

# 농업환경에서의 자율주행을 위한 임베디드 보드 기반의 장애물 감지 방법에 관한 연구

변성우\*, 최지호\*, 이혜민\*

\*한국전자기술연구원

\*swbyun@keti.re.kr, \*choijh1027@keti.re.kr, \*leel0849@keti.re.kr

## A Study on the obstacle detection based on embedded board for autonomous driving in agricultural environment

Sung-Woo Byun\*, Ji Ho Choi\*, Hea-Min Lee\*

\*Korea Electronic Technology Institute

### 요약

최근 정보통신기술과 Internet of Things (IoT) 기술의 급속한 발전으로 드론, 자율주행 농기계 및 로봇 등 자율농업기술에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 이 중 자율주행을 적용한 농기계 및 차량은 미래 식량 공급의 핵심적인 역할을 수행하며 관련된 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 농업환경에서의 자율주행을 위한 임베디드 보드 기반의 장애물 감지 방법에 관한 연구를 수행한다. 1,550nm 대역폭의 Pulsed LiDAR 기술과 FoV가 90도인 LiDAR 센서를 디바이스를 설계하였고 임베디드 환경에서 딥러닝 모델들을 활용하여 객체 검출을 수행한다.

### I. 서론

인구 고령화, 농업인구 감소, 기후변화등으로 많은 국가들에서 식량주권에 관련된 문제들이 발생하고 있다. [1]에서 보고된 바와 같이 한국의 농업인구는 2015년에서 2024년 사이에 16.7% 감소할 것으로 예상되며, 전체 농업근로자 중 65세 이상 농업인의 비율이 43.8%에 달할 것으로 예측된다. 이러한 결과에 따라 농업 생산성을 개선하기 위해 농업의 기계화 및 자동화 기술에 대한 관심이 지속하여 증가하고 있다. 최근 정보통신기술과 Internet of Things (IoT) 기술의 급속한 발전으로 드론, 자율주행 농기계 및 로봇 등 자율농업기술에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 자율농업기술 및 시스템은 다양한 환경 조건에 미치는 영향과 작업자의 노력을 줄이고 더 많은 작물을 생산할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하며 이 중 자율주행을 적용한 농기계 및 차량은 미래 식량 공급의 핵심적인 역할을 할 수 있는 기술 중 하나이다. 농업 환경에서 적용가능한 자율주행 기술은 세계적인 주요 농기계 제조사들에서 주도적으로 개발해왔다. John Deere는 플러그 앤 플레이 키트를 개발하여 다양한 종류의 트랙터에 적용이 가능하고 레이저 스캐너를 활용하여 장애물이 가능한 자동 트랙터 컨트롤러를 포함한 자율 트랙터를 출시하였다 [2]. Case IH는 카메라 센서 등을 활용하여 장애물을 감지하고 태블릿 PC 등 모바일 기기를 활용하여 원격으로 제어할 수 있는 자율 트랙터 기술을 제안하였다 [3]. New Holland는 Light Detection and Ranging(LiDAR)와 카메라를 조합하여 장애물을 감지할 수 있는 "NHDrive"를 개발하였다 [4]. Yanmar는 관성 측정 장치와 Real-Time Kinematic 모델을 활용한 자율 주행 기능을 적용한 "Yanmar Robot Tractor"를 출시하였다. 농업 환경에 적합한 자율주행 기술에 대한 연구와 이러한 기술이 적용된 농업용 차량이 개발되면 농업현장에서의 활용도가 높아질 것으로 기대된다.

농업환경에서의 자율주행 기술은 과수, 농작물, 장애물 감지 뿐만 아니라 속도, 조향, 위치 등을 제어해야 하므로 LiDAR나 카메라와 같은 센서 적용이 필수적이다. 기존 LiDAR 센서를 활용하여 농업 환경에 적용하게 되

면 그늘진 영역이나 눈, 비 등 작업 환경에 따라 데이터 수집과 관련하여 어려움이 있고 높이가 높은 과수 등 모든 작물의 환경을 감지하지 못하는 낮은 수직 시야 (Field Of View(FOV): 30도)와 같은 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 눈, 비 등 빛의 회절에 강인한 1550nm의 파장과 수직 FoV를 90도로 높인 센서를 적용하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 농업환경에서 자율주행을 위한 포인트 클라우드 기반의 장애물 감지 방법을 설계하고 임베디드 보드에서의 포인트 클라우드 기반 객체 감지 모델을 개발한다. 1,550nm 대역의 Pulsed LiDAR 기술과 90도의 FoV를 가진 LiDAR 센서를 활용하였으며, LiDAR 센서의 포인트 클라우드 데이터에서 구조적 또는 비구조적 장애물에 대한 속성 정보(거리, 높이, 깊이 및 속도)를 감지하는 딥러닝 모델을 설계하고 임베디드 보드 (Jetson Nano) 환경에서 테스트를 수행하였다.

### II. 농업환경에서의 자율주행을 위한 객체 검출 방법

#### 2.1 Pulsed LiDAR device 설계

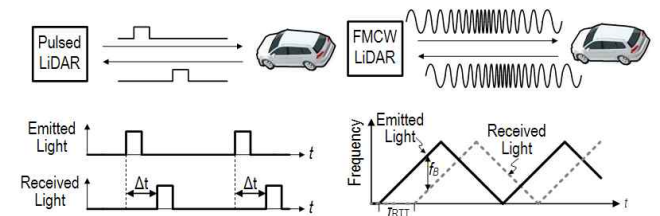


그림 1 FMCW와 Pulsed LiDAR 방법의 비교

LiDAR는 다중 객체 감출에 사용할 수 있으며, 높거나 낮은 물체와 눈, 비 등 기상 조건에 영향을 크게 받는다. 기존 LiDAR에 사용되는 900nm 파장의 레이저는 열악한 기후 환경 조건에서 빛의 회절 및 반사로 인해 신호 대 잡음비가 높으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 1,550nm 파장의 레이저 광을 사용하는 것이 적합하다. 따라서 본 연구에서는 실리콘 기반

의 Single Photon Avalanche Diode 대신 인듐 갈륨 비소 기반 Avalanche Photo Diode를 사용하였다.

광을 조사하는 방법에는 크게 두 가지가 있다. 1) 연속적인 파형을 생성하고 송신과 수신 파형의 주파수 차이로부터 거리를 계산하는 Frequency Modulated Continuous Wave(FMCW) 방식 2) 단 하나의 펄스를 사용하여 간헐적으로 송수신하고 송신과 수신 펄스 사이의 시간 거리를 계산하는 Pulse 방식. 그림 1은 FMCW와 Pulsed LiDAR 방법의 예시를 보여준다. 기존의 FMCW 방식은 지속적으로 빛을 송신하기 때문에 레이저의 에너지를 높게 되면 작업자의 눈 안전 등 문제가 발생할 수 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 물체를 감지할 때의 매우 짧은 시간의 빛을 조사하는 Pulsed 방식을 사용하였다. 그림 2는 PWM 펄스 방식을 사용하여 LiDAR 장치를 설계한 그림을 보여준다.

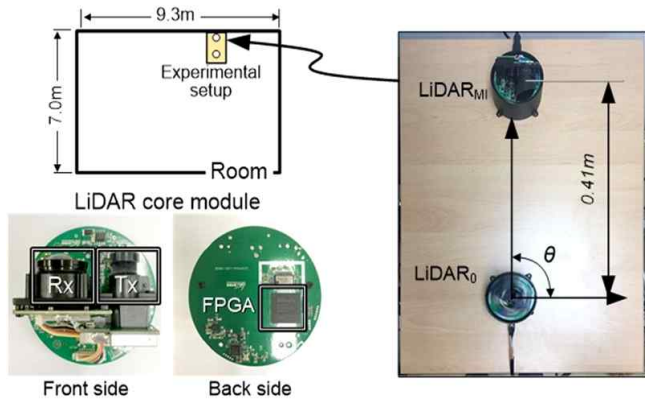


그림 2 Pilot study: LiDAR의 PWM Pulse method

### 2.2 point cloud 기반 객체 검출 모델 및 실험

본 챕터에서는 Point cloud 데이터를 활용하여 딥러닝 기반의 객체 인식 및 시멘틱 세그멘테이션 모델을 테스트한 결과를 서술한다. 실험 데이터는 오픈 데이터를 활용하였으며, 데이터 세트는 ModelNet40 [5], S3DIS [6]을 활용하였고 모델은 Kenel Point (KP) Convolution layer를 활용하여 구성하였다. 모델은 가장 가능성이 높은 인스턴스의 센터를 식별하고 해당 포인트에 시멘틱 클래스를 할당하였다. 포인트 클라우드에서 클래스에 대한 확률 값을 평가하기 위해 각 포인트에 대한 분산 예측과 사후 확률이 필요하다. 본 논문에서는 포인트 클라우드를 직접 취하는 인코더-디코더 모델을 활용하여 사후 확률 및 분산 예측을 하였으며, 인코더는 deformable point convolution을 기반으로 하는 KPConv를 백본 [7]으로 사용하였으며, 디코더는 Continuous KP Conv를 사용하여 포인트 별 피쳐 임베딩을 수행하였다. 객체, 점 분산 및 시멘틱 검출을 위한 디코더를 추가하였으며, Cross-entropy loss를 사용하여 네트워크를 훈련하였다.

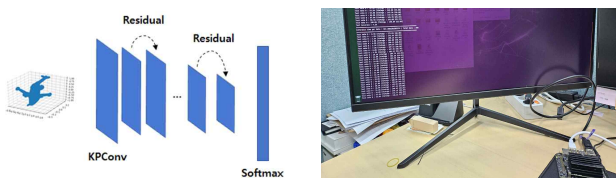


그림 1 KPConv 기반 객체 검출 모델 및 실험 환경

그림 3은 Jetson 나노를 활용하여 임베디드 보드 환경에서 딥러닝 모델의 객체 검출 정확도를 실험한 환경을 보여준다. 실험에서 ModelNet40 데이터 세트를 활용하여 KPConv 모델을 적용하였을 때 약 82.4%의 정확도

를 보였으며 S3DIS 데이터세트를 활용하여 KPConv 모델과 PointNeXt 모델로 Sementic Segmentation을 수행하였을 때 각각 46.38 Mean IoU, 43.04 Mean IoU를 보였다. Jetson 나노 보드와 일반 데스크탑 환경과의 추론에 걸리는 시간을 비교하였을 때 각각 330 ms, 4.4 ms의 수행 시간이 기록되었다.

### III. 결론

본 연구에서는 농업환경에서의 자율주행을 위한 임베디드 보드 기반의 장애물 감지 방법에 관한 연구를 수행하였다. 1,550nm 대역폭의 Pulsed LiDAR 기술과 FoV가 90도인 LiDAR 센서를 디바이스를 설계하였고 임베디드 환경에서 딥러닝 모델들을 활용하여 객체 검출을 수행하였다. Jetson 나노 보드 환경에서 실험을 수행하였고 KPConv 모델을 백본으로 적용하였을 때 가장 우수한 결과를 보였다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023년도 정부(농림축산식품부)의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.322029-03농작업 환경에 적용가능한 자율주행용 보급형 라이다 센서 기술개발)

### 참 고 문 헌

- [1] Korea Rural Economic Institute. Agricultural Outlook 2015; Korea Rural Economic Institute: Naju-si, Korea, 2015; pp. 27 - 28
- [2] MAQUINAC, <https://maquinac.com/2017/12/john-deere-presenta-tractor-auto-nomo-maspotente-la-marca/>
- [3] MAQUINAC, <https://maquinac.com/2016/08/case-ih-lanzo-su-primer-tractor-autonomo/>
- [4] NEW HOLLAND ARICULTURE, <https://agriculture.newholland.com/apac/en-nz/about-us/whats-up/news-events/2017/new-holland-nhdrive-concept-autonomous-tractor>
- [5] YANMAR, [https://www.yanmar.com/global/about/technology/technical\\_review/2019/0403\\_1.html](https://www.yanmar.com/global/about/technology/technical_review/2019/0403_1.html)
- [6] ModelNet40, <https://modelnet.cs.princeton.edu/>
- [7] S3DIS, <https://paperswithcode.com/dataset/s3dis>
- [8] Hugues Thomas, Charles R. Qi, Jean-Emmanuel Deschaud, Beatriz Marcotegui, Francois Goulette, and Leonidas J. Guibas. Kpconv: Flexible and deformable convolution for point clouds. In ICCV, 2019