



5G FORUM ISSUE REPORT |
2019 Vol.07



FORUM ISSUE REPORT

2019 Vol.7

01

3GPP의 IMT-2020 제출을 위한 5G NR 평가

03

박 병 성

(5G포럼 무선기술위원회 부위원장, TTA SPG33(IMT-2020 독립평가 그룹) 부위원장,
에릭슨엘지 네트워크부문 수석)

02

5G 스마트시티 서비스 시나리오 및 요구사항

17

김 준 수

(5G포럼 스마트시티위원회 부위원장, 한국산업기술대학교 교수)

03

5G 융합 서비스에서의 미디어의 역할 및 요구사항

31

유 희 정 (5G포럼 서비스위원회 부위원장, 영남대학교)

허 수 정 (5G포럼 서비스위원회 위원, 영남대학교)

정 원 식 (한국전자통신연구원)

정 회 윤 (한국전자통신연구원)

박 용 완 (5G포럼 서비스위원회 위원장, 영남대학교)





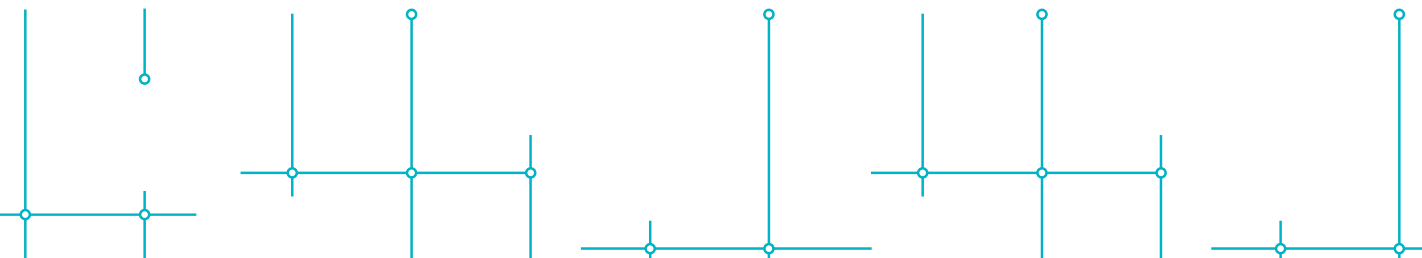
3GPP의 IMT-2020 제출을 위한 5G NR 평가

박 병 성

(5G포럼 무선기술위원회 부위원장,

TTA SPG33(IMT-2020 독립평가 그룹) 부위원장,

에릭슨엘지 네트워크부문 수석)



3GPP의 IMT-2020 제출을 위한 5G NR 평가

박 병 성

(5G포럼 무선기술위원회 부위원장, TTA SPG33(IMT-2020 독립평가 그룹) 부위원장,
에릭슨엘지 네트워크부문 수석)

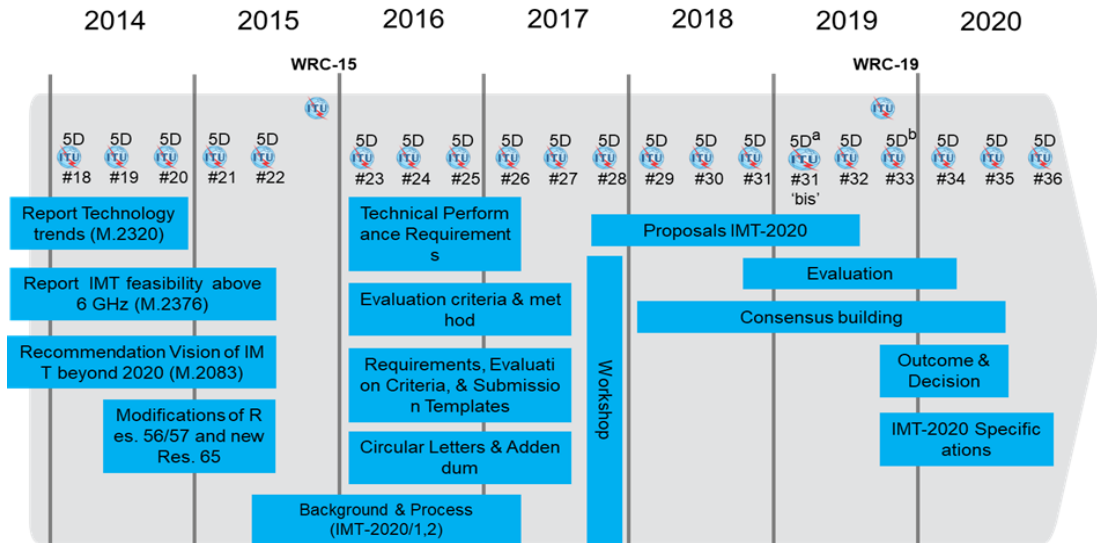
Key Words : IMT-2020, 3GPP, 5G NR, Evaluation

1. 서론

3GPP는 ITU-R의 IMT-2020 추진 일정에 따라 후보 기술 제출을 위해 Release 15와 Release 16 기반의 5G NR 규격을 마련 중에 있다. 현재는 비단독형(NSA, Non-standalone) 및 단독형(SA, Standalone) 5G NR 규격이 완료되었으며, 일부 아키텍처 옵션이 Release 15에서 추가될 예정이다. Release 16에서는 5G NR의 새롭고 진보된 기능을 포함하여 2019년 12월 완료를 목표로 하고 있다. 3GPP는 ITU-R에서 제시한 IMT-2020의 기술 성능 요구사항과 평가 방법을 기반으로 5G NR 규격의 자체 평가를 진행한 바 있으며, 지난 10월에 그 동안의 진행 상황과 평가 결과를 공유하는 '5G NR IMT-2020 평가 워크숍'을 벨기에 브뤼셀에서 개최한 바 있다. 본 이슈리포트는 '5G NR IMT-2020 평가 워크숍' 내용을 기반으로 ITU-R의 IMT-2020 평가 과정과 3GPP의 자체 평가 결과 내용을 정리한 것이다.

2. ITU-R의 IMT-2020 진행 과정

ITU-R은 2020년 이후의 지상 이동통신을 위한 미래 기술보고서를 2014년에 발행한 이후에, 20Gbps의 최대 데이터 전송속도를 포함한 8가지 주요 성능 지표 및 eMBB(Enhanced Mobile Broadband), mMTC(Massive Machine Type Communications), URLLC(Ultra-Reliable and Low Latency Communications)의 주요 응용 서비스 시나리오를 기술한 비전 문서를 2015년 9월에 제시한 바 있다 [1][2]. 이후, ITU-R의 IMT-2020 개발 프로세스에 따라, 기술 성능 요구사항과 평가 기준 및 방법 등이 정의되었다 [3][4][5]. ITU-R은 2019년 7월까지 후보 기술에 대한 접수와 이후 평가 및 합의 과정을 통해 2020년에 최종적으로 IMT-2020 규격을 완성하게 되며, 현재까지 3GPP를 비롯해 한국, 중국, DECT 포럼, TSDSI(인도)가 IMT-2020 후보 기술 제출 의향을 밝히고 있다.



[그림 1-1] ITU-R의 IMT-2020 추진 일정

2.1. IMT-2020 기술 성능 요구사항

IMT-2020을 위한 ITU-R 권고 M.2083에서 명시된 8가지 주요 성능 지표를 바탕으로 M.2410 보고서는 IMT-2020 무선 인터페이스 기술 평가를 위한 13가지 최소한의 기술 성능 요구 사항을 정의하고 있다.

2.1.1. 최대전송속도 (Peak data rate)

eMBB 시나리오 평가 항목이며 최소 요구사항은 다음과 같다.

- 하향링크: 20 Gbit/s
- 상향링크: 10 Gbit/s

2.1.2. 최대주파수효율 (Peak spectral efficiency)

eMBB 시나리오 평가 항목이며 최소 요구사항은 다음과 같다.

- 하향링크: 30 bit/s/Hz
- 상향링크: 15 bit/s/Hz

2.1.3. 사용자 체감 전송속도 (User experience data rate)

Dense Urban - eMBB 테스트 환경에 대해 요구사항은 다음과 같다.

- 하향링크: 100 Mbit/s
- 상향링크: 50 Mbit/s

2.1.4. 셀경계 주파수 효율 (5th percentile user spectral efficiency)

eMBB 시나리오에 대해 요구사항(하향/상향)은 다음과 같다.

- Indoor Hotspot: 0.3/0.21 bit/s/Hz
- Dense Urban: 0.225/0.15 bit/s/Hz
- Rural: 0.12/0.045 bit/s/Hz

2.1.5. 평균 주파수 효율 (Average Spectral Efficiency)

eMBB 시나리오에 대해 요구사항(하향/상향)은 다음과 같다.

- Indoor Hotspot: 9/6.75 bit/s/Hz/TRxP
- Dense Urban: 7.8/5.4 bit/s/Hz/TRxP
- Rural: 3.3/1.6 bit/s/Hz/TRxP

2.1.6. 면적당 트래픽 용량 (Area Traffic Capacity)

eMBB 시나리오에 대해 요구사항은 다음과 같다.

- Indoor Hotspot: 10 Mbit/s/m²

2.1.7. 지연시간 (Latency)

사용자 측면(User Plane Latency)의 경우 eMBB와 URLLC 시나리오에 대해 요구사항은 다음과 같다.

- eMBB: 4 ms
- URLLC: 1 ms

제어 측면(Control Plane Latency)의 경우 eMBB 및 URLLC 시나리오에 대한 요구사항은 20 ms이다.

2.1.8. 연결 밀도 (Connection Density)

mMTC 시나리오에 대해 단위 면적(km²)당 1,000,000 개 장치 연결을 목표로 한다.

2.1.9. 에너지 효율 (Energy Efficiency)

eMBB 시나리오 평가 항목이며 높은 휴면 비율과 긴 휴면 주기 등 에너지 효율을 증가시키는 방안을 제시해야 한다.

2.1.10. 신뢰성 (Reliability)

URLLC 시나리오에 대해 요구사항은 다음과 같다.

- Urban Macro: 1-10⁻⁵의 패킷(Layer 2) 성공률

2.1.11. 이동성 (Mobility)

eMBB 시나리오에서의 이동성 조건에서 다음의 QoS 조건을 만족해야 한다.

- Indoor Hotspot: 1.5 bit/s/Hz (10km/h 기준)

- Dense Urban: 1.12 bit/s/Hz (30km/h 기준)
- Rural: 0.8 bit/s/Hz (120km/h 기준) 및 0.45 bit/s/Hz (500km/h 기준)

2.1.12. 이동단절시간 (Mobility Interruption Time)

eMBB 및 URLLC 시나리오에 대해 요구조건은 0 ms이다.

2.1.13. 대역폭 (Bandwidth)

단일 또는 다중 캐리어를 활용하여 최소 100MHz와 고주파 대역에서의 1GHz까지의 다양한 대역폭을 지원해야 한다.

2.2. IMT-2020 후보 기술 평가방법

2.2.1. 시험 환경

IMT-2020 평가를 위한 시험환경은 지리적 환경과 서비스 시나리오 조합을 반영하여 다음의 5가지 테스트 환경이 선택되었다.

- Indoor Hotspot-eMBB: 매우 높은 사용자 밀도를 가진 고정 및 보행 사용자를 기반으로 하는 사무실 또는 쇼핑몰의 실내 격리된 환경
- Dense Urban-eMBB: 보행자 및 차량 이용자 중심의 트래픽 밀도와 사용자 밀도가 높은 도시 환경
- Rural-eMBB: 보행자, 차량 및 고속 차량 사용자를 지원하는 보다 광범위하고 연속적인 광역 적용 범위가 있는 시골 환경
- Urban macro-mMTC: 다수의 연결된 장치에 초점을 맞춘 연속적인 커버리지를 목표로 하는 도시 매크로 환경
- Urban macro-URLLC: 매우 안정적이고 낮은 지연시간 통신을 목표로 하는 도시 매크로 환경

2.2.2. 시험 방법

IMT-2020의 13가지 요구사항별 평가 방법은 IMT-Advanced때와 동일하게 링크레벨(LLS) 및 시스템레벨 모의실험(SLS)을 포함한 모의실험(Simulation), 계산에 의한 분석(Analysis), 제안서 분석에 의한 조사(Inspection) 중의 하나로 표 1과 같이 정리되었으며, 세부 평가방법은 M.2412보고서에 기술되어 있다[4].

[표 1-1] IMT-2020 평가 방법

기술성능 요구사항	평가방법
최대전송속도	Analysis
최대주파수효율	Analysis
사용자 체감 전송속도	Analysis 또는 SLS
셀경계 주파수효율	SLS
평균 주파수효율	SLS
면적당 트래픽용량	Analysis
에너지 효율	Inspection
이동성	SLS + LLS
지연시간	Analysis
이동단절시간	Analysis
신뢰성	SLS + LLS
연결밀도	SLS+LLS 또는 Full SLS
대역폭	Inspection

2.3. 후보 기술 제안 양식

후보기술 제안자는 ITU-R에 IMT-2020 후보 기술을 제출하기 위해서 정해진 양식(template)에 따라 요구사항 만족여부를 제공해야 한다. 제출 양식은 크게 기술적 특징을 기술하는 Description template과 요구사항 만

족여부를 기술하는 Compliance template의 두 가지로 구성된다. Description template에는 각 시험 환경별 Link-budget template을 포함하며, Compliance template은 크게 서비스, 주파수 및 기술 성능 요구사항 template으로 구성된다.

3. 3GPP의 IMT-2020 후보기술 제출 양식

3GPP는 ITU-R의 IMT-2020 추진일정에 맞춰 5G 기술규격을 개발하고 있으며, 2017년 10월 개최된 IMT-2020워크숍에서 제출의사를 선언한 바 있다. 이에 따라 2018년 1월에 IMT-2020 후보기술에 대한 초기 양식을 제출하였으며, 2018년 10월에는 자체 성능 평가를 포함하여 제출 양식을 업데이트하였다. 3GPP의 IMT-2020 후보기술은 Release 15 및 이후 기술을 포함하여 '5G'라 명명하였다. 현재는 Release 16 규격 개발이 진행 중이며, Release 16 규격을 포함한 최종 후보 기술은 2019년 7월에 제출할 계획이다. 제출될 규격은 NR과 LTE를 모두 포함하는 SRIT1형태와 NR 단독의 RIT2형태의 2가지가 될 것이다. 초기 제출된 양식에는 ITU-R의 가이드라인에 따라 'Description templates', 'Compliance templates'과 Release 15에 대한 자체 중간 평가를 진행한 결과인 TR37.910 기반의 '자체 평가 보고서'를 제출하였다[6].

1) · SRIT: Set of Radio Interface Technology

2) · RIT: Radio Interface Technology

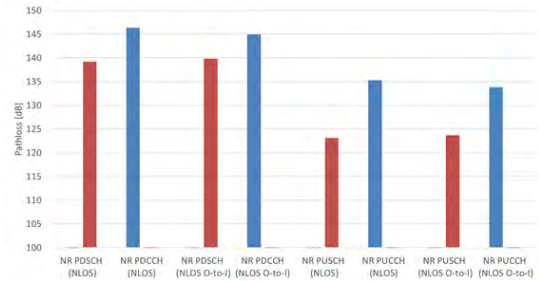
3.1. Description templates

3.1.1. Characteristics templates

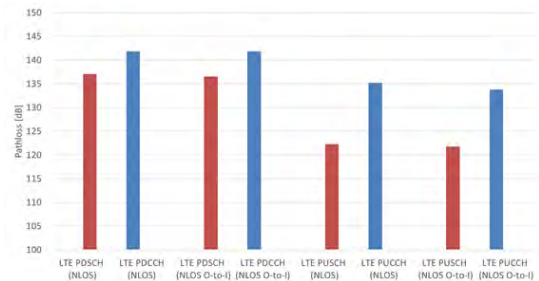
Characteristics templates은 3GPP에서 개발한 5G의 특성에 대한 설명을 제공한다. 여기에는 NR 및 LTE를 포함하는 SRIT에 대한 하나의 특성 템플릿과 NR RIT에 대한 하나의 특성 템플릿을 포함하고 있다. ITU-R이 제시한 템플릿 항목에 따라 테스트 환경, 무선접속방식 및 기술, 물리채널구조, 이동성 지원, 스케줄러 및 무선자원 관리 등 27개 항목에 대해 후보 기술의 특성을 기술하고 있다[7].

3.1.2. Link-budget templates

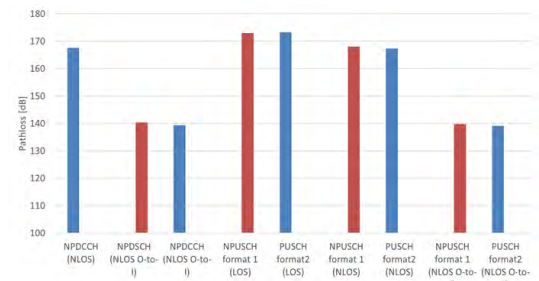
Link-budget template은 ITU-R M.2111의 5.2.3.3 절에서 제시한 방법론에 따라 작성되었으며, IMT-2020 후보기술 평가를 위한 5개 시험 환경에 대한 link-budget 결과가 제시되어 있다[8]. 후보 기술로 제출될 NR 및 LTE에 대해 상하향 데이터 채널(PUSCH/PDSCH)과 제어 채널(PUCCH/PDCCH) 결과를 포함하며, NR TDD에 대해 상향용으로 DDDSU, 하향용으로 DSUUD³ 패턴을 가정하였다. 송신전력, 대역폭, 잡음지수 및 안테나 설정은 시험환경에서 설정한 값이 적용되었다. 본 결과는 ITU-R에서 권고하는 파라미터 및 링크 마진과 부합하는 것을 보여준다.



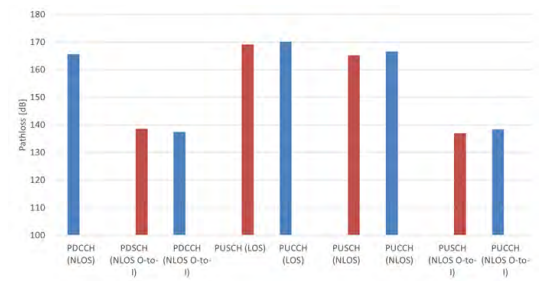
[그림 1-2] 링크버짓 결과 (NR FDD 700MHz, Rural, Channel model A, 6Mbps DL, 0.5Mbps UL)



[그림 1-3] 링크버짓 결과 (LTE FDD 700MHz, Rural, Channel model A, 6Mbps DL, 0.5Mbps UL)



[그림 1-4] 링크버짓 결과 (NB-IoT, UMa-mMTC)



[그림 1-5] 링크버짓 결과 (eMTC, UMa-mMTC)

3) · DDDSU는 TDD frame structure의 패턴을 의미하며, D는 하향링크 슬롯(Downlink slot), U는 상향링크 슬롯(Uplink slot), S는 Flexible slot으로서 DL, GP (Guard Period), UL OFDM 심볼로 구성되어 있다.

3.2. Compliance templates

Compliance templates은 ITU-R M.2412에 정의된 평가 방법에 근거하여 3GPP의 후보 기술의 요구사항 만족 여부를 기술하고 있다. 여기에는 NR 및 LTE를 포함한 SRIT에 대한 Compliance templates과 NR RIT에 대한 Compliance templates로 구성되어 있다. 평가 결과는 서비스 요구사항, 스펙트럼 요구사항, 기술 요구사항 항목에 대해 ITU-R의 IMT-2020 요구사항에 부합하는 것으로 나타났다.

[표 1-2] 기술요구사항 만족도

항목	구분		기준	평가결과	만족 여부
최대전송속도 (Gbit/s)	하향		20	21.1~140.2	O
	상향		10	16.6~64.6	O
최대주파수효율 (bit/s/Hz)	하향		30	30.4~48.9	O
	상향		15	18.2~25.8	O
사용자채감전송 속도 (Mbit/s)	하향		100	101.6~144.34	O
	상향		50	50.1~73.15	O
셀경계주파수 효율 (bit/s/Hz)	InH	하향	0.3	0.31~1.18	O
		상향	0.21	0.23~0.63	O
	DU	하향	0.225	0.23~1.06	O
		상향	0.15	0.17~0.6	O
	RU	하향	0.12	0.12~2.11	O
		상향	0.045	0.05~0.63	O
평균주파수효율 (bit/s/Hz/TRxP)	InH	하향	9	9.4~19.91	O
		상향	6.75	6.9~15.17	O
	DU	하향	7.8	8.79~23.55	O
		상향	5.4	5.69~22.48	O
	RU	하향	3.3	5.3~21.01	O
		상향	1.6	3.12~21.3	O
면적당트래픽용량(Mbit/s/m2)	InH	하향	10	10.06~22.76	O

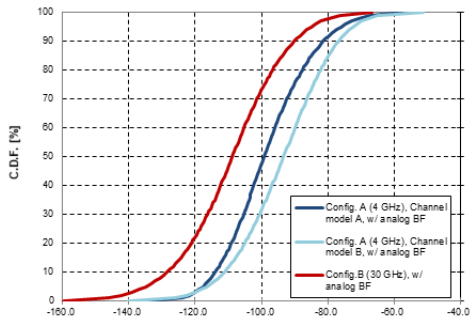
항목	구분	기준	평가결과	만족 여부
에너지효율	네트워크	효율 방안	휴면율:~99.87% 휴면주기:~159ms	O
	단말		휴면율:~99.5% 휴면주기:~10.24s	O
이동성 (이동조건전송속도-bit/s/Hz)	InH 10 km/h	1.5	2.84~4.76w	O
	DU 30 km/h	1.12	1.50~4.58	O
	RU 120 km/h	0.8	0.85~2.91	O
	RU 500 km/h	0.45	0.83~2.64	O
지연시간 (사용자)	eMBB	4	하향: 0.28~3.19 상향: 0.28~3.84	O
	URLLC	1	하향: 0.23~0.99 상향: 0.24~0.98	O
지연시간 (제어)	eMBB	20	11.3~18.8	O
	URLLC	20	11.3~18.8	O
이동단절시간	-	0	0	O
신뢰성 (패킷전송율)	-	$1-10^{-5}$	>99.999%	O
연결밀도 (연결수/km2)	-	백만	35,569,000 (ISD500m)	O
대역폭		~1 GHz	~6.4GHz	O

4. IMT-2020을 위한 3GPP 자체 평가

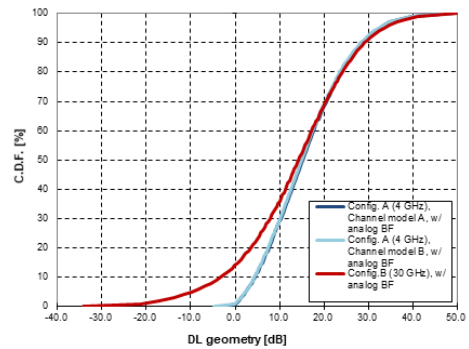
3GPP는 Release 15 NR 규격을 기반으로 자체 평가를 수행하여 TR37.910 보고서를 발행한 바 있으며, 향후 진행되는 NR 규격 진행상황에 따라 추가 평가과정을 진행할 예정이다. 본 절에서는 3GPP가 수행한 IMT-2020 후보기술에 대한 자체평가를 위한 보장 결과와 평가결과를 정리한다. 다양한 환경에서의 모든 평가결과는 TR37.910에 나타나 있으며, 본 절에는 이 중 일부 결과를 발췌하여 소개한다.

4.1. 보정작업 (Calibration)

3GPP는 5G NR 자체 평가는 20개 이상의 회원사가 참여하였으며, 참여 업체 간 보정 작업이 진행되었다[10]. 보정에 사용되는 기준은 SINR로 측정되는 DL Geometry와 안테나 이득을 포함한 경로손실인 Coupling gain이 사용되었다.



[그림 1-6] Coupling Gain (Dense Urban-eMBB)



[그림 1-7] DL Geometry (Dense Urban-eMBB)

표 3은 최종 보정 결과를 보여주고 있으며, DL geometry 기준으로 1-2dB 이내로 잘 정렬되어 있는 것으로 나타났다.

[표 1-3] 보정 결과

Test environment	Evaluation configuration	Channel model / Topology		Number of samples	DL SINR diff. vs Avg SINR (50%-tile CDF)
Indoor Hotspot - eMBB	Config.A (4 GHz)	Channel model A	12TRxP	16	<0.8db
		Channel model A	36TRxP	15	<0.5db
	Config.B 30 GHz)	Channel model B	12TRxP	18	<0.9db
		Channel model B	36TRxP	16	<0.4db
	Config.C 30 GHz)	Channel model A/B	12TRxP	17	<2.2db
		Channel model A/B	36TRxP	14	<2.2db
Dense Urban - eMBB	Config.A (4 GHz)	Channel model A		16	<1.3db
	Config.B (30 GHz)	Channel model B		18	<1.3db
	Config.A (4 GHz)	Channel model A/B		18	<2.4db
Rural - eMBB	Config.A (1732m, 700MHz)	Channel model A		18	<0.8db
	Config.B (1732m, 4GHz)	Channel model B		20	<0.9db
	Config.A (1732m, 4GHz)	Channel model A		18	<0.9db
	Config.B (1732m, 4GHz)	Channel model B		20	<1.2db
	Config.A (LMCL, 6000M, GHz)	Channel model A		15	<0.9db
	Config.B (LMCL, 6000M, GHz)	Channel model B		16	<1.0db
Urban Macro - mMTC	Config.A (500m, 700MHz)	Channel model A		15	<0.9db
	Config.B (500m, 700MHz)	Channel model B		16	<0.6db
	Config.A (1732m, 700MHz)	Channel model A		15	<1.2db
	Config.B (1732m, 700MHz)	Channel model B		16	<0.6db
Urban Macro URLLC	Config.A (4GHz)	Channel model A		15	<0.9db
	Config.B (4GHz)	Channel model B		17	<1.0db
	Config.A (700MHz)	Channel model A		15	<0.9db
	Config.B (700MHz)	Channel model B		16	<1.3db

4.2. eMBB 서비스용 평가 결과

4.2.1. 최대주파수효율

최대주파수효율은 채널대역폭으로 정규화(bit/s/Hz)한 이상적인 조건에서의 최대 데이터 속도이며, 오류가 없는 조건을 가정한 수신 데이터율이다. NR FDD의 경우, 450~6000MHz 범위의 FR1에서 8 layer 하향 전송과 256QAM 변조방식, 0.9258의 최대 부호화율이 적용되었다. NR TDD의 경우 24.25~52.6GHz 범위의 FR2에 대해서도 평가되었으며, 상/하향 TDD 설정은 DDDSU와 DSUUD 패턴이 적용되었다.

[표 1-4] 최대주파수효율 평가결과 (단위: bit/s/Hz)

구분	조건	평가결과	기준
NR DL	DDDSU, 100MHz BW, 30kHz SCS, 256QAM	48.1	30
LTE DL	DSUDD, 20MHz BW, 15kHz SCS, 256QAM	36.69	
NR UL	DDDSU, 100MHz BW, 30kHz SCS, 256QAM	22.8	15
LTE UL	DSUDD, 20MHz BW, 15kHz SCS, 256QAM	17.28	

4.2.2. 최대전송속도

최대전송속도는 이상적인 조건에서 달성할 수 있는 최대 데이터 속도이며, 이는 단일 이동국에 오류가 없는 조건을 가정한 수신 데이터율로 정의한다. 4.2.1절의 최대주파수효율 결과에 NR 또는 LTE에서 제공가능한 대역폭의 곱으로 표현된다.

[표 1-5] 최대전송속도 평가결과 (단위: Gbit/s)

구분	조건	평가결과	기준
NR DL NR DL	FR1, 16CCs, DDDSU, 100MHz/CC, 30kHz SCS	58.9	20
	FR2, 16CCs, 400MHz/CC, 120kHz SCS, 6 layer	171.2	
LTE DL	FDD, 32CCs, 20MHz/CC	30.1	10
NR UL NR UL	FR1, 16CCs, DSUUD, 100MHz BW, 30kHz SCS	16.8	
	FR2, 16CCs, DSUUD, 400MHz BW, 120kHz SCS	64.6	
LTE UE	FDD, 32CCs, 20MHz/CC	12.9	

4.2.3. 사용자 체감 전송속도

사용자 체감 전송속도의 경우 사용자 전송 속도의 누적 분포함수상에서 5% 지점으로 정의하며, 셀경계 사용자 주파수 효율과 대역폭의 연산에 의해 도출 가능하다.

[표 1-6] 사용자 체감 전송속도 평가결과 (단위: Mbps)

구분	조건	평가결과	기준
NR DL	DenseUrban (4GHz), 300MHz BW, DDDSU, 30kHz SCS, Channel A, 32x4	110.78	100
NR UL	DenseUrban (4GHz), 800MHz BW, DDDSU, 30kHz SCS, Channel A, 2x32	53.68	50

4.2.4. 셀경계 주파수 효율

셀경계 주파수 효율의 경우 사용자 체감 전송속도와 마찬가지로 전송속도 누적분포상 5% 지점에서의 주파수 효율로 정의한다.

[표 1-7] 셀경계 주파수 효율 평가결과 (단위: bit/s/Hz)

구분	조건	평가결과	기준
NR DL	DenseUrban (4GHz), 100MHz BW, DDDSU, 30kHz SCS, 32x4	0.54	0.225
LTE DL	Rural (4GHz), DSUDD, 20MHz BW, 64x8	0.36	0.12
NR UL	DenseUrban (4GHz), 20MHz BW, DDDSU, 30kHz SCS, 2x32	0.28	0.15
LTE UL	Rural (4GHz), 20MHz BW, DSUDD, 8x64	0.07	0.045

4.2.5. 평균 주파수 효율

평균 주파수 효율은 모든 사용자의 총 처리량을 대역폭과 TRxP수로 나눈 값으로 광범위한 안테나 구조와 전송 기법에 대해 평가를 진행한다.

[표 1-8] 평균 주파수 효율 평가결과 (단위: bit/s/Hz/TRxP)

구분	조건	평가결과	기준
NR DL	DenseUrban (4GHz), 100MHz BW, DDDSU, 30kHz SCS, 32x4	16.89	7.8
LTE DL	Rural (4GHz), DSUDD, 20MHz BW, 64x8	14.75	3.3
NR UL	DenseUrban (4GHz), 20MHz BW, DDDSU, 30kHz SCS, 2x32	6.14	1.6
LTE UL	Rural (4GHz), 20MHz BW, DSUDD, 8x64	10.15	

4.2.6. 면적당 트래픽 용량

면적당 트래픽 용량의 경우 단위 면적(m^2)당 제공되는 전체 트래픽 전송 속도로 정의된다.

[표 1-9] 면적당 트래픽 용량 평가결과 (단위: Mbps/ m^2)

구분	조건	평가결과	기준
NR DL	Indoor hotspot (4GHz), 200MHz BW, DDDSU, 30kHz SCS, 32x4, Channel A	16.67	10

4.2.7. 에너지 효율

에너지 효율의 경우 제공된 트래픽 용량과 관련하여 무선 접속 네트워크 에너지 소비를 최소화하는 능력으로 정의되는 네트워크 에너지 효율과 트래픽 특성과 관련하여 장치 모뎀에 의해 소비되는 전력을 최소화하는 능력으로 정의되는 단말 에너지 효율로 구분된다.

[표 1-10] 에너지 효율 평가 결과

항목	조건	효율비율
NR-네트워크	SCS: 30kHz SSB 주기: 160ms	99.84%
NR-단말	RRC state: Inactive SCS: 15kHz Paging cycle: 2560*10ms SSB burst 수: 1 DRX당 RRM 측정시간: 3ms	99.5%
LTE-네트워크	MBMS-dedicated cell	93.75%
LTE-네트워크	RRC state: Idle Paging cycle: 2560*10ms 동기신호 수신주기: 10ms DRX당 RRM 측정시간: 6ms	99.1%

4.2.8. 이동성

이동성은 정의된 QoS를 보장하는 최대 단말 이동속도로 정의되며, 여기서 QoS는 정규화된 트래픽 채널 링크의 전송속도이다.

[표 1-11] 이동성 평가 결과 (단위: bit/s/Hz)

항목	조건	평가결과	기준
NR	DenseUrban (4GHz), 30km/h, Channel A, DDDSU, SCS: 30kHz, 1x8 SIMO, NLOS	1.82	1.12
NR	Rural (700MHz), 500km/h, Channel A, FDD, SCS: 15kHz, 1x2 MIMO, NLOS	0.70	0.45
LTE	Rural (700MHz), 500km/h, Channel A, FDD, SCS: 15kHz, 1x2 MIMO, NLOS	0.60	0.45

4.2.9. 지연시간

사용자 측면의 전송 지연시간의 경우 패킷이 전송되어 수신될 때까지의 시간으로 정의되며, 제어 측면의 전송 지연시간은 가장 배터리가 효율적인 상태(즉, Idle 상태)에서 연속적인 데이터 전송의 개시까지의 전이 시간으로 정의된다.

[표 1-12] 사용자 측면 전송시간 평가 결과 (단위: ms)

항목	조건	평가결과	기준
NR DL	Resource mapping type A TDD(DDDSU), 7 OS non-slot, SCS: 30kHz	0.92	4
NR UL	Resource mapping type A TDD(DDDSU), 7 OS non-slot, SCS: 30kHz	1.91	
LTE DL	TDD(DSUDD), 7 OS	2.00	
LTE UL	TDD(DSUDD), 7 OS	2.00	

[표 1-13] 제어측면 지연시간 평가 결과 (단위: ms)

항목	조건	평가결과	기준
NR FDD	PRACH length: 1ms Resource mapping type A 14 OS slot-based, SCS: 30kHz	17.0	20
NR TDD	PRACH length: 1ms Resource mapping type A DDDSU, 7 OS non-slot, SCS: 30kHz,	18.5	
LTE FDD	Release 15	20	
LTE TDD	Configuration 2 DL data transfer	17.8	

4.3. URLLC 서비스용 평가 결과

4.3.1. 지연시간

URLLC 서비스용 지연시간은 eMBB용 지연시간과 동일하게 정의되며 사용자 측면의 경우 1ms의 보다 엄격한 기준이 요구된다. URLLC용 제어측면 지연시간의 경우 eMBB의 경우와 동일한 20 ms의 기준을 가지므로 표 13의 결과로부터 제어측면 지연시간 기준을 충족한 것으로 판단된다.

[표 1-14] URLLC용 사용자 측면 전송시간 평가 결과 (단위: ms)

항목	조건	평가결과	기준
NR DL	Resource mapping type B UE Capability 1 TDD(DDDSU), 2 OS non-slot, SCS: 30kHz	0.65	1
NR UL	Resource mapping type B Grant-free, TDD(DUDU), 2 OS non-slot, SCS: 30kHz,	0.71	

4.3.2. 신뢰성

신뢰성의 경우 요구시간 내 전송되는 layer 2/3 패킷의 성공 확률로 정의된다.

[표 1-15] 신뢰성 평가 결과

항목	조건	평가결과	기준
NR DL	FDD, CF=4GHz, 2x2 SU-MIMO, 4 OS non-slot, HARQ re-tx (2 PDCCH+2PDSCH) Channel model A (NLOS)	99.999898%	99.999%
NR UL	FDD, CF=4GHz, 1x2 SIMO, 4 OS non- slot, Grant-free, 2 repetitions(PUSCH)	>99.99999%	

4.3.3. 이동단절시간

이동단절시간은 단말이 기지국과 패킷 교환이 이루어지지 않는 가장 짧은 지속시간으로 정의된다.

[표 1-16] 이동단절시간 평가 결과 (단위: ms)

항목	조건	평가결과	기준
NR	Beam mobility CA mobility	0	0
LTE	PCell mobility DC mobility	0	

4.4. mMTC 서비스용 평가 결과

4.4.1. 연결 밀도

연결밀도는 단위 면적(km²)당 특정 QoS를 만족하는 장치 개수로 정의된다.

[표 1-17] 연결밀도 평가 결과 (단위: 장치 수/km²)

항목	조건	평가결과	기준
NR	ISD=500m, 1x2 SIMO, SCS: 15kHz BW:180kHz Channel A	35,569,150	1,000,000 1,000,000 1,000,000
NB-IoT	ISD=500m, 1x2 SIMO, SCS: 15kHz BW:180kHz Channel A	43,691,789	
eMTC	ISD=500m, 1x2 SIMO, SCS: 15kHz BW:180kHz Channel A	35,235,516	

4.5. 일반 항목

4.5.1. 대역폭

대역폭은 최대 집성 시스템 대역폭(Maximum aggregated system bandwidth)으로 정의되며, IMT-2020 기술은 다

양한 대역폭을 지원할 수 있는 가변성(Scalability)도 필수 항목으로 정의되어 있다.

[표 1-18] 대역폭 및 가변성 평가결과

항목	조건	평가결과
NR	FR1, SCS 30kHz, 단일 대역폭: 100MHz, 최대 집성 캐리어 개수: 16 구성 캐리어 대역폭: 5~100MHz	최대대역폭: 1600MHz, 구성캐리어수: 13개
NR	FR2, SCS 120kHz, 단일 대역폭: 400MHz, 최대 집성 캐리어 개수: 16 구성 캐리어 대역폭: 50~400MHz	최대대역폭: 6400MHz, 구성캐리어수: 4개

5. 결론

본 이슈리포트에서는 ITU-R에서 제시한 IMT-2020의 추진일정과 성능 목표에 대해 3GPP의 IMT-2020 후보 기술 평가를 위해 제출된 양식(Template)과 자체 평가 결과를 소개하였다. 현재 작성되어 있는 Release 15 기반의 평가 결과는 ITU-R에서 요구하는 서비스, 스펙트럼 및 기술 성능 요구사항 항목에 부합하는 것으로 나타났다.

현재 3GPP는 Release 16 규격 작업이 진행 중이며, Release 15에서 정의한 5G NR의 개선 및 고도화와 함께, 차량(V2X), 산업용 IoT, 비면허, 비행체, 52.6GHz 이상 대역 등 그 기능을 확장하여 서비스 기반의 5G 코어 네트워크 기술 개발과 함께 진정한 5G 서비스를 누릴 수 있는 기술적 토대를 마련하고 있다. 3GPP의 IMT-2020 후보 기술은 Release 16 기반의 평가 결과물을 추가하여 최종 후보 기술로 제출될 예정이다.

References

- [1] Report ITU-R M.2320, "Future technology trends of terrestrial IMT systems", 2014년 11월
- [2] Recommendation ITU-R M.2083, "IMT-Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond", 2015년 9월
- [3] Report ITU-R M.2410, "Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s)", 2017년 11월
- [4] Report ITU-R M.2412, "Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-2020", 2017년 11월
- [5] Report ITU-R M.2411, "Requirements, evaluation criteria and submission templates for the development of IMT-2020", 2017년 11월
- [6] 3GPP TR37.910v1.0.0, "Study on Self Evaluation towards IMT-2020 Submission (Release 15)", 2018년 9월
- [7] 3GPP, RP-182052, "IMT-2020 Description templates", 2018년 9월
- [8] 3GPP, RP-182110, "IMT-2020 Link-budget templates", 2018년 9월
- [9] 3GPP, RP-182053, "IMT-2020 Compliance templates", 2018년 9월
- [10] 3GPP RP-180524, "Summary of calibration results for IMT-2020 self evaluation", 2018년 3월

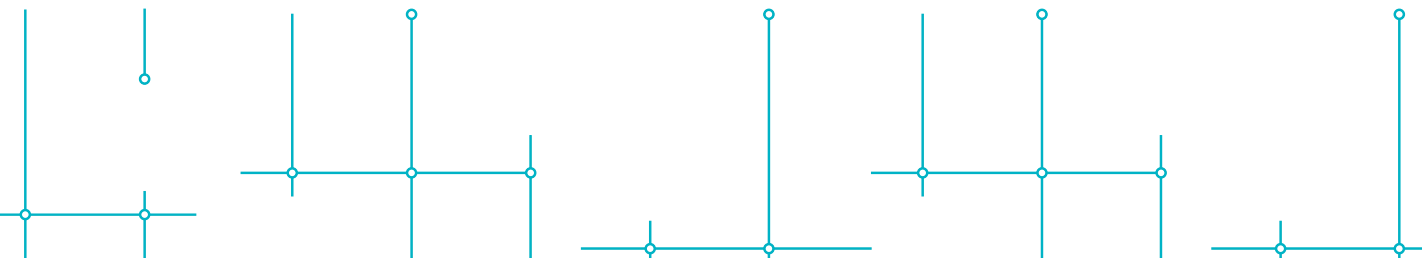




5G 스마트시티 서비스 시나리오 및 요구사항

김 준 수

(5G포럼 스마트시티위원회 부위원장, 한국산업기술대학교 교수)



5G 스마트시티 서비스 시나리오 및 요구사항

김 준 수

(5G포럼 스마트시티위원회 부위원장, 한국산업기술대학교 교수)

Key Words : 5G 스마트시티, 서비스 시나리오, 요구사항.

1. 서론

스마트시티의 목표는 시민의 안전과 삶의 질 향상이다. 스마트시티 구축에 따른 고객과 수혜자는 시민으로부터 기업, 행정당국에 이르며 사회는 더욱 안전해지고 효율은 높아지며 시민의 삶의 질은 향상될 것이다.

5G 포럼은 5G 서비스 시나리오를 다음과 같이 사용자들의 관점에서 5개의 기준으로 구분하였다[1].

- (1) 몰입형 5G 서비스 (Immersiveness)
- (2) 지능형 5G 서비스 (Intelligence)
- (3) 편재형 5G 서비스 (Omnipresence)
- (4) 자율형 5G 서비스 (Autonomy)
- (5) 공공형 5G 서비스 (Publicness)

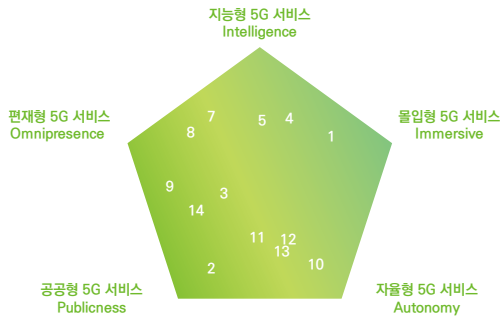
또한 5G의 다양한 서비스를 지원하기 위한 요소 기술로 eMBB, mMTC, URLLC의 세 가지 기준을 마련하여 이동통신 속도 향상(eMBB), 대규모 연결(mMTC), 초저지연 고신뢰도(URLLC) 확보를 위한 기술개발이 진행되었다[2].

본고에서는 표 2-1과 같이 14개의 5G 기반 스마트시티 서비스 시나리오를 제시한다.

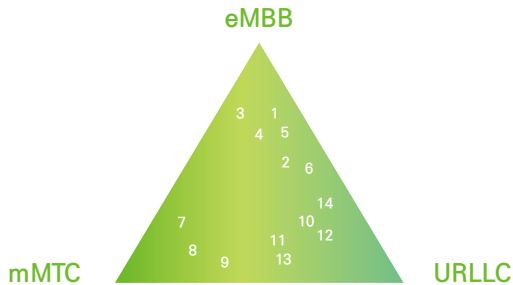
[표 2-1] 5G 스마트시티 서비스 시나리오

번호	서비스 시나리오
1	실감 몰입형 AR/VR 서비스
2	스마트 헬스케어 서비스
3	재난정보 공유 서비스
4	5G 홈셀을 이용한 초다시점 실시간 VR 스포츠 중계 서비스
5	보행자 진화형 다목적 횡단보도
6	스마트 거리 지도
7	Massive Connectivity 기반 지능형 IoT 서비스
8	5G 인증/미인증 IoT 기기 접속 서비스
9	IoT 기반 대기환경정보 분석 서비스
10	IoT기반 드론 관제 서비스
11	Connected Car
12	홀로그램을 이용한 재난사고 발생 지역 예측
13	수요 응답형 자율주행 교통체계
14	스마트 안전부스

표 2-1의 서비스 시나리오를 5대 서비스 및 3대 기술 요소를 기준으로 분류하면 그림 2-1 및 2-2와 같다.



[그림 2-1] 5G 융합 서비스 기준에 의한 분류



[그림 2-2] 5G 핵심 기술에 의한 분류

그림 2-2에서와 같이 시나리오 1~6은 eMBB 중심의 서비스, 7~9는 mMTC 기반의 서비스, 10~14는 높은 신뢰도와 낮은 지연을 제공하는 URLLC 기반의 서비스 시나리오이다. 핵심 기술을 기반으로 분류된 14개의 서비스는 사용자 관점에서 그림 2-1과 같이 다양한 특성의 서비스로 분류할 수 있다.

2. 5G 스마트시티 서비스 시나리오

2.1 실감 몰입형 AR/VR 서비스

실감 몰입형 AR/VR 서비스는 매우 광범위한 영역에서 활용된다. 문화·생활영역에서 대표적 활용사례로 실감 박물관 서비스와 VR 기반 생활편의를 들 수 있다. 그림

2-3은 실감 박물관 서비스를 보여준다. 이는 관람객의 입장부터 관람을 마칠 때까지 눈으로만 보던 전시물을 AR 단말기를 통해 손으로 돌려보고 제작 기술, 제작 연도, 역사적 가치 등을 확인함으로써 전시물의 생생한 정보를 파악할 수 있다. 생활편의 서비스는 여행, 오락, 문화, 거래 등의 활동 편의를 도모하는 서비스로 해당 여행 상품의 영상을 VR을 통해 체험한 후 선택하고 지인과 여행 정보를 공유함으로써 편리한 여행서비스를 받을 수 있다.



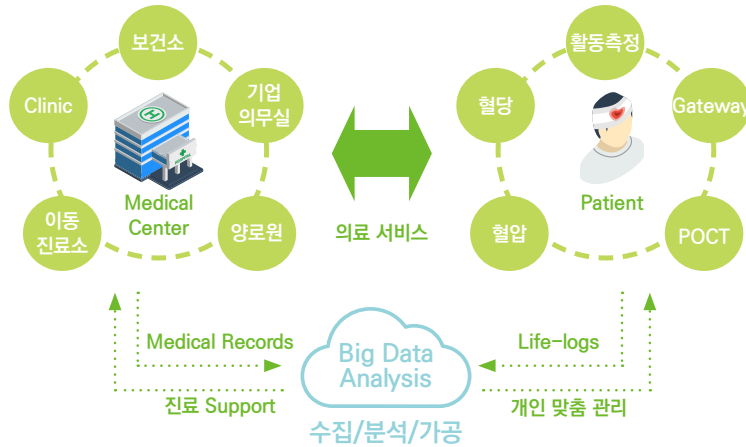
[그림 2-3] 실감 박물관 AR서비스

2.2 스마트 헬스케어 서비스

스마트 헬스케어 서비스는 스마트폰이나 웨어러블 기기를 활용하여 개인의 건강상태를 측정하고 클라우드 정보 시스템에서 관리함으로써 개인 맞춤형 건강 관리 서비스를 제공한다. 그림 2-4은 개인 맞춤형 건강관리 서비스의 구조를 보여준다. 또한 진료가 필요한 응급상황에서 고화질 영상으로 환자의 상태를 신속하고 정확히 전달하여 응급처치를 가능하게 한다. 환자의 질환에 대해 다른 병원 전문의와의 협진이 필요할 때에는 타 병원의 의사와 증강현실 공간에 접속하여 환자 상태를 다각면에서 살펴보고 상호 의견을 개진할 수 있다.

2.3 재난 정보 공유 서비스

그림 2-5에 나타낸 재난 정보 공유 서비스는 재난 상황



[그림 2-4] 스마트 헬스케어 서비스 구조

발생 정보, 대피 및 대응 정보를 모바일 단말을 통해 사용자의 상황에 적합한 방법으로 재난 상황에 대응하게 하며 상황에 따라 요구조자의 정보와 정밀한 위치정보를 자동으로 5G 재난 대응 시스템이 수집하여 인원수 및 위치 정보를 분석하여 구조자에게 종합적인 대응이 가능하도록 지원한다. 네트워크가 단절될 경우 5G 이동형 기지국을 이용하여 백홀 네트워크를 구성하여 끊임없이 지속적인 구조활동을 지원한다.

2.4 5G 홈셀을 이용한 초다시점 실시간 VR 스포츠 중계 서비스

본 서비스에서는 5G를 제공하는 아파트에 거주하는 사용자가 VR 헤드셋을 착용하여 월드컵과 같은 축구 경기장에 설치된 수십 개의 다시점 카메라를 통해 경기장의 대규모 영상 스트림을 공급받을 수 있다. 그림 2-6과 같이 사용자들은 초고화질 영상으로 선수들이 바로 옆에서 함께 뛰는 것같이 가쁜 숨소리와 땀방울까지 또렷한 장면을 VR 영상을 통해 생생하게 체험한다.



[그림 2-5] 재난정보 공유 서비스 구조

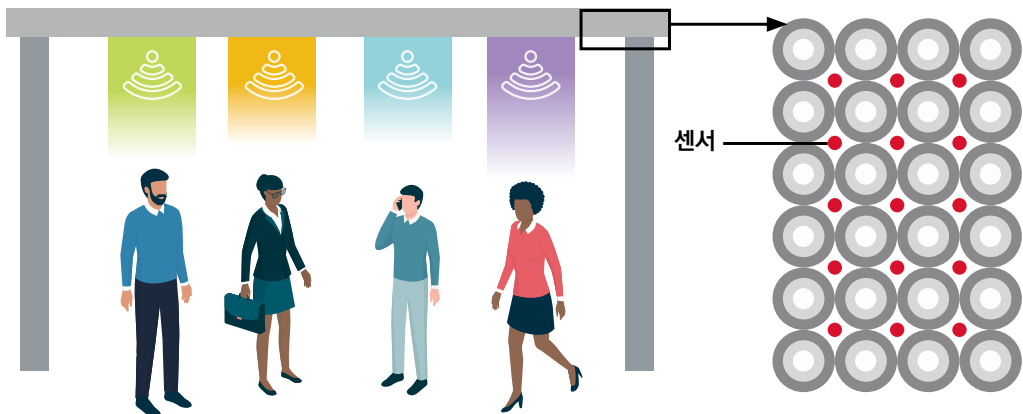


[그림 2-6] 초다시점 실시간 VR 스포츠 중계 서비스 개념도

2.5 보행자 친화형 다목적 횡단보도

보행자 친화형 다목적 횡단보도는 5G 기반의 스마트 CCTV를 활용하여 보행자, 차량 및 환경을 인식한다. 그림 2-7과 같이 보행자가 횡단보도에 접근하면 보행자 신호등이 적색 신호인 경우 홀로그램 및 사이니지(전자 간판)를 통한 정보 서비스를 제공하여 무단횡단 방지 및 주/야간 도로 안전을 확보한다. 만약 횡단 대기 중인 보

행자 중에 교통약자가 있는 경우, 이를 인지하여 청신호 길이 연장 조정과 음성 안내 서비스를 제공하며 횡단 대기 중인 보행자가 없는 경우에는 실시간으로 보행 신호 부여 기준을 조정하여 차량 교통 시스템을 원활하게 유도한다. 또한 보행자 신호대기 시간 동안 적절한 상업 서비스를 제공하여 개인 맞춤형 홀로그램 광고 제공 및 영상 시청을 통한 포인트, 쿠폰 등을 제공할 수 있다.

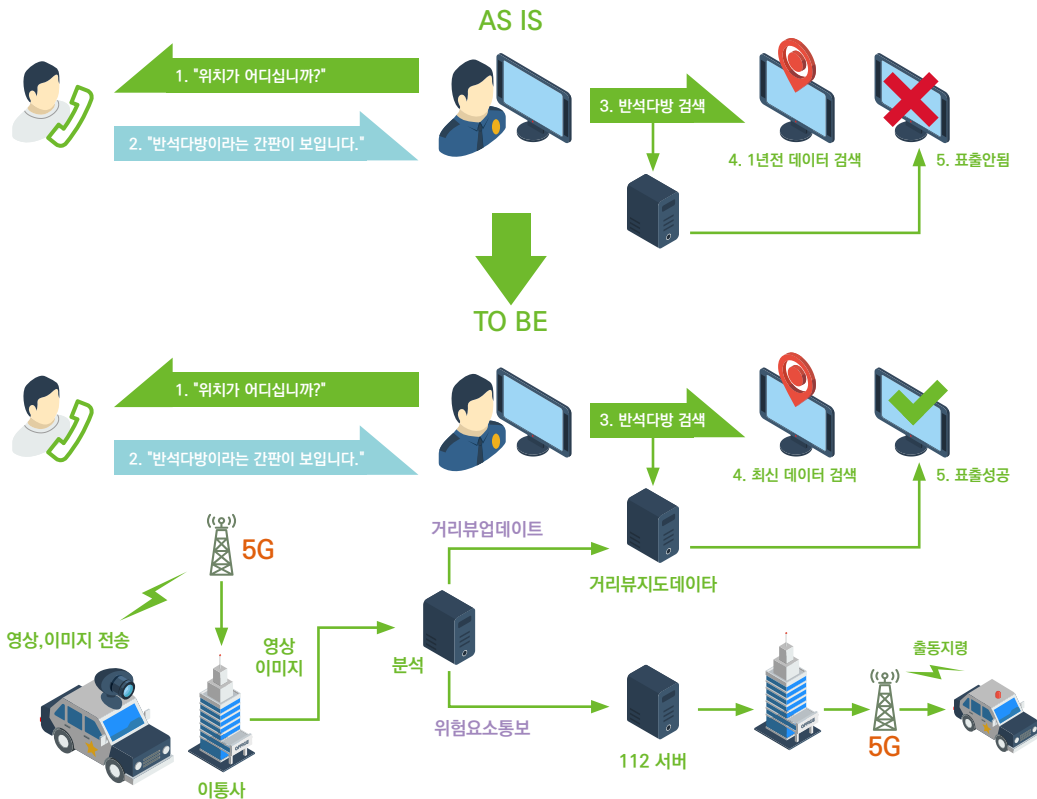


[그림 2-7] 보행자 친화형 다목적 횡단보도 서비스 개요

2.6 스마트 거리 지도

본 서비스는 전국 순찰차에 360° 카메라와 GPS를 이용하여 지속적으로 수집되는 최신 영상 데이터와 지도 데이터를 경찰 내부 데이터베이스에 저장하고 사건이 발생한 경우 최신 위치 영상 정보를 제공함으로써 경찰차의 신속한 사건 위치 파악을 돕는다. 또한 5G망을 이용해 관제센터에서는 순찰차의 360° 카메라를 통해 실시

간으로 현장상황을 지속적으로 모니터링 할 수 있다. 또한 국가 공공 지도 데이터 확보 및 기상 센서를 추가하여 실시간 미세먼지, 질소 산화물 등 오염 수치 등의 수집을 한다. 즉, 순찰차를 이용한 정보수집을 하여 실시간 관제 시스템의 수준을 획기적으로 높일 수 있다. 그림 2-8은 스마트 거리 지도 서비스의 구성을 나타낸다.



[그림 2-8] 스마트 거리 지도를 이용한 서비스



[그림 2-9] Massive Connectivity 기반 IoT 서비스

2.7 Massive Connectivity 기반 지능형 IoT 서비스

IoT는 사물의 상태를 인식하거나 일부 제어하는 수준으로 전기, 상하수도, 주차장 등의 시설물 관리, 버스, 택시, 화물차량 등의 위치기반 관제 서비스, 건물 화재나 노약자, 아동 등 사회적 약자의 안전 서비스 등의 분야에 활용되고 있다. 향후에는 그림 2-9와 같이 도시 내에 모든 영역인 교통, 에너지, 환경, 안전, 시설, 생활영역에서 광범위하게 사물인터넷이 적용됨으로써 다양한 서비스가 제공될 것이다. 광범위하게 수집된 IoT 빅데이터는 현재 상황을 인지하는 것뿐만 아니라 미래를 예측하고 필요시 사용자의 편의 및 안전을 위한 적절한 예방조치까지 상황에 맞게 제공하는 인공지능 서비스로 진화한다.

2.8 5G 인증/미인증 IoT 기기 접속 서비스

인터넷을 통해 5G 기술 인증된 IoT 기기를 구매하여 홈 셀 영역에서 사용하였을 때 IoT 기기의 초기 등록, 사용자 인증, 보안 설정 등 모든 절차를 5G 홈셀은 사용자 맞춤형으로 자동 수행하고, 5G 홈서버, 클라우드 서버 등 관련 IoT 기기에 자동 저장된다. 또한 5G 인증을 받지 않은 기기라도 5G 어댑터를 통해 홈셀에 연결하여 자동 접속 서비스를 이용할 수 있다. 따라서 노약자 등 정보기기 취약층도 안전하고 편리한 스마트 기기 서비스를 이용할 수 있으므로 가정 내 IoT 기기 사용을 늘려 생활에 관련된 상세한 빅데이터를 수집하고 공유할 수 있다. 이는 스마트시티를 운영하기 위한 기본 데이터로 활용되어 효율적인 도시운영에 활용될 수 있다.



[그림 2-10] IoT 기반 대기 환경정보 분석 서비스 개념도

2.9 IoT 기반 대기 환경정보 분석 서비스

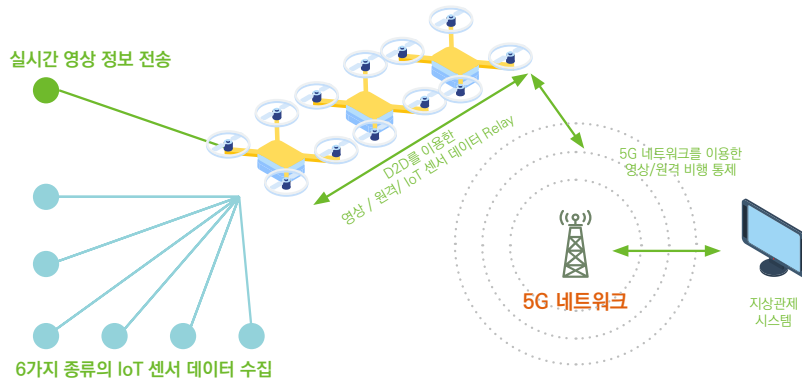
집, 학교, 건물, 지하철 역사, 산업단지 등에 고정형 대기 환경 IoT 수집장치와 택시, 버스, 지하철 등에 설치되는 이동형 대기 환경 IoT 수집장치를 통해 대량의 대기 환경 정보를 수집, 모니터링하고 이를 공간 및 빅데이터 기반으로 분석 및 예측한다. 분석 및 예측된 대기 환경 정보를 활용하여 공기질 기반의 길찾기 정보를 제공하고 살수차 등 대기오염 저감 솔루션을 운영한다. 또한 드론을 활용한 실시간 오염원 감시와 추적을 통해 발생원 억제 조치 수행 등을 함으로써 사용자 맞춤형 정보를 제공하여 쾌

적하고 안전한 도시 생활에 기여한다. 그림 2-10은 IoT 기반 대기 환경정보 분석 서비스의 개념도를 나타낸다.

2.10 IoT기반 드론관제 서비스

IoT기반 드론 관제 서비스는 매우 광범위한 산업영역에서 활용할 수 있다. 대표적 활용사례로 재난 안전 모니터링, 환경, 군사, 유통 등 영역에서의 활용도가 높을 것으로 예상된다.

재난안전 모니터링 서비스는 사고가 발생한 경우 사고현장의 신속한 파악과 응급대응을 위해 드론을 사고지역에

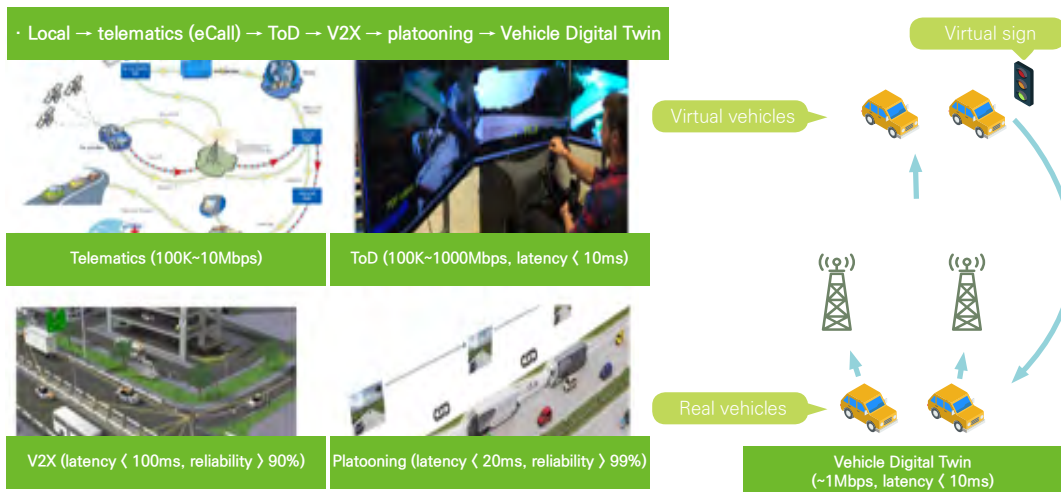


[그림 2-11] IoT 기반 드론관제 서비스

보내 5G를 통한 고용량 UHD 영상을 관제센터에 전송한다. 환경 및 기상관측 데이터 모니터링 서비스는 바다의 파고와 기상 상황을 IoT센서와 UHD영상을 이용하여 드론을 이용한 바다 위에서 다각도로 얻는 정보로 해무와 파도, 기상환경을 제공하여 안전한 해상 활동을 지원한다. 또한 5G기반 드론 자율주행을 이용하여 원격 관제 모니터링을 하여 철교 및 교각 공사, 송전탑 및 고압선 안전 상황 모니터링, 문화재 감시 등 여러 상황 모니터링을 제공한다. 그림 2-11은 IoT 기반 드론관제 서비스의 구조를 나타내며 정밀한 드론관제를 위해 5G 네트워크 기술은 필수적이다.

2.11 Connected Car

스마트 교통은 교통사고, 교통 혼잡과 배기가스 배출을 포함하여 많은 비용이 소요되는 문제를 해결한다. 또한 connected car는 차량에 내장된 하드웨어 플러그-인 장치 또는 스마트 디바이스 등을 이용하여, 사용자는 차량에서 인터넷을 즐길 수 있으며, 자율주행 혹은 tele-operated driving (TOD) 지원이 가능하게 되므로 비상 연결, 주행 보조, 실시간 내비게이션, usage-based insurance (UBI), 원격 진단 등의 기능을 사용할 수 있다. 또한 다른 차량, 신호등, 톨게이트, 보행자 등과 통신할 수 있게 해주는 V2X 통신은 스마트 교통 분야의 핵심



[그림 2-12] Connected Car 서비스 구조

으로 V2X 기술을 사용하여 실시간 차량 데이터가 차량 하드웨어로 수집되고 네트워크를 통해 클라우드 서비스로 처리되며 AI 기반 기술을 통해 다른 사용자들과의 공유가 가능하다. 이에 따라 교차로 충돌 경고, 교통 신호 등 확인, 도로 작업 경고, 차량 간판등의 애플리케이션을 지원한다. 그림 2-12는 connected car의 개념을 종합적으로 나타낸다.

2.12 홀로그래를 이용한 재난사고 발생지역 예측

그림 2-13은 홀로그래를 이용한 재난사고 발생지역 예측 서비스의 예를 나타낸다. 구조대의 즉각적인 진입이 어려운 사고현장에서 건물 내부에 미리 설치된 정보수집 센서를 이용해 내부 상태를 디지털 홀로그래로 변환하여 정확한 사고현장의 상태를 확인한다. 생성된 홀로그래 영상은 구조대의 안전을 보장하기 위해 실내 진입 경로를 확인하고, 추가 붕괴 위험과 사고 현장에 갇혀있는 요구조자의 위치를 파악하고 모니터링하여 정확한 사고 대책을 수립한다. 또한 드론을 이용한 홀로그래 서비스는 재난현장에서 이동 기지국 역할을 함으로써 임시 통

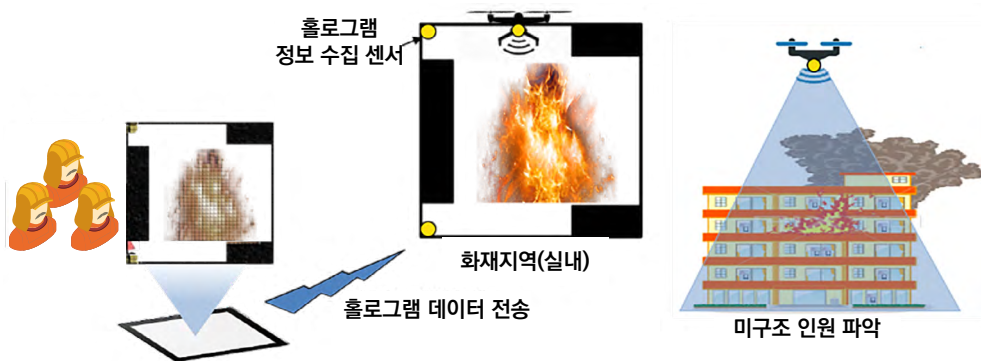
신 네트워크로 활용할 수 있고, 요구조자 수를 파악하거나 위치를 추정한다.

2.13 스마트시티 기반 수요 응답형 자율 주행 교통체계

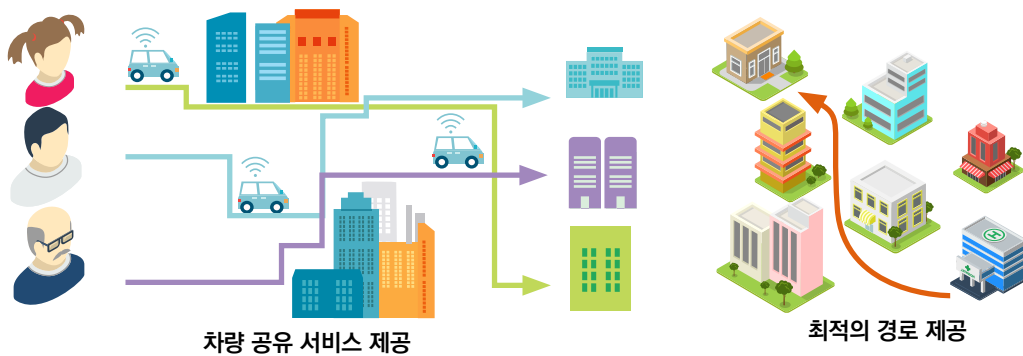
스마트시티 내 거주자의 반복적으로 이동하는 교통 패턴을 수집하고 이를 인공지능으로 분석 및 관리한다. 이를 통해 교통량과 거주자의 이동을 추정하여 최적의 '데일리 교통배차 및 운행 경로'를 산출하여 배포한다. 시에서는 배차 경로에 적합한 무인 교통수단을 운행하고 거주자는 데일리 경로를 보고 요구사항에 따라 차량에 탑승할 수 있다. 스마트시티 기반 수요 응답형 자율 주행교통체계를 통하여 교통 혼잡의 측면 및 노약자, 임산부, 아동을 보호할 수 있다. 그림 2-14에 스마트시티 기반 수요 응답형 자율주행 교통체계의 개념을 나타내었다.

2.14 스마트 안전 부스

스마트 안전부스에는 음성인식 비상호출장치, IoT 경광등, 360° 카메라, IoT 도어가 설치되고, 5G 기지국 역할을 함께한다. 위험상황 발생시 피해자의 도움요청 음성을



[그림 2-13] 홀로그래를 이용한 재난사고 발생 지역 예측 서비스



[그림 2-14] 스마트시티기반 수요 응답형 자율주행 교통체계

자동인식하여 112 상황실에 영상통화를 연결하여 경찰관이 현장을 인식하고 경찰관의 목소리가 가해자에게 즉시 전달되도록 구축하여 1차적으로 범죄 상황을 회피할 수 있게 한다. 또한 안전부스에 진입한 잠재적 피해자는 범죄

상황으로부터 대피할 수 있고, 경광벨 작동을 통해 주변에 위급 상황을 효과적으로 알릴 수 있다. 동시에 360° 카메라를 통해 향후 범죄 사실 입증에도 증거로 활용할 수 있다. 그림 2-15는 스마트 안전 부스 시나리오이다.



[그림 2-15] 스마트 안전 부스 시나리오

3. 5G 스마트시티 서비스 요구사항

이상에서 제시한 다양한 서비스 시나리오의 구현을 위해 필요한 기술 요구사항을 표 2-2(a)와 2-2(b)에 다음과 같은 8개의 기술 요구사항 기준으로 분석하였다.

- ① Device density : 단말의 밀도, 단위면적 당 집적도
- ② Mobility : 단말의 이동속도
- ③ Coverage : 서비스 지리적 영역
- ④ Traffic type : 트래픽의 종류
- ⑤ User data rate : 사용자별 데이터 전송률
- ⑥ Latency : 전송 지연
- ⑦ Reliability : 전송 신뢰도
- ⑧ Positioning : 측위 정밀도

[표 2-2(a)] 서비스 별 서비스 요구사항(a)

	1	2	3	4	5	6	7
①	보통	높음	보통	낮음	높음	높음	매우 높음
②	보통	빠름	보통	낮음	보통	빠름	빠름
③	보통	매우 넓음	넓음	좁음	보통	매우 넓음	넓음
④	연속적	모든 유형	실시간	모든 유형	모든 유형	실시간	모든 유형
⑤	매우 높음	매우 높음	매우 높음	매우 높음	매우 높음	매우 높음	높음
⑥	매우 짧음	매우 짧음	매우 짧음	매우 짧음	매우 짧음	매우 짧음	매우 짧음
⑦	높음	매우 높음	높음	보통	높음	높음	높음
⑧	보통	초정밀	정밀	초정밀	초정밀	정밀	초정밀

[표 2-2(b)] 서비스 별 서비스 요구사항(b)

	8	9	10	11	12	13	14
①	높음	매우 높음	보통	높음	높음	높음	높음
②	보통	보통	빠름	빠름	보통	매우 빠름	보통
③	보통	매우 넓음	매우 넓음	매우 넓음	보통	매우 넓음	넓음
④	주기적 이벤트 실시간	실시간	모든 유형	연속적 주기적 실시간	이벤트 성	모든 유형	이벤트 성
⑤	보통	보통	매우 높음	높음	매우 높음	높음	매우 높음
⑥	매우 짧음	보통	매우 짧음	매우 짧음	매우 짧음	짧음	매우 짧음
⑦	높음	보통	높음	매우 높음	높음	매우 높음	매우 높음
⑧	초정밀	정밀	정밀	초정밀	정밀	정밀	정밀

각 기준은 정도에 따라 등급으로 구분되며 각 기준의 등급 정의는 다음과 같다.

- ① Device density(단말의 밀도, 단위면적 당 집적도)
 - 보통 : 100 thousand/km² 이하
 - 높음 : 100 thousand/km² (LTE)
 - 매우 높음 : 250 thousand/km² (5G)
- ② Mobility(단말의 이동속도)
 - 보통 : 최대 100 km/h
 - 빠름 : 최대 250 km/h (LTE)
 - 매우 빠름 : 350 km/h 이상 (5G)
- ③ Coverage(서비스 지리적 영역)
 - 보통 : 100 m
 - 넓음 : 100 m ~ 1 km
 - 매우 넓음 : 1 km 이상

- ④ Traffic type(트래픽의 종류)
 - 연속적, 주기적, 이벤트성, 실시간 등
- ⑤ User data rate(사용자별 데이터 전송률)
 - 보통 : 1 Gbps 이하
 - 높음 : DL 1 Gbps (LTE)
 - 매우 높음 : DL 20 Gbps(5G)
- ⑥ Latency(전송 지연)
 - 보통 : 10 ms 이상
 - 짧음 : User plane 10 ms(LTE)
 - 매우 짧음 : User plane 1 ms(5G)
- ⑦ Reliability(전송 신뢰도)
 - 보통 : 95.0% 이하
 - 높음 : 95.0% ~ 99.99%(LTE)
 - 매우 높음 : 99.99% 이상(5G)
- ⑧ Positioning(측위 정밀도)
 - 보통 : 10 m이내
 - 정밀 : 2 m이내
 - 초정밀 : 0.2 m이내

이상에서와 같이 본 고에서는 5G 기반 스마트시티에서 제공할 수 있는 대표적인 14개의 서비스 시나리오를 제시하고 각 시나리오를 구현하기 위한 기술 요구사항을 분석하였다.

References

- [1] 2018 5G 융합서비스 시나리오 종합 보고서, 5G포럼, 2018.
- [2] M. Shafi et al., "5G: A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 35, no. 6, pp. 1201–1221, June 2017.





5G 융합 서비스에서의 미디어의 역할 및 요구사항

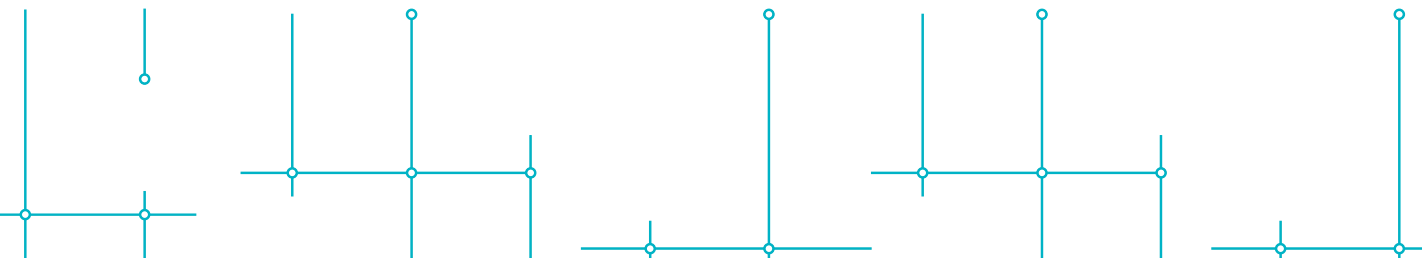
유 희 정 (5G포럼 서비스위원회 부위원장, 영남대학교)

허 수 정 (5G포럼 서비스위원회 위원, 영남대학교)

정 원 식 (한국전자통신연구원)

정 회 윤 (한국전자통신연구원)

박 용 완 (5G포럼 서비스위원회 위원장, 영남대학교)



5G 융합 서비스에서의 미디어의 역할 및 요구사항

유 희 정 (5G포럼 서비스위원회 부위원장, 영남대학교)

허 수 정 (5G포럼 서비스위원회 위원, 영남대학교)

정 원 식 (한국전자통신연구원)

정 회 윤 (한국전자통신연구원)

박 용 완 (5G포럼 서비스위원회 위원장, 영남대학교)

Key Words : 5G, 미디어, 서비스 시나리오, 요구사항.

1. 서론

본 보고서에서는 5G 네트워크를 활용한 융합 서비스들 중에서 미디어를 활용하는 대표 서비스들에 대해서 살펴보고, 각각의 5G 융합서비스에 따라서 필요한 미디어의 종류 및 특성을 파악한다 [1]. 5G융합서비스의 대표 서비스인 방송, 게임, 교육, 자율자동차, 스마트시티/팩토리, 재난 대응에서의 미디어를 활용하는 국내외 서비스 사례와 동향을 소개하고, 5G 융합서비스에서의 미디어의 의미, 미디어를 위한 기술을 살펴본다 [2][3]. 이들 서비스에서 미디어의 역할이 차지하는 비중을 고려할 경우, 미디어의 관점에서 중추적 서비스와 보조적 서비스로 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 중추적 서비스

- 방송 서비스
- 게임 서비스
- 교육 서비스

- 보조적 서비스

- 자율주행 자동차 서비스
- 스마트 시티 / 스마트 팩토리 서비스
- 재난 대응 서비스

중추적 서비스에서는 미디어가 5G 융합 서비스에 있어서 필수적인 요소가 된다. 하지만, 보조적 서비스에서는 미디어가 해당 서비스를 제공하는 데 있어서 여타 요소기술들과 상호 보완적인 역할을 하는 것으로 생각할 수 있다.

본 보고서에서 고려하고 있는 미디어의 종류로는 8K급의 초고화질 영상, UWV (Ultra-Wide Vision), 초고품질 VR (Virtual Reality) 서비스를 위한 360 비디오, AR (Augmented Reality), 이머시브(몰입형) 미디어 등이 있다. 각 서비스에서 고려할 수 있는 미디어의 활용 예를 제시하고, 각 서비스를 위해서 필요한 미디어의 활용 방식 및 형태를 기반으로 미디어를 전달하기 위한 5G 네트워크의 트래픽 양 및 지연을 분석한다.

미디어 및 5G 네트워크 요구사항 분석을 통하여 볼 때, 다양한 5G 미디어 서비스를 5G 네트워크를 통하여 제공할 수 있으나, 서비스 품질 (영상의 화질 및 실시간성)을 고려한 타협이 필요하다는 것을 확인할 수 있다. 해당 미디어의 특성을 제약 없이 활용하기 위해서는 5G 이후의 좀 더 높은 데이터 전송률 및 실시간성을 보장하는 beyond 5G 네트워크가 필요하다는 것을 알 수 있다.

2. 5G 미디어 융합 서비스

5G 미디어 융합서비스는 초고화질영상, 360 비디오, UWB, VR, AR, 이머시브 미디어 등과 같은 미디어가 포함된 다양한 5G 융합서비스들을 일컫는다. 여기서, 대표적인 미디어는 아래와 같이 정리할 수 있다.

- 초고화질 영상: 4K 또는 8K 화질의 2D 영상을 의미한다.
- 360 비디오: 360도 각도로 동시에 촬영해 주위의 모든 것을 담은 영상을 의미한다.
- Ultra-Wide Vision: 기존 영상의 3배인 약 120도의 시야각을 제공하는 UHD (Ultra High Definition) 파노라마 형태의 미디어를 가리킨다. 기존 4K UHD 3,840 × 1,920 (가로 × 세로)의 해상도로 60도 이내의 시야각을 제공하는 UHD에 비해 3배, 즉 UHD 3개를 옆으로 붙인 형태의 11,520×1,920 초고해상도로 약 120도 시야각을 제공한다.
- Virtual Reality: 어떤 특정한 환경이나 상황을 컴퓨터로 만들어서, 그것을 사용하는 사람이 마치 실제 주변 상황/환경과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어주는 인간-컴퓨터 사이의 인터페이스를 의미한다.
- Augmented Reality: 실제 환경에 가상 사물이나 정보를 합성하여 원래의 환경에 존재하는 사물처럼 보이도록 하는 인간-컴퓨터 사이의 인터페이스를 의미한다. 다시 말하면, 사용자가 눈으로 보는 현실 세계에 가상의 사물이나 정보를 겹쳐서 보이도록 하는 기술을 의미한다.
- Mixed Reality: 현실세계와 가상세계의 병합으로 몰입형 VR과 AR를 모두 포함한 것을 의미한다.

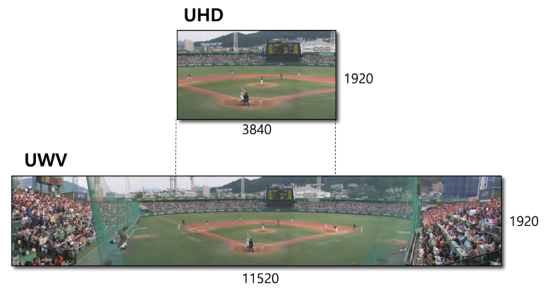
- 이머시브 미디어: 초고해상도를 활용한 실감화 뿐만 아니라 공간감, 몰입감 등 새로운 형태의 실감을 포함하는 새로운 형태의 미디어로 VR에서 확장/발전된 미디어라 할 수 있다.

4G까지만 하더라도 2D 영상과 같은 미디어 자체를 전송하는 것이 대표 서비스이자 무선 통신 네트워크의 목적 자체였다. 하지만, 5G에서는 단순한 미디어의 전송에서 벗어나 다양한 타 산업과 연계된 다양한 융합서비스들이 존재한다. 타 산업들과 연계된 다양한 5G 융합서비스들에서 각각 다른 목적으로 초고화질영상, 360 비디오, VR/AR, 이머시브 미디어, 홀로그램들이 활용된다. 따라서, 이런 모든 서비스들이 5G 미디어 융합 서비스에 포함된다.

5G 융합서비스들이 5G 미디어 융합 서비스의 가상 시나리오로서 다음과 같은 서비스를 고려할 수 있다.

- 스포츠 및 뮤지컬 공연 실시간 UWB 또는 360 비디오 중계
- 위치기반 현장형 정보전달/가이드 (관광지 안내, 내비게이션)
- VR/AR 헬스케어 (원격 수술을 위한 VR 또는 홀로그램, 가상 체화 기술을 이용한 재활 서비스 등)
- 엔지니어링 제조 및 유지보수 tele-operation (설계 및 디자인의 사전 검증, 사후 검증과 유지 보수 VR/AR 서비스)
- VR/AR 콘텐츠를 이용한 교육 (디지털 교과서, 의대 및 공대 실습 등)
- VR/AR, 홀로그램 기반의 tele-presence (원격회의)
- VR/AR 리테일 (몰입형 실감 시뮬레이션을 이용한 착용/작동 확인)
- 실감형 VR/AR 게임 (다중 사용자 온라인 게임)

- 자율주행 자동차를 위한 고해상도 비전 센서
- 초고화질 영상 또는 360 비디오 기반의 원격 차량 주행
- 스마트 시티 및 스마트 팩토리의 영상 센서 (클라우드 소싱을 포함한 다중 소스 기반 3차원 영상 렌더링)
- 재난 대응 (소방관 및 무인기 (무인로봇) 영상 전송)



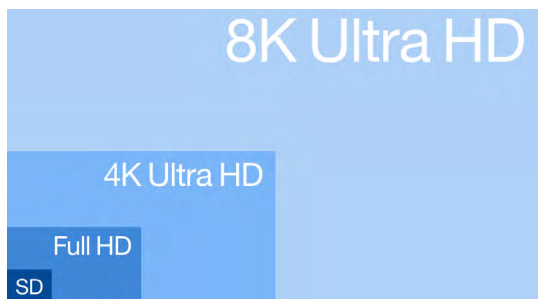
[그림3-2] UWV과 UWD의 화면 비교

3. 5G 미디어 융합 서비스의 분류 및 시나리오

3.1. 방송 서비스

기존의 방송 서비스는 지상파 방송 채널 및 위성을 통하여 서비스를 제공하는 것이 대부분이었기 때문에, 이동통신과는 별개의 서비스로 인식되었다. 하지만, 개인 방송이 활성화되고, TV를 통한 방송 시청보다 모바일 기기를 이용한 방송 시청이 늘어나면서 방송이 모바일 서비스로서도 중요한 부분을 차지하고 있다.

일반적인 방송으로는 기존 full HD (High Definition) 영상에서 벗어나, 8K 방송까지 고려하고 있다. 그림 3-1과 같은 8K 영상의 해상도를 고려하면, 현재 지상파 TV 서비스를 위한 하나의 채널은 6 MHz로 한정되어 있고, 방송을 위한 채널이 제한적이기 때문에 추가적인 채널 할당은 어려운 현실이다. 이에 따라 5G망을 융합하여 지상파 방송 서비스의 품질을 개선해야 한다.



[그림3-1] 초고화질 영상의 해상도 비교
[출처: Google Images]

그림 3-2에서 보는 바와 같은 UWV은 시청자의 시야를 가득 채운 영상을 제공하여 화면을 보는 것이 아니라 현장에 실제로 와 있는 듯한 실재감과 몰입감을 느끼게 한다 [4][5]. 지방에 있는 공연장에서 UWV을 활용하여 서울에서 열리는 대형 콘서트 공연을 생중계하는 서비스 등을 고려할 수 있다. 대형 UWV 스크린을 활용할 경우, 공연장 전체에 해당하는 시야를 제공하기 때문에 훨씬 몰입감이 있는 공연을 원격에서 즐길 수 있다.



[그림3-3] 초고화질 VR 서비스를 위한 360 비디오의 예

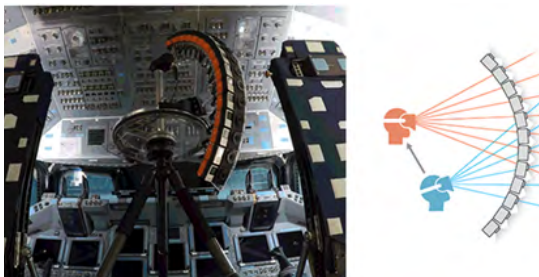
그림 3-3과 같은 초고품질 VR 서비스는 시청자가 화면 내 시점을 자유롭게 선택할 수 있고, 주시부 (RoI; Region of Interest) 기반의 초고해상도/초고품질의 영상을 제공함으로써 몰입감 및 사실감을 극대화 할 수 있는 서비스를 의미한다. 초고품질 360 비디오 서비스를 위한 비디오는 8K 이상의 해상도가 필요하며, 초고품질의 서비스를 위해서는 16K 이상의 해상도를 가지는 것이 바람직하다. 또한, 시청자의 motion sickness를 최소화하기 위해서는 최소 90 fps (frame per second) 이상의 프레임율을 가져야 하며, 120 fps 이상의 프레임율을 권고한다 [6].



[그림3-4] 이머시브 미디어 서비스의 예

이머시브 미디어 서비스는 해상도 측면에서의 실감화 뿐만 아니라 공간감, 몰입감 등 새로운 형태의 실감 미디어를 제공하는 서비스로서, 시각에 대한 피로 없는 완전한 입체감과 6 DoF (Degrees of freedom)의 움직임 자유도를 제공함으로써 움직이는 시청위치에서 모든 방향의 운동시차를 지원하는 미디어 서비스를 의미한다. 즉, 초고품질 360 비디오에서 한 단계 더 발전한 미디어라고 볼 수 있다. 그림 3-4와 같이, 유명 박물관, 건축물 등의 이머시브 미디어를 바탕으로 마치 그 곳에 직접 있는 것과 같은 몰입형, 실감형의 입체적 체험을 제공하는 것이 대표적인 예가 될 것이다.

이머시브 미디어 서비스를 제공하기 위하여 필요한 비디오 트래픽 양은 완전 입체 비디오 포맷이나 사용자의 움직임 허용 범위 등에 따라 크게 달라진다. 예를 들어, 2018년 구글에서 발표한 360도 라이트 필드 카메라의 경우 16대의 카메라를 회전시키면서 72개의 영상을 획득하기 때문에 4K UHD의 약 1000배에 이르는 원본 데이터율을 갖는다.



[그림3-5] Google에서 발표한 라이트 필드 카메라
[출처: Google, 'Welcome to light field']

3.2 게임 서비스

게임 서비스는 크게 AR/VR을 활용한 실감형 게임과 다수의 유저가 동시에 즐기는 실감형 인터랙티브 게임으로 나눌 수 있다.

실감형 AR/VR 게임은 HMD (Head Mounted Device) 또는 고글을 착용하고, 다양한 입력 HCI (Human Computer Interface)를 활용하여 실감형 게임을 제공하는 서비스를 가리킨다. 머리에는 착용하는 HMD 또는 고글은 사용자의 자유로운 동작에 방해가 되지 않도록 무선 네트워크를 이용한다. 게임을 위해서 착용한 간이 슈트에는 다양한 장치들을 이용하여 시각 외에도 청각, 후각, 촉각 등도 전달할 수 있도록 한다. 그리고, 센서들을 통해서 게임 유저의 동작을 인식하여 이를 AR/VR 미디어의 움직임과 접목시켜 게임을 실감적으로 구현한다. 따라서, 게임 슈트의 다양한 장치 및 센서와 HMD 사이의 상호작용이 원활하게 이루어져 게임유저가 느끼는 이질감이 없어야 한다.

인터랙티브 실감형 게임에서는 다른 지역에 있는 여러 명의 게임 유저들이 하나의 가상공간에서 게임을 즐긴다. 예컨대, 한 부대 단위의 게임 유저들이 하나의 가상 전장공간에 있으면서 마치 적과 전쟁을 하는 형태의 게임이 있을 수 있다. HMD, 헤드폰, 게임용 간이 슈트 등을 착용하고, 하나의 가상 공간을 배경으로 VR과 AR이 결합된 MR기반의 게임을 여러 명이 게임 유저가 진행한다. 게임 유저들은 같은 공간에 존재하고, 상대방의 동작이나 변화가 내 영상에 실시간으로 반영되어 나타난다.



[그림3-6] VR을 이용한 실감형 게임
[출처: Google Images]

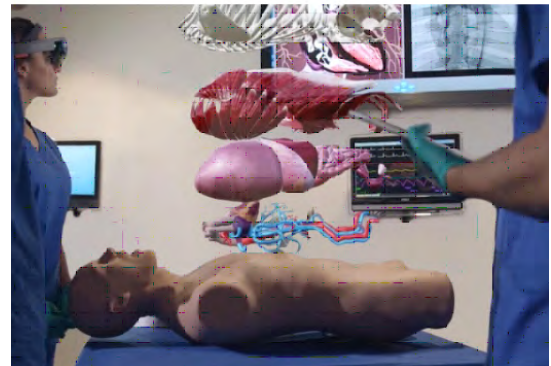
3.3 교육 서비스

교육에서의 모바일 미디어 활용은 모바일 학습을 통칭하는 개념으로 사용될 만큼 보편화되고 있으며, 이와 같은 맥락에서의 모바일 학습은 모바일 미디어를 이용해 언제 어디서나 자유롭게 네트워크에 접속해 학습을 할 수 있는 교육의 한 형태를 말한다. 모바일 학습은 일반적으로 스마트폰이나 소형 태블릿과 같이 작고, 한 손에 들어오는 모바일 기기를 활용하여 학습하는 것을 지칭하는 용어로 폭넓게 쓰이고 있다. 콘텐츠를 직접 만들고 소비하는 형식의 1인 교육 콘텐츠 플랫폼 혹은 1인 대학으로 스스로 강의하고, 수강하는 서비스도 고려할 수 있다. 각 분야의 전문가 혹은 노하우 보유자가 실시간 방송을 통한 진행 및 수강자와의 양방향 정보공유를 통해 교육의 몰입도 및 생동감 그리고 개개인의 맞춤형 교육서비스 지원이 가능하다. 강의자와 수강자의 경계를 허물고 구성원들이 자유롭게 교육 정보를 공유할 수 있는 장을 마련하여, 동영상/문서/음성/이미지파일을 다양하게 직접 제작해서 올리고, 올린 파일에 대해 편집하고, 공유할 수 있도록 할 수 있다. 외부 콘텐츠 등에 대해 실시간 고화질 영상을 제공하여 참여자에게 다양한 경험 및 정보를 나눌 수 있도록 한다.

집단지성과 협력학습의 중요성을 강조하여 소셜러닝 플랫폼을 제공하기 위한 서비스를 제공한다. 또한, 실감형 콘텐츠의 확산으로 가상 박물관, 미술관을 실감형 디바이스로 방문, 탐험 할 수 있으며, 장애인 및 노약자의 교육 인프라로 공간 및 시간의 제약 없이 언제 어디서든 양질의 실감형 교육 콘텐츠를 제공받을 수 있다. 예를 들어, 세계 최고 권위의 바이올리니스트가 VR기기를 통해 국내 바이올리니스트에게 사사를 할 수 있으며, 서로 협연도 가능할 수 있도록 양방향 실감형 교육 서비스가 가능하다.

초/중/고교와 같은 일반적인 교육 현장에서의 교육 서비스와 더불어 의학, 공학 등의 고기술 산업군에서는 미디

어를 활용한 교육 및 관련 서비스를 제공하는 것이 가능하다. 그림 3-7과 같이, 병원 내 수술을 위한 실습용 콘텐츠로서 수술 장면의 영상을 획득하기 위해 360 비디오와 고성능 카메라, 초소형 카메라 등으로 수술 상황을 각각의 디바이스로 촬영하고, 이렇게 촬영된 영상을 하나의 장면으로 융합하여 의료진의 수술 교육을 위해 가상 수술을 시행 할 수 있으며, 고난이도의 수술을 미리 시뮬레이션하여 수술 시 발생하는 의료사고를 최소화시킬 수 있다. 그리고, 그림 3-8과 같이 새로운 장비의 동작 매뉴얼 교육 또는 원격 수리를 AR/VR 형태의 실감형 콘텐츠가 활용될 수 있다.



[그림3-7] 의료 교육용 몰입형 서비스 예시
[출처: Apple ARkit]



[그림3-8] VR/AR 미디어 형태의 장비 운영 매뉴얼 교육
[출처: BMW]

3.4. 보조적 5G 융합 미디어 서비스들

미디어가 보조적인 역할을 하는 5G 융합 서비스에는 자율 주행 자동차, 스마트 시티/스마트 팩토리, 재난대응 서비스들이 있을 수 있고, 이들 서비스에서 미디어가 활용되는 대표적인 예로는 다음과 같은 것들을 고려할 수 있다.

자율주행 자동차의 경우, 구글 자동차와 같이 센싱 정보 및 외부에서 전송되는 지역 정보 (MAP 정보 등)를 바탕으로 자동차 자체에서 자동차의 동작에 대한 의사 결정을 하는 경우도 있지만, 스마트 교통서비스를 효율적으로 구성하기 위해서는 각각의 자동차들이 수집한 정보를 중앙 클라우드로 전송하고, 주변 여러 차량의 정보를 바탕으로 통합적인 의사 결정을 하는 행태로 발전할 것이다. 이런 자율주행 자동차 서비스에서 미디어를 활용하는 간단한 예로, 그림 3-9에서 보는 바와 같이, 원격 운전을 활용한 자율주행자동차 서비스를 고려할 수 있다. 택시나 우버와 같은 교통서비스를 제공하는데, 운전자가 운전석에 있는 것이 아니라, 외부에서 원격으로 운전을 하면서 승객을 원하는 위치에 데려다주는 서비스 또는 주차장에서 차량의 원격 주행 권리를 주차 관리인에서 양도할 경우, 주차 관리인이 원격으로 차량을 주차하는 서비스를 의미한다.

스마트 시티 서비스에는 공개 모집 기반의 실시간 도시 모니터링 서비스가 있을 수 있다. 실제 도시의 실시간 상황을 관찰하고, 다양한 시뮬레이션 가능한 스마트 트윈 시티를 구성하는 것을 가리킨다. 그리고, 스마트 팩토리에서는 원격지 작업 로봇을 이용한 tele-operation으로 도시에 있는 본사에서 원격지에 있는 공장이나 사업장의 원격 조정 로봇을 이용하여 작업을 수행하는 서비스가 있다. 그 예로, 원격 광산 운영 환경을 그림 3-10에서 보여주고 있다.

재난대응 서비스의 대표적인 예로는 무인기 및 무인로봇을 이용한 재난 대응 및 모니터링 서비스를 고려할 수 있

다. 그림 3-11과 같이, 산불, 산사태, 홍수 등과 같은 자연재해를 모니터링하고, 화재나 원전 사고와 같이 구조 대원이 직접 들어가서 재난 상황에 대처하지 못하는 경우에서 무인 드론 및 무인 구조 로봇 등을 활용하는 서비스이다. 관제 센터에서는 무인기 및 무인로봇을 직접 제어하거나, 사람이 직접 제어하기가 불가능한 상황에서는 무인기 및 무인로봇이 스스로 경로를 결정하여 재난 상황을 모니터링하는 것이다. 관제 센터에서는 직접 무인 드론 및 무인로봇을 제어하여 영상 정보를 포함한 다양한 센싱 정보를 획득하기 위해서, 무인 드론 또는 무인로봇에서 촬영된 실시간 초고화질 영상 또는 360 비디오를 직접 보면서 원격 운전을 하여 재난 상황을 모니터링하게 된다.



[그림3-9] 초고화질 영상 기반 원격 운전 서비스
[출처: Google Images]



[그림3-10] 원격 광산 tele-operation 서비스
[출처: Google Images]



[그림3-11] 무인 드론 및 로봇을 이용한 재난 대응 서비스
[출처: Google Images]

4. 5G 미디어 융합 서비스를 위한 네트워크 요구사항

5G 미디어 융합 서비스에서 활용되는 미디어에는 초고 화질 영상, UWB, 360 비디오, 이머시브 미디어 등이 있다. 이를 위한 각 미디어의 데이터 전송률 및 미디어 압축을 위한 encoding 지연과 이를 전송하는 네트워크 지연 관점에서 각각의 미디어를 위한 요구 사항을 정리하자 한다.

4.1. 초고화질 영상 미디어

초고화질 영상을 활용한 5G 융합 미디어 서비스를 제공하는 방식은 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

우선, 단방향 서비스 (linear service)란 카메라를 이용하여 8K 비디오와 같은 초고화질 영상을 촬영하고 encoding을 하여 전송하고, 이를 수신기에서 decoding하여 디스플레이하는 것이다. 즉, 일반적인 방송 서비스를 가리킨다. 만약 영상의 줌 등을 조정하고 싶을 경우는 수신한 8K 영상의 크롭을 조절하는 형태로 해당 기능

을 제공할 수 있다. 즉, 조작이 가능한 원본 영상을 단말에 전송하고, 단말에서는 이를 바탕으로 한 영상 조작만 가능한 경우이다. 이와 같은 경우, encoding delay가 서비스의 품질에 영향을 주지 않기 때문에 충분한 압축률로 36 Gbps (4K 영상의 4배)의 원본 영상을 약 120 Mbps까지 줄일 수 있다.

다른 한가지로 양방향 서비스 (interactive service)를 들 수 있다. 이런 양방향 서비스는 다시 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

첫째는 여러 개의 카메라로 다양한 위치 및 각도에서 촬영한 영상을 방송 서버에 전송하고 사용자가 시야를 변경할 경우, 서버에서 전송해 주는 영상을 변경하는 경우이다. 즉 다중 뷰포인트 서비스(multi view point service)를 가리킨다. 운동 경기장에서 다수의 카메라를 설치하고, 각 위치에서 촬영한 영상을 서버에 전송한 후에 시청자가 선택한 뷰포인트의 영상을 시청자에서 서비스하는 방식이다. 이런 서비스에서는 영상의 encoding delay가 서비스의 품질에 영향을 주지 않는다. 하지만, 시청자의 뷰포인트 선택과 해당 영상 전송 시간 사이의 네트워크의 지연은 서비스의 품질과 직접적으로 연결된다. 따라서, 단방향 방송 서비스와 같이, 영상 encoding 방식에서는 encoding delay가 있더라도 트래픽 양을 충분히 줄여 120 Mbps의 평균 데이터 전송률을 보장하면 된다. 단, 여러 대의 카메라가 무선으로 영상 서버로 연결된다면, 상향 링크의 단말 별 데이터 전송률이 평균 120 Mbps 이상이어야 한다는 점을 고려해야 한다.

둘째, 무인 이동체에 카메라가 설치되어 있고, 이 무인 이동체를 원격에서 조정하는 경우를 고려할 수 있다. 사용자의 조정에 따라서 무인 이동체의 위치, 카메라의 각도 등이 바뀌기 때문에 네트워크의 지연뿐만 아니라, encoding delay가 바로 서비스의 품질과 직접적으로 연관되어 있다. 따라서 표 4-1의 encoding delay와 영상

전송을 위한 트래픽 양 사이의 tradeoff를 결정해야 한다. Encoding 지연이 없는 옵션 3에서의 트래픽 양인 36Gbps는 5G 네트워크를 통하여 전송하는 것이 불가능하다. 따라서, 무압축을 통하여 encoding 지연 최소화 하고 트래픽 양도 2Gbps 정도로 낮출 수 있는 Full HD 급 또는 이하의 해상도의 영상을 활용해야 한다.

[표4-1] 8K 영상의 압축 기술에 따른 encoding delay와 traffic양

옵션	encoding delay	encoding 후 트래픽 양
1	1 sec	120 Mbps
2	0.2 sec	300 Mbps
3	no delay	36 Gbps

더불어, 8K 방송을 위해서 지상파 채널과 5G 무선 네트워크를 동시에 이용할 경우, 이 둘 사이의 동기화 문제도 고려해야 한다. 적어도, 지상파 방송망의 지연 수준으로 5G 네트워크 지연을 맞출 필요가 있다.

4.2. UWW 미디어

UWW 미디어의 경우, 활용 시나리오가 초고화질 영상의 미디어와 유사하다고 할 수 있다. 따라서, 전체적으로 영상 트래픽이 양이 약 3배 증가하는 수준이 될 것이다. 따라서 앞에서 다른 초고화질 영상 미디어에서의 화질, 즉, 해상도에 따른 트래픽 양 변화만을 고려하면 된다.

4.3. 초고품질 360 비디오 및 VR

초고품질 360 비디오 및 VR은 두 가지의 규격으로 고려할 수 있다. 8K 해상도와 90 fps 프레임율을 갖는 영상의 경우, 압축 전 트래픽 양이 74 Gbps이며, 16K 해상도와 120 fsp 프레임율을 갖는 영상의 경우, 압축 전 데이터율이 약 400 Gbps 정도이다. 따라서, 약 100분

의 1이하로 압축하지 않고는 5G 네트워크로 전송이 불가능하다. 하지만, 이와 같은 원본 데이터가 바로 전송되는 것이 아니고, 주시뷰에 해당하는 영상만을 압축하여 전송하는 경우가 대부분이다. 사용자의 움직임에 바로 대응하기 위해서 주시뷰가 아닌 부분의 영상도 저해상도로 우선 전송한 후에 주시뷰로 바뀐 이후에는 고해상도로 개선하는 방식으로 트래픽 양을 줄일 수 있다. 따라서, 다양한 방식으로 delay 및 트래픽 양을 조절할 수 있으나, 실제 서비스에서 어느 정도의 품질을 보일지는 단말의 구조 및 encoding하는 방식, encoding하는 주체의 계산 능력 등에 따라서 다양한 형태로 구현이 가능하다. 일례로, 360 비디오 디스플레이의 가격을 최대한 낮추기 위해서는 클라우드에서 모든 프로세스를 담당하여 단말이 단순한 디스플레이 기능만 하도록 할 경우는 네트워크 delay를 최소화 하여 20 msec이 motion-to-photon delay를 충족해야 한다. 무인 이동체에 360 비디오를 적용하여 원격 조절에 활용하거나 tele-operation에서 초고품질 360 비디오를 활용할 경우에는 네트워크 delay와 encoding delay를 더해서 20msec의 지연을 만족시켜야 하기 때문에 5G 네트워크를 이용해서는 초고품질의 360 비디오 서비스는 불가능하며, 영상 품질의 저하를 감수해야 한다. 다중 사용자가 참여하는 VR 게임에서의 각 사용자의 움직임이 다른 사용자의 360 VR 영상에 반영되기 위해서, 중앙 게임 서버에서 이와 같은 사용자의 움직임을 반영할 수도 있으나, 단말들 사이의 직접 연결을 통하여 빠른 반영도 고려할 수 있다.

4.4. AR 미디어

AR 영상의 경우, 트래픽의 양 측면에서나 delay 측면에서나 360 비디오 및 VR에 보다는 요구되는 수준이 낮다. 따라서, 5G 네트워크 관점에서는 특이 사항이 없다.

고 볼 수 있다. 따라서, 본 보고서에는 구체적인 수치는 언급하지 않았다.

4.5. 이머시브 미디어

이머시브 미디어의 경우, 컬러 영상과 깊이 영상의 원본 트래픽 양이 각각 21 Tbps와 7 Tbps로 28 Tbps의 원본 트래픽 양이 필요하다. 이는 최신 encoding 기법을 이용한다고 할지라도 수십 Gbps 이상의 트래픽 양이 요구된다. 여기에 encoding delay까지 고려할 경우, 5G 네트워크로는 지원이 불가능하다. 따라서, beyond 5G 네트워크 등에서 이머시브 미디어를 고려한 네트워크 요구사항 정의가 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 보고서에서는 미디어와 관련된 다양한 융합 시나리오 별로 필요한 미디어의 종류, 해당 서비스에서의 미디어의 역할을 살펴보았다. Encoding 관점에서의 미디어 기술을 검토하고, 이를 바탕으로 미디어의 이동 통로로서의 5G 네트워크의 요구사항을 정의하였다. 미디어 및 5G 네트워크 요구사항 분석을 통하여, 다양한 영상 서비스를 5G 네트워크를 통하여 제공할 수 있으나, 서비스 품질 (영상의 품질 및 실시간성)을 고려한 타협이 필요하다는 것을 확인하고, 해당 미디어의 특성을 제약 없이 활용하기 위해서는 5G 이후의 좀 더 높은 데이터 전송률 및 실시간성을 보장하는 beyond 5G 네트워크가 필요하다는 것을 알 수 있었다.

References

- [1] 5G 서비스 로드맵 2022, 5G포럼, 2016.
- [2] 2018 5G 융합서비스 시나리오 종합보고서, 5G 포럼, 2018.
- [3] 2018 5G 융합서비스 시나리오 기획보고서, 5G 포럼, 2018.
- [4] I. J. Lee, Y. J. Cho, M. S. Ki, S. Y. Lim, H. K. Lee, J. H. Cha, "High quality human panorama service" Journal of Communication and Networks, Vol. 28, No. 6, pp. 11-20, 2011.
- [5] 박서니, 이진명, 나종연, 조은선, 구혜경, 조용주, 서정일, "UWV 파노라마 영상에 대한 소비자 선호 및 비용지불의사 연구" 한국디지털정책학회논문지, 제 16권 제1호, 2018.
- [6] Report of the DVB CM Study Mission on Virtual Reality(CM1697), Nov. 2016

