2018년 2학기 알고리즘 설계와 분석
CSE3081-01반 MP1 과제 보고서

학번: 20171665
이름: 이 선 호

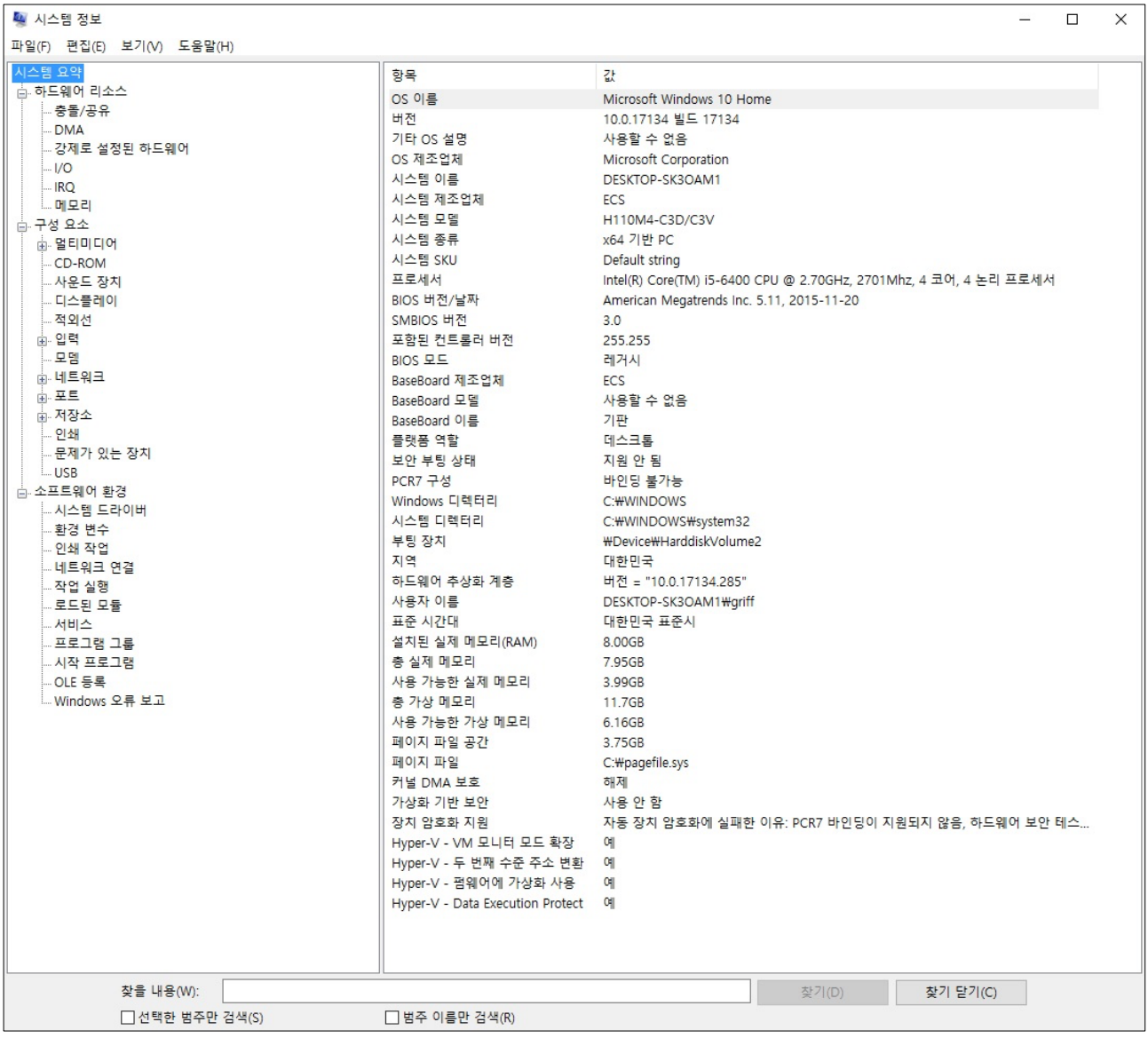
2018. 10. 09

목 차

Ⅰ 실험 계획

1. 실험 환경

Sequence에서 가장 합이 큰 subsequence를 구하기 위한 실험을 진행할 PC의 시스템과 하드웨어 환경을 조사했다.



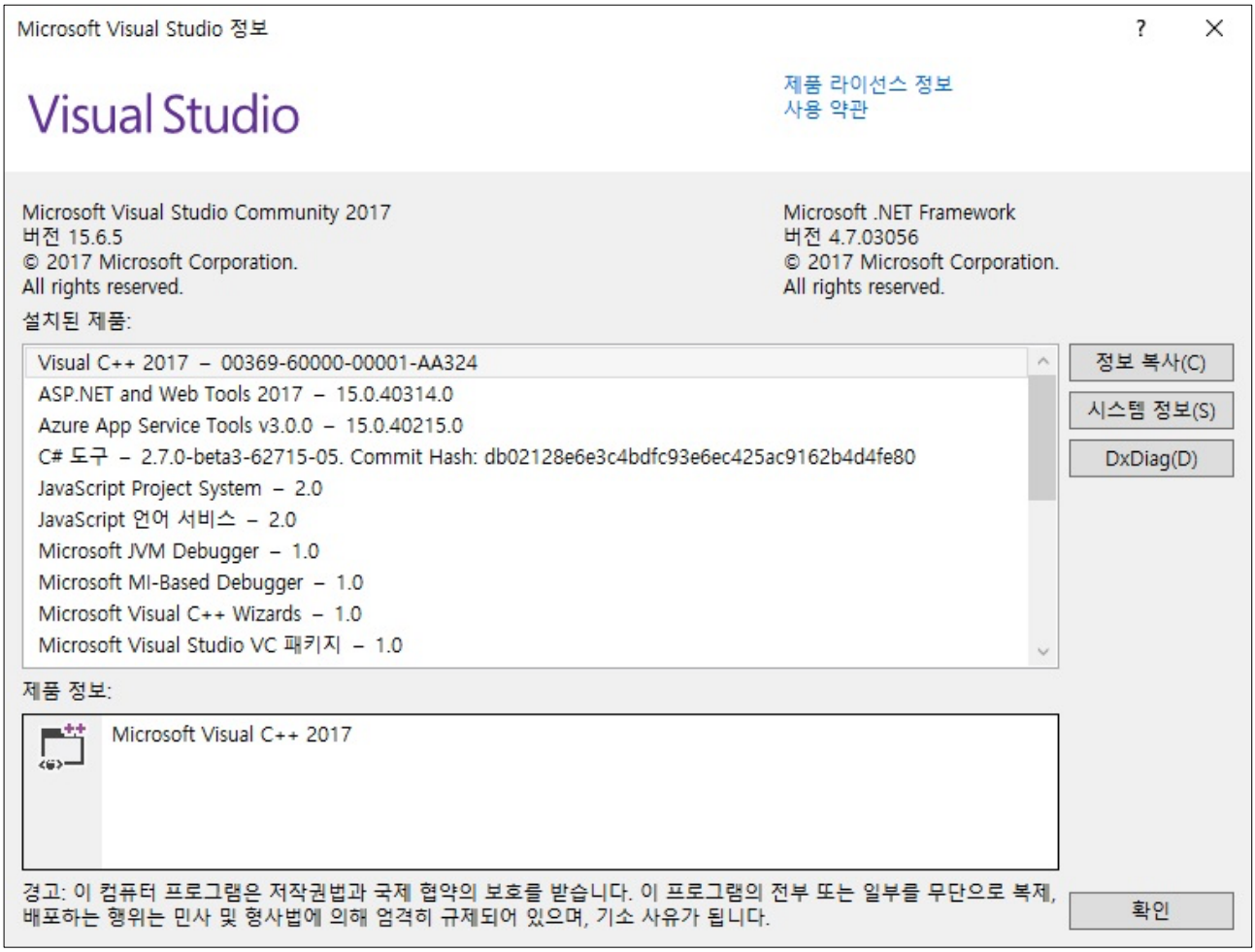
[그림 Ⅰ-1] PC 시스템 환경과 하드웨어 정보

위의 정보를 간략히 요약하자면 *[표 Ⅰ-1]*의 내용과 같다.

항목	값
OS 이름	Microsoft Windows 10 Home
버전	10.0.17134 빌드 17134
시스템 종류	64bit 운영체제, x64 기반 PC
프로세서	Intel(R) Core(TM) i5-6400 CPU @ 2.70GHz, 2701Mhz, 4코어, 4논리 프로세서
설치 메모리	8.00GB

[표 Ⅰ-1] 시스템과 하드웨어 환경 사양 요약

소스 코드를 컴파일(Compile)하여 실행할 프로그램은 Microsoft에서 제작한 Visual Studio 2017이며, 이와 관련한 자세한 정보는 *[그림 Ⅰ-2]*의 내용과 같다.



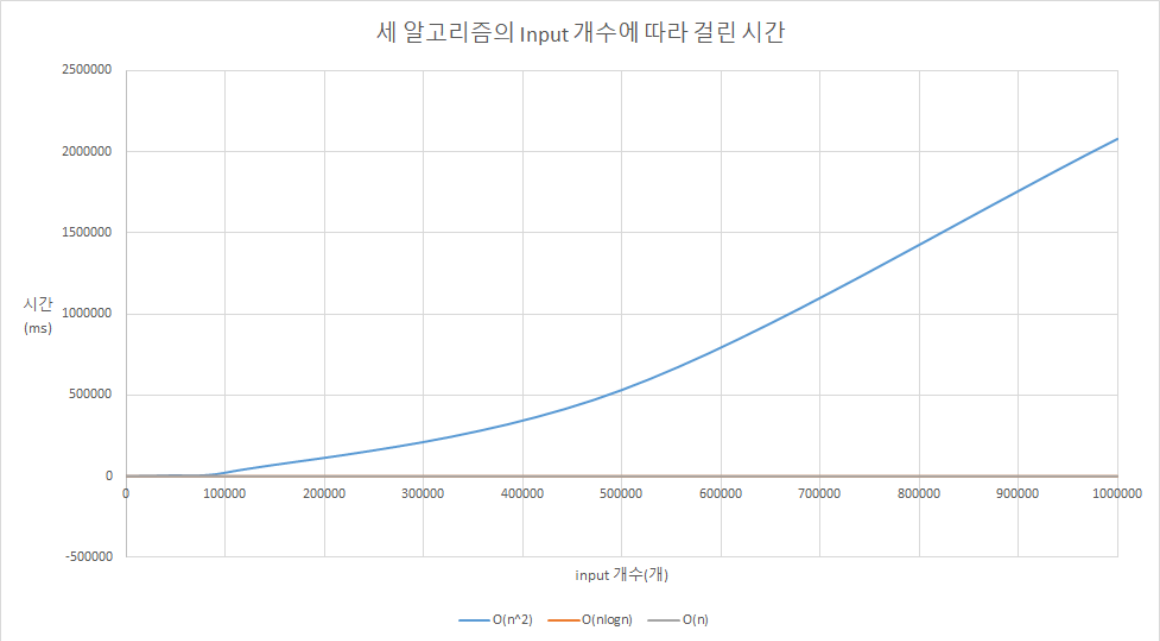
[그림 Ⅰ-2] Visual Studio 환경 정보

2. 실험 전제

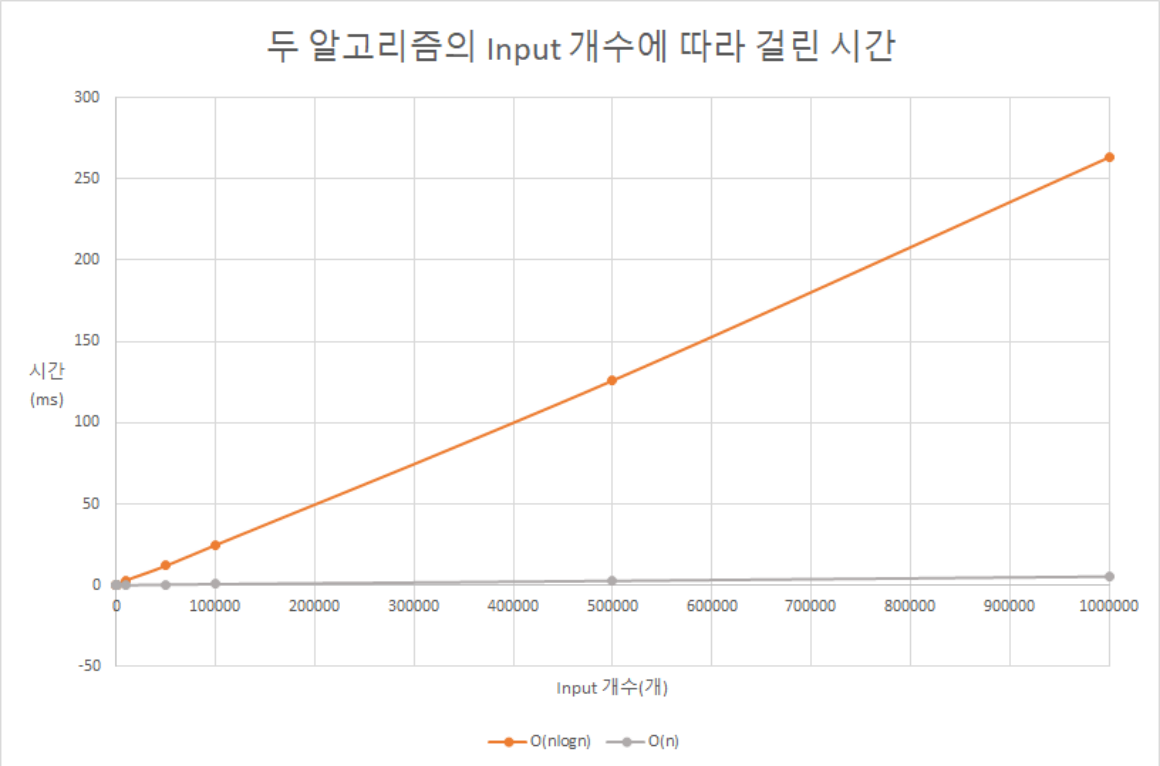
- 소스 코드는 C언어로 작성했으며, 하나의 파일로만 만들었다. Visual Studio 또는 Linux(Unix)에서 기본적으로 제공하는 라이브러리인 stdio.h, stdlib.h, string.h, 그리고 time.h를 이용했다.
- 메모리 낭비를 없애기 위해 소스 코드에서 input으로 받는 정보는 malloc 함수를 사용하여 동적으로 메모리를 할당했다.
- Linux 환경에서 파일 명령어와 함께 필요한 두 인자를 사용자가 입력해 main 함수에서 넘겨받을 수 있도록 변수 argc와 argv를 사용했다. Windows에서는 command로 직접 인수를 입력하는 것이 불가능하므로 디버깅 속성 설정에서 전달하는 인자를 입력하여 적용했다.
- 최대로 입력받을 수 있는 sequence의 길이는 실험에서 안내한 2^{20}을 초과하지 않기 위해 동적 할당으로 최대 2^{31}까지 가능하다. sequence의 각 element는 integer 자료형으로 입력받으며, element의 value 범위는 $-2^{31} \sim 2^{31}$까지 가능하다.
- 3개의 알고리즘은 각각의 함수를 별도로 만들어서 실행하며 함수마다 최대 합(MaxSum), 부분열(subsequence)이 시작하는 인덱스(StartIndex), 끝나는 인덱스(EndIndex) 등 3개 이상의 값을 반환하기 때문에 return으로 반환되는 자료형은 void로 설정하였다.
- 알고리즘 실행 시간을 측정하기 위해 time.h 라이브러리에 있는 clock 함수를 사용했다. 시간 측정 단위는 millisecond로 설정하기 위해 알고리즘이 실행되기 시작하는 시간과 끝나는 시간의 interval을 구하여 CLOCKS_PER_SEC로 나눈 후 1000을 곱하였다.
- 각 알고리즘의 input의 개수에 따른 시간 복잡도(Time Complexity)를 조사하기 위해 순차적으로 1, 10, 10^2, 10^3, 10^4, $10^4 \times 5$, 10^5, $10^5 \times 5$, 10^6개의 input에 따른 각각의 케이스를 실행했다. 실험 결과의 정확도를 높이기 위해 각각의 케이스마다 3번씩 시행하여 평균값을 구한 뒤 실험 결과에 반영했다.
- 실험에서 사용할 테스트 케이스는 numbergenerator.org의 Random Numbers Generator(http://numbergenerator.org/)를 이용했다. 그리고 실제로 프로그램이 잘 작동했는지에 관한 검증은 https://ostermiller.org/calc/sum.html 페이지를 이용했다.

Ⅱ 실험 결과

1. 개요



[그림 Ⅱ-1] 세 알고리즘의 그래프



[그림 Ⅱ-2] $O(n\log n)$과 $O(n)$ 알고리즘 그래프

$O(n^2)$ 알고리즘이 $O(n\log n)$과 $O(n)$ 알고리즘보다 input 개수가 늘어날수록 시간 복잡도가 기하급수적으로 늘어난다는 사실을 알 수 있다.

*[그림 Ⅱ-1]*의 그래프에서는 $O(n\log n)$과 $O(n)$ 알고리즘의 걸린 시간이 $O(n^2)$에 비해 현저히 적어서 한눈에 쉽게 파악하기 어렵다. 그래서 두 알고리즘의 비교 그래프를 *[그림 Ⅱ-2]*에 작성했다.

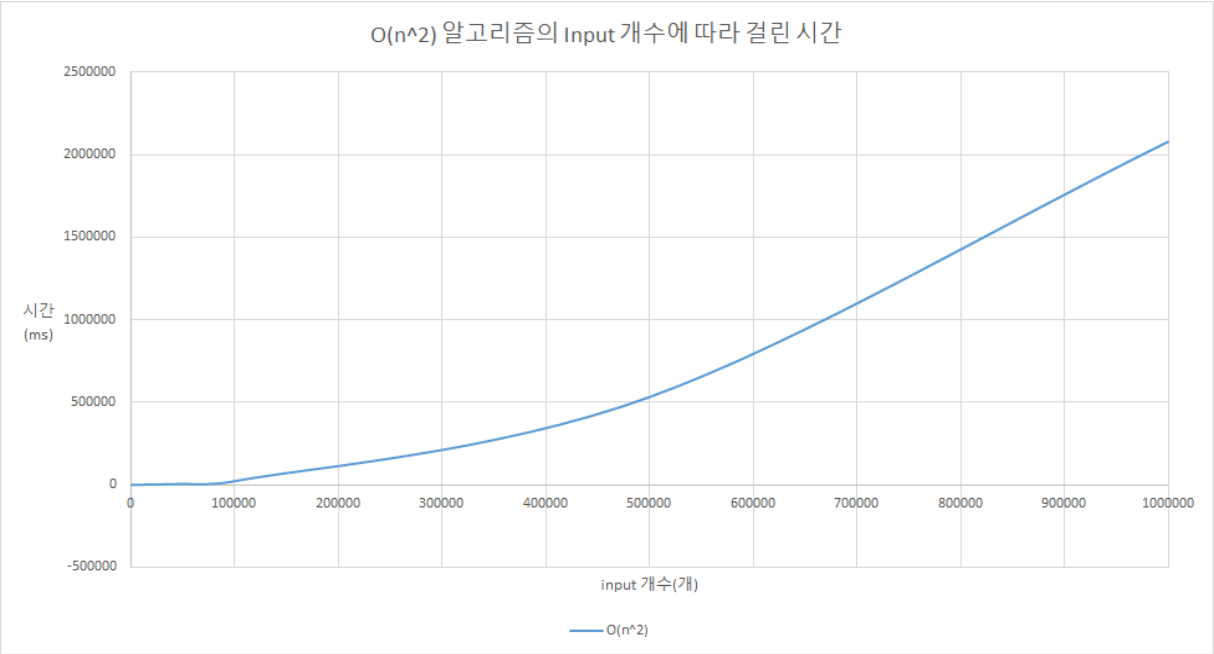
input 개수(개)	$O(n^2)$	$O(n\log n)$	$O(n)$
1	0	0	0
10	0	0	0
100	0	0	0
1000	3.333333	0.333333	0
10000	268.6667	3	0
50000	5450	12	0.333333
100000	21779	24.66667	0.666667
500000	531534.7	126	2.666667
1000000	2079822	263.3333	5.333333

[표 Ⅱ-1] 세 알고리즘의 input 개수에 따라 걸린 시간 (시간 단위: milliseconds)

2. $O(n^2)$ 알고리즘

$O(n^2)$	첫 번째 실행	두 번째 실행	세 번째 실행	평균
1	0	0	0	0
10	0	0	0	0
100	0	0	0	0
1000	3	4	3	3.333333
10000	244	311	251	268.6667
50000	5464	5457	5429	5450
100000	21520	21900	21917	21779
500000	531347	531301	531956	531534.7
1000000	2079135	2079382	2080948	2079822

[표 Ⅱ-2] $O(n^2)$ 알고리즘의 input 개수에 따라 걸린 시간 (시간 단위: milliseconds)



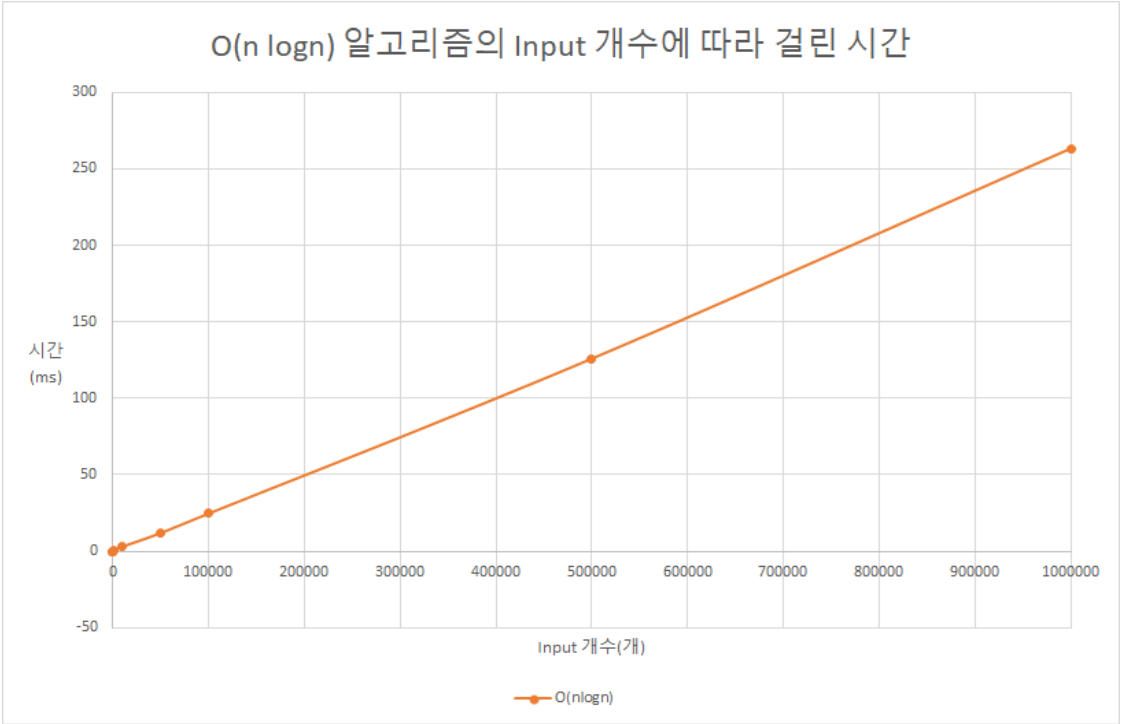
[그림 Ⅱ-3] $O(n^2)$ 알고리즘 그래프

*[그림 Ⅱ-3]*을 통해 $O(n^2)$ 알고리즘 그래프 개형이 이차곡선 포물선 형태를 그린다는 것을 볼 수 있다. 그리고 input 개수에 따라 걸린 시간이 기하급수적으로 늘어났다.

3. $O(n\log n)$ 알고리즘

$O(n\log n)$	첫 번째 실행	두 번째 실행	세 번째 실행	평균
1	0	0	0	0
10	0	0	0	0
100	0	0	0	0
1000	1	0	0	0.333333
10000	3	3	3	3
50000	13	12	11	12
100000	23	26	25	24.66667
500000	121	128	129	126
1000000	262	264	264	263.3333

[표 Ⅱ-3] $O(n\log n)$ 알고리즘의 input 개수에 따라 걸린 시간 (시간 단위: milliseconds)



[그림 Ⅱ-4] $O(n\log n)$ 알고리즘 그래프

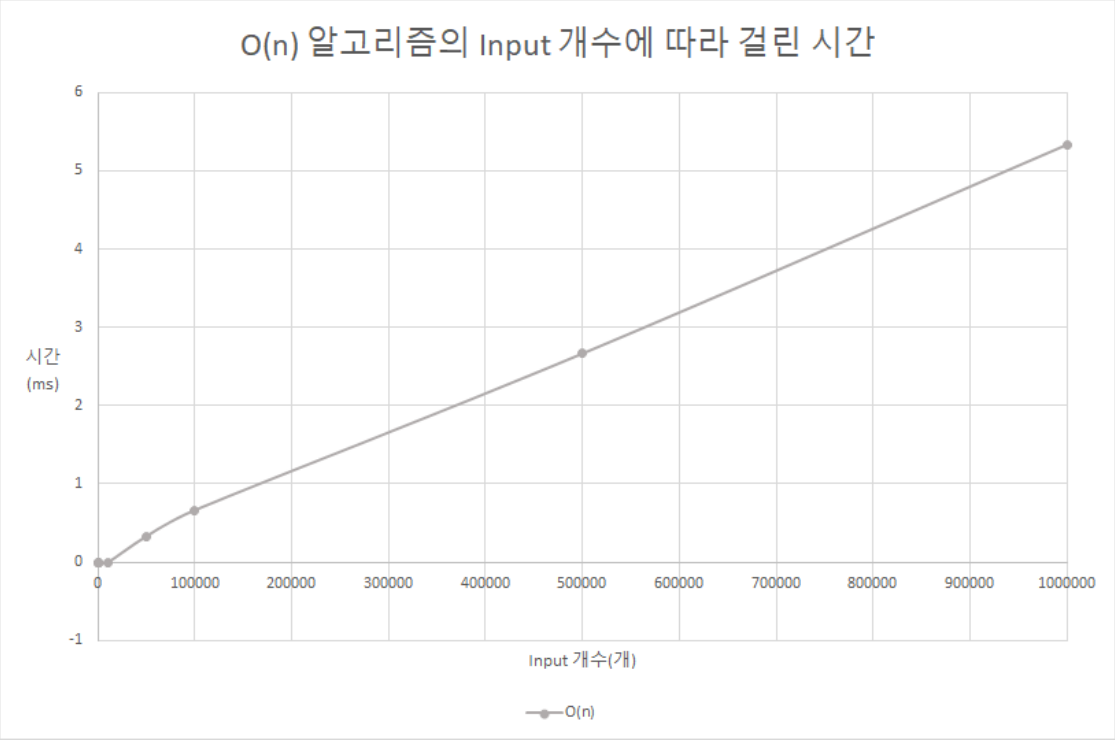
*[그림 Ⅱ-4]*을 통해 $O(n\log n)$ 알고리즘 그래프 개형이 input 개수가 늘어남에 따라 45°보다 점차 늘어난다는 점을 알 수 있다.

4. $O(n)$ 알고리즘

$O(n)$	첫 번째 실행	두 번째 실행	세 번째 실행	평균
1	0	0	0	0
10	0	0	0	0
100	0	0	0	0
1000	0	0	0	0
10000	0	0	0	0
50000	1	0	0	0.333333
100000	1	1	0	0.666667
500000	3	2	3	2.666667
1000000	6	5	5	5.333333

[표 Ⅱ-4] $O(n)$ 알고리즘의 input 개수에 따라 걸린 시간 (시간 단위: milliseconds)

[그림 Ⅱ-5]을 통해 $O(n)$ 알고리즘 그래프 개형이 input 개수가 늘어남에 따라 큰 기울기 변화 없이 일정하게 걸린 시간이 linear하게 증가한다는 점을 확인할 수 있다.



[그림 Ⅱ-5] $O(n)$ *알고리즘 그래프*

Ⅲ 결론

1. 결론 및 논의

- $O(n^2)$ 알고리즘의 걸리는 시간이 다른 두 알고리즘보다 input의 element 수가 늘어날수록 급격히 증가한다는 사실을 알 수 있다.
- $O(n^2)$ 알고리즘처럼 1을 초과하는 지수를 시간 복잡도 식의 항으로 갖는 알고리즘이 input의 수가 늘어날수록 걸리는 시간이 기하급수적으로 커진다는 점을 예측할 수 있다. 반대로 시간 복잡도 식의 항에서 1보다 작거나 같은 지수를 갖고나 log

항을 갖는 식을 갖는 알고리즘은 input의 수가 늘어난다고 하더라도 걸린 시간이 크게 증가하지 않는 점을 알 수 있다.

- input에 개수가 커질수록 세 알고리즘의 걸리는 시간을 서로 비교하면 $O(n^2)$이 가장 크고, 그 다음에 $O(n\log n)$, 마지막으로 $O(n)$임을 알 수 있다.
- input 개수가 매우 작으면 세 알고리즘의 걸리는 시간은 상대적으로 큰 차이가 없음을 유추할 수 있다.

2. 추가 의견

- 알고리즘이 걸린 시간의 측정 단위를 milliseconds로 해서 input 개수가 매우 작을 때에는 걸린 시간이 0으로 나와서 세 알고리즘의 걸린 시간을 자세히 비교가 힘들었다는 점이 아쉬웠다. 특히 $O(n)$ 알고리즘 그래프에서 input 개수가 작을 때 비교가 어렵고 시간 결과가 0.3333 또는 0.6666 등 한정된 값으로만 나오게끔 되어서 정확도가 낮아진다. 이를 위해서는 milliseconds까지만 지원하는 clock 함수를 사용하는 것보다 nanoseconds까지 지원 가능한 gettimeofday나 clock_gettime 함수를 사용하는 것이 더 나을 것으로 예상된다.