영상 융합을 통한 고해상도 위성 영상의 토지 피복 분류

Land Use Classification in Very High Resolution Imagery by Data Fusion

서민호* · 한동엽** · 김용일***
Seo, Min Ho · Han, Dong Yeob · Kim, Yong Il

* 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정 (E-mail:snu21272@snu.ac.kr)
** 서울대학교 지구환경시스템공학부 박사과정 (E-mail: hkyon@cricmail.net)
*** 서울대학교 지구환경시스템공학부 부교수 (E-mail:yik@plaza.snu.ac.kr)

요 약 일반적으로 위성 영상의 분류에 있어서 널리 사용되고 있는 기법은 특징 공간에서 화소값들의 거리 유사성을 이용하여 인접한 화소들을 동일 클래스로 결정하는 분류 기법을 적용하고 있다. 하지만 이러한 기법을 고해상도 위성 영상에 적용시킬 경우 다양한 분광 반사값을 가지는 영상의 특성상 정확한 결과를 얻기 힘들다. 특히 도시 지역의 경우 분광 정보만을 이용할 경우 높은 이질성과 복잡성으로 영상이 가지는 다양한 정보를 제대로 반영하지 못한다.

본 연구에선 이러한 복잡한 도시지역에 대한 분류를 수행하기 위해 위성 영상과 LiDAR의 높이값 및 반사강도 정보를 이용하여 데이터 융합을 통해 단계적인 방법으로 분류를 수행하였다. 그에 앞서 영상 정보만을 이용하였을 경우와 LiDAR 자료를 보조적으로 활용하였을 경우의 MLC 및 ISODATA 분류를 수행하였고, 단계적 방법의 결과와 시각적 비교를 수행하였다. 전체 분류 결과에 있어서 단계적 방법이 가장 향상된 결과를 보였으며, MLC, ISODATA 분류에 있어서도 LiDAR 자료를 활용할 경우 더 향상된 분류 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract Generally, pixel-based classification, utilize the similarity of distances between the pixel values in feature space, is applied to land use mapping using satellite remote sensing data. But this method is improper to be applied to the very high resolution satellite data (VHRS) due to complexity of the spatial structure and the variety of pixel values.

In this paper, we performed the hierarchical classification of VHRS imagery by data fusion, which integrated LiDAR height and intensity information. MLC and ISODATA methods were applied to IKONOS-2 imagery with and without LiDAR data prior to the hierarchical classification, and then results was evaluated. In conclusion, the hierarchical method with LiDAR data was the superior than others in VHRS imagery and both MLC and ISODATA classification with LiDAR data were better than without.

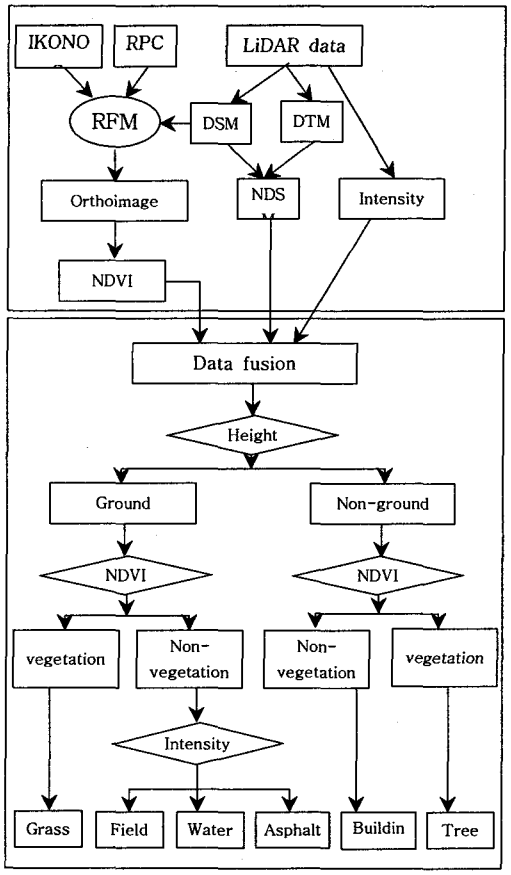
주요어 : 고해상도 위성 영상, LiDAR, MLC, ISODATA, 단계적 분류
KeyWords : Very High Resolution Satellite Imagery, LiDAR, MLC, ISODATA, Hierarchical Classification

1. 서 론

고해상도 위성 영상을 이용한 분류에 있어서 기존 MLC나 ISODATA 등의 분광 정보만을 이용한 유사성 판별 기법으로는 영상이 가지는 다양한 분광 반사값과 복잡한 개체 특성을 제대로 반영하기 힘들다. 특히 복잡한 도시 지역의 경우 좁은 구역 내에 많은 대상물을 포함하고 동일 대상물에 대해서도 다양한 밝기값을 가짐으로써 위성 영상만을 이용하여 분류를 수행할 경우 개체들을 정확히 구분하기 어렵다. 따라서 도시 지역의 고해상도 위성 영상을 이용하여 분류를 수행하기 위해선 영상 정보외에 다른 자료가 추가적으로 활용되어야 한다.

한편 근래에 LiDAR(Light Detection and Ranging) 시스템을 이용하여 정확한 고도 정보의 획득이 가능해지고, 추가적으로 지상물의 물질적 특성에 따라 상이한 값을 나타내는 반사 강도(Intensity) 정보를 얻을 수 있게 됨으로써 LiDAR 정보를 보조적 자료로 활용할 수 있게 되었다. 한수희(2002)는 LiDAR로부터 추출한 DSM(Digital Surface Model)과 반사강도 정보를 두 밴드로 하는 영상을 구성하여 '아스팔트 도로, 잔디, 콘크리트 도로, 건물의 지붕, 나무'의 다섯 가지 항목으로 분류를 수행함으로써 LiDAR 정보를 분류에 활용할 수 있는 가능성을 제시했다. 하지만, 반사 강도 정보의 경우 이론적인 반사도를 정확히 반영하지 못하며, 유사 분광값을 가지는 개체에 대해 분류 정확도가 저하된다. 즉, LiDAR 시스템 단독으로 분류에 활용하기는 힘들며, 다중 분광영상과 더불어 보조적 자료로써 분류에 활용되어야 한다.

본 연구에서는 고해상도 위성 영상과 더불어 이러한 LiDAR 시스템에 의해 측정된 고도 정보와 반사 강도 정보를 보조적 데이터로 활용하여 단계적인 방법으로 도시 지역에 대한 토지 피복 분류를 수행하였다. 이에 앞서 LiDAR 자료 사용 유무에 따른 MLC 와 ISODATA 분류를 수행하였으며, 이후 단계적 방법과 시각적 비교를 수행하였다. 전처리 과정으로 IKNOS-2 영상의 경우 NIR, Red 밴드를 이용하여 식생 지수를 산출하고 이진화를 통해 식생 지역에 해당하는 밴드를 생성하였으며, 추가적으로 LiDAR로부터 추출한 DSM과 DTM을 이용하여 NDSM(Normalized Digital Surface Model)을 제작하였고, 반사강도 정보는 보간을 통하여 격자형태의 반사강도 맵을 생성함으로써 7밴드로 구성된 영상을 생성할 수 있었다.



〈그림 1〉 작업 흐름도

단계적 분류의 경우 우선 전처리 과정에서 생성된 NDSM을 기준으로 지면과 비지면에 해당하는 개체를 분리하였고, 각각 지면과 비지면에 대해서 식생 지수를 이용하여 식생 지역과 비식생 지역으로 구분하였으며, 다시 비식생 지역은 LiDAR 반사 강도 정보를 기준으로 세부 개체를 구분함으로써 '나무, 잔디, 건물(고층건물, 저층건물), 수괴, 나대지, 아스팔트'의 6개 항목을 얻었다. 결과는 MLC 및 ISODATA 적용 영상과 비교하였으며, 단계적 방법에 의한 분류의 경우 가장 향상된 결과를 보였다.

2. 전처리

2.1 실험 DATA

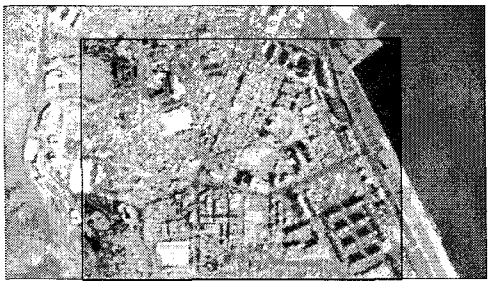
대상 지역은 마산 일부 지역이며, 4밴드(CIR)의 1m Pan-sharpened IKONOS-2 영상과 LiDAR 높이 데이터 및 반사강도 데이터를 사용했다.

<표 1> LiDAR 제원

비행고도(m)	1,400
주사 영역(m)	3272 * 1603
주사각(deg)	0 ~ ±25
주사율(Hz)	70
주사폭	(0~0.93) * 비행고도
평면 정확도	1/2000 * 고도(1 σ)
높이 정확도	<15 cm at 1200m(1 σ) <25 cm at 2000m(1 σ)
반사 해상력	1 cm 이상의 객체

<표 2> IKONOS-2 영상 제원

Characteristics	IKONOS Geo-product (1m Pan-Sharpened)
날짜/시간	04/08/2000/02:02 GMT
Nominal collection azimuth(deg)	251.7113
Nominal collection elevation(deg)	73.82310
Sun angle azimuth(deg)	139.6155
Sun angle elevation(deg)	56.14022
Nadir angle(deg)	16.1769
영상 크기(row,col)	14308 * 12162
평균 고도(m)	147.72

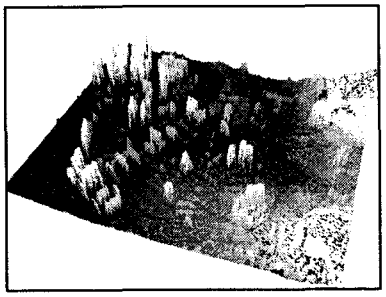


<그림 2> 대상 영역의 IKONOS 및 LiDAR 중첩 영역

2.2 LiDAR DATA 처리

2.2.1 DSM(Digital Surface Model) 생성

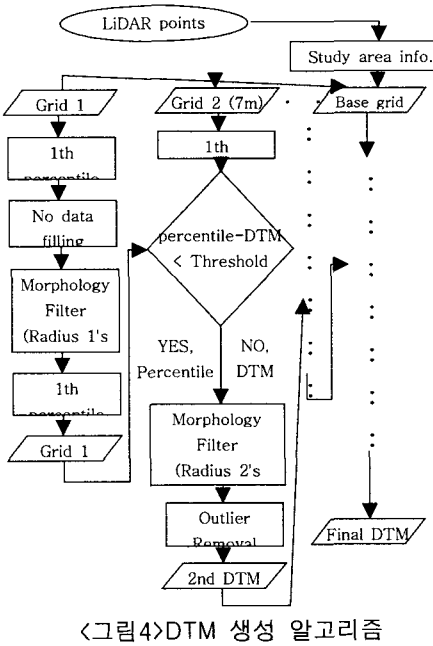
벡터 형태인 LiDAR 점 데이터를 보간하여 격자형태의 표고 모델을 생성하였다. 보간은 ArcGIS 3D Analyst 모듈의 IDW(Inverse Distance Weight) 기법을 이용하였다.



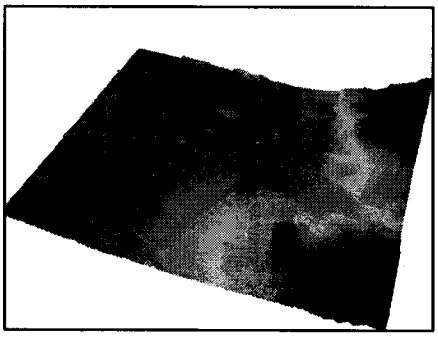
<그림 3> IDW 보간을 통해 생성된 DSM

2.2.2 DTM(Digital Terrain Model) 생성

LiDAR 점 데이터를 이용하여 DTM을 생성하기 위해 일반적으로 모폴로지(Morphology) 기법을 이용하지만, 산악 지형이나 지면의 굴곡이 심한 지역에는 지형정보의 많은 왜곡이 발생하는 단점이 있다. 본 실험에선 다중 크기의 격자망을 계층적으로 적용한 모폴로지 필터를 구현하여 적용함으로써 이러한 영향을 최소화시켰다.



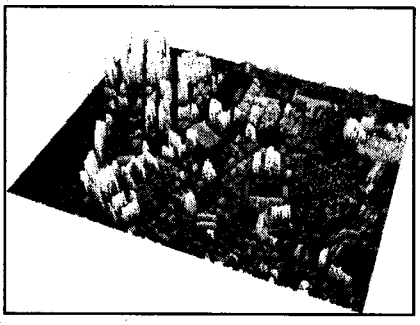
<그림4>DTM 생성 알고리즘



<그림 5> 생성된 DTM

2.2.3 NDSM (Normailized Digital Surface Model) 생성

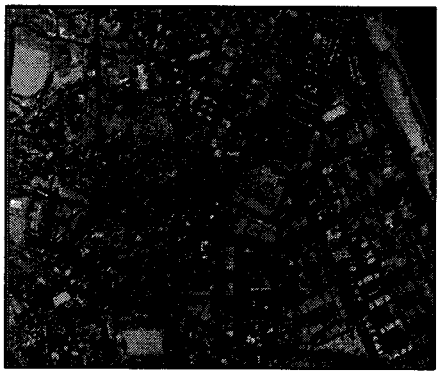
생성된 DSM과 DTM의 차연산을 통하여 비지면에 해당하는 개체의 높이 정보를 가지는 NDSM을 생성하였다.



<그림 6> 생성된 NDSM

2.2.4 반사강도 맵(Intensity map) 생성

LiDAR 반사 강도 정보는 계통적 혹은 비계통적 오차로 인해 구성된 격자에 'Salt and Pepper' 형태의 노이즈를 다수 포함한다. 구성된 격자망에 median 필터를 적용하여 이러한 효과를 줄였다.



<그림7> 생성된 반사 강도 맵

2.3 IKONOS-2 영상 처리

2.3.1 정사 보정

IKONOS-2 영상의 정사 보정을 위해 RFM (Rational Function Model)을 적용하였으며, 영상 제공 업체에서 제공한 RFM 계수를 이용하였다.

다음은 forward form RFM의 기본식이다.

$$r = \frac{Num_r(u, v, w)}{Den_r(u, v, w)}$$

$$c = \frac{Num_c(u, v, w)}{Den_c(u, v, w)}$$

여기서, r, c, u, v, w는 각각 영상의 행과 열 좌열 좌표, WGS84 타원체의 경위도 좌표에 오프셋과 축척계수를 적용한 값들이다.

3. 분 류

3.1 단계적 분류

IKONOS 영상만을 이용하여 분류를 수행할 경우 유사한 분광 영역에 준하는 개체에 대한 구분이 모호하다. 한편 LiDAR 자료의 경우 고도 정보와 동시에 대상물의 물질적 반사 특성에 따라 결정되는 반사 강도 정보를 함께 취득할 수 있어 보조 자료로 사용될 경우 다중 분광 영상에서 유사한 분광 정보를 가지는 개체에 대해서 향상된 분류 결과를 얻을 수 있다.

이러한 특성을 이용하여 위성 영상과 더불어 NDSM과 반사강도 맵을 추가적인 밴드로 활용하여 분류를 수행하였다. 우선 반사 강도 정보의 경우 특정 개체에 대한 분리도가 높았다. 예를 들어 LiDAR 시스템에 의해 발생된 펄스는 이론적으로 물에 대한 반사도가 0% 이고, 아스팔트 영역에 대한 반사도(5~20%)는 아주 낮은 값을 나타낸다. 반대로 모래의 반사도(50~70%)는 높게 나타나는 등, 특정 개체에 대해 높은 반사 특성을 가짐으로써 세부 개체 분류시 기준으로 활용할 수 있었다.

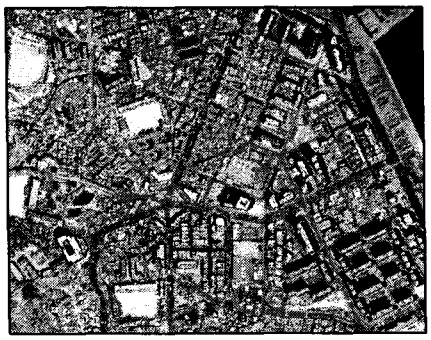
NDSM의 경우 비지면의 개체에 대한 높이

정보를 나타낸다. 따라서 지면과 비지면 구분의 기준으로 활용하여 각 해당 영역에 해당하는 세부 개체 분류에 앞서 두 개의 기본 범주를 형성했다. 이렇게 지면과 비지면에 해당하는 영역에 대해 다시 다중 분광 영상으로부터 추출된 식생 지수를 이용하여 각각 식생, 비식생 개체에 대한 분류를 수행하였고, 비지면의 비식생 영역인 건물 항목에 대해선 높이에 따라 고층 건물과 저층 건물로 세부 분류를 수행하였다.

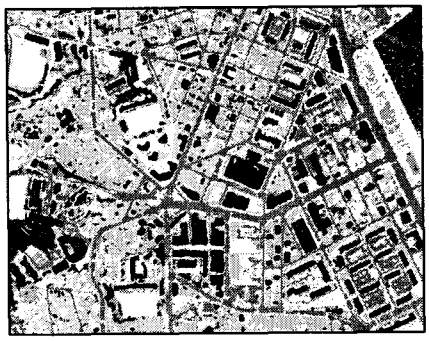
최종적으로 '나무, 잔디, 건물(고층건물, 저층건물), 수괴, 나대지, 아스팔트'의 6개의 항목을 결정하여 결과 영상을 얻었다.

4. 결과 및 분석

결과는 RED, GREEN, BLUE, NIR 밴 조합을 통한 영상과 NDSM, 식생 지수 반사 강도 맵을 추가 밴드로 조합한 영 에 각각 MLC와 ISODATA 분류 기법 적용한 결과와 시각적 분석을 수행하였 적용된 분류기는 ERDAS 8.7 Classifi 모듈을 활용하였다.



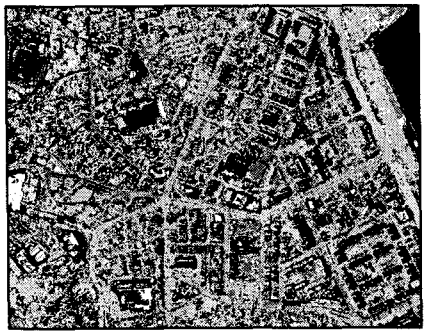
〈그림 8〉 원 영상



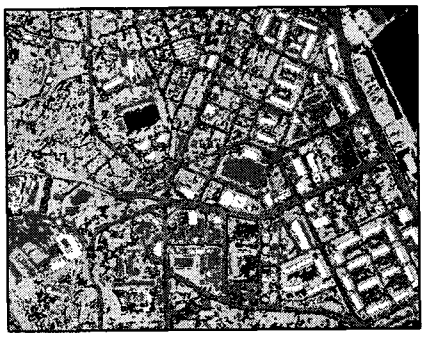
〈그림 9〉 단계적 분류 결과

〈그림 10〉 4밴드 ISODATA

〈그림 11〉 7밴드 ISODATA



〈그림 12〉 4밴드 MLC



〈그림 13〉 7밴드 MLC

7개 밴드 조합 영상의 경우 4개 밴드 조합 영상에 비해 MLC 및 ISODATA 두 경우 모두 향상된 분류 결과를 나타냈다. 하지만, 단계적 분류에 비해 '나대지' 및 '저층 건물'에 대한 항목에서 MLC, ISODATA 는 오분류를 초래했으며, 특히 수괴 지역에 대해서 ISODATA의 경우 높은 오분류 결과를 보였고, MLC 기법 적용시는 식생 영역과 건물 영역, 나대지 영역의 구분이 미흡했다. 단계적 분류의 경우 전체적으로 나머지 기법에 비해 나은 결과를 나타냈지만, LiDAR 시스템에 있어서 수괴 지역은 이론적으로 반사도가 0% 인데 반해, 실제에 있어서 낮은 반사값을 가짐으로써 아스팔트 항목과의 구분이 명확하지 않았다. 또한 위성 영상과 LiDAR 시스템의 취득 시기의 불일치로 인해 대상 일부 지역의 변화로 인해 분류 정확도가 저하되었다.

5. 결 론

고해상도 위성 영상의 분류에 있어서 영상 정보 외에 LiDAR 고도 정보 및 반사 강도 정보를 분류에 활용할 경우 MLC, ISODATA 기법 모두 원 영상만을 이용한 경우보다 향상된 결과를 나타냈다. 하지만 화소값의 통계 분석을 통한 기법으로는 복잡한 영상 정보를 제대로 반영하기 힘들었으며, 분류에 적용시 높은 오분류 결과를 초래했다.

본 연구에서는 분류 항목의 특성을 고려하여 단계적인 방법을 통해 이러한 고해상도 영상에 적용함으로써 기존 방법에 비해 향상된 분류 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 이러한 방법은 명확한 특성을 가지는 항목에 대해 적용이 가능하여 분류 항목의 정의가 전제 되어야 하며, 통계적 분석을 통한 일반화된 방법을 적용하기 위해선 LiDAR 시스템과 위성 영상의 이질적인 데이터 처리에 대한 연구가 필요하다 보여진다.

〈 참 고 문 헌 〉

[1] 한수희, "LiDAR 반사강도와 고도 자료를 이용한 토지피복 분류에 관한 연구", 2002, 서울 대학교 대학원 석사 학위 논문.

[2] Liang-Chien, Tee-Ann Teo, Yi-Chen Shao, Yen-Chung Lai, Jiann-Yeou Rau, "Fusion of LiDAR data and optical imagery for building modeling", XXth ISPRS Congress, July 2004 Istanbul, Turkey.

[3] Xiangyun Hu, C. Vincent Tao, Yong Hu, "Automatic road extraction from dense urban area by integrated processing of high resolution imagery and LiDAR data", XXth ISPRS Congress, July 2004 Istanbul, Turkey.

[4] Vincent Tao, Yong Hu, "A Comprehensive study of the rational function model for photogrammetric processing", PE & RS, December 2001, pp.1347-1357.