Redes de Computadores

Nivel de Aplicación: Programación con sockets 3

Área de Ingeniería Telemática
Dpto. Automática y Computación
http://www.tlm.unavarra.es/

En clases anteriores...

- Clientes y servidores TCP
- El servicio Web (HTTP)

En esta clase...

- Más servicios de Internet
- Clientes y servidores UDP
- Opciones avanzadas con sockets

Servicios de Internet

Objetivos:

- Aprender con el ejemplo: Funcionamiento de protocolos de nivel de aplicación
  - **Web y HTTP** ✓
  - **DNS**
  - **SMTP/POP3**
  - **Telnet**
  - **FTP**
  - **P2P**

El problema de los nombres

- Las direcciones IP, que identifican a los interfaces de los hosts, son números de 32 bits
- Sencillas de manejar para las máquinas, complicado para los humanos
- Más sencillo memorizar nombres textuales
- Hace falta "traducir" el nombre textual en la dirección numérica para que se pueda realizar la comunicación. Esto se llama "resolver el nombre"
- La traducción se realiza mediante el Sistema de Nombres de Dominio o DNS (Domain Name System)

Domain Name System

- Es una base de datos distribuida con servidores de nombres organizados jerárquicamente
- Es un protocolo de aplicación que permite a los hosts traducir entre nombres y direcciones
  - Funcionalidad vital implementada como protocolo a nivel de aplicación
  - Complejidad en los extremos de la red

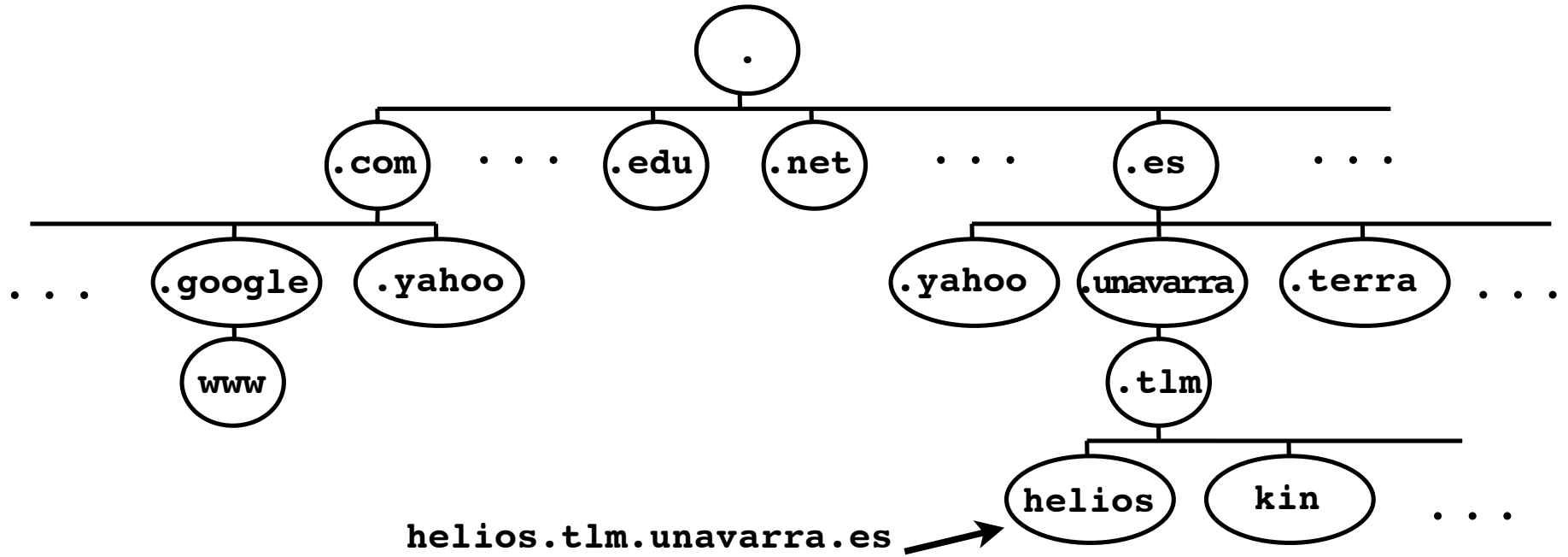
¿Por qué no centralizado?

- Punto de fallo
- Volumen de tráfico
- Base de datos centralizada lejana
- Mantenimiento

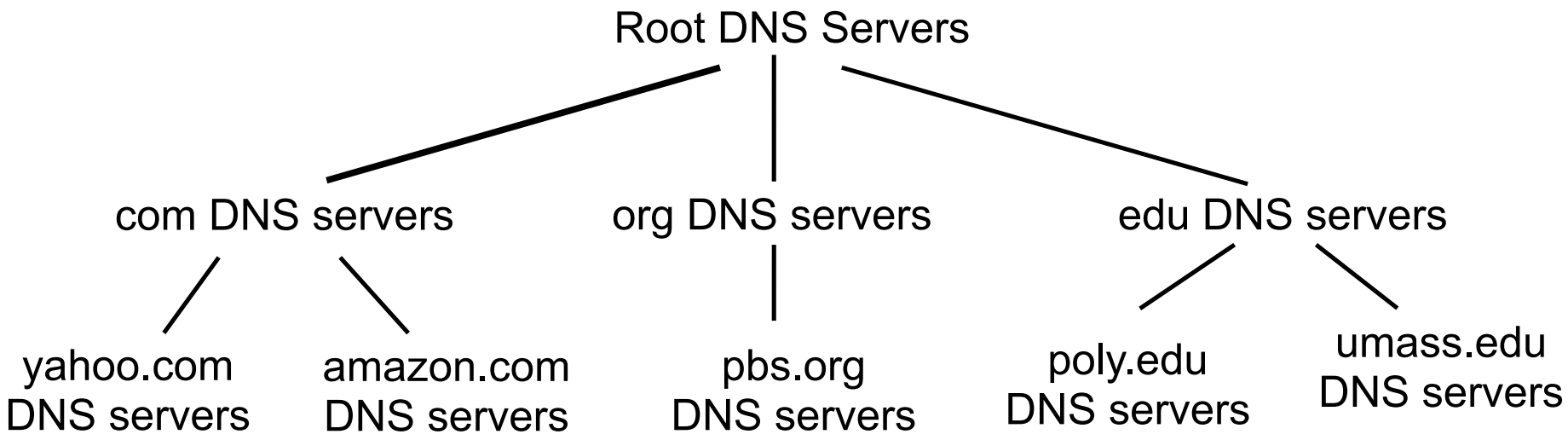
No escala!

Jerarquía de nombres

- Los nombres están formados por segmentos alfanuméricos separados por puntos (no distingue mayúsculas)
  - helios.tlm.unavarra.es
  - www.google.com
- Estructura jerárquica



Base de datos jerárquica distribuida



El cliente busca la IP de www.amazon.com, 1ª aproximación:

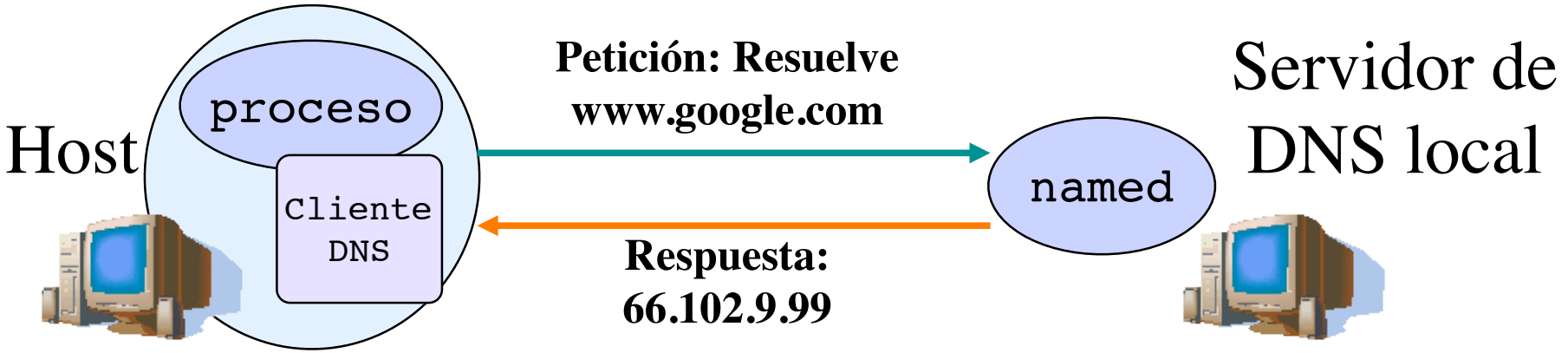
- El cliente pregunta a un servidor Root para encontrar el servidor de DNS del dominio com
- El cliente pregunta al servidor del dominio *com* para obtener el servidor del dominio amazon.com
- El cliente pregunta al servidor DNS del dominio amazon.com para obtener la IP de www.amazon.com

Implementación

- El servidor es un programa específico pero el cliente es generalmente solo unas funciones en una librería (*resolver*)...
- La aplicación cliente de DNS es la propia aplicación del usuario...
- El software típico que lo implementa es BIND (Berkeley Internet Name Domain) (el programa servidor se llama `named`)...

Funcionamiento

- Mensajes sobre UDP puerto 53
  (TCP puerto 53 para peticiones largas)
- Cada ISP posee un servidor de nombres local...
- Los hosts tienen configurado a su servidor local
- Cuando un host desea resolver un nombre hace la petición a su servidor local el cual le devuelve la respuesta...

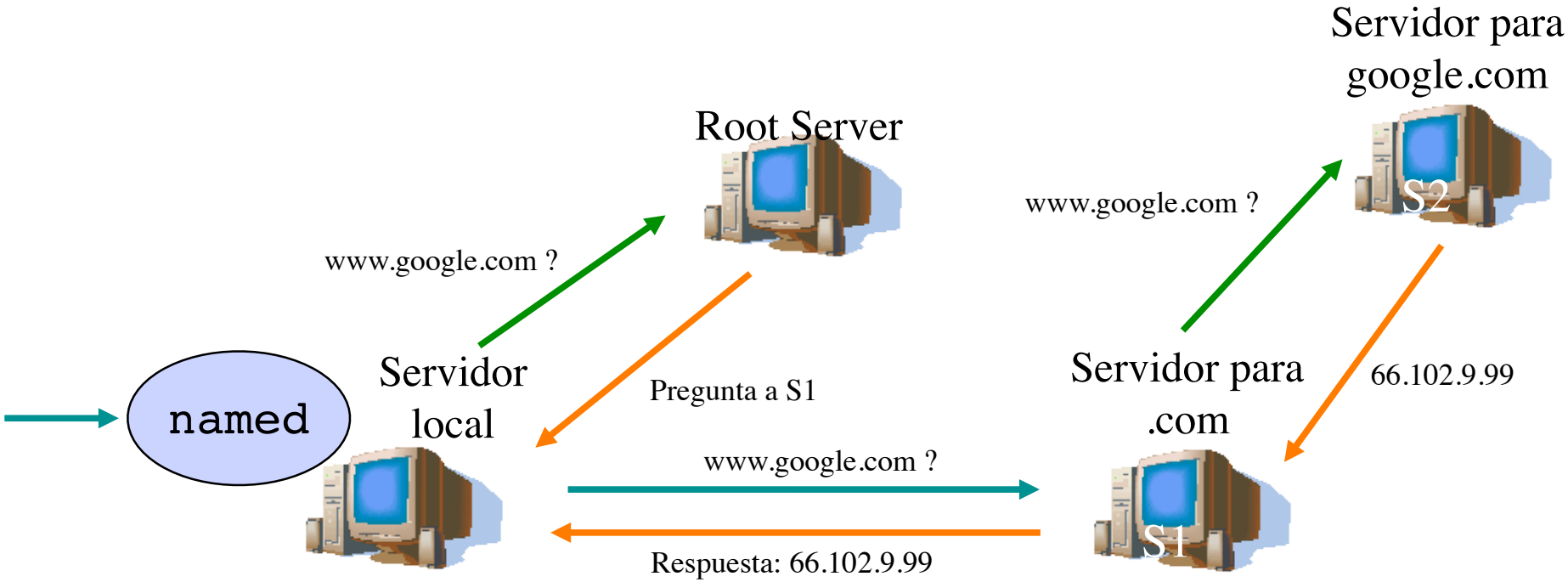


Funcionamiento

- ¿Cómo conoce la respuesta el servidor local?
  - Si es el servidor autoritario (authoritative server) para el dominio en el que está esa máquina él tiene la porción de la base de datos distribuida en la que está el mapeo
  - Si no lo es preguntará a un Root Server

Funcionamiento

- El servidor local pregunta a un Root Server...
- Éste le devuelve la dirección de un servidor intermedio (petición iterativa)...
- El Servidor local hace una petición recursiva a ese servidor...
- Ese servidor continuará haciendo la petición (recursiva) hasta que llegue un servidor autoritario . . .
- Todas las peticiones son recursivas menos la petición al Root Server para reducir la carga sobre los Root



DNS: Root name servers

- 13 en el mundo
- En el fichero de configuración de cada servidor de DNS

Servicios de Internet

Objetivos:

- Aprender con el ejemplo: Funcionamiento de protocolos de nivel de aplicación
  - **Web y HTTP** ✓
  - **DNS** ✓
  - **SMTP/POP3**
  - **Telnet**
  - **FTP**
  - **P2P**

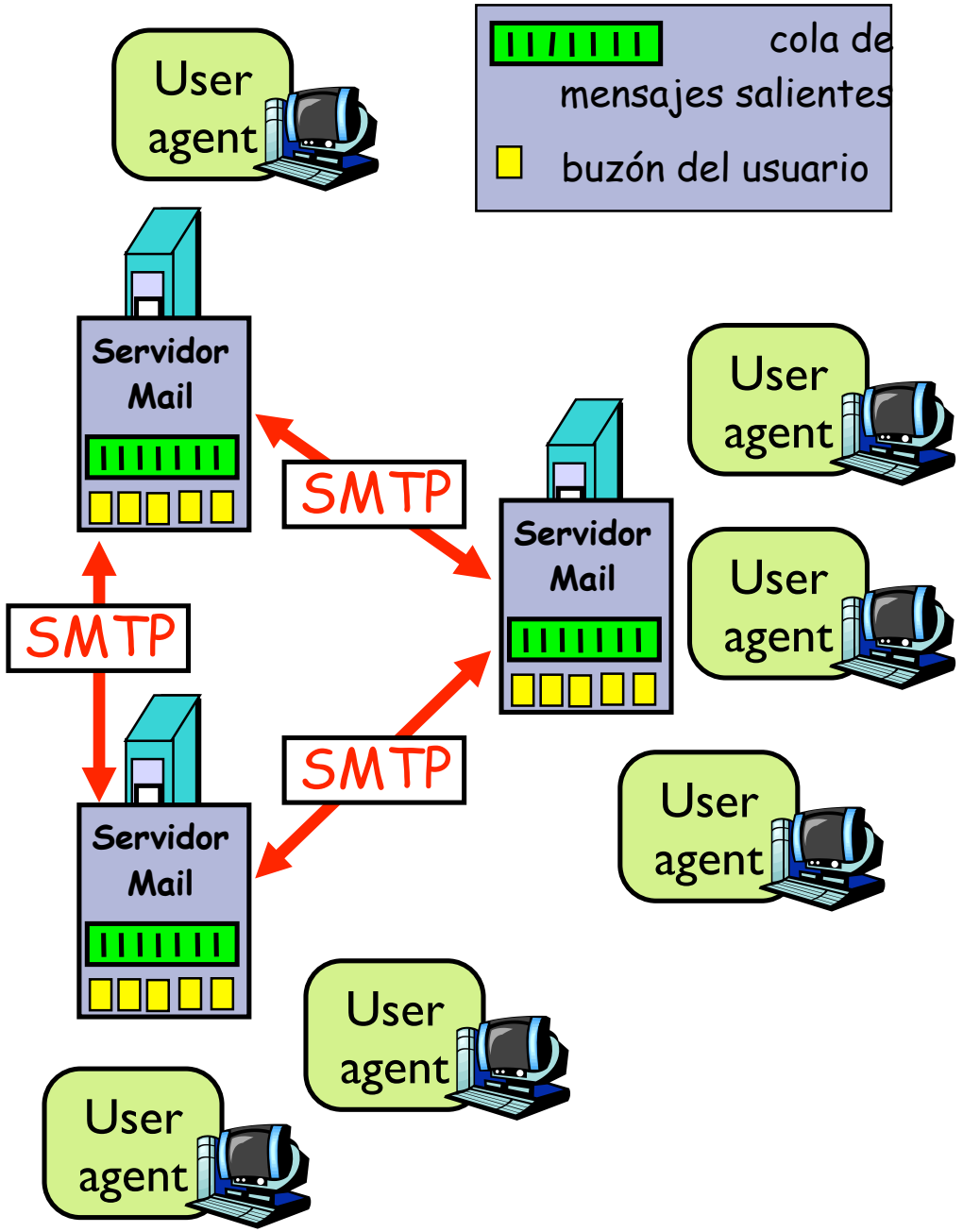
Electronic Mail

Tres elementos principales:

- Agentes de usuario (*user agents*)
- mail servers
- Simple Mail Transfer Protocol: SMTP

User Agent

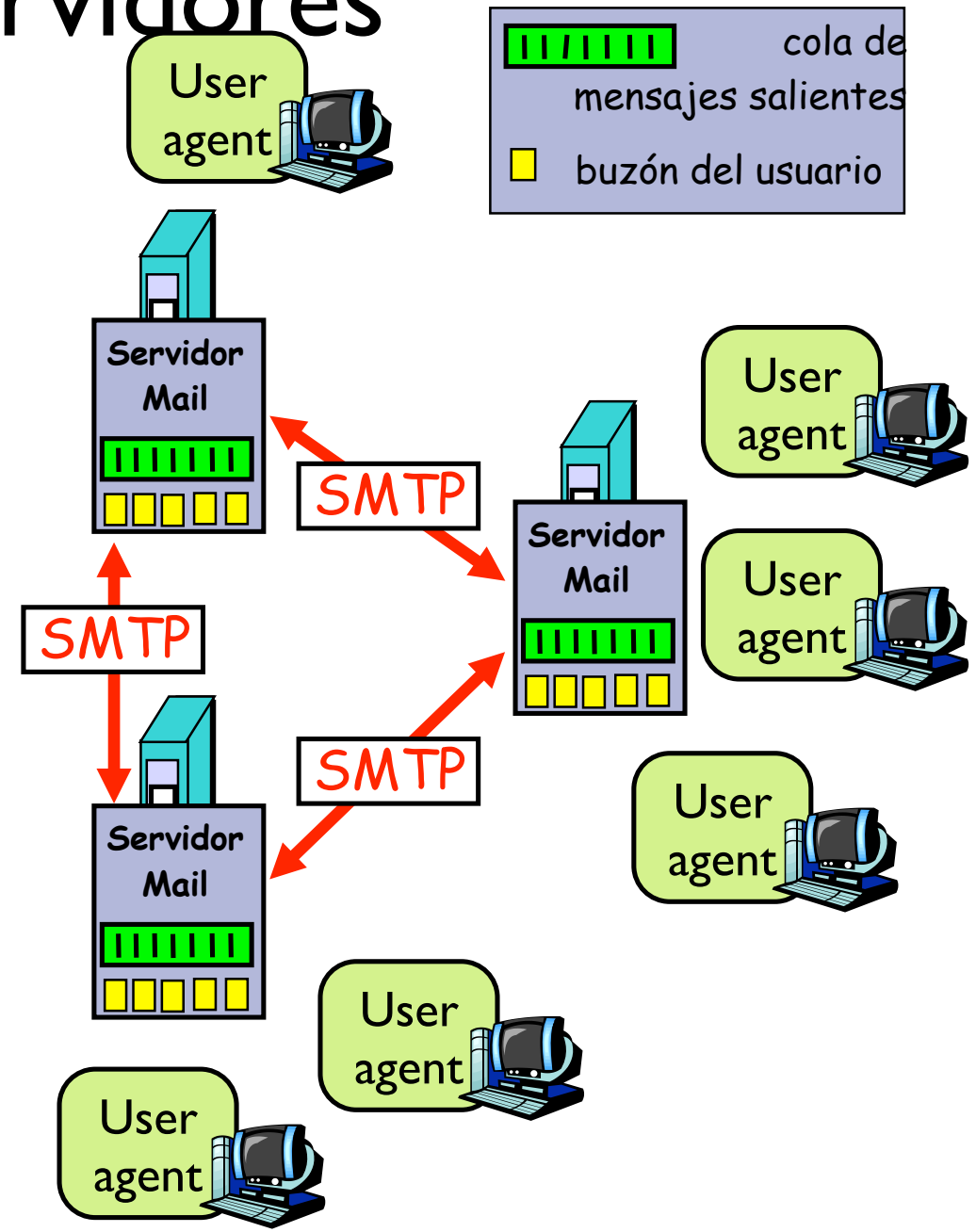
- alias "programa de correo"
- Componer, editar, leer mensajes de correo
- ej., Eudora, Outlook, elm, Netscape Messenger
- Mensajes salientes y entrantes en el servidor



Electronic Mail: Servidores

Servidores de Mail:

- mailbox contiene los mensajes entrantes para el usuario
- cola de mensajes salientes (a enviar)
- Protocolo SMTP entre servidores de correo para enviar mensajes
  - cliente: el servidor de correo que envía
  - "servidor": el servidor de correo que recibe



Electronic Mail: SMTP [RFC 2821]

- Emplea TCP para entregar de forma fiable los mensajes entre el cliente y el servidor
- Puerto 25
- Transferencia directa: del servidor del emisor al servidor del receptor
- Tres fases en al transferencia
  - *handshaking* (el saludo)
  - transferencia de mensajes
  - cierre
- Interacción mediante comandos y respuestas
  - comandos: texto ASCII
  - respuestas: código de estado y frase de estado
- Los mensajes deben estar en ASCII de 7 bits

Ejemplo: Alicia envía mensaje a Bob

1) Alicia emplea un UA para crear el mensaje para **`bob@someschool.edu`**

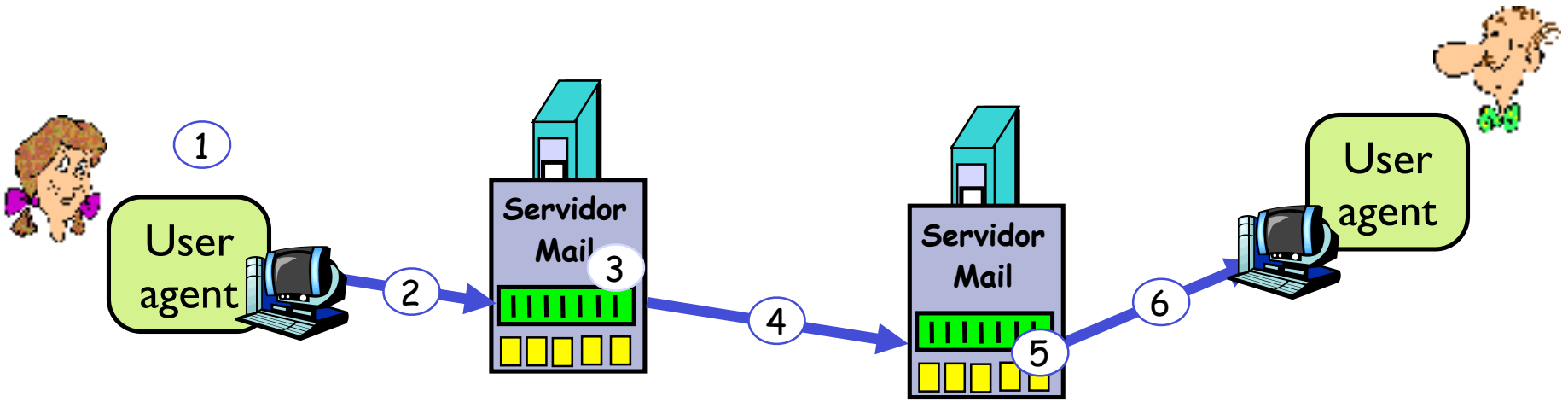
2) El programa envía el mensaje a su servidor de correo y lo coloca en una cola de mensajes

3) El Servidor de Mail, como cliente, abre una conexión TCP con el Servidor de Bob

4) Envía el mensaje de Alicia empleando SMTP sobre esa conexión TCP

5) El servidor de mail de Bob coloca el mensaje en su buzón

6) Bob lanza su UA para leer el mensaje (volveremos a esta parte)



Ejemplo de SMTP

```
S: 220 hamburger.edu
C: HELO crepes.fr
S: 250  Hello crepes.fr, pleased to meet you
C: MAIL FROM: <alice@crepes.fr>
S: 250 alice@crepes.fr... Sender ok
C: RCPT TO: <bob@hamburger.edu>
S: 250 bob@hamburger.edu ... Recipient ok
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
C: Do you like ketchup?
C: How about pickles?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 hamburger.edu closing connection
```

[S]ervidor [C]liente

Probando SMTP

- Escriba:

  `$ telnet servername 25`

  - Pruebe los comandos HELO, MAIL FROM, RCPT TO, DATA, QUIT
  - Con esos comandos puede enviar un email sin emplear un programa de email

```
$ telnet correo.unavarra.es 25
Trying 130.206.166.108...
Connected to si.unavarra.es.
Escape character is '^]'.
220 unavarra.es ESMTP Sendmail 8.9.3/8.9.1 (IRIS 3.0); Sun, 7 Aug 2005
14:06:28 +0200 (MET DST)
HELO mikel.tlm.unavarra.es
250 unavarra.es Hello s169m177.unavarra.es [130.206.169.177], pleased to
meet you
MAIL FROM: mikel.izal@unavarra.es
250 mikel.izal@unavarra.es... Sender ok
RCPT TO: mikel.izal@gmail.com
250 mikel.izal@gmail.com... Recipient ok
DATA
354 Enter mail, end with "." on a line by itself
Hola esto es para probar que va
.
250 OAA13441 Message accepted for delivery
QUIT
221 unavarra.es closing connection
Connection closed by foreign host.
```

Más sobre SMTP

- SMTP emplea conexiones persistentes
- SMTP requiere que el mensaje (cabecera y contenido) esté en ASCII de 7 bits
- El servidor de SMTP reconoce el fin del mensaje al ver una linea que sólo contenga .
  `CRLF.CRLF  "\r\n.\r\n"`

Comparación con HTTP:

- HTTP: pull
- SMTP: push
- Ambos usan comandos y respuestas en ASCII

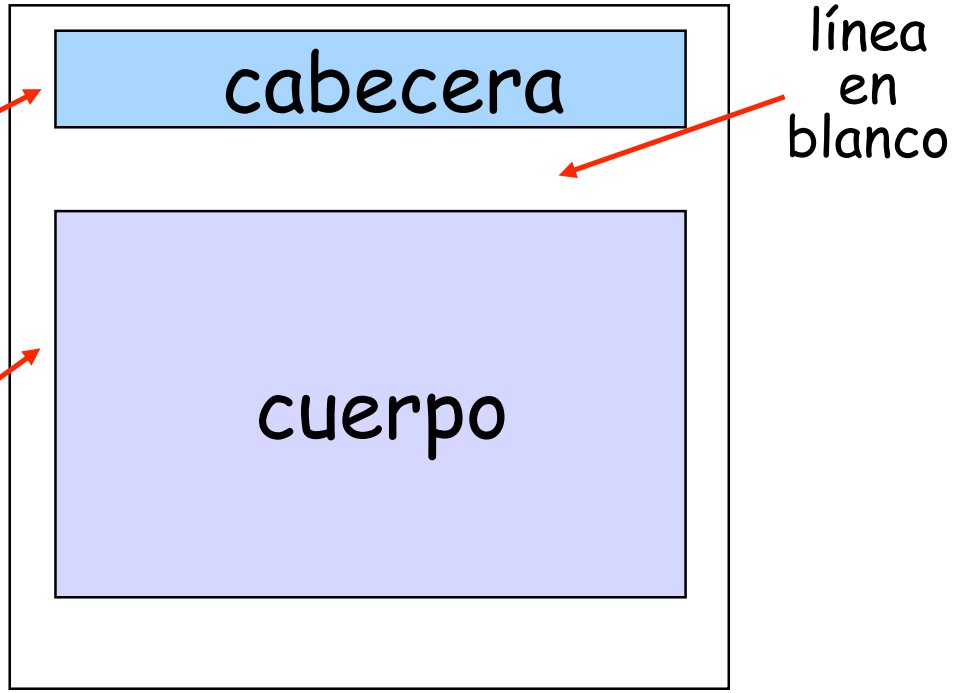
Formato del mensaje de email

SMTP: protocolo para intercambiar mensajes de email

RFC 822: estándar para el formato del mensaje:

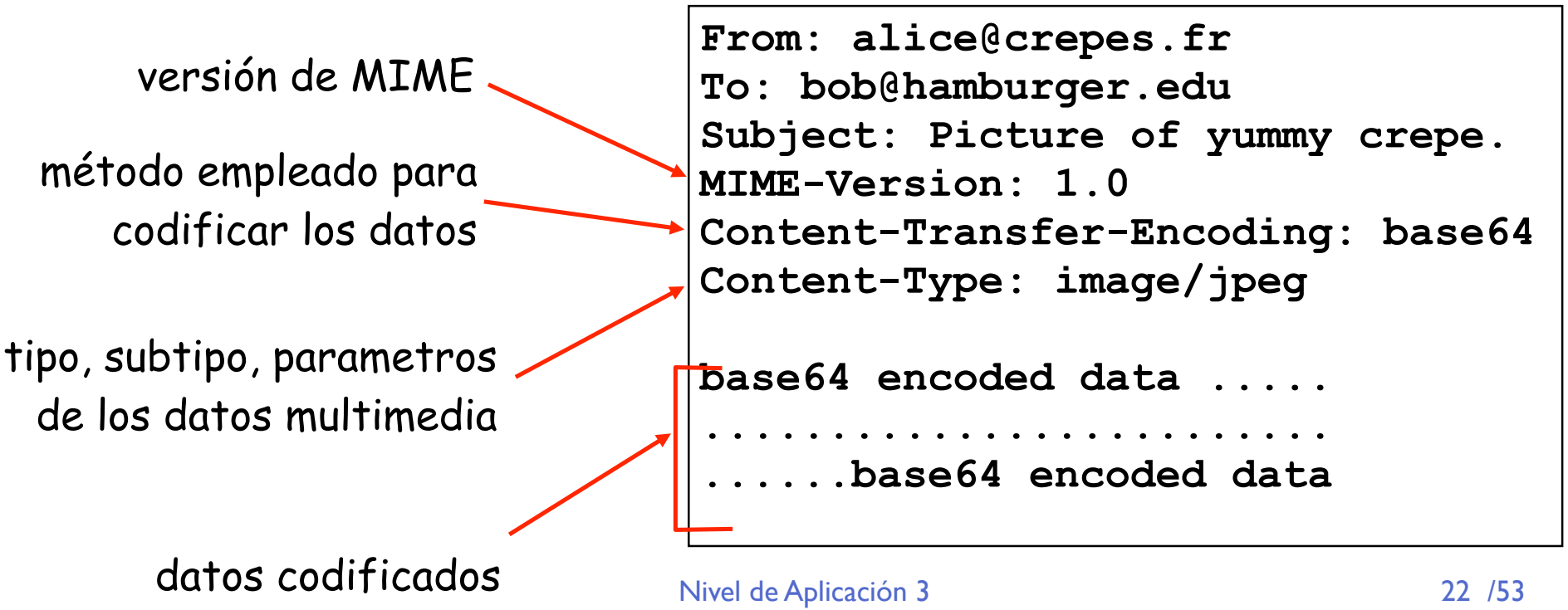
- líneas de cabecera, ej.,
  - `To:`
  - `From:`
  - `Subject:`

  diferentes de los comandos de SMTP
- cuerpo
  - el "mensaje", solo caracteres ASCII

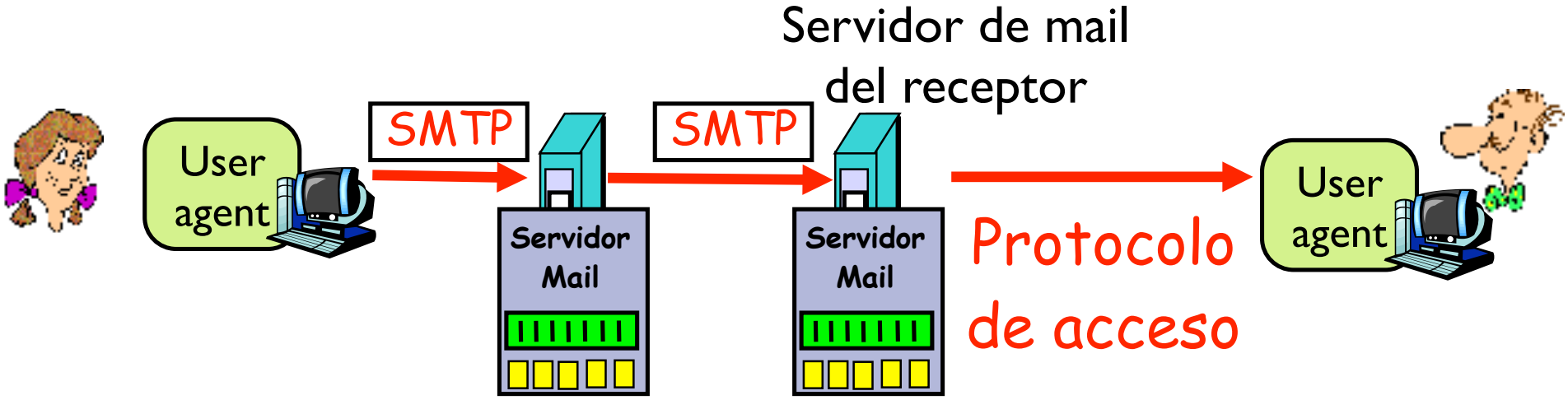


Formato del mensaje: multimedia

- MIME: MultImedia Mail Extension, RFC 2045, 2056
- Permite mandar contenido que no sea texto ASCII
- Líneas adicionales en la cabecera del mensaje para declarar el tipo del contenido



Protocolos de acceso al Mail



- SMTP: entrega/almacena en el servidor del receptor
- Protocolo de acceso al Mail: obtención de mensajes del servidor
  - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
    - Autorización (agente <-->servidor) y descarga
  - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
    - más funcionalidades (más complejo)
    - manipulación de mensajes almacenados en el servidor
  - HTTP: Hotmail , Yahoo! Mail, etc.

Protocolo POP3

- **Sobre TCP puerto 110**

Autorización

- Comandos del cliente:
  - **`user:`** declara el nombre de usuario
  - **`pass:`** clave
- Respuestas del servidor:
  - **`+OK`**
  - **`-ERR`**

Fase de transacción, cliente:

- **`list:`** lista números de mensajes
- **`retr:`** descarga mensaje por número
- **`dele:`** borrar
- **`quit`**

```
S: +OK POP3 server ready
C: user bob
S: +OK
C: pass hungry
S: +OK user successfully logged on
```

```
C: list
S: 1 498
S: 2 912
S: .
C: retr 1
S: <contenido mensaje 1>
S: .
C: dele 1
C: retr 2
S: <contenido mensaje 2>
S: .
C: dele 2
C: quit
S: +OK POP3 server signing off
```

Más sobre POP3 e IMAP

Más sobre POP3

- El ejemplo anterior era "descargar y borrar"
- Bob no puede volver a leer los mensajes si cambia de cliente
- "Descargar y mantener": copia el mensaje pero no lo borra. Permite descargarlos en otro cliente
- POP3 es sin estado entre sesiones

IMAP

- Mantiene todos los mensajes en un lugar: el servidor
- Permite al usuario organizar los mensajes en carpetas
- IMAP mantiene el estado entre sesiones:
- Nombres de carpetas y relación entre ID de mensaje y carpeta en la que está

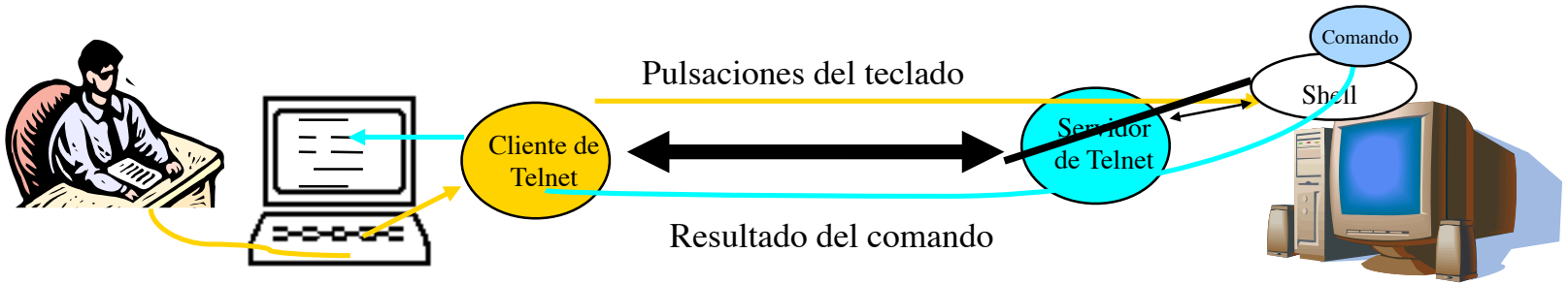
Servicios de Internet

Objetivos:

- Aprender con el ejemplo: Funcionamiento de protocolos de nivel de aplicación
  - **Web y HTTP** ✓
  - **DNS** ✓
  - **SMTP/POP3** ✓
  - **Telnet**
  - **FTP**
  - **P2P**

Login remoto (Telnet)

- Permite el uso interactivo de otra computadora (UNIX) de forma remota como desde un terminal
- Funcionamiento:
  - El usuario ejecuta un cliente de Telnet especificando una máquina servidor...
  - Se crea una conexión TCP con el servidor (puerto del servidor de Telnet=23)...
  - El servidor crea un proceso Shell que queda conectado a la conexión TCP...
  - Las pulsaciones del teclado del usuario se transmiten por la conexión a la Shell...
  - La shell ejecuta los comandos que escribe el usuario...
  - El resultado que el comando mandaría a la pantalla vuelve por la conexión TCP y sale en la pantalla del cliente...
- Otros servicios similares: rlogin, rsh, ssh



Login remoto (Telnet): Ejemplo

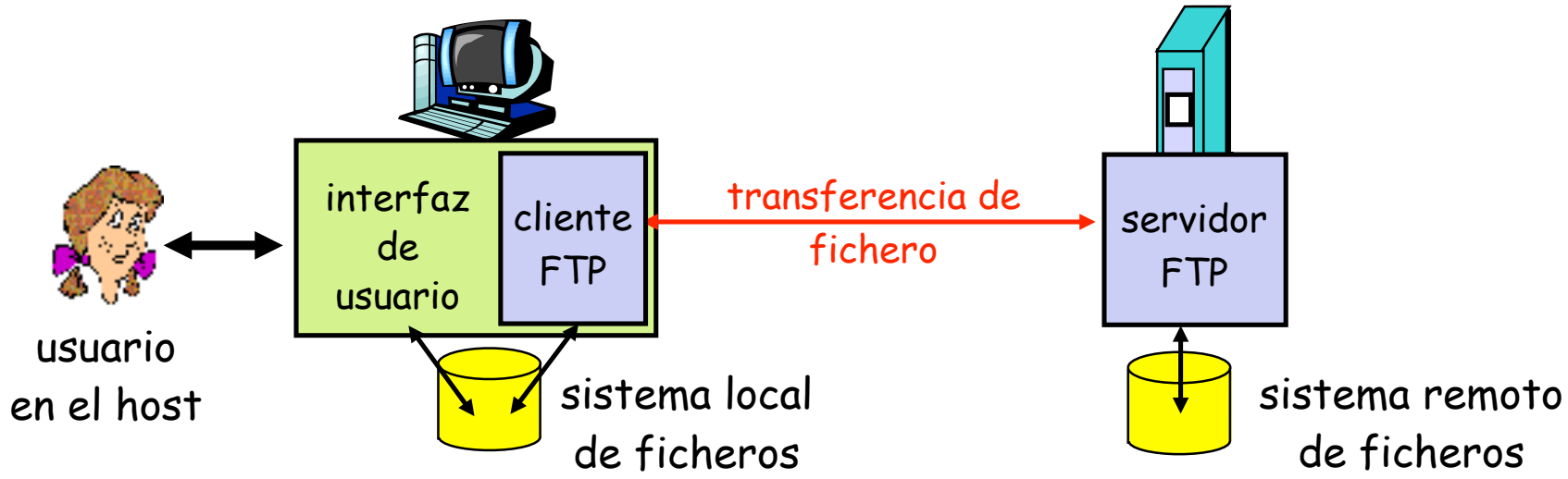
```
$ telnet tlm22.net.tlm.unavarra.es
Trying 10.1.1.22...
Connected to tlm22.net.tlm.unavarra.es.
Escape character is '^]'.
Fedora Core release 2 (Tettnang)
Kernel 2.6.5-1.358 on an i686
login: mikel
Password:
Last login: Fri May  6 20:33:54 from bender.net.tlm.unavarra.es
[mikel@tlm22 mikel]$ ls -l
total 106132
drwxr-xr-x   2 mikel staff     4096 Mar  5 00:17 a
drwxr-xr-x  15 mikel staff     4096 Oct 25  2004 apache
-rw-r--r--   1 mikel staff 41685513 Nov 12  2004 borrar
drwxr-xr-x   4 mikel staff     4096 Dec  2  2004 demo-italia
-rw-------   1 mikel staff   116627 Dec  2  2004 demo-italia.tar.gz
drwxr-xr-x   3 mikel staff     4096 Jun 27 09:43 Desktop
drwx------   4 mikel staff     4096 May 27 15:38 evolution
drwxr-xr-x   2 mikel staff     4096 Oct  6  2004 prueba_c
-rw-r--r--   1 mikel staff   209211 May  6 10:24 prueba.ps
drwxr-xr-x   2 mikel staff     4096 May 11 21:34 py23
[mikel@tlm22 mikel]$
```

Servicios de Internet

Objetivos:

- Aprender con el ejemplo: Funcionamiento de protocolos de nivel de aplicación
  - **Web y HTTP** ✓
  - **DNS** ✓
  - **SMTP/POP3** ✓
  - **Telnet** ✓
  - **FTP**
  - **P2P**

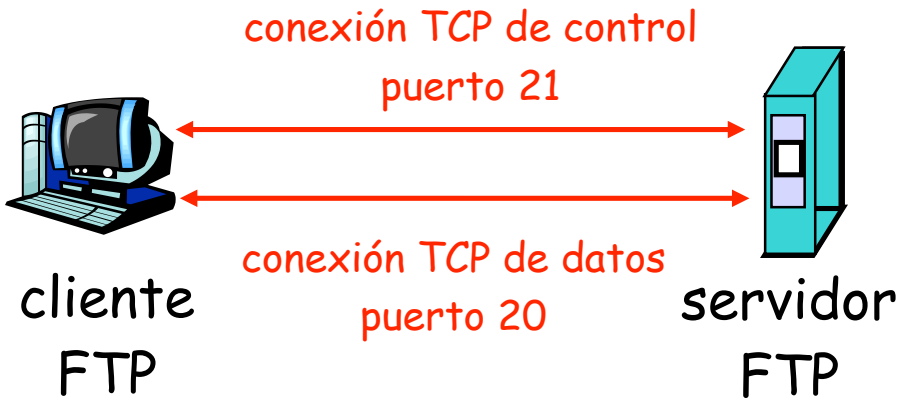
FTP: File Transfer Protocol



- Transferencia de fichero hacia/desde host remoto
- modelo cliente-servidor
  - cliente: extremo que inicia la transferencia (bien sea desde o hacia el extremo remoto)
  - servidor: host remoto
- FTP: RFC 959
- Servidor FTP: TCP puerto 21

FTP: conexiones de datos y control

- El cliente FTP contacta con el servidor en el puerto 21 empleando TCP
- El cliente se autentifica a través de esta conexión de control
- El cliente puede explorar los directorios remotos enviando comandos por la conexión de control
- Cuando el servidor recibe un comando para una transferencia de fichero abre una conexión TCP con el cliente
- Tras transferir el fichero cierra esa conexión de datos



- El servidor abre una segunda conexión TCP para transferir el fichero
- Conexión de control "out of band"
- El servidor FTP mantiene el "estado": directorio actual, autentificación

Comandos y respuestas FTP

Comandos de ejemplo:

Enviados como texto ASCII por el canal de control

- **`USER username`**
- **`PASS password`**
- **`LIST`** devuelve una lista de los ficheros en el directorio actual
- **`RETR filename`** Obtiene el fichero
- **`STOR filename`** Almacena el fichero en el host remoto

Códigos de respuesta:

Código de estado y frase (como en HTTP)

- **`331 Username OK, password required`**
- **`125 data connection already open; transfer starting`**
- **`425 Can't open data connection`**
- **`452 Error writing file`**

Ejemplo de FTP

```
$ ftp tlm22.net.tlm.unavarra.es
Connected to tlm22.net.tlm.unavarra.es (10.1.1.22).
220 (vsFTPd 1.2.1)
Name (tlm22.net.tlm.unavarra.es:mikel): mikel
331 Please specify the password.
Password:
230 Login successful.
Remote system type is UNIX.
Using binary mode to transfer files.
ftp> ls
227 Entering Passive Mode (10,1,1,22,215,255)
150 Here comes the directory listing.
drwxr-xr-x    3 1003     1000         4096 Jun 27 07:43 Desktop
-rw-r--r--    1 1003     1000       209211 May 06 08:24 prueba.ps
drwxr-xr-x    2 1003     1000         4096 Oct 06  2004 prueba_c
drwxr-xr-x    2 1003     1000         4096 May 11 19:34 py23
-rw-r--r--    1 1003     1000     20083157 May 11 19:34 py23.tgz
226 Directory send OK.
ftp> get py23.tgz
local: py23.tgz remote: py23.tgz
227 Entering Passive Mode (10,1,1,22,95,165)
150 Opening BINARY mode data connection for py23.tgz (20083157
bytes).
226 File send OK.
20083157 bytes received in 1.86 secs (1.1e+04 Kbytes/sec)
ftp>
```

Servicios de Internet

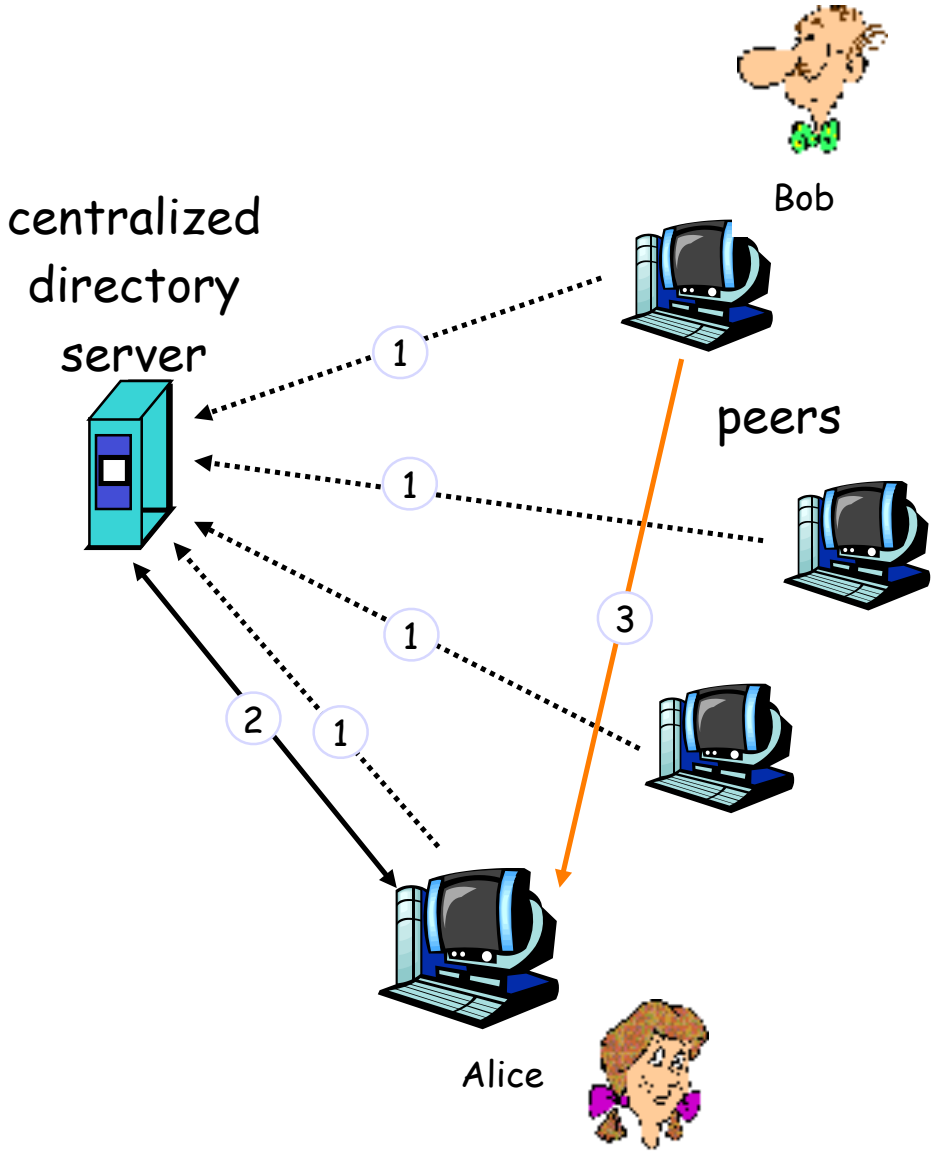
Objetivos:

- Aprender con el ejemplo: Funcionamiento de protocolos de nivel de aplicación
  - **Web y HTTP** ✓
  - **DNS** ✓
  - **SMTP/POP3** ✓
  - **Telnet** ✓
  - **FTP** ✓
  - **P2P**

P2P: directorio centralizado

Diseño original de "Napster"

1) Cuando un peer se conecta, informa al servidor central:
   - Dirección IP
   - contenido
2) Alice hace una búsqueda de "Hey Jude"
3) Alice pide el fichero a Bob



Ventajas e inconvenientes

Ventajas

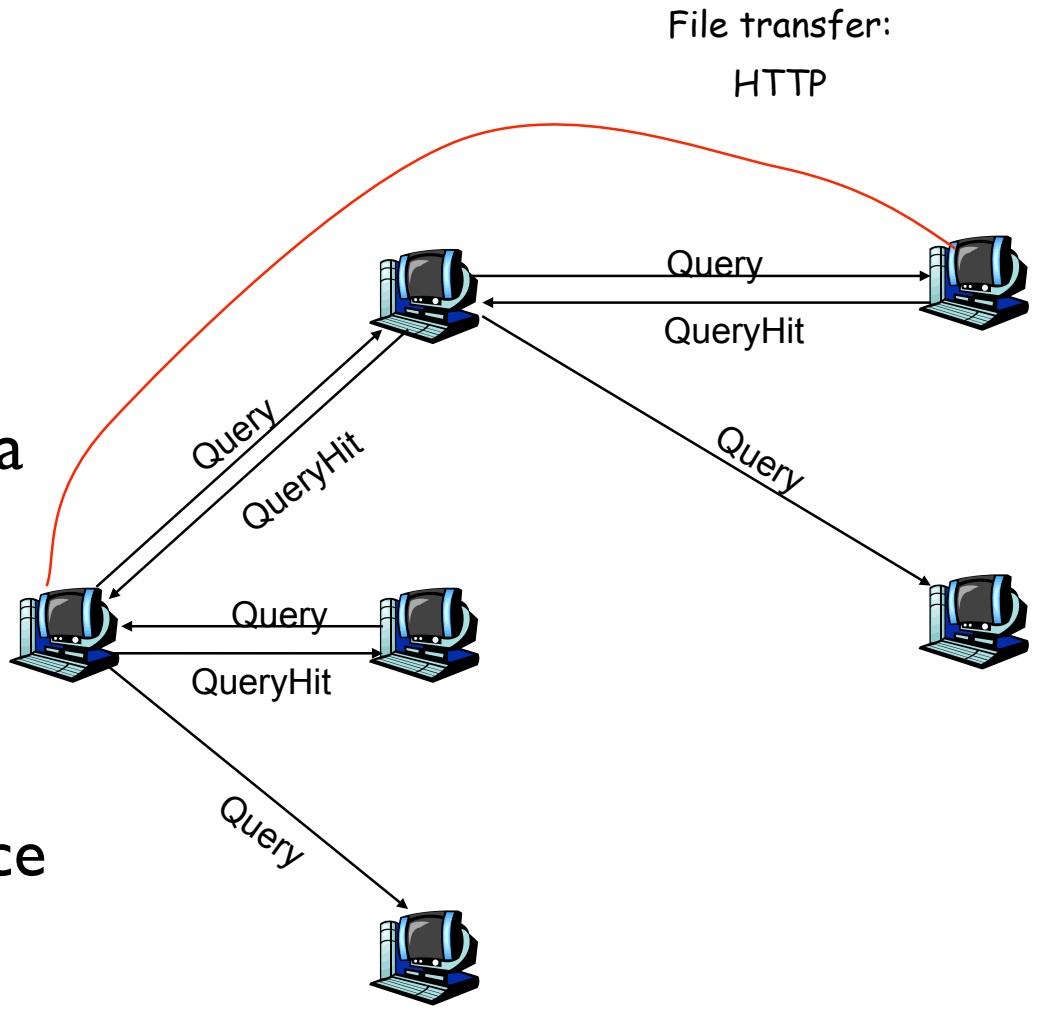
- Todos los peers son servidores
- Altamente escalable

Inconvenientes

- Un punto de fallo central
- Impone un límite de prestaciones
- Infracción de copyrights!

Gnutella

- Completamente distribuido
- Dominio público
- Overlay network
  - Grafo
  - Cada conexión un enlace
- Petición de búsqueda enviada sobre las conexiones TCP
- peers reenvían la petición
- Respuesta enviada por el camino inverso
- Escalabilidad: limitar el alcance de la inundación



Hasta ahora...

- Protocolos de nivel de aplicación
  - **Web y HTTP** ✓
  - **DNS** ✓
  - **SMTP/POP3** ✓
  - **Telnet** ✓
  - **FTP** ✓
  - **P2P** ✓
- Todos se basan en el uso de sockets que proporcionan dos servicios:
  - fiable orientado a conexión (ya conocido)
  - no fiable no orientado a conexión

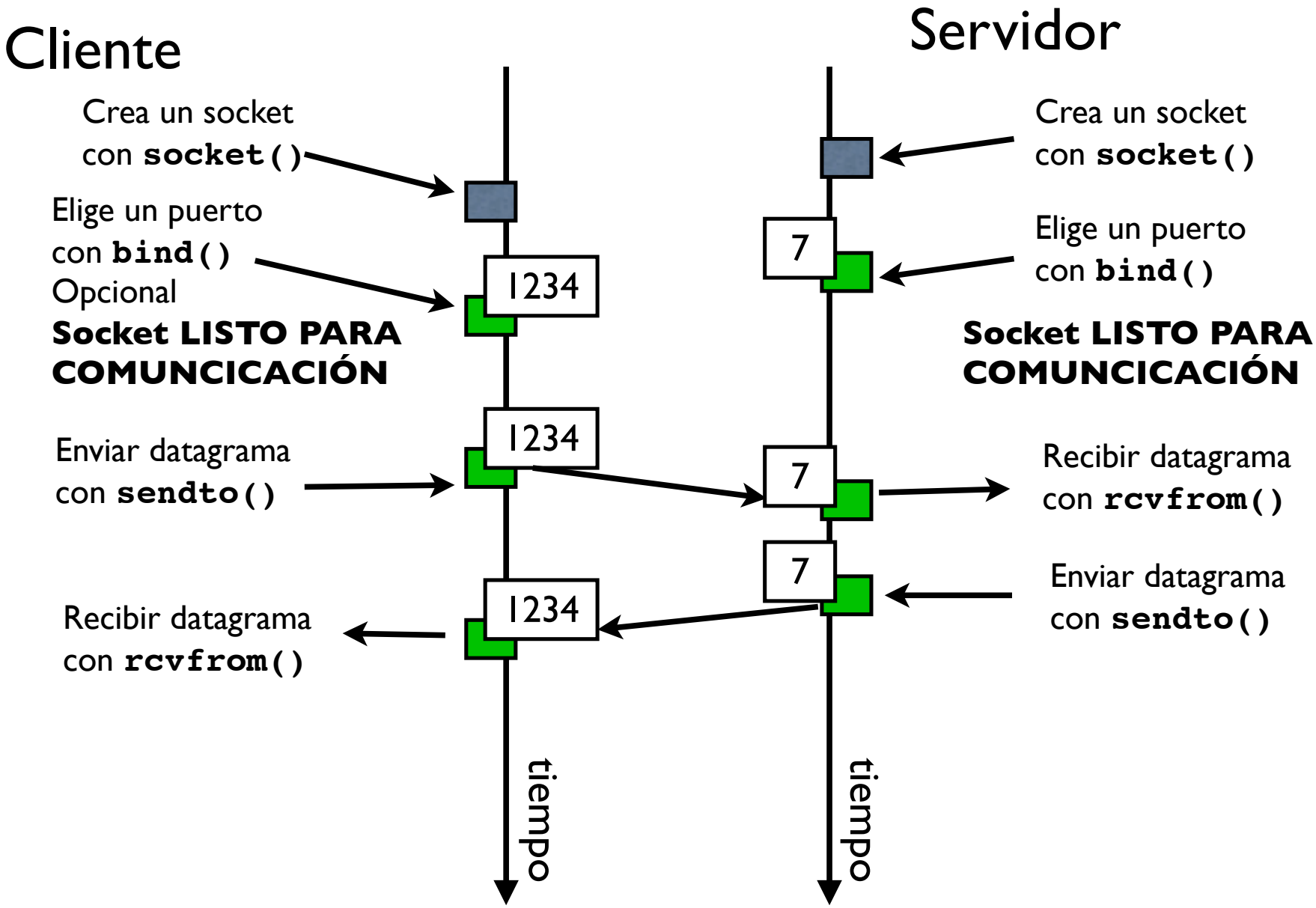
    como usamos UDP para esto??

Sockets UDP

- Servicio no orientado a Conexión.

  No hace falta establecimiento
  - Preparación del socket más simple
- El mismo socket se puede usar para recibir y enviar a varios sockets remotos
  - La sincronización de cuándo tengo que enviar o recibir dependerá del protocolo de aplicación que construyamos
- Aparte UDP se puede usar para otros usos eminentemente no conection oriented
  - Uno a varios
  - Multicast y broadcast

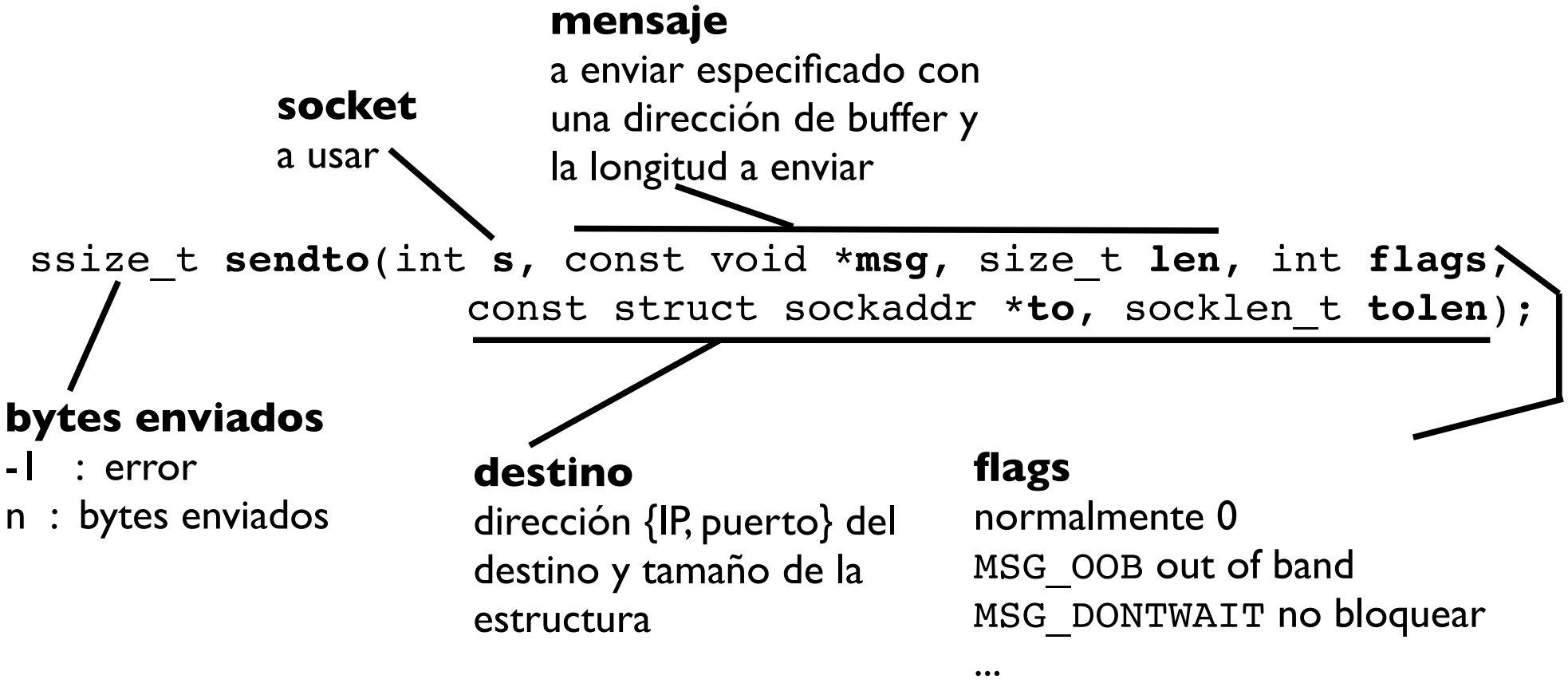
Sockets UDP: operaciones



Sockets UDP: envío

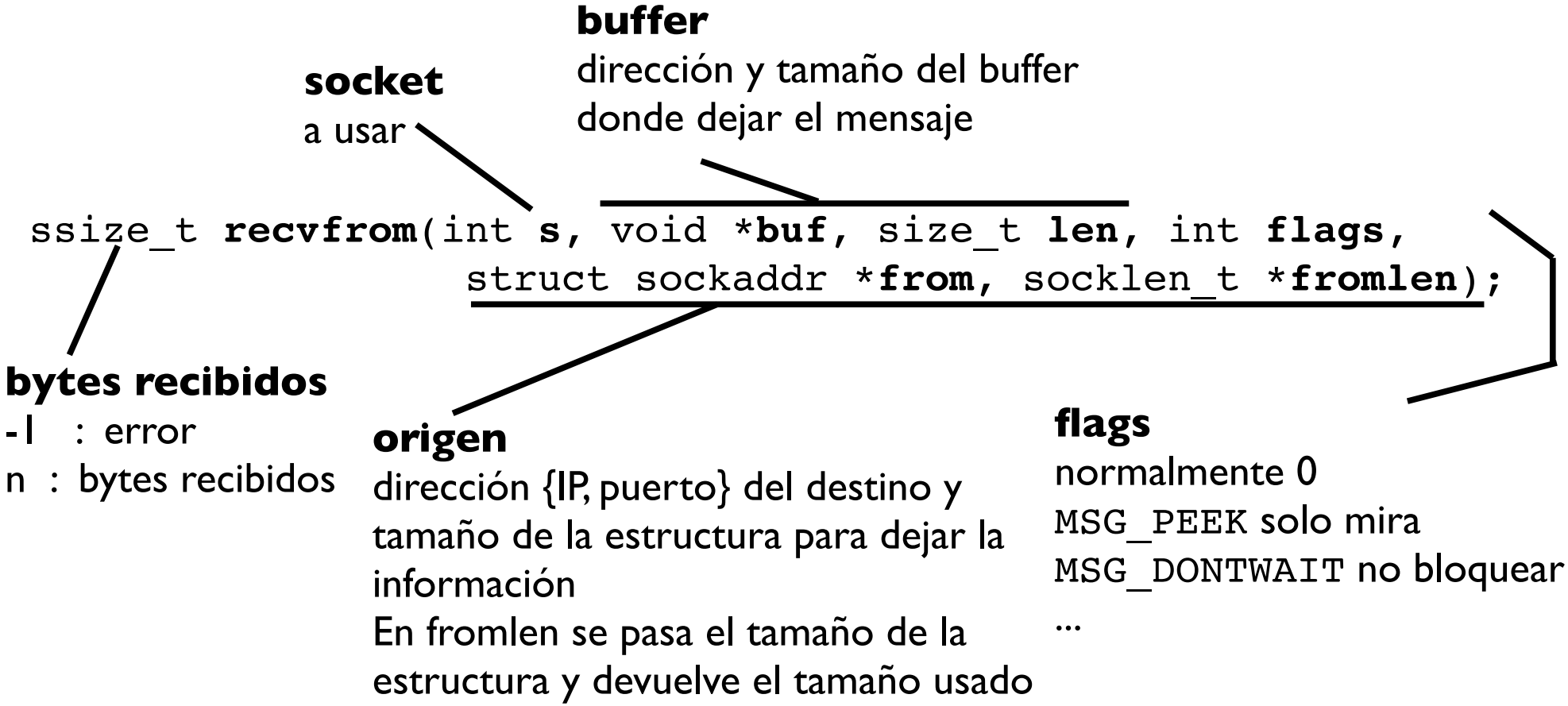
- Función `sendto()`

  Envía este mensaje a este socket {IP, puerto}



Sockets UDP: recepción

- Función `recvfrom()`
  Recibe el siguiente datagrama



Servidores UDP

- Servidores sin estado
  - No hay accept() al llegar una petición de un cliente la atendemos y nos olvidamos
- El mismo socket para atender a varios clientes

Servidor UDP

- Recibimos datagramas y enviamos respuestas

```
int socket;
struct sockaddr_in direccion;
void *buffer;
int direccionlen, buflen, recibidos;
while (1) {
    direccionlen = sizeof(direccion);
    recibidos = recvfrom(socket,buffer,buflen,0,
                (struct sockaddr *)&direccion, &direccionlen);

    aenviar =
       respuesta_al_cliente( buffer, recibidos, direccion );
    /* la respuesta se construye en el buffer */
    sendto(socket,buffer,aenviar,0,
                (struct sockaddr *)&direccion, &direccionlen);
}
```

- Y esto es iterativo o concurrente ???

Ejemplo: servidor de ECHO UDP

- Socket de tipo SOCK_DGRAM
- bind en el puerto indicado

```
int main (int argc, char * argv[]) {
    int sock;
    int puerto;
    struct sockaddr_in servidor,cliente;
    int dirlen;
    char buf[2000];
    int leidos;


    if (argc<=1) puerto=1234;
    else sscanf(argv[1],"%d",&puerto);
    printf("puerto %d\n",puerto);

    servidor.sin_family=AF_INET;
    servidor.sin_port=htons(puerto);
    servidor.sin_addr.s_addr=INADDR_ANY;

    sock=socket(PF_INET,SOCK_DGRAM,0);
    if (bind(sock,(struct sockaddr *)&servidor,sizeof(servidor))==-1) {
        printf("Error: no puedo coger el puerto\n");
        exit(-1);
```

el buffer para recibir y construir respuestas

Socket + bind

Ejemplo: servidor de ECHO UDP

- esperamos recibir y enviamos respuesta
- para hacer ECHO la respuesta es lo recibido

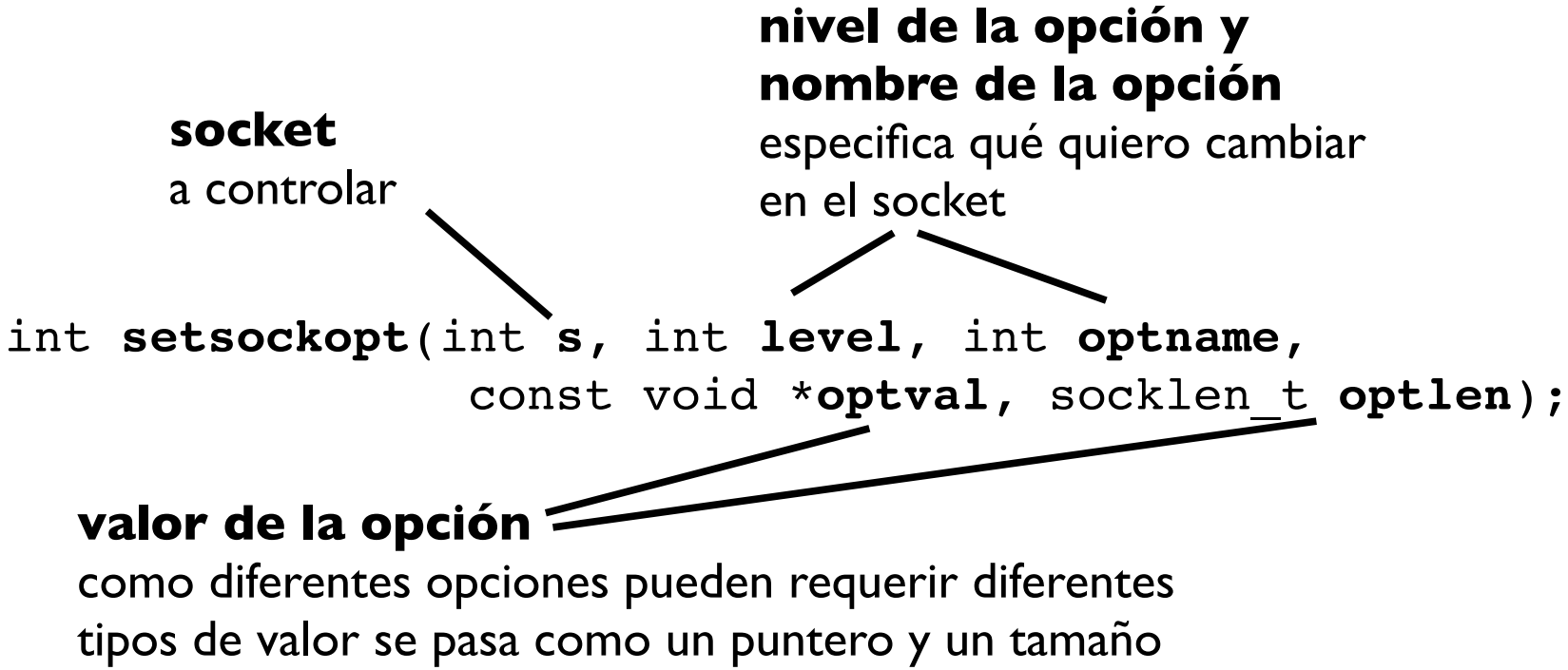
```
int puerto;

sock=socket(PF_INET,SOCK_DGRAM,0);
if (bind(sock,(struct sockaddr *)&servidor,sizeof(servidor))==-1) {
    printf("Error: no puedo coger el puerto\n");
    exit(-1);
}

while(1) {
    dirlen=sizeof(cliente);
    /* Recibir 1 paquete */
    leidos=recvfrom(sock,buf,2000,0,(struct sockaddr *)&cliente,&dirlen);
    printf("Contestado 1 paquete de %x\n",ntohl(cliente.sin_addr.s_addr));
    /* Devolver el paquete */
    if (leidos>0)
        sendto(sock,buf,leidos,0,(struct sockaddr *)&cliente,dirlen);
}
}
```

recibir

enviar

Controlar opciones de los sockets

- Funcion `setsockopt()`
  Especifica valores de opciones en un socket



- Hay `getsockopt()` para leer los valores

Opciones

- Permiten cambiar el comportamiento de los niveles de protocolos inferiores usados por el socket
- Algunos ejemplos:

Nivel	Opción	Efecto
SOL_SOCKETS	**SO_SNDBUF**	Elige el tamaño del buffer de envío del nivel de transporte del socket
	SO_RCVBUF	Elige el tamaño del buffer de recepción del nivel de transporte del socket
	SO_BROADCAST	Permite el uso de envio Broadcast en un socket. Solo se puede usar con sockets UDP

Usando el DNS

- Función gethostbyname()
  - Pregunta al resolver cual es la dirección IP asociada al nombre **name**

    `struct hostent *`**`gethostbyname`**`(const char *`**`name`**`);`
  - El resultado es una estrcutura `struct hostent`

    Contiene todos las IPs asociadas a ese nombre

```
struct  hostent {
        char    *h_name;        /* official name of host */
        char    **h_aliases;    /* alias list */
        int     h_addrtype;     /* host address type */
        int     h_length;       /* length of address */
        char    **h_addr_list;  /* list of addresses from name server */
};
#define h_addr  h_addr_list[0]  /* address, for backward compatibility */
```

Ejemplo: gethostbyname

- Programa para buscar un nombre

  `$ busca www.tlm.unavarra.es`

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>

#include <netdb.h>


int main(int argc,char *argv[]) {
    char *nombreabuscar;
    struct hostent *resultado;

    if (argc<=1) {
       nombreabuscar="www.tlm.unavarra.es";
    } else {
       nombreabuscar=argv[1];
     }
```

include necesario para gethostbyname()

Leemos el nombre de la linea de comandos

Ejemplo: gethostbyname

- Llamada a gethostbyname()
  + interpretar el resultado

```
    if (argc<=1) {
        nombreabuscar="www.tlm.unavarra.es";
    } else {
        nombreabuscar=argv[1];
     }

    /* Pedimos la resolucion del nombre */
     resultado = gethostbyname( nombreabuscar );
     if (resultado == NULL) {
         printf("No he podido resolver el nombre\n");
         exit(-1);
     }

    /* Imprimimos el resultado */
     printf(" Nombre: %s \n Dir IP: 0x%X \n -------------- \n",
                          nombreabuscar,  *(int*) (resultado->h_addr_list[0])   );

     printf(" Nombre: %s \n Dir IP: %s \n",
                          nombreabuscar,  inet_ntoa( *(struct in_addr *)(resultado->h_addr) )   );

}
```

gethostbyname()
NULL = no encontrado

convirtiendo el resultado a entero

inet_ntoa() para convertir el resultado a cadena

Conclusiones

- Sockets UDP controlados
- Cambiar opciones de sockets
- Usar el DNS para obtener una IP

- +*Sockets TCP en días anteriores*
- =*Ya sabemos como usar los servicios de la red*
- ¿Como proporcionan los servicios TCP y UDP?

- Próxima clase: **Nivel de Transporte**

En resumen

- El nivel de aplicación en Internet está formado por los protocolos de nivel de los diferentes servicios
- Filosofías para organizar las aplicaciones cliente-servidor, P2P
- Los protocolos de aplicación se construyen sobre sockets que permiten acceder a los protocolos de transporte del SO
- Servicios que ofrecen TCP/UDP a las aplicaciones
- Sockets UDP controlados
- Usar el DNS para obtener una IP

  +Sockets TCP en días anteriores

  =Ya sabemos como usar los servicios de la red
- Pero... ¿Como están construidos TCP y UDP?¿Qué hay debajo?
- Próximo tema: Nivel de Transporte