

CCTV를 활용한 폭풍 해일의 월파 횟수 탐지 및 방재 시스템 설계

최은혜[†], 김창수^{**}

요 약

우리나라는 매년 남해안 지역에 크고 작은 해일로 많은 인명과 재산 피해를 겪고 있다. 그러나 폭풍해일에 대한 많은 연구들이 진행되어 왔지만, 실제 생활현장에서 적용 가능한 해일탐지 및 예방시스템에 대한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 현장 적용이 가능한 상황을 고려하여 CCTV 영상을 이용한 시간당 월파 횟수와 연안 범람의 위험성을 근사적으로 탐지할 수 있는 방재시스템을 제안한다. 그리고 연안범람의 위험이 감지되면 제안된 GIS기반 해일예방시스템은 관리자에게 신속하게 범람지역을 알려준다. 본 제안의 CCTV 영상분석은 맑은 날의 영상과 태풍 “덴무” 진입시 연구실에서 촬영한 동영상상을 기반으로 분석하였다.

A Design of Disaster Prevention System and Detection of Wave Overtopping Number for Storm Surge base on CCTV

Eun-Hye Chol[†], Chang-Soo Kim^{**}

ABSTRACT

Our country is suffering from many human victims and property damages caused to occur great and small tidal waves in southern areas every year. Even though there were progressing many researches for storm surges, it was required more researches for detection of tidal wave and prevention system of its which can be applied in practical living fields. In this paper, we propose the disaster prevention system that can approximately detect a dangerousness of coast flooding and number of overtopping per time based on images of CCTV considering actual field application. And if it is detected a hazard of flooding of coast, the proposed detection system for tidal wave based GIS is quickly informed the areas of flooding to manager. The analyzing results of CCTV image of this proposed are derived from difference images between photos of fine day and photos or videos which are taken for the typhoon which is called "DIANMU" at our laboratory.

Key words: Storm surge(폭풍해일), GIS(지리정보시스템), Wave Overtopping(월파), Tidal wave detection system(해일 탐지 시스템)

1. 서 론

최근 연안피해는 해수면 상승으로 인한 폭풍해일의 내습빈도 증가로 우리나라는 지난 10년간(1996~

2005) 약 13조원에 달하는 태풍피해를 입었고, 2000년 이후에는 그 피해 규모가 기하급수적으로 증가하고 있다[1]. 2003년에도 태풍 매미의 내습으로 마산만에 해일이 발생하여 32명의 인명피해 및 6,000억

※ 교신저자(Corresponding Author): 김창수, 주소: 부산광역시 남구 대연3동 599-1번지 부경대학교 IT융합응용공학과(608-737), 전화: 051)629-6245, FAX: 051)629-6230, E-mail: cskim@pknu.ac.kr
접수일: 2011년 10월 24일, 수정일: 2012년 1월 20일

완료일: 2012년 2월 14일
[†] 준회원 부경대학교 정보보호학협동과정 (E-mail: dhgh11217@pknu.ac.kr)
^{**} 종신회원 부경대학교 IT융합응용공학과 (E-mail: cskim@pknu.ac.kr)

원의 재산피해가 있었다[2]. 2010년에는 한반도에 직접적인 영향을 준 태풍 ‘텐무’, ‘곤파스’, ‘말로’와 같은 강도 높은 태풍이 한 달 사이 우리나라를 통과하게 되었다. 태풍 4호 ‘텐무’는 해운대구 우동 수영만 마린시티 지역의 해안 도로에 차량 20대, 보도블록 일부를 파손하였고, 인명피해도 잇따랐다.

특히 수영만 마린시티 지역의 주민들은 평소에도 파도가 높을 때마다 불안에 떨고 있다고 하였고, 근본적인 대책이 없다면 갑작스러운 사태에 속수무책 당할 수밖에 없다고 걱정하였다. 하지만 관할 해운대구는 태풍 내습 시 안내방송 및 통행 전면 제한 등 임시방편만 내놓았을 뿐 방재시설 보강 등 월파 현상에 따른 실질적인 조치는 엄두도 못 내고 있는 실정이다. 그렇기 때문에 국내에서는 폭풍해일에 대비하기 위해 해양공학측면의 해일 시뮬레이션 연구가 활발히 진행되어 왔고, 연안관리의 필요성이 대두되고 있다[3].

국내에서는 폭풍·해일에 의한 침수 피해 영역을 예보하기 위한 동적 경보시스템에 대해 연구하고 있고, 해일/범람 모형인 해양 모델을 활용하여 시뮬레이션하거나 해당 지역에 침수피해를 발생시킨 태풍에 대해 적용하고 있으며, 이상파랑 및 연안재해의 실시간 감시 및 분석을 위해 CCTV로 실시간 감시 모니터링 체계를 구축·설계하고 있다[4- 8]. 국외에서도 연안지역의 파도와 폭풍해일을 연구하기 위한 대기-파도-바다를 포함한 해양 모델 기반의 결합형 프로세스를 개발하여 폭풍해일을 이해하기 위한 시뮬레이션이 연구되어 왔다[9-13].

그러나 이러한 해일 시뮬레이션은 해양이라는 동적 파도 조건 때문에 연안 지형에 따른 지형도 분석 및 해당 지역마다 변수가 불규칙하고, 파도 분야만 연구하는데도 오랜 시간이 요구된다. 그리고 해일 현장의 실시간 정보 수집을 위해 많은 노력이 요구되기 때문에 현실적인 어려움이 따른다. 따라서 본 논문에서는 기존 해일 시뮬레이션의 복잡성을 단순화하여 2010년 8월 태풍 4호 ‘텐무’ 내습 시의 영상자료와 기상자료를 활용하여 IT기술을 기반으로 모니터링 및 월파 탐지를 고려하였다. 이를 위해 촬영된 CCTV 영상분석을 통해 태풍 내습 시 시간당 월파 횡수를 탐지하여 해일의 위험성을 파악하고 관리자에게 월파 및 횡수를 알려주는 것과 GIS시스템을 통해 위험을 탐지한 위치에 대해 시간별 월파 정보를

활용하여 현장의 CCTV 연결 및 위험지역 검색 및 서비스가 가능한 해일 탐지 시스템을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 폭풍해일고 산정

해양공학측면에서 폭풍해일고를 산정하기 위한 방법은 아래 수식과 같이 연직방향으로 적분한 비선형장과방정식 폭풍해일고 산정식이 있다. 폭풍해일고 산정의 원리는 저기압에 의한 수면상승과 바람에 의한 수면상승을 고려한 비선형장과이론에 근거한 단층모형을 이용한다. 이러한 기초방정식은 연직방향으로 적분된 다음의 연속방정식 (1)과 이로부터 유도되는 수심적분한 비선형장과방정식 (2), (3)으로 구성된다[2,6].

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial \{(h+\eta)U\}}{\partial x} + \frac{\partial \{(h+\eta)V\}}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) \tag{2}$$

$$= fN - gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial \rho_0}{\partial x} + \frac{\tau_{sx} - \tau_{tx}}{\rho_w}$$

$$+ A_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) \tag{3}$$

$$= -fM - gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{D}{\rho_w} \frac{\partial \rho_0}{\partial y} + \frac{\tau_{sy} - \tau_{ty}}{\rho_w}$$

$$+ A_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right)$$

여기서, t는 시간, x,y는 수평방향 좌표계, f는 Coriolis계수, h는 수심, D는 기본수심 h와 폭풍해일에 의한 수면변위 η 를 합한 전수심, U, V는 x,y 방향의 해저에서 해면까지의 평균유속, ρ_w 는 해수 밀도, ρ_0 은 수면에서의 기압, A_h 는 연직와동점성계수, g는 중력가속도를 나타낸다. 또한 식(4)~식(7)의 τ_{sx} 와 τ_{sy} 및 τ_{tx} 와 τ_{ty} 는 해면 및 해저에서 x,y 방향으로의 각각 전단력을 나타낸다.

$$\tau_{sx} = \rho_a C_D U_x \sqrt{U_x^2 + U_y^2} \tag{4}$$

$$\tau_{sy} = \rho_a C_D U_y \sqrt{U_x^2 + U_y^2} \quad (5)$$

$$\tau_{bx} = \frac{\rho_w g n_n^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \quad (6)$$

$$\tau_{by} = \frac{\rho_w g n_n^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} \quad (7)$$

여기서, ρ_a 는 대기의 밀도, U_x 와 U_y 는 해면상 10m에서 각각 x,y방향으로 풍속, n_n 은 Manning의 조도계수, C_D 는 해면저항계수(항력계수)이다. 항력계수에 대해서는 모형실험이나 현지관측에 기초한 많은 경험 값이 제안되어 있지만, 본 논문에서 사용한 항력계수는 [14]의 제안식을 사용하였으며, 해면저항계수 식(8)에서 U_{10} 은 해면상 풍속 10m를 의미한다.

$$C_D = \begin{cases} (1.290 - 0.024 U_{10}) / 10^3 & (U_{10} < 8m/s) \\ (0.581 + 0.063 U_{10}) / 10^3 & (U_{10} \geq 8m/s) \end{cases} \quad (8)$$

기존의 해일 시뮬레이션 및 해양 모델의 경우, 위의 식과 같이 폭풍해일고 산정을 위해서 대상지역에 따라 변수가 다르고, 정밀한 틀을 사용하지 않을 경우 다양한 해양 환경에 적합한 조위, 파고, 파향, 기압심도 등을 산출하는 것이 쉽지 않다. 또한 월파를 산출하기 위해서는 방파제 종류, 높이, 해수면 현황 등에 따라 매우 다양하기 때문에 위의 변수들을 모두 고려한 월파의 발생 및 실시간적인 탐지는 현실적으로 쉽지 않은 문제이다.

3. CCTV 영상분석을 활용한 해일범람 탐지 시스템 설계

3.1 대상지역 선정

2010년 태풍 ‘넬무’ 내습 시 해운대구 수영만 마린시티 도로변의 침수 현장에 직접 조사한 결과 해안도로에 방파제가 설치되어 있었고, 태풍의 위력이 그리 크지 않았음에도 불구하고 태풍에 의한 침수 피해가 심각하였다. 특히 수영만 마린시티 지역은 지난 2003년 태풍 ‘매미’ 내습 시에도 피해가 심한 것으로 기록되어 있다[15]. 따라서 빠른 시일 내에 해일 방제가 가능하고, 비용면에서도 저렴한 해일 예방에 도움이 될 수 있는 시스템 개발이 필요하다[16]. 따라서 본 논문에서는 대상지역을 해운대구 우동 수영만 마린시티로 한정하여 현실적인 정보수집이 가능하고 해일 발생 촬영정보를 기반한 연구를 진행하였다.

3.2 해일범람 탐지 시스템 설계

본 연구는 수영만 마린시티의 해일탐지를 위해 OpenCV 라이브러리 영상처리 프로그램을 이용하여 해일로 인한 침수 범람을 탐지하는 시스템을 설계한다[8]. 그림 1은 해일범람 탐지 시스템을 위한 영상처리의 설계 흐름도를 나타내고 있다.

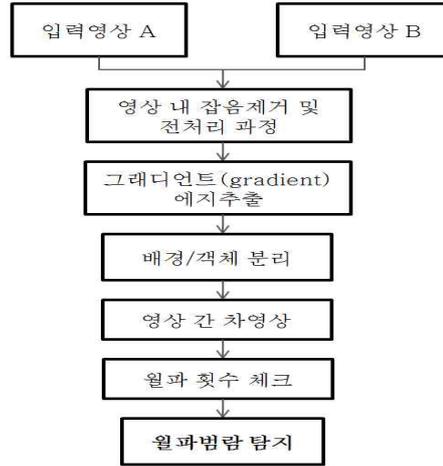


그림 1. CCTV 파도 영상 분석을 위한 영상처리 설계 흐름도

3.2.1 자료수집

수영만 마린시티 해안도로에 있는 호안의 설계정보는 구청의 기본 자료를 활용하였다. 호안의 설계정보는 설계파고 및 방파제 높이 등의 정보로 이루어지며, 설계파고의 경우 과거 최대 파고의 통계로 설계되는데 통상 50년 재현 빈도에 의한 실측 또는 기상 자료를 근거하여 파고 및 주기를 결정한다. 그리고 해당 지역 설계파고는 일반적으로 심해파고(HO)에 굴절, 회절, 천수변형, 쇄파 등의 영향을 고려하여 결정된다. 이러한 방파제 정보 및 기상청의 해당 지역 관측 자료를 수집하여 실제 현장에서 촬영된 CCTV 영상정보와 비교하여 분석하게 된다. 또한 해양 관측 자료는 부산지방기상청 홈페이지에서 국내 등표자료를 제공받았다[17]. 현재 국내 등표 지점은 총 9군대에 위치하고 있으며 그 중 수영만 연안과 가장 가까운 광안 지점 관측 자료를 사용하려 하였으나, 광안 지점 관측 자료의 기계오류로 자료를 얻을 수가 없었다. 따라서 가장 가까운 지점인 이덕서 지점의 정보를 통해 CCTV 영상 자료와 비교 분석을 하게 되었다. 추후 광안지점 관측 자료를 수집할 경우 좀

더 정확한 비교가 가능할 것으로 판단된다.

3.2.2. 입력영상

입력영상은 맑은 날씨에 촬영한 영상을 기준영상인 입력영상 A로 두고, 태풍 내습 시 촬영한 영상을 입력영상 B로 두어 분석하였다. 본 연구실에서 촬영한 현장 데이터인 입력영상 A와 B는 아래의 그림 2와 3과 같다. 그리고 월파 탐지를 위해 입력영상 A와 입력영상 B의 차영상이 이루어지고 해일로 인한 전체 횡수를 탐지하는 단계로 진행된다. 현재는 수영만 마린시티 지점에 다양한 CCTV 정보를 활용할 수 없어 태풍 '덴무' 내습 시 현장에서 촬영한 현장 영상과 맑은 날씨의 다른 날 유사한 지점의 영상으로 정확한 차영상을 계산하는 것은 무리가 있지만, 추후 보다 정확한 영상이 취득되면 본 연구의 정상적인 차영상 검증이 가능할 것으로 본다.



그림 2. 2010/12/29 맑은 날 촬영한 입력영상 A



그림 3. 2010/08/11 태풍 '덴무'시 촬영한 입력영상 B

3.2.3 CCTV 영상분석 전처리 과정

영상분석이 이루어지기 전, 영상 내의 잡음인 외부 객체를 제거하기 위한 전처리 과정이 이루어진다. 현재 본 논문에서는 설계형식의 시스템 제안으로 이루어졌기 때문에 태풍 내습 시에는 날씨가 매우 흐린 경우에는 영상분석에 외부사향이 많다. 따라서 현재는 맑은 날씨의 영상을 기준으로 배경과 객체를 분리

하여 전처리가 이루어졌다. 그리고 촬영된 영상 내 파도와 방파제가 객체로 추출되어야 하는데, 실생활에서는 여러 가지 외부 변수가 존재한다. 따라서 잡음제거를 위한 전처리 과정에서 영상 내 자주 잡히는 사람 및 자동차 객체를 잡음으로 간주하여 윤곽선 추출을 통해 잡음을 제거 한 뒤, 영상분석이 이루어지도록 설계하였다.

3.2.4 CCTV 영상 에지 추출 및 배경/객체 분리

마린시티 해안도로의 월파를 탐지하기 위해 영상 내 윤곽선을 추출하는 에지 추출 기법을 활용한다. 그리고 TTP나 지형구조에 따라 영상처리 흐름은 달라져야 한다. 따라서 객체의 윤곽선 에지 추출로 방파제 윤곽선 및 파도 윤곽선을 추출한 뒤, 객체 분리를 통해 방파제와 파도 객체 윤곽선을 따로 분리하도록 하였다. 방파제 객체는 고정되어 있는 객체로 두고, 파도 객체는 동적인 객체로 두어 태풍 내습 시 파도 객체가 해안도로를 범람하는 것을 인식하여 설계하고 있다. 그림 4는 1차 미분을 기반으로 하는 그래디언트(gradient) 에지를 사용하여 파도와 방파제 객체의 윤곽선을 추출한 것을 나타내며, 그림 5의 (a)는 그래디언트 에지 추출을 위한 알고리즘을 나타내고 있다.



그림 4. 그래디언트(gradient) 에지를 통한 파도와 방파제 윤곽선 추출

3.2.5 해일탐지 차영상 알고리즘

해일 탐지를 위해 본 연구에서는 차영상을 통해 월파 및 횡수 탐지를 분석한다. 먼저 맑은 날씨에 촬영된 영상을 기준 영상으로 두고, 태풍 내습 시의 영상과 바람이 많이 불거나 비가 많이 오는 날씨에 월파가 발생한 경우를 탐지하기 위해 차영상 기법을 적용한다. 현재는 맑은 날의 영상과 태풍 내습시의

영상을 분석하기 위해 월파가 탐지될 시, 월파의 유무를 초 단위로 분석하여 월파 회수에 따른 탐지방법을 제안하였으며, 그림 5의 (b)는 해일탐지 차영상 알고리즘을 나타낸다.

3.2.6 월파 범람 탐지

월파 범람을 탐지하는 방법은 시스템에서 시간 합수를 생성해 시간을 sec로 구분한 뒤, 월파의 유무를 탐지한다. 그리고 초당 월파 횟수만큼 카운터를 한다. 특정 구간의 월파 횟수가 많을 경우, 시스템 내에서 월파로 인한 범람 위험을 탐지하게 되고 월파의 유/무 정보가 DB로 저장된다[18]. 그리고 월파의 횟수가 근사치를 넘길 경우, 그 위험성을 고려하여 관리자는 월파 정보를 기반으로 현장과 연결된 CCTV 및 SNS 정보들을 활용하거나 기존의 이력 정보들을 최대한 활용하여 월파 범람 탐지 방법을 찾게 된다.

4. 영상정보 및 호안정보를 비교한 해일 탐지 분석

4.1 대상지역의 월파 분석

대상지역인 수영만 마린시티 지점의 2010년 8월 11일에 촬영한 태풍 ‘넴무’ 내습시의 총 60초 영상에

서 월파를 분석한 결과는 다음 그림 6과 같다.

월파의 가능성은 파주기와 최대파고의 상관관계를 통해 월파가 발생한다. 표 1의 촬영당시 시각의 오후 12시 최대파고 정보를 보면 0.5m로 집계되었고, 파주기가 전체적으로 일정하기 때문에 수영만 마린시티 방파제의 설계파고 높이인 4.75m에 훨씬 못 미치므로 그림 2의 사진과 같이 바다가 잔잔한 것을 확인할 수 있다. 그러나 ‘넴무’ 내습 시의 표 2의 해변 정보를 보면 오전 11시와 같은 경우에는 최대파고가 4.8m로 수영만 마린시티 도로변 호안의 설계파고의 높이보다 높은 것을 알 수 있다. 그림 6의 기상청 자료의 그래프를 보면 파주기 및 파고가 일정치 않고 불규칙적인 것을 확인할 수 있다. 또한 최대파고가 4.8m로 도로변 호안과 높이가 5cm 밖에 차이가 나지 않는 것을 확인할 수 있는데, 실제 태풍 내습 시에는 바람의 영향과 파주기, 파고가 일정치 않고, 너울성 파도의 힘에 의해 방파제에 부딪혀 심각한 침수 피해를 발생시킨다.

너울성 파도의 경우에는 태풍이나 비바람에 의해 흔히 발생되는데, 너울성 파도의 모양은 파도의 끝이 둥근 모양을 띠는 형태로 방파제에 부딪히면 그림 3과 같이 월파량이 매우 크다. 이러한 너울성 파도는 파주기가 길다는 특징을 가진다. 또한 파주기가 길어

```
// gradient edge
// horizontality + verticality
BYTE **edge_gray = cEdge.GS_gradient_edge(gray, height, width, 2);
if( !edge_gray ) return;

// verticality
BYTE **vertical_edge_gray = cEdge.GS_gradient_edge(gray, height, width, 0);
if( !vertical_edge_gray ) return;

CxImage *gs_result = cColor.GS_ChannelView( gray, edge_gray, horizontal_gray,
vertical_edge_gray, height, width);
pDoc->CopyClipboard(gs_result);
((CFirstCxImageApp *)AfxGetApp())->OnEditPaste();

CFirstCxImageDoc *pDoc1 = (CFirstCxImageDoc *)
((CMDIFrameWnd*)AfxGetMainWnd())->GetActiveFrame()->GetActiveDocument();

CString str;
str.Format("[Visual-GS_gradient_edge()] 원 영상, Gradient edge, Horizontal edge,
Vertical edge");
pDoc1->SetTitle(str);
```

(a) 그래디언트 에지 추출 알고리즘

```
// Open files
char szFilter[] = "Image file(*.bmp, *.jpg, *.gif, *.png, *.tif,
*.bmp;*.jpg;*.gif;*.png;*.tif)";

CFileDialog fileDlg(TRUE,
NULL,
NULL,
OFN_EXPLORER|OFN_HIDEREADONLY,
szFilter
);

if( fileDlg.DoModal() == IDOK )
{
int tHeight, tWidth;
CxImage *cImage = new CxImage;
cImage->Load( fileDlg.GetPathName(), 0 );

cColor.GS_getGray( cImage, &gray2, &tHeight, &tWidth );
free(cImage);

// Checking size
if( height != tHeight && width != tWidth )
{
cPixel.GS_errMsg("Size is error!!");
cColor.GS_free2D( gray2, tHeight );
return;
}
```

(b) 해일탐지 차영상 알고리즘

그림 5. 월파 횟수 탐지를 위한 알고리즘

표 1. 2010/12/29 맑은 날의 이덕서 지점 해면상태[17]

시 간	해면상태			
	최대파고(m)	유의파고(m)	파주기(sec)	조위(m)
29일 12시 05분	0.5	0.3	5.7	7.86

표 2. 2010/08/11 태풍 '덴무'시 이덕서 지점 해면상태[17]

시 간	해면상태			
	최대파고(m)	유의파고(m)	파주기(sec)	조위(m)
11일 10시 14분	3.8	2.5	5.7	7.96

도 파고가 높지 않으면 2010년 12월 29일의 영상과 같이 월파 가능성이 희박하다.

본 논문에서는 국내 등표 자료인 수치 자료만으로는 신속하게 해일을 판단하기가 힘들기 때문에 CCTV를 활용하여 현장 상황을 실시간으로 모니터링하고 영상분석을 통한 해일 범람의 탐지와 월파 횡수 분석을 통해 자동으로 해일의 위험을 탐지하고, 기상청 자료의 비교로 파도의 패턴을 분석하였다. 이때 당시에는 태풍 '덴무'의 내습으로 인해 촬영 영상을 보면 월파가 매우 심한 것을 알 수 있었다. 그림 6에서와 같이 월파가 탐지된 구간이 총 5구간이 탐지되었으며, 그림 6의 그래프는 오전 10시 14분부터 촬영한 동영상이며 총 60초의 영상을 분석하였다. 분석 결과로 10초~12초 구간인 A구간과 21초~23초 구간인 B구간, 33초 구간인 C구간, 39초 구간인 D구간, 마지막 구간인 45초~50초까지의 구간인 E구간이 탐지되었다. 영상을 확인해보면, C와 D구간은 1초간 파도가 범람한 것을 확인할 수 있는데, 이는 범람의 위험성이 미흡한 것으로 분석되었다. 그러나 E구간과 같이 태풍으로 인해 5초간 파도가 범람된 구간의 영상을 확인해보면 범람의 위험성이 매우 크며, 범람

면적 또한 커지므로 인명피해 및 시설물 관리에 주의가 필요하다. 따라서 기존의 CCTV 영상을 통한 파도 범람의 위험을 관리자가 파악하기에는 한계가 있기 때문에 자동으로 월파의 횡수를 파주기로 탐지하여 범람 위험의 증가를 탐지하게 되면 관리자는 해일 위험에 대한 사전 예방을 고려할 수 있다.

4.2 해일범람에 따른 GIS 기반 위험지역 검색

본 논문에서는 해일범람 탐지 시스템을 본 연구실에서 개발한 풍수해 이력정보시스템과 통합하여 구축할 경우 시너지 효과가 있어 이를 함께 활용하고자 제안한다. 현재 많은 연구들이 연안방재시스템과 통합적으로 연계하기 위한 방향들이 제안되고 있으며 [19-20], 미국의 NOAA에서는 연안지역에서 발생하는 재해인 태풍, 토네이도, 해일, 집중호우 등에 대한 피해규모에 관한 정보들을 수집·보유하여 GIS 분석을 통해 피해규모를 최소화하는 연구를 진행하고 있다[21-22]. 본 연구에서는 그림 7과 같이 기존의 GIS

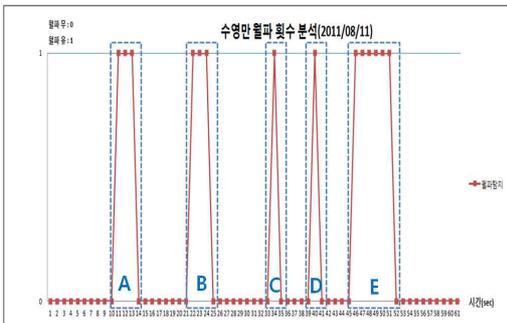


그림 6. 태풍 '덴무' 시 수영만 마린시티 지점 월파 횡수 분석

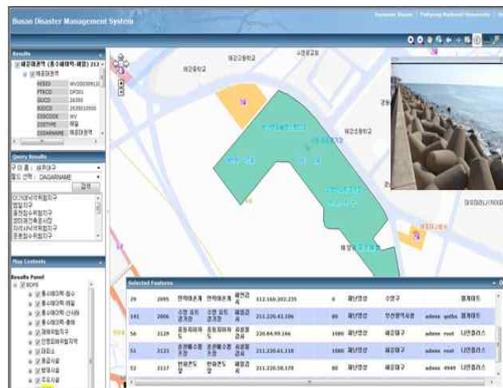


그림 7. 기존의 재해정보시스템 내 해일범람시스템 연계 제안 화면

기반 재해정보시스템에 앞에서 연구한 CCTV 촬영 상 이미지를 활용한 해일범람 탐지시스템을 연계하여 구현한 내용을 제시하고 있다.

그림 7과 같이 기존의 광역도시에서 계획하고 있는 통합방재시스템에 본 연구의 연구결과와 연계될 경우 해일범람에 대한 주민 대피, 범람지역 이력정보 구축, 피해범위 예측 등 다양한 영역에서 활용이 가능하다. 그러나 아직은 해일범람이 기존의 통합방재 시스템과 공통의 DB를 활용하기 위해서는 이력DB 설계 시 공통 활용을 위한 설계가 필요하다.

5. 결 론

최근의 기후변화에 따른 태풍의 강도가 심해지는 경향이 있으며, 때로는 폭풍해일이 급속적으로 연안 지역에서 발생하곤 한다. 이런 폭풍해일이 발생할 경우 연안지역 주변의 대도시는 많은 인명피해와 막대한 재산피해가 불가피하다. 이러한 문제점을 정부나 연구기관은 대부분이 알고 있지만, 해일의 발생 원인에 대한 실시간 탐지 및 현장적용이 가능한 연구결과들은 아직 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 태풍 해일의 발생이 연안지역의 특정지역에서 빈번하게 발생한 경우를 고려하여 먼 바다의 상황을 고려하기 보다는 CCTV를 활용한 특정 시점에서의 발생원인을 분석하는데 초점을 맞추어 연구하였다.

본 연구를 수행하기 위해서 2010년 8월 11일 태풍 "덴무" 진입시 발생한 해일범람을 동영상과 사진을 현장에서 촬영하였으며, 그 당시의 기상청 정보와 연계된 해일범람 횡수 및 촬영상을 이용한 해일 탐지 방법을 제시하였다.

이러한 연구는 아직 다양한 범람 사진이나 동영상을 확보하지 않아서 특정지역의 기상환경과 바람에 의한 해일범람을 정확하게 예측하는 것은 불가능하지만, 이러한 정보를 지속적으로 활용할 경우 향후에는 근사적인 해일 범람 예측 기법을 찾아낼 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 아직은 CCTV의 촬영방향, 해일의 발생원인 및 크기, 범람 도로영역의 예측 결정 등에 대한 연구는 추가되어야 한다.

참 고 문 헌

[1] 재해연보, 소방방재청, 2005.

[2] 허동수, 이현우, 이우동, 배기성, “슈퍼태풍 내습 시 부산·경남 연안역의 폭풍해일고,” 한국해양·해양공학학회논문집, 제20권, 제1호, pp. 128-136, 2008.

[3] 박정재, “해수면 상승 및 해일로 인한 자연재해와 대응 방안,” 국토지리학회지, 제43권, 제3호, pp. 435-454, 2009.

[4] 한성대, 이정렬, “마산만 국지해일 예경보 모의 시스템 구축,” 한국방재학회논문집, 제9권, 5호, pp. 131-138, 2009.

[5] 박선중, 문승록, 강주환, 윤종태, “MIKE21 모형을 이용한 경남해역 모의,” 한국해양·해양공학회, 제17권, pp. 228-231, 2008.

[6] 김도삼, 김지민, 이광호, 이성대, “연안역에서 고파랑과 폭풍해일을 고려한 침수해석,” 한국해양공학회, 제21권, 제2호, pp. 35-41, 2007.

[7] 연안재해 실시간 감시 모니터링 체계 구축 방안, 기상청, 2009.

[8] 최은혜, 정명균, 김대규, 김창수, “재난방재를 위한 자동화된 CCTV를 이용한 해일 감시 모니터링,” 한국지리정보학회 춘계학술대회, pp. 92-93, 2010.

[9] I.J. Moon, “Impact of a Coupled Ocean Wave-Tide-Circulation System on Coastal Modeling,” *Ocean Modelling*, Vol.8, No.3, pp. 203-236, 2005.

[10] K.O. Kim, H.S. Lee, T. Yamashita, and B.H. Choi, “Wave and Storm Surge Simulations for Hurricane Katrina using Coupled Process Based Models,” *Coastal and Harbor Engineering*, Vol.12, No.1, pp. 1-8, 2008.

[11] J. Wolf, “Coastal Flooding: Impacts of Coupled Wave-Surge-Tide Models,” *Springer*, Vol.49, No.2, pp. 241-260, 2009.

[12] J.L. Rego and C. Li, “Nonlinear Terms in Storm Surge Predictions: Effect of Tide and Shelf Geometry with Case Study from Hurricane Rita,” *Journal of Geophysical Research*, Vol.115, No.C06020, pp. 1-19, 2010.

[13] C.W. Li and Y. Song, “Correlation of Extreme Waves and Water Levels using a Third-Generation Wave Model and a 3D Flow Model,”

- Ocean Engineering*, Vol.33, No.5-6, pp. 635-653, 2006.
- [14] H. Mitsuyasu and T. Kusaba, "Drag Coefficient over Water Surface under the Action of Strong Wind," *Journal of Natural Disaster Science*, Vol.6, No.2, pp. 43-50, 1984.
- [15] 연합뉴스 사회, <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=001&aid=0004603517>, 2010.8.13
- [16] 국토해양부, http://pyeongtaek.mltm.go.kr/USR/dictionary/m_17841/1st.jsp, 2010.
- [17] 부산지방기상청, <http://www.kma.go.kr/index.jsp>, 2010.
- [18] H.S. Hwang, T.N. Sharma, and C.S. Kim, "A System Framework for Managing and Analyzing Disaster History Information," *International Conference on Multimedia, Information Technology and its Applications*, pp. 297-300, 2009.
- [19] Taegun Jeon, Hyunsuk Hwang, and Changsoo Kim, "A UIS-Based System Development to Express the Damage History Information of Natural Disasters," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.13, No.12, pp. 1739-1747, 2010.
- [20] Yulan Cui, Hyunsuk Hwang, and Changsoo Kim, "A Study on Facility Information System using GIS and Semantic Web in Underground space," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.13, No.12, pp. 1843-1854, 2010.
- [21] S. Venkataraman, W. Benger, A. Long, B. Jeong, and L. Renambot, "Visualizing Hurricane Katrina-Large Data Management, Rendering and Display Challenges," *GRAPHITE of the ACM*, ISBN 1-59593-564-9, pp. 209-212, 2006.
- [22] 김진아, 박진아, 박광순, 권재일, "웹 서비스 기반 GIS 연동 폭풍·해일 시각화 시스템 개발," 한국정보과학회, 제14권 제9호, pp. 841-849, 2008.



최 은 혜

2010년 신라대학교 인터넷정보공학과 학사
 2010년~현재 부경대학교 정보보호학협동과정 석사과정
 관심분야 : 지리정보시스템, 방재기반의 하천관리 시스템, 래스터 분석, 공간 분석 등



김 창 수

1991년 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사
 2006년~현재 유비쿼터스 부산도시협회 방재분과위원장
 2006년~현재 (사)그레고리장학회 이사

2011년~현재 한국멀티미디어학회 정책자문위원
 1992년~현재 부경대학교 IT융합응용공학과 교수
 관심분야 : 방재IT, UIS/GIS, 운영체제, 시멘틱 웹, 재난관리, 공간검색, 도시방재 등