di un valore associato all'invio di un messaggio di 256 byte, che risulta inferiore rispetto ai valori attesi) per pacchetti di dimensione uguale o inferiore a 1024 byte. Questi risultati possono indicare ad esempio la presenza di ottimizzazioni o tecnologie nella rete che migliorano l'efficienza rispetto al modello semplice oppure che la rete fosse particolarmente sgombra nel momento dell'esecuzione. Infine si osserva che, con pacchetti di dimensione superiore a 1024 byte, il protocollo UDP fallisce come precedentemente descritto.

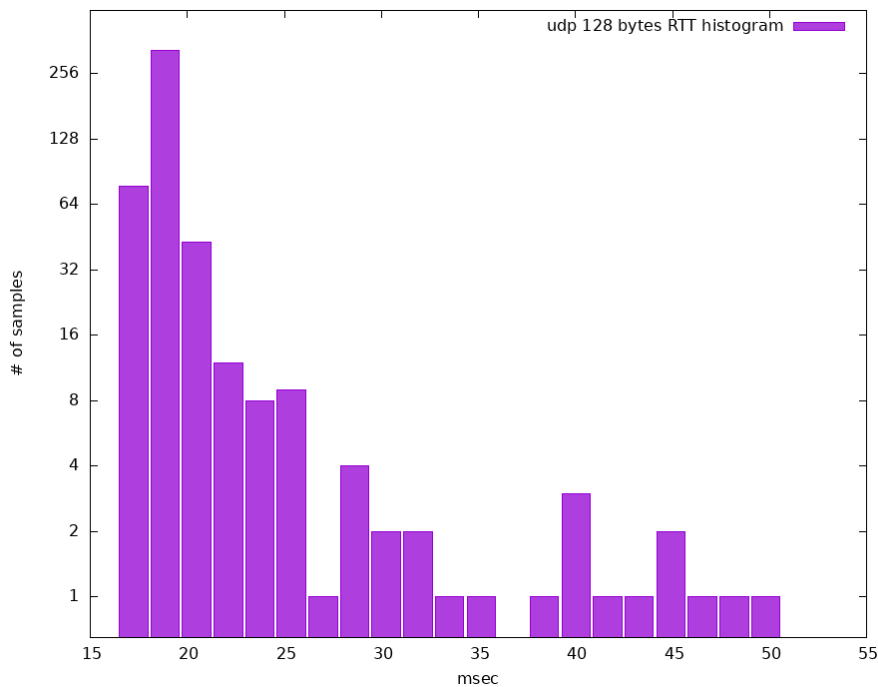
Analisi dei RTT

messaggio (128 byte)

TCP



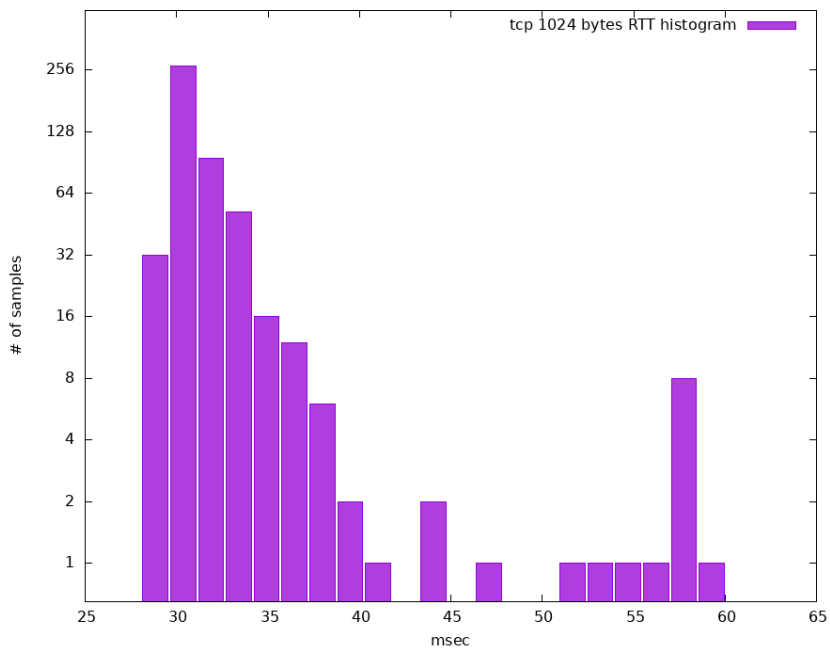
UDP



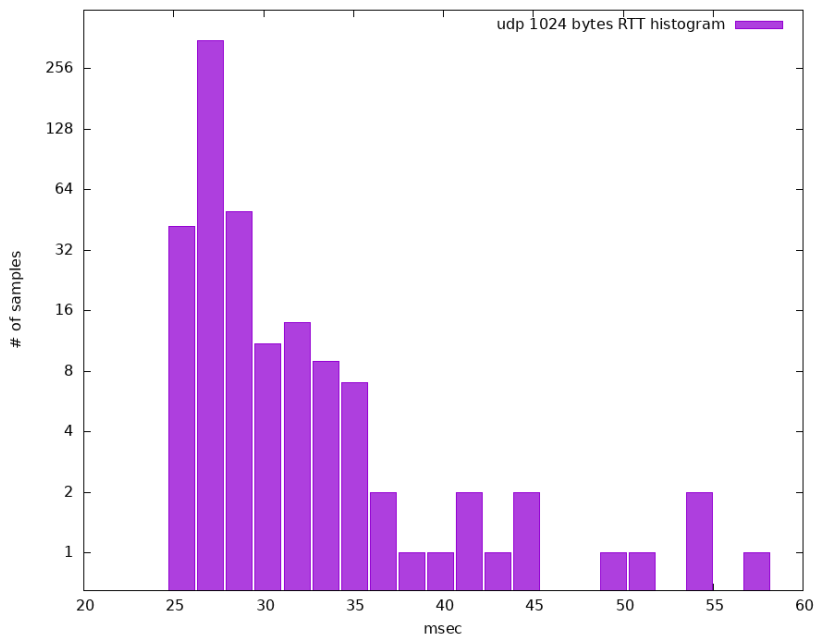
I valori sono quasi sovrapponibili ma risulta leggermente migliore il protocollo UDP rispetto al protocollo TCP.

messaggio (1024 byte)

TCP



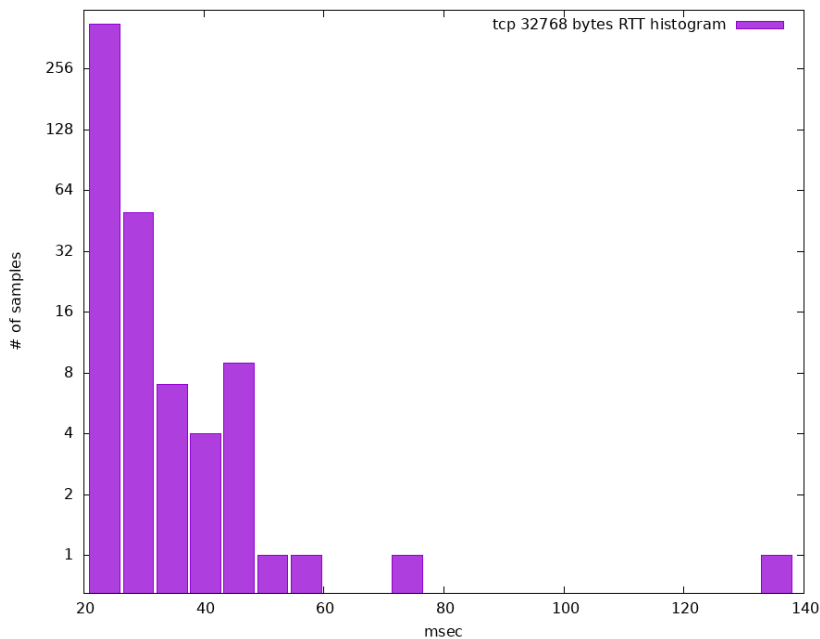
UDP



In questo caso il protocollo UDP risulta leggermente più rapido ma sembra non recapitare tutti i datagrammi forniti rispetto all'istogramma apprezzabile per il protocollo TCP.

messaggio (32768 byte)

TCP



Il protocollo UDP perdendo troppi datagrammi non può essere oggetto di studio dei RTT, al contrario il protocollo TCP risulta efficiente nell'invio di messaggi di dimensioni significative anche nella brevità dell'operazione.

Conclusioni

La connessione del protocollo UDP è più conveniente rispetto a quella del protocollo TCP per messaggi di piccole dimensioni (inferiori a 1024 byte). Tuttavia, nell'esecuzione, il protocollo UDP ha fallito nell'invio di pacchetti di dimensione superiore a 1024 byte. Questo comportamento può essere dovuto alla possibile presenza di un firewall essendo il protocollo potenzialmente in grado di gestire l'invio di messaggi di dimensioni superiori ad 1 KB.

Il protocollo TCP, invece, essendo un protocollo con connessione che garantisce la corretta consegna dei pacchetti, ha avuto successo anche nell'invio di pacchetti di dimensioni ben superiori a 1024 byte.

Tuttavia, poiché il protocollo TCP deve verificare la ricezione corretta dei pacchetti, il throughput risulta generalmente inferiore rispetto a quello del protocollo UDP, rendendo TCP più lento per pacchetti piccoli.

In conclusione, si può dedurre che, per pacchetti di piccole dimensioni, sia conveniente utilizzare il protocollo UDP, mentre per pacchetti di grandi dimensioni è preferibile il protocollo TCP, grazie alle sue garanzie di affidabilità.