

5G기반 T2X 서비스를 위한 표준 기술 개발

한국철도기술연구원
변일무 선임



목차

1. 5G 기반 철도 서비스 필요성
2. 3GPP의 철도 통신 표준 동향
3. 표준화 추진 체계
4. 표준화 추진 계획
5. 표준화 활동 성과
6. 결론

5G기반 철도 서비스 필요성

기존 열차 운행 방식 : 중앙 집중형

- 고정 폐색(fixed block) 방식
 - 관제가 구간 별로 열차의 진입 여부를 결정하는 방식
 - 선로는 여러 개의 고정 폐색 구간으로 나누어짐

고정 폐색 1



고정 폐색 2

고정 폐색 3

- 이동 폐색(moving block) 방식
 - 관제가 열차의 이동 가능 거리를 지정해 주는 방식
 - 이동 폐색은 열차의 위치와 이동 가능 거리에 따라 정해짐
 - 열차의 이동 가능 거리는 절대 제동 거리로 정해짐



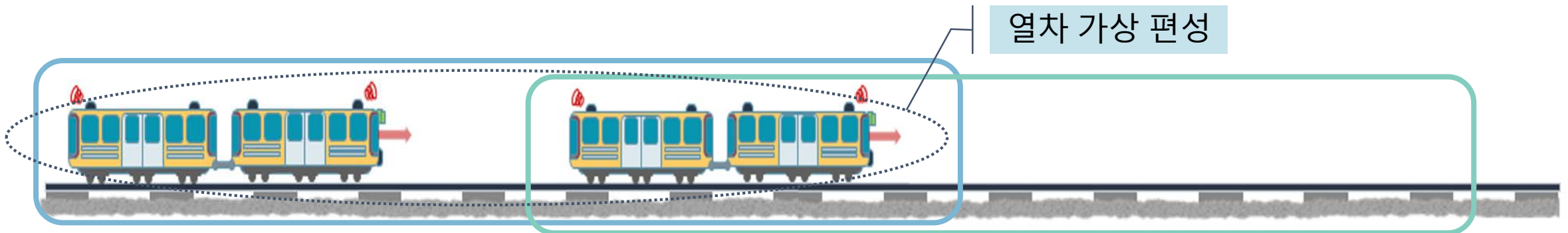
이동 폐색



5G기반 철도 서비스 필요성

미래 열차 운행 방식 : 열차의 운행 권한 강화

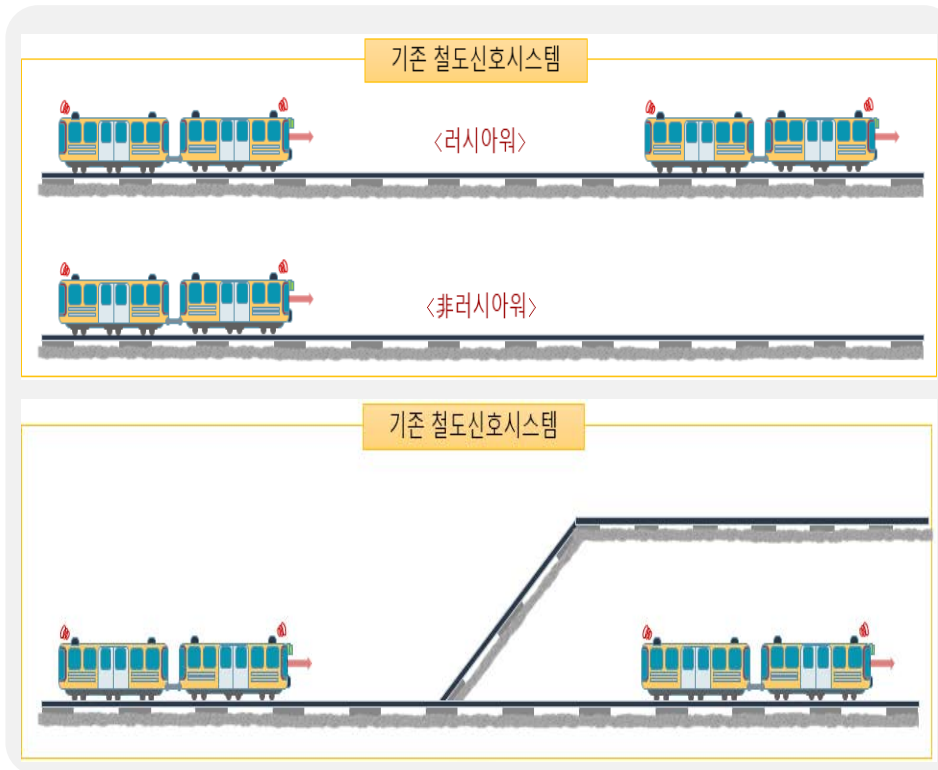
- 자율주행 기반 열차 가상편성 방식
 - 선후행 열차의 이동 폐색이 겹치도록 운행하여 가상편성을 구성하는 방식
 - 선행 열차와 후행 열차간 거리는 상대 제동 거리로 정해짐
 - 선행 열차와 후행 열차가 가감속 및 제동 정보를 주고 받는 것이 필요함



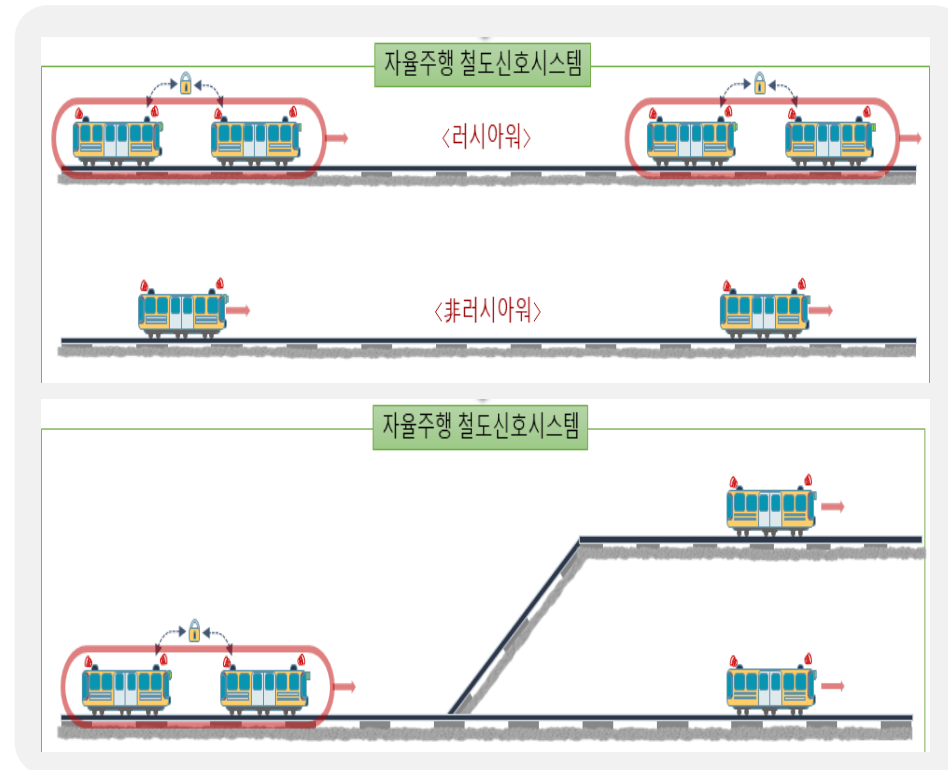
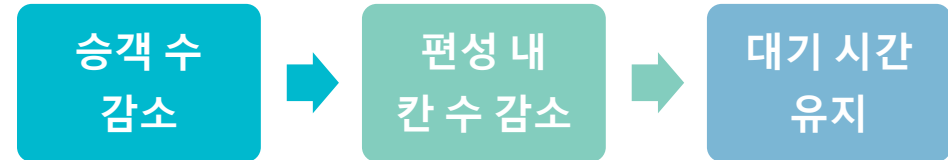
5G기반 철도 서비스 필요성

열차 가상편성의 장점 : 승객 대기 시간 감소

• 현재



• 미래



5G기반 철도 서비스 필요성

열차 가상 편성 구현을 위해 5G+ 필요

	구간 폐색	이동 폐색	가상 편성
통신 역할	승무원과 관제 간 무선 통신 서비스 제공	열차 제어에 통신 활용 ¹⁾	열차 제어에 통신 활용
무선 통신 영향	통신 고장이 사고로 이어지지 않음 ²⁾		통신 고장 시 사고 발생
적용 통신 기술	VHF, TETRA	Wi-Fi, LTE-R	5G
T2T (sidelink)	불필요	불필요	필요
지연 시간	100ms	100ms	10ms 이하
신뢰도	99%	99%	99.9999% 이상 ³⁾

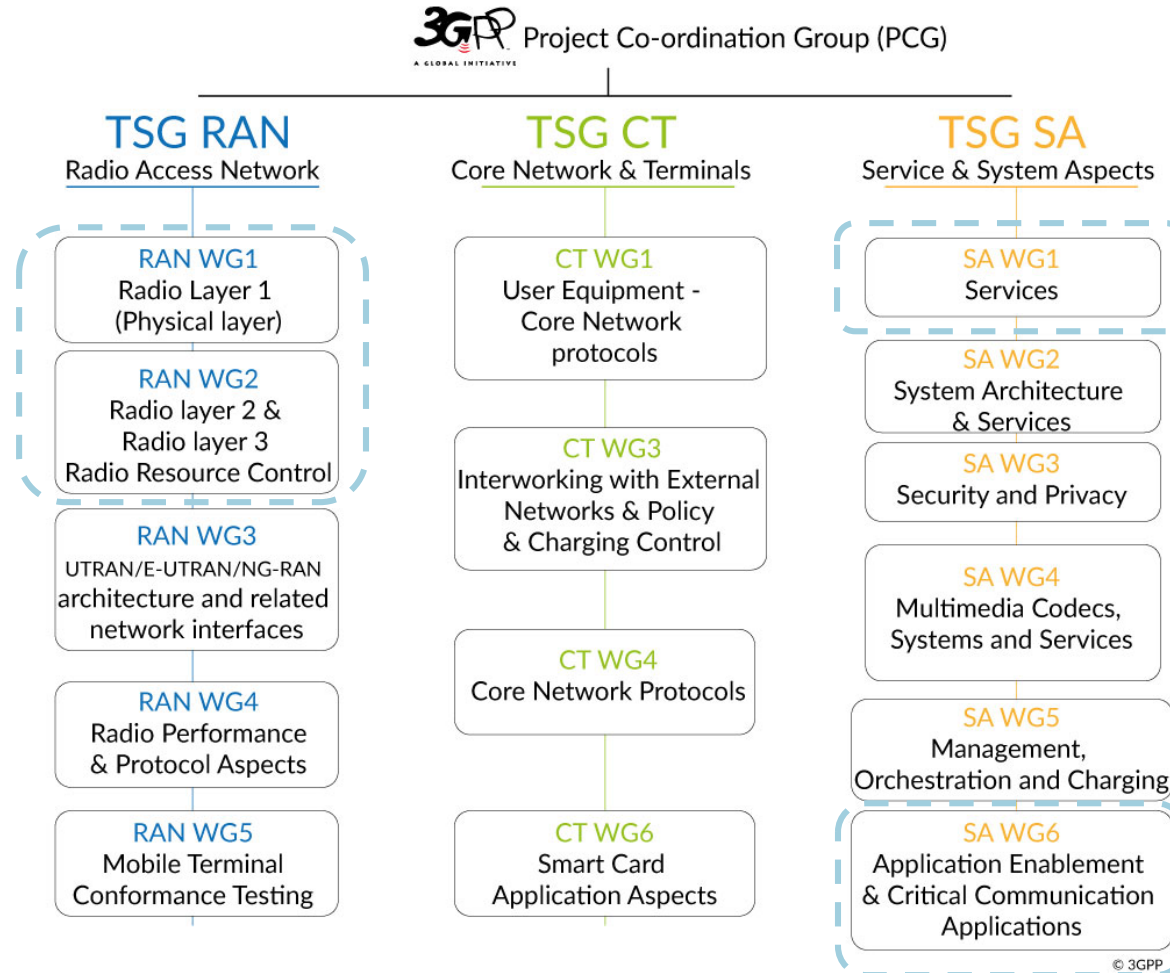
1) CBTC (Communication Based Train Control): Korean train control systems, European train control systems, etc.

2) 통신 고장을 가정하여 열차간 안전거리 설정

3) 물리적으로 편성된 열차간 통신의 요구 신뢰도

3GPP의 철도 통신 표준 동향

철도 관련 3GPP Working Group



- 출처:
https://www.3gpp.org/images/articleimages/2021_new-Organigram_3gpp.jpg

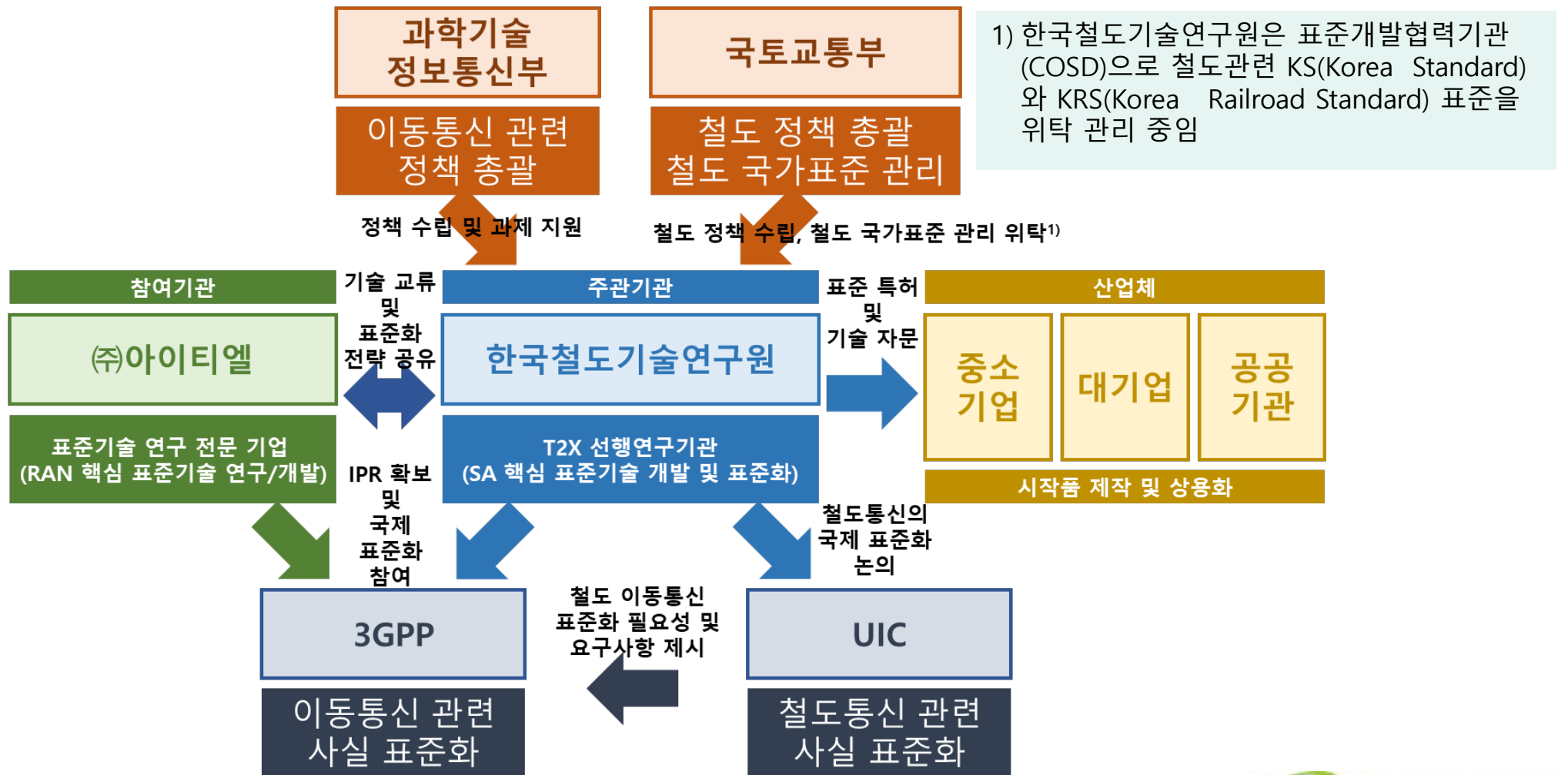
3GPP의 철도 통신 표준 동향

Working Group별 철도 통신 관련 표준

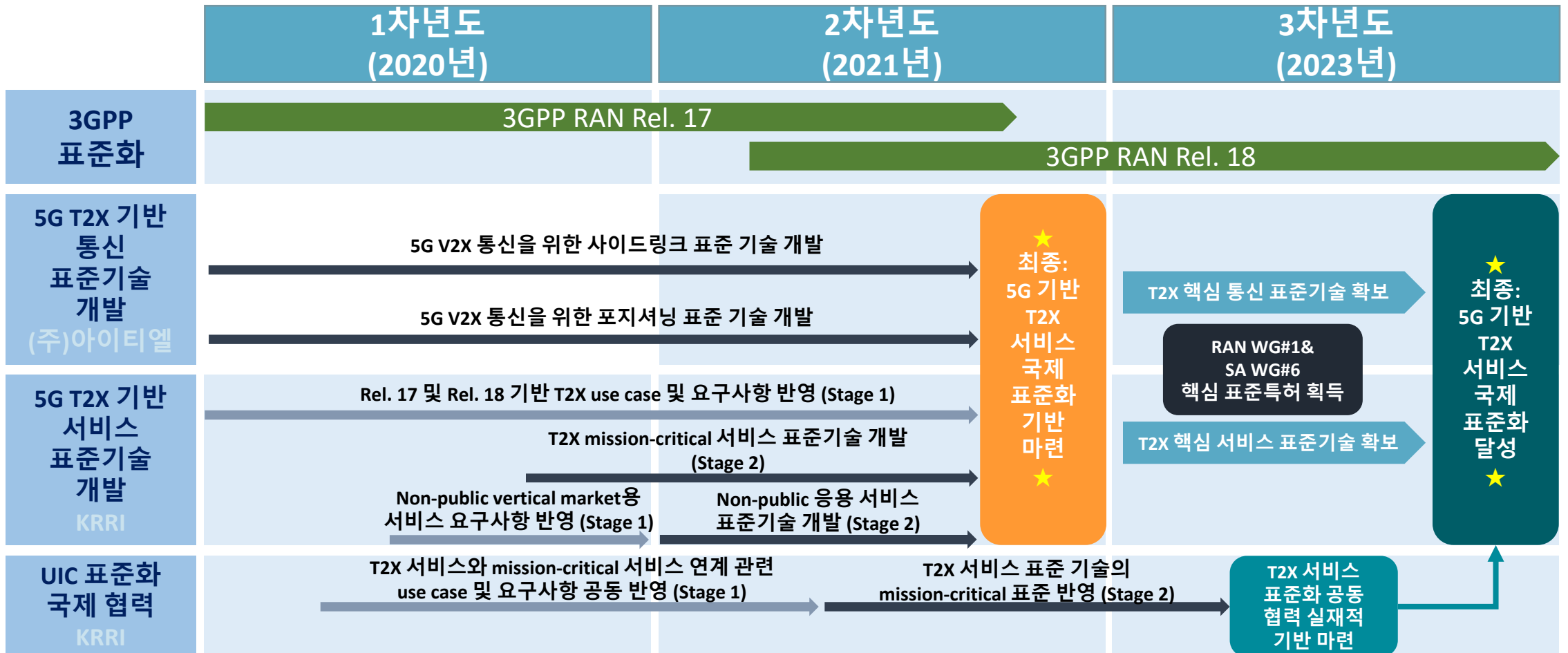
WG	Spec number	Contents
RAN 1	TR 37.885 , TR 37.985 , TR 38.885	Technical Reports regarding NR Vehicle-to-Everything (V2X)
	TS 38.201 , TS 38.202 , TS 38.211 , TS 38.212 , TS 38.213 , TS 38.214 , TS 38.215	NR; Physical layer; standard series
RAN 2	TR 38.836	Study on NR sidelink relay
	TS 38.351	NR; Sidelink Adaptation Layer Protocol
SA1	TR 22.889 , TR 22.890 , TR 22.989 , TR 22.990	Technical Reports regarding railways
	TS 22.289	Mobile communication system for railways
SA6	TS 23.281 , TS 23.282 , TS 23.479	Functional architecture and information flows to support MCVideo, Mcddata, MCPTT, MBMS for MCX
	TR 23.700-79 , TR 23.779	Application architecture to support MCPTT, and Gateway UE function
	TR 23.790 , TR 23.796	Study on application architecture for the Future Railway Mobile Communication System (FRMCS); Stage 2/Phase 2

표준화 추진 체계

KRRI의 철도분야 전문성을 바탕으로 아이티엘과 협력하여 표준활동 수행



표준 추진 계획



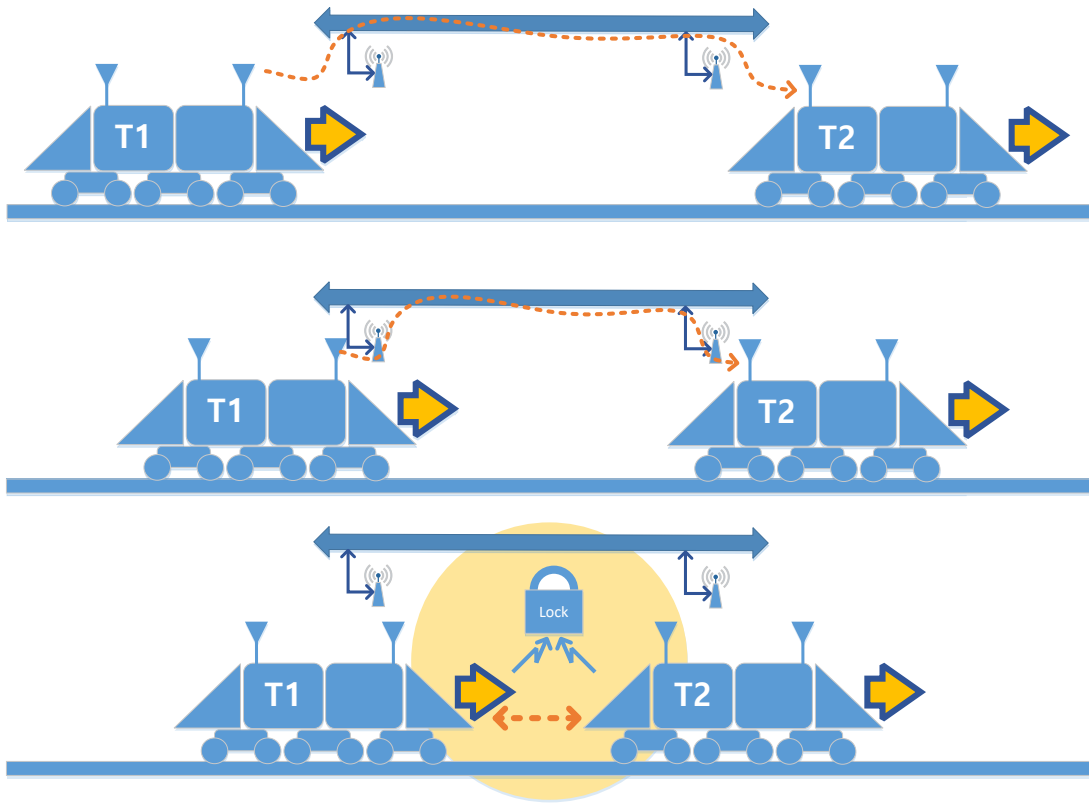
표준 활동 성과

2020년 4월부터 11월까지 표준 승인 12+1건 달성

성과 종류	실적	내용
표준 승인	12+(1)건	SA1 4건, SA6 5건, RAN1 3+(1)건
표준 개발	12건	SA1 5건, SA6 5건, RAN1 2건
표준특허 후보 (국제 출원)	2건	① TS 38.211 v16.6.0의 section 8.4.1.1 및 TS 38.214 v16.6.0의 section 8.2.2에 표준 매칭됨 ② TS 38.211 v16.6.0의 section 8.3.4.2 및 TS 38.213 v16.6.0의 section 16.3에 표준 매칭됨
국제특허 출원	2건	
국내특허 출원	6+(4)건	
SCIE급 논문	3건	① Energies 1건: A Theoretical Analysis of Mobility Detection in Connectivity-Based Localization for Short-Range Networks ② IEEE Access 1건: Three decades of 3GPP target cell search through 3G, 4G, and 5G ③ Entropy 1건: Index coded ARQ
KCI급 논문	1건	

표준 활동 성과

주요 성과 1: SA1의 열차 가상편성 요구 사항 반영



열차 가상편성 형성 절차

1. The following train begins to approach to the leading train by exchanging the information about their position. The two trains, which are far enough to allow a certain amount of end-to-end latency, are **initially connected through the on-network**.
2. As the following train approaches to the leading train, they start exchanging the information about movement control and each train then controls itself while considering the control of the other train. The two trains, which are still far enough to allow a certain amount of end-to-end latency, keep the connection through the on-network.
3. As the following train further approaches to the leading train, the safe braking distance gets shorter and they are required to have a connection of which end-to-end latency is very short for delicate train control. **At this moment, they seamlessly switch the connection from the on-network to off-network. Each train can maintain the on-network connection, as an auxiliary connection, as long as it is within the coverage.**
4. As the following train even further approaches the leading train so that the distance between the tail-end of the leading train and the front-end of the following train becomes shorter than the safe braking distance, the off-network connection requires extremely high reliability as well as short end-to-end latency to prevent potential accidents. **In this case, two trains can be regarded as if they are physically coupled, communicating via wireless train backbone (WLTB).**

표준 활동 성과

주요 성과 1: SA1의 열차 가상편성 요구 사항 반영

Scenario	End-to-end latency	Reliability (Note 1)	UE speed	UE Relative Speed	User experienced data rate (UL and DL and SL)	Payload size (Note 2)	Area traffic density (UL and DL and SL)	Overall UE density	Communication range	Service area dimension (Note 3)
Virtual coupling, critical data communication (Korea, urban railway)	≤100 ms	99.99%	≤100 km/h	≤50km/h	≤1Mbps	Small to large	≤5 Mbps/km	≤15 (3000 m)	≤3000 m (Note 6)	≤3000 m along rail tracks including bad weather conditions
Virtual coupling, Very critical data communication (Korea, urban railway) (Note 5)	≤10 ms	99.9999%	≤100 km/h	≤50km/h	≤1Mbps	Small to large	≤20 Mbps/km	≤6 (300 m)	≤300 m (Note 6)	≤300 m along rail tracks including bad weather conditions (Note 4)
NOTE 1: Reliability as defined in TS 22.289 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: Non-Line-of-Sight (NLOS) between UEs shall be supported. NOTE 5: Data link between trains can work as like wireless train backbone NOTE 6: UEs are assumed to be located at the tail of the leading train and the front of the following train										

표준 활동 성과

열차 가상편성의 요구 사항 도출 근거

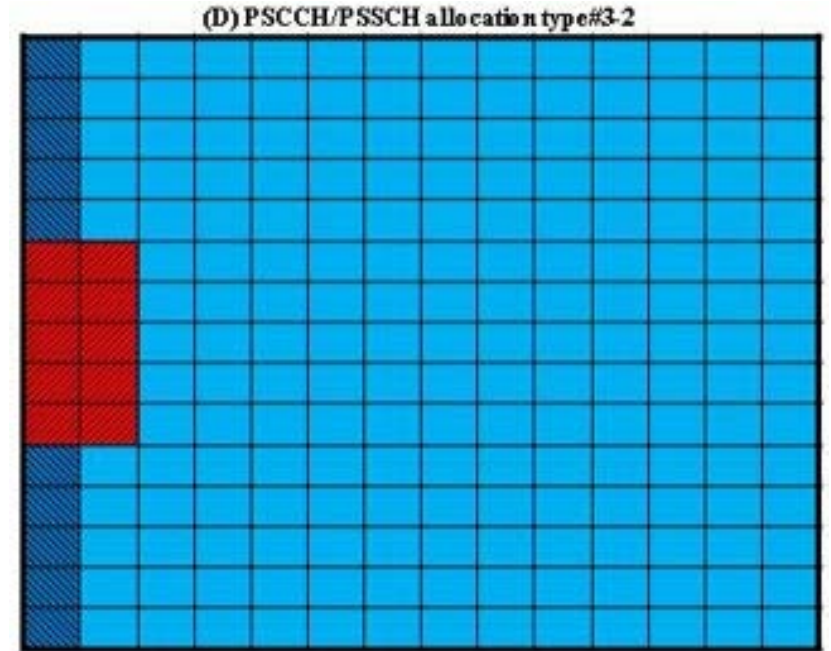
- Latency : 10ms
 - 열차의 제어주기 수준의 통신 지연시간을 제공해야함
 - ✓ 상용열차의 제어 주기: 50ms ~ 100ms
 - ✓ 가상편성 열차의 요구 제어 주기: 10ms
- Reliability : 99.9999%
 - 가상편성 열차간 통신 신뢰도는 유선 수준의 신뢰도를 제공해야함
 - 물리적으로 편성된 열차간 유선 통신 요구 신뢰도: 99.9999%
 - ✓ WTB(Wire Train Bus) of IEC 61375-2
- Communication Range for high reliability: 300 m
 - 선후행 열차의 상대속도 차가 최대일 때 충돌이 일어나지 않아야함
 - ✓ (가정) 제동력: 1m/s^2 , 선행열차 50km/h, 후행열차속도: 100km/h
 - ✓ (결과) 선행열차 제동거리: 100m, 후행열차 제동거리: 390m




표준 활동 성과

주요 성과 2 : V2X 관련 기술

- ① 동일 OFDM심볼에 PSSCH¹⁾ DMRS²⁾와 PSCCH³⁾ DMRS를 동시에 매핑하여 전송하는 방법
- ② 상위 레이어로부터 제공받은 사이드링크 아이디(Layer-2 ID)를 기반으로 생성한 물리계층 사이드링크 아이디(Layer-1 ID)를 결정하는 방법
 - 결정된 복수의 물리계층 사이드링크 아이디들(e.g., destination/source ID, member ID(for groupcast) 등)을 기반으로 PSFCH(Physical Sidelink Feedback Channel) 포맷에 관한 디자인 방법을 제시

- 1) Physical Sidelink Shared Channel : 사이드 링크의 데이터 전송 채널
- 2) DMRS: DeModulated Reference Signal: 데이터 복원을 위한 참조 신호
- 3) Physical Sidelink Control Channel: 사이드 링크의 제어신호 전송 채널



-  PSCCH and PSCCH DMRS (1 PRB and 1 symbol)
-  PSSCH and PSSCH DMRS (1 PRB and 1 symbol)
-  PSSCH and/or Others (1 PRB and 1 symbol)

Q & A
