

HPC 플랫폼 기반 다중 시뮬레이션 실행 환경 구축 및 테스트

권예진, 이정철*

*한국과학기술정보연구원

yejinkwon@kisti.re.kr, *jclee@kisti.re.kr

Implementation and Evaluation of a Multi-Simulation Execution Environment on HPC Platforms

Ye Jin Kwon, Jeong Cheol Lee*

*Korea Institute of Science and Technology Information

요 약

본 논문은 HPC 플랫폼의 시뮬레이션 실행 환경을 다중화하여 다양한 사용자의 요구사항에 맞춰 시뮬레이션을 실행할 수 있도록 플랫폼을 구축하였다. 기존의 웹 기반 HPC 플랫폼에서 실행 가능하도록 서비스를 연계하여 사용자 인증, HPC 스케줄러 연계 인증, 사용자 세션 관리, 시뮬레이션 리소스 관리 등의 서비스를 새로 구축하여 기존의 플랫폼과 연계하였으며 다양한 실행 환경을 웹 기반 플랫폼에서 실행할 수 있도록 웹 터미널 기반 시뮬레이션 실행 환경을 구축하였다. 사용자의 세션을 관리하여 세션이 유지될 동안만 서비스 자원을 배포하고 세션이 종료되면 자동으로 모니터링 하며 사용자 사용 자원을 회수하여 실시간으로 자원을 관리하여 플랫폼의 활용성을 높였으며, 웹 터미널을 이용하여 계산과학 분야의 애플리케이션 개발자의 요구사항에 맞춰 실행 환경을 구축하여 서비스할 수 있었다.

I. 서 론

본 논문에서는 기존에 구축되어 있는 HPC 플랫폼[1,2]에서 제공하는 시뮬레이션 환경에 추가적으로 계산과학공학 분야 전공자들이 익숙한 환경인 웹 터미널 기반 시뮬레이션 실행 환경을 제공하기 위해 사용자 인증 및 사용자 환경 구축, 각 사용자 실행 결과 모니터링에 대한 서비스를 추가적으로 구축하여 기존 플랫폼에 연계하였다. 기존의 시뮬레이션 실행 환경은 HPC 시뮬레이션 스케줄러[3]에 따라 자원이 분배되고 사용자의 환경이 구축되어 시뮬레이션 실행 환경이 구축되는 워크벤치 서비스를 기준으로 사용자에게 제공되었다면, 계산과학공학 분야의 시뮬레이션 애플리케이션을 개발하려는 개발자의 경우 실제 터미널 환경에서 시뮬레이션을 실행하고 HPC 클러스터의 실행 환경, 리소스 등을 실시간으로 추적하여 확인해야 하는 요구 조건들이 존재하였다. 따라서 다양한 개발자의 요구 조건에 맞춰 시뮬레이션 실행 환경을 구축하고 개발자가 플랫폼에서 개발을 용이하게 하기 위해 웹 터미널 기반 시뮬레이션 실행 환경[4,5]을 구축하였으며, 실시간으로 다양한 플랫폼에서 제공하는 서비스와 함께 시뮬레이션 실행 환경에 맞춰 일반 사용자에게 추가적인 개발 환경을 제공할 수 있다는 이점이 존재한다. 또한 한정된 자원인 플랫폼의 자원 환경에 따라 유동적으로 사용자에게 자원을 분배하고 실시간으로 최적화하여 사용자에게 환경을 구성하고 제공하기 위한 다양한 서비스를 구축하였으며, 각 사용자가 다른 서비스와 연계하여 서비스를 사용할 수 있는 자원 연계 및 사용자 연계 기법을 적용하여 사용자에 친화적인 플랫폼 최종 사용자 환경을 구성하였다.

II. 본 론

HPC 기반 계산과학공학 분야의 시뮬레이션을 실행하기 위해서 다양한 분야의 시뮬레이션 환경이 필요하며, 전공 분야별로 필요로 하는 실행 환경에 따라 시뮬레이션 환경 구성을 위한 다양한 프로세싱 작업이 필요하다. 이러한 플랫폼의 특성상 각 개발자의 환경 구성과 실행 환경의 연결을 위한 플랫폼 자체의 내부 처리가 필요하기 때문에 각 사용자별 실행 환경

에 맞는 실행 환경 구축 또한 다양한 관점에서 논의되어야 할 부분이다. 따라서 본 연구에서는 HPC 기반 계산과학공학 분야의 플랫폼에 대해 분석하고, 실행환경을 어떻게 추가적으로 구축하며, 기존의 플랫폼에서 제공하는 시뮬레이션 실행 환경과 유기적으로 연결될 수 있는지에 대해 논의하고 실행 환경을 구축하였다.

다음 그림 1은 현재 구축된 HPC 시뮬레이션 실행환경을 간단히 도식화한 내용이다.

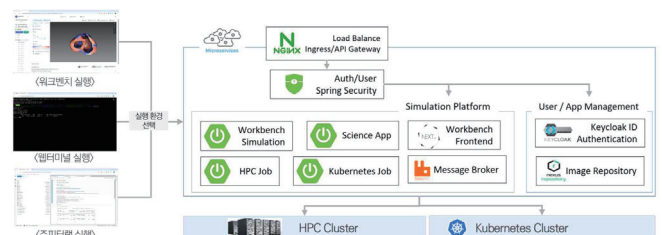


그림1. 다양한 HPC 시뮬레이션 실행 환경 워크벤치 개발

그림 1에서와 같이 현재 구축된 HPC 플랫폼의 사용자 수준의 시뮬레이션 실행 환경 접근 경로는 워크벤치 시뮬레이션 실행 환경, 웹 터미널[6] 기반 시뮬레이션 실행 환경, 주피터랩 기반 시뮬레이션 실행 환경으로 나누어져 있다. 내부적으로 시뮬레이션이 실행되는 실행 환경은 동일하게 제공되지만 사용자의 접근 경로에 따라 다양한 실행환경을 제공하며, 각 사용자의 역할에 따라 시뮬레이션을 실행하는 일반 사용자와 실제 계산과학 분야의 시뮬레이션을 개발하는 개발자의 환경 구성이 다르게 제공되기 위해 추가적으로 클러스터에 접근 가능한 웹 터미널 실행 환경[7]을 설계하고 구축하였다.

기존의 HPC 플랫폼에서는 계산과학공학 시뮬레이션을 실행하기 위해 애플리케이션을 등록하고 해당 시뮬레이션을 실행하여 결과를 웹 플랫폼에서 확인할 수 있는 인터페이스를 제공하였다. 이러한 절차상 등록된 애플리케이션의 경우 시뮬레이션을 실행하는 라이브러리와 실행 환경, 실행 라이브러리 경로 등의 문제를 가지고 있어 실제 로컬에서 개발자 실행

한 경우와 다른 환경 구성상의 오류를 나타낼 가능성이 높다. 따라서 개발자는 직접 시뮬레이션을 실행할 수 있는 터미널 환경에서 실행하려는 코드를 실행하고 결과 데이터를 확인할 수 있는 실행 환경에서 테스트를 진행하려는 요구사항이 있었다. 이러한 요구사항에 맞춰 HPC 시뮬레이션을 실행하는 서버에 직접적으로 개발자의 접근을 허가하기에는 보안적인 이슈가 존재하기 때문에 본 연구에서는 웹 터미널을 이용한 사용자 인증 및 접근 권한을 설정하고, 실제 시뮬레이션이 실행되는 실행 환경을 분리된 이미지로 개발자에게 제공하게 된다.

계산과학공학 시뮬레이션을 웹 플랫폼에서 실행할 수 있도록 개발된 플랫폼에서는 각 시뮬레이션 서비스가 쿠버네티스 파드를 기준으로 실행되고 관리되고 있으며, 사용자의 인증은 keycloak을 이용하여 전체 서비스의 사용자 인증 체계를 가지고 있다. 이러한 관리 체계에서 새로운 시뮬레이션 실행 환경을 구축하고, 보안적인 취약성을 보완하며 사용자에게 웹 터미널 환경을 구축하기 위해 본 연구에서는 각 사용자의 로그인 인증 세션별로 실행 환경을 쿠버네티스 작업 단위로 실행하고 실행 종료되거나 로그아웃한 사용자의 자원을 실시간으로 반환하여 더 이상 접근 하지 못하도록 자원을 관리할 수 있도록 시스템을 구축하였다. 이러한 상세 사항은 다음 그림 2와 같이 표현할 수 있다.

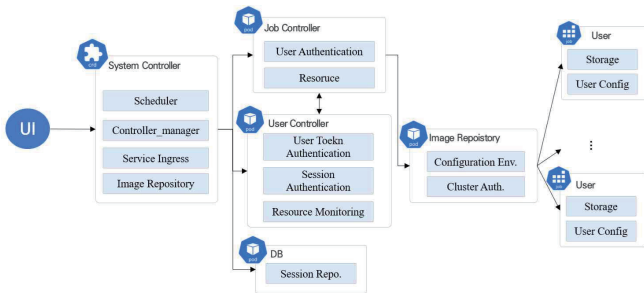


그림2. 사용자 세션별 웹 터미널 실행 프로세스

그림 2에서 확인할 수 있듯이 사용자는 기존의 플랫폼에서 제공하는 keycloak을 기준으로 사용자 인증을 진행하고 사용자 세션을 관리할 수 있다. 해당 keycloak은 각 서비스 단위별로 인증을 진행하며, 사용자 인증이 완료된 사용자는 각 사용자의 사용자의 환경 구성과 스토리지를 구성하여 쿠버네티스 작업으로 해당 서비스가 활성화 된다. 이러한 활성화된 작업은 사용자의 세션이 유지되는 동안 실행 가능하며, 세션이 종료되면 자동으로 리소스를 반환하게 된다. 각 유저에 따라 생성된 쿠버네티스 작업은 기본적으로 HPC 시뮬레이션이 실행되는 클러스터의 인증이 연계된 작업 환경이 구성되며, 실제 HPC 작업이 실행되는 클러스터와 연계된 작업 스케줄러 커맨드가 실행 가능하도록 연계되어 있다. 따라서 플랫폼에서 실행되는 작업들에 대한 접근이 가능하기 때문에 터미널 환경에서 계산과학 관련 애플리케이션을 실행하는 환경과 일치하는 환경을 사용자에게 제공할 수 있다. 기존의 HPC 플랫폼에서는 등록된 애플리케이션에 관련하여 워크벤치 시뮬레이션 환경을 제공하였지만, 추가적으로 실제 HPC 시뮬레이션 환경을 웹 터미널 기준으로 시뮬레이션을 실행할 수 있도록 추가 설계 및 구축하였다고 볼 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 웹 기반 HPC 플랫폼에서의 시뮬레이션 실행 환경의 다양화를 통해 다양한 사용자의 요구사항을 만족시키고, 계산과학공학 분야의 애플리케이션 개발 환경을 사용자 친화적으로 제공할 수 있도록 구축하였다. 개인 로컬 환경에서는 개발자의 개발 환경과 구성에 따라 자유롭게 개발이 가능하지만 실제 웹 기반 HPC 플랫폼에서 개발된 계산과학 애플리

케이션을 실행하고 적용하기 위해서는 다양한 사전 환경 구성 작업이 필요하다. 이러한 간극을 줄이고 개발자에게 더욱 친숙한 개발 환경을 제공하기 위해 웹 터미널 기반 시뮬레이션 실행 환경을 구축하였으며, 해당 서비스를 HPC 클러스터 인증과 함께 HPC 자원을 제공하여 실시간으로 작업 실행과 모니터링을 할 수 있도록 서비스를 지원하였다. 웹 기반 플랫폼에서 작업을 실행하고 제출한다 하더라도 실제 HPC 클러스터에서는 실행하는데 필요한 사전 작업과 스케줄러의 상태에 따라 시간차이가 존재하지만 웹 터미널에서 시뮬레이션을 실행하고 모니터링을 하는데는 해당 클러스터에 직접 접근할 수 있어 이러한 차이를 매꿀 수 있다. 또한 직접 클러스터 터미널에 접근하는 것이 아니라 제한된 환경에서 웹 터미널로 일부 작업 실행에 필요한 자원과 사용자에게 따른 각 사용자 스토리지만 제한적으로 제공하기 때문에 보안적인 문제도 발생할 확률이 줄었다고 볼 수 있다. 따라서 개발자의 HPC 플랫폼에서의 개발 환경 구성과 개발 환경 적응에 필요한 소모적인 비용을 줄이고 실시간으로 클러스터에 접근하여 시뮬레이션을 개발하고 모니터링 할 수 있는 서비스를 구축하였다고 할 수 있다. 향후 연구로는 시뮬레이션을 실행하는 다양한 작업들을 분석하여 실시간 실행 패턴을 분석하고 자원 관리 및 스케줄링을 동적으로 조정하여 추천하는 서비스를 개발자에게 제공할 수 있는 서비스를 구축할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 산하 한국연구재단(NRF)의 디지털융합연구개발플랫폼사업(No. NRF-2022M3C1A6090416)과 국가과학기술연구회 글로벌TOP 전략연구단사업(No. GTL24031-000)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Han, Sunggeun, et al. "Data Framework Design of EDISON 2.0 Digital Platform for Convergence Research." KSII Transactions on Internet & Information Systems 17.8, 2023.
- [2] Kwon, Yejin, et al. "Interface Development for Pre and Post processor on EDISON Platform Simulation System.", Journal of Internet Computing & Services 21.1, 2020.
- [3] Silvano, Cristina, et al. "A survey on deep learning hardware accelerators for heterogeneous hpc platforms.", ACM Computing Surveys 57.11, pp. 1-39, 2025.
- [4] Powers, Bobby, John Vilks, and Emery D. Berger. "Browsix: Bridging the gap between unix and the browser." ACM SIGPLAN Notices 52.4, pp. 253-266, 2017.
- [5] Toufie, Zahir, and Boniface Kabaso. "A Next Generation Web Browser Execution Environment." 2024 IEEE International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE). IEEE, pp. 1-62, 2024.
- [6] Wen, E., Warren, J., & Weber, G. (2020, October). "BrowserVM: Running unmodified operating systems and applications in browsers", In 2020 IEEE International Conference on Web Services (ICWS), pp. 473-480, 2020.
- [7] S. Butler, "WeTTY," GitHub repository, <https://github.com/butlerx/wetty> (accessed Sep. 30, 2025).