

Лабораторная работа «Сокеты»

Сокеты в пространстве файловых имен и сетевые сокеты

Сокеты были созданы как универсальное средство взаимодействия параллельных процессов, причем безразлично, где они выполняются: на одной машине или на разных. Абстракция сокетов была введена в BSD Unix (Berkley Software Distribution), поэтому сокеты часто называют сокетами BSD.

Сокет представляет собой абстракцию конечной точки взаимодействия.

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

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

```
sockfd = socket(int socket_family, int socket_type, int protocol);
```

socket() создаёт, так называемую, конечную точку соединения (взаимодействия, коммуникации) и возвращает файловый дескриптор.

В Линукс определен **унифицированный интерфейс между пользовательскими процессами и стеком сетевых протоколов в ядре.**

Модули протоколов группируются по *семействам протоколов*, такими, как **AF_INET**, **AF_IPX** и **AF_PACKET**, и *типам сокетов*, такими, как **SOCK_STREAM** или **SOCK_DGRAM**. Более подробная информация о семействах и типах приведена в **socket(2)**.

Первый параметр *domain* или семейство (family) задает домен соединения или семейство адресов (address family - AF). Семейства описаны в *<sys/socket.h>*. В настоящее время определены такие форматы:

- AF_UNIX – сокеты в файловом пространстве имен.
- AF_INET – сетевые сокеты по протоколу TCP/IP для сетей IPv4.
- AF_INET6 - сетевые сокеты по протоколу TCP/IP для сетей IPv6.
- AF_UNSPEC – не специфицированное семейство

и некоторые другие.

Второй параметр функции **socket()** - **тип** сокета (*type*). В настоящее время определены следующие типы:

SOCK_STREAM

Обеспечивает создание двусторонних, надёжных потоков байтов на основе установления соединения. Может также поддерживаться механизм внепоточных данных.

SOCK_DGRAM

Поддерживает дейтаграммы (ненадежные сообщения с ограниченной длиной без установки соединения).

SOCK_SEQPACKET

Обеспечивает работу последовательного двустороннего канала для передачи дейтаграмм на основе соединений; дейтаграммы имеют постоянный размер; от получателя требуется за один раз прочитать целый пакет.

SOCK_RAW

Обеспечивает прямой доступ к сетевому протоколу.

SOCK_RDM

Обеспечивает надежную доставку дейтаграмм без гарантии, что они будут расположены по порядку.

SOCK_PACKET

Этот тип устарел и не должен использоваться в новых программах; см. [packet\(7\)](#).

Некоторые типы сокетов могут быть не реализованы во всех семействах протоколов.

Начиная с Linux 2.6.27, аргумент *type* предназначается для двух вещей: кроме определения типа сокета, для изменения поведения **socket()** он может содержать побитовую сумму любых следующих значений:

SOCK_NONBLOCK - устанавливает флаг состояния файла **O_NONBLOCK** для нового открытого файлового дескриптора. Использование данного флага заменяет дополнительные вызовы **fcntl(2)** для достижения того же результата.

SOCK_CLOEXEC - устанавливает флаг close-on-exec (**FD_CLOEXEC**) для нового открытого файлового дескриптора. Смотрите описание флага **O_CLOEXEC** в **open(2)** для того, чтобы узнать, как это может пригодиться.

Since Linux 2.6.27, the *type* argument serves a second purpose: in addition to specifying a socket type, it may include the bitwise OR of any of the following values, to modify the behavior of **socket()**:

SOCK_NONBLOCK

Set the **O_NONBLOCK** file status flag on the new open file description. Using this flag saves extra calls to [fcntl\(2\)](#) to achieve the same result.

SOCK_CLOEXEC

Set the close-on-exec (**FD_CLOEXEC**) flag on the new file descriptor. See the description of the **O_CLOEXEC** flag in [open\(2\)](#) for reasons why this may be useful.

В третьем параметре - ***protocol*** задаётся определённый протокол, используемый с сокетом. Обычно, только единственный протокол существует для поддержки определённого типа сокета с заданным семейством протоколов. В этом случае для параметра *protocol* можно указать 0. Однако, может существовать несколько протоколов.

Номер используемого протокола зависит от "домена соединения", по которому устанавливается соединение; см. **protocols(5)**. Смотрите **getprotoent(3)**, где описано, как соотносить имена протоколов с их номерами.

Системные вызовы:

```
asmlinkage long sys_socketcall(int call, unsigned long *args)
{
    unsigned long a[6];
    unsigned long a0,a1;
    int err;

    if(call<1||call>SYS_RECVMSG)
        return -EINVAL;
```

```

/* copy_from_user should be SMP safe. */
if (copy_from_user(a, args, nargs[call]))
    return -EFAULT;

a0=a[0];
a1=a[1];

switch(call)
{
    case SYS_SOCKET:
        err = sys_socket(a0,a1,a[2]);
        break;
    case SYS_BIND:
        err = sys_bind(a0,(struct sockaddr *)a1, a[2]);
        break;
    case SYS_CONNECT:
        err = sys_connect(a0, (struct sockaddr *)a1, a[2]);

    ....
    default:
        err = -EINVAL;
        break;
}
return err;
}

```

Функция **sys_socket()** создает сокет:

```

asmlinkage long sys_socket(int family, int type, int protocol)
{

```

```

    int retval;
    struct socket *sock;

    retval = sock_create(family, type, protocol, &sock);
    if (retval < 0)
        goto out;

    retval = sock_map_fd(sock);
    if (retval < 0)
        goto out_release;

```

```

out:
    /* It may be already another descriptor 8) Not kernel problem. */
    return retval;

```

```

out_release:
    sock_release(sock);
    return retval;
}

```

Структура struct socket описывает сокет.

```

/**
 * struct socket - general BSD socket
 * @state: socket state (%SS_CONNECTED, etc)
 * @type: socket type (%SOCK_STREAM, etc)
 * @flags: socket flags (%SOCK_NOSPACE, etc)
 * @ops: protocol specific socket operations
 * @file: File back pointer for gc
 * @sk: internal networking protocol agnostic socket representation
 * @wq: wait queue for several uses
 */

```

```

struct socket {
    socket_state      state;

    short             type;

```

```

    unsigned long        flags;

    struct socket_wq __rcu *wq;

    struct file          *file;
    struct sock          *sk;
    const struct proto_ops *ops;
};

```

ubuntu manual

socketcall - socket system calls

```
#include <linux/net.h>
```

```
int socketcall(int call, unsigned long *args);
```

socketcall() is a common kernel entry point for the socket system calls.

| Название | Назначение | Справочная страница |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------|
| AF_UNIX, AF_LOCAL | Локальное соединение | unix(7) |
| AF_INET | Протоколы Интернет IPv4 | ip(7) |
| AF_INET6 | Протоколы Интернет IPv6 | ipv6(7) |
| AF_IPX | Протоколы Novell IPX | |
| AF_NETLINK | Устройство для взаимодействия с ядром | netlink(7) |
| AF_X25 | Протокол ITU-T X.25/ISO-8208 | x25(7) |
| AF_AX25 | Протокол любительского радио AX.25 | |
| AF_ATMPVC | Доступ к низкоуровневым PVC в ATM | |
| AF_APPLETALK | AppleTalk | ddp(7) |
| AF_PACKET | Низкоуровневый пакетный интерфейс | packet(7) |
| AF_ALG | Интерфейс к ядерному крипто-API | |

Типы сокетов

Сокеты типа **SOCK_STREAM** являются соединениями полнодуплексных байтовых потоков. Они не сохраняют границы записей. Поточковый сокет должен быть в состоянии *соединения* перед тем, как из него можно будет отсылать данные или принимать их. Соединение с другим сокетом создается с помощью системного вызова **connect(2)**. После соединения данные можно передавать с помощью системных вызовов **read(2)** и **write(2)** или одного из вариантов системных вызовов **send(2)** и **recv(2)**. Когда сеанс закончен, выполняется

команда **close(2)**. Внепоточные данные могут передаваться, как описано в **send(2)**, и приниматься, как описано в **recv(2)**.

Протоколы связи, которые реализуют **SOCK_STREAM**, следят, чтобы данные не были потеряны или дублированы. Если часть данных, для которых имеется место в буфере протокола, не может быть передана за определённое время, соединение считается разорванным. Когда в сокете включен флаг **SO_KEEPALIVE**, протокол каким-либо способом проверяет, не отключена ли ещё другая сторона. Если процесс посылает или принимает данные, пользуясь «разорванным» потоком, ему выдаётся сигнал **SIGPIPE**; это приводит к тому, что процессы, не обрабатывающие этот сигнал, завершаются. Сокеты **SOCK_SEQPACKET** используют те же самые системные вызовы, что и сокеты **SOCK_STREAM**. Единственное отличие в том, что вызовы **read(2)** возвращают только запрошенное количество данных, а остальные данные пришедшего пакета будут отброшены. Границы сообщений во входящих дейтаграммах сохраняются.

Сокеты SOCK_DGRAM и SOCK_RAW позволяют посылать дейтаграммы принимающей стороне, заданной при вызове **sendto(2)**. Дейтаграммы обычно принимаются с помощью вызова **recvfrom(2)**, который возвращает следующую дейтаграмму с соответствующим обратным адресом.

Тип **SOCK_PACKET** считается устаревшим типом сокета; он позволяет получать необработанные пакеты прямо от драйвера устройства. Используйте вместо него **packet(7)**.

Системный вызов **fcntl(2)** с аргументом **F_SETOWN** может использоваться для задания группы процессов, которая будет получать сигнал **SIGURG**, когда прибывают внепоточные данные, или сигнал **SIGPIPE**, когда соединение типа **SOCK_STREAM** неожиданно обрывается. Этот вызов также можно использовать, чтобы задать процесс или группу процессов, которые получают асинхронные уведомления о событиях ввода-вывода с помощью **SIGIO**. Использование **F_SETOWN** эквивалентно использованию вызова **ioctl(2)** с аргументом **FIOSETOWN** или **SIOCSPGRP**.

Когда сеть сообщает модулю протокола об ошибке (например, в случае IP, используя ICMP-сообщение), то для сокета устанавливается флаг ожидающей ошибки. Следующая операция этого сокета вернёт код ожидающей ошибки. Некоторые протоколы позволяют организовывать очередь ошибок в сокете для получения подробной информации об ошибке; см. **IP_RECVERR** в **ip(7)**.

Операции сокетов контролируются их параметрами *options*. Эти параметры описаны в `<sys/socket.h>`. Вызовы **setsockopt(2)** и **getsockopt(2)** используются, чтобы установить и получить необходимые параметры соответственно.

ВОЗВРАЩАЕМОЕ ЗНАЧЕНИЕ

В случае успешного выполнения возвращается дескриптор, ссылающийся на сокет. В случае ошибки возвращается -1, а значение *errno* устанавливается соответствующим образом.

ОШИБКИ

EACCES

Нет прав на создание сокета указанного типа и/или протокола

EAFNOSUPPORT

Реализация не поддерживает указанное семейства адресов.

EINVAL

Неизвестный протокол или недоступное семейство протоколов.

EINVAL

Неверные флаги в *type*.

EMFILE

Было достигнуто ограничение по количеству открытых файловых дескрипторов на процесс.

ENFILE

Достигнуто максимальное количество открытых файлов в системе.

ENOBUFS или **ENOMEM**

Недостаточно памяти для создания сокета. Сокет не может быть создан, пока не будет освобождено достаточное количество ресурсов.

EPROTONOSUPPORT

Тип протокола или указанный протокол не поддерживаются в этом домене.

Другие ошибки могут быть созданы модулями протоколов более низкого уровня.

СООТВЕТСТВИЕ СТАНДАРТАМ

POSIX.1-2001, POSIX.1-2008, 4.4BSD.

Флаги **SOCK_NONBLOCK** и **SOCK_CLOEXEC** есть только в Linux.

Вызов **socket()** появился в 4.2BSD. Обычно он переносим в/из не-BSD систем на уровне сокетов BSD (включая варианты System V).

ЗАМЕЧАНИЯ

В POSIX.1 не требуется включение `<sys/types.h>`, и этот заголовочный файл не требуется в Linux. Однако, для некоторых старых реализаций (BSD) требует данный файл, и в переносимых приложениях для предосторожности, вероятно, лучше его указать.

Для семейств протоколов в 4.x BSD используются константы **PF_UNIX**, **PF_INET**, **PF_INET** и т. д., тогда как **AF_UNIX**, **AF_INET** и т. п. используется для указания семейства адресов. Однако, в справочной странице BSD сказано: «Обычно, семейство протоколов совпадает с семейством адресов» и во всех последующих стандартах используется **AF_***. Тип протокола **AF_ALG** был добавлен в Linux 2.6.38.

Структуры адреса сокета

Каждый сокетный домен имеет свой формат сокетных адресов, выраженный в отдельной адресной структуре. Каждая из этих структур начинается с целочисленного поля «семейства» (с типом *sa_family_t*), в котором указывается тип адресной структуры. Это позволяет различным системным вызовам (например, **connect(2)**, **bind(2)**, **accept(2)**, **getsockname(2)**, **getpeername(2)**), которые являются общими для всех сокетов, определить домен конкретного сокетного адреса.

Для передачи сокетного адреса любого типа через программный интерфейс сокетов служит тип **struct sockaddr**. Целью данного типа является приведение типов сокетных адресов определённого домена к «общему» типу, что позволяет избежать предупреждений компилятора о несовпадении типов в вызовах API сокетов.

Функции, определенные на сокетах

Эти функции используются пользовательскими процессами для отправки или приёма пакетов и выполнения других операций над сокетами. Более подробная информация приведена в соответствующих справочных страницах.

Вызовы:

- **socket(2)** создаёт сокет,
- **connect(2)** соединяет сокет с удалённым сокетным адресом,
- **bind(2)** привязывает сокет к локальному адресу,
- **listen(2)** сообщает сокету, что должны приниматься новые соединения,
- **accept(2)** используется для получения нового сокета для нового входящего соединения.
- **send(2)**, **sendto(2)** и **sendmsg(2)** отправляют данные в сокет,
- **recv(2)**, **recvfrom(2)** и **recvmsg(2)** принимают данные из сокета.

- для чтения и записи данных могут использоваться стандартные операции ввода-вывода: **write(2)**, **writev(2)**, **sendfile(2)**, **read(2)** и **readv(2)**.
- **poll(2)** и **select(2)** ожидают поступления данных или готовятся к передаче данных. **Пользователь может подождать наступления различных событий через poll() или select().**

Вызов **socketpair(2)** возвращает два соединённых анонимных сокета (реализовано только для некоторых локальных семейств, например **AF_UNIX**).

Вызов **getsockname(2)** возвращает адрес локального сокета, а **getpeername(2)** возвращает адрес удалённого сокета. Вызовы **getsockopt(2)** и **setsockopt(2)** используются для установки или считывания параметров протокола или уровня сокетов. Вызов **ioctl(2)** может быть использован для установки или чтения некоторых других параметров.

Вызов **close(2)** используется для закрытия сокета. Вызов **shutdown(2)** закрывает части полнодуплексного сокетного соединения.

Перемещение (seeking), или вызовы **pread(2)** и **pwrite(2)** с ненулевой позицией, для сокетов не поддерживается.

Для **сокетов** возможно создание **неблокирующего ввода/вывода** путём установки в файловый дескриптор сокета флага **O_NONBLOCK** с помощью вызова **fcntl(2)**. При этом все блокировавшие раньше операции, будут возвращать **EAGAIN** (операция должна быть повторена позднее); **connect(2)** возвратит ошибку **EINPROGRESS**.

| События ввода-вывода | | |
|----------------------|------------------|--|
| Событие | Флаг poll | Когда происходит |
| Чтение | POLLIN | Поступили новые данные |
| Чтение | POLLIN | Установка соединения выполнена (для сокетов, ориентированных на соединение) |
| Чтение | POLLHUP | Другая сторона инициировала запрос на разъединение |
| Чтение | POLLHUP | Соединение разорвано (только для протоколов, ориентированных на соединение). Если производится запись в сокет, то также посылается сигнал SIGPIPE |
| Запись | POLLOUT | Сокет имеет достаточно места в буфере отправки для записи в него новых данных |
| Чтение/Запись | POLLIN POLLOUT | Исходящий вызов connect(2) завершён |
| Чтение/Запись | POLLERR | Произошла асинхронная ошибка |

| | | |
|---------------|---------|--|
| Чтение/Запись | POLLHUP | Другая сторона закрыла (shut down) одно направление |
| Исключение | POLLPRI | Пришли неотложные данные. При этом посылается сигнал SIGURG |

В ядре существует возможность информировать приложение о событиях с помощью сигнала **SIGIO**, что является альтернативой вызовам **poll(2)** и **select(2)**. Для этого необходимо установить с помощью **fcntl(2)** в файловом дескрипторе сокета флаг **O_ASYNC**, а также назначить с помощью **sigaction(2)** корректный обработчик сигнала **SIGIO**.

Адреса сокетов

Функция **socket()** создает "безымянный" сокет, т.е. не связанный ни с локальным адресом, ни с номером порта. Прежде чем передавать данные через сокет, его необходимо связать с адресом в выбранном домене (эту процедуру называют именованием сокета). Иногда связывание осуществляется неявно (внутри функций **connect** и **accept**), но выполнять его необходимо во всех случаях. Вид адреса зависит от выбранного вами домена. В Unix-доме это текстовая строка - имя файла, через который происходит обмен данными. В Internet-доме адрес задаётся комбинацией IP-адреса и 16-битного номера порта. IP-адрес определяет хост в сети, а порт - конкретный сокет на этом хосте. Протоколы TCP и UDP используют различные пространства портов.

Для явного связывания сокета с некоторым адресом используется функция **bind**. Её прототип имеет вид:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int bind(int sockfd, struct sockaddr *addr, int addrlen);
```

В качестве первого параметра передаётся дескриптор сокета, который привязывается к заданному адресу. Второй параметр – **addr** - содержит указатель на структуру **struct sockaddr**, а третий - длину этой структуры.

```
struct sockaddr
{
    unsigned short sa_family; // Семейство адресов, AF_xxx
    char sa_data[14]; // 14 байтов для хранения адреса
};
```

Структура определяет адрес в самом общем виде. Для сетевого взаимодействия определена другая структура **sockaddr_in**:

```
struct sockaddr_in
{
    short int sin_family; // Семейство адресов
    unsigned short int sin_port; // Номер порта
    struct in_addr sin_addr; // IP-адрес
    unsigned char sin_zero[8]; // Дополнение до размера структуры sockaddr
};
```

Здесь поле **sin_family** соответствует полю **sa_family** в **sockaddr**, в **sin_port** записывается номер порта, а в **sin_addr** - IP-адрес хоста. Поле **sin_addr** само является структурой, которая имеет вид:

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

Зачем понадобилось заключать всего одно поле в структуру? Дело в том, что раньше **in_addr** представляла собой объединение (union), содержащее гораздо большее число полей. Сейчас, когда в ней осталось всего одно поле, она продолжает использоваться для обратной совместимости.

И ещё одно важное замечание. Существует два порядка хранения байтов в слове (2 байта) и двойном слове (4 байта). Один из них называется *порядком хоста* (host byte order), другой - *сетевым порядком* (network byte order) хранения байтов (big-endian).

Чтобы было понятнее, рассмотрим пример. 4-байтное целое число 0x01020304 будет сохранено в памяти системы big endian следующим образом:

| Байт0 | Байт1 | Байт2 | Байт3 |
|-------|-------|-------|-------|
| 0x01 | 0x02 | 0x03 | 0x04 |

Та же самая величина, которая будет храниться в памяти системы little endian, разместится в противоположном порядке:

| Байт0 | Байт1 | Байт2 | Байт3 |
|-------|-------|-------|-------|
| 0x04 | 0x03 | 0x02 | 0x01 |

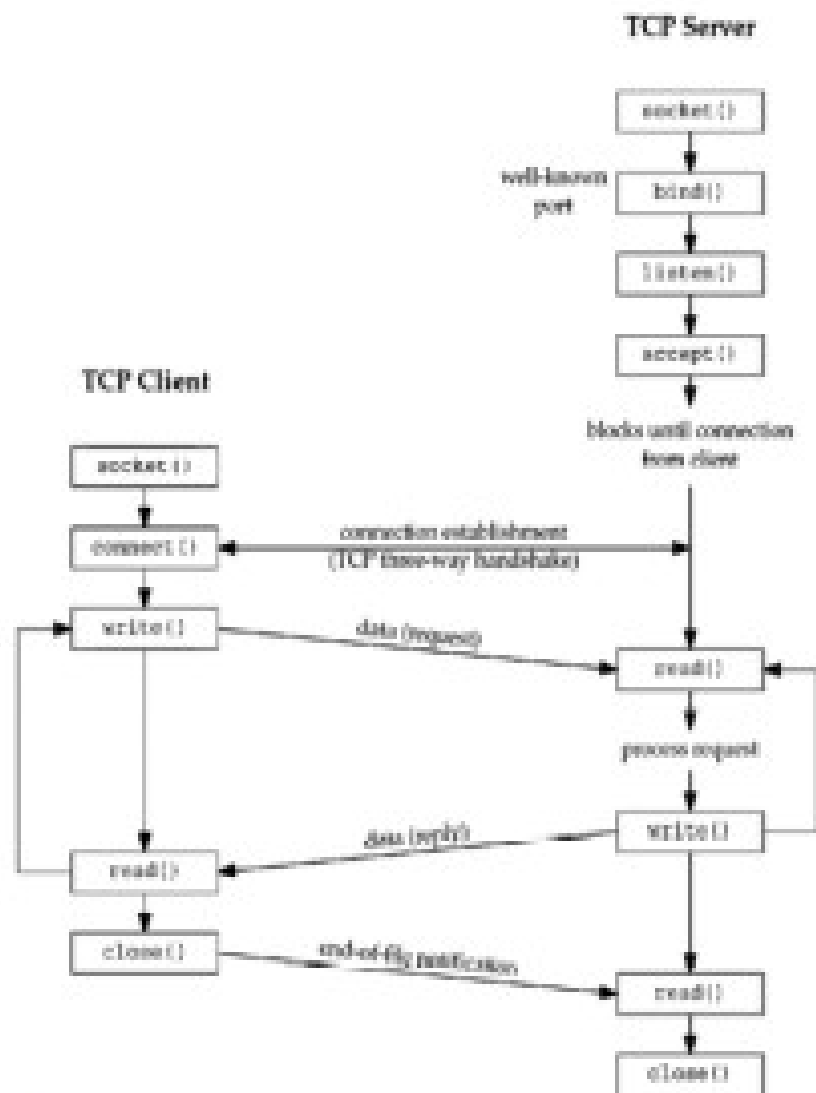
Обычно при программировании можно не обращать внимания на endianness, то есть не важно, как процессор сохранит байты чисел в системе - big endian или little endian; ядро CPU просто загружает данные из памяти и сохраняет данные в память, и представляет данные в Вашей программе уже в правильном виде. Однако, когда нужно обмениваться данными с другой системой, обе системы должны учитывать формат хранения данных в памяти (endianness).

Linux kernel может быть либо big endian, либо little endian, в зависимости от архитектуры, в расчете на которую kernel скомпилировано. Ниже в таблице показан endianness для различных типов архитектур процессоров и протоколов.

| Big Endian | Little Endian | Оба варианта |
|-------------------------|---------------|----------------|
| Архитектуры процессоров | | |
| AVR32 | Alpha | ARM |
| FR-V | CRIS | SuperH (sh) |
| H8300 | Blackfin | M32R |
| PA-RISC | Intel 64 | MIPS |
| S390 | IA-32 (x86) | MN10300 Xtensa |
| Motorola 680x0 | PowerPC | AT91SAM7 |
| SPARC | | |
| Протоколы | | |
| TCP/IP | USB | |

При указании IP-адреса и номера порта необходимо преобразовать число из порядка хоста в сетевой. Для этого используются функции **htons** (Host To Network Short) и **htonl** (Host To Network Long). Обратное преобразование выполняют функции **ntohs** (Network To Host Short) и **ntohl**.

Взаимодействие параллельных процессов через сокеты выполняется по модели клиент-сервер.



[Team UB]

PREVIOUS NEXT

manpages-dev_4.16-1_all

User programs should call the appropriate functions by their usual names. Only standard

library implementors and kernel hackers need to know about `socketcall()`.

call

Man page

SYS_SOCKET [socket](#)(2)

SYS_BIND [bind](#)(2)

SYS_CONNECT [connect](#)(2)

SYS_LISTEN [listen](#)(2)

SYS_ACCEPT [accept](#)(2)

SYS_GETSOCKNAME [getsockname](#)(2)

| | |
|------------------------------|--|
| <code>SYS_GETPEERNAME</code> | <code>getpeername</code> (2) |
| <code>SYS_SOCKETPAIR</code> | <code>socketpair</code> (2) |
| <code>SYS_SEND</code> | <code>send</code> (2) |
| <code>SYS_RECV</code> | <code>recv</code> (2) |
| <code>SYS_SENDTO</code> | <code>sendto</code> (2) |
| <code>SYS_RECVFROM</code> | <code>recvfrom</code> (2) |
| <code>SYS_SHUTDOWN</code> | <code>shutdown</code> (2) |
| <code>SYS_SETSOCKOPT</code> | <code>setsockopt</code> (2) |
| <code>SYS_GETSOCKOPT</code> | <code>getsockopt</code> (2) |
| <code>SYS_SENDMSG</code> | <code>sendmsg</code> (2) |
| <code>SYS_RECVMSG</code> | <code>recvmsg</code> (2) |
| <code>SYS_ACCEPT4</code> | <code>accept4</code> (2) |
| <code>SYS_RECVMSG</code> | <code>recvmsg</code> (2) |
| <code>SYS_SENDMSG</code> | <code>sendmsg</code> (2) |

Сокеты в файловом пространстве имен

Сокеты в файловом пространстве имен (*file namespace*, их еще называют «сокеты Unix») используют в качестве адресов имена файлов специального типа. Важной особенностью этих сокетов является то, что соединение с их помощью локального и удаленного приложений невозможно, даже если файловая система, в которой создан сокет, доступна удаленной операционной системе.

Сокеты для локального межпроцессного взаимодействия

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

```
#include <sys/un.h>
```

```
unix_socket = socket(AF_UNIX, type, 0);
```

```
error = socketpair(AF_UNIX, type, 0, int *sv);
```

Семейство сокетов **AF_UNIX** (также известное, как **AF_LOCAL**) используется для эффективного взаимодействия между процессами на одной машине. Доменные сокеты UNIX могут быть как безымянными, так и иметь имя файла в файловой системе (типизированный сокет). В Linux также поддерживается абстрактное пространство имён, которое не зависит от файловой системы.

Допустимые типы сокета для домена UNIX: потоковый сокет **SOCK_STREAM**, датаграмный сокет **SOCK_DGRAM**, сохраняющий границы сообщений (в большинстве реализаций UNIX, доменные датаграмные сокеты UNIX всегда надёжны и не меняют порядок датаграмм); и (начиная с Linux 2.6.4) ориентированный на соединение задающий последовательность пакетам сокет **SOCK_SEQPACKET**, сохраняющий границы сообщений и доставляющий сообщения в том же порядке, в каком они были отправлены.

Доменные сокеты UNIX поддерживают передачу файловых дескрипторов или информацию (credentials) о процессе другим процессам, используя вспомогательные (ancillary) данные.

В следующем фрагменте кода создается сокет и связываем его с файлом socket.soc:

```
sock = socket(AF_UNIX, SOCK_DGRAM, 0);
if (sock < 0) {
    perror("socket failed");
    return EXIT_FAILURE;
}
srvr_name.sa_family = AF_UNIX;
strcpy(srvr_name.sa_data, "socket.soc");
if (bind(sock, &srvr_name, strlen(srvr_name.sa_data) +
sizeof(srvr_name.sa_family)) < 0) {
    perror("bind failed");
    return EXIT_FAILURE;
}
```

Константы и функции, необходимые для работы с сокетами в файловом пространстве имен, объявлены в файлах <sys/types.h> и <sys/socket.h>. Как и файлы, сокеты в программах представлены дескрипторами. Дескриптор сокета можно получить с помощью функции `socket(2)`. Первый параметр этой функции – домен, к которому принадлежит сокет. Домен сокета обозначает тип соединения (а не доменное имя Интернета). Домен, обозначенный константой `AF_UNIX`, соответствует сокетам в файловом пространстве имен. Второй параметр `socket()` определяет тип сокета. значение `SOCK_DGRAM` указывает датаграммный сокет. В пространстве файловых имен датаграммные сокеты также надежны, как и потоковые сокеты. Третий параметр функции `socket()` позволяет указать протокол, используемый для передачи данных. Значение этого параметра равно нулю. В случае ошибки функция `socket()` возвращает -1.

После получения дескриптора сокета вызывается функция `bind(2)`, которая связывает сокет с заданным адресом (связывать сокет с адресом необходимо в программе-сервере, но не в клиенте). Первым параметром функции является дескриптор, а вторым – указатель на структуру `sockaddr` (переменная `srvr_name`), содержащую адрес, на котором регистрируется сервер (третий параметр функции – длина структуры, содержащей адрес). Вместо общей структуры `sockaddr` для сокетов Unix (сокетов в файловом пространстве имен) можно использовать специализированную структуру `sockaddr_un`. Поле `sockaddr.sa_family` позволяет указать семейство адресов, которым мы будем пользоваться. В данном случае это семейство адресов файловых сокетов Unix `AF_UNIX`. Сам адрес семейства `AF_UNIX` (поле `sa_data`) представляет собой обычное имя файла сокета. После вызова `bind()` программа-сервер становится доступна для соединения по заданному адресу (имени файла).

При обмене данными с датаграммными сокетами используются специальные функции `recvfrom(2)` и `sendto(2)`. Эти же функции могут применяться и при работе с потоковыми сокетами. Для чтения данных из датаграммного сокета используется функция `recvfrom(2)`, которая по умолчанию блокирует программу до тех пор, пока на входе не появятся новые данные.

```
bytes = recvfrom(sock, buf, sizeof(buf), 0, &rcvr_name, &namelen);
```

При вызове функции `recvfrom()` ей передается указатель на еще одну структуру типа `sockaddr`, в которой функция возвращает данные об адресе клиента, запросившего соединение (в случае файловых сокетов этот параметр не несет полезной информации). Последний параметр функции `recvfrom()` – указатель на переменную, в которой будет возвращена длина

структуры с адресом. Если информация об адресе клиента не нужна, то можно передать значения NULL в предпоследнем и последнем параметрах. По завершении работы с сокетом он «закрывается» с помощью «файловой» функции close(). Перед выходом из программы-сервера следует удалить файл сокета, созданный в результате вызова socket(), что делается с помощью функции unlink().

В программе-клиента (fsclient.c) открывается сокет с помощью функции socket() и передаются данные (текстовую строку) серверу с помощью функции sendto(2):

```
srvr_name.sa_family = AF_UNIX;
strcpy(srvr_name.sa_data, SOCK_NAME);
strcpy(buf, "Hello, Unix sockets!");
sendto(sock, buf, strlen(buf), 0, &srvr_name,
        strlen(srvr_name.sa_data) + sizeof(srvr_name.sa_family));
```

Первый параметр функции sendto() – дескриптор сокета, второй и третий параметры позволяют указать адрес буфера для передачи данных и его длину. Четвертый параметр предназначен для передачи дополнительных флагов. Предпоследний и последний параметры несут информацию об адресе сервера и его длине, соответственно. Если при работе с датаграммными сокетами вызвать функцию connect(2) (см. ниже), то можно не указывать адрес назначения каждый раз (достаточно указать его один раз, как параметр функции connect()). Перед вызовом функции sendto() нам надо заполнить структуру sockaddr (переменную srvr_name) данными об адресе сервера. После окончания передачи данных сокет закрывается с помощью close(). Если запустить программу-сервер, а затем программу-клиент, то сервер распечатает тестовую строку, переданную клиентом.

Сетевые сокеты

Сетевые сокеты являются универсальным типом сокетов. Система приложений, предназначенных для работы на одном компьютере, может использовать сетевые сокеты для обмена данными. Использование сетевых сокетов позволяет сделать процесс масштабирования проекта безпроблемным. Однако даже если сокеты используются для обмена данными на одной и той же машине, передаваемые данные должны пройти все уровни сетевого стека, что отрицательно сказывается на быстродействии и нагрузке на систему.

В качестве примера рассматривается комплекс из двух приложений, клиента и сервера, использующих сетевые сокеты для обмена данными. Рассмотрим некоторые фрагменты программы. Прежде всего, надо получить дескриптор сокета:

```
sock = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
if (sock < 0) {
    printf("socket() failed: %d\n", errno);
    return EXIT_FAILURE;
}
```

В первом параметре функции socket() передается константа AF_INET, которая указывает, что открываемый сокет должен быть сетевым. Значение второго параметра требует, чтобы сокет был потоковым. Третий параметр равен 0, т.е. протокол выбирается по умолчанию. Затем вызывается функция bind():

```
serv_addr.sin_family = AF_INET;
```

```
serv_addr.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
serv_addr.sin_port = htons(port);
if (bind(sock, (struct sockaddr *) &serv_addr, sizeof(serv_addr)) < 0) {
    printf("bind() failed: %d\n", errno);
    return EXIT_FAILURE;
}
```

Переменная `serv_addr`, - это структура типа `sockaddr_in`. Тип `sockaddr_in` специально предназначен для хранения адресов в формате Интернета. Самое главное отличие `sockaddr_in` от `sockaddr_un` – наличие параметра `sin_port`, предназначенного для хранения значения порта. Функция `htons()` переписывает двухбайтовое значение порта так, чтобы порядок байтов соответствовал сетевому. В качестве семейства адресов указывается `AF_INET`, а в качестве самого адреса – специальную константу `INADDR_ANY`. Благодаря этой константе наша программа сервер регистрируется на всех адресах той машины, на которой она выполняется.

Сетевой сервер должен уметь обрабатывать запросы множества клиентов одновременно. При этом в соединениях «точка-точка», например, при использовании потоковых сокетов, для каждого клиента у сервера должен быть открыт отдельный сокет. Для обеспечения такой возможности вызывается функция `listen(2)`, которая переводит сервер в режим ожидания запроса на соединение:

```
listen(sock, 1);
```

Второй параметр `listen()` – максимальное число соединений, которые сервер может обрабатывать одновременно.

Затем вызывается функция `accept(2)`, которая устанавливает соединение в ответ на запрос клиента и создает копию сокета для того, чтобы исходный сокет мог продолжать прослушивание:

```
newsock = accept(sock, (struct sockaddr *) &cli_addr, &clen);
if (newsock < 0)
{
    printf("accept() failed: %d\n", errno);
    return EXIT_FAILURE;
}
```

Получив запрос на соединение, функция `accept()` возвращает новый сокет, открытый для обмена данными с клиентом, запросившим соединение. Сервер как бы перенаправляет запрошенное соединение на другой сокет, оставляя сокет `sock` свободным для прослушивания запросов на установку соединения. Вторым параметром функции `accept()` содержит сведения об адресе клиента, запросившего соединение, а третий параметр указывает размер второго. Так же как и при вызове функции `getsockname()`, может быть передано значение `NULL` в последнем и предпоследнем параметрах. Для чтения и записи данных сервер использует функции `read()` и `write()`, а для закрытия сокетов, естественно, `close()`.

В программе-клиенте, прежде всего, нужно решить задачу, с которой не было при написании сервера, а именно выполнить преобразование доменного имени сервера в его сетевой адрес. Разрешение доменных имен выполняет функция `gethostbyname()`:

```
server = gethostbyname(argv[1]);
if (server == NULL)
{
    printf("Host not found\n");
    return EXIT_FAILURE;
}
```

Функция получает указатель на строку с Интернет-именем сервера (например, `www.unix.com` или `192.168.1.16`) и возвращает указатель на структуру `hostent` (переменная `server`), которая содержит имя сервера в приемлемом для дальнейшего использования виде. При этом, если необходимо, выполняется разрешение доменного имени в сетевой адрес.

Далее заполняются поля переменной `serv_addr` (структуры `sockaddr_in`) значениями адреса и порта:

```
serv_addr.sin_family = AF_INET;
strncpy((char *)&serv_addr.sin_addr.s_addr,
(char *)server->h_addr, server->h_length);
serv_addr.sin_port = htons(port);
```

Программа-клиент открывает новый сокет с помощью вызова функции `socket()` и вызывается функция `connect(2)` для установки соединения:

```
if (connect(sock, &serv_addr, sizeof(serv_addr)) < 0)
{
    printf("connect() failed: %d", errno);
    return EXIT_FAILURE;
}
```

Теперь сокет готов к передаче и приему данных. Программа-клиент, например, может считывать символы, вводимые пользователем в окне терминала. Когда пользователь нажимает <Ввод>, программа передает данные серверу, ждет ответного сообщения сервера и распечатывает его.

По умолчанию функция `socket()` создает блокирующий сокет. Чтобы сделать его неблокирующим, надо использовать функцию `fcntl(2)` с флагом `O_NONBLOCK`:

```
sock = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
fcntl(sock, F_SETFL, O_NONBLOCK);
```

Теперь любой вызов функции `read()` для сокета `sock` будет возвращать управление сразу же. Если на входе сокета нет данных для чтения, функция `read()` вернет значение `EAGAIN`.

Для проверки состояния неблокирующих сокетов можно использовать мультиплексирование и воспользоваться функциями **`select(2)`** или `poll()` и их современные версии `pselect` и `epoll`.

Функция **`select()`** (см. Приложение или `man pages`) способна проверять состояние нескольких дескрипторов сокетов (или файлов) сразу. Первый параметр функции – количество проверяемых дескрипторов. Второй, третий и четвертый параметры функции

представляют собой наборы дескрипторов, которые следует проверять, соответственно, на готовность к чтению, записи и на наличие исключительных ситуаций. Сама функция **select()** – блокирующая, она возвращает управление, если хотя бы один из проверяемых сокетов готов к выполнению соответствующей операции. В качестве последнего параметра функции **select()** можно указать интервал времени, по прошествии которого она вернет управление в любом случае. Вызов **select()** для проверки наличия входящих данных на соquete sock может выглядеть так:

```
fd_set set;
struct timeval interval;
FD_SET(sock, &set);
tv.tv_sec = 1;
tv.tv_usec = 500000;
...
select(1, &set, NULL, NULL, &tv);
if (FD_ISSET(sock, &set) {
    // Есть данные для чтения
}
```

Все, что касается функции **select()** теперь объявляется в заголовочном файле `<sys/select.h>` (раньше объявления элементов функции **select()** были разбросаны по файлам `<sys/types.h>`, `<sys/time.h>` и `<stdlib.h>`). В приведенном фрагменте кода `FD_SET` и `FD_ISSET` – макросы, предназначенные для работы с набором дескрипторов `fd_set`.

Лабораторная работа состоит из двух частей:

1. Организовать взаимодействие параллельных процессов на отдельном компьютере.
2. Организовать взаимодействие параллельных процессов в сети (ситуацию моделируем на одной машине).

Задание 1

- Написать приложение по модели клиент-сервер, демонстрирующее взаимодействие параллельных процессов на отдельном компьютере с использованием сокетов в файловом пространстве имен: семейство - `AF_UNIX`, тип - `SOCK_DGRAM`. При демонстрации работы программного комплекса необходимо запустить несколько клиентов (не меньше 5) и продемонстрировать, что сервер обрабатывает обращения каждого запущенного клиента.

Задание 2

- Написать приложение по модели клиент-сервер, осуществляющее взаимодействие параллельных процессов, которые выполняются на разных компьютерах. Для взаимодействия с клиентами сервер должен использовать мультиплексирование. Сервер должен обслуживать запросы параллельно запущенных клиентов. При демонстрации работы программного комплекса необходимо запустить несколько клиентов (не меньше 5) и продемонстрировать, что сервер обрабатывает обращения каждого запущенного клиента.

Литература:

1. Стивенс У., UNIX: Разработка сетевых приложений. - СПб.: Питер, 2004
2. W. R. Stevens, S. A. Rago, Advanced Programming in the UNIX® Environment: Second Edition, Addison Wesley Professional, 2005
3. Сокеты. Статья из серии "[Программирование для Linux](#)", журнал [Linux Format](#)
[Андрей Боровский](#), [symmetrica.net](#)
<http://citforum.ru/programming/unix/sockets/>

4. <https://www.rsdn.org/> *Программирование сокетов в Linux* Автор: Александр Шаргин
Опубликовано: 16.05.2001
Исправлено: 04.02.2006
Версия текста: 1.1

Приложение 1

Для того, чтобы посмотреть какие порты открыты и кто их открыл достаточно выполнить команду:

`netstat -tulpn`

Если запускать с правами не привилегированного пользователя, то узнаем только какие порты открыты, а кто их открыл узнать можно только с правами суперпользователя.

```
ekaterina@ekaterina-HP-470-G7-Notebook-PC:~/OS/OperatingSystems/lab_26/task_2$ sudo ss -tulpn
Netid  State  Recv-Q  Send-Q  Local Address:Port  Peer Address:Port  users:
udp    UNCONN 0        0       127.0.0.53%lo:53    0.0.0.0:*          users:((("systemd-resolve",pid=813,fd=12))
udp    UNCONN 0        0       0.0.0.0:68         0.0.0.0:*          users:((("dhclient",pid=2607,fd=6))
udp    UNCONN 0        0       0.0.0.0:631        0.0.0.0:*          users:((("cups-browsed",pid=1059,fd=7))
udp    UNCONN 0        0       0.0.0.0:51555      0.0.0.0:*          users:((("firefox",pid=3041,fd=293))
udp    UNCONN 0        0       0.0.0.0:43739      0.0.0.0:*          users:((("avahi-daemon",pid=1039,fd=14))
udp    UNCONN 0        0       0.0.0.0:44673      0.0.0.0:*          users:((("firefox",pid=3041,fd=321))
udp    UNCONN 0        0       0.0.0.0:5353       0.0.0.0:*          users:((("avahi-daemon",pid=1039,fd=12))
udp    UNCONN 0        0       0.0.0.0:47254      0.0.0.0:*          users:((("firefox",pid=3041,fd=256))
udp    UNCONN 0        0       [::]:34007         [::]:*             users:((("avahi-daemon",pid=1039,fd=15))
udp    UNCONN 0        0       [::]:5353         [::]:*             users:((("avahi-daemon",pid=1039,fd=13))
tcp    LISTEN 0        128      127.0.0.53%lo:53    0.0.0.0:*          users:((("systemd-resolve",pid=813,fd=13))
tcp    LISTEN 0        5       127.0.0.1:631      0.0.0.0:*          users:((("cupsd",pid=962,fd=7))
tcp    LISTEN 0        5       0.0.0.0:2000       0.0.0.0:*          users:((("server.o",pid=4667,fd=3))
tcp    LISTEN 0        5       [::]:631          [::]:*             users:((("cupsd",pid=962,fd=6))
```

`sudo ss -tulpn`

```
parallels@parallels-Parallels-Virtual-Platform:~/OSBMSTU/sock$ netstat -at
Active Internet connections (servers and established)
Proto Recv-Q Send-Q Local Address           Foreign Address         State
tcp    0      0 localhost:domain        0.0.0.0:*               LISTEN
tcp    0      0 localhost:ipp           0.0.0.0:*               LISTEN
tcp    0      0 0.0.0.0:9999            0.0.0.0:*               LISTEN
tcp    1      0 10.211.55.6:44924       192.168.0.1:netbios-ssn CLOSE_WAIT
tcp    0      0 10.211.55.6:37960      ec2-52-35-57-239.:https ESTABLISHED
tcp    0      0 10.211.55.6:33790      ec2-34-211-62-63.:https ESTABLISHED
tcp6   0      0 ip6-localhost:ipp      [::]:*                  LISTEN
```

/* According to POSIX.1-2001, POSIX.1-2008 */

`#include <sys/select.h>`

/* According to earlier standards */

`#include <sys/time.h>`

`#include <sys/types.h>`

`#include <unistd.h>`

```

int select(int nfds, fd_set *readfds, fd_set *writefds,
           fd_set *exceptfds, struct timeval *timeout);

void FD_CLR(int fd, fd_set *set);
int  FD_ISSET(int fd, fd_set *set);
void FD_SET(int fd, fd_set *set);
void FD_ZERO(fd_set *set);

#include <sys/select.h>

int pselect(int nfds, fd_set *readfds, fd_set *writefds,
            fd_set *exceptfds, const struct timespec *timeout,
            const sigset_t *sigmask);

```

Feature Test Macro Requirements for glibc (see [feature_test_macros\(7\)](#)):

pselect(): _POSIX_C_SOURCE >= 200112L

Описание [top](#)

select() and **pselect()** позволяет программе контролировать несколько файловых дескрипторов, ожидающих, пока один или несколько файловых дескрипторов не станут доступны (готовы) для некоторого класса операций ввода / вывода (например, возможен ввод). Дескриптор файла считается готовым, если возможно выполнить соответствующую операцию ввода / вывода (e.g., [read\(2\)](#), or a sufficiently small [write\(2\)](#)) without blocking.

select() может опрашивать количество файловых дескрипторов, которое должно быть меньше чем FD_SETSIZE; [poll\(2\)](#) такого ограничения не имеет

Функции **select()** and **pselect()** почти идентичны, но имеют три различия:

- **select()** использует *timeout* представленный a struct timeval (with seconds and microseconds), в то время как **pselect()** использует a struct timespec (with seconds and nanoseconds).
- **select()** может обновить аргумент *timeout* , чтобы указать сколько времени осталось **pselect()** не изменяет этот аргумент
- **select()** не имеет аргумент *sigmask*, и ведет себя как **pselect()** вызов с NULL *sigmask*.

Причина того, что **pselect()** необходим, заключается в том, что если какой-то процесс ждет либо сигнал или файловый дескриптор, чтобы стать готовым, то атомарная проверка необходима для предотвращения гонки (race).

Предположим, что обработчик signal устанавливает глобальный флаг и возвращает. Тогда проверка этого глобального флага с последующим вызовом **select()** может зависать бесконечно, если сигнал поступил сразу после проверки, но перед вызовом. Напротив, **pselect()** позволяет сначала блокировать сигналы, обрабатывать поступившие сигналы, затем вызвать **pselect()** с нужным значением маски, избегая гонки (race).

The timeout

Временные структуры определены в *<sys/time.h>*

```
struct timeval
```

```

    {
        long   tv_sec;      /* seconds */
        long   tv_usec;     /* microseconds */
    };
и struct timespec
    {
        long   tv_sec;      /* seconds */
        long   tv_nsec;     /* nanoseconds */
    };

```

Возвращаемое значение [top](#)

В случае успеха `select ()` и `pselect ()` возвращают номер файлового дескриптора, содержащиеся в трех возвращенных наборах дескрипторов (то есть общее количество битов, которые установлены в `readfds`, `writfds`, исключением из `fds`), которое может быть нулевым, если тайм-аут истекает раньше, то возможны проблемы.

При ошибке возвращается -1, а `errno` определяет ошибку; наборы дескрипторов файлов не изменены, и тайм-аут становится неопределенным.

Ошибки [top](#)

EBADF - В одном из наборов указан неверный дескриптор файла. (Возможно, дескриптор файла, который уже был закрыт, или дескриптор, в котором произошла ошибка.) Однако см. **BUGS**.

EINTR Сигнал был перехвачен; смотри [signal\(7\)](#).

EINVAL `nfds` is negative or exceeds the `RLIMIT_NOFILE` resource limit (see [getrlimit\(2\)](#)).

EINVAL Значение, содержащееся в тайм-ауте, недействительно.

ENOMEM Невозможно выделить память для внутренних таблиц.

Версии [top](#)

`pselect()` был добавлен в Linux in kernel 2.6.16. Prior to this, `pselect()` was emulated in glibc (but see **BUGS**).

В соответствии с [top](#)

`select ()` соответствует POSIX.1-2001, POSIX.1-2008 и 4.4BSD (`select ()` впервые появился в 4.2BSD). Обычно переносимы в / из не-BSD систем, поддерживающих клоны уровня сокетов BSD (включая варианты System V). Однако обратите внимание, что вариант System V обычно устанавливает переменную тайм-аута перед выходом, а вариант BSD - нет.

`pselect()` is defined in POSIX.1g, and in POSIX.1-2001 and POSIX.1-2008.

Замечания [top](#)

`Fd_set` - это буфер фиксированного размера. Выполнение `FD_CLR ()` или `FD_SET ()` со значением `fd`, которое является отрицательным или равно или больше, чем `FD_SETSIZE` приведет к неопределенному поведению. Кроме того, POSIX требует, чтобы `fd` был допустимым дескриптором файла.

Это позволяет системному вызову получить указатель на набор сигналов и его размер, в то же время учитывая тот факт, что большинство архитектур поддерживают максимум 6 аргументов для системного вызова. См. `Sigprocmask (2)` для обсуждения различий между ядром и представлением `libc` набора сигналов.

Ошибки (BUGS)

POSIX позволяет реализации определять верхний предел, объявленный через константу `FD_SETSIZE`, для диапазона файловых дескрипторов, которые могут быть указаны в наборе файловых дескрипторов. Ядро Linux не накладывает фиксированного ограничения, но реализация `glibc` делает `fd_set` типом фиксированного размера с `FD_SETSIZE`, определяемым как 1024, и макросами `FD_*()`, работающими в соответствии с этим пределом. Чтобы отслеживать файловые дескрипторы больше 1023, используйте `poll (2)`.

Реализация аргументов `fd_set` в качестве аргументов значение-результат означает, что они должны быть повторно инициализированы при каждом вызове `select ()`. Эта ошибка проектирования предотвращается `poll(2)`, который использует отдельные поля структуры для ввода и вывода вызова.

Согласно POSIX, `select ()` должен проверять все указанные файловые дескрипторы в трех наборах файловых дескрипторов, вплоть до предела `nfds-1`. Однако текущая реализация игнорирует любой файловый дескриптор в этих наборах, который больше, чем максимальный номер файлового дескриптора, который процесс в настоящее время имеет открытым. Согласно POSIX, любой такой файловый дескриптор, указанный в одном из наборов, должен привести к ошибке `EBADF`.

`Glibc 2.0` предоставил версию `pselect ()`, которая не принимала аргумент `sigmask`.

Начиная с версии 2.1, `glibc` предоставил эмуляцию `pselect ()`, которая была реализована с использованием `sigprocmask (2)` и `select ()`. Эта реализация оставалась уязвимой для состояния «гонок», для предотвращения которого была разработана функция `pselect ()`. Современные версии `glibc` используют (без гонки) системный вызов `pselect ()` в тех ядрах, где он предоставляется.

В Linux `select ()` может сообщить, что дескриптор файла сокета готов для чтения, но, тем не менее, последующее чтение блокируется. Это может, например, произойти, когда данные поступили, но при проверке они имеют неверную контрольную сумму и отбрасываются. Могут быть другие обстоятельства, при которых файловый дескриптор ложно сообщается как готовый. Таким образом, может быть безопаснее использовать `O_NONBLOCK` на сокетах, которые не должны блокироваться.

В Linux `select ()` также изменяет время ожидания, если вызов прерывается обработчиком сигнала (то есть возвращением ошибки `EINTR`). Это не разрешено POSIX.1. Системный вызов Linux `pselect ()` ведет себя также, но оболочка `glibc` скрывает это поведение, копируя тайм-аут в локальную переменную и передавая эту переменную системному вызову.

Пример [top](#)

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <sys/time.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>

int
main(void)
{
    fd_set rfd;
    struct timeval tv;
```

```

int retval;

/* Watch stdin (fd 0) to see when it has input. */

FD_ZERO(&rfd);
FD_SET(0, &rfd);

/* Wait up to five seconds. */

tv.tv_sec = 5;
tv.tv_usec = 0;

retval = select(1, &rfd, NULL, NULL, &tv);
/* Don't rely on the value of tv now! */

if (retval == -1)
    perror("select()");
else if (retval)
    printf("Data is available now.\n");
    /* FD_ISSET(0, &rfd) will be true. */
else
    printf("No data within five seconds.\n");

exit(EXIT_SUCCESS);
}

```

Приложение 2

НАЗВАНИЕ

`socket` - создать окончную точку коммуникации

КРАТКАЯ СВОДКА

```

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

```

```
int socket(int domain, int type, int protocol);
```

ОПИСАНИЕ

socket создает окончную точку для коммуникации и возвращает её дескриптор.

Параметр *domain* задает "домен" коммуникации; выбирает набор протоколов, которые будут использоваться для коммуникации. Такие наборы описаны в **<sys/socket.h>**.

В настоящее время существуют такие форматы:

| Название | Назначение | Страница |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| PF_UNIX,PF_LOCAL | Локальная коммуникация | <u>unix(7)</u> |
| PF_INET | IPv4, протоколы Интернет | <u>ip(7)</u> |
| PF_INET6 | IPv6, протоколы Интернет | |

| | | |
|---------------------|--|---------------------------|
| PF_IPX | IPX - протоколы Novell | |
| PF_NETLINK | Устройство для общения пользователя с ядром netlink(7) | |
| PF_X25 | Протокол ITU-T X.25 / ISO-8208 | x25(7) |
| PF_AX25 | Протокол AX.25, любительское радио | |
| PF_ATMPVC | ATM -- доступ к низкоуровневым PVC | |
| PF_APPLETALK | Appletalk | ddp(7) |
| PF_PACKET | Низкоуровневый пакетный интерфейс | packet(7) |

Сокет имеет указанный тип, *type*, задающий семантику коммуникации. В настоящее время определены следующие типы:

SOCK_STREAM

Обеспечивает надежные, двунаправленные последовательные потоки байтов, с поддержкой соединений. Может также поддерживаться механизм вне-поточных данных.

SOCK_DGRAM

Обеспечивает датаграммы (ненадежные сообщения с ограниченной максимальной длиной, без поддержки соединения).

SOCK_SEQPACKET

Обеспечивает последовательный двунаправленный канал передачи датаграмм с поддержкой соединений; датаграммы имеют ограниченную максимальную длину; от получателя требуется за один раз прочитать целый пакет.

SOCK_RAW

Обеспечивает доступ к низкоуровневому сетевому протоколу.

SOCK_RDM

Обеспечивает надежную доставку датаграмм без гарантии их последовательности.

SOCK_PACKET

Устарело и не должно использоваться в новых программах; см. [packet\(7\)](#).

Некоторые типы сокетов могут не быть реализованными в некоторых наборах протоколов; например, **SOCK_SEQPACKET** не реализовано в наборе **AF_INET**.

Параметр *protocol* задает конкретный протокол, который используется на сокете. Обычно существует только один протокол, обеспечивающий конкретный тип сокета в заданном наборе протоколов. Однако, возможно существование нескольких таких протоколов -- тогда и используется этот параметр. Номер протокола зависит от используемого ``домена коммуникации'', см.~ [protocols\(5\)](#). См. [getprotoent\(3\)](#), где описано, как сопоставлять имена протоколов их номерам.

Сокеты типа **SOCK_STREAM** являются дуплексными потоками байт, похожими на трубы. Они не сохраняют границы между записями. Поточковый сокет должен быть в *соединённом* состоянии перед тем, как по нему можно отсылать и принимать данные. Соединение с другим сокетом создается с помощью системного вызова [connect\(2\)](#). После соединения данные можно передавать, используя системные вызовы [read\(2\)](#) и [write\(2\)](#), или какой-то из вариантов системных вызовов [send\(2\)](#) и [recv\(2\)](#). Когда сессия закончена, выполняется [close\(2\)](#). Вне-поточные данные могут передаваться, как описано в [send\(2\)](#), а приниматься, как описано в [recv\(2\)](#).

Коммуникационные протоколы, которые реализуют **SOCK_STREAM**, следят, чтобы данные не были потеряны или продублированы. Если у корреспондента имеется место в буфере, но очередная порция данных не может быть передана за разумное время, то соединение считается мертвым. Когда на сокете включен флаг **SO_KEEPALIVE**, протокол каким-либо способом проверяет, что другая сторона ещё жива. Сигнал **SIGPIPE** появляется, если процесс посылает или принимает данные, пользуясь разорванным потоком; это приводит к тому, что неопытные процессы, не обрабатывающие сигнал, завершаются.

Сокеты **SOCK_SEQPACKET** используют те же самые системные вызовы, что и сокеты **SOCK_STREAM**. Единственное отличие в том, что вызовы **read(2)** вернут только запрошенное количество данных, а остаток прибывшего пакета будет отброшен. Границы между сообщениями во входящих датаграммах сохраняются.

Сокеты **SOCK_DGRAM** и **SOCK_RAW** позволяют посылать датаграммы корреспондентам, заданным при вызове **send(2)**. Датаграммы обычно принимаются с помощью вызова **recvfrom(2)**, который возвращает следующую датаграмму с соответствующим обратным адресом.

SOCK_PACKET --- это устаревший тип сокета, позволявший получать необработанные пакеты прямо от драйвера устройства. Используйте вместо него **packet(7)**.

Системный вызов **fcntl(2)** с аргументом **F_SETOWN** может использоваться, чтобы задать группу процессов, которая будет получать сигнал **SIGURG**, когда прибывают вне-поточные данные или сигнал **SIGPIPE**, когда соединение типа **SOCK_STREAM** неожиданно обрывается. Этот вызов также можно использовать, чтобы задать процесс или группу процессов, которые получают асинхронные уведомления о вводе-выводе с помощью **SIGIO**. Использование **F_SETOWN** эквивалентно использованию **ioctl(2)** с аргументом **SIOSETOWN**.

Когда сеть сообщает протоколу об ошибке (в случае IP, например, используя ICMP-сообщение), то для сокета устанавливается флаг ожидающей ошибки. Следующая операция с этим сокетом вернет код ожидающей ошибки. Для некоторых протоколов можно разрешить для конкретного сокета очередь ошибок, чтобы получить детальную информацию об ошибке; см. **IP_RECVERR** в **ip(7)**.

Операции сокетов контролируются их *параметрами*. Эти параметры описаны в **<sys/socket.h>**. **setsockopt(2)** и **getsockopt(2)** используются, чтобы установить и получить параметры, соответственно.

ВОЗВРАЩАЕМОЕ ЗНАЧЕНИЕ

В случае ошибки возвращается -1; в противном случае возвращается дескриптор, ссылающийся на сокет.

ОШИБКИ

EPROTONOSUPPORT

Тип протокола или указанный протокол не поддерживаются в этом домене.

ENFILE

Ядру не хватило памяти, чтобы создать новый сокет.

EMFILE

Переполнение таблицы файлов процесса.

EACCES

Не разрешено создание сокета указанного типа и/или протокола.

ENOBUFFS или ENOMEM

Недостаточно памяти. Сокет не может быть создан, пока не освободится память.

EINVAL

Неизвестный протокол, или недоступный набор протоколов.

Другие ошибки могут быть сгенерированы нижележащими модулями протоколов.

СООТВЕТСТВИЕ СТАНДАРТАМ

4.4BSD (системный вызов **socket** появился в 4.2BSD). Обычно переносимо с/на не-BSD системы, имеющие реализацию сокетов BSD (включая варианты System V).

ЗАМЕЧАНИЕ

Для наборов протоколов под BSD 4.* используются константы PF_UNIX, PF_INET и т.д., тогда как AF_UNIX и т.п. используются для указания семьи адресов. Однако же, страница руководства из BSD обещает: "Вообще, набор протоколов совпадает с семьей адресов", и в последующих стандартах везде используется AF_*.

ИЛИ

Семейства описаны в `<sys/socket.h>`. В настоящее время распознаются такие форматы:

| Название | Назначение | Справочная страница |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| AF_UNIX, AF_LOCAL | Локальное соединение | unix(7) |
| AF_INET | Протоколы Интернет IPv4 | ip(7) |
| AF_INET6 | Протоколы Интернет IPv6 | ipv6(7) |
| AF_IPX | Протоколы Novell IPX | |
| AF_NETLINK | Устройство для взаимодействия с ядром | netlink(7) |
| AF_X25 | Протокол ITU-T X.25/ISO-8208 | x25(7) |
| AF_AX25 | Протокол любительского радио AX.25 | |
| AF_ATMPVC | Доступ к низкоуровневым PVC в ATM | |
| AF_APPLETALK | AppleTalk | ddp(7) |
| AF_PACKET | Низкоуровневый пакетный интерфейс | packet(7) |
| AF_ALG | Интерфейс к ядерному крипто-API | |

Сокет имеет тип *type*, задающий семантику соединения. В настоящее время определены следующие типы:

SOCK_STREAM

Обеспечивает создание двусторонних, надёжных потоков байтов на основе установления соединения. Может также поддерживаться механизм внепоточных данных.

SOCK_DGRAM

Поддерживает дейтаграммы (ненадежные сообщения с ограниченной длиной без установки соединения).

SOCK_SEQPACKET

Обеспечивает работу последовательного двустороннего канала для передачи дейтаграмм на основе соединений; дейтаграммы имеют постоянный размер; от получателя требуется за один раз прочитать целый пакет.

SOCK_RAW

Обеспечивает прямой доступ к сетевому протоколу.

SOCK_RDM

Обеспечивает надежную доставку дейтаграмм без гарантии, что они будут расположены по порядку.

SOCK_PACKET

Устарел и не должен использоваться в новых программах; см. [packet\(7\)](#).

Некоторые типы сокетов могут быть не реализованы во всех семействах протоколов.

Начиная с Linux 2.6.27, аргумент *type* предназначается для двух вещей: кроме определения типа сокета, для изменения поведения **socket()** он может содержать по битово сложенные любые следующие значения:

SOCK_NONBLOCK

Устанавливает флаг состояния файла **O_NONBLOCK** для нового открытого файлового дескриптора. Использование данного флага заменяет дополнительные вызовы [fcntl\(2\)](#) для достижения того же результата.

SOCK_CLOEXEC

Устанавливает флаг close-on-exec (**FD_CLOEXEC**) для нового открытого файлового дескриптора. Смотрите описание флага **O_CLOEXEC** в [open\(2\)](#) для того, чтобы узнать больше.

В *protocol* задаётся определённый протокол, используемый с сокетом. Обычно, только единственный протокол существует для поддержки определённого типа сокета с заданным семейством протоколов, в этом случае в *protocol* можно указать 0. Однако, может существовать несколько протоколов, тогда нужно указать один из них.

Это важно, поэтому еще раз:

It is possible to do nonblocking I/O on sockets by setting the **O_NONBLOCK** flag on a socket file descriptor using `fcntl(2)`. Then all operations that would block will (usually) return with **EAGAIN** (operation should be retried later); `connect(2)` will return **EINPROGRESS** error. The user can then wait for various events via `poll(2)` or `select(2)`.

| I/O events | | |
|------------|------------------|--|
| Event | Poll flag | Occurrence |
| Read | POLLIN | New data arrived. |
| Read | POLLIN | A connection setup has been completed (for connection-oriented sockets) |
| Read | POLLHUP | A disconnection request has been initiated by the other end. |
| Read | POLLHUP | A connection is broken (only for connection-oriented protocols). When the socket is written SIGPIPE is also sent. |
| Write | POLLOUT | Socket has enough send buffer space for writing new data. |
| Read/Write | POLLIN POLLOUT | An outgoing <code>connect(2)</code> finished. |
| Read/Write | POLLERR | An asynchronous error occurred. |
| Read/Write | POLLHUP | The other end has shut down one direction. |
| Exception | POLLPRI | Urgent data arrived. SIGURG is sent then. |

An alternative to `poll(2)` and `select(2)` is to let the kernel inform the application about events via a **SIGIO** signal. For that the **O_ASYNC** flag must be set on a socket file descriptor via `fcntl(2)` and a valid signal handler for **SIGIO** must be installed via `sigaction(2)`. See the *signals* discussion below.

