

System Programming Project 3

담당 교수 : 박성용

이름 : 정현정

학번 : 20210428

1. 개발 목표

- 해당 프로젝트에서 구현할 내용을 간략히 서술.
- (주식 서버를 만드는 전체적인 개요에 대해서 작성하면 됨.)

크게 두 가지 방식으로 나누어 concurrent한 주식 서버를 구현한다.

첫 번째 방식은 Event-based 접근이다. 해당 구현 방식에서는 하나의 프로세스에서 fd를 관리하는 pool 구조체를 통해 모든 요청을 관리한다. 새로운 client가 연결을 요청하는 경우가 아니면 해당 fd와 연결된 client가 요청한 명령어들을 서버에서 처리한다. 새로운 connect일 경우 pool 구조체의 clientfd 배열에 추가한다.

두 번째 방식은 Thread-based 접근이다. 해당 구현 방식에서는 하나의 프로세스에서 여러 개의 thread를 생성한다. thread pool과 sbuf 구조체를 사용하여 pre-threaded 방식으로 구현한다.

두 방식은 여러 client의 요청을 concurrent하게 처리할 수 있도록 처리하는 방식에서 차이가 발생할 뿐, 두 방식 모두 동일한 binary tree 자료구조를 사용한다. 주식의 unique id값을 빠르게 찾기 위해 binary search tree로 구현한다. 서버 측은 코드 실행 시 stock.txt 파일을 읽어 트리를 만든다. client로부터 요청이 들어오면 서버는 트리를 순회하면서 요청을 처리한다. client의 connection이 종료될 때 stock.txt 파일에 변경 사항을 저장하도록 구현한다.

2. 개발 범위 및 내용

A. 개발 범위

- 아래 항목을 구현했을 때의 결과를 간략히 서술

1. Task 1: Event-driven Approach

client의 요청을 모두 수행하고 변경 사항을 stock.txt에 업데이트 한다. 요청 수행의 결과는 stock.txt에 모두 잘 반영된다.

2. Task 2: Thread-based Approach

client의 요청을 모두 수행하고 변경 사항을 stock.txt에 업데이트 한다. 요청 수행의 결과는 stock.txt에 모두 잘 반영된다.

3. Task 3: Performance Evaluation

event 기반의 서버와 thread 기반의 서버 각각의 실제 성능을 테스트하여 둘 중 어느 것이 더 효율적인지 확인한다.

B. 개발 내용

- 아래 항목의 내용만 서술
- (기타 내용은 서술하지 않아도 됨. 코드 복사 붙여 넣기 금지)
- **Task1 (Event-driven Approach with select())**

✓ Multi-client 요청에 따른 I/O Multiplexing 설명

I/O Multiplexing이란 한 프로세스가 다수의 I/O 이벤트를 처리하는 것을 의미한다. I/O Multiplexing은 select 함수를 통해 이루어진다. 이 프로젝트에서는 connection이 형성된 fd 집합을 read_set이라고 하고 I/O 이벤트가 발생한 fd의 집합은 ready_set이라고 규정하고 있다. select 함수는 I/O 이벤트가 발생한, 즉 ready 상태인 fd를 ready_set에 저장하며 ready 상태가 된 fd의 총 개수를 반환한다. 따라서 fd마다 발생한 I/O 이벤트의 종류에 맞게 요청을 처리할 수 있다. 여기서 I/O 이벤트는 connection을 형성하는 것, 데이터를 주고 받는 것 등을 모두 포함한다.

✓ epoll과의 차이점 서술

select 함수는 read_set에 있는 모든 fd에 대해 내부적으로 for loop을 돌면서 이벤트 발생 여부를 확인한다. 매번 for loop을 돌아야 한다는 점, select 함수를 호출할 때 전달된 fd와 관련된 정보가 운영체제에 등록되지 않아 함수를 호출할 때마다 관련 정보를 전달해야 한다는 점에서 select 함수는 동작에 비효율적인 부분이 있다. 리눅스의 epoll 함수는 이러한 select 함수의 비효율적인 부분을 보완한 함수이다. epoll 함수는 운영체제에게 관찰할 대상에 관한 정보를 알려주고 해당 대상에서 변경 사항이 있는 경우에만 알려준다. 따라서 매번 정보를 전달할 필요가 없으며 내부적으로 반복문을 돌 필요도 없다.

- Task2 (Thread-based Approach with pthread)

- ✓ Master Thread의 Connection 관리

master thread는 sbuf라는 전역변수로 선언된 buffer를 통해 connection을 관리한다. Accept 함수를 통해 connfd를 생성하면 해당 fd를 buffer에 삽입하는 방식이다. 이후 thread routine에서 buffer에 삽입되어 있는 fd를 가져와 해당 fd와 연결되어 있는 client의 요청을 처리한다.

- ✓ Worker Thread Pool 관리하는 부분에 대해 서술

connection을 형성하여 sbuf에 connfd를 삽입하기 전 단계로 먼저 sbuf의 slot의 수만큼 thread를 먼저 만든다. connection이 만들어질 때마다 thread를 형성해도 무방하지만, 이는 미리 생성되어 대기 중인 thread를 할당하는 것보다 시간이 더 오래 걸린다. 즉, overhead가 발생한다. 따라서 미리 충분한 수의 thread를 생성한 후 thread pool에 보관하는 것이 훨씬 효율적이다. 이렇게 생성된 thread들은 sbuf에서 가져올 fd가 존재할 때까지 대기하다가, fd를 sbuf에서 삭제하고 해당 thread에서 요청을 처리한다. 요청이 모두 종료되면 다음 fd를 기다린다.

- Task3 (Performance Evaluation)

- ✓ 얻고자 하는 metric 정의, 그렇게 정한 이유, 측정 방법 서술

concurrent한 server의 성능은 같은 시간 내에 몇 개의 요청을 처리할 수 있느냐에 따라 달라진다. 따라서 server의 성능을 측정하기 위해 동시처리율을 기준으로 삼는다. 여기서 동시처리율은 "초당 처리하는 client의 요청의 개수"로 정의하였다. 측정 방법은 다음과 같다.

$$\text{processing rate} = \frac{\text{client number} * \text{ORDER_PER_CLIENT}}{\text{elapsed time} * 10^{-6}}$$

multiclient 파일에서 최대 만들 수 있는 client의 수인 MAX_CLIENT 값만 변경시켜 경과 시간을 측정하였다. 또한 각각의 조건에서 2번씩 측정한 후 해당 값들의 평균값을 사용하였다.

✓ Configuration 변화에 따른 예상 결과 서술

- client가 buy, show 등을 섞어서 요청하는 경우

thread 기반의 서버가 event 기반의 서버보다 동시처리율이 높아 request 처리 속도가 더 빠를 것이라고 예상하였다. event 기반의 서버는 한 프로세스를 가지고 모든 요청을 처리하는 반면 thread 방식은 여러 개의 thread에 일을 분담하여 처리하기 때문이다.

- 모든 client가 buy 또는 sell을 요청하는 경우

thread 기반의 서버가 event 기반의 서버보다 속도가 더 빠를 것이라고 예상하였다. 하지만 buy, show, sell을 섞어서 요청하는 경우보다 thread 기반 서버의 동시 처리율은 감소하여 event 기반의 서버와 격차가 줄어들 것이라고 예상하였다. 왜냐하면 readers-writers problem solution을 고려하여 구현하였기 때문에 write를 수행하는 과정에서 더 많은 locking이 발생하기 때문이다.

- 모든 client가 show만 요청하는 경우

thread 기반의 서버가 event 기반의 서버보다 속도가 더 빠를 것이라고 예상하였다. 하지만 buy, show, sell을 섞어서 요청하는 경우보다 thread 기반 서버의 동시 처리율이 증가하여 event 기반의 서버와 격차가 증가할 것이라고 예상하였다. 왜냐하면 readers-writers problem solution을 고려하여 구현하였기 때문에 reader는 동시에 트리에 접근이 가능하기 때문이다.

C. 개발 방법

- B.의 개발 내용을 구현하기 위해 어느 소스코드에 어떤 요소를 추가 또는 수정할 것인지 설명. (함수, 구조체 등의 구현이나 수정을 서술)

- Task1 (Event-driven Approach with select())

✓ 강의자료와 교재의 echoservers.c를 참고하여 기본 코드를 작성하였다.

✓ 추가 구현

binary search tree를 구성하기 위한 함수들(createNode, insertNode, searchTree, deleteTree)을 추가적으로 작성하였다. stock.txt에서 한 줄씩 읽을 때마다 insertNode 함수를 호출한다. insertNode 함수는 파라미터로 넘겨받은 root가 NULL인 경우에 새롭게 노드를 생성하며, 그 이외의 경우 재귀적으로 insertNode 함수를 호출한다. 재귀적으로 함수를 호출하다 root에 해당하는 파라미터의 값이 NULL에 도달했을 때 새로운 노드를 생성한다. 새롭게 노드를 생성할 때에는 createNode 함수를 사용한다. 이때 각 노드의 id값을 기준으로 binary search tree를 구성하기 위해 id값을 비교하여 왼쪽과 오른쪽 중 재귀적으로 들어가는 방향을 결정하였다.

각각의 request에 대한 처리는 check_clients 함수 내부에서 이루어진다. 즉, check_clients 함수 내부에서 트리를 조작한다. buffer에서 읽은 요청에 따라 서버에서 알맞은 동작을 수행할 수 있도록 parseline 함수를 추가적으로 구현하였다. parseline 함수는 읽어들이 한 줄의 request를 공백 기준으로 분할하여 argv 배열에 저장한다. show 명령어를 수행하기 위해 preorder로 트리를 순회하는 함수(preorder 함수)와 buy, sell 명령어를 수행하기 위해 해당 id값의 노드를 찾는 함수(searchTree 함수)를 작성하였다.

- **Task2 (Thread-based Approach with pthread)**

✓ 강의자료와 교재를 참고하여 기본 코드를 작성하였다.

✓ 추가 구현

트리를 생성하고 조작하는 함수는 Task1과 동일하지만 preorder 함수에서 변화가 있다. preorder 함수는 show에서 사용되므로 readers-writers 문제를 해결하기 위해 노드 구조체에 선언되어 있는 w semaphore를 추가하였다. 또 thread routine 내부에 buy와 sell 동작을 수행하는 부분에서도 w semaphore를 추가하였다. 이외의 명령어를 처리하는 방식은 Task1과 동일하다.

3. 구현 결과

- 2번의 구현 결과를 간략하게 작성
- 미처 구현하지 못한 부분에 대해선 디자인에 대한 내용도 추가

Task1과 Task2 모두 요청을 잘 수행하고 그 결과가 stock.txt에 잘 반영된다.

4. 성능 평가 결과 (Task 3)

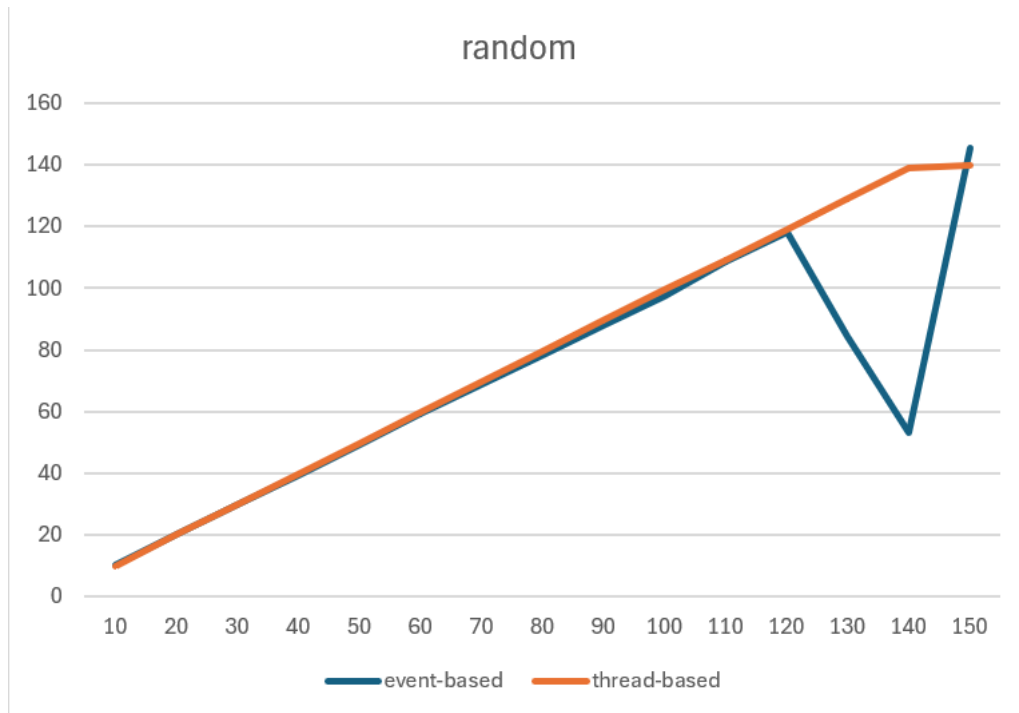
- 강의자료 슬라이드의 내용 참고하여 작성 (측정 시점, 출력 결과 값 캡처 포함)

모든 실행은 다음과 같은 전제 조건 하에서 이루어졌다.

- ORDER_PER_CLIENT = 20
- STOCK_NUM = 5
- BUY_SELL_MAX = 10

- client가 buy, show 등을 섞어서 요청하는 경우

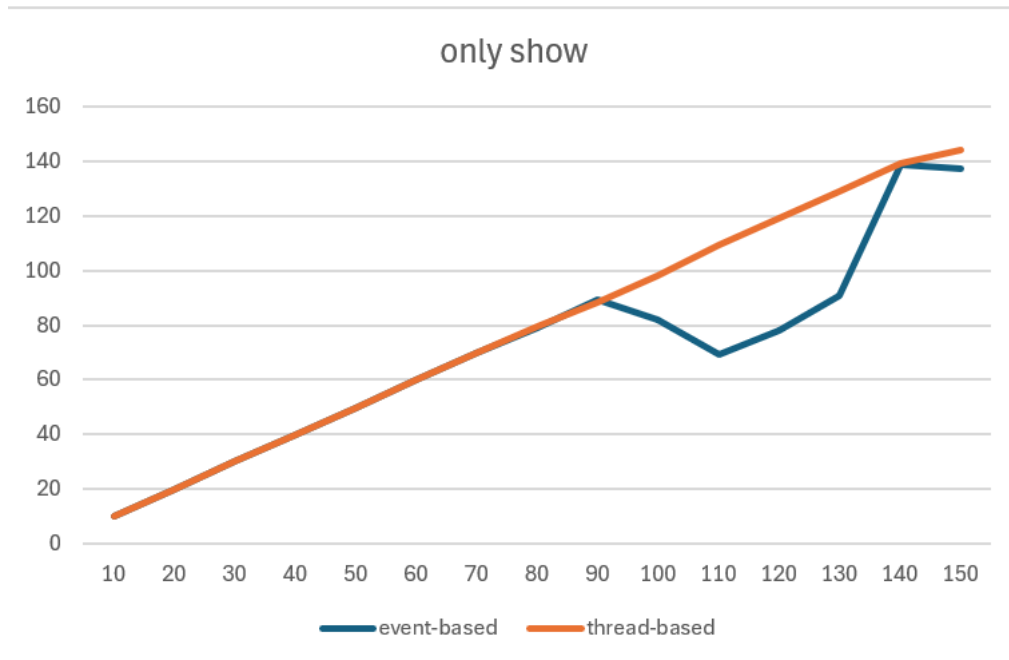
thread 기반의 서버가 event 기반의 서버보다 동시처리율이 높을 것이라고 예상하였다. . event 기반의 서버는 한 프로세스를 가지고 모든 요청을 처리하는 반면 thread 방식은 여러 개의 thread에 일을 분담하여 처리하기 때문이다.



위 그래프는 실제 성능을 측정한 결과이다. 예상한 바와 같이 thread 방식이 동시처리율이 높은 것으로 나타났다. 하지만 이는 매우 미세한 차이임을 확인하였다. 이는 주식 종목의 수와 ORDER_PER_CLIENT의 수가 둘의 차이를 파악하기에 작은 값이기 때문이라고 생각한다. event-based 방식의 경우에는 130~140, thread-based 방식의 경우에는 140~150이 되는 지점에서 동시처리율이 각각 급감하거나 주춤하는 것을 볼 수 있다. 이는 client 수가 증가함에 따라 overhead가 발생했기 때문이라고 추측한다.

- 모든 client가 show만 요청하는 경우

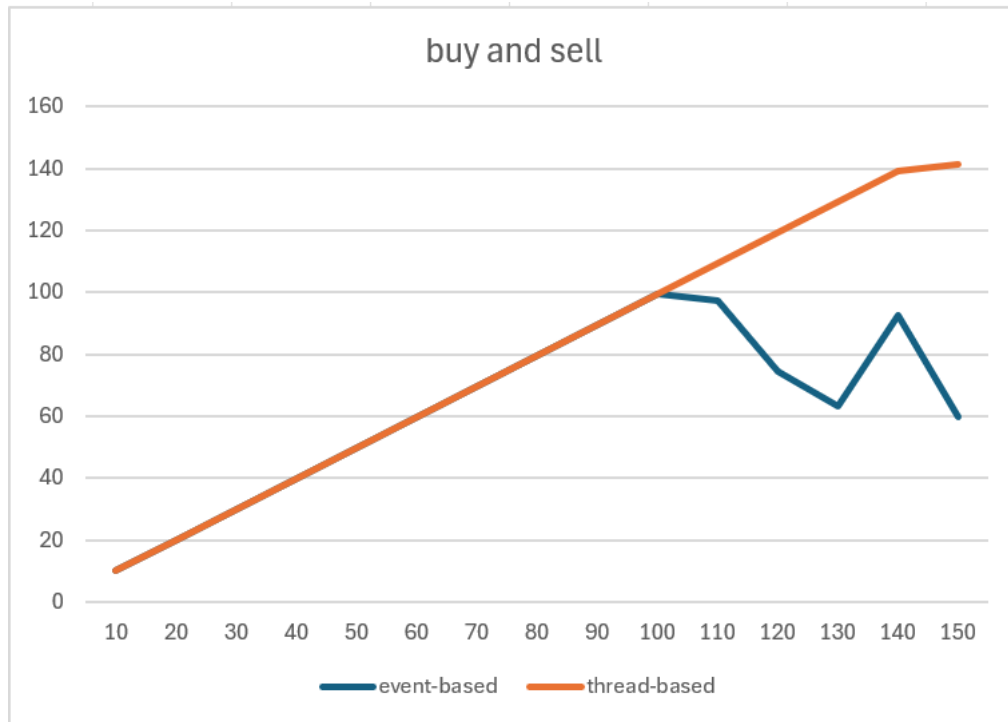
thread 기반의 서버가 event 기반의 서버보다 속도가 더 빠를 것이라고 예상하였다. 하지만 buy, show, sell을 섞어서 요청하는 경우보다 thread 기반 서버의 동시처리율이 증가하여 event 기반의 서버와 격차가 증가할 것이라고 예상하였다. 왜냐하면 readers-writers problem solution을 고려하여 구현하였기 때문에 reader는 동시에 트리에 접근이 가능하기 때문이다.



실제 실험 결과, random하게 요청을 보냈을 때보다 event-based 서버와 thread-based 서버 간에 유의미한 차이가 드러나는 것을 확인했다. 즉, random 요청을 보냈을 때보다 전반적으로 격차가 증가하였다. 이는 readers-writers 문제를 thread-based 서버에서는 해결하여 동시처리율이 높아진 것에 기인한 것으로 보인다. random 요청을 보냈을 때의 thread-based 서버의 동시처리율과 show 요청만 보냈을 때의 thread-based 서버의 동시처리율의 실제 값들을 비교해보면 client의 수가 140 이상일 때 동시처리율이 더 높은 것을 볼 수 있다. 이를 통해 readers-writers 문제를 해결함으로써 reading에 제한이 없는 것을 확인하였다.

- 모든 client가 buy 또는 sell을 요청하는 경우

thread 기반의 서버가 event 기반의 서버보다 속도가 더 빠를 것이라고 예상하였다. 하지만 buy, show, sell을 섞어서 요청하는 경우보다 thread 기반 서버의 동시처리율은 감소하여 event 기반의 서버와 격차가 줄어들 것이라고 예상하였다. 왜냐하면 readers-writers problem solution을 고려하여 구현하였기 때문에 write를 수행하는 과정에서 더 많은 locking이 발생하기 때문이다.



client가 show 요청을 보내지 않고 buy와 sell 요청만 보내는 경우를 실험하였다. 예상했던 바와 같이 event-based 서버에 비해 동시처리율이 thread-based 서버가 더 높은 것을 확인했다. 다만 예상했던 바와 다르게 실제 실험 결과, show 요청만 보냈을 때의 동시처리율의 격차에 비해 오히려 buy와 sell 요청만 보냈을 때의 동시처리율의 격차가 더 큰 것을 확인하였다. client의 수가 140 이상인 범위에서 두 종류의 서버 모두 show 요청만 보냈을 때의 동시처리율이 buy와 sell 요청을 보냈을 때의 동시처리율보다 큰 것을 감안한다면, buy와 sell의 수행 자체가 show 동작에 비해 overhead가 커서 나타난 결과로 추측된다. 즉, 처음에는 event-based 서버에서는 buy와 sell 요청과 show 요청 사이의 차이가 없을 것이라고 추측하였으나, event-based 서버도 요청의 종류에 따라 overhead가 달라 발생한 결과라고 생각한다.

<실험 캡처>

- event-based server : random request

```
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20025110 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20021491 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20035616 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20034418 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20223499 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20183554 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20239083 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20355695 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20267567 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20330397 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20329616 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20344644 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20254445 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20380841 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20435641 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20396764 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20552821 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20522105 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20404638 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20579318 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20384737 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20128290 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20211064 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20385312 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 20284717 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 41390966 microseconds

cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 84548430 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20396344 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 20550996 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 20680596 microseconds
```

- thread-based server : random request

```
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20330770 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20023734 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20032910 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20031622 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20046452 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20043737 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20055834 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20051353 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20060532 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20058457 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20074875 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20069957 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20079327 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20080391 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20099091 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20102455 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20109410 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20108854 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20116426 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20111063 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20118029 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20134090 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20122469 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20127652 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 20147772 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 20132376 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20161042 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20149342 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 21325026 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 21522082 microseconds
```

- event-based server : request only show

```
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20023221 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20024514 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20033149 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20033411 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20044861 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20045684 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20058439 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20051530 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20065518 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20057593 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20080859 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20067720 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20086708 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20084321 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20105562 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20374180 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20118978 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20107951 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20113960 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 28703084 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20120052 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 41375834 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 41198916 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20145818 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 37183193 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 20156722 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20153352 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20156658 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 22382441 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 21368045 microseconds
```

- thread-based server : request only show

```
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20023398 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20020282 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20034404 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20030953 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20035390 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20031056 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20045186 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20043524 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20052162 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20056518 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20062522 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20062419 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20074225 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20076166 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20083007 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20092802 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20103719 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20528204 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20120995 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20584435 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20113646 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20120538 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20129711 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20113209 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 20224526 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 20120613 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20138773 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20122181 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 21368168 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 20236716 microseconds
```


- event-based server : request buy and sell

```
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20026041 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20021922 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20037011 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20032365 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20043743 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20043396 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20047489 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20047496 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20062405 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20063316 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20066396 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20066621 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20070691 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20079137 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20101933 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20085528 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20114638 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20103276 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20119536 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20127518 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20135790 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 24989135 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 44378523 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20135659 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 31273282 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 50814061 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20165416 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 40208494 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 48800036 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_1$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 51328855 microseconds
```

- thread-based server : request buy and sell

```
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20022000 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 10
elapsed time: 20020813 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20030984 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 20
elapsed time: 20030456 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20037311 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 30
elapsed time: 20036157 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20050480 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 40
elapsed time: 20053624 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20063887 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 50
elapsed time: 20053664 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20062084 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 60
elapsed time: 20065127 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20081454 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 70
elapsed time: 20072976 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20073945 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 80
elapsed time: 20083455 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20082866 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 90
elapsed time: 20097969 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20106230 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 100
elapsed time: 20108064 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20106590 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 110
elapsed time: 20121920 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20125143 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 120
elapsed time: 20123194 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 20142514 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 130
elapsed time: 20146257 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20153186 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 140
elapsed time: 20137972 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 21433975 microseconds
cse20210428@cspro9:~/20210428/task_2$ ./multiclient 172.30.10.11 60054 150
elapsed time: 21055484 microseconds
```