

재생 가능 에너지 기반 셀룰러 네트워크 조사

정국진, 고영채*
고려대학교, *고려대학교

kug0860@korea.ac.kr, *koyc@korea.ac.kr

Renewable Energy-Enabled Cellular Network

Kug-Jin Jung, Young-Chai Ko*
Korea Univ. , *Korea Univ.

요 약

셀룰러 네트워크에서 기지국의 에너지 소비가 기하 급수적으로 급증하고 이산화탄소 배출에 대한 우려가 계속됨에 따라 태양열 및 풍력과 같은 재생 가능 에너지가 단독으로든 추가적으로든 기지국을 가동하는 전원으로 유망하게 고려된다. 특히 열악한 환경이나 노후 지역과 같이 안정적인 전력망이 충분하지 않고 배치가 불가능한 지역의 경우 재생 가능 에너지는 기지국의 대체 전원으로 사용된다. 이 조사 논문에서는 상세한 분석, 분류 및 관련 논문과 함께 재생 가능 에너지 기반 셀룰러 네트워크에 대한 개요를 제공한다.

I. 서 론

모바일 가입자 수가 2014 년 36 억 명에서 2020 년 52 억 명으로 증가함에 따라 소셜 네트워크, 비디오 스트리밍, 멀티미디어 콘텐츠 및 클라우드 스토리지와 같이 데이터를 많이 사용하는 애플리케이션에 사용되는 모바일 장치가 급증하면서 데이터 트래픽의 기하 급수적인 성장을 이끌고 있다 [1]. 기지국은 무선 셀룰러 네트워크에서 에너지 소비의 가장 큰 부분이며 약 60 %를 차지하므로 기지국의 에너지 소비를 줄이는 것은 모바일 네트워크 사업자의 수익에 경제적 영향을 미친다. 또한 매년 기지국은 지구 온난화 및 기후 변화와 같은 환경에 잠재적 인 해를 끼칠 수 있는 1 억 톤 이상의 이산화탄소를 생성한다. 따라서 기지국의 에너지 소비는 경제적 문제뿐만 아니라 환경 및 사회적 문제가 되었다 [2]. 이러한 우려와 함께 태양열 및 풍력과 같은 재생 가능 에너지로 기지국에 전력을 공급하는 것은 운영 비용과 탄소 발자국을 줄이는 수단으로 산업계와 학계의 엄청난 관심을 끌었다. 이 조사 논문에서는 i) 재생 가능 에너지 기반 기지국의 구성 요소와 그 모델, ii) 그에 있는 디자인 및 최적화 이슈, 그리고 iii) 재생 가능 에너지 기반 네트워크의 실현 가능성 분석 및 iv) 재생 에너지의 기타 활용 사례, 이 네 가지 섹션을 구성하여 재생가능 에너지 기반 네트워크의 개요를 제시한다.

II. 재생 가능 에너지 기반 기지국의 구성 요소

재생 가능 에너지 기반 기지국은 그림 1 과 같이 에너지 소스, 에너지 저장 장치 및 컨트롤러로 구성된다. 에너지 소스는 태양과 바람과 같은 재생 가능 에너지와 디젤이 될 수 있다. 에너지 소스에서 생성된 에너지는 컨트롤러로 전달되고 컨트롤러는 네트워크 트래픽과 BS 전력 소비를 고려하여 에너지가 저장 장치에 저장될지 아니면 기지국에 전달될지 결정한다.

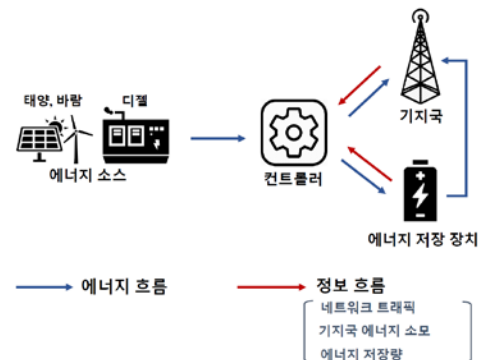


그림 1. 재생 가능 에너지 기반 기지국 구성 요소

III. 디자인 및 최적화 이슈

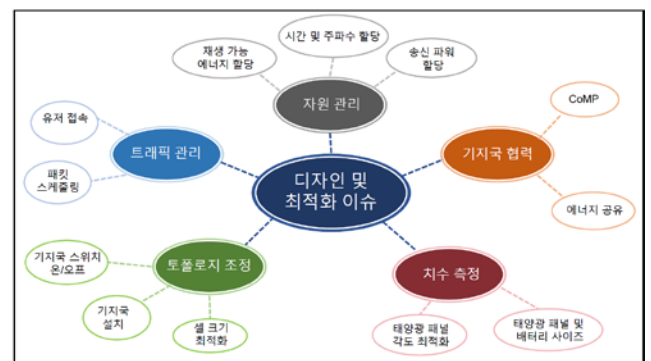


그림 2. 재생 가능 에너지 기반 네트워크 디자인 및 최적화 이슈

재생 가능 에너지 기반 네트워크의 모든 설계 및 최적화 이슈들을 토폴로지 조정, 트래픽 관리, 자원 관리, 기지국 협력, 그리고 치수 측정, 5 개 범주로 분류될 수 있고 그림 2 는 각 항목과 각각의 세부 항목을 나타낸다. 첫째로, 토폴로지는 기지국의 온 / 오프 여부, 배치할 위치 및 각 셀의 크기를 결정하는 방법과 같은 네트워크 구조 설계에서 발생하는 문제를 다루는 이슈이다. 트래픽 관리에서는 트래픽 수요 방식에 따라 재생 가능 에너지

기본 기지국에서 사용자의 패킷을 네트워크 리소스에 할당하는 방법에 대한 연구를 다룬다. 다음으로 자원 관리에서 재생 가능 에너지, 송신 파워, 시간 및 주파수와 같은 자원을 효율적으로 할당하는 방법에 대한 문제를 조사한다. 네번째, 기지국 협력은 네트워크에서 클러스터 된 기지국 간의 공동 시그널링 및 또는 전력 공급 동작을 다룬다. 마지막으로 태양광 패널 및 배터리 크기 조정과 태양광 패널 각도 조정과 같은 치수 측정을 조사한다. 어떤 논문들은 가정된 최적화를 위해 다섯 가지 디자인 이슈 중 하나를 채택하는 반면 다른 논문들은 디자인 이슈들 간의 밀접한 관계로 인해 여러 가지를 공동으로 다룬다.

IV. 재생 가능 에너지 기반 네트워크의 실현 가능성 분석

재생 가능 에너지 전력 시스템은 기지국의 환경 조건에 의존한다는 점을 고려할 때, 재생 가능 에너지 기반의 셀룰러 네트워크를 설계하기 위해서는 경제성 및 엔지니어링 측면에서 포괄적인 실현 가능성 조사가 필요하다. 대부분의 논문들은 hybrid optimization of multiple energy resources (HOMER) 소프트웨어를 사용하여 재생 에너지 기반 시스템의 경제적 및 기술 타당성을 평가하고 크기 및 치수를 지정하여 최적의 기지국 전원 공급 시스템을 조사한다. HOMER 는 태양 복사 조도 및 풍속과 같은 에너지 소스의 프로파일, 장비 비용, 에너지 저장 시스템 및 사용자 지정 제약 조건에 대한 주어진 입력을 이용하여 매시간 전력 시스템의 작동을 시뮬레이션한다 [3].

V. 재생 에너지의 기타 활용 사례

이 섹션에서는 공중 기지국 및 network-in-a-box (NIB) 와 같이 기존 고정된 기지국이 가지는 부족함을 채워주는 셀룰러 네트워크의 구성 요소에 대한 RE 의 활용 사례를 소개한다.

미래의 셀룰러 네트워크는 높은 신뢰성을 바탕으로 유비쿼터 고속 데이터 통신 서비스를 제공할 것이다. 그러나 기존의 지상 기지국은 농촌 지역의 연결성, 민첩성 및 셀룰러 네트워크의 탄력성을 충족시키기에 충분하지 않다. 또한, 이미 설치된 인프라가 더 이상 쓸모 없거나 축구, 올림픽 경기, 콘서트와 같이 일시적으로 트래픽 수요가 많은 상황, 예기치 않은 재난 상황을 고려하여 더 많은 지상의 고정 기지국을 설치하는 것은 비용적인 면에서 효율적이지 않고 실행가능성이 떨어진다는 [4]. 이러한 맥락에서 배터리와 무선 트랜시버가 장착된 다중 무인 항공기 (UAV)로 구성된 공중 기지국은 기동성이 높은 통신 인프라의 유연한 배치가 가능해 유망한 솔루션으로 제안되고 있다. 그럼에도 불구하고 UAV 의 기계적 움직임과 대용량 데이터의 무선 통신에는 상당한 에너지가 필요하지만 배터리의 용량은 크기와 무게로 인해 제한된다. 이러한 단점을 극복하기 위해, 태양열을 사용하여 재생 가능에너지 기반 UAV 가 비행시간을 연장하고 궁극적으로 영구적인 비행을 실현하는 대안으로 고려된다 [5].

NIB 는 기존 인프라를 필요로 하지 않기 때문에 모바일 네트워크를 쉽게 구축할 수 있으며 이와 같은 특성으로 재해 후 구조 및 복구, 전술 네트워크, 임시 이벤트 등 다양한 시나리오에서 통신을 제공한다. NIB 는 종종 완전히 단독으로 또는 다른 NIB 를 포함한 다른 네트워크 구성 요소와 함께 작동하도록 설계된다 [6]. 전원 선이 필요 없는 자체 전원 공급 형 NIB 의 경우 서비스 시간이 길어지면 무거운 배터리나 발전기가 필요하기 때문에 사용 시나리오에 따라 NIB 솔루션을 선택할 때 휴대성과 수명 간의 균형을 고려해야 한다.

서비스 시간을 연장하기 위한 태양광 NIB 가 'EmergenNet'의 이름으로 고안되었다 [7].

V. 결론

본 논문에서는 CO2 배출과 함께 에너지 소비를 줄이고 오프 그리드를 위한 대체 전원을 제공하는 재생 가능 에너지 기반 셀룰러 네트워크에 대해 조사한다. 이 연구는 재생 가능 에너지 기반 셀룰러 네트워크와 관련하여 현재 진행된 연구를 간략히 탐색하며 제시하는 포괄적인 개요가 향후 연구를 위한 지침이 될 수 있기를 바란다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT)(NRF-2020R1A4A1019628)

참 고 문 헌

- [1] "Cisco Annual Internet Report (2018– 2023) White Paper," Cisco, Tech. Rep., Mar.2020.
- [2] "The Mobile Economy 2020," Global System Mobile Association (GSMA), Tech. Rep., Sep. 2020.
- [3] M. Alsharif and J. Kim, "Hybrid off-grid SPV/WTG power system for remote cellular base stations towards green and sustainable cellular networks in South Korea," *Energies*, vol. 10, p. 9, Dec. 2016.
- [4] Q. Wu, Y. Zeng, and R. Zhang, "Joint trajectory and communication design for multi-UAV enabled wireless networks," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 17, no. 3, pp. 2109– 2121, Mar. 2018.
- [5] P. Oettershagen, A. Melzer, T. Mantel, K. Rudin, T. Stastny, B. Wawrzacz, T. Hinzmann, K. Alexis, and R. Siegwart, "Perpetualflight with a small solar-powered UAV: Flight results, performance analysis and model validation," in *Proc. IEEE Aerospace Conf., BigSky, MT, USA*, Mar. 2016, pp. 1– 8.
- [6] M. Pozza, A. Rao, H. Flinck, and S. Tarkoma, "Network-in-a-box: A survey about on-demand flexible networks," *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 20, no. 3, pp. 24072428, 3rd Quart. 2018.
- [7] D. Iland and E. M. Belding, "Emergenet: Robust, rapidly deployable cellular networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 12, pp. 74– 80, Dec. 2014.