

Redes de Computadoras

Proyecto integrador

Departamento de Ciencia y Tecnología

Universidad Nacional de Quilmes

Alumno	Correo electrónico
--------	--------------------

Índice

1. Introducción	2
2. Desarrollo	3
2.1. Implementación de traceroute	3
2.1.1. Envío de paquetes con ttl incremental	3
2.1.2. Control de hops sin respuesta - Timeout	3
2.1.3. Medición del RTT	3
2.2. Información obtenida de hops	3
2.2.1. Reverse DNS Lookup	3
2.2.2. IP Geolocalization Lookup	3
2.3. Problemas surgidos durante el desarrollo	3
2.3.1. Hops con RTT_i negativo	3
2.3.2. Hops sin un hop inmediato anterior valido	4
2.3.3. Varias iteraciones para descubrir rutas y rtt promedio	4
2.3.4. TCPTraceroute para mejorar descubrimiento de hops	4
2.4. Estadísticas y Nodos distinguidos	4
2.4.1. Promedio y Desv. Estándar del RTT_i	4
2.4.2. Cálculo de ZScore para cada hop	5
2.4.3. Elección empírica del umbral para detección de nodos distinguidos	5
2.5. Gráficos y análisis realizados	5
2.5.1. Traza sobre el planisferio	5
3. Experimentación	6
3.1. www.unsw.edu	6
3.1.1. Tabla de Hops de la traza	10
3.1.2. Tabla de Hops Distinguidos	11
3.1.3. Estadística sobre las mediciones de RTT incremental	11
3.1.4. Conclusión y aclaraciones	11
3.2. www.cam.ac.uk	11
3.2.1. Tabla de Hops de la traza	14
3.2.2. Tabla de Hops Distinguidos	14
3.2.3. Estadística sobre las mediciones de RTT incremental	14
3.2.4. Conclusión y aclaraciones	14
3.3. home.web.cern.ch	15
3.3.1. Tabla de Hops de la traza	18
3.3.2. Tabla de Hops Distinguidos	18
3.3.3. Estadística sobre las mediciones de RTT incremental	18
3.3.4. Conclusión y aclaraciones	19
4. Experimentación Adicional	20
4.1. Experimentaciones adicionales a Tailandia	20
4.2. Experimentaciones adicionales a Australia	20
4.3. Nota sobre herramienta Geográfica	20
4.4. Resultados extraños	20
5. Conclusiones	21

1. Introducción

Los objetivos de este trabajo práctico son varios, para la primera etapa de desarrollo del trabajo, realizamos una herramienta que realiza un traceroute utilizando el protocolo ICMP con TTL incrementales, utilizando scapy en python. Luego de tener la primera versión de la herramienta, se le agregaron funcionalidades, entre ellas el cálculo del RTT entre hops, un análisis estadístico de estos datos, incluyendo el cálculo de promedio, desv. estándar y zscore. Además, dado que la segunda etapa del trabajo implica el análisis de las trazas a diferentes continentes y el descubrimiento de nodos distinguidos, particularmente enlaces submarinos, se utilizaron varias APIs públicas para la obtención del nombre del host del hop a partir de su ip (DNS Reverse Lookup), así como también la geolocalización de la IP, tanto en términos de país y ciudad, como también en términos de latitud y longitud en un planisferio. Para complementar los análisis, se realizaron gráficos, de distribución de las mediciones estadísticas y un gráfico sobre un planisferio que muestra la traza por los diferentes hops distribuidos en el mundo.

2. Desarrollo

2.1. Implementación de traceroute

En esta sección explicaremos como fue realizada la herramienta en python que realiza el traceroute.

2.1.1. Envío de paquetes con ttl incremental

Utilizamos el protocolo ICMP y la técnica de TTL incrementales para obtener los hops intermedios de origen a destino, esta técnica consiste en enviar paquetes ICMP con ttl en un rango creciente, comenzando en 1, y al recibir una respuesta, dependiendo el tipo de respuesta ir armando la ruta, particularmente si la respuesta es Time Exceeded, quiere decir que el ttl del paquete se agoto en camino y obtenemos un hop intermedio de la dirección origen del paquete de la respuesta de ICMP. Si la respuesta es Echo Reply, quiere decir que el host destino fue alcanzado. El incremento del TTL continua en cada iteración hasta o bien llegar al host destino, o bien llegar a un limite de TTL, usualmente 30 saltos en el traceroute de linux, limite que adoptamos para nuestra herramienta.

2.1.2. Control de hops sin respuesta - Timeout

Puede ocurrir que para cierto TTL el hop correspondiente no conteste, es por esto que agregamos un timeout asociado a la petición. Luego de este tiempo, el intento con dicho TTL es descartado, marcado el hop como desconocido y se procede a incrementar el TTL y continuar con el ciclo de la traza.

2.1.3. Medición del RTT

Scapy nos provee de ciertos campos temporales en los paquetes, utilizamos estos campos para determinar el tiempo Round trip time o Tiempo de ida y vuelta, en los paquetes de envío y respuesta de la petición, hay campos indicando el Unix Time en el que fueron enviados y recibidos, correspondientemente, al realizar la resta entre ellos, obtenemos la medición que buscábamos y al multiplicarla por 1000 obtenemos el tiempo en milisegundos.

2.2. Información obtenida de hops

Para refinar el análisis, como mencionamos en la introducción, se utilizaron APIs para obtener metadatos acerca de los hops con IP descubierta.

2.2.1. Reverse DNS Lookup

Utilizamos el Servicio Web situado en <http://api.statdns.com/x/<IpAddress>> para resolver los nombres de host de los hop a partir de su dirección IP.

2.2.2. IP Geolocalization Lookup

Utilizamos el Servicio Web situado en <http://freegeoip.net/json/<IpAddress>> para obtener datos de posición geográfica de los hops utilizando su dirección IP.

2.3. Problemas surgidos durante el desarrollo

2.3.1. Hops con RTT_i negativo

Si pensamos a Internet como un grafo y los hosts origen y destino como 2 nodos, la traza es el camino entre origen y destino en el grafo, si pensamos que el TTL restringe la cantidad de saltos entre nodos consecutivos que pueden darse a partir del host origen, uno esperaría que el RTT fuera

creciente, dado que es acumulativo. Pero al haber varias rutas posibles, diferente congestión a cada instante, diferentes tiempos de encolamiento a cada instante, y otras variables, es posible que en cada pedido el camino no sea el mismo. Esto produce que la medición de RTT incrementando los TTL no sea creciente.

Al momento de calcular los $RTT_i = RTT_{(acum,i)} - RTT_{(acum,i-1)}$ de cada hop la situación explicada arriba puede producir RTT incrementales negativos. Por lo general los nodos distinguidos tienen una variación importante de RTT acumulado y no son afectados usualmente por este problema, de forma que no implementamos ninguna solución a este problema porque no nos afecta en los resultados que buscamos.

2.3.2. Hops sin un hop inmediato anterior valido

Otro problema surge al calcular $RTT_i = RTT_{(acum,i)} - RTT_{(acum,i-1)}$, el hop $i - 1$ puede no existir, o ser desconocido. En el primer caso, coincide que $RTT_1 = RTT_{(acum,1)}$ así que no hay mayores inconvenientes. En caso de ser desconocido el hop anterior, asumiendo que el primer hop, usualmente el gateway del host origen es siempre descubierto, el enfoque utilizado para solucionar este problema fue iterar hacia atrás desde el i -ésimo hop, y realizar el cálculo $RTT_i = RTT_{(acum,i)} - RTT_{(acum,j)}$, donde j es el índice del primer hop detrás del i -ésimo hop. El problema que trae esto, es que agrupamos hops desconocidos como uno solo, lo que nos va a afectar el descubrimiento de hops distinguidos, dando falsos positivos. Una segunda iteración sobre este enfoque fue simular un RTT equitativo entre todos los hops intermedios ocultos entre el i -ésimo y

el j -ésimo hop y asignarle $RTT_i = \frac{RTT_{(acum,i)} - RTT_{(acum,j)}}{\text{cant.hops saltados}}$ a cada hop intermedio entre los hops j e i . Finalmente utilizamos esta segunda iteración de la solución para nuestro análisis.

2.3.3. Varias iteraciones para descubrir rutas y rtt promedio

Para el descubrimiento de varias rutas y rtt promediado, habíamos pensado en enviar, para cada TTL incremental, un conjunto de requests ICMP a destino, y del conjunto de IPs que respondieran, quedarnos con la IP con mayor frecuencia de aparición en dicho conjunto, llamémosla IP representante, y para dicha IP, calcular el promedio de los RTT de los requests asociados a esas respuestas. Luego de varios experimentos, nos dimos cuenta que usualmente, para pruebas corridas con pausas pequeñas de tiempo entre ellas, las rutas no variaban y los RTT variaban de forma despreciable, por lo cual decidimos no implementar esto y quedarnos simplemente con el algoritmo básico original de traceroute que funciona bien para todos los experimentos realizados.

2.3.4. TCPTraceroute para mejorar descubrimiento de hops

Para intentar disminuir la cantidad de nodos desconocidos, realizamos una prueba enviando paquetes TCP y UDP adaptando las condiciones de terminación del algoritmo de traza, los resultados obtenidos fueron idénticos a las pruebas realizadas con ICMP con lo cual no avanzamos por este camino.

2.4. Estadísticas y Nodos distinguidos

Para la detección de nodos distinguidos en la ruta calculamos una serie de estimadores estadísticos.

2.4.1. Promedio y Desv. Estándar del RTT_i

Al final de la traza, se calcula el promedio y la desviación estándar del RTT incremental de cada hop en la traza.

2.4.2. Cálculo de ZScore para cada hop

Realizando el cálculo $Zr_{tt_i} = \frac{RTT_i - RTT_{prom}}{RTT_{stdev}}$ asignamos un puntaje signado a cada hop, si Zr_{tt_i} es negativo, se encuentra por debajo de la media, si es positivo, se encuentra por encima de la media.

2.4.3. Elección empírica del umbral para detección de nodos distinguidos

Tomamos un umbral arbitrario $\lambda = \frac{1}{2}$ todos los hops que se encuentren con puntaje por encima de este umbral, son considerados distinguidos. Dado que obtuvimos buenos resultados con este umbral, no vimos la necesidad de ajustarlo.

2.5. Gráficos y análisis realizados

Para los experimentos realizados a ciertos hosts de distintos continentes se presenta la información con las siguientes herramientas.

- **Tabla de hops de la traza:** Se muestra una tabla informando los hops entre origen y destino, con el RTT acumulado, el RTT incremental y el zscore de cada hop, y donde es posible, la resolución del host-name y la geolocalización del host.
- **Distribución de RTT_i :** Se muestra un gráfico de barras donde el eje x indica las IP de los hops y en el eje Y de muestra una barra indicando el RTT incremental entre dicho hop y el anterior.
- **Distribución de RTT_{tot} acumulado:** En este grafico mostramos de izquierda a derecha, los hops en orden desde origen a destino y en el eje Y el RTT acumulado desde origen hasta este hop.
- **distribución de $ZScore_i$:** Para cada hop en el eje x, en este gráfico, mostramos en el eje Y una barra indicando el puntaje estándar otorgado a este hop.

2.5.1. Traza sobre el planisferio

Con el fin de mostrar de forma clara los datos geográficos recolectados con la API mencionada en secciones anteriores, utilizamos una librería de python que grafica, sobre un planisferio, un punto de tamaño variable según el score asignado por cada hop de la traza y un arco entre los hops. Esperamos que los nodos submarinos obtenidos de forma estadística utilizando el puntaje estándar correspondan con los arcos denotando los enlaces submarinos.

3. Experimentación

3.1. www.unsw.edu

Con el fin de probar la herramienta implementada para este trabajo, y analizar el funcionamiento del Z-Score como medida para hallar nodos distinguidos dentro de una red, se envió un paquete ICMP con destino al sitio web de la University of New South Wales, ubicada en Australia. El experimento se realizó dentro de los laboratorios de la facultad, al igual que los siguientes que se presentarán en este trabajo práctico, en consecuencia esperamos que el cálculo del puntaje nos permita discernir al menos un salto de mayor importancia con respecto a los otros, por ejemplo un salto transoceánico. En primer lugar podemos observar el recorrido realizado por el paquete en el siguiente mapa:

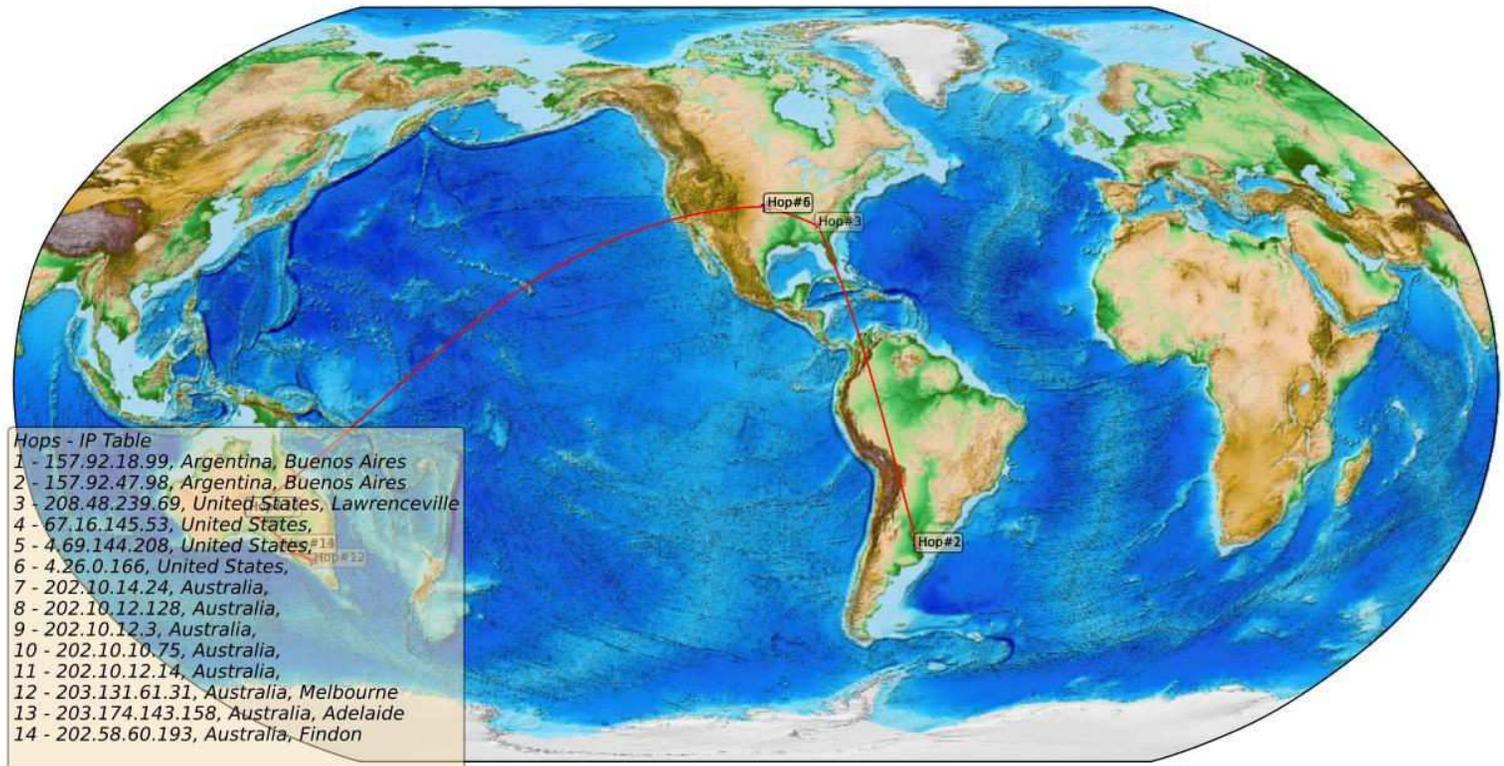


Figura 1: Planisferio el viaje realizado por el paquete resaltado en rojo.

Como se puede observar se halla un salto de los Estados Unidos a Australia entre el sexto y séptimo hop. Si el Z-Score cumple con su objetivo de la forma esperada, este será resaltado como un *hop* de mayor importancia con respecto a los otros. Veamos que sucede con el *RTT*, que es esperable aumento de manera significativa luego de este salto. El primero del siguiente par de gráficos representa el *RTT* entre dos host consecutivos, mientras que el segundo representa el acumulado a medida que el paquete se acerca a su destino:

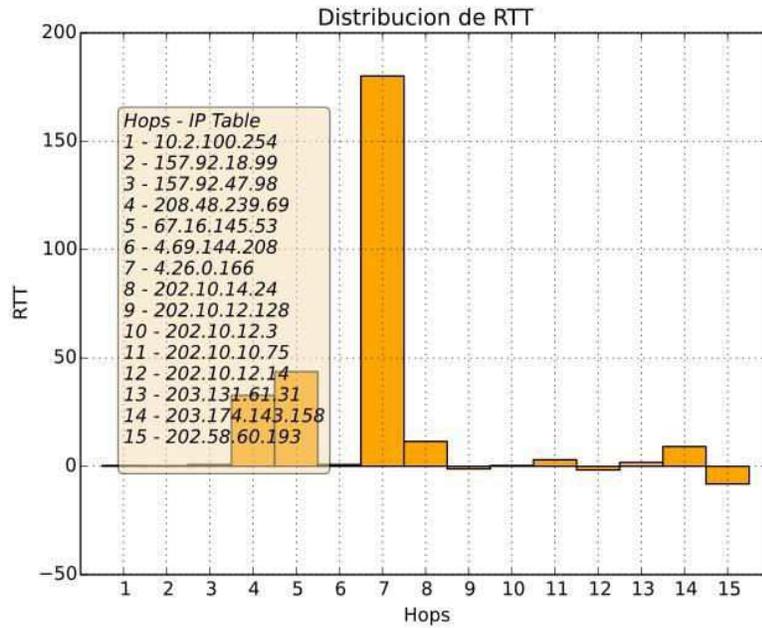


Figura 2: RTT entre dos hops consecutivos medido en milisegundos.

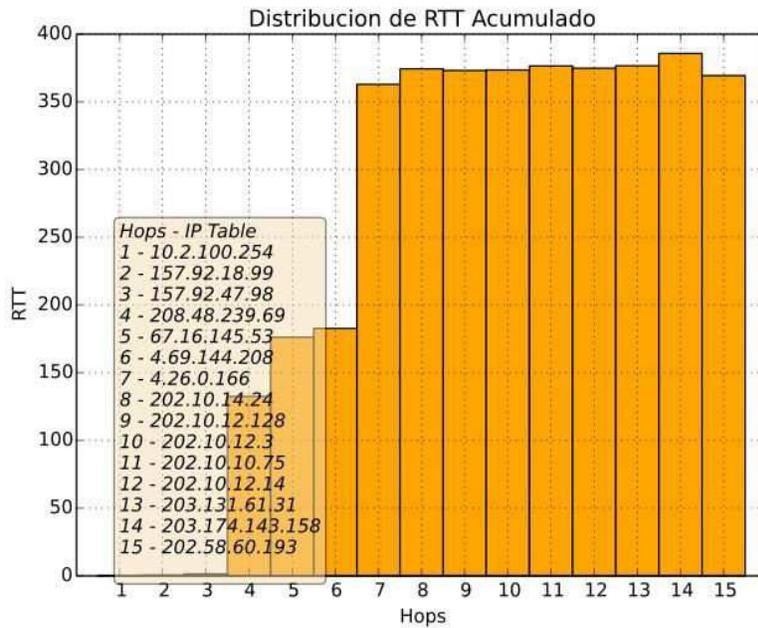


Figura 3: RTT acumulado del paquete a medida que avanza en su camino hacia Australia.

Finalmente, presentamos los resultados obtenidos con el Z-Score a partir de los valores obtenidos con la herramienta de *traceroute*. Como se puede ver en el gráfico, la IP distinguida corresponde con el último nodo antes del salto transoceánico con destino a Australia. El resto de los valores o bien son negativos, o no parecen llegar a estar asociados a un nodo representativo del *hop* debido a su reducido puntaje con respecto al mayor de los obtenidos. No se podría afirmar lo mismo en caso de que el puntaje entre varios de los nodos destacados hubiera sido un empate.

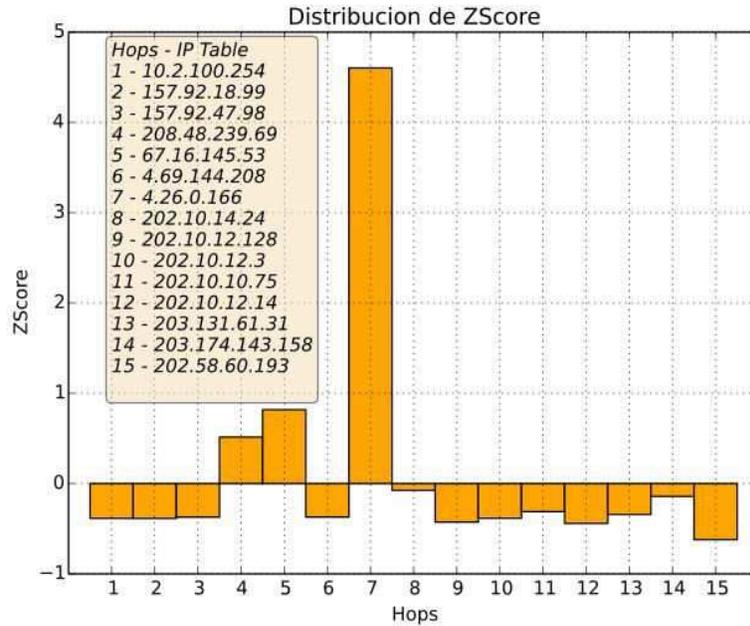


Figura 4: Z-Score para cada uno de los saltos.

3.1.1. Tabla de Hops de la traza

Hop Score	Hop Ip	RTT Acum	RTT Incr	Hop Location	Hop Name
-0.385	10.2.100.254	0.35	0.35	-	-
-0.386	157.92.18.99	0.63	0.28	Argentina, Buenos Aires	ccc-pab2.fcen.uba.ar.
-0.372	157.92.47.98	1.43	0.8	Argentina, Buenos Aires	-
0.515	*	*	32.758	-	*
0.515	*	*	32.758	-	*
0.515	*	*	32.758	-	*
0.515	208.48.239.69	132.46	32.758	United States, Lawrenceville	ethernet14-4.ar4.mia1.gblx.net.
0.818	67.16.145.53	176.14	43.68	United States,	po5.ar3.MIA2.gblx.net.
-0.371	*	*	0.825	-	*
-0.371	*	*	0.825	-	*
-0.371	*	*	0.825	-	*
-0.371	*	*	0.825	-	*
-0.371	*	*	0.825	-	*
-0.371	*	*	0.825	-	*
-0.371	*	*	0.825	-	*
-0.371	4.69.144.208	182.74	0.825	United States,	ae-4-90.edge1.LosAngeles6.Level3.net.
4.604	4.26.0.166	362.88	180.14	United States,	AAPT-LIMITE.edge1.LosAngeles6.Level3.net.
-0.076	202.10.14.24	374.35	11.47	Australia,	po9.sclardisto2.aapt.net.au.
-0.427	202.10.12.128	373.16	-1.19	Australia,	te2-1-110.sclardisto1.aapt.net.au.
-0.384	202.10.12.3	373.52	0.36	Australia,	bu11.sclarc01.aapt.net.au.
-0.311	202.10.10.75	376.52	3	Australia,	bu1.mburncore01.aapt.net.au.
-0.442	202.10.12.14	374.8	-1.72	Australia,	te2-2.mburndisto1.aapt.net.au.
-0.343	203.131.61.31	376.63	1.83	Australia, Melbourne	1-1-1.mburninte01.aapt.net.au.
-0.142	203.174.143.158	385.73	9.1	Australia, Adelaide	203-174-143-158.ade.static-ipl.aapt.com.au.
-0.621	*	*	-8.165	-	*
-0.621	202.58.60.193	369.4	-8.165	Australia, Findon	-

3.1.2. Tabla de Hops Distinguidos

Hop Score	Hop Ip	RTT Acum	RTT Incr	Hop Location	HopName
0.515	*	*	32.758	-	-
0.515	*	*	32.758	-	-
0.515	*	*	32.758	-	-
0.515	208.48.239.69	132.46	32.758	United States, Lawrenceville	ethernet14-4.ar4.mia1.gblx.net.
0.818	67.16.145.53	176.14	43.68	United States,	po5.ar3.MIA2.gblx.net.
4.604	4.26.0.166	362.88	180.14	United States,	AAPT-LIMITE.edge1.LosAngeles6.Level3.net.

3.1.3. Estadística sobre las mediciones de RTT incremental

- $\overline{RTT}_i: 14,208$
- $STDEV(RTT_i): 36,041$

3.1.4. Conclusión y aclaraciones

Podemos observar que el promedio del RTTi condice con el gráfico, y la desviación estándar es alta, debido a la gran variación del salto distinguido. En este caso particular tenemos varias aclaraciones que hacer. Para comenzar, tenemos dos resultados extraños, el primero, que el nodo distinguido marcado en el planisferio entre 157.92.47.98, Argentina, Buenos Aires y 208.48.239.69, United States, Lawrenceville, ve enmascarados 3 hops desconocidos, a los cuales se les calculo un RTT proporcional junto al hop de Estados Unidos. Esto no afecto la detección del salto entre el sur y el norte de America, pero quisimos aclararlo igualmente. Por otro lado, notemos que los saltos entre 4.69.144.208, United States, ae-4-90.edge1.LosAngeles6.Level3.net., 4.26.0.166, United States, AAPT-LIMITE.edge1.LosAngeles6.Level3.net y 202.10.14.24, Australia, po9.sclardisto2.aapt.net.au. arroja resultados extraños en la medición del zscore.

Todo parece indicar que el salto intercontinental esta entre los hosts ae-4-90.edge1.LosAngeles6.Level3.net. y AAPT-LIMITE.edge1.LosAngeles6.Level3.net. ambos ubicados en Estados Unidos, realizando una investigación mas exhaustiva, encontramos que AAPT Limited es una gran compañía de telecomunicaciones de Australia, que se encarga de infraestructura, entre otras cosas, líneas submarinas. Nuestra suposición acerca de este resultado es que el cable submarino entre Estados Unidos y Australia tiene IP de dominio estadounidense en ambos extremos del cable y el verdadero salto intercontinental se ve reflejado en el outlier del RTT incremental entre los hosts ae-4-90.edge1.LosAngeles6.Level3.net., AAPT-LIMITE.edge1.LosAngeles6.Level3.net.. Podemos ver finalmente que para este experimento, pudimos identificar los cables intercontinentales tanto con las herramientas de geolocalización como las herramientas estadísticas.

3.2. www.cam.ac.uk

En esta ocasión se envió un paquete ICMP con destino hacia la URL *www.cam.ac.uk*, donde está hosteado el sitio de la Universidad de Cambridge en el Reino Unido. Con el fin de obtener los nodos distinguidos, posteriormente se calculo el Z-Score en base a los resultados obtenidos con la herramienta implementada para este trabajo práctico. En esta primera figura se puede ver el viaje que realizó el paquete hasta arribar a su destino, deduciendo la ubicación geográfica de los hops intermedios a partir de sus direcciones IP.

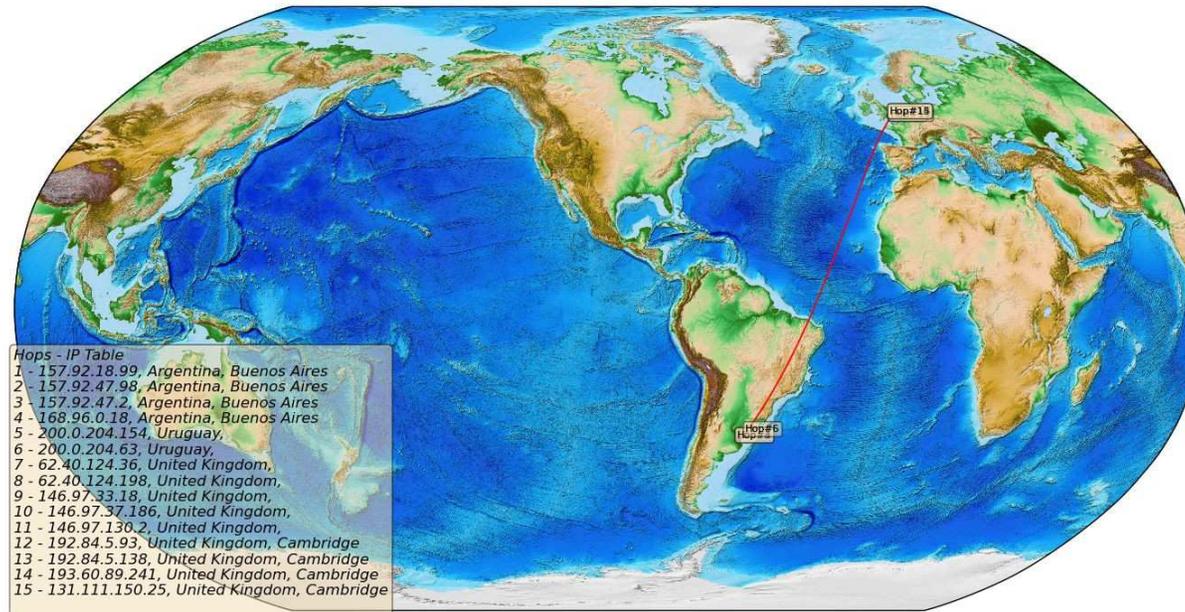


Figura 5: Planisferio donde se puede ver el trayecto realizado por el paquete en rojo.

En los siguientes gráficos se hallan los valores asociados a los *Round Trip Time* que se estimaron entre cada uno de los nodos. En el primero de ellos se muestra el *RTT* entre dos nodos consecutivos, mientras que en el segundo se puede apreciar el acumulado de estos a medida que el paquete se acerca al destino.

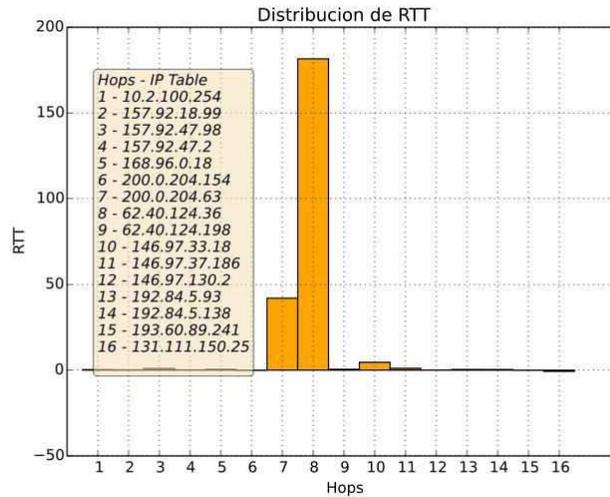


Figura 6: RTT entre dos hop consecutivos medido en milisegundos.

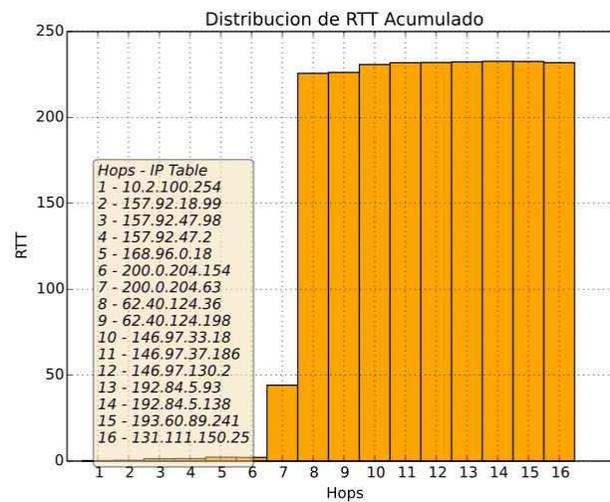


Figura 7: RTT acumulado del paquete a medida que avanza en su camino hacia la Universidad de Cambridge.

Finalmente, los resultados obtenidos por el Z-Score permiten distinguir a los saltos de mayor importancia en el trayecto, como era de esperarse estos están relacionados con el del salto transoceánico que se realiza entre Uruguay y el Reino Unido.

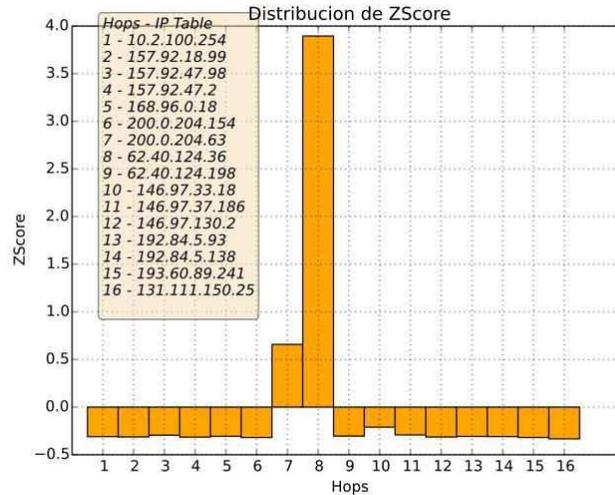


Figura 8: Z-Score para cada uno de los saltos.

3.2.1. Tabla de Hops de la traza

Hop Score	Hop Ip	RTT Acum	RTT Incr	Hop Location	Hop Name
-0.31	10.2.100.254	0.29	0.29	-	-
-0.313	157.92.18.99	0.44	0.15	Argentina, Buenos Aires	ccc-pab2.fcen.uba.ar.
-0.295	157.92.47.98	1.38	0.94	Argentina, Buenos Aires	-
-0.315	157.92.47.2	1.45	0.07	Argentina, Buenos Aires	-
-0.307	*	*	0.41	-	-
-0.307	168.96.0.18	2.27	0.41	Argentina, Buenos Aires	rnoc8a.innova-red.net.
-0.319	200.0.204.154	2.14	-0.13	Uruguay,	ar-inova.redclara.net.
0.658	200.0.204.63	44.13	41.99	Uruguay,	br-ar.redclara.net.
3.895	62.40.124.36	225.67	181.54	United Kingdom,	redclara.lon.uk.geant.net.
-0.304	62.40.124.198	226.19	0.52	United Kingdom,	janet-gw.mx1.lon.uk.geant.net.
-0.21	146.97.33.18	230.79	4.6	United Kingdom,	ae28.lowdss-sbri.ja.net.
-0.292	146.97.37.186	231.84	1.05	United Kingdom,	aeo.camb-rbr2.ja.net.
-0.314	146.97.130.2	231.94	0.1	United Kingdom,	University-of-Cambridge.Camb-rbr1.eastern.ja.net.
-0.308	192.84.5.93	232.32	0.38	United Kingdom, Cambridge	route-enet.route-mill.net.cam.ac.uk.
-0.309	192.84.5.138	232.66	0.34	United Kingdom, Cambridge	route-mill.route-nwest.net.cam.ac.uk.
-0.319	193.60.89.241	232.57	-0.09	United Kingdom, Cambridge	mint.admin.cam.ac.uk.
-0.333	131.111.150.25	231.86	-0.71	United Kingdom, Cambridge	primary.admin.cam.ac.uk.

3.2.2. Tabla de Hops Distinguidos

Hop Score	Hop Ip	RTT Acum	RTT Incr	Hop Location	Hop Name
0.658	200.0.204.63	44.13	41.99	Uruguay,	br-ar.redclara.net.
3.895	62.40.124.36	225.67	181.54	United Kingdom,	redclara.lon.uk.geant.net.

3.2.3. Estadística sobre las mediciones de RTT incremental

- RTT_i : 13,639
- $STDEV(RTT_i)$: 43,102

3.2.4. Conclusión y aclaraciones

Para este experimento coincidieron perfectamente los resultados obtenidos con las herramientas de geolocalización de direcciones IP y los datos arrojados por los estimadores estadísticos. Se puede ver en el planisferio el salto dentro de Uruguay de mediana distancia (Hops 6 y 7 en gráfico de RTT incremental y Zscore), así también se observa la variación de RTT entre los hops de Uruguay

y Reino Unido de larga distancia en el planisferio (Hops 7 y 8 en el grafico de RTT incremental y Zscore). Estos son los 2 saltos de mayor distinción en la traza, y quedaron al descubierto con ambas herramientas utilizadas.

3.3. `home.web.cern.ch`

En este experimento se creó un paquete ICMP con dirección IP destino `137.138.76.28`, correspondiente a la web <http://home.web.cern.ch/> página oficial de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN). Los servidores de este sitio web se encuentran en la ciudad de Ginebra, Suiza. Se espera por lo tanto que a lo largo del camino que tome el paquete haya un salto transoceánico entre dos hops que obtendrá un alto puntaje según el z-score. Veamos primero una lista de las IPs junto a los lugares físicos asociados a esta para visualizar con mayor facilidad el recorrido que realizó el paquete a lo largo del experimento:

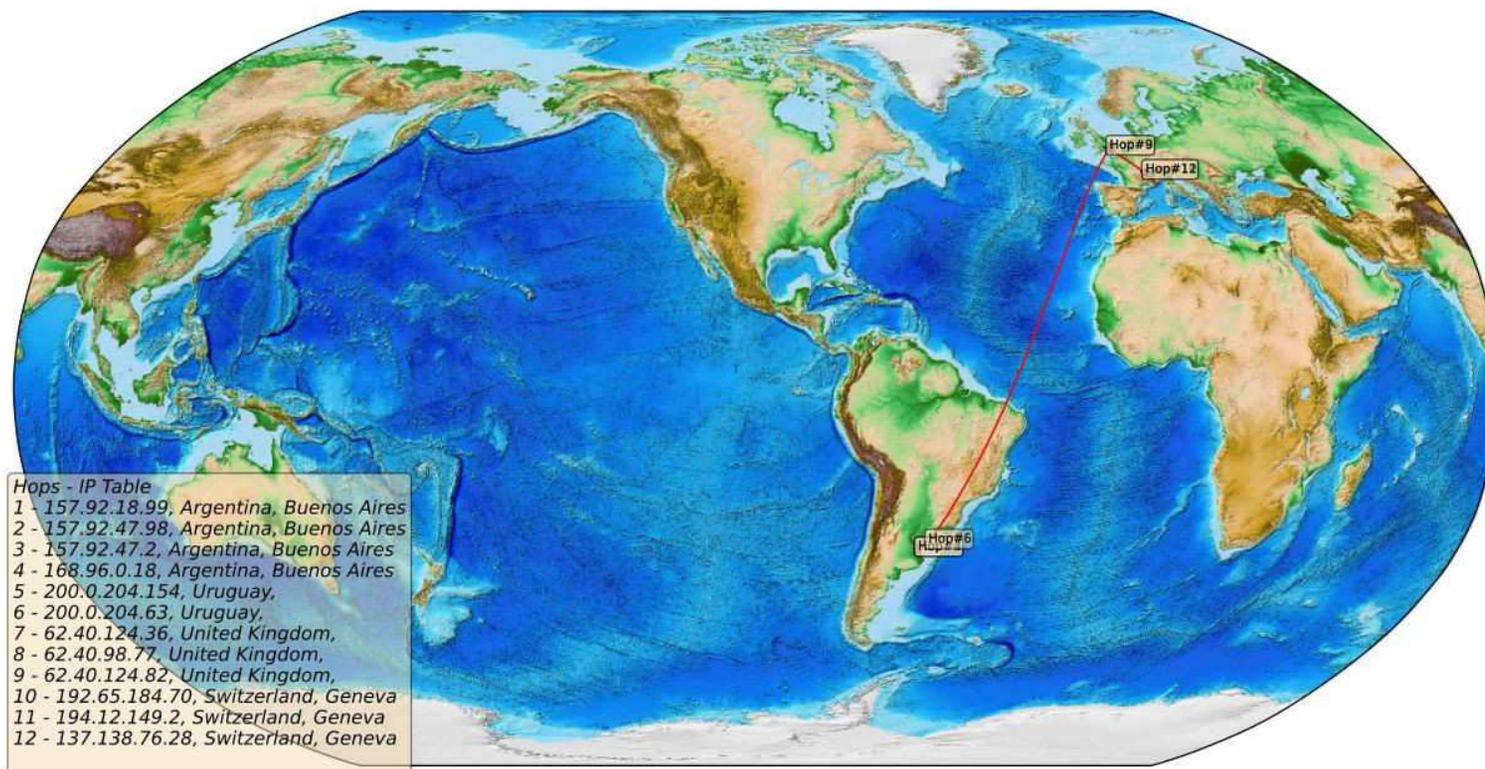


Figura 9: Mapamundi con un croquis del viaje realizado por el paquete en rojo.

Como se puede ver el *hop* entre el sexto y séptimo hop es el transoceánico del que se habló anteriormente. El salto se produce entre Uruguay (200.0.204.63) y el Reino Unido (62.40.124.36). En el siguiente gráfico, que muestra el RTT entre dos hops consecutivos medido en milisegundos, el salto que arriba al Reino Unido es el que devuelve el valor más alto. Esto tiene sentido ya que este es el de mayor distancia geográfica.

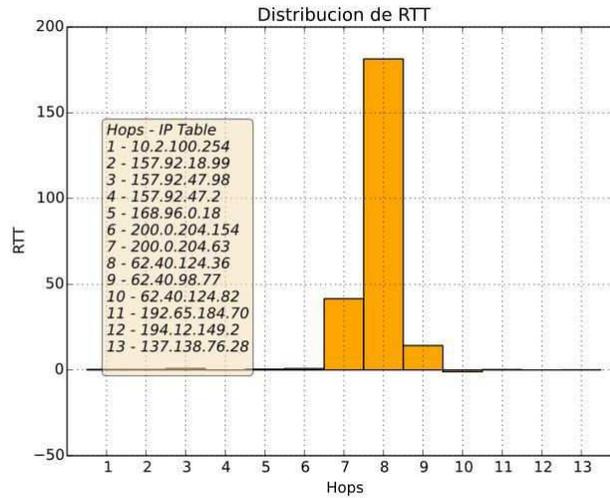


Figura 10: RTT entre dos hop consecutivos medido en milisegundos.

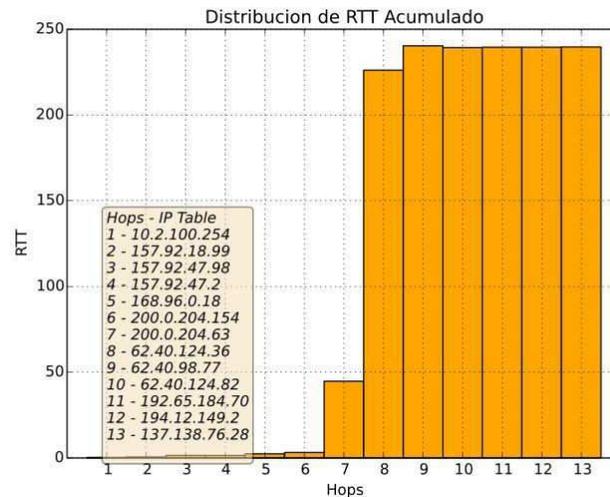


Figura 11: RTT acumulado del paquete a medida que avanza en su camino hacia el host del CERN.

Finalmente, se pueden ver los resultados obtenidos con el *z-score* donde se observan valores similares (en proporción) a los obtenidos en el primer gráfico de esta sección. Más aún, el puntaje fue negativo para aquellos saltos que pueden ser etiquetados como de menor importancia, aquellos que tienen un desplazamiento geográfico menor y en consecuencia no aportan demasiado al tiempo

total de viaje del paquete. Entre los saltos destacados, se puede ver una diferencia más pronunciada a la hora de encontrar al octavo como *hop* distinguido.

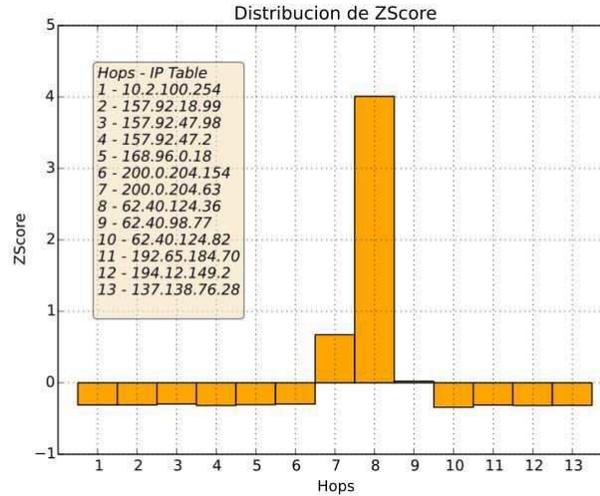


Figura 12: Z-Score para cada uno de los saltos.

3.3.1. Tabla de Hops de la traza

Hop Score	Hop Ip	RTT Acum	RTT Incr	Hop Location	Hop Name
-0.31	10.2.100.254	0.3	0.3	-	-
-0.31	157.92.18.99	0.6	0.3	Argentina, Buenos Aires	ccc-pab2.fcen.uba.ar.
-0.297	157.92.47.98	1.48	0.88	Argentina, Buenos Aires	-
-0.318	157.92.47.2	1.45	-0.03	Argentina, Buenos Aires	-
-0.306	*	*	0.465	-	-
-0.306	168.96.0.18	2.38	0.465	Argentina, Buenos Aires	rnoc8a.innova-red.net.
-0.298	200.0.204.154	3.21	0.83	Uruguay,	ar-inova.redclara.net.
0.673	200.0.204.63	44.75	41.54	Uruguay,	br-ar.redclara.net.
4.009	62.40.124.36	226.12	181.37	United Kingdom,	redclara.lon.uk.geant.net.
0.022	62.40.98.77	240.36	14.24	United Kingdom,	ae0.mx1.par.fr.geant.net.
-0.343	62.40.124.82	239.3	-1.06	United Kingdom,	switch-bckp-gw.mx1.par.fr.geant.net.
-0.312	192.65.184.70	239.52	0.22	Switzerland, Geneva	e513-e-rbrxl-2-te20.cern.ch.
-0.318	*	*	-0.005	-	-
-0.318	*	*	-0.005	-	-
-0.318	*	*	-0.005	-	-
-0.318	194.12.149.2	239.5	-0.005	Switzerland, Geneva	r513-b-rbrml-1-sci.cern.ch.
-0.316	*	*	0.07	-	-
-0.316	137.138.76.28	239.64	0.07	Switzerland, Geneva	drupalprod.cern.ch.

3.3.2. Tabla de Hops Distinguidos

Hop Score	Hop Ip	RTT Acum	RTT Incr	Hop Location	Hop Name
0.673	200.0.204.63	44.75	41.54	Uruguay,	br-ar.redclara.net.
4.009	62.40.124.36	226.12	181.37	United Kingdom,	redclara.lon.uk.geant.net.

3.3.3. Estadística sobre las mediciones de RTT incremental

- \overline{RTT}_i : 13,313
- $STDEV(RTT_i)$: 41,923

3.3.4. Conclusión y aclaraciones

Para comenzar notemos la similaridad con el experimento anterior, la traza hasta el Reino Unido es idéntica con resultados similares, los dos nodos distinguidos son los mismos que en el experimento anterior, denotando que la experimentación arrojó buenos resultados respecto a lo esperado.

4. Experimentación adicional

4.1. Experimentaciones adicionales a Tailandia

En la carpeta `/www.asianust.ac.th experiment/` se encuentra un experimento adicional realizado con una universidad de Tailandia como destino, no lo presentamos con detalle en el informe porque nos parece redundante ya que los resultados fueron similares a los experimentos presentados en este informe. En este ejemplo la detección de enlaces intercontinentales con la herramienta geográfica arrojó resultados esperados, pero el ocultamiento de hops hizo que la herramienta estadística fallara al detectar (ver Traceroute a `www.asianust.ac.th`) el salto de Argentina a Estados Unidos, pero fue detectado sin problemas el salto entre Estados Unidos y Tailandia.

4.2. Experimentaciones adicionales a Australia

En la carpeta `www.uq.edu.au.txt experiment` se encuentra un experimento adicional realizado con una universidad de Australia como destino, no lo presentamos con detalle en el informe porque nos parece redundante ya que los resultados fueron similares a los experimentos presentados en este informe. En este ejemplo observamos nuevamente cosas extrañas en los saltos:

1. Uruguay, `us-cl.redclara.net`.
2. Uruguay, `i2-us.redclara.net`.
3. United States, Ann Arbor, `et-1-0-0.105.rtr.hous.net.internet2.edu`.

Donde el incremento se encuentra en los dos primeros hosts y no entre los dos últimos, observando el nombre del host marcado en negrita vemos nuevamente como en un experimento anterior que el cable de larga distancia se oculta con IPs Uruguayas en ambos extremos. (Notar el `us` del hostname del 2do host.)

4.3. Nota sobre herramienta Geográfica

Cuando decimos que la herramienta arrojó datos esperados en los casos donde ambos extremos del cable submarino tiene un solo país y se desfasa en un hop el salto dibujado en el mapa nos referimos a que se detecta correctamente el salto entre continentes, no así el hop exacto donde ocurren.

4.4. Resultados extraños

De ciertas experimentaciones adicionales realizadas por curiosidad y en el transcurso del desarrollo del software necesario para este trabajo, pero no presentadas en este informe dado el alcance del trabajo obtuvimos resultados extraños, como servidores de ISP intermedios contestando Echo Reply como si fueran el host destino, creemos que esto se debe a un cacheo intermedio que realiza el ISP para minimizar la redirección de tráfico fuera del país. Otros experimentos realizados sobre la red móvil 3g anclando la conexión a una PC, mostraron una cantidad de saltos muy grande dentro del país, con tiempos de Round Trip Time muy altos en comparación al enlace submarino hasta el host destino, los nodos distinguidos de la ruta quedaron enmarcados dentro del país, lo cual podría explicarse por el nivel de congestión de la red de telefonía de la capital. Otros experimentos realizados sobre redes 3G arrojan una cantidad innecesaria de hops entre continentes para llegar a destino, particularmente los paquetes iban de Argentina, a Uruguay, luego a Italia, luego a Estados Unidos, volvían al Reino Unido, y finalmente a destino en Europa.

Algunos de los datos de los experimentos mencionados pueden encontrarse en el comprimido adjunto por fuera del informe.

5. Conclusiones

Como conclusión del trabajo pudimos entender como funciona el protocolo ICMP para realizar una traza con ttl incrementales, y obtener una buena aproximación de los enlaces submarinos utilizando las herramientas desarrolladas en el trabajo. Los resultados fueron variados, en la sección de Experimentos adicionales se mencionan algunos resultados curiosos. En general es interesante la cantidad de datos, nombres de hosts y geográficos que pueden obtenerse a partir de la realización de una traza. También son interesantes las aplicaciones prácticas de las trazas, los datos obtenidos pueden utilizarse para diagnóstico, por ejemplo se quiere saber en que momento se pierde un paquete, con la traza puede saberse en que hop se pierde. Otra posible aplicación podría ser para aumentar la performance en el diseño de agregación de enlaces adicionales a internet, aliviando la carga en los hops con mucho RTT incremental.