

# 5G 네트워크의 XR 및 미디어 서비스 표준 기술 동향

## Extended Reality and Media Service Standardization Trends for 5G Mobile Networks

하정락 (J.L. Ha, jlha@etri.re.kr)

패킷네트워크연구실 책임연구원

김창기 (C.K. Kim, cckim1@etri.re.kr)

패킷네트워크연구실 책임연구원

### ABSTRACT

Extended reality (XR) provides an immersive virtual experience by using various media. The XR virtual environment enables interactions between the real and virtual worlds in virtual, augmented, and mixed reality scenarios. XR is being used in various areas such as industry, medical care, road transportation, gaming, education, and culture. XR and multimedia enhancement are important business scenarios for fifth-generation (5G) mobile networks. As users' demand for emerging media services gradually increases, enhancements in networks should be implemented for delivering multimedia services such as XR. We describe related standardization trends and requirements of the XR service in 5G mobile networks. We also discuss technological enhancements for 5G mobile networks as specified by the 3GPP SA2 working group.

**KEYWORDS** 5G core network, extended reality, multi-modal service

## 1. 서론

XR(Extended Reality)은 가상현실(VR), 증강현실(AR), 혼합현실(MR)의 총칭으로, 현실과 구별할 수 없는 가상의 경험을 만들어냄으로써 사람들이 놀고, 일하고, 배우고, 연결하는 방식에 큰 변화를 줄 것이다. 5G 네트워크는 모바일 미디어 서비스, 클라우드 게임, 비디오 기반 원격 제어, 상호작용을 이용한 자동화 등의 다양한 응용을 위해 많은 XR 트래픽을 처리해야 할 것으로 예상된다[1].

XR 트래픽은 짧은 대기 시간과 높은 처리량 및 높은 안정성을 요구하는 특성을 가진다. 또한, 사용자의 편의를 위해 배터리 수명을 연장하고 발열을 최소화하기 위한 낮은 전력 소비와 함께 사용자의 경험 품질(QoE)을 충족해야 한다. 이러한 요구사항은 기존 5G의 3대 서비스인 모바일 광대역 서비스(eMBB), 대규모 기계통신 서비스(mMTC), 초고신뢰 저지연 서비스(URLLC)의 어느 하나에 해당하지 않고, eMBB와 URLLC의 요구사항을 동시에 필요로 한다[2].

\* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2023.J.380204>

\* 이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임[No. 2020-0-00974, 고신뢰·저지연5G+ 코어 네트워크 및 5G-TSN 스위치 기술 개발].



본 저작물은 공공누리 제4유형

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

©2023 한국전자통신연구원

3GPP의 각 워킹그룹은 XR을 지원하기 위해 각 각의 관점에서 표준화를 진행 중이다. 본고는 XR 및 미디어 서비스를 지원하기 위한 3GPP SA1, SA2, SA4의 표준화 활동을 살펴보고, XR 및 미디어 서비스의 요구사항과 이를 해결하기 위한 5G 코어 네트워크에서의 표준기술 동향을 소개한다.

## II. 3GPP SA 워킹그룹 표준화 동향

Rel-15/Rel-16은 URLLC 및 전력 절감 기능을 도입하였으나, 이러한 기능은 XR에 맞게 설계되거나 최적화되지 않았다. 예를 들어, 큰 버스트 크기로 오는 XR의 주기적인 트래픽이 고려되지 않았으며, 처리량과 신뢰성 및 지연시간 사이에 트레이드 오프가 있을 수 있다. 결과적으로 네트워크 용량과 안정적으로 서비스될 수 있는 XR 사용자의 수를 감소시킨다[2].

SA1 워킹그룹은 네트워크 제어 대화형 서비스의 비즈니스 요구사항을 연구하고 Rel-18에서 촉각 통신과 멀티모달 통신에 대한 요구사항, 데이터 전송률과 낮은 지연을 위한 통신 서비스 및 이를 위한 주요 성능 지표(KPI)를 표준화하였다[3,4]. SA2 워킹그룹은 Rel-17에서 고급 대화형 서비스를 위한 5G 아키텍처 및 기술 표준 개선을 통해 VR/AR, 클라우드 게임 등 고속 저지연 서비스를 위한 4개의 새로운 5QI를 도입하였다. 또한, Rel-18에서 XR 및 미디어를 위한 5G 네트워크 아키텍처 개선을 위한 연구를 마무리하고 표준화 중이다[5,6]. 현재의 5G는 미디어 스트리밍 및 기타 데이터 서비스를 처리하기 위해 공통의 QoS 메커니즘을 사용하고 있어, 미디어의 특성을 충분히 활용하지 못하고 있다. 미디어의 특성 정보(예: I/B/P 프레임, slice/tile 등)를 활용한 새로운 QoS 보장 메커니즘을 구축하고 XR 애플리케이션을 더 잘 감지할 수 있도록

함으로써 XR 트래픽에 대한 차별화된 처리를 실현하고 사용자의 QoE를 향상할 수 있도록 한다. SA4는 XR을 지원하기 위한 미디어 형식 및 인터페이스와 절차 등을 연구하고, 데이터 속도의 범위, 최대 패킷 지연, 최대 패킷 오류율, 최대 왕복 시간, 패킷 크기 등을 포함한 XR 트래픽의 특성을 연구하였다[7,8].

## III. XR 및 미디어 서비스 요구사항

### 1. 서비스 요구사항

XR 서비스는 둘 이상의 소스로부터의 입력 또는 둘 이상의 출력을 사용하는 멀티-모달 통신으로 구현된다. 입출력에 사용되는 미디어는 오디오, 비디오, 햅틱으로 대별된다. 입력은 마이크를 통한 오디오, 카메라를 통한 비디오, 센서를 통한 정보로 구성되며, 이들 오디오, 비디오, 센서 정보는 각각 사용자의 소리나 움직임, 신체 신호뿐만 아니라 주변 환경으로부터의 정보를 포함한다. 출력은 스피커를 통한 오디오, 화면을 통한 비디오, 사용자에게로의 햅틱 피드백뿐만 아니라 조명/커튼을 이용한 밝기, 에어컨이나 가습기를 이용한 사용자 주변 환경의 조작을 위한 IoT 제어 등을 포함한다.

XR 응용이 몰입형 멀티모달 서비스를 제공하기 위해서는 둘 이상의 미디어 간 동기화가 중요하다. 표 1은 몰입형 VR을 위한 일반적인 동기화 임계값

표 1 몰입형 VR을 위한 일반적인 동기화 임계값

미디어요소	동기화 오차 임계	
오디오 - 촉각	오디오 지연: 50ms	촉각 지연: 15ms
비디오 - 촉각	비디오 지연: 15ms	촉각 지연: 50ms
비고	지연: 해당 미디어가 다른 미디어에 비해 더 늦게 전달될 때의 지연	

출처 Reproduced with permission from [4].

이다. 5G 시스템은 승인된 제3자가 XR 응용과 관련한 요구사항을 제공할 수 있도록 하고, 그 제공받은 요구사항을 적용시킬 수 있어야 한다. XR 응용과 관련된 요구사항은 UE와 그 데이터플로우의 명세, QoS 처리 및 관련된 트리거 이벤트 및 기타 조정 정보를 포함한다.

## 2. 주요 성능 지표

표 2는 XR 서비스의 주요 성능 지표를 각 유스 케이스별로 성능 지표 수립에 반영된 영향 요소와 함께 나타낸다[9]. 축각(햅틱) 정보는 자유도(DoF: Degree of Freedom)에 따라 데이터양이 바뀌며 데이터의 압축 유무에 따라 전송률이 다르다. 축각 정보의 자유도는 축각을 표현할 수 있는 독립변수를 나타내며, 흔히 x축, y축, z축으로의 이동과 회전을 각각 포함하여 6DoF를 포함한다. 하나의 DoF당 2~8byte의 메시지 크기가 필요하다.

### 가. 몰입형 멀티모달 VR

몰입형 멀티모달 VR은 실제 물리적 세계와의 상호작용을 가상환경에서의 가상 엔티티를 통하여 수행하도록 한다. 사용자가 가상환경에 완전히 몰입하기 위해서는 시각, 청각, 촉각을 함께 인식해야 하며, 몰입도는 생성된 가상환경이 얼마나 현실적인지에 따라 달라진다. 인간 감각이 상당히 민감하기에 몰입감 있는 사용자 경험을 위해서는 고해상도 가상환경이 필수적이며, 또한 표 1에서 보인 임계값 범위 내로 미디어 간 동기화가 필요하다.

몰입형 멀티모달 VR은 정지 내지 보행의 낮은 속도에서의 서비스를 고려하며, 서비스 영역은 100km<sup>2</sup> 이내에서 최대지연 및 신뢰도를 고려하여 서비스 영역의 크기를 조정할 수 있다. 축각 피드백의 최대지연은 25ms이나 하드웨어의 지연을 고려할 때 통신

지연이 상향/하향 각 5ms 이내로 전달되어야 한다.

### 나. 원격 로봇 제어

원격 제어 로봇을 사용하여 인간이 현장에서 직접 할 수 없는 일부 동작을 수행할 수 있다. 실시간 및 동기식 시각, 청각, 촉각 피드백을 통해 원격 로봇 조작자가 상황에 맞는 반응을 수행할 수 있다. 원격진료, 원격정비, 원격소방 등의 다양한 시나리오에서 사용될 수 있다. 원격지에서 제어 스틱을 이용하여 조작하며, 촉각 정보와 동기화된 오디오와 비디오 신호를 수신한다.

원격 로봇 제어 시 이동속도는 50km/h 이내이거나 정지 및 보행 속도를 고려하며 서비스 영역을 1km<sup>2</sup> 이내를 고려한다.

### 다. 협력 기동 로봇틱스

현재까지의 자율주행은 차량 자체의 컨트롤러에만 의존하고 있으나, 인접 차량의 동작을 함께 고려하는 제어기능을 통해 더 효율적인 자율주행이 가능하다. 이것은 자율주행에 국한되지 않고 배달 로봇 등의 각종 로봇이 자동으로 기동하는데도 적용할 수 있다. 이동체의 카메라, 레이더, 라이다와 같은 센서정보와 지도상의 기동정보를 공유함으로써 안전과 트래픽 효율성을 향상할 수 있다.

이동체들이 각각의 이동과 관련된 정보를 서로 공유할 때 이동체들의 속도에 따라 저속과 고속으로 분류하고, 제어를 전달할 때와 그 응답을 수신할 때로 구분한다. 제어 정보는 축각 정보만을 가지지만 응답 정보는 오디오와 비디오를 더 포함한다.

### 라. 몰입형 멀티모달 네비게이션 응용

광업과 같은 위험한 환경에서의 작업 시 현장 종사자의 움직임에 시각, 청각, 촉각의 멀티모달 피드백을 제공함으로써 안전한 활동을 도와줄 수 있다.

표 2 멀티모달 통신서비스의 성능 요구사항

유스케이스		주요 성능지표(KPI)			영향 요소			비고	
		최대지연 (ms)	전송률 (bit/s)	신뢰도 (%)	메시지크기 (byte)	서비스 영역 (km <sup>2</sup> )	이동 속도		
몰입형 멀티모달 VR	상향	5	16kbps~2Mbps(무압축)	99.9	2~8/DoF	< 100	정지 / 보행	촉각 피드백	
			0.8~200kbps(압축)	99.999					
	하향	5	< 1Mbps	99.99	1,500			센싱정보	
			1~100Mbps	99.9	1,500			비디오	
		10	5~512kbps	99.9	50			오디오	
			5	16kbps~2Mbps(무압축)	99.9			2~8/DoF	촉각 피드백
0.8~200kbps(압축)	99.999								
원격 로봇 제어	1~20	16kbps~2Mbps(무압축)	99.999	2~8/DoF	< 1	50km/h 이하	촉각 피드백		
							0.8~200kbps(압축)		
	20~100	16kbps~2Mbps(무압축)	99.999	2~8/DoF			정지 / 보행	비디오	
								0.8~200kbps(압축)	
	5	1~100Mbps	99.999	1,500			오디오		
	5	5~512kbps	99.9	50~100			센싱정보		
5	< 1Mbps	99.999	-						
협력 기동 로봇틱스	저속	제어	5~10	16kbps~2Mbps(무압축)	99.9	< 100	정지 / 보행	촉각정보 (위치, 속도)	
			0.8~200kbps(압축)	99.999	2~8/DoF				
		응답	5~10	16kbps~2Mbps(무압축)	99.9			2~8/DoF	촉각 피드백
			0.8~200kbps(압축)	99.999	1,500			비디오	
	고속	제어	1~5	16kbps~2Mbps(무압축)	99.9	< 4	고속	촉각정보 (위치, 속도)	
				0.8~200kbps(압축)	99.999			2~8/DoF	촉각 피드백
		응답	1~5	16kbps~2Mbps(무압축)	99.9			2~8/DoF	비디오
			0.8~200kbps(압축)	99.999	2,000~4,000			오디오	
몰입형 멀티모달 네비게이션 응용	상향	< 300	12kbit/s	99.999	1,500	< 100	정지 / 보행	생체측정	
			1~100Mbit/s	99.999	1,500			비디오	
			5~512kbit/s	99.9	50			오디오	
			600Mbit/s	99.9	1,500			가상현실	
	하향	50	16kbps~2Mbps(무압축)	99.999	2~8/DoF			촉각 피드백	
			0.8~200kbps(압축)						
		< 400	1~100Mbps	99.999	1,500			비디오	
			5~512kbps	99.9	50			오디오	
< 300	600Mbps	99.9	1,500	가상현실					

출처 Reproduced with permission from [4].

소음이 크고 가시성이 낮은 현장에서의 정보를 웨어러블(벨트, 신발 밑창, 팔/어깨 착용) 장비를 통해 수집하고, 경보상황이 발생한 경우 이를 시각, 청각의 알람으로 제공할 뿐만 아니라 촉각 피드백을 제공할 수 있다. 인간의 시각이나 청각을 통한 인지는 수백 ms가 소요되는 반면, 촉각을 통한 인지는 수 ms 이내에 가능한 것으로 알려져 있다.

몰입형 멀티모달 네비게이션 응용도 몰입형 멀티모달 VR과 유사하게 정지 내지 보행의 낮은 속도와 100km<sup>2</sup> 이내의 서비스 영역을 고려하며, 최대지연 및 신뢰도를 고려하여 서비스 영역의 크기 조정이 가능하다. 몰입형 멀티모달 VR 대비 현장 환경 정보의 수집 및 정보 제공에 있어 더 느슨한 지연 요구사항을 갖는다.

### 3. 시스템 설계 요구사항

XR 서비스를 연구한 SA2는 다음과 같이 요구사항을 명시한다[10].

- XRM을 위한 네트워크 구조와 프레임워크 및 QoS 모델은 기존 3GPP TS 23.501[11], TS 23.502[12], TS 23.503[13]을 베이스라인으로 따르며 기존의 서비스에 영향을 주지 않는다.
- UE, RAN 및 CN의 기능적 구분의 변경 없이 하향 패킷의 분류는 CN에서, 상향 패킷의 분류는 UE에서 수행한다.
- 무선 접속기술은 NR을 우선적으로 고려한다.
- XRM 서비스는 IP PDU 세션 타입을 우선으로 고려하나 다른 PDU 타입을 배제하지는 않는다.
- UE는 하나의 XRM 서비스를 위해서 하나의 PDU 세션을 사용하며 서로 다른 PDU 세션으로 별개의 XRM 서비스를 사용할 수 있다.
- XRM 서비스는 PLMN이나 SNPN의 기존 서비스와 공존하며, UE와 응용서버 간의 cli-

ent-server 모델, 또는 5G CN을 경유한 UE 간의 peer-to-peer 모델로 동작한다.

- XR과 미디어 데이터는 클라이언트와 서버 사이에 암호화되어 전달되더라도 PDU 식별을 위한 헤더 정보는 암호화되지 않는다.
- 5GS는 다운링크 트래픽에 대해 하나의 PDU Set에 속하는 PDU 중 잃어버린 PDU 다음 PDU의 폐기를 결정할 수 있다.

## IV. 5G 시스템의 XR 지원 기술

3GPP SA2는 단일 UE에 대한 멀티모달 트래픽을 위한 정책 제어, 다중의 UE 간의 멀티모달 트래픽의 동기화와 QoS 정책 조정, XR을 위한 5G 시스템의 정보 익스포저, PDU Set 단위의 패킷 처리, PDU Set 간의 차별화, 왕복 지연시간을 위한 상향 하향링크의 전송 조정, 지터 최소화, 전력절감, 전력절감과 사용자경험의 균형 등의 9가지 주요 이슈에 대해 스테디하고, 규격작업을 진행 중이다. 스테디의 결론을 기반으로 표준화 작업 중인 주요 기술적인 내용을 살펴본다.

### 1. 멀티모달 서비스를 위한 정책 제어

대부분의 XR 및 인터랙티브 서비스는 멀티모달 서비스의 형태를 띠고 있으며, 멀티모달 서비스는 서로 밀접한 연관이 있는 싱글모달 데이터 플로우들로 구성되어 있고, 싱글모달 데이터 플로우는 각각 오디오, 비디오, 위치, 햅틱 등의 정보를 나타낸다. 또한, 이러한 멀티모달 데이터 플로우는 단일 UE에 연결된 하나 이상의 장치 또는 다수의 UE들과의 통신이 이루어진다.

단일 UE에게 제공되는 멀티모달 서비스의 데이터 플로우들은 밀접한 연관성으로 인해 하나의



PDU 세션 내에서 이루어진다. 이를 위해 멀티모달 서비스를 제공하고자 하는 응용 서버를 관리하는 주체의 AF(Application Function)는 5G 시스템으로 해당 멀티모달 서비스에서 필요한 QoS 요구사항을 제공한다. AF가 5G 시스템이 신뢰할 수 있는 도메인 이면 5G 시스템의 PCF(Policy Control Function)로 직접 전달하고, 신뢰할 수 없는 도메인에 속한 AF는 5G 시스템의 NEF(Network Exposure Function)에 해당 멀티모달 서비스의 요구사항을 전달하고, NEF가 PCF로 다시 전달한다. 멀티모달 서비스의 QoS 요구사항은 해당 멀티모달 서비스를 나타내는 멀티모달 서비스 식별자와 함께 전달된다. PCF는 멀티모달 서비스를 위한 PDU 세션 생성 시에 AF로부터의 멀티모달 서비스 식별자 및 QoS 요구사항에 기반하여, 각 멀티모달 데이터 플로우를 위한 QoS Policy를 포함하는 PCC(Policy and Charging Control) Rule을 생성한다. 멀티모달 서비스가 다수의 UE에 제공될 때는 멀티모달 서비스의 DNN/S-NSSAI와 멀티모달 서비스 식별자를 각각의 UE에 동일하게 제공함으로써 각 UE에 대해 동일한 PCC Rule을 적용할 수 있도록 한다. 이로써 다수의 UE을 통한 멀티모달 서비스의 QoS가 일관되게 관리될 수 있다.

AF가 5G 시스템에 멀티모달 서비스 식별자와 QoS 요구사항을 전달하기 위한 인터페이스는 Nnef\_AFsessionWithQoS\_Create 서비스 오퍼레이션의 입력 파라미터로 전달한다.

## 2. 5G 시스템 Information Exposure

사용자의 응용 서비스 품질 요구사항을 보장하기 위해서는 해당 응용을 위한 AF와 5G 시스템 사이에 상호 협업이 필요하다. 예를 들면, XR 응용 서버가 5G 시스템의 네트워크 상황을 알 수 있다면 그에 맞게 실시간 미디어 코덱 및 트래픽 전송 속도를 가

표 3 XR 및 미디어 서비스 위한 5G 시스템 익스포저 정보

정보	설명
혼잡수준 (Congestion Level) 정보	PSA UPF에서 ECN(Explicit Congestion Notification) marking을 지원하는 데 필요한 정보로, PCF의 PCC Rule을 기반으로 SMF는 RAN에 지시하고 NG-RAN은 해당 정보를 GTP-U를 통해서 PSA UPF로 보고한다.
QoS 알림 (QNC: QoS Notification Control) 정보	NG-RAN이 특정 QoS 플로우의 GFBR을 더 이상 제공하지 못할 때 알려주는 정보이다. SMF가 NG-RAN에게 요청하여 GTP-U를 통해 PSA UPF로 보고한다.
전송속도 (Data Rate)	특정 QoS 플로우의 Data rate 정보로, NG-RAN 및 PSA UPF에서 측정된다.
왕복지연 (Round Trip Delay)	XR 서비스에 포함된 개별 QoS Flow들의 Round trip delay 정보이다.

변함으로써 적응적 서비스를 제공할 수 있다. 이를 위해 AF가 5G 시스템의 네트워크 정보를 얻기 위해 5G 시스템이 제공하는 익스포저 정보의 구독을 가입하고, 5G 시스템은 AF로 External Network Exposure를 이용하여 해당 정보를 제공한다. 이때 가입 및 노출되는 정보는 혼잡수준 정보, QoS 알림 정보, 전송속도, 왕복지연을 포함한다. 표 3은 XR 및 미디어 서비스를 위한 5G 시스템의 익스포저 정보 및 간략한 설명이다. 혼잡수준 정보는 NG-RAN이 UPF의 혼잡수준 정보에 따라 혼잡이 발생한 상황을 인밴드 시그널링을 통해 PSA UPF에 제공함으로써 PSA UPF가 멀티모달 서비스를 제공하는 응용 서버에게로 ECN을 제공하여, 응용 서버가 서비스의 조정이 가능하도록 한다. QoS 알림 정보의 경우 멀티모달 서비스를 위하여 보장된 비트 전송률(GFBR)을 만족하지 못하는 상황을 PSF UPF를 통해 멀티모달 서비스 응용 서버에게로 전달함으로써 서비스의 조정이 가능하도록 한다.

AF는 5G 시스템 익스포저 정보를 얻기 위해 기존의 QoS 모니터링 제어 절차를 이용하여 RAN과 UPF로 해당 정보를 요청하고, RAN은 SMF 및 PCF를 거쳐 AF로 보고한다. PSA UPF는 해당 정보를

SMF/PCF/NEF를 통해서 혹은 UPF의 Event Exposure SBI인 Nupf\_EventExposure 인터페이스를 통해서 직접 AF로 제공한다.

### 3. PDU Set 패킷 처리

5G 시스템에서의 QoS Flow는 하나의 PDU 세션 내의 QoS 적용의 단위가 되는 데이터 플로우이다. 즉, 특정 QoS 플로우 내의 모든 패킷은 동일한 QoS를 적용받는다. 이 개념은 고속 및 저지연을 요구하는 XR 및 인터랙티브 미디어 서비스에는 비효율적인 면이 있다. 이는 동일한 QoS 플로우 내의 PDU들 중에서도 응용 레벨에서는 서로 다른 특성이 있고, 그 특성에 따라 응용 프로그램에서 다른 처리를 할 수 있기 때문이다.

XR 및 미디어 서비스를 효율적으로 지원하기 위해서 5G 시스템은 PDU Set 개념을 도입하였다. TS 23.501[11]에 따르면 응용 레벨에서 생성된 의미가 있는 정보 단위의 페이로드를 포함하는 하나 이상의 PDU를 말한다. 예를 들면, XR 서비스를 위한 I/B/P 프레임들 또는 프레임 내부의 슬라이스/타일

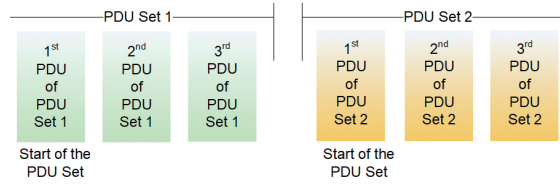


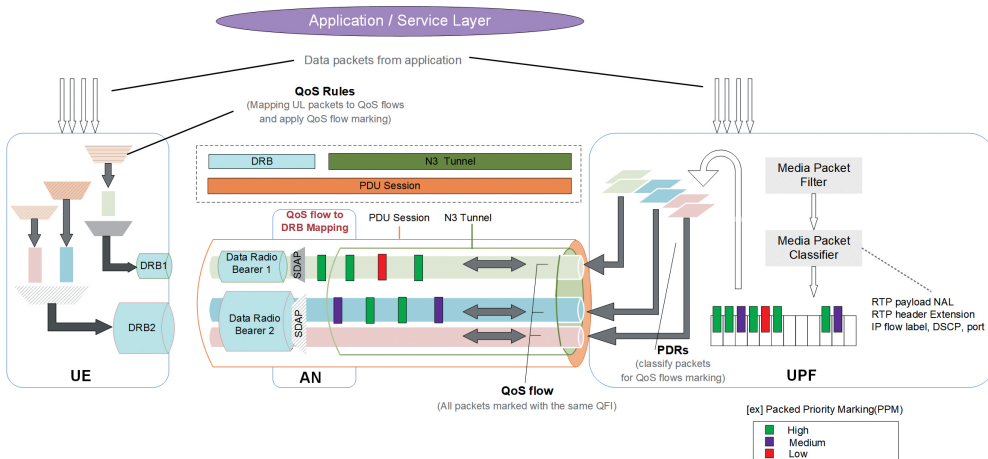
그림 1 PDU Set 개념

등이 될 수 있다. 그림 1은 PDU Set의 예제이다.

#### 가. QoS 모델 확장

5G 시스템은 PDU Set 내에서 응용 레벨의 패킷들의 특성을 파악하고, 그에 따른 처리를 기존의 QoS 모델에 추가함으로써 XR 및 미디어 서비스 패킷의 초고속 및 저지연 특성을 효율적으로 만족시킬 수 있다. 예를 들면, 5G 시스템의 네트워크의 상황에 따라 패킷의 drop이 필요할 때 하나의 PDU Set 내에서의 패킷 중요도에 따라 중요성이 낮은 패킷부터 drop 할 수 있다. PDU Set에 속하는 I/B/P 프레임들 중 특정 종류의 프레임들은 반드시 필요하지만 다른 종류의 프레임들은 중요도가 낮다.

그림 2[10]는 5G 시스템 QoS 모델에 PDU Set 개념을 적용한 확장된 QoS 모델이다. UPF의 패킷 검



출처 Reproduced with permission from [10].

그림 2 XR 서비스 지원을 위한 확장된 5G QoS 모델

출 과정에서 기존에 사용하던 필터링 규칙보다 좀 더 세밀한 규칙을 적용함으로써 PDU Set 내의 패킷들의 중요도를 더 파악할 수 있다. 이렇게 분류된 서로 다른 PDU Set은 동일한 QoS 플로우와 매핑될 수도 있고, 서로 다른 QoS 플로우로 매핑될 수도 있다. 이러한 확장된 QoS 모델을 5G 시스템에 적용하기 위해서는 PDU Set 기반의 QoS 처리가 가능한 QoS 플로우를 구분하고 해당 QoS 플로우를 제어하기 위해서 PDU Set QoS 파라미터를 새롭게 정의하였다. PDU Set의 지연, 오류율, 통합취급표시의 3가지이며, 다음과 같다.

- PDU Set Delay Budget(PSDB): 하나의 PDU Set이 응용 레벨에서 정상처리되기 위해서 해당 PDU Set 내에 필요한 모든 패킷이 도착해야 하는 시간을 나타낸다. 즉, PSDB는 UE와 UPF 사이에서 해당 PDU Set의 첫 패킷과 마지막 패킷 간 지연시간의 최대값을 말하며, 하향 PDU Set에 대해서는 UPF가, 상향 PDU Set에 대해서는 UE가 PSDB를 적용한다. 해당 파라미터는 PCF에서 제공되고, 이를 이용해서 NG-RAN은 링크 계층의 기능과 스케줄링을 설정하는데 사용된다.
- PDU Set Error Rate(PSER): 하나의 PDU Set에 대해서 RAN의 링크 제어(RLC) 계층에서 보낸 하나의 PDU Set 내의 PDU 중에 수신단의 RLC의 차상위인 패킷 데이터(PDCP) 계층까지 전달되지 않은 비율을 말하는 것으로, PDU Set별 Congestion에 의한 drop이 일어나지 않는 패킷 손실의 최대값이다. 이는 RAN에서 최적의 링크 계층 HARQ 프로토콜 설정을 위해 필요하다. 하나의 QoS 플로우는 하나의 PSER을 가지며, UL과 DL에 동일한 값을 가진다.
- PDU Set Integrated Handling Indication(PSIHI): PSIHI는 특정 PDU Set 내의 모든 PDU가 응용

레벨에서 필요하다는 지시자이며, 구체적인 사용 방법은 현재 논의 중이다.

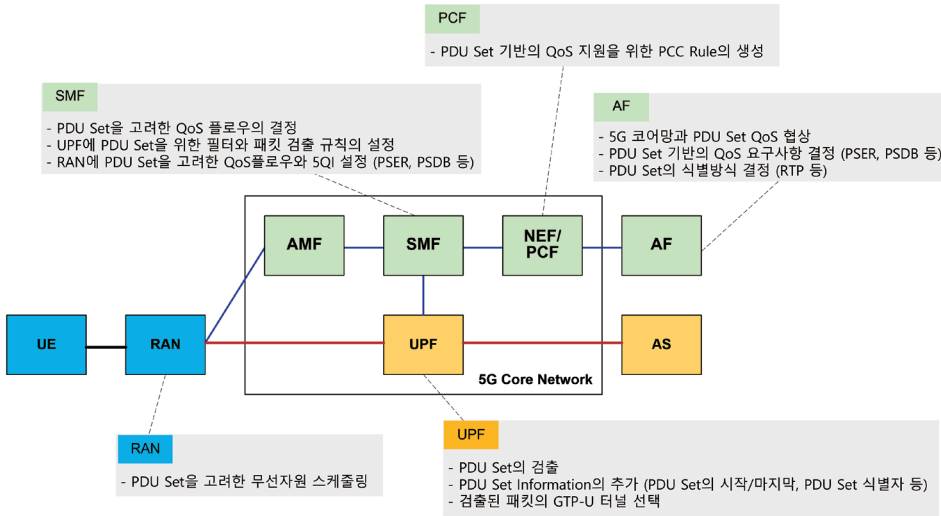
### 나. PDU Set QoS 처리 프레임워크

PDU Set의 처리는 PDU Set의 QoS 파라미터와 PSA UPF에서 GTP-U 헤더를 통해 전달되는 PDU Set Information에 의해서 결정된다. PDU Set Information은 PDU Set의 크기, 일련번호 등을 포함한다. 앞서 정의한 PDU Set 개념을 지원하기 위해서는 5G 시스템 내의 기능 노드들 간의 역할이 정의되어야 한다. 또한, 각 기능 노드 내부의 처리뿐만 아니라 시그널링 처리 및 트래픽 처리 프로토콜도 함께 추가되어야 한다. 그림 3은 5G 시스템의 PDU Set 처리 프레임워크이다.

AF는 동적 PCC 제어를 위해 PDU Set과 연관된 지원 정보(Assistance Information)인 PDU Set QoS 파라미터와 프로토콜 디스크립션(Protocol Description, SDF의 프로토콜 타입)을 NEF/PCF로 제공한다. 해당 정보는 PCF에서 PCC rule에 적용되어 SMF에 전송되고, SMF는 이를 QoS Profile에 포함하여 RAN으로 전송한다. 이를 수신한 RAN은 해당 QoS 플로우에 QoS 처리 규칙으로 적용한다. 현재 하향 패킷에 대한 PDU Set QoS 처리가 정해졌고, 상향 패킷에 대한 것은 아직 논의 중이다.

RAN에서의 하향 PDU Set 처리를 위해 PSA UPF는 특정 PDU Set를 식별하고, PDU Set의 GTP-U 헤더에 PDU Set Information을 실어 보낸다. PDU Set Information은 PDU Set의 일련번호, PDU Set 내의 일련번호, PDU Set 내의 시작과 마지막 PDU의 표시, PDU Set의 크기(Bytes), PDU Set의 중요도, PDU Set의 의존도 등을 논의 중이다. PDU Set의 중요도와 의존도를 나타내는 것으로, 이를 가지고 RAN에서는 Congestion 발생 시 PDU Set 수준의





출처 Reproduced with permission from [10].

그림 3 5G 시스템의 PDU Set 처리 프레임워크

Packet drop에 활용한다. 각 PDU Set마다 주어지는 PDU Set Information은 하나의 QoS Flow 내에서도 서로 다른 PDU Set 사이에는 다를 수 있다.

UPF에서의 PDU Set의 처리를 위해서 SMF는 N4 인터페이스를 통해서 PCF로부터 수신한 해당 서비스 데이터 플로우의 프로토콜 헤더(예: RTP/RTSP)와 페이로드 타입(예: H.264)의 정보를 UPF로 송신한다. UPF는 프로토콜 헤더와 페이로드 타입에 따라 PDU Set과 PDU Set 내의 패킷을 검출하는 데 사용한다.

작업은 기존 5G 시스템 아키텍처 및 논리적인 기능 노드에서의 변화나 기존의 다른 서비스에 영향이 없어야 한다는 원칙으로 진행 중이다. 5G 시스템 아키텍처를 기반으로 XR 및 미디어 서비스를 위해 크게 PDU Set 개념의 도입과 더불어 종래의 QoS 모델의 확장으로 기존 논리적 기능 노드들의 기능을 업그레이드 중이다. 5G-Advanced의 XR 및 미디어 서비스 기술은 향후 다양한 산업 및 응용 서비스 분야에 활용될 것으로 기대된다.

## V. 결론

5G 네트워크의 XR 및 인터랙티브 미디어 서비스 기술 및 표준화 동향을 3GPP를 중심으로 살펴보았다. 3GPP는 5G-Advanced 표준의 시작인 Rel-18에서 기존 5G 서비스 요구사항보다 한층 복잡해진 XR 및 미디어 서비스를 실현하기 위한 Stage 2 레벨의 5G 시스템 및 네트워크의 표준화를 2023년 6월을 목표로 진행 중이다.

XR 및 미디어 서비스를 지원하기 위한 표준 규격

### 용어해설

**eXtended Reality(확장현실)** 가상현실과 증강현실, 혼합현실 등을 아우르는 개념으로 실제 세계에 가상의 경험을 더하거나 인공환경으로 구성된 가상의 세계에서 실제와 유사한 경험을 가능하게 하는 기술

**Multi-modal(멀티 모달)** 인간과 컴퓨터의 상호작용 방식에 있어서 텍스트나 이미지를 벗어나서 음성, 시선, 표정, 제스처, 생체 신호 등의 여러 가지 입출력 방식으로 더 자연스러운 의사소통이 가능한 기술

**PDU Set** 응용에서 생성되어 5G 네트워크를 통해 전달될 정보로서 하나 이상의 패킷들로 구성되었으나 응용에 따라서는 PDU Set 내의 패킷들 중 일부만으로도 정보를 재구성한 일단의 데이터

**약어 정리**

5GS	5G System
AF	Application Function
AR	Augmented Reality
AS	Application Server
CN	Core Network
DNN	Data Network Name
DoF	Degree of Freedom
ECN	Explicit Congestion Notification
eMBB	Enhanced Mobile Broadband
GBR	Guaranteed Bit Rate
GFBR	Guaranteed Flow Bit Rate
GTP-U	GPRS Tunnelling Protocol User plane
HARQ	Hybrid Automatic Repeat and reQuest
IoT	Internet of Things
KPI	Key Performance Indicators
mMTC	Massive Machine Type Communication
MR	Mixed Reality
NCIS	Network Controlled Interactive Services
NEF	Network Exposure Function
PCC	Policy and Charging Control
PCF	Policy Control Function
PDCCP	Packet Data Convergence Protocol
PDU	Packet Data Unit
PLMN	Public Land Mobile Network
PSA UPF	PDU Session Anchor UPF
PSDB	PDU Set Delay Budget
PSER	PDU Set Error Rate
PSIHI	PDU Set Integrated Handling Indicator
QNC	QoS Notification Control
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RLC	Radio Link Control

SA	System Architecture
SDF	Service Data Flow
SMF	Session Management Function
SNPN	Standalone Non-Public Network
S-NSSAI	Single-Network Slice Selection Assistance Information
UE	User Equipment
UPF	User Plane Function
URLLC	Ultra-Reliable and Low Latency Communication
VR	Virtual Reality
XR	eXtended Reality

**참고문헌**

- [1] 3GPP, SP-211646, "Study on architecture enhancement for XR and media services," 2021.
- [2] 5G America, "Extended reality and 3GPP evolution," 2022. 11.
- [3] 3GPP, TR 22.842, "Study on network controlled interactive services(Release 17)," 2019. 12.
- [4] 3GPP, TS 22.261, "Service requirements for the 5G system; Stage 1(Release 18)," 2022. 12.
- [5] 3GPP, SP-190564, "New WID: 5G system enhancement for advanced interactive services," 2019. 7.
- [6] 3GPP, SP-211646, "New SID on study on architecture enhancement for XR and media services," 2021. 12.
- [7] 3GPP, TR 26.928, "Extended reality(XR) in 5G(Release 17)," 2020. 12.
- [8] 3GPP, TR 26.926, "Traffic Models and Quality Evaluation Methods for Media and XR Services in 5G Systems(Release 17)," 2022. 9.
- [9] 3GPP, TR 22.847, "Study on supporting tactile and multi-modality communication services; Stage 1(Release 18)," 2022. 3.
- [10] 3GPP, TR 23.700-60, "Study on XR(Extended Reality) and media services(Release 18)," 2022. 12.
- [11] 3GPP, TS 23.501, "System architecture for the 5G system(5GS); Stage 2(Release 18)," 2022. 12.
- [12] 3GPP, TS 23.502, "Procedures for the 5G system; Stage 2(Release 18)," 2022. 12.
- [13] 3GPP, TS 23.503, "Policy and charging control framework for the 5G system(Release 18)," 2022. 12.