

# 도로의 차량 인식을 위한 LiDAR 자료 적용연구

최연웅<sup>1</sup> · 이근상<sup>2\*</sup> · 조기성<sup>1</sup>

## Utilizing LiDAR Data to Vehicle Recognition on the Road

Yun-Woong CHOI<sup>1</sup> · Geun-Sang LEE<sup>2\*</sup> · Gi-Sung CHO<sup>1</sup>

### 요 약

차량 인식의 문제는 교통관리나 차량검색 등의 분야에서 자동차가 포함하고 있는 중요한 정보를 얻기 위해 필수적으로 수행해야 하는 과정이다. 본 연구는 LiDAR 자료를 교통정보 추출에 활용하기 위한 기초 연구로써 LiDAR 자료로부터 도로포인트를 추출하고 이중 도로 상의 차량을 분류하기 위한 알고리즘을 제시하고 인식된 차량의 크기를 추정하기 위한 알고리즘을 제시하였으며 광범위한 지역에서 LiDAR 자료를 이용하여 도로상의 차량 댓수를 파악하고 크기를 추정하였다.

주요어 : 차량인식, 도로추출, LiDAR

### ABSTRACT

Vehicle recognition is very important preprocess to get vehicle information for traffic management. This is a basic study to apply LiDAR data for extracting traffic information. Hence, this study presents two algorithms, one of them is for extracting road points from LiDAR data and then extracting vehicle points on the road, the other is for estimating the size of extracted vehicle. As a result, in the wide area, the number of vehicles on the road and the size of the vehicles were recognized from the LiDAR data.

*KEYWORDS : Vehicle Recognition, Road Extraction, LiDAR*

---

2007년 11월 12일 접수 Received on November 12, 2007 / 2007년 12월 10일 심사완료 Accepted on December 10, 2007

1 전북대학교 토목공학과, 공업기술연구센터 연구원 Department of Civil Engineering, Research Center of Industrial Technology, Chonbuk National University

2 한국수자원공사 수자원연구원 Korea Water Resources Corporation, Korea Institute of Water and Environment

\* 연락처자 E-mail : happylks@hanmail.net

## 서론

교통은 산업화된 사회의 경제활동에 있어서 매우 중요한 부분이라 할 수 있으며, 도로의 효율적인 관리, 운영 및 제어에 필요로 하는 교통정보는 최근 텔레메틱스(telematics) 산업의 급성장으로 인하여 기존의 획일적인 교통정보가 아닌 사용자가 필요로 하는 교통정보의 실시간 및 비실시간으로 제공의 필요성이 더욱 부각되고 있다. 또한, 잘못된 교통수요의 예측은 무분별한 도로신설 및 확장 등으로 인한 예산낭비를 초래하기 때문에 교통정보의 중요성 또한 날로 증가하고 있으며 도로 등의 교통관련 인프라의 증가율에 비하여 교통량 증가율이 높아짐에 따라 다양화되고 복잡해지는 교통문제를 해결하기 위한 효율적인 방안의 필요성이 증가되어 지능형 교통시스템(Intelligent Transport System : ITS), 고급교통정보시스템(Advance Vehicle Information System : AVIS) 및 고급차량관리시스템(Advance Transport Management System : ATMS) 등 다양한 시스템들이 개발되었다(김재석 외, 2000; 김경욱, 2004; 박은중, 2005; Toth and Grejner-Brzezinska, 2006).

특히, 자동차는 육상교통에서 중요한 역할을 담당하고 있는 교통수단으로 자동차와 관련된 정보는 도로 교통량 분석, 교통관리, 차량검색, 요금징수 시스템 등에 활용되고 있으며 응용 범위가 매우 넓고 경제적인 측면에서도 중요하게 다루어지기 때문에 직접 혹은 간접적으로 높은 부가가치를 갖는다. 이중 차량 인식의 문제는 교통관리나 차량검색 등의 분야에서 자동차가 포함하고 있는 중요한 정보를 얻기 위해 필수적으로 수행해야 하는 과정으로 이와 관련된 교통정보의 수집은 CCTV, 루프감지기, 영상감지기, GPS, 통행료 징수시스템(Toll Collecting System:TCS), 교통통신원 등의 방법을 통하여 수집되어 활용되고 있다(김재석 외, 2001; 우용한, 2000; 이화진 외, 2000; 최순만, 2000; 최원석, 2000).

이와 같은 교통정보 수집방법들은 크게 영상감지기 등을 이용한 비매설식 방법과 루프감지기 등을 이용한 매설식 방법으로 구분할 수 있다. 이중 영상감지기는 최근 지능형교통시스템 사업의 지속적인 확대에 설치 및 운영 수량이 증가하고 있으며 주로 영상처리기법을 활용하여 차량의 교통량, 속도 및 점유시간 등의 교통정보를 제공한다. 또한, 루프감지기를 이용하는 방법은 도로표면에 감지기를 매설하는 방법으로 정확한 교통정보를 획득할 수 있는 장점이 있으나 도로 파손시 유지관리가 어렵고 지반의 상태와 같이 도로의 환경에 따라 설치가 불가능한 지역이 발생하는 문제점이 있어 상대적으로 영상감지기와 같은 비매설식 방법의 활용비율이 증가하고 있다.

그러나, 영상감지기를 이용하는 방법은 유지관리가 쉽고 필요한 정보를 선택적으로 취득할 수 있는 장점이 있으나 광학센서에 의해 취득된 영상정보를 활용하기 때문에 영상취득 당시의 도로의 조명환경, 차량의 그림자, 폐색 지역 등에 의한 영향으로 영상처리기법의 적용 과정에서 정확한 분석이 어렵거나 판독이 불가능한 경우가 발생하는 문제점을 해결하기 어렵고 특히 자료의 취득 범위가 매우 한정적이기 때문에 거시적인 분석이 어렵다는 단점이 있다.

이에 비하여, 1990년대 중반부터 경제적이고 효과적인 3차원 공간정보 취득기법으로 주목받아온 LiDAR 시스템은 광학센서와는 달리 조명이나 조명에 의한 그림자의 영향을 받지 않으며 넓은 지역에 대하여 빠르고 정확한 3차원 공간정보를 취득함으로써 자료 취득 목적에 따라 높은 공간해상도(spatial resolution) 및 시간해상도(temporal resolution)를 갖는 자료를 취득할 수 있다(이근상 외, 2003; 최연용 외, 2005). 또한, 일반적으로 도로위에 존재하는 차량은 도로보다는 높은 표고값을 갖게 되기 때문에 이러한 단서를 활용하는 경우 대상 지역에 대한 포인트 형태의 3차원 LiDAR 자

료로부터 차량을 나타내고 있는 포인트 들을 구분할 수 있다.(Rakusz. et. al, 2004; Toth and Grejner-Brzezinska, 2006) 특히, 전체 LiDAR 자료로부터 도로를 나타내는 포인트들을 먼저 분류해낸다면 이 중 차량을 나타내는 포인트들의 인식 정확도는 더욱 향상될 수 있다.

본 연구는 LiDAR 자료를 교통정보 추출에 활용하기 위한 기초 연구로써 교통정보 취득에 있어 매우 중요한 요소인 도로상의 차량 인식을 위하여 LiDAR 시스템으로부터 취득된 정보를 이용함으로써 적용 가능성을 검토 하고자 한다. 그림 1은 전체 연구과정을 나타내고 있다. LiDAR 자료로부터 도로 포인트들을 먼저 분류하기 위한 알고리즘을 제시하고 그중 차량포인트들을 추출하기 위한 알고리즘을 구현하였으며 최종적으로 차량의 크기를 추정하기 위한 알고리즘을 제시함으로써 궁극적으로는 LiDAR 자료를 이용하여 넓은 지역에 대하여 도로상에서 운행중인 차량의 대수 및 크기를 추정하고자 하였다.

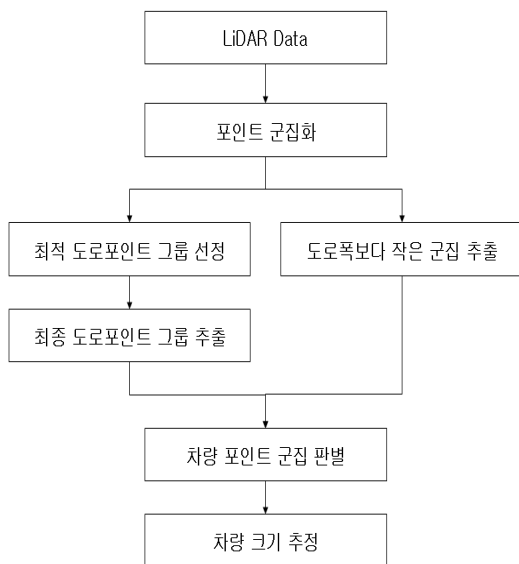


FIGURE 1. 연구흐름

### 도로 포인트 추출 알고리즘

본 연구에서 제시하는 알고리즘은 기본적으로 다음과 같은 조건을 가정하고 설계되었다.

- ① 불규칙하게 분포된 LiDAR 원시자료를 직접 사용해야 한다.
- ② 추출되는 도로는 아스팔트 도로만을 대상으로 한다.
- ③ 도로는 법에서 규정하는 폭과 경사를 갖는다.

또한, 제시하는 알고리즘은 그림 2에서와 같이 각 LiDAR 포인트의 표고값을 기준으로 한 포인트 군집화, 각 군집의 평균 반사강도를 이용한 최적 도로포인트 추출과정, 경사 및 폭에 관한 도로의 법적기준을 기준으로 한 최종 도로 포인트 추출과정을 수행한다.

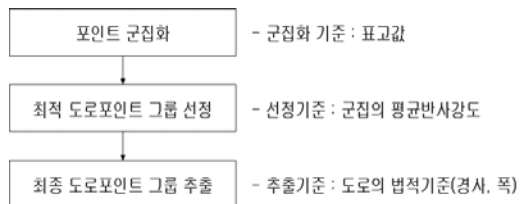


FIGURE 2. 도로추출 알고리즘 작업 흐름도

본 연구에서 제시하고 있는 LiDAR 포인트 군집화 알고리즘은 기본적으로 각 포인트의 표고값을 기준으로 군집화를 수행한다. 그러나, LiDAR 원시자료는 불규칙적인 분포를 갖는 포인트 형태의 벡터자료이기 때문에 영상이나 DEM 등과 같은 정규격자형식의 자료에서 입력화소를 중심으로 3×3 혹은 그 이상의 크기를 갖는 마스크(mask)를 이용하여 주변화소들과의 연산을 수행함으로써 출력화소값을 생성하는 회선(convolution) 기법의 적용이 불가능하다. 또한, 단순히 LiDAR 포인트들의 높이값만을 고려하여 포인트를 분류하는 경우 서로 멀리 떨어져 있는 포인트들이 같은 그룹

으로 분류될 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 대상지역내 임의 포인트에 대한 버퍼링을 수행함으로써 LiDAR 포인트의 표고값 및 포인트들간의 인접성을 함께 고려하였다.

만약 모든 LiDAR 포인트들의 집합  $S$ 를 가정하면,

$$S = \{p_1, p_2, \dots, p_n\} \quad (1)$$

단,  $p_1, p_2, \dots, p_n$ 는 각각의 LiDAR 포인트들이다.

이때,  $S$ 의 임의의 한점  $p_i$ 를 중심으로 반경  $B$ 만큼 buffering 하여 buffer zone에 검색되는 points  $p_{ij}$ 의 집합  $B_i$ 를 식 (2)와 같이 가정하고

$$B_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}\} \quad (2)$$

식 (2)의 포인트들을 대상으로 식 (3)과 같은 조건으로 식별자를 부여하였다.

$$G_x = \{p_{ij} \in B_i \mid |H_{\pi} - H_{\pi_j}| \leq \Delta h_I\} \quad (3)$$

단,  $G_x$ 는  $x$ 라는 식별자를 갖는 포인트 그룹,  $p_{ij}$ 는 식 (2)에서 정의된 버퍼영역내의 임의의 포인트,  $H_{\pi}$ 는 최초 선택된  $p_i$ 의 표고값,  $H_{\pi_j}$ 는  $p_{ij}$ 의 표고값,  $\Delta h_I$ 는 포인트 그룹을 분할하기 위한  $H_{\pi}$ 와  $H_{\pi_j}$ 의 최소 표고차이다.

또한, 본 연구에서는 군집화된 포인트 그룹들 중 도로포인트 그룹을 선정하기위하여 반사강도 정보를 이용하였다.

식 (3)에 의해 군집화되어 식별자가 할당된 포인트 그룹  $G_x$ 의 집합을  $G$ 라고 하면,

$$G = \{G_x\} \quad \text{단, } x = \text{식별자}$$

이들 중 반사강도에 의하여 도로로 추정되는 포인트 그룹은 식(4)와 같이 정의하였다.

$$G_{Rc} = \{G_x \subset G \mid I_S - \sigma_S \leq I_{Gx} \leq I_S + \sigma_S\} \quad (4)$$

단,  $G_{Rc}$ 는 반사강도에 의하여 도로로 추정되는 포인트 그룹들,  $I_{Gx}$ 는 포인트 그룹  $G_x$ 의 평균 반사강도,  $I_S$  및  $\sigma_S$ 는 표본집단의 평균반사강도 및 표준편차이다.

그러나, 건물의 지붕에서 도로 포장 재료와 비슷한 반사강도를 갖는 경우가 발생할 수 있기 때문에 반사강도만으로는 건물과 도로가 혼재되어 발견될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 일반적으로 도로는 건물보다 낮은 표고값을 갖는다는 점을 감안하여 포인트 그룹의 평균반사강도와 함께 식 (5)의 조건을 적용하여 최저 평균표고를 추가로 고려함으로써 도로로 추정되는 가장 적절한 포인트 그룹 하나를 추출하였다.

$$G_{Rc}' = \{G_{Rc} \subset G \mid H_{G_{Rc}} = \text{Minimum}\} \quad (5)$$

단,  $G_{Rc}'$ 는 반사강도와 평균표고를 고려하여 가장 도로에 가깝다고 추정되는 포인트 그룹,  $H_{G_{Rc}}$ 는 반사강도에 의하여 도로로 추정된 포인트 그룹  $G_{Rc}$ 의 평균표고이다.

또한, 도로에 가장 가깝다고 판정된 최적도로포인트를 시작으로 도로로 예상되는 포인트 그룹을 추출하기 위하여 법에서 규정하는 도로의 최대경사와 각 포인트 그룹의 평균반사강도를 이용하였다.

포인트들 간의 거리 및 표고차가 각각  $d$ ,  $\Delta h$ 인 경우 두 포인트들 간의 경사는 식 (6)에 의해 결정된다.

$$\text{Slop}(\%) = \frac{\Delta h}{d} \times 100 \quad (6)$$

만약, 어떤 포인트 그룹 내의 임의의 포인트를 중심으로 반경  $d$  만큼의 버퍼영역을 설정 했을 때 설정된 버퍼영역 내에 다른 포인트 그룹의 포인트가 최초로 검색되었다면, 두 포인트들 간의 경사는 식 (6)에 의해 근사적으로 계산될 수 있으며, 각 포인트들은 식 (3)에 의

하여 군집화 되었기 때문에 두 포인트 그룹간의 경사로 간주할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 최초 최적 도로 포인트 그룹 내의 임의 한 점을 중심으로 일정 반경  $d$ 만큼의 버퍼영역을 설정하고 법에서 규정하는 도로의 최대경사를 SLP(%)라 가정한다면 도로로 예상되는 포인트 그룹들을 식 (7)과 같이 정의하였다.

$$G_R = \{p_{G_x} \in G_x, p_{G_y} \in G_y \mid |H_{p_{G_x}} - H_{p_{G_y}}| \leq \Delta H\} \quad (7)$$

단,  $G_R$ 은 도로로 예상되는 포인트 그룹,  $G_x$  및  $G_y$ 는 각각 식(3)에 의해 군집화된 포인트 그룹들,  $p_{G_x}$  및  $p_{G_y}$ 는 각각  $G_x$  및  $G_y$ 를 구성하는 LiDAR 포인트들,  $H_{p_{G_x}}$  및  $H_{p_{G_y}}$ 는 각각  $p_{G_x}$  및  $p_{G_y}$ 이 표고값들 이며,  $\Delta H$ 는 식(6)에 의하여 계산된 거리  $d$ 만큼 떨어진 포인트들간의 경사가 SLP(%)일때 두점간의 표고차이다.

### 도로내 차량인식 알고리즘

도로상에 존재하는 차량 등의 객체들은 기본적으로 도로보다 높은 표고값을 갖게되며 또한 도로보다는 작은 크기의 군집을 형성하게 되며 본 연구에서는 이러한 특징을 이용하여 도로내 차량을 인식하도록 알고리즘을 구성하였다. 그림 3은 도로내 차량인식 알고리즘의 작업흐름도이다.

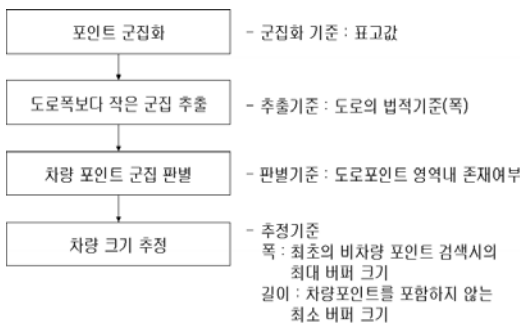


FIGURE 3. 차량인식 알고리즘 작업흐름도

본 연구에서는 기본적으로 표고값을 기준으로 포인트를 군집화 하기 때문에 도로와는 다른 표고값을 갖는 자료취득 당시 운행 중이던 차량이나 도로 양쪽에 존재하는 도로변 가로수들은 서로 다른 그룹으로 군집화 된다. 뿐만 아니라 최초 포인트를 군집화하는 과정은 표고값을 기준으로 하고 있고 식 (3)의  $\Delta h_f$ 를 작게 설정하는 경우 삼각형 형태의 지붕을 갖는 건물과 같이 경사가 심한 객체의 경우에는 매우 작은 포인트 군집이 다수 생성된다.

제시하는 알고리즘에서는 전체 군집 중 1차적으로 도로폭보다 작은 군집들을 모두 추출하고 도로포인트 영역내의 존재여부를 검토함으로써 최종적으로 도로상의 차량을 인식하게 된다.

$G_x$  및  $G_y$ 는 각각 식 (3)에 의해 군집화된 포인트 그룹들,  $p_{G_x}$  및  $p_{G_y}$ 는 각각  $x$ 와  $y$ 의 ID를 갖는 포인트 그룹  $G_x$  및  $G_y$ 를 구성하는 LiDAR 포인트들 일 때  $G_x = \{p_{G_x}\}$ ,  $G_y = \{p_{G_y}\}$ 이고, 포인트 그룹  $G_x$ 에 대하여 식 (2)에 의한 집합  $B_x$ 를 가정한다면, 도로보다 작은 크기의 포인트 그룹은 식 (8)에 의해 정의될 수 있다.

$$G_E = \{p_{G_x} \in G_x \mid \forall B_x \ni p_{G_y}\} \quad (8)$$

즉, 도로폭보다 작은 포인트 그룹들을 구성하는 각각의 포인트에 도로크기의 버퍼링을 수행하는 경우, 해당 버퍼영역내에 검색되는 포인트 중에는 반드시 다른 그룹의 포인트를 포함하게 됨으로써 도로보다 작은 포인트 그룹을 구분할 수 있다.

그러나, 식 (8)에 의해 분류된 포인트 그룹들은 차량뿐만 아니라 도로주변 가로수 혹은 도로상에 존재하지 않거나 도로와 관련없는 포인트들도 모두 포함하고 있기 때문에 이들을 구분하는 과정이 필요하다. 그런데, 식 (8)에 의해 분류된 도로보다 작은 포인트 그룹내부의 모든 포인트들에 대하여 임의의 한 포인트

를 중심으로 식 (2)에서와 같이 일정한 크기의 버퍼영역을 설정하고 버퍼영역을 8개 방향으로 구분하면, 선택된 임의의 포인트가 도로내에 존재하는 차량 포인트인 경우 그림 4에서와 같이 최소 4개 이상의 방향에서 앞서 식 (7)에 의해 결정된 도로포인트를 포함하게 된다.

다시 말해서, 식 (8)에 의해 분류된 도로보다 작은 포인트들의 집합  $G_E$ 를 대상으로 식 (2)에 의한 집합  $B_d$ 를 가정하고 버퍼영역내에 검색되는 포인트들을 각각  $p_{d1}, p_{d2}, \dots, p_{dn}$ 이라고 하면,

$$B_d = \{p_{d1}, p_{d2}, \dots, p_{dn}\}$$

또한, 설정된 버퍼영역을 8등분 하여 각 방향을  $D_1, D_2, \dots, D_8$  이라고 하고

$$D_m (1 \leq m \leq 8) = \{p_{Fi} \in G_{Fmax} | \exists p_{Fi} \in B_d\} \quad (9)$$

일 때, 식 (9)를 만족하는 방향  $D_m$ 의 갯수가

$$n(D_m) \geq 4 \quad (10)$$

를 만족하는 경우 이 포인트 그룹을 최종 도로내 포함된 차량으로 인식하도록 하였다.

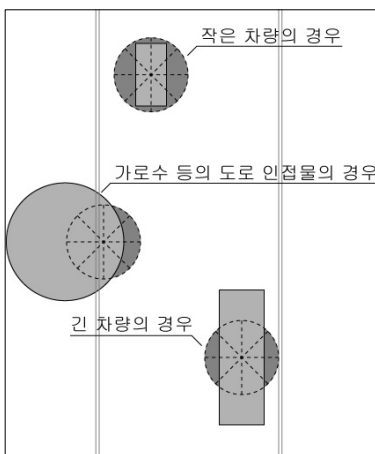


FIGURE 4. 도로위의 포인트그룹 추출 방법

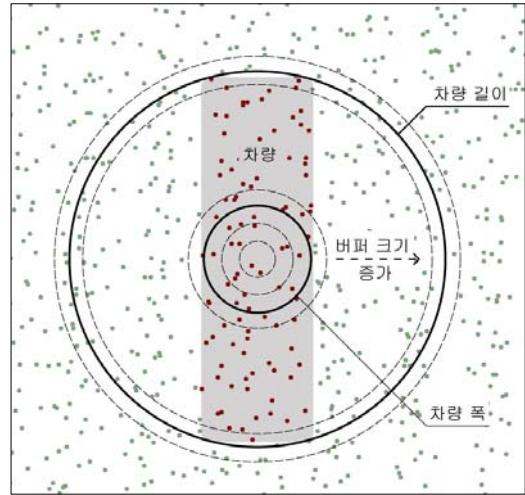


FIGURE 5. 차량크기 추정 알고리즘

또한, 그림 5에서와 같이 차량으로 추출된 포인트 그룹을 구성하는 모든 포인트들에 대하여 버퍼의 크기를 증가시키면서 버퍼링을 수행하는 경우 버퍼 영역내에 자신의 포인트 그룹이 아닌 다른 포인트 그룹에 속한 포인트가 발견될 때까지의 버퍼의 반경들 중 가장 큰 버퍼의 크기는 차량의 폭으로 간주될 수 있으며, 버퍼영역 내에서 더 이상 자신의 그룹 포인트가 발견되지 않을 때 버퍼의 크기는 차량의 길이로 간주될 수 있다.

### 알고리즘 적용

대상지역은 대전광역시 유성구 부근으로 도로상의 차량인식 결과를 비교적 정확하게 확인할 수 있는 자동차 전용도로의 일부를 연구 대상지역으로 하였으며, 대상지역1 및 대상지역2는 각각 단순한 도로구조이지만 경사가 급한 지역과 복잡한 도로 구조를 나타내는 특징이 있다. 그림 6 및 그림 7은 각 대상지역 영상을 나타낸다.

먼저 식 (3)에 의해 대상지역 전체 LiDAR 포인트들에 대한 군집화를 수행하기 위하여 식 (3)의  $\Delta h_i$ 는 LiDAR 시스템의 수직위치 정



FIGURE 6. 대상지역1



FIGURE 8. 대상지역 1의 군집화 결과



FIGURE 7. 대상지역2

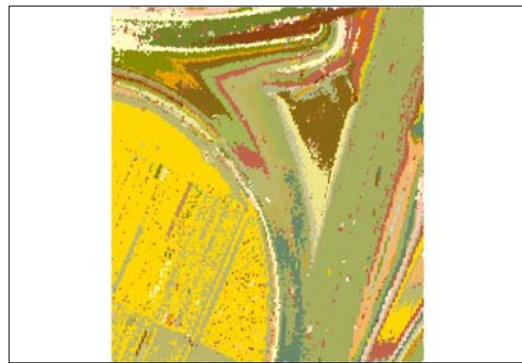


FIGURE 9. 대상지역 2의 군집화 결과

확도가  $\pm 0.15\text{m}$ 임을 감안하여  $0.3\text{m}$ 를 적용하였으며,  $\Delta h_i$ 의 크기를 매우 작게 설정함으로써 그림 8 및 그림 9에서와 같이 다소 많은 개수의 포인트 그룹으로 분류되었다.

본 연구에서 제안하고 있는 알고리즘은 도로를 나타내는 포인트들을 추출하기 위하여 군집화된 각 포인트 그룹의 평균 반사강도를 이용한다. 그런데, 이론적으로는 도심지의 경우 대부분의 도로는 아스팔트로 이루어져있다고 가정할 때 약 17%의 반사강도를 갖는 포인트를 검색함으로써 도로 포인트를 파악할 수 있으나(한수희, 2002; Alharthy, 2003), 실제 대상물의 물질적인 구성은 일반적인 반사도보다 복잡하고, 노면 상태에 따라 다양한 물질이 존재하여 반사강도의 차이가 있을 수 있으며 측

정상의 여러 가지 오차 요인으로 인해 반사강도 값은 달라질 수 있다.

따라서, 본 연구에서 사용된 LiDAR 자료의 아스팔트에서의 레이저 반사강도를 파악하기 위하여 LiDAR 자료 취득시 함께 취득된 항공 사진을 이용하여 각 대상지역 자료들로부터 명백하게 도로로 구분되는 215 및 467개 포인트를 표본집단으로 설정하였으며, 이들 표본집단에 대한 반사강도 평균 및 표준편차는 각각  $14.48 \pm 4.21$  및  $16.14 \pm 3.45$ 로 조사됨으로써, 식 (4) 및 식 (5)에 의하여 각 대상지역 자료로부터 포인트 그룹의 평균반사강도가 표본집단의 평균반사강도  $\pm$  표준편차 이내인 그룹들 중 가장 낮은 포인트 그룹을 도로에 가장 가깝다고 판단되는 최적 도로 포인트 그룹으로 선정하

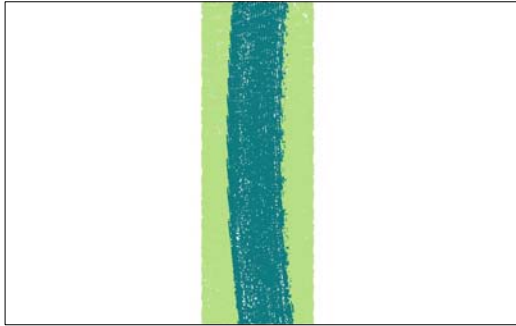


FIGURE 10. 대상지역 1의 도로추출 결과

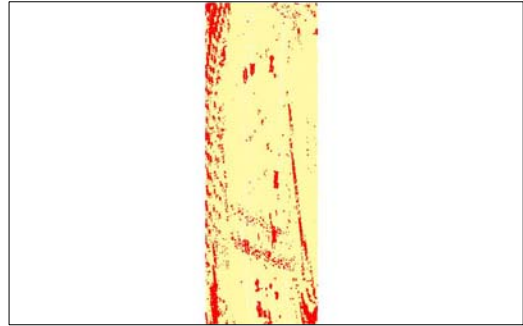


FIGURE 12. 도로보다 작은 포인트 그룹 추출결과(대상지역1)

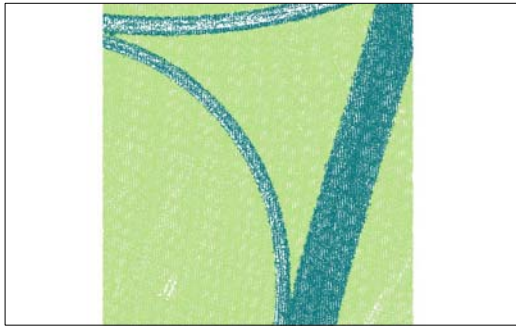


FIGURE 11. 대상지역 2의 도로추출결과

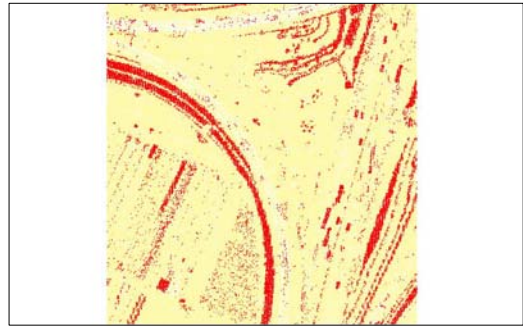


FIGURE 13. 도로보다 작은 포인트 그룹 추출결과(대상지역2)

였다. 식 (7)의 SLP(%)는 도로의 구조·시설에 관한 규칙(2002.12.31 건설교통부령 345호)에서 규정하고 있는 도로에서의 최대경사 16%를 적용하고 d는 법에서 규정하는 가장 작은 1차로 폭인 3m를 적용하여 식 (6)으로부터  $\Delta H$ 를 약 0.5m로 설정하였으며, 그룹간의 평균 표고차가 0.5m보다 작은 포인트 그룹들 중 각 그룹의 평균반사강도가 최적 도로 포인트 그룹의 평균반사강도±표준편차 이내에 있는 포인트 그룹들을 최종적으로 도로 포인트 그룹으로 선정하여 그림 10 및 그림 11과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

그런데, 일반적으로 도로상에 존재하는 차량은 도로의 1개 차로의 크기보다 크게 나타나지 않는다. 따라서, 본 연구에서는 법에서 규정하는 도로의 폭 중 가장 작은 도로(1차로 기준 3m)를 기준으로 각 포인트에 대하여 반

경 1.5m 크기의 버퍼를 적용하였으며, 결과적으로 3m보다 작은 포인트 그룹은 모두 추출함으로써 그림 12 및 그림 13과 같은 결과를 얻었다.

또한, 그림 12 및 그림 13의 결과 중에서 도로 주변 가로수 혹은 도로상에 존재하지 않거나 도로와 관련 없는 포인트들을 제거하고 도로상에 존재하는 포인트들만을 추출하기 위하여 식 (10)을 만족하는 포인트 그룹만을 추출하여 도로내 존재하는 차량으로 결정하였으며, 그림 14 및 그림 15와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

그림 14 및 그림 15의 결과에서와 같이 대상지역1 및 대상지역2에서 각각 9대 및 18대의 차량이 인식되었다. 또한, 제시된 알고리즘에 의하여 인식된 차량의 폭(전폭) 및 길이(전



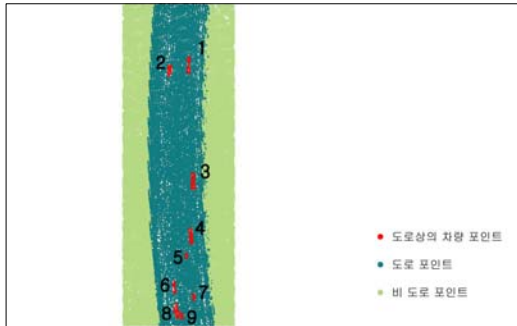


FIGURE 14. 대상지역 1의 차량인식 결과

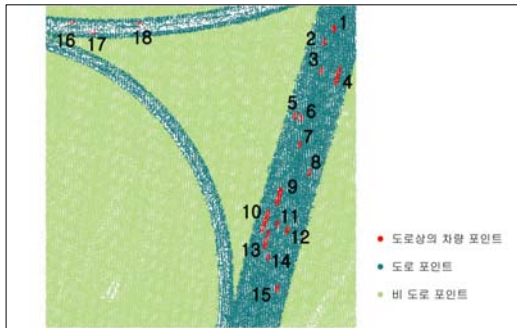


FIGURE 15. 대상지역 2의 차량인식 결과

장)를 추정하기 위하여 버퍼의 크기는 본 연구에서 사용된 LiDAR 자료 취득 장비의 수평 위치 오차가 50cm임을 감안하여 반경 0.25m 씩 증가시켰으며 인식된 차량의 폭 및 길이는 표 1과 같이 추정되었다.

그러나, 그림 14 및 그림 15에서와 같이 자

료취득 당시 전체 대상지역에서 도로상에 운행중이던 차량의 갯수는 정확하게 파악되었으나, 현재 상태로는 인식된 차량의 형태 등을 정확하게 파악하기에는 다소 어려움이 있는 것으로 판단된다. 이는 그림 15의 16, 17, 18번 차량의 경우와 같이 시각적으로도 그 형태를 알아볼 수 없는 정도의 낮은 점밀도와 자료취득시 스트립간의 시간차 및 항공기 진행방향 등에 원인이 있는 것으로 보이며, 이들을 고려한 연구를 통하여 보다 향상된 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

### 결론

본 연구는 LiDAR 자료를 교통정보 취득에 있어 매우 중요한 요소인 도로상의 차량 인식에 활용하기 위한 기초 연구로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 항공 LiDAR 측량 자료를 이용하여 대상지역내 도로 영역을 추출하고 추출된 도로상에 존재하는 차량을 파악하였으며 교통정보 추출에 있어서의 LiDAR 자료의 활용가능성을 확인할 수 있었다.

2. LiDAR 시스템으로부터 취득된 정보를 이용하여 도로상에 존재하는 차량을 인식하기 위한 알고리즘을 제시하고 차량대수, 차량 폭, 차량 길이를 추정할 수 있었다.

3. 제시된 알고리즘 적용결과 자료취득 당시 전체 대상지역에서 도로상에 운행중이던 차량

TABLE 1. 인식된 차량의 크기 추정결과

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
대상 지역1	폭 (m)	2	3	2.5	2.5	2	2.5	2	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	길이 (m)	11.5	8	12	11.5	4.5	9	5	10	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
대상 지역2	폭 (m)	2.5	2.5	2.5	3	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	2.5	2.5	3	2.5	2.5	2.5	3	2
	길이 (m)	4.5	5	5	11.5	5	4.5	5	4.5	11	13.5	5	5	12.5	5	5	5.5	6	5.5

의 대수는 정확하게 파악되었으나 파악된 차량의 정확한 형태파악에는 한계를 나타내고 있었다. 이는 낮은 점밀도와 자료취득시 스트립간의 시간차 및 항공기 진행방향 등에 원인이 있는 것으로 보이며, 이들을 고려한 연구를 통하여 보다 향상된 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. **KAGIS**

## 참고 문헌

- 김경욱, 2004. 도로 영상에서의 차량인식 및 차종 식별에 관한 연구, 전북대학교 대학원 석사학위논문.
- 김재석, 우용한, 임채문, 2000. 수치지도와 DGPS 수신자료를 이용한 차량의 통행특성 분석, 한국지리정보학회지 3(3) : 1-11.
- 김재석, 이상관, 우용한, 2001. GPS를 이용한 연속류 통행차량의 속도차와 차두간격 변화에 대한 해석, 한국지리정보학회지 4(3) : 51-60.
- 우용한, 2000. 차량의 추종형태 분석을 위한 GPS 자료의 수집과 적용, 한국지리정보학회지 3(4) : 11-21.
- 이근상, 고덕구, 채효석, 신영호, 2003. 항공레이저 측량 자료의 해상도에 따른 DEM 오차 비교 평가 연구, 한국지리정보학회지, 6(3) : 33-42.
- 이근상, 고덕구, 조기성, 2003. 항공레이저측량 자료를 이용한 시가지 건축밀도 평가에 관한 연구, 한국지리정보학회지 6(3) : 95-106.
- 이화진, 박형철, 전병환. 2000. HSI와 YIQ의 복합색상정보를 이용한 차량 번호판 영역 추출, 한국정보처리학회지 7(12) : 3995-4003.
- 박은중, 2005. 컴퓨터 비전을 이용한 오픈라인 및 실시간 교통량 조사 시스템, 전북대학교 대학원 석사학위 논문.
- 최순만. 2000. 신경망을 이용한 연속 필기된 숫자 열의 분할 자유인식, 전북대학교 대학원석사학위논문.
- 최연웅, 이근상, 채효석, 조기성, 2005. 평균필터 기반 항공레이저측량 자료의 지면정보 추출기법, 한국지리정보학회지 8(4) : 61-70.
- 최원석. 2000. 효과적인 BP 알고리즘을 이용한 자동차 번호판 인식, 부산대학교 대학원 석사학위논문.
- 한수희. 2002. LiDAR 반사강도와 고도 자료를 이용한 토지피복 분류에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- Alharthy, A., and J. Bethel, 2003. Automated road extraction from LiDAR data, ASPRS Annual Conference, on CD-ROM, May 5-9, 2003, Anchorage, Alaska, USA.
- Toth, C. K., Grejner-Brzezinska, D., 2006: "Extracting dynamic spatial data from airborne imaging sensors to support traffic flow estimation", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing Vol. 61 : 137-148.
- Toth C., A. Barsi and T. Lovas. 2003. Vehicle Recognition from LiDAR Data, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIV, 61 : 137-148
- Rakusz A., T. Lovas and A. Barsi. 2004. LiDAR-Based Vehicle Segmentation, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXV, Part 2, pp. 156-159. **KAGIS**