

객체지향형 수문 모델링 시스템을 이용한 금강유역 분포형 강우-유출 시스템의 개발

Development of a Distributed Rainfall-Runoff System for the Guem River Basin Using an Object-oriented Hydrological Modeling System

이기하*, 타카라 카오루**, 정관수***, 김정엽****, 전자훈*****

Giha LEE, Kaoru Takara, Kwan Sue Jung, Jeong Yup Kim, Ja Hun Jeon

Abstract

Physics-based distributed rainfall-runoff models are now commonly used in a variety of hydrologic applications such as to estimate flooding, water pollutant transport, sedimentation yield and so on. Moreover, it is not surprising that GIS has become an integral part of hydrologic research since this technology offers abundant information about spatial heterogeneity for both model parameters and input data that control hydrological processes. This study presents the development of a distributed rainfall-runoff prediction system for the Guem river basin (9,835km²) using an Object-oriented Hydrological Modeling System (OHyMoS). We developed three types of element modules: Slope Runoff Module (SRM), Channel Routing Module (CRM), and Dam Reservoir Module (DRM) and then incorporated them systemically into a catchment modeling system under the OHyMoS. The study basin delineated by the 250m DEM (resampled from SRTM90) was divided into 14 midsize catchments and 80 sub-catchments where correspond to the WAMIS digital map. Each sub-catchment was represented by rectangular slope and channel components; water flows among these components were simulated by both SRM and CRM. In addition, outflows of two multi-purpose dams: Yongdam and Daechung dams were calculated by DRM reflecting decision makers' opinions. Therefore, the Guem river basin rainfall-runoff modeling system can provide not only each sub-catchment outflow but also dam in- and outflow at one hour (or less) time step such that users can obtain comprehensive hydrological information readily for the effective and efficient flood control during a flood season.

Key words: Physics-based Distributed Rainfall-Runoff Model, Guem River Basin, OHyMoS, Element modules

1. 서 론

유역내의 효율적인 수자원관리를 위한 통합형 수문모델링시스템 개발은 실제 유역 내 물 순환을 보다 물리적으로 해석하고, 환경생태학적 모형뿐만 아니라 다양한 수재해 관련분야에 기초적인 자료를 제공할 수 있다는 점에서 상당히 중요한 연구주제라 할 수 있다. 통합형 수문모델링시스템

* 정회원 · 교토대학교 방재연구소 연구원 · E-mail : leegiha@flood.dpri.kyoto-u.ac.jp
** 교토대학교 방재연구소 교수 · E-mail : takara@flood.dpri.kyoto-u.ac.jp
*** 정회원 · 충남대학교 토목 · 환경공학부 교수 · E-mail : ksjung@cnu.ac.kr
**** 정회원 · 국토해양부 금강홍수통제소 시설연구사 · E-mail : jykim@mltm.go.kr
***** 한국수자원공사 설계사업처 과장 · E-mail : jhchun@kwater.or.kr

의 핵심은 개별적으로 개발된 모형들의 효율적 결합 혹은 통합을 위한 프레임 및 라이브러리를 지원하고, 다양한 모형의 입·출력자료의 관리 및 처리를 위한 개발환경을 제공하는 데 있다. 이와 같은 통합형 시스템 개발을 위한 방법론으로써 modular approach (Leavesley et al., 2002) 및 동일한 의미로써 objected-oriented modeling (Barthel et al., 2005)은 복잡한 수자원 시스템 해석에 적합한 접근법이라 할 수 있다. 이와 같은 접근법들의 가장 큰 특징은 개발된 모형을 시스템 내 요소모듈 (element module)로 변환하여 연구목적에 따라 그에 상응하는 모듈을 조합하고 모듈 사이의 호환성을 보장함으로써 보다 간편하고, 효율적으로 수문학적 변수의 예측이 가능한 다양한 모형을 구축할 수 있다는 점이다. 본 연구에서는 Takasao et al. (1996)에 의해 개발된 Object-oriented Hydrological Modeling System (이하 OHyMoS)을 기반으로 하여 사면유출 모듈 (Slope Runoff Module, SRM)과 하도추적 모듈 (Channel Routing Module, CRM)을 결합한 소유역 강우-유출 모형을 구축하고, 댐 저수지 운영기법을 반영한 댐모듈 (Dam Reservoir Module, DRM)을 유역유출모형과 결합함으로써 금강유역 분포형 강우-유출 시스템을 개발하는데 그 목적이 있다.

2. OHyMoS의 개요

OHyMoS는 객체지향형 프로그램을 이용하여, 모형 개발의 기초적인 플랫폼을 제공하고 개발된 모듈의 공유 및 선택이 가능하게 함으로써 수문해석을 위한 다양한 모형구축을 지원한다. 예를 들어, 각기 다른 목적에 의해 개발된 수문 모듈이 있다고 가정한다면, 각 모듈은 시물레이션 초기 조건 결정, 입·출력자료의 관리 및 모형 매개변수 결정등과 같은 공통적인 시스템 운영모듈 (common system operation module)을 포함하고 있는 반면, 목적에 따라 각기 다른 수문학적 (혹은 수학적) 표현을 기반으로 한 프로세스 모듈 (process module)에 의해 수문과정을 해석하게 된다. OHyMoS는 개발자로 하여금 시물레이션에 필요한 표준화된 시스템 운영모듈 (standardized system operation module)을 시스템내 라이브러리를 통해 지원하고, 이를 다양한 프로세스 모듈과의 결합을 통해 효율적으로 새로운 요소모듈의 구축을 가능케 하며, 최종적으로 구축된 요소모듈을 기반으로 한 모형의 결합을 통하여 수문시스템 개발을 지원한다. 그림 1은 OHyMoS내에서의 독립적인 수문모듈의 시스템 운영모듈과 프로세스 모듈로의 구분과정 및 표준 시스템 운영모듈과 새로운 프로세스 모듈과의 결합을 통한 새로운 요소모듈의 구성과정을 나타낸다.

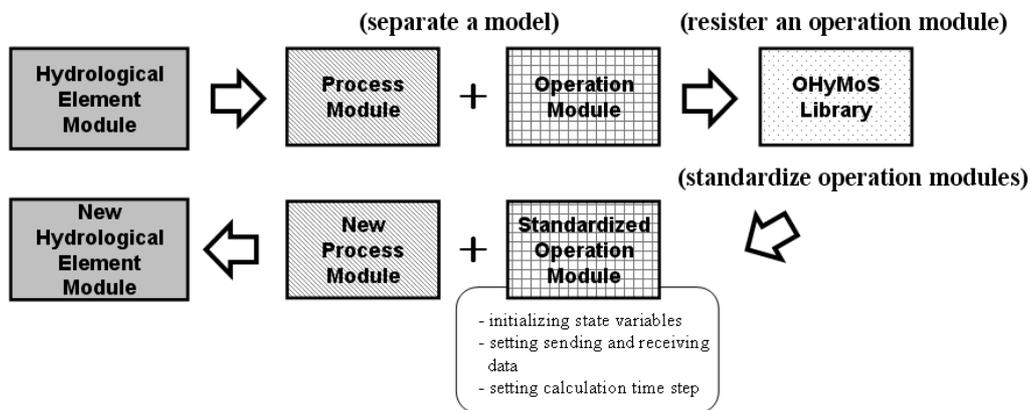


그림 1. OHyMoS에서의 요소모듈 개발

3. 분포형 강우-유출 시스템 구성을 위한 요소모듈

본 시스템은 격자기반의 기상입력자료 (grid-based metrological input data)을 기본으로 하며, 하도유량의 기원이 되는 배수구역내의 사면유출을 모의할 수 있는 SRM, 사면유출을 통해 유입된 하도유량의 흐름을 분석할 수 있는 하도추적모형 CRM, 두 모형의 연계구동을 통해 계산된 댐 유입량을 고려하여 댐 방류량의 결정을 지원할 수 있는 DRM으로 구성된다. 사면유출의 경우, 지표류 (overland flow)와 지중류 (subsurface flow)를 동시에 모의할 수 있는 Q-S 관계식에 의한 운동과 기법 (kinematic wave method)을 적용하였으며, 하도추적의 경우, 하도에 유입된 유역수의 지체시간을 효과적으로 모의함으로써 하도흐름을 물리적으로 묘사할 수 있는 단순화된 운동과 기법을 적용한다. 최종적으로 유역내의 홍수조절 및 용수배분을 목적으로 하는 두 개의 다목적 댐 (대청댐과 용담댐)의 운영규칙을 반영하는 의사결정지원 모형을 구축함으로써 댐하류 유역의 보다 정확한 유출을 계산할 수 있도록 시스템을 구성한다. 그림 2는 상술한 요소모듈을 기반으로 하는 객체지향형 분포형 수문모델링 시스템의 구성과정을 나타낸다.

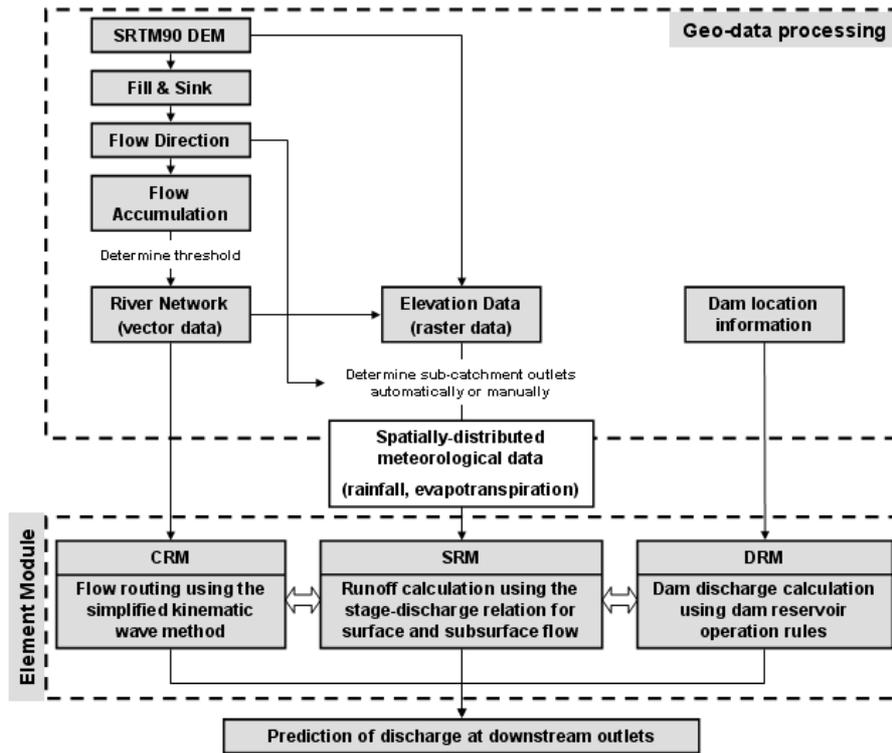


그림 2. 요소모듈을 이용한 분포형 수문모델링 시스템의 구성

4. OHyMoS를 이용한 요소모듈의 결합

금강유역 분포형 광역 강우-유출 시스템은 80개의 CRM, 이에 대응하는 80개의 표준유역 SRM과 2개의 DRM으로 구성되어있다. 각 요소모형을 계산된 유출량은 OHyMoS의 내부 송·수신 단자 (Data Sending and Receiving Ports; 이하 DSP, DRP)와 연결단자 (Data Relay Port, DRP)을 이용하여 상류유역에서 하류유역으로 순차적으로 계산되게 되며, DRP를 이용하여 각 표준유역 및 댐 유출량을 출력하게 된다. 그림 3(a)는 OHyMoS를 이용한 유출 모식도로서 각 표준유역 (유

역 ①, ②, ③)에 내린 강우는 DSP에 의해 SRM으로 전달되게 되며, SRM에 의해 계산된 표준유역 유출량은 각 표준유역의 하도로 유입되어 CRM에 의해 하도추적이 실행된다. 이와 같이 계산된 유역 ①과 ②의 유출량은 DRP에 의해 하류유역인 ③으로 유입된다. 유역 ③은 상류유역, ①과 ②의 유입량 및 유역내의 강우량을 입력자료로 하여 유출량을 계산하게 된다. 유역 ③의 하도를 통한 유출량은 DRM의 입력자료로 활용되며 최종적으로 DRM에 의해 댐 방류량 및 댐 수위를 출력하게 된다. 이와 같은 방법으로 금강유역 전체에 대하여 유출 시스템을 그림 3(b)와 같이 구성하였다.

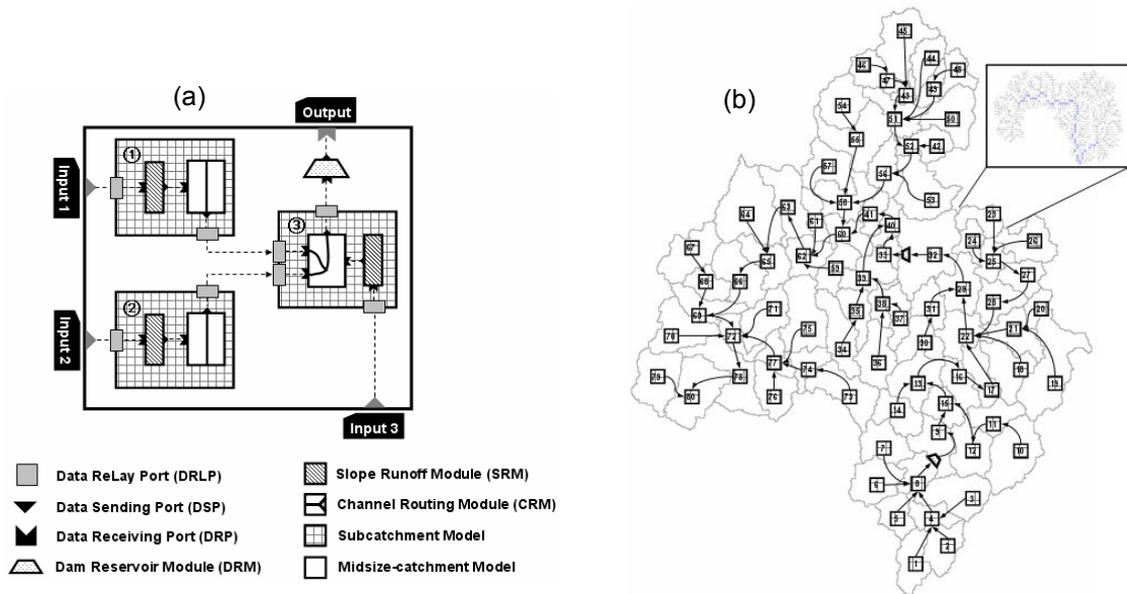


그림 3. OHyMoS내의 소유역 모형의 결합을 통한 강우-유출 시스템 모식도

5. 현재까지의 연구진행 성과 및 향후 연구계획

본 연구에서는 구축된 시스템의 구동 테스트를 위하여 우선적으로 대청댐과 용담댐을 포함한 대청댐 상류유역의 32개 표준유역에 대하여 홍수기 강우-유출 모의를 실시할 예정이다. 시스템의 요소모듈인 CRM과 SRM의 매개변수의 경우, 지형학적 매개변수는 resampling된 250m 격자크기의 DEM으로부터 추출하고, 두 모듈에서의 프로세스 모듈 매개변수의 경우, 자동 최적화기법인 SCE-UA 알고리즘 (Duan et al., 1992)을 적용하여 결정한다. DRM의 경우, 수위-저류량 곡선 및 다목적댐 운영 실무편람의 운영기법을 기반으로 홍수기 홍수제어를 목적으로 한 댐 조작과정을 수식화한 후, 각각의 조작과정에서 다른 조작과정으로 변환, 이행하는 조건을 if-then 형식으로 구성하고, 이행조건 시행에 해당하는 계수들 (DRM 매개변수)은 자동최적화 기법을 이용하거나 실무적 전문성에 근거하여 수동적으로 산정한다. 현재 모형의 매개변수 산정을 위해 2002년도 6월부터 10월까지의 홍수기 25개 지점 시강우자료를 이용하여 12km의 공간해상도 (강우관측소 1개당 평균 해상도)를 갖는 분포형 강우데이터를 생성하였고 유역 내 8개 제어지점 (수위관측소)의 수위 유량 관계곡선식으로 계산된 유량을 이용하여 매개변수를 산정한 후 그림 3(b)의 소유역 중 각 제어지점에 해당하는 유역에 계산된 매개변수를 전이하여 강우-유출을 모의하게 된다. 그림 4(a)는 매개변수 산정을 위한 주요제어지점별 유역구분 및 본 연구에서 사용된 강우관측소와 주요제어지

