

자율행동체 충전 인터페이싱 관련 국내외 시험인증 동향

김영훈, 이한열, 박지환, 김찬*
한국정보통신기술협회

younghoonkim.kiyoho@tta.or.kr, leona670@tta.or.kr, niceguy7575@tta.or.kr,
*shine82@tta.or.kr

Research on domestic and international test and certification trend for autonomous vehicle charging interface

Kim Younghoon, Lee Hanlyol, Park Jihwan, Kim Chan*
Telecommunications Technology Association

요 약

AI 시대의 자율행동체(AGV/AMR/서비스 로봇 등)는 가동률 제고와 생존성 확보를 위해 충전 인터페이스의 표준화와 시험·인증 체계를 필요로 한다. 본 논문에서는 자율행동체 충전 인터페이스의 표준화에 대한 연구의 일환으로 유선충전 및 무선충전 국내외 표준단체에서의 제공하는 시험인증 동향을 분석하여 소개한다.

I. 서 론

최근 AI의 발달로 단순한 작업, 반복 업무수행 기능에 머물던 전통적인 로봇, 무인 이동체의 개념을 넘어 스스로 작업환경에 적응하여, 고도화된 작업 수행이 가능한 자율행동체가 최근 Physical AI, 온디바이스 AI 등 여러 형태로 주목을 받고 있다.

이처럼 자율행동체를 통한 고도화된 작업 수행을 위해 그 동안 국내 단체표준 등에서 제어, 센서, 카메라 등 인터페이스에 대한 표준화와 함께 작업 환경의 효율성 제고하고자 논의도 진행되었다. [1]

작업 환경의 효율성을 높이기 위해서는 자율행동체의 완전한 방전을 막아 생존성과 가동율을 높이는 것은 중요한 성능 지표가 되었는데, 생존성을 높이기 위해 표준화된 충전 인터페이스가 필요하게 되었다.

충전 인터페이스는 물리 정렬, 안전, 통신, 전력제어를 아우르는 시스템 공학적 분석이 요구되는 연구 대상이다. 이를 위해서는 상호운용성 확보를 위한 시험인증이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 국내외 유선충전 및 무선충전 표준단체에서 표준을 준용한 제품 간 상호운용성을 확보하기 위해 운영하고 있는 시험인증 동향에 대한 연구를 수행하였다.

II. 본론

본 논문에서는 자율행동체에 전력을 공급할 수 있는 기술로써 국내외 유선충전 및 무선충전 표준단체에서 다루고 있는 기술표준을 분류하고, 시험인증 프로그램 운영 여부를 조사하였다.

1. 충전 방식에 대한 고려사항

전원공급 방식을 선택하기 위해서는 사용환경과 필요한 전력규모에 대한 고려가 필요하다. 전체 전력수요 규모는 요구되는 작업 환경에 따른 자율행동체의 구성에 따라 달라진다. 그동안 로봇을 구성하고 있는 부품과 시스템 단위에서 전력 수요에 대한 연구 사례가 다수 존재한다. [2], [3]

표 1. 충전 대상 별 수요 전력 크기

전력 등급	대표 대상	주의사항
mW~ 1 W	블 태그·센서	트리플 충전, 국부 발열·FOD 주의
1~ 15 W	소형봇·보조팩	자율 도킹, 급속 이물·오정렬 감산
15~ 60 W	청소/순찰 소형	저속 도킹, dI/dt 제한·프리차지
60~ 240 W	중소형 서비스 로봇	방수·아크 억제, 온도 디레이팅
0.25~ 1 kW	경량 AMR/AGV	정밀 정렬, 프리차지·접점모니터
1~ 3 kW	중형 AMR/AGV	아킹 억제·냉각·락/차단 연동
>3 kW	중대형 AGV	EMI·열·누설자속 관리, 안전락

유선충전과 무선충전 기술의 적용은 작업 환경과 자율행동체의 특성에 결정할 수 있다.

유선(접촉) 충전 기술은 EMI가 민감한 설비와 인접한 경우, 고전류가 필요한 경우가 유리하고, 반면 무선 충전 기술은 먼지/액체/세척 등으로 점점 유지가 어려운

환경이거나 스파크 회피가 필요한 현장, 잦은 충전이 필요한 라인 등에서 적용 시, 유리하다.

2. 충전 인터페이스 및 시험인증 동향

각 표준단체에서는 상호운용성을 보장하기 위해서 물리(유선: 커넥터의 형상, 무선: 코일 간의 정합성), 전기(아날로그 신호처리), 통신(응답절차, 메시지 구성 등), 안전(OVP, OCP, FOD 등) 요구사항에 대한 개별 시험항목과 시험환경 관련 요구사항을 담은 시험표준을 개발하여 시험인증 프로그램을 운영하고 있다.

표 2. 유선충전 주요 시험인증 동향

표준·규격 (주요 특징, 전력크기)	인증프로그램 (표준단체)	통신 방식	주요 측정 포인트
USB PD (PD3.1/EPR, ≤ 240W)	있음 (USB-IF)	USB-PD 메시지 (BMC, CC 라인)	커넥터/핀 규 격, 프로파일 (EPR) 교섭 정확도, 과전 류/과전압·열
SAE J1772 (AC: 1.4~ 19.2kW, DC: 80~400kW)	없음	Low Level: CP- PWM High Level: PLC	커넥터 물리 규격, PWM 듀티/상태, 접지·보호, HLC 상호운 용
CHAdemo (DC 고속, 50~400kW)	있음 (CHAdemo)	PWM + HLC (ISO 15118/IEC 61851 기반)	DC 전압/전 류 범위, 시 작/정지 시퀀 스, 절연·과 전류·안전 요 구
CCS (AC/DC 통합, AC: ≤ 120kW, DC: ≤ 350kW)	있음 (CharIN)	CP-PWM + PLC (HLC: ISO 15118 기반)	AC/DC 전이 (CC→CV 등), 통신·전 력 연계, 절 연·접지·커넥 터 적합성

표 3. 무선충전 주요 시험인증 동향

표준·규격 (주요 특징, 전력크기)	인증프로그램 (표준단체)	통신 방식	주요 측정 포인트
Qi / Qi2 (5~25W)	있음 (WPC)	In-Band (ASK/FSK)	코일/패드 지 정, 정렬/틸 트, FOD(이 물) 동작, 온 도 디레이팅· 폴드백
Ki (≤ 2.4kW,)	있음 (WPC)	OOB(NFC)	전력 단계/분 할 제어, NFC 연결·메 시지 절차, 금속/발열 안 전 기준
AirFuel MR (6.78 MHz, ≤ ≈ 100W)	있음 (AirFuel)	OOB(BLE)	정렬 허용오 차·타이밍, 과열·과전압 보호, BLE 연결 안정성 (재시도/타임 아웃)
AirFuel RF (~900 MHz, ~ mW ~ 1 W)	있음 (AirFuel)	OOB(BLE)	RF 출력 단 계·스펙트럼 관리, 인체/ 기기 안전, 제어 메시지 응답 절차
SAE J2954 (EV WPT, 3~ 11kW)	없음	OOB(WLAN, SAE J2847/6)	정렬/접·효율, 금속·자기장 안전, 도킹/ 세션 절차, 차량·설비 연 동

사실표준단체에서는 일반적으로 회원사에 국한하여 시험인증 서비스를 제공하고 있으며, 시험인증 절차를 PMD(Project Management Document)로 안내하고 있다. 일반적으로 제조사가 표준단체에서 지정한 공인 시험소에 시험항목을 결정하기 위한 DUT 정보를 전달하면, 공인 시험소는 이를 확인하기 위한 시험 환경과 시험항목들을 구성하고, 표준 규격을 만족여부를 시험하여 시험결과를 표준단체에 제출하게 된다.



그림 1. 시험인증 절차 예시(CCS)

III. 결론

본 논문에서는 충전 방식 선정에 필요한 고려사항과 국제 시험인증 동향을 소개하였다. 이를 통해 확인할 수 있었던 자율행동체 충전 인터페이스 기술 개발 시, 필요한 주요 요구사항은 충전대상의 전력규모, 작업환경, 충전 기술의 특징을 반영한 통신기술 선정과 프로토콜 개발이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2024 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기획평가원(IITP) 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2024-00397612, 자율행동체 글로벌 기술 주도권 선점과 생태계 확산을 위한 자율행동체 접촉·무선 충전 인터페이스 국내외 표준 개발)

참 고 문 헌

[1] 정인철, "지능형 로봇의 국제 표준화 동향", TTA Journal No.127, pp. 95~ 99.

[2] Simone Calai, "An Analysis on Power Consumption in Industrial Robots: Influence of Losses and a Proof of Concept for a New Measurement Method", KTH Thesis Report, Aug. 2024.

[3] Popescu, C-A. "The Influence of Energy Consumption and the Environmental Impact of Electronic Components on the Structures of Mobile Robots Used in Logistics", Sustainability, 16, 8396, Sep. 2024.

[4] Michael Keller, "CharIN e.V. – Improvement of charging quality by conformance testing and how an association can support", EVS36, June. 2023.