

스마트 농업내 분야별 모빌리티 시스템 장치 비교 연구

박수민, 김준영*

성신여자대학교

20221360@sungshin.ac.kr, *jkim@sungshin.ac.kr

Comparative Study of Mobility Systems and Devices in Smart Agriculture

Su Min Park, Joon Young Kim*

Sungshin Women's Univ.

요 약

본 논문은 모빌리티 시스템이 결합된 스마트 농업 시스템을 대상으로 예찰, 방제, 운반, 경운 분야별로 기술 스펙, 운용 조건, 기능을 분석하여 각 기술의 구조적 특성과 운용 환경을 평가하고 국내 농업 환경에 적합한 기술 방향을 제시하는 것을 목표로 하였다. 이를 위해 각 분야별 특징과 장단점을 기반으로 한국 농업에 적합한 기술 조건을 제시하고 향후 적용 시 고려해야 할 개선 방안도 제시하였다.

I. 서 론

전 세계적으로 인구 증가로 인한 식량 안보 강화, 기후 변화 대응[1] 등의 문제로 인해 자동화 고도화가 필수적인 과제로 부상하고 있으며 이를 지원하기 위한 모빌리티 기반 시스템의 중요성 또한 크게 부각되고 있다. 특히 한국 농업 환경에서는 농업 인구 감소와 고령화 심화[2]로 인해 스마트 농업 내 모빌리티 시스템 도입의 필요성이 더욱 커지고 있다.

다만 현 스마트농업 모빌리티 경우 분야별 기술 스펙, 운용 조건, 기능이 상이하며 기술별 특성/활용 가능성에 대한 체계적 비교 분석이 필요하다. 본 연구는 현재 상용화되거나 개발 중인 모빌리티 시스템의 사양서를 분야별 현황, 스펙, 운용 환경에 따른 특성 차이를 분석하고 분야별로 가장 적합한 기술 조건과 개선 방향을 제시하고자 한다. 이를 위해 모빌리티 장치를 4가지 분야로 구분하여 세부 사양과 적용 가능성 분석을 통해 분야별 기술 격차와 개선 필요 요인을 도출하고자 한다.

이와 같은 분석을 통해 도출된 모빌리티 시스템의 분야별 기술 비교 결과는 국내 농업 현장의 적용 적합성 개선 향상에 기여할 것으로 기대된다.

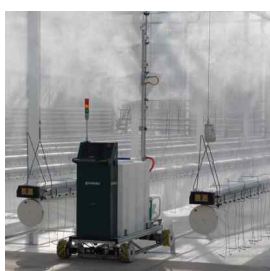


그림 1. 예찰 및 방제 모빌리티 장치 HERMAI와 FARMILY-X S300

표 1. 주요 예찰 모빌리티 장치간 기술 사양 비교

제품	HERMAI 예찰 로봇	Moby-Agri
주행 방식	SLAM 기반 자율주행	SLAM 기반 자율주행/레이주행
구동 방식	Mecanum Wheel	Differential Drive/레이 전용 바퀴
크기	1,500 x 800 x 2,816mm (150kg)	1,400 x 805 x 491mm (254kg) / 1,400 x 855 x 491mm (255kg)
센서 구성	3D/2D LiDAR, RGB/3D Camera	LiDAR(2EA), Depth Camera
촬영 방식	회전(2DOF), 50cm 상하 이동	Align Lifting, ±5mm 수직 정밀 제어
예찰 정밀도	과실 수 88%, 크기 1.63cm, LAI 92%, 생산량 예측 90%	작물 위치 인식 정확도 ±5cm, 속도 최대 200mm/s
주행 시간	최대 8시간	최대 10시간
안전 장치	IMU, 근접 센서	Bumper Switch, EMS Switch

II. 분야별 모빌리티 사례 및 분석

서론에서 언급했듯이 모빌리티 시스템 경우 크게 예찰, 방제, 운반, 경운 분야로 구분할 수 있으며 각 분야별 모빌리티 시스템에 대한 사례들을 조사 및 분석하고자 한다.

예찰 분야 경우 2017년~2023년내 국내 시설채소 재배 면적은 약 5만 2천 ha로 유지되며 비닐하우스는 5만 1,500ha 이내로 전체 98% 이상을 차지한다. 반면 유리온실은 2017년 246ha에서 2023년 310ha로 0.6% 미만의 비중을 유지하고 있다.[3] 이러한 유리 온실은 작은 규모 대비 자동화 설비, 평탄한 바닥, 통신 인프라 구성이 적절한 바 예찰 로봇 자율주행 실증에 유리한 환경을 제공한다.[4]

국내 주요 예찰 로봇으로는 그림 1, 표1과 같이 ioCrops의 HERMAI와 Neuromeka의 Moby-Agri가 있으며, 두 시스템 모두 SLAM 기반 자율주행을 탑재하였다. Moby-Agri는 레이 병행 주행으로 경로 안정성을 높였

표 2. 주요 방제 모빌리티 장치간 기술 사양 비교

제품	HERMAI	FARMILY-X S300	HADA-SR300 온실용	PURIDA 과수용 무인
주행 방식	SLAM 기반 자율주행	레이 기반 자율주행 및 레이주행 병행	레이 기반 자율주행	GPS, LiDAR, AI 비전 센서 기반 지형학습형 AI 자율주행
구동 방식	Mecanum Wheel	레이 기반	레이 기반	일반 바퀴
이동 속도	0.01~2.0m/s	1m/s (설정 가능)	레이 잔입 속도: 2m/s, 방제 작업 속도: 1m/s	레이 잔입 속도: 2m/s, 방제 작업 속도: 1m/s
크기	1,500 x 800 x 3,600mm (150kg)	1,716.65 x 826 x 1,253.1mm (130kg)	2,050 x 780 x 1,800~3,500mm (590kg)	1,383 x 2,397 x 2,841mm (705kg)
농약 적재량	200L	300L	300L	500L
분사 시간	최대 10시간	8시간 이상	8시간 (근로 시간 기준)	500L 기준: 고속 25분, 저속 45분

고 HERMAI는 Mecanum Wheel 구조를 통해 전방향 이동이 가능하며 LiDAR와 RGB/3D 카메라를 활용한 정밀 생육 분석 기능을 갖춘다. 향후 예찰 로봇의 활용 환경이 보다 다양한 온실 구조로 확장될 것으로 예상됨에 따라 현재 상용화된 기술들을 기반으로 보다 비정형 구조나 가변 환경에서도 안정적으로 주행할 수 있는 적응형 로봇 기술이 예찰 로봇의 실효성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

방제 분야의 경우 국내 중심으로 볼 때 해외의 노지형 시스템과 달리 고밀도 시설재배 구조에 맞춰 정밀 분사/자동 제어 중심으로 발전하고 있다. 이는 온실 내 병해충 방제의 중요성과 소규모 재배지 특성 때문이다.

표 2와 같이 주요 상용 모델로 HERMAI, FARMILY-X S300, HADA-SR300, PURIDA가 있으며 HERMAI는 교체형 모듈을 통해 예찰·운반·방제 기능을 통합하고 있다. FARMILY-X S300과 HADA-SR300은 레일 기반 정밀 주행을로 일정한 분사 제어를 제공하며 PURIDA는 GPS, LiDAR, AI 비전 센서 기반으로 실외 지형 인식 및 과수 재배지 내 500L의 대용량 방제도 가능하다. 이러한 복합 주행 및 정밀 제어 기술은 온실 및 과수원, 노지 등 다양한 환경으로 확장될 가능성을 제시하며 향후에는 센서 융합과 자율 제어 고도화를 통한 범용 방제 플랫폼으로의 발전이 요구된다.

운반 분야에서 국내 농업은 고령화와 노동력 부족으로 수확 및 운반 효율이 저하되고 있으며, 비정형·소규모 농지 구조로 기계화율이 낮은 상황이다. 이에 대응해 스마트 모빌리티 기반의 자동 운반 기술이 주목받고 있다. 특히 국내 시설재배는 단동형 비닐하우스 중심으로, 통로가 좁고 곡선 구조가 많아 일반 차량형 로봇의 주행이 어렵다.[5]

대표적 사례로 표 3과 같이 HERMAI 운반 로봇과 FOLLOWING ROBOT이 있다. HERMAI는 SLAM 기반 자율주행과 Mecanum Wheel을 적용해 협소한 온실에서도 전방향 이동이 가능하다. FOLLOWING ROBOT은 옵티컬·초음파·카메라 기반의 추종형 자율주행으로 300 kg 적재, 8시간 이상 운행이 가능하며 작업자를 따라 이동한다.

그러나 곡선형 구조나 장애물이 많은 환경에서는 경로 변경과 회피 기능에 한계가 있다. 따라서 좁고 복잡한 통로 구조에 적응하고 작업자와 협업할 수 있는 자율주행 운반 시스템의 지능화가 주요 과제로 제시된다.

표 3. 주요 운반 모빌리티 장치간 기술 사양 비교

제품	HERMAI 운반형	FOLLOWING ROBOT 추종형
주행 방식	SLAM 기반 자율주행	SLAM 기반 자율주행 및 레일주행
구동 방식	Mecanum Wheel (전방향 이동 가능)	Differential Drive 및 레일 전용 바퀴
크기	1,500 x 800 x 2,816mm (150kg)	1,400 x 805 x 491mm (254kg) / 1,400 x 855 x 491mm (255kg)
적재 중량	100kg	300kg
주행시간	최대 12시간	8시간 이상

경운 분야 경우 다양한 작업 수행이 필수적인 영역이며 특히 최근 진행되는 자율주행 트랙터는 노지에서 경운, 시비, 파종 등 복합 작업 수행으로 고도화된 제어 기술이 필요하다. 특히 국내 농지는 경사와 비정형 필지가 많아 직선 기반 주행만으로는 경운 균일도 확보에 한계가 있다.

국내 주요 상용 모델로는 표4와 같이 LS엠티론의 MT7.74와 TYM의 T130이 있으며 두 모델 모두 RTK-GNSS 기반 자율주행 기능을 탑재하고 있다. MT7.74는 3.5단계 자율주행으로 $\pm 7\text{cm}$ 작업 정밀도와 장애물 감지·긴급 정지 기능을 제공하고, T130은 $\pm 4\sim 5\text{cm}$ 정밀도의 자율주행 KIT를 통해 기능을 확장할 수 있다.

두 모델 모두 비정형 지형에서 안정적 운용이 가능하지만 토양 저항이나 경사 변화를 실시간으로 반영하지는 못한다. 이에 따라 다양한 지형 조건에 능동적으로 대응할 수 있는 AI 기반 지형 적응 제어 기술이 자율주행



그림 2. 경운 모빌리티 장치인 MT7.74 SMARTREK 3.5와 T130

표 4. 주요 경운 분야 모빌리티 장치간 기술 사양 비교

제품	MT7.74 SMARTREK 3.5	T130
자율주행 정밀도	정지 오차 $\pm 2\text{cm}$, 작업 $\pm 7\text{cm}$	정지 오차 $\pm 2\text{cm}$, 작업 $\pm 4\sim 5\text{cm}$
자율주행 단계	3.5단계 (긴급정지 포함)	2단계
크기(무게)	4,045 x 1,990 x 2,700mm (3,455kg)	4,490 x 2,360 x 2,940mm (4545kg)
최저 지상고	370mm	410mm
축간 거리	2,290mm	2,590mm
전/후륜 타이어	전륜: 11.2-24, 후륜: 16.9-30	전륜: 380 (85R24), 후륜: 460 (85R38)
엔진 출력	75PS (55kW)	129PS (95kW)
배기량	3,387cc	3,621cc
PTO 형식	독립형, 미드 / 후방	독립형, 전자 유압식
PTO 속도	549 / 750 / 1,000rpm	549 / 750 / 1,000rpm

트랙터의 핵심 경쟁력이 될 것으로 기대된다.

III. 결론

본 연구는 국내 스마트농업 모빌리티 장치들의 비교 분석을 진행하였으며 기술의 구조적 특성과 한계도 같이 분석하였다. 분야별 상이한 발전 방향을 보임을 확인하였으며 예찰 분야는 SLAM 기반 자율주행과 영상 인식 기술, 방제 분야는 정밀 분사 제어와 복합 주행 기술, 운반 분야는 적재 중량과 전방향 이동성, 경운 분야는 RTK-GNSS 기반 자율제어 정밀도가 핵심으로 확인되었다. 또한 추가 분석을 토대로 예찰/방제/운반/경운 등 분야별로 스마트 농업을 통해 나아가야 할 방향성도 병행해서 제시하였다.

향후에는 각 작업 환경에 적합한 맞춤형 기술 개발과 함께 다양한 센서 융합, AI 기반 의사 결정, IoT를 통한 실시간 데이터 피드백 체계 구축이 병행되어야 할 것이다. 추가로 시설 형태/지형 조건에 구애받지 않고 유연 적용 가능한 범용형 스마트농업 모빌리티 기술의 확장이 필요할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2022R1G1A1A009023).

참 고 문 헌

- [1] OECD/FAO, *OECD-FAO Agricultural Outlook 2024 - 2033*. Paris: OECD Publishing / Rome: FAO, 2024.
- [2] 통계청, “2024년 농림어업조사 결과,” 2025.
- [3] 농림축산식품부, 농업기술통계연보, 세종: 농림축산식품부, 2023. [Online]. Available: <https://lib.mafra.go.kr/Search/Detail/53100>.
- [4] K. Zhang, L. Liu, Q. Wang, and Z. Li, “Autonomous navigation system of greenhouse mobile robot based on sensor fusion SLAM,” *Frontiers in Plant Science*, vol. 13, Art. no. 815218, 2022.
- [5] 이철성, 김혁, 신승욱, 박미란, “온실구조기준 및 온실공사 품셈을 활용한 스마트 온실 단가 현실화 연구,” 한국농촌건축학회논문집, vol. 24, no. 2, pp. 29 - 36, 2022.