5G 이동통신을 위한 프론트홀 기술 동향

Fronthaul Technology Trends for 5G Mobile Communications

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 프론트홀 개요
Ⅲ. 표준화 및 연구 동향
Ⅳ. 결론

오돈성 (D.S. Oh, dsoh@etri.re.kr) 기가모뎀연구실 책임연구원
류득수 (D.S. Lyu, dslyu@etri.re.kr) 기가모뎀연구실 책임연구원
이 훈 (H. Lee, hlee@etri.re.kr) 기가모뎀연구실 책임연구원/실장

* 이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 '범부처 Giga KOREA 사업'의 지원을 받아 수행된 연구임[No.GK17N0100, 밀리미터파 5G 이동통신시스템 개발].

The introduction of new access technologies in 5G radio networks has had a considerable impact on the design of transport networks. Research activities are underway on new transport technologies in both the wireless and optical domains to support 5G transport. This paper provides an overview of the concept and requirements of a fronthaul. We also discuss the research activities of a new fronthaul interface for future 5G networks, a 5G integrated fronthaul/backhaul transport network (5G-Crosshaul), a next-generation fronthaul interface (NGFI), a mobile xhaul network (MXN), and a next-generation mobile fronthaul architecture with multi-IF carrier transmission scheme.

본 저작물은 공공누리 제4유형
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

Ⅰ. 서론

5G 통신은 '언제 어디서나 환경의 제약 없이 사람과 사물을 포함한 모든 사용자에게 지연 없이 Gbps급 서비스를 비용 및 에너지 측면에서 효율적으로 제공하는 통신'으로 2019년경 초기 상용화가 예상되는 미래형 서비스를 제공하는 기술과 솔루션을 총칭한다. 5G 이동통신은 다양한 형태의 스마트 디바이스 보급 및 새로운 고품질 서비스 요구 급증으로 인해, 이전 세대의 이동통신 대비 고속의 데이터 전송(eMBB: Enhanced mobile broadband), 대량의 디바이스 동시 접속(mMTC: massive MTC) 및 고신뢰도 저지연(URLLC: Ultra-high reliability and low latency communication)의 측면에서 성능 향상이 요구된다[1].

4세대 이동통신인 LTE(long term evolution)는 2GHz 주파수 대역에서 일반적으로 10MHz/20MHz의 대역폭을 활용하며, 반송파 결합(CA: Carrier aggregation)등 용량증대 기술을 채용하여, 최대 1Gbps급 데이터 서비스를 제공한다. 반면, ITU(International Telecommunication Union)-R에서는 5G Key Performance Indicator (KPI) 를 통해 20Gbps의 최대 전송속도, 100Mbps의 사용자경험 전송속도, 1ms의 무선전송구간 지연, 1km^2 면적 당 100만개의 기기 접속 및 최대 500㎞/h의 단말 이동성 등을 제공해야 한다고 정의하고 있으며[1], 3GPP는 ITU-R의 5G KPI를 만족하기 위해 B6G(Below 6GHz)대역은 물론 A6G(Above 6GHz) 대역(밀리미터파 대역)의 광대역 주파수 자원을 활용하는 5G 이동통신 표준화를 진행중이다.

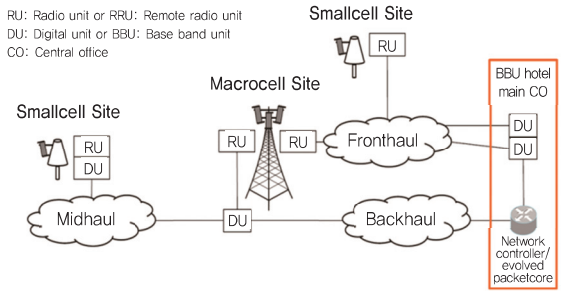
5G 이동통신 액세스 네트워크를 통해 고속/저지연 무선전송 및 대량의 디바이스 동시 접속 서비스의 원활한 제공을 위해서 서비스 커버리지 확대 및 음영지역 해소가 필수적이며, 대안 기술로서 유무선 백홀(Backhaul), 미드홀(Midhaul) 및 프론트홀(Fronthaul)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 밀리미터파(A6G) 기반의 5G 이동통신 네트워크를 구축비용 및 운용비용 측면에서 효과적으로 구축하기 위해서는 비용 효율적인 프론트홀/미드홀 기술 도입 요구가 증가할 것으로 예상된다. 예로서 5G-crosshaul 프로젝트에서는 프론트홀, 미드홀 및 백홀을 SDN(Software defined network)과 NFV(Network function visualization) 기술을 기반으로 하나로 통합하는 이동통신 트랜스포트 네트워크에 대한 활발한 연구도 진행되고 있다[2].

본 논문에서는 5G 이동통신 액세스 네트워크 구축을 위한 프론트홀의 정의, 요구사항, 기술개발 및 표준화 동향을 소개한다. Ⅱ장에서는 프론트홀 기술의 정의를 명확히 하고, 속도, 지연, BER 등의 요구사항을 분석한다. 또한, 5G 이동통신 기지국에 프론트홀을 적용하기 위한 기능분리(Function split) 방식에 따른 장단점을 살펴본다. Ⅲ장에서는 NGFI(Next generation fronthaul Interface) 등에서 진행 중인 프론트홀 표준화 활동 및 R&D 프로젝트를 소개하고, 이더넷 기반의 X-haul 기술, RoF(Radio over fiber) 기술, MXN(Mobile xhaul network) 기술 등 프론트홀 적용 가능 기술에 대하여 간단히 살펴본다.

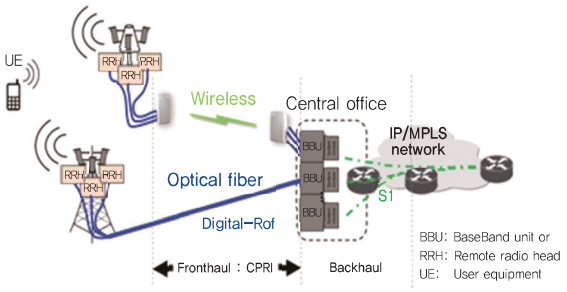
Ⅱ. 프론트홀 개요

1. 프론트홀 정의 및 종류

백홀은 기지국과 상위 네트워크의 연결을 위한 링크로써, LTE-A의 경우 S1 인터페이스를 통한 NodeB와 MME(Mobility management entity), SGW(Serving gate way) 간의 연결이 이에 해당한다. 미드홀은 다수의 소형셀과 매크로셀 간의 연결을 위한 링크로써, LTE-A의 경우 X1 인터페이스를 통한 eNodeB 간의 연결에 해당한다. 프론트홀은 기지국의 BBU(Basband processing unit) 혹은 DU와 RRH(Remote radio head) 혹은 RU(Radio unit)와의 연결을 위한 링크로써, LTE-A의 경우 CPRI(Common public radio interface) 인터



(그림 1) MEF에서 정의한 백홀, 미드홀, 프론트홀[4]



(그림 2) 유무선 프론트홀이 적용된 C-RAN 구조 예[6]

페이스를 통한 데이터 처리 장비와 원격 무선장비 간의 연결이 해당한다[3]. (그림 1)은 MEF(Metro ethernet forum)에서 정의한 모바일 백홀, 미드홀 프론트홀을 사용한 예를 보여 주고 있다. 여기서 DU(Digital unit) 간의 링크를 미드홀로 정의하고 있다.

현재 프론트홀 규격으로는 유선 기반의 CPRI(Common public radio interface), OBSAI(Open base station architecture initiative), ORI(Open radio interface)등의 규격이 개발되어 있으며, 무선구간 전송 신호, RU 제어 관리 신호 및 동기신호를 고속으로 전송 가능한 CPRI 규격이 주로 사용되고 있다[5].

이와 더불어 최근 폭증하는 데이터 수요의 해결, 기존 프론트홀 구간의 용량증대와 비용 절감을 위해 이를 네트워크로 구성하는 시도로서, OTN(Optical transport network)을 사용한 CPRI, WDM/PON을 사용한 CPRI, RoE(Radio over ethernet), RoF 등의 다양한 기술들이 제안되고 있다.

(그림 2)는 유무선 프론트홀이 적용된 C-RAN(Cloud Radio access network) 구조의 한 형태를 보여주고 있다. C-RAN 구조를 갖는 액세스 망은 기지국이 BBU와 RRH로 나누어져, BBU는 국사에 통합되어 있고, RRH는 셀 사이트에 위치하며, BBU와 RRH 사이는 CRPI로 연결되어 있다.

CPRI의 전송속도 요구사항은 RAN 사용대역폭 증가에 따라 급증한다. 예를 들어 20MHz 대역폭을 활용하는 LTE의 경우 CPRI 전송속도 요구량은 2.4576Gbps 가 된다[5].

$$2(\text{antenna}) \times 30.72\text{Msps}(\text{samplerate}) \times 15(\text{bit/sample}) \times 2(\text{IQ}) \times 10/8(8\text{B}/10\text{B}) \times 1/0.9375(\text{IQportion}) = 2.4576\text{Gb/s}(\text{CPRI Option3}).$$

Massive MIMO(Multiple Input and Multiple Output) 시스템에서 대역폭이 20MHz이고, RRH의 안테나 수가 16개라고 하면, BBU와 하나의 RRH 셀 간에는 19.66Gbps의 프론트홀 전송속도가 필요하다. 향후 New-RAT(Radio access technology) 기술이 적용되는 5G 이동통신 시스템에서 100MHz 대역폭 및 8개의 안테나를 사용하는 경우, 단위 프론트홀 속도는 28Gbps, 대역폭이 500MHz, 8개 안테나를 사용하는 경우 141Gbps, 대역폭이 500MHz 16×8 Massive MIMO가 적용되면 요구되는 프론트홀 속도는 2.25Tbps가 될 것으로 예상된다[7].

2. 프론트홀 요구사항

5G에서는 현재의 C-RAN/프론트홀 구조로는 데이터 속도 등의 프론트홀 요구사항을 감당할 수가 없다. 이를 극복하기 위해 BBU와 RRH의 기능을 지금과 다르게 분리하는 방안이 국내외에서 검토되고 있다. 현재 여러 가지 기능 분리 방안들이 제시되고 있고, 각 방안별로 프론트홀 대역폭 감소, CoMP(Coordinated multi-point transmission and reception) 효과, RAN 가상화 이득

〈표 1〉 프론트홀 타이밍 요구사항

요구사항	표준화 단체	RAN제조업체
지연(RTT)	최대 500㎲(NGMN) 5㎲(케이블제외)(CPRI)	500㎲ 이하, 150㎲(CoMP)
지연 정확도	CPRI: Link 타이밍 정확도 ±8ns 3GPP/ETSI: UE 전송 타이밍 정확도: ±130ns	N/A
지터	CPRI: 주파수편차 ±2ppb (3GPP: 50ppb)	RMS≈1.8ps PtoP≈26ps
BER	10^{-12}	10^{-12}

등에서 장단점이 있다.

CPRI 규격에 의하면 프론트홀의 BER은 사용자 평면 데이터/제어 평면 데이터에서 모두 10^{-12} 보다 작아야 한다, LTE 신호의 경우 EVM은 QPSK에서 17.5%를 초과하지 말아야 하며, 64QAM에서는 8%를 넘지 말아야 한다.

지연 및 타이밍 파라메타 측면에서 프론트홀의 왕복 시간(RTT: Round trip time)은 DU의 L2에서 RU의 L2를 거쳐서 다시 DU의 L2에 도달하는 시간으로 정의하고 있다. Tadv 의 최댓값은 1.6ms 이하이어야 하고, (그림 3)에서 RTTfronthaul 은 150㎲ 이하여야, CoMP등 향상된 기능을 만족 시킬 수 있을 것으로 보인다[8].

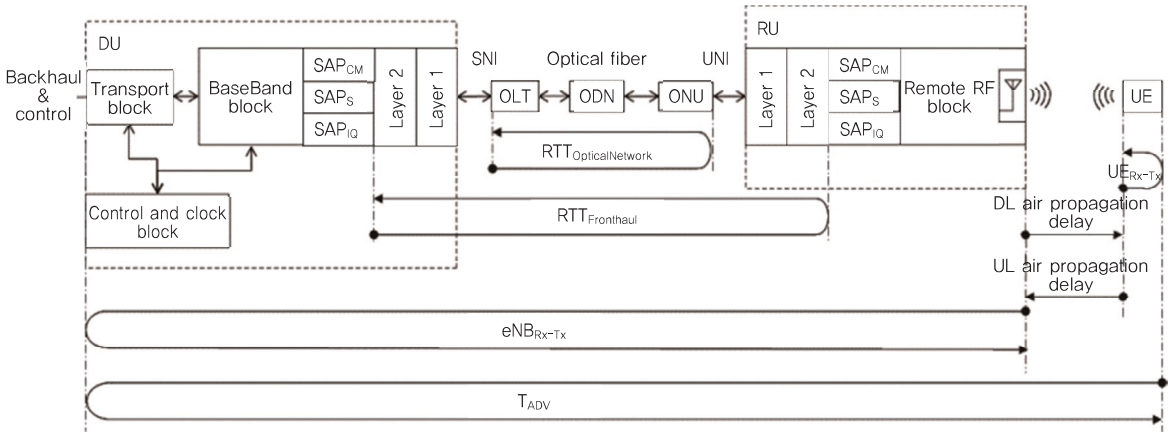
일반적으로 클럭은 GNSS(Global navigation satellite system) 또는 백홀 링크에 의해서 DU에 제공된다. RU 클럭은 수신된 CPRI 신호의 bit 클럭에 동기 된다. 타이밍 요구 사항을 표로 정리하면 〈표 1〉과 같다.

3. 프론트홀 기능분리

본 장에서는 5G 기지국에 프론트홀을 적용하기 위한 기능 분리(Function split) 방안별 속성을 알아본다. 3GPP에서는 (그림 4)와 같이 RRC와 RF 사이에 8개의 분할 옵션이 논의되고 있다[9]. 각각의 옵션은 대역폭, 지터 및 동기화 측면에서 서로 다른 요구 사항을 갖는다.

(그림 5)는 하향링크를 위한 4G 시스템에서 신호처리의 단순화 된 블록다이어그램을 나타낸다. 현재 매체 접근 및 제어와 함께 순방향 오류정정(FEC) 블록에서 IFFT(Inverse fast fourier transform) 및 CP(Cyclic prefix) 추가 블록으로 확장되는 물리계층(PHY: Physical layer)과 상위계층, 즉 무선링크제어(RLC: Radio link control) 및 패킷 데이터 수렴 프로토콜(PDCP: Packet data convergence protocol)은 eNodeB, DU 또는 BBU에 있다. RU 또는 RRH에서는 디지털 대 아날로그변환(DAC) 및 무선 기능만 제공된다.

SISO, 대규모 MIMO 및 CoMP에 따라 (그림 5)는 세 가지 시나리오에 따른 예시를 보이고 있다. 서로 다른 분리 점은 세 가지 시나리오를 통해 수직선으로 표시한다. 디지털화된 파형을 전송하는 CPRI와 같은 현재의 프론트홀 구현은 (그림 5)에서 Centralized split에서 수행된다. 최근 RU에 대한 처리의 일부를 움직이는 연구 등 여러 연구가 있었다[8].



(그림 3) 지연 시간을 포함하는 기지국 구조도[8]

- Option 1 : RRC와 PDCP 사이의 기능분리 상하향 모두 같음
- Option 2 : PDCP와 High RLC 사이의 기능분리
- Option 3 : High RLC와 Low RLC 사이의 기능분리
- Option 4 : Low RLC와 High MAC 사이의 기능분리
- Option 5 : High MAC과 Low MAC 사이의 기능분리
- Option 6 : Low MAC과 High PHY 사이의 기능분리
- Option 7 : High PHY와 Low PHY 사이의 기능분리
- Option 8 : Low PHY와 RF 사이의 기능분리

(그림 4) 3GPP에서의 CU와 DU 사이의 기능분리

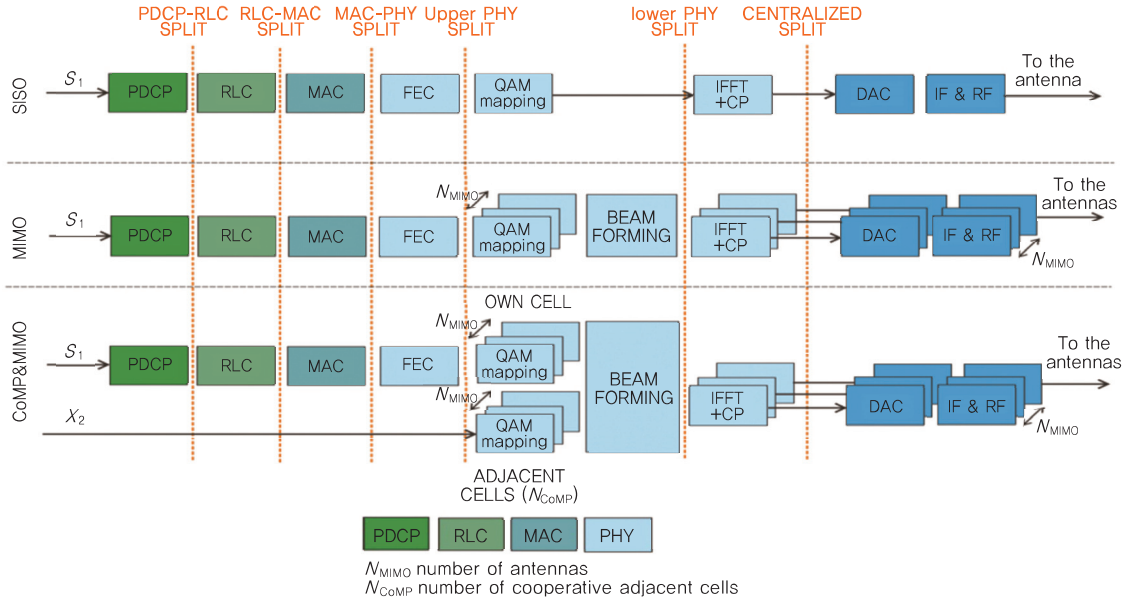
하향링크에서 MAC(Media access layer)와 PHY 간 분리의 경우는 인터페이스 전송율을 줄이는데 있어서 가장 적합하고, MAC 및 RLC 사이 또는 PDCP와 RLC 계층 사이와 같이 상위 계층에서의 분할은 지연시간 측면에서 더 관심을 가져야 한다. 결과적으로 절충안으로 유연한 분리 포인트가 5G 이동통신에서 가장 흥미로운 구현/표준화 이슈가 될 것으로 판단되지만, 5G 이동통신에서 요구되는 다양한 시나리오 및 요구사항을 만족하는 최적의 분할은 어려울 것으로 예상된다.

개선된 프론트홀은 적어도 100Gbps에서 최대 400Gbps까지의 데이터 속도를 지원할 수 있어야 한다는 결론을 내리고 있다[8].

기능 분할에 따라 다른 데이터 속도 요구 사항을 〈표 2〉에 나타냈다. 표에서 하나의 반송파, 하나의 섹터, 20MHz RF 대역폭(BW) 및 2×2 MIMO에 대한 LTE 신호의 다양한 데이터 속도를 나타낸다. 표에서 살펴보면 데이터 속도를 줄이는 분리 포인트는 MAC-PHY임을 알 수 있다.

데이터 속도와 유사하게 프론트홀의 지연시간 수치는 기능분할의 위치에 따라 다르게 된다. 〈표 3〉은 서로 다른 분리 점에 대한 단방향 지연 시간 값을 나타낸다. HARQ 등의 이유로 낮은 지연시간을 확보할 수 있는 한계는 MAC-PHY 이고, 상위 PHY, 하위 PHY 및 CPRI 분리와 같은 낮은 부분 분할에 대해서만 사이트 간 간섭 완화 등을 포함하는 전체 CoMP 기능을 수행할 수 있다. MAC 및 RLC 사이 또는 PDCP와 RLC 계층 사이와 같이 상위 계층에서의 분할은 지연 시간이 수 ms 이상이 된다. 가장 엄격한 지연에 대한 요구사항으로 440㎲(CoMP가 구현되지 않은 경우) 및 150㎲(CoMP가 구현되는 경우)의 왕복 지연이 논의되고 있다.

주파수의 정확도에 대한 논의에 있어서, 무선 인터페이스에 대한 제약으로 China Mobile은 [10]에서 기술한 것처럼 프론트홀의 주파수 정확도를 ±4.6ppm으로 잠



(그림 5) 각 시나리오에서 하향링크 기능분리 위치[8]

〈표 2〉 분리 지점에 따른 상향 하향 링크 속도[8]

분리 위치	하향링크속도	상향링크속도
PDCP-RLC	150Mbps	50Mbps
RLC-MAC	150Mbps	50Mbps
MAC-PHY	150Mbps	50Mbps
Upper PHY	170Mbps	452Mbps
Lower PHY	2Gbps	2Gbps
CPRI	2.4576Gbps	2.4576Gbps

정적으로 설정했다. 그런데도 ±2ppb의 가장 엄격한 요구 사항 값이 가능성 분석 및 향후 성능 평가를 위한 참고 자료로 사용되는 것이 검토되고 있다.

Ⅲ. 표준화 및 연구 동향

1. NGFI 표준화 활동

IEEE 1914 WG NGFI는 5G를 위한 효율적이고, 확장성 있는 프론트홀 전달망 개발을 목표로 패킷 기반 프론트홀 전달망의 표준을 위한 프로젝트인 P1914.1을 진행 하고 있다[10].

NGFI하에서 RRU(Radio remote unit)와 BBU 간에 전달되는 트래픽을 감소시켜 프론트홀의 전송 부담을 줄이기 위하여, 두 장치들 간에 기능 이동(예, BBU의 기저대역 처리 기능 이동)이 이루어진다. 이때 BBU는 RCC (Radio cloud center)로 RRU는 RRS(Radio remote system)로 재정의된다. 그리고, 프론트홀은 점대점 연결에서 다중점 대 다중점의 패킷 스위치 기반 전달망으로 변경된다. NGFI는 통계적 다중화 특성으로 트래픽 양에 비례하여 프론트홀 구간의 대역폭이 변화하도록 하며, 공동 스케줄링과 공동 송수신 등의 용량 증대에 기여하는 CoMP 알고리즘의 효율적 지원과 RRU의 안테나 개수에 무관하게 트래픽 양을 유지하는 특성을 제공한다. IEEE NGFI WG은 2017년 12월 IEEE-SA(Standards Association)에 규격 초안 제출을 목표로 NGFI 구조, O&M, 절체 보호, 지연 시간 및 지터 등의 성능과 관련된 성과 보고서를 작성하고 있다.

〈표 3〉 분리 지점에 따른 지연시간[8]

Split point	One-way delay(max.)
PDCP-RLC	30ms
RLC-MAC	6ms
MAC-PHY	Fully CoMP: 250μs
	400μs
Upper PHY	Fully CoMP: 250μs
	400μs
Lower PHY	Fully CoMP: 250μs
	400μs
CPRI	Fully CoMP: 250μs
	400μs

2. Crosshaul 프로젝트와 Xhaul 프로젝트

유럽의 H2020 5G-Crosshaul 프로젝트는 네트워킹 요소들의 유연하면서 소프트웨어 정의된 재구성을 가능하게 하는 5세대 Xhaul 전달망 개발을 목표로 프로젝트를 진행하고 있다. 데이터 평면과 제어 평면의 분리, 논리적으로 중앙 집중화된 제어, 응용 프로그램에 적합한 네트워크 자원을 갖는 형태로, 제어 평면의 통합을 위한 단일화되고 추상화된 제어 인프라 구조와 고용량 계층적 전송 기술과 저지연의 스위치 구조를 갖는 통합형 데이터 평면의 연구개발을 목표로 한다.

Crosshaul에서 제시하는 제어 인프라는 기존 소프트웨어 정의 네트워크(SDN) 컨트롤러를 확장하여 개발함으로써, 네트워크 경로 설정과 운용관리를 중앙 집중화하고, 다수의 사업자가 엑스홀 인프라를 공유할 수 있도록 설계된다. Crosshaul의 데이터 평면은 서로 다른 계층적 전송링크, 예로서 유선 광케이블 또는 무선광(Wireless optics), 밀리미터파(mmWave) 등으로 연결되는 프론트홀/미드홀/백홀간 통합 전송을 위해 공통 데이터 프레임을 이용하여, 이종 전송기술들을 상호 연결하는 고용량 스위칭 기능을 제공 한다[11], [4].

Xhaul 프로젝트는 소형셀들과 코어네트워크를 저비용으로 유연한 연결을 위한 통합형 유무선 네트워크 솔루션의 제시를 목표로 한다. Xhaul 프로젝트는

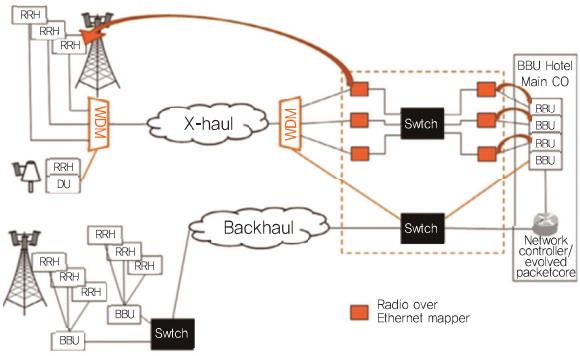
Crosshaul과 동일하게 Horizon2020의 엑스홀 관련 연구개발 프로젝트로서 유사한 연구 목표를 가지고 있다. Xhaul 프로젝트는 미래의 고용량 고성능의 네트워크 요구사항을 저비용의 유연한 구조로 지원하기 위하여, 고용량 광전송 기술뿐만 아니라 60GHz 및 Sub-6GHz의 무선 전송기술을 통합하여 프론트홀 및 백홀을 지원하는 네트워크구조를 제안한다. 제안된 구조는 단말의 이동성 정보를 이용하여, 트래픽 부하 발생을 예상하여, 네트워크 자원을 동적으로 할당하고, 네트워크 요소들을 재설정하는 기능을 제공한다.

3. 이더넷 기반 X-haul

(그림 6)는 백홀과 프론트홀을 동시에 수용하는 이더넷 기반의 링크 구조를 보여주고 있다[12]. 프론트홀의 변형된 형태로 BBU와 RRH 간의 링크를 제공할 뿐만 아니라, 백홀 기능을 수행하는 이더넷 기반의 링크 형태이다.

대용량 트래픽 상황에서도 실현 가능한 프론트홀을 제공하기 위해서, 샘플링된 무선 신호를 전송하는 대신에 BBU와 RRH사이에 기저대역 신호를 전송하기 위한 새로운 기능 분리 방법을 제안하고 있다. 트랜스포트로 이더넷 스위치를 사용하고, SDN을 적용할 수도 있다.

하지만 프론트홀 미드홀 등 X-haul로 제안한 구조를 사용하는 경우, 지연 및 동기 문제 등 풀어야 할 이슈가 남아 있다.



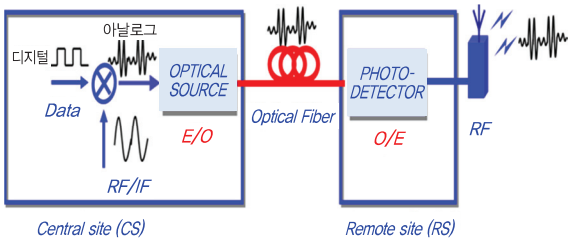
(그림 6) Backhaul과 Fronthaul을 동시 수용하는 구조[12]

4. RoF 기반 프론트홀 기술

(그림 7)에서 보는 바와 같이 광-전 변환 소자와 광섬유를 이용해 이동통신 신호를 원하는 곳까지 전송하는 기술인 RoF기술을 이용한 차세대 모바일 프론트홀에서는 이동통신 기저대역 신호를 서로 다른 중간 주파수 IF로 변환 후, 직접 아날로그 광신호로 DU로부터 RU까지 혹은 그 반대로 전달한다. 이때에 DU와 RU에서 디지털화 과정을 거치지 않으므로 기저대역 신호 대역폭 이상의 속도 증가가 없으며, 디지털 프레이밍 과정이 생략되므로 저지연 특성을 갖는 망구축이 가능하다는 장점을 제공한다. 또한, DU와 RU를 연결하는 형태에 따라 점-대-점(Point-to-Point) 전송망, 점-대-다점(Point-to-Multi Point)형 전송망, 링형 전송망 등으로 구성이 가능하다. 이처럼 구조가 단순하고, 최소 전송 대역폭만 필요하므로 경제적인 구축과 운용을 할 수 있어 차세대 이동통신 기지국 기술로 적합하다는 평가를 받고 있다. 그러나 IF 다중화에 의한 잡음 및 아날로그 광신호의 비선형성 때문에 전송거리 제한 및 EVM(Error vector magnitude) 성능 열화가 발생할 수 있는 단점이 있다.

RoF 기반으로 아날로그 광신호를 전송하기 위한 아날로그 광전송 기술은 아래 2가지 기술로 구성된다.

- 광신호를 전기신호로, 또는 전기 신호를 광신호로 변환하는 아날로그 광 송수신기 기술.
- 모바일 프론트홀 구간에 아날로그 신호를 비선형왜



(그림 7) RoF 기술 개념도

곡 없이 전송하기 위한 아날로그 광링크 기술.

기존 디지털 광전송 방식 기반의 CPRI/OBSAI 프론트홀 기술이 DU와 RU 간 무선 신호를 양자화하여 디지털 광신호로 전송하는 것과 달리, RoF 기반 모바일 프론트홀 기술은 협대역 이동통신용 기저대역 신호를 IF 기반의 주파수 다중화 방식과 비용 효율적인 직접 광 변조 방식을 사용하여 전송함으로써 1) RU는 단순화 및 저가화하고, 2) DU는 고집적, 대용량화함으로써 비용 효율적인 차세대 모바일 프론트홀 구현 및 운용 기술로 인식되고 있다[13].

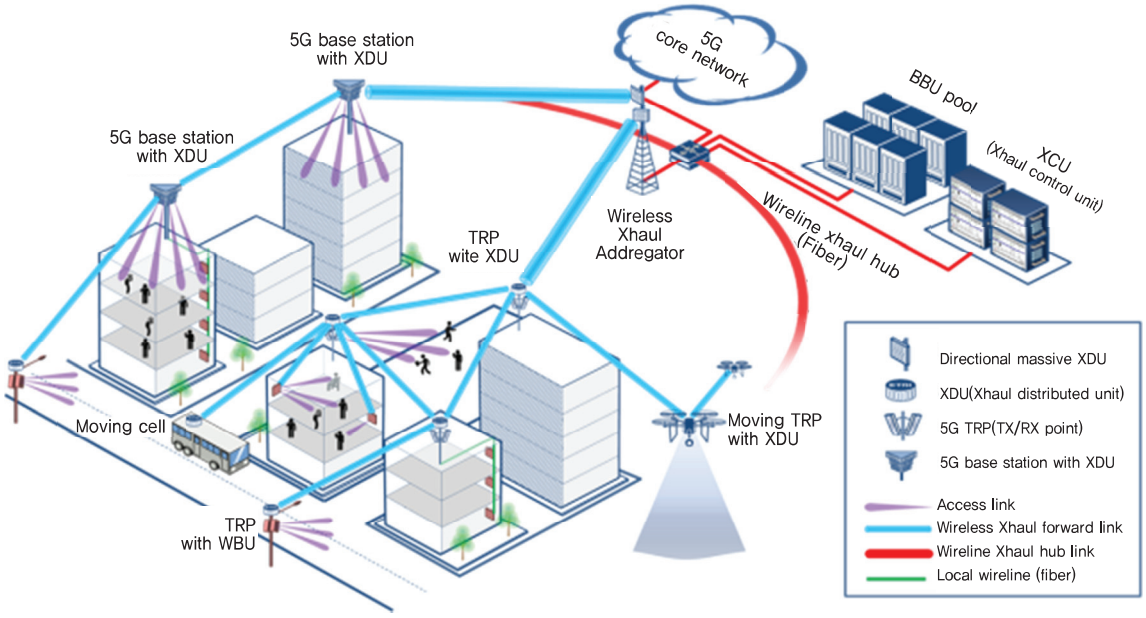
5. 이동 엑스홀네트워크(MXN)

MXN은 기존 유선 기반의 프론트홀, 미드홀, 그리고 백홀을 단일한 전송 프로토콜로 무선화하여 통합적으로 운용할 수 있는 이동 멀티홉 릴레이 기반의 무선 전송 네트워크이다.

MXN은 (그림 8)에서 보인 바와 같이 대용량 프론트홀/미드홀/백홀 트래픽을 멀티홉 릴레이로 전송하는 기능을 수행하는 엑스홀 분산전송 장치(Xhaul distributed unit)과 모든 엑스홀 분산전송 장치들의 경로구성 및 경로자원, 이동성 제어 등에 대한 통합 관리 기능을 수행하는 엑스홀 중앙제어 장치(Xhaul central unit)로 구성된다.

또한, MXN은 네트워크 구성 요소들의 이동성을 지원하기 위해 중앙 집중형 통합 관리뿐만 아니라 계층·분산형 그룹 관리를 복합적으로 수행할 수 있는 유연한 망 구성의 특징을 갖고 있다[11].

(그림 8)은 건물 사이에 있는 사람들에게 접속 링크(Access link)를 제공하는 건물 옥상의 TRP(TX/RX Point)와 기저대역 처리 장치 풀(BBU pool)사이의 무선 프론트홀 구간이 두 개의 Xhaul 링크들로 구성된 예를 포함하고 있다. MXN은 가용한 주파수 자원이 풍부한 밀리미터파의 사용을 고려하고 있으며, 밀리미터파의 높은 직진성 및 자유공간 손실 특성으로 인해 MXN은 멀티홉을 Xhaul의 필수 요소로 인식하고 있다. 이러한 인식의 결과가 (그림 8)과 같은 2 홉(Hop)의 Xhaul 경로를 가지는 프론트홀의 예라고 볼 수 있다. 프론트홀이 멀티 홉을 가질 수도 있으므로 프론트홀이 사용하는 네



(그림 8) 밀리미터파 기반 이동 엑스홀 시스템

트워크 자원은 하나의 Xhaul 링크 범위 내의 국소적인 자원인 아니다. 또한, 프론트홀 구간 전체 경로의 종단간(End-to-End)의 프론트홀의 품질 요구사항이 만족되어야 한다. 더욱이, MXN에서는 프론트홀 상의 임의의 한 Xhaul 링크는 다른 프론트홀, 미드홀, 또는 백홀과 공유되어 사용될 수 있기 때문에 네트워크 전체 자원 및 경로를 관리하는 XCU(Xhaul Central Unit)가 프론트홀 구성 및 품질 관리에 관여한다.

Ⅳ. 결론

본고에서 살펴본 바와 같이 5세대 및 이후 세대의 이동통신 프론트홀은 데이터 전송율, 지연, 경제성, 유연성, 효율성 등을 만족시키기 위하여 엄격한 요구사항을 만족하여야 한다. 현재 다양한 형태의 프론트홀 구조가 5세대 이동통신 상용화를 대비하여 활발히 연구되고 있으며, 액세스 네트워크에서 프론트홀, 미드홀, 백홀의 구분이 점차 모호해 지고 있다. 또한, C-RAN 구조하에서 각각의 요구사항을 만족 시킬 수 있는 유무선 프론트홀이 적용 영역에 따라 적절하게 선택될 것으로 보인다. 본고에서는 차세대 프론트홀의 요구사항 및 기능 분리에 대해서 살펴보았다. 어떠한 기능 분리의 경우도 5G 이동통신의 요구사항을 모두 수용하기에는 어려울 것으로 보인다. 아울러 NGFI 표준화 활동, Crosshaul 프로젝트와 Xhaul 프로젝트, 이더넷 기반의 X-haul, RoF 기반 프론트홀 기술, 이동 엑스홀 네트워크기술에 대해 살펴보았다.

용어해설

Function Split 이동통신에서 중앙 집중식 디지털 장치 (DU)와 원격 장치 (RU) 사이의 기지국 기능을 분리하여 배치하는 방법으로 분리하는 프로토콜 위치에 따라 장단점이 있음.

MXN 차세대 이동통신에서 프론트홀/미드홀/백홀 기능을 동시에 지원해 줄 수 있는 무선 전송 네트워크, 멀티홉 구성이 가능하며 대용량 트래픽을 처리하기 위해 밀리미터 대역을 사용을

약어 정리

BBU	BaseBand Processing Unit
CA	Carrier Aggregation
C-RAN	Centralized Radio Access Network
CoMP	Coordinated Multi-Point transmission and reception
CPRI	Common Public Radio Interface
CU	Centralized Unit, Cloud Unit
DU	Digital Unit
IF	Intermediate Frequency
ITU	International Telecommunication Union
LTE	long Term Evolution
MAC	Media Access Layer
MEF	Metro Ethernet Forum
MIMO	Multiple Input and Multiple Output
MME	Mobility Management Entity
MXN	Mobile Xhaul Network
NGFI	Next Generation Fronthaul Interface
OBSAI	Open Base Station Architecture Interface
ORI	Open Radio Interface
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PHY	Physical Layer
RLC	Radio Link Control
RoE	Radio over Ethernet
RoF	Radio over Fiber
RRS	Radio Remote System
RRU	Radio Remote Unit
RTT	Round Trip Time
RU	Radio Unit
SDN	Software Defined Network
SGW	Serving Gate Way
XCU	Xhaul Central Unit

참고문헌

[1] Rec. ITU-R M.2083-0, *IMT Vision - Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond*, Sept. 2015.

[2] X. Costa-Perez et al., "5G-Crosshaul: an SDN/NFV Integrated Fronthaul/Backhaul Transport Network Architecture," *IEEE Wireless Commun.*, vol. 24, no. 1, Feb.

2017, pp. 38-45.

[3] MEF, *Implementation Agreement MEF 22.1.1 Mobile Backhaul Phase 2 Amendment 1,* Apr. 7, 2014.

[4] 배정숙, 최용석 "5G를 위한 백홀 및 프론트홀 통합 전달망 기술동향," 전자통신동향분석, 제31권 제5호, 2016. 10, pp. 59-69.

[5] CPRI, CPRI Specification V7.0 (2015-10-9), Accessed July 2017. http:// www.cpri.info/

[6] P. Chanclou, "Changes, Challenges and Case studies in the fronthaul network for C-RANs," *RAN world 2015*, Cologne, Germany, Sept. 29, 2015.

[7] P. Assimakopoulos, "A 5G Fronthaul for Converged Networks," *CTTE 2015/ COMBO workshop*, Munich, Germany, Nov. 2015.

[8] C. Jumel, *D3.2 Preliminary Fronthaul Architecture Proposal*, iCirrus, Sept. 1, 2016, Accessed July 2017. http://www.icirrus-5gnet.eu/category/deliverables/

[9] 3GPP TR 38.801-100, *Study on New Radio Access Technology; Radio Access Architecture and Interfaces (Release 14 (2016),* Accessed July 2017. www.3gpp.org-/ftp/Specs/archive/38_series/38.801/

[10] China Mobile Research Institute, "White Paper of Next Generation Fronthaul Interface v1.0," 2015.

[11] 조승권 외, "이동 엑스홀 네트워크(MXN) 기술동향," 전자공학회지, 제44권 제4호, 2017. 4, pp. 48-57.

[12] N.J. Gomes et al., "Fronthaul Evolution: From CPRI to Ethernet," *Opt. Fiber Technol.*, vol. 26, Dec. 2015, pp. 50-58.

[13] S.H. Cho et al., "Cost-Effective Next Generation Mobile Fronthaul Architecture with Multi-IF Carrier Transmission Scheme," *Opt. Fiber Commun. Conf. Exhibit.*, San Francisco, CA, USA, Mar. 9-13, 2014, pp. 1-3.