

도시지역의 변화탐지를 위한 라이다데이터로부터 추출한 표면패치의 분류

Classification of Surface Patches Extracted from LIDAR Data for Change Detection in Urban Area

최경아*, 이임평**

Kyoungah Choi, Impyeong Lee

서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정*, 석사과정**

{shale, implee}@uos.ac.kr

요약

변화탐지는 도시모델의 갱신을 위해 중요한 단계이다. 이에 본 연구는 도시지역의 변화탐지를 위한 라이다데이터로부터 추출한 표면패치의 분류 방법을 제안한다. 제안된 방법의 주요 과정은 (1) 라이다 데이터로부터 생성된 DSM의 차분을 통해 변화영역을 탐지하고, (2) 탐지된 영역의 라이다 점으로부터 표면패치를 구성하고, (3) 구성된 각각의 패치의 종류를 지면, 수목, 발딩으로 분류한다. 제안된 방법을 실측데이터에 적용한 결과를 동일한 지역의 정사영상으로부터 육안검사를 통해 수동 생성된 기준데이터를 이용하여 검증하였다. 패치 분류의 성공률은 99%로 평가되었다. 결론적으로 제안된 방법은 변화탐지를 위한 강인하고, 신뢰성이 높고, 효율적인 패치 분류방법으로 판단된다.

1. 서론

도시지역은 건물의 신축 또는 재건설이 활발히 일어나고 동시에 쾌적한 생활공간에 대한 요구 상승으로 도시환경이 자연친화적으로 변화하고 있다. 이렇듯 도시 조망은 급격한 변화를 겪고 있기 때문에 그 변화를 탐지하고 GIS 데이터베이스를 업데이트하는 것이 요구된다.

3차원 기하학적 정보를 비교적 낮은 비용과 시간으로 획득할 수 있는 LIDAR 시스템의 활용분야가 증가함에 따라 특정 기간 동안 대상지의 변화 탐지에 관한 연구에서도 차츰 LIDAR 데이터를 활용하기 시작하고 있는 실정이다.

선행된 LIDAR 데이터를 이용한 변화 탐지 연구들은 대부분이 LIDAR 데이터와 다른 데이터의 비교를 통한 방법이다. 따라서 각각의 데이터로부터 변화의 단서를 추출할

때 동일한 과정을 적용할 수 없고 LIDAR 데이터가 아닌 영상, CAD 모델, 벡터 지도 또는 레스터 지도 등의 참조 데이터로부터 비교될 변화의 단서를 자동 추출하기 어렵다.

이에 서로 다른 두 시기에 LIDAR 데이터를 취득하고 변화의 단서를 추출하기 위한 동일한 과정을 적용시켜 자동으로 변화를 탐지하는 방법에 대한 연구가 요구된다. 이를 위해 본 연구에서 제시하는 라이다데이터를 이용한 변화탐지의 방법은 크게 (1) 서로 다른 두 시기의 라이다데이터로부터 변화가 발생한 가능성이 큰 영역을 추출하고, (2) 추출된 영역의 원시 라이다데이터로부터 표면패치를 추출하고, (3) 추출된 표면패치의 특성을 고려하여 분류하고, (4) 표면패치의 특성 및 분류의 변화를 고려하여 변화의 원인을 유추하는 과정으로 구성된다(최경아, 2007).

본 논문은 상기한 변화탐지의 핵심과정인 추출된 표면패치를 분류하는 방법 및 실

험결과를 제시한다.

2. 변화 탐지

제안된 방법에서 입력 데이터는 서로 다른 시기에 취득된 두 가지의 LIDAR 데이터이며, 그 결과는 표면패치의 분류된 클래스이다. 방법의 주요과정은 변화 영역 추출, 표면분할, 평면 패치의 분류이다.

2.1 변화 영역 추출

변화의 유·무를 가장 단순하면서도 직관적으로 인식할 수 있는 단서는 높이의 변화이다. 따라서 변화가 발생한 영역의 개략적인 수평적 범위를 추출하기 위해 두 시기의 데이터로부터 1m × 1m의 간격을 갖는 수치 표면모델(DSM: Digital Surface Model)을 각각 생성하여 차분한다.

변화 영역의 최소경계사각형(MBR; Minimum Boundary Rectangle)을 추출하기 위하여 높이의 변화량이 저장된 차분 영상을 Binary image로 변환한다. Binary image에는 실제 변화가 없는 건물 경계에서 LIDAR 시스템의 수평오차로 인해 변화가 있는 것으로 표현되기도 하며 두 데이터의 폐색영역이 상이함으로 인해 변화가 있는 것으로 표현되기도 한다. 이러한 영향을 최소화하기 위해서 Binary Image의 침식(erosion) 및 팽창(dilation)을 영상에 더 이상 변화가 없을 때까지 반복 수행한다. 영상의 침식(erosion)을 통해 수평오차에 의해 생성된 외곽선은 제거되고 팽창(dilation)을 통해 본래의 영상크기로 회복될 수 있다.

영상의 Erosion과 Dilation 반복 수행 후에도 여전히 존재하는 오탐지 오류(commision error)를 제거하기 위한 특정 filter를 설계하여 적용한다. template 영역 내에 변화된 셀(cell)의 수가 임계치로 정해진 비율 이상이면 그 영역은 모두 변화된 셀(cell)로 바꾸도록 filter를 설계하였다. 높이의 변화가 있는 것, 즉 Binary Image에서 1의 값을 갖으면서 연결성이 있는 셀(cell)끼리 그룹화한다. 그룹화된 셀의 집합을 한 객체로 인

식하고 그 객체가 위치한 최소경계사각형(MBR ; Minimun Bounding Rectangle)을 구한다.

2.2 표면 분할

추출된 최소경계사각형 내에 존재하는 LIDAR 데이터를 표면분할하여 평면 패치를 구성한다.

본 연구에서는 초기패치에서 영역확장 방법으로 평면 패치를 생성하는 이임평(2002)에 의해 제안된 분할 방법을 채택하였다. 표면분할과 동시에 패치들 간의 연결성(connectedness)과 돌출성(elevatedness)을 계산하여 연결성이 높으면서 돌출성이 낮은 패치들끼리 그룹화한다. 이와 같은 그룹화를 통해 동일 객체에서 비롯된 패치들은 동일 패치 집단으로 식별될 수 있다. 연결성은 두 패치의 모든 에지(edge)를 고려하여 두 패치의 모든 에지 사이의 거리, 각각의 에지의 길이, 패치의 점밀도에 비례하도록 연산된다. 돌출성은 2차원적으로 인접한 패치 간의 고도 차이와 에지의 길이에 비례하도록 연산된다.

2.3 평면 패치의 분류

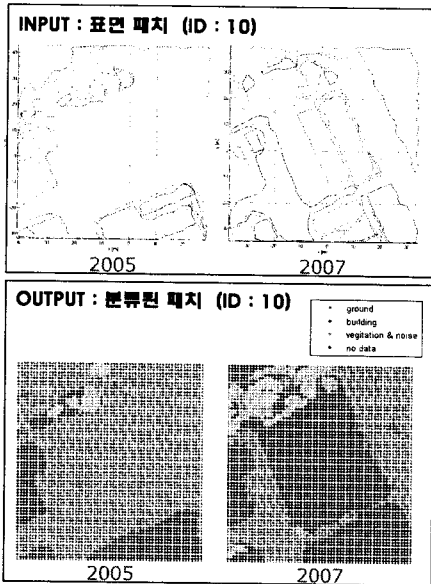
도시지역의 주된 토지점유 현황을 고려하여 생성된 모든 패치를 지표면, 수목, 건물 중 하나의 클래스로 분류한다. 전철에서 표면분할과 그룹핑을 통해 동일 객체에서 비롯된 패치들은 하나의 표면집단으로 분류되었다. 분류하고자 하는 패치의 클래스 중 지표면 클래스는 그룹화된 패치집단 중에 가장 고도가 낮고 가장 넓은 면적을 갖는다. 따라서 패치집단의 면적이 큰 순위와 돌출성이 낮은 순위를 정하여 두 순위의 합이 가장 높은 패치집단에 포함된 패치들을 지표면 클래스로 분류된다. 다음으로 지표면 클래스에서 제외된 패치들을 수목과 건물 클래스로 분류한다. 수목은 건물에 비하여 고른 평면을 갖기 어렵고 하나의 객체가 점유하는 면적이 작으며 대상지가 도심지이기 때문에 상대적으로 그 높이가 낮다. 따라서 패치의 거칠기가 크고, 크기와 높이(height)는 작은 패치를 수목 클래스로, 그렇지 않은 패치를 건물 클래스로 분류한다.

성공적인 패치의 클래스 분류를 위해서 거칠기, 크기, 높이에 대한 적정 임계치(threshold)를 설정해야한다. 사전 실험을 통해 설정된 임계치의 수치는 <Table 1>와 같다.

<Table 1> 패치의 클래스 분류를 위한 임계치

패치의 속성	임계치
거칠기(roughness)	0.35
크기(size)	100 (m ²)
높이(height)	10 (m)

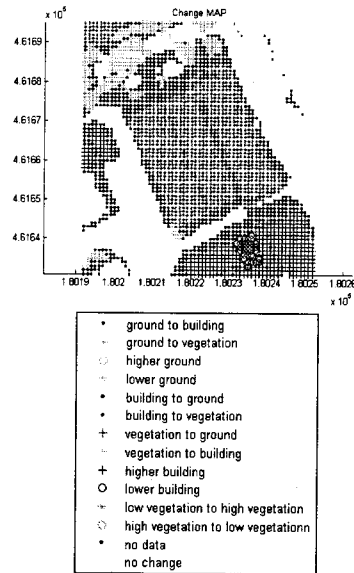
변화 영역과 동일한 크기의 레이어(layer)를 생성한 후 X, Y 방향으로 1m 간격을 갖도록 격자화한다. 각 셀(cell)은 셀의 수평위치를 포함하는 패치와 매칭되어 앞서 분류된 패치의 클래스를 할당받는다. 3개의 클래스 중 어느 것도 할당받지 못한 셀(cell)은 no data로 분류한다. <Fig. 1>는 이와 같은 방법으로 변화 영역의 클래스 지도(class map)를 생성한 결과이다.



<Fig. 1> 패치의 클래스 분류

<Fig. 2>는 <Fig. 1>과 동일한 영역의 분류된 패치의 클래스와 속성을 비교하여

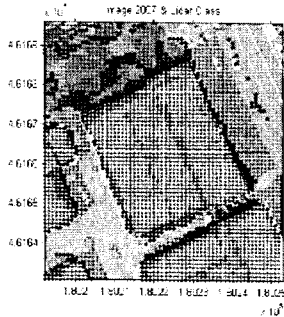
탐지된 변화를 지도로 표현한 것이다. 변화 지도의 중심부에 분홍점이 있고 하단과 왼쪽에 파란색 십자가 상단에 초록색 십자가와 별이 있다. 분홍점은 지표면이 건물로, 파랑 십자가는 건물 높이가 상승한 것, 초록 십자가는 지표면이 수목으로, 초록별은 수목의 높이가 상승한 것을 나타낸다. 이로써 이 지역에 새로운 건물이 지어졌고 하단과 왼쪽에는 건물의 증축이 있었음을 알 수 있다. 수목의 높이가 상승한 것은 2005년과 2007년의 계절적인 차이에 기인한 것으로 유추할 수 있다.



<Fig. 2> 생성된 변화 지도

3. 검증

정량적인 분석을 위해 각각의 정사영상으로부터 육안으로 클래스를 분류하여 참조 데이터를 생성하였다. 참조데이터는 경계를 명확히 구분할 수 있는 건물 클래스에 대해서만 생성하였다. <Fig. 3>은 참조데이터와 클래스 지도를 중첩시킨 결과이다. 노란색의 polygon이 해당 영역에서 변화로 인식된 건물이다.



<Fig. 3> 분류 결과와 참조 데이터의 중첩

참조데이터를 기준으로 클래스 지도에서 정확히 분류된 셀(cell)의 개수와 오분류된 셀(cell)의 개수를 세어 제안된 패치 분류 방법의 정확도를 수치로 언급하고자 한다. <Table 2>에서 오류 A는 건물 영역 안에 지표면 클래스 셀이 존재하는 경우, 오류 B는 건물 영역 안에 수목 클래스 셀이 존재하는 경우, 오류 C는 건물 클래스 셀이 건물 영역 밖에 존재하는 경우의 수이다. 건물 영역 안에 존재하는 no data를 고려하여 계산한 패치 클래스 분류의 성공확률은 약 99% 이다.

<Table 2> 건물영역의 분류 정확도

판단	셀 개수
건물 영역	1076
정확	881
오류 A	1
오류 B	2
오류 C	8

4. 결론

신속하고 비교적 저렴하게 획득된 3차원 공간정보인 LIDAR 데이터를 이용하여 도시 지역의 변화를 탐지하고자 할 때 추출된 표면패치의 분류 방법을 제안하였다.

제안된 방법의 순서는 다음과 같다. (1) 두 LIDAR 점 데이터 셋으로부터 각각 DSM을 생성 및 차분하여 변화 영역을 탐지하고,

(2) 변화 영역 내에 존재하는 LIDAR 데이터만 추출하여 표면분할(segmentation)한다. (3) 생성된 평면 패치가 지상의 지표면, 수목, 건물 중 어떤 클래스에 속하는 지 분류한다. 정사영상으로부터 육안검사를 통해 수동생성된 기준데이터를 이용하여 검증하였다.

참조데이터와 동일하게 분류된 셀의 수와 오분류된 셀의 수를 세어 계산된 패치 분류의 성공확률은 약 99%였다. 정사영상에 존재하는 기복변위를 고려할 때 그 결과는 매우 우수하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

문지영, (2005), 라이다 데이터와 디지털 영상을 이용한 표면의 분할, 석사학위논문, 서울시립대학교 대학원.

박지혜, (2005), 라이다데이터와 수치지도를 융합한 건물의 자동 모델링, 석사학위논문, 서울시립대학교 대학원.

이임평, (2006), "항공 라이다 데이터의 분할: 점에서 패치로", 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 24권, 제 1호, pp. 1-11.

이임평, (2006), "라이다 데이터로부터 지표점 추출을 위한 피쳐 기반 방법", 대한원격탐사학회지, 대한원격탐사학회, Vol.22, No.4, pp.265-274.

Forlani, G., (2006), "Complete Classification of Raw LIDAR data and 3D Reconstruction of Buildings", Pattern Analysis & Applications, Springer London, Vol. 8, No. 4, pp.357-374.

Impyeong L., (2004), "An Efficient and

- Robust Approach to Digital Elevation Model(DEM) Generation from Airborne Laser Scanner(ALS) Data", Civil Engineering Conference in the Asian Region (CECAR), Seoul, Korea
- Kuo-Hsin H., (2006), "Terrain Change Detection Combined Photogrammetric DEM and Airborne LIDAR data", ACR S2006, Ulaanbaatar, Mongolia
- Matikainen, L., (2004), "Automatic Detection of Changes from Laser Scanner and Aerial Image data for Updating Building Maps", XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey
- Matikainen, L., (2003), "Automatic Detection of Changes from Laser Scanner data for Map Updating", ISPRS Symposium Commission3 WG3, Vol. 34, part3.
- Murakami, H., (1999), "Change Detection of Buildings Using an Airborne Laser Scanner", Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 54, pp.148-152.
- Murakami, H., (1998), "Potential of an Airborne Laser Scanner System for Change Detection of Urban Features and Orthoimage Development", IAPRS, Vol. 32, part4, p.422-427.
- Rehor, M., (2007), "Classification of Building Damages based on Laser Scanning data", proceedings of ISPRS workshop, ISPRS, Vol. 36, part 3, pp.67-72.
- Steinle, E., (1999), "Assessment of Laser Scanning Technology for Change Detection in Buildings", proceedings CIPA International Symposium, Olinda, Brazil. Vol. 17.
- Thuy Vu, T., (2004), "LIDAR-based Change Detection of Buildings in Dense Urban Areas", Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004 IGARS S, Vol. 5, pp.3413-3416.
- Vosselman, G., (2004), "Change Detection for Updating Medium Scale Maps Using Laser Altimetry", International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, part B3, pp. 207-212.