

차세대 이동/무선 통신을 지원하는 유무선 융합 표준 기술

김아정 세종대학교 교수
조광호 Actus Networks, HFR
최진식 한양대 교수



1. 머리말

5G 시스템과 IoT(Internet of Things)의 상용화 도래가 가속화됨에 따라 이에 대한 표준 기술 규정도 빠른 속도로 진행되고 있다. 다가올 5G에 대하여 모바일 무선 통신기술, IoT, 고신뢰성 저지연 통신이 서비스 시나리오로 제안되면서 이에 대한 요구사항으로 전송 속도, 에너지 및 스펙트럼 효율, 데이터 지연 등의 성능 지표가 설정되고 이를 달성하는 기술 연구가 활발히 진행되고 있는 동시에 3GPP를 중심으로 표준화 작업 또한 박차를 가하고 있다.

이동통신에 있어서는, 통신사업자가 참여자의 주축을 이루는 3GPP에 비해 IEEE의 개발 기술이 활성화된 시장을 형성하지 못해온 실정이다. 이에 IEEE는 5G에서의 약진을 위해 IEEE 802 임시 상임 위원회(standing committee)를 중심으로 5G를 지원하기 위한 IEEE 기술 방향과 진행 시나리오를 분석하였다. 이를 기반으로 3GPP와 연계하여 5G 무선 인터페이스뿐 아니라 5G를 위한 유무선 시스템 융합망에 IEEE 표준을 적용한 기술을 개발하여 이를 표준화하는데 주력하고 있다. IEEE 802에서는 이동통신을 포함한 유무선 융합네트워크 및 멀티미

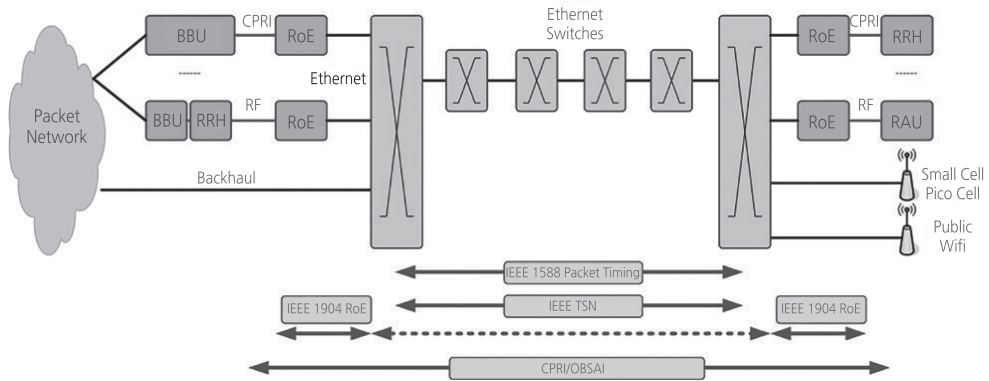
디어 통합 서비스망을 위한 통신 프로토콜 및 표준 사양 분석과 규정을 진행하고 있고, IEEE 1914에서는 5G를 위한 차세대 프론트홀 인터페이스 규정을 진행하고 있다.

국내에서도 5G 무선접속망의 국제 표준화에 많은 연구진이 참여하면서 다양한 기여와 동향 분석이 수행되고 있는 중이나 유무선 융합 분야에 대해서는 아직 많은 준비가 필요하다. 본고에서는 차세대 이동 무선 통신을 지원하는 유무선 융합 표준 기술들에 대해 IEEE 표준 기술을 중심으로 알아보고자 한다. 이를 기반으로 5G 지원 유무선 표준 기술에 대한 이해를 증진하고 무선 접속 뿐만 아니라 유선 융합망에 대한 기술에 국내 기술역량을 결집하여 차세대 통신망 구축에 대비하고자 한다.

2. 5G를 위한 IEEE 표준 기술

2.1 5G 지원 IEEE 802 기술

5G 표준 요소 기술과 물리계층을 비롯한 계층별 기술 표준화는 3GPP를 중심으로 진행되고 있



[그림 1] 5G 지원의 C-RAN 아키텍처와 표준 범위

다. 3GPP의 SA2 실무반에서 2016년 예비 타당성 조사 ‘차세대 시스템을 위한 아키텍처 연구(FS_NextGen)’를 수행하였고 그 결과에 따라 규격화 작업 ‘5G 시스템 아키텍처, 1단계(5GS_Ph1)’를 통해 5G의 요구조건 규정과 이를 반영한 5G 시스템의 설계를 제시하고 있다.

ITU는 5G의 3대 핵심 서비스 영역으로 eMBB(Enhanced Mobile BroadBand), URLLC(Ultra Reliable Low Latency Communications), mMTC(Massive IoT)를 제시하고 관련 요구사항들을 정의한 바 있는데 표준화의 진행은 이러한 관점에서 도입될 기술들을 규정하고 있다. NR(New Radio)은 3GPP가 5세대 이동통신 서비스를 목적으로 개발 중인 표준기술로서, 주파수 효율, 지연, IoT 연결성 등 다양한 분야에서 LTE 대비 향상된 성능과 기능을 제공한다. 이러한 5G RAN에서의 NR 무선접속 방식의 주요 물리계층 기술표준화를 위하여 프레임 구조 및 변조 파형, 다중화, 듀플렉스, 채널 코딩 등 다양한 물리계층 요소 기술들이 표준화 회의에서 논의되어 왔으며, 그 결과는 TR 38.802에 제시되어 있다. 3GPP RAN2 표준화 그룹에서는 레이어 2/3 등 NR 규격의 상위 계층에 대한 기술 표준을 규정하고 있다.

한편 IEEE 802에서는 무선 LAN/MAN/RAN(Local/Metro/Regional Area Network), 광대역 무선 접속망(BWA), 이더넷 및 레이어 2 이더넷 스위치(Ethernet/L2 switch) 등 이동통신을 포함한 유무선 융합네트워크 및 멀티미디어 통합 서비스망을 위한 LAN/MAN 통신 프로토콜 표준사항 분석과 규정에 대한 논의를 진행하고 있다.

이 중 쟁점으로 진행하고 있는 기술로는 5G를 지원하기 위한 LAN/MAN 기술을 들 수 있다. 연관 기술로는 802.1CM TSN for fronthaul, 802.1CB frame replication and elimination for reliability, 802.1Qbu frame preemption, 802.21 MIH(Media Independent Handover)과 OmniRAN(Open mobile network interface RAN) TG의 802.1CF network reference model and functional description for IEEE 802 access network, 802.11ax/ad/ay/ah 등에서 HEW(High Efficiency WLAN)의 802.11 family의 기술 및 802.15.3d/7/4 등의 802.15 family 내 다양한 무선 접속망 기술 등을 들 수 있는데, 이들은 이동통신과 이종 무선 접속망에 대한 IoT와 고밀도 AP(Access Point) 환경에서의 솔루션을 제시하고 있다.

먼저 IEEE 801.1 WG에서 진행형 TG를 보면, 보

<표 1> TSN 관련 IEEE 801.1 WG 프로젝트 현황(2017. 3월)

Standard/ Project	subject	status	draft ver.	area of interest			
				pro A/V	auto- motive	industry	mobile
P802.1AS-Rev	Time synchronization	TG	4.5	v	v	v	
802.1Qbu	Frame Preemption	Published		v	v	v	v
802.1Qbv	Scheduled Traffic	Published				v	
802.1Qca	IS-IS Path Control & Reservation	Published				v	
P802.1Qcc	SRP Enhancements	WG	1.4	v		v	
P802.1Qch	Cyclic Queuing	WG recirculation	2.2	v		v	
P802.1Qci	Per-Stream Filtering and Policing	Sponsor ballot	2.0	v	v	v	
P802.1Qcj	Auto-attach. to PBB	TG	0.1				
P802.1Qcp	YANG	WG	1.1	v		v	
P802.1Qcr	Asynchronous Shaping	TG	0.1		v	v	
P802.1CB	Frame Replication & Elimination	Sponsor ballot	2.8	v	v	v	v
P802.1CM	TSN for Fronthaul	TG	0.6				v
P802.1CS	Link-local Registration Protocol	PAR		v		v	

안, 시간민감성 네트워크(TSN), 옴니 무선 접속망(omniRAN)으로 크게 나누어져 진행 중이다. TSN TG는 여러 산업분야에서 다양한 시간 민감성 서비스를 필요로 하게 되면서 AVB(audio/video bridging) TG를 확대 승계하여 차량 및 기타 융합 산업, 이동통신 분야 적용 기술까지 포괄적으로 확장한 것으로, <표 1>에서 정리한 것과 같이 주로 이동통신의 음성과 산업상 시간 민감성 서비스를 지원하기 위해 801.1에 부가한 기술들로서 요약될 수 있다.

이 중 5G 이동통신 지원기술은 802.1Qbu 외에 802.1CM, 802.1CB를 들 수 있는데 802.1CB는 표준제정을 앞두고 있다. TSN의 쟁점 기술인 IEEE 802.1CM은 이동통신의 프론트홀에 적용하는 TSN 기술이다. IEEE 표준기술 기반의 이동통신 프론트홀 표준은 IEEE 1914 WG에서도 진행 중인데, 1914가 주로 MAC 기술에 대한 표준 개발인데 비하여 802.1CM은 브리지 네트워크에 초점을 맞추어 CPRI

7.0(Common Public Radio Interface) 기반인 기지국에 대해 기능적 분리 작업을 수행하고 있다.

다양한 무선망 접속 기술과 관련 보안도 IEEE 802 프로젝트를 통해 표준화되고 있다. OmniRAN TG에서는 Ethernet 및 WLAN/PAN/MAN 등 IEEE 802 기반의 다양한 유무선 접속 표준기술의 상호 호환성 성립을 위해 공통 기능적 구조를 정의 규정하고 있다. 하나의 단말기로 5G/Wi-Fi/NFC/Bluetooth 등 이중 망에 접속하는 데 있어 각 access router에 유연하게 접속하기 위해 omniRAN TG에서는 IEEE 802.1CF 프로젝트를 통하여 IEEE 802 접속망의 네트워크 참조 모델과 기능을 기술하는 작업을 수행 중에 있다. 기준점 규정과 접속망 내 entity 간의 통신을 위한 동작과 기능 정의를 담은 802.1CF draft를 작성하였고 ICAID(Industry Connections Activity Initiation Document)를 제안하고 있는데, 이를 기반으로 향후 IoT 등 이기종 접속망 환경의 확산에 대비한 IEEE 802 규격 개발

에 박차를 가할 것으로 보인다. TSN TG가 AVB에서 시작하여 차량/항공 및 융합 산업, 이동통신에 이르는 광범위한 분야로 범위를 확장한 것과 같이, OmniRAN 프로젝트를 바탕으로 지능형 교통 시스템(ITS), 홈 오토메이션, 융합 산업 및 스마트그리드 시스템 등 광범위한 분야에 걸쳐 다양한 이중망 환경에서 IEEE 802 기반의 접속기술 사용을 활성화시킬 수 있을 것이다. 더 나아가 IEEE 802.15 기반의 무선 접속망 기술을 통신뿐 아니라 위치 인식을 위한 기반 기술로 사용 가능하도록 도약시키는 기반으로서의 활동을 기대하고 있다.

2.2 5G를 위한 차세대 프론트홀 인터페이싱 기술

5G의 특징적 기능 중 하나로 네트워크 슬라이싱(Network Slicing)을 들 수 있다. 소형 셀 아키텍처에서 비용 절감을 위해 기지국 내에 통합되었던 RRH(Remote Radio Head)와 BBU(Base Band Unit)가 분리되어 C-RAN 구조를 형성하면서, RRH와 BBU 사이의 구간을 프론트홀(fronthaul)이라 정의하고, eNodeB 간의 연결 구간은 미드홀(midhaul)로 칭하여지고 있다. 현재 프론트홀에서의 인터페이스로 주로 CPRI(Common Public Radio Interface)가 사용되고 있고 미드홀에서는 X2 인터페이스가 사용되고 있다.

CPRI cooperation에서는 Ericsson, Huawei Technologies, NEC, Nokia 등의 주도로 5G의 프론트홀을 지원하는 새로운 인터페이스로서 eCPRI 규정작업을 시작하려 하고 있다. 기지국 기능의 파티션과 split point의 위치 규정을 통해 5G를 위한 효율성 향상을 목표로 하고 있다.

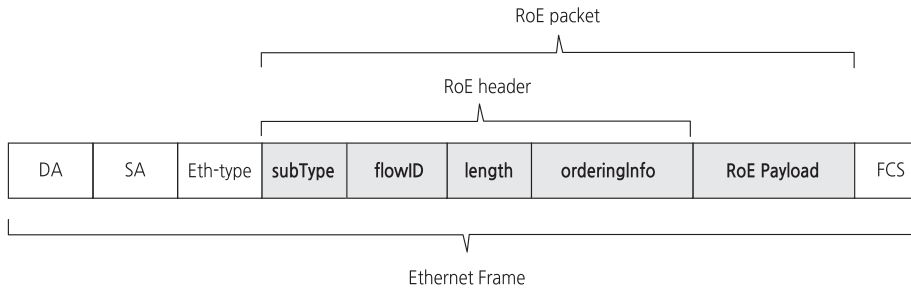
xhaul에 대한 요구사항은 CPRI 등의 표준에서 정의하고 있으나 5G를 위한 UDN(Ultra Dense Network) 및 네트워크 슬라이싱 등을 지원하고자 프론트홀과 인터페이스의 재정의를 위해 2015년 6월 IEEE 회의에서 NGFI(Next Generation

Fronthaul Interface) 추진이 발의되었고, 그 후 IEEE 1914 Next Generation Fronthaul Interface WG에서 1914.1 Packet-based Fronthaul Transport Networks와 1914.3 Radio Over Ethernet Encapsulations and Mappings의 프로젝트를 통하여 표준화 진행 중이다.

5G에 있어 기존 구조로는 프론트홀에서의 데이터 트래픽 과부하가 불가피하게 되면서 네트워크 슬라이싱을 통해 RRH와 BBU의 기능을 분리함으로써 부하 평형에 따라 다양한 운영 방법이 제안될 수 있으며, 복잡화되어가는 프론트홀의 전송용량 확장 및 다양한 토폴로지 적용, 백홀과의 연동을 위하여 xhaul 구간도 네트워크화를 시도하면서 기존 회선 스위치 기반 RAN을 대체할 패킷 교환 방식 RAN 연구가 진행되고 있는데 NGFI의 프로젝트는 이렇듯 다각도로 진행되고 있는 유무선 통합 지원 기술들의 표준 개발을 보여주고 있다.

IEEE 1914.1에서는 5G를 지원하는 패킷 교환 방식 프론트홀 인터페이스 규정에 목적을 두고 C-RAN 구조의 동적 네트워킹을 구현하기 위해 전송 효율, 인터페이스 등을 연구하며 표준기술을 개발 중에 있다. 이를 위해 BBU는 RCC(Radio Cloud Center)로, RRH는 RRS(Radio Remote System)로 재정의하였고, 기능분리에 대한 5가지 옵션이 제안되었다. 기능을 RRS로 집중하여 데이터 트래픽을 최소화하는 데이터 전송효율(옵션 3~5)과 RCC에 기능을 집중하여 중앙집중식 기지국을 구현함으로써 네트워크 구현 및 관리비를 최소화하는 RAN 효율(옵션 1)은 Trade-off 관계에 있다.

기존의 회선 스위치 한계를 극복한 패킷 교환 네트워크를 프론트홀에 적용하고자 하는 연구가 진행 중인데, 전송속도, 용량 향상률, OAM 및 프로텍션 포함한 기술 성숙도, 보급률, 토폴로지 다양성 등에 강점을 가지고 있고 백홀로의 확장과 부하분배에 효율적인 이더넷 기술이 경제적 솔루션으로 주목받




[그림 2] Radio over Ethernet 패킷

고 있으며 이는 현재 RoE(Radio over Ethernet) 기술로서 IEEE 1914.3에서 표준화 진행 중이다. IEEE 1914.3 RoE는 그 기능에 따라 structure agnostic, structure aware, native RoE로 분류되어 동일 또는 이종 물리적 링크를 통해 패킷을 전송할 수 있으며 최대 256개의 이더넷 링크와 256개의 CPRI 링크를 지원할 수 있고 mapper를 이용한 RoE의 프레임워크는 [그림 2]에 표시되어 있다.

3. 맺음말

본고에서는 5G를 위한 유무선 통합망을 지원하는 표준 개발에 대해 IEEE 동향을 중심으로 조사하고 프론트홀의 요구사항과 이에 부합하는 차세대 프론트홀 구조 및 이를 지원하는 이더넷 기반 프론트홀 표준 기술 등을 분석하였다. 5G의 C-RAN 구조에 있어 패킷 네트워킹, 네트워크 슬라이싱, 시간 민감성 네트워킹을 적용하고 IoT까지 아우르는 다양한 이기종 지원과 토폴로지의 유연성 및 확장성을 지원하는 옴니인터페이스를 구현하는 표준 기술 개발을 통해 RAN과 프론트홀 및 백홀까지 연계하는 광범위한 유무선 통합 네트워크 구축이 기대된다.

5G 환경 구축이 가속화되면서 5G 후보 기술 간에 표준 기술로의 경쟁은 치열하다. 각 표준 단체들이 추진하는 5G 표준 기술 간에도 시장을 선점하고 생존하기 위한 각축 또한 뜨겁게 전개될 것이

다. 국내에서도 5G 표준화와 개발에 많은 관심을 가지고 있으나 무선 물리계층에 편중된 관심에서 확장하여 5G 연관 융합 유무선 전반에 대해서 지원 기술의 개발과 표준 선도에 대한 투자를 확대함으로써 무선이동통신보다 더욱 큰 가능성이 내재한 통합망에서의 블루 오션 확보가 전략적으로 필요한 시점이다. 

※본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음[R0127-16-1048].

[참고문헌]

- [1] Cisco 'Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast Update,' 2016-2021, Feb. 2015
- [2] <http://www.ieee802.org>
- [3] Anna Pizzinat, 'C-RAN architecture and fronthaul challenges', LTE Backhaul Summit 2013, Amsterdam, Jun. 2013
- [4] A. de la Oliva et al., 'XHAUL: Toward an Integrated Fronthaul/Backhaul Architecture in 5G Networks,' IEEE Wireless Communications, vol. 2, no. 5, pp. 32-40, Oct 2015
- [5] <http://www.netmanias.com/ko/post/blog/8292/5g-data-center-iot-network-slicing-sdn-nfv/5g-and-e2e-network-slicing>
- [6] CPRI Interface Specification, v. 6.1
- [7] <http://sites.ieee.org/sagroups1914/files/2016/06/P1914.1.pdf>
- [8] <http://www.netmanias.com/ko/?m=view&id=blog&no=8104>
- [9] http://www.ieee1914.org/3/meetingarchive/2016/04/P0_1904_3_ngfi_1604_korhonen_19043_1.pptx
- [10] <http://sites.ieee.org/sagroups-1914/p1914-3/>