

5G Forum

GIGA
KOREA

재
안
백

난
전
서

2019 5G White Paper

공공 안전망의 진화와 5G





재 안 백

난 전 서

2019 5G White Paper

공공 안전망의 진화와 5G

재난안전 백서 – 공공 안전망의 진화와 5G

펴낸곳 5G Forum

출판등록 2019년 1월 30일

주소 서울특별시 금천구 가산디지털2로 108, 1101호
(가산동, 뉴티캐슬)

전화 070-8233-3444

팩스 02-2626-8676

홈페이지 www.5gforum.org

디자인 그리니(Griny)

ISBN 979-11-87302-14-8 94560
979-11-87302-07-0 (세트)
〈비매품/무료〉

본 저작물은 2019년도 5G 포럼, 대외전략위원회에서 작성하여 5G 포럼 홈페이지(www.5gforum.org)에서 무료로 다운받으실 수 있으며, 저작권법에 따른 공공누리(공공저작물 자유이용 허락 표시제도) 제 2 유형 (출처표시, 상업적 이용금지)의 보호를 받고 있습니다.

Notification

Copyright © 2019 by 5G Forum.

All rights reserved

목 차

약 어	1
1. 서론	5
2. Public Safety 통신 현황	9
2.1 PS-LTE 재난안전통신망 개요	11
2.1.1 PS-LTE 개요.....	11
2.1.2 PS-LTE 기술 개요.....	12
2.2 우리나라 PS-LTE 개요	15
2.2.1 PS-LTE 구축경과 및 계획	15
2.2.2 재난안전통신망(PS-LTE)	15
2.2.3 철도통합무선통신망(LTE-R).....	16
2.2.4 초고속해상 무선통신망(LTE-Maritime).....	17
2.2.5 재난안전통신망 본 사업 계획 및 고려사항	18
2.2.5.1 사업기간.....	19
2.2.5.2 사업목표.....	20
2.2.5.3 구축방식.....	20
2.2.5.4 이용기관.....	20

2.2.5.5 구축 물량	20
2.3 PS-LTE 3GPP 표준화 현황	23
2.3.1 3GPP 재난안전통신 Rel-13 표준화 현황	23
2.3.2 3GPP 재난안전통신 표준기술과 국가재난안전통신망 요구기능 비교	24
2.3.3 3GPP 재난안전통신 Rel-13 표준화 현안 및 시사점	27
2.4 한국의 재난안전통신망 개발현황	30
2.4.1 주요 장비 개발 현황	30
2.4.2 재난안전통신망 본 사업 요구수준	35
2.4.3 재난안전통신 서비스 현황	36
2.4.3.1 기본 서비스 현황	36
2.4.3.2 응용서비스 및 확대 분야	39
2.4.3.3 재난안전통신망 인프라 구축 이후 활성화 방안	41
2.5 주요국 재난안전통신망 추진 현황	42
2.5.1 미국	42
2.5.1.1 구축 일정	44
2.5.2 영국	45
2.5.2.1 Delivery Partner - KBR	46
2.5.2.2 User Services - 모토로라솔루션	46
2.5.2.3 Mobile Services - EE	47
2.5.3 EU	48
2.5.3.1 프랑스	49
2.5.3.2 벨기에	50
2.5.3.3 스웨덴	51
2.5.3.4 핀란드	52
2.5.4 중동	52
2.5.5 호주	53

3. 이동통신 진화 현황	55
3.1 LTE 진화 현황.....	57
3.1.1 LTE 개요와 표준의 진화.....	57
3.1.1.1 PS-LTE 개요와 진화	64
3.1.2 MCPTT 개요와 주요 특징.....	67
3.1.2.1 MCPTT의 구조적 요구 사항	68
3.1.2.2 MCPTT 관련 비즈니스 관계	69
3.1.2.3 MCPTT의 기능적 모델 (Functional Model)	70
3.1.2.4 MCPTT와 관련된 3GPP 규격.....	72
3.1.3 공공안전 및 재난통신 관련 Rel-14과 Rel-15 표준화.....	74
3.2 eMTC & NB-IoT.....	78
3.2.1 MTC/IoT 용 Low-Power Wide-Area Network (LPWAN) 기술 소개	80
3.2.2 3GPP LTE LPWAN 기술 현황.....	81
3.2.3 eMTC & NB-IoT 기술 상세	84
3.2.3.1 Release 13 eMTC / NB-IoT	84
3.2.3.2 Release 14 feMTC / eNB-IoT	99
3.2.3.3 Release 15 efeMTC / feNB-IoT	101
3.2.3.4 Release 16 C-IoT	103
3.3 3GPP Sidelink	104
3.3.1 D2D 개요.....	104
3.3.2 3GPP에서의 D2D 표준화 동향.....	106
3.3.3 3GPP 기반 D2D 표준 기술.....	108
3.3.3.1 SA 기반 D2D 표준 기술.....	108
3.3.3.2 RAN기반 D2D 표준	115
3.3.4 D2D 표준 전망 및 기술 구현	118
3.4 eCall	119

3.4.1 eCall 개요	119
3.4.1.1 eCall 개념	119
3.4.1.2 요구 사항	120
3.4.1.3 서비스 참조 구조 및 요소	121
3.4.1.4 eCall 단말 기능	123
3.4.2 국내 외 동향	123
3.4.2.1 미국	123
3.4.2.2 EU	124
3.4.2.3 러시아	124
3.4.2.4 일본	125
3.4.2.5 브라질	125
3.4.2.6 한국	125
3.4.3 표준화 현황	125
3.4.3.1 국제 표준	125
3.4.3.2 국내 표준	127
3.4.4 기능 절차 및 정보 흐름	128
3.4.4.1 eCall 구성을 위한 정보 흐름	128
3.4.4.2 긴급 구난 요청	128
3.4.4.3 긴급 구난 요청 취소	129
3.4.4.4 eCall 센터에 의한 취소	130
3.4.5 결론	131
3.5 5G 진화 현황	132
3.5.1 3GPP 5G 표준 현황	132
3.5.2 이동통신 진화 방향 및 요구사항	133
3.5.3 Access network 주요 feature	136
3.5.3.1 LTE로부터 진화 및 네트워크 구조	136
3.5.3.2 주파수 정의 및 운용 방법	137
3.5.3.3 Multiple access 및 coding	137

3.5.4 Core network 주요 feature	140
3.5.4.1 네트워크 구조 진화와 다양성/유연성	140
3.5.4.2 Quality of Service	143
3.5.4.3 Network Slicing	145
3.5.4.4 Edge computing을 포함한 Cloud 지원	148
3.5.4.5 네트워크 운용 / 관리	149
 4. Public safety 서비스 진화 방향	155
4.1 분야별 서비스 진화	157
4.1.1 도시기반보안	157
4.1.2 사이버 보안	160
4.1.3 개인 식별 관리	161
4.1.4 기타 서비스	161
4.2 재난 안전망 진화 연구 동향	161
4.2.1 미국 S&T	161
4.3 시장 전망	163
 5. 5G Guardian 현황 및 제언	173
5.1 5G Guardian 현황	175
5.1.1 개요	175
5.1.2 기술 개발의 목표 및 내용	176
5.1.3 5G-Guardian 핵심 요소 기술	176
5.1.3.1 5G 재난 안전 무선망 인프라	176
5.1.3.2 5G 측위 기반 서비스	177

5.1.3.3 5G Guardian 서버	178
5.1.3.4 5G BIMS	178
5.1.3.5 5G Guardian 어플리케이션.....	179
5.1.2 과제 일정 및 계획	180
5.2 영국 Liverpool 5G Test Bed 사례 분석	181
5.2.1 배경.....	181
5.2.2 Liverpool 5G Testbed 개요.....	182
5.2.2.1 초기 1년간의 야망.....	183
5.2.2.2 컨소시움 참여 기관간의 관계	183
5.2.2.3 Testbed & Trial 의 수행 목표	184
5.2.2.4 Test & Trial 에서 분석 평가할 업무.....	184
5.2.2.5 향후 사업화 목표	184
5.2.3 Liverpool 5G Testbed Use Cases	184
5.2.4 Liverpool 5G Testbed 벤치마킹에 따른 제언	187
5.3 재난 망 진화 방향 제언	187
5.3.1 PS-LTE 기반의 공공 안전 재난망 상호 운용	188
5.3.1.1 PS-LTE 시스템 통합 및 연동 테스트	188
5.3.1.2 표준 운영 절차(SOP: Standard Operating Procedure)의 확고한 정립	189
5.3.1.3 무선 커버리지 및 링크 성능 최적화 지원	189
5.3.1.4 통합 공공 통신망 간섭 및 중복 투자 해결	189
5.3.1.5 효율적인 검인증 시스템 운영	189
5.3.1.6 통합 공공 통신망 기반의 산업 생태계 구축	190
5.3.2 국내외 참사 지적 사항에 대한 대책 보완	190
5.3.2.1 공공 안전 재난 망 공간 이중화	190
5.3.2.2 합리적 조직 및 업무 시스템 강화	190
5.3.2.3 안전에 대한 인식 제고 및 교육.....	191
5.3.2.4 공공 안전 재난 관리 교육 강화	191

5.3.3 PS-LTE 망 고도화 및 지능화	191
5.3.3.1 3GPP PS-LTE 기반 및 응용 기술 서비스 실현	191
5.3.3.2 미래 표준 기술 개발 및 서비스 지원	192
5.3.3.3 국민의 안전 확보를 위한 맞춤형 서비스	192
5.3.3.4 재난 통신 서비스를 위한 응용 기술 개발	192
5.3.3.5 로봇 및 인공지능을 활용한 재난안전 기술 개발	192
5.3.4 새로운 공공 안전 재난 제도 도입	193
5.3.4.1 eCall 시스템과 연계 및 지원	193
5.3.4.2 재난을 당한 국민 서비스 지원	194
 6. 결론	 195
 참고 문헌	 199
 백서 편집위원회	 201

그림목차



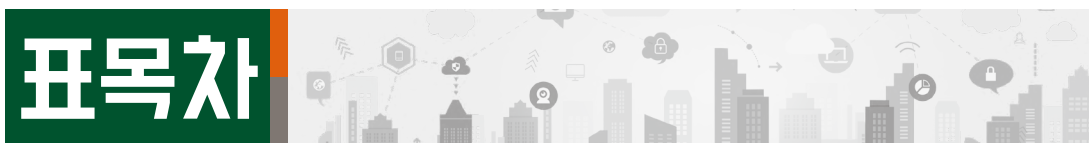
[그림 2-1] 재난안전통신망 사업추진 경과.....	15
[그림 2-2] 철도통신망 중장기 로드맵.....	16
[그림 2-3] 해상통신망(한국형 e-Navigation 사업) 추진 경과	17
[그림 2-4] 재난안전통신망 구조.....	18
[그림 2-5] 재난안전통신망 사업 단계.....	19
[그림 2-6] 재난안전통신망의 통합 서비스.....	20
[그림 2-7] 재난안전통신망의 전체 망 구조.....	21
[그림 2-8] 재난안전통신망 주제어시스템의 구성도	22
[그림 2-9] 3GPP 재난안전통신 기술 간 관계도	28
[그림 2-10] MCVideo, MCDData 개념도.....	28
[그림 2-11] 미국에서의 700 MHz 대역 주파수 할당.....	42
[그림 2-12] FirstNet Innovation and Test Lab.....	43
[그림 2-13] FirstNet 망 구조	43
[그림 2-14] 현재의 FirstNet 망의 통화권.....	45
[그림 2-15] ESN 망 구조.....	46
[그림 2-16] ESN EAS와 A2G 통화권	47
[그림 2-17] 프랑스의 NeoGend 로고	49
[그림 2-18] ASTRID Blue Light Mobile의 Priority.....	50
[그림 2-19] ASTRID Blue Light Mobile의 서비스	51
[그림 2-20] 스웨덴의 재난안전통신망 진화 계획	51
[그림 2-21] 핀란드의 재난안전통신망 진화 계획	52
[그림 2-22] 두바이 2021 프로젝트 프레임워크.....	53
[그림 2-23] Telstra LANES Emergency Service	54
[그림 3-1] 3GPP 공식 LTE 트레이드 마크.....	57

[그림 3-2] LTE의 진화 과정과 각 표준 기술에 해당되는 3GPP Release	64
[그림 3-3] PS-LTE를 위해 기존의 LTE에 추가된 기술들	65
[그림 3-4] PS-LTE를 위한 주요 기술의 관계와 3GPP 표준화 일정	66
[그림 3-5] MCPTT 개념도	67
[그림 3-6] MCPTT 관련 비즈니스 관계도 [출처: 3GPP TS 23.179]	69
[그림 3-7] MCPTT 응용 평면의 기능적 모델	71
[그림 3-8] MCPTT 시그널링 제어 평면의 기능적 모델	72
[그림 3-9] 3GPP 단말의 기술 진화 방향도	79
[그림 3-10] MTC 응용 적용 대상 UE category들의 주요 지원 서비스 분류	79
[그림 3-11] 주요 LPWAN 무선 전송 기술 규격들의 글로벌 상용화 누적 건 수	81
[그림 3-12] 표준화 단계 별 eMTC 및 NB-IoT 무선 전송 기술 규격의 주요 기술 특징	83
[그림 3-13] 글로벌 통신 사업자 별 상용화 대상 3GPP 무선 전송 기술 규격 채택 현황	84
[그림 3-14] 3GPP Release 13에서의 eMTC 및 NB-IoT의 주요 기술 목표 및 도입 기술	85
[그림 3-15] LTE 시스템 대역 상에서 eMTC용 협폭 대역 (narrow bandwidth) 정의하는 방법	88
[그림 3-16] eMTC의 하향 물리 제어/데이터 채널 전송에 대한 cross-narrowband/-subframe 스케줄링	89
[그림 3-17] eMTC 향 PSS/SSS/PBCH 전송 구조	90
[그림 3-18] NB-IoT의 NPSS, NSSS, NPBCH 무선 프레임 구조 및 하향링크 동기화 과정	95
[그림 3-19] Release 13 NB-IoT의 3 가지 동작 모드 및 주파수 bandwidth 정의	95
[그림 3-20] NB-IoT의 1 Tx. port와 2 Tx. port NRS 패턴	96
[그림 3-21] NB-IoT NPUSCH의 Resource Unit 포맷 별 주요 자원 설정 및 변조 기법	98
[그림 3-22] eNB-IoT의 동작 모드 별 NPRS 패턴	99
[그림 3-23] LTE OTDOA 대비 feMTC 및 eNB-IoT OTDOA 성능 비교 시뮬레이션 결과	100
[그림 3-24] feNB-IoT 단말의 WUS 수신에 따른 후속 NPDCCH/NPDSCH 수신 절차	102
[그림 3-25] RA 메시지3를 통한 상향링크 데이터 전송하는 TBS 설정 방법	103
[그림 3-26] Release 16 C-IoT 주요 추진 기술 아이템	104
[그림 3-27] D2D Communication	105
[그림 3-28] Proximity Service를 활용한 근접 통신 예 [1]	106
[그림 3-29] ProSe Architectural Model [4]	109
[그림 3-30] PC5 인터페이스를 통한 D2D 직접 탐색 모델 [4]	110
[그림 3-31] PC3 인터페이스를 통한 D2D 탐색 모델 [4]	110
[그림 3-32] ProSe 직접 탐색 메시지 [5]	111

[그림 3-33] 1:N ProSe를 통한 단말간 직접통신 절차 [4]	112
[그림 3-34] ProSe를 통한 단말간 직접통신 Protocol 구조 [4]	112
[그림 3-35] TS 23.303에서 논의된 UE to Network Relay 시나리오 [4]	113
[그림 3-36] TR 23.703에서 논의된 UE to UE Relay 시나리오 [5]	113
[그림 3-37] TR 23.703에서 논의된 UE to UE Relay 절차 [5]	114
[그림 3-38] ERICSSON 제안한 UE to UE relay 절차 [6], [7]	114
[그림 3-39] Mapping between Sidelink transport channels and physical channels [11]	116
[그림 3-40] 기지국을 통한 단말의 Sidelink 사용 권한 획득 절차 [12]	116
[그림 3-41] D2D Synchronization이 필요한 시나리오	117
[그림 3-42] Master Information Block Sidelink	117
[그림 3-43] ProSe MAC PDU의 MAC header 구성 [14]	117
[그림 3-44] 삼성전자 PS-LTE전용 D2D 단말 [16]	119
[그림 3-45] 사고 차량 병원 도착 절차	121
[그림 3-46] eCall 서비스 구조	122
[그림 3-47] eCall 시스템 기능 구조	122
[그림 3-48] 긴급 구난 요청	129
[그림 3-49] 긴급 구난 요청 취소	130
[그림 3-50] eCall 구난 센터에 의한 취소	131
[그림 3-51] ITU와 3GPP의 표준화 일정	132
[그림 3-52]	133
[그림 3-53] NG-RAN 전체 구성 (3GPP, 38.300)	136
[그림 3-54] gNB-CU와 gNB-DU를 포함하는 NG-RAN 구조 (3GPP, 38.401)	136
[그림 3-55] NR 신규 주파수 할당 현황	137
[그림 3-56] BWP (Bandwidth Part)를 활용한 BA (Bandwidth Adaptation) 동작 예시 [38.300]	140
[그림 3-57] 3GPP SBA (Service-Based Architecture) 23.501	141
[그림 3-58] ETSI NFV 프레임워크	142
[그림 3-59] QoS 모델 (3GPP 23.501)	143
[그림 3-60]	146
[그림 3-61] 3GPP 네트워크 슬라이스 개념도	147
[그림 3-62] 3GPP 네트워크 슬라이스 개념도	147
[그림 3-63] 5G use case에 따른 네트워크 기능 재배치	148

[그림 3-64] 3GPP에서의 edge computing 지원을 위한 기능 구성 요소.....	149
[그림 3-65] CI/CD 자동화 주기.....	150
[그림 3-66] Continuous integration and continuous delivery	151
[그림 3-67] OPNFV Gambia 7.0 구조	152
[그림 3-68] OPNFV upstream project 들.....	152
[그림 3-69] OPNFV continuous integration 과정.....	153
[그림 3-70] ONAP Casablanca release 구조	154
[그림 4-1] 미국 S&T 요약.....	163
[그림 4-2] 이동통신 사업자 매출 추이와 산업 디지털화에서 ICT 업체 매출 추이 비교	164
[그림 4-3] 지역별 산업 디지털화 매출 비교.....	164
[그림 4-4] 산업 디지털화에서 ICT 기업의 산업별 매출 구성	165
[그림 4-5] 5G에 의한 산업 디지털화 매출 및 산업별 구성.....	165
[그림 4-6] 5G에 의한 산업 디지털화 매출의 연도별 추이.....	166
[그림 4-7] 2026년 공공안전분야 디지털화 시장 규모 및 5G 기여도에 따른 시장 규모	167
[그림 4-8] 이동통신 사업자의 service exposure.....	168
[그림 4-9] 이동통신 사업자 역할에 따른 service exposure	169
[그림 4-10] Silo 별 service exposure와 horizontal service exposure	170
[그림 4-11] 이동통신 사업자 사업모델 별 시장 점유율 예측 및 매출 규모 예측.....	171
[그림 4-12] 지역별 공공안전분야에서의 이동통신 사업자 시장 규모 예측.....	172
[그림 4-13] 서비스 별 이동통신 사업자 시장 규모 예측	172
[그림 5-1] 현 ICT 기술의 한계 및 5G 기술 도입의 필요성.....	175
[그림 5-2] 5G Guardian Service 구현 개념도.....	176
[그림 5-3] 5G 기반 이동식 무선망 인프라의 활용	177
[그림 5-4] 통신 인프라를 활용한 정밀 측위 기술	177
[그림 5-5] 요구조자 중심의 맞춤형 사고 대응 서비스 제공	178
[그림 5-6] BIMS 기반 콘텐츠 및 화재 대응 서비스 활용	179
[그림 5-7] 요구조자 지킴이 서비스 어플리케이션의 활용	180
[그림 5-8] 요구조자 중심 재난안전 5G-Guardian 과제 계획	180
[그림 5-9] 영국 UK5G	181
[그림 5-10] 영국 UK5G phase 1 Trial and Testbed Consortium	181
[그림 5-11] 참여 기관간의 관계.....	183

[그림 5-12] Kensington시의 모델링	185
[그림 5-13] Social Game	186
[그림 5-14] 주거 및 의료 감시 설비	186
[그림 5-15] 누적 실측 데이터를 통한 비이동성 감지	187



〈표 2-1〉 PS-LTE 기술 분류.....	13
〈표 2-2〉 LTE와 PS-LTE 차이점.....	14
〈표 2-3〉 재난안전통신망 구축 물량.....	21
〈표 2-4〉 3GPP Rel-13 재난안전통신 주요 기술규격 리스트.....	23
〈표 2-5〉 3GPP Release 12/13/14/15 재난안전통신 주요 표준 기술.....	25
〈표 2-6〉 3GPP Release 별 재난안전통신 기술 표준화 비교.....	29
〈표 2-7〉 주제어시스템.....	30
〈표 2-8〉 재난안전통신망 커버리지 확보 전략.....	31
〈표 2-9〉 기지국시스템 상세 요구사항.....	32
〈표 2-10〉 단말기 요구사항.....	32
〈표 2-11〉 운영관리 장비 상세 요구사항.....	33
〈표 2-12〉 응용 설비 상세 요구사항.....	34
〈표 2-9〉 FirstNet 구축 일정.....	44
〈표 2-10〉 EU 공공안전통신용 브로드밴드 스펙트럼.....	48
〈표 3-1〉 LTE와 LTE-Advanced의 요구 사항 비교.....	59
〈표 3-2〉 MCPTT와 관련된 3GPP 규격.....	73
〈표 3-3〉 3GPP Rel-14 eMCPTT/MCVideo/MCData 서비스 요구사항 규격.....	74
〈표 3-4〉 3GPP Rel-14 enhMCPTT/eMCVideo/eMCData 서비스 요구사항 규격.....	77
〈표 3-5〉 LPWAN 무선 전송 기술 규격.....	80
〈표 3-6〉 3GPP LPWAN 무선 전송 규격들의 주요 기술 특징.....	82
〈표 3-7〉 Release 13 eMTC 단말 CE Mode 별 주요 특징, 응용.....	85
〈표 3-8〉 Release 13 eMTC 단말 CE 모드 및 레벨 별 주요 PRACH 동작 및 CE 기대 이득.....	86
〈표 3-9〉 Release 13 eMTC 하향링크 가용 전송 모드 구성.....	87
〈표 3-10〉 Release 13 eMTC 용 MPDCCH DCI format.....	91

〈표 3-11〉 eMTC 용 MPDCCH의 search space 종류 및 단말 CE type 별 지원 여부	91
〈표 3-12〉 eMTC 단말 CE 모드 별 사용하는 PUCCH format 및 용도.....	92
〈표 3-13〉 Release-13 NB-IoT의 신규 기술 설계 진행된 물리 채널/신호 들	93
〈표 3-14〉 Release 13 NB-IoT의 물리채널/신호들에 대한 LTE와 차이점 비교.....	94
〈표 3-15〉 NB-IoT의 DCI Format 종류	97
〈표 3-16〉 NB-IoT NPUSCH DMRS 패턴	97
〈표 3-17〉 Release 14 feMTC 및 eNB-IoT 주요 진화 기술 아이템 리스트	99
〈표 3-18〉 Release 15 efeMTC 및 feNB-IoT 주요 진화 기술 아이템 리스트	101
〈표 3-19〉 Proximity Service 규격 및 표준화 참여 그룹에 따른 문서	107
〈표 3-20〉 인구당 교통 사고 사망률	120
〈표 3-21〉 3GPP TS 표준	126
〈표 3-22〉 eCall 서비스의 end user 간 적합성 시험 규격.....	127
〈표 3-23〉 New generation access tech. Target KPIs	134
〈표 3-24〉 5G 네트워크 운영 측면 요구사항.....	135
〈표 3-25〉 New generation access tech. requirements	135
〈표 3-26〉 SCS (Sub-Carrier Spacing)과 CP 운용 예시	138
〈표 3-27〉	144

약어





3GPP	3rd Generation Partnership Project	MWC	Mobile Word Congress
ARP	Address Resolution Protocol	PHY	Physical
CT	Core Network & Terminals	ProSe	Proximity Service
D2D	Device to Device	PSBCH	Physical Sidelink Broadcast Channel
eNB	EUTRAN Node B	PSCCH	Physical Sidelink Control Channel
EPC	Evolved Packet Core	PSDCH	Physical Sidelink Discovery Channel
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network	PS-LTE	Public Safety LTE
HSS	Home Subscriber Server	PSS	Primary Synchronization Signal
IMP	IP Multimedia System	PSSCH	Physical Sidelink Shared Channel
IoT	Internet of Things	PSSS	Primary Sidelink Synchronization Signal
IP	Internet Protocol	QAM	Quadrature Amplitude Modulation
LTE	Long Term Evolution	QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
MAC	Medium Access Control	RAN	Radio Access Network
MBMS	Multimedia Broadcast Multicast Service	RLC	Radio Link Control
MIBSL	Master Information Block Sidelink	RRC	Radio Resource Control
MME	Mobility Management Entity	SA	Service and Architecture



SC-FDMA Single Carrier Frequency Division Multiple Access

SL-BCH Sidelink Broadcast Channel

SL-DCH Sidelink Discovery Channel

SL-SCH Sidelink Shared Channel

SSS Secondary Synchronization Signal

SSSS Secondary Sidelink Synchronization Signal

TSG Technical Specification Group

V2V Vehicle to Vehicle

V2X Vehicle to Everything

WG Working Group

1. 서론



제1장 서론

최근의 세계는 다양한 변화를 겪고 있다. 인구의 증가는 특히 도시화를 가속화 시키고 있으며, 2050년에는 인구의 70%가 도시에서 생활할 것으로 예측되고 있다. 최근 진행되고 있는 기후 변화는 자연 재해의 빈도와 규모를 변화시키고 있으며, 2023년 18억명의 인류는 물 부족을 겪을 것이라는 전망도 나오고 있다. 도시는 점점 커지고 복잡해 지고 있으며, 재해와 재난은 그 규모와 빈도에서 이전과 다른 양상을 나타내고 있다.

최근 우리나라를 비롯해 많은 나라에서 재해와 재난에 보다 효과적으로 대응하고 시민의 안전을 효과적으로 확보하기 위한 차원에서 이전 세대의 통신 시스템을 최신의 이동통신 시스템으로 변경하는 작업이 활발히 진행되고 있다. 보다 효과적인 재해, 재난 대응을 위해 음성 통신 뿐 아니라 비디오 통신과 데이터 통신이 보다 중요해 지고, 인공지능, 빅데이터 분석 및 클라우드 기반의 다양한 응용 서비스의 보급이 필요한 시점에서 시의 적절한 접근이라 볼 수 있다.

우리나라의 공공안전 목적의 통신망은 LTE를 기술 방식으로 채택하고 3GPP 표준 기반 release 13 기준으로 시스템을 구축하고 있다. 이동통신 기술은 지속적인 발전을 진행하고 있으며, 최근에는 NB-IoT와 Cat-M1 기반의 사물통신 기술이 상용화되고 있으며, 다양한 산업의 다양한 서비스를 진화하는 목적을 가지고 5G 기술이 일부 표준화를 마치고 한국을 주도로 일본, 중국, 미국에서 초기 상용화가 적극 추진 중에 있다.

발전하는 이동통신 기술은 공공안전 용도의 통신 망에서 사람 들 사이의 음성, 비디오, 데이터 통신을 지원하고 AR/VR 등 보다 고차원적인 사용자 인터페이스를 통해 효과적인 정보 전달과 습득을 가능하게 할 것이다. 또한 저지연, 고속전송, 고신뢰도, 저소비전력과 센서와 같은 무수히 많은 그러나 단순한 형태의 단말을 저가에 제공함으로써 새로운 종류의 사물 간 통신을 지원하고 이를 통해 새로운 형태의 서비스를 가능하게 할 것이다. 이런 추세는 인공지능, 빅데이터 분석, 클라우드 기술과 결합하여 자동화, 지능화된 고도의 서비스를 가능하게 할 것이다. 공공안전 서비스의 고도화와 이를 통한 국민 생활 안전의 향상을 기대할 수 있는 것이다.

본 보고서는 현재의 공공안전 용도의 통신망 현황을 살펴보고 이의 진화를 위해 적용할 수 있는 기술의 발전 현황을 살펴보고자 한다. 이런 목적으로 2장에서 PS-LTE를 중심으로 공공안전 통신망을 살피고 우리나라와 세계적으로 진행되고 있는 구축 현황을 살핀다. 3장에서는 기술 발전 현황을 살펴보기 위해 3GPP release 13 이후의 LTE 진화 현황, NB-IoT, mMTC를 포함한 3GPP에서의 사물 통신 기술 현황, 단말간 직접 통신 그리고 5G의 기술 진화 현황을 살펴본다. 추가적으로 세계적으로 진행되고 있는 eCall의 현황을 기술과 사업 측면에서 살핀다. 4장에서는 공공안전 서비스의 진화된 모습을 살펴 기술의 적용 분야와



1. 서론

각 적용 분야의 시장 전망을 살핀다. 5장에서는 현재 진행 중인 기가코리아 5G 실증 사업의 일환인 5G Guardian 과제의 현황을 검토하고 영국 Liverpool에서 진행 중인 5G testbed 과제의 현황을 살펴본 후 전반적인 공공안전 목적의 통신망의 진화와 관련된 제언을 정리하였다.

본 보고서가 공공안전의 현황과 앞으로의 진화 방향을 모색하는 데 기여할 수 있기를 기대한다.

2. Public Safety 통신 현황



제2장 Public Safety 통신 현황

2.1 PS-LTE 재난안전통신망 개요

2.1.1 PS-LTE 개요

현재 스마트폰과 태블릿에서 인터넷 서핑, 음악과 동영상 스트리밍을 일상적으로 사용하는 건 LTE 통신의 발전이 뒷받침된 덕분이다. 이동통신 라이프 스타일을 바꿔왔던 LTE 기술이 이제는 공공 안전 분야까지 변화시키고 있습니다. 재난안전통신망 기술방식으로 선정된 PS-LTE로 망을 구축하면 사고 현장을 멀티미디어 환경에서 실시간 동영상이나 고화질 이미지의 형태로 이용기관들에 실시간 전파하고 안정적으로 통신할 수 있어 기존보다 정확하고 효과적인 의사소통이 가능해진다. PS-LTE는 국가적인 비상 상황에서도 음성 및 멀티미디어 서비스를 안정적이고 빠른 통신을 가능하게 하는 기술로, 자연재해·테러·화재와 같은 재난 상황에서 구조·대응 활동의 한계를 뛰어넘어 Mission Critical Time의 확보에 큰 도움이 될 것이며 재난 상황에서 동일한 주파수와 PS-LTE 기술을 활용해 지휘 책임자부터 현장 대원까지 모든 이들이 일사불란하게 대응할 수 있게 된다.

이러한 공공안전통신망을 위한 PS-LTE에 대한 관심이 우리나라를 비롯하여 미국, 영국, 호주, 프랑스 등 글로벌 국가에서도 본격적으로 인프라 구축 시작하는 등 확대 적용되고 있는 상황이다. PS-LTE는 기존 기술들과 차이점을 살펴보면, 기존 통신 방식과 달리, 개인 대 개인 뿐 아니라 여러 안전 기관 사이에도 끊임 없이 안정적인 통신이 가능하다는 점이 특징이다. 화재 현장을 예로 들면, 인명 구조를 위해 소방·경찰·의료 등 다양한 기관의 긴밀한 소통이 중요합니다. 재난 현장은 시간이 지날수록 더 복잡해지기 때문에 안전 기관의 일원화된 통신 시스템은 전 세계적인 추세가 될 것이다.

과거에는 기관마다 각기 다른 주파수와 장비, 심지어 서로 호환되지 않는 통신 기술을 사용하는 경우도 있었으나, PS-LTE는 국제통신표준기관인 3GPP에서 제정한 표준 규격을 따르기 때문에 상호연동성을 확보할 수 있기 때문에 비상 상황에서도 여러 부처 간의 통합된 통신이 가능하다.

기존엔 대부분 음성통신만 가능했다면, PS-LTE 기술은 화상통신과 고화질 이미지 전송 등 고속 데이터 통신을 지원한다는 점 또한 차별화 포인트이다. 현장에 가장 먼저 도착한 구조대원이 실시간으로 동영상을 전송하면 다른 대원들이 현장 도착 전이라도 상황을 정확하게 파악하고 구조에 더욱 신속하게 대응할 수 있는 단일화된 지휘통신이 가능하다. PS-LTE의 가장 주요한 기술중의 하나인 다자간 화상통신 서비스를 제공하는 MCPTT LTE 기술은 푸시투토크(이하 ‘PTT’)의 확장된 표준으로 △재난 상황에서도 끊기지 않는 통신 안정성 △분초를 다투는 재난 현장에서 0.3초 내에 통신을 전달하는 빠른 응답 △데이터 폭주 상황에서도 최종 의사 결정자나 현장 책임자에게 통신 우선권을 보장하는 QoS 등 구조 활동에 최적화된



특징을 갖고 있다.

기존의 PTT가 무전 음성 통신이었다면, LTE PTT와 MCPTT는 양방향 통신은 물론 데이터 통신도 가능하다는 점도 특징이다. 고화질 동영상과 데이터 통신은 상호 커뮤니케이션의 양상을 다변화함으로써 상황에 따른 최적의 통신을 가능하게 한다. 언제 어디서나 정확한 결정을 내리고 보다 체계적인 구조 활동을 할 수 있다.

한편, PS-LTE는 MCPTT 외에도 GCSE, eMBMS(동시 동영상 전송), D2D(기기간 통신) 등 다양한 기술을 통해 신속한 재난 구제 활동을 지원할 수 있다.

재난안전통신망 외 대표적 사례로서 공공 주파수를 활용한 LTE 기반의 철도통합무선망(LTE-R) 분야가 있다. 지하철이나 고속철도 운영에 적용되는 차세대 기술로, 열차·역사·중앙관제소 간 빠르고 안정적인 통신을 지원을 위하여 LTE 철도망을 도입하면 개인 통신 뿐만 아니라 그룹간 통신과 긴급상황 방송 등의 음성 서비스, 역사 관리를 위한 CCTV 서비스, 제어 신호 송수신 같은 데이터 서비스가 가능하다.

LTE 철도망은 최대 시속 300km로 달리는 열차에 탑승한 수많은 승객의 안전과 직결되기 때문에 실제 운용 전에 철저한 검증 절차를 걸친다. 국내 최초로 부산지하철 1호선에서 LTE 철도망이 공식 운영됨에 따라 PS-LTE 기술력도 입증된 바 있으며, 평창올림픽 안전망에서 MCPTT 기술을 기반으로 비상 상황에서 끊김 없는 다자간 화상통화 시연에 성공, 기술 타당성을 확인하였으며, 세계최초로 2018년 초부터 강원지역에서, 원주-강릉간 KTX 고속 철도망에 구축 완료 후 운영 중이다.

향후 공공안전망 분야에서 PS-LTE의 미래 발전 방향은 공공안전망에 PS-LTE 기술의 인프라가 구축된 이후 사물인터넷(IoT), 영상 분석(Video Analytics), 인공지능(AI) 등 새로운 기술과의 융합이 본격화되고 공공안전에 관련된 다양한 기능들이 확대되기 시작할 것이다. 앞으로 다양한 기술 융합을 통해 구난 활동의 효율성을 높일 뿐 아니라 자연 재해나 안전 위협 환경을 자동으로 모니터링·분석해 위험 예방에도 기여하는 '지능화된(Intelligent)' PS-LTE로 발전될 것이다.

2.1.2 PS-LTE 기술 개요

PS-LTE 기술은 공공안전통신망 구축을 위한 네트워크 인프라 기술과 재난망을 활용한 재난안전 ICT 응용 서비스 기술을 포괄한다. 네트워크 인프라 기술은 재난망 특화 기능을 지원하는 인프라 장비 및 솔루션과 망 구축 등을 포함하고 있고 PS-LTE망 구축을 위해 요구되는 필수적 기능 개발부터 부품, PS-LTE 단말, 액세스와 EPC 관련 장비 등이 해당된다. ICT 응용 서비스 기술은 재난망 기반에서 제공되는 재난안전 분야 응용 기술 및 서비스 산업으로 비디오 등 멀티미디어/데이터 서비스, 위치기반서비스, 상황인지서비스, 원격 측정 및 진단 서비스, Computer Aided Dispatching 등 PS-LTE망을 활용한 ICT 관련 응용 서비스가 이에 해당된다.

〈표 2-1〉 PS-LTE 기술 분류

구분	종류
네트워크 인프라 기술	PS-LTE 37가지 요구기능 개발, 부품, 무선단말, 무선액세스 장비(RU, DU, 중계기), EPC 장비(SGW, PGW, MME, PCRF, HSS), IMS
ICT 응용 서비스 기술	비디오 등 멀티미디어/데이터 서비스, 위치기반서비스, 상황인지서비스, 원격 측정 및 진단 서비스, Computer Aided Dispatching 등

PS-LTE 장비는 37가지 요구기능을 지원하는 재난망 구축을 위해 요구되는 인프라 장비 및 전송망 장비를 의미한다. 부품, 단말, 무선 액세스 장비(RU, DU, 중계기), EPC 장비(SGW, PGW, MME, PCRF, HSS), IMS 장비(GCSE, CSCF) 등이 인프라 장비에 해당되고, 프론트홀/백홀 전송장비, 스위치/라우터 장비, 위성 송수신 장비 등은 유무선 전송망 장비라 할 수 있다. 그리고 직접통화, 단말기 중계 기능, 그룹통신, 단독기지국 운용모드, MCPTT, 녹음/녹화/문자저장, NMS/EMS, BSS, OSS, 인증, 보안 등 재난망 기능 구현을 위한 관련 소프트웨어 기술이 있고 운용 및 유지보수, 망 고도화, 망 품질 관리, 운용 기술 훈련 등 재난망 운용을 위해 요구되는 운용 관리 서비스 기술로 구분된다.

ICT 응용 서비스 기술은 IoT 센서망 플랫폼, 빅데이터 분석/처리 플랫폼, 재난 클라우드 플랫폼, 재난망 SDN/NFV 플랫폼 등이 서비스 플랫폼 기술이라 할 수 있고 비디오 스트리밍 서비스, 위치기반서비스, 상황인지서비스, 클라우드, 빅데이터 기술, 증강현실 등이 계획 중심의 예방·대비와 실행 중심의 대응·복구에 재난망을 활용하는 재난안전 ICT 서비스 기술에 해당된다고 볼 수 있다.

PS-LTE 기술은 LTE 기술에서 지원하는 기능에 재난활동에 필요한 특화 기능이 추가된 형태라 할 수 있다. 표 2-2는 PS-LTE 37가지 요구기능을 기준으로 LTE 기능과 PS-LTE 기술에 추가된 기능을 비교한 것이다. 표 1-1을 보면 PS-LTE망에서 요구되는 기능 중 22개 요구기능은 현재 LTE망에서도 지원되고 있다는 것을 알 수 있다. 반면, 직접통화/단말기 중계, 단독기지국 운용 모드 등 15개 요구기능은 PS-LTE망에 특화된 재난안전통신망에 요구되는 기능들이라 할 수 있다. PS-LTE 기반 재난안전통신망에 요구되는 기술들은 현재 3GPP Release 13 표준화가 완료되었다.



〈표 2-2〉 LTE와 PS-LTE 차이점

구분	PS-LTE 요구 기능 (37개)	
	LTE 공통 지원 기능 (22개)	PS-LTE 추가 기능 (15개)
생존/신뢰성 (7)	단말기 이동성, 호폭주 대처, 백업/복원	직접통화/단말기 중계, 단독기지국 운용 모드, 이중화/전송매체 운용, 통화품질
재난 대응성 (10)	개별통화, 단말기 위치 확인, 영상통화	그룹통화, 지역선택호출, 통화그룹편성, 가로채기, 비상통화, 주변음 청취, 복수 통합그룹수신
상호 운용성 (3)	개방형/표준 준수	호 연결(그룹통신 및 MCPTT 기능), 망 연동(TETRA, LTE-R, LTE-M 등)
운용 및 효율성 (12)	상황 전파 메시지, 가입자 용량 확보, 다자간 전이중 통화, 데이터 통신, 통화 내용 녹음/녹화, 발신번호 표시, 원격 망 관리, 망 관리 시스템, 보고서 생성, 통화 용량 확장, 주파수 다중화	광역 통화권 확보/광역 전송 기술 확보
보안성 (5)	단말기 사용허가 및 금지, 암호화, 인증, 통합 보안관제	보안규격

3GPP 표준화 관점에서 재난안전통신망에 적용하는 주요 기술을 살펴보면 다음과 같으며 재난망 본 사업에서는 Rel. 13 기반으로 구현되며, Rel.14~15기능이 향후 업그레이드를 고려한 구조를 반영하게 된다.

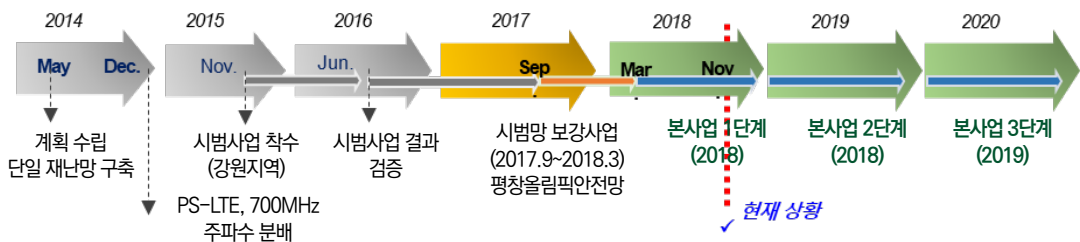
- 사용자가 체감할 수 있는 응용서비스기술로 그룹통화 서비스인 MCPTT, 그룹영상 서비스인 MCVideo, 그룹데이터 서비스인 MCDData.
- 응용서비스를 실현하기 위한 기반기술로 (e)ProSe, (e)D2D, GCSE, eMBMS 등이 있다. 또한 (e)ProSe, (e)D2D : 기지국 영역 내/외에 있는 단말들에게 단말 간 직접통신이 가능하게 하는 기반기술이며 GCSE, eMBMS, MBMS_enh : 무선자원 및 네트워크 자원을 절약하여 그룹통신을 효율적으로 지원하기 위한 기반기술
- IOPS는 기지국과 핵심 망과 연결이 끊겼을 경우 기지국 단독으로 MCPTT 등 응용서비스를 가능케 하는 기반기술

2.2 우리나라 PS-LTE 개요

2.2.1 PS-LTE 구축경과 및 계획

공공안전통신망의 3개망 구축사업은 2014년 7월 미래창조과학부에서는 새로이 구축될 공공안전통신망의 기술 방식으로 Public Safety LTE가 선정되었고, 같은 해 11월에 700MHz 대역을 통합공공망 주파수로 할당하였다. 행정안전부 주관으로 정보화 전략 계획(ISP) 사업, 시범사업을 완료하고, 평창올림픽 안전망 보강사업을 성공적으로 마무리하고, 2018년부터 2020년까지 전국 단일 재난안전통신망사업과 국토교통부의 철도 통신망의 현대화를 위한 2025년까지 약 5,300km 전 노선의 현대화를 위한 LTE-R 통합무선망 사업, 해양수산부의 한국형 e-Navigation 서비스를 위한 연안 100km까지 LTE망을 구축하는 초고속해상무선통신망 사업의 기반마련과 시범사업 등 검증이 완료되고, 본 사업의 본격적인 착수 예정이다.

2.2.2 재난안전통신망(PS-LTE)



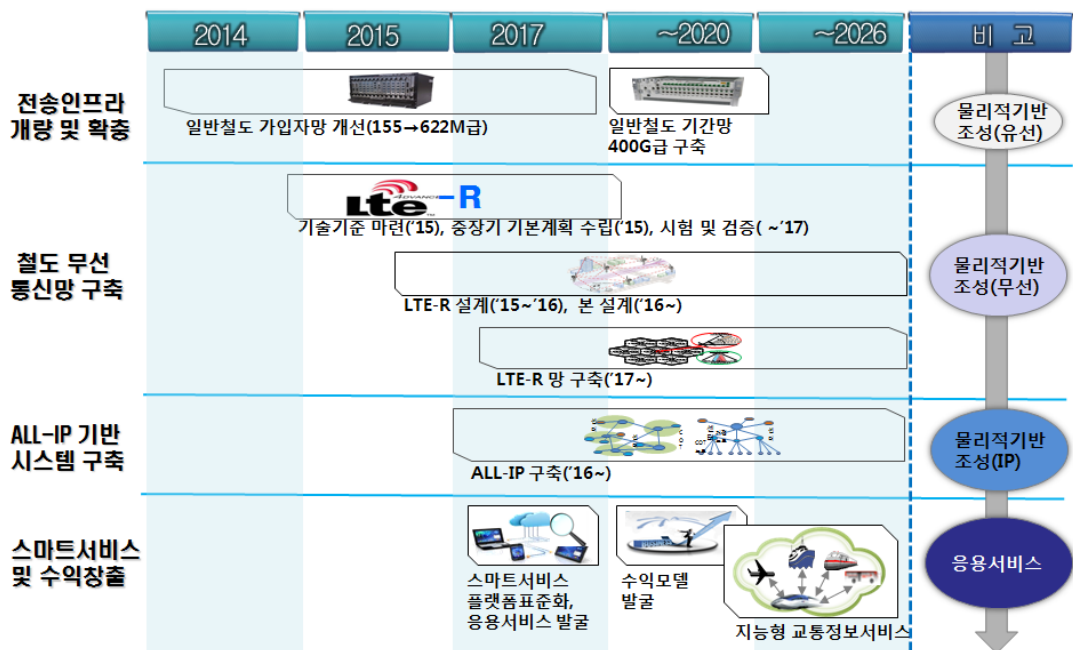
[그림 2-1] 재난안전통신망 사업추진 경과.

2014년 세월호 사고를 계기로 노후화된 기존 통신망을 대체하고 통합적 재난대응체계를 갖추기 위해 추진된 공공안전(Public Safety)-LTE 재난안전통신망 구축사업은 2015년 11월 시범사업에 착수하였다. 정보화전략계획 수립 과정에서 우여곡절이 있었지만, 새로운 재난안전통신망을 운영센터와 구축/운영할 수 있게 되었다. 정보화전략계획을 통해 마련된 밑그림을 바탕으로 정부서울청사에 운영센터를 구축하고, 평창동계올림픽이 열리는 평창, 강릉, 정선 지역에 기지국(220개소)과 단말기(2,496대)를 설치·보급하여 PS-LTE 재난안전통신망의 기능과 성능을 시연할 수 있었다. 시범사업을 토대로 전국적인 통신망을 구축하는 본사업은 3단계로 나뉘어 구축 예정이며, 기술적인 문제로서 직접통화(D2D) 등 국제표준(3GPP Rel.13) 적용, 상용망 연동 및 활용방안, 철도망·해상망과 연계방안, 초고화질(UHD) 방송과 간섭 해소 등



실제 장비로 시험하고 상호 협력을 통해 해결해야 할 과제가 남아있다. 또한, 시범사업 이후 검증과정을 통해 비용효과적 재난안전통신망 구축방안을 마련하였으나 상세설계를 거쳐 실제 망을 구축하고, 재난안전통신망의 활용도를 높이며, 향후 10년을 내다보는 중장기적 시각에서 안정적, 효과적 운용방안을 구체적으로 마련하게 되었다.

2.2.3 철도통합무선통신망(LTE-R)

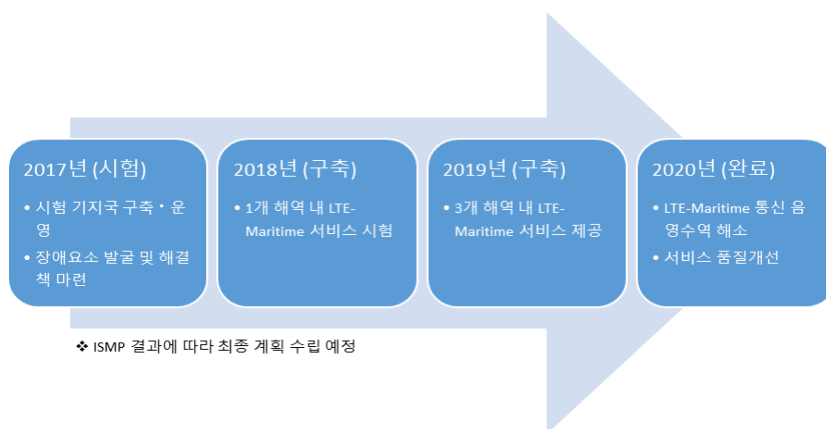


[그림 2-2] 철도통신망 중장기 로드맵

철도통신망의 경우에는 1~2세대 무선통신 기술인 VHF 및 TRS 방식의 음성 및 단문중심의 열차무선 통신시스템을 구축 사용하였다. 세계최초 250km/h급 일반 및 고속철도에 적용되는 LTE-R은 2012년 국토부의 지능형 철도시스템(IRIS) 구축 계획을 토대로 미래부의 공공기관 주파수 효율과 계획 등 정부의 미래 지향적 기술정책과 철도시설공단(이하 공단)의 노력에 의한 산물이다. 공단은 원주~강릉구간에 최초 LTE-R 상용화를 시작으로 향후 전국 철도망을 모두 LTE-R로 확산 구축할 예정이다. 원주~강릉구간 철도통합무선망(LTE-R) 사업은 2016년 8월부터 2018년 1월까지 약 18개월 동안 사업구간 내 6개 역사, 중간기계실, 강릉차량기지 및 철도교통관제센터, 철도교통에비관제실에 LTE-R 시스템을 구축 완료하는 과업 외에도, 국가 재난안전통신망(PS-LTE, 이하 재난망)과 상호연계를 위한 연동방안을 검토하고 동일한 통합공공망 주파수를 사용하는 이용기관 간 주파수간섭 및 UHD 간섭 최소화 방안 검토와 국내·국제 표준화

추진 등 다양한 현안에 대해서도 대응방안을 제시하고 기준 등을 정립해 나갈 예정이다. 또한, 부산지하철, 김포 경전철, 그리고 공항철도 구간 등의 도시철도에서도 LTE-R 통신망이 구축 진행되고 있으며, 2026년까지 전국 총 5,300km의 철도에 LTE-R 철도무선통신망을 구축하게 된다.

2.2.4 초고속해상 무선통신망(LTE-Maritime)



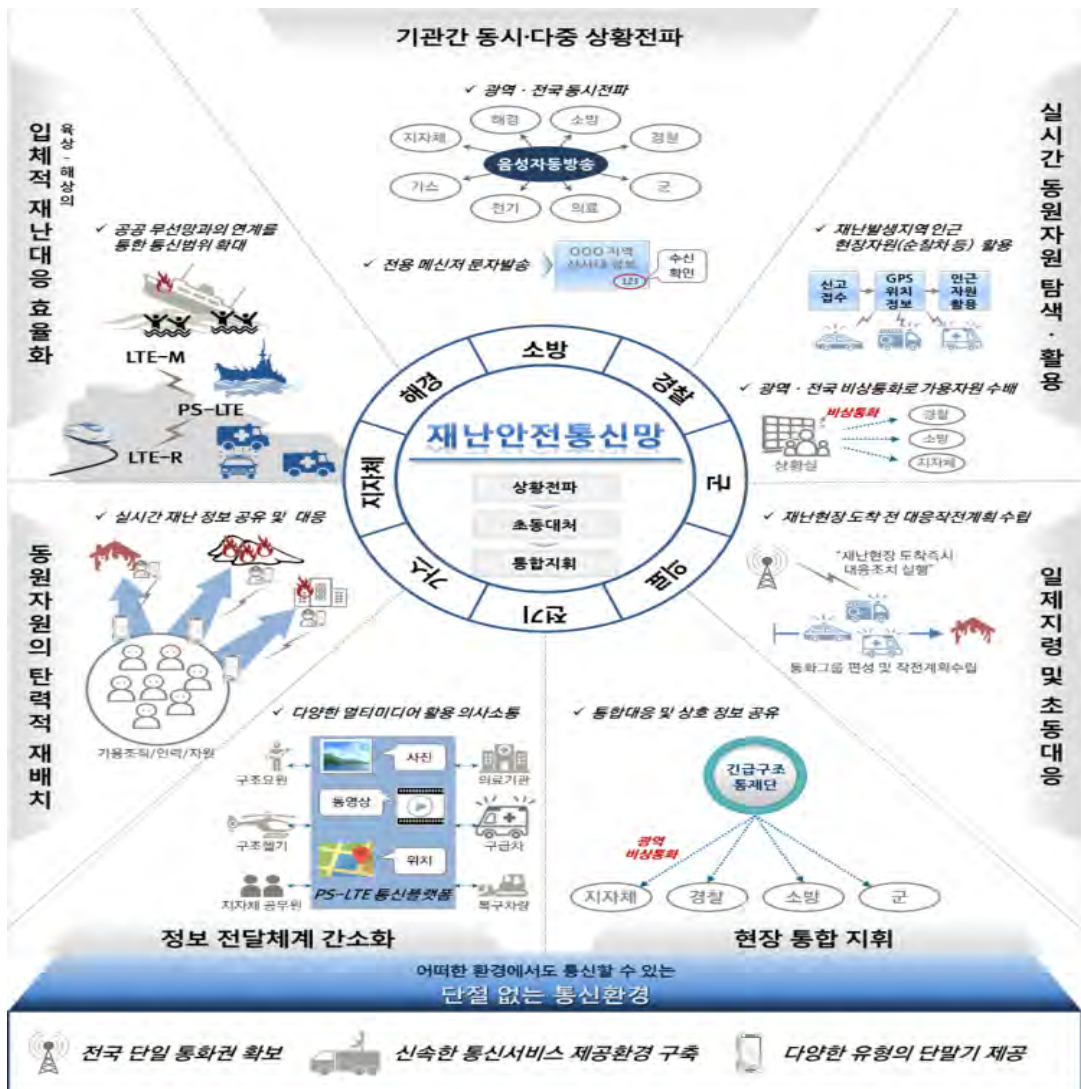
[그림 2-3] 해상통신망(한국형 e-Navigation 사업) 추진 경과

해상통신망의 경우엔 인적 요인에 의한 해양사고예방을 위해 선박운항기술에 정보통신기술(ICT)을 융합한 'e-Navigation' 도입 필요성을 '05년 영국 등 7개국이 제기한 것을 계기로, 국제해사기구(IMO)는 선박사고의 80% 이상을 차지하는 운항 미숙이나 판단착오 등 인적 요인에 의한 해양사고 저감을 위해 '06년 기존 선박 운항·관리체계에 정보통신기술(ICT)에 융합한 'e-Navigation'을 도입하기로 결정하였다. 국내의 경우 해양사고 통계에 따르면 전체 해양사고의 약 82.3%가 운항 과실 등 인적 과실에 의해 발생하고 있으며, 상대적으로 운항환경이 열악한 연안선박과 어선에 의한 해양사고가 72%를 차지함으로써 ICT를 활용한 새로운 선박운항 개념인 'e-Navigation' 도입을 통해 해상운송의 패러다임 전환 도모가 필요하다고 판단하였다. 이에 국제해사기구(IMO)가 준비 중인 e-Navigation 도입에 적극적으로 대응하고, 해양 안전을 향상시키고 새롭게 형성되는 e-Navigation 관련 세계 시장의 선점을 위해 해양수산부는 2013년 예비타당성조사 대상 사업으로 한국형 e-Navigation 프로젝트를 추진하여, 2014년 11월에 예타 통과가 최종 결정되었다. 이후 정부예산 확보와 공개모집 과정을 거쳐 2016년 3월에 한국형 e-Navigation 프로젝트 사업 총괄기관 및 사업단장을 선정하였으며, 2016년 7월 핵심과제별 주관기관을 선정하였다. 한국형 e-Navigation 사업 서비스 및 인프라의 통신을 위해 우리나라 연안 100Km내를 커버할 수 있는 초고속해상무선통신망(LTE-Maritime) 전국망을 구축하기 전, 성공적인 구축 방안 수립을 위해



1차년도(2016년) 사업에서 지역에 초고속해상무선통신시험망(LTE-Maritime)을 구축하여, 한국형 e-Navigation 사업의 서비스 및 인프라의 프로토타입 테스트에 중요한 통신 테스트베드로 활용 중이다. 초고속해상무선통신시험망(LTE-Maritime) 구축 지역은 강릉항, 부산항, 목포항 3개 지역으로 선정하였으며, 재난안전통신망(PS-LTE) 및 철도통신망(LTE-R)과의 전파간섭 해소 방안, 인접 국가와의 전파월경 감경 방안, 조석간만의 영향 및 섬에 의한 음영지역 해소 방안 도출을 위한 기반 인프라를 마련하였다.

2.2.5 재난안전통신망 본 사업 계획 및 고려사항



[그림 2-4] 재난안전통신망 구조

2017년 7월 재난안전통신망의 기술방식으로 PS-LTE를 선정하였다. 2017년 12월에는 LTE Band 28 718-728 MHz (UL), 773-783 MHz (DL)가 통합공공망용 (재난안전통신망+철도망+해상망) 주파수로 할당되었다. 이어서 2015년 11월부터 2016년 6월까지 평창올림픽지역을 대상으로 시범사업을 실시하였고, 시범사업 통화권 개선 및 상용망 연동을 위한 보강사업을 2017년 10월부터 2018년 3월까지 실시되었다. 이어서 본 사업자를 선정을 위한 단계를 완료 후 우선협상 사업자들과 계약을 체결하기 위한 협상을 진행하고 있다. 본 사업은 국내 재난안전통신망은 최적화된 종합지휘체계와 통신 인프라 구축을 목표로 하고 있다. 이는 멀티미디어 등 진화된 표준 기능을 기반으로 재난 예측, 방지 및 긴급재난상황에서 효율성을 향상시키고자 하는 것이다. 3GPP를 기반으로 긴급재난통신(MCPTT, D2D, IOPS, eProSe 등)의 필수 요구기능을 구현하고 향후 Rel14/15로 확장을 목표로 구축할 계획이다.

그림 2-4에서와 같이 새로 구축하는 재난안전통신망을 이용함으로써 이용기관 간에 상황전파, 초동대처 및 통합지휘를 목표로 하고 있다.

2.2.5.1 사업기간

2018년12월~2020년12월까지 그림 2-5과 같이 3 개 권역으로 구분하여 진행된다.

구축 : 2018년 ~ 2020년 (27 개월)

- 1단계 2018년 중부권 5개 시·도
- 2단계 2019년 남부권 9개 시·도
- 3단계 2020년 수도권 3개 시·도
- 운영·유지보수 : 2019.1.1 ~ 2025.12.31 (7년간)



[그림 2-5] 재난안전통신망 사업 단계



2.2.5.2 사업목표

재난안전통신망 구축을 통한 ‘통합적 재난관리체계 구축 및 현장 즉시대응 역량 강화’ 지원을 목표로 하며, 그림 2-6에서와 같이 전용의 고정기지국 뿐만 아니라 상용망의 고정/이동 기지국, 철도망, 해상망 및 UHF 망을 활용하여 통화권을 경제적으로 확대하는 것을 계획하고 있다.

2.2.5.3 구축방식

PS-LTE(700MHz 대역) 기술방식의 전국 단일망을 ALL for ONE 전략으로 구축하는 방식이다



[그림 2-6] 재난안전통신망의 통합 서비스

2.2.5.4 이용기관

재난 및 안전관리 기본법 제34조의8에 따른 재난관련기관(재난관리책임기관, 긴급구조기관, 긴급구조지원기관)으로 재난유형과 관계없이 대응 및 지원활동을 수행하는 재난안전통신망을 필수적으로 이용(필수기관)기관은 8대 분야 333개 기관으로서 경찰(18), 소방(20), 지자체(243), 해경(6), 군(25), 전기(2), 가스(2), 의료(17)가 해당된다.

2.2.5.5 구축 물량

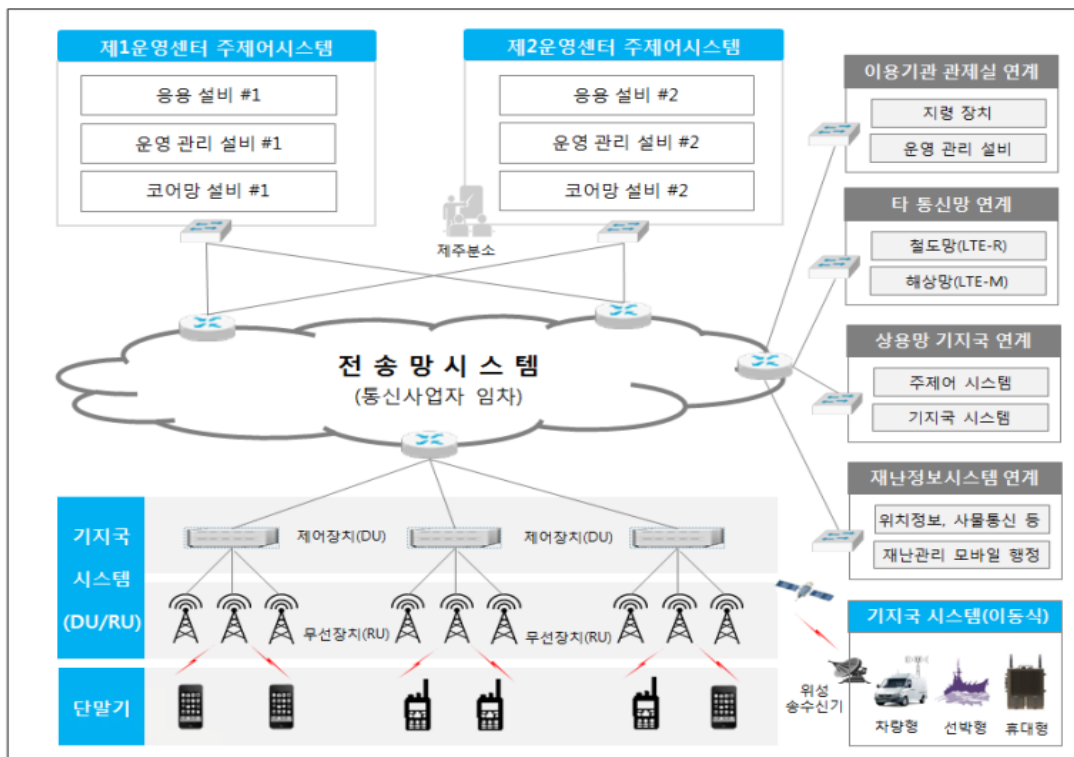
표 2-3은 주관기관이 제시하는 구축물량이다. 그러나 사업은 목표기반 방식으로 하기에 이를 참고하여 적정 이상의 물량을 제공하여야 한다.

〈표 2-3〉 재난안전통신망 구축 물량

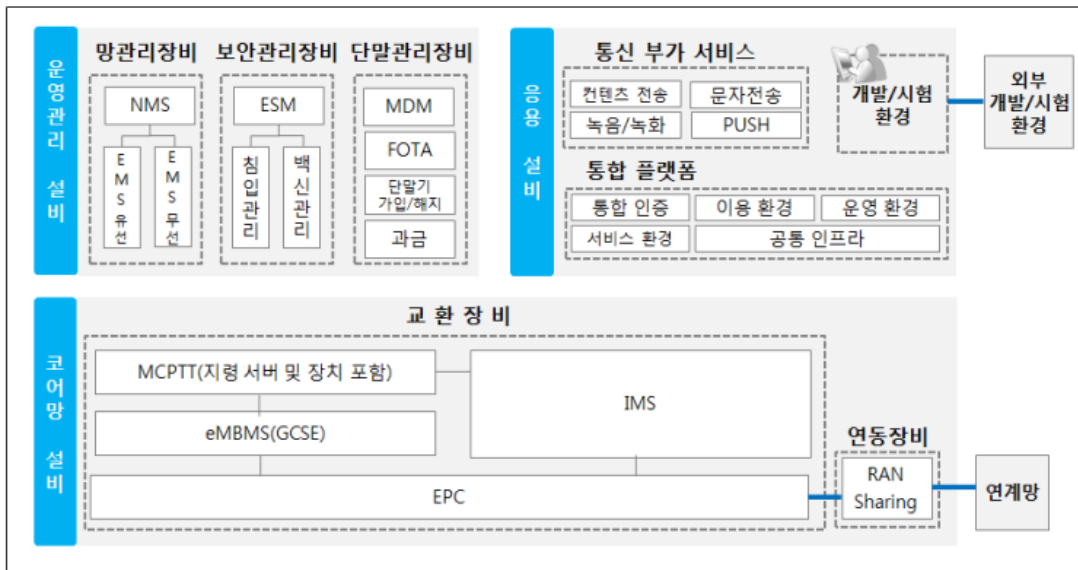
구 분		합 계	2018년(1단계)	2019년(2단계)	2020년(3단계)
주제어시스템		2식	1식	1식	-
고정기지국(RU)		5,647개소	1,474개소	2,573개소	1,600개소
기지국제어(DU)		798식	235식	418식	145식
중계기(ICS)		736식	210식	400식	126식
이동 기지국	차량형	20식	6식	10식	4식
	휴대형	40식	12식	20식	8식

■ 망 구조 및 시스템 구성도

전체 망 구조와 주제어시스템의 구성도는 그림 2-7 및 2-8과 같다.



[그림 2-7] 재난안전통신망의 전체 망 구조



[그림 2-8] 재난안전통신망 주제어시스템의 구성도

향후 PS-LTE 기반의 공공안전통신망 인프라가 구축이 완료되면 평상시의 재난 발생 방지와 재난 발생 시의 대응을 위하여 소방, 경찰, 해경, 군, 지자체 등 현장요원들이 상호 공조하고 전체적으로 일사불란한 지휘가 가능하도록 통신서비스를 제공하는 전국 단일 무선통신망이 될 것이며, 재난의 예측 및 방지, 그리고 긴급 구조 상황에서의 효율성이 다양한 멀티미디어 서비스 함께 MCPTT 기능의 제공으로 획기적으로 향상될 것이다. 700MHz 주파수를 공동 사용하는 3개망 간 상호협력을 통한 시너지도 크게 증대될 것이다. 이러한 단일화된 첨단통신 네트워크가 실질적인 성과를 내기 위해서는 재난 및 재해 현장에서의 이용기관의 현장 서비스 중심의 요구가 반영된 통합된 SOP의 정립과 응용서비스를 위한 앱개발이 요구되며, 육상, 철도 및 해상에서의 재난 발생 시 골든 타임을 확보하고, 선제적인 재난의 사전 예측, 예방, 신속한 대응, 구조, 복구와 사후피해 최소화를 할 수 있도록 확고한 체계 구축이 완성되도록 해야 한다

또한 공공안전통신망의 본 사업의 성공적인 구축 이후에도 망의 고도화와 주파수 자원의 활용성을 높일 수 있는 IoT 등 신기술 융합과 향후 5G 이동기술과의 연계방안에 대해서도 나아갈 방향을 고민하고 계속 발전시켜 나가야 할 것이다.

나아가서 국가 간 상호 연계를 통한 대응은 물론 국내의 Public Safety 장비 및 서비스 솔루션의 글로벌 진출에 보다 효과적으로 추진해야 할 것이다.

2.3 PS-LTE 3GPP 표준화 현황

2.3.1 3GPP 재난안전통신 Rel-13 표준화 현황

Rel-12에서는 직접통신과 그룹통신, 인에이블러 등 기반 기술의 표준화 통해 서비스 표준화를 위한 토대가 마련되었다. Rel-13에서는 음성 서비스 기술인 MCPTT가 표준화되어 PS-LTE의 저변 확대 계기가 마련되었으며, 이와 더불어 단독기지국 모드와 직접통신 진화(단말-릴레이-기지국 중계 등) 기술 등에 대하여 2016년 3월 MCPTT 등 모든 Rel-13 재난안전통신(PS-LTE) 기술규격을 승인됨으로써 국내 국가재난안전통신망 구축 사업에 적용할 베이스라인 국제 표준화가 완료된 것이다. 3GPP는 이미 2012년 3월 Rel-12부터 PS-LTE 기술에 대한 표준화를 시작하였다. 처음으로 표준화를 시작한 기술은 ProSe, D2D 및 GCSE이며, 이들은 대표적인 PS-LTE 기반 기술로서 2015년 3월에 표준화가 완료되었다. 이후 Rel-13에서 ProSe와 D2D 경우는 Rel-13에서 eProSe와 eD2D라는 이름으로 각각 명명되어 진화를 하였고, 아울러 IOPS(단독기지국운영모드), MBMS_enh 및 PS-LTE 최초 서비스기술인 MCPTT가 2016년 3월에 표준화가 마무리되었다. <표 2-4>는 3GPP가 Rel-13에서 완료한 주요 기술규격의 현황이다.

〈표 2-4〉 3GPP Rel-13 재난안전통신 주요 기술규격 리스트

기술 구분	표준화 단계	관련규격	주요 내용	작업반 (WG)
MCPTT	1 단계	TS 22.179	서비스 요구사항	SA1
	2 단계	TS 23.179	아키텍처 및 메시지 절차	SA6
	2/3 단계	TS 33.179	보안	SA3
	2/3 단계	TS 26.179	MCPTT 코덱 및 미디어 핸들링	SA4
		TS 26.346	MBMS 프로토콜 및 코덱	
	3 단계	TS 24.379	호 제어 프로토콜	CT1
		TS 24.380	미디어 제어 프로토콜(발언권 제어 포함)	
		TS 24.481	그룹관리 프로토콜	
		TS 24.482	ID관리 프로토콜	
		TS 24.483	관리 객체(Management Object)	
		TS 24.484	설정관리(configuration management) 프로토콜	



기술 구분	표준화 단계	관련규격	주요 내용	작업반 (WG)
eProSe	1 단계	TS 22.278	서비스 요구사항	SA1
	2 단계	TS 23.303	아키텍처 및 메시지 절차	SA2
	2/3 단계	TS 33.303	보안	SA3
	3 단계	TS 24.301	Non-Access-Stratum (NAS) 프로토콜	CT1
		TS 24.333	관리 객체(Management Object)	
		TS 24.334	단말과 ProSe Function 간 프로토콜	
eD2D	2 단계	TS 36.300	아키텍처 및 메시지 절차	RAN2
	3 단계	TS 36.211	물리계층 - 채널 및 변조	RAN1
		TS 36.213	물리계층 - 절차	
		TS 36.321	MAC계층	RAN2
		TS 36.331	RRC계층	
IOPS	1 단계	TS 22.346	서비스 요구사항	SA1
	2 단계	TS 23.401	아키텍처 및 메시지 절차	SA2
	2/3 단계	TS 33.401	보안	SA3
	3 단계	TS 31.102	IOPS를 위한 USIM 설정	CT6

2.3.2 3GPP 재난안전통신 표준기술과 국가재난안전통신망 요구기능 비교

3GPP에서 재난안전통신 주요 기술에 대한 표준화가 진행되는 과정에서 국가재난안전통신망의 37개 요구기능은 대부분 3GPP Rel-13 표준에서 대부분 만족되었으며, 상황전파메시지, 영상통화, 주변음 청취, TRS 연동, 다자간 전화통화 등의 일부 요구기능은 3GPP Rel-14과 Rel-15에서 표준화가 완료되었다.

국가재난안전통신망 37개 요구기능별 3GPP 표준화 현황은 표 2-5와 같다.

〈표 2-5〉 3GPP Release 12/13/14/15 재난안전통신 주요 표준 기술

구 분	주요 요구기능	요구기능을 만족하는 3GPP 표준화 버전	표준기술명
필수기능 - 생존·신뢰성 (3)	직접통화/단말기 중계	Rel-13	MCPTT+eProSe+eD2D
	단말 이동성	Rel-12 이전	기존 3GPP LTE ‘단말 핸드 오버’
	호 폭주 대처	Rel-13	MCPTT
		Rel-12 이전	기존 3GPP LTE ‘단말 접속 관리’
필수기능 - 재난대응성 (7)	개별통화	Rel-13	MCPTT
	그룹통화	Rel-13	MCPTT
	지역선택 호출	Rel-13	MCPTT
	통화그룹편성	Rel-13	MCPTT
	가로채기	Rel-13	MCPTT
	비상통화	Rel-13	MCPTT
	단말기 위치확인	Rel-13	MCPTT
필수기능 - 보안성 (5)	단말기사용허가 및 금지	Rel-12 이전	기존 3GPP LTE ‘단말기기 관리 (IMEI 확인기능)’
	암호화	Rel-13	MCPTT security
	인증	Rel-13	MCPTT security
	보안규격	-	3GPP 표준화 대상이 아니며, 기존 상용기술 활용 가능
	통합보안관제	-	상동
필수기능 - 운영·효율성 (2)	상황전파 메시지	Rel-14	MCDATA
	가입자용량 확보	Rel-13	MCPTT+GCSE+MBMS_enh



구 분	주요 요구기능		요구기능을 만족하는 3GPP 표준화 버전	표준기술명
부가기능 - 생존·신뢰성 (4)	단독기지국 운용모드		Rel-13	MCPTT+IOPS
	이중화/전송매체 운영		-	3GPP 표준화 대상이 아니며, 기존 상용기술 활용 가능
	통화품질	음성	Rel-13	MCPTT codec (음성, AMR-WB)
		영상	Rel-14	MCVideo codec (영상, H.264)
		QoS	Rel-12	- 기존 3GPP LTE 'Policy control' 기능 - 3GPP TS 23.203 new QCI for Mission Critical services(QoS 보 장 기술)
	백업·복원		-	3GPP 표준화 대상이 아니며, 기존 상용기술 활용 가능
부가기능 - 재난 대응성 (3)	영상통화		Rel-14	MCVideo
	주변음 청취		Rel-14	eMCPTT
	복수통화그룹수신		Rel-13	MCPTT
부가기능 - 상호 운용성 (3)	개방형/표준 준수		-	3GPP 표준은 개방형 표준임
	호 연결		Rel-13	MCPTT
	망 연동	UHF/VHF/TRS연동	Rel-15	3GPP 표준화 진행 중
		PSTN 연동	Rel-12 이전	기존 3GPP IMS 기능
		PSDN, 인터넷 연동	Rel-12 이전	기존 3GPP LTE 기능

구 분	주요 요구기능		요구기능을 만족하는 3GPP 표준화 버전	표준기술명
부가기능 - 운영·효율성 (10)	다자간 전이중 통화		Rel-12 이전	기존 3GPP IMS ‘3-way conference 기술’
			Rel-15	enhMCPTT
	데이터통신		Rel-12 이전	기존 3GPP LTE ‘PDN connection’
	통화내용녹음/녹화	녹음	Rel-13	MCPTT
		녹화	Rel-14	MCVideo
	발신 번호(ID)표시		Rel-12 이전	기존 3GPP IMS 기능
	원격 망관리		-	3GPP 표준화 대상이 아니며, 기존 상용기술 활용 가능
	망관리 시스템		-	상동
	보고서생성		-	상동
	통화용량확장		-	상동
	광대역/통화권 확보		Rel-12 이전	기존 3GPP LTE ‘Broadband and Wide Area Coverage’
	주파수 다중화		Rel-12 이전	기존 3GPP LTE ‘Frequency multiplexing’

2.3.3 3GPP 재난안전통신 Rel-13 표준화 현안 및 시사점

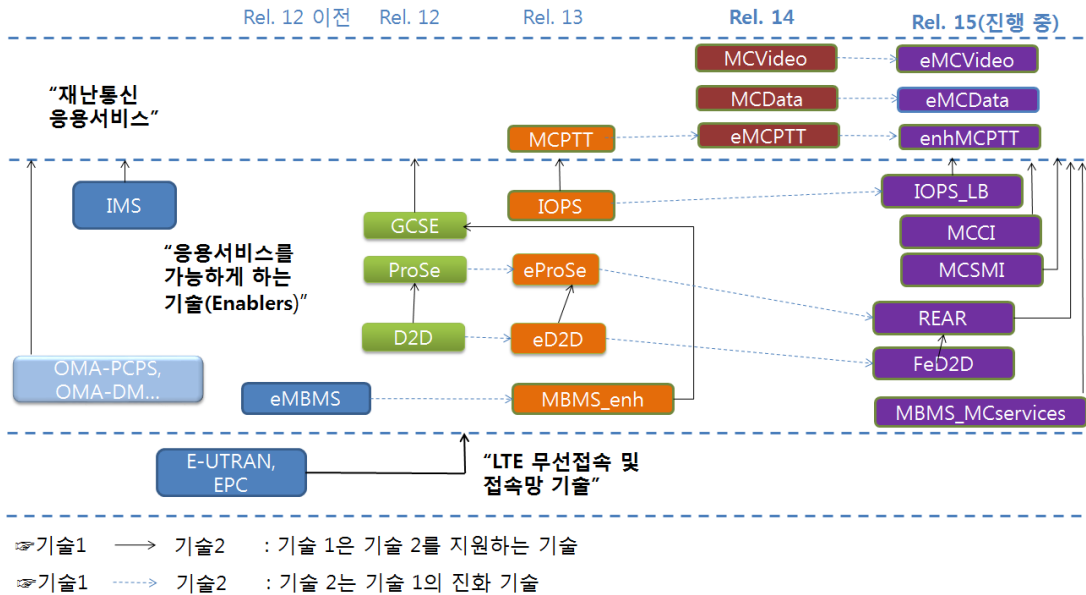
그림 2-9와 같이 재난안전통신 기술은 크게 기본 LTE 무선 접속 및 접속망 기술, 재난통신 응용서비스를 가능하게 하는 기반 기술(Enablers), 재난통신 자체 응용서비스로 분류할 수 있으며, 기존 TETRA에서 없었던 영상 등 멀티미디어 서비스를 가능하게 하며 인간과 인간 통신 중심에서 인간과 사물 통신으로 확대된다.

3GPP Rel-13의 PS-LTE 기술은 MCPTT 등 주요 5개 PS-LTE 기술은 음성 중심의 서비스로 기존 LMR(TETRA, P.25 등)에서 제공하는 기능들을 광대역 패킷 통신인 LTE 기술 기반으로 제공할 수 있도록 표준화가 되었으나, 추가로 보다 잘 활용할 수 있도록 영상 서비스 기술인 MCVideo 와 데이터

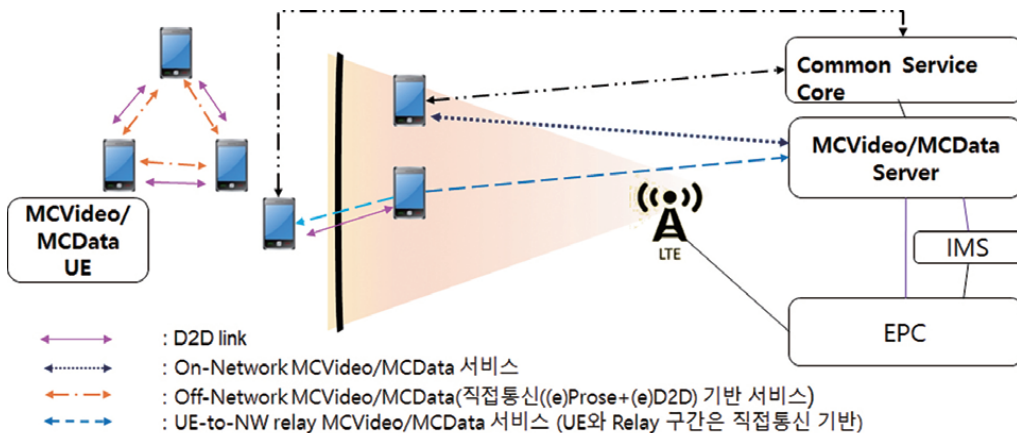


서비스(단문메시지, 파일전송, 스트리밍 등)에 대한 MCDData 및 MCPTT 진화 기술인 eMCPTT 등의 표준화가 Rel-14에서 2017년 6월에 완료되고, Rel-15에서는 영상 서비스 진화 기술인 eMCVideo와 데이터 서비스 진화 기술인 eMCDData 등의 표준화가 2018년 6월 완료되어 Version Up이 요구된다.

향후 MCVideo, MCDData도 MCPTT처럼 on-Network서비스, off-Network 서비스, UE-to-NW relay 서비스가 예상되며, MCPTT에서 사용한 대부분의 요소가 재사용하게 되며, MCVideo는 영상 특화된 기능의 추가 및 보강과 MCDData는 데이터(문자, 이미지, 파일 등) 특화된 기능의 추가 및 보강이 필요하게 된다.



[그림 2-9] 3GPP 재난안전통신 기술 간 관계도



[그림 2-10] MCVideo, MCDData 개념도

향후 국가재난안전통신이 3GPP Rel-13 규격 기반으로 망을 구축을 시작하더라도, 망 진화를 고려하여 Rel-14와 Rel-15 표준으로 Upgrade 되어야 할 것이다. 장기적인 관점에서는 Rel-16부터 표준화가 예상되는 LTE 기술 이외에 5G 기술을 재난안전통신 응용서비스에 적용하는 방안을 연계하는 방안을 마련하는 것도 필요하다.

2012년부터 현재까지 3GPP에서 진행되어온 재난안전통신 주요 기술과 기술규격에 대한 각 3GPP Release 표준화 현황과 시사점을 현황을 표 2-6과 같이 비교하였다.

〈표 2-6〉 3GPP Release 별 재난안전통신 기술 표준화 비교

구 분	Rel-12/13(완료)	Rel-14(완료)	Rel-15(완료)
표준화 기간	Rel-12: '12.3월~'15.3월 Rel-13: '14.2월~'16.3월	'15.9월 ~ '17.6월	'16.6월 ~ '18.6월
주요 기반 기술	D2D/ProSe GCSE	-	MBMS_MCservices (미션 크리티컬 서비스의 MBMS 사용) MCSMI (서로 다른 MC 시스템 간 서비스 이동 및 연결) MCCI (MC 시스템과 LMR 시스템 간 문자와 음성 상호연동)
주요 서비스 기술	MCPTT(미션 크리티컬 음성)	eMCPTT MCVideo MCData	enhMCPTT eMCVideo eMCData
표준화 의의	직접통신(D2D/ProSe)과 그룹통신 기술을 표준화하여 서비스 기술 표준화를 위한 기반 마련 기반 기술 진화 및 MCPTT를 표준화함으로써 재난안전통신 망 요구기능 대부분 만족(PS- LTE 저변 확대)	기존 TETRA에서 없었 던 영상 등 멀티미디어 서비스 가능 인간과 인간 통신 중심 에서 인간과 사물 통신으로 확대	서로 다른 MC 시스템 간 상호 연결 및 이동 가능 MC 시스템과 기존 LMR 시스템 (TETRA, P25 등)과의 음성 및 단문메시지 상호연동 기능 미션 크리티컬 음성/영상/데이터 서비스 기능의 진화



2.4 한국의 재난안전통신망 개발현황

2.4.1 주요 장비 개발 현황

- 재난안전통신망은 주 장비(주제어, 전송망, 기지국, 단말기)와 부가장비(이용기관 관제실, 연계시스템 등)가 개발되어 시범망에 적용한 바 있으며, 각 장비의 주요 특징 및 기능 수준은 다음과 같다.
 - 3GPP Rel.13 표준 규격 기반으로 구현하며, 향후 단계에서 5G 서비스의 연계 수용을 위해 Rel.14~15 등으로 확장 가능한 구조를 제공한다.
 - 모든 장비의 H/W 및 S/W는 IPv4 및 IPv6를 수용할 수 있도록 구성되며, 향후 단말기 외 사물인터넷(M2M, IOT 등) 수요 증가 등을 고려하여 기본 시스템 설정은 IPv6를 적용한다.
 - 통화폭주 시 발생할 수 있는 시나리오와 문제점을 해결하기 위한 차별화된 QoS 스케줄링 기법, 부하분산 방안, 시스템 및 다양한 앱이 구현된다.
 - 주요 코어 장비는 가상화 기술(SDN/NFV)을 적용하고 있으며, 재난망 특성에 맞도록 취약점에 대한 보완 방안도 구현된다.
- ① (주제어시스템) 단말기가 요청하는 통신 서비스를 제공하기 위한 ‘통화로 제어’, ‘영상·음성통화’, ‘연동접속’ 기능, 통화폭주 대응, 신속한 통화연결을 위한 eMBMS 및 MCPTT 등을 제공하는 코어장비로 EPC, IMS가 있으며, 생존성 확보를 위해 주요기능은 이중화가 가능하며, 통신망 장애 시 서비스가 단절되지 않도록 상호 백업 기능과 장비용량도 약 40만명 이상 확보 가능한 수준이다.

〈표 2-7〉 주제어시스템

구분		주요기능
코어장비	E P C	통화로 제어, 단말 이동성 관리, 가입자 정보 관리 기능 등을 제공
	I M S	영상 및 음성통화 서비스를 제공하기 위한 코어망 기반 구조
	MCPTT	그룹통화(PTT)의 빠른 연결속도와 높은 신뢰성 기능을 제공
	eMBMS (GCSE)	멀티캐스팅 기반의 일괄전송 기능을 통해 통화폭주 문제 최소화
연동장비	RAN Sharing	타 LTE 통신망의 기지국을 공유하는 개방형 연계 접속구조

- ② (전송망시스템) 백홀(주제어시스템↔기지국 제어장치)과 프론트홀(기지국 제어장치 ↔ 기지국 무선장치)간을 연결하는 광전송망 장비로 구성된다.

- ③ (기지국시스템) 목표 커버리지(국가기반시설, 인구밀집지역, 주요도로) 내 고정기지국 우선 설치와 상용망·이동기지국은 RAN Sharing을 통한 보조적 활용 가능하다, 재난망을 사용하는 이용기관의 통신서비스 수요, 커버리지 효과 극대화, 운영비의 경제성* 등을 고려한 설계로 전국망 커버리지를 확보하기 위해 All (전국 어디에서나) - 4 (4개의 솔루션을 활용하여) - One (단일 통신 서비스 인프라 구축·운영)하는 방식으로 구현되며, 모든 기지국 시스템은 3GPP Rel.13 규격 기능인 MCPTT QCI 및 eMBMS(GCSE) 기능을 지원할 수 있다.

〈표 2-8〉 재난안전통신망 커버리지 확보 전략

구 분	국가 기반시설	도 로	인구 밀집지역	산 지	농어업 지역	실내/ 지하	해 상	철 도
① 고정기지국	◎	◎	◎	○ (도로주변)	○ (도로주변)	○ (주요시설)		
② 상용망		○		○	◎	◎		
③ 이동기지국				◎	○	○	◎	
④ 기타망				○ (철도망)	○ (철도망)	○ (UHF, 철도망)	○ (해상망)	◎ (UHF, 철도망)

※ ◎ 주 통신수단, ○ 보조 수단

또한 재난안전통신망은 면적기준의 효율적인 커버리지 확보가 중요한 요소로 다음과 기준으로 망 설계 및 구축을 진행할 예정이다.

- 해상, 산지, 농 어업 생산지역 등 인구가 희박한 지역은 이동기지국, 해상망·철도망 등 다른 통신망을 복합 활용
- 국가기반시설 및 인구밀집지역은 고정기지국을 설치하여 안정적인 통화권을 우선 확보
- 도로지역(2차선 이상)은 인구밀집지역 및 국가기반시설과의 인접성, 통행량 등을 종합적으로 고려하여 고정기지국 설치 또는 상용망 기지국을 공유(터널)
- 산지는 이동기지국(차량형, 휴대형 등) 및 이용기관별 자체 보유 중인 위성전화기 등을 복합 활용
- 농어업지역은 도로를 중심으로 고정기지국 커버리지를 확보하고, 상용망 연동 및 이동기지국 활용



2. Public Safety 통신 현황

- 실내·지하지역은 상용망 기지국과 연계(보강사업에서 기 구축)하여 재난안전통신망 백업 및 음영지역에서 보완 활용
- 해상지역은 해경 함정에 선박형 이동기지국을 구축하여 재난 발생 시 대응력을 높이고, 해상망(LTE-M, '16~'20년)과 연계 구현
- 철도 및 지하철 지역은 철도망(LTE-R, '15~'24)과 연계한 통화권 확보
- 고정기지국의 전파 도달 범위 내 지역이나 언덕, 빌딩 등 장애물로 인한 소규모 음영지역에 간섭제거용 무선중계기인 ICS 무선중계기를 적용

〈표 2-9〉 기지국시스템 상세 요구사항

구분		주요 기능
고정 기지국	RU	고정기지국 시스템의 무선 송수신 기능을 수행
	DU	RU의 다중 집선 및 제어 기능을 수행
	중계기 (ICS)	소규모 음영 해소를 목적으로 RU의 무선 송수신 신호를 중계
이동 기지국	휴대형	배낭 혹은 캐리어 가방 형태 등으로 구성하여 사람이 쉽게 운반 및 설치하는 형태의 기지국
	차량형	트럭, SUV 등의 차량에 기지국을 설치

④ (단말기) 사용목적에 따라 다양한 유형별 단말기(스마트폰형, 무전기형)가 있으며 향후 차량형, 고정형 단말도 구현 예정이며 MCPTT 기본 앱(APP)을 기반으로 제품 환경에 적합하도록 구현한다.

별도 요구사항으로서 3GPP LTE R.13 규격 기능인 MCPTT 및 eMBMS(GCSE) 기능과 전파법 등에서 정한 기술기준에 따라 UHD 방송과 간섭이 발생하지 않도록 관련 필터를 구비해야 한다. 또한 정부가 지정한 전문기관에게 재난안전통신망과의 상호운용성 및 보안성 등이 적합성이 검증된 운영체제(OS)를 적용한다.

〈표 2-10〉 단말기 요구사항

구분	주요 기능
스마트폰형	다양한 앱 등을 설치하여 활용이 가능한 범용성 단말기
무전기형	기존 재난통신망의 단말기와 유사한 형태도 제작된 단말기

⑤ (지령 서버 및 Client)는 안드로이드(스마트폰·태블릿형), Windows(데스크탑형) 등 다양한 운영체제를 지원할 수 있도록 구성한다.

특히 RAN Sharing기술을 이용하여 커버리지 확대를 위한 상용망 연동 솔루션과 700Mhz 동일주파수를 사용하는 철도망 및 해상망과의 상호 간섭의 해소를 위한 기술에 대하여 검증을 완료하였고 본 사업에 적용할 예정이다.

⑥ (운영관리 설비) 전체 장비의 구성, 성능, 장애 등 운영 상태를 통합 관리할 수 있는 기능을 제공하며, 각종 장비의 구성, 성능, 장애 등의 정보를 실시간 또는 주기적으로 수집하여 분석할 수 있도록 NMS 및 EMS와 방화벽, 침입 탐지 및 방지(IDS/IPS) 등의 다양한 종류의 보안장비들을 통합 관제할 수 있도록 ESM로 구성한다 또한 단말기 관리 장비는 가입·변경·해지, 단말기별 이용통계 정보를 수집하여 과금 기능을 처리할 수 있다.

〈표 2-11〉 운영관리 장비 상세 요구사항

구분		주요 기능
망 관리장비	N M S	재난안전통신망 장비의 장애, 구성, 계정, 성능, 보안 등의 관리정보를 수집·보관·분석
	E M S	네트워크 환경에서 재난안전통신망 교환장비(EPC, IMS, MCPTT eMBMS) 등 통신망 장비를 원격으로 감시 및 제어
보안관리 장비	E S M	MCPTT 플랫폼 등 보안기기들을 효율적으로 운영하기 위해 중앙에서 통합 관제
	네트워크 보안	재난안전통신망 외부침입에 대한 차단·탐지·방지(FW, IDS, IPS 등), 불법 바이러스 등을 예방하고 치료하기 위한 백신 등으로 구축
단말관리 장비	M D M	재난안전통신망 단말기에 설치하는 소프트웨어(S/W)의 설치/실행에 대한 통제 및 재난안전통신망 정책관리
	FOTA	재난안전통신망 단말기 하드웨어를 제어하는 펌웨어(Firmware)의 설치/실행에 대한 통제
	단말기 가입/해지	재난안전통신망 단말기의 가입/해지/변경 등 관련 업무를 자동화 처리
	과금	재난안전통신망 단말기별 이용통계 정보를 기반으로 이용료 산정 업무를 자동화 처리



- ⑦ (응용 설비) 재난안전통신망 응용 서비스에 필요한 다양한 통신 부가 서비스 및 통합 플랫폼 기능을 제공한다.
- 제1·2 운영센터의 응용설비는 동일한 네트워크 관리영역(zone)으로 구성하여 실시간 상호 백업 기능 구현
 - 재난안전통신망 통신 서비스의 편의성, 효율성 등을 향상하기 위한 콘텐츠 전송 기능, 통화내용 녹음/녹화 기능, 문자 전송 등 부가 기능을 제공
 - 재난안전통신망 이용, 운영, 서비스 관리 체계의 효율화를 위한 각종 통신 및 웹 서비스 제공을 위한 공통 서버 등 인프라 구성
- ⑧ 통합 플랫폼 및 다양한 개발시험 환경 제공
- 다양한 기관 및 업체들이 장비 및 응용 서비스를 자유롭게 개발·시험할 수 있는 환경을 별도 구축하고 외부 테스트베드(KOREN 등)와 연계하며, 응용 서비스 개발에 필요한 도구(개방형 라이브러리, API, 오픈소스 등) 공개 등 지원할 예정이다.

〈표 2-12〉 응용 설비 상세 요구사항

구분		주요 기능
통신 부가 서비스	컨텐츠전송	VoLTE, MCPTT 서비스 등에서 효율적인 콘텐츠 전송이 가능한 기능 제공
	녹음/녹화	재난안전통신망 단말기의 영상 및 음성 통화 내용을 실시간 녹취
	문자/ PUSH	단문/장문/멀티미디어 메시지 전송 각종 응용 서버들이 사용자의 요청이 없더라도 중요 메시지 전송
통합 플랫폼	통합 인증	사용자별 응용 서비스 접근에 대한 인증 및 권한 제어
	이용 환경	재난안전통신망 이용자 요구 처리 및 관련 정보 제공을 위한 통합 환경 제공
	운영 환경	자동화된 시스템 운영 및 자산 관리 등을 위한 통합 환경 제공
	서비스 환경	서비스 수준을 자동으로 평가하고 모니터링 할 수 있는 통합 환경 제공
	공통인프라	각종 통신 및 웹 서비스 제공을 위한 공통 인프라(서버, 모듈 등)
개발/시험 환경		각종 장비 및 응용 서비스의 개발/시험 환경을 제공하기 위하여 주제어시스템, 기지국시스템 등을 소형화 또는 가상화

2.4.2 재난안전통신망 본 사업 요구수준

■ 코어장비 추가 기능

- EPC 시스템은 3GPP Rel.13 규격기준으로 MCPTT 두자릿수 QCI를 지원해야 하며, 호 유형에 따라 우선순위를 정의하는 기능이 요구된다.

■ VoLTE/MCPTT 서비스

- 3GPP Rel.13 규격기준으로 MCPTT 기능 제공을 위해 IMS 시스템의 CSCF, BGCF, TAS, HSS 시스템에 대한 고도화 또한 MRF 기능으로 음성/영상 안내, 전이중 회의 음성/영상통화(최소 4명 이상 지원) MRCF 기능, SIP를 통한 CSCF or AS 연동과 H.248(MEGACO)를 이용한 MRFP의 음성/영상 미디어 제어 기능을 지원한다.

■ eMBMS 기반 GCSE 기능

- 3GPP Rel.13 규격인 MCPTT의 eMBMS 기반 GCSE 기능 제공을 위해 eMBMS 시스템을 BM-SC, MBMS GW, MCE 등으로 구성된다.

■ 3GPP Rel.13 기반의 MCPTT 시스템 기능 추가 및 신 증설

- MCPTT 시스템은 3GPP Rel.13 MCPTT 표준을 기반으로 MCPTT AS와 CSC 등으로 구성
- 지령서버는 MCPTT 서비스를 위해 각종 장치와 연동을 통하여 CSCF, MCPTT/CSC, GIS 서버, 녹음/녹취 서버 등 기능을 지원한다..

- 직접통화(D2D) 기능 지원 ProSe/BSF Function 구현

직접통화(D2D) 기능구현은 1단계(2018년)에는 시스템 요구사항 도출 및 시스템 기본 설계를 진행하고, 이를 기반으로 으로 2단계(2019년)에 Off-Network 상황에서 단말간 직접통화 기능을 위해 3GPP Rel.13 MCPTT 규격에 정의된 Public Safety 기반의 ProSe (D2D) 기능 제공을 위한 ProSe 기능을 제공한다. 또한 ProSe (D2D) 단말기와 ProSe Function간 데이터통신의 보안설정을 위해 BSF 기능을 제공하고, 단말기에는 ProSe APP을 제공한다.

휴대형 EPC 이동기지국 (유형 : 배낭형과 캐리어형)

하나의 장비 안에 eNodeB, EPC 및 PTT가 함께 구성(일체형 또는 모듈형 구성)되어 재난 및 통신이 불가한 상황에서 독립적으로 배치/운용이 가능하다.

■ 단말기 보강 기능

- 3GPP Rel 13 기반 MCPTT, eMBMS/GCSE, D2D 기능을 충족할 수 있는 필수 기능 및 선택 기능을 제공한다.



- H.265 등 최신 코덱 적용 방안, 단말기 칩 수급 동향 등을 고려한 구현 검토
- 복합단말기(PS-LTE+DMR) 도입

■ 통신 부가 서비스 기능

- 문자/PUSH 전송 서버 신증설
문자전송(SMS/MMS) 서버를 신설하여야 하며 연계망(철도망, 연계망 등)과의 연동 기능을 구현하고 문자전송은 IP-SMSC, MMSC 등으로 구성되며 PUSH 기능을 포함하여야 함
- 녹음/녹화 고도화 및 신증설
중요 통화그룹에 대한 녹음/녹화 기능을 독립적으로 수행
- 콘텐츠 전송 고도화 및 신증설
MCPTT 등 콘텐츠 전송의 효율성을 위하여 파일 서버 기반 캐싱 방식의 전송 기능을 제공

2.4.3 재난안전통신 서비스 현황

2.4.3.1 기본 서비스 현황

재난안전통신망의 평시 및 비상 시 기본적인 음성통화, 그룹통화, 데이터 통신, 단말간 통화, 단말 위치 제공 등 37개 요구기능과 관련한 서비스와 공통플랫폼 의 지리 정보 간을 제공한다.

■ 개별통화 기능

- 단말기 및 지령장치에서 송신자가 수신자의 전화번호를 입력하면 일대일 모드의 음성 및 영상 통화를 지원한다.
MCPTT(지령서버 기능 포함), Volte 구현 사항(일반 VoIP 전화망과의 상호통화 포함)

■ 그룹통화 기능

- 단말기 및 지령장치에서 동일 통화그룹에 속해 있는 다른 사용자들과 1대 다수 모두의 음성 및 영상 통화를 지원하는 MCPTT 기능을 지원한다.

■ 지역선택 호출 통화 기능

- 지령장치에서 임의의 현장에 있는 단말기들을 단일 및 복수 기지국 통화권을 기준으로 선택하여 기지국 내의 모든 단말기에 대한 방송형 통화, 문자, 데이터 전송 기능을 제공하며, 지역 선택은 행정구역(시·도, 시·군·구, 읍·면·동), 통화그룹, 단말기별 사용가능한 기지국을 목록화(GIS 표출 기능 포함)하여 자동 선택할 수 있다. 또한 지역선택 호출 통화를 송·수신하고 있는 사실을 사용자(단말기, 지령장치 등)가 인지할 수 있도록 알림음, 문자표시 등으로 표출을 할 수 있다.

■ 우선순위 설정 통화 기능

- 트래픽 폭주 등으로 통화 중일 때 사전 설정된 우선순위에 따라 통화 송신권한 및 대역폭을 우선적으로 할당(선점 또는 비선점)한다.

■ 비상통화(선점) 기능

- 동일 그룹 내 단말기 및 지령장치에 사전 할당된 우선순위에 무관하게 가장 높은 선점 우선순위로 지정되어 그룹통화 송신권을 획득하며 개별통화, 일반적인 그룹통화 등보다 항상 가장 높은 우선순위를 가진다.

■ 가로채기 기능

- 동일 그룹 내 단말기 및 지령장치에 사전 할당된 우선순위에 따라 우선순위가 높은 단말기 및 지령장치가 우선순위가 낮은 단말기 및 지령장치의 그룹통화를 중단시키고 송신권한을 선점적으로 획득할 수 있다.

■ 통화그룹 재편성 기능

- 지령장치에서 모든 단말기에 대하여 새로운 통화그룹(신규 생성 또는 기존 타 통화그룹)으로 구성·이동·변경 등을 할 수 있다.

■ 단말기 사용 허가 및 금지 기능

- MDM 등 운영자 관리 장치에서 무선으로 제어명령을 전송하여 개별 단말기들을 선택적으로 유효화 또는 무효화시킬 수 있다.

■ 주변 음성 및 영상 원격 청취 기능

- 비상시 수신자의 안전을 위한 기능으로 권한을 가진 지령장치에 한하여 재난현장 등에 있는 단말기의 주변의 상황을 원격으로 청취한다.
- 지령장치에서는 사용자에게 어떠한 표시도 하지 않고 단말기 사용자의 상황을 확인할 수 있도록 단말기를 원격으로 조정할 수 있다.
- 주변 음성 및 영상 청취는 단신 개별통화로 구현되므로 단말기는 통화 중 지령장치로부터 어떠한 음성 및 영상도 수신하지 않으며 수신자의 개별 및 그룹 통화와 무관하게 진행된다.
- 주변음 청취는 단말기가 MCPTT 및 VoLTE 송·수신 상태에서 개시되는 것이 아니라 전원이 켜진 상태일 때만 개시한다.



2. Public Safety 통신 현황

■ 상황 전파 메시지 기능

- 그룹통화 및 개별통화 사용자간 SMS/MMS 및 인스턴트메시징 (간단한 메시지나 파일)서비스를 지원한다.
- 단말기는 자가망 및 상용망 기지국 접속 환경에서 재난문자방송(CBS) 메시지를 수신 받을 수 있다.

■ 복수 통화그룹 수신 기능

- 1개의 단말기에서 2개 이상의 통화그룹을 수신할 수 있는 기능으로 통화 기능 및 성능에 저하되지 않은 범위로 운영자 또는 사용자가 복수 통화그룹 수를 설정·조정할 수 있다.

■ 다자간 전이중 통화

- 각종 재난상황 시 음성 및 화상 회의통화를 위한 것으로 VoLTE 기능으로 구현한다.

■ 데이터 통신 기능

- 개별 및 그룹 통화 중에도 데이터 통신 서비스 지원이 가능하다.
- 사용자의 과도한 데이터 통신으로 인한 대역폭 부족 문제를 방지하기 위해 운영자가 전송률 조정(사용자별, 응용서비스별 등) 등의 관리를 수행 할 수 있다.

■ 가입자 용량 확보 및 통화용량 확장 기능

- 주제어시스템 및 기지국시스템 유휴 용량 재배치, 무선 환경에 따른 가변 비트율 코덱 등을 구비한다.

■ 단말기 위치 확인 기능

- GPS 기반, 기지국 기반 등 다양한 방법으로 구현한다.
- 단말기의 배터리 소모율을 고려하여 위치정보 전송 주기, 단말기 전원 ON시 위치 기능 활성화/비활성화 여부 등을 정하고 단말기 위치 기능의 활성화/비활성화는 지령장치에서 원격으로 관리할 수 있다.

■ 단말 이동성 기능 지원

- 재난안전통신망, 타 연계망(철도망, 해상망 등), 상용망 등, 동일망 또는 타망간의 이동에서도 중단 없는 서비스를 할 수 있다.

■ 단말간 직접통화 기능

- 단말간 직접통화는 ON 과 OFF 네트워크 시나리오를 모두 포함하여 제공한다.
- 단말기 중계 기능은 배터리 소모율 등을 고려하여 별도의 특화된 중계 단말에서 구현하되 시스템에서 지원하는 기반 환경을 제공한다.

■ 공통 플랫폼 요구기능

- 1) 위치 정보 인프라를 제공하며 다음의 기능을 제공한다.
 - 1.1) Cell 기반 특정영역에 입출입하는 단말기를 감지할 수 있도록 구성
 - 1.2) 통합 시각화 표출 형태의 전국 영역 GIS상황판을 구축해 기지국정보(RU, DU) 표출 및 기지국 상태정보, 연계된 단말기 정보, 단말기 통계정보 등을 표출
 - 1.3) 단말기의 위치관제 수신 성능은 전국 재난안전통신망 단말 사용자가 일정주기로 관리
 - 1.4) 지도데이터는 변경내용을 10년이상 주기적으로 갱신(1년 1회 이상) 할 수 있는 서비스 제공자의 데이터를 공급
 - 1.5) Mobile, 범용, 웹기반 서비스가 가능할 수 있는 다양한 기능과 성능을 제공
 - 1.6) 관제서버, 지도서버, 검색서버, 라이선스 증설
 - 1.7) GPS, 기지국 기반의 측위 기능 제공
 - 1.8) 실시간 위치관제, 지도서비스, 지도검색, 관제 DB 구축
 - 1.9) 타 시스템에서 지도서비스 이용이 가능 하도록 표준API를 제공
 - 1.10) 단말기 및 PS-LTE 지령장치, 애플리케이션 커스터마이징
 - 기존 일반/항공 이미지 지도 현행화
 - 전국 기준 주소, 명칭, 기지국의 검색조건을 이용한 지도 검색 기능을 제공
 - 단말번호 등의 검색조건으로 단말기 검색기능을 제공
 - 단말기의 이동궤적을 지도에 표시해야 함
 - 평균 2분 주기로 전체 단말기 위치수집 기능을 제공하는 등
- 2) 스토리지, 백업/복원 인프라
 - 2.1) 재난안전통신망 응용설비의 대용량 데이터에 대한 효율적인 관리 및 백업을 수행할 수 있도록 구성
 - 2.2) 백업장비는 데이터, OS 등 백업 대상 형태 및 종류별 구분 구성
 - 2.3) 재난안전통신망 시스템의 기능 및 성능의 안전성, 신뢰성, 서비스별 응답속도 요구기준, 용량 등을 종합적으로 고려하여 최적의 사양을 제공
- 3) 기타 웹 서비스 환경 제공, 기타 응용 설비에 필요한 공통 서버, 서비스 모듈, 업무 연속성 관리 등에 필요한 공통 인프라를 추가 구성

2.4.3.2 응용서비스 및 확대 분야

평시 및 재난 시 37개 요구 기능 외 재난안전통신 인프라를 활용한 보다 효율적인 업무수행 및 긴급 대응의 보조적인 수단을 제공하기 위한 다양한 응용 서비스 앱의 기능 구현 수준은 다음과 같다. 향후 인프라 구축 이후 재난망을 사용하는 8대 이용기관의 다양한 서비스 이용 효율화 및 활용 촉진을 위해 추가 개발 및



제공이 요구된다.

- 재난대응을 위한 복수 기관 간 업무 협력 S/W
 - 동적 채팅, 문자, 음성, 메시지, 영상 등
 - 이용기관 간 원격 회의
 - 업무지원 서비스
- 녹음/녹화 관리 시스템
- 이용기관의 컴퓨팅, 저장 및 네트워크 자원을 최적화 하도록 돕는 클라우드 서비스
 - 컴퓨터 기반의 응급통신 방식으로 텍스트 형태에서 멀티미디어를 제공하는 Computer Aided Dispatching 기능 등
- 상황인식 및 감지
 - 지상위치, 정밀 위치 서비스, 모바일 센서 활용 등
 - 영상감시 (웨어러블 기기, 영상인식, 드론 연동 등)
- 정부의 다양한 재난안전 정보시스템 DB와연동 및 원격으로 접속을 통한 지원 등
- 지리정보시스템과 맵핑 및 위치 탐색
 - 위치기반서비스는 LTE를 활용한 위치 제공 서비스 (GIS-Geographical Information Systems, AVLS-Automatic Vehicle Location System)
- 모바일 장치를 관리하고 보호하기 위하여 필요한 모바일 기기 보안 SW
- 데이터의 패턴 분석을 통한 이상징후 탐지인프라 구축 기술
- 가상지원, 가상현실, 증감현실 SW 등
- 긴급 원격의료 진료를 위한 원격 측정 및 진단 지원 서비스
 - 원격에서의 데이터 수집 및 분석 기술, 원격응급의료 등 원격에서의 측정 및 진단 관련 기술로 클라우드, 컴퓨팅, 빅데이터, 및 원격응급진료 등 연계하는 기술 등이다.



2.4.3.3 재난안전통신망 인프라 구축 이후 활성화 방안

PS-LTE 기반의 재난안전통신망이 구축됨에 따라 PS-LTE망을 활용한 재난안전 ICT 분야의 시장을 기존 산업과 융·복합화되어 새로운 산업 형태로 발전할 것으로 예상된다. 몇 가지 예를 들자면, 산림, 기상, 교통 등 다양한 재난안전 분야에 활용할 수 있는 IoT 플랫폼 간 상호 연동 기술을 개발할 필요가 있다. 복수의 재난안전 IoT 플랫폼 간 사물검색·정보접근·식별자 연동을 위한 플랫폼 간 연동 기술 개발과 연동된 재난안전 IoT 플랫폼을 통한 사물검색 및 위험여부 실시간 경고 등 실시간 맞춤 서비스 등이 대표적인 융복합 재난안전 IoT 산업이라 할 수 있다. 또 다른 예로, 산에 설치된 다양한 센서들이 산사태 상황을 감지해 주민들에게 실시간 대피정보를 전달하는 시스템, 교량에 센서를 설치하고 측정데이터를 실시간으로 수집하여 육안이나 장비로 점검 불가능한 부분의 실시간 점검, 노후 가스시설·송유관·광산·석유시설 등 에너지 관련된 사고 우려 시설에 대한 IoT 시스템, 보행자와 차량의 사고예방을 위해 신호등 없는 교차점에 움직이는 물체를 감지하는 센서와 경고등을 통한 안전 시스템 등 재난안전 IoT 융복합 사업은 매우 다양한 형태로 신시장을 창출할 것으로 보인다.

재난안전 ICT 융복합 사업으로 재난망을 통해 발생하는 다량의 정형, 비정형 데이터의 분석 및 활용을 통해 새로운 가치를 창조하고 경제사회 전반에 혁신을 주도할 수 있는 빅데이터 기반 재난안전 관리 시스템이 있을 수 있다. 빅데이터는 재난상황에 대한 조기예측 및 선제적 예방 대응하는데 탁월한 효력을 발휘할 것으로 예상되며, 미래의 위기·재난 상황을 정확하게 예측 가능하고, 이에 대한 준비로 위기 대응력을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

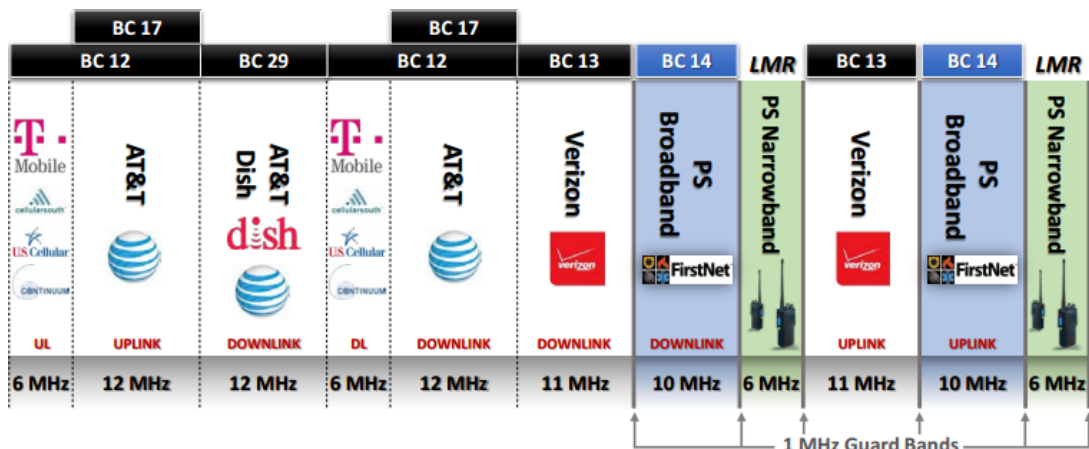
그 외에도 재난 예방·대응을 위한 다양한 신규 콘텐츠 개발 및 적용으로 소프트웨어 기반 재난안전 콘텐츠 신시장이 있을 수 있으며, 재난 현장용 드론 기지국, 현장 요원의 웨어러블 디바이스 등 재난과 연계된 ICT 융합 기능의 구현도 가능하도록 지속적인 노력이 요구된다.



2.5 주요국 재난안전통신망 추진 현황

현재 재난안전망은 LMR 기술을 기반으로 하고 있으며, 보로드밴드 망으로의 진화를 모색하고 있는 상황이다. 2.3 절에서는 해외 주요 국가에서 추진 또는 계획되고 있는 LTE 기반의 재난안전망 추진 현황을 살펴본다.

2.5.1 미국



[그림 2-11] 미국에서의 700 MHz 대역 주파수 할당

FirstNet는 2012년 8월에 출범하여 미국 전역에 단일의 공공안전용 보로드밴드 네트워크 (NPSBN)을 구축 총괄하여 진행하고 있는데, 네트워크 코어는 FirstNet에서, RAN 장비는 지방정부가, 그리고 이용기관이 사용할 어플리케이션과 단말기들은 이용기관이 담당한다.

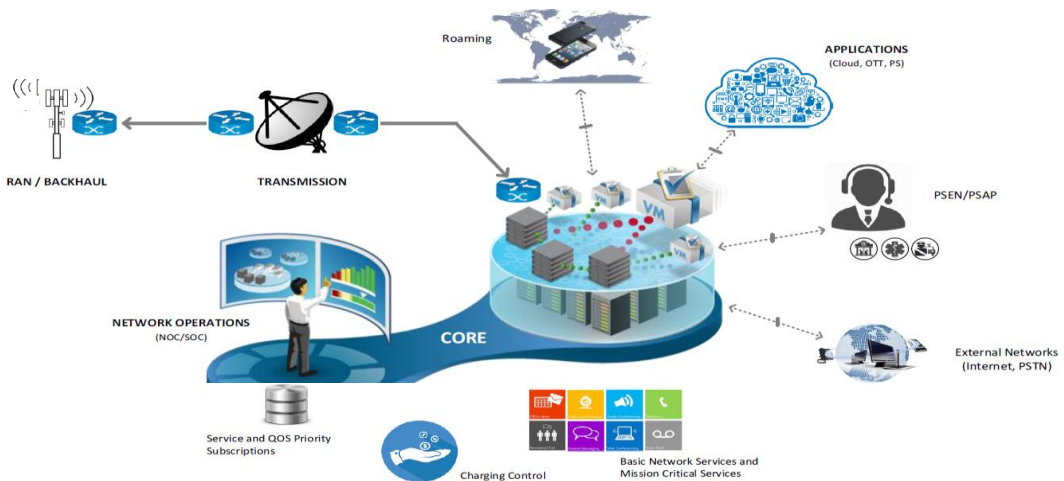
사용할 주파수 대역으로 1997년에 700 MHz 대역에 10 MHz 대역폭이 할당되었으나, 2012년 11월에 그림 2-11과 같이 20 MHz 대역폭 (758-768 MHz / 788-798 MHz)으로 확대되었다.

FirstNet을 위한 연구소(그림 2-12)가 2016년에 Boulder에 개설되었으며, 프로젝트 특정의 기능을 시험하는데, 주로 다음과 같은 분야를 다룬다.

- QoS
- 우선 순위
- 선취
- 미션크리티컬 서비스, 단말기 및 어플리케이션
- PSCR과 함께 개발 노력



[그림 2-12] FirstNet Innovation and Test Lab



[그림 2-13] FirstNet 망 구조

FirstNet 망 구축 사업은 2017년 3월에 AT&T 가 수주하여 수행하고 있으며 25 년간에 걸쳐 구축, 유지보수 및 운영을 맡는다. AT&T는 2018년 3월에 네트워크 코어를 구축하고, 자사의 상용 서비스용 4G와 3G의 RAN을 이용하여 초기 서비스를 개시하였다. 재난안전망 밴드 14의 기지국 수는 총 10,000여 국(이 중 1,000여 국 신규 구축)으로 계획되어 있으며 현재까지(2018년 7월 기준) 2,500여 국 이상이 구축된 것으로 알려져 있다. 기지국 구축이 완료되면 미국 전역의 인구대비 최소 95%의 통화권이 확보될 예정이다.



FirstNet의 망구조는 그림 2-13과 같다.

현재 72 개의 이동 기지국이 구축되어, 전국에 걸쳐 현장 대원들이 계속하여 접속되고 보다 효과적으로 운영될 수 있도록 계획된 행사나 재난상황에서 요청에 따라 배치될 수 있게 되었다. FirstNet 전용의 Sat-COLT은 위성회선을 이용하여 FirstNet 코어망에 연결되는 이동 기지국이다.

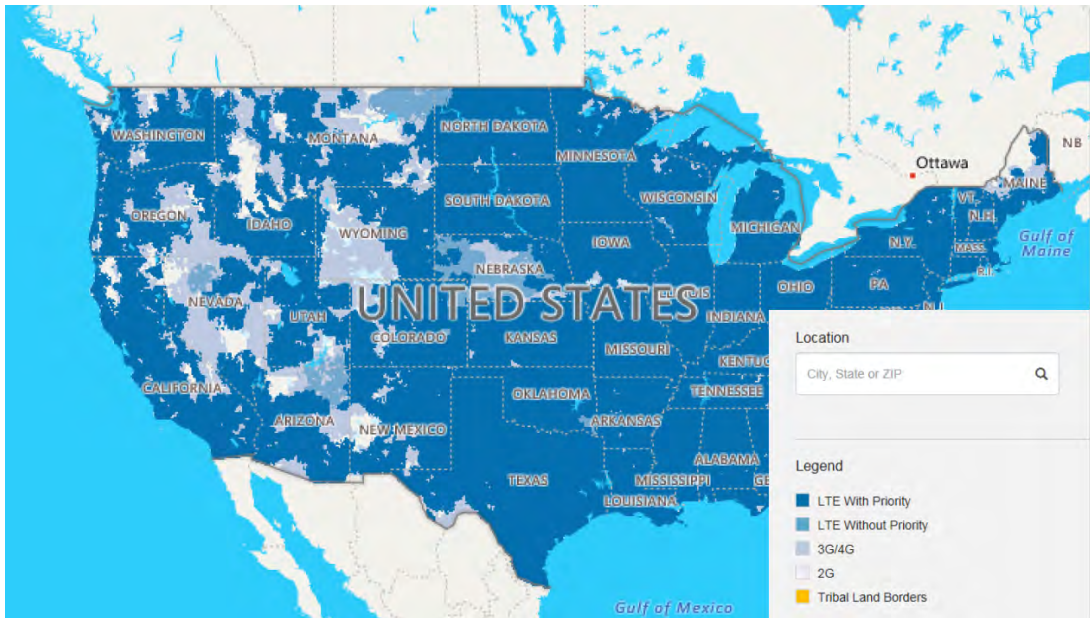
2.5.1.1 구축 일정

RFP에 따른 FirstNet 망 구축의 일정은 표 2-9와 같이, 계약 후에 60 개월에 걸쳐 완료하는 것이며 첫 6개월을 포함하여 1년 단위로 구축 진행 목표를 명시하고 있다. 1년간은 상용의 논미션크리티컬 급 음성과 데이터를 이용하며, 미션크리티컬은 2년차부터 목표로 하며, MCPTT와 eMBMS는 2년 내에, MC-Video와 MC-Data는 4 년 내에 구축한다.

〈표 2-9〉 FirstNet 구축 일정

마일스톤	계약 후 완료 일정	구현 기능
IOC-1	6 개월	- 데이터와 음성 서비스 1단계 완료 (상용급 데이터/비디오/VoLTE) - QPP 프레임워크
IOC-2	12 개월	- 데이터와 음성 서비스 2 단계 완료 (상용급 PTT, VoLTE/B14 데이터) - 정적 QPP
IOC-3	24 개월	- 미션크리티컬 서비스, 시스템 및 운용 1 단계 (MC-PTT, eMBMS) - 동적 QPP
IOC-4	36 개월	- 미션크리티컬 서비스, 시스템 및 운용 2 단계 (MC-Video)
IOC-5	48 개월	- 미션크리티컬 서비스, 시스템 및 운용 3 단계 (MC-Video, MC-Data)
FOC	60 개월	- 완료

현재 제공되는 통화권은 그림 2-14와 같다.



[그림 2-14] 현재의 FirstNet 망의 통화권

AT&T는 모든 기지국들을 소프트웨어 업그레이드를 통하여 5G 서비스가 가능하도록 준비할 예정인데, FirstNet RFP의 과업 내용 (Statement of Objectives)에 의하여 LTE와 모바일 브로드밴드 기술(즉, 5G, 6G)이 진화하고, 공공안전통신의 요구가 확대되고, 새로운 능력과 기술들이 수용되고 가용해짐에 따라, 전체의 계약 기간 동안에 지속적으로 업그레이드되고 혁신되어야 한다고 요구되고 있다. 그리고 서비스는 일상적인 운영만이 아니라 주요 자연 재난, 인위적 재난, 국토보안 및 국토방위에서의 유사한 운영들도 지원하여야 한다.

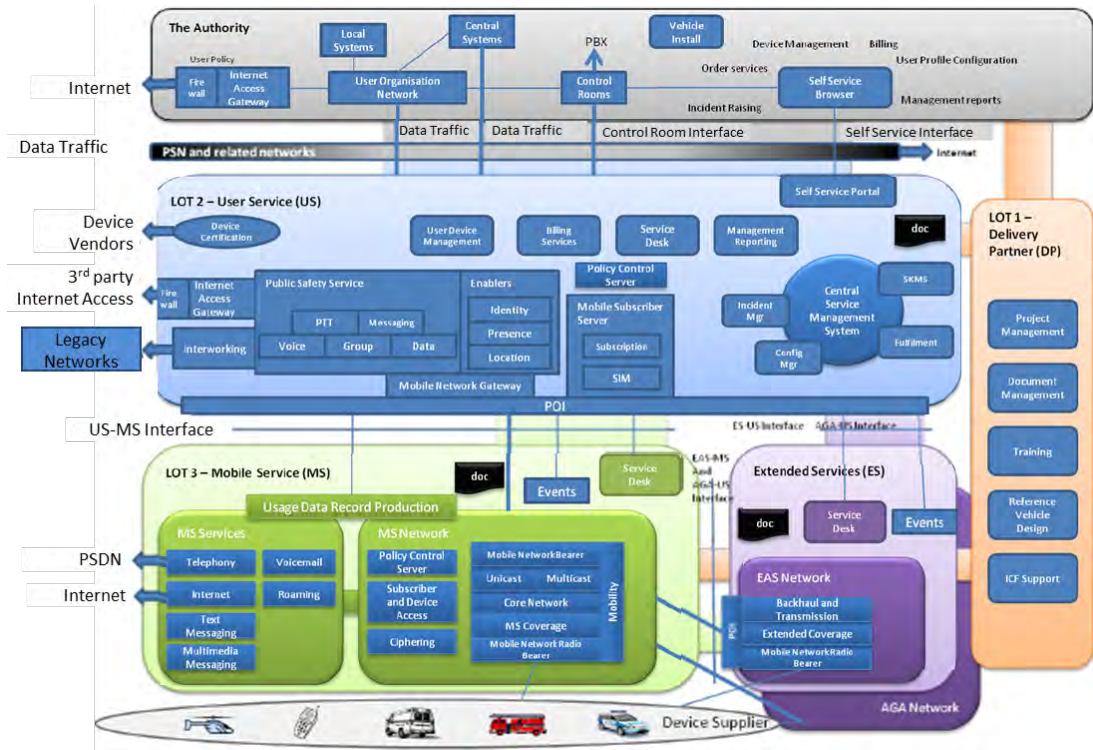
재난안전 이용기관에서의 요청에 대하여 미국과 국제 규제 기관에서 FirstNet LTE 밴드 14에서 HPUE (고출력 단말기)의 사용을 승인하였다. 이는 표준 스마트폰의 출력 보다 대략 6 배에 해당하여 통화권 확장과 상향 링크 데이터 속도의 향상에 도움이 될 것으로 기대된다. HPUE는 또한 자연 또는 인적 현상에 의한 기지국 장애시에 공백을 채워줄 수 있을 것이다.

2.5.2 영국

LTE 기술에 기반하여 전국 통화권을 제공하는 ESN 망을 구축하고 있다. 사업은 세 개의 부문으로 구분되며, 주요 부문인 Lot 2와 Lot 3를 2015년 12월에 모토로라솔루션과 이동통신사업자 EE가 수주하여 구축이 시작되었다. 재난안전통신용 브로드밴드 스펙트럼은 할당되지 않았으며 EE가 운영하는 스펙트럼을



이용하는데, ESN 망을 위하여 신규로 구축되는 기지국은 다른 더 높은 주파수 대역보다 통달거리가 긴 800MHz 대역이 이용되도록 하고 있다. ESN 망의 구조는 그림 2-15와 같다.



[그림 2-15] ESN 망 구조

2.5.2.1 Delivery Partner - KBR

망 구축 프로젝트 감독, 망 이전 관리, Lot 간 통합 제공, 교육 지원 서비스 및 차량 설치/보증을 담당하는 배달 파트너이다.

2.5.2.2 User Services - 모토로라솔루션

전체 시스템 통합, 공공안전통신 기능 (PTT/데이터/비디오 등), 공통플랫폼 제공, 기존망 연동, 단말기 인증, 계정 관리, 네트워크와 IT 망, 다른 모든 Lot들과의 기술적 인터페이스와 사용자 단말기 관리 서비스, 어플리케이션 호스팅, 고객 지원 및 서비스 관리를 제공하는 서비스 제공자이다.

2.5.2.3 Mobile Services – EE

신뢰성이 높은 전국망 통화권을 갖는 향상된 LTE Core와 eNode 망, Lot 2에 기술적 접속을 제공하는 이동통신망 사업자이다. 즉, Lot 3 Mobile Service 를 담당하는 EE 이동통신 사업자는 LTE 코어와 기지국을 제공하여 LTE 통화권과 서비스 품질을 보증한다. EE는 2018년초에 4G 통화권이 영국 전역의 지역대비 90%에 이르고 있다고 밝혔다.



EAS



A2G



[그림 2-16] ESN EAS와 A2G 통화권



Lot 2 User Services를 담당하는 모토로라 솔루션은 PTT/메시지/데이터/비디오 등의 공공안전통신 서비스 서버 구축 및 클라이언트 소프트웨어, 공통플랫폼 제공, 기존망 연동, 단말기 인증, 중앙서비스관리시스템, 망 운영 및 유지보수를 담당한다.

그리고 EE와 모토로라솔루션은 각각 자사에서 공급하는 시스템과 동일한 레퍼런스 시스템을 구축하여 네트워크에 대한 시험, 예를 들어 우선순위와 선취와 같은 기능을 확인할 수 있게 하였다.

그림 2-16과 같이 통화권 확장이 특별히 필요한 지역을 EAS (Extended Area Service)라 지정하여 추가의 기지국을 신설한 계획이며, 또한 재난안전통신에 필요한 A2G (Air To Ground, 지대공 통화권)을 계획하고 있다.

한편, 하원에 의하여 프로젝트가 전면 재검토되었으나, LTE 프로젝트를 수정하여 계속 추진하는 것으로 확인되었다. 이는 주로 LTE에서 제공되는 D2D 성능의 불만족에 기인한다. 결과적으로 2019년 말에 기존의 TETRA 망으로부터 ESN 망으로 일시에 전환하려던 계획을 데이터 서비스를 시작으로 하여 점진적으로 전환하는 추진으로 변경되었다.

아울러 프로젝트가 일찍 시작되었기에 초기 망구축을 3GPP Rel 12을 기반으로 계획하였던 것을 Rel 13 기반으로 변경하려고 추진하고 있다.

2.5.3 EU

영국과 달리 대부분의 EU 국가들은 브로드밴드에서 미션크리티컬 기술이 보다 더 발달하고 안정화될 5G 기술기반으로 진화하려고 계획하고 있으며, 현재는 LMR (TETRA 또는 TETRAPOL) 기반의 재난안전통신망과 더불어 상용망의 브로드밴드 서비스를 이용하고 있다.

〈표 2-10〉 EU 공공안전통신용 브로드밴드 스펙트럼

대역	UL (MHz)	DL (MHz)
700 MHz	698-703	753-758
	703-733	758-788
	733-736	788-791
400 MHz	450.5-456.0	460.5-466.0
	452.0-457.5	462.0-467.5

그리고 향후에 새로 구축될 재난안전통신망은 4G/5G 기반으로 하며 유럽 내에서 호환이 가능할 것을 목표로 한다. 호환을 위하여 2016년 6월 CEPT ECC가 공공안전통신용 브로드밴드 스펙트럼을 표 2-10과

같이 정하여 회원국에 권장하였다(ECC Decision (16)02). 2017년 3월 유럽 의회는 이동통신용으로 700 MHz 대역을 2020년까지 가용하도록 할 것에 합의하였다.

2.5.3.1 프랑스

현재 경찰과 헌병에서는 NEO 프로젝트에 의하여 3G와 4G 상용망을 이용하여 데이터 베이스와 어플리케이션을 이용하고 있다. 이 프로젝트는 2014년 9월에 시작하여 2 년간의 수행하였으며, 2017년 9월에 90,000 대의 단말기가 경찰과 헌병대(gendarmes)에 배치되어 본격적으로 이용되고 있다.

향후 모든 재난 서비스 대원들에게 보안이 되는 최신의 통신을 제공하는 것을 목표로 하는 RRF (Radio Network of the Future)을 구축하려 계획하고 있다. 공공안전통신용 브로드밴드 스펙트럼으로 700 MHz 대역에서 10+10 MHz 가 할당되어 있다.



[그림 2-17] 프랑스의 NeoGend 로고

그 시범사업으로 'PCSTORM'이라는 공공안전통신 브로드밴드 프로젝트 사업이 최근에 계약되었는데, 2021년까지 단말기 10,000대의 규모로 특수대원들에게 브로드밴드 서비스를 제공하면서, 향후 본 사업에 대한 전체적인 아키텍처의 가능성과 개념의 실제 증명을 확인하려 한다. 산업에는 5G와 버티컬 마켓에 대한 시도의 기회가 될 것이다.

본 사업은 2023년경까지 전국 통화권을 제공하는 것이며, 다음과 같은 서비스를 목표로 설정하고 있다:

- 동적인 컨퍼런스 관리를 갖는 MCPTT
- 미션크리티컬 비디오
- 어플리케이션들을 위하여 빠른 데이터 전송률
- PSTN과의 연결
- 국경 연동
- PPDR 기관들과의 연동
- 지역대비 95% 통화권과 건물 내 통화권 포함
- 약 300,000 명의 이용자 지원



2. Public Safety 통신 현황

- 약 10Mbps의 대역폭 제공 (700 MHz 대역에서)
- 99.99%의 통화권 가용성
- 미션크리티컬 어플리케이션을 위한 99.999%의 가용성
- 통화권 밖에서 단말기 간의 미션크리티컬 어플리케이션의 접근을 허용
- 망을 이용하는 모든 종류의 교환 기록과 추적 허용

프랑스에서의 우려는 단말기 간 직접통화가 일부 이용자들에게 필요한데, 현재까지는 3GPP 표준 기술에서 이를 완전히 만족하지는 못하며 500미터에 불과한 통달거리는 충분치 않은 것이며, 단독기지국 운영에 대하여도 검토되어야 한다는 판단이다.

현재 진행되고 있는 일정과 계획에 비추어 보면, 5G를 포함하는 망진화가 될 것으로 예상된다.

2.5.3.2 벨기에

벨기에의 재난안전통신망 사업자 ASTRID는 기존의 테트라 망 서비스에 추가하여 2017년 10월에 차세대 Blue Light Mobile 서비스를 시작하였다. 이는 재난안전 이용자들에게 벨기에 국내 3개 이동통신사 망 그리고 인접 4 개국 11 개 이동통신망에서 우선권을 갖는 서비스이다.



[그림 2-18] ASTRID Blue Light Mobile의 Priority

아울러, 그림 2-19와 같이 보안서비스가 제공되면 모바일 VPN도 지원된다.

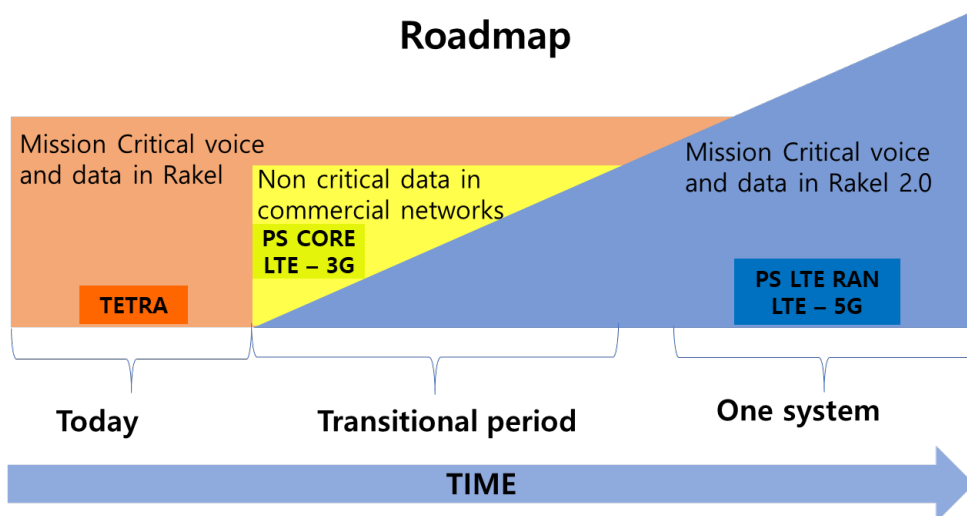
 Priority	 Best coverage	 High speeds	 Guaranteed safety
This gives the user priority over private subscribers to use the Belgian networks. If the network should become overloaded, the Blue Light Mobile user will be served first and enjoy the highest speeds.	Blue Light Mobile provides the best coverage in Belgium and the highest service availability thanks to roaming on all national networks. If the assigned network is unavailable, the user will automatically be connected to another network.	The user will experience the best high speed data network of the three Belgian telecom operators (Proximus, Orange and BASE). This means that the user will be downloading, sending and receiving data at high speeds (2G, 3G, 3G+ and 4G).	Thanks to Blue Light Mobile, the data of the user is guaranteed to be secured and remain confidential. If the user would like ASTRID to be responsible for protecting the data by passing through the commercial networks, we are able to provide a mobile VPN at no additional cost.

[그림 2-19] ASTRID Blue Light Mobile의 서비스

그림 2-18은 공공안전 이용자들에게는 데이터 통신에 있어서 우선권이 설정되어 보다 원활하고 빠른 데이터 통신이 가능함을 표현하고 있다.

2.5.3.3 스웨덴

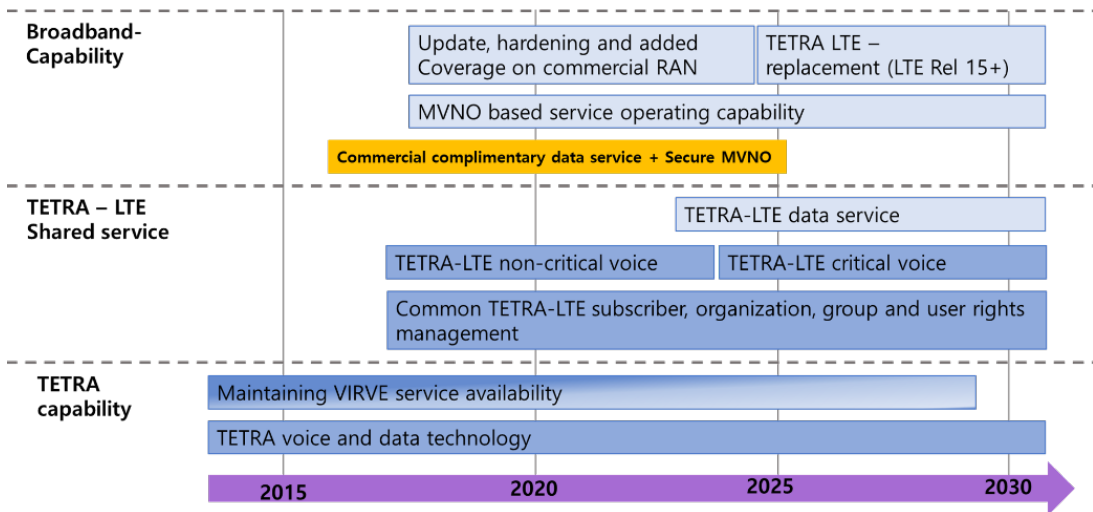
스웨덴은 현재 TETRA 기반의 재난안전통신망 Raket을 운영하고 있으며, 그림 2-20과 같이 향후 상당 기간 동안 TETRA 망의 미션크리티컬 음성과 상용망의 데이터를 보완 사용한 후에 5G 기반으로 진화하려고 계획하고 있다. PS LTE의 코어망은 전환 기간 동안에, RAN은 전환 기간을 마치는 시점에 구축하려는 것이다.



[그림 2-20] 스웨덴의 재난안전통신망 진화 계획



2.5.3.4 핀란드



[그림 2-21] 핀란드의 재난안전통신망 진화 계획

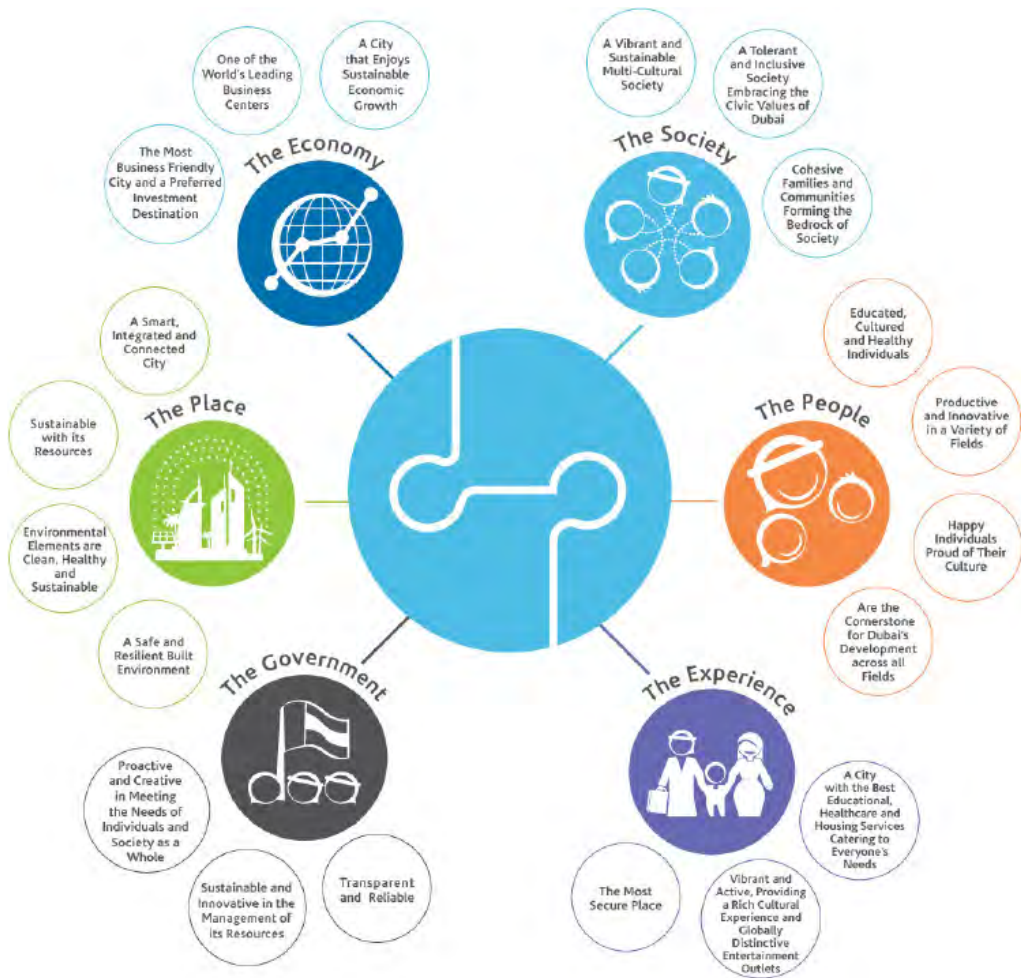
핀란드는 현재 TETRA 기반의 공공안전통신망 VIRVE를 운영하고 있으며, 그림 2-21과 같이 향후 재난통신망을 5G 기반으로 진화하려고 계획하고 있다. VIRVE 망을 2030년경까지 운영하면서 TETRA와 LTE를 함께 보완 사용하고, 2025년부터 2030년 이후 사이에 LTE로 전환하는 것이다.

2.5.4 중동

아랍에미레이트에서는 두바이에 미션크리티컬 모바일 브로드밴드 망의 구축하려는 Dubai 플랜 2021프로젝트를 진행하고 있으며 다음을 목표로 하고 있다:

- EXPO 2020를 위하여 2019년까지 구축
- 3GPP 표준을 준수
- 안정적이고, 신뢰성이 높고, 가용한 통합된 자가망
- QoS를 보장
- 대역폭 증대, 낮은 지연 시간, 이중화 된 연결과 향상된 용량과 우선순위

그 프레임워크는 그림 2-22와 같다.



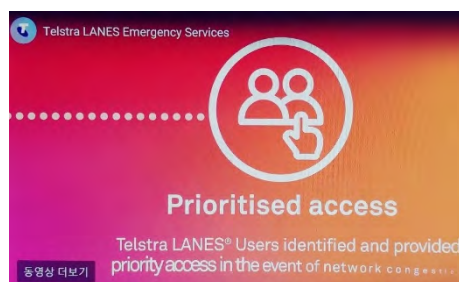
[그림 2-22] 두바이 2021 프로젝트 프레임워크

2.5.5 호주

사업자 Telstra가 Ericsson, Qualcomm 및 모토로라솔루션과 협력하여, LTE 상용망에서 LANES® Emergency 라는 서비스 이름으로 재난안전서비스를 제공하고 있는데, 재난안전 이용기관에게 망이용의 우선권이 부여된다.

2017년 2월에 Telstra의 LTE 상용망에서 3GPP Release 13의 MC-PTT 표준에 근거하여 LTE-Broadcast (LTE-B) PTT 통화를 제공한다고 발표되었다. Telstra는 현재 호주 전역에 850 MHz 대역의 8,300 개 이상의 기지국과 700 MHz 대역과 1.8 GHz 대역의 4G 기지국을 6,000 개 이상 설치하였다고 밝히고 있다

2. Public Safety 통신 현황



[그림 2-23] Telstra LANES Emergency Service

3. 이동통신 진화 현황

3. 이동통신 진화 현황

3장에서는 3GPP Rel-13 PS-LTE 규격 제정 이후의 이동통신 진화 기술 들 중에서 PS-LTE의 진화 기술로서 적용이 고려되는 후보 기술들을 소개한다.

3.1 LTE 진화 현황

3.1.1 LTE 개요와 표준의 진화

LTE는 Long Term Evolution(장기 진화)의 약어 표현이고 무선통신의 표준화 기구인 3GPP(The 3rd Generation Partnership Project)에서 만들어진 무선네트워크 기술로서 고속 무선 데이터 서비스와 음성 서비스를 제공하기 위한 것이다. 3GPP에서는 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access) 이후에 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)와 HSUPA(High Speed Uplink Packet Access)로 구성된 HSPA(High Speed Packet Access) 기술만으로는 기하급수적으로 증가하고 있는 사용자와 사업자의 데이터 서비스에 대한 요구사항과 증가되는 데이터 트래픽을 처리하기에는 부족하다는 것을 인지하였다.

따라서, 3GPP에서는 향후 10년 또는 그 이후까지 3GPP 기술의 경쟁력을 가져가기 위한 새로운 기술로의 진화의 필요성을 반영하여, 3G 시스템의 장기 진화(Long-Term Evolution: LTE)에 대한 작업을 지난 2004년 11월부터 시작하였다. 이 때 사용된 LTE라는 명칭이 그대로 새로운 기술의 이름으로 사용되게 되었다.

이 기술은 채널대역폭(channel bandwidth)을 20MHz를 사용하여 기지국에서 단말기로 전송하는 하향링크(downlink)에서 최대 300Mbps, 단말기에서 기지국으로 전송하는 상향링크(uplink)에서 최대 75Mbps를 전송할 수 있도록 되어 있다. 아래 그림은 LTE에 대한 3GPP 공식 트레이드 마크이다.



출처: <http://www.3gpp.org/LTE>

[그림 3-1] 3GPP 공식 LTE 트레이드 마크



3. 이동통신 진화 현황

LTE는 일반적으로 불려지는 명칭이고 3GPP 규격(specifications)에서 LTE의 공식적인 무선 인터페이스(air interface) 명칭은 E-UTRA(Evolved Universal Terrestrial Radio Access)이고, 무선인터페이스와 더불어 기지국과 단말기를 포함하여 무선접속망(Radio Access Network)에 해당하는 명칭은 E-UTRAN(Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)이다.

이는 제 3세대 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access) 시스템에서 UTRA(Universal Terrestrial Radio Access)와 UTRAN(Universal Terrestrial Radio Access Network)에 각각 대응되는 개념으로 볼 수 있다.

LTE-Advanced는 3GPP에서 4G 이동통신인 IMT-Advanced에 제안하여 4G로 승인 받기 위해 만든LTE의 후속 기술이다.

3GPP는 2008년 4월 중국 심천(Shenzhen)에서 약 30여개의 기관으로부터 280여명이 참석한 열린 2차 workshop을 통해 주요 제조 업체 및 사업자들의 LTE-Advanced에 대한 요구 사항 및 기술 이슈에 대한 의견을 취합하였다. 이 때 Vodafone, T-Mobile, China Mobile, Telecom Italia, NTT DoCoMo 등 주요 이동통신 사업자가 제안한 요구사항은 아래와 같은 내용을 포함한다.

- 기존 LTE와의 호환성 유지
- 시스템 설치 비용(CAPEX) 및 운용 비용(OPEX) 감소
- 스펙트럼 사용에서의 융통성 (flexibility)
- NGMN whitepaper에 있는 시스템 성능을 목표로 할 것
- 시스템 최적화 기술 개선
- 셀 경계(cell edge)에서의 성능 개선

이러한 LTE-Advanced의 성능 목표는 유럽의 주요 사업자 중심으로 결성된 단체인 NGMN(Next Generation Mobile Networks)의 요구사항을 따르게 되어 있어, Ericsson, Nokia, Qualcomm, Samsung 등의 제조업체들도 LTE-Advanced는 ITU-R의 IMT-Advanced 요구사항을 능가해야 한다는 의견이 많았다.

예를 들어, LTE-Advanced에서 downlink의 peak data rate는 1Gbps 정도까지 지원해야 하고 이를 위해서는 넓은 채널 대역폭이 필요한데, 이 정도의 속도를 내기 위해 필요한 주파수 대역은 붙어 있는 하나의 채널로 얻기가 쉽지 않으므로, 작은 토막 대역을 여러 개 사용하는 스펙트럼 합성 (spectral aggregation) 방식이 필요하다는 의견이 많았다. 또한, uplink peak data rate도 SU-MIMO(Multiple Input Multiple Output)를 사용하여 기존의 LTE에 비해서 크게 개선해야 한다는 생각들이 많았다.

LTE-Advanced의 주요 요구 사항을 항목별로 살펴보면 Table 1과 같다. 여기에서는 각 항목별로 기존의

LTE와 비교하여 LTE-Advanced에서 얼마나 성능이 개선되는 지를 비교하여 나타낸다.

또한 LTE-Advanced는 기존 LTE와 backward compatibility를 제공하도록 되어 있어서 다음의 조건들을 만족해야 한다.

- Rel-8 LTE 단말은 LTE-Advanced 망에서 동작할 수 있어야 한다.
- LTE-Advanced 단말은 Rel-8 LTE 망에서 동작할 수 있어야 한다.
- Non-backward compatible인 요소들도 RAN의 결정에 근거하여 고려될 수 있다.

〈표 3-1〉 LTE와 LTE-Advanced의 요구 사항 비교

항목	LTE-Advanced	LTE
Peak spectral efficiency (bps/Hz)	DL: 30 (8x8)	DL: 15 (4x4)
	UL: 15 (4x4)	UL: 3.75 (1x2)
Average spectral efficiency (bps/Hz)	DL: 2.6 (4x2), 3.7 (4x4)	DL: 1.69 (2x2)
	UL: 2.0 (2x4)	UL: 0.735 (1x2)
Cell edge spectral efficiency (bps/Hz)	DL: 0.09 (4x2), 0.12 (4x4)	DL: 0.05 (2x2)
	UL: 0.07 (2x4)	UL: 0.028 (1x2)
Speed (km/h)	350 (up to 500)	350
Peak data rate	DL: 1Gbps	DL: 300Mbps
	UL: 500Mbps	UL: 75Mbps
C-plane latency	Idle-Active: 50ms	Idle-Active: 100ms
	Dormant-Active: 10ms	Dormant-Active: 50ms
U-plane latency	Less than LTE	10ms (one-way at IP layer)
C-plane capacity	300 active users / 5MHz	200 active users / 5MHz

결국 LTE-advanced의 목표는 기존의 LTE 보다 무선 채널 상의 전송속도를 훨씬 더 증가시켜 단위비트 당 비용 (cost per bit)을 더욱 낮게 하고, 셀의 커버리지와 용량 확대 등의 무선 액세스 기술을 향상시키고 셀 경계에서의 전송 품질 개선, 간섭제어 기술 향상 등을 통해 기존 LTE의 성능을 크게 개선하는 것이다.

LTE-Advanced에서는 LTE가 20MHz를 최대 채널 대역폭으로 한 것에 비해 훨씬 넓은 대역폭인 100MHz를 채택하여 최대 전송 속도를 획기적으로 향상시켰다. 일반적으로 100MHz를 연속적으로



3. 이동통신 진화 현황

확보하고 있는 이동통신 사업자는 많지 않다. 따라서 여러 대역의 주파수를 모아서 사용할 수 있는 spectrum aggregation 기술이 중요하고 또한 이런 광대역을 사용하다 보니 기존 LTE와의 backward compatibility가 이슈가 될 수 있다

UL의 전송 방식도 기존 LTE에서는 PAPR을 낮추기 위해 하나의 연결된 주파수 대역을 사용하는 SC-FDMA를 사용하였는데 이를 개선하기 위해 몇 개의 대역폭을 묶어서 사용하는 NxDFT-S-OFDMA와 연속적인 부반송파를 묶어서 cluster를 형성하고 불연속적인 cluster를 사용하여 전송하는 Clustered DFT-S-OFDMA(C-DFT-S-OFDMA) 방식도 사용된다.

초기에 4G 기술로 승인되기 위한 LTE-Advanced는 3GPP 표준에서 Release 10과 Release 11에 해당된다고 볼 수 있다. LTE-Advanced의 주요 기술들은 Release 10에 포함되어 있고, 일부 개선된 기술들과 Release 10에서 결정되지 못해서 좀 더 논의가 더 필요한 기술들은 Release 11에 포함되었다.

LTE-Advanced에서 Release 10에 포함되는 주요 기술 및 기술 적용에 대한 효과와 주요 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다.

■ Carrier Aggregation으로 보다 넓은 대역폭 지원

[효과] 최대 전송 속도 개선, LTE Rel-8과 backward compatibility 제공

- 최대 5개 Component Carrier(CC)를 사용하여 최대 100MHz 대역폭 지원
- CC와 Rel-8 LTE carrier와 공동의 물리계층 (Physical Layer) 파라미터 사용

■ Advanced MIMO 기술 지원

[효과] 최대 전송 속도 및 셀 용량 향상

- 하향링크에서 최대 8개 레이어까지 지원
- 상향링크에서 최대 4개 레이어를 지원하는 SU-MIMO 제공
- MU-MIMO의 개선

■ Heterogeneous network (HetNet) 및 eICIC (enhanced Inter-Cell Interference Coordination)

[효과] Cell edge throughput 및 커버리지 향상

- 다른 송신 전력을 가지는 overlay 셀 간에 간섭 조정(interference coordination)

■ Relay

[효과] 커버리지 개선 및 유연한 서비스 영역의 확대 제공

- Type 1 relay에 대한 무선 백홀 지원
- Rel-8 LTE 단말에게는 기지국으로 보이는 것과 같은 별도의 셀 구성

LTE-Advanced에서 Release 11에 포함되는 주요 기술과 각 기술의 특징은 다음과 같다.

- Carrier aggregation (CA) enhancements
 - 주파수 효율을 향상시키고 HetNet을 개선하기 위한 추가적인 Carrier Type (Non-backward compatible carrier)
 - 다른 밴드에서 다른 TDD Downlink/Uplink 구성
 - UL Carrier Aggregation을 위한 multiple TA(Timing Advance)
- Enhanced Physical Downlink Control Channel (E-PDCCH)
 - 제어 채널의 용량 증가, 추가된 Carrier Type, 주파수 영역의 ICIC, beamforming과 다이버시티(diversity)를 지원하기 위한 개선된 DL control channel
- CoMP Transmission and Reception
 - Homogeneous/Heterogeneous 네트워크를 위한 CoMP
 - DL/UL의 reference signal, control signal 향상
 - 채널 상태 정보 (CSI) 피드백 및 측정
- Further enhanced inter-cell interference coordination (FeICIC)
 - 단말을 위한 간섭제거(interference cancelation) 기술
예) CRS canceller from Macro-cell
 - ABS (Almost Blank Subframe)을 위한 non-zero 전력 전송
- E-UTRA의 최소 성능 요구사항 향상: interference rejection
 - Interference rejection combining (IRC)가 적용된 UE 수신기
- 장치 내 공존(IDC: in-device coexistence)을 위한 간섭회피에 사용되는 시그널링 및 절차
 - 동일한 장치 내에 있는 LTE, WiFi, Bluetooth, GNSS 무선 송수신 사이에서 발생하는 간섭을 피하거나 완화시키는 기술
 - Rel-10: 공존과 사용 시나리오 확인, 가능한 해결 방안 선택
 - Rel-11: FDM/TDM 기반의 해결책을 위해 필요한 시그널링 및 절차 명시
- Enhancement of Minimization of Drive Tests (MDT)
 - 수동 드라이브 테스트로 발생하는 사업자의 비용을 낮추기 위해 eNB/UE로부터 위치정보와 함께 무선 채널 측정값을 수집하기 위한 방법 제공.
 - Rel-10: 무선 신호 수신 레벨 측정 (예: RSRP/RSRQ 등) 명시
 - Rel-11: QoS 측정 (예: throughput, traffic volume) 명시
- MTC(Machine-Type Communications)를 위한 RAN 과부하 제어 (overload control)
 - 잠재적으로 상당히 많은 수의 MTC 단말로부터 네트워크를 보호하기 위한 것임



3. 이동통신 진화 현황

- Rel-10: RRC connection이 거절당할 때 연장된 대기시간 (backoff time) 알림
 - MTC 터미널들에 대해 특별한 CN 과부하 회피(overload avoidance) 가능
- Rel-11: broadcast에서 확장된 접속 금지(extended access barring) 명시
 - MTC 터미널들에 대해 특별한 CN/RAN 과부하 회피 가능
- Further self-optimizing networks (SON) enhancements
 - 네트워크 최적화를 용이하게 하기 위한 방법 제공
 - Rel-9/10: intra-RAT MRO / MLB에 대한 절차 명시
 - MRO: Mobility Robustness Optimization
 - MLB: Mobility Load Balancing
 - Rel-11: inter-RAT MRO를 위한 절차 명시
- Network Energy Saving
 - 네트워크 에너지 절감을 용이하게 하는 방법 제공
 - Rel-9/10: intra-RAT 에너지 절감 절차 명시
 - Rel-11: inter-RAT 및 향상된 intra-RAT 에너지 절감 명시
- LTE RAN Enhancements for Diverse Data Applications (eDDA)
 - 스마트폰과 같은 다양한 데이터 트래픽을 고려하는 RAN 향상에 대한 연구 및 명시
- Further enhancements to H(e)NB mobility
 - 매크로에서 HeNB로의 hard handover 개선 및 soft handover
 - macro - open HeNB, macro - hybrid HeNB, open HeNB - hybrid HeNB, hybrid HeNB
 - hybrid HeNB 구간의 개선된 이동성 지원

3GPP 표준 기준으로 볼 때, 4G 시스템은 Release 10과 Release 11에 명시된 LTE-Advanced로 볼 수 있고, 5G 시스템에 개념이 본격적으로 거론되기 전 한동안 4G 시스템 이후에 서비스 될 기술을 일반적으로 Beyond 4G(B4G)라고 불렀다. 따라서, 3GPP 표준 기준으로는 Release 12와 그 이후 버전(예: Release 13)을 B4G에 해당하는 무선 기술이라고 볼 수 있다.

Release 12는 Rel-8, Rel-9의 LTE 및 Rel-10, Rel-11의 LTE-Advanced의 성능을 향상시키거나 새로운 기술들을 포함하고 있고, 크게 다음과 같이 분류될 수 있다.

- 네트워크 용량과 셀에지 성능을 향상시키는 기술
 - 소형 셀(Small Cell)을 위한 물리계층의 개선
 - 256QAM과 같은 하향링크의 Higher order modulation
 - Small cell discovery and support of cell on/off mechanisms

- Radio interface based inter-cell synchronization
- Interference management and traffic adaptation for LTE TDD
- 소형 셀(Small Cell)을 위한 새로운 프로토콜(protocol)/아키텍처 개선
 - Dual Connectivity
 - Mobility and SON enhancements
- 3D channel modeling study
 - Terminal-specific elevation beamforming
 - Full-dimension MIMO(FD-MIMO)
- Non ideal-backhaul을 가지는 Coordinated Multi-Point(CoMP) 동작
- Network assistance interference cancellation and suppression for LTE (NAICS)
- 단말에 좀 더 많은 스펙트럼을 제공하는 기술
 - Carrier Aggregation advancements
 - 2 개의 Uplink 캐리어(carrier)를 지원하는 Carrier Aggregation을 정의하기 위한 RF 요구사항 정의
 - 3 개의 Downlink 캐리어(carrier)를 지원하는 Carrier Aggregation을 정의하기 위한 RF 요구사항 정의
 - FDD/TDD carrier aggregation framework
 - LTE-WiFi 무선 연동(radio interworking)
 - IDLE과 Connected 모드에서 LTE와 WiFi 간의 보다 개선된 연동(interworking) 솔루션
 - 이를 통해 사업자들이 무선 채널 상황 및 네트워크 로드예 따라 LTE와 WiFi 간에 트래픽을
 - 조정하기 위한 것임
- 새로운 서비스를 가능하게 하거나 기존 서비스를 향상시키는 기술
 - Low-cost MTC
 - 낮은 데이터 전송 속도를 가지는 Machine-Type Communications (MTC)를 위하여 모뎀의 비용을 낮추는 것이 목적임
 - 낮은 전송속도의 새로운 UE category (Category 0 UE) 정의
(최대 1 Mbps 속도 제공, 1-Rx 안테나)
 - Device-to-device (D2D)
 - 단말 간 통신을 할 때, 기지국이나 코어네트워크를 통하지 않고 단말 간 직접 통신을 수행함
 - Public Safety (PS) 및 Consumer use cases를 위해 proximity services를 제공하는 것이 목표임

3. 이동통신 진화 현황

- D2D discovery와 D2D communications으로 분류됨
 - * 네트워크 커버리지 내에서 D2D discovery
 - * 네트워크 커버리지 내/외에서 D2D communication
 - * (주로 PS applications에 초점)

2014년 12월 미국 마우이에서 진행된 3GPP RAN 66차 총회에서는 Release-12 과제들을 종료하고, Release-13에 해당되는 신규 과제들을 승인하였다. 기존의 표준에서 지원하는 기능들에 대하여 성능을 개선하려는 요구는 Release-13에도 계속되었다. 특히, 단말간 직접통신(D2D)의 경우 기존 Release-12가 단말이 네트워크 커버리지 범위 안에 있을 때에만 D2D 기능을 지원하는 내용을 포함하였는데, Release-13에서는 재난상황에서 네트워크 커버리지를 벗어난 경우에도 단말간 직접 통신이 가능하도록 하는 기능이 포함되었다. 또한, Release 13 전까지는 LTE-Advanced에서 최대 5개의 Component Carrier(CC)를 사용하는 Carrier Aggregation(CA)를 고려하였다. 하지만, 사업자들의 신규 주파수 확보 및 LTE-U를 대비하여 최대 32개의 CC를 사용하는 CA가 Release 13에 포함되었다.

3GPP에서는 Release 13부터 LTE-Advanced의 진화된 기술을 LTE-Advanced Pro라고 부르기로 하고, 해당 로고도 기존의 LTE-Advanced와는 약간 다른 형태로 변경하였다. Figure 4는 LTE에서 LTE-Advanced를 거쳐 LTE-Advanced Pro로 진화하는 과정을 잘 나타내고 있다. 또한, 각 과정에 해당되는 3GPP의 Release를 함께 보여주고 있다.



[그림 3-2] LTE의 진화 과정과 각 표준 기술에 해당되는 3GPP Release

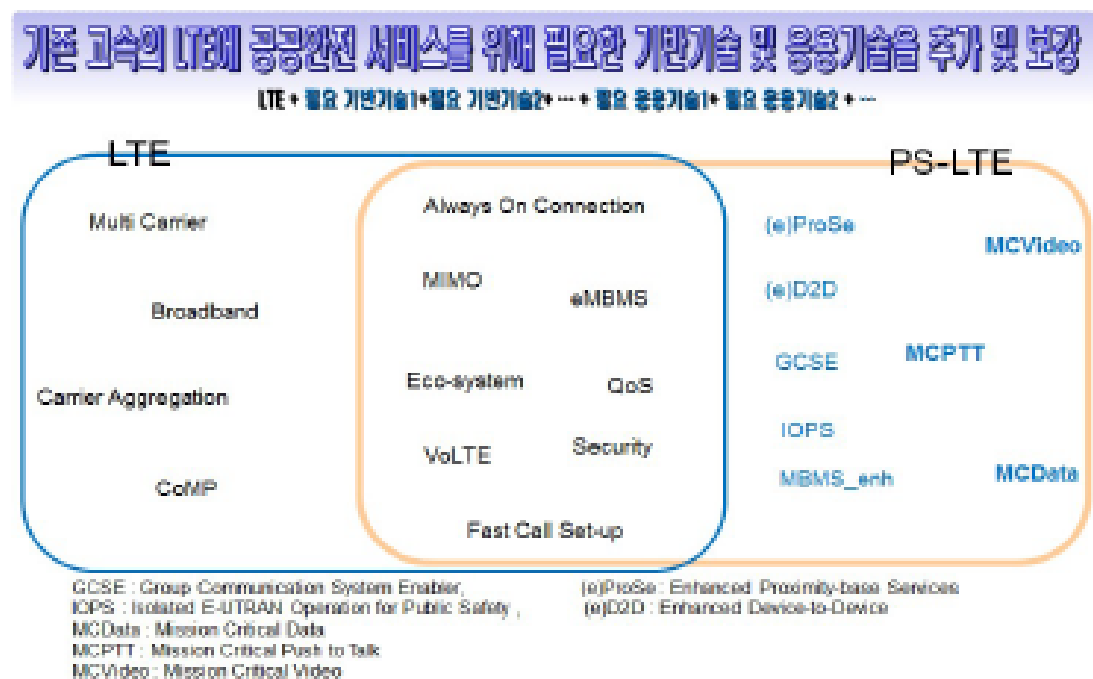
3.1.1.1 PS-LTE 개요와 진화

LTE를 공공안전 및 재난통신 용도로 사용하면 기존에 사용했던 공공안전 및 재난통신 방식보다 훨씬 좋은 성능을 제공할 수 있다는 다양한 분석 결과가 있었다. 이를 기반으로 3GPP에서는 Rel-12부터 이를 위한 표준화를 시작하였다.

처음으로 표준화를 시작한 기술은 ProSe(Proximity-base Services), D2D (Device to Device)

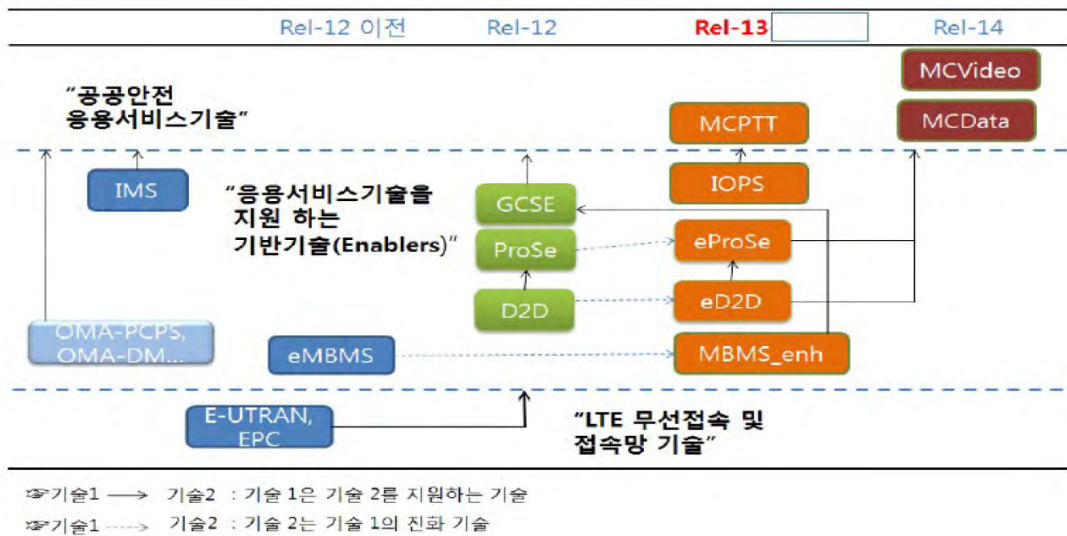
및 GCSE(Group Communication System Enabler)이며, 2015년 3월에 완료되었다. 그 이후 Rel-13에서는 MCPTT(Mission Critical Push to Talk), eProSe(enhanced ProSe), eD2D(enhanced D2D), IOPS(Isolated E-UTRAN Operation for Public Safety), MBMS_enh(MBMS enhancements) 기술에 대한 표준화가 진행되었으며 2016년 3월에 완료되었다. 또한 2016년 3월부터 Rel-14에서는 MCVideo(Mission Critical Video)과 MCDData(Mission Critical Data)에 대한 표준화가 진행되었다.

PS-LTE는 “LTE for Public Safety”를 줄여서 나타낸 것이다. 이는 3GPP Rel-12, Rel-13, Rel-14 표준 규격에 포함된 LTE 네트워크를 기반으로 하는 공공안전 및 재난통신 관련 표준 기술들이며, 이를 간단하게 PS-LTE라고 우리나라에서 부르는 것이다. 즉, PS-LTE를 넓은 의미에서 보면 공공안전 및 재난통신용으로 사용할 할 수 있는 LTE 기반의 통신 기술이고, 좁은 의미로는 3GPP에서 공공안전 및 재난통신용으로 기존의 LTE 표준에 추가적으로 표준화를 추진하고 있는 다양한 기반기술과 응용기술이라고 볼 수 있다. Figure 5는 PS-LTE을 위해 기존의 LTE 표준에 추가된 기술들을 보여주고 있다.



출처: TTA 기술보고서 TTAR-06.0169

[그림 3-3] PS-LTE를 위해 기존의 LTE에 추가된 기술들



출처: TTA 기술보고서 TTAR-06.0169

[그림 3-4] PS-LTE를 위한 주요 기술의 관계와 3GPP 표준화 일정

3GPP에서 표준화된 PS-LTE를 위한 기술들은 크게 PS-LTE의 응용서비스 기술과 PS-LTE 응용서비스를 지원하기 위한 기반기술로 분류될 수 있다 (그림 3-4 참조).

PS-LTE의 응용서비스 기술은 그룹통화 서비스인 MCPTT, 그룹영상 서비스인 MCVideo, 그룹데이터 서비스인 MCData가 있으며, 기반기술은 ProSe, eProSe, D2D, eD2D, GCSE, IOPS, MBMS_enh가 있다. 또한 이 기반기술들은 이미 안정적으로 동작하는 LTE의 무선접속망(RAN: Radio Access Network)과 코어망(CN: Core Network)인 E-UTRAN과 EPC를 가정한 것이다.

이 기반기술 들은 기술의 특징에 따라 다음과 같이 세 가지로 분류될 수 있다.

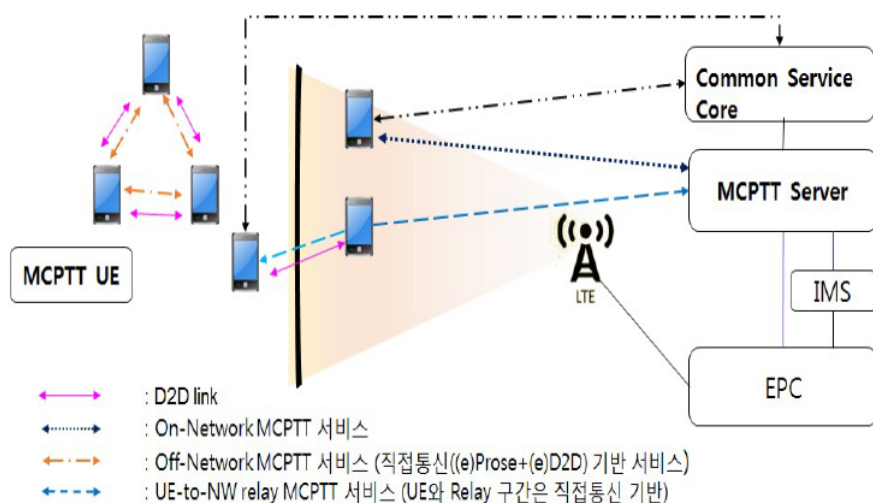
- ProSe, eProSe, D2D, eD2D는 LTE 기지국의 셀 커버리지 내/외 있는 단말들에게 단말 간 직접통신이 가능하게 하여 MCPTT, MCVideo, MC-Data 등의 응용서비스가 가능토록 하는 기반기술이다.
- GCSE, eMBMS, MBMS_enh는 그룹통신을 효율적으로 지원하기 위한 기반기술로서 그룹통신이 근간이 되는 MCPTT 등 응용서비스를 제공하는데 있어서 무선접속 및 네트워크 자원을 절약하여 효율적인 통신을 할 수 있게 하는 기술이다.
- IOPS는 기지국이 코어망과의 연결이 끊어졌을 경우 기지국 단독으로 MCPTT 등의 응용서비스를 제공할 수 있게 하는 기반기술이다.

3GPP에서는 PS-LTE의 표준화를 위하여 SA(Services and System Architecture) WG(Working

Group)6(SA6)을 2014년 12월에 SA 기술 규격 그룹 산하에 신설하여 MCPTT 등 공공안전 응용기술의 아키텍처(2단계(stage 2)에 해당됨) 표준화를 전담하기로 했다. CT(Core Network and Terminal) 기술규격그룹 내 WG들은 단말과 네트워크장비 간 프로토콜, 네트워크장비 간 프로토콜, 스마트카드 응용 표준화를 담당하고 있다.

3.1.2 MCPTT 개요와 주요 특징

MCPTT는 E-EUTRAN과 EPC로 구성되는 LTE망을 기반으로 하고, PS-LTE 기반기술인 eProSe, eD2D, GCSE, MBMS_enh, IOPS 등의 기반 기술을 적용하여 그룹음성 통화 및 개별 음성 통화서비스를 제공하는 응용서비스 기술이다



출처: TTA 기술보고서 TTAR-06.0169

[그림 3-5] MCPTT 개념도

Figure 7에서 보이는 것과 같이 MCPTT는 On-Network MCPTT 서비스, Off-Network MCPTT 서비스, UE-to-Network relay MCPTT 서비스로 분류될 수 있으며 각 서비스는 다음과 같은 특징을 가진다.

■ On-Network MCPTT 서비스

- LTE 기지국(eNodeB), EPC, IMS, MCPTT server를 사용하여 LTE 네트워크 내에서 지원되는 MCPTT 서비스
- 그룹통화, 개별통화, 비상 그룹통화, 복수통화그룹 수신, 상황전파통화, 발언권 제어, 그룹 우선순위



3. 이동통신 진화 현황

제어 등 서비스 제공

■ Off-Network MCPTT 서비스

- IMS, MCPTT Server 등의 네트워크 인프라를 사용하지 않는 LTE 네트워크 외에서 단말간 직접통신 기술인 eProSe 와 eD2D를 기반으로 지원되는 MCPT 서비스
- 그룹통화, 개별통화, 비상 그룹통화, 복수통화그룹 수신, 상황전파통화, 발언권 제어, 그룹 우선순위 제어 등 서비스 제공

■ UE-to-Network Relay MCPTT 서비스

- LTE 기지국의 커버리지(coverage)에 속하지 않은 단말에게 기지국 커버리지 내의 단말(Relay 역할을 수행함)과의 D2D 연결을 통해 지원되는 MCPTT 서비스
- On-Network MCPTT 서비스와 동일한 서비스를 제공된다.

3.1.2.1 MCPTT의 구조적 요구 사항

일반적인 MCPTT 구조 요구 사항은 다음 내용을 포함한다.

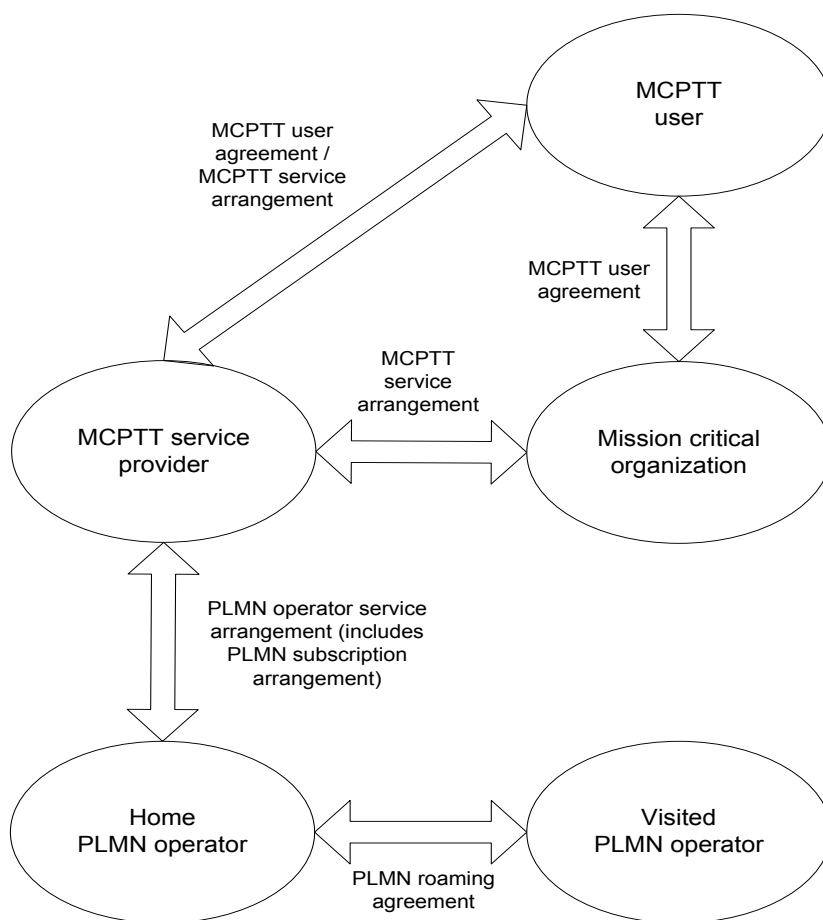
- 규모의 경제 달성을 위해 망 사업자가 공공안전 유사 기능을 필요로 하는 비공공안전 고객들을 위해 MCPTT 망을 재사용할 수 있다면 유용할 것이다. 망 사업자는 기존의 망 구조과 MCPTT 솔루션의 많은 요소들을 통합하여 운영하는 것을 원할 수도 있다. 이를 위해서는, MCPTT 기능을 소수의 구분된 논리적 기능으로 분해되는 것이 요구된다.
- MCPTT 서비스 제공을 위해 망 구조는 응용 평면(application plane)과 신호 제어 평면(signaling control plane)으로 구분될 수 있어야 한다.
- MCPTT 솔루션의 일부가 다른 어플리케이션에 재활용되기 위해서, MCPTT 구조는 그룹 관리 기능(group management function)(예: admission control; linking of groups)이 PTT 주요 기능(예: "call" setup/termination; allocation of TMGI to UE; floor control;)으로부터 분리된 노드에 구현되어야 한다.
- 복수의 공공 안전망 운영에 걸쳐 있는 사용자 그룹을 신속하게 형성/해제할 필요가 있다. 따라서, 이를 위해 공공안전 망간의 관련 인터페이스를 제공해야 한다.

그 외에도 MCPTT의 구조적 요구 사항에는 다음의 요구 사항들이 포함되어 있다.

- 로밍 요구 사항 (Roaming requirements)
- 미디어 라우팅 요구 사항 (Media routing requirements)
- 사용자 ID 관리 요구 사항 (Requirements for user identity management)
- 그룹 소속과 탈퇴 (Group affiliation and de-affiliation)

- MCPTT 호 요구사항 (MCPTT call requirements)
- MCPTT 서비스를 위한 GCS AS(Group Communication Service Application Server) 요구 사항 (GCS AS requirements for the MCPTT service)
- UE-to-network relay MCPTT 서비스 요구 사항 (UE-to-network relay MCPTT service requirements)
- 베어러 관리 (Bearer management)
- MCPTT 시스템 상호 연결 요구 사항 (MCPTT system interconnect requirements)
- MCPTT 사용자 프로필 요구 사항 (MCPTT user profile requirements)

3.1.2.2 MCPTT 관련 비즈니스 관계



[그림 3-6] MCPTT 관련 비즈니스 관계도 [출처: 3GPP TS 23.179]



그림 3-6은 MCPTT 사용자를 지원하기 위한 비즈니스 관계를 나타내고 있다.

MCPTT 사용자는 MCPTT 사용자와 MC 조직 간의 협약을 기반으로 하나의 MC 조직에 속하게 된다. MCPTT 사용자는 MCPTT 사용자 협약과 MCPTT 서비스 협정을 하나의 MCPTT 서비스 제공자와 맺을 수 있다.

MCPTT 서비스 제공자와 망 운영자는 비즈니스 관계에 따라 동일 조직의 일부일 수도 있다. 이 경우 비즈니스 관계는 하나의 조직에 따른 내부적인 일이 된다. MC 조직은 여러 개의 MCPTT 서비스 제공자와 MCPTT 서비스 협약을 맺을 수 있다. 이 경우 MC 조직의 MCPTT 사용자는 항상 단 하나의 MCPTT 제공자에 의해 서비스를 받게 된다.

MCPTT 서비스 제공자는 여러 MC 조직과 MCPTT 서비스 협정을 맺을 수 있다. MCPTT 서비스 제공자는 여러 명의 MCPTT 사용자와 MCPTT 사용자 협약과 MCPTT 서비스 협정을 맺을 수 있다.

MCPTT 서비스 제공자와 홈 PLMN 운영자는 동일한 조직의 부분이 될 수 있다. 이 경우, 이 경우 이 둘 간의 비즈니스 관계는 하나의 조직의 내부적인 일이 된다.

홈 PLMN 운영자는 복수의 MCPTT 서비스 제공업체와 PLMN 운영자 서비스 협정을 맺을 수 있고, MCPTT 서비스 제공자는 복수의 홈 PLMN 운영자와 PLMN 운영자 서비스 협정을 맺을 수 있다.

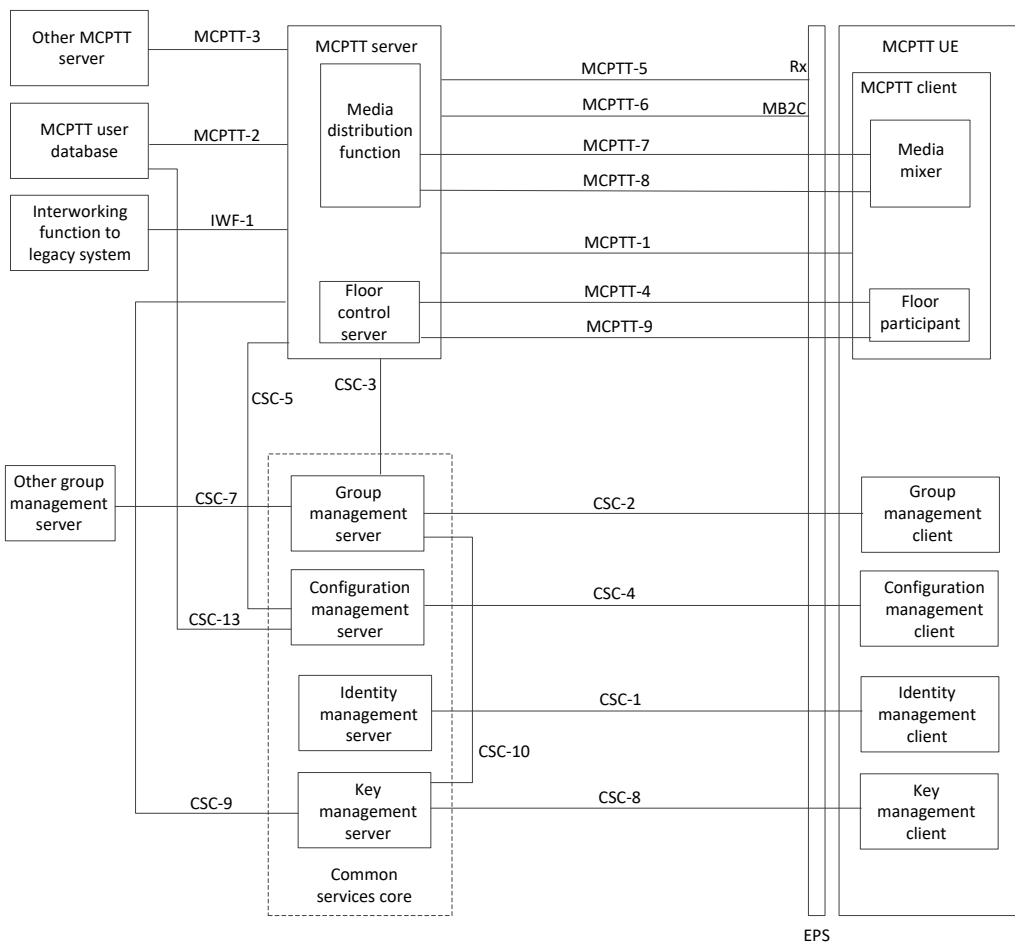
MCPTT 서비스 제공자와 홈 PLMN 운영자 간의 PLMN 운영 서비스 협정의 일부로써 PLMN 가입 협정이 제공될 수 있으며, 이는 MCPTT UE가 홈 PLMN 운영 망에 등록하는 것을 허락한다.

홈 PLMN 운영자는 복수의 방문 PLMN 운영자와 PLMN 로밍 협정을 맺을 수 있으며 방문 PLMN 운영자는 복수의 홈 PLMN 운영자와 PLMN 로밍 협정을 맺을 수 있다.

3.1.2.3 MCPTT의 기능적 모델 (Functional Model)

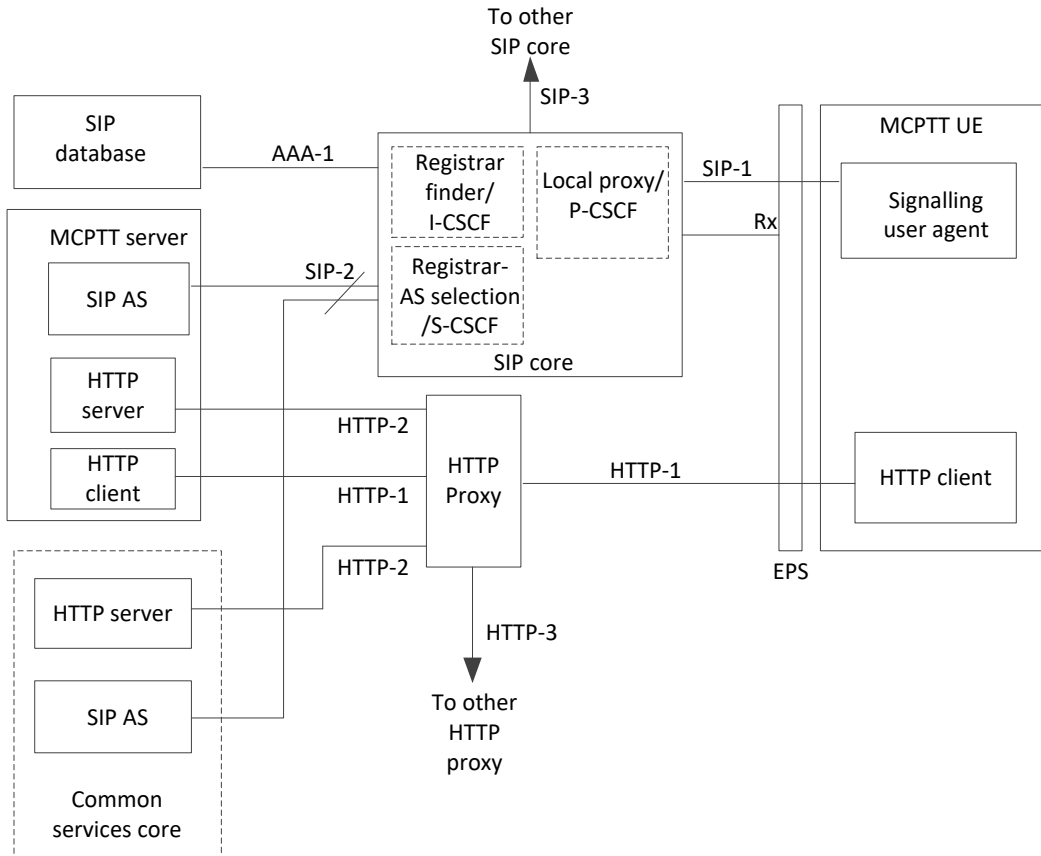
MCPTT를 지원하기 위한 기능적 모델은 구조적 설명(architectural description)을 작게 부분으로 쪼갠 연속된 평면으로 정의된다. 또한, 각 평면은 각각 독립적인 방식으로 동작하며 연결된 평면으로부터 요청이 될 때 연결된 평면에 서비스를 제공하며, 또한 연결된 평면에 서비스를 요청하는 방식으로 동작한다. 따라서, 각 평면은 각 평면의 ID와 보안(security)을 별도로 관리한다.

MCPTT를 위해서 응용 평면(Application Plane)과 시그널링 제어 평면(Signalling Control Plane)이 사용된다. 그림 3-7와 그림 3-8은 MCPTT가 On-Network로 동작할 때의 응용 평면과 시그널링 제어 평면의 기능적 모델을 각각 나타내고 있다.



출처: 3GPP TS 23.179

[그림 3-7] MCPTT 응용 평면의 기능적 모델



출처: 3GPP TS 23.179

[그림 3-8] MCPTT 시그널링 제어 평면의 기능적 모델

3.1.2.4 MCPTT와 관련된 3GPP 규격

MCPTT와 관련된 3GPP의 규격은 표 3-2에 잘 정리되어 있다.

MCPTT의 경우는 3GPP Rel-13에서 초기 기술에 대한 표준화가 완료되었으며, Rel-14과 Rel-15에서 추가적인 기능들에 대한 표준화가 진행되었다. MCVideo와 MCDData는 Rel-14에서 표준화가 시작되어 Rel-15에서 추가적인 기능들에 대한 표준화가 진행되었다.



〈표 3-2〉 MCPTT와 관련된 3GPP 규격

관련 규격	포함된 내용
TS 22.179	서비스 요구사항
TR 23.779	구조 기술보고서
TS 23.179	구조 및 메시지 절차
TR 33.879	MCPTT용 Security 기술보고서
TS 33.179	MCPTT용 Security 기술 규격
TR 26.879	MCPTT용 코덱 및 핸들링 기술보고서
TS 26.179	MCPTT용 코덱 및 핸들링 기술 규격
TS 26.346	MBMS 프로토콜 및 코덱
TS 24.379	호 제어 프로토콜
TS 24.380	미디어 제어 프로토콜(발언권 제어 포함)
TS 24.381	그룹관리 프로토콜
TS 24.382	ID관리 프로트콜
TS 24.383	관리 객체(Management Object)
TS 24.384	설정관리(Configuration Management) 프로토콜
TS 24.229	Enhancements to SIP and to SDP to support MCPTT
TS 29.165	Use of inter-IMS NNI
TS 23.003	Definition of new MCPTT related Identities
TS 23.008	Definition of new data for MCPTT
TS 29.228	IM Cx 및 Dx 인터페이스
TS 29.229	Diameter 프로토콜에 기반한 Cx 및 Dx 인터페이스
TS 29.328	IM Sh 인터페이스
TS 29.329	Diameter 프로토콜에 기반한 Sh 인터페이스
TS 31.102	MCPTT configuration of USIM
TS 31.103	MCPTT configuration of ISIM

출처: TTA 기술보고서 TTAR-06.0169

3.1.3 공공안전 및 재난통신 관련 Rel-14과 Rel-15 표준화

공공안전 및 재난통신과 관련하여 3GPP Rel-14에서 표준화된 주요 기술은 다음과 같으며, 이 표준화는 2017년 12월에 최종 완료되었다

- eMCPTT(enhanced MCPTT): MCPTT를 좀 더 진화시킨 기술
- MCVideo(Mission Critical Video): 미션 크리티컬용의 영상통신 기술
- MCDData(Mission Critical Data): 미션 크리티컬용 데이터통신 기술

3GPP SA1에서 표준화가 진행된 Rel-14 eMCPTT Stage 1 서비스 요구사항 규격은 Rel-13의 규격을 그대로 승계하면서 새로운 기술인 MCVideo 및 MCDData 등에도 적용할 필요가 있는 서비스 요구사항은 삭제하고, 공통 서비스 요구사항을 TS 22.280에 명시하여 표준화가 완료되었다.

3GPP에서는 MCVideo와 MCDData 경우에 대해서도, 2015년 12월에 각각 완료된 서비스 요구사항 기술보고서인 TR 22.879와 TR 22.880을 기반으로 eMCPTT의 경우와 유사하게 공통 서비스 요구사항은 TS 22.280으로 이관하였고, MCVideo에만 해당되는 서비스 요구사항은 TS 22.281로, MCDData에만 해당되는 서비스 요구사항은 TS 22.282로 별도로 정리하여 2016년 6월에 표준화를 완료하였다.

3GPP Rel-14에 포함된 eMCPTT, MCVideo, MCDData에 대한 서비스 요구사항은 Table 3에 다시 정리되어 있다.

〈표 3-3〉 3GPP Rel-14 eMCPTT/MCVideo/MCDData 서비스 요구사항 규격

표준화 항목	관련규격	주요 내용
MCPTT-R	TS 22.179	eMCPTT에만 적용되는 서비스 요구사항
MCCoRe	TS 22.280	eMCPTT, MCVideo, MCDData 중 2개 이상에 적용되는 공통 서비스 요구사항
MCVideo	TS 22.281	MCVideo에만 적용되는 서비스 요구사항
MCDData	TS 22.282	MCDData에만 적용되는 서비스 요구사항

출처: TTA 기술보고서 TTAR-06.0169

3GPP SA6에서는 위에서 언급한 SA1의 서비스 요구사항을 만족시키기 위해 그룹관리, ID 관리, 설정관리 등 eMCPTT, MCVideo 및 MCDData 서비스에서 공통적으로 필요한 기능들에 대한 공통 아키텍처 규격인 TS 23.280을 별도로 만들고, 또한 개별 서비스 별로 eMCPTT 전용 아키텍처 규격인 TS 23.379, MCVideo 전용 아키텍처 규격인 TS 23.281, MCDData 전용 아키텍처 규격인 TS 23.282를 각각

작성하였다. 이 응용 아키텍처 규격들은 2017년 3월에 최종 표준화가 완료되었다.

Rel-14에서 MCPTT, MCVideo, MCDData를 지원하기 위하여 아키텍처 등 기술 규격에 대한 표준화를 진행하였고, 그 주요 내용은 다음과 같다.

- TS 23.379: Functional architecture and information flows to support Mission Critical Push To Talk (MCPTT)
 - Rel-13 TS 23.179
 - Ambient listening call
 - First-to-answer call
 - Call-back request
 - Floor control of an audio cut-in enabled group
 - MCPTT emergency alert
 - Location reporting
- TS 23.280: Common functional architecture to support mission critical services
 - A common functional architecture for mission critical services
 - Identity management, group management, key management, location management and configuration management
 - Pre-established session, simultaneous session, MBMS bearer management, UE-to-network relay, emergency alert state, group affiliation, and the pre-selected MC service user profile
- TS 23.281: Functional architecture and information flows to support Mission Critical Video (MCVideo)
 - On-network pre-arranged group call and chat group call
 - Off-network group call
 - Off-network broadcast group call
 - Private call for on-network and off-network
 - MCVideo emergency alert for on-network and off-network
 - Use of UE-to-network relay
 - Transmission & reception control for on-network and off-network



3. 이동통신 진화 현황

- TS 23.281: Functional architecture and information flows to support Mission Critical Data (MCData)
 - Short data service (SDS) for on-network and off-network
 - File distribution for on-network
 - Transmission and reception control for on-network
 - Dispositions and Notifications

Rel-14에서 표준화된 공공안전 및 재난통신 관련 기술들은 Rel-15에서도 계속 진화가 되었고, Rel-15에서 표준화된 주요 기술은 다음과 같다.

- enhMCPTT(enhanced MCPTT): Enhancements to MCPTT functional architecture and information flows MCPTT의 추가적인 진화 기술
- eMCVideo(enhanced Mission Critical Video): Enhancements to MC Video Functional architecture and information flows, MCVideo의 진화 기술
- eMCData(enhanced Mission Critical Data): Enhancements to MC Data Functional architecture and information flows, MCData의 진화 기술
- MCCI(Mission Critical Communication Interworking): MC Communication Interworking between LTE and non-LTE Systems, LMR(TETRA, P.25 등)과 상호연동을 위한 기술
- MCSMI(Mission Critical System Migration and Interconnection): 서로 다른 미션 크리티컬 시스템의 상호 연결 및 이동을 위한 기술

Rel-15의 표준화는 Stage 1 서비스 요구사항 규격은 2017년 6월 SA1에서 완료되었으며, Stage 2 아키텍처 규격은 SA6에서 2017년 12월 완료되었고, Stage 3 프로토콜 표준화는 CT1에서 2018년 9월 완료되었다.

3GPP Rel-15에 포함된 enhMCPTT, eMCVideo, eMCData에 대한 서비스 요구사항은 Rel-14의 규격이 그대로 승계되었으며, 표 3-4와 같다.

〈표 3-4〉 3GPP Rel-14 enhMCPTT/eMCVideo/eMCData 서비스 요구사항 규격

표준화 항목	관련규격	주요 내용
enhMCPTT	TS 22.179	enhMCPTT에만 적용되는 서비스 요구사항
MCCoRe	TS 22.280	enhMCPTT, eMCVideo, eMCData 중 2개 이상에 적용되는 공통 서비스
eMCVideo	TS 22.281	eMCVideo에만 적용되는 서비스 요구사항
eMCData	TS 22.282	eMCData에만 적용되는 서비스 요구사항

출처: TTA 기술보고서 TTAR-06.0169

3GPP SA6에서 진행된 Stage 2 응용 아키텍처 표준화는 Rel-14과 유사하게 enhMCPTT, eMCVideo 및 eMCData 서비스에서 공통적으로 필요한 기능들에 대한 공통 아키텍처 규격인 TS 23.280을 별도로 만들었다. 또한 개별 서비스 별로 enhMCPTT 전용 아키텍처 규격인 TS 23.379, eMCVideo 전용 아키텍처 규격인 TS 23.281, eMCData 전용 아키텍처 규격인 TS 23.282를 각각 작성하였다.

또한, enhMCPTT와 LMR(TETRA, P.25 등)과의 상호연동, eMCData의 단문 메시지 서비스와 LMR과의 상호연동을 위한 아키텍처 규격인 TS 23.283을 2017년 12월에 완료하였다.

또한 enhMCPTT 등 미션 크리티컬 서비스를 제공할 때 기존의 MBMS 기능을 향상시키기 위한 MBMS_MCservices, 서로 다른 미션 크리티컬 시스템 간의 서비스 이동(Migration) 및 연결(Interconnection)을 위한 MCSMI에 대한 표준화가 진행되어 TS 23.379, TS 23.280, TS 23.281, TS 23.282 등에 포함되었다.

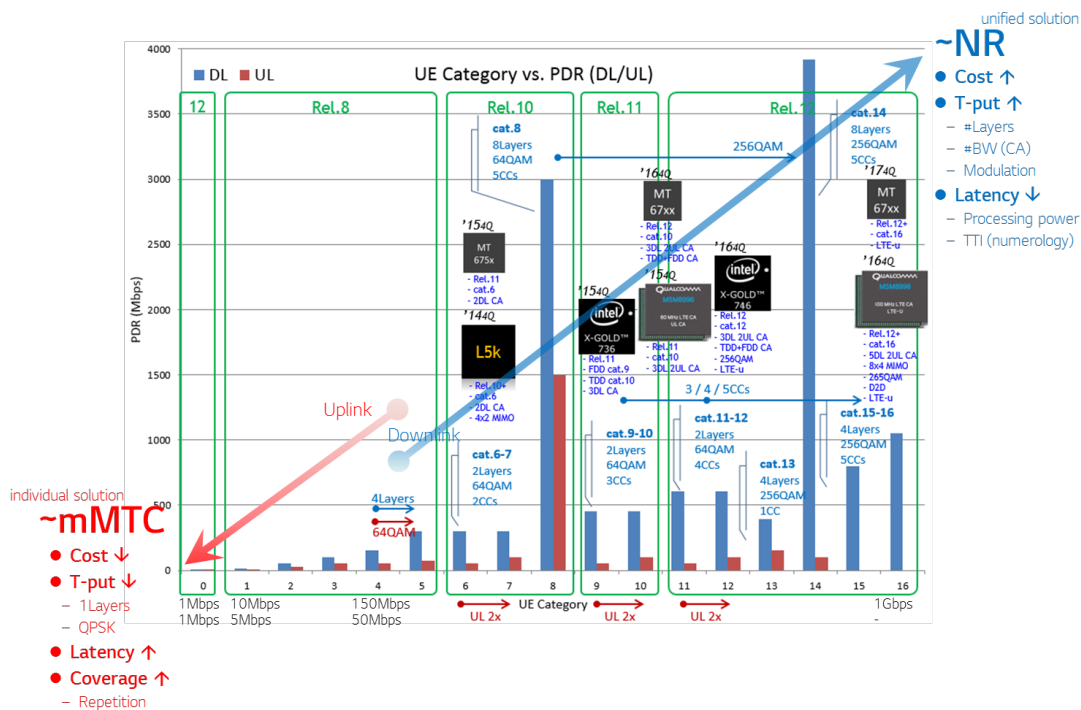


3.2 eMTC & NB-IoT

스마트 폰의 본격화와 발맞추어 상용화가 진행된 3GPP LTE 기술에 대하여 단말의 송수신 성능 기준으로 분류하는 UE category에 맞춰 단계적인 진화 양상을 3GPP Release 8부터 12까지 4개의 단계로 설명하면 다음과 같다.

- 1단계 (3GPP Release 8): LTE 관련 첫 표준이 완성된 Release 8에서 정의된 UE category 1~5
- 2단계 (3GPP Release 10): 일명 LTE-A라고 명칭되는 LTE의 진화 기술 도입으로 인한 추가적인 UE category 6~8
- 3단계 (3GPP Release 11): LTE-A의 캐리어 주파수 병합(CA)의 확장을 통해 추가되는 UE category 9~10
- 4단계 (3GPP Release 12): 256QAM 상하향링크 도입과 캐리어 주파수 병합(CA)의 경우 추가를 통해 추가되는 UE category 11~16과 low cost MTC의 도입을 통해 신규로 정의된 UE category 0

3GPP Release 12 이후의 추가적인 LTE 표준 진화를 거쳐 지속적으로 무선 데이터 전송 속도를 향상시키는 방향의 표준 기술 개발을 통해 결국 차세대 5G 표준인 NR의 eMBB (enhanced Mobile BroadBand)로 연결되는 기술 개발 방향과 더불어 무선 데이터 전송 속도 보다는 모뎀 비용 감소와 지연 감소, 커버리지 확장에 주안점을 두는 사물 통신 (Machine Type Communication: MTC) 적용을 목표로 하여 결국 차세대 5G NR의 mMTC (massive Machine Type Communication)으로 연결되는 기술 개발 방향이 있다. 그림 3-9는 상기에 설명한 3GPP LTE 단말의 기술 진화 방향에 대하여 도식적으로 표현하고 있다.



[그림 3-9] 3GPP 단말의 기술 진화 방향도

상기에서 설명하는 LTE 단말의 기술 진화 방향에 대하여 본 절에서 PS-LTE에 진화적 관점에서 LTE기반 MTC 향으로 실질적으로 고려해볼 수 있는 UE category들에 대한 주요 지원 서비스들을 분류하면 다음의 그림 3-10과 같이 고려할 수 있다.



[그림 3-10] MTC 응용 적용 대상 UE category들의 주요 지원 서비스 분류

3. 이동통신 진화 현황

우선 LTE의 가장 기본이 되는 LTE Category1 단말은 LTE의 기본적 전송 성능을 요구하고 이동성 지원이 요구되는 IoT 서비스에 활용될 수 있으며, 이와 달리 복잡도 및 cost의 적절한 감소를 목적으로 하고 저 전력 소모를 지원하는 단말 구현을 위해 eMTC 기술이 적용된 Category M1 단말과 NB-IoT 기술이 적용된 Category NB1 단말이 있다. 극단적인 저 비용 저 전력 소모를 요구하면서 전송 성능과 지연에 tolerant한 IoT 서비스 응용에는 Category NB1 단말을 사용하고, 고 신뢰 저 지연을 제공하면서 넓은 커버리지를 요구하는 IoT 서비스 응용에는 Category M1 단말을 적용하는 것을 고려할 수 있다.

이하 기술 내용에서는 일명 Low-Power Wide-Area Network (LPWAN)의 주요 후보 기술로 고려하고 있는 eMTC (UE Cat-M1)과 NB-IoT(UE Cat-NB)에 대해 중점적으로 설명한다.

3.2.1 MTC/IoT 용 Low-Power Wide-Area Network (LPWAN) 기술 소개

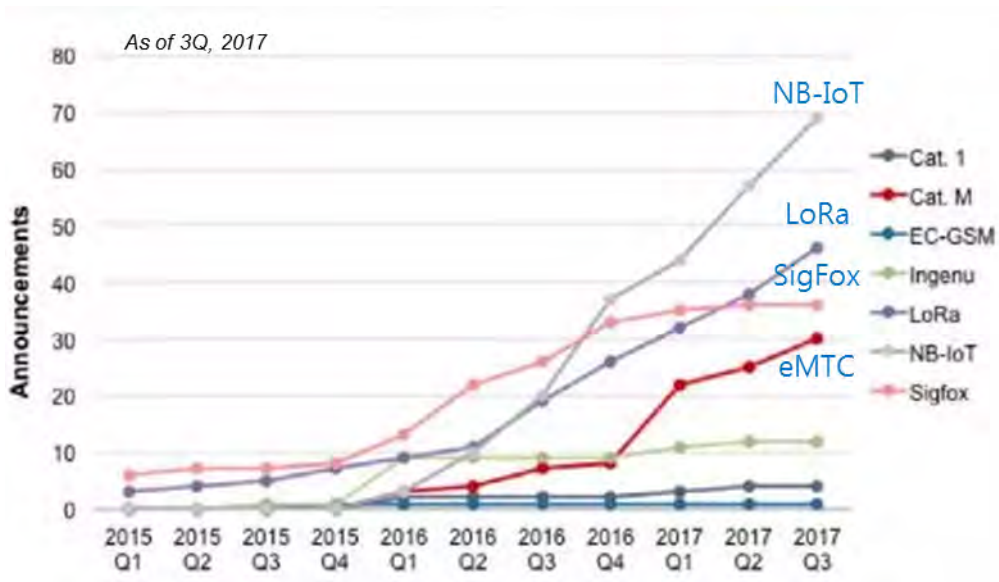
Machine Type Communication (MTC) 서비스 및 IoT 서비스를 지원하는 저 전력 광역 네트워크 (Low-Power Wide-Area Network: LPWAN) 무선 전송 기술들은 글로벌 표준 단체에서 제정하는 기술 규격과 산업계 alliance에서 개발된 기술 규격으로 구분하여 다음의 표 3-5와 같이 정리한다.

〈표 3-5〉 LPWAN 무선 전송 기술 규격

구분		기술 규격	구분		기술 규격
글로벌 표준 단체	3GPP	EC-GSM1)	산업계 Alliance	LoRaTM Alliance	LoRaWAN
		eMTC		-	SIGFOX
		NB-IoT		WEIGHTLESS SIG	Weightless-W/N/P
	ETSI	LTN2)		DASH7 Alliance	DASH7
	IEEE	IEEE802.15.4k		INGENU	RPMA
		IEEE802.15.4g		-	TELENSA
		IEEE802.11ah3)		-	QOWISIO
	IETF	6LPWA/LP-WAN		MultiFire	MultiFire

- Extended Coverage GSM IoT
- Low Throughput Networks
- Long Range Low Power

이들 무선 전송 기술 규격들 중 산업계 적용이 중점적으로 진행되고 있는 기술들은 일부 기술들에 국한되고 있으며, 해당 기술들의 글로벌 상용 적용이 선언되고 있는 경우의 수를 2015년부터 2017년까지 누적하여 도시화 하면 다음의 그림 3-11과 같다. 그림 3-11에서 명확히 나타나듯이 다수의 LPWAN 무선 전송 기술 규격들 중 3GPP NB-IoT와 eMTC의 글로벌 상용 적용 확산이 두드러지게 전개되고 있는 반면 초기에 주목받았던 SigFox는 시장 penetration이 정체되고 있다. LoRa는 시장 확산이 진행되고 있으나 유사 기술인 NB-IoT의 약진 대비 점차 격차가 벌어지고 있는 양상을 보이고 있다.



[그림 3-11] 주요 LPWAN 무선 전송 기술 규격들의 글로벌 상용화 누적 건 수

이후 3.1.2.2 절에서는 3GPP의 LTE 기반 LPWAN 기술들의 주요 특징과 표준화 진행 현황을 기술한다.

3.2.2 3GPP LTE LPWAN 기술 현황

3GPP의 LTE 기반 무선 전송 기술 규격 중 LPWAN 기술로 고려할 수 있는 eMTC와 NB-IoT는 모두 Release 12 시점에 진행된 MTC 표준화를 통한 LTE Category 단말 무선 전송 기술 규격으로부터 단계 별로 도출된 서비스 응용 요구사항을 만족하기 위한 기술 지원을 목표로 Release 13 시점에 표준화가 진행되었다. 즉, eMTC는 기존 MTC 대비 상하향 링크 데이터 전송률은 동일하게 지원하는 반면, 단말의 하향링크 수신 대역을 제한하고 상향링크 최대 출력 전력을 제한하는 등의 방법으로 MTC 대비 좀 더

복잡도, 전력 소모의 감소 시키는 것을 목표로 한다. 또한 NB-IoT는 용도에 특정하여 상하향 링크 데이터 전송률을 크게 감소시키고 협폭의 전송 대역과 상향링크 전송 신호 파형의 단순화 등의 기술 적용을 통해 단말 무선 송수신 기능 복잡도 및 전력 소모를 목표로 하고 타겟 서비스 응용에 기반한 음성 통화 기능을 배제시키고 단말 이동 지원을 제한시키는 특징을 가지고 있다. 3GPP Release 13의 eMTC와 NB-IoT 무선 기술 규격의 주요 기술 특징들을 LTE 단말 Category1과 Release 12의 MTC에 대비하여 정리하면 다음 표 3-6과 같다.

〈표 3-6〉 3GPP LPWAN 무선 전송 규격들의 주요 기술 특징

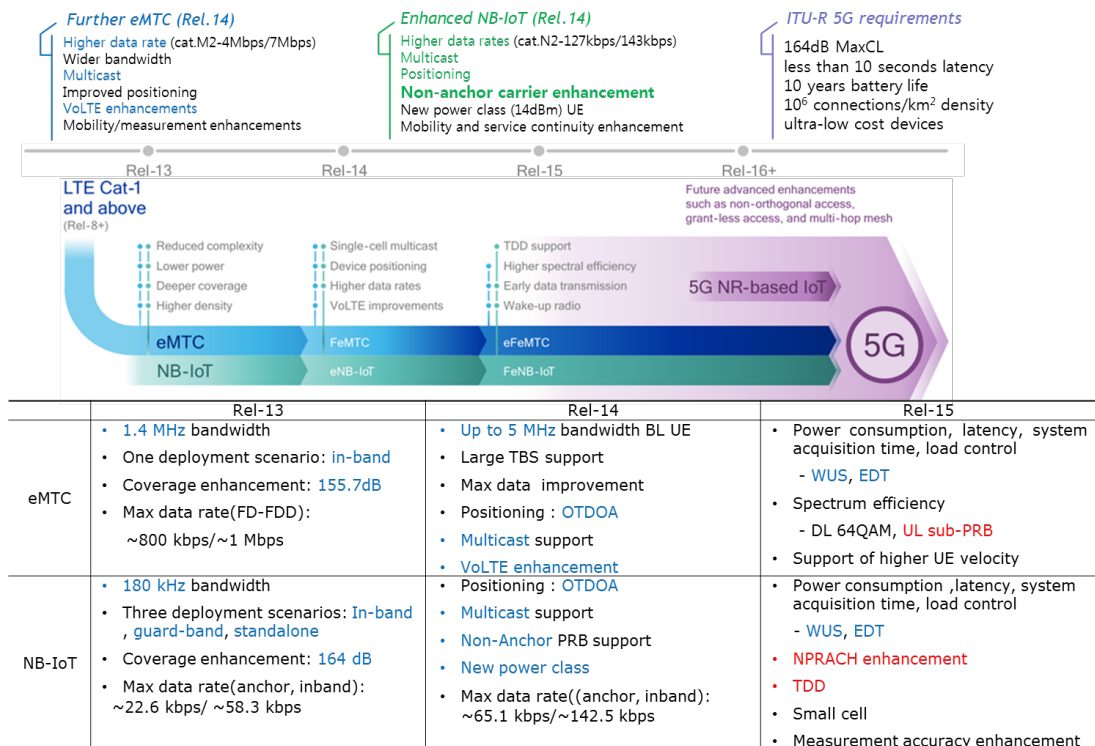
	High-end IoT	MTC	eMTC	NB-IoT
	Rel-8 Cat-1	Rel-12 Cat-0	Rel-13 Cat-M1	Rel-13 Cat-NB1
Downlink peak rate	10 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	21.25kbps
Uplink peak rate	5 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	62.5kbps
#Rx antennas	2 (but single-layer only)	1	1	1
Duplex mode	Full duplex	Half duplex (opt)	Half duplex (opt)	Half duplex
Deployment	In-band LTE	In-band LTE	In-band LTE	In-band, Guard-band, Standalone
Downlink waveform	20MHz, OFDMA	20MHz, OFDMA	1.4MHz, OFDMA	180kHz, OFDMA
Downlink modulation & coding	TBCC & Turbo, 64QAM	TBCC & Turbo, 16QAM	Turbo, 16QAM	TBCC, QPSK
Uplink waveform	20MHz, SC-FDMA	1.4MHz, SC-FDMA	1.4MHz, SC-FDMA	Single tone w/ (3.75 or 15KHz), SC-FDMA w/ 15KHz
Uplink modulation & coding	TBCC, Reed-Muller, Turbo, 64QAM	Turbo, 16QAM	Turbo, 16QAM	Turbo Code, QPSK
Physical channel	-	-	MPDCH	NPSS, NSSS, NPBCH, NPDCCH, NPDSCH, NPRACH, NPUSCH
Relative complexity	100 %	50 %	25 %	10%
Mobility	Full mobility		Limited-to-full mobility	Cell reselection only
Voice	VoLTE		VoLTE	No voice support
Transmit power	23 dBm		23, 20dBm	23, 20dBm

3GPP의 대표적인 LPWAN 무선 전송 기술 규격인 eMTC와 NB-IoT는 3GPP Release 13에 첫 표준화가 진행되었고 이후 Release 14와 Release 15를 통해 개별적인 기술 진화에 대한 표준화가 진행되었다. 3GPP Release 13에서 RAN은 Release 12 MTC 기술 규격에 대하여 보다 타겟 응용 서비스의 기술 수요에 대응하는 형태로 eMTC 표준화를 진행하는 가운데 보다 저 전송률 및 저 복잡도를 겨냥하여 3GPP GERAN에서 진행되고 있던 EC-GSM 표준을 시장 분화를 회피하기 위해 3GPP RAN으로

이관하여 NB-IoT 표준화로 병행 진행하였다. 이를 통해 도출된 3GPP RAN Release 13의 eMTC와 NB-IoT는 대체로 단말 저 복잡도, 저 전력 소모, 커버리지 확장, 증대된 연결 밀도 지원을 지원하는데 중점을 두고 지원 기술들을 표준에 반영하였다.

eMTC와 NB-IoT에 대한 기술 진화를 목표로 3GPP RAN Release 14에서 진행된 표준화에서는 단일 셀 multicase, 단말 측위 지원, 데이터 전송률 강화, VoLTE 기능 편입을 주요 기술 목표로 무선 전송 기술 규격 진화를 진행하였다. 그리고 3GPP RAN Release 15 표준화에서는 eMTC와 NB-IoT 무선 기술 규격들의 TDD 지원, 스펙트럼 효율성 향상, 데이터 전송 지연 감소, 효과적인 전력 소모 관리를 위한 Wake-up radio 기능 도입들을 목표로 요구 기능 규격 편입을 진행하였다.

eMTC와 NB-IoT 무선 전송 기술 규격의 표준화 단계별 기술 진화의 주요 특징들을 도면과 표로 나타내면 다음 그림 3-12와 같다.

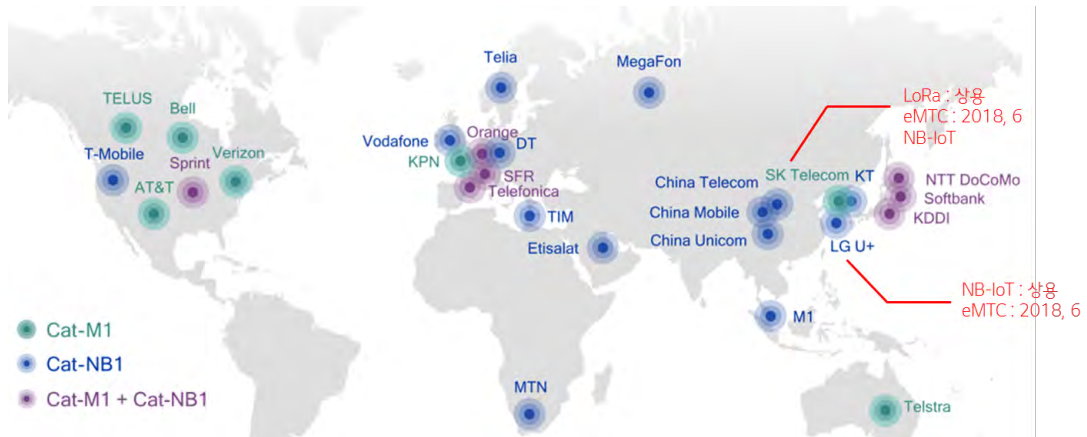


[그림 3-12] 표준화 단계 별 eMTC 및 NB-IoT 무선 전송 기술 규격의 주요 기술 특징

3GPP eMTC 및 NB-IoT 무선 전송 기술 규격들은 이후 글로벌 통신 사업자들을 통해 상용화가 추진되고 있으며 일부 사업자들은 상용 망 구축을 완료하고 있다. 글로벌 통신 사업자들의 상용 대상 기술을 eMTC 및

3. 이동통신 진화 현황

NB-IoT의 두 기술의 선택 내지 조합하는 경우들을 구분하여 도시하면 다음의 그림 3-13과 같다.



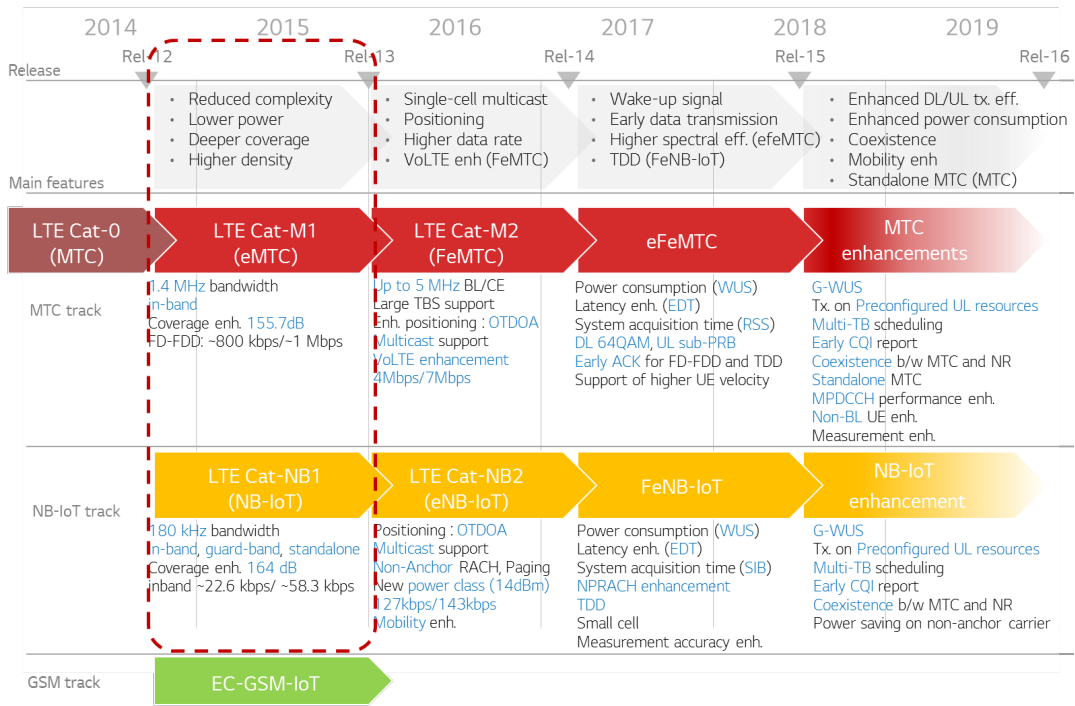
[그림 3-13] 글로벌 통신 사업자 별 상용화 대상 3GPP 무선 전송 기술 규격 채택 현황

3.2.3 eMTC & NB-IoT 기술 상세

본 절에서는 eMTC와 NB-IoT의 무선 전송 기술 규격들의 진화를 Release 13에서부터 Release 15까지의 3GPP RAN 표준화 단계 별 주요 적용 기술들을 기술하고 현재 진행 중인 Release 16의 주요 표준화 진행 현황을 소개한다.

3.2.3.1 Release 13 eMTC / NB-IoT

3GPP Release 13에서의 eMTC 및 NB-IoT에 대한 주요 표준화 기술 목표와 도입 기술 사항들은 그림 3-14과 같다.



[그림 3-14] 3GPP Release 13에서의 eMTC 및 NB-IoT의 주요 기술 목표 및 도입 기술

우선 eMTC와 NB-IoT의 주요 기술 사항들을 구분하여 다음과 같이 정리하여 기술한다.

1) Release 13 eMTC

eMTC 단말들은 요구되는 무선 커버리지 요구에 따라 다음 표 3-7과 같이 2가지 CE(Coverage Enhancement) 모드로 구분한다.

〈표 3-7〉 Release 13 eMTC 단말 CE Mode 별 주요 특징, 응용

Mode	주요 특징	대표 응용
CE Mode A	- 커버리지 확장을 지원하지 않거나 작게 지원함. - 이동성 및 전송률 향상을 위한 CSI 피드백 지원함.	Smart watch
CE Mode B	- 기존 LTE FDD 기준 15dB 커버리지 확장 지원함. - 제한된 이동성 지원하고 CSI 피드백 미 지원함.	Smart sensors

상기 eMTC 단말의 CE 모드 별로 하기의 단말 동작이 다르게 정의된다.

- MPDCCH의 search space 구성 및 단말 monitoring
- DCI format 설계
- 데이터 전송, 수신
- PUCCH 전송 기법
- CST 측정 및 report
- SRS 전송

eMTC 단말의 CE 모드 별로 CE 레벨이 정의되고 CE 모드는 eNB의 설정에 의해 RRC 메시지로 구성되나 각 모드 별 레벨은 단말(UE)에 의해 결정된다. 단말의 레벨 결정은 RSRP 측정에 기반하며 각 레벨 별로 미리 지정한 time, frequency, preamble의 PRACH 자원의 단말 선택에 의해 기지국이 해당 레벨 정보를 파악하게 된다. 다음의 표 3-8은 단말의 CE 모드와 레벨 별 주요 PRACH 동작과 상향 링크 커버리지 확장 기대 이득을 정리하고 있다.

〈표 3-8〉 Release 13 eMTC 단말 CE 모드 및 레벨 별 주요 PRACH 동작 및 CE 기대 이득

Mode	Level	PRACH 전송 방식	CE 기대 이득 (LTE 대비)
Mode A	Level 1	No repetition for PRACH	0 dB for both DL and UL
	Level 2	Small number of repetition for PRACH	5 dB for DL, 6dB for UL
Mode B	Level 3	Medium number of repetition for PRACH	10 dB for DL, 12 dB for UL
	Level 4	Large number of repetition for PRACH	15 dB for DL, 18 dB for UL

eMTC 단말의 CE Mode A는 LTE 단말 Category 1과 동등 내지 약간 증가한 커버리지를 전제로 하며, 단일 수신 안테나 사용, 6PRB의 협폭 전송 대역 사용과 상향링크 전송 전력 감소의 커버리지 감소 요인은 수 번의 전송 반복에 의하여 보상되는 형태로 기술들이 정의된다. 또한 LTE와 동일한 상향링크 전력 제어 알고리즘을 적용하여 DCI 포맷 6-0A, 6-1A, 3, 3A에 의해 제어 커맨드를 받아 조절하고, 반복 전송 모드가 적용될 때 반복 구간 내의 상향링크 전송 전력은 동일하게 유지된다.

반면 eMTC 단말의 CE Mode B는 LTE 단말 Category 1 대비 15dB 수준(하향링크 기준)까지의 커버리지 확장을 위해 전송 물리채널들을 상대적으로 많은 수의 반복하는 형태로 전송하는 기술들을 적용하며, 특히 상향링크 PUCCH 및 PUSCH의 전송 전력은 항상 최대 값으로 고정하고 전력 제어를 적용하지 않음에 따라 해당 모드에 적용되는 DCI 포맷 6-0B, 6-1B에서는 전력 제어 커맨드 필드가 정의되지 않는다.

eMTC 단말의 Random Access (RA) 과정은 상기 표 3-9에서 기술된 바와 같이 PRACH CE(Coverage Enhancement) 레벨과 PRACH 자원 셋 간의 SIB (System Information Block)에 의해 구성되는 1:1 매핑으로 정의되는 것을 이용하여 단말의 CE 모드는 RRC로 구성되고 레벨은 단말의 RSRP 측정에 의해 자율적으로 선택된다. 만약 설정된 레벨로 시도된 RA 과정 상의 RA response(RAR)을 후속으로 받지 못하는 경우 다음 CE 레벨이 선택되어 PRACH 전송을 수행하게 된다.

eMTC 단말의 하향링크 전송 모드, 즉 C-RNTI에 의해 구성되는 MPDCCH와 PDSCH의 전송 모드들의 가능한 구성은 하기 표 3-9와 같고 CE 모드 별 CSI 피드백 유무에 맞춰 모드 구성이 이루어진다.

〈표 3-9〉 Release 13 eMTC 하향링크 가용 전송 모드 구성

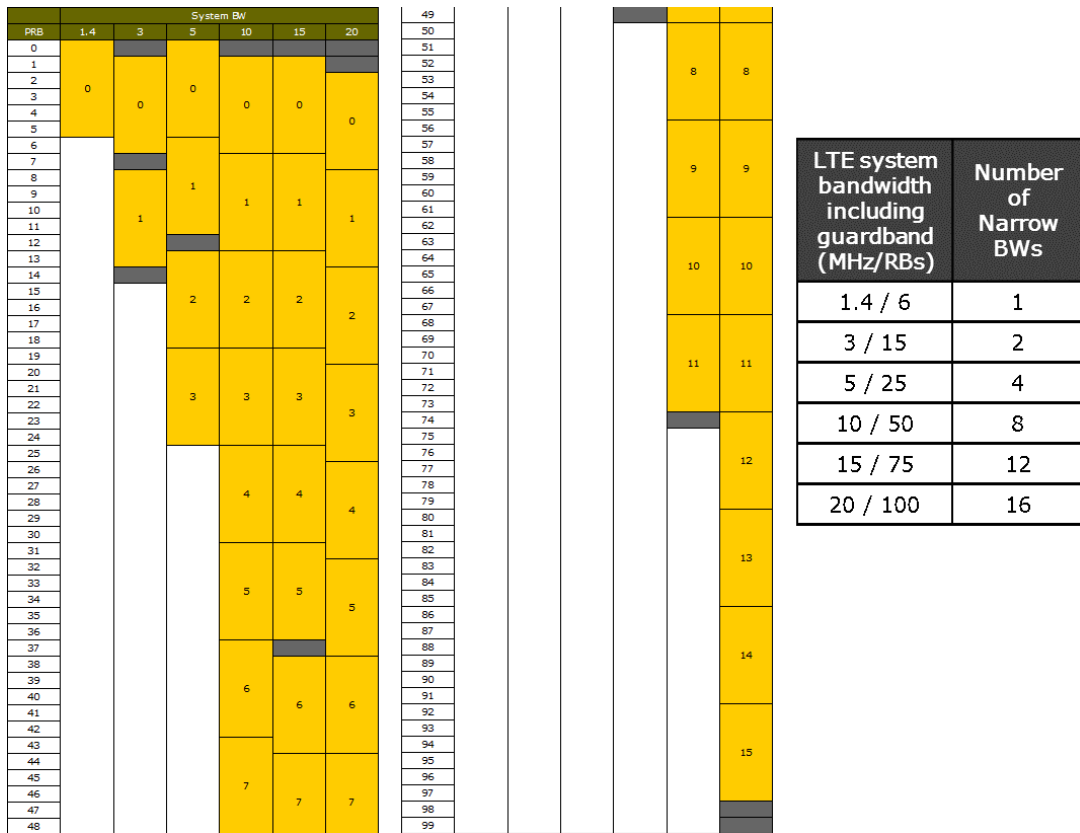
Transmission mode	DCI format	Search Space	Transmission scheme of PDSCH corresponding to MPDCCH
Mode 1	6-1A	Type0-Common	Single-antenna port, port 0 (see subclause 7.1.1)
	6-1A or 6-1B	UE specific by C-RNTI	
Mode 2	6-1A	Type0-Common	Transmit diversity (see subclause 7.1.2)
	6-1A or 6-1B	UE specific by C-RNTI	
Mode 6	6-1A	Type0-Common	Transmit diversity (see subclause 7.1.2)
	6-1A	UE specific by C-RNTI	
Mode 9	6-1A	Type0-Common	- Non-MBSFN subframe: If the number of PBCH antenna ports is one, Single-antenna port, port 0 is used (see subclause 7.1.1), otherwise Transmit diversity (see subclause 7.1.2) - MBSFN subframe: Single-antenna port, port 7 (see subclause 7.1.1)
	6-1A	UE specific by C-RNTI	Single-antenna port, port 7 or 8 (see subclause 7.1.1)
	6-1B	UE specific by C-RNTI	Single-antenna port, port 7 (see subclause 7.1.1)

eMTC 단말의 또 다른 특징은 상하향 링크 전송에 있어 RF 및 baseband bandwidth를 1.4MHz로 협폭화시킴으로 인해 eMTC 단말의 송수신 복잡도 및 전력 소모를 효과적으로 감소시킨다는 점이다. 이러한 협폭 송수신을 하는 eMTC 단말들이 모든 기존 20MHz까지의 LTE 주파수 밴드 상에서 동작할 수 있게 하는 기술이 핵심이며, 이 때 기존 LTE의 전체 시스템 bandwidth를 활용하는 PDCCH, PHICH, PCFICH를 수신하는 것이 가능하지 않기 때문에 다음과 같은 하향 제어 정보 전달 방식의 변환을 통해 송수신을 지원하게 된다.

- 기존 PDCCH는 EPCCH 기반으로 설계된 MPDCCH로 변환
- 기존 PCFICH 상의 CFI 정보는 SIB를 통해 전송하는 것으로 변환

- 기존 PHICH의 상향 ACK/NACK 정보는 MPDCCH를 implicit하게 인지되도록 변환

기존 LTE 주파수 밴드 상에서 eMTC 단말의 송수신을 위한 협폭 대역 (narrow bandwidth)는 연속된 6개의 PRB 단위로 서로 겹치지 않게 복수 개의 협폭 대역으로 지정된다. 기존 LTE 시스템 대역 상에서 eMTC를 위한 협폭 대역을 지정하는 방법은 다음을 도시화하여 표현하면 그림 3-15와 같다.



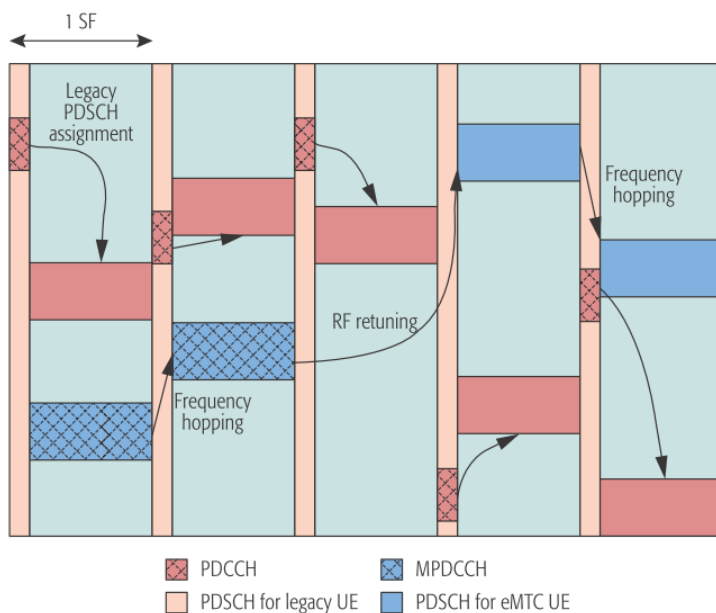
[그림 3-15] LTE 시스템 대역 상에서 eMTC용 협폭 대역 (narrow bandwidth) 정의하는 방법

eMTC 단말에 대한 상하향 링크 데이터 채널 전송에 관련하여 데이터 전송 물리 채널 스케줄링과 HARQ 관점에서 다음과 같은 기술 사항들이 표준에 적용되고 있다.

- Cross-narrowband/-subframe scheduling (DL)

기존 LTE 시스템 대역 상에서 복수 개의 eMTC용 협폭 대역이 정의됨에 따라 MPDCCH를 수신받은 단말은 후속하는 subframe 상에서 MPDCCH가 전송된 협폭 대역과 다른 협폭 대역으로부터 eMTC용

PDSCH를 수신하는 기능을 도입하였다. 이에 대한 예시는 그림 3-16과 같다. 이러한 기능을 원활히 지원하기 위하여 MPDCCH에서 다른 협폭 밴드의 PDSCH를 수신하는 경우 RF 상의 narrowband retuning에 필요한 시간에 대해 guard time을 제공하기 위하여 PDSCH 수신 narrowband의 하나 또는 최대 두개의 심볼에서는 단말이 PDSCH를 수신하지 않는 기법을 적용한다.



[그림 3-16] eMTC의 하향 물리 제어/데이터 채널 전송에 대한 cross-narrowband/-subframe 스케줄링

■ HARQ

eMTC 상하향 링크 전송에 있어서 HARQ 프로세스 수는 CE 모드 A인 경우 LTE와 동일하게 설정하는 반면 CE 모드 B인 경우 반복 전송을 고려하여 상하향 링크 전송에 대해 모두 2개의 HARQ 프로세스를 설정하는 방법을 적용한다. 이와 함께 상하향 링크 전송에 있어 모두 비동기 adaptive HARQ 방식을 적용하여 모든 재전송은 MPDCCH에 의한 스케줄링을 수행하며, 앞에서 설명한 바와 같이 상향 전송에 대한 단말 PHICH 수신은 적용하지 않는다.

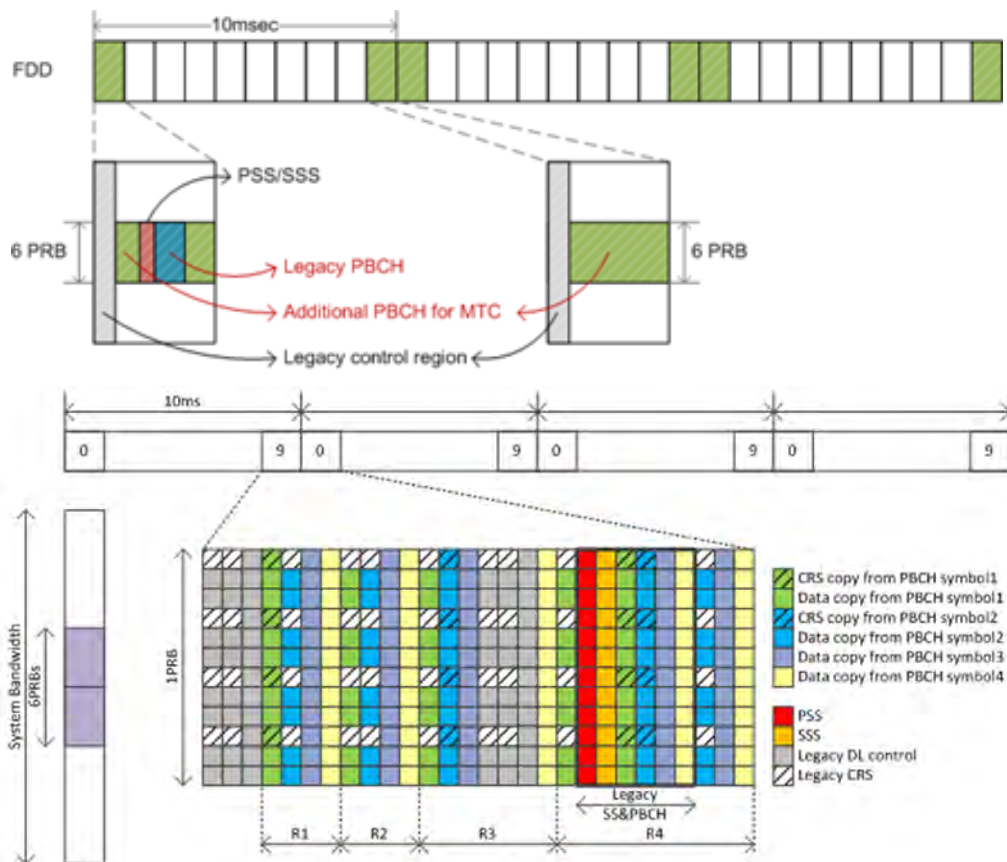
eMTC 단말이 하향링크 동기 및 시스템 중요 정보 전송을 위한 PSS, SSS, PBCH을 수신하기 위한 해당 신호 설계는 그림 3-17와 같이 도시화하여 적용한다.

■ PSS/SSS

LTE 기존 PSS/SSS와 동일하게 설계된 신호로 eMTC 단말은 detection을 수행한다.

■ PBCH (FDD)

eMTC 단말을 위한 PBCH는 주파수 밴드 상의 중앙 6개의 PRB를 통해 subframe #0과 #9를 통해 전송되며 최소 4번의 반복 전송을 수행하게 된다. 이때 효과적인 주파수 옷셋 추적 기능을 제공하기 위하여 서로 다른 OFDM 심볼 상에서 PBCH 반복이 수행될 때 정확하게 동일한 constellation point들을 반복시키는 방식으로 구현한다. 이러한 MIB 정보는 기존의 MIB에 부가하여 eMTC 전용 SIB1-BR의 스케줄링 정보도 포함하여 전송된다. SIB1-BR 내에는 시스템 정보 반복 전송 window 정보와 eMTC 전송이 진행되는 subframe 셋 정보, MPDCCH/PDSCH 전송 시작 OFDM 심볼 지시자가 포함되어 있다.



[그림 3-17] eMTC 향 PSS/SSS/PBCH 전송 구조

eMTC를 위해 적용되는 MPDCCH를 통해 전송되는 하향링크 제어정보 (DCI) 포맷은 단말 CE 모드에

다른 UE-specific 스케줄링 정보와 전력 제어 정보와 더불어 페이징 및 direct indication의 단말 공통 정보에 따라 표 3-10과 같이 DCI format들을 정의한다.

〈표 3-10〉 Release 13 eMTC 용 MPDCCH DCI format

DCI Type	단말 CE Mode	DCI Formats	용도
UE-specific	Mode A	6-0A	PUSCH scheduling
		6-1A	PD SCH scheduling
		6-3	PUCCH power control
		6-3A	PUSCH power control
	Mode B	6-0B	PUSCH scheduling
		6-1B	PD SCH scheduling
UE-Common	공통	6-2	Paging, direct indication

MPDCCH의 단말 search space의 type들을 DCI 종류에 따라 표 3-11과 같이 정의하고 적용한다.

〈표 3-11〉 eMTC 용 MPDCCH의 search space 종류 및 단말 CE type 별 지원 여부

Search space type _{cecc}	Purpose	CE mode A	CE mode B
Type 0-MPDCCH CSS (common search space)	Fallback, TPC	O	X
Type 1-MPDCCH CSS	Paging	O	O
Type 2-MPDCCH CSS	RAR/Msg3 retx/Msg4 scheduling	O	O
MPDCCH UESS (UE-specific search space)	UE-specific PUSCH/PD SCH scheduling	O	O

eMTC 단말들은 위한 협폭 대역들을 통해 필요한 상향링크 제어 정보 (UCI)를 기지국에 전달하기 위하여 PUCCH를 전송하는데 이때 전송하는 PUCCH format들과 용도를 표 3-12에 표현하고 있다. 이때 eMTC 단말의 PUCCH 및 PUSCH 상향링크 전송은 두개의 협폭 대역에 걸쳐 주파수 diversity 이득을 얻기 위해 frequency hopping을 적용하며 이때의 RF retuning을 지원하기 위한 quad time은 subframe 경계에서 물리 채널 종류에 따라 다음과 같은 방법으로 2개의 심볼로서 정의된다.

- PUSCH to PUSCH 또는 PUCCH to PUCCH



3. 이동통신 진화 현황

(Case 1) 이전 subframe의 마지막 심볼과 다음 subframe의 첫 번째 심볼에서 신호 미 전송

■ PUCCH to PUSCH

(Case 2) Shortened PUCCH 적용 시 다음 subframe의 첫 번째 심볼에서 신호 미 전송

(Case 3) Case 2가 아닌 경우, 다음 subframe의 처음 2개의 심볼에서 신호 미 전송

■ PUSCH to PUCCH

(Case 4) 이전 subframe의 마지막 2개의 심볼에서 신호 미 전송

〈표 3-12〉 eMTC 단말 CE 모드 별 사용하는 PUCCH format 및 용도

PUCCH Format		UCI information
Format 1		Scheduling Request(SR)
Format 1a		1-bit HARQ ACK/NACK with/without SR
Format 1b <i>CE mode A only</i>	FDD (1CC)	2-bit HARQ ACK/NACK with/without SR (This is for MIMO, 1 bit for each transport block)
	FDD (2CC)	4-bit HARQ ACK/NACK with channel selection
	TDD (1CC)	4-bit HARQ ACK/NACK
Format 2 <i>CE mode A only</i>		CQI (20 coded bits)
Format 2 <i>CE mode A only</i>		CQI and 1 or 2 bit HARQ ACK/NACK - 20 bits - Extended CP only
Format 2a <i>CE mode A only</i>		CQI and 1 bit HARQ ACK/NACK - (20 + 1 coded bits)
Format 2b		CQI and 2 bit HARQ ACK/NACK - (20 + 2 coded bits)
Format 3	FDD(up to 5CC)	up to 10 bit HARQ ACK
	TDD(up to 5CC)	up to 20 bit HARQ ACK
Format 3	FDD(up to 5CC)	11 bit corresponding to 10 bit HARQ ACK and 1 bit positive/negative SR
	TDD(up to 5CC)	21 bit corresponding to 20 bit HARQ ACK and 1 bit positive/negative SR
Format 3		HARQ-ACK, 1-bit positive/negative SR (if any) and CSI report(s).
Format 4		more than 22 bits of UCI including HARQ-ACK, SR (if any) and periodic CSI report(s) (if any).
Format 4		more than one CSI report and SR (if any).
Format 5		more than 22 bits of UCI including HARQ-ACK, SR (if any) and periodic CSI report(s) (if any).
Format 5		more than one CSI report and SR (if any).

2) Release 13 NB-IoT

Release 13 eMTC가 LTE 물리 채널들을 많은 부분 재 사용하여 표준화 기술 설계가 진행된 데 반하여 Release 13 NB-IoT는 상당한 수준의 물리 채널/신호들의 신규 설계가 적용되며 표 3-13 상의 파란 글씨로 표시된 물리 채널들과 신호들이 신규로 기술 설계가 이루어진 것을 의미한다.

〈표 3-13〉 Release-13 NB-IoT의 신규 기술 설계 진행된 물리 채널/신호 들

		Legacy LTE	Rel.13 eMTC	Rel.13 NB-IoT
DL	Synchronization signals and channel	PSS	PSS	NPSS
		SSS	SSS	NSSS
		PBCH	(Extended) PBCH	NPBCH
	Control channels	PCFICH	-	-
		PHICH	-	-
		PDCCH	-	NPDCCH
		ePDCCH	MPDCCH	-
	Data channels	PDSCH	PDSCH	NPDSCH
		PMCH	-	-
	Reference signals	CRS	CRS	NRS
		MBSFN-RS	-	-
		DMRS	DMRS	-
		PRS	-	-
		CSI-RS	-	-
UL	Synchronization signal	PRACH	PRACH	NPRACH
	Control channels	PUCCH	PUCCH	-
	Data channel	PUSCH	PUSCH	NPUSCH
	Reference signals	DMRS	DMRS	DMRS
		SRS	SRS	-

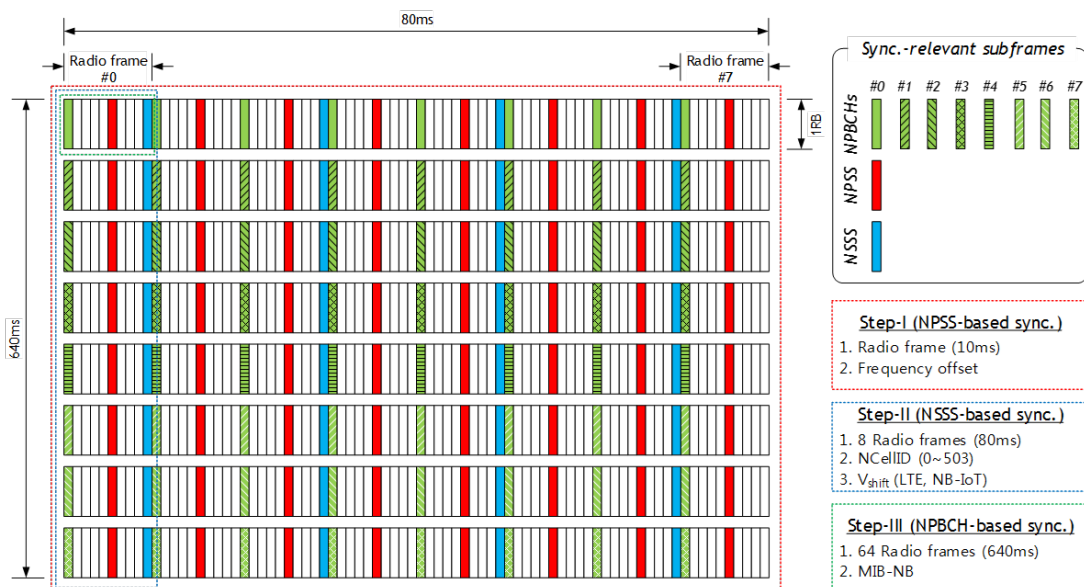
상기 표 3-13에서 표현하는 NB-IoT의 각 물리 채널 및 신호들의 기존 LTE와의 차이점과 특징들을 간략히 표 3-14에 기술한다.



〈표 3-14〉 Release 13 NB-IoT의 물리채널/신호들에 대한 LTE와 차이점 비교

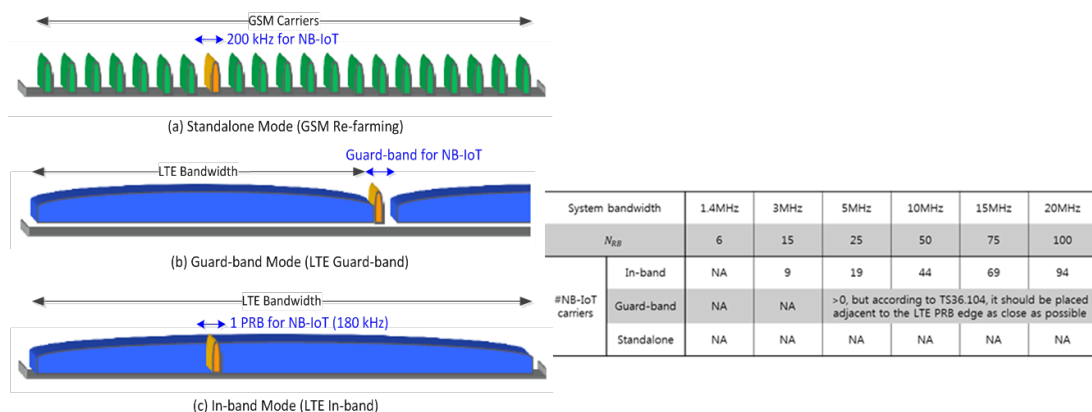
		NB-IoT	LTE
DL	NPSS	- New sequence for fitting into one PRB - All cells share one NPSS	- PSS overlaps with middle 6 PRBs - All cells share 3 PSSs
	NSSS	- New sequence for fitting into one PRB - NSSS provides the 3 LSBs of SFN	- SSS overlaps with middle 6 PRBs - SSS does not
	NRS	- The last two OFDM symbols of each slot for Antenna port 0&1 - Transmitted in DL SFs valid and not transmitting NPSS/NSSS - One NRS per downlink NB-IoT antenna port - # of NB-IoT antenna ports is 1 or 2	
	NPBCH	- 640 ms TTI	- 40 ms TTI
	NPDCCCH	- May use multiple PRBs in time (i.e. multiple subframes)	- Uses multiple PRBs in frequency
	NPDSCH	- TBCC and only one redundancy version - QPSK - Maximum TB size is 680 bits - Only single-layer transmission	- Turbo Code with multiple redundancy version - Higher order modulations - Higher TB sizes - Multiple spatial-multiplexing layers
UL	NPRACH	- New preamble format based on single-tone frequency hopping using 3.75kHz tone spacing	- Occupies 6 PRBs and uses multi-tone transmission format with 1.25kHz subcarriers spacing
	NPUSCH (format1)	- Support UE bandwidth allocation smaller than one PRB - Support both 15 and 3.75 kHz numerology for single-tone transmission - $\pi/2$ BPSK and $\pi/4$ QPSK for single-tone transmission - Maximum TB size is 1000 bits - Only single-layer transmission	- Minimum bandwidth allocation is 1 PRB - 15 kHz numerology - regular QPSK and higher order modulations - Higher TB sizes - Multiple spatial-multiplexing layers
	NPUSCH (format2)	- 1/16 Block code - Only single-layer transmission	- 1/3 TBCC, Block code with variable coding rate - Multiple spatial-multiplexing layers

상기 표 3-14에서 기술한 NB-IoT의 NPSS, NSSS, NPBCH 신호 구성 및 전송 방법에 따라 무선 프레임 구조와 3단계 하향링크 동기화 과정을 그림 3-18에 도시한다.



[그림 3-18] NB-IoT의 NPSS, NSSS, NPBCH 무선 프레임 구조 및 하향링크 동기화 과정

NB-IoT 무선 전송 기술의 동작 모드들로서 그림 3-19과 같이 GSM 캐리어 refarming 차원의 standalone 모드, LTE 캐리어의 guard band 동작 모드, 그리고 LTE 캐리어 내 in-band 동작 모드의 세 가지 동작 모드들이 정의되어 있으며, 이를 지원하기 위한 전송 기술들이 설계되어 있다.

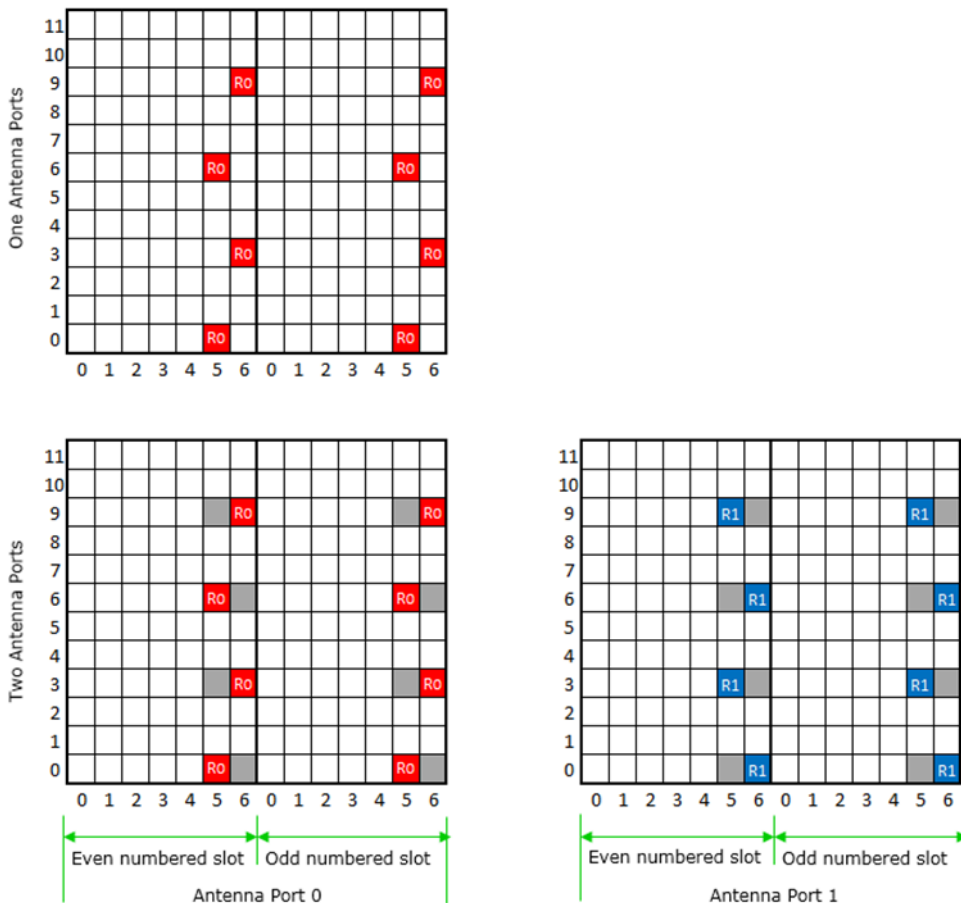


[그림 3-19] Release 13 NB-IoT의 3 가지 동작 모드 및 주파수 bandwidth 정의

NB-IoT의 NPDCCH와 NPDSCH의 전송은 연속된 subframe에서 이루어지는 것이 아니라 NB-IoT

3. 이동통신 진화 현황

전송 가능 subframe을 알려주는 10비트 내지 40비트의 RRC 시그널링에 의해 전달되는 정보에 의해 지시되는 subframe에서만 가능하다. 또 한가지 NB-IoT의 고유한 점은 NB-IoT 전송이 가능하고 NPSS와 NSSS가 전송되지 않는 모든 subframe에서 데이터 전송 유무와 상관없이 LTE CRS의 역할을 대신하거나 부연하는 narrowband reference signal (NRS)가 그림 3-20의 패턴으로 전송된다는 점이다.



[그림 3-20] NB-IoT의 1 Tx. port와 2 Tx. port NRS 패턴

이때의 NB-IoT 단말 procedure의 reference가 되는 LTE CRS, NB-IoT NRS간 power ratio는 in-band 모드 상의 같은 PCI 관계에서 RRC 메시지로 정의되며, NRS와 NPBCH/ NPDCCH/NPDSCH 간 power ratio는 NRS가 1 tx.port인 경우 동일 power, 2 tx. port인 경우 3dB 높게 정의한다.

NB-IoT의 하향링크 물리 제어 채널인 NPDCCH의 변조 심볼들이 매핑되는 RE(resource element)들은

NRS 인접 심볼들에 매핑하고 in-band 동작모드에서는 CRS 인접 심볼들에 매핑하는 방식으로 reliability를 강화하며, NB-IoT의 여러 동작 모드에 적절하게 대응하는 차원에서 NPDCCH 전송의 시작 ODM 심볼을 시스템 정보로서 NB-SIB1을 통해 시그널링된다. 또한 2개의 narrowband control channel element (NCCE)들이 정의되며 NPDCCH format 0는 하나의 NCCE를 통해 전송되고, NPDCCH format 1은 두 개의 NCCE 모두를 사용하여 전송된다.

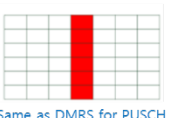
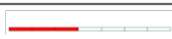
NPDCCH의 search space로서 Type 1 (페이징 용)과 Type2 (RA 용)의 2가지 종류의 common search space와 UE 별 스케줄링 물리 제어 채널이 전송되는 UE-specific search space가 정의된다. 그리고 스케줄링 NPDCCH와 NPUSCH 내지 NPDSCH 간의 time gap을 표 3-15에 정의되는 DCI 포맷에 따라 정의하게 되는데, DCI format N0와 N1인 경우 NPDCCH와 NPUSCH 간 적어도 8 subframe, NPDCCH와 NPDSCH 간 적어도 5 subframe의 time gap이 적용되며 DCI format N2의 경우 적어도 10 subframe의 time gap이 적용된다.

〈표 3-15〉 NB-IoT의 DCI Format 종류

DCI Format	Size / bit	Content
N0	23	UL grant
N1	23	NPDSCH scheduling RACH procedure initiated by NPDCCH order
N2	15	Paging and direct indication

NB-IoT의 상향링크 물리 데이터 전송 채널인 NPUSCH은 3.75kHz와 15kHz의 서브캐리어 spacing의 option을 가지고 2 가지 resource unit format들로서 그림 3-21 내의 table로 주요 전송 자원 및 변조 방식들을 기술하고 예시적 자원 설정을 도시하고 있다. 이때 사용되는 DMRS는 서브캐리어 spacing option 별도 표 3-16의 패턴으로 설계하여 적용한다.

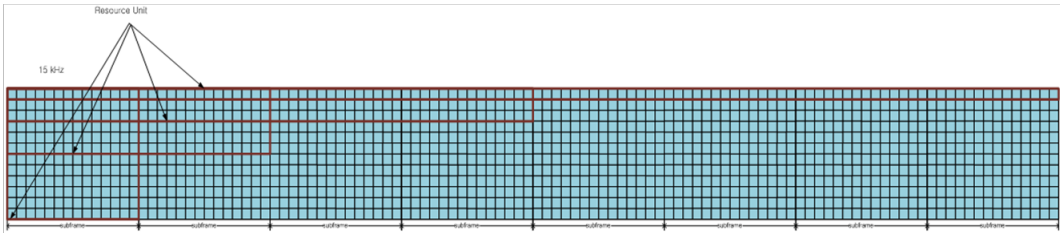
〈표 3-16〉 NB-IoT NPUSCH DMRS 패턴

	3.75kHz	15kHz
NPUSCH format 1		
NPUSCH format 2		

3. 이동통신 진화 현황

		Subcarrier spacing					
		3.75kHz			15kHz		
		#subcarriers	#slots	Modulation	#subcarriers	#slots	Modulation
RU	Format 1	1	16 (32ms)	$\pi/2$ -BPSK, $\pi/4$ -QPSK	1	16 (8ms)	$\pi/2$ -BPSK, $\pi/4$ -QPSK
					3	8 (4ms)	QPSK
					6	4 (2ms)	QPSK
					12	2 (1ms)	QPSK
	Format 2	1	4 (8ms)	$\pi/2$ -BPSK	1	4 (2ms)	$\pi/2$ -BPSK

NPUSCH format 1 (15kHz)



NPUSCH format 1 (3.75kHz) - Unused porting to avoid collision with LTE SRS



[그림 3-21] NB-IoT NPUSCH의 Resource Unit 포맷 별 주요 자원 설정 및 변조 기법

NB-IoT의 NPRACH는 CP 길이의 종류에 따라 4심볼 길이의 preamble 시퀀스와 결합하여 Format 0의 경우 1.4ms, Format 1의 경우 1.6ms의 길이를 가지며 항상 3.75kHz의 서브캐리어 spacing을 갖고 NPRACH resource는 12/24/35/48 연속된 서브캐리어들로 구성되는 set으로 정의된다. 또한 PRACH가 반복 전송되는 경우 4심볼로 구성되는 심볼 그룹 단위로 hopping하는데 그 difference는 12 서브캐리어 이내로 한정된다.

NB-IoT는 임의의 하향링크 및 상향링크 전용으로 페이징과 PRACH가 각각 전송되는 anchor 캐리어에 부가하여 하향링크, 상향링크의 add 캐리어를 구성하는 형태의 multi-carrier NB-IoT로 동작할 수 있으며, 단말 이동성 지원을 위한 핸드오버 기능은 배제하고 RRC_IDLE 상태에서의 cell re-selection 기능을 적용하여 일련의 이동성을 지원하고 있다.

3.2.3.2 Release 14 feMTC / eNB-IoT

Release 13에서 신규 무선 전송 기술 규격으로 표준화가 진행된 eMTC와 NB-IoT에 이어 이 두 무선 기술 규격에 대한 진화 기술의 표준화가 각각 feMTC와 eNB-IoT 아이টে으로 Release 14에서 이루어졌는데, 주요한 진화 기술들을 정리하면 표 3-17과 같다.

〈표 3-17〉 Release 14 feMTC 및 eNB-IoT 주요 진화 기술 아이টে 리스트

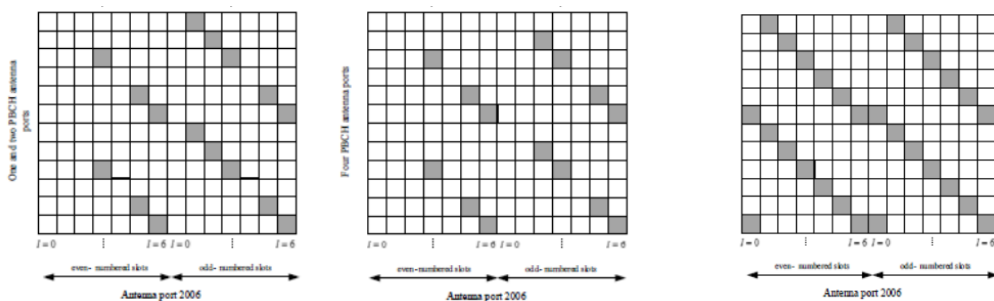
구분	진화 기술 목록
feMTC/eNB-IoT 공통	OTDOA (셀룰러 기반 측위 기술) Multicast Higher data rate support
feMTC 고유	VoLTE 기능 강화
eNB-IoT 고유	Non-anchor PRB enhancement

본 절의 이하에서는 Release 14에서 도입하는 기술 아이টে 별로 주요 기술 특징들을 기술한다.

1) OTDOA Positioning

Release 14 feMTC에서는 기존 LTE PRS 패턴을 그대로 적용하면서 좀 더 진보적인 기술로서 임의의 셀에서 복수개의 PRS 시-주파수 패턴들을 전송하는 기능을 포함하여 보다 잦은 주기로 PRS를 전송할 수 있고 주파수 hopping을 적용하는 capability를 강화하였다.

반면 Release 14 eNB-IoT에서는 기존 LTE PRS 패턴의 기본 설계를 재활용하면서 3가지 동작 모드 별로 “Part A”, “Part B”, “Part A+B” 기반으로 PRS 패턴을 구성하는 방법을 적용한다. 그림 3-22의 a)는 in-band 동작 모드의 NPRS 패턴이며, b)는 stand-alone 및 guard band의 NPRS 패턴이다.

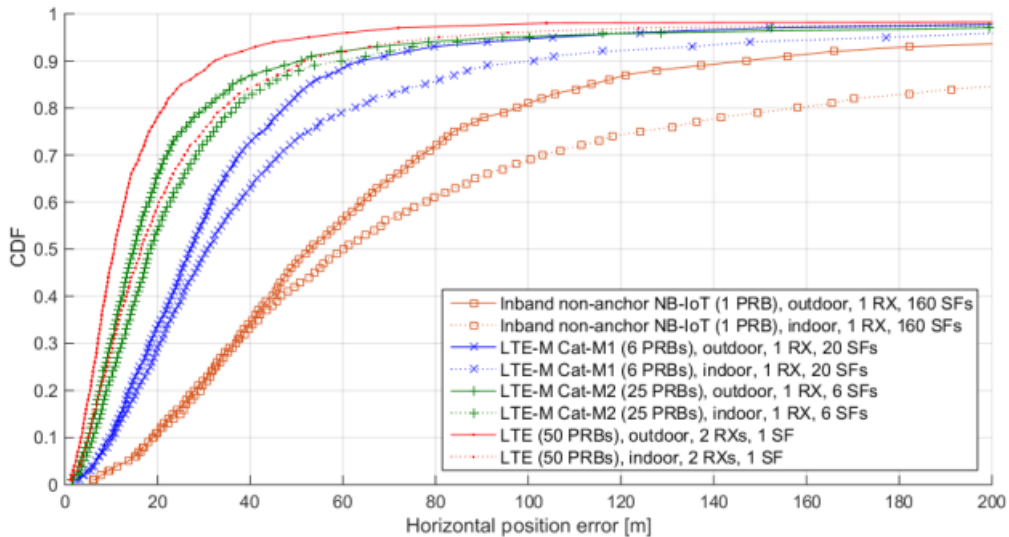


a) In-band 동작 모드

b) Stand-alone 및 guard band 동작 모드

[그림 3-22] eNB-IoT의 동작 모드 별 NPRS 패턴

기존 LTE OTDOA 대비 feMTC (Cat-M1/2)와 eNB-IoT의 OTDOA 간 측위 정확도에 대한 상호 비교시뮬레이션 결과를 그림 3-23에 도시한다. 여전히 2개의 수신 안테나와 많은 PRB를 통해 PRS를 전송할 수 있는 LTE OTDOA 대비 feMTC 및 eNB-IoT의 OTDOA 정확도가 열위의 성능을 보이나 응용 서비스 특성에 따라 OTDOA 기능을 활용할 가치가 여전히 있다.



[그림 3-23] LTE OTDOA 대비 feMTC 및 eNB-IoT OTDOA 성능 비교 시뮬레이션 결과

2) Multicast

Release 14 feMTC 및 eNB-IoT에서는 SC-PtM 적용을 통한 multicast 기능을 지원하기 위해 제어정보 전송을 위한 SC-MCCH와 데이터 전송을 위한 SC-MTCH을 도입하였다. SC-MCCH는 SC-MTCH 스케줄링과 구성을 위한 제어 정보를 전송하는 역할을 수행하는 logical 채널이며 SC-MTCH는 multicast traffic 데이터를 전송하는 logical 채널로서 최대 64개의 복수 SC-MTCH 구성하는 capability를 갖고 feMTC의 경우 6PRB(Cat-M1) 상에서 최대 TBS 사이즈 1000비트까지, 24PRB(Cat-M2) 상에서 최대 TBS 사이즈 4008비트까지 전송 지원한다. eNB-IoT의 경우 Cat-NB2의 경우 최대 TBS 사이즈 2536비트까지 전송 지원한다.

3) Higher data rate support

Release 14 feMTC에서는 새로운 단말 Category인 Cat-M2를 5MHz 채널 BW와 더 큰 최대 TBS를 통해 기존 eMTC의 하향링크 최대 300kbps, 상향링크 최대 375kbps에서 하향링크 최대 2.4Mbps, 상향링크 2.6Mbps까지 데이터 전송률을 향상하였다. 이와 함께 FDD의 DL HARQ 프로세스 수의 10개

확장, HD-FDD의 HARQ-ACK bundling을 비롯하여 frequency retuning 고속화 지원을 포함한다.

반면 Release 14 eNB-IoT에서는 NPUSCH와 NPDSCH에 대한 TBS 사이즈 증대를 중심으로 한 신규 단말 Category인 Cat-NB2를 정의하고, 기존 NB-IoT의 하향링크 최대 25kbps, 상향링크 최대 65kbps에서 하향링크 최대 127kbps, 상향링크 159kbps로 데이터 전송률을 향상하였다. 이와 더불어 2 HARQ 프로세스를 도입하여 데이터 전송 신뢰도를 향상하는 capability를 포함한다.

4) Enhanced VoLTE (feMTC only)

Release 14 feMTC에서는 기존 VoLTE에 비해 PUSCH의 반복 전송 수와 modulation order를 최적화하고 PDSCH를 위한 HARQ-ACK 타이밍의 유연성, SRS 커버리지 강화를 통해 강화된 형태의 VoLTE를 지원한다. (CE Mode A 만 지원함.)

5) Non-anchor PRB enhancement (eNB-IoT only)

Release 14 eNB-IoT에서는 기존 NB-IoT에서 connected mode에서만 지원되던 non-anchor 캐리어를 idle mode에서도 페이징 및 PRACH 전송을 하는데 사용할 수 있도록 하고, 최대 상하향링크 캐리어 16개까지 페이징이나 RA과정 상의 Msg1 (PRACH) 및 Msg3 전송하는데 사용되는 것을 지원한다.

3.2.3.3 Release 15 efeMTC / feNB-IoT

Release 14의 feMTC 및 eNB-IoT에 이어 Release 15에서도 efeMTC 및 feNB-IoT 표준화 아이템으로 진화 기술 표준화가 진행되었는데, 주요한 진화 기술들을 정리하면 표 3-18과 같다.

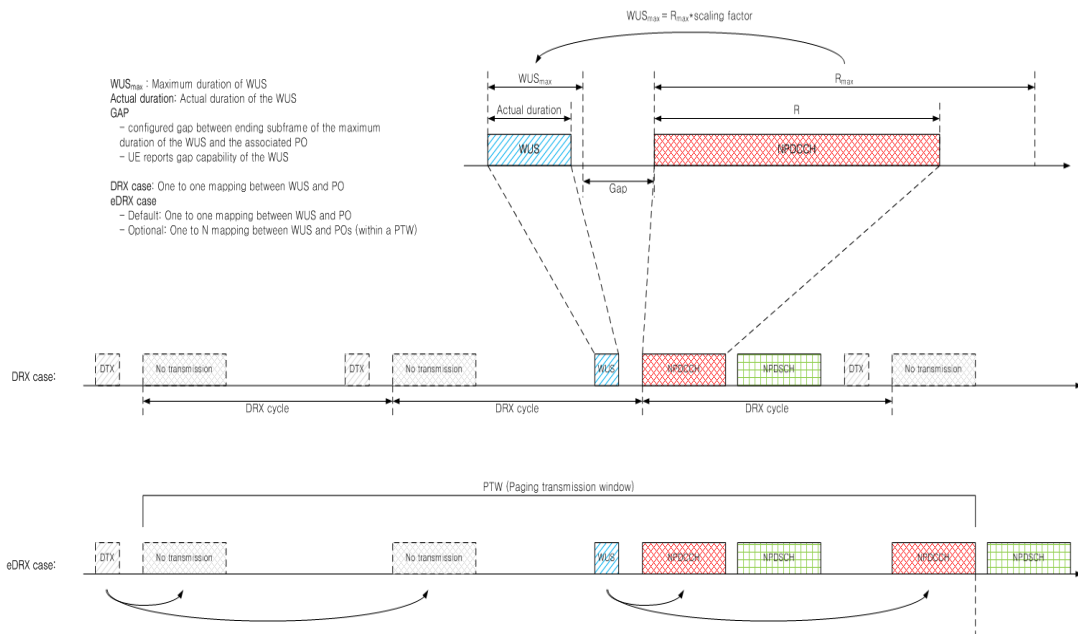
〈표 3-18〉 Release 15 efeMTC 및 feNB-IoT 주요 진화 기술 아이템 리스트

구분	진화 기술 목록
efeMTC/feNB-IoT 공통	Wake-up mechanism Early data transmission during RA Higher data rate support
efeMTC 고유	Sub-PRB allocation for PUSCH Early UL Tx. Termination
feNB-IoT 고유	UL scheduling request

본 절의 이하에서는 Release 14에서 도입하는 기술 아이템 별로 주요 기술 특징들을 기술한다.

1) Wake-up Mechanism

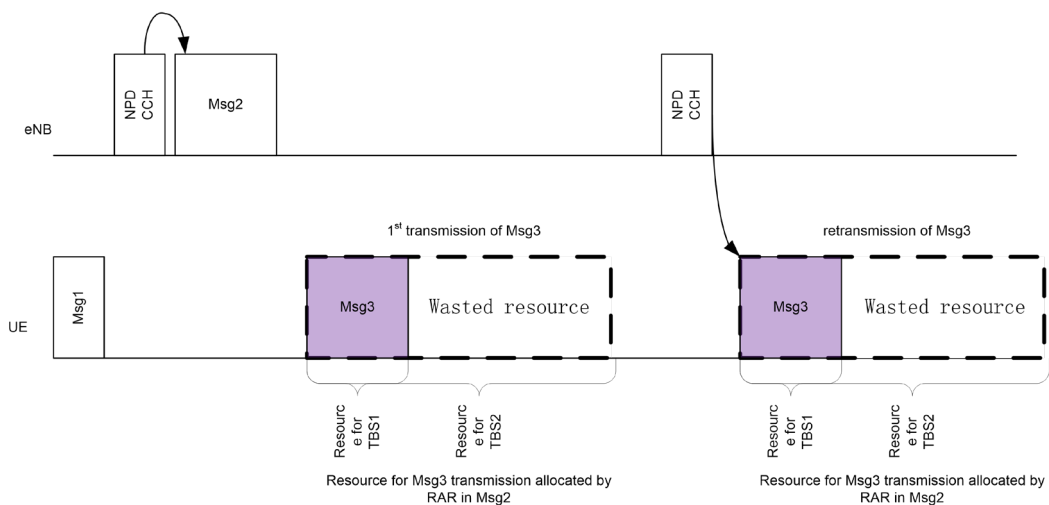
Release 15 eMTC 및 feNB-IoT에서는 효과적인 단말 하향링크 수신 전력 소모를 관리하는 목적으로 기지국이 DRX 상태 내지 RRC-IDLE 단말의 페이징을 수신하는 단말로 하여금 후속하는 하나 이상의 하향링크 물리 제어 채널과 물리 데이터 채널의 디코딩을 수행할 지 여부를 지시하는 물리 신호 채널인 WUS (Wake-Up Signal)을 새로이 정의하여 적용한다. 그림 3-24은 feNB-IoT 단말의 WUS 수신을 통한 후속 NPDCCH 및 NPDSCH 디코딩 수행 방법을 도시하고 있다.



[그림 3-24] feNB-IoT 단말의 WUS 수신에 따른 후속 NPDCCH/NPDSCH 수신 절차

2) Early Data Transmission

Release 15 eMTC 및 feNB-IoT에서는 상향링크 short 패킷 전송을 빠르고 효과적으로 전송하기 위한 방법으로 RA 과정 상의 메시지 3 단말 상향링크 전송 시 본래의 메시지3에 추가하여 단말 데이터 패킷을 다중화하여 전송할 수 있도록 TBS 사이즈를 조절하는 기능을 도입하여 그림 3-25과 같은 방법으로 상향링크 데이터 전송 가능하도록 설정한다.



[그림 3-25] RA 메시지3를 통한 상향링크 데이터 전송하는 TBS 설정 방법

3) PUSCH Sub-PRB Allocation / Early UL Tx. Termination for eMTC, Scheduling Request for feNB-IoT

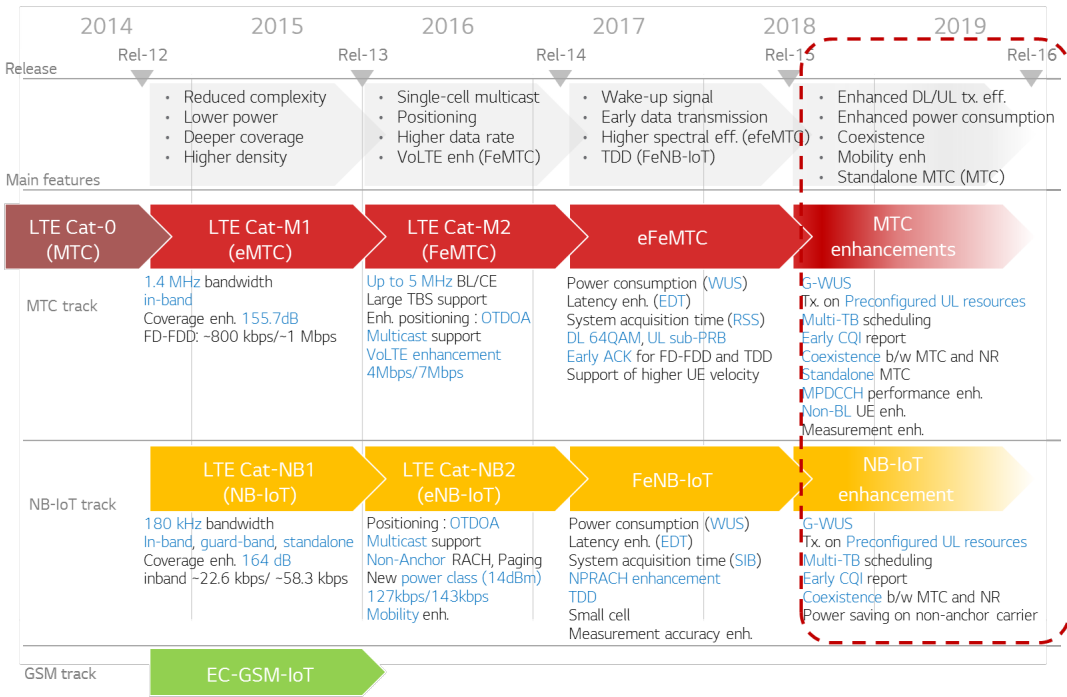
Release 15 eMTC에서는 6개의 PRB로 구성되는 협폭 대역 내에서 상향링크 PUSCH의 스케줄링 자원 할당 granularity를 보다 세밀화하는 방법으로 하나의 PRB를 구성하는 12 서브캐리어 이내로 주파수 resource unit을 2/3/6개의 서브캐리어로 설정하는 것을 지원한다. 이와 함께 상향링크 PUSCH를 반복시켜 전송하는 window 중간에서 기지국이 수신 성공을 중간에 성공하는 경우에 HARQ-ACK 정보를 단말에게 전달하여 후속하는 PUSCH 반복 전송을 중단하게 하는 방법을 적용한다.

Release 15 feNB-IoT에서는 단말이 상향링크 전송할 데이터에 대한 상향링크 스케줄링 요청하는 기능을 추가한다. 이를 위하여 기존 NPUSCH format 2 내의 HARQ-ACK 피드백 정보에 스케줄링 요청 여부에 대한 길이 16의 cover code를 적용하는 방법과 non-contention 기반 스케줄링 요청 목적의 NPRACH를 전송시키는 방법을 도입한다. 이와 함께 상향링크 전송 버퍼 상태 보고 (BSR)는 SPS 방법으로 스케줄링하는 방법도 같이 도입한다.

3.2.3.4 Release 16 C-IoT

2020년 3월 완료를 목표로 진행 중인 Release 16의 LTE-A Pro기반 Cellular IoT에서는 5G NR과의 공존 지원과 상향링크 전송률 및 reliability 등을 강화하는 목적으로 그림 3-26과 같은 목록의 표준화 기술 아이템 도입을 추진하고 있다.

3. 이동통신 진화 현황



[그림 3-26] Release 16 C-IoT 주요 추진 기술 아이템

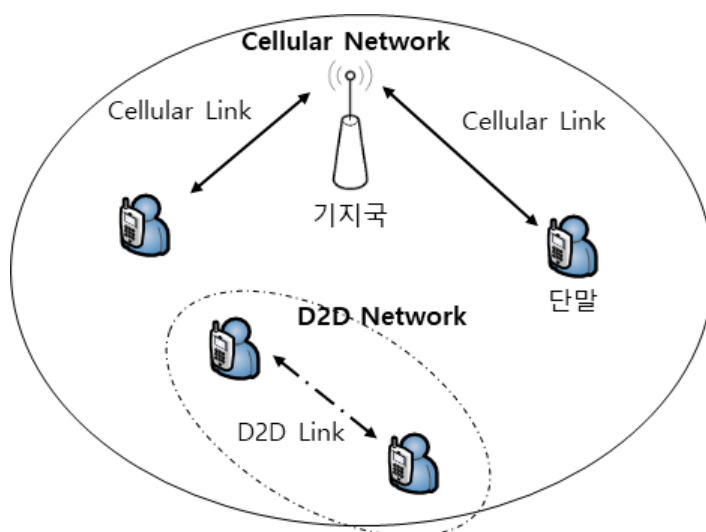
3.3 3GPP Sidelink

단말 간 직접통신을 의미하는 D2D (Device to Device)기술은 기지국을 거치지 않고 단말간 직접통신을 통해 망의 부하를 낮추어줄 뿐만 아니라, 인프라가 없는 환경에서도 인접 단말간 통신을 가능케함으로써 공공안전망에서의 응용이 용이하다. 이에 따라 본 절에서는 3GPP에서의 D2D 무선접속규격인 Sidelink 규격 기술에 대해 살펴본다.

3.3.1 D2D 개요

D2D란 그림 3-27 처럼, 기존의 기지국을 통하여 기지국 커버리지 내부에서 통신하는 셀룰러 통신이 아닌, 기지국을 활용하지 않고 단말과 단말 사이에 직접적으로 통신하는 기술을 의미한다. 기존 D2D 기술은 단거리 통신으로 많이 알려져 있는 Zigbee, Bluetooth, Wi-Fi Direct를 예로 들 수 있는데, 기존의 D2D 방식은 비면허 대역에서의 동작으로 인해 간섭에 따라 서비스 제어가 어려워 통신 품질의 한계를 보여주며,

통심 범위 제한이라는 단점이 있다. 이에 따라 면허대역을 활용한 D2D 통신에 대한 관심이 증가되고, 무선 통신 관련 국제 표준을 제정하는 표준화 기술 협력기구 단체인 3GPP (3rd Generation Partnership Project)의 LTE-Advanced Releases 12에서 단말간 직접통신을 위해 ProSe (Proximity Service)라는 명칭으로 표준화를 진행하였다.



[그림 3-27] D2D Communication

ProSe는 셀룰러 네트워크와 동일한 주파수 자원을 사용함으로써 주파수 자원의 효율성을 높일 수 있고, 단말간 상호 인접성에 기반한 다양한 응용 서비스를 고려할 있다. 이에 따라 그림 3-28과 같이 사용자 주변 음식점 광고 및 버스 도착 알림 서비스 등과 같은 IoT(Internet of Things) 서비스에 적용하기 위한 방안에 대해서도 다양한 연구가 이루어져 왔다 [1]. 또한 더 나아가 빠르게 이동하는 차량환경에서 차량 대 차량간 통신하는 V2V (Vehicle to Vehicle)는 짧은 지연시간 및 ProSe의 기지국 인프라를 사용하지 않는 특징에 따른 이점을 통해 충족시키기 적합하며, 이를 적용하기 위해 많은 기술적 연구가 진행 중이다 [2].

특히 ProSe는 기지국 인프라를 사용하지 않고 통신이 가능하기 때문에 지진, 태풍, 쓰나미 등과 같은 네트워크 인프라가 손상될 수 있는 재난 상황에서도 지속적인 통신 안정성을 보장해줄 수 있다. 이에 따라 700MHz 대역을 사용하는 공공 재난안전통신망인 PS-LTE(Public Safety LTE)의 주요 통신 기술로 ProSe를 포함시켜 3GPP Release 13에서 표준화하기 위해 TR 23.713에서 PS-LTE에 ProSe를 적용하기 위한 구조적 요구사항을 논의한 바 있다. [3]



[그림 3-28] Proximity Service를 활용한 근접 통신 예 [1]

3.3.2 3GPP에서의 D2D 표준화 동향

3GPP는 SA (Service and Architecture), RAN (Radio Access Network), CT (Core Network & Terminals), GERAN (GSM EDGE Radio Access Network) 4개의 기술 규격 그룹(Technical Specification Group, TSG)으로 나뉘어져 있다.

TSG SA는 서비스 및 구조에 대한 규격을 다루며, 내부 WG (Working Group)인 SA1 그룹에서는 ProSe 통신 서비스를 제공하기 위한 시나리오 및 요구사항에 대해 다루고 있다. ProSe 시나리오 규격에 대한 논의 내용은 TR 22.803에 기술되며, TS 22.278에서 시나리오 및 규격에 따른 ProSe 요구사항에 대한 표준화를 완료했다. SA2 그룹에서는 ProSe 서비스 지원에 대한 네트워크 구조 모델을 정의하고 설계하기 위한 논의를 하며, 이에 대한 내용을 TR 23.703에 기술했다. ProSe의 모델에 따른 구조와 통신 기술에 대한 표준화는 TS 23.303에서 서술된다. TSG RAN그룹에서는 네트워크 무선 인터페이스에 대해 정의하며, RAN 그룹에서는 공공 재난안전통신망에서 ProSe 동작을 위한 Sidelink란 새로운 채널을 제안하였다. RAN1 그룹은 D2D의 통신 채널인 Sidelink 채널에 대한 물리계층 표준을, RAN2 그룹은 MAC(Medium Access Control) 계층의 접근 절차 및 무선 인터페이스, Protocol 형식에 대한 표준기술을 제정한다. TSG CT그룹에서는 단말 서비스에 대한 Protocol구성 및 통신 절차에 대한 표준화를 담당하고 있으며, TS 24.334와 29.343에서 MAC PDU(Protocol Data Unit)구성, Message 전달과정 및 ProSe 표준 기술에 따른 요청 절차에 대한 표준화 내용을 다룬다. 표 3-19에서는 ProSe 규격 및 표준화에 참여한 그룹에 따른 표준화 및 기술적 논의를 기술한 문서에 대해 보여준다.

〈표 3-19〉 Proximity Service 규격 및 표준화 참여 그룹에 따른 문서

Group	TS (Technical Specification)	TR (Technical Report)
SA1	-TS 22.278 'Service requirements for the Evolved Packet System' -TS 22.115 'Service aspects : charging and billing'	-TR 22.803 'Feasibility study for proximity service'
SA2	-TS 23.303 'Proximity-based services'	-TR 23.703 'Study on architecture enhancements to support proximity services' -TR 23.713 'Study on extended architecture support for proximity-based services'
RAN1	-TS 36.211 'Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation' -TS 36.212 'Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding'	-TR 36.843 'Feasibility Study on LTE Device to Device proximity services; Radio aspects'
RAN2	-TS 36.300 'Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description' -TS 36.321 'Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control protocol specification' -TS 36.331 'Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification'	-TR 36.746 'Study on further enhancements to LTE Device to Device (D2D), UE to network relays for Internet of Things (IoT) and wearables'
CT1	-TS 24.334 'Proximity-services (ProSe) User Equipment (UE) to ProSe function protocol aspects'	
CT3	-TS 29.343 'Proximity-service function to ProSe application server aspects(PC2)'	

3.3.3 3GPP 기반 D2D 표준 기술

단말간 직접통신인 ProSe는 면허대역기반 D2D 통신 방안이다. ProSe는 기존 비면허대역 D2D 통신이 가지고 있던 데이터 전송 범위 제한, 전송속도 제약에 대한 단점을 극복하였다. 또한 ProSe는 기지국 인프라를 사용하지 않고 통신이 가능하기 때문에 기지국에 걸리는 부하를 개선시킬 수 있으며, 단말간 직접 통신으로 인해 기지국 커버리지 외부에 있는 단말과 통신할 수 있다는 장점이 있다. 본 절은 면허대역기반 D2D 통신에서 사용하는 3GPP에서 표준화한 기술에 대해 중점적으로 살펴본다.

3GPP에서 D2D 통신은 이웃 단말을 탐색하는 탐색 동작(Discovery), 단말간 직접적으로 신호를 주고받는 통신 동작(Communication)과 같은 표준 기술들을 기반으로 동작하며, 단말간 직접통신에 있어 송신 단말이 수신 단말에게 주파수 및 시간 정보를 전송하여 단말간 직접통신을 가능하게 하는 동기화 동작(Synchronization)을 수행해야 한다. ProSe를 통한 통신 동작은 단말간 직접통신이라는 특징에 기반하여 기지국 커버리지 밖에 있는 단말까지 통신이 가능한 UE to Network Relay방안에 대한 표준 기술에 대해서도 다루고 있다.

이에 따라 본 백서에서는 3.3.3.1 SA기반 D2D 표준 기술인 Discovery와 Communication에 대한 서비스 시나리오 및 네트워크 구조에 대한 표준화 내용을 살펴봄, 3.3.3.2 RAN기반 D2D 표준 기술을 통해 각 네트워크에서 동작하기 위해 필요한 무선 인터페이스 환경 및 Protocol stack에 대한 표준화 내용과 단말간 직접통신을 위한 Synchronization 동작에 대해 서술한다.

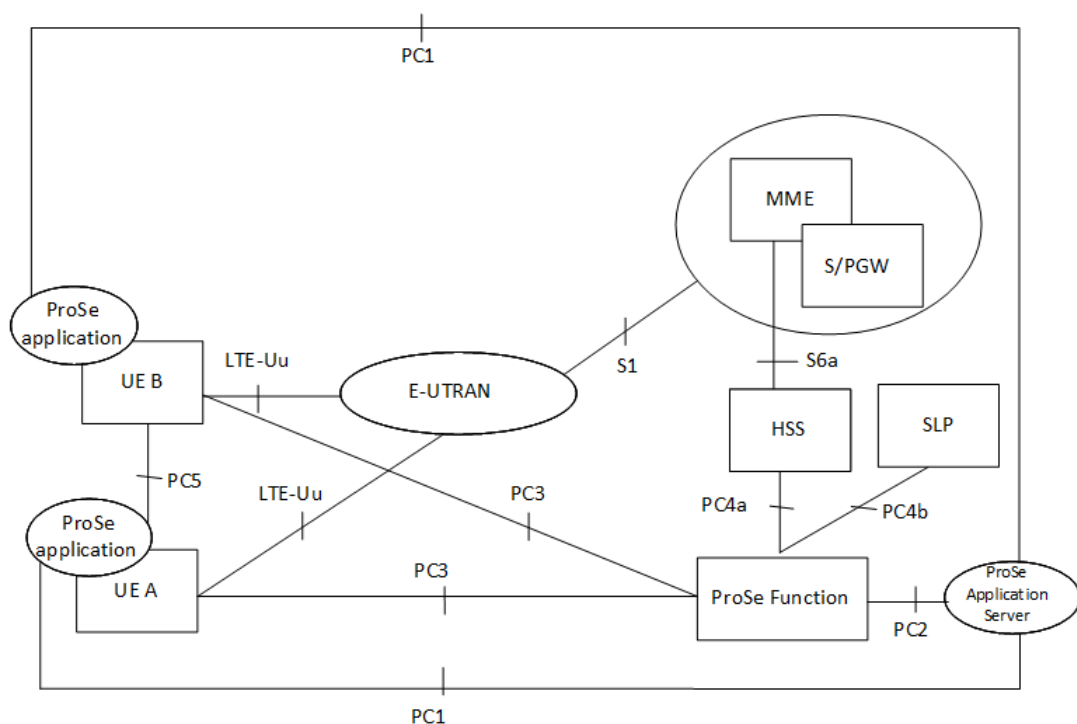
3.3.3.1 SA 기반 D2D 표준 기술

SA는 서비스 시나리오, 네트워크 모델 및 구조에 대한 표준화를 수행하는 WG이며, SA그룹은 ProSe의 Discovery와 Communication에 대한 주제를 다룬다.

본 절에서는 SA에서 표준화한 Discovery와 Communication에 대한 서비스 시나리오, 네트워크 구조 및 동작 절차에 대해 살펴본다. 그림 3-29은 동일 네트워크 환경에서 UE A와 UE B의 통신에 대한 Architectural Model을 보여주고 있다.

ProSe는 두 가지 측면에서 단말간 직접 통신 동작을 수행하는데, 첫 번째 방안은 PC5 인터페이스만 사용하여 Sidelink를 통한 단말간 탐색 및 통신 동작을 수행하거나, 두 번째 방안으로는 EPC (Evolved Packet Core) 도움을 받아 단말을 탐색하고 PC5를 통해 직접 통신하는 방안이다.

EPC를 통한 통신 방안은 단말간 탐색동작에 있어 IP를 통한 단말간 인증 동작을 수행하는 MME (Mobility Management Entity)와 단말에 대한 식별 정보를 저장하는 HSS (Home Subscriber Sever)의 도움을 받아 동작한다. ProSe는 PC5 인터페이스를 통한 기지국 인프라 없이 통신이 가능하기 때문에 지진, 태풍과 같은 기지국 인프라가 손상될 수 있는 재난 상황에서도 지속적인 통신 안정성을 보장해줄 수 있다.



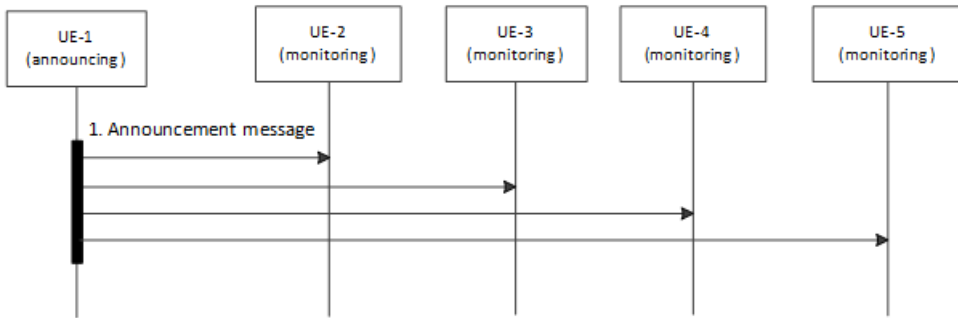
[그림 3-29] ProSe Architectural Model [4]

3.3.3.1.1 D2D Direct Discovery

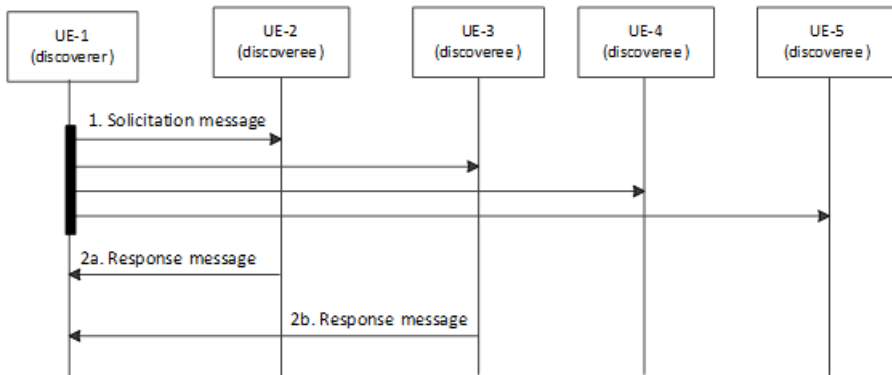
D2D의 ProSe 동작을 수행하기 위해서는 먼저 전송 단말 주변의 이웃 단말에 대한 탐색 동작을 수행해야 한다. 탐색 동작에는 앞서 언급했듯이 EPC의 MME와 HSS의 활용을 통해 단말 정보를 HSS에 저장하고 불러와서 이웃 단말을 탐색하는 방안과, 단말이 직접 Broadcasting 동작을 통해 자신의 존재를 알리거나 이웃 정보 단말의 존재를 확인하는 탐색 방안이 있다.

Broadcasting을 통한 단말 탐색 동작은 주로 재난 공공안전 통신망에 사용하며, 기지국을 이용하지 않고 동작하기 때문에 Network계층을 통한 IP(Internet Protocol) Packet 사용 없이 PHY(Physical)계층과 MAC계층을 통해 주변 단말을 탐색한다.

PC5 인터페이스를 통한 D2D 직접 그림 3-30처럼 단말의 Broadcasting 동작을 통해 2가지 모델에 따라 나눠 탐색 동작을 수행할 수 있다.

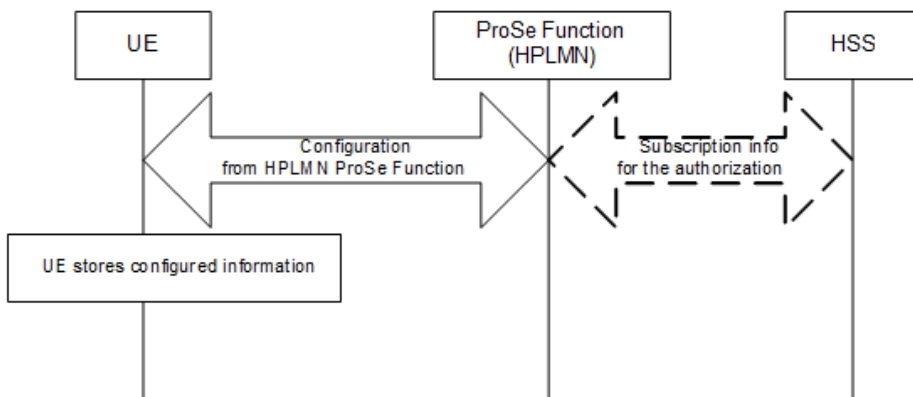


(A) D2D 직접 탐색 Model A ('I am here!')

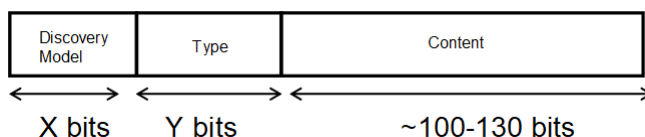


(B) D2D 직접 탐색 Model B ('Who is there')

[그림 3-30] PC5 인터페이스를 통한 D2D 직접 탐색 모델 [4]



[그림 3-31] PC3 인터페이스를 통한 D2D 탐색 모델 [4]



[그림 3-32] ProSe 직접 탐색 메시지 [5]

그림 3-30의 모델 A 방안은 자신의 단말 정보를 주변 이웃 단말들에게 전송하여 자신의 존재를 알리는 방안이며, 그림 3-30의 모델 B 방안은 주변 이웃 단말이 있는지 물어보고 이웃 단말들로부터 응답 신호를 받아 주변 단말이 있는지 탐색하는 방안이다.

PC3를 통한 ProSe Function을 활용한 D2D 탐색 동작은 그림 3-31에서 살펴볼 수 있다. UE는 PC3 인터페이스를 통해 ProSe Function에 EPC를 통한 ProSe Discovery를 동작을 요청하고 Discovery에 사용되는 단말 식별 코드를 할당한다. 이어 ProSe Function은 PC4a 인터페이스를 통해 HSS와 연결되며 HSS에 저장된 Discovery에 필요한 MME에서 인증된 단말 정보를 불러온다.

ProSe를 위한 단말 탐색을 위해 TR 23.703에서 PC5를 통한 Direct Discovery, 및 EPC를 통한 Discovery에 대해 논의를 하였으며 관련 표준화를 진행하였다. 또한 IMS(IP Multimedia System) 기반 third party 단말 탐색 등과 같은 다양한 방안에 대해 논의 중이다 [5]. 그림 3-32는 D2D 직접 탐색 방안에서 단말간 주고받는 탐색 메시지 내용을 보여준다. Discovery Model 필드는 탐색 모델 A 또는 모델 B중 어떤 모델을 사용하여 탐색할 것인지에 대한 정보가 있는 필드이다.

Type 필드는 ProSe 식별에 필요한 UE에 대한 정보를 담고 있으며, Content 필드는 탐색 방안에 따라 단말간 직접 탐색방안이면 단말에 대한 정보를, EPC를 사용한 탐색방안이면 탐색에 필요한 ProSe UE ID, ProSe Application ID에 대한 정보를 담고 있다. 여기서 ProSe UE ID는 Layer-2 계층에서 사용되는 링크 식별자이며, ProSe Application ID는 3가지 Level에 따라 계층적으로 나타낸다.

3.3.3.1.2 D2D Direct Communication

D2D 통신은 기지국을 통한 Uplink 혹은 Downlink를 거치지 않고 단말 대 단말 직접통신인 Sidelink를 통해 통신을 한다. 이에 따라 기존 셀룰러 통신보다 신호의 전송 거리가 줄어 전력소모 감소, 주파수 자원 효율 증가, 기지국 부하 감소 등의 다양한 측면에서 효율성을 개선할 수 있다. D2D 통신에서 주변 이웃 단말의 탐색이나 동기화 작업에 기지국을 활용하여 수행할 수 있지만, 통신만큼은 Sidelink를 통한 단말 대 단말 직접 전송을 수행한다. D2D 통신에서 단말의 탐색은 필수 사항이 아니지만, 통신전에 송신 단말과 수신 단말간 동기화 동작은 꼭 이뤄져야 한다.

D2D통신은 3.3.3.1.1 D2D Direct Discovery에서 언급했던 PC5 인터페이스 및 PC3 인터페이스를

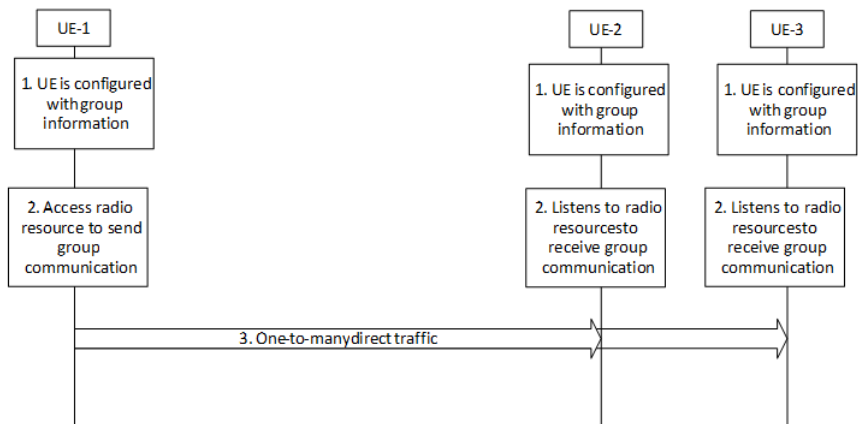
3. 이동통신 진화 현황

활용한 ProSe Function을 통해 얻은 이웃 단말에 대한 정보 및 동기화된 단말에 대한 정보인 ProSe Group IP, ProSe Group ID, ProSe UE ID 등을 가지고 통신 동작을 수행한다.

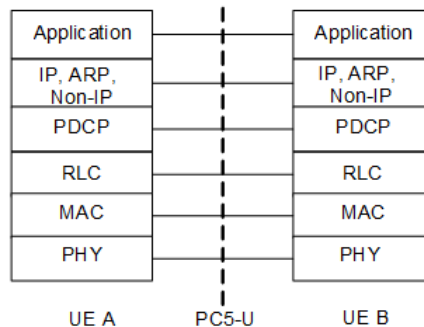
ProSe Communication은 주로 기지국 인프라를 이용하지 않는다는 특징을 활용하여 PS-LTE기반 재난 안전 통신망에 많이 사용하며, 보통 1:N 통신 동작을 수행한다. 그림 3-33은 PS-LTE에서 사용하는 ProSe의 1:N 통신 절차를 간략히 보여준다.

전송 단말 UE-1은 단말 탐색과 동기화 동작을 통해 수신 단말 UE-2와 UE-3의 ProSe Group ID를 획득한 상태이며, 이에 따라 수신 단말들에게 정보를 전송할 수 있다. UE-2와 UE-3 또한 이미 탐색 및 동기화를 통해 ProSe Group ID를 획득한 상태이고 송신 단말에서 보낸 정보를 확인할 수 있다.

수신 단말에서 정보를 확인할 때 송신된 정보의 ProSe Group ID를 기반으로 수신된 프레임의 필터링하고 자신의 ProSe Group ID와 일치한다면 상위 계층에 패킷을 전달하여 정보를 확인한다. 그림 3-34은 ProSe의 단말간 직접통신에 대한 Protocol 구조를 보여주고 있다.



[그림 3-33] 1:N ProSe를 통한 단말간 직접통신 절차 [4]



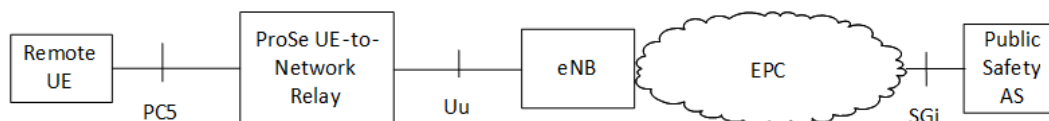
[그림 3-34] ProSe를 통한 단말간 직접통신 Protocol 구조 [4]

PHY와 MAC계층을 통해 주변 단말을 탐색한 결과를 바탕으로 Access Stratum과 관련된 정보를 Broadcasting하고 단말의 정보 및 제어를 관리하는 RLC (Radio Link Control)을 통해 통신 동작을 수행한다. 통신 과정에서 MME 및 HSS같은 EPC를 활용하여 통신을 하면 IP와 ARP (Address Resolution Protocol)을 통해 HSS에 저장되어 있는 정보를 이용해 통신을 한다.

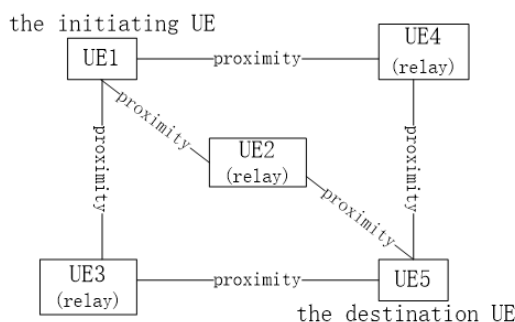
만약 Non IP를 통해 통신을 하는 경우 기존 PC5기반 Discovery동작에서 이웃 단말을 탐색하며 얻은 정보를 이용하여 직접통신 동작을 수행한다.

3.3.3.1.3 D2D Direct Communication via UE to Network Relay

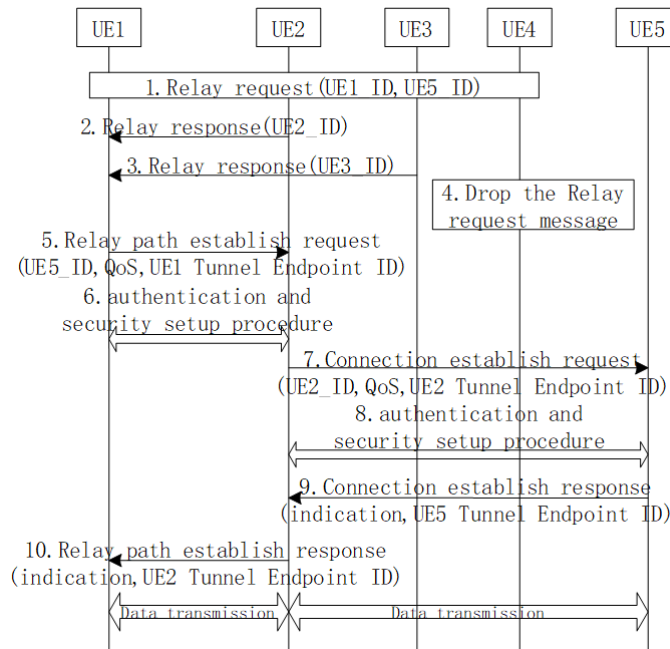
D2D 통신은 단말 대 단말 직접통신을 통해 정보를 전송하기 때문에 기지국 커버리지 밖에서도 통신이 가능하다는 이점이 있다. 이에 따라 TS 23.303에서는 UE to Network Relay에 대한 표준화 내용을 담고 있으며 그림 3-35는 ProSe를 이용한 PS-LTE환경에서 UE to Network Relay모델 구조를 보여주고 있다. 여기서 Remote UE는 eNB(E-UTRAN Node B) 커버리지 내부 혹은 외부에 위치한 단말을 의미한다. ProSe UE to Network Relay는 Remote UE와 Network 사이의 Unicast 트래픽(Uplink/Downlink)을 제어할 뿐만 아니라, 모든 IP 트래픽을 제어할 수 있어야 한다. UE to Network Relay를 통해 MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) 트래픽을 제어할 수 있으며, 커버리지 외부 단말까지 통신이 가능해 기지국 커버리지를 개선할 수 있게 되었다. 아직 UE to UE Relay 방안에 대한 구체적인 표준화 내용이 없지만 TR 23.703에서 논의된 바 있다. [5]



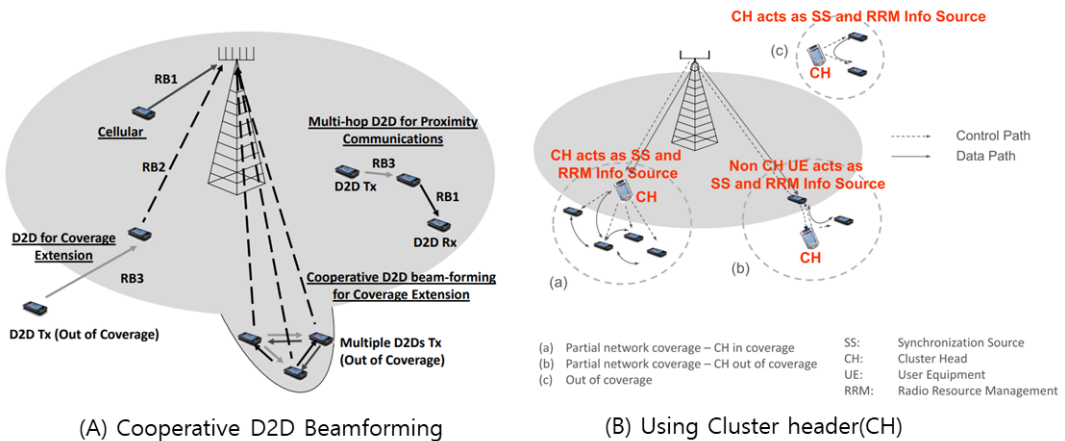
[그림 3-35] TS 23.303에서 논의된 UE to Network Relay 시나리오 [4]



[그림 3-36] TR 23.703에서 논의된 UE to UE Relay 시나리오 [5]



[그림 3-37] TR 23.703에서 논의된 UE to UE Relay 절차 [5]



[그림 3-38] ERICSSON 제안한 UE to UE relay 절차 [6], [7]

Ericsson과 Qualcomm은 그림 3-36과 그림 3-37의 TR 23.703에서 논의된 UE to UE Relay에 기반한 커버리지 확장 방안을 참고하여 단말간 Relay할 수 있는 방안에 대해 제안한 바 있다. 그림 3-36은 UE1이 UE5로 통신을 가능하게 하기 위해 중간 Relay 단말을 사용하는 시나리오에 대해 보여준다. 그림

3-37은 UE to UE relay시나리오에 따른 동작 절차를 보여준다. 여기서 각 단말은 1-hop 이웃 단말의 정보를 가지고 있다고 가정한다. 이에 따라 UE1이 UE5에 정보를 보내기 위해서는 UE2, UE3, UE4에게 1-hop 이웃 단말에 대한 정보를 얻고, Relay 단말을 거쳐 통신한다.

Ericsson은 두 가지 측면에서 UE to UE Relay 방안을 제안하였는데 첫 번째로 그림 3-38의 (A)와 같이 협력적 빔포밍 기반 다중 전송을 통한 커버리지 확장 방안을 제안하였으며, 두 번째 방안으로 (B)의 Cluster header를 사용하여 동일 Cluster내 동기화 신호를 확산시켜 UE Relay를 통한 커버리지 확장 방안에 대해 제안하였다. Qualcomm 또한 1-hop에 따른 UE Relay 기반 UE to UE Relay 방안에 대한 기술을 제안한 바 있고 더욱 효율적인 D2D 상용화를 위해 다양한 연구를 진행 중이다 [8].

3.3.3.2 RAN기반 D2D 표준

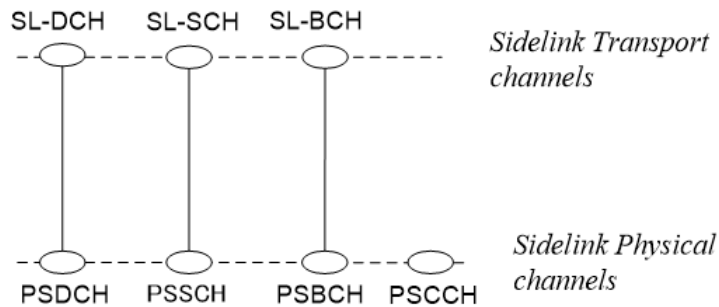
3.3.3.2.1 D2D 무선 인터페이스(Sidelink)

ProSe는 Uplink와 Downlink를 사용하는 기지국 인프라를 이용하는 셀룰러 통신과 달리 Sidelink 라는 새로운 채널 인터페이스를 사용한다. Sidelink는 Uplink 자원을 사용하며 Uplink 전송과 유사한 Physical channel 구조를 사용한다. 그러나, Sidelink는 Uplink와 다르게 단일 클러스터만 전송만 지원한다. Sidelink는 64QAM(Quadrature Amplitude Modulation)과 256QAM은 지원하지 않으며, QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)를 통한 모듈 방안을 기반으로 동작한다 [9], [10]. Sidelink Physical channel은 PSDCH (Physical Sidelink Discovery Channel), PSCCH (Physical Sidelink Control Channel), PSBCH (Physical Sidelink Broadcast Channel), PSSCH (Physical Sidelink Shared Channel)이 있다. PSCCH는 PSSCH를 위해 단말 자원 및 파라미터에 제어 작업을 수행하며, PSDCH는 단말 탐색에 사용되는 채널 인터페이스로 Broadcast전송을 지원하는 PSSCH를 통해 Broadcast동작 수행 시 같이 전송된다. 단말의 Broadcast에 사용되는 resource는 단말이 자율적으로 전송 자원을 선택하는 방안과 기지국이 전송 자원을 선택해주는 방안이 있다. 자율적으로 자원을 선택하는 방안은 통신하려는 단말 중 하나라도 기지국 커버리지 밖에 있을 때 사용하며, 충돌에 대한 위험성이 있다. 만약 통신 대상 단말이 모두 기지국 커버리지 내부에 있다면 기지국에서 스케줄링을 통해 단말이 사용하는 자원을 할당하여 가용 자원을 선택할 때 단말간 충돌을 피할 수 있다 [11].

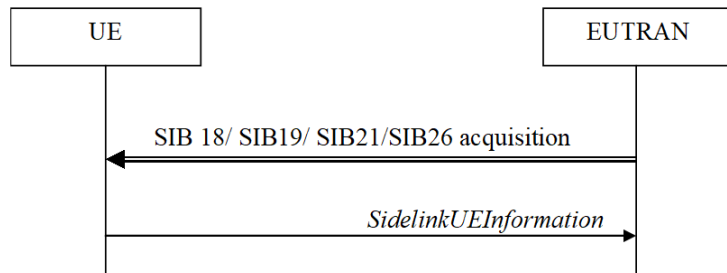
Physical 계층에서 정의된 Sidelink channel은 Transport channel과 mapping되는데 그림 3-39에서 보듯이 PSDCH는 SL-DCH(Sidelink Discovery Channel), PSSCH는 SL-SCH(Sidelink Shared channel), PSBCH는 SL-BCH(Sidelink Broadcast Channel)와 mapping된다.

3.3.3.2.2 Sidelink Radio Resource Control

D2D 동작은 크게 PS 동작과 Non PS 동작으로 나뉜다. 그리고 PS 환경에서 relay 동작 적용 여부는 Sidelink discovery를 통해 확인이 가능하다. PS환경인지 Non PS환경인지는 상위계층에서 RRC (Radio Resource Control)를 통해 알 수 있다.



[그림 3-39] Mapping between Sidelink transport channels and physical channels [11]



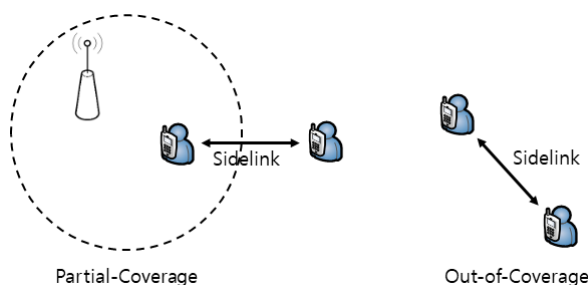
[그림 3-40] 기지국을 통한 단말의 Sidelink 사용 권한 획득 절차 [12]

PS 환경에서 다음과 같은 경우 단말 탐색 동작을 수행해야 한다. 먼저 단말이 TS. 24.334에 등록된 주파수 범위를 벗어난 주파수 자원을 사용하는 기지국을 통해 동작하는 경우, 단말이 PS 환경에 사용된 주파수를 이용하는 기지국 커버리지 밖에 위치한 경우, 단말이 서비스 받는 기지국 자체가 없는 경우에 PS 관련 단말 탐색 동작을 수행하며, 이외는 Non PS 관련 단말 탐색 동작을 수행한다.

그림 3-40은 기지국을 통해 단말이 Sidelink 사용 권한 획득을 위한 절차를 보여주고 있다. 여기서 SIB는 System Information Block Type을 나타내며, SIB 18은 Sidelink를 통한 통신을 위해 동기화 작업에 필요한 Synchronization 정보를 포함하고 있고, SIB 19는 Sidelink discovery에 대한 정보를, SIB 21과 26은 V2X(Vehicle to Everything) 통신을 위한 정보를 각각 담고 있다 [13].

3.3.3.2.3 Synchronization

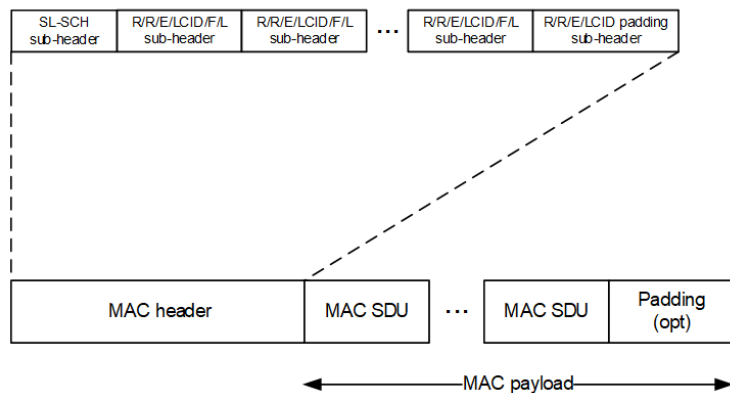
D2D 통신은 송신 단말에서 수신 단말이 보낸 정보를 성공적으로 수신하기 위해서 송신 단말과 수신 단말 사이에 동기화 작업이 필수적으로 이뤄져야 한다. 기지국을 통해 단말 간 통신하는 방안은 기지국에서 Primary/Secondary Synchronization Signal(PSS/SSS)인 동기화 신호를 보내 기지국 커버리지 내부 단말간 동기화 동작을 수행한다. 그러나 그림 3-41와 같이 하나의 단말만 커버리지 밖에 있고 나머지 단말이 기지국 내부에 있어 기지국의 영향이 미치지 않는 환경이거나, 둘다 기지국 커버리지 밖에서 단말간 직접 통신 환경은 기지국 인프라 없이 통신 동작을 수행하기 때문에 기지국을 통해 동기화 작업을 수행하지 못한다. 이에 따라 기지국 커버리지 밖에 위치한 단말은 동기화 신호를 통해 동기화 작업을 수행해야 한다.



[그림 3-41] D2D Synchronization이 필요한 시나리오

SL-Bandwidth	Tdd-ConfigSL	InCoverage	Reserved	DirectFrame Number	DirectSubframe Number
--------------	--------------	------------	----------	--------------------	-----------------------

[그림 3-42] Master Information Block Sidelink



[그림 3-43] ProSe MAC PDU의 MAC header 구성 [14]



기지국 커버리지 밖에 위치한 단말간 동기화를 위해 Primary/Secondary Sidelink Synchronization Signals (PSSS/SSSS)를 사용하여 동기화 동작을 수행한다. PSS/SSS와 유사하게 PSSS/SSSS도 PSSS는 Zadoff-Chu sequences, SSSS는 M sequences를 사용하여 동기화 동작을 수행하며 40ms 간격으로 수행된다. PSSS/SSSS는 Synchronization time 및 system bandwidth, Frame number, Time Division Duplex Uplink/Downlink subframe 정보를 SL-BCH를 통해 전송한다.

PSSS와 SSSS를 통해 얻을 수 있는 Time 및 Frequency 동기화 정보 외에도 그림 3-42에서 나타나는 MIBSL (Master Information Block Sidelink)를 통해 이웃 단말이 동기화에 필요한 추가적인 정보를 얻을 수 있다. MIBSL에서 SL-Bandwidth는 Sidelink에 사용되는 대역폭을 의미하며, Coverage는 동기화 단말이 기지국 커버리지 내부에 위치하는지 유무를 의미한다. Frame Number와 Sub frame Number는 동기화 신호에 대한 Frame정보를 담고 있으며 만약 동기화 단말이 기지국 커버리지 밖에 위치할 경우 단말 내부 카운터도 사용한다. PSSS와 SSSS는 동일한 Subframe에 있는 두 개의 인접한 SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access) Symbol로 전송된다.

그림 3-43은 MAC PDU의 MAC header구성을 보여준다. MAC PDU를 통해 전송 동작을 수행할 때 Broadcasting 동작을 수행하는 PSSCH와 연동된 Transport channel인 SL-SCH의 sub-header가 담겨있다. 이처럼 단말 동기화 동작은 Broadcasting 동작에 있어 동기화 정보를 MAC PDU에 포함되어 수행되는 것을 알 수 있다.

3.3.4 D2D 표준 전망 및 기술 구현

본 백서에서 살펴본 3GPP기반 D2D ProSe는 기지국 인프라를 사용하는 방안과 기지국 인프라를 이용하지 않고 Sidelink채널을 통한 단말간 직접통신을 하는 방안으로 나뉘어서 고려된다. 특히 기지국 인프라를 사용하지 않고 단말간 직접통신 하는 방안은 기지국 인프라가 필요 없다는 특징으로 인해 PS-LTE 통신환경에서 사용하기 적합하다. 이에 따라 공공 재난안전통신망인 PS-LTE에서 ProSe를 표준 기술 중 하나로 채택하였으며, TR 23.713에서 PS 환경에서 적용하기 위한 많은 논의가 있었고, 이에 따른 ProSe의 표준화를 TS 23.303에서 진행하였다 [3]. 또한 기지국 인프라 없이 효과적인 통신범위 확장을 위해 단말간 Relay를 통한 커버리지 확장 방안에 대해 논의된 바 있다. 뿐만 아니라, ProSe를 단말간 통신에 한정시키지 않고 네비게이션, 하이패스 등과 같은 V2X 서비스에 융합하여 사용하는 방안과 특히 차량 대 차량 통신에도 적용하기 위해 논의된 바 있다. V2V는 기지국 인프라를 사용하지 않고 차량간 직접 통신한다는 절차에 있어 ProSe방안과 매우 유사하다. 이에 따라 3GPP Release 12와 13에서 정의한 D2D 통신의 Sidelink 채널 인터페이스를 V2X 환경에 맞춰 변화시켜 적용하기 위해 논의된 바 있다 [2].

Sidelink를 통한 ProSe 통신의 개발 결과로 그림 3-44처럼 2015년 D2D동작을 지원하는 PS-LTE 표준 기반 재난 안전 통신망 전용 스마트 단말기를 공개하였으며, 추후 상용화할 예정이다. KT는 퀄컴과 LTE기반

D2D 공동 기술 개발을 추진하였으며, MWC (Mobile Word Congress) 2015에서 mmWave기반 D2D 기술을 시연하였다. 또한 SKT는 MWC 2018에서 PS-LTE를 위한 D2D기술을 공개하였으며, 최대 1km 내 기지국 인프라를 이용하지 않고 직접 통신이 가능하다 [15].

향후, D2D 기술은 단말간 Relay를 포함하여 더욱 넓은 커버리지와 영상 신호 등을 안정적으로 송수신할 수 있는 고속 전송률을 지원하도록 발전해갈 것이고, V2V 기술과 결합되어 더욱 다양한 형태의 기술로 발전될 것으로 기대된다.



[그림 3-44] 삼성전자 PS-LTE전용 D2D 단말 [16]

3.4 eCall

3.4.1 eCall 개요

3.4.1.1 eCall 개념

비상 호출 시스템(eCall)은 교통 사고 발생 시 자동차가 관련 사고를 자동으로 인식하여 사고 신고가 신속하게 접수되고 구난 처리가 빠르게 실현되는 ICT 기반 긴급 구조 지원 체계를 말한다. 우리 나라의 교통 사고 사망자 수는 OECD 국가 중 매우 높으며 특히 과속 및 심야 음주 운전 등으로 구조 골든 타임을 놓쳐 사망에 이르는 경우가 빈번하다. <표 3-20>의 통계를 보면 우리 나라의 차량당 및 인구당 교통 사망자 수는 여러가지 제도의 발전으로 해마다 줄어들고 있으나 선진 OECD 국가들과 비교하면 아직도 높은 수치를 기록한다. 이러한 대응책으로 2016년 모든 도로 대상 전 좌석 안전띠 착용을 의무화 하였고, 졸음 운전과 과속 운전 등의 안전 불감증에서 야기되는 사고를 줄이기 위한 교통안전 캠페인 실시 및 과속 차량 단속도 강화하고 있다.

〈표 3-20〉 인구당 교통 사고 사망률

- 차량 1만대당 사망자 : 1.7 ('15년 1.9명 → '16년 1.7명)

구 분	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년
한 국	3.5	3.4	3.3	3.1	2.9	2.8	2.6	2.4	2.4	2.2	2.0	1.9	1.7
OECD 평균	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.2	1.1	1.4	1.1	-	-

※ 건설기계, 농기계 등 포함 차량 대수 총 2,558만대

- 인구 10만명당 사망자 : 9.1명 ('15년 9.1명 → '16년 8.5명)

구 분	'04년	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년	'16년
한 국	13.6	13.2	13.0	12.7	12.1	12.0	11.3	10.7	10.8	10.1	9.4	9.1	8.5
OECD 평균	9.4	9.1	9.3	9.1	8.2	7.5	7.0	6.8	6.5	5.5	-	-	-

※ 2016년 12월 기준 총인구(추계인구) : 50,801,405명

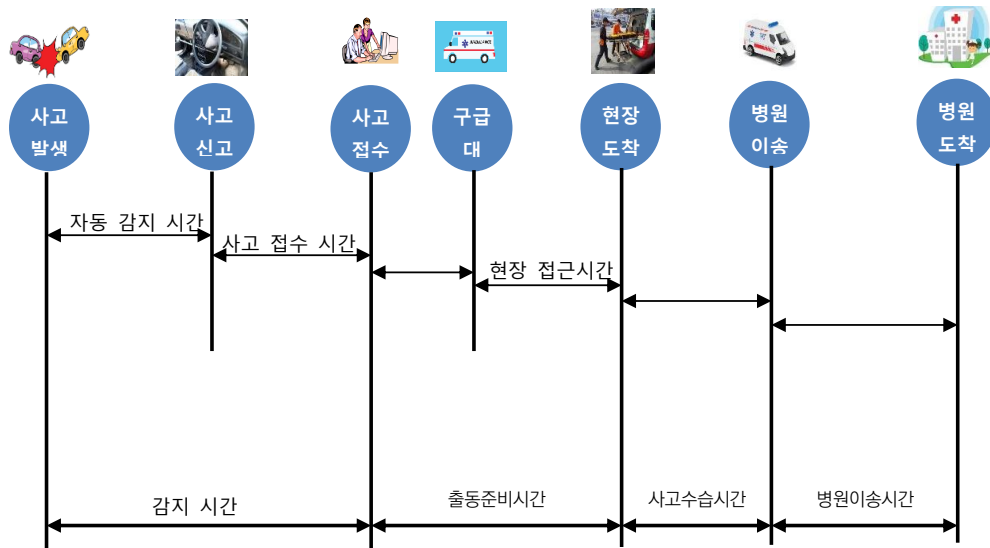
출처: 경찰청 2017 교통사고 통계

일반적으로 교통 사고 치사율은 야간에 운전 시야가 좁아지는 관계로 주간에 비해 상대적으로 높고, 가로등이 없거나 어두운 도로에서 많이 발생한다. 특히 우리나라의 고속 국도의 야간 치사율은 매우 높으며 이 현상은 낮은 교통량에 따른 심야 과속 및 심야 음주 운전 등에 기인하는 바가 크다. 매년 교통 사고 사망자 중 병원 호송 치료 중 사망하는 비율이 매우 높아 빠른 구호 조치는 치사율을 낮추기 위한 필수적인 사항이다. 따라서, 차량 사고에 따른 차량의 기본 데이터 및 위치 정보를 신속하게 편집하여 즉각 관계 센터에 신고하고 구조대의 능동적인 현장 출동을 통해 인명 구조가 즉시 해결되는 eCall 시스템을 조기에 도입하여 차량 긴급 구난 체계 운영을 통한 교통 사고 사망자 수를 획기적으로 줄일 필요가 있다.

3.4.1.2 요구 사항

일반적으로 차량 사고 처리 시간은 〈그림 3-45〉와 같이 사고 감지(자동 감지 + 사고 접수), 사고 반응(출동 준비 + 사고 현장 도착) 및 사고 처리(사고 수습 + 병원 이송) 시간으로 세분화된다. 차량 사고로 인한 사람의 생명을 건지기 위해서는 차량 사고 처리 시간을 최대한 낮추어야 하며 자동 감지 시간, 자동 접수 시간 및 현장 접근 시간은 ICT 기술을 활용하여 개선이 가능하다. 참고로, 구조 골든 타임은

응급 환자가 최대 진료효과를 기대할 수 있는 시간을 말하는 데, 예를 들어 심장정지 환자는 4~6분, 응급 외상환자는 1시간, 뇌졸중과 심근경색 환자는 3시간 내에 응급실에 도착하여 치료를 받아야 생명을 구하고, 사고 후유증을 최소화 할 수 있다. 심장이 멈추면 4~5분이 지나 신체는 저산소증과 뇌 허혈증으로 인해 뇌 손상 이 시작되고 임상적인 사망 상태에 이르기 때문에 최소 4분 내에 심폐소생술을 실시하여야 한다.



[그림 3-45] 사고 차량 병원 도착 절차

차량 사고가 발생하면 eCall 시스템은 자동으로 즉각 사고를 감지하고 사고 경위에 대한 정보를 신속하게 관제 센터에 전송하는 등 신속한 사고 신고 시간을 최대한 단축하여야 한다. 그리고, 사고 접수 후 현장 출동에 따른 정확한 사고 위치 확인은 생명을 구하는 가장 중요한 요인으로 eCall 시스템은 정확한 사고 위치와 최적의 목표 경로를 제공하는 등 신속한 사고 신고 대응 시간을 갖추어야 한다. 평소에 사고에 대비한 훈련을 유지하기 위해서 관제에 따른 철저한 시험 인증 시스템도 갖추어야 한다.

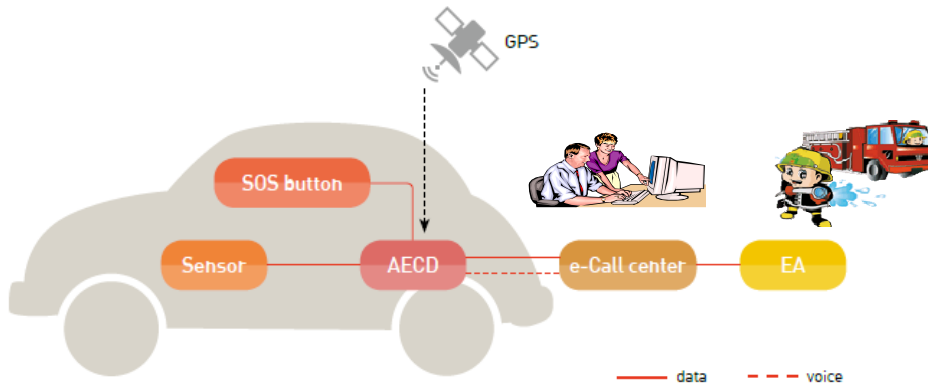
3.4.1.3 서비스 참조 구조 및 요소

eCall시스템은 <그림3-45>과 같이 사고를 감지하기 위한 센서, 사고 여부를 판단하고 정보를 전송하는 eCall 단말(AECD, Accident Emergency Call Device), 사고 신고를 수신하는 관제 센터(eCall Center) 및 사고 처리를 진행하는 긴급 구난 기관(EA: Emergency Assistance)으로 구성된다. eCall 단말은 완성차 업체에서 eCall 서비스를 위해 미리 내장한 OE (Original Equipment Manufacturer Pre-Installed) 용과 차량 출고 후 별도로 장착하는 외장형 AM (After Market) 용으로 구분한다. AM 용은 네비게이션,

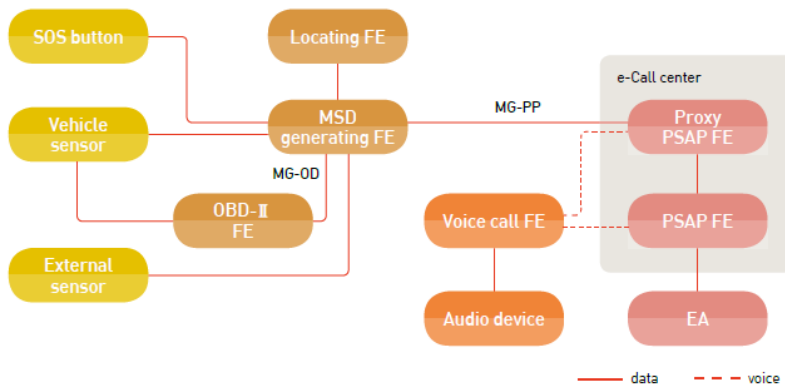
3. 이동통신 진화 현황

블랙박스, 하이패스 단말기에 eCall 기능이 추가되거나 eCall 서비스용 독립된 단말기가 별도로 존재할 수 있다.

eCall 서비스를 위한 시스템 참조 구조 및 기능 요소(FE: Function Entity)는 다음과 같다.



[그림 3-46] eCall 서비스 구조



[그림 3-47] eCall 시스템 기능 구조

SOS button: 사용자가 수동으로 구조 기관에 출동 요청을 하는 기능

Vehicle sensor: 차량에 장착된 충돌 센서, 에어백 전개 센서, 가속도 센서 등으로 사고 판단에 필요한 정보 제공

External sensor: AM 용 차량에 장착된 센서 이외에 eCall 단말에 장착 또는 연결된 가속도 센서

OBD-II FE: 차량 내부 센서로부터 사고 판단에 필요한 정보를 획득하기 위한 기능 수행

Locating FE: 위성 및 이동통신 기지국으로부터 차량의 위치 정보를 획득하기 위한 기능

MSD generating FE: 센서로부터 수집한 정보를 기반으로 사고 판단 기능을 수행하고 사고 정보를 생성

Voice call FE: 사용자와 Proxy PSAP NE 간의 ARS 를 이용한 음성 통화 기능

Proxy PSAP FE: 사고 정보를 수신하고 ARS 기능을 이용하여 차량 탑승자와 음성통화 진행하고 사고 여부 판단하여 대응이 필요한 사고는 PSAP NE로 전달하는 기능 제공

PSAP(Public Safety Answering Point) FE: 탑승자와의 음성 통화를 통해 최종 사고 판단을 진행하고 구조 기관에 충돌 요청을 하는 기능

3.4.1.4 eCall 단말 기능

일반적으로 eCall 시스템의 기능은 다음과 같다.

- 정보 수집 기능: 사고 판단 및 사고 신고를 위하여 차대 번호, 연료 종류 등의 차량 고유 정보와 차량 위치 정보, 속도, 자세, 진행 방향 등 차량 움직임과 관련된 정보를 OE 혹은 AM 단말을 통하여 수집
- 정보 처리 기능: 수집된 사고 정보를 통해 차량의 사고 유무를 판단하는 기능. OBD-II 단말이 수집한 정보는 통신을 이용해 스마트 기기로 전송되어 스마트 기기가 사고 유무 판단.
- 음성 통화 기능: PSAP 운영 요원과의 음성 통화 기능 지원
- 정보 전송 기능: 수집한 정보 편집한 데이터 MSD(Minimum Set Data:)를 이동통신망을 통해 PSAP 로 전송
- 기타
 - 단말-PSAP 데이터 통신 테스트용 인터페이스 지원
 - 수동 SOS button 인터페이스 지원
 - 긴급 구난 요청을 취소할 수 있는 사용자 인터페이스 지원
 - eCall 기능 상태 표시 기능 지원

3.4.2 국내 외 동향

3.4.2.1 미국

EDR (Event Data Recorder: 사고 기록 장치) 의무 장착 추진 및 긴급 구난 서비스 도입을 고려하고 있으며, 유럽의 eCall과 유사한 긴급 구난 서비스 제공 검토 중이다. 현재 4년간의 연구 개발을 통해 운용 중인 GM 사의 On-Star 서비스의 확대 및 기능 개선을 계획하고 있으며, On-Star 는 GM 이 1996년부터 제공하는 텔레메틱스 서비스로 차량에 장착된 GPS 와 이동 통신 기술이 결합하여 자동차의 위치를 정확하게 포착하며 운전자가 단추를 누르면 GM 의 On-Star 콜센터에 연결되고 콜 센터는 운전자의 주문에



3. 이동통신 진화 현황

따라 차량의 위치, 운전자의 길 안내, 호텔 레스토랑 예약, 도난차량 추적, 응급 상황 서비스를 지원한다.. 차량 도난시 정확한 위치를 포착하여 4G 기술과 스마트 폰 앱 기술과 접목시켜 자동차 내 서비스도 함께 제공하고 있다. 그리고, 인접 캐나다는 MSAT 을 통한 긴급 통신 시스템 구축을 추진 중에 있다.

3.4.2.2 EU

유럽의 차량 사고 수준도 심각하며 차량 교통 사고 사망자 수가 2012 년 현재 연간 2만 8천명과 부상자 150만명을 상회하고 있다. 이에 대응하여 1991년부터 eCall 서비스를 위한 단일 번호 112 채택을 제안하고 단계적인 법 제도의 제정을 추진하고 있으며 2011년 범 유럽 수준의 사고 운용성 및 조화를 위한 HeERO(Harmonized eCall European Plot) 프로젝트 시범 사업을 추진하여 eCall 서비스의 타당성을 입증하고 있다.

HeERO 프로젝트는 2단계로 진행되었으며 현재까지 승인 및 제정된 표준을 고려하여 범 유럽 수준의 eCall 시스템 구축을 사전에 계획하고 유럽 국가간 상호 운용성 및 연동을 실현하기 위한 취지로 eCall 관련 PSAP, 통신 고도화에 필요한 기능적.운영적 요구 사항 정리, 유럽 표준 기반의 범유럽용 eCall 구현, 기술적 및 운영적으로 요구된 인프라 개선, 공공 및 민간 부가 서비스를 위한 eCall 이용 가능성 규정, eCall 서비스 장치 관련 인증 절차 평가, eCall 운영자를 위한 훈련 자료 생성, 향후 유럽 내 eCall 서비스 전개를 위한 권고 사항 작성, 회원국간 실행 내용 및 성과 공유, eCall 서비스의 상호 운용성 및 국간 간 협력 등의 내용을 포함하고 있다.

2015년 3월, eCall 단말 의무 장착 법안 발의하여 2018년 3월부터 신규 자동차 및 상업용 경차에 단계적 도입을 추진 중이며 2033 년 EU 내 모든 차량에 의무 장착을 계획하고 있다. EU Regulation 에서는 유럽 eCall 시스템 적용 의무화 규정, 공공 서비스 명시, 및 최고 수준의 데이터 신뢰성 요구하지만 eCall 시스템의 상시 추적 대상이 아님을 명시하고 있다.

3.4.2.3 러시아

ERA-GLONASS (Emergency Road Assistance based on Global Navigation Satellite System)은 모바일 통신과 인공위성 위치파악 시스템이 결합하여 교통 사고 발생 시 무선 통신망을 이용하여 사고 정보를 신속하게 중앙 관제소로 발신하여 응급 지원을 완수하는 러시아 형 eCall 서비스 시스템이다. ERA-GLONASS는 차량 내 센서를 모니터링하여 자동으로 상세한 위치 정보를 전송하고 긴급 통화 서비스를 통해 도움을 요청한다. 사고가 발생하면 자동으로 음성과 데이터를 가장 근접한 PSAP(Public Safety Answering Point) 로 전달하여 운영 센터는 상황을 판단하여 사고장소로 구조대를 급파한다. ERA-GLONASS 핵심 프로세서는 사고 센서와 인공 위성 위치 파악 시스템을 계속 모니터링하는 차량 내장형 컴퓨터이다. ERA-GLONASS 서비스 구성 요소는 단말기, 이동통신 사업자 망, 운영센터, 중앙 긴급 구난

센터, 인근 긴급 구난센터, 긴급 구난 업무 순으로 이루어지며, 2017 년 1월부터 '유라시아 경제 공동체 국가' 내에서 생산되는 모든 차량에 탑재하고 있다.

3.4.2.4 일본

'제 9차 교통안전 기본 계획(2012~2015)' 에 따라 e-Call 관련 주요 정책을 추진 중이며 특히 차량 사고에 따른 구조 구급 활동을 강조하고 있다. HELPNET(Help system for Emergency Lifesaving and Public safety) 차량 긴급 통보 서비스를 2000 년 9월부터 실시하여 탑승자의 구조 요청 혹은 자동 통보 시스템에 의해 HELPNET 운영 센터는 GPS를 이용하여 차량의 위치를 정확하게 포착한 뒤 소방서 및 경찰서 등 관할 창구에 연결하여 차량 사고를 해결하고 있다. 우정성 산하 비상 통신 협의회를 구성하여 방재용 무선 시스템도 구축 운용 중에 있다.

3.4.2.5 브라질

2006년 7, 차량 도난에 대응한 SIMRAV(높은 차량 도난에 대응하기 위한 도난 방지 및 회수를 위한 위치 확인 시스템) 법제화 추진하였으며 2013 년 1월, 브라질 내 모든 신규 차량에 SIMRAV을 지원하고 있다.

3.4.2.6 한국

골든 타임 내 구조 차량의 도착 비율이 현저히 낮고 단독 사고 비율이 높다. 현대 기아차는 텔레메틱스 서비스 MOZEN/블루링크/UVO 서비스를 제공하고 있으며 동부 화재 및 삼성 화재 보험 회사에서 차량 사고 및 현장 출동 서비스를 제공하고 있다.

3.4.3 표준화 현황

3.4.3.1 국제 표준

1) UN/ECE/WP29

유엔 유럽 경제위원회 산하 자동차 관련 국제 기준을 제정하는 실무 그룹으로 자동차 안전 기준의 조화와 상호 인증을 목적으로 설립되었다. 현재, 자동차 안전 기준 국제 조화 및 상호 인증에 관한 협정을 기반으로 6개 전문가 그룹이 운영되고 있으며 이 중 일반 안전 전문가 그룹의 eCall 시스템을 담당하는 하위 작업반에 세계자동차 공업회, 유럽 측위 위성시스템 기구, 및 EU 등이 참가하고 있다. ECall 시스템에 대한 관련 규정은 긴급 구난 체계 구축을 위한 사고 긴급 호출 장치 및 사고 긴급 호출 장치가 설치된 차량에 대한 인증 기준 절차를 정의하고 있다.



3. 이동통신 진화 현황

2) ETSI

유럽과 러시아 등의 eCall 관련 기술 규격들은 유럽 지역 표준 기구를 중심으로 표준화가 진행되었으며 eCall 관련 기술은 이동 통신 기술을 기반으로 하기 때문에 이동통신 표준 기구인 3GPP(www.3gpp.org) 에서도 eCall 서비스에 대한 셀룰러 기반의 eCall 관련 표준 규격을 개발 중이며 다음과 같은 3GPP TS 표준 규격을 활용한다.

〈표 3-21〉 3GPP TS 표준

Specification	Title
ETSI TS122.101 3GPP TS22.101	Services Principles
ETSI TS 124.008 3GPP TS24.008	Mobile radio interface Layer 3 specification: Core network protocols; stage 3
ETSI TS126.267 3GPP TS26.267	In-band modem solution; General description (release 8)
ETSI TS126.268 3GPP TS26.268	eCall Data Transfer; In-band modem solution; ANSI-C reference code
ETSI TS 126.269 3GPP TS26.269	eCall Data Transfer; in-band modem solution; conformance testing
ETSI TR126.969 3GPP TR26.269	eCall Data Transfer; in-band modem solution; Characterization Report

3) CEN (유럽 표준화 위원회)

범 유럽 eCall 서비스를 위한 유럽 eCall 에 특화된 기술 요구사항을 EN regulation 으로 개발하고 있다. 주로 eCall 서비스의 응용 계층 및 운용 방안에 대한 요구 사항이며 eCall 서비스의 end user 간 적합성 시험 규격도 다음과 같이 개발이 진행되었다.

〈표 3-22〉 eCall 서비스의 end user 간 적합성 시험 규격

Specification	Title
EN 15722	Ecall Minimum Set of Data
EN 16072	Pan-European Ecall Operating Requirements
EN 16062	Ecall High Level Application Requirements (HLAP) using GSM/UMTS Circuit Switched Networks
EN 16454	Ecall end-to-end Conformance Testsing

4) ISO

ITS 분야의 표준을 개발하고 있는 기술 위원회는 TC204 로 아키텍처, 전자지불, 여행자 정보, 대중교통, 교통관리, 통신, 협력형 ITS 등을 담당하고 있다. TC204 의 eCall 관련 표준화는 WG7, 8, 17에서 추진 중이며 WG7 은 상용 차량 관리 및 화물 운송에 관한 국제 표준 개발을 담당하고 있으며 eCall 긴급 메시지 시스템에 대한 기술 규격서를 완료한 바 있으며, WG8은 대중 교통 버스, 열차, 트램 및 긴급 차량을 대상으로 관련 정보 표준화를 담당하고 있으며 응급 서비스 eCall 단말 표준화를 추진 중이다. WG17은 ITS 서비스를 위한 Nomadic 및 Portable 장치에 관한 표준 개발을 담당하고 있으며 개인 ITS station 의 eCall 지원을 위한 일반 요구 사항과 기술 정의에 대한 표준을 개발 중이다.

5) ITU-T

전기 통신 개발 부문의 표준화를 담당하며 eCall 관련 시스템 표준은 통신 요구 사항은 SG12 에서, 관련 IoT 기술 표준은 SG20에서 추진 중이다. SG12에서는 차량에서 eCall 음성 통화와 관련된 사용분야, 요구 사항, 테스트 등을 권고 사항으로 정의하고 있으며, 이는 차량 관련 통신 표준을 포함하는 모든 eCall 시스템의 음성 통신 표준으로 채택되었다. SG20에서는 IoT 기반의 eCall 시스템을 개발 중이며 애프터 마켓 차량을 위한 IoT 기반 차량 긴급 구난 체계의 표준 당위성을 소개하며 관련 표준을 개발 중이다.

3.4.3.2 국내 표준

1) ITS-K (한국지능형 교통체계협회)

차량과 노변, 센터간 정보 교환에 대한 정의와 도로 교통 시설물에 대한 표준 적용 시험 방법 등을 제정하고 있다.



3. 이동통신 진화 현황

2) TTA

모바일 단말과 차량 간 데이터 교환 프로토콜, 교통 정보 수집 제공 시스템의 응용 계층 프로토콜에 대한 표준 규격을 개발하고 있다.

3) eCall 포럼

국내 eCall 시스템 구축과 국가적 서비스 확산을 위해 설립되었으며 2016. 8월 창립하여 정부 과기부 및 행안부와 R&D 협업 체계를 마련하고 이해 당사간 의견 교환 및 관련 표준의 기술 검토 등을 위한 창구 역할을 수행 중이다. 설립 당시 운영 위원회와 하나의 분과로 구성되어 법제도 추진 분과, 사업화 분과를 추가하여 확대할 예정이며 포럼 총회, 운영 위원회 및 분과 위원회를 통해 관련 업무를 수행 중이다.

3.4.4 기능 절차 및 정보 흐름

3.4.4.1 eCall 구성을 위한 정보 흐름

사고 정보(MSD: Minimum Set of Data)는 eCall 시스템에서 교통 사고 발생 시 사고 정보를 신속하게 eCall 센터에 전송하여 사고 발생 감지 및 위치 파악 시간 단축을 목적으로 하는 메시지 그룹을 지칭한다. 사고 정보는 사고 상황 관련 정보와 구조 관련 정보를 포함하여 필수적인 사고 정보와 선택적 사고 정보를 구성된다.

3.4.4.1.1 필수(mandatory) 사고 정보

필수적인 사고 정보는 사고 발생 시 eCall 단말이 eCall 센터로 전송하는 사고 상황과 직접적으로 연관된 정보 집합으로 차량의 위치와 방향, 사고 발생시각, 음성 통화(Callback)를 포함한다.

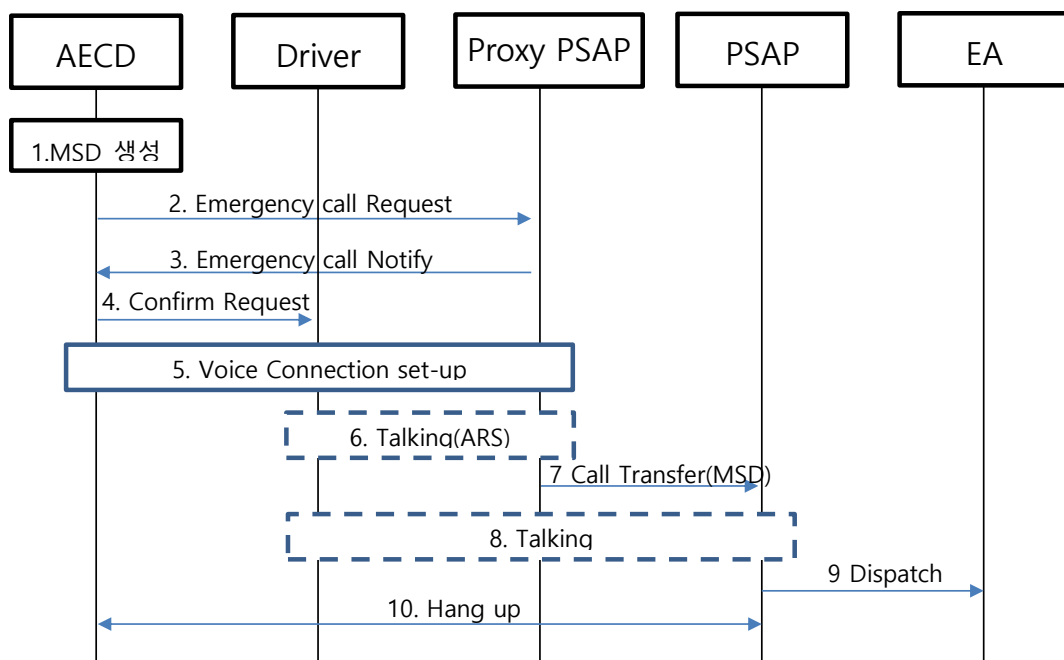
3.4.4.1.2 선택(optional) 사고 정보

선택적 사고 정보는 사고 발생 시, eCall 단말이 eCall 센터로 전송하는 부가적인 사고 관련 정보로써 사고의 심각성과 사고 대처를 위해 OID(Object Identifier), 사고 시 가속도 값(G-force value) 및 적제 화물 정보(Payload) 등을 포함한다.

3.4.4.2 긴급 구난 요청

다음 <그림 3-48>은 교통 사고가 발생했을 때, 긴급 구난을 요청하는 eCall 시스템의 동작 절차를 나타낸다.

1. 사고가 발생시 MSD를 생성한다.
2. AECD 는 MSD 메시지와 함께 긴급 구난을 Proxy PSAP 요청한다.
3. Proxy Server 는 사고 접수를 AECD 에게 확인하고 운전자 음성통화를 대기한다.
4. AECD 는 사고 통보 사실을 운전자에게 알리고 확인을 요청한다.
5. 운전자가 사고의 영향으로 일정 시간을 대응하지 못하면 사고로 추정한다.
6. Proxy ASAP 는 단계 2에서 획득한 정보를 바탕으로 ARS 기능을 이용하여 운전자와 음성 통화를 연결한다. 이 때, 운전자가 일정시간 내에 응답하지 않거나 운전자가 긴급 구난을 요청한 경우에는 사고로 간주한다.
7. Proxy ASAP 는 PASP 로 MSD 를 전달하고 진행중인 음성 통화를 PSAP 로 연결한다.
8. PSAP 는 운전자와 통화하거나 혹은 일방적인 운전자 상황을 인지하는 확인 요청 음성을 요청한다.
9. 사고로 진단되고 구난 기관에 출동을 요청한다.
10. 긴급 구난 요청에 처리를 종료하고 통화 절차를 종료한다.



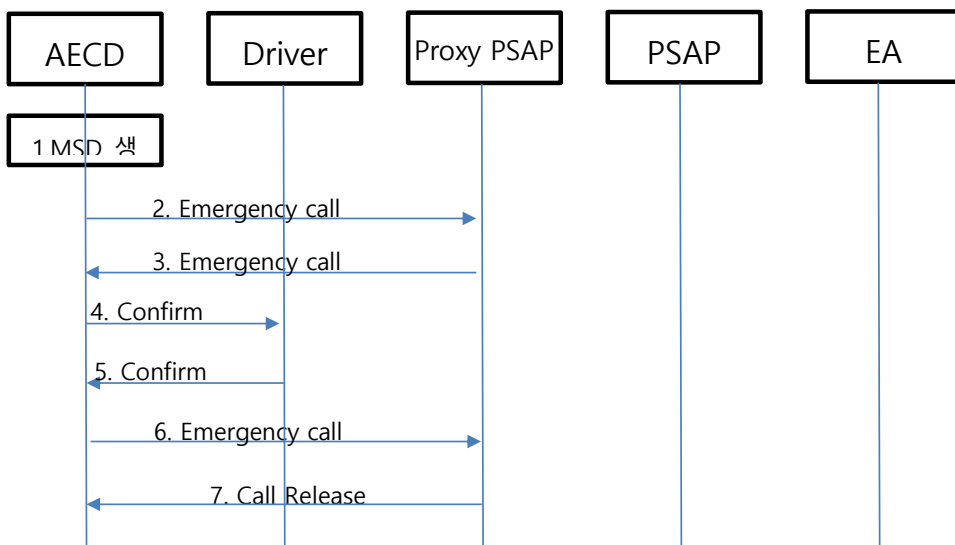
[그림 3-48] 긴급 구난 요청

3.4.4.3 긴급 구난 요청 취소

다음 <그림 3-49>는 교통 사고가 발생했을 때, 긴급 구난을 요청한 운전자가 사고 신고를 취소하는 eCall

시스템의 동작 절차를 나타낸다.

1. 사고가 발생시 MSD를 생성한다.
2. AECD 는 MSD 메시지와 함께 긴급 구난을 Proxy PSAP 요청한다.
3. Proxy Server 는 사고 접수를 AECD 에게 확인하고 운전자 음성통화를 대기한다.
4. AECD 는 사고 통보 사실을 운전자에게 알리고 확인을 요청한다.
5. 운전자가 경미한 사고라 구난 신고가 필요 없다고 판단하여 구난 요청 확인 취소한다.
6. 7. Proxy ASAP 는 구난 요청 취소 요청을 받고 절차를 종료하고 응답 메시지를 전송한다.



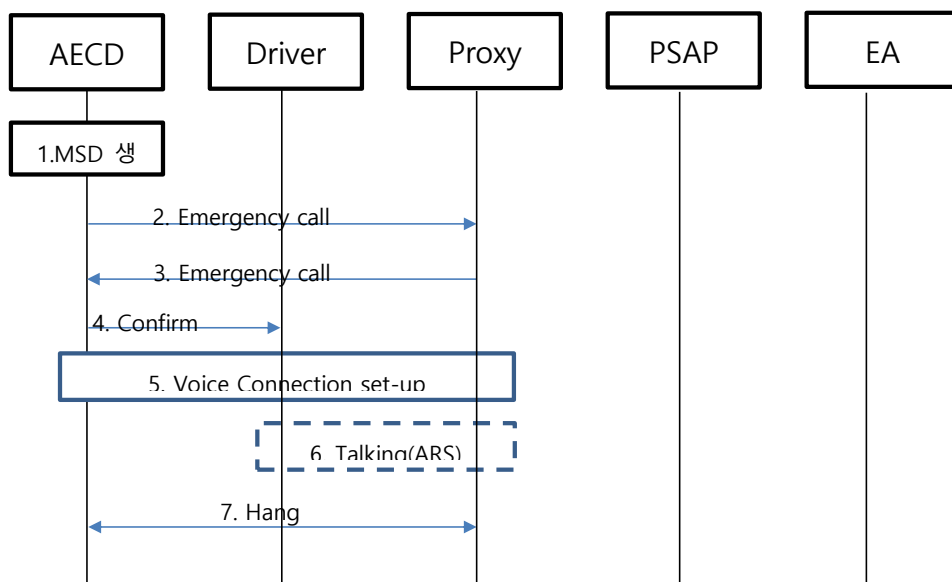
[그림 3-49] 긴급 구난 요청 취소

3.4.4.4 eCall 센터에 의한 취소

다음 <그림 3-50>은 교통 사고가 발생했을 때, 긴급 구난 요청 시, Proxy PSAP 와 ARS 를 이용한 음성통화 과정에서 사고가 아닌 것으로 판단된 경우 긴급 구난 요청을 취소하는 시스템의 동작 절차를 나타낸다.

1. 사고가 발생시 MSD를 생성한다.
2. AECD 는 MSD 메시지와 함께 긴급 구난을 Proxy PSAP 요청한다.
3. Proxy Server 는 사고 접수를 AECD 에게 확인하고 운전자 음성통화를 대기한다.
4. AECD 는 사고 통보 사실을 운전자에게 알리고 확인을 요청한다.

5. 운전자가 사고의 영향으로 일정 시간을 대응하지 못하면 사고로 추정한다.
6. Proxy ASAP 는 단계 2에서 획득한 정보를 바탕으로 ARS 기능을 이용하여 운전자와 음성 통화를 연결한다.
7. 운전자가 일정시간 내에 응답을 하면서 긴급 구난 취소를 요청하면 구난 요청 절차를 종료한다.



[그림3-50] eCall 구난 센터에 의한 취소

3.4.5 결론

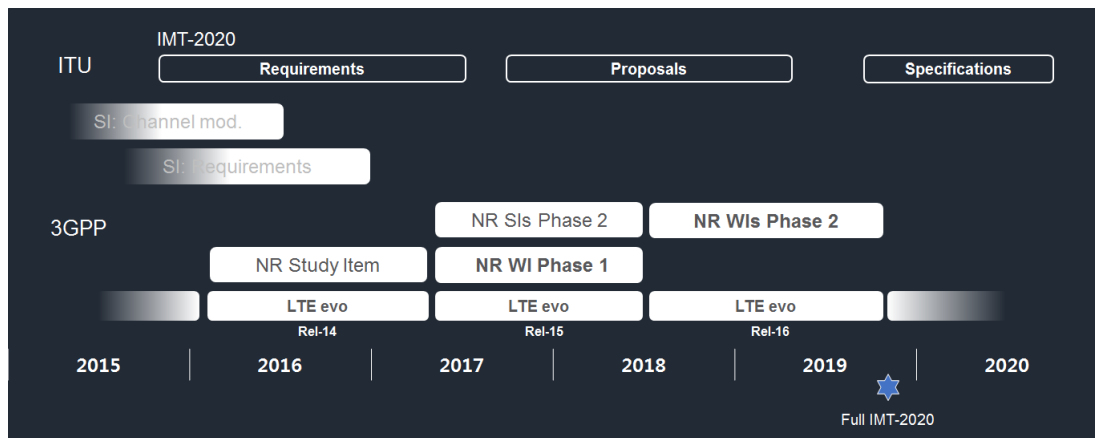
5G 와 더불어 미래 자율 주행 기능을 통한 차량 지능화는 빠르게 발전하고 있다 차량 혁신에 따른 긴급 자동 제동, 차량간 거리 유지, 측면 사각 감지, 무인 주차 등의 기능이 탑재되면서 만약에 대비한 운전자의 안전과 지원은 필수적이며 긴급 구난을 위한 eCall 시스템 구축과 운영은 매우 중요한 화두이다. eCall 사업은 정부 다부처 공동 사업으로 진행 중에 있으며 중장기 로드맵을 통한 다양한 응용 서비스의 발굴이 필요하다. 관련 조직의 다양한 이해 관계를 극복하고 eCall 서비스의 조기 실현을 위해서는 표준 기술 정립 및 법제 보완 등 상호 협력이 요구된다. 표준 기술은 ITS(K지능형 교통 시스템 단체 표준)과 TTAS(정보 통신 단체 표준) 개발 중에 있으며 보험사, 건인업체, 도로공사, 지자체, 경찰청, 및 응급 구호 병원과의 정보 교환도 반드시 필요하며 실시간 서비스의 지원이 요구된다.

3. 이동통신 진화 현황

지구의 온난화와 도시화로 전 세계는 각종 안전 재난의 사정권에서 벗어날 수가 없다. 국내의 지진 발생 위험도 갈수록 증가 추세이며 태풍에 의해 해일과 쓰나미도 항상 경계하고 있어야 한다. 따라서, 차량사고 뿐만 아니라 갈수록 자주 발생하는 자연 재해에 따른 차량 사고에 대비하여 eCall 서비스는 조기에 구축되어야 하며 인도네시아 지진 사태에서 보듯이, 전 세계가 자국의 재난 사고 복구에 안간힘을 쏟고 있다. 우리의 eCall 서비스 조기 구축과 운영은 ICT 강국으로써 많은 나라들의 관심을 불러일으킬 수 있으며 자국의 기술 수출에도 큰 몫을 담당할 수 있다. 특히, 우리가 구축 중인 PS-LTE 기반의 공공 안전 재난망과 결합하여 eCall 시스템을 구축한다면 이 사업에 참여 중인 중소기업들의 수출 다변화와 지속적인 성장과 발전에도 큰 도움이 될 것이며 새로운 재난 통신 산업 성장의 촉진제로써 일자리 창출에도 크게 기여할 것이다.

3.5 5G 진화 현황

3.5.1 3GPP 5G 표준 현황

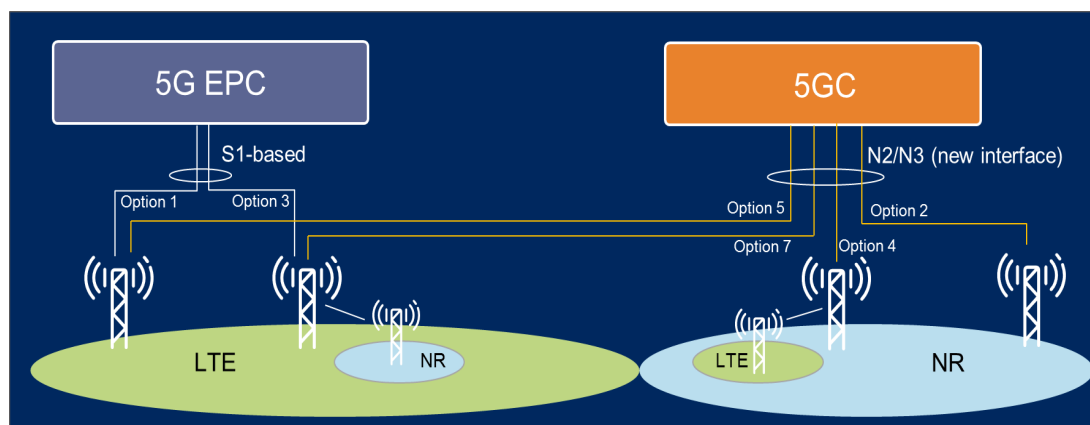


[그림 3-51] ITU와 3GPP의 표준화 일정

3GPP에서 정의하는 5G는 NR로 알려진 이전 세대의 이동통신과 호환성을 가지지 않는 new radio와 이전 세대 이동통신과 호환성을 유지하는 LTE-Advanced Pro의 진화된 표준을 모두 포함하고 있으며, 2020년 최종 승인되는 ITU-R의 IMT-2020 표준에 3GPP에서 제출하는 표준은 이 둘을 함께 포함하여 제안될 예정이다. 3GPP에서는 LTE와 NR이 함께 공존하게 되면서 LTE 기지국 (LTE), 5G 기지국 (NR),

LTE 코어 네트워크 (EPC), 5G 코어 네트워크 (5GC)의 조합에 따라 다양한 구조 옵션이 가능하다. 이 중 LTE의 제어 채널과 NR의 데이터 채널을 함께 사용하는 NSA (Non Stand-Alone) 모드와 NR 독자적으로 동작할 수 있는 SA (Stand-Alone) 모드가 우선적으로 표준화 진행 중이다. NSA 모드에서 NR은 LTE와 공존하면서 LTE의 코어 네트워크에 연결되거나, LTE의 네트워크를 통해 데이터를 전송하고 있다. 반면 SA에서는 LTE 네트워크 없이 독자적으로 동작하는 NR 네트워크가 차세대 코어 네트워크에 연결되어 동작한다. NSA 모드에서의 단말은 LTE의 제어 채널과 NR의 데이터 채널에 동시에 접속 (dual connectivity)하여 동작하게 되며 이런 이유로 LTE가 서비스되는 지역에서만 사용할 수 있다. 이는 기존의 사업자 입장에서는 장점으로 작용하게 되는데, 이미 서비스가 이뤄지고 있는 LTE 망에 데이터 전용의 NR 기지국을 추가하여 손쉽게 5G로의 진화를 이룰 수 있기 때문이다. 다음 그림에서는 기지국과 코어 네트워크 측면에서 다양한 연결 구조 옵션을 보이고 있다.

3.5.2 이동통신 진화 방향 및 요구사항



[그림 3-52]

기존 LTE와의 호환성을 가지지 않는 새로운 이동통신 방식인 NR은 다양한 산업군의 잠재 서비스를 분석한 요구사항을 만족시키는 목표로 기술 개발이 진행되고 있다. 요구사항을 정리하면 다음 표 3-23과 같다.



〈표 3-23〉 New generation access tech. Target KPIs

Peak Data Rate	DL-20Gbps UL-10Gbps	Coverage	MCL:164dB (160bps) Function of data rate
Peak Spectral Efficiency	DL-30bps/Hz UL-15bps/Hz	UE Battery Life	10y (15y is desirable)
Bandwidth	Up to IMT-2020 Requirement	UE Energy Efficiency	Qualitative
Control Plane Latency	10ms	Cell/TRP Spectral Efficiency	3x IMT-Advanced
User Plane Latency	URLLC-0.5ms eMBB-4ms	Area Traffic Capacity	Factored by SE, site density, BW
Latency for Infrequent Small Packets	No worse than 10s	User Experience Data Rate	Factored by 5% SE & BW
Mobility Interruption Time	0ms	5 th Percentile User Spectral Efficiency	3x IMT-Advanced
Inter-system Mobility	btw IMT-2020 & IMT	Connection Density	10 ⁶ devices/km ²
Reliability (URLLC)	(1-10 ⁻⁵) with latency 1ms	Mobility	500km/h
Reliability (eV2X)	(1-10 ⁻⁵) with latency 2~10ms	Network Energy Efficiency	Qualitative Quantitative

5G에서 코어 네트워크의 진화는 다양한 산업의 다양한 서비스를 수용하는 것을 목적으로 하고 있다. 자동차, 공장, 에너지, 재난 등 다양한 산업을 지원하기 위해서는 다양한 요구사항을 만족하여야 한다. 코어 네트워크 측면에서는 다음과 같은 요구 사항이 있다.

첫째 사업 연계성이다. 다양한 산업에서 이동통신을 활용하여 연결성과 이동성 기반의 서비스를 제공하기 위해서는 다양한 산업의 서비스 시스템과 이동통신 시스템이 서로 연계되어야 한다. 이는 이동통신 사업자와 타 산업 서비스 제공자 사이의 계약에 의해 진행되며, 타 산업의 서비스 시스템은 계약에 따라 이동통신 시스템의 API (Application Programming Interface) 등을 통해 활용하여 타 산업의 서비스를 완성하게 된다. 이를 위해서는 다양한 방식의 인터페이스를 타 산업의 서비스 시스템에 제공하여야 하며 크게 이동통신 사업자가 이동통신의 연결성만을 제공하는 경우 network developer의 역할을 하는 경우, 플랫폼 서비스까지 제공하는 service enabler의 역할을 하는 경우와 최종 서비스까지 제공하는 service creator의 역할을 하는 경우가 있다. 두번째로는 다양한 산업의 다양한 서비스를 수용할 수 있는 다양성의 수용과 이동통신의 연결성과 이동성을 접목하여 발생하는 새로운 서비스 들을 수용할 수 있는 유연성을 확보하여야 한다. 세번째로는 5G라는 단일 네트워크로 다양한 산업의 서비스를 제공하지만, 산업 간 그리고 서비스 간 독립적인 운영이 보장되어야 한다. 네번째로는 네트워크 운영과 관리에서의 효율성과 사업화 지원이다. 다양성과 유연성의 확보를 위해 네트워크의 구조는 복잡해진다. 이런 네트워크를 가격 효율적인 방법으로 운영하고 안정성을 확보할 수 있어야 한다. 또한 다양한 산업군의 서비스 제공자는 자신의 서비스 제공 시스템에 대한 운영/관리를 수행하면서 서비스 제공 시스템의 일부인 5G 네트워크에 대한 운영/관리를

함께 수행하고자 할 것이다. 따라서 이동통신 사업자는 타 산업에 이동통신 시스템의 서비스를 제공하면서 운영/관리에 대한 인터페이스를 함께 제공할 필요성이 생긴다. 마지막으로 5G 이동통신 네트워크는 가격 효율적인 방법으로 구현되고 운영될 수 있어야 한다.

〈표 3-24〉 5G 네트워크 운영 측면 요구사항

Deployment possible in at least one identified IMT-band	Easy operation and Self Organization requirements
Channel bandwidth scalability	Complexity-related requirements
Spectrum flexibility	Cost-related requirements
Duplexing flexibility	Energy-related requirements
Support of shared spectrum	Security & Privacy related requirement relevant for Radio Access
Spectrum range: up to 100GHz	Performance monitoring and management
Support for wide range of services	Lawful Interception
Co-existence and interworking with legacy RATs	Backhaul and signaling optimization requirements
Control of EMF exposure levels requirements	Relay requirements
Interworking with non-3GPP systems	High availability
Radio Resource Management requirements	

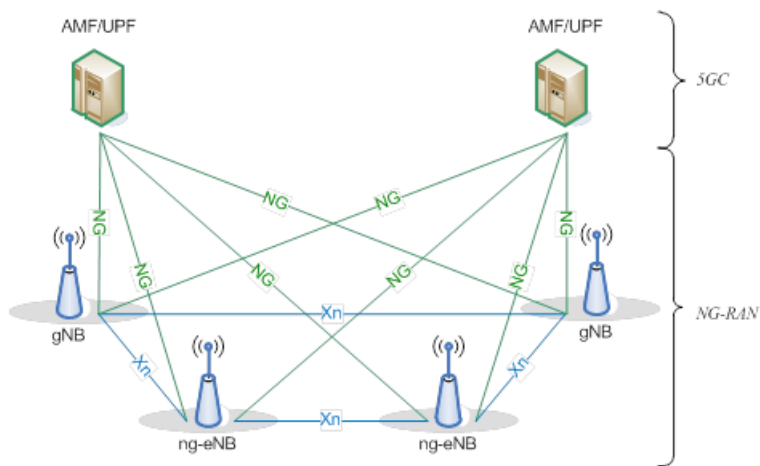
〈표 3-25〉 New generation access tech. requirements

Architecture & Migration	Supplementary Services	
Tight interworking btw. New RAT and LTE	Multimedia Broadcast/Multicast Service	
Support of connectivity through multi-TxPs	Location/Positioning Service – The NR should enable, and improve if suitable, state-of-art positioning techniques	
Flexible options for splitting the RAN architecture	Critical Comm. Service	Public safety communications
Deployment flexibility e.g. to host relevant RAN, CN and application functions at the edges of the network		Emergency communications
C-plane/U-plane separation		Public warning/emergency alert
Deployments using Network Function Virtualization	V2X Communication	
Independent evolution of the RAN and the CN		
Operation of Network Slicing		
Sharing of the RAN between multiple operators		

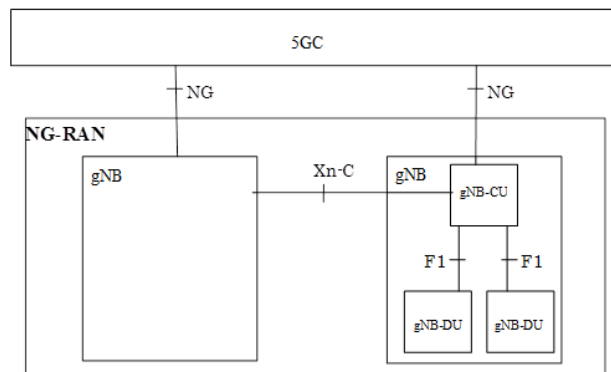
3.5.3 Access network 주요 feature

3.5.3.1 LTE로부터 진화 및 네트워크 구조

구조적인 측면에서 보면 5G radio 네트워크인 NG-RAN은 NR 기지국인 gNB와 LTE 기지국의 진화된 형태인 ng-eNB로 구성되며 gNB나 ng-eNB는 NG 인터페이스를 통해 5G 코어 네트워크인 5GC에 (정확히는 제어 측면에서 5GC의 AMF에 데이터 측면에서 UPF에) 연결되며 이들 간에는 Xn 인터페이스를 통해 연결된다. gNB로 구성된 NG-RAN의 구조는 그림 5와 같으며, gNB는 하나의 gNB-CU (gNB Central Unit)와 하나 이상의 gNB-DU (gNB Distributed Unit)로 구성될 수 있으며 이들 간에는 F1 인터페이스를 통해 연결된다. gNB-CU와 gNB-DU는 기능 분할 (function split)에 의해 표준화되었다.



[그림 3-53] NG-RAN 전체 구성 (3GPP, 38.300)



[그림 3-54] gNB-CU와 gNB-DU를 포함하는 NG-RAN 구조 (3GPP, 38.401)

3.5.3.2 주파수 정의 및 운용 방법

Phase 1에서의 NR은 FR1 (Frequency Range 1)이라 부르는 6GHz 이하 주파수와 FR2 (Frequency Range 2)라 부르는 6GHz 이상 (6GHz ~ 52.6GHz)의 주파수 모두를 수용하고 있으며, 6GHz 이하에서 3.5GHz 대역, 6GHz 이상에서 28GHz 대역 등이 추가 되었으며 1.9GHz 등의 LTE에서의 리파밍(refarming) 밴드를 포함하고 있다. LTE 밴드의 refarming의 경우 기존 넘버를 그대로 사용하면서 접두어 n를 붙이는 방식을 적용한다. 표 3에 신규로 할당된 주파수 대역을 나타낸다. 표에서 SUL은 Supplement UL로서 주로 커버리지가 작은 FR2의 주파수 대역에서 UL 커버리지를 보완할 목적으로 사용될 예정이다. 이번에 새로 정의된 NR 주파수 밴드를 포함하여 LTE와 NR 간의 CC (Carrier Aggregation) 조합이 정의되었으며, NR 에서의 CC 조합도 정의되었다.

Band #	UL	DL	Duplex mode
n77	3.3 - 4.2 Ghz	3.3 - 4.2 Ghz	TDD
n78	3.3 - 3.8 Ghz	3.3 - 3.8 Ghz	TDD
n79	4.4 - 5.0 Ghz	4.4 - 5.0 Ghz	TDD
n80	1710 - 1785 Mhz	N/A	SUL
n81	880 - 915 MHz	N/A	SUL
n82	832 - 862 MHz	N/A	SUL
n83	703 - 748 Mhz	N/A	SUL
n84	1920 - 1980 Mhz	N/A	SUL

Band #	UL	DL	Duplex mode
n257	26.5 - 29.5 GHz	26.5 - 29.5 GHz	TDD
n258	24.25 - 27.5 Ghz	24.25 - 27.5 Ghz	TDD
n259	31.8 0 33.4 Ghz	31.8 0 33.4 Ghz	TDD

[그림 3-55] NR 신규 주파수 할당 현황

3.5.3.3 Multiple access 및 coding

Waveform과 multiple access 측면에서는 다양한 서비스와 다양한 대역폭을 효과적으로 지원하기 위해 scalable numerology에 기반한 OFDM 기술을 사용하기로 하였다. Downlink에 CP-OFDM과 OFDMA를 적용하고 있으며, eMBB 서비스, 방송 서비스, IoT 서비스에 따라 서로 다른 SCS (Sub-Carrier Spacing)와 CP (Cyclic Prefix)를 적용할 수 있다. Uplink에서는 cell의 전개 방식에 따라 서로 다른 waveform과 multiple access를 적용할 수 있도록 규격을 정하고 있으며, macro 셀에서는 LTE에서와 같은 SC-OFDM과 SC-FDMA를 적용하여 PAPR에 적극 대응하고, small 셀에서는 CP-OFDM과 OFDMA를 적용하는 등 다양한 방식의 운용을 통해 스펙트럼 효율을 극대화하도록 조치하고 있다. NR에서는 6GHz 이하에서 5, 10, 15, 20, 25, 40, 50, 60, 80, 100 MHz 그리고 6GHz 이상의 mmWave에서는 50, 100, 200, 400 MHz의 밴드폭을 지원하고 있다. 저지연 서비스와 대용량 전송 서비스 등 서비스의 특성에 따라 다른 SCS와 CP를 적용하고, 100MHz 이상의 광대역 폭의 주파수 밴드를 지원하기 위해 $f_0 * 2^m$ ($f_0 = 15\text{kHz}$, $m = -2, 0, 1, \dots, 5$)의 SCS를 포함한 scalable numerology와 mini-slot을 포함한 flexible slot을 지원하고 있다. 결과적으로 저지연을 필요로 하는 서비스를 지원하기

위한 15 kHz SCS와 mmWave 주파수 대역에서의 100MHz 이상의 주파수 밴드를 지원하기 위한 60 kHz의 SCS까지 다양한 운용이 가능하다. 일반적으로 FR1에서 낮은 subcarrier BW를 사용하고 400MHz 등 넓은 밴드 폭을 가지는 FR2에서 높은 subcarrier BW를 사용한다. NR에서 정의된 데이터 전송 단위는 슬롯(slot)으로, 한 슬롯에 들어가는 OFDM 심볼의 개수는 SCS와 무관하게 14 심볼로 정해져 있다. 따라서 높은 SCS 값을 가지는 경우 한 슬롯의 길이가 짧아지기 때문에 전송 지연을 줄일 수 있어 URLLC 등의 서비스를 지원하기에 적합하다. 또한 일반적인 길이의 슬롯 이외에 2, 4, 7 심볼을 가지는 미니 슬롯을 정의하여 전송 지연을 최소화할 수 있도록 지원하고 있다. 추가적으로 DL/UL에서의 자원 할당을 하나의 슬롯 내에서 심볼 레벨로 정의할 수 있으며, HARQ 지연을 줄이기 위해 전송 슬롯 내에서 바로 HARQ ACK/NACK을 송신할 수 있는 Self-contained 슬롯 구조를 정의하고 있다. 반면 mMTC 서비스의 지원을 위해서는 기본적으로 LTE에서 정의된 NB-IoT의 적용을 우선 고려하고 있으며, 기존 NB-IoT가 NR에서도 in-band 방식, 독립 방식 (stand-alone) 그리고 가드 밴드에서의 동작을 지원하고 있다. mMTC를 위한 추가적인 진화 항목에 대해서는 아직 정의되지 않았다.

〈표 3-26〉 SCS (Sub-Carrier Spacing)과 CP 운용 예시

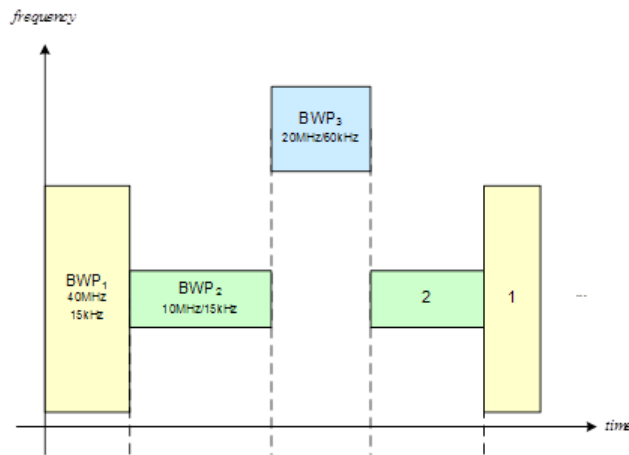
	Normal CP Low freq.	Opt. CP Low freq. Low latency	Small CP High freq. Low latency	Extended CP
Subcarrier BW	15 kHz	30 kHz (2x15 kHz)	60 kHz (4x15 kHz)	(n x 15 kHz, n = 1,2,4)
SF duration	500 us	250 us	125 us	500/n us
OFDM symbol, duration	66.67 us	33.33 us	16.67 us	66.67/n us
CP, duration	476 us	2.38 us	1.19 us	16.67/n us
OFDM symbol incl. CP	71.43 us	35.71 us	17.86 us	83.33/n us

MIMO 기술에 있어서는 기존 LTE에 적용된 MIMO를 확장하여 기지국 혹은 단말에 장착된 수십 개 (15 ~ 256, uniform square array) 이상의 안테나를 이용하여 다중 스트림 송수신을 통한 전송 속도 향상, 빔포밍을 통한 커버리지 향상, 다중 사용자 동시 송수신을 통한 시스템 용량 향상을 도모하고 있다. 특히 6GHz 이상의 mmWave 주파수 대역은 큰 경로 손실 특성을 가지고 있기 때문에 좁은 빔폭의 지향성 빔포밍 (beam forming) 기술이 필수적이다. NR에서는 데이터 전송 뿐 아니라 초기 접속과 제어 신호의 전송을 위해서도 빔포밍 기술을 적용할 수 있도록 규정하고 있다. 빔포밍의 적용으로 LTE와는 다른 방식의 채널 추정 방식이 필요하게 되었으며, 기본적으로 LTE에서 사용되던 셀(cell) 기반의 레퍼런스 시그널은 그 의미가 없어졌으며, DMRS (DeModulation Reference Signal), CSI-RS (Channel-State Information Reference Signal), SRS (Sounding Reference Signal), PTRS (Phase-Tracking Reference Signal)이 사용된다. DMRS는 기존 LTE에서와 같이 demodulation을 위한 기준 신호로 precoding 및 빔포밍을

포함하여 채널을 추정하기 위한 용도로 사용되며 효율 향상을 위해 다중 사용자 멀티플렉싱을 지원한다. CSI-RS는 하향링크(DL)에서 채널 상태 정보 습득, DL beam management, time / frequency tracking, mobility 등의 용도로 사용되며, NR에서는 aperiodic, semi-persistent, periodic 및 wideband / partial band 등 유연한 형태의 CSI-RS 운용이 가능하다. SRS는 상향링크(UL)에서 CSI-RS와 비슷한 역할을 수행한다. PTRS는 발진기에서 발생하는 위상 잡음 및 변이를 보상하는 역할을 수행한다. 이상과 같이 정의된 기준신호를 가지고 기지국과 단말은 서로를 향한 방향으로 빔을 형성하여야 한다. 이를 위해 빔 운영 (beam management)이 필요한데, 기지국/단말의 빔 스위핑(sweeping) 전송과 빔 반복 전송을 통해 기지국과 단말 간의 최적의 송수신 빔 페어를 구성하고 서빙 빔 페어 (beam pair)의 품질 저하 시 신규 빔을 빠르게 복구하는 기능을 함께 수행한다. 빔포밍을 다중 스트림 송수신을 통해 구현하는 방법에는 빔포밍을 위한 처리를 아날로그 영역에서 처리하는 방식과 디지털 영역에서 처리하는 방식이 있다. 아날로그 빔포밍은 구현 복잡도가 상대적으로 낮으나 정교한 빔을 형성하는 데 제한이 있으며 디지털 빔포밍의 경우 디지털 신호처리를 통해 정교한 빔을 형성할 수 있고 사용자간 간섭 및 전력 제어가 가능하나 각 안테나 별로 신호 변환과 RF를 구성해야 하기 때문에 구현 복잡도가 높은 단점이 있다.

이 두 방식을 결합한 하이브리드 방식은 안테나 수보다 적은 수의 RF를 구현하고 안테나 단과 신호 변환(ADC/DAC) 단 사이에서는 아날로그로 빔을 구성하는 방식이다. 주로 아날로그 빔포밍을 통해 사용자 채널에 잘 정합된 방향으로 빔을 형성하고 완벽하지 못한 아날로그 빔포밍을 디지털 단에서 신호처리를 이용해 보완하는 방식이다. 이를 통해 하드웨어 복잡도를 많이 높이지 않으면서 모든 채널에 빔 기반의 무선 통신 방식을 규정하여 커버리지와 용량의 확장을 꾀하고 있다.

mmWave에서의 광대역폭의 지원과 빔포밍은 초기 접속 과정에도 변화를 필요로 한다. SS 및 PBCH가 전송되는 단위 블록인 SSB (Synchronization Signal Block)은 광대역 운영을 위해 다수 개의 SSB가 전송될 수 있도록 정의되었으며, 단말에서의 SSB를 찾아야 하는 후보 주파수 위치를 동기 래스터 (synchronization raster)로 정의하였다. 또한 빔포밍을 지원하기 위해 초기 접속 과정 중 빔 획득 (initial beam acquisition)을 수행한다. NR 표준에서는 SSB를 5ms 동안 최대 64번 전송할 수 있도록 설계되었으며 다수의 SSB는 5ms 시간 내에서 서로 다른 빔으로 전송된다. 단말에서는 20ms의 주기로 전송되는 SSB 중 자신에 맞는 특정 빔을 수신하게 된다. 단말은 검출된 최적의 빔과 연계된 랜덤접속 채널을 통해 프리앰블을 전송하여 기지국과 단말간 빔 페어를 형성한다. NR에서 정의한 제어 채널은 코어셋 (CORESET, Control Resource Set)에서 전송되며 빔포밍의 영향으로 빔 방향에 대한 특성을 알리는 기능이 추가되었다. 이밖에 동적 TDD 운영을 고려한 HARQ 운영 방식과 전송 데이터의 크기 증가와 URLLC의 효과적인 지원을 위해 코드 블록 그룹 (CBG, Code Block Group) 기반의 HARQ 재전송 기능을 도입하였다.



[그림 3-56] BWP (Bandwidth Part)를 활용한 BA (Bandwidth Adaptation) 동작 예시 [38.300]

NR에서의 광대역 특성과 서비스별로 상이한 운영 방식에 따라 네트워크 내의 각 단말은 서로 다른 대역폭을 지원할 뿐 만 아니라 상하향 링크의 대역폭이 다를 수 있다. 넓은 대역폭 내의 UE가 적은 데이터 전송을 필요로 할 경우 이를 효과적으로 지원하기 위해 Carrier bandwidth part (BWP)가 정의되었다. 단말이 사용하는 주파수 대역폭, 주파수의 위치, SCS를 지정할 수 있다. 단말은 Carrier bandwidth part를 포함한 BA (Band Adaptation)을 통해 활성화된 주파수 대역 내 일부 영역으로 한정된 동작을 통해 단말에서의 소비 전력을 절약할 수 있다. 그림 3-56은 3개의 서로 다른 BWP가 설정된 경우를 나타낸다. BWP1은 SCS 15 kHz로 40 MHz의 밴드폭을 가지며, BWP2는 15kHz SCS에 10 MHz 밴드폭을 가지며, BWP3는 SCS 60kHz에 20MHz의 밴드폭을 가진다.

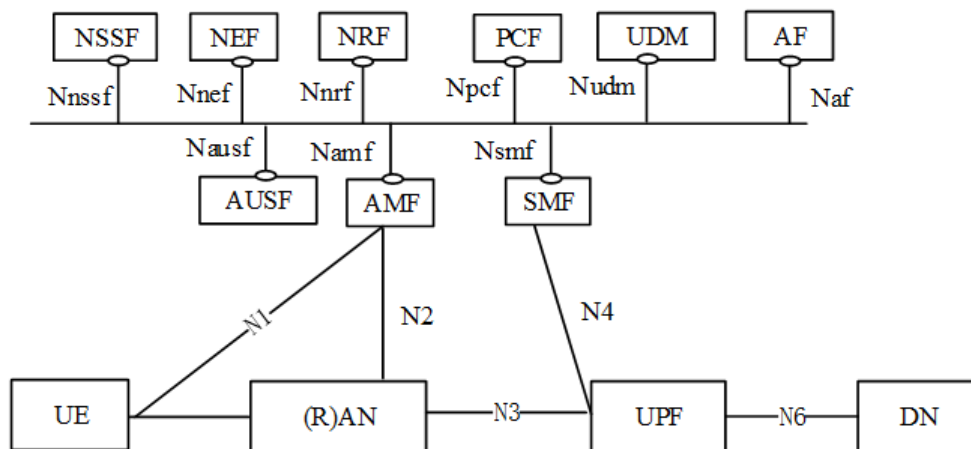
채널 코딩에 있어서는 20Gbps 급의 초고속 데이터를 낮은 복잡도로 처리할 수 있는 기술이 필요하였으며, 이를 위해 LDPC 코딩 방식이 채용되었다. 특히 eMBB용 데이터 채널에 대해서는 Quasi-cyclic LDPC 코드를 채택하고 있다. 제어 채널에 대해서는 고신뢰도의 효율적인 정보 비트 길이를 가진 채널 코딩을 위해 Polar 코딩이 적용되었다. 이 밖에 NR과 LTE의 공존을 위한 방안, dual connectivity와 Carrier aggregation을 위한 규격이 포함되어 있다.

3.5.4 Core network 주요 feature

3.5.4.1 네트워크 구조 진화와 다양성/유연성

3GPP SA WG에서는 다양한 산업의 다양한 서비스를 수용하기 위한 네트워크 구조의 진화를 진행[11~13]하였으며 Phase 1 stage 2까지 진행된 규격의 대표적인 특징으로는 SBA(Service based

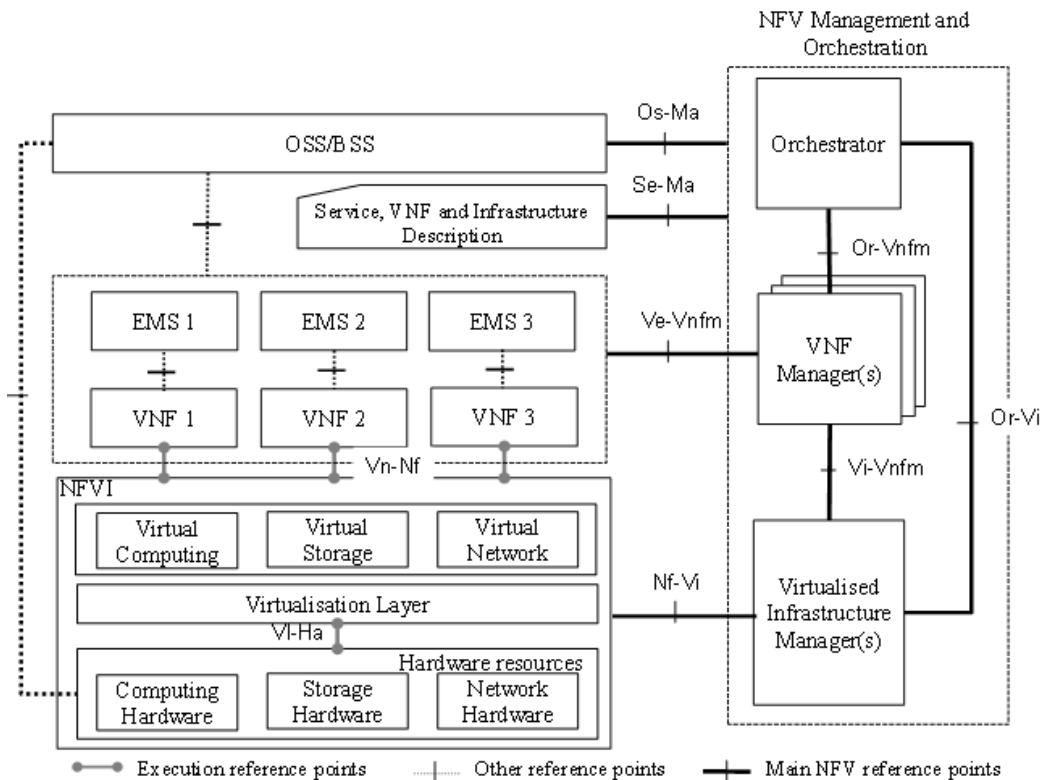
Architecture)를 들 수 있다. 새롭게 적용된 SBA에서는 SDN, NFV, Cloud 등 가상화 기술의 적용을 가능하게 하는 네트워크 기능 (NF: Network Function) 단위 구조를 정의하고 각 기능 모듈은 service interface를 통한 동작을 정의하였으며 NRF (Network Repository Function)의 도입으로 서비스와 기능(function)의 탐색이 가능한 구조를 정의하였다. 이를 통해 NF의 재사용성을 강화하고 새로운 네트워크 서비스의 도입을 효과적으로 수용하며, 기능별 독자적인 구현과 동작을 가능하게 하였다. DSF (Data Storage Function)의 도입으로 AMF (Access and Mobility Management Function), SMF (Session Management Function) 등의 네트워크 기능에서 context 저장을 분리하여 유연성을 강화하고 네트워크에서의 과부하 등에 효과적으로 대처할 수 있도록 하였다. Stage 2에서 정의된 구조에서는 기존의 EPC와의 연동 뿐 아니라 WiFi 등의 non-3GPP 망과의 연동도 SBA 내의 같은 NF에서 일관되게 처리할 수 있도록 지원하여 동시 접속 등 서비스의 연동성을 향상시켰다. 네트워크 내에서 각각의 산업이나 서비스를 지원하기 위한 자원이나 기능을 모아 가상의 네트워크를 구성하여 각 산업/서비스별로 독자적인 서비스를 제공하도록 하는 네트워크 슬라이스 (Network Slice) 개념이 추가 되었으며, NSSF (Network Slice Selection Function)에서 이에 대한 정책을 관리하도록 정의하고 있다. PCF(Policy Control Function)은 망 전체에 대한 사업 방향에 따른 정책(policy)를 적용할 수 있도록 지원하고 있으며, 타 산업 서비스 시스템과의 연동은 NEF (Network Exposure Function)와 AF (Application Function)을 통해 이루어져 서로 다른 이동통신 사업자 간의 서비스 연동 뿐 아니라 자동차, 공장 등 다양한 산업의 서비스 시스템이 이동통신 시스템에 서비스를 요구하는 용도로 사용될 수 있다.



[그림 3-57] 3GPP SBA (Service-Based Architecture) 23.501

ETSI NFV[14]에서는 Release 1에서 NFV의 실현 가능성을 조사하고 NFV 인프라 (NFVI), 가상화기능

(VNF), 네트워크서비스(NS), NFV관리 및 제어 (NFV-MANO)에 대한 NFV구조를 정의하였으며 Release 2에서는 NFV의 상호 연동성 확보를 위한 인터페이스 정의 및 요구사항에 대한 Stage 2 규격 및 protocol Stage3 규격을 완성하였다. Release 3에서는 NFV를 구축하기 위해 필요한 NFV 구조 프레임워크의 Feature들을 작업하고 있으며 주요 feature들은 과금, 라이선싱, 정책 프레임워크, multi-site, Cloud Native 지원 등이 있다. ETSI NFV 표준은 네트워크의 소프트웨어 구현과 가상화의 기반을 제공하고 있으며, 이 과정에서 운영, 관리 체계를 제시하고 있다. 제시된 프레임워크 안에서 네트워크의 기능과 인프라에서는 오픈소스가 중요한 역할을 담당하고 있다.



[그림 3-58] ETSI NFV 프레임워크

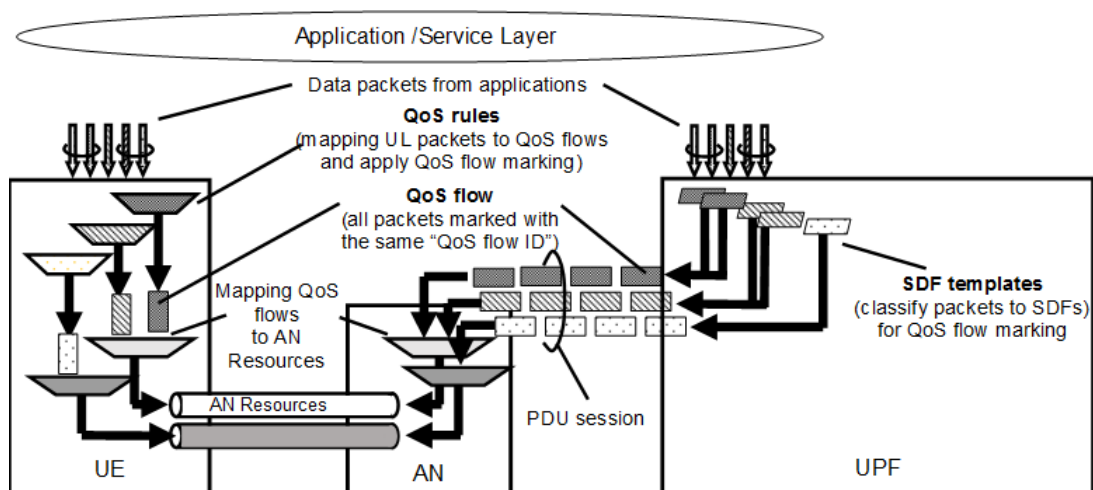
OPNFV에서는 다양한 오픈소스와 ETSI NFV 표준 간 연결고리 역할을 수행하고 있다. ETSI NFV와 협력 관계를 가지고 있는 3GPP SA5에서는 5G 네트워크의 관리 대상을 통신 서비스 (Communication Service), 네트워크 슬라이스 및 네트워크 슬라이스 서브넷 (Network Slice Subnet), 네트워크 기능 (Network Function) 등의 계층으로 나누고, 이들의 관리를 자동화할 수 있는 추가 관리 기능 및

인터페이스를 제공하고자 한다. SA2에서 정의한 네트워크 슬라이싱 개념 및 구조를 기반으로 SA5에서는 네트워크 슬라이스 인스턴스 및 네트워크 슬라이스 서브넷 인스턴스의 라이프사이클 관리 (Lifecycle Management) 및 오케스트레이션 기능 및 인터페이스의 표준개발을 진행 중이다.

OSS 와 BSS는 최근 타 산업에서 고객 대상의 서비스 시스템을 구현하면서 이동통신 사업자의 시스템을 함께 접목시켜 전체 시스템에 대한 OSS와 BSS 시스템을 구축해 나가는 추세이다. 또한 가상화를 위해 소프트웨어로 구현되는 이동통신 시스템의 운영과 관리 목적으로 OSS에 대한 표준화 필요성이 증가되고 있다. 대표적인 OSS/BSS와 소프트웨어 관리에 대한 표준화 추진 단체로 TM forum (Telecommunication Management Forum)을 들 수 있다. TM forum에서는 NGOSS 프로그램을 정의하고 다양한 산업의 디지털화를 지원하고 이 과정에서 OSS 의 진화 방향을 모색하고 있으며 reference model을 제시하고, 업체들 간의 협업과 검증을 수행하며, 인증에 대한 사업도 진행하고 있다.

3.5.4.2 Quality of Service

새로 정의된 QoS (Quality of Service) 모델은 다양한 응용계층의 요구사항을 만족시키면서 네트워크 자원의 효율성을 향상시키는 방향으로 진화하고 있다. AMF와 SMF를 통해 접속/이동성 관리와 세션 관리를 이원화하여 한 가입자에게 서비스의 성격에 따라 복수 데이터 연결을 제공하여 서비스 효율화를 제공하고, UPF (User Plane Function)와 결합하여 단말 이동성을 지원하면서 다양한 SSC (Service and Session continuity) 기능과 함께 유연한 세션 관리를 가능하게 한다.



[그림 3-59] QoS 모델 (3GPP 23.501)



3. 이동통신 진화 현황

〈표 3-27〉

5QI Value	Resource Type	Priority Level	Packet Delay Budget	Packet Error Rate	Example services
B	Delay Critical GBR	11	5 ms	10^{-5}	Remote control (See TS 22.261)
C		12	10 ms	10^{-6}	Intelligent transport systems
D		13	20 ms	10^{-5}	
1	GBR NOTE 1	20	100	10^{-2}	Conversational Voice
2		40	150 ms	10^{-3}	Conversational Voice (Live Streaming)
3		30	50 ms	10^{-3}	Real Time Gaming, V2X messages Electricity distribution – medium voltage, Process automation - monitoring
4		50	300 ms	10^{-6}	Non-conversational Video (Buffered Streaming)
65		7	75 ms	10^{-2}	Mission Critical user plane Push To Talk voice (e.g. MCPTT)
66		20	100 ms	10^{-2}	Non-Mission-Critical user plane Push To Talk voice
75		25	50 ms	10^{-2}	V2X messages
E		18	10 ms	10^{-4}	Discrete Automation
F		19	10 ms	10^{-4}	Discrete Automation
5		10	100	10^{-6}	IMS Signalling
6	Non-GBR NOTE 1	60	300 ms	10^{-6}	Video (Buffered Streaming) TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc)
7		70	100 ms	10^{-3}	Voice, Video (Live Streaming) Interactive Gaming
8		80	300 ms	10^{-6}	Video (Buffered Streaming) TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc.)
9		90			
69		5	60 ms	10^{-6}	Mission Critical delay sensitive signalling (e.g., MC-PTT signalling)
80		55	200 ms	10^{-6}	Mission Critical Data (e.g. example services are the same as QCI 6/8/9)
79		65	50 ms	10^{-2}	V2X messages
G		66	10 ms	10^{-6}	Low Latency eMBB applications Augmented Reality

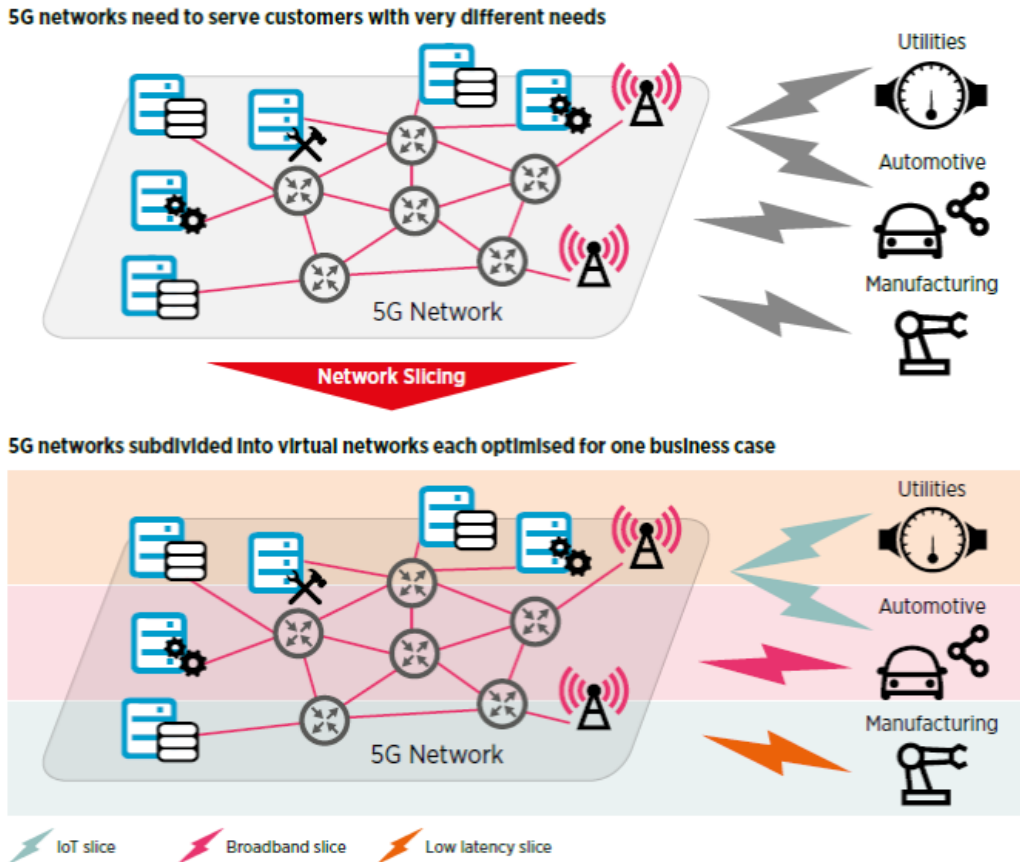
3.5.4.3 Network Slicing

네트워크 슬라이스는 다양한 산업의 다양한 서비스를 네트워크에서 수용하여 서비스별/산업별로 복수개의 가상 네트워크를 하나의 공통된 물리 네트워크 위에 구성하여 품질(quality)에 대한 보장을 수행할 수 있는 강력하고 유연한 도구이다. 네트워크 슬라이스가 제공하는 유연성은 각 산업의 다양한 서비스를 동일한 체계로 수용할 수 있을 뿐만 아니라 미래의 수요에 대비할 수 있는 저가격, 고효율 제공하는 유연한 네트워크를 구성할 수 있도록 한다.

다양한 산업의 5G를 통한 디지털화와 융합은 복잡한 성능과 사업적인 도전 뿐 아니라 사업에 대응하는 시간과 명민함에서 5G에 도전적인 과제이다. 네트워크에 새로운 산업의 새로운 서비스에서 요구하는 새로운 기능과 성능을 구성하는 데 걸리는 시간과 이렇게 구성된 네트워크를 통해 최종 사용자에게 서비스를 제공하는 시간을 최소화 하는 것은 서비스의 성공과 함께 사업의 성공을 이루는 필수 요소이다. 따라서 5G 네트워크는 시장의 요구에 따라 역동적으로 그 구성과 기능, 성능을 재구성 할 수 있는 능력을 필요로 한다.

SDN과 NFV에 기반한 가상화 기술은 네트워크 구조에서 급격한 변화를 초래하여 전통적인 구조의 네트워크 구조를 프로그래밍이 가능하고 사용자 정의 가능한 요소로 분해하였다. 이를 통해 유연성을 최대화하는 방식으로 사업적 요구에 따라 네트워크를 구축 할 수 있도록 하였으며, 이것이 네트워크 슬라이싱 개념이다. 다양한 서비스가 요구하는 다양한 네트워크 성능 특성을 제공하는 것은 이동통신 사업자가 당면한 주요 기술적 어려움 중 하나이다. 네트워크에 요구되는 성능 요구 사항은 데이터 속도, 지연시간, QoS, 보안, 가용성 및 기타 여러 매개 변수를 달리하는 통신을 필요로 한다. 이런 특성은 서비스마다 다를 수 있다. 사업적인 측면에서도 도전적인 화제를 제시하는데, 예를 들면 평균 수익은 서비스마다 크게 다를 것이므로 비용 최적화 된 네트워크 구성과 성능 최적화 된 유연성을 균형있게 조정하는 것이 수익성을 결정하는 데 중요 할 것이다.

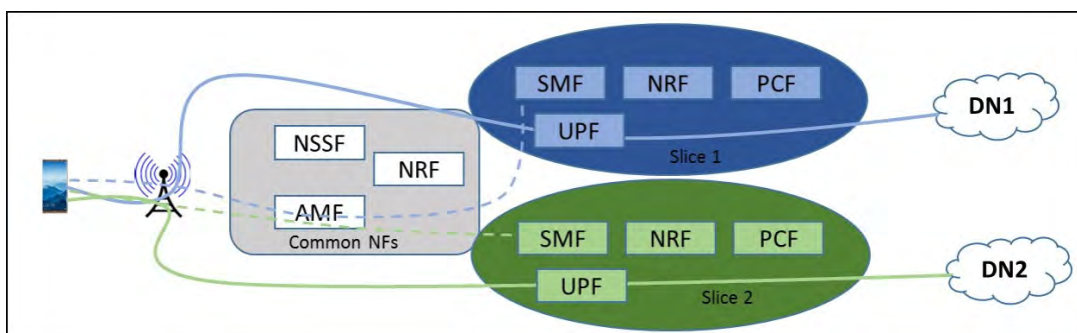
네트워크 슬라이스는 특정 서비스 또는 사업 영역을 지원하도록 네트워크를 분할하는 유연한 방법을 제공함으로써 많은 산업 분야에 도움이 되는 사용자 정의 통신을 제공한다. 슬라이스는 지연시간 또는 대역폭 요구 사항을 포함하는 수많은 특성에 의해 최적화 될 수 있다. 슬라이스는 지원되는 서비스와 마찬가지로 제어 및 사용자 평면에서 서로 분리되어 있기 때문에 네트워크 슬라이스의 사용자 경험은 물리적으로 분리 된 네트워크 인 경우와 동일하게 나타난다.



[그림 3-60]

네트워크 슬라이스는 다양한 서비스에 필요한 적정 수준의 요구사항을 만족하기 위해 다양한 측면에서의 리소스를 서비스 특성에 기초하여 설정 할 수 있다.

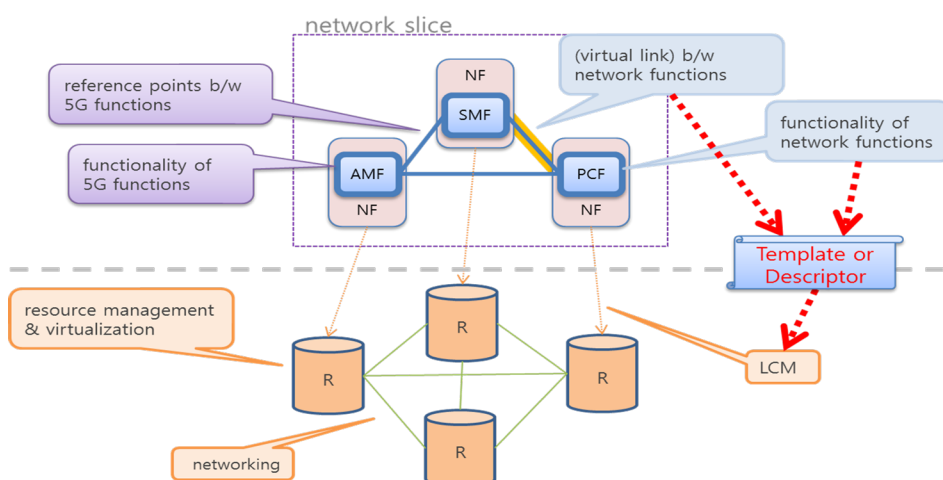
기존의 코어 네트워크는 모든 서비스에 관계없이 동일한 서비스 특성을 제공하는 단일 접근법과 광범위한 요구 사항 및 서비스 별 맞춤 특성을 갖춘 서비스를 제공하는 단일 네트워크 구조를 가지고 있다. 네트워크 슬라이스, 소프트웨어 정의 네트워킹 (SDN) 및 가상화와 같은 기술을 통해 네트워크를 보다 확장 가능하고 유연하며 역동적 인 방식으로 구축 할 수 있다. 커스터마이징 가능한 요소들을 프로그래밍 방식으로 함께 묶어 적절한 수준의 연결성을 제공 할 수 있으며 각 요소는 선택한 아키텍처에서 실행된다. 이러한 네트워크 슬라이스 개념의 코어 네트워크는 다양한 서비스 요구를 충족 할 수 있다.



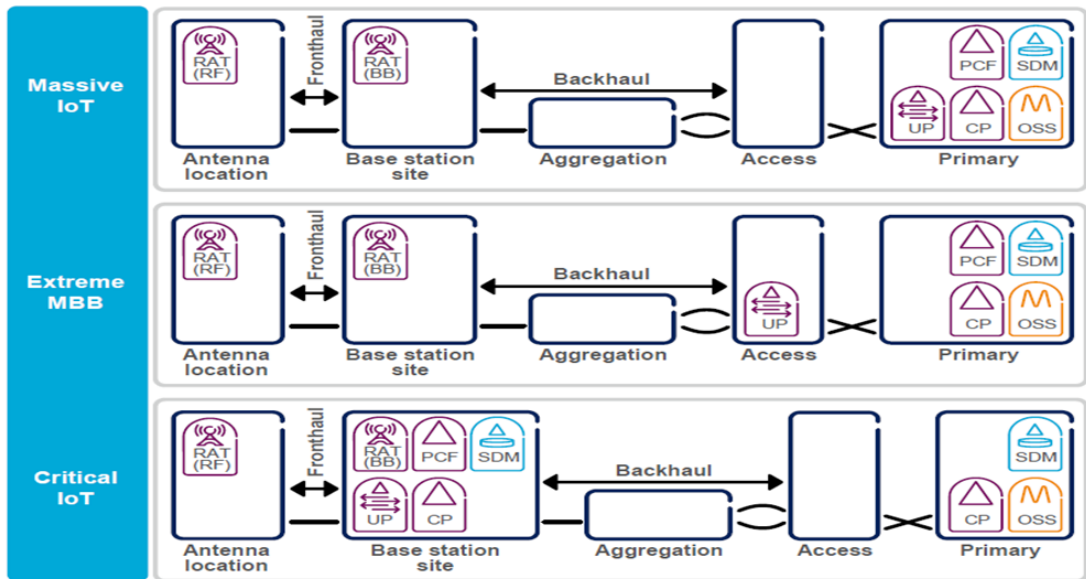
[그림 3-61] 3GPP 네트워크 슬라이스 개념도

네트워크 슬라이스에 대해서는 SA2에서 표준화를 진행 중이며, 산업 간 혹은 서비스 간 네트워크 자원의 구분이 될 수 있도록 하여, 전용망 유사한 서비스를 제공할 수 있고, tenant network, 사설 망의 구성도 용이하게 될 것으로 기대한다. SA2에서는 한 단말이 복 수개의 서비스를 수행할 수 있는 점을 감안하여 AMF에 대해서는 복수개의 네트워크 슬라이스에 대해 공통으로 수행이 가능하지만 그 밖의 기능에 대해서는 슬라이스 별로 자원을 분리하고 있다. 다음 그림은 SA에서 논의되고 있는 네트워크 슬라이스의 구조를 나타낸다.

RAN에서의 기능 분리 모델과 상기 설명한 서비스 기반 5G 시스템 구조, 네트워크 슬라이스에 의해 5G의 기능 들은 서비스의 요구사항에 따라 재구성이 가능하고 지연시간 요구사항 등에 따라 기능의 재배치가 가능해 진다. 다음 그림은 이런 재배치에 의해 ITU에서 제시한 3대 use case를 지원하는 5G의 네트워크 구조를 나타낸다.



[그림 3-62] 3GPP 네트워크 슬라이스 개념도



[그림 3-63] 5G use case에 따른 네트워크 기능 재배치

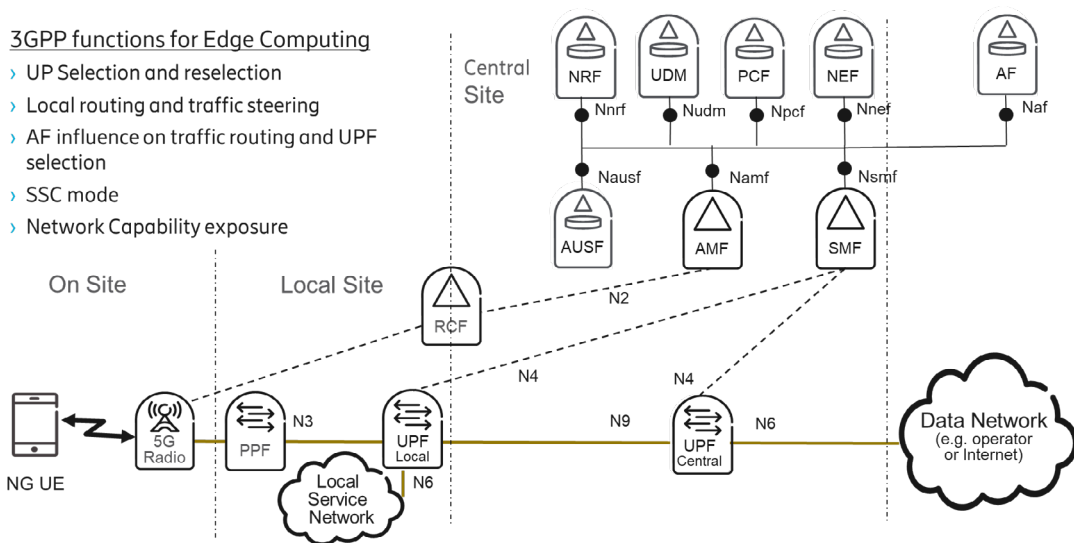
3.5.4.4 Edge computing을 포함한 Cloud 지원

새로운 비즈니스 요구 사항에 있어 통신 품질을 준수하는 것은 많은 산업에서 그 중요성이 증대되고 있다. 어떤 종류의 서비스는 중앙 집중형 클라우드 구성에 의해 가격, 효율성, 광범위한 데이터 분석에 의한 효과를 기대할 수 있으며, 어떤 종류의 서비스에서는 분산 형 클라우드를 통해 데이터의 처리를 단말에 최대한 가깝게 구성하여 네트워크에서의 전송 지연을 줄여 지연시간을 획기적으로 줄일 수 있고 높은 전송량을 요구하는 데이터에 대해 단말과 가까운 네트워크 끝단에서의 캐쉬 구성을 통해 네트워크의 효율을 극대화할 수 있다. 따라서 다양한 산업의 요구에 따라 서비스의 요구되는 품질과 수준을 분석하고 이에 맞춰 응용 프로그램 계층에서의 클라우드 구성을 최적으로 구성하는 것이 5G 네트워크에서 중요한 요구사항으로 인식되고 있다. 중앙집중형, 분산형 및 그 혼재된 형태의 응용 계층 클라우드 구성과 함께 네트워크의 기능도 중앙집중형, 분산형 및 그 혼재된 형태의 클라우드 구성이 중요하다. 분산형 네트워크 구성을 통해 네트워크의 끝단, 단말의 가장 가까운 곳에 네트워크의 주요 기능을 위치시켜 지연시간을 최소화 하거나 네트워크 캐쉬 역할을 하도록 구성하는 것을 Edge computing이라 한다. 이런 네트워크 구성은 network exposure 기능과 결합하여 네트워크 끝단에 edge computing 네트워크 구성 요소를 위치시키고 3GPP의 network exposure 구성 요소인 NEF (Network Exposure Function)과 AF (Application Function)을 통해 분산형 구조의 응용계층 클라우드를 구성하여 edge 단에서의 응용 프로그램이 API를 통해 네트워크와 밀접하여 서비스에서 요구되는 네트워크 구성 요소를 제어할 수 있도록 구성할 수 있다. 이때 제어와

데이터가 분리된 SDN 형태의 5G 네트워크에서 데이터는 3GPP 구성요소인 UPF를 통해 edge 단에서의 응용 프로그램의 데이터 네트워크로 연결된다. 이를 통해 네트워크의 기능들, 응용 계층의 프로그램이 모두 끝단에 위치할 수 있으며, 응용 계층의 프로그램은 네트워크와 응용 계층의 통합 운영을 통해 최적의 edge computing을 구성할 수 있다.

3GPP에서 규정된 5G 네트워크의 SBA (Service Based Architecture)구조는 제어와 데이터의 분리 그리고 NFV에 기반한 가상화 네트워크 구성 요소를 역동적으로 재구성할 수 있도록 표준화를 진행하여 네트워크를 중앙집중형 혹은 분산형 등 다양한 형태로 사업적 요구에 따라 재구성할 수 있도록 하였다.

또한 3GPP에서는 edge computing을 구성하기 위해 다양한 기능을 추가하였다. 다음 그림은 이러한 3GPP에서의 edge computing을 지원하기 위한 기능을 보이고 있다.



[그림 3-64] 3GPP에서의 edge computing 지원을 위한 기능 구성 요소

3.5.4.5 네트워크 운용 / 관리

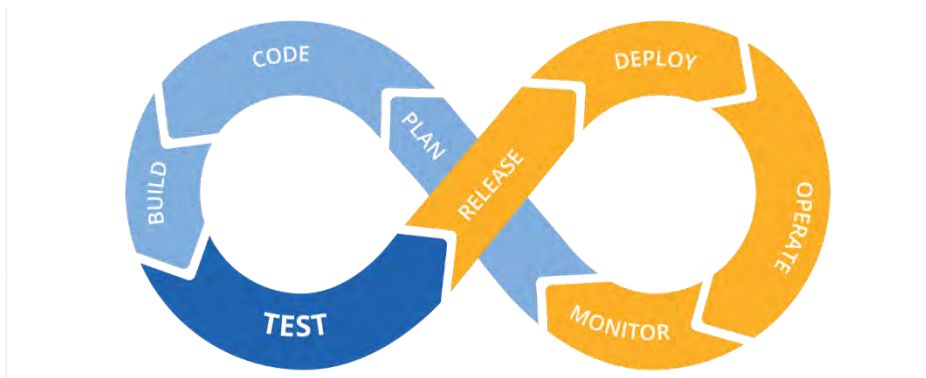
네트워크의 구조가 가상화되고 역동적인 재구성이 가능해지면서 네트워크의 복잡도는 높아지고 있다.

OSS (Operations Support System)와 BSS (Business Support System)은 전통적으로 이동통신 사업자가 네트워크를 운영하고 이를 고객 대응 시스템에 연동시키는 필수적인 구성 요소로 동작해 왔다. 일반적으로 이동통신 사업자가 임의로 지정한 요구사항에 따라 표준화되지 않은 방식으로 구현되었다. 최근에는 공공안전과 같은 타 산업에서 고객 대상의 서비스 시스템을 구현하면서 그 중 중요한 위치를 차지하고 있는 이동통신 사업자의 시스템을 함께 접목시켜 전체 시스템에 대한 OSS와 BSS 시스템을

구축해 나가는 추세이다. 또한 가상화를 위해 소프트웨어로 구현되는 이동통신 시스템의 운영과 관리 목적으로 OSS에 대한 표준화가 추진되기도 한다. 대표적으로 OSS/BSS와 소프트웨어 관리에 대한 표준화를 추진하고 있는 단체로는 TM forum (Telecommunication Management Forum)을 들 수 있다. TM forum에서는 NGOSS 프로그램을 정의하고 다양한 산업의 디지털화를 지원하고 이 과정에서 OSS의 진화 방향을 모색 중이며 이를 위해 reference model을 제시하고, 업체들 간의 협업과 검증을 수행하며, 인증에 대한 사업도 진행하고 있다.

물리적인 하드웨어 기반의 네트워크 인프라에서 클라우드 기반의 소프트웨어 형태의 네트워크 기능으로 변화하는 최근의 패러다임 변화에 있어서, 소프트웨어로 구현되는 인프라 플랫폼 및 네트워크 기능들에 대해 서비스의 중단 없이 빠르게 소프트웨어의 업그레이드 및 문제 해결 등을 가능하게 하기 위한 핵심기술로 CI/CD가 주목받고 있다.

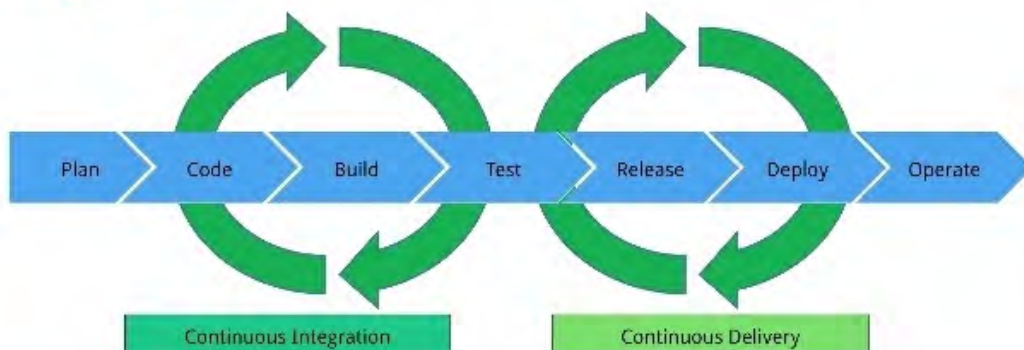
다음 그림과 같이 소프트웨어 코드 개발에서부터 실 환경에의 배포에 이르기까지의 전주기를 자동화하는 것으로 CI (Continuous Integration)는 지속적인 통합으로 소프트웨어 제작 과정에서 코드의 수정 및 적용에 소요되는 시간을 줄이기 위하여 많은 작업자가 동시에 코드의 일부를 개발 또는 수정하되 각 개발자들이 독립적으로 수정 및 삭제하는 부분들이 실시간으로 반영되고 이를 통합하는 과정을 반영한다.



[그림 3-65] CI/CD 자동화 주기

CD (Continuous Deployment)는 CI에서 더 나아가 실제 구동하고 있는 환경에 적용하는 과정까지를 자동화하는 것을 목표로 한다. 기존에 수작업으로 각 환경에 접근하여 업그레이드를 수행하므로 인해 소요되는 많은 시간을 줄이기 위해 CD는 실제 운용 환경에 릴리즈된 코드를 배포하고, 실제 운용 환경을 모니터링하여 향후 개선사항에 대한 피드백을 코드 개발에 반영함으로써, DevOps 환경이 효율적으로 운영되도록 한다. 다음 그림은 기존 방식과 CI/CD를 적용했을 때의 프로세스를 나타낸다.

CI/CD

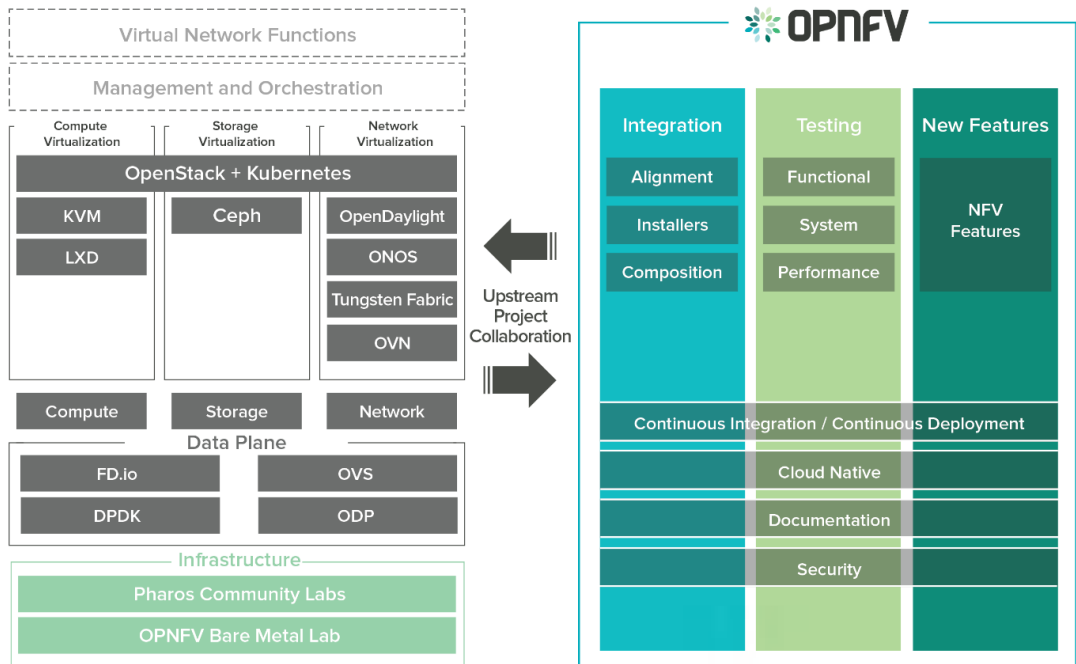


[그림 3-66] Continuous integration and continuous delivery

NFV 인프라 및 관리 통합 환경을 위한 CI/CD 관련하여 대표적인 오픈소스 프로젝트에는 OPNFV와 ONAP이 있다.

OPNFV는 다양한 관련 오픈소스 프로젝트들을 NFV 프레임 구조에 적합한 위치로 매핑하고, 이들을 통합하여 하나의 NFV 환경으로 통합하기 위한 목적으로 2014년에 설립되었다. Linux Foundation의 오픈소스 프로젝트로서, 통합 환경에 대한 설치에서부터 배포, 통합 환경에서의 기능 테스트에 이르는 전 과정을 소행하고, 이에 대한 피드백 및 수정 보완사항을 관련 오픈소스 프로젝트에 반영시키는 것이 주 활동 내용이다. 다음 그림은 OPNFV에서 NFV 통합 플랫폼 구성을 위한 Upstream 프로젝트들과 이를 통해 OPNFV에서 하고자 하는 내용을 나타낸다. OPNFV는 Upstream 프로젝트들의 통합 환경 설치를 위한 인스톨러 개발에서부터 인프라 및 기능, 성능에 대한 테스트 툴을 제공하기 위한 프로젝트를 진행하고 있으며, 이러한 모든 과정은 CI/CD 파이프라인에 의해 코드 개발에 따라 자동 빌드 및 배포되어 전세계 OPNFV Pharos 실험실 내 인프라에 실제 운영된다. 다음 그림은 OPNFV에서 제공하는 CI/CD 도구와 이를 통한 CI/CD 파이프라인을 나타내며, 물리 인프라인 COT 서버 자원, 서버 위에서 돌아가는 Cloud OS 및 가상화 형태로 제공되는 VNF 기능들의 조합에 대한 지속적인 통합, 테스트, 배포를 통해 실제 릴리즈까지 이르는 전주기를 자동화하고 있다.

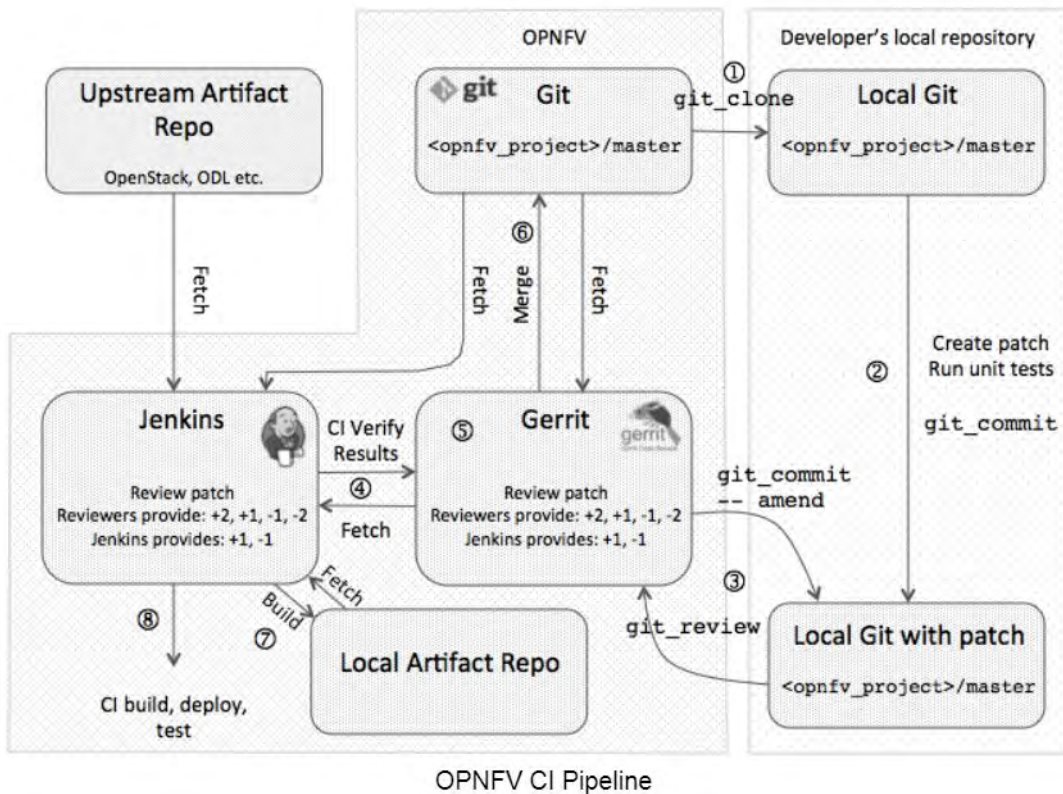
3. 이동통신 진화 현황



[그림 3-67] OPNFV Gambia 7.0 구조

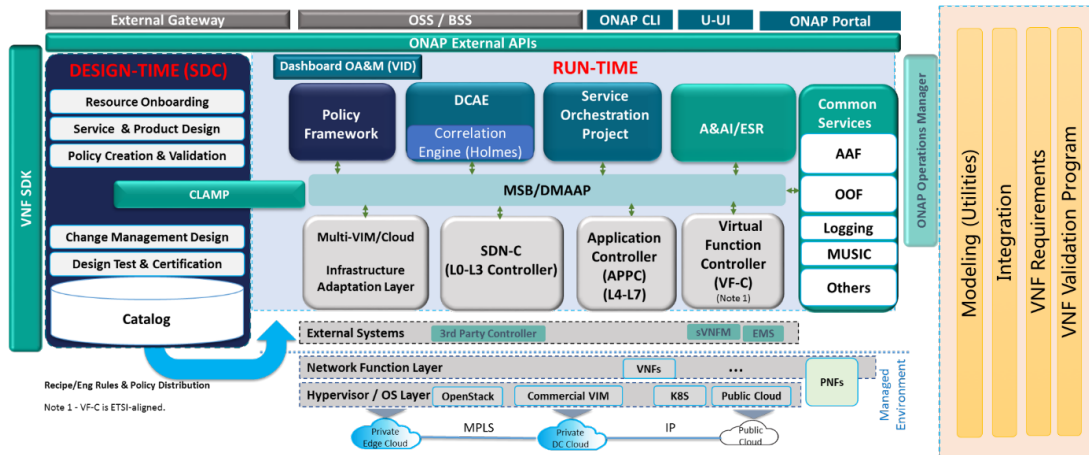


[그림 3-68] OPNFV upstream project 들



[그림 3-69] OPNFV continuous integration 과정

ONAP은 NFV 플랫폼의 관리 제어 및 오케스트레이션 기능으로써 China Mobile이 주도하는 Open-O와 AT&T의 ECOMP 두 개의 오픈소스 프로젝트가 함께 추진하는 프로젝트로서 SDN/NFV 자동화를 위한 공통 네트워크 운영체제를 중심으로 글로벌 서비스 제공업체 환경을 통합하고자 2017년초에 출범하였다. ONAP은 오픈소스 컴포넌트들을 통해 SDN/NFV 기반 인프라와 서비스를 제공하는 데 요구되는 수동 프로세스를 감소하여 TTM(Time to Market)을 앞당기고 수익을 빠르게 창출할 뿐만 아니라 자동화된 CI/CD를 통한 OPEX를 줄이는 것에 초점을 맞추고 있다. 다음 그림은 ONAP의 구조를 나타낸 것으로, 크게 Design-Time 프레임워크와 Run-Time 실행 프레임워크로 구분된다.



[그림 3-70] ONAP Casablanca release 구조

Design-Time 프레임워크는 NFV 인프라 위에서 동작하는 VNF에 대한 설계단계에서부터 인프라 자원을 고려하여 제작 및 테스트를 진행할 수 있으며, 시뮬레이션을 통해 서비스가 인증되면 이를 실제 Run-Time 실행 프레임워크로 배포하고 실행함. Run-Time 실행 프레임워크는 액세스 제어, 로깅, 데이터 분석과 같은 추가적인 기능을 제공한다. ONAP 프로젝트 내에도 각 구성요소 및 통합 환경 구축을 위한 다양한 세부 프로젝트들이 존재하며, 이를 통합하여 하나의 버전 릴리즈 배포까지의 과정을 자동화 하기 위해 Jenkins 기반의 계층적 CI/CD를 운영하고 있다. 다음 그림은 ONAP의 4계층 CI/CD 구조를 나타낸 것으로, 각 세부 프로젝트에서 유닛 테스트가 완료되면, 이를 각 프로젝트의 정의된 테스트 케이스를 통해 프로젝트 단위의 테스트를 진행하고, 이를 통해 검증된 각 프로젝트의 코드들을 통합하여 유즈 케이스에 대한 프로젝트 통합 테스트 및 실제 실험실 인프라로의 배포 및 운영을 통한 테스트를 수행한다.

4. Public safety 서비스 진화 방향

4. Public safety 서비스 진화 방향

4.1 분야별 서비스 진화

공공안전망의 서비스 진화는 다양한 분야에서 이루어질 것으로 예상된다. 크게 도시기반보안, 사이버보안, 개인식별관리 그리고 기타 분야로 구분할 수 있다.

4.1.1 도시기반보안

도시기반보안은 도시화의 진행, 고령화, 기후 변화 등의 영향으로 그 중요성이 높아지고 있다. 도시화의 영향으로 2050년 인류의 약 70%는 도시에서 생활할 것으로 예측되며 이런 도시화의 영향으로 2035년에는 약 20억대의 자동차가 도로를 주행할 것으로 예측된다. 고령화 추세에 따라 선진국에서 60세 이상 인구가 차지하는 비율은 1999년의 10%에서 2050년에는 22%로 2배 이상 늘어날 것으로 전망된다. 최근 지구상에서 다양한 지역에서 반복적으로 나타나고 있는 자연재해는 점차 그 규모가 커지고 있으며, 환경 변화에 의해 2025년에는 약 18억명의 인류가 물부족을 겪을 것으로 예측된다.

도시기반보안에는 다음과 같은 서비스가 예측된다.

■ 차량관련 서비스

- 응급차량 접근 알림 서비스: 소방차, 경찰차, 응급차 등 빠른 이동을 필요로 하는 자동차에 대해 주행 경로 전방의 차량들에 비상 상황의 차량이 접근하고 있다는 사실을 알려 길을 터줄 수 있도록 조치하는 서비스이다.
- 교통정보수집: 도시 내 교통 상황을 실시간 모니터링하고 이를 활용하여 사고, 공사, 정체 등의 정보를 차량에 공유하여 안전한 운행과 효율적인 교통 흐름을 확보하는 서비스이다. 사고가 발생할 경우 연속되는 2차 충돌을 회피하기 위해 주변 차량에 사고 사실을 알리고 주변 차량이 신속히 대응할 수 있도록 지원하는 서비스를 포함하고 있다. 사고 정보를 실시간으로 주변 차량에 전달하는 것이 사고 회피의 필수 조건으로 이 과정에서 통신망의 저지연 특성은 대단히 중요하다.
- 응급 차량을 위한 신호등 조작: 응급 차량이 현장에 신속히 도착할 수 있도록 응급 차량의 이동 경로 상의 신호등을 미리 조작하여 속도의 저하나 정지 없이 신속히 현장에 도착할 수 있도록 하는 서비스이다. 응급 차량은 경로 정보를 클라우드로 전송하고 관제 센터의 클라우드에서는 수신된 경로에 따라 도로 상의 신호등에 제어 신호를 전달하게 되며, 이 과정에서 통신망이 활용된다.

■ 경비 서비스

- 국경 및 지역 경비 서비스: 국경을 통한 무단 이동을 감시하고 적절한 대응을 도모하는 서비스와 특정



지역에 대한 보안을 유지하기 위한 서비스이다.

- 실시간 스마트 동영상 감시: CCTV 등의 보급이 확대되면서 경비 목적의 동영상 저장을 통한 확보 뿐 아니라 실시간으로 모니터링되는 동영상에 대한 분석을 빅데이터 분석과 인공지능을 통해 수행하여 범죄와 테러를 방지하고 사고 시 신속한 대응을 가능하게 하는 서비스이다. 동영상을 클라우드에서의 분석을 위해 전송하는 데 통신망이 활용되며, 신속한 대응을 위해 응급요원과 경찰 등에 정보를 전달하는 데 통신망이 활용된다. 현장에 출동하는 요원들에게는 분석된 결과를 전달하는 것 뿐 아니라 현장의 동영상을 함께 전송하는 것이 현장의 생생한 상황을 파악하고 현장 도착 전에 미리 준비할 수 있도록 돕게 된다.

■ 센서를 활용한 모니터링 서비스

우리 일상 생활 중 발생할 수 있는 위험 상황을 조기에 감지하고 적절한 조치를 취하기 위해 다양한 형태의 센서를 활용하여 감시하는 서비스이다. 센서에서 수집된 데이터는 통신망을 통해 클라우드 서버 혹은 관제 센터로 전달되며 전달된 데이터를 분석을 통해 이상 유무를 감지하고 알람 등을 통해 적절한 조치를 취할 수 있도록 돕는다. 일반적으로 센서는 광범위한 지역에 설치되는 특성을 가지고 있으며, 유지 보수, 관리의 편의를 위해 장시간의 배터리 동작이 가능하도록 구성한다.

- 위험 감지 센서: 다양한 형태의 센서를 활용하여 위험 상황을 감지한다.
- 고위험 환경 진단: 미세먼지를 포함한 대기오염, 화학 물질의 유출 등 도시 생활에서의 고위험 요소를 감지하여 시민이 이에 대비할 수 있도록 돕고 국가와 사회가 적절한 조치를 취할 수 있도록 돕는 서비스이다.
- 홍수/지진 센서: 홍수, 지진 등 자연 재해에 대해 센서를 통해 전조 현상을 포함한 다양한 상황을 모니터링하여 종합적인 대응이 가능하도록 하는 서비스이다.
- 수질 관리 센서: 수질 상태를 센서를 통해 감지하여 적절한 조치를 취할 수 있도록 하는 서비스이다.
- 무인 경비 시스템: 센서, 비디오 등을 활용하여 상황을 감지하고 이를 각종 방법으로 알려 신속한 대응을 가능하게 하는 서비스이다.

■ 공공안전 목적의 통신 서비스

공공안전 요원 들을 위한 통신 서비스로서, 요원들간의 정보 교환 목적이나 요원들의 클라우드 접속을 통한 정보 취득을 목적으로 한다. 원활한 정보 교환과 정보 취득은 신속, 정확한 현장 대응의 필수 요소로 인식되고 있다.

- 안전요원간 통신 서비스: 사고 지역에서 경찰, 소방, 구급 요원 들 간의 정보 교환과 관제 센터나 클라우드로 부더의 지령과 정보 취득을 목적으로 하는 통신을 제공하는 서비스이다.
- 응급 구조 요원 네트워크: 신속한 구조를 필요로 하는 사람을 위해 출동하는 응급 구조 요원에게 필요한 정보를 제공하기 위한 통신 네트워크 서비스이다. 구조 현장에 대한 분석 데이터와 함께

현장의 동영상, 피해자의 상황 정보 및 데이터 베이스 정보를 활용하여 피해자의 병력 등 관련 정보를 취득하여 신속한 대응을 가능하게 한다.

- 전술 무선 통신: 테러나 폭동 등 대규모의 병력이 작전을 펼치는 상황에서 정보, 지령 등의 전달을 위한 통신 서비스이다
- 응급 통신 서비스: 재해, 재난 등으로 인해 정상적인 통신이 제공되기 어려운 상황에서 비상 통신을 제공하는 서비스이다.
- 사고 지역 네트워크: 사고 지역의 비상 통신 제공 혹은 특수 목적의 통신을 제공하는 서비스이다.
- 응급 구조 요원으로부터의 동영상 전송: 응급 구조 요원의 웨어러블 카메라를 통해 현장의 동영상을 전송하는 서비스이다. 원격지에 있는 전문가의 도움을 받을 수 있기 때문에 보다 신속 정확한 조치를 취할 수 있다. 응급 구조 요원 뿐 아니라 사고 현장에 먼저 도착한 경찰의 웨어러블 카메라를 통한 동영상 전송은 현장으로 출동 중인 응급차에 전송되어 현장 도착 전에 환자 정보에 기반한 조치를 준비할 수 있도록 돕는다.

■ 첨단 기기를 활용한 공공안전 서비스

- 위험지역에서의 원격 로봇: 폭발물, 테러, 범죄 등 현장 요원의 안전이 위협받는 특수한 상황에서 로봇을 활용한 대응 조치는 효과적이고 안전한 현장 조치를 가능하게 한다. 원격 로봇의 제어를 위해 활용되는 통신망은 로봇의 주변 환경을 원격지의 조종자에게 정확히, 실시간으로 전달하는 것이 중요하고 조종자의 제어에 따라 실시간으로 제어 정보를 로봇에 전달하는 것이 중요하다. 이를 위해 저지연 특성이 필수적이며, 주변 동영상, 소리, 촉감 등의 전달이 필요하기 때문에 대용량의 복합 요구 사항을 수용할 수 있어야 한다. 또한 로봇의 오작동은 예기치 않은 피해를 유발할 수 있기 때문에 제어 신호를 신뢰할 수 있는 품질로 전달하는 것이 중요하다.
- 법위반/응급상황 대응 드론 서비스: 드론은 광범위한 지역의 상황을 동영상을 통해 모니터링 하거나 사람이 접근하기 어려운 위치의 상황을 파악하는 데 유용하다. 또한 피해 지역에 응급 물자를 수송하는 용도로도 활용될 수 있다. 드론을 광범위한 지역에서 활동하도록 하기 위해서는 원격리의 무선 통신이 제공되어야 하며, 드론에서 수집된 동영상의 전송을 위해서는 광대역 통신망의 확보가 필요하다.

■ 기타 도시기반보안 서비스

공공안전을 위한 서비스는 정보를 신속하고 광범위하게 수집하고 분석한 후 관련 인원이 체계적인 대응을 할 수 있도록 조치하는 것이 필수적이다. 이 과정에서 서로 다른 기관과 부서 간에 정보의 공유가 필요하다. 예를 들면 사고 현장에 도착한 경찰이 웨어러블 카메라를 통해 동영상을 확보하고 이를 응급차에 전송하여 응급 요원이 환자의 상태를 미리 파악할 수 있도록 하거나, 화재 현장의 위치를 기반으로 소방서에서 화재 현장까지의 신호등을 조작하는 서비스 등이 서로 다른 공공안전 인프라 간의



협조를 통해 공공안전 서비스의 품질을 높이는 경우라 할 수 있다. 이 밖에도 다음과 같은 복합적이고 종합적인 관점에서의 대응 서비스가 있을 수 있다.

- 재난 및 응급상황 관리: 재난 및 응급 상황이 발생하였을 때 센서와 비디오를 통한 상황 파악, 서로 다른 응급 요원들의 정보 교환 및 취득, 시민의 안전한 이동 등 종합적인 상황 파악과 분석 그리고 체계적인 지휘 계통의 수립을 지원하기 위한 서비스이다.
- 사고 지점 관리를 위한 위치 정보 서비스: 사고 위치를 파악하는 것은 신속하고 정확한 대응을 위한 전제 조건이다. 사고 위치를 정확히 파악하고 이를 관련된 사람들에게 전송하는 서비스이다.
- 실시간 화기 사용 위치 감지 및 신고: 최근 일부 국가에서 총기를 사용한 사고가 빈번히 발생하고 있다. 총기 사고에 대해서는 신속한 사고 상황의 파악과 대응이 피해자를 줄이는 데 필수적이다. 이를 위해 화기 사용 위치를 신속히 파악하고 이를 관련 인원에 신속히 알리는 서비스이다.
- 질병/전염병 관리: 질병/전염병의 확산을 막기 위해서는 환자의 관리, 병원의 관리 그리고 환자와의 접촉을 인원의 파악과 관리를 신속히 진행하는 것이 필요하다. 이를 위해 종합적으로 상황을 파악하고 필요한 경우 수집된 정보를 분석하고 이를 관련된 인원이 신속히 공유하는 서비스이다.
- 응급 상황에서의 경보 시스템: 응급 상황에서 시민에 이를 신속히 알리고 대응 방법을 전파하기 위한 서비스이다.
- 시뮬레이션 모델링 및 범죄 예측: 다양한 센서와 비디오 정보를 수집/분석하고 SNS 등 사이버 상에서의 데이터를 분석하여 범죄에 대한 이상 징후를 발견하고 이에 신속히 대응할 수 있도록 조치하여 피해를 방지하기 위한 서비스이다.

4.1.2 사이버 보안

사이버 보안은 IT 기술의 발전과 SNS 등 다양한 사이버 활동의 증가와 함께 점점 더 중요성이 증대되고 있다. 사이버 보안에는 다음과 같은 서비스가 있다.

- 개인 확인과 접근 제어
- 네트워크 보안
- 사이버 침입 감지
- 응용 계층 보안
- 백업과 복원 시스템
- 데이터 보안
- 종단 보안
- 보안 운용



4.1.3 개인 식별 관리

개인 식별 관리는 도시인프라에서의 개인 식별과 사이버에서의 개인 식별이 있다.

- 생체 보안 및 인증 시스템
- 안면, 홍채, 지문/손바닥 인식 시스템
- 개인 식별 관리 시스템

4.1.4 기타 서비스

기타 서비스로는 다음과 같은 서비스가 있다.

- AR/VR 기능을 포함하는 웨어러블 시스템: 웨어러블 기기는 현장 요원의 건강을 포함한 상태 감지, 마이크, 카메라 등을 통한 정보 공유, 이어셋을 통한 지령 획득 등 현장에서의 작업 효율성을 향상 시킬 수 있다. 웨어러블 형태를 통해 작전 수행을 위한 자유도를 지속하는 상태로 활용하 수 있기 때문에 더욱 효율을 극대화 할 수 있다. 이러한 웨어러블 기기를 활용한 서비스에서 무선 통신은 정보의 공유를 위해 필수적이다.
- 원격 전염병학: 원격 전염병학은 지역 기반 및 인터넷 기반 시스템을 포함하여 전염병학 연구 및 응용에 IT 기술을 적용하는 것을 말한다. 원격 전염병학은 질병 재발을 포함한 전염병 발병에 대한 조사나 지원을 위해 통신 시스템을 적용한다. 여기서 공간 기반 시스템 (예 : GIS, GPS, SPOT5)은 자연 및 인위적 데이터 (즉, NDVI, Meteosat, Envisat)를 사용하여 사람 및 동물 집단의 건강 위험을 평가한다. 원격 전염병학의 지역 기반 적용은 건강 감시 및 건강 응급 대응까지 광범위하게 적용되며, 원격 전염병학의 인터넷 기반 적용은 인터넷 보고서를 생성하는 역학 데이터의 소싱과 실시간 질병 매핑을 포함한다. 이는 뉴스 및 소셜 미디어 아울렛의 역학 데이터를 수집 및 구조화하고 연구 또는 공공 보건 기관에 적용하기 위해 이 데이터를 매핑하거나 보고하는 것을 수반한다. 이러한 적용의 예로는 질병 발생의 글로벌 사례를 매핑하고 전자 메일로 보내는 두 개의 웹 기반 서비스 인 HealthMap 및 ProMED-mail이 있다.

4.2 재난 안전망 진화 연구 동향

4.2.1 미국 S&T

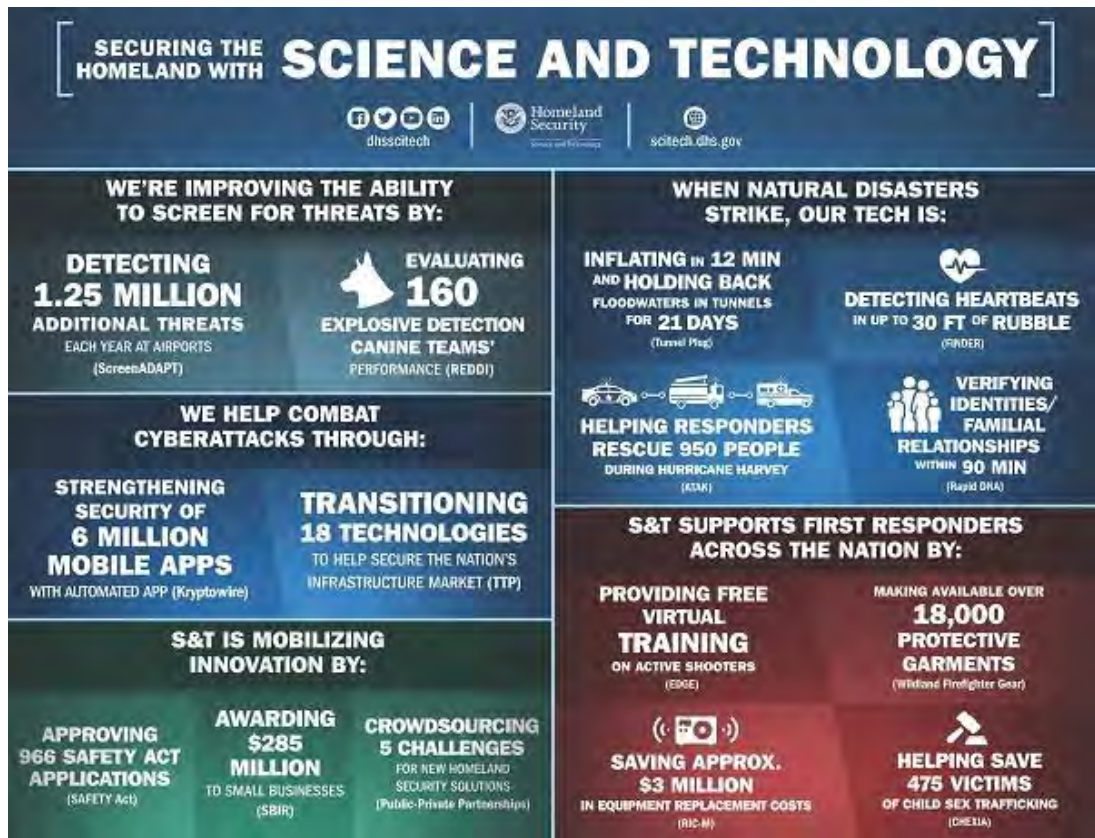
미국 국토안보부 (Department of Homeland Security) 산하의 S&T (Science & Technology Directorate, 과학기술이사회)는 국토안보부의 연구개발부서로서 현재와 미래의 국가 안보 기업을 필요로



하는 도구, 기술 및 지식 제품을 제공하는 데 중점을 두고 있다. 이는 S&T가 전국의 산업이 가지고 있는 해법과 최종 사용자의 요구사항을 끊임없이 연결하고 연구하여 달성하고 있으며, S&T의 R&D 초점 분야는 국토안보부의 핵심 사명 영역을 다루면서 전국의 네트워크, 국가 실험실 및 기타 파트너가 제공할 수 있는 능력과의 격차 해소를 위한 솔루션을 찾고 향후 연구를 위한 주제를 정의한다. 의회가 2003 년에 설립 한 S&T는 적기의 솔루션을 제공하고 부서별 인수를 지원하기 위해 과학적, 공학적, 분석적 혁신적 접근법을 적용하여 모든 국토 안보 임무에서 효과적이고 효율적이며 안전한 운영을 가능하게 하기 위해 노력하고 있다. 이를 위해 S&T는 미국 및 국제 정부, 산업계 및 학계와 파트너 관계를 맺고 국가의 안보 공무원이 모든 위험 및 위협을 예방하고 대응하고 복구 할 수 있는 솔루션을 만들고 테스트하며 현실 세계의 솔루션을 현실적인 시간대에 제공하는 것을 목표로 한다.

S&T가 집중하고 있는 분야는 다음과 같다.

- 국경과 해상에서의 보안 및 국경 검문: DHS S&T는 국경 및 이민 공무원과 긴밀히 협력하여 기술이 어떻게 그들의 임무를 지원하고 도전을 극복 할 수 있는지 연구함
- Centers of Excellence and Academia: 특정 국토 안보 주제와 위협에 대처하기 위해 전국의 학술, 국가 연구실 및 연구 기관과 파트너 관계
- 화학/생물학적 방어: 기술 혁신과 미래 지향적 인 연구를 통해 화학 및 생물학적 위협 방지 요구를 해결하기 위해 전국의 당국과 파트너십
- 핵심 인프라의 보안 및 탄력성: 공공 및 민간 부문 파트너와 협력하여 기술 혁신을 통해 국가의 핵심 인프라의 보안 및 탄력성 강화
- 사이버 보안: 사이버 보안과 관련된 연구 개발
- 테스트, 검증, 표준화, 시스템 엔지니어링: 운영자가 자신의 요구 사항과 기술의 성능을 정의하고 이해하도록 도와줌
- 폭발물 탐지와 처리: 폭발물 탐지 및 완화 연구 및 개발을 통해 미국 시민과 인프라를 보호하는 데 도움이 되는 새로운 접근법을 창출
- 응급구조대: 모든 수준의 응급 구조대와 긴밀한 파트너십을 통해 기존 및 새로운 기술, 지식 제품 및 표준을 사용하여 요구 사항을 만족할 수 있도록 개발하고 사용을 촉진
- 드론을 포함한 무인항공 시스템: 국토 안보에서 더 유용하게 사용할 수 있는 방법을 연구하여 무인 항공 시스템 문제를 해결



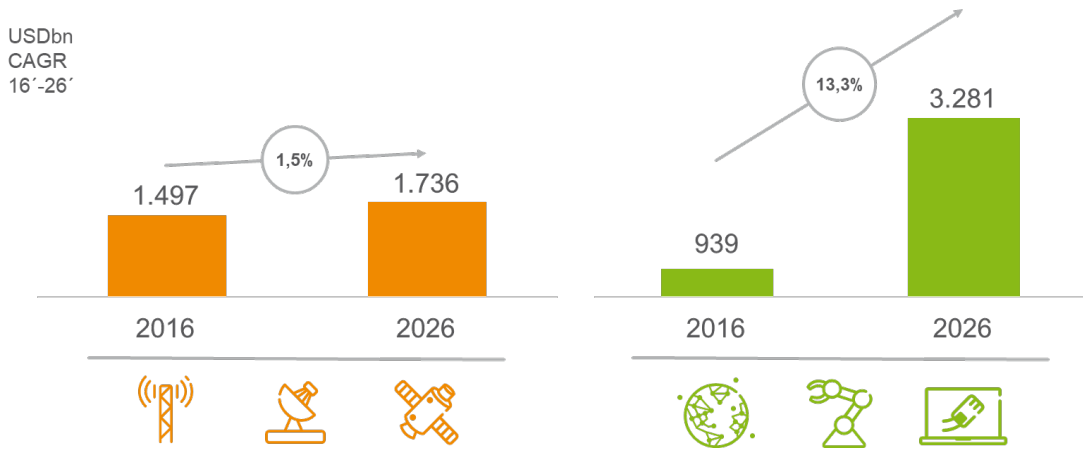
[그림 4-1] 미국 S&T 요약

4.3 시장 전망

이동통신 사업자의 매출은 지속적인 데이터 증가와 가입자 증가에도 불구하고 정체 상태를 보이고 있다. 반면 ICT와 이동통신이 제공하는 디지털화와 이동성을 바탕으로 한 기존 산업군의 디지털화는 새로운 서비스의 추가 제공과 새로운 사업 모델 그리고 이 과정에서의 서비스와 사업 모델 혁신을 통해 그 규모가 증가하고 있다. Ericsson과 시장 조사 기관인 Archur D. Little은 공동으로 산업의 디지털화 현황을 살펴보고 산업의 디지털화 과정 중에 5G의 역할 및 시장 규모, service exposure 유형에 따른 이동통신 사업자의 역할 및 시장 규모를 분석, 예측하였다. [xx] 이 보고서에서 디지털화 시장 규모는 기존 산업군에 속한 기업의 시장을 제외하고 순수하게 디지털화를 지원하는 ICT와 이동통신 사업자의 매출 규모로 구성된다.

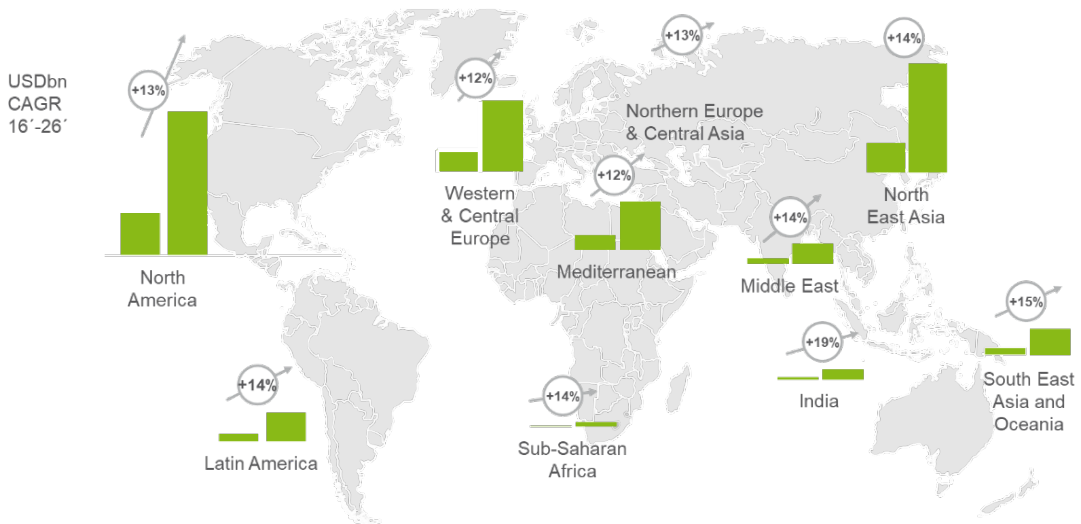


Current operator service revenues



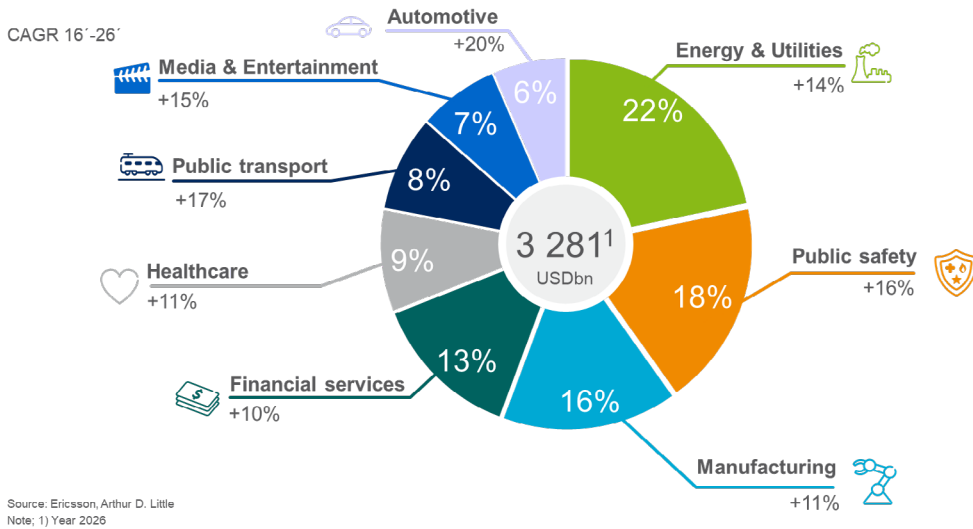
[그림 4-2] 이동통신 사업자 매출 추이와 산업 디지털화에서 ICT 업체 매출 추이 비교

그림에서 보이는 바와 같이 이동통신 사업자의 매출은 2026년까지 1.5% 증가에 그치는 반면 산업 디지털화에서 ICT 업체의 매출은 평균 13.3%의 증가세가 예상되어 2026년 3,281B US 달러에 달할 전망이다. 산업 디지털화에 따른 ICT 업체의 매출 추이를 지역별로 살펴보면 전세계적으로 고르게 분포된 것을 확인할 수 있다.



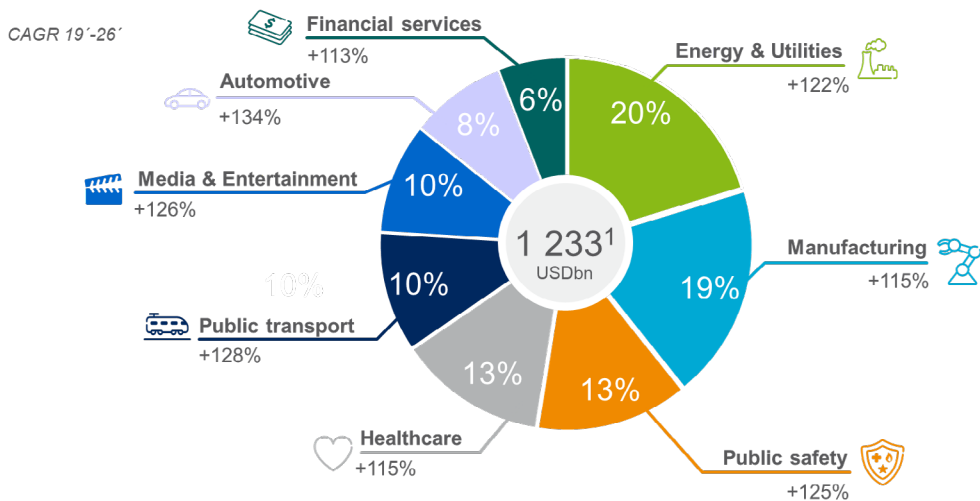
[그림 4-3] 지역별 산업 디지털화 매출 비교

2026년 산업 디지털화 매출의 산업별 구성을 살펴보면 다음과 같다. 에너지&유틸리티가 14%, 공공안전 산업이 18%, 공장 및 생산 활동이 16%를 차지함을 확인할 수 있다. 증가율 면으로는 교통/자동차 분야가 20%로 가장 높은 증가세를 보인다.



[그림 4-4] 산업 디지털화에서 ICT 기업의 산업별 매출 구성

산업 디지털화에서 ICT 기업의 매출 구성 중 5G가 차지하는 부분은 2026년 1,233B US 달러에 달할 전망이다. 5G에 의한 산업 디지털화 매출의 산업별 구성은 다음 그림과 같다.

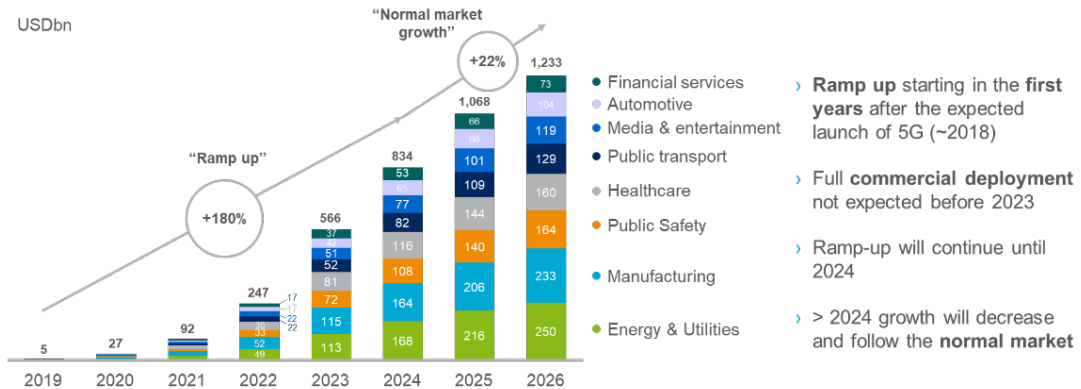


[그림 4-5] 5G에 의한 산업 디지털화 매출 및 산업별 구성



4. Public safety 서비스 진화 방향

여전히 에너지&유틸리티가 20%로 가장 많은 구성을 차지하고 있지만 두번째로 많은 구성을 공장과 생산 활동이 차지하고 있음을 확인할 수 있다. 이는 다른 산업에 비해 사설망으로 구성되는 공장이 이동통신 사업자의 시장 접근을 용이하게 하는 특성이 있기 때문으로 보인다. 5G에 의한 산업 디지털화 매출의 2026년까지의 추이를 다음 그림에서 확인할 수 있다.



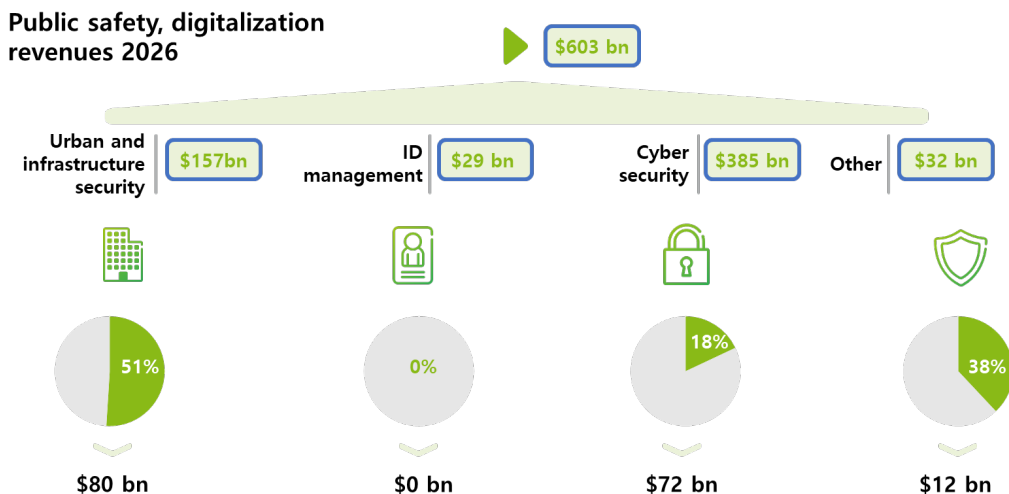
[그림 4-6] 5G에 의한 산업 디지털화 매출의 연도별 추이

공공안전 분야의 서비스를 도시기반보안, 개인식별보안, 사이버보안 그리고 기타 분야로 구분할 경우, 각각의 분야에서 디지털화가 진행되면서 새로 개발되는 시장의 크기는 157, 29, 385, 32 \$bn 정도로 예측되고 있다. 각 분야의 서비스 중 5G에 의해 제공되는 통신을 필요로 하는, 즉 5G에 의한 디지털화가 진행되는 분야는 각각 80, 0, 72, 12 \$bn에 이를 전망이다.

도시기반보안 서비스 시장의 절반 정도는 통신 서비스에 기반한 서비스로 구성된다. 예를 들면, 위험 감지, 홍수 센서, 수질 관리 및 교통정보 수집, 다양한 경비/보안 서비스들이 센서의 설치와 센서를 통해 수집되는 정보에 기반하여 서비스를 제공하게 될 것이다. 시뮬레이션 모델링 및 범죄 예측 서비스의 경우에도 다양한 정보를 수집하여 빅데이터 분석과 인공지능에 의해 서비스를 제공하기 때문에 센서를 포함한 다양한 정보를 통신을 통해 전송하는 것이 필수적이다. 안전요원 간의 통신, 응급 구조 요원으로부터의 동영상 전송 등 공공안전과 관련된 인원의 통신 수요는 증가하고 있으며, 기본적인 음성 통신에서 비디오, 데이터 통신에 대한 수요가 증가하고 있으며, 클라우드를 통한 보다 지능화된 서비스를 필요로 하고 있다. 동영상의 필요성은 공공안전과 관련하여 점차 증대되고 있으며, 실시간 스마트 동영상 감시 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이런 추세로 인해 도시기반보안에서의 디지털화 시장 중 약 50% 정도를 통신이 점유할 것으로 예상된다. 사이버 보안의 경우 통신에 의해 연결되는 사이버 공간에서의 보안을 제공하는 서비스 특성 상 통신의 시장 기여도가 높다. 하지만, 5G와 같은 무선 통신의 필요성, 사이버 보안 기술의 시장에서의

점유도 등을 고려하여 사이버 보안 전체 시장 385 \$bn 중 72 \$bn 정도를 5G에 의한 기여도로 볼 수 있으며, 이는 약 19%에 해당한다. 개인 식별 관리 서비스는 생체 인식, 개인 식별 관리 시스템이 시장의 대부분을 차지하고 있는 특성 상 5G의 기여도는 미비할 것으로 예상된다. 기타 서비스 시장에서는 웨어러블 기기와 원격 전염병 관리 등의 시장 규모 32\$bn의 시장 규모를 예측하고 있으며, 이 중 12\$bn 정도를 5G 이동통신이 기여하는 시장으로 예측하고 있다.

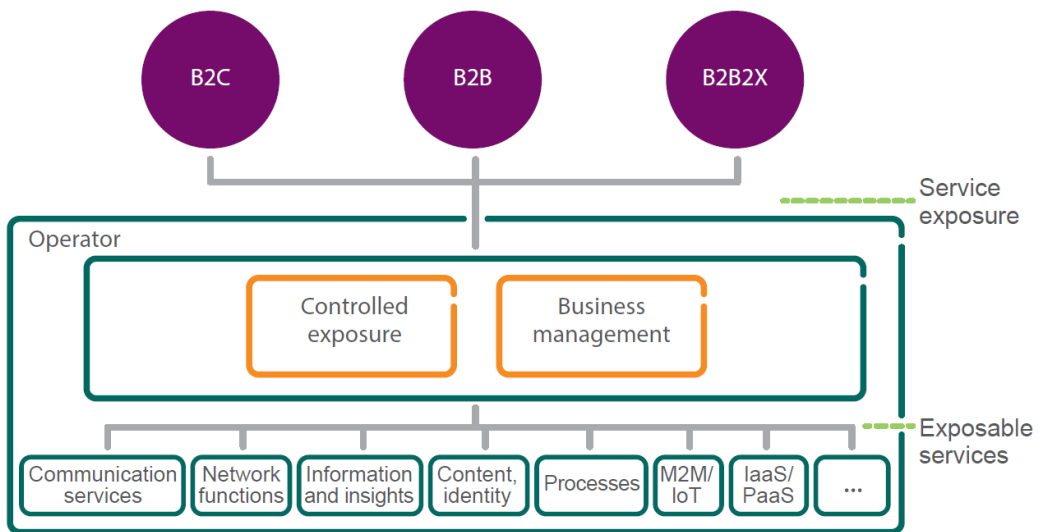
도시기반보안, 개인식별보안, 사이버보안 그리고 기타 공공안전서비스에 있어 디지털화에 의해 유발되는 추가적인 시장 규모는 2026년 603\$bn 에 이를 전망이다. 각 서비스 분야별 디지털화 시장의 규모는 다음 그림과 같다. 이중 5G의 시장 기여도에 따라 각 서비스 분야 별 시장 규모를 예측하면 도시기반보안, 개인식별보안, 사이버보안 그리고 기타 공공안전서비스에 있어 각각 51%, 0%, 18%, 38% 의 기여도를 가질 것으로 예측되어, 공공안전 분야에서 서비스 분야별 시장 규모는 순차적으로 80\$bn, 0\$bn, 72\$bn 그리고 12\$bn 에 이를 것으로 예측된다.



[그림 4-7] 2026년 공공안전분야 디지털화 시장 규모 및 5G 기여도에 따른 시장 규모

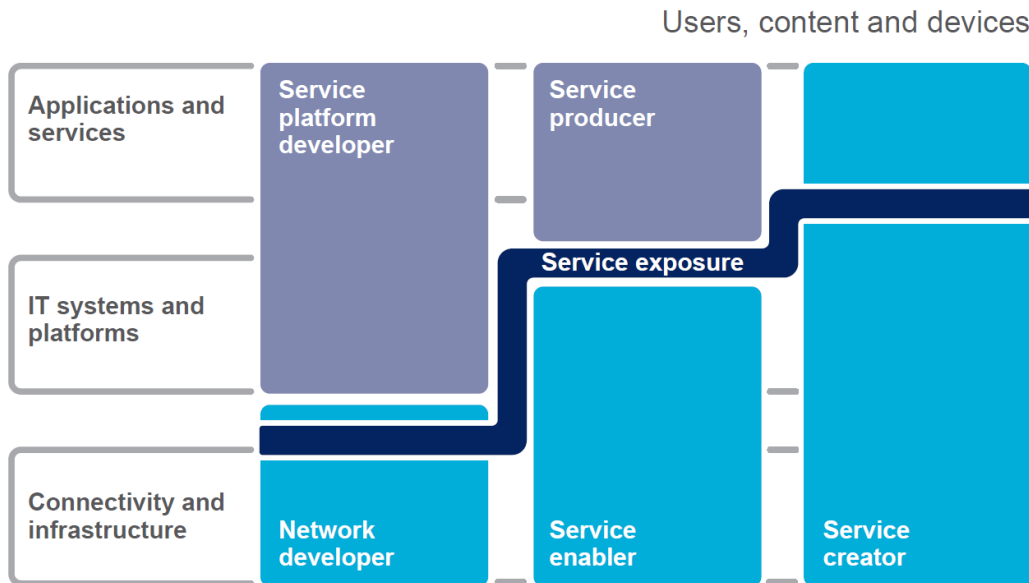
이동통신 사업자는 자동차, 공장, 에너지, 의료 등 다양한 산업과의 융합 과정에서 기존과는 다른 서비스 제공 방식에 기반한 사업 모델을 필요로 한다. 새로운 사업 모델은 최종 사용자가 아니라 타 산업의 서비스 제공자와의 계약에 의해 서비스를 제공하여야 하며, 타 산업의 서비스 제공자는 이동통신 사업자의 서비스에 자신의 서비스를 결합하여 최종 사용자에게 서비스를 제공하게 된다. 이동통신 사업자는 자신의 네트워크 자산과 서비스를 최대한 활용하여 매출을 극대화하는 방향으로 서비스를 제공하여야 한다 이 과정에서 타 산업 서비스 제공자의 요구에 따라 네트워크를 customizing할 필요가 있다. 또한 새로운 형태의 서비스에

대해 유동적으로 대응할 수 있어야 하며 새로운 가치 사슬의 형성이 가능하여야 한다. 이 과정에서 가장 중요한 구성 요소는 이동통신 사업자의 네트워크 자산 (연결성, 서비스, 정보)을 타 산업 서비스 제공자나 서비스 파트너의 요구에 맞추어 다양한 형태로 제공하는 service exposure 이다. 이동통신 사업자의 경쟁은 service exposure에서의 고객 만족도로 이루어질 것이다. Service exposure는 다양한 생태계 내 플레이어를 대상으로 이루어져야 한다. 앱 개발자, 다른 이동통신 사업자, 단말 제조사, OTT 서비스 제공자, 개인 및 기업 고객 그리고 타 산업 서비스 제공자 등이 대상이다. 이동통신 사업자 입장에서는 크게 두 가지 레벨의 service exposure가 있을 수 있다. 네트워크 자산에 대한 Southbound API와 내부 혹은 외부 고객의 어플리케이션에서 사용할 수 있는 northbound API를 통한 service exposure이다. Service exposure를 통한 서비스 제공을 위해서는 서비스 가입, Service Level Agreement (SLA), service exposure 그리고 파트너 관리가 필요 (Business management) 하며 이를 통해 controlled exposure가 이루어 져야 한다. Service exposure는 B2C, B2B, B2B2X 등의 다양한 사업 형태로 나타난다.



[그림 4-8] 이동통신 사업자의 service exposure

Service exposure를 통해 이동통신 사업자는 타 산업과의 융합을 진행할 수 있으며, 이를 통해 새로운 형태의 사업 모델을 구현할 수 있다. 여기에는 이동통신 사업자와 타 산업 서비스 제공자의 역할에 따라 3 가지 모델이 있을 수 있다.



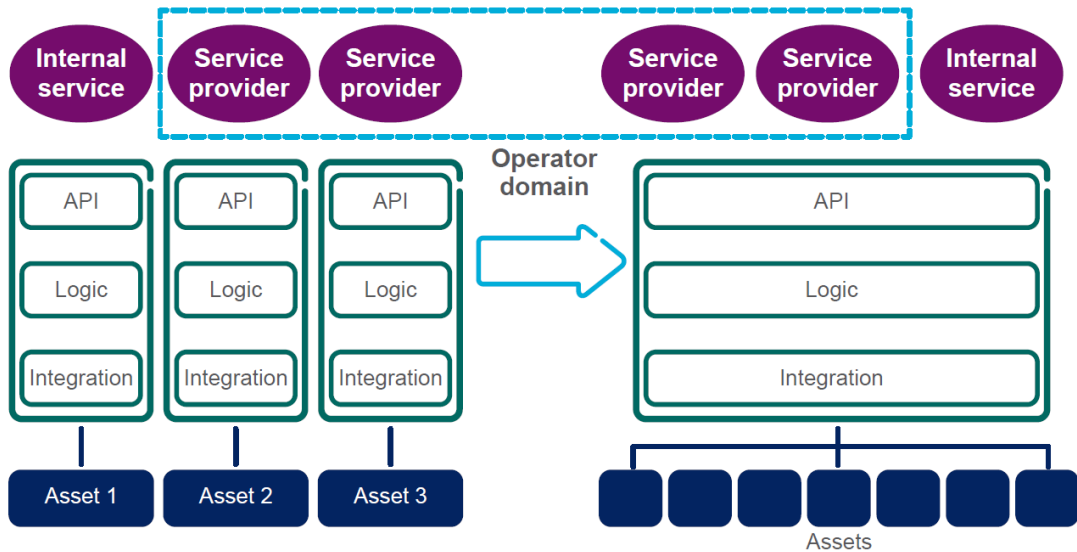
[그림 4-9] 이동통신 사업자 역할에 따른 service exposure

여기에서 이동통신 사업자의 역할은 다음과 같이 구성된다.

- Network developer : 이동통신 사업자는 핵심 서비스인 통신과 연결성에 집중한다. Service exposure는 네트워크 자원을 제공하는 데 한정되며 그 대상은 내부 고객 (B2C), 다른 이동통신 사업자 그리고 서비스 플랫폼 개발자이다.
- Service Enabler : 이동통신 사업자는 사업 영역을 확대하여 타 산업 서비스 제공자의 사업 프로세스 내에서 OSS/BSS의 역할을 수행한다.
- Service creator : 이동통신 사업자는 자신의 가치 사슬을 완성하고 end-to-end 서비스를 제공한다. 이 경우 service exposure는 앱 개발자들이 서비스를 제공할 수 있도록 제공된다.
- 다양한 산업군과의 융합을 수행해야 하는 이동통신 사업자 입장에서 service exposure를 구성하는 API나 business management가 산업군마다 다르게 구성되는 경우 복잡도가 증가하고 추가 비용 발생의 요인이 된다. 따라서 다양한 산업군을 지원하는 service exposure와 API는 단순하고 일관되게 구성될 필요가 있다.



4. Public safety 서비스 진화 방향



[그림 4-10] Silo 별 service exposure와 horizontal service exposure

공공안전 서비스 시장과 관련하여 Network developer 로서 Connectivity and Infrastructure Provisioning 분야에서 이동통신 사업자의 revenue는 다음과 같은 곳에서 나온다.

- SIM cards
- SIM modules
- Connectivity services
- Mobile/fiber network
- Network operations & maintenance

Service enablement 에서 이동통신 사업자의 revenue는 다음과 같은 곳에서 나온다.

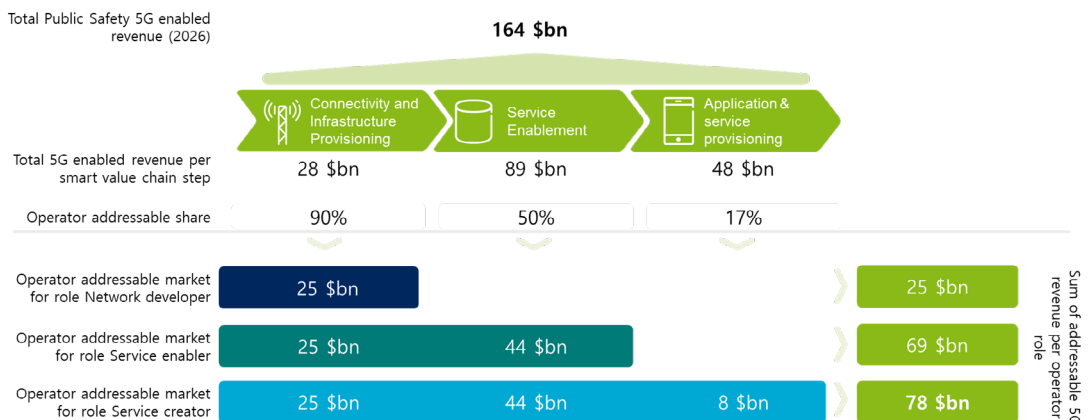
- Service platform
- Solution build up
- System integration
- Enabling capabilities
(e.g. QoS)

Service creator로서 application & service provisioning 에서 이동통신 사업자의 revenue는 다음과 같은 곳에서 나온다.

- Service delivery

- Service provisioning
- Packaging
- Billing
- Example applications include
- Surveillance, public alert notifications

2026년 Connectivity and Infrastructure Provisioning 분야는 전통적으로 이동통신 사업자의 사업 분야로서 상당한 경쟁력을 가지고 있다. 따라서 2026년 이 분야 시장의 90% 정도를 이동통신 사업자가 차지할 것으로 예상되어 5G enabled Industry digitalization revenue 28\$bn 시장에서 25\$bn에 달할 전망이다. 하지만 이 분야는 전반적으로 성장이 정체되는 상황이다. Service enablement 분야는 최근 몇 년간 이동통신 사업자가 경쟁력 강화를 위해 힘 써온 분야이다. 2026년 이 분야 시장의 50% 정도를 이동통신 사업자가 차지할 것으로 예상되어 5G enabled Industry digitalization revenue 89\$bn 시장에서 44\$bn에 달할 전망이다. 하지만 이 분야는 전반적으로 양호한 성장세를 이루고 있는 시장이다. Application & service provisioning 분야는 공공안전에 대한 오래된 사업 경력을 가진 회사들이 많이 있고 미국을 중심으로 한 IT 기업들이 주목하고 있는 시장이다. 2026년 이 분야 시장의 17% 정도를 이동통신 사업자가 차지할 것으로 예상되어 5G enabled Industry digitalization revenue 48\$bn 시장에서 8\$bn에 달할 전망이다. 이 분야는 세가지 시장 중 가장 역동적인 시장 개발이 이루어 질 것으로 예상되고 시장 성장성도 높을 전망이다. Connectivity and Infrastructure Provisioning이 17%, Service enablement 54% Application & service provisioning 29%



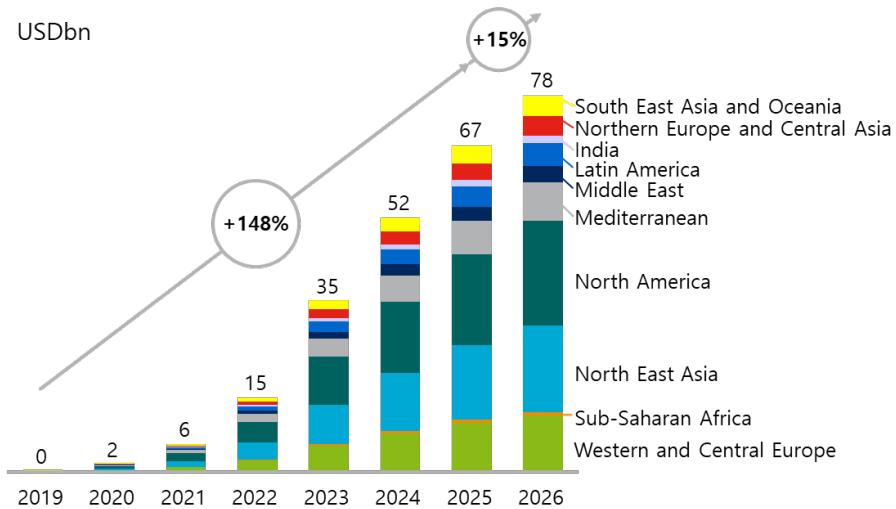
[그림 4-11] 이동통신 사업자 사업모델 별 시장 점유율 예측 및 매출 규모 예측



4. Public safety 서비스 진화 방향

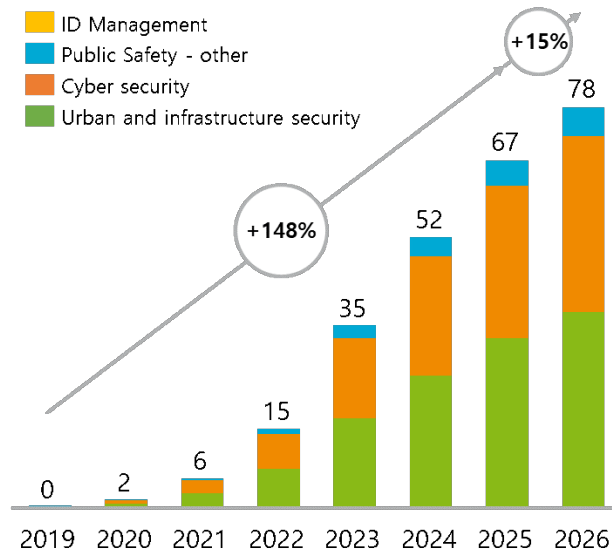
지역별, 서비스 별 공공안전 서비스 분야의 이동통신 사업자의 시장 규모 예측은 다음 그림과 같다.

Per region



[그림 4-12] 지역별 공공안전분야에서의 이동통신 사업자 시장 규모 예측

Per use case category



[그림 4-13] 서비스 별 이동통신 사업자 시장 규모 예측

5. 5G Guardian 현황 및 제언

5. 5G Guardian 현황 및 제언

5.1 5G Guardian 현황

5.1.1 개요

5G Guardian 과제 (정식명칭: 5G 기반 요구조자 중심 재난안전 서비스 개발 및 실증)는 ‘2018년 범부처 기가코리아 사업’의 일환으로 추진되는 사업으로, 5G 기반 핵심기술 및 ICT 최신기술을 활용하여 재난 안전 상황에서 요구조자 및 구조자의 안전권과 생존권 보장을 위한 5G 기반 재난안전 서비스를 개발하고 그를 실증하는 데 목표를 두고 있다. 최근 도시화, 과밀화, 고령화 등으로 특정할 수 있는 사회적 변화의 추세에 따라 재난의 형태 또한 다양화, 대형화 및 복잡화 되는 경향이 강하며 이에 따라 인명 및 재산 피해의 규모가 급격하게 증가하고 있는데, 초고속, 초저지연, 초연결의 속성을 갖는 5G 이동통신 서비스와 최신의 재난 기술 및 인프라 서비스의 효과적인 융합을 통해 현재의 ICT 기술의 한계로 인한 2차 사고 방지 및 신속한 사후 조치에 대한 제약을 극복함으로써, 재산 및 인명 피해를 최소화하는 데 기여할 것으로 예상된다.

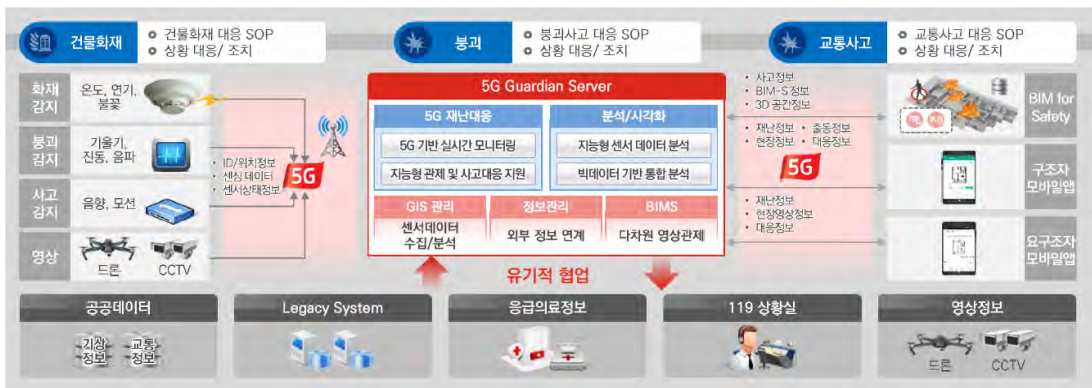


[그림 5-1] 현 ICT 기술의 한계 및 5G 기술 도입의 필요성

본 과제에서는 과제 산출물을 통한 효용을 극대화하기 위해 재난의 발생빈도, 피해규모와 5G 기술 개발에 대한 기여도 등을 종합적으로 고려하여, 산불을 포함한 화재, 지진 등으로 인한 붕괴 사고, 보행자 중심의 교통사고 등의 3개 재난을 주요 재난 유형으로 선정하고, 대규모 재난 사고의 신속한 사후 조치를 위한 ICT 기반의 5G 융합 재난대응 서비스를 제시할 계획이다.

5.1.2 기술 개발의 목표 및 내용

과제명을 통해서도 알 수 있듯이 본 과제를 통해 개발하고자 하는 기술의 핵심 목표는 재난 상황이 발생할 경우, 요구조자가 재난으로 인한 위험 요인을 스스로 판단하고 대응할 수 있는 환경을 구축하는 동시에, 구조자의 접근성과 상황 판단 능력을 향상시킬 수 있는 수요자 중심의 솔루션을 개발하여 대형 재난으로 연결되는 것을 최소화하는 것이다. 이를 위해서, 신속하고 효과적인 재난 대응에 필수적인 다양한 형태의 정보와 데이터를 초고속, 초저지연 및 초연결의 특성을 갖고 수집, 배포할 수 있는 5G 이동통신 인프라와, 요구조자 및 구조자가 필요로 하는 정보를 휴대형 단말을 통해 표출하고 제공할 수 있는 단말용 어플리케이션, 그리고 각종 정보를 관리, 분석, 시각화하여 어플리케이션에 제공하는 역할을 하는 5G guardian server의 개발이 중심을 이룬다.



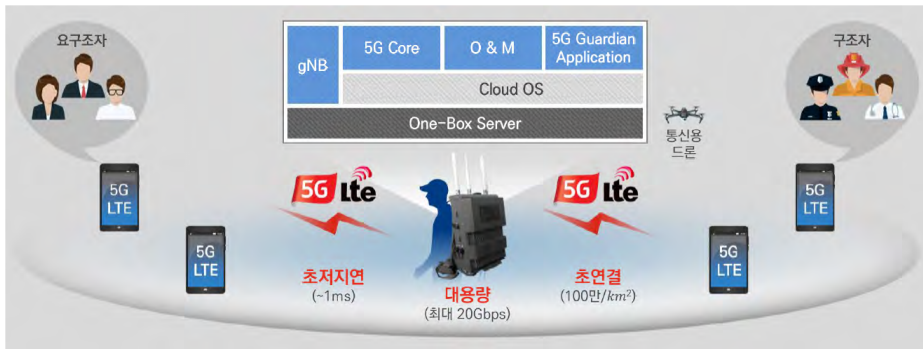
[그림 5-2] 5G Guardian Service 구현 개념도

5.1.3 5G-Guardian 핵심 요소 기술

5.1.3.1 5G 재난 안전 무선망 인프라

화재나 붕괴 사고의 경우, 구조가 필요한 대상이 주로 실내에 위치하는 경우가 대부분이기 때문에 현장 인근의 옥외에 설치된 무선망 기지국의 커버리지가 충분하지 않거나, 일시적으로 다수의 현장 지원 인력들이 비교적 좁은 지역에 집중되면서 네트워크 사용 요구가 폭주하게 되면 실제 구조 활동에 필요한 다양한 정보의 송수신에 소요되는 무선망 자원에 제약이 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 재난 상황 시, 소방대원 등의 구조자와 요구조자에게 즉시 서비스를 제공할 수 있는 임시적인 무선 네트워크 인프라 솔루션을 현장에 투입하는 것이 효과적이다.

본 과제에서는 가상화 기술에 기반한 One-Box 형태의 저가 및 휴대형 인프라를 개발하고, 동시에 많은 수의 단말 접속이 가능한 5G massive connectivity의 성능 실증을 목표로 한다.



[그림 5-3] 5G 기반 이동식 무선망 인프라의 활용

5.1.3.2 5G 측위 기반 서비스

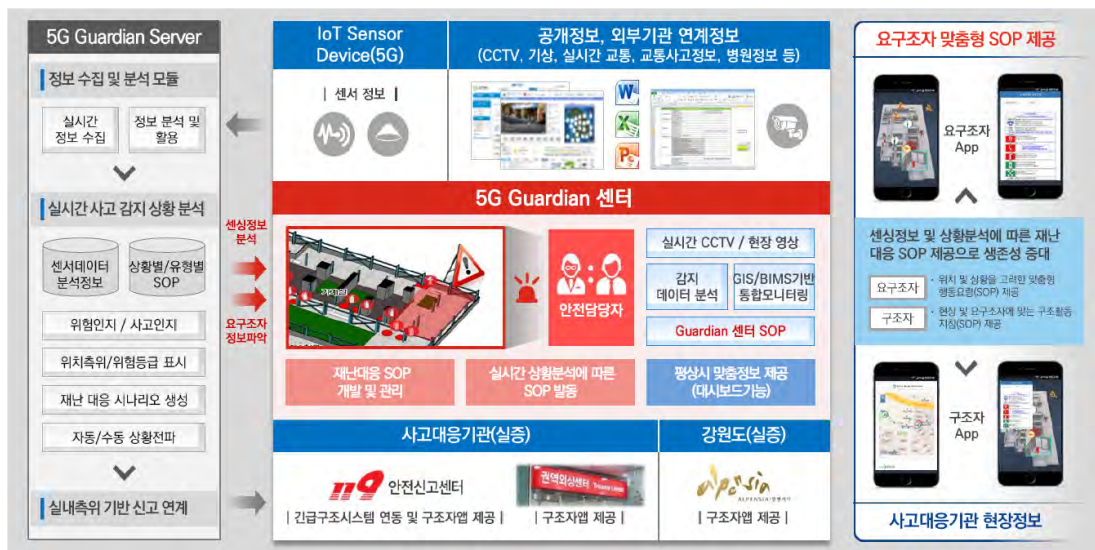
호텔과 같은 고층 대형 건물 내 화재와 같은 재난 상황이 발생하면 요구조자의 숫자 및 위치를 신속히 파악하여 구조자에게 제공하고, 또한 이를 기반으로 요구조자가 안전하면서도 자율적으로 대피할 수 있는 최적의 대피 경로를 알려 주는 것이 골든타임 확보 및 효율적인 초동 대응을 위해 반드시 필요하다. 이를 위해서 구축형/임시 통신 인프라 및 센서에 기반한 실내 정밀 측위 기술의 개발 및 BIMS (재난안전용 건물 정보 모델링: Building Information Modeling for Safety)와 연계한 정보 제공 솔루션을 개발, 실증할 계획이다. 1차적으로 광대역 커버리지를 위한 6GHz 이하 대역 5G 통신 인프라와 실내에 다수 설치된 WiFi AP를 활용한 정밀 실내 측위 솔루션을 확보하고, 단계적으로 밀리미터파 대역의 5G 통신 인프라에 기반한 측위 성능 개선 기술을 개발할 예정이다. 긴급 재난 임시망의 경우, 기 구축된 통신망을 활용하는 경우에 비해 정밀도가 다소 낮아지나, 통신 인프라 손실과 같은 심각한 재난 상황에도 원활한 구조활동을 펼칠 수 있도록 최대한 높은 측위 성능을 확보하는 것을 목표로 한다.



[그림 5-4] 통신 인프라를 활용한 정밀 측위 기술

5.1.3.3 5G Guardian 서버

5G 무선 통신망 인프라가 재난 발생시, 요구조자/구조자에게 효과적으로 정보를 전달할 수 있는 물리적인 수단이라면, 5G Guardian 서버는 온도, 연기, 진동, 음파, 움직임 등을 감지하는 각종 센서에서 수집된 데이터와 요구조자의 ID 및 위치 정보, 그리고 범기관 통신망을 통해 제공되는 기상, 교통 등의 각종 공공 데이터를 적절히 연계하여 처리함으로써 재난 상황의 정보 수요자에게 맞춤형 형태로 전달할 수 있는 통합 재난 관제/사고 대응 서비스를 제공한다. 뿐만 아니라, 5G 기반의 고해상도 현장 영상과 측위 정보를 119 종합상황실 등 외부 시스템과 연계하고, 5G Guardian 센터를 위한 정보 관리 솔루션을 포함함으로써 재난 대응 표준운영절차 (SOP: Standard Operating Procedure) 개발/관리 및 실시간 상황분석에 따른 SOP 발동 등의 서비스 제공을 가능하게 한다.



[그림 5-5] 요구조자 중심의 맞춤형 사고 대응 서비스 제공

5.1.3.4 5G BIMS

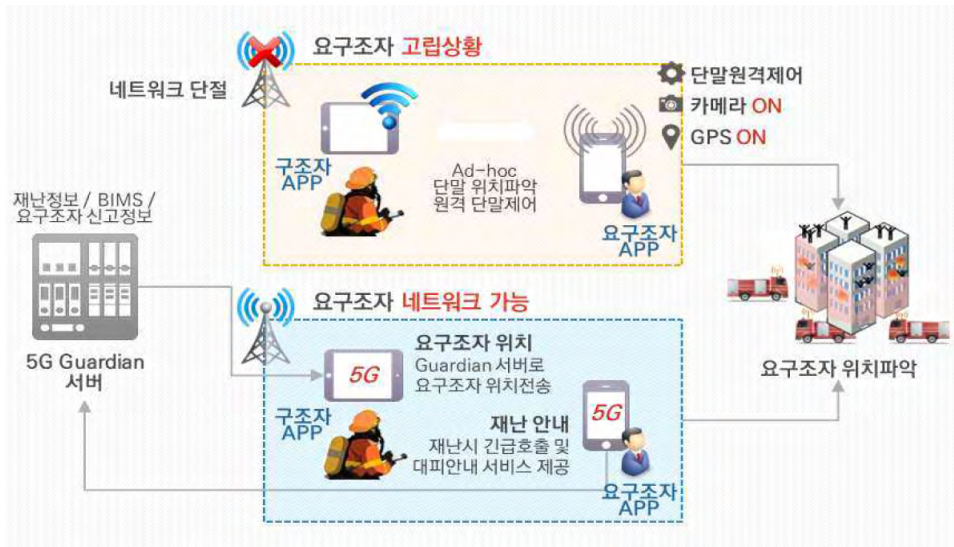
기존의 CAD (Computer-Aided Design) 및 BIM (Building Information Modeling)을 활용하여 재난 대응 서비스에 최적화된 공간 정보를 구축하는 것이 목표이다. 공간 위계, 건물 내 벽체의 주요 재질, 방화벽 위치 등의 기본 정보와 3D 모델링 데이터를 조합하여 재난 대응 서비스를 위한 3D 공간정보 데이터를 1차적으로 확보한 후, CCTV, 소방설비 등의 위치와 요구조자의 최적 대피 경로 및 구조자의 최적 진입 경로 등을 공간정보 상에 매시업하여 제공할 수 있으며, 화재 발생 위치 등의 실시간 영상 정보를 실시간으로 연계하여 요구조자와 구조자의 휴대 단말에 표출할 수 있다.



[그림 5-6] BIMS 기반 콘텐츠 및 화재 대응 서비스 활용

5.1.3.5 5G Guardian 어플리케이션

앞에서도 언급된 바와 같이 본 과제가 지향하는 목표는 재난 대응 서비스의 주요 수요자인 요구조자 중심으로 정보를 신뢰성 있게 제공하는 것이다. 따라서, 구조가 필요한 요구조자가 재난 상황에 대해 잘 이해하고 생존에 필수불가결한 구조 관련 정보를 확인할 수 있는 솔루션을 개인이 휴대하고 있는 단말기에 설치되는 어플리케이션을 통해 제공한다. 또한 위치/BIMS 정보에 기반하여 재난 상황 정보를 구조자에게 제공함으로써 요구조자 위치 파악 및 요구조자의 단말을 원격에서 제어할 수 있는 구조자용 어플리케이션도 함께 개발할 계획이다. 신뢰성 높은 통신 환경 확보를 위해 5G 뿐만 아니라 LTE, WiFi 접속 환경에서도 5G Guardian 서버와 연동이 가능하며, WiFi Direct, Bluetooth, D2D 등 Peer-to-Peer 환경 하에서의 ad-hoc 데이터 전송 기술을 구현한다.



[그림 5-7] 요구조자 지킴이 서비스 어플리케이션의 활용

5.1.2 과제 일정 및 계획

본 과제는 2018년 4월부터 2020년 12월까지 총 33개월 동안 5.3.2절에서 서술한 핵심 서비스를 개발하고, 실제 사업화로 연결될 수 있는 수준까지 서비스를 실증하는 것을 목표로 하고 있다. 1차년도의 경우, 각 핵심 서비스의 기획 및 시제품 제작과, 강원소방학교와의 협력을 통해 구축 예정인 재난안전 ICT 시뮬레이션 캠퍼스의 기획 및 3대 재난 사고 시나리오 기획 등이 진행되고 있다. 2차년도인 2019년에는 1차년도의 산출물을 바탕으로 좀 더 구체적인 기능의 개발과 개선, 재난안전 ICT 시뮬레이션 캠퍼스의 구축이 예정되어 있으며, 최종 3차년도에는 맞춤형 대응정보 제공 기능의 고도화와 실증, 기존 재난 대응 시스템과의 연동 등을 완료할 계획이다.

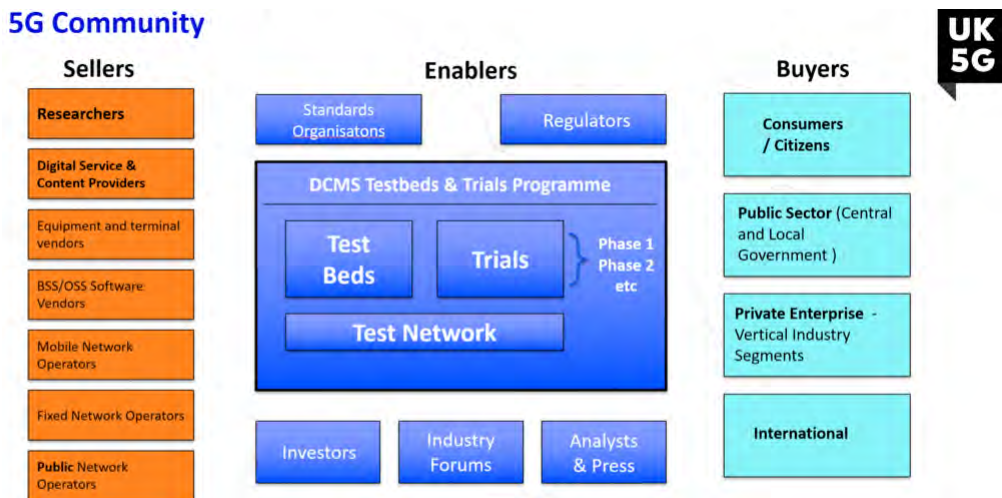
과제명	1차(2018년)	2차(2019년)	3차(2020년)
5G-Guardian App(화재, 붕괴, 교통사고)	5G 재난안전 서비스(App) 기획/설계/개발 BIMS 연동 경로 제공	위치 기반 맞춤형 상황대응 정보제공 영상/위치정보 등 의사소통 기능 구현	재난상황별 맞춤형 대응정보 제공 기능 고도화
5G Guardian Server	5G-Guardian 서버 (BIMS)기획/시제품 제작 5G 상황대응 SOP 연구	현장(센서, 영상 등)/공간정보 분석 최적 상황대응 서비스 제공 시스템 구현	기존 소방시스템과의 연동 통합 재난대응 기능 구현
BIM for Safety	BIM 활용표준 개발 BIMS 변환 / 시각화 도구 개발	BIMS 표준화 추진 BIMS 개인화 편집 및 POI 생성 도구 개발	고도화 및 실증
5G 재난안전 무선망 인프라	재난안전망 요구사항 정립 및 측위 기술 5G One-Box 솔루션 개발	5G 특성(측위, CoMP 등) 개발 5G Backhaul 기술 개발	5G One-Box 솔루션 실증
BM	화재/붕괴/교통사고 시나리오 기획 및 현장인프라 개발 재난안전 ICT 시뮬레이션 캠퍼스 기획/개발	화재/붕괴/교통사고 시나리오 개발 및 현장인프라 개발 재난안전 ICT 시뮬레이션 캠퍼스 구축	재난안전 ICT 시뮬레이션 캠퍼스 평가

[그림 5-8] 요구조자 중심 재난안전 5G-Guardian 과제 계획

5.2 영국 Liverpool 5G Test Bed 사례 분석

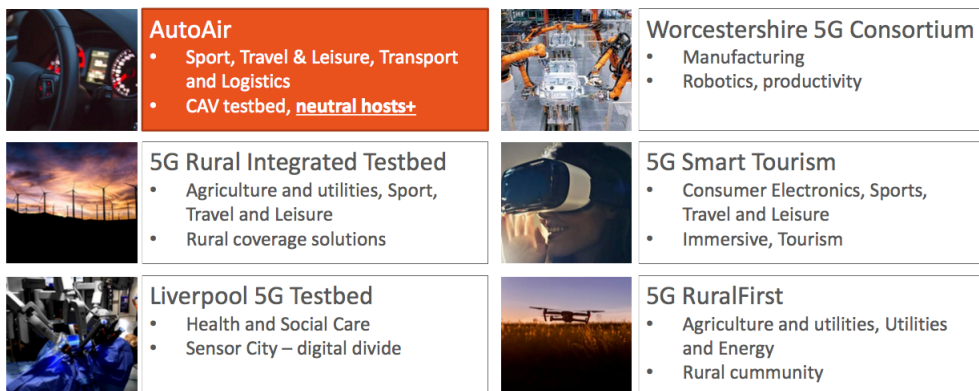
5.2.1 배경

2018년 영국정부 부처인 Department for DCMS (Digital, Culture, Media and Sports) 는 5G 를 촉진하기위한 조직으로 UK5G (<https://uk5g.org>) 를 구성하도록 하고 그 작업의 일환으로 6개의 Trial and Testbed 과제를 착수하면서 각각 수백만 파운드 내외의 연구비를 투자하였다.



[그림 5-9] 영국 UK5G

교통,제조,지방 성장,관광, 의료 및 사회보장, 농업 및 유틸리티 등 6개 분야를 지역별로 구성된 컨소시엄이 1년간 검증하게 된다.

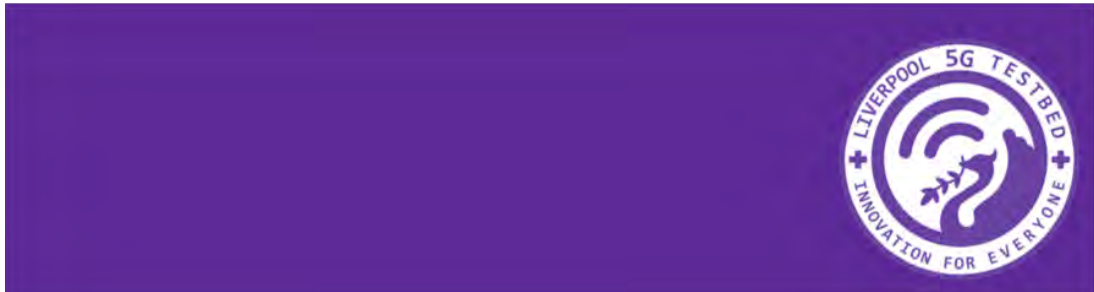


[그림 5-10] 영국 UK5G phase 1 Trial and Testbed Consortium

Liverpool 5G testbed 는 350만 파운드로 의료와 사회돌봄 분야에 5G를 적용하여 지역민의 복지를 개선하고자 하는 목적으로 산학관이 공동으로 참여하고 있다.

5.2.2 Liverpool 5G Testbed 개요

로고



비전

성숙한 개념 증명, 상용화 시험 시작, 내부 투자 유치 및 통합 보건 및 사회 돌봄 시스템에서 발생하는 효율성 제고를 위한 플랫폼을 구축한다.

컨소시움 참여기관은 다음과 같이 기업, 학교, 시정부, 의료기관 등이 골고루 참여하고 있다.

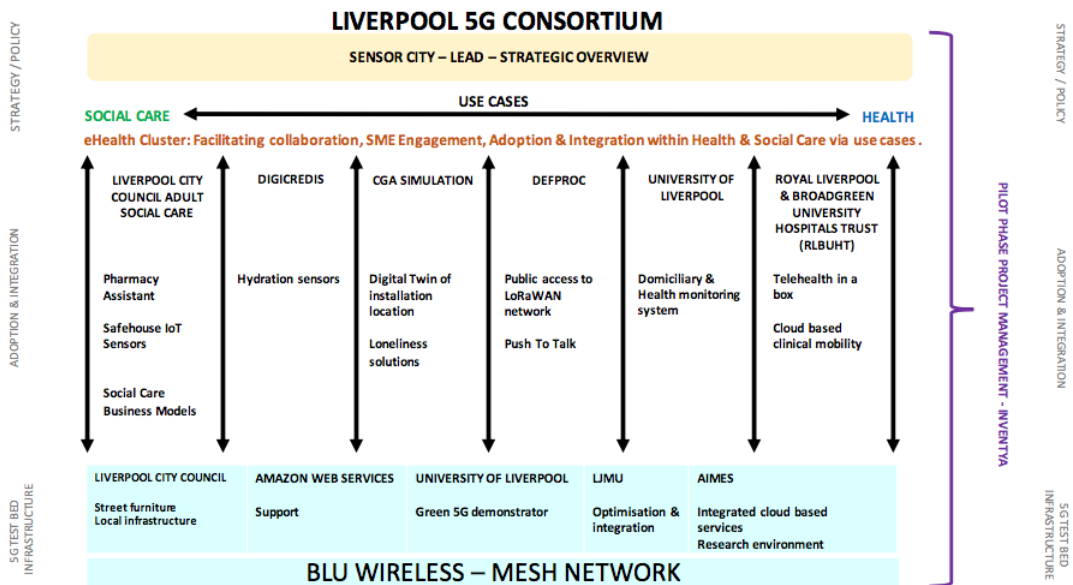
Blu Wireless Technology, AIMES, Inventya, DefProc, Digicredis, CGA Simulation, Sensor City, Liverpool City Council, Royal Liverpool and Broadgreen University Hospitals NHS Trust (RLBUHT), e-Health Cluster, University of Liverpool, and Liverpool John Moores University.



5.2.2.1 초기 1년간의 야망

- 공공 부문 의료 및 사회돌봄 공급업체, NHS, 대학 연구원, 제3 부문 조직, 민첩한 지역 중소기업 및 영국의 선도적인 5G 기술 공급업체로 구성된 독특하고 혁신적인 컨소시엄을 구성
- 5G 네트워크가 향후 5년간 사회적 건강결과에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 가능성 입증
- 비면허 5G mmWave 네트워크 사용을 통해 디지털 격차를 증가가 아니고 감소시키고 서비스 액세스를 제공하는 5G의 미래가 있음을 입증
- 5G 의료 및 사회복지 애플리케이션이 지역 인프라 개발의 다음 흐름에 어떻게 부합하는지, 그리고 영국과 우리 솔루션의 국제적 상업적 이용 가능성을 확인
- 오픈 플랫폼 5G 메쉬 기술에 오픈 소스 5G 네트워킹 소프트웨어 구현 가능성 입증
- 보건과 사회돌봄이 함께 더 잘 작동하는 사회적 이익과 정부가 보건과 사회돌봄을 위해 이 밴드폭을 개방할 수 있는 기회를 증명

5.2.2.2 컨소시엄 참여 기관간의 관계



[그림 5-11] 참여 기관간의 관계



5.2.2.3 Testbed & Trial 의 수행 목표

- 향후 의료 및 사회 돌봄 제공에 혁신을 가져오도록 설계된 첨단 저비용 5G 기술 및 최신 애플리케이션 조합
- 5G의 고대역폭과 짧은 대기 시간을 활용하여 보건 및 사회복지 애플리케이션이 어떻게 향상되고 통합되는지 시연
- 에지 및/또는 클라우드 컴퓨팅이 필요한 대역폭 집약적인 애플리케이션의 개발 및 평가판을 위한 테스트베드 제공
 - 환자 이벤트 및 이동 모니터링을 위한 고해상도 비디오 및 분산된 AI
 - 고령자의 외로움을 관리하기 위한 원격회의, AR, VR 등
 - '원격의료 박스'를 위한 고해상도 비디오 및 원격 진단으로 병원과 커뮤니티 간의 커뮤니케이션 촉진
 - 지능형 IoT 센서로 가정 내 독립적인 생활 지원

5.2.2.4 Test & Trial 에서 분석 평가할 업무

- Use case : 기존 데이터가 준비되었거나 분석 준비
- 사회적 영향: 서비스 사용자 참여, 기존 LCC 및 RLBUHT 데이터 검토 및 동향 분석
- 경제적 영향: SME(협력단 및 eHC를 통해 참여) 프로젝트 사전 및 사후 평가, 수익 및 ROI 검토
- 지역 경제 영향: Foundya가 수행한 전체 프로젝트 평가
- 방법: 워크샵, 설문 조사, 조경 검토, 사례 연구, 보급 보고서, 월간 모니터링, IP 리뷰

5.2.2.5 향후 사업화 목표

- 5가지 혁신적인 SME 애플리케이션의 상용화
- 의료 및 사회복지 효율성 향상 - 가정에서 관리 및 상담을 통해 지방 및 중앙 정부 비용을 절감합니다
병원 침대 사용 감소(야간 400파운드), 사회복지 침대(야간 200파운드), GP 및 A&E 방문수 감소
- 테스트 및 혁신을 위한 테스트베드 기능의 상용 판매, 2019년 이후의 매출 제공 및 5G 혁신 지원
- 저비용의 5G 광대역 기술에서 글로벌 리더로 UK SME Blu Wireless 를 양성

5.2.3 Liverpool 5G Testbed Use Cases

5가지 혁신적인 Liverpool 5G Test bed 에서는 여러 가지의 use case 를 상정하고 각 참여기관이 매핑되어 솔루션을 개발하고 있다.

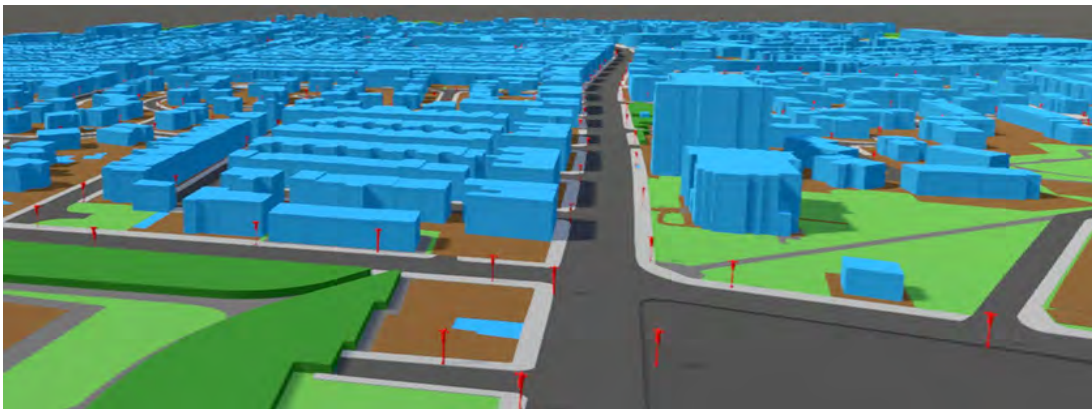
- 푸시 투 토크 (Defproc Engineering)



- 탈수현상 경고 (Digicredis)
- 소셜 게이밍 (CGA Simulation)
- 특이 동작 센서 (Liverpool 대학교)
- 투약 관리 모니터링 (Protel Health, Paman)
- 안전 가옥 (Safehouse Technology)
- 원격 의료 박스 (RLBUHT: Royal Liverpool and Broadgreen University Hospitals NHS Trust)

본 과제 수행중에 리버풀 기술 SME, CGA Simulation은 우리의 5G 건강 및 사회복지 이웃인 켄싱턴 시의 'Digital Twin'을 만들었다. 5G 노드는 램프 포스트 위에 배치된다 (빨간색).

켄싱턴시의 디지털 카피를 만드는 것은 가장 빠르고, 저렴하며, 가장 정확한 방법으로 5G 노드를 램프 포스트에 배치해야 할 위치를 정확히 찾아내는 방법인데 이 방법을 통해 램프 기둥과 우리가 알아야 할 건물이나 나무 사이에 있는 장소를 볼 수 있다.



[그림 5-12] Kensington시의 모델링

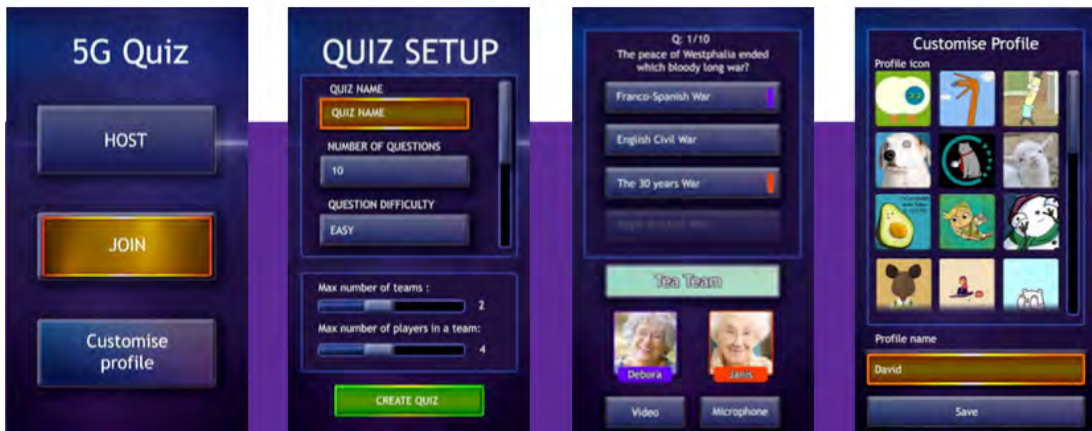
또한 5G 외로움과 웰빙 소셜 게임 앱을 (높은 대역폭 애플리케이션) 개발하여 팀 기반 활동과 많은 비디오 통신(현지 역사 채팅 및 퀴즈) 예측 분석을 위한 웨어러블 기술 및 기계 학습, 건강을 모니터링할 수 있는 잠재력, 공동체 환자의 정신적 건강 문제에 대한 초기 단계 재발 효과를 제공한다.

1) Host or join a quiz

2) Set up quiz

3) Shared activity

4) Personalise profile



[그림 5-13] Social Game

또 하나의 유용한 서비스로 주거 및 건강 감시 장치가 있는데 다음과 같은 배경에 의해 추진되고 있다.

- 고령화 인구 프로필
- 특히 노인 대상 의료 비용 증가
- 의료 인프라에 대한 수요가 지속 가능하지 않을 수 있을까?
- 현재 노인을 위한 모니터링 시스템은 사후 대응적
- 예를 들어 누군가가 넘어지면 너무 늦음!
- 시스템은 심각한 이벤트를 감지할 수 있어야 하며, 이러한 이벤트의 전조등을 감지할 수 있어야 하며, 이에 따라 적절한 개입이 가능해야 함
- 그러한 모니터링 시스템은 경제적으로 실행 가능하게 하기 위해 비용 효과적이어야 함

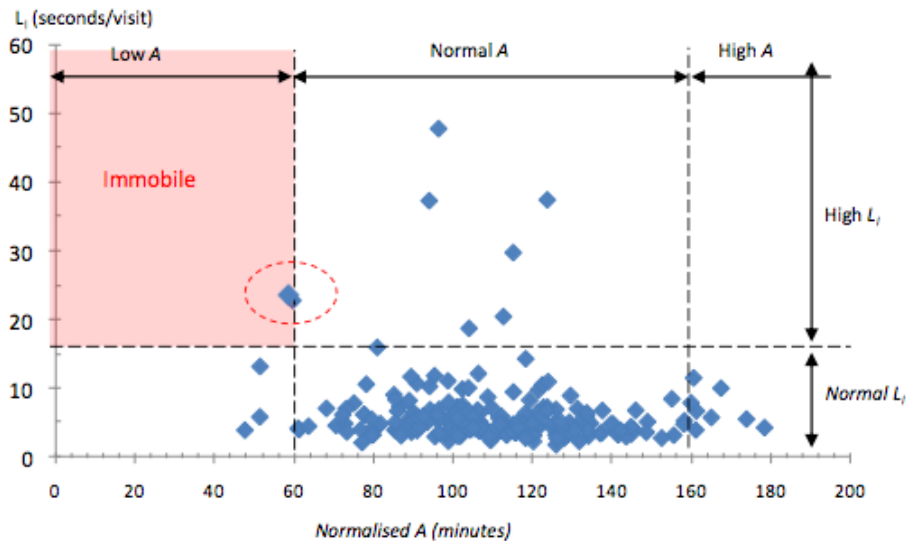
Domiciliary and healthcare monitoring



PORS/PIRCS
installation

Note: PORS (Pseudo Optical Radar System), PIRCS (Passive Infrared Chromatic System)

[그림 5-14] 주거 및 의료 감시 설비



[그림 5-15] 누적 실측 데이터를 통한 비이동성 감지

5.2.4 Liverpool 5G Testbed 벤치마킹에 따른 제언

Liverpool 5G Testbed는 리버풀 시정부와 대학, 병원, 중소기업, 대기업 등이 협력하여 당면하고 실질적인 문제인 의료와 사회 돌봄 서비스를 5G 기술을 활용해서 제공하는 것을 실증하는 것이다. 본 솔루션들이 적절한 것으로 검증 될 경우 시민들은 사고, 질병 등의 위험으로부터 사전에 파악되어 피해를 줄이고 경비 지출도 줄일 수 있고, 시 정부로서도 복지 지출을 줄일 수 있으므로 예산이 절감되는 일거양득의 효과가 있다.

현재 우리나라에서 진행되는 5G Guardian 사업도 궁극적으로는 사고에 따른 국민적 국가적 피해를 줄이는 효과는 있으나 화재, 붕괴, 교통사고 등이 발생해야 효과가 가시화 되는 Social care for facility의 성격이 있는 반면 Liverpool Testbed는 Social care for person으로 효과가 단기간에 그리고 수시로 나타나는 특성이 있다. 따라서 두가지가 병행되면 (Social care for person and facility) 국민에 대한 안전 및 복지가 제공될 수 있으므로 향후 과제를 진행함에 있어 참고할 필요가 있다고 보여진다.

5.3 재난 망 진화 방향 제언

공공 안전 재난 통신망은 일반 상용 이동통신망과는 달리 경찰, 소방 및 의료 등의 공공 안전 업무를 위한 통신 서비스를 제공하는 망이며, 관련 기관 종사자가 재난 발생을 포함하여 일상적인 기관의 고유 업무를



수행하기 위한 특수 통신망이다. 2003년 대구 지하철 참사를 계기로 국가 통합 지휘 무선망 구축 기본 계획이 수립된 이후로 추진의 어려움을 반복하다 2014년 세월호 참사를 계기로 PS-LTE 기반의 전국 망 공공 안전 재난 통신망구축 사업을 추진하게 되었다. 2018년 10월 고양시 유류 저장 탱크 폭발 사고와 2018년 11월 KT 아현 국사 참사에서 보듯 공공 안전 재난은 사고 대응도 예방도 얼마나 중요한 이슈 인지를 절감할 수 있었으며, 그래서 재난통신망에 대한 재난 예방 및 대응을 위한 신뢰성, 보안성, 상호운용성 및 운영 효율에 대한 엄격한 요구 조건을 필요로 한다. 그동안 공공 안전 재난망은 Tetra를 포함한 다양한 무선 접속 기술 방식이 사용되었으며 사용 주파수 대역도 서로 달라 기관 간의 직접적인 무선 통신이 어려웠던 것도 사실이다. 이처럼 갈수록 복잡하고 대형화되는 재난 환경에 대응하여 단일화된 PS-LTE 표준 기술을 사용함으로써, 기존의 문제점을 해결함과 동시에 신속한 의사 결정과 일사불란한 구조 체계를 통해 더욱 발전된 재난 구조가 가능하게 되었다.

이제 공공 안전 재난 망 시범 사업을 거쳐 본 사업이 진행되고 있는 시점에서 안정적인 망 구축을 위한 단계별 실현 접근이 필요하다. 먼저, 기존 공공 안전 재난 망 체계에서 수행되던 재난 통신 기능이 PS-LTE 기반의 새로운 망 체계에서 제대로 동작되는지 확인하는 작업이 요구된다. 두번째는 그동안 국내외에서 발생한 공공 안전 재난 사태에서 지적된 문제를 참조하여 PS-LTE 망에서 다시는 재연되지 않도록 설계하는 것이 필요하다. 예를 들어, 2018년 11월 KT 아현동 국사 화재 사건의 경우 통신선들이 집중되어 있는 통신구 맨홀에 스프링 쿨러는 아예 없이 소화기만 있었으며 2018년 10월 고양시 유류 저장 탱크 폭발 사고의 경우, 사고 예방 시설과 경보 시설이 태부족이거나 작동에 문제가 있었다고 한다. 세번째로 공공 안전 재난 예방 및 대응 서비스를 위한 망 고도화 차원에서 기술 진화에 따른 개발과 인공 지능 기반의 서비스를 지원하는 것이다. 마지막으로, 지구 환경의 변화로 인한 정부의 새로운 공공 안전 재난 정책이나 사회적 이슈를 재난 통신망에 반영하여 대국민 서비스에 한발 앞서 감으로써 국민의 신뢰를 확보하는 것이다.

5.3.1 PS-LTE 기반의 공공 안전 재난망 상호 운용

5.3.1.1 PS-LTE 시스템 통합 및 연동 테스트

새로운 재난 망 구축에는 많은 제조사와 KT 및 SKT 통신 사업자가 참여한다. 따라서, 원활한 상호 운용성 확보를 위한 구체적이고 엄격한 대책이 필요하다. 각종 서버들의 인터페이스, 700MHz 주파수 대역을 공유하는 LTE-R 및 LTE-M 과의 시스템 통합 및 연동, 지역별 및 사업별 분리 발주에 따른 물리적 통합 연동을 위한 인증 및 테스트가 요구된다. 일반적으로, 이동통신 시스템의 성능 시험 및 검증은 크게 적합성 시험(Conformance Test)과 상호 운용성(Inter-Operability Test) 시험으로 이루어지며 TTA 와 같이 공인된 인증 기관에 의해 엄격한 테스트가 가능하도록 RFP 에 명시되어야 한다.

5.3.1.2 표준 운영 절차(SOP: Standard Operating Procedure)의 확고한 정립

재난 안전 통신망은 소방, 경찰, 군, 지방 자치 단체 등 많은 국가 공공 기관이 이용한다. 지금까지 각자 영역에서 기술과 업무를 관리하다 PS-LTE 기반으로 통합되는 새로운 망에 원활하게 사용자가 적응하는 고도의 훈련이 필요하다. 다른 업무 특성은 물론 이용 기관의 지리적 특성 조차 상이하고 조직이 전국에 산재한 상태에서 복잡한 형태의 업무를 일관되게 수행하기 위해서는 조직 내의 다양한 업무 활동을 조정하고 통제할 표준 운영 절차의 확고한 정립이 필요하며 SOP를 통한 교육 및 훈련이 지속되어야 한다.

5.3.1.3 무선 커버리지 및 링크 성능 최적화 지원

한정된 예산에 전국을 커버하는 셀 플래닝으로 추진되었기에 상용망에서 요구되는 QoS 가 실현되기에는 무리가 따른다. 빠듯하게 설계된 Link Budget 특성으로 인하여 실내에서 링크 형성이 용이하지 않거나 실외에서 링크가 단절되는 현상이 발생할 수 있는데 중계기, 소형 기지국, 및 이동 기지국을 통해 점차적으로 해결되어야 한다. 일반 상용망도 망 구축 이후 1 ~ 2 여년의 최적화 기간을 거치는 사례를 참조하여 지속적으로 예산을 배정하여 재난망의 최적화가 지속적으로 지원되어야 한다.

5.3.1.4 통합 공공 통신망 간섭 및 중복 투자 해결

PS-LTE 가 사용하는 700 MHz 주파수 대역은 무선 통신 기반 첨단 열차 제어 시스템을 위한 LTE-R 과 선박 안전 지원 및 제어를 위한 연안 해상 통신망 LTE-M 이 함께 사용될 통합 공공 통신망 영역이다. 각 공공 서비스별 주체의 독립적인 무선 접속 기술의 사용은 동일 채널 간섭(CCI: Co-channel Interference) 현상을 야기 시킬 것이며 각 공공 서비스의 독자적인 운영 센터의 유지는 많은 중복 투자를 유발할 수 있다. 이를 효과적으로 대응하기 위한 소위 정책 기반 무선 접속망 공유(Policy-based RAN Sharing) 개념과 같은 대책이 철저하게 정리될 필요가 있다. 또, 지상파 방송 5개 채널의 초고화질(UHD) 방송용으로 할당된 대역과 인접 채널 간섭 제거를 위한 기술적인 협의도 필요하다.

5.3.1.5 효율적인 검인증 시스템 운영

일반적으로 IT 시스템은 개발 후 테스트 및 유지 보수 단계에서 많은 시간과 비용을 유발한다. 이것은 재난 통신 사업에 참여한 제조 기업의 사업성패와 관련된 첨예한 요인이며 공공 안전 재난의 최종 효율성과 직결된다. 따라서, 사업자, 제조사, 검인증 기관의 검인증 업무 프로세서 정착을 위한 신속한 협의가 필요하며 이를 위해 산.학.연 전문가들의 의견 반영과 정부 정책의 공정성과 투명성 확보를 위한 대책이 필요하다.



5.3.1.6 통합 공공 통신망 기반의 산업 생태계 구축

공공 안전 재난 통신망의 성공적인 운영을 위해서는 정부의 확고한 의지가 무엇보다 중요하다. 그리고, 전 세계적으로 지구 온난화와 도시화로 인한 공공 안전 재난 통신망 구축과 운영이 각국의 초미의 관심사로 대두되고 있다. PS-LTE 기반의 재난 안전 통신망 구축은 우리가 전 세계에서 가장 앞선 나라이며 따라서 성공적인 망 구축 및 운영 경험을 축적하여 세계로 수출할 수 있는 전략적 접근이 필요하다. 앞으로도 재난 통신망 고도화를 위한 많은 투자가 필요하겠지만 PS-LTE 기반의 전국망 구축 기본 플랫폼도 상당한 상품 가치를 내재하고 있으므로 새로운 시장 형성을 선도할 필요가 있다.

5.3.2 국내외 참사 지적 사항에 대한 대책 보완

5.3.2.1 공공 안전 재난 망 공간 이중화

서울 아현지사 화재로 서대문과 마포 일대를 중심으로 일상 및 업무 마비는 통신망 두절로 인한 엄청난 공공 재난이 되어 버렸다. 모세혈관처럼 사회 곳곳에 뻗어 있는 통신망이 사고 나면 모든 것이 마비되는 ICT 기반 망의 허점을 노출한 좋은 사례이다. 공공 안전 재난망은 비상 시 최후의 보루로써 그 기능이 정지되면 사회 기능의 마비 사태를 야기할 수 있으므로 예기치 않은 사고에 대응하기 위한 망 이중화가 필요하다. 평상 시 이중화에 소요되는 유휴 자원의 낭비에 대한 논란도 많지만 공공 안전 재난 방이라는 측면에서 만약을 위한 확고한 사고 대응 대책의 실현은 중요하다.

5.3.2.2 합리적 조직 및 업무 시스템 강화

사고의 능동적인 대응을 위해 사고 유형에 대비한 적절한 조직의 규모 및 기능이 필요하다. 복잡한 기능과 잉여 수칙은 긴급한 현장의 안전 상황을 더욱 수렁에 빠뜨릴 수도 있다. 그리고 구난을 지원하는 ICT 기반 단말기나 시스템 기능도 업무 프로세서에 민첩하게 지원되어야 한다. 세월호 침몰 당시 골든 타임을 놓쳐 대형 참사를 야기한 사태는 비합리적인 업무 시스템의 좋은 예가 될 것이다. 노후화 된 배를 운영한 자격 미달의 기업과 정부 행정 당국의 사회적 책임 의식 미비, 안개 낀 출항을 방치한 생명과 환경의 안전 불감증, 과거 서해 페리호 참사와 유사한 사태를 방치한 정치의 입법과 행정 기구의 게으름, 엉성한 지위 체계로 골든 타임을 놓친 사회 위기 대응력 수준 함량 미달, 승선한 학생들은 방치한 채 선장이 먼저 탈출하는 직업 및 책임 의식 부재와 교육과 훈련의 미비가 그것이다. 재난 통신 업무 프로세서가 건강하게 작동할 수 있는 구조와 환경이 수반되지 않으면 최첨단 재난 통신망 환경에도 속수무책으로 엄청난 인명 피해와 휴유증을 앓을 수밖에 없는 교훈임을 명심해야 한다.

5.3.2.3 안전에 대한 인식 제고 및 교육

이제 우리 나라도 공공 재난으로부터 자유로울 수 없는 지역이다. 태풍, 지진, 폭염과 가뭄, 쓰나미, 황사, 산불, 급경사 붕괴 등의 자연 재해로부터 감염병(메르스), 전염병(AI), 교통 수송 사고, 건축물 붕괴, 화재, 교통사고와 같은 사회 재난이 빈번하게 발생하며 사고의 예방을 위한 안전 교육 및 인식 제고를 위한 홍보가 공공 차원에서 필요하다. 평소 안전에 대한 경각심이 부재하고 불감증에 대한 관리 방치는 지금까지 모든 사고 진단에서 지적되어 왔다. 따라서, 근원적인 장기 해결책이 필요하며 유치원 및 초등학교 때부터 안전에 대한 마인드 고취와 심각성 인식에 대한 체계적인 교육 시스템 도입이 필요하다.

5.3.2.4 공공 안전 재난 관리 교육 강화

PS-LTE 기반의 공공 안전 재난망은 노후화 된 기존 망에 비해 복잡한 디지털 망 구조와 기능을 갖고 있다. 새로운 망 환경에서 한치의 오차 없는 서비스 실현을 위해서는 망 운영 요원 및 망 사용자의 고도의 학습 훈련을 통한 위기 관리 의식의 유지가 필요하다. 합리적 운영 및 시스템 강화 측면에서 혹은 기존 망과의 연동 차원에서 평상시는 물론 가상 사태를 전제로 한 정기적인 망 운영 훈련이 지속적으로 필요하다.

5.3.3 PS-LTE 망 고도화 및 지능화

5.3.3.1 3GPP PS-LTE 기반 및 응용 기술 서비스 실현

재난 현장은 갈수록 복잡하고 규모가 크며 일원화된 표준 시스템은 세계적인 추세가 될 것이다. 과거의 관련 기관마다 다른 주파수, 장비 및 비표준 프로토콜 사용은 재난에 대한 실시간 처리를 종합적으로 지연시킨 중대한 요인이었다. 이것을 극복하기 위해 미국, 영국, 프랑스, 호주 및 한국 등 여러 나라에서 공공 안전 재난용 통신으로 3GPP PS-LTE 기반의 국제 통신 표준 기술 채택을 서둘러 왔다. PS-LTE 기술은 이동통신 표준 단체인 3GPP(www.3gpp.org)에서 제정하고 있으며, MCPTT, D2D, eProSe, IOPS, eMBMS 기술을 규격화하여 멀티미디어 재난 통신 서비스를 제공하고 있다. GPP Release 13 기반의 PS-LTE 표준으로 평창 올림픽 시범 사업을 잘 마무리하였으며 현재는 공공안전 재난 망 구축 사업자로 KT 및 SKT를 선정하여 본사업을 추진 중에 있다. 그리고, LTE 유사 기술인 LTE-R 및 LTE-M 을 개발하여 철도와 해양 영역의 인프라까지 통신 메커니즘으로 운용을 확대함으로써 국가 및 공공 인프라 관련 업무 영역이 LTE 기술로 지원되는 환경이 되었다. 따라서, LTE 기반의 재난 안전 통신 기술은 국가 모든 현장에서 발생하는 사고를 미리 예방하고 신속한 구난 처리를 통해 위험 비용을 줄여 공공망으로서 신뢰를 확보할 수 있어야 하며 이미 표준 규격으로 완성된 모든 기술에 대해 조속히 상용화를 완료해야 한다.



5.3.3.2 미래 표준 기술 개발 및 서비스 지원

국내 공공 안전 재난망은 시범 사업을 거쳐 PS-LTE 3GPP Release 13에 기반한 본 사업 망 구축을 추진하고 있다. 앞의 3GPP 표준화 동향에서 언급한 것처럼 공공 안전 표준 기술은 3GPP Release 14 이후에도 지속적으로 연구 개발될 것이며 궁극적으로 5G 망으로 진화할 것이다. 참고로, MCDATA 및 MCVideo 기능은 3GPP Release 14 에서 구체화되었다. 따라서, PS-LTE 망 구축을 통한 망 운영이 시작되면 지속적으로 예산을 반영하여 표준 기술을 개발하고 서비스를 고도화 함으로써 국민의 신뢰를 확보하고 공공 안전 재난 선도 국가라는 이미지를 유지해야 한다.

5.3.3.3 국민의 안전 확보를 위한 맞춤형 서비스

공공 안전 재난이 사전에 예방될 수 있으면 최선이다. 재난 감지 IoT 플랫폼 구축과 이를 통해 수집한 데이터의 분석을 통한 개인의 안전 모니터링 서비스, 사고 현황을 즉시에 제공할 수 있는 신속한 상황전파를 위한 재난 방송시스템 서비스, 재난 시 대응 훈련을 위한 VR/AR 재난 대응 교육을 통한 안전 의식 고취, 대화형 인공 지능 서비스가 필요하며 안전 취약 지역에 대한 시설 보완과 재난 대피시설의 확충을 통해 재난 시에도 최소한의 일상 생활이 가능한 환경을 제공할 필요가 있다. 그리고, 빅데이터를 활용하여 재난 취약 지역을 상대로 하는 감시 및 상황 인지 시스템과 사고 운영 및 관리 고도화를 통한 재난 대응 서비스 역량을 강화할 수 있다.

5.3.3.4 재난 통신 서비스를 위한 응용 기술 개발

PS-LTE 망 기반 하에서 공공 안전 재난 서비스를 위한 응용 기술 개발은 지금 첨예하게 대두되는 태풍, 지진 및 질병의 전염이나 감염 등의 재난에 대비하여 다음과 같이 당장 필요한 기술부터 착수할 수 있다.

- 빅데이터 활용을 통한 재난 안전 예측 및 감지 기술 개발
- 재난 안전을 위한 다양한 분석 기법 개발
- 노후화된 시설의 안전진단 및 내진 보강 기술 개발
- 대규모의 복합재해 예측 및 신속대응 기술 개발
- 인구 밀집 지역과 시설에 대한 안전환경 기술개발
- 공간 정보를 활용한 재난 현장의 구조요원 지원 기술

5.3.3.5 로봇 및 인공지능을 활용한 재난안전 기술 개발

PS-LTE 기반의 재난 안전 통신망이 운영되면 4차 산업 혁명 시대를 준비하는 망 지능화를 추진할 필요가 있다. 4차 산업 혁명의 진척에 따라 초연결 ICT 기반의 공공 안전 재난망 플랫폼 지능화를 위해서는 재난용 IoT 를 통한 방대한 데이터 수집 및 저장, 기계 학습 기반의 분석이 필요하며 재난 사태에 따른 구난 지역의



상황 파악과 구조 지원을 위한 인공 지능 시스템과 첨단 로봇을 다음과 같이 개발할 필요가 있다.

- 재난 현장에서 사람이 하기 어려운 일을 하기 위한 로봇의 개발
- 재난의 선제적 대응을 위한 인공지능 시스템 개발
- 재난 현장의 입체적인 대응을 위한 기술 및 장비의 개발
- 재난의 조기 탐지를 위한 무인 탐지 기술 개발
- 대규모 재난의 조기 경보 및 실시간 대응을 위한 대형 ICT시스템 개발

5.3.4 새로운 공공 안전 재난 제도 도입

5.3.4.1 eCall 시스템과 연계 및 지원

eCall 시스템은 차량 사고 시 운전자의 사고 처리를 위한 서비스로 EU 및 러시아에선 eCall 단말 장착이 의무화 될 정도로 공공 재난의 성격이 강하다. 자연 재해 시, 위치 정보를 활용하여 PS-LTE에 의한 타망과의 상호 운용을 통해 실시간 교통 흐름을 자동 제어하고 전체 구난 현황에 대비한다면 eCall 서비스의 개인 차량 구난 신고에 따른 서비스 지원의 중복을 예방할 수 있다. eCall 서비스가 PS-LTE 기반의 재난 통신 서비스와 상호 운용되어 함께 활용될 수 있다면 안전 재난에 따른 대국민 서비스의 질적인 향상을 기대할 수 있다.

공공 재난 예방 관리 강화

자연 재해와 사회 재난을 사전에 예방함으로써 그 피해를 경감할 수 있으면 이것은 정부의 권리이자 의무이다. 따라서, 지진이나 태풍 등 자연 재해나 감염이나 전염 등의 사회 재난의 발생 위험이 높은 지역이나 경로를 선택하여 선별적으로 공공 안전 재난 발생 예방을 위한 다음과 같은 서비스를 준비할 수 있다.

- 전기 맨홀, 통신 맨홀, 가스 맨홀, 상수도 맨홀의 통합적 관리와 점검
- 기상, 지진 등 자연재해의 예측 및 조기경보 시스템
- 도로, 철도, 교량, 하천, 공항, 항만 등의 예방적 유지관리
- 지진 방재를 위한 단층 조사 및 산사태, 붕괴 위험 서비스 및 기술 제공
- 위치정보, 3D공간 정보 등을 융합한 통합 예측 및 대응 시스템
- 인공위성 등을 활용한 해양 안전 정보제공 시스템 개발
- 지진탐지 고도화 및 지진재해 신속대응 시스템
- 재난관리를 종합적으로 관리 할 수 있는 통합 관제 시스템

5.3.4.2 재난을 당한 국민 서비스 지원



자연 재해나 사회 재난 발생 시, 정부는 사고의 위험으로 안전하게 국민들을 보호할 책임과 의무가 있으며 재난을 당한 국민들이 그 상황에서도 최소한의 일상을 영위할 수 있고 또한 빨리 일상으로 복귀할 수 있도록 다음과 같은 재난 보호 서비스 강화가 필요하다.

- 피해 국민을 위한 임시주거 시설의 공급
- 재난 피해자들을 대비한 장기 임대시설의 개발
- 피해 국민들의 대피, 구조 및 구호 서비스
- 재난으로 인한 피해의 경제적 구호
- 재난 지역에 대한 사회기간 시설의 신속한 복구

6. 결론

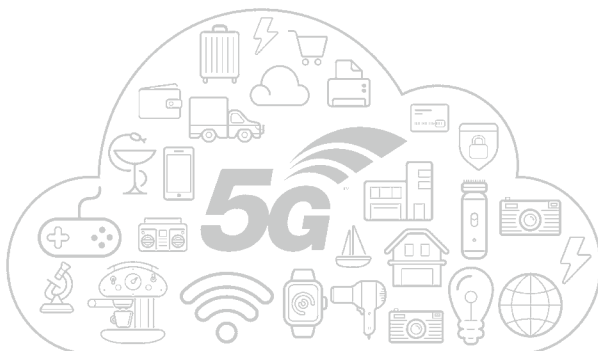
6. 결론

공공안전 목적의 통신망이 구축 단계에 들어선 즈음에, 본 보고서는 현재 구축되고 있는 공공안전 목적의 통신망의 현황을 살피고, 3GPP와 eCall을 중심으로 기술 진화 현황을 살펴 보았다. 다른 산업 분야와 마찬가지로 ICT 기술과 이동통신의 발전은 공공안전 서비스의 진화를 촉진하고 있으며, 본 보고서에서는 도시기반보안, 사이버보안, 개인식별관리 그리고 기타 분야로 나누어 미래의 서비스 모습을 예측하고 공공안전 관련 산업의 진화 모습을 예측하였다.

이동통신의 발전은 다양한 산업 분야에서 이동성과 디지털화를 도모하고 있으며, 공공안전 분야도 이동통신 과의 융합을 통해 공공안전 목적을 보다 효과적으로 달성할 수 있는 다양한 서비스를 기대하고 있다. 이동통신과 산업의 융합을 촉진하고 기술과 서비스를 검증하여 융합을 활성화 하는 목적으로 진행되고 있는 기가코리아 사업의 일환으로 진행되는 5G Guardian 과제도 이런 맥락으로 볼 수 있다.

본 보고서에서는 현재 진행 중인 5G Guardian 과제를 살피고, 영국에서 진행 중인 Liverpool 5G testbed 과제를 살펴보고, 전반적인 공공안전 시스템과 5G Guardian 과제의 진화를 위한 제언을 PS-LTE 기반의 공공 안전 재난망 상호 운용, 국내외 참사 지적 사항에 대한 대책 보완, PS-LTE 망 고도화 및 지능화 그리고 새로운 공공 안전 재난 제도 도입 측면에서 진행하였다.

본 보고서를 통한 조그만 노력이 국내에 구축을 시작한 공공안전 목적의 통신망의 효과를 극대화하고 국민 안전을 보다 효과적으로 확보할 수 있도록 운용되는 데 기여할 뿐 아니라 향후 공공안전 목적의 통신망이 진화해 나가는 데 밑거름이 될 수 있기를 기대해 본다.



참고 문헌



- [1] 임종철, 금창섭, "단말 근접 서비스 기술동향, " ETRI(한국전자통신연구원), 2015.
- [2] 3GPP Tdoc: TR 36.785, "Vehicle to Vehicle(V2V) service based on LTE sidelink," Oct., 2016.
- [3] 3GPP Tdoc: TR 23.713, "Study on extended architecture support for proximity-based services," Sept., 2015.
- [4] 3GPP Tdoc: TS 23.303, "Proximity-based services (ProSe); Stage 2, " Jun., 2018.
- [5] 3GPP Tdoc: TR 23.703, "Study on architecture enhancements to support Proximity-based Services (ProSe)," Mar., 2014.
- [6] G. Fodor et al., "An Overview of Device-to-Device communication technology components in METIS," IEEE Access, Jun. 2016.
- [7] G. Fodor, S. Parkvall, S. Sorrentino, P. Wallentin, Q. Lu, and N. BrahMI, "Device-to-Device communications for national security and public safety," IEEE Access, Jan., 2015.
- [8] Q. Incorporated, "Ue-to-ue relay list and determination of floor arbitrator". Patent WO2016160270A1, 3 4 2015.
- [9] 3GPP Tdoc: TS 36.211, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical channels and modulation," Sept., 2018.
- [10] 3GPP Tdoc: TS 36.212, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding," Sept., 2018.
- [11] 3GPP Tdoc: TS 36.300, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network," Sept., 2018.
- [12] 3GPP Tdoc: TS 36.331, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification," Sept., 2018.
- [13] 3GPP Tdoc: TS 36.304, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) procedures in idle mode," Sept., 2018.

- [14] 3GPP Tdoc: TS 36.321, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) protocol specification," Oct., 2018.
- [15] NETMAIN, "SK텔레콤, MWC 2018 - 현실이 되어가는 5G 통신 기술·서비스 공개," https://www.netmanias.com/ko/post/operator_news/13247, 2018.
- [16] Samsung, "삼성전자, 세계 최초 PS-LTE 표준 기반 재난안전통신망 시연 성공," <https://news.samsung.com/kr/?p=228430>, 2015.
- [17] 차량 ICT 기반 긴급 구난 체계 (e-Call) 서비스 및 기술 동향
- [18] 표준화 동향 2016-1호, '차량 ICT 기반 긴급 구난 체계(e-Call) 표준화 기술', ETRI 미래 전략 연구소 표준연구센터

백서 편집위원회

재난안전위원회

작성자

이현우(단국대)
박동주(에릭슨엘지)
김동찬(한국네트워크산업협회)
홍영삼(와이에스엔지니어링)
정재훈(LG전자)
최수한(단국대)
곽민곤(한양대)
권태수(서울과학기술대)
이동준(KT)
5G 포럼 사무국



재난안전 백서

비매 품/무료



9 791187 302148

ISBN 979-11-87302-14-8

ISBN 979-11-87302-07-0 (세트)



공공누리

공공저작물 자유이용허락