

국외 출장 결과보고서

결	담당자	팀장	실장	사업단장
	12월 9일	12월 17일	12월 17일	12월 17일
재	노일석	조희제	김정한	박훈

1. 출장개요

출장목적	SC 2024 (The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis 2024) 참석		
출장일정	2024. 11. 16. ~2024. 11. 24. (7박 9일)		
성명		소속	직급(직위)
김동일		전산관리팀	책임급연구원(팀장)
이제원		전산관리팀	선임급연구원
노일석		모델체계팀	선임급연구원
방문기관 (또는 회의장소)	조지아 월드 콩그레스 센터 (The Georgia World Congress Center, Atlanta, Georgia, United States of America)		
출발지	인천(Incheon)	도착지	애틀랜타(Atlanta)

2. 업무수행내용

가. 출장 배경 및 목적

- 개요: 2024년 11월 17일부터 22일까지 미국 조지아주 애틀랜타에서 열리는 The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis 2024 (이하, SC24)은 사업단에서 연구/개발/운영하는 수치예보모델의 구동에 필수적인 HPC 시스템을 주제로 전 세계 각 나라의 시스템과 엔지니어가 모여 의견을 나누며 보고 배울 수 있는 만남의 장소이다. 사업단의 KIM 모델은 거대한 자료를 기반으로 방대한 계산자원을 요구하기 때문에 HPC 및 Cluster 시스템은 KIM 모델 개발/운영에 필수적인 요소이며 이를 최적의 환경으로 구성하는 것은 KIM 모델 개발/운영에 중요한 축이다. 특히, 이번 SC24은 대규모 GPU 시스템을 활용한 AI 활용 기술, 새로운 양자컴퓨팅 기술 등이 중점적으로 소개될 예정이다.

o 목적

- 김동일 : 슈퍼컴퓨터 기술은 매우 빠르게 발전하고 있으며, 최신 기술 동향을 파악하는 것이 중요합니다. 2024년 컨퍼런스에서는 차세대 프로세서 아키텍처, 인공지능과 머신러닝을 위한 고성능 컴퓨팅(HPC) 기술, 양자 컴퓨팅과의 융합 기술의 주제들이 다루어질 예정이다. 또한 각종 기업 부스에서 신제품 및 솔루션을 직접 체험하고, 사업단에 도입할 수 있는 가능성을 모색할 수 있을 것으로 보인다.

- 이제원 : 슈퍼컴퓨팅 관련 이슈와 신기술, 기술발전 등 세계적인 연구 동향과 흐름을 파악하고자 한다. 인공지능 신경망 분석을 위한 슈퍼컴퓨팅 기술의 발전에 따라 이와 관련한 처리장치 (FPGA, ASIC, 뉴로모픽칩, GPGPU)의 동향파악을 통해 향후 사업단 슈퍼컴퓨팅 도입 및 운영 시 신규 기술을 적용하기 위한 정보를 습득하고자 한다. 또한 정보보안 담당자로서 HPC, 인공지능에서 발생 가능한 보안 위협에 대해 이해하고 이를 선제적으로 대응할 수 있는 최신 기술에 대해 습득하고자 한다.
- 노일석 : 사업단 KIM의 시,공간 해상도를 수 km 이내로 구성하면 기존의 구성보다 수십배 이상 크기의 병렬통신과 입출력이 동반된다. 기존 KIM 구조에서는 해상도 증강에 따른 배열크기, 입출력 파일 크기 등이 시스템과 시뮬레이션에 큰 영향이 없었으나, 수 km 이내의 해상도 KIM 구성에선 반드시 최적화가 필요하다. SC24에서 거대 배열의 병렬통신과 대용량 입출력 파일을 다루는 기술을 위주로 해외 전문가들의 연구 경험과 기술을 파악하고 KIM 최적화에 관련기술들을 도입하고자 한다. 그리고, 최근 일기예보 분야에서도 AI 기술의 도입이 시도되고 있다. SC24에서는 대규모 GPU 시스템을 사용하는 AI 연구와 그 성능이 소개될 예정이며 관련 동향을 파악하고자 한다.

나. 주요 업무 수행 사항

○ 고성능 컴퓨터 최신동향

- 다양한 가속기 환경이 등장하고 연구자 및 개발자는 기존 Nvidia GPU와 컴파일러에 강한 의존성을 갖고 있는 CUDA, OpenACC 등의 프로그래밍 환경에서 개발한 코드를 다른 환경으로 이식할 필요가 발생함. 다양한 포트란 컴파일러에서 OpenMP 및 포트란 GPU 연산을 지원하기 시작했고 이번 SC24에서는 기존 GPU 환경에서 다른 GPU 환경으로 코드를 이식하고 그 성능을 보인 다수의 연구가 소개되었음. 한편, AI 분야에서는 한정된 GPU 메모리로 인해 학습에 사용하는 배열의 정밀도를 낮추는 최적화 연구가 소개 되었음. AI 학습에 낮은 정밀도를 사용하면 더 큰 (또는 더 많은) 배열을 GPU에 올릴수 있으며 연산속도도 빠른 장점이 있음. Nvidia의 다음 세대 GPU인 Blackwell의 공개된 성능에서도 FP64 Tensor (64bit 배정밀도 연산자) 성능이 현재 세대 GPU인 Hopper에서 개악된 것으로도 현재 AI 학습에서 높은 정밀도 연산의 수요가 낮아진 것을 확인할 수 있었음.

○ 수치예보모델 및 프레임워크 최적화 관련 연구

- National Oceanic and Atmospheric Administration(NOAA)에서는 사업단과 같이 Cylc 기반 후

처리 체계를 갖고 있으나, 신규 사용자가 다루기 어렵고 다양한 시스템에 이식성이 낮은 점이 타 기관과 협업을 어렵게 만든다는 문제를 인식함. 사용하기 쉽고 (Usability), 가용성 (availability)을 높이기 위해 후처리 체계를 컨테이너(Container) 기반으로 만들었음. 도커 이미지(Docker image)와 콘다 환경(Conda environment)을 만들어 클라우드 등 다양한 시스템에서 실험을 완료했으며 향후 GitLab을 통해 대중에게 공개할 예정임.

- National Energy Research Scientific Computing Center(NERSC)에서는 Weather Research and Forecasting(WRF)의 Fast Spectral-bin Microphysics Scheme(FSBM)을 최적화함. Codee tool을 이용해 데이터 의존성이 있는 반복문을 진단하고 그 구조를 OpenMP 병렬화가 가능하도록 변경해 GPU 계산을 시도함. 그 결과 미 대륙 12km 모델 계산시간을 2.2 배 향상함.
- National Center for Atmospheric Research(NCAR)에서는 Model for Prediction Across Scales-Atmosphere(MPAS-A) 모델에서 Fused Multiply-Add(FMA) 최적화를 수행하면 정확도에 차이가 발생하는 것을 분석하였음. MPAS-A의 물리 과정중 WRF Single-Moment 6-Class Microphysics scheme(WSM6) 코드를 FMA 최적화 할 때, 몇 시간 간격 예측 후 즉시 정확도 문제가 발생하는 것을 진단함. 또한, Floating-Point Precision Tuning (FPPT) 자동화 알고리즘을 개발해 MPAS-A를 포함한 수치모델 3개의 핫스팟에 대한 최적화를 시도함. FPPT는 계산에 사용되는 일부 변수 중 정확도에 큰 영향을 미치지 않는 변수를 탐색하고 정밀도를 낮춰 계산시간을 단축하는 최적화 방법으로 기존에 연구자가 직접 최적화 변수를 탐색하는 방식은 연구자의 많은 시간과 노력을 동반하는 단점을 갖고 있었음. 자동 FPPT 변수 탐색 알고리즘을 적용한 MPAS-A의 핫스팟은 약 2배의 속도 개선이 있었지만, 전체 모델의 수행시간에서는 정밀도 변환에 더 많은 시간이 소요되어 속도 개선 효과가 없었음. 연구진은 FPPT의 핵심 조건으로 1. 핫스팟에 들어가는 데이터에 더 낮은 정밀도를 할당, 2. 핫스팟 내 커널간 데이터 던달을 더 낮은 정밀도로 사용, 3. 소스코드의 컴파일러 자동 벡터화 지원을 분류하였음.

○ 기상기후 예측 분야 AI 관련 연구

- SC24에서는 거대 GPU 클러스터를 사용하는 AI 모델들에 대한 소개가 있었음. Oak Ridge National Laboratory(ORNL)는 Novel hybrid tensor-data orthogonal parallelism technique를 사용한 기후 AI foundation 모델을 개발함. 이 모델은 다른 기후 Foundation mode보다 1000배 이상 큰 규모로 49,152개의 GPU까지 확장했을 때, 41%~85%의 확장성을 보임. 그리고 사우디 King Abdullah 과학기술대학교, NCAR, Nvidia 소속으로 이뤄진 연구진은 Spherical harmonic transform을 사용한 기후 에뮬레이터를 개발해 약 3.5km 수평해상도 수준까지 확률적 예측을 가능하게 함. 이 모델을 미국, 스위스, 이탈리아 슈퍼컴퓨터 시스템에 이식해 확장성 실험을

수행하였으며, 단일 Solver의 정밀도를 다양하게 조합해 최적화 하고 그 성능을 평가함. 한편, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts(ECMWF)에서는 현재 AI 기술을 사용한 Artificial Intelligence/Integrated Forecasting System(AIFS)을 개발해 확률론적 예측과 앙상블 예측을 수행하고 있으며 AIFS를 위한 자료동화와 AIFS를 사용한 기후모델을 조만간 공개할 예정이라고 함. 그리고 향후 ORNL와 같이 AI foundation 모델을 개발할 것이라 발표함.

3. 출장성과·시사점 및 향후 업무 활용 계획

가. 출장성과·시사점

○ 김동일

- SC24는 고성능 컴퓨팅(HPC), 네트워킹, 스토리지 및 분석에 초점을 맞춘 세계 최대 규모의 국제 컨퍼런스 및 전시회임. 이 컨퍼런스에는 Nvidia, Google, Amazon, Microsoft, Oracle과 같은 선도적인 기술 회사와 주요 대학 및 정부 연구소의 다양한 전시자가 참여하였음. SC24는 고성능 컴퓨팅에 AI가 점점 더 통합되고 있음을 강조하는 분위기였으며 Dell과 HPE와 같은 공급업체는 HPC와 엔터프라이즈 AI 워크로드를 모두 처리하는 신제품을 선보였으며, 이는 기존의 연구 중심 HPC에서 보다 엔터프라이즈 중심적인 애플리케이션으로의 전환을 나타낸다고 봤음. 이번 SC24는 HPC 및 AI의 미래 동향에 대한 다양한 플랫폼과 논의를 위한 장이었다고 생각함.

○ 이제원

- 엑사스케일 및 양자 컴퓨터 기술이 점차 구현됨에 따라 기후 모델링, 인공지능 연구 분야에서 혁신적인 성과가 기대되고 있음을 확인하였다. 또한, 최신 GPU 및 TPU 아키텍처와 병렬 연산 기술의 발전에 대해 습득할 수 있었으며, 이를 사업단의 인공지능 AI 모델 훈련에 어떻게 접목할 수 있을지 고민해보는 계기가 되었다.

클라우드 기반 HPC 서비스를 경험하며 사업단에서 향후 대용량 컴퓨팅 자원을 필요로 할 경우 클라우드 기반의 HPC 서비스를 구축하기 위한 방법과 도입시 고려사항에 대해 고민해보는 시간을 가질 수 있었다.

정보보안 업무 측면에서는 데이터 암호화, 접근제어, 데이터 이동 간 보안을 유지하기 위한 네트워크 계층 세분화에 대해 학습할 수 있었다. 또한, 분산 서비스 공격 및 악의적 내부자 위협이 증가함에 따라 내부 모니터링 시스템 강화 및 이상 행위 탐지 시스템의 활용방안에 대한 지식을 습득할 수 있었다.

○ 노일석

- 운영체제실에서는 자율형 공동활용체계 구축을 위한 범용 수치예보모델 개발 과제의 기술관리 그룹으로 다수의 연구원들이 참여하고 있음. 이 과제는 KIM을 범용적으로 활용하기 위한 연구임. 사업단과 같이 Cylc 기반 체계를 갖는 다른 기관(NOAA)에서 범용성 확보를 위해 채택한 전략은 향후 사업단의 운영체계를 범용화 전략 수립에 참고할 수 있을 것으로 보임.
- KIM 및 운영 시스템 최적화는 25년 모델체계팀의 기술 개발 진척도 평가 항목으로 내년에 집중적으로 수행할 예정임. 이번 SC24 참여로 해외 기관의 수치예보모델 최적화 방법을 습득하였고 내년 업무 계획에 활용하고자 함.

나. 향후 업무 활용 계획

○ 김동일

- 사업단에서는 보안솔루션들을 포함하는 네트워크 시스템들과 연구원의 모델 개발에 활용하는 클러스터 및 스토리지를 운용하고 있으며 이들의 시스템들은 사업단에서 자체 구축한 전산실에서 구동 되고 전산관리팀에서는 이들을 일괄적으로 관리하고 있음, SC24에서 인상깊이 본 수냉식 냉각은 많은 공급업체가 AI 워크로드에서 발생하는 열을 관리하는 솔루션을 제시해주고 있었음. 이는 AI 수요가 증가함에 따라 업계가 에너지 효율성과 지속 가능성에 중점을 두고 있음을 보여줬다고 생각함. HPC 및 AI 그리고 전산실 운영에 관하여 최첨단 기술과 동향에 대한 통찰력을 얻었으며, 이를 활용하여 사업단에서 전략적 의사 결정을 내릴 수 있는 도움을 얻을 수 있었음.

○ 이제원

- 최신 GPU 및 TPU를 사업단의 인공지능 모델 개발에 어떻게 활용 할 수 있을지 가능성과 장단점을 검토해보고자 한다. 또한, 클라우드 HPC를 이용하여 초기 대규모 투자 없이 기후 모델 개발을 위한 컴퓨팅 자원을 적극 활용할 수 있는 방법을 모색해볼 계획이다.
- 정보보안 측면으로는 증가하는 보안 위협과 국가망 보안 정책 변동에 따라 앞으로 사업단의 HPC 시스템 보안 강화를 위해 무신뢰 기반의 제로트러스트 모델을 도입을 고려해보고자 한다. 중요한 데이터는 보안을 강화하고, 라이브러리, 오픈소스 활용은 적극적으로 할 수 있는 보안 체계를 구축할 수 있는 방안을 마련하고자 한다.

○ 노일석

- KIM 물리 패키지에 FMA 최적화를 계획하고 있었음. SC24에서 수집한 물리 과정에 FMA 최적화가

정확도에 영향을 미칠 수 있다는 정보를 활용해 내년 물리 패키지 최적화에서 정확도에 대한
검증을 함께 수행하고자 함. 그리고 사업단 KIM에서는 OpenMP 병렬화를 채택하고 있지 않지만,
후처리 과정에서는 OpenMP 병렬화를 일부 사용하고 있음. Codee tool 사용 방법을 익히고
사업단에서 사용하는 포트란 코드에 적용할 계획임.