

적응적 중첩 임계치를 이용한 LiDAR 자료와 수치지도의 객체기반 건물변화탐지

Object-based Building Change Detection from LiDAR Data and Digital Map Using Adaptive Overlay Threshold

이상엽* · 이정호** · 한수희*** · 최재완**** · 김용일*****

Lee, Sang Yeop · Lee, Jeong Ho · Han, Su Hee · Choi, Jae Wan · Kim, Yong Il

要 旨

도시 지역의 환경은 빠르게 변화하고 있기 때문에 그 변화를 신속하게 탐지하여 수치지도 데이터베이스에 반영하는 것이 필요하다. 이에 LiDAR 자료를 사용하여 도시지역 건물의 변화를 탐지하려는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 LiDAR 자료와 기존 수치지도를 이용하여 객체 기반으로 건물변화를 탐지하고 그 유형을 분류하고자 하였다. 점 기반으로 건물의 외곽선을 추출하고 수치지도 건물 레이어와 중첩하여 중첩비교와 형상비교를 통해 변화유형을 분류하였다. 중첩비교시 객체별 적응적 임계치를 산정하여 적용함으로써 변화탐지의 객관성과 정확도를 높이고자 하였다. 실험결과, 제안한 방법으로 도시지역 건물의 변화를 탐지하고 분류하는 것이 기존 방법에 비해 높은 분류 정확도를 보임을 확인하였다.

핵심용어 : LiDAR 자료, 수치지도, 건물변화탐지, 중첩, 적응적 임계치

Abstract

Because urban areas change rapidly, it is necessary to reflect urban changes in a digital map database in a timely manner. To address these issues, LiDAR data was used to detect changes in urban area buildings. The purpose of this study is to detect object-based building change using LiDAR data and existing digital maps, and classify change types. In the study, we classified change type using overlay and shape comparison with building layer of the digital maps and point-based extracted building outline from the LiDAR data. When applying the overlay method, we were able to increase the accuracy and objectivity of the change detection process throughout an adaptive threshold applied to each object. In the experiments, it was demonstrated that classifying and detecting changes in urban areas using the proposed method can provide superior classification accuracy compared with the existing methodology.

Keywords : LiDAR data, Digital map, Building Change Detection, Overlay, Adaptive Threshold

1. 서 론

현대사회가 복잡화, 고도화됨에 따라 국토공간의 효율적인 활용 및 관리를 위하여 지형공간정보의 중요성이 날로 증가하고 있다. 그러나 도시지역은 건물의 신축과 재건축 그리고 대규모 아파트 단지 개발 등에 의하여 빠르게 변화하고 있기 때문에 그 변화를 신속하게

탐지하여 수치지도 데이터베이스에 반영하는 것이 필요하다.

이를 위해 LiDAR 자료를 이용해 건물의 변화를 탐지하려는 연구가 진행되고 있다. 두 시기의 LiDAR 자료를 사용한 연구로는 일본의 지진과 도시 변화로 발생한 건물변화를 탐지하기 위해 두 시기 LiDAR 자료를 차분하여 히스토그램을 작성한 후 평균값과 표준편차

2011년 7월 4일 접수, 2011년 8월 8일 채택

* 정희원 · 서울대학교 건설환경공학부 석사과정(charm98@snu.ac.kr)

** 서울대학교 건설환경공학부 박사과정(ilome79@snu.ac.kr)

*** 종신희원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사후과정(scivile@yonsei.ac.kr)

**** 서울대학교 공학연구소 선임연구원(choijw11@snu.ac.kr)

***** 교신저자 · 서울대학교 건설환경공학부 교수(yik@snu.ac.kr)

를 히스토그램 임계치로 사용하여 변화를 판단한 Thuy *et al.*(2004)의 연구가 대표적이다. 또한, 정지연(2008)은 픽셀기반 변화탐지 방법의 한계를 극복하기위해 객체기반으로 변화를 탐지하였으며, 이 때 객체변화 판단을 위한 기준으로 모양, 면적, 높이를 사용하였다. 그러나 두 시기의 LiDAR 자료를 이용한 방법은 기존 수치지도 건물 레이어에 존재하는 누락이나 오류를 탐지할 수 없다.

LiDAR 자료와 기존의 수치지도를 이용하여 건물의 변화를 탐지하기 위하여 Matikainen *et al.*(2004)는 DSM을 제작하여 높이 값을 임계치로 사용해 지면 클래스와 건물, 수목 클래스를 분류한 후 추가적으로 항공사진을 가지고 건물과 수목을 분리하였고 기존의 수치지도와 비교해 변화를 분석하였다. Vosselman *et al.*(2004)은 LiDAR 자료로 minimum spanning tree를 제작하고 경사와 길이를 임계치로 사용하여 건물을 분류하고 기존 지형도 데이터베이스의 건물 객체와 비교하여 변화를 구분하고 결과를 분석하였다. 국내에서는 유환희 등(2006)이 ETEW(Elevation Threshold Expanding Window)필터와 로그 연산자를 이용하여 건물을 추출하고 변경된 건물정보를 분석하기위해 생성된 건물 레이어와 수치지도를 비교하여 수치지형도 건물 레이어 갱신에 활용하였다. 그러나 이 방법은 단순차분이나 시각적 비교를 통한 변화분석이 대부분이어서 추가적인 연구가 필요하다. 한편, 기존의 연구는

일괄적인 임계치를 사용하여 변화유무를 판단하기 때문에 다양한 건물이 혼재하는 지역에서 변화 탐지 정확도가 감소할 수 있다.

본 연구에서는 LiDAR 자료와 기존 수치지도를 이용해 객체 기반의 건물변화 탐지방법을 제안하며, 추출된 건물 객체를 기반으로 중첩비교와 형상비교를 수행하였다. 또한 일괄적인 임계치를 설정함으로써 생기는 변화 탐지의 오류를 방지하기 위해 각 객체별 폴리곤 면적과 장·단축 비율에 따른 적응적 임계치 산정기법을 개발하고 이를 통해 변화탐지 과정의 객관성과 정확도를 높이고자 하였다. 본 연구에 대한 흐름도는 그림 1과 같다.

2. 건물 객체 추출

본 연구에서는 방대한 양의 포인트 클라우드에서 효율적으로 건물 객체를 추출하기 위한 세그멘테이션 기법으로 한수희(2008)가 제안한 방법을 사용하였다. 위 방법은 래스터 DSM이나 DEM 제작 과정에서 발생할 수 있는 위치 오차나 객체의 윤곽이 모호해 지는 현상을 배제시킬 수 있고 지면 영역과 개별 건물 영역의 분리가 동시에 이루어지는 장점을 가진다.

2.1 세그멘테이션

LiDAR 포인트의 스캔라인을 각각 분리한 후 그림 2와 같이 최초로 스캔라인을 따라 입력되는 포인트는 새로운 그룹에 할당되고 이후로 입력되는 포인트는 이전에 생성된 그룹의 멤버 포인트와 수평거리 및 고도 차이를 평가하여 조건을 만족하는 경우에 해당 포인트 그룹으로 분류된다. 분류될 그룹이 존재하지 않는다면 새로운 그룹이 생성된다. 세그멘테이션에 대한 보다 자세한 방법론은 한수희(2008)를 참조한다.

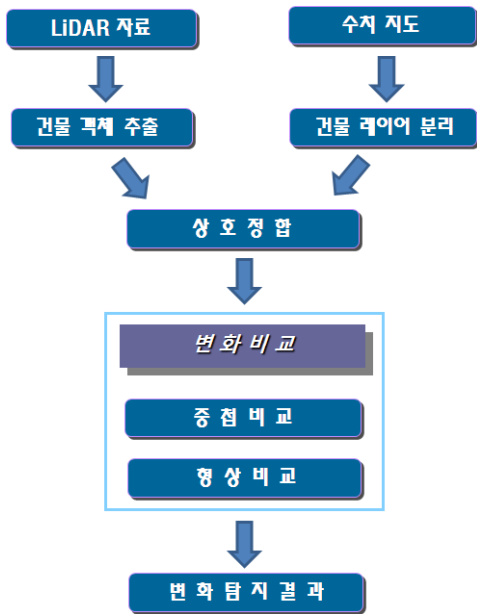


그림 1. 연구 흐름도

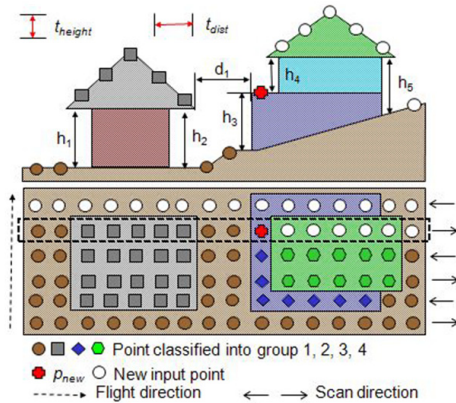


그림 2. 세그멘테이션(한수희, 2008)

2.2 오차 요소 제거

오차 요소를 제거하기 위해 실험대상지역에 존재하는 건물들의 특성을 고려하여 최소건물면적과 최소높이 기준을 사용해 수목을 제거하고 건물 폴리곤만을 추출한다. 또한 항공사진을 이용하여 건물 간 간격이 LiDAR 자료의 점밀도보다 작거나 비슷하여 발생하는 레이블링 오차를 수동으로 수정한다.

2.3 외곽선 생성

외곽선 생성을 위해 TIN(Triangulated Irregular Network)을 이용하는 방식은 포인트로 구성된 객체의 외곽선을 추출하는데 일반적으로 많이 사용하는 방식이다. 폴리라인 형태로 조정된 TIN을 외곽선만 분리하여 폴리곤 형태로 변환하기위해 TIN 삼각형을 구성하는 변 중에서 하나의 TIN 삼각형에만 속하는 변을 추출하는 방법으로 외곽선을 생성할 수 있다.

3. 변화 탐지

3.1 Co-registration

취득시기가 서로 다른 데이터를 사용하여 수행되는 연구에는 데이터들 간의 기하학적 정합이 전제되어야한다. 이에 본 연구에서는 Co-registration을 위해 Bessel 타원체를 기준 타원체로 하고 TM투영을 적용하여 제작된 1:1,000 수치지도를 LiDAR 자료와 좌표계를 통일하기 위하여 수치지도의 기준타원체를 GRS80 타원체로 변환 후 TM 투영을 적용하는 전처리 작업을 수행하였다.

3.2 변화 비교

3.2.1 중첩 비교

두 데이터를 중첩시켜 비교하는 것은 분류 정확도를 평가하거나 매칭에서 유사도를 측정할 때 주로 사용되는 방법이다(Beauchemin and Thomson, 1997; Huang et al., 2010). 본 연구에서는 중첩비교를 변화탐지에 적용하여 기존의 단순 면적 비교를 통한 변화 유무 판별보다 다양한 변화유형을 중첩비를 이용해 분류한다. 구체적인 건물 변화 유형 및 유형별 중첩비 조건식은 표 1과 같다.

3.2.2 적용적 중첩 임계치 결정

기존의 연구들에서는 주로 실험을 통하여 구한 경험치를 일괄적으로 데이터에 적용한다. 그러나 본 연구에서는 중첩비의 임계치를 각 건물의 면적과 장·단축 비율에 따라서 적용적으로 결정하여 보다 정확하게 변화의 유무를 판단하고자 하였다.

또한 임계치의 객관성을 향상시키기 위해 수치지도 작성 작업 내규(1995)의 수치지도 축척별 허용오차범위 평면위치 최대오차, LiDAR 자료의 수평 정확도, 그리고 LiDAR 자료 평균 점 간격을 식 (1)과 같이 고려하여 k(허용 변화 오차)를 계산하였다.

$$k = \sqrt{\varepsilon_{Map}^2 + \varepsilon_{LiDAR}^2 + \varepsilon_{Space}^2} \tag{1}$$

여기서, ε_{Map} = 수치지도 평면위치 최대오차

ε_{LiDAR} = LiDAR 수평 정확도

ε_{Space} = LiDAR 평균 점 간격

표 1. 변화유형 및 중첩비 조건식

변화유형	조 건 식
변화없는 건물	$\frac{OA}{BA_{LiDAR}} \geq threshold, \quad \frac{OA}{BA_{Map}} \geq threshold$
확대변화 건물	$\frac{OA}{BA_{LiDAR}} < threshold, \quad \frac{OA}{BA_{Map}} \geq threshold$
축소변화 건물	$\frac{OA}{BA_{LiDAR}} \geq threshold, \quad \frac{OA}{BA_{Map}} < threshold$
완전변화 건물	$\frac{OA}{BA_{LiDAR}} < threshold, \quad \frac{OA}{BA_{Map}} < threshold$
사라진 건물	$\frac{OA}{BA_{LiDAR}} = NULL, \quad \frac{OA}{BA_{Map}} = 0$
새로생긴 건물	$\frac{OA}{BA_{LiDAR}} = 0, \quad \frac{OA}{BA_{Map}} = NULL$

여기서, 중첩된 면적: OA, 건물객체 면적: BA_{LiDAR} , 건물레이어 면적: BA_{Map}

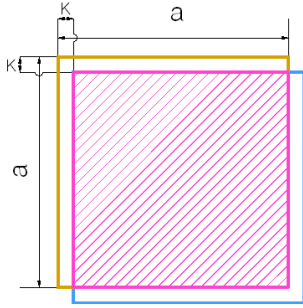


그림 3. 정사각형 형태의 임계치

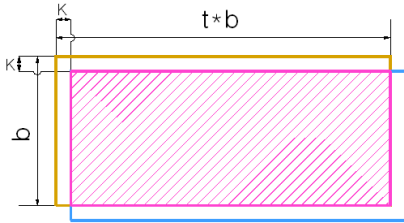


그림 4. 직사각형 형태의 임계치

첫 번째로, 건물이 정사각형 형태를 가지고 있다고 가정할 때, 임계치 설정 방법은 그림 3과 같이 허용 변화 오차 범위 안에 두 폴리곤이 존재할 때 건물이 변화 되지 않은 것으로 판단한다. 이를 위해 허용 변화 오차 k 의 차이만큼 두 객체가 위치할 때의 중첩비를 계산하여 임계치로 설정한다. 임계치를 구하는 식은 식 (2)와 같다.

$$threshold = \frac{(a-k)(a-k)}{a^2} = \frac{(\sqrt{A}-k)^2}{A} \quad (2)$$

여기서, A = 건물의 면적
 k = 허용 변화 오차

일반적으로 대부분의 빌딩, 소규모 주택은 정사각형 모양을 가지며 아파트 및 학교 건물은 직사각형 형태이다. 따라서, 임계치 설정시에는 동일 면적의 건물일지라도 건물 형태에 따라서 임계치 차이를 고려해야한다. 그림 4와 같은 직사각형 모양의 건물 임계치를 구하는 방법은 식 (3)과 같다.

$$threshold = \frac{(b-k)(tb-k)}{tb^2} \quad (3)$$

여기서, t = 장 · 단축 비율

식 (2), (3)과 같이 동일 면적이라도 건물 형태에 따

라 다르게 계산되는 임계치를 건물 면적과 장 · 단축 비율을 변수로 건물 임계치 차이를 고려해 제안한 최종적인 중첩비 임계치는 식 (4)와 같다.

$$Threshold = \frac{(\sqrt{A}-k)^2}{A} - \frac{1}{\sqrt{A}} \left(\frac{k}{\sqrt{t}}(t+1) - 2k \right) \quad (4)$$

3.2.3 형상 비교

중첩 비교를 통해 분류되지 않는 변화 유형을 추가적으로 분류하기 위하여 형상 비교를 이용하며, 변화 유무를 판단하기 위한 지표로써 Distance Signature를 이용한다(Gonzalez and Woods, 2002).

Distance Signature는 A, B 두 객체의 무게중심과 외곽선 사이의 거리를 시작점을 맞추어 일정각도 간격으로 계산함으로써 식 (5)와 같이 평균(E_s)과 분산(V_s)을 구할 수 있는데 이때 두 객체가 유사한 형태를 가질 경우 분산은 0에 가깝게 된다. 이에 분산 값을 통해 두 객체의 형상 유사도를 평가할 수 있다.

$$E_s = \frac{\theta}{360} \sum_{t=1}^n \left| \frac{B_t}{A_t} \right|, \quad (5)$$

$$V_s = \frac{\theta}{360} \sum_{t=1}^n \left(E_s - \left| \frac{B_t}{A_t} \right| \right)^2$$

여기서, A_t, B_t = 각 폴리곤의 무게중심과 외곽선사이의 거리
 θ = 일정 각도, $n = \frac{360}{\theta}$

3.3 건물 변화 유형

건물의 변화를 탐지하기 위해 추출된 건물 객체의 외곽선과 수치지도의 건물 레이어를 비교할 경우 건물의 변화는 크게 8가지 형태로 분류된다(그림 5).

먼저 1단계 변화탐지 과정인 중첩비교를 통해 6가지 변화 유형으로 분류된다. ‘변화없는 건물(old building)’은 기존의 수치지도에 있는 건물 레이어와 LiDAR 자료에 있는 건물 객체가 모두 존재하고 같은 형태를 나타내는 것으로서 건물이 변화하지 않은 것을 의미한다. 하지만 ‘확대변화 건물(enlarged building)’과 ‘축소변화 건물(partly detected building)’ 그리고 ‘완전변화 건물(rebuilt building)’은 LiDAR 자료와 수치지도에 건물이 모두 존재하지만 그 면적이나 형태가 달라진 것으로, 기존 건물이 증축 또는 면적을 늘려 신축하는 형

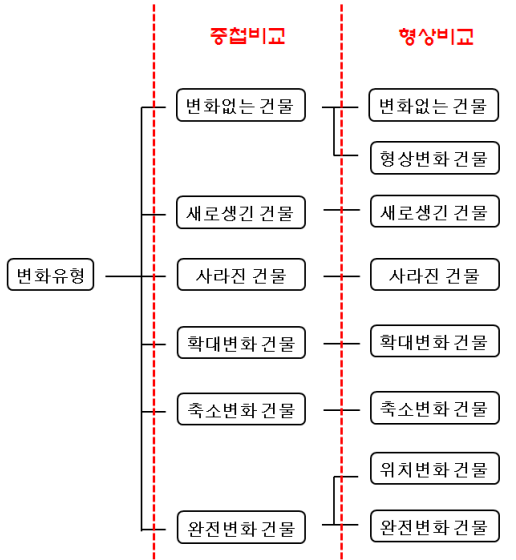


그림 5. 건물변화 유형분류

태와 건물의 일부를 철거하거나 면적을 줄여서 신축한 형태, 그리고 기존 건물을 철거 후 새로운 형태로 신축하는 형태로 구분된다. ‘새로생긴 건물(new building)’은 LiDAR 자료의 건물 객체는 존재하지만 수치지도의 건물레이어가 존재하지 않는 경우로써 기존에 없던 건물이 신축되었거나 기존에도 건물은 존재하였지만 수치지도 제작 시 누락된 건물로 생각된다. ‘사라진 건물(demolished building)’은 기존 수치지도에는 존재하지만 LiDAR 자료의 건물 객체는 존재하지 않는 경우로써 기존 건물이 철거되어 사라지거나 건물의 높이가 낮아서 LiDAR 자료에서 수목으로 인식되어 건물 포인트로 추출하지 못한 건물로 생각할 수 있다.

중첩비교를 이용해 분류된 항목 중 ‘변화없는 건물’과 ‘완전변화 건물’이 형상비교 단계를 통해 추가적으로 재분류된다. ‘변화없는 건물’ 항목에 대하여 형상의 변화가 있는 경우 ‘형상변화 건물(shape changed building)’로 분류한다. ‘완전변화 건물’ 항목 중에서 형상변화가 없는 경우 ‘위치변화 건물(shifted building)’로 분류한다. 이 유형은 수치지도 제작시 도화사의 실수로 건물의 위치가 잘못 표기되었을 경우 또는 건물을 철거하고 동일한 형상으로 위치를 이동하여 신축한 경우이다.

4. 실험 결과 및 평가

4.1 실험 데이터

본 연구에서 제안한 변화탐지 방법을 실험하기 위해

표 2. LiDAR 자료의 제원

항 목	제 원
비행 고도	1000m
수평 정확도(m)	1/2000 × 고도
수직 정확도(cm)	15cm at 1200m
촬영고도	약 1000m
포인트 밀도	약 1.5 point/m ²
스캔라인당 포인트 수	약 860개

대전 지역의 LiDAR 자료와 1:1,000 축척의 수치지도 를 사용하였다.

실험 대상지역은 중·고층 빌딩과 다수의 아파트와 같은 주거 건물이 혼재되어 있는 도심 지역을 선정하였다. 해당 실험지역은 신시가지로써 건물의 건축이 활발히 진행되고 있어서 지형공간정보 갱신을 위한 건물 변화를 탐지하기에 적당하다. 표 2는 실험에 사용된 LiDAR 자료의 제원이다.

4.2 건물 객체 추출

실험 대상 지역의 LiDAR 자료로부터 건물 영역을 분리하기 위하여 임계치는 t_{dist} 는 2.0m, t_{height} 는 1.5m로 설정하였고, 높이 임계치를 5m로 사용하여 건물을 분리하였다. 또한 수목제거를 위해 최소건물면적을 50 m²로 설정해 이보다 작은 포인트 그룹을 제거하였다. 실험 대상 지역이 중·고층 건물과 아파트 지역이기에 높은 추출 정확도를 나타냈으며, 추출된 건물 객체들이 서로 잘 분리된 것을 확인할 수 있었다. 그러나 건물 간격이 임계치 t_{dist} 이하인 건물들은 분리되지 않고 하나의 건물로 인식하는 경우가 발생하였다. 이에 LiDAR 자료 획득 시 촬영된 항공사진을 이용해 레이블링 오차를 수정하였다.

TIN을 이용한 방법으로 건물 외곽선을 그림 6과 같이 추출하였다.

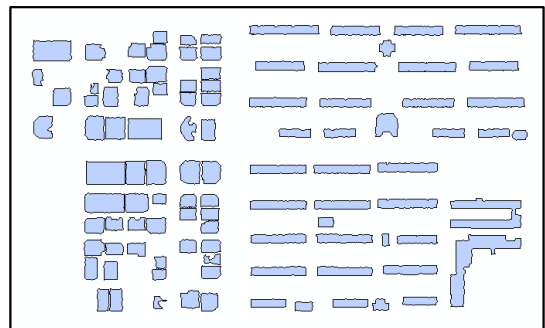


그림 6. 건물 객체 외곽선 생성

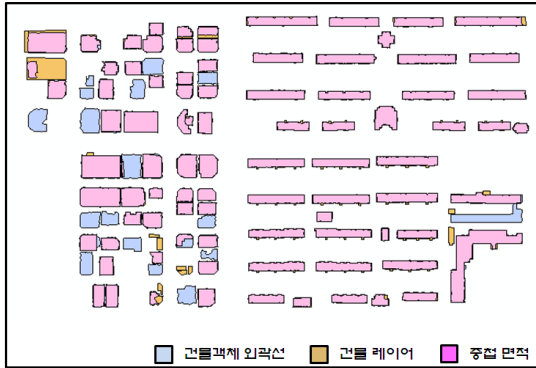


그림 7. 건물 객체와 건물 레이어의 중첩

4.4 변화 비교

4.4.1 중첩 비교

실험 대상지역 LiDAR 자료의 건물객체 외곽선과 최소건물면적 50㎡이하의 폴리곤들을 제거한 기존수치지도의 건물 레이어를 중첩하면 그림 7과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

실험 대상 지역의 아파트 영역은 변화가 거의 없고 빌딩 영역의 변화가 많이 있는 것을 확인할 수 있었다. 구체적인 변화유무를 판단하기 위해 수치지도 허용오차범위에서 1:1000 축척 수치지도의 평면위치 최대오차인 0.4m와 촬영고도 1000m에서 획득한 LiDAR 자료의 수평 정확도인 0.5m, 그리고 LiDAR 자료 평균점 간격인 0.82m를 식 (1)과 같이 계산하여 임계치의 변수 k (허용 변화 오차)를 1.04m로 설정하였다. t 는 장·단축의 비율이 비교적 적은 빌딩지역은 1로 설정하고 장·단축의 비율이 큰 아파트 지역은 평균 장·단축 비율로 7을 설정하였다. 이는 대부분의 건물이 장·단축 비율 차이가 크지 않아서 임계치가 장·단축의 비율보다는 면적에 따라 민감하게 계산되기 때문이다. 이에 임계치 설정시 건물 면적을 기준으로 임계치를 계산하였고 정확하게 변화를 판단할 수 있었다.

4.4.2 형상 비교

Distance Signature 방법 기반의 형상변화 판단을 위한 분산 값의 최소 임계치는 실험을 통해 0.02로 설정하였고 임계치 이하의 값을 가지면 해당 객체는 변화가 없는 것으로 판단하였다.

Distance Signature 적용시 θ 는 15°로 설정하여 각 건물에서 24개의 무게중심과 외곽선사이의 거리를 구하여 평균과 분산을 계산하였다. 대부분의 빌딩과 아파트 건물은 형상비교방법을 통해 형상의 변화 유무를 정확하게 판별할 수 있었지만 비대칭 구조로 복잡한 형상

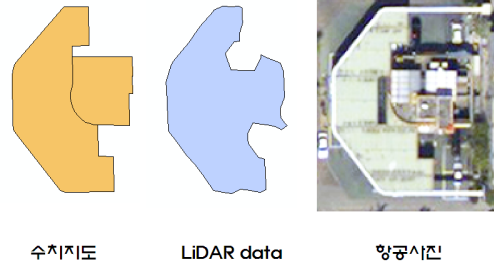


그림 8. 한 개의 건물이 두 개의 건물로 표현된 경우

을 가지는 학교 건물은 실제 변화가 없음에도 불구하고 건물객체와 수치지도 건물의 무게중심 차이와 건물객체 외곽선의 부정확한 표현으로 인해 분산 값이 다르게 계산되어 형상의 변화가 생긴 건물로 탐지되는 경우가 발생하였다.

4.4.3 변화탐지 결과분석

LiDAR 자료에서는 103개의 건물 객체가 추출되었고 수치지도에서는 98개의 건물이 분리되었다. 이 중에서 건물객체 88개와 수치지도 건물 89개가 중첩되었으며 중첩된 건물들을 대상으로 중첩비를 계산하고 Distance Signature의 평균과 분산 값을 계산하였다. 두 데이터의 건물 수가 다른 이유는 1개의 건물객체에 2개의 수치지도가 중첩되는 경우가 발생하였기 때문이다. 이는 그림 8과 같이 수치지도에서 한 개의 건물이 두 개의 건물로 잘 못 표현되어 발생한 것으로 확인되었다.

실험 대상지역의 변화탐지 결과를 변화 유형별로 정리해 보면 다음과 같다.

① 변화 없는 건물

75개의 건물쌍이 건물객체와 건물레이어의 중첩비가 각각 임계치 이상이고 형상비교에서 변화 없는 것으로 판단되었다. 특히 아파트 지역은 변화가 거의 생기지 않았는데 그 이유는 대규모 단지로 건설되기에 어느 일부분만 철거되거나 건축되지 않기 때문인 것으로 판단된다.

② 확대변화 건물

7개의 건물이 확대변화 건물로 분류되었다. 이 중에서 5개의 건물은 그림 9와 같이 수치지도 건물보다 LiDAR 자료 건물객체가 더 큰 경우로 항공사진 확인결과 실제로 확대 변화된 건물이었다. 그러나 2개의 변화없는 건물이 확대변화 건물로 분류되었는데 이는 그림 8과 같이 수치지도에서 한 개의 건물이 두 개의 건물로 잘못 표현되어 발생한 것으로 확인되었다.

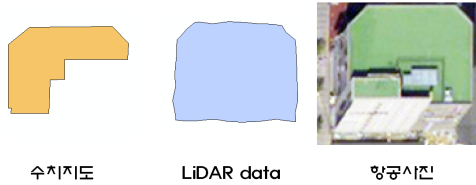


그림 9. 확대변화 건물의 예

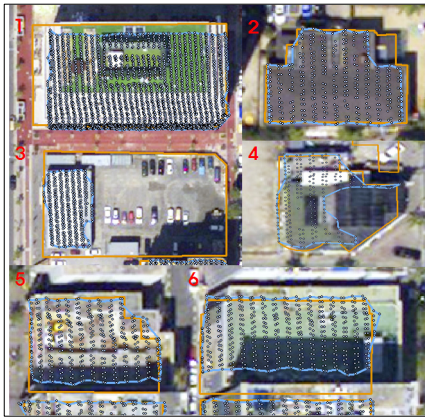


그림 10. 축소변화 건물의 예

③ 축소변화 건물

실험대상지역의 축소변화건물은 6개로 분류되었다. 그림 10에서 1번 건물은 축소되어 건축되었기 보다는 수치지도 제작시 잘못 그려진 것이 LiDAR 자료를 통해 발견된 것으로 판단된다. 2번 건물은 건물이 부분적으로 높이가 달라 건물 포인트 분리지 높이 임계치로 인해 건물객체의 크기가 작아져서 축소변화 건물로 탐지된 경우이다. 3번 건물은 기존 건물의 철거 후 작은 건물이 들어서고 남은 공간은 주차장으로 이용되고 있다. 그리고 4, 5, 6번 건물은 실제로는 변화없는 건물이지만 LiDAR 자료 폐색이 발생하여 축소변화 건물로 분류되었다.

④ 사라진 건물, 새로생긴 건물

기존의 수치지도에서 9개의 건물이 사라지고 15개의 건물이 새롭게 건축되었다. 9개의 사라진 건물 중 3개는 LiDAR 자료의 건물객체 높이가 임계치 보다 낮아 건물 포인트로 추출되지 못하였다. 그림 11과 같이 실험 대상지역 건물의 철거 및 건축은 빌딩지역에서 많이 진행된 것으로 확인되었다.

⑤ 완전변화 건물, 형상변화 건물, 위치변화 건물
위 세 가지 변화유형으로 분류된 건물은 각각 완전변

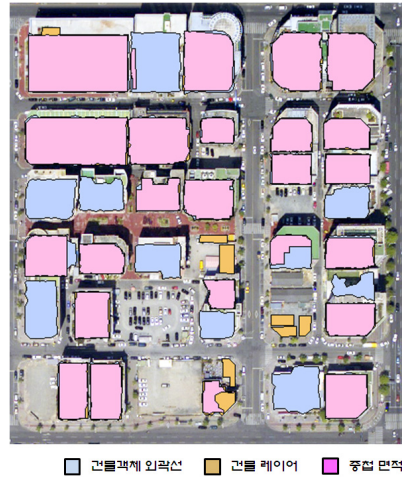


그림 11. 새로생긴 건물과 사라진 건물의 예

화 건물 0개, 형상변화 건물 1개, 위치변화 건물 0개이다. 실험대상지역에 이러한 변화 유형이 없거나 변화되지 않은 건물이 건물 객체 외곽선의 부정확한 표현 또는 수치지도 건물과 무게중심 차이로 인해 잘 못 탐지된 경우였다.

4.5 정확도 평가

정확도 평가를 위해 변화탐지 결과를 실험 대상지역의 항공사진과 비교하여 표 3과 같이 분석하였다. 표 3에서 실제 유형별 변화 객체인 28개 중에서 변화없는 건물로 분류된 건물이 없기에 Omission Error는 0%였고, 변화되지 않은 객체 85개 중에서 변화된 것으로 분류된 건물은 10개로 Commission Error는 11.8%를 보였다. 본 연구에서 제안한 변화탐지방법의 전체 정확도는 91.2%를 나타냈다.

본 연구에서 제안한 객체별 중첩비 임계치를 적용하는 방법을 일괄적인 중첩비 임계치를 사용하는 방법 및 일괄적인 면적 차이를 이용하는 방법과 비교 평가하였다. 이 때, 일괄적 중첩비 임계치는 적응적 임계치의 평균값을 적용하였고, 건물 면적 차이는 50m²를 적용하였다. 3가지 방법에 의한 변화 탐지 정확도는 각각 91.2%, 90.3%와 89.4%를 보였다. 이는 건물 추출 정확도가 포함된 것으로 변화탐지 방법만의 정확도를 알아보기 위해 실험 대상지역에서 추출된 건물 객체 정확도를 100%라고 가정하고 제안된 변화탐지 방법만을 고려하여 평가된 정확도는 99.1%이다. 그리고 일괄적인 중첩비 임계치와 면적 차이를 이용한 방법은 각각 97.3%와 93.8%의 정확도를 나타냈다. 따라서 향후에 LiDAR 자료의 건물 추출 정확도가 향상된다면 본 연

표 3. 제안된 변화탐지방법의 정확도 평가

	변화없음	사라짐	새로생김	축소변화	확대변화	완전변화	형상변화	위치변화	전체	사용자 정확도
변화없음	75	3		4	2		1		85	88.2%
사라짐		6							6	100%
새로생김			15						15	100%
축소변화				2					2	100%
확대변화					5				5	100%
완전변화						0			0	-
형상변화							0		0	-
위치변화								0	0	-
전체	75	9	15	6	7	0	1	0	113	
제작자정확도	100%	66.6%	100%	33.3%	71.4%	-	0%	-	-	91.2%

구에서 제안한 변화탐지방법이 더 좋은 탐지 정확도를 얻을 수 있을 것이라는 예상이 가능하다.

5. 결론

본 연구에서는 LiDAR 자료와 기존 수치지도를 이용한 객체 기반의 건물변화 탐지방법을 제안하였다.

변화탐지의 1단계 중첩비교를 위해 매칭된 건물들의 중첩비를 계산하고 적응적 임계치를 적용하여 건물변화를 탐지하였고, 2단계로 Distance Signature를 이용해 형상을 비교하였다. 중첩 비교시 각 객체별 적응적 임계치를 사용하여 변화탐지 과정의 객관성을 높이고 모든 건물에 일괄적인 중첩비 임계치를 적용한 방법과 면적 임계치를 적용한 방법보다 높은 정확도를 도출할 수 있었다. 또한, 건물의 변화뿐만 아니라 수치지도의 오류를 자동으로 탐지하는 것이 가능하였다.

그러나 형상 비교시 비대칭 구조로 복잡한 형상을 가지는 건물은 건물객체와 수치지도 건물의 무게중심 차이와 건물객체 외곽선의 부정확한 표현으로 인해 변화 유무를 판단하는데 어려움을 가졌다.

향후 연구에서는 점밀도 높은 LiDAR 자료를 사용해 분류 정확도가 좋은 중·고층 건물과 아파트뿐만 아니라 소규모 주택을 대상지역으로 하여 추가적으로 실험해보고자 한다. 또한 객체별 중첩비 임계치 산정기법을 개선하여 복잡한 형태의 건물에도 적용이 가능한 보다 견고한 건물변화탐지 방법을 개발하고자 한다.

감사의 글

본 논문은 국방광역감시 특화연구센터 프로그램의 일환으로 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 유환희, 구신희, 김성삼, 2006, "LiDAR 자료와 항공영상을 이용한 수치지형도 건물레이어 갱신", *한국지형공간정보학회지*, Vol.14, No.2, pp.43-53.
2. 정지연, 2008, "항공 레이저 스캐닝 데이터를 이용한 변화탐지 연구", 석사학위논문, 인하대학교.
3. 한수희, 2008, "스캔 라인 특성을 이용한 ALS 포인트 클라우드의 효율적인 분리", 박사학위논문, 서울대학교.
4. Beauchemin, M., Thomson, K. P. B., 1997, "The evaluation of segmentation results and the overlapping area matrix", *International Journal of Remote Sensing*, Vol.18, No.18, pp.3895-3899.
5. Gonzalez, R. C., Woods, R. E., 2002, "*Digital Image Processing*", Second Edition, Prentice Hall.
6. Huang, L., Wang, S., Ye, Y., Wang, B., Wu, L., 2010, "Feature matchin in cadastral map integration with a case study in beijing", *Geoinformatics*, pp.1-4.
7. Matikainen, L., Hyyppa, J., Kaartine, K., 2004, "Automatic detection of changes from laser scanner and aerial image data for updating building maps", *The International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.35, Part B2, pp.168-173.
8. Thuy, T., Matsuoka, M., Yamazaki, F., 2004, "LiDAR-based change detection of buildings in dense urban areas", *Proceedings of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Vol.5, pp.3413-3416.
9. Vosselman, G., Gorte, B. G. H., Sithole, G., 2004, "Change detection for updating medium scale maps using laser altimetry", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.34, Part B3, pp.268-273.