IO 模型 - Unix IO 模型

主要简要介绍 Unix I/O 5种模型，并对5大模型比较，并重点为后续章节解释IO多路复用做铺垫。

Unix IO 模型简介

一个输入操作通常包括两个阶段:

- 等待数据准备好
- 从内核向进程复制数据

对于一个套接字上的输入操作，第一步通常涉及等待数据从网络中到达。当所等待分组到达时，它被复制到内核中的某个缓冲区。第二步就是把数据从内核缓冲区复制到应用进程缓冲区。

Unix 下有五种 I/O 模型:

- 阻塞式 I/O
- 非阻塞式 I/O
- I/O 复用(select 和 poll)
- 信号驱动式 I/O(SIGIO)
- 异步 I/O(AIO)

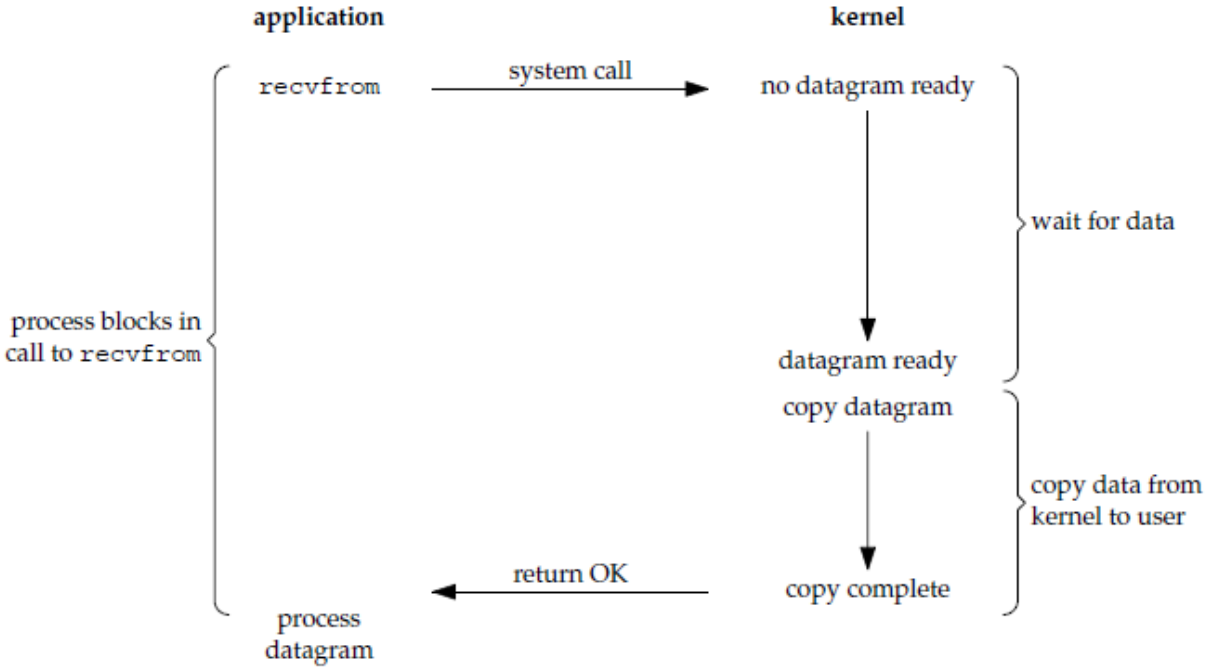
阻塞式 *I/O*

应用进程被阻塞，直到数据复制到应用进程缓冲区中才返回。

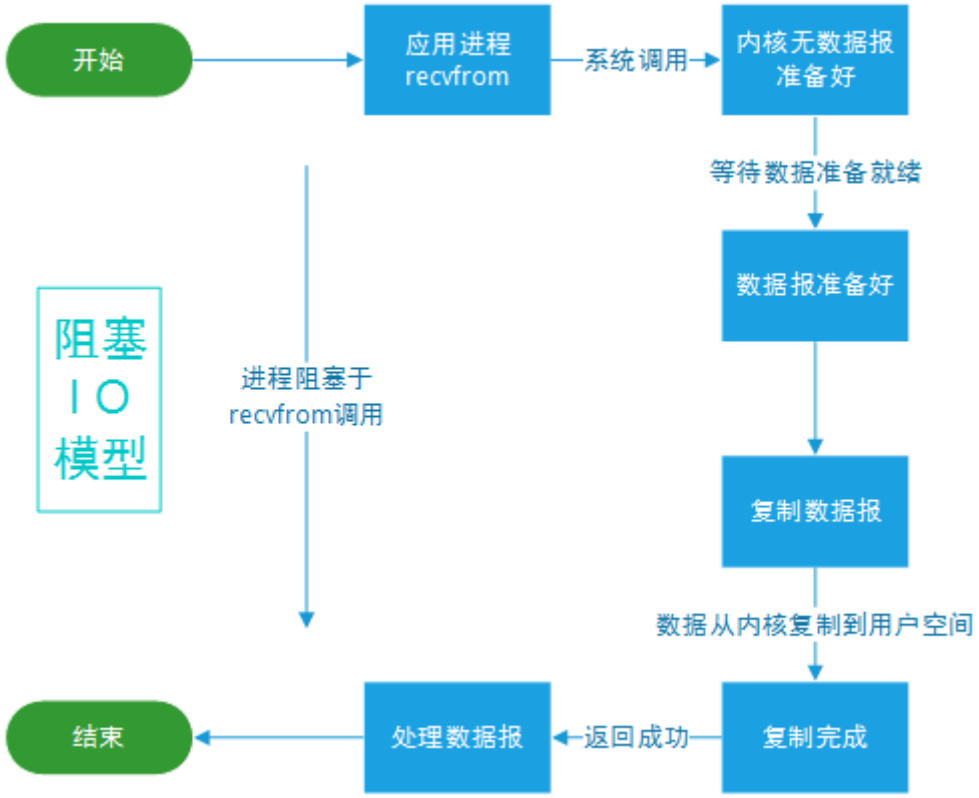
应该注意到，在阻塞的过程中，其它程序还可以执行，因此阻塞不意味着整个操作系统都被阻塞。因为其他程序还可以执行，因此不消耗 CPU 时间，这种模型的执行效率会比较高。

图中，recvfrom 用于接收 Socket 传来的数据，并复制到应用进程的缓冲区 buf 中。这里把 recvfrom() 当成系统调用。

```
ssize_t recvfrom(int sockfd, void *buf, size_t len, int flags, struct sockaddr *src_addr,
socklen_t *addrlen)
```


application
kernel
recvfrom
system call
no datagram ready
wait for data
process blocks in
call to recvfrom
datagram ready
copy datagram
copy data from
kernel to user
return OK
copy complete
process
datagram

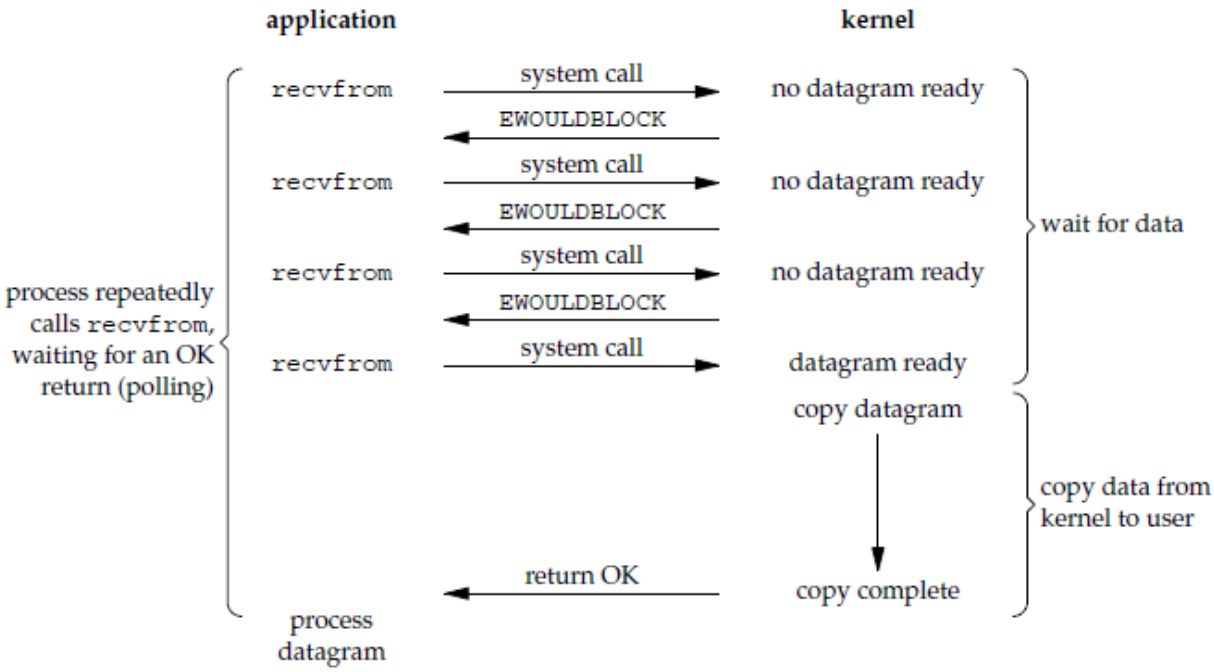
或者网友提供的


开始
应用进程
recvfrom
系统调用
内核无数据报
准备好
等待数据准备就绪
数据报准备好
阻塞
IO
模型
进程阻塞于
recvfrom调用
复制数据报
数据从内核复制到用户空间
结束
处理数据报
返回成功
复制完成

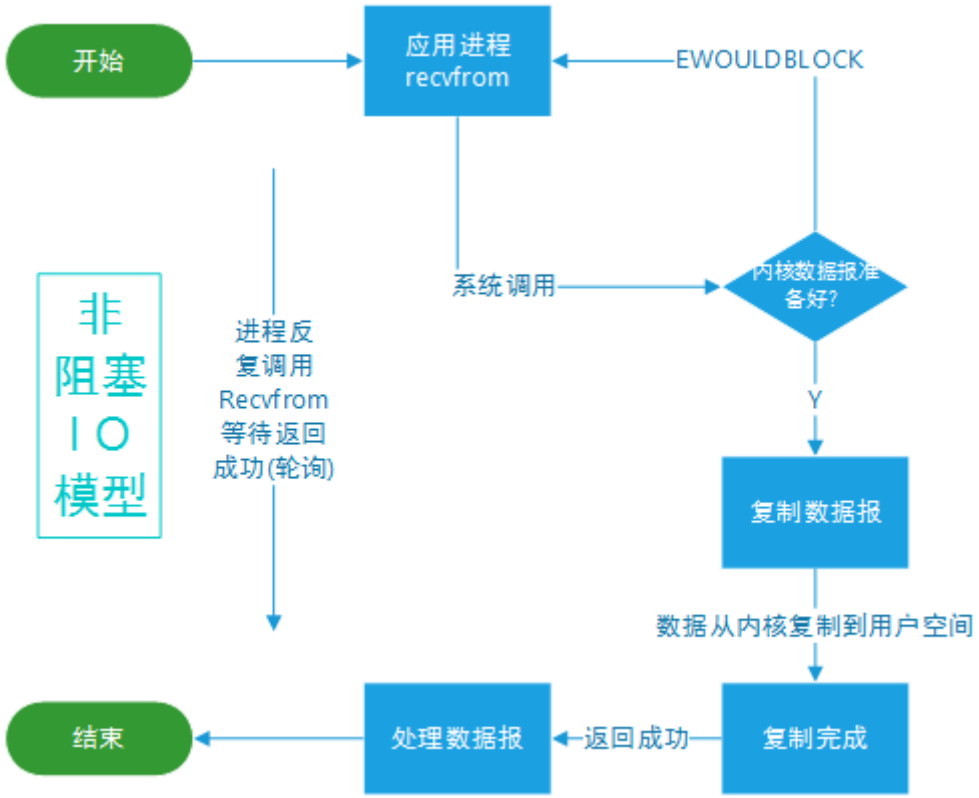
非阻塞式 *I/O*

应用进程执行系统调用之后，内核返回一个错误码。应用进程可以继续执行，但是需要不断的执行系统调用来获知 I/O 是否完成，这种方式称为轮询(polling)。

由于 CPU 要处理更多的系统调用，因此这种模型是比较低效的。



或者网友提供的

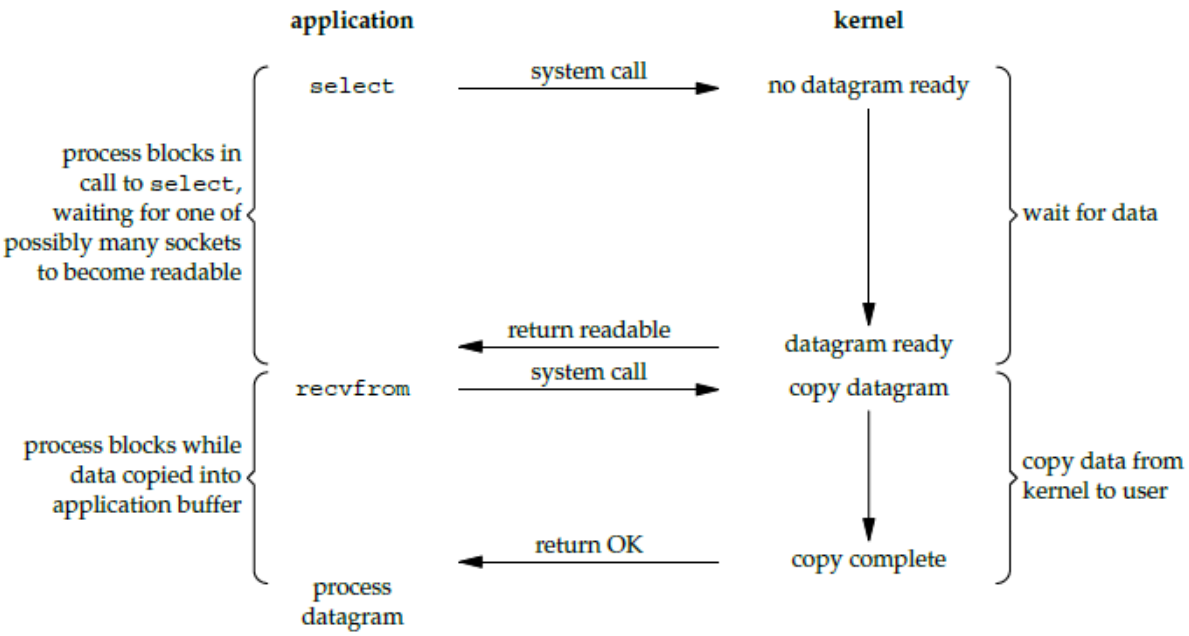


I/O 复用

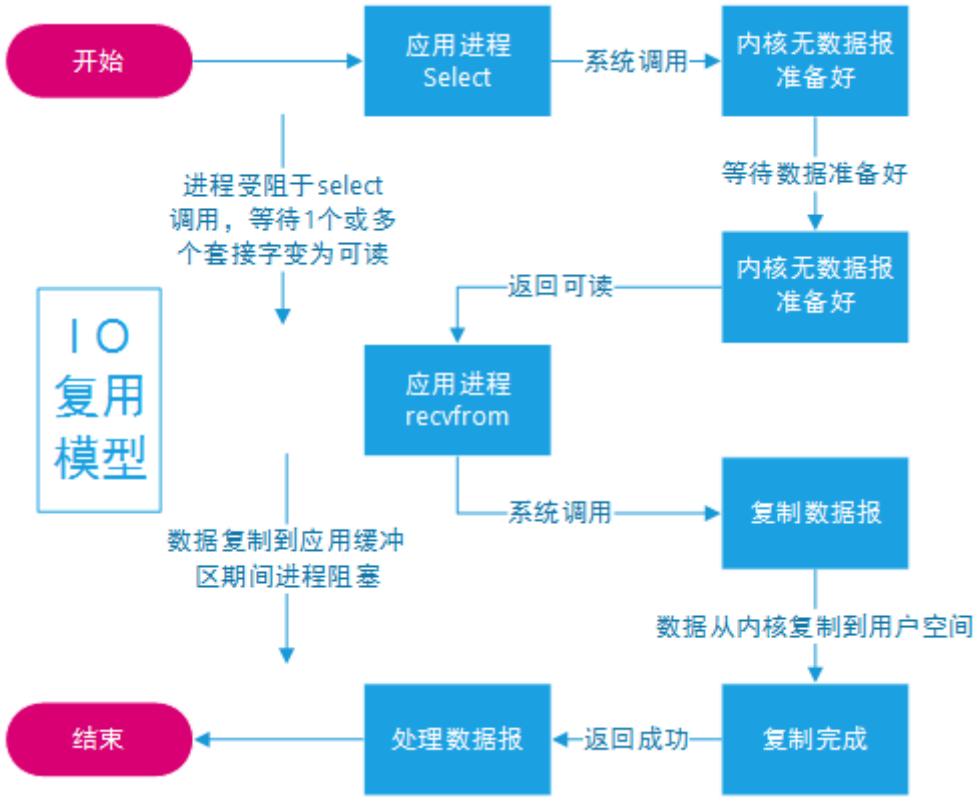
使用 select 或者 poll 等待数据，并且可以等待多个套接字中的任何一个变为可读，这一过程会被阻塞，当某一个套接字可读时返回。之后再使用 recvfrom 把数据从内核复制到进程中。

它可以让单个进程具有处理多个 I/O 事件的能力。又被称为 Event Driven I/O，即事件驱动 I/O。

如果一个 Web 服务器没有 I/O 复用，那么每一个 Socket 连接都需要创建一个线程去处理。如果同时有几万个连接，那么就需要创建相同数量的线程。并且相比于多进程和多线程技术，I/O 复用不需要进程线程创建和切换的开销，系统开销更小。



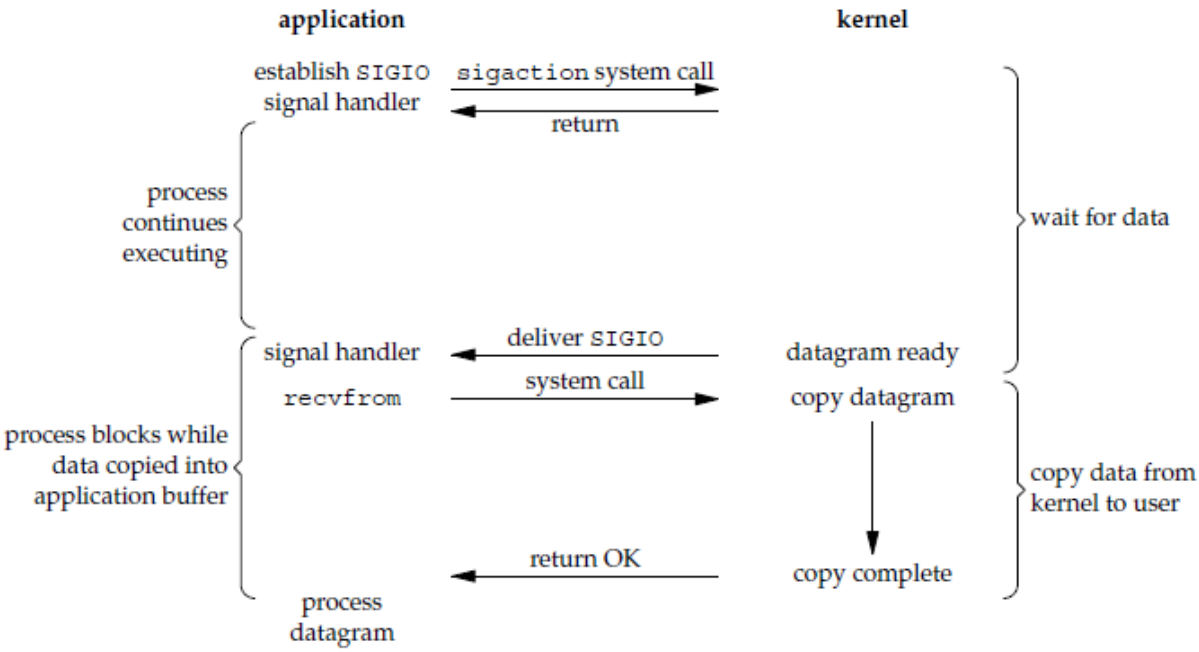
或者网友提供的



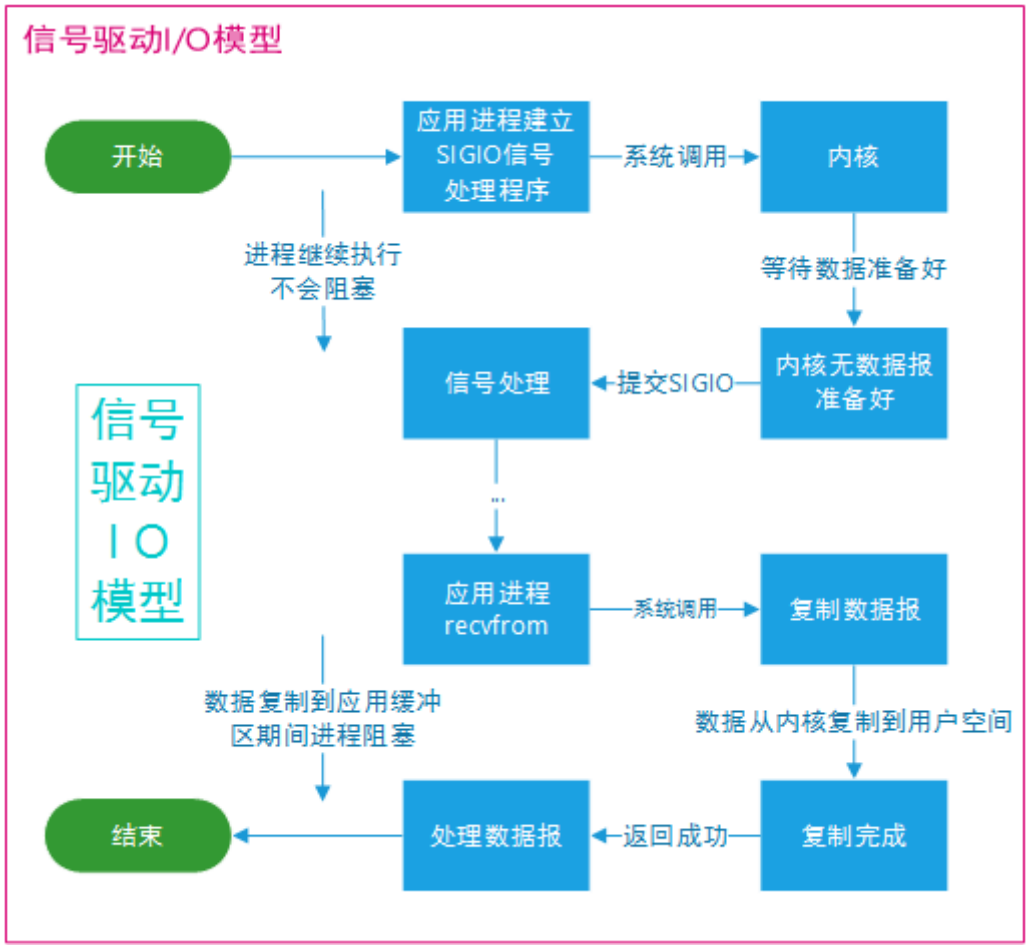
信号驱动 *I/O*

应用进程使用 sigaction 系统调用，内核立即返回，应用进程可以继续执行，也就是说等待数据阶段应用进程是非阻塞的。内核在数据到达时向应用进程发送 SIGIO 信号，应用进程收到之后在信号处理程序中调用 recvfrom 将数据从内核复制到应用进程中。

相比于非阻塞式 I/O 的轮询方式，信号驱动 I/O 的 CPU 利用率更高。



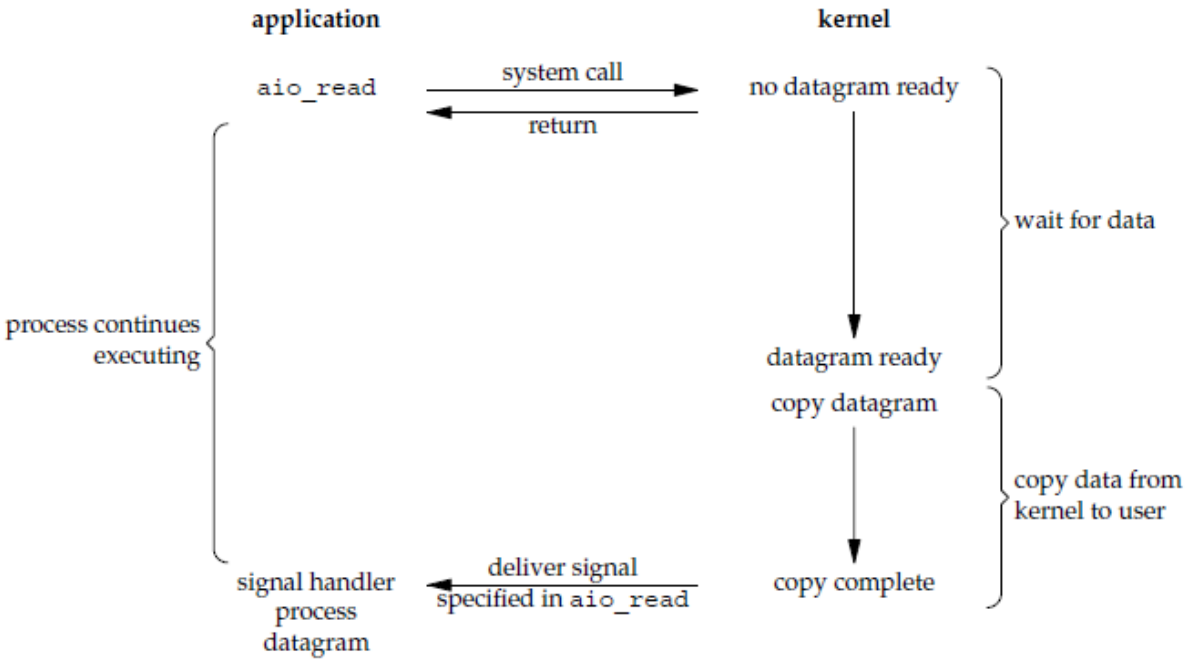
或者网友提供的



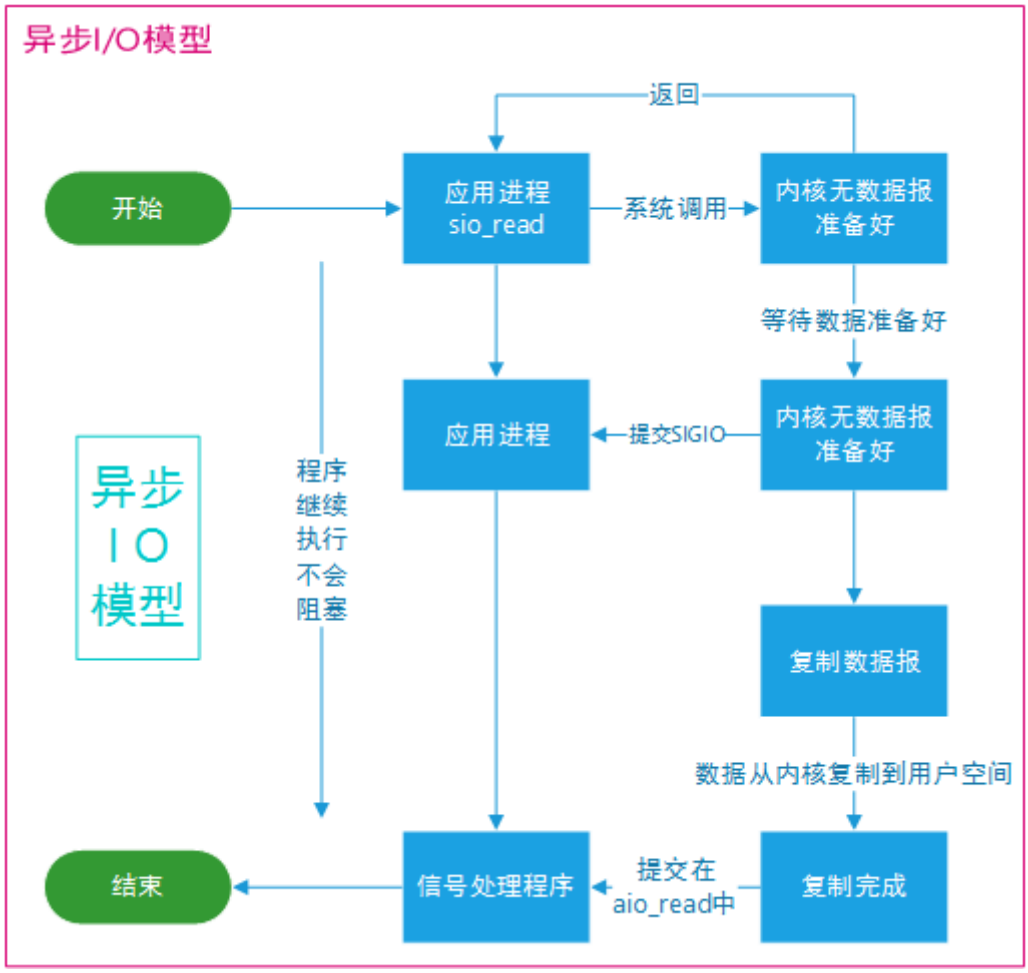
异步 *I/O*

进行 aio_read 系统调用会立即返回，应用进程继续执行，不会被阻塞，内核会在所有操作完成之后向应用进程发送信号。

异步 I/O 与信号驱动 I/O 的区别在于，异步 I/O 的信号是通知应用进程 I/O 完成，而信号驱动 I/O 的信号是通知应用进程可以开始 I/O。



或者网友提供的



I/O 模型比较

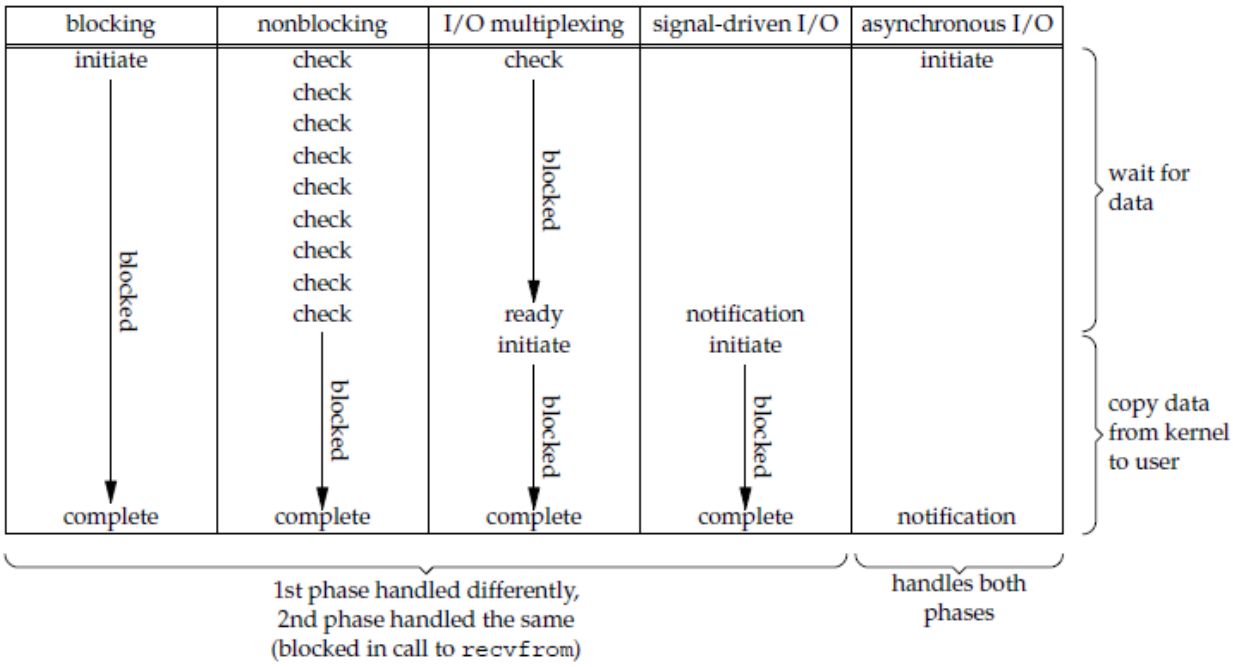
同步 *I/O* 与异步 *I/O*

- 同步 I/O: 应用进程在调用 recvfrom 操作时会阻塞。
- 异步 I/O: 不会阻塞。

阻塞式 I/O、非阻塞式 I/O、I/O 复用和信号驱动 I/O 都是同步 I/O，虽然非阻塞式 I/O 和信号驱动 I/O 在等待数据阶段不会阻塞，但是在之后的将数据从内核复制到应用进程这个操作会阻塞。

五大 *I/O* 模型比较

前四种 I/O 模型的主要区别在于第一个阶段，而第二个阶段是一样的: 将数据从内核复制到应用进程过程中，应用进程会被阻塞。



IO多路复用

主要概要性的理解: IO多路复用工作模式和应用。

*IO*多路复用工作模式

epoll 的描述符事件有两种触发模式: LT(level trigger)和 ET(edge trigger)。

1. LT 模式

当 epoll_wait() 检测到描述符事件到达时，将此事件通知进程，进程可以不立即处理该事件，下次调用 epoll_wait() 会再次通知进程。是默认的一种模式，并且同时支持 Blocking 和 No-Blocking。

2. ET 模式

和 LT 模式不同的是，通知之后进程必须立即处理事件，下次再调用 epoll_wait() 时不会再得到事件到达的通知。

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。只支持 No-Blocking，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。

应用场景

很容易产生一种错觉认为只要用 epoll 就可以了，select 和 poll 都已经过时了，其实它们都有各自的使用场景。

1. select 应用场景

select 的 timeout 参数精度为 1ns，而 poll 和 epoll 为 1ms，因此 select 更加适用于实时要求更高的场景，比如核反应堆的控制。

select 可移植性更好，几乎被所有主流平台所支持。

2. poll 应用场景

poll 没有最大描述符数量的限制，如果平台支持并且对实时性要求不高，应该使用 poll 而不是 select。

需要同时监控小于 1000 个描述符，就没有必要使用 epoll，因为这个应用场景下并不能体现 epoll 的优势。

需要监控的描述符状态变化多，而且都是非常短暂的，也没有必要使用 epoll。因为 epoll 中的所有描述符都存储在内核中，造成每次需要对描述符的状态改变都需要通过 epoll_ctl() 进行系统调用，频繁系统调用降低效率。并且 epoll 的描述符存储在内核，不容易调试。

3. epoll 应用场景

只需要运行在 Linux 平台上，并且有非常大量的描述符需要同时轮询，而且这些连接最好是长连接。