

5세대 무선 백홀 기술 동향

Technical Trends of 5th Generation Wireless Backhaul

문영진 [Y.J. Moon, yjmoon@etri.re.kr]	기통신미래기술연구그룹 책임연구원
이용수 [Y.S. Lee, L7856@etri.re.kr]	기통신미래기술연구그룹 책임연구원
방승재 [S.J. Bang, sjbahng@etri.re.kr]	기통신미래기술연구그룹 책임연구원
김준우 [J.W. Kim, Jwkim74@etri.re.kr]	기통신미래기술연구그룹 책임연구원
문장원 [J.W. Moon, jwmoon@etri.re.kr]	기통신미래기술연구그룹 선임기술원
손경열 [K.Y. Sohn, kysohn@etri.re.kr]	기통신미래기술연구그룹 책임연구원
이 훈 [H. Lee, hlee@etri.re.kr]	기통신미래기술연구그룹 책임연구원

- I. 서론
- II. 주파수특성 및 요구사항
- III. 5세대 무선 백홀
 관련기술
- IV. 무선 백홀 기술개발 동향
- V. 결론

With the advent of new convergence services, the requirements of 5G mobile communication systems are being newly derived. The 5G mobile communication system has been evolving to solve requirements that cannot be satisfied with existing 4G mobile communication systems, such as a high user experience transmission rate, short transmission delay, and high connection density. The evolution of a 5G mobile communication system to meet the new requirements is expected to be dominated by the UDN environment in which a number of small cells are concentrated. The 5G wireless backhaul system, which has advantages in terms of initial installation and operation cost, is expected to be an indispensable choice for connecting many small cells and core networks. This paper therefore looks at the frequency band characteristics and requirements applicable to 5G wireless backhaul systems that can accommodate new situations, and introduces key related technologies that can satisfy the 5G wireless backhaul requirements. In addition, we describe the research and development trends of a 5G wireless backhaul system that is currently under development.

* DOI: 10.22648/ETRI,2018.J.330503

*이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 ‘범부처 Giga KOREA 사업’의 지원을 받아 수행된 연구임[No.GK18N0600, 5G 융합서비스를 위한 20Gbps P2MP 무선 백홀 기술 개발].



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

I. 서론

홀로그램, 가상현실, 원격진료 그리고 다양한 디바이스 간 통신과 같은 새로운 형태의 융합서비스 등장으로 5세대 이동통신 시스템은 새로운 요구사항들을 만족시켜야 하는 상황에 직면해 있다. 향후 예상되는 새로운 형태의 융합서비스들을 고려한 새로운 요구사항들에 관한 논의가 현재 ITU-R(International Telecommunication Union Radio Communication)에서 진행 중이며 2020년 완료될 예정이다. ITU-R WP5D 회의에서 현재까지 합의된 성능 파라미터는 최대 전송 속도, 최대 주파수 효율, 사용자 체감 전송 속도, 셀 경계 사용자 주파수 효율, 평균 주파수 효율, 면적당 트래픽 용량, 지연 시간, 연결 밀도, 에너지 효율, 신뢰성, 이동성, 이동성 단절 시간, 대역폭으로 총 13개 항목이 도출되었다[1]. 이들 중 전송 용량과 관련된 항목들과 에너지 효율을 향상시킬 수 있는 UDN(Ultra-Dense Network)은 소형셀 기지국을 사용자 가까이 위치시킴으로써 링크 품질을 향상시키고 스펙트럼 재사용률을 높여 결과적으로는 새로운 요구사항들을 충족시킬 수 있는 5세대 이동통신 시스템 진화 방향으로 예측되고 있다[2]. 이와 같은 상황에서 고밀집된 소형 셀들을 효율적으로 운영하기 위해서는 셀 간 간섭관리와 함께 다수의 소형 셀들을 코어망에 연결하기 위한 수단으로 백홀이 필요하다. 하지만 UDN 환경에서 설치된 모든 소형 셀을 코어망과 유선으로 연결하는 것은 불가능하기 때문에 유선 백홀을 보완하기 위한 수단으로 무선 백홀 적용도 고려해야만 한다. 향후 예상되는 백홀 시장은 5세대 이동통신 시스템과 함께 급격하게 성장할 것으로 예상되고 있으며, 특히 초기 설치 및 운용비용 관점에서 유리한 V 밴드 및 E 밴드 무선 백홀 시장 성장성이 두드러질 것으로 예상된다[3]. 따라서 무선 백홀 시스템 개발은 현재 국내외 다양한 업체에서 경쟁적으로 이루어지고 있으며 5세대 이동통신 요구사항을 만족시키기 위한 5세대 무선 백홀 개발도

함께 진행되고 있다.

5세대 이동통신 시스템 요구사항들을 만족시키기 위한 파라미터 도출 작업은 현재 관련 국제단체에서 활발한 협의가 이루어지고 있지만, 5세대 무선 백홀 시스템 요구사항에 관한 국제적인 협의는 아직까지 이루어지고 있지는 않다. 따라서 5세대 무선 백홀 시스템 요구사항을 도출하기 위해서는 현재까지 협의된 5세대 이동통신 시스템 요구사항을 참조할 필요가 있다. 5세대 무선 백홀 시스템 요구사항 도출을 위해 본고에서는 전송용량과 전송지연에 관련된 요구사항들을 중점적으로 살펴보고 전체적인 내용을 설명할 예정이다. 향후 예상되는 전송용량을 고려하면 5세대 무선 백홀 시스템은 대용량 전송에 유리한 밀리미터파 대역의 주파수를 이용할 수밖에 없을 것으로 생각되며, 고차변조 및 MIMO(Multi Input Multi Output) 기술 적용도 적극적으로 검토해야만 한다. 따라서 앞으로 5세대 무선 백홀 시스템에 적용될 가능성이 많은 밀리미터파 주파수 대역에 관한 고찰이 선행되어야 하며 대용량 전송 및 짧은 전송 지연 특성을 만족시킬 수 있는 기술들에 관해 전체적으로 살펴볼 필요가 있다.

본고는 5세대 무선 백홀 시스템에 관한 전반적인 기술들과 개발 동향에 대해 소개하는 것을 목적으로 II장에서 5세대 무선 백홀 시스템에 적용 가능한 밀리미터파 주파수 대역 특징을 살펴보고 요구사항들을 정리한다. III장에서는 5세대 무선 백홀 시스템 요구사항들을 만족시키기 위한 기술들에 관해 논한다. 그리고 IV장에서는 현재 개발되었거나 개발진행 중인 국내외 무선 백홀 시스템에 관해 소개한 후 V장에서 결론을 맺는다.

II. 주파수특성 및 요구사항

1. 주파수특성 및 분배현황

무선 주파수 자원은 유한한 공공재로 각국의 정책과 특성을 반영하여 할당된다. 현재 마이크로파 대역의 무

선 주파수 자원은 대부분 할당이 완료된 상태로 새로운 무선 주파수 자원을 할당 받기는 어렵다. 따라서 향후 대용량 데이터 전송이 필요한 새로운 서비스를 고려하면 밀리미터파 대역의 무선 주파수 자원이 유일할 수밖에 없다. 이와 같은 상황을 고려하면 5세대 무선 백홀 시스템에 적용될 가능성이 많은 무선 주파수 자원은 57~66GHz 대역의 V 밴드와 71~76GHz, 81~86GHz 대역의 E 밴드가 유력할 것으로 예상된다. 따라서 본고에서는 V 밴드와 E 밴드 무선 주파수 특성 및 장단점을 살펴보고 이를 기반으로 향후 무선 백홀 주파수 대역으로 사용될 가능성이 많은 E 밴드 대역의 분배 현황 및 기술적인 특징을 중점적으로 정리한다.

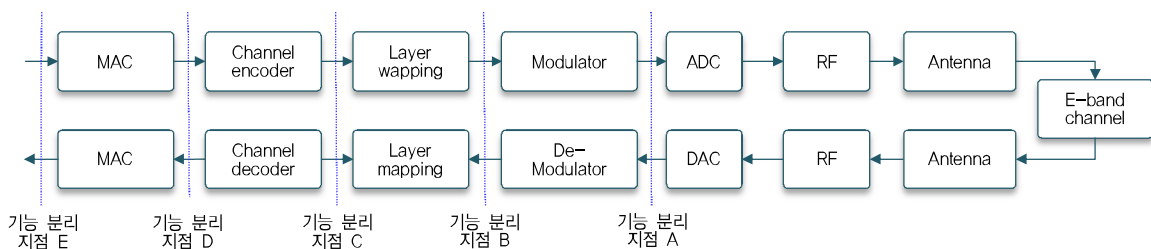
[4]에서 무선 주파수대역에 따른 대기감쇄 특성을 살펴보면 V 밴드에서의 대기감쇄는 약 16dB/Km 감쇄가 있지만, E 밴드에서는 약 0.6dB/Km 대기감쇄가 있다. 이러한 대기감쇄 특성은 자유공간 거리감쇄 약 2dB/Km를 상쇄시키고도 13dB/Km 이상의 신호 이득을 얻을 수 있으므로 향후 5세대 무선 백홀 시스템에 적용되기에는 E 밴드 대역이 더 유리할 것으로 판단된다. 또한, E 밴드 대역은 Light License 정책으로 인해 적은 비용으로도 사용 가능하기 때문에 비용절감 차원에서도 유리한 점이 있다.

FCC(Federal Communications Commission), CEPT(European Conference of Postal and Telecommunications Administrations), ITU-R과 같은 국제단체에서 규정한 E 밴드 대역의 주파수 할당은 71~76GHz 대역과 81~86GHz 대역을 각 5GHz 대역으로 나누어 사용

하도록 하고 있다. FCC에서는 각 대역에 대한 상세한 규정을 따로 두고 있지는 않지만, CEPT와 ITU-R은 각 대역의 끝에 125MHz Guard-band를 두고 내부에서 250MHz 대역으로 FA(Frequency Allocation)를 나누어 사용하도록 권고하고 있다. 또한, FCC, CEPT, ITU-R은 E 밴드 대역에서 쌍방향 통신을 위해 TDD(Time Division Duplex)와 FDD(Frequency Division Duplex) 방식을 유연하게 사용 할 수 있도록 하고 있다[5]. FCC와 ETSI(European Telecommunication Standards Institute)는 [5]에서 E 밴드 대역에서의 송신 출력에 대한 기술적인 사양을 각각 정리했다. FCC에서는 최대 송신 출력을 5dBW로 제한을 두고 있으며 최소 안테나 Gain을 43dBi 그리고 EIRP(Equivalent Isotropic Radiated Power)를 55dBW로 규정하고 있다. 그리고 ETSI는 최대 송신 출력을 30dBm으로 제한하고 최소 안테나 Gain을 38dBi 그리고 EIRP를 85dBm으로 규정한다[5].

2. 5세대 무선 백홀 시스템 요구사항

무선 백홀 시스템은 (그림 1)과 같이 기능 분리 지점에 따라 요구되는 성능지표가 달라질 수 있다. 일반적으로 AD/DA(Analogue to Digital/Digital to Analogue) 변환장치에 가까울수록 요구되는 전송속도는 높아지고 더 빠른 응답 속도를 요구한다. 향후 5세대 이동통신 시스템 진화 방향으로 예상되는 UDN 환경에서 CoMP(Coordinated Multi-Point) 구현의 용이성을 고려한 기능 분리 지점이 적절하게 선택 되어야 한다[6]. 본고에서는 설명의 용이성을 위해 기능 분리 지점을 MAC 기



(그림 1) 기능 분리 지점

능 이후에 이루어진다고 가정한다.

5세대 이동통신 시스템 최대전송속도가 20Gbps로 확정됨에 따라 5세대 무선 백홀 최대전송속도는 In-Band OAM(Operation and Management)을 고려하여 최소 20Gbps 이상의 전송속도를 만족 시켜야 할 것으로 보인다. 전송지연 측면에서도 유선 백홀 대비 사용자 체감 전송지연을 느끼지 않을 정도의 짧은 전송지연을 고려한 무선 백홀 설계가 이루어져야 한다. 5세대 무선 백홀 시스템은 UDN 환경에서 다수의 소형셀 또는 매크로셀과 무선으로 코어망과 연결시키는 지역적인 기간망 성격을 띄고 있기 때문에 안전성과 신뢰성이 충분히 보장되어야 한다. 그리고 설치 및 운용비용이 적절하고 에너지 효율성도 뛰어난 시스템이 고려되어야 할 것으로 보인다. 정리하면 5세대 무선 백홀 시스템은 전송속도, 전송지연, 안전성과 신뢰성, 설치 및 운용비용, 에너지 효율을 고려한 설계가 이루어져야 할 것으로 보이며 Ⅲ장에서 이와 관련된 기술들에 대해 간략히 소개한다.

Ⅲ. 5세대 무선 백홀 관련기술

1. 용량증대 기술

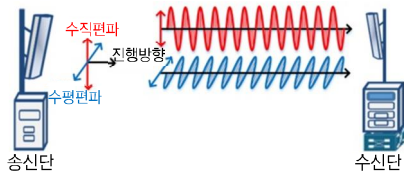
가. 고차변복조

5세대 무선 백홀 시스템에 요구되는 최대 전송속도를 만족시키기 위해서는 고차변복조 기술이 도입될 수밖에 없다. 이와 관련하여 최근 무선 백홀 시스템은 최대 256 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)을 지원하는 시스템이 시장에 출시되고 있다. 고차변복조를 지원하기 위해서는 신호품질을 높일 수 있는 RF 시스템 기술 및 안테나 기술이 종합적으로 적용되어야만 한다. 특히 5세대 무선 백홀 주파수 대역으로 유리한 조건을 가지고 있는 E 밴드 대역에서는 많은 안테나 소자를 이용하여 송수신 안테나 간의 정밀한 빔을 형성하고 전송이 가능하기 때문에 고차변복조를 적용하기에 충분히 좋은

신호품질을 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 이와 더불어 안정적인 고차변복조를 지원하기 위해서는 최적의 채널 추정 방식과 복조 알고리즘이 적용되어야만 하고 LDPC 같이 뛰어난 성능을 가진 FEC(Forward Error Correction) 복호 기술 도입도 필수적이다. 특히 E 밴드와 같은 초고주파수를 이용할 때는 LO(Local Oscillator)의 영향으로 인한 페이즈 노이즈가 증가할 수 밖에 없으며 이를 보완하기 위해 채널 추정 과정 중에 추가적으로 페이즈 노이즈를 추정하고 보완하기 위한 파일럿 설계가 필요하다[7]. [8]에서 시뮬레이션을 통해 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 환경에서 QAM 차수에 따른 LDPC BER(Low Density Parity Check Bit Error Rate) 성능 그래프를 보여준다. [8]에 따르면 LDPC 복호를 20번 반복할 경우 SNR(Signal to Noise Ratio)이 30dB 이상이면 1,024 QAM이 가능하다는 것을 보여주고 있으며 이는 E 밴드 대역에서 정밀한 빔을 형성하여 송수신이 이루어지면 얻을 수 있는 신호품질로 보여진다.

나. LOS-MIMO

무선환경에서 스펙트럼효율을 배수로 증대시킬 수 있는 일반적인 방법으로 시간과 주파수 자원을 공유하며 다중신호를 동시에 송수신하는 MIMO 기술이 있다. LOS(Line of Sight) 환경에서는 무선채널의 자유도가 떨어져 MIMO 기술을 적용하는 것이 여의치 않은 것으로 알려져 왔지만, [9]–[11]에 따르면 LOS 환경에서도 식 $D = \sqrt{R * \lambda/n}$ 를 만족시키면 MIMO가 가능하다고 밝혀졌다. 여기서 D 는 안테나 사이의 간격, R 은 송수신 안테나 간 거리, λ 는 파장 그리고 n 은 안테나 수를 나타낸다. 실제로 $D = \sqrt{R * \lambda/n}$ 를 만족하는 2×2 LOS-MIMO 환경을 구축한 후 송신신호를 보내어 서로 간에 위상이 90도가 되도록 수신함으로써 간단한 위상처리를 통해 각 신호를 독립적으로 복원하는 2×2 LOS-MIMO 시스템을 [11]에서 보여 주었다.



(그림 2) 편파 다중화에 의한 정보 전송

다. 편파 다중화 기술

편파 다중화 기술은 주파수, 시간, 공간, 코드 등과 같이 기존에 활용되고 있는 무선자원에 독립적인 전기장 편파를 새로운 자원으로 활용하여 무선용량을 증대시키는 기술이다. (그림 2)와 같이 서로 직교하는 전기장 편파에 서로 다른 데이터를 동일 시간, 동일 주파수, 동일 공간을 통해 전송함으로써 결과적으로 용량을 증대시키는 편파 MIMO 효과를 얻을 수 있다[12]. 이와 같은 편파 다중화 기술을 안정적으로 구현하기 위해서는 서로 다른 편파 채널간의 간섭을 제거하는 XPIC(Cross Polarization Interference Cancellation) 기술이 필수적으로 도입되어야 한다. 밀리미터파 대역의 LOS 환경에서는 서로 다른 편파 간의 간섭 유격이 마이크로파 대역에 비해 쉽게 이루어 질 것으로 예상되기 때문에 밀리미터파 기반 5세대 무선 백홀 용량증대 기술에 충분히 활용 가능한 기술로 생각된다.

2. 저지연 기술

5세대 이동통신에서는 짧은 전송지연을 요구하는 서비스를 규정하고 이에 관한 논의를 3GPP(3rd Generation Partnership Project)의 SA(Service and System Aspects)와 RAN(Radio Access Network)에서 하고 있다[13]. 따라서 5세대 무선 백홀 시스템도 짧은 전송지연을 만족시키는 저지연 기술 도입이 필수적이다. [13]에 따르면 전송시간을 줄이기 위한 가장 효과적인 방법은 TTI(Transmission Time Interval)를 가능한 짧게 가져가는 것이 좋으며, 감소하는 TTI 길이에 비례하여 지

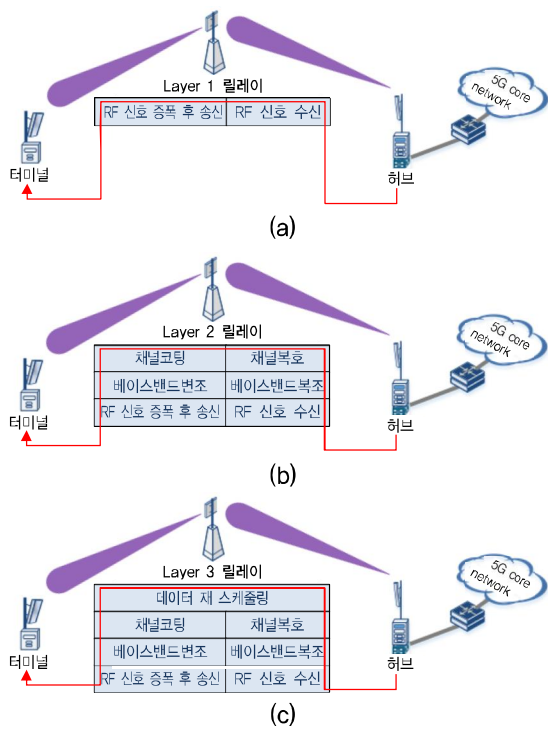
연시간이 감소하는 것을 보여준다. 제어관련 채널들과 채널추정을 위한 RS(Reference Signal) 신호 배치를 가능한 물리링크 프레임 전단에 배치시키는 것 또한 전송시간을 줄일 수 있는 방법이다. 이와 관련하여 짧은 TTI를 가지는 프레임 구조 그리고 프레임 전단에 위치하는 제어 채널들과 RS 신호들에 의해 발생할 수 있는 영향들도 함께 연구되어야 한다.

3. 신뢰성 기술

무선 백홀은 국지적인 기간망 성격을 띄고 있기 때문에 5세대 무선 백홀 시스템에 대한 신뢰성 기술은 반드시 담보되어야 한다. 밀리미터파 주파수 대역은 특히 강우상태와 주변 환경에 따라 무선채널이 급격하게 변할 수 있으므로 안정적인 전송을 보장하기 위해서는 무선 채널 변화를 실시간으로 반영하는 ACM(Adaptive Code and Modulation) 기능이 구현되어야 한다. 그리고 무선 백홀 링크 오류에 의한 서비스 단절을 방지하기 위해 통합 OAM 장치와 연계된 자동링크 이중화 기반 무선 백홀 링크도 제공되어야 하며 무선링크 특성상 보안위협을 방지하기 위한 고속 보안 프로토콜 개발도 함께 이루어져야만 한다.

4. 릴레이 기술

밀리미터파 주파수 대역에서는 전파감쇠가 심하고 특히 장애물에 의한 신호 차단이 극단적으로 발생할 수 있다. 따라서 5세대 무선 백홀 시스템은 전송거리 확대 및 다양한 상황에서 발생할 수 있는 음영지역을 효과적으로 해소하기 위한 릴레이 기술이 고려되어야 한다. 릴레이 적용 계층에 따라 L1 릴레이, L2 릴레이, L3 릴레이로 분류 할 수 있는데 각 계층 릴레이 구조는 (그림 3)과 같다. [14]에 따르면 L1 릴레이는 RF 단에서 수신된 신호를 증폭하여 다시 송신하는 방식으로 구조가 가장 간단하지만 잡음이 증폭되어 성능이 떨어질 수 있는 단점



(그림 3) 계층별 릴레이 구조: (a) L1 릴레이 구조, (b) L2 릴레이 구조, (c) L3 릴레이 구조

이 있다. 반면에 L2 릴레이는 수신된 신호에 대해 복조 및 복호 후 다시 송신하기 때문에 L1 릴레이에 비해 성능은 우수하지만, 시스템이 더 복잡해지고 전송 지연이 발생 할 수 있다. L3 릴레이는 수신된 신호에 대해 스케줄링을 다시 수행하여 전송하기 때문에 최적의 성능을 얻을 수는 있지만, 시스템이 가장 복잡하고 전송 지연이 가장 많이 발생하는 문제점이 있다. 따라서 5세대 무선 백홀 시스템 적용 시나리오에 따라 적절한 계층의 릴레이 시스템을 선택하는 연구가 선행되어야 하며 한정적인 주파수 자원을 동시에 사용하기 위해 송수신 신호 간섭을 최소화하는 간섭제거 기술에 관한 연구도 필요하다.

5. 빔형성 기술

현재 출시되고 있는 V 밴드 및 E 밴드 기반 무선 백홀 시스템은 대부분 P2P(Point to Point) 방식 제품이 주를 이룬다. 하지만 향후 전개될 5세대 이동통신 시스템인

〈표 1〉 빔형성 기술 장단점

빔형성 기술	허브	터미널	
적응형	장점	<ul style="list-style-type: none"> - 저속에서 높은 전송효율 - 이웃셀과의 간섭제거/감소가능 - 빔추적에 의한 핸드오버 적용 	<ul style="list-style-type: none"> - 저속에서 높은 사용자 전송 용량 - 이웃셀과의 간섭 제거/감소 가능 - 빔추적에 의한 핸드오버 적용
	단점	<ul style="list-style-type: none"> - 구현 복잡도 높음 - 고속이동에서 성능 급격한 열화 	<ul style="list-style-type: none"> - 구현 복잡도 높음 - 고속이동에서 링크유지 어려움
제어형	장점	<ul style="list-style-type: none"> - 스위칭 대비 높은 전송 효율 - 손쉬운 RF calibration 가능 - 실시간 피드백 불필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 손쉬운 RF calibration 가능 - 실시간 피드백 불필요 - 상대적으로 저속 이상 속도도 가능
	단점	<ul style="list-style-type: none"> - 구현 복잡도 중간 - 저속에서 정응형 대비 성능 열화 - 복수 터미널 최적 제어 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> - 구현 복잡도 중간 - 저속에서 적응형 대비 성능 열화 - 복수 터미널 환경에서 성능 열화
스위칭형	장점	<ul style="list-style-type: none"> - 상대적으로 구현 복잡도 낮음 - 최적화된 빔 패턴 구현 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 상대적으로 구현 복잡도 낮음 - 단순한 구조로 최적화 가능
	단점	<ul style="list-style-type: none"> - 빔간 간섭 증가 및 안테나이득 감소 	<ul style="list-style-type: none"> - 음영지역 증가에 따른 단말 성능 열화 - 고속에서 빈번한 빔 스위칭 발생

[출처] ETRI, “5G 융합서비스를 위한 20Gbps P2MP 무선 백홀 기술 개발,” 사업계획서, 2018.

UDN 환경에서는 하나의 코어망에 다수의 소형셀들이 연결되는 P2MP(Point to MultiPoint) 방식에 대한 시장 수요가 있을 것으로 예상된다. 따라서 5세대 무선 백홀 시스템도 다수의 소형셀들을 하나의 코어망에 연결할 수 있는 P2MP 방식을 지원해야 할 것으로 보인다. P2MP에 대한 요구를 수용하기 위해서는 빔 방향 및 빔 폭을 조정할 수 있는 빔 형성 기술이 도입되어야 한다. 빔 형성 방식에 따라 적응형, 제어형, 스위칭형으로 분류 할 수 있는데 각 방식에 따른 장단점은 〈표 1〉과 같다. 적응형 빔 형성 기술은 채널특성 및 노드의 위치 등을 실시간으로 반영하여 최적의 빔을 형성할 수 있지만, 구현이 복잡하다는 단점이 있다. 이에 반해 스위칭형은 고정된 복수 개의 빔을 활용하여 노드의 이동에 따라 최

선의 빔을 선택하는 방식으로 구현이 간단하지만 빔 간섭이 증가하고 안테나 이득이 감소한다. 제어형은 트래픽 용량 특성을 반영하여 빔 방향 및 폭을 조정하는 방식으로 적응형과 스위치형 중간 정도의 성능과 구현 복잡도를 가지고 있다. 추후 연구를 통해 다양한 환경에 효과적으로 적용할 수 있는 빔 형성 방식에 대한 연구가 있어야 한다.

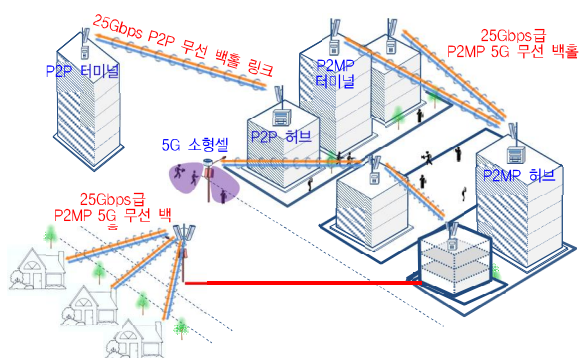
IV. 무선 백홀 기술개발 동향

1. 국내 기술개발 동향

현재 밀리미터파 대역의 무선 백홀 시스템 개발을 진행하고 있는 국내업체는 국외업체에 비해 아주 미비하다. 향후 5세대 이동통신 진화와 함께 급격하게 성장할 것으로 예상되는 5세대 무선 백홀 시스템 시장에 뒤처지지 않기 위해서는 공격적인 투자를 통해 선도적으로 기술을 선점할 필요가 있을 것으로 보인다.

국내에서 유일하게 E 밴드 무선 백홀 장비를 개발 출시하고 있는 코모텍(주)은 현재 최대 5.2Gbps급 P2P 무선 백홀 장비를 개발 완료하였으며, 향후 10Gbps급 무선 백홀 장비를 출시할 예정이다. (주)케이엠더블유는 한국전자통신연구원과 공동개발을 통해 밀리미터파 대역 RF 및 안테나 모듈 개발을 완료하였으며, 최근 4월에 28GHz 밀리미터파 기반 20Gbps급 이동엑스홀 허브 및 최대 10Gbps급 이동 엑스홀 터미널을 위한 적응형 빔 형성 RF 및 안테나를 개발하였다.

한국전자통신연구원은 밀리미터파 무선엑세스, 밀리미터파 이동무선 백홀 및 밀리미터파 전파채널 연구를 통해 28GHz 밀리미터파 기반 최대 20Gbps급 이동엑스홀 허브 시스템 및 최대 10Gbps 지원이 가능한 이동엑스홀 터미널 시스템을 개발하여 외부망 연결을 통한 시연을 보여주었으며 또한, 5세대 서비스로 예상되는 실감형 초다시점 서비스와 연계한 시연도 완료하였다. 향후 100Gbps급 초광대역 무선 백홀 핵심 원천기술을 확



(그림 4) 5세대 무선 백홀 개념도

[출처] ETRI, “5G 융합서비스를 위한 20Gbps P2MP 무선 백홀 기술 개발.” 사업계획서, 2018.

보하기 위해 200GHz 초고주파 기반 무선 백홀 연구도 선도적으로 진행하고 있다. 현재 한국전자통신연구원은 산학연 공동연구를 통해 2020년까지 (그림 4)과 같이 E 밴드 밀리미터파 주파수 대역에서 최대 전송률 25Gbps급 P2MP 5세대 무선 백홀 상용화 시스템 개발을 진행하고 있다[15].

2. 국외 기술개발 동향

국외의 경우 일반적으로 유선 통신망 인프라가 국내에 비해 미비하기 때문에 통신망 구축에 필요한 시간, 초기 설치 및 운용 비용 등에 장점을 가지고 있는 무선 백홀 시스템에 대한 선호도가 높다. 이러한 이유로 국내에 비해 많은 국외업체는 무선 백홀 시스템 개발에 적극적인 투자를 하고 있다. 처음 출시된 10Gbps급 E 밴드 무선 백홀 제품은 약 2년 전 러시아의 ELVA-1로 최대 256 QAM을 지원한다. 이후 중국의 Huawei와 미국의 Bridgewave, 이스라엘의 Siklu 등 많은 국외업체가 10Gbps급 E 밴드 무선 백홀 장비를 경쟁적으로 출시하고 있다. 특히 중국의 Huawei는 E 밴드 무선 백홀 장비에 후발 주자임에도 불구하고 유선통신 장비에서 축적된 기술을 바탕으로 다양한 네트워크 인터페이스, 사용자 편의사항 그리고 뛰어난 가격경쟁력으로 E 밴드 무선 백홀 시장에서 두각을 나타내고 있다. 현재 출시된

〈표 2〉 10Gbps급 E밴드 무선 백홀 시스템 사양

주요규격	Bridgewave	ELVA-1	Huawei	NEC
	FLEX4G-10000	PPC-10G-E	RTN 380H	iPASOLINK EX
주파수(GHz)	71~76, 81~86	71~76, 81~86	71~76, 81~86	71~76, 81~86
대역폭(MHz)	2,000	2,000	2,000	2,000
RF Channel	250MHz step	250MHz step	250MHz step	250MHz step
송신출력	+17dBm ATPC	+15dBm (추정)	+10dBm (추정)	-
Configuration	1+0, 1+1 HSB, 2+0	1+0	1+0, 1+1 HSB, 2+0	1+0
Data rate @256QAM	9.68Gbps @128QAM	9.8Gbps	9.8Gbps	10Gbps
ACM	QPSK - 256QAM	QPSK - 256QAM	BPSK - 256QAM	QPSK - 256QAM
FEC	LDPC(Low density parity check)	LDPC, Reed solomon	-	-
안테나	44dBi@1ft, 51dBi@2ft	45dBi@1ft, 51dBi@2ft	44dBi@1ft, 51dBi@2ft	44dBi@1ft, 51dBi@2ft
Interface	Ethernet: 1×10G SFP+, 2×2.5G SFP+, 2×1G RG-45 SDH/SONET/CPRI: 1×SFP	Ethernet: 1×10G SFP+ 1×1G SFP	Ethernet: 2×10G SFP+ 1x1G SFP, 1×1G RG-45	Ethernet: 1×10G SFP+, 2×2.5G SFP+, 2×1G RG-45 (추정)
Security	256-bit AES Encryption	-	-	-
Size(mm)	334×295×102	246×246×110	320×265×95	-

[출처] ETRI, “5G 융합서비스를 위한 20Gbps P2MP 무선 백홀 기술 개발,” 사업계획서, 2018.

10Gbps급 E 밴드 무선 백홀 주요 장비들에 대한 주요 시스템 사양은 〈표 2〉와 같다. 〈표 2〉에 따르면 10Gbps 급 E 밴드 무선 백홀 장비들은 공통적으로 2GHz 대역 폭을 사용하고 있으며 무선채널 상태에 따라 QPSK에서 최대 256 QAM까지 ACM을 적용하는 시스템 사양을 갖추고 있다.

앞으로 전개 될 5세대 이동통신 시스템 요구사항들을 만족시키는 5세대 무선 백홀 시스템 개발을 위해 많은 국외업체는 적극적인 투자를 통해 빠르게 움직이고 있으며 가까운 시일 내에 20Gbps급 E 밴드 무선 백홀 장비 출시를 계획하고 있다.

V. 결론

향후 5세대 이동통신 진화 방향으로 예상되는 UDN 환경에서 요구되는 사항들을 만족시킬 수 있는 5세대 무선 백홀 시스템 기술동향에 관해 본고에서 전체적으로 살펴보았다. 본고에서는 5세대 무선 백홀 시스템에 적용될 가능성이 많은 주파수 대역 특성 및 분배현황을 살펴보고 새롭게 요구되는 5세대 이동통신 요구사항을

참조하여 앞으로 전개될 5세대 무선 백홀 요구사항들에 대해 고찰 해 보았다. 그리고 5세대 무선 백홀 요구사항들을 만족시키기 위해 필요한 주요 기술들과 현재 무선 백홀 시스템 개발현황에 관해 정리하였다. 앞으로 5세대 이동통신 발전과 함께 5세대 무선 백홀 시스템 요구가 점점 더 증가할 것으로 예상되는 시점에 세계시장 흐름에 보다 적극적으로 대응할 필요가 있다.

용어해설

5세대 무선 백홀 5세대 이동통신 서비스 요구사항을 만족시킬 수 있는 기지국과 기간망 사이의 무선링크.

P2P 기지국과 기간망 사이의 일대일 연결.

P2MP 기지국과 기간망 사이의 일대다 연결.

V 밴드 50~75GHz 주파수대역.

E 밴드 60~90GHz 주파수대역.

약어 정리

3GPP	3rd Generation Partnership Project
ACM	Adaptive Code and Modulation
AWGN	Additive White Gaussian Noise
AD	Analogue to Digital
BER	Bit Error Rate

CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CoMP	Coordinated Multi-Point
DA	Digital to Analogue
ECC	Electronic Communications Committee
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FA	Frequency Allocation
FCC	Federal Communications Commission
FDD	Frequency Division Duplex
FEC	Forward Error Correction
ITU-R	International Telecommunication Union Radio Communication
LDPC	Low Density Parity Check
LO	Local Oscillator
LOS	Line of Sight
MIMO	Multi Input Multi Output
OAM	Operation and Management
P2P	Point to Point
P2MP	Point to MultiPoint
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RAN	Radio Access Network
RE	Resource Element
RS	Reference Signal
SA	Service and System Aspects
SNR	Signal to Noise Ratio
TDD	Time Division Duplex
TTI	Transmission Time Interval
UDN	Ultra-Dense Network
XPIC	Cross Polarization Interference Cancellation

참고문헌

- [1] ITU, "Minimum Requirements Related to Technical Performance for IMT-2020 Radio Interface(s)," Draft new report ITU-R M. [IMT-2020.TECH PERFREQ], Feb. 2017.
- [2] M. Kamel, W. Hamouda, and A. Youssef, "Ultra-Dense Networks: A Survey," *IEEE Commun. Surveys Tutorials*, vol. 18, no. 4, 2016, pp. 2522-2545.
- [3] IHS, "Microwave Network Equipment," Aug. 2017
- [4] N.A. Preyss "Modulation, Coding, and Receiver Design for Gigabit mmWave Communication," Ph.D. dissertation, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Swiss, 2016.
- [5] ETSI, "E-Band and V-Band -Survey on Status of Worldwide Regulation," White Paper No.9, June. 2015.
- [6] M. Jaber, M. Ali, R. Tafazolli, and A. Tukmanov, "5G Backhaul Challenges and Emerging Research Directions: A Survey," *IEEE Access*, vol. 4, Apr. 2016, pp. 1743-1766.
- [7] Yinan Qi, Mythri Hunukumbure, Hyungju Nam, Hyunil Yoo, and Saidhiraj Amuru, "On the Phase Tracking Reference Signal (PT-RS) Design for 5G New Radio (NR)," July. 2018, Available: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1807/1807.07336.pdf>
- [8] C. Pietsch, and D. Barr "Forward Error Correction(FEC) for EPoC," Sept. 2012, Available: http://www.ieee802.org/3/bn/public/sep12/pietsch_01a_0912.pdf
- [9] E. Torkildson, B. Ananthasubramaniam, U. Madhow, and M. Rodwell "Millimeter-Wave MIMO: Wireless Links at Optical Speeds," *Proc. Allerton Conf. Commun., Contr. Comput.*, Monticello, IL, USA, Sept. 29-Oct. 1, 2006.
- [10] D. Gesbert, H. Bolcskei, D. Gore, and A. Paulraj "Outdoor MIMO Wireless Channels: Models and Performance Prediction," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 50, no. 12, Dec. 2002, pp. 1926-1934.
- [11] C. Sheldon, E. Torkildson, M. Seo, P. Yue, M. Rodwell, and U. Madhow, "Spatial Multiplexing Over a Line-of-Sight Millimeter-Wave MIMO Link: A Two-Channel Hardware Demonstration at 1.2Gbps Over 41m Range," *Eur. Wireless Technol. Conf.*, Amsterdam, Netherlands, Oct. 27-28, 2008, pp. 198-201.
- [12] 방승재, "편파 기술 백서," 2014. 6. 20.
- [13] 노태균, 이안석, 정수정, 조승권, 장성철 "5G 저지연 기술 및 표준화 동향," 전자통신동향분석, 제 31권 제1호, 2016, pp. 78-85.
- [14] MiWEBA, "Specification of architecture," MiWEBA Project, D1.2, Aug. 2014.
- [15] ETRI, "5G 융합서비스를 위한 20Gbps P2MP 무선 백홀 기술 개발," 사업계획서, 2018.