

# 과제 #03

확장형 고성능 컴퓨팅 (2021년도 2학기, M1522.006700, M3239.002300)

Due: 2021년 11월 08일(월) 23시 59분

## 1 Matrix Multiplication with OpenMP (70점)

$A(M \times K) \times B(K \times N) = C(M \times N)$  행렬 곱셈을 수행하는 예시 프로그램이 주어진다. 다음은 실행 예시이다.

```
$ make
$ ./main -h
(... help message for all supported options ...)
$ ./main -v -t 1 -n 1 -w 1 1024 1024 1024
(...)
Initializing... done!
Warming up... 3.224559 sec
Calculating...(iter=0) 3.197846 sec
Validating...
Result: VALID
Reference time: 0.011372 sec
Reference throughput: 188.843262 GFLOPS
Your Avg. time: 3.197846 sec
Your Avg. throughput: 0.671541 GFLOPS
```

이번 과제의 목적은 `mat_mul.c`에 있는 행렬 곱셈 구현을 수정하여 성능을 높이는 것이다. 주의사항은 다음과 같다.

- `mat_mul.c`에 구현되어 있는 행렬 곱셈을 최적화하고, `Makefile`에서 컴파일 옵션을 수정할 수 있다. 그 외의 파일은 제출하지 않으며 뼈대 코드를 사용하여 채점된다.
- OpenMP로 병렬화를 적용한다. OpenMP 이외의 병렬화 방식(pthread, MPI 등)은 사용을 금한다.
- `mat_mul` 함수에 인자로 주어진 `num_threads`만큼, 또는 그 이하의 스레드만 사용하도록 구현해야 한다. 임의로 더 많은 스레드를 사용하는 경우 감점된다.

- (a) (10점) 어떻게 병렬화 하였는지 설명하시오.
- (b) (20점) 스레드 수 변화(1개 이상, 64개 이하)에 따른 FLOPS 그래프를 그리고 결과를 분석하시오.
- (c) (20점) 다양한 스레드 수(1개 이상, 64개 이하),  $M$ (16의 배수),  $N$ (16의 배수),  $K$ (16의 배수)에 대해 정확한 답이 나와야 한다. `-v` 옵션으로 답이 맞는지 확인할 수 있으며, `make validation`로 몇가지 케이스를 테스트할 수 있다. 채점시에는 다른 케이스를 사용한다.
- (d) (20점) 스레드 16개,  $M = N = K = 4096$  기준으로 32 GFLOPS 이상이 나와야 한다. 이 수치는 실습 서버인 GSDS 클러스터 a계열 노드의 Intel Xeon Silver 4216 CPU 기준이다. `make performance`로 제출 전 성능을 테스트 해볼 수 있다.

## 2 OpenMP schedule Clause (30점)

- (a) (5점) 실습 서버의 gcc 컴파일러는 OpenMP 4.5를 지원한다. OpenMP 4.5에서 지원하는 `schedule`을 모두 쓰시오. (Hint: 5개이다.)
- (b) (25점) 앞에서 작성한 행렬곱 프로그램에 각 `schedule`을 적용해보고 결과를 분석하라.

## 3 Submission Instruction

- `mat_mul.c`, `Makefile`, `report.pdf`를 한 파일로 압축하여 ETL에 제출한다.
- 첨부 파일명은 계정이름 `HW03.zip`으로 한다. (e.g., `shpc000.HW03.zip`)
- 채점은 프로그램에 의해 기계적으로 처리되므로 위 사항을 지키지 않은 경우 누락되거나 불이익을 받을 수 있다.
- Grace day를 사용하려면 본인이 과제를 제출한 날에 조교에게 메일(`shpc21@aces.snu.ac.kr`)로 알려야 한다. 메일 없이 제출만 한 경우 다음 과제를 위해 아낀 것으로 판단, 미제출 처리된다. 또한, grace day 사용 시에도 과제 제출은 이메일이 아닌 ETL을 통해 해야한다.