

# LIDAR 자료를 이용한 DTM 생성 정확도 평가

## Accuracy Assessment of DTM Generation Using LIDAR Data

유환희<sup>1)</sup> · 김성삼<sup>2)</sup> · 정동기<sup>3)</sup> · 홍재민<sup>4)</sup>

Yoo, Hwan Hee · Kim, Seong Sam · Chung, Dong Ki · Hong, Jae Min

### Abstract

3D models in urban areas are essential for a variety of applications, such as virtual visualization, GIS, and mobile communications. LIDAR (Light Detection and Ranging) is a relatively new technology for obtaining Digital Terrain Models (DTM) of the earth's surface since manual 3D data reconstruction is very costly and time consuming. In this paper an approach to extract ground and non-ground points data from LIDAR data by using filtering is presented and the accuracy for generating DTM from ground points data is evaluated. Numerous filter algorithms have been developed to date. To determine the performance of filtering, we selected three filters which are based on the concepts for height difference, slope, and morphology, and also were applied two different data acquired from high raised apartments areas and low house areas. From the results it has been found that the accuracy for generating DTM from LIDAR data are 0.16 m and 0.59 m in high raised apartments areas and low house areas respectively. We expect that LIDAR data is used to generate the accurate DTM in urban areas.

Keywords : Light Detection and Ranging, Digital Terrain Model, Filtering, Ground points, Non-ground points

### 요 지

가상공간 시현이나 GIS 및 이동통신과 같은 다양한 응용분야에 정확한 3차원 도시모델은 기본적인 자료가 되고 있다. 수동적인 3차원 자료 구축은 시간과 경비측면에서 비효율적이기 때문에 LIDAR는 DTM을 취득하는데 새로운 기술로 각광받고 있다. 본 연구에서는 필터링을 이용하여 지면과 비지면점을 추출하기 위한 방법을 제시하였고, 지면점으로부터 DTM을 생성하여 정확도를 평가하였다. 그 동안 많은 필터기법들이 개발되어 왔지만 필터링의 자료처리특성을 분석하기 위해 높이차에 근거한 필터, 경사에 근거한 필터, 모폴로지에 근거한 필터 등 3가지 필터를 선택하고, 고층아파트지역과 저층주거지역에 적용하여 정확도를 평가하였다. 그 결과, LIDAR자료로부터 취득된 DTM의 정확도는 고층아파트지역에서 0.16m, 저층아파트지역에서 0.59m로 나타났으며, 도시지역의 정밀DTM 생성에 있어서 LIDAR자료의 활용이 기대된다.

핵심용어 : LIDAR, DTM, 필터링, 지면점, 비지면점

## 1. 서 론

3차원 정보에 대한 요구가 증대되면서 다양한 3차원 정보취득시스템이 개발되고 있다. 최근 LIDAR 시스템에 의한 3차원 지형정보취득이 수행되면서 LIDAR자료로부터 지모 및 지물에 대한 정보취득기술 개발에 관심이 모

아지고 있다. Vosselman(2000)은 LIDAR관측점 중 한 점을 선정하여 그 점과 특정 거리에 있는 주위점을 비교하여 임계값 이상의 경사가 있을 경우 그 점을 비지면점으로 인식하고 제거하는 방식으로 LIDAR 자료에서 지모를 분리하는 기법을 제시하였다. Axelsson(2000)은 도시지역에서 지면점을 추출하기 위해서 Adaptive TIN 방법을

1) 연결저자 · 정회원 · 경상대학교 공과대학 건설공학부 도시공학전공 교수, ERI(E-mail:hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)

2) 경상대학교 대학원 도시공학과 박사과정(E-mail:kimss333@netian.com)

3) 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정(E-mail:one2ne@nate.com)

4) (재)석곡관측기술연구원(E-mail:alssille@sog.or.kr)

제안하였는데, 자료처리는 먼저 원시자료에서 지면점을 분리하고 다음 단계로 비지면점을 필터링하여 필요한 정보만을 취득하는 처리과정을 제시하였다. 특히 건물의 추출은 그 구조가 형태적으로 복잡하기 때문에 하나의 기법으로는 원하는 성과를 얻기가 힘들기 때문에 건물 추출은 여러 가지 알고리즘의 조합과 반복적인 방법을 통해 원하는 자료를 추출해내는 방법을 사용하였다. Sithole 등(2003)은 “ISPRS Comparison of Filters” 보고서에서 8개의 필터링 기법을 선정하고, 8개의 지역에 15개의 샘플 자료를 선정하여, 각각의 필터링에 적용해보고 그 정확도를 평가하였다. Keqi(2003)은 자료의 형태적 특성을 이용한 모폴로지 기법을 개선한 “Progressive Morphological Filter”를 이용하여 LIDAR 자료를 지면과 비지면점으로 분류하였다. 이 필터링 기법은 필터링을 위한 변수인 블록의 크기와 높이 차이에 대한 임계값을 결정할 때 사용자의 경험적인 정보가 필요하다는 한계점이 있다. 최승식(2004)은 Pseudo-Grid 기법을 이용하여 가상 격자를 생성하고, “지물의 양쪽 가장자리는 인접한 지면으로부터 급격한 높이차를 가진다”는 특성을 이용해서 필터링을 구현하고 LIDAR 자료에 적용하여 필터링의 분류정확도를 평가하였다. ETRI(2004)에서는 LIDAR 자료의 높이값 변화를 분석하여 지면과 비지면점을 분류하기 위한 필터링 기법을 ISPRS(2003)에서 제시한 샘플자료에 적용하여 특성을 분석하였다. 또한, 정동기 등(2005)은 필터링 기법을 이용한 LIDAR 자료로부터 DTM 추출에 대한 연구를 수행하여 필터링 기법의 특성을 분석하였다. 최윤수(2002)는 도화원도와 LIDAR DEM의 정확도를 평가함으로써 LIDAR 자료의 활용성을 평가하였다.

본 연구는 지면점과 비지면점을 분리하기 위해서 사용되는 필터링 기법 중 LIDAR 자료의 높이값 변화를 이용하는 방법, 모폴로지(Morphology) 기법, 경사값을 이용하는 방법으로 크게 3가지로 구분하여 각각에 대해 1개씩 필터링 기법을 선정하고 이들 기법을 고층아파트지역과 저층주택지역에 적용하고 결과를 분석하여 도시지역 DTM 생성에 대한 정확도를 평가하는데 목적을 두고 있다.

## 2. 지면과 비지면점을 분류하기 위한 필터링 기법

필터링은 자료의 특성을 이용해서 특정한 정보만을 추출하는 과정이다. LIDAR 자료는 그림 1과 같이 3차원

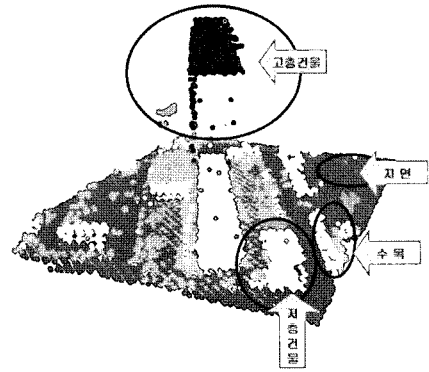


그림 1. LIDAR 자료점의 분포

위치를 나타내는 포인트 자료로 이루어져 있다. 그림과 같은 자료에서 지로나 건물 등의 필요한 정보를 추출해내기 위해서 필터링 기법을 적용하며, 최근 다양한 필터링 기법에 대한 연구가 최근 활발하게 진행되고 있다. 이들 필터링 기법 중 자료점의 높이값의 차이 변화를 분석하여 지면과 비지면점을 구분하는 방법과 자료점의 높이값의 차를 경사값으로 계산하여 분석하는 방법, 그리고 모폴로지 개념에 의한 필터링 기법에 대해 각각 한 개씩 필터링 기법을 선정하여 연구 대상지역에 적용하고 그 특성을 분석하였다.

### 2.1 ETEW 필터(Elevation Threshold Expanding Window Filter)

LIDAR 자료를 처리하기 위해서 여러 가지 필터링 방법이 제안되었지만 LIDAR 자료 자체만을 이용할 경우 이용할 수 있는 가장 큰 특성은 포인트 자료간의 높이차이라고 할 수 있다. ETEW 필터는 특정 영역내에 있는 관측점의 높이값 중에서 최소값을 찾고, 그 찾은 최소값과 영역내의 관측점의 높이를 비교하고 그 비교한 값이 특정 임계값보다 클 경우 그 관측점을 비지면점으로 분류하는 방법이다(그림 2).

그림 2에서 식 (1)과 같은 조건식을 이용해서 지면과 비지면점을 판단하고, 임계값은 식 (2)에 의해서 결정된다.  $Z_{ij}$ 는 윈도우 영역내의 임의의 점,  $Z_{k_{ws} \min}$ 는 반복횟수  $k$ 에서의 윈도우 영역내의 최소높이 값이다.  $s$ 는 대상 지역의 최대경사이고,  $w_k$ 는 반복횟수  $k$ 번째의 윈도우의 크기이다. 최초 윈도우의 크기를  $2 \times 2$ 로 설정하고, 점차적으로 윈도우를 증가시키면서 반복적으로 연산을 수행하게 된다. 반복적인 연산을 통해서 비지면점이 점차적으로

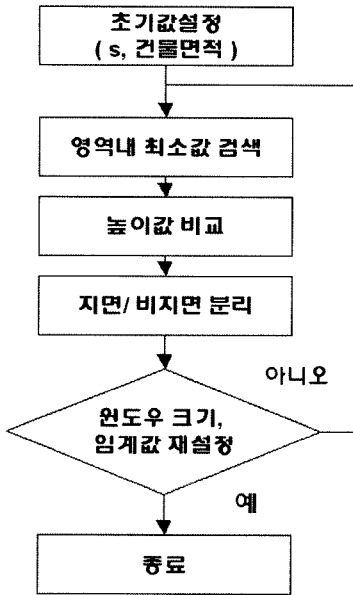


그림 2. ETEW 필터의 자료처리 흐름

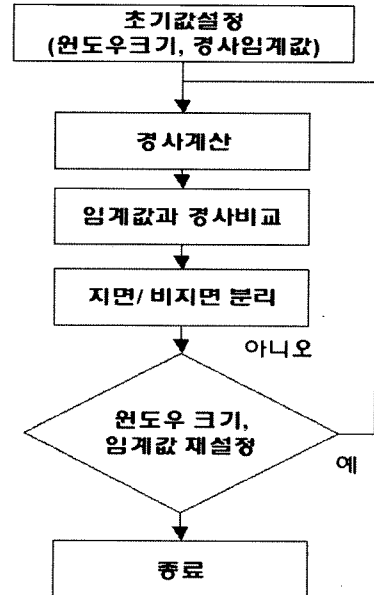


그림 3. MLS 필터의 자료처리 흐름

제거된다(Keqi Zhang, 2005).

$$Z_{ij} - Z_{kws \min} > Th_k \quad (1)$$

$$Th_k = sw_k \quad (2)$$

### 2.2 MLS 필터(Maximum Local Slope Filter)

이 방법은 주위점들과의 경사값 특성을 이용한 방법으로서 특정영역내의 한 점과 특정 영역내에 있는 점간의 경사를 구하고, 그 경사값이 특정 임계값의 경사값보다 클 경우 그 점은 지면점으로 분류하는 방법이다(Sithole 등, 2000). 초기에 윈도우의 크기와 경사한계를 설정하고 윈도우의 크기를 증가시켜가면서 연산을 반복적으로 수행하면 점차적으로 비지면점이 제거된다(그림 3).

### 2.3 모폴로지 필터(Morphological\_Filter)

모폴로지는 자료의 형태학적 특성을 이용하는 방법으로 영상처리 분야에서 다양한 형태로 이용되고 있다. 모폴로지는 침식과 팽창연산을 이용하는데, 침식이나 팽창연산을 단독으로 사용하기도 하지만 두 연산의 적절한 조합으로 데이터를 처리하기도 한다. 침식 후 팽창연산을 수행하는 방법을 제거(opening)연산, 팽창 후 침식연산을

수행하는 방법을 채움(closing)연산이라고 한다. 모폴로지 연산에 사용되는 팽창연산, 침식연산, 제거연산을 기호로 나타내면 각각 식 (3), (4), (5)와 같다.

$$A \oplus B = \{x | [(B)_x \cap A] \subseteq A\} \quad (3)$$

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq A\} \quad (4)$$

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (5)$$

본 연구에서는 모폴로지의 제거 연산의 원리를 이용하여 LIDAR 자료의 비지면점을 제거하였다. 모폴로지 필터링은 고정된 크기의 윈도우를 적용할 경우 다양한 형태의 개체들을 제거하기 어렵다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 반복적으로 제거연산을 수행하면서 동시에 윈도우의 크기를 증가시켜가면서 연산을 수행하였다(Keqi 등, 2003). 윈도우의 크기를 다양하게 적용함으로써 나무나 자동차 등의 작은 개체와 함께 면적이 넓은 건물까지 다양한 비지면에 대해서 필터링의 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다. 이렇게 필터링을 통해서 비지면점이 제거된 자료를 원시 자료와 비교해서 자료값이 임계값 이상의 차이가 날 경우 그 점을 비지면점으로 분류하였다(그림 4).

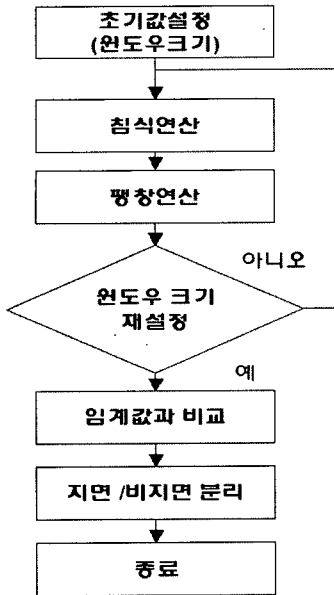
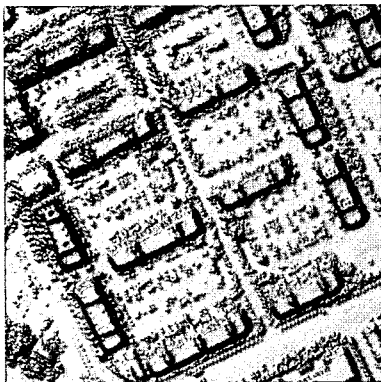


그림 4. 모폴로지 필터의 자료처리흐름

### 3. 연구 대상지 선정 및 자료처리

#### 3.1 연구 대상지 선정

본 연구에서 사용한 자료는 한진정보통신(주)의 Optec 사 ALTM3070시스템을 이용해서 취득한 자료이다. 대상지는 경남 마산시 일원으로 2004년에 관측된 자료이며, 필터링을 적용할 대상지역은 고층아파트가 주를 이루는 고층아파트지역과 경사와 언덕이 있고 저층주택이 밀집한 주거지역을 선정하였다(그림 5).



(a) 고층아파트지역



(b) 저층주거지역

그림 5. 대상지역

표 1. 대상지역 자료현황

구 분	셀수	셀크기	면적
고층아파트 지역	513×513	0.5m	65,792m <sup>2</sup>
저층주거지	513×513	0.5m	65,792m <sup>2</sup>

#### 3.2 자료처리 흐름

LIDAR 시스템은 직접적으로 지표면의 3차원 포인트를 획득하기 때문에 최초의 LIDAR 자료는 (X,Y,Z)의 불규칙적인 포인트 형태로 이루어져 있다. 이러한 LIDAR 자료의 처리 과정은 크게 불규칙적인 포인트 자체를 이용하는 방법과 전처리 과정으로 래스터의 정규격자 형태로 변환하여 처리하는 방법 두가지로 나눌 수 있다. 포인트 자료를 그대로 이용할 경우 격자형태로 변환하여 자료를 처리하는 것에 비해 자료의 손실을 줄일 수 있다는 장점이 있지만 자료의 형태가 불규칙적이기 때문에 처리과정이 복잡해진다. 이에 비해 정규격자 자료는 변환과정에서 손실이 생기지만 자료처리를 쉽게 할 수 있는 장점이 있다. LIDAR자료는 다양한 방법으로 처리할 수 있지만 본 연구에서는 먼저 불규칙적인 LIDAR자료를 점밀도를 고려하여 0.5m 간격의 정규격자 자료로 변환하고, 3가지의 필터링 기법을 이용하여 지면/비지면점을 분류하였다. 필터링을 통해 분류된 지면점을 이용해서 생성한 DTM과 기준자료로 생성한 DTM을 비교하여 그 정확도를 평가하였다. 전체적인 자료의 처리 흐름은 다음과 같다.

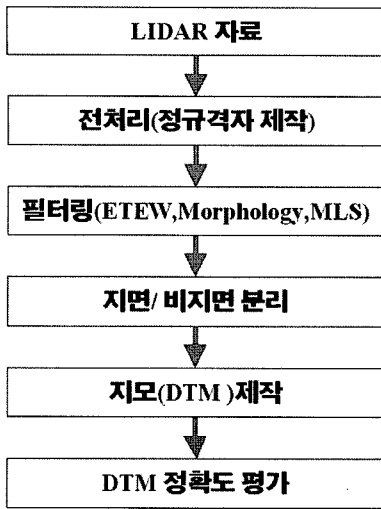


그림 6. 연구흐름도

## 4. 기준자료 작성 및 필터링 결과 분석

### 4.1 기준자료 작성

기준 자료는 수치지도, 위성영상, 자료 취득당시 촬영된 디지털 항공영상, 현장조사 결과를 근거로 해서 지면과 비지면점을 수동적으로 분류하여 제작하였다. LIDAR 자료와 수치지도, 항공영상 및 현장조사 등에서 얻어진 정보를 비교하면서 시각적 판단에 의해 지물에 대한 요소

를 LIDAR자료로부터 비지면점으로 분류하여 지면점과 비지면점에 대한 기준자료를 작성하였다. 기준자료는 고층아파트 지역의 경우 지면점이 60%, 비지면점이 40%로 나타났고, 저층 주거지역의 경우 지면점이 62%, 비지면점이 38%로 나타났다.

### 4.2 필터링 결과 분석

#### 4.2.1 고층아파트지역 결과 분석

아파트 지역에서 제거해야 할 대상물은 아파트 외에 단지내에 있는 수목, 주차된 자동차, 도로 등을 들 수 있다. 아파트 지역은 건물과 지면과의 높이차가 명확하고 건물의 경계가 직선이어서 다른 지역에 비해서 비교적 쉽게 건물이 추출되었다. 그림 9에서 보듯이 3가지 필터링 모두 건물영역이 뚜렷하게 추출된 것을 볼 수 있다. ETEW와 MLS 필터는 아파트 지역에서는 건물뿐만 아니라 단지내의 나무, 자동차도 제거된 것을 볼 수 있어서 작은 지물에 대해서도 다소 민감하게 추출되는 경향을 보여주고 있다. 또한 모폴로지 필터의 경우도 건물을 명확하게 분리했으며 자동차나 나무와 같은 작은 개체는 다른 필터에 비해 덜 민감하게 분류하는 특성을 보여주었다. 그림 9는 3가지 필터의 적용결과를 시각적으로 보여주고 있다.

필터링한 결과는 임계값을 변화시키면서 기준자료와 비교하여 전체 오류가 가장 작은 경우를 찾아내고 그때의 지면과 비지면의 분류값을 이용하여 DTM을 생성하였다.

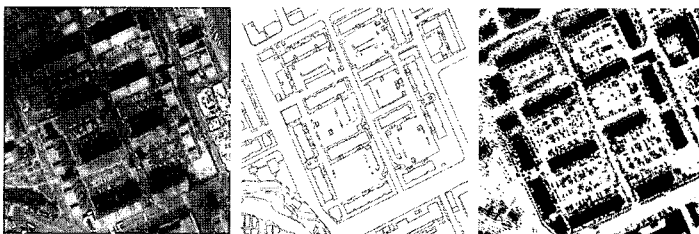


그림 7. 고층아파트지역 기준자료

	셀수	백분율(%)
지면점	157,393	60
비지면점	105,776	40

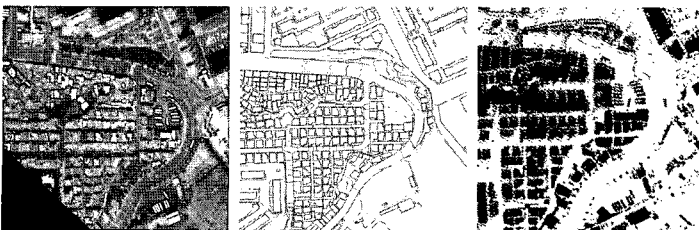
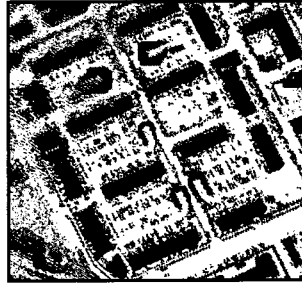


그림 8. 저층주거지역 기준자료

	셀수	백분율(%)
지면점	163,941	62
비지면점	99,228	38



(a) ETEW 필터



(a) ETEW 필터



(c) MLS 필터

그림 9. 고층아파트지역 적용결과

필터링에 의한 지면 및 비지면요소 추출에서 두가지 유형의 분류오류가 발생하며, 이들 오류는 지면이 비지면으로 분류되는 오류(Error\_I), 비지면이 지면으로 분류되는 오류(Error\_II), 또한 전체오류(Total\_Error)로 구분된다.

본 연구에서는 그림 10, 11, 12에서와 같이 고층아파트

지역에 대해 Error\_I, Error\_II, Total\_Error이 분석되었다. 고층아파트지역의 경우 ETEW 필터는 임계값이 0.3m일 때 5.5%, 모폴로지 필터의 경우 임계값이 1.1m일 때 8.6%, MLS의 경우 1.1m 일때 5.5%로 가장 적은 Total\_Error가 발생하였다.

표 2는 전체오류가 최소인 경우 필터링을 통해 분리된 지면과 비지면점의 비율을 나타내었다. ETEW 필터의 경우 지면점이 56%, 비지면점이 44%, 모폴로지 필터의 경우 63%, 37%, MLS 필터의 경우 53%, 47%로 나타났으며 기준자료가 60%, 40%인 것을 고려할 때 전반적으로 비슷한 결과를 나타내고 있다.

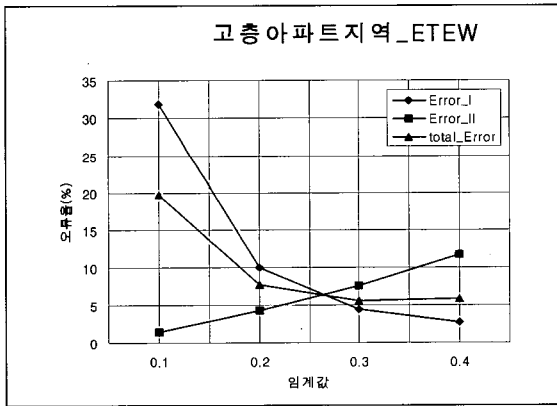


그림 10. ETEW 필터의 오류현황(고층아파트지역)

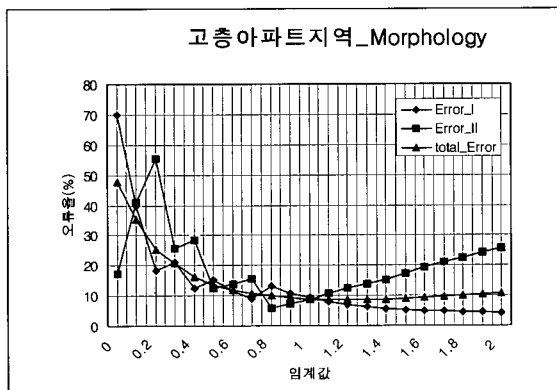


그림 11. 모폴로지 필터의 오류현황(고층아파트지역)

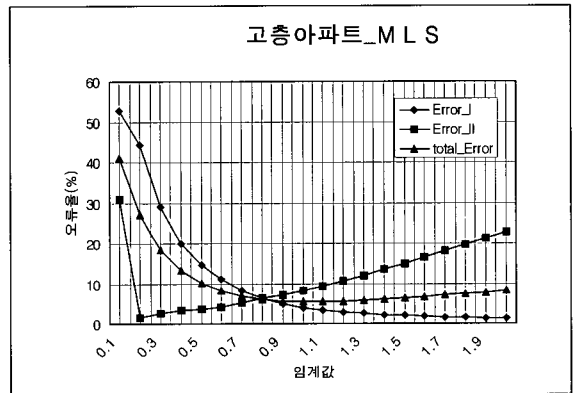


그림 12. MLS 필터의 오류현황(고층아파트지역)

표 2. 필터종류에 따른 고층아파트지역의 지면과 비지면점 비율(단위: %)

구분	기준자료	ETEWE	모폴로지	MLS
지면점	60	56	63	53
비지면점	40	44	37	47



(a) ETEW 필터



(b) 모폴로지 필터



(c) MLS 필터

그림 13. 저층주거지역 적용 결과

#### 4.2.2 저층주거지역 결과 분석

저층 주거지역은 저층의 주택이 밀집해 있는 지역으로, 주택사이에는 좁은 통로가 나 있고, 오른쪽은 도로와 도로주변에 가로수가 줄지어 있다. 저층주거지역에서 주로 제거할 지물은 저층의 주택과 도로 주변의 가로수이다. 필터링 결과, 필터링방법에 따라 결과의 차이가 고층아파트지역에 비해 다소 큰 것으로 나타나고 있다.

고층 아파트 지역과 마찬가지로 기준자료와의 비교해 전체오류가 최소인 경우를 찾아내고 그 때의 지면과 비지면의 값을 이용해서 DTM을 생성하였다. 저층주거지역의 경우 그림 14, 15, 16에서와 같이 Total\_Error가 ETEW 필터의 경우 임계값이 0.4m 일 때 9.4%, 모폴로지 필터의 경우 2.1m 일 때 10.2%, MLS 필터의 경우 1.4m일 때 10%로 가장 작은 오류를 나타냈다.

전체 오류가 가장 작은 경우의 지면과 비지면의 값을 보면, ETEW 필터는 지면과 비지면점의 비율이 각각 48%, 52%로 분류되었으며, 모폴로지 필터의 경우는 55%, 45%,

MLS 필터의 경우 45%, 55%의 비율로 지면과 비지면점이 분류되었다. 고층아파트지역에 비해서 필터링간의 지면과 비지면점의 분류 비율이 10%이상 차이가 발생하는 것을 볼 수 있다. 이것은 저층 주택이 밀집해 있는 관계로, 주위의 건물간의 높이의 차이도 심하지 않고, 계단이

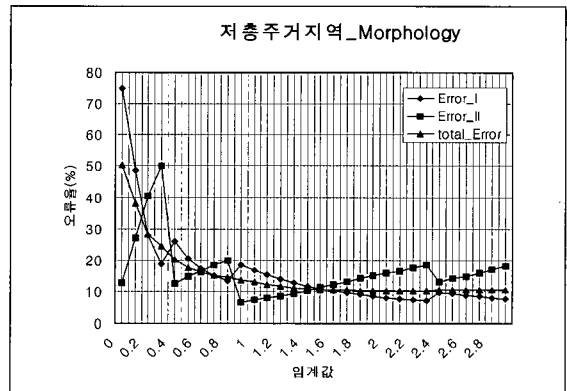


그림 15. 모폴로지 필터의 오류현황(저층주거지역)

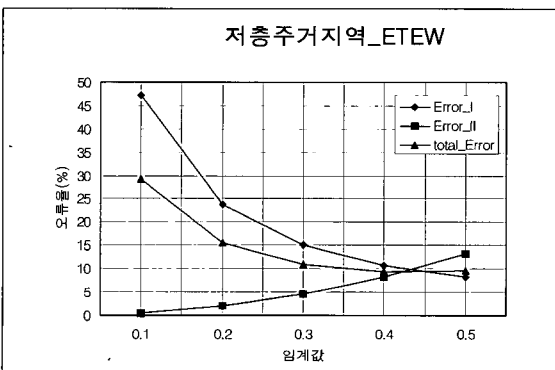


그림 14. ETEW 필터의 오류현황(저층주거지역)

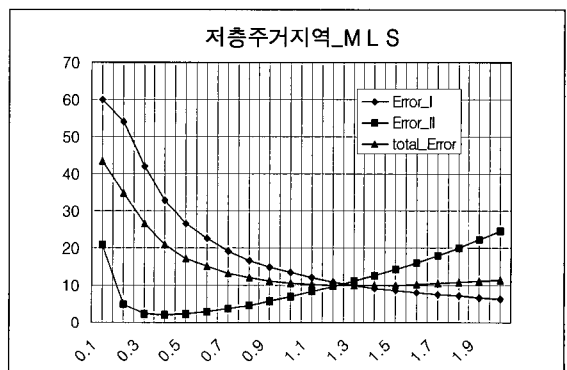


그림 16. MLS 필터의 오류현황(저층주거지역)

표 3. 필터종류에 따른 저층주거지역의 지면과 비지면점 비율(단위: %)

구분	기준자료	ETEW	모폴로지	MLS
지면점	62	48	55	45
비지면점	38	52	45	55

나 옹벽 등의 특이한 지상시설물들이 산재되어 있으므로 필터링에 의한 분류에 어려움이 있음을 알 수 있었다.

### 5. DTM생성 및 정확도평가

DTM의 정확도 평가는 현장조사와 항공영상을 이용하여 지물을 수동적으로 분류해서 제거한 후 기준DTM을 생성하여 필터링에 의해 생성된 DTM과 비교하였다. 이때 두 DTM간의 오차량을 확인하여 정확도를 평가하기 위해 전수비교를 하였다. 비지면요소들이 필터링에 의해 어느 정도 정확하게 자동제거 되었는지를 파악하기 위해 전수 비교방법을 사용하였다. 즉, 전수비교방법은 기준 DTM과 필터링에 의해 생성된 DTM간의 각각의 격자점에서 오차를 파악하는데 적합한 방법으로 판단되어 본 연구에서는 전수비교하여 DTM의 정확도를 평가하였다.

필터링 기법을 이용해서 분리된 지면 및 비지면점 중 비지면점을 제거하고 제거된 부분을 선형보간하여 DTM을 생성하였다. 그림 17은 고층아파트 지역에서 추출한 지면점을 이용하여 DTM을 생성하고 음영기복도로 나타낸 모습이다. 비지면점으로 지물이 제거된 부분은 주변의 높이값을 선형적으로 보간하는 방법으로 해당지역의 DTM을 생성하였다. 3개의 필터링 모두 공통적으로 지하주차장 입구와 지하계단 부분이 과도하게 검출되어 움푹 패인

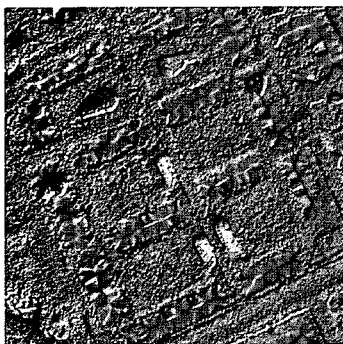
현상이 나타났으며, 제거되지 못한 작은 지물이 나타나는 현상을 보여주고 있다.

필터링을 통해 분류된 비지면점의 비율을 볼때 기준자료와 가까운 모폴로지 필터링 결과를 이용하여 제작한 DTM의 품질이 우수할 것으로 예상되었으나 그림 17에서 보듯이 오히려 모폴로지 필터가 시각적으로 거친 모양을 나타내는 것을 볼 수 있다. 이는 분류 결과에 비지면점이 지면점으로 분류되었거나, 지면점이 비지면점으로 분류된 오류가 포함 되어 있기 때문인 것으로 분석되었다.

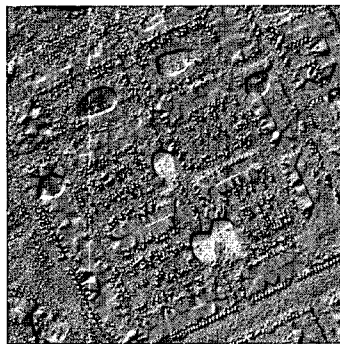
모폴로지 필터의 경우 지하 구조물, 지하주차장, 지하계단 부근이 다른 필터 보다 과도하게 분류되었으며 대상지의 자동차, 수목 등의 낮은 지물은 제대로 분류해 내지 못한 것을 볼 수 있다. 이와 같이 비슷한 비율의 오류가 지면과 비지면점에 포함되어 있어 전체적인 지면과 비지면점의 비율이 기준 자료와 비슷하게 나타난 것이다. 그리고 DTM 제작시 오류에 크게 영향을 미치는 오류는 비지면점이 지면점으로 잘못 분류된 오류이다. 모폴로지의 경우 이러한 오류가 다른 필터에 비해서 많이 포함되어 있어서 DTM 제작시 다른 필터링에 비해서 시각적으로 더 거칠게 나타난 것으로 분석되었다.

그림 18(b)는 비지면점인 자동차가 제거되지 않아서 그림 18(c)와 같이 DTM 생성에 영향을 미쳐 오류가 발생하는 것을 나타낸 그림이다. 그림 18(d)는 지하 주차장 부근의 오류를 나타낸 것이고, 그림 18(e)는 오류로 인해 잘못 제작된 DTM을 나타내었다.

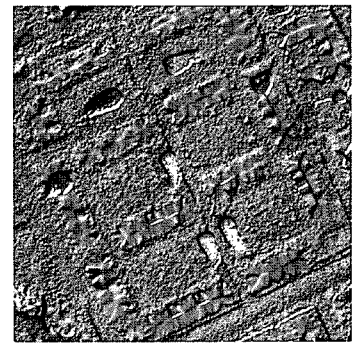
저층 주거지역의 경우 복잡한 지형지물을 많이 포함하고 있어 지면/비지면점의 추출시 기준자료와 비교해 약 10~20%의 차이가 났다. 저층주거지역에 나타난 오류는 주로 지면점이 과도하게 비지면점으로 검출된 오류이다.



(a) ETEW 필터



(b) 모폴로지 필터



(c) MLS 필터

그림 17. 고층아파트지역의 DTM



하지만 DTM 생성에 크게 영향을 주는 오류는 비지면점이 지면점으로 분류되는 경우이므로 DTM 생성결과 그림 18에서 볼 수 있듯이 시각적으로는 커다란 영향을 주지 않은 것을 볼 수 있다.

정량적인 평가는 항공사진, 수치지도, 현장조사 결과를

비탕으로 수동으로 제작한 기준 자료를 이용해서 만든 DTM과, 필터링 기법을 적용해서 생성한 DTM을 비교해서 기준 DTM과의 차이를 평균오차로 표시하였다. 즉, 기준 DTM자료는 항공사진과 현장조사과정에서 비 지면요소로 분류되는 것을 원시 Lidar 자료에서 수동으로 제거

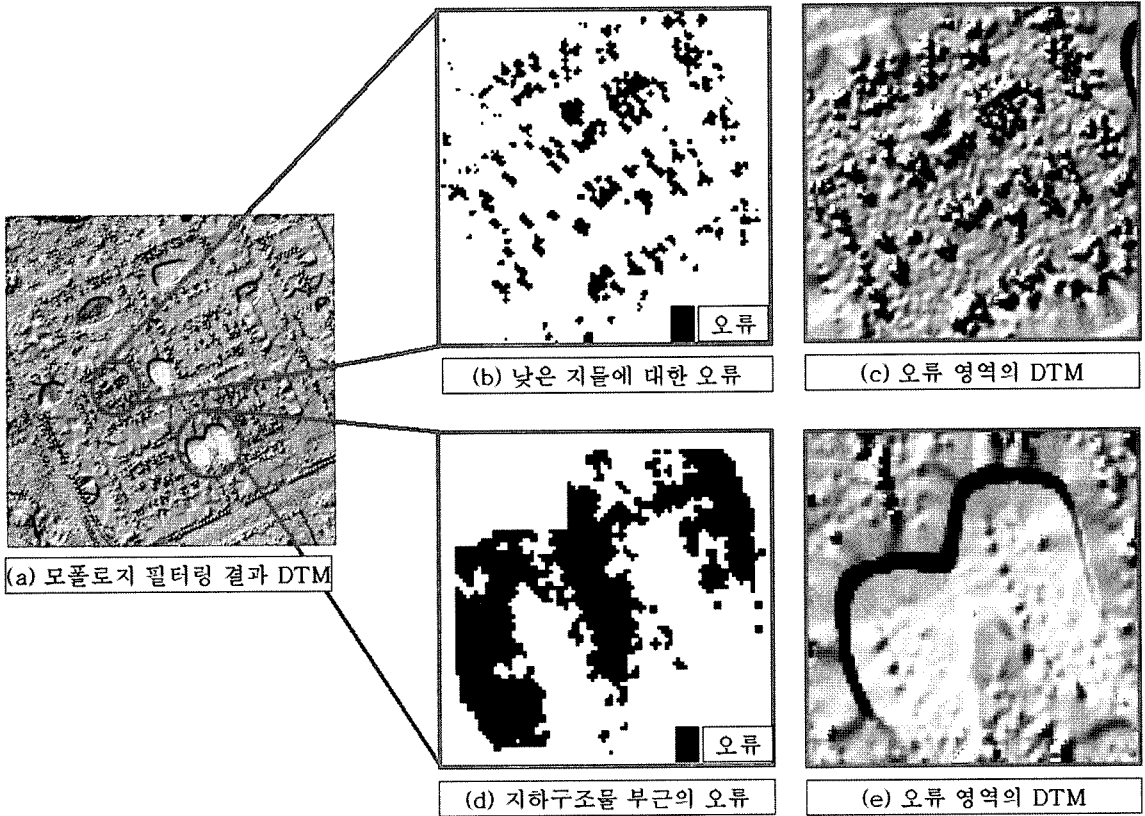


그림 18. 모폴로지 필터의 DTM 오류 분석

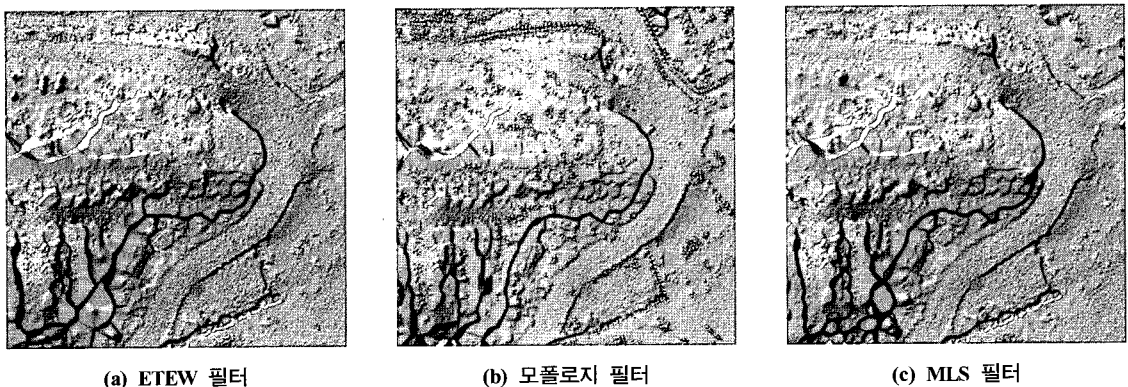


그림 19. 저층주거지역의 DTM

하고 난 후 DTM을 생성하였다. 그림 20에서 22는 고층 아파트지역 중 필터링 결과를 보여주기 위해 선택된 부분과 단면도를 보여주고 있다. 그림 21은 LIDAR 원시자료

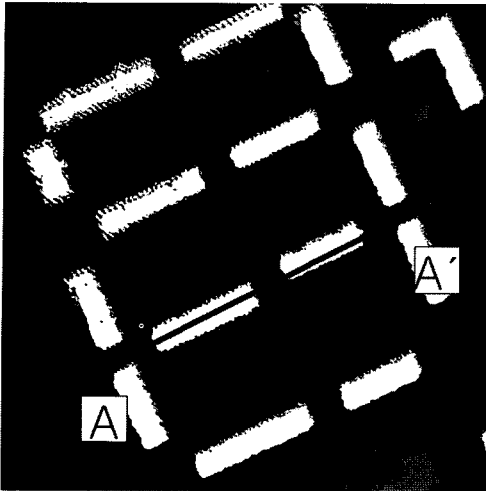


그림 20. 고층아파트지역 중 단면도(A-A)

를 이용하여 단면도를 작성한 것으로 아파트를 포함하여 상세한 비지면점들이 나타나고 있다. 또한 그림 22는 필터링에 의해 비지면점이 제거된 후의 DTM 단면도를 보여주고 있으며, 기준자료와 필터링 간의 자세한 변화를 보기 위해 세로 축척을 확대하여 표시된 것으로 3가지 필터링 모두 기준자료에 근접한 형상을 보여주고 있다.

그림 23에서 25는 저층주거지역 중 단면도를 작성하기 위해 선택된 지역과 단면도를 보여주고 있다. 그림 24는 저층주거지역의 단면도를 LIDAR 원시자료를 이용하여 나타낸 그림으로서 복잡한 지물분포상태를 보여주고 있다. 그림 25는 필터링을 적용한 후의 단면도를 나타내고 있으며 저층건물이 분리되고 지면의 형상만 남아 있는 것을 볼 수 있으나 복잡한 지물형태로 인하여 다소 불규칙한 단면 모양을 보여주고 있다.

정량적인 평가를 위해 기준자료의 DTM과 3가지 필터에 의해 생성된 DTM을 전수비교를 수행하였다. 즉, 항공사진이나 현장조사를 통해 분류된 비지면요소를 수동으로 분류하여 제거한 후 생성한 DTM과 필터링에 의해 자동

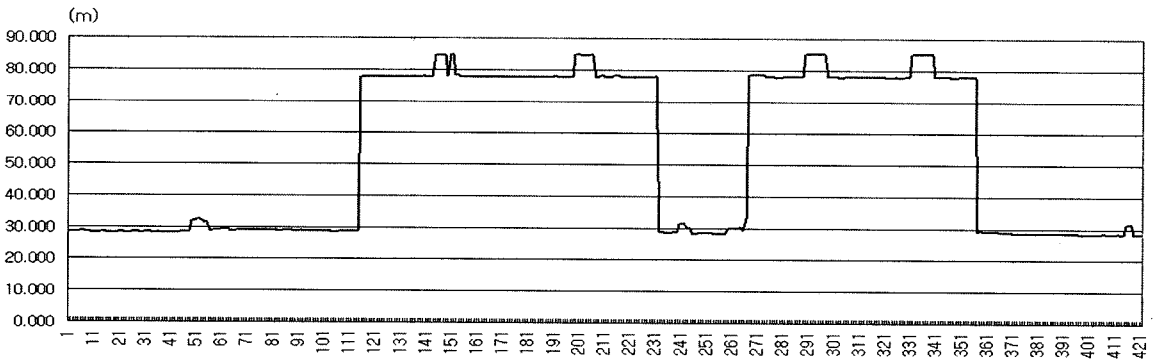


그림 21. 필터링 적용전의 고층아파트지역 단면도

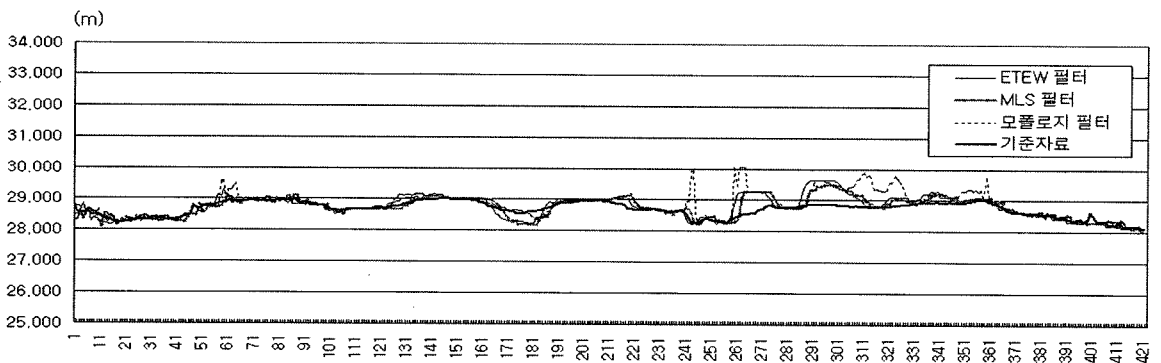


그림 22. 필터링 적용후의 고층아파트지역 단면도

으로 비지면요소가 제거된 DTM을 비교하여 발생된 오차를 계산하여 정확도를 평가하였다. ETEW필터의 경우 고층아파트 지역의 경우 평균오차가 약 0.13m이고, 저층주

거지역의 경우 평균오차가 0.64m이었다. 모폴로지 필터의 경우는 고층아파트 지역의 경우 평균오차가 0.22m, 저층주거지역의 경우 평균오차가 0.57m이었다. 또한 MLS필터의 경우 고층아파트 지역의 경우 오차가 0.12m, 저층주거지역의 경우 오차가 0.57m이었다. 3개 필터에 의해 생성된 DTM 오차에 대한 평균값을 보면 고층아파트의 경우 0.16 m이고 저층주거지역의 경우 0.59m로 나타났다.

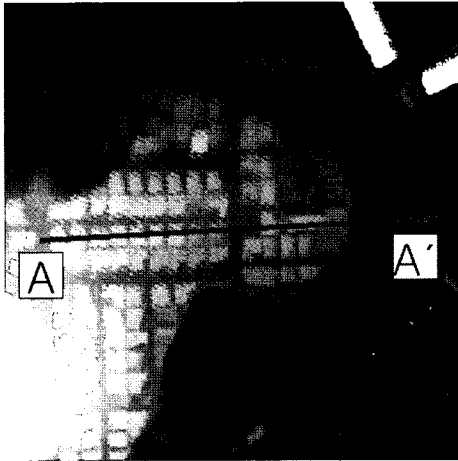


그림 23. 저층주거지역 단면도(A-A')

## 6. 결 론

본 연구에서는 LIDAR자료로부터 DTM을 생성하기 위

표 4. DTM생성 정확도 (단위: m)

필터	고층아파트지역 평균오차	저층주거지역 평균오차
ETEWS	0.13	0.64
모폴로지	0.22	0.57
MLS	0.12	0.57
평균	0.16	0.59

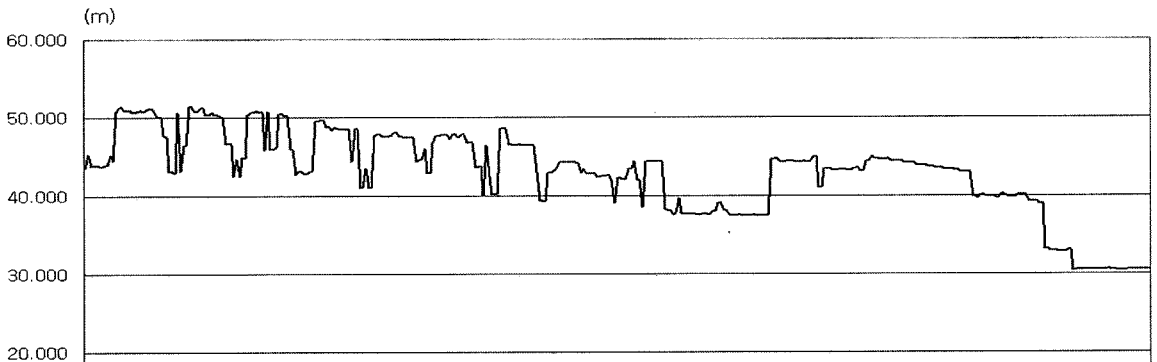


그림 24. 필터링 적용전의 저층주거지역 단면도

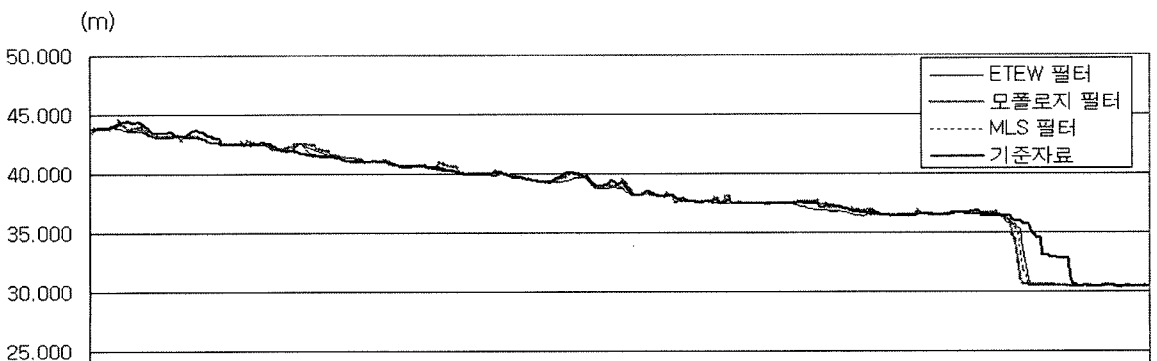


그림 25. 필터링 적용후의 저층주거지역단면도

## 참고문헌

해 3가지 필터를 선정하여 고층아파트지역과 저층주거지역에 적용하여 필터링의 특성을 분석하고 생성된 DTM의 정확도를 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 고층아파트지역의 경우 아파트의 높이가 주변건물에 비해 뚜렷하게 차이가 나서 아파트를 비지면점으로 분류하는데 3가지 필터가 동일하게 효율적으로 사용되었으며, 주차중인 자동차나 수목 등과 같이 작은 지물에 대한 분류오차가 필터들 간에 다소 차이가 있었으나 전반적으로 양호한 결과를 보여주었다. 그러나 저층주거지역의 경우 밀집한 건물간의 차가 뚜렷하지 않고, 필터링의 정확도도 낮게 나타났다.

둘째, DTM생성의 정확도를 평가하기 위해 항공영상과 수치지도 등을 이용하여 시각적 관독으로 LIDAR자료로부터 수동으로 지면점을 추출하여 기준 DTM자료를 생성하고, 필터링에 의해 생성된 DTM과 비교분석한 결과 고층아파트지역은 평균오차가 0.16m, 저층주거지역은 0.59m로 나타나서 도시지역의 정밀 DTM생성에 LIDAR자료의 활용이 기대된다.

## 감사의 글

이 논문은 한국건설교통기술평가원 건설기반기술혁신 사업에 의하여 연구된 결과의 일부로서 연구비지원에 감사드리며, 연구를 위해 Lidar자료를 제공하여 준 (주)한진정보통신에도 감사드립니다.

- 정동기, 구신희, 어재훈, 유환희 (2005), 필터링기법을 이용한 LIDAR 자료로부터 DTM 추출, 2005 GIS/RS 공동 춘계학술대회 논문집, pp. 355-361.
- 최승식(2004), 항공 라이다 데이터 필터에 관한 연구, 석사학위논문, 인하대학교.
- 최윤수, 한상득, 위광재 (2002), 도화원도를 이용한 LIDAR DEM의 정확도 평가, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 20권, 제 2호, pp. 127-136.
- ETRI (2004), 라이다 처리 기반기술 개발, 2004 고정밀 위성영상 처리기술 개발 보고서.
- Axelsson, P. (2000), DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models, In *IAPRS*, Amsterdam, Vol. 33, part B4, pp. 110-117.
- Keqi Z. and Shu-Ching C. (2003), A Progressive Morphological Filter for Removing Nonground Measurements From Airborne LiDAR Data, *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, pp. 872-882.
- Keqi Z. and Shu-Ching C. (2005), Comparison of Three Algorithms for Filtering Airborne Lidar Data, *PHOTOGRAMMETRIC ENGINEERING & REMOTE SENSING*, pp. 872-882.
- Sithole, G. and Vosselman, G. (2003), *ISPRS test on extracting DEMs from point clouds: a comparison of existing automatic filters*, ISPRS Technical Report, pp. 93.
- Vosselman, G. (2000), Slope based filtering of laser altimetry data, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXIII, Part B3, pp. 958-964.

(접수일 2005. 7. 30, 심사일 2005. 9. 7, 심사완료일 2005. 9. 26)