

# Proposal for a Waste Management Robot Service to Ensure a Safe Working Environment for Sanitation Workers: Contextual Understanding of Road Conditions in South Korea

Da Young Jin<sup>1</sup>, Hyun Gu Kang<sup>1</sup>, Min Seo Cho<sup>1</sup>, Hye Sun Jee<sup>1</sup>, Won Mi Choi<sup>1</sup>, Youn Joon Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Service Design, Graduate School, Student, Hongik University, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Visual Communication Design, School of Art, Professor, Hongik University, Seoul, Korea

---

## Abstract

**Background** While there has been substantial research on understanding the duties and challenges faced by sanitation workers through literature studies, there is a noticeable gap in studies analyzing the relationship between the road environments where these workers operate and the tasks they perform. This study aims to propose robot service scenarios that consider the repetitive heavy-lifting tasks of sanitation workers and the unique risks posed by South Korean road environments, with the goal of improving their safety, health, and working conditions.

**Methods** To comprehend the working environment of sanitation workers, this study conducted a literature review and statistical data analysis. To understand the work characteristics of sanitation workers in relation to road environments in Korea, video ethnography was used to categorize work types based on road environments and sizes. Common work characteristics across different road environments and the specific needs of sanitation workers were identified. Furthermore, a co-design workshop with experts was conducted to propose specific directions for service scenarios and robot features that reflect a contextual understanding of the road environment in Korea. During the service validation phase, quantitative evaluations and subjective feedback were collected to identify areas for improvement, which were used to assess the potential of future robot service scenarios from multiple perspectives.

**Results** Through the co-design workshops, we refined the design direction for robot services targeting single-lane residential alleys, single-lane commercial alleys with illegal parking issues, and two-lane sidewalk commercial areas. This direction led to the development of key service features including enhanced robot mobility, fall prevention systems to protect workers, and intelligent path planning with real-time route adjustments. Additionally, systems to alert pedestrians and reduce physical strain through automatic waste collection were also developed. These service features were validated according to specific scenario types, receiving particularly positive feedback for 'real-time information provision'. However, the feasibility of these service scenarios was rated low due to the current limits of robot technology, complex road conditions, and a lack of social acceptance. These results indicate a need for further research and development to advance robot technology and enhance social acceptance.

**Conclusions** This study proposes a robot development initiative aimed at creating safer working environments for sanitation workers, envisioning service scenarios to be realized within the next decade. The study hopes to serve as foundational material for developing strategies for the effective use of robots in unstructured environments. Additionally, the study anticipates further research into the comprehensive analysis of social acceptance from social, institutional, and legal perspectives to advance the development of more sophisticated robot services.

**Keywords** Sanitation Workers, Road Environment, Robotic Technology, Co-Design, Work Safety

---

\*Corresponding author: Youn Joon Lee (younjoonlee@gmail.com)

*Citation:* Jin, D. Y., Kang, H. G., Cho, M. S., Jee, H. S., & Lee, Y. J. (2025). Proposal for a Waste Management Robot Service to Ensure a Safe Working Environment for Sanitation Workers: Contextual Understanding of Road Conditions in South Korea. *Archives of Design Research*, 38(2), 327-347.

<http://dx.doi.org/10.15187/adr.2025.05.38.2.327>

**Received :** Oct. 02.  
2024 ; **Reviewed :** Dec.  
20. 2024 ; **Accepted :**  
Dec. 20. 2024

**pISSN** 1226-8046  
**eISSN** 2288-2987

**Copyright :** This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

---

## 1. 서론

### 1. 1. 연구의 배경 및 목적

환경미화원은 도시의 청결과 위생을 유지하는 데 핵심적인 역할을 수행하지만, 작업 환경은 종종 위험하고 열악한 상황에 놓여 있다. 특히, 중량물 취급으로 인한 근골격계 질환과 한국의 밀집된 주거 환경에서 발생하는 도로 주정차 문제로 인해 더욱 심화되어 환경미화원의 산업 재해 발생률이 증가하고 있다. 고용노동부(2024)에 의하면 지난 3년간(2012~2023) 위생 및 유사서비스업에서 발생한 재해자는 총 3,885명이며, 재해로 인한 사망자는 93명으로 환경미화원의 작업 환경은 더욱 열악해져 작업 환경 개선의 필요성이 대두되고 있다.

또한, 고용노동부와 안전보건공단(2018)에서 생활폐기물 수집·운반 작업 환경미화원 작업 안전 수칙 가이드가 제공되어, 환경미화원의 직무 이해와 문제점 파악에 관한 연구가 진행되고 있지만 한국직업건강간호학회의 최은숙, 손신영 그리고 이관형(Choi, Sohn & Yi, 2011)에 따르면, 환경미화원들의 작업 환경이 업무에 미치는 영향을 체계적으로 분석한 연구는 부족한 실정이다. 또한, 이주현과 김미정(Lee & Kim, 2010)은 인간 중심적 관점에서 사용자들과의 효과적인 상호작용을 고려할 때, 기술적인 것뿐만 아니라 인문·사회학적 배경을 포함한 맥락적 환경의 이해가 필요하다고 주장하였다. 로봇은 기술이 빠르게 발전함에 따라 여러 분야에서 인간의 작업을 지원하고 있으며, 환경미화원의 안전하고 효율적인 작업 환경을 구축하기 위해 폐기물 처리 로봇 서비스의 필요성이 강조되고 있다. 신영수, 임채린, 이선화, 그리고 김진우(Shin, Im, Lee & Kim, 2015)에 따르면, 이러한 서비스를 제공하기 위해 로봇이 환경미화원의 작업 환경을 정확하게 인식하고 대응할 수 있어야 한다고 주장하였다.

따라서 본 연구는 한국 도로 환경을 중심으로 로봇을 활용한 환경미화원 업무 환경 인식 필요성을 확인하고, 로봇과의 협업을 통하여 환경미화원이 안전하고 효율적인 작업 환경에서 근무할 수 있도록 서비스 방향을 제언하는 데 목적이 있다.

### 1. 2. 복잡한 작업 환경에서의 자율주행로봇 활용

환경미화원을 위한 로봇 서비스는 비정형적이고 복잡한 작업 환경, 예를 들어 한국 도로 환경에서의 장애물 감지 및 극복, 충돌 발생 예방 등의 요구를 충족해야 한다. 이러한 복잡한 환경에서의 작업은 로봇의 기구학적 한계(Kinematic Limit)를 뛰어넘는 기술적 도전 과제를 포함한다. 이에 따라 본 연구는 복잡한 작업 환경에서 자율주행로봇이 어떻게 활용되고 있는지를 탐구하고, 이를 환경미화원의 안전한 작업환경을 위한 로봇 서비스 개발에 참고하고자 한다.

이를 위해 주요 사례로 보스턴 다이내믹스, 현대자동차그룹 로보틱스랩, MiR(Mobile Industrial Robots)과 옴론(Omron)을 선정하여 분석하였다. 분석 과정에서는 조현규, 유원필, 임을균, 그리고 송수환(Cho, Yu, Lim & Song, 2022)의 연구를 바탕으로 관련 내용을 [Table 1]에 정리하였다.

Table 1 Examples of using autonomous robots for unstructured work environments

구분	설명	해결한 문제 상황
보스턴 다이내믹스	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 아틀라스(Atlas) 2족 보행 로봇 개발</li> <li>- 실시간 환경인식 기술을 통해 장애물의 구성을 분석하고, 모션 라이브러리에서 적합한 움직임을 선택하여 장애물을 극복</li> <li>- 장애물 높이 변화와 구성 변화에도 대응 가능하며, 비정형 작업 환경에서도 안정적 작동이 가능</li> </ul>	장애물 극복, 동적 환경 적응, 실시간 모션 최적화
현대자동차 그룹	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4족 보행로봇을 활용한 첫 번째 프로젝트로 '공장 안전 서비스 로봇(Factory Safety Service Robot)' 개발</li> <li>- 라이다 센서, 단안 카메라, 열화상 카메라 등 다양한 센서를 통해 복합적인 위험요소(고온, 이상 상황 등)를 실시간 감지</li> <li>- 딥러닝 모델 기반으로 고레벨 환경 인식 및 정찰 기능 수행- 실제 공장에서 시범 운영을 통해 위험 상황 탐지 및 예방 가능성을 검증하며, 공장 내 사고 방지 및 효율적 감시 기능 강화</li> </ul>	위험 감지, 산업현장 정찰, 원격 조종
MiR과 옴론	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자율주행 모바일 로봇(AMR) 개발로 물류 작업의 자동화를 실현</li> <li>- SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 기술을 활용해 환경 변화를 실시간으로 반영하며 충돌 회피 가능</li> <li>- FMS(Fleet Management System)를 통해 다수의 로봇을 관리하며 작업을 분배하고, 충돌을 방지하며 효율성을 극대화</li> <li>- 다중 로봇 시스템의 네트워크 통신을 통해 작업 최적화 및 교통제어 수행, 물류 작업의 생산성과 안전성을 동시에 향상</li> </ul>	물류 자동화, 충돌 회피, 다중 로봇 관리

보스턴 다이내믹스의 사례는 비정형적이고 예측 불가능한 작업 환경에서도 실시간 환경 적응과 장애물 극복 기술의 중요성을 보여주며, 현대자동차 로보틱스랩은 다중 센서와 AI 기술을 활용하여 복잡한 산업 현장에서의 위험 요소를 감지하고 안전성을 강화하는 데 기여하고 있다. 그리고 MiR과 옴론은 자율주행 및 다중 로봇 관리 기술로 복잡한 물류 환경에서도 효율성을 극대화하고 있다. 이러한 사례들은 환경미화원을 위한 로봇 서비스 개발에 중요한 시사점을 제공한다. 첫째, 장애물 극복 기술은 비정형 도로 환경에서의 로봇 이동성과 작업 가능성을 높인다. 둘째, 다중 센서 기반의 위험 감지 기술은 환경미화원의 안전성을 향상시키고 로봇 운영의 신뢰성을 확보한다. 마지막으로, 자율 경로 설정과 다중 로봇 협업 시스템은 복잡한 작업 환경에서도 높은 생산성과 안정성을 달성할 수 있는 가능성을 보여준다. 이를 통해 환경미화 로봇 서비스가 보다 안전하고 효율적인 방향으로 발전할 수 있음을 확인할 수 있다.

### 1. 3. 폐기물 관리 로봇과 관련된 기술적 발전 및 국내외 사례 분석

폐기물 관리 로봇은 다양한 산업 분야에서 환경 문제 해결과 작업 효율성 향상을 위한 핵심 기술로 주목받고 있다. 이 로봇들은 정밀한 환경 인식 및 자동화된 작업 수행을 통해 작업자의 부담을 줄이고, 안전한 작업 환경을 제공한다. 예를 들어, 국내 사례인 LG전자의 클로이 로봇 청소기는 좁은 공간에서도 장애물을 효과적으로 감지하며, 실내 환경에서 높은 청결도를 유지할 수 있다. 반면, 국외 사례인 뉴빌리티 딜리타워는 도로 주행 기반의 배달 로봇으로 SLAM 기술과 GPS를 결합해 복잡한 도로 상황에서도 정확한 경로를 설정할 수 있다.

폐기물 관리 및 도로 환경 자율 로봇의 기술적 사례 분석은 다음 [Table 2]와 같다.

Table 2 Analysis of Technological Advancements and case studies on Waste Management Robots

구분	서비스명	문제점	기술적 한계	제안된 해결방안	Reference
폐기물 관리 로봇	LG의 클로이 로봇청소기 (Lee, E., 2018)	좁은 공간 내 제어 문제, 높은 초기 비용	정밀 환경 인식 및 객체 탐지가 제한적, GPS 신호 약화	다중 센서 통합 시스템 개발, AI 기반 객체 인식 강화	Jung, Y. & Yoon, S.(2022) Ko, J. & Lee, S.(2022)
	배달 로봇 뉴빌리티 딜리 타워 (Kim, G., 2023)	도로 주행 규제에 인한 사용 지연	다양한 도로 조건에서 신뢰성 부족, 경로 계획의 어려움	SLAM 기반 경로 최적화, 규제 완화 및 테스트 확대	Kim, G. (2023)
도로 환경 자율 로봇	스타쉽 테크놀로지 로봇 Starship, 2018)	실시간 경로 최적화 미흡	복잡한 환경에서의 충돌 회피 어려움	정밀 지도 생성 기술 개발, 다중 로봇 협업 강화	Noh, C., Kang, Y., & Kang, S.(2009)
	아마존 스카우트 (Scott, S., 2019)	도로 교통법 및 규제에 의한 상용화 지연	다양한 지형에서 로봇의 이동성 한계	자율주행 로봇의 지형 적응 기술 연구	Scott, S.(2019)
안전 증진 로봇	작업자와 협업 가능한 청소 로봇 Avidbots Neo 2(Avidbots, 2020)	작업자와의 협업 어려움, 센서 정확도 부족	로봇 판단 속도 및 정확성 부족	고속 데이터 처리 및 센서 개선	Ko, J. & Lee, S.(2022)
	배달 로봇의 충돌 방지 및 협업 로봇(The Ministry of Science and ICT, 2024)	충돌 방지 기준 미흡, 인간-로봇 간 상호작용 부족	자율성 향상과 정교한 상호작용 프로그래밍	AI 기반 상호작용 알고리즘	The Ministry of Science and ICT.(2024) Park, J., Lee, H., Choi, S., & Cho, K.(2024)

위 도표는 폐기물 관리 로봇, 도로 환경 자율 로봇, 안전 증진 로봇의 주요 기술적 발전과 사례를 바탕으로 문제점과 한계를 분석하고, 이를 해결하기 위한 방안을 제시한 내용을 요약한 것이다.

폐기물 관리 로봇의 사례 중, LG의 클로이 로봇 청소기는 좁은 공간 내에서의 제어 문제와 높은 초기 비용이 한계로 지적되며, GPS 신호 약화와 정밀 환경 인식 기술 부족으로 인해 객체 탐지가 제한적이다. 이를 해결하기 위해 다중 센서 통합 시스템과 AI 기반 객체 인식 기술 강화를 제안했다(Jung & Yoon, 2022). 이러한 기술적 발전이 폐기물 관리 로봇의 활용성을 크게 높일 수 있다고 평가했다(Ko & Lee, 2022). 뉴빌리티의 딜리타워는 도로 주행 기반의 배달 로봇으로, SLAM 기반 경로 최적화 기술을 통해 복잡한 도로 상황에서도 경로를 효과적으로 설정할 수 있다. 하지만 규제 장벽과 실증 테스트 부족이 상용화를 저해하는 주요 요인임을 지적하며, 이를 극복하기 위한 규제 완화와 테스트 환경 확대를 제안한다(Kim, 2023).

도로 환경 자율 로봇의 사례 중, 스타쉽 테크놀로지 로봇은 실시간 경로 최적화의 부족과 복잡한 환경에서의 충돌 회피 어려움이 한계로 나타난다. 정밀 지도 생성 기술과 다중 로봇 협업 강화를 통해 이러한 문제를 해결할 수 있음을 강조한다(Noh, Kang & Kang, 2009).

아마존 스카우트는 다양한 지형에서 이동성 한계를 보이며, 도로 교통법 및 규제에 의해 상용화가 지연되고 있다. 이에 대해서는 자율주행 로봇의 지형 적응 기술 연구를 통해 이동성과 상용화 가능성을 높여야 한다고 주장한다(Scott, 2019).

안전 증진 로봇의 사례 중, Avidbots Neo 2는 작업자와의 협업이 어려운 문제와 센서 정확도 부족으로 인해 작업 효율성과 안전성에서 한계를 보인다. 고속 데이터 처리 기술과 정교한 센서 개선이 이러한 문제를 해결할 수 있는 핵심 기술임을 설명한다(Ko & Lee, 2022).

협업 로봇과 배달 로봇의 충돌 방지 기술은 충돌 방지 기준과 인간-로봇 간 상호작용 부족 문제를 가지고 있다(The Ministry of Science and ICT, 2024). 이에 대해서는 AI 기반 상호작용 알고리즘과 자율성 향상을 통해 작업 효율성과 안전성을 동시에 높일 수 있는 방안을 제안한다(Park, Lee, Choi & Cho, 2024).

#### 1. 4. 연구 방법 및 범위

본 연구의 연구 방법은 다음과 같다. 첫째, 문헌 연구 및 통계자료 분석을 통해 연구의 필요성과 업무 환경 개선의 방향성을 도출하였다. 둘째, 비디오 에스노그래피 기법을 사용하여 한국 도로 환경에서 환경미화원의 작업 여정을 분석하고, 이를 바탕으로 도로 환경(주택가, 상가)과 넓이(1차선, 2차선)에 따라 유형을 범주화하여 환경미화원의 작업 환경에 적합한 서비스 시나리오를 개발하였다. 셋째, 로봇 분야 전문가와 함께

코디자인(Co-design)을 진행하며 환경미화원 작업 환경에 따른 로봇의 추천 기능과 상세한 서비스 시나리오를 도출하였다. 마지막으로, 서비스 시나리오의 아이디어에 대한 최종 검증을 5가지 기준(적합성, 가능성, 유용성, 안전성, 사회적 영향)으로 진행하였다.

## 2. 사용자 조사 및 분석

### 2. 1. 비디오 에스노그래피 조사 범위 설정

본 연구는 환경미화원의 작업 환경을 심층적으로 이해하고, 이를 개선하기 위한 로봇 서비스 시나리오를 제안하기 위해 비디오 에스노그래피 분석 방법을 활용하였다. 비디오 에스노그래피는 연구 대상의 자연스러운 행동과 상호작용을 비디오로 기록하고 분석하는 질적 연구 기법이다(Heath, Hindmarsh & Luff, 2010; Pink, 2007). 사용자 경험 조사연구 분야에서 주요한 사용자 관찰 데이터로 활용되고 있으며(Paay, Kjeldskov, Skov & O'Hara, 2013), 연구대상에게 강제적 자극을 주지 않아 행동과 내용의 순수성이 변형되지 않는다는 점과 상호작용이 일어나는 순서를 그대로 따라감으로써 상황 맥락을 충분히 고려한 설명이 가능하다는 점을 장점으로 갖는다(Lee, 2015). 방법론의 기대효과로는 단순한 사용자 관찰로는 지나칠 수 있는 무의식적 행동을 통해 숨겨진 니즈를 포착하고 사용자와 제품의 인터랙션 등 다양한 차원의 해석과정을 통해 사용자 니즈의 체계적 분석을 할 수 있다는 점이다(Song & Byeon, 2015). 특히, 사용자 행위 분석에 있어 에스노그래피와 같은 관찰법은 실험에 임하는 피험자가 자신이 실험당하고 있다는 것을 의식해 의도적으로 관찰자가 원하는 답변이나 반응을 나타내는 호손 효과를 방지할 수 있다. 이는 사용자의 자연스러운 태도를 담아내어 사용자의 무의식에 잠겨진 니즈를 도출할 수 있다(Song, Kim & Jeong, 2008).

본 연구는 환경미화원의 대형폐기물 작업 과정을 심층적으로 이해하고 개선하기 위해 비디오 에스노그래피를 활용하였다. 유튜브를 이용한 디지털 에스노그래피는 다양한 문화적 배경에서 실시간으로 풍부한 데이터에 접근할 수 있게 하며, 사용자 상호작용과 경향에 대한 세밀한 사회적 데이터 분석을 가능하게 한다(Hussain, Bandeli, Tokdemir, Al-khateeb & Agarwal, 2018). 이러한 접근 방식은 연구자들이 실제 세계가 아닌 디지털 환경에 몰입하여 글, 이미지, 오디오 파일, 비디오 및 온라인 커뮤니티와 같은 디지털 데이터를 사용함으로써 관심 있는 현상에 대해 광범위하게 데이터를 수집할 수 있게 한다(Paay, Kjeldskov, Skov & O'Hara, 2013). 또한, 사용자의 자연스러운 행동을 기록하고 분석하며, 피험자가 실험을 의식하여 의도적인 반응을 보이는 것을 최소화하는 데 도움이 된다. 환경미화원의 작업 과정을 심층적으로 분석하기 위한 비디오 선정 절차는 다음과 같다.

Table 3 Video Selection Procedure

기준	설명
검색 키워드 정의 및 활용	'대형폐기물 수거', '환경미화원 작업', '도로 청소' 등 연구 목적에 적합한 키워드 사용하여 유튜브 영상 검색
조회수 및 신뢰성 평가	조회수 1,000회 이상 또는 공공기관, 다큐멘터리 제작사 등 신뢰할 수 있는 채널의 영상 우선 선정
내용 타당성 검토	환경미화원의 주요 작업 과정(폐기물 수거, 적재, 이동 등)이 충분히 포함되었는지 확인
환경 다양성 평가	다양한 도로 환경(1차선 주택가, 2차선 상가 등)과 작업 조건(좁은 골목, 차량 접근성 등) 포함 영상 선정
문헌 교차 검증	비디오 자료가 담지 못한 맥락적 정보를 환경부 보고서(2022)와 같은 공신력 있는 문헌을 통해 보완
최종 선정	총 25개의 검색 결과 중 1차로 10개 선별, 최종적으로 연구 목적과의 부합성을 평가하여 5개 영상을 선정

영상 선정 절차를 통해 환경미화원의 실제 작업 환경과 문제를 해결하기 위한 실질적인 방안을 제시하기 위해 비디오 에스노그래피 연구에서 활용할 영상을 선정하였다. [Table 4]에 제시된 영상들은 환경미화원의 다양한 작업 환경과 실제 작업 과정을 담고 있으며, 신뢰할 수 있는 기관에서 제공하는 다큐멘터리 또는 실제 종사자의 근무 환경을 생생하게 담고 있다. 또한 이 영상들은 환경미화원의 작업 여정에 관해 도로 환경별로 다르게 다루고 있어 맥락적 상황을 분석하기에 적합한 자료로 판단되었다.

Table 4 Video of Street Cleaners

분류	제목	영상 길이	제공	게시일	키워드 특징
다큐	깨끗한 세상을 만드는 숨은 영웅 001	12:37	극한 직업	2022	1차선 주택가 폐기물 수거 과정
다큐	깨끗한 세상을 만드는 숨은 영웅002	18:50	극한 직업	2022	좁은 골목 폐기물 적재 작업과 차량 진입 문제
브이로그	기타미화원 대형폐기물 1탄~5탄	20:25	기타 미화원	2021	작업자 관점에서 작업 환경과 문제점 제시
뉴스	취고리 월급에 골병드는 노동자들	3:58	엠빅 뉴스	2023	상업 지역 작업 안전 위험과 노동 여건
다큐	취업절벽 시대, 치열한 경쟁 이겨내며 선택한 안정	32:57	EBS	2023	다양한 도로 환경에서 작업 맥락과 안전 문제

또한, 다양한 작업 환경을 유형화하기 위한 기초 분석 작업의 일환으로, 선정된 각 비디오를 도로 상황별로 코드화하였다. 환경과 작업자의 정보를 분류한 후, 그 결과를 [Table 5]에 정리하였다.

Table 5 Video Ethnography: Coding by Road Situation

유형	도로 상황	작업자 정보	
유형 1	1차선 골목 주택가	장롱 수거	남성, 20~30대 3인 1조 (경기)
		폐기물 수거 과정	남성, 30~40대 4인 1조 (서울)
유형 2	1차선 골목 상가	가구 수거 과정	남성, 30~50대 1인 1조 (인천)
			남성, 20~50대 3인 1조 (서울)
유형 3	2차선 인도 상가		남성, 50대 1인 1조 (서울)
			남성, 20~50대 3인 1조 (서울)

## 2. 2. 비디오 에스노그래피 분석

비디오 에스노그래피 분석을 통해 환경미화원의 작업 환경을 심층적으로 이해하기 위해 각 영상에서 도출된 주요 작업 단계, 터치포인트, 행동 그리고 안전 위험도를 기준으로 분석하였다. 이후, 작업 환경의 주요 변곡점으로 작용하는 도로 유형(유형 1: 1차선 골목 주택가, 유형 2: 1차선 골목 상가, 유형 3: 2차선 인도 상가)으로 그룹화하여, 도로 환경별로 공통된 작업 특성과 환경미화원의 주요 니즈를 도출하였다.

### 2. 2. 1. 유형 1: 1차선 골목 주택가

유형 1에서 환경미화원은 주택가의 좁은 환경적 특징으로 1차선 골목 주택가에서 폐기물을 수거하고 적재한다. 수거 차량의 진입과 주차가 어려워 작업 공간을 확보하는 데 어려움을 겪으며, 좁은 골목에서 적재와 이동의 효율성을 높이는 것이 필요하다. 환경미화원이 1차선 골목 주택가 상황을 가로질러 작업하는 상황을 분석한 결과, 다음 [Table 6]과 같은 단계별 작업 특성과 요구사항이 도출되었다.

Table 6 One-lane Residential Alley Situation (Type 1) : Step-by-Step Work Characteristics and Task Elements

단계	작업 특성	로봇-인간 핵심 작업 요소	터치포인트
차량 진입 및 주차	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 차량이 골목으로 진입할 때 주차 위치 조정하여 작업 공간 확보</li> <li>차량을 주차된 상태에서 회피하기 위한 작업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇: 실시간 경로 분석 및 장애물 회피 지원</li> <li>인간: 로봇 안내에 따라 안전하게 차량 진입 및 주차</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>리모컨</li> <li>터치스크린</li> <li>음성 인식</li> </ul>
폐기물 수거	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 상태 확인 및 부피가 큰 폐기물 분해</li> <li>수거 차량에 폐기물 적재</li> <li>적재된 폐기물의 무게와 균형 확인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇: 폐기물 상태 분석 및 적재 지원</li> <li>인간: 로봇의 도움을 받아 폐기물 수거 및 적재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>휴대용 터치 디바이스</li> <li>음성 명령</li> </ul>
폐기물 적재	<ul style="list-style-type: none"> <li>대형 폐기물 운반, 차량 적재</li> <li>부피 큰 물건 분해하여 적재</li> <li>무게를 고르게 분산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇: 적재 공간 최적화 및 적절한 위치에 폐기물 적재</li> <li>인간: 로봇의 지원을 받아 적재 작업 완료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>작업 현장 터치스크린</li> <li>음성 명령</li> </ul>

### 2. 2. 2. 유형 2: 1차선 골목 상가 상황

유형 2에서 1차선 골목에 위치한 상가 밀집 지역에서 보행자와 차량의 이동, 그리고 불법 주정차 상황이 빈번하여 환경미화원의 작업 중단이 자주 발생하였다. 적재 시 공간의 효율적인 활용과 무게 균형이 중요한 작업 특성이다. 해당 작업 상황을 분석한 결과, 다음 [Table 7]과 같은 단계별 작업 특성과 요구사항이 도출되었다.

Table 7 One-lane Alley Commercial Area Situation (Type 2): Step-by-Step Work Characteristics and Task Elements

단계	작업 특성	로봇-인간 핵심 작업 요소	터치포인트
상가 인도에 주차	<ul style="list-style-type: none"> <li>복잡한 주정차 차량으로 인해 작업 공간 확보가 필요</li> <li>차량이 폐기물 위치에 도착한 후 도로 비우기 및 주차</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇: 이동 경로 실시간 분석하여 장애물 회피 경로 안내</li> <li>인간: 주차 공간 분석하여 적절한 주차 위치 안내받고 안전하게 작업 공간으로 이동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>휴대용 위치 디바이스</li> <li>경로 스크린</li> <li>실시간 경로 모니터링</li> </ul>
폐기물 수거	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 형태의 폐기물을 수거하며 보행자와 차량 안전 고려</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇: 폐기물 상태 분석 및 수거 방법 제시</li> <li>인간: 로봇 도움을 받아 신속하게 폐기물 수거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 상태 확인</li> <li>작업 상황 모니터링</li> </ul>
폐기물 적재	<ul style="list-style-type: none"> <li>적재 시 공간의 효율성과 무게 중심 안정화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇: 적재 공간 분석 및 적재 방법 최적화</li> <li>인간: 로봇 지원을 받아 효율적으로 폐기물 적재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>적재 상태 모니터링 및 조정</li> </ul>

### 2. 2. 3. 유형 3: 2차선 인도 상가 상황

유형 3에서 환경미화원은 2차선 도로에 인접한 상가 인도에서 상가 고객, 차량의 보행과 이동 안전을 동시에 고려해야 하며, 주차 공간 확보와 수거 차량의 적절한 배치가 중요한 작업 특성이다. 해당 작업 상황을 분석한 결과, 다음 [Table 8]과 같은 단계별 작업 특성과 요구사항이 도출되었다.

Table 8 Two-lane Sidewalk Commercial Area Situation (Type 3): Step-by-Step Work Characteristics and Task Elements

단계	작업 특성	로봇-인간 핵심 작업 요소	터치포인트
상가 인도에 주차	<ul style="list-style-type: none"> <li>인도 주차된 차량 이동</li> <li>보행자 안전 확보하여 작업 수행</li> <li>주차 공간 확보와 작업 공간 배치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇: 인도에 설치된 CCTV와 센서가 주차된 차량을 감지하고 경로를 확보</li> <li>인간: 로봇 안내를 받아 작업 시작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CCTV 화면</li> <li>터치스크린</li> <li>음성 명령</li> </ul>
폐기물 수거	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 수거하여 보행자와 차량의 통행에 방해되지 않도록 함</li> <li>효율적인 폐기물 분리 및 적재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇: 폐기물 상태 분석 및 수거 방법 제시</li> <li>인간: 로봇 도움을 받아 신속하게 폐기물 수거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>휴대용 터치 디바이스</li> <li>터치스크린</li> <li>음성 명령</li> </ul>
폐기물 적재	<ul style="list-style-type: none"> <li>적재 시 보행자와 차량의 안전을 고려하여 신속하게 적재</li> <li>폐기물 무게 중심과 균형 유지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>로봇: 적재 공간 최적화 및 적재 방법 분석</li> <li>인간: 로봇 지원을 받아 효율적으로 폐기물 적재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>작업 현장 터치 디바이스</li> <li>음성 명령</li> </ul>

## 2. 3. 유형별 시나리오

본 연구는 환경미화원의 다양한 작업 환경에 맞춰 도출한 단계적 작업의 특성과 요구사항을 기반으로 로봇을 활용한 유형별 폐기물 수거 시나리오를 제안하였다. 서비스 콘셉트는 총 3가지로, 단계별 상세 상황 시나리오를 도출하였다. 이를 통해 각 단계에서의 주요 활동과 상호작용을 명확하게 보여주며, 문제를 사전에 파악하고 해결 방안에 대해 탐구하였다.

### 2. 3. 1. 서비스 콘셉트(A): 1차선 골목 주택가, 불법 주차 및 신호 부족

서비스 콘셉트 A는 1차선 골목 주택가에서의 주정차 문제로 인해 폐기물 수거 차량의 진입이 어려운 상황에서 로봇을 활용한 폐기물 수거 작업을 제안한다[Table 9]. 이 시나리오에서 로봇을 활용한 폐기물 수거 과정은

다음과 같다. 먼저, 환경미화원은 주택가 골목에 진입하기 전에 폐기물 수거 관리 통합 서비스를 통해 주정차 환경을 파악한다. 주정차 차량으로 인해 폐기물 수거 차량이 진입할 수 없는 경우, 환경미화원은 소형 로봇을 사용하여 해당 지역으로 진입시킨다. 소형 로봇은 협력하여 폐기물을 옮기고, 환경미화원은 차량 접근 여부를 주시한다. 작업이 완료되면, 로봇은 환경미화원에게 작업 완료를 알리고, 환경미화원은 이를 확인하고 작업을 마무리한다.

Table 9 Service Concept (A): Residential Alley Parking Environment Awareness and Response

단계	상황	설명
1	골목 주정차 환경 파악	환경미화원 차량이 주택가 골목에 진입하기 전, 폐기물 수거 관리 통합 서비스를 통해 골목 주정차 환경 파악.
2	환경을 고려한 로봇 선정	주택가의 주정차 차량으로 인해 폐기물 수거 차량의 진입이 어려울 경우, 환경미화원은 차량 대신 소형 로봇을 해당 폐기물 지역으로 진입.
3	로봇 이동 및 작업 수행	소형 로봇이 서로 협력하여 폐기물을 옮기고, 환경미화원은 해당 지역으로 접근하는 차량이 없는지 주시.
4	작업 내역 확인	로봇이 수거 적재가 완료되었음을 환경미화원에게 알리고, 완료 항목을 파악한 후 작업 마무리.

### 2. 3. 2. 서비스 콘셉트(B): 1차선 골목 상가, 불법 주차 및 신호 부족

서비스 콘셉트 B는 1차선 골목 상가에서 불법 주정차와 신호 부족으로 인해 폐기물 수거 차량의 이동이 어려운 상황에서 로봇을 활용하여 도로 상황 정보를 수집하고 문제를 해결하는 작업을 제안한다[Table 10]. 시나리오에서 로봇을 활용한 도로 상황 정보 수집과 문제 해결 과정은 다음과 같이 진행된다. 먼저, 환경미화원은 불법 주차 차량과 신호 부족으로 인해 작업 도로에서 이동이 어려운 경우, 주변 환경 인식 로봇을 활성화한다. 이 로봇은 불법 주차 차량을 자동으로 감지하고, 회피 경로를 설정하여 디스플레이 화면에서 실시간 경로 정보를 제공한다. 환경미화원은 로봇의 안내에 따라 안전하게 작업장으로 이동하며, 불법 주차 문제를 해결한다.

Table 10 Service Concept (B): Commercial Alley Illegal Parking and Lack of Signals

단계	상황	설명
1	주변 환경 인식 로봇 활성화	환경미화원은 불법 주차 차량과 신호 부족으로 인해 작업 도로에서 이동이 어려운 경우, 주변 환경 인식 로봇을 활성화.
2	실시간 경로 정보 제공 및 확인	주변 환경 인식 로봇은 불법 주차 차량을 자동으로 감지하고, 회피 경로 설정 기능을 통해 환경미화원이 디스플레이 화면에서 경로 정보를 실시간 확인.
3	로봇 경로 안내 및 작업장 도착	환경미화원은 로봇의 안내에 따라 골목의 불법 주차 차량을 피해 안전하게 작업장으로 이동.

### 2. 3. 3. 서비스 콘셉트(C): 2차선 인도 상가, 보행자의 안전 상황

서비스 콘셉트 C는 2차선 인도 상가 지역에서 보행자의 안전을 고려하여 로봇을 활용한 폐기물 수거 작업을 제안한다. 이를 통해 환경미화원의 작업 효율성을 높이고, 보행자와의 상호작용을 최소화하여 안전한 작업 환경을 제공하는 것을 목표로 한다[Table 11]. 서비스 콘셉트 C에서 로봇을 활용한 보행자 안전 관리와 폐기물 수거 과정은 다음과 같이 진행된다. 먼저, 로봇이 인도의 보행자 상황 데이터를 수집하고, 보행자 밀집도를 파악하여 최적의 이동 경로를 계획한다. 폐기물 수거 차량이 해당 지역에 도착하면, 환경미화원은 로봇 제어 시스템을 통해 로봇에게 폐기물 수거 작업을 지시한다. 로봇은 작업 중 주변 환경 인식 센서를 통해 보행자를 인식하고, 디스플레이와 소리로 업무 진행 상황을 알린다. 이를 통해 보행자의 안전을 보장하고 작업을 효율적으로 수행한다.

Table 11 Service Concept (C): Pedestrian Safety Situation in Commercial Areas Adjacent to Sidewalks

단계	상황	설명
1	보행자 밀집도 파악 및 로봇 경로 설정	로봇이 인도의 보행자 상황 데이터를 수집하고, 보행자 밀집도를 파악하여 최적의 이동 경로를 계획.
2	로봇에게 폐기물 수거 작업 지시	폐기물 수거 차량이 수거할 폐기물 지역에 도착하고, 환경미화원이 로봇 제어 시스템을 통해 로봇에게 폐기물 수거를 지시.
3	보행자 안전을 위한 안내 및 경보 알림	로봇이 폐기물 수거 과정 중 주변 환경 인식 센서를 통해 보행자를 인식하고 디스플레이에 업무 진행 중인 것을 알리고, 소리로 알림.

### 3. 코디자인

#### 3. 1. 코디자인 기획

환경미화원의 근무 환경 개선을 위해 앞서 도출한 도로 상황별 시나리오를 기반으로 세부 로봇 기능과 시나리오를 도출하기 위해 로봇 분야 전문가들과 코디자인을 진행하는 워크숍을 기획하였다.

코디자인은 서비스 디자인 프로세스 전체에 적용 가능한 창의적 협력 활동으로 정의되며, 이는 참여자 간 상호작용을 통해 잠재된 니즈를 파악하고 해결 방안을 도출하는 데 효과적이다(Sanders & Stappers, 2008). 코디자인 도구는 다양한 유형으로 구성될 수 있으며, 예를 들어 방법 카드 모음(방법), 프롭트, 시스템이나 구성 요소를 나타내는 자리 표시자(카드, 타일 등), 조작 가능한 형태의 지식을 제공하는 도구, 내러티브 접근 방식의 스토리, 경험의 아날로그 시뮬레이션, 3D 도구(레고 시리얼스 플레이 등)가 포함된다(Ahmadpour, Loke & Peters, 2020). 이러한 배경을 바탕으로, 이번 코디자인 워크숍은 로봇의 형태, 기능, 협업 방식, 크기와 같은 다양한 요소를 구체화하는 것을 목표로 구성되었다. 워크숍의 세부 설계는 원유진, 박정미, 황승희, 그리고 고세린(Won, Park, Hwang & Ko, 2021)의 Co-Design Session을 참고하였으며, [Figure 1]과 같이 이미지 카드 도구를 개발하여 활용하였다.

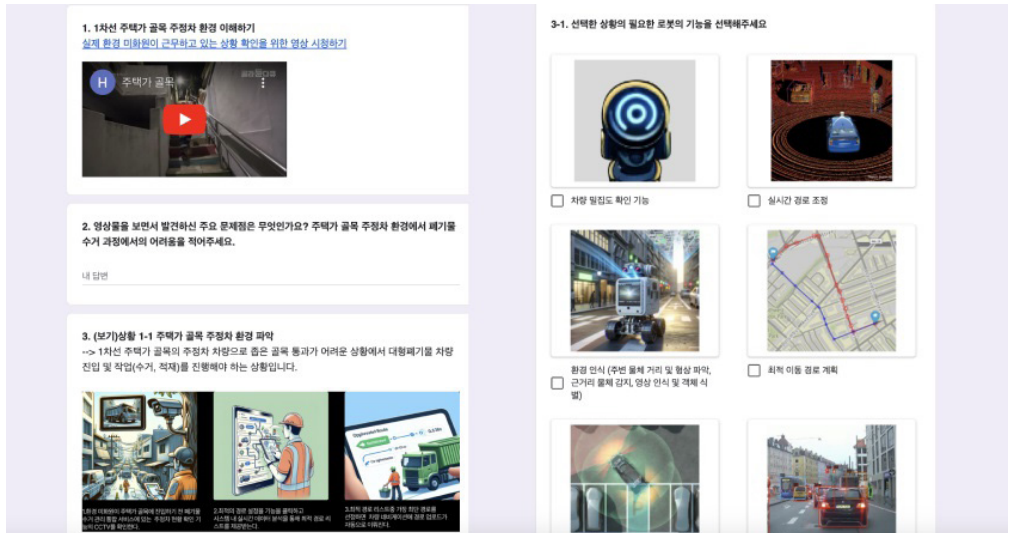


Figure 1 Creating an Toolkit Using Google Forms

#### 3. 2. 코디자인 진행

2024년 6월 1일 Zoom을 활용한 비대면 코디자인 워크숍을 약 1시간씩 총 3개의 그룹으로 나누어 진행하였다. 참가자는 로봇 관련 분야에서 일하고 있는 총 6명으로, 로봇분야에 대한 상세 직무는 [Table 12]와 같다.

Table 12 Co-Design Participant List

단계	기업	경력기간	직무 상세
I-1	Y 로봇	5년차	로봇청소기 자율주행 SW 개발자
I-2	E 로봇	5년차	로봇 제어 엔지니어
I-3	H 자동차	3년차	로봇 음성인식 SW 개발자
I-4	S 전기	3년차	카메라 모듈 회로설계 엔지니어
I-5	U 전자	5년차	풍력발전기 제어 엔지니어
I-6	L 로봇	7년차	교육용 코딩 로봇 PM

코디자인 워크숍의 주요 과정은 다음과 같다. 첫째, 이해 단계에서는 워크숍을 시작하기 전 전문가들에게 환경미화원의 업무 환경을 이해시키기 위해 도로 유형별 작업 영상을 시청하게 하였다. 둘째, 문제 상황 확인 단계에서는 도로별 폐기물 운반을 위한 서비스 콘셉트 시나리오를 참여자들에게 설명하고, 기술 구현 가능성을 고려한 기능적 자문 및 개선 방향에 대한 의견을 공유하였다. 마지막으로, 아이디어이션 단계에서는 앞서 논의된 내용을 바탕으로 도로 유형별로 구체적이고 상세한 시나리오를 도출하였다. 이러한 과정을 통해 로봇 기술 적용 가능성을 높이고, 실질적인 해결책을 모색할 수 있었다.

위 과정을 통해 워크숍에서 도출한 인사이트의 내용은 [Table 13]과 같이 크게 ‘안전성 고려’, ‘사용 환경의 전제 조건 필요’, ‘최종 판단에 인간의 개입 필수’라는 내용을 파악할 수 있었다.

Table 13 Insights Identification

No.	인사이트	내용	참가자
1	안전성 고려	움직이는 로봇이 작업 시 가장 중요한 것은 주변 환경을 고려하는 안전성	I-1
2		(폴리스 라인같이) 물리적 공간 통제로 안전성 확보	I-2
3		가장 중요한 전제조건으로 로봇이 사람을 다치게 하지 않아야 함	I-1
4		업무 효율성 증대뿐만 아니라 휴식의 공간 또한 고려가 필요함	I-1
5		CCTV 사생활 문제를 해결하기 위해 열화상 카메라 사용이 가능함	I-3
6		로봇이 위험 지역에서 사람들을 피하도록 하는 것은 사람이 처리해야 할 문제	I-3
7	사용 환경의 전제 조건	환경의 돌발성에 대처하기 어려움	I-5
8		환경의 전제조건으로 모든 것들이 정해져 있어야 함 예) 정차, 수거의 특정 위치가 정해져 있어야 됨.	I-1
9		근무 환경에 위험 요인이 다양하며 예측불가능함 예) 음주 운전자와 불법 주차 차량으로 인해 예기치 못한 안전 문제가 발생함.	I-5
10		야외 작업 환경에서 통신의 문제 또한 주요한 문제 예) 로봇 제어 시 네트워크 연결의 안정성	I-1
11		환경적 맥락에서 계절성 또한 주요한 문제	I-1
12	최종 판단은 인간	큰 도로는 로봇이, 좁은 길은 사람이 청소하는 방안 제시	I-3
13		판단의 영역은 사람이 해야 함 예) 현재 자율주행 자동차 Level 2 수준	I-1
14		로봇이 역할을 대체하는 것이 아닌 기능을 대체해야 함	I-3
15		불법 주정차 문제는 로봇보다는 정책적 해결이 필요함. 예) 특정 시간대에 주차 금지, 불법 주정차 차량을 신고하고 보상을 받을 수 있는 시스템 도입	I-3

도로상황 영상과 1차로 도출된 시나리오에서 발생할 수 있는 페인 포인트는 [Table 14]와 같다. ‘1차선 골목 주정차(유형1)’ 유형에서 ‘안전성을 고려해야 한다.’는 의견을 참가자 I-1, I-2, I-3로부터 취합할 수 있었고, ‘1차선 골목 상가(유형2)’에서는 ‘필수적인 사용 환경의 전제 조건’이 필요하다는 것을 참가자 I-1, I-3, I-4의 의견을 통해 알 수 있었다. ‘2차선 인도 상가(유형3)’ 상황에서의 다양한 불가측한 상황이 있기 때문에 ‘최종 판단은 인간이 필수적이라는 점은 참가자 1-3, 1-4로부터 파악할 수 있었다.

Table 14 Pain Points Identification

Code	도로별 유형	주요 페인 포인트 내용	참가자
유형1	1차선 골목 주택가	차량이 진입할 수 없어 중장비 등의 도움을 받을 수 없는 상황	I-2, I-3
		가파른 경사 및 계단으로 폐기물 차량 진입의 어렵고, 작업자들의 업무 강도 또한 증가	I-3
		눈, 비로 인한 환경 악화 시 적재 작업의 어려움	I-1
		무거운 쓰레기 이동은 부상 위험이 큼	I-3
		폐기물이 장소 분산 투기	I-3
유형2	1차선 골목 상가	불법 주차로 인한 무거운 물품 옮기기	I-4
		불법 주정차로 인한 쓰레기 수거 불가	I-3
		서울 시내의 고질적인 주정차 문제로 인해 업무를 중복적으로 해야 하는 경우가 생김	I-6
		주정차되어 있는 차량들과 이동하는 차들의 위험성	I-5
		주정차 차량으로 인해 불편한 쓰레기 수거 과정	I-3
유형3	2차선 인도 상가	주차된 차량을 건드릴 경우, 2차적인 문제 발생 우려	I-4
		작업 시 도로에서 일하기 때문에 발생하는 인명사고 발생 위험	I-2
		큰 부피의 폐기물을 높은 높이로 올리는 과정에서 신체적인 부담이 많이 갈 것	I-4
		불법 주차 차량으로 인해 폐기물 운송 어려움	I-5
		행인 보호 및 미화원이 무거운 것을 혼자 드는 상황	I-1
		정리되어 있지 않는 폐기물이 있을 수 있거나, 수거 중 안전상의 문제가 발생할 수 있음. 또한 보행자의 안전이 보장 되어야 함	I-6

### 3. 3. 서비스 피쳐(Service Feature)

코디자인을 거쳐 유형1에서는 참가자 I-1, I-2, I-3이, 유형2에서는 참가자 I-3, I-4, I-5가, 유형3은 I-1, I-4, I-5, I-6이 도출한 페인 포인트를 확인하였다. 이를 기반으로 필요한 로봇의 크기 및 협업 형태, 형상, 기능 요소를 고려하여 서비스 피쳐[Table 15, Table 16, Table 17]를 정리할 수 있었다.

먼저 유형1은 1차선 골목 주택가의 가파른 지형적 제약을 고려하여, [Table 15]와 같이 로봇의 이동 모드와 작업자의 낙상 방지 시스템이 적용되어 보다 안전하고 효율적인 폐기물 관리 로봇 서비스 피쳐를 도출하였다.

Table 15 Service Features for Residential Area in a One-Lane Alley (Type 1)

방식	서비스명	참가자	조건
운반	대형 폐기물 운송을 위한 모바일 로봇	I-6	대형 폐기물 운반 기능: 무거운 폐기물을 처리할 수 있는 고성능 모터를 사용하여 적재 및 하차 작업을 지원
			적재 보조 시스템: 사람이 물건을 로봇에 쉽게 적재할 수 있도록 도와주는 적재 보조 시스템을 갖추고, 적재 시 자동으로 물건을 운반
감지	골목 차량 밀집도 감지 클린 캡	I-3	환경 모니터링 시스템 자동 환경 인식 시스템: 로봇이 실시간으로 주변 환경을 스캔하고 분석하여 장애물, 계단, 좁은 골목 등을 인식하고 적응 가능 다양한 이동 모드: 평지에서는 바퀴, 계단과 불규칙한 지형에서는 궤도 바퀴를 사용하여 이동할 수 있는 하이브리드 이동 시스템을 탑재
보조	가파른 길을 함께 올라가서 도와주는 세르파 봇	I-4	낙상 방지 시스템: 작업자가 로봇을 사용하는 동안 낙상의 위험을 최소화하기 위한 안정적인 이동 및 작업 플랫폼
			휴먼 인터페이스 로봇과 작업자가 원활하게 소통할 수 있도록 직관적인 인터페이스(터치스크린, 음성 인식 등)를 제공 자동 탐지 및 접근 시스템 로봇이 폐기물 위치를 자동으로 탐지하고 접근하여 수집할 수 있는 기능을 제공

불법 주정차로 혼잡한 1차선 골목 상가에서의 폐기물 수거 작업을 효율적으로 수행하기 위해 ‘불법 주정차와 혼잡한 환경을 고려한 지능형 경로 계획과 실시간 경로 조정’기능을 중심으로 서비스 피쳐를 도출하였다.

Table 16 Service Features for Commercial Area in a One-Lane Alley (Type 2)

방식	서비스명	참가자	조건
경로 탐색	화물차를 위한 최적 경로 판단 내비게이션	1-4	지능형 경로 계획 시스템: 빈번한 차량 흐름, 불법 주정차량, 보행자를 고려한 최적의 이동 경로 계획 실시간 경로 조정 작업 중 발생할 수 있는 예상치 못한 장애물이나 교통 상황 변화를 실시간으로 인식하여 최선의 경로 제공
	최적경로 및 적재 모니터링 관제시스템	1-1	실시간 환경 모니터링 시스템: 주변 환경을 실시간 스캔하고, 데이터를 클라우드로 전송하여 실시간으로 상태를 모니터링 폐기물 수거 우선순위 제공 실시간으로 변하는 차량과 차도의 정보를 확인하고 우선순위 제공
운반	스마트 타임 수거봇	1-4	폐기물 수거 우선순위 제공 실시간으로 변하는 차량과 차도의 정보를 확인하고 우선순위 제공 적재할 폐기물의 크기를 고려한 다양한 로봇 옵션 제공

2차선 인도 상가는 환경미화원의 신체적 부담 완화 및 작업 효율성을 높이며, 보행자의 안전을 종합적으로 고려한 폐기물 수거를 위해 ‘보행자에게 위험 상황을 알리는 시스템, 작업자의 안전을 고려한 표준 수거함, 신체적 부담 완화를 위한 쓰레기 자동 수거’를 중심으로 서비스 피처를 도출하였다.

Table 17 Service Features for Commercial Area with Sidewalk on a Two-Lane Road (Type 3)

방식	서비스명	참가자	조건
안전	작업 중 알림을 주는 워닝 봇	1-6	실시간 환경 인식 및 감지: 로봇은 주변 물체의 거리와 형상을 파악하고, 근거리 물체를 감지하며, 영상 인식 및 객체 식별 기능을 통해 환경을 인식 보행자 경보 및 회피: 보행자가 작업환경에 접근했을 때 경보를 울리고, 스스로 보행자를 회피하여 보행자의 안전을 고려한 작업 환경 조성
	보행자에게 위험상황을 알리는 서비스 로봇, 보행자 안전 수호 로봇	1-1, 1-4	객체 식별 알고리즘: 보행자, 쓰레기, 장애물 등을 정확히 식별하여 위치와 상황을 실시간으로 감지 안전 경보 시스템: 보행자에게 위험 상황을 알리는 경고 메시지 전달 시스템
수거	쓰레기 자동 수거 트럭	1-3	원격 작업 시스템 무거운 폐기물을 사람 대신 로봇이 수거하는 기능으로 작업자의 제어하에 작동 표준 수거함 수거 중 발생하는 사고(베임, 필름)로부터 작업자의 안전을 고려한 표준 수거함 도입
	수직 운동의 업앤다운 로봇	1-4	원스톱 수거 운반 수거를 하고 폐기물 차량까지 운반을 할 수 있는 수직 운동 업 앤 다운 기능으로 적재 보조

세 가지 유형의 도로 유형에 맞춰 도출한 로봇 서비스 시나리오는 다양한 상황에서 로봇이 어떻게 작동하는지, 환경미화원과 상호작용이 어떻게 이루어지는지를 보여주고 있다[Table 18, Table 19, Table 20].

Table 18 Service Scenario for One-Lane Alley Residential Area (Type 1)

서비스명	순서	내용
1차선 골목 주택가의 특성에 맞춘 이동 모드와 작업자의 낙상 방지 시스템	1	골목에 진입하기 이전 환경 모니터링 시스템을 통해 골목의 상황을 CCTV 열화상 카메라를 통해 확인.
	2	환경미화원이 시스템을 통해 대형 폐기물 수거 차량이 골목 위로 올라갈 수 없다고 판단하고 로봇을 통한 폐기물 수거를 결정.
	3	로봇이 골목의 지형(울퉁불퉁, 좁음, 경사짐, 계단)을 고려한 다양한 이동모드로 폐기물 위치까지 이동.
	4	어두운 골목길에서 환경미화원이 폐기물 위치까지 손쉽게 접근하도록 로봇이 폐기물 위치를 탐지하며 안내.
	5	작업 환경에서 발생하는 낙상 위험을 최소화하도록 돕는 환경 미화원 보호 센서 제공.
	6	손쉽게 로봇에 명령을 내리는 음성 인식, 터치스크린을 제공.
	7	고성능 모터를 탑재한 로봇이 대형 폐기물을 운반한다.
	8	로봇의 보조 적재 기능을 통해 적재 시 폐기물을 운반하여 환경미화원의 업무를 보조하고 수거 작업을 마무리.

Table 19 Service Scenario for Commercial Area in a One-Lane Alley (Type 2)

서비스명	순서	내용
1차선 골목 상가의 불법 주차 및 신호 부족 대응	1	골목에 진입하기 이전, 불법 주차차 차량과 보행자를 피해 진입로 확보를 위해 네비게이션 장치를 통해 확인.
	2	경로의 우선순위를 조정.
	3	폐기물 수거 차량의 최적 이동 경로를 판단하고, 적절한 수거 로봇을 선택.
	4	로봇이 상가 골목 주변 환경을 스캔하고, 클라우드 시스템을 통해 받은 데이터를 토대로 골목 상황 확인.
	5	폐기물 상태와 진입로 정보를 실시간으로 업데이트하여 폐기물 처리 진행.
	6	데이터베이스를 토대로 인적이 드문 시간을 추천하고, 작업 우선순위 정보를 통해 효율적인 방식 선택.
	7	적재 작업 시 복잡한 상가 골목과 폐기물 크기를 고려하여 대형 폐기물을 운반할 수 있는 로봇 선택.
	8	다양한 크기의 로봇을 통해 업무를 보조하고 수거 작업을 마무리.

Table 20 Service Scenario for Commercial Area with Sidewalk on a Two-Lane Road (Type 3)

서비스명	순서	내용
2차선 인도의 상가의 보행자 안전을 최우선으로 하는 시스템과 표준 수거함 도입	1	인도에 진입하기 이전 환경 모니터링 시스템을 통해 인도의 보행 상황과 환경을 CCTV 열화상 카메라를 통해 확인.
	2	객체 식별 시스템을 통해 보행자가 접근하면 로봇이 경고음을 울리고, 보행자를 피해 안전거리를 유지하며 인도에 진입 및 상시 설정 변경해 돌발 상황에 유연하게 대응.
	3	상황 식별 시스템을 통해 위험 요소 및 사고 상황을 감지하고, 이상 상황에서 영상으로 상황을 전송 및 대응 방식 결정.
	4	로봇이 업무 가능 상황 판단 시, 환경미화원은 원격으로 쓰레기 자동 수거 트럭을 제어해 인도 위의 폐기물 수거를 지시.
	5	네비게이션을 이용해 특정 장소에 배치된 대형폐기물 수거함에서 폐기물 수거 지시.
	6	리프트형 로봇이 수직 운동 기능을 이용하여, 높이 차이가 있는 쓰레기 수거 모니터링.
	7	차량 수거함 내의 상황을 인식하여 대형 폐기물 자동 적재 상황을 모니터링.
	8	로봇의 리프팅 기능을 통해 적재 시 폐기물을 운반하여 환경미화원의 업무를 보조하고 수거 작업을 마무리.

## 4. 서비스 시나리오 검증

### 4. 1. 서비스 검증기준

코디자인 워크숍을 통해 도출한 도로 환경 유형별 서비스 시나리오에 관해 서비스 검증을 진행하였다. 이 평가는 로봇 운송 분야에서 학위를 소지하거나 실무 경험 및 관련 동아리 활동 경험을 가진 총 12명을 대상으로 정량조사를 진행하였다. 또한 서비스 검증 기준을 설정하기 위해, 인간중심디자인(Human-Centered Design)의 핵심 원리 중 적합성, 실현 가능성, 및 지속성(사회적 수용성)과 인간-컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction)의 최적의 경험 원리 중 유용성을 기준으로 채택하였으며, 산업용 로봇 설계에 필수적인 국제 표준인 KS B ISO 10218-1의 안전성 항목을 포함한 서비스 검증 평가 기준을 마련하였다[Table 21].

Table 21 Service Validation Participants and Key Questionnaire Composition

구분	상위항목	하위항목	수치
대상	로봇, 운송 분야	박사 과정	1명
		석사 과정	1명
		학사	4명
		실무	4명
		기타(로봇 동아리)	2명
		문항 구성	속성
		가능성	3문항
		유용성	2문항
		안전성	1문항
		사회적 영향	1문항

서비스 설문은 유형별 도로 환경에 대한 시나리오를 서비스 검증 기준에 맞춰 구성된 9개 문항들의 5점 척도의 정량적 평가로 진행하였다. 평가 결과에서 3점 이하를 받은 항목들에 대해서는 주관식 응답을 요청하여 상세한 피드백을 수집하였다. 이러한 방식을 통해 수집된 데이터들 중 가장 하위 항목에 대하여 주요 개선 사항을 도출하여 향후 연구 과제의 목표를 수립하고자 하였다. 설문은 2024년 6월 7일부터 6월 9일까지 3일간 진행되었으며 질문 문항은 다음 [Table 22]와 같다.

Table 22 Service Validation Questionnaire

속성	세부 속성	내용	평가 질문
적합성	서비스 방향의 적합성	해당 서비스 시나리오의 방향성이 환경미화원의 업무와 밀접하게 연관되어 있는지 평가	해당 서비스 시나리오의 방향성이 환경미화원의 실제 업무와 얼마나 연관성이 있다고 생각하시나요?
	서비스기술 활용의 적합성	해당 서비스 시나리오에 적용된 기술이 각 상황의 문제를 해결하는 데 얼마나 효과적이지에 대한 평가	해당 서비스 시나리오에 사용된 기술이 해당 주제에 얼마나 적절하게 적용되었나요?
가능성	서비스 실현가능성	해당 시나리오가 기술적인 측면에서 실제로 구현될 수 있는지 평가	해당 서비스 시나리오가 실제 환경미화원 작업 환경에서 구현될 가능성은 얼마나 된다고 생각하시나요?
	서비스 목표 달성가능성	해당 서비스시나리오가 사용자의 목표를 달성하는 데 얼마나 효과적이지 평가	해당 서비스 시나리오가 환경미화원의 업무 효율성, 편의성 향상이라는 목표를 얼마나 달성할 수 있을 것 같으신가요?
유용성	기술발전 가능성	제안된 기술이 미래에 발전할 가능성과 이 발전이 서비스의 성능 및 효율성 향상에 미칠 잠재력 평가	해당 서비스 시나리오에 사용된 기술이 향후 발전하여 서비스 성능 및 효율성 향상에 기여할 가능성은 얼마나 된다고 생각하시나요?
	반복 작업 부담 경감	환경미화원이 작업을 수행할 때 필요한 정보를 실시간으로 제공하고 전달하는 서비스의 유용성 평가	환경미화원의 실제 작업에서 해당 서비스 시나리오가 정보 제공 및 전달 측면에서 어느 정도 유용할 것 같으신가요?
안전성	정보의 실시간 제공	해당 서비스 시나리오가 환경미화원의 신체적인 부담을 얼마나 줄여줄 수 있는지 평가	환경미화원의 실제 작업에서 해당 서비스 시나리오가 사용자의 신체적인 부담을 완화하는 데 어느 정도 유용할 것 같으신가요?
	사용자의 안전성	해당 서비스 시나리오의 업무 진행 과정에서 사용자의 안전이 보장되는지 평가	해당 시나리오가 업무 과정에서 사용자의 안전을 보장할 수 있다고 생각하시나요?
사회적 수용성	사회적 수용성	로봇과 환경미화원이 협업 작업 및 도로 작업에서 발생할 수 있는 사회적 영향을 고려하여 평가	로봇과 환경미화원의 협업이 도로 작업 환경에서 사회적으로 수용될 가능성이 높다고 생각하시나요?

## 4. 2. 서비스 검증 결과 및 종합

유형별 서비스 시나리오 검증 설문 결과 [Table 23]에 따르면 1차선 골목 주택가에서 평균이 가장 낮은 세부 속성으로 ‘서비스 실현 가능성(평균: 3.00점)’ 결과가 도출되었다. 1차선 골목 주택가의 협소한 도로 특성과 비표준화된 골목 환경으로 인해 로봇이 이동하거나 대형 폐기물을 처리하기 어렵다는 점이 실현 가능성에서 낮은 평가로 이어졌다. 표준편차가 높은 세부 속성(의견 차이가 큰 항목)은 ‘사회적 수용성(표준편차: 1.44)’으로, 평가자들의 의견이 다양하였다. 특히, 로봇 운영으로 인한 인력 대체, 느린 이동 속도로 인한 도로 사용 불편, 유지보수 문제 등을 지적했다. 이러한 문제를 해결하기 위해 정부 정책의 뒷받침과 지역사회 소통이 중요하며, 로봇 도입이 환경미화원의 일자리를 대체하는 것이 아니라 업무를 보조하고 위험을 줄이는 역할을 사용자 입장을 고려하여 제안해야 한다.

“(이00) 로봇으로의 완전한 대처가 아닌 인간과 협업하는 방향으로 간다면 사회적 논란이 적을 것이라고 생각한다.”

“(이00) 비슷한 사례를 찾아 이 기술을 이용함으로써 조금 더 일하기 편하고 안전할 수 있고 능률이 올라간다는 점을 다각도로 제시하면 설득될 수 있다고 생각한다.”

“(권00) 복잡한 지형에서 로봇의 이동성을 높이고 작업과정의 효율성을 확보하기 위해서는 보다 발전된 AI 기술이 필요하다. 이를 구현하기 위한 기술 개발 비용, 유지 보수와 운영비용까지 고려했을 때 예산 확보에 어려움이 예상된다.”

1차선 골목 상가에서 평균이 가장 낮은 세부 속성으로 ‘서비스 실현 가능성’(평균: 3.33점) 결과가 도출되었다. 상가 골목에서의 불법 주정차 문제와 예측하기 어려운 이동 장애물로 인해 로봇의 실현 가능성이 낮게 평가되었다. 표준편차가 높은 세부 속성(의견 차이가 큰 항목)은 ‘사용자의 안전성(표준편차: 1.26)’으로, 일부 응답자는 로봇의 안전 기능에 대해 긍정적으로 평가한 반면, 좁은 상가 골목에서 로봇의 이동이 보행자 흐름에 방해가 될 수 있다고 우려했다. 로봇이 보행자와 차량 간의 충돌 위험을 줄이기 위한 정교한 감지 기술과 긴급 정지 기능을 추가해야 한다. 또한, 1차선 골목 상가에서의 시범 운영을 통해 사용자 경험 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 로봇 경로 최적화 및 안전 조치를 구체화해야 한다.

“(권00) 좁은 공간에서 정확한 경로를 계획하기 위해선 기초자료가 되는 데이터가 굉장히 정밀해야 한다. 즉, 모든 골목에 대한 최신 데이터가 필요하고 이 자료에 대한 정확성과 신뢰성이 높아야 한다. 또한 실제 해당 경로로 이동할 때 발생할 수 있는 돌발 상황까지 고려한다면, 해당 기술의 구현 및 실현이 어려워 보인다.”

“(박00) 최적의 경로를 따라서 쓰레기를 수거할 경우에, 그 외의 경로에서 쓰레기가 처리되지 않는 공간은 계속 쓰레기가 남아있을 수 있다.”

2차선 인도 상가에서 평균이 가장 낮은 세부 속성으로 ‘사용자의 안전성’(평균: 3.58점) 결과가 도출되었다. 보행자가 밀집한 인도에서 로봇이 대형 폐기물 운반 시 발생할 수 있는 잠재적 사고 위험이 낮은 평가로 이어졌다. 표준편차가 높은 세부 속성(의견 차이가 큰 항목)은 ‘사용자의 안전성’(표준편차: 1.26)으로, 안전성 항목에서 평가자들 간 의견 차이가 두드러졌다. 이는 보행자 밀집 구역에서 로봇의 이동이 일부에게는 안전하지 않게 느껴질 수 있음을 시사한다. 안전성의 표준편차를 줄이기 위해 다양한 테스트 환경에서 로봇의 이동 시나리오를 검증하고, 안전성을 확보할 수 있는 기술적 개선을 진행해야 한다. 예를 들어, 비상 상황 발생 시 빠른 대응을 위한 실시간 모니터링과 보행자에게 명확한 경고 신호를 제공하는 시스템과 로봇과 사람이 팀을 이루어서 운반 로봇, 현장 관리를 보조하여 환경미화원과 보행자 모두에게 안전한 작업 환경을 제공할 수 있다.

“(박00) 대형 폐기물을 포함한 수거 시설의 무게가 상당히 무거울 것 같으며, 무거운 장비를 이용하기 위해서는 주변의 통제가 강하게 이루어져야 한다. 단순한 경보, 알림으로는 안전의 문제를 해결할 수 없을 것 같다.”

“(진00) 로봇을 이용하더라도 위험한 작업 환경에서는 2인 작업이 원칙이며, 이러한 안전 대비책 등이 마련되어야 할 것 같다.”

Table 23 Summary of Service Validation Survey Results

속성	세부 속성	1차선 골목 주택가		1차선 골목 상가		2차선 인도 상가		전체 평균
		평균	표준 편차	평균	표준 편차	평균	표준 편차	
적합성	서비스 방향의 적합성	4.08점	0.49	3.75점	0.43	4.25점	0.60	4.03점
	서비스기술 활용의 적합성	3.50점	0.95	3.75점	0.60	3.67점	0.94	3.64점
가능성	서비스 실현가능성	3.00점	1.29	3.33점	0.94	3.42점	0.95	3.25점
	서비스 목표 달성가능성	3.42점	1.11	3.75점	1.01	3.92점	0.76	3.70점
	기술발전 가능성	3.75점	0.72	3.58점	1.04	4.08점	0.76	3.80점
유용성	반복 작업 부담 경감	3.83점	0.99	4.17점	0.91	4.42점	0.49	4.14점
	정보의 실시간 제공	4.42점	0.64	4.25점	1.01	4.5점	0.50	4.39점
안전성	사용자의 안전성	3.08점	1.11	3.92점	1.26	3.58점	1.26	3.53점
사회적 영향	사회적 수용성	3.58점	1.44	4.00점	0.91	3.92점	0.74	3.83점

로봇 서비스 실현을 위해 현존하는 로봇 기술이 한국의 특수한 도로 환경을 극복하기 위한 기술적 한계를 가지고 있다는 점을 강조한다. 특히, 협소한 도로, 비 표준화된 골목길, 복잡한 교통 상황 등은 로봇 기술의 적용에 있어 어려운 도전 과제로 작용한다. 또한, 쓰레기 관련 시설을 구축하려는 노력에 대해 지역사회가 가지는 사회적 수용 문제도 언급되었으며, 이는 해당 시설이 주거지와 가까운 곳에 설치될 때 주민 반대와 같은 사회적 문제로 이어질 수 있다. 따라서 이러한 문제들은 로봇 서비스 개발 시 선행적으로 고려되어야 하며, 기술적 한계를 극복할 방안과 더불어 지역사회의 수용성을 높이기 위한 공공 참여 및 커뮤니케이션 전략이 함께 수립될 필요가 있다.

본 연구에서 제안된 서비스 시나리오는 기존 선행 연구와 비교하여 다음과 같은 주요 차별성을 가진다. 기존 연구들은 주로 로봇 기술의 가능성과 개발 잠재력에 초점을 맞추어 이론적 수준에서의 논의를 전개한 반면, 본 연구는 한국의 특수한 도로 환경과 작업 조건을 반영한 실질적인 응용 가능성에 중점을 두었다. 좁은 골목과 불법 주차 문제가 빈번한 환경에서의 자동 폐기물 수집 및 경로 최적화 기능은 기존 연구에서는 다루지 않았던 도로 환경별 맞춤형 접근이다. 이러한 접근은 로봇 기술의 활용 가능성을 확대하는 데 기여한다. 또한, 환경미화원의 작업 안전성과 효율성을 개선하는 구체적인 로봇 서비스의 방향을 제안함으로써, 로봇이 단순히 기술적 도구를 넘어 작업 환경에 실질적인 변화를 가져올 수 있음을 입증하고자 하였다.

본 연구는 서비스 시나리오 검증 과정에서 나타난 주요 결과를 바탕으로 다음 [Table 14]와 같은 시사점을 제시한다. 로봇 서비스가 실제로 구현되기 위해서는 정밀한 데이터 기반의 기술 개발이 필수적이다. 특히, 도로 환경의 세부적인 데이터 구축 및 이를 활용한 실시간 경로 계획과 장애물 극복 기술은 로봇 서비스의 성공적인 상용화를 위해 핵심적인 요소로 지적된다. 검증 과정에서 나타난 NIMBY 현상에 대한 우려는 로봇 서비스가 지역사회의 지지를 얻기 위해 공공 참여와 투명한 커뮤니케이션 전략이 필요하다는 점을 시사한다. 주민들과의 협의를 통해 쓰레기 수거 시설에 대한 부정적인 인식을 완화하고, 기술 도입이 지역 환경 개선에 기여한다는 메시지를 전달해야 한다. 로봇 기술의 상용화를 위해서는 법적·제도적 개선이 필요하다. 도로 환경과 작업 특성에 맞는 규제 완화 및 기술 도입을 위한 정책적 지원은 로봇 서비스의 실현 가능성을 높이는 중요한 기반이 될 것이다.

따라서 본 연구는 기존 연구와 달리 로봇 기술의 기술적 측면뿐 아니라, 실제 작업 환경과 사회적·법적 요소를 종합적으로 고려하여 도출된 서비스 시나리오를 제시하였다. 특히, 도로 환경 맞춤형 기능과 데이터 기반의 접근을 통해 실용적인 해결책을 모색했으며, 지역사회와의 상호작용을 통해 사회적 수용성을 제고할 수 있는 방안을 제안하였다.

Table 24 Distinctiveness and Implications of the Service Scenarios

측면	기존 연구	본 연구	시사점
초점	로봇 기술의 기술적 측면에 초점	좁은 골목 등 독특한 환경에 맞춘 안전성과 작업 효율성에 초점	실제 도로 환경과 작업자의 안전을 복합적으로 고려한 연구로 로봇 기술의 실용성을 높이는 방향 제시
접근 방식	개발 가능성과 기술적 타당성에 중점	실제 환경에서의 적용 가능성과 환경 통합에 중점	작업 환경의 맥락을 반영하여 로봇 기술 개발의 실질적 적용 가능성을 확대
사회적 및 법적 고려사항	사회적·법적 도전 과제에 대한 제한적 탐구	법적 프레임워크와 사회적 수용성에 대한 심층 분석 및 해결책 제안	로봇 기술 상용화에 필요한 사회적 수용성과 법적 규제에 대한 문제를 식별하고 해결책을 제시

## 5. 결론 및 시사점

### 5. 1. 연구 시사점 및 기대효과

본 연구는 환경미화원의 업무 효율성 향상을 목표로 로봇 서비스 개발을 진행하며, 이를 위한 미래 서비스 시나리오를 제시하였다. 또한 코디자인을 통해 도출된 인사이트와 더불어, 김달훈(Kim, 2024)이 제시한 지능형 환경 대응 로봇 개발의 선도 기업인 보스턴 다이내믹스의 4가지 필수 요소를 참고하여, 인식 지능, 운동 지능, 유기적 하드웨어 설계, 그리고 윤리적 측면 등 4가지 주요 방향성과 고려사항을 도출하였다[Figure 2].

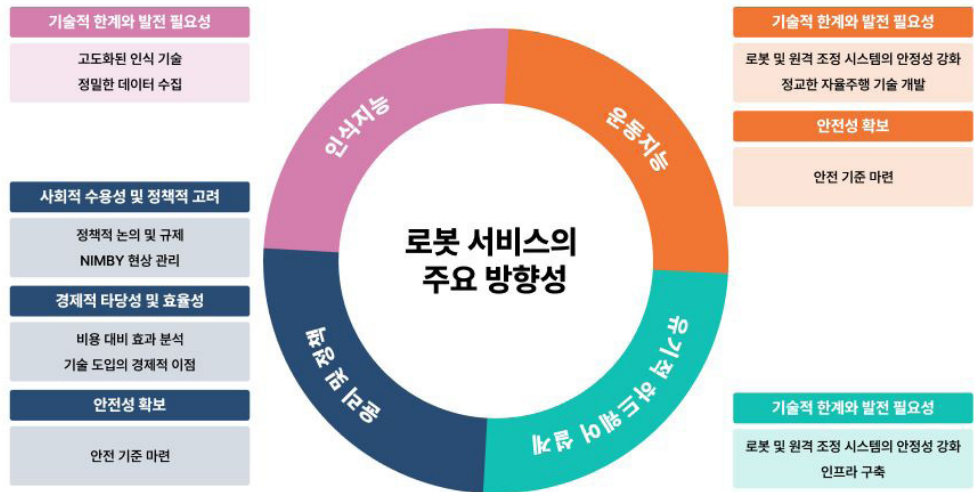


Figure 2 Key Directions for Robot Services

첫째, 인식지능(Cognitive Intelligence) 측면에서 환경미화 로봇은 다양한 도로 폭과 형태, 갑작스러운 차량이나 보행자의 불규칙적인 이동 패턴과 같은 예측 불가능한 장애물, 기후 변화로 인한 도로 작업 환경의 변화에서 자율적으로 작동해야 하므로 고도화된 인식 기술과 자율주행 기술의 발전이 필요하다. 주요 기술로는 고도화된 인식 기술로 자율주행과 원격 조종을 위한 정교한 자율주행 기술과 복잡한 도로 환경에서 정확하게 작동할 수 있는 컴퓨터 인식 기술, 예를 들어 열화상 기반 인식 기술 등의 발전이 요구된다.

둘째, 운동지능(Motor Intelligence) 측면에서 환경미화 로봇은 다양한 작업을 수행하며 무거운 물건을 안전하게 이동시킬 수 있어야 한다. 주요 기술로는 정교한 자율주행 기술 개발을 통해 복잡한 도심 환경에서도 정확하게 작동할 수 있는 고도화된 자율주행 기술의 개발이 필요하다. 이를 위해 로봇 및 원격 조종 시스템의 안전성 강화로 무거운 물건을 안전하게 이동시키고 작업할 수 있는 로봇의 개발과 원격 조종 시스템의 안전성 강화가 필수적이다. 안전 기준 관점에서 로봇과 원격 조종 시스템의 사용을 위한 명확한 기준과 프로토콜을 마련해야 한다. 이중 안전장치 도입에서는 2인 작업 원칙을 준수하고, 안전장치를 강화하여 작업자의 안전을 보장해야 한다. 정밀한 데이터 수집으로 로봇의 정확한 경로 계획을 위해 좁은 공간에서도 모든 골목에 대한 최신 데이터를 수집하고 관리하는 것이 중요하다.

셋째, 유기적 하드웨어 설계(Organic Hardware Design) 측면에서 로봇은 다양한 환경에서 안정적으로 작동할 수 있도록 하드웨어 설계를 최적화하고 필수 인프라를 구축해야 한다. 특히 필수 인프라 구축은 로봇 및 새로운 시스템이 원활하게 작동할 수 있도록 로봇 및 원격 조종 시스템의 안전성 강화와 안정적인 하드웨어 설계를 말하며, 이는 로봇이 무거운 물건을 안전하게 이동시키고 작업할 수 있는 기반 조성을 일컫는다.

마지막 윤리적 기준(Ethics) 측면에서 로봇 도입의 사회적 수용성과 정책적 고려사항을 충족시키는 것이 중요하다. 남비현상 관리를 통해 특정 지역에 쓰레기 수거 시설이나 로봇을 배치할 경우, 지역 주민들의 반발을 최소화하기 위한 정책적 방안과 주민과의 소통 및 협력이 중요하다. 특히, 로봇이 작동하는 환경에서 발생할 수 있는 소음 문제, 미관에 미치는 영향, 거주자와의 거리 문제는 실제 적용 가능성에 큰 영향을 미칠 수 있다. 소음 문제는 도심 지역에서 로봇이 작동할 때 발생할 수 있으며, 특히 주택가 인근에서의 소음은 주민들의 불편을 초래할 수 있다. 이를 해결하기 위해 소음저감 기술이나 작업 시간 조정이 필요하다. 미관에 미치는 영향 또한 중요한 사회적 문제이다. 로봇의 디자인이 도시 환경과 조화를 이루지 못하면 주민들의 불편을 초래할 수 있다. 로봇의 디자인 개선 및 주민 의견 반영을 통해 이를 해소해야 한다. 다음으로는 주거지와 거리 문제 역시 고려해야 한다. 로봇이 주거지 근처에서 작업할 때 주민들이 불편을 겪지 않도록, 작업 시간대나 로봇의 이동 경로를 조정해야 한다. 로봇 도입에 있어 사회적 합의를 도출하기 위해서는 주민 참여와 피드백을 적극적으로 반영하는 과정이 필요하다.

정책적 논의 및 규제에서는 새로운 기술 도입을 위한 충분한 정책적 논의와 법적, 제도적 틀 마련이 필요하다. 사회적 인식 제고를 위해서는 로봇 기술 도입이 환경미화원의 업무 효율성 향상, 안전성 강화, 지역 환경 보호 등의 사회적 이점을 강조하는 홍보 캠페인이 필요하다. 또한, 정보 제공 세미나와 커뮤니티 참여 활동을 통해 주민들과의 소통을 강화하고, 기술에 대한 우려와 오해를 해소하는 활동이 함께 이루어져야 한다. 경제적 타당성 및 효율성에서는 새로운 기술 도입의 경제적 타당성을 검토하고, 비용 대비 효율성을 철저히 분석해야 한다. 이 과정에서 단순히 비용 절감뿐만 아니라, 장기적으로 환경 보호와 작업 효율성 향상 등의 경제적 이점을 강조할 필요가 있다. 예를 들어, 환경미화 로봇은 초기 설치비용이 있더라도, 장기적으로 인건비 절감과 작업 효율성 향상을 통해 전체 운영비용을 줄일 수 있다. 또한, 자동화된 쓰레기 수거 시스템은 쓰레기 처리의 정확도와 속도를 높여 자원 낭비를 줄이고 재활용률을 개선하는 데 기여한다. 이러한 예시는 로봇 도입이 단기적 비용 절감을 넘어, 지속 가능한 환경 관리와 경제적 효율성을 증대시키는 데 중요한 역할을 한다.

본 연구는 코디자인 워크숍을 통해 도출한 3가지 환경 맥락별 시나리오를 기반으로, 각 환경적 특성과 요구사항을 반영하여 로봇 기술이 어떻게 적용될 수 있는지 구체적으로 제시하고자 하였다. 전문가의 의견을 토대로 한 시나리오는 실무적 적용 가능성을 높여, 로봇 기술을 활용한 효율적이고 안전한 작업 환경 조성에 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 로봇과 인간의 상호작용 설계에 있어 단순한 인터랙션을 넘어서 맥락적 요소의 중요성을 강조하였다. 특히, 협소한 주차 공간, 비표준화된 골목도로, 인도와 도로의 불명확한 구분 등 한국의 특수한 도로 환경에서는 이러한 맥락적 고려가 필수적이며, 이를 통해 로봇 서비스 개발의 인지 지능, 운동 지능, 유기적 하드웨어 설계, 윤리적 측면 측면에서 다각적인 접근 방향성을 제시하고, 환경미화원의 작업 환경 개선과 안전성 향상에 기여할 것이다.

본 연구는 위와 같은 시사점 및 기대효과에도 불구하고, 다음과 같은 한계점을 가진다. 첫째, 한국의 도로 환경에 대한 면밀한 조사를 통해 규격화와 세밀한 유형화가 추가적으로 필요하다. 본 연구에서는 비디오

에스노그래피 분석을 통해 도로 상황을 유형화하였으나, 실제 복잡한 도로 환경에 대하여 고려하지 못한 그레이존이 존재할 수 있으므로 추가적인 조사가 필요하다. 둘째, 서비스 시나리오 검증에 위한 정량 조사 과정에서 로봇 및 운송 분야의 전문가 샘플 수가 12명에 불과하여, 후속 연구에서는 더 많은 샘플을 확보하여 연구의 타당성을 높일 필요가 있다.

## Reference

1. Avidbots Neo2. (2020). *Avidbots*. Retrieved from <https://avidbots.com/robots/meet-neo/>
2. Choi, E. S., Sohn, S. Y., & Yi, K. H. (2011). A study on types of municipal sanitation workers' occupational accident by work type. *Korean Journal of Occupational Health Nursing*, 20(2), 172-184.
3. EBS Documentary. (2020, January). In the era of employment cliffs, choosing stability after fierce competition. *YouTube*, Retrieved from <https://youtu.be/GLIj8dCX7IY?si=VGmZRdHhoipiaNiA>
4. EBS Documentary. (2021, March). Extreme job: Hidden heroes who create a clean world #001. *YouTube*, Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=xbVhMQyM6e4>
5. EBS Documentary. (2021, March). Extreme job: Hidden heroes who create a clean world #002. *YouTube*, Retrieved from [https://youtu.be/3O1hCEl3XZE?si=wi1YNpK2I8\\_GHxvn](https://youtu.be/3O1hCEl3XZE?si=wi1YNpK2I8_GHxvn).
6. Follow work safety rules for sanitation workers in cold weather. (2024). *Ministry of Employment and Labor*. Retrieved from [https://moel.go.kr/news/enews/report/enewsView.do?news\\_seq=16088](https://moel.go.kr/news/enews/report/enewsView.do?news_seq=16088)
7. Gita Cleaner. (2024, February). Extreme job experience on the way home: Large waste collection site part 4. *YouTube*, Retrieved from <https://youtu.be/1ra6YctbwhI?si=LGQU7aN-9THOuORT>
8. Gita Cleaner. (2024, February). Waste collection site of environmental sanitation workers (formerly sanitation workers). *YouTube*, Retrieved from <https://youtu.be/xbVhMQyM6e4?si=wuFrKy4bXCmQTaCc>
9. Gita Cleaner. (2024, January). Extreme job? Large waste collection site on a Friday Night. *YouTube*, Retrieved from [https://youtu.be/\\_HoRVt5dgLA?si=cUG74NCOCjadUTC4](https://youtu.be/_HoRVt5dgLA?si=cUG74NCOCjadUTC4)
10. Gita Cleaner. (2024, January). Large waste collection part 1. *YouTube*, Retrieved from [https://youtu.be/RgEsee\\_IRFY?si=r1SkLpDyJ17VSD9b](https://youtu.be/RgEsee_IRFY?si=r1SkLpDyJ17VSD9b)
11. Gita Cleaner. (2024, January). Large waste collection site on the way home on a Friday Night. *YouTube*, Retrieved from <https://youtu.be/c1txGrMZExQ?si=wqxzG8zsY9QdVqBX>
12. Guidelines for the safety rules of sanitation workers in the collection and transportation of household waste. (2018). *Ministry of Employment and Labor, & Korea Occupational Safety and Health Agency*. Retrieved from [https://www.moel.go.kr/local/seoulbukbu/info/dataroom/view.do?bbs\\_seq=20181100016](https://www.moel.go.kr/local/seoulbukbu/info/dataroom/view.do?bbs_seq=20181100016)
13. Guidelines for the workplace safety of sanitation workers. (2022). *Ministry of Environment*. Retrieved from [https://www.me.go.kr/home/web/policy\\_data/read.do?menuId=10265&seq=7865](https://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10265&seq=7865)
14. Heath, C., Hindmarsh, J., & Luff, P. (2010). *Video in qualitative research: Analysing social interaction in everyday life*. SAGE Publications.
15. HK, C., WP, Y., EG, L., & SH, S. (2022). Technical Trends of Mobile Robot Intelligence in Dynamic and Unstructured Environments. *Electronics and Telecommunications Trends*, 37(6), 23-31.
16. Hussain, M. N., Tokdemir, S., Al-Khateeb, S., Bandeli, K. K., & Agarwal, N. (2018, July). Understanding digital ethnography: socio-computational analysis of trending YouTube videos. In *The Eight International Conference on Social Media Technologies, Communication, and Informatics*.
17. Jung, Y., & Yoon, S. (2022). Multi-sensor integration for enhanced object detection in smart cleaning robots. *International Journal of Robotics Research*, 15(4), 456-478.
18. Kim, D. (2022, March). Boston Dynamics Presents 'Four Essential Elements for Research Robots'. *CIO Korea*, Retrieved from <https://www.ciokorea.com/t/73235/제조/227789>
19. Kim, G. (2023, March). "Something you've never seen before on Teheran-ro" Delivery robot 'Dilly' starts service. *Maeil Business Newspaper*. Retrieved from <https://www.mk.co.kr/news/business/10867967>

20. Kim, G. (2023). Overcoming regulatory barriers in autonomous delivery systems. *Transportation Robotics Review*, 8(1), 45–59.
21. Ko, J., & Lee, S. (2022). Enhancing safety and collaboration in industrial cleaning robots. *Industrial Robotics Journal*, 18(4), 332–348.
22. Ko, J., & Lee, S. (2022). Enhancing safety and collaboration in industrial cleaning robots. *Industrial Robotics Journal*, 18(4), 332–348.
23. Lee, E. (2018, September). LG Electronics strengthens open innovation with CLOi robot developers. Retrieved from <https://zdnet.co.kr/view/?no=20180914095844>
24. Lee, J. (2015). UX design concept proposal for blood pressure monitors for the new silver generation: Focusing on ethnographic user research methods. *Journal of Korea Design Forum*, 18(3), 215–224.
25. Lee, J. H., & Kim, M. J. (2010). A Development Strategy of Augmented Reality Contents in the Contextual Environments. *Human Contents*, (19), 179–218.
26. Mbcnews. (2019, December). Workers suffering from low wages: The hidden secrets of waste disposal fees and the suspicious cartel. *YouTube*, Retrieved from <https://youtu.be/Z3vEk8uqJ6g?si=li9P9o9xuu5wO8RV>
27. Noh, C., Kang, Y., & Kang, S. (2009). Pedestrian and vehicle interaction in urban robot delivery systems. *Journal of Urban Robotics Studies*, 6(3), 200–210.
28. Paay, J., Kjeldskov, J., Skov, M. B., & O'hara, K. (2013). F-formations in cooking together: A digital ethnography using youtube. In *Human-Computer Interaction-INTERACT 2013: 14th IFIP TC 13 International Conference*, Cape Town, South Africa, September 2–6, 2013, Proceedings, Part IV 14 (pp. 37–54).
29. Park, J., Lee, H., Choi, S., & Cho, K. (2024). AI-powered interaction algorithms in autonomous robotics. *Smart Industry Robotics*, 9(2), 98–115.
30. Peters, D., Loke, L., & Ahmadpour, N. (2021). Toolkits, cards and games—a review of analogue tools for collaborative ideation. *CoDesign*, 17(4), 410–434.
31. Pink, S. (2020). Doing visual ethnography.
32. Sanders, E. B. N., & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *Co-design*, 4(1), 5–18.
33. Sang Tai Byeon, & Hyun Ji Song (2015). A Study of Design Guideline for Subway Ticket Machine using Video Ethnography: focused on User Experience. *The Treatise on The Plastic Media*, 18(1), 113–118.
34. Scott, S. (2019, January). Meet Scout. *Amazon*. Retrieved from <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/meet-scout>
35. Shin, Y., IM, C., Lee, S., & Kim, J. (2015). Experience innovation and business strategy: Design for user experience (UX) in new product development (NPD). *Journal of Information Technology Services*, 14(2), 231–251.
36. Song, H. S., Kim, M. J., Jeong, S. H., Suk, H. J., Kwon, D. S., & Kim, M. S. (2008). A study on the behavior patterns of service robots in standby mode using video ethnography. *Journal of the Korean Society for Emotion and Sensibility*, 11(4), 629–636.
37. Starship. (2018). Starship. Retrieved from <https://www.starship.xyz/our-robots/>
38. Using original video data for delivery robot AI learning: Improving pedestrian safety and other functions. (2024, January). *The Ministry of Science and ICT*. Retrieved from <https://www.gov.kr/portal/ntnadmNews/3749864>
39. Yoo, J. W., Park, J. M., Hwang, S. H., & Ko, S. (2021, January ). Human-centered robot-as-a-service design: Supporting caregivers at home. *Proceedings of the Korean HCI Conference*, 452–453.

# 환경미화원의 안전한 작업환경을 위한 폐기물 처리 로봇 서비스 제안 : 한국 도로 환경의 맥락적 이해 중심으로

진다영<sup>1</sup>, 강현구<sup>1</sup>, 조민서<sup>1</sup>, 지혜선<sup>1</sup>, 최원미<sup>1</sup>, 이연준<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>홍익대학교 산업미술대학원 서비스디자인전공 석사과정, 서울, 대한민국

<sup>2</sup>홍익대학교 미술대학 시각디자인학과 교수, 서울, 대한민국

---

## 초록

**연구배경** 본 연구는 환경미화원의 중량물 반복 작업과 한국의 특수한 도로 환경의 위험성을 고려하여, 이들의 안전과 건강을 보호하며 근무 환경을 개선하기 위한 로봇 서비스 시나리오를 제안하고자 하였다.

**연구방법** 본 연구는 환경미화원의 작업 환경을 파악하기 위해 문헌 연구 및 통계자료 분석을 수행하였다. 이후 비디오 에스노그래피 분석을 통해 도로 환경 및 도로 크기에 따른 작업 유형을 범주화하였고, 도로 환경별 공통된 작업 특성과 환경미화원의 니즈를 도출하였다. 또한, 전문가와의 코디자인 워크숍을 통해 한국 도로 환경의 맥락적 이해를 반영한 서비스 시나리오의 구체적인 방향과 로봇의 특징을 제안하였다. 서비스 검증을 통해 개선점을 파악하고, 미래 로봇 서비스 시나리오를 다각도로 평가하였다.

**연구결과** 코디자인 워크숍을 통해 1차선 골목 주택가, 불법 주정차 문제가 있는 1차선 골목 상가, 그리고 2차선 인도 상가를 대상으로 한 로봇 서비스의 디자인 방향성을 구체화하였다. 이 방향성에 따라 개발된 주요 서비스 기능은 로봇의 이동성 향상, 작업자의 안전을 보호하는 낙상 방지 시스템, 지능형 경로 계획 및 실시간 경로 조정을 포함된다. 또한, 보행자의 안전을 알리는 시스템과 신체적 부담을 줄이는 쓰레기 자동 수거 기능도 도출되었다. 이러한 서비스 기능은 구체화된 유형별 서비스 시나리오에 따라 검증되었으며, 특히 '정보의 실시간 제공' 항목에서 긍정적인 평가를 받았다. 하지만, 서비스 시나리오 실현 가능성은 현재 로봇 기술의 한계, 복잡한 도로 상황, 사회적 수용성 부족으로 낮게 평가되었다. 이 결과는 로봇 기술의 발전과 사회적 수용성 향상을 위한 연구와 개발이 필요함을 시사한다.

**결론** 본 연구는 환경미화원의 안전한 작업환경을 위한 로봇 개발을 미래 서비스 시나리오로 제안하였다. 비정형 환경에서의 효율적인 로봇 활용 전략 개발을 통해 안전한 작업환경을 조성하는 데 필요한 기초 자료로서 활용될 수 있을 것이다. 또한 사회적, 제도적, 법적 측면에서의 사회적 수용성을 종합적으로 분석하여, 보다 심도 있는 로봇 서비스 개발을 위한 연구로 발전하기를 기대한다.

**주제어** 환경미화원, 도로 환경, 로봇 기술, 코디자인, 작업 안전

---

\*교신저자 : 이연준 (younjoonlee@gmail.com)