

IP기반 전자연동장치를 중심으로 한 신호시스템 인터페이스 표준화

Standardization of signal system interface based on IP based electronic interlocking system

황경환*, 성동일**, 홍정기*, 박영주*, 이기서†

Kyung-Hwan Hwang*, Dong-il, Sung, Jeong-Ki Hong*, Young-Joo Park*, Key-Seo Lee†

Abstract: The electronic interlocking system basically interface with points, signals and track circuits. In the conventional railway, interlocking device interface with CTC (Central Traffic Control), RBC (Radio Block Center), LEU (Lineside Electronic Unit) and in case of urban railway, it interfaces with ATS(Automatic Train Supervision), ATO, CBTC and other systems. Electronic interlocking system, the way of information exchange differs according to the manufacturer. When A company's products are replaced with B's products, they are not interoperable with each other. IP-based electronic interlocking system is a network-based distributed interlocking device, in this paper, we propose interface specifications based on IP-based electronic interlocking to improve the management and efficiency by standardizing interface and interoperability of signaling system, and to reduce the LCC(Life Cycle Cost)of the entire railway operation.

Keywords : IP(Internet Protocol), Electronic interlocking, Standardization, Interoperability, SCI/SDI/ SMI

초 록 전자연동장치는 기본적으로 선로전환기, 신호기, 궤도회로와 정보교환을 하며 일반국철에서는 CTC(Central Traffic Control), RBC(Radio Block Center), LEU(Lineside Electronic Unit) 등 다양한 형태의 설비와 인터페이스를 하고 도시철도인 경우 ATS(Automatic Train Supervision), ATO, CBTC 등 일반 철도와 상이한 시스템과 연계 운용되고 있으나 전자연동장치 제조사별로 정보교환 방식과 내용이 달라 A사의 제품을 B사의 제품으로 대체 시 제품 간 상호호환이 않되는 상황이다. IP기반 전자연동장치는 네트워크 기반의 분산형 연동장치로, 본 논문에서는 IP기반 전자연동장치를 중심으로 한 인터페이스 표준사항을 제시하여 신호시스템의 인터페이스 표준화와 상호호환성을 확보함으로써 관리 및 효율성을 향상시키고 전체 철도운영의 LCC (Life Cycle Cost)를 감소시키고자 한다.

주요어 : IP(Internet Protocol), 전자연동장치, 표준화, 상호호환성, SCI/SDI/SMI

1. 서 론

철도 전자연동장치는 열차의 위치정보를 이용하여 신호기, 선로전환기 등 열차 운행과 관계된 제어기능을 Fail-Safe하게 처리하는 장치로 열차의 탈선 및 충돌 방지를 위해 신호기기 상호간 채정을 맺어주는 안전기능 수행을 기본 목적으로 한다. 현재 우리나라 전자연동장치

* 철도신호사업연구조합 R&D 팀

** 한국철도시설공단 KR연구원

† 교신저자: 철도신호사업연구조합 이사장 (kslee@kw.ac.kr)

국산화 비율은 고속철도 10%, 일반철도 100%, 도시철도 30%로 고속철도와 도시철도 전자연동장치의 국산화 비율이 매우 저조한 상황이다. 이에 따라 국내에서는 IP기반 철도 전자연동장치를 실용화하기 위한 국책 연구과제를 수행하고 있으며 2019년까지 현차 시험을 완료하는 것을 목표로 하고 있다. 본 논문에서는 IP기반 전자연동장치를 중심으로 한 신호시스템 인터페이스 표준사양을 제시하여 신호시스템의 인터페이스 표준화와 상호호환성을 확보함으로써 A사 제품 단절 또는 고장 시 B사 또는 C사 제품으로 교체가 가능하도록 하여 관리 및 효율성을 향상시키고 전체 철도 운영의 유지 및 관리 비용을 감소시키고자 한다.

2. 본 론

2.1 인터페이스 표준화 현황 및 분석

2.1.1 국외 현황

유럽에서는 Euro Interlocking(1999~2008) 및 INESS(Integrated European Signaling System, 2008 ~2012.) 프로젝트를 거쳐 EULYNX 프로젝트를(2014 ~)를 기반으로 IP 기술을 이용한 전자연동장치 개발과 인터페이스 표준 제정 및 실용화 프로젝트를 철도운영자 중심으로 진행 중이며 Baseline 3 사양서가 2018년 12월 발행되었고 추가적으로 Baseline 3 문서가 2019년에 발행 될 계획이다. EULYNX프로젝트는 앞서 진행한 프로젝트의 후속 프로젝트로서 안전성, 유지보수성 향상 및 비용절감을 통해 유럽 철도산업의 경쟁력 향상을 목표로 하고 있다. 이 프로젝트는 유럽 각국의 철도인프라 관리 및 운영기관의 주도로 진행함으로써 철도 전자연동장치의 인터페이스 표준사양을 만들어 내는 것이 결과물의 하나이다

2.1.2 국내 현황

국내 전자연동장치는 본연의 기능인 역구내 열차 진로제어를 주로 수행하나 현재 복잡하고 다양한 형태의 외부 열차 제어장치와 연결되어 열차 안전운행을 책임지고 있다. 예로 일반국철에서는 CTC, RBC, LEU 등 다양한 형태의 설비와 인터페이스를 하고 도시철도인 경우 ATS, ATO, CBTC등 일반 철도와 상이한 시스템과 연계 운용되고 있다. 이러한 상황에서 연동장치를 중심으로 한 표준 인터페이스가 제정되어 있지 않아 철도운영기관이 A사의 연동장치를 B사의 연동장치로 교체했을 경우 A사의 인터페이스 정보 협조가 없이는 B사의 연동장치로 대체 운영하는 것이 거의 불가능하다.

2.1.3 분석

현재 추진중인 IP기반 철도 전자연동장치 실용화 과제의 키워드는 ‘IP기반’, ‘표준화’, ‘분산형’, ‘상호호환성’이라 할 수 있다. IP기반 철도 전자연동장치를 중심으로 한 신호시스템 표준 인터페이스 구현으로 가져올 수 있는 이점은 IP제어부를 이용한 인터페이스를 통해 기술을 공개하지 않고 표준화가 가능하다는 점이다. 또한, 통신장치의 상용제품 구성으로 가용성 증대 특히, A 공급업체에서 공급한 철도 전자연동장치 운영 중 A업체가 도산할 경우 B공급업체의 제품으로 즉시 교체 및 유지보수 할 수 있다는 기대효과를 가져올 수 있을 것이다. 그러므로, IP기반 철도전자연동장치를 중심으로 한 신호시스템 간 표준 인터페이스를 제정하여 실용화하는 것이 조속히 필요하다.

2.2 IP기반 철도 전자연동장치 개요

IP기반 철도 전자연동장치는 선로변 신호장치 인터페이스를 계전기가 아닌 현장 제어장치(IP제어부)를 사용하는 분산형으로 구현하였다. 현장 제어장치는 신호기, 선로전환기, 폐색제어 등 외부 신호용 현장 장치를 직접 이중계 광통신으로 네트워크로 연결하여 제어하는

방식이며, 연동장치 제어 거리를 40Km까지 확장하여 장거리 다중 역을 제어할 수 있도록 설계하였다. 또한 가용성 증대를 위해 모든 시스템을 이중계로 구성하였으며 각 시스템 제어는 안전등급 SIL4 인증 받은 CPU로 구성하였다. 또한 장거리 네트워크 및 분산 시스템으로 운용자가 원격지에서 시스템 운용을 감시하고 제어할 수 있도록 네트워크 관리 시스템(NMS)을 도입하여 운영 중 장애발생, 운영이상에 대한 감시 및 조치를 신속히 하도록 하였다.

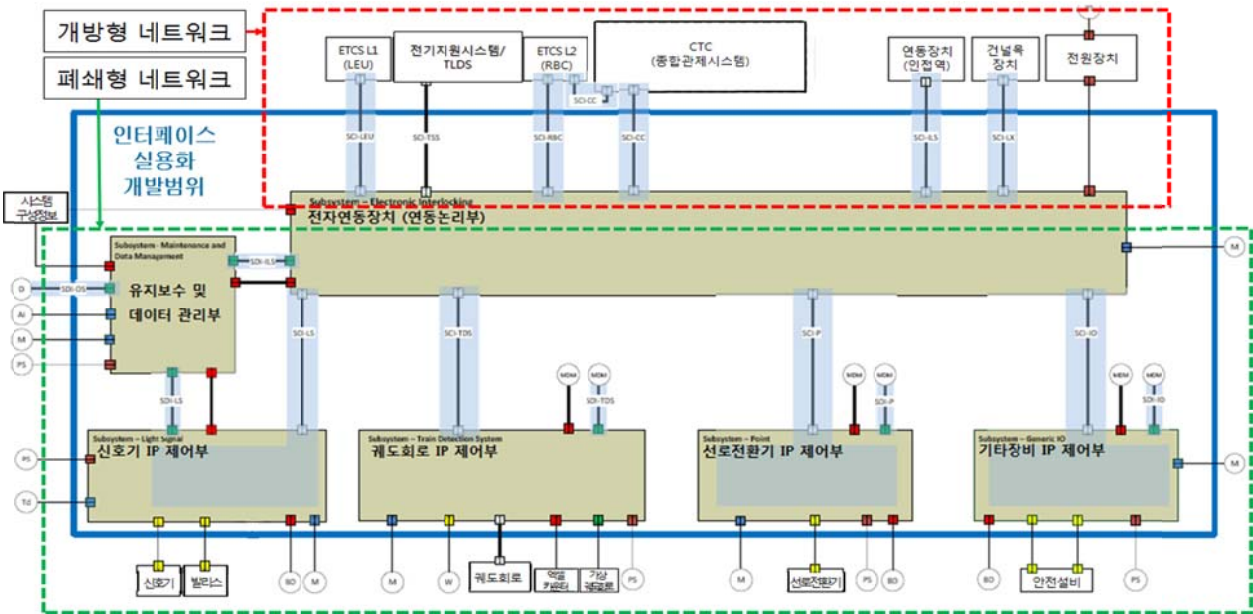


그림 1. IP기반 철도전자연동장치 구성도

2.3 IP기반 전자연동장치를 중심으로 한 신호시스템 표준 인터페이스

전자연동장치를 중심으로 폐쇄형(내부) 네트워크를 통해 각종 선로변 현장장치를 제어하는 IP제어부와 유지보수 및 데이터 관리부와 정보를 교환하며 개방형(외부) 네트워크를 통해서 CTCS, RBC, 인접연동장치, 건널목 장치 등 주요 장치와 정보를 교환한다. IP기반 철도 전자연동장치 실용화 과제에서는 철도신호시스템의 표준 인터페이스 규격을 제시하여 서로 다른 운영규칙, 상업적 이해관계, 제조사별로 서로 다른 인터페이스를 하나의 표준화된 규격으로 통합하고자 한다.

2.3.1 표준 인터페이스 계층 구조

IP기반 철도전자연동장치를 중심으로 한 신호시스템 인터페이스 표준 규격은 SCI / SDI / SMI의 세가지로 구분한다. SCI / SDI / SMI는 TCP-IP 계층구조를 기반으로 하며 OSI 7 Layer 와 비교한 통신계층은 다음 그림 2 와 같다.

- SCI (Standard Communication Interface): 표준 통신 인터페이스
- SDI (Standard Diagnostic Interface): 표준 진단 인터페이스
- SMI (Standard Maintenance and Data Management Interface): 표준 유지보수 및 데이터 관리 인터페이스

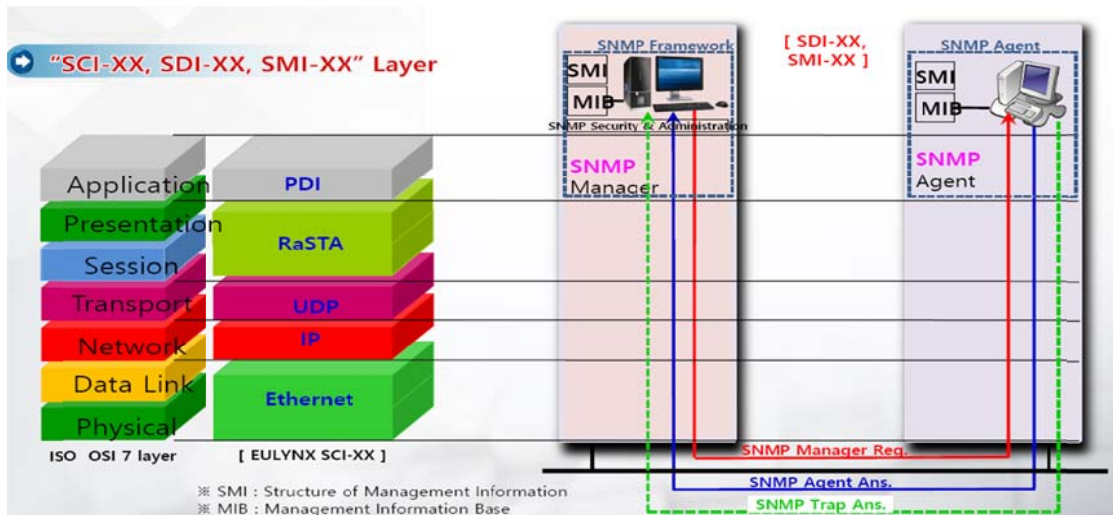


그림 2. SCI / SDI / SMI 통신계층

2.3.2 RaSTA(Rail Safe Transport Application)

열차제어에 사용되는 정보는 안전확보가 필수적이다. 이를 위해 안전/재전송 및 이중화 계층에 유럽에서 사용하는 RaSTA를 적용하였다. RaSTA는 응용계층으로부터 데이터를 받아 자체 프로토콜 단위로 패키징 하여 전송한 데이터의 무결성을 보장한다. 또한, 이중화 계층은 UDP 또는 TCP를 통해 데이터가 교환될 수 있도록 하나 이상의 전송채널을 통해 메시지를 전송한다.

[안전 및 재전송 계층 - RaSTA 구조]

전체 PDU의 바이트 수를 포함	해당 메시지 타입에 할당된 식별번호	RaSTA 네트워크 내에서 수신하는 클라이언트의 고유 식별자 (식별번호는 IP주소와는 상관없음)	RaSTA 네트워크 내에서 송신하는 클라이언트의 고유 식별자 (식별번호는 IP주소와는 상관없음)	각 후속 메시지에서 증가되는 메시지 번호	현재 메시지에서 확인된 메시지 번호	메시지를 보낸 송신측 타임스탬프	확인된 메시지의 타임스탬프	페이로드	PDU의 무결성을 확인하기 위한 체크섬. 이 경우 PDU는 MD4 알고리즘을 사용. 응용 프로그램에서는 RaSTA 네트워크에 할당된 코드로 대체될 수 있음
메시지 길이	메시지 타입	수신 ID	송신 ID	일련번호	시퀀스 번호	타임스탬프	확인 타임스탬프	페이로드	보안코드
2 Byte	2 Byte	4 Byte	4 Byte	4 Byte	4 Byte	4 Byte	4 Byte	가변 너비	0, 8 or 16 Byte

메시지 길이	예약	일련번호	페이로드	확인코드
2 Byte	2 Byte	4 Byte	가변 너비	0, 2 or 4 Byte

현재 프로토콜을 확장용으로 예약
이중화 계층 PDU와 관련된 시퀀스 번호
각 연속 메시지에서 증가되는 이중화 계층 사용자 데이터
전송할 안전 및 재전송 계층의 타임스탬프
코드를 검사하여 전송 오류를 체크하며, CRC 방법에 따라 계산함

[이중화 계층 - RaSTA 구조]

그림 3. RaSTA 메시지 구조

2.3.3 SCI(Standard Communication Interface), SCI-XX

SCI는 표준통신 인터페이스로 연동장치와 각 서브시스템간의 안전한 통신(제어 및 상태)를 하기 위한 텔레그램이다. SCI-XX는 통신대상을 나타내며 메시지 구조는 그림 4 와 같다. 통신대상은 SCI-LS(신호기), SCI-P(선로전환기), SCI-TDS(열차검지장치)등 10 여 가지가 있으며 예로, SCI-LS의 인터페이스 표준 텔레그램을 그림 5 에 나타내었다.

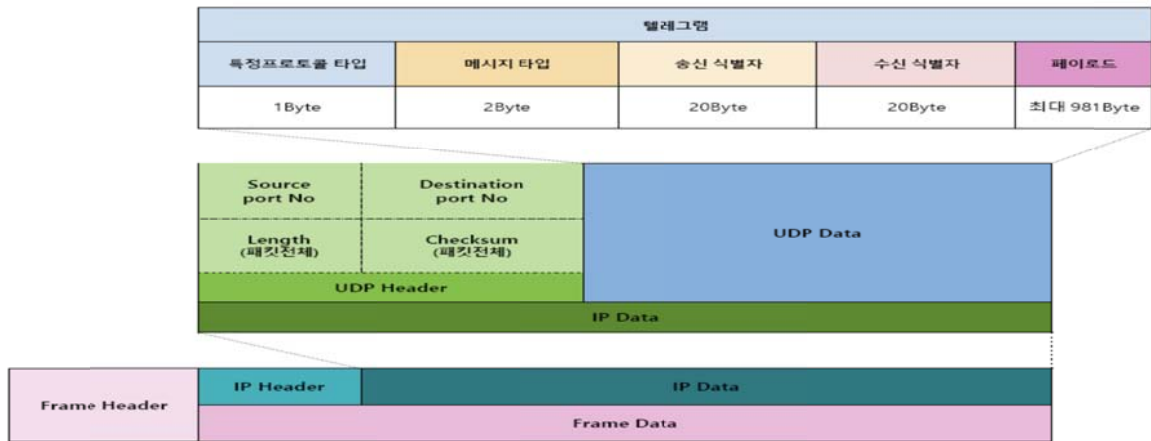


그림 4. SCI-XX. 메시지 구조

- 최대 텔레그램 길이는 1024 바이트 이다.
- 텔레그램은 텔레그램 헤더와 텔레그램 페이로드로 구성 된다.
- 텔레그램 헤더는 43 바이트 (바이트 00 ~ 42)의 길이를 갖는다.
- 텔레그램 페이로드는 비어 있거나 페이로드 매개 변수 시퀀스로 구성 된다.

○ 인터페이스 표준 텔레그램(예): SCI-LS(Light Signal)



그림 5. SCI-LS(Light Signal) 텔레그램

2.3.4 SDI(Standard Diagnostic Interface), SDI-XX

SDI는 표준진단 인터페이스로 서비스 기능 진단 수집기(유지보수 및 데이터 관리부)와 각 서브시스템 간의 진단메시지 전송을 위한 텔레그램이다. 각 서브시스템은 SNMP 또는 OPC-UA 프로토콜을 서비스기능 진단 수집기로 진단메시지를 전송하는데 사용한다. SNMP를 사용하는 SDI-XX. 메시지 구조는 그림 5 와 같다. SDI-XX는 통신대상을 나타내며 예로, SDI-P와 SDI-TDS의 인터페이스 표준 텔레그램을 본문에 제시하였다.

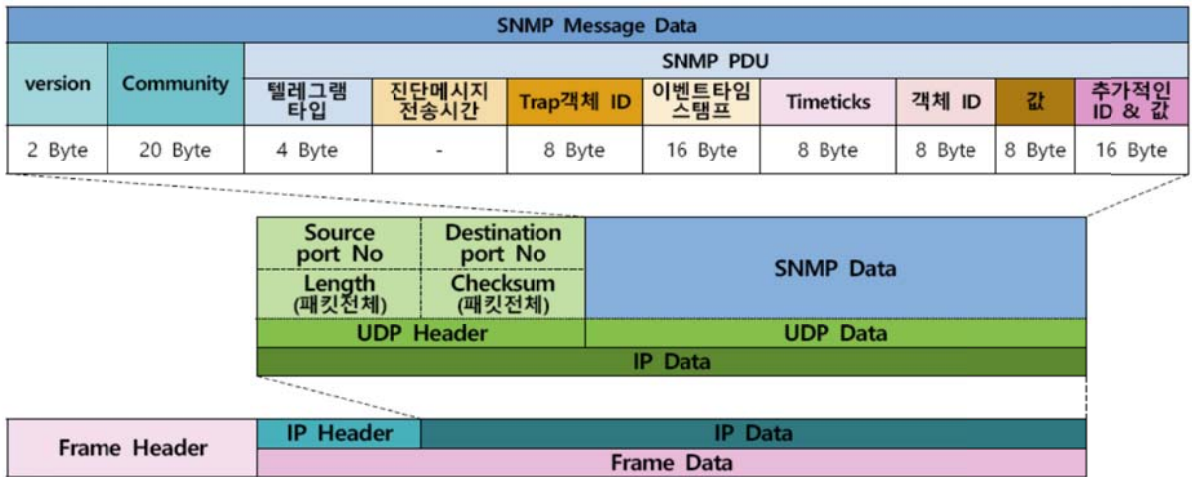
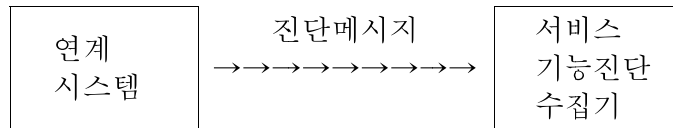


그림 6. SDI-XX 메시지 구조

- 텔레그램을 통해 연계 시스템은 서비스 기능 진단 수집기에 진단 메시지를 보낸다.



- 텔레그램 구조는 SNMP v2c InformRequests에 대한 사양을 따른다.
- SNMP Trap 프로토콜의 표준 포트이며, 다음 텔레그램 입력 항목을 명시해야 한다.

입력 항목	의미	비고
버전	SNMP 버전	v2c
커뮤니티(비밀번호)	입증	연계시스템의 SubS_ID
텔레그램 타입	SNMP 텔레그램 타입	6(정보요청)
Trap 객체 ID	기본 Trap 객체 식별	연계 시스템의 MIB에 정의된 것과 일치
타임 스탬프	Trap에 전송 되는 첫 번째 값	객체 ID는 연계 시스템의 MIB에 입력.
Timeticks	시간 표시	m/second 단위
객체 ID	데이터 포인트 ID	연계시스템의 진단 모델에 고유하게 정의된다.
값	데이터 포인트 ID의 값	특정 데이터 포인트 ID 상태
....	추가 데이터 포인트 ID의 값	

표 1. 텔레그램 입력 항목(SDI-XX)

○ 인터페이스 표준 텔레그램(예) : SDI-P(Point)

1) PointTurnEvent.Position :

- 타입 : Enumeration
- 선로전환기 전환 방향.

값	정 보
L	반위(왼쪽)
R	정위(오른쪽)

2) PointTurnEvent.TurnTime :

- 타입 : Float
- 단위 : 초(Seconds)
- 첫 번째 전환을 시작한 선로전환기부터 종료된 선로전환기까지 발생한 전환 시간.

○ 인터페이스 표준 텔레그램(예) : SCI-TDS(Track Detection System)

1) AxleCounter.DetectionPoint[i].Failure :

- 타입 : Boolean
- 검지지점의 고장 여부에 대한 정보.

값	정 보
0	고장 없음
1	고장

2) AxleCounter.DetectionPoint[i].StatusConnectionToACEU :

- 타입 : Enumeration
- 검지지점과 ACEU 간 연결 상태에 대한 정보

값	정 보
0	설정
1	차단

2.3.5 SMI(Standard Maintenance and Data Management Interface)

SMI는 표준 유지보수 및 데이터 관리 인터페이스로 서비스 기능 진단수집기(유지보수 및 데이터 관리부)와 각 서브시스템 간의 원활한 정보교환을 위한 다음 서비스 기능을 수행한다.

- 데이터 다운로드
- 시간 동기화
- 진단 수집기
- 로깅

유지보수 및 데이터관리부(MDM, Maintenance and Data Management)의 주요기능은 다음과 같다.

- 해당하는 경우 외부 디렉터리 서비스를 통해 사용자의 로컬 로그인 및 인증
- 외부 디렉터리 서비스를 사용할 수 없는 경우, 사용자 관리, 사용자 생성 및 삭제
- MDM 관리자만 사용자를 생성 또는 삭제
- 다운로드 절차에 적용할 엔지니어링 및 구성 데이터 버전 구성 및 활성화

- 데이터 캐리어에서 서브시스템 MDM으로 메타 정보 로딩
- 시간 동기화

2.3.6 표준 인터페이스의 실용화

국외현황 및 국내현황 분석을 통해 알 수 있듯이 유럽에서는 EULYNX 프로젝트를 통해 철도운영사 들이 IP기반 전자연동장치를 중심으로 한 인터페이스 표준화의 실용화를 하고 있다. 국내에서도 전자연동장치의 상호호환성을 확보하여 철도운영의 LCC를 감소하기 위해서는 IP기반 전자연동장치를 중심으로 한 신호시스템 인터페이스 표준화가 반드시 필요한 시점이며 국책과제를 통해 2019 년까지 현차시험을 완료하고 KRS(Korean Railway Standards) 규격화 후 실용화 할 예정이다.

3. 결론

현재 국내 철도에서는 연동장치를 중심으로 한 표준 인터페이스가 제정되어 있지 않아 철도운영기관이 A사의 연동장치를 B사의 연동장치로 교체했을 경우 A사의 인터페이스 정보 협조가 없이는 B사의 연동장치로 대체 운영하는 것이 거의 불가능하다.

IP기반 철도 전자연동장치 실용화 개발의 키워드는 ‘IP기반’, ‘표준화’, ‘분산형’, ‘상호호환성’ 이라 할 수 있다. IP기반 전자연동장치를 중심으로 한 인터페이스 표준화를 통해 가져올 수 있는 이점은 첫째, IP제어부를 사용한 인터페이스를 구현해 제조업체의 기술을 공개하지 않고 표준화가 가능하다. 둘째, 장치의 범용 구성으로 가용성 증대 특히 A 공급업체에서 공급한 연동장치 운영 중 A업체가 도산할 경우 B공급업체의 제품으로 즉시 교체하여 유지보수 할 수 있다는 기대효과를 가져올 수 있을 것이다. 또한 규격 표준화를 통하여 한국 내 철도운영자는 비용 절감측면에서 아래와 같은 이점을 얻게 될 것이다

- 제조사들의 원가절감을 통한 연동장치의 적정한 가격 유지
- 하드웨어 및 소프트웨어의 버전 변경으로 초래되는 유지보수 비용의 최소화
- 연동장치 구매 프로세스를 단순화하고, 철도운영자의 구매비용 절감효과

궁극적으로, IP기반 철도 전자연동장치 실용화를 통해 LCC(Life Cycle Cost)를 감소하고 안전성을 향상할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

This study was performed as part of a railroad technology research project (17RTRP-C136746-01)with the support of the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport and the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement.

참고문헌

- [1] ‘IP기반 철도 전자연동장치 실용화’ 과제 연구개발계획서, 2017
- [2] Korean Railway Standards, 전자연동장치 (KRS SG 0015-14)
- [3] EULYNX, EULYNX System Definition v1.4 (0 A), (2017.3.24)
- [4] EULYNX, Interpretation rules for model based requirements v1.3 (0 A), (2018.11.29)
- [5] <https://eulynx.eu/>
- [6] Kyung-Hwan Hawang , ‘Standardization Study of Conventional and High Speed Railway Signaling System’ , KSR2017S104, 2017.