

항공영상과 라이다 자료를 이용한 이종센서 자료간의 alignment에 관한 연구 A study on the alignment of different sensor data with areial images and lidar data

곽태석¹⁾ · 이재빈²⁾ · 조현기³⁾ · 김용일⁴⁾

Kwak, Tae Seok · Lee, Jae Bin · Cho, Hyun Gi · Kim, Yong Il

¹⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 석사과정 (imkwak@empal.com)

²⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 박사과정 (ctdevil@bcline.com)

³⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 석사과정 (hkcho@hotmail.com)

⁴⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 부교수 (yik@snu.ac.kr)

Abstract

The purpose of data fusion is collecting maximized information from combining the data attained from more than two same or different kind sensor systems. Data fusion of same kind sensor systems like optical imagery has been on focus, but recently, LIDAR emerged as a new technology for capturing rapidly data on physical surfaces and the high accuray results derived from the LIDAR data. Considering the nature of aerial imagery and LIDAR data, it is clear that the two systems provide complementary information. Data fusion is consisted of two steps, alignment and matching. However, the complementary information can only be fully utilized after sucessful alignment of the aerial imagery and lidar data. In this research, deal with centroid of building extracted from lidar data as control information for estimating exterior orientation parameters of aerial imagery relative to the LIDAR reference frame.

1. 서 론

고해상도의 항공영상은 지표면에 대해 의미있고 풍부한 텍스처 정보를 제공하지만, 그림자, 폐색, 기복변위, 과고감 등의 단점을 갖는다. 반면 라이다 자료는 점 형태로서 정확도 높은 3차원 지형좌표를 직접적으로 제공하지만, 항공영상처럼 텍스처와 같은 의미있는 정보를 제공하지는 못한다. 자료융합이란 두 개 혹은 그 이상의 시스템으로부터 획득된 자료들을 통합하는 것으로 장점을 극대화하고 상호보완적인 정보획득을 목적으로 한다. 기존의 자료융합은 동종센서간의 융합이 대부분을 차지하였지만, 라이다 시스템의 등장으로 라이다 자료와 광학영상간의 융합에 대한 연구가 진행되고 있으며, 성공적인 자료융합을 위해서는 각기 다른 두 데이터간의 alignment가 반드시 수행되어야 한다. Alignment를 위해서는 원자료가 점 단위인 라이다 자료와 픽셀 단위인 항공영상간의 공통 객체를 찾아야 한다.

일반적으로 alignment를 수행하기 위해서는 건물의 모서리점과 같은 특징점을 추출하여 수행하지만, 라이다 자료에서는 이러한 특징점들을 바로 추출하기가 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, A.F.Habib(2004) 와 Toni. Shenk(2002)는 라이다 자료로부터 표면패치를 추출하고 이 패치들이 서로 만나는 지점의 breakline과 같은 linear feature들을 추출하여 기준정보로 사용함으로써 항공영상과의 alignment를 수행하였다.

본 연구에서는 라이다 자료의 보간 과정이 없어 자료의 변형 및 왜곡이 적은 국지적 최대치 필터링 기법을 적용하여 건물을 추출한 후, 추출한 건물의 무게중심점을 기준정보로 사용하여 항공영상의 외부 표정요소를 산출함으로써 두 자료간의 alignment를 수행하였다.

2. 연구방법

2.1 연구흐름도

본 연구에서는 항공영상에서 건물 지붕면에 대한 무게중심점의 사진좌표와 라이다 자료로부터 추출된 건물의 점 자료들을 이용하여 추출한 무게중심점을 기준정보로 항공영상의 외부표정요소를 산출함으로써 alignment를 수행하였다. 이에 대한 연구 흐름도는 그림 1과 같다.

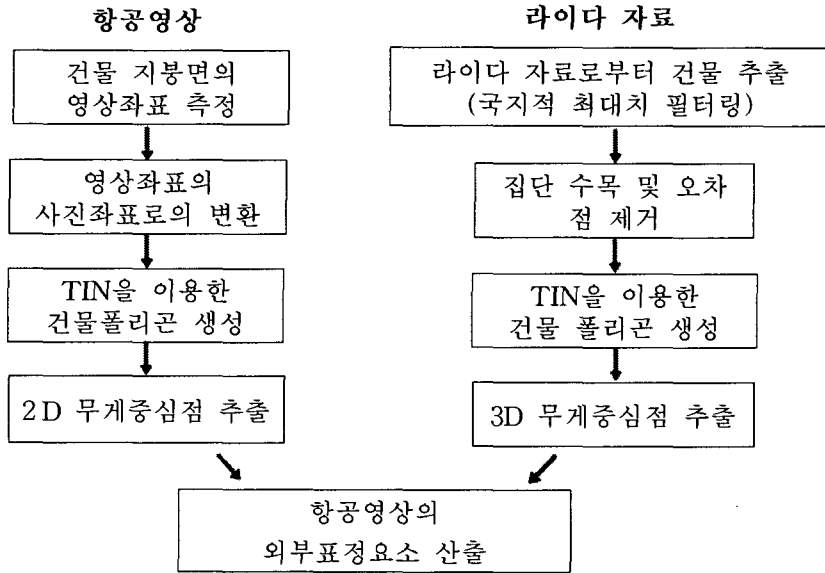


그림 1. 연구 흐름도

2.2 사용데이터

본 연구의 대상지역은 충남 천안 일대로 라이다 자료와 약 40% 정도의 중복도를 갖는 스테레오 항공영상을 사용하였다. 이에 대한 제원은 표 1과 같고, 항공영상은 그림 2과 같다.

표 1. 라이다 자료와 항공 영상의 제원

항 목	라이다 자료	항 목	항공영상
측량고도	200 ~ 3000m	촬영고도	940 ~ 1000m
점 밀 도	5.1/m ²	초점거리	55.156mm
scan rate	70 Hz	영상크기	4077 × 4092
높이 정확도	15 cm at 1200m	픽셀크기	0.009mm
평면위치 정확도	H/2000 (H:측량고도)	주점 offset	x : 0.061mm y : -0.07mm
관측폭	0~0.93H (H:측량고도)		



그림 2. 항공 영상

2.3 국지적 최대치 필터링 (Local maxima filtering)

국지적 최대치 필터링 방법은 벡터 도메인에서 건물지역을 분할하는 방법으로, 원자료의 형식이 점

형태인 라이다 자료를 보간할 필요 없이 그대로 사용할 수가 있으므로, 자료의 변형, 왜곡이 적다는 장점을 지닌다. 이 방법은 건물이 주위의 지형표면보다 높다는 단순한 사실에 기반하고 있으며, 높이 차이를 사용하면 DSM에서 객체를 분리해 낼 수가 있다. 그러나 원 DSM 자료 전체에 단순히 전역높이 임계치를 주어 건물지역을 분할해 내는 방법은 평평한 지역에서는 적용이 가능하지만, 언덕이 존재하는 지역에는 문제를 발생시킬 수가 있으므로, 높이 임계치를 국소적으로 적용할 수 있는 국지적 최대 필터링을 사용한다.

따라서, 본 연구에서는 간단하면서도 정확한 결과물을 얻을 수 있는 알고리즘인 국지적 최대치 필터링 기법을 적용하여 건물에 해당하는 점 자료들을 추출한 후, 점 자료들을 TIN을 이용하여 단위 폴리곤으로 형성하였다. 그러나 건물 이외에도 수목이 함께 추출될 수 있기 때문에 면적조건을 이용하여 수목에 해당하는 폴리곤을 제거하였고, 각 건물 폴리곤별로 점 자료와의 중첩을 통해 레이블링을 시행하여 각 건물별로 오차 점들을 제거하였다. 또한, TIN을 구성할 때 높이값을 '0'으로 주어 평평한 지붕면임을 최대한 강조하였으며, 아파트의 경우 국지적 최대치 필터링을 다시 적용하여 엘리베이터 탑을 추출하였다. 마지막으로 각 건물별로 TIN을 재구성함으로써 건물의곽선의 선형화도 최대한 고려하였다.

2.4 무게 중심

추출된 건물의 점 자료들만으로는 건물의 외곽선이나 건물 모서리점에 해당하는 정확한 점 자료를 추출하기가 쉽지 않다. 따라서, 추출된 건물의 점 자료들로 형성된 폴리곤을 대표하는 점인 무게중심점을 기준정보로 사용하고자 하였다.

무게중심점은 Gauss-Green 식에 따라 임의의 어떤 폐합된 폴리곤이 있고, 그 폴리곤의 외곽선을 $(x(t), y(t))$ 라는 함수로 표현할 수 있다면, 이 외곽선으로 둘러싸인 폴리곤의 면적 A 는 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다. (Steger, 1996)

$$A = \frac{1}{2} \int_a^b (x(t)y'(t) - y(t)x'(t))dt \quad \text{식(1)}$$

이 때, $x(t)$ 를 $0.5(x(t+1)+x(t))$ 로 $y(t)$ 를 $0.5(y(t+1)+y(t))$ 로 근사시키고, $x'(t)$ 를 $(x(t+1)-x(t))$ 로 $y'(t)$ 를 $(y(t+1)-y(t))$ 로 근사시키면, 좌표 함수에 의한 식 (1)은 이산적인 좌표쌍에 의한 식 (2)와 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (0.5(x_{i+1}+x_i)(y_{i+1}+y_i) - 0.5(y_{i+1}+y_i)(x_{i+1}-x_i)) \\ &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) \end{aligned} \quad \text{식 (2)}$$

이러한 폴리곤의 무게중심의 좌표 (\bar{x}, \bar{y}) 는 다음 식(3)에 의해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\oint_{R} x(t) dx dy}{A} \\ \bar{y} &= \frac{\oint_{R} y(t) dx dy}{A} \end{aligned} \quad \text{식 (3)}$$

식(3)을 역시 좌표쌍에 의한 형식으로 다시 정리하면 무게중심점의 좌표는 다음 식 (4)와 같다.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i+1} + x_i)(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)}{6A}$$

식(4)

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i+1} + y_i)(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)}{6A}$$

고해상도 항공영상은 텍스처 정보가 풍부하기 때문에 건물 지붕면에 대한 육안판별이 용이하므로 건물 모서리점에 대한 영상좌표를 수동으로 취득한 후, 면적을 계산하여 무게중심점을 추출하였고, 라이다 자료로부터 추출된 건물의 무게중심점에 대한 높이값은 건물을 구성하는 점 자료들의 높이값을 TIN 보간하여 취득하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 건물 추출

국지적 최대치 필터링 기법을 적용하여 아파트 엘리베이터 탑이나 옥탑을 포함한 13개의 건물 지붕면에 대한 폴리곤을 추출하였고, 서로 인접한 건물 및 단층 건물에 대해서는 국지적 최대치 필터링을 적용하여 추출하기가 어려웠다. 무게중심점을 추출하기 위해 사용된 건물 폴리곤은 8개이며, 그림 3에서 알 수 있듯이 각 건물별로 TIN을 적용함으로써 건물 외곽선의 선형화된 모습을 볼 수 있다.

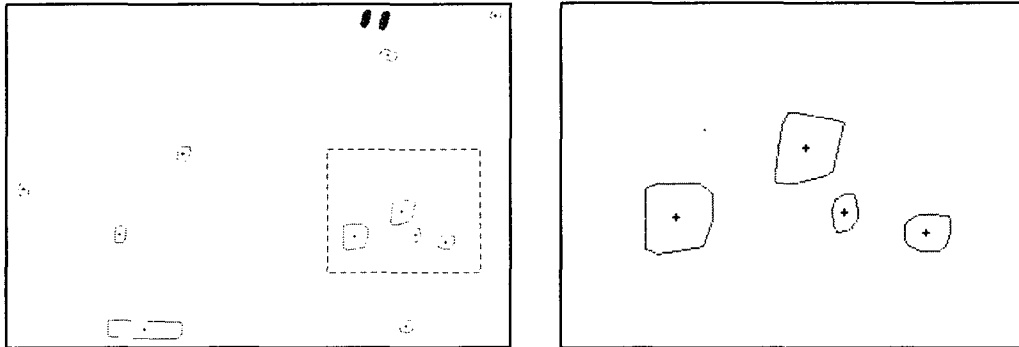


그림 3. 추출된 건물 폴리곤

3.2 무게중심 추출

항공영상과 라이다 자료로부터 각각 추출된 무게중심점은 표 2와 같다.

표 2. 항공영상과 라이다 자료로부터 추출된 무게중심점의 좌표

	좌측영상 무게중심		우측영상 무게중심		라이다 자료로부터 추출한 무게중심		
	x (pixel)	y (pixel)	x (pixel)	y (pixel)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	1773.994	478.398	2035.160	2854.982	342311.460992	4072237.744890	123.686000
2	1183.277	96.604	1433.146	2476.346	342210.335143	4072215.735560	131.904000
3	2708.721	765.550	2994.663	3191.738	342441.477565	4072299.937240	141.951000
4	1334.635	500.775	1588.583	2919.886	342271.164457	4072187.032470	138.644000

	좌측영상 무게중심		우측영상 무게중심		라이다 자료로부터 추출한 무게중심		
	x (pixel)	y (pixel)	x (pixel)	y (pixel)	X (m)	Y (m)	Z (m)
5	3109.273	1017.301	3393.162	3362.905	342509.072869	4072324.884170	109.128000
6	2309.925	1542.513	2572.205	3903.724	342477.861352	4072182.123040	103.321000
7	1131.666	902.298	1375.686	3287.888	342286.910408	4072125.947310	119.660000
8	2265.846	1330.683	2529.248	3688.822	342450.096274	4072201.449790	104.902000

3.3 외부표정요소 산출

위의 방법으로 추출한 무게중심을 기준정보로 하여 IMAGE STATION을 사용하여 항공영상의 외부표정요소를 산출하였고, 산출된 외부표정요소는 표 3과 같다.

산출된 외부표정요소를 이용하여 건물 모서리점에 대한 지상좌표를 추출한 후, 건물 폴리곤을 생성한 뒤 무게중심점을 추출하여 라이다 자료로부터 추출한 무게중심과의 RMSE를 평가하였다. 그 결과 X=0.32m, Y=0.31m 인 반면 Z=1.09로 높이값에 대한 RMSE가 비교적 높게 나타났다. 특히 4번과 6번, 2개의 무게중심점은 라이다의 무게중심점과 비교적 큰 차이를 보였는데, 이는 건물을 확인한 결과 실제로는 지붕면이 한쪽방향으로 경사진 것을 확인할 수가 있었다.

표 3. 좌우 항공 영상에 대한 외부표정요소

외부표정요소	좌측영상	우측영상
X ₀ (m)	342521.4949	342238.5746
Y ₀ (m)	4072028.1618	4072269.8493
Z ₀ (m)	1019.4519	1019.8065
ω (°)	4.4478	3.3213
φ (°)	1.2407	0.6236
κ (°)	44.2379	44.6080

표 4. 외부표정요소에 대한 정확도 평가

	산출된 EOP로부터 추출한 무게중심			라이다 무게중심과의 오차		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	342287.063860	4072125.903300	120.452	-0.153452	0.044010	-0.792
2	342477.796438	4072182.610800	103.342	0.064914	-0.490460	-0.021
3	342270.925730	4072186.933810	138.827	0.238727	0.098660	-0.183
4	342450.767113	4072200.771350	106.532	-0.670839	0.678440	-1.630
5	342210.433314	4072215.780300	132.143	-0.098171	-0.044740	-0.239
6	342311.005548	4072237.640220	125.902	0.455444	0.104670	-2.216
7	342441.503058	4072300.154950	141.073	-0.025493	-0.217710	0.878
8	342508.813222	4072324.740000	109.837	0.259647	0.144170	-0.709
평균				0.008847	0.039630	-0.614
RMSE				0.320139	0.314969	1.093128

4. 결 론

본 연구에서는 점 단위인 라이다 자료와 픽셀 단위인 항공영상간의 무게중심점을 기준정보로 사용하여 두 센서 자료간의 alignment를 수행하였다. 라이다 자료에서 무게중심점 추출시 절차가 복잡하지 않으면서 비교적 정확한 건물의 점 자료를 추출할 수 있는 국지적 최대치 필터링을 적용하여 항공영상의 외부표정요소를 산출하였고, 산출된 외부표정요소로 항공영상으로부터 추출한 무게중심점과 라이다 자료로부터 추출한 무게중심점을 비교한 결과 평면위치는 약 0.3m의 RMSE를 보였다. 이는 무게중심점을 기준정보로 두 센서 자료간의 alignment를 수행했을 때, 라이다 원자료의 평면정확도에 준하는 결과를 얻을 수 있음을 의미한다. 그러나 수직위치 정확도에 대한 RMSE는 약 1m로 라이다 원자료의 수직정확도보다 오히려 더 높게 나타났음을 확인할 수 있었다. 이는 무게중심점 추출시 높이값에 대한 TIN 보간에 의한 영향이라 생각되며, 산출된 외부표정요소와 함께 정량적인 분석이 요구된다.

향후 연구과제로는 3D-3D간의 alignment를 수행하여 2D-3D로 수행한 alignment와 비교·평가하고, 건물이외에 라이다 자료의 반사강도를 사용하여 추출할 수 있는 도로 등과 같은 평면 폴리곤에 대한 무게중심점을 기준정보로 사용하여 외부표정요소를 산출하여 비교·평가해보고자 한다.

참고문헌

- 김형태 (2001), GIS 건물레이어 자동구축을 위한 Lidar 데이터와 항공사진의 융합, 서울대학교 박사학위 논문.
- 이병길 (2001), 대축척 DSM 제작을 위한 항공레이저측량 데이터의 보정에 관한 연구, 서울대학교 박사학위 논문.
- ¹ Habib,A., M.Ghanma, M.Tait, (2004) *Integration of LIDAR and photogrammetry for cloase range applications*, XXth ISPRS Congress, CD-ROM
- .Habib,A., E.M.Kim, (2004) *Alternative approaches for utilizing lidar data as a souce of control information for photogrammetric models*, XXth ISPRS Congress, CD-ROM
- Schenk, T. and B. Castho, (2002) *Fusion of Lidar data and aerial imagery for a more complete surface description*, ISPRS Intern. Archives, Vol.34 Part 3A, pp 310_317
- Csatho,B. Schenk, T. Suyoung Seo, (2003) *Spectral Interpretation based on multisensor fusion for urban mapping*, 2nd GRSS/ISPRS Joint Workshop, pp8~12.