



DEPARTAMENTO DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

Trabajo Práctico 2

14 de Julio de 2015

Teoría de las Comunicaciones

Integrante	LU	Correo electrónico
Gauder, Maria Lara	027/10	marialaraa@gmail.com
Kovacs, Ignacio Javier	627/10	ignacio.k91@gmail.com
Puerta, Armando Ezequiel	812/09	eze19.2009@gmail.com
Reartes, Marisol	422/10	mreartes5@gmail.com



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

Ciudad Universitaria - (Pabellón I/Planta Baja)
Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina
Tel/Fax: (54 11) 4576-3359
<http://www.fcen.uba.ar>

Índice

1. Introducción	3
2. Caracterizando rutas	4
3. Gráficos y análisis	12
3.1. Universidad Humboldt de Berlín	12
3.2. Universidad de Moscú	13
3.3. Universidad de Tokio	14
3.4. Universidad de Boston	16
4. Contrastando con la realidad	17
4.1. Estimación de RTT con alfa fijo	17
4.2. Estimación de RTT con cantidad fija de paquetes	19
4.3. Estimaciones del RTT	21
4.4. Estimación de la probabilidad de pérdida de paquetes	21
4.5. Contrastando las estimaciones con resultados previos	22
5. Conclusión	23

1. Introducción

A lo largo de este trabajo práctico se experimentará con técnicas y herramientas utilizadas a nivel de red. Particularmente, se analizará la herramienta *traceroute* junto con los protocolos involucrados de esa capa.

Para realizar los experimentos se eligieron cuatro universidades distintas: la Universidad Humboldt de Berlín, la Universidad de Moscú, la Universidad de Tokio y la Universidad de Boston.

Se desarrollara y aplicará una herramienta que permitirá analizar el comportamiento de los paquetes en la red.

El trabajo práctico se divide en tres partes. La primera hace referencia a la herramienta de traceroute y la realización de cálculos a partir de los datos obtenidos. Luego, se plasmarán los mismos en diversos gráficos y diagramas para poder definir ciertos escenarios esperados y sacar conclusiones. Por último, se aplicará otra herramienta para poder contrastar con la realidad cierto comportamiento teórico.

2. Caracterizando rutas

A partir de la tool implementada, que permite realizar un **traceroute**, se pueden obtener los RTT entre cada salto para una ruta a una IP determinada. De esta manera, se presentan en primer lugar 4 universidades diferentes, que serán utilizadas para llevar a cabo el análisis necesario utilizando la herramienta.

- Universidad Humboldt de Berlín

Distancia: 11910 km

IP: 141.20.5.188 (www.hu-berlin.de)

- Universidad de Moscú

Distancia: 13484 km

IP: 188.44.33.1 (www.msu.ru)

- Universidad de Boston

Distancia: 8680 km

IP: 54.230.225.44 (www.bu.edu)

- Universidad de Tokio

Distancia: 18360 km

IP: 210.152.135.178 (www.u-tokyo.ac.jp)

Las distancias descriptas corresponden a la distancia lineal que hay entre la universidad y un punto en común en Buenos Aires. La misma se obtuvo utilizando una opción dada por Google Maps¹. Ese dato se podrá utilizar para poder obtener el RTT teórico y aproximado de un paquete para cada una de las universidad a analizar.

Asumiendo que los enlaces son siempre de fibra óptica, y que el velocidad de propagación de las señales es de 2×10^5 km/s podemos estimar el RTT de la siguiente manera:

- Universidad Humboldt de Berlín:

$$RTT = 2 \times T_{prop} = 2 \times (Dist/V_{prop}) = 2 \times (11910 \text{ km}/2 \times 10^5 \text{ km/s}) = 119,1 \text{ ms} \quad (1)$$

- Universidad de Moscú:

$$RTT = 2 \times T_{prop} = 2 \times (Dist/V_{prop}) = 2 \times (13484 \text{ km}/2 \times 10^5 \text{ km/s}) = 134,84 \text{ ms} \quad (2)$$

- Universidad de Boston:

$$RTT = 2 \times T_{prop} = 2 \times (Dist/V_{prop}) = 2 \times (8680 \text{ km}/2 \times 10^5 \text{ km/s}) = 86,8 \text{ ms} \quad (3)$$

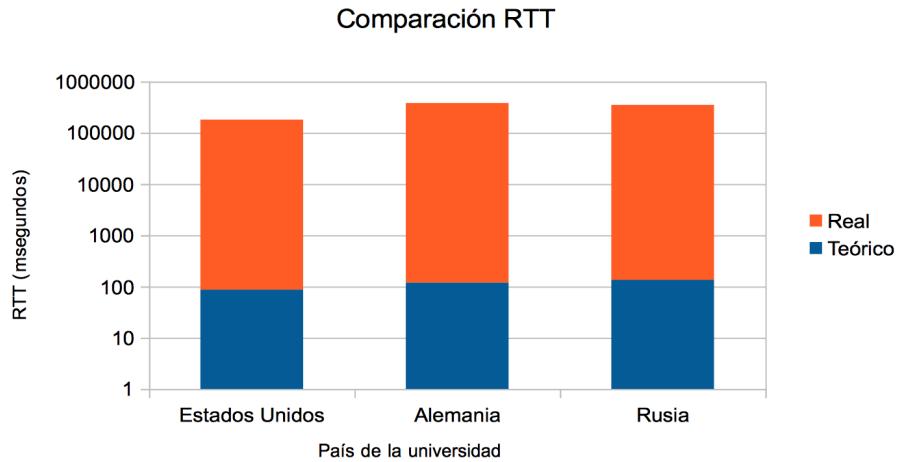
- Universidad de Tokio:

$$RTT = 2 \times T_{prop} = 2 \times (Dist/V_{prop}) = 2 \times (18360 \text{ km}/2 \times 10^5 \text{ km/s}) = 183,6 \text{ ms} \quad (4)$$

El valor obtenido representa un cota inferior muy burda del tiempo de comunicación entre Buenos Aires y las universidades seleccionadas. Esto se debe a que no contempla los obstáculos que se presentan desde que un paquete sale del hop inicial y llega a destino. Hay ciertas situaciones que fomentan un aumento importante del tiempo de RTT del mensaje. Se presenta a continuación, las diferencias entre el RTT teórico y el obtenido utilizando una herramienta brindada por el sistema operativo².

¹maps.google.com

²<http://ping.eu>

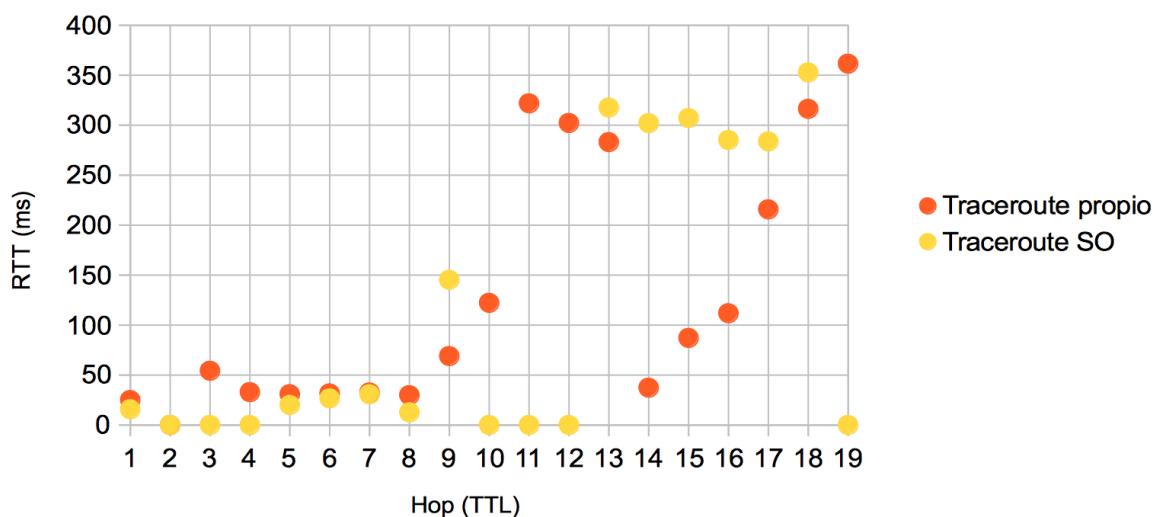


Se muestran los resultados utilizando escala logarítmica para poder observarlos de manera clara. A lo largo del trabajo práctico se podrán ir observando las situaciones que demuestren el porque el RTT teórico puede valer tanto menos que el de la realidad.

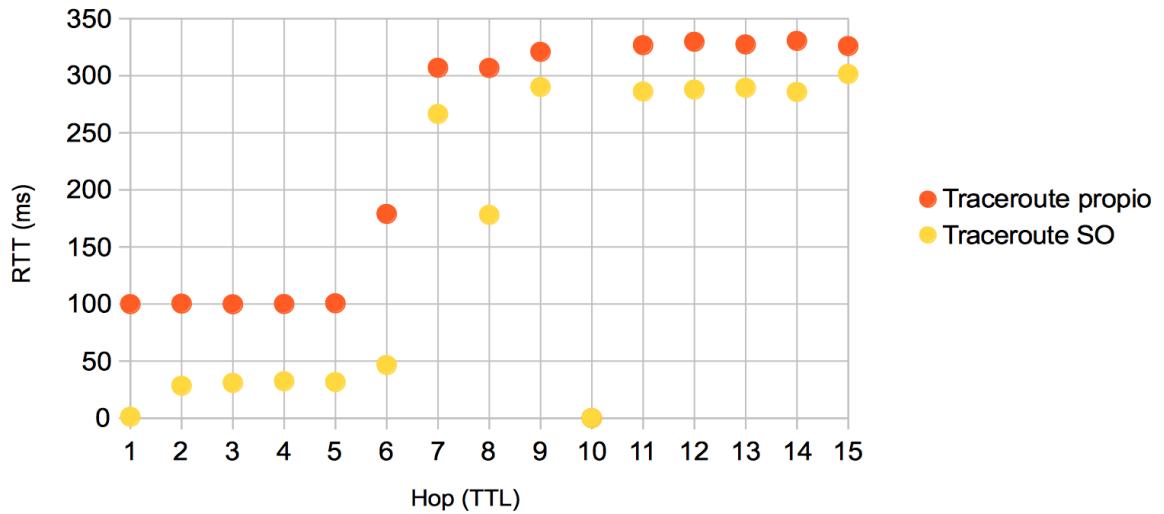
Por otro lado, se decide comparar la herramienta desarrollada utilizando Scapy, contra el traceroute que brinda por el sistema operativo. Ambos traceroutes envían una cierta cantidad de paquetes a cada host intermedio que hay hasta llegar al de destino. En el caso de la herramienta desarrollada, esto se logra determinando el valor máximo de TTL que tiene el paquete. Dicho valor representa la cantidad máxima de saltos que puede tener el mensaje enviado. Además, al recibirse la respuesta por parte del hop al que un paquete llega con TTL igual a cero, se mide el tiempo que toma en milisegundos. Este tiempo de ida y vuelta de un paquete se denomina RTT. En el caso de nuestra herramienta desarrollada, se envían mil paquetes con un mismo valor de TTL máximo, y luego se obtiene el RTT aproximado, promediando el de todos.

A continuación, se presentan los RTT obtenidos para cada hop intermedio utilizando ambas herramientas.

Traceroute - Universidad Humboldt de Berlín

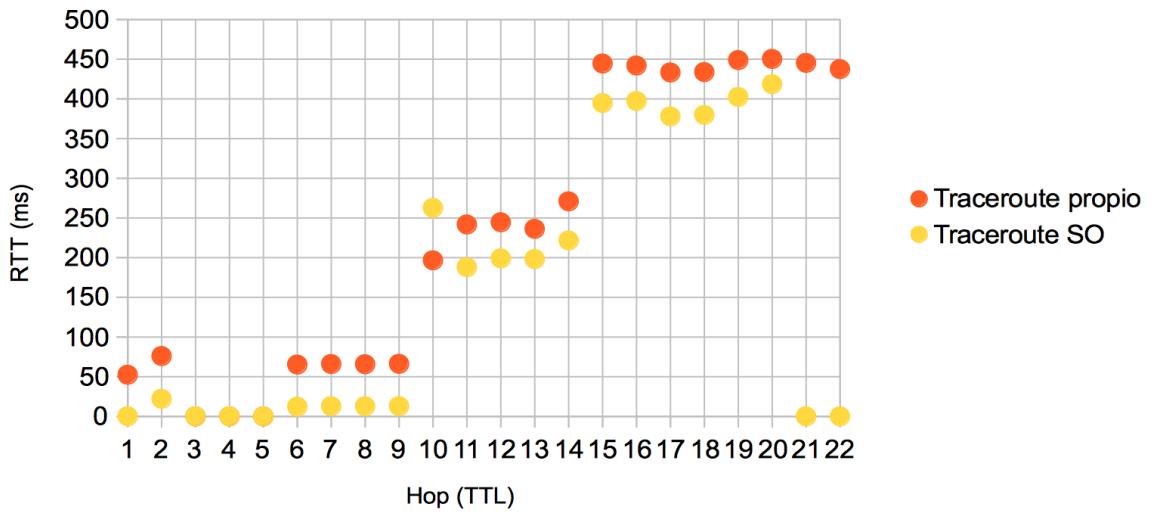


Traceroute - Universidad de Moscú



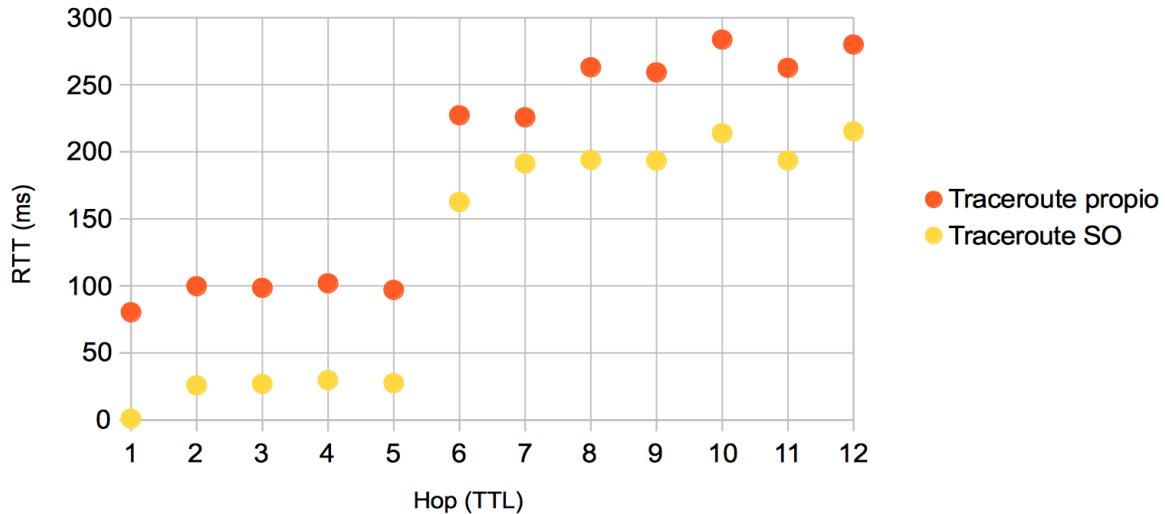
Se observa en este escenario, que las mediciones realizadas por el traceroute desarrollado presenta mediciones más altas en la mayoría de los hops. Probablemente son más certeras.

Traceroute - Universidad de Tokio



Se cumple en este ejemplo, que muchos de los hops intermedios, no responden al pedido. Esto presenta dificultades en el análisis de los datos. Sin embargo, se puede ver que se sigue cumpliendo que las mediciones obtenidas a partir del traceroute desarrollado, en general, son mayores.

Traceroute - Universidad de Boston



El análisis de los datos obtenidos para cada herramienta y los gráficos presentados, permitieron obtener diversas conclusiones con respecto al comportamiento de los paquetes en las distintas redes. Estos comportamientos se ven reflejados en los tiempos de RTT que presenta cada paquete para cada TTL. A continuación enumeraremos los escenarios que se pudieron encontrar y que generan inconsistencias en las mediciones:

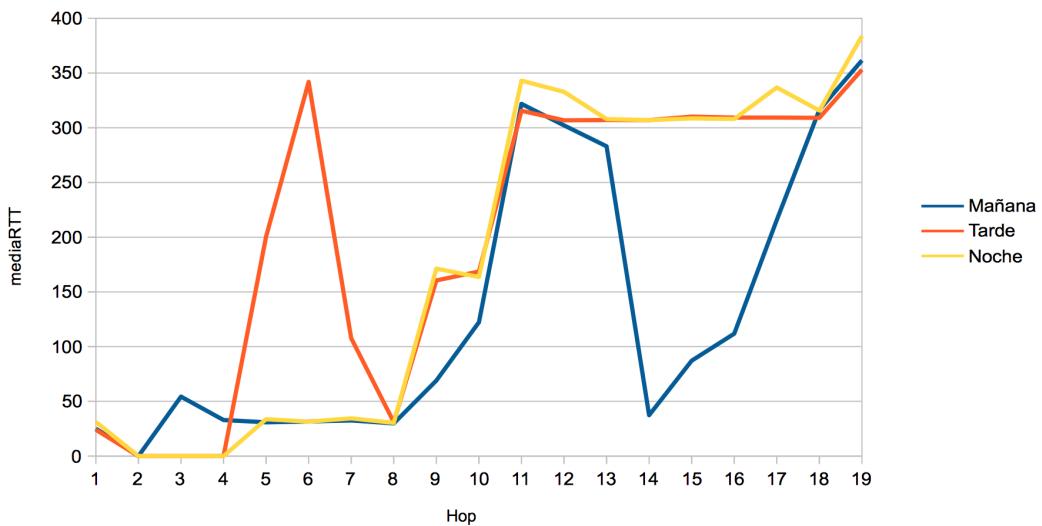
- Existe más de un ruta posible para un cierto número de TTL para un mismo host de destino. En el caso de la herramienta de traceroute desarrollada por nosotros, no se distingue por host sino por número de TTL. Es decir, el promedio de RTT obtenido a partir de mil paquetes enviados con una misma IP destino y TTL, se realizará sin distinguir si la dirección IP correspondiente a la respuesta es siempre el mismo. Existe una amplia red de routers intermedios que se pueden utilizar para llegar a un mismo destino. En el caso del traceroute brindado por el sistema operativo, se realiza el promedio sobre únicamente tres paquetes diferentes, dándose mayormente que tengan la misma dirección IP.
- Hay host intermedios que pueden no responder a un ping enviado. Esto puede deberse a que los mismos no están configurados para responder a este tipo de pedido o que estén congestionados de manera tal de no llegar a responder a tiempo. En el primer caso, no importa la herramienta que se utilice, el resultado siempre será el mismo. Pero, para el segundo escenario planteado, la herramienta brindada por el sistema operativo no intenta resolver la problemática. Sin embargo, la desarrollada para este trabajo práctico, se basa en el envío de mil paquetes a un mismo TTL, es decir, que el congestionamiento del host podrá liberarse para alguno de los pedidos y la respuesta llegará antes del time out, pudiéndose así obtener un RTT estimado. El RTT promedio obtenido a partir del envío de los mil paquetes descarta aquellos que tuvieron time-out para así no disminuir el valor final.
- Un caso que no es contemplado en ninguna de las dos herramientas utilizadas, es que la ruta que sigue un paquete, pasando por una determinada cantidad de hops, no sea siempre la misma. Para el cálculo de los RTT no se contempla que una ruta pueda tomar más tiempo que otra, ya que no se tiene forma de saber cual es el camino exacto que realiza un mensaje para llegar a un determinado hop intermedio. En el caso de la herramienta desarrollada se simula el paso del paquete por distintos host hasta llegar a la universidad deseada, pero con respecto a los RTT de los hop intermedios, se los trata sin distinguir la ruta que realizan.

Uno de los motivos que afecta a los tiempos en los que un paquete tarda en llegar a un host y luego retornar, es el del congestionamiento que puede existir en la red. El mismo surge a partir de un alto número de paquetes existentes en la misma, debido a un gran número de personas que intentan

conectarse a un mismo lugar. Para poder observar este comportamiento, es decir, los fluctuantes valores de RTT para cada hop intermedio, se realizó el siguiente experimento, el cual consiste en analizar el tráfico de la red en distintas horas del día. Para ello se ejecutó el traceroute desarrollado en tres horarios diferentes.

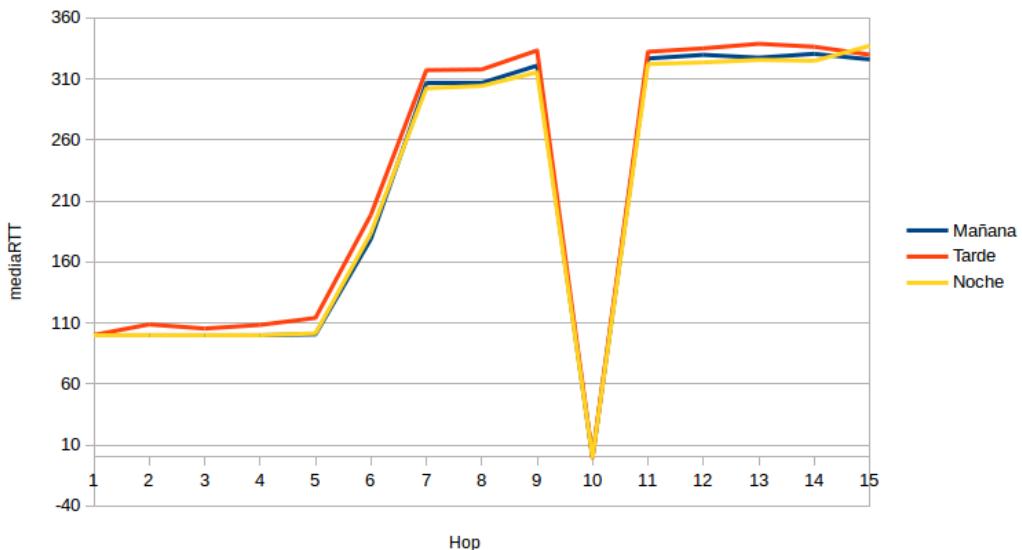
En primer lugar se presenta la Universidad Humboldt de Berlín. Las mediciones del mismo se realizaron en distintos días, en diferentes momentos. Será notoria la diferencia del comportamiento de la red en un momento que en otro. De esta forma, se quiere mostrar el fluctuante cambio que ocurre en la red y que genera un importante impacto en los resultados a observarse.

Traceroute en distintos horarios de un día

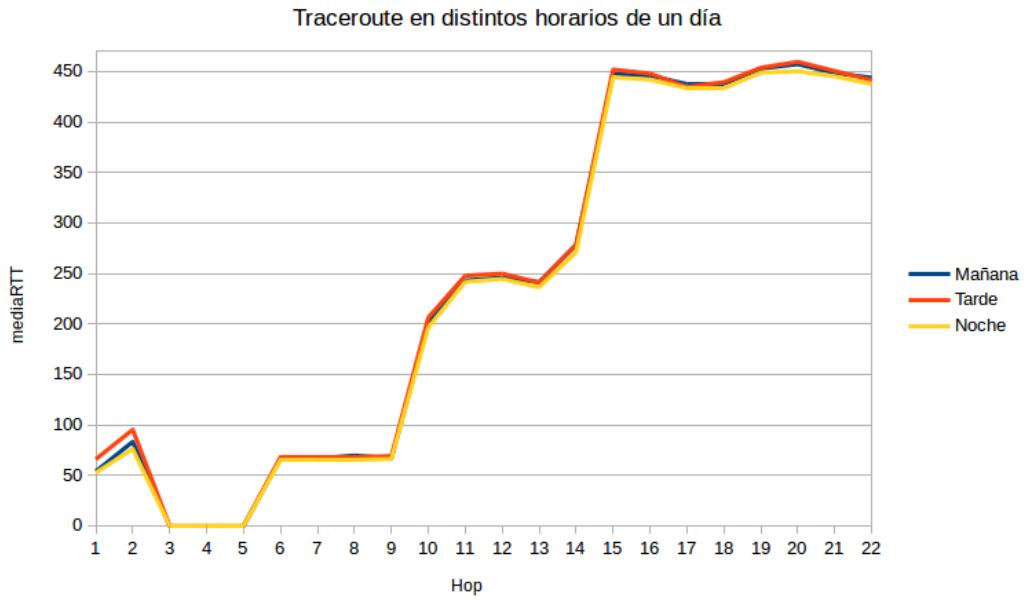


El siguiente diagrama corresponde a los valores de RTT obtenido para cada TLL con destino final la Universidad de Moscú.

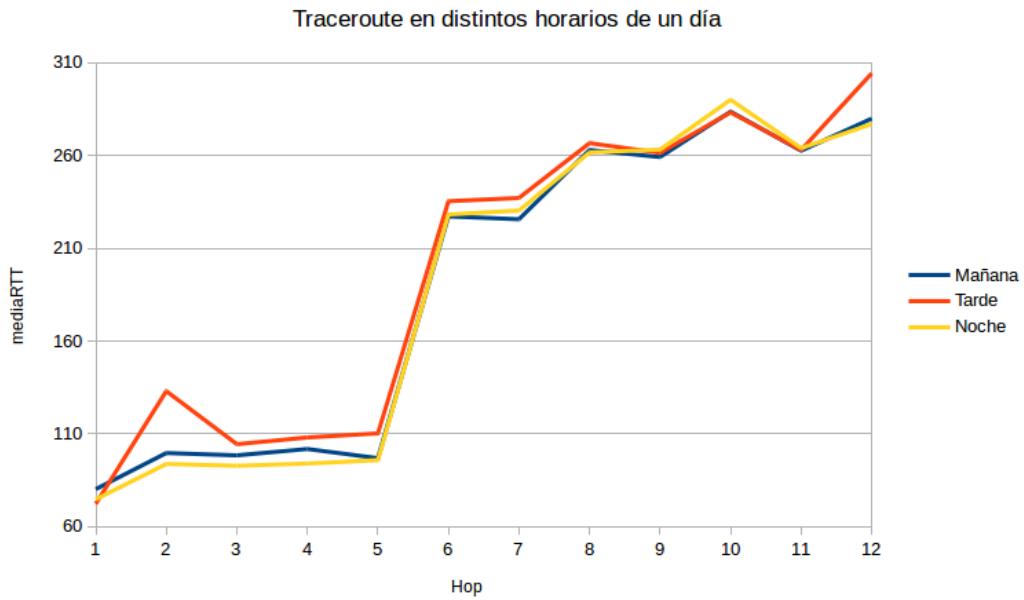
Traceroute en distintos horarios de un día



A continuación se presenta el caso de la Universidad de Tokio.



Finalmente, los valores obtenidos para la Universidad de Boston.



Se puede observar que dependiendo del horario en el que se realiza la medición, algunos RTT para hop intermedios, presentan una diferencia importante con respecto a los de otros momentos del día.

En comparación entre todos los gráficos, se puede notar que la que más diferencias tuvo dependiendo el horario del día fue la universidad de Berlín. Para el resto de las universidades se obtuvieron valores similares independientemente del horario del día, salvo en algunos hops. Esto puede deberse a que la congestión de la red es semejante en los horarios de los días en los que se obtuvieron los resultados.

Luego, para continuar con el análisis de la red, se agrega a la herramienta desarrollada por nosotros un agregado para que se calcule el valor standard (ZRTT) de cada salto con respecto a la ruta global. El cálculo a realizarse es el siguiente:

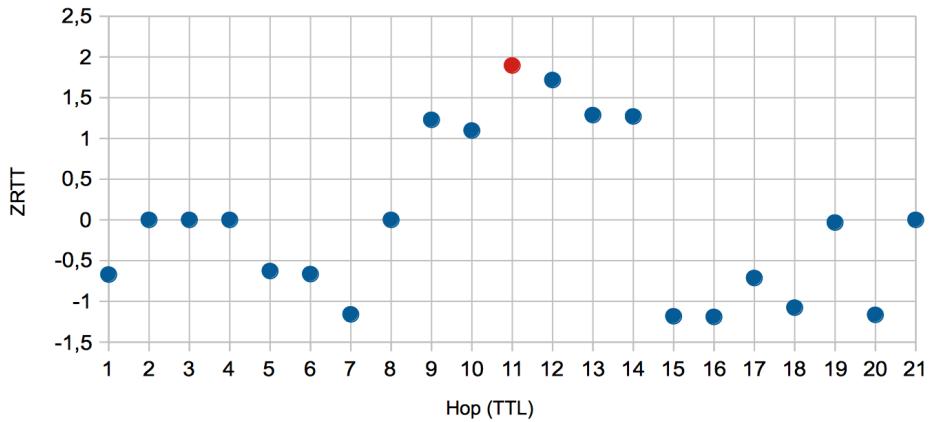
$$ZRTT_i = \frac{RTT_i - \overline{RTT}}{SRTT} \quad (5)$$

Siendo RTT_i el RTT medido para el salto entre host número i , \overline{RTT} el promedio para los RTT de todos los saltos realizados y por último el SRTT representa el desvío standard de los RTTs de la ruta, y se calcula de la siguiente manera:

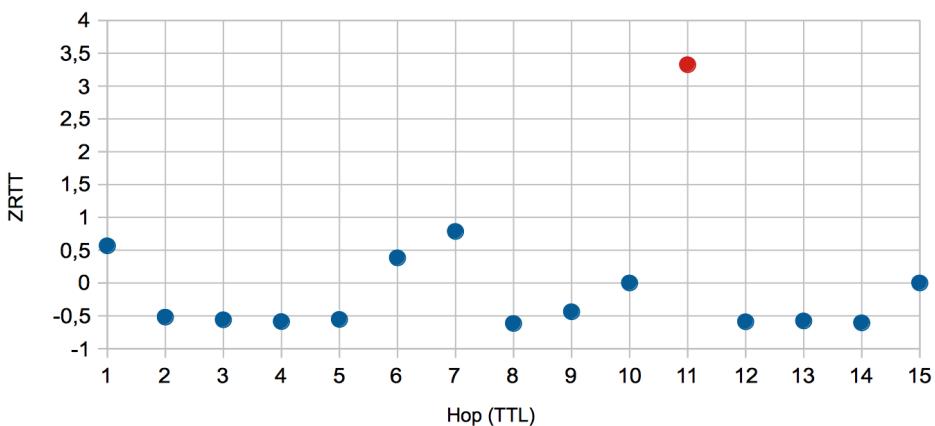
$$SRTT = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (RTT_i - \overline{RTT})^2} \quad (6)$$

El ZRTT nos permite definir de forma rápida y exacta cuánto se aleja un RTT de un salto específico respecto al promedio. Luego se podrán realizar diversos análisis y conclusiones utilizando los valores obtenidos en los siguientes gráficos. Estos últimos representan el ZRTT calculado para una medición hecha con mil paquetes para cada TTL con destino cada una de las universidades definidas previamente.

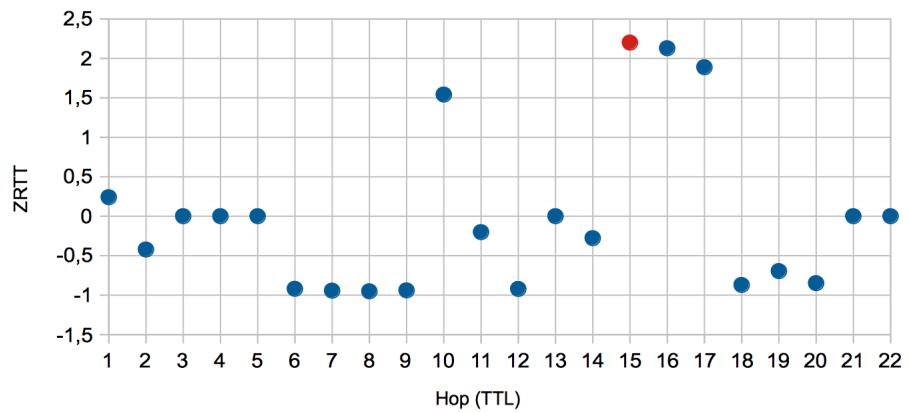
Valor standar del RTT - Universidad Humboldt de Berlín



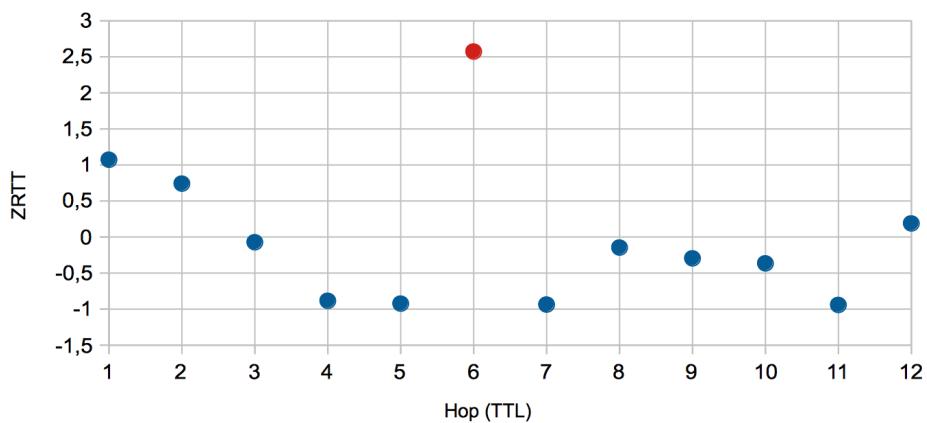
Valor standar del RTT - Universidad de Moscú



Valor standar del RTT - Universidad de Tokio



Valor standar del RTT - Universidad de Boston

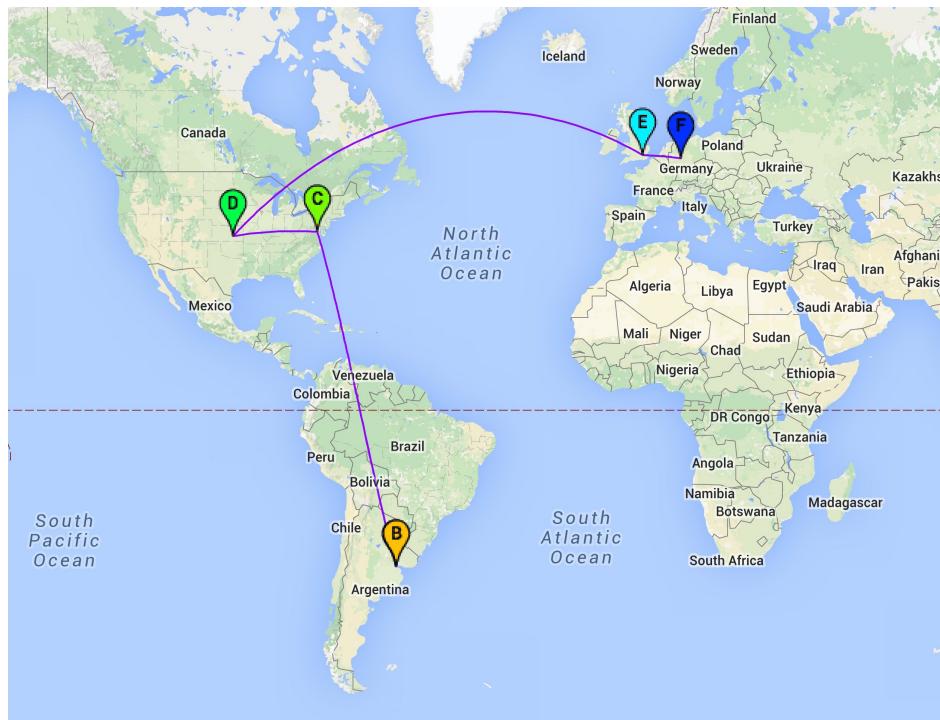


3. Gráficos y análisis

En esta parte del trabajo práctico se requiere determinar los enlaces transatlánticos que utiliza un paquete para llegar a destino. Estos enlaces se caracterizan por atravesar el Atlántico o el Pacífico, por lo tanto poseen ciertas propiedades que los diferencian de los demás. Para poder detectar los posibles enlaces se utilizan las mediciones realizadas en la sección anterior. A partir de los valores que se obtienen al ir recorriendo cada enlace por el que pasa una señal se puede determinar donde se encuentra el mayor salto. Utilizándose el ZRTT calculado para cada salto se puede definir cuales son los valores que se encuentran más alejados del promedio, por lo tanto, aquellos que cumplan esa condición, serán los que representen el cambio de continente, habiendo atravesado alguno de los océanos.

Un ejemplo de cuando no funciona la metodología presentada, es aquel paquete que no utiliza por ningún enlace transatlántico. Determinaremos como trasatlánticos a aquel que no corresponda, ya que nos basamos en los tiempos transcurridos entre cada hops, por lo tanto no interesa si pasó o no por algún enlace específico.

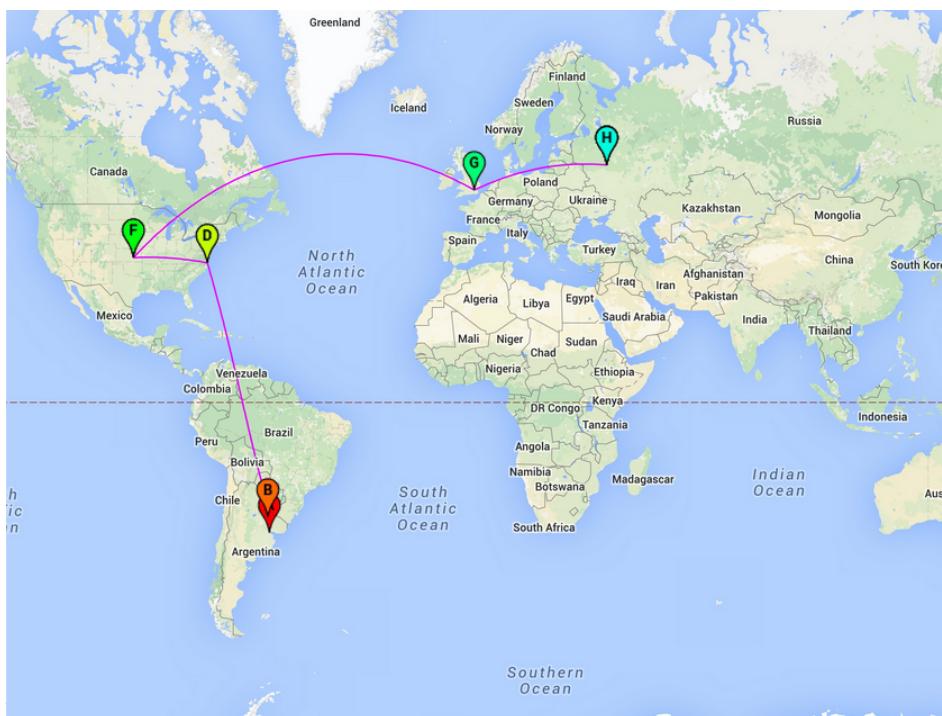
3.1. Universidad Humboldt de Berlín



Hop	Dirección IP	País	Ciudad	Lat - Long
1	190.190.247.1	Argentina	Buenos Aires	-34.6 -58.5333
2	200.89.165.173	Argentina	Buenos Aires	-34.6 -58.5333
3	200.89.165.130	Argentina	Buenos Aires	-34.6 -58.5333
4	200.89.165.222	Argentina	Buenos Aires	-34.6 -58.5333
5	208.178.195.205	United States	Alexandria	38.8048 -77.0469
6	67.17.75.66	United States		38.0 -97.0
7	4.68.111.121	United States		38.0 -97.0
8	4.68.111.121	United States		38.0 -97.0
9	4.69.154.137	United States		38.0 -97.0
10	212.162.4.6	United Kingdom		51.5 -0.13
11	188.1.144.101	Germany		51.0 9.0
12	188.1.144.185	Germany		51.0 9.0
13	188.1.144.158	Germany		51.0 9.0
14	188.1.144.13	Germany		51.0 9.0
15	188.1.144.17	Germany		51.0 9.0
16	188.1.236.70	Germany		51.0 9.0
17	141.20.0.210	Germany	Berlin	52.5167 13.4

En este caso se considera, observando el mapa, como enlace trasatlántico aquel que ocurre entre el hop 9 y el 10, ya que se atraviesa el Atlántico. Sin embargo, al observar las comparaciones de valores de ZRTT esto ocurre recién en el salto del hop 10 al 11. Esto se debe a que, si se observan los datos sin modificar, los paquetes realizan dos caminos diferentes en cierto punto, llegando al enlace trasatlántico antes o después, según sea el caso. Al procesar los datos de manera conjunta sin distinguir esta situación, se puede concluir que es mayor la cantidad de veces que el paquete realiza el camino por el cual cruza el Atlántico luego del paquete 10.

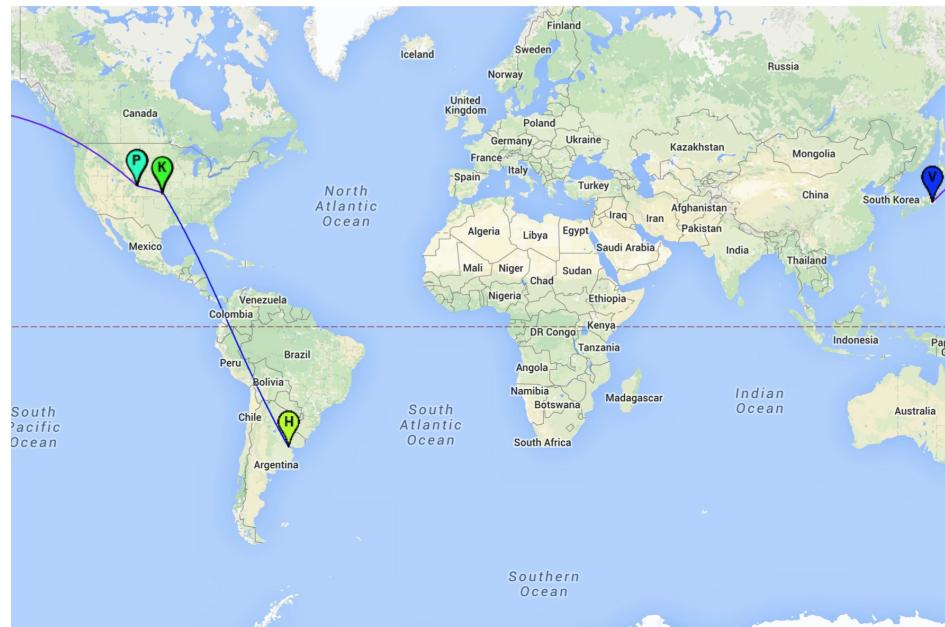
3.2. Universidad de Moscú



Hop	Dirección IP	País	Ciudad	Lat - Long
1	192.168.1.1			0 0
2	10.20.128.1			0 0
3	181.47.254.33	Argentina		-34.6033 -58.3817
4	208.178.195.210	United States	Virginia	36.8267 -76.0179
5	208.178.195.209	United States	Virginia	36.8267 -76.0179
6	4.68.111.121	United States		38 -97
7	4.69.158.245	United States		38 -97
8	4.69.158.245	United States		38 -97
9	213.242.110.198	United Kingdom		51.5 -0.13
11	194.85.40.229	Russia		55.75 37.6166
12	194.190.254.118	Russia		55.75 37.6166
13	93.180.0.174	Russia	Moscow	55.7522 37.6156
14	188.44.33.1	Russia	Moscow	55.7522 37.6156
15	188.44.50.103	Russia	Moscow	55.7522 37.6156

De acuerdo al mapa, se puede observar que el salto trasatlántico se da entre el host de Estados Unidos y el de Inglaterra. De acuerdo a la tabla se puede notar que el mismo sería entre el número 10 y el 11. Este salto presentará un valor alto de RTT a aquellos hops que se encuentren luego del número 11 ya que se incorpora el tiempo de ida y vuelta por el enlace trasatlántico. Si nos dirijimos al gráfico de la página 10, podremos observar con el hop que presenta un valor de ZRTT más alto es el 11, por lo que se demuestra lo que ocurre en la realidad.

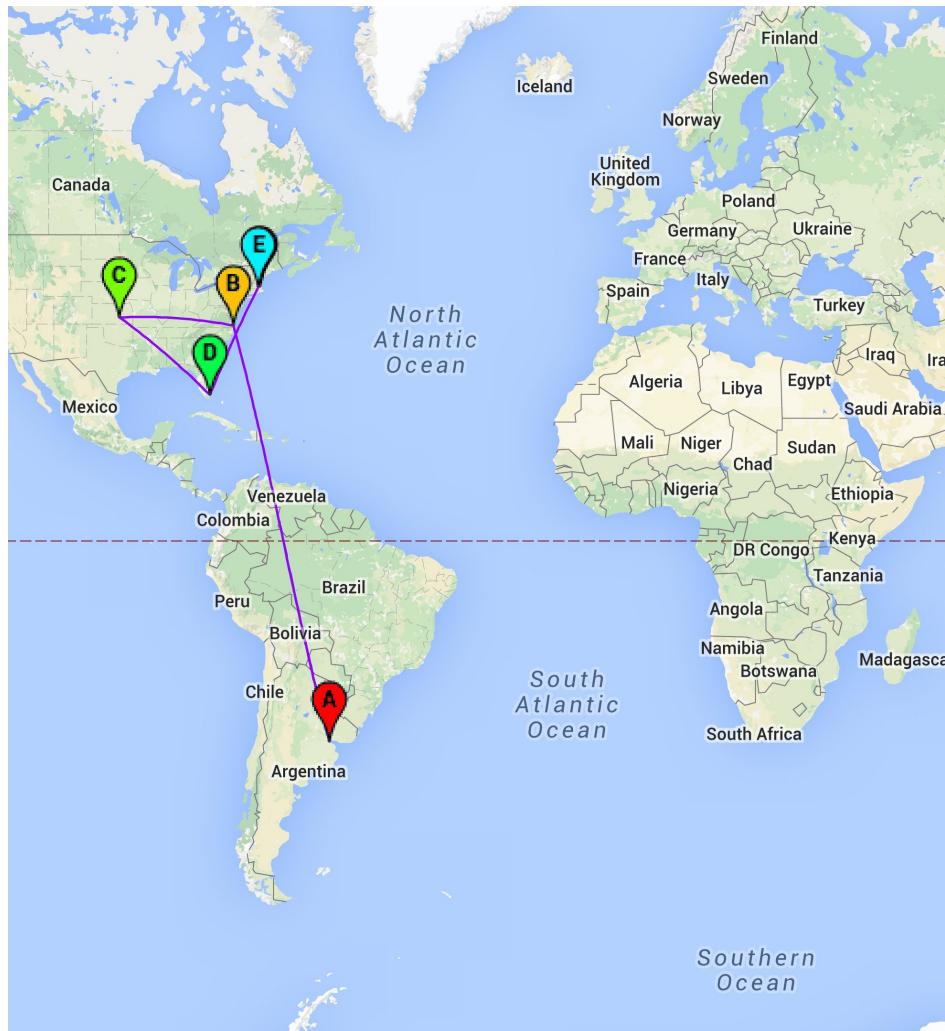
3.3. Universidad de Tokio



Hop	Dirección IP	País	Ciudad	Lat - Long
1	192.168.0.1			0 0
2	190.195.209.1	Argentina	Buenos Aires F.D.	-34.6033 -58.3816
6	200.89.165.77	Argentina		-34.6033 -58.3817
7	200.89.165.1	Argentina		-34.6033 -58.3817
8	200.89.165.250	Argentina		-34.6033 -58.3817
9	206.165.31.213	United States		38 -97
10	67.16.139.18	United States		38 -97
11	64.212.107.98	United States		38 -97
12	129.250.3.172	United States	Colorado	39.6237 -104.8738
13	129.250.2.219	United States	Colorado	39.6237 -104.8738
14	129.250.7.69	United States	Colorado	39.6237 -104.8738
15	129.250.4.39	United States	Colorado	39.6237 -104.8738
16	129.250.6.90	United States	Colorado	39.6237 -104.8738
17	61.200.80.218	Japan		35.69 139.69
18	158.205.192.173	Japan		35.69 139.69
19	158.205.192.86	Japan		35.69 139.69
20	158.205.121.250	Japan		35.69 139.69
21	154.34.240.254	Japan		35.69 139.69
22	210.152.135.178	Japan		35.69 139.69

En el caso del salto del hop 8 al 9 puede presentarse como uno trasatlántico, ya que su tiempo de recorrida es bastante alto debido a la enorme distancia. Por otro lado, el que verdaderamente deberá responderse como un enlace trasatlántico es el que va del hop de Estados Unidos, el número 16, al de Japón, el número 17. Se observa en los gráficos comparativos de los valores del ZRTT correspondiente a cada hop, que el del número 15 corresponde al trasatlántico. En este caso, está ocurriendo lo mismo que se vio para la universidad de Alemania. Existe más de un camino posible para poder alcanzar el hop destino, y todos deberán pasar por el enlace trasatlántico. Puede darse tanto entre dos hops determinados o los consecutivos.

3.4. Universidad de Boston



Hop	Dirección IP	País	Ciudad	Lat - Long
3	181.47.254.85	Argentina		-34.6033 -58.3817
4	208.178.195.214	United States	Virginia	36.8267 -76.0179
5	208.178.195.213	United States	Virginia	36.8267 -76.0179
6	67.17.75.66	United States		38 -97
7	4.68.111.121	United States		38 -97
8	4.69.140.90	United States	Florida	25.9372 -80.317
9	4.53.56.6	United States	Massachusetts	42.2612 -71.4634
10	128.197.254.113	United States	Massachusetts	42.3451 -71.0993
11	128.197.254.166	United States	Massachusetts	42.3451 -71.0993
12	128.197.26.34	United States	Massachusetts	42.3451 -71.0993

La universidad seleccionada se encuentra en Estados Unidos, por lo cual no existirá enlace trasatlántico, pero si se observa un salto importante de un host en Argentina a uno en Estados Unidos. Por lo tanto, en la sección anterior, se deberá observar al salto entre el TTL 3 y el 4 como el significativamente mayor con respecto a los restantes. Un problema importante presentado en el caso de esta universidad, es la cantidad de host intermedios que presentan un time-out. Se ve, por ejemplo, en los resultados del análisis de los valores standar para cada salto, que el salto entre el hop 5 y el 6 es significativamente mayor al restante. Sin embargo, al observar las distancias entre esos dos hops, la misma no es importante. Esto ocurre, como consecuencia a que el hop número 5 no responde a muchos de los pedidos, por lo cual se genera un RTT promedio muy bajo.

4. Contrastando con la realidad

Finalmente realizamos una serie de experimentos contra las IP's de las universidades seleccionadas, enviando un gran volumen de sucesivos “pings” con la finalidad de simular una conexión (y su consiguiente envío de paquetes) frente a dichas direcciones.

El envío de los pings los hicimos por medio de un script realizado para dicha finalidad, implementado en Python y con las herramientas proporcionadas por Scapy. Por cada uno de los pings enviados (paquetes Echo Request de ICMP) se midió el tiempo requerido para obtener una respuesta (paquete Echo Reply de ICMP). Luego de realizarlos, se analizaron los resultados obtenidos, ya sea para las respuestas efectivas (la estimación del Round Trip Time correspondiente) y para los paquetes perdidos (para obtener una estimación de la probabilidad de pérdida de paquetes).

El total de paquetes Echo Request enviados fue de 1000. Consideramos que sería un valor lo suficientemente grande como para tener una gran cantidad de mediciones válidas, sin ser un número que requiera demasiado tiempo de cómputo.

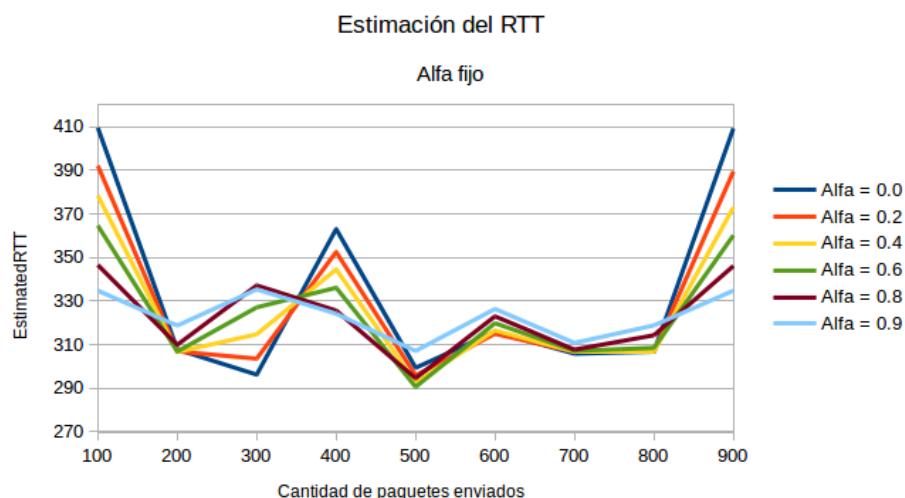
4.1. Estimación de RTT con alfa fijo

En primer lugar, para estimar los RTT de cada simulacro de conexión, analizamos las mediciones realizadas para los paquetes recibidos según la siguiente fórmula que involucra los diferentes valores obtenidos en el muestreo y un coeficiente α que mantuvimos en el intervalo [0.,1]:

$$\text{EstimatedRTT}_{[i]} = \text{EstimatedRTT}_{[i-1]} \times \alpha + \text{SampleRTT}_{[i]} \times (1 - \alpha) \quad (7)$$

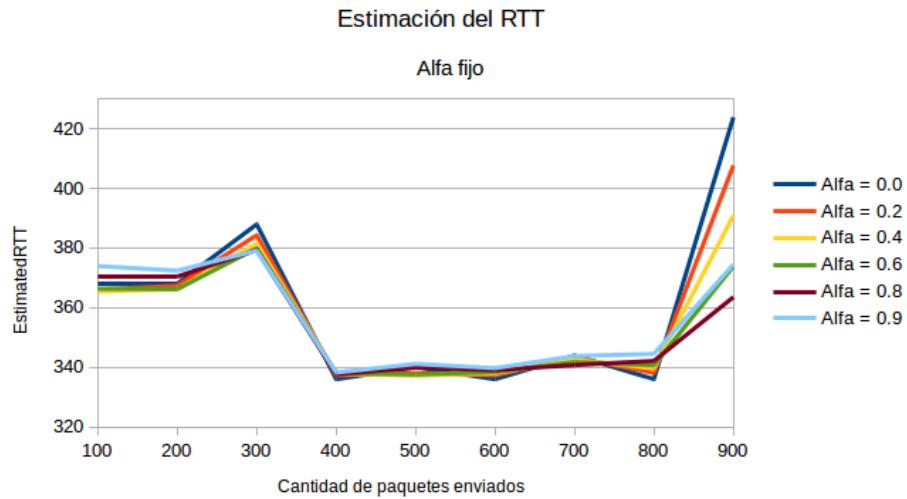
Fuimos tomando algunos valores de alfa que consideramos representativos dentro del intervalo mencionado, y para cada valor seleccionado, realizamos la estimación con diversos subconjuntos de muestras RTT, cada vez de mayor volumen. Para el caso de 1000 paquetes se tomaron al azar 100 muestras, luego 200 y así sucesivamente.

El gráfico siguiente revela las estimaciones obtenidas para el Round Trip Time relativo al experimento con la Universidad Humboldt de Berlín. Como mencionamos previamente, fijando diversos valores de alfa fuimos tomando cantidades cada vez mayores de muestras reales. Se puede apreciar notoriamente como a mayores valores del coeficiente alfa, la estimación es mas consistente y menos susceptible a las bruscas variaciones de la muestra original (algo que se observa en el caso $\alpha = 0$, donde $\text{EstimatedRTT}_{[i]} = \text{SampleRTT}_{[i]}$ para todo valor de i).

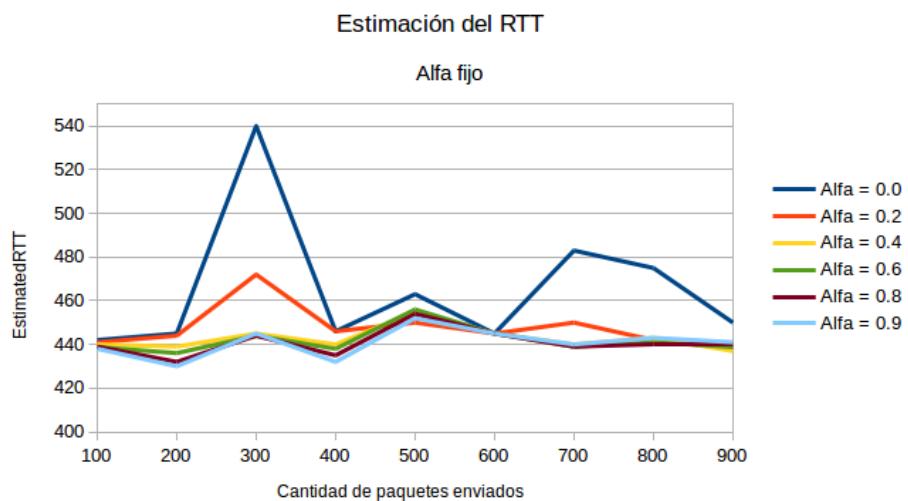


En el caso de la Universidad de Moscú, en general los valores fueron mas cercanos entre sí a pesar de incrementar la cantidad de paquetes a analizar. Pero al llegar a valores cercanos a los 900 paquetes, la estimación vuelve a crecer mas lentamente para valores de alfa mayores en comparación con los valores inferiores.

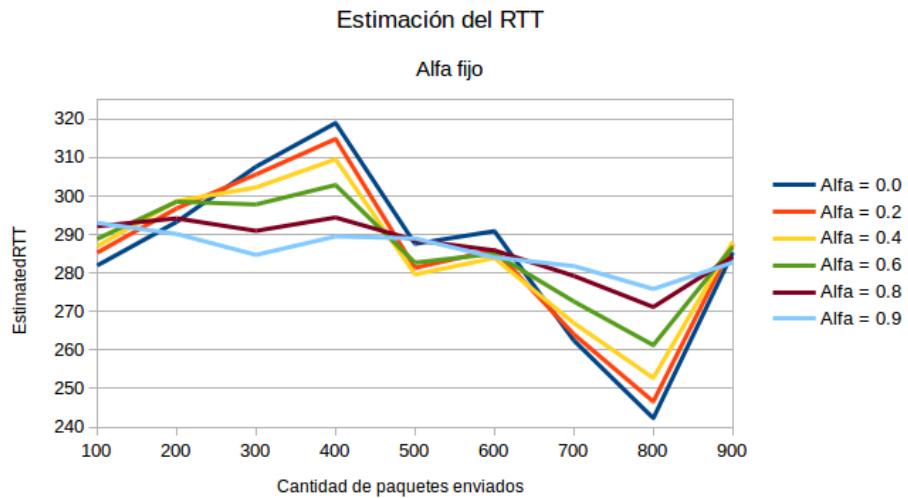
Comenzamos a considerar que esto puede ser una tendencia real y que efectivamente las estimaciones con un alfa mas grande se normalizan mejor frente a un valor promedio en contraposición a las estimaciones que utilizan coeficientes alfa mucho menores, donde las mismas sufren de variaciones mucho mayores.



La Universidad de Tokio no es la excepción y vemos como ocurre nuevamente la misma situación. Sin importar la cantidad de paquetes ICMP enviados al host de la institución, las estimaciones hechas con valores de alfa superiores, son mucho mas estables entre sí con respecto a las estimaciones restantes.



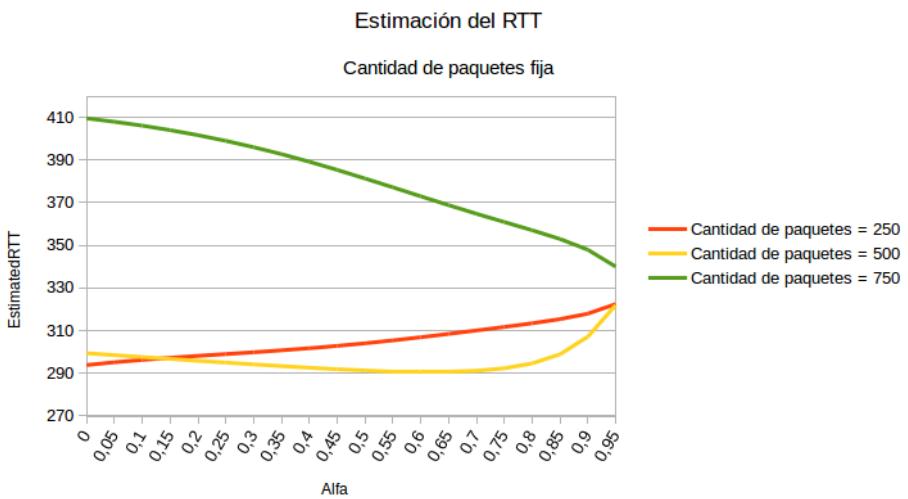
Finalmente, la Universidad de Boston refleja la situación que venimos remarcando de una manera aún mas clara. Se observa claramente como las estimaciones que utilizan el valor de alfa mas grande, son las mas estables a lo largo de los diferentes experimentos con las diversas cantidades de paquetes.



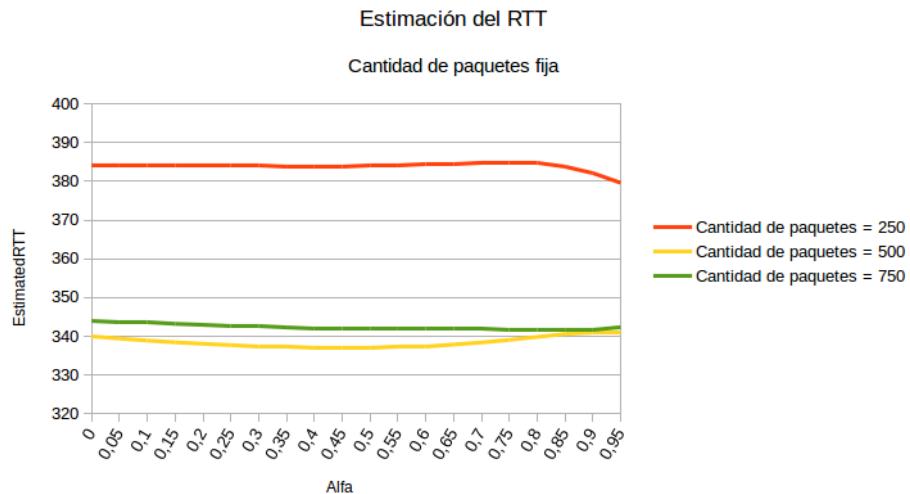
4.2. Estimación de RTT con cantidad fija de paquetes

Ahora realizaremos una nueva serie de experimentos con las mismas muestras de RTT's obtenidas originalmente, pero esta vez fijaremos algunos subconjuntos con diferentes cantidades y veremos como van variando las estimaciones al incrementar el alfa para cada caso.

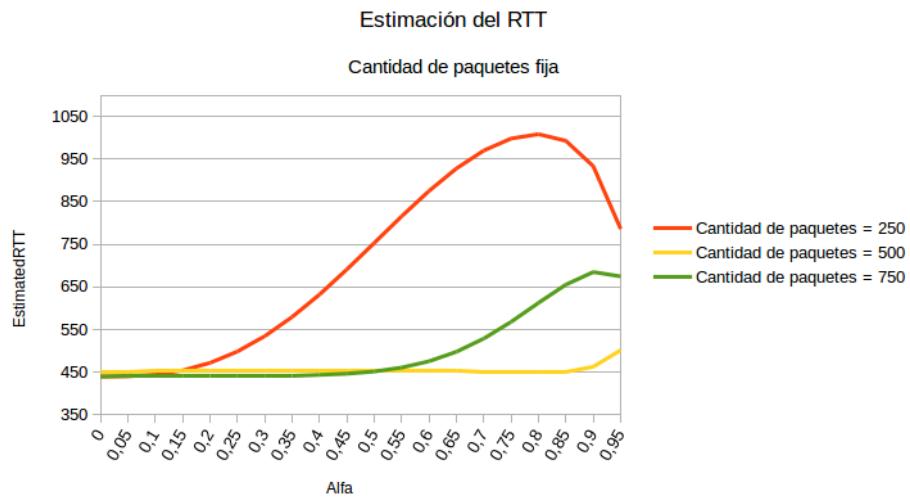
Para nuestra primer universidad, Humboldt de Berlín, observamos como en los tres casos al aumentar el coeficiente, todas las curvas tienden a un valor común, cercano a los 330. En aquellos casos donde las mediciones comenzaron por debajo de la estimación final, las estimaciones parciales fueron aumentando en tendencia a acercarse a dicho valor. En contrapartida, la curva que comenzó con mediciones superiores a la estimación final, terminó tiendiendo a minimizar sus estimaciones parciales.



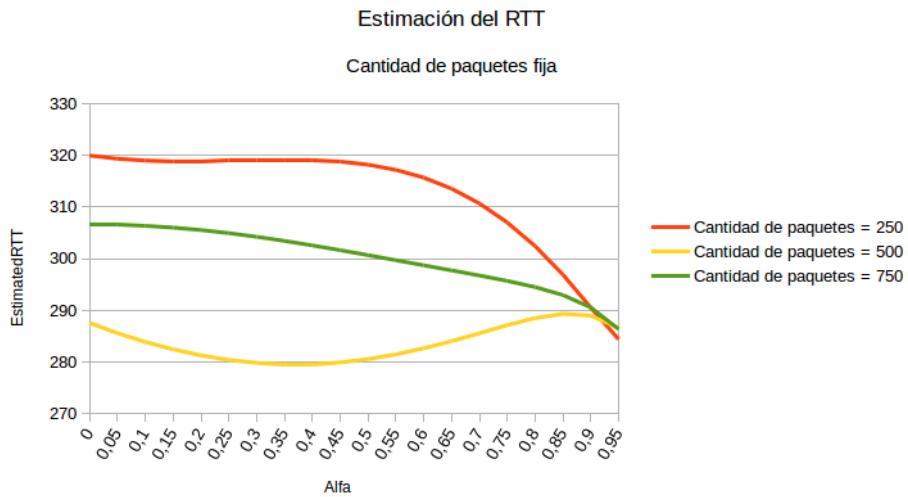
En el caso de la Universidad de Moscú, los valores se mantuvieron muy estables y cercanos entre sí, presentando una ligera aproximación de todas las curvas al final del experimento, al incrementar el valor de alfa.



La gráfica de la Universidad de Tokio es un poco particular, mostrando crecimientos en todas las curvas (en mayor o menor medida) al aumentar el alfa del cálculo de estimaciones. Esto no quita que finalmente los valores tiendan a acercarse a un valor común, representado por el alcanzado en la curva con mayor cantidad de paquetes.



El caso de la Universidad de Boston es el más explícito de todos, revelando como al aumentar por completo el alfa, las estimaciones convergen a un mismo valor, que resulta ser cercano al promedio de las estimaciones parciales.



4.3. Estimaciones del RTT

Teniendo los resultados correspondientes a cada universidad según ambos experimentos, consideramos las estimaciones con mayor valor de alfa (para aquellos con alfa fijo) y el valor promedio al que tienden las curvas (en el caso con cantidad fija de paquetes). La siguiente tabla condensa la información previamente descripta:

Universidad	Berlín	Moscú	Tokio	Boston
Estimación RTT con alfa fijo	324,22	356,33	441,66	286,10
Estimación con cant. pings fijo	328	354,66	655	286

4.4. Estimación de la probabilidad de pérdida de paquetes

Al enviar los ping originales a cada una de las universidades con las que estamos trabajando, no sólo habíamos calculado el tiempo insumido (los RTT's), sino que también habíamos contabilizado la cantidad de pings de los cuales no se obtuvo respuesta por parte de cada uno de los hosts.

Para este experimento, nos dimos cuenta que la cantidad original de pings no era lo suficientemente amplia como para poder apreciar bien la pérdida de paquetes (con 1000 paquetes, hubo ocasiones donde no hubo ninguna pérdida). Por lo tanto incrementamos la cantidad de pings a enviar. Se pasó de mil a diez mil, y se volvió a ejecutar el script.

En base a los datos resultantes, estimaremos entonces cual es la probabilidad de perder un paquete en una conexión con los hosts de dichas instituciones. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{EstimatedPacketLossProbability} = 1 - \frac{\#\text{Echo reply}}{\#\text{Echo request}} \quad (8)$$

En la siguiente tabla resumimos los datos obtenidos:

Universidad	Berlín	Moscú	Tokio	Boston
#Echo request	10000	10000	10000	10000
#Echo reply	9984	####	9997	9953
EstimatedPacketLossProbability	0,0016	####	0,0003	0,0047

Cabe destacar, que en el caso de la Universidad de Moscú, a pesar de realizarse reiteradas pruebas con un importante número de paquetes, no se encontraron paquetes perdidos.

4.5. Contrastando las estimaciones con resultados previos

En esta parte del trabajo práctico, se realizaron estimaciones sobre los valores de RTT posibles. A continuación quisieramos presentar, para recordar, los valores premedios de RTT obtenidos utilizando un traceroute desarrollado para las cuatro Universidades:

Universidad	Berlín	Moscú	Tokio	Boston
RTT traceroute	308,98	329.81	441.56	304.30

Estos tiempos entran dentro de los márgenes de valores que se observan en los gráficos del RTT estimado. Cuando los valores se estabilizaron para cierto α y n , los mismos no presentan una diferencia importante con los obtenidos en la primera sección del presente trabajo práctico. La diferencia encontrada puede deberse a las causas explicadas en la primera sección.

5. Conclusión

A lo largo del trabajo práctico, se fueron realizando diversos experimentos para poder comprender el comportamiento de la red mundial, por donde se transmiten millones de paquetes todo el tiempo. Se pudo observar que un mensaje enviado desde un host a otro, realiza un recorrido inmenso, saltando por diversos host intermedios, los cuales no son siempre los mismos. Cada host intermedio, presenta un comportamiento completamente diferente y hace al aumento del tiempo en el que llegará un paquete a destino.

En este trabajo práctico se observaron muchos router que no tenían habilitado un sistema de respuesta, por lo que presentó dificultades al momento de realizar los análisis necesarios. Estos hops intermedios fueron ignorados completamente, para tratar de afectar lo menos posible al RTT promedio. Además, se pudo notar, que dependiendo del día o del momento, en el cual se realizan las mediciones, el tiempo total obtenido es notablemente diferente.

Creemos que se podrían haber realizado análisis más profundos, quizás tomando mediciones cada diez minutos durante todo un día, pero probablemente los RTT para cada hop intermedio no se diferenciarían mucho de los actuales.

También hemos notado que a mayor cantidad de paquetes mejores resultados para los análisis futuros, y que a veces es necesario realizar los experimentos más de una vez para llegar a una buena conclusión de las muestras obtenidas.