

# 항공레이저 매핑시스템 LiDAR와 GPS 기술의 응용

## Application of Airborne Laser Mapping System, LiDAR, and GPS Technologies

김 대 식\*  
Kim, Dae-Sik

### 1. 머리말

정보화 사회의 도래와 함께 현대인의 삶에 올바른 정보와 유용한 자료는 필수품이 되고 있다. 컴퓨터 발달과 함께 사회활동에서 이루어지는 정보처리 기술도 다양화 및 고도화되고 있으며, 인간의 미래를 위한 각종 계획과 현실의 안전을 위한 자연재해대책 등을 수립하는데 이러한 정보기술을 이용하려는 욕구는 이제 미래의 이야기 아니다. 특히 지형공간정보는 복잡하고 고도화된 현대사회의 효율적 국토공간 활용 및 기반시설물 관리 등을 위하여 중요성이 증대되고 있다. 공간을 구성하는 다양한 정보를 시스템화한 지리정보시스템이 출현한지 20여년이 된 현 시점에서 우리나라의 경우에도 수치지도는 NGIS를 통하여 일반화 되었으며, 이들의 활용분야는 날이 늘어가고 있다. GIS 자료 중에서 수치표고자료 (Digital Elevation Model, DEM)는 지형분석에 핵심적인 것이며, 영상처리, 국토건설, 수자원, 통신, 군사, 홍수예측 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

지금까지 GIS 자료는 항공사진과 위성영상에 의존해 왔으나 현대 정보화 사회에서 다루는 지형공간정보는 매우 복잡하고 다양하다. DEM을 제작하는 기존의 방법은 1/1,000, 1/5,000 수치지도에서 표고 값을 추출하는 것으로서, 수치표

고자료 제작방법 및 품질, 규격에 일관성이 결여되어 있다. 즉, GIS를 사용하는 목적에 따라서는 보다 정교한 현실적인 자료를 요구하는 분야가 많으며, 시간에 따라 변화는 지표의 형상에 관한 정밀한 시계열 자료가 없으면 공간정보의 이용에 한계를 가진다. 따라서 보다 정교하고 동적인 지형자료를 요구하는 목적을 달성하기 위하여 지형도 및 DEM 제작에 항공레이저 매핑시스템 (Airborne Laser Mapping System, ALMS)이 이용되고 있다. ALMS (또는 LiDAR, Light Detection and Ranging)는 최첨단 기술로서 지상의 표고자료를 측정하여 매핑하는 시스템을 의미하며, 다양한 분야에서 활용도가 증가되고 있다. 이 기술의 장점은 높은 효율성과 정확도로서, 항공기에 탑재된 레이저 스캐너는 능동센서 시스템으로 기후에 관계없이 주야로 자료획득이 가능하다. 스캐너로부터 지표면까지 거리를 직접 산출하여 고밀도의 표고정보를 신속하고 효율적으로 획득할 수 있으며, 접근이 어려운 지역의 위치정보, 지도제작 분야에 효과적으로 이용될 수 있다. 수치지도와 영상사진으로부터 수치정사사진을 구하는 기존의 기법보다 높은 정확도와 저렴한 비용으로 고해상도의 DEM 및 지형, 수목, 건물의 높이 정보를 포함하는 DSM (Digital Surface Model)을 제작할 수 있다. LiDAR에 의한 DTM 생성의 정확도는

\* 충남대학교 농업생명과학대학 (drkds@cnu.ac.kr)

15 cm로서 상대적으로 높은 정도의 목적을 달성하기 위해 가장 유용한 시스템으로 알려져 있다.

LiDAR 기술은 미국, 일본 등에서 홍수지도제작에 중요한 DEM자료를 실제지형에 가깝게 획득하기 위하여 많이 이용되고 있으며, 우리나라에서도 지형도 제작, DEM 등 여러 분야에서 이용이 시도되고 있다. 건교부 및 국립지리원에서는 2000년 한국지형에 적합한 수치표고자료 구축연구, 2001년 수치표고자료구축 시범연구사업을 통하여 DEM 작업규정 및 품셈을 제작하였다. 또한 국가 DEM의 시급성 및 경제성, 효율성을 고려하여 항공 레이저 측량 방법으로 구축할 것을 고려하였다. 국립지리원에서는 2010년까지 도시지역 (서울 및 6대 광역시)는 5m 격자간격, 기타지역은 10m로 국가 DEM을 구축할 계획이다. 한국수자원공사는 2003년까지 한강 유역 중에 홍수 취약구간 약 600 km에 대하여 시범적으로 홍수지도를 제작하고 홍수범람시 홍수예측을 위해 수치표고자료를 항공레이저 측량으로 최소 5m간격으로 제작할 계획이다. 또한 해양수산부는 해안선 조사측량 및 해안지역 변화 모니터링 등에 고밀도 DEM 제작 및 활용 방안을 검토하고 있다.

다양한 분야에서 이용성이 고조되고 있는 LiDAR 기술은 우리 농공분야에서도 활용도가 매우 높을 것으로 생각되며, GIS 이용의 필요성은 높았으나 자료의 정확도, 정밀도 및 시기적인 한계로 인하여 지금까지 응용하지 못했던 분야에 새로운 돌파구를 마련해줄 수 있을 것으로 판단된다. 본 신기술 코너에서는 LiDAR 기술의 내용과 활용분야에 관하여 심도있게 고찰하고 농공분야에서의 활용 가능성을 검토해 보고자 한다.

## 2. GPS와 LiDAR

### 가. 개념 및 원리

LiDAR (LIght Detection And Ranging)는 Laser (LIght Amplification by the

Stimulated Emission of Radiation) RADAR(RADio Detection And Ranging)를 의미하는 것으로서 레이저와 이의 반사파를 받아들이는 Receiver system의 결합체이다. 이것은 ALS (Aerial Laser Scanning)로도 불리는데, 광범위한 RADAR의 Radio wave보다는 좁은 펄스 또는 빛의 빔을 이용하는 점이 RADAR와의 차이점이다. 이 LiDAR 시스템은 항공기로부터 지상에 레이저 펄스를 보내고 반사파의 속도와 강도를 측정하므로써 작동한다. 이것의 항공기에서 물체까지의 거리측량 원리는 식 (1)과 같다.

$$\text{Distance} = (\text{speed of light time of flight})/2 \quad (1)$$

즉, 레이저가 광 펄스를 생성하면 물체를 반사하고 돌아온 반사파가 리시브 시스템으로 들어온다. 이때 고속계산기가 출발 펄스와 반사 펄스 사이의 비행시간을 계산하여 거리로 환산한다. 이로부터 DEM은 각 발사파와 동조하는 항공기의 정확한 위치와 방향 그리고 각 레이저 펄스의 비행거리를 보간함으로써 생성된다. 이때 항공기의 위치는 GPS (Global Positioning System)와 INS (Inertia Navigation System)를 통합하여 사용함으로써 계산된다. 측정된 대표적인 자료들인 Land-form profile과 LiDAR data를 모두 사용할 수 있는데, 측량자료는 X, Y, Z의 3차원 좌표를 가지는 포인트 커버리지로 저장되며 이후에 TIN (Triangular Irregular Network)으로 변환하여 최종적으로 DEM을 생성할 수 있다. 그림 1은 (a) LiDAR 측량기술의 개념적 모식도와 (b) 측량결과의 예를 보여주고 있다. (a)와 같이 지표를 스캔하는 원리는 항공사진 측량과 유사하며, (b)의 경우에는 기존의 DEM에서 표현이 불가능한 건물의 지붕들이 DEM으로 표현이 가능함을 알 수 있다.

자료처리 소프트웨어로 반사파의 반사율 강도에 따라 레이저 펄스를 범주로 나눌 수 있다. 표 1은 높은 반사율과 낮은 반사율의 경우에 반사 물

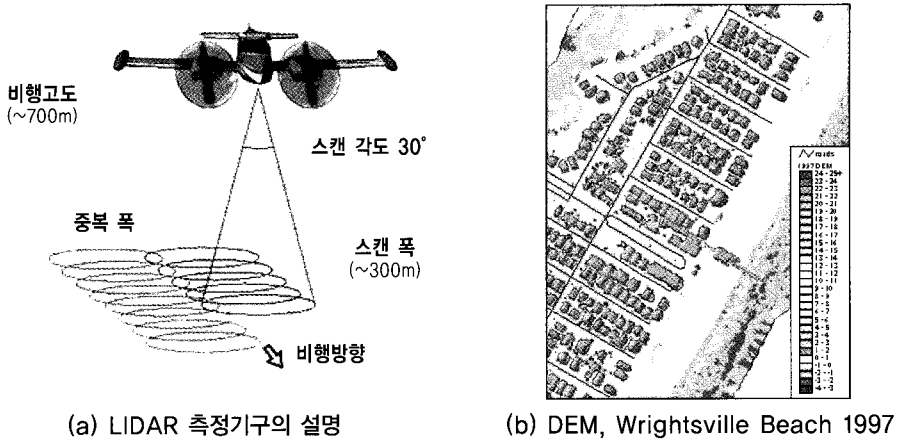


그림 1. LiDAR 시스템의 개념도와 측정의 예

표 1. 반사율의 강도에 의한 물체의 분류

범주 물체	반사율의 강도		반사율에 영향을 주는 인자
	높은 반사율	낮은 반사율	
물체	밝은 표면 초지 나무 물	어두운 표면 아스팔트 석탄, 산화철 젖은 표면, 진흙 잔잔한 물	고도 구성 또는 혼합 밀도 센서의 방향

체의 종류를 구별하는 범주를 나타내고 있으며, 이러한 반사율에 영향을 주는 인자들도 함께 보여주고 있다. 이것은 원격탐사(remote sensing)의 밴드(band)와 유사한 개념을 가지는 것으로서 light beam의 경우에도 높은 반사율을 보이는 것은 밝은 표면(light surfaces), 나무(trees) 등이며, 낮은 반사율을 보이는 것은 어두운 표면(dark surfaces), 아스팔트(asphalt) 등이다. 이러한 반사율의 정도에 따라 반사물체의 종류를 분류할 수 있다.

나. 시스템의 구성

LiDAR 시스템 구성은 그림 2와 같으며 항공기에 탑재된 시스템 장비와 피사체에 해당되는 지상부분으로 구분된다. 시스템 장비에는 스캐너, 거리측정센서, 제어 및 기록부와 위치와 자세를 제어하는데 사용되는 GPS와 INS가 포함되며,

스캐너의 레이저 빔은 왼쪽에서 오른쪽으로 피사체인 지상을 한줄씩 스캔 하면서 전방향으로 비행한다. 이때 스캔 폭과 포인트 수는 장비의 스캔 각도와 비행속도, 비행고도 등 다양한 인자에 의해 좌우되며, 결국 측정 정밀도와 관련이 있는데, 각 부분을 자세히 상술하면 다음과 같다.

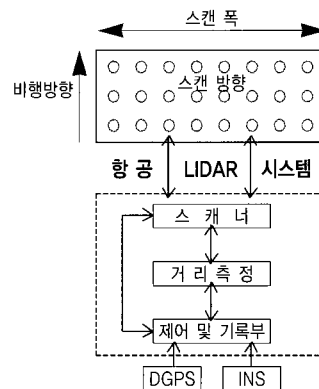


그림 2. LiDAR 시스템의 구성도

1) Laser Sensor (Scanner, 거리측정, 제어 및 기록부)

항공기에 장착된 레이저는 왼쪽에서 오른쪽으로 스캔하는 빔을 발사하고 반사파를 측정하여 한줄의 프로파일을 작성한다. 이때 적외선 레이저 빔을 회전 반사거울을 통해 투사하고 투사된 빔이 지표면에 반사되어 돌아오는 시간차와 회전 반사거울의 회전각을 이용하여 지표면 측정의 상대위치를 계산한다. 이 레이저 센서의 위치를 GPS와 INS를 이용하여 결정하고 지표면 측정의 절대위치 X, Y, Z 값이 결정된다. 레이저 센서의 위치는 DGPS를 이용하여 높은 정확도를 얻을 수 있다. 측정속도는 기계에 따라 다양하며, 보통 초당 5000번의 측정을 가진다. 이러한 원리를 ALS 기술이라 하며 보통 LiDAR라고 부른다.

2) INS

레이저 기구는 항공기에 장착되어 비행하는 동안 지상을 향해 수직으로 점들을 관측하는 것이다. 그러나 비행기의 회전, 흔들림 등의 움직임에 따른 불가항력적인 변화 때문에 레이저 빔은 항상 수직 아래로 주사할 수 없다. 그러므로 높은 정확도의 자이로스코프 역할을 하는 INS는 비행기 자세를 측정하는데 이용된다. 이 INS로부터 나온 자료는 물체까지의 거리 등 기록치를 보정하고 맞추는데 사용된다.

3) GPS

비행기의 위치 및 레이저의 위치는 DGPS를 이용한 3D 좌표로서 결정된다. 이를 위해 높은 정확도의 GPS 기구가 비행기에 장착되어야 하

며, 또한 지상통제기지(ground control base station)의 설치도 필요하다.

다. ALTM (Airborne Laser Terrain Mapper)의 사양 및 성능

1) ALTM의 사양

ALTM은 GPS와 INS 및 레이저 거리측정센서를 통합한 장비로서 LiDAR 시스템을 구체적으로 구현한 모델이다. 이것을 항공기에 장착하고 지형도 및 DTM 제작을 위해 대상지역을 스캐닝한 자료를 취득한 후에 GPS, INS, 레이저 거리 측정 데이터를 이용하면 지표면의 측정좌표 (X, Y, Z)를 지도화 할 수 있다. 이로부터 대축척지도 및 수 cm 정확도의 DEM 제작이 가능하다. 이 ALTM은 캐나다의 Optech사의 제품으로 가장 많이 사용되는 LiDAR 시스템으로서, 하드웨어 (레이저 스캐너, GPS, INS)와 소프트웨어 (분석 SW, 제어 SW, Navigation SW)로 구성된다. 표 2는 ALTM 장비의 버전에 따른 기능과 성능을 나타낸다. 지금까지 많이 사용된 것은 ALTM 1010이며 최근에 ALTM 3070이 출시되었다. 표 2와 같이 최고품질의 레이저 스캐너 시스템은 15 cm 오차의 수직정확도를 가지는데, 이것은 항공기로부터 20km 이내에 base station이 있을 경우에 해당된다.

2) ALTM의 성능

시스템의 성능에 따라 다르지만 초당 35,000 포인트의 수집이 가능하며, 비행고도, 비행속도, 시스템 세팅에 의존하는 측정 자료의 밀도는 보

표 2. ALTM 시스템의 기능과 능력

항 목	ALTM 1010	ALTM 3070
스캔 고도	400 - 1,200m	200 - 3,000m
스캔 각도	0 ± 20	0 ± 25
스캔 폭	0 to 0.68×고도	0 to 0.93×고도
스캔 빈도	25Hz for ± 20	50Hz for ± 20
레이저 반복율	4KHz	70KHz
수평 정확도	1/1,000×고도 이상	1/2,000×고도 이상
수직 정확도	± 15cm	± 15cm

통 평방미터당 2~3 포인트로서 최대 60포인트 까지 측정이 가능하다. 측정된 원시자료는 점단위로 X, Y, Z의 3차원 좌표로 저장된다. 레이저 펄스가 식물이나 인공구조물들을 시간간격을 두고 반사하면 발사파와 반사파 사이의 다양한 거리가 계산된다. 높은 펄스 발사율의 경우에는 초당 300,000개의 3차원 포인트들을 얻을 수 있다. 양질의 자료를 얻기 위해 최대한 조건을 구비할 경우에는 정확도를 6인치 (15cm)까지 높일 수 있다. 시스템의 원리로서 비행고도가 높아질수록 지상점의 밀도는 저감되는데, 2,100 ft 넓이의 스캔폭의 경우에는 3,100 ft 고도비행이 요구된다 (표 2, ALTM 1010의 스캔 폭 참조). 1ft의 등고선을 얻기 위한 전형적인 비행고도는 지표상공의 1,600 ft이다. 일반적으로 원시레이저 자료는 8mm 카트리지 테이프에 기록되며 동시에 GPS, INS 자료도 기록된다. 레이저 자료는 ASCII (X,Y,Z) 좌표 자료로 저장되며, 이후 GIS와 CAD 등의 응용 소프트웨어에서 목적에 맞게 사용될 수 있다.

라. 이용 방법 및 절차

RADAR와 비슷한 개념인 LiDAR는 레이저 빔의 펄스를 사용하여 플랫폼에서 물체까지의 거리를 측정하는 것으로서, 나무꼭대기, 전기선, 탑, 건물, 지표 등 모든 지상의 물체들을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 소프트웨어로 분석이 가능하다. 미국의 Mosaic mapping systems Inc.에서는 1996년부터 LIDAR Remote sensing services를 실시하고 있는데, 현재 이 회사는 정확한 DTM의 빠른 생산을 위해 항공레이저 스캐닝 기술의 개발에 초점을 두고 있다. 이 기술은 보통 측량기술로 측량하기 어려운 환경, 짧은 시간내에 성과를 필요로 할 때, 높은 정확도를 요구하는 경우에 효율적으로 이용될 수 있다.

LiDAR 측량 자료의 사용을 위한 정확도를 검증하기 위한 수단으로서, GPS, INS에 의해 모든 레이저 자료가 정위치로 보정되어도 대상지역의

측량 주축을 따라 check points를 설정하고 기존의 측량기술로 측정해야 한다. 최종적으로 필터링 과정을 거쳐 다양한 포인트들의 등급이 분리될 수 있다. 예를 들어 Vegetation data는 Ground layer data에서 분리될 수 있으며, 건물, 전기선 등이 필터링 기법으로 분리될 수 있다. 이로부터 LiDAR 측량의 결과물은 DEM, 수치정사지도, 수로노선지도, 홍수위험지도, 산림정보지도, 식물지도, 도로노선지도 등 다양하다. 그림 3은 (a) 도화원도, (b) 항공사진, (c) 지표물체를 제거한 LiDAR DEM, (d) 지표 건물을 가진 LiDAR DEM의 예를 나타낸다.

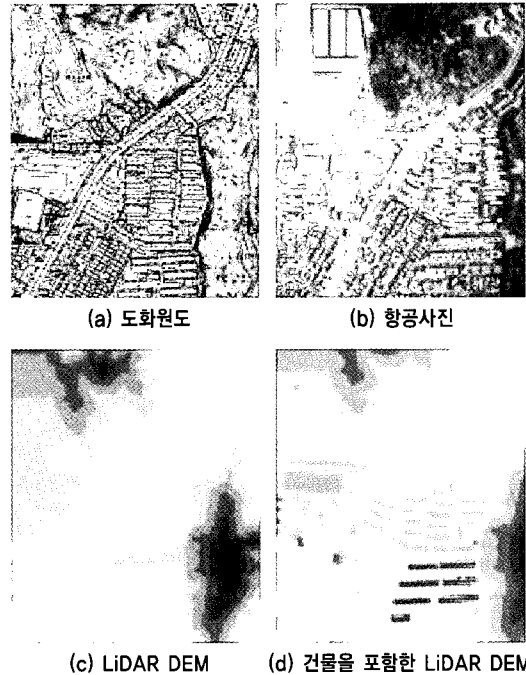


그림3. 동일지역에 대한 다양한 지도와 LiDAR DEM

3. LiDAR의 응용분야

일반적인 LiDAR 시스템의 응용분야는 신규개발 및 도로계획 (planning of new developments and road), 시각평가분석 (visual impact analysis), 홍수위험분석 (flood risk analysis), 배수 및 홍수지역분석 (drainage

and flood plain analysis), 환경분석 (environmental analysis), 가상현실모델링 (virtual reality modelling), 산림 및 시설원에 계획 (forestry and horticultural planning) 등 매우 다양하다. 응용사례로는 해안 간석지 및 수심관측, 홍수피해분석, 3차원 경관분석, 파이프라인 및 노선관측, 지표 피복 및 피복하의 지형관측 등으로 크게 분류하여 상술하면 다음과 같다.

#### 가. 해안 간석지 및 수심관측

수심측량 기능으로서 LiDAR 시스템은 약 50m 깊이까지 수심측정이 가능하며, 하천 뿐만 아니라 해안의 천해의 깊이 측정에 많이 응용되고 있다.

미국 USGS에서는 그림 4와 같이 수력발전댐

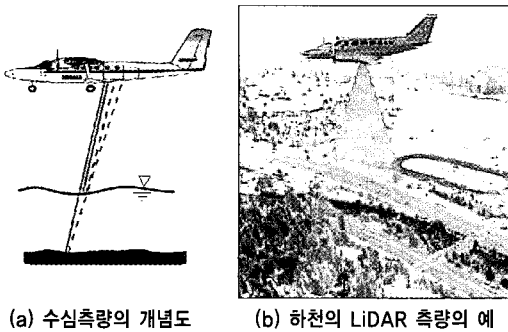


그림 4. LiDAR 에 의한 수심측량

Priest Rapids Dam의 물관리에 따른 하류부 하천 (Columbia river의 Handford reach) 수심 변화로부터 치어 및 산란 생태계 등의 영향에 관한 효과를 평가하기 위하여 정밀 하천 수심측량에 LIDAR 시스템을 이용한 바 있다.

LiDAR 시스템은 근해의 천해에서 고해상도 수심측량 및 그림 5의 사례와 같이 수중 지형표고 자료 수집에도 매우 유용하게 이용된다. 이 기술은 기존 항공사진으로는 불가능한 간석지 표고와 형상에 대한 자세한 지형을 나타내는 해저지형

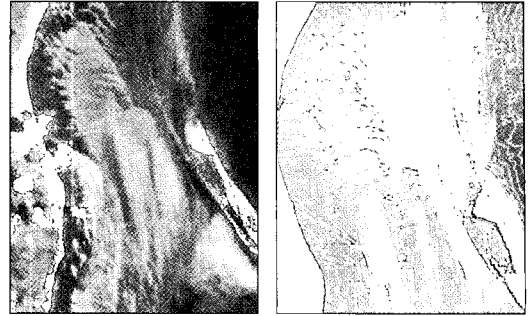


그림 5. LiDAR 에 의한 해변지형 측량 (Yucatan peninsula Mexico)

(Sea-floor topography)자료를 제공한다. 이러한 해안선 및 지형측정에 응용 되는 기술은 기존의 수중음파탐지기 (sonar)와 같은 원리로서 음향이 아니라 빛을 사용한다는 차이점이 있으며, 시각적 영상이 가능한 장점이 있다. USGS 해안지질센터 (Center for Coastal Geology)는 해안침식 (Coastal erosion) 등의 분석을 위하여 미국 서해안 일대의 해변측량에 LiDAR를 사용한 바 있다.

#### 나. 홍수피해분석

LiDAR 활용도가 높은 응용분야의 하나로, 해변 또는 강의 범람에 의한 홍수지역측량 (flood plain surveys)에 효율적으로 이용되고 있다. 그림 6은 해안지역에서 홍수피해지역에 대한 LiDAR 측량의 예를 보여주는 것이다. 이 사례는 접근하기 어려운 넓은 면적을 짧은 시간에 높은 정확도로 측량할 수 있는 LiDAR 기술의 장점을 가장 효율적으로 이용한 것이다. 지표유출의 추적, 홍수예측, 하천지도 등을 위한 매우 높은 정확도의 DEM 및 지형도 제작에 응용 사례가 많으며, 미국, 일본에서는 홍수지도 제작을 위한 DEM자료측정에 LiDAR 시스템을 이용하고 있다. 우리나라의 경우에는 한국수자원공사에서 홍수지도제작을 위하여 DEM 측정에 이용하고 있는데, 지표면 측량에서 15 cm 이하의 오차를 보이면 이 자료로부터 TIN을 생성한 후 DEM을 생성한다. 또한 하천 중·횡단 측량에도

LiDAR를 이용하였는데, 수중의 하상표고의 경우에는 Sonar를 이용하여 보완측량한 것으로 알려져 있다.



그림 6. LiDAR에 의한 해안의 홍수지역 관측

다. 3차원 경관분석

LiDAR 기술은 농촌지역 및 도시의 복잡한 3차원 경관을 그림 7과 같이 실제에 가깝게 관측하는 것을 가능하게 한다. 지금까지의 사용되어온 기존의 3차원 경관 시뮬레이터는 대부분 실제공간을 단순화하거나 컴퓨터 그래픽으로 가상으로 재현한 것으로서, 이러한 분야에 필요한 정확도가 높은 실제 3차원자료를 저렴하고 빠르게 확보할 수 있게 됨으로써 도시 및 농촌 공간 모델링 연구에 획기적으로 기여할 가능성을 보여주고 있다.

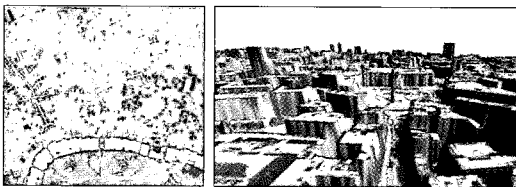


그림 7. LiDAR에 의한 도시지역의 3차원 경관측량

라. 파이프라인 및 노선관측

수로 또는 도로와 같은 얇고 긴 노선의 3차원 측량에도 매우 유용하게 사용되고 있는데, 보다 가느다란 전기선도 3차원으로 측량이 가능하다.

마. 지표 피복 및 피복하의 지형관측

토지관리, 건물의 위치 및 높이 등에 사용하기 위한 식물피복 (vegetation canopy) 지도의 제작에 LiDAR 기술이 이용되고 있는데, 대표적으로 Maryland 대학의 연구팀에 의해 메릴랜드의 Patuxent River Development에서 전 유역에 대한 LiDAR 측량을 통하여 건조환경 (built environment) 및 식물자료수집 등이 최초로 수행되고 있다. 이러한 측량 및 분석을 통하여 Canopy 아래의 지표면 지도를 만들고, 이로부터 Tree canopy와 Ground surface를 비교하면 'bio-mass' 변화의 분석이 가능하다. 그림 8은 이러한 분류방법의 개념을 보여주는 것으로서, 식물의 높이 뿐만 아니라 지표면의 실제 표고를 LiDAR 측량을 통해 가능함을 보여준다.

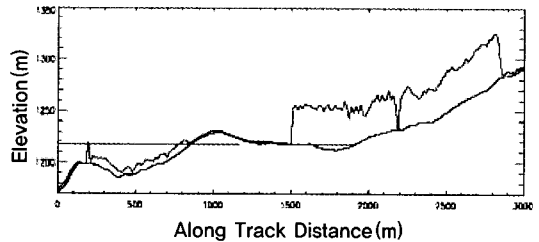


그림 8. 식물높이 및 지표면의 곡선 (Salisbury)

4. 농공학 분야의 응용 가능성

지금까지 살펴본 LiDAR 측량기술의 응용사례는 우리 분야의 문제해결에 많은 가능성을 제시해주고 있다. 응용 가능 분야를 정리해 보면 다음과 같다.

가. 홍수전후의 DTM 측량

홍수위험지역에 대한 사전 LiDAR DEM을 측량하여 홍수예측 모의를 정교하게 시행할 수 있으며, 나아가 홍수범람지역에서 신속하게 측량함으로써 피해지역의 정확한 측정이 가능할 것이다. 홍수피해지역 분석자료는 향후 홍수대책의

귀중한 자료로 사용될 수 있을 것이며, 궁극적으로 홍수예방을 위한 홍수지도 및 홍수보험지도 등의 제작에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 홍수지도제작에 필요한 DEM 자료는 현지점의 정교한 실제 지형자료가 되어야 하며 정확도는 수십cm 또는 수cm 단위까지 측량이 가능해야하는데, 과거에 측량되어 만들어진 기존 GIS 지도를 이용하여 제작한 DEM은 적합하지 않다. 또한 시기적으로 필요할 때 신속하게 측량한 실시간 자료를 요구할 때에는 이러한 LiDAR DEM이 적절한 대안이 될 수 있을 것이다.

#### 나. 하상변화 수심관측

중요한 하천의 하상변화 및 수심의 관측에 효율적으로 이용될 수 있을 것이다. 하천의 침식 및 퇴사 등에 의한 통수단면의 변화 등의 측정에 이용함으로써 하천의 이수·치수계획에 능동적으로 이용할 수 있을 것이다.

#### 다. 해안 간석지 지형변화 관측

최근 관심이 고조되는 해안 간석지 또는 갯벌의 변화에 대하여 고비용에 많은 시간이 요구되는 기존의 측량방법으로는 많은 한계가 있으며, 원격탐사를 이용하는 경우에도 자료의 해상도, 자료획득과정, 분석기술 및 비용 등에 있어서 어려움이 따른다. LiDAR의 경우에는 필요한 경우 원하는 지역의 자료를 저렴하게 획득할 수 있으므로 보다 유용하게 사용될 수 있다.

#### 라. 담수호 및 저수지의 수심-내용적 측량

담수호 또는 농업용 저수지의 퇴사 등에 따른 수위-내용적 자료를 정교하게 측량할 수 있을 것이다. 지금까지는 탐사선에 탑재된 Sonar와 같은 기존의 방법과 원격탐사에 의한 개략적 추정방법이 이용되어 왔는데, 이러한 기능들을 통합한 편리한 기능을 LiDAR 시스템은 제공해준다.

#### 마. 수로 및 도로 노선 측량

LiDAR 시스템은 농업용 용배수로 및 대간선과 같은 수로와 농촌도로 등의 노선을 계획할 때 요구되는 정교한 실시간 DEM을 획득하는데 이용될 수 있다.

#### 바. 농업기반 정비계획 전후의 정밀 측량

실시간 측량된 정밀 DEM은 포장정비, 배수개선 등과 같은 농업기반 정비사업의 계획수립에 유용하게 이용될 수 있다. 일반적으로 DEM을 이용하는 토공량 산정과 같은 기능을 포함하여 지표면의 주택 등의 물체를 정교하게 측량함으로써 실제 지형표면의 DSM을 제작하여 설계 및 계획에 유용하게 사용할 수 있다.

#### 사. 농촌공간 정비 및 경관 모의

도시공간을 모델링하는 기법과 같이 농촌공간을 모델링하는 기존의 기법들은 도화원도 또는 원격탐사를 기반으로하는 DEM 자료위에 3차원 물체를 붙이는 경관 시뮬레이션의 형태를 대부분 취하고 있다. 가장 일반적인 방법이 그림 9와 같이 GIS DEM위에 CAD로 제작한 3차원 오브젝트를 붙이는 것이다. 또 다른 방법으로는 ArcVIEW의 3차원 분석 기능으로 GIS 툴 자체에서 3차원 경관의 재현이 가능하다. 그림 10의 오른쪽 그림과 같이 LiDAR의 DEM은 실제 건물의 형태 및 표고자료를 정교하게 나타내어 컴퓨터에서 재현한 가상의 이미지가 아니라 실제 측정자료를 보여줌으로써 훨씬 현실적으로 3차원 경관을 나타낼 수 있다. 그림 10의 왼쪽영상은 1m 해상도를 가진 IKONOS-2 이미지의 예를 나타내는데, 농촌공간 모델링에는 LiDAR 측량의 결과가 보다 효율적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.



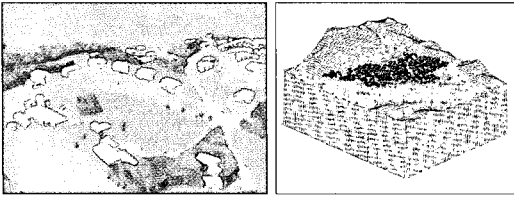


그림 9. GIS와 CAD를 이용한 농촌마을의 3차원 경관 모의

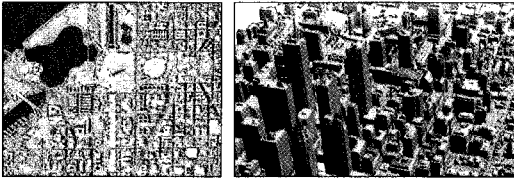


그림 10. IKONOS-2 영상 (Washington, DC) 과 LiDAR에 의한 도시지역의 경관 관측

### 5. 맺는말

GIS 기술의 활용 범위가 점차적으로 확대되고 일반화되어 가고 있으며, 이러한 동향은 보다 정교하고 신뢰성이 높은 자료와 정보를 요구하고 있다. GIS 자료는 현실적으로 사용이 가능하고 획득이 용이해야 하며, 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 탄력성도 갖추어야 한다. 우리나라에서는 NGIS 및 농공분야 자체의 GIS 자료(RGIS)도 활발하게 구축되어 왔다. 그러나 많은 활용분야에서 보기에는 아름답지만 실제 사용에 있어서는 그 역할이 저조했던 시행착오를 많이 겪어온 것이 사실이다. 앞으로 GIS 기술의 활용은 가능성을 타진하던 시행착오 단계를 지나 실제 업무에 적용이 가능하고 GIS 이용의 효과를 획기적으로 발생시킬 수 있는 방향으로 전개되어야 할 것이다.

농촌의 기반조성을 다루는 농공분야에서는 지형공간 정보의 가장 핵심적인 자료가 지형을 나타내는 DEM이라 할 수 있다. 이 DEM 자료는 농촌 지역의 급속한 토지이용 변화를 고려할 수 있는 시의성이 확보되어야 하며, 과거에 측정된 지도로부터 구하는 기존의 1/5,000 축척 기반의 DEM 자료는 홍수지도 및 공간정보 등에 활용하기에는

현실적으로 지표 및 토지이용변화 등을 반영하기 어렵다. 실제지형에 가깝게 계획 또는 분석 직전의 정교한 DEM 자료를 측정할 수 있어야 하며, 저렴하고 짧은 시간에 획득이 가능해야 한다. DEM 및 DSM 자료를 정교한 공학적 설계 및 재해대책 등에 활용하기 위해서는 항공레이저 측량 기술 LiDAR 시스템의 활용이 요청되고 있다.

### 참고문헌

1. 김대식, 정하우, 2002, 농촌마을개발의 시설배치 및 시각적 평가 지원을 위한 공간계획 모형, 한국농공학회지 44(6), pp. 71-82.
2. 김영배, 서정현, 임삼성, 2002, 항공레이저 매핑시스템에 의한 DTM 생성의 정확도 분석, 한국측량학회지, 20(2), pp. 105-110.
3. 김형태, 심용운, 박승룡, 김용일, 2002, LIDAR 데이터를 이용한 수치정사사진의 제작, 한국측량학회지, 20(2), pp. 137-143.
4. 신영호, 홍수지도 시범제작 방안, 2002, 한국수자원학회지, 35(4).
5. 최윤수, 한상득, 위광재, 2002, 도화원도를 이용한 LIDAR DEM의 정확도 평가, 한국측량학회지, 20(2), pp. 127-136.
6. Albert, C.P.Lo and Yeung, K. W., 2002, Concepts and Techniques of Geographic Information Systems, Prentice Hall.
7. <http://www.optech.on.ca/aboutlaser.htm#hydro>
8. <http://www.csc.noaa.gov/products/nchaz/htm/intro.htm>
9. <http://www.lidar.co.uk>
10. <http://www.ordsvy.gov.uk/productpages/lidar/home.htm>