

## Web GIS를 이용한 침수범위 예측 The Prediction of Floodplain Using Web GIS

강준목\* · 윤희천\*\* · 이형석\*\*\* · 강영미\*\*\*\*

Kang, Joon Mook · Yun, Hee Cheon · Lee, Hyung Seok · Kang, Young Mi

### 要 旨

우리 나라에서 발생하는 여러 재해 중 자연재해는 각종 재해의 상당 부분을 차지하고 있으며, 이 중 호우에 의한 인명 피해는 연간 수 백명, 재산 피해는 수 천억에 이른다. 매년 여름철 집중호우에 의한 홍수재해는 한강과 같은 대형하천이나 급경사 산간지역에서 주로 발생하던 상황이 근래에 이르러서는 도시지역으로 그 피해가 확산되고 있다. 특히, 최근 몇 년 사이 연속해서 대규모 홍수가 발생하고 있어 수해로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위해서는 홍수규모에 따라 침수범위를 예측할 수 있는 보다 과학화된 실시간 침수 예측시스템 구축이 요구된다. 이에 본 연구는 홍수피해가 큰 한강 상류 일대의 중랑천과 그 주변을 대상지역으로 홍수시 발생한 하천의 유량과 범람량을 수치지형모형에 의해 분석하고 이를 실시간으로 Web GIS와 연계하여 홍수에 의한 침수를 예측하고자 한다.

### ABSTRACT

A natural disaster occupies a considerable part among various damages, and the damage of human lifes and property by heavy rain extends to hundreds, and billions in every year. In old times, flood was mainly occurred in big river or sudden slope, but these days, the damage of concentrated heavy rain is being extended to a city. Recently, very big floods occurred continuously, so real time submersion expectation system which can expect the inundation boundary according to the scale is needed so as to protect lifes and property. In this study, in and around Jungrang river, where the damage of flood is big, is chosen as a sample, and the submersion of that area is expected by analyzing the flux and overflowing using DEM, and connecting with Web GIS in real time.

### 1. 서 론

우리나라는 연강수량이 연도별로 최대 750~1,680 mm로 차이가 많으며, 계절별로도 여름 4개월의 강우 집중도가 62%로서, 프랑스(40%), 일본(47%)등 선진외국에 비하여 편중되어 있어 상습적인 피해가 발생하고 있으며, 화강암, 편마암으로 구성된 지질구조로 인한 풍화, 침식, 퇴적 등으로 하천관리에 대한 자연적인 여건이 불리한 실정이다.

또한, 산지가 전국토의 2/3인 지형여건상 홍수가 발생

하기 쉬운 하천연안의 저지대에 인구와 시설물이 밀집할 수밖에 없어, 최근 도시확산에 따른 수해방지사설 미비로 침수에 취약한 도시구조를 나타내고 있어 매년 홍수로 인한 막대한 인명과 재산피해가 발생하고 있다.

더욱이 최근의 세계적인 엘리뇨와 같은 이상기후현상은 금년 8월(7. 31~8. 18)의 집중호우에서 보듯이 종전까지의 장마나 태풍이 동반된 강우에서 국지적이고 기습적인 게릴라성 강우형태로 그 양상을 달리하고 있어 홍수규모에 따른 과학화된 실시간 홍수예측시스템 구축이 요구된다. 이에 본 연구에서는 중랑천을 대상지역으로 홍수시 발생한 하천의 유량과 범람량을 수치지형모형에 의해 분석하여 인터넷을 이용하고 있는 사용자가 실시간으로 홍수에 의한 침수를 예측할 수 있도록 Web상에 시스템을 구축하였다.

\*충남대학교 토목공학과 교수

\*\*안산공과대학 토목공학과 조교수

\*\*\*충남대학교 토목공학과 연구원

\*\*\*\*충남대학교 토목공학과 박사과정

## 2. Web GIS

### 2.1 Web GIS 동향

인터넷 기술의 발전과 사용상의 보편화에 힘입어 Web GIS 또한 급격한 기술발전과 사용자 측면의 효용성과 필요성이 확대되고 있다. 이제까지 GIS는 주로 전문가들만의 소유물로 인식돼 왔고 주로 클라이언트/서버 환경에서 운영돼 왔다. 때문에 사용범위의 폭이 좁아 시장 활성이 늦어지고 있다는 지적을 받고 있으나 웹GIS는 여러 사람이 손쉽게 활용할 수 있다는 점에서 easy GIS의 개념을 담고 있다. 데이터베이스와 웹과의 연동은 데이터베이스의 지역적인 단점을 극복하게 해주었다. 데이터베이스와 웹과의 상호연결로 데이터베이스에 접근할 수 있는 사용자가 인터넷환경 전체로 확산되었고 이에 따라 기존 정보의 활용성을 대폭적으로 높일 수 있게 되었다. 이러한 장점으로 인해 근래에는 GIS 자료를 웹에 구축하고자 하는 많은 시도가 진행중이다.

현재 Web GIS개발에 대한 관심은 초기의 GIS자료 접근성 향상에서 인터넷을 통한 GIS분석 기능의 공유 쪽으로 점차 그 초점이 옮겨지고 있으며(Peng와 1997). 진정한 Web GIS의 구현을 위해서는 네트워크를 통한 이질적(heterogeneous) 컴퓨팅 환경에서의 자료와 기능의 상호 소통, 즉, 높은 수준의 상호운용성(interoperability)이 전제가 되어야 한다. 이러한 의미에서 상호운용성이란 단순한 자료의 호환 가능성이 아니라 넓은 의미에서의 정보의 이동성(portability) 및 어플리케이션 사이의 공조처리제어(cooperative process control)를 제공해 주는 시스템 또는 시스템 컴포넌트의 기능으로 정의된다(Buehler와 1996).

국내에서도 모든 공간정보는 국가차원의 사회기반시설로 간주될 것이며, 이러한 정보는 인터넷을 통한 유통이 본격적으로 계획, 추진될 것이다. 따라서 인터넷상에서 지리정보 서비스를 위한 GIS와 웹과의 통합에 관한 연구, 즉 인터넷과 인트라넷상에 GIS업무에 관한 연구가 활발해질 전망이다.

### 2.2 Web GIS 자료구조

#### 2.2.1 CGI 방식

HTTP(Hyper Text Transfer Protocol)의 단순한 기능 확장으로, HTTP웹서버를 외부의 어플리케이션과 접속시키기 위한 표준이다. 보통의 HTML문서가 정적인 자

표 1. Web GIS의 자료구조

래스터 구조
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지도 이미지를 HTML에 포함하여 웹페이지상에서 클라이언트와 대화없이 보여줌</li> <li>· HTML의 이미지 지도의 일부를 선택하여 특정 URL로 이동하여 링크된 정보를 보여줌</li> <li>· 서버측에 래스터 자료와 이를 처리하는 GIS들을 내장하여 사용자의 질의에 답함</li> <li>· CGI(Common Gateway Interface)기법 활용</li> </ul>
벡터 구조
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 자체 서버 개발(예: ActiveMap)</li> <li>· 별도의 브라우저 개발</li> <li>· Plug-in, ActiveX, Java Applet 기법 활용(예: MapGuide, GeoMedia, ArcView IMS)</li> </ul>

료를 다루는데 비하여 CGI는 실시간으로 작동되며 동적인 정보를 만들어 낼 수 있다. CGI 방식에서는 서버가 모든 기능을 수행해야 하므로 서버에 과중한 부하가 걸리며, 통신부하가 걸리는 단점이 있고, 단순한 맵디스플레이 외 매우 제한된 범위에서 이용될 뿐 다양한 GIS 분석기능을 포괄하지 못하는 한계를 지니고 있다. 현재 CGI 방식을 이용한 사이트는 Yahoo Map 등이 있다.

#### 2.2.2 Plug-in 방식

웹브라우저 내부에서 GIS 자료를 처리할 수 있도록 만들어진 작은 프로그램이다. 필요한 경우에 웹서버로부터 전송되어져 사용자의 클라이언트 컴퓨터에 설치되고 작동된다. MapGuide(Autode나사) 외의 Web GIS 프로그램들이 plug-in 방식의 프로그램이다.

#### 2.2.3 ActiveX 방식

OLE와 COM을 결합한 일련의 기술과 서비스를 이룬

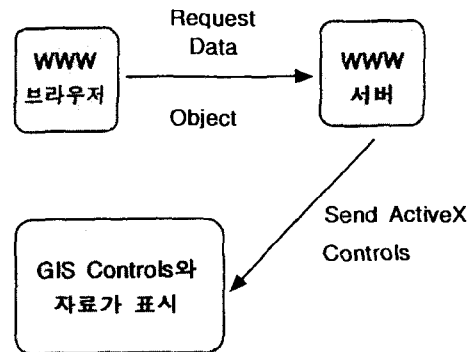


그림 1. ActiveX 작업 흐름도

다. GIS ActiveX control은 ActiveX control을 이용하여 개발한 작은 GIS 프로그램으로 연산능력과 전송기능, 자체적인 그래픽 인터페이스 기능 등을 가진다. ActiveX의 장점은 어떠한 어플리케이션에도 결합할 수 있는 일반화된 컴포넌트웨어라는 점이다. 즉 ActiveX control은 COM 표준을 만족하는 어떠한 언어(비주얼 베이스 외)나 어플리케이션(엑셀 외)에 의해서도 사용될 수 있다. MapObject IMS(ESRI사), GeoMedia Web Map (Intergraph사), WinFrame Web Client ActiveX Control (Citrix사) 등 많은 상업 GIS들이 이러한 방식을 채택하고 있다.

#### 2.2.4 Java Applet 방식

파일 크기가 작아서 인터넷을 통해 효율적으로 전송될 수 있고, 서버에 저장되며 클라이언트의 웹 브라우저를 통해 접근된다. GIS 기능과 자료는 사용자의 요구에 따라 서버로부터 사용자로 보내지는데, 모든 작동이 사용자에서 이루어지기 때문에 초기의 애플릿 및 자료의 전송 이외에는 서버와 사용자 사이의 통신부하는 크지 않으며 작동이 끝나면 자동적으로 설치 해제되는 장점을 가지고 있다.

### 3. 연구내용 및 방법

초기의 Web GIS에 일반적으로 사용되던 방식인 CGI는 HTTP의 단순한 기능확장으로, 단순한 맵디스플레이의 매우 제한된 범위에서 이용될 뿐 다양한 GIS 분석기능을 포괄하지 못하는 한계를 지니고 있었다. 본 연구에서 이용한 웹 운용을 위한 웹 서버는 모듈이 서버에 저장되고 필요한 경우 클라이언트로 전송되어 웹브라우저 내부에서 운용되는 ActiveX 기반으로, 웹브라우저가 GIS 자료를 인식하면 HTML 파일에서 참조된 ActiveX control을 작동시키게 된다. 따라서 GIS 자료의 속성 및 공간질의 처리, 거리 및 면적측정, 레이어 기반, 확대 및 이동(zoom, Panning) 기능 등을 웹상에서 구현할 수 있다. 이런 Web GIS 기능을 이용하여 매년 많은 홍수피해를 입고 있는 중랑천 유역을 대상으로, 최근에 촬영한 항공사진과 수치지도를 이용하여 정확한 수치지형모형을 획득한다. 이것을 기본도(base map)으로 대상하천에 관련된 홍수위 자료를 링크하여 데이터베이스를 작성하고, 또한 빈도별 홍수위에 따른 가상범람원을 구축하여 소하천 주변의 도심지 침수를 예측하고자 한다.

#### 3.1 연구대상 지역

중랑천은 경기도 양주군 주내면 산북리 불국산에서 발원하여 의정부시의 중심부를 지나 남쪽으로 흐르며, 하류부인 성동구 송정동에서 서쪽으로 방향을 바꾸어 최대지류인 청계천과 합류하여 한강본류에 유입한다. 유역면적 299.6 km<sup>2</sup>, 유로연장 34.8 km, 유역평균폭 8.61 km로서 서울특별시와 의정부시가 유역의 3/4 이상을 접하는 고밀도의 도시지역이다. 이 유역중 연구 대상지역은 중랑구에 위치한 중랑교 주변지역으로 중랑천을 따라 상류쪽으로 1.47 km, 하류쪽으로 1.48 km를 포함하고 있다.

#### 3.2 수치지형모형 생성

GIS 시스템 구축을 위해 사용되는 자료 중 수치표고자료(DEM)은 3차원 좌표를 이용하여 지형 및 지물의



그림 2. 연구대상지역



그림 3. 대상지역의 수치지형모형

형태를 모델링한 자료이다. 수치표고자료의 유형으로는 여러 가지가 있으며, 지형을 일정 크기의 격자로 나누어 높이 값을 기록한 방식을 가장 많이 사용한다. 수치표고 자료는 각종 공학적인 활용이나 도시계획, 군사분야 등에서 대단히 중요성이 크다. 또한 이를 수자원관리 위한 시스템에 활용하여 기존의 폴리곤 모형으로 분석하던 하천 지형 처리, 수리학적 모형, 홍수범람에 대한 기하학적 객체에 대한 분석을 등고선, 표고점, 횡단면도 등을 하나의 점(Point) 객체로 접근할 수도 있다. 일반적으로 수치지형모형은 NGIS 사업으로 구축된 수치지도 등고선의 수치자료를 이용하거나 항공사진이나 인공위성사진의 입체영상에서 획득된다.

본 연구에서는 3차원 값을 갖는 하천의 수치지형모형을 ARC/View GIS 툴을 이용하여 수치지도의 등고선 모델에서 변환하여 생성하였다.

이렇게 생성된 3차원 점(Point) 자료를 수자원계획 분야에 활용하여 소하천의 범람으로 인한 도심지 침수를 예측하기 위하여 사용하였다.

#### 4. 침수예측시스템 구축

침수에 대한 기하학적 객체에 대한 분석을 위한 대상 지역의 종단면도는 그림 4와 같으며, 총 측정수는 16개로서 각각의 제방고, 최심하상고 및 계획홍수위를 m단위의 표고(EL)로 표시하고 있다.

본 연구에서 구축한 침수예측시스템은 중랑천 계획홍수위로부터 제방과파나 월류시 발생할 수 있는 침수범위 및 최대가능침수구역을 산정하고 이를 Web상에 표시하는 홍수관리종합운영시스템으로, 홍수관리자가 보다 효율적인 업무수행을 할 수 있도록 정확한 홍수 및 범람자

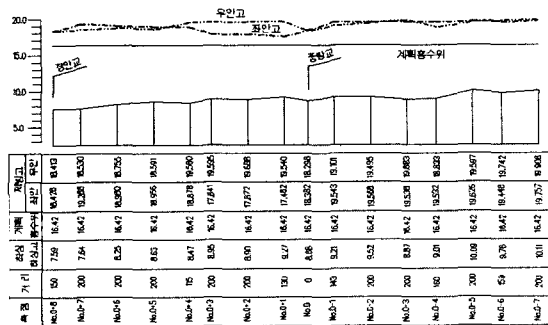


그림 4. 대상지역의 종단면도

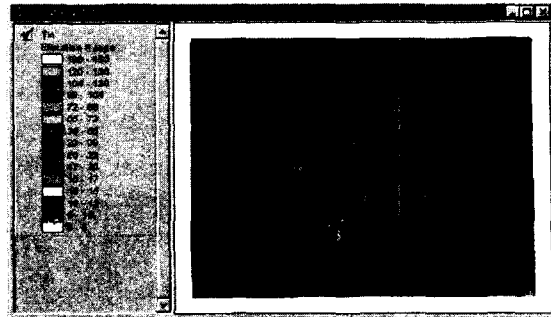


그림 5. 대상지역의 TIN

료를 제공할 수 있다. 본 시스템은 사용자가 편리하고 손쉽게 활용할 수 있도록 인터넷상에 구축하여 GIS 초보자도 손쉽게 시스템을 활용하도록 하였다.

그림 6에서 작성된 속성표는 중랑교를 기점으로 상·하류 방향 200m 간격 지점별 계획홍수량, 계획홍수위, 계획 하폭, 계획제방고, 빈도별 홍수위 자료이다. 이 속성표와 연결된 기본도는 웹상에서 인식할 수 있는 등고선 형태(Feature)인 Arc/View의 shape file이다. 따라서 각 지점에 대한 홍수위와 관련된 정보들이 속성표로 작

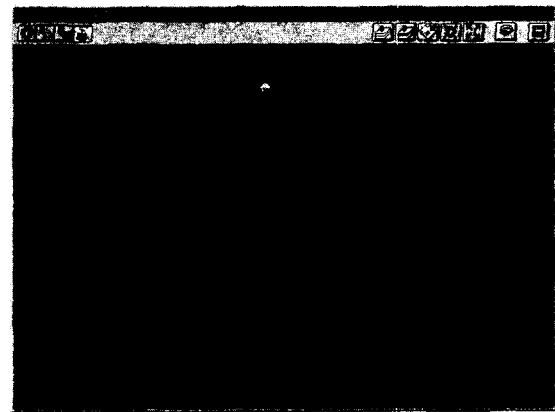


그림 6. 중랑천 지점별 홍수위 데이터베이스

성되어 있어 메인 메뉴를 통해 유량 및 수위자료 등을 실시간으로 조회할 수 있으며, 조회 항목을 이용하여 침수예측시스템에 구축된 모든 속성자료를 조회할 수 있다.

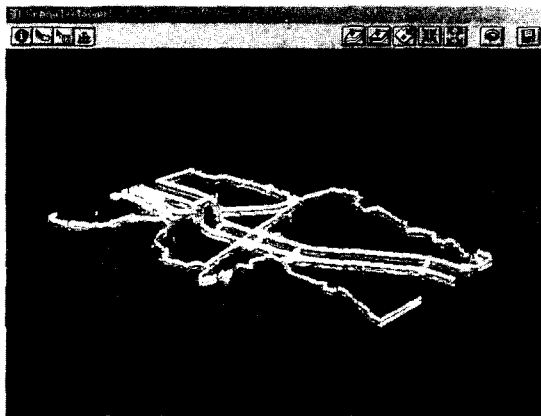
그림 7의 가상범람도는 10cm 간격의 등고선 폴리라인과 하천 종단을 따라 200m 간격으로 작성된 점들의 100년 빈도 홍수위를 링크하여 작성한 최대가능침수구역으로 홍수가 범람했을 경우 발생할 수 있는 최대침수구간을 해석한 것이다.

기존의 GIS는 네트워크 상에서의 활용에 한계가 있었으나, Web GIS는 웹을 통한 지리정보의 입력, 수정, 조작, 분석, 출력 등 GIS 자료와 서비스가 제공되어 일반인들도 사용이 가능하게 되었다. 따라서 윈도우 환경에서 MS Explorer나 Netscape와 같은 표준 웹 브라우저를 이용하는 모든 사용자에게 아무런 제약이나 별도의 Viewing Software/Tool의 설치없이 원하는 GIS 자료를 제공 할 수 있는 환경을 구축하여 GIS 및 일반 컴퓨터

시스템 운용에 친숙하지 못한 비전문가라 할지라도 Windows를 기반으로 한 손쉬운 소프트웨어를 사용하듯이 각종 지도의 생성 및 조회와 공간질의, 기타의 GIS 정보들을 실시간으로 제공받을 수 있도록 하였다.

본 연구 대상지역의 기본도는 지도안의 개별적인 형태(Feature)에 대해 하이퍼링크를 가질 수 있는 벡터 기반의 지도로 웹상에 구현되고, 지도의 형태(Feature)를 클릭하면 관련 정보를 각각의 지역적인 혹은 분산 데이터베이스로부터 제공한다. 또한 지리 정보가 서버에서 갱신될 때마다 지도가 재생성되므로, 사용자는 항상 최신의 정보를 볼 수 있다. 벡터 지도를 웹상에 표현하기 위해 지도정의파일(MDF)로 변환하였고, 세부적인 GIS 분석기능을 제공하기 위해 ASP(Active Server Pages) 코딩으로 편집하여 속성 및 공간질의처리 기능, 좌표계 변환기능, 확대/축소, 이동 등을 제공하고 있다.

그림 8은 표준 웹 브라우저에 구현하기 위한



Shape	id	Contour	100년빈도	거리(m)
PolyLine	837	16.5	16.45, 16.48	상류쪽 830, 1070
PolyLine	838	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	839	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	840	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	841	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	842	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	843	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	844	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	845	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	846	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	847	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	848	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	849	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	850	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147
PolyLine	851	16.8	16.75, 16.77	상류쪽 1270, 147

그림 7. 가상범람 데이터베이스

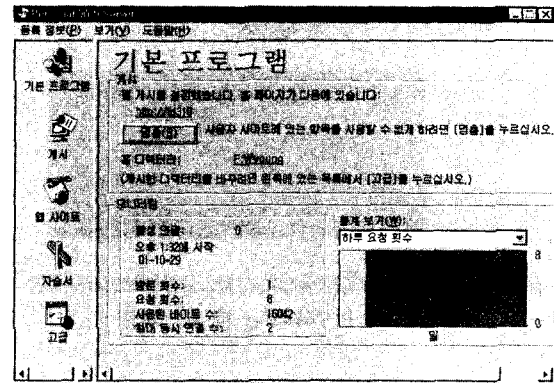


그림 8. 개인 웹 서버

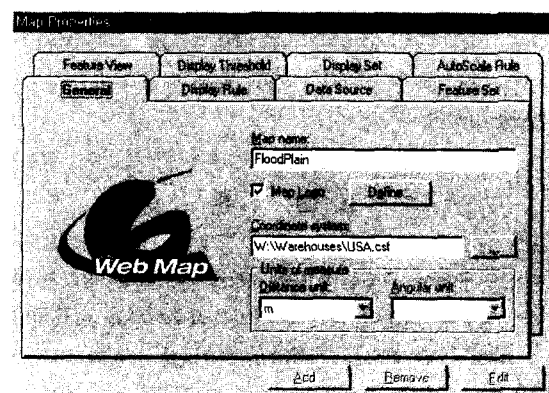


그림 9. GeoMedia Web Map에 의한 mdf 생성

```

<HEAD>
</HEAD>
<BODY>
<X
Set objSesMgr = Server.CreateObject("GMWebMap.MapServerManager"
Set objMS = objSesMgr.MapServer("")
objMS.Clear

Set the Coordinate System
objMS.SetCoordinateSystem "C:\Program Files\GeoMedia Web Map\Cf

Connect to the ArcView Data Source
objMS.Connect "AV.GDatabase", -
"D:\SUPPORT\Webmap\10cm", -
"", "10cm"

'스케일 설정
Dim AS1
Set AS1 = objMS.AddRangeAutoScale("AS1")
AS1.Multiplier = 1

'Range 설정, 각각의 threshold 설정

Set objMarker = objMS.AddMarker("Mkri", "10cm", "f10cm", "",
objMarker.AddElements ""

Set objDisplayRule = objMarker.NewDisplayRule
Set objSym = objMS.CreateObject("GMWebMap.GMFeatureSymbology"
objSym.Color = RGB(255, 0, 0)
objSym.MinScale = 1

```

그림 10. ASP 코딩에 의한 mdf 생성

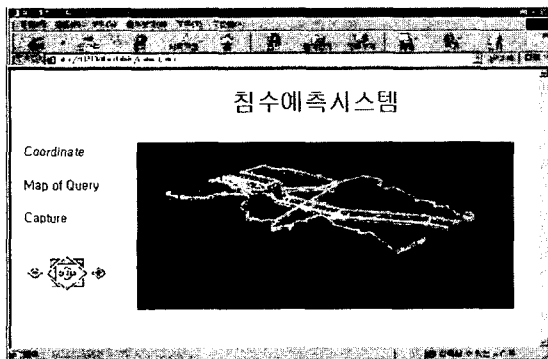


그림 11. 침수에 예측시스템 초기화면

PWS(Personal Web Server)로 WorkStation용NT에 서버를 구축하였고, 그림 9는 GeoMedia Web Map을 이용하여, 그림 10은 ASP 코딩에 의해 mdf를 만든 것이다. 그림 11은 본 연구에서 웹상에 구축한 침수에 예측시스템 초기화면이다.

## 5. 결 론

본 연구에서 구축한 침수에 예측시스템을 통해 중랑천 제방의 월류나 파괴에 따른 최대가능침수지역을 예측하였고, 하천 종단 200m 간격의 홍수위 및 유량별 자료를 이용하여 중랑천 데이터베이스를 작성하였으며, 인터넷을 사용하고 있는 이용자가 쉽게 접근하여 GIS 프로그

램과 상관없이 GIS분석기능을 공유할 수 있게 하였다. 따라서 중랑천 수치지형모형 분석을 통해 구축된 침수에 예측시스템은 제내지의 침수에 따른 주민의 대피로 선정, 대피시설 선정 등의 종합방재 업무시스템으로 확장 가능하며 특히, 범람모형의 개발을 통해 도시구역에서의 재난업무 시스템으로 발전시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. M. Naraghi, W. Stromberg and M. Daily, "Geometric Rectification of Radar Imagery Using Digital Elevation Models", PE & RS Vol. 49, No. 2, 1983, pp.195-199.
2. 건설교통부, "한강하천정비기본계획(중랑천, 곡능천)", 1986. 12.
3. P. R. J. Boniface, "PRI2SM-Softcopy Production of Orthophotos and DEM", PE & RS, Vol. 58, No. 1, January 1992, pp. 91-94.
4. 한국수자원공사, "GIS를 이용한 수자원관리 및 계획에 관한 연구", 1993. 12.
5. R. Aspinall and D. Miller, "A Model of DEM and Orthophotograph Quality Using Aerial Photography", Proceeding of GIS/LIS, 1994, pp. 24-33.
6. Buehler, Kurt and Lance McKee, "The OpenGIS Guide: Introduction to Interoperable Geoprocessing", OGIS TC Document 96-001. 1996.(<http://www.opengis.org/guide/guide1/htm>.)
7. Peng, Zhong-Ren, "An Assessment of the Development of Internet GIS", Journal of Urban and Regional Information Systems, spring 1997.
8. Marc van Kreveld *et al.*, "Algorithmic Foundations of Geographic Information Systems", 1997.
9. Hans-Gerd Maas and Thomas Kersten, "Aerotriangulation and DEM/Orthophoto Generation from High-Resolution Still-Video Imagery", PE & RS, Vol. 63, No. 9, September, 1997, pp. 1079-1084.
10. 건설교통부, "유량연보", 1996~1999.
11. 건설교통부, "수문연보", 1996~1999.
12. Naser El-Sheimy, The University of CALGARY, "Digital Terrain Modeling", 1998. 9.
13. Eric Tate, "Photogrammetric Applications In Digital Terrain Modeling And Floodplain Mapping", 1998. 11.
14. 행정자치부, "98 수해흔적조사 및 수해백서발간 보고서", 1999. 12.
15. ([http://www.kict.re.kr/wenv/Group/riv\\_eng/research침수에 예측시스템/chimsu.htm](http://www.kict.re.kr/wenv/Group/riv_eng/research침수에 예측시스템/chimsu.htm).)
16. 월간 한국지리정보, 2001. 7.

(2001년 11월 16일 원고접수)