

# 모바일 GIS에 의한 홍수재해관리 Flood Hazard Management Using Mobile GIS

강택순<sup>1)</sup> · 강성봉<sup>2)</sup> · 손홍규<sup>3)</sup> · 유환희<sup>4)</sup>

Kang, Teack Soon · Kang, Seong Bong · Sohn, Hong Gyoo · Yoo, Hwan Hee

<sup>1)</sup> 경상대학교 건설공학부 도시공학과 석사과정(E-mail : kts0477@hanmail.net)

<sup>2)</sup> 경상대학교 건설공학부 도시공학과 박사과정(E-mail : yonsei\_kang@hanmail.net)

<sup>3)</sup> 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수(E-mail : sohn1@yonsei.ac.kr)

<sup>4)</sup> 경상대학교 건설공학부 도시공학과 교수(E-mail : hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

### Abstract

Recently, Flood hazard has been increased frequently in urban area by rainfall and Typhoon. To manage flood hazard effectively, it needs to construction of flood information management system. Especially, run-off by flood in urban area must be considered not only surface outflow by topographic gradient and elevation but also conduits outflow along conduit network.

This paper suggests the flood hazard management system for analyzing flood outflow in urban area using conduits outflow simulation by ILLUDAS model and providing quickly flood hazard information using WebGIS and MobileGIS.

## 1. 서론

최근 기상이변으로 인하여 지구 곳곳에 많은 홍수피해가 발생하고 있으며 우리나라에서도 홍수피해가 매년 발생하고 있는 실정이다. 이러한 홍수피해를 예방 및 경감하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔고 앞으로도 계속될 것이다. 최근 홍수재해에 관한 연구를 살펴보면 효율적인 홍수재해관리를 위하여 GIS와 재해관리 어플리케이션을 통합하여 재해관리가 이루어지고 있으며 홍수재해관리에 사용되는 데이터도 이전과는 달리 수리수문학적 데이터(유출량, 강우강도, 대상지역의 면적, manning 계수, 기상학적 데이터)만을 이용하여 홍수에 관한 연구를 하는 것에서 위상관계가 정립된 수치지도, DEM, 토지이용현황도, 강과 조수의 홍수 지도, 지형학적 지도, 토양, 지질학적 지도, Landsat +ETM같은 위성영상, 그리고 여러 수리학적 모델을 사용하여 보다 정확한 홍수재해관리에 이용되고 있다(Francis, 2003; 이민우, 2002).

이런 연구들에서 알 수 있듯이 최근의 재해관리는 다양한 분야의 학문과 데이터를 바탕으로 홍수재해를 분석하고, 평가함으로써 피해를 예방하고, 줄이기 위해 노력하고 있다. 본 연구에도 GIS 환경에서 수문학적 데이터와 위성영상, DEM, 현장조사데이터, 문헌조사 데이터 등을 이용하여 연구 대상지역의 침수지역을 예측하고

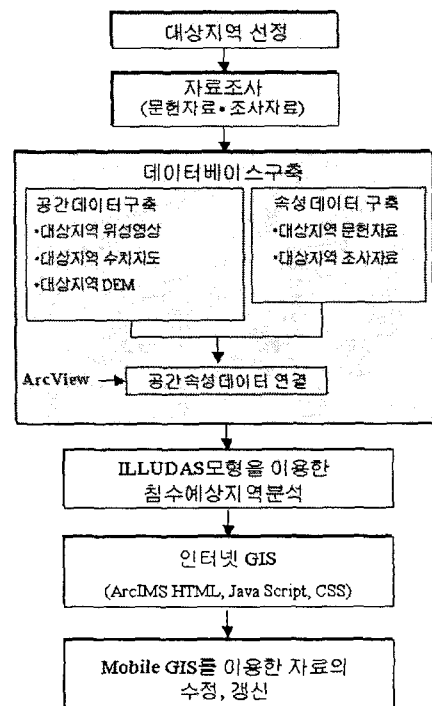


그림 1. 연구의 흐름도

침수지역내의 위험시설과 대피할 수 있는 시설 등 홍수피해를 줄일 수 있는 다양한 정보를 많은 사용자들에게 제공하기 위하여 인터넷 GIS를 이용하여 웹에서 서비스하도록 하였으며, 이동성과 현장성이 뛰어난 모바일 GIS를 사용하여 현장에서 구축된 재해정보를 검색하고 데이터의 정확성을 유지하기 위해 현장에서 수정, 갱신 할 수 있는 시스템을 구축하였다.

## 2. 연구 대상지역 현황

본 연구의 대상지역은 홍수로 인한 침수피해가 빈번히 발생하는 진주시 나불천 유역으로 총 유역면적이 979.86ha이고, 이 중 도시지역은 332.25ha이고 임야 면적은 617.61ha로 구성되어 있다. 도시지역은 완만한 평지로, 표고 23~150m로 형성되어 있다. 그리고 최고표고 150m, 최저표고 23m로 표고차가 약 130m에 이르지만 도심지 내에서의 표고차는 10m정도로 상당히 완만하다. 유역의 남측은 대부분 주거지역 및 상업부지로 경사도는 대부분 5°이하의 완만한 지형이다. 이 유역에는 공동주택과 학교부지, 상업부지, 업무부지, 단독주택 등이 자리 잡고 있다. 도심지는 일부 공원, 학교운동장을 제외하고는 대부분 포장되어 있다. 배수관거는 합류식으로 배수되며 그 중 우수관망은 유역상단부에서  $\phi 300\text{mm}$  원형관으로 시작되어 하류부에  $\phi 900\text{mm}$  원형 배수관거로 이루어져 있다.

진주시의 경우 97년 이후 년 강수량은 1,444.8mm, 98년 1,922.6mm, 99년 2,045.0mm로서 매년 강수량이 증가하고 있으며, 90년 이후 1일 최대 강우량과 연속최대강우량이 점차 증가하고 있는 추세이다. 특히 나불천 유역의 경우 강우 150~200mm의 집중호우 시 상습적으로 침수피해가 발생하는 지역으로서 주거지역이 주를 이루고 있다.

## 3. 데이터베이스 구성

본 연구에서 사용된 데이터는 수리수문학적 데이터(유출량, 강우강도, 대상지역의 면적, manning 계수, 기상학적 데이터)와 대상지역의 수치지도, DEM, 고해상 위성영상, 문헌조사와 현장조사를 통해 얻은 자료를 바탕으로 구성하였다. 수리수문학적 데이터와 DEM 데이터를 바탕으로 ILLUDAS모형을 사용하여 50년 빈도와 100년 빈도 강우발생시 침수지역데이터를 생성하였고, 문헌조사와 현장조사를 통해 얻은 속성정보와 디지털 지도인 공간정보를 연결하기 위해 디지털 지도에서 건물Layer, 도로Layer, 등고선Layer, 수계Layer를 추출하여 ArcInfo에서 Coverage로 변환하여 위상관계를 설정하였고, 다시 shape파일로 변환하여 ArcView에서 속성정보와 연결하였으며, 대상지역의 현황을 쉽게 파악할 수 있는 고 해상 위성영상인 IKONOS위성영상데이터 등으로 데이터베이스를 구축하였다.

## 4. ILLUDAS 모형의 개요

본 연구에서는 도시유출모형 중 비교적 정확한 수문 해석이 가능한 ILLUDAS모형을 적용하였다. ILLUDAS모형은 도시유역의 홍수유출계산을 위해 영국도로연구소(British Road Research Laboratory, BRRL)에서 개발한 BRRL방법을 보완하여 도시 우수관거 시스템의 신규 설계 혹은 기존 관거시스템의 우수배제능력 평가 및 우수지 설계 유입 홍수수문곡선의 계산을 위해 개발된 모형이다. ILLUDAS 모형의 계산 절차는 크게 5단계로 구분하여 생각할 수 있다(윤태훈, 1993).

1) 대상유역의 구분 및 소 유역별 입력 자료의 결정

2) 불투수지역의 유출량 계산

불투수유역의 도달시간과 유출량은 식(1), (2)에 의해 계산된다.

$$t_c = 60 \frac{L}{V_0} + 2.0 \quad V_0 = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2} \quad (1)$$

$$Q_i = 0.2778 \sum_{j=1}^j A_{j+1} - I_i \quad (2)$$

여기서  $t_c$  : 도달시간(min)  $V_0$  : 지표면을 통한 흐름의 유속(m/sec)  
 $L$  : 유로연장(m)  $S_0$  : 표면 평균경사  $Q_i$  :  $i$ 번째 유역에서의 유출량  
 $A_{j,i}$  :  $i$ 번째 시간의 도달시간을 가지는 소유역의 면적

### 3) 투수지역의 유출량 계산

투수유역에서의 도달시간은 식(3)인 Izzard의 식이 이용된다.

$$t_c = \frac{41.025 (0.00071 + C) L^{0.33}}{S^{0.333} \cdot I^{0.67}} \quad (3)$$

여기서  $t_c$  : 도달시간(min)  $q_e$  : 평형유출량  $L$  : 지표면유하거리(m)  
 $I$  : 강우강도(in/hr)  $C$  : 지형계수(retardance coefficient : 0.007 ~ 0.046)

### 4) 수문곡선의 합성

#### 5) 관로를 통한 홍수 추적

관로를 통한 흐름의 추적은 저류방정식을 사용하며 식(4),(5)와 같다.

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (4)$$

$$\frac{1}{2} (I_1 + I_2) \Delta t - \frac{1}{2} (O_1 + O_2) \Delta t = S_2 - S_1 \quad (5)$$

여기서  $I_i$  : 유입량(m<sup>3</sup>/sec)  $O_i$  : 유출량(m<sup>3</sup>/sec)  $S_i$  : 저류량(m<sup>3</sup>)  $L$  : 관의 길이(m)

## 5. 인터넷 GIS 및 모바일 GIS를 이용한 홍수재해정보 시스템

홍수재해정보를 많은 사용자에게 제공하기 위하여 HTML, JavaScript, CSS, ArcIMS를 이용하여 웹 상에서 서비스하도록 구현하였다. 시스템의 구성은 그림 2와 같이 크게 두 부분으로서 일반적인 홍수재해정보와 연구 대상지역의 침수지역, 침수지역내의 위험건물, 대피건물, 위성영상, DEM 등의 정보를 볼 수 있는 진주지역 홍수재해 정보 시스템인 인터넷 GIS부분과 이동성, 현장성을 고려한 모바일 GIS 부분으로 이루어져 있다.

### 5.1 홍수재해 일반정보 검색

홍수일반정보 부분은 홍수에 관한 다양한 정보를 검색할 수 있다. 이 부분의 구성은 우리나라의 기후정보, 홍수원인, 홍수의 특성, 홍수피해 방지대책 등의 정보를 볼 수 있는 홍수의 특성, 진주시의 강우자료, 홍수 피해자료 등 진주지역의 홍수관련정보를 볼 수 있는 진주지역 홍수관련 정보, 위성영상에 관한 정보를 제공하는 위성영상을 이용한 홍수지역 분석, 시대별 홍수피해를 사진으로 볼 수 있는 사진으로 보는 홍수피해 정보, 국내외 홍수관련 사이트로 접속 할 수 있는 홍수 관련 사이트 등 5부분으로 구성되어 있다.

### 5.2 홍수재해관리 시스템

홍수재해관리 시스템은 ArcIMS와 html, Java Script를 이용하여 구축되었다. 웹 서비스를 위해 마이크로소프트사의 IIS(Internet Information System)를 사용하였고 웹 서버와 어플리케이션 서버의 연결을 위해서 Servlet4.1.1을 사용하였으며, ArcIMS의 정상적인 구동을 위해 JRE를 설치하였다. 본 연구의 시스템은 GIS 기능인 줌인, 줌아웃, 팬, 속성정보 검색, 거리측정, 버퍼링 기능이 있으며, Layer 구성은 위험건물Layer, 대피건물layer, 침수지역 건물용도Layer, 연구 대상지역 건물Layer, 도로Layer, 수계Layer, 50, 100년 침수예상지역Layer, 위성영상Layer, DEMLayer, 행정경계Layer로 구성되어 있다.

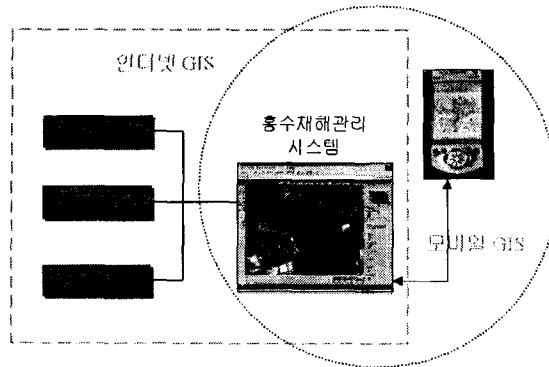


그림 2. 시스템 구성도

### 5.3 홍수재해관리 시스템의 기능

홍수재해관리 시스템에 접속하면 초기 화면에서 그림 3 (a)와 같이 간단한 시스템의 정보를 볼 수 있고, 그림 3 (b)는 전체Layer에 고해상 위성영상Layer를 중첩함으로써 대상지역의 현황과 정보를 보다 쉽게 파악할 수 있다.



(a) 초기접속화면



(b) 전체 Layer 중첩

그림 3. 홍수재해관리시스템의 초기화면과 전체Layer

그림 4는 ILLUDAS모형으로 분석한 50년 빈도강수발생시 침수지역과 100년 빈도강우발생시 침수지역을 나타낸 것으로 그림 4는 50년 빈도의 강우발생시 침수지역과 속성 정보를 검색한 것이다. 50년 빈도의 강우발생시 예상되는 총 피해면적은 262,700m<sup>2</sup>이고 예상 침수가옥 수는 595세대이다. 건물 용도별로 보면 주거용도의 침수면적이 106,100m<sup>2</sup>, 상업용도의 침수면적이 225m<sup>2</sup>, 공공지역(도로 관공서 등)이 154,625m<sup>2</sup>, 기타지역이 1,750m<sup>2</sup>이다. 100년 빈도의 강우발생시 예상되는 총 피해면적은 580,775m<sup>2</sup> 이고 예상 침수가옥 수는 1692세대이다. 건물 용도별로 보면 주거용도의 침수면적이 313,285m<sup>2</sup>, 상업용도의 침수면적이 29,050m<sup>2</sup>, 공공지역이 233,390m<sup>2</sup>, 기타 지역이 5,050m<sup>2</sup>이다. 50년 빈도의 강우발생시보다 2배 이상의 침수면적이 발생할 수 있다는 것을 예측할 수 있다.

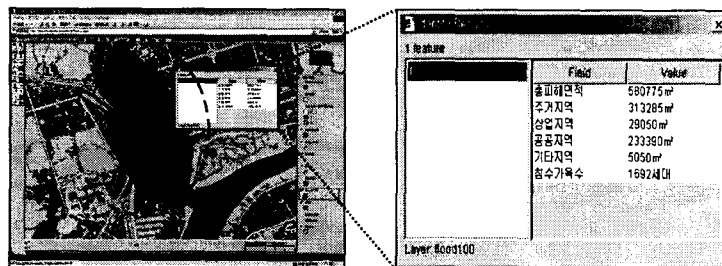


그림 4. ILLUDAS모형을 이용한 침수예상지역

그림 5는 DEM Layer와 100년 강우발생시 침수지역 Layer와 건물 Layer를 중첩하여 침수지역의 높낮이를 정보와 침수지역내 건물의 용도를 확일 할 수 있고 침수지역내 위험시설물과 대피가능 시설물을 검색할 수 있다. 그리고 그림 6에서와 같이 위험시설물에서 버퍼링 분석을 수행하여 가까운 대피시설물을 검색할 수 있도록 하였으며 그 시설물의 속성정보도 검색할 수 있다.

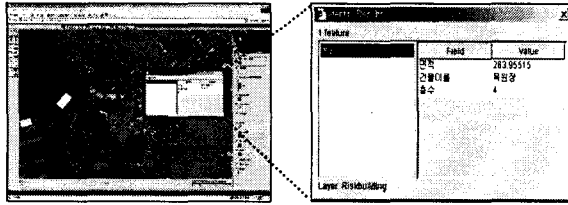


그림 5. DEM / 건물 / 침수지역Layer

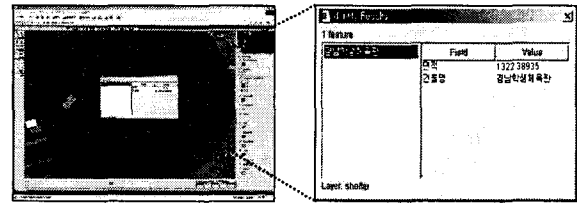


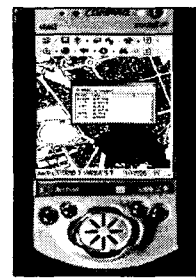
그림 6. Buffer 분석 기능(대피시설물 검색)

#### 5.4 모바일 GIS를 이용한 자료의 검색 및 수정

모바일 GIS의 특징인 이동성, 현장성을 이용하여 그림 7 (a)에서와 같이 서버에 구축된 정보를 모바일 기기인 PDA에서 무선인터넷을 이용하여 현장에서 서버로 접속하여 홍수재해정보를 검색할 수 있다. 그림 7 (b)는 홍수재해정보를 검색한 것이다.



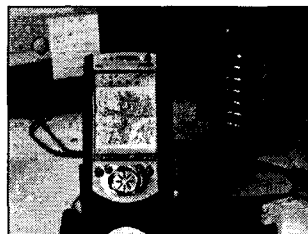
(a)무선통신으로 서버에 접속



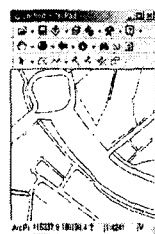
(b) 홍수재해정보 검색

그림 7. PDA에서 무선인터넷을 이용한 홍수정보 검색

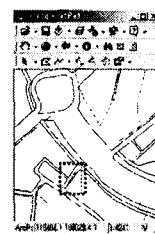
데이터의 정확성 유지를 위하여 그림 8에서와 같이 모바일 기기인 PDA에 대상지역의 구축된 데이터를 저장하여 현장에서 데이터를 확인하고 잘못된 데이터는 현장에서 즉시 수정하거나 갱신할 수 있다. 그림 8 (a)는 PDA에 데이터를 입력하는 그림이고, 그림 8의 (b)와 (c)는 연구대상지역의 하수관망 데이터의 일부를 현장에서 수정한 것이다.



(a) 데이터 입력



(b) 수정 전



(c) 수정 후

그림 8. PDA를 이용하여 데이터 수정

### 6. 결론

본 연구에서 도심지역의 효율적인 홍수재해관리를 위하여 연구 대상지역의 침수지역을 예측하고 문헌조사와 현장조사를 통하여 연구 대상지역의 속성정보를 구축하였다. 구축된 정보를 많은 사용자

에게 쉽게 서비스하기 위하여 인터넷 GIS와 모바일 GIS를 이용하여 시스템을 구축하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 홍수의 특성을 고려하여 재해 발생시 많은 사람이 일시에 정보를 취득하고 현장에서 홍수재해정보를 실시간적으로 이용할 수 있도록 하기위해 인터넷 GIS와 모바일 GIS를 이용하여 홍수재해관리시스템을 구축하였다.

둘째, 홍수재해 시 대피할 수 있는 시설에 대한 정보와 재산 및 인명피해를 예측할 수 있도록 재취약시설에 대한 정보를 함께 구축함으로써 홍수재해를 효과적으로 관리할 수 있도록 구축하였다.

셋째, 모바일기기인 PDA에 대상지역의 데이터를 저장하여 현장에서 직접 데이터의 바뀐 부분을 수정함으로써 데이터의 정확성을 유지 보수할 수 있다.

넷째, 향후 본 연구의 결과를 더욱 발전시키기 위해 현지와 서버를 직접 연결시켜 각종 정보를 직접 검색하고 갱신, 저장할 수 있는 기능 보강, 서버의 보안문제, 무선통신속도 및 통신용량 확대에 대한 개선이 요구된다.

## 참고문헌

- 송재우(2001), 재해유형의 변화에 대비한 방재역량 재고방안, 제6회 방재행정세미나, pp. 5-16.
- 안상진(2002), 최근의 재해발생에 따른 방재정책 방향, 제7회 방재행정세미나, pp 5-9
- 윤태훈(1993), 합리식과 우수관거, ILLUDAS 모형, 제1회 수공학 Workshop, pp 1-42, 2-42
- 이민우(2002), 도시지역의 홍수재해예측 및 관리시스템 개발, 석사학위논문, 경상대학교
- 이성민(2002), Mobile GIS를 이용한 건축물 안전관리 체계구축, 석사학위논문, 경상대학교
- 제우미디어 EB팀(2003), HTML CSS & JavaScript, 제우미디어.
- 한국 ESRI 교육센터(2002,) Customizing ArcIMS using HTML and JavaScript, 한국ESRI
- 행정자치부 국립방재연구소(2002), 재해백서, 행정자치부.
- Mwakaupuja, F. S. (2003), System Development for Flood Hazard Management. pp. 5-10.
- Marfai, M. A. (2003), GIS Modelling of River and Tidal Flood Hazards in a Waterfront City, pp. 5-9.
- Sugumaran, R. (2000), High Resolution Digital Elevation Model and a Web-Based Client-Server Application for Improved Flood Plain Management, IEEE, pp. 1-4.