

# Trabajo Práctico de rutas en Internet

## Teoría de las Comunicaciones

Departamento de Computación  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad de Buenos Aires

21.10.2015

# Agenda

- 1 Introducción
- 2 ICMP: el protocolo de control de internet
  - ICMP desde Scapy
- 3 Traceroute: construyendo la ruta que siguen los datagramas
  - Implementaciones
  - traceroute desde Scapy
- 4 Enunciado del trabajo práctico
- 5 Consignas

# Agenda

- 1 Introducción
- 2 ICMP: el protocolo de control de internet
  - ICMP desde Scapy
- 3 Traceroute: construyendo la ruta que siguen los datagramas
  - Implementaciones
  - traceroute desde Scapy
- 4 Enunciado del trabajo práctico
- 5 Consignas

# Objetivos

- Estudiar el protocolo de control de internet.
- Y algunas herramientas que se apoyan sobre esta tecnología.
- Implementar alguna de ellas.
- Analizar cómo funcionan y sacar conclusiones al respecto.
- En sí, ponernos las botas y dar una vuelta por la capa de red.

# Agenda

- 1 Introducción
- 2 ICMP: el protocolo de control de internet
  - ICMP desde Scapy
- 3 Traceroute: construyendo la ruta que siguen los datagramas
  - Implementaciones
  - traceroute desde Scapy
- 4 Enunciado del trabajo práctico
- 5 Consignas

# El protocolo ICMP

- Protocolo de control que forma parte del núcleo de la arquitectura TCP/IP.
- La sigla: *Internet Control Message Protocol*.
- Objetivo: proveer mensajes de error y de control. No intercambia datos!
- Especificado en el RFC 792.

# Cómo y dónde se usa

- Del RFC: ICMP **debe** ser implementado por cada módulo IP.
- Pueden ser enviados tanto por routers como por hosts arbitrarios.
- Son generados a causa de:
  - ▶ Errores en los datagramas IP.
  - ▶ Necesidad de comunicar información de diagnóstico.
  - ▶ Necesidad de comunicar información de ruteo.
- Siempre se envían a la dirección source del datagrama IP que motivó el mensaje.

# Formato de los paquetes

- Los paquetes constan de un header de 8 bytes y una sección de datos variable.
- **Header:**
  - ▶ Type (1 byte): indica el tipo del mensaje y define el formato de lo que sigue.
  - ▶ Code (1 byte): especifica el subtipo.
  - ▶ Checksum (2 bytes): usa el algoritmo de IP sobre el header más los datos del paquete ICMP.
  - ▶ Los restantes 4 bytes dependen del tipo.



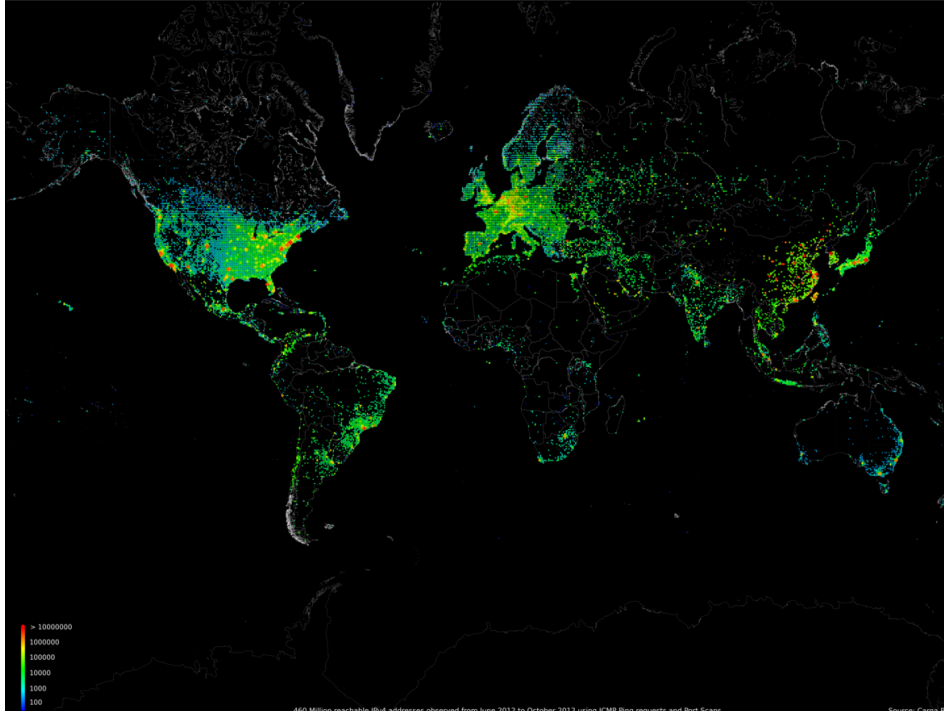
Type	Name
0	Echo Reply
1	Unassigned
2	Unassigned
3	Destination Unreachable
4	Source Quench
5	Redirect
6	Alternate Host Address
7	Unassigned
8	Echo
9	Router Advertisement
10	Router Selection
11	Time Exceeded
12	Parameter Problem
13	Timestamp
14	Timestamp Reply
15	Information Request
16	Information Reply
17	Address Mask Request
18	Address Mask Reply
19	Reserved (for Security)
20-29	Reserved (for Robustness Experiment)

## Ejemplo: Echo Request (PING)

- La herramienta de diagnóstico ping usa estos mensajes (y el respectivo *Echo Reply* - tipo 0).
- En este caso, los 2 bytes restantes del header indican:
  - ▶ Identifier (1 byte): permite asociar solicitudes con respuestas.
  - ▶ Sequence Number (1 byte): ídem anterior.
- Y la sección de datos puede contener información arbitraria que debe ser devuelta en la respuesta.

## Ejemplo: Destination Unreachable

- El tipo 3, por otro lado, es el de *Destination Unreachable*.
- Tiene varios subtipos. Algunos ejemplos:
  - ▶ *Destination network unreachable* (código 0): si el router no sabe cómo pasar el paquete (i.e., no tiene una ruta programada para la red destino).
  - ▶ *Destination host unreachable* (código 1): si el host destino está en la red del router pero éste determinó que no puede llegar al host.
  - ▶ *Destination port unreachable* (código 3): el mensaje llegó al destino pero el puerto no tiene un proceso asociado. Lo envía el host - no el router como los anteriores.
- Header: los 2 bytes restantes quedan unused.
- Datos: Se copia el header IP del datagrama original más los primeros 8 bytes de los datos respectivos.



460 Million reachable IPv4 addresses observed from June 2012 to October 2012 using ICMP Ping requests and Port Scans.

Source: Carna B

- En Scapy, la clase ICMP permite armar paquetes ICMP:

```
>>> icmp = ICMP()
>>> icmp.show2()
###[ ICMP ]###
  type= echo-request
  code= 0
  chksum= 0xf7ff
  id= 0x0
  seq= 0x0
```

- Por defecto, el paquete es tipo 8 (i.e., Echo Request).
- Dependiendo del tipo, los campos posteriores al checksum se actualizarán para reflejar la especificación del RFC.

# Implementación de ping

## Armando y enviando un Echo Request

```
>>> packet = IP(dst='www.google.com') / ICMP()  
>>> sr(pkt)  
>>> res[0][ICMP].display()  
0000 IP / ICMP 192.168.0.105 > 173.194.42.211  
      echo-request 0 ==> IP / ICMP 173.194.42.211 > 192.168.0.105  
                        echo-reply 0
```

# Jugando con el TTL

## Armando un paquete con TTL bajo

```
>>> sr(IP(dst='www.dc.uba.ar', ttl=1))
>>> res[0][ICMP].display()
0000 192.168.0.105 > 157.92.27.21 ip ==> IP / ICMP 192.168.0.1 :
      192.168.0.105 time-exceeded ttl-zero-during-transit / IP
```

# Agenda

- 1 Introducción
- 2 ICMP: el protocolo de control de internet
  - ICMP desde Scapy
- 3 Traceroute: construyendo la ruta que siguen los datagramas
  - Implementaciones
  - traceroute desde Scapy
- 4 Enunciado del trabajo práctico
- 5 Consignas



# ¿Qué es traceroute?

- Es una herramienta de diagnóstico para averiguar las rutas que atraviesan los paquetes en Internet.
- La mayoría de los sistemas operativos actuales proveen alguna implementación. Ejemplos:
  - ▶ `tracert` en Windows.
  - ▶ `traceroute` en \*nix.
- Al correr la herramienta, se debe indicar hacia qué host destino se desea trazar la ruta.
- La salida obtenida suele mostrar las direcciones IP de los hops sucesivos y el respectivo tiempo de respuesta esperado.

# Los distintos sabores

- Existen varias maneras de implementar traceroute.
- Usualmente consisten en enviar paquetes IP donde se incremente progresivamente el campo TTL.
- El efecto colateral de esto es recibir respuestas ICMP sucesivas informando que el tiempo de vida del paquete acaba de expirar.
- En lo que sigue describiremos dos implementaciones de traceroute:
  - ▶ Enviando paquetes ICMP de tipo *Echo Request* ajustando el TTL.
  - ▶ Utilizando las opciones de los datagramas IP (RFC 1393).

# traceroute sobre ICMP

- Implementa (esencialmente) el siguiente algoritmo:
  - ➊ Sea  $h$  la IP del host destino y sea  $\text{ttl} = 1$ .
  - ➋ Repetir los siguientes pasos hasta obtener una respuesta ICMP de tipo *Echo Reply* por parte de  $h$ :
  - ➌ Enviar un paquete ICMP de tipo *Echo Request* al host  $h$  cuyo campo TTL en el header IP valga  $\text{ttl}$ .
  - ➍ Si se recibe una respuesta ICMP de tipo *Time Exceeded*, anotar la IP origen de dicho paquete. En otro caso, marcar como desconocido (\*) el hop.
  - ➎ Incrementar  $\text{ttl}$ .

## traceroute sobre ICMP: observaciones

- Usualmente suele enviarse una serie de paquetes por cada valor de `ttl` (por lo general tres).
- A través de esto, puede estimarse el tiempo medio de respuesta.
- El host origen define un timeout para esperar por cada respuesta. Pasado este intervalo, el hop actual se asume desconocido.
- Observar que las rutas no necesariamente serán siempre iguales!

# traceroute utilizando opciones IP

- Problemas del enfoque anterior:
  - ▶ Se generan muchos paquetes:  $\geq 2n$ , siendo  $n$  la cantidad de hops.
  - ▶ La ruta puede cambiar en el transcurso del algoritmo.
- El RFC 1393 especifica un algoritmo nuevo de traceroute que utiliza las opciones IP.
- Es más eficiente: genera  $n + 1$  paquetes y no sufre del cambio de rutas dado que el origen envía un único paquete.

# El algoritmo básico

- La idea: enviar un paquete arbitrario con la opción IP de traceroute adjuntada.
- Cada hop intermedio notará su presencia y devolverá un paquete ICMP de tipo 30 (*Traceroute*) con información apropiada.
- Desventaja: los routers deben implementar esta nueva funcionalidad.

# Formato de la opción IP

- La opción de traceroute definida en el RFC esencialmente contiene estos campos:
  - ▶ ID Number: valor arbitrario para identificar las respuestas ICMP.
  - ▶ Hop Count: número de routers a través de los cuales pasó hasta el momento el paquete original.
  - ▶ Originator IP Address: dirección IP del host que origina el traceroute. Los routers utilizan este campo para devolver las respuestas ICMP.

# Formato de los paquetes ICMP (tipo 30)

- El RFC también define el formato de los paquetes ICMP de tipo 30.
- Éstos corresponden a los paquetes intermedios que los routers van enviando al host origen.
- Los campos más relevantes son los siguientes:
  - ▶ ID Number: el identificador copiado del paquete original.
  - ▶ Hop Count: el valor (actualizado) de la cantidad de hops atravesados.
- También indica la velocidad del enlace y la MTU respectiva.



# La implementación nativa de Scapy

- Scapy provee una implementación propia de traceroute.
- Utiliza conceptos de nivel de transporte (puntualmente TCP).

```
>>> traceroute('www.dc.uba.ar')
*****Finished to send 30 packets.
  157.92.27.21:tcp80
1  192.168.0.3      11          10 190.220.179.1    11
2  190.246.18.1    11          11 190.220.176.34   11
6  200.89.165.117  11          12 190.220.179.122  11
7  200.89.165.1    11          14 157.92.47.13     11
8  200.89.165.250  11          15 157.92.18.21     11
9  200.49.69.165   11          16 157.92.27.21     SA
```

- 11 indica el tipo ICMP: *Time to Live Exceeded*.
- SA indica la contestación positiva del destino (SYN-ACK).

# Detrás de las bambalinas

```
>>> res = sr(IP(dst="www.google.com", ttl=range(7))/ICMP(), timeout=1)
Begin emission:
****Finished to send 7 packets.
**.....
Received 14 packets, got 6 answers, remaining 1 packets
>>> res
(<Results: TCP:0 UDP:0 ICMP:6 Other:0>, <Unanswered: TCP:0 UDP:0 ICMP:1 Other:0>)
>>> res[0].display()
0000 IP / ICMP 192.168.0.105 > 173.194.42.211 echo-request 0 ==> IP / ICMP
      192.168.0.1 > 192.168.0.105 time-exceeded ttl-zero-during-transit / IPError
      / ICMPError
0001 IP / ICMP 192.168.0.105 > 173.194.42.211 echo-request 0 ==> IP / ICMP
      192.168.0.1 > 192.168.0.105 time-exceeded ttl-zero-during-transit / IPError
      / ICMPError
0002 IP / ICMP 192.168.0.105 > 173.194.42.211 echo-request 0 ==> IP / ICMP
      157.92.19.129 > 192.168.0.105 time-exceeded ttl-zero-during-transit /
      IPError / ICMPError
```

- 11 indica el tipo ICMP: *Time to Live Exceeded*.
- SA indica la contestación positiva del destino (SYN-ACK).

# MAP OF THE INTERNET



# Agenda

- 1 Introducción
- 2 ICMP: el protocolo de control de internet
  - ICMP desde Scapy
- 3 Traceroute: construyendo la ruta que siguen los datagramas
  - Implementaciones
  - traceroute desde Scapy
- 4 Enunciado del trabajo práctico
- 5 Consignas

# Objetivos

- Experimentar con herramientas y técnicas frecuentes a nivel de red: traceroute.
- Entender los protocolos involucrados.
- Desarrollar una implementación propia para afianzar los conocimientos.
- Continuar con el enfoque analítico de la instancia anterior.
- Probar algunos tests de hipótesis usando datos concretos.

# Fecha de entrega

- Miércoles 11 de Noviembre de 2015

# Agenda

- 1 Introducción
- 2 ICMP: el protocolo de control de internet
  - ICMP desde Scapy
- 3 Traceroute: construyendo la ruta que siguen los datagramas
  - Implementaciones
  - traceroute desde Scapy
- 4 Enunciado del trabajo práctico
- 5 Consignas

## Primera consigna: caracterizando rutas

- (a) Implementar una *herramienta* que permita **monitorear** una ruta usando un esquema tipo *traceroute* mediante sucesivos paquetes con TTLs incrementales, calculando los *RTTs* a cada salto para los que se reciba una respuesta ICMP de tipo *time exceeded*. Tener en cuenta que es posible enviar varios paquetes para un mismo TTL y analizar las respuestas tanto para distinguir entre varias rutas como para obtener un valor de *RTT* promediado.



## Primera consigna: caracterizando rutas (cont.)

- (b) Adaptar la *herramienta* del inciso anterior para que calcule estadísticas de la ruta. Además de la media del  $RTT$ , obtener para cada salto, el desvío estandard. A su vez, a partir de los promedios del  $RTTs$  para cada salto, obtener el valor de  $RTT$  de cada enlace calculado como la diferencia con el salto anterior.

$$\Delta RTT_i = RTT_i - RTT_{i-1}$$

- (c) Con los valores de  $\Delta RTT$  obtenidos, adaptar la herramienta con el objetivo de realizar un test de hipótesis para verificar si la distribución de  $\Delta RTTs$  obtenidos a lo largo del tiempo. Sugerimos para ello usar una funcionalidad de SciPy que se puede encontrar en `scipy.stats.normaltest`.

## Primera consigna: caracterizando rutas (cont.)

- (d) Diseñar un test de hipótesis basándose en el test Grubbs [?] que permita detectar enlaces submarinos en la ruta mediante el análisis estadístico de la existencia de valores distintivos (outliers) en la distribución de  $\Delta RTTs$ .
- (e) Usando dicha *herramienta*, estudiar rutas (una por cada integrante de grupo) a universidades fuera de sudamérica.

## Segunda consigna: gráficos y análisis

- Realizar un análisis que permita detectar saltos correspondientes a enlaces submarinos, valiéndose principalmente de gráficos.
- Sugerimos gráficos de distribuciones de RTTs analizando qué saltos son estadísticamente significativos con respecto a la ruta analizada.
- Se valorará especialmente en esta consigna la creatividad y el análisis propuesto.
- Pensar cómo resultará más efectivo presentar la información recopilada.

# Herramientas adicionales

- Recomendamos el uso de herramientas de geolocalización (ver referencias en el enunciado).
- Nos permiten ubicar en el mapa la localización aproximada de una dirección IP.
- En nuestro caso serán las direcciones de los hops encontrados en las rutas.