Journal of Korea Multimedia Society Vol. 11, No. 2, February 2008(pp. 247-256)

UIS기반 홍수관리 시뮬레이션을 위한 입력 데이터 자동 생성 시스템 개발

김기욱[†], 이정은[††], 황현숙[†††], 김창수[††††]

요 약

최근 이상 기후의 영향으로 태풍, 집중호우로 인한 침수 피해 등의 자연재해가 빈번히 발생하고 있다. 수공학 분야에서는 이러한 피해를 줄이기 위해 강우에 따른 유출분석을 위한 유출모형, 유출모형의 매개변수 검증 및 지표로 흘러나온 유출량의 흐름을 해석하는 연구가 활발히 진행 중이다. 그러나 대부분의 연구에서 유출모형의 입력 파일을 생성하는데 많은 시간과 노력이 소요되고 있다. 따라서 본 논문에서는 도시정보시스템(UIS)에서 구축된 공간데이터를 기반으로 SWMM(Storm Water Management Model)과 연계하여 시뮬레이션 입력 파일을 자동으로 생성하는 모듈을 개발한다. 제안한 시스템은 UIS 기반의 도시침수 시뮬레이션 모듈과 SWMM 시뮬레이터로 구성되며, 상습침수지역을 대상으로 프로토타입을 구축하였다. 제안한 시스템은 도시침수분석을 위한 유출량을 분석 할 때 데이터 입력 오류 감소 및 시뮬레이션 시간의 단축할 뿐만 아니라 범람 영역을 지도에서 가시화하는데 활용될 수 있다.

The Development of a Input Data Automatic Generation System for the Storm Management Simulation based on UIS

Ki-Uk Kim[†], Jeong-eun Lee[††], Hyun-suk Hwang[†††], Chang-soo Kim[††††]

ABSTRACT

Recently, natural disasters like flooding damages have frequently occurred as to typhoons and local downpours affected by the climate changes. Many researches have actively been studied in analysing runoff models, the verification of their parameters, and the inflow on surfaces in order to lessen the damages. However, much time and effort needs in generating input files of the models in most current researches. Therefore, in this paper we develop a system for generating a simulation input data automatically. This system is connected to the EPA-SWMM based on the spatial data in the UIS systems and consists the simulation module for analysing urban flooding and the SWMM simulator module. Also, we construct a prototype using a range of regular inundation to generate a simulation input file. This system gives advantages showing inundation areas based on the map viewer as well as lessening errors of input data and simulation time.

Key words: Urban Inundation Analysis System(도시침수분석시스템), SWMM model(SWMM 모형), Urban Information System(UIS), Geographic Information System(GIS)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김창수, 주소 : 부산광역시 남구 대연 부경대학교 대연캠퍼스 1302호실(608-737), 전화 : 051)620-6394, FAX : 051)620-6394, E-mail : cskim@pknu.ac.kr
접수일 : 2007년 8월 21일, 완료일 : 2007년 12월 4일
[†] 준회원, 부경대학교 정보공학과 박사과정
(E-mail : dawnlion@daum.net)
[††] 준회원, 부경대학교 정보보호협동과정 석사과정
(E-mail : lju82@paran.com)
[†††] 정회원, 부경대학교 공학연구원 연구원
(E-mail : hhs@pknu.ac.kr)
[††††] 종신회원, 부경대학교 전자컴퓨터 정보통신공학부 교수

1. 서 론

지구 온난화, 이상 기후 등으로 인해 최근 세계 곳곳에서 홍수로 인한 피해가 증가하고 있다. 미국의 경우 카트리나 허리케인으로 인해 뉴올리언스 지역이 침수되는가 하면, 지난 해 유럽 지역의 때 아닌 홍수로 오스트리아, 독일, 폴란드 등 많은 나라들이 인명 및 재산피해를 겪기도 했다[1].

도시침수는 집중호우, 지형, 불량 내수배제시설 등의 원인에 의해 발생되며, 특히 도로 및 건물의 침수는 하수관거 시설의 용량을 초과하는 집중호우 및 호우 발생 시 오동작하는 배수펌프 시설 등에 의해 주로 발생한다.

국내·외 도시침수에 관한 연구는 주로 유출량 산정 모형의 검증, 유출모의 매개변수의 민감도 분석, 매개변수 산정방법, 침수해석 모형개발 등에 관해 진행되고 있다.

이종태[2] 등은 다양한 호우 시 하수시설로 처리되지 못하고 지표면으로 유출되는 유출량을 산정하는 도시유출모형의 성능을 분석하였고, 이상호, 이길성[3,4]등은 도시유출모형의 입력매개변수를 산정하는 기법에 대해 연구하였으며, 최철웅[5]등은 매개변수 값이 유출량 산정에 미치는 영향의 민감도에 대해 분석하였다. 그리고 한건연,이창희[6-8], Hsu[9] 등은 도시유출모형인 SWMM(Storm Water Management Model)을 통해 분석된 유출량이 지표면에서 어떻게 흘러가는지에 대한 침수 해석모형을 개발하였다.

도시침수에 관한 기존연구에서 SWMM등의 도시유출모형의 입력 매개변수를 산정하는 것은 많은 노력과 시간이 요구된다. 즉, 도시의 지형 및 하수관거 시스템의 깊이, 모양, 연결정보 등을 직접 조사하여 입력 매개변수를 구축해야 하며, SWMM모형의 입력화면에서 하수관거와 지형특성으로 분류한 도시영역을 연결한 유출모의 화면을 수동으로 구축하여야 한다. 이러한 과정은 자료조사 및 모의환경 구축의 단계적 수행으로 많은 번거로움이 있는 작업이다.

따라서 본 논문에서는 도시침수 유출모의를 위한 도시하수관거 및 도시지형 정보를 포함하는 UIS (Urban Information System)를 기반으로 시뮬레이션 입력데이터를 자동 생성하는 모듈을 개발하고자 한다. 이를 위해 UIS 데이터베이스와 시뮬레이션을 위한 데이터베이스를 구축하고, 이를 EPA SWMM과 연계하였다. 본 논문에서 구현한 모듈은 Shape 파일 형태의 지도정보를 보여주도록 구현한 Map Viewer 모듈과 연계하여 Map Viewer상에서 시뮬레이션 지역을 선택하면 해당 지역의 구축된 데이터베이스와 연계하여 SWMM의 입력파일을 자동 생성하고, SWMM의 수행결과를 Map Viewr상에서 보여주도록 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 도시침수에 관한 관련연구와 SWMM입력 매개변수에 대해 분석하고, 제 3장에서는 UIS기반 도시침수 관리 시스템의 전체 구성에 대해 설명한다. 제 4장에서는 구현결과를 제시하고, 제 5장에서 결론 및 향후연구에 대해 설명한다.

2. 관련연구

2.1 도시침수 분석 시스템

국내·외의 도시침수분석에 관한 연구는 유출모형 분석에 관한 연구, 유출모형의 입력매개변수의 검증에 관한 연구, 유출량의 지표면 흐름을 추적하는 침수해석에 관한 연구로 진행되고 있다. 현재 도시지역의 유출특성을 분석하기 위해서 가장 많이 사용되고 있는 유출해석모형은 ILLUDAS (ILLinois Urban Drainage Area Simulator)모형[10], RRL (Road Research Laboratory method)모형[11] 및 SWMM (Strom Water Management Model)모형[12] 등이 있다. RRL모형의 경우 소규모의 도시유역에서의 유출분석에 적합하지만, 강우-침투량의 시간적 분포는 고려하지 못하는 것으로 알려져 있으며[11], ILLUDAS 모형의 경우 도시지역의 배수 시스템과 연계하여 도시유출을 분석하여 도시의 불투수지역 및 투수지역까지 고려하도록 설계되었다. 하지만 입력 매개변수의 산정이 국내 상황에 맞지 않게 설정되어 있어, 하천 수위 상승에 따른 배수시스템이 영향 등을 고려할 수 없는 문제가 있다[13].

SWMM은 미국 환경보전국에서 개발한 모형으로 배수 시스템과 연계된 도시유출 분석 및 외수위에 의한 내수배제 불량 및 배수시스템의 과부화로 인한 월류 유량을 계산할 수 있는 모형으로 도시유출분석에 가장 성능이 우수한 것으로 알려져 있다[14]. 도시유출모형을 사용한 도시지역의 침수분석연구의 경

우 유출모형의 입력매개변수 산정은 결과분석에 중요한 영향을 미치는 요소이다. 따라서 DEM, 인공신경망 등의 분석을 통한 입력 매개변수 산정 및 검증에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이상호[3]등은 안양천 유역의 수문분석을 위해 상업용 SWMM 모형인 PC-SWMM모형을 이용하였고 소유역폭, 면적, 하수길이, 경사 등의 입력 매개변수를 GIS DEM 분석을 통해 구축하였다. 이범희와 이길성[15]등은 전문가 시스템을 이용하여 매개변수의 추정 및 검증 방법을 제시하였고, 김충수[16] 등도 도시유출 매개변수 추정에 관한 연구를 수행하였다. 배수시스템의 과부화 및 유출을 도시유출모형을 통해 분석하는 연구가 활발하지만, 현재 유출모형은 과부화된 맨홀에서의 월류하는 홍수량을 분석할 수 있지만, 지표면으로 유출된 침수상황을 분석할 수 없는 한계점이 있다. 한건연, 이창희[7]등은 SWMM모형의 DEM기반의 침수해석모형을 개발하여 지표면에서의 침수상황을 분석 할 수 있는 해석모형을 개발하였고, Hus[9]등은 배수펌프장의 효과를 고려하여 지표면의 침수상황을 모의하였다.

2.2 SWMM구조

SWMM[17]은 미국 EPA사에서 개발한 도시유출모형으로 강우에 대해 배수시스템에서의 유출량을 모의하기 위해 개발되었다. 이 모형은 그림 1과 같이 5개의 실행 블럭과 5개의 보조블럭으로 구성되며, 도시유출모의에 주로 사용되는 블록은 RUNOFF, TRANSPORT, EXTRAN 블록이다.

- RUNOFF 블록 : RUNOFF 블록은 SWMM모형의 초기연산이 수행되는 부분으로 강우 사상에 대해 배수유역에서의 유출현상을 분석한다. 유출분석을 위해 강우자료, 토지 이용도, 지형도 등의 자료를 입력 매개변수로 하여 지표면 및 지표하 유출을 분석한다.
- TRANSPORT 블록 : RUNOFF 블록의 결과를 입력 매개변수로 사용하여 강우가 하수 시스템으로 침투된 유량을 계산한다.
- EXTRAN 블록 : 하수시스템내의 유량과 수심을 계산하는 블록으로, RUNOFF 블록의 결과를 입력 매개변수로 사용한다.

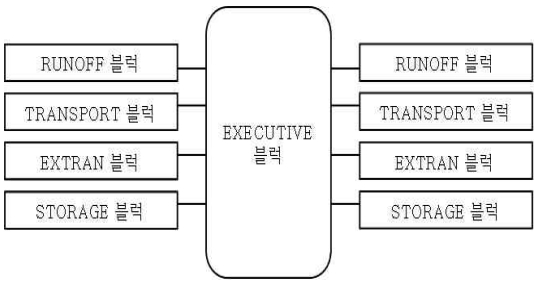

그림 1. SWMM 구조

2.3 SWMM 입력 자료 분석

SWMM은 표 1과 같이 강우, 유역 및 배수시스템 등의 정보를 입력매개변수로 하여 도시 유역의 유출을 분석한다. 입력 정보 중 유역은 균등한 경사, 토양 등의 일정한 특성을 지닌 배수구역으로 각 시도의 하수관리 관련 보고서 등을 통해 정해진다. 매개변수 중 불투수 비율은 콘크리트 등과 같은 지표면 침투를 고려하지 않아도 되는 지역의 비율을 의미하며, 침투정보는 각 토지이용도를 고려한 강우의 지표면 침투정도를 계산하기 위한 변수이다. SWMM의 입력 데이터의 형태는 사용자로부터 입력 받은 매개변수를 해당하는 키워드에 텍스트 파일 형태로 저장하여 구축된다[18].

3. UIS기반 도시 침수 관리 시스템 설계

도시배수시스템의 유출분석을 통한 도시침수 위험지역 관리 시스템을 구축하기 위해 UIS와 연계한 EPA-SWMM 시뮬레이션 데이터 자동 생성하는 시스템을 개발하고자 한다. 본 논문에서 구현한 UIS기반 도시침수 관리 시스템의 전체 구성도는 그림 2와

표 1. SWMM 입력매개변수

분류	매개변수
강우정보	강우강도, 강우량
유역정보	면적,폭, 경사, 토지이용도, 불투수비율, 배수구 정보 등
배수시스템 정보	맨홀 깊이,폭,형태, 재질, 하수관 직경, 폭, 길이, 높이 높이, 경사, 연결정보 등
분석옵션	모의 날짜, 시간 등
기타정보	출력정보 ,침투정보, 시계열 정보, 기타 배수시스템

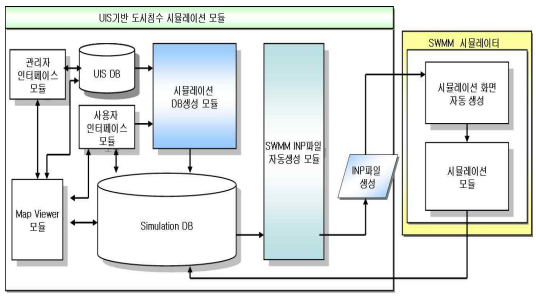

그림 2. UIS기반 도시침수 관리 시스템 전체 구성도

같다. 이 시스템은 UIS 기반 도시침수 시뮬레이션 모듈과 SWMM 시뮬레이터로 구성되어 있다. SWMM 시뮬레이션 데이터 자동생성 모듈은 UIS기반 도시침수 시뮬레이션 모듈에서 생성되며, 생성된 입력 데이터를 통해 SWMM 시뮬레이션을 수행한다.

UIS기반 도시침수 시뮬레이션 모듈은 도시침수 시뮬레이션을 위한 전반적인 수행을 처리하는 모듈로 시뮬레이션 대상지역 및 시뮬레이션에 필요한 옵션을 선택하는 UIS 관리자 및 사용자 인터페이스 모듈, 시뮬레이션 DB생성 모듈, SWMM INP 파일 자동 생성 모듈, Map Viewer 모듈로 구성된다. SWMM 시뮬레이터는 도시유출분석을 위한 시뮬레이터로 본 논문에서는 UIS기반 도시침수 시뮬레이션 모듈에서 SWMM 시뮬레이터를 실행시킨다. SWMM INP 파일 자동생성 모듈에서 생성한 INP.DAT 파일을 SWMM에서 불러오면 자동으로 시뮬레이션 화면이 생성되며, 생성된 INP파일을 시뮬레이션 한다. 각 모듈의 기능은 다음과 같다.

- UIS 관리자 인터페이스 모듈 : UIS 관리자 인터페이스 모듈은 소유역 및 배수구역을 설정하고, 변경된 하수관, 맨홀, 소유역의 모양, 길이 등의 정보를 입력하는 모듈이다. UIS 관리자는 상하수도 및 UIS 관리 담당자로 지정하며, UIS 관리자 인터페이스 모듈 은 일반 사용자는 접근할 수 없다.
- 사용자 인터페이스 모듈 : 사용자 인터페이스 모듈은 토지이용도등을 통한 계산에 의한 값인 하수관, 맨홀의 불투수 계수 등과 시뮬레이션 기간, 시간, 강우정보 등과 같은 값 을 입력한다. 이 모듈에서 입력된 값은 일반 사용자가 변경 가능한 값이다.
- Simulation DB 생성 및 SWMM INP파일 자동생성 모듈 : 시뮬레이션 DB생성모듈은 UIS DB와 사용자 인터페이스로부터 입력된 데이터를 조합하여 Simulation DB를 구축한 후 입력 정보를 추출하여 SWMM INP파일을 생성한다.
- Map Viewer 모듈 : Map Viewer 모듈은 선택한 유역에 대한 속성 정보 및 지도를 보 여준다. 즉, UIS 관리자 인터페이스 및 사용자 인터페이스에서 설정한 UIS DB의 유역 및 하수관, 맨홀의 속성 데이터와 선택한 영역의 Shape 형태의 지도를 보여주며, SWMM 시뮬레이션 수행 후 침수위험지역을 지도에 보여주기 위한 모듈이다.

3.1 시스템 전체 흐름도

그림 3은 UIS 기반 도시침수 관리 시스템의 전체 흐름도이다. Map Viewer에서 시뮬레이션 대상지역을 선택하고, 선택된 대상지역의 UIS DB의 소유역, 맨홀, 하수관 속성 데이터를 불러온다(①-③). 선택지역의 변경할 유역, 맨홀, 하수관 정보가 있으면, UIS DB에 데이터를 변경한다. 또한 Simulation DB에서 이전 시뮬레이션에서 구축된 시뮬레이션 정보를 읽어와 변경 정보가 있을 경우 정보를 변경하고 시뮬레이션 DB 생성 모듈을 통해 Simulation DB를 구축한다(④). Simulation DB에 구축된 값을 SWMM INP 파일 자동생성 모듈에서 SMMM INP 파일 포맷에 맞게 파일로 저장하여 SWMM INP파일을 생성한다(⑤). 자동 생성된 INP.DAT파일을

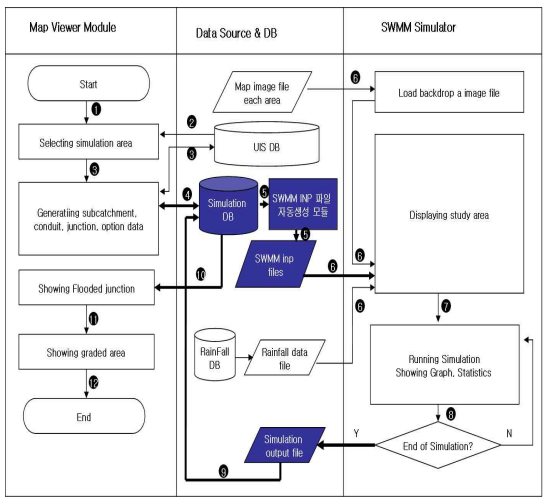

그림 3. UIS기반 도시침수 관리 시스템 전체 흐름도

SWMM 시뮬레이터에서 불러오면, INP.DAT파일은 시뮬레이션 화면으로 자동 구축되고, 유출분석을 위한 시뮬레이션을 수행한다(⑥-⑧). 수행 결과는 SWMM 통계분석 모듈에서 확인하고, 시뮬레이션이 끝나면 SWMM수행 결과는 Simulation DB에 저장된다(⑨). Simulation DB를 통해 유출이 발생한 Junction에 해당하는 맨홀 지역을 침수위험지역으로 Map Viewer에 표시한다(⑩-⑫).

3.2 UIS 기반 도시침수 시뮬레이션 모듈

본 장에서는 UIS 기반 도시침수 시뮬레이션 모듈의 설계에 대해 설명한다. 시뮬레이션 모듈은 UIS 관리자 인터페이스 모듈, 사용자 인터페이스 모듈, 시뮬레이션 DB생성 및 SWMM INP 파일 자동 생성 모듈, Map Viewer 모듈로 구성된다. Map Viewer 모듈은 저자의 연구실의 이전 연구[19]에서 개발한 컴포넌트 형태의 Map Viewer 모듈을 활용하였으며, 인터페이스 모듈과 연계하여 해당지역의 속성정보를 보여준다.

3.2.1 UIS 관리자 인터페이스 모듈

UIS 관리자 인터페이스 모듈은 그림 4의 UIS 관리자 인터페이스 부분과 같다. UIS 관리자 인터페이스 모듈은 UIS DB와 연동하여 유역, 소유역, 맨홀, 하수관, 배출구의 연결정보, 위치, 모양, 길이 등의 정보를 설정하는 모듈이다. 본 논문에서는 유역과 소유역은 UIS에 구축되어 있다고 가정한다. Map Viewer에서 시뮬레이션 대상지역을 선택하여 UIS DB에 저장된 대상지역의 변경할 입력 정보가 있으면, 관리자는 변경 정보를 입력하여 UIS DB에 변경된 내용을 저장한다. 만약 기존 UIS DB에 변경할 내용이 없으면 모듈을 종료한다. 관리자 인터페이스에서 관리하는 유역의 정보는 유역, 소유역, 맨홀, 하수관, 배수구의 물리적 정보이다. 즉, 유역ID 및 배수구ID, 소유역ID 및 유출맨홀과 소유역 평균경사, 그리고 맨홀의 높이 및 깊이 정보, 하수관의 상위, 하위 연결 맨홀 ID 및 관거 모양과 깊이와 배수구의 높이 정보를 UIS 관리자 인터페이스를 통해 설정한다.

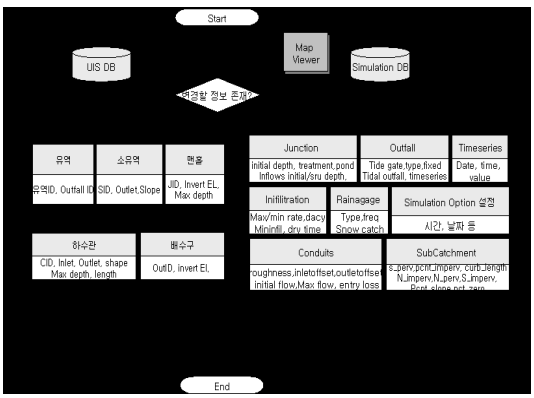

그림 4. UIS 관리자 및 사용자 인터페이스 모듈

3.2.2 사용자 인터페이스 모듈

사용자 인터페이스 모듈은 시뮬레이션을 위한 지역의 특성계수 및 시뮬레이션 옵션을 설정하는 모듈로 사용자 인터페이스 모듈에서 관리하는 정보는 Subcatchment, Junction, Conduits, Outfall, Inifilitraiton, Raingage, Timeseries, Option에 해당하는 매개변수이다. 그림 4의 사용자 인터페이스 부분과 같이 대상지역을 선택하여 Simulation DB에 저장된 정보를 확인한다. Simulation DB의 속성정보 중 변경할 정보가 있으면, 변경 값을 입력하고 시뮬레이션 기간, 시간 등의 옵션을 설정한 후 모듈을 종료하고, 만약 변경할 값이 없으면 시뮬레이션 옵션을 설정한 후 모듈을 종료한다. 사용자 인터페이스 모듈의 입력 값 중 Inifilitration은 강우의 지표면 침투를 계산하기 위한 테이블로 본 논문에서는 다양한 침수 함수 중 HORTON함수만을 고려하여 HORTON 함수계산에 필요한 인자만을 입력하도록 한다.

3.2.3 시뮬레이션 DB 생성 및 SWMM INP 파일 자동생성 모듈

시뮬레이션 DB 및 SWMM INP 파일 자동생성 모듈은 UIS 기반 시뮬레이션 데이터인 SWMM INP 파일의 자동생성을 위한 모듈로, 구성도는 그림 5과 같다. 그림과 같이 Simulation DB 생성모듈은 관리

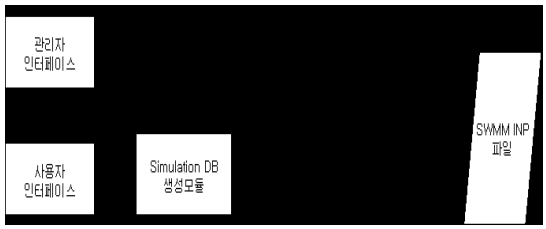

그림 5. 시뮬레이션 DB 및 INP 파일 자동생성 모듈 구성도

자 인터페이스로부터 설정된 UIS DB 속성과 사용자 인터페이스에서 입력받는 값을 조합하여 Simulation DB를 구축한다. SWMM INP 파일 자동 생성 모듈은 구축된 Simulation DB로부터 INP파일의 형식에 맞게 파일을 추출하여 INP.DAT파일을 생성한다.

Simulation DB 생성을 위한 데이터베이스 관계도는 그림 6과 같다. 그림과 같이 UIS DB와 사용자 인터페이스로부터 Simulation DB가 생성되며, 그림 6의 기본값은 DB 생성시 자동으로 설정된다. UIS DB는 유역, 소유역, 맨홀, 하수관, 배수구 테이블로 구성된다. UIS DB 테이블의 유역, 소유역 테이블은 본 논문에서 침수대상지역을 대상지역으로 새로 구축한 테이블이며, 맨홀, 하수관, 배수구 테이블은 기존 UIS DB 정보이다. 각 테이블의 ID값을 기본 키로 설정하며, 관리자 인터페이스와 UIS DB는 상호 연동되도록 한다. 많은 하수관거 정보 중 지정한 소유역에 위치한 맨홀 및 하수관, 배수구 속성만을 확인하기 위해 소유역과 맨홀, 하수관, 배수구의 ID정보를 결합한 코드 테이블을 생성한다. 그림 6의 코드 테이블과 같이 sub_ID와 CID, sub_id와 JID, 그리고 sub_ID와 OID를 결합하여 대상지역 소유역에 위치한 맨홀, 하수관, 배수구 정보만을 추출한다. 그리고 UIS DB에서 추출하는 정보와 Simulation DB를 연결하기 위해 sub_ID, CID, JID, OID는 기본키인 동시에 외래키로 설정하였다. 이를 통해 UIS DB의 소유역, 하수관, 맨홀, 배수구 테이블과 Simulation DB의 Subcatchment, Junction, Conduits, Outfall 테이블

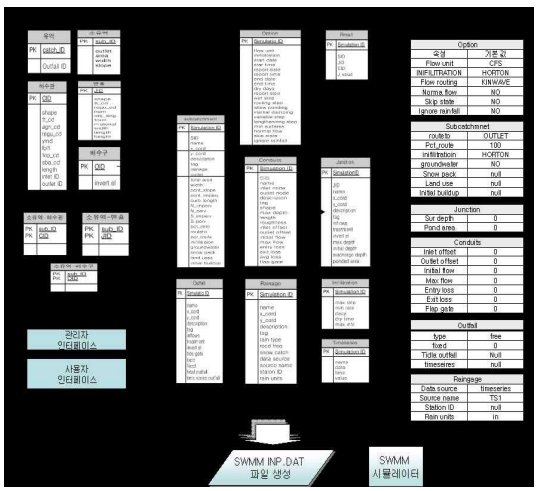

그림 6. 시뮬레이션 DB 관계도

이 참조된다.

Simulation DB는 그림 6과 같이 9개의 테이블로 구성되며, Option table은 시뮬레이션 수행 시 매번 변경 Flow unit, Inifilitration, 시뮬레이션 날짜, 시간, 라우팅 경로, 분석 시간 등의 속성 정보로 구성된다. Simulation DB는 UIS DB와 사용자 입력 값 및 기본 값으로 생성된다. 각 테이블의 속성 값은 다음과 같다. Subcatchment 테이블의 Outlet, Area, Width, Slope 속성은 UIS DB로부터 추출되며, Imperv, N_imperv, N_perv, S_imperv, cnt_zero, Routeto, Pct_route, Inifilitration, Groundwater, Landuse, Initial buildup, curb length 정보는 기본 값과 사용자 인터페이스에서 추출된다. Conduits 테이블의 Inlet, Outlet, Length, Shape는 UIS DB로부터 추출되며, roughness, inlet offset, outlet offset, mx flow, entry loss, exit loss, avg loss, flap gate 속성은 기본값과 사용자 인터페이스로부터 추출된다. 그리고 Junction 테이블의 Inever el, Max depth 정보는 UIS DB에서 생성되며, Inflow, Treatment, Initial depth, Pond area, Surcharge depth는 기본 값과 사용자 인터페이스로부터 설정된다. 그 외의 Raingage와 Timeseries 테이블은 시뮬레이션에 적용되는 강우 정보를 입력하는 속성으로 관리자 인터페이스에서 값으로 생성된다.

Simulation DB 구축이 완료되면 SWMM INP 파일의 형식에 따라 시뮬레이션 데이터를 생성하고, INP.DAT파일에 저장한다. SWMM INP 파일은 표 1에서 언급한 매개변수 중 [TITLE], [OPTION], [RAINGAGE], [SUBCATCHMENT], [SUBAREAS], [INFILTRATION], [JUNCTIONS], [OUTFALL], [CONDUITS], [TIMESERIES] [REPORT] [XSECTIONS], [COORDINATES] 키워드만 고려하여 생성하였다.

3.3 SWMM 시뮬레이터

본 논문에서는 SWMM 시뮬레이터로 미국 EPA사의 EPA-SWMM 5.0을 사용하였다. EPA-SWMM은 기존 SWMM의 RUNOFF, TRANSPORT, EXTERN 등의 블록을 통합하여 하나의 블록에서 유출분석이 가능하도록 기능이 구현되어 있다. SWMM 시뮬레이터는 UIS 기반 도시침수 시뮬레이션 모듈에서 SWMM INP 파일이 생성되면 자동으로

EPA-SWMM 5.0이 실행되도록 구현하였으며, 자동 생성된 SWMM INP 파일을 EPA-SWMM 5,0에서 불러오면 시뮬레이션 화면이 자동으로 생성된다.

4. 도시침수 관리 시스템 프로토타입 구현

본 절에서는 EPA SWMM을 연계한 UIS기반 도시침수관리 시스템의 구현 결과에 대해 설명한다. 본 논문에서 구현한 시스템은 Microsoft Visual Studio 2005와 SQL 2005환경에서 구현하였다.

4.1 대상지역 선정

본 논문에서는 부산시 재해대책본부에서 상습침수지역으로 지정한 부산시 수변공원 주변지역을 침수 시뮬레이션 대상지역으로 선정하였다. 그림 7은 부산시 재해대책본부에서 제공하는 침수 대상지역의 이미지 화면이며, 본 논문에서는 대상지역을 9개의 소유역과 1개의 배수구로 구분하였다.

4.2 UIS 관리자 및 사용자 인터페이스 실행

UIS 기반 도시침수 관리시스템은 옵션설정, Simulation 실행, 대상지역 정보 그리고 관리자 메뉴로 구성된다. 옵션 설정 메뉴를 통해 UIS 관리자 및 사용자 인터페이스 화면을 실행하며, 시뮬레이션 실행 메뉴를 통해 SWMM 시뮬레이터를 구동시킨다. 대상지역 정보 메뉴는 UIS DB와 연동하여 대상지역의 UIS DB 정보를 보여준다.

침수대상지역이 선택되면, UIS 관리자 및 사용자 인터페이스를 통해 UIS DB및 Simulation DB의 현재 설정된 내용을 확인한다. UIS 관리자 인터페이스는 그림 8과 같이 관리자 메뉴를 통해 로그인 한 후 해당지역의 유역정보를 확인 및 변경한다.

사용자 인터페이스 모듈의 실행화면은 그림 9와 같다. Map Viewer에 나타난 맨홀 및 하수관을 지정하면 해당 영역의 입력 정보를 확인할 수 있으며, 만약 변경할 정보가 있으면 해당 정보를 수정한 후 Simulation DB에 변경정보를 저장한다. 또한 옵션 설정 메뉴의 Option 메뉴를 통해 시뮬레이션 날짜, 시간 등의 시뮬레이션 옵션을 설정한다.

4.3 SWMM INP파일 자동생성 및 SWMM 실행

인터페이스 화면을 통한 매개변수 정보의 입력이 완료되면 SWMM 실행 버튼을 통해 EAP-SWMM이 실행된다. 그림 10에서와 같이 EAP-SWMM에서 자동생성된 SWMM INP 파일을 호출하면 SWMM

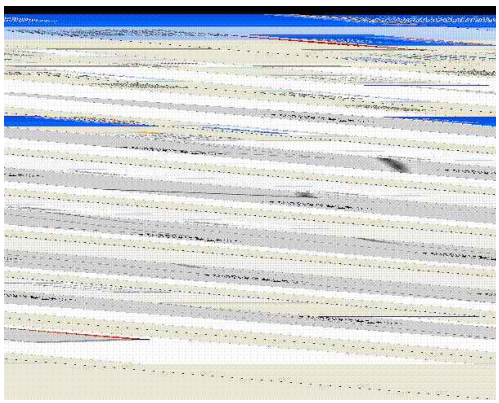

그림 8. 관리자 인터페이스 실행

그림 7. 침수 대상지역

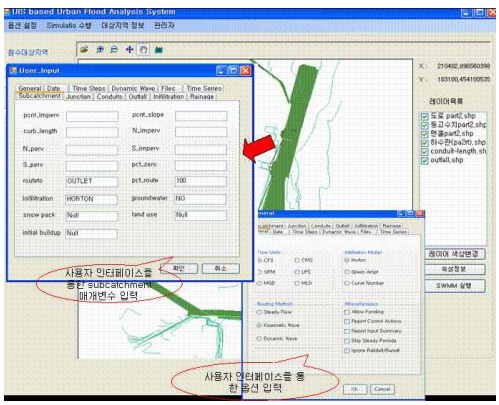

그림 9 사용자 인터페이스 실행

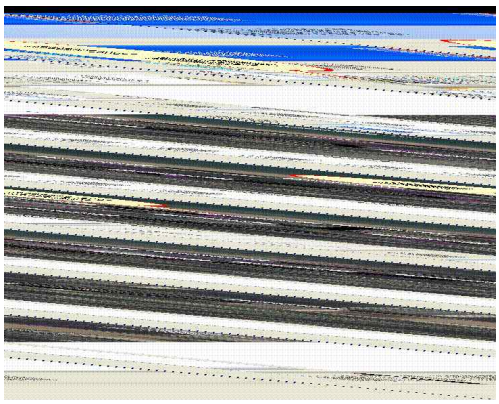

그림 10. SWMM INP파일 자동생성 및 SWMM 실행

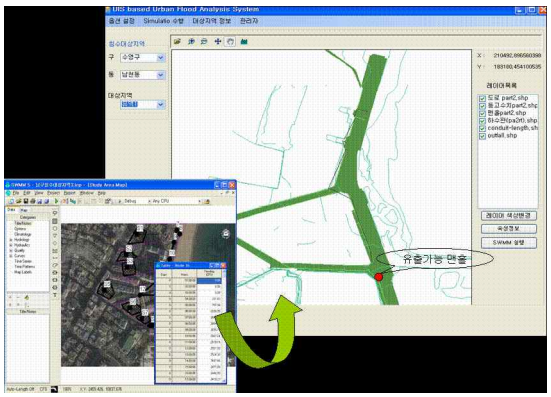

그림 11. 도시침수 위험지역 시뮬레이션 실행결과

시뮬레이션 화면에 대상지역의 시뮬레이션 화면이 자동 생성된다.

4.4 Map Viewer에서 유출 가능 맨홀 표시

SWMM 시뮬레이션 수행으로 유출이 발생한 맨홀 및 유출량을 확인할 수 있다. 그림 11과 같이 “대상지역 정보” 메뉴의 침수위험지역 메뉴를 통해 유출이 발생한 지역의 맨홀ID를 Simulation DB에서 조회한 후 Map Viewer상에 해당 맨홀ID를 위험지역으로 표시한다.

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 UIS를 기반으로 EAP-SWMM을 연계한 도시침수 관리 시스템 구축을 위한 SWMM 입력파일 자동 생성 시스템을 설계하고 간단한 프로토타입을 구현하였다. 홍수, 집중 호우 등으로 인한 침수피해에 관한 연구가 수공학 분야를 중심으로 활발히 진행되고 있다. 기존의 침수분석에 관한 연구는 주로 유출분석 모형과 침수해석 알고리즘을 사용하여 진행되고 있다. 하지만 도시침수 분석에 관한 연구 수행 시 유출분석 모형의 입력 매개변수를 구축하는 작업은 침수분석의 선행작업으로, 이는 많은 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 각 하수관 및 맨홀의 면적, 길이, 경사도 등의 물리적 특성조사는 관련보고서 조사 및 연구원이 해당 하수관거에서 직접 수집해야 하는 정보이며, 시뮬레이션 화면 생성을 위해 각 하수관거의 네트워크 연결정보를 고려하여 입력 정보를 구축하는 작업은 많은 시간을 필요로 한다.

따라서 본 논문에서는 도시침수 관리 시스템의 효율적 구축을 위해 UIS의 하수관거 정보를 기반으로 EPA-SWMM 모형을 연계하여 SWMM 입력 데이터를 자동 생성하는 모듈을 개발하였다. 시뮬레시션 데이터 자동 생성모듈은 UIS기반 도시침수 시뮬레이션 모듈과 SWMM 시뮬레이터로 구성되며, UIS 기반 도시침수 시뮬레이션 모듈은 UIS관리자 및 사용자 인터페이스, UIS 데이터베이스, 시뮬레이션 데이터베이스, Map Viewer 모듈 및 SWMM INP 자동생성 모듈로 구성되며, SWMM 시뮬레이터는 EPA-SWMM 모형을 사용하였다. SWMM 입력 데이터 구축을 위해 UIS 데이터베이스로부터 생성되는 매개 변수는 관리자 인터페이스를 통해 수정이 가능하며, 불투수 비율 등의 지형 특성인자등의 정보는 사용자 인터페이스로부터 입력받아 시뮬레이션 데이터베이스에 저장된다. 시뮬레이션 데이터베이스와 연계된 SWMM INP 자동생성 모듈을 통해 SWMM 입력파일이 생성되면, EPA-SWMM이 자동실행된 후 유출분석이 수행된다. 본 논문에서 구축한 대상지역의 SWMM 매개변수에 사용된 정보 및 UIS 정보는 Map Viewer의 해당지역을 선택하여 확인할 수 있으며, Map Viewer 모듈을 통해 침수위험 가능성이 있는 지역을 확인 할 수 있다. 본 논문에서 제안한 시스템을 통해 도시유출모형을 사용한 침수분석 시 입력 데이터 구축 시간의 단축 및 오류 감소 효과를 얻을 수 있으며, 범람 영역을 지도에서 직접 확인 할 수 있는 장점을 가진다.

향후 연구는 SWMM 출력 파일 및 통계모듈 분석을 통해 유출량에 따른 침수위험지역 분석을 Map

Viewer 모듈에 구현함으로써, Map Viewer 모듈을 통한 침수위험지역 공간분석 시스템을 개발하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] 한건연, 김광섭, 박재홍, "국내 도시홍수 침수원인 조사 및 분석," 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업 제 1차년도 중간보고서, 별책 제 9권, pp. 1-143, 2004.

[2] 이종태, 최성열, 김문모, "도시하천 유출 해석모형의 특성 비교," 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업 제 1차년도 중간보고서, 별책 제 2권, pp. 1-217, 2004.

[3] 이정민, 이상호, 이길성, "물 환경 건전화를 위한 도시하천의 물 순환 모의(1)," 한국수자원학회논문지, Vol. 22, No. 2, pp. 349-357, 2006.

[4] 이길성, 진락선, 이상호, 이정민, "PCSWMM을 이용한 건천화 방지를 위한 유지용수의 공급 방안 (1)모형의 보정 및 검증," 대한토목학회논문집, Vol. 25, No. 6B, pp. 431-436, 2005.

[5] 최철웅, 강인준, "지형공간정보의 민감도에 따른 수문학적 영향분석에 관한 연구," 대한토목학회논문집, Vol. 21, No. 1-D, pp. 87-95, 2001.

[6] 이창희, 한건연, 노준우, "Dual-Drainage 개념에 의한 도시침수해석모형의 개발," 대한토목학회논문집, Vol. 26, No. 4B, pp. 379-387, 2006.

[7] 이창희, 한건연, 최규현, "SWMM을 연계한 DEM 기반의 도시침수해석 모형," 한국수자원학회논문집, Vol. 39, No. 5, pp. 441-452, 2006.

[8] 이창희, 한건연, "건물영향을 고려한 GIS기반 도시침수해석 모형," 한국수자원학회논문집, Vol. 40, No. 3, pp. 223-236, 2007.

[9] M.H.Hsu, S.H.Chen and T.J.Chang, "Inundation Simulation for Urban Drainage Basin with Storm Sewer System," *J. of Hydrology*, Vol. 234, No. 1-2, pp. 21-37, 2000.

[10] M.L.Terstriep and J.B.Stall, "The Illinois Urban Drainage Area Simulator ILLUDAS," Report of the ILLinois State Water Survey, pp. 1-88, 1974.

[11] 서규우, "CHICAGO모형과 RRL 모형 매개변수의 민감도 분석 연구," 동의대학교 산업기술연구지, Vol. 12, pp. 89-99, 1998.

[12] W.C.Huber and R.E.Dickinson, "Storm Water Management Model User's Manual," EAP Technical Manual, pp. 1-249, 2003.

[13] 박인찬, 이정우, 윤동의, "SWMM을 이용한 내배수처리시설의 효과분석," 연세대학교학술논문지, pp 57-82, 2004.

[14] 김종섭, 이재철, "도시유출모형에 의한 우수관망시스템내 유출량의 비교분석," 한밭대학교 논문집, Vol. 18, pp. 245-253, 2001.

[15] 이범희, 이길성, "매개변수 추정방법의 개선을 위한 전문가 시스템의 개발," 한국수자원학회논문집, Vol. 31, No. 6, pp. 641-655, 1998.

[16] 김충수, "도시유출 모의모형의 매개변수 추정," 서울대학교 석사학위논문, pp. 1- 148, 2002.

[17] 이종태, 강태호, 김정환, "도시유역에서의 배수계통 설계를 위한 SWMM모형," 한국수자원학회 제 4회 수공학워크샵 교재, pp. 97-204, 1996.

[18] J.Willian and W.C.Huber, "User's Guide to SWMM," CHI Technical Report, pp. 1-942, 2003.

[19] 신성현, 황현숙, 김기욱, 이석철, 김창수, "LBS/GIS 기반 사용자 중심의 플랫폼 구현," 한국멀티미디어학회추계학술대회 논문집, 제9권 2호, pp. 93-97, 2006.

김 기 욱

2001년 부경대학교 전자계산학과 이학사
2003년 부경대학교 전자계산학과 이학석사
2005년~현재 부경대학교 정보공학과 박사과정
관심분야 : 도시방재시스템, 도시침수관리시스템, GIS/UIS, 공간 데이터베이스, U-City

이 정 은

2007년 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 학사
2007년~현재 부경대학교 정보보호협동과정 석사과정
관심분야 : 공간 데이터베이스, LBS/GIS, 도시방재시스템

황 현 숙

1995년 부경대학교 전산학 석사
2001년 부경대학교 경영정보 박사
2001년 11월～2002년 10월 경남대학교 국내 박사후 연수 과정 수행
2003년 8월～2004년 7월 University of Missouri, Kansas City(UMKC)에서 국외 박사 후 연수과정 수행
2006년 9월～2007년 8월 동명대학교 국내 박사후 연수 과정 수행
2004년 9월～현재 부경대학교 공학연구원 연구원
관심분야 : u-방재시스템, LBS/GIS 시스템, 온톨로지, 데이터마이닝, 유비쿼터스 센서 네트워크

김 창 수

1984년 울산대학교 전자계산학과
1986년 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사
1991년 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사
1992년～현재 부경대학교 전자컴퓨터 정보통신공학부 교수
관심분야 : 운영체제, 임베디드 시스템, 이동통신, LBS/GIS, 시멘틱 웹, 도시방재시스템 등