

댐군 연계 운영을 위한 객체 지향적 최적 운영 모형의 개발

이용대(Yongdae Lee)*, 김재희(JaeHee Kim)*, 김승권(Sheung-Kown Kim)*

1. 서론

경제와 산업의 발전에 따라 용수 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 하지만 댐 개발 적지 감소 및 댐 개발단가 상승과 지역주민 및 환경단체들의 반발로 신규 수자원 개발에 많은 어려움을 겪고 있다. 특히 최근 들어 개발위주의 논리에 반대하여 지속 가능한 개발(sustainable development)을 주장하는 환경 관련 시민단체의 논리를 포용하는 새로운 수자원관리 개념(IIED, 2000)이 전 세계적으로 확산되고 있다. 이에 따라 댐 개발을 최소화하는 가운데 안정적인 용수 공급뿐만 아니라 수질 오염을 최소화하는 댐 운영 방안이 요구되고 있다. 또한 엘니뇨, 라니냐 등 기상이변으로 인하여 홍수와 가뭄이 더욱 자주 나타남으로써 효율적인 수자원 관리가 더욱 중요하게 되었다.

그러므로 친환경적인 신규 수자원 개발 노력뿐만 아니라 수자원 시스템의 종합적인 분석을 바탕으로 효율적인 수자원 관리 방안을 도출하기 위한 노력이 요구된다. 이를 위해서는 유입량 예측 모형, 저수지 연계 운영 모형, 수질 모형, 시뮬레이션 모형 등이 종합적으로 통합된 의사 결정 지원 시스템의 개발이 필수적이다. 하지만 서로 다른 모형을 통합하여 개발하는데는 많은 어려움이 따른다.

이와 같은 어려움을 해결하기 위하여 수자원 시스템과 같이 복잡한 시스템을 체계적으로 분석하고, 여러 응용 프로그램을 조화 있게 통합 개발하기 위한 연구가 소프트웨어 공학 등 여러 분야에서 진행되고 왔고, 그 결과 객체 지향 기술과 방법론이 대두되었다.

객체 지향 기술은 상호 작용하는 객체(Object) 들로 시스템을 표현하는 모델링 기법으로서, Rumbaugh의 OMT(1991), Booch의 OOAD(1994), Jacobson의 Use Case-Driven(1992) 방식 등 여러 방법론이 연구되어 왔고, 이들이 연구한 방법론에서 사용되는 표기법을 통합함으로써 객체 지향 분석과 설계 분야의 표준 제공을 위한 UML(Unified Modeling Language)이 OMG(Object Management Group)에서 표준 객체 지향 언어로 채택되어 여러 분야에 적용되고 있다. 그 사례로 프로젝트 위험 분석 및 관리(J. H. M. Tah, 2001), 생산 시스템 제어(Omar Aguirre et al., 1999), GIS 활용을 위한 지질 데이터 모델(이기원, 2000) 등 다양한 분야의 적용 사례를 들 수 있다.

본 연구에서는 이와 같은 UML을 이용한 객체 지향 기법을 이용하여 수자원 시스템을 분석하고, 이를 바탕으로 여러 수자원 시스템 분석 모형과 통합을 통해 종합 의사 결정 지원시스템으로 확장 가능한 댐군 최적 연계 운영 모형의 설계 및 개발 방법론을 제시하고자 한다.

* 고려대학교 산업시스템정보공학과

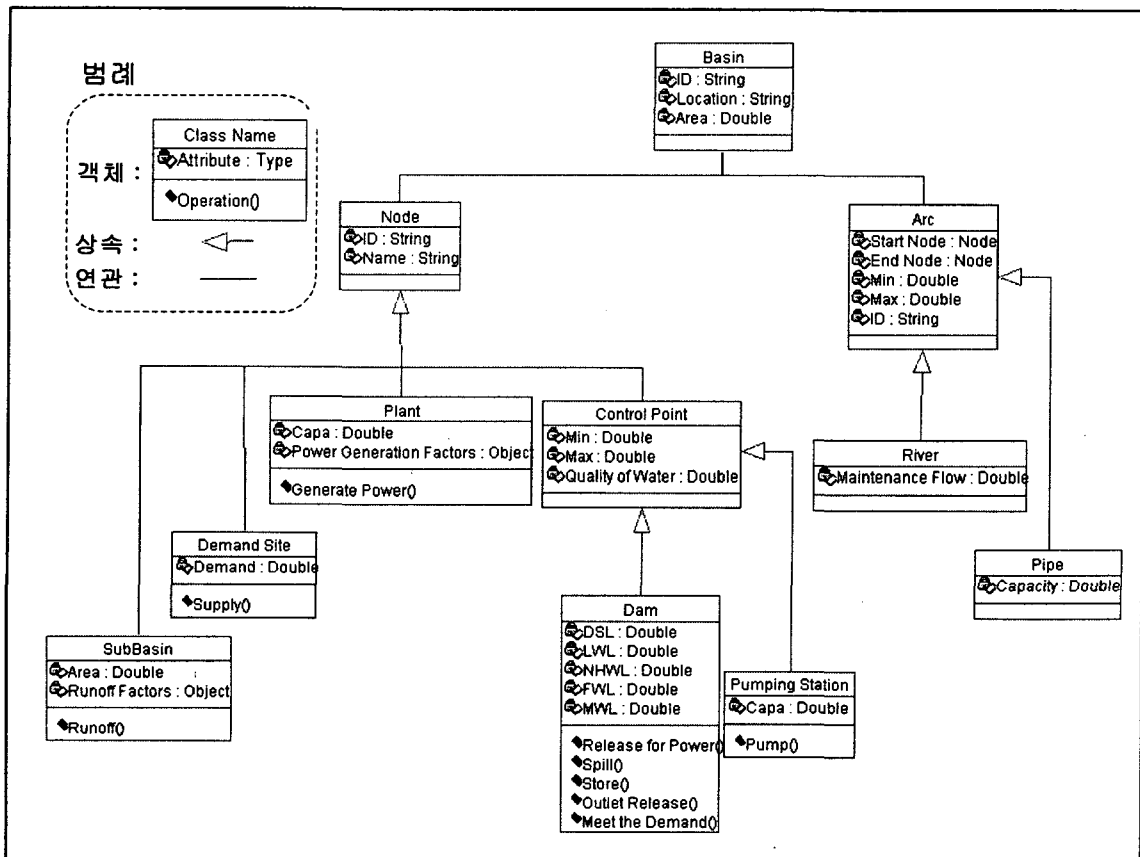
2. 수자원 시스템의 객체 지향적 분석

여러 수자원 운영 및 분석 모형과 통합 가능한 댐군 연계운영 모형의 설계 및 개발을 위해서는 수자원 시스템의 각 요소들을 파악하고 체계적으로 분석하여야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 객체 지향 기법의 표준 모델링 언어로 사용되고 있는 UML(Unified Modeling Language)을 이용하여 객체 지향적으로 수자원 시스템을 분석하였다.

UML은 소프트웨어 개발과정에서 객체 지향적으로 분석한 시스템을 효과적으로 표현하기 위한 모델링 언어로서, 각 객체와 이들 사이의 관계를 도시하기 위한 클래스(Class) 다이어그램, 시스템을 기능적으로 표현한 쓰임새(Use Case) 다이어그램 및 시스템의 움직임을 나타내는 활용(Activity) 다이어그램 등을 이용하여 시스템을 표현한다.

이와 같은 UML을 이용하여 객체 지향적 분석을 수행한 수자원 시스템의 클래스(Class) 다이어그램은 <그림 1> 과 같다. <그림 1>을 보면 전체 수자원 시스템을 네트워크(Network) 관점에서 분석하여 필수적인 요소들을 객체로 표현하고 이들 사이의 관계를 명시하였다.

먼저 각 객체는 범례에서 보는 바와 같이 객체의 특성을 나타내는 속성(Attribute)과 그 객체가 하는 일을 표현하는 활동(Operation)으로 구성된다. 댐(Dam) 객체를 예를 들어 설명하면 제원을 속성(Attribute)으로 하여 자신의 특성을 나타내고, 발전 방류(Power Release), 여수로 방류(Spill) 등의 활동(Operation)을 하고 있음을 알 수 있다.



<그림 1> 수자원 시스템의 클래스 다이어그램(Class Diagram)

이를 바탕으로 좀더 자세히 살펴보면 전체 시스템은 노드(Node) 객체와 아크(Arc) 객체로부터 상속을 받는 객체들로 구성되며, 노드와 아크는 수계(Basin)에 속함을 알 수 있다.

먼저 노드 객체는 수자원 시스템의 주요 시설 및 지역의 역할을 담당한다. 노드 객체는 속성을 소유역(Sub Basin), 수요지(Demand Site), 발전소(Plant), 조절점(Control Point) 객체로 상속한다. 먼저 소유역은 강우가 유출하는 것을 표현한 객체로서 강우 유출 모형의 핵심 객체가 된다. 그리고 수요지는 실제 용수 수요지를 의미하며 수요량 충족 여부를 확인한다. 또한 발전소는 실제 발전소를 의미하는 객체이다. 한편 조절점은 댐(Dam)과 취수장(Pumping Station)의 상위 객체의 역할뿐만 아니라 수질 확인 및 홍수 통제를 위한 객체로 활용 될 수 있으며, 가상의 노드로도 쓸 수 있다.

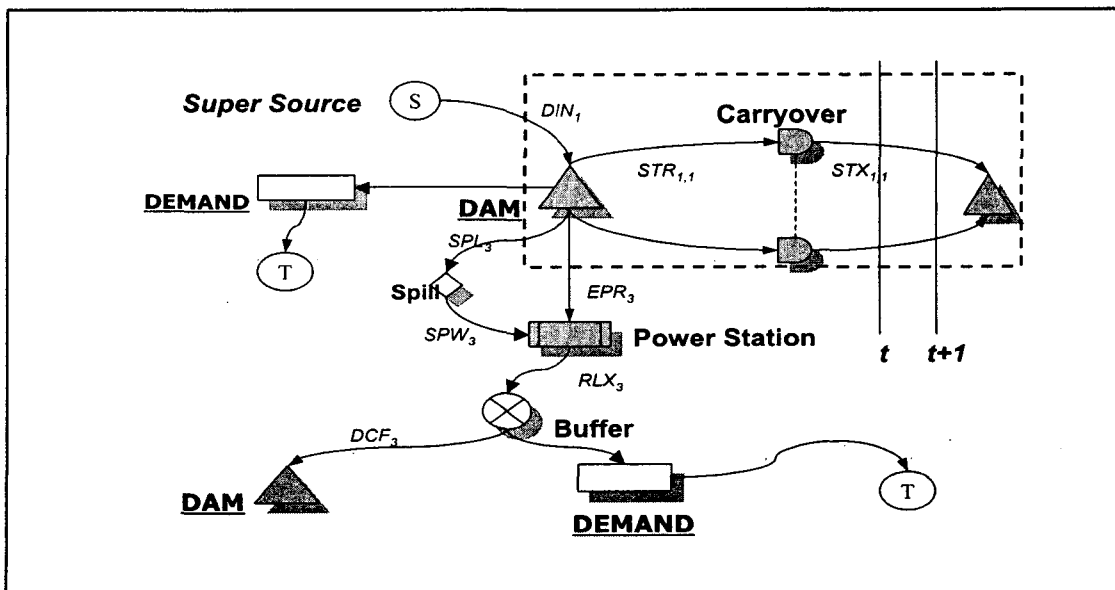
다음으로 아크 객체는 각 노드와 노드 사이를 연결해 주는 객체로서 그 속성이 하천(River)과 도수관(Pipe)의 객체로 상속되어 표현될 수도 있다. 하천은 아크의 속성을 상속받으며 하천유지용수(Maintenance Flow) 등 하천의 특성을 속성으로 갖는다. 한편 도수관은 최대 통수량 등의 특성을 속성으로 갖는다. 이 밖에도 여러 수자원 시스템의 요소를 객체로 표현할 수 있다.

이와 같은 분석 결과를 이용하여 여러 수자원 운영 및 분석 모형을 설계하고, 자료 구조들을 구성할 수 있다. 이를 통해 각 모형은 쉽게 통합 될 수 있으며, 다른 수계에 적용하는 노력도 상당부분 줄일 수 있을 것이다.

3. 댐군 연계 운영을 위한 최적화 모형의 객체지향적 설계

수자원 시스템을 객체 지향적으로 분석한 결과를 바탕으로 최적 댐군 연계 운영 모형에 적용된 네트워크 모형(김승권, 1998)을 수자원 시스템의 객체를 사용하여 UML의 쓰임새(Use Case) 다이어그램으로 재구성하였다.

먼저 최적 댐군 연계 운영 모형에 적용된 네트워크는 <그림 2>와 같다. <그림 2>를 보면 각 시설을 노드로 표현하고, 물의 흐름을 아크로 표현함을 알 수 있다.



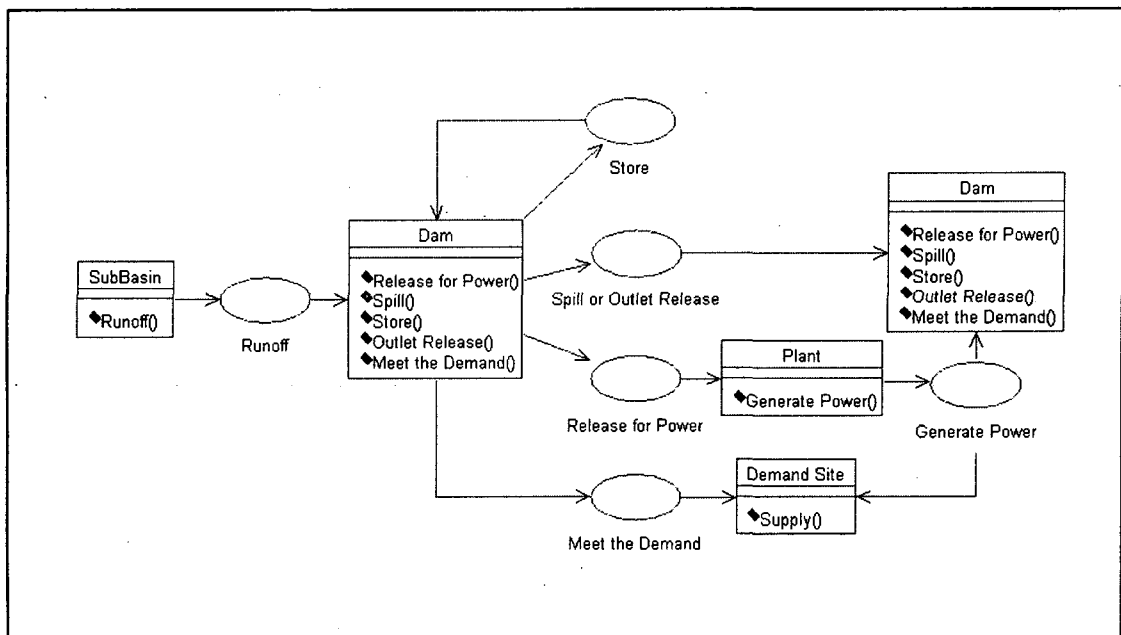
<그림 2> 최적 댐군 연계 운영 모형을 위한 네트워크

한편 이와 같은 네트워크 모형을 <그림 1>의 객체들을 활용하여 객체 지향적 분석을 통해 UML의 쓰임새(Use Case) 다이어그램의 형태로 재구성하였다.

쓰임새(Use Case) 다이어그램은 객체와 객체의 쓰임새(Use Case)를 정의하고 이들 사이의 관계를 규정한다. 이를 통해 각 객체의 기능을 명확히 하여 객체 지향적 소프트웨어의 설계 및 개발을 지원한다.

<그림 3>은 네트워크 모형을 쓰임새(Use Case) 다이어그램으로 재구성한 결과이다. <그림 3>을 자세히 살펴보면 소유역(Sub Basin)은 강우 유출(Runoff)을 통해 댐에 유입량을 발생시킨다. 그러면 Dam 은 저수(Store), 발전 방류(Release of Power), 여수로 방류(Spill) 또는 용수 공급(Meet Demand) 등 쓰임새(Use Case)를 결정하게 된다. 만약 저수를 결정하면 <그림 2>의 Carryover와 같이 다음 기간을 위해 물을 저수한다. 그리고 여수로 방류나 Outlet 방류를 하면 하위 댐으로 물이 이동한다. 한편 발전 방류를 하면 발전소에서 발전을 하고 하위 댐으로 보내거나 용수 공급을 한다. 그리고 용수 공급을 하면 용수 수요지로 물을 보내게 된다.

이와 같이 쓰임새(Use Case) 다이어그램을 활용함으로써 네트워크 모형을 쉽게 구현 할 수 있으며, 댐·발전소등 시설의 추가와 삭제 자유롭게 할 수 있다. 또한 같은 객체를 사용한다면 다른 모형과도 통합도 손쉽게 이루어 질 수 있다.



<그림 3> 수자원 시스템의 쓰임새 다이어그램(Use Case Diagram)

4. 댐군 연계 운영을 위한 객체 지향적 최적화 모형의 개발 및 구현

수자원 시스템을 UML을 이용하여 객체 지향적으로 분석하고, 연계운영 모형에 맞게 쓰임새(Use Case Diagram)을 재구성한 후 그것을 바탕으로 네트워크 기반의 댐군 연계 운영 최적화 모형을 구현하였다.

최적 연계 운영 수리 모형으로는 네트워크 기반의 혼합 정수계획 모형(MIP: Mixed Integer Programming)인 CoMOM(Coordinated Multi reservoir Operating Model) 모형(김승권, 1998)을 이용하여 구현하였으며, 객체 지향적으로 개발하여 댐, 발전소 등 시설의 추가와 삭제를 지원하도록 하였다. 이를 통해 여러 수계에 쉽게 적용하도록 하였으며, 다른 수자원 운영 모형과도 쉽게 통합이 가능하도록 고려하였다.

이 프로그램은 <그림 4>와 같이 수계 정보 시스템, 자료 입력 시스템, 최적화 시스템, 결과 분석 시스템으로 구성되며, 입출력 자료의 효율적 관리를 위하여 전체 자료는 DBMS를 이용하여 관리된다.

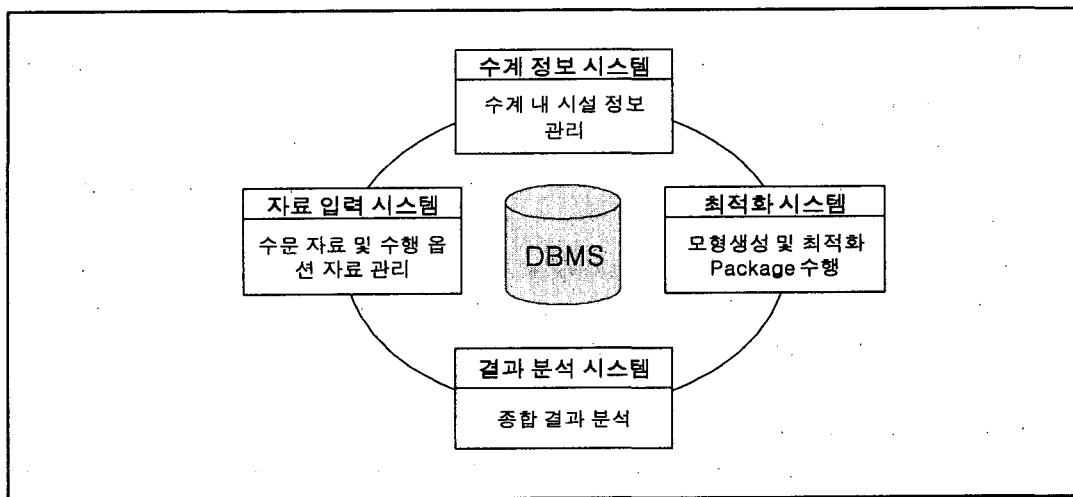
먼저 수계 정보 시스템은 전체 수계 내의 객체 정보를 종합 관리하는 모듈로서 소유역, 수요지, 발전소, 조절점(댐, 취수장) 및 하천 등의 정보를 관리한다. 이 모듈을 통해 전체 수계의 구조가 결정된다.

그리고 자료 입력 시스템은 구성된 댐 제원과 같이 수계 구조에 해당하는 속성(Attribute) 값과 유입량 또는 수요량과 같은 수문 자료를 관리한다. 이 시스템은 강우 유출 모형과 같은 다른 수자원 모형과 연계되어 통합될 수 있다.

한편 최적화 시스템은 수계 정보와 입력 자료를 바탕으로 수리 모형을 생성하고 최적화 Package를 이용하여 최적화를 수행하고 결과를 도출하는 모듈이다.

그리고 결과 분석 시스템은 모형 수행 결과를 분석하여 제시하고, 수질 모형이나 시뮬레이션 모형 등에 결과를 전달하는 역할을 한다.

이와 같은 전체 시스템의 자료는 DBMS를 통하여 관리된다. 또한 이 DBMS는 여러 수자원 운영 모형을 연계할 때 전체 자료를 관리 및 전달 역할을 할 수 있다.



<그림 4> 연계 운영을 위한 객체 지향적 최적화 모형의 시스템 구조

위와 같은 시스템을 개발하기 위한 개발 언어로 MS Visual C++ 및 MS Visual Basic 6.0을 사용하였으며, DBMS는 Oracle 8.0을 이용하였다. 그리고 수리 모형 수행을 위한 최적화 Package는 ILOG Cplex 7.0을 이용하였다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 UML을 이용한 객체 지향 기법을 이용하여 수자원 시스템을 분석하고, 이를 바탕으로 여러 수자원 모형과 통합을 통해 종합 의사 결정 지원시스템으로 확장 가능한 댐군 최적 연계 운영 모형의 설계 및 개발 방법론을 제시하였다.

한편 강우 유출 분석 프로그램, 시뮬레이션 모형 등 다른 수자원 관리 모형에도 객체 지향 기법을 적용하여 연구를 진행한다면 개별 프로그램을 개발하기 위해 들인 노력을 사장시키지 않고 좀더 효율적인 수자원 시스템 관리 방안 도출을 위한 통합 의사결정 지원 시스템을 개발 할 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

1. 김승권, 박영준, "댐군의 연계운영을 위한 수학적 모형", 한국 수자원학회 논문집, Vol 31, No 6, pp 779-793, 1998
2. 이기원, "지질 데이터 모델의 객체지향 분석 및 설계를 위한 UML 의 적용 ", 한국지구과학회 지, Vol.21, No.6, pp 719-33, 2000
3. Grady Booch, "Object-Oriented Analysis and Design with Applications." Benjamin/Cummings, 1994.
4. Ivar Jacobson, "Object-Oriented Software Engineering - A Use Case Driven Approach", Addison-Wesley, 1992.
5. IIED(International Institute for Environment and Development), "Dams and Development :A New Framework for Decision-Making, The Report of the World Commission on Dams", , November 16, 2000
6. James Rumbaugh et al., "Object-Oriented Modeling and Design", Prentice Hall, 1991.
7. J. H. M. Tah, V. Carr, "Towards a framework for project risk knowledge management in the construction supply chain.", Advances in Engineering Software , Vol 32, No 10-11, pp 835-846 ,2001
8. Omar Aguirre, Richard Weston, Francisco Martin and Jose Luis Ajuria, "MCSARCH: An architecture for the development of manufacturing control systems", International Journal of Production Economics, Volume 62, Issues 1-2, 20 May 1999, pp 45-59
9. ILOG Cplex 7.0 User's Manual 2001
10. <http://www.uml.co.kr/> , 2002
11. <http://www.omg.org/> , 2002