ISSN 2509-2817 KiDRS Korea Institute of Design Research Society 통권 29호, 2023. Vol.8 No.4

전자 폐기물 회수 로봇 개발을 위한 사용자 중심 서비스 디자인 방향성 제안

H대학 전자 폐기물의 지속 가능한 발전중심

A Study on a User-Centric Service Design Direction Proposal for the Development of an Electronic Waste Collection Robot

Focusing on Sustainable Development of Electronic Waste in H University Campuses

주 저 자 : 장새난 (Zhang, Sai Nan) 한양대학교 디자인대학 커뮤니케이션디자인학과 박사과정

교 신 저 자 : 송지성 (Song, Ji Sung) 한양대학교 디자인대학 커뮤니케이션디자인학과 교수
jssong@hanyang.ac.kr

https://doi.org/10.46248/kidrs.2023.4.470

접수일 2023. 11. 24. / 심사완료일 2023. 12. 03. / 게재확정일 2023. 12. 11. / 게재일 2023. 12. 30.
본 논문은 2023년도 정부(교육부, 산업부)의 재원으로 한국디자인진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(신기술융합디자인 혁신인재양성사업)

Abstract

The management of electronic waste represents a challenge in the advancement of environmental sustainability. At H University's campus, the necessity for improvement in this area has been identified, with major issues being pinpointed through literature and case studies, as well as stakeholder needs analysis. Surveys and in-depth interviews were conducted with students, faculty, and campus janitorial staff. The research identified design contents The goal is to enhance the efficiency of electronic waste disposal services on campus through the introduction of an ICT-based e-waste collection system. A service designt, based on deep learning models, in effectively implementing e-waste collection services at H University. This research provides innovative solutions for the effective collection of e-waste generated on campus.

Keyword

Electronic waste recycling robot (전자 폐기물 회수 로봇) ICT (Information and Communication Technology) platform ICT 플랫폼, Sustainable development 지속 가능한 발전, Service design 서비스 디자인

요약

전자 폐기물 처리는 환경 지속 가능성 발전의 도전 중 하나이다. 이 연구는 H 대학 캠퍼스 내에서 이러한 문제가 된 개선의 필요성을 발견하였으며, 문헌 및 사례 조사와 이해당사자 요구분석을 통해 현재 주요 문제점을 파악하였다. 학생, 교직원, 캠퍼스 환경미화원을 대상으로 설문조사와 심층 인터뷰를 진행하였다. “심리스 집적” “적응 학습“” 지식 보급“ ”참여 독려"의 디자인 콘텐츠를 식별하였다. ICT 기반의 캠퍼스 전자 폐기물 회수 시스템을 도입하여 캠퍼스에서 전자 폐기물 처리 서비스 효율성을 향상하는 것을 목표로 한다. 사용자 중심으로 각 이해당사자들의 경험을 서비스 디자인 방향을 제안하였다. 딥 러닝 모델을 기반으로 ICT 전자 폐기물 회수 로봇은 H 대학 캠퍼스 전자 폐기물 회수 서비스 과정에서 효과적인 실행 가능성이 있다는 것을 연구 결과를 도출하였다. 캠퍼스 내에서 발생하는 전자 폐기물의 효과적인 회수를 위한 혁신적인 해결책을 제공이 되기를 기대한다.

목차

1. 서론

1-1. 연구 배경 및 목적
1-2. 연구 범위와 방법

2. 이론적 고찰

2-1. 딥 러닝 모델의 정의
2-2. 국내외 지능 회수 로봇 응용사례
2-3. 전자 폐기물 문제 현황
2-4. 국·내외 대학의 해결 사례

3. 사용자 조사 및 시사점 도출

3-1. 설문조사
3-2. 심층 인터뷰
3-3. 페르소나
3-4. 사용자여정지도
3-5. 시사점도출

4. 연구 결과

4-1. 전자 폐기물 회수 로봇 디자인 개념
4-2. 서비스 프로토타입 개발
4-3. 서비스 블루프린트 제언

5. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구의 배경 및 목적

환경보호에 대한 사회적 의식의 확대로 인해 쓰레기 분류는 전 세계적인 문제가 되었다. 쓰레기로 인한 환경오염을 해결하기 위해 많은 연구자는 쓰레기 분류 분야의 혁신적인 방안을 탐구하기 시작했다. 현대 사회에서 가장 빠르게 증가하는 쓰레기는 전자 폐기물(e-waste)이다.[1] 5G 시대의 도래와 IoT의 보급으로 전자 제품이 급속도로 생산되고, 전자 장비 사용의 증가로 인해 전자 폐기물이 증가하고 있지만, 재활용률은 20% 미만에 불과하다.[2] 유엔은 전자 폐기물을 배터리나 플러그가 있는 폐기물로 정의하며, 이 중에는 수은과 같은 유해 물질이 포함되어 있어 인간과 환경에 심각한 위험을 초래한다. 유엔의 최근 보고서에 따르면 2019년에 전 세계적으로 버려진 전자 폐기물은 약 5360만 톤으로, 2030년까지 7470만 톤으로 증가할 것으로 예상된다.[3] 또한 이에 대한 적절한 해결 조처를 하지 않는다면 이 수치는 2050년 120 백만 톤에 달할 것으로 예상된다. 전자 폐기물의 증가 속도에 비해 재활용률은 20% 수준으로 매우 낮기 때문에, 처리가 불가능한 나머지 80%가 매립지에 폐기되어 사회 전반에 해를 끼치고 있다.[4]

1) 한인포스트[웹사이트].(2023년.9월.12일). URL:https://haninpost.com/archives/46185

2) Savage, M.; Ogilvie, S. Implementation of the Waste Electric and Electronic Equipment Directive in the EU; Institute for the Prospective Technological Studies, European Commission Directorate-general Joint Research Centre: Seville, Spain, 2020.

3) e4Ds[웹사이트]. (2023년.9월.12일). URL:https://www.e4ds.com/sub_view.asp?ch=6&t=0&idx=12825

4) WEEE포럼[웹사이트]. (2023년.9월.23일) URL:https://weee-forum.org/ws_news/too-much-e-waste-ends-up-in-the-bin-international-e-waste-day-to-focus-on-the-role-of-consumers-in-improving-rates-of-reuse-refurbishment-and-recycling/

현대의 빠르게 발전하는 IT 시대에서 일상생활에서 빠질 수 없는 전자제품 폐기물을 효과적으로 해결하기 위해 우리 생활환경을 크게 개선하고 있는 인공지능 기술을 이용할 수 있다. 특히 딥 러닝 모델 기반의 인공지능 로봇은 실생활에 널리 활용되고 있으며, 특징 추출과 목표 감지 등에서 큰 발전을 이루고 있다. 따라서 본 연구는 전자 폐기물을 지능화하여 분류하는 방안을 연구하여 딥 러닝 하의 지능형 전자 폐기물 재활용 로봇 ICT 디자인을 제안한다. 전자 폐기물 분류 전 과정을 투입, 수집, 처리 및 피드백의 과정을 거쳐 해당 기술을 실현하며, 이를 통해 인력 자원의 소모를 줄이고 교내 사용자의 전자 폐기물 재활용 서비스 효율성을 향상할 수 있다.

1-2. 연구범위와 방법

본 연구는 학내 전자 폐기물의 효과적인 처리를 위해 기능 인식 및 효율적인 재활용에 중점을 둔다. 구체적인 연구 방법은 다음과 같다.

첫째 조사를 통해 H 대학 캠퍼스 내 전자 폐기물 처리 서비스가 미완성 상태임을 발견하였다. 둘째 국내외 스마트 폐기물 재활용 서비스 플랫폼의 사례를 추가로 분석하였고, 국내외 대학 캠퍼스에서 전자 폐기물에 대한 대응 정책 서비스를 조사한 후 새로운 서비스 제안의 필요성을 확인하였다. 셋째 실증 연구에서 H 대학의 E 캠퍼스 학생을 대상으로 설문 조사를 진행하였으며, SPSS 통계를 이용하여 학생들의 전자 폐기물 수집 분류 처리 경험 및 현황 관련 데이터를 분석하였다. 이러한 데이터를 통해 디자인 주제를 도출하고 관련 이해당사자와 깊은 인터뷰를 통해 전자 폐기물 처리 과정에서 겪는 일상적 문제를 명확히 한 후, 최종적으로 서비스 사용자의 페르소나 및 여정도를 작성하였다. 서비스 개념을 구체화하기 위해 이를 기반으로 ict 플랫폼의 디지털 프로토타입을 제작하였다. 넷째, ICT 전자 폐기물 재활용 로봇의 스마트 서비스 블루프린트를 통해 최종 서비스를 제안하고자 한다.

본 연구의 범위는 전자 폐기물의 스마트 인식 및 재활용 서비스 로봇을 생성하는 것으로, 학생들이 학내

일상생활에서 발생하는 전자 폐기물을 배출하는 문제를 해결하는 데 도움을 주려는 것이다.

2. 이론적 고찰

2-1. 딥 러닝 모델의 고찰

인공지능은 많은 분야에서 눈부신 성과를 이루었다. 특히, 딥 러닝은 2006년 처음 제안되었다(Bengio, 2009)[5], 이는 이미지 인식과 온라인 검색에서 특히 뛰어난 성능을 보였다. 이 기술을 활용하여 이미지의 핵심 특성을 빠르게 포착하고 정확하게 분류할 수 있다. 예를 들면, 일부 투명한 PET병과 캔에는 인공지능을 통한 자동 수집기가 장착되어 있어 사용자로부터 널리 칭찬을 받았으며, 더 많은 주민의 참여를 유도하였다. 이에 따라 인력 참여 리사이클링 비용이 절감되었다.[6] 또한 "썰물 로봇"이라는 장치는 음성 인식 기술을 활용하여 쓰레기를 분류하고 처리할 수 있으며, [그림1] 혼란스러운 환경에서도 효과적으로 분류할 수 있다. 이 로봇은 70가지 완전히 다른 물체를 분류하고 11개의 다른 카테고리로 분류할 수 있으며 현재 인식률은 85%에 달한다.[7] 그뿐만 아니라 NOWAKOWSKI는 2018년에 깊은 학습을 기반으로 한 통합 온라인 모델을 제안하여 사용자의 리사이클링 및 등록 데이터를 실시간으로 수집하고 분석할 수 있었다 [8], 또한 Zhang, H(2023)[9]. 년에 폐기물 분류를 위한 깊은 학습 모델을 추가로 최적화하였다. 이로써 높은 정확도와 효율성이 보장되었다. 이러한 기술의 성숙함에 따라, 가까운 미래에 로봇이 청소 업계에 혁명을 가져올 것으로 예상된다. 인공지능의 엄청난 잠재력을 감안할 때, 깊은 학습 기반 로봇은 이미 전자 폐기물 리사이클링 분야에서 활약하고 있으며, 정보 및 통신 기술(ICT)과 결합하여 폐기물의 정확한 분류와 처리를 보장하고 전자 폐기물의 리사이클링 및 재사용을 강력하게 지원하고 있다. 이를 통해 관련 운영 비용이 크게 절감되었다.

딥 러닝과 결합하여, 전자 폐기물 리사이클링은 새로운 기회를 맞이했다. ICT의 통합을 통해 폐기물의 효율성을 최적화하고 자원을 절약할 수 있다. ICT와 딥러닝의 활용은 식별 및 분류: 첫째 딥러닝 알고리즘은 다양한 유형의 전자 폐기물을 식별하도록 훈련될 수 있다. 둘째 적응 및 학습: 더 많은 유형의 전자 폐기물과 함께 딥 러닝은 로봇이 재활용해야 하는지, 폐기해야 하는지 또는 다른 재료를 가장 효과적으로 분리하는 방법과 같은 인식 및 처리 기술을 지속해서 향상할 수 있도록 하다. 셋째 물류 및 처리 프로세스 최적화: ICT는 수집, 운송에서 분류 및 처리에 이르기까지 전체 재활용 프로세스를 최적화하는 데 도움이 될 수 있다.[10]

이에 ICT와 딥러닝을 서브 디자인 방향 제안으로 고려하여 전자폐기물 수거 과정의 효율성을 제고하고자 합니다. 재활용 프로그램을 관리하고 데이터 분석을 통해 재활용 효율을 최적화하고 자원을 절약할 것이다.

[그림 1] 구글이 공개한 AI 로봇 RT-2. 스스로 학습을 통해 지시 수행

2-2. 국내외 지능 회수 로봇 응용사례

전통적인 쓰레기 분류 시스템에 비해 지능형 분류 시스템은 무인화, 자체 서비스화를 통해 인력 비용을 절감하고 분류 효율을 향상하는 장점이 있다. 더 나아

5) Bengio, Y. Learning deep architectures for AI. Foundations and trends® in Machine Learning, 2009.

6) 아시아투데이[웹사이트]. (2023년 9월 21일). URL:https://www.asiatoday.co.kr/view.php?key=20230628010015096

7) Nowakowski, Piotr, Krzysztof Szwarc, and Urszula Boryczka. Vehicle route planning in e-waste mobile collection on demand supported by artificial intelligence algorithms. Transportation Research Part D: Transport and Environment 2018, pp.2-7.

8) Han, S., Ren, F., Wu, C., Chen, Y., Du, Q., & Ye, X. Using the tensorflow deep neural network to classify mainland China visitor behaviours in Hong Kong from check-in data. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2018, p.158.

9) Zhang, H., Cao, H., Zhou, Y., Gu, C., & Li, D. Hybrid deep learning model for accurate classification of solid waste in the society. Urban Climate,2023, p.101485.

10) Peng, W., & Su, D. Novel ICT system for recycling and eco-shopping. Sustainability, 2022, p.7687.

가, 사람들의 전자 폐기물 회수에 대한 인식을 높이고 적극성을 끌어올리기 위해 일부 보상 메커니즘이 도입되었다. 예를 들면, 애플은 자체적으로 자사 제품을 회수하고 있다. 그러나 이는 특정 유형의 제품을 회수하는 데만 적용된다. 즉, 사용자가 인간의 도움 없이 편리하게 제품을 폐기 및 회수할 수 있는 기능을 제공하는 방안은 거의 없기 때문에 전자 폐기물 회수의 효율성을 최적화할 필요가 있다. 예를 들어, ReciclaGana www.reciclaygana.org (2023년 8월 25일 방문)에서 개발한 지능형 쓰레기통은 전자 바코드를 사용하여 회수된 제품을 추적한다.[11] 그러나, 회수 과정은 인터넷을 통해 이루어질 수 없으므로 사용자는 지정된 위치를 알 수 없다. 또한, ICT 지원 부족으로 인해 소비자의 계정에 보상이 기록되지 않는 한계가 있다. 즉시 쿠폰이나 포인트가 표시되지 않아 사용자의 경험에 영향을 미치고 재활용 활동에 대한 참여 의욕을 감소시킨다. 많은 선행연구는 ICT의 사용을 테스트하고 검증하였으며, 스마트 시티 환경에서 사용자의 경험을 표현하는 가능한 방법들을 제시하였다.[12] 따라서 ICT를 기반으로 한 지능형 회수 시스템을 설계하여 전자 폐기물 처리 비용을 절감하고 사용자 참여를 적극적으로 유도해야 한다. 국내외 여러 사례들을 살펴보면, 인공지능이 참여하는 폐기물 정리 및 회수의 서비스 품질이 지속해서 향상되고 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구는 시스템 서비스 디자인 개발 연구의 참조자료로서 현재 폐기물 회수 로봇의 예시를 분석하였다.[표 1]과 같아.

[표 1] 스마트 회수 서비스 로봇 사례

이미지	서비스	한계	제시된 해결책
ALBA 싱가포르 alba-ewaste.sg	공식 홈페이지를 방문하여 가장 가까운 수거장소를 찾아 수거안내를 받은 후 기기 설정장소로 이동수거를 도와준다.	소비자는 회수 인센티브 프로그램을 받을 수 있지만, 별도로 분류해야 한다.	딥 러닝 기반 자동 분류, 운영 프로세스 감소, 전반적인 서비스 효율성을 향상한다.
Reciclaygana 스페인 www.reciclaygana.org	AI 음성 인식, 넘침 경고, 자동 열림, 휴지통 옆에 서서 음성 깨우기 서비스를 통해 "AI 음성 스마트 휴지통은 대응하는 휴지통에 손의 쓰레기를 넣으면 된다"고 안내한다.	회수 작업은 인터넷을 통해 할 수 없으므로 사용자는 그들이 모를 수 있는 지정된 장소로 이동해야 한다.	ICT 기반 재활용 시스템은 재활용 프로세스가 온라인으로 QR 코드 추적성, 사용자 식별, 사용자 개인 정보 보호 및 다국어 지원 동시 포인트를 수행할 수 있도록 하여 재활용에 대한 사용자의 긍정적인 행동을 보상한다.
Mintit 한국 www.etnews.com	IT 기술을 사용하여 통신회사 매장의 중고 휴대폰 수거함을 확장한다. 모바일 앱과 매장 직원을 통해 점검 Mintit Control Center에서 최종 금액을 고객에게 전달하고 고객이 동의하면 사용하던 휴대폰을 Mintit 박스에 넣어 결제할 수 있다.	휴대폰 수거용으로만 사용되며 브랜드에 제한이 있을 수 있다.	사용자 집단의 다양한 수요를 고려하여, 응용 프로그램은 서로 다른 종류의 전자 폐기물을 대상으로 한다.

11) Gent, E. Smart waste collection service launched in Spain. Engineering and Technology E&T, 2014.

12) Sobnath, D., Rehman, I. U., & Nasralla, M. M. Smart cities to improve mobility and quality of life of the visually impaired. Technological Trends in Improved Mobility of the Visually Impaired, 2020, pp.3-12.

 I Trash 중국 대만 www.itrash.com.tw	유유카드를 꽂고 PE,캔, 알루미늄 캔 순으로 투입하고 화면에 투입수량 표시금액 확인 후 거래 완료 카드 및 영수증을 회수할 수 있다.	실물 카드로 기록해야하며, 모바일 플랫폼 없이 통신이 불가능하다.	디지털 아날로그 및 모니터링, 네트워크 기반 통신 서비스와 같은 개인 사용자를 지원한다.
 Trashbot 미국 cleanrobotics.com	Trashbot은 센서와 비전 기술을 이용해 쓰레기의 재료를 식별하고 분류한다. 센서와 클라우드 처리를 통해 쓰레기 투입 상황을 감지하고, 지역 사회의 쓰레기 투기 상황에 따라 실시간 업데이트를 진행한다.	존 재활용 시스템은 전자 제품이 아닌 일반 쓰레기의 식별 분류에 국한된다.	개발된 서비스 방법은 다양한 제품을 회수하는 데 적용할 수 있다.

2-3. 전자 폐기물 문제 현황

본 연구는 H 대학의 e 캠퍼스에서 전자 폐기물 처리 문제를 해결하고, 전자 폐기물 처리 효율 향상하는 것을 목표로 한다. 현재 캠퍼스 내에는 체계적인 전자 폐기물 수집 및 재활용 서비스 정책이 구축되어 있지 않은 실정이다. H 대학의 학생들은 기숙사에서의 생활뿐만 아니라, 많은 학생이 학교 주변에서 거주하고 있기 때문에 더 많은 생활 전자 폐기물이 발생할 수 있다. 하지만 폐기된 전자 제품들이 효과적으로 처리되고 있지 않다. 대부분 학생이 발생시킨 전자 폐기물은 임의로 버려지거나 일부 사용하지 않는 공간에 쌓여있고, 결국 작은 전자 장치들은 쓰레기통에 버려진다. 특히 코로나19로 주춤했던 국내 대학 외국인 유학생 수가 다시 늘고 있다 한국교육개발원 교육통계에 따르면, 2022학년도 4월 기준 국내 대학의 유학생 수는 16만 6892명으로 역대 최대를 기록했다[13]. 일부 외국 유학생들은 관련 정책 및 규정에 대한 잘 모르는 상황이라 임의로 폐기하는 경우가 많이 나타난다. [그림 3]는 현제 배터리 수거함만 설치돼 있는 걸로 알고 있다 [그림 4]과 같이 학교 주변 도로에서 버려진 전자 폐기물을 볼 수 있다. 이처럼 전자 폐기물 회수 및 재활용에 대한 홍보가 부족한 상황으로 예측한다.

[그림 3] 학교 기숙사 아래층에 설치된 배터리 수납함

[그림 4] 캠퍼스 부근 길가에 버려진 전자 폐기물

2-4. 국내외 대학의해결 사례

국내외 대학 캠퍼스들은 환경의 지속 가능한 발전을 위해 노력하고 있다. 최 등(2023)은 캠퍼스 내 PET 자원의 순환 시스템 서비스 모델에 대해 순환 예금 제도를 제안하여 학생들의 재활용 활동에 대한 긍정적 태도를 개선하려 했으며,[14] 자원 사용에 대한 경각심을 유발했다. 이지원 등(2023)[15]은 캠퍼스 쓰레기 관리 문제에 대한 이해, 바램, 태도, 행동에서 무시된 이해당사자 간의 격차를 보여주었다. 그러나 전자 폐기물 처리 방법에 관한 해결책은 제시하지 않았다.

실제로 전자 폐기물 문제에 대해 국내외 대학들은 다양한 조처를 하고 있다. 예를 들어, 경남대학교는 전자 폐기물 수거함을 설치하여[16] 소형 가전 및 배터리 등의 전자 폐기물을 따로 분류하고 처리한다. 해외 대학의 경우는, 강남대학교에서는 "지행녹색공익단"을

13) 중앙일보[웹사이트]. (2023년 9월 22일). URL: www.joongang.co.kr/article/25160711

14) 최승연, 박혜령, 정유담, 구유리, 재활용 보증금 제도 기반 캠퍼스 자원순환 시스템 서비스디자인 모델 제안-대학 내 이해관계자를 중심으로, 한국디자인문화학회지, 2023, pp.513~530.

15) 이지원, et al, 지속가능한 캠퍼스를 위한 디자인 개입 제언-A 대학 미화원-대학원생의 쓰레기 문제 인식 차이를 중심으로, 한국디자인문화학회지, 2023, pp.297~310.

16) 한국환경공단[웹사이트]. (2023년.9월.26일). URL:https://www.gihoo.or.kr

조직하여 캠퍼스 내 전자 폐기물 분류 환경 운동을 진행하였으며,[17] 이 활동을 기반으로 교수 및 실습기지 관리자와 협력하여 실습기지 내에 전자 폐기물을 회수하는 녹색 통로를 구축하였다. 멜버른대학교는 대학 수집 서비스를 통해 학생들의 필요 없는 전자제품을 회수하고 있다.[18] 스탠퍼드 대학교는 캠퍼스 내에 많은 전자 폐기물 수거 지점을 설치하였으며, 지도에 해당 위치를 표시하였다. 또한, 대량의 폐기물 또는 큰 부품의 처리에 대해서는 관리자의 조정을 지원하고 처리 방법을 제시한다.[19] 시카고 대학교는 전자 폐기물이 적절히 처리되도록 필요한 조처를 하고 있다. 전자 폐기물 처리에 대한 학교 및 사회의 인식을 높이기 위해 필요한 자원을 투입하여 캠퍼스 전자 폐기물 처리 서비스를 구축 및 완성하였다. 또한 순환 경제 시스템 및 환경 관련 교육 활동을 통해 학생들의 관심과 참여를 촉진하고 있다. 매사추세츠 공과대학교는 지속 가능한 캠퍼스를 만들기 위해 Atlas 서비스를 기반으로 학생들에게 전자 폐기물 회수 서비스를 제공한다.[20] Claudia E(2020) 등의 연구자는 멕시코 나야리트 자치대학교에서 시행된 Recyclatron의 선택적 전자 폐기물 수집 계획의 평가를 소개하였으며, 대학 캠퍼스 내에서 전자 폐기물 관리의 지속 가능한 문화를 홍보하였다.[21] 이러한 조치를 통해 학교들은 전자 폐기물의 올바른 처리 방법을 적극 홍보하고 연구 및 혁신을 장려한다.

17) 강남대학교[웹사이트]. (2023년.9월.26일). URL:http://iot.jiangnan.edu.cn/info/1032/4956.html

18) E-waste[웹사이트]. (2023년.9월.26일).

URL:https://sustainablecampus.unimelb.edu.au/reduce-reuse-recycle/e-waste

19) Stanford[웹사이트]. (2023년.9월.26일).

URL:https://ehs.stanford.edu/reference/electronic-waste-locations-campus

20) UMASS[웹사이트]. (2023년.9월.27일).

URL:https://www.umass.edu/sustainability/waste-recycling/electronic-waste-recycling

21) Saldaña-Durán, C. E., &Messina-Fernández, S. R. E-waste recycling assessment at university campus: a strategy toward sustainability. Environment, Development and Sustainability, 2021, p.2495.

3. 사용자 조사및 시사점도출

먼저, 온라인 설문을 통해 재학 학생들의 전자 폐기물 분류 지식과 처리 경험에 대해 조사를 실시하다. 다음으로 이해관계자들에게 인터뷰 방식을 적용하여 과거 전자 쓰레기 수거 행위에 대한 견해와 ICT 플랫폼에 기대하는 서비스의 구체적인 요구 사항을 수집하는 데에 집중한다. 이 과정에서 서비스 경험을 검토할 뿐만 아니라, 페르소나를 통해 사용자 여정 지도를 도출할 것이다. 이 단계는 더 깊은 요구와 문제점을 발굴하는 데 도움을 주다. 이런 기반 위에 회수 로봇과 사용자 인터페이스 디자인 개발을 시작하였으며, 새로운 전자 폐기물 관리 방안을 제공하기 위한 해결책 디자인 블루프린트을 생산할 것이다

3-1. 설문조사

H 대학의 학생들이 학기 동안 발생시키는 전자 폐기물의 수집 및 처리에 관한 문제를 파악하기 위해, 통계학적 기준에 따라 적절한 표본 크기가 문제 수의 10~20배로 고려될 때 조사에 의미가 있다고 판단하였다. [22] 따라서 본 연구는 2023년 9월 10일부터 20일까지 총 331명의 재학생을 대상으로 21개의 구조형 문제 질문으로 구성된 설문조사를 실시하였다. [표 2]과같이 기본 정보 조사와 구조적 질문 두 부분으로 나뉘어져 있으며, 구조적 질문은 Wang(2019)[23] 등의 연구를 기반으로 [표 3]과 같이 분류 및 정리하였다. 주로 온라인으로 설문지를 배포하는 방식을 사용하였으며, Likert 5점 척도를 사용하여 채점하였다.

[표 2] 설문 조사 개요

평가항목	내용
평가 범위	학교 전자 폐기물 관리 및 처리 현황을 종합적으로 파악하기 위하여 재학생을 대상으로 본 조사를 실시한다. 폐전자제품의 재활용 행위란 더 이상 사

22) Polit, D. F., & Beck, C. T.Nursing research: Generating and assessing evidence for nursing practice. Lippincott Williams & Wilkins, 2008.

23) Wang Duming, & Guo Lingling, A Review of Research on Factors Affecting Environmental Protection Behavior of Waste Electronic Products, Ergonomics, 2019.

	용하지 않는 것(휴대전화, 보조배터리, 소형 배터리 등)을 재활용하기 위해 재활용하거나 재판매하는 행위를 가리킨다.
평가 기간	2023.9.21~9.30 (10일 간)
평가 시간	10~15 분

3-2. 심층 인터뷰

전자 폐기물 처리의 구체적인 문제와 요구 사항을 이해하기 위해 대학생 2명, 대학원생 2명, 미화원 1명, 교수 1명 심층 인터뷰를 수행한다. 총 6명이 참가하여, 동종 연구의 최소 표본에 부합한다.[24] 인터뷰 학생 대상 선정기준은 한국의 쓰레기처리 문화를 잘 모르는 유학생으로 선정하였고 대학교 근처의 자취와 학교 기숙사로 분류하였다. 심층 인터뷰 재학생의 분포는 다음 [표 4]와 같이 나타났다. 또한 인터뷰 과정을 기록한다 [표 5]와 같이. 심층 인터뷰의 질문 중에는 전자 폐기물 재활용에 대한 개인적인 견해 및 향후 행동 의향이 포함되어있다.[표 6]참고

[표 3] 설문 문항

구분	설문 문항
과거 경력	a 폐전자제품을 전문기관·공장·상인 등 오프라인 경로로 처리한 적이 있다.
	b 인터넷 채널을 통해 폐전자제품을 처리한 적이 있다.
	c 폐전자제품을 분류하여 재활용 처리한 적이 있다.
	d 폐전자제품을 인터넷을 통해 타인에게 중고로 판매한 적이 있다.
회수 대상 분류 인지	a 폐전자제품의 회수 장소나 경로를 알고 있다.
	b 어떤 종류의 폐전자제품을 회수할 수 있는지 알고 있다.
	c 인터넷 플랫폼에서 폐전자제품을 회수하는 방법을 알고 있다.
저해 요소	a 회수 서비스가 불편할 경우, 회수를 포기한다.
	b 주거 주변의 인프라가 비교적 잘 정비되어 있고, 편리한 재활용 장소가 있다.
	c 공익 홍보는 전자 폐기물 처리 방식 선택에 영향을 준다.
	d 폐전자제품 회수에 참여하는 행위는 금전적 수익이라는 동기의 영향을 받는다.
행위 의향	a 학교에 재활용 업소를 설치하여, 자발적으로 폐전자제품을 처리해야 한다고 생각한다.
	b 주변 사람들을 전자 폐기물 재활용 서비스에 참여시킬 의향이 있다.
	c 전자 폐기물을 재활용하는 것은 의미 있고 책임감 있으며, 환경 친화적인 행위라고 생각한다.
교내 전자 회수 ICT 플랫폼에 대한 견해	a 교내 전자 폐기물 수집을 위한 ICT 플랫폼 설치가 필요하다고 생각한다.
	b 이 플랫폼은 전자 폐기물의 처리를 더욱 편리하게 할 것이다.
	c 플랫폼의 상호작용 인터페이스는 명확하고 사용하기 쉽다.
	d 수거 플랫폼은 전자쓰레기 기본 정보를 입력하면 자동으로 인식한다.
	e 재활용 플랫폼은 프라이버시와 데이터를 잘 보호할 수 있다.
	f 재활용 플랫폼은 다른 사람이 게시한 폐기물 전자제품 재활용 정보를 볼 수 있다.
	g 학교는 재활용 플랫폼에 대한 홍보가 매우 중요하다.

[표 4] 인터뷰 재학생 대상자 분포

대상	성별	학년	전공	거주상황
대학생	여	2학년	경영학	자취
	여	4학년	주얼리 디자인	자취
대학원생	여	3기	컴퓨터 비전	기숙사
	남	4기	시각 전달	자취

[표 5] 인터뷰 프로세스

평가항목	내용
시간	2023 10.25~2023 10.28 (4일간) 30~50분/번
목적	전자 폐기물 처리 과정에 대한 인식 조사 ICT 전자 재활용 로봇에 대한 기대 요구 조사
현장 사진	

24) Townsend, Keith. "Saturation and run off: How many interviews are required in qualitative research." ANZAM Conference , 2013, p.6.

[표 6] 인터뷰 문항

구분	인터뷰 문항
과거 고민	전자 폐기물의 재활용 과정에서 가장 고민했던 것은 무엇인지?
개인적 견해	기존의 전자 폐기물의 수거 과정을 잘 알고 있는지?
	구 전자제품의 회수 후 처리과정의 잘 알고 있는지?
	회수 처리 시 개인 사생활 데이터 처리의 견해
행동의향	인공지능 재활용 서비스가 전자 폐기물을 잘 처리할 것으로 판단되는지?
	학교 설치 회수 지점을 설치 후에 사용할 것이다
	인터넷 플랫폼 ICT를 기반으로 한 회수 방식을 받아들이는지?
	어떤 요인이 전자 폐기물 재활용 참여의 적극성에 영향을 줄 수 있는지?
ICT 플랫폼에 대한 기대	전자 폐기물 수거 로봇이 있다면 어떤 기능이 필요한지?

3-2-1 설문조사 결과

조사 대상의 인구통계학적 분포 결과는 아래 [표 7]과 같이 나타났다. 먼저, 연령은 응답자의 대부분이 18~23세로 전체 조사 인원의 약 83.08%를 차지했다. 교육 수준은 대부분 학사 졸업자로 전체의 약 91.54%를 차지하고 있으며, 석사 졸업자가 약 13.84%를 차지하는 것으로 나타났다.

[표 7] 응답자의 인구통계학적 분포 (N =331)

인구통계 프로파일		응답자수	비율
연령	18~23세	275	83.08%
	24~29세	52	15.71%
	30세 이상	4	1.21%
성별	남성	154	46.53%
	여성	177	53.47%
학력	학사	303	91.54%
	석사	28	8.46%

설문지 데이터에 대한 실증분석을 진행하기 전, 데이터의 유효성을 확보하기 위해 SPSS 26.0을 사용하여 신뢰도 분석을 실시하여 신뢰도 계수를 검증하였다. 또한 KMO 및 Bartlett 검사를 통해 타당성을 확인하였다. 그 결과, [표 8]과 같이 KMO 값은 0.978로, 0.8보다 크기 때문에 연구 데이터는 정보 추출에 적합하게 나타났다.

[표 8] KMO와 Bartlett 검사 (N =331)

KMO	0.978	
Bartlett	Ks df p	4776.968 231 0.00

Cronbach α=0.944

설문조사 결과는 79.15%의 응답자가 처리하고 싶지만, 아직 처리하지 않은 전자 폐기물이 있다고 응답하였다. 16.01%는 캠퍼스 내 전자 폐기물 재활용에 대해 잘 모른다고 응답하였다. 이전 전자 폐기물 처리 경험에 대해 응답자는 중고 교환(32.63%), 중고 시장 판매(24.47%), 개인 재활용업자에게 판매(21.75%)가 주요 방법임을 나타냈다. 또한, 일부 응답자들은 집에 쌓아 두고 어떻게 처리할지 모른다고 답했으며(14.50%), 6.65%의 응답자는 바로 쓰레기통에 버린다고 답하였다. 이와 같은 결과에 따라, 일부 사람들은 전자 폐기물 처리에 혼란을 겪거나 환경친화적이지 않은 방법을 선택한다는 것을 알 수 있다. 따라서 전자 폐기물 처리 교육을 강화하고 체계적인 재활용 경로 구축이 필요함을 시사한다.

다음으로는 각 차원의 샘플 분석을 실시하였다. 그 결과 다음 [표9]과 같은 결과를 도출하였다.

첫째, 온라인 재판매의 수용도가 높다. 평균값 3.616은 인터넷이 전자 폐기물 처리를 위한 거래 플랫폼으로 매우 인기가 있다는 것을 나타내며, 이는 온라인 거래가 더 편리하기 때문으로 추측할 수 있다.

둘째, 재활용 지식이 부족하다. 낮은 점수를 받은 세 가지 항목의 평균 값(1.598, 1.402, 1.628)은 학생들이 전자 폐기물 재활용에 대한 지식이 부족하다는 것을 보여준다. 이는 지식과 의식을 높이기 위해 추가 교육 및 홍보가 필요하다는 것을 의미한다.

셋째, 공익 홍보가 영향을 준다. 평균 값 4.61은 공익 홍보가 사람들의 행동에 큰 영향을 준다는 것을 나타낸다. 이는 올바른 홍보 전략을 통해 환경보호 행동

을 효과적으로 유도할 수 있다는 것을 의미한다.

넷째, 기본 인프라가 부족하다. 평균값 1.628은 상대적으로 낮아 주변 재활용 인프라가 충분하지 않다는 것을 나타낸다. 더 많은 사람이 전자 폐기물 재활용을 장려하기 위해 충분하고 편리한 재활용 포인트를 제공하는 것은 매우 중요하다.

다섯째, 대부분 학생은 전자 폐기물 재활용이 적극적이며, 책임감 있고 환경친화적인 행동이라고 생각한다. 즉, 대부분이 환경에 대한 긍정적인 태도와 인식을 두고 있다.

마지막으로, 캠퍼스 내 전자 재활용 플랫폼에 대해 가장 높은 평균값 3.668은 사용자가 플랫폼이 입력된 전자 쓰레기의 기본 정보를 자동으로 인식하기를 바란다는 것을 나타낸다. 이는 사용자가 편리한 작업 및 지능형 서비스 제공에 대한 기대를 나타낸다.

[표 9] 설문 문항 결과 표본검사 (N =331)

구분	문항	min	max	mean	sd	t	p
과거 경력	a	1	4	3.423	0.825	75.45	**
	b	1	5	3.586	1.056	61.75	**
	c	1	5	3.647	1.017	65.20	**
	d	1	5	3.616	0.976	67.41	**
회수 분류 인지	a	1	2	1.598	0.491	59.21	**
	b	1	2	1.402	0.491	51.94	**
	c	1	3	1.628	0.49	60.43	**
저해 요소	a	3	5	4.097	0.74	100.66	**
	b	1	3	1.628	0.49	60.43	**
	c	4	5	4.61	0.488	171.72	**
	d	1	5	3.616	1.033	63.67	**
행위 의향	a	1	5	3.647	0.975	68.05	**
	b	1	5	3.598	1.026	63.78	**
	c	1	5	3.668	0.987	67.61	**
교내 전자 회수 ICT 플랫폼의 견해	a	1	5	3.64	0.979	67.661	**
	b	1	5	3.634	1.028	64.319	**
	c	1	5	3.583	0.998	65.341	**
	d	1	5	3.668	0.996	66.987	**
	e	1	5	3.619	1.073	61.36	**
	f	1	5	3.604	1.002	65.459	**
	g	1	5	3.631	1.034	63.876	**

* $p<0.05$ ** $p<0.01$

3-2-2 심층 인터뷰 결과

심층 인터뷰를 통해 도출한 결과는 다음과 같다.

우선, 전자 폐기물 처리에 첫 번째 고려 사항은 편의이다. 응답자들은 폐기물 처리 시 낯선 사람과의 접촉을 원하지 않고 자신이 원할 때 언제든지 처리할 수 있기를 바란다고 답하였다.

1. 자취 유학생 여대생

찾아가는 게 더 나은 선택이라고 생각하지만 혼자 사는 여성은 안전에 대한 우려가 있고, 낯선 사람과의 접촉이 걱정된다.

2. 자취 유학생 여대생

미리 알 수 있는 수거 장소를 원하며, 타인과의 접촉을 줄일 수 있는 폐기물 수거 예약 지원, 셀프 무인 수거 서비스를 선호한다.

3. 기숙사 거주 유학생 대학원생

배터리가 부풀어 올라 처리를 하고 싶지만, 경로를 모르기 때문에 학교 측에서 수거해 가기를 바란다. 이와 같은 긴급 회수 수요에 따라 회수 기기를 설치하여 셀프 회수가 가능해지길 바란다.

4. 자취 남 유학생 대학원생

사용할 수 있는 전자제품은 보통 소셜 네트워크 서비스(SNS)에 게시되어 중고로 거래되지만, 결국 거래가 100% 성사되는 것은 아니기 때문에 특정 장소에 전자 폐기물 보관소가 설치되면 좋겠다. 또한, 전자 폐기물 재활용에 대한 인식을 높이고 중요성을 강조하기 위해 홍보가 필요하다.

5. 미화원

학교에서 쓰레기통을 치우다 고장 난 헤어드라이어, 충전기 충전케이블 등을 잘못 분류하는 것을 발견한 적이 있다. 이는 통일된 처리 장소가 어디에 위치하는지 모르기 때문으로 예측된다.

6. 교수

캠퍼스 내 전자 폐기물 처리 프로그램은 없고, 이는 학생들이 학교 밖에서 재활용할 장소를 찾아야 함을 의미한다. 또한 적절한 처리 장소를 찾기 어려워 아예 함부로 버리는 학생들도 있어 환경에 악영향을 가져올 수 있다. 따라서 관련 홍보와 교육이 시급하다. 일부 전자 폐기물은 개인 정보를 포함할 수 있기 때문에 정보 안전을 위해 정식 회수 체계를 구축해야 한다.

3-3. 페르소나

설문조사와 심층 인터뷰를 통해 페르소나 1명을 설정하였다. [그림 5] 페르소나는 26세의 'JAFF(가명)'라는 유학생으로 매일 전자기기를 습관적으로 사용한다. 페르소나는 위 범위의 과정에 검증의 역할을 한다. 유학이 끝나는 6년 후에는 사용하지 않는 기기가 있을 것이며, SNS를 통해 중고로 판매하는 것 이외에 다른 좋은 방법이 있는지 모른다. 따라서 귀국하기 전에 적당히 분류해서 버린다고 응답했다. 따라서 페르소나에 기반하여, 서비스 접촉의 각 단계를 포함하는 가설적인 사용자 여행도를 구축하였으며, 이러한 접점들을 종단 경험으로 통합하고자 하였다.

능한 공간을 확인하고 도착하는 데 얼마나 걸릴지 확인한다. 그다음, 지도를 따라 재활용 로봇을 찾아 기계와의 상호작용 지침에 따라 재활용을 진행한다. 다음으로 이미 재활용된 피드백 정보를 확인하고, 스마트폰 모바일 플랫폼에 실시간으로 동기화한다. 마지막으로, 보상을 받은 후 상호작용 섹션으로 이동하여 필요한 동료에게 공유하거나 추천한다.

[그림 5] 페르소나

3-4. 사용자여정지도

페르소나를 대상으로 사용자 여정 맵을 구축하였으며, 행동, 생각, 그리고 감정이 상세하게 기록되었다. [그림 6] 이는 다양한 상황에서 사용자를 지원하는 접점들을 설명하며, 문제 해결 방안 및 통찰을 제시한다. "JAFF"는 학교 웹사이트의 공지로부터 재활용 서비스 정보를 얻은 후, 재활용 서비스를 시도하게 된다. 처음으로 학생 계정으로 로그인 및 등록을 하고, 위치 데이터를 로드할 수 있도록 허용한다. 그 후, 폐기물을 스캔하여 재활용 유형 및 재활용 가능 여부를 조회하고, 주변의 재활용 로봇을 검색하여 상자 내의 사용하다. 가

[그림 6] 사용자여정지도

3-5. 시사점도출

앞에서 언급한 바와 같이 국내외 대학에서 전자 폐기물 처리 방법 및 지능형 폐기물 수거 로봇의 적용 기술 사례에 대해 심층적인 비교 분석을 수행하였다. 환경 관찰 및 조사를 통해 H 대학교 캠퍼스 내 전자 폐기물 처리가 직면한 문제를 명확히 하였다. 인공 지능딥 러닝 기술을 지원하는 자동 수거 로봇의 실행 가능한 방향을 명확히 하는 데 기여하였다. 또한 캠퍼스 사용자 및 이해 관계자를 대상으로 한 온라인 설문 조사 및 심층 인터뷰를 통해 유효한 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 사용자 중심의 전자 폐기물 수거 로봇 디자인에 대한 종합적인 서비스 디자인 제안을 제시하였다. 이는 미래의 환경 보호 로봇 기술 개발을 촉진하는 데 기여할 것으로 기대된다.

특히 대학이라는 특정한 미시사회적 배경을 디자인의 정경으로 삼아, 캠퍼스 공간의 한정성이라는 문제를 해결하고자 하다. 디자인 제안을 통해 H 대학교 캠퍼스 내 전자 폐기물의 자원화 및 무해화 처리에 기여하고, 지속 가능한 발전을 위한 새로운 방식을 제공하고자 한다.

4. 연구 결과

4-1 전자 폐기물 회수 로봇 디자인 개념

상술한 실증분석을 통해 다음 [표 10]와 같은 네 가지 디자인 주제를 선정하였다. 첫 번째는 편리한 프로세스 함이다. 대부분 응답자는 신뢰할 수 있는 전자 제품 재활용 플랫폼이 중요하다고 생각하며, 전자 폐기물 재활용 행동의 의도에 있어 편리성이 핵심적인 역할을 한다고 강조했다. 두 번째는 지능형 분류함이다 세 번째는 교육 및 홍보 유학생과 같은 경우 익숙하지 않은 환경 등의 요인으로 인해 서비스 홍보가 필요하다 대부분의 조사자와 연구자들은 보상이 행동을 촉진하는 주요 동기라고 지적하였기 때문에, 적절한 보상이 네 번째 주제로 제시되었다.

첫째, 편리한 프로세스 모바일 애플리케이션을 통해 폐기된 전자 제품의 사진을 업로드하면 시스템은 AI 기술을 활용하여 장치 모델과 브랜드를 자동으로 인식한다. 잇달아 실시간으로 근처의 수집함을 위치 지정하고, 사용자에게 어떻게 조작할지 명확하게 안내한다. 사용자 친화성을 보장하기 위해 사용자의 제출과 장치 평가 최적화에 필요한 단계를 줄인다.

둘째, 지능형 분류. 대량의 기본 데이터베이스를 구축하여 다양한 전자 기기의 이미지와 기본 정보를 포함해 AI 분류의 정확성을 향상한다. 동시에 사용자 오류 수정 메커니즘이 탑재되어 있어, 수동으로 수정이 가능하며, 오류 피드백을 통한 시스템의 추가 학습과 최적화를 할 수 있다. 또, 히스토리 기록은 사용자에게 이전에 재활용한 기기 유형을 신속하게 선택할 수 있

는 기능을 제공한다.

셋째, 교육 및 홍보. 조사 결과에 따르면 교육 기준과 홍보는 비공식적인 재활용 개념과 행동의 긍정적인 영향을 미친다. 따라서 전자 폐기물 재활용의 중요성에 관한 정보를 제공하여 사용자들이 더욱 적극적으로 참여하도록 독려한다.

넷째, 적절한 보상. 앞서 언급한 바와 같이 이전의 재활용 경험 조사는 경제적 요인이 재활용 행동 의도 및 재활용 효율성과 관련이 있다는 것을 간접적으로 보여준다. 보상은 많은 응답자들이 재활용에 적극적으로 참여하는 주요 동기로 작용할 수 있다.

[표 10] 디자인 테마

구분	내용
편리한 프로세스	접근할 수 있고 정확한 정보를 제공하는 플랫폼을 통해 필요할 때마다 빠르게 접근하여 개인의 수요에 따른 폐기물 재활용 예약을 쉽게 따라 할 수 있다. 또한 무인 재활용 기계는 지능형 재활용을 지원한다.
지능형 분류	딥 러닝 모델을 기반으로 재활용 가능 및 불가능 항목에 대한 자세한 정보를 감지할 수 있다. 이를 통해 서비스는 더욱 원활하고 효율적으로 최적화할 수 있다.
교육 및 홍보	모바일 애플리케이션 플랫폼은 사용자가 소지품을 스캔하여 어떻게 분류하는지 학습하는 데 도움을 준다. 즉, 재활용 및 폐기물 관리에 관하여 재활용 가능 전자 폐기물 정보 등 유용한 정보를 찾을 수 있다.
적절한 보상	포인트를 적립할 수 있고, 특정 온라인 플랫폼에서 보상으로 교환할 수 있다. 적절한 보상 포인트는 학교 사용자들이 생활 속 전자 재활용에 대한 열정과 참여 동기를 높일 수 있다.

아래 [표 11]은 지능형 로봇의 네 가지 서비스 원칙을 보여준다. 전체 폐기물 재활용 서비스 프로세스를 최적화하기 위한 이 서비스 원칙을 구현하기 위해 슈퍼 빈 기계를 플랫폼으로 선택하였다. 해당 플랫폼은 사물인터넷 및 AI 기술을 응용하여 요구 사항에 따라 다양한 종류의 폐기물을 설정할 수 있다. 또한 기기는 얼굴 인식, 지능형 무게 측정, 용량 검출, 안전보호(손 끼임 방지), 데이터 집계, 클라우드 저장 등의 기능을 갖추고 있으며, 사용자 친화적인 하드웨어 디자인이다.

[표 11] 이미지와 인터페이스 영역

구분	내용
	•머리: 인터랙티브 화면, 정보 입력 센서와 카메라를 설치하여 품목을 지능적으로 감지 및 측정 . •신체 : 전자 폐기물 적재 공간 제공. 배터리, 전구, 소형전자제품 등 학교 학생에게 각각 보관하는 전자 폐기물 사용

첫째, 무단 통합 재활용 기계 포트와 모바일 포트를 통합하여 간단하고 명확한 사용자 인터페이스 및 안내 절차를 제공함으로써 양쪽의 통합을 통해 사용자가 원활하게 사용할 수 있다. 구체적인 서비스 콘셉트는 [표 12]와 같다.

둘째, 자기 조절 학습 딥러닝 기술을 통해 사용자는 전자 폐기물을 넣거나 모바일에서 사진을 업로드하기만 하면, 기계는 물건을 감지할 때 그것을 인식하고 사용자에게 그 물건의 종류와 재활용 가능 여부에 대해 실시간으로 피드백을 제공한다.

셋째, 전자 폐기물의 기원, 영향 및 올바른 처리 방법 등에 대한 지식을 설명 및 확산시킨다. 상술한 바와 같이 체계의 구축과 관련 홍보는 재활용 관념 및 행동의 긍정적인 영향을 미친다. 따라서 전자 폐기물의 분류, 사전 처리 및 올바른 처리 방법에 관한 설명을 제공하고 홍보 효과를 가져온다.

넷째, 사용자의 적극적인 참여를 유도한다. 행동의 기록, 모니터링 및 검색을 영향을 주는 체계적인 해결책을 제공하며 원격 서버와 통신한다. 평가 후 보상이 계정에 동기화되어 사용자의 사용 활성화 및 지속적인 참여를 촉진한다.

[표 12] 서비스 콘셉트

구분	내용
심리스 집적	전체 재활용 서비스 프로세스가 원활하도록 직관적이고 탐색하기 쉬운 인터페이스를 제공한다. 빠른 스캔, 음성 인식 등과 같은 최신 기술을 사용하여 사용자 상호 작용을 단순화하고 효율성을 향상한다.
적응 학습	딥 러닝 및 이미지 인식, 전자 폐기물의 자동 분류 및 상태에 따라 평가할 수 있다. 또한, 사용자의 사용 습관과 피드백을 통해 플랫폼의 기능과 경험을 지속해서 최적화한다.
지식 보급	플랫폼에 전자 폐기물 처리와 환경영향, 전자 폐기물의 올바른 처리 방법 등 교육 콘텐츠를 적절히 내포한다.
참여 독려	장비의 유형, 상태 및 재활용 가치에 따라 사용자에게 공정한 보상을 제공한다. 다양한 사용자의 요구를 충족시키기 위해 쿠폰, 포인트 등을 포함하되 이에 국한되지 않는 다양한 인센티브를 제공한다.

4-2. 서비스 프로토타입 개발

슈퍼 빈을 플랫폼으로 하는 머신 인터페이스 인터페이스를 기반으로 제작된 서비스 개념 프로토타입이다. 해당 서비스는 다음 [그림 7] [표 13]와 같이 기기 플랫폼과 모바일 애플리케이션 두 개의 플랫폼으로 나뉜다.

a. b.

[그림 7] 서비스 플랫폼 프로토타입

[표 13] 서비스 플랫폼

구분	지능 회수 서비스 로봇	모바일 서비스
UI	**그림 7-a**	**그림 7-b**
파트	카테고리 선택	자동 인식
설명	캠퍼스 내 사용 장면을 고려하여 다양한 언어 설정을 지원한다. (위 전시된 설계도는 영어 버전) 인터페이스에 그래픽 요소를 추가하여 플랫폼 정보를 이해할 수 있도록 도와준다.	처리 방법이 불분명한 경우 사진을 찍거나 사진을 올려 스캔 지능 인식을 할 수 있다.

4-2-1 로봇 플랫폼 인터페이스

로봇 플랫폼 엔드는 다음 [그림 8] [표 14] 와 같다. 설정 화면에서는 단말기를 통해 미리 설정된 장치의 기록 데이터를 로드하거나 회수 로봇에 상세 정보를 입력할 수 있다. 홈 스크린은 다른 카테고리의 메뉴로 구성되어 있고 사용자는 안내에 따라 해당 분류를 선택하고 정보보안 음성을 확인한 후 폐기물에 대한 지능 검사를 한다. 인공지능의 검사 절차가 완료된 후 실시간으로 모바일로 동기화하여 사용자의 후속 추적을 보기를 용이하게 한다.

a. b. c.

d. e. f.

[그림 8] 로봇 플랫폼 UI 프로토타입

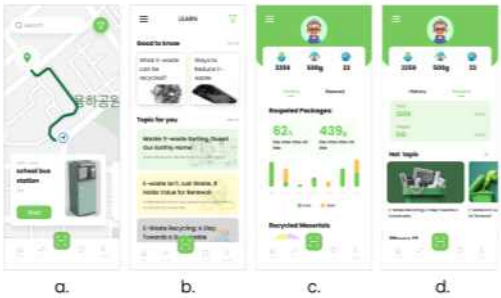
[표 14] 로봇 플랫폼 서비스 프로토타입

구분	주요 기능과 설명		
UI	**그림 8-a**	**그림 8-b**	**그림 8-c**
파트	폐기전자 항목분류	정보 보안 성명	설비 기초 정보
설명	사용자가 장치 사진 업로드 시 시스템은 자동으로 장치의 유형을 인식할 수 있다. 동시에 사용자가 수동으로 장치 종류를 선택하거나 추가할 수 있다.	사용자가 장치를 제출하기 전에 플랫폼은 정보 보안 성명을 제공한다. 회수 과정에서 모든 데이터가 안전하게 삭제된다는 점을 이용자가 인지하고 동의하도록 한다.	사용자는 구매 날짜, 정상적인 사용 가능 여부, 손상 여부 등 장비에 대한 기본 정보를 제공한다. 정보들은 설비의 가치와 회수 방법을 평가하는 데 도움을 준다.
UI	**그림 8-d**	**그림 8-e**	**그림 8-f**
파트	AI 검출 모드	평가 실시	평가 완료
설명	사용자는 AI 딥 러닝 감지 모드를 켜도록 선택할 수 있고, 시스템은 사용자에게 지침에 따라 장치의 여러 각도의 사진을 촬영하도록 한다. 안내 AI는 사진들을 토대로 심층 분석하여 장비의 물리적 상태를 평가한다.	사용자는 AI 딥 러닝 감지 모드를 켜도록 선택할 수 있으며 시스템은 사용자에게 지침에 따라 장치의 여러 각도의 사진을 촬영하도록 안내한다.딥 러닝은 사진들을 토대로 심층 분석해 장비의 물리적 상태를 평가한다.	회수 조건을 충족하는 장비에 대해 사용자는 특정 보상을 받고, 실시간 조회를 위해 모바일 포트에 동기화시킨다.

4-2-2 모바일 플랫폼 인터페이스 디자인

[그림 9] [표 15] 와 같이 모바일의 주요 기능은 재활용 스테이션 조회, 학습 카드, 재활용 기록, 보상 및 활동의 4가지 기능으로 구성되어 있으며 먼저 사용자에게 가장 가까운 전자 폐기물 재활용 스테이션 또는 지점을 찾는 편리하고 빠른 방법을 제공한다.

학습 옵션은 사용자에게 전자 폐기물의 출처, 영향 및 올바른 처리 방법을 이해하도록 교육하고 환경 보호에 대한 사용자의 인식을 제고시킨다. 또한 개인 재활용 기록은 사용자가 재활용 행동을 추적할 수 있도록 하고 사용자가 지속해서 환경 보호 선택을 하도록 권장한다. 보상 메커니즘의 흥미로운 활동을 통해 사용자가 전자 폐기물 재활용에 적극적으로 참여하도록 장려한다.



[그림 9] 모바일 플랫폼 UI 프로토타입

[표 15] 모바일 플랫폼 서비스 프로토타입

구분	주요 기능과 설명			
UI	**그림 9-a**	**그림 9-b**	**그림 9-c**	**그림9-d**
파트	위치 추적소	학습 카드	회수기록	장려 및 행사
설명	사용자가 선택할 수 있도록 하는 것을 기반으로 재료와 기존 사용할 수 있는 공간, 장비의 남은 용량에 대한 팁, 지침을 따르고 가장 편리한 회수 장소에 위치한다.	재활용 및 폐기물 관리에 대한 유용한 정보를 탐색한다. 예를 들어, '재활용 할 수 있는 것'과 '전자 폐기물을 사용하여 예술품을 만드는 방법'은 지속 가능한 행동에 대한 이해를 높이는 유용한 방법이다.	전자 폐기물 활동 정보는 이력에서 확인할 수 있다. 사용자가 일정 기간 얼마나 회수하고 트리거되었는지 기록함으로써 사용자의 행동을 변화시킨다.	이용자는 리워드로부터 포인트 지속 가능 상품이나 기타 혜택으로 환전할 수 있다. 이를 통해 꾸준히 사용할 수 있도록 동기를 불러일으킨다.

4-3. 서비스 블루프린트 제언

[그림 10]과 같이 서비스를 구체화하는 서비스 블루프린트를 작성하였다. 재활용 시스템은 인터넷과 인공지능 기술을 기반으로 전자 폐기물을 모니터링하고 관리하며 시스템의 핵심으로 재활용 과정을 모니터링 및 제어하고 지능적으로 감지하고 신속하게 대응하고

열며 지능형 전자 재활용 로봇의 뚜껑을 닫고 재활용 과정을 제어한다. 응용 프로그램은 제품 정보를 반환하고 중앙 데이터베이스와 정보 통신을 수행한다. 센서는 사용자의 기본 정보를 획득하여 제어 장치에 전달하는 역할을 하며, 센서가 획득한 정보는 모바일에서 프로세스 추적에 사용된다. 쓰레기통은 재활용된 제품을 보관하는 데 사용되며 전자 제어 장치가 장착되어 있다. 또한 센서는 쓰레기통의 저장 위치를 측정한 다음 회수된 제품을 수집 및 분류하고 관련 회수 데이터를 적시에 클라우드 데이터 센터로 전송하는 데 사용된다. 만약 재활용 상자가 가득 차면 사용자가 재활용 시스템 재활용 플랫폼을 통해 정보를 관리자에게 전송하고, 사용자가 전체 프로세스를 완료한 후 재활용 활동으로 발생하는 긍정적인 행동을 장려하기 위해 보상을 제공한다.

본문은 ICT 기반 캠퍼스 전자 폐기물 분류 시스템 디자인은 매체와 환경의 분류 시스템의 필요성을 통합할 뿐만 아니라 각 주체의 가치를 명확히 하고, 캠퍼스 공공 환경의 구축을 촉진하는데 연구의의가 있다. 사용자 프로필, 사용자 여행 지도를 활용하여 사용자 요구에 대응하기 위한 개선점을 발굴하고, 서비스 블루프린트를 통해 캠퍼스 전자 폐기물 분류 서비스 시스템 디자인 제안을 제시하였다. 즉, 서비스 시스템에서 다양한 주체의 상호작용 및 자원 통합을 통해 사용자의 요구에 대응하기 위한 시스템의 긍정적인 순환을 촉진한다. 이를 통해 서비스 경험을 향상하고 전자 폐기물 자원의 지속 가능한 발전을 촉진한다.

ICT 기반의 회수 및 생태계 서비스 디자인은 대학생들의 일상 전자 폐기물 문제를 해결하여 전자 쓰레기

[그림 10] 서비스 블루프린트

5. 결론

본 연구는 온라인 전자 폐기물 회수를 지원하는 ICT 지능 서비스를 제안하는 것을 목표로 한다. 현재 단일 형태의 전자 제품 회수 방안에는 활용의 한계가 있고, 최근 몇 년 동안 급속도로 발전한 인공지능과 기술을 응용한 새로운 방식이 필요하다는 것을 발견했다. 이에 따라 본 연구는 딥 러닝 기술을 활용하여 사용자 경험을 향상하고 다양한 전자제품 폐기물 수요를 지원하여 전자 폐기물 회수의 전반적인 향상에 기여하고자 한다. 자원화를 실현하게 한다. 학생들의 환경 보호 의식을 효과적으로 향상함으로써 공공 지속 가능한 발전을 실현한다. 본 연구에서는 이 개념이 서비스 프로토타입을 통해 검증되었다. 미래에는 이 개념을 실제로 구현하여 실제 사용자의 사용성 테스트가 필요하다. 그뿐만 아니라 딥 러닝을 기반으로 하는 로봇 기술은 향상하고 있는 산업으로 다양한 서비스 요구에 대한 지속적인 개발 및 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 이지원, et al. 지속가능한 캠퍼스를 위한 디자인 개입 제언-A 대학 미화원-대학원생의 쓰레기 문제 인식 차이를 중심으로. 한국디자인문화학회지 Vol. 29, No.1 297호
2. 최승연, 박혜령, 정유담 구유리.재활용 보증금 제도 기반 캠퍼스 자원순환 시스템 서비스디자인 모델 제안 -대학 내 이해관계자를 중심으로 한국디자인문화학회지 2023 Vol. 29, No.2 513호
3. Bengio, Y. Learning deep architectures for AI. Foundations and trends in Machine Learning, 2009.
4. Gent, E. Smart waste collection service launched in Spain. Engineering and Technology E&T, 2014.
5. Han, S., Ren, F., Wu, C., Chen, Y., Du, Q., & Ye, X. Using the tensorflow deep neural network to classify mainland China visitor behaviours in Hong Kong from check-in data. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2018.
6. Nowakowski, Piotr, Krzysztof Szwarc, and Urszula Boryczka. Vehicle route planning in e-waste mobile collection on demand supported by artificial intelligence algorithms. Transportation Research Part D: Transport and Environment 2018.
7. Peng, W., & Su, D. Novel ICT system for recycling and eco-shopping. Sustainability, 2022.
8. Polit, D. F., & Beck, C. T. Nursing research: Generating and assessing evidence for nursing practice. Lippincott Williams & Wilkins. 2008.
9. Saldaña-Durán, C. E., & Messina-Fernández, S. R. E-waste recycling assessment at university campus: a strategy toward sustainability. Environment, Development and Sustainability, 2021.
10. Savage, M.; Ogilvie, S. Implementation of the Waste Electric and Electronic Equipment Directive in the EU; Institute for the Prospective Technological Studies, European Commission Directorate-general Joint Research Centre: Seville, Spain, 2020.
11. Sobnath, D., Rehman, I. U., & Nasralla, M. M. Smart cities to improve mobility and quality of life of the visually impaired. Technological Trends in Improved Mobility of the Visually Impaired, 2020.
12. Townsend, Keith. "Saturation and run off: How many interviews are required in qualitative research." ANZAM Conference, 2013.
13. Wang Duming, & Guo Lingling, A Review of Research on Factors Affecting Environmental Protection Behavior of Waste Electronic Products, Ergonomics, 2019.
14. Zhang, H., Cao, H., Zhou, Y., Gu, C., & Li, D. Hybrid deep learning model for accurate classification of solid waste in the society. Urban Climate, 2023
15. www.asiatoday.co.kr
16. www.e4ds.com.com
17. ehs.stanford.edu
18. weee-forum.org
19. www.gihoo.or.kr
20. haninpost.com
21. iot.jiangnan.edu.cn
22. www.joongang.co.kr
23. sustainablecampus.unimelb.edu.au
24. www.umass.edu