

## 필터링 기법을 이용한 LIDAR 자료로부터 DTM 추출

### DTM Extraction from LIDAR Data by Filtering Method

정동기<sup>1)</sup>, 구신회<sup>2)</sup>, 어재훈<sup>3)</sup>, 유환희<sup>4)</sup>

Chung, Dogn Ki, Goo, Sin Hoi, Eo, Jae Hoon, Yoo, Hwan Hee

- 1) 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정, E-mail : 1bigstone1@naver.com
- 2) 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정, E-mail : bumerang00@hanmail.net
- 3) 경상대학교 대학원 도시공학과 박사과정, E-mail : fresh-fish@hanmail.net
- 4) 경상대학교 건설공학부 도시공학전공 교수, E-mail : hhyoo@gsnu.ac.kr

#### 요 지

3차원 자료의 필요에 발맞추어 3차원 좌표를 직접적으로 획득할 수 있는 LIDAR 시스템이 등장하게 되었다. 항공 LIDAR 시스템은 항공기, GPS, INS, Laser Scanner가 통합된 시스템으로 항공기에서 발사된 Laser의 반사파를 이용하여 거리와 그 때의 항공기의 자세, 위치를 통합하여 직접적인 3차원 포인트 자료를 획득할 수 있다. LiDAR 데이터는 지형, 건물, 식생 등의 지면위에 있는 모든 객체에 대한 3차원 자료와 영상자료를 함께 제공하고 있다. 이러한 LIDAR 자료로부터 DEM, DTM 등의 지형 정보와 식목, 건물 등 지물 정보를 추출하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

본 연구에서는 지형을 추출하는데 사용할 수 있는 몇 가지 필터링기법을 선정하여 국내의 다양한 지모, 지물에 적용하고 그 정확도를 평가해 보았다.

#### 1. 서 론

3차원 정보 취득의 수요에 발맞추어 LiDAR 라는 혁신적인 시스템이 개발되었다. LiDAR는 레이저 펄스를 이용해서 직접적으로 지형·지물에 대한 3차원정보를 취득하는 시스템이다. LiDAR 시스템이 개발된 이후 LiDAR 자료를 효과적으로 처리하기 위해 많은 연구가 수행되었다.

Vosselman(2001)은 한점과 특정 거리에 있는 주위점을 비교하여 임계치 이상의 경사가 있을 경우 그 점을 비 지면점으로 인식하고 제거하는 방식으로 LiDAR 자료에서 지형을 분리하였으며, Axelsson(2000)은 도

시지역에서 지면점을 추출하기 위해서 Adaptive TIN 방법을 제안하였다. LiDAR 자료의 처리는 우선적으로 원시 지면점이 분리하는 연구가 수행되었으며 다음 단계로 비지면점에서 필요한 정보만을 취득하는 연구가 수행되었다. 특히 건물의 추출은 그 구조가 형태적으로 복잡하기 때문에 특정한 하나의 기법으로는 원하는 성과를 얻기가 힘들다. 이러한 이유로 건물 추출은 여러 가지 알고리즘의 조합과 반복적이 방법을 통해 원하는 자료를 추출해내는 방법을 이용한다.

본 연구에서는 지면점과 비지면점을 분리하기 위해서 주위점과의 높이차를 이용한 방

법, 경사를 이용한 방법, 모폴로지 특성을 이용한 방법을 각각 다양한 지형에 대해 비교해보고 분석해보았다.

## 2. 라이다 자료의 처리 과정

라이다 시스템은 직접적으로 지표면의 3차원 포인트를 획득하기 때문에 최초의 라이다 자료는 (X,Y,Z)의 불규칙적인 포인트 형태로 이루어져 있다. 이러한 라이다 자료의 처리 과정은 크게 불규칙적인 포인트 자체를 이용하는 방법과 전처리 과정으로 레스터의 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 처리과정의 구현을 용이하게 할 수 있는 장점이 있다.

라이다 자료의 처리는 여러 가지 형태의 처리과정이 있지만 가장 일반적인 자료의 처리과정은 그림과 같은 과정을 거쳐서 처리된다. 먼저 라이다 자료는 세그먼트와 분류과정을 거쳐서 필요한 자료를 추출하고, 추출한 자료를 사용목적에 맞는 처리과정을 거쳐 사용하게 된다.

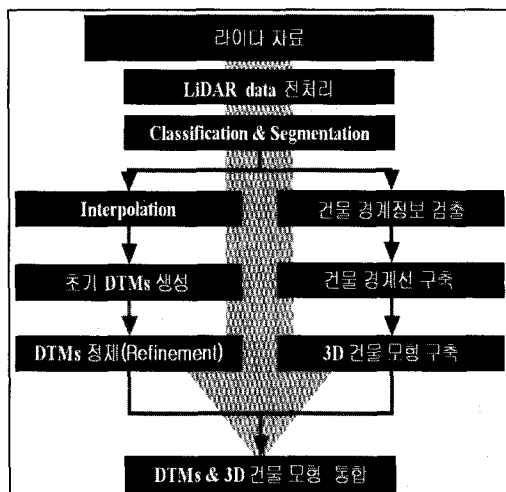


그림 1. 라이다 자료의 처리

## 2.1 라이다 자료의 전처리

본 연구에서는 필터링 적용을 위한 전처리 과정으로 포인트 자료를 정규격자 형태의 레스터 자료로 변환하였다. 그리드 간격은 LiDAR자료의 정밀도를 고려하여 0.5m로 설정하였다.

## 2.2 라이다 자료의 필터링

필터링은 라이다 자료의 특성을 이용하여 자료를 세그멘테이션 하거나, 필요한 자료를 추출해 내는 과정이다. 라이다 자료는 3차원의 포인트 자료이기 때문에 주위의 자료들과의 높이, 경사 등의 특성을 이용하여 필요한 자료를 추출해 낼 수 있다.

## 3. 필터링 기법의 종류

### 3.1 Elevation Threshold Expanding Window Filter(ETEWF)

LiDAR 자료를 처리하기 위해서 여러 가지 필터링 방법이 제안되었지만 라이다 자료 자체만을 이용할 경우 이용할 수 있는 가장 큰 특성은 포인트 자료간의 높이차이라고 할 수 있다.

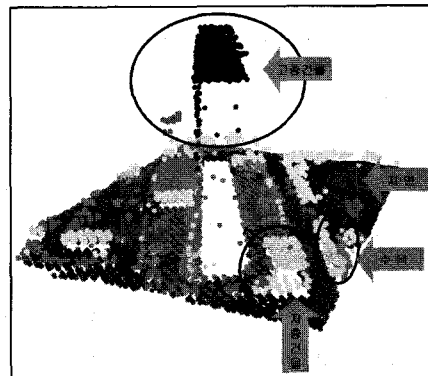


그림 2. LiDAR 자료점의 분포

ETEWF 방법은 특정 영역내에 있는 포인트의 높이값 중에서 최소값을 찾고, 그 찾은 최소값과 영역내의 포인트의 높이를 비교하고 그 비교한 값이 특정 임계치보다 클 경우 그 포인트를 비지면점으로 분류하는 방법이다.

$$Z_{ij} - Z_{k_{ws}min} > Th_k \dots\dots\dots(1)$$

위 식에서  $Z_{ij}$ 는 윈도우 영역내의 임의의 점이고  $Z_{k_{ws}min}$ 는 반복횟수  $k$ 에서의 윈도우 영역내의 최소높이 값이다. 임계값의 크기는 다음 식에 의해서 결정된다.

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

$s$ 는 대상지역의 최대경사이고,  $w_k$ 는 반복 횟수  $k$ 번째의 윈도우의 크기이다. 최초 윈도우의 크기를 2\*2로 설정하고, 점차적으로 윈도우를 증가시키면서 반복적으로 연산을 수행하게 된다. 반복적인 연산을 통해서 비지면점이 점차적으로 제거된다.

### 3.2 Maximum Local Slope(MLS) Filter

이 방법은 주위점과 경사적 특성을 이용한 방법이다. 마찬가지로 특정영역내의 한 점과 특정 영역내에 있는 점간의 경사를 구하고, 그 경사값이 특정 임계치의 경사보다 클 경우 그 점은 지면점으로 분류하는 방법이다.

$$SL = \frac{\Delta Z}{\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}}$$

if ( $SL_{mas} > Th$ ) then  $P_{ij} \in Nonground \dots\dots(3)$

### 3.3 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.

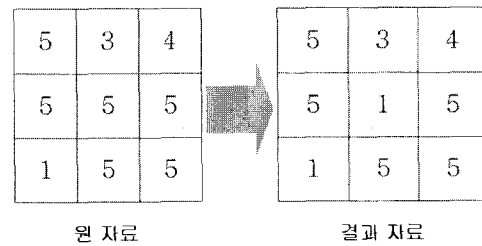


그림 3. 모폴로지 필터링의 원리

본 연구에서는 모폴로지의 제거 연산의 원리를 이용하여 LIDAR 자료를 비지면점을 제거하였다. 모폴로지 필터링은 고정된 크기의 윈도우를 적용할 경우 다양한 형태의 개체들을 제거하기 어렵다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 반복적으로 제거연산을 수행하면서 동시에 윈도우이 크기를 증가시켜 가면서 연산을 수행하였다. 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 데이터를 그대로 DTM으로 이용하는 것이 아니라, 비지면점이 제거된 데이터는 원본 데이터와 비교해서 데이터의 값이 임계값이상의 차이가 날 경우 비지면 변화가 생겼을 경우 그 점을 비지면점으로 분류하였다.

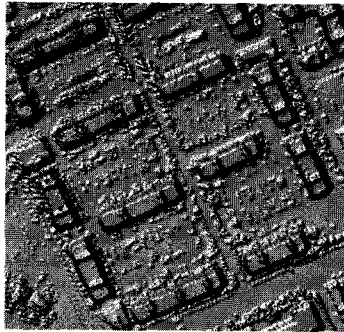
## 4. Test Data Sets

본 연구에서 사용할 자료는 2004년 Opect사의 ALTM3070시스템을 이용해서 획득한 자료로 2.8 point/m<sup>2</sup> 점밀도를 가지고 있다.

### 4.1 대상지역 특성

필터링을 적용할 대상지역은 크게 수목지역과 도심지로 나누어서 적용해 보았다. 도심지는 경남 마산시로, 2003년 태풍 '매미'로 인해 침수되었던 지역이고, 수목지역은 2004년 취득된 천안시의 독립기념관 지역이다. 도시지역은 다시 아파트가 많은 고층 건물 지역과 저층의 주택지역으로 나누어서

필터링을 적용하였다.



a. 아파트지역



b. 저층주거지역



c. 수목지역

그림 4. 필터링적용 대상지역

#### 4.2 아파트지역

아파트지역은 마산시 월영동의 한 아파트 단지를 선정하였다. 그림에서 보듯이 이 지역의 데이터는 대부분이 아파트이고, 아파트 지역 내에는 도로, 가로수, 자동차 등의 지물들로 구성되어 있다.

#### 4.3 저층주거지역

저층 주거지역은 낮은 주거 건물이 밀집

한 지역으로 오른쪽에 도로가 위치하고 밀집지역은 도로보다 높은 언덕지형으로 왼쪽으로 갈수록 지형이 점점 더 높아지는 지형적 특성을 가지고 있다.

#### 4.4 수목지역

수목지역은 아래쪽으로 완만한 경사를 이루고 경사를 따라 조밀하지 않은 숲의 형태를 이루고 있다.

표 1. 대상지역 자료현황

구 분	셀수	셀크기	면적
아파트 지역	474 × 469	0.5 m	55576m <sup>2</sup>
저층 주거지	524 × 531	0.5 m	69561m <sup>2</sup>
수목지역	645 × 633	0.5 m	102071m <sup>2</sup>

### 5. 대상지역에 필터링 적용

#### 5.1 아파트지역

아파트 지역에서 제거해야 할 대상물은 아파트 외에 단지내에 있는 수목, 주차된 자동차, 도로 등을 들수 있다. 아파트 지역은 건물과 지면과의 높이차가 명확하고 건물의 경계가 직선이어서 산지역이나 밀집지역에 비해 비교적 쉽게 건물이 추출되었다. 그림에서 보듯이 세가지 필터링 모두 건물영역이 추출된 것을 볼수 있다. 하지만 MLS\_Filter의 경우 건물지역이 과대하게 제거되는 현상이 일어났다. 그림에서 보듯이 ETEW 필터를 적용했을 경우 아파트 지역에서는 건물뿐만 아니라 단지내의 나무, 자동차도 효과적으로 제거된 것을 볼 수 있다. Mophology\_Filter는 건물은 명확하게 분리했지만 자동차나 나무같은 작은 개체는 제대로 분류해내지 못하는 것을 볼 수 있다. MLS\_Filter는 지면점의 손실이 너무 많아 아파트 지역의 필터링에는 적합하지 않

은 필터링인 것을 알 수 있다.



MLS\_Filter



ETEW\_Filter



Morphology\_Filter

그림 5. 아파트지역

표 2. 필터에 따른 아파트지역의 지면과 비지면 비율(%)

구분	ETEW	Mor.	MLS
지면	54	60	26
비지면	46	40	74

### 5.2 저층주거지역

저층 주거지역은 그림에서 보듯이 저층의 주택이 밀집해 있는 지역으로, 중앙의 주택 사이에는 좁은 통로가 나있고, 오른쪽은 도로와 도로주변에 가로수가 줄지어 있는 형

태이다. 이 지역에서 주로 제거할 지물은 저층의 주택지와 도로 주변의 가로수이다. 필터링 결과 그림에서 보듯이 ETEW\_Filter와 Morphology\_Filter가 데이터의 손실이 적으면서 밀집한 주택지를 잘 분류해 낸 것을 볼 수 있다.

표 3. 필터에 따른 저층주거지역의 지면과 비지면 비율(%)

구분	ETEW	Mor.	MLS
지면	45	50	26
비지면	55	49	74



ETEW\_Filter



Morphology\_Filter



MLS\_Filter

그림 6. 저층주거지역

### 5.3 수목지역

수목지역은 아래쪽으로 갈수록 경사를 이루고, 위쪽은 완만한 경사로 이루어진 지형이다. 이 지역에서 주로 분류해야 할 주요 지물은 수목이다. 그림에서 보듯이 필터링 결과 ETEW\_Filter와 MLS\_Filter는 경사진 지형을 대부분 비지면으로 분류한 것을 볼 수 있다. 이에 반해 Morphology\_Filter는 경사지에서 수목을

효과적으로 분류해낸 결과를 볼 수 있다.

표 4. 필터에 따른 수목지역의 지면과 비지면 비율 (%)

구분	ETEW	Mor.	MLS
지면	57	86	27
비지면	42	14	73



a. ETEW\_Filter



b. Morphology\_Filter



c. MLS\_Filter

그림 7. 수목지역

### 6. 결과분석

높이, 경사, 모폴로지 특성을 이용한 3가지 종류의 필터링 적용결과 고층 아파트에는 높이 특성을 이용한 ETEW 필터가 데이터의 손실을 최소화 하면서 고층의 건물과 수목을 효과적으로 제거하였으며, 저층형 주거지에서는 ETEW와 Morphology 필터가, 수목지역에 대해서는 Morphology 필터가 효과적이었다.

### 7. 결론

본 연구에서는 3가지의 필터링을 다른 유형의 라이다 자료에 적용해 보고 평가해 봄으로써 각각의 유형에 가장 적합한 필터링 기법을 분석하였으며, 분류된 지면요소를 이용하여 DTM을 생성함으로써 Lidar자료를 이용 3차원 지형복원 가능성을 제시하였다.

### 참고문헌

1. Yong Hu, 2003, Automated Extraction of Digital Terrain Models, Roads and Buildings Using Airborne Lidar Data,

2. Keqi Zang, Shu-Ching Chen, 2003 A Progressive Morphological Filter for Removing Nonground Measurements From Airborne LIDAR Data
3. Vosselman, G., 2000. Slope based filtering of laser altimetry data, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXXIII, Part B4:958-964
4. U. Weidner, 1995, Building Extraction from Digital Elevation Models