

특수 목적 차량에서의 환경 인지 기술

Environment Recognition Technologies for Special Purpose Vehicles

정황훈 · 서명국 · 윤복중

Hwang Hun Jeong, Myoung Kook Seo and Bok Joong Yoon

1. 서 론

자동차 기술은 기존의 기계적 구동장치 중심의 시스템에서 다양한 기술의 융합시스템으로 변화되고 있으며, 그 핵심변화는 전기적 구동장치의 활용, 전기 또는 수소 기반의 에너지원, 전기적 제어 장치 및 상호 연계성을 가지는 장치의 활용 등이 있다¹⁾. 자동차 핵심 기술 변화의 목적은 안정성 확보, 배기 가스 저감화 및 에너지 효율 증가 등에 있으며, 차량의 환경 인지 기술은 차량 자율 제어 및 안정성 확보에 필수적인 요소이다.

건설기계와 같은 특수 목적 차량 또한 장비 운용에 따른 안정성 확보 및 원격 제어, 자율 주행의 목적을 달성하기 위해 환경 인지 기술을 적용하고 있다. 환경 인지에 활용되는 센서로는 스테레오(Stereo) 카메라, 라이다(Lidar, Light Detection and Ranging), 레이더(Radar, RAdio Detection and Ranging)등이 있으며, 센서의 성능, 가격 및 설치 공간에 따라 용도에 맞게 적용되고 있다^{2,3)}.

본 논문의 목적은 차량의 환경 인지에 활용되는 센서들의 개발 동향을 검토하고, 이를 통해 건설 기계에 적용되는 환경 인지 기술의 동향을 파악하는 것이다.

2. 차량용 환경 인지용 센서

현재의 자율 주행 차량은 대개 카메라, 레이더, 라이다 센서를 조합하여 사용하고 있다¹⁾. 카메라 센서의 경우 물체의 윤곽을 쉽게 측정할 수 있으나 광원이 존재해야만 하는 단점을 가지고 있으며⁴⁾, 라이다 센서의 경우 레이저의 직진성에 의해 정밀한 거리 측정을 할 수 있으나, 눈, 비와 같은 날씨 조건에 취약하며 가격이 비싼 단점을 가지고 있다⁵⁾. 레이더의 경우 주변의 장애물을 날씨와 관계없이 인식할 수 있으나, 물체의 형상을 인식하기 어려운 단점을 가지고 있다⁶⁾. 이에 따라 각 센서가 가지고 있

는 단점을 보완하고, 장점을 극대화 할 수 있는 방법으로 센서들을 조합하여 활용하고 있다. 대표적인 자율 주행 차량인 구글 카(Google Car)의 경우 3D Scanning Lidar와 카메라의 조합으로 외부 환경을 인지하고 있으며, 다임러 버사(Daimler Bertha)의 경우 스테레오 카메라를 활용하여 완전 자율 주행을 수행하였다.

본 장에서는 외부 환경 인지를 위한 센서 기술들을 확인하고 특수 목적 차량에서의 활용 가능성을 유추해 본다.

2.1 카메라

기존의 차량에 있어 카메라는 운전자의 안전 운전 및 주차의 편리성을 높이기 위해 전·후방 카메라, 블랙박스 카메라 등의 모노 카메라가 사용되어져 왔다⁷⁾. 외부 환경 인지를 위해 사용되어지는 스테레오 카메라는 두 대 이상의 카메라를 활용하여 삼각법을 기반으로 거리 정보를 획득할 수 있는 센서로 영상과 거리 정보를 동시에 제공하는 형태의 센서이다⁸⁾. 스테레오 카메라로부터 거리 정보를 얻기 위해서는 두 카메라의 물리적 변수를 추정하기 위한 과정과 획득된 영상에서 서로 대응되는 위치를 찾는 과정이 반드시 필요하다. 첫 번째 과정의 경우 off-line에서 수행될 수 있으며, 두 번째 과정의 경우 스테레오 비전 연구자들의 매칭 방법의 비교 분석을 통해 SGM(Semi-Global Matching)이 연산량과 성능을 고려했을 때 가장 합리적이라고 알려져 있다⁴⁾.

구해진 거리 정보로부터 영상 내에 존재하는 일반적인 장애물을 검출할 수 있으며, 이를 GOD(General Obstacle Detection)이라고 정의한다.

GOD의 경우 전방 주행 환경을 격자로 표현한 후 격자를 구성하는 각 칸이 점유되었을 확률을 계산하여 전방의 상황을 표현하는 Occupancy Grid 방식과 전방 주행 환경을 격자로 표현한 후 격자에 존재하는 장애물을 높이를 개산하여 이를 기반으로

전방을 표현하는 Digital Elevation Map, 장애물과 도로면의 경계와 장애물의 높이를 추정하여 다수의 막대(stick)로 전방 상황을 표현하는 stixel 방식이 존재한다.

GOD를 통해 인식된 장애물의 외형을 학습을 통해 생성한 Classifier를 사용하여 영상에서 차량, 보행자등을 검출하는 방식을 COD (Classifier - based Object Detection)이라고 정의한다. 스테레오 카메라를 활용하여 GOD를 실시할 경우 COD의 과정을 효율화 할 수 있으며, Classifier의 성능을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 또한 원거리 차량과의 거리 추정의 정확도를 높일 수 있다⁴⁾.



Fig. 1 Example of stixel⁹⁾

2.2 라이이다

라이이다는 고출력의 펄스레이저를 이용하여 물체에 반사되어 돌아오는 레이저 빔의 시간을 측정하여 거리 정보를 획득하는 기술이다⁷⁾. 기존 라이이다 기술은 기상 관측 및 거리 측정을 목적으로 연구되어졌으나, 최근 위성에서의 기상 관측, 무인 로봇이나 자율 차량의 환경인지, 3차원 영상 모델링을 위한 기술로 연구되어지고 있다. Table 1은 대표적인 라이이다 기술을 정리한 표이다¹⁰⁾.

라이이다 기술에서 시간 및 거리측정 방식은 레이저 신호의 변조 방식에 따라 Direct Pulsed 방식과 Continuous Wave 방식으로 구분된다. 첫 번째 방식은 펄스 신호를 방출하여 물체로부터 반사된 펄스 신호들이 Detector에 감지되는 시간을 측정하여 거리를 측정하는 방법으로 높은 거리 정확도를 가지며, 먼 거리의 물체 측정이 가능한 방식이다. 두 번째 방식은 특정 주파수를 가지고 연속적으로 변조되는 레이저 빔을 방출하고 물체들로부터 반사되어 돌아오는 신호의 위상 변화량을 측정하여 시간 및 거리를 측정하는 방식이다. 짧은 거리의 물체를 측정하는데 용이한 방식이다.

Scanning 방식에 따라 2D 레이저 스캐너, 3D 레이

저 스캐너, 3D flash 라이이다로 나눌 수 있다. 2D 레이저 스캐너는 레이저 빔을 회전시켜 빔의 진행 방향을 포함하는 특정 평면의 거리 정보를 얻는 방식이며, 3D 레이저 스캐너는 다수의 레이저 송수신 소자를 병렬로 배열하여 특정 방향의 시야각에 대하여 동시 측정이 가능하도록 만든 기술이다. 3D flash 라이이다 기술은 단일 레이저 빔을 광 시야각으로 확장하여 조사하고 반사되는 레이저 빔을 다중 배열 수신 소자를 이용하여 수신함으로써 비디오 카메라와 같이 실시간 영상 정보를 수집하는 기술이다.

Table 1 Lidar techniques classification

라이이다 기술	주요 내용
Elastic-backscatter Lidar	레이저 파장의 변화 없이 입자들의 운동량에 따라 back scattering되는 빛의 spectral broadening 특성을 이용하여 대기 중의 aerosol 및 구름의 특성을 측정하는데 사용되는 기술
Raman Lidar	분자 에너지 상태에 따라 분산되는 레이저 빛의 주파수 변화 및 Raman band 내의 세기 분포 분석을 통하여 대기 중의 수증기 및 온도 분포 등의 측정에 활용되는 기술
Differential-absorption Lidar	각기 다른 레이저 파장을 가지는 레이저 빔들에 대하여 측정 대상 물질의 흡수 차이를 이용하여 대기 오염 물질 등의 농도 분포를 측정할 수 있는 기술
Resonance Fluorescence Lidar	원자, 이온 또는 분자의 에너지 천이와 동일한 에너지를 가지는 레이저 빛에 대하여 동일 파장의 빛 또는 긴 파장의 빛을 방출하는 특성을 이용하여 중간권역 대기 중의 원자 및 이온 농도를 측정하는 기술
Doppler Lidar	Doppler 효과에 의한 레이저 빔의 미세한 주파수 변화를 측정하여 바람 등의 속도를 측정하는 기술
Laser Rangefinder	물체로부터 반사되는 레이저 빔의 수신 시간을 측정하여 거리를 측정하는 가장 간단한 형태의 라이이다 기술
Imaging Lidar	레이저 빔의 진행 방향에 대한 거리 정보를 포함하여 공간에 대한 영상 모델링이 가능한 기술로 laser range - finder 기술을 기반으로 point-scanning을 통하여 point cloud 정보를 수집하거나 광각의 flash - laser에 대하여 반사되는 레이저 빔을 다중 배열 수신 소자를 통하여 수집함으로써 3차원 영상 구현이 가능한 기술

대부분의 차량용 라이다는 3D 레이저 스캔 방식을 선택하고 있으며, 센서의 저가화 및 연산 속도 향상을 위해 시야각을 제한하고 레이저 채널의 수를 제한하여 소형화하는데 연구를 집중하고 있는 실정이다.

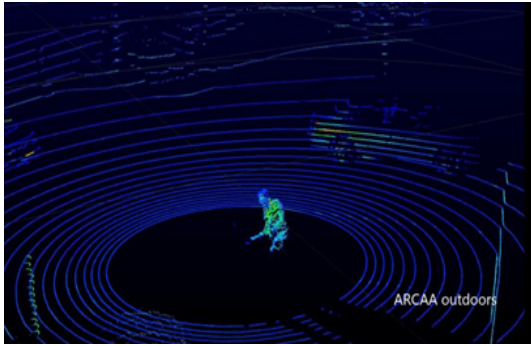


Fig. 2 Example of Lidar

2.3 레이더

레이더는 전파(Radio Wave)를 송수신하여 수집된 신호를 기반으로 사물을 탐지하는 전자 장비를 총칭하는 것이다⁶⁾. 레이더는 전파의 변조 방식에 따라 그 구조가 결정되며, 일반적으로 Pulse 방식과 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 방식으로 구분한다. 첫 번째 방식은 레이더의 송신단에서 짧은 펄스를 방사하여 물체의 정보를 추출하는 방식이며, 두 번째 방식은 특정 주파수를 가지고 연속적으로 변조되는 레이저 빔을 방출하고 물체들로부터 반사되어 돌아오는 신호의 위상 변화량을 측정하여 시간 및 거리를 측정하는 방식이다. Pulse 방식은 송신 평균 전력 대비 장거리 탐지가 가능하지만, 구현을 위한 하드웨어가 복잡하고 물체의 거리나 근접하는 물체의 인식율이 FMCW방식에 비해 떨어진다. FMCW 방식의 경우 하드웨어의 구성이

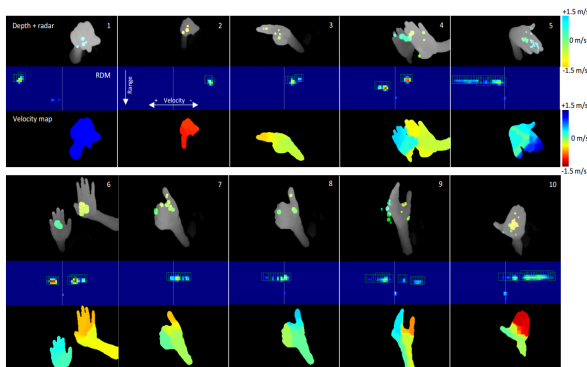


Fig. 3 Recognized hand-gestures with FMCW¹¹⁾

쉬우며, 적은 신호처리 연산량을 갖는 장점을 가지고 있으나, Pulse 방식에 비해 탐지거리가 짧다.

자율 주행 차량에 사용되는 레이더는 FMCW 방식의 밀리미터파(30~300GHz 대역의 장길이가 1~10 mm인 전파) 레이더를 주로 사용한다.

2.4 기타 외부 환경 인지 센서

스테레오 카메라, 라이다, 레이더의 경우 각각의 측정 가능 범위와 정밀도, 자연 환경 조건, 설치 공간 및 설치 비용 등의 다양한 단점을 가지고 있으며, 이를 보완하기 위하여 3D 레이더 기술, 열화상 카메라 기술, UWB(Ultra WideBand) 기반 인식 기술 등이 제시되고 있다.³⁾

3. 건설기계에서의 환경 인지 기술의 예시

산업용 차량이나 재난 대응용 차량의 경우 작업의 안전을 위해 환경 인식 기술이 필요하다.

굴삭기와 같은 작업용 차량의 경우 작업 시 작업 범위 내에 사람의 출입이 통제되며, 안전 요원에 의해 작업이 감시 감독된다. 특히 위험한 곳에서의 작업을 위해 산업 차량의 원격 조정이 필요할 경우 환경 인식 기술은 목적지로의 이동, 작업 유무의 판단 및 정밀 작업 등에 필수 불가결한 기술이다.

재난 대응용 차량의 경우에서도 비가시 영역에서의 인명 탐색 및 구조, 재난 현장에서의 작업을 위해 환경 인식 기술이 반드시 필요하다.

건설기계부품연구원에서는 특수 목적 차량의 재난 대응 및 원격 조정을 위한 기초 연구로 스테레오 카메라 및 열화상 카메라, 라이다 센서를 활용한 요구조사 탐색 및 환경 인식 연구를 수행하고 있다.

Fig. 4는 스테레오 카메라(Zed)의 성능을 테스트한 그림이다. 선택된 스테레오 카메라의 전방 주시각은 110°이며, 0.5m~20m의 거리를 측정할 수 있다. 측정 결과 벽면에서 신호 외곡이 있으나, 센서에 근접할수록 상세한 데이터를 얻을 수 있다.

Fig. 5는 라이다(Velodyne 16E)를 이용하여 성능을 테스트한 그림이다. 수평 360°, 수직 30°를 측정할 수 있으며, 초당 30만 point의 변위를 ±3cm 오차로 측정 가능한 라이다이다.

Fig. 6은 라이다를 이용하여 주차장을 인식환경으로 가정하여 스캔한 결과이다. 레이저가 조사될 수 없는 부분은 검은 색으로 나타나며, 차량의 외곽 및 건물 벽면의 구분이 나타날 정도의 데이터를 얻을

수 있다.

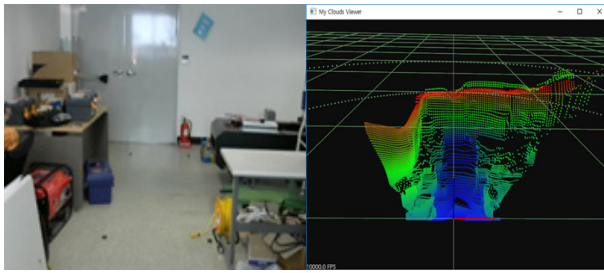


Fig. 4 Test of Zed

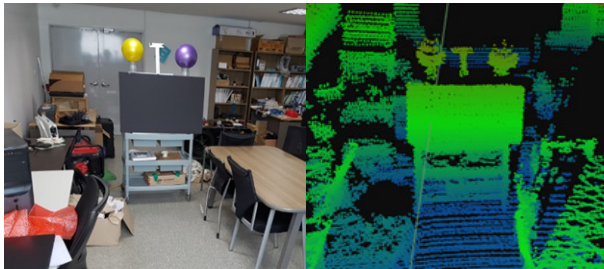


Fig. 5 Test of Velodyne 16E

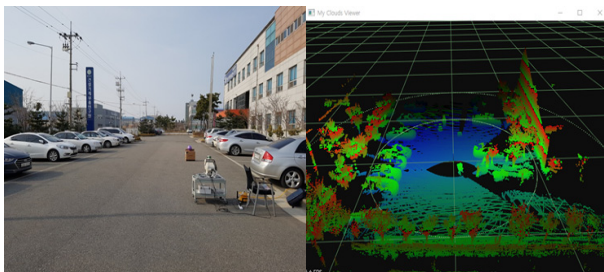


Fig. 6 Parking lot scanning

4. 결 론

차량의 환경 인지는 스테레오 카메라, 라이다, 레이다 등의 센서를 통해 이루어지고 있다. 하지만, 각 센서들은 각각의 장단점을 보유하고 있으며, 이를 보완하기 위하여 다중 센서를 활용하여 환경 인지의 성능을 향상시키고 있다.

건설기계나 산업용 차량, 재난 대응용 차량과 같은 특수 목적 기계는 자율 주행 보다는 안전한 작업을 목적으로 환경 인지 센서를 활용하고 있으며, 그 대표적인 예로 작업 반경 내에서의 안전 및 재난 지역에서의 인명 탐색을 들 수 있다. 건설기계부품연구원에서는 특수 목적 차량의 환경 인지 기술 향상을 위해 용도에 맞는 센서를 선정하고, 이를 활용한 기초 실험을 수행한 상태이다. 향후, 다중 센서를 활용한 기술 개발을 통해 특수 목적 기계의 원활한 구동을 지원할 예정이다.

후 기

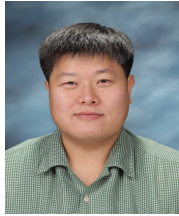
본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 산업핵심 기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다. (10052967, 재난·재해 대응용 특수목적기계 통합 제어시스템 개발)

참고 문헌

- 1) Auto Journal, “Automotive Technology and Outlook”, Auto Journal, Vol 35, No.4, pp. 39~48, 2013.
- 2) An Na Lee, “전장부품”, Golden Bridge Investment & Securities, pp. 13~19, 2018
- 3) Gu Min Jeong, “Issue & Trend, 자율주행을 위한 새로운 센서들의 등장”, Korea Internet & Security Agency, Vol 02, pp. 9~14, 2018
- 4) Jae Kyu Suhr and Ho Gi Jung, “Stereo Vision System for Automotive Applications”, Auto Journal, Vol 36, No. 8, pp. 31~38, 2014
- 5) Kyu Taek Lee, Gun Jae Lee and Yeon Kook Moon, “라이다(LiDAR) 기술동향과 산업 전망”, KEIT PD Issue Report, Vol 16, No. 05, pp. 57~77, 2016
- 6) Sung Yoon Choi at all, “밀리미터파 레이다 기술 동향 및 시사점”, KEIT PD Issue Report, Vol 17, No. 11, pp. 33~70, 2017
- 7) CCTV news, “차량용 카메라 시장동향”, http://www.cctvnews.co.kr/article/print.asp?article_idx=672, 2010
- 8) Jae Il Cho at all, “Stereo Vision System for Intelligent Robot”, 전자통신동향분석, ETRI, Vol 22, No. 02, pp 38~47, 2007
- 9) Johnny Chein, “Stixel world”, mathworks, <https://kr.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/65347-stixel-world>, 2018
- 10) Ministry of SMEs and Startups, “SME’s Technology Roadmap, the Future of the Car”, 2017-2018 Technology Roadmap, pp 93~141, pp. 187~232, 2018
- 11) Pavlo Molchanov, Shalini Gupta, Kihwan Kim and Kari Pulli, “Short-Range FMCW Monopulse Radar for Hand-Gesture Sensing”, 2015 IEEE Radar

Conference, pp. 1491 ~ 1496, 2015

[저자 소개]



정 황훈

E-mail : hwanghun@koceti.re.kr

Tel : 010-2795-2532

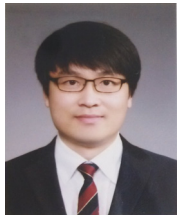
2010년 부경대학교 기계공학과 박사.

2010년 한국기계연구원 위촉연구원.

2012년 세원셀론텍 유압연구소 개발팀

과장. 2016년~현재 건설기계부품연구원

선임연구원. 유압 밸브 분석, 제어 및 시험에 종사. 유공압건설기계학회, 대한기계학회, 한국정밀공학회, 한국동력기계공학회 등의 회원, 공학박사



서명국

E-mail : seomk@koceti.re.kr

Tel : 010-4183-9246

2013년 GIST 기전공학과 박사 과정 졸업.

2014년~현재 건설기계부품연구원

선임연구원. 비전센서 기반 환경인식 기술 연구에 종사.

대한기계학회, 한국로봇

학회 등의 회원, 공학박사

[저자 소개]

윤복중

E-mail : bgyoon@koceti.re.kr

Tel : 010-9109-4421

2013년 국민대학교 자동차전자제어공학

박사 과정 졸업. 2010년 언맨드솔루션

선임연구원 입사, 2014년 건설기계부품

연구원 융복합기술본부 선임연구원,

2018년 동 연구원 미래전략 기획단 팀장, 건설기계 지능화,

무인·자율작업, 유공압전자제어 연구에 종사. 유공압건설기계

학회, 대한기계학회, 정밀공학회 등의 회원, 공학박사

