PARTE F

Livello Trasporto e socket

Modulo 1:
Tool livello trasporto

Comunicazioni di rete

- **Per comunicare in rete, un'applicazione utilizza i protocolli implementati dal sistema operativo**
  - Tcp
  - Udp
  - Icmp / Ip (raramente, richiede privilegi particolari)
- **Le *socket*** sono l'astrazione attraverso cui l'applicazione può accedere a tali protocolli
  - la ***API*** definita dalle ***socket BSD*** è quella da hanno avuto origine le attuali system call disponibili nei sistemi operativi Unix/Linux

Socket statistics - ss

Socket statistics (ss) è una delle applicazioni che permette di visualizzare e analizzare le socket utilizzate dal sistema

Sostituisce il precedente comando ***netstat***, comunque ancora spesso disponibile sulle distribuzioni GNU/Linux

- connessioni TCP aperte
- porte in ascolto
- numerosi dettagli sulle informazioni di cui sopra, ad esempio:
  - protocollo impiegato
  - processi che stanno gestendo le connessioni
  - indirizzi IP e porte in uso
- possibilità di eseguire query complesse

Uso di ss

ss [-tuelanp] [query]

- **-t** : mostra connessioni TCP
- **-u** : mostra connessioni UDP
- **-e** : mostra informzioni aggiuntive
- **-l** : mostra le socket in stato “listen”
- **-a** : mostra le socket in qualsiasi stato esse siano
- **-n** : non effettua la risoluzione DNS degli indirizzi e delle porte “note”
- **-p** : mostra il programma associato alla connessione

Netcat

Netcat (nc) è un comando che permette di scambiare messaggi arbitrari impiegando i protocolli TCP e UDP.

Client: aprire una connessione verso un server

```
nc [-options] <hostname> <port>
```

Server: aprire una connessione in ascolto (server)

```
nc [-options] -l -p <port>
```

NB: nell'implementazione BSD la sintasssi e alcune funzionalità potrebbero essere diverse (ad esempio, non è richiesto l'uso di -p per indicare la porta lato server)

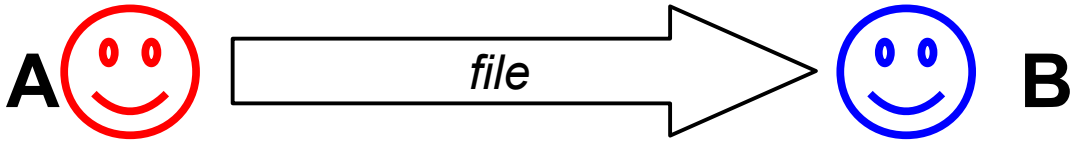
Netcat

Alcune delle opzioni più utilizzate:

- *Sia client che server:*
  - **`-u`** : utilizza il protocollo UDP al posto di TCP
  - **`-v`** : verbose output
  - **`-n`** : non effettua risoluzioni o reverse lookup DNS
  - **`-U`** : impiega una socket unix
-
- *Solo client:*
  - **`-s <ipaddress>`** : forza l'indirizzo IP sorgente indicato
  - **`-p <port>`** : forza l'uso della porta sorgente indicata

Trasferire file con Netcat

Alcuni esempi d'uso per inviare file tramite netcat:



- Usare la ridirezione I/O per inviare file in rete

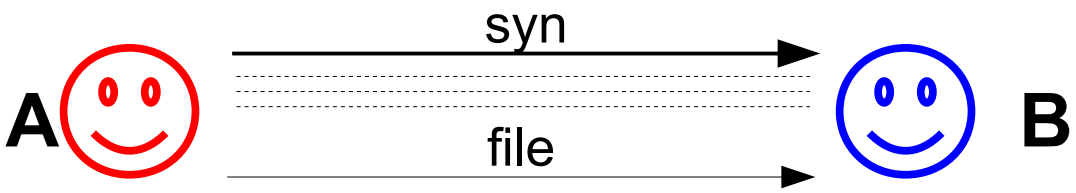
```
B: nc -l -p <port> > <new_filename>
A: nc <ip-B> <port> < <filename>
```

- Usare pipes per ridirezione gli output di altri comandi

```
A: cat <filename> | nc <ip-B> <port>
A: tar cz <filename> | nc <ip-B> <port>
B: nc -l -p <port> | tar xz
```

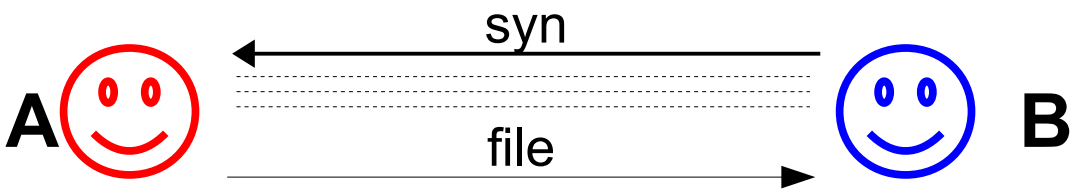
- *NB: si può usare l'opzione **-q** <n> per chiudere la connessione dopo <n> secondi dal momento in cui nc incontra un EOF, ma potrebbe non servire con alcune implementazioni di nc*

Trasferire file con Netcat

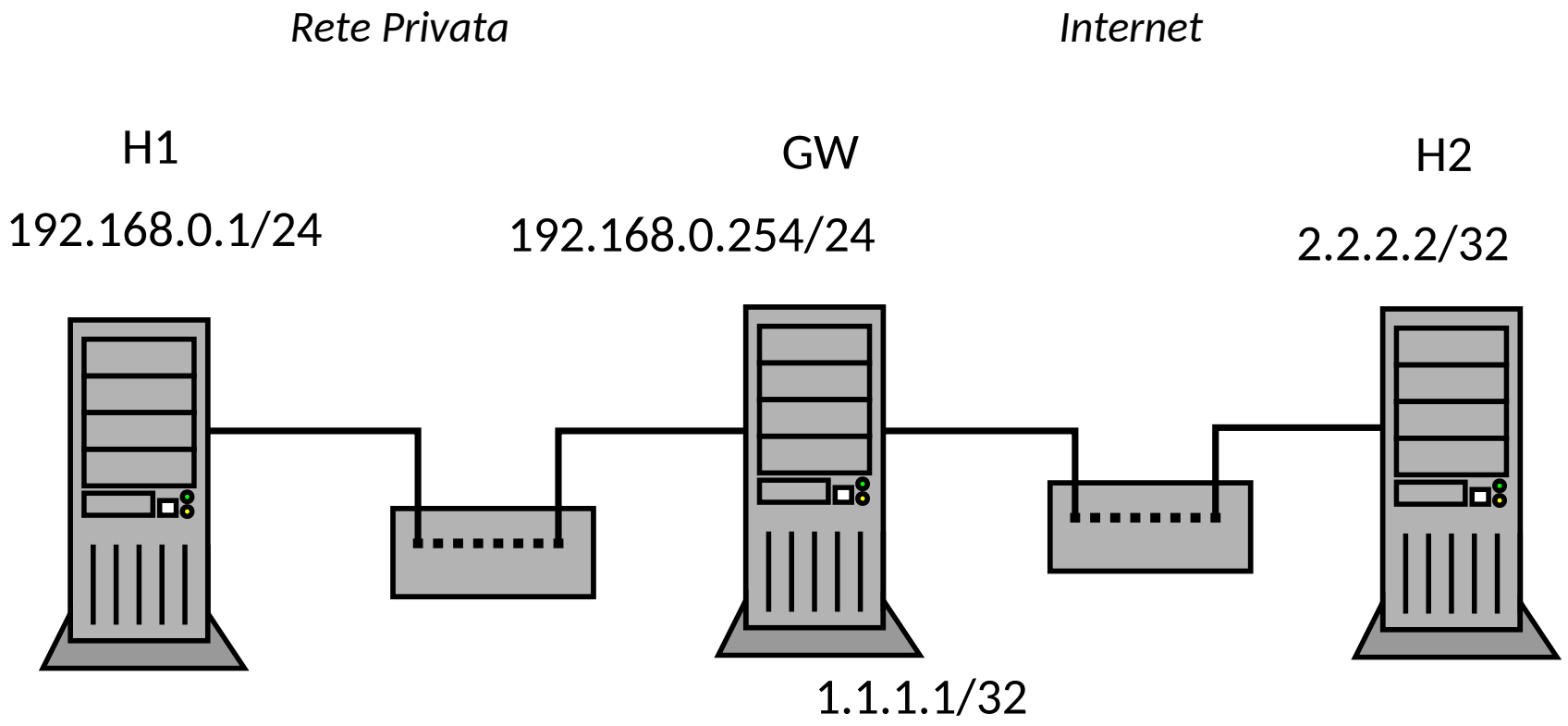


- I casi precedenti assumono la presenza di un server nc (o analogo) in ascolto. Ovvero, chi inizializza la connessione è chi sta per inviare il file. Per invertire lo situazione (comodo se chi deve ricevere è sotto *nat*):

```
A: nc -q <n> -l -p <port> < <filename>
B: nc -q <n> <ip-A> <port> > <new_filename>
```



Esercizio



GW effettua source natting dei pacchetti provenienti dalla rete privata.
Senza utilizzare ulteriori regole di natting, trasferire un file utilizzando netcat:

1) da H1 a H2
2) da H2 ad H1

Creazione di un file

- **Usiamo il comando dd**

dd if=/dev/zero of=file.bin bs=1024 count =1024

- **Abbiamo creato un file di 1MB pieno di byte con valore 0**

ls -lh

-rw-r--r-- 1 root root 1.0M [...] file.bin

Copia da H1 a H2

- **Chiamiamo fileH1.bin il file su H1**
- **Su H2 mettiamo il server in ascolto**

nc -l -p 8080 | tar xzv &

- **Controlliamo di avere il server in ascolto**

ss -ltn

- **Facciamo partire il trasferimento da H1**

tar cz fileH1.bin | nc 2.2.2.2 8080 -q1

- **Verifichiamo il risultato**
  - Su H2 compare il file fileH1.bin
  - Con il comando md5sum si vede che i file sono identici

Copia da H2 a H1

- **Chiamiamo fileH2.bin il file su H2**
- **I ruoli di client e server devono restare gli stessi, ma con flusso dati inverso**
- **Su H2 mettiamo il server in ascolto**

nc -l -p 8080 -c “tar cz fileH2.bin”&

- **Facciamo partire il trasferimento da H1**

nc 2.2.2.2 8080 | tar xz

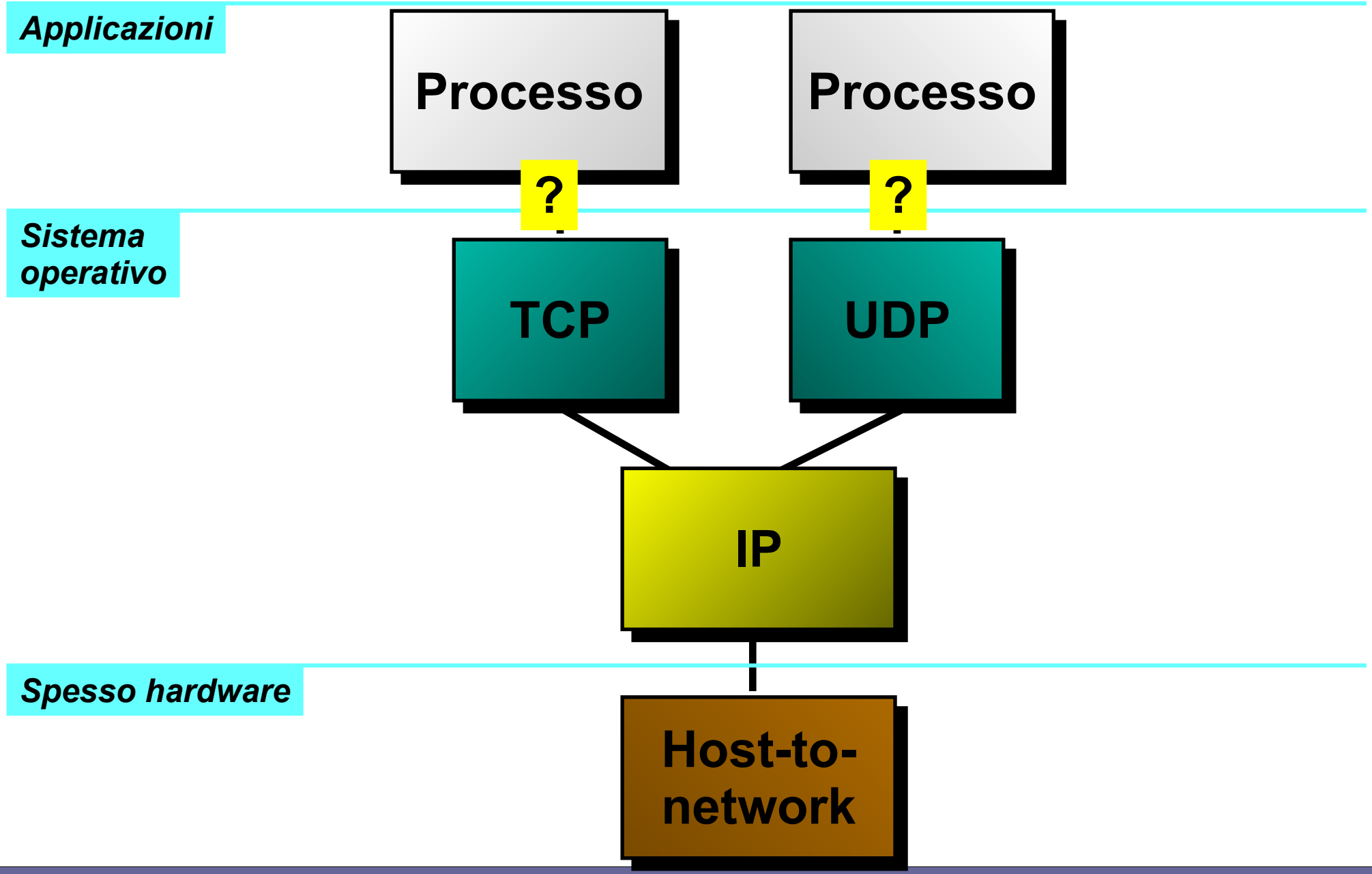
- **Verifichiamo il risultato**
  - Su H1 compare il file fileH2.bin

Modulo 2: Introduzione al Socket programming

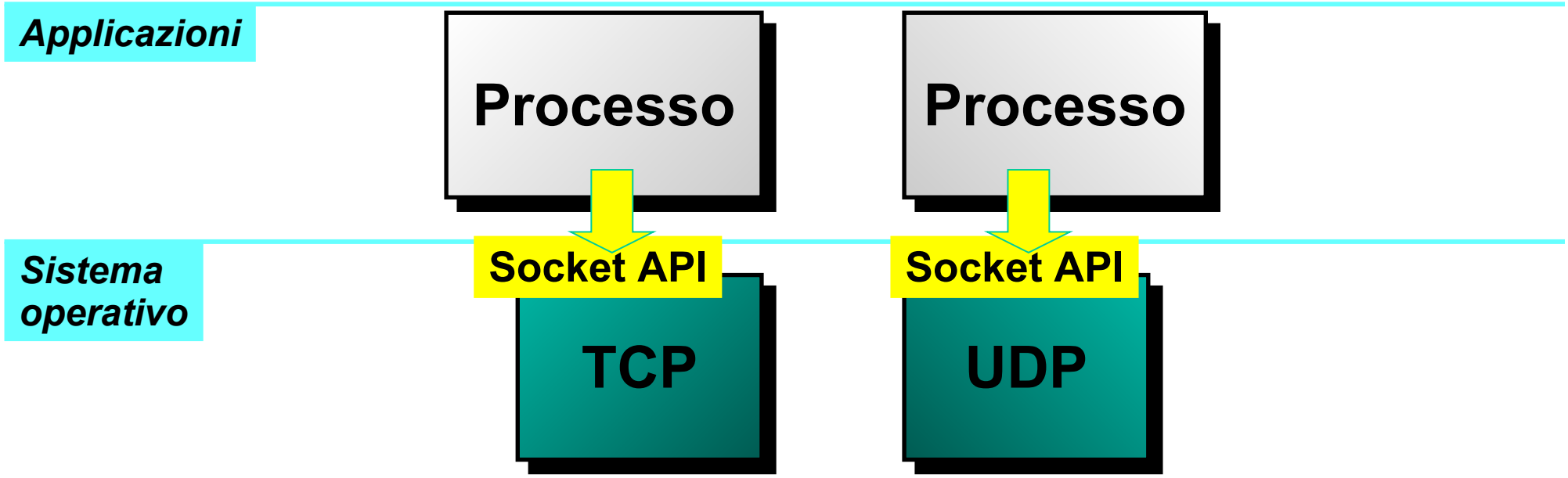
Interazione protocollo di trasporto con applicazioni

- **Il client ed il server utilizzano un protocollo di trasporto (TCP o UDP) per comunicare**
- **Il software di gestione del protocollo di trasporto si trova all'interno del Sistema Operativo**
- **Il software dell'applicativo (e.g., il processo HTTP) si trova all'esterno del Sistema Operativo**

Come si riesce a passare dallo spazio applicativo allo spazio kernel?



Il sistema operativo mette a disposizione delle socket API



Si utilizza un meccanismo che svolge il ruolo di ponte tra Sistema Operativo e applicativo di rete: *Application Program Interface* (API)

Application Program Interface

- **E’ parte del Sistema Operativo**
- **Consente ai processi applicativi di utilizzare i protocolli di rete, definendo:**
  - Le operazioni consentite
  - Gli argomenti per ciascuna operazione

- **Socket API**
  - Definiti inizialmente per **BSD Unix** (B=Berkeley) per utilizzare i protocolli TCP/IP
  - Ora divenuti uno standard industriale, disponibile su vari Sistemi Operativi

Socket

- **I socket sono delle Application Programming Interface (API) che consentono ai programmatori di gestire le comunicazioni tra processi**
- **A differenza degli altri costrutti di comunicazione (*pipe*, *code di messaggi* e *memoria condivisa*), i socket consentono la comunicazione tra processi che possono risiedere su host diversi, e dunque costituiscono lo strumento di base per realizzare servizi di rete**

- **In pratica, consentono ad un programmatore di effettuare trasmissioni TCP e UDP senza curarsi dei dettagli "di più basso livello" che sono uguali per ogni comunicazione (*three-way handshaking*, *finestre*, *buffer*,...)**

Socket

- **Provvedono un interfacciamento verso il protocollo sottostante a livello di trasporto**

  STREAM: TCP

  DATAGRAM: UDP

- **Provvedono un interfacciamento direttamente verso lo strato RETE: *RAW SOCKET***

- **Si utilizzano in ambiente Linux/Unix in modo simile ai file per I/O**

Socket in BSD Unix

- **Socket: crea un punto di comunicazione**
- **Bind: associa un indirizzo locale ad un socket**
- **Listen: si rende disponibile ad accettare connessioni**
- **Accept: si mette in attesa di una richiesta di connessione**
- **Connect: tenta di stabilire una connessione**
- **Write: invia dati sulla connessione**
- **Read: riceve dati dalla connessione**
- **Close: chiude la connessione**

Fasi di una comunicazione

- **Dichiarazione al sistema operativo che si intende instaurare una connessione con specifica delle caratteristiche**
- **Apertura della connessione (differente dal lato server rispetto al lato client):**
    - il server assume di definire la connessione prima del client, e rimane in attesa che il client si connetta alla porta specificata
    - il client assume che il server sia già attivo e prova a connettersi specificando indirizzo e porta del server
- **Scambio di dati bidirezionale (trasmissione e ricezione)**
- **Chiusura della connessione**

Interfaccia Socket

- **Socket**
  - astrazione del sistema operativo (non hardware)
  - creato dinamicamente
  - persiste soltanto durante l'esecuzione dell'applicazione
  - identificato tramite un descrittore (concetti di UNIX I/O)
- **Descrittore**
  - un intero
  - uno per ogni socket attivo
  - significativo soltanto per l'applicazione che possiede il socket

Interfaccia Socket

- **Funzionalità di socket**
  - struttura socket completamente generale
  - Il socket può essere usato:
    - dal client
    - dal server
    - con un protocollo di trasporto orientato alla connessione (TCP)
    - con un protocollo di trasporto privo di connessione (UDP)
    - per inviare, ricevere dati

Operazioni con socket

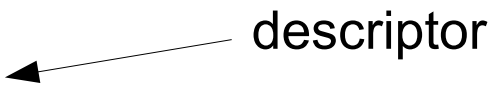
- **creazione**

descriptor = socket(protofamily, type, protocol)

  - descriptor: è un intero
  - protofamily: PF_INET per Internet
  - type: SOCK_STREAM o SOCK_DGRAM

- **chiusura**

close (socket)



- **binding (usata dal server per fornire un numero di porta)**

bind(socket, localaddr, addrlen)

Operazioni con socket

- **ascolto**

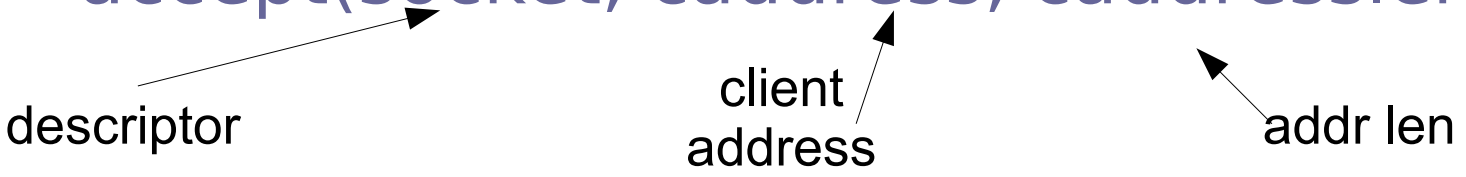
listen(socket, queuesize)

  - usata dal server per preparare il socket a ricevere una connessione
  - il SO costruisce una coda di richieste per ciascun socket

Operazioni con socket

- **accettazione di una nuova richiesta di connessione**

newsock = accept(socket, caddress, caddresslen)

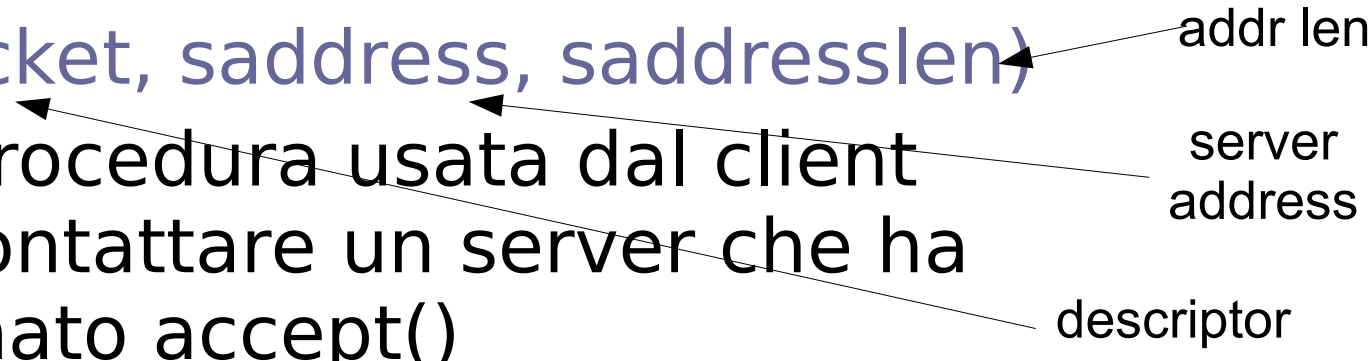


  - usata dal server: attende nuova connessione (anche in coda) e crea un nuovo socket
  - chiamata successivamente a socket() e bind() da un server che un usa un protocollo di trasporto orientato al servizio
  - la struttura caddress e caddresslen sono riempite da accept()
  - newsock: descrittore del nuovo socket

Operazioni con socket

- **instaurazione di una connessione**

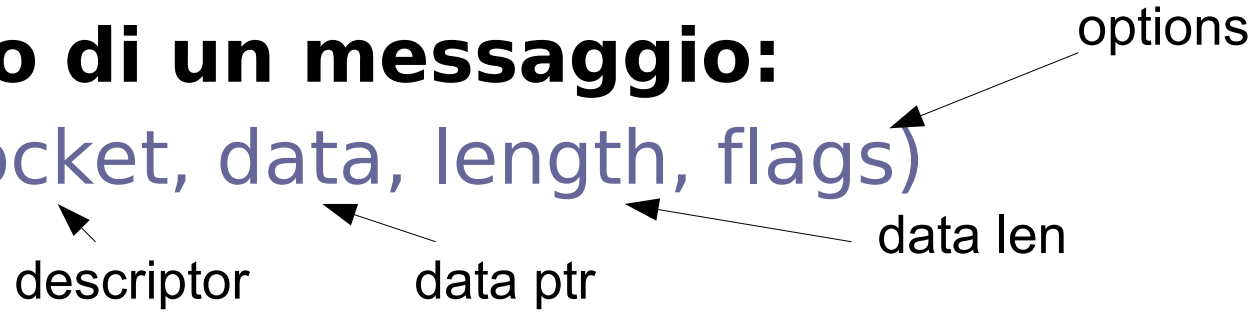
connect(socket, saddress, saddresslen)



  - è la procedura usata dal client per contattare un server che ha chiamato accept()
  - protocollo orientato alla connessione: connect() inizia la connessione
  - protocollo privo di connessione: connect() segna il socket come connessa e registra l'indirizzo del server

- **invio di un messaggio:**

send(socket, data, length, flags)



Programmazione con socket TCP

Il client deve contattare il server

- **il processo server deve essere in esecuzione**
- **il server deve aver creato il socket su cui accettare il contatto del client**

Il client contatta il server

- **creando un socket TCP locale al client**
- **specificando l'indirizzo IP e il numero di porta del processo server**

- **Quando il** client crea il socket**: il client instaura la connessione al server TCP**
- **Quando è contattato dal client, il** server TCP crea un nuova istanza di socket **per far comunicare il processo server con il client**

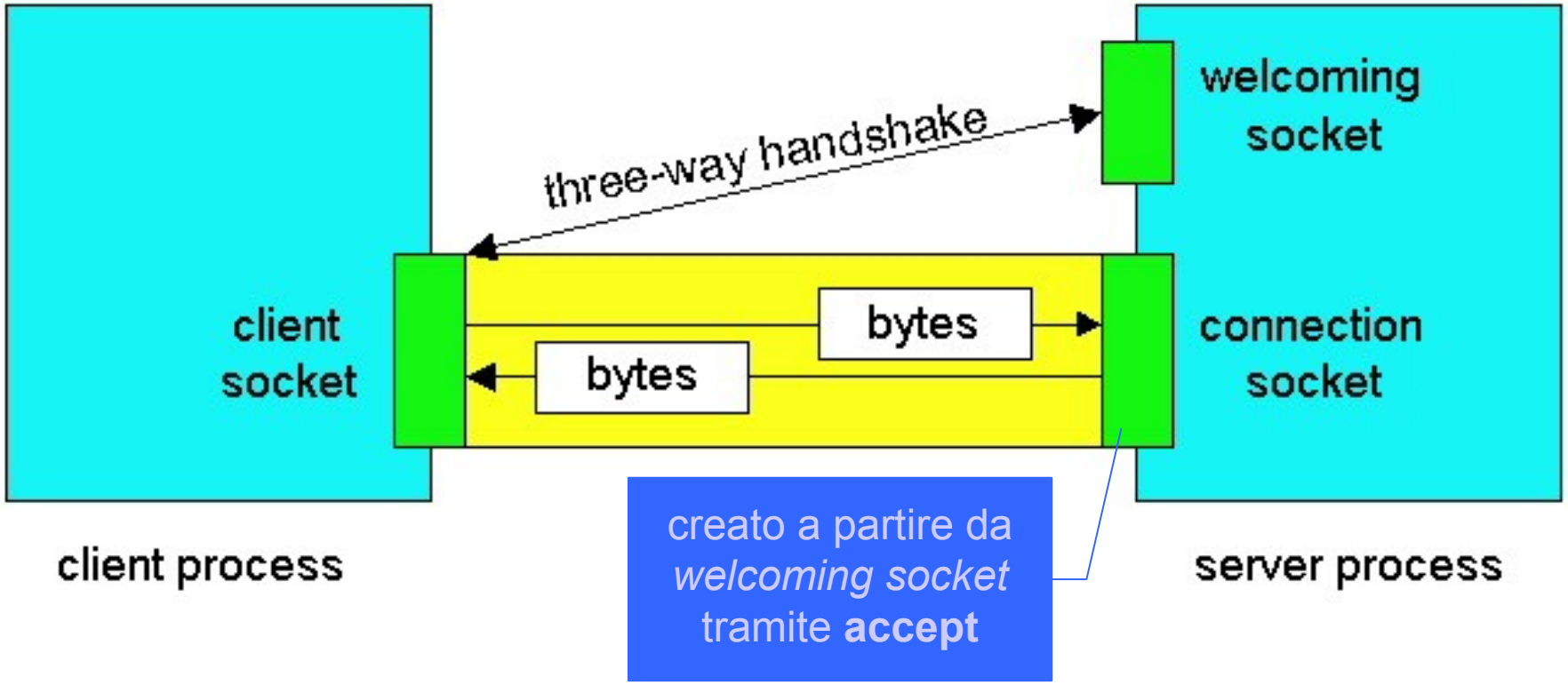
Punto di vista dell'applicazione

TCP fornisce un trasferimento di byte (pipe) affidabile, in sequenza, tra client e server

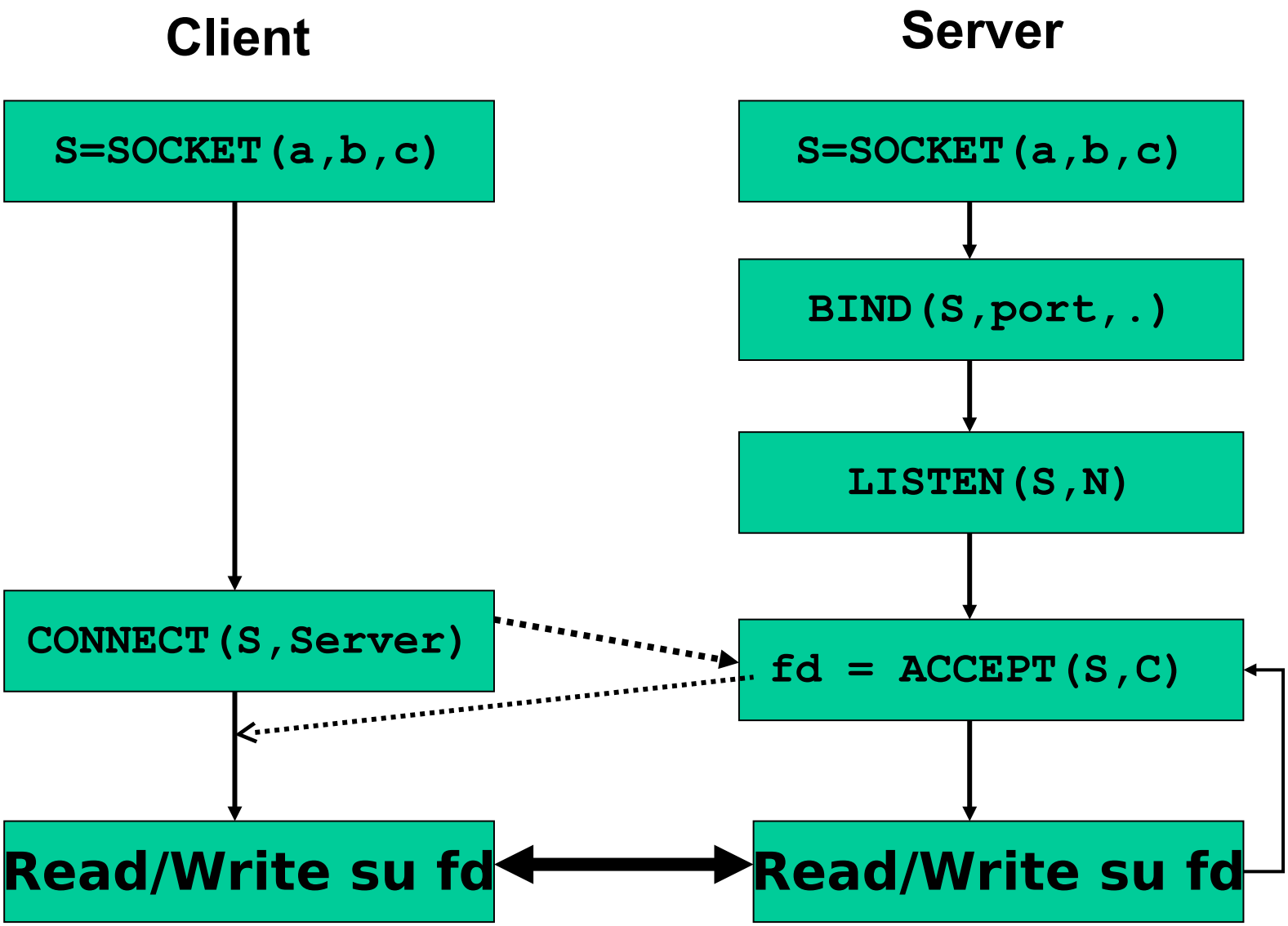
Programmazione con socket TCP

Per l'applicazione:

- la connessione TCP è un collegamento diretto tra il socket del client ed il socket di connessione del server
- il client può inviare i byte nel suo socket: TCP garantisce che il server riceverà (tramite il socket di connessione) ogni byte nello stesso ordine in cui è inviato



Sequenza dei socket STREAM



Socket e network programming

- **Allo stato attuale, in nessun corso della Laurea o Laurea Specialistica si approfondirà l'importante (e complessa) tematica del network programming**
- **Per saperne un po' di più …**

D.E. Comer, "Computer Networks and Internet" (third edition), Prentice Hall, 2001

- **Per sapere tutto su …**

W.R. Stevens, "Unix Network Programming", (vol. 1, second edition), Prentice Hall, 1998

NUOVA EDIZIONE SU LINUX: Comer, Stevens (third ed.)

Modulo 3
Esempio

Lato server

```
/* A simple server in the internet domain using TCP
   The port number is passed as an argument */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>

void error(char *msg)
{
    perror(msg);
    exit(1);
}
```

Lato server

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    int sockfd, newsockfd, portno, clilen;
    char buffer[256];
    struct sockaddr_in serv_addr, cli_addr;
    int n;
    if (argc < 2) {
        fprintf(stderr,"ERROR, no port provided\n");
        exit(1);
    }
    sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (sockfd < 0)
       error("ERROR opening socket");
```

Lato server

```
bzero((char *) &serv_addr, sizeof(serv_addr));
portno = atoi(argv[1]);
serv_addr.sin_family = AF_INET;
serv_addr.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
serv_addr.sin_port = htons(portno);
if (bind(sockfd, (struct sockaddr *) &serv_addr,
        sizeof(serv_addr)) < 0)
        error("ERROR on binding");
listen(sockfd,5);
clilen = sizeof(cli_addr);
```

Lato server

```
    newsockfd = accept(sockfd,
                (struct sockaddr *) &cli_addr,
                &clilen);
    if (newsockfd < 0)
         error("ERROR on accept");
    bzero(buffer, 256);
    n = read(newsockfd, buffer, 255);
    if (n < 0) error("ERROR reading from socket");
    printf("Here is the message: %s\n",buffer);
    n = write(newsockfd, "I got your message",18);
    if (n < 0) error("ERROR writing to socket");
    return 0;
}
```

Lato client

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <netdb.h>

void error(char *msg)
{
    perror(msg);
    exit(0);
}
```

Lato client

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    int sockfd, portno, n;
    struct sockaddr_in serv_addr;
    struct hostent *server;
    char buffer[256];
    if (argc < 3) {
       fprintf(stderr,"usage %s hostname port\n", argv[0]);
       exit(0);
    }
    portno = atoi(argv[2]);
    sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (sockfd < 0)
        error("ERROR opening socket");
```

Lato client

```
server = gethostbyname(argv[1]);
if (server == NULL) {
    fprintf(stderr,"ERROR, no such host\n");
    exit(0);
}
bzero((char *) &serv_addr, sizeof(serv_addr));
serv_addr.sin_family = AF_INET;
bcopy((char *)server->h_addr,
     (char *)&serv_addr.sin_addr.s_addr,
     server->h_length);
serv_addr.sin_port = htons(portno);
```

Lato client

```
    if (connect(sockfd,&serv_addr,sizeof(serv_addr)) < 0)
        error("ERROR connecting");
    printf("Please enter the message: ");
    bzero(buffer,256);
    fgets(buffer,255,stdin);
    n = write(sockfd,buffer,strlen(buffer));
    if (n < 0)
         error("ERROR writing to socket");
    bzero(buffer,256);
    n = read(sockfd,buffer,255);
    if (n < 0)
         error("ERROR reading from socket");
    printf("%s\n",buffer);
    return 0;
}
```

Verifica del funzionamento

Server

$ ./server 1025

Here is the message:
messaggio di prova

Client

$ ./client localhost 1025

Please enter the message: messaggio di prova

I got your message

Cosa succede durante l'esecuzione

- **Il server si pone in ascolto**
  - Uso di netstat o ss per vedere le porte usate
- **Il client si connette**
  - Uso di un analizzatore di rete (e.g. tcpdump o wireshark) per osservare il three-way handshake
- **Il client scambia dati**
  - Osservabile sempre con un analizzatore di rete
- **Cosa succede se il client tenta di connettersi senza che ci sia un server?**