TIN
Techniki Internetowe
lato 2018

Grzegorz Blinowski

Instytut Informatyki

Politechniki Warszawskiej

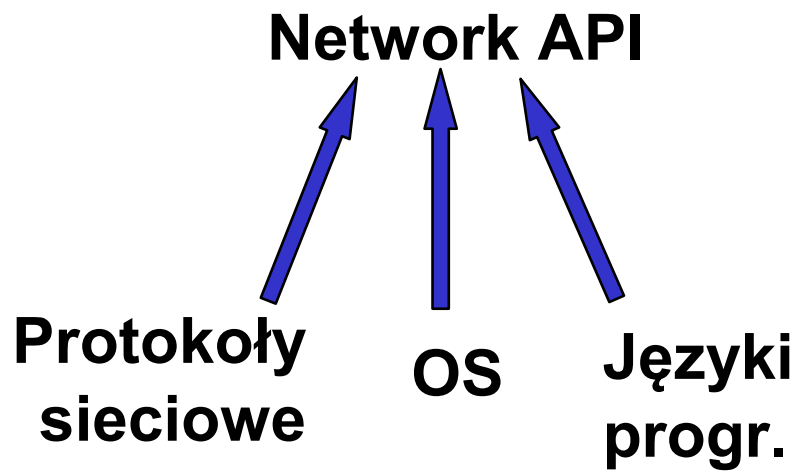
Plan wykładów

2	Intersieć, ISO/OSI, protokoły sieciowe, IP
3	Protokół IP i prot. transportowe: UDP, TCP
4	**Model klient-serwer, techniki progr. serwisów**
5	Protokoły aplikacyjne: telnet, ftp, smtp, nntp, inne
6	HTTP
7, 8	HTML, XML
9, 10, 11	Aplikacje WWW, CGI, sesje, serwery aplikacji serwlety, integracja z backended SQL
12	Aspekty zaawansowane: wydajność, przenośność, skalowalność; klastering
13	XML, RDF, SOAP, WSDL, ontologie
14	Wstęp do zagadnień bezpieczeństwa (IPSec, VPN, systemy firewall) oraz aspekty kryptograficzne (DES, AES, RSA, PGP, S/MIME), tokeny i akceleracja sprzętowa

Gniazda BSD (sockets)

Gniazda BSD

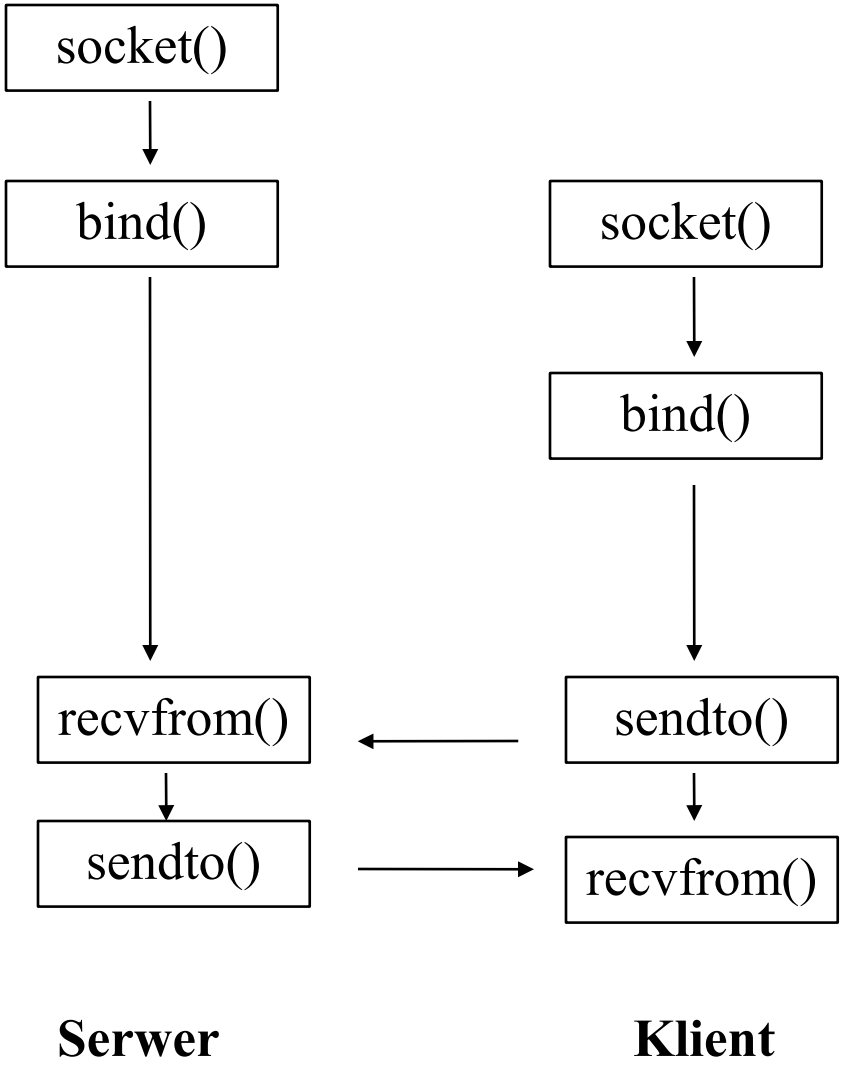
- API powinien być maksymalnie niezależny od systemu operacyjnego, protokołów, języków programowania
- Ciekawostka: oryginalny API sieciowy w Unixie (BBN - 1981) bazował wyłącznie na std. funkcjach open(), read(), etc.
- Po raz pierwszy interfejs gniazd wprowadzono w BSD Unix 4.1c (1982)



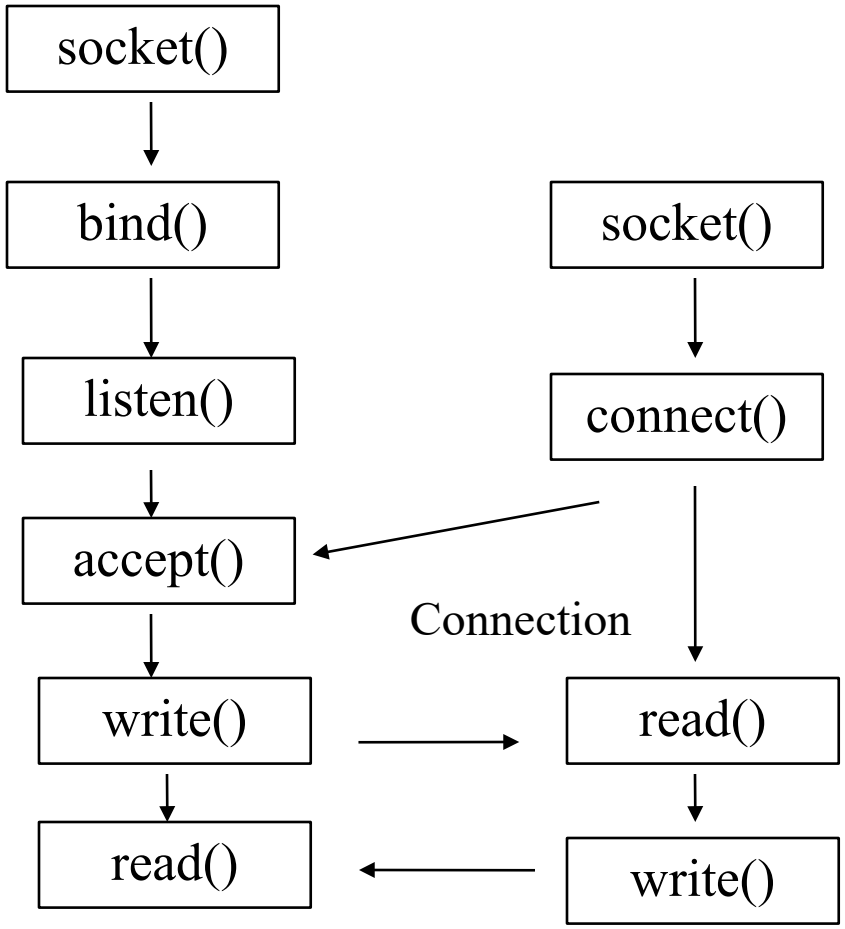
Standardowa wersja w BSD 4.3 - 1986

BSD sockets prócz komunikacji TCP/IP obsługuje inne prot. oraz komunikację lokalną (“Unix Domain Sockets”)

Komunikacja UDP



Komunikacja TCP



API - nagłówki

Unix (zazwyczaj)

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

Windows (winsock)

```
#include <windows.h>
#include <sys/types.h>
#include <winsock.h>
```

Adresowanie

Adres generyczny - **sockaddr** - stosowany we wszystkich wywołaniach systemowych

Adresy poszczególnych rodzin - “inet”, “unix”, …

Stosuje się adres specyficzny dla rodziny rzutowany na generyczny

```
connect(sfd, (struct sockaddr*) &serv_addr,
   sizeof(serv_addr))
```

```
struct sockaddr {
        u_short sa_family;
        u_short sa_data[14];
}
```

```
struct sockaddr_in {
        short sin_family;
        u_short sin_port;
        struct in_addr sin_addr;
        char sin_zero[8];
}
```

```
struct in_addr {
        long int s_addr;
}
```

Budowanie adresów

Przykład I (adres/port zadany):

```
sock_addr.sin_family = AF_INET;
sock_addr.sin_addr.s_addr = inet_addr("192.168.1.1");
sock_addr.sin_port = htons(8000);
```

Przykład II (adres/port zostanie wyznaczony):

```
sock_addr.sin_family = AF_INET;
sock_addr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
sock_addr.sin_port = htons(0);
```

socket()

int socket (int *family*, int *type*, int *protocol*);

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
```

family: rodzina protokołów {AF_INET - TCP/IP, AF_UNIX - Unix Dom., ...}

type: rodzaj komunikacji

SOCK_STREAM	stream socket	TCP	(IPPROTO_TCP)
SOCK_DGRAM	datagram socket	UDP	(IPPROTO_UDP)
SOCK_RAW	raw socket	IP, ICMP	(IPPROTO_RAW, IPPROTO_ICMP)

protocol: wyznaczony przez family oraz type, chyba, ze SOCK_RAW

zwraca sukces: deskryptor gniazda (z rodziny deskryptorów plików)

błąd: -1

Np.:

```
If (( sockfd = socket (AF_INET, SOCK_STREAM, 0)) < 0)
    err_sys ("socket call error");
```

bind()

int **bind** (int *sockfd*, const struct sockaddr **saddr*, socklen_t *addrlen*);

bind przypisuje **lokalny** adres do gniazda

adres: 32 bit IPv4 + 16 bit port TCP lub UDP

sockfd: deskryptor gniazda zwrócony przez funkcje sys. **`socket()`**

*saddr: wskaźnik na strukturę z adresem

addrlen: wielkość adresu j.w.

zwraca sukces: 0

błąd: -1

Zastosowania: kilka różnych (głównie: "rejestracja" serwera)

Przykład:

```
If (bind (sd, (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof (servaddr)) != 0)
    errsys ("bind call error");
```

connect()

int **connect** (int sockfd, const struct sockaddr *servaddr, socklen_t addrlen);

connect zestawia (o ile to możliwe) połączenie TCP ze wskazanym serwerem, funkcja blokująca (do czasu nawiązania połączenia lub wystąpienia błedu)

adres: 32 bit IPv4 + a 16 bit port TCP lub UDP

sockfd: deskryptor gniazda zwrócony przez funkcję **`socket()`**

*saddr: wskaźnik na strukturę z adresem

addrlen: wielkość adresu j.w.

zwraca sukces: 0

błąd: -1

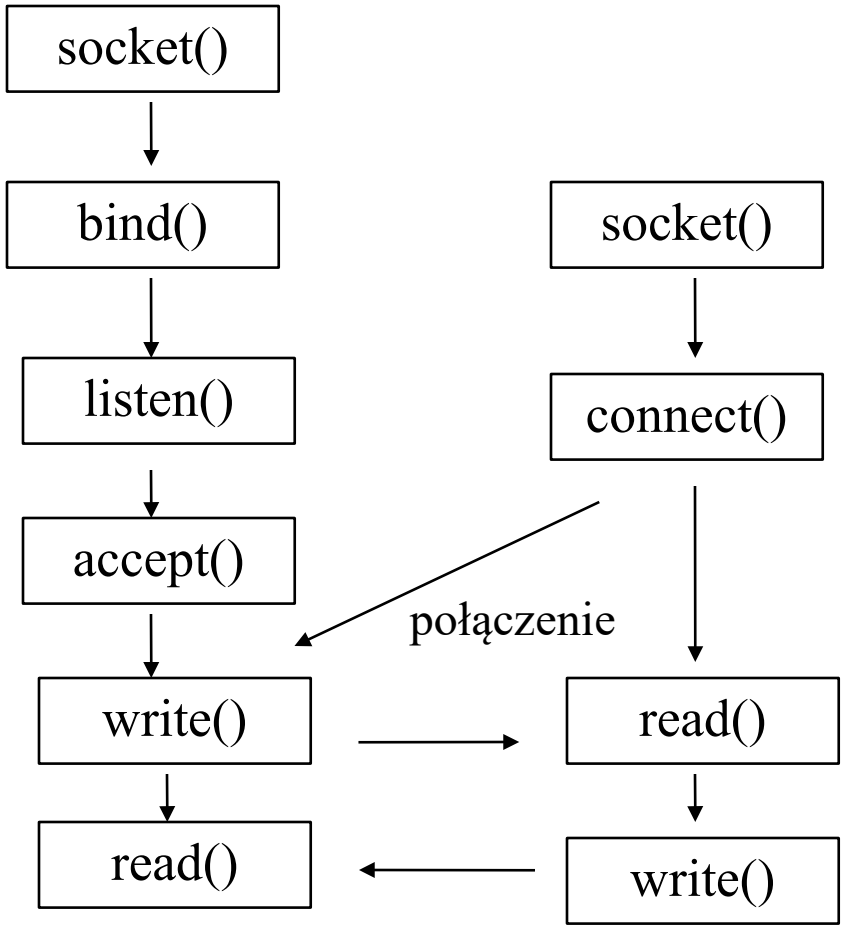
Przykład:

```
if ( connect (sockfd, (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof (servaddr)) != 0)
   err_sys("connect call error");
```

c.d. connect()

- Connect nie wymaga wywołania bind() - sam przydziela adres i port (efemeryczny)
- connect() ma też sens dla UDP:
  - zapamiętuje adres serwera - przydatne jeśli ma być wysłane wiele datagramów (send(), zamiast sendto())
  - pozwala na uzyskanie komunikatów o błędach (asynchronicznie)
- Typowe wartosci *errno* w wypadku wystąpienia błędu:
  - ETIMEDOUT
  - ECONNREFUSED
  - ENETNOTREACH
  - EISCONN

Komunikacja TCP



listen()

int **listen** (int *sockfd*, int *backlog*);

- Listen jest wywoływane **tylko przez serwer** TCP:
- Zamienia socket niepołączony w socket pasywny (nasłuchujący)
- sockfd: deskryptor gniazda zwrócony przez funkcje sys. **`socket()`**
- backlog - wyznacza maks. liczbę (jeszcze) nieodebranych połączeń, które mogą być skolejkowane w tym gnieździe
- W Linux backlog określa długość kolejki zestawionych połączeń, długość kolejki poł. niezestawionych określa parametr kernela:
  `/proc/sys/net/ipv4/tcp_max_syn_backlog` `(man 7 tcp)`

zwraca sukces: 0

błąd: -1

Przykład:

```
If (listen (sd, 32) != 0)
    errsys ("listen call error");
```

accept()

int **accept** (int *sockfd*, struct sockaddr **cliaddr*,
socklen_t **addrlen*);

- accept - funkcja blokująca do czasu odebrania połączenia
- powoduje przyjęcie wchodzącego połączenia sieciowego, zwracane jest w pełni zasocjowane gniazdo. Oryginalne gniazdo pozostaje w stanie półasocjacji.
- W przypadku gdy wiele połączeń oczekuje na "zaakceptowanie" wybrane zostaje pierwsze z czoła kolejki oczekujących (FIFO).

sockfd: deskryptor gniazda zwrócony przez funkcję **`socket`**

cliaddr: zwracany jest adres klienta

addrlen: długość adresu cliaddr, musi być ustawiony na długość bufora *cliaddr

zwraca sukces: deskryptor socketu

błąd: -1

accept() - serwer iteracyjny

Po powrocie accept może ponownie nasłuchiwać na "oryginalnym" gniezdzie, a gniazdo zwrócone powinno być wykorzystane do obsługi połączenia:

```
for (; ;){
   new_sfd=accept(sfd, …);          /* wcześniej socket, listen */
   if (newsfd<0) { ...    /* błąd! */
        exit(1); }
   Do(new_sfd);       /* obsłuż połączenie */
   close(new_sfd); /* zamknij gniazdo zasocjowane */
}
```

accept() - serwer współbieżny

Po powrocie accept może ponownie nasłuchiwać na "oryginalnym" gniezdzie, a gniazdo zwrócone powinno być wykorzystane do obsługi połączenia:

```
for (; ;){
   new_sfd=accept(sfd, …);          /* wcześniej socket, listen */
   if (newsfd<0) { ...              /* błąd! */
       exit(1); }
   if ( fork() == 0) {              /* proces potomny */
       close (sfd);                 /* zwolnij gniazdo nasłuchujące */
       Do(new_sfd);                 /* obsłuż połączenie */
       exit(0);                     /* koniec potomka */
   }
   close(new_sfd);                  /* rodzic tego nie potrzebuje! */
}
```

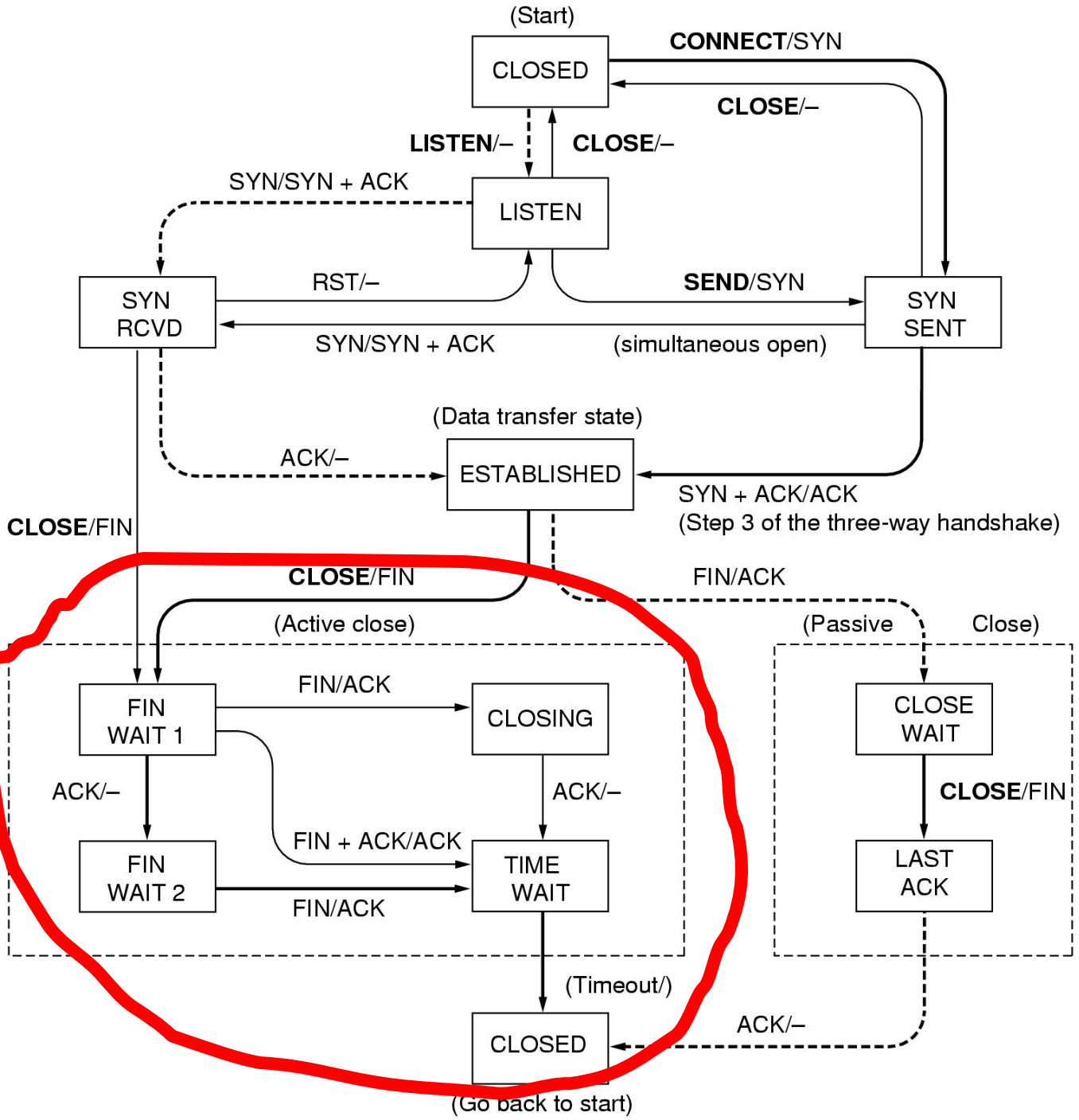
close()

int **close** (int *sockfd*);

- close gniazdo zostaje natychmiast zamknięte, funkcja nie blokuje
- sockfd - deskryptor zamykanego gniazda.

UWAGA – TCP spróbuje dostarczyć niewysłane dane, a następnie wynegocjować zamknięcie połączenia

zwraca sukces: 0
błąd: -1


(Start)
CLOSED
CONNECT/SYN
CLOSE/–
LISTEN/–
CLOSE/–
SYN/SYN + ACK
LISTEN
SYN RCVD
RST/–
SEND/SYN
SYN SENT
SYN/SYN + ACK
(simultaneous open)
(Data transfer state)
ACK/–
ESTABLISHED
SYN + ACK/ACK
(Step 3 of the three-way handshake)
CLOSE/FIN
CLOSE/FIN
FIN/ACK
(Active close)
(Passive Close)
FIN WAIT 1
FIN/ACK
CLOSING
CLOSE WAIT
ACK/–
ACK/–
CLOSE/FIN
FIN + ACK/ACK
FIN WAIT 2
TIME WAIT
LAST ACK
FIN/ACK
(Timeout/)
CLOSED
ACK/–
(Go back to start)

Wysyłanie i odbieranie danych

Wysyłanie i odbieranie danych

- Funkcje "standardowe" - read(), write()
- Funkcje z API gniazd: send(), recv(), sendto(), recvfrom()
- UWAGA - Funkcje we/wy dla gniazd zachowują się inaczej niż ich odpowiedniki dla plików:
  - odbiór/wysłanie mniejszej liczby danych niż zamierzaliśmy jest częsty, najbardziej typowe przypadki:
    - TCP: read(), recv() - nigdy nie zwróci więcej bajtów niż żądamy (niezależnie od tego ile danych w buforze)
    - TCP: read(), recv() - zwróci maks. tyle bajtów ile aktualnie zostało zbuforowanych, np. read(sfd, buf, 1024) może zwrócić 500 B.
    - TCP: read(), recv(): jeśli nie ma żadnych danych zbuforowanych: blokada

Wysyłanie i odbieranie danych

- UWAGA - Funkcje we/wy dla gniazd zachowują się inaczej niż ich odpowiedniki dla plików:
  - odbiór/wysłanie mniejszej liczby danych niż zamierzaliśmy jest typowy, najbardziej typowe przypadki:
    - TCP: write(), send() - może wysłać mniej danych niż żądamy – zawsze sprawdać co zwraca funkcja!
    - TCP: write(), send() - blokada jeśli odbiorca “nie nadąża”
    - UDP – write(), send() - wysyła datagram – atomowo!
    - UDP – `write(sfd, buf, 1); write(sfd, buf+1,1);` wysyła zawsze dwa datagramy, a: `write(sfd, buf, 2);` wysyła jeden (dla TCP może być różnie...)
  - czasy blokowania są do kilku rzędów wielkości dłuższe (do dziesiątków sekund w stosunku do maks. kilku ms dla urządzeń dyskowych)
  - close() - ma inną semantykę (patrz wcześniej)

send(), sendto()

int send(int sfd, char *buf, int nbytes, int flags)

int sendto(int sfd, char *buf, int nbytes, int flags,
struct sockaddr *to, int addrlen)

sfd - deskryptor gniazda

buf - adres bufora z danymi

nbytes - wielkość tego bufora

flags - dodatkowe flagi transmisji: ***MSG_OOB***, MSG_EOR, MSG_EOF, MSG_DONTROUTE

- zwracają sukces: liczba-wysłanych-bajtów
  błąd: -1
- mogą być używane w TCP i UDP *(connect() wcześniej dla send())*
- dla UDP - wysłanie datagramu
- dla TCP: możliwość wysłania OOB, oraz flag EOR, EOF

recv(), recvfrom()

int recv(int sfd, char *buf, int nbytes, int flags)

int recvfrom(int sfd, char *buf, int nbytes, int flags,
struct sockaddr *from, int *addrlen)

- sfd - deskryptor gniazda
- buf - adres bufora z danymi
- nbytes - wielkość tego bufora
- flags - dodatkowe flagi transmisji, MSG_PEEK, MSG_WAITALL
- zwracają sukces: liczba-odebranych-bajtów
  błąd: -1
- mogą być używane w TCP i UDP
- są blokujące
- MSG_PEEK -możliwość "zajrzenia" do bufora bez usunięcia danych
- MSG_WAITALL - TCP: czeka na wszystkie dane, ale nie więcej niż: **`SO_RCVBUF`** (zob. też **`/proc/sys/net/core/rmem_default`**)

Korzystanie z resolver-a (API DNS)

- API - Tłumaczenie nazw DNS na adresy IP (tak aby dało się wypełnić `sockaddr_in`)
- Komplikacja - odwzorowanie nazwa DNS - IP jest typu *n:m*

```
#include <netdb.h>
extern struct h_errno;
struct hostent
  *gethostbyname(char *name);

struct hostent
  *gethostbyaddr(char *addr,
       int len,
       int type);
```

```
struct hostent {
char  *h_name;
char  **h_aliases;
int   h_addr_type;
int   h_length;
char **h_addr_list; }

h_errno:
  HOST_NOT_FOUND,
  TRY_AGAIN, NO_DATA
```

Resolver - "nowy interfejs"

```
#include <netdb.h>

int getaddrinfo(const char *node,
    const char *service,
    const struct addrinfo *hints,
    struct addrinfo **res);
```

node - adres IPv4, IPv6 lub nazwa

service - można przekazać # portu do wstawienia do adr. wynikowego

hints - preferowany typ gniazda lub protokołu

Zwraca: 0 - OK, kod błędu inaczej

Zwraca: res - lista struktur zawierających adresy: ai_addr

```
struct addrinfo {
int     ai_flags;
int     ai_family;      // jak w socket
int     ai_socktype;    // jak w socket
int     ai_protocol;    // jak w socket
size_t  ai_addrlen;
struct sockaddr *ai_addr;
char    *ai_canonname;
struct addrinfo *ai_next; // lista };
```

użyć: void **freeaddrinfo**(struct addrinfo *res); aby zwolnić wyniki

Więcej o adresach

```
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>

char *inet_ntoa(struct in_addr in);
```

konwersja adresu numerycznego na string, zwraca 0 jeśli błąd

```
int inet_aton(const char *cp, struct in_addr *inp);
```

konwersja adresu w postaci stringu na numeryczny, zwraca 0 jeśli błąd

```
in_addr_t inet_addr(const char *cp);
```

konwersja adresu w postaci stringu na numeryczny, zwraca -1 jeśli błąd (niejednoznaczność z 255.255.255.255)

w.w. funkcje nie obsługują IPv6 i nie powinny być używane (ale b. często się je spotyka)

Jeszcze więcej o adresach

```
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>

const char *inet_ntop(int af, const void *restrict src,
      char *restrict dst, socklen_t size);
```

Konwersja adresu numerycznego z dziedziny af (AF_INET, AF_INET6) na napis; src – bufor z adresem numerycznym; dst – bufor na napis (rozmiar INET_ADDRSTRLEN lub INET6_ADDRSTRLEN); zwraca NULL jeśli błąd

```
int inet_pton(int af, const char *restrict src,
      void *restrict dst);
```

Konwersja adresu zapisanego jako string z dziedziny af (AF_INET, AF_INET6) na numeryczny; src – bufor z adresem numerycznym; dst – bufor na napis; zwraca 0 lub -1 (niepoprawny af) jeśli błąd

Przykłady

Uwaga: przykładowy kod dostępny pod adresem:
`http://www.ii.pw.edu.pl/~gjb/tin.html`

Klient/serwer - gniazda TCP
Klient:
./client serv-name serv-port

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

#define DATA "Half a league, half a league . . ."

int main(int argc, char *argv[])
{
    int sock;
    struct sockaddr_in server;
    struct hostent *hp;
    char buf[1024];

    /* Create socket. */
    sock = socket( AF_INET, SOCK_STREAM, 0 );
    if (sock == -1) {
        perror("opening stream socket");
        exit(1);
    }
```

Na podstawie: "socket interface tutorial" Sun Microsystems

```
/* uzyskajmy adres IP z nazwy … */
    server.sin_family = AF_INET;
    hp = gethostbyname(argv[1] ); /* powinnismy sprawdzic argc! */

/* hostbyname zwraca strukture zawierajaca adres danego hosta */
    if (hp == (struct hostent *) 0) {
        fprintf(stderr, "%s: unknown host\n", argv[1]);
        exit(2);
    }
    memcpy((char *) &server.sin_addr, (char *) hp->h_addr,
        hp->h_length);
    server.sin_port = htons(atoi( argv[2]));
    if (connect(sock, (struct sockaddr *) &server, sizeof server)
        == -1) {
        perror("connecting stream socket");
        exit(1);
    }
    if (write( sock, DATA, sizeof DATA ) == -1)

        perror("writing on stream socket");
    close(sock);
    exit(0);}
```

Serwer:
./serv

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

#define TRUE 1

void main(void)
{
    int sock, length;
    struct sockaddr_in server;
    int msgsock;
    char buf[1024];
    int rval;

    sock = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (sock == -1) {
        perror("opening stream socket");
        exit(1);
    }
```

```
/* dowiaz adres do gniazda */
/* "prawdziwy" serwer pobrał by port poprzez getservbyname() */

    server.sin_family = AF_INET;
    server.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
    server.sin_port = 0;
    if (bind(sock, (struct sockaddr *) &server, sizeof server)
        == -1)
        perror("binding stream socket");
        exit(1);
    }
    /* wydrukuj na konsoli przydzielony port */
    length = sizeof server;
    if (getsockname(sock,(struct sockaddr *) &server,&length)
         == -1) {
        perror("getting socket name");
        exit(1);
    }
    printf("Socket port #%d\n", ntohs(server.sin_port));
    /* zacznij przyjmować polaczenia... */
    listen(sock, 5);
```

```
    do {
        msgsock = accept(sock,(struct sockaddr *) 0,(int *) 0);
        if (msgsock == -1 )
            perror("accept");
        else do {
            memset(buf, 0, sizeof buf);
            if ((rval = read(msgsock,buf, 1024)) == -1)
                perror("reading stream message");
            if (rval == 0)
                printf("Ending connection\n");
            else
                printf("-->%s\n", buf);
        } while (rval != 0);
        close(msgsock);
    } while(TRUE);
    /*
     * gniazdo sock nie zostanie nigdy zamkniete jawnie,
     * jednak wszystkie deskryptory zostana zamkniete gdy proces
     * zostanie zakonczony (np w wyniku wystapienia sygnalu)
     */

     exit(0);
}
```

getservbyname()

struct servent* getservbyname(const char *name,
const char *proto);

struct servent* getservbyport(int port, const char *proto);

- name – nazwa serwisu z bazy (`/etc/services` lub NIS/NIS+)
- port – numer portu z bazy
- proto – nazwa porotokołu transportowego “tcp” | “udp” | NULL
- zwracają sukces: wskaźnik na strukturę z opisem
  błąd: NULL

```
struct servent {
 char  *s_name;        /* nazwa serwisu */
 char **s_aliases;     /* lista aliasów nazwy serwisu */
 int    s_port;        /* numer portu  */
 char  *s_proto;       /* protokół transportowy */
}
```

getservbyname() c.d.

/etc/services:

```
echo                 7/tcp
echo                 7/udp
daytime             13/tcp
daytime             13/udp
ftp-data            20/tcp    #File Transfer [Default Data]
ftp                 21/tcp    #File Transfer [Control]
ssh                 22/tcp    #Secure Shell Login
telnet              23/tcp
```

Przykład:

```
int main()
{
    struct servent* se = getservbyname("echo", "tcp");
    printf("Port # is: %d\n", ntohs(se->s_port) );
}
```

Klient/serwer - gniazda UDP
Klient:
./client serv-name serv-port

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

#define DATA "The sea is calm, the tide is full . . ."

int main(int argc, char *argv[])
{
    int sock;
    struct sockaddr_in name;
    struct hostent *hp;

    /* Create socket on which to send. */
    sock = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
    if (sock == -1) {
        perror("opening datagram socket");
        exit(1);
    }
```

```
    hp = gethostbyname(argv[1]);
    if (hp == (struct hostent *) 0) {

        fprintf(stderr, "%s: unknown host\n", argv[1]);
        exit(2);
    }
    memcpy((char *) &name.sin_addr, (char *) hp->h_addr,
            hp->h_length);
    name.sin_family = AF_INET;
    name.sin_port = htons( atoi( argv[2] ));
    /* Send message. */
    if (sendto(sock, DATA, sizeof DATA ,0,
        (struct sockaddr *) &name,sizeof name) == -1)
        perror("sending datagram message");
    close(sock);
    exit(0);
}
```

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

void main(void)
{
    int sock, length;
    struct sockaddr_in name;
    char buf[1024];

    sock = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
    if (sock == -1) {
        perror("opening datagram socket");
        exit(1);
    }
    /* Create name with wildcards. */
    name.sin_family = AF_INET;
    name.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
    name.sin_port = 0;
    if (bind(sock,(struct sockaddr *)&name, sizeof name) == -1) {
        perror("binding datagram socket");
        exit(1);
    }
```

```
/* Wydrukuj na konsoli numer portu */
    length = sizeof(name);
    if (getsockname(sock,(struct sockaddr *) &name, &length)
        == -1) {
        perror("getting socket name");
        exit(1);
    }

    printf("Socket port #%d\n", ntohs( name.sin_port));
    /* Read from the socket. */
    if ( read(sock, buf, 1024) == -1 )
        perror("receiving datagram packet");
    printf("-->%s\n", buf);
    close(sock);
    exit(0);
}
```

Gniazda w domenie Unix (dygresja)

Gniazda "lokalne" (tj. w domenie adresowania "Unix") są dość często wykorzystywane w bardziej złożonych systemach serwerowych …

… np. do komunikacji pomiędzy różnymi procesami tworzącymi serwer:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <sys/un.h>
 ...
struct sockaddr_un addr;

s = socket(AF_UNIX, SOCK_DGRAM, 0);
strcpy(addr.sun_path, "/tmp/foo");
addr.sun_family = AF_UNIX;
bind(s, (struct sockaddr *) &addr,
     strlen(addr.sun_path) + sizeof (addr.sun_family));
```

Gniazda z IPv6

- Adres IPv6 ma 128 bitów, przykład: 3ffe:8041:2:1:bc16:6ee6:26ab:7ba8
- Port używany jest tak samo (zmiany dotyczą warstwy 3)
- Używamy tych samych funkcji, ale innych struktur adresowych
- Używamy tych samych nagłówków .h

```
struct sockaddr_in6
{
   sa_family_t     sin6_family;
   in_port_t       sin6_port;
   uint32_t        sin6_flowinfo;
   struct in6_addr sin6_addr;
   uint32_t        sin6_scope_id;
};

struct in_addr6 {
    u_char    s6_addr[16];              /* IPv6 address */
};
```

Gniazda z IPv6 - podsumowanie

	IPv4	IPv6	
Data structures	AF_INET	AF_INET6	
	in_addr sockaddr_in	in6_addr sockaddr_in6	
Name-to-address functions	inet_aton() inet_addr()	inet_pton() *	IPv4 and IPv6 functions
	inet_ntoa()	inet_ntop() *	
Address conversion functions	gethostbyname() gethostbyaddr()	getipnodebyname() getipnodebyaddr getnameinfo() * getaddrinfo() *	

Gniazda z IPv6 c.d.

```
struct sockaddr_in6 server;
struct hostent *hp;
. . .
hp = gethostbyname2(argv[1], AF_INET6 );
if (hp == NULL) {
          . . .
}
memset( (char *)&server, 0, sizeof(server) );
server.sin6_len = sizeof(server);
memcpy((char *)&server.sin6_addr, hp->h_addr, hp->h_length);
server.sin6_family = AF_INET6 /* hp->h_addrtype; */
server.sin6_port = htons( 8000 );
. . .
s = socket( AF_INET6, SOCK_STREAM, 0);
if (connect(s, (struct sockaddr *)&server, sizeof(server)) <
0) {
          ...
   }
```

Multipleksowanie gniazd

- Kiedy obsługa wielu gniazd "na raz" może być wskazana, typowe przykłady:
  - oczekiwanie na więcej niż jednym accept (np. program P2P - czeka na zgłoszenie i wyszukania i na zgł. transferu)
  - obsługa wielu połączeń przez program, który (z jakichś przyczyn) nie jest wieloprocesowy / wielowątkowy
  - obsługa broadcastów i zwykłych połączeń
- Jak zrealizować oczekiwanie na więcej niż jednym gnieździe ? - accept jest funkcją blokującą
  - Użycie opcji nieblokowania - oczekiwanie aktywne (wada - marnowanie zasobów CPU)
  - timeout & przerwania - niefektywne czasowo - co się stanie gdy połączenie nadejdzie na początku okresu timeout-u?
  - Przy użyciu do tej pory poznanych mechanizmów nie da się efektywnie zrealizować!

Select()

```
int   select  (int  nfds,
                fd_set *rfds, fd_set *wfds , fd_set *efds,
                struct timeval *timeout);
```

nfds - liczba deskryptorów, *zawsze deskryptory od 0 do nfds-1!*

rfds, wfds, efds - zbiory deskryptorów: czytanie, pisanie, sygnał

timeout -zob. dalej

zwraca sukces: >= 0 (liczba gniazd speln. warunek ze zbioru deskrytp.)

błąd: -1

Przykład:

```
fd_set readmask, writemask, exceptmask;
struct timeval timeout;
 ...
select(nfds, &readmask, &writemask, &exceptmask, &timeout);
```

Select() - fd_set

- Typ: fd_set
- makra:
  - **FD_SET(fd, &mask)** - dodaj deskryptor
  - **FD_CLR(fd, &mask)** - usuń deskryptor
  - **FD_ZERO(&mask)** - zeruj zbiór
  - **FD_ISSET(fd, &mask)** - sprawdź deskryptor
  - **FD_SETSIZE** - domyślnie 1024, można zwiększyć do 65536
- Select() modyfikuje zbiór deskryptorów po każdym wykonaniu (aby można było sprawdzić, które deskryptory były aktywne!)
- Timeout:
  - timeout == NULL - oczekiwanie nieskończone (lub sygnał)
  - timeout.tv_sec == timeout_tv_usec == 0 - bez blokowania
  - timeout - wartości nie zerowe - czekaj zadany czas

```c
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <sys/time.h>
#include <netinet/in.h>
#include <netdb.h>
#include <stdio.h>

#define TRUE 1

int main(int argc, char *argv[])
{
    int sock, length;
    struct sockaddr_in server;
    int msgsock;
    char buf[1024];
    int rval;
    fd_set ready;
    struct timeval to;


    /* … utwórz gniazda i mu przypisz im adresy */
```

```
sock = socket( … );
/*  .  .  .  */

listen(sock, 5);
do {
     FD_ZERO(&ready);
     FD_SET(sock, &ready);
     to.tv_sec = 5;
     to.tv_usec = 0;
     if (select(4, &ready, (fd_set *)0, (fd_set *)0, &to)
       == -1) {
          perror("select");
          continue;
     }
     if (FD_ISSET(sock, &ready)) {
          msgsock = accept(sock, (struct sockaddr *)0,
           (int *)0);
          if (msgsock == -1)
              perror("accept");
          else do {
```

```
                memset(buf, 0, sizeof buf);
                if ((rval = read(msgsock, buf, 1024)) == -1)
                     perror("reading stream message");
                else if (rval == 0)
                     printf("Ending connection\n");
                else
                     printf("-->%s\n", buf);
           } while (rval > 0);
           close(msgsock);
      } else
           printf("Do something else\n");
   } while (TRUE);
   exit(0);
}
```

Problem:

- Przykładowy program nie wykorzystuje równoczesnej obsługi kilku połączeń – read() wywoływany jest w osobnej pętli
- W następnym przykładzie równoległa obsługa sock i msgsock

Select() -przykład #2

```
#define READ_SIZE 20
int  main(int argc, char **argv)
{
    int sock, length;
    struct sockaddr_in server;
    fd_set ready;
    struct timeval to;
    int msgsock=-1, nfds, nactive;
    char buf[1024];
    int rval=0,i;

    sock = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (sock == -1) {
        perror("opening stream socket");
        Exit(1); }
    nfds = sock+1;
/* dowiąż adres do gniazda */
...
/* wydrukuj na konsoli przydzielony port */
...
/* zacznij przyjmować połączenia... */
    listen(sock, 5);
```

Select() - przykład #2

```
do {
      FD_ZERO(&ready);
      FD_SET(sock, &ready);
      if ( msgsock > 0 ) /* otwarte gniazdo danych */
        FD_SET(msgsock, &ready);
      to.tv_sec = 5;
      to.tv_usec = 0;
      if ( (nactive=select(nfds, &ready, (fd_set *)0,
        (fd_set *)0, &to) == -1) {
            perror("select");
            continue; }
      if ( FD_ISSET(sock, &ready)) {
         msgsock = accept(sock, (struct sockaddr *)0, (int *)0);
         if (msgsock == -1)
            perror("accept");
         nfds=msgsock+1;
         printf("accepted...\n");
         } else
         if ( msgsock>0 && FD_ISSET(msgsock, &ready)) {
```

Select() - przykład #2

```
    if ( msgsock>0 && FD_ISSET(msgsock, &ready)) {
         memset(buf, 0, sizeof buf);
         if ((rval = read(msgsock, buf, READ_SIZE)) == -1)
             perror("reading stream message");
         if (rval == 0) {
             printf("Ending connection\n");
             close( msgsock );
             msgsock=-1;
             nfds=sock+1; }
         else
             printf("-->%s\n", buf);
             sleep( 1 ); }
    if (nactive==0) printf("Timeout, restarting select...\n");
 } while(TRUE);
    exit(0);
}
```

Problem:

- sleep() i mały bufor `READ_SIZE` wprowadzono w celach testowych (łatwo użyć kilku równoległych klientów)
- W programie jest błąd ...
- Co się stanie gdy msgsock>0 i przyjdzie nowe połączenie ?

Select() - przykład #3 (poprawiony)

```
int  main(int argc, char **argv)
{
    int sock, length;
    struct sockaddr_in server;
    fd_set ready;
    struct timeval to;
    int msgsock=-1, nfds, nactive;
    int socktab[MAX_FDS]; /* musimy mieć gniazdo na każde  *
                             obsługiwane połączenie        */
    char buf[1024];
    int rval=0,i;

    for (i=0; i<MAX_FDS; i++) socktab[i]=0;
    sock = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    if (sock == -1) {
        perror("opening stream socket");
        exit(1);
    }
    nfds = sock+1;

/* dowiąż adres do gniazda */
 . . .
```

Select() - przykład #3

```
/* wydrukuj na konsoli przydzielony port */
. . .
/* zacznij przyjmować połączenia ... */

    listen(sock, 5);

    do {
        FD_ZERO(&ready);
        FD_SET(sock, &ready);
        for (i=0; i<MAX_FDS; i++) /* dodaj aktywne do zbioru */
          if ( socktab[i]>0 )
            FD_SET( socktab[i], &ready);
        to.tv_sec = 5;
        to.tv_usec = 0;
        if ( (nactive=select(nfds, &ready, (fd_set *)0,
           (fd_set *)0, &to)) == -1) {
             perror("select");
             continue;
        }
```

Select() - przykład #3

```
if ( FD_ISSET(sock, &ready)) {
        msgsock = accept(sock, (struct sockaddr *)0, (int *)0);
        if (msgsock == -1)
            perror("accept");
        nfds=max(nfds, msgsock+1);
    /* brak sprawdzenia czy msgsock>MAX_FDS */
        socktab[msgsock]=msgsock;
        printf("accepted...\n");
}
for (i=0; i<MAX_FDS; i++)
  if ( (msgsock=socktab[i])>0 &&    /* msgsock zawsze == i   */
    FD_ISSET(socktab[i], &ready) ) {/* ale kod ładniejszy ...*/
      memset(buf, 0, sizeof buf);
      if ((rval = read(msgsock, buf, READ_SIZE)) == -1)
          perror("reading stream message");
      if (rval == 0) {
          printf("Ending connection\n");
          close( msgsock );
          socktab[msgsock]=-1; } /* usuń ze zbioru */
       else {
          printf("- %2d ->%s\n", msgsock, buf);
          sleep( 1 ); }
    }
```

Rozgłaszanie (broadcast)

- Rozgłaszanie tylko dla UDP! (dlaczego?)
- Rozgłaszanie wymaga:
  - Interfejsu kanałowego, który je obsługuje (np. Ethernet, łącza punkt-punkt typowe dla WAN **nie**)
    - Kod powinien (choć nie musi) sprawdzać czy interfejs sieciowy obsługuje rozgłaszanie
  - Odpowiedniego skonstruowania adresu IP: w części identyfikującej host-a '11111'
  - Ustawienia opcji rozgłaszania dla gniazda
- Rozgłaszanie odbywa się na poziomie warstwy 2 – jest to ograniczone do danej sieci (na poziomie 2); nie mylić z rozsiewaniem (**multicast**), które obsługiwane jest na poziomie 3 i jest przekazywane poza granice sieci lokalnej

Rozgłaszanie (przykład)

- **Wprowadzenie gniazda w tryb rozgłaszania:**

```
int val = 1;
...
setsockopt(sockd, SOL_SOCKET, SO_BROADCAST, &val,
  sizeof(val));
```

- **Wysyłanie odbywa się jak zwykle - `sendto(...)`, trzeba jednak wykorzystać adres "rozgłaszający"**
- **Można też wykorzystać adres: INADDR_BROADCAST**
- **Idealne rozwiązanie – enumeracja interfejsów w celu sprawdzenia, które obsługują rozgłaszanie (patrz dalej)**

Rozgłaszanie (przykład)

- **Struktura ifreq opisuje interfejs sieciowy:**

```
struct ifreq {
    #define IFNAMSIZ 16
    char ifr_name[IFNAMSIZ]; /* nazwa, np., "en0" */
    union {
        struct sockaddr ifru_addr;
        struct sockaddr ifru_dstaddr;
        char ifru_oname[IFNAMSIZ];
        struct sockaddr ifru_broadaddr; /* adres rozgłaszania */
        short ifru_flags;
        ... } ifr_ifru;
#define ifr_addr ifr_ifru.ifru_addr
#define ifr_broadaddr ifr_ifru.ifru_broadaddr
#define ifr_flags ifr_ifru.ifru_flags
};
```

Rozgłaszanie (przykład)

- **Musimy pobrać strukturę opisującą interfejsy sieciowe:**

```
if (ioctl(s, SIOCGIFNUM, (char *)&numifs) == -1) {
        numifs = MAXIFS; // ustalmy liczbę interfejsów
}
bufsize = numifs * sizeof(struct ifreq); // przydziel pamięć
reqbuf = (struct ifreq *)malloc(bufsize);
if (reqbuf == NULL) { ... } // brak pamięci ?!
}
ifc.ifc_buf = (caddr_t)&reqbuf[0]; // ifc będzie zawierać inf.
ifc.ifc_len = bufsize;                // konf. o interfejsach
if (ioctl(s, SIOCGIFCONF, (char *)&ifc) == -1) {  // pobierzmy inf.
        perror("ioctl(SIOCGIFCONF)");              // konfiguracyjną
        exit(1);
}
```

Rozgłaszanie (przykład)

- **Musimy pobrać kolejne struktury interfejsu i znaleść/sprawdzić interfejs, który obsługuje rozgłaszanie:**

```
struct ifreq *ifr;
ifr = ifc.ifc_req;
for (n = ifc.ifc_len/sizeof (struct ifreq); --n >= 0; ifr++) {
   if (ifr->ifr_addr.sa_family != AF_INET)
      continue;
   if (ioctl(s, SIOCGIFFLAGS, (char *) ifr) < 0) {
      ...
   }
   if ((ifr->ifr_flags & IFF_UP) == 0 ||
      (ifr->ifr_flags & IFF_LOOPBACK) ||
      (ifr->ifr_flags & (IFF_BROADCAST | IFF_POINTOPOINT)) == 0)
      continue;
}
```

Rozgłaszanie (przykład)

- **Tak pobierzemy adres rozgłaszania dla właściwego interfejsu:**

```
if (ioctl(s, SIOCGIFBRDADDR, (char *) ifr) < 0) {
...
}
memcpy((char *) &dst, (char *) &ifr->ifr_broadaddr,
sizeof ifr->ifr_broadaddr);
```

Wskazówki dot. kodu projektowego (gniazda)

- Pamiętamy, że read() może zwrócić niepełne dane, nie przetwarzamy danych (np. nagłówków) jeśli nie mamy ich kompletu.
- Kod przetwarzajacy dane protokołu powinien być "wielopoziomowy" – niższa warstwa zapewnia odczyt (skompletowanie) odpowiedniej porcji danych; wyższa warstwa przetwarza nagłówki; odrębny "moduł" (funkcja, wątek, proces) reaguje i ewentualnie generuje odpowiedź

- Nie stosujemy aktywnego oczekiwania na operacjach read(),write()
- Nie zawieszamy się (read(), recv()) w oczekiwaniu na dane jeśli na innym gnieździe też mogą pojawić się dane - stosujemy select()

- Pilnujemy zamykania nieużywanych deskryptorów gniazd – w procesach potomnych, po zakończeniu obsługi.
- Nie zamknięcie niepotrzebnego gniazda (np. nasłuchującego w accept w procesie potomnym) powoduje, że dla tego deskrytpora nigdy nie nastąpi sytuacja końca pliku.

- W modelu wielowątkowym (wieloprocesowym) panujemy na powołanymi wątkami (procesami) – wiemy kiedy się kończą, i co trzeba zrobić gdy to nastąpi:
  - W przypadku procesu: wait() w proc. macierzystym lub signal(SIGCLD, SIG_IGN);
  - W modelu wielowątkowym: możemy stosować pthread_join(...)

Wskazówki dot. kodu projektowego (gniazda)

- Odzyskujemy/zwalniamy wykorzystane zasoby (calloc()/free(), etc.)

- W modelu wielowątkowym pamiętamy, że wszystkie zmienne poza automatycznymi są globalne, dotyczy to:
  - zmiennych globalnych procesu,
  - dynamicznie przydzielonych struktur danych (nie zostaną usunięte po zakończeniu wątku, nawet jeśli wskaźnik automatyczny),
  - zmiennych niejawnie wykorzystywanych przez niektóre funkcje (np. strstr() - zob. MT-safe w man),
  - stosujemy sekcje krytyczne przy dostępie do zasobów współdzielonych!
- Wątki: na stronie http://www.ii.pw.edu.pl/~gjb/tin.html znajduje się link do materiałów dot. wątków