Concurrent Programming
Project V: Concurrent Stock Server

CSE4100: System Programming

Youngjae Kim (PhD)
Distributed Computing and Operating Systems Laboratory (DISCOS)
https://discos.sogang.ac.kr
Office: R911, E-mail: youkim@sogang.ac.kr

목차

- **배경지식**
  - Network programming
  - Echo 서버 프로그래밍
- **동시 주식 서버 (Concurrent Stock Server) 설계 및 구현**
  - Task1: Event-driven Approach
  - Task2: Thread-based Approach
  - Task3: 성능 평가 및 분석
- **제출 방법**
- **부록**

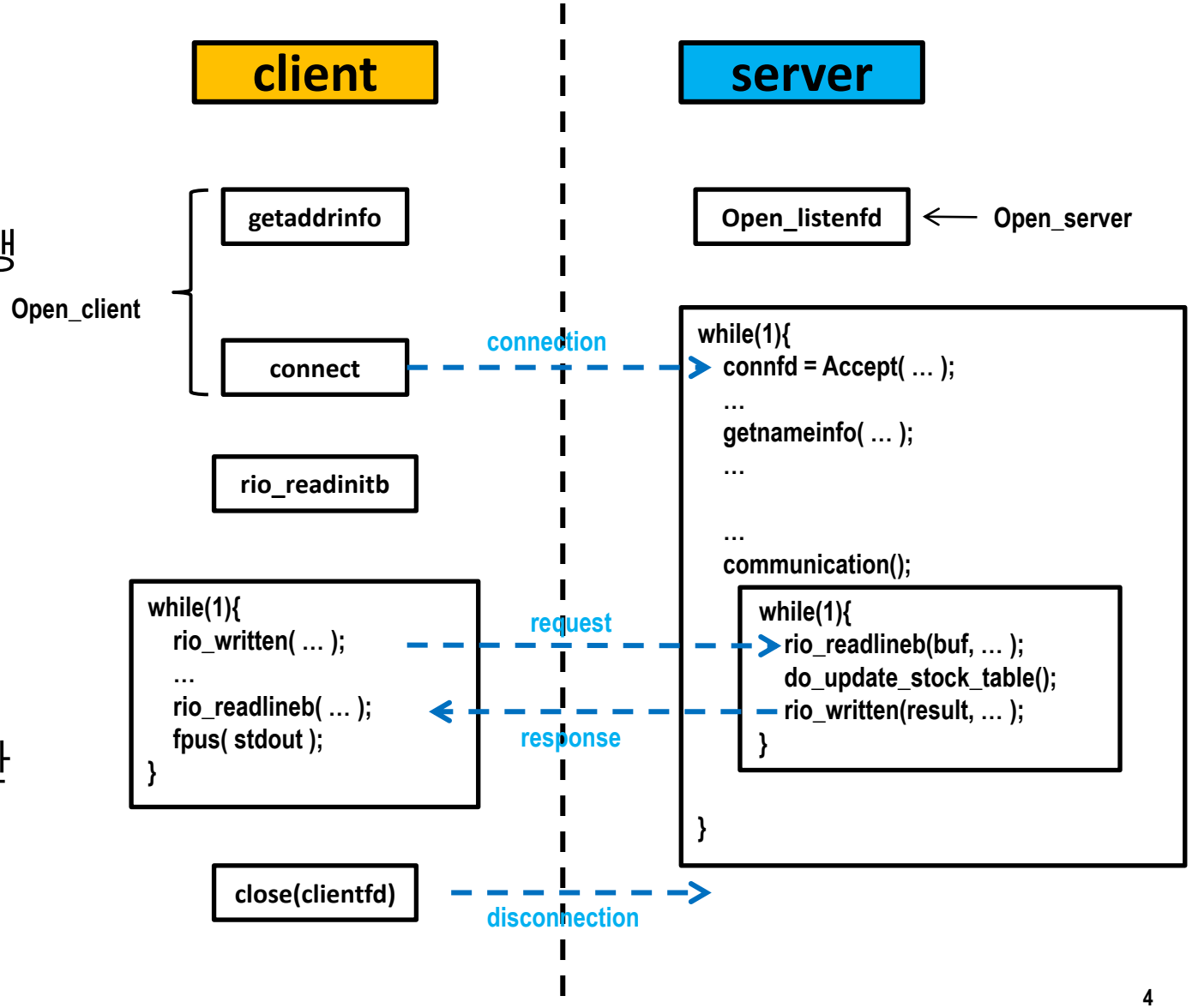
프로젝트 목표

"여러 client들의 동시 접속 및 서비스를 위한 Concurrent stock server 을 구축해보자!"

- **주식 서버**
  - 주식 정보를 저장하고 있고 여러 client들과 소통함
- **주식 클라이언트**
  - 각 client는 server에 주식 사기, 팔기 등의 요청을 함

배경지식: Network Programming

- 오른쪽 그림은 수업시간에 언급한 echoserver의 전체적인 구조임
- 배포한 압축파일을 압축해제 후 make 실행
  - stockserver, stockclient, multiclient 세 개의 실행파일 생성
  - stockserver, stockclient는 수업시간에 시연한 echoserveri, echoclient와 동일함
- stockserver, stockclient 실행 후 stockserver, multiclient 실행을 추천함
- stockserver, multiclient는 실험을 돕기 위한 multiple client 실행 프로그램임
  (뒤에서 자세히 설명)



배경지식: Echo Server Program

- echoclient 와 echoserveri와 사이의 통신

client

```
gr120210196@cspro8:~/my_project$ hostname -i
172.30.10.8
gr120210196@cspro8:~/my_project$ ./echoclient 172.30.10.11 1119
hello
hello
system programming
system programming
project V
project V
```

server

```
gr120210196@cspro:~/my_project$ hostname -i
172.30.10.11
gr120210196@cspro:~/my_project$ ./echoserveri 1119
Connected to (172.30.10.8, 34148)
server received 6 bytes
server received 19 bytes
server received 10 bytes
```

- server는 cspro8에서 실행
- "hostname –I" → IP addr (172.30.10.8)
- ./echoclient 172.30.10.11 1119

  server IP addr와 open시 사용한 port number 입력
- MSG 입력하고 request!

① →

- server는 cspro에서 실행
- "hostname –I" → IP addr (172.30.10.11)
- ./echoserveri 1119

  먼저 port number를 설정하고 server open

  (cyber campus에 올린 개인 port사용 권장)
- 받은 MSG의 byte수를 출력하고

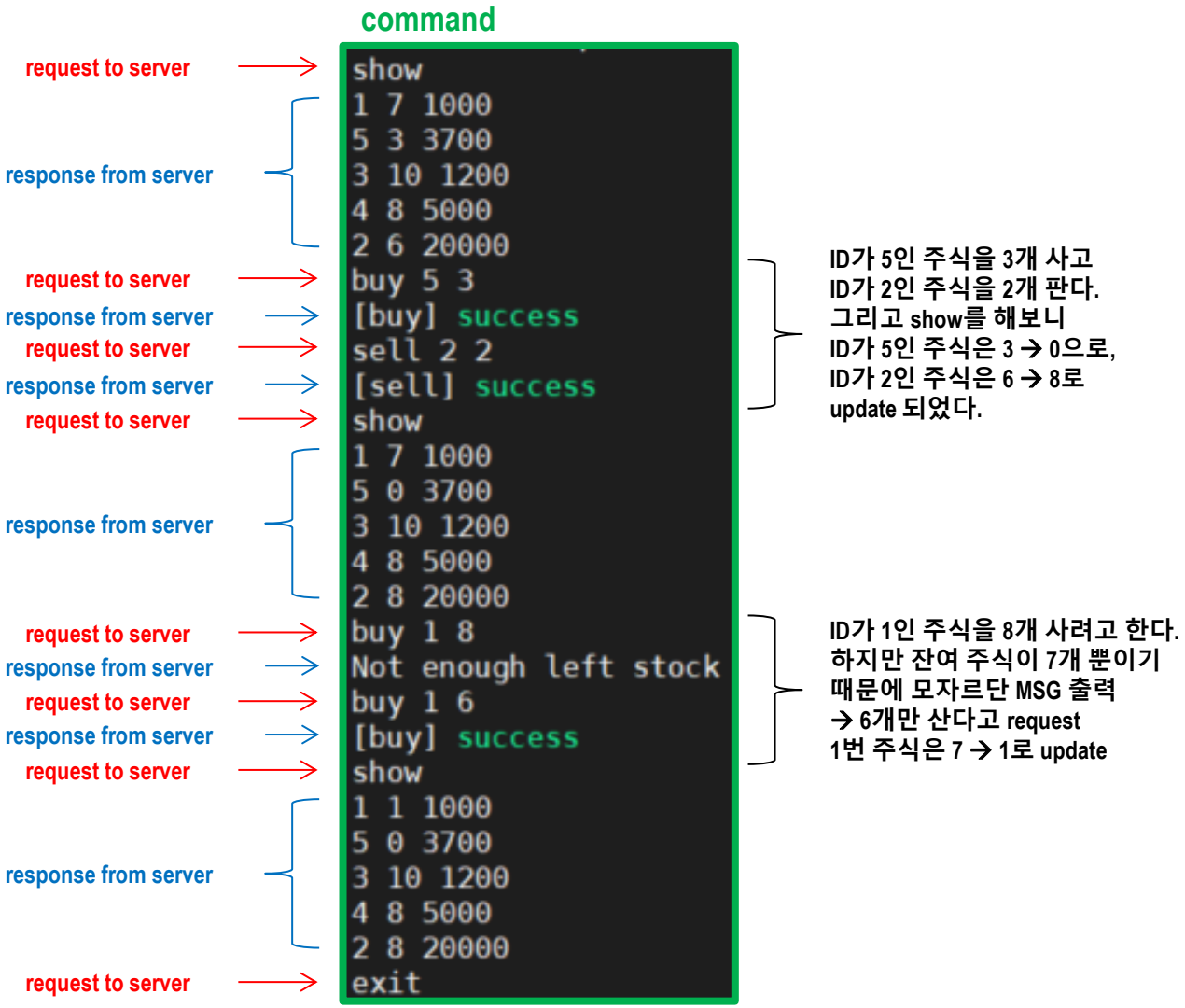
  해당 문자열을 다시 response

  ('\n'까지 byte 수에 포함)

← ②

- Response받은 Msg 출력

주식 서버 “Client” 동작 설명



클라이언트가 show, buy, sell, exit 네 개의 명령어를 실행함

1. show

   : 현재 주식의 상태를 보여준다.

2. buy [주식 ID] [살 주식 개수]

   ex. buy 5 3 : “ID가 5인 주식을 3개 사겠다.”

3. sell [주식 ID] [팔 주식 개수]

   ex. sell 2 2 : “ID가 2인 주식을 2개 팔겠다.”

4. exit

   : disconnection with server (주식 장 퇴장)

※ command exception handling

명령어에 대해서 예외 처리는 불필요

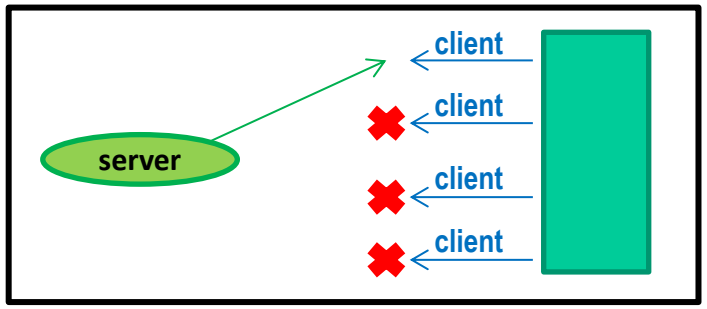
무조건 위의 format에 맞게 request 보냄

“buy 2 @”, “slel 3 1”, “sh ow”, “buy 1 3 “

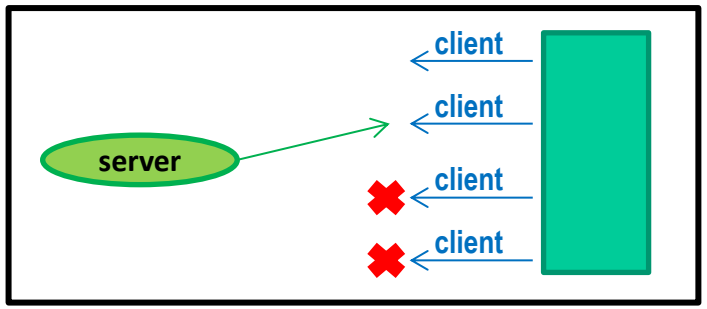
위와 같이 오타나 형식에 맞지 않는 command는 다루지 않음

동시 주식 서버 (Concurrent Stock Server) 필요성

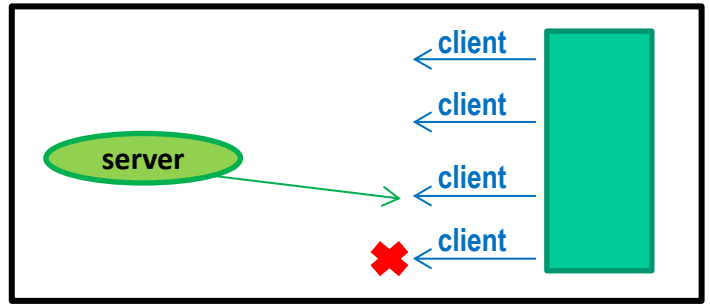
Step1



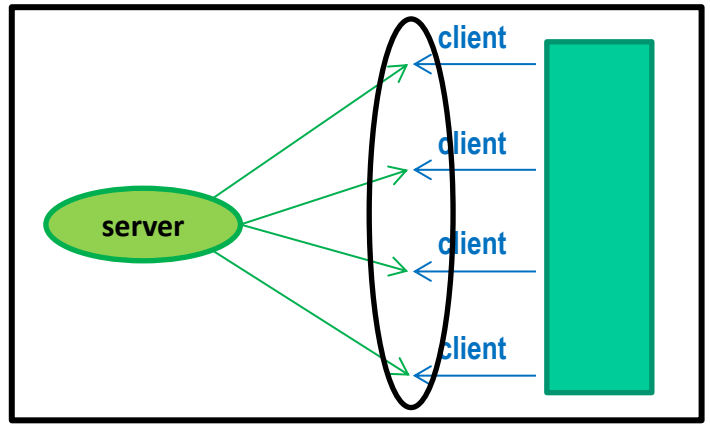
Step2



Step3



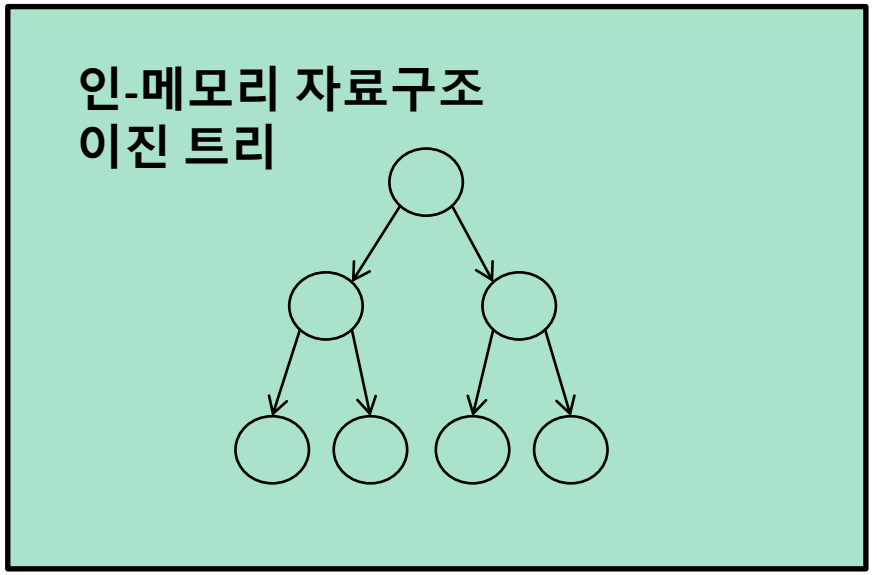
- 단일 프로세스/쓰레드 기반 stockserver는 여러 client와 connection이 불가능함
- 따라서, 앞의 실행 결과처럼 각각 client의 connection부터 10개의 request가 모두 직렬화 (serialize) 되어 순서대로 처리됨 (No concurrency)
- 본 프로젝트에서는 아래와 같은 concurrent 프로그래밍을 통해 동시 주식 서버를 두 가지 방식을 이용하여 설계 및 구현함
  - Event-based Approach using select()
  - Thread-based Approach using pthread



Concurrent service

주식 서버 설계 (1)

- 자료구조 및 동작



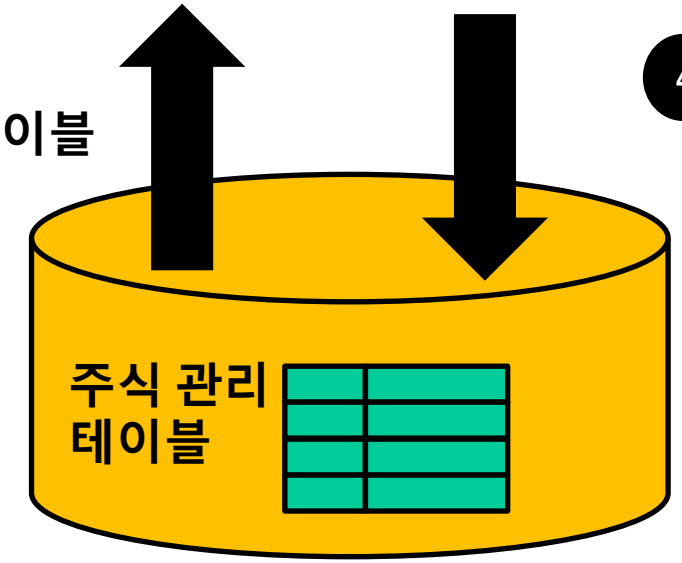
DRAM (비휘발성 메모리라고 가정)

1 서버 데몬 실행

2 주식 관리 테이블
메모리 적재

3 Client 요청 처리
(Sell, Buy, Show, etc)

4 주식 관리 테이블
디스크에 저장



주식 서버 설계 (2)

- **주식 관리**
  - 주식들은 stock.txt 파일로 Table형태로 관리됨
  - Table에서 각 행은 주식을 나타내고
    주식은 세 가지 attribute을 가짐
    - ID, 잔여 주식, 주식 단가
  - 오른쪽은 5개 주식 종목을 가진 stock.txt 예시임

주식 관리 테이블

stock.txt

```
gr120210196@cspro8:~/my_project$ cat stock.txt
1 7 1000
5 3 3700
3 10 1200
4 8 5000
2 6 20000
```

ID = 2

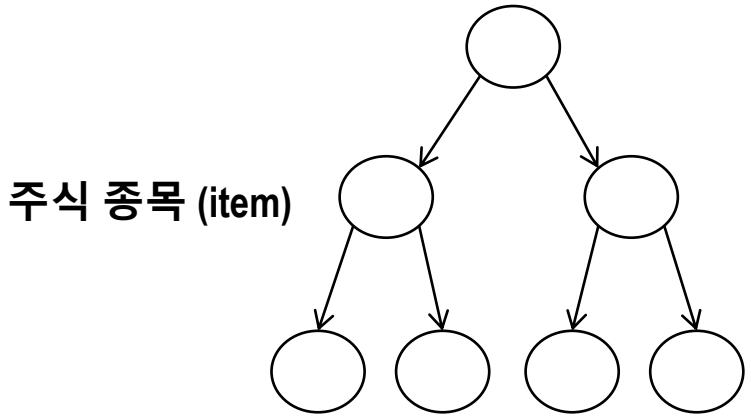
잔여 주식 = 6개

주식 단가 = 20000원

- **가정**
  - 주식 단가는 변동이 없음
    - 결국 데이터에 변동되는 값은 잔여 주식 뿐!
  - Client request에서 남은 주식보다 많은 주식을 요구하면 잔여 주식이 부족하다는 메시지만 출력하고 요청은 처리되지 않음
    - “Not enough left stocks”
  - 주식 종목 테이블은 메모리에 적재 되며, 비휘발성 메모리라고 가정함

주식 서버 설계 (3)

- **고속의 탐색을 위해서 Binary Tree 사용**
  - 트리의 각 노드는 <ID, 잔여 주식, 주식 단가, mutex lock 변수> 등을 선언 (뒤 페이지 그림 참고)
  - 주식 ID는 1~MAX에 random unique id로 발급

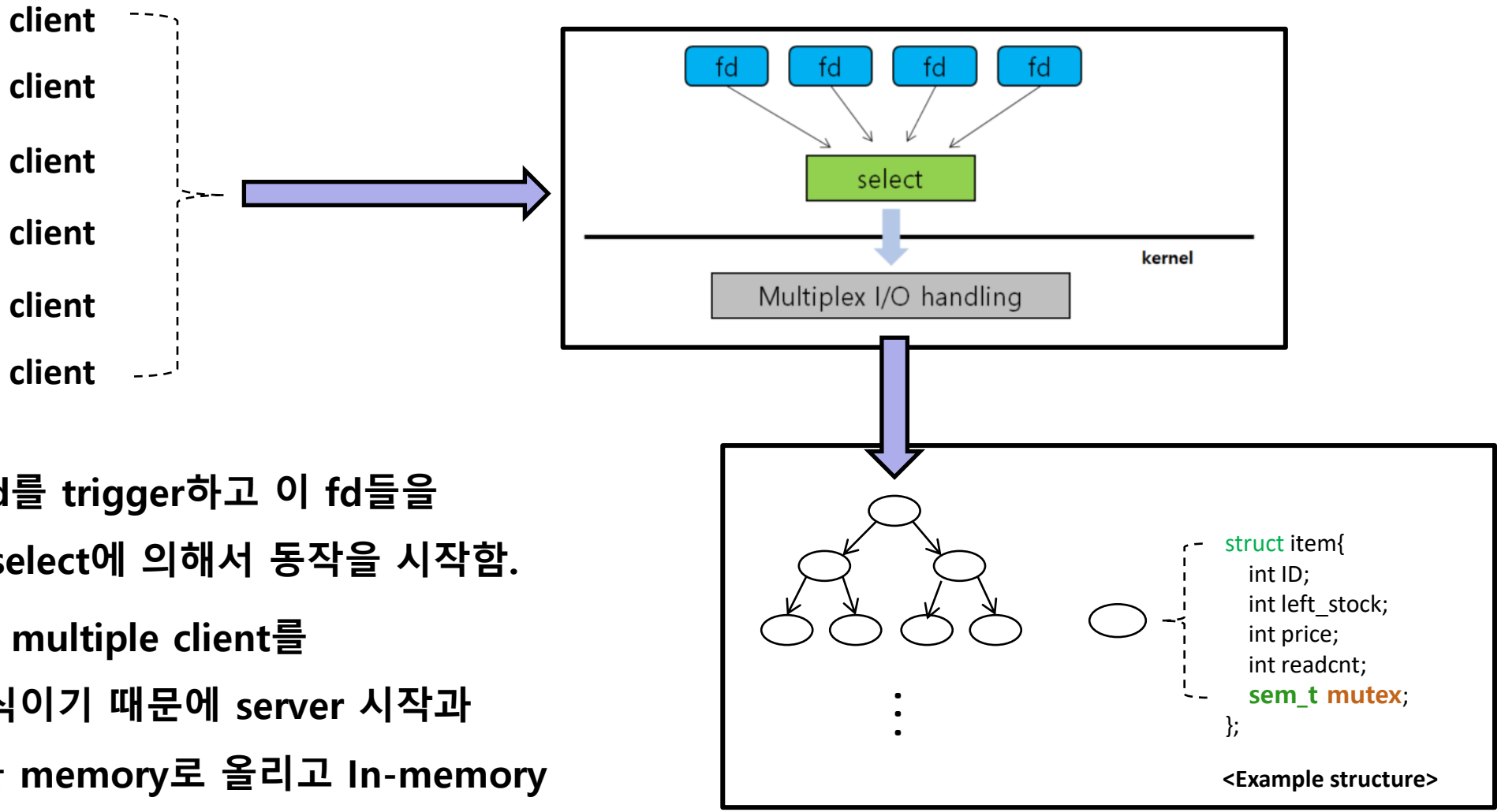



```
struct item{
    int ID;
    int left_stock;
    int price;
    int readcnt;
    sem_t mutex;
};
```

<예: 노드 구조>

- **Readers-Writers Problem**
  - 어떤 client가 i 종목 주식 읽을 때, 다른 client가 그 값을 update할 수 있음
  - Readers-writers problem solution을 고려한 노드 단위의 관리 (fine-grained locking) 필요

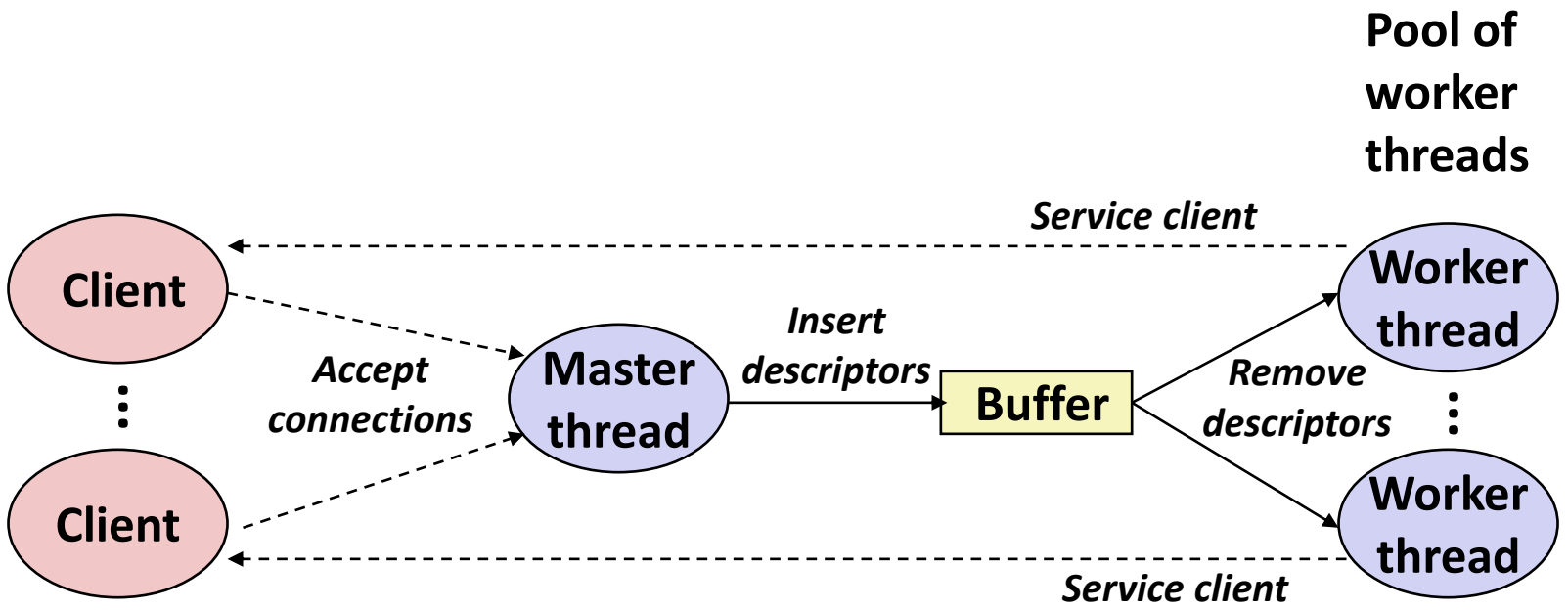
Task1: Event-driven Approach (35점)

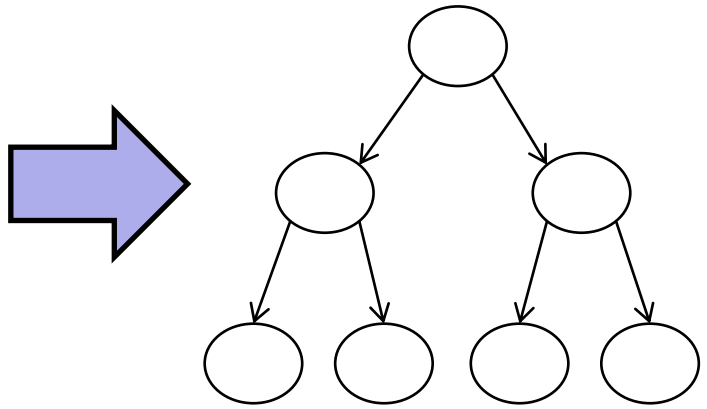


- 각각의 client는 fd를 trigger하고 이 fd들을 monitoring하던 select에 의해서 동작을 시작함.
- 하나의 process가 multiple client를 handling하는 방식이기 때문에 server 시작과 함께 file의 내용을 memory로 올리고 In-memory processing을 진행

Task2: Thread-based Approach (45점)

- **Pthreaded Concurrent Stock Server**



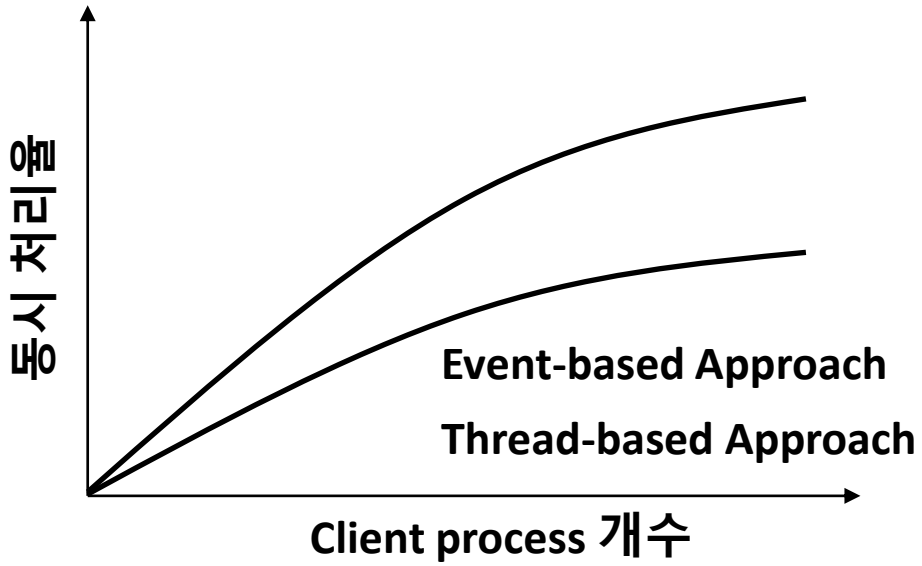


주식 종목 관리 테이블

Task3: 성능 평가 및 분석 (20점)

- **성능 평가**
  - Client 실행파일 내에 configuration들을 바꿔가면서 두 가지 동작 방식(select, thread)의 elapse time을 측정하여 분석
    - 이 경우에 한해서는 client process의 개수를 제한하지 않고 10, 20개 이상 띄우면서 실험 가능 (개인 실험시에는 4개 이하로 진행할 것!)
- **분석 방법**

동시 처리율: 시간당 client 처리 요청 개수



- **분석 포인트**
  - **확장성: 각 방법에 대한 Client 개수 변화에 따른 동시 처리율 변화 분석**
  - **워크로드에 따른 분석: Client 요청 타입 (buy, show, sell 등)에 따른 동시 처리율 변화 분석**
    - **워크로드 예제**
      - **예1) 모든 client가 buy 또는 sell을 요청하는 경우**
      - **예2) 모든 client가 show만 요청하는 경우**
      - **예3) Client가 buy, show 등을 섞어서 요청하는 경우**
  - **가지 방법의 성능 또는 다양한 관점에서 비교 분석 (수업시간에 배운 내용과 일치하는지 또는 불일치하는지)**
  - **기타: 자유로운 분석**

제출 방법

- **Documentation**
  - 첨부된 document에 해당 내용 삽입 (코드 붙여넣기 금지)
  - 위 실험에 대한 결과 그래프와 분석 내용을 자세하게 작성 (높은 배점)
  - Document는 제목은 학번으로 하고, pdf file로 변환해서 제출 (ex. 20191234.pdf)

- **Submission**
  - 제출일 : **~ 6/23 23:59pm** (late : 6/26 23:59pm)

- **주의사항**
  - 실행파일이나 필요 없는 파일은 제거 (감점 요인)
  - Recommendation : TA가 cspro 환경에서 채점하기 때문에 꼭 cspro에서 실행해 볼 것!
  - 본인 학번 폴더(ex. 20191234)를 생성하고 그 안에 총 3개의 프로젝트 파일과 1개의 document (pdf파일로 변환)를 포함하여 압축할 것
  - 각 프로젝트 파일에는 실행하는데 필요한 모든 코드가 포함시켜야 합니다. (execution file, binary file 제외)
  - 학번 파일상위 폴더에서 tar 압축을 해서 cyber campus 과제란에 제출
    (tar –cvzf [HW5]20191234.tar.gz 20191234/)

```
20191234
├── project_1 (echo.c, stockserver.c, stockclient.c, multiclient.c, Makefile … )
├── project_2 (echo.c, stockserver.c, stockclient.c, multiclient.c, Makefile … )
├── project_3 (echo.c, stockserver.c, stockclient.c, multiclient.c, Makefile … )
└── document (20191234.pdf)
```

부록: 추가 설명

Multiclient 실행 파일(1)

- 터미널은 10개씩 띄우고 일일이 명령어를 작성하기는 어려움
- Multiclient 실행 파일은 이를 편하게 해 줌
  - 원하는 client 개수를 입력해주면 해당 개수만큼의 client 프로세스들을 생성하고, 각 client 프로세스는 앞에 정의된 show, buy, sell 등의 명령어를 주어진 횟수만큼 임의 순서로 실행하고 종료함
  - multiclient.c를 보면 아래와 같이 변수들이 정의되어 있음
    (이 변수들은 얼마든지 수정해가면서 실험 진행 가능 !)

```
#define MAX_CLIENT 100
#define ORDER_PER_CLIENT 10
#define STOCK_NUM 10
#define BUY_SELL_MAX 10
```

MAX_CLIENT 최대 만들 수 있는 client 개수
Client를 실행할 때 4보다 작은 값을 입력할 것 (evaluation할 경우 10, 20개 사용 가능)

ORDER_PER_CLIENT client 하나당 server로 보내는 request의 개수
show, buy, sell 중 random으로 server에 request 수행

STOCK_NUM stock file에 있는 주식 항복의 최대 개수
(stock.txt file을 참고해서 설정할 것)

BUY_SELL_MAX 주식을 사고 팔 때 한 request당 최대 항목의 개수
적절히 설정하여 사용 가능 (Ex. “buy 1 11” : 1번 주식을 11개 산다 (x))

Multiclient 실행 파일(2)

- 앞서 말한 #define configuration을 적절히 설정 후 실행
- stockserver를 먼저 실행하고 (./stockserver 1119), 아래와 같이 multiclient를 실행
- ./multiclient를 입력하면 사용법이 나옴 (stockclient 실행 방법과 비슷함)

```
gr120210196@cspro:~/project5$ ./multiclient
usage: ./multiclient <host> <port> <client#>
gr120210196@cspro:~/project5$
```

- ./multiclient [IP_addr] [port #] [client_num[(ex. ./multiclient 172.30.10.11 1119 4)
  아래와 같이 4개의 client process가 configuration에 따라 적절한 동작을 수행
  - 실험 시에는 client process를 4개 이하로 띄워서 실험할 것!
  - zombie나 orphan이 발생하지 않도록 주의할 것!

child process
4개 생성

```
gr120210196@cspro:~/project5$ ./multiclient 172.30.10.11 1119 4
child 45130
child 45131
child 45132
sell 6 4
child 45133
show
show
show
buy 1 4
sell 6 10
```

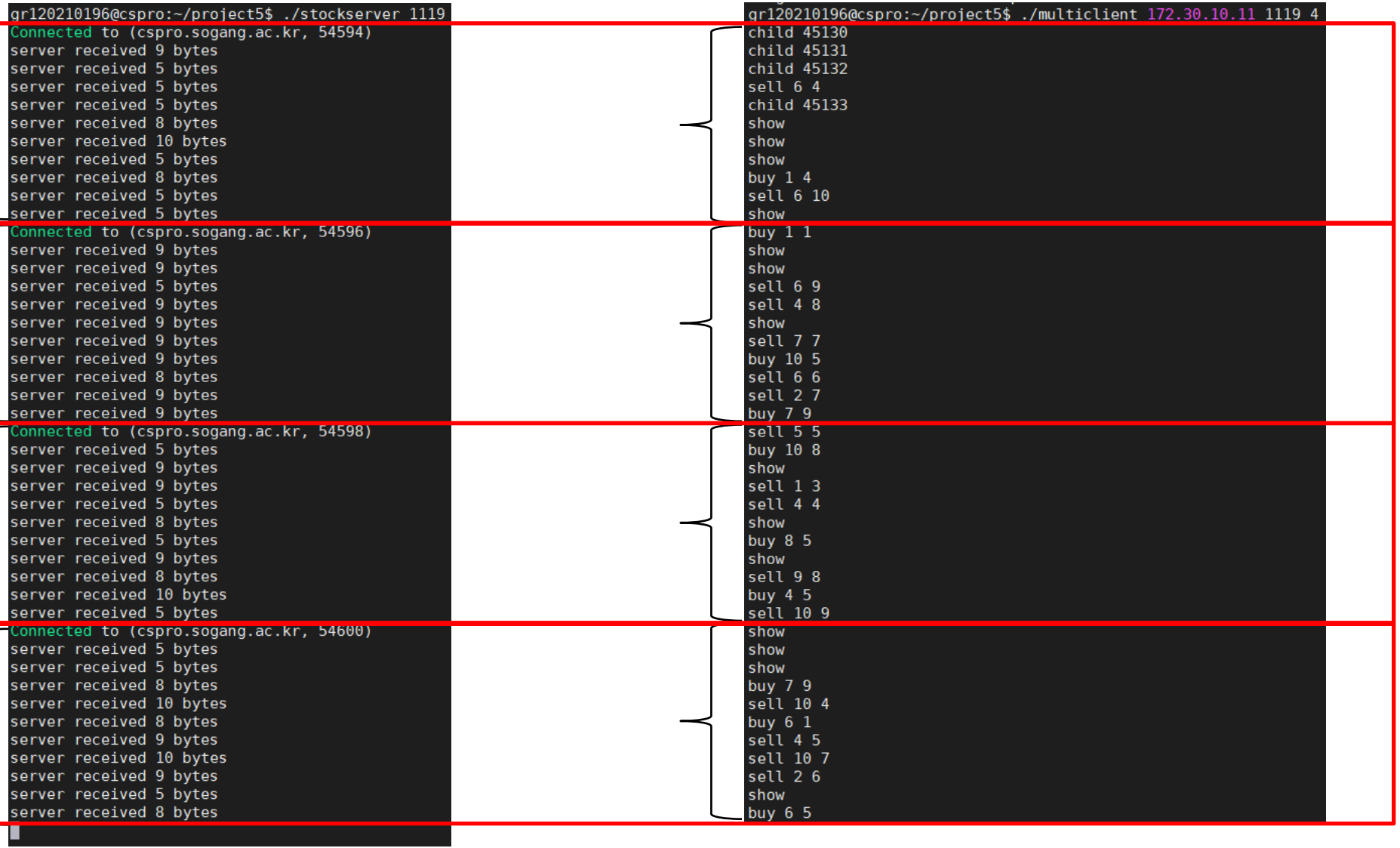
Multiclient 실행 파일(3)

client 1 request

client 2 request

client 3 request

client 4 request



서버 구현 상세 (1)

- 직접 구현해야 하는 부분은 stock server부분 뿐!

  (client 부분은 multiclient.c 그대로 사용하여 실험)

- stockserver.c에서 multiple client request를 처리 할 수 있도록 select와 pthread를 사용하여 구현

- Recommendation : 먼저 아래와 같이 command string을 server가 concurrency하게 판독할 수 있게 구현

```
gr120210196@cspro:~/my_project$ ./echoservert 1119
server received 8 bytes
server received 5 bytes
server received 5 bytes
server received 8 bytes
server received 10 bytes
server received 8 bytes
server received 10 bytes
```

```
gr120210196@cspro:~/project5$ ./multiclient 172.30.10.11 1119 4
child 45130
child 45131
child 45132
sell 6 4
child 45133
show
show
show
buy 1 4
sell 6 10
show
buy 1 1
```

서버 구현 상세 (2)

- **Response 양식 (오른쪽 그림 참고)**
  - **[buy] success** : buy request가 정상적으로 처리되었을 경우
  - **[sell] success** : sell request가 정상적으로 처리되었을 경우
  - **Not enough left stocks** : buy request에 대해서 잔여 주식이 부족한 경우

    Recommendation : 이때는 client가 아닌 stockclient를 실행시키고 command를 하나씩 입력하고 제대로 처리되는지 확인하면서 진행
- **Persistency를 위해서 connection이 모두 종료되면 stock.txt 에 update 내용이 반영되어야 함**
  - stock.txt에 update 내용이 제대로 반영되었는지 확인함으로써 채점을 진행할 예정

```
show
1 7 1000
5 3 3700
3 10 1200
4 8 5000
2 6 20000
buy 5 3
[buy] success
sell 2 2
[sell] success
show
1 7 1000
5 0 3700
3 10 1200
4 8 5000
2 8 20000
buy 1 8
Not enough left stock
buy 1 6
[buy] success
show
1 1 1000
5 0 3700
3 10 1200
4 8 5000
2 8 20000
exit
```