

# HPC 기반 Linux 환경에서 병렬수행을 위한 분포형 모형 변환 및 최적 실행방안 검토

이영준\*, 이정용\*, 고덕구\*  
\*동부엔지니어링(주) 수자원본부 GIS팀  
e-mail:dudwnsbug@dbeng.co.kr

## Conversion of GRM for Parallel Execution in HPC-based Linux Environment and Review of Optimal Execution Method

Young-Jun Lee\*, Jeong-Yong Lee\*, Deuk-Koo Koh\*  
\*Water Resources Dept. GIS Team, Dongbu Engineering Co., Ltd.

### 요약

국지성 집중호우 발생에 따른 인명피해를 줄이기 위해서는 빠른 돌발홍수 예보가 필수적이다. 이를 위해서는 강우자료를 분석하여 유역 유출에 대한 빠른 계산이 이루어져야 한다. 따라서 신속한 강우자료 분석을 위하여 기존 Windows에서 하천유역 단위로 순차적으로 계산되던 홍수예보모형을 고성능컴퓨터(High Performance Computer) 기반으로 분산/병렬수행하여 돌발홍수 예보시 시간을 단축하고자 하였다.

## 1. 서론

세계적인 기후변화로 인하여 우리나라에서도 하절기에 집중적으로 발생하는 국지성 집중호우 발생빈도가 증가하고 있다. 이렇게 발생하는 집중호우와 이로 인한 국지성 돌발홍수의 예보를 신속하게 전달하기 위해서는 빠른 시간 안에 해당 지역에 대한 기상정보 분석이 필수적이다.

홍수예보시스템은 Window OS에서 구동되는 클라이언트 서버 형태의 응용프로그램으로 홍수예측과 기상정보 분석을 위해서 사용된다. 신속한 예측과 분석을 위해서는 홍수예보 시스템 내에서 연산되는 홍수예보모형의 연산 시간을 최대한으로 단축하는 운영기술 개발이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 Windows 기반으로 실행되는 홍수예보모형을 Linux 기반의 고성능 컴퓨터(High Performance Computer) 계산노드를 통해 하천별 유역 단위로 분산/병렬실행하여 계산성능을 향상하고자 하였다. 이를 위하여 HPC 환경에서 홍수예보모형을 HPC 환경에서 실행할 수 있도록 구성하고 수행 테스트를 통해 최적의 실행조건을 찾아내어 수행시간을 단축하고자 하였다.

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

## 2. 홍수예보모형

### 2.1 분포형 모형(Grid based Rainfall-runoff Model)

본 연구에서 사용한 홍수예보모형은 GRM(Grid based Rainfall-runoff Model)으로 한국건설기술연구원에서 2008년에 처음 개발한 격자 기반의 물리적 분포형 강우-유출 모형이다. 지표면 유출, 하도 유출, 지표하 유출, 흐름 제어 유량 등을 모의할 수 있으며, 2021년 현재까지 한국건설기술연구원에서 지속적으로 개발되고 있다. 2020년 1월 이전 버전의 GRM 모형은 C#을 이용해서 개발되었으며, 현재 2020년 5월 이상의 버전은 C++를 이용해서 개발되었다. 각 버전은 서로 다른 실행 파일들을 사용하고 있으며, 본 연구에서는 C++로 개발된 최신 버전의 GRM을 사용하였다.

GRM은 격자형으로 공간분포된 수문지형학적 입력자료와 강우자료를 이용하여 실시간 유출해석을 수행한다. 돌발홍수를 대비한 실시간 홍수예보를 위해서는 최대한 빠르고 좁은 간격 범위의 유출해석 결과가 나올수록 효용성이 높다.

GRM에서 사용되는 입력자료는 한강권역을 대상으로 100m 간격의 샘플 격자 모델을 구성하였다. 또한, 실시간 홍수예보를 위해서 각 한강권역 유역별 120시간의 강우자료를 기준으로 사용하였다.

GRM의 소스코드 및 설치파일과 샘플예제 파일들은 github를 통한 다운로드를 지원하고 있으며, 자유로운 사용이 가능하다. - <https://github.com/floodmodel/GRM>

## 2.2 분포형 모형 변환

GRM은 현재 Widows 환경을 기반으로 개발되어 HPC의 운영체제인 Linux(CentOS) 환경에서는 실행이 불가능하다. 따라서 GRM의 구조 및 코드를 분석하여 Linux 환경에서 실행이 가능하도록 변환작업을 진행하였다.

기존의 GRM은 Windows Visual Studio C++ 언어로 구현된 14개의 프로그램과 3개의 헤더파일로 구성되었으며 총 10,000줄 정도의 중소형 모델 프로그램이다. 이 프로그램은 “path”와 “COleDateTime” 등의 GNU C++ 컴파일러에서 지원하지 않는 클래스를 사용하기 때문에 Linux 환경에서 실행하기 위해서는 이들의 대체 클래스와 이에 따른 함수 및 기타 함수들을 구현하여야 한다. Linux 코드의 전용 코드인 linuxlib.h와 linuxlib.cpp를 구현하여 해당 클래스들을 대체하여 사용하도록 구현하였다. 주로 std::filesystem::path와 COleDateTime 및 COleDateTimeSpan 클래스의 대체 함수와 기타 필요한 함수를 구현하였다. “path” 클래스는 기존의 프로그램에서 사용하는 std::filesystem의 namespace를 사용하여 다음과 같이 프로그램에서 원래의 namespace와 동일한 이름(fs::path)을 사용할 수 있도록 하였다.

구현된 Linux 전용 C++ 기반의 프로그램은 Linux 환경에서 문제없이 컴파일되었다. 다양한 입력 데이터를 사용하여 실행한 결과 Windows 기반에서 동일한 코드를 실행한 결과와 같은 결과를 출력함을 확인하였다.

## 3. 모의테스트 환경구성 및 수행방안

GRM의 모의테스트를 위하여 Windows와 Linux 두 개의 운영체제 기반의 테스트베드를 구축하였으며, 테스트베드의 구축 환경은 아래 표와 같다. Windows 환경에서는 순차수행 테스트를 Linux 환경에서는 순차와 병렬테스트를 모두 수행하였다.

[표 1] 테스트베드 구축 환경

OS	Processor	Memory
Windows	Intel(R) CPU i5-10400F 2.90GHz, 6 Core	16GB
Linux	Intel Xeon 3.2GHz 12 Core * 2 CPU	128GB

한강권역 237개 표준유역의 100m 간격의 격자 샘플모델을 대상으로 120시간의 강우자료를 입력하여 GRM 모의테스트를 수행하였다.

Linux 환경에서 순차수행 테스트의 경우 사용되는 CPU Core의 수를 다르게 하여 수행시간을 측정하고 해당 경우의 평균 수행시간을 병렬수행 결과와 비교하였다.

[표 2] 조건별 GRM 수행시간(한강권역, 120시간 기준)

수행환경	순차/병렬	1차	2차	...	평균
Windows	순차	1,375초	1,417초		1,389초
Linux (8 Core)	순차	1930초	1945초		1,933초
Linux (12 Core)	순차	1,986초	2,004초	...	2003초
Linux (24 Core)	순차	2,378초	2,367초		2,375초
Linux	병렬	764초	767초		761초

테스트 결과 수행시간은 Linux 환경에서 병렬수행 시 761초(12분 44초)로 가장 빠른 계산속도를 측정되었다. 이는 순차수행 시 가장 빠른 속도를 보인 1,933초(32분 13초) 보다 약 2.5배 단축된 결과로 Linux 환경보다 고성능 CPU인 Windows 환경의 1,389초(23분 9초) 보다도 약 2배 단축된 속도이다.

한편으로는 12, 24 Core 순차수행 환경에서는 8 Core에서보다 오히려 속도가 느리게 측정되었다. 8 Core 이상에서 오히려 수행시간이 길어지는 이유로는 GRM 프로그램에서 수치 계산 시 필요한 쓰레드보다 많은 쓰레드가 할당되어 대기시간이 길어지고 쓰레드의 시작과 종료 등의 비용이 높아져 전체 성능의 저하를 가져온 것으로 판단되며, 이는 GRM의 수치 계산이 8개의 쓰레드에서 최적화되어 있다고 판단된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 고성능 컴퓨터 기반 Linux 환경에서 홍수에 보모형-GRM을 병렬실행함으로써 계산속도 향상을 통해 수행시간을 단축하고자 하였다. 이것은 향후 신속한 홍수예보 업무에 활용 가능하리라 판단되며 이를 바탕으로 한강권역의 낙동강, 금강, 영산강권역 모두를 대상으로 영역 확대를 위한 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  
 [3] Choi, Yun Seok, S. Park and K. Kim, Development of

QGIS plugin GUI for the GRM Model and Free Open,  
Proceedings of the Korea Water Resources  
Association Conference, 2018.05.23.

[4] <https://en.wikipedia.org/wiki/C++>