异步编程

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。

同步就是我让你打饭，你不打好给我不走开，直到你打饭给了我。
异步就是我让你打饭，你打着，我不等你，但是我会盯着你，你打完，我会过来拿走的。异步并不保证多长时间最终打完饭。

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，还要通过被调用者，使用其它方式通知调用者，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，但我可以玩会手机、看看电视。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，叫号
异步非阻塞，我要打饭，你说等叫号，并没有返回饭给我，我在旁边看电视、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
2.内核空间复制回用户进程缓冲区阶段

发生IO的时候：
1、内核从输入设备读、写数据（淘米，把米放饭锅里煮饭）
2、进程从内核复制数据（盛饭，从内核这个饭锅里面把饭装到碗里来）

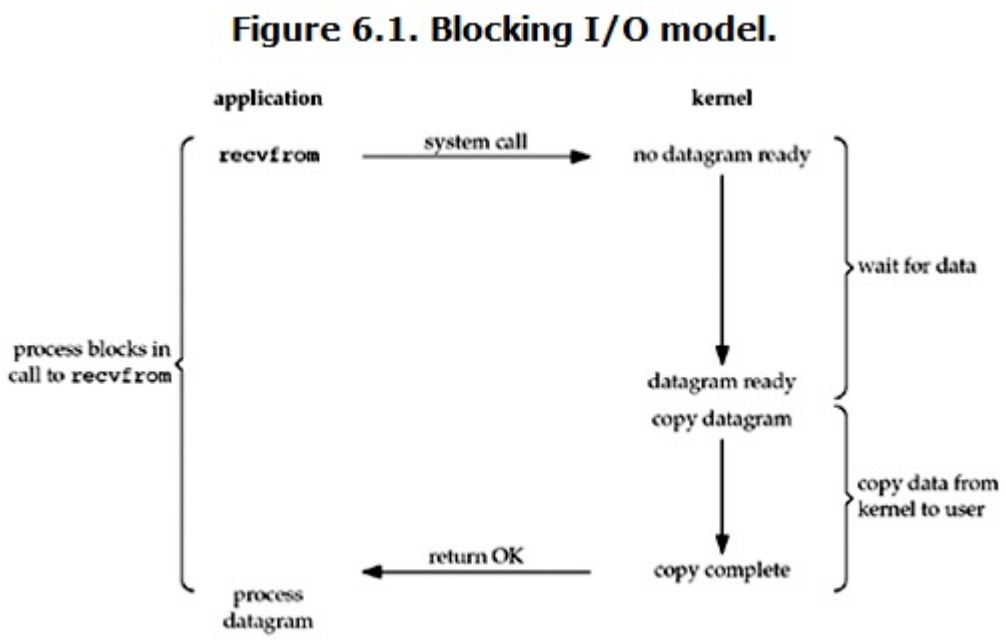
系统调用——read函数

IO模型

同步IO

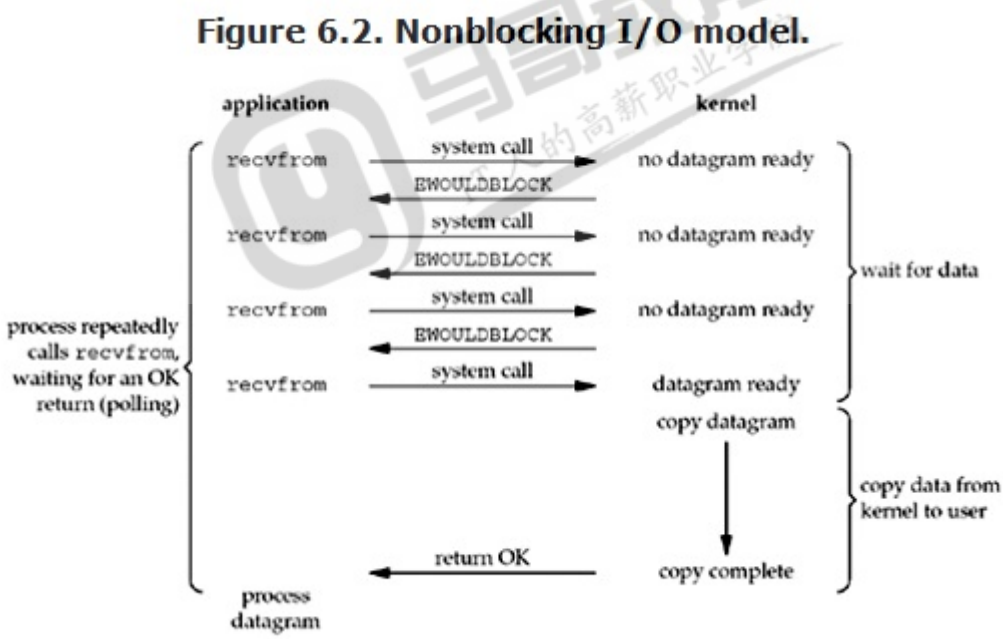
同步IO模型包括 阻塞IO、非阻塞IO、IO多路复用

阻塞IO



进程等待（阻塞），直到读写完成。（全程等待）
read/write函数

非阻塞IO

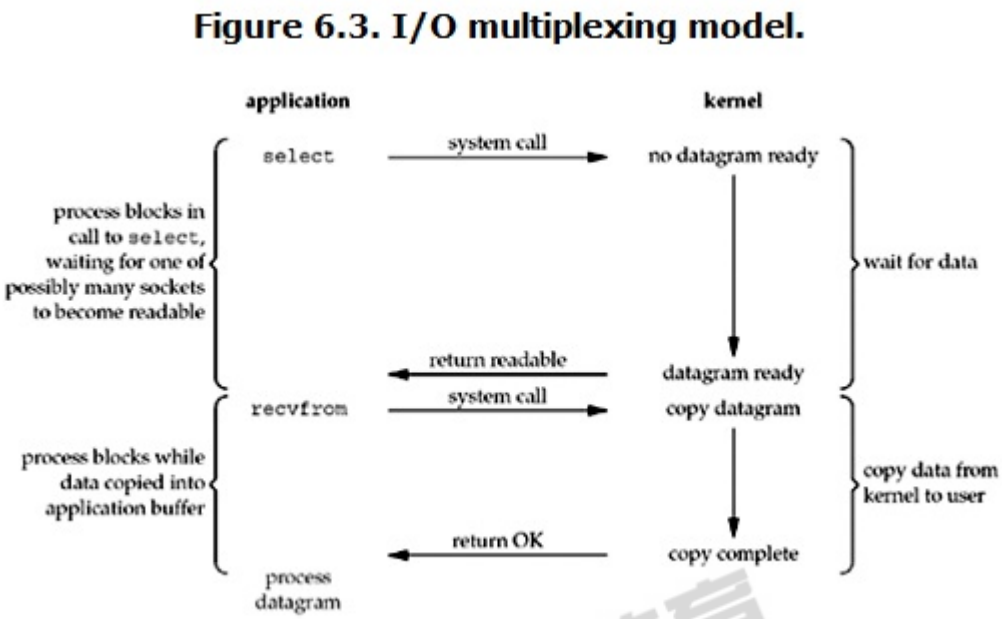


进程调用read操作，如果IO设备没有准备好，立即返回ERROR，进程不阻塞。用户可以再次发起系统调用，如果内核已经准备好，就阻塞，然后复制数据到用户空间。
第一阶段数据没有准备好，就先忙别的，等会再来看看。检查数据是否准备好了的过程是非阻塞的。
第二阶段是阻塞的，即内核空间和用户空间之间复制数据是阻塞的。
淘米、蒸饭我不等，我去玩会，盛饭过程我等着你装好饭，但是要等到盛好饭才算完事，这是同步的，结果就是盛好饭。
read/write

IO多路复用

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。

select几乎所有操作系统平台都支持，poll是对的select的升级。
epoll，Linux系统内核2.5+开始支持，对select和poll的增强，在监视的基础上，增加回调机制。BSD、Mac平台有kqueue，Windows有iocp。

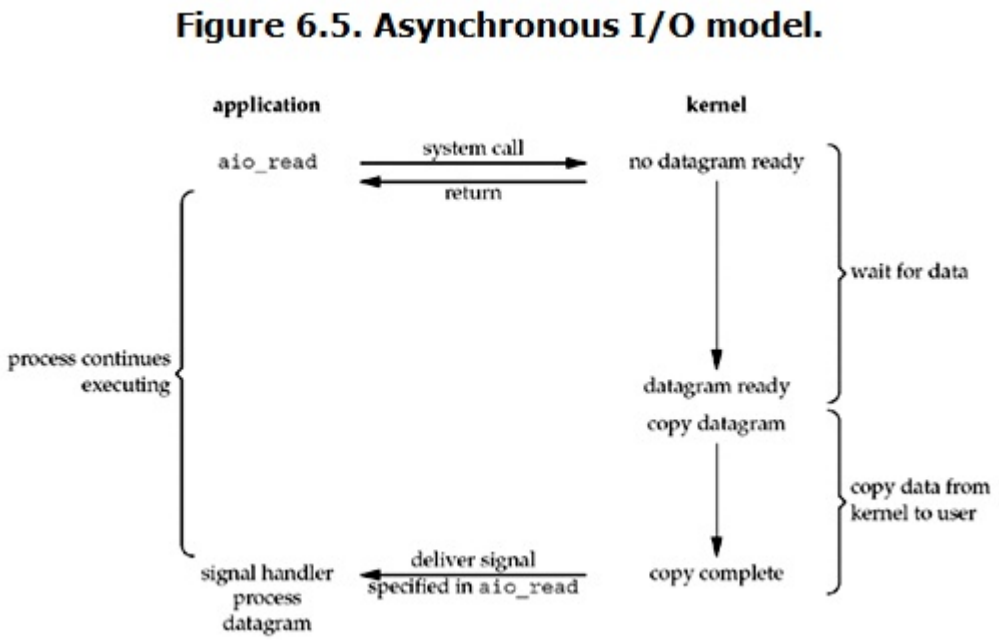


以select为例，将关注的IO操作告诉select函数并调用，进程阻塞，内核"监视"select关注的文件描述符fd，被关注的任何一个fd对应的IO准备好了数据，select返回。再使用read将数据复制到用户进程。

select举例，食堂供应很多菜（众多的IO），你需要吃某三菜一汤，大师傅（操作系统）说要现做，需要等，你只好等待。其中一样菜好了，大师傅叫你过来说你点的菜有好的了，你得自己找找看哪一样才好了，请服务员把做好的菜打给你。
epoll是有菜准备好了，大师傅喊你去几号窗口直接打菜，不用自己找菜了。

一般情况下，select最多能监听1024个fd（可以修改，但不建议改），但是由于select采用轮询的方式，当管理的IO多了，每次都要遍历全部fd，效率低下。
epoll没有管理的fd的上限，且是回调机制，不需遍历，效率很高。

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

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
  - Linux 2.5+ 支持epoll
  - BSD、Mac支持kqueue
  - 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。部分实现了epoll。
底层的IO多路复用模块。

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

selectors库

3.4版本提供这个库，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，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
```

abstractmethod register(fileobj, events, data=None)
为selector注册一个文件对象，监视它的IO事件。
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输出设备，可以开始读了
EVENT_WRITE	可写 0b10，内核准备好了，可以往里写了

```
# 使用举例
import selectors
import threading
import socket
import logging

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

# 回调函数，自己定义形参
```

```python
def accept(sock:socket.socket, mask):
    """mask: 事件掩码的或值 """
    conn, raddr = sock.accept()
    conn.setblocking(False) # 不阻塞
    # 监视conn这个文件对象
    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 is {}.".format(data.decode())
    conn.send(msg.encode())


# 构造缺省性能最优selector
selector = selectors.DefaultSelector()

# 创建Tcp Server
sock = socket.socket()
sock.bind(('0.0.0.0', 9999))
sock.listen()
logging.info(sock)

sock.setblocking(False) # 非阻塞

# 注册文件对象sock关注读事件，返回SelectorKey
# 将sock、关注事件、data都绑定到key实例属性上
key = selector.register(sock, selectors.EVENT_READ, accept)
logging.info(key)

e = threading.Event()

def select(e):
    while not e.is_set():
        # 开始监视，等到有文件对象监控事件产生，返回(key, mask)元组
        events = selector.select()
        print('-'*30)
        for key, mask in events:
            logging.info(key)
            logging.info(mask)
            callback = key.data # 回调函数
            callback(key.fileobj, mask)

threading.Thread(target=select, args=(e,), name='select').start()

def main():
    while not e.is_set():
        cmd = input('>>')
        if cmd.strip() == 'quit':
            e.set()
            fobjs = []
            logging.info('{}'.format(list(selector.get_map().items())))
```

```
            for fd, key in selector.get_map().items(): # 返回注册的项
                print(fd, key)
                print(key.fileobj)
                fobjs.append(key.fileobj)

            for fobj in fobjs:
                selector.unregister(fobj)
                fobj.close() # 关闭socket
            selector.close()


if __name__ == '__main__':
    main()
```

练习

将ChatServer改写成IO多路复用的方式

不需要启动多线程来执行socket的accept、recv方法了

```
import socket
import threading
import datetime
import logging
import selectors

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


class ChatServer:
    def __init__(self, ip='127.0.0.1', port=9999):
        self.sock = socket.socket()
        self.addr = (ip, port)

        self.event = threading.Event()
        self.selector = selectors.DefaultSelector() # 创建selector

    def start(self): # 启动监听
        self.sock.bind(self.addr) # 绑定
        self.sock.listen() # 监听
        self.sock.setblocking(False) # 不阻塞
        # 注册
        self.selector.register(self.sock, selectors.EVENT_READ, self.accept)

        threading.Thread(target=self.select, name='selector', daemon=True).start()

    def select(self): # 阻塞
        while not self.event.is_set():
            # 开始监视，等到某文件对象被监控的事件产生，返回(key, mask)元组
            events = self.selector.select()  # 阻塞，直到events
```

```
            print('-' * 30)
            for key, mask in events:
                logging.info(key)
                logging.info(mask)
                callback = key.data  # 回调函数
                callback(key.fileobj)

    def accept(self, sock:socket.socket): # 接收客户端连接
        conn, raddr = sock.accept()
        conn.setblocking(False) # 非阻塞
        # 注册，监视每一个与客户端的连接的socket对象
        self.selector.register(conn, selectors.EVENT_READ, self.recv)

    def recv(self, sock:socket.socket): # 接收客户端数据
        data = sock.recv(1024)
        if not data or data == b'quit': # 客户端主动断开或退出，注销并关闭socket
            self.selector.unregister(sock)
            sock.close()
            return
        msg = "{:%Y/%m/%d %H:%M:%S} {}:{}\n{}\n".format(datetime.datetime.now(),
*sock.getpeername(),data.decode())
        logging.info(msg)
        msg = msg.encode()
        # 群发
        for key in self.selector.get_map().values():
            if key.data == self.recv: # 排除self.accept
                key.fileobj.send(msg)

    def stop(self): # 停止服务
        self.event.set()
        fobjs = []
        for fd, key in self.selector.get_map().items():
            fobjs.append(key.fileobj)
        for fobj in fobjs:
            self.selector.unregister(fobj)
            fobj.close()
        self.selector.close()


def main():
    cs = ChatServer()
    cs.start()

    while True:
        cmd = input('>>').strip()
        if cmd == 'quit':
            cs.stop()
            threading.Event().wait(3)
            break
        logging.info(threading.enumerate())

if __name__ == '__main__':
    main()
```

进阶

send是写操作，也可以让selector监听，如何监听？

self.selector.register(conn, selectors.EVENT_READ | selectors.EVENT_WRITE, self.recv)
注册语句，要监听selectors.EVENT_READ | selectors.EVENT_WRITE 读与写事件。

回调的时候，需要mask来判断究竟是读触发还是写触发了。所以，需要修改方法声明，增加mask。
`def recv(self, sock, mask)` 但是由于recv 方法处理读和写事件，所以叫recv不太合适，改名为
`def handle(self, sock, mask)`

注意读和写是分离的，那么handle函数应该写成下面这样

```
    def handle(self, sock:socket.socket, mask): # 接收客户端数据
        if mask & selectors.EVENT_READ:
            pass

        # 注意，这里是某一个socket的写操作
        if mask & selectors.EVENT_WRITE: # 写缓冲区准备好了，可以写入数据了
            pass
```

handle方法里面处理读、写，mask有可能是0b01、0b10、0b11。
问题是，假设读取到了客户端发来的数据后，如何写出去？

为每一个与客户端连接的socket对象增加对应的队列。
与每一个客户端连接的socket对象，自己维护一个队列，某一个客户端收到信息后，会遍历发给所有客户端的队列。这里完成一对多，即一份数据放到了所有队列中。
与每一个客户端连接的socket对象，发现自己队列有数据，就发送给客户端。

```
import socket
import threading
import datetime
import logging
import selectors
from queue import Queue

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


class ChatServer:
    def __init__(self, ip='127.0.0.1', port=9999):
        self.sock = socket.socket()
        self.addr = (ip, port)
        self.clients = {}
        self.event = threading.Event()
        self.selector = selectors.DefaultSelector() # 创建selector

    def start(self): # 启动监听
        self.sock.bind(self.addr) # 绑定
        self.sock.listen() # 监听
        self.sock.setblocking(False) # 不阻塞
```

```
        # 注册
        self.selector.register(self.sock, selectors.EVENT_READ, self.accept)

        threading.Thread(target=self.select, name='selector', daemon=True).start()

    def select(self): # 阻塞
        while not self.event.is_set():
            # 开始监视，等到某文件对象被监控的事件产生，返回(key, mask)元组
            events = self.selector.select()  # 阻塞，直到events

            for key, mask in events:
                if callable(key.data):
                    callback = key.data  # key对象的data属性，回调
                    callback(key.fileobj, mask)
                else:
                    callback = key.data[0]
                    callback(key, mask)

    def accept(self, sock:socket.socket, mask): # 接收客户端连接
        conn, raddr = sock.accept()
        conn.setblocking(False) # 非阻塞
        self.clients[raddr] = (self.handle, Queue())

        # 注册，监视每一个与客户端的连接的socket对象
        self.selector.register(conn, selectors.EVENT_READ | selectors.EVENT_WRITE,
self.clients[raddr])

    def handle(self, key: selectors.SelectorKey, mask): # 接收客户端数据

        if mask & selectors.EVENT_READ:
            sock = key.fileobj
            raddr = sock.getpeername()
            data = sock.recv(1024)

            if not data or data == b'quit':
                self.selector.unregister(sock)
                sock.close()
                self.clients.pop(raddr)
                return

            msg = "{:%Y/%m/%d %H:%M:%S} {}:{}\n{}\n".format(
                datetime.datetime.now(), *raddr, data.decode())
            logging.info(msg)
            msg = msg.encode()

            for k in self.selector.get_map().values():
                logging.info(k)
                if isinstance(k.data, tuple):
                    k.data[1].put(data)

        if mask & selectors.EVENT_WRITE:
            # 因为写一直就绪，mask为2，所以一直可以写，从而导致select()不断循环，如同不阻塞一样
            if not key.data[1].empty():
```

```
                key.fileobj.send(key.data[1].get())

    def stop(self): # 停止服务
        self.event.set()
        fobjs = []
        for fd, key in self.selector.get_map().items():
            fobjs.append(key.fileobj)
        for fobj in fobjs:
            self.selector.unregister(fobj)
            fobj.close()
        self.selector.close()


def main():
    cs = ChatServer()
    cs.start()

    while True:
        cmd = input('>>').strip()
        if cmd == 'quit':
            cs.stop()
            threading.Event().wait(3)
            break
        logging.info(threading.enumerate())
        logging.info('-'*30)
        logging.info("{} {}".format(len(cs.clients), cs.clients))
        logging.info(list(map(lambda x: (x.fileobj.fileno(), x.data),
cs.selector.get_map().values())))
        logging.info('-'*30)

if __name__ == '__main__':
    main()
```

这个程序最大的问题，在select()一直判断可写，几乎一直循环不停。所以对于写不频繁的情况下，就不要监听EVENT_WRITE。
对于Server来说，一般来说，更多的是等待对方发来数据后响应时才发出数据，而不是积极的等着发送数据。所以监听EVENT_READ，收到数据之后再发送就可以了。

本例只完成基本功能，其他功能如有需要，请自行完成。