IIC2523
Sistemas Distribuidos

Hernán F. Valdivieso López
(2025 - 2 / Clase 03)

Comunicación entre nodos I
Características y Comunicación directa

Temas de la clase

1. Comunicación de red
    a. Tipos y acoplamientos
    b. Paradigmas
2. Protocolos de comunicación
    a. De transporte: TCP vs UDP
    b. De aplicación: HTTP, DNS, entre otros.
3. Comunicación directa
    a. Características y *Socket*
    b. *Socket* en Python con TCP/IP
    c. MPI

Comunicación de red

Tipos y acoplamientos

Paradigma

Comunicación de red - Tipos

- El Intercambio de información entre dispositivos conectados a una red se puede clasificar según dos criterios:

Persistencia de los mensajes y sincronía de los mensajes

Comunicación de red - Tipos

- El Intercambio de información entre dispositivos conectados a una red se puede clasificar según dos criterios:

Persistencia de los mensajes y sincronía de los mensajes

- **Transitoria**: el mensaje vive sólo mientras las aplicaciones del emisor y receptor están en ejecución. Si uno de los 2 entes cae, el mensaje se pierde.
  - Llamada de *Google Meet* (no grabada), mensajes por `sockets` de Python

Comunicación de red - Tipos

- El Intercambio de información entre dispositivos conectados a una red se puede clasificar según dos criterios:

Persistencia de los mensajes y sincronía de los mensajes

- **Transitoria**: el mensaje vive sólo mientras las aplicaciones del emisor y receptor están en ejecución. Si uno de los 2 entes cae, el mensaje se pierde.
  - Llamada de *Google Meet* (no grabada), mensajes por `sockets` de Python
- **Persistente**: se almacena, en algún lado, el mensaje enviado por el emisor el tiempo que tome entregarlo al receptor.
  - *Outlook*, *Telegram*.

Comunicación de red - Tipos

- El Intercambio de información entre dispositivos conectados a una red se puede clasificar según dos criterios:

Persistencia de los mensajes y **sincronía de los mensajes**

- **Sincrónica**: El emisor queda bloqueado hasta que confirme que su mensaje es recibido, e incluso que se tenga respuesta del mensaje.
  - Acceder a una páginas web, la librería "`requests`" de Python.

Comunicación de red - Tipos

- El Intercambio de información entre dispositivos conectados a una red se puede clasificar según dos criterios:

Persistencia de los mensajes y **sincronía de los mensajes**

- **Sincrónica**: El emisor queda bloqueado hasta que confirme que su mensaje es recibido, e incluso que se tenga respuesta del mensaje.
  - Acceder a una páginas web, la librería "`requests`" de Python.
- **Asincrónica**: El emisor puede continuar ejecutando inmediatamente después de enviar el mensaje, incluso si el mensaje todavía no llega al receptor.
  - Gmail, transmisión por Zoom.

Comunicación de red - Acoplamiento

- Con los conceptos anteriores, una comunicación se puede caracterizar según el tipo de acoplamiento que tiene para que sea exitosa:

Acoplamiento Temporal o Acoplamiento Espacial (o Referencial)

Comunicación de red - Acoplamiento

- Con los conceptos anteriores, una comunicación se puede caracterizar según el tipo de acoplamiento que tiene para que sea exitosa:

Acoplamiento Temporal o Acoplamiento Espacial (o Referencial)

- **Acoplado**: El emisor y el receptor deben existir al mismo tiempo para comunicarse.
  - Llamada por Zoom, transmisión por Youtube.

Comunicación de red - Acoplamiento

- Con los conceptos anteriores, una comunicación se puede caracterizar según el tipo de acoplamiento que tiene para que sea exitosa:

Acoplamiento Temporal o Acoplamiento Espacial (o Referencial)

- **Acoplado**: El emisor y el receptor deben existir al mismo tiempo para comunicarse.
  - Llamada por Zoom, transmisión por Youtube.
- **Desacoplado**: El emisor y receptor pueden existir en tiempos distintos.
  - Memoria compartida, las aplicaciones de mensajería como gmail.

Comunicación de red - Acoplamiento

- Con los conceptos anteriores, una comunicación se puede caracterizar según el tipo de acoplamiento que tiene para que sea exitosa:

  Acoplamiento Temporal o **Acoplamiento Espacial (o Referencial)**

- **Acoplado**: El emisor conoce o necesita conocer la identidad de los receptores.
  - Mensaje privado de Whatsapp, Correo electrónico.

Comunicación de red - Acoplamiento

- Con los conceptos anteriores, una comunicación se puede caracterizar según el tipo de acoplamiento que tiene para que sea exitosa:

Acoplamiento Temporal o **Acoplamiento Espacial (o Referencial)**

- **Acoplado**: El emisor conoce o necesita conocer la identidad de los receptores.
  - Mensaje privado de Whatsapp, Correo electrónico.
- **Desacoplado**: El emisor no necesita conocer la identidad del receptor o receptores. La comunicación se realiza a través de una entidad intermediaria.
  - Publicación en *instagram*, Aviso de Canvas.

Comunicación de red - Paradigmas

- Se pueden distinguir 3 paradigmas de comunicación no excluyentes:

Directa

La forma más simple de comunicación entre procesos a través del paso de mensajes.

Ligero, eficiente y minimalista.

Hay acoplamiento referencial.

Indirecta

La comunicación se realiza **a través de un intermediario distinto al SSOO.**

Sin acoplamiento directo entre el emisor y el receptor.

Según cómo sea el intermediario, puede que los mensajes sean persistentes o transitorios.

Remota

Se invocan operaciones o métodos que se ejecutan en otra máquina conectada en red.

Generalmente, se encapsula el paso de mensaje para simplificar la comunicación.

Fuente: Distributed Systems: Concepts and Design (5ª ed.), Coulouris, G., Dollimore, J., & Kindberg, T. (2005)

Protocolos de comunicación

De transporte: TCP vs UDP

De aplicación: HTTP, DNS, entre otros.

Comunicación de red - Protocolos

- ¿Cómo se transporta la información por la red? TCP o UDP
- ¿Qué pasos sigo para...
  - ...transferir un archivo? FTP
  - ...saber la IP de destino mediante la URL? DNS
  - ...acceder a una página web? HTTP
  - ...acceder a una página web de forma segura? HTTPS
  - ...enviar un correo? SMTP
  - ...acceder remotamente a un servidor por un un canal seguro? SSH

Comunicación de red - Protocolos

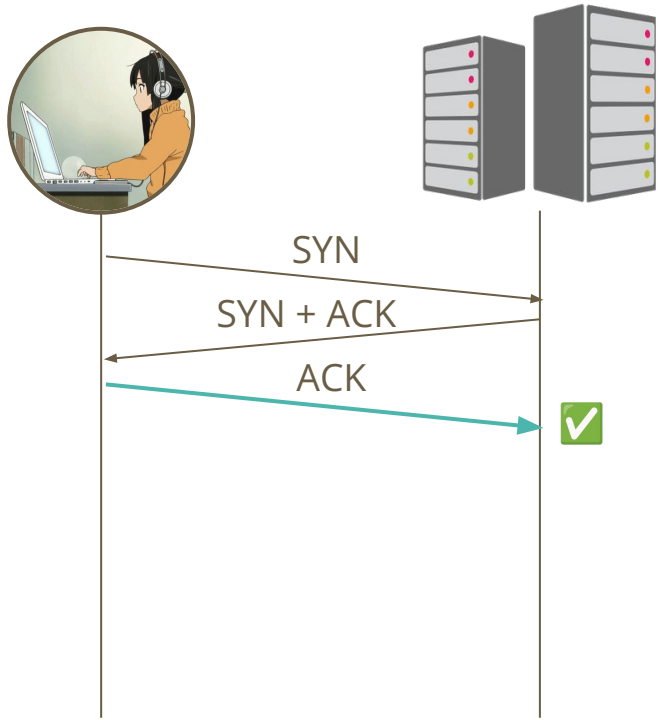
- **¿Cómo se transporta la información por la red? TCP o UDP**
- ¿Qué pasos sigo para...
  - ...transferir un archivo? FTP
  - **...saber la IP de destino mediante la URL? DNS**
  - **...acceder a una página web? HTTP**
  - ...acceder a una página web de forma segura? HTTPS
  - ...enviar un correo? SMTP
  - ...acceder remotamente a un servidor por un un canal seguro? SSH

- Vamos a ver de forma **general** algunos protocolos.

Comunicación de red - Protocolos de transporte

- ¿Cómo se transporta la información por la red? **TCP** o UDP

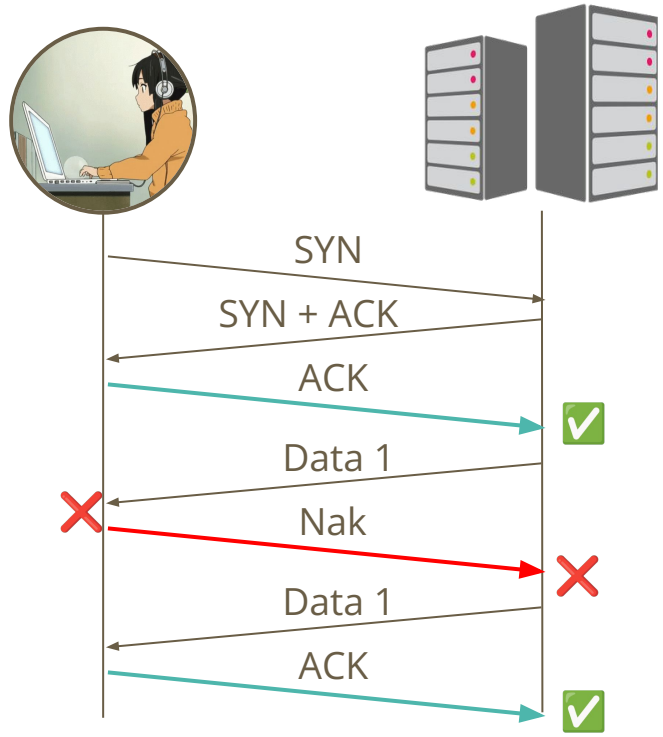
- Antes de enviar datos, se establece una conexión bidireccional ("*three-way handshake*").
- Garantiza que todos los datos enviados lleguen a su destino, en el orden correcto y sin duplicados.



Comunicación de red - Protocolos de transporte

- ¿Cómo se transporta la información por la red? **TCP** o UDP

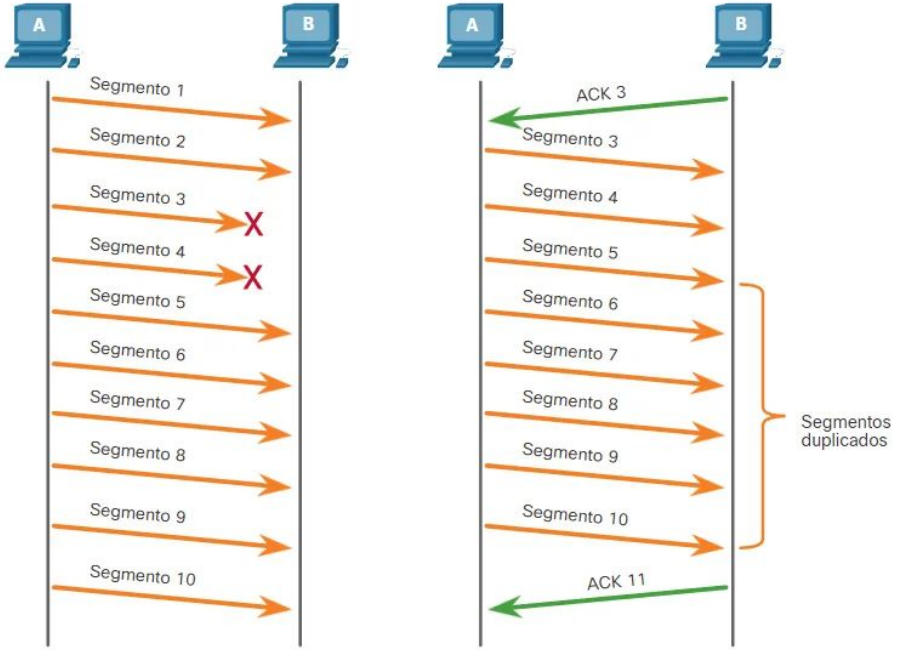
- Antes de enviar datos, se establece una conexión bidireccional ("*three-way handshake*").
- Garantiza que todos los datos enviados lleguen a su destino, en el orden correcto y sin duplicados.
- Implementa un mecanismos de *acknowledgments* y retransmisiones para manejar la pérdida de paquetes.



Comunicación de red - Protocolos de transporte

- ¿Cómo se transporta la información por la red? **TCP** o UDP

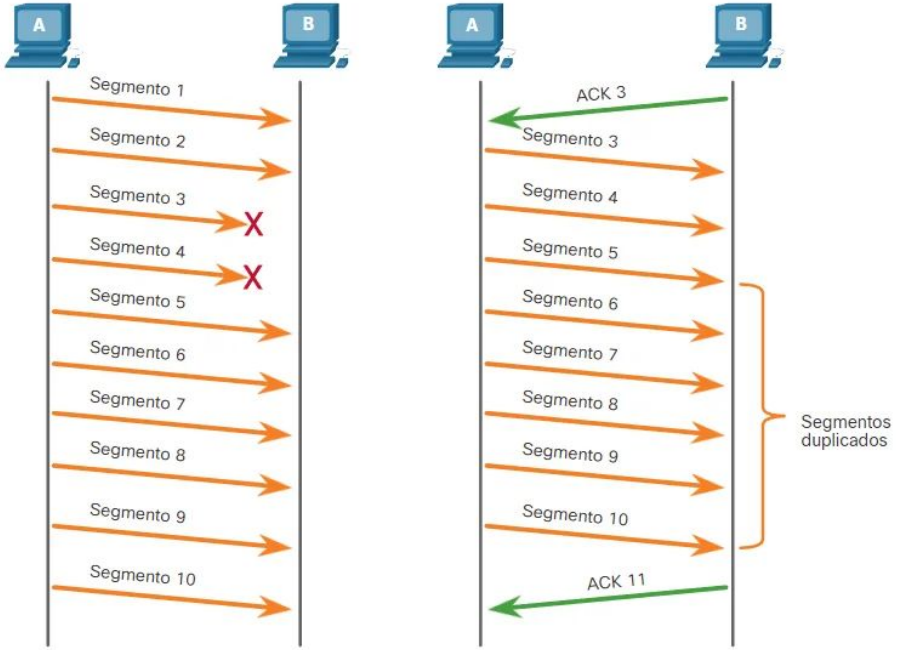
- Implementa un mecanismos de *acknowledgments* y retransmisiones para manejar la pérdida de paquetes.
- Pueden enviar paquetes de gran tamaño que lo fragmentan en segmentos.



Comunicación de red - Protocolos de transporte

- ¿Cómo se transporta la información por la red? **TCP** o UDP

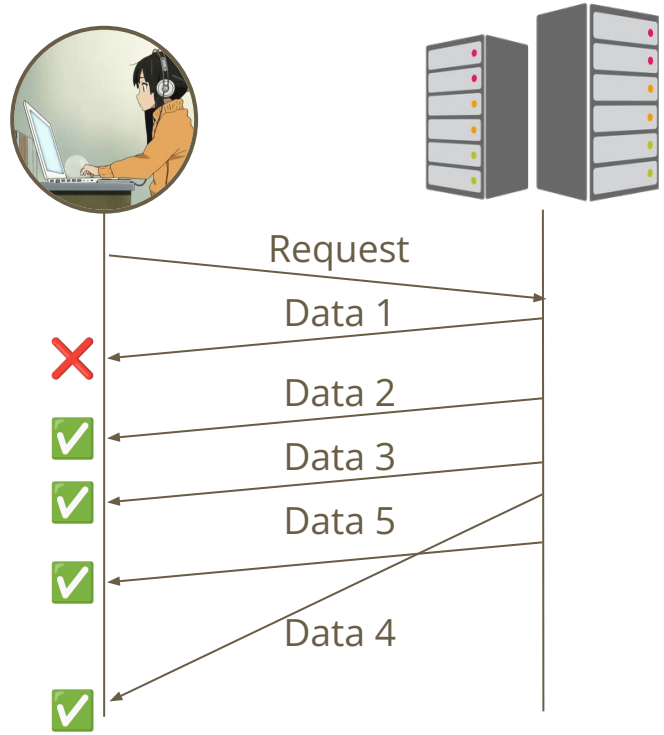
- Implementa un mecanismos de *acknowledgments* y retransmisiones para manejar la pérdida de paquetes.
- Pueden enviar paquetes de gran tamaño que lo fragmentan en segmentos.
- Protocolos de aplicación como HTTP, FTP, SMTP, SSH utilizan TCP.



Comunicación de red - Protocolos de transporte

- ¿Cómo se transporta la información por la red? TCP o **UDP**

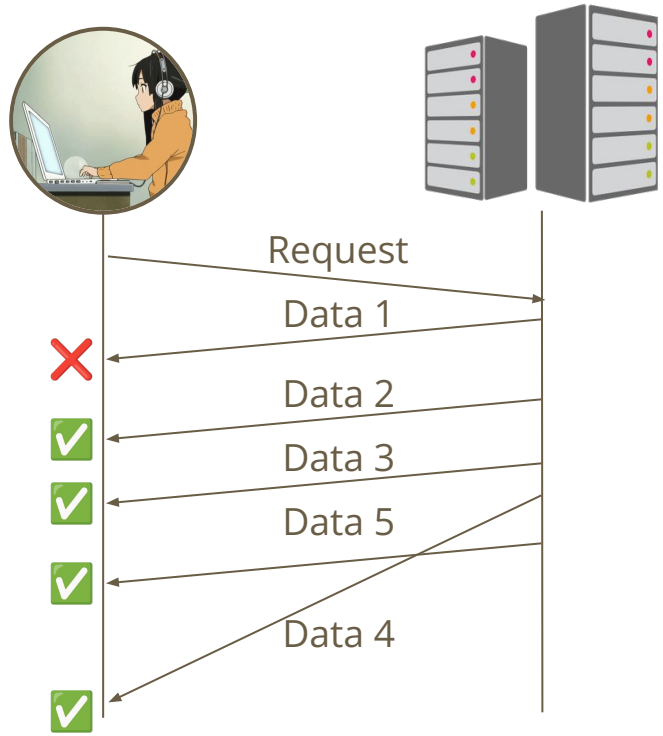
- No se establece ninguna conexión bidireccional previa.
- Manda paquetes de máximo 64Kb.
- Se pueden perder paquetes o llegar en distinto orden.
- No reenvía paquetes.
- Mucho más rápido debido a la ausencia de verificaciones y reenvío.



Comunicación de red - Protocolos de transporte

- ¿Cómo se transporta la información por la red? TCP o **UDP**

- Usado generalmente cuando la velocidad prioriza sobre la garantía de integridad y orden de los mensajes.
- Usado en protocolos como DNS (veremos en 2 diapos más) o NTP (*Network Time Protocol*... veremos eventualmente).
- Usado en aplicaciones que requieren la interacción en tiempo real: juegos en línea, llamadas, sensores.



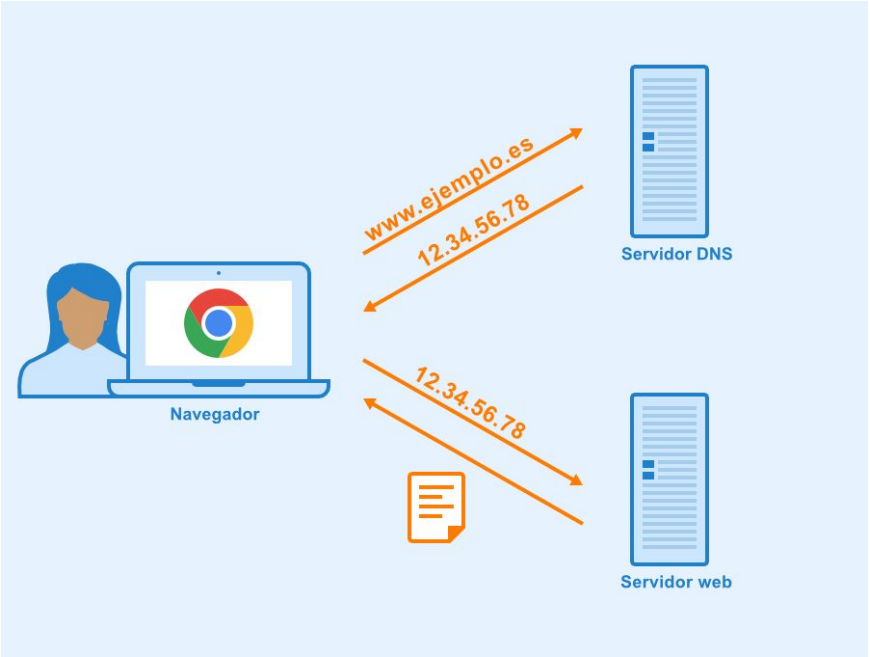
Comunicación de red - Protocolos de transporte

- ¿Cómo se transporta la información por la red? TCP o UDP

Comunicación de red - Protocolos de aplicación

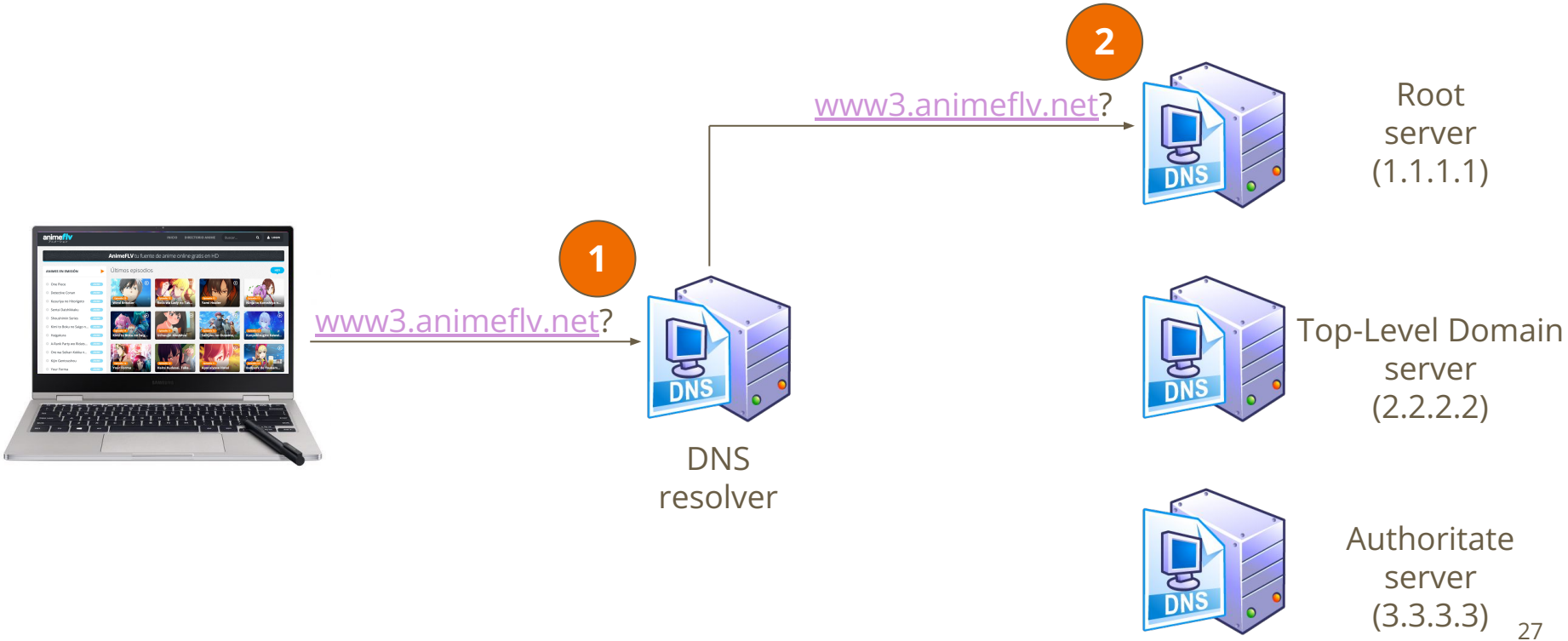
- ¿Qué pasos sigo para saber la IP de destino mediante la URL? **DNS**

- Existe un servidor **distribuido** que maneja este mapeo.
- Tanto el sistema operativo como los servidores guardan en caché las consultas para facilitar la búsqueda.
- Si la caché no tiene resultado, comienza la búsqueda...



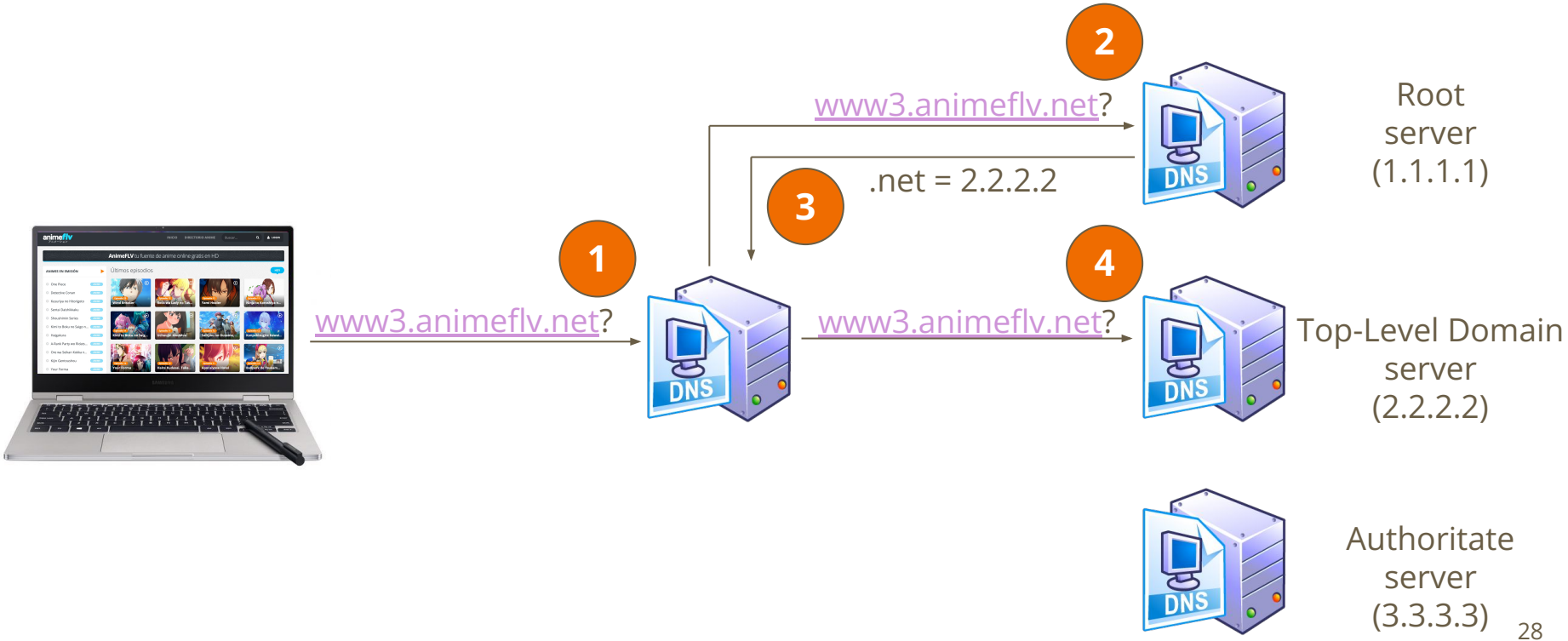
Comunicación de red - Protocolos de aplicación

- ¿Qué pasos sigo para saber la IP de destino mediante la URL? **DNS**



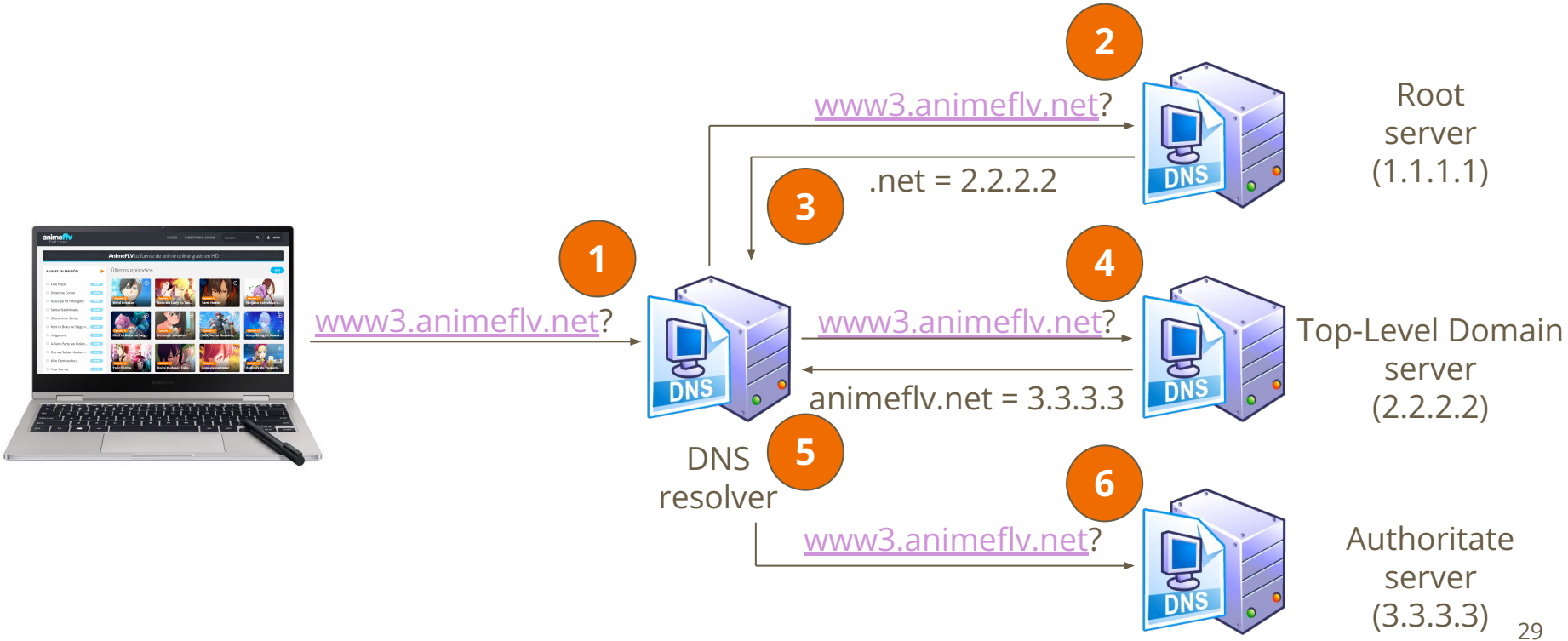
Comunicación de red - Protocolos de aplicación

- ¿Qué pasos sigo para saber la IP de destino mediante la URL? **DNS**



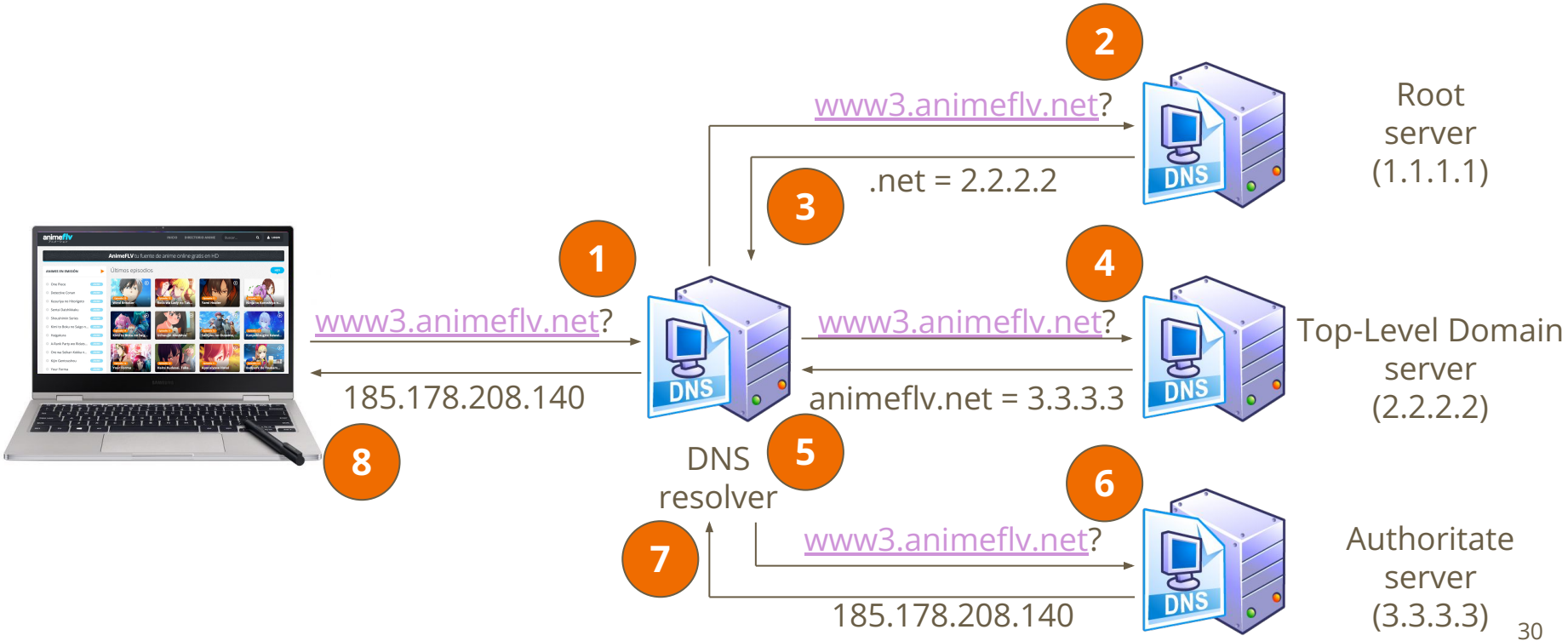
Comunicación de red - Protocolos de aplicación

- ¿Qué pasos sigo para saber la IP de destino mediante la URL? **DNS**



Comunicación de red - Protocolos de aplicación

- ¿Qué pasos sigo para saber la IP de destino mediante la URL? **DNS**



Comunicación de red - Protocolos de aplicación

- ¿Qué pasos sigo para acceder a una página web? **HTTP**

- Primero conseguir la IP (DNS)
- Luego construir la petición (el mensaje) con el formato que solicita HTTP.

Petición

```
GET /anime/detective-conan HTTP/1.1
Host: www3.animeflv.net
Remote Address: 185.178.208.140:443
Accept: text/html
```

Comunicación de red - Protocolos de aplicación

- ¿Qué pasos sigo para acceder a una página web? **HTTP**

- Primero conseguir la IP (DNS)
- Luego construir la petición (el mensaje) con el formato que solicita HTTP.
- Se envía mensaje por protocolo de transporte TCP hacia el servidor.
- Esperar respuesta del servidor.

Petición

```
GET /anime/detective-conan HTTP/1.1
Host: www3.animeflv.net
Remote Address: 185.178.208.140:443
Accept: text/html
```

Respuesta

```
HTTP/1.1 200 OK
Server:  www3.animeflv.net
Content-Type: text/html
Content-Length:  4444
<html>
   ...
</html>
```

Comunicación directa

Características

Socket

Socket en Python con TCP/IP

MPI

Comunicación directa

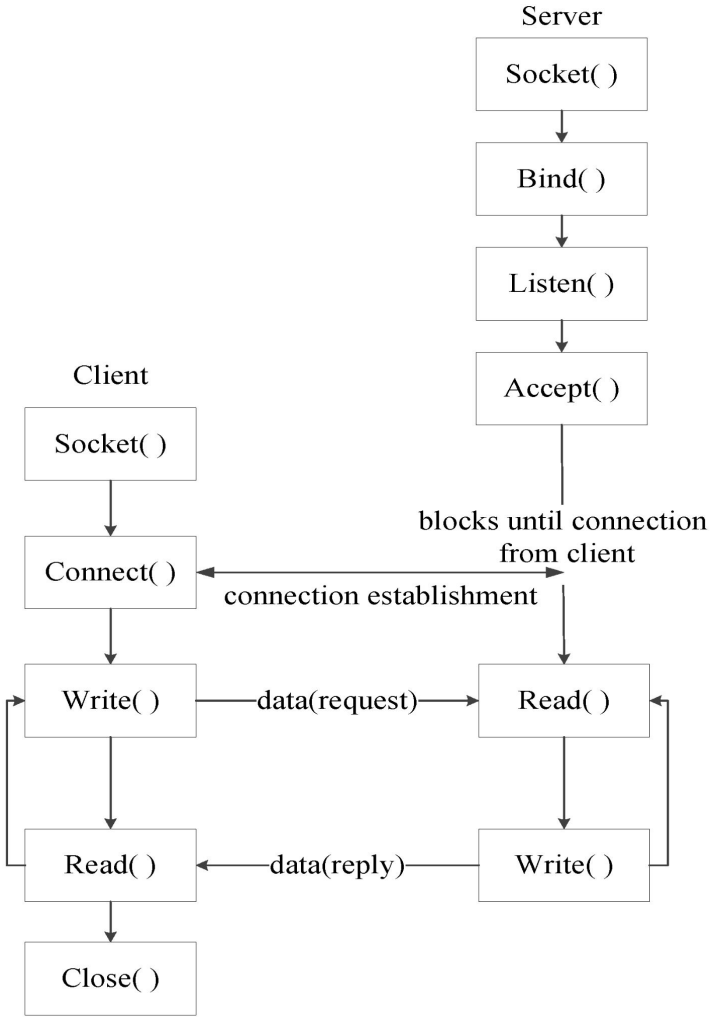
- La forma más simple de comunicación entre procesos es a través del pasaje de mensajes.
- El proceso emisor debe especificar el destino del proceso receptor (puede ser con una dirección y un puerto).

Comunicación directa

- La forma más simple de comunicación entre procesos es a través del pasaje de mensajes.
- El proceso emisor debe especificar el destino del proceso receptor (puede ser con una dirección y un puerto).
- Herramienta clásica: *Socket*
  - Es una interfaz de entrada-salida de datos que permite la intercomunicación entre procesos.
  - Se pueden asociar al protocolo UDP o TCP.
  - Se debe diferenciar si el socket actúa como cliente o como servidor.
  - Con el uso de *thread* es posible tener interesantes comportamientos como múltiples servidores en un mismo proceso, atender múltiples clientes, etc.

Comunicación directa - Socket

- Es una interfaz de entrada-salida de datos que permite la intercomunicación entre procesos.
- Se pueden asociar al protocolo UDP o TCP.
- Se debe diferenciar si el socket actúa como cliente o como servidor.
- Con el uso de *thread* es posible tener interesantes comportamientos como múltiples servidores en un mismo proceso, atender múltiples clientes, etc.



Socket - Python (Servidor)

```python
import socket

sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
sock.bind(('localhost', 4444))
sock.listen(5)
i = 0
while i < 2:
    connection, client_address = sock.accept()
    largo = connection.recv(4)
    mensaje = connection.recv(int.from_bytes(largo, byteorder="big"))
    print(mensaje.decode("UTF-8"))
    connection.sendall(largo + mensaje)
    connection.close()
    i += 1
sock.close()
```

Socket - Python (Cliente)

```python
import socket

sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
sock.connect(('localhost', 4444))

mensaje = "waku waku".encode("UTF-8")
largo = len(mensaje).to_bytes(4, byteorder="big")
sock.sendall(largo)
sock.sendall(mensaje)
largo = sock.recv(4)
data = sock.recv(int.from_bytes(largo, byteorder="big"))
print(data.decode("UTF-8"))
sock.close()
```

Comunicación directa - MPI

- Es un "estándar" para comunicación explícita entre procesos en sistemas distribuidos.
  - No es oficialmente un estándar, pero al momento de implementar, se respetan ciertas reglas.
- MPI promueve un modelo *Single Program, Multiple Data* (SPMD)
  - El mismo código ejecutado por distintos procesos, cada uno con su propia memoria.
- Soporta:
  - Comunicación punto a punto.
  - Comunicación colectiva entre varios nodos.

Comunicación directa - MPI

Las llamadas de MPI se dividen en cuatro clases:

- Llamadas utilizadas para inicializar, administrar y finalizar comunicaciones.
  - MPI_Init, MPI_Finalize, MPI_Comm_size y MPI_Comm_rank
- Llamadas utilizadas para transferir datos entre un par de procesos.
  - MPI_Send, MPI_Recv
- Llamadas para transferir datos entre varios procesos.
  - MPI_Barrier, MPI_Bcast
- Llamadas utilizadas para crear tipos de datos definidos por el usuario.
  - MPI_Type_struct

Comunicación directa - MPI (Python)

```python
from mpi4py import MPI

comm = MPI.COMM_WORLD
rank = comm.Get_rank()

if rank == 0:
    print(f"Proceso 0 envía mensaje")
    comm.send("Waku Waku", dest=1)
elif rank == 1:
    msg = comm.recv(source=0)
    print(f"Proceso 1 recibió: {msg}")
```

```
mpiexec -n 2 python ejemplo.py

> Proceso 0 envía mensaje
> Proceso 1 recibió: Waku Waku
```

Poniendo a prueba lo que hemos aprendido 👀

Supongamos que su profesor hará una conferencia por Zoom para hablar de anime. Pero, como no tiene Zoom Pro, no va a grabar esa conferencia. Además, para mantener la privacidad de usuarios, Zoom será un intermediario que recibirá la información y reenviará la transmisión a todos los presentes sin que el profesor sepa realmente sus identidades.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe de forma más precisa la naturaleza del intercambio de información?

a) Es una comunicación persistente, asincrónica y acoplado referencialmente.

b) Es una comunicación acoplada referencialmente y utiliza protocolo TCP para el envío de cada *frame*.

c) Es una comunicación transitoria, asincrónica y acoplada temporal.

d) Es una comunicación desacoplada temporal y referencialmente.

e) Es una comunicación persistente y que utiliza el protocolo UDP para el envío de cada *frame*.

Poniendo a prueba lo que hemos aprendido 👀

Supongamos que su profesor hará una conferencia por Zoom para hablar de anime. Pero, como no tiene Zoom Pro, no va a grabar esa conferencia. Además, para mantener la privacidad de usuarios, Zoom será un intermediario que recibirá la información y reenviará la transmisión a todos los presentes sin que el profesor sepa realmente sus identidades.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe de forma más precisa la naturaleza del intercambio de información?

a) Es una comunicación persistente, asincrónica y acoplado referencialmente.

b) Es una comunicación acoplada referencialmente y utiliza protocolo TCP para el envío de cada *frame*.

c) Es una comunicación transitoria, asincrónica y acoplada temporal.

d) Es una comunicación desacoplada temporal y referencialmente.

e) Es una comunicación persistente y que utiliza el protocolo UDP para el envío de cada *frame*.

Próximos eventos

Próxima clase

- Comunicación entre nodos II
  - Formas de comunicarnos sin recurrir directamente al paso de mensaje.
  - Estudiaremos *Remote Procedure Call (RPC)*. Importante para la Tarea 1.

Evaluación

- Control 1, se publicó ayer. Recomiendo hacerlo con tiempo y con PPT en manos.
- Control 2, se publica el otro martes y evalúa esta clase y la siguiente.
- Tarea 1 *spoiler*: levantar más de un servidor TCP con *socket* que no se quede bloqueado ante múltiples clientes conectados.

IIC2523
Sistemas Distribuidos

Hernán F. Valdivieso López
(2025 - 2 / Clase 03)

Créditos (animes utilizados)

K-On!