

LIDAR 시스템을 이용한 큰 실시간 3D 매핑

Rapid 3D Mapping Using LIDAR System

손 홍 규* / 윤 공 현** / 김 기 태*** / 김 기 홍****

Sohn, Hong Gyoo / Yun, Kong Hyun / Kim, Kee-Tae / Kim, Gi-Hong

Abstract

Rapid developments in sensor technologies now allow the generation of multi-source topographical data. For many applications, however, the geospatial information provided by individual sensors is not complete, precise, and consistent. To solve these inherent problems, additional diverse sources of complementary data can be used and fused. In this paper, the experiment was done for generation of 3D orthoimage data using LIDAR data and digital camera image. And the results show that 3D orthoimage can be used for the flood monitoring.

key words : Digital camera, LIDAR data, orthoimage

요 지

최근 센서 기술의 발달로 지상에 대한 다양한 정보취득이 가능해지고 있다. 하지만, 이러한 정보들을 많은 응용연구에 적용시킬 경우, 각 센서로부터 취득한 자료들은 완벽성, 정밀성 및 일관성이 부족하다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 각 자료는 서로 다른 자료를 위한 보조자료로 활용되거나 서로 간의 융합을 필요로 한다. 본 연구에서는 LIDAR자료와 디지털 카메라 영상을 이용하여 3차원 정사영상을 생성하기 위한 실험을 수행하였으며 3차원 정사영상이 홍수 모니터링에 활용될 수 있었음을 보여주었다.

핵심용어 : 디지털카메라, 라이다 자료, 정사영상

1. 서 론

최근 센서 기술의 발달로 인하여 지형에 대한 다양한 자료를 취득, 제공하고 있다. 하지만 지형정보를 이용한 많은 응용 연구에서 있어서 각 개별 자료 취득원으로부터 얻은 정보는 완전하거나, 정밀하지 못하며 지 일관성이 부족하다 (Varshney, 1997; Hall and Llinas, 1997; Pohl and Genderen). 이러한 정보의 불완전성을 해결하기 위하여 서로 다른 자료를 통합 및 융합함으로써 보다 더 나은 결과를 산출할 수 있다. (Farina et al., 1996). 또한 최근 AIR-MS의 출현으로 항공기에 LIDAR 자료(Intensity 자료 포함) 취득 센서와 디지털 카메라 센서를 탑재하여 지상에 대한 영상정보와 3차원 위치정보를 동시에 취득하여 상세하고도 정확한 지

상의 묘사가 가능하다.

현재까지 항공사진을 이용하여 정사영상을 생성하는 연구는 지금 까지 많이 발표되었다. 하지만, 디지털 카메라 영상, LIDAR자료(intensity 및 height 자료)를 동시에 취득하여 LIDAR의 높은 DEM 및 DSM 성과를 이용하여 신속하게 디지털 카메라 영상의 정사영상으로 생성하여 지상을 매핑하는 연구가 외국을 중심으로 본격적으로 연구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 2003년 9월에 발생한 제 14호 태풍 매미(Mamie)의 영향으로 수해지역으로 판정을 받은 경남 마산지역을 대상으로 취득한 LIDAR 자료와 디지털 카메라 영상을 활용하여 홍수 모니터링 및 피해지역 산출을 시도할 수 있는 3D 정사영상을 생성하였다. 또한 생성된 디지털 카메라 정사영상을 항공정사영상

* 정회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수(E-mail: sohn1@yonsei.ac.kr)

** 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정

*** Vexcel Corporation, 소프트웨어 엔지니어, 공학박사

**** 한국건설기술연구원 건설정보화 연구부 선임연구원

과 시각적인 비교를 실시하였으며 홍수시 강수량에 따른 침수예상지역을 파악하므로써 피해영역 및 규모를 파악 하는데 큰 도움이 될 것이다.

2. 대상지역, 자료 및 처리과정

본 연구에서 사용된 자료는 AIR-MS 자료로서 경상남도 마산지역의 켈러항공사진, LIDAR 자료(고도와 강도), 디지털 카메라 영상 그리고 1:1,000 축척의 수치지도이다. 켈러항공사진은 2003년 9월 30일에 취득된 영상이며 2003년 태풍 매미의 영향으로 피해가 발생한 지역이다. 단 태풍 매미의 발생의 날짜와 실제 촬영된 날짜간에 약 1주일의 간격이 발생하여 촬영영상에서는 침수된 지역은 잘 파악되지 않는다. 항공사진은 50 μ m의 해상도로 스캐닝하였으며 실제 지상의 해상력은 25cm 이다. 또한 다른 자료와 좌표체계를 통일시키기 위해서 항공영상은 1:1000 수치지도를 이용하여 정사영상을 생성하였다. 또한 디지털 카메라영상의 촬영범위는 가로 세로의 길이가 지상에 약 715m에 해당한다. 또한 LIDAR는 지상의 건물 등을 포함한 표면을 묘사하는 정보를 제공하는 시스템으로서 Optech 회사의 ALTM1020 시스템으로 대상지역의 자료를 취득하

였다. 이 시스템은 5kHz 레이저 빔도플이며 지표면을 약 1350m 상공에서 스캔되었다. 점밀도는 1.0 point/m²이며 수직위치 정확도는 15cm, 수평위치 정확도는 50cm로 알려져 있다. 아래 그림 1은 대상지역의 디지털 카메라 영상을 보여주고 있으며 그림 2는 본 연구의 전체적인 흐름도를 나타내고 있다.

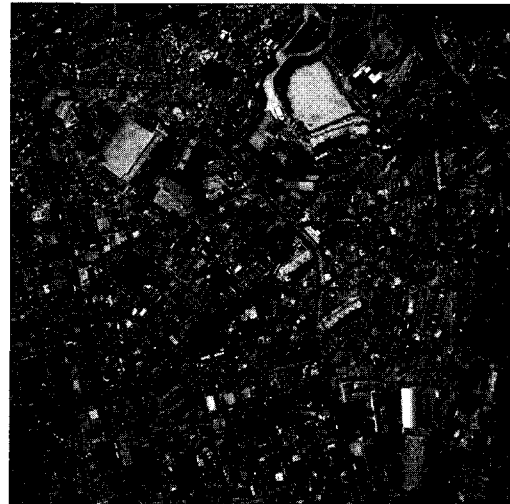


그림 1. 대상지역의 디지털 카메라 영상

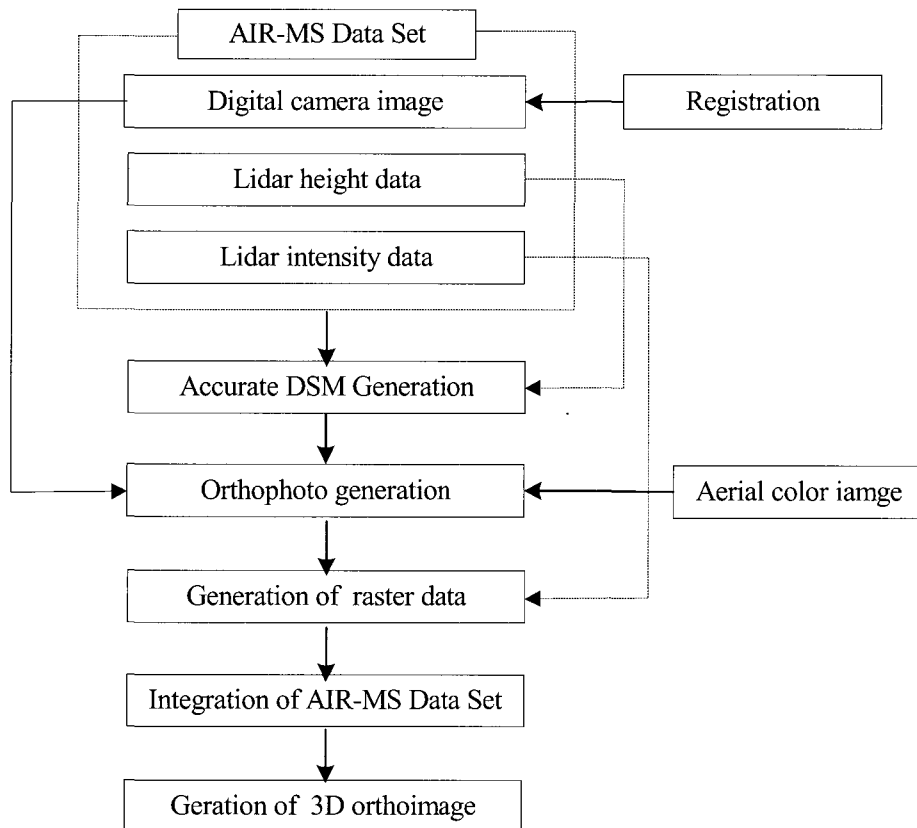


그림 2. 본 연구의 처리과정 흐름도

3. 수치정사영상의 생성

본 연구에서는 첫 번째의 과정으로서 취득된 각 자료를 통합하기 위하여 registration 과정이 필요하다. 즉 디지털 카메라 영상과, LIDAR자료 그리고 컬러항공사진을 동일한 좌표계를 부여하기 위한 과정이다. 이 처리단계에서는 WGS84-UTM인 LIDAR 자료를 기존 1:1000 수치지도의 좌표체계인 Bessel-TM으로 변환시켰다. 그리고 두 번째 과정으로 디지털 카메라 영상과 향후 비교 검토될 컬러 항공사진 수치정사영상의 생성이 필요하다. 이를 위하여 다음 표 1과 같은 기준점을 마산지도 1:1000 수치지도로부터 기준점을 취득하여 정사영상을 생성하였다. 항공사진에 비하여 디지털 카메라 영상의 차지하는 부분이 상대적으로 작기 때문에 동일한 기준점을 사용하기 어렵기도 하며 본 연구의 주요 목적인 LIDAR자료를 이용하여 직접 디지털 카메라 영상의 정사영상을 생성하기 위하여 LIDAR의 고도자료를 Kriging 보간법을 통하여

격자형 영상을 제작하여 기준점 자료 및 DEM으로 사용하였다.

항공사진의 대한 정사영상의 처리과정은 지금까지 많이 연구되어 왔으므로 여기서 상세한 과정은 생략하며 디지털 카메라 영상의 정사영상제작을 위해서는 먼저 디지털 카메라는 Optech 회사에서 제공하는 내부표정자료를 활용해야 한다. 또한, 항공사진과 달리 디지털 카메라 영상에는 내부표정 처리를 위한 별도의 지표(fuducial mark)가 존재하지 않는다. 대신에 영상의 각 4 모서리 영상소에 해당하는 점을 지표로 가정하고 영상 중심을 사진좌표의 원점으로 설정하고 내부표정을 실시하게 된다. 내부표정요소의 보정값 자료는 다음 표 3과 같으며 디지털 카메라의 영상좌표계는 다음 그림 3에 나타나 있다. 내부표정 단계에서는 부등각사상변환식을 사용하였으며 단사진 후방교회법을 통하여 6개의 외부표정요소를 산출한 다음 공선조건식을 사용하여 각 영상소에 대한 지상좌표를 생성하였다. 처리 결과 영상은 다음 그림 4와 5에 나타나 있다.

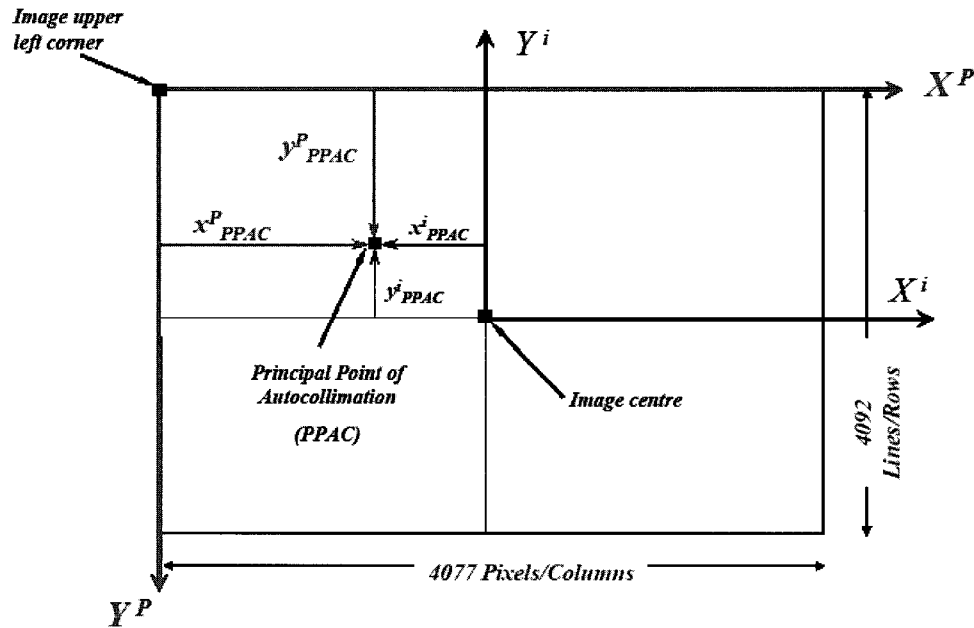


그림 3. 디지털 카메라 영상 좌표계

표 1. 컬러항공사진 정사영상 생성을 위한 기준점

GCP No.	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	159743.000	187017.730	3.200
2	159684.010	186690.960	7.500
3	159695.490	186445.910	12.700
4	160011.360	186117.440	3.700
5	160540.910	188250.060	5.900
6	160842.250	188690.430	2.300
7	161121.820	188937.760	1.900

표 2. 디지털 카메라영상의 정사영상 생성을 위한 기준점

GCP No.	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	159711.440	186944.990	2.800
2	159717.840	187194.490	14.300
3	159597.010	187254.480	36.700
4	159409.260	187412.930	46.300
5	159.807.330	187272.670	15.800

표 3. DSS Serial 0015-55mm렌즈 카메라보정 자료

Parameter	Value	Accuracy
f(mm)	55.156	0.009 mm
Pixel Non-squareness	1.0	0.0000001
x_{PPAC}^p (pixels) ⁺	2045.27	0.4 pixel
y_{PPAC}^p (pixels) ⁺	2053.77	0.4 pixel
x_{PPAC}^i (pixels) ⁺⁺	0.061	0.0036
y_{PPAC}^i (pixels) ⁺⁺	-0.07	0.0036

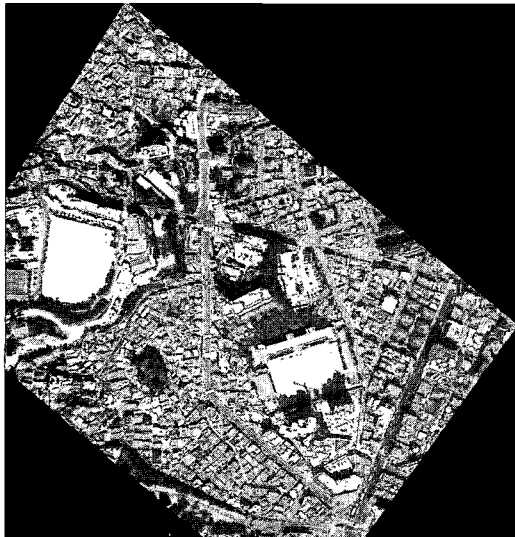


그림 4. 항공사진의 수치정사영상

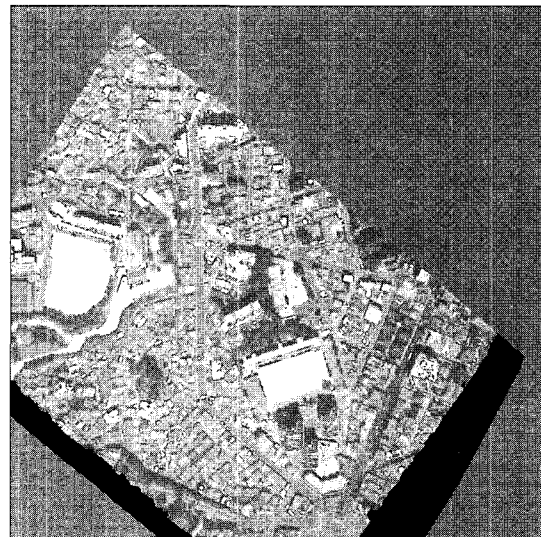


그림 5. 디지털 카메라영상의 수치정사영상

4. LIDAR 자료의 처리

수신된 LIDAR 자료는 WGS84-UTM 좌표로 수신되어 X, Y, Z 그리고 강도의 4 column 자료로 구성되어 있다. 이 자료는 항공사진과 Bessel-TM의 기준점을 사용하여 생성된 수치정사영상과 통합하기 위해서는 먼저 좌표계의 통일이 필요하다. 이를 위해 WGS84-UTM 좌표를 Bessel-TM으로 일치시켰다. 그 다음 처리과정으로 LIDAR의 고도자료 또는 intensity 자료는 랜덤한 포인트 자료이므로 일정한 격자형 자료로 변환이 필요하다. 즉 정밀한 DSM 자료를 취득하고 기존 수치지도와의 정확도 비교를 위해서 LIDAR의

고도자료를 일정한 샘플링 간격(0.25m)으로 보간이 필요하다. 이를 위해서 수치고도자료를 이용하여 TIN (Triangulated Irregular Network)모형을 생성하였으며 이를 0.25m 격자 간격의 영상을 생성하여 DSM 자료를 생성하였으며, 마찬가지로 intensity 자료를 바탕으로 TIN을 구성한 다음 동일한 격자의 영상을 생성하였다. 또한 생성된 자료의 정확도는 1:1,000 수치지도와 비교하였을 때 도로를 중심으로 약 수평위치 0.5m 정도의 오차를 나타내었다. 생성된 영상은 아래 그림 6과 그림 7과 같으며 정확도 검정을 위해 실제 수치지도와 생성된 자료를 중첩시킨 그림은 그림 8에 나타나 있다.

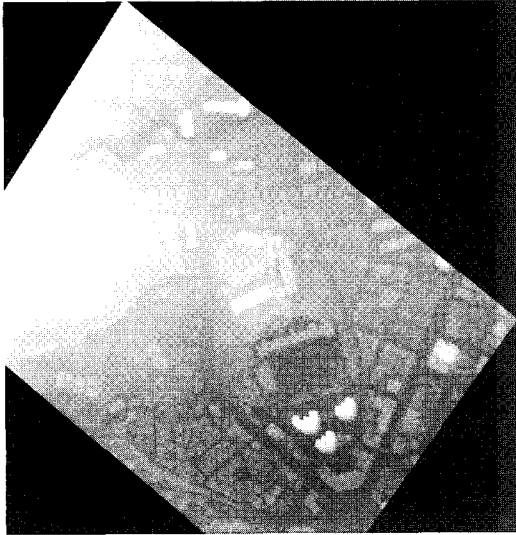


그림 6. LIDAR 고도자료의 영상

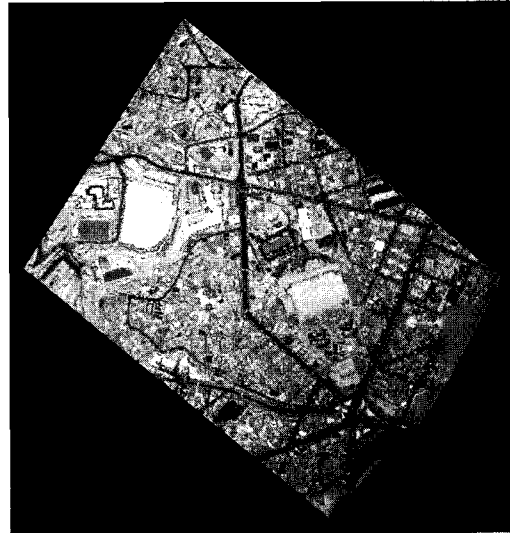


그림 7. LIDAR 강도자료의 영상

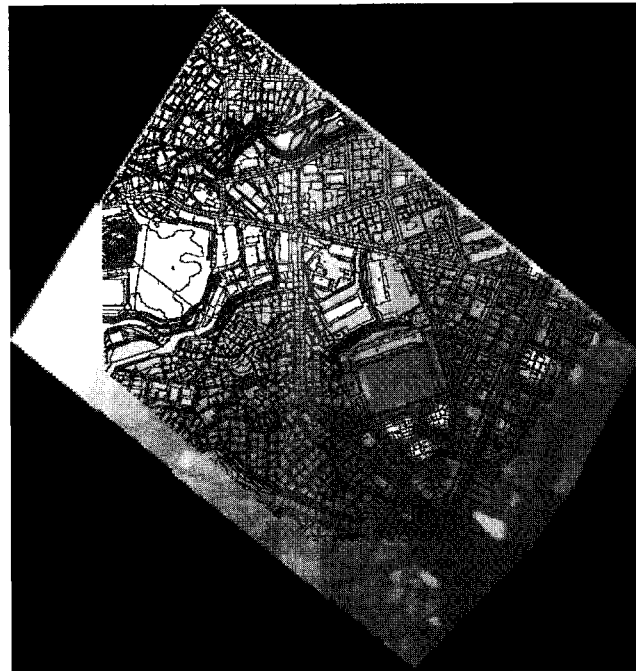


그림 8. 수치지도와 생성된 정사영상의 중첩

5. 홍수 피해영역 산출을 위한 3D 정사영상생성

각각 최종 처리된 수치항공영상과 LIDAR 고도영상 그리고 LIDAR 강도영상을 통합하므로써 3D 영상을 생성하여 GIS의 공간분석을 수행할 수 있는 자료를 생성하였다. 이러한 과정은 각 수치영상에 정밀 수치표면모형(DSM)을 이용하여 3차원 영상으로 제작 처리 가능 하였다. 이것은 2차원 평면좌표를 가지는 실제 지형의 영상에 지형과 건물에 대한 높이값을 부여함으로

써 실제 지형의 영상을 가지는 3차원의 디지털 모델링이 가능함을 의미한다. GIS 상에서 어떤 시야각으로부터도 3차원 분석이 가능하기 때문에 가령 홍수로 인한 도시지역의 침수구역에 대한 시뮬레이션이 가능하다. LIDAR DEM자료와 동시에 얻어진 디지털 영상의 합성하는 과정은 항공사진을 합성하는 과정과 동일하다. 다음 그림 9와 10은 최종 생성된 3차원 항공영상 및 디지털 카메라영상을 보여주고 있다. 다음 그림 11과 12는 실제 홍수시 강우량에 따라 홍수 피해지역을 시뮬레이션 한 그림이다.

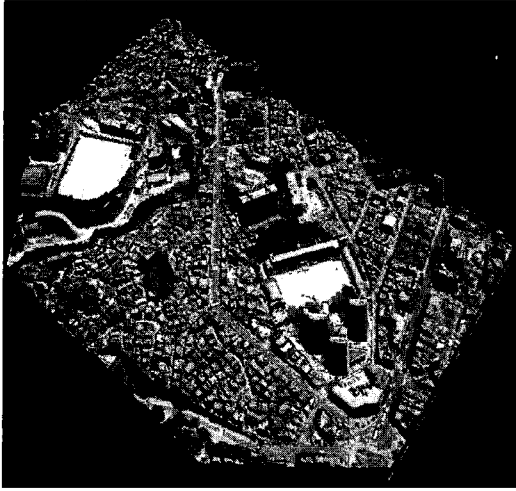


그림 9. 생성된 3차원 항공영상

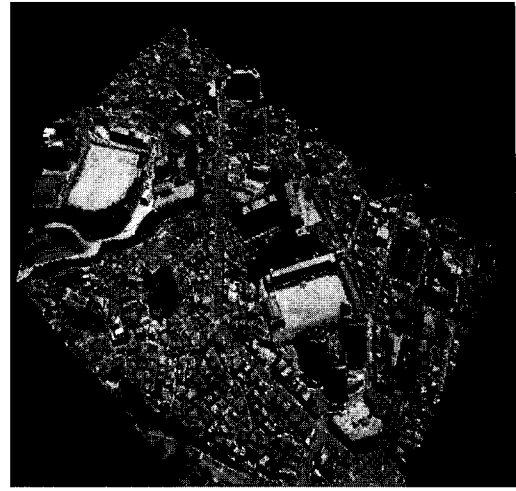


그림 10. 생성된 3차원 디지털 카메라 영상

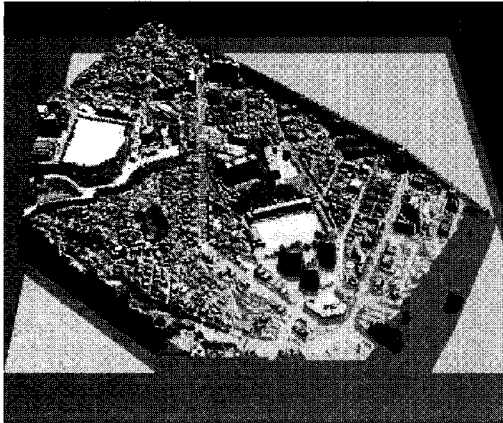


그림 11. 수위가 40m 일 경우
침수 예상지역

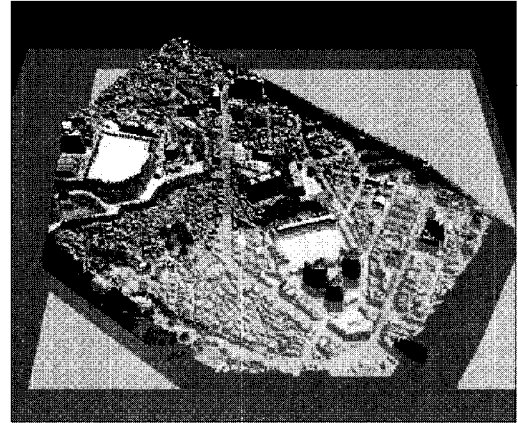


그림 12. 수위가 50m 일 경우
침수 예상지역

6. 결 론

본 연구에서 항공레이저스캐닝으로부터 얻은 LIDAR 자료와 디지털영상, 고해상도의 항공영상자료인 항공사진을 이용하여 GIS분석을 위한 3차원 자료를 제작하였다. LIDAR 자료의 경우 TIN 생성과정을 통하여 GIS 분석에 사용될 수 있는 격자형 고도자료(DSM)을 생성하였으며, 나머지 항공사진과 디지털영상의 경우는 정사영상으로의 기하보정을 통해 LIDAR 자료와 융합하여 GIS 자료로 사용될 수 있도록 하였다.

항공사진의 경우 높은 해상도를 가진다는 장점이 있으나 자료를 얻는 관측시점이 틀리므로 시간격차에 따라 LIDAR 자료와의 융합에서 오차가 있을 수 있다는 단점이 있으며 또한 비용면에서도 항공사진과 LIDAR 탐측을 모두 해야 한다는 부담이 있다. 디지털 카메라 영상의 경우는 LIDAR 자료와 동시에 얻어지기 때문

에 재해지역 조사 및 분석에 있어서 준실시간으로 3차원 GIS 분석이 가능한 장점이 있으나 항공사진의 해상도에는 약간 못 미치는 단점이 있다. 동시에 관측된 LIDAR자료와 디지털 카메라 영상 자료는 신속한 처리를 통하여 방재분야에 있어서 활용 가능성이 증대될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Farina, A., M. Costantini, and F. Zirilli. 1996. Fusion of radar images: techniques and applications, *Invited Lecture, Colloquium Entre-tiens Science et Defence, Topic on le future du radar: une synthesis de techniques* 24-25, 285-296.
2. Hall, D.L. and J. Llinas. 1997. An introduction to multisensor data fusion. *Proceedings of IEEE*.

85(1), 6-23.

3. Pohl, C. and J.L. Van Genderen. 1998. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods, and applications, *International Journal of Remote Sensing*, 19(5). 823-854.
4. Varshney, P.K. 1997. Multisensor data fusion,

Electronics and Communication Engineering Journal, 9(6). 245-253

- ◎ 논문접수일 : 2004년 11월 23일
- ◎ 심사의뢰일 : 2004년 11월 24일
- ◎ 심사완료일 : 2004년 12월 28일