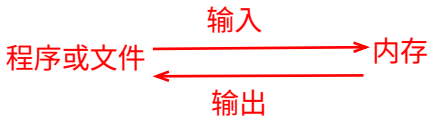


1. I/O多路复用（I/O多路转接）

I/O 多路复用使得程序能同时监听多个文件描述符，能够提高程序的性能，Linux 下实现 I/O 多路复用的系统调用主要有 select、poll 和 epoll。

2. select

> 主旨思想：
>
> 1. 首先要构造一个关于文件描述符的列表，将要监听的文件描述符添加到该列表中。
> 2. 调用一个系统函数，监听该列表中的文件描述符，直到这些描述符中的一个或者多个进行I/O操作时，该函数才返回。
>
>   a.这个函数是阻塞
>
>   b.函数对文件描述符的检测的操作是由内核完成的
> 3. 在返回时，它会告诉进程有多少（哪些）描述符要进行I/O操作。

select()

128个字节，1024位，总共可以保存1024位的标志位，每一个标志位代表一个文件描述符fd

```
// sizeof(fd_set) = 128     1024
#include <sys/time.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/select.h>
int select(int nfds, fd_set *readfds, fd_set *writefds,
           fd_set *exceptfds, struct timeval *timeout);
    - 参数：
            - nfds : 委托内核检测的最大文件描述符的值 + 1   +1 表示遍历到最大文件描述符
            - readfds : 要检测的文件描述符的读的集合，委托内核检测哪些文件描述符的读的属性
                  - 一般检测读操作                表示有文件读进来(读缓冲区有无数据)
                  - 对应的是对方发送过来的数据，因为读是被动的接收数据，检测的就是读缓冲区
                  - 是一个传入传出参数   传入的是一个指针，表示要检测的所有标志位
                                         传出的是检测到的符合条件的标志位(为1的且读缓冲区中有数据的标志位)
一般不检测，而是检测读缓冲区 writefds : 要检测的文件描述符的写的集合，委托内核检测哪些文件描述符的写的属性  发送出去
                  - 委托内核检测写缓冲区是不是还可以写数据（不满的就可以写）
一般也不会用 - exceptfds : 检测发生异常的文件描述符的集合
            - timeout : 设置的超时时间
                struct timeval {
                    long    tv_sec;         /* seconds */
                    long    tv_usec;        /* microseconds */
                };
                - NULL : 永久阻塞，直到检测到了文件描述符有变化
                - tv_sec = 0 tv_usec = 0,  不阻塞
                - tv_sec > 0 tv_usec > 0,  阻塞对应的时间

        - 返回值 :
            - -1 : 失败
            - >0(n) : 检测的集合中有n个文件描述符发生了变化

// 将参数文件描述符fd对应的标志位设置为0
void FD_CLR(int fd, fd_set *set);
// 判断fd对应的标志位是0还是1，  返回值 :  fd对应的标志位的值，标志位若为0返回0，  若 为 1返回1
int  FD_ISSET(int fd, fd_set *set);
// 将参数文件描述符fd 对应的标志位设置为1
void FD_SET(int fd, fd_set *set);

// fd_set一共有1024 bit, 全部初始化为0
void FD_ZERO(fd_set *set);
```

3. poll

```
#include <poll.h>
struct pollfd {
    int   fd;         /* 委托内核检测的文件描述符 */
    short events;     /* 委托内核检测文件描述符的什么事件 */
    short revents;    /* 文件描述符实际发生的事件 */
};

struct pollfd myfd;
myfd.fd = 5;
myfd.events = POLLIN | POLLOUT;

int poll(struct pollfd *fds, nfds_t nfds, int timeout);
    - 参数：
        - fds : 是一个struct pollfd 结构体数组，这是一个需要检测的文件描述符的集合
        - nfds : 这个是第一个参数数组中最后一个有效元素的下标 + 1
        - timeout : 阻塞时长
            0 : 不阻塞
           -1 : 阻塞，当检测到需要检测的文件描述符有变化，解除阻塞
           >0 : 阻塞的时长
    - 返回值：
        -1 : 失败
        >0（n） : 成功,n表示检测到集合中有n个文件描述符发生变化
```

也是传入传出参数，
传入 fd与events
传出revents

事件	常值	作为events的值	作为revents的值	说明
读事件	POLLIN	✔	✔	普通或优先带数据可读
	POLLRDNORM	✔	✔	普通数据可读
	POLLRDBAND	✔	✔	优先级带数据可读
	POLLPRI	✔	✔	高优先级数据可读
写事件	POLLOUT	✔	✔	普通或优先带数据可写
	POLLWRNORM	✔	✔	普通数据可写
	POLLWRBAND	✔	✔	优先级带数据可写
错误事件	POLLERR		✔	发生错误
	POLLHUP		✔	发生挂起
	POLLNVAL		✔	描述不是打开的文件

4. epoll

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

// 创建一个新的epoll实例。在内核中创建了一个数据，这个数据中有两个比较重要的数据，一个是需要检测的文件描述符的信息（红黑树），还有一个是就绪列表，存放检测到数据发送改变的文件描述符信息（双向链表）。
int epoll_create(int size);
    - 参数：
        size : 目前没有意义。随便写一个数，必须大于0
    - 返回值：
        -1 : 失败
        > 0 : 文件描述符，操作epoll实例的
```

```
typedef union epoll_data {
    void        *ptr;
    int          fd;  一般情况下只需要结构体中的这个数据
    uint32_t     u32;
    uint64_t     u64;
} epoll_data_t;

struct epoll_event {
    uint32_t     events;      /* Epoll events */
    epoll_data_t data;        /* User data variable */
};
常见的Epoll检测事件：
    - EPOLLIN
    - EPOLLOUT
    - EPOLLERR

// 对epoll实例进行管理：添加文件描述符信息，删除信息，修改信息  从用户区将所有fd拷贝到内核区
int epoll_ctl(int epfd, int op, int fd, struct epoll_event *event);
    - 参数：
            - epfd : epoll实例对应的文件描述符
            - op : 要进行什么操作
                EPOLL_CTL_ADD:  添加
                EPOLL_CTL_MOD:  修改
                EPOLL_CTL_DEL:  删除
            - fd : 要检测的文件描述符
            - event : 检测文件描述符什么事情

// 检测函数
int epoll_wait(int epfd, struct epoll_event *events, int maxevents, int
timeout);
    - 参数：
        - epfd : epoll实例对应的文件描述符
        - events : 传出参数，保存了发送了变化的文件描述符的信息  跟select与poll的最大区别：能够将状态发生变化的client的fd数据传出
        - maxevents : 第二个参数结构体数组的大小
        - timeout : 阻塞时间
            - 0 : 不阻塞
            - -1 : 阻塞，直到检测到fd数据发生变化，解除阻塞
            - > 0 : 阻塞的时长（毫秒）

    - 返回值：
        - 成功，返回发送变化的文件描述符的个数 > 0
        - 失败 -1
```

Epoll 的工作模式：

- LT 模式 （水平触发）

  假设委托内核检测读事件 -> 检测fd的读缓冲区

  读缓冲区有数据 - > epoll检测到了会给用户通知

  a.用户不读数据，数据一直在缓冲区，epoll 会一直通知

  b.用户只读了一部分数据，epoll会通知

  c.缓冲区的数据读完了，不通知

> LT（level - triggered）是缺省的工作方式，并且同时支持 block 和 no-block socket。在这种做法中，内核告诉你一个文件描述符是否就绪了，然后你可以对这个就绪的 fd 进行 IO 操作。如果你不作任何操作，内核还是会继续通知你的。

- ET 模式（边沿触发） 要配合循环读数据+non-block socket

  假设委托内核检测读事件 -> 检测fd的读缓冲区

  读缓冲区有数据 - > epoll检测到了会给用户通知

  a.用户不读数据，数据一直在缓冲区中，epoll下次检测的时候就不通知了

  b.用户只读了一部分数据，epoll不通知

  c.缓冲区的数据读完了，不通知

> ET（edge - triggered）是高速工作方式，只支持 no-block socket。在这种模式下，当描述符从未就绪变为就绪时，内核通过epoll告诉你。然后它会假设你知道文件描述符已经就绪，并且不会再为那个文件描述符发送更多的就绪通知，直到你做了某些操作导致那个文件描述符不再为就绪状态了。但是请注意，如果一直不对这个 fd 作 IO 操作（从而导致它再次变成未就绪），内核不会发送更多的通知（only once）。
>
> ET 模式在很大程度上减少了 epoll 事件被重复触发的次数，因此效率要比 LT 模式高。epoll 工作在 ET 模式的时候，必须使用非阻塞套接口，以避免由于一个文件句柄的阻塞读/阻塞写操作把处理多个文件描述符的任务饿死。 文件描述符

```
struct epoll_event {
    uint32_t     events;      /* Epoll events */
    epoll_data_t data;        /* User data variable */
};
常见的Epoll检测事件：
    - EPOLLIN
    - EPOLLOUT
    - EPOLLERR
    - EPOLLET
```

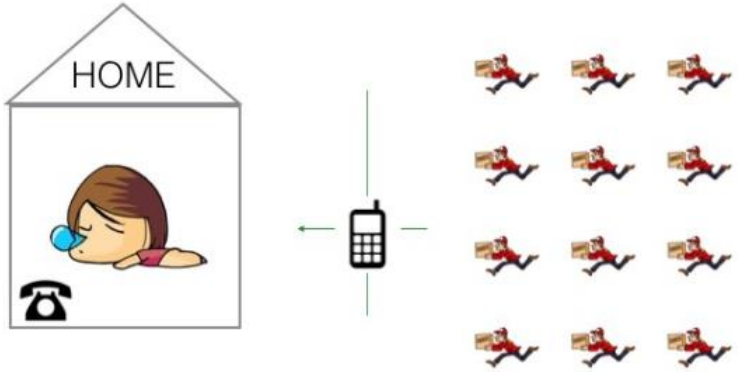
5. 几种常见的I/O模型

5.1 阻塞等待

好处：不占用CPU宝贵的时间片

缺点：同一时刻只能处理一个操作，效率低

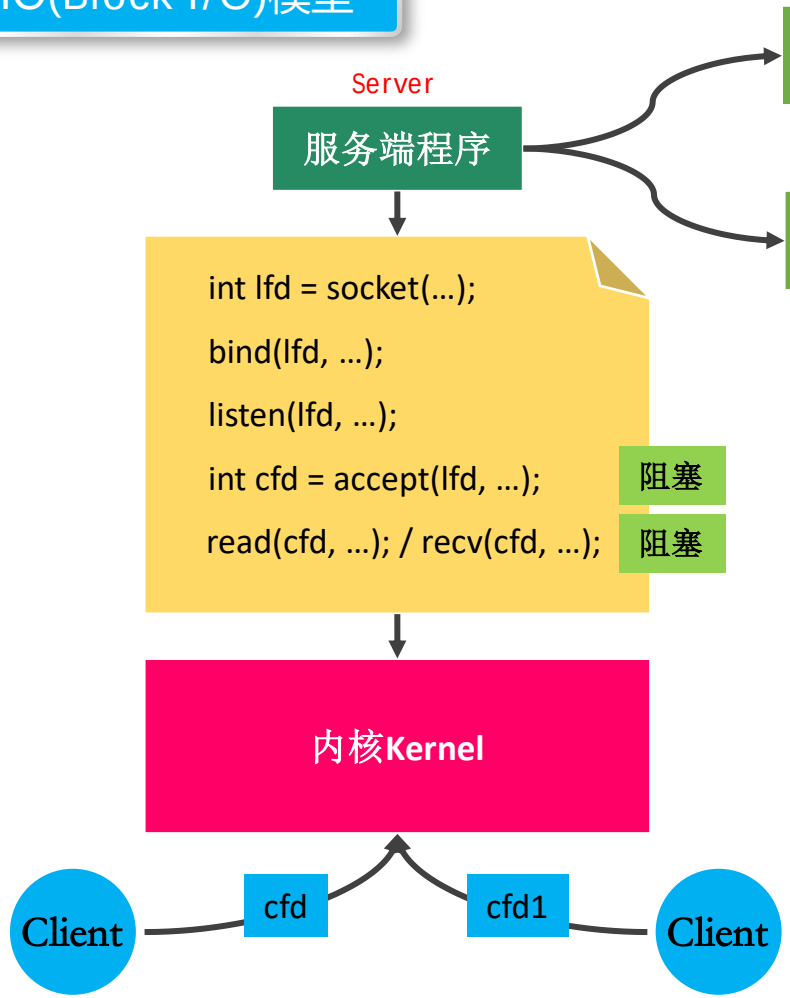
多线程或者多进程解决



缺点：

1. 线程或者进程会消耗资源
2. 线程或进程调度消耗CPU资源

BIO(Block I/O)模型



BIO模型

缺点：

1. 线程或者进程会消耗资源
2. 线程或进程调度消耗CPU资源

根本问题：blocking

read/recv是阻塞的

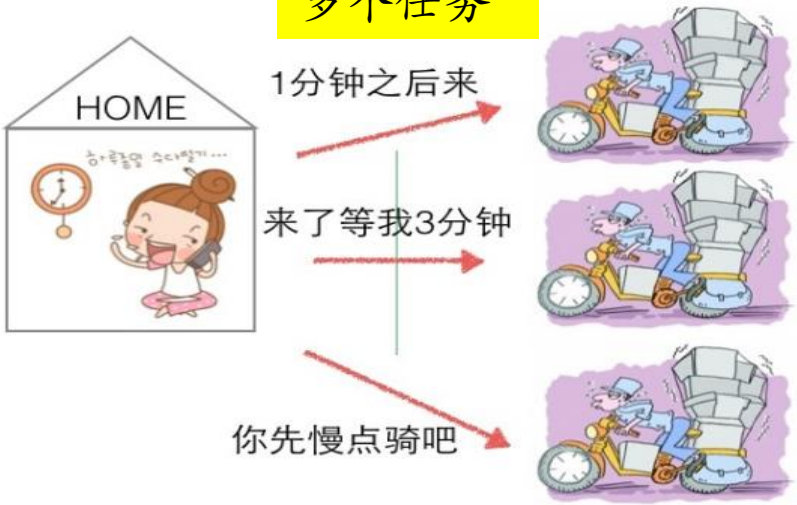
5.2 非阻塞, 忙轮询

read/recv不阻塞

一个任务

每隔一分钟催一次

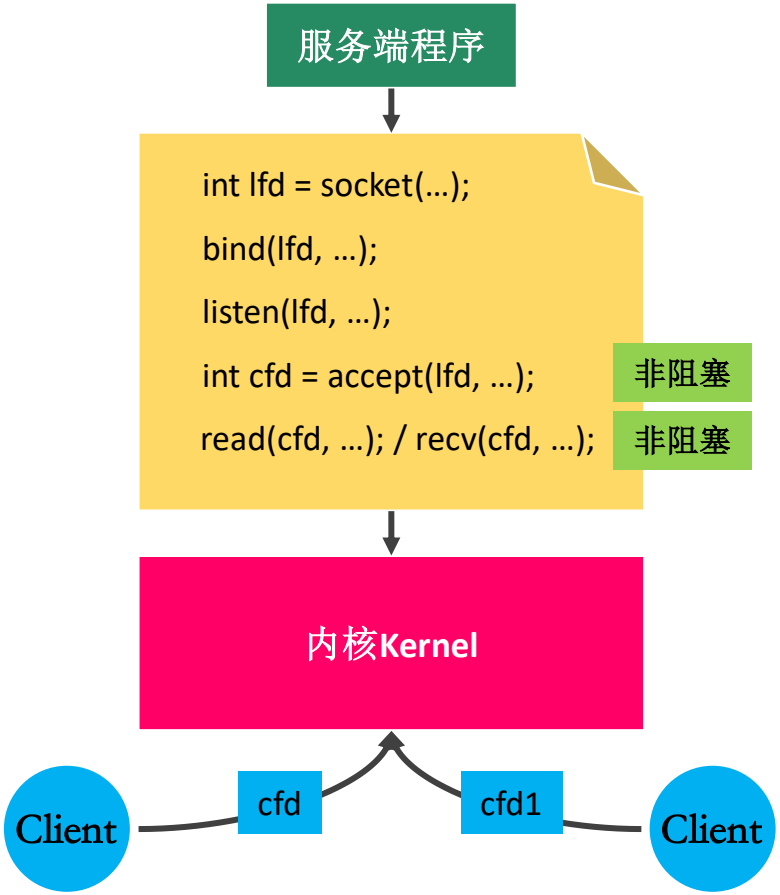
多个任务



优点: 提高了程序的执行效率
缺点: 需要占用更多的CPU和系统资源

使用IO多路转接技术select/poll/epoll

NIO(Non-blocking)模



NIO模型

1W Client

每循环内 O(n) 系统调用

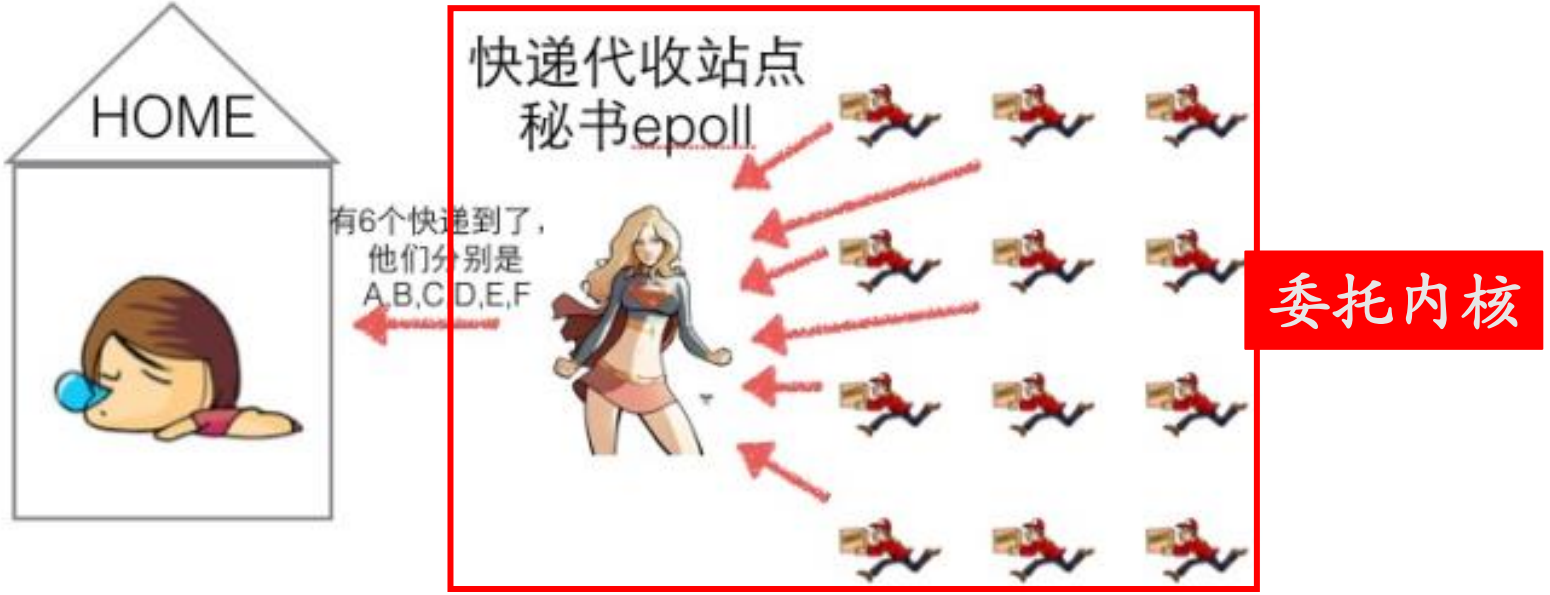
6.IO多路转接技术图示

第一种： select/poll

select代收员比较懒，只会**告知**有几个快递到了，但是哪个快递需要挨个遍历一遍。

IO多路转接技术

第二种：epoll

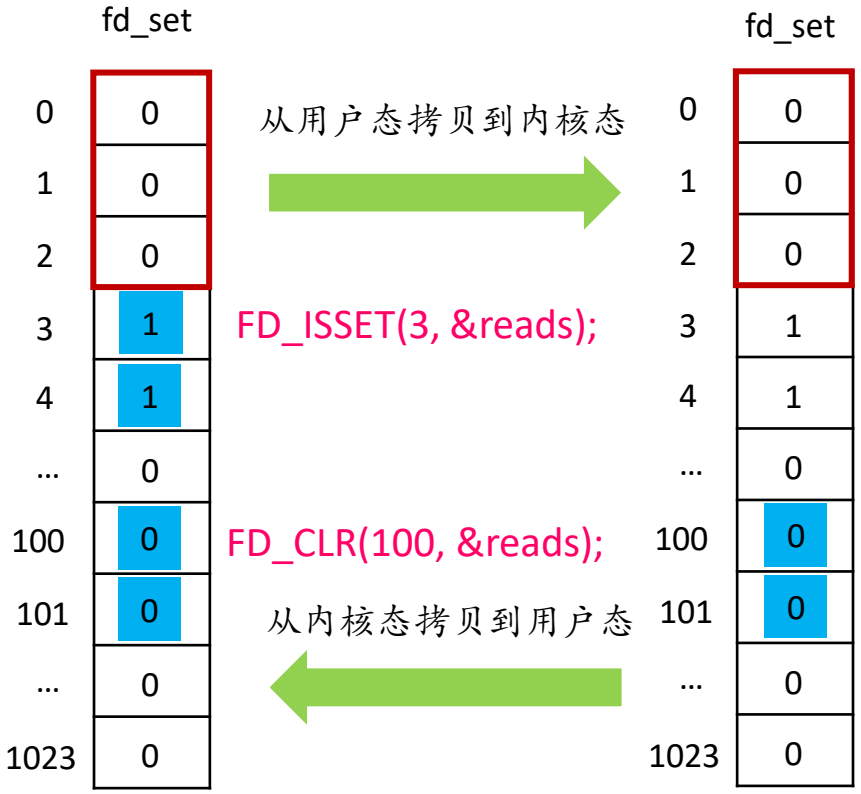


epoll代收快递员很勤快，不仅会**告知**有几个快递到了，还会**告知**是哪个快递公司的快递

7.select()工作过程分析图示

客户端A,B,C,D连接到服务器分别对应文件描述符3,4,100,101

A,B发送了数据

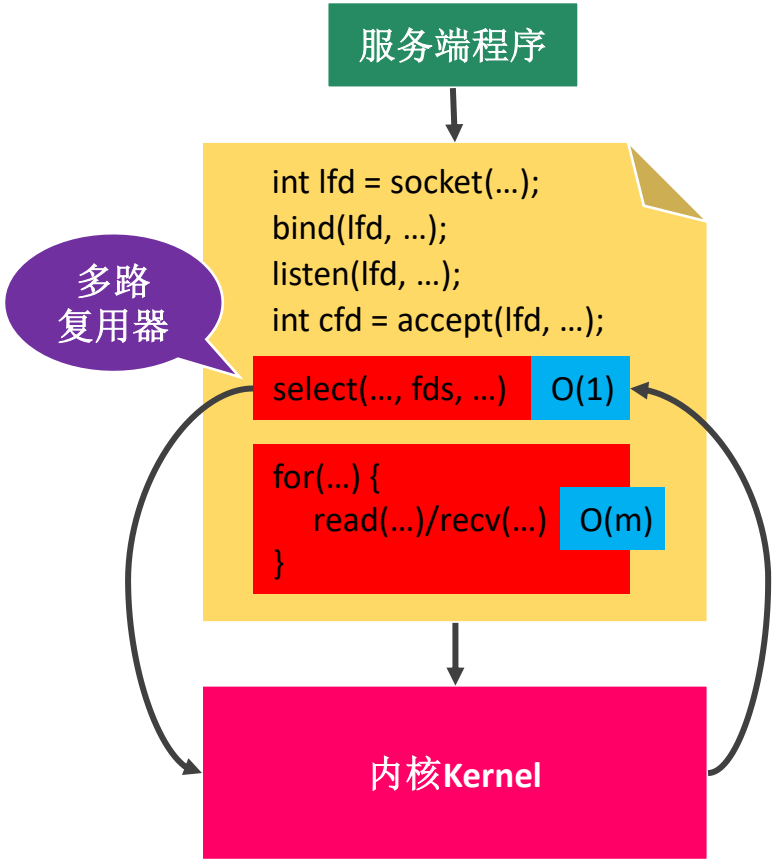


0、1、2被标准输入标准输出和标准错误占用，所以可能不会检测这三位

```
fd_set reads;

FD_SET(3, &reads);
FD_SET(4, &reads);
FD_SET(100, &reads);
FD_SET(101, &reads);

select(101+1,&reads,NULL,NULL,NULL);

for(...) {
    read(...)/recv(...)
}
```

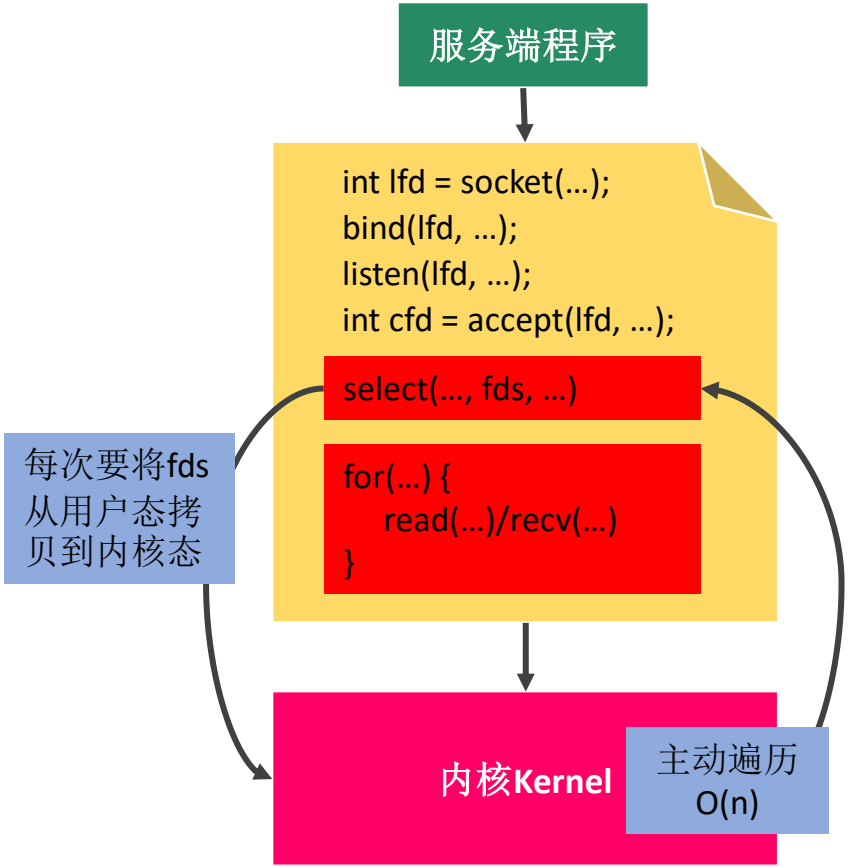
100，101位的数据由最初用户态的1变为内核态的0，再拷贝到用户态为0

select()多路复用




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

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

select()的缺点



缺点：

1.每次调用select，都需要把fd集合从用户态拷贝到内核态，这个开销在fd很多时会很大

2.同时每次调用select都需要在内核遍历传递进来的所有fd，这个开销在fd很多时也很大

3.select支持的文件描述符数量太小了，默认是1024

4.fds集合不能重用，每次都需要重置

8.poll()多路复用图示

```
int poll(struct pollfd *fd, nfds_t nfds, int timeout);
int select(
        int nfds,
        fd_set *readfds,
        fd_set *writefds,
        fd_set *exceptfds,
        struct timeval *timeout);
```

```
struct pollfd {
    int   fd;
    short events;
    short revents;
};
```

事件	常值	作为events的值	作为revents的值	说明
读事件	POLLIN	✔	✔	普通或优先带数据可读
	POLLRDNORM	✔	✔	普通数据可读
	POLLRDBAND	✔	✔	优先级带数据可读
	POLLPRI	✔	✔	高优先级数据可读
写事件	POLLOUT	✔	✔	普通或优先带数据可写
	POLLWRNORM	✔	✔	普通数据可写
	POLLWRBAND	✔	✔	优先级带数据可写
错误事件	POLLERR		✔	发生错误
	POLLHUP		✔	发生挂起
	POLLNVAL		✔	描述不是打开的文件

9.epoll()多路复用图示