Stereo Images와 IT 기술을 이용한 피해조사 통합운영시스템 개발 및 현장 운용

Advancement and Application of Integrated Damage Investigation System using Stereo Images and IT

최우정* · 조재웅** · 심재현**

Choi, Woo Jung · Cho, Jae Woong · Shim, Jae Hyun

Abstract

Large scale natural disasters such as floods and typhoons due to climate change have recently occurred with severe damage in all over the world. Especially, current disaster investigation in affected area takes too much time because it can be done by hand-crafted. Also, it is lack of somewhat accuracy and objectiveness because it is influenced by investigator's judgment. Further, the current disaster investigation is difficult when damage area is very wide or investigator can't reach the affected area. Hence, we developed the integrated damage investigation system using stereo images and information technology for quick, accurate and objective investigation. Also, we applied the system to Bonghwa-gun in Gyeongsangbuk-do in 2008, Jecheon-si in Chungcheongbuk-do in 2009, and Namwon-si in Jeollabuk-do and Hapcheon-gun in Gyeongsangnam-do in 2010. This paper presents advancement and application of integrated damage investigation system using stereo images and information technology considering mobility, stability and user convenience in field.

Key words : Disaster investigation, Integrated damage investigation system, Stereo images, Information technology

요 지

기후변화로 인하여 홍수, 태풍과 같은 대규모 자연재난이 전 세계적으로 발생하고 있으며, 이로 인하여 심각한 피해가 발생하고 있다. 특히, 현행 피해조사는 수작업으로 이루어지기 때문에 많은 시간이 소요되고 있으며, 또한 현장 조사자의 주관에 포함되어 정확성과 객관성이 부족하고 광범위한 피해지역이나 조사자가 접근할 수 없는 지역에 대한 피해조사가 어렵다. 따라서 신속·정확하고 객관적인 피해조사를 위하여 Stereo images와 IT기술을 이용한 피해조사 통합운영시스템을 개발하였으며, 2008년 경북 봉화군, 2009년 충북 제천시, 2010년 전북 남원시, 경남 합천군 피해현장에 대해 시범적용 하였다. 본 연구는 Stereo images와 IT기술을 이용하여 현장에서 휴대성과 안정성, 그리고 사용자 편의 등을 고려한 피해조사 통합운영시스템 개발과 현장운용결과에 대해 기술하였다.

핵심용어 : 피해조사, 피해조사 통합운영시스템, 스테레오 영상, IT기술

1. 서 론

각종 자연재해로 인하여 우리나라는 해마다 피해를 입고 있으며, 특히 여름철 집중호우, 태풍 등으로 인하여 침수, 도로, 제방, 하천시설물, 주택 등 피해가 발생하게 된다. 현재 이러한 재해발생시 피해액 확정을 위한 피해조사는 많은 인력에 의존하고 있으며, 피해조사 인력의 비전문성, 인원부족 등으로 인하여 대규모 피해조사에 어려움을 지니고 있다(국립방재연구소, 2004).

특히 현장 조사자가 줄자 및 목측 등으로 피해 물량을 산

출하기 때문에 객관성이 부족한 실정이며, 또한 도로 및 제방붕괴 또는 산사태 피해현장의 경우, 직접 접근이 어려워 피해규모를 산정할 수 없는 경우가 많이 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 사진측량 기법을 바탕으로 지상입체촬영 기술개발과 UMPC(Ultra Mobile Personal Computer)를 이용하여 현장에서 취득된 영상을 분석하여 피해물량을 산정하고, 무선통신을 이용하여 실시간으로 피해정보를 전송할 수 있는 기술 개발을 통하여 Stereo images와 IT기술을 이용한 피해조사 통합운영시스템을 개발하였으며, 2008년 경북 봉화군, 2009년 충북 제천시,

*정회원 · 소방방재청 방재연구소 연구관 (E-mail : cwj3464@korea.kr)

**소방방재청 방재연구소 선임연구원, 국립강릉원주대학교 토목공학과 박사과정

***정회원 · 소방방재청 방재연구소 연구관

2010년 전북 남원시, 경남 합천군 피해현장에 대해 적용 하였다.

2. 지상입체촬영시스템 prototype 개발

2.1 Stereo image 처리 기본 이론

2.1.1 디지털 영상자료 처리기술

디지털 영상의 관측정확도는 디지털 영상의 해상력에 의해 결정된다. 디지털 영상에서 각각의 기준점표지는 많은 영상소를 포함하고 있다. 기준점의 중심에 있는 부영상소의 위치를 알아내기 위해서는 다음과 같은 과정이 필요하다. 첫째, 디지털 영상의 각 부분에 대한 밝기값 분포가 얻어지면 기준점표지의 밝기값 평균과 배경화면의 밝기값 평균을 얻어야 한다. 둘째, 식(1)을 이용하여 원래의 디지털 영상을 이진영상으로 변환시켜야 한다(김기홍 등, 2006; 신동운 등, 2006; E. M. Mikhail, 2001).

$$T_g = 0.5(C_g + B_g) \quad (1)$$

여기서, C_g 는 기준점의 밝기값 평균, B_g 는 배경화면의 밝기값 평균이다. 식(2)와 식(3)을 이용하여 기준점 영역내에 있는 모든 영상소에 대해 중심점의 값을 계산해야 한다.

$$x_c = \frac{\sum_{f(x,y) > T_g} (f(x,y) - B_g)x}{\sum_{f(x,y) > T_g} (f(x,y) - B_g)} \quad (1)$$

$$y_c = \frac{\sum_{f(x,y) > T_g} (f(x,y) - B_g)y}{\sum_{f(x,y) > T_g} (f(x,y) - B_g)} \quad (2)$$

여기서, $f(x,y)$ 는 영상좌표 (x,y) 에서의 밝기값, x_c , y_c 는 중심점 좌표이며, 기준점의 디지털 영상좌표를 부영상소단위로 얻을 수 있다.

영상을 정합하는 방법에는 영상에 존재하는 점, 모서리, 선 등과 같은 부분을 추출하여 정합하는 특징적 영상정합과 정합점 부근의 일정면적에 대하여 두 영상에서 반사된 빛의 밝기값을 비교하여 정합하는 영역적 영상정합이 있다. 영상상관 기법은 좌우 디지털 영상의 동일점으로 예상되는 u 점과 v 점의 유사성을 통계학적으로 관측하는 것으로서 공분산(cov_{uv}) 및 상관계수(cor_{uv})를 통해 해석한다. 공분산식은 식(4)와 같이 표현되며, 상관계수는 식(5)와 같이 결정된다.

$$cov_{uv} = \frac{\sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})(v_i - \bar{v})}{n} \quad (4)$$

$$cor_{uv} = \frac{\sum_{i=1}^n u_i v_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i \sum_{i=1}^n v_i}{\left[\left\{ \sum_{i=1}^n u_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n u_i \right)^2 \right\} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^n v_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n v_i \right)^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

2.1.2 영상 표정

두 대의 디지털 카메라를 이용하여 제작된 촬영시스템으로부터 디지털영상을 이용하여 피해 대상지역의 3차원 좌표 정보를 취득하기 위해서는 표정과정이 필요하다. 표정과정이란 식(6)의 수학적 모델식에서 대상 공간 타깃의 3차원 좌표를 정확히 측량한 기준점 (X, Y, Z) 와 이에 해당하는 영상점 (x, y) 를 이용하여 카메라 위치와 자세에 대한 정보를 포함하는 파라미터와 렌즈 왜곡보정계수를 구하는 과정이다.

$$F_1 = x + \delta_x = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \quad (6)$$

$$F_2 = y + \delta_y = \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \quad (7)$$

표정(Orientation)이란 내부표정과 외부표정으로 구분할 수 있다. 외부표정은 각 사진의 카메라 위치(X_0, Y_0, Z_0)와 회전요소(ω, ϕ, K)에 대한 계산이며, 내부표정은 카메라의 내적 특성을 나타내는 것으로 주점 이동량, 초점거리, 렌즈왜곡계수를 결정하는 것이다. 이러한 내부표정요소는 카메라 고유 값으로 한번 결정되면 지속적으로 사용가능하다. 내부표정 작업은 실제 모형판을 통하여 계산되었으며, 외부표정은 스테레오 카메라 시스템에서 2대의 카메라의 위치 및 자세각을 정확히 결정하였다. 이러한 외부표정요소는 각각의 시스템마다 고유 값이므로 한번 결정되면 지속적으로 사용이 가능하나, 외부환경적인 요인에 의해 왜곡될 경우 다시 표정하여야 한다.

2.2 지상입체촬영시스템 장비 개발

지상입체촬영시스템은 사진측량기법과 IT기술을 이용하여 현장에서 피해대상물의 규모를 측정하고 실시간으로 전송할 수 있는 시스템으로 2개의 디지털 카메라와 카메라를 연결하는 상부 바, 삼각대, 상부 바와 삼각대를 연결하는 퀵슈(quick shoes), UMPC와 위치좌표를 획득할 수 있는 GPS, 자료전송을 위한 HSUPA(High Speed Uplink Packet Access), 그리고 UMPC를 받칠 수 있는 받침대로 기본 구성되어 있다.

그림 1. 지상입체촬영시스템

초기 개발한 지상입체촬영시스템은 상부 구조가 쉽게 탈착 가능하도록 제작되어 장비의 분리 및 조립이 간편하도록 하였으나 현장에서 이동시 장비의 안정성이 확보 되지 못하였다. 따라서 고도화 연구를 통하여 카메라와 상부바, 그리고 카메라와 UMPC를 연결하기 위한 데이터 케이블 등을 일체 화함으로써 현장에서 이동시 장비의 안정성을 확보하였으며, 자외선과 습기로 부터 UMPC와 카메라를 보호할 수 있는 덮개를 개발하여 기상의 영향으로부터 장비를 보호할 수 있도록 하였다.

2.3 정확도 검증

내외부 표정을 거친 촬영시스템은 거리별, 각도별로 시스템을 적용하여 실제 대상물의 규모와 비교하여 정확도를 검증하였다. 대상물의 규모는 10m로 하였다. 촬영거리는 10m~100m 까지 10m단위로 촬영하였으며, 촬영 각도는 정면, 정면을 기준으로 30도, 60도, 75도로 나누어 촬영하였다. 시스템의 촬영 결과 거리·각도별 오차는 그림 2와 같으며, 정면과 30도에서 촬영한 경우 10%인 1m이하의 오차가 발생하는 것으로 나타났으며, 60도 위치에서 촬영한 결과는 40m이상에서 촬영했을 때 10% 이상의 오차가 발생하였으나 10%에 근사한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나, 75도에서 촬영했을 경우에 오차가 다른 각도에서 촬영 했을 경우보다 급격히 증가하는 것으로 나타났으며, 60m를 넘어서면서 20%인 2m이상, 100m지점에서는 30%인 3m에 근접하는 오차가 나타나는 것으로 나타났다.

그림 2. 거리·각도별 오차

그림 3. 권장 촬영 위치

본 시스템은 피해조사를 목적으로 하여 측량과 같이 mm단위의 정확도를 요구하지는 않는다. 하지만 수미터 혹은 수십미터의 오차까지 허용하는 것은 아니며, 10%인 1m이내의 오차는 비교적 정확한 값으로 판단하였다. 10%의 오차가 크게 보일 수는 있지만 대상물의 길이에 따라 오차가 비례하여 증가하는 것이 아니라 촬영거리가 같다면 오차는 항상 고정되어 있기 때문에 촬영거리가 멀다는 것은 그만큼 규모가 큰 대상물을 촬영하는 것이므로 오차값은 줄어든 것이다.

거리·각도별 검증 결과를 바탕으로 권장 촬영 위치를 그림 3에 나타내었으며, 1m이하의 오차가 발생하는 지점을 권장촬영 위치로 지정하였으며, 15%, 20%의 오차가 발생하는 촬영 위치를 각각 촬영가능 위치와 최대촬영 가능 위치로 지정하여 도시하였다.

3. 통합운영시스템 개발

3.1 피해물량산정 프로그램

피해물량산정 프로그램은 2대의 스테레오 카메라에서 취득한 영상으로부터 대상물의 좌표 및 거리 면적을 산출하는 것으로, 초기에 마이크로소프트사의 Visual C++ 언어를 이용하여 윈도우 환경의 컴퓨터에서 보다 신속한 현장영상처리를 위한 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 여러 개의 클래스(class)로 구성되어 있으며 각각의 클래스는 cpp파일과 헤더파일로 구성되어 있다. 초기버전의 주요기능은 좌·우측 영상 불러오기, 영상확대·축소, 문서편집기로 구성되어 있었으며, 풀다운메뉴 방식으로 개발하였다.

그러나 실제 피해영상으로부터 피해정보를 추출하는 과정은 주로 사진측량 전문가들이 아닌 일선공무원들이 수행하기 때문에 GUI(Graphical User Interface)개선과 피해정보 입력 및 전송 프로그램과 통합하는 과정에서 C#으로 프로그램을 수정하였으며, 일반 공무원들이 사용하기 편리하도록 초기 개발한 피해 거리 및 면적산출 이외에도 Zoom in·out 기능, Pan 기능, 화면저장 등을 추가하고, 각 기능들을 사용하기 간편하도록 버튼 방식으로 개발하였다.

3.2 피해자료 입력 및 전송 프로그램

피해자료 입력 및 전송 프로그램은 크게 두 가지로 구분될 수 있다. 첫째, 피해 유형과 피해 위치 및 일시 그리고 피해

그림 4. 최종버전의 피해물량산정 화면

그림 5. 피해시설 입력 및 영상등록화면

그림 6. 피해위치도 등록 및 정보 전송화면

공정과 피해규모 산출 결과 및 동영상 등을 입력할 수 있는 피해자료 입력 부분과 둘째, 피해위치의 위치도 등록 및 입력된 피해정보를 무선인터넷으로 쉽게 전송할 수 있도록 XML (Extensible Markup Language) 파일로 변환시켜 웹서버로 전송하는 부분이다.

피해위치는 GPS와 연결되어 현재 피해조사자의 위치 또는 피해시설물의 위치를 선택하면 자동으로 입력되며, 주소와 좌표 두 가지 방식 모두 입력된다. 피해물량산정 프로그램에서 추출한 피해규모를 바탕으로 세부 공정에 따라 자동으로 피해액이 계산되며, 동영상, 음성 등 현장의 정보를 저장할 수도 있다. 모든 공정과 공정별 피해액은 자연재난조사 및 복구계획수립 지침(소방방재청, 2009)을 기준으로 만들었다.

피해위치도 등록 및 정보 전송화면에서는 현재 위치의 지도를 저장할 수 있으며, 입력된 피해정보 및 동영상 등의 정보를 UMPC 자체에 DB로 저장하게 되며, HSUPA를 이용하여 실시간 전송하고, 무선인터넷이 되지 않는 오지 지역에서는 저장된 DB를 이용하여 인터넷이 가능한 지역에서 전송할 수 있도록 개발하였다. 마지막으로 전송된 정보는 웹서버에서 DB 관리한다.

3.3 시스템 운영체계

Stereo images와 IT를 이용한 피해조사 통합시스템의 전반적인 운영체계는 피해 현장에서 지상입체촬영시스템을 이용하여 영상을 취득하고, 피해물량산정 프로그램을 이용하여 피해물량을 산정한 후 피해내역입력 및 전송 프로그램을 이용하여 실시간으로 서버로 정보를 전송하게 된다. 이렇게 전송된 정보는 웹사이트를 통하여 실시간으로 업데이트되며, 동시에 전자재해대장과 Web-GIS를 기반으로 한 전자재해현황도

그림 7. 피해조사 통합시스템 운영체계

를 생성하여 중앙 및 지자체 관련기관과 일반국민들에게 정보를 제공하게 된다.

4. 시스템 현장 적용

시스템의 현장 적용은 2008년 경북 봉화군, 2009년 충북 제천시, 2010년 전북 남원시, 경남 함천군 피해에 대하여 중앙합동조사단 지원과 함께 이루어졌다. 적용 시설은 산림, 농경지, 도로, 소하천, 소규모시설을 대상으로 실시하였다.

그림 8은 시스템의 적용 결과의 예이며, 그림 9는 전송된 데이터를 바탕으로 생성된 전자재해대장이다. 표 1은 시스템에서 측정한 거리의 값과 줄자로 직접 실측한 값을 비교한 결과로 2008년부터 2010년까지 적용한 데이터 중 임의로 선택된 데이터만을 수록하였다.

그림 8. 시스템 적용결과

재 해 대 장				
피 해 상 황		현 장 의 [도록]	[영역]	
		담당자명 [도록]	[영역]	
		조사자 [도록]	공동방재단장 [도록]	
피해현황		피해시설명	피해물량	피해액
	1	농경지	1	1,199,940,000
	2	산사태	1	999,940,000
	3	도로/하천	1	999,940,000
	4	소하천	1	999,940,000
	5	소규모시설	1	999,940,000
총피해액				₩95,940,000
조사기관				
응급조치				
복구조치				

그림 9. 전자재해대장

표 1. Stereo images와 IT 기술을 이용한 피해조사 통합시스템 적용결과

구분	시스템 적용결과		실측거리 (m)	오차 (m)
	거리 (m)	면적 (m ²)		
산림 1	20.29	1164.00	20.40	0.11 (0.54%)
산림 2	24.05	3567.75	23.50	0.55 (-2.34%)
산림 3	21.5	3109.27	21.74	0.24 (1.10%)
농경지 1	32.14	719.06	32.60	0.46 (1.41%)
농경지 2	43.03	770.83	44.01	0.98 (2.22%)
농경지 3	60.01	2153.42	61.00	0.99 (1.62%)
도로 1	14.29	-	14.80	0.51 (3.44%)
도로 2	58.98	-	59.00	0.02 (0.03%)
도로 3	29.03	-	29.50	0.42 (1.59%)
소하천 1	15.10	-	15.50	0.40 (2.58%)
소하천 2	43.40	-	43.0	0.40 (-0.93%)
소규모 1	2.54	87.86	2.60	0.06 (2.30%)
소규모 2	3.85	73.08	3.6	0.25 (6.94%)

시스템의 현장 적용결과 산림(산사태), 농경지, 도로, 소하천, 소규모시설 피해 등 대부분의 피해유형에 대하여 적용이 가능한 것으로 나타났으며, 대부분 1m이하의 오차가 발생하였다. 피해조사의 경우 수mm 또는 수cm의 정확성을 요하는 것이 아니기 때문에 피해조사에 사용하기 적절한 것으로 판단된다. 자연재난조사 및 복구계획수립 지침에 따르면 주택의 경우 전파, 반파, 유실, 침수 등으로 피해규모가 산정되기 때문에 본 연구에서 개발한 시스템으로 거리나 면적을 산출할 필요 없이 UMPC에서 사진을 촬영하고 피해내역을 입력하는 것으로 피해조사가 간단하게 이루어 질 수 있다. 산림이나 소규모 시설, 농경지의 경우에는 피해면적, 도로나 소하천의 경우에는 피해거리를 이용하여 피해물량을 결정하고 피해액을 산출하게 되어 있으므로 각각의 피해규모 산정 기준에 따라 거리 또는 면적을 측정하여 피해물량을 계산하였으며, 면적으로 피해물량을 결정하는 경우에도 거리를 측정하여 정확도에 대해 검증하였다. 표 1에서 오차값은 면적이 아닌 거리에 대한 오차값으로 면적의 오차값은 차이가 발생할 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 현재 피해조사시 주요 문제점인 인력 및 시간 부족, 그리고 피해물량산정의 객관성을 확보하기 위하여 국립방재연구소에서 추진한 ‘피해조사 자동화 기술개발’의 연구성과를 신속하고 정량적인 피해조사를 위하여 Stereo images와 IT기술을 이용한 피해조사 통합운영시스템을 개발하는 것으로 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) Stereo images와 IT 기술을 이용한 피해조사 통합운영 시스템은 1인이 운영 가능한 시스템으로써 현재 피해조

사의 가장 큰 문제점인 인력부족의 문제점을 해결해 줄 수 있을 것이다.

- 2) 또한 현장에서 피해조사 내역의 수기작성과 촬영한 사진 및 위치도 삽입을 위해 사무실에서 다시 전산작업을 하는 방식에서 현장에서 모든 작업을 끝낼 수 있는 one-stop 방식으로 피해조사 시간을 단축할 수 있을 것이다.
- 3) 또한, 사진측량을 통한 결과를 피해규모 산정에 이용하고, 결과 값이 포함된 영상을 재해대장에 삽입함으로써 피해물량산정에 대한 객관적인 신뢰성을 확보 할 수 있을 것이다.

본 연구에서 개발한 Stereo images와 IT 기술을 이용한 피해조사 통합운영시스템은 재난관리 및 실무업무에 충분히 활용 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 2004년에서 2009년까지 총 6개년에 걸쳐 진행된 “피해조사 자동화 기술 개발”(국립방재연구소) 연구의 다각적 시도 가운데 하나의 연구성과물로 연구가 진행되면서 많은 부분 사용자의 요구사항이 반영되어 시스템이 개발되었으나 측량기술 및 IT기술의 발전이 빠르게 진행되고 있는 만큼 향후 보다 적극적인 피해현장적용을 통해 시스템 개선과 장비 최적화 개발 등에 지속적인 투자와 노력이 필요할 것으로 판단되며, 향후 본 시스템은 NDMS(National Disaster Management System, 중앙재난관리시스템)와 연계하여 국가의 재난관리 업무를 지원함으로써 국가방재역량강화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 국립방재연구소 (2000) 피해조사 및 복구체계 개선에 관한 연구.
국립방재연구소 (2004) 첨단기술의 방재분야 도입에 관한 기획조사 연구.
국립방재연구소 (2004) 피해조사 자동화 기술 개발 (I).
국립방재연구소 (2005) 피해조사 자동화 기술 개발 (II).
국립방재연구소 (2006) 피해조사 자동화 기술 개발 (III).
국립방재연구소 (2007) 피해조사 자동화 기술 개발 (IV).
국립방재연구소 (2008) 피해조사 자동화 기술 개발 (V).
국립방재연구소 (2009) 피해조사 자동화 기술 개발 (VI).
김기홍, 이석균, 송영선 (2006) 재난피해조사를 위한 영상촬영시스템 개발, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 14권 제1호, pp. 75-83.
소방방재청 (2009) 2009년도 자연재난조사 및 복구계획수립 지침.
신동윤, 김진수 (2006) 수치사진측량에 의한 문화재 해석, 한국지적학회지, 제22권 제2호, pp. 91-99.
E. M. Mikhail (2001) *Modern Photogrammetry*, John Wiley & Sons, Inc.

- ◎ 논문접수일 : 11년 01월 11일
◎ 심사의뢰일 : 11년 02월 07일
◎ 심사완료일 : 11년 03월 23일