

# 스마트 농기계를 위한 자율주행 시스템 개발

이해민, 안수용, 이송, 강동엽, 정운수

한국전자통신연구원

{leehaemin90, syong.an, li.song, kang, yoonsu}@etri.re.kr

## Development of autonomous driving system for smart farm machinery

Hea-Min Lee, SuYong An, Song Li, Dongyeop Kang, YunSu Chung  
Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요 약

본 논문에서는 스마트 농기계가 야외 환경 정보를 바탕으로 시작 위치에서 최종 위치까지 경로를 생성하고 그 경로를 따라 주행하는 시스템을 개발하였다. 스마트 농기계의 자율주행 시스템은 SLAM (Simultaneous localization and mapping), 경로 생성, 장애물 감지, 모션 제어 모듈로 구성되어 동작한다. 환경 정보를 획득하기 위해 라이다와 IMU 센서를 사용하였으며 ROS의 Gazebo를 활용하여 시뮬레이션 하고 과수원 환경에서 방제기를 이용해 테스트를 진행하였다.

### I. 서 론

농촌에는 저출산, 고령화로 노동력을 절감하기 위해 농업용 무인화하기 위한 노력들을 하고 있다. 그 중, 과수원의 밭에 농약을 살포하는 승용 방제기를 무인으로 운행하기 위한 다양한 방법들이 연구되고 있다. 과수원 같은 경우 높은 지대와 지형, 장애물 때문에 GPS를 사용하기 어렵고 카메라, 레이더, 라이다 센서 등 차체에 부착된 다양한 센서로 주변을 인지하여 주행해야 한다.

본 논문에서는 과수원의 밭에 농약을 살포하는 승용 방제기를 무인으로 운행하기 위한 자율주행 시스템을 제안하고 그 알고리즘에 대해 설명하고자 한다. 과수원 환경에서 동작하는 스마트 농기계가 무인으로 주행하기 위해서는 경로를 생성하고 위치를 인식하는 기술이 필수적이다. 정리하자면 SLAM, 경로 생성, 장애물 감지, 모션 제어 모듈로 구성된 과수원용 자율주행 시스템을 제안하고 구성과 알고리즘, 시뮬레이션 결과와 실제 과수원에서 실험한 결과를 기술하였다.

### II. 본론

야외용 모바일 로봇의 주행은 지도 기반, 지도작성 기반, 비지도 기반 등의 방법들이 있다. 본 논문에서는 지도작성 기반 주행으로 과수원 환경에서 수집한 센서 정보를 바탕으로 실시간 로컬 좌표를 생성하여 주행에 필요한 지도를 실시간으로 만든다.

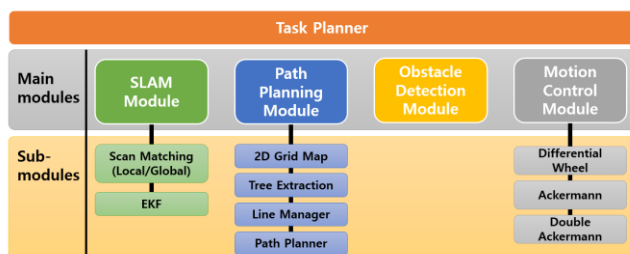


그림 1. 스마트 농기계의 자율주행 모듈 구성도

그림 1은 자율주행 시스템에 구성된 모듈 구성도를 나타냈다. Task planner의 하위 4개의 모듈은 독립적으로 실행된다.

SLAM 모듈은 라이다 센서로부터 3D point cloud와 IMU 센서를 입력으로 받아 3D 지도를 작성함과 동시에 지도기반 방제기의 위치를 실시간으로 계산하는 모듈이다. SLAM 모듈 프로세스가 시작되는 위치가 초기위치 (x, y, z, roll, pitch, yaw)가 되며 실시간 3D 포인트 클라우드 매칭을 통하여 이후의 위치를 계산하고, 스캔 매칭의 결과는 EKF (Extended Kalman filter) 업데이트 단계에서 방제기의 상태 갱신에 이용된다. 따라서, 지도작성 및 위치인식에 있어 중요한 모듈은 Generalized ICP (Iterative Closest Point) 기반 스캔 매칭 모듈과 EKF 모듈이다.

일반적인 과수원의 나무는 종횡 축으로 일정한 간격 (종축: 1.5~2m, 횡축: 3~4m)으로 배치되어 있다. 이러한 과수원의 특징을 방제기의 주행경로 생성에 활용하기 위해 그림 2의 자율주행 모듈 동작 흐름도를 따른다. 우선 각 나무의 중심점을 추출한다. 추출된 각 나무의 중심점 사이의 거리를 이용하여 군집화하여 동일 군집 내에서 로컬 라인을 추출하며, 경로생성 모듈은 최종적으로 추출된 라인 정보를 이용하여 직진 경로 생성 및 회전 경로를 생성한다.

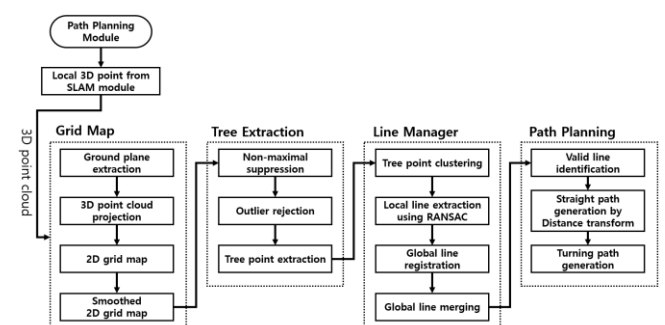


그림 2. 자율주행 모듈 동작 흐름도

목적지가 생성되면 현재 생성된 그리드 맵 정보와 Distance Transform (DT) 방법을 이용하여 최단거리 주행경로를 생성한다. 단, 방제기 중심과 목적지 사이에 장애물이 존재할 경우 그림 3 처럼 DT 에 의해 장애물 회피 경로를 생성한다

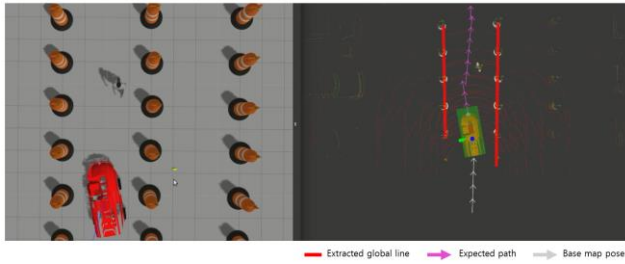


그림 3. 장애물 회피 시뮬레이션 결과

방제기가 추출된 라인의 끝점에 가깝게 이동하였을 경우, 그림 4 와 같이 다음 회전 방향을 고려하여 회전 경로를 생성한다.

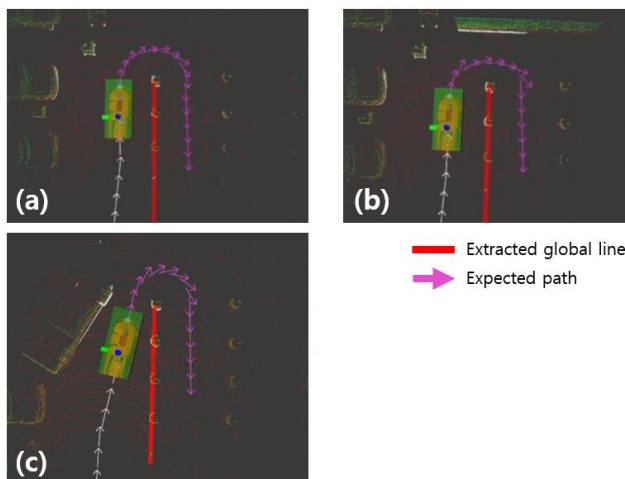


그림 4. 주행환경 조건에 따른 회전경로 생성

회전 경로는 기본적으로 나무 배열 횡축간격을 지름으로 하는 원이 되지만, 회전 영역이 협소할 경우 타원의 경로를 생성하여 주행 시 주위 물체들과 일정 간격을 유지할 수 있도록 한다. 그림 4 에서 회전 경로 (a)는 회전 시 주위 공간이 충분할 경우, 회전 경로 (b)는 주위 공간이 협소할 경우의 경로 생성 예시이며, (c)은 직진 주행단계에서 왼쪽 장애물로 인한 비대칭 회전 경로 생성 예시를 보여준다.

경로생성 모듈에서 출력된 경로를 방제기의 기구학 모델을 바탕으로 직진속도와 조향각도 ( $v$ ,  $\delta$ )를 계산하여 주기적으로 방제기의 임베디드 통합제어 시스템으로 [1] 전달하는 모션제어 모듈이 있다. 생성된 경로 중 방제기 중심에서 일정거리 떨어진 지점을 단기 목표점으로 설정하고 Pure-pursuit 알고리즘 또는 자체 개발한 궤적추정 기술 [2]을 이용하여 직진속도와 조향각을 계산한다.

과수원 환경에서 자율주행 실험을 진행한 결과는 그림 5 에서 포인트 클라우드 이미지로 확인할 수 있다. 회전 시 주행속도는 직진속도의 30%, 50% 감속하여 주행하였고 환경 구성은 표 1 에 기술하였다. 결과를 보면 과수 사이를 직진으로 주행하는 것부터 라인의 끝에서 튕기는 부분까지 문제없이 주행하였다.



Top view image (captured from Drone)

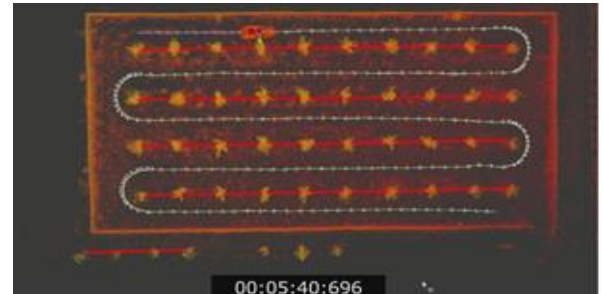


Figure 5. 과수원 자율주행 결과

표 1. 과수원 환경 구성

환경 구성	내용
면적	20 * 44 m
나무 배열	4 * 10
나무 간격	종축: 3.8m, 횡축: 4.4m
주행 속도	0.6 m/s

### III. 결론

본 논문에서는 방제기가 과수원 환경 정보를 획득하여 자율주행하는 시스템의 구성과 방법을 제안하였다. SLAM, 경로 생성, 장애물 감지, 모션 제어 모듈로 구성된 자율주행 시스템은 ROS 의 Gazebo 를 이용해 장애물 환경과 여러가지 된 조건에 따른 주행을 시뮬레이션하였다. 또한, 실제 방제기에 적용하여 과수원의 라이더와 IMU 데이터 정보를 실시간으로 수집하여 주행하는 실험을 수행하였다. 그 결과, 시작점부터 도착점까지 성공적으로 주행하는 것을 확인할 수 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) grant funded by the korean government [20ZD1110, Development of ICT Convergence Technology for Daegu-GyeongBuk Regional Industry].

### 참 고 문 헌

- [1] 이혜민, 이송, 강동엽, 권우경, 송윤정, “무인주행 농기계용 임베디드 통합제어시스템 설계,” 한국통신학회 하계종합학술발표회, pp. 120-121, Jun. 2019.
- [2] 이혜민, 강동엽, 권우경, 이송, 송윤정 “샘플 데이터 퍼지 제어 기반 논홀로노믹 이동 로봇의 궤적 추종,” 제어·로봇·시스템학회 학술 대회 (ICROS), pp.175-176, May, 2019.