Trabajo Práctico - Conexiones

Teoría de las Comunicaciones

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

11.06.2013

Agenda

Agenda

Objetivos de este trabajo

- Poner en práctica las nociones estudiadas del nivel de transporte: conexiones, control de flujo, control de errores, etc.
- Tener contacto directo con el funcionamiento e implementación de protocolos de networking.
- Continuar profundizando el enfoque analítico de las instancias anteriores.

¿Qué es un socket?

- Como parte de la información contextual del trabajo, veremos con un poco más de detalle de qué tratan los **sockets**.
- Un socket es en esencia un canal de comunicación entre procesos.
- Los sockets entre procesos remotos se llaman **Internet sockets**.
- Hay otras variantes, como los sockets Unix: establecen un canal de comunicación entre procesos corriendo en el mismo SO.

Tipos de Internet sockets

- Existen varios tipos de sockets, siendo tal vez los más relevantes los siguientes:
  - **Stream sockets**,
  - **Datagram sockets**, y
  - **Raw sockets**.
- Los stream sockets se apoyan en TCP, mientras que los datagram sockets en UDP.
- De los raw sockets hablaremos en unos minutos!

Socket API

- Los sistemas operativos suelen ofrecer una interfaz para manipular sockets: conjunto de llamadas al sistema que abstraen al usuario de las problemáticas de networking que el SO resuelve.
- La API *standard* de hoy en día es básicamente la de los Berkeley sockets.
- Esta implementación de sockets apareció en los '80 en 4.2BSD.
- Luego evolucionó (aunque no demasiado) para dar origen a los sockets POSIX.
- POSIX: conjunto de standards de la IEEE para mantener compatibilidad entre distintos SOs, por lo general basados en Unix.

Llamadas al sistema de la API de sockets

Algunas de las llamadas al sistema más importantes:

- `socket`: crea un nuevo socket de un tipo dado, identificado por un file descriptor.
- `bind`: típicamente usada por el servidor, liga el socket a una dirección local (i.e., IP más puerto).
- `listen`: usada por el servidor, lleva el socket (TCP) al estado de `LISTEN`. Recibe un argumento que indica la cantidad máxima de solicitudes a encolar.

Llamadas al sistema de la API de sockets (cont.)

- `connect`: usada por el cliente, inicia el proceso de conexión a una dirección dada. Asigna un puerto local libre al socket.
- `accept`: acepta un pedido remoto de conexión enviado por un cliente y devuelve un nuevo socket con la conexión establecida.
- `send` y `recv`: envían y reciben datos de un socket.
- `close`: finaliza la conexión y libera los recursos reservados en el SO para el socket.

Ejemplo (rápido) en Python: conexión entre dos procesos

```
>>> import socket
>>> sock1 = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
>>> sock1.bind(('127.0.0.1', 12345))
>>> sock1.listen(1)
>>> sock, dst_address = sock1.accept()
```

```
>>> import socket
>>> sock2 = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
>>> sock2.connect(('127.0.0.1', 12345))
```

Ejemplo (rápido) en Python: intercambio de datos

```
...
>>> sock2.send('hola' * 10)
40
```

```
...
>>> sock.recv(10)
'holaholaho'
>>> sock.recv(10)
'laholahola'
>>> sock.recv(100)
'holaholaholaholahola'
```

Sockets raw

- Los **sockets raw** conforman otra variante de sockets que posee capacidades poderosas no presentes en los otros tipos mencionados.
- Con ellos, un proceso puede leer y escribir datagramas IP con un número de protocolo no procesado por el kernel del SO.
  - Este campo de 8 bits indica qué protocolo viaja dentro de IP (e.g., 6 representa a TCP).
  - Como corolario, permite diseñar e implementar protocolos de transporte ad-hoc a nivel de usuario.
- También, con un socket raw, un proceso tiene la posibilidad de construir él mismo el datagrama IP (seteando la opción `IP_HDRINCL`).
- En este trabajo práctico utilizaremos sockets raw para enviar y recibir los segmentos de nuestro protocolo.

Sockets raw: cómo funcionan

- La creación de un socket raw requiere permisos elevados: esto prohibe a usuarios normales la inyección de datagramas IP arbitrarios en la red.
- Al crearse, un socket raw define con qué número de protocolo va a trabajar:

```
sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_RAW, protocol)
```

- Cuando se define la opción `IP_HDRINCL`, el output de datos en el socket se espera que contenga el header IP seguido del payload arbitrario.
  - No obstante, el kernel calcula el checksum de IP.
- Observar que no es necesario invocar a `connect` con un socket raw.

Sockets raw: qué hace el kernel al recibir datagramas

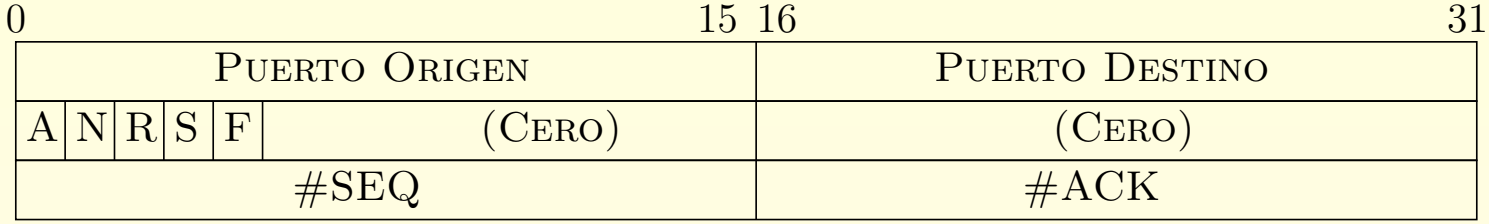
- Al recibir datagramas IP, el kernel **no** reenvía segmentos UDP ni TCP a los sockets raw.
- En cambio, reenvía los paquetes IP con número de protocolo desconocido.
  - Sólo realiza checkeos básicos sobre estos paquetes (checksum, dirección destino, versión de IP, etc.)
- En este proceso, el kernel examinará **todos** los sockets raw de **todos** los procesos.
- Una copia del datagrama será entregada a cada socket que satisfaga una serie de tests que involucran el checkeo del protocolo y de las direcciones especificadas.

Agenda

PTC: características básicas

- **Unidireccionalidad**: es un protocolo simplex en el que un cliente activo envía datos y un servidor pasivo los recibe, sin la posibilidad de enviar sus propios datos.
- **Orientación a conexión**: contempla procesos formales de establecimiento y liberación de conexón.
- **Confiabilidad**: a través de un algoritmo de ventana deslizante, garantiza que los datos enviados por el cliente lleguen correctamente a destino.

Formato del segmento



- El encabezado es de tamaño fijo: 12 bytes.
- A es el flag de ACK; prendido sólo en los mensajes del servidor para reconocer la correcta recepción de un paquete.
- S es el flag de SYN; es enviado sólo por el cliente al requerir establecer una nueva conexión.
- F es el flag de FIN; es enviado únicamente por el cliente cuando desea finalizar una conexión existente.
- Los flags N y R actualmente no tienen uso.

Segmentos del protocolo

- Inmediatamente después de este encabezado siguen los datos (conteniendo entre 1 y 1000 bytes).
- El número de secuencia no trabaja a nivel de byte como ocurre en TCP sino que identifica a toda la porción de los datos contenida en el paquete.
- Los paquetes de **PTC** viajan dentro de IP: para que los hosts puedan reconocer este hecho, el campo `proto` del header IP debe definirise con valor 202, tradicionalmente sin uso.

Algoritmo de establecimiento de conexión

- Para iniciar el proceso de conexión, el cliente debe enviar un segmento con el flag SYN prendido y con un valor arbitrario en el campo $\#\mathrm{SEQ}$.
- El resto de los campos pueden tener un valor arbitrario; no serán tenidos en cuenta por el servidor.
- El servidor responderá con un segmento con el flag ACK prendido y el campo $\#\mathrm{ACK}$ reconociendo el valor de $\#\mathrm{SEQ}$ previamente recibido.
- Una vez hecho esto, el servidor considerará que la conexión está establecida. Lo mismo hará el cliente al recibir este reconocimiento.
- En caso de no llegar, el cliente eventualmente retransmitirá el paquete inicial.

Finalización de conexión

- Para cerrar la conexión, la secuencia a seguir es similar, aunque cambiando el flag de SYN por el flag de FIN.
- El segmento FIN enviado por el cliente también debe ir secuenciado como cualquier otro segmento de datos previamente enviado.
- En caso de no recibir el ACK respectivo, el cliente también retransmitirá el FIN.

Algoritmo de ventana deslizante

- **PTC** implementa ventana deslizante, particularmente Go-Back-N.
- De esta manera, el servidor tiene una ventana de recepción de tamaño 1.
- El cliente tiene una ventana de emisión de tamaño que fijamos en un valor constante arbitrario, potencialmente mayor que 1.
- Llamaremos `SEND_WINDOW` a este valor.

Algoritmo de ventana deslizante: funcionamiento

- El cliente, entonces, podrá enviar hasta `SEND_WINDOW` paquetes en simultáneo antes de bloquearse.
- Cada ACK recibido permitirá desplazar la ventana y así hacer lugar para el envío de nuevos segmentos.
- Los ACKs del servidor pueden ser acumulativos.
- En otras palabras, un paquete ACK puede reconocer más de un paquete con números de secuencia contiguos enviados por el cliente.

Retransmisiones

- Al enviar un segmento con datos, el cliente también encolará este segmento en la cola de retransmisión.
- Éste permanecerá allí hasta ser eventualmente reconocido.
- El cliente también define un tiempo máximo de espera `RETRANSMISSION_TIMEOUT` para esperar por estos reconocimientos.
- De superarse, se asumirá que el paquete se extravió y por ende será retransmitido junto con todo segmento posterior aguardando en la cola de retransmisión.

Cantidad máxima de retransmisiones

- Se define también un número máximo admisible de retranmisiones, `MAX_RETRANSMISSION_ATTEMPTS`.
- Si algún segmento del cliente debiera ser retransmitido más veces que esta cantidad, se debe asumir que la conexión se perdió, y se pasará a cerrarla sin enviar FIN.

Estados del cliente

Estado	Descripción	Estado anterior
CLOSED	Representa la ausencia de conexión	FIN_SENT o ninguno
SYN_SENT	El cliente desea iniciar una conexión	CLOSED
ESTABLISHED	El cliente ya puede enviar datos	SYN_SENT
FIN_SENT	El cliente desea terminar la conexión	ESTABLISHED

Estados del servidor

Estado	Descripción	Estado anterior
CLOSED	Representa la ausencia de conexión	FIN_RECEIVED o ninguno
SYN_RECEIVED	El cliente desea iniciar una conexión	CLOSED
ESTABLISHED	El servidor está esperando recibir datos	SYN_RECEIVED
FIN_RECEIVED	El cliente desea terminar la conexión	ESTABLISHED

Agenda

Primera parte: implementación

Tomando como punto de partida el código parcial suministrado por la cátedra, se debe completar la implementación en Python del cliente del protocolo **PTC**. Puntualmente, se debe completar lo siguiente en el archivo `client.py`:

- El método `handle_incoming` de `PTCClientProtocol`, que es invocado cada vez que llega un paquete desde el servidor. El argumento `packet` indica el paquete recibido.
- El método `handle_timeout` de `PTCClientProtocol`, que es invocado siempre que el tiempo de espera del primer paquete encolado en la cola de retransmisión se agota.
- La lógica de la clase `ClientControlBlock`, que maneja las variables de la ventana deslizante del protocolo. Fundamentalmente, se debe poder verificar si es posible enviar (método `send_allowed`) y además definir métodos para determinar si un ACK es aceptado y para reajustar la ventana dado un ACK aceptado.

Segunda parte: experimentación

Utilizando el servidor provisto por la cátedra y la implementación completa del cliente del punto anterior, realizar las siguientes pruebas en el contexto de una red local (LAN):

- Enviar archivos de distinto tamaño (e.g., 1 KB, 5 KB, 10 KB, 50 KB, 100 KB, etc.) y medir el tiempo total de transmisión de los mismos. Tomar la medida representativa como el promedio de un número N de experimentos.
- Variar el tamaño de la ventana de emisión y repetir los envíos.
- Observar en Wireshark cómo impacta lo anterior en la cantidad de retransmisiones.

Tercera parte: análisis

A partir de los experimentos hechos, graficar lo siguiente y sacar conclusiones:

- Throughput percibido (i.e., cantidad de bits por segundo) en función del tamaño de archivo.
- Throughput en función de la ventana de emisión, para un tamaño de archivo fijo.
- Cantidad de retransmisiones en función de la ventana de emisión, para un tamaño de archivo fijo.

Agenda

Referencias


W. Richard Stevens (2003)
Unix Network Programming, Volume 1: The Sockets Networking API
Addison-Wesley


Beej's Guide to Network Programming
`http://beej.us/guide/bgnet/`


A. Tanenbaum (1996)
Computer Networks, 3ra Ed. Capítulo 3: págs. 207-213.
Prentice Hall