

객체-지향 지리정보시스템을 이용한 새만금 수자원 관리 시스템의 홍수방어 시뮬레이션 구현

이홍로^{1*}

An Implementation of Flood Simulation in the Saemangeum Water Resources Management System using an Object-oriented Geographic Information System

Hong-Lo LEE^{1*}

요 약

이 연구는 객체지향 지리정보시스템을 이용하여 지리-객체와 지리-필드를 연결하는 지리-객체 필드 방법을 규정하고, 수계-객체필드를 이용하여 새만금호 수량과 배수갑문수위를 조작하는 새만금수자원관리시스템의 홍수 시뮬레이션을 구현하고자 한다. 그리고 새만금 수계 수자원에 발생하는 자연현상과 인공현상을 조합하여 하나의 전체 수계-객체필드로 구성되는 객체지향 클래스 계층 구조를 설계함으로써 홍수통제 알고리즘 기법을 제안하고자 한다. 동시에 UML을 이용하여 전체적인 지리-객체필드와 단계적인 부분 지리-객체필드의 클래스계층구조를 가시화하고자 하며, 각 클래스의 속성과 메소드는 ZEUS/COM과 Win32 API를 이용한 Visual Basic 6.0을 사용함으로써 각각 호환성과 재사용성 기능을 확보하고자 한다. 이 논문은 새만금수자원관리시스템을 구현함으로써 효율적인 물관리를 하는데 기여할 수 있을 것이다.

주요어: 지리-객체필드, 수계, 수자원, 객체지향, 새만금, 홍수

ABSTRACT

This paper defines the prototype of the geographic-object field that links the geographic-object and the geographic-field using an object-oriented geographic information system, and then implements the flood simulation in the saemangeum water resources management system that manipulates the water

2003년 4월 5일 접수 Received on April 5, 2003 / 2003년 5월 30일 심사완료 Accepted on May 30, 2003

¹ 군산대학교 컴퓨터정보학과 Department of Computer Information Science, Kunsan National University

* 연락처 E-mail: leehongro@kunsan.ac.kr

quantity of saemangeum lake and the height of gate using the watershed-object field. This paper combines the natural phenomena with the artificial phenomena that occurs on the water resources of the saemangeum, and designs the object oriented class hierarchy that is composed of the total watershed-object field, and then presents the algorithm for flood control. To visualize the class hierarchy of the whole geographic-object field and the partial geographic-object field, I use the UML(Unified Modeling Language). Attributes and methods of each class can acquire the functional reusability and compatibility using the COM of the ZEUS and the Visual Basic 6.0 of Win32 APIs. By means of implementing the flood simulation in the Saemangeum water resources management system, finally, this paper contributes on the efficient management of water resources.

KEYWORDS: Geo-object Field, Watershed, Water Resources, Object-oriented, Saemangeum, Flood

서 론

2002년 9월 강릉, 무주와 낙동강 하류지역에 발생했던 집중호우는 막대한 인명과 재산 피해를 발생시켰다. 홍수와 범람은 가장 큰 피해를 발생시키는 자연재해이므로 예측과 방어를 위한 다양한 방법이 모색되어야 한다. 예측의 측면에서 봤을 때 강릉은 이미 1958년에 2002년과 같은 정도의 빈도차에 해당하는 강우량이 기록되었다. 강우 통계로부터 예측과 방어를 위한 시도가 있었다면 피해의 정도를 줄일 수 있는 가능성이 있었다는 것이다. 낙동강 하류지역의 경우, 남강댐의 홍수조절능력에 의해 더 넓은 지역이 침수되지 않도록 하는 적극적인 홍수방어능력이 효과를 입증하였다. 새만금 수역은 수자원공사의 수자원단위로 새만금 대권역에 편입되어 있고 그 하부의 중권역인 만경강과 동진강은 건설부 영상강홍수통제소에 의해 관리되고 있으며, 새만금종합개발지구 내에 건설되는 담수호 새만금호와 배수갑문은 농림부 농업기반공사에 의해 관리될 예정이다.

이 논문은 새만금 수역의 홍수를 발생시킬 가능성이 있는 만경강과 동진강의 수계에 내린 총 누가 강우량의 체적을 계산함으로써 새만금호의 홍수방어 저수능력을 극대화하는 배수갑문 조작시스템을 구현하고자 한다. 따라서

인접 금강수계와 섬진강수계는 물론 한강홍수통제소, 낙동강홍수통제소의 홍수방어시설의 구축에 응용될 수 있다. 물부족 국가인 우리나라의 물 관리를 위해 홍수와 가뭄을 제어하는 국토개발 계획에 응용될 수 있는 것이다.

지리정보시스템에서 지리현상을 개념화하고 모델링하는 두 가지 접근법으로서 지리-필드 모델링과 지리-객체 모델링이 구분되어 왔다(Couclelis, 1992; Frank와 Egenhofer 1992; Goodchild, 1992; Hadzilacos와 Tryfona, 1997; Borges 등, 1999; 이홍로, 2001). 기존의 지리정보시스템은 지리현상의 단면적이고 정적인 지리공간을 관계형 데이터베이스의 기법에 의해 객체중심이나 필드중심으로 나누어서 통합하는데 머물러 있었다. 그러나 지리현상은 본질적으로 동적이고, 이산적인 단위로 분리할 수 없는 연속성을 갖고 있으며, 객체와 필드가 상태변화하며, 동시에 시간적 순서에 따라 움직이는 변화를 추적하여 가시화해야 하는 필요성은 점점 증가하고 있다. 아울러 상이한 시스템과 환경 하에 구축된 각각의 지리정보를 종합하고 비교하는 요구에 부응하는 데이터공유의 필요성은 개방형 지리정보시스템의 국제적 표준화의 움직임을 보여주고 있다.

모든 지역의 강우량을 동시에 또는 주기적으로 장기 관측할 수 없으므로 일반적으로 레이다 및 인공위성 영상, 또는 항공촬영 영상의

촬영과 분석, 그리고 기존 강우관측소 통계로 강우량과 유출량을 산출하는 방법이 제안되었지만, 이 연구에서는 (Cova와 Goodchild, 2002) 등이 제안한 지리-객체 필드에 대한 공간 내포(spatial embedding) 관계 기법을 이용하여 강우량 관측소의 좌표벡터 필드와 수계 다각형(polygon) 객체의 관계식을 이용한 면적 산출법으로 누가 강우량의 체적을 구하였다. 레이더, 인공위성, 그리고 항공촬영 영상은 결과적으로 수계도(watershed map)에 중첩시켜 보정 후 가시화해야 하므로 이 연구에서 제안된 지리-객체필드의 공간 내포관계에 의한 지리-객체필드는 이의 전처리단계로서의 필요성을 갖는다.

지리-필드와 지리-객체 모델은 지리현상을 개념화하여 모델링하기 위한 두 가지 접근 방법으로 연구되어 왔다(Couclelis, 1992; Frank와 Egenhofer, 1992; Goodchild, 1992). Hadzilacos와 Tryfona(1997)은 지리-객체의 속성을 기하학적 입장에서 방향, 크기, 위치와 형태로 분류하여 표현하였고, 지리-필드를 지리-객체의 공간-중속속성으로 규정하여 사용하였다. 이 기하 속성과 공간 관계성을 E-R 모델(Chen, 1976)로 표현하는 개념 모델을 제안하였다. Filho와 Lochpe(1999)는 실세계의 지리. 지형 영역의 응용하고자 하는 주제에 따라 비지리-객체와 지리-현상으로 구분하고, 다시 지리-현상을 지리-객체와 지리-필드로 세분하여 표현하였다. 이 개념을 기반으로 하여 도형적 클래스 스키마를 제안하였다. Camara(1995)는 지리-객체와 지리-필드를 지원하는 질의언어 LEGAL을 구현하였다. 이 지리언어에서 지리-객체와 지리-필드의 기하학적 속성을 위치 관점에서만 다루었다. Peuquet(1988)는 지리-객체와 지리-필드를 지리현상의 철학적 본질보다 공간 개체-관계(entity-relationship) 모델의 근간이 되는 개념적 측면을 다루었다. Couclelis(1992)는 지리-객체와 지리-필드를 이분법으로 나누어 개념

적으로 형식화하는 방법을 제시하였다.

또한 세부적으로 지리공간을 지리-필드 입장에서, Worboys(1994)는 지리-필드를 위치참조와 속성영역 사이의 사상관계로 규정하였다. 지리공간을 지리-객체 입장에서, Smith와 Mark(1998)는 지리-객체를 fiat 경계와 bona-fide 경계로 나누어 규정하였다. 지리공간을 지리-객체필드 입장에서 Couclelis(1992)와 Worboys(1994)는 지리-객체와 지리-필드를 상호배타적으로 구분하지 않고 동등한 입장에서 서로연관된 것으로 규정하였다. 이를 기반으로 Cova와 Goodchild(2002)는 지리-객체와 지리-필드를 연결시켜 지리-필드 객체를 생성하는 새로운 방법을 제시하였다. 또한 Egenhofer와 Frank(1987), Worboys 등(1990), Frank와 Egenhofer(1992), Worboys(1994), 이홍로(2001)은 지리-객체와 지리-필드를 객체지향 데이터 모델로 규정하여 연구하였다.

이 연구는 지리공간의 지리-객체 모델링의 구현과 지리-필드 모델링의 구현을 연결하는 지리-객체필드 모델링 방법을 사용하여 “전라북도 새만금 대권역 수역” 전체를 지리-객체 필드로 가지는 “새만금 홍수통제를 위한 수자원관리시스템”의 구현을 위한 모델을 제안한다. 이 접근법은 Cova와 Goodchild(2002)가 이 제안한 한 연속적인 필드 안에서의 위치들이 이산적인 객체들에 사상되는 지리-객체필드 관점에 기초하고 있으며, 나아가 하나의 지리-객체필드는 연속적인 필드가 이산적인 객체들의 기하학적이고, 위상적 관계에 의한 사상에 의해 구현된다는 이론을 제안하고자 한다.

수계-객체필드 기법에 의한 강우-유출 모델은 국내외에 제안된 바 없다. 이 논문에서 새만금 수자원에 관계하는 복잡한 자연현상과 인공현상은 하나의 지리-객체필드로서 개념화되어 모델링하고자 한다. 이 논문은 지리-객체 필드의 클래스 계층구조를 UML(Book et al., 1999)을 이용하여 가시화하고, 속성과 메소드를 호환성과 재사용성의 확보라는 측면에서

규정하고자 한다. 끝으로 ZEUS 시스템(한국통신데이터(주), 2000) 기반 하에 새만금 수계의 효율적인 홍수방어를 위한 새만금 수자원관리 시스템을 위한 응용을 제안하고자 한다. 지리정보시스템의 발달로 기존의 홍수방어시스템은 점점 많은 가시화된 인터페이스에 관심을 갖게 되었다. 이 논문에서는 그러한 시도의 일부분이다.

구현단계에서 래스터(raster) 기반 지리정보데이터와 벡터(vector) 기반 지리정보데이터의 지도로의 사상(mapping)과 투영(projection)에 관계된 이분법과 그 종합을 위한 시도가 있어 왔으며, 이 연구는 역시 가시적 속성을 갖지 않는 연속적인 강수량-필드 위의 강수량 관측소라는 래스터-기반 데이터의 좌표 값을 벡터 기반 수계-객체 다각형에 명명 척도(nominal scale)에 의해 사상하는 관계식을 제안하였지만, 순서(ordinal), 간격 및 비율(interval/ration) 척도에 의한 필드 데이터의 객체로의 사상은 향후연구과제로 남겼다.

이 논문의 구성은 먼저 지리-객체필드에 기반하여 새만금 수역 수자원을 추상화, 은닉화와 상속성의 절차를 거쳐 정의를 내린 후 UML을 이용하여 모델링하고자 한다. 다음으로 새만금 수역 수자원관리시스템의 홍수방어 시뮬레이션 프로그램을 구현하는 것을 제안하고자 하고, 구현결과와 검토를 한후, 마지막으로 결론 및 향후연구방향에 대해 토의하고자 한다.

지리-객체필드에 기반한 새만금 수역 수자원 모델

이 논문이 제시하고 있는 객체지향 모델을 정의하기 위해서 클래스 기반 구조를 따르고자 한다(Beeri, 1989). 여기서 객체는 클래스의 인스턴트이고, 이 인스턴트의 속성 값의 집합인 상태와 객체에 적용할 수 있는 연산의 집합인 메소드에 의해 특정 지워진다. 클래스들

이 서로 간에 일반화의 관계를 형성할 때 클래스계층구조를 가진다(이홍로, 2001).

지리정보시스템에서 지리현상을 개념화하고 모델링하는 두 가지 접근법은 지리-필드와 지리-객체로 구분되고, 객체 지향 클래스의 집합으로 모델링할 수 있다. 이 지리 클래스는 지리-필드, 지리-객체, 그리고 지리-필드와 지리-객체를 연결하여 이용하는 지리-객체필드로 모델링된다(Camara, 1995; Cova와 Goodchild, 2002).

1. 공간 객체

공간 객체는 공간상에 독립적으로 유일하게 존재하는 지리-객체와 공간상에 균일하게 연속적으로 분포하고 있는 지리-필드, 그리고 지리-객체와 지리-필드를 연결하는 지리-필드객체로 구분된다. 이에 대한 기술은 다음과 같다.

1) 지리-객체

지리-객체는 지구 표면의 어느 영역에서 독립적으로 존재하는 객체이다. 객체 지향 공간 객체 모델은 ZEUS가 지원하는 공간 기본 자료형인 C_point, C_line 및 C_polygon 등을 이용한다. 또한 비공간 객체의 속성은 $\{A_1, \dots, A_n\}$ 으로 나타내며, 이 속성들의 정의역(D)에 대한 값의 집합에 대응하는 객체의 기본 데이터 타입(DOM)은 integer, real, string, bool 등이다. 공간상의 지구 표면에서 지리정보시스템의 자료로 만들기 위해서 지리-객체를 규정하기에 앞서 응용하고자하는 지형과 지질의 범위를 다음의 정의 1과 같이 규정할 수 있다.

【정의 1】 지리영역 GR

실수(real number, R)의 평면(R^2)에서 점(point)들 R 의 부분 부분집합을 지리영역이라 한다. 그래서 전체 지리영역은 $GR = \{GR_1, \dots, GR_n\}$ 이다.

예를 들어, 새만금간척지역에서 지리-객체

는 만경강과 동진강의 수계, 세류하천(rivers)과 수부(water bodies), 새만금호수, 방조제 및 배수갑문 등이다. 이 지리영역에서 축척(scale), 해상도(resolution)와 도량형(measurement unit)에 따라 공간 개체의 속성과 공간 개체 사이의 관계성의 한계가 결정된다. 이 지리영역의 특성은 지리 데이터를 구체적으로 모델링할 것인가 아니면 간단하게 모델링할 것인가에 의해서 지대한 영향을 비친다. 이 지리-객체는 GO로 표기하며, 다음의 정의 2와 같이 규정할 수 있다.

【정의 2】 지리-객체 GO

■ $GO = \langle go_oid, V, B, shape \rangle$

지리-객체 GO에서 oid는 객체식별자를 나타내고, V는 속성들의 값들이며, B는 객체들의 행위(behavior)이며, shape는 지리-객체의 기하형태를 나타내는 기하 속성으로 이에 대한 자료형은 ZEUS의 공간 기하 자료형 C_point, C_line 및 C_polygon 등을 이용한다.

2) 지리-필드

지리-필드는 지구 표면의 어느 영역 상에서 연속적으로 분포된 변수를 표현할 때의 지리영역을 의미한다(Camara, 1995). 지리-필드 모델에서 속성 및 메소드의 정의역을 나타내는 기본 데이터 타입(FDOM)은 래스터 기반 자료형과 벡터 기반 자료형으로 구분된다(Cova와 Goodchild, 2002). 래스터 기반 자료형은 grid of cells, irregular points와 grid of points이 있으며, vector 기반 자료형은 triangular irregular network, adjacent polygon과 isoline이 있다(Borges와 Laender, 1999; Davis와 Laender, 1999).

지리-필드 측면 있는 연구들에서 공간 속의 각각의 위치는 속성 도메인으로부터 수집된 값에 사상된다. 고도, 온도, 그리고 강수량이 이러한 지리-필드모델링을 사용하여 구현되어진 공간변수들이다. 이 지리-필드에 대한 정의는 다음의 정의 3과 같다.

【정의 3】 지리-필드 GF

■ $GF = \langle go_oid, X, B, SC \rangle$

지리-객체 GF에서 oid는 객체식별자이고, $X = \langle x_i, v_i \rangle$ 에서 x_i 는 지리 필드 상의 위치를 나타내고 $1 \leq i \leq n$ 이다. 여기서 n은 전체 위치의 개수를 의미한다. 또한 v_i 는 위치 x_i 에 있는 필드 값을 나타낸다. B는 자리필드들의 행위(behavior)이며, SC는 지리-필드의 기하학적 속성을 표현하기 위한 척도(scale)를 나타내며, $SC = \{nominal, ordinal, interval, ratio\}$ 이다(David, 1981).

예를 들어 새만금간척지에서 저류지, 환경농업단지, 갯벌영역, 인공습지 및 수계 등은 세부적인 지리영역으로, 여기에 연속적으로 균일하게 분포되어있는 수질 오염도, 간척지 염도, 수계의 강우량, 기온, 습도 및 해양녹조 등은 지리-필드들이다.

【정리 1】 지리-객체 입장에서 지리-객체와 지리-필드를 연결하기 위한 관계성은 $Asd(FDOM) \rightarrow DOM_1 \times \dots \times DOM_n$ 의 공간-종속 속성 함수를 포함한다.

증명: 공간-종속 속성(A_{sd})은 지리-객체와 지리-필드 사이의 관계성을 함수를 도입하여 표현한 것으로 지리-객체가 지리적 위치에 따라 지리-필드의 값들을 얼마나 공유하고 있는지를 나타내는 공간 관계를 내포하고 있기 때문에 공간 관계성이다.

【정리 2】 지리-필드 클래스는 속성-영역 관계를 형성하는 영역 클래스로 지리-객체 클래스가 될 수 없다.

증명: 지리-필드 클래스는 주제에 따라 균일하게 분포된 공간 변수를 관측 축척인 명명, 순서, 간격과 비율에 의해서만 표현되는 클래스이기 때문에 지리-필드 클래스와 지리-객체 클래스는 속성-영역 관계를 형성하지 못한다.

【정리 3】 지리영역에서 지형, 지물은 응용하고자 하는 관점에 따라 지리-객체로 표현할

수도 있고 지리-필드로도 표현될 수 있다.

증명: 예를 들어 '만경강'이 물고기 서식지 일 때 물고기 입장에서 보면 '만경강'은 지리-필드가 되고 물고기는 지리-객체가 된다. 그러나 '만경강'을 가로지르는 '전주군산간 도로' 입장에서 보면 '만경강'은 지리 객체로 볼 수 있다. 결국 지형지물은 응용하고자 하는 지리 정보 관점에 따라 지리-객체 혹은 지리-필드 로도 된다.

3) 지리-객체필드

지리현상의 지리-필드와 지리-객체를 결합한 지리-객체필드는 연속적인 지리-필드 안에서 위치들이 이산적인 지리-객체들에 사상되는 일련의 것이라는 지리-객체필드 관점에 기초하고 있다(Cova와 Goodchild, 2002). 하나의 지리-객체필드는 연속적인 지리-필드가 이산적인 객체들의 기하적, 위상적 관계에 의해 사상되는 일련의 것에 의해 구성된다. 앞에서 기술한 정리 1과 Cova와 Goodchild(2002)에 의해서 지리-객체필드의 생성을 위한 공간 내포(S: spatial embedding)는 다음의 정의 4와 같이 규정할 수 있다.

【정의 4】 공간 내포 S

■ $S = \{ (x, f(x)) \mid x \in R^2, f(x) \in \{T, F\} \}$

공간 내포는 한 지리-필드의 위치와 연관된 지리-객체가 있는지의 여부를 참(T)과 거짓(F)으로 나타내고자 한 것이다. x 는 2차원 실수 공간 R 에서의 지리-필드에 대한 위치벡터를 나타내고, $f(x)$ 는 지리-객체가 지리-필드상의 위치벡터에 존재하는지의 여부를 규정하는 함수를 나타낸다.

또한 임의의 지리-필드의 위치벡터(x)와 지리-객체(go) 사이를 연결하는 연관관계(R)는 다음의 정의 5와 같이 규정할 수 있다.

【정의 5】 연관관계 R

■ $R = \{ (xi, goj) \mid xi \in R^2, goj \in Ugo \}$

여기서 x_i 는 2차원 실수 공간 R 에서의 지리-필드에 대한 위치벡터를 나타내고, 지리-객체 go_j 는 지리-필드 g_r 의 위치벡터 x 와 연관관계를 형성하는 지리-객체이며, Ugo 는 지리-객체의 전체집합으로 $Ugo = \{go_1, \dots, go_j, \dots, go_n\}$ 이다.

위의 정의 4는 지리-필드가 지리-객체에 공간적으로 내포관계를 나타내고, 정의 5는 임의의 지리-필드의 위치벡터와 지리-객체 사이를 연결하는 연관관계를 나타낸다. 지리-필드의 한 위치에 존재하는 필드 값이 지리-객체로 가는 함수 관계를 형성하기 때문에, 이를 이용하여 지리-객체필드를 새로이 추론할 수 있다(Worboys, 1994; Cova와 Goodchild, 2002). 그래서 이 지리-객체필드는 다음의 정의 6과 같이 규정할 수 있다.

【정의 6】 지리-객체필드 GOF

■ $GOF = \langle gof_oid, S, R, V, B, shape \rangle$

지리-객체필드 GOF에서 gof_oid 는 객체필드식별자이고, S 는 공간 내포를 나타내며, R 은 연관관계를 나타내고, V 는 속성들의 값들이며, B 는 객체들의 행위를 나타낸다. $shape$ 는 지리-객체필드의 기하형태를 나타내는 기하 속성으로 ZEUS의 공간 기증 자료형 C_point , C_line 및 $C_polygon$ 등을 이용한다.

위의 정의 6에서 지리-객체는 지리-필드상의 위치에 관계되어 있다. 모든 지리-객체는 기본속성으로 위치 값을 갖고 있으므로 주제에 따른 지리-필드상의 위치에 사상되어 하나의 표에 표현될 수 있다. 그래서 만경강 수계와 동진강 수계를 표현하기 위한 수계-객체와 강우량 관측소의 강우량-필드의 위치벡터가 서로 사상되어 새로운 강우량수계-객체필드가 형성된다. 따라서 이 강우량수계-객체필드는 표 1과 같이 표현될 수 있다.

표 1에서 강우량-필드의 위치벡터와 수계-객체필드 사이에 점-면 사상(point to polygon mapping)은 만경강 유역(8개 관측소)과 동진강 유역(6개 관측소)의 수계가 하나도 중첩을

TABLE 1. Mapping precipitation-field to watershed -object at Saemangeum lake

수계-필드 강우량-필드	임피수계	금마수계	고산수계	용진수계	구이수계	...	고부수계
임피	T	F	F	F	F	...	F
금마	F	T	F	F	F	...	F
고산	F	F	T	F	F	...	F
용진	F	F	F	T	F	...	F
구이	F	F	F	F	T	...	F
...	F
고부	F	F	F	F	F	...	T

허락하지 않고 강우량을 측정값을 대표할 수 있기 때문에 1:1 사상을 이룬다.

객체지향 수자원 데이터베이스 설계

여기서는 앞에서 기술한 지리-객체, 지리-필드와 지리-객체필드를 이용하여 수자원 관리를 위한 클래스 계층 구조를 설계하고자 한다.

1. 수자원 클래스 계층 구조 설계

이 논문은 국립지리원의 1:25,000 수치지도를 기본도로 이용하는 등고선, 실폭하천, 강우량, 강우량관측소, 수계, 수부와 호수를 추출하여 수자원 데이터베이스를 구축하고자 한다.

정의 3에 의해서 강우량을 관측하여 나타내는 강우량-필드 클래스는 강우량, 관측소명, 명명 척도를 가지며, 그리고 표 1에 의해서 강우량관측위치는 만경강 유역 8개소(임피, 금마, 고산, 용진, 구이, 용지, 봉동, 전주)와 동진강 유역 6개소(김제, 금구, 태인, 산외, 정읍, 고부)를 가진다. 이 강우량 필드 클래스는 강우량관측 데이터베이스를 설계하기 위한 것이다.

정의 2에 의해서 수계-객체필드 클래스는 수계면적, 수계수량, 수계이름과 영역의 기하형태로 규정된다. 실폭하천-객체 클래스는 실폭하천면적, 하천수량, 하천이름과 영역의 기하형태로 규정된다. 새만금호수-객체 클래스는

호수면적, 호수수량, 호수이름과 영역의 기하형태로 규정된다. 배수갑문은 배수갑문높이, 갑문이름과 점의 기하형태로 규정된다. 이 지리-객체 클래스들은 새만금 유역의 데이터베이스를 구축하기 위한 것이다.

정의 2 ~ 정의 6, 그리고 정리 1 ~ 정리 3에 의해서 강우량-필드 클래스와 수계-객체필드 클래스를 연결하여 수계에서의 수량을 계산하기 위한 강우량수계-객체필드는 공간내포(S)와 관계(R)를 명시적으로 나타내며, 수계-객체 클래스와 같은 수계면적, 수계수량, 수계이름과 영역의 기하형태로 구성된다. 이 강우량-수계 객체필드 클래스는 강우량관측소에 영향을 받는 수계에서 수량을 계산하기 위한 것이다.

따라서 본 논문은 지리-필드, 지리-객체와 지리-객체필드에 적합한 자료형에 따라 강우량-필드, 수계-객체필드, 하천-객체, 새만금호-객체와 배수갑문-객체를 위한 새만금 수역 클래스 계층 구조를 그림 1과 같이 표현하였다.

그림 1에 대해 기술하면, 추상클래스는 C_새만금홍수통제이고, 지리-필드 클래스인 C_우량필드와 지리-객체인 C_수부 클래스는 C_새만금홍수통제와 집단화 관계를 형성하고 있다. C_수부 클래스는 상속관계를 이루는 클래스로 C_수계 클래스, C_실폭하천 클래스와 C_호수 클래스를 가진다. 객체화 관계(instance

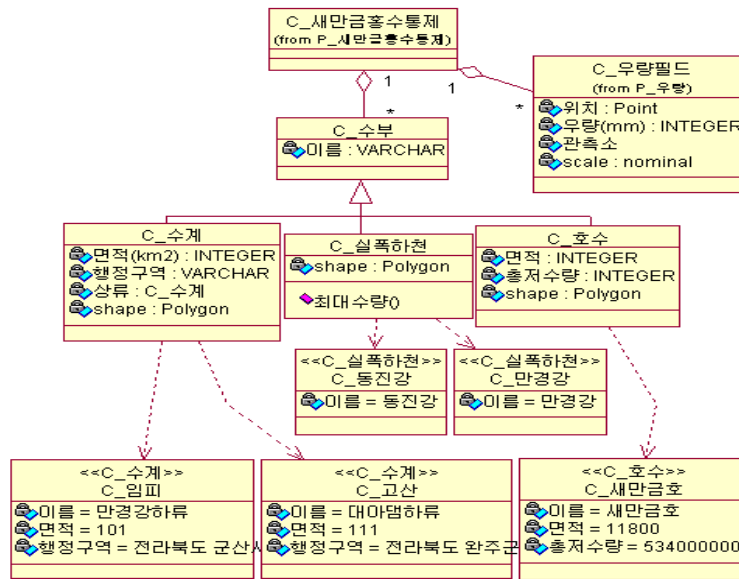


FIGURE 1. Class hierarchy of Saemangeum watershed

of)에 의해서 C_수계 클래스에서 생성되는 객체는 C_임피 수계 의 객체, C_고산 수계의 객체 등이고, C_실폭하천에서 생성되는 객체는 C_동진강과 C_만경강이며, 그리고 C_호수 클래스에서 생성되는 객체는 C_새만금호 객체이다.

2. 강우량-수계 객체필드에 의한 하천유입 수량 측정

새만금 수자원 데이터베이스에 의해서 유량(유출량)은 다음의 수식을 이용하여 계산할 수 있다.

$$\text{유량(유출량)} = \text{강우량} - (\text{증발산량} + \text{차단량} + \text{지하침투량}) \quad (1)$$

이 유출량은 범람으로 인하여 그 유속이 감소하다 결국 일정 지체 시간 후에는 새만금호의 신시, 가력 배수갑문에 도달한다(Linsley, 1994).

- 1) 지체시간이 고려된 강우량 측정
지체시간이 고려된 강우량을 측정하기 위

해서 새만금 수계에 대한 강우량수계-객체필드의 제약조건은 다음과 같이 규정할 수 있다.

【제약조건 1】 강우량-수계 객체필드 제약조건

- ① 각 수계에서 강우량 동시 관측(t_i)
각 강우량 관측소에서 강우량은 동시에 측정한다. 즉, 강우 관측소와 수계와 연결된 상태는 일정시간 t_i 을 가진다고 가정한다.
- ② 수계의 중복 배제(disjoint partition of watersheds, $w_{ti} \neq w_{tj}$)
각 강우량 관측소에서의 강우량-필드의 위치 벡터와 연결된 수계-객체필드는 다른 수계와 중복없이 분할된다. 즉 하나의 수계-객체는 다른 수계-객체필드와 중첩되거나 내포되지 않는다고 가정한다.
- ③ 각 수계의 실폭 하천에 머무르는 시간 일정($t_2 = t_i = t_j$)
한 관측소 강우량-필드의 위치벡터와 연결된 수계-객체필드를 지나 강우량이 실폭하천을 통과하는 시간 t_i 는 다른 관측소 강우량-필드의 위치벡터와 연결된 수계-객체필드를 지

TABLE 2. Distribution of water quantum at precipitation watershed-object fields(영산강, 2003)

강이름	관측소명	(위도, 경도)	우량 (mm)	유역면적 (km ²)	수계수량 (m ³)
만경강	임피(임피초등)	(35°59'16",126°50'59")	q ₁	250	Q ₁
	금마(금마초등)	(35°59'30",126°03'25")	q ₂	198	Q ₂
	고산(고산중)	(35°58'43",127°12'32")	q ₃	277	Q ₃
	용진(용진중)	(35°52'55",127°09'13")	q ₄	192	Q ₄
	구이(구이초등)	(35°43'14",127°07'09")	q ₅	173	Q ₅
	용지(용지초등)	(35°51'02",126°57'34")	q ₆	204	Q ₆
	봉동(용봉고)	(35°56'28",127°10'01")	q ₇	112	Q ₇
	전주(미산교)	(35°52'12",127°06'19")	q ₈	121	Q ₈
	계		1,527		
동진강	김제(중앙중)	(35°47'40",126°53'16")	q ₉	127	Q ₉
	금구(금구초등)	(35°46'28",127°00'45")	q ₁₀	188	Q ₁₀
	태인(태인중고)	(35°41'33",126°53'35")	q ₁₁	192	Q ₁₁
	산외(산외중)	(35°37'09",127°02'40")	q ₁₂	174	Q ₁₂
	정읍(북초등)	(35°34'47",126°50'59")	q ₁₃	213	Q ₁₃
	고부(고부중)	(35°36'51",126°44'29")	q ₁₄	235	Q ₁₄
	계		1,129		

난 강우량이 실폭하천을 통과하는 시간 t_3 와 같다. 즉 각 관측소에 기반한 수계의 수량이 실폭하천에 머무르는 시간은 같다고 가정한다.

④ 새만금호에 머무르는 시간 일정(t_3)

모든 수계에 내린 강우량이 실폭하천을 지나 새만금호수에 유입완료된 시간은 t_3 이다. 즉 모든 수계의 강우량이 실폭 하천을 지나 새만금호에 머무르는 시간은 일정하다고 가정한다.

⑤ 배수갑문이 담수호를 유지하기 위해 활동하는 시점을 가정하므로 현재 배수되는 유량이 없다고 가정한다.

그래서 앞에서 기술한 그림 1의 클래스계층과 제약조건 1을 기반으로 한 강우량은 우량-수계 객체필드에서 수량, 실폭하천에서 수량, 그리고 새만금호에서의 수량으로 나누어 실제 값을 아래 절에서와 같이 규정할 수 있다.

2) 강우량-수계 객체필드에서 유량

위의 표 1에서 표현한 우량-필드의 위치벡터와 수계-객체 사이의 사상에 의한 우량수계

-객체필드는 만경강 유역과 동진강 유역에서 발생한 강수량을 측정하기 위한 것이다. 이를 기반으로 한 우량수계-객체필드에서 유량 현상은 표 2와 같다.

표 2에서 T_{1+1} 시간에 전체 우량수계-객체필드의 유량(Q_{t1+1})은 각 우량-수계 유량과 기존에 우량수계-객체필드 유량(Q_{t1})에 있는 유량을 더한 것에서 증발산량 $_{wsi}$ 과 지하침투량 $_{wsi}$ 을 뺀 것이다. 그래서 14개 관측소에서 측정한 우량에 의한 우량수계-객체필드의 유량의 구체적인 수식은 다음과 같다.

우량수계 유량

$$Q_{t1+1} = \sum_{i=1}^{14} ((Q_i=q_i \times A_i) + Q_{t1i}) - (\text{증발산량}_{wsi} + \text{지하침투량}_{wsi}) \quad (2)$$

여기서 Q_{t1+1} 은 전체 수계 유량(Q_{t1+1})이고, Q_{t1i} 는 이전의 각 수계에 있는 유량이며, q_i 는 관측소의 우량이며, A_i 는 유역면적이다.

3) 실폭하천에서 유량

t_{2+1} 시간에서 실폭하천에 대한 유량은 강우량-수계 유량(Q_{t1+1})과 기존에 강에 있는

유량(Q_{t2})을 더한 것에서 증발산량 r 과 지하침투량 r 을 뺀 것이다. 이에 대한 수식은 다음과 같다.

$$Q_{t2+1} = Q_{t1+1} + Q_{t2} - (\text{증발산량} + \text{지하침투량}) \quad (3)$$

4) 새만금호에서의 수량

t_{3+1} 시간에서 새만금호에 저장된 유량은 실폭하천 수량(Q_{t2+1})과 이미 새만금호수에 있는 유량(Q_{t3})을 더한 것에서 증발량 r_1 과 지하침투량을 뺀 것이다. 이에 대한 수식은 다음과 같다.

$$Q_{t3+1} = Q_{t2+1} + Q_{t3} - (\text{증산발량} + \text{지하침투량}) \quad (4)$$

5) 배수갑문 높이에 의한 수문 개폐

위 표에서 새만금호 수량과 가력배수갑문과 신시배수갑문의 수위는 새만금호에서 유출되는 유량을 통제하기 위한 값이다. 개폐임계수위는 이미 각 갑문을 설계할 때 정해진 높이이다. 새만금호 유량과 수위분포는 표 3과 같다.

배수갑문의 높이는 해수측이 15.0 EL.M(m), 담수측이 12.5 EL.M(m)로서 총 18련으로서 초당 최대방류량은 가력배수갑문 7,050 m³/sec, 신시배수갑문 8,812 m³/sec의 합인 15,862 m³/sec 이다. 방조제 내부의 간척지를 보호하기 위한 방수제의 높이가 3.5 미터이므로 평상시 새만금호의 수위는 2.5 EL.M(m)에서 3.5 EL.M(m) 구간에서 관리 되고, 홍수 시에는 지체능력을 최대화하기 위해

TABLE 3. Distribution of water quantum and water height at Saemangeum lake

새만금호 유량	호수수위	갑문개방 허용구간	해수위 변동범위
Q_{t3}	h		
Q_{t3+1}	h_{+1}	해수위가 3.0m 이하인	EL.M
...		1일2회 간조시	-3.0m~+3.0m
Q_{t3+n}	h_{+n}		

TABLE 4. Manipulating algorithm of RC-box girder gate at common and flood interval

홍수시 배수갑문 조작 알고리즘	평상시 배수갑문 조작 알고리즘
<pre> 배수갑문_go_class method_open if (호수면수위 >= 해수면수위) 갑문_open(); else 갑문_close(); method_close if (호수면수위 < 해수면수위) 갑문_close(); else 갑문_open(); </pre>	<pre> 배수갑문_go_class method_open if (해수면수위 >= 2.5 EL.M 미터) 갑문_open(); else 갑문_close(); method_close if (호수면수위 < 2.5 EL.M 미터) 갑문_close(); else 갑문_open(); </pre>

침투유량이 유입되기 전에 비워두어야 한다. 단 방조제 밖의 해수면은 EL.M -3.0m ~ +3.0m에 이르는 구간에서 1일 2회 주기적인 조수간만을 보이므로 갑문개방은 1일 2회의 만조시를 제외한 구간에서 이루어져야한다. 이의 알고리즘은 표 4와 같다.

객체지향 지리-객체필드에 기반한 수자원관리시스템 구현

1. 시스템 구성 및 기능

앞에서 규정한 객체지향 새만금 수역 수자원 모델과 객체지향 수자원 데이터베이스를 위한 수계-객체필드에서 유량을 계산하기 위한 수자원 관리 시스템의 구조는 Windows 2000 서버 OS 환경 위에 객체 관계형 공간 데이터베이스관리시스템인 ZEUS2000이 실행되고, 본 논문에서 구현한 인터페이스에 의해 운영된다. 이 수계 인터페이스는 ZEUS/COM과 Win32 API를 이용한 Visual Basic 6.0으로 제작하였다. 이에 대한 수계 인터페이스를 구현하는 그림 2는 새만금홍수관리시스템을 보

여주고 있다.

그림 2에서 보면, 기본화면은 주메뉴(화면관리, 자료관리, 시설관리, 통계분석, 시뮬레이션), 지도제어도구모음(확대축소, 화면이동), DB제어도구, 색인지도창, 지도레이어창(레이어명, 보이기), 상태표시줄(DB명, TM좌표값, 화면상위치), 그리고 지도를 보여주는 지도창으로 구성되어 있다.

각 기능에 따라 세부적으로 기술하면, 지도레이어창은 그림 1에서 규정한 새만금수역 클래스계층구조에 기준하여 지도를 보여주는 여부를 결정하기 위한 기능이다. 지도제어도구모음은 목적하는 바를 지도창에 확대축소와 이동 기능을 담당하고, DB제어도구는 ZEUS/X의 데이터베이스에 로그인(log-in)하기 위한 기능이고, 색인지도창은 지도의 부분을 메타검색으로 찾기 위한 것이며, 지도레이어창은 각 레이어의 보여주기 여부를 결정하며, 상태표시줄은 DB명, TM좌표값과 화면상의 상대 위치의 상태를 보여주기 위한 기능이고, 그리고 지도를 보여주는 지도창에는 수계와 새만금호강우량과 수위관계식에 기반한 갑문작동명령이 표시된다.

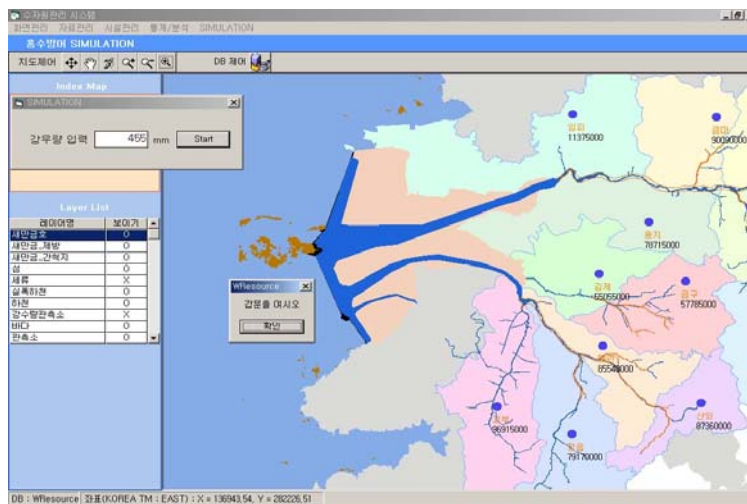


FIGURE 2. Interface of the Saemangeum water resources management system

2. 검토

이 논문은 지리현상의 표현방법으로서 강우량 필드와 수부 객체를 연결하는 수계-객체필드를 단위로 하는 수자원 관리 시스템과 그 하부 클래스로서 강우량과 새만금호의 수위간의 관계를 시뮬레이션하여 배수갑문의 개폐를 명령하는 프로그램 인터페이스를 제안하였다. 새만금 배수갑문은 500년 빈도치 강우량인 455mm에 근거하여 설계되었고 이 강우량은 제안한 시뮬레이션에 의해 '갑문을 여시오'라는 결과를 보여 주었다. 이 논문의 기여는 강우량 관측시점에서 새만금호의 수량과 수위를 예측하고 배수 갑문을 제어하기 위한 관계식을 제작하고 모의한 것이다 여기서 홍수시 증발산과 차단량의 합은 5% 이하로 계산되었으므로 평상시 강우-유출 모델과는 상당한 차이를 보인다.

그 이하의 상세한 강우량 구간에서 배수갑문 통제와의 관계는 증발산과 차단량의 비중이 점점 증가할 것이지만 이 논문의 한계를 벗어나는 문제인 만큼 향후 연구과제로 제시한다.

결 론

이 연구는 객체지향 지리정보시스템의 입장에서 지리공간의 지리-객체모델링의 구현과 지리-필드모델링의 구현을 연결하는 지리-객체필드 모델링 방법을 사용하여 전라북도 새만금 대권역 수계 전체를 지리-객체필드로 가지는 새만금 수역 수자원관리 시스템의 홍수 시뮬레이션을 구현하였다.

강우량이라는 연속적인 필드의 모든 위치는 수계와 하천 객체와의 관계성을 모델링한 수부라는 지리-객체필드 클래스로 규정하여 구현하였다. 이로서 새만금유역 수자원의 실시간 관측과 통제, 그리고 대상 수계의 두 배수갑문을 포함한 임의 위치, 임의 시간에서의 홍수와 범람 가능성의 예측가능성을 높이는 데

기여하였다.

홍수예측이라는 한정된 목적에 따른 최악의 경우를 전제하였기 때문에 배제된 평상시 수자원의 특성, 즉 증발산량과 지상/지하 차단량, 그리고 상류 도시시설에 의한 지체량의 영향을 포함한 보다 정밀한 연구를 향후 연구과제로 제안한다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단이 군산대학교 새만금 환경연구센터(RRC)를 통하여 지급한 연구비로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

KAGIS

참고문헌

- 영산강. 2003. 영산강 홍수통제소 유역현황, 만경강/동진강 유역도 및 수문관측위치도. <http://www.hrfco.go.kr/youngsan>.
- 이홍로. 2001. 지리-객체와 지리-필드에서 기하속성과 공간관계 역할에 기반한 객체지향 공간 데이터 모델. 한국정보처리학회 논문. 8-D(5):516-572.
- 한국통신데이터(주). 2000. Revolutionary GIS solution ZEUS 2000. GIS를 위한 객체관계형 공간 데이터베이스 관리시스템.
- Beeri, C. 1989. Formal models for object-oriented databases. Proceedings of the 1st International Conference on DOOD. pp.370-389.
- Booch, G., J. Rumbaugh and I. Jacobson. 1998. The Unified Modeling Language User Guide. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Borges, K.A.V., A.H.F., Laender and C.A. Davis Jr. 1999. Spatial data integrity constraints in object oriented geographic data modeling. ACM GIS, pp.1-6.
- Camara, G. 1995. Models, languages and

- architectures for geographical information systems. Ph.D. theses. INPE in Brazil.
- Chen, P.S. 1976. The entity-relationship model: Toward a unified view of data. *ACM TODS* 1:9-36.
- Couclelis, H. 1992. People manipulate objects : beyond the raster-vector debate in GIS. In : A.U. Frank and I. Campari(ed.). *Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space*. LNCS.639, Springer-Verlag, pp.65-77.
- Cova, J. and M.F. Goodchild. 2002. Extending geographical representation to include fields of spatial objects. *IJGIS* 16(6):509-532.
- David, U. 1981. *Introductory Spatial Analysis*. Methuen, London and New York, pp.15-28.
- Davis, Jr., C.A. and A.H.F. Laender. 1999. Multiple representations in GIS: Materialization through map generalization, geometric, and spatial analysis Operations. *ACM GIS*, pp.60-65.
- Egenhofer, M.J. and A.U. Frank. 1987. Object-oriented databases: database requirements for GIS. In *Prod. of the International GIS Symposium : The Research Agenda, Vol.1*. US Government Printing Office, Washington DC, pp.189-211.
- Filho, J.L. and C. Lochpe. 1999. Specifying analysis patterns for geographic databases on the basis of a conceptual framework. *ACM GIS* pp.7-13.
- Frank, A.U. and M. Egenhofer. 1992. Computer cartography for GIS: an object-oriented view on the display transformation. *Computers and Geosciences* 18:975-987.
- Goodchild, M.F. 1992. Geographical data modelling. *Computers and Geosciences* 18:401-408.
- Gordillo, S. and F. Balaguer. 1998. Refining an object-oriented GIS design model: Tautologies and field data. *ACM GIS* pp.76-81.
- Hadzilacos, T. and N. Tryfona. 1997. Executing the Entity-Relationship Modes to Capture Spatial Semantics. *SIGMOD RECORD*.
- Linsley, R.K and J.B. Franzini. 1994. *Water Resources Engineering*, McGraw Hill. 768p.
- Peuquet, D. 1988. Representation of geographic space: toward a conceptual synthesis. *Annals of the Association of American Geographers* 78:375-394.
- Smith, B. and D. Mark, 1998. Ontology and geographic kinds. *Proceedings of International SDH '98*. Vancouver, B.C, pp.308-318.
- Worboys, M.F. 1994. Object-oriented approaches to georeferenced information. *IJGIS* 8:385-399.
- Worboys, M.F., H.H. Hearnshaw and D.J. Maguire. 1990. Object-oriented data and query modelling for spatial databases. *IJGIS* 4:369-383. 