

A Human-AI Collaborative Model Involving Humanoid Robots to Alleviate the Physical and Mental Burden of Delivery Workers

Youngkyu Lee¹, Hyesun Jee¹, Seonmi Oh¹, Hyungu Kang¹, Wonmi Choi¹, Yoori Koo^{2*}

¹Department of Service Design, Graduate School of Industrial Art, Student, Hongik University, Seoul, Korea

²Department of Service Design, Graduate School of Industrial Art, Professor, Hongik University, Seoul, Korea

Abstract

Background This study proposes a collaborative model between delivery workers and artificial intelligence (AI)-based humanoid robots in the last-mile delivery segment of courier services. The primary objective is to explore appropriate roles and strategies that AI-powered humanoid robots can undertake to enable effective human-AI collaboration. While previous research has primarily focused on automation within logistics centers, this study presents a new collaboration model aimed at alleviating the physical and psychological burdens experienced by delivery workers in real-world delivery settings and improving operational efficiency.

Methods A service design process grounded in the human-centered design (HCD) methodology was applied. The study began with a theoretical review of the concept of human-AI collaboration and its key considerations. Digital ethnography and in-depth interviews were conducted to identify major pain points experienced by delivery workers. Based on these insights, various service scenarios were developed according to different levels of collaboration with AI-based humanoid robots, and their validity was verified through both quantitative and qualitative evaluations.

Results The findings confirmed that the integration of AI-based humanoid robots could be effective in mitigating critical challenges, such as physical fatigue caused by repetitive loading of heavy parcels and the burden of managing claims related to damaged goods. Furthermore, automating customer service tasks contributed to reducing the psychological stress of delivery workers. In the quantitative evaluation, trust–error recoverability received a high positive score (90%), while touchpoint connectivity (76%) and robot ethics–accountability (70%) were identified as areas needing improvement. The qualitative assessment also revealed positive feedback regarding the system’s reliability and multimodal interaction capabilities, along with suggestions for improvement in robot ethics accountability, controllability of error management, and appropriateness of app personalization.

Conclusions This study demonstrates that AI-based humanoid robots can function as both assistants and peers in human-AI collaboration, contributing significantly to improving work efficiency and delivery environments. Moreover, diverse forms of multimodal interaction play a critical role in defining levels of collaboration and enhancing the quality of human-robot interaction. Finally, the study highlights that ensuring ethical accountability, controllability of error management, and robust security functions are essential for building trust in AI systems. These findings suggest the potential for the practical expansion of human-AI collaboration models not only in the courier industry but also across the broader logistics and service sectors.

Keywords Delivery Workers, Last-mile Delivery, Human-AI Humanoid Robot Collaboration, AI-based Services, Service Design

Received : Sep. 23, 2024 ; **Reviewed** : Feb. 20, 2025 ; **Accepted** : Mar. 21, 2025
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.

*Corresponding author: Yoori Koo (yrkoo@hongik.ac.kr)

Citation: Lee, Y., Lee, H., Oh, S., Kang, H., Choi, W., & Koo, Y. (2025). A Human-AI Collaborative Model Involving Humanoid Robots to Alleviate the Physical and Mental Burden of Delivery Workers. *Archives of Design Research*, 38(2), 269-299.

<http://dx.doi.org/10.15187/adr.2025.05.38.2.269>

1. 서론

1. 1. 연구의 배경 및 목적

2023년 기준, 우리나라의 연간 택배 물동량은 51억 5천만 건에 달한다. 이는 국민 1인당 연평균 100건 이상 택배를 이용한 것으로 환산된다(KILA, 2023). 전자상거래와 온라인 쇼핑의 성장으로 물류 산업은 지속적으로 확대될 것으로 전망되나, 라스트마일(last-mile) 배송의 비효율성과 높은 운영 비용이 주요 과제로 부상하고 있다(Eyad et al., 2024).

특히 택배기사들은 주 6일, 하루 평균 12시간 이상 근무하는 과중한 노동에 시달리고 있으며, 산업재해보상 보험 등 법적 보호의 사각지대에 놓여 있다(Seoul Institute Policy Report, 2021). 중량물 취급으로 인한 근골격계 질환과 고객 클레임 대응에서 발생하는 정신적 스트레스는 업무 만족도와 생산성을 저해하며, 이는 물류 산업의 지속가능성에도 부정적인 영향을 미친다. 따라서 근로 환경 개선을 위한 실질적이고 구조적인 대안 마련과 이를 뒷받침하는 연구가 요구된다.

서비스 디자인은 인간과 AI 기술 간 상호작용을 최적화하여 업무 효율성과 사용자 경험을 개선하는 데 중점을 둔다. 특히 인간-AI 협업은 AI 기반 서비스(AI-based services)를 통해 인간과 AI의 역할을 적절히 분담함으로써 효율성을 극대화하고, 근로자의 부담을 경감하는 데 기여한다(Mazzei et al., 2021). 휴머노이드 로봇은 중량물 운반, 상품 분류 등 반복적이고 물리적인 작업을 수행함으로써 택배기사의 신체적 부담을 줄일 수 있으며(Collins et al., 2022), 인간은 복잡한 의사결정과 창의적 판단을 통해 협업의 시너지를 높이는 역할을 수행할 수 있다(Bradshaw et al., 2022).

이에 본 연구는 인간과 AI 기반 휴머노이드 로봇 간 협업을 통해 택배기사의 신체적·정신적 부담을 완화하고, 업무 효율성을 향상시킬 수 있는 모델을 제안하고자 한다. 이를 위해 서비스 블루프린트(service blueprint) 프레임워크를 설계하고, 협업 수준과 역할 분담을 구조화하여 AI 기반 로봇 기술의 실질적 가능성을 탐구하였다.

궁극적으로 이 연구는 인간-AI 협업 기반의 새로운 패러다임을 제시함으로써 택배 산업의 지속가능성을 제고하고, 물류 서비스 혁신을 위한 실질적인 기초 자료로 기여하고자 한다.

1. 2. 연구범위와 방법

본 연구는 라스트 마일 구간에서 신체적·정신적 부담을 겪는 주간 및 야간 택배 근로자를 주요 대상으로 설정하였다. 이들의 실제 업무 과정에서 나타난 잠재적 니즈와 페인포인트를 기반으로 문제를 정의하고, AI 기반 서비스의 기회 요인을 분석하여 개선 방안을 도출하였다.

연구는 택배기사의 관점에서 서비스 시나리오를 설계하고, 이를 바탕으로 프로토타입을 제작한 뒤, 사용자 검증과 심층 인터뷰를 통해 문제 해결 방향을 구체화하였다. 검증 단계에서는 작업 및 협업 과정을 시각화한 콘셉트 비디오를 제작하고, 배송 중 개인 맞춤 설정과 고객 클레임 대응 기능이 포함된 앱 서비스를 개발하였다.

사용자 검증 결과를 토대로 프로토타입과 협업 모델을 보완하고, 최종적으로 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 협업의 수준(level)을 정의하여 서비스 블루프린트 프레임워크를 설계하였다. 본 연구는 인간 중심 디자인 방법론인 서비스 디자인 프로세스를 기반으로 수행되었으며, 이를 통해 택배기사의 업무 효율을 향상시키고 신체적·정신적 부담을 완화하는 실질적인 방안을 제안하고자 한다.

각 단계의 연구 범위는 다음 [Table 1]과 같다.

Table 1 Research Methods and Content

step1 이론적 고찰_인간-AI 협업환경과 연구대상자 이해			
문헌 연구 인간-AI 협업환경과 대상자 이해	인간-AI 협업 이해		택배산업의 현황
	인간-AI 협업을 위한 AI 기반 서비스의 필요성 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇의 필요성		택배산업의 현황과 택배근로자 이해
▼			
step2 인간-AI 협업환경과 연구대상자 조사			
연구 대상자 조사	사용자 관찰조사와 데이터 분석		파일럿 심층인터뷰
	사용자 조사 계획과 디지털 에스노그래피		In-depth Interview Analysis
▼			
step3 인간-AI 협업을 위한 기회요인 탐색			
인간-AI 협업 기회요인 탐색	페르소나와 고객 여정 맵		Task별 맞춤형 서비스 기회요인
	서비스 설계를 위한 페르소나, 유형별 고객경험 여정 맵		인간-AI 협업 기회요인 도출
▼			
step4 인간-AI 협업을 위한 서비스 시나리오 구체화			
프로토타입 제작과 검증	인간-AI 로봇 협업 서비스 시나리오	서비스 경험평가 기준 설정	서비스 경험 프로토타이핑 제작 및 검증
	인간-AI 휴머노이드 로봇 간 협업 서비스 시나리오 설계	인간-AI기반 휴머노이드 로봇 협업의 적절성 평가	컨셉트 비디오, UI Prototype 제작 후 정성, 정량평가 검증
▼			
step5 인간-AI 협업을 위한 서비스 검증 및 제안			
서비스 경험	시스템 맵	서비스 블루프린트	인간-AI기반 휴머노이드 로봇 협업 서비스 개선
	AS-IS, TO-BE 시스템을 통한 개선점 제시	인간-AI 로봇 간 상호작용과 서비스 청사진	인간-AI기반 휴머노이드 로봇 협업 제안
▼			
step6 결론 및 제언			
결론 및 제언	연구요약, 시사점과 한계점		

2. 이론적 고찰

이 장에서는 인간-AI 협업의 개념과 이해, 인간과 AI의 역할(Kore, 2022), AI 자율성 수준(Min et al., 2020) 등 AI 기반 협업에서 고려해야 할 핵심 요소들을 논의한다. 또한 STEEP-V 분석을 통해 택배 산업의 현황과 라스트 마일 물류 서비스에서 AI 기반 협업이 가지는 의미를 심층적으로 분석한다.

2. 1. Human-in-the-loop(HITL)와 인간-AI 협업의 이해

1) 인간-AI 협업의 개념과 이해

인간-AI 협업(Human-in-the-loop, HITL)은 AI 기반 자동화 시스템 내에서 인간이 개입하여 결과에 영향을 미치는 협력 모델로 정의된다(Schneiderman, 2020). 이 모델은 AI의 데이터 처리 능력과 인간의 직관 및 창의성을 결합하여, 의사결정의 효율성과 정확성을 향상시키는 것을 목적으로 한다(Davenport & Kirby, 2016; Duan et al., 2019).

HITL은 단순한 자동화와 구별되는 증강지능(Augmented Intelligence) 개념에 기반하며, AI는 분석 및 의사결정 지원을, 인간은 판단 검토와 조정 역할을 수행한다. 이 협업 구조는 AI 자율성 수준을 고려한 최적의 역할 분담 설계에 유용하게 활용될 수 있다(Schneiderman, 2020; Colson, 2019).

AI는 초기에는 도구(tool)로 시작하여 보조자(assistant), 동료(peer), 그리고 관리자(manager)로 점진적으로 발전할 수 있으며, 각 단계에서 인간과의 협업 방식도 변화한다. 민옥기 외(2020)와 Kore(2022)의 연구에

따르면, AI는 자율성과 기능을 확장해 가며 물류 및 서비스 시스템에서 협업 주체로 작동하며, HITL 개념을 통해 협업이 보다 효과적으로 구현될 수 있다.

결론적으로, HITL은 인간과 AI의 상호보완적 강점을 균형 있게 활용할 수 있는 이상적인 협업 모델로, AI는 의사결정을 지원하고 인간은 그 결과를 감독하고 개입할 수 있는 구조를 유지한다. 이러한 역할의 변화는 AI 자율성 수준에 따라 점진적으로 이루어지며, 그 발전 단계는 [Table 2]에 정리하였다.

Table 2 Levels of AI Autonomy (Min et al., 2020; Kore, 2022)

구분	설명 (내용)	Roles for AI
Level 6	AI가 모든 작업을 자동화하며, 인간 개입 없이 독립적 의사결정 수행	Manager
Level 5	AI가 인간과 협력하며, 복잡한 의사결정을 독립적으로 수행 가능	Peer
Level 4	AI가 주도적으로 작업을 수행하지만, 인간의 감독이 필요함	Peer
Level 3	특정 작업 자동화 및 환경 인식 기능 포함	Assistant
Level 2	AI가 제한적인 의사결정 지원을 수행하며, 사전 정의된 규칙 내에서 작동	Assistant
Level 1	AI가 기본적인 데이터 처리 및 분석을 수행하며, 인간과 상호작용	Tool

AI의 역할은 단순한 도구(tool)에서 시작해 보조자(assistant), 동료(peer), 자율 시스템으로 점진적으로 발전한다. 이 중 동료(peer) 단계는 인간과의 협업 수준을 질적으로 향상시키고, 전반적인 생산성을 증대시키는 전환점으로 간주된다.

도구(tool) 단계에서는 인간이 AI를 직접 조작하며 명령을 내리는 방식으로 상호작용이 이루어진다. 보조자(assistant) 단계에서는 AI가 일부 환경을 감지하고 이에 반응할 수 있는 수준으로 발전한다. 동료(peer) 단계에 이르면, AI는 인간과 대등한 협업을 수행하며 보다 능동적이고 독립적인 역할을 수행할 수 있다.

[Figure 1]은 AI 기술 수준의 점진적 고도화에 따라, 인간과의 상호작용이 어떻게 강화되는지를 시각적으로 보여준다.

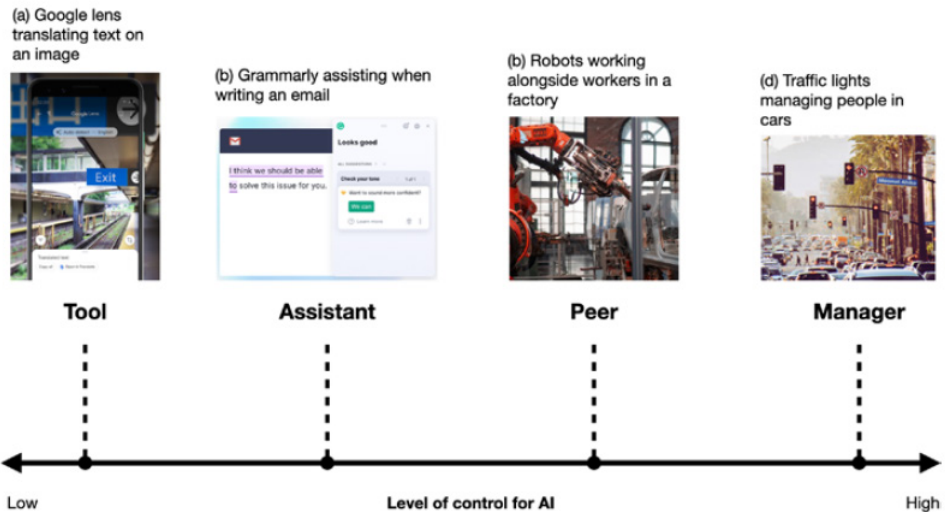


Figure 1 Roles for AI (Kore, 2022)

2) 인간-AI 협업 수준(HITL) 설계를 위한 핵심요인

효과적인 인간-AI 협업(HITL)을 구현하기 위해서는 협업 수준, 신뢰, 윤리 기반 설계, 상호작용의 네 가지 핵심 요소를 반드시 고려해야 한다.

첫째, 협업 수준은 AI의 자동화 효율성을 유지하면서도, 인간이 필요 시 의사결정에 개입할 수 있는 구조로 설계되어야 한다(Shneiderman, 2020; Min et al., 2020). 이는 AI가 단순한 도구를 넘어, 복잡한 문제 해결의 동반자로 기능하도록 하는 것이다(Davenport & Kirby, 2016).

둘째, 신뢰는 협업의 전제 조건으로, AI 시스템은 설명 가능성(eXplainable AI)을 바탕으로 투명하고 책임감 있게 설계되어야 하며, 오류 예방 및 복구 기능을 갖추는 것이 중요하다(Yang, 2023; Shneiderman, 2020). 셋째, 윤리 기반 AI 설계는 공정성과 책임성 확보를 목표로 하며, 데이터 편향 제거와 지속적 개선을 통해 윤리적 기준을 충족해야 한다. 특히 인간이 자동화된 결정에 대해 검토·수정할 수 있는 통제권을 유지하는 것이 핵심이다(Min et al., 2020; Kore, 2022). 넷째, 상호작용은 협업의 실행력을 보장하는 요소로, 인간과 AI 간 인터페이스는 직관적이고 원활하게 설계되어 사용자 혼란을 최소화하고 경험을 향상시켜야 한다. 이 네 가지 요소는 HITL 시스템의 신뢰성과 효율성을 높이며, 인간-AI 간 상호보완적 협업 구조를 설계하는데 있어 필수적인 고려 사항이다. 이에 따라, 인간-AI 협업 수준에 적합한 설계 요소를 다음 [Table 3]에 정리하였다.

Table 3 Essential Factors to Consider for Designing Human-AI Collaboration Levels (HITL)

구분	필수요소	재정의	관련 선행 연구
인간-AI 협업	인간-AI 협업 수준	AI가 인간이 원하는 수준으로 협업을 조정	Shneiderman (2020), Min et al. (2020)
	인간 능력 증강 및 자동화	AI가 인간의 능력을 증강하거나 반복 작업을 자동화해 목적 달성을 돕는 것	Davenport & Kirby (2016)
신뢰	설명 가능성 (XAI)	AI의 작동 방식을 인간이 쉽게 이해하고 신뢰할 수 있게 돕는 것	Van Lent et al. (2004), Yang (2023)
	오류 제어	AI의 오류를 방지하고 복구할 수 있는 메커니즘	Shneiderman (2020), Hosseini et al. (2021)
윤리 기반 AI 설계	데이터 편향성 제거	AI가 공정한 데이터를 학습하고 편향성을 제거하도록 설계	Shneiderman (2020), Min et al. (2020)
	설명가능성 (XAI)	AI가 투명한 설명을 통해 사용자가 이해할 수 있는 결과를 제공하는 것	Van Lent et al. (2004), Yang (2023)
	인간통제권 유지	AI의 의사결정에 대해 인간이 수정 및 개입할 수 있는 권한을 유지	Kore, (2022), Shneiderman (2020)
상호 작용	멀티 모달리티	AI가 시각, 청각 등 다양한 채널을 통해 인간과 통합적으로 상호작용할 수 있는 것	Oviatt, (1999), Turk, (2014), Kim et al. (2022), Homo Digiko (2017)
	터치포인트 (연결성)	AI와 사용자 간의 접점(인터페이스, 기능 등)을 정의하며, 상호작용의 형태에 따라 분류	Norman, (2013), Shneiderman & Plaisant, (2010), Cooper et al., (2007)
	피드백	AI의 결과에 대해 인간이 개입하고 피드백할 수 있는 구조를 제공	Amershi et al. (2019), Orzikulova et al. (2023)

2. 2. STEEP-V 분석을 통한 택배 산업 현황과 택배 근로자의 이해

STEER-V 분석은 택배 산업의 흐름과 근로자 현황을 이해하고, AI 기반 서비스의 방향성을 설정하는 데 중요한 역할을 한다.

먼저, 사회적 측면(Social)에서는 택배 물동량 증가로 인해 택배기사들의 업무 부담이 가중되고, 건강 및 안전 문제가 주요 이슈로 부각되었다(National Logistics Center, 2024). 이에 따라 근로 환경 개선의 필요성이 대두되고 있다(Ha et al., 2023). 기술적 측면(Technological)에서는 AI와 로봇 기술을 활용한 물류 자동화, 실시간 배송 모니터링, 빅데이터와 예측 분석 기술이 물류 효율성과 고객 맞춤형 서비스를 가능하게 하고 있다(Gonzalez et al., 2020).

경제적 측면(Economic)에서는 전자상거래 확대에 따라 택배 시장의 경쟁이 심화되고 있으며, 도시 교통 문제와 온실가스 배출 증가로 인해 친환경 물류 시스템의 도입이 절실히 요구된다(Rakytá et al., 2022). 또한, 환경적 측면(Environmental)에서는 물류 배송 증가로 인한 대기 오염과 온실가스 배출 문제가 심각해지고 있으며, 정부의 친환경 물류 정책 마련이 요구된다.

정치/법규적 측면(Political/Legal)에서는 택배 근로자의 근로시간 보호, 개인정보 보호법 준수 등과 같은 법적 규제 강화가 필요하며, AI 및 로봇 기술 도입에 따른 책임 소재를 명확히 하는 정책적 접근이 요구된다(Kim, 2019). 이러한 STEEP-V 분석을 바탕으로, 택배 산업의 지속가능성을 확보하기 위해 근로 환경 개선, 친환경

물류 시스템 도입, 법적 규제 강화, 로봇의 책임소재 명확화 등이 중요한 사회적 가치로 도출되었다. 이에 대한 세부 내용은 [Table 4]에 정리하였다.

Table 4 STEEP-V Framework Analysis

단계	STEER-V 분석내용		선행 연구
Social	택배 물동량 급증과 근로자 부담	- 택배기사는 특수형태근로 종사자로 근로기준법에 보호를 받지 못함 - 산재보험 적용이 안 됨 - 주 5일제, 주당 60시간 근무 추진 중	Ha et al.,(2023)
Technological	AI와 로봇기술을 활용한 물류 자동화 및 실시간 배송의 고객 맞춤형 서비스 필요	- AI와 빅데이터의 활용이 물류 효율성을 크게 향상시키고, 실시간 데이터 분석을 통해 배송시간 단축과 물류 경로 최적화를 가능	Gonzalez et al., (2020)
Economical	전자상거래 확대로 소비자 지출패턴 변화와 택배시장 경쟁 심화	- 택배 시장의 경쟁 심화로 인해 가격 인하와 서비스 개선이 필요	Rakya et al., (2022)
Environmental	물류증가로 대기오염과 온실가스 배출문제 심화	- 온실가스 배출을 줄이기 위한 친환경 물류 시스템의 도입 필요	Rakya et al., (2022)
Political/Legal	택배기사의 근로자 보호와 개인정보 보호법 준수	- 택배기사들의 근로시간 보호와 안전을 보장하는 법규 강화의 필요	Kim, (2019)
Values	택배근로자의 근로환경 개선, 친환경 물류시스템의 도입, 법적규제 강화 로봇의 책임소재 지속가능한 택배시스템	- 택배근로자의 근로환경 개선할 수 있는 근로환경 개선이 시급 - 친환경 물류시스템의 도입과 발전이 필요 - 로봇의 책임소재가 반드시 필요 - 법적 규제 강화는 사회적 신뢰를 구축하고 윤리적 기준을 준수하며, 안전성과 책임성을 보장함으로써 지속 가능한 물류 시스템을 지원	Kim, (2020), Kim, (2021), 국토교통부, (2021, .04.08.)

3. 인간- AI 기반 휴머노이드 로봇 협업 필요성

이 장에서는 인간-AI 협업 개발을 위한 근미래적 관점에서, 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇의 도입과 그 필요성에 대해 논의하고자 한다.

3. 1. 자율주행 배송 로봇의 한계와 휴머노이드 로봇의 필요성

현재 물류 시스템에서는 자율주행 배송 로봇이 음식 배달, 소형 물품 운송, 창고 물류 등의 작업에 활용되고 있다. 이러한 로봇은 반복적인 작업을 효율적으로 수행하며, 물류 서비스의 생산성과 비용 절감에 기여하고 있다. 특히 정해진 경로를 따라 운행하거나, 사전에 설정된 환경 내에서 안정적으로 작동하는 데 최적화되어 있다. 실제 서비스되고 있는 대표적인 자율주행 배송 로봇의 예시는 [Table 5]와 같다.

Table 5 Examples of Autonomous Delivery Robots

Robot company	Robot Image	Features	Multi modality	Touch points
Starship Technologies (Starship)		도시 내 음식 및 소형 물품 배달, 제한된 구역에서 안전하게 운영	- 자율주행 지상 로봇 - 센서, GPS 카메라	스마트폰 앱을 통해 배송 상태 확인, 로봇과 상호작용
Nuro(R3)		자율주행 기술을 활용하여 생필품과 약품 배송, 소형 물품 배달에 적합	- 자율주행 소형 차량 - LiDAR, 카메라, 레이더 AI 알고리즘	실시간배송, 모니터링 및 문제 발생 시 고객지원 시스템
Amazon (Scout)		도보 기반 이동과 제한된 경로를 통해 소형 패키지를 안전하게 고객에게 전달	- 도보기반 - LiDAR, 카메라, - AI경로탐색, 장애물 회피	- 로봇이 고객 집 앞 도달, 스마트폰으로 문 열고 소형 패키지수령
Daxbot (Daxbot)		농산물 배달, 도서관 자료 운반 등 다양한 용도로 사용되며 자율주행 기술과 안전성을 통합	- 다양한 환경배송 - LiDAR, 카메라, - 초음파센서, AI기술	- 로봇 도착 시 고객이 스마트폰 통해 물품 수령
Boston dynamics (Spot)		택배 배달 시 목적에 따라 센서나 카메라, 로봇 팔 등을 부착하여 계단을 오르내리며, 작업 수행 가능	- 4족 로봇, 계단 및 불규칙한 환경 동작 - 센서, 카메라 로봇 팔	- 로봇 팔을 통한 물품 수령 및 작업 수행

이러한 한계를 해결하기 위해, AI 기반 휴머노이드 로봇은 라스트 마일 배송 서비스에서 인간-AI 협업의 새로운 대안으로 주목받고 있다. 휴머노이드 로봇은 인간과 유사한 구조와 상호작용 능력을 갖추고 있어 고객 요청에 유연하게 대응할 수 있으며(Boysen et al., 2021), 복잡한 지형에서도 안정적으로 작업을 수행할 수 있다(Chen et al., 2021). 또한, 무거운 물품 운반과 정밀한 작업 수행이 가능하여 택배기사의 신체적 부담을 줄이고, 물류 작업의 효율성을 높이는 데 기여할 수 있다(Hoffmann & Prause, 2018).

3. 2. 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 협업의 역할

인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 협업은 물류 산업의 지속 가능한 발전을 위한 핵심 전략으로, 효율성과 생산성을 극대화하는 데 중요한 역할을 한다. AI 기반 휴머노이드 로봇은 반복적이고 신체적으로 부담이 큰 작업을 수행하고, 인간은 창의성과 판단력을 요구하는 업무에 집중함으로써 전반적인 작업 품질을 향상시킨다. 이러한 협업 구조는 작업자의 부담을 줄이고 고객 서비스 품질을 높이며, 물류 산업의 경쟁력을 강화하는 데 기여한다.

휴머노이드 로봇과 인간의 협업은 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째, 로봇은 물품 분류, 포장, 운반 등 반복적이고 물리적인 작업을 자동화하여 작업 속도와 품질을 향상시킨다. 둘째, 반복 작업의 자동화는 작업자의 신체적 부담을 줄이는 동시에 작업의 정확성을 높인다. 셋째, 인간은 고객 상담과 문제 해결 같은 창의적이고 복잡한 작업에 집중하여, 유연한 대응을 통해 고객 만족도를 향상시킬 수 있다. 넷째, 로봇은 실시간으로 데이터를 수집·분석하여 작업의 효율성을 극대화하고, 인간은 이를 기반으로 전략적 의사결정을 수행한다. 다섯째, AI 기반의 분석 및 의사소통 기능이 통합된 로봇은 고객의 요구를 이해하고 적절히 대응할 수 있는 시스템 구축에 기여한다.

이에 따라 인간과 AI 기반 휴머노이드 로봇의 협업은 작업의 성격과 요구에 따라 명확하게 역할을 분배하고, 상호 보완적인 관계를 형성하도록 설계되었으며, 물류 산업의 혁신과 경쟁력 강화에 중대한 기여를 한다[Table 6].

Table 6 Collaborative Roles of Robots and Humans

Role Classification	Key Roles	
	Human	AI-based Robot
물품 처리	물품 검수 및 손상 물품 처리	물품 분류 및 운반
데이터 처리 및 업데이트	고객 데이터 관리 및 분석 결과 해석	실시간 데이터 분석 및 배송 경로 최적화
정교화된 작업영역	예외 상황의 창의적 해결 (고객 요청, 클레임 처리)	특수 물품 포장 및 정교한 운반
고객과의 상호작용	복잡한 고객 요구 사항 해결 및 맞춤형 솔루션 제공	간단한 음성 응대를 통한 기본 정보 제공
문제 해결 및 관리	복잡한 문제 상황에서 의사결정 수행 (배송 지연 시 해결책 제안)	기계적 오류 감지 및 초기 대응

3. 3. 인간- AI 협업에 따른 멀티모달리티 (Multimodality)와 터치포인트

인간과 AI 시스템의 협업에서 멀티모달리티와 터치포인트는 상호작용을 향상시키는 핵심 요소이다. 멀티모달리티는 음성, 텍스트, 제스처 등 다양한 상호작용 방식을 활용하여 인간-AI 협업 수준을 높이는 접근법이다. AI 기반 휴머노이드 로봇은 음성 명령, 터치 인터페이스, 제스처 인식을 통해 직관적이고 효율적인 상호작용을 지원하며, 사용자와의 소통을 보다 원활하게 한다.

멀티모달리티는 단일 모달, 다중 모달, 고급 다중 모달로 구분된다. 단일 모달은 시각, 청각, 촉각 중 하나의 데이터만 처리하고, 다중 모달은 두 가지 이상의 데이터를 병렬적으로 처리한다. 고급 다중 모달은 다양한 데이터를 통합적으로 분석하여 상황의 맥락을 해석하고 의미를 추론하는 방식이다. 예를 들어, 물류센터에서는 AI 로봇이 음성 명령과 시각 데이터를 결합하여 작업의 정확성과 효율성을 높일 수 있다. 이러한 멀티모달리티는 인간과 AI 간 신뢰를 강화하고, 상호작용의 효율성을 극대화하는 데 기여한다.

터치포인트는 로봇과 인간, 또는 환경 간의 상호작용 지점을 의미하며, 단일 터치포인트, 다중 터치포인트, 직관적 터치포인트로 분류된다. 단일 터치포인트는 하나의 접촉 지점만을 활용하고, 다중 터치포인트는 여러 접촉 지점을 병렬적으로 활용하여 작업 효율성을 높인다. 직관적 터치포인트는 다양한 접촉 지점을 통합하여 자연스럽게 직관적인 상호작용을 제공한다.

이렇듯, 멀티모달리티와 터치포인트는 인간-AI 협업 과정에서 직관적이고 효율적인 상호작용을 가능하게 하며, 신뢰성과 사용자 경험을 강화하는 데 핵심적인 역할을 한다.

4. 사용자 조사와 문제 정의

이 장에서는 택배기사의 업무 환경과 일과를 분석하고, 디지털 에스노그래피와 파일럿 심층 인터뷰를 통해 이들의 잠재적 니즈와 페인포인트를 파악한 뒤, 이를 기반으로 문제를 정의하고자 한다.

4. 1. 사용자 조사 계획

택배기사의 신체적·정신적 부담을 줄이고 생산성을 향상시키기 위한 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 협업 서비스 설계를 목적으로, 택배기사의 니즈와 페인포인트를 도출하였다. 다양한 경력과 연령대의 택배기사들을 대상으로 업무 환경, 고객과의 상호작용, 디지털 도구 활용 상황을 분석하여 실질적인 문제점을 파악하고자 하였다.

택배기사의 업무 특성상 긴 이동 거리와 반복적인 작업으로 인해 현장 관찰이 업무 흐름에 영향을 미칠 가능성이 있었다. 이러한 제한을 극복하기 위해, 디지털 에스노그래피를 활용하여 온라인 커뮤니티, 유튜브, 블로그 등에서 택배기사의 경험과 의견을 분석하였으며, 심층 인터뷰를 통해 이들이 겪는 신체적·정신적 어려움과 고객 응대 과정의 문제를 심층적으로 조사하였다.

수집된 데이터는 친화도 맵(Affinity Diagram)을 사용해 유사성을 기반으로 체계적으로 분류하였으며, 이를 통해 주요 문제와 패턴을 도출하였다. 또한 분석 결과를 바탕으로 대표 사용자 유형(페르소나)을 정의하고,

배송 과정에서 발생하는 단계별 접점과 문제를 시각화한 고객 여정 지도를 개발하였다. 이러한 과정은 택배기사의 업무와 경험에서 핵심적인 페인포인트를 명확히 밝히고, 사용자 중심의 AI 기반 로봇 협업 서비스 설계를 위한 기초 자료를 제공하는 데 기여하였다 [Table 7].

Table 7 Establishing a User Research Plan

구분	내용
조사 목표	택배기사의 신체적·정신적 어려움을 파악하고 해결하기 위한 AI 협업 솔루션 도출
조사 대상	다양한 경력과 연령대의 택배기사
조사 방법	1) 디지털 에스노그래피(Digital Ethnography): 유튜브 택배기사 브이로그, 택배기사 카페 댓글을 통한 택배기사의 행동과 환경 관찰. 2) 심층 인터뷰(In-depth Interview): 택배기사의 경험과 생각에 대한 심층 인터뷰
조사 내용 및 분석	1) 디지털 에스노그래피 분석: 관찰 및 행동 데이터를 Physical Model과 A.E.I.O.U 기법을 통해 고객경험 여정 분석 2) 인터뷰 기반 데이터 분석: 친화도맵(Affinity Diagram) 기법을 활용하여 심층인터뷰를 통해 도출한 인사이트를 유사성(Affinity)에 따라 의미 있게 분류 3) 페르소나 여정 중심의 경험 매핑: 심층 인터뷰와 디지털 에스노그래피 분석 내용을 토대로 페르소나 제작 및 고객 여정 맵 작성 4) 인간-AI 협업 기회요인 도출: 인간-AI 협업 수준에 따른 기회요인 분석 및 도출

4. 2. 사용자 조사 데이터 분석

(1) 디지털 에스노그래피를 통한 택배기사의 업무 여정 분석

택배기사의 업무 환경과 문제점을 분석하고 개선 방안을 도출하기 위해, 디지털 에스노그래피 방법론을 활용하였다.

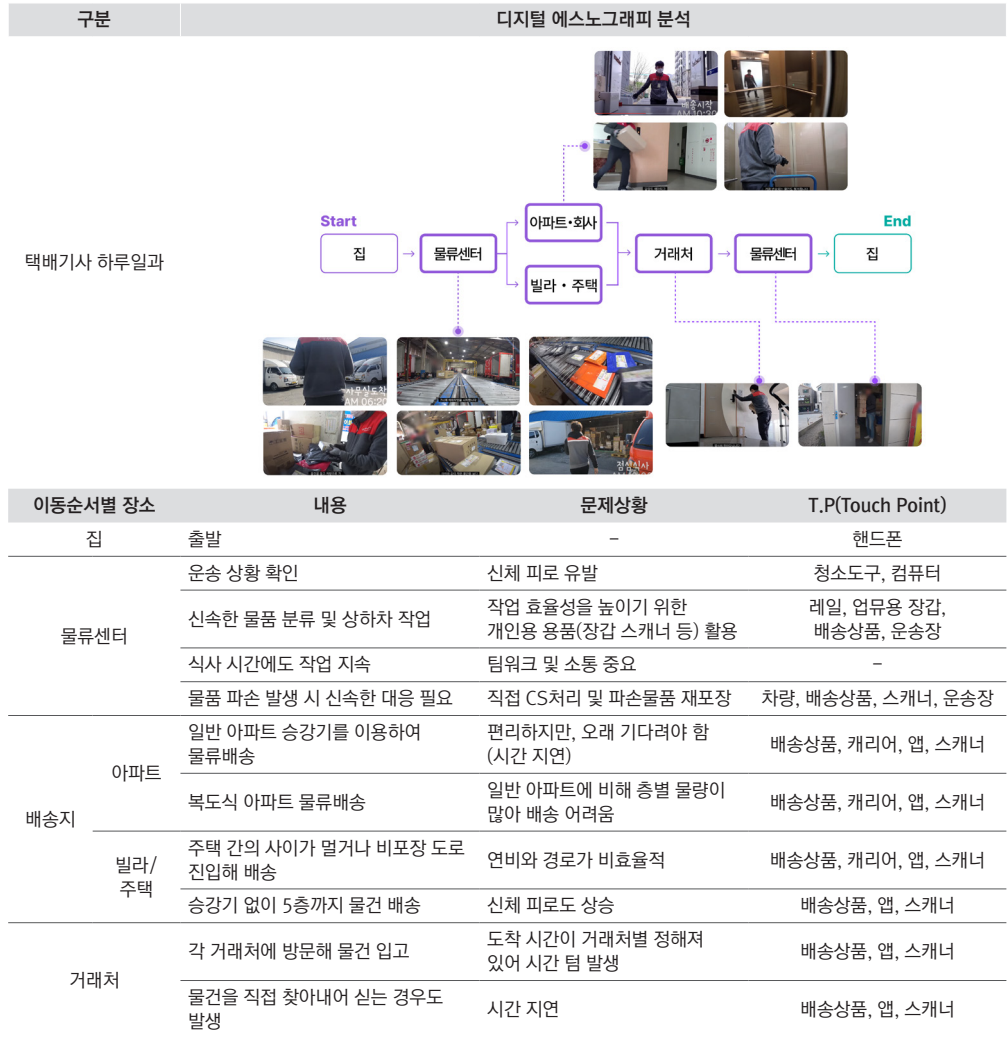
이를 위해 택배기사의 다양한 작업 환경과 실제 업무 과정을 담은 영상 자료를 선정하였으며, 해당 영상들은 물류센터, 배송지, 거래처 등에서의 작업 여정을 포함하고 있어 문제 상황과 상호작용 지점을 분석하는 데 적합한 자료로 판단되었다[Table 8].

Table 8 Video of Delivery Worker

분류	제목	영상 길이	제공	게시일	키워드 특징
기사	택배기사의 하루를 쫓다	-	로티스	2017	물류센터 작업부터 배송까지의 과정과 업무 강도
브이로그	Vlog_ 실툼없는 택배기사의 하루	23:30	에이치알TV	2022	물류센터 작업, 배송, 집하 업무 등 다양한 작업 환경과 시간 관리의 어려움 강조
다큐	여성 쿠팡 킥플렉스 택배기사	20:59	에이치알TV	2023	업무 흐름 및 업무 중 겪는 어려움
다큐	10년 경력의 한진택배 기사님	16:16	갈간남	2022	택배 업무의 현실과 신체적 부담, 고객 응대

다음 [Table 9]는 디지털 에스노그래피 방법론을 활용하여 택배기사의 업무 환경을 분석하고, A.E.I.O.U 프레임워크를 통해 주요 행동, 상호작용, 작업 환경, 이해관계자를 구조화하였으며, 택배기사의 주요 업무 단계별 문제 상황과 터치포인트를 도출하였다.

Table 9 Digital Ethnography Analysis



관찰 결과, 배송 상품 분류와 차량 적재 과정에서 택배기사의 반복적인 수작업과 작업 지연이 높은 피로도를 유발하였다. 또한 거래처 물건 상차 시, 시간 조율 문제로 인해 재방문이 필요한 상황이 발생하며, 이는 업무 부담을 더욱 가중시키는 요인으로 작용하고 있다. 이와 더불어, 고객 클레임 처리 과정에서의 심리적 스트레스 역시 택배기사들이 직면한 중요한 과제로 나타남을 알 수 있었다.

(2) 파일럿 단계 심층 인터뷰(In-depth interview)

택배기사의 업무 환경은 사용자 특성과 개인별 상황에 따라 상이하게 나타난다. 이를 반영하여, 내적 요인과 외적 요인을 주요 기준으로 설정하고 택배기사들이 직면한 문제점과 니즈를 파악하기 위해 심층 인터뷰를 진행하였다. 이 과정은 택배기사의 업무 환경에 대한 깊이 있는 이해를 도출하는 데 중점을 두었다. 2024년 4월 13일부터 4월 16일까지 현직 택배기사 10명을 대상으로 파일럿 단계 심층 인터뷰를 실시하였다[Table 10].

Table 10 In-Depth Interview Information

구분	내용
대상	현직 택배기사 10명
질문주제	택배기사의 업무 과정 및 주요 문제점 맥락적인 업무환경을 고려한 이슈
질문내용	Part1. 택배기사의 업무 과정(프로세스) Part2. 택배기사가 피로도를 가장 많이 느끼는 상황 Part3. 인간과 로봇 협업 시스템에 대한 견해 Part4. 현 택배기사의 업무 만족도
시간	40~50분
일시	2024년 4월 13일~4월 16일
방법	파일럿 단계 인터뷰

심층 인터뷰 분석 결과, 친화도 맵(Affinity Diagram) 기법을 통해 택배기사의 주요 페인포인트와 니즈를 도출하였다.

첫째, 물품 분류 및 적재 과정에서 주소지나 아파트 동별로 바코드 스캐너를 활용해 개별적으로 물건을 분류해야 하는 절차는 시간 압박으로 이어졌다. 둘째, 반복적인 상·하차 작업과 장시간의 물품 적재는 신체적 피로를 크게 증가시켰다. 셋째, 오배송 및 파손으로 인한 고객 클레임은 정신적 스트레스를 유발했으며, 고객과의 대화에서 발생하는 심리적 부담도 주요 과제로 확인되었다. 넷째, 교통체증이나 날씨와 같은 외부 변수는 배송 지연에 대한 지속적인 우려를 야기하며, 택배기사에게 큰 부담으로 작용하고 있었다. 아울러, 각 페인포인트와 관련된 물리적 요소(작업 도구 및 환경), 상호작용적 요소(기술 및 시스템), 인적 접점(고객 및 동료)을 체계적으로 분석하였다[Table 11].

Table 11 In-Depth Interview Analysis

페인포인트(Pain points)	니즈(Needs)	인사이트(Insights)	Touch Points		
			고정 접점 (제품/공간)	상호작용 접점(정보)	인적 접점 (사람)
Painpoint 1 비효율적인 분류, 적재 작업으로 인한 압박감	신체 부담을 줄이는 물품 분류와 적재 지원 필요	택배기사의 업무 효율을 높여주는 분류·적재 작업 지원 시스템	- 분류 작업 공간 - 배송 상품 - 배송 상품 분류 기계 - 스캐너 - 스마트폰 - 애플리케이션	- 시스템 분류 결과 데이터 - 배송 상태 알림 안내	- 택배기사 - 동료
Painpoint 2 무거운 물건의 반복작업으로 인한 신체적 피로도 증가	생산성을 높인 중량물 운반 배송 도구 및 시스템 필요	신체 부담을 줄이고 작업 효율을 높이는 물리적 시스템 지원	- 트럭 운전석 - 트럭 적재 칸 - 배송 상품 - 배송지 - 스마트폰	- 시스템 데이터 공유 - 배송 상태 의사 결정	- 택배기사 - 배송지 주민 - 고객
Painpoint 3 오배송과 파손으로 인한 고객 클레임, 고객과의 커뮤니케이션 부담감	고객 클레임 및 고객 응대를 위한 고객 맞춤형 커뮤니케이션 서비스 필요	고객 맞춤형 커뮤니케이션 서비스 및 자동화된 대응 시스템	- 트럭 운전석 - 트럭 적재 칸 - 배송 상품 - 반품 상품 - 배송지 - 스마트폰 - 애플리케이션	- 시스템 데이터 공유 - 시스템 정보 업데이트 및 일정 관리	- 택배기사 - 고객 - CS 센터 직원
Painpoint 4 교통체증, 날씨 조건 등 상황변수에 따른 배송시간 차질에 대한 우려	유연한 배송 일정 관리 및 실시간 업데이트 서비스 필요	환경 변화 대응을 위한 최적화 라우팅 시스템	- 트럭 운전석 - 배송 상품 - 스마트폰 - 도로 - 애플리케이션	- 시스템 데이터 공유 - 내비게이션 경로 정보 - 시스템 정보 업데이트 및 일정 관리	- 택배기사

4. 3. 서비스 설계를 위한 페르소나 설정

(1) 사용자 유형에 따른 Persona 설정사용자의 동기와 행동에 영향을 미치는 주요 변수를 분석한 결과, 두 가지 대표 사용자 유형(페르소나)을 도출하였다. 각 페르소나는 사용자의 니즈와 페인포인트를 이해하고, 서비스 설계 과정에서 이를 반영한 기회 요소를 발견하기 위한 목적으로 설정되었다[Table 12]

Table 12 Persona A and Persona B Analysis

구분	Persona A	Persona B
Persona 유형	<p>Primary Persona 수작업 적재 및 중량물 이동을 작업으로 인식해 부담 겪는 1000</p> <p>USER STORY 1000원 10kg 중량물 적재/하차, 제품 출고/리턴 시 수작업 중량물 이동을 작업으로 인식합니다. 이 작업은 반복적인 30초~5분 작업이 반복되어 부담스럽습니다. 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것은 시간 낭비이고, 수작업을 위해 배송 소요시간을 늘려 고객에게 불만을 주는 원인이 됩니다. 배송 물품의 무게와 수량을 파악하여 수작업으로 적재하는 것은 3000여개의 주문을 처리하는 데 필요한 시간입니다.</p> <p>PROBLEM 1. 물품의 무게와 수량을 파악하는 데 시간이 오래 걸리며, 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것은 시간 낭비이고, 수작업을 위해 배송 소요시간을 늘려 고객에게 불만을 주는 원인이 됩니다. 2. 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것은 시간 낭비이고, 수작업을 위해 배송 소요시간을 늘려 고객에게 불만을 주는 원인이 됩니다. 3. 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것은 시간 낭비이고, 수작업을 위해 배송 소요시간을 늘려 고객에게 불만을 주는 원인이 됩니다.</p> <p>SOLUTION 1. 배송물품의 무게와 수량을 자동으로 인식하여 수작업을 줄이고, 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것을 방지합니다. 2. 배송물품의 무게와 수량을 자동으로 인식하여 수작업을 줄이고, 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것을 방지합니다. 3. 배송물품의 무게와 수량을 자동으로 인식하여 수작업을 줄이고, 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것을 방지합니다.</p> <p>Insight 규격화되지 않은 물품, 비효율적인 적재 방식, 적재 작업으로 인한 작업 시간 연장 → 물품 무인 운반 및, 중요여러한 적재 무작위 → 신체적 부담 감소</p>	<p>Secondary Persona 배송 오류 사유 사고로 인한 빈번한 고객 불만과 해결을 겪고 있는 ACOO</p> <p>USER STORY A코오의 A코오 지점에서는, 배송 위해 회사에서 고객에게 2000-3000개의 배송을 처리하고 있습니다. 그 중 일부는 당일 출하를 위해 고객에게 배송을 처리하고, 배송 시 문제가 발생하면 고객에게 배송을 처리하고 있습니다. 고객에게 배송을 처리하는 과정에서, 배송 물품의 무게와 수량을 파악하여 수작업으로 적재하는 것은 시간 낭비이고, 수작업을 위해 배송 소요시간을 늘려 고객에게 불만을 주는 원인이 됩니다.</p> <p>PROBLEM 1. 배송 물품의 무게, 수량, 또는 포장 상태가 고객마다 달라서, 배송 물품의 무게와 수량을 파악하는 데 시간이 오래 걸리며, 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것은 시간 낭비이고, 수작업을 위해 배송 소요시간을 늘려 고객에게 불만을 주는 원인이 됩니다. 2. 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것은 시간 낭비이고, 수작업을 위해 배송 소요시간을 늘려 고객에게 불만을 주는 원인이 됩니다. 3. 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것은 시간 낭비이고, 수작업을 위해 배송 소요시간을 늘려 고객에게 불만을 주는 원인이 됩니다.</p> <p>SOLUTION 1. 배송물품의 무게와 수량을 자동으로 인식하여 수작업을 줄이고, 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것을 방지합니다. 2. 배송물품의 무게와 수량을 자동으로 인식하여 수작업을 줄이고, 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것을 방지합니다. 3. 배송물품의 무게와 수량을 자동으로 인식하여 수작업을 줄이고, 고객마다 많은 물품을 수작업으로 적재하는 것을 방지합니다.</p> <p>Insight 배송 오류 및 사고, 배송지 오류, 고객과의 실시간 상담 문제 → 인식하고 효율적인 배송 환경, 배송 오류 최소화 → 고객 불만 예방</p>
페인 포인트	<ul style="list-style-type: none"> ① 반복적 수작업 적재와 중량물 이동 ② 신체적 피로와 근골격계 부담 발생 	<ul style="list-style-type: none"> ① 한정된 배송 시간(새벽배송)으로 인한 잦은 배송 사고 ② 경험 미숙으로 인한 고객과의 빈번한 마찰로 인한 정신적 업무 강도 상승
니즈	물품 우선순위 설정, 경로에 따른 최적화된 라우팅 시스템 필요	오배송 또는 배송 정보변경 등의 정보를 고객과 택배기사가 커뮤니케이션할 수 있는 배송관리 시스템 필요
Insight	<p>자동화 및 최적화 솔루션 필요: 특화된 AI 로봇 서비스 필요 반복적이고 비효율적인 적재방식에 따른 신체적 부담 감소</p>	<p>맞춤형 고객 응대 서비스 기술 필요: 즉각적인 고객응대에 따른 안전하고 효율적인 배송 환경, 배송 오류 최소화</p>

① 페르소나 A: 신체적 부담을 겪는 Primary Persona

페르소나 A는 수작업 적재와 중량물 이동으로 인한 신체적 피로를 주요 과제로 인식하고 있다. 반복적이고 복잡한 적재 과정에서 발생하는 신체적 부담을 줄이기 위해, 자동화된 적재 시스템과 AI 기반 휴머노이드 로봇 협업의 필요성이 확인되었다. 특히 중량물 운반과 협소한 작업 공간의 어려움을 해결하기 위한 특화된 로봇 서비스가 요구되었다.

② 페르소나 B: 정신적 부담을 겪는 Secondary Persona

페르소나 B는 배송 오류나 사고로 인한 고객 불만 및 빈번한 마찰을 주요 과제로 경험하고 있다. 고객 클레임으로 발생하는 정신적 스트레스를 완화하기 위해, AI 기반 고객 응대 시스템과 자동화된 고객 지원 솔루션의 도입 필요성이 도출되었다. 이러한 솔루션은 고객 응대 단계에서 발생하는 심리적 부담을 줄이는 데 중요한 역할을 할 것으로 평가되었다.

페르소나 A는 AI 휴머노이드 로봇과의 협업을 통해 신체적 부담을 줄일 수 있는 서비스 기회 요소가 확인되었으며, 페르소나 B는 AI 기반 고객 응대 솔루션을 통해 정신적 부담을 완화할 수 있는 서비스 전략 방향이 도출되었다.

(2) 페르소나(Persona)유형 별 고객경험 여정 지도 분석

고객 여정 지도에서는 택배기사의 업무 중 라스트 마일 배송 구간을 ‘배송 상품 분류’와 ‘상품배송’의 두 단계로 나누어 고객여정을 분석하였다[Table 13]

Table 13 Customer Experience Journey Map Analysis by Persona Type

구분		Persona A - 고객 여정 맵					
Step	배송 상품 분류		상품 배송				
	배송 상품 분류	배송 상품 적재	배송지 이동	배송 물품 하차	배송 물품 운반	고객 집 앞 배송 및 안료 처리	
Task	배송 상품 스캔	배송 상품 적재	애플리케이션 실행	트럭 운전석 하차	배송 상품 운반	배송지 앞 상품 배송	
	배송 상품 정리 (구분 및 우선순위 고려)	최종 배송 상품 확인	배송지 위치 확인 (구분 및 우선순위 고려)	트럭 적재 칸 열기	계단(엘리베이터) 이용	배송지 앞 상품 배송	
Specific Activity	배송 상품 스캔	배송 상품 적재	배송지 이동	배송 상품 하차	운송장 스캔	배송지 앞 상품 배송	
	배송 상품 정리 (구분 및 우선순위 고려)	배송 상품 스캔	배송지 이동	중량물 캐리어에 싣기			
Touch Points							
	<ul style="list-style-type: none"> ● 고객지원(서비스센터) ● 배송물(상품/박스) ● 고객(수령인) 						
Feeling							
	<p>“자신감으로 받아들이는 과정은 정말 힘든 과정일 것 같습니다”</p>		<p>“이러다 보니 무거운 배송 상품을 싣고, 저지르는 일도 많이 발생합니다. 상인들한테 물어볼 수 있겠네요”</p>				
Pain points	<ul style="list-style-type: none"> - 비규격 배송 물품 수작업 적재로 인한 신체적 부담 - 복잡한 적재 과정으로 인한 시간 지연 		<ul style="list-style-type: none"> - 외곽 배송지의 정확한 위치를 네비게이션으로 찾기 어려움 		<ul style="list-style-type: none"> - 반복적 중량물 운반으로 인한 신체 피로 - 캐리어 사용이 어려운 장소에서의 운반 어려움 		
	<ul style="list-style-type: none"> - 반복적인 중량물 운반으로 배송 시간 준수에 대한 스트레스 						
Opportunities	자동화된 적재 시스템 구축		정확한 위치와 최적 경로 확인 가능한 애플리케이션				
			<ul style="list-style-type: none"> - 중량물 운반 부담 줄이는 물리적 시스템 - 캐리어 사용이 어려운 장소에 특화된 로봇 배달 서비스 				
여정 분석	수작업 적재와 중량물 이동으로 인한 신체적 피로가 주요 과제로 나타남.						
Insight	반복적이고 복잡한 적재 과정에서 발생하는 부담을 줄이기 위해 자동화된 적재 시스템과 시 휴머노이드 로봇 협업의 필요 중량물 운반과 협소한 작업 공간의 어려움을 해결하기 위한 특화된 로봇 서비스 필요						

구분		Persona B - 고객 여정 맵					
Step	배송 상품 분류		상품 배송				
	배송 상품 분류	배송 상품 적재	배송지 이동	배송 물품 하차	배송 물품 운반	고객 집 앞 배송 및 안료 처리	
Task	배송 상품 스캔	배송 상품 적재	애플리케이션 실행	트럭 운전석 하차	캐리어로 배송 상품 운반	배송지 앞 상품 배송	
	배송 상품 정리 (구분 및 우선순위 고려)	최종 배송 상품 확인	배송지 위치 확인 (구분 및 우선순위 고려)	트럭 적재 칸 열기	계단(엘리베이터) 이용	배송지 앞 상품 배송	
Specific Activity	배송 상품 스캔	배송 상품 적재	배송지 이동	배송 상품 하차	운송장 스캔	배송지 앞 상품 배송	
	배송 상품 정리 (구분 및 우선순위 고려)	배송 상품 스캔	배송지 이동	중량물 캐리어에 싣기			
Touch Points							
	<ul style="list-style-type: none"> ● 고객지원(서비스센터) ● 배송물(상품/박스) ● 고객(수령인) 						
Feeling							
	<p>“이러한 상황에 대한 처리는, 구분이 없는 상품도 많아서 정말 어려운 일입니다. 고객님들께 물어볼 수 있겠네요”</p>		<p>“배송이 빨라지면 배송 수요가 줄어들지 않을까요?”</p>				
Pain points	<ul style="list-style-type: none"> - 파손 상품 처리와 불만 수평의 스트레스 - 촉박한 일정에서의 취급 주의 유지의 어려움 		<ul style="list-style-type: none"> - 특유 요청이나 위치 변경 처리 시 발생하는 마찰로 인한 어려움 		<ul style="list-style-type: none"> - 실시간 고객 문의 처리와 추가 시간 소요로 인한 스트레스 		
	<ul style="list-style-type: none"> - 잘못된 주소나 실수로 인한 오배송으로 시간과 노력 소모 						
Opportunities	<ul style="list-style-type: none"> - 파손 상품 CS 처리 자동화 - 취급 주의 물품 관리 시스템 구축 		특수 배송 요구사항을 자동으로 처리할 수 있는 시스템		자동화된 고객 문의 처리 시스템		
			<ul style="list-style-type: none"> - 특수 배송 요구사항을 자동으로 처리할 수 있는 시스템 		<ul style="list-style-type: none"> - 특수 배송 요구사항을 자동으로 처리할 수 있는 시스템 		
여정 분석	적재 및 배송 단계에서 파손된 상품으로 인한 고객 불만과 클레임 처리로 심리적 부담을 겪으며, 이를 완화하기 위해 고객 서비스(CS) 처리 과정의 자동화가 필요하다는 점이 나타남. 배송지 이동 단계에서는 고객의 특수 요구사항과 위치 변경 처리로 인한 마찰이 주요 문제로 나타남,						
Insight	고객 요청 관리와 실시간 업데이트가 가능한 자동화 시스템의 도입이 필요 택배기사의 신체적·정신적 부담을 줄이고 업무 효율성과 고객 서비스 품질 향상을 위한 자동화된 적재 및 클레임 처리 시스템 필요 중량물 운반 보조 도구, 실시간 고객 응대 시스템이 서비스 설계 필요						

① Persona A: Primary Persona

Primary Persona(Persona A)는 분류 및 적재 단계에서 비규격화된 물품의 수작업 분류와 라우트별 정리로 인해 신체적 부담과 시간 소모를 겪고 있었으며, 이를 해결하기 위해 자동화된 적재 시스템의 필요성이 확인되었다. 또한 배송지 도착 단계에서는 반복적인 중량물 운반과 협소한 공간에서의 작업이 주요 문제로 나타났으며, 이를 개선하기 위해 중량물 운반 지원 시스템과 AI 기반 로봇 서비스의 도입이 요구되었다[Table 13].

② Persona B: Secondary Persona

Secondary Persona(Persona B)는 적재 및 배송 단계에서 파손된 상품으로 인한 고객 불만과 클레임 처리로 심리적 부담을 겪고 있었으며, 이를 완화하기 위해 고객 서비스(CS) 처리 과정의 자동화가 필요하다는 점이 확인되었다. 또한 배송지 이동 단계에서는 고객의 특수 요구사항과 위치 변경 요청으로 인한 마찰이 주요 문제로 나타났으며, 이를 해결하기 위해 고객 요청 관리와 실시간 업데이트가 가능한 자동화 시스템의 도입이 요구되었다. 이 분석은 택배기사의 신체적·정신적 부담을 줄이고 업무 효율성과 고객 서비스 품질을 향상시키기 위해 자동화된 적재 및 클레임 처리 시스템, 중량물 운반 보조 도구, 실시간 고객 응대 시스템이 서비스 설계의 핵심 방향임을 제시하였다[Table 13].

4. 4. 인간-AI 협업 기회요인 도출

(1) 인간-AI 협업 기회요인 도출

이 장에서의 인간-AI 협업 기회요인은 물류 작업의 5가지 주요 단계(분류 및 적재, 배송 경로 관리, 배송 도착 관리, 고객 상호작용, 배송 현황 관리)에서 AI 기반 로봇 기술의 통합을 통해 효율성을 극대화하고 작업 부담을 완화할 수 있는 가능성을 제시하고자 하였다.

첫째, 분류 및 적재 단계(Level 2)에서는 AI 자동화 시스템이 실시간 물품 분류와 적재 순서를 최적화하여 택배기사의 신체적 부담을 줄일 수 있도록 제안했다. 둘째, 배송 경로 관리 단계(Level 3)에서는 AI가 교통 상황, 날씨, 긴급성을 분석해 최적 경로를 제안하고, 음성 지원을 통해 안내하여 택배기사가 실시간 교통경로를 전달받을 수 있도록 한다. 셋째, 배송 및 도착 관리 단계(Level 4)에서는 AI가 예상 도착 시간을 제공하고, 지연 및 부재 시 대체 수령 위치를 제안해주며, 택배기사와 협력해 안전한 배송을 지원한다. 넷째, 고객 CS 관리 단계(Level 5)에서는 AI가 일반 문의와 배송 상태 업데이트를 처리할 수 있도록 지원한다. 하지만, 복잡한 문제는 인간이 최종 판단하여 결정할 수 있다.

이러한 인간-AI 협업 시나리오는 AS-IS와 TO-BE 상태를 비교해 단계별 변화를 명확히 하며, 물류 작업 전반에서 더 원활하고 효율적인 택배 서비스를 창출할 수 있는 실질적인 설계 방향을 제공하였다[Table 14].

Table 14 Human-AI Collaboration Service Opportunities

Service Opportunity Element (Task)	Touchpoint	Supported Services	Robot Level	AI-powered services
Task 1 분류 및 적재	신체 부담 감소 및 적재 효율화	자동화된 적재 및 분류 지원, 실시간 모니터링	Lv.2	허브에 물류 하차, 물건 스캔 및 분류 시스템, 이미지 스캔 모니터링, 우선순위 분류 후 트럭 적재
Task 2 배송 경로 관리	경로 최적화 및 실시간 업데이트 제공	AI 경로 최적화 및 실시간 조정	Lv.3~4	실시간 교통 상황, 날씨, 적재 순서 등을 고려한 최적 경로 제안 및 음성 내비게이션 제공
Task 3 배송 도착 관리	배송 효율성 및 정확성 증가	중량물 운반, 실시간 위치 확인, 배송지 분류 및 적재 관리	Lv.4~5	택배기사 명령에 따른 배송지 난이도별 최적 경로 제공, 적재칸 스캔 완료 확인 및 충돌·파손 알림
Task 4 고객 상호작용	고객 경험 향상 및 응대 효율성 강화	자동화된 고객 지원 및 응답	Lv.4	당일 집하 데이터 로딩 및 알림, 거래처 물품 수거 후 적재 업무 수행
Task 5 배송 전환 관리	환경 변화 대응 및 전환 관리	환경 변화 대응을 위한 AI 라우팅 시스템	Lv.2	변경된 배송지 및 고객 리스트 자동 업데이트, 환경 변수에 따른 안내 문자 발송

(2) 주요 Task에 따른 맞춤형 서비스 기회요인 도출

택배기사의 신체적·정신적 부담을 완화하고 작업 효율성을 높이기 위해, ‘중량물 운반 배송 AI 서비스’와 ‘고객 클레임 및 응대 AI 서비스’라는 두 가지 주요 영역에서 AI 서비스 기회요인을 도출하였다[Table 15].

첫째, 중량물 운반 배송 AI 서비스는 수작업 중심의 비효율성과 고객 요청·위치 변경으로 인한 마찰 문제를 해결하기 위한 방안을 제안하였다. 이를 통해 이중 모달리티 AI와 복합 상호작용의 자동화를 목표로 설정하였다. 개선된 시스템에서는 AI 로봇이 물품 적재칸을 자동 분류하고, 계단 운반, 장애물 대응, 오류 처리 등 물리적 작업을 택배기사와 협력하여 수행한다. 또한, 실시간 반품 절차와 수거 작업의 자동화를 통해 생산성을 크게 향상시킨다.

둘째, 고객 클레임 및 응대 AI 서비스는 파손 상품 및 주소 오류로 인한 클레임 처리 과정에서 발생하는 정신적 스트레스와 시간 소모를 줄이기 위한 방안을 제시하였다. 다중 모달리티 기반의 협력적 상호작용을 도입하여, 재방문 요청 처리, 주소지 변경, 중량물 수거 등의 작업을 자동화하고, 실시간 클레임 처리 시스템을 통해 고객과의 상호작용을 보다 원활히 수행하도록 설계하였다. 이러한 개선은 작업 효율성을 증대시키고 택배기사의 정신적 부담을 완화하는 데 기여한다.

이러한 협업 서비스 시나리오는 인간과 AI 간의 협력적 상호작용과 멀티모달 기술을 바탕으로, 물류 작업 전반에 걸쳐 지속 가능한 변화를 유도하며, 택배기사와 고객 모두에게 혜택을 제공하는 혁신적인 물류 서비스의 미래 방향성을 다음[Table 15]와 같이 제안하였다.

Table 15 Identifying Opportunity Factors by Key Tasks

A. 생산성을 높인 중량물 운반 배송 AI 서비스				
AS-IS	TO-BE	Touch point	Interactivity	Multimodality
1.트럭 하차 및 적재 칸 열기				
- 비규격화된 물품분류 및 적재	AI 로봇 하차 후, 물품 수량점검 및 택배기사 명령에 따라 배송지 난이도별 적재	물품상태 모니터링, 배송지 적재	기본적 상호작용 (택배기사, 로봇)	단일모달
2.배송물품 하차 및 분류				
- 비효율적인 수작업	AI 로봇이 물품 스캔 후 라우트별, 중량별 물품 자동 분류	로봇 시스템, 집하위치, 차량 적재칸	복합적 상호작용 (고객데이터 분석)	이중모달
3.배송물품 운반				
- 물류경로와 우선순위 배정 불명확	실시간 상황에 맞춘 경로 최적화와 난이도별 물품 배정	로봇 시스템, 모바일, 데이터, 택배기사	협력적 상호작용 (센서 데이터)	다중모달
4.고객 집 앞 배송 및 완료처리				
- 최종주소지 확인 및 운반, 고객 문자 알림	AI 로봇 배송상태 및 업무 스케줄 연동, 배송오류 감지 및 택배기사에게 알림전송	로봇 시스템, 모바일앱 데이터, 택배기사	협력적 상호작용 (택배기사, 로봇)	다중모달
5.배송과정 중 ROBO 오류컨트롤				
- 고객요청 및 변경 시 발생하는 고객과 마찰로 인한 어려움	딜리로보 접속 후 로보 실시간 추적, 택배기사가 감독	고객, 택배기사, AI 시스템, 배송센터	완전한 상호작용 (택배기사, 로봇)	고급 다중모달
6.ROBO 이벤트 (Edge case)해결				
- 고객요청 및 변경 시 발생하는 고객과 마찰로 인한 어려움	로보 오류 처리 후 결과 리포트 발송, 택배기사와 협업하여 물품 수거	AI 센서 시스템, 데이터, 고객 집 앞	완전한 상호작용 (로봇 시스템 개선 및 학습)	고급 다중모달
B. 고객 클레임 및 응대 AI 서비스				
7.고객 클레임 알림 확인				
- 파손된 상품 처리와 고객 클레임과 택배기사의 정신적 스트레스	① 요청 정보 통합 제공 및 중량물 수거 시 AI 로봇 지원	고객CS 시스템, 로봇앱, 반품,	협력적 상호작용 (택배기사, 로봇, 센서데이터)	다중모달
8.클레임(반품) 처리				
- 잘못된 주소지 오배송 - 실시간 고객 항의 처리로 인한 클레임 처리	② 재방문 요청 시 데이터 순서 알림 ③ 실시간 최종 주소지만 전달.	거래처 고객, 로봇 앱	기본적 상호작용 (고객데이터 실시간 처리)	단일모달

5. 서비스 경험 프로토타이핑 및 검증

5. 1. 인간- AI 기반 휴머노이드 로봇 간 협업 서비스 시나리오 설계

이 장에서는 라스트마일 배송 업무에서 중요한 두 가지 영역인 중량물 운반과 고객 클레임 응대를 중심으로 인간-AI 협업 서비스 시나리오를 설계하였다. 도출된 테스트별 서비스 기회요인을 기반으로, 택배기사와 AI 기반 휴머노이드 로봇의 역할을 명확히 구분하고 이를 구체화하였다. 이 과정에서는 역할 분담을 시각적으로 표현하기 위해 영상 콘텐츠를 제작하였으며, 각 영역별로 테스트, 터치포인트, AI 기반 서비스, 인간-AI 협업 수준을 세분화하여 서비스 시나리오를 구성하였다. 설계 시에는 AI의 역할 수준(Tool, Assistant, Peer, Manager)을 고려하였으며 [Table 16], ATL(Levels of Artificial Intelligence Technology, Min et al., 2020)을 참조하여 협업 수준과 로봇 지능 단계를 설정하였다.

특히 이 연구에서는 Level 1(단순 데이터 입력 및 학습)과 Level 6(완전 자동화)을 제외한, Level 2~Level 5의 라스트마일 구간 내 주요 테스트를 중심으로 시나리오를 설계하였다.

제작된 시나리오의 적합성을 평가하기 위해, 택배기사 5명을 대상으로 심층 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰에서는 시나리오와 협업 레벨이 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 협업 방안으로서의 적절성, 유용성, 가치를 갖추고 있는지를 검토하였다. 이를 통해, 전반적인 긍정적 피드백과 함께 향후 개선점을 도출할 수 있었다[Table 17].

Table 16 Human-AI Collaborative Service Scenario with Humanoid Robots

협업수준	Service Scenario	Roles for AI
Level 6	로보 오류 처리 후 결과 리포트 발송	Manager
Level 5	택배기사의 감독하에 오배송이 발생할 경우 로봇의 오류를 수정하고 경로를 재설정. 택배기사와 협업하여 물품 반품수거, 고객 클레임 요청시 정보 통합 제공 및 중량물 수거 시 AI 기반 로봇 지원	Peer
Level 4	실시간 상황에 맞춘 경로 최적화와 난이도 물품 배정, AI기반 로봇 배송 상태 및 업무 스케줄 연동, 배송오류 감지 및 택배기사에게 알림전송.	Peer
Level 3	AI 로봇이 물품 스캔 후 라우트별, 중량별로 물품 자동 분류	Assistant
Level 2	물품 수량점검 재방문 요청 시 데이터 순서 알림, 실시간 최종 주소지 전달.	Assistant
Level 1	택배기사가 택배업무를 위해 로봇에게 데이터 입력 및 학습	Tool

Table 17 Service Scenario In-Depth Interview Validation

기회요인	Service Scenario	AI협업 수준
A. 생산성을 높은 중량물 운반 배송 AI 서비스		
1.트럭 하차 및 적재 칸 열기	AI 로봇이 하차 후, 배송할 물품 수량점검	Level 2
2.배송물품 하차 및 분류	택배기사의 명령에 따라 AI 휴머노이드 로봇이 물품 스캔한 후 라우트별, 중량별 물품을 자동 분류	Level 3
3.배송물품 운반	실시간 상황에 맞춘 경로 최적화와 함께 저중, 저중량은 택배기사, 고중과 고중량은 휴머노이드 로봇이 담당	Level 4
4.고객 집 앞 배송 및 완료처리	AI 로봇 배송상태 및 업무 스케줄 연동하며 AI 로봇과 택배물건을 협업하며 배송, 배송오류 감지 시 택배기사에게 알림전송	Level 4
5.배송과정 중 ROBO 오류컨트롤	로보 오류발생 시 택배기사가 앱으로 실시간 오류 처리 고객 클레임으로 재방문 요청 시 데이터 순서를 알림설정 실시간 최종 주소지를 택배기사에게 전달	Level 5
6.ROBO 이벤트 (Edge case)해결	고객 클레임으로 재방문 시 택배기사와 로봇이 협업하여 물품 수거	Level 5
B. 고객 클레임 및 응대 AI 서비스		
7.고객 클레임 알림 확인	고객 클레임으로 재방문 요청 시 내용확인 후 데이터 순서를 택배기사에게 알림설정	Level 4
8.클레임(반품) 처리	고객 클레임으로 재방문 요청 시 실시간 최종 주소지만 택배기사에게 전달되어 반품수거 시 로봇과 수거하여 반품처리	Level 2

5. 2. 서비스 경험 프로토타이핑 제작 및 검증

(1) 프로토타이핑 제작_Concept Video

프로토타이핑은 라스트 마일 구간에서 발생하는 다양한 업무를 지원하는 AI 로봇의 역할과 기능을 시각적으로 표현하기 위해 제작되었다. 본 프로토타입은 두 가지 주요 요소로 구성되며, 그 중 첫 번째는 콘셉트 비디오로, 서비스의 전체적인 흐름과 주요 기능을 시각적으로 전달하는 데 중점을 두었다.

이 콘셉트 비디오는 택배기사가 DillyROBO와 어떻게 상호작용하며 협업하는지, 그리고 최종적으로 배송이 어떻게 완료되는지 전 과정을 보여준다. 이를 통해 사용자들은 DillyROBO 서비스를 보다 쉽게 이해하고, 서비스의 개념과 가치를 명확히 인식할 수 있도록 구성되었다[Table 18].

Table 18 Human-Humanoid AI Robot Collaboration Service (Concept Video)

인간-AI 로봇 협업	Concept Video	터치포인트	로봇 협업 레벨	자율성	
		<p>H-1</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시가 설정해준 경로를 컨펌하면 ROBO가 해당 순서대로 카트에 물건을 실어줌 	단일 T.P (시스템)	Lv.2	비자율적, 환경인지 없음
		<p>H-2</p> <ul style="list-style-type: none"> - 앱을 통해 택배기사가 적재 진행현황을 지켜볼 수 있음 	다중 T.P	Lv.3	비자율적, 환경인지 및 반응
택배기사-AI로봇의 역할분담 장면 (Concept video)		<p>R-3</p> <ul style="list-style-type: none"> - 택배기사가 입력한 배송할 물품정보 내역과 주의사항을 ROBO가 스스로 학습 - edge case 발생 시 스스로 오류 처리 	직관적 T.P (지시사항에 따른 맞춤형 반응)	Lv.5	고급 자율성
		<p>R-4</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고층 빌라에 무거운 짐을 들고 계단으로 배달 	다중 T.P (환경에 맞게 유연 조정)	Lv.4	자율성
		<p>H-3</p> <ul style="list-style-type: none"> - 아파트나 주택에서 택배기사를 도와 함께 엘리베이터로 집앞까지 안전한 배송 진행 	다중 T.P (환경에 맞게 유연 조정)	Lv.4	자율성

- ① 물류센터에서는 상품 분류 및 배송 준비 작업이 이루어진 뒤, 택배 차량이 이를 픽업하여 각 배송 구간으로 이동한다.
- ② DillyROBO는 택배기사의 신체적·정신적 부담을 줄이기 위해 설계된 다양한 서비스를 제공하며, 고난도의 작업을 자율적으로 수행해 부담을 경감한다. 로봇은 앱과 연동되어 택배기사의 지시에 따라 작동하며, 배송지에 도착한 후 상품 적재와 이동을 지원한다.
- ③ 택배기사는 DillyROBO와 협력하여 상품을 고객에게 안전하게 전달한다. 단순한 배송 작업은 택배기사가 직접 수행하고, 난이도가 높은 작업은 로봇의 지원을 받는다. 택배기사는 모바일 앱을 통해 로봇을 제어하며, 배송지 및 로봇 상태를 실시간으로 모니터링하고, 오류 발생 시 즉각적으로 대응할 수 있다.

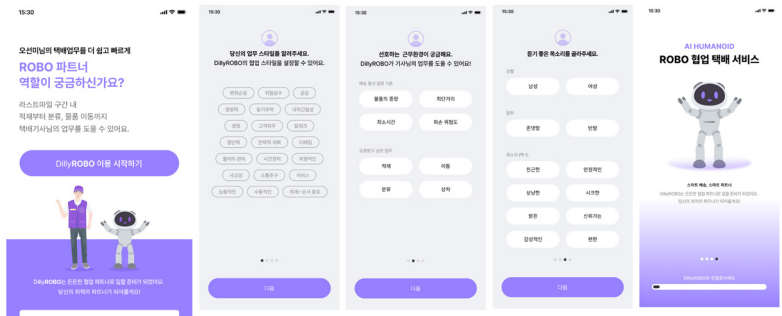
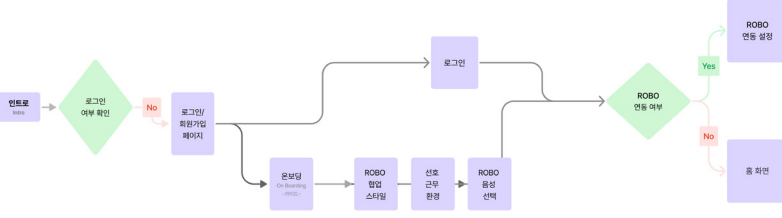
- ④ 모바일 애플리케이션은 로봇 서비스 플랫폼과 데이터를 송수신하며, 기기 연결 및 제어 기능을 지원한다. 이를 통해 실시간 상품 추적, 배송 상태 업데이트, 로봇 상태 모니터링, 오류 대응이 가능하다.
- ⑤ 고객은 실시간 CS 앱을 통해 주소 변경, 반품 신청, 클레임 접수 등의 서비스를 이용할 수 있으며, 필요한 경우 실시간 응대 서비스도 제공받는다.
- ⑥ 고객센터(CS Center)는 택배기사와 고객 모두를 위한 지원 허브 역할을 하며, 클레임 접수 확인과 효율적인 배송 운영을 지원한다.

(2) 프로토타이핑 제작_Dilly ROBO App Service

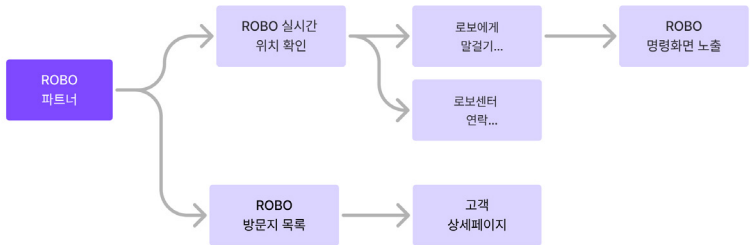
DillyROBO App은 택배기사의 업무를 지원하기 위해 다양한 기능을 제공한다. 주요 기능으로는 로봇 상황 인지, 최적 경로 설정, 물품 적재 및 분류 제어, 고객 클레임 처리 등이 포함된다. DISC 업무 성향 분석과 선호도를 반영하여 개인화된 서비스를 제공하도록 설계되었다[Table 19].

- ① DillyROBO 파트너 서비스는 실시간 위치 확인, 당일 업무 내역 조회, 로봇 제어, 충돌 및 이벤트 발생 알림, 서비스 센터 연결기능을 포함한다.
- ② 방문지 목록에서는 당일 고객 명단 확인과 CS 발생 고객에 대한 음성 인식 기반 응대가 가능하다. 또한, 고객 데이터를 분석하여 맞춤형 응대 가이드를 자동으로 생성하는 기능도 제공된다.
- ③ 앱 인터페이스는 로봇 역할 안내, 스타일 설정, 홈 화면 및 알림 기능을 포함하며, 실시간 로봇 추적, 방문지 목록, 맞춤형 CS, 자동 문자 기록 등 효율적인 관리 도구를 제공한다.

Table 19 Human-Humanoid AI Robot Collaboration Service_ROBO App service

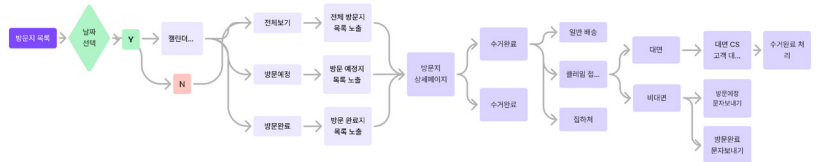
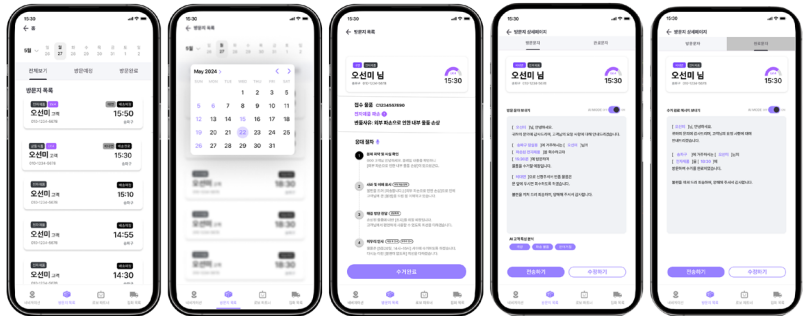
서비스 내용	App Service
A1 업무 스타일 개인화 서비스	 
터치포인트	업무 스타일의 개인화
멀티모달	Lv.2 단일 모달 AI (텍스트 and 음성) (App 내 AI)
상호작용	기본적인 상호작용
AI Powered Services	<ul style="list-style-type: none"> - 택배기사(User)와 ROBO(협업파트너)로서의 역할명시 - 택배기사의 특수 업무직에 따른 업무 스타일 개인화 강화 - DillyROBO와 더 빠르고 쉬운 배송업무를 위한 맞춤형 강화

A2
DillyROBO
파트너 서비스



터치포인트	실시간 위치 확인, 충돌 방지
멀티모달	Lv 4, 5 (고도)다중 모달 AI (시각+촉각+음성+상황 해석 등 다양한 감각 데이터)
상호작용	인간과 AI 로봇의 연결된 협력적 상호작용
서비스 내용	- DillyROBO의 실시간 위치확인 - DillyROBO의 충돌사고 시 윤리적 제어가 필요, - DillyROBO와 택배기사 간의 대화를 통해 업무의 효율성 증대

A3
고객클레임
처리 서비스



터치포인트	고객 클레임 실시간 방문지 목록 확인 및 설정
멀티모달	Lv 4 다중 모달 AI (App내 AI: 실시간 데이터 분석, 조정)
상호작용	인간-AI의 기기 간 연결된 복합적 상호작용
AI Powered Services	- 고객 클레임 요청 시 실시간 방문지 목록 확인 - 택배기사의 방문예정 알림 설정 - 택배기사의 방문완료 시 고객에게 수거완료 메시지 전달

(3) 서비스 경험 평가지표

본 연구의 평가과정에서는 DillyROBO 콘셉트 비디오와 DillyROBO 서비스(App)를 함께 평가하기 위해, 앞선 이론적 고찰에서 제시한 '인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 환경에서의 AI 서비스' 관점을 함께 고려하였다. 사용자 검증 시에는 피터 모빌의 허니콤 모델(Honeycomb Model, 2006)과 AI 관련 선행 연구를 참조하여, 서비스 경험 평가 요인을 다음 [Table 20]과 같이 설정하였다.

Table 20 Service Experience Evaluation Metrics

평가항목	평가요인	질문사항	Reference
효율성: 제한된 AI서비스가 원하는 결과에 달성하는지 평가	작업효율성	로봇이 도입되면 당신의 일일 배달건수에 어떤 변화가 있을까요? 로봇을 사용할 때, 당신의 작업 시간에는 어떤 변화가 생길까요?	Davis, F. D. (1989)
	피로도 개선 (신체적, 정신적)	로봇 사용 전과 후, 신체적 피로도는 어떻게 달라질까요? 로봇 사용 전과 후, 정신적 피로도는 어떻게 달라질까요?	Hedge, A., & Sims, W. R. (1997)
인간-AI협업: 인간-AI협업수준의 역할이 적절했는지 평가	AI 협업 수준	시가 인간이 각자 맡은 고유한 역할에 협업하며 서비스를 제공하는가?	Shneiderman (2020), Min et al. (2020)
	AI 협업 적절성	서비스 기능이 인간이 원하는 방식으로 적절하게 제공되는가?	Davenport & Kirby (2016)
	지속사용의도, 일반화 가능성	서비스를 지속적으로 사용하고 싶은 마음이 있는가?	Keeney, R. L. (1992)
신뢰성: 사용자가 제한된 AI 기반 로봇 서비스로 신뢰할 수 있고, 오류제어가 가능한지 평가	오류 회복성	로봇의 실수를 발견했을 때, 로봇의 수행작업을 쉽게 취소하거나 오류를 수정할 수 있었나요? 로봇 작업 오류 시 이를 수정하는 과정이 명확했나요?	Norman, D. A. (1983)
	오류인식 명확성	로봇이 실수를 했을 때 이를 쉽게 감지할 수 있었나요? 로봇이 오류가 발생했을 때 명확한 피드백을 받았나요?	Norman, D. A. (1983)
	오류제어	로봇 음성대화 및 모바일을 통해 로봇의 오류를 제어하기 쉬웠나요?	Shneiderman, B. (1983)
	결정 의존도	로봇이 독립적으로 작업수행 시 인간의 지시/감독이 얼마나 중요하다고 생각하나요?	Grudin, J. (1992)
윤리성: AI 기반 로봇 서비스가 책임성 있는지 평가	책임성	로봇에 의해 수행된 작업이 얼마나 책임 있게 활용되었나요? 로봇 상호작용 과정에서 발생한 문제의 책임소재가 명확했나요? 택배 로봇 서비스가 작업 과정이 안전하게 처리되었나요?	Floridi, L., & Sanders, J. W. (2004)
	터치포인트 (연결성)	로봇 및 모바일 UI화면과의 연동 및 호환이 얼마나 쉬웠나요?	Hassenzahl, M. (2004)
상호작용성: AI 기반 로봇서비스로 인간과 원활한 상호작용 경험을 할 수 있는지 평가	멀티모달리티	(시각) 화면에 나오는 정보를 보고 무엇을 하는지 이해하기 쉬웠나요? (청각) 제공된 음성지원 서비스의 수행방식이 이해가 잘 되었나요? (대화/응답) 디바이스와 상호작용 시, 지시사항을 쉽게 이해하고 실행할 수 있었나요?	Oviatt, S. (1999)
	피드백	다양한 업무환경에 맞게 AI의 결과에 대해 인간이 개입하고 피드백할 수 있는 구조를 제공하였나요?	Amershi et al. (2019), Orzikulova et al. (2023)
	개인화 (Personality)	로봇이 사용자의 업무 스타일과 성격에 맞게 적용되었나요? 로봇과 대화할 때, 친구와 이야기하는 것처럼 편안하게 느꼈나요? 로봇이 감정을 표현할 때, 그 감정이 잘 전달되었나요?	Blom, J. O. (2000)

(4) 프로토타이핑 검증

인간-AI 협업 시나리오의 효과성을 검증하기 위해 정성·정량 평가를 포함한 4단계 사용성 검증을 실시하였다. 검증은 2024년 6월 6일부터 6월 17일까지 진행되었으며, 총 22명의 택배기사가 참여하였다. 이 중 5명은 심층 인터뷰를 통한 정성평가, 17명은 프로토타입 테스트를 통한 정량평가에 참여하였다.

연구 참여자의 인구통계학적 특성은 다음과 같다. 성별은 남성 18명(81.8%), 여성 4명(18.2%)이었으며, 연령대는 20대 2명(9.1%), 30대 10명(45.5%), 40대 9명(40.9%), 50대 이상 1명(4.5%)으로 분포되었다. 근무 시간 기준으로는 주간 근무자가 18명(81.8%), 야간 근무자가 4명(18.2%)이었다. 경력은 1~3년차가 9명(40.9%), 4~6년차가 6명(27.3%), 7~9년차가 5명(22.7%), 10년차 이상이 2명(9.1%)으로 나타났다. 하루 평균 배달 건수는 1~200건이 7명(31.8%), 201~400건이 9명(40.9%), 401건 이상이 6명(27.3%)이었다.

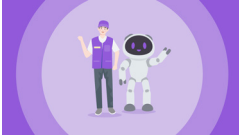

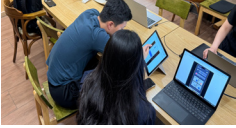

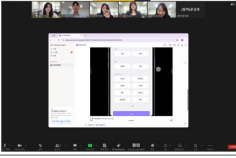


검증은 정량평가와 함께 정성평가인 심층 인터뷰가 이루어졌다[Table 21].

Table 21 Demographic Characteristics of Survey Participants(N=36)

항목	구분	빈도(명)	비율(%)
성별	남	18	81.8
	여	4	18.2
연령별	20대	2	9.1
	30대	10	45.5
	40대	9	40.9
	50대	1	4.5
업무시간	주간	18	81.8
	야간	4	18.2
근무경력	1~3년차	2	40.9
	4~6년차	10	27.3
	7~9년차	9	22.7
	10년차	1	9.08
하루배송 건수 (업무량)	1건~200건	7	31.8
	201건~400건	9	40.9
	401건~600건	6	27.3

사용자 검증에서는 라스트 마일 구간의 주요 업무 Task를 중심으로, ROBO 콘셉트 비디오 시청과 DillyROBO App 서비스 경험 평가가 함께 이루어졌다. 프로토타입 검증 절차는 다음 [Table 22]와 같이 구성되었다.

Table 22 Prototype Validation Procedure

검증대상		검증절차	
택배기사 22명		정성평가자 - 5명, 정량평가자 - 17명	
Concept Video 시청		1. '인간-휴머노이드 AI 로봇의 협업 레벨 수준' 2. '택배기사의 휴머노이드 AI 로봇에 대한 신뢰성과 오류제어'	6월6일~ 6월17일
Mobile App		3. 'AI personality' 중점적으로 검증	
검증방법		검증내용	일시
대면 검증		- 서비스 콘셉트 비디오 시청 - 택배기사 업무과정 중 라스트 마일 구간 Task별 수직적(핵심)기능 Wizard of OZ 기법을 통한 사용성 검증 - 서비스 여정 경험 후 사전 질문지를 통한 피드백 수집	6월6일, 6월9일
			
비대면 검증		- 서비스 콘셉트 비디오 및 온보딩 페이지 시청 후 설문 플랫폼 활용 - 사용자에게 Think Aloud기법을 활용하여 자신의 생각을 말할 수 있도록 유도 - 사용성 및 서비스 공감지표 파악	6월9일~ 6월17일
			
설문조사		- 구글 form을 활용한 설문조사 정량적 지표	6월06일~ 6월17일

(5) 검증 결과

프로토타입 테스트 후 5점 척도에 기반한 정량 및 정성 조사 결과는 다음과 같다. 정량 평가에서는 환경 변화 및 교통 체증에 따른 실시간 서비스 연결성(76%)과 로봇 책임 소재의 불분명으로 인한 윤리성·책임성(70%) 측면에서 개선이 필요하다는 의견이 도출되었다.

반면, 오류 발생 시 수정 가능한 오류 회복성과 인간의 지시 및 감독(Control)의 중요성에 대해서는 매우 높은 평가(90%)를 받았다[Table 23].

Table 23 Quantitative Evaluation Results

평가항목	조작적 정의	평가요인	평균값	전체 평균	백분율 (%)
효율성	Si기반 로봇 도입으로 얼마나 효율적 인지 평가	작업효율성	4.5	4.0	90%
		피로도 개선	4.0		
인간-AI 협업	인간-AI 협업 수준이 적절했는지 평가	AI 협업 수준	4.5	4.4	88%
		AI협업 적절성	4.0		
		일반화 가능성	4.2		
신뢰성	Si기반 로봇의 신뢰도에 얼마나 영향을 미치는지 평가	오류 회복성	4.5	4.5	90%
		오류인식 명확성	4.1		
		통제 가능성	4.0	4.0	80%
		결정 의존도	4.3	4.3	86%
		책임성	3.5	3.5	70%
상호작용성	Si기반 로봇과의 상호작용이 얼마나 원활하고 직관적인지 평가	연결성	3.8	3.8	76%
		모달리티	4.0	4.3	86%
		사용 유연성	4.1		
		개인화 (Personality)	4.0	4.0	80%
			4.0		

정성평가는 정량평가 설문과 함께 효율성, 인간-로봇 AI 협업, 신뢰, 로봇 윤리성, 상호작용성(멀티모달, 터치포인트, 기기 연결성)의 5가지 검증 지표를 중심으로 진행되었다. 평가 결과, 멀티모달 기능이 통합적으로 활용될 때 택배기사와 로봇 간의 상호작용이 강화되며, 업무 효율성과 인간-AI 협업 수준이 향상된다는 점이 확인되었다. 또한, 로봇의 실시간 위치 파악과 문제 발생 시 즉각적인 대응은 작업 효율성을 높이는 중요한 요소로 평가되었다.

반면, 개인화 기능과 고객 클레임 처리에서는 터치포인트의 상호작용성이 부족하다는 의견이 제시되었다. 특히, 네트워크 연결 불안정이나 기기 간 연결 문제 발생 시 대처 방안이 미흡하다는 점과, 음성 인식의 한계로 인해 다양한 상황 변수가 발생할 수 있다는 지적이 있었다.

로봇 윤리성과 관련해서는 책임 소재를 명확히 하고 이를 규정할 수 있는 법적 가이드라인의 필요성이 강조되었다. 로봇의 역할이 확대됨에 따라, 이러한 윤리적 이슈는 향후 더욱 중요한 문제로 부각될 것으로 보인다.

다음 [Table 24]는 심층 인터뷰 기반 정성 평가에서 도출된 주요 인사이트를 정리한 것이다. 정량 및 정성 평가 결과는 향후 개선 방향을 명확히 설정하고, 실질적인 택배 서비스 구현을 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

Table 24 Qualitative Evaluation Results

정성평가 요인	정성평가 기준	관련 인터뷰 응답 내용
효율성	로봇활용 시 효율성	"로봇의 위치와 상태를 색깔로 구분하고, 실시간 음성인식을 통해 문제 발생 시 즉각적으로 대응할 수 있으면 좋을 것 같아요."(U3) "UI 버튼 색상 및 화면 배치의 개선이 필요해 보여요, 디테일한 정보 보다는 직관적이고 간단한 시각, 청각적 인터페이스를 선호해요"(U4)
인간-AI로봇 협업	택배기사- 로봇과의 역할분담 적합성	"로봇이 각자 맡은 일을 수행하며 작업을 분담하면 업무 부담을 줄일 수 있을 것 같아요. 특히 우선순위에 따라 적재를 처리하는 기능이 매우 편리해 보여요"(U2) "로봇의 안전성에 대한 우려와 함께 로봇에 대한 거부감이 느껴져요. 파트너로서의 역할이 명확하지 않고, 로봇의 실시간 업무 상태에 대한 신뢰도 부족해 보입니다"(U4)
신뢰	오류제어, 통제가능성	"로봇이 문제를 일으키면 큰 사고로 이어질 수 있으니, 인간이 이를 제어하고 오작동 시 대비할 수 있는 컨트롤 기능이 매우 중요하다고 생각해요"(U1) "로봇이 사고를 일으켰을 때 오류 제어가 불명확해 보이기 때문에, 아직 일반화는 어려울 것 같아요. 이 부분에 대한 지속적인 연구가 필요해 보입니다"(U4)
AI기반 로봇윤리	로봇의 윤리적 책임성	"장애물과 사람을 피하는 안전 기능은 잘 갖춰져 있지만, 다양한 기상 조건에서도 안정적으로 작업할 수 있도록 설계해야 할 것 같아요"(U1) "로봇이 사고를 일으켰을 때 책임 소재가 불명확하고, AI 작업을 사람이 확인해야 하는 과정이 번거롭고 복잡해 보여요"(U4)
상호작용성	멀티모달 상호작용 기준 적절성	"음성, 터치 등 다양한 입력 방식을 통해 택배기사와 AI 로봇 간 상호작용이 강화되는 것 같아요"(U1) "로봇의 음성 지원에 한계가 있을 수 있으니, 더 세밀한 조절 기능이 필요할 것 같아요"(U3)
	터치포인트 기기 간 연결 적합성	"AI 기반이기 때문에 기기 간 연동(로봇-앱)에 대한 신뢰가 생겨요"(U2) "네트워크 환경이 열악한 지역에서는 연결을 유지하기 어려울 것 같아요"(U3)
	모바일 앱 개인화 적절성	"로봇과 작업 분담으로 신체적 부담 감소, 실시간 고객 맞춤형 피드백으로 상황 파악 및 대응을 해요"(U1) "고객 응대 및 클레임 처리 시 개인화가 부족해 보입니다. 택배기사의 업무 스타일이 충분히 반영되지 않아 개별 지원이 어려울 것 같아요"(U3)

6. 인간-휴머노이드 AI 로봇 협업 시스템 개발을 위한 서비스 청사진 제시

6. 1. 시스템 맵

이 시스템 맵은 AI 기반 서비스를 활용하여 택배기사의 근로 환경 개선과 업무 효율화를 중심으로, 인간-로봇-고객-플랫폼 간 상호작용 구조를 시각적으로 설계한 것이다. 기존 택배 업무는 수작업 적재와 중량물 운반으로 인한 신체적 피로, 반복 업무로 인한 근골격계 부담, 주소지 변경과 클레임 처리 등에서 발생하는 정신적 스트레스가 복합적으로 작용하여 서비스의 지속가능성을 저해하고 있었다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 라스트 마일 배송 구간에서 택배기사와 AI 기반 휴머노이드 로봇 간의 협업 시스템이 설계되었다. 로봇은 배송지 도착 후 상품 하차, 스캔 및 분류, 적재 순서에 따른 상차, 무거운 물품 운반, 계단 이동 등 반복적이고 자동화 가능한 작업을 수행하며, 택배기사는 로봇의 오류를 제어하고, 저층 주택에서는 가벼운 택배를 직접 배송하는 등 역할을 분담한다. 또한 고객 응대, 반품 및 집하, 클레임 처리 등은 실시간 AI 앱 서비스와 연동되어 자동화되며, 날씨와 교통 상황 같은 외부 변수는 실시간 데이터 분석과 경로 최적화를 통해 대응할 수 있도록 구성되었다.

고객센터는 택배기사와 고객을 연결하는 중앙 허브로, 클레임 접수와 배송 운영을 지원한다. 전체 시스템은 작업 효율성과 서비스 품질을 동시에 높이며, 인간-AI 협업 구조가 실제 업무 환경에 효과적으로 적용될 수 있는 기반을 제공한다. [Figure 2]는 이러한 상호작용 흐름과 시스템 구성 요소 간의 관계를 시각적으로 보여준다.

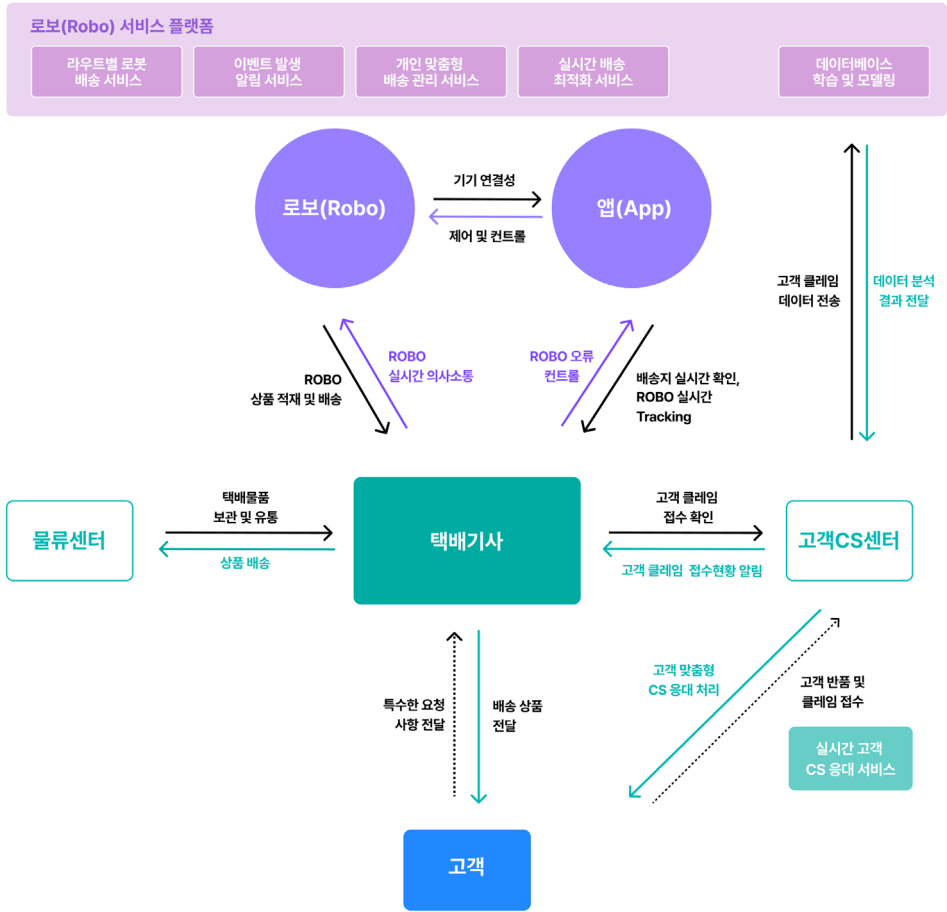


Figure 2 System Map

6. 2. 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 협업 서비스 블루프린트

이 장에서는 택배기사의 신체적·정신적 부담을 완화하고 고객 경험을 향상시키기 위해, 라스트 마일 배송 구간에서 인간-AI-휴머노이드 로봇 간의 역할과 상호작용을 구조화한 서비스 블루프린트를 제안한다. 이 블루프린트는 각 협업 주체의 기능을 단계별로 정의하고, 협업 수준을 통해 효율성과 안정성을 극대화하는 데 목적을 둔다.

서비스 블루프린트는 고객 행동, 프론트 스테이지, 백스테이지, 지원 프로세스, 상호작용선, 가시선, 내부 상호작용선으로 구성된다. 고객은 AI 기반 앱을 통해 배송 상태를 확인하고, 위치 변경, 반품, 클레임 등을 실시간으로 요청할 수 있다. 프론트 스테이지에서는 택배기사가 로봇과 협력하여 분류 및 적재를 수행하며, 로봇은 경로 최적화, 오류 감지, 반품 지원 등 반복적이고 자동화 가능한 작업을 담당한다. 백스테이지에서는 AI 시스템이 배송 데이터를 분석하여 최적 경로를 추천하고, 예측 가능한 오류를 사전에 감지·대응한다. 지원 프로세스는 로봇이 택배기사를 보조하며 물류 현장의 작업 효율을 높이고, AI는 클레임이나 오류 발생 시 자동으로 대응 프로세스를 가동한다. 전체 시스템은 상호작용선과 가시선을 기준으로 실시간 연동되며, 고객과 택배기사 모두에게 정보의 투명성과 신뢰성을 제공한다.

가로축의 여정 단계에서는 여섯 가지 협업 기회요인을 도출하였다. 첫째, 배송물품 분류 및 수행 단계에서 AI는 물품 난이도와 경로를 분석하고, 로봇은 중량물 운반을 담당하며, 택배기사는 경량 물품을 배송하여 효율을 극대화한다. 둘째, 배송 완료 확인 단계에서는 로봇이 인증 데이터를 택배기사와 공유하고, 택배기사가 이를 확인하고 고객에게 도착문자를 보냄으로써 신뢰도를 높인다. 셋째, 배송 오류 발생 시, AI는 오류를 분석하고 해결 방안을 도출하며, 로봇은 즉각 대응하고 필요 시 택배기사가 보안을 요청한다. 넷째, 예외 상황

처리 단계에서는 AI가 음성 인식 기반 멀티모달 데이터를 처리하고, 로봇은 작업을 수행하며, 택배기사는 고객과 직접 소통하여 문제를 해결한다. 다섯째, 고객 클레임 응대 단계에서는 AI가 데이터를 분석해 실시간 대응하고, 로봇은 반품을 지원하며, 택배기사는 고객과의 직접 소통을 통해 신뢰를 구축한다. 여섯째, 반품 요청 처리 단계에서는 AI가 일정을 조율하고 앱·로봇 간 데이터를 연동하며, 로봇은 물품 수거를 수행하고 택배기사는 결과를 확인하여 최종 점검을 담당한다. 이 블루프린트는 인간-AI-로봇 간 협업의 구조를 정교하게 설계함으로써 작업 효율성과 고객 만족도를 동시에 높이는 것을 목표로 한다. 이를 통해 인간 중심의 기술 통합형 물류 모델을 구축하고, 보다 안정적이고 유연한 배송 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대하였다.[Figure 3]은 이러한 협업 구조를 시각화한 도식으로, 단계별 상호작용 흐름과 기회요인을 통합적으로 보여준다.

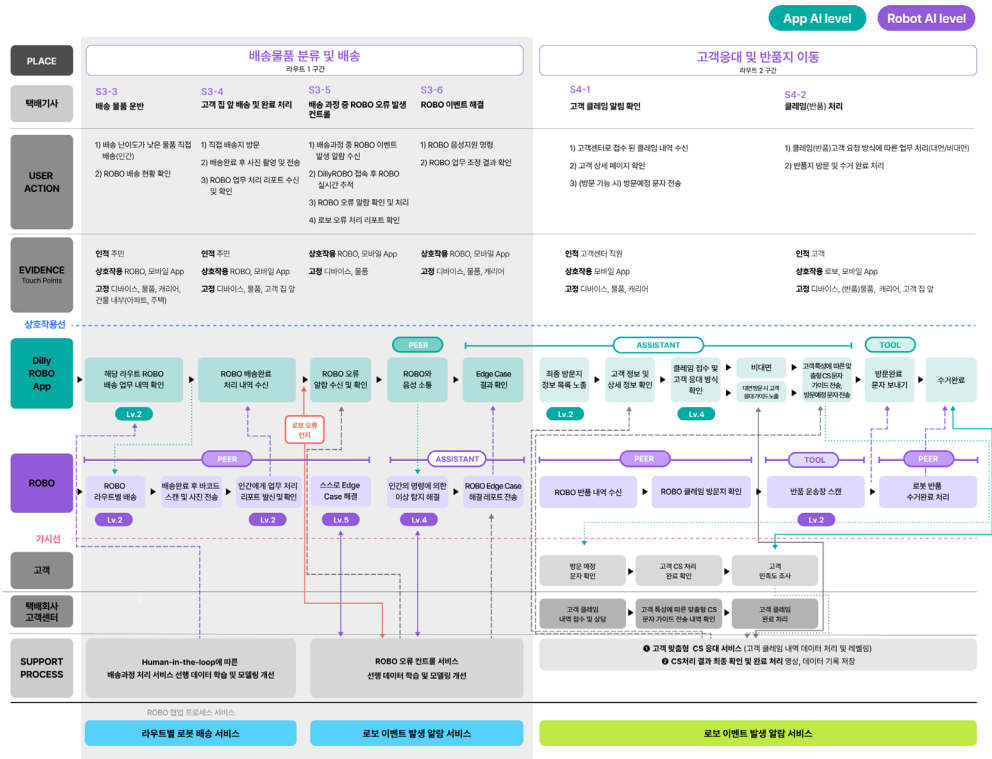


Figure 3 Human-AI Collaborative Service Blueprint

6. 3. 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 간 협업 서비스 제안

이 장에서는 AI 기반 휴머노이드 로봇과 택배기사 간의 협업을 통해 물류 서비스의 운영 효율성과 고객 경험을 동시에 향상시키기 위한 구체적인 서비스 모델을 제안한다. 제안된 협업 시스템은 기존의 단순 자동화를 넘어, 맞춤형 AI 협업 모드, 실시간 피드백 기반 학습 시스템, 예외 상황 대응 역량, 고객 중심 응대 기능, 그리고 터치포인트 기반 상호작용 설계 등 복합적인 기능을 통합함으로써 인간-AI 간의 유기적 협력을 실현하는 것을 목표로 한다.

우선, 배송물품 분류 및 수행 단계에서는 AI 휴머노이드 로봇이 실시간 스캔과 자동 분류, 중량물 운반 등 반복적이고 물리적인 작업을 수행하며, 택배기사는 로봇과 협력하여 적재 동선과 배송 순서를 최적화한다. 이 시스템은 자동, 보조, 수동 모드로 구성된 협업 인터페이스를 통해 작업자의 숙련도와 선호에 맞게 AI의 개입 수준을 조절할 수 있도록 설계되었다. 배송이 완료된 후에는 자동 데이터 기록과 실시간 작업 모니터링 기능을 통해 행정적 부담 또한 최소화된다.

안전 및 예외 상황 대응 측면에서는 AI 로봇이 시각 및 청각 기반의 멀티모달 센서를 통해 충돌, 장애물, 기상

변화 등 다양한 변수에 즉각적으로 반응하고, 축적된 Edge Case 데이터를 기반으로 최적의 대응 전략을 도출한다. 자율적 처리가 어려운 상황에서는 실시간 알람과 함께 택배기사에게 대응 가이드를 제공하며, ROBO 애플리케이션을 통해 음성 또는 텍스트 기반의 간편한 조치가 가능하도록 설계되었다. 더불어, 피드백 기반 학습 시스템은 반복적으로 발생하는 문제 상황을 지속적으로 학습하여 향후 대응 역량을 점진적으로 개선할 수 있도록 지원한다.

고객 클레임 및 응대 단계에서는 AI가 반품 요청을 자동 수집하고, 고객 유형 분석을 기반으로 맞춤형 안내 메시지 전송, 방문 일정 조율, 운송장 인식 및 반품 물품 식별, 보안과 같은 작업을 수행한다. 반복적인 고객 응대 업무는 AI가 주도함으로써 택배기사는 복잡하거나 예외적인 상황에 보다 집중할 수 있으며, 이로 인해 정실적 부담의 감소와 서비스의 정밀도 향상이라는 이중의 효과가 기대된다.

고객 중심 AI 서비스 설계는 고객의 요청 사항을 자동 인식하고, 챗봇과 실시간 상담 시스템을 통해 신속하게 응답할 수 있는 구조로 구성되었다. 고객의 배송 일정 변경, 보관 장소 지정, 보안 등 다양한 요구사항은 AI를 통해 실시간으로 반영되며, AI는 고객 피드백을 학습하여 지속적인 서비스 품질 개선을 가능하게 한다. 이와 같은 커뮤니케이션 구조는 고객과 택배기사 간의 정보 비대칭을 줄이고, 클레임 발생률을 낮추는 데 기여한다. 터치포인트 기반 인간-AI 협업 설계에서는 휴머노이드 로봇과 앱이 실시간으로 연동되어 다양한 디지털 기기와의 연결성을 확보하며, 직관적인 사용자 인터페이스를 통해 상호작용성을 극대화한다. 이 시스템은 설명 가능한 AI(eXplainable AI, XAI) 기술을 도입하여, 택배기사에게 명확한 의사결정 근거를 제공하고, 경력과 숙련도에 따른 맞춤형 작업 안내를 통해 작업 오류를 방지함으로써 현장 신뢰도를 강화할 수 있도록 하였다.

종합적으로, 본 협업 모델은 단순한 자동화 단계를 넘어선 인간-AI 간의 실시간 상호작용과 역할 분담을 기반으로 하여, 물류 작업의 효율성과 고객 중심 서비스 품질을 동시에 향상시키는 지속 가능한 물류 시스템으로 발전할 수 있는 가능성을 제시한다. 이 협업 모델은 향후 다양한 작업 환경과 시나리오에 적용할 수 있는 확장성과 유연성을 갖춘 기반 기술로, 물류 산업의 디지털 전환과 서비스 혁신을 가속화하는 데 실질적으로 기여할 수 있을 것이다. 협업의 기회 요인과 개선 방향은 다음 [Table 25]와 같이 정리하였다.

Table 25 Proposed Levels and Roles of Human-Humanoid AI Robot Collaboration

생산성을 높인 중량물 운반 배송 AI 서비스				인간-AI 협업	레벨	
배송물품 분류 및 배송	3-3 배송 물품 운반	App	택배기사 및 ROBO가 실시간 업무 내역 확인 및 최적 동선 조정	Assistant/ Tool	Level 2	
		ROBO	AI 기반 자동 적재 및 중량물 우선 운반, 실시간 배송 경로 최적화 및 피드백 반영	Peer	Level 4	
	3-4. 고객 앞 배송 및 완료 처리	App	AI가 실시간 배송 영상 기록 및 고객 피드백 반영	Assistant	Level 3	
		ROBO	물품 바코드 스캔, 배송 완료 데이터 자동 기록, 고객 맞춤형 응대 제공	Assistant	Level 3	
	3-5. 배송 과정 중 ROBO 오류 발생 컨트롤	App	AI가 Edge Case 상황 분석 후 택배기사에게 실시간 대응 가이드 제공	peer	Level 4	
		ROBO	멀티모달 센서 기반 오류 감지, 실시간 대응 시나리오 제공 및 Edge Case 학습	peer		
	3-6. ROBO 이벤트 해결	App	택배기사가 AI를 활용해 직접 개입 가능, 실시간 음성·텍스트 입력 지원	peer	Level 4	
		ROBO	AI가 Edge Case 해결 후 사용자 피드백 반영, 지속적 학습 및 최적 대응 마련	peer	Level 5	
	고객 클레임 및 고객응대를 위한 고객 맞춤형 AI 서비스					
	고객 응대 및 반품지 이동	4-1 고객 클레임 알림 확인	App	AI가 고객 클레임 우선순위 분석 및 맞춤형 응대 제공	Assistant	Level 3
ROBO			실시간 반품 상품 이동 및 데이터 수집, 클레임 대응 프로세스 자동화	Peer	Level 4	
4-2 클레임 (반품) 처리		App	AI가 클레임 유형을 분석하고 고객 맞춤형 스케줄 조정	Peer	Level 4	
		ROBO	AI가 클레임 유형을 분석하고 고객 맞춤형 스케줄 조정	Peer	Level 2	

7. 결론 및 제언

7. 1. 연구요약

본 연구는 라스트 마일 배송 구간에서 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 협업 시스템을 설계하고 검증함으로써, 택배기사의 신체적·정신적 부담을 완화하고 물류 서비스의 운영 효율성과 고객 경험을 동시에 향상시키는 것을 목표로 하였다. 특히 AI 기반 휴머노이드 로봇이 반복적이고 물리적인 작업을 담당하고, 택배기사는 창의적 의사결정과 고객 응대에 집중하는 방식의 인간-AI 협업 구조를 구체화하였다.

심층 인터뷰와 사용자 조사를 통해 도출된 핵심 문제는 수작업 중심의 적재 작업으로 인한 누적된 신체 피로, 고객 클레임 처리 과정에서의 정신적 스트레스, 그리고 예외 상황에 대한 실시간 대응의 어려움이었다. 이러한 문제 인식을 바탕으로 본 연구는 협업 시나리오를 설계하고 프로토타입을 개발하여, 인간과 AI 간 상호 보완적 역할 분담의 타당성과 효과를 검증하였다.

검증 결과, AI 기반 휴머노이드 로봇은 중량물 운반, 작업 분류, 반품 수거 등 고강도 반복 작업에서 탁월한 효율 향상을 제공하였으며, 음성, 시각, 터치 등 다양한 감각 채널을 활용한 멀티모달 상호작용 기능을 통해 사용자 맞춤형 협업 수행이 가능함을 확인하였다. 또한, 실시간 모니터링과 피드백 기반 학습 시스템이 협업의 지속 가능성과 업무 적응력을 강화하는 데 기여하였다. 반면, 윤리적 책임성, AI 오류 인식의 명확성, 터치포인트의 기기 간 연동성, 보안기능은 향후 보완이 요구되는 핵심 요소로 도출되었다.

본 연구는 기존 물류 자동화 시스템과 차별화되는 다음 네 가지 설계 원칙을 바탕으로, 새로운 인간-AI 협업 모델을 제안하였다. 첫째, 사용자 선호도에 따라 AI 개입 수준을 조절할 수 있는 맞춤형 AI 협업 모드를 도입하였다. 둘째, 반복적 오류 상황에 대한 대응 전략을 지속적으로 개선할 수 있도록 실시간 피드백 기반 학습 시스템을 구축하였다. 셋째, 예기치 않은 충돌, 지연, 고객 요청 등 다양한 변수를 고려한 유연한 협업 구조를 설계하였다. 넷째, 고객 요구를 자동 인식하고 실시간으로 대응할 수 있는 고객 중심 AI 응대 서비스를 구현하였다.

AI 기반 휴머노이드 로봇은 복잡한 도심 환경, 열악한 날씨, 접근이 어려운 지역 등에서도 안정적으로 작동할 수 있도록 설계되었으며, 자동 분류, 경로 최적화, 반품 처리 등 물류 전반의 생산성을 크게 향상시킬 수 있다. 특히 AI와 인간 간의 상호작용은 작업자의 숙련도, 근무 환경, 선호도에 따라 유연하게 조정될 수 있어, 사용자 중심의 적응형 협업 모델로서 높은 확장 가능성을 지닌다.

결론적으로 본 연구는 인간과 AI 기반 로봇이 상호 보완적인 파트너로서 협력할 수 있는 새로운 물류 서비스 모델을 제안하였으며, 이는 향후 택배 산업의 디지털 전환, 노동 환경 개선, 그리고 지속가능한 물류 혁신을 견인할 수 있는 실질적이고 실행 가능한 기반으로 제안하였다.

7. 2. 시사점과 한계점

이 연구는 인간-AI 기반 협업 시스템이 물류 산업에 미치는 영향을 학문적 시사점과 실무적 시사점의 두 관점에서 분석하고, 그 한계점을 통해 향후 연구의 발전 방향을 제시하였다.

먼저, 학문적 시사점으로 본 연구는 인간-AI 협업에서 고려해야 할 핵심 요인인 ‘협업 수준’, ‘신뢰 형성’, ‘윤리 기반 설계’, ‘상호작용 구조’를 이론적으로 고찰하고, 이를 물류 산업이라는 현실적 맥락에 맞게 재정의하였다. 특히, AI와 인간 간의 신뢰 형성과 책임 분배, 오류 대응과 고객 클레임 처리에서의 협업 가능성을 구체적으로 분석함으로써 협업 구조 설계의 학술적 타당성을 강화하였다. 또한, 멀티모달리티를 활용한 입력 및 출력 방식의 다양화를 통해, 환경 변화에 유연하게 대응하는 인간-AI 협업 수준의 체계를 학문적으로 정립하였다.

실무적 시사점으로는, 휴머노이드 AI 로봇이 택배기사의 반복적이고 물리적으로 과중한 작업(상·하차, 분류, 중량물 운반 등)을 분담함으로써 작업 효율성을 실질적으로 향상시키고, 근로자의 노동 강도를 완화할 수 있음을 실증적으로 확인하였다. 이를 통해 택배기사는 근무 만족도와 성취감을 높이고, 고객은 보다 신속하고 정확하며 안전한 배송 서비스를 통해 높은 서비스 만족도를 기대할 수 있다. 나아가 AI 기반 휴머노이드 로봇은 물류 산업 전반의 생산성과 안정성을 향상시킴으로써 산업 경쟁력 강화에 기여할 수 있으며, 이러한 협업 모델은 유통, 제조, 보건 등 다양한 산업 영역으로의 확장 가능성 또한 제시하였다.

그러나 본 연구에는 몇 가지 한계점이 존재한다. 첫째, 연구의 실증 검증은 제한된 사용자 그룹과 환경 내에서 수행되었기 때문에, 다양한 산업 현장과 작업 조건을 반영한 장기적 검증이 필요하다. 둘째, 인간과 AI 로봇 간 협업 시스템이 지속적인 성능을 발휘하기 위해서는 보다 광범위한 데이터 수집과 변인 통제가 요구되며, 다층적 사용자 니즈에 기반한 분석이 병행되어야 한다. 셋째, 고객 응대 및 윤리적 책임과 관련된 AI의 의사결정 과정에 대한 정량적 신뢰성 확보 역시 향후 연구의 핵심 과제로 남아 있다.

향후 연구에서는 협업의 지속성과 신뢰성을 확보하기 위해 다양한 산업 환경과 사용 시나리오에 대한 실증 검증이 필수적이다. 특히, 멀티모달 상호작용의 정밀성, 터치포인트의 연결 안정성, 작업 유형별 협업 수준의 적합성 등을 심층적으로 분석함으로써, 인간과 AI 로봇 협업 모델이 실제 산업 현장에서 실질적으로 작동할 수 있도록 발전시켜야 한다. 아울러, 윤리적 설계 기준 수립, 설명 가능한 AI 적용, 고객 신뢰 형성을 위한 정서적 인터페이스 디자인 등의 논의도 병행될 필요가 있다.

따라서, 본 연구는 택배 산업을 넘어 인간과 AI 간 상호보완적 협업의 실현 가능성을 제시함으로써, 향후 다양한 산업 분야에서 AI 기반 휴머노이드 로봇 시스템이 적용될 수 있는 이론적·실무적 기반을 마련하였다. 이는 단순한 자동화 기술을 넘어서 지속가능한 인간 중심 AI 협업 체계 구축이라는 관점에서 의미 있는 학술적·산업적으로 기여하고자 한다.

References

1. Apraiz, A., Lasa, G., & Mazmela, M. (2023). Evaluation of user experience in human-robot interaction: A systematic literature review. *International Journal of Social Robotics*, 15(2), 187-210. <https://doi.org/10.1007/s12369-022-00957-z>
2. Aslam, I., Aniculaesei, A., Buragohain, A., Bamal, D., & Rausch, A. (2024). Runtime safety assurance of autonomous vehicles used for last-mile delivery in urban environments. In *Next Chapter in Mobility: Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte* (pp. 399-414). Springer Fachmedien Wiesbaden.
3. Barocas, S., Hardt, M., & Narayanan, A. (2019). *Fairness and machine learning*. Cambridge, MIT Press.
4. Bitner, M. J., Ostrom, A. L., & Morgan, F. N. (2008). Service blueprinting: A practical technique for service innovation. *California Management Review*, 50(3), 66-94.
5. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). *Machine, platform, crowd: Harnessing our digital future*. W. W. Norton & Company.
6. Ha, N. T., Akbari, M., & Au, B. (2023). Last mile delivery in logistics and supply chain management: A bibliometric analysis and future directions. *Benchmarking: An International Journal*, 30(4), 1137-1170. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2021-0409>
7. Hara, T., Sato, T., Ogata, T., & Awano, H. (2023). Uncertainty-aware haptic shared control with humanoid robots for flexible object manipulation. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 8(10), 6435-6442.
8. Hoffmann, T., & Prause, G. (2018). On the regulatory framework for last-mile delivery robots. *Machines*, 6(3), 33.
9. Honig, S., & Oron-Gilad, T. (2018). Understanding and resolving failures in human-robot interaction: Literature review and model development. *Frontiers in Psychology*, 9, 861.
10. Jaimes, A., & Sebe, N. (2007). Multimodal human-computer interaction: A survey. *Computer Vision and Image Understanding*, 108(1-2), 116-134.
11. Janina, L. (2019). Responsibility and robot ethics: A critical overview. *Philosophies*, 4, 58.
12. Kang, M., & Park, D. (2018). *Last-mile delivery: Capturing the last mile market of parcel logistics*. Samjong KPMG, 98.
13. Kim, I., & Hur, J. (2022). A study on the main improvement plans for the user experience of serving robots from a Human-in-the-loop perspective. *Proceedings of the Ergonomics Society of Korea 2022 Fall Conference*.

14. Kim, J., & Hwang, M. (2021). Problems and improvement plans for the working environment of courier drivers. *Seoul Institute Policy Report*, 319.
15. Kore, A. (2022). *Designing human-centric AI experiences*. Apress.
16. Kore, A. (2022). The role of AI in human-AI collaboration. *International Journal of Robotics and Automation*, 58(4), 234-256.
17. Lee, J. (2020). *A study on the impact of artificial intelligence on decision-making* (Doctoral dissertation). Sookmyung Women's University.
18. Lee, J., Suh, B., & Kwon, Y. (2021). A study on the impact of artificial intelligence on decision making: Focusing on human-AI collaboration and decision-maker's personality trait. *Journal of Intelligence and Information Systems*, 27(3), 231-252.
19. Lechner, M., et al. (2020). What is multimodality? *arXiv preprint arXiv:2103.06304*.
20. Lipton, Z. C. (2018). The mythos of model interpretability. *Communications of the ACM*, 61(10), 36-43.
21. Logiwa. (2023). *Optimizing fulfillment operations for e-commerce: Current trends and future directions*. Logiwa Whitepaper Series.
22. Malone, T. W., Laubacher, R., & Johns, T. (2020). *The future of work: How artificial intelligence will transform business, work, and society*. MIT Press.
23. Min, O. K., Kim, Y. G., et al. (2020). ATL 1.0: Definition of artificial intelligence technology levels. *ETRI Journal of Electronics and Telecommunications Trends Analysis*, 35(3), 1-8.
24. Min, S. (2020). Understanding AI technology levels and human-AI collaboration. *Computational Intelligence Review*, 30(2), 98-112.
25. Na, H. S., Kweon, S. J., & Park, K. (2022). Characterization and design for last mile logistics: A review of the state of the art and future directions. *Applied Sciences*, 12(1), 118. <https://doi.org/10.3390/app12010118>
26. Oviatt, S. (1999). Ten myths of multimodal interaction. *Communications of the ACM*, 42(11), 74-81.
27. Oviatt, S. (2003). Multimodal interfaces. In *The human-computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies and emerging applications* (pp. 286-304).
28. Raji, I. D., Gebru, T., Mitchell, M., Buolamwini, J., Lee, J., & Denton, E. (2020, February). Saving face: Investigating the ethical concerns of facial recognition auditing. In *Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society* (pp. 145-151).
29. Rakyta, M., Bubenik, P., Binasova, V., Micieta, B., & Staffenova, K. (2022). Advanced logistics strategy of a company to create sustainable development in the industrial area. *Sustainability*, 14(19), 12659.
30. Sferrazza, C., Huang, D. M., Lin, X., Lee, Y., & Abbeel, P. (2024). Humanoidbench: Simulated humanoid benchmark for whole-body locomotion and manipulation. *arXiv preprint arXiv:2403.10506*.
31. Shaklab, E., Karapetyan, A., Sharma, A., Mebrahtu, M., Basri, M., Nagy, M., ... & Dias, J. (2023). Towards autonomous and safe last-mile deliveries with AI-augmented self-driving delivery robots. *arXiv preprint arXiv:2305.17705*.
32. Turk, M. (2014). Multimodal interaction: A review. *Pattern Recognition Letters*, 36, 189-195.
33. Zanzotto, F. M. (2019). Human-in-the-loop artificial intelligence. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 64, 243-252.
34. <https://robotsguide.com/robots/starship>
35. <https://medium.com/nuro/introducing-our-next-generation-nuro-8c1c63488342>
36. <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/meet-scout>
37. <https://daxbot.com/faq>
38. https://news.sbs.co.kr/news/endDate.do?news_id=N1007625771

택배기사의 신체적·정신적 부담 완화를 위한 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 간 협업 모델 제안

이영규¹, 지혜선¹, 오선미¹, 강현구¹, 최원미¹, 구유리^{2*}

¹홍익대학교 산업미술대학원 서비스디자인전공, 학생, 서울, 대한민국

²홍익대학교 산업미술대학원 서비스디자인전공, 교수, 서울, 대한민국

초록

연구배경 본 연구는 택배 서비스의 라스트 마일(last-mile) 배송 구간에서 택배기사와 AI 기반 휴머노이드 로봇 간의 협업 모델을 제안한다. 인간-AI 협업을 효과적으로 구현하기 위해 AI 기반 휴머노이드 로봇이 수행할 수 있는 적절한 역할과 전략을 탐색하는 것을 주요 목적으로 한다. 기존 연구들이 주로 물류센터 내 자동화에 집중된 반면, 본 연구는 실제 배송 현장에서 발생하는 택배기사의 신체적·심리적 부담을 완화하고, 업무 효율성을 향상시키기 위한 새로운 협업 모델을 제시한다.

연구방법 인간 중심 디자인(HCD, human-centered design) 방법론에 기반한 서비스 디자인 프로세스를 적용하였다. 먼저 인간-AI 협업의 개념과 주요 고려사항에 대한 이론적 고찰을 수행하고, 디지털 에스노그래피 및 심층 인터뷰를 통해 택배기사가 경험하는 주요 페인포인트를 도출하였다. 이를 바탕으로 협업 수준별 다양한 서비스 시나리오를 개발하고, 정량적 및 정성적 평가를 통해 그 타당성을 검증하였다.

연구결과 AI 기반 휴머노이드 로봇의 도입은 반복적인 중량물 적재로 인한 신체적 피로와 파손 상품에 대한 클레임 처리 부담 등 주요 문제를 완화하는 데 효과적일 수 있음이 확인되었다. 또한 고객 응대 업무의 자동화는 작업자의 정신적 부담을 줄이는 데 기여할 수 있음을 보여주었다. 정량적 평가에서는 ‘신뢰성_오류 회복성’이 90%로 높은 긍정 평가를 받은 반면, ‘터치포인트_연결성’(76%)과 ‘로봇윤리_책임성’(70%)은 개선이 필요한 항목으로 나타났다. 정성적 평가에서도 시스템의 신뢰성과 멀티모달 상호작용 능력에 대한 긍정적 피드백이 있었으며, 동시에 로봇윤리의 책임성, 오류 제어의 통제 가능성, 앱 개인화 적절성에 대한 개선 요구도 도출되었다.

결론 본 연구는 AI 기반 휴머노이드 로봇이 인간-AI 협업에서 보조자이자 동료로 기능할 수 있으며, 이는 업무 효율성과 배송 환경 개선에 실질적으로 기여할 수 있음을 확인하였다. 또한 다양한 멀티모달 상호작용이 협업 수준을 구체화하고, 인간-로봇 간 상호작용의 질을 향상시키는 데 핵심적인 역할을 한다는 점도 입증되었다. 마지막으로, AI 시스템에 대한 신뢰 구축을 위해서는 로봇윤리의 책임성, 오류 제어의 통제 가능성, 그리고 보안 기능의 확보가 필수적임을 강조한다. 본 연구 결과는 택배 산업뿐 아니라 물류를 포함한 다양한 서비스 산업 전반에 걸쳐 인간-AI 협업 모델의 실질적 확산 가능성을 시사한다.

주제어 택배기사, 라스트 마일 구간, 인간-AI 기반 휴머노이드 로봇 협업, AI 기반 서비스, 서비스 디자인

*교신저자 : 구유리 (yrkoo@hongik.ac.kr)