重要概念

同步、异步

函数或方法被调用的时候，调用者是否得到**最终结果**的。
直接得到最终结果结果的，就是同步调用；
不直接得到最终结果的，就是异步调用。

阻塞、非阻塞

函数或方法调用的时候，是否立刻返回。
立即返回就是非阻塞调用；
不立即返回就是阻塞调用。

区别

同步、异步，与阻塞、非阻塞不相关。
同步、异步强调的是，是否得到（最终的）**结果**；
阻塞、非阻塞强调是时间，是否**等待**。

同步与异步区别在于：调用者是否得到了想要的最终结果。
同步就是一直要执行到返回最终结果；
异步就是直接返回了，但是返回的不是最终结果。调用者不能通过这种调用得到结果，以后可以通过被调用者提供的某种方式（被调用者通知调用者、调用者反复查询、回调），来取回最终结果。

阻塞与非阻塞的区别在于，调用者是否还能干其他事。
阻塞，调用者就只能干等；
非阻塞，调用者可以先去忙会别的，不用一直等。

联系

同步阻塞，我啥事不干，就等你打饭打给我。打到饭是结果，而且我啥事不干一直等，同步加阻塞。
同步非阻塞，我等着你打饭给我，饭没好，我不等，但是我无事可做，反复看饭好了没有。打饭是结果，但是我不一直等。

异步阻塞，我要打饭，你说等叫号，并没有返回饭给我，我啥事不干，就干等着饭好了你叫我。例如，取了号什么不干就等叫自己的号。
异步非阻塞，我要打饭，你给我号，你说等叫号，并没有返回饭给我，我去看电视、玩手机，饭打好了叫我。

同步IO、异步IO、IO多路复用

IO两个阶段

IO过程分两阶段：
1、数据准备阶段。从设备读取数据到内核空间的缓冲区（淘米，把米放饭锅里煮饭）
2、内核空间复制回用户空间进程缓冲区阶段（盛饭，从内核这个饭锅里面把饭装到碗里来）

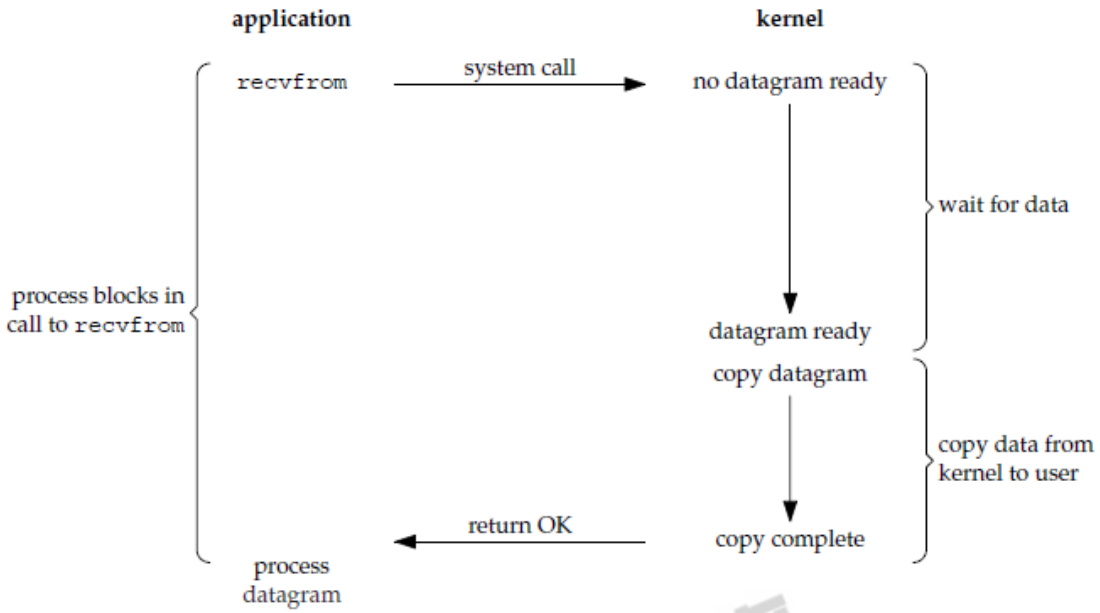
系统调用——read函数、recv函数等

IO模型

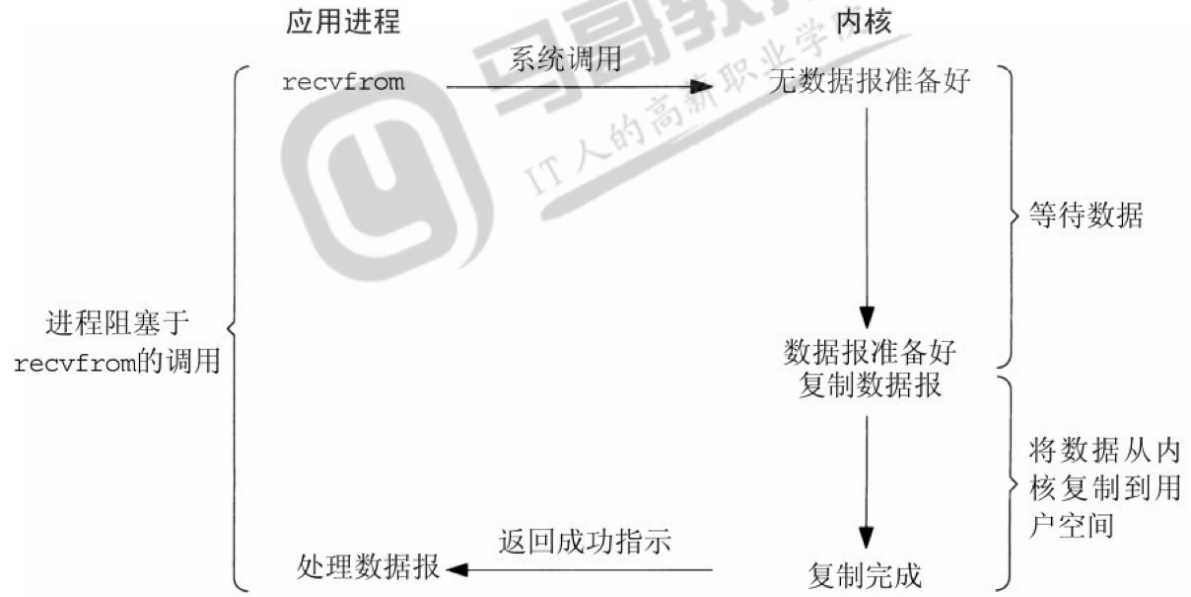
同步IO

同步IO模型包括 阻塞IO、非阻塞IO、IO多路复用

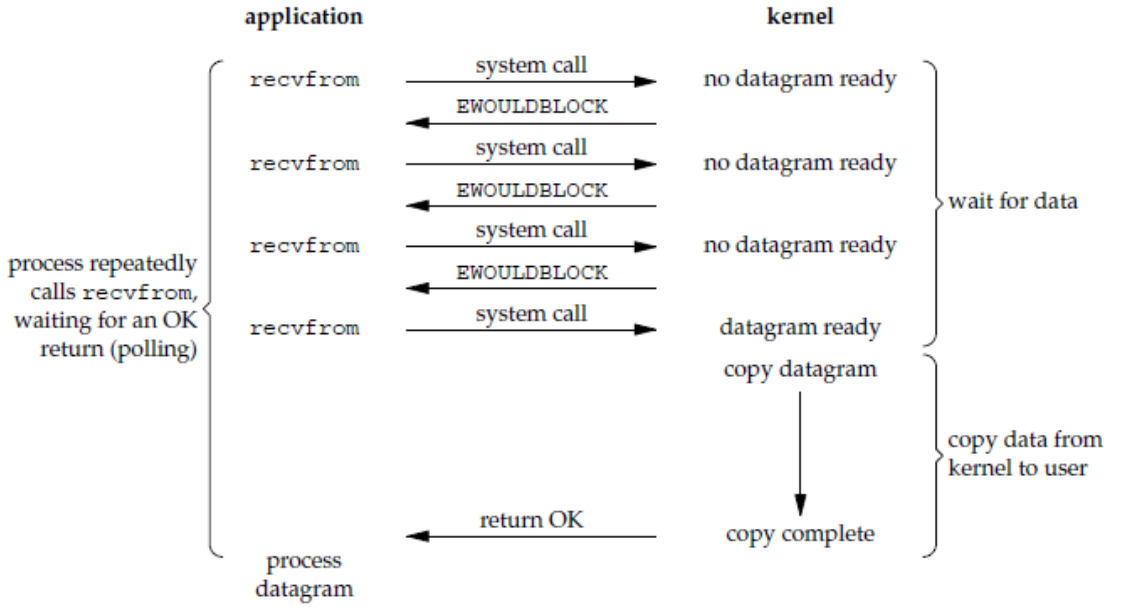
阻塞IO



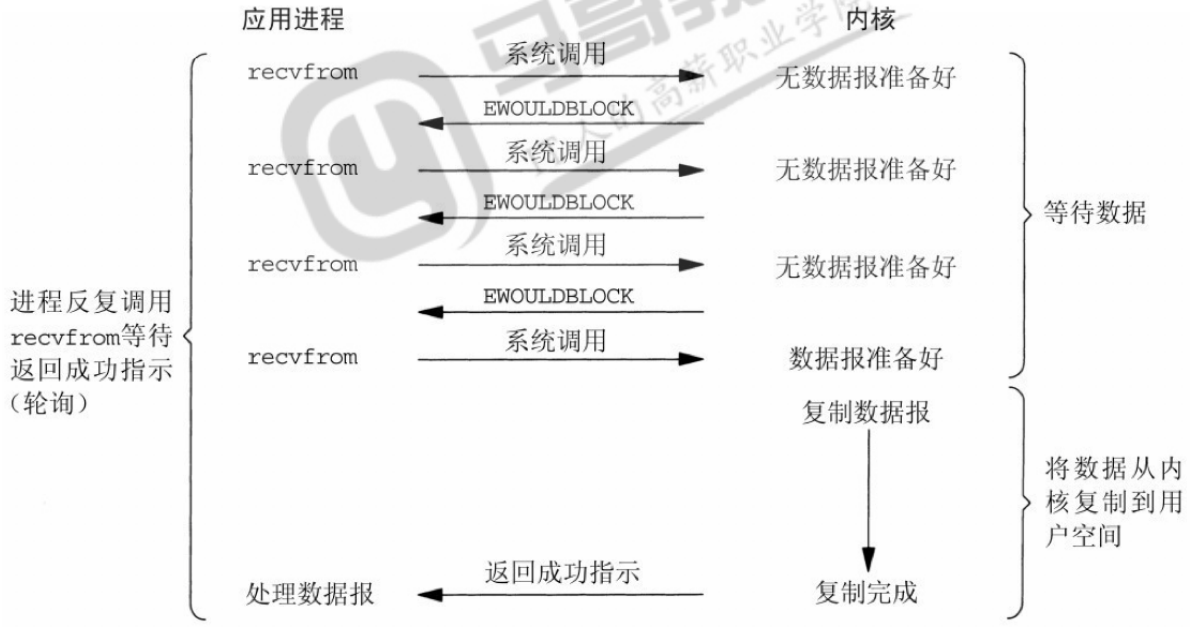
进程等待（阻塞），直到读写完成。（全程等待）



非阻塞IO



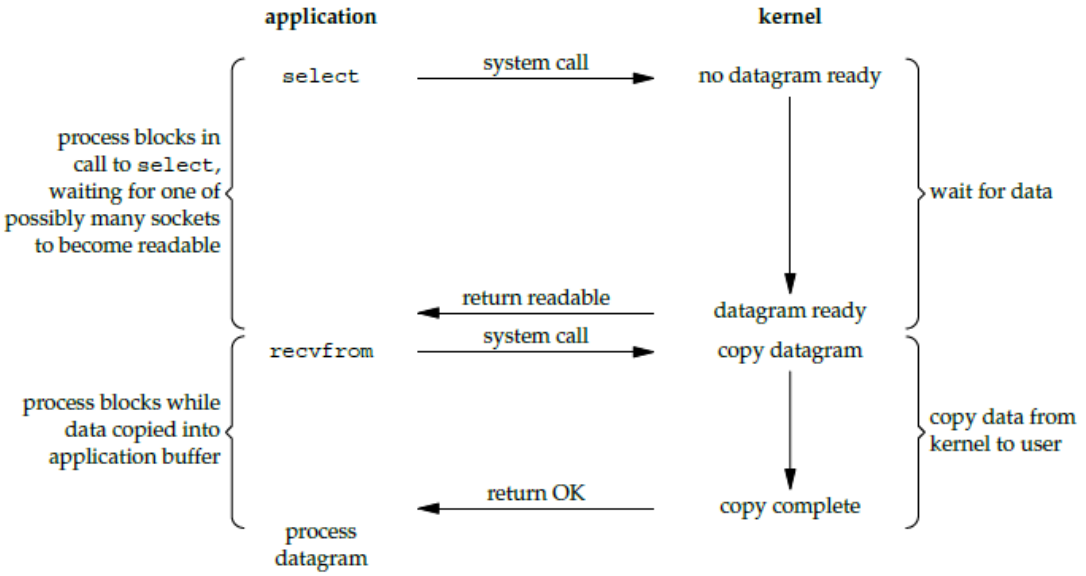
进程调用recvfrom操作，如果IO设备没有准备好，立即返回ERROR，进程不阻塞。用户可以再次发起系统调用（可以轮询），如果内核已经准备好，就阻塞，然后复制数据到用户空间。
第一阶段数据没有准备好，可以先忙别的，等会再来看看。检查数据是否准备好了的过程是非阻塞的。
第二阶段是阻塞的，即内核空间和用户空间之间复制数据是阻塞的。
淘米、蒸饭我不阻塞等，反复来询问，一直没有拿到饭。盛饭过程我等着你装好饭，但是要等到盛好饭才算完事，这是同步的，结果就是盛好饭。



IO多路复用

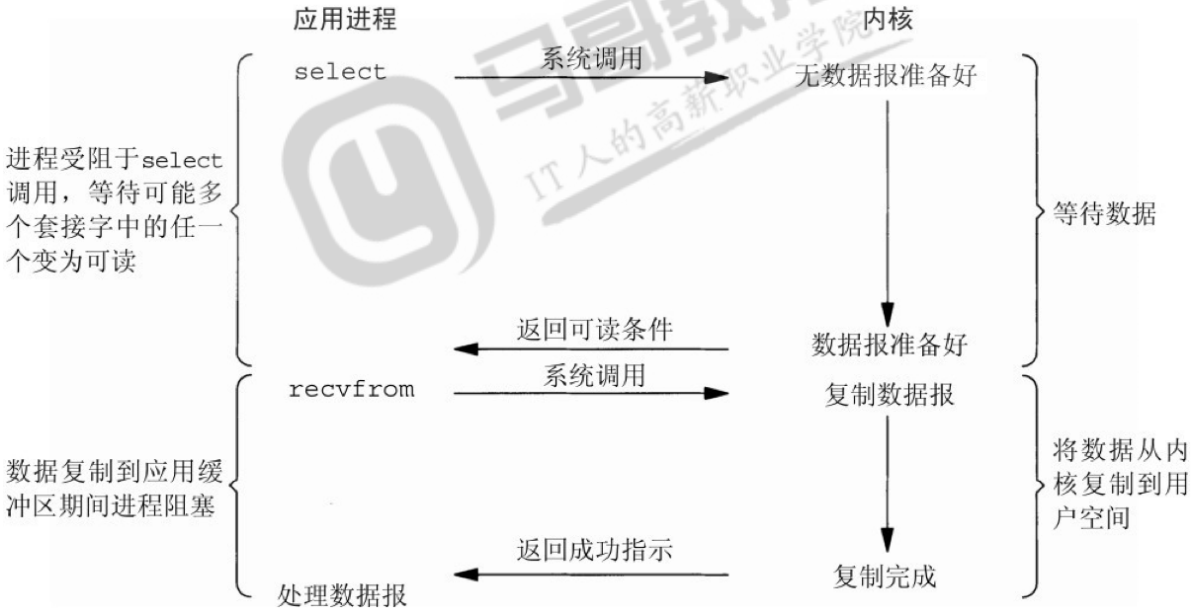
也称Event-driven IO。

所谓IO多路复用，就是同时监控多个IO，有一个准备好了，就不需要等了开始处理，提高了同时处理IO的能力。



以select为例，将关注的IO操作告诉select函数并调用，进程阻塞，内核"监视"select关注的文件描述符fd，被关注的任何一个fd对应的IO准备好了数据，select返回。再使用read将数据复制到用户进程。

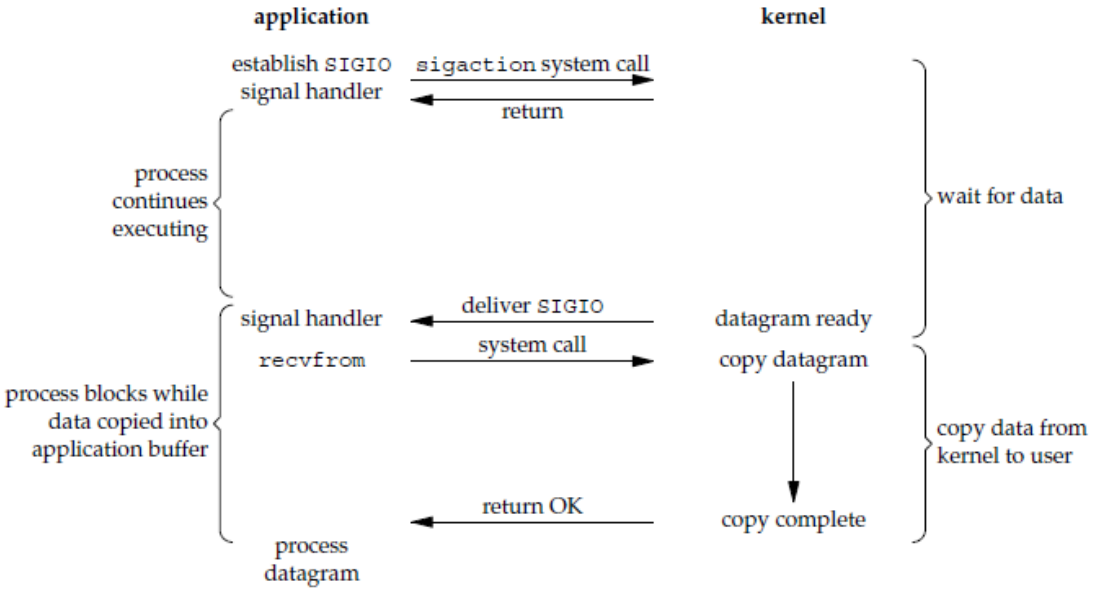
select举例：
食堂供应很多菜（众多的IO fds），你需要吃某三菜一汤，大师傅（操作系统）说要现做，需要你等，好多人都在等菜，谁的菜先好不知道，你只好等待大师傅叫。有几样菜好了，大师傅叫大家，说菜有好的，你们得自己遍历找找看哪一样才好了，请服务员把做好的菜打给你。



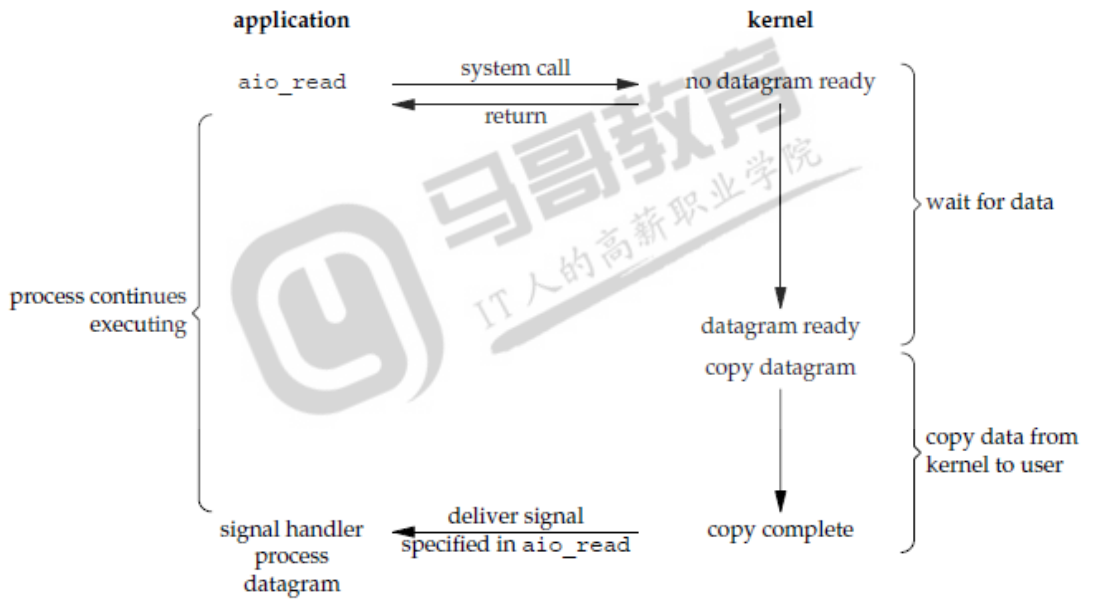
信号驱动IO

进程在IO访问时，先通过sigaction系统调用，提交一个信号处理函数，立即返回。进程不阻塞。

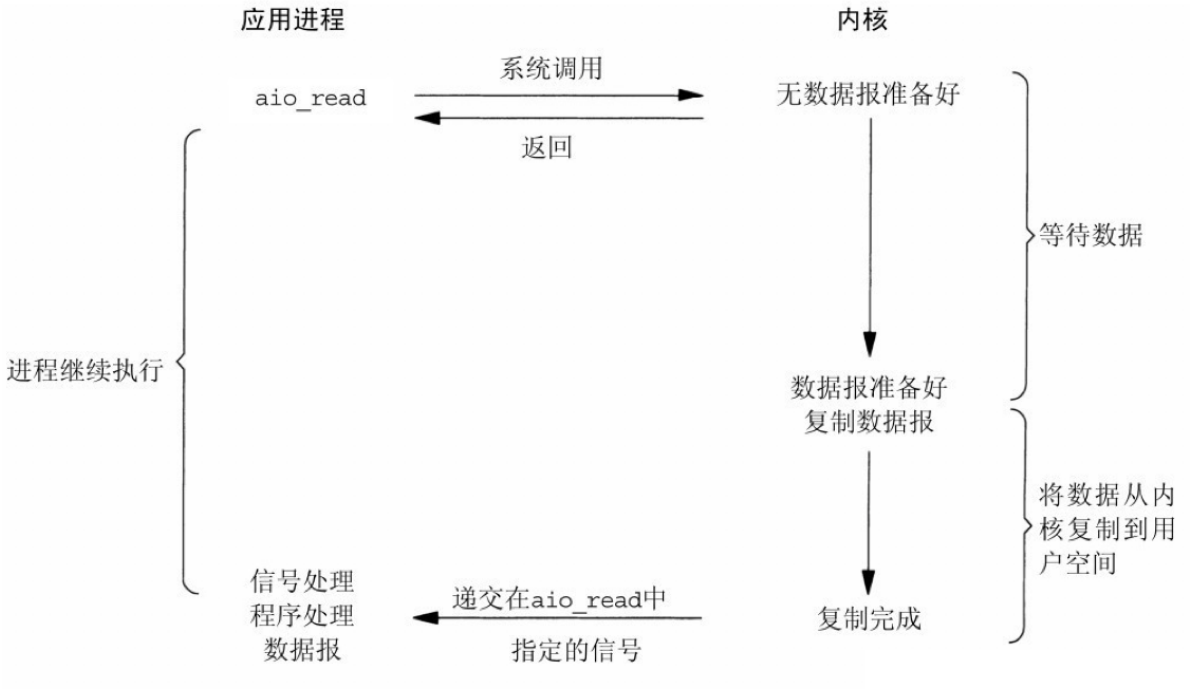
当内核准备好数据后，产生一个SIGIO信号并投递给信号处理函数。可以在此函数中调用recvfrom函数操作数据从内核空间复制到用户空间，这段过程进程阻塞。

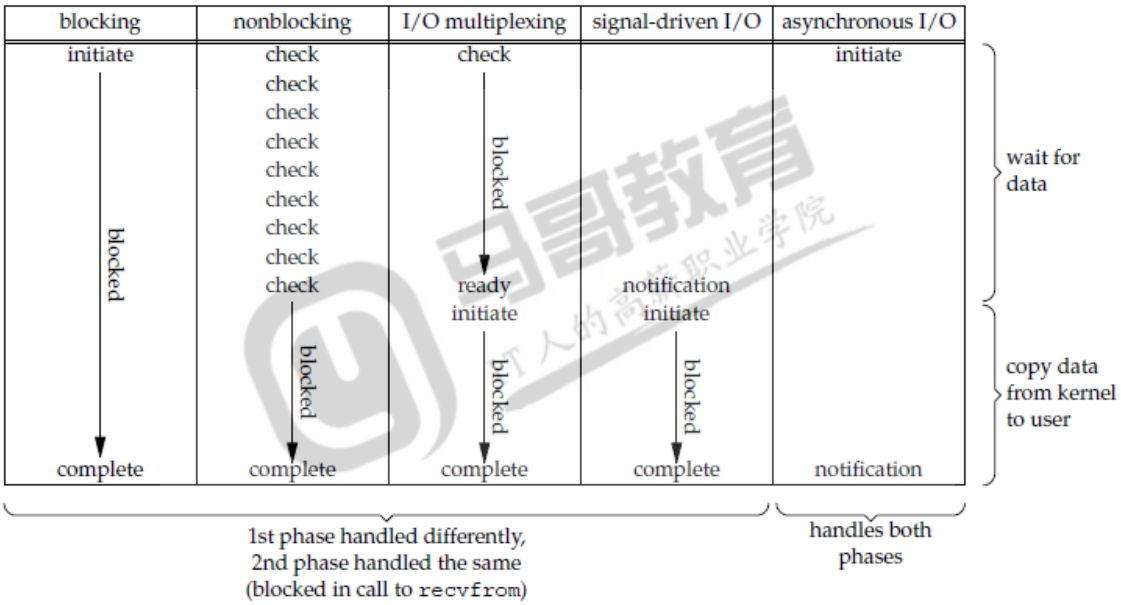


异步IO



进程发起异步IO请求，立即返回。内核完成IO的两个阶段，内核给进程发一个信号。
举例，来打饭，跟大师傅说饭好了叫你，饭菜准备好了，窗口服务员把饭盛好了打电话叫你。两阶段都是异步的。在整个过程中，进程都可以忙别的，等好了才过来。
举例，今天不想出去到饭店吃饭了，点外卖，饭菜在饭店做好了（第一阶段），快递员从饭店送到你家门口（第二阶段）。
Linux的aio的系统调用，内核从版本2.6开始支持





前4个都是同步IO，因为核心操作recv函数调用时，进程阻塞直到拿到最终结果为止。

而异步IO进程全程不阻塞。

Python 中 IO多路复用

- IO多路复用
  - 大多数操作系统都支持select和poll，poll是对select的升级
  - Linux系统内核2.5+ 支持epoll
  - BSD、Mac支持kqueue
  - Solaris实现了/dev/poll
  - Windows的IOCP

Python的select库实现了select、poll系统调用，这个基本上操作系统都支持。对Linux内核2.5+支持了epoll。

开发中的选择
1、完全跨平台，使用select、poll。但是性能较差
2、针对不同操作系统自行选择支持的技术，这样做会提高IO处理的性能

假设当前进程监控的很多IO的文件描述符为fds

- select
  - 使用读、写2个位图标记fd对应的读写是否就绪，这个位图限制为1024
  - 每一次都需要遍历fds，效率低
- poll
  - 使用数组保存结构体，没有了最大限制
  - 依然遍历fds查看谁就绪了，效率低
- epoll
  - 内核空间与用户空间共享一段内存，减少数据的复制
  - 事件驱动，每次只返回就绪的fds

selectors库

3.4版本提供selectors库，高级IO复用库。

```
类层次结构：
BaseSelector
+-- SelectSelector     实现select
+-- PollSelector       实现poll
+-- EpollSelector      实现epoll
+-- DevpollSelector    实现devpoll
+-- KqueueSelector     实现kqueue
```

selectors.DefaultSelector返回当前平台最有效、性能最高的实现。
但是，由于没有实现Windows下的IOCP，所以，Windows下只能退化为select。

```
# 在selects模块源码最下面有如下代码
# Choose the best implementation, roughly:
#    epoll|kqueue|devpoll > poll > select.
# select() also can't accept a FD > FD_SETSIZE (usually around 1024)
if 'KqueueSelector' in globals():
    DefaultSelector = KqueueSelector
elif 'EpollSelector' in globals():
    DefaultSelector = EpollSelector
elif 'DevpollSelector' in globals():
    DefaultSelector = DevpollSelector
elif 'PollSelector' in globals():
    DefaultSelector = PollSelector
else:
    DefaultSelector = SelectSelector
```

事件注册

```
class SelectSelector(_BaseSelectorImpl):
    """Select-based selector."""
    def register(fileobj, events, data=None) -> SelectorKey: pass
```

- 为selector注册一个文件对象，监视它的IO事件。返回**SelectKey**对象。
- fileobj 被监视文件对象，例如socket对象
- events 事件，该文件对象必须等待的事件
- data 可选的与此文件对象相关联的不透明数据，例如，关联用来存储每个客户端的会话ID，关联方法。通过这个参数在关注的事件产生后让selector干什么事。

Event常量	含义
EVENT_READ	可读 0b01，内核已经准备好输入设备，可以开始读了
EVENT_WRITE	可写 0b10，内核准备好了，可以往里写了

selectors.SelectorKey 有4个属性：

1. fileobj 注册的文件对象
2. fd 文件描述符
3. events 等待上面的文件描述符的文件对象的事件
4. data 注册时关联的数据

练习：IO多路复用TCP Server

完成一个TCP Server，能够接受客户端请求并回应客户端消息。

```python
import selectors
import threading
import socket
import logging
import time

FORMAT = "%(asctime)s %(threadName)s %(thread)d %(message)s"
logging.basicConfig(format=FORMAT, level=logging.INFO)

# 构建本系统最优Selector
selector = selectors.DefaultSelector()


sock = socket.socket() # TCP Server
sock.bind(('127.0.0.1', 9999))
sock.listen()
logging.info(sock)

sock.setblocking(False) # 注意：建议非阻塞

# 回调函数，sock的读事件
# 形参自定义
def accept(sock:socket.socket, mask):
    """mask:事件的掩码"""
    conn, raddr = sock.accept()
    conn.setblocking(False) # 非阻塞

    logging.info('new client socket {} in accept.'.format(conn))


# 注册sock的被关注事件，返回SelectorKey对象
# key记录了fileobj, fileobj的fd, events, data
```

```
key = selector.register(sock, selectors.EVENT_READ, accept)
logging.info(key)

# 开始循环
while True:
    # 监听注册的对象的事件，发生被关注事件则返回events
    events = selector.select()
    print(events) # [(key, mask)]
    # 表示那个关注的对象的某事件发生了
    for key, mask in events:
        # key.data => accept; key.fileobj => sock
        callback = key.data
        callback(key.fileobj, mask)
```

上面的代码完成了Server socket的读事件的监听。注意，select()方法会阻塞到监控的对象的等待的事件有发生（监听的读或者写就绪）。

```
import selectors
import threading
import socket
import logging
import time

FORMAT = "%(asctime)s %(threadName)s %(thread)d %(message)s"
logging.basicConfig(format=FORMAT, level=logging.INFO)

# 构建本系统最优Selector
selector = selectors.DefaultSelector()


sock = socket.socket() # TCP Server
sock.bind(('127.0.0.1', 9999))
sock.listen()
logging.info(sock)

sock.setblocking(False) # 非阻塞

# 回调函数，sock的读事件
# 形参自定义
def accept(sock:socket.socket, mask):
    """mask:事件的掩码"""
    conn, raddr = sock.accept()
    conn.setblocking(False) # 非阻塞

    logging.info('new client socket {} in accept.'.format(conn))

    key = selector.register(conn, selectors.EVENT_READ, read)
    logging.info(key)

# 回调函数
def read(conn:socket.socket, mask):
    data = conn.recv(1024)
    msg = "Your msg = {} ~~~~".format(data.decode())
    logging.info(msg)
    conn.send(msg.encode())


```

```python
# 注册sock的被关注事件，返回SelectorKey对象
# key记录了fileobj，fileobj的fd，events，data
key = selector.register(sock, selectors.EVENT_READ, accept)
logging.info(key)


# 开始循环
while True:
    # 监听注册的对象的事件，发生被关注事件则返回events
    events = selector.select()
    print(events) # [(key, mask)]
    # 表示那个关注的对象的某事件发生了
    for key, mask in events:
        # key.data => accept; key.fileobj => sock
        callback = key.data
        callback(key.fileobj, mask)
```