

수직형 AMC(Autonomous Mobile Carrier) 디자인 개발 연구

Design Development of a Vertical-Type Autonomous Mobile Carrier(AMC)

주 저 자 : 최용혁 (Choi, Yong Hyuk) 유한대학교 멀티디자인학과 교수

공 동 저 자 : 임승수 (Im, Seung Soo) 국립창원대학교 산업디자인학과 석사과정

교 신 저 자 : 송상민 (Song, Sang Min) 국립창원대학교 산업디자인학과 교수
songsang@changwon.ac.kr

<https://doi.org/10.46248/kids.2025.3.585>

접수일 2025. 08. 19. / 심사완료일 2025. 09. 11. / 게재확정일 2025. 09. 15. / 게재일 2025. 09. 30.

Abstract

This study explores the design of vertical Autonomous Mobile Carriers (AMCs) for use in confined indoor environments such as hospitals, warehouses, and laboratories. To address spatial constraints, three key design principles were established: modularization, vertical movement, and user-friendly interfaces. Design exploration included sketches, 3D modeling, and comparison of three alternatives—box-type, open-frame, and cylindrical structures. The open-frame type was selected as the final design for its efficiency, accessibility, and adaptability to narrow corridors. The results demonstrate that vertical AMCs with open-frame structures can enhance maneuverability, stability, and operational safety while supporting modular flexibility. This design-centered approach provides a foundation for customized AMC systems and contributes to advancing compact logistics solutions in next-generation industries.

Keyword

Open-frame (오픈프레임), Vertical AMC (수직형 AMC), Optimization (최적화)

요약

본 연구는 좁은 환경에서의 물류 효율성과 공간 활용성을 극대화하기 위해 수직형 AMC(Autonomous Mobile Carrier)의 외형 디자인을 개발하는 것을 목표로 하였다. 이를 위해 모듈화, 유연한 수직 이동, 사용자 친화적 설계의 세 가지 핵심 전략을 기반으로 디자인을 진행하였다. 또한, 좁은 공간에서 주행 안정성과 기동성을 동시에 확보하기 위해 T형과 H형 베이스 구조의 장점을 결합한 하이브리드 바퀴 구조를 적용하였다. 최종적으로 제안된 중심부 개방형 오픈 프레임 구조는 적재 효율성과 양방향 접근성을 높여 협소한 환경에서의 운용성을 강화하였다. 본 연구는 병원, 연구소, 소규모 물류창고 등 다양한 공간에서 적용 가능성을 제시하며, 향후 실증 실험과 자율주행 최적화를 통한 추가 연구의 기반을 마련하였다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경 및 목적
- 1-2. 연구 방법 및 범위
- 1-3. 선행 연구 분석

2. 이론적 배경

- 2-1. AMC의 개념 및 발전 동향
- 2-2. 좁은 공간에서의 물류 운반 시스템

3. 현황 분석 및 문제점 도출

- 3-1. 디자인 목표 설정

- 3-2. 형태 및 안정성 설계 전략

- 3-3. 구조적 특성 분석 및 최적화

- 3-4. 문제점 종합 및 디자인 방향

4. 수직형 AMC 디자인 개발

- 4-1. 디자인 콘셉트 설정

- 4-2. 상세디자인 개발

- 4-3. 아이디어 스케치

- 4-4. 3D 모델링 및 렌더링

- 4-5. 최종 디자인

5. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구 배경 및 목적

4차 산업기술의 고도화는 자율주행 기반 물류 운반 시스템의 활용 범위를 제조, 의료, 서비스 등 다양한 산업 분야로 확장하고 있다. 특히 AMC(Autonomous Mobile Carrier)는 주행 경로를 스스로 인식하고 반복적이며 정밀한 운반 작업을 안정적으로 수행할 수 있는 로봇 플랫폼으로 주목받고 있다. 초기 AMC는 공장이나 창고에서 단순한 이송 작업을 담당하는 AGV(Automated Guided Vehicle)의 형태에서 발전하였다. AGV는 자기유도선이나 마그넷 테이프 등 고정된 경로를 따라 반복 운송을 수행하는 모바일 로봇으로 정의된다.¹⁾ 이 개념을 확장한 AMC는 LiDAR, 카메라, 초음파 센서와 SLAM 기반의 자율주행 기술을 결합하여 상대적으로 높은 수준의 환경 인식과 기동성을 확보하는 특징을 지닌다. 이러한 기술적 진보에도 불구하고 실제 운용 환경, 특히 병원, 연구실, 소규모 물류창고와 같은 좁은 실내 공간에서는 동선 협소, 불규칙한 구조, 사용자 밀집도 등으로 인해 기존 수평 확장형 설계의 적용이 제한된다.

따라서 본 연구는 좁은 환경에 최적화된 수직형 AMC 외형 디자인 전략을 제안하고자 한다. 특히 중심부를 개방한 오픈프레임 구조를 기반으로 하여 적재 효율성, 공간 대응성, 사용자 친화성을 동시에 확보하고, 기술 중심의 접근을 넘어 디자인 중심의 조형적 해법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이는 향후 맞춤형 AMC 시스템 개발을 위한 설계 방법론적 기초 자료가 될 수 있다.

1-2. 연구 방법 및 범위

연구는 좁은 실내 공간에서 AMC 운용 특성을 다각적으로 분석하고 이를 기반으로 수직형 외형 구조의 디자인 전략을 수립하는 방식으로 진행되었다. 병원, 소규모 물류창고, 연구실을 대상으로 공간 조건(복도 폭, 천장 높이), 사용자 동선, 적재 특성 등을 조사하였으며, 이를 통해 수직 구조 적용의 필요성과 한계를 도출하였다. 이후 모듈화, 수직 이동 기능, 사용자 친화적 인터페이스를 핵심 개념으로 설정하고, 아이디어 스케치·형태 실험·3D 모델링을 통해 다양한 조형 대안을 탐색하였다. 안정성 확보를 위해 저중심 설계, 진동 저

감 구조, 혼합형 바퀴 시스템을 적용하였으며, 구조적 대안은 시뮬레이션을 통해 공간 대응성을 검증하였다. 연구의 범위는 외형 디자인과 조형 전략에 한정되며, 동력 구동 및 제어 알고리즘 개발은 제외하였다. 그러나 실제 적용 가능성을 검토하기 위해 공간기능 연계성 분석은 포함하였다.

1-3. 선행 연구 분석

기존 연구들은 좁은 환경에서의 물류 운반 효율성을 높이기 위해 경로 최적화, 충돌 회피, 실내 맵핑 기술 등 제어 중심 접근에 집중해 왔다. 그러나 대부분의 연구는 수평 이동 기반 설계에 한정되어 있어 다층 구조, 낮은 천장, 좁은 통로와 같은 공간 제약을 해결하기 어렵다는 한계를 가진다. 또한 하드웨어 설계, 수직 이동 메커니즘, 사용자 친화적 인터페이스를 통합적으로 고려한 연구는 부족하다. 이에 본 연구는 AMC의 구조적 최적화와 공간 대응성 향상을 목표로 모듈화, 유연한 수직 이동, 사용자 친화적 인터페이스를 핵심 전략으로 제안하며, 3D 모델링 및 시뮬레이션을 통해 기존 연구에서 다루지 않은 설계 타당성을 실증적으로 검증하고자 한다.

[표 1] 선행연구 한계와 대응 전략

연구명	연구 초점	한계점	대응 전략
최병희 외 3) 2)	실내 물류 환경에서 라이다-카메라 기반 맵핑 기술	수평 이동 중심, 협소 공간 대응 미흡	수직형 AMC 설계 및 시뮬레이션 기반 검증
김서현 외 1) 3)	경로 최적화 알고리즘 개발	하드웨어 구조 설계 미비	하이브리드 베이스 구조 적용으로 안정성 보강
김지원 외 2) 4)	협소공간 로봇 설계 및 제어	사용자 인터페이스 한계	HCI 기반 사용자 친화 설계 적용
이동훈 외 3) 5)	실시간 하이브리드 경로 계획	물리적 설계 반영 부족	3D 모델링 및 최종 디자인 적용

- 최병희, 강경수, 노예진, 조영근, '실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식과 네비게이션 방법', 한국로봇학회논문지, 2022, Vol.17, No.4 pp.397-406
- 김서현, 권익현, '물류 및 생산시스템의 효율 향상을 위한 RRT-GRID 알고리즘 기반 자율주행로봇 경로 계획', 한국산학기술학회논문지, 2023, Vol.24, No.10, pp.207-217
- 김지원, 정현경, 주백석, '음의 포아송비 구조를 활용한 협소 공간 극복 이동로봇', 한국정밀공학회지, 2021, Vol.38, No.7 pp.479-490
- 이동훈, 김동식, 이종호, 김동원, '이동로봇을 위한 실시간 하이브리드 경로계획 알고리즘', 전기학회논문지, 2014, Vol.63, No.1, pp.1245-1257

1) International Organization for Standardization (2017). ISO 19649:2017. Mobile robots — Vocabulary. Geneva: ISO

2. 이론적 배경

2-1. AMC의 개념 및 발전 동향

AMC는 고정된 레일이나 마커 없이 센서 기반의 자율 내비게이션으로 물류를 수행하는 모바일 로봇을 의미하며⁶⁾, 이들이 산업 로봇과 서비스 로봇의 운송 기능을 수행하는 이동로봇 범주임을 명확히 정의하고 있다. 국내외에서는 이를 응용한 AMR(Autonomous Mobile Robot) 혹은 IMR(Industrial Mobile Robot)로 분류하여 물류 운송 자동화의 중심 기술로 인식한다.

[표 2] AMC 발전의 역사

사진	제품명 ⁷⁾	주요 특징
	Barret Electronics AGV (1953, 미국)	최초 상용 AGV 시스템 공장 내 단순 반복 이송 작업 수행
	Pioneer 3-DX (2003, 미국)	다목적 연구용 AMR 플랫폼 모듈, 상단 모듈, 센서 부착 가능
	Adept Lynx (2010, 미국)	SLAM 기반 자율주행 물류 로봇
	Amazon Kiva Systems (2012, 미국)	바닥 QR 코드 기반 'Goods-to-Person' 물류 자동화 구현
	MiR100 (2013, 덴마크)	산업용 AMR 제품 모듈형 상부 구조로 다양한 작업 지원
	Saviok Relay (2015, 미국)	호텔, 오피스 서비스 로봇 엘리베이터 연동, 룸서비스 지원
	Starship Delivery Robot (2018, 미국/에스토니아)	라스트마일 배송로봇 보도 주행, 음식 및 소포 배송
	LG CLOi ServeBot (2020, 한국)	AI 기반 안내 및 서빙 로봇 쇼핑몰, 병원, 공항 등 다중 서비스 환경 대응

초기 형태는 자기유도선이나 마그넷 테이프를 따라 이동하는 AGV(Automated Guided Vehicle)로, 제한된 환경에서 단순 반복 작업을 수행하는 데 초점을 맞추었다. 이후 LiDAR, 카메라, 초음파 센서, IMU 등 다

양한 센서 기술과 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 알고리즘의 발전으로, 환경 인식·경로 계획·장애물 회피 기능이 고도화되었다. 특히 최근에는 인공지능 기반 경로 최적화, 다중 로봇 협업, 실시간 데이터 연계 등으로 적용 영역이 제조업을 넘어 의료, 유통, 서비스 산업으로 확장되고 있다. 예를 들어 Amazon Kiva 시스템은 'Goods-to-Person' 방식을 구현하여 물류 효율을 크게 향상했으며, Saviok Relay는 호텔 내 자율 룸서비스를 실현하였다. LG CLOi ServeBot은 공항·병원·쇼핑몰 등 다중 환경에서 서비스용 AMC로 활용되며, 기술과 디자인이 결합된 상용화 사례를 보여준다.

이러한 발전은 AMC가 단순 운반을 넘어 공간 효율, 사용자 안전, 심미성까지 고려한 다목적 시스템으로 진화하고 있음을 시사한다. 그러나 다수의 연구는 기술적 성능에 집중되어 있어, 외형 설계와 공간 제약 대응성 측면은 상대적으로 부족하게 다루어졌다. 본 연구는 이러한 틈을 메우기 위해 디자인 중심의 외형 전략을 모색하고자 한다.

2-2. 좁은 공간에서의 물류 운반 시스템

좁은 공간 환경, 특히 병원 복도·도심형 소규모 물류창고·연구실 및 클린룸은 제한된 폭과 높이, 복잡한 구조, 높은 안전·위생 기준이라는 특성을 가진다. 기존의 수평 확장형 AMC는 넓은 회전 반경과 이동 동선을 전제로 하므로 협소 공간에서는 효율성이 급격히 저하된다.

이에 따라 수직 공간을 적극 활용하는 운반 시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. 대표적으로 자동저장 시스템(AS/SR)이나 수직 컨베이어 시스템은 제한된 바닥 면적을 효율적으로 활용하지만, 고정 설비라는 특성상 자율 이동성이 제한적이다. 최근에는 수직 이동 기능을 통합한 이동형 로봇 연구가 시도되고 있으나, 여전히 범용성·유연성 측면에서 한계가 존재한다.

따라서 좁은 공간에 특화된 AMC 설계에서는 단순한 이동 성능을 넘어, 수직 공간 활용을 통한 적재 효율 극대화, 작업자와의 협업을 고려한 안전성, 저소음·저진동 구조를 통한 정밀 환경 대응, 모듈 교체 및 확장이 가능한 구조적 유연성이 동시에 요구된다. 이러한 조건을 충족하는 외형 디자인 전략은 기존 기술 중심 연구의 한계를 보완하고, 실제 운용 맥락에 적합한 차세대 AMC 개발로 이어질 수 있다.

6) International Organization for Standardization (2017). ISO 19649:2017. Mobile robots — Vocabulary. ISO.

7) 자료출처: 각 기업 공식 웹사이트 및 보도자료, 제품 매뉴얼, 관련 기술 리뷰 논문을 참조하여 작성함.

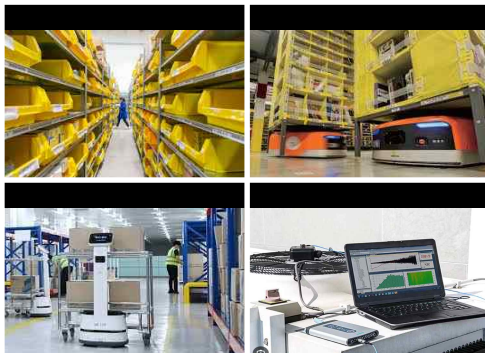
[표 3] 좁은 환경 분석 지표

분석 항목	환경 조건	설계에 미치는 영향
통로 폭	900~1,200mm	최소 회전 반경 확보 필요
천장 높이	2.2~2.5m	수직형 구조 설계 필요
회전 반경 제한	1.2m 이하	슬림형 외형 채택 필수
사용자 동선	복잡, 상시 이동	충돌 방지, 자동 경로 제어 필요
설비 배치	장비 밀집형 구조	모듈화 설계로 공간 최적화 필요

3. 현황 분석 및 문제점 도출

3-1. 디자인 목표 설정

본 연구의 목표는 병원, 연구소, 소형 생산설비 등 좁은 환경에서 효율적인 물류 운반이 가능한 수직형 AMC를 설계하는 데 있다. 좁은 공간의 협소한 통로와 복잡한 동선 조건을 고려하여, 설계 목표를 ① 공간 최적화, ② 주행 안정성, ③ 사용자 편의성으로 설정하였다. 이를 위해 좁은 환경의 특성을 분석하고, AMC가 수행해야 할 운반 효율성과 안전성을 종합적으로 반영하는 디자인 전략을 수립하였다.



[그림 1] 문제점 및 디자인 니즈 도출

3-2. 형태 및 안정성 설계 전략

좁은 환경에서의 기동성을 확보하기 위해 AMC의 기본 구조를 세로축 중심의 수직형 디자인으로 설정하였다. 동일한 바닥 면적에서도 적재 효율을 극대화할 수 있으며, 통로에서의 회전 반경을 최소화할 수 있다. 외형은 단순하고 모듈화된 직선형 조형 언어를 적용해 시각적 안정감과 공간 대응성을 동시에 확보하였다.

또한 좁은 환경에서 안정성을 보장하기 위해 배터리와 구동부를 하부에 배치해 무게 중심을 낮추고, 다층 적재 시 발생할 수 있는 하중 불균형을 해소하였다. 충

돌 위험을 최소화하기 위해 센서 기반의 실시간 충돌 방지 시스템을 적용하고, 사용자 인터페이스를 단순화하여 협소한 환경에서도 직관적인 제어가 가능하도록 설계하였다. 이를 통해 AMC는 좁은 공간에서도 원활하고 안정적인 물류 운용이 가능해졌다.

3-3. 구조적 특성 분석 및 최적화

AMC의 운용 안정성을 확보하기 위해 무게 중심 제어, 적재 하중 분산, 충돌 방지를 핵심 전략으로 설정하였다. 3D 시뮬레이션을 통해 다층 적재 시 발생할 수 있는 중심 불균형 문제를 분석한 뒤, 배터리와 구동부를 하부에 배치하여 구조적 안정성을 강화하였다. 또한 센서 기반 충돌 방지 기능을 통해 좁은 통로에서 발생할 수 있는 위험을 최소화하였다.

3D 모델링을 활용한 구조 시뮬레이션을 통해 AMC의 구조 강도, 하중 분산, 기동성을 검증한 결과, 기존 수평형 AMC에 비해 좁은 환경에서의 공간 활용성과 주행 성능이 향상되었음을 확인하였다. 아울러 적재 구조를 최적화하고, 상·하부 모듈의 분리와 교체성을 강화하여 유지보수 효율성을 높였다.

3-4. 문제점 종합 및 디자인 방향

최적의 수직형 AMC 설계를 도출하기 위해 세 가지 디자인 대안을 3D 모델링으로 제작한 뒤, 좁은 환경에서의 기동성, 적재 효율, 안정성, 유지보수성 항목으로 비교 분석하였다. 분석 결과, 최종 선택된 안은 좁은 환경에서의 물류 운반 효율성과 안정성이 가장 우수한 것으로 평가되었다.

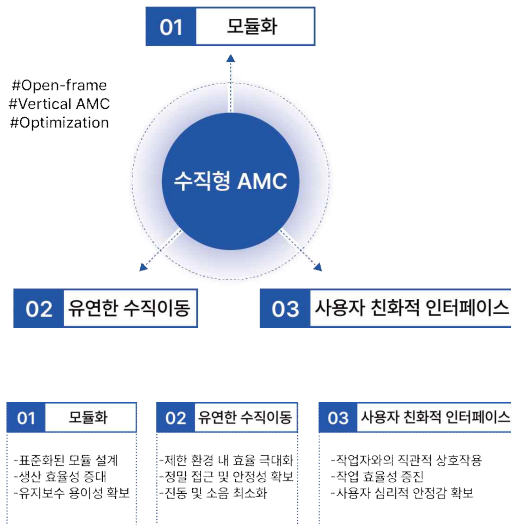
최종 설계안은 컴팩트한 수직형 외형과 모듈형 적재 구조를 채택하여 제한된 공간에서도 운반 효율성을 극대화하였다. 또한 단순한 사용자 인터페이스를 통해 협소한 환경에서도 직관적 조작성을 확보하였으며, 다양한 시뮬레이션을 통해 실제 좁은 공간 시나리오에서의 주행 성능을 검증하였다. 이를 통해 제안된 최종 설계안은 좁은 환경에서의 물류 운용을 최적화한 AMC 디자인임을 입증하였다.

4. 수직형 AMC 디자인 개발

4-1. 디자인 콘셉트 설정

본 연구에서 제시하는 수직형 AMC는 좁은 환경에

서의 물류 운용 효율을 극대화하기 위해 세 가지 핵심 디자인 개념트를 바탕으로 설계되었다.



[그림 2] 디자인 개념트 다이어그램

첫째, 모듈화(Modularization)는 구동부, 적재 유닛, 전원 모듈을 표준화된 모듈 형태로 설계하여 다양한 환경과 변화하는 물류 수요에 유연하게 대응하도록 한다. 이를 통해 현장 조건에 맞춘 신속한 개별화와 확장을 할 수 있으며, 생산 효율성, 유지보수 용이성, 시스템 범용성을 높여 운용 비용 절감에 이바지한다.

둘째, 유연한 수직 이동(Flexible Vertical Movement)은 낮은 천장과 좁은 통로를 포함한 제한된 공간에서 적재 및 하역 효율을 극대화하는 기능을 제공한다. 단순한 수직 이동을 넘어 다층 선반에 대한 정밀한 접근과 적재 안정성을 확보하며, 이동 중에 발생할 수 있는 진동과 소음을 최소화하여 물류 흐름의 연속성을 보장한다.

셋째, 사용자 친화적 인터페이스(User-Friendly Interface)는 시각적(LED 경계지표, 상태 표시 그래픽) 및 청각적(저소음 알림음) 신호를 통해 직관적인 정보 전달을 실현한다. 또한, 작업자의 동선과 의도를 인식하여 위험을 회피하는 센서 기반 자율 반응 시스템을 통해 안전성을 강화하고, 사용자 경험 중심의 설계를 통해 시스템 수용성을 높인다.

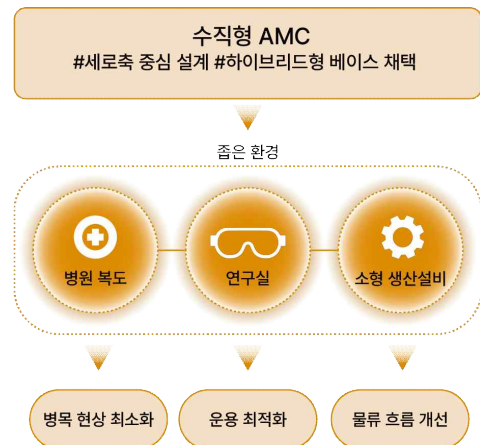
[표 4] 수직형 AMC의 핵심 디자인 개념트와 기대효과

개념트	설계 특징	기대효과
모듈화	구동부·적재·전원 모듈 표준화, 신속 교체·확장 가능	다양한 환경 대응, 유지보수 용이, 운용 비용 절감
유연한 수직 이동	다층 선반 정밀 접근, 진동·소음 최소화	협소 공간 활용 극대화, 작업 효율 향상
사용자 친화적 인터페이스	시각·청각 기반 정보 전달, 센서 기반 위험 회피	안전성 강화, 사용자 만족도·수용성 향상

4-2. 상세디자인 개발

4-2-1. 적용환경 분석

본 연구에서 제안한 수직형 AMC 디자인은 병원 복도, 연구소, 소형 생산설비와 같은 좁은 환경에서의 물류 운용 최적화를 목표로 설계되었다. 기존 수평형 AMC는 넓은 회전 반경과 하중 분산의 한계로 인해 협소한 통로에서 원활한 주행이 어려웠다. 반면, 본 연구에서 제안한 수직형 AMC는 세로축 중심 설계와 하이브리드형 바퀴 구조를 채택하여 좁은 환경에서도 기동성과 안정성을 동시에 확보하였다. 이를 통해 병원에서는 환자 물품과 의약품 운반 시 병목 현상을 최소화하고, 연구소 및 소형 생산설비에서는 실험 장비와 생산 라인 간의 물류 흐름을 효율적으로 개선할 수 있다.



[그림 3] 수직형 AMC에 따른 적용 환경 별 효과

4-2-2. 안정성 확보를 위한 설계 전략

본 연구에서 제안한 수직형 AMC는 공간 제약에 대응할 수 있는 외형 디자인을 기반으로 조형성과 기능성을 균형 있게 고려하였다. 직선형 프레임과 세로축 중심의 비례 설계를 적용함으로써, 좁은 환경에서도 조

형적 일관성을 유지하면서 상부 공간 활용성을 극대화하였다.

특히 좁은 공간에서 요구되는 주행 안정성과 기동성을 동시에 확보하기 위해, 본 연구는 T형과 H형 구조의 장점을 결합한 하이브리드형 바퀴 구조를 채택하였다. T형 베이스는 직진 안정성 측면에서 우수하나 좌우 흔들림에 취약하고, H형 베이스는 좌우 안정성이 뛰어나지만 회전 반경이 커 협소한 공간에서는 제약이 존재한다. 이에 따라 본 연구에서는 두 구조의 장점을 통합한 하이브리드형 구조를 적용하여 기존 단일형 구조의 한계를 보완하였다.

하이브리드 구조는 T형의 직진 안정성과 H형의 좌우 지지력을 동시에 확보함으로써, 좁은 회전 반경에서도 안정적이고 유연한 주행을 가능하게 한다. 또한, 다층 적재 운용 과정에서 발생할 수 있는 중심 불균형을 효과적으로 제어하여 주행 안정성을 강화한다⁸⁾.

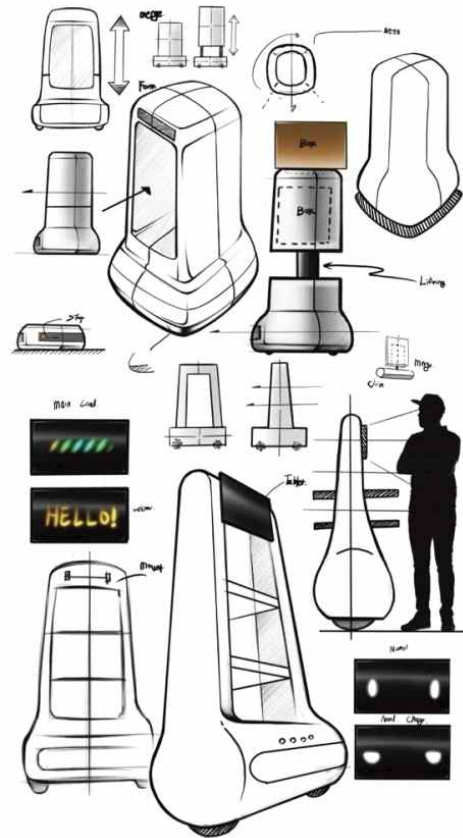
따라서 본 연구의 하이브리드형 AMC 설계 전략은 병원, 연구소, 소형 생산설비 등 다양한 협소 공간에서 높은 공간 적합성과 실제 적용 가능성을 보여주며, 향후 스마트 물류 시스템 발전에 중요한 이미지를 할 수 있을 것으로 기대된다.

[표 5] AMC 베이스 구조별 비교

	H형	T형	하이브리드형
특징			
장점	안정적인 주행이 가능하며, 직선 주행 및 일반적인 회전에 적합	좁은 공간에서의 회전 및 방향 전환에 유리	좁은 회전 반경에서도 안정적 주행 가능, 하중 분산 우수
단점	회전 반경 큼, 공간 효율 낮음	좌우 흔들림 취약	제작 복잡도 증가
적합성	낮음	보통	매우 높음

8) 김동현, 박준, 정은영, '하이브리드 바퀴를 사용한 농업용 전방향 이동 로봇의 설계', 한국지능시스템학회 논문지, 2021. Vol.31, No.6, pp.424-431.

4-3. 아이디어 스케치



[그림 4] 아이디어 스케치

아이디어 스케치 단계에서는 좁은 환경에서 요구되는 기동성과 적재 효율성을 극대화하기 위해 다양한 형태와 구조를 탐색하였다. 직육면체 형, 오픈 프레임 형, 원통형 등 세 가지 구조를 중심으로 비례와 조형성을 검토하였으며, 시각적 안정성과 제작 용이성, 유지 보수 편의성을 모두 고려하였다.

4-4. 3D 모델링 및 렌더링

본 연구의 디자인 도출 과정에서는 직육면체, 오픈 프레임, 원통형 구조의 세 가지 형태를 실험하였다.

첫 번째는 한쪽 측면이 개방된 직육면체 구조로, 규격화된 물품의 측면 수납과 안정적 운송에 적합하다. 라운드 처리된 모서리는 기계적 안정성과 사용자 친화성을 동시에 확보하며, 하단 휠 시스템은 주행 안정성과 방향 전환의 유연성을 제공한다.

두 번째는 중심부가 비어 있는 오픈 프레임 구조로, 팔레트나 대형 화물의 내부 삽입형 적재에 유리하다. 경량성과 개방성을 확보하면서도 강성을 유지하며, 상단은 센서-디스플레이 등 인터페이스 장치 영역으로, 하단은 이동 시스템의 기능을 명확히 드러내도록 설계되었다.

세 번째는 곡면 중심의 원통형 일체형 구조로, 유려한 조형을 통해 미래지향적 이미지를 부각한다. 곡면 외피는 센서-카메라와 시각적 통합이 용이하며, 측면 도어를 통해 화물 삽입과 사용자 인터페이스 장착이 가능하다. 이 형태는 의료-서비스 분야에서 감성적 신뢰 형성에 효과적이다.

[표 6] 타입 별 형태 전략

항목	디자인 01	디자인 02	디자인 03
형태	직육면체 박스형	오픈 프레임	원통형 유니버디
적재방식	측면 수납형	중간 삽입형	내부 수납형
조형특징	견고, 정형	개방성, 라운드	유선형, 미래지향
이동방식	후면 휠형	하단 하이브리드	내장형 하이브리드
활용 분야	병원 사무실	창고-물류	의료-서비스
유사 사례	 Herman Miller -Procedure and Supply Cart	 Fetch Robotics -Freight	 Baemin -Dilly Tower

세 가지 디자인 시안은 각각의 형태 전략을 통해 좁은 공간에서 요구되는 조형성, 기능성의 방향성을 뚜렷하게 드러낸다. 박스형 시안은 규격화된 형태와 안정적 구조를 기반으로 병원과 같이 질서 정연한 배치와 청결성이 요구되는 환경에 적합하다. 오픈 프레임형 시안은 중심부 개방 구조를 통해 팔레트-대형 화물 등 다양한 적재물의 효율적 수납이 가능하며, 도심형 소규모 물류창고와 같이 빈번한 하역과 빠른 물류 흐름이 필요한 환경에서 강점을 가진다. 원통형 일체형 시안은 곡면 중심의 유려한 조형을 통해 시각적 세련미와 감성적 호소력을 극대화하여, 연구실-클린룸과 같이 신뢰성과 심리적 안정감을 중시하는 서비스 환경에 적합하다. 각 시안은 대상 공간의 물리적 조건과 사용자 요구에 맞춰 조정 및 최적화가 가능하며, 이는 맞춤형 AMC/AMR 시스템 개발을 위한 유연한 설계 전략의 기반이 된다.

디자인 01	디자인 02	디자인 03
		
직육면체 단순하고 견고한 실루엣을 채택하여 제작 용이성과 안정성을 중시	중심부 개방형 오픈 프레임 구조를 적용하고, 곡면 처리로 시각적 경쾌함과 접근성을 강화	원통형 구조를 기반으로 하여 공간 점유를 최소화하고, 회전 및 이동 시의 안정성을 높이는 형태를 구현

[그림 5] 1차 디자인안

이상의 세 디자인은 각각의 형태 전략을 통해 좁은 공간에서 요구되는 조형성, 기능성의 방향성을 명확히 드러내고 있다. 특히 두 번째 시안인 오픈 프레임형은 기능적 개방성과 적재 효율성에 강점을 보이며, 첫 번째 박스형은 공간 내 질서와 안정적 배치에 효과적이다. 세 번째 일체형 시안은 시각적 세련성과 감성적 호소력을 중심으로 설계되어, 서비스 친화적 환경에 적합한 대안을 제시하고 있다. 각 디자인은 향후 실제 적용 환경과 사용자 요구에 따라 조정 및 최적화가 가능하며, 이는 맞춤형 AMC/AMR 시스템 개발에 있어 유연한 설계 전략의 기초가 된다.

[표 7] 디자인 시안별 특징 및 적용성 평가

항목	디자인 01 (직육면체형)	디자인 02 (오픈 프레임형)	디자인 03 (원통형)
형태 특징	단순-견고한 직육면체	중심부 개방형, 경량 프레임	원통형 일체형, 유선형 디자인
적재 방식	측면 수납형	내부 삽입형, 모듈 회전	내부 밀폐형, 보안성 우수
공간 활용성	제한적	좁은 공간 활용 최적화	우수
기동성	안정적이나 회전 반경 큼	좁은 공간에서 우수한 기동성	중간 수준
활용 환경	병원, 연구실	도심형 물류창고, 협소 공간	클린룸, 서비스 환경
적합성 평가	보통	최고	중간

4-5. 최종디자인

최종적으로 채택한 수직형 AMC 디자인은 중심부 개방형 오픈 프레임 구조와 하이브리드 바퀴 시스템을 결합하여 좁은 환경에서의 물류 운용에 최적화되었다.

- 중심부 개방 설계를 통해 양방향 접근성과 적재 유연성을 확보
- 하단 무게 중심 설계로 안정성 극대화
- 하이브리드 바퀴 구조로 좁은 회전 반경에서도 원활한 기동성 보장

[표 8] 설계 특징 및 장점

설계 요소	특징	기대 효과
개방형 프레임	중심부 개방	전·후방 및 양측 접근 가능, 작업자 동선 효율 향상
모듈화 적재 시스템	높이·개수 조정 가능	다양한 크기와 형상의 적재물 대응, 용도 전환 유연성
무게 중심 설계	하단 집중	주행 안정성 강화, 진동·소음 감소
외형 처리	곡선 중심, 라운드 모서리	안전성 확보, 친화적 이미지, 위생적 유지관리 용이
시각적 개방감	내부 상태 확인 용이	유지보수 편의성, 사용자 신뢰도 향상

구조적 개방성으로 인한 한계도 존재한다. 프레임 강성 저하로 외부 충격에 취약할 수 있으며, 배선 및 센서 노출로 환경적 오염이나 기계적 손상 위험이 발생할 수 있다. 이를 보완하기 위해 구조적 보강, 충격 흡수 소재 적용, 방진·방습 설계, 케이블 커버링 등이 병행될 필요가 있다.



[그림 6] 디자인최종안

최종 디자인은 병원, 소규모 물류창고, 연구실, 청정실 등 다양한 공간에 적용할 수 있으며, 직립형 비례와 오픈 프레임 구조는 좁은 통로에서도 원활한 기동성을 보장한다. 모듈화된 적재 시스템은 선반 높이와 개수를 조정 가능하며, 환경별 맞춤 운반이 가능하다. 상단 디스플레이와 센서 모듈은 직관적 피드백을 제공하며, 하단에 집중된 무게 중심은 주행 안정성을 높여 진동과 소음을 억제한다. 외형은 곡선 중심과 라운드 처리된 모서리를 적용해 안전하고 친화적인 이미지를 제공하며, 유지·관리 측면에서도 위생적 장점이 있다.



[그림 7] 센서 시스템 배치전략

또한 센서 배치 전략은 협소한 공간에서의 안정적 자율 주행을 지원한다. 360도 회전 라이더는 상단 중앙에, 근거리 장애물 감지를 위한 초음파 센서는 전후 좌우에, 객체 인식과 위치 판단을 위한 스테레오 카메라는 전면 하단에 배치하였다. 차체 자세 제어용 IMU 센서는 베이스 중앙에, 적재물 무게 및 분포 감지를 위한 압력 센서는 적재부에 균등 배치하였다.

결과적으로 본 디자인은 공간 효율성, 적재 유연성, 사용자 친화적 인터페이스, 안정성이라는 네 가지 핵심 가치를 통합적으로 구현하며, 협소한 환경을 대상으로 한 AMC 설계의 유효 기준과 산업적 적용 가능성을 제공한다.

[표 9] 좁은 환경에서의 AMC 공간 활용 효과

비교 항목	수평형 AMC	수직형 AMC	효과
공간 활용성	단층 기반, 면적 점유 큼	다층 적재 가능, 공간 효율 ↑	협소 공간 대응성 향상
주행 안정성	회전 반경 큼, 충돌 위험 ↑	좁은 회전 반경에서도 안정적 주행	통로 충돌 위험 감소
모듈 교체성	일체형 구조로 제약 많음	상·하부 모듈 교체 용이	유지보수 효율성 향상
운영 효율	하역 및 운반 속도 낮음	하역·적재 효율 극대화	물류 생산성 향상

4-6. 향후 발전 방향

본 연구에서 제안한 수직형 AMC의 외형 디자인은 좁은 환경에서의 안정적인 물류 운송을 가능하게 하였으나, 실제 운용 환경에서의 장기적 성능 검증은 추가 연구가 필요하다. 향후 연구에서는 실제 환경 기반 시범 운용 데이터를 수집하여 하중 변화에 따른 무게 중

심 제어, 충돌 방지 알고리즘, 다층 적재 운용 전략을 고도화할 계획이다. 또한 병원, 연구소, 소형 생산설비 등 다양한 협소 공간 환경에 최적화된 모듈형 AMC 디자인을 개발하고, 배터리 효율 개선 및 하이브리드 바퀴 성능을 더 향상해 AMC의 적용 범위를 확장할 필요가 있다. 이를 통해 수직형 AMC는 좁은 환경뿐만 아니라 중대형 물류 공간에서도 효율적인 물류 운용을 실현할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구는 좁은 환경에서의 물류 효율성과 공간 활용성을 극대화하기 위해 수직형 AMC(Autonomous Mobile Carrier)의 외형 디자인을 개발하는 것을 목표로 하였다. 기존 AMC의 한계는 협소한 공간에서 발생하는 주행 불안정성, 다층 적재 시 중심 불균형, 사용자 경험 부족으로 요약되며, 이를 해결하기 위해 모듈화(Modularization), 유연한 수직 이동(Flexible Vertical Movement), 사용자 친화적 인터페이스(User-Friendly Interface)라는 세 가지 핵심 설계 전략을 제시하였다.

설계 과정에서 AMC의 주행 안정성과 기동성을 동시에 확보하기 위해 T형과 H형 베이스 구조의 장점을 통합한 하이브리드형 바퀴 구조를 채택하였다. T형 베이스는 좁은 통로에서 우수한 직진 안정성을 제공하나, 좌우 흔들림에 취약한 한계가 있으며, H형 베이스는 좌우 안정성이 뛰어나지만 회전 반경이 커서 협소 환경에서 제약이 있었다. 본 연구에서 제안한 하이브리드 구조는 두 방식의 장점을 결합하여 좁은 공간에서도 안정적 주행성과 작은 회전 반경을 동시에 실현하였다. 이를 통해 다층 적재 운용 시 발생할 수 있는 중심 불균형 문제를 최소화하였으며, 설계의 합리성을 실험을 통해 검증하였다.(김동현 외, 2021).

또한, 상용 AMR/AMC의 공개 사양을 기준으로 한 형태별 비교 분석을 통해 제안한 디자인의 공간 대응성과 주행 안정성을 검토하였다. 대상으로 MiR100, Keenon T8 등의 회전반경 (0.52~0.55 m, 최소 통로 폭 55~80 cm)을 참고하여, 본 AMC는 폭 800 mm 통로 환경에서도 원활히 주행할 수 있도록 설계되었다. 특히 하이브리드 베이스 구조와 중심부 오픈프레임 설계는 무게중심 안정화 및 진동 억제에 유도하여 실질적인 성능 개선 가능성을 보여준다.

최종 디자인으로 채택한 중심부 개방형 오픈 프레임

구조는 모듈화된 적재 시스템과 양방향 접근성을 제공하여 다양한 크기의 물품을 효율적으로 운반할 수 있도록 하였다. 특히, 상단 디스플레이와 센서 인터페이스를 적용하여 사용자 피드백을 직관적으로 제공하고, 하단 무게 중심 집중 설계를 통해 주행 중 진동과 소음을 효과적으로 억제하였다. 이러한 설계는 병원, 연구소, 소규모 물류창고, 청정실 등 공간적 제약이 큰 환경에서도 높은 적용 가능성을 가진다.

[표 10] 유사 상용 제품 별 비교 분석

항목	상용 AMC 1	상용 AMC 2	상용 AMC 3
제품명	MiR100 ⁹⁾ (2013, 덴마크)	Keenon T8 ¹⁰⁾ (2021, 중국)	LG CLOi Servebot ¹¹⁾ (2020, 한국)
사진			
폭(mm)	600	500	510
높이(mm)	1290	1250	1310
최소 통로폭(mm)	800	550	600-700
회전반경	0.52~0.55m	0.356m	-
적재 방식	상부모듈교체	다층 선반	선반/서랍형 선택

그런데도 본 연구에는 몇 가지 한계가 존재한다. 첫째, 시뮬레이션 중심의 설계 검증으로 인해 실제 환경에서의 프로토타입 실험과 운용 데이터 분석이 제한적이었다. 둘째, 적재물 무게 변화나 예측 불가능한 충돌 상황에서의 기계적 안전성에 대한 충분한 실증 연구가 이루어지지 않았다. 셋째, 사용자의 실제 인터랙션 시나리오를 기반으로 한 UX(User Experience) 평가가 수행되지 않아 사용자 친화성 측면에서 개선 여지가 남아 있다.

향후 연구에서는 실제 프로토타입을 제작하여 다양한 환경에서의 주행 실험을 수행하고, 실시간 센서 데

9) Mobile Industrial Robots A/S, MiR100 Datasheet, 2021.
https://d1ssu070pg2v9i.cloudfront.net/pex/spautomat ionandrobotics/2021/03/03163911/mir100-datasheet _21-1.pdf

10) Keenon Robotics, T8 Product Page, 2021.
 Available: <https://www.keenon.com/product/t8/>

11) LG Electronics, CLOi ServeBot Product Page, 2020. Available: <https://www.lge.co.kr/cloi>

이터를 활용한 자율 주행 알고리즘 고도화 및 사용자 경험 최적화를 병행할 예정이다. 또한, AMC를 물류 자동화 시스템, 병원 로봇 운송 네트워크, 스마트팩토리 환경에 통합 적용하는 방안을 모색하여 산업적 활용성을 극대화하고자 한다.

결론적으로, 본 연구에서 제안한 수직형 AMC의 오픈 프레임 기반 외형 디자인과 하이브리드 베이스 구조는 좁은 환경에서의 공간 활용성과 물류 효율성을 획기적으로 향상할 수 있는 설계 대안으로서 의의를 지닌다. 본 연구가 향후 협소 환경 전용 AMC 설계 및 차세대 물류 자동화 시스템 개발에 이바지할 수 있기를 기대한다.

참고문헌

1. 김동현, 박준, 정은영, '하이브리드 바퀴를 사용한 농업용 전방향 이동 로봇의 설계', 한국지능시스템학회 논문지, 2021.
2. 김서현, 권익현, '물류 및 생산시스템의 효율 향상을 위한 RRT-GRID 알고리즘 기반 자율주행로봇 경로 계획', 한국산학기술학회논문지, 2023.
3. 김진원, 정현경, 주백석, '음의 포아송비 구조를 활용한 협소 공간 극복 이동로봇', 한국정밀공학학회지, 2021.
4. 이동훈, 김동식, 이종호, 김동원, '이동로봇을 위한 실시간 하이브리드 경로계획 알고리즘', 전기학회논문지, 2014.
5. 조정원, 이민혜, 남광우, 이창우, '실내 복도환경에서의 컨벌루션 신경망을 이용한 드론의 자율주행 연구', 한국정보통신학회논문지, 2019
6. 최병희, 강경수, 노예진, 조영근, '실내 물류 환경에서 라이다카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식과 네비게이션 방법', 한국로봇학회논문지, 2022.
7. International Organization for

Standardization (2017). ISO 19649:2017. Mobile robots — Vocabulary. ISO.

8. 0-space.tistory.com/630