

**2020년
ICT국제표준 마에스트로
주요이슈 분석서**

**[3GPP 5G and beyond와 철도이동통신
표준화]**

한국정보통신기술협회

표준 마에스트로 주요이슈 분석서

[3GPP 5G and beyond와 철도이동통신 표준화]

1 개요

1.1 Overall 기술 및 표준화 동향

- 5G 이동통신 서비스는 휴대전화 또는 스마트폰 만을 위한 네트워크에서 벗어나 다양한 산업군으로 확산 적용을 목표로 하고 있다. 그 중 철도는 국가 기간 교통망이며, 기간 물류망이기도 하다. 또한, 철도는 환경 친화적인 교통 수단으로 효율적이고 비교적 덜 오염물질을 배출하는 서비스로 재조명되고 있기도 하다.
- 철도는 1801년 최초의 증기기관차가 운용되기 시작한 이래 220년동안 사용되어져 왔고, 한때는 산업혁명의 상징이기도 했다. 철도기술의 발전으로 증기에서 디젤로, 디젤에서 전기로 기관차를 움직이는 엔진도 계속 발전하였다. 더불어, 기존에는 수동으로 운전하던 기관차를 신호기 등 점차 보조 장치를 이용하더니, 급기야 열차 자동 제어까지도 생각하게 되었다.
- 유럽에서는 철도 사업자들의 모임인 UIC(International Union of Railways)를 주축으로 유럽방식의 열차제어시스템인 ETCS(European Train Control System)을 표준화하여 현재 자동제어까지 가능한 ETCS 레벨3를 제정하였다. ETCS 레벨3는 무선망을 이용해 열차의 위치를 전송받은 RBC(Radio Block Center)로부터 기차로 이동허가(Movement Authority)를 내려 받아 이동하는 방식을 채택하고 있다.
- 열차의 자동제어를 위해서는 철도이동통신망이 필수이며, 유럽에서는 지난 1990년대부터 철도통신망을 GSM-R(Global System for Mobile – Railway) 기술과 공공전화망(Public Switched Telephone Network)을 연동하여 구축, 사용하여 왔다. 하지만, GSM-R 철도이동통신망은 사용연한이 30년이 다 되어가고, 노후된 GSM기술을 이용하다 보니 네트워크의 속도, 대역폭 및 연결속도 등 제약이 많아 일부 제한적이고 필수적인 기능에만 한정적으로 사용할 수 있었다.
- 제한적이고 낙후된 GSM-R 철도이동통신망을 개선하기 위해 UIC는 2030년까지 5G 네트워크로 철도이동통신망을 구축하기 위한 계획을 가지고 있다.
- 우리나라는 2018년 평창 동계올림픽을 시작으로 LTE 기반의 철도이동통신 망을 세계 최초로 구축하여 상용화를 시작하였으며, 2025년까지 완료하는 계획 하에

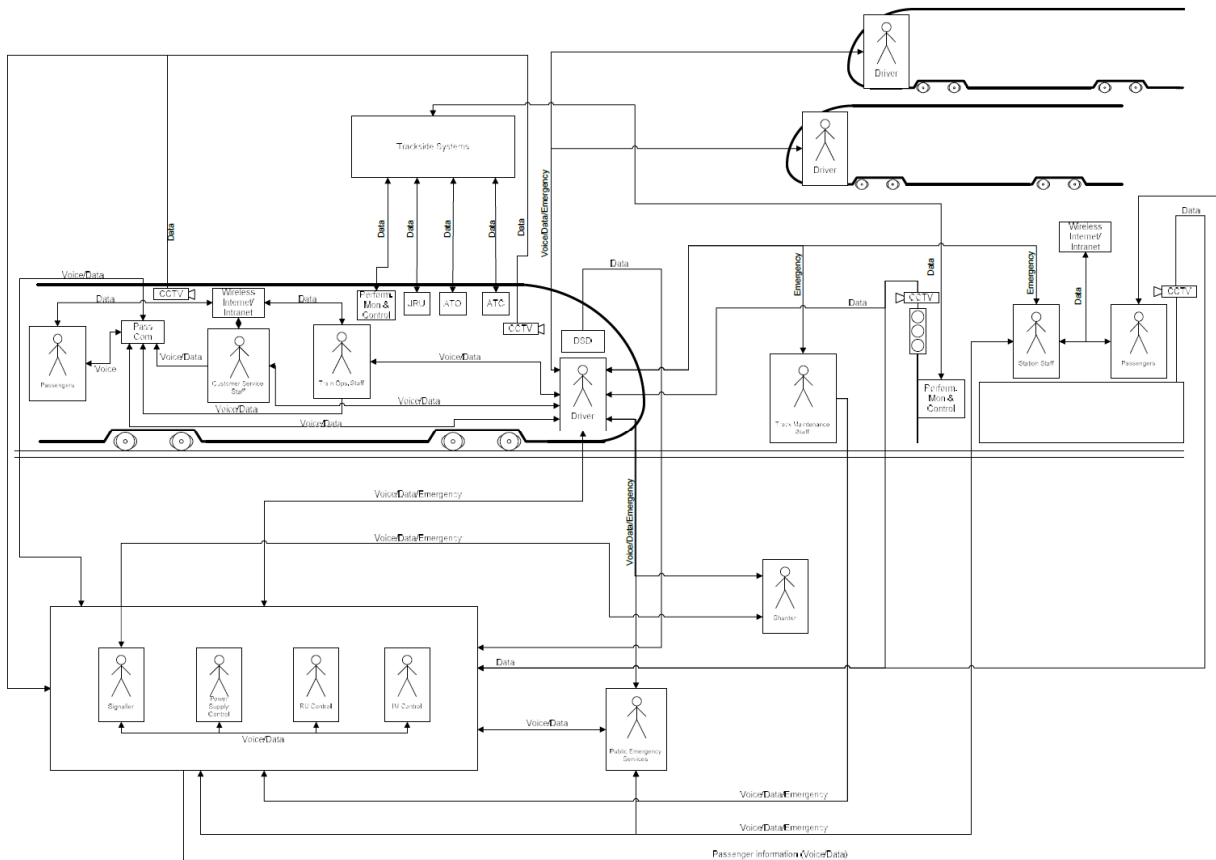
철도 이동통신망을 구축하고 있다.

- 3GPP의 철도통신 기술규격을 논하기 이전에, 선행 규격화 작업을 오래전부터 진행하여 왔던 유럽철도연합(UIC)의 기술규격 동향을 리뷰한다.
- UIC는 자체적으로 FRMCS(Future Railway Mobile Communication System) 워킹그룹을 신설하여 표준화를 진행하여 왔으며, 현재 2020.2 버전으로 FRMCS 사용자 요구사항 문서(FU-7100)¹⁾와 유즈케이스 문서(MG-7900)²⁾가 제정되어 공개되었다.
- FRMCS 사용자 요구사항에서는 유즈케이스의 행위자(액터, Actor)에 해당하는 User를 다음과 같이 정의하고 있다.
 - Driver(s)
 - Controller(s)
 - Train staff: Train conductor(s), Catering staff, Security staff
 - Trackside staff: Trackside maintenance personnel, Shunting team member(s)
 - Railway staff (excl. all of above): Engine scheduler(s), RU operator(s), Catering scheduler(s), IM operator(s), Engineering personnel, Station manager(s), Station personnel, Depot personnel, Etc.
 - Member of the public: Passengers (on trains, on platforms, at stations, etc.), Other persons (on platforms, at level crossings, etc.),
 - Systems: ATC on-board system, ATO on-board system, On-board system, Ground system, Trackside warning system, Trackside system, Sensors along trackside, Trackside elements controlling entities (such as, for example, for level crossings), Applications (such as, for example, those for monitoring lone workers, for remote controlling of elements)
 - Network operator
 - Public emergency operator

1) UIC, FU-7100v5.0.0, "Future Railway Mobile Communication System – User Requirements Specification", Feb. 19th 2020

2) UIC, MG-7900v2.0.0, "Future Railway Mobile Communication System – Use cases", 21st Feb. 2020

- UIC FRMCS 사용자 요구사항에서는 위 user들과 어플리케이션계층의 관계를 다음 그림과 같이 정의하고 있다.



<그림 1> FRMCS 어플리케이션 계층 관계도

- UIC FRMCS 어플리케이션의 종류는 각 어플리케이션의 특징을 반영하여 다음과 같이 정의한다.
 - 긴급(Critical): 열차의 이동과 안전 또는 법적 의무와 관련된 어플리케이션으로, 긴급통신, 입환, 노변 작업 등이 있다.
 - 운용(Performance): 열차 운용의 효율을 증진하는데 도움을 주는 어플리케이션으로 열차 출발, 계측 등이 있다.
 - 사업(Business): 열차 사업 운영을 지원하는 전반적인 어플리케이션으로 무선인터넷 서비스 등이 있다.
- UIC FRMCS은 위에 정의된 세 가지 어플리케이션의 종류에 통신(Comms, Communication application)과 지원(Support, Supporting application of communication application)등의 두 가지 형태를 조합하여 다음의 6가지로 정의한다.

- 긴급 통신 어플리케이션(Critical communication applications)
 - 운용 통신 어플리케이션(Performance communication applications)
 - 사업 통신 어플리케이션(Business communication applications)
 - 긴급 지원 어플리케이션(Critical support applications)
 - 운용 지원 어플리케이션(Performance support applications)
 - 사업 지원 어플리케이션(Business support applications)
- UIC FRMCS에서 정의한 긴급 통신 어플리케이션은 다음의 30개 어플리케이션을 포함하고 있다. 아래 표에 따르면, 철도 통신에서 긴급에 해당하는 사항은 차상과 관제간의 음성통신과 노변작업, 입환모드, ATP/ATO, 위험상황통신, 버추얼 커플링 등에 해당한다.

순번	Critical communication application
1	On-train outgoing voice communication from the driver towards the controller(s) of the train
2	On-train incoming voice communication from the controller towards a driver
3	Multi-train voice communication for drivers including ground user(s)
4	Banking voice communication
5	Trackside maintenance voice communication
6	Shunting voice communication
7	Public emergency call
8	Ground to ground voice communication
9	Automatic train protection communication
10	Automatic train operation communication
11	Data communication for Possession management
12	Trackside maintenance warning system communication
13	Remote control of engines communication
14	Monitoring and control of critical infrastructure
15	Railway emergency communication
16	On-train safety device to ground communication
17	Public train emergency communication
18	Working alone
19	Voice recording and access to the recorded data
20	Data recording and access

21	Shunting data communication
22	Train integrity monitoring data communication
23	Public emergency warning
24	On-train outgoing voice communication from train staff towards a ground user
25	On-train incoming voice communication from a ground user towards train staff
26	Railway staff emergency communication
27	Critical real time video
28	Critical advisory messaging services-safety related
29	Virtual coupling data communication
30	Train parking protection

<표 1> UIC FRMCS의 긴급 통신 어플리케이션

- UIC FRMCS에서 정의한 운용 통신 어플리케이션(Performance communication applications)은 제정 중 삭제된 3개 항목을 제외하고, 다음의 22개 어플리케이션을 포함하고 있다. 아래 표에 따른 운용 통신 어플리케이션은 일반 음성 통신, 대 승객 공지, 비 긴급 장치에 대한 모니터링, 메시지, CCTV 아카이브 전송과 일반 영상통화 등이 해당된다.

순번	Performance communication application
1	Deleted
2	Deleted
3	Multi-train voice communication for drivers excluding ground user(s)
4	On-train voice communication
5	Lineside telephony
6	On-train voice communication towards passengers (public address)
7	Station public address
8	Communication at stations and depots
9	On-train telemetry communications
10	Infrastructure telemetry communications
11	On-train remote equipment control
12	Monitoring and control of non-critical infrastructure
13	Non-critical real time video
14	Wireless on-train data communication for train staff
15	Wireless data communication for railway staff on platforms
16	Deleted
17	Train driver advisory – train performance

18	Train departure data communications
19	Messaging services
20	Transfer of data
21	Record and broadcast of information
22	Transfer of CCTV archives
23	Real time video call
24	Augmented reality data communication
25	Real time translation of speech data communication

<표 2> UIC FRMCS의 운용 통신 어플리케이션

- UIC FRMCS에서 정의한 사업 통신 어플리케이션은 다음의 4개 어플리케이션을 포함하고 있다. 대중에 대한 정보제공이나 긴급 도움 지원, 승객에 대한 차상, 플랫폼에서의 무선인터넷 서비스 등이 사업 통신 어플리케이션에 해당한다.

순번	Business communication application
1	Information help point for public
2	Emergency help point for public
3	Wireless internet on-train for passengers
4	Wireless internet for passengers on platforms

<표 3> UIC FRMCS의 사업 통신 어플리케이션

- UIC FRMCS에서 정의한 긴급 지원 어플리케이션은 제정중 삭제된 1개 항목을 제외하고, 다음의 11개 어플리케이션을 포함하고 있다. 음성통화 보장, 역할 관리, 통신과 어플리케이션에 대한 인증, 통신 보안 등이 여기에 해당한다.

순번	Critical support application
1	Assured voice communication
2	Multi user talker control
3	Role management and presence
4	Location services
5	Authorisation of communication
6	Deleted
7	Authorisation of application

8	QoS class negotiation
9	Safety application key management communication
10	Assured data communication
11	Inviting-a-user messaging
12	Arbitration

<표 4> UIC FRMCS의 긴급 지원 어플리케이션

- UIC FRMCS에서는 운용 지원 어플리케이션은 아직 정의하지 않았고, 사업 지원 어플리케이션에 과금정보 관련 1개 어플리케이션을 포함하고 있다.

순번	Business support application
1	Billing information

<표 5> UIC FRMCS의 사업 지원 어플리케이션

- UIC FRMCS에서는 2030년부터 퇴출될 GSM-R의 후속 철도통신망을 찾는 시작점에서, 철도서비스의 필요항목을 찾고, 경험을 바탕으로 미래 철도 이동통신 시스템(FRMCS)를 정의하는 첫발(first step)로서 기능적 유즈케이스 작업을 시작하였다.
- UIC FRMCS에서는 또, FRMCS유즈케이스(FU-7100)URS(FU-7100)에 리스트된 어플리케이션과의 관련성을 명세함을 목적으로 70여개의 유즈케이스를 정의하고 있다. 다음 표에서는 UC와 URS의 어플리케이션 대조의 예를 보여주고 있다.

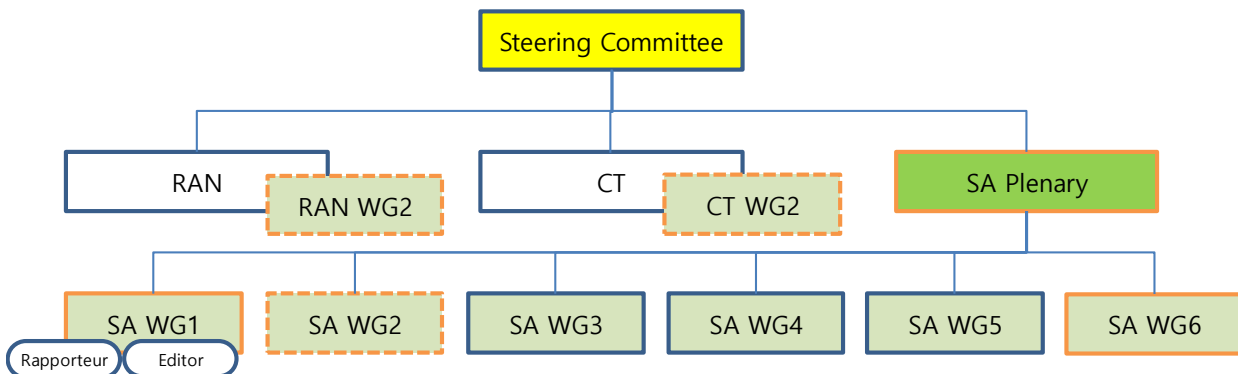
No	MG-7900 Use case	URS Ref.	FU-7100 Application	Use	Type
25	Data recording and access to recorded data	5.20	Data recording and access	Critical	Comms
26	Shunting data communication related use data	5.21	Shunting data communication	Critical	Comms
27	Train integrity monitoring data communication related use cases	5.22	Train integrity monitoring data communication	Critical	Comms
28	Public emergency warning related use cases	5.23	Public emergency warning	Critical	Comms
29	On-train outgoing voice communication from trainstaff towards a ground user related use cases	5.24	On-train outgoing voice communication from train staff towards a ground user	Critical	Comms

30	On-train incoming voice communication from a ground user towards train staff related use cases	5.25	On-train incoming voice communication from ground user towards train staff	Critical	Comms
31	Railway staff emergency communication related use cases	5.26	Railway staff emergency communication	Critical	Comms
32	Critical real time video related use cases	5.27	Critical real time video	Critical	Comms
33	Critical advisory messaging services – safety related – related use cases	5.28	Critical Advisory Messaging services-safety related	Critical	Comms
34	Virtual coupling data communication related use cases	5.29	Virtual coupling data communication	Critical	Comms

<표 6> FRMCS 유즈케이스와 URS 어플리케이션 매칭 사례

1.2 철도이동통신 표준화 이슈 및 전망

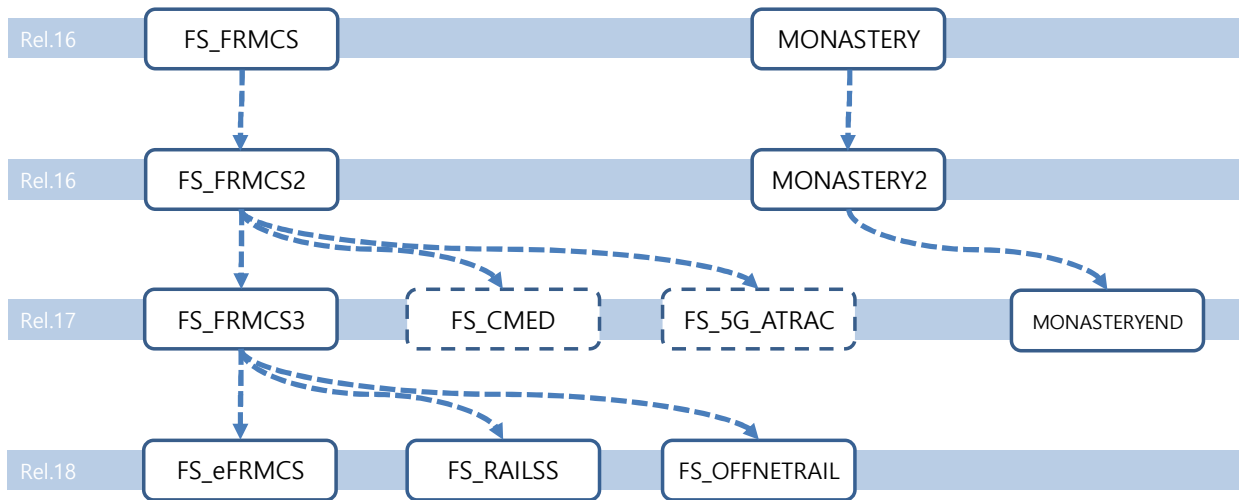
- 현재 3GPP의 SA WG1에서는 UIC와 연계하여 우리나라와 EU가 주도하여 철도이동통신 표준화를 진행하고 있다. 3GPP에서 철도 관련 표준화를 진행하고 있는 그룹은 RAN의 WG2, CT의 WG2 및 SA의 WG1과 WG6이다.



<그림 2> 3GPP의 철도이동통신 표준화 관련 그룹

- 이런 환경하에 우리나라와 UIC는 2016년부터 3GPP에 철도이동통신 서비스를 위한 표준화를 진행하고 있다. 철도이동통신의 표준화를 위해, UIC와 우리나라는 FRMCS(Future Railway Mobile Communication System)이라는 이름으로 3GPP의 SA WG1에 Release 15에 신규 과제로 제안하여 채택시켰고, 이후 Release 16의 FRCMS2 및 Release 17의 FRMCS3로 지속하여 진행하였다. Release 18에서는 eFRMCS(FRMCS Evolution)으로 신규과제 채택하여 진행중에 있다.
- 또, 철도 이동통신 기술의 Mission Critical 규격 반영과 KPI 요구사항등

기술규격의 제정을 위해 MONASTERY(Mobile Communication System for Railways)을 제안하여 채택한 이래 Release 16의 MONASTERY2, Release 17의 MONASTERYEND까지 진행중에 있다.



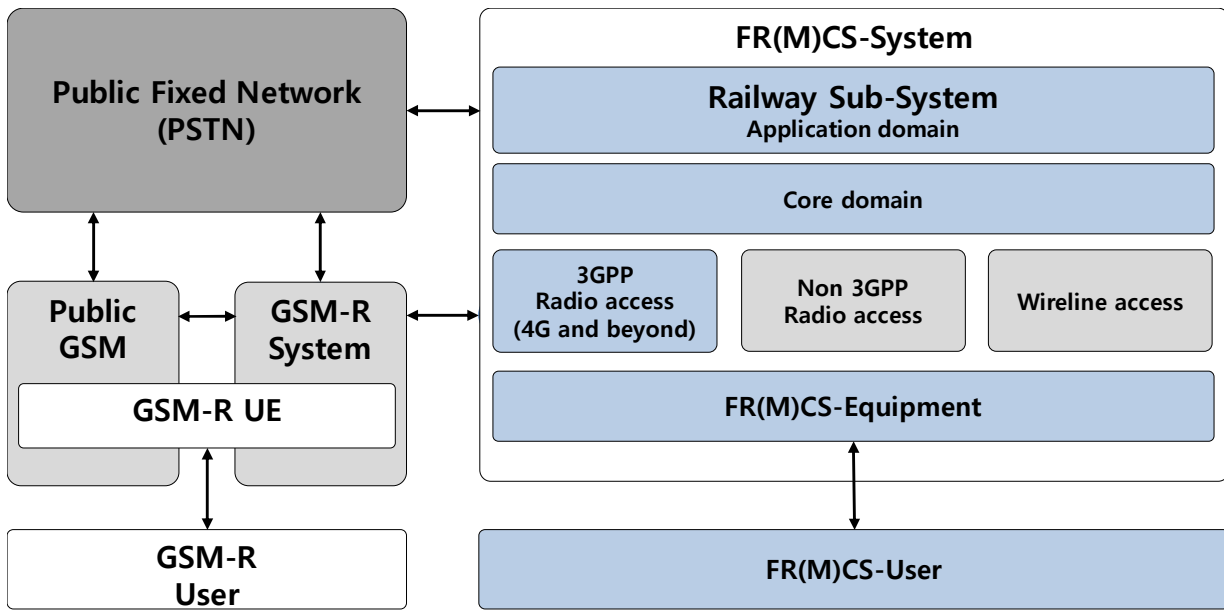
<그림 3> 3GPP 철도이동통신 워크아이템의 Release별 채택 동향

- 3GPP에서 표준화를 추진하고 있는 FRMCS는 TR22.889, TR22.989 및 TS22.289와 MCx(Mission Critical Service Core/Video/Data) 기술규격을 대상으로 제정활동을 진행하고 있다. 다음은 워크아이템별 관련 기술규격 문서이다.

워크아이템	Critical support application
FS_FRMCS	TR22.889 Future Railway Mobile Communication System
MONASTERY	TS22.289 Mobile Communication System for Railways
	TS22.179 Mission Critical Push to Talk
	TS22.280 Mission Critical Services Common Requirements
	TS22.281 Mission Critical Video
	TS22.282 Mission Critical Data
FS_RAILSS	TR22.890 Railway Smart Station Services
FS_OFFNETRAIL	TR22.990 Off-Network for Rail
FS-eFRMCS	TR22.989 Future Railway Mobile Communication System

<표 7> 3GPP 철도이동통신 워크아이템별 관련 기술규격

- 3GPP FRMCS에서는 철도이동통신의 구조를 다음과 같이 산정하고 있다.



<그림 4> FRMCS 기술구조

- 3GPP FRMCS에서 논의되고 있는 철도 이동 통신 유즈케이스는 아래와 같다. 3GPP에서는 UIC에서 정의하고 있는 6개 어플리케이션의 구분에 기본기능과 시스템 원칙의 2개 종류를 포함하여 8개 어플리케이션으로 나누고 있다.

- 기본 기능 유즈케이스: 기본적인 전원의 인가 및 제어 등을 포함함

순번	Basic functionality
1	Power on the UE
2	Multi user talker control
3	Access to the FRMCS System to activate the FRMCS Equipment
4	Controlled power down of UE
5	Uncontrolled power down UE

<표 8> 3GPP FRMCS의 기본 기능 어플리케이션

- 긴급 통신(Critical Communication) 어플리케이션 관련 유즈케이스: 다중 열차의 기관사와 지상 FRMCS 사용자와의 음성통화, 열차 기관사로부터 관제사로의 음성통화 발신, 철도 긴급 통신, ATP, 선로변 유지보수작업 경보 시스템 통신, 실시간 비디오 스트리밍 전송, 공공긴급통신, 자산관리를 위한 통신, 통신기록, 열차의 원격제어 통신, ATO데이터 통신, 중요 기간장비 감시 및 제어, 관제사와 기관사간 차상 수신 음성 및 비디오 통신, 철도 운영시스템 데이터 통신, 차상 안전장치의 지상향 통신, 철도 통합 감시 데이터 통신, 안전관련 중요 안내 메시징, GSM-R 서비스 인터워킹 등을 대상으로 함

순번	Critical communication applications use cases
1	Initiation of multi-train voice communication for drivers and groun FRMCS user(s) communication
2	Termination of multi-train voice communication for drivers and ground FRMCS user(s) communication
3	Service interworking and service continuation between GSM-R and FRMCS for Multi-train voice communication for Drivers and Ground FRMCS User(s) communication
4	Initiation of Driver to Controller(s) voice communication
5	Termination of Driver to Controller(s) voice communication
6	Service Interworking and service continuation between GSM-R and FRMCS of Driver to Controller(s) voice communication
7	Initiation of the railway emergency alert
8	New entry to the railway emergency alert
9	Changing of the railway emergency alert
10	Leaving of the railway emergency alert
11	Termination of the railway emergency alert
12	Initiation of railway emergency voice communication
13	Termination of railway emergency voice communication
14	Initiation of Data communication during railway emergency alert
15	Service interworking and service continuation with GSM-R
16	Interface to train borne recorder
17	Automatic Train Protection (ATP) support by the FRMCS System
18	Trackside Maintenance Warning System communication related use cases
19	Termination of a trackside maintenance warning system communication
20	Initiation of a real time video streaming
21	Termination of a real time video communication
22	Initiation of a public emergency call
23	Call back the public emergency call initiator
24	Initiation of a possession management data communication
25	Initiation of an Automatic Train Operation data communication
26	Initiation of a Monitoring and control of critical infrastructure communication
27	Termination of a Monitoring and control of critical infrastructure communication
28	Data transmission in real time
29	Initiation of On-train incoming voice or video communication from the Controller(s) of the train towards the drivers
30	Termination of On-train incoming voice or video communication from the Controller(s) of the train towards the drivers
31	Train dispatch order data communication between controller and driver
32	LOCOTROL information transmission between leading engine and slave engine on a

	multi-headed locomotive
33	Data communication for security between two approaching trains
34	Initiation of safety device to ground data communication
35	Data communication for train integrity information exchange
36	Broadcast of public emergency warning information
37	Initiation/Termination of safety device to ground data communication
38	Initiation of an Automatic Train Protection data communication
39	Termination of an Automatic Train Protection data communication
40	Transfer of an incoming voice communication
41	Service interworking with GSM-R

<표 9> 3GPP FRMCS의 긴급 통신 어플리케이션 유즈케이스

- 운용 통신 어플리케이션 관련 유즈케이스: FRMCS내 실시간 영상의 처리와 CCTV 등 주로 데이터 전송과 영상 통신 관련 유즈케이스로 구성

순번	Performance communication applications use cases
1	An FRMCS User requesting another FRMCS User to transmit real time video
2	An FRMCS User receiving a real time video request to transmit real time video
3	An FRMCS User accepting a request to transmit real time video
4	An FRMCS User rejecting a request to transmit real time video
5	An FRMCS User ignoring a request to transmit real time video
6	Bulk Transfer of CCTV archives from Train to Ground
7	Massive Inter-carriage data transfer
8	Initiation of on-train outgoing voice communication from train staff
9	Termination of on-train outgoing voice communication from train staff
10	Service interworking with GSM-R
11	Initiation of video conference
12	Leave and re-join a video conference
13	Termination of a video conference
14	Changes from a video conference to a voice-only conference
15	Change from a voice-only conference to a video conference
16	Join an ongoing video conference

<표 10> 3GPP FRMCS 운용 통신 어플리케이션 유즈케이스

- 사업 통신 어플리케이션 관련 유즈케이스: 멀티미디어 스트리밍과 대량 전송으로 구성

순번	Business communication applications use cases
1	Live streaming of multimedia
2	Bulk transfer of multimedia from ground to train

<표 11> 3GPP FRMCS의 사업 통신 어플리케이션 유즈케이스

- 긴급 지원 어플리케이션 관련 유즈케이스: 음성 보장 통신(AVC, Assured Voice Communication), 기능아이디와 역할관리, 위치정보, 사용자 통신 처리, 다중 사용자 통신 제어, 통신 인증, 어플리케이션 인증, FRMCS 장비 공유, 열차 자동 제어 보조 기능 등의 유즈케이스를 제시함

순번	Critical support applications
1	Invocation of Assured Voice Communication
2	Stopping Assured Voice Communication
3	Degradation of a communication link
4	Extension of Assured Voice Communication
5	Registration to a functional identity
6	Deregistration of a functional identity
7	User log-in to the FRMCS System
8	User log-out from FRMCS System
9	Presentation of identities
10	Interrogation of identities within a certain context
11	Provide location information
12	Request for location information
13	Request for identities in a certain area
14	Inviting-a-FRMCS User to a voice communication
15	FRMCS User receiving an invitation to a voice communication
16	FRMCS User accepting an invitation to a voice communication
17	FRMCS User rejecting an invitation to a voice communication
18	FRMCS User ignoring an invitation to a voice communication
19	Set the number of simultaneous talkers
20	Set initial talker permissions and priorities
21	Request permission to talk
22	Grant permission to talk
23	Revoke permission to talk
24	Permit / deny communication
25	Enabling/Disabling applications

26	Robust mission critical group communication services
27	Sharing FRMCS Equipment by FRMCS Users
28	FRMCS naming authority
29	Wayside-Centric Automatic Train Control
30	Autonomous Train Control and Operation
31	Virtual Coupling
32	Composite-based train operation
33	Arbitration related use cases
34	Initiation of a Key Management data communication
35	Termination of a Key Management data communication
36	service interworking and service continuation with GSM-R

<표 12> 3GPP FRMCS의 긴급 지원 어플리케이션 유즈케이스

- 사업 지원 어플리케이션 관련 유즈케이스: FRMCS 시스템의 과금 정산 정보 관련 유즈케이스를 제안함

순번	Business support applications use cases
1	Charging and Billing information

<표 13> 3GPP FRMCS의 사업 지원 어플리케이션 유즈케이스

- FRMCS 시스템 원칙 관련 유즈케이스: GSM-R, LMR(Land Mobile Radio)와 같은 기존네트워크와 FRMCS간의 연동, 차상장치와 휴대단말등의 위치정보 프레임워크, 고품질 연결, 실시간 열차 감시, 통신 우선 순위, 위치정보 정확성, 보안 프레임워크, 외부 네트워크 연동 등의 유즈케이스를 포함함

순번	System principle use cases
1	Area Broadcast Group Communication interworking between GSM-R and FRMCS Users
2	Location Service interworking between GSM-R and FRMCS Users
3	Presence interworking between GSM-R and FRMCS Users
4	Point to Point communication between GSM-R and FRMCS Users
5	Interworking with legacy systems including LMR
6	Build stable positioning framework for FRMCS services and devices including trainborne and handheld devices
7	Circuit Switched interworking between GSM-R and FRMCS
8	Packet Switched interworking between GSM-R and FRMCS
9	SMS/SDS interworking between GSM-R and FRMCS
10	Bearer flexibility
11	Quality of Service and railway environment
12	Provide broadband and mission critical services with seamless connectivity

13	Offer railway services high-quality control functions with real-time train status monitoring
14	Provide call priority during interworking with LMR
15	FRMCS Positioning Accuracy
16	FRMCS System security framework
17	On-network/Off-network communication
18	Call restriction service
19	Allocation and isolation of FRMCS communication resources
20	FRMCS Equipment capabilities for multiple FRMCS Users
21	FRMCS System/FRMCS User is relocating towards a Visited (FRMCS) Network
22	Functional Identities in FRMCS Roaming situations
23	Availability – increasing measures
24	Flexible use of available contiguous spectrum block(s) and related bandwidth(s)

<표 14> 3GPP FRMCS 시스템 원칙 관련 유즈케이스

- 3GPP MONASTERY 기술규격에서는 철도 통신 기능사항과 주요 회선에서의 성능 요구사항, 철도 네트워크에서 대용량 데이터 전송 시 성능 요구사항 등을 다루고 있다.
- 3GPP MONASTERY에서 철도 통신 기능사항은 다음의 항목들을 정의한다.
 - 차상에서 지상으로 CCTV 아카이브의 대용량 전송
 - 지상에서 차상으로 멀티미디어 데이터의 대용량 전송
 - 객차 간 대용량 데이터 전송
 - 자동 열차 제어와 기타 철도 어플리케이션과의 동시 전송
- 3GPP MONASTERY에서 성능 요구사항과 철도 네트워크에서 대용량 데이터 전송은 철도 운영상의 환경 조건을 고려하고, 저지연 고신뢰성의 네트워크를 위한 KPI(Key Performance Indicator)를 제시하고 있다.
- 3GPP MONASTERY TS22.286 기술규격에서는 주요 회선(Main Line)에서 철도이동통신의 KPI요구사항을 아래 표와 같이 산정하고 있다. 철도 통신 시나리오를 음성 통신(철도 운영시), 비디오 통신과 데이터 통신, 메시징으로 나누고, 비디오 전송에서는 일반, 긴급(Critical), 초긴급(Very critical)의 등급과, 데이터 통신에서는 일반(Standard)과 긴급(Critical), 초긴급(Very critical)로 나누어 종말단간 지연, 신뢰성, 속도, 사용자 체험속도, 전송페이로드 크기, 특정 영역 내 데이터 트래픽 밀도, 서비스 영역 정의 등의 항목에 따른 KPI를 제시한다.

Scenario	End-to-end latency	Reliability (Note 1)	Speed limit	User experienced data rate	Payload size (Note 2)	Area traffic density	Service area dimension (Note 3)
Voice communication for operational purpose	≤ 100ms	99.9%	≤ 500km/h	100kbps up to 300kbps	Small	Up to 1Mbps/km	200km along rail tracks
Critical video communication for observation purpose	≤ 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.							

<표 15> 주회선의 KPIs - TS22.289 기술문서

- 3GPP MONASTERY에서는 비연결 네트워크(Off-network)에서 철도이동통신의 KPI요구사항을 아래 표와 같이 산정하고 있다. 비연결 네트워크 시에는 열차 제어와 같은 초긴급 데이터 통신 상황만을 산정하고 종말단간 지연, 신뢰성 등의 항목을 기준으로 KPI를 제시하고 있다.

Scenario	End-to-end latency	Reliability (Note 1)	Speed limit	User experienced data rate	Payload size (Note 2)	Area traffic density	Service area dimension (Note 3)	Max required communication range(meters) (Note 4)
Very critical data communication	≤ 100ms	99.9999%	≤ 500km/h	100kbps up to 1Mbps	Small to medium	Up to 10Mbps/km	3km along rail tracks	[1000 ~ 3000]
	≤ 300ms	99.9%	≤ 40km/h	100kbps up to 1Mbps	Small to medium	Up to 100Mbps/km	3km along rail tracks	[1000 ~ 3000]
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.								
NOTE 4: Relevant for Off-Network MCDATA Service only, supporting train platooning. All trains in a platoon are driving in the same direction								

<표 16> 비연결네트워크의 KPIs - TS22.289 기술문서

2 국제표준화 영향력 확대 방향 및 전략

2.1 철도통신 국제표준화에서 한국의 위치

- 철도 통신 표준화 분야는 현재 진행되고 있는 우리나라의 철도 통신망 구축 사업과, 유럽 UIC의 차세대 철도 통신망 사업과 맞물려 그 중요성과 영향력이 점점 커지고 있다. 앞으로 가까운 미래에 국내 철도망이 북한, 러시아 등을 거쳐 유럽의 철도망에 연결될 상황을 상정할 때는 더욱더 국내 철도 통신 표준과 국제 철도통신 표준의 관계를 생각하지 않을 수 없다. 현재 기준으로 우리나라의 열차는 국제표준을 지원하지 않기 때문에, 물리적으로 선로가 연결이 된다 하더라도, 결국 유럽 철도와의 접점인 러시아의 블라디보스톡 같은 곳에서 열차를 교체 또는 갈아타고 가야하기 때문이다.
- 철도 통신 표준화 분야는 현재 진행되고 있는 우리나라의 LTE기반 철도 통신망 구축사업이 UIC입장에서는 차세대 철도 이동통신망의 예상 기술인 5G와 가까운 기술이라, 우리나라의 기술 이니셔티브를 어느 정도 인정하는 분위기이다. 우리보다 30년 가까이 먼저 철도 이동통신망을 구축하고 운영한 경험이 있는 UIC에서 이런 이니셔티브를 인정하는 것은 표준 활동을 하는 입장에서는 좋은 기회라 할 수 있다.
- ETRI와 한성대는 2016년부터 3GPP SA WG1활동에 참가하여 UIC와 함께 FRMCS 워크아이템을 발의하여 승인 받았고, Rel.15의 MONASTERY, Rel.16의 FRMCS2, MONASTERY2, Rel.17의 FRMCS3와 MONASTERYEND의 발의도 UIC와 함께 진행하였다. Rel.17에서는 FRMCS 에디터와 Rel.18에 RAILSS의 라포치를 수행하고 있다.
- 현재 철도 이동통신 표준화에서 우리나라 표준 활동에 직접적으로 참여하는 주체는 ETRI(한국전자통신연구원), KRRI(한국철도기술연구원), 한성대 등의 연구소 및 학교 중심으로, KT와 LGU+가 통신사로서 3GPP의 철도통신 표준화 초기부터 함께 참여하였고, 국가철도공단, 코레일 등의 철도사업자의 국내 협업과 LG전자가 3GPP내 활동에 도움을 주는 등의 활동을 전개하고 있다.
- 해외에서는 UIC와 Siemens, Kapsch carrier-com, Ericsson 등의 철도 사업 업체가 직접 표준 활동에 활발히 참여하고 있다. 국내에서도 철도 기술 분야 업체들의 참여를 독려해야 할 필요가 있다. 현재 진행되고 있는 철도 이동통신 표준화는 UIC의 2030 차세대 철도 이동통신망 구축과 직접적으로 관련이 있는데다, 우리나라의 활동이 UIC와의 협력을 통해 진행되고 있어, 향후 유럽지역을 포함한

글로벌 철도 이동통신 시장에 채택될 표준기술이므로, 국내 철도 관련 업체들의 참여를 통해 시장 선점과 기술 홍보의 효과가 클 것이다.

- 또, 3GPP의 철도 이동통신 기술은 현재 진행될 예정인 철도 이동통신망의 차세대 망 구축 사업 뿐 아니라, 추가의 스마트 철도 구축사업과 함께, 기간 교통 물류망인 철도의 위치에 따라, 각 국의 스마트 시티와 연계되는 더 큰 규모의 시장에 기반 기술로 확고히 자리 잡을 것으로 예상하고 있다.
- 따라서, 현재 진행되고 있는 3GPP의 철도 이동통신 활동에서의 위치를 활용하여 더 많은 국내업체들의 참여를 이끌어내야 할 필요가 있다.
- 국내에서는 위와 같은 상황과 향후 전망에 주목하여, TTA의 포럼 지원 사업을 통해 2020년에 스마트 철도 표준화 포럼을 결성, 50여 철도 관련 업체들의 참여를 끌어내려 하고 있다. 아직은 포럼 설립 초기로, 업체들의 참여를 독려하고 기술위원회를 조직화 하는데 중점을 두고 있다.

2.2 표준 영향력 개선을 위한 방안

- 3GPP에서 철도 이동통신 표준화의 국내 영향력을 개선하기 위해서는 국내 업체의 참여를 독려하고, 표준화에 참여하는 표준전문가를 양성해야 한다. 그리고, 지속적인 철도 이동통신 표준 활동이 가능한 방안을 마련해야 한다.
- 국내 업체들의 참여를 독려하기 위해서는, 현재 진행 중인 철도 이동통신 표준화에 대한 정보 전파와 함께, 향후 철도 이동통신 시장의 전망에 대한 전파와 공감대 형성이 필요하다. 이를 위해서는 스마트철도표준화포럼과 같은 동종 업체들의 협력의 장을 마련해야 하며, 전파를 위한 기술세미나와 워크숍을 주기적으로 꾸준히 개최하여야 한다.
- 철도 이동통신 표준화 전문 인력의 양성을 위해서는, 표준활동에 참가할 수 있는 기회의 확대가 필요하다. 처음부터 바로 국제표준화에 뛰어들기 보다 국내 표준활동의 참여를 통한 표준활동에 경험 쌓기가 필요하다. TTA의 활동에 참여하는 것도 좋고, 스마트철도표준화포럼에 참여를 통해 표준화의 경험을 쌓는 것도 시도할 만하다. 그와 동시에 TTA에서 진행하는 국제표준전문가 교육과정에 참여하여 국제표준활동의 지식과 경험을 전수 받는 것도 전문가 양성의 좋은 방법이다. 스마트철도표준화포럼 활동을 통해 철도 통신의 전문 분야 표준화에

대한 경험을 쌓고, TTA를 통해 국제표준활동의 지식과 경험을 습득하는 방법도 생각할 수 있다.

- 3GPP에서 철도 이동통신 표준화 활동은, 다른 국제 표준화 활동과 마찬가지로, 지속적이고 장기적인 활동이 기반이 된다. 즉, 같은 표준단체에서 다년간 같은 활동을 지속할 수 있는 안전성이 수반이 되어야 국제표준 활동이 보다 효과적이고 원활하게 진행될 수 있다는 점이다. 현재 진행되고 있는 철도 이동통신 표준 활동은 2016년에 시작되어 5년여 동안 진행되었다. 그 동안 신규 워크아이템의 발의와 승인, 에디터, 라포치 등 표준 리더급에 해당하는 활동결과를 이끌어 내었다. 하지만, 대부분의 표준과제들이 종료되고 나면 더 이상 철도 표준 활동을 할 수 없는 상황에 빠지게 된다. 지금부터가 철도 이동통신 표준 활동의 결론을 내기 위한 중요한 시기인데, 주요 활동주체가 빠지게 되면 국내 표준 활동의 결과를 보장할 수 없게 된다. 이런 의미에서 철도 이동통신 표준 활동을 장기적으로 진행할 수 있는 안정적인 방법이 필요하다.

3. 시사점 및 결론

- 3GPP에서 진행되고 있는 철도 이동통신 표준활동은 SA1/SA6 뿐 아니라, RAN/CT등으로 확장되고 있다. 우리나라는 3GPP에서 철도 이동통신 표준화 활동의 초창기부터 UIC와의 협력과 함께 표준화를 주도하는 활동을 지속하고 있다.
- 3GPP의 철도 이동통신 표준은 향후 유럽을 포함한 글로벌한 철도 이동통신망 구축의 기반기술이 될 것이며, 스마트 시티, 스마트교통등으로 확대되는 중심에 표준으로서 역할하게 될 것으로, 초기부터 활동을 주도해온 우리나라는 향후에도 더 많은 업체들의 참여를 바탕으로 표준활동을 활성화하여 기술 홍보와 시장 선점에 나서야 한다.
- 3GPP의 철도 이동통신 표준 활동의 활성화를 위해서는 더 많은 관련 업체들의 체계적인 활동 강화와 철도 이동통신 표준전문가의 양성, 그리고 표준 활동을 안정되게 추진할 수 있는 방안을 마련해야 한다.
- 그런 측면에서, 스마트철도표준화포럼에 참여와 TTA의 국제표준전문가교육 등을 활용하면서 3GPP의 철도 이동통신 표준화 동향을 지속적으로 주시하고 관련 기술 세미나와 워크샵에 적극 참여하기를 조언한다.

첨부1. 참고문헌

- [1] UIC, "FU-7100, FRMCS User Requirements Specification", 2020.2
- [2] UIC, "MG-7900, FRMCS use cases", 2020.2
- [3] 3GPP, "TR22.889, Future Railway Mobile Communication System", 2020.7
- [4] 3GPP, "TS22.289, Mobile Communication System for Railways", 2019.12

첨부2. 약어정리

5G_ATTRAC	5G Asset Tracking Use Cases
ATC	Automatic Train Control
ATO	Automatic Train Operation
ATP	Automatic Train Protection
CCTV	Closed Circuit Television
CMED	Communication Services for Critical Medical Applications
eFRMCS	FRMCS Evolution
ETCS	European Train Control System
FRMCS	Future Railway Mobile Communications System
GSM-R	Global System for Mobile Communications - Railway
KPI	Key Performance Indicator
LMR	Land Mobile Radio
OFFNETRAIL	Off-network for Railway
PSTN	Public Switched Telephone Network
RAILSS	Railway Smart Station Service
URS	User Requirements Specification