

고성능 컴퓨팅 기반 홍수예측시스템 운영 방안 설계

고덕구*, 심규성*, 배상영*, 이영준*
 *동부엔지니어링(주)
 e-mail:jogook21@dbeng.co.kr

Design of Flood Forecasting System Operation Plan Based on High Performance Computing

Deuk-Koo Koh*, Gyoo-Seong Sim*, Sang-Young Bae*, Young-Jun Lee*
 *Water Resources Dept. GIS Team, Dongbu Engineering Co., Ltd.

요약

홍수예보 업무에서 활용되는 홍수예측 모형의 경우 강우-유출의 물리적 상황을 수학적으로 해석하는 계산의 양이 과거보다 크게 증가되었다. 따라서 기존 일반 컴퓨터로 처리가 곤란한 홍수예보모형을 고성능 컴퓨팅 기반에서 운영할 수 있는 운영환경을 구축하고, 분산·병렬 처리를 통해 고속으로 처리할 수 있는 플랫폼을 개발하였으며 이를 통하여 홍수예보 업무에서 활용하고 있는 홍수예측시스템을 고성능 컴퓨팅 기반으로 운영할 수 있는 방안을 설계하였다.

1. 서론

오늘날 우리나라는 기후 변화로 인하여 하절기 국지성 집중호우의 발생빈도가 증가하고 있으며 이로 인해 발생하는 돌발홍수로 매년 인명피해가 발생하고 있다.

이렇게 발생하는 집중호우 및 국지성 돌발홍수는 빠른 시간 안에 집중호우 지역에 대한 기상정보 분석이 필수적이며 기존의 홍수예보체계로는 대비하기 적합하지 않은 실정이다.

이에 대하여 정확하고 신속한 홍수 예·경보 기술 개발을 통한 국민의 홍수에 대한 안전도 강화와 국가 수재해 대응능력 향상을 위해 강우레이더와 분포형 홍수예측 모형, 고성능 컴퓨팅 기술 등 첨단 기술을 이용한 선진형 홍수예보 기반의 구축이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 한국건설기술연구원에서 개발한 분포형 유역유출모형(Grid based Rainfall-runoff Model)을 고성능 컴퓨팅(High Performance Computing) 기반에서 운영할 수 있는 환경을 구축하고 시범 유역을 대상으로 처리시간 측정 및 결과검증을 통해 홍수예보업무에서 활용하고 있는 홍수예측시스템에 적용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구내용

2.1 HPC 장비 구성

분포형 유역유출모형의 경우 입력되는 유역별 자료의 순차 계산 부분이 존재하므로 수행시간 속도 개선에 한계가 있다. HPC 클러스터는 일반적으로 여러 대의 노드로 구성되어 단일 서버 환경에 비해 병렬 수행 시 계산 및 처리 속도가 뛰어나므로 HPC 기반 분포형 유역유출모형 실행을 위해서는 입력되는 자료와 수행시간을 고려하여 HPC 클러스터를 구성하여야 한다.

분포형 유역유출모형은 하나의 권역을 대상으로 수행 시 소요시간 기준으로 20Core에서 가장 최적화 되어 있으며, 전국 4개의 권역을 대상으로 동시 수행을 가정 시 4개의 계산노드가 필요하다.

또한 각 계산 노드를 제어하는 헤더 노드와 유출해석 결과 파일이 저장될 스토리지 노드가 필요하다.

이에 따른 HPC 구성은 아래 표와 같다.

[표 1] 병렬처리를 고려한 HPC 구성

구분	모듈 수	코어 수	메모리	네트워크
헤더노드	1	24	96GB	10GB
계산노드	4	96	384GB	
스토리지	1	저장공간 52TB		

* 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 물관리연구사업의 지원을 받아 연구되었습니다.(과제번호 127566)

2.2 HPC 기반 분포형유역유출모형 운영환경 구성

하천 주요지점에 대한 홍수예보는 대상지점에 대하여 유역에서의 홍수발생 상황을 단순화시켜 모의하는 집중형 모형을 통한 예측이 이뤄지면서 예보와 관련된 계산의 양이 많지 않았으나, 본 연구에서는 국토를 250m 격자로 분할하고, 각 격자 내에서 발생하는 강우-유출의 물리적 상황을 수학적으로 해석하는 분포형 수문모형을 적용하고 있어 계산의 양이 크게 증가하였다.

따라서 분포형 수문모형을 통해 생성되는 방대한 계산의 양은 기존 일반 컴퓨터로는 처리가 곤란하다. 이에 대하여 분포형 홍수예보모형을 고성능 컴퓨팅 기반에서 운영할 수 있는 운영환경을 구축하고, 방대한 양의 계산을 분산·병렬 처리할 수 있는 기술 개발을 통해 고속으로 처리할 수 있는 운영환경을 구성하였다.

실제 HPC 하드웨어의 사양을 결정, 도입 전 가상의 분산 병렬처리 환경(Microsoft Azure)에서 시범유역에 대한 분포형 유역유출모형의 모의 테스트를 진행하고, 격자 크기별 수행 시간 측정 결과와 코어 단위 처리 속도의 분석 평가를 수행하였다.

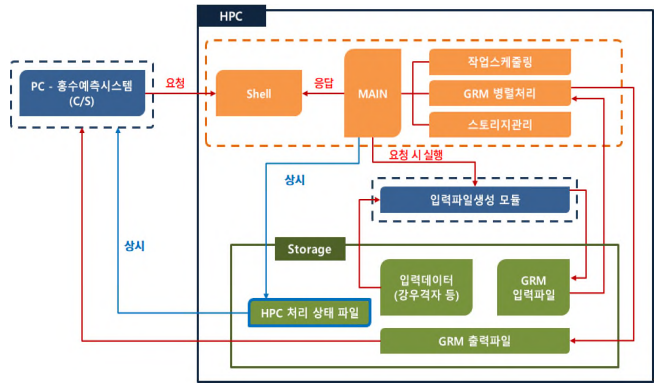
또한, 분포형 홍수예보모형을 HPC 환경에서 운영 가능한 코드와 개발 프레임워크 마이그레이션 작업을 수행하였으며, 한국건설기술연구원에서 보유하고 있는 낙동강권역 196개 소유역을 대상으로 순차·병렬 실행하여 속도 비교 테스트를 실시하였다.

그 결과 단일 워크스테이션에서의 수행 시간은 약 529초(9분)가 소요되었고, HPC 기반의 운영환경에서는 약 20초 정도 소요되는 것으로 분석되어 약 20배 이상의 처리속도 개선 성과를 확인할 수 있었다.

또한 홍수예보시스템 내 홍수예측모형 연산 처리 부분을 HPC에서 운영할 수 있도록 이중 시스템 간 연계 작업을 수행하였다.

출모형을 이용한 클라이언트 - 서버 기반의 Windows에서 구동되는 응용프로그램이다.

분포형 유역유출모형을 HPC에서 운영하기 위해 홍수예측시스템과 HPC 간에 통신 프로그램을 구현하고 HPC 스토리지 노드를 공유하여 사용자가 최종적으로 결과를 확인할 수 있는 구조로 설계할 수 있다.



[그림 2] HPC 기반 홍수예측시스템 구성도

HPC에서 구현되는 소프트웨어는 메인 통신, 작업 스케줄링, 분포형 유역유출모형 병렬처리, 스토리지 관리, 입력자료 생성 모듈로 구성되며 입력자료는 강우 격자를 이용한 문자열로 구성된 파일로 생성된다.

홍수예측시스템에서 처리 요청을 송신하면 HPC 처리 모듈은 입력파일을 생성하고 작업 스케줄에 따라 분포형 유역유출모형을 실행하여 출력파일을 스토리지 노드에 생성하게 된다.

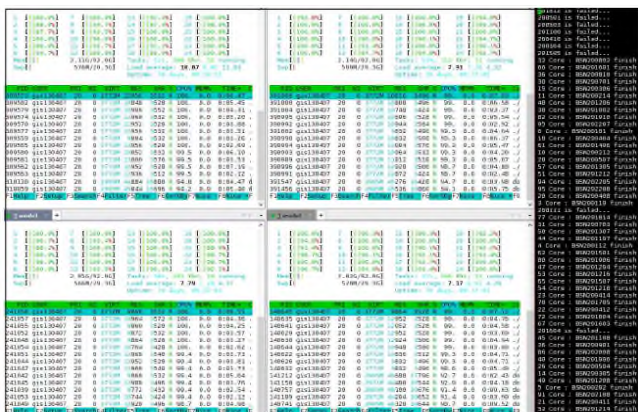
홍수예측시스템은 최종적으로 출력파일을 수신하여 결과를 사용자에게 표출하고 처리과정은 스토리지 노드에 상시 저장되는 HPC 처리상태(자원 활용도, 처리율 등) 파일을 읽어 들여 표출하게 된다.

3. 결론

본 연구에서는 HPC 기반의 홍수예측시스템 운영 방안을 설계하여 향후 현장 적용 운영을 위해 현업에서 활용할 수 있는 시스템 구성안을 제시하였으며 이것은 향후 HPC 기반의 신속한 홍수예보 업무에 활용이 가능할 것으로 기대된다. 앞서 구성한 설계를 바탕으로 시범운영 및 확대 계획에 대한 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 최윤석, 김경탁, 김주훈 “기상레이더와 분포형 모형을 이용한 실시간 유출해석 시스템 개발 및 평가” 한국습지학회지 제14권 제3호, 8월 2012년
- [2] 김길호, 최윤석, 원영진, 김경탁 “분포형 모형과 클라우드 서비스를 이용한 낙동강 실시간 유출해석시스템 개발 및 성능평가” 한국지리정보학회지 20(3), 9월 2017년



[그림 1] 낙동강권역 분포형홍수예측모형 병렬 수행

2.3 HPC 기반 홍수예측시스템 운영 방안 설계

현업에서 활용되고 있는 홍수예측시스템은 분포형 유역유