

통합 액세스 백홀 네트워크 표준화 동향

백승권*, 송재수, 정희상, 김일규
한국전자통신연구원

skback@etri.re.kr, heretic@etri.re.kr, hschung@etri.re.kr, igkim@etri.re.kr

Standardization trends for Integrated Access and Backhaul Network

Seungkwon Baek*, Jaesu Song, HeeSang Jung, IlKyu Kim
Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

밀리미터파 기반의 소형셀들이 밀집 배치될 것으로 예상되는 5G 이동 통신 네트워크에서 비용 효율적인 기지국 설치 및 효율적인 커버리지 확보를 위한 솔루션으로 요구된다. 이를 위해서 3GPP에서는 광대역의 밀리미터파 주파수 자원을 가변적으로 유연하게 활용하여 다중 흡 기반의 무선 백홀 링크 기능을 제공할 수 있는 액세스 백홀 통합 네트워크 기술에 대한 표준화를 진행중에 있다. 본 논문에서는 5G 이동 통신 무선 접속 네트워크의 구조를 기반으로 NR 무선 접속 방식을 활용하여 저비용의 유연한 5G 셀 배치가 가능한 IAB 표준화 동향에 대해서 기술한다.

I. 서론

5G 이동 통신 네트워크는 6GHz 이상의 밀리미터파 주파수 대역을 기반으로 고밀집화된 소형셀 배치를 예상하고 있으므로 이동 통신 사업자의 높은 네트워크 구축 및 유지 보수 비용이 요구된다. 따라서 5G 이동 통신 네트워크에서는 넓은 대역폭 사용이 가능한 밀리미터파 주파수 대역을 이용하여 낮은 비용으로 백홀 링크를 제공하고 커버리지 홀을 줄일 수 있는 릴레이기반의 무선 백홀 기술에 대한 수요가 높아지고 있다. 이를 위해서 3GPP에서는 액세스 링크와 백홀 링크를 통합한 IAB (Integrated Access and Backhaul) 네트워크 기술에 대한 도입 및 이를 위한 표준화를 진행하고 있다[1].

본 논문에서는 앞서 기술한 요구 사항 및 표준화 동향을 기반으로 현재 3GPP에서 진행 중인 IAB 네트워크의 표준화 동향 및 기술 이슈에 대해 기술한다.

II. IAB 표준화 동향

IAB 네트워크는 광대역의 밀리미터파 주파수 자원을 동적으로 활용하여 다중 흡 릴레이 기반의 무선 백홀 링크와 액세스 링크를 제공할 수 있는 이동 통신 네트워크 기술이다. IAB 네트워크는 massive MIMO 및 다중 빔 기반의 송/수신 기술을 이용하여 액세스 링크와 백홀 링크를 위한 무선 자원을 가변적으로 설정할 수 있으므로 트래픽의 요구 사항 및 셀 배치 시나리오에 따라 다양한 형태로 구성되어 사용될 수 있다.

3GPP에서는 Rel-16 표준화 항목(Work Item, WI)으로 IAB에 대한 요구 사항, 배치 시나리오, IAB 네트워크 구조, 무선 링크 기반의 다중 흡 전송을 위한 프로토콜 구조, 그리고 액세스 링크와 백홀 링크의 동적 무선 자원

할당 방식과 같은 기술 이슈에 대해 표준화 작업을 수행하였다. 특히 Rel-16 IAB에서는 IAB 노드 기반의 다중 흡 통신, 액세스 링크와 백홀 링크의 동적 자원 다중화, 자율적인 백홀 네트워크 형성을 위한 플러그 앤 플레이(Plug and Play) 방식 그리고 다중 빔 기반의 교차 링크 간섭 기술 등을 논의하였다.

IAB 네트워크 구조 및 프로토콜 구조와 관련하여 SI(Study Item) 단계에서 5가지 후보 구조에 대해 논의하였으며 CU(Central Unit)/DU (Distributed Unit) 분할 무선 접속 네트워크 구조에서 포워딩 기반의 데이터 전송이 가능한 구조(1a)를 IAB 네트워크의 구조로 결정하였다[2]. 포워딩 기반의 구조는 페킷의 목적지 주소를 기반으로 IAB 도너(Donor)로부터 할당 받은 주소와 라우팅 인식자를 활용하여 페킷 전송의 경로를 설정하는 방식을 의미한다. IAB 네트워크는 IAB 도너 및 IAB 노드로 구성된다. IAB 도너는 CU 기능을 수행하는 CU-CP 및 CU-UP 그리고 DU로 구성되며 IAB 노드와 무선 링크를 통해 접속된다. IAB 노드는 단말 기능을 수행하는 MT(Mobile Terminal)와 기지국 기능을 수행하는 DU로 나누어진다. MT는 부모 IAB 노드 혹은 IAB 도너의 DU와 접속되어 동작하며 IAB 노드의 DU는 UE 혹은 IAB 노드의 MT와 접속되어 동작한다.

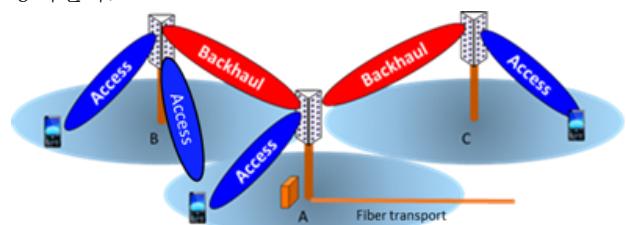


그림 1. IAB 네트워크의 개념

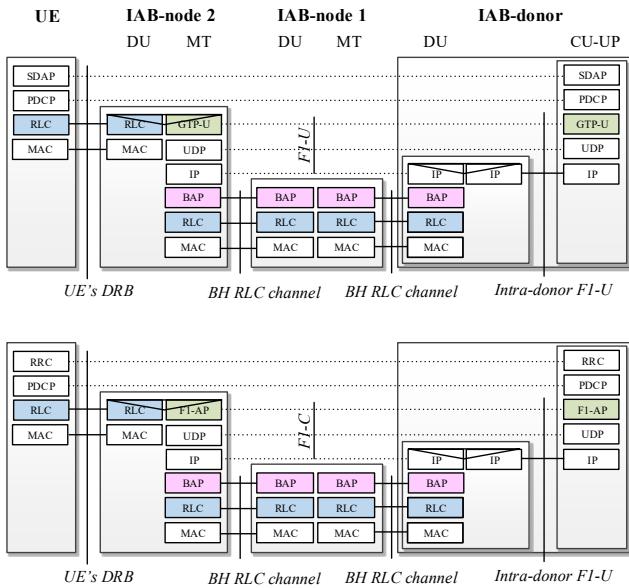


그림 2. IAB 네트워크의 프로토콜 구조

IAB 네트워크의 프로토콜 구조는 RLC(Radio Link Control) 계층에서 분할되며 다중 흡 기반의 릴레이 전송을 위한 라우팅 및 RLC 채널 맵핑 기능을 담당하는 백홀 적응 프로토콜(Backhaul Adaptation Protocol, BAP)이 새롭게 도입되었다[3]. IAB 네트워크에서 IAB 도너 및 IAB 노드들 간의 패킷 전송을 위해서 RLC 백홀 채널이 설정되며 이를 통해 데이터가 전송된다. 그림 2는 IAB 네트워크의 사용자 평면 및 제어 평면 프로토콜 구조를 나타낸 것이다.

밀리미터파 주파수를 사용하는 IAB 네트워크의 무선 백홀 링크는 기상 상황, 장애물 등의 영향으로 인해 링크상의 신호 차단(Blockage) 확률이 높으므로 서비스 커버리지의 확보와 단대단 경로상의 서비스 연속성 보장이 중요하다. 이를 위해서 Rel-16 IAB 표준화에서는 IAB 노드들 간에 설정된 무선 링크의 채널 상태, 링크 실패(Radio Link Failure) 혹은 트래픽 부하에 따른 토폴로지 변경 시나리오를 고려하고 이를 위한 토폴로지 적응에 대해 논의하였다.

IAB 네트워크는 IAB 노드의 MT와 부모 IAB 노드의 DU 간의 자원 요청 및 할당 절차를 통해 데이터를 전송한다. 다수의 IAB 노드들이 다중 흡을 통해 데이터를 전송하는 IAB 네트워크에서는 흡의 수가 늘어날 수록 스케줄링에 따른 전송 지연이 늘어나며 이를 해결하기 위해서 선점(Pre-emptive) 기반의 BSR (Buffer Status Reporting) 절차가 도입되었다. 선점 기반의 BSR 절차는 IAB 노드의 MT가 자식 IAB 노드 혹은 UE로부터 요청 예정인 버퍼 상태를 고려하여 상향 링크 전송 자원을 요청하는 절차를 의미한다.

IAB 노드의 MT는 DU의 전송 시에 데이터를 수신하지 못하므로 기본적으로 하프 듀플렉스(Half Duplex)의 이중화 방식을 고려한다. 또 IAB 노드의 MT와 DU의 시간 영역 자원은 전송 방향에 따라 하향 링크(Downlink), 상향 링크(Uplink) 혹은 임의(Flexible)로 나눌 수 있으며 이를 위한 자원 분할 설정 방식 및 전송 방식을 정의하였다. 이와 더불어 3GPP Rel-16 IAB 표준화에서는 Rel-15 물리 계층의 기능에

임의 접속(Random Access) 및 동기 신호 블록(Synchronization Signal Block, SSB) 설정을 위한 확장 기능을 추가하였다. IAB 노드의 임의 접속 기능은 Rel-15와 동일하지만 시간 제한적이지 않는 임의 접속을 고려한다. 따라서 IAB 노드의 임의 접속 설정은 기존 UE를 위한 프리앰블(Preamble)과 다른 형태로 추가적인 시간 영역 오프셋을 이용하여 긴 주기의 임의 접속 구간을 설정할 수 있도록 확장되었다. 또, DU의 SSB 전송과 MT의 SSB 탐색 및 측정을 위한 충돌을 줄이기 위해 추가적인 시간 영역 오프셋을 이용하여 SSB 전송을 위한 설정을 변경하도록 하였다. 이는 IAB 노드의 하프 듀플렉스 제약으로 인해 SSB 전송과 SSB 탐색을 동시에 할 수 없는 점을 고려한 방식이다.

IAB 네트워크는 전체적인 동작 절차를 수행하기 전에 통합(Integration) 절차를 통해서 네트워크 토폴로지 형성 및 패킷 전달 경로 설정 절차를 수행한다. 통합을 위한 첫 번째 단계로 IAB 노드의 MT는 부모 IAB 노드의 탐색 및 초기 접속 절차를 통해 RRC 연결을 설정하며 이 절차를 통해 해당 IAB 노드의 인증을 수행한다. 이후 OAM 연결 및 IAB 도너와 F1 연결 설정을 위한 백홀 RLC 채널 설정 절차를 수행하고 IP 주소 할당 및 BAP 설정을 통해 라우팅을 위한 정보를 생성한다. 데이터 라우팅을 위한 설정을 완료한 후 IAB DU와 IAB 도너의 CU 간의 F1 연결 설정한 후, 데이터 송/수신 동작을 위한 준비 상태로 전이한다.

Rel-16 IAB는 2020년 6월에 완료되었으며 추가적인 기능 향상은 Rel-17 IAB 표준화 이슈로 남겨 두었다. Rel-17 IAB 표준화 작업은 IAB 노드의 자원 다중화 성능 향상, 스케줄링, 흐름/혼잡 제어 기능 향상, IAB 도너 간의 마이그레이션 그리고 백홀 링크의 서비스 단절 시간 감소 등에 초점을 맞출 것으로 예상되며, 워킹 그룹별 세부 논의는 2020년 8월에 시작할 예정이다.

III. 결론

본 논문에서는 밀리미터파 기반의 소형 셀들이 밀집 배치될 것으로 예상되는 5G 이동 통신 네트워크에서 비용 효율적인 기지국 설치를 위해 고려되고 있는 3GPP IAB에 대한 표준화 동향 및 기술 이슈에 대해 기술하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2019-0-01460, 고속 열차 환경에서의 초고속 미디어 서비스 지원을 위한 5G 진화 기반 초고주파 무선 전송 기술 공동 연구)

참 고 문 헌

- [1] RP-200084, "WID: Integrated access and backhaul for NR," 3GPP, 2020,
- [2] TR 38.874, "Study on Integrated Access and Backhaul(Release 16)," 3GPP, 2018
- [3] TR 38.340, "Backhaul Adaptation Protocol (BAP) specification(Release 16)," 3GPP, 2020