홍수예보시스템을 위한 HPC 기반 분포형 유역유출모형 운영방안 설계

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

Design of Grid based Rainfall-runoff Model Operation Plan based on HPC for Flood Forecast System

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

요 약

오늘날 우리나라는 기후변화로 인하여 하절기 국지성 집중호우의 발생빈도가 증가하고 있으며 이로 인해 발생하는 돌발홍수로 매년 인명피해가 발생하고 있다. 이러한 돌발홍수는 작은 지역에서 빠르게 발생하기 때문에 일반적인 홍수예보로는 대비하기 적합하지 않다. 따라서 이렇게 국지적으로 발생하는 돌발홍수를 대비하기 위해서는 최대한 빠른 시간 안에 집중호우 지역에 대한 기상정보 분석이 필수적이다. 본 논문에서는 보다 신속 정확한 기상정보 분석을 위하여 고성능컴퓨터(High Performance Computer) 기반의 홍수예보모형을 운영하는 방안을 제시하였다

1. 서론

세계적인 기후변화로 인하여 우리나라에서도 자연재해 발생빈도가 증가하고 있으며 특히 연강수량이 대부분 집중되는 하절기에 국지성 집중호우로 인한 돌발홍수로 인명피해가 매년 발생하고 있다. 이렇게 발생하는 집중호우 및 국지성 돌발홍수는 빠른 시간 안에 집중호우 지역에 대한 기상정보 분석이 필수적이며 기존의 홍수예보체계로는 대비하기 적합하지 않은 실정이다.

본 논문에서는 보다 신속한 기상정보분석을 위하여 고성능컴퓨팅(High Performance Computer) 기반 홍수예보모델 운영방안을 설계하고자 하였다. 이를 위하여 홍수예보모형을 HPC 환경에서 병렬 실행하고 이를 바탕으로 HPC 기반 홍수예보모형 운영환경 구성(안)을 제시하였다.

2. 홍수예보모형 변환

HPC 기반의 홍수예보모형 운영방안을 설계하기 위해 홍수예보모형 중 한국건설기술연구원에서 개발한 분포형 유역유출모형(Grid based Rainfall-runoff Model)을 선택하여 사용하였다. 분포형 유역유출모형은 물리적 분포형 강우-유출 모형으로 격자형으로 공간분포 된 수문지형학적 자료와 강우자료를 이용하여 유출해석을 수행한다.

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

이러한 유출해석 방식은 좁은 지역에서 주로 발생하는 돌발홍수를 대비하는데 적합하며 특히 격자 모형의 입력자료를 사용자가 임의로 좁게 혹은 넓게 가공하여 사용이 가능하다.

현재 분포형 유역유출모형은 .NET 기반, Windows 환경으로 개발되어 Github를 통하여 공유되고 있다. 해당 모형의 병렬실행을 위해서 CentOS 7 기반의 HPC 환경에서 실행이 가능하도록 소스 및 프레임워크 변환작업을 수행하였다. 우선 4개(VB 2개, C# 2개) 의 프로젝트 솔루션으로 구성된 분포형 유역유출모형의 VB 프로젝트의 소스에서 Console 형식이 아닌 Windows Form 기반의 소스를 제거하고 C# 솔루션으로 변환한 뒤 Windows 환경에서 실행하여 결과값을 변환 전 프로그램과 비교하며 검증하였다. 그 뒤 Microsoft에서 제공하는 .NET 이식성 분석기를 통하여 .NET Framework Lib의 .NET Core Lib로 호환가능 여부를 파악하고 해당 Lib를 대체하였다.

(그림 1) 분포형 유역유출모형 변환

3. 홍수예보모형 실행을 위한 HPC 구성

HPC 클러스터는 일반적으로 여러 대의 노드로 구성되어 단일 서버환경에 비해 병렬수행 시 계산 및 처리속도가 뛰어나지만 분포형 유역유출모형의 경우 입력되는 유역별 자료의 순차계산 부분이 존재함으로 병렬수행을 통한 수행시간 속도개선에 한계가 있다. 따라서 HPC 기반 분포형 유역유출모형 실행을 위해서는 입력되는 자료와 수행시간을 고려하여 HPC 클러스터를 구성하여야 한다.

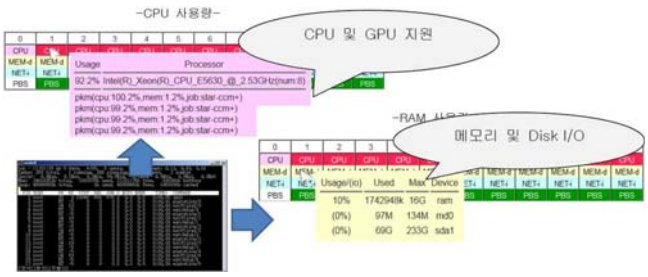
분포형 유역유출모형은 하나의 권역을 대상으로 수행 시 소요시간 기준으로 20 Core에서 가장 최적화 되어 있으며, 전국 4개의 권역을 대상으로 동시수행을 가정 시 20 Core 기준의 4개의 계산노드가 필요하다. 또한 각 계산노드를 컨트롤하는 헤더노드와 유출해석 결과파일이 저장될 스토리지 노드가 필요하다. 이에 따른 HPC 구성은 아래 표와 같다.

<표 1> 병렬처리를 고려한 HPC 구성

구 분	모듈 수	코어수	메모리	네트워크
헤더노드	1	24	96GB	10Gb
계산노드	4	96	384GB	
스토리지	1	저장공간 52TB		

4. HPC 기반 홍수예보모형 운영방안 설계

다수의 노드를 활용하는 HPC 클러스터 시스템을 효율적으로 활용하여 홍수예보시스템을 운영하기 위해서는 각 노드들을 최적의 상태로 유지하고 정확하게 모니터링하여, 시스템의 상태에 따라 사용자가 능동적으로 대처할 수 있어야한다. 이러한 HPC 클러스터 시스템을 사용자가 효율적으로 관리하고 사용하기 위해서는 고려해야 할 많은 요소들이 있지만 사용자가 요청한 계산작업을 관리하는 미들웨어인 작업스케줄러(Workload Manager)가 필수적이다. 작업스케줄러는 노드 및 프로세스 간 부하 균형, 작업 모니터링 및 스케줄링, 작업 수행 및 중지 등을 지원하며, 이러한 기능들을 웹 기반의 사용자 인터페이스로 제공되어야한다. 시스템의 사용자는 제공되는 인터페이스를 통하여 작업을 생성하여 우선순위를 지정하고 수행되는 작업을 모니터링한다.

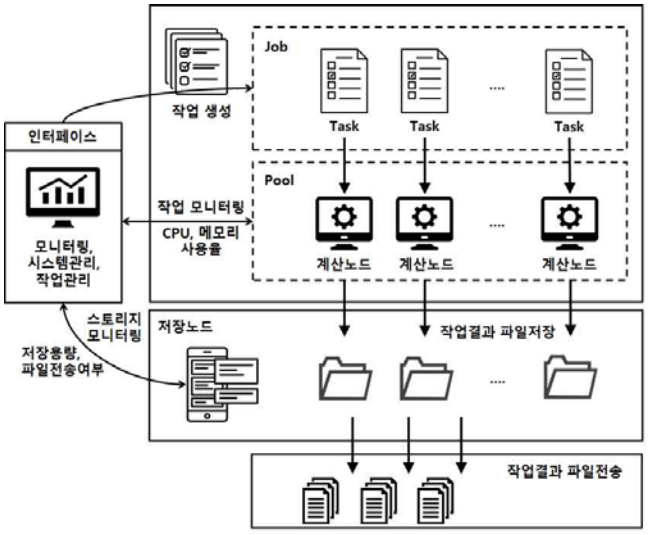


(그림 2) HPC 자원사용 모니터링(예시)

홍수예보시스템 운영에 필요한 작업스케줄링 및 모니터링 기능과 이에 따른 운영환경 구성(안)은 다음과 같다.

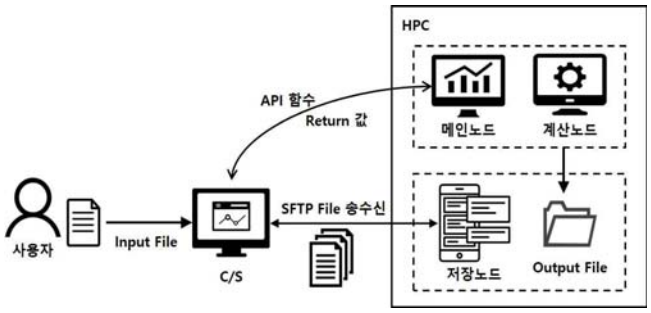
<표 1> 작업스케줄링 및 모니터링 기능

구 분	기 능
모니터링	Job Scheduler 처리상태
	CPU, 메모리 사용률
	네트워크 상태
시스템 관리	노드 별 Linux 콘솔창
	스토리지 파일 관리
	노드 별 전원 관리
	사용기록 관리
작업관리	실행파일 선택
	노드 별 구동여부
	작업 스케줄 타입 선택



(그림 3) 홍수예보모형 운영환경 구성(안)

홍수예보모형 수행 후 저장노드에 작업결과 파일이 저장되며 저장된 파일은 홍수예측/예보시스템(C/S)과 공유가 되어야한다. 이를 위하여 C/S 사용자에게 메인노드와 저장노드 접근권한을 부여하고 입력 및 결과파일을 SFTP 방식으로 전달하게 한다. 또한 API 함수를 제공하여 파일 전송과 작업결과를 Return되는 Parameter를 통하여 확인할 수 있도록 한다.



(그림 4) 홍수예보모형 파일공유체계 구성(안)

5. 결론

본 논문에서는 홍수예보모형 중 하나인 분포형 유역유출모형을 변환하여 HPC에서 실행하고 이를 바탕으로 홍수예보모형 운영방안을 설계하여 향후 홍수예보시스템 구축 시 참고자료가 될 수 있도록 하였다. 앞으로는 구성한 설계를 바탕으로 다양한 홍수예보모형을 실행 및 운영함으로써 홍수예보시스템 구성을 계속 진행할 예정이다.

참고문헌

[1] 최윤석, 김경탁, 김주훈 “기상레이더와 분포형 모형을 이용한 실시간 유출해석 시스템 개발 및 평가” 한국습지학회지 제14권 제3호, 2012년 8월

[2] 김길호, 최윤석, 원영진, 김경탁 “분포형 모형과 클라우드 서비스를 이용한 낙동강 실시간 유출해석시스템 개발 및 성능평가“ 한국지리정보학회지 20(3), 2017년 9월

[3] 정성영, 박진혁, 허영택, 정관수 “분포형 강우유출모형 병렬화 처리기법 적용” 한국수자원학회 논문집 Vol. 43 No. 8, 2010년 8월