

항공레이저 측량기술의 송전선로 경과지 선정 활용방안

The application of airborne laser mapping for powerline path

김승용¹⁾ · 위광재²⁾ · 김갑진³⁾ · 이강원⁴⁾

Kim, Seung Yong · We, Gwang Jae · Kim Gab Jin · Lee, Gang Won

¹⁾ 한진정보통신(주) 기술연구소 책임연구원 (E-mail:sykim00@hist.co.kr)

²⁾ 한진정보통신(주) 기술연구소 주임연구원 (E-mail:gjwe@hist.co.kr)

³⁾ 한진정보통신(주) 기술연구소 연구소장 (E-mail:gjkim@hist.co.kr)

⁴⁾ 한진정보통신(주) 상무 (E-mail:kwlee@hist.co.kr)

Abstract

Airborne laser mapping is the latest and fastest method for generating 3D data. By now, elevation data was mainly acquired using air photos. But this way takes long time from land control surveying to digital visualization. Airborne laser mapping does not need any ground control after system calibration. In this paper, power line and electric tower areas were measured. And using the 3D laser result and digital camera images, contour lines and mosaic images was generated and the accuracy was presented. Airborne laser mapping and digital camera have a full capacity to substitute existing methods for electric and landscape works.

1. 서 론

송전선로의 최적경과지 선정은 고압의 전력선을 설치할 첩탑의 위치를 선정하는 작업으로 위성영상과 직접측량 방법을 이용하여 작업 이루어지고 있다. 이러한 작업방법은 많은 비용과 시간이 소요될 뿐만 아니라 노선의 변경에 따른 재작업의 발생 및 저해상도 영상의 활용에 따라 의사결정의 어려움 등이 발생하고 있다.

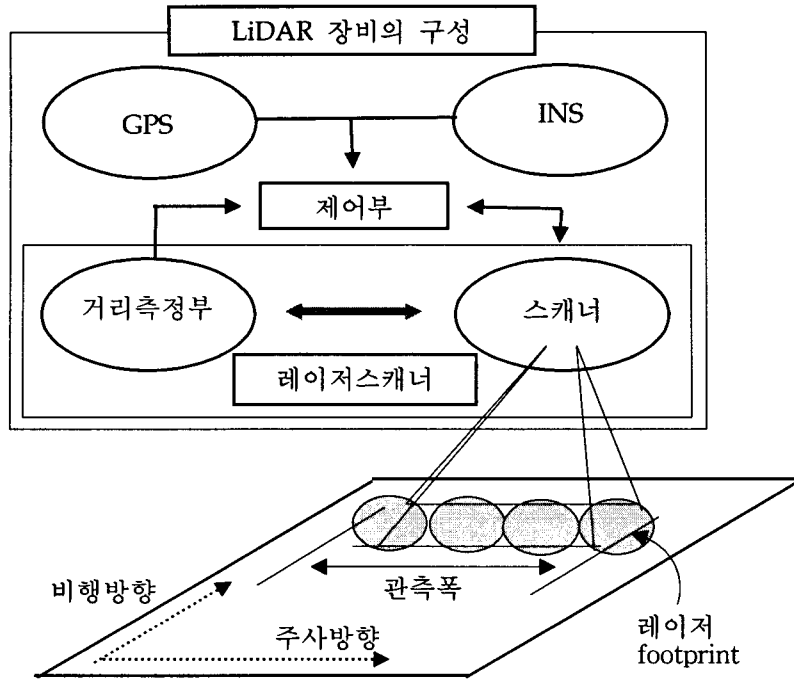
이러한 이유로 최근 국내에 도입된 항공레이저 측량기술과 항공 디지털카메라 기술을 송전선로 최적 경과지 선정업무에 적용하는 연구를 통하여 자료의 정확성 및 업무에 활용가능성을 제시하고, 또한 전력선 분야의 측량작업을 활용방안을 제시하고자 한다.

2. 항공레이저(LiDAR) 측량 및 경과지 선정

2.1 항공레이저 측량의 원리

항공레이저 측량은 항공기에 장착된 GPS와 INS, 그리고 지상 기지국에 설치된 GPS Base Station의 신호를 결합하여 항공기의 비행 궤적을 결정하고, 레이저 스캐너를 이용하여 초당 수만 차례의 레이저 펄스를 지표면에 주사해 반사된 레이저 펄스의 도달시간을 측정하게 된다.

측정된 도달시간은 결국 항공기와 대상 지표면 사이의 거리로 환산될 수 있으며, 지표면에 대한 3차원 위치정보를 정확하게 측정할 수 있다. 따라서 항공레이저 측량은 LiDAR(Light Detection And Ranging) 측량이라고도 하며 그 구성요소는 아래와 같다.(그림 2-1).



[그림 2-1 항공레이저 측량의 원리]

2.2 경과지 선정 방법

가공송전선로의 경과지 선정 방법으로는 답사에 의한 경과지 선정방법, GIS를 이용한 경과지 선정, 위성영상을 이용한 경과지 선정 방법 등이 있다. 이러한 경과지 선정은 송전선로 건설의 최초단계로서 건설공사비, 민원발생 및 건설공기와 직접적으로 관련되어 있으며, 산업사회의 발달과 더불어 토지이용의 제한과 지역사회의 각종 개발계획 등으로 송전선로 경과지 선정시 고려할 사항이 점점 많아지고 있다.

이에 따라 경과지 선정의 효율성 향상을 위해서 최근에는 위성영상을 이용한 경과지 선정방법이 크게 활용되고 있으며, 이러한 위성영상을 이용함에 따라 각종 분석을 통해 사회적, 환경적, 경제적 측면에서 객관적이고 합리적인 가공송전선로 경과지 선정 작업이 이루어지고 있다.

작업단계	작업내용	비고
1. 후보경과지 선정	위성영상자료 확보	<ul style="list-style-type: none"> ● 공간해상도 1m 이상 ● 1/5,000 지형도 ● 1/25,000 지형도
	현지 개황 조사	
	후보경과지 선정	
	후보경과지 답사	
2. 지방자치단체 협의	3차원 시뮬레이션 위성영상자료 작성	<ul style="list-style-type: none"> ● 3차원 지형영상 ● 철탑 모형
	지방자치단체 협의	
3. 최적경과지 선정	송변전 압지선정협의회 심의자료 작성	
	최적경과지 선정	
4. 대관, 대군 협의	대관, 대군 협의	
	국,공유지 조사	
5. 최적경과지 확정	중심측량, 종단측량, 평면측량	<ul style="list-style-type: none"> ● GPS, Total Station 측량 ● S/W 이용 종단면도 작성
	철탑부지 측량, 검사측량	
	가종단도 작성 및 검토	
	경관영향평가	
	최적경과지 답사	
	최적경과지 확정	

3. 자료처리 및 결과 분석

3.1 자료 획득

본 연구에 사용된 장비는 캐나다 Optech사의 최신 모델인 ALTM3070으로 여기에 사용된 GPS/INS는 캐나다 Applanix사의 "POS AV 510" 모델을 채용하고 있다. GPS는 Novatel 제품으로 12채널, 2주파수신이 가능하며, INS는 Litton사의 LN200 센서가 디지털 카메라와 결합되어 장착된다.

또한 Digital Camera는 Applanix사의 제품으로 4K x 4K의 화소를 갖는 디지털 영상 컬러 및 CIR 모드로 촬영할 수 있다. GPS, INS는 Lidar 시스템과 공유하고 있다.

표1. ALTM 3070 장비 사양

항 목	내 용
주사 고도	200 - 3,000 m
수직 정확도	비행고도 1,200m에서 < 15cm / 3,000m에서 < 35cm
주사 각도	0 ~ 50°
주사 폭	0 ~ 0.93 × 비행고도
주사 빈도	0 ~ 70Hz (scan angle에 따라 다름)
수평 정확도	1/2,000 × 비행고도
항공 GPS 수신기	Novatel
레이저 주파수	70kHz (~지상 1.5km 고도), 50kHz (~지상 2.0km 고도) 33kHz (~지상 3.0km 고도)
레이저 빔 발산도	Variable, 0.2 mrad; or 0.7 mrad (1/e), nominal
반사강도	12 bit
이중 반사파 측정	1~ 4th range
레이저 분류	Class IV (FDA CFR 21)
시스템 온도	Sensor head -20 ~ 35°C
시스템 습도	0-95% non-condensing

표2. 디지털 카메라 장비 사양

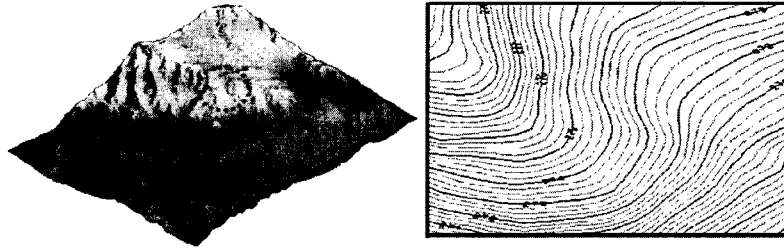
항 목	내 용
픽셀배열 크기	4,092(along flight) * 4,079(cross flight)
픽셀 크기	0.009mm
필터	color / color-IR
렌즈	Zeiss Distagon 55.0mm, 36° FOV
셔터 속도	1/125 - 1/4,000 초
노출 시간	최대 4초
작동 온도	0 ~ 40°C
작동 고도	최대 6,000m

표3. LiDAR 측량 제원

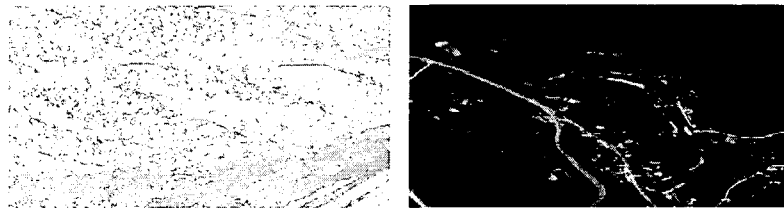
항 목	내 용
촬영고도	1000m
점밀도	2/m ²
촬영각도	20 deg
Laser Pulse Rate	70 khz

3.2 데이터 처리

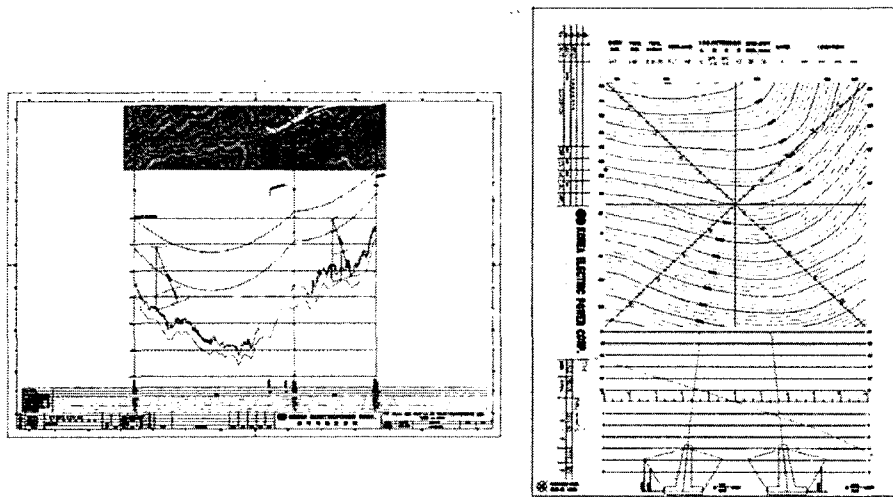
항공레이저측량을 통하여 획득된 Data를 이용하여 25cm의 등고선을 제작하였고, 또한 디지털영상을 이용하여 정사사진을 만들었다. 또한 한국전력의 업무에 활용할 수 있도록 종단면도 및 부지 대각도를 제작 하였다.



[그림 3.1 등고선 제작]



[그림 3.2 등고선 제작]



[그림 3.3 종단면도/부지 대각도 제작]

3.3 정확도 분석

항공레이저측량을 통하여 획득된 Data의 정확도를 검증하기 위하여 해당지역에 대하여 GPS를 이용하여 21점에 검사점 측량을 실시하였으며, 또한 철탑위치에 대한 정확도를 확인하기 위하여 7개 지점의 철탑에 대하여 측량을 실시하였다. 그 결과 GCP 측량점의 고도에 대한 RMSE 25cm정도 이었으며, 철탑위치에 대하여는 RMSE 20cm의 성과를 얻을 수 있었다.

이러한 성과는 기존의 1/5,000 수치지도, 위성영상과 직접측량을 통하여 실시하던 경과지 선정 작업에 활용할 수 있는 충분한 정확도를 확보할 수 있었다.

표4. GPS 측량 결과

GCP 번호	GCP (E)	GCP (N)	GCP (Z)	LiDAR (Z)	Dz
1	243483.460	454808.320	384.550	384.110	-0.440
2	244277.570	455173.858	277.487	277.480	-0.007
3	243347.380	456731.440	339.480	339.770	+0.290
4	243146.424	456578.451	237.137	237.070	-0.067
5	243358.725	456320.615	243.265	243.520	+0.255
6	243453.764	456067.777	248.457	248.240	-0.217
7	243482.304	455935.946	251.044	250.680	-0.364
8	242567.110	454917.295	436.238	435.970	-0.268
9	243124.299	456040.843	305.709	305.030	-0.679
10	243157.312	456086.366	292.999	293.260	+0.261
11	241487.817	454011.976	609.486	609.780	+0.294
12	240297.585	452944.208	412.359	412.390	+0.031
13	240308.663	452867.928	405.383	405.400	+0.017
14	241321.034	454253.300	527.220	527.420	+0.200
15	241654.220	454431.731	523.382	523.460	+0.078
16	241866.636	454401.702	506.677	506.660	-0.017
17	242325.640	454685.057	464.727	464.770	+0.043
18	242722.765	455202.700	414.613	414.890	+0.277
19	242901.073	455378.708	370.282	370.220	-0.062
20	242912.998	454963.299	346.936	346.900	-0.036
21	243455.609	455541.226	263.625	263.670	+0.045

- 최소값(Minimum) : $\text{Min } \{|Dz|\} = -0.007$
- 최대값(Maximum) : $\text{Max } \{|Dz|\} = -0.679$
- 평균값(Average) : $\text{Ave } \{\sum Dz/n\} = -0.017$
- 평균제곱근(Root mean square) : $\text{RMS } \{\sqrt{(\sum Dz^2/n)}\} = 0.253$
- 표준편차(Standard deviation) : $\text{Std } \{\sqrt{\sum (Dz-x')/n}\} = 0.259$

3.3 경과지 선정 방법 분석

본연구이 결과를 이용하여 기존의 위성영상을 이용한 방법과 항공레이저 측량 방법을 비교해 보면 아래 표와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

표 5. 경과지 선정방법 분석

비교항목	위성영상 이용	항공레이저 측량이용
사용영상	위성영상	항공 Digital 영상
DEM 제작	수치지도 1/5,000	항공 레이저 측량 Data
영상해상도	1m	25cm(Color)
높이 정확도	약 160cm	25cm
활용분야	경과지 선정	경과지 선정, 고도 측량용(다목적 활용)
자료의 현시성	현시성 보장 어려움	현시성 보장

3. 결 론

항공레이저 측량기술은 국내에 도입 초기인 관계로 많은 분야에서 활용되거나 도입검토가 이루어지지 않은 상황에서 금번 연구를 통하여 전력선 분야의 하나의 업무인 경과지 선정업무에 적용해 보았을 때 정확한 DEM을 이용한 등고선의 제작 및 수목높이를 보정한 종단면도의 제작 등에 크게 활용되어질 수 있었으며, 특히 현황과악 및 경관분석을 위한 3차원 영상시물레이션의 제작에 있어서 기존의 방법보다 경관을 분석하고, 현장을 파악하는데 더욱 큰 장점을 가지고 있음을 확인 할 수 있었다.

이러한 항공레이저 측량은 전력분야에 있어서 경과지 선정업무 뿐만 아니라, 송전선로 관리, 배전선로 관리 등의 업무에서 전력선과 시설물의 이격거리 측량, 시설물 설계 시 토공량 산정 등에 활용될 수 있도록 추가적인 연구가 계속 이루어져 과학적이고, 객관적 공간자료의 활용을 통한 효율적인 전력자원 활용이 이루어지기를 기대한다.

참고문헌

한국전력공사 전력계통처(2004), IT 기술을 이용한 송전설계기법, 한국전력공사 송변전본부
이대회, (2004), 라이다시스템 초기화에 따른 항공레이저측량 정확도 평가, 대한측량학회
이승현, (2004), 항공기용 디지털 영상에 대한 검정 및 정확도 평가, 대한측량학회
Optech (2003), Aerial Camera System Specification
Optech (2004), ALTM 4K02 system performance report