

# 통합 실시간 물관리 운영 시스템 구축 방안 연구

## A Study on the Development of Integrated Real-time Water Management System

김유진\*, 김남일\*\*, 황만하\*\*\*, 고익환\*\*\*\*  
Eugene Kim, Nami Il Kim, Man Ha Hwang, Ick Hwan Ko

### 요 지

국내의 효율적인 수자원 관리를 위해서는 수량과 수질을 고려하여 한정된 수자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 수자원 계획과 운영상의 문제점을 피드백할 수 있는 유역 단위의 통합 수자원 관리 시스템이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 수자원의 효율적인 공급 및 배분을 위해 기상, 유출, 저수지 운영, 수질 모형과 수자원 정보가 통합된 실시간 물관리 운영 시스템을 구축하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 본 연구에서 제안하고자하는 통합 실시간 물관리 운영 시스템(IRWMS)은 한국수자원공사의 물관리 운영자를 위한 시스템으로써 이를 이용하는 사용자와 운영 환경, 모의방식 등에 따라 DB & server 시스템, wrapper engine, on-line 시스템, off-line 시스템, 매크로 시스템의 5부분으로 구성된다.

**핵심용어 : 통합유역관리, IRWMS, 유출모형, 저수지 운영, 수질모형, 데이터베이스**

### 1. 서 론

과거 30여 년간의 댐 건설 중심의 수자원 개발은 비약적인 산업성장과 함께 증가된 물수요를 만족시키고 국가 발전의 원동력이 되어왔으나 자연환경 및 생태에 대한 국민들의 인식이 변화함에 따라 물 부족이 우려됨에도 불구하고 신규 수자원의 개발은 매우 신중히 이루어지고 있어 이에 대한 비구조물적인 대책으로써 통합 수자원 관리기술 개발의 중요성이 증대되고 있다.

국내의 효율적인 수자원 관리를 위해서는 하천의 실시간 수량과 수질 정보에 바탕을 둔 수자원 공급 시스템에 대한 과학적이고 표준화된 물 공급/운영이 필요하며 이에 따라 국제적으로 경쟁력 있는 물관리 운영 시스템 개발의 필요성이 대두되고 있다. 또한 물관리 기반시설의 과학적이고 효율적인 운영 및 유지관리를 위한 기술 개발을 통하여 당면한 국가 물부족 문제를 해소하고자 하는 노력이 필요하다.

따라서 이러한 수자원의 통합관리를 보다 효율적으로 구현하기 위해서는 물관리 기능별로 분산되어 관리되고 있는 각 기관의 물 관련 정보를 효율적으로 연계, 공유할 수 있는 통합 물정보 관리 체계를 구축하고, 유역의 수량과 수질 상황을 실시간적으로 분석/예측할 수 있는 도구를 이용하여 유역 내 하천과 저수지군의 효율적 연계운영을 도모하기 위한 의사결정 지원 시스템(DSS

\* 정회원 · (주)웹솔루스 시스템사업부 과장 · E-mail : icepc@websolus.co.kr  
\*\* 정회원 · (주)웹솔루스 대표이사 · E-mail : utopia@websolus.co.kr  
\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원시스템 연구소 책임연구원 · E-mail : hwangmh@websolus.co.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원시스템 연구소장 · E-mail : ihko@snu.ac.kr

: Decision Support System)을 개발해야 한다.(고익환 등, 2002)

이를 위해 선진국에서는 미국 USBR과 TVA 등의 RiverWare, TERRA, Data Base Centered Decision Support System 및 호주 CRC의 IQQM 등과 같이 하천유역에 대한 수자원 통합관리 개념을 도입하여 물이 가지고 있는 다면적인 기능을 보전하면서 수자원을 개발·이용하기 위해 지속적으로 연구투자를 하고 있으며, 하천의 이수·치수기능을 유지하면서 국민생활에 밀접한 친환경적인 쾌적한 수자원환경을 보전하기 위해 유역 통합 수자원관리시스템을 개발하여 사용하고 있다. 수자원 통합관리 분야의 선진국(미국, 유럽)의 기술은 기술발전주기(technology life cycle)중 기술의 개발단계를 넘어서 안정화 단계에 접어들고 있다. 미국의 경우 연방정부의 수문관측, 수자원 및 환경 관리 기관인 USGS, USBR, 그리고 EPA에서 유역의 통합관리뿐 아니라 유역내 수량 및 수질 관련 시·공간적 정보를 국가적 차원에서 생산, 수집, 평가, 보급하고 있다. 특히, USBR과 USGS는 공동으로 데이터 중심의 유역 및 하천 종합관리시스템을 구축하여 중장기 및 실시간 하천과 저수지운영 계획 수립 그리고 유역의 수질환경관리를 위해 활용하고 있다. 콜로라도주의 San Juan 유역에서는 수리·수문 현상이 어류의 산란과 서식에 영향을 미치는 것에 착안하여 어류 등 생물의 서식처 보호를 위해 수자원 통합관리기술을 활용하고 있다. 호주의 경우 CRC(Catchment Resources Center)에서는 유역통합 물관리 모델로 IQQM(Integrated Quality and Quantity Model)을 개발하여 수량 및 수질 통합에 의한 관련 정부기관의 유역단위의 계획을 수립할 수 있도록 지원하고 있으며 IQQM은 메콩강 유역 계획에 적용되어 활용되었다.

## 2. 금강수계 실시간 물관리 운영 시스템

본 연구는 한국수자원공사의 주관 하에 수자원의 지속가능한 확보를 위해 21세기 프런티어 연구개발 사업의 일환으로 2001년부터 2004년까지 수행된 “실시간 물관리 운영 시스템 구축” 과제의 성과를 바탕으로 진행되었다. “실시간 물관리 운영 시스템 구축” 과제를 통해 물관리를 위한 수문정보를 체계적으로 제공할 수 있는 기반기술 개발 및 적용을 통해 유역 단위의 수자원 현황을 실시간으로 파악하고 관리할 수 있는 통합 물정보 제공 시스템을 구축하였으며 이를 바탕으로 강우-유출 예측 시스템(RRFS)을 비롯하여 저수지군 모의 및 최적화 모형과 물관리 의사결정 지원을 위한 수질 예측모의 시스템이 유기적으로 통합/연계된 1차 실시간 물관리 운영 시스템을 금강유역을 대상으로 하여 개발하였다.(그림1 참조)

강우-유출 예측 시스템(RRFS)은 미육군공병단의 SSARR 모형을 기반으로 하여 개발된 장단기 하천 연속 유출량 산정 시스템으로써 유역의 물 배분 및 공급의 최적화를 위한 실시간 물수지를 분석하고 유역의 생공농용수의 수요패턴을 반영함으로써 유역의 가용 수자원을 정량적으로 평가할 수 있도록 하였다.

저수지군 모의 및 최적화 모형은 장단기 저수지군 최적 운영 방안을 실시간 물관리 운영 시스템에 제공하기 위한 것으로서 수계 물수지 및 하천의 수질 유지를 위한 유량을 고려한 모의모형과 장기(월간) 및 단기(일간) 저수지군 최적운영 모형으로 구성된다. 월간 최적운영 모형인 SSDP-ESP 모형을 통해 월말 목표 저수위가 산정되면 일간 최적연계 운영 모형인 CoMOM에서는 일별 최적 방류량을 결정하게 되며 저수지군 모의운영 모형인 KORSIM 모형은 이러한 결과를 토대로 저수지 운영계획을 검토하여 최종 방류량을 결정하게 된다.

물관리 의사결정 지원을 위한 수질예측 모의 시스템은 저수지군 모의 및 최적화 운영 모형과 연계하여 댐 하류 수질을 고려한 저수지 운영계획 수립을 지원할 수 있도록 정상(Qual2e) 및 비정상 상태(CE-QUAL-RIV1)의 수질모의를 실시하게 된다.



그림 1. 금강수계 실시간 물관리 운영 시스템 구조도

### 3. 시스템 확장 및 수계 통합 시스템 구축 방안

금강수계 실시간 물관리 운영 시스템을 기반으로 현장에 대한 적용성과 사용성을 높여 본 시스템의 실 수요자인 한국수자원공사 물관리센터의 수자원 관리자 및 운영자가 실질적으로 활용할 수 있도록 시스템 구축방안을 제안하고 금강 이외의 타 수계까지의 확장성을 고려한 통합 시스템 개발 방향을 제안하고자 한다. 본 연구에서 제안하고자하는 통합 실시간 물관리 운영 시스템(IRWMS)은 한국수자원공사의 물관리 운영자를 위한 시스템으로써 이를 이용하는 사용자와 운영 환경, 모의방식 등에 따라 다음 그림2와 같이 DB & server 시스템, wrapper engine, on-line 시스템, off-line 시스템, 매크로 시스템의 5부분으로 구성된다.

#### 2.1 DB & Server 시스템

DB & Server 시스템은 데이터를 저장, 관리하기 위한 DB 시스템과 IRWMS 서버, 수문자료 연산 프로그램(DB Solution)으로 구성된다. KOWACO DB는 각종 기상, 수문, 수질 원시자료가 저장되어 있는 한국수자원공사의 통합 데이터베이스이며, IRWMS DB는 실시간 물관리 운영 시스템을 위하여 구축되는 데이터베이스로 응용 프로그램이 사용할 수문 입력 자료들과 해석결과 자료들이 저장되게 된다. IRWMS DB Solution은 KOWAKO DB와 IRWMS DB를 연결시켜 실시간 자료가 들어올 수 있도록 하며 IRWMS 사용을 위한 각종 자료 형태로의 변환을 지원하고 IRWMS가 오프라인 형태에서 쓸 자료 형태 파일을 제공하는 역할을 겸한다.

IRWMS 프로그램 서버는 IRWMS DB와 IRWMS 프로그램을 연결시켜 응용 프로그램이 요청하는 자료를 데이터베이스에서 처리해 주는 역할을 한다. 이는 응용 프로그램이 데이터베이스에 직접 액세스를 하지 못하게 함으로써 보안성을 높이고 클라이언트 프로그램 배포 시 데이터베이스 클라이언트를 따로 설치하지 않도록 배포의 편의성을 제공하며 나아가 응용 어플리케이션 업데이트 서버로서의 역할도 제공하게 된다.

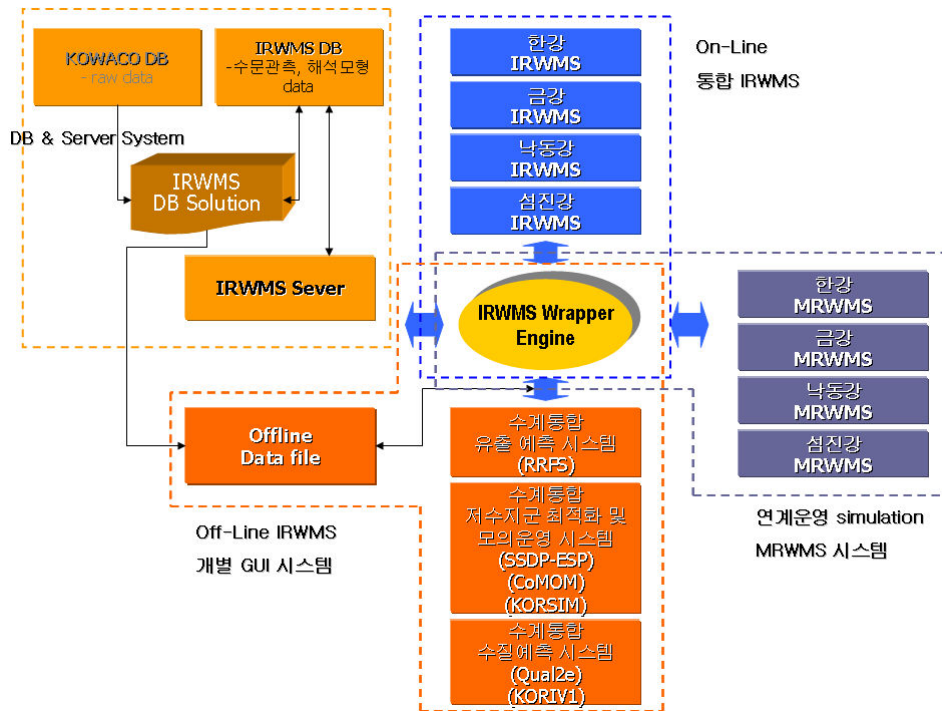


그림 2. 통합 실시간 물관리 운영 시스템 개념도

## 2.2 IRWMS Wrapper Engine

해석 모형들을 IRWMS에서 라이브러리 형태로 사용할 수 있도록 Dos형 해석 모듈을 감싸서 Dynamic Link Library로 구현한 것으로써 이 엔진은 크게 RRFS Module, SSDP Module, CoMOM Module, KORSIM Module, QUAL2E Module 의 해석 엔진 모듈과 IRWMS Database Module 및 IRWMS 연계 지원 모듈 등 크게 7가지의 모듈로 구성된다. 각각의 해석 엔진 모듈은 다시 수계별 지원 모듈이 포함되며 IRWMS Database 모듈은 온라인 데이터베이스 연결 지원과 오프라인 데이터 파일 연결 지원을 포함한다.

## 2.3 On-line 통합 IRWMS

DB & Server 시스템에 연계된 IRWMS Wrapper Engine를 이용하여 수계별로 구축되는 통합 시스템으로써 각 수계별로 RRFS, SSDP, CoMOM, KORSIM, QUAL2E 모형이 통합된 GUI 형태로 제공되며 Online Oracle Database를 IRWMS 서버를 통해 이용하게 된다.

## 2.4 Off-line 통합 IRWMS

Off-line 통합 IRWMS는 Offline Data File과 IRWMS Wrapper Engine을 연계하여 수계를 통합한 개별 해석 모형 GUI 시스템으로 수자원 전문가의 연구 목적 및 운영자의 모델 검증 등에 활용할 수 있도록 파일 시스템을 기반으로 하여 구축된다.

각 모델별로 한강, 금강, 낙동강, 섬진강 수계가 통합된 GUI 형태로 제공되며 Offline Data File을 직접 이용하게 된다.

## 2.5 매크로 시스템

Macro IRWMS는 N-Daily 자동 연계운영 Simulation 시스템으로써 입출력 구조는 텍스트 파일을 이용하며 사용자 설정에 따라 연계 운영 케이스를 만들어 모의운영 결과를 검토하는데 활용된다. 이 시스템은 저수지 운영자의 운영 목적에 부합하도록 손쉽게 모의설정을 할 수 있으며 엑셀 매크로 프로그래밍을 통하여 직접 엑셀 GUI를 작성할 수 있도록 지원한다.

## 4. 결 론

본 연구를 통해 장래의 수자원 확보를 위한 비구조물적인 대책의 일환으로서 한정된 수자원을 가장 효율적으로 사용할 수 있도록 수량과 수질조건을 만족시킬 수 있는 기술적인 대안을 제공하고자 하였다. 구체적인 실현 방안으로 기 구축된 금강 수계 실시간 물관리 운영 시스템을 기반으로 하여 실 적용성과 타 수계로의 확장성을 고려한 통합 실시간 물관리 운영 시스템의 구축방안을 제시하였다. 이를 통해 저수지군의 무효 방류량을 최소화함으로써 하천의 물공급 안정성을 확보하고 수질 조건을 고려한 용수 공급과 발전 최적화를 기대할 수 있으며 최종적으로는 하천의 수량과 수질 상태를 고려한 실시간 하천-저수지 운영 업무에 직접 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 감 사 의 글

본 연구는 21세기 프런티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 : 1-6-1)에 의해 수행되었다.

### 참 고 문 헌

1. 고익환, 황만하, 맹승진, 박정인, 권기량(2002). 실시간 물관리 운영 시스템 개발(I)-유역유출 분석모형 부문, 2002 대한토목학회 학술발표회 논문집.
2. 고익환, 박명기, 박상근, 김정엽, 박종택(2002). 실시간 물관리 운영 시스템 개발(II)-저수지군 모의운영 모형 개발 부문, 2002 대한토목학회 학술발표회 논문집.
3. 고익환, 정세웅(2002). 실시간 물관리 운영 시스템 개발(III)-수질예측 모형 개발 부문, 2002 대한토목학회 학술발표회 논문집.
4. 고익환, 김남일, 김상욱, 황만하(2002). 실시간 물관리 운영 시스템 개발(IV)-통합 물정보 제공 시스템 구축 부문, 2002 대한토목학회 학술발표회 논문집.
5. 고익환, 정세웅(2002). 통합수자원관리 기반기술 구축방안(I)-선진국의 하천유역 통합물관리 기술개발동향, 한국수자원학회 논문집, 제35권 제6호, pp. 61-70.
6. 고익환, 정세웅(2002). 통합수자원관리 기반기술 구축방안(I)-우리나라의 하천유역 통합물관리 기반기술 구축방안, 한국수자원학회 논문집, 제35권 제6호, pp. 71-78.
7. Frevert, D., Lins, H., Fulp, T., Leavesley, G., and Zagana, E.,(2000). The Watershed and River Systems Management Program-An Overview of Capabilities, Proceedings of the Watershed Management & Operations Management 2000 Conference, ASCE, fort Collins, Colorado.