

웹 서비스 기반 GIS 연동 폭풍·해일 시각화 시스템 개발

(Development of a Web Service based GIS-Enabled Storm-surge Visualization System)

김진아[†] 박진아^{**} 박광순^{***} 권재일^{***}
 (Jinah Kim) (Jinah Park) (K. S. Park) (Jaeil Kwon)

요약 최근 지구온난화 및 해수면 상승으로 인한 태풍의 내습빈도와 강도의 증가로 태풍 내습시 연안지역의 침수·범람과 같은 자연재해로 인한 국민의 재산과 인명 피해가 급증하고 있다. 이에 폭풍·해일 예측을 위한 수치모델의 수립과 개선을 통하여 해일의 높이 및 발생시간, 해일로 인한 침수·범람 지역을 보다 과학적으로 정확하게 예측하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 예측결과를 일반 국민들에게 보다 효과적으로 전달하여, 연안재해로 인한 피해를 예방하기 위하여 웹 서비스 기반 GIS 연동 폭풍·해일 시각화 시스템을 개발하였다. 또한 수치모델의 정확한 예측결과 및 연안지역의 정밀 지리정보 구축을 위하여 LiDAR 자료를 이용한 GIS 기반 육도-해도 접합을 통한 연안지역 정밀해상도의 DEM을 생성하였다.

키워드 : 웹 서비스, 폭풍·해일 시각화, GIS(지리정보시스템), 연안정밀지형

Abstract Natural disaster such as inundation due to the typhoon induced storm-surge has inflicted severe losses on the coastal area. The problem of global warming and sea surface rising has issued and thus influences the increase of frequency and potential power of storm-surge. What we can do is to make intelligent effort to predict and prevent the losses through the early warning and prevention activity from the accurate prediction and forecasting about the time-varying storm-surge height and its arriving time resulted from the numerical simulation with sea observations. In this paper, we developed the web service based GIS-Enabled storm-surge visualization system to predict and prevent the storm-surge disasters. Moreover, for more accurate topography around coastal area and fine-grid storm-surge numerical model, we have accomplished GIS-based coastal mapping through LiDAR measurement.

Key words : Web-Services, Storm-surge scientific visualization, GIS, Coastal Mapping

· 본 논문은 한국해양연구원 기본사업인 연안국지해일 정밀예보 지원체계
 현업화 기술(PE98060), 해일 침수범람지역예측기술 및 해해도(Hazard
 Map) 작성기술 개발(PE98070)의 지원으로 수행되었음

[†] 정 회 원 : 한국해양연구원 해양환경·방재연구부 연구원
 jakim@kordi.re.kr
^{**} 정 회 원 : 한국정보통신대학교 공학부 교수
 jinah@icu.ac.kr
^{***} 비 회 원 : 한국해양연구원 기후·연안재해연구부 연구원
 kspark@kordi.re.kr
 jikwon@kordi.re.kr
 논문접수 : 2008년 8월 20일
 심사완료 : 2008년 10월 22일

1. 서론

최근 15년간 (1989년~2002년) 전국에서 발생한 1,000여건의 자연재해 중 약 41%인 409건이 해일, 침수·범람, 태풍 등에 의한 연안재해로 피해규모는 약 2조 1000억에 달한다(해양수산부 해양수산뉴스, 2005년 2월 24일). 더욱이 지구온난화에 따른 기후변화로 인하여 태풍 및 이상 해면상승 등의 자연재해 피해규모가 대형화되고, 태풍의 강도 및 내습빈도가 증가하여 바다와 인접한 연안지역에서는 매년 반복되는 자연재해로 막대한 인명 및 재산 피해가 발생하고 있다. 2005년 미국에서는 허리케인 카트리나의 내습으로 뉴올리언스에서만 1,079명이 사망하고 2,000억 달러가 넘는 재산피해가 발생했다. 우리나라에서도 2003년 태풍 매미의 내습으로 마산만에

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제14권 제9호(2008.12)

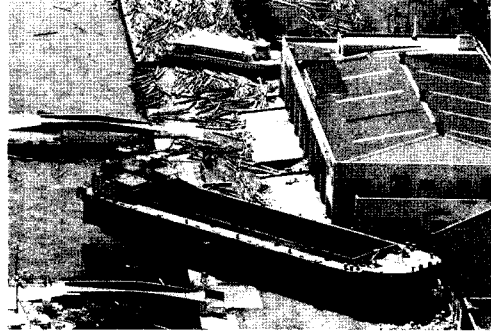


그림 1 폭풍해일로 인한 피해
(우측: 2005년 허리케인 카트리나 내습시 미국 뉴올리언즈, 좌측: 2003년 태풍 매미 내습시 대한민국 마산만)

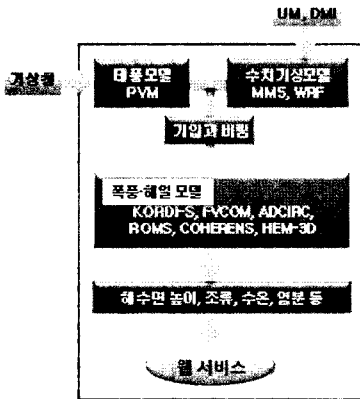


그림 2 연안 국지 정밀격자 폭풍-해일 예측 시스템

써 사용자 누구든지 시·공간에 제약없이 자유롭게 접근할 수 있는 환경을 제공하고자 한다. 특히 연안 국지 폭풍-해일 예측결과인 해일고와 바람장을 시간변화에 따라 지도상에 3단계의 상세 지리정보와 함께 시각적으로 표출하고, 관련자료들은 시계열 그래프 및 텍스트 형식으로 함께 서비스한다. 나아가 상세 연안 국지지역의 정밀한 해일고 시각화 및 침수·범람 예측을 위하여 수 센티미터의 오차를 갖는 LiDAR(Light Detection and Ranging) 측량 데이터를 GIS기반 육도-해도 접합을 통하여 고해상도 지형정보를 시범 대상지역인 만리포 해변에 대하여 제작하였으며, DEM(Digital Elevation Map) 형성을 통한 상세 공간-지리정보를 시각화하였다.

해일이 발생하여 32명의 인명피해 및 6,000억 원의 재산피해가 있었다. 따라서 이러한 폭풍-해일에 의한 침수·범람 및 인명과 재산 피해를 최소화하고 보다 과학적이고 체계적으로 대처할 수 있는 예측 기술을 기반으로 한 연안재해예측 관리기술 개발이 필요하다.

2. 관련 연구

연안 국지 폭풍-해일 정밀 예측을 통한 해일의 발생 시간, 해일의 높이, 해일로 인한 침수·범람지역의 예측을 위하여 폭풍-해일 수치모델이 수립되었고, 보다 정확한 예측 결과를 위한 정밀격자 해상풍 및 조석 조화상수 추산, 파랑-조석-폭풍-해일의 상호작용 분석, KORDIS, FVCOM, ADCIRC 등의 정밀격자 폭풍-해일 모델 개선, 태풍 파라미터 모델-기상 모델-폭풍-해일 모델 연동 시스템을 통한 연안국지 정밀격자 폭풍해일 시스템의 개선[1]이 이루어지고 있다.

미국의 폭풍-해일 예보를 담당하고 있는 해양대기청(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)의 NWS(National Weather Service)에서는 그림 3에서와 같이 자체연구개발한 SLOSH 해일 예보 모형을 전국 연안에 걸쳐 20여 개의 영역으로 나누어 현업 예보[2]에 활용하고 있으며, 플로리다 대학에서는 미해양대기청 플로리다 마이애미의 National Hurricane Center(NHC)와 공동연구를 통하여 폭풍-해일로 인한 침수범람의 3차원 시각화 시스템[3]을 제안한바 있다. 폭풍-해일의 3차원 가시화 및 애니메이션 시스템을 통하여 침수·범람 피해 지역의 다양한 피해 상황과 대처 방법을 사전에 시뮬레이션 함으로써 폭풍-해일에 대한 피해를 줄이고자 하였다. 또한 정밀한 연안지역의 3차원 지형구축을 위하여 항공 라이더 측량, 위성사진, GIS의 DB를 활용하여 3차원 환경을 구축하고, 정밀한 폭풍-해일 모델 결과를 바탕으로 파도의 침수범람을 시뮬레이션 한다. 또한 비, 바람, 번개의 특수효과와 나무의 휘어짐, 파편 더미들의 움직임, 자동차들의 파손 등을 3차원 입체 음향과 함께 이벤트로 발생시킴으로써 월리우드

본 논문에서는 이렇게 계산된 폭풍-해일 예측 결과를 일반 국민들에게 효과적으로 전달하여, 폭풍-해일로 인한 연안재해 피해를 예방하기 위하여 GIS(Geographical Information System, 지리정보시스템, 이하 GIS라고 함)와 연동된 웹을 통한 정보전달 서비스를 제공함으로써

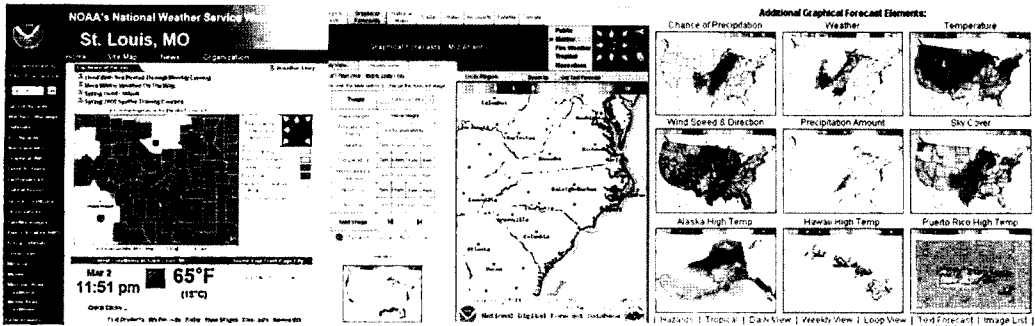


그림 3 미국 해양대기청 NWS(National Weather Service) 폭풍·해일 예보 웹사이트

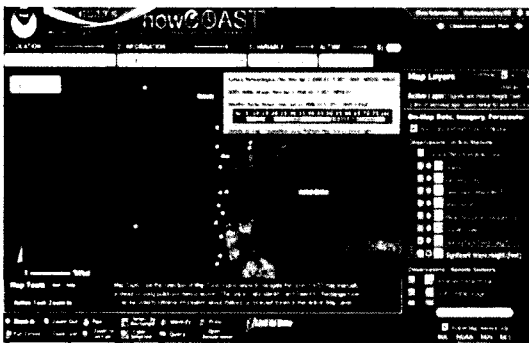


그림 4 nowCOAST 웹 서비스

영화 퍼펙트 스톰(Perfect Storm)이나 투모로우(The Day after Tomorrow)와 같은 사실적이고 생생한 시뮬레이션 시스템을 개발하고 있다.

또한 nowCOAST(GIS Mapping Portal to Real-Time Environmental Observations and NOAA Forecasts)라는 GIS 기반 실시간 통합 해양·대기정보 제공을 위한 포털 사이트 개발·운영[4]을 통하여 기상 및 해양 요소에 대한 실시간 연안관측 정보를 웹을 통하여 지리정보와 함께 컬러매핑 기법을 통하여 시각화하고 있으며, 관측 정보도 함께 제공한다. 나아가 일부 요소에 대해서는 예측 정보의 시각화 기능 제공도 준비하고 있다(그림 4).

좀 더 효과적인 폭풍·해일 가시화 기법으로 제안된 Shalini Venkataraman 등의 허리케인 카트리나 가시화에 대한 논문[5]을 살펴보면 폭풍·해일과 같은 geoscientific 데이터의 가시화(Geo-Visualization)에 있어 정밀 세부격자의 폭풍 해일 예측모델(ADCIRC STORM-SURGE MODEL) 결과 및 지형정보(LIDAR mapping: 5m 해상도), 기상 데이터(MM5 ATMOSPHERIC MODEL) 그리고 위성영상(GOES-12)등의 시공간에 따라 변화하는 4차원(x, y, z: 3차원 공간, t: 시간)의 방대한 데이터의 핸들링과 여러 종류의 다양한 데이터들의 좌표 정합 및 효과적인 시각화 기법(그림 5)에 대하여 제안하고 있다. 또한 긴급 상황발생시 원격지와의 상호 작용이 가능한 협업 환경에 대한 메커니즘도 소개하고 있다.

C.S. Kim 등의 VR (Virtual Reality) 시스템을 이용한 해양·기상 데이터의 과학적 가시화에 대한 논문[6]에서는 2003년 한국을 강타한 태풍 매미의 발생과 이동경로에 대한 3일간의 해양·기상 시뮬레이션 결과를 3차원 입체영상으로 보여줌으로써 가상현실기술을 이용한 해양·기상 데이터의 가시화 방법을 제시하고 있다(그림 6).

우리나라 기상청(KMA: Korea Meteorological Administration)에서는 일반적인 날씨정보 예보와 함께 태풍이 오면 약 3시간 간격으로 예측한 태풍의 진로 및 영향 반경들을 그림 7과 같이 업데이트하여 보여주며, 시

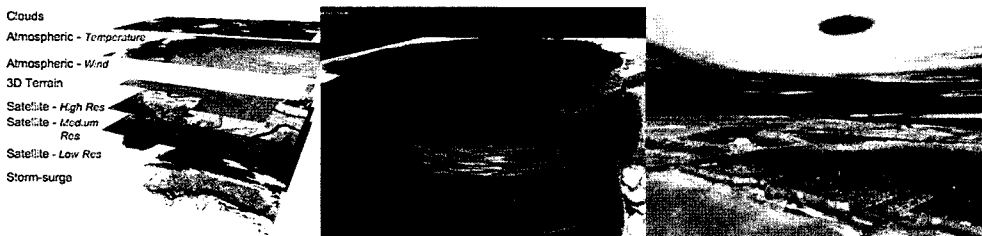


그림 5 해양·대기층 다양한 데이터 구조 및 스트림 라인을 통한 허리케인 카트리나 바람장과 위성영상 매핑을 통한 뉴올리언스 3D 지형 시각화

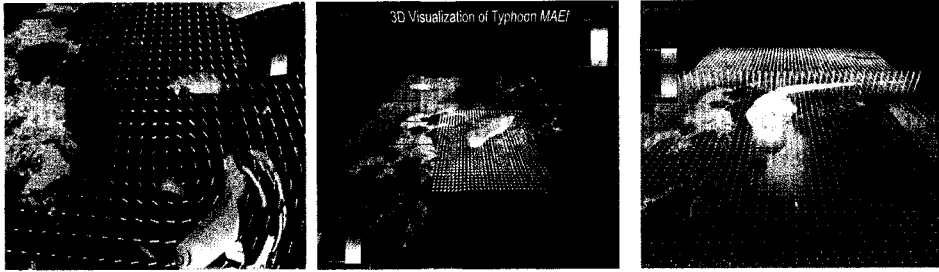


그림 6 태풍 매미의 과학적 가시화

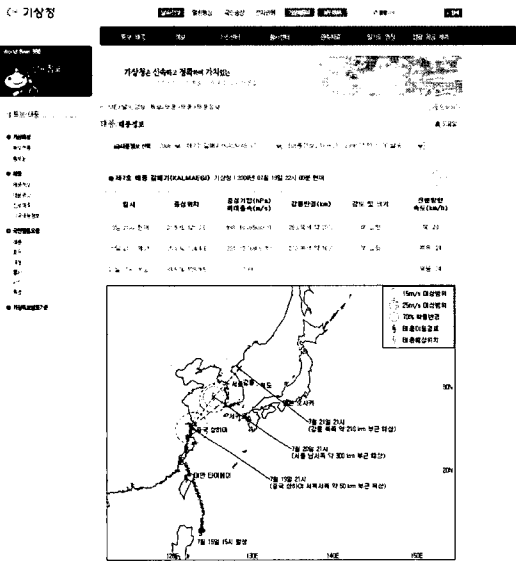


그림 7 우리나라 기상청 태풍 예보 웹 서비스

군 단위로 태풍의 영향권에 대하여 예보하고 있다[7].

3. 웹 서비스를 통한 GIS기반 폭풍·해일 시각화 시스템

웹 서비스는 인터넷을 이용하여 단순 단방향 정보 전달뿐만 아니라 특정한 기능 및 비즈니스 프로세스를 실행하기 위해 표준 프로토콜을 이용하여 인터넷 상의 조합을 통한 양방향 상호작용으로 통한 정보전달 및 검색, 의사결정을 도와주며 정보의 취사선택을 가능하게 하는 표준 기술이다. 웹 서비스를 이용하면 비즈니스 업무를 수행하기 위한 시스템들 간에 자동적으로 즉각적인 상호 운영성 추구가 가능하며, 시·공간 제약없이 누구나 접근·이용이 용이한 서비스 환경을 제공한다. 따라서 본 연구에서도 인터넷을 이용하여 효과적인 폭풍·해일 예측 정보전달 서비스 시스템을 개발하고자 한다. 또한 폭풍·해일 예측 정보라는 것이 우리나라의 지리정보에 기반

한 데이터이기 때문에 디지털 맵을 효과적으로 웹을 통해 표출하기 위해서는 웹 GIS 구축을 통한 공간·지리·위치정보의 표출 및 데이터 조작이 필수적이다.

따라서 본 논문에서는 일반 국민을 대상으로 폭풍·해일 예측 정보전달을 위하여 확산이 자유로운 인터넷 기술을 GIS와 접목시켜 지리정보와의 상호작용 구현을 통하여 기본적인 지리적인 서비스를 제공하는 Web-GIS 환경을 구축하였고, 정보의 효과적인 전달을 위하여 해일고 및 바람장의 3차원 시각화 엔진을 개발하여 웹과 연동하였다.

3.1 시스템 구성 및 웹 서비스 시나리오

웹 서비스 기반 GIS 연동 폭풍·해일 시각화 시스템의 전체적 구성은 그림 8과 같다.

연안 국지 정밀격자 폭풍·해일 예측 시스템에서 연산된 바이너리 형식의 예측결과는 전처리 과정을 거쳐 시각화에 필요한 해일고(위도, 경도, 시간, 해일 높이)와 바람장(위도, 경도, 시간, U, V(공간벡터))을 추출한다. 그림 9와 같은 웹 입력 인터페이스를 통해서 위 데이터와 조석 데이터를 업로드하고, 해일고 및 바람장의 최대값(레벨)과 주기, 시작 날짜와 시간을 입력한다.

웹 서버에 등록된 데이터들은 폭풍해일 시각화를 위해 ActiveX 기반으로 개발된 컴포넌트를 통하여 해일고 및 바람장 크기에 따라 컬러 매핑된 3차원 영상을 생성하고, 그림 10과 같이 웹 페이지에서 자동으로 시간에 따라 애니메이션 되어 보여지게 되며, 데이터베이스

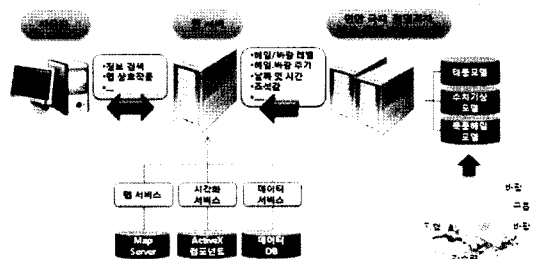


그림 8 웹 서비스를 통한 GIS 기반 폭풍·해일 시각화 시스템 구성

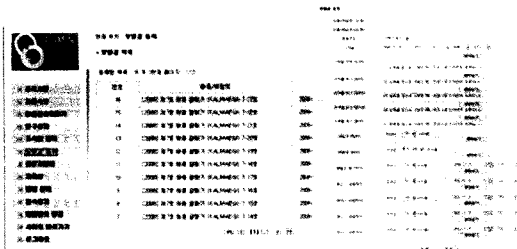


그림 9 폭풍·해일 예측결과인 해일고와 바람장 및 최대값, 주기와 조석값, 날짜와 시간 입력을 위한 웹 인터페이스

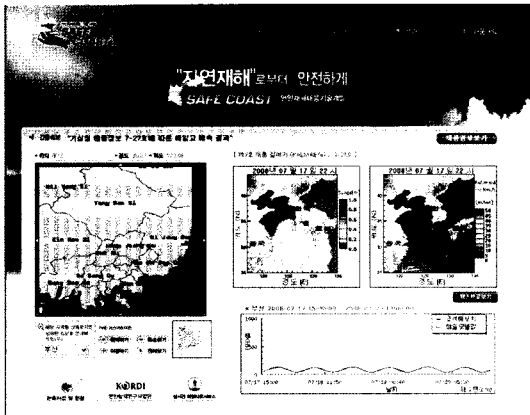


그림 10 폭풍·해일 예측결과 웹 서비스

화 되어 태풍별로 저장되어 추후 검색이 가능하다. 또한 웹 GIS 구현을 통하여 법정행정 구역별로 구분된 맵이 그림 10 왼쪽과 같이 표출되며, 맵 상에서 사용자와의

상호작용을 위한 확대, 축소, 이동, 특정지역 정보출력 등의 기능을 제공하고, 위도, 경도, 행정구역명 등의 지리정보를 함께 보여준다.

나아가 사용자와 맵의 상호작용을 통해 원하는 상세 지역의 지형과 해일고에 관한 정확한 정보전달을 위해 그림 11과 같이 3단계의 격자 시스템(해상도 9Km, 2Km, 300m)을 수립하고, 침수·범람 피해가 잦았던 부산, 마산, 여수, 군산 4 지역의 정밀격자 국지 폭풍·해일 예측 결과를 그림 12와 같이 상세지역 서비스가 가능하도록 하였다.

예를 들어 사용자가 웹 서비스에 접속하여 GIS 맵상에서 네비게이션하여 부산광역시 해운대구의 태풍 정보를 알고자 할 때, 그림 12와 같이 지리정보와 함께 300m 해상도의 시간에 따른 해일고 영상과 시계열 그래프, 텍스트 자료를 표출해 상세지역의 정확한 해일고를 알 수 있도록 하였다.

3.2 MapServer를 통한 Web-GIS 구현

최근 GIS의 기술 추세는 공간자료의 통합관리를 위한 순수한 GIS 기술뿐만이 아니라, 통신기술, 위치추적기술, 영상기술 등과 융합되어 새로운 기술로 발전되고 있다. 또한 인터넷 사용의 활성화에 따라 웹 기반 GIS가 과학적 정보 전달 및 관리 분야에도 활용되기 시작하였다. 웹 기반 GIS는 인터넷 기술을 GIS와 접목하여 지리정보의 입력, 수정, 조작, 분석, 출력 등 GIS 데이터와 인터넷 환경에서 지원된다. 웹 기반 GIS 종류로는 온라인 공간 지리정보 데이터의 공유에 관한 인터넷 GIS, GIS online, 분산 지리정보, 웹 기반 GIS, 단순 Web GIS 등이 있다[8]. Hall[9]에 의하면 인터넷 GIS는 데이터를 교환하고, GIS 분석을 수행하고 결과를 제시하

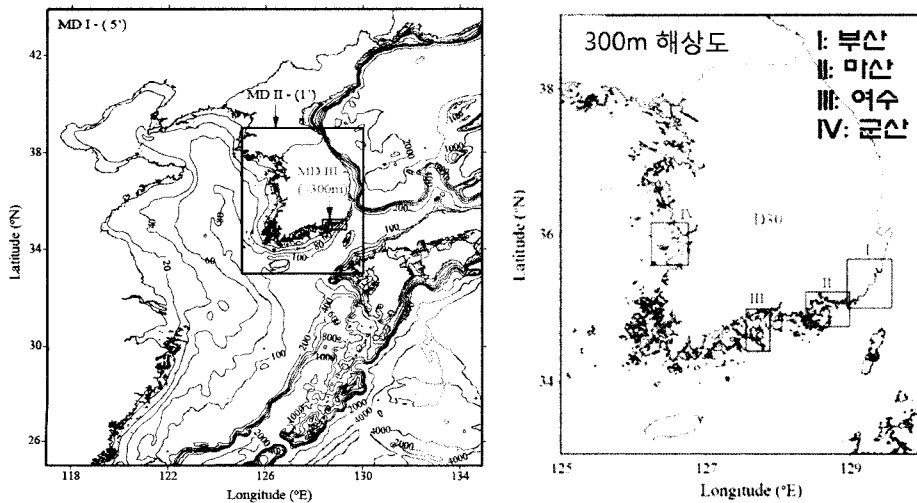


그림 11 국지 폭풍·해일 예측시스템의 3 단계 격자 및 4개 지역 정밀격자

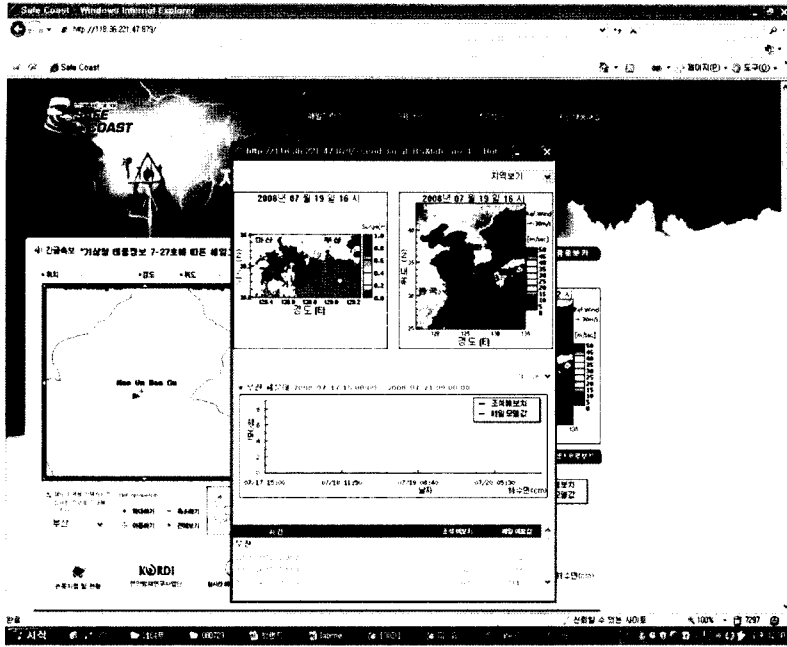


그림 12 GIS 맵과 사용자와의 상호작용을 통한 상세지역 폭풍·해일 예측 결과의 웹 서비스

는 의미로서 인터넷의 사용을 언급하며, 반면에 웹 기반 GIS는 World Wide Web(이하 www)의 사용을 의미한다. 인터넷 GIS와 웹 기반 GIS는 모두 클라이언트/서버 컴퓨팅 모델이며, 통신 장비를 통해 지역적으로 분산된 네트워크를 연결한다. 웹 기반 GIS의 방식에 따른 분류는 전용브라우저 방식과 www 기반의 방식으로 나뉜다. GIS 전용 브라우저는 전용서버를 필요로 하며, 사용자의 컴퓨터에 설치가 되어 있어야 하므로, 사용자 시스템의 자원에 부담을 주 수 있다. 또한 서로 다른 회사가 개발한 브라우저간의 호환성에서 문제가 야기 될 수 있다. www 기반의 방식은 정적인 CGI(Common Gateway Interface: 이하 CGI) 방식과 plug-in 방식으로 나눌 수 있다. CGI 방식의 시스템은 입력이 제한적이므로 다양한 질의 및 래스터 데이터 형식에 따른 지리정보의 다양한 분석에 제약이 있다. 하지만 서버 중심의 서비스와 래스터 데이터 방식이 많이 사용된 간단한 질의에 대한 처리에 적절한 시스템이다. plug-in 방식은 사용자 시스템의 자원을 이용한 www 브라우저의 확장방식이며 Java Applet 등의 기술이 함께 사용된다. 클라이언트의 자원을 사용함으로써 수행속도가 빠르며, 사용자 시스템의 자원 사용이 편리하다는 장점이 있으나, 새로운 버전으로 전환 시 새로 설치를 해야 한다는 불편이 있다[10].

본 논문에서의 웹 서비스를 고려할 때 GIS처럼 다양한 형태의 많은 데이터를 Web 상에서 효율적으로 처리

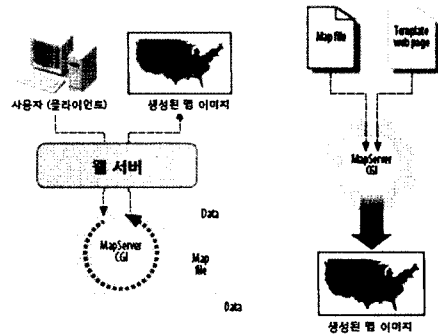


그림 13 MapServer CGI를 통한 웹 서비스 및 맵 파일과 html 웹 페이지를 통한 서비스 다이어그램

하기 위해서는 데이터를 한곳에서만 저장, 관리하고 사용자가 그 곳에 접속해서 필요한 데이터를 처리할 수 있는 클라이언트/서버 구조가 효과적이라 판단하여 MapServer라는 오픈 웹 GIS 라이브러리를 사용하였다[11].

그림 13의 좌측과 같이 MapServer에서는 Web 브라우저가 하나의 클라이언트로서 질의 처리를 위해 서버에 데이터를 요청하고, 데이터를 관리하는 서버는 요청 받은 데이터를 클라이언트에 전송해 주는 역할을 한다.

Web 상의 클라이언트/서버 구조에서 가장 중요한 것은 서버와 클라이언트 간 데이터의 효율적인 전송이다. MapServer는 그림 13 우측과 같이 html이나 php, asp 등의 웹 페이지와 공통된 특성과 툴들로 디자인되었기

때문에 사용자들이 이해하기 쉽고, 독립적인 플랫폼과 운영시스템의 이점도 갖고 있으며, 나아가 최종 사용자들에게 공간 데이터와 정보들을 커스터마이징 할 수 있는 환경을 제공한다. 따라서 본 논문에서는 MapServer를 이용한 웹 기반 GIS 구축과 확대, 축소, 이동, 검색과 같은 기본적인 기능 및 상세지역 폭풍해일 예측을 위한 지리정보와 연동된 3차원 해일고 영상 및 시계열 자료를 서비스하도록 구현하였으며(그림 10, 12), 구축환경은 MySQL DB에 리눅스 아파치 웹 서버를 이용하였다.

3.3 폭풍·해일 시각화를 위한 ActiveX 컴포넌트 개발

웹을 통한 실시간 폭풍·해일 시각화 시스템을 개발하기 위해 ActiveX를 이용한 컴포넌트 기반 개발 프로세스를 설계·개발하고 웹과 연동하였다. 개발 툴은 Visual Studio 2005이고, 개발 언어는 VC++(MFC ActiveX)이며 CxImage 라이브러리를 사용하였다. 주요 개발 소스는 크게 ActiveX 컨트롤 클래스와 Ctrl 헤더파일, 해일고 및 바람장 클래스와 헤더파일, 프로그램 관련 정의 헤더파일로 구성되어 있으며 CxImage, CxImageGIF의 주요 라이브러리를 사용하였다. 프로그램의 주요 흐름도는 그림 14와 같이, 외부(웹)에서 데이터 경로 및 태풍 레벨, 사이클, 날짜 및 시간 등의 정보를 입력하게 되고, Ctrl 클래스에서 해일고와 바람장을 생성하게 된다. 다음으로 해일고와 바람장 클래스에서 이미지 생성 함수를 호출하게 되면 로컬에 이미지가 생성되게 되며, ftp 파일 업로드를 통해 외부(웹) 파일명을 넘겨주고 이미지를 업로드 하게 된다.

해일고와 바람장의 3차원 시각화 부분의 소스를 자세히 살펴보면 아래 표와 같이 특정 기능을 담당하는 클래스별로 정리할 수 있다.

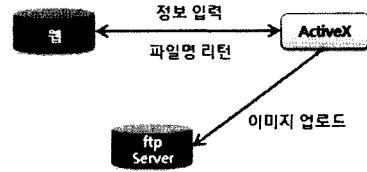


그림 14 프로그램 주요 흐름도

시각화된 결과는 그림 15와 같이 나타나고, 좌측 상단은 바람장 데이터를 화살표를 이용한 벡터플롯으로 바람의 크기와 방향을 나타내었고, 바람장의 세기는 컬러 필드로 시각화 하였다. 또한 우측상단의 그림은 큰격자(9km)에서의 해일고를 해일의 높이에 따른 컬러 매핑을 통하여 보여주고 있으며, 하단 그림들은 격자의 해상도에 따라 중격자(2km), 상세격자(300m)를 같은 방법으로 보여주고 있다.

이와 같이 컴포넌트 기반으로 개발된 시스템은 향후 사용자 요구 사항 변경이나 서비스 영역의 확대 또는 상세 지역이 추가되거나 해상도가 더욱 높아질 경우 시스템 유지보수 측면에서 탄력성을 가질 것으로 예상되며, 웹 GIS 애플리케이션과의 연동은 다양한 웹- GIS 간 지리정보에 기반한 응용 서비스에 활용될 수 있을 것이다.

3.4 연안지역 상세 지형구축을 위한 LiDAR 데이터의 육도-해도 접합

현재 상세지역의 해상도는 300m로 시군 단위의 지리정보만을 표출해주고 있다(그림 15 우측하단). 하지만 폭풍·해일로 인한 침수·범람과 같은 피해를 막기 위해서는 좀 더 고해상도의 상세지역 시각화가 필요하다. 예를 들어, 연안지역에서는 폭풍·해일 내습시 동네 별로 주민

표 1 해일고 및 바람장 생성 클래스

해 일 고	CSurge::CSurge()	· 해일고 레벨 설정
	CSurge:: CreateImage ()	· 해일고 이미지 생성 함수 -위경도 출력 -해일 태풍 레벨 출력 -GIF 애니메이션 이미지 생성 -FTP Server에 GIF 이미지 파일 업로드
	CSurge::SetMaxMin()	· 큰격자, 중간격자, 상세격자에 따른 위경도 최대 최소값 설정
	CSurge::DrawRawData()	· 해일고 데이터값 추출후 지도 생성
	CSurge::SetSurgeLevel()	· 해일고 레벨 (1.0m, 1.5m ... 4.0m) 설정 및 출력
바 람 장	CWind::CreateImage()	· 바람장 이미지 생성 -해일 태풍 레벨 출력 -날짜 및 시간 출력 -GIF 애니메이션 이미지 생성 -FTP Server에 GIF 이미지 파일 업로드
	CWind::DrawRawData()	· 바람장 데이터값 추출후 지도 생성
	CWind::SetSurgeLevel()	· 바람장 레벨 설정 · m/sec 단위의 바람장 레벨 출력
	CWind::SetTextKCJ()	· "한국", "일본", "중국" 등 지역명 출력

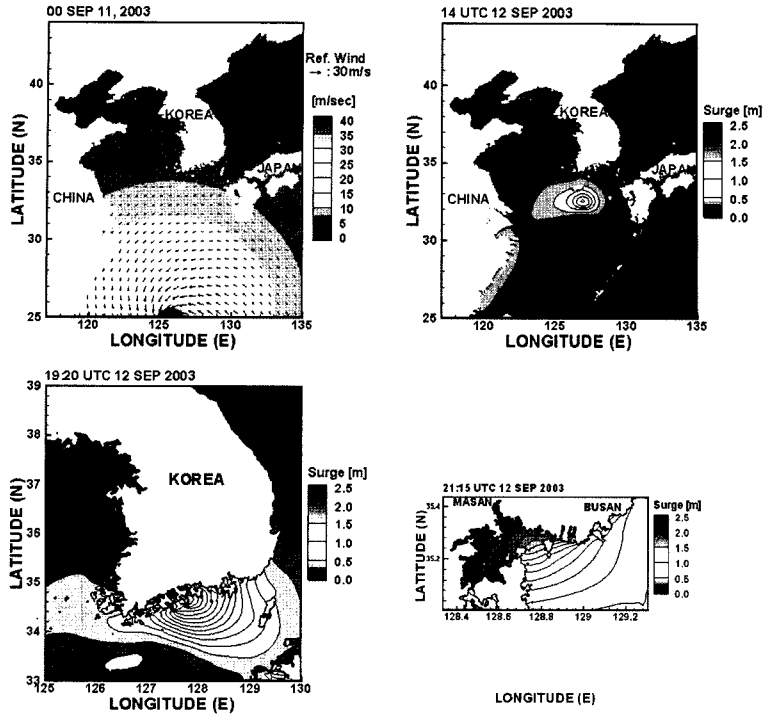


그림 15 폭풍·해일 시각화 프로그램을 통한 바람장(좌측 상단)과 3단계(전체, 중간, 상세 격자)의 해일고

이 거주하는 지역에 당장 또는 앞으로 몇 시간 후의 파도 높이가 얼마가 될지 또는 침수·범람이 발생할지에 대한 정보제공이 필요한 것이다. 이를 위해서는 현재 국토지리정보원과 국립해양조사원에서 제공하는 지형도 및 수치해도로는 해상도가 떨어져, 연안지역에서 고해상도 육상 및 항공 LiDAR와 수심

측량용 정밀 멀티빔인 음향 측심기를 이용하여 측량한 데이터를 GIS 기반으로 육도-해도 접합을 실시하여, 수 센티미터 이내의 오차를 가지는 정밀 상세 지형도가 필요하다. 아래 그림 16은 만리포 해변을 시범대상지역

으로 측량한 LiDAR(Light Detection and Ranging) 데이터를 GIS상에서 육도-해도 접합을 시도한 결과이며 [12], 추후 마산, 부산, 군산과 같은 폭풍·해일로 인한 침수·범람 피해가 잦은 연안지역의 측량을 실시해 300m 이하의 정밀한 해상도를 갖는 격자로 정확한 동네 별 해일고 시각화 서비스를 제공할 것이다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 태풍 내습시 연안지역에서 침수·범람과 같은 자연재해로 인한 국민의 인명과 재산 피해를 저감

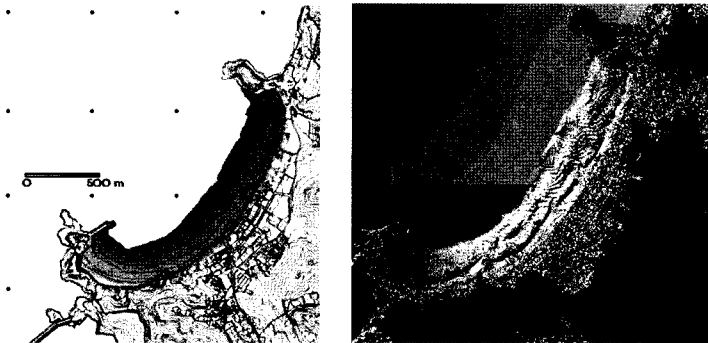


그림 16 만리포 해변의 육도-해도 접합을 통한 정밀 지형도 시범작성

하고자, 웹 서비스 기반 GIS 연동 폭풍·해일 시각화 시스템을 개발하였다. 최근 기상·해양과학 기술의 발달로 폭풍·해일 예측을 통한 해일의 발생시간, 해일의 높이, 해일로 인한 침수·범람지역을 보다 정확하게 예측하고 있다. 이러한 예측 결과를 일반 국민 특히, 침수·범람 피해가 잦은 연안지역에 대해서는 동네 별 상세한 예측정보를 전달하기 위하여 GIS가 연동된 상호작용이 가능한 웹 구축을 통하여 폭풍·해일 시각화 시스템을 개발함으로써 정보전달 및 피해저감 효과를 극대화하고자 하였다. 사용자는 웹 서비스를 통하여 태풍 내습시 대략 2-3시간 간격으로 업데이트되는 태풍 예측 정보 즉, 시간 및 지역에 따른 해일의 높이 및 이동방향을 미리 살펴봄으로써 위험에 대한 판단 및 의사결정을 통하여 피해에 대한 대처를 할 수 있게 된다. 또한 GIS를 통하여 디지털 맵과의 자유로운 상호작용을 통하여 원하는 지역의 상세한 태풍 예측정보를 살펴볼 수 있으며, 5분 간격으로 변하는 태풍의 진로 및 세기를 3차원 시·공간적 컬러 매핑을 통해 시각화함으로써 기존의 시간에 따른 해일고 높이를 보여주는 시계열 그래프나 수치값으로 데이터를 볼 때보다 훨씬 직관적인 이해가 가능하다. 나아가 연안지역의 수 센티미터 이내의 오차를 갖는 상세격자를 통한 동네 별 태풍 예측정보의 정확한 전달을 위하여, LiDAR 및 멀티빔 측량과 육도·해도 접합을 통한 고해상도 지리정보를 구축하고 디지털 맵으로 표출하고자 한다. 또한 보다 신속한 웹 서비스를 위해 방대한 양인 과학적 시뮬레이션 데이터의 효과적인 압축 방법 및 가시화 방법에 대하여 살펴봄으로써 태풍·해일로 인한 자연재해로부터 국민의 생명과 재산을 보호할 수 있는 더욱 효과적인 서비스 개발 및 제공에 기여할 것이다.

참 고 문 헌

[1] K. S. Park, JongChan Lee, Jaeil Kwon, "A pre-operational storm surge prediction system in Korean Peninsula," IOC/WESTPAC 7th International Scientific Symposium, 2008.
 [2] NOAA's National Weather Service (NWS) Graphical Forecast. <http://www.weather.gov/forecasts/graphical>
 [3] KeqiZhang, Shu-Ching Chen, Peter Singh, Khalid Saleem and Na Zhao, "A 3D Visualization System for Hurricane Storm-Surge Flooding," IEEE Computer Graphics and Applications, pp.18-25, 2006.
 [4] nowCOAST GIS Mapping Portal to Real-Time Environment Observations and NOAA Forecasts, <http://nowcoast.noaa.gov>
 [5] Shalini Venkataraman, Werner Benger, Amanda Long, Byungil Jeong, Luc Renambot, "Visualizing Hurricane Katrina - Large Data Management, Rendering and Display Challenges," GRAPHITE of

the ACM, pp.209 212, 2006.
 [6] C.S. Kim, Jinah Kim, H.S. Lim, "Scientific Visualization of time-varying Oceanographic and Meteorological data using VR," IEEE Visualization 2005.
 [7] 대한민국 기상청 태풍정보 서비스, http://www.kma.go.kr/gw.jsp?to=/weather_main.jsp
 [8] Grunwald, S., Reddy, K. R., Mathiyalagan, V. and Bloom, S. A., "Florida's weland WebGIS," In Proceedings of the ESRI User Conference, 2003.
 [9] Hall, C. L., Technical Foundation of Client/Server Systems, 1994.
 [10] 노영, "웹(Web)기반 GIS를 활용한 관광정보 시스템의 아키텍처에 관한 연구", 명지대학교 금융지식연구소 지식연구, 5권 1호, 2007.
 [11] Web Mapping Illustrated: Using Open Source GIS Toolkits, Tyler Mitchell, www.oreilly.com
 [12] 심재실, 임학수, 김진아, 민인기 (2008) 육상용 LIDAR 측량을 통한 만리포 해변의 정밀 지형도 시범작성, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, pp. 2637-2640, 2008.



김진아
 2005년 한국정보통신대학교 컴퓨터 그래픽스 석사. 2005년~현재 한국해양연구원 연구원



박진아
 1996년 University of Pennsylvania 전산정보학 박사. 2002년~현재 한국정보통신대학교 공학부 부교수



박광순
 1993년 부경대학교 해양공학과 박사. 1986년~현재 한국해양연구원 책임연구원



권재일
 2005년 College of Wiliam and Mary 해양물리 박사. 2007년~현재 한국해양연구원 선임연구원