<2021 Spring Algorithm>

# HW1 – Randomized and deterministic selection

자유전공학부 2012-13311
안 효 지

## 1. 구현방법

쉽게 배우는 알고리즘 책을 참고하여 cpp로 구현하였다. **①Randomized selection**은 quick sort에서 사용했던 partition을 이용하였는데, randomized라는 이름에 더욱 걸맞도록 srand()를 이용해 pivot을 random하게 정하였다.

**② Deterministic selection**을 구현하는 과정에서, 원소가 5개 이하인 경우에는 다른 코드를 더 구현하지 않고 ①Randomized selection을 사용해 중간값을 구하도록 하였다. 또한, 처음에는 어짜피 median of medians 값만 구하면 되므로 원소가 5개인 그룹들의 medians를 전체 arr의 앞 인덱스부터 차례차례 채우려고 했었다. 하지만 재귀를 거듭할수록 partition이 망가지는 것을 알게 되어 medians를 담는 vector를 만들어 거기에 push를 해주었다.

**③ Check()** 기능은 내가 짠 알고리즘이 내놓은 output이 정말 i번째로 작은 원소가 맞는지를 확인하면 된다. Array를 for문으로 한 번 반복하면서 output보다 '작은 원소의 개수(smaller)'들과 output과 '같은 값의 원소의 개수(equal)'를 따로 센 후, smaller < ith <= smaller+equal 인지 확인하면 된다.

가령, -1 0 0 0 1 의 5개 원소의 배열에서 2번째~4번째로 작은 원소는 전부 0이며, 5번째로 작은 원소는 1이다. 우리는 0이 두 번째로 작은 원소가 맞느냐는 질문에도 yes, 세 번째, 네 번째로 작은 원소냐는 물음에도 yes 라고 답을 해야한다. 따라서, 0보다 작은 원소가 배열에 1개 있고, 0과 동일한 원소는 3개가 있으므로, 0은 1 < ith <= 1+ 3(작은 원소 개수 + 동일 원소 개수)의 범위를 충족하여 2, 3, 4번째로 작은 숫자들이 된다.

이 check 알고리즘은 크기가 n인 배열에서 for문을 한 번만 돌기 때문에 ₩Theta(n) 시간이 걸린다.

## 2. 시간측정

시간은 size 100k, 500k, 1m, 5m 10m일 때, 총 10번씩 실행하여 평균을 내었다. 결과는 아래와 같다.

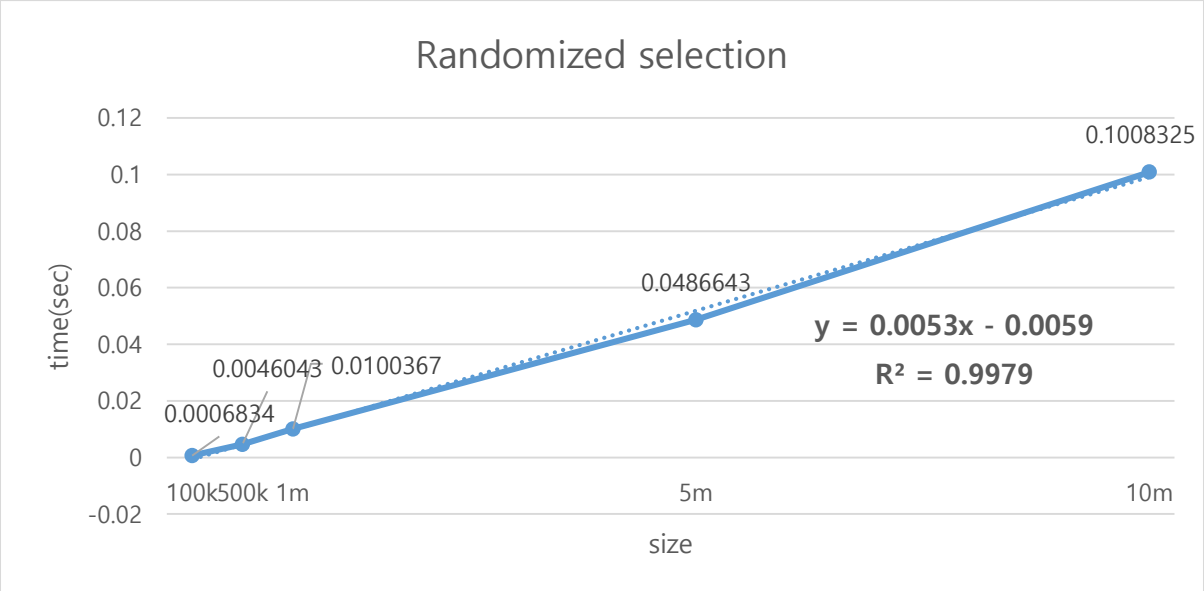
| size 100k | | | |
|---|---|---|---|
| time(sec) | randomized | deterministic | deter/random |
| test1 | 0.000887 | 0.204644 | |
| test2 | 0.000597 | 0.222262 | |
| test3 | 0.000595 | 0.205648 | |
| test4 | 0.000449 | 0.19823 | |
| test5 | 0.000439 | 0.197027 | |
| test6 | 0.000413 | 0.194492 | |
| test7 | 0.000425 | 0.195313 | |
| test8 | 0.000514 | 0.219636 | |
| test9 | 0.001252 | 0.206352 | |
| test10 | 0.001263 | 0.20967 | |
| avg | 0.0006834 | 0.2053274 | 300.3181153 |

| size 500k | | | |
|---|---|---|---|
| time(sec) | randomized | deterministic | deter/random |
| test1 | 0.00432 | 1.09585 | |
| test2 | 0.003762 | 1.09898 | |
| test3 | 0.004584 | 1.09521 | |
| test4 | 0.003901 | 1.09695 | |
| test5 | 0.004924 | 1.06481 | |
| test6 | 0.004595 | 1.07303 | |
| test7 | 0.005752 | 1.09301 | |
| test8 | 0.004602 | 1.08113 | |
| test9 | 0.00399 | 1.08245 | |
| test10 | 0.005613 | 1.07023 | |
| avg | 0.0046043 | 1.085165 | 235.6851204 |

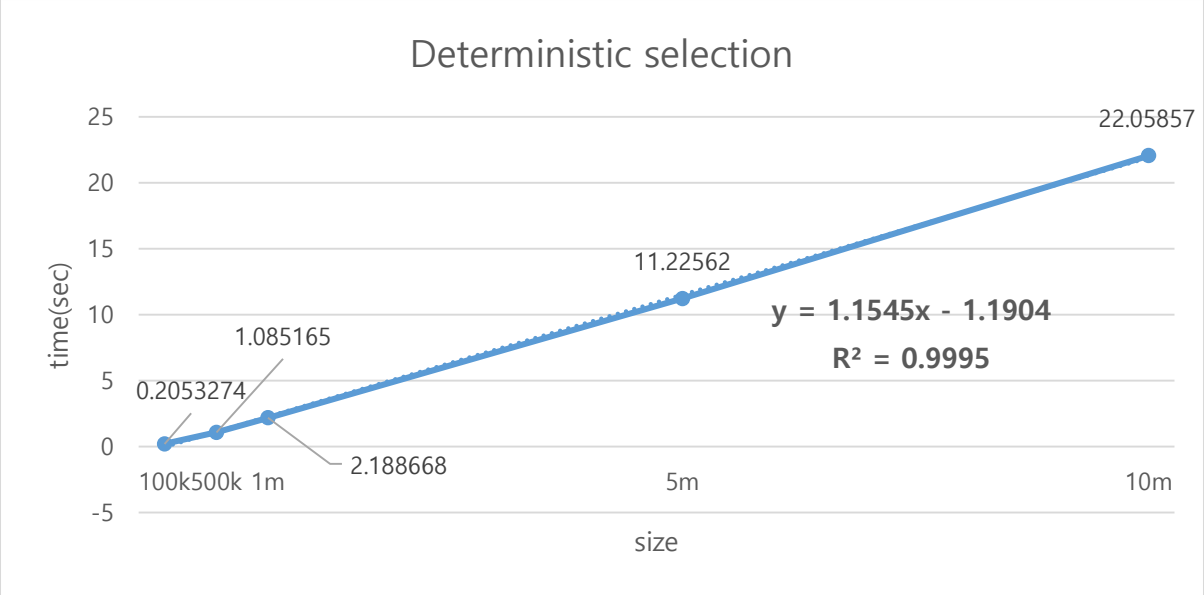
| size 1m | | | |
|---|---|---|---|
| time(sec) | randomized | deterministic | deter/random |
| test1 | 0.009196 | 2.2136 | |
| test2 | 0.009613 | 2.14795 | |
| test3 | 0.008277 | 2.18249 | |
| test4 | 0.011568 | 2.22674 | |
| test5 | 0.011019 | 2.14735 | |
| test6 | 0.008279 | 2.19866 | |
| test7 | 0.010512 | 2.19989 | |
| test8 | 0.009622 | 2.17785 | |
| test9 | 0.01283 | 2.16343 | |
| test10 | 0.009451 | 2.22872 | |
| avg | 0.0100367 | 2.188668 | 218.066496 |

| size 5m | | | |
|---|---|---|---|
| time(sec) | randomized | deterministic | deter/random |
| test1 | 0.046223 | 11.3517 | |
| test2 | 0.068611 | 11.3341 | |
| test3 | 0.047958 | 11.136 | |
| test4 | 0.049389 | 11.1626 | |
| test5 | 0.04166 | 10.9985 | |
| test6 | 0.045264 | 11.2658 | |
| test7 | 0.051345 | 11.2456 | |
| test8 | 0.044085 | 11.2765 | |
| test9 | 0.053098 | 11.3566 | |
| test10 | 0.03901 | 11.1288 | |
| avg | 0.0486643 | 11.22562 | 230.6746424 |

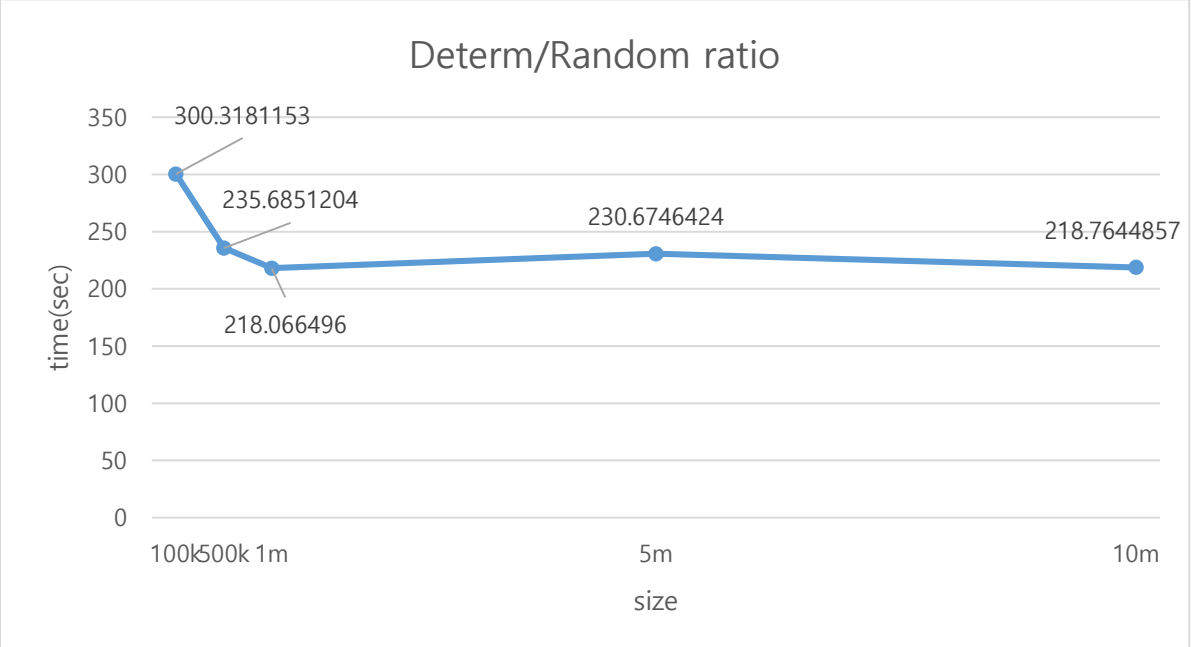
| size 10m | | | |
|---|---|---|---|
| time(sec) | randomized | deterministic | deter/random |
| test1 | 0.088631 | 22.5615 | |
| test2 | 0.092733 | 21.8601 | |
| test3 | 0.122484 | 21.9935 | |
| test4 | 0.066334 | 22.0623 | |
| test5 | 0.13169 | 22.0298 | |
| test6 | 0.098271 | 21.767 | |
| test7 | 0.109888 | 21.9994 | |
| test8 | 0.099128 | 21.8842 | |
| test9 | 0.108747 | 22.1676 | |
| test10 | 0.090419 | 22.2603 | |
| avg | 0.1008325 | 22.05857 | 218.7644857 |



randomized selection은 worst case인 경우에는 ₩Theta(n^2)의 시간복잡도를 보이나, 이번 실험에서는 선형의 시간복잡도를 보였다. R^2의 값이 1에 근사한 것을 통해 알 수 있다.




deterministic selection은 worst case인 경우에도 ₩Theta(n)의 시간복잡도를 보장하는데, 이를 위해 ₩Theta(n)의 오버헤드를 사용한 다음 입력의 크기가 in/10인 문제를 재귀적으로 호출한다. 균형을 맞추는 오버헤드가 너무 커져버리면 linear time complexity를 보장할 수 없으나, 본 실험에서는 선형 시간복잡도를 보임을 R^2값을 통해 알 수 있다.




1차항 계수의 비를 계산하면 217정도로 아주 크게 나오는데, 이는 deterministic selection의 오버헤드 때문이다. 이 오버헤드의 크기에 따라 deterministic의 사용 여부가 정해진다.

### 3. Example running

Compile & run 방법은 README.md에 작성해두었다. 하지만 기존 스켈레톤코드와 Makefile을 그대로 사용하였기 때문에 특별한 것은 없다. 똑같이 make, make run을 통해 실행이 가능하다.

아래는 실행 예시이다. $ make run을 하면 아래와 같이 나온다. Size500k, 1m은 시간이 약간 걸린다. 나머지 size5m, 10m은 시간이 오래 걸려 Makefile에는 넣어놓지 않았다.

```
~/workspace/2021course/algorithm_2021spring/hw1/cpp master* ⇡ ❯ make run
./program input/1.in
randomized select    : 2 (CORRECT) (elapsed time: 6e-06 sec)
deterministic select : 2 (CORRECT) (elapsed time: 3e-06 sec)
./program input/2.in
randomized select    : 3 (CORRECT) (elapsed time: 7e-06 sec)
deterministic select : 3 (CORRECT) (elapsed time: 6e-06 sec)
./program input/3.in
randomized select    : 9122284 (CORRECT) (elapsed time: 1.7e-05 sec)
deterministic select : 9122284 (CORRECT) (elapsed time: 0.000391 sec)
./program input/4.in
randomized select    : 8 (CORRECT) (elapsed time: 1e-05 sec)
deterministic select : 8 (CORRECT) (elapsed time: 6.5e-05 sec)
./program input/5.in
randomized select    : 0 (CORRECT) (elapsed time: 8e-06 sec)
deterministic select : 0 (CORRECT) (elapsed time: 3.2e-05 sec)
./program input/size100k.in
randomized select    : 8368309 (CORRECT) (elapsed time: 0.000772 sec)
deterministic select : 8368309 (CORRECT) (elapsed time: 0.211214 sec)
./program input/size500k.in
randomized select    : 5668288 (CORRECT) (elapsed time: 0.003272 sec)
deterministic select : 5668288 (CORRECT) (elapsed time: 1.10088 sec)
./program input/size1m.in
randomized select    : 5823012 (CORRECT) (elapsed time: 0.008958 sec)
deterministic select : 5823012 (CORRECT) (elapsed time: 2.37644 sec)
```