

LiDAR 원시자료에서의 지면정보 추출을 위한 영상처리기법 적용 연구

Applying Image Processing Algorithm to Raw LiDAR Data for Extracting Ground Information

최연웅¹⁾ · 손덕재²⁾ · 조기성³⁾

Choi, Yun Woong · Sohn, Duk Jae · Cho, Gi Sung

Abstract

Various algorithms and methods, related to preprocessing of LiDAR data, are being developed and proposed. These methods are two ways, one of them is to use the regular form such as DSM or the image converted from raw LiDAR data, and the other is to use raw LiDAR data directly. The image processing method is one of representative method for the regular grid form data. This method is easy to apply to a numerical analysis technique and has an advantage of modeling and noise elimination through smoothing, but it lose the information during the data conversion. This study apply the image processing method to the irregular raw LiDAR data directly for the extracting ground information with minimized information loss and evaluate the extracting accuracy of ground information.

Keywords : LiDAR Data, Ground information extracting, Image processing method

초 록

LiDAR 자료의 전처리 방법에 관한 다양한 연구 및 이와 관련된 다양한 알고리즘이 개발되고 있으며 크게 원시 LiDAR 자료를 직접 활용하는 방법과 원시 LiDAR 자료를 DSM 혹은 영상(image)와 같은 정규격자형식의 자료로 변환하여 사용하는 방법으로 접근하고 있다. 정규격자형식으로 변

환하여 사용하는 대표적인 방법인 영상처리 기법을 이용하는 방법은 수치해석기법의 적용이 용이하고 평활화를 통하여 노이즈의 일부가 제거되고 모델링에 유리한 장점이 있으나 자료의 변환과정에서 원시자료의 정보손실의 단점이 있다. 본 연구에서는 일반적으로 정규격자형식의 자료에 적용되는 경계검출 알고리즘 및 필터링기법 등의 영상처리기법을 벡터형식의 LiDAR 원시자료에 직접 적용하기 위한 알고리즘을 제시하고 지면정보 추출 정확도를 비교함으로써 궁극적으로는 원시자료의 정보손실을 최소화한 지면정보 추출기법을 제시하고자 하였다.

핵심어 : LiDAR 자료, 지면정보추출, 영상처리기법

1. 서 론

수치표고자료(Digital Elevation Model ; DEM)는 지표면의 기복을 연속적으로 표현하는 수치모델로서(Shi 등, 2005), 적지분석, 수문 및 기후모델, 수집분석 그리고 토사유실분석 등과 같은 국토계획 및 관리, 토목, 환경, 자

원, 통신, 군사 등 지형과 관련된 다양한 업무분야를 지원하기 위해 이용되고 있다(최윤수 등, 2002; 이근상 등, 2006). 뿐만 아니라, 최근 도시계획 및 관리, 지도제작 등을 위한 정교한 지형정보 및 시설물 위치와 형태를 자료기반(database)화 하기 위한 작업이 국가 또는 지자체 차원에서 진행되고 있으며 현실적인 3차원 공간정보의

1) 전북대학교 공과대학 토목공학과 겸임교수, 공학연구원 공업기술연구소 연구원(E-mail:choiyun@chonbuk.ac.kr)

2) 정회원 · 대전대학교 공과대학 건설시스템공학과 교수(E-mail:djsohn@daejin.ac.kr)

3) 교신저자 · 정회원 · 전북대학교 공과대학 토목공학과 교수, 공업기술연구소 연구원(E-mail:gscho@chonbuk.ac.kr)

구축 및 갱신기술의 중요성이 증가되고 있다.

일반적으로 DEM과 같은 3차원 지형자료는 항공사진 및 고해상도 영상을 이용하여 해당 지역에 대한 공간위치를 2차원 배열로 저장하거나, 사용자가 1/1,000 및 1/5,000 수치지도에서 등고선 및 표고값을 추출하여 사용목적에 맞게 제작하여 활용하고 있으나, 기존의 자료 취득 방법으로는 대량의 자료를 한꺼번에 취득하기 어려울 뿐만 아니라 처리과정 및 처리방법이 매우 복잡함에도 불구하고 여러 분야에서 필요로 하는 소요정확도를 만족시키지 못하는 실정이다.

이와 같은 상황에서 자료구축의 공간적 범위, 정밀도 및 경제적 제약을 많이 받는 기존의 자료취득 기법의 단점을 극복할 수 있는 3차원 정보 취득기법의 개발이 활발히 진행되고 있으며 대량의 자료를 직접적으로 취득할 수 있을 뿐만 아니라 그 처리과정의 자동화가 가능한 LiDAR(Light Detection And Range) 시스템은 기존 자료취득 기법을 대신할 수 있는 3차원 자료취득 기법이라 할 수 있다(한수희 등, 2008).

LiDAR 시스템의 등장으로 기존의 항공사진측량과 비교하여 넓은 지역에 대하여 효율적이고, 경제적으로 고밀도의 3차원 지형자료를 취득함으로써 효과적인 DEM 구축이 가능하게 되었으나(Baltsavias, 1999), 레이저 펄스가 투과하지 못하는 건물지역 등에서는 건물등의 인공지물 및 수목과 같은 자연지물이 모두 포함된 DSM(Digital Surface Model) 형식의 자료를 취득하게 되어 LiDAR 시스템으로부터 취득한 3차원 지형자료로부터 건물 등의 의미 있는 객체 또는 각종 인공 및 자연지물이 제거된 DEM 형식의 지면자료를 추출하기 위해서는 자료의 분할(segmentation) 및 분류(classification)등의 체계적인 자료 전처리 과정이 필수적이다(이근상 등, 2004; 이동천 등, 2008).

따라서 LiDAR 자료의 전처리 방법에 관한 다양한 연구 및 이와 관련된 다양한 알고리즘이 개발되고 있으며 크게 원시 LiDAR 자료를 직접 활용하는 방법과 원시 LiDAR 자료를 DSM 혹은 영상(image)와 같은 정규격자형식의 자료로 변환하여 사용하는 방법으로 접근하고 있다.

정규격자형식으로 변환하여 사용하는 대표적인 방법이 영상처리 기법을 이용하는 방법으로써 자료의 변환과정에서 원시자료의 정보손실의 단점이 있으나 수치해석기법의 적용이 용이하고 평활화를 통하여 노이즈의 일부가 제거되고 모델링에 유리한 장점이 있다. 반면 원

시 LiDAR 자료를 직접 활용하는 방법은 원시자료의 정보손실을 최소화할 수 있다는 장점이 있어 지형의 3차원 분석을 위한 보다 정확한 자료제공이 가능하나 자료취득 밀도에 따라 취득되는 자료의 크기가 방대하여 자료 저장 및 처리시간에 제약을 받게 되며, 불규칙적인 자료 분포로 인하여 정규격자형식의 자료에서는 간단하게 활용이 가능한 영상처리 기법의 직접적용이 불가능하다. (최연웅 등, 2007; 이동천, 2008)

본 연구에서는 일반적으로 정규격자형식의 자료에 적용되는 경계검출 알고리즘 및 필터링기법 등의 영상처리 기법을 벡터형식의 LiDAR 원시자료에 직접 적용하고 이를 선행연구에서 DSM으로부터 지면정보를 추출하기 위하여 적용된 바 있는 경계검출과 필터링기법에 의한 지면정보 추출기법(최연웅 등, 2005b)에 동일하게 적용함으로써 지면정보 추출 정확도를 비교하였으며 궁극적으로는 원시자료의 정보손실을 최소화한 지면정보 추출 기법을 제시하고자 하였다.

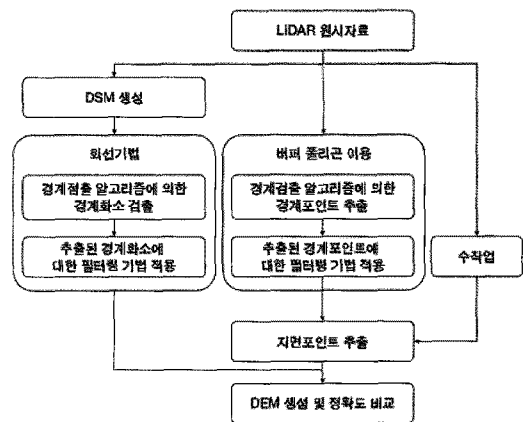


그림 1. 연구 흐름

2. 영상처리알고리즘

2.1 회선

회선(convolution)기법은 영상에서의 경계검출, 영상 평활화(smoothing) 또는 영상 강화(sharpening) 등의 효과를 위하여 주로 사용되는 영상처리 기법으로 원시 화소에 이웃한 화소들에 경중률을 곱한 합이라고 할 수 있으며 경중률은 회선 마스크(mask)라고 하는 작은 행렬에 의하여 결정되게 된다. 그림 2에서와 같이 회선창이라고 하는 움직이는 창이 각 화소에 대하여 중앙에 위치하여

회선 마스크와의 연산을 통하여 새로운 출력화소를 생성하게 되며 행렬의 차원은 일반적으로 원시화소가 중앙에 위치하도록 3×3 혹은 5×5와 같은 홀수의 차원을 사용한다(최연웅 등, 2005a).

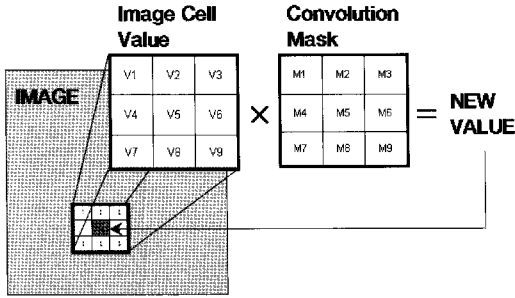


그림 2. 회선의 원리

2.2 경계 검출

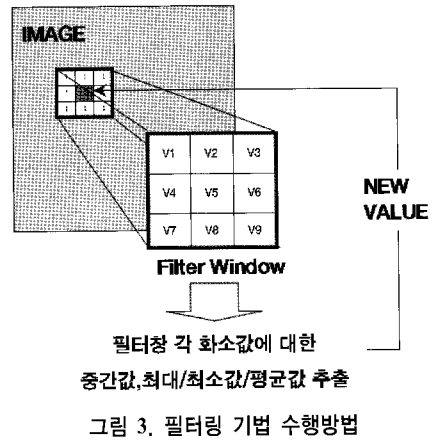
영상에서의 경계란 영상의 명암이 낮은 곳에서 높은 곳으로 혹은 높은 곳에서 낮은 곳으로 불연속적인 변화가 발생하는 화소를 지칭하며 경계에 해당하는 화소를 구하는 방법을 경계검출이라 한다.

DEM과 같은 지형자료에서는 표고가 급격하게 변하는 불연속지점이 경계가 되며 현재까지 경계검출에 관한 다양한 방법이 제안되어 있으나 오래전부터 활발히 연구된 분야임에도 불구하고 모든 종류의 영상에 대하여 완벽하게 경계를 검출하는 방법은 개발되지 않고 있다.

본 연구에서는 라플라시안(laplacian) 경계필터를 사용하였다. 라플라시안 경계필터는 대표적인 2차미분에 의한 경계검출 기법으로써 검출된 경계의 윤곽선이 폐곡선을 이루고 화소값이 점차적으로 변화하는 영역에 대해서는 반응을 보이지 않는 특징이 있으며 특히 라플라시안 경계필터는 잡음에 민감하다는 단점이 있으나 다른 연산자들에 비하여 뚜렷한 경계를 검출하는 특징이 있다(최형일 등, 1997).

2.3 필터링 기법

필터링 기법은 영상처리 분야에서 히스토그램 균등화(histogram equalization) 기법과 함께 출력 화소값을 결정하기 위하여 그림 3과 같은 방법으로 입력화소 뿐만 아니라 입력화소 주변의 화소들을 함께 사용하여 영상을 복원하거나 개선하기 위한 영역처리기법 중의 하나로서 회선기법에 의하여 중간값 필터링, 최대값/최소값 필터



링, 평균값 필터링 등 다양한 방법으로 연구되고 있다.

2.4 벡터자료에서의 회선기법 적용

영상이나 DEM과 같이 동일한 크기의 격자가 반복되는 구조를 갖는 정규격자형식의 자료의 경우에는 회선기법을 활용한 경계검출 알고리즘이나 필터링과 같은 영상처리기법의 적용이 가능한 반면 LiDAR 원시자료와 같이 불규칙한 분포를 갖는 벡터형식의 자료에서는 회선기법의 직접적용이 용이하지 않다. 본 연구에서는 그림 4(a)와 같은 회선기법에서 사용되는 회선마스크를 대신하여 그림 4(b)와 같이 버퍼 폴리곤(buffer polygon)을 활용하는 기법(최연웅 등, 2007; Choi 등, 2008)을 적용하여 벡터형식의 LiDAR 원시자료에 영상처리 알고리즘을 직접 적용하였다.

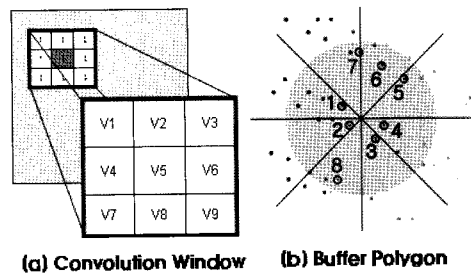


그림 4. Buffer polygon에 의한 회선기법 적용

버퍼 폴리곤을 이용한 방법은 그림 5와 같은 과정을 통하여 수행되는 기법으로 임의의 한점을 중심으로 일정영역을 버퍼링(buffering)하고 설정된 버퍼영역을 8등분한 후 최초 중심이 되었던 점으로부터 가장 가까운 한점

을 각 방향에서 추출한 후 중심점을 포함한 총 9개점의 값을 활용함으로써 3×3 크기의 회선창 역할을 수행하도록 하는 기법이며 각 방향으로부터 2개 이상의 점을 추출하는 경우 회선창의 크기를 증가시키는 것과 유사한 효과를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 Microsoft 사의 Visual Basic 6.0과 ESRI사의MapObject 2.2를 이용하여 알고리즘을 구현하였다.

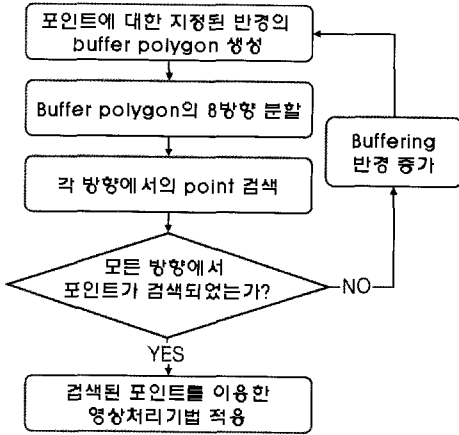


그림 5. Buffer polygon을 이용한 흐름도

3. 적용 및 고찰

3.1 대상지역

적용 대상지역은 대전시 일원으로써 최근 도심지역 3차원 공간정보 구축에 있어 도심지 DEM에 대한 중요성이 강조되고 있으므로 다양한 형태의 건물이 혼재되어 있는 도심지에서 건물의 높이에 따른 알고리즘 적용결과의 평가가 가능하도록 그림 6에서와 같이 높은 건물과 낮은 건물이 복합적으로 분포하고 있는 지역을 대상지

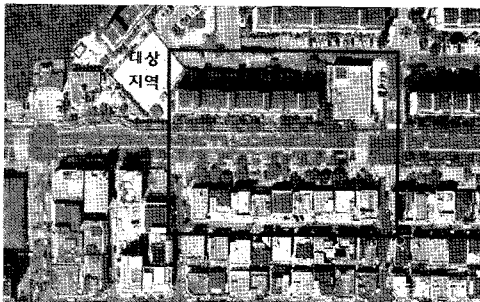


그림 6. 대상지역 현황

역으로 하였다. 이 지역은 2층 이하에서 10층 이상의 다양한 높이의 건물이 복합적으로 나타나는 특성이 있으며 건물들이 조밀하게 분포하고 있어 지면정보를 분류하는데 어려움이 많은 지역이다. 또한 Optech사의 ALTM3070 장비를 이용하여 약 2.8포인트/㎡로 취득된 LiDAR 자료를 활용하였으며 대상지역에 대한 LiDAR 원시자료 및 정규격자형식의 DSM(1m)은 각각 그림 7 및 그림 8과 같다.

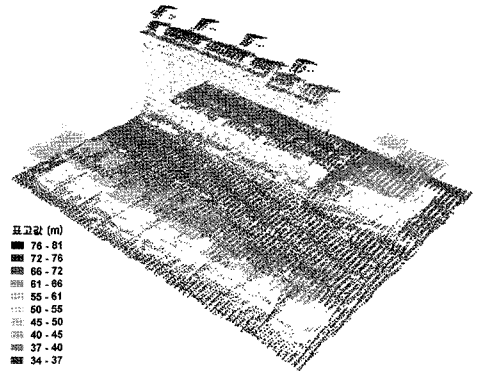


그림 7. 대상지역 원시 LiDAR 자료 현황

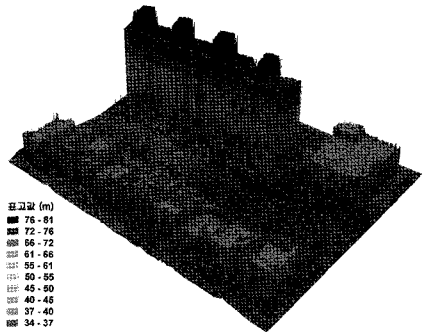


그림 8. 대상지역 DSM(1m) 현황

3.2 경계검출 알고리즘 수행

그림 9는 LiDAR 원시자료로부터 정규격자형식으로 변환된 대상지역 1m DSM(그림 8)으로부터 경계검출 알고리즘을 적용한 경계검출 결과이며 그림 10은 버퍼 폴리곤을 이용하여 대상지역 LiDAR 원시자료(그림 7)로부터 경계검출 알고리즘을 적용한 결과이다.

적용된 경계검출 알고리즘은 현재까지 소개된 경계검출기법 중 검출된 경계의 윤곽선들이 폐곡선을 이루고, 명암이 점차적으로 변화되는 영역에 대해서는 반응을

보이지 않으며, 다른 연산자들 보다 더욱 뚜렷한 경계를 검출하는 특징을 갖는 라플라시안 연산자를 사용하였다. 잡음에 민감한 라플라시안 연산자의 특성상 다소 많은 경계하였검출되었으나 잡음을 제거하기 위하여 가우시안 평활화 등의 작업을 선행하는 경우 최초 DSM을 변형시킬 가능성이 있으며 검출된 화소가 잡음에 의하여 잘못 검출 되었다 하더라도 적용된 알고리즘에 의하여 결과적으로는 검출된 경계 화소가 모두 주변 화소에 의하여 제거되기 때문에 본 연구에서는 잡음 제거를 위한 작업은 수행하지 않았다.

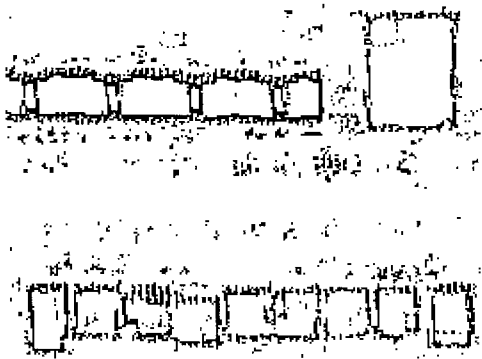


그림 9. DEM(1m) 경계검출결과

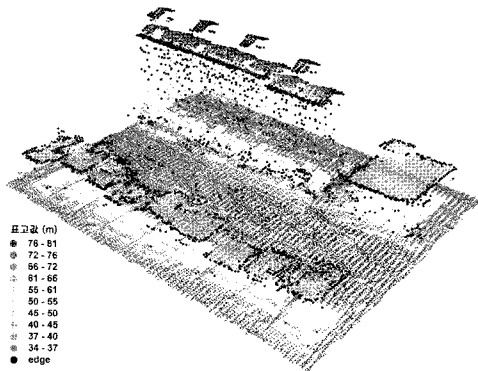


그림 10. LiDAR 원시자료에서 경계검출결과

3.3 필터링을 통한 지면정보 추출

본 연구에서 필터링 기법은 앞서 추출된 경계화소 및 경계포인트에 대하여 수행하였으며 정규격자형식으로 변환된 DSM의 경우 경계로 추출된 화소에 대하여 3×3 크기의 평균값 필터, 중간값 필터, 최소값 필터를 각각 적용하였다.

필터링 과정에서 선택되는 8개의 셀 중 이미 다른 경계로 추출된 셀은 연산에서 제외하였으며 대상지역내의 건물 등의 지형지물은 지면과 1m 이상 높이차가 있다고 가정하여 경계로 추출되지 않은 셀이라 해도 그 표고값이 필터의 중심값과 1m이상 차이가 나지 않는 경우에도 연산에서 제외하였다. 또한 연산에 사용되는 셀의 개수가 너무 적어지는 것을 방지하기 위하여 연산에 사용되는 셀의 개수가 최소 8개를 넘지 않는 경우 필터의 크기를 5×5혹은 그 이상으로 증가시키도록 구현하였다. 그림 11은 본 연구에서 적용된 경계로 추출된 셀에 대한 필터링 방법에 관하여 나타낸 것이다(최연용 등, 2005b).

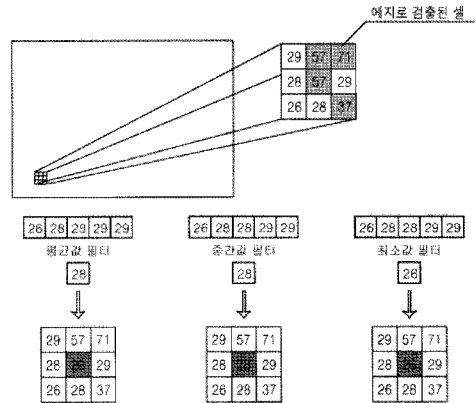


그림 11. 추출된 경계에 대한 필터링 개요

벡터형식의 LiDAR 원시자료의 경우에는 경계로 추출된 각 점에 대하여 버퍼 폴리곤을 생성하고 해당 버퍼 영역내에 존재하는 점들을 파악하여 해당 점들의 최소값, 평균값, 중간값을 추출하는 방식으로 필터링을 수행하였다.

경계로 추출된 모든 자료에 대하여 필터링이 수행되면 해당 결과에 대하여 다시 경계를 추출하고, 추출된 경계자료에 대하여 동일한 필터링을 반복하는 과정을 연속적으로 수행하게 되며 이때 필터링에 의하여 변화되는 표고가 거의 변화가 없으면 반복되는 과정을 중단하도록 하였다. 이때 표고의 변화가 거의 없음을 파악하기 위하여 각 필터링 과정 마다 전체 표고값의 표준편차를 계산하고 이전 표준편차와 비교하여 그 차이가 경험적으로 결정된 임계값인 0.01m 이하인 경우 필터링을 중단하였다.

3.4 지면정보 추출결과

그림 12, 그림 13 및 그림 14는 각각 정규격자형식의 DSM과 LiDAR 원시자료로부터 경계검출 및 필터링에 의한 지면정보 추출결과를 나타낸다.

최소값 필터 적용결과 그림 12에서와 같이 정규격자형식의 DSM자료의 경우 그림 9의 약 80m 가량의 고층건물이 건물 주변 표고 37~39m와 비슷하게 낮아진 것을 확인할 수 있었으나 벡터형식의 LiDAR 원시자료의 경우 35m 정도로 오히려 주변지역의 표고들보다 낮아지는 결과를 나타내고 있다.

이는 LiDAR 원시자료에서 건물 등과 같이 주변 지형보다 과도하게 낮거나 높은 지형지물이 있는 경우에도 정규격자형식으로 자료를 변환하는 과정에서 평활화되어 경계가 모호해지고 따라서 경계검출 과정에서 경계로 검출되지 않게 되어 검출된 경계에 대하여 필터링을 수행하는 알고리즘의 특성에 의하여 결과적으로 필터링 과정이 정상적으로 수행되지 않았으나, LiDAR 원시자료의 경우 원시 자료를 변환과정 없이 사용하기 때문에 표고값에 변화가 있는 포인트는 모두 경계 포인트로 추출되고 최소값 필터링의 특성상 가장 낮은 표고값으로 필터링 되었기 때문으로 판단된다.

평균값 필터 적용결과에서는 표고값의 분포가 고층과 저층지역의 중심부가 각각 DSM 격자자료의 경우

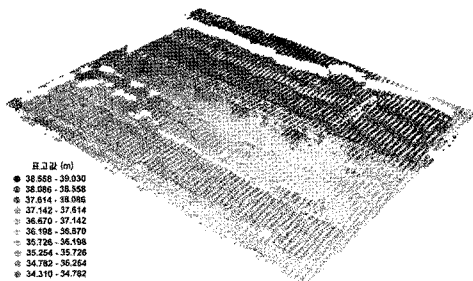
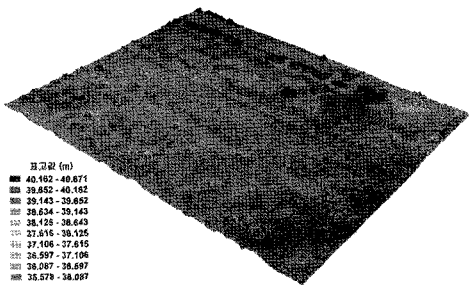


그림 12. 대상지역에 대한 최소값 필터링 수행결과 (위) DSM 자료 (아래) LiDAR 원시자료

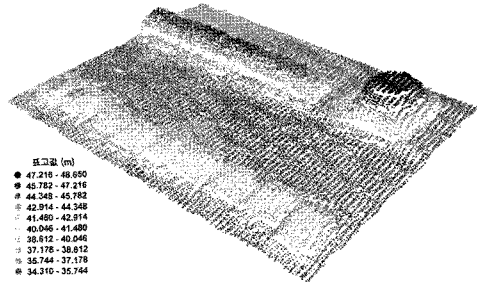
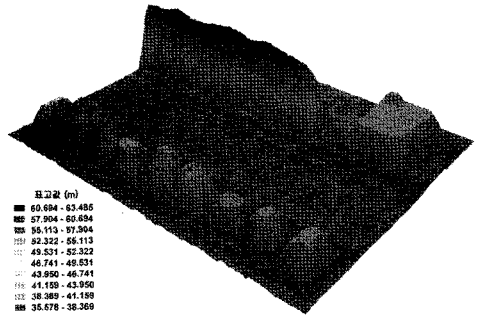
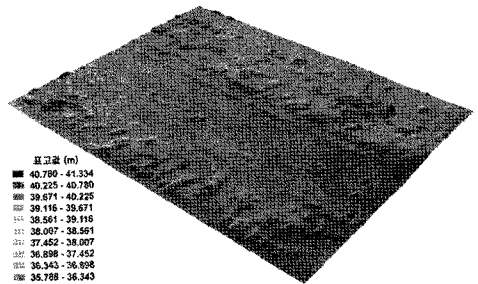


그림 13. 대상지역에 대한 평균값 필터링 수행결과 (위) DSM 자료 (아래) LiDAR 원시자료

61~62m, 45~46m, LiDAR 원시자료의 경우 46~48m, 44~45m까지 나타났으며 그림 13에서와 같이 건물이 전혀 제거되지 않은 것을 확인할 수 있었다. 이는 경계로 검출된 셀이나 점들이 주변 표고값들의 평균값으로 치환되면서 주변과의 표고차 및 기울기가 완만한 경사를 나타내면서 경계로서 검출되지 않기 때문으로 판단된다.

그러나, 중간값 필터의 경우는 그림 14에서와 같이 DSM이나 LiDAR 원시자료 모두 고층건물 및 저층건물에서 주변의 표고값과 거의 유사한 표고값을 나타내어 다른 필터들에 비하여 가장 좋은 결과를 나타내고 있다.



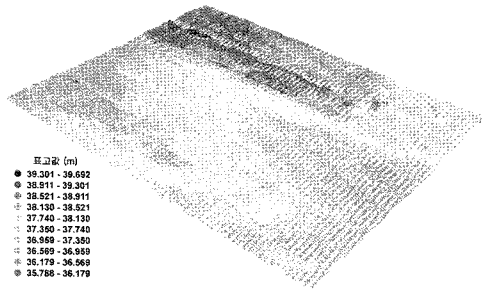


그림 14. 대상지역에 대한 중간값 필터링 수행결과 (위) DSM 자료 (아래) LiDAR 원시자료

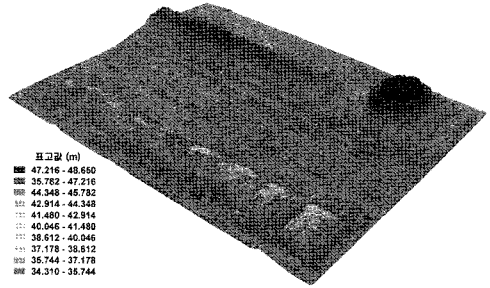


그림 17. LiDAR 원시자료로부터 평균값 필터링을 통해 추출된 지면자료에 의한 DEM

3.5 지면정보 추출 정확도 평가

추출된 지면정보의 정확도 평가를 위하여 본 연구에서는 LiDAR 원시자료로부터 항공사진 및 대상지역 수치지도를 참고하여 수작업으로 건물지역 등을 제거함으로써 그림 15와 같은 1m DEM을 생성하고 이를 지면정보 추출결과에 대한 정확도 비교를 위한 기준자료로 활용하였으며 그림 16, 그림 17 및 그림 18은 각각 벡터형식의 LiDAR 원시자료로부터 경계검출 및 각종 필터링 과정을 통하여 추출된 지면정보를 이용하여 제작한 1m DEM이다.

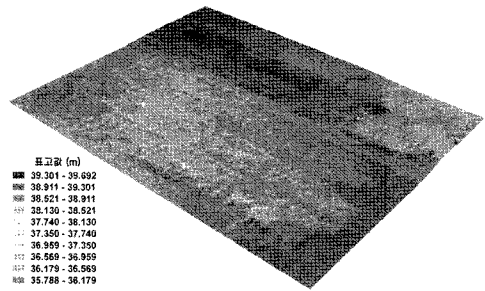


그림 18. LiDAR 원시자료로부터 중간값 필터링을 통해 추출된 지면자료에 의한 DEM

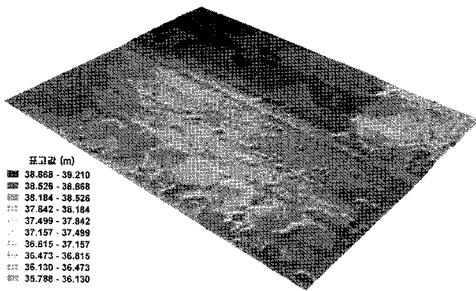


그림 15. 수작업으로 생성한 대상지역 1m DEM

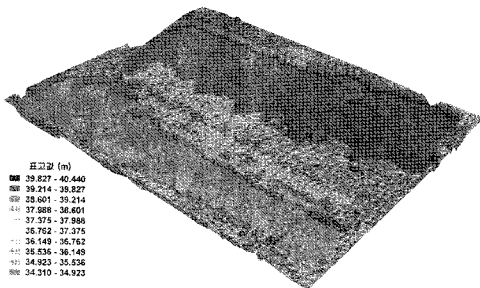


그림 16. LiDAR 원시자료로부터 최소값 필터링을 통해 추출된 지면자료에 의한 DEM

정확도 평가를 위하여 그림 15의 수작업에 의해 제작된 DEM과 그림 12, 그림 13, 그림 14의 DSM으로부터 추출된 DEM 및 그림 16, 그림 17, 그림 18과 같은 LiDAR 원시자료로부터 얻어진 DEM의 모든 격자에서의 표고값을 비교하였으며 수치지도 작성작업내규(국토지리정보원 고시 제2009-590호) 제10조의 1:1,000 수치지도 및 1:5,000 수치지도에서의 표고값 허용오차인 0.3m와 1.0m를 만족하지 못하는 격자는 오차로 판정하였다.

표 1은 본 연구에서 적용한 각 지면정보 추출기법에 대한 정확도 비교 결과로서 오차로 판정된 격자의 개수와 전체 격자개수(46,222개)에 대한 오차격자의 비율을 나타낸다.

표 1에서와 같이 본 연구에서 적용된 방법들 중 중간값 필터링에 의한 결과의 평균오차가 격자자료 및 LiDAR 원시자료를 이용한 결과에서 각각 0.28m 및 0.09m로 가장 작게 나타났으며 최소값 및 평균값 필터링 결과는 각각 1.39m, 2.92m 및 7.38m, 2.67m로 크게 나타났다. 또한 중간값 필터링에 의한 결과 중에서도 벡터형식의 LiDAR 원시자료를 이용한 결과에서 전체 격자 갯수 중 88.9% 및 99.3%의 격자가 수치지도의 도면축척별

표 1. 적용기법에 대한 오차 격자의 개수 및 평균오차

자료 유형	필터링 기법	오차격자의 갯수(비율)		평균오차 / 표준편차 (m)
		1:1,000도면 표고점 최대오차	1:5,000도면 표고점 최대오차	
DSM 격자 자료	최소값	8,526 (18.5%)	2,044 (4.4%)	1.39 / 0.61
	평균값	18,461 (40.2%)	15,481 (33.5%)	7.38 / 8.56
	중간값	7,191 (15.6%)	827 (1.8%)	0.28 / 0.22
LiDAR 원시 자료	최소값	29,885 (65.0%)	27,514 (59.5%)	2.92 / 1.36
	평균값	17,832 (38.8%)	14,060 (30.4%)	2.67 / 2.68
	중간값	5,105 (11.1%)	323 (0.7%)	0.09 / 0.12

최대허용오차범위를 만족하는 것으로 파악되어 84.4% 및 98.2%의 격자가 수치지도 도면축척별 최대허용오차 범위를 만족하는 정규격자형식의 자료를 이용한 결과에 비하여 상대적으로 좋은 결과를 보이고 있다. 뿐만 아니라 LiDAR 원시자료를 이용한 결과에서는 오차의 표준편차가 0.12m로 파악되어 1:1,000 수치지도의 표고값 표준편차의 허용범위를 만족하는 반면 격자형식 자료를 이용한 결과에서는 표준편차가 0.22m로 1:5,000 수치지도의 표준편차 허용범위는 만족하였으나 1:1,000 수치지도의 허용범위는 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

최소값 필터링 적용결과에서는 격자자료를 이용한 결과에서 18.5%, 4.4%, LiDAR 원시자료를 이용한 결과에서 65.0% 59.5%, 평균값 필터링 적용결과에서는 각각 40.2%, 33.5% 및 38.8%, 30.4%가 각각 도면축척별 수치지도의 최대 표고허용오차를 만족하지 못하는 결과를 나타냈다. 또한, 격자자료를 이용한 최소값 필터링 결과에서 1:5,000 수치지도의 최대허용오차를 만족하는 격자가 전체의 95.6%로 좋은 결과를 보이고 있으나 오차의 표준편차가 0.61m로 1:5,000 수치지도의 표고값 표준편차의 허용범위에 미치지 못하는 결과를 나타냈다.

이와 같은 결과는 3.4절의 필터링에 의한 지면정보 추출결과에 대한 정성적 평가를 정확하게 반영하고 있어 필터링기법에 있어서는 중간값 필터를 사용하는 것이 보다 현실에 가까운 표고값을 얻을 수 있다고 판단되며, 또한 자료형식에 있어서는 벡터형식의 LiDAR 원시자료

를 사용함으로써 최종적으로 추출된 지면정보의 정확도를 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구는 정규격자형식으로 변환된 DSM 및 벡터형식의 LiDAR 원시자료에 경계검출 및 각종 필터링 기법을 적용하여 지면정보를 추출함으로써 DEM을 구축하고 결과를 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 영상처리기법을 적용함에 있어 정규격자형식 자료에 사용되는 회선기법의 회선창을 대신하여 버퍼 폴리곤을 이용하는 방법을 통하여 벡터형식의 LiDAR 원시자료에 경계검출 및 필터링 기법을 직접 적용하였으며 경계 포인트를 검출하고 필터링을 수행하였다.

둘째, 경계검출 알고리즘에 의하여 검출된 경계에 대한 필터링을 통하여 지면정보를 추출하였으며 적용된 필터링 기법에 대한 정확도 평가 결과 중간값 필터를 적용함으로써 가장 현실에 가까운 지면정보를 취득할 수 있었다.

셋째, 자료형식에 따른 DEM 추출 정확도 평가 결과 정규격자형식으로 변환된 자료보다는 벡터형식의 LiDAR 원시자료로부터 직접 추출하는 것이 보다 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

이근상, 고덕구, 김우구 (2004), 수치지형도를 활용한 홍수지도 제작용 지형자료의 효과적인 구축 방법 연구, 한국지리정보학회지, 한국지리정보학회, 제 7권, 제 1호, pp. 52-61.

이근상, 최연웅, 조기성 (2006), DEM 기반 조합 방법에 의한 경사도 평가기법의 제안, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 26권, 제 6호, pp. 1019-1023.

이동천, 정형섭, 임새봄, 염재홍 (2008), 디지털 영상처리 기법에 의한 LiDAR 표고 영상으로부터의 건물추출 및 지붕상부구조물 분할, 2008 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 129-132.

최연웅, 조기성 (2007), Entropy 이론을 이용한 LiDAR 자료 분류기법 연구, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 27권, 제 2호, pp. 225-231.

최윤수, 한상득, 위광재 (2002), 도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가, 한국측량학회지, 한국측

- 량학, 제 20권, 제 2호, pp. 23-32.
- 최형일, 이근수, 이양원 (1997), 영상처리 이론과 실제, 홍릉과학출판사, 서울, pp. 100-117.
- 최연웅, 이근상, 채효석, 조기성 (2005a), 평균필터기반 항공레이저측량 자료의 지면정보 추출기법, 한국지리정보학회지, 한국지리정보학회, 제 8권, 제 4호, pp. 61-70.
- 최연웅, 조기성 (2005b), 도시지역 LiDAR DSM으로부터 DEM추출기법 연구, 한국지형공간정보학회논문집, 한국지형공간정보학회, 제 13권, 제 1호, pp. 19-25.
- 한수희, 허준, 김성훈 (2008), 대용량 항공 레이저 측량 데이터의 병렬처리 기법, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 111-116.
- Baltsavias, E. P. (1999), Airborne laser scanning : existing systems and firms and other resources, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol.54, pp. 164-198.
- Choi, Y. W., Jang, Y. W., Lee, H. J., Cho, G. S. (2008), Three-Dimesional LiDAR Data Classifying to Extract Road Point in Urban Area, *IEEE geoscience and remote sensing letters*, Vol. 5, No. 4, pp. 725-729.
- Shi, W. Z., Li, Q. Q., and Zhu, C. Q. (2005), Estimating the propagation error of DEM from higher-order interpolation algorithm, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No. 14, pp. 3069-3084.
-
- (접수일 2009. 9. 22, 심사일 2009. 10. 16, 심사완료일 2009. 10. 23)