

사물인터넷 및 5G 환경에서 스마트 철도 플랫폼 표준 기술

한민규 oneM2M TDE그룹 의장, TTA 이동통신 서비스(PG910) 의장, 한성대학교 교수

1. 머리말

사물인터넷은 단순히 사물을 연결하는 통신에 국한되지 않고 4차 산업혁명의 핵심 요소 기술로 다양한 산업군에 적용되고 있다. 국가의 기간 운송망이며 저렴하고 환경친화적인 운송수단으로서 각광을 받는 철도 서비스도 예외가 아니다. 철도 서비스를 운영하려면 인원뿐만 아니라 수많은 장치와 시스템이 필요한데, 특히 우리나라는 철도 서비스에 세계 최초로 LTE 통신 서비스를 접목한 바 있다. 현재 이동통신 서비스는 LTE에서 5G로 변화하고 있고 그에 맞추어 5G와 사물인터넷을 연동하는 기술의 표준화도 함께 이루어지고 있다.

2. 스마트 철도 플랫폼 표준화

2.1 스마트 철도 플랫폼 표준화 방향

유럽의 GSM-R 표준을 사례로 보면 지금까지 철도 플랫폼은 상용 GSM망과 연결된 철도 GSM 시스템(GSM-R)을 사용해 왔다. 철도망을 공공전화망(PSTN)에 연동함으로써 제한적인 철도 제어와 철도 서비스 운용 기능을 제공한 것이다. 그러나 앞으로는

4차 산업혁명의 요소 기술인 사물인터넷과 5G 이동통신망을 융합하여 스마트 철도 애플리케이션으로 다양한 고객 서비스도 제공하는 등 철도 운용을 스마트화하는 방향으로 발전할 전망이다.

우리나라는 2018년 평창 동계올림픽을 시작으로 LTE 기반의 철도 이동통신망을 구축하여 상용화한 바 있다. 유럽철도연맹(UIC)은 2030년까지 5G 이동통신망 기반의 철도 이동통신망을 구축하기로 했다. 이에 발맞추어 사물인터넷 분야에서는 oneM2M에서 스마트 철도 플랫폼 관련 표준화를, 5G 이동통신 분야에서는 3GPP에서 고속 열차 이동통신 관련 표준규격을 제정하고 있다.

2.2 스마트 철도 플랫폼 표준화 활동

사물인터넷과 5G 이동통신을 기반으로 스마트 철도 플랫폼을 제공하는 표준화는 플랫폼, 디바이스, 운용관리 등에서 진행 중이다.

스마트 철도 플랫폼 분야는 스마트 철도 서비스 모델을 정의하는 시나리오 및 요구사항을 도출하는 한편, 스마트 철도 디바이스 정보모델과 서비스 정보모델 기술 규격을 제정하고 있다.

스마트 철도 디바이스에서는 스마트 철도 디바이스

스마트 철도 플랫폼을 위한 스마트 철도 디바이스 정보모델도 TS-0023에서 진행 중이다. Rel-4 기준으로 99개의 모듈클래스와 59개 디바이스모델을 7개 산업군을 대상으로 정의하는데, 그 숫자는 계속 증가하고 있다.

2.2.2 스마트 철도 기술보고서(RAILDE)

oneM2M RDM에서는 스마트 철도 기술보고서를 TR-0058로 제정하고 있다. TR-0058은 스마트 철도의 유스케이스 시나리오와 잠재적 요구사항, 고수준 기술구조, 키 이슈, 해결방안 등을 정의한다.

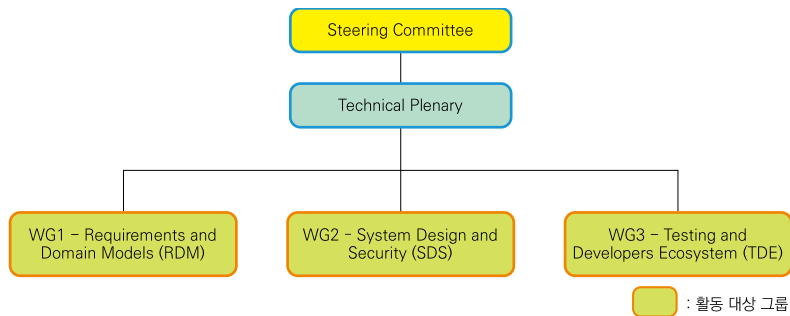
TR-0058에서 다루는 유스케이스는 시간대 기반

디바이스 접근, 열차 자동 제어, 플랫폼 스크린도어를 포함한 철도 운용부터 열차 제어, 역사 운용에 이르기까지 스마트 철도의 잠재적 어플리케이션을 중심으로 기술하고 있다.

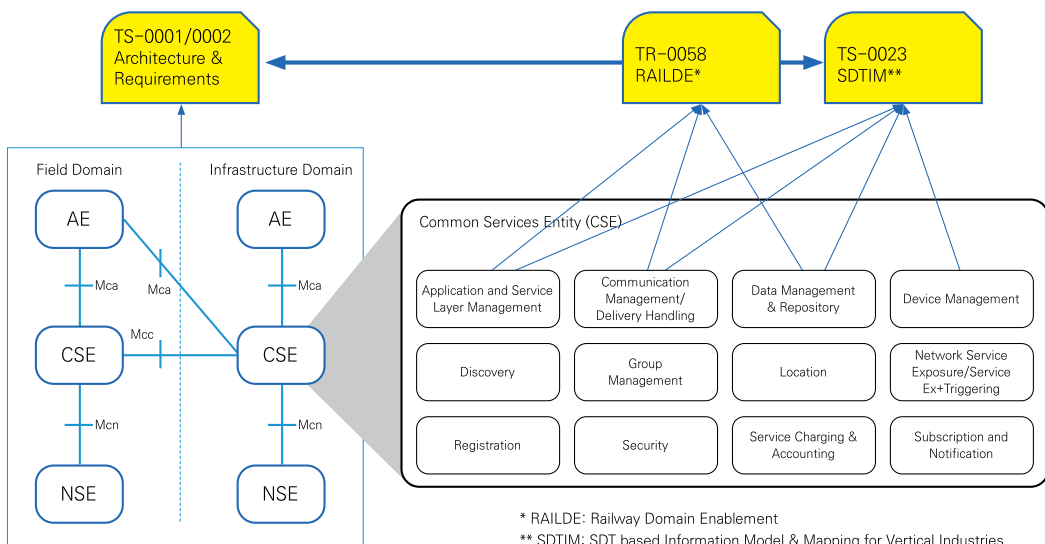
3. 5G 환경에서 고속철도 통신 표준 기술

3.1 3GPP의 고속철도 통신 표준화

3GPP에서는 SA(Service Aspect) 중심으로 스마트 철도의 통신 분야인 고속철도 이동통신 기술규격을 제정하기 시작했다. 이후 CT(Core Technology) 및 RAN(Radio Access Network)에서 Rel-17을 목표로 스마트 철도 서비스를 위한 5G 기반 고속철도 이



[그림 3] oneM2M의 스마트 철도 플랫폼 표준화 활동



* RAILDE: Railway Domain Enablement

** SDTIM: SDT based Information Model & Mapping for Vertical Industries

[그림 4] oneM2M의 스마트 철도 플랫폼 표준화 현황

동통신 기술규격을 제정할 예정이다. 현재는 SA WG 1에서 고속철도 이동통신 요구사항 기술규격 제정, SA6에서 MCx(Mission Critical Service)로의 반영이 진행 중이다.

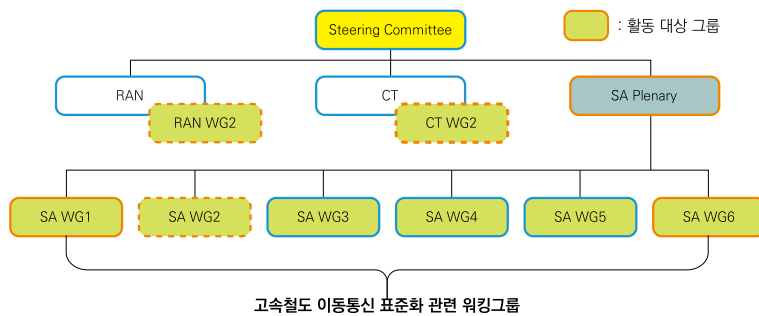
3.2 3GPP SA1의 고속철도 이동통신 표준화

3.2.1 3GPP SA1의 고속철도 이동통신 표준화 개요

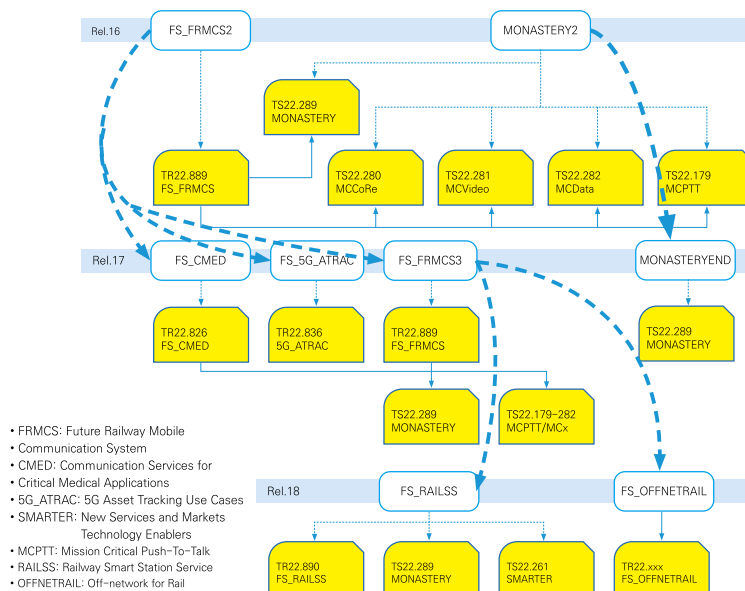
3GPP SA1에서는 유럽의 UIC와 노키아, 한국의 철도시설공단과 ETRI, KRRI, KT, LGU+, 한성대학교의 주도로 FRMCS(Future Railway Mobile Communication System) 및 MONASTERY(Mobile

Communication Systems for Railways)를 Rel-15의 신규 워크아이템으로 발의하여 TR22.889[5] 및 TS22.289[6]로 스마트 철도의 고속철도 이동통신 기술규격을 제정하기 시작했다. Rel-15에서는 전체 릴리즈 일정의 문제로 소규모의 요구사항만 반영했으나, Rel-16의 워크아이템으로 FRMCS2, MONASTERY2를 진행하면서 스마트 철도 요구사항을 전반적으로 반영하기 시작했다.

Rel-17에서는 FRMCS3 및 MONASTERY2를 잇는 MONASTERYEND와 함께 철도 서비스 응용과 관련된 응급의료(CMED) 및 물류(5G_ATRAC) 워크아이템이 진행되었다.



[그림 5] GPP의 5G 고속철도 이동통신 표준화 활동



[그림 6] 3GPP SA1의 5G 고속철도 이동통신 표준화 현황

이후 스마트 철도 스테이션 지원(RAILSS)이 Rel-18의 첫 워크아이템으로 승인되어 TR22.890[7]으로 진행 중이다. 2020년 5월 코로나-19로 인하여 온라인으로 진행된 SA1회의에서 철도 오프-네트워킹(OFFNETRAIL)이 신규 워크아이템으로 승인되어 문서번호가 부여되기를 기다리고 있다.

3.2.2 고속철도 이동통신 기술보고서(FRMCS)

FRMCS는 스마트 철도 플랫폼의 통신 기반이 될 5G 환경의 고속철도 이동통신 기술규격을 정의하고자 Rel-15에서 발의되어 Rel-17까지 진행되었다. 유럽 UIC, 노키아 및 한국 철도시설공단과 ETRI, KRRI, KT, LGU+, 한성대가 주도했다.

FRMCS에서는 기본 기능 유스케이스 4종, 실시간 통신 애플리케이션 유스케이스 40종, 응용 통신 애플리케이션 유스케이스 16종, 비즈니스 통신 애플리케이션 유스케이스 2종, 실시간 지원 애플리케이션 유스케이스 36종, 비즈니스 지원 애플리케이션 유스케이스 1종, FRMCS 시스템 정책 유스케이스 25종 및 관련 잠재 요구사항을 정의한다.

3.2.3 고속철도 이동통신 요구사항 표준(MONASTERY)

MONASTERY는 스마트 철도 플랫폼의 5G 이동통신 규격이다. 고속철도통신의 기능 요구사항을 포함한 역사 내 CCTV 철도 비디오 서비스 시나리오, URLLC(Ultra Reliability and Low Latency Capability) 시나리오 관련 KPI 요구사항을 정의한다.

3.2.3 고속철도 이동통신 요구사항 표준(MONASTERY)

3.2.4 철도 스마트 역사 기술보고서(RAILSS)

철도 스마트 역사 기술보고서는 우리나라의 한성

3.2.4 철도 스마트 역사 기술보고서(RAILSS)

철도 스마트 역사 기술보고서는 우리나라의 한성

〈표 1〉 TS22.289의 고속철도 이동통신 KPI 요구사항

Scenario	End-to-end latency	Reliability (Note 1)	Speed limit	User experienced data rate	Payload size (Note 2)	ea traffic density	Service area dimension (note3)
Voice Communication for operational purposes	≤100ms	99,9%	≤500km/h	100kbps up to 300kbps	Small	Up to 1Mbps/line km	200km along rail tracks
Critical Video Communication for observation purposes	≤100ms	99,9%	≤500km/h	10Mbps	Medium	Up to 1Gbps/km	200km along rail tracks
Very Critical Video Communication with direct impact on train safety	≤100ms	99,9%	≤500km/h	10Mbps up to 20Mbps	Medium	Up to 1Gbps/km	200km along rail tracks
	≤10ms	99,9%	≤40km/h	10Mbps up to 30Mbps	Medium	Up to 1Gbps/km	2km along rail tracks urban or station
Standard Data Communication	≤500ms	99,9%	≤500km/h	1Mbps up to 10Mbps	Small to large	Up to 100Mbps/km	100km along rail tracks
Critical Data Communication	≤500ms	99,9999%	≤500km/h	10kbps up to 500kbps	Small to medium	Up to 10Mbps/km	100km along rail tracks
Very Critical Data Communication	≤100ms	99,9999%	≤500km/h	100kbps up to 1Mbps	Small to Medium	Up to 10Mbps/km	200km along rail tracks
	≤10ms	99,9999%	≤40km/h	100kbps up to 1Mbps	Small to Medium	Up to 100Mbps/km	2km along rail tracks
Messaging	-	99,9%	≤500km/h	100kbps	Small	Up to 1Mbps/km	2km along rail tracks

NOTE 1: Reliability as defined in sub-clause 3.1.

NOTE 2: Small: payload ≤ 256 octets; Medium: payload ≤ 512 octets; Large: payload 513 - 1500 octets.

NOTE 3: Estimates of maximum dimensions.

대, LGU+, KT, SKT, ETRI, LG전자 및 유럽의 UIC 주도로 승인된 워크아이템이다. 철도 비즈니스 서비스에서 승객을 대상으로 하는 다양한 역사 운용과 부가서비스 요구사항을 정의한다.

주요 표준화 대상은 철도 스마트 역사의 운용 감시 및 제어, 승객 지원 서비스부터 현재 TS22.889에 포함되어 있는 비즈니스와 응용 애플리케이션의 유스케이스의 보안과 요구사항 도출까지 포괄한다. 도출된 요구사항과 현재 제정된 3GPP 기능규격 사이의 갭분석을 수행하여 제정한다.

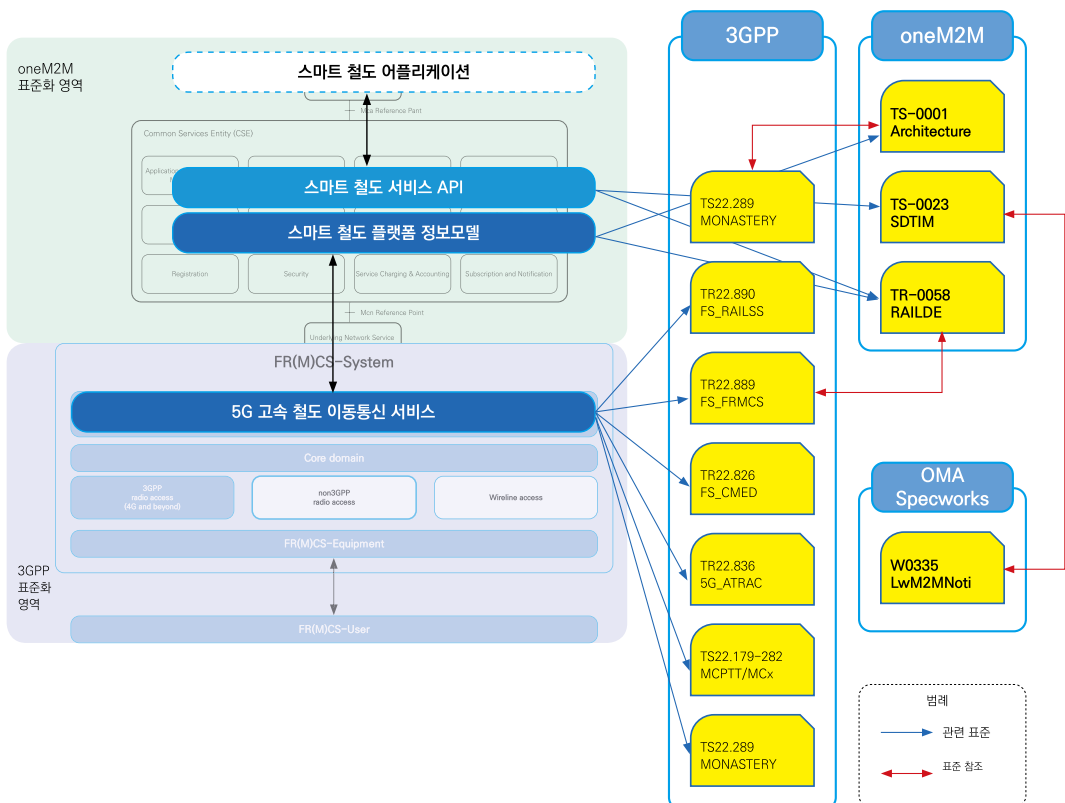
3.2.5 고속철도 오프 네트워크 통신 기술보고서 (OFFNETRAIL)

고속철도 오프-네트워크 통신 기술보고서는 유럽의 UIC, 노키아, 미국의 FirstNet, 한국의 ETRI, KT,

LGU+ 및 한성대의 주도로 제안되어 SA WG 1의 90차 회의에서 승인되었다.

표준화 대상에는 철도 환경에서의 오프-네트워크 통신 분석과 TR22.889에 산재된 유스케이스 정리, 신규 유스케이스의 제안이 포함된다. 이와 더불어 OFFNETRAIL을 수행하면서 TR22.889에 있는 모든 오프-네트워크 유스케이스를 별도의 TR을 제정하여 옮기고 세분함으로써 신규 유스케이스를 추가하는 작업을 진행할 것이다.

현재 철도 오프-네트워크 통신의 유스케이스 시나리오로 열차 자동 보호(ATP, Automatic Train Protection) 데이터 통신, 열차 자동 운영(ATO, Automatic Train Operation) 데이터 통신, 중요 실시간 비디오, 열차 가상 커플링 데이터 통신 등이 다뤄지고 있다.



[그림 7] 스마트 철도 플랫폼의 표준 문서

4. 사물인터넷 및 5G 환경에서 철도 서비스 플랫폼 표준화

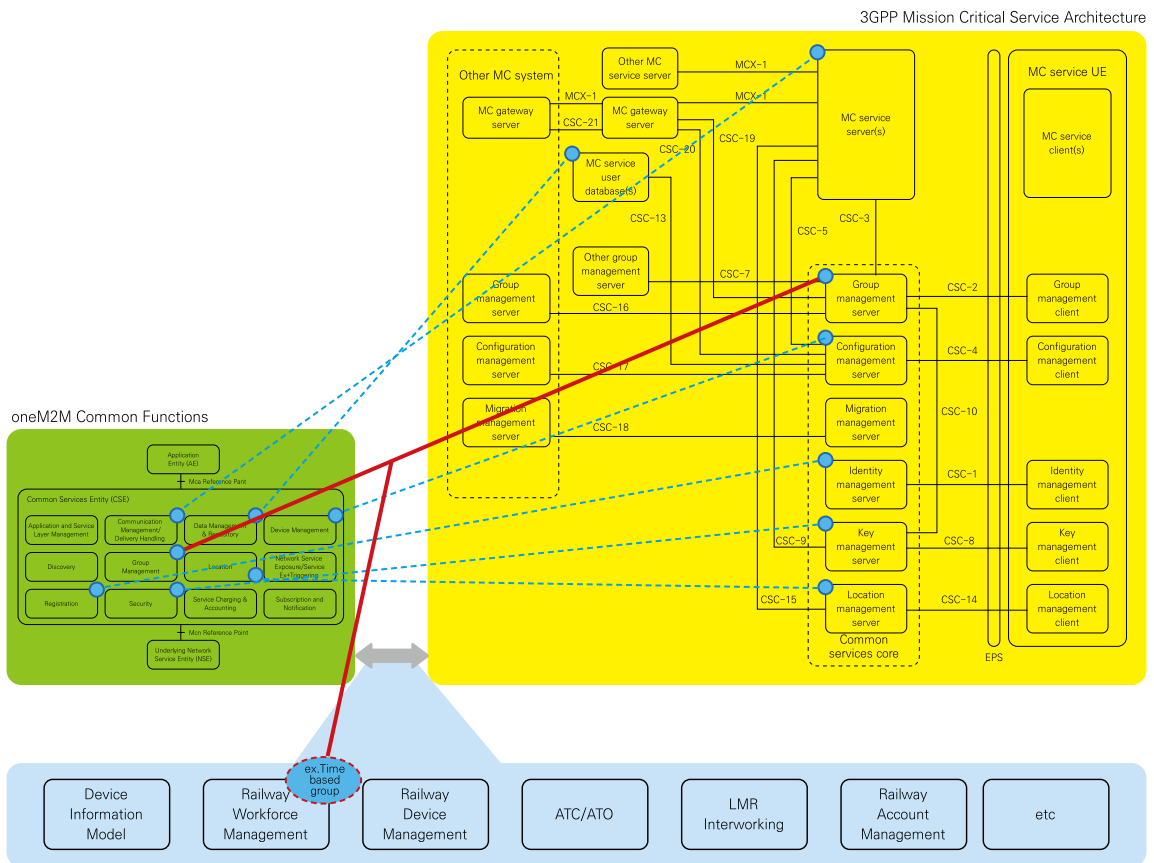
4.1 사물인터넷 및 5G 환경의 스마트 철도 플랫폼 표준화
스마트 철도 플랫폼의 기술규격을 제정하려면 사물인터넷 환경에 초점을 맞춘 oneM2M의 표준규격과 5G 고속철도 이동통신 환경을 다루는 3GPP의 표준기술 규격, 디바이스 분야 시장에서 다수 도입 중인 OMA SpecWorks의 LwM2M(Light-weighted Machine-to-Machine) 표준규격이 혼재된 매핑이 필요하다.

[그림 7]에서는 스마트 철도 플랫폼에서 사용될 수 있는 각 표준단체의 기술규격 매핑 사례를 보여준다.

4.2 스마트 철도 플랫폼을 위한 사물인터넷-5G 환경의 연동

사물인터넷 환경과 5G 환경을 끊임 없이 연동하려면 단순한 분야별 기술규격을 혼합하는 데 그치지 않고 실질적인 연동기술 규격도 제정해야 한다.

[그림 8]은 스마트 철도 플랫폼에서 사물인터넷 환경과 5G 환경을 연동하는 인터페이스를 설계하고자 oneM2M의 공통기능(Common Function)의 주요 기능 컴포넌트와 3GPP의 MCx 서비스 기술구조의 기능 컴포넌트를 매핑하는 사례를 보여준다.



Railway IoT Vertical Domain Functional Requirements and Information Model

[그림 8] 5G 환경(3GPP) - 사물인터넷(oneM2M)환경 연동 사례


5. 맺음말

스마트 철도 플랫폼기술규격은 여러 세부 분야로 나뉘어 표준활동이 진행되고 있다. 사물인터넷은 oneM2M의 RDM에서, 5G이동통신 환경은 3GPP의 SA WG 1 및 WG 6에서 분야별 기술규격을 제정하고 있다.

oneM2M에서는 Rel-5 표준화에서 스마트 철도 플랫폼 기능을 플랫폼 기능 컴포넌트에 다수 포함하는 표준활동을 진행할 예정이다. 3GPP에서는 Rel-17의 Stage 2와 Stage 3 및 Rel-18의 전 과정에서 SA의 표준활동뿐 아니라 CT 및 RAN까지 철도 표준화 활동

이 확대될 것으로 보인다.

여기에 더하여 스마트 철도 플랫폼을 실질적으로 구현하려면 사물인터넷 환경과 5G 이동통신 환경을 융합하는 것이 필요하다. 현재 직접적으로 연동 인터페이스를 규정하는 표준 기술규격은 없는 상황이다.

oneM2M과 3GPP의 두 기술표준 단체의 기술규격을 융합하여 사물인터넷 및 5G 환경을 아우르는 스마트 철도 플랫폼 기술 표준의 제정 작업은 현재 진행형이다. 따라서 이를 위한 다양한 표준 활동이 가까운 미래에 추가로 진행되어야 한다. 

※ 본 연구는 정보통신방송표준개발지원·표준개발사업으로 수행됨[고속철도 통신 사물인터넷 정보 모델 국제표준화]

참고문헌

- [1] oneM2M TS-0001 Functional Architecture, <http://member.onem2m.org/Application/documentapp/downloadLatestRevision/?docId=29528>
- [2] oneM2M TS-0002 Requirements, <http://member.onem2m.org/Application/documentapp/downloadLatestRevision/?docId=29274>
- [3] oneM2M TR-0058 Railway Domain Enablement, <http://member.onem2m.org/Application/documentapp/downloadLatestRevision/?docId=28240>
- [4] oneM2M TS-0023 SDT based Information Model & Mapping for Vertical Industries, <http://member.onem2m.org/Application/documentapp/downloadLatestRevision/?docId=28733>
- [5] 3GPP TR22.889 Future Railway Mobile Communication System, http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.889/22889-h20.zip
- [6] 3GPP TS22.289 Mobile Communication System for Railways, http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/22_series/22.289/22289-h00.zip
- [7] 3GPP TR22.890 Supporting of Railway Smart Station, http://ftp.3gpp.org/Specs/archive/22_series/22.890/22890-000.zip