

의류 상태관리 자동화를 위한 스마트 로봇타이즈 옷장 시스템 설계

A Smart Robotized Wardrobe System for Automated Clothing State Management

이재경* 김정원* 곽유리* 유용준* 임수빈*

¹홍익대학교 디자인컨버전스학부²부경대학교 공업디자인학과³홍익대학교 산업디자인학과⁴서울대학교 산업디자인학과⁵홍익대학교 디자인컨버전스학부

Jaekyoung Lee* Jungwon Kim* Yuri Gwak* Yongjun Yu* Subin Lim*

¹School of Design Convergence, Hongik University²Dept. of Industrial Design, Pukyong National University³Dept. of Industrial Design, Hongik University⁴Dept. of Industrial Design, Seoul National University⁵School of Design Convergence, Hongik University

박기철**

홍익대학교 기계시스템디자인공학과 교수

Kicheol Pak

Professor, Dept. of Mechanical & System Design Engineering, Hongik University

• Keywords: Zero Labor, Robotized Wardrobe, Clothing Management Automation, Smart Appliance, Life Context-Based UX

1. 서론

현대 주거 환경은 벽식 구조 아파트에서 라멘 구조 아파트로 점진적으로 전환되고 있으며, 이에 따라 실내 공간의 구성과 활용 방식에 대한 재해석이 요구되고 있다. 이러한 변화는 가구 배치의 유연성을 높이는 동시에, 생활 공간 내 스마트 기술과 로봇의 통합 가능성을 확장하는 계기가 되고 있다.

한편 가사 노동의 자동화는 오랜 연구 과제로 다루어져 왔으나, 단일 로봇이나 단일 가전만으로는 가사 전반을 완전히 대체하기 어렵다는 한계가 존재한다. 이는 개별 기기의 기술적 완성도의 문제이기도 하지만, 가사 노동이 본질적으로 다양한 맥락과 판단을 요구하는 복합적 행위임에 기인한다. 그러나 로봇과 스마트 가전의 역할을 적절히 분담하고 유기적으로 융합한다면, 개별 기기의 기술적 한계를 보완하면서도 높은 자동화 수준을 실현할 수 있다. 본 연구는 이러한 관점에서 출발하여, 가사 노동을 Zero Labor에 근접하게 줄이기 위한 통합 시스템을 제안한다.

가사 노동 중에서도 본 연구는 의류 관리에 주목한다. 옷을 개어 수납하고, 세탁이 필요한 옷과 재착용 가능한 옷을 구분하며, 다음 날 입을 옷을 선택하고, 계절에 따라 의류를 개별적으로 관리하는 일련의 과정을 본 연구에서는 '의류의 상태 관리'로 정의한다. 이 상태관리 과정은 일상적이고 반복적이지만, 판단과 수작업이 복합적으로 요구되어 사용자에게 지속적인 노동 부담을 발생시킨다.

이를 해결하기 위해 본 연구는 스마트 IoT 옷장, 십자 레일 기반 소형 로봇, 그리고 로봇과 연동되는 기계식 스마트 옷걸이로 구성된 Robotized 옷장 시스템을 제안한다. 소형 로봇은 옷장 내부의 십자 레일을 따라 이동하며 스마트 옷걸이를 파지하고, 이를 사용자 구역, 세척 구역, 보관 구역 등 각 기능 구역으로 자동 배송한다. 옷장 전면의 거울형 IoT 도어는 날씨, 일정 등 생활 정보를 제공하고, AI 기반 코디 추천 및 착용 시뮬레이션 기능을 통해 아침의 의류 선택 과정을 보조한다. 본 연구에서는 제안 시스템의 구조적 실용성과 사용성을 검증하기 위해 실물 크기의 옷장 목업과 로봇옷걸이 프로토타입을 제작하고, 빔 프로젝터를 활용한 UI/UX 시뮬레이션 실험을 수행하였다. 이를 통해 의류 상태관리의 자동화 가능성과 시스템의 사용자 경험 측면에서의 효용을 탐색하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

2. 선행 연구 및 연구 과정

2-1. 가사 노동 자동화와 스마트 가전의 진화

MIT Sloan(2024)은 생성형 AI와 로봇틱스의 결합이 향후 10년 내 가사 노동의 40%를 자동화할 것으로 전망하였다. 이러한 흐름 속에서 스마트 가전은 단순 자동화를 넘어 사용자 경험 중심의 설계로 진화하고 있다. 강주희·이윤정(2024)은 밀레니얼 세대의 생활가전 구매 경험 연구를 통해 사용자가 제품의 기능적 완성도보다 일상 맥락과의 통합을 더 중요하게 여긴다는 점을 확인하였다.¹ 이는 본 연구가 옷장 시스템을 단순

수납 도구가 아닌 생활 흐름에 통합된 인터랙션 시스템으로 설계하는 방향의 근거가 된다.²

2-2. IoT 기반 스마트 옷장 연구

박학범(2020)은 홈 IoT 자동화 시스템 기반 맞춤형 서비스 연구에서 거주 환경 전반의 데이터를 수집·분석하여 사용자 맞춤 서비스를 제공하는 통합 플랫폼 구조를 제안하였다.⁴ 한편 Korondi & Hashimoto(2003)는 공간 자체에 분산 센서 지능을 부여하여 로봇의 개별 센서 부담을 줄이는 Intelligent Space 개념을 제안하였다.⁸ 이 개념에서 공간은 단순한 물리적 환경이 아니라 센서와 동력원이 협력하는 지능적 인터페이스로 기능한다.⁹ 본 연구는 이를 의류 관리 맥락에 적용하여, 옷장을 의류 상태를 감지하고 분류하는 지능을 가진 공간 가전으로 재해석한다.

2-3. 상부 공간 활용 로봇 연구

Fukui et al.(2014)은 가정용 서비스 로봇의 이동 방식 연구에서 거주자와 로봇이 바닥 공간을 공유하는 것이 안전과 효율 측면에서 바람직하지 않음을 지적하였다.⁶ 특히 인간과 로봇이 공간을 분리하여 사용하는 설계 원칙은, 본 연구에서 소형 로봇이 옷장 내부의 상부 레일 공간만을 이동 영역으로 삼는 구조적 근거가 된다.

2-4. AI 기반 의류 추천 및 사용자 경험

Chao et al. (2009)은 웹캠 영상에서 색상 히스토그램, LBP, HOG 등의 특징을 추출하여 실시간 패션 스타일을 인식하고 추천하는 스마트 미러 시스템을 제안하였다.⁵ 이 연구는 입력 데이터의 현실적 변동에 강한 특징 선택 프레임워크를 제시함으로써 착용 모습 기반 AI 추천 시스템의 가능성을 보였다. 이러한 선행 연구를 바탕으로 의류 인식 AI와 착용 시뮬레이션 기능을 옷장 도어 인터페이스에 통합하여 아침 의류 선택 과정의 인지적 부담을 줄이는 방향을 모색한다.

2-5. 바디스토밍을 통한 Pain Point 도출

선행 연구 검토와 병행하여, 본 연구는 실제 사용 맥락에서의 행동 관찰을 통해 의류 관리의 구체적 Pain Point를 도출하고자 바디스토밍(Bodystorming) 기법을 적용하였다. 20대~70대 남녀 5인(20대 대학생 3명, 40대 주부 1명, 70대 노인

1명)을 대상으로 실제 주거 공간에서 외출 전후 의류 관리 행동을 관찰하였으며, 관찰 후 반구조화 인터뷰를 통해 불편 사항을 추가 확인하였다. 주요 관찰 항목은 의류 탐색 및 선택 시간, 수납 위치별 접근성, 임시 보관 행동, 정리 상태 유지 여부, 동선 효율성으로 설정하였다.

관찰 결과, 옷을 찾고 꺼내는 데 소요되는 시간, 높은 위치 수납의 불편함, 준비한 옷을 바닥침대에 임시로 두는 반복 행동, 탐색 과정에서 정리된 옷이 흐트러지는 문제, 수납 공간 분산으로 인한 동선 낭비가 공통적으로 확인되었다. 이를 통해 의류 관리의 어려움이 수납 공간 부족이 아닌, 탐색·인출·정리·상태 판단으로 이어지는 미세 행동(micro-behavior)의 누적에서 비롯됨을 확인하였다.

기존 스마트 옷장 연구가 환경 모니터링이나 의류 추천에 집중하여 실제 생활 맥락의 미세 노동(micro-labor)을 충분히 다루지 못한 반면, 본 연구는 직접 도출한 Pain Point를 설계의 출발점으로 삼아 IoT 옷장·십자 레일 기반 소형 로봇·기계식 스마트 옷걸이를 통합한 Zero Labor 자동화 시스템을 제안한다.

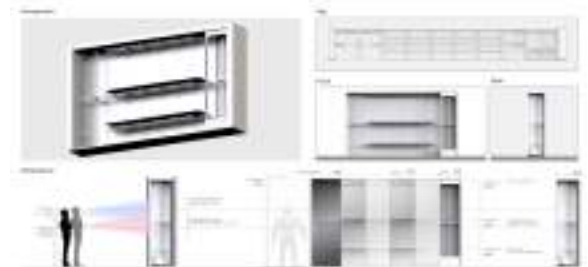
3. 시스템 설계

3-1. 시스템 개요

본 연구에서 제안하는 Robotized 옷장 시스템은 스마트 IoT 옷장, 십자 레일 기반 소형 로봇, 기계식 스마트 옷걸이의 세 가지 구성 요소로 이루어진다. 세 요소는 각각 독립적으로 기능하면서도 유기적으로 연동되어, 의류의 수납·분류·추천이 자동으로 이루어지는 Zero Labor 환경을 구현한다.



[그림 1, 2] 스마트 IoT 옷장 내부



[그림 3] 스마트 IoT 옷장 구조

3-2. 레일 기반 소형 로봇

소형 로봇은 옷장 내부 상단에 설치된 십자형 레일을 따라 X·Y 방향으로 자유롭게 이동하며, 스마트 옷걸이를 파지하여 옷장 내 각 기능 구역으로 운반하는 역할을 담당한다. 로봇이 옷장 상부 레일 공간만을 이동 영역으로 사용함으로써 사용자의 동선과 완전히 분리되며, 필요한 순간에만 옷장 입구 사용자 접점 존으로 의류를 전달한다. 이는 Fukui et al.(2014)이 제안한 인간-로봇 공간 분리 원칙을 가전 내부 환경에 적용한 것이다.⁷

로봇은 세 가지 센서를 통해 의류 상태를 인식한다. 무게 감지 센서는 옷걸이에 걸린 의류의 무게를 측정해 의류 종류를 파악하고 주머니 속 물건 유무를 감지한다. 카메라 센서는 입구에 설치되어 의류의 구체적인 종류와 오염도·청결도를 인식한다. RFID 센서는 옷의 시스템 데이터베이스에 의류 종류와 옷걸이 번호를 세트로 기억하여 개별 의류의 이력을 관리한다. 세 가지 센서의 데이터를 종합하여 로봇은 각 의류를 적절한 기능 존으로 자동 분류한다.



[그림 4] 옷장 내부 로봇



[그림 5] 옷장 내부 로봇 및 레일 구조



[그림 6] 로봇 센서 (좌: 무게 감지 센서, 중: 카메라 센서, 우: RFID 센서)

3-3. 기계식 옷걸이

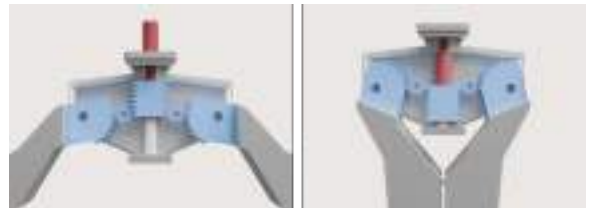
스마트 옷걸이는 소형 로봇과 물리적으로 연동되는 핵심 인

터페이스 요소이다. 옷걸이 상단에는 로봇이 파지할 수 있는 결합 구조가 설계되어 있으며, 로봇이 옷걸이를 붙잡아 레일 위를 이동함으로써 의류가 각 존으로 자동 운반된다.

옷걸이와 로봇의 인터랙션은 트리거라 불리는 결합 구조를 통해 이루어진다. 트리거를 당기고 누르는 간단한 원리로 로봇과의 결합 및 해제가 이루어지며, 의류 이동 시에는 트리거를 회전시키는 방식이 추가된다. 총 2자유도의 단순한 메커니즘을 통해 옷걸이와 의류는 로봇과 유기적으로 연동된다.



[그림 7] 옷걸이와 로봇의 연결 (좌: 결합준비, 중: 하강 및 결합, 우: 회전 및 제어)



[그림 8] 로봇 트리거 내부 구조도

3-4. 기능 구역 구성

옷장 내부는 의류 상태관리의 흐름에 따라 세 가지 기능 구역으로 나뉜다. 사용자 구역은 옷장 입구에 위치하며, 로봇이 예약된 의류를 이곳으로 이동시켜 사용자가 쉽게 꺼낼 수 있도록 한다. 세척 구역은 기존의 의류 관리 가전과 유사하게 한 번 착용한 의류를 가볍게 관리하는 구역으로, 세탁이 필요하지 않은 옷의 임시 보관 문제를 해결한다. 또한, 세탁 대기 구역은 세탁이 필요한 의류를 분리·보관하는 구역으로, 로봇이 해당 의류에 도킹 시 행거 암이 접히며 의류가 자동으로 분리 투하된다. 보관 구역은 계절별·용도별로 의류를 장기 보관하는 구역이며, 로봇이 자동으로 분류하여 배치한다.



[그림 9] 사용자 구역, 옷장 입구



[그림 10] 세척 구역 및 빨래 널링 구역



[그림 11] 보관 구역

3-5. IoT 도어 인터페이스

옷장 전면 거울형 IoT 도어는 시스템의 주요 사용자 인터페이스로 기능한다. Chao et al.(2009)의 스마트 미러 연구에서 제안된 실시간 의류 인식 프레임워크를 참조하여, 카메라 또는 센서 방식으로 사용자의 체형과 의류 이미지를 인식한다. 이를 기반으로 AI 기반 착용 시뮬레이션을 통해 실제로 입어보지 않고도 코드를 확인할 수 있다. 또한 당일 날씨·일정 등 외부 정보와 연동하여 기온·강수 여부에 적합한 코드를 제안함으로써, 사용자가 아침 의류 선택에 소요하는 인지적 부담을 최소화한다.



[그림 12] 스마트미러 인터페이스



[그림 13] 체형과 의류 이미지를 인식한 가상 시뮬레이션 인터페이스

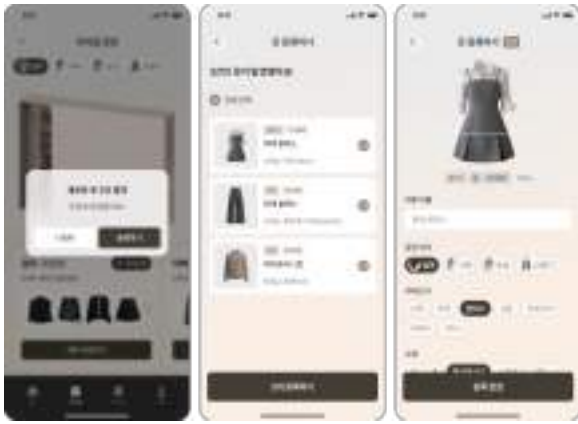
3-6. 모바일 앱 인터페이스

모바일 앱은 사용자가 옷장 시스템을 공간의 제약 없이 제어하고 모니터링할 수 있도록 설계된 보조 인터페이스로, IoT 도어 인터페이스(스마트 미러)와 실시간으로 연동된다. 홈 화면에서는 가족 구성원별 옷장 현황을 한눈에 파악할 수 있으며, 세탁이 필요한 의류와 스타일러 작동 상태를 통합적으로 확인할 수 있다.³

세부 기능은 다섯 가지로 구분된다. 첫째, 계절별 옷 관리 기능으로 사용자 및 가족 구성원별 계절 프리셋을 설정하고 즐겨 찾는 의류를 등록할 수 있다. 둘째, 옷 등록 기능으로 옷걸이에 부착된 RFID를 통해 새로운 의류가 감지되면 앱에서 알림을 수신하고 의류 정보를 등록할 수 있으며, 옷장 내부를 3D 뷰로 확인할 수 있다. 셋째, 의류 예약 기능으로 다음 날 착용할 코드를 세트 또는 개별 조합 방식으로 시뮬레이션하고 예약 시간에 맞춰 해당 의류가 자동 반출되도록 설정할 수 있다. 넷째, 세탁물 이동 기능으로 세탁이 필요한 의류를 앱에서 선택하면 로봇이 해당 의류를 세탁 바구니로 이송한다. 다섯째, 날씨 연동 추천 기능으로 당일 기온과 날씨 데이터를 기반으로 사용자의 착용 이력을 반영한 코드를 제안한다. 이처럼 모바일 앱은 단순한 원격 제어 도구를 넘어, 사용자의 의류 관리 루틴 전반을 지원하는 생활 맥락 기반 인터페이스로 기능한다.



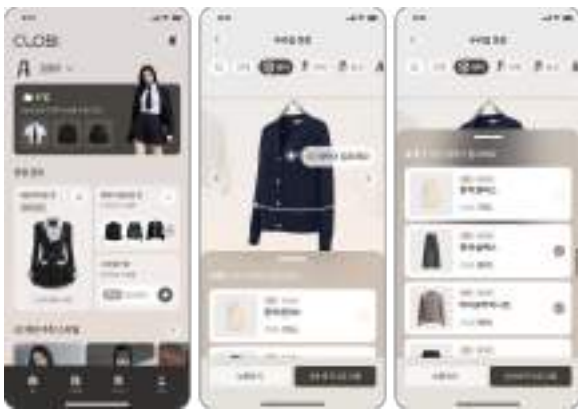
[그림 14] 계절별 옷 관리 기능 화면



[그림 15] RFID 의류 감지 및 의류 정보 등록 화면



[그림 16] 의류 예약 화면



[그림 17] 세탁물 이동 화면

4. 프로토타입 제작 및 검증

4-1. 개요

본 연구에서는 앞서 도출한 의류 관리 과정의 비효율과 사용자 미세노동을 해결하기 위해, 사용자의 생활 방식과 의류 사용 흐름을 분석하고 레일 시스템 기반의 스마트 Robotized 옷장 시스템을 설계하였다. 제안된 시스템은 의류를 자동으로 분류수납하고, 사용 상황에 적합한 의류를 추천함으로써

사용자의 의류 관리 부담을 줄이는 것을 목표로 한다.

4-2. 로봇 및 옷걸이 프로토타입

시스템의 구조적 실용성과 사용성을 검증하기 위해 실물 크기의 옷장 목업, 소형 레일 로봇 프로토타입, 그리고 스마트 옷걸이 프로토타입을 제작하였다. 옷장 프로토타입은 가벽과 폼보드를 활용하여 실제 사용 환경과 동일한 스케일로 구현하였으며, 이를 통해 레일 배치 구조와 이동 가능 범위를 검증하였다. 또한 레일을 따라 이동하는 로봇과 회전 가능한 옷걸이 구조를 적용하여 의류의 자동 이동 및 수납 가능성을 검증하였다.



[그림 18] 로봇 프로토타입



[그림 19] 옷걸이 프로토타입

4-3. UI/UX 검증

IoT 도어 인터페이스의 사용성 검증을 위해 빔 프로젝터를 활용한 시뮬레이션 실험을 진행하였다. 가벽에 투사된 화면을 통해 사용자와의 상호작용을 직접 경험하게 함으로써, 원활한 사용이 가능한 옷장 규격과 옷걸이 높이를 규정하고 UI 화면에 표시되는 정보의 크기와 배치를 결정하였다. 5명의 사용자를 대상으로 한 실사용 검증을 통해 인터페이스의 레이아웃과 정보 흐름의 사용성을 평가하였다.



4-4. 검증 결과

프로토타입 제작 및 실험을 통해 십자 레일 기반 로봇의 이동과 스프링 래치 메커니즘을 적용한 옷걸이 파지 구조의 실현 가능성을 확인하였다. UI/UX 검증 결과, 사용자 인지 과정은 시선 영역과 손 도달 영역으로 구분되었으며, 의류 인출 공간은 IoT 도어 우측에 위치해야 함을 도출하였다. 다만 실제 액추에이터 탑재 로봇의 레일 이동 성능 및 하중 조건에서의 회전 상호작용 검증은 향후 과제로 남아 있다.

검증 결과, 거울형 인터페이스 인지 최적 높이는 1500mm, 의류 인출 최적 높이는 900~1100mm로 확인되었다. 수납 영역은 사용 빈도와 의류 길이에 따라 하단 600mm(하의-계절 아이템), 중간 930mm(데일리 상의), 상부 1320mm(아우터-시즌 오프)로 구분하였다. 이는 관찰에서 확인된 탐색 시간, 높은 위치 수납 불편함, 동선 낭비를 줄이기 위한 기준이다.

최종 설계는 전체 높이 3175mm, 거울형 인터페이스 960mm, 일반 도어 750mm, 스타일러 연동 구역 700mm 폭으로 구성되었으며, 사용자 관찰 및 프로토타입 검증에서 도출된 1500mm 시선 기준, 900~1100mm 손 도달 기준, 600/930/1320mm 수납 영역이 반영되었다.

5. 결론

본 연구는 반복적인 의류 상태관리 노동을 Zero Labor에 근접하게 줄이기 위한 통합 시스템을 제안하였다. 스마트 IoT 옷장, 십자 레일 기반 소형 로봇, 스프링 래치 메커니즘을 적용한 기계식 스마트 옷걸이를 유기적으로 결합함으로써, 개별 기기의 기술적 한계를 상호 보완하면서도 높은 수준의 자동화를 실현할 수 있음을 확인하였다.

본 연구의 핵심적인 의의는 첨단 기술의 고도화 없이도, 가전과 로봇의 역할 분담과 협업 설계를 통해 충분한 생활 효용을 달성할 수 있다는 가능성을 제시한 데 있다. 이는 향후 가정 내 다양한 가사 노동 영역에서 로봇-가전 통합 설계 방식이 유효한 접근임을 시사한다.

향후 연구에서는 더 많은 사용자를 대상으로 한 UI/UX 검증 실험을 확대하고, 실제 액추에이터를 탑재한 로봇과 레일-옷걸이 간의 구동 성능을 실증함으로써 시스템의 완성도를 높여 나갈 계획이다.

참고문헌

- 강주희, 이윤정. (2024). 밀레니얼 세대의 생활가전 구매 경험에 관한 탐색적 연구. 한국디자인포럼, 29(1), 263-280.
- 건조욱, 김용구. (2025). 스마트 가전제품 평가 차이의 영향 요인에 관한 연구 -MZ세대 1인 가구와 일반 가구를 중심으로-. 한국과학예술훈합학회, 43(4), 13-28. doi:10.17548/ksaf.2025.09.30.13
- 김현서. (2025). 가전 AI Level 개발을 통한 사용자 경험 멀티모달 AI UX 개선 연구 : 세탁기 사례를 중심으로. 한동대학교 석사학위 논문, 포항, 한국.
- 박학범. (2020). 홈 IoT 자동화 시스템 기반 맞춤형 서비스 연구. 배재대학교 박사학위 논문, 대전, 한국.
- Chao, X., Huiskes, M. J., Gritti, T., & Ciuhu, C. (2009). A framework for robust feature selection for real-time fashion style recommendation. Proceedings of the 1st International Workshop on Interactive Multimedia for Consumer Electronics (IMCE '09), 35-42. doi:10.1145/1631040.1631047
- Fukui, R., Morishita, H., Mori, T., & Sato, T. (2014) HangBot: A Ceiling Mobile Robot with Robust Locomotion under a Large Payload: Basic Design and Development of Key Mechanisms. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.
- Gupta, A., & Parker, G. G. (2024, March 7). What's Next for Generative AI: Household Chores and More. Retrieved from
- Korondi, P., & Hashimoto, H. (2003). Intelligent Space, as an Integrated Intelligent System. Electrical Drives and Power Electronics International Conference, Slovakia.
- Prakasa, F. B. P., Maiga, J., & Suyoto. (2019). IoT-Based Smart And Healthy Wardrobe System. 2019 International Conference of Artificial Intelligence and Information Technology (ICAIIIT), 119-123. doi:10.1109/ICAIIIT.2019.8834592