

모바일 소형 로봇 무선 통신 프로토콜 및 연관 서비스 동향 분석과 고려사항에 대한 고찰

심수민*, 오정민*, 송효진*, 박시현*, 유재훈**, 김원희**, 황성욱***, 이희상****, 김준영°

Analysis and Consideration of Wireless Protocols and Services for Small-Scaled Mobile Robot

Soomin Shim*, Jeong Min Oh*, Hyo Jin Song*, Si Hyeon Park*, Jae Hoon You**, Won Hee Kim**, Seong Wook Hwang***, Hee Sang Lee****, Joon Young Kim°

요약

배달 및 물류 분야 등에서 이동성을 기반으로 한 모바일 소형 로봇에 대한 수요가 증대되고 있으며 이와 동반한 모바일 로봇 개발도 활발하게 진행 중이다. 이동을 주로 하는 모바일 소형 로봇의 경우 이동 상황에서의 외부와의 연결 및 상호 작용을 위해서 무선 통신의 적용은 필수적이다. 다만 현재 모바일 소형 로봇에 적용 중인 통신 프로토콜들의 경우 로봇이 아닌 다른 장치를 목표로 개발이 된 것을 단순히 적용하는 상황인 만큼 모바일 소형 로봇을 중심으로 한 통신 프로토콜들의 적용 현황을 파악하고 분석함으로써 모바일 로봇에 최적화된 무선 통신의 발전 방향에 대한 고려가 필요하다. 본 논문에서는 모바일 소형 로봇을 중심으로 한 로봇 전용 무선 통신 프로토콜과 더불어 연관 서비스에 대한 동향과 사례들의 조사 및 분석을 토대로 한 종합적인 고려사항을 도출하였다. 이를 위해서 현재 모바일 로봇에 적용된 무선 통신들과 연계된 서비스들에 대한 조사 및 분석을 우선 진행하였다. 이를 토대로 활동 범위별 로봇의 서비스 시나리오들 정립 및 모바일 로봇 개발 시 고려사항들을 도출하고 미래 방향성을 위한 기술 및 정책 고려 요소들도 제시하였다.

Key Words : Mobile Robots, Robot Systems, Wireless Communication, Standards, Technical Requirement

ABSTRACT

Recent demands for mobile robots showed that those focus on the areas requiring mobility, such as delivery and logistics. At the same time, the development of mobile robots is also actively ongoing. In the case of mobile small-scaled robots, wireless communication is essential for most applications to connect and interact with external entities in various situations. However, existing communication protocols currently applied to small mobile robots were developed with different objectives. In other words, those wireless protocols may

※ 본 연구는 한국연구재단 논문연구과제(2022R1G1A1009023) 지원 및 현대엔지니어링 산학협력으로 수행되었습니다.

◆ First Author : Robotics Lab, Hyundai Motor Company, simon_shim@hyundai.com, 정회원

° Corresponding Author : School of AI Convergence, Sungshin Women's University, jkim@sungshin.ac.kr, 정회원

* School of AI Convergence, Sungshin Women's University, 학생회원

** Robotics Lab, Hyundai Motor Company

*** School of Business Administration, Sungshin Women's University, 정회원

**** Graduate School of Management of Technology, Sungkyunkwan University

논문번호 : 202308-046-0-SE, Received August 14, 2023; Revised September 26, 2023; Accepted October 14, 2023

serve poorly for mobile robots. It is necessary to consider the future or optimal wireless communication for mobile robots via an in-depth analysis of communication protocols already applied to small mobile robots. In this paper, we aim to implement the comprehensive analysis and investigation of mobile robot trends and related service cases to provide directions and considerations for future robot-dedicated wireless communication protocols. In addition, we developed the service scenarios and generalized system structure of mobile robots with wireless protocols. We listed considerations and technical and policy directions as well.

I. 서 론

최근 인건비 증가와 더불어 코로나19로 촉발된 비대면 환경하에서 출현한 다양한 형태의 비대면 서비스들은 신규 기술 연구 등을 토대로 하여 코로나 종식 이후에도 지속되고 있다¹⁾. 대표적인 연구 개발 진행 중인 기술 중 하나인 모바일 로봇의 경우 소형 저장 공간을 활용한 방대한 이동성을 중심으로 하여 외부 음식 배달, 레스토랑 내 음식 서빙, 소포 및 택배 배달 등 다양한 업무 영역에서 서비스 및 기능 확장을 꾀하고 있다²⁾.

또한 자영업 수준의 배달 관련 서비스 뿐만이 아니라 산업물류 차원에서 모바일 로봇의 중요성은 한층 강조되고 있다. 아마존의 물류 중심의 모바일 로봇을 시작으로 하여 산업계에 걸쳐 로봇 적용이 대폭 확대되었으며 국내에서는 쿠팡 물류센터 차원에서 택배 분류를 위한 모바일 로봇이 대량으로 쓰이고 있다³⁾. 이러한 배달 및 물류 등 분야별로 특화된 산업계 차원의 모바일 로봇은 지속해서 확대될 것으로 보인다.

해외에서도 로봇에 대한 중요성은 한층 더 강조되고 있다. 4차 산업혁명 이후 일본 차원에서 추진 중인 사회 문제 해결 등을 위한 미래 사회 방향성인 Society 5.0의 경우 인적 자원 활용이나 개발을 위한 중요 기술 중 하나로 로봇을 꼽고 있으며 유럽에서 논의되고 있는 Industry 5.0 경우도 인간과 로봇 간의 협력을 통한 업무 진행 및 생산 등에 대한 그림을 제시하고 있다^{4,5)}.

모바일 로봇의 시장 규모나 활용 분야에 대한 전망은 학계나 산업계에서 활발하다^{4,6)}. 2022년도 시점에서 연간 모바일 로봇 출하량은 20만 대를 기록 중인데 2027년도에는 120만 대에 달할 것으로 예측이 되었으며 매출 규모도 2022년도 30억 달러에서 2027년도에 2배 이상인 85억 달러까지 예측되는 상황에서 2044년에는 1,500억 달러의 시장으로 성장할 것으로 예측된다^{6,7)}. 이러한 산업 규모 전망은 향후 모바일 로봇 산업 자체의 확대뿐만이 아니라 다양한 분야에서의 모바일 로봇에 대한 긍정적인 전망을 예견한 것이라고

볼 수 있다.

해당 시장 전망에서 예측된 로봇 출하량 중 2025년 시점에서 55% 이상이 자율 가이드 차량 (AGV: Automated Ground Vehicle) 및 자율 이동 로봇 (AMR: Autonomous Mobile Robot)이 차지할 것으로 전망되었다⁸⁾. 이는 앞서 설명된 물류 및 배달 차원에서 높은 수요와 더불어 스마트 공장 내 자재 이동의 자동화 필요성에 따른 높은 모바일 로봇 수요도 동반되는 것으로 분석되고 있다.

이러한 모바일 로봇의 활용 분야 확대 및 빠른 성장에 비교하여 모바일 로봇의 분야별 적용에 대한 구체적인 분석 및 사용 사례에 대한 연구는 다소 부족하다. 다양한 기술들의 종합체인 모바일 소형 로봇은 외관, 바퀴, 저장 공간, 로봇 시스템, 자율주행 및 HMI (Human Machine Interface) 등 여러 기술 요소들을 담고 있는 만큼 기술 요소별로 검증이 필요하다. 특히 이러한 모바일 로봇의 주요한 특성인 자율 이동을 가능하게 하는 중요 기능 중 하나가 본 연구가 주목하는 무선 통신이다. 모바일 로봇 차원에서 필수적인 외부 연동, 무선 업데이트 (OTA: Over The Air), 원격 접근 제어 및 종합 관제 시스템들에서 기본적으로 필요한 기능이며 이를 위해서 모바일 로봇의 무선 통신 프로토콜은 매우 중요할 수밖에 없다. 다만 무선 통신의 경우 개별 분야별 혹은 기업별 로봇의 환경, 비용 및 상황에 따라서 파편화되어서 적용되는 경향이 크다. 이러한 파편적인 무선 통신 적용은 향후 모바일 로봇 및 서비스 개발 시 비효율적인 개발 기간 및 비용 증대 등을 불러오는 바 최적화된 무선 통신 기반 모바일 로봇 및 서비스를 위해서 현재 모바일 소형 로봇의 무선 통신 프로토콜 조사 및 실제 사례에 대한 분석이 필요하다.

본 논문에서는 모바일 소형 로봇 중심의 무선 통신 프로토콜에 대한 동향 조사 및 분석을 통해 무선 통신 기반의 모바일 로봇 서비스 개발을 위한 주요 고려사항 및 모바일 로봇 시스템 발전을 위한 주요 기술 인프라 및 정책 고려 요소를 제시하였다. 먼저 모바일 로봇에 대한 개념과 더불어 일반화된 구조도에 관해

서 설명한다. 또한 실제 출시된 다수의 모바일 로봇 사례들에 대한 설명을 토대로 하여 구조화된 무선 통신 기반 모바일 로봇의 단계별 서비스 시나리오를 제시하였다. 추가로 모바일 로봇별 적용된 무선 통신 프로토콜 등에 대한 동향 분석을 진행하여 다양한 환경에서 쓰일 수 있는 통신 프로토콜 조건 등에 대해서 파악하였다. 이를 토대로 무선 통신 기반 모바일 로봇 서비스 개발을 위한 고려사항과 미래 방향성을 위한 주요 고려 요소들도 동시에 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 모바일 소형 로봇에 대한 개념, 시스템 구조도 및 관련 규제 등에 대해서 설명하였다. 제3장에서는 실제 출시된 모바일 소형 로봇 사례 등을 제시하고 이에 기반하여 구조화된 단계별 서비스 시나리오를 기술하였다. 제4장에서는 모바일 소형 로봇 차원에서 적용되고 있는 무선 통신 동향 조사와 이에 기반한 프로토콜별 적용 조건 등에 대해서 파악하였다. 제5장에서는 무선 통신 기반의 모바일 소형 로봇 개발 시 주요 고려사항 등을 제시하고 미래 방향성을 위한 기술 및 정책 고려 요소들에 관해 기술한다. 제6장에서는 본 논문에 대한 결론을 작성하였다.

II. 모바일 소형 로봇 개념

2.1 모바일 로봇 정의

모바일 로봇의 일반적인 정의는 특정 목표들을 달성하기 위해서 다양한 목적지를 자율적으로 움직일 수 있는 기기를 의미한다⁹⁾. 이는 이동하는 경로가 예를 들면 AMR의 경우 음식 배달을 위해서 특정 식당 앞에 도달하고 직접 혹은 도움을 받아서 음식을 로봇 내 저장 공간에 배치 후 목적지로 이동하여 목적지 상에 있는 고객이 직접 픽업할 수 있도록 저장 공간을 오픈하거나 목적지 내 특정 위치에 도달해서 음식을 저장하는 임무를 수행하는 것이 가능하다. AGV도 마찬가지로 공장 사례에서는 공장 특정 위치에서 차량 차대 부품 세트들을 받아서 공장 내 안내선을 따라 장애물 앞 정지 등의 안전 기능을 발동하며 이동하여 목적지 내 자재 창고 위치에 하차 보조받아 자재 하차 역할을 진행할 수도 있다. 결국 모바일 로봇 경우 이동성에 기반을 두어 자율적으로 움직일 수 있는 기능을 수행하는 장치나 기기로 볼 수 있다.

다만 이러한 자율 이동 로봇의 경우 단순 관절 움직임 혹은 자세 이동이 아닌 출발지에서 목적지까지의 일정 거리 이동이 분명히 존재해야 하며 로봇의 목적 달성을 위해서 해당 이동하는 주요 목표가 구체적

으로 존재해야 할 것이다.

현재 모바일 로봇 연계 산업 전문가들의 의견을 수렴하면 공장, 산업 현장에서 쓰이는 로봇에서 서비스 제공 측면에서의 로봇으로 개발 방향이 이동하였다¹⁰⁾. 이를 볼 때 산업계에서 쓰이는 거대 로봇 대신 실질적으로 인간과 비슷한 중형 혹은 소형 로봇을 목표로 분석하는 것이 타당하다. 본 논문에서는 모바일 소형 로봇을 중점으로 하여 주요 규제와 요구 사항뿐만 아니라 시스템 구조도 분석 기반의 기능 도출 및 로봇 유형 분류도 동시에 진행하였다.

2.2 주요 요구 사항

모바일 소형 로봇의 종류, 사례 및 시스템 구조 파악을 위해서 기본적인 주요 요구 사항에 대한 파악이 필수적이다. 이러한 요구 사항들의 경우 대체로 법령으로 존재하거나 표준 형태로써 존재하는 바 본 논문에서는 미국 국립표준 기술 연구소(NIST) 보고서, UL Solutions 표준 및 지능형로봇법 하위 법령 등에 기반을 둔 주요 요구 사항 비교를 진행하였다.

우선 NIST의 경우 제조 분야 차원에서의 모바일 로봇에 대한 문헌 및 사례 정리를 토대로 한 보고서를 발간하였으며 해당 보고서 내에서 모바일 보조 로봇 기준 항목으로써 내비게이션, 집기 기술, 하드웨어, 작업하중, 이동 공간, 안전 인증 등이 기술되어 있으며 항목별 대략적인 기준은 표 1에 설명되어 있다¹¹⁾. 추가로 NIST 경우 제조환경 하에서의 모바일 로봇을 고려하였다.

UL 3300 표준의 경우 Outline of Investigation Helps Advance Safety of Consumer, Service and Education Robots로 명명된 바와 같이 서비스 로봇의 안전 표준을 제시하고 있다¹²⁾. 특히 고객이 직접 사용하는 로봇과 연관된 다양한 기준들을 제시하고 있으며 로봇 속도와 중량에 따른 로봇 유형도 분류하고 있다.

또한 주요 요구 사항들을 상세히 검토할 수 있는 방법 중 하나는 법적 차원의 검토일 것이다. 2008년 12월 19일 제정된 지능형 로봇 개발 및 보급 촉진법(지능형로봇법)의 경우 로봇 산업 발전 촉진의 목적으로 제정된 법으로써 2023년 11월에 추가 개정안을 앞두고 있다¹³⁾. 해당 개정안에서는 상기 언급된 기준들 이외에 인증기관 절차 방식, 운행 안전 인증 및 손해사정 범위 등을 담은 예정으로 알려져 있다. 해당 법령 내에서 실의 이동 로봇의 경우에서 인증 필요 기준에 속하는 내용들이 표 1에 기술되어 있다. 추가로 표 1에 제시된 내용은 주요 항목별 기준들이며 인증의

표 1. 모바일 혹은 연관 로봇 규제 및 권장 사항 리스트
Table 1. List of Requirements and Recommendation for the Mobile or related Robots

	NIST [9]	UL 3300 [11]	Intelligent Robots Act [12]
Target Robot	Industrial assistive robotics	Service, Communication, Information, Education and Entertainment Robots	Outdoor Mobility robots
Navigation	Robustness in unstructured environment	Programmed to minimize the safety risk from the navigation or related errors	No requirement
Gripping technology	Applicability for different part geometries	Certain Grip Strength	No requirement
Hardware (Size)	Economic components in compliance with industrial standards	Safety Requirements for robot mobility and human interaction	Width 800m
Workload (Max)	20 kg	No Max	Max 500kg (Incl. Robot itself)
Workspace	1.8 m square floor area	Indoor and Outdoor	Outdoor
Robot Speed	No Requirement	Max 5.56m/s (20km/h)	Max 15km/h
Robot Weight	No Requirement	No Requirement	Max 500Kg with Workload
Safety & Certificate	CE labeled application for man-machine interaction	UL 3300 certification	Korea Institute for Robot Industry Development

경우 한국 로봇 산업 진흥원에서 진행하고 있다.

2.3 주요 모바일 로봇 종류

모바일 로봇의 경우 목적 등의 사용에 따라서 크게 세 가지로 분류가 가능하다: 1) 배달 및 물류 로봇, 2) 안내/보안 로봇, 3) 공장 보조 로봇 이렇게 세 가지로 분류가 가능하며 본 논문에서는 목적별로 로봇에 대한 설명을 진행하였다.

우선 배달 및 물류 로봇의 경우 실제 물품을 탑재하고 이동하여서 해당 물품을 적절하게 전달하는 것이 주요 목적인 만큼 탑재할 수 있는 일정 수준의 저장 공간과 목적지로 움직일 수 있는 이동 장치, 그리고 목적지 혹은 목표물을 인지하고 도달할 수 있는 자율주행과 인지 알고리즘이 동반되어야 할 것이다¹³⁾. 물론 물품 전달 시 크기, 무게, 종류 및 환경에 따라서 다양화가 될 수 있을 것이다. 예를 들어서 음식 배달의 경우 음식이 원형 보존될 수 있게끔 안전 주행을 기본으로 하여 이동하는 것이 최우선 목표이며 물류 로봇의 경우 물품을 탑재해서 지정된 목표까지 빠르고 안전한 이동이 최종 목적일 것이다.

안내 및 보안 로봇의 경우 사람과 상호 교환을 바탕으로 한 목표 달성이 주목적인 만큼 목표에 따라서 이동 동선 및 상호 교환 방식에 차별점이 존재할 것이다¹⁴⁾. 박물관/미술관의 경우 특정 영역 상에서 음성 혹은 사람 행동 인지를 통해서 로봇이 특정 전시품에 대한 안내 등을 진행하거나 경로 안내 보조 등을 진행

하고 목표 달성 이후 원위치로 복귀하는 순환 구조로 진행될 수 있다. 반면 보안 로봇의 경우 특정 경로를 일정하게 반복하면서 이상 상황 혹은 객체 감지 시 바로 관제 센터에 보고하거나 음성 혹은 신호 알림 형태로 해당 침입 객체에 대한 조치를 진행하는 형태로 서비스가 제공될 수 있을 것이다.

공장 보조 로봇의 경우 특정 산업 환경인 공장에서의 보조 역할을 하는 로봇으로써 특정 물류 이동 등을 주목적으로 사용된다¹⁵⁾. 앞서 언급된 AGV 형태로 많이 활용되는 공장 보조 로봇의 경우 특정 도구나 장치 등을 공장 작업자가 탑재하면 라인을 따라서 혹은 특정 목적지로 가서 자동으로 해당 물품이나 도구를 하차하는 역할을 진행한다. 특히 반복적인 행동을 통해 효율화를 끌어내는 공장 특성상 이동 측면에서도 자율보다는 자동으로 보는 측면이 강하다고 볼 수 있으며 단순 탑재가 아닌 로봇 팔 등을 통해서 실질적인 보조 역할도 가능하게끔 구성할 수 있다.

2.4 모바일 소형 로봇 기본 시스템 구조도

앞서 언급된 모바일 소형 로봇의 경우 다양한 분야에서 다양한 형태로 존재할 수 있다. 다만 1) 유연한 공간 형태, 2) 자율적인 이동, 3) 외부 통신 연동 등을 바탕으로 주요 특허들을 조사하여 도출해낸 일반적인 모바일 로봇의 시스템 구조도는 그림 1과 같다¹⁶⁻¹⁹⁾.

그림 1에서 나와 있는 모바일 소형 로봇의 경우 각각의 역할별로 크게 로봇 시스템 (Robot System), 저

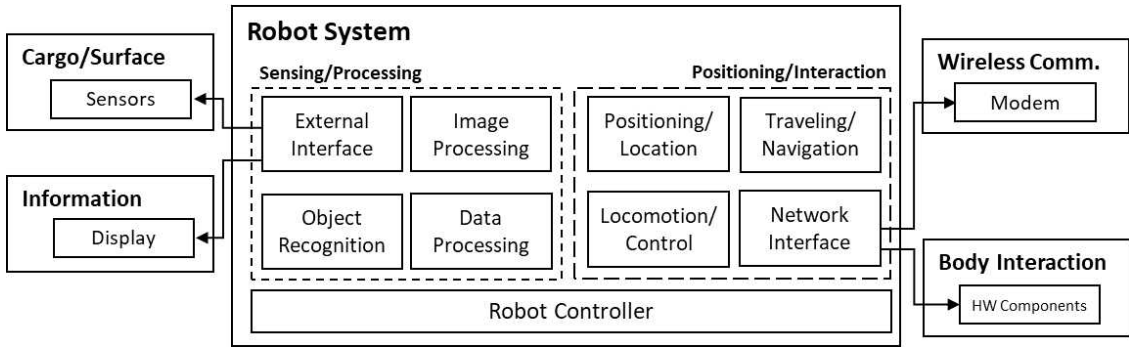


그림 1. 모바일 소형 로봇 시스템 일반화 예제
 Fig. 1. An Example of Generalized Small-scaled Mobile Robot System

장 공간/표면 (Cargo/Surface), 정보 표출 (Information), 무선 통신 (Wireless/Network), 바디 상호 연동(Robot Interaction)의 5가지로 나눌 수 있다. 로봇 시스템의 경우 로봇 본체를 제어 및 연동하고 움직일 수 있으며 전반적인 관리가 가능한 체계라고 볼 수 있다. 해당 시스템을 통해서 객체 인식 및 위치, 경로 설정, 보안 및 이동 등을 수행할 수 있으며 이러한 역할들을 보조하는 장치들은 인터페이스를 통해 연동되게 된다. 전체 모듈 관리 경우 로봇 컨트롤러가 관리하게 된다.

저장 공간 및 표면의 경우 실제 배달, 음식, 자재, 도구 등 저장이 필요한 물품들을 안전하게 담아 놓을 수 있는 공간과 외부 객체 감지를 위한 로봇 외장 표면을 뜻한다. 공간 안에 물품들 존재 여부 및 종류 감지 및 외부 장애물 감지 등을 위해서 내외부 센서들을 통해서 정보들을 확보할 수 있다. 추가로 저장 공간의

경우 차폐 형식이 정해져 있는 것은 아닌바 적용 형식 및 상황에 따라 형태는 다양하게 적용될 수 있다. 반면 외장 표면 내 센서 장착 시 외부 잡음 및 먼지 등으로 인한 장애 상황도 상정해야 할 것이다.

정보 표출의 경우 로봇에서 처리된 혹은 전달하고자 하는 정보를 표출하는 장치로써 대부분 경우 디스플레이로 표시한다. 안내 로봇의 경우 일반적인 안내 정보 및 가이드를 전달하며 상호 인터렉션에 따른 표정 표출 등의 역할들을 수행한다. 사운드와 마이크 경우 대부분은 시스템에 직접적으로 연결되어 사용되며 별도 인터페이스를 거치지 않는다.

바디 상호 연동의 경우 설치되어 있는 하드웨어 컴포넌트들과의 연동을 위해서 존재하는 추상적 개념의 모듈이라고 볼 수 있다. 해당 모듈 내 각각의 컴포넌트들이 연결되어 통신이 이루어지며 해당 통신으로 전달되는 데이터 및 정보에 의해 경로 설정 및 장애물

표 2. 특허별 로봇 유형 및 컴포넌트 리스트
 Table 2. List of Robot Types and Components in each patent

	US10089586 [16]	US10642274 [17]	US10852729 [18]	US 11020860 [19]
Robot Types	Mobile Folk Lift Robot	Semi-autonomous Robot (AGV)	Cleaning Robot	Cleaning Robot
Main-System /Module	On-board navigation System Locomotion Systems Robot controller	Navigation Info Interaction Info Security/Privacy Settings	Traveling control Location Recognition Map Creation Obstacle Recognition Image Processing	Controller Sensing System (Image Capture System) Audio Emission System Microphone Wireless Communication System Memory
Sub-system /Module	Actuators, Sensors, HMI, Wireless Comm. Cargo Sensor - Cargo	Object Detection Module Object Classification Module Object Specification Module	Image Acquisition Communication Sensor Storage	N/A

회피 등의 기능들이 발동하게 된다.

무선 통신의 경우 외부 플랫폼, 장치 연동을 위해서 필수적이며 특히 근처 인프라들과의 직접 통신도 중요하다 볼 수 있다. 해당 모듈의 경우 기본적으로 모듈이 장착되며 이를 통해서 로봇이 무선 통신 프로토콜을 사용되게 된다. 또한 위치 보정을 위해서 쓰이는 통신 기법들도 해당 모듈을 통해서 진행될 수 있을 것이다. 해당 모듈 경우 시스템 내 포함되기도 하지만 에너지 소모에 따라서 별도 모듈로도 장착할 수 있다.

그림 1에 작성된 시스템 구조도의 경우 일반적인 로봇 시스템 및 주요 연계 모듈들이 기술되어 있으며 그림 1을 위해서 조사 및 선정된 특허별로 구성하는 주요 요소별 리스트는 표 2에 기반한다. 특허 선정시 모바일 로봇의 유형 다양성을 고려하여 모바일 포크 리프트 로봇, AGV, 다른 형태의 청소 로봇 두 개를 선정하였다. 표 2에서 완전 일체형 로봇의 경우를 제외하고는 센서 및 센서 연관 기능 혹은 Wi-Fi를 제외한 모바일 무선 통신 기능들의 경우 별도 시스템 혹은 모듈 형태로 분리되었다. Locomotion, Control 같은 로봇 바퀴 움직임 혹은 직접적인 제어 자체에 관련된 기능들은 주요 시스템 내에 포함한 형태로 대체로 존재하는 경향을 보였다. 이러한 주요 기능들에 대한 리스트나 개별 설명의 경우 그림 2에 포함되어 있다.

III. 모바일 소형 로봇 내 서비스 시나리오

모바일 로봇의 개념과 시스템 구조도를 바탕으로 하여 종합적인 무선 통신 기반의 모바일 로봇 기술에 대한 이해를 위해서 실제 로봇이 움직이는 상황에서 제공되는 서비스에 대한 동작 시나리오에 대한 분석

이 필수적이다. 본 장에서는 모바일 소형 로봇의 서비스 시나리오를 단계별로 기술하고자 한다. 이를 위해서 우선 모바일 로봇의 실제 제품 사례들에 대한 조사 및 분석을 진행하고 이를 토대로 하여 분야별로 구체적인 동작 단계를 기술하고자 한다.

3.1 모바일 소형 로봇 실 제품 사례들

앞서 설명된 모바일 로봇들의 요구 사항, 구조도 및 기능들을 기반으로 하여 구성된 시나리오를 토대로 로봇의 검증 및 평가를 통한 개선 반영이 필수적이다. 특히 이러한 시나리오 개발을 위해서 모바일 로봇의 실제 제품 사례 조사들이 선행되어야 할 것이다. 본 논문에서는 국내외 주요 기업별 로봇 제품 사례 6개를 기술하며 실 제품별 구성 예제는 표 3를 참고한다.

3.1.1 LG전자 LG 클로이 로봇

클로이 로봇은 LiDAR 등의 센서를 장착한 일체형 모바일 로봇으로써 목적에 따라서 서빙, 배송, 안내 및 방역(UV-C)으로 활용될 수 있다²⁰⁾. 서빙 로봇의 경우 공간 인식 및 경로 분석 등을 토대로 이동하고 선반의 ToF (Time of Flight) 센서를 통해 선반 위 음식 유무를 판단한다. 또한 서빙 시 음식 하차 이후 자동으로 다음 목적지로 이동할 수 있다. 배송 로봇의 경우는 서빙처럼 특정 영역이 아닌 병원, 호텔, 오피스, 프랜차이즈 혹은 캠퍼스와 같이 대형 건물 내 이동이 가능함에 따라 여러 목적지로 배송하거나 층간 이동이 가능하다는 특징이 있다. 안내 로봇의 경우 또한 호텔, 박물관, 공공기관, 병원 등에서 층간 이동을 겸한 안내가 가능하다. 특히 방역 로봇인 UV-C 로봇의 경우 자율주행 기반으로써 통신 네트워크 연동과 더불어 모션 센서 등의 센서도 동시에 이용한다.

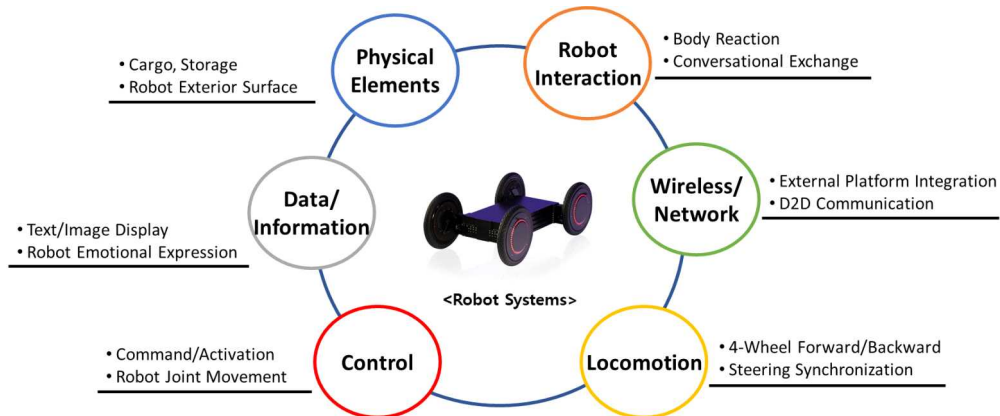


그림 2. 모바일 로봇 시스템의 주요 기능 요소 리스트 및 설명
Fig. 2. List and Description of Main Functional Elements on Mobile Robot System

3.1.2 Naver Rookie

네이버 Rookie는 네이버 1784 빌딩 안에서 택배, 카페, 도시락 등의 기본 배달 서비스 제공을 위해 개발된 네이버 AROUND 플랫폼 기반 서비스 로봇이다^[21]. 빌딩 안에서 로봇 전용 엘리베이터인 로보포트를 통한 Rookie의 층간 이동을 진행하며 여러 대의 Rookie 제어를 위해서 클라우드와 이음 5G 기반의 네트워크를 구축하여 적용하였다. 또한 이동, 측위, 역할 수행을 위한 계획과 처리를 대신하기 위해서 별도 시스템을 구축하여 공간/서비스 인프라와도 실시간으로 연동된다.

3.1.3 Starship

Starship Technologies의 Starship 로봇은 식료품, 음식, 소포 등을 목적지까지 운반하여 배달하는 자율 배달 로봇 중 하나이다^[22]. 6개의 바퀴를 통해서 악조건인 기상 환경까지 커버할 수 있으며 12개의 카메라와 센서들을 이용하여 객체 및 이상 상황, 긴급 상황 감지가 가능하다. 중량 자체가 36kg인 로봇의 경우 배송 칸에 10kg까지 탑재할 수 있으며 보행자의 보행 속도와 유사한 시속 4마일로 이동한다.

3.1.4 우아한 형제들 딜리

현재 우아한 형제들에서 운영 중인 배달의 민족 서

비스와 연계되어 운행 중인 딜리의 경우 광고 아이파크를 주요 실증 사업 장소 중 하나로 지정하여서 로봇 배달 서비스를 운영하고 있다^[23]. Door to Door로 진행되는 해당 서비스 경우 우선 QR코드를 스캔하여 배달의 민족 앱에서 원하는 음식을 주문하고, 주문이 접수되면 매장에서 조리 후 로봇에게 포장 음식을 상차시킨다. 이후 자율주행 배달을 시작하면서 안전사고를 대비하여 원격 모니터링이 이루어진다. 또한 외부 통신 연동을 통해서 공동현관문 열림 닫힘 제어 및 엘리베이터 호출을 진행하여서 배달 층까지 이동하고 도착 알림이 오면 고객은 문 앞에서 로봇을 통해 배달된 음식을 수령한다.

3.1.5 뉴빌리티 보안 로봇 뉴비

SK 텔레콤, SK 설더스와 공동으로 사업화 진행 중인 뉴빌리티는 뉴비를 자율주행 AI 순찰 로봇용으로 개발하여 덕성여자대학교 쌍문근화캠페스 내 시범 테스트를 진행하였다^[24]. 해당 로봇에게 특정 구역을 지정하면 지정된 구역 안에서 지속해서 움직이면서 장소를 모니터링하고, 모니터링 중간에 이상 상황을 감지할 시 관제 센터에 알람을 전송하고 보안요원을 출동시키게 한다. 야간 순찰용 저조도 360도 회전 카메라까지 장착하여서 낮/밤을 가리지 않고 영상 모니터링과 경고 등의 다양한 순찰 업무를 24시간 수행한다.

표 3. 모바일 로봇 제품별 비교
Table 3. Comparison among Mobile Robot Product

	LGE[20,28,33]	Naver[21,29]	Starship Tech. [22,30]	Woowahan [23,31]	Neubility[24]	MiR[25,32]
Robot Name	Cloi	Rookie	Starship	Dilly	Neubie	MiR100
Robot Type	Information Delivery	Delivery	Delivery	Delivery	Delivery Security	Manufacturing
Product Outlook						
Controller	Local Device	Cloud Platform	Local Device	Local Device	Local Device	Local Device
Operating Area	Indoor	Indoor	Outdoor	Indoor Outdoor	Outdoor	Indoor
Main Feature	Sensor Detection	Object Detection	Object Detection	Elevator Integration	Security Monitoring	Object Detection
Wireless Protocol	LTE, Wi-Fi, BLE (IEEE 802.11 g/n/a/n/ac)	Private 5G	LTE, 5G (NB-IoT)	5G	LTE	WiFi (IEEE 802.11 g/n/a/n/ac)

3.1.6 미르 공장 보조 로봇 MiR 100

텐마크 로봇 기업인 Mobile Industrial Robots (MiR)에서 생산 중인 공장용 자율 모바일 로봇 (AMR)인 MiR100의 경우 멕시코의 Visteon 공장에서 7대를 이용하여 24시간 작업을 진행한다²⁵⁾. 7대 중 6대는 창고와 생산라인 사이를 지속 반복적으로 이동하며 1대는 SMT 기계의 전자 부품 릴을 자동으로 수거하여 전달한다. 전체 운영은 모니터링 센터에서 이루어지며 사용자 중심의 관리 소프트웨어인 MiR Fleet을 통해 추적한다. 로봇 정보는 MiR Fleet을 통해 단일 시스템에 집중되며, 이를 통해 내부 운송과 로봇과의 협업을 간소화한다. 로봇 주행의 경우 사람이나 다른 로봇을 비롯한 경로의 장애물을 모두 피하는 완전 자율 주행을 수행하게 된다.

3.2 모바일 소형 로봇 동작 단계별 시나리오

현재까지 실질적인 동작 속도 및 중량 가능 범위 등을 제시한 문헌들은 크게 UL3300과 지능형로봇법이다^{11,12)}. 표 1에서 제시된 내용에서 추가로 기술될 상세 내용은 이동속도와 중량에 따른 제한 혹은 분류이다. 우선 모바일 로봇 차원에서의 가이드라인을 보면 UL3300의 경우 중량과 높이에 따라서 로봇을 6가지 유형으로 분류하며 이때 속도의 기준점은 0.3m/s를 바탕으로 로봇 유형을 크게 나눈다. 중량 기준점은 5kg, 20kg, 32kg, 38.5kg, 130kg로 해서 나누며 높이의 경우 1m를 기준으로 나눈다. 해당 로봇 유형에 해당하는 높이, 속도, 중량 초과는 불가하며 0.3m/s 이상 주행 가능 로봇도 5.56 m/s 초과 속력을 낼 수 없다. 지능형로봇법에 따라 한국 로봇 산업진흥원에서 제시한 실외 이동 로봇 운행 속도의 경우 중량과 연계되

어 있는데 100kg 이하는 15km/s, 100kg 초과 230kg 이하는 10km/h, 230kg 초과 500kg 이하는 5km/s로 최대 운행 속도가 제한되어 있다. 또한 어린이/노인/장애인 보호 구역 내에는 중량에 상관없이 5km/h의 속도로 운행해야 한다. 참고로 중량의 경우 실외 이동 로봇은 500kg를 초과할 수 없다.

현재 해당 표준, 법령 이외에도 ITU-T SG20에서 진행 중인 자율주행 배달 로봇 표준 Y.DRI-reqts도 개발 중인 만큼 모바일 로봇 연관 표준 및 법령에 대한 상세화 및 정교화 작업은 지속해서 진행될 예정이다²⁶⁾.

상기 법령 및 표준 내용들을 기반으로 하여서 작성된 일반적인 모바일 로봇 동작 단계들은 그림 3을 참고하며 분야별 상세 시나리오 단계는 그림 4를 참고한다. 그림 3과 같이 전반적인 모바일 로봇 동작의 단계는 1) Task 세팅, 2) Task 진행, 3) Task 종료로 나눌 수 있으며 분야별로도 상기 단계에 따른 수행 동작 분류가 가능하다. 참고로 해당 동작 단계의 경우 실제 Task가 들어온 시점에서부터 시작에서 종료까지만을 일반화시킨 상황에 해당하며 Task가 없는 경우의 반복적인 동작 경우 이미 실행되어 완료되었다고 가정한다.

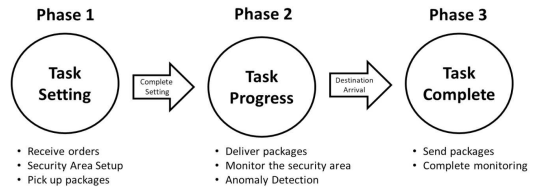


그림 3. 일반적인 모바일 로봇 동작 단계
Fig. 3. Generalized Mobile Robot Operation Phases

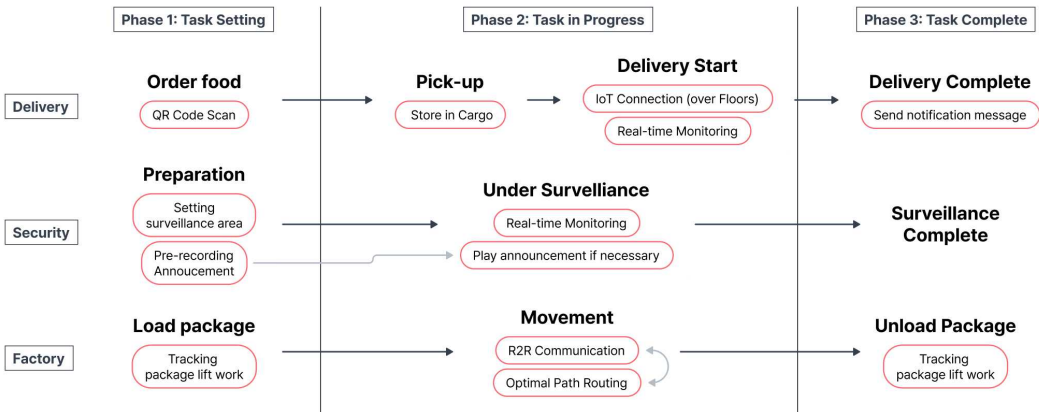


그림 4. 분야별 일반적인 로봇 동작 단계 예제
Fig. 4. Examples of Mobile Robot Operation Phases in each Field

앞서 설명된 로봇 종류인 배달, 순찰, 공장 보조 등을 기반으로 하여서 상세화시킨 그림 4에 있는 단계별 동작 시나리오의 경우 기본적으로 3단계 과정을 따라서 로봇들이 임무를 수행하게 된다. 유의할 점은 2단계 Task 진행 시 로봇 단독으로 임무 수행 혹은 이동을 하게 되면서 무선 통신을 주로 쓰게 된다는 데 있다. 특히 1/3단계에서 임무 시작/종료 정보만 송수신하는 데 비해 2단계에서는 거의 실시간 단위로 무선 통신을 통한 상호 커뮤니케이션을 진행하게 된다. 이를 통해 모바일 로봇의 경우 통신 사용 시 일정 수준 이상의 데이터 용량을 쓴다는 것을 가늠해 볼 수 있을 것이다.

IV. 모바일 소형 로봇 내 통신 시스템

4.1 통신 프로토콜 현황 및 분석

앞서 언급된 바와 같이 모바일 소형 로봇의 경우 분야별로 나뉘지만, 시스템 구조도에 따른 통신 프로토콜의 사용도 달라진다. 예를 들면 로보틱스 터틀봇 3의 경우 Wi-Fi 통신을 통해서 로봇 제어를 진행하며 실제 키보드 등의 원격 제어 경우도 Wi-Fi로 진행된다.

다만 조이스틱은 소형 장치와의 연결 경우 직접적인 연결을 통해서 제어 접근이 이루어지며 이때는 Bluetooth를 통해서 제어가 이루어진다²⁷⁾.

본 논문에서 사례와 시나리오로써 분석되었던 6가지 모바일 소형 로봇들에 대한 통신 적용 현황은 앞서 작성된 표 3을 참고한다²⁸⁻³³⁾. 해당 표 내에서 주요 적용 통신 프로토콜들의 경우 대표적으로 Wi-Fi와 모바일 네트워크로 분류될 수 있으며 모바일에서도 LTE, 5G로 구분되고 추가로 5G 차원에서도 로봇 환경 측면에서의 프로토콜의 특성들을 살려서 적용하는 것으로 분석된다.

우선 Wi-Fi 경우, 대용량의 데이터를 기본적으로 송수신 할 수 있는 통신 프로토콜이며 배터리 소모 측면에서도 모바일 네트워크와는 달리 상대적으로 낮아 실질적인 사이즈 축소를 가능하게 할 수 있다. 다만 Wi-Fi의 특성상 로컬 영역만 커버가 가능한 단점이 존재하며 기지국 간의 핸드오버가 어려운바 장거리 이동이나 복잡한 내부 공간을 이동하는 로봇 경우 Wi-Fi만 가지고 외부와 통신하는 것은 실질적으로 불가능하다.

반면에 모바일 네트워크 경우, 기지국 간의 핸드오버가 용이하며 5G로 넘어가면서 일정 수준의 데이터 수율 기반의 송수신이 가능해진다. 장거리 및 복잡한

내부 공간 하에서의 안정적인 통신 품질이 가능하다. 또한 최근 이음 5G 혹은 Private 5G라고 불리는 국지적 영역에서의 5G 특화망 적용도 가능해지면서 품질 향상에 대한 가능성이 대폭 상승했다. 다만 LTE 기반으로 아직 Wi-Fi 대비 높지 않은 대용량 송수신 문제가 존재하며 또한 상대적으로 높은 배터리 소모 문제가 존재하는바 배터리 대응 전용으로 한 시스템 혹은 알고리즘적인 해결책이 필요할 것이다.

상기 언급된 설명은 표 3에 작성된 현재 제품별 통신 프로토콜 적용 사례와 매칭이 되는데 LG 클로이와 MiR 600의 경우 건물 내 특정 영역에서 안내하거나 공장 보조를 수행하는 로봇인바 직접적인 모델 사용이 불필요한 경우가 대부분이며 만약에 안내 로봇의 경우 장거리 이동해야 하는 경우가 있는바 보조적인 수단으로써 LTE를 적용하는 것을 추측해 볼 수 있다.

네이버 Rookie 경우 로봇 친화 빌딩 중 하나인 네이버 1784 내에서의 고용량의 데이터 동기화가 필요한바 이음 5G를 적용한 경우이며 배달의 민족 딜리 경우 안정적인 통신 품질 적용을 위해서 5G를 사용한 대표적인 사례라고 볼 수 있다. 다만 아직 5G에 대한 비용 문제 및 배달 로봇 차원의 데이터양이 아직 높지 않은바 뉴비리티의 뉴비처럼 LTE를 적용한 사례도 확인할 수 있다. Starship이 특이한 경우인데 Teal Communication을 통해서 다중 모바일 사업자 망을 번갈아 쓰는 형태를 취하고 있는 것으로 판단되며 LTE와 5G에 포함되는 NB-IoT를 적용하고 있는 것으로 추측된다.

상기 언급된 무선 통신 프로토콜별로 조사된 최고 데이터 수율량 및 이와 대응될 수 있는 로봇 기능들 정리된 내용은 표 4를 참고한다. 표 4 내에서 유의할 점은 최고 수율만 고려했을 때 Wi-Fi가 6Gbps를 상회함으로써 압도적인 성능을 보여준다는 것이다. 다만 실질적으로 모바일 로봇 동작 과정상 주행 및 특정 행동 등으로 인한 통신 채널 환경이 급격하게 변화하는바 일부 공유기 등만으로 연동되어서 제어가 가능한 Wi-Fi 대신에 실내 광범위 이동 및 실내외 이동의 경우 다수 기지국에 연결되어서 데이터 송수신이 가능한 LTE, 5G, NB-IoT 등이 적절할 수 있다. 추가로 전용망 등을 통한 고속 송수신을 위해서는 이음 5G와 같은 LTE/5G 특화망 등의 적용이 가능하며 이때 기록할 수 있는 업링크/다운링크의 최고치는 기존 LTE/5G 대비 상회할 수 있을 것으로 고려된다. BLE 경우 근처 외부 기기 대상 브로드캐스팅 용도로써만 유효한 프로토콜인바 데이터 수율 관점에서도 실내에서만 작동할 수 있으며 실질적인 직접 로봇 기능 적용

표 4. 프로토콜 별 수율, 적용 가능 공간 및 기능 리스트
Table 4. List of Data Rate and Applicable Functions for each Wireless Communication Protocols

Wireless Comm. Protocol	Max Data Rate (Mbps)	Applicable Functions for Mobile Robots	Rec. Operation
Bluetooth Low Energy (BLE) [34]	1.0	Broadcasting	Indoor
IEEE 802.11ac[35]	6933	Monitoring Video/Image Streaming Remote Control	Indoor
LTE[36]	300 (DL) 75 (UL)	Remote Control OTA	Indoor/ Outdoor
NB-IoT[37]	0.235 (DL) 0.205 (UL)	Remote Control Status Data Backup	Indoor/ Outdoor
5G[38]	1000 (DL) 500 (UL)	Voice/Image Streaming OTA	Indoor/ Outdoor
Private LTE/5G	N/A	Brainless Control System Level Streaming	Indoor/ Outdoor

에는 한계가 있다.

4.2 활동 범위별 모바일 로봇 통신 적용 가능성
상기 언급된 통신 프로토콜 기반하에 적용해 볼 수 있는 로봇 시스템의 경우 동작 반경 등을 고려하여서

그림 5와 같이 구조도를 분야별로 세분화하여 일반화할 수 있다^{16,18,19}. 그림 5에서 제시되었듯이 실외 특정 지역만 커버하는 로봇들의 경우 Wi-Fi 정도로도 충분한 커버리지가 되며 기존 Wi-Fi 공유기 등을 통해서 식당, 상점 및 소규모 사무실 등에서 활용도 가능하다. 필요시 BLE 기능들을 활용한 추가적인 서비스 제공도 가능할 것이다.

반면 실내 광범위 경우 층간 이동 혹은 광대한 영역을 커버해야 하는바 단순 Wi-Fi만 가지고는 어려우며 기존 LTE 혹은 이음 5G 같은 특화망 모바일 네트워크를 활용하여서 광범위한 영역에 대응하는 것이 최선이다. 특히 모바일 네트워크 경우 기지국 간의 핸드오버도 용이한 바 자주 움직이는 로봇의 경우 모바일 네트워크 존재는 필수적일 수밖에 없다.

실내외를 아우르는 로봇의 경우 기본적으로 빌딩 간의 이동으로 볼 수 있으며 도심 내에서의 인프라 활용을 기본적 전제로 삼는바 LTE, 5G 네트워크를 기본적으로 활용하는 것을 전제로 구조도가 설계되는 것이 타당하다. 또한 Wi-Fi 모듈 없이도 모바일 네트워크만으로 장거리 이동 및 안정적인 통신 서비스 연동이 충분히 가능한바 Wi-Fi를 삭제한 로봇 구조가 실내외 환경에서는 최적의 구조로 고려될 수 있을 것이다. 다만 주로 외부 환경 이동을 목적으로 하는 로봇인 만큼 긴급 상황에 대비하여 로봇 시스템과 통신 모듈 간의 전원 공급 이원화도 필요할 것이다. 예를 들어서 로봇 시스템 배터리와 통신 모듈 배터리를 분리함으로써 통신 모듈 배터리가 전부 소모된 경우에도 로봇 시스템 자체의 기능은 살아 있어 통신 미연결 상황에서의 긴급 대응 처치가 가능할 것이다.

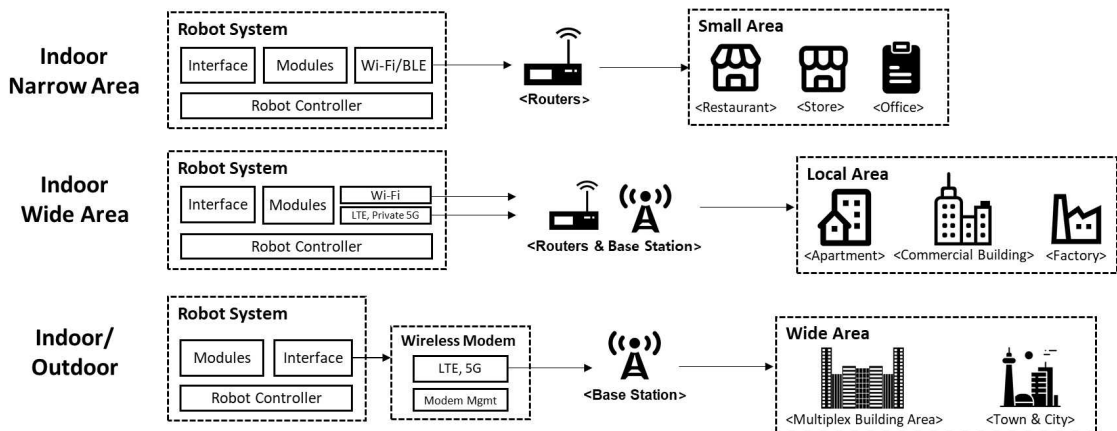


그림 5. 활동 반경 별 통신 적용된 로봇 시스템 일반화 구조 및 적용 범위
Fig. 5. Generalized Structure and Operation Range of Mobile Robot Integration with Wireless Communication

V. 주요 고려사항 및 방향성

5.1 모바일 로봇 차원의 주요 고려사항

본 논문에서는 모바일 로봇 시스템, 상세 기능들과 더불어 적용된 통신 프로토콜별로 적용될 수 있는 공간 및 영역 등에 대해서 일반화하여 제시하였다. 작성된 내용 등을 토대로 하여 무선 통신 프로토콜을 적용한 실제 모바일 로봇 시스템 개발 시 고려해야 할 사항들을 볼 때 크게 로봇의 작동 범위 목표, 적용하고자 하는 기능 및 동작, 신기술 적용 용이성 등을 들 수 있다.

우선 모바일 로봇의 경우 자율적으로 움직여서 임무를 수행하는 장치인 만큼 모바일 로봇 서비스 구성에 따라서 작동 범위에 대한 목표가 상세화되어야 한다. 실내 특정 지역만 한정을 지을 것인지 아니면 실내 광범위 혹은 실외 지역까지 작동 범위를 확장할 것인지에 따라서 적용되는 무선 통신이 달라지며 이는 모바일 로봇의 구성, 형태까지 영향을 미칠 수 있다. 따라서 개발하고자 하는 모바일 로봇의 작동 범위에 대한 가이드라인 혹은 목표가 고려되어야 할 것이다.

적용하고자 하는 기능의 범위도 추가로 고려해야 할 사항이다. 단순 반복 이동 혹은 안내인지, 영상 스트리밍 혹은 배달까지 포괄하는 복합 동작을 요구하는지에 따라서 외부와의 통신에 대한 활용성에 차이가 있을 수밖에 없으며 이는 내부 시스템의 정보 수신 및 데이터 처리 성능에도 연계되는 요소가 된다. 이는 시스템 내 연산 및 저장 장치 등 하드웨어 부품 선택에도 큰 요소가 되는 바 이러한 기능 범위를 어느 정도까지 설정할지에 대한 고려가 필요할 것이다.

신기술 적용 용이성도 추가로 고려해야 할 측면이다. 로봇 기술의 경우 급속하게 변화가 일어나고 있는 영역인바 LiDAR 혹은 감지 센서 등 부품들의 교체 혹은 디스플레이 및 통신 모듈과 같은 인터페이스의 교체 등이 필요할 수 있다. 특히 5G 환경 이후의 통신 프로토콜인 5G 및 6G에 관한 연구 및 적용 논의가 진행되고 있는 상황에서 이러한 신규 기술들의 적용을 위해 모바일 로봇의 구조를 플러그인 혹은 모듈화로 진행하는 것이 향후 로봇 구조의 효율화를 위해서도 적절한 방향일 것이다. 이러한 형태를 통해서 타 신기술이 들어오더라도 하드웨어의 경우 교체 형식 등으로 쉽게 교체할 수 있는 구조를 가질 수 있으며 이와 더불어 내부 소프트웨어 아키텍처 경우도 하드웨어 추상화 계층 등의 별도 처리 등을 토대로 하여 하드웨어 기능 및 애플리케이션의 적용에 대한 용이성도 동시에 확보하는 게 중요할 것이다.

5.2 미래 방향성 위한 주요 기술/정책 고려 요소

상기 언급된 개발 고려사항 이외에도 모바일 로봇에 대한 미래 방향성도 같이 도출하는 것이 필요할 것이다. 이러한 미래 방향성의 경우 단순 기술적 진보만을 의미하는 것이 아닌 서비스, 사업 및 정책등을 아우르는 방향성이 되어야 할 것이다. 이를 위해서 고려해야 할 주요 기술적 요소는 크게 특허 개발, 기술 표준 제정 및 사업 전략 수립 등이 있고 주요 정책적 요소들의 경우 실증단지 지정 및 정책 개발 등이 있다.

기술적 요소 중에서 모바일 로봇 기술 개발을 위해서는 다양한 특허 확보 등을 토대로 한 기술 보호 및 권리 획득에 대한 지원 등이 필요하다. 이를 통해서 모바일 로봇 개발 기업들 차원의 경우 규제 철폐 등으로 인한 다양한 영역에서의 서비스 시나리오 및 이를 기반으로 한 기술들의 보호를 통해 특허 분쟁 등의 지적재산 이슈에서 벗어나는 것이 가능할 것이다³⁹⁾. 또한 이러한 특허와 연계하여 기술 표준 등의 개발 및 제정을 동반함으로써 모바일 로봇 영역에 관한 정형화된 기술 플랫폼화를 진행하고 이를 토대로 다양한 사업 기회들을 발굴 및 확장하면서 양해각서 (MOU: Memorandum of Understanding) 등의 협력 체계를 만들어 나가는 것도 같이 가능해질 것이다. 단순히 로봇 차원의 기술 개발만 중요한 것이 아닌 다양한 측면에서의 기술 보호 및 획득, 이를 통한 MOU, 사업 확대 등의 프로세스화가 필수적이어야 될 것이다.

정책적 차원에 있어서는 일반적인 규제 완화도 필요하지만 이와 동반하여 지능형로봇법에 규제받지 않는 특정 실증단지 지정 등을 통해 다양한 서비스에 대응할 수 있는 모바일 로봇 실험 및 검증 등이 가능하도록 지원하는 것이 필요하다. 로봇 분야는 아니지만, 판교 자율주행 실증단지 같은 경우 단순 자율주행 기술만 개발되는 것이 아니라 이와 파생되는 데이터 센서, 통합관제센터와 제로 모빌리티 서비스 등의 파생 기술/서비스 발굴까지 동반하는 종합 생태계 구성 역할을 하고 있다⁴⁰⁾. 이러한 실증단지 지정 등을 통해서 모바일 로봇과 연계된 다양한 파생 기술/서비스에 대한 분야 확장도 가능해지며 이러한 신규 분야 형태에 맞춰진 새로운 모바일 로봇들의 개발도 가능해지면서 선순환 구조가 구축될 수 있다. 이를 가속하기 위해 특별 규제 해제 및 인증 절차 간소화 등의 간접적인 지원 형태를 국가 혹은 지방 정부가 정책 개발 과정 등을 통해서 병행해서 제공해주는 것이 필요할 것이다. 특히 통신 기술 측면에 있어서 모바일 로봇 전용 통신 기법 연구를 위한 주파수 대역 추가 할당 및 실증 대상 전파 인증 패스트트랙과 같은 정책 지원 등이

동반된다면 무선 통신 기반 모바일 로봇에 최적화된 연구 개발 등이 활발하게 이루어질 수 있을 것이다.

VI. 결 론

본 논문에서는 모바일 소형 로봇의 무선 통신 프로토콜 동향에 대해서 조사 및 분석을 진행하였으며 무선 통신 기반 모바일 로봇 서비스 개발을 위한 주요 고려사항 및 기술적/정책적 방향성 등도 같이 제시하였다. 이를 위해서 모바일 로봇 개념 설명 및 일반화된 구조도 도출을 진행하였으며 출시된 6개 모바일 로봇 제품 사례들에 대한 서비스 설명 및 일반화한 시나리오도 제시하였다. 추가로 모바일 로봇별 무선 통신 프로토콜에 대한 상세 사양 등의 제시를 통해서 활동 범위별 로봇 구조에 대한 일반화도 같이 제안하였다.

향후 활동 범위별로 일반화된 모바일 로봇 시스템 구조에 대한 실제 검증이 필요한 바 이를 직접 구현함으로써 실제 작동 및 서비스 제공 시에 대한 이슈 사항들을 발굴할 수 있을 것이다. 또한 모바일 로봇에 적용할 수 있는 신기술 아이템 발굴을 기반으로 하여 종합적으로 아우를 수 있는 기술 전략 수립 등의 연구가 필수적으로 동반되어야 할 것이다.

References

[1] Deloitte, *The future of restaurants: The new normal and beyond-Creating dynamic value for markets, models, and mechanics*, 2023.

[2] F. Jackson, *D’you want humans with that? How the fast food industry is turning to AI*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://techhq.com/2023/08/how-is-the-fast-food-industry-turning-to-ai/>

[3] D.-H. Park, *Korea’s e-commerce giant Coupang to invest in logistics automation*, 2022, Retrieved Sep., 25th, 2023, From: <https://www.kedglobal.com/robotics/newsView/ked202211290012>

[4] A. Deguchi, C. Hirai, H. Matsuoka, T. Nakano, K. Oshima, M. Tai, and S. Tani, “Society 5.0: A people-centric super-smart society,” *Society 5.0: A People-Centric Super-Smart Society*, pp. 1-177, 2020. (<https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4>)

[5] M. Marinelli, “From industry 4.0 to construction 5.0: Exploring the path towards human-robot collaboration in construction,” *Systems*, vol. 11, no. 3, 152, 2023. (<https://doi.org/10.3390/systems11030152>)

[6] K. Jang, “*This year’s mobile robot shipments increased by 53% compared to the previous year*,” 2022, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=30306>

[7] IDTechX, “*World mobile robot industry market size: \$150 billion by 2044*,” 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From: <https://www.ciokorea.com/news/306661>

[8] Hangul Seok, *Part 2. Autonomous mobile robot (AMR), connecting innovation*, 2022, Retrieved Sep., 25th, 2023, From: <https://www.klnews.co.kr/new s/articleView.html?idxno=306188>

[9] M. Schneier and R. Bostelman, “*Literature review of mobile robots for manufacturing*,” Gaithersburg, MD, USA: US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2015.

[10] Gunnan Im, [Panel Discussion] *Plans to revitalize service robots and challenges to overcome*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From: <https://www.hellot.net/mobile/article.html?no=80393>

[11] UL 3300, *Outline of Investigation Helps Advance Safety of Consumer Service and Education Robots*, UL Standards, 2021.

[12] *Intelligent Robots Development and Distribution Promotion Act*. Act No. 9014, Mar. 28, 2008. Amended by Act No. 19412, May 16, 2023.

[13] iRobot News, *Is it free if a robot delivers? The era of delivery robots is fast approaching Interesting robot story from My Robot Solution* (81), 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From: <http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=30550>

[14] S. Kim, *LG Electronics, new guidance robot active at COEX.. everything from route guidance to security*, 2021, Retrieved Sep.,

- 25th, 2023, From: <https://www.ajunews.com/view/20210926093946950>
- [15] K. Kwak, B. Park, E. Go, C. Yoon, and K. Kim, "Rapidly spreading logistics robot applications," *The J. Korea Robotics Soc.*, vol. 17, no. 4, pp. 387-396, 2022. (<https://doi.org/10.7746/jkros.2022.17.4.387>)
- [16] M. Vestal, M. LaFary, and P. Stopera, "*Job management system for a fleet of autonomous mobile robots*," U.S. Patent 10,089,586, issued Oct. 2, 2018.
- [17] L. Storfer, T. Gaidar, and I. Lapidot, "*Navigating semi-autonomous mobile robots*," U.S. Patent 10,642,274, issued May 5, 2020.
- [18] H. Choi, S. Park, D. Shin, J. Lee, and H. Jeon, "*Moving robot and control method thereof*," U.S. Patent 10,852,729, issued Dec. 1, 2020.
- [19] J. C. Chevront, C. V. Jones, and M. J. Dooley, "*Systems and methods to control an autonomous mobile robot*," U.S. Patent 11,020,860, issued Jun. 1, 2021.
- [20] *LG Cloi Service robot (serving robot)*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://www.lge.co.kr/kr/business/product/it/lg-LDLIM21>
- [21] ARC, *Multi-robot Intelligent System*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://www.naverlabs.com/storyDetail/185>
- [22] *Starship Robots - Your Local, Community Helpers*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://www.starship.xyz/the-starship-robot/>
- [23] *Baemin Robot / Robot Delivery Service*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://robot.baemin.com/service/gwanggyoipark>
- [24] SK Telecom, "*SKT, Newbility, and SK Shielders jointly develop 'self-driving AI patrol robot'*," 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://www.newswire.co.kr/newsRead.php?no=962723>
- [25] MiR100, *Visteon Mexico*, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://www.mobile-industrial-robots.com/ko/%EC%82%AC%EB%A1%80-%EC%97%B0%EA%B5%AC/mir100-visteon-mexico/>
- [26] ITU-T Y.DRI-reqts, "*Requirements for autonomous urban delivery robots interworking*," ITU-T, 2023.
- [27] *Turtlebot 3 E-Manual*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://emanual.robotis.com/docs/en/platform/turtlebot3/overview/>
- [28] *LG Cloi Guide Robot (RSCGD20)*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://www.lge.co.kr/service-robot/rscgd20>
- [29] J. D. Lee, "*Following Naver, LG, and SK, CJ also plugged in 'Jeum 5G'*," 2022, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://m.khan.co.kr/economy/industry-trade/article/202206011445001>
- [30] *Starship Technologies - Cellular IoT Connectivity | True eSIM From TEAL*, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://tealcom.io/case-studies/starship/>
- [31] K. Y. Lee, "*SK Telecom grafts '5G MEC' to Baemin's 'Dilly Drive'*," 2020, Retrieved Sep., 25th, 2023, From, <https://www.dailian.co.kr/news/view/909977>
- [32] MiR100, *Mobile robot from Mobile Industrial Robots*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://www.mobile-industrial-robots.com/solutions/robots/mir100/>
- [33] RF Exposure Evaluation Report (FCC Report), *Compliance Certification Services (Kunshan) Inc.*, KSEM210700109204, Issued in Oct. 15th, 2021
- [34] P. Bulić, G. Kojek, and A. Biasizzo, "Data transmission efficiency in bluetooth low energy versions," *Sensors*, vol. 19, no. 17, 3746, 2019. (<https://doi.org/10.3390/s19173746>)
- [35] IEEE Standards Association, "*Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications; Amendment 4: Enhancements for Very High Throughput for Operation in Bands below 6 GHz*," IEEE Std 802, 2013.
- [36] S. Kanchi, S. Sandilya, D. Bhosale, A. Pitkar, and M. Gondhalekar, "Overview of LTE-A technology," in *2013 IEEE Global High Tech Congress on Electronics*, pp. 195-200, 2013.

- [37] R. S. Sinha, Y. Wei, and S.-H. Hwang, "A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT," *ICT Express*, vol. 3, no. 1, pp. 14-21, 2017.
(<https://doi.org/10.1016/j.ict.2017.03.004>)
- [38] 3GPP, *5G System Overview*, 2022, Retrieved Sep., 25th, 2023, From <https://www.3gpp.org/technologies/5g-s-system-overview>
- [39] D. H. Lee, *Why delivery robot companies need to prepare for patent disputes right now*, 2023, Retrieved Sep., 25th, 2023, From: <http://m.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=31430>
- [40] H. J. Kim, *Pangyo Zero City autonomous driving demonstration complex operation case and implications*, Retrieved Sep. 25th, 2023, From: https://www.investkorea.org/ik-en/bbs/i-2486/detail.do?ntt_sn=488515

송 효 진 (Hyo Jin Song)



2021년 3월~현재: 성신여자대학교 AI융합학부 학사과정
<관심분야> 모빌리티 시스템 및 서비스, IoT 시스템, 제어 로봇 시스템, 인공지능 시스템

박 시 현 (Si Hyeon Park)



2021년 3월~현재: 성신여자대학교 AI융합학부 학사과정
<관심분야> 모빌리티 시스템, IoT 시스템, 아두이노, 유니티, VR

심 수 민 (Soomin Shim)



2010년 12월: 인디애나주립 대학교 경영대학 학사 석사
2017년 12월: 성균관대학교 기술경영전문대학원 박사수료
2011년 6월~2015년 5월: kt경제경영연구소 선임연구원

2015년 6월 ~ 2019년 11월: LG전자 컨버전스센터 선임연구원
2019년 11월~현재: 현대자동차 로보틱스랩 로보틱스사업실 책임연구원
<관심분야> 로봇신사업개발, 로봇친화빌딩 인프라, 신기술 표준/인증 사업화, High-tech 마케팅

유 재 훈 (Jae Hoon You)



2016년 2월: 한양대학교 관광학과 학사
2016년 1월~2022년 5월: KT 로봇사업팀 과장
2022년 6월~2022년 8월: 삼성전자 생활가전 상품기획팀 과장

2022년 9월~현재: 현대자동차 로보틱스랩 책임연구원
<관심분야> 서비스로봇, 로봇친화빌딩 인프라, 로봇 전용 통신 네트워크, 로봇 서비스기획

오 정 민 (Jeong Min Oh)



2021년 3월~현재: 성신여자대학교 AI융합학부 학사과정
<관심분야> 인공지능 시스템, 모빌리티 시스템, 기계학습 기반 감정 인식, IoT 시스템

김 원 희 (Won Hee Kim)



2020년 6월: 노스웨스턴 대학교 기계공학과 학사
2021년 3월~2021년 12월: 뉴로메카 연구원
2022년 1월~현재: 현대자동차 로보틱스랩 연구원
<관심분야> 로봇 기반 서비스, 로봇 친화 빌딩, 로봇 SI, 출입 보안 서비스

황 성 옥 (Seong Wook Hwang)



2016년 8월 : 펜실베이니아주립대학교 산업공학/운용과학 박사
2016년 10월~2018년 2월 : 국방과학연구소 책임연구원
2018년 3월~2021년 8월 : 홍익대학교 세종캠퍼스 글로벌경영 조교수

2021년 8월~현재 : 성신여자대학교 경영학부 조교수
<관심분야> 서비스 및 운송 운영 관리, 스마트 모빌리티, V2G, 머신 러닝

김 준 영 (Joon Young Kim)



2015년 8월 : 퍼듀대학교 전기 컴퓨터공학과 박사
2015년 9월~2021년 2월 : 현대자동차 책임연구원
2021년 3월~현재 : 성신여자대학교 AI융합학부 조교수
<관심분야> 차량 무선 통신,

SDR 시스템 구현, 모빌리티 서비스, 메타버스 연계 서비스

[ORCID: 0000-0002-2750-8723]

이 희 상 (Hee Sang Lee)



1991년 3월 : 조지아공과대학 산업시스템공학 박사
1991년 9월~1995년 2월 : KT 선임연구원
1995년 3월~2004년 2월 : 한국외국어대학교 산업공학과 부교수

2004년~현재 : 성균관대학교 시스템경영공학과·기술경영전문대학원 교수
<관심분야> Business Quantitative Modeling, Data Mining, 기술경영, 경영과학