

# 소프트웨어 정의 인프라 기반 클라우드 무선 접속 네트워크 자원 관리

김용강, 안남원, 박재형, 임 혁

광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부

{ygtkim, nwan, jaehyoungpark, hlim}@gist.ac.kr

## Resource Management for Software-defined Infrastructure-based Cloud Radio Access Networks

Yonggang Kim, Namwon An, Jaehyoung Park, Hyuk Lim

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

### 요 약

기존 무선 접속 네트워크 환경에서는 분산적으로 동작하는 기지국 간 정보 교환 및 협력을 통해 이동성이 있는 클라이언트를 지원하나, 기지국 및 클라이언트 수가 증가할수록 기지국 간 정보 교환 및 협력을 위한 복잡도가 매우 크게 증가한다. 본 논문에서는 중앙 집중적으로 동작하여 효율적으로 클라이언트들을 지원할 수 있고, 높은 확장성 및 유연성을 갖는 소프트웨어 정의 인프라 기반 클라우드 무선 접속 네트워크 구조를 제시하고, 이를 통한 자원 관리 최적화 기법을 제안한다.

### I. 서론

클라우드 무선 접속 네트워크 (cloud radio access network, CRAN)는 클라우드 컴퓨팅 기술을 활용하여 가상머신(virtual machine, VM)으로 구현한 데이터 센터 내의 가상 기지국(virtual base station, VBS)이 기존의 기지국 역할을 수행하고, 원격 무선 장비 (remote radio head, RRH)가 유선망을 통해 VBS로부터 수신한 기저대역 신호를 RF 신호로 변환 전송하는 새로운 형태의 차세대 통신망 기술이다. 분산적으로 동작하는 기지국들 간 정보 교환 및 협력을 통해 이동성이 있는 클라이언트를 지원하는 기존 무선 접속 네트워크와는 달리 CRAN은 가상 기지국 클라우드에서 클라이언트 지원을 위한 정보 및 자원을 중앙 집중적으로 관리한다. 중앙의 가상 기지국 클라우드 서버에서 효과적인 자원 관리를 통해 클라이언트를 지원하기 때문에 낮은 복잡도로 원격 무선 장비들 간 협력이 가능하다 [1]. 그러나 중앙 가상 기지국 클라우드에서 클라이언트를 서비스하기 위한 대부분의 역할을 수행하기 때문에 가상 기지국 클라우드와 원격 무선 장비들 간 프론트홀 네트워크(fronthaul network)에 많은 트래픽 부하가 걸리는 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 새로운 무선 접속 네트워크 구조인 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN을 제시함으로써 동적으로 변하는 네트워크 환경에 대해 트래픽 밸런싱(traffic balancing) 혹은 실시간 플로우 리라우팅(flow rerouting) 등의 기술 적용이 효율적으로 이루어질 수 있도록 하고, 제안하는 네트워크 구조에서의 가상화 자원 관리 최적화 기법을 제안한다.

제안하는 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN은 가상 기지국 클라우드, 소프트웨어 정의 기술(software-defined networking, SDN) 기반 프론트홀 네트워크 및 소프트웨어 정의 라디오(software-defined radio, SDR) 기반 원격 무선 장비로 이루어져 있다. 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN에서는 다양한 SDN 기능을 활용한 트래픽 부하 밸런싱 및 실시간 경로 재탐색 등의 기술 적용이 용이하며, 이를 통해 이동성을 갖는 클라이언트들에게 높은 서비스 품질을 제공할 수 있다. 또한 하드웨어적 인프라의 변경 없이 VBS 소프트웨어 모듈 업데이트 및 모듈 별 인스턴스

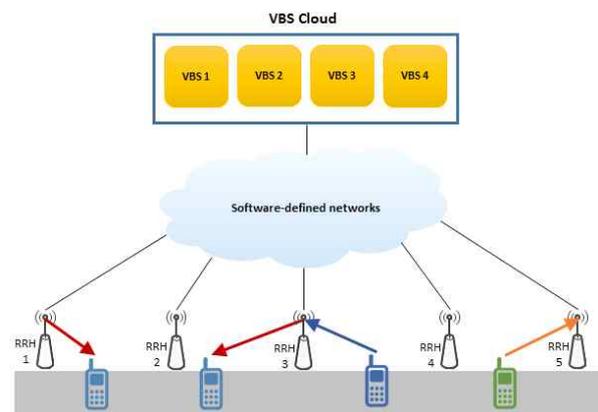


그림 1 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN 구조

생성을 통해 협력 통신 및 전이중 통신 등의 새로운 통신 기술의 적용 및 클라이언트의 요구에 따른 다양한 타입의 통신 프로토콜 동시 지원이 용이하다는 점에서 유연성 및 확장성을 갖고 있다.

### II. 소프트웨어 정의 인프라 기반 클라우드 무선 접속 네트워크

제안하는 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN은 그림 1과 같이 크게 가상 기지국 클라우드와 SDN 기반 네트워크, 그리고 SDR 기반 원격 무선 장비로 구성되어 있다. 가상 기지국 클라우드에는 다수의 가상 기지국들이 가상머신으로 생성되고, 각각의 가상 기지국이 하나의 클라이언트를 담당한다. SDN 기반 네트워크는 SDN이 가능한 스위치들과 SDN 컨트롤러로 구성되어 있다. SDN 컨트롤러는 가상 기지국 클라우드와의 정보 교환을 통해 적절한 라우팅 룰을 SDN 스위치들에게 내려줌으로써 데이터 플로우들을 관리한다. SDR 기반 원격 무선 장비들은 다양한 타입의 통신 프로토콜에 적응적으로 가상 기지국 클라우드와 클라이언트 간 신호를 변환 전송한다. 제안하는 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN은 다음과 같은 이점을 갖는다.

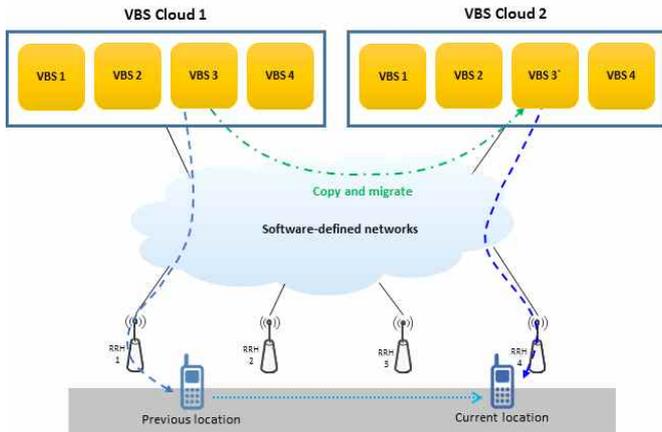


그림 2 SDN 기반 가상화 자원 관리 기술

- **높은 확장성과 유연성:** 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN에서는 동일한 하드웨어 인프라를 이용하여 다양한 타입의 통신 프로토콜 지원이 가능하다. 클라이언트에게 서비스를 제공하기 전에 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN과 클라이언트 간 정보 교환을 통해 클라이언트에 적합한 통신 프로토콜을 결정하고, 가상 기지국 클라우드에서는 해당 프로토콜을 통해 클라이언트를 지원할 수 있는 가상 기지국 소프트웨어 모듈 인스턴스를 생성한다. 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN은 클라이언트의 요구에 따라 특정한 가상 기지국 인스턴스를 생성하는 소프트웨어적 동작을 기반으로 하며 새로운 기술 쉽게 적용 가능하므로 높은 확장성과 유연성을 가지고 있다.
- **트래픽 엔지니어링 기술:** 소프트웨어 정의 인프라 기반 네트워크에서는 프론트홀 네트워크가 SDN 기술 기반으로 구성되어 있기 때문에 다양한 SDN 기능을 활용하여 네트워크 성능을 향상시키는 것이 가능하다 [2]. SDN 기반 네트워크에서는 SDN 컨트롤러가 모든 SDN 스위치들의 플로우 정보를 액세스 할 수 있기 때문에 손쉬운 트래픽 모니터링이 가능하다. 또한 SDN 컨트롤러는 수집된 정보를 이용하여 스위치들에 트래픽 과부하 현상이 발생하지 않도록 즉각적으로 플로우 라우팅 결정을 하고 SDN 스위치들의 플로우 테이블을 변경할 수 있다. 제안하는 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN에서는 다양한 SDN 기능들을 활용함으로써 동적으로 변하는 네트워크 환경에 적극적으로 트래픽 관리를 할 수 있다.

III. 소프트웨어 정의 인프라 기반 가상화 자원 관리 기술

무선 접속 네트워크에서 이동성이 있는 클라이언트를 지원할 때, 클라이언트의 이동성으로 인해 클라이언트와 가상 기지국 클라우드 간 거리가 멀어질 경우, 즉 흡 수가 증가할수록 서비스 지연시간이 증가하게 된다. 지연시간을 줄이기 위해서 클라이언트로부터 먼 거리에 있는 가상 기지국 클라우드 대신 클라이언트와 가까운 가상 기지국 클라우드가 서비스를 제공하도록 함으로써 서비스 품질을 향상시킬 수 있다. 서비스를 제공하는 가상 기지국 클라우드가 변경될 때, 이전 클라우드의 가상 기지국 정보를 새로운 클라우드에게 전달하고 전달된 정보를 이용하여 새로운 가상 기지국 인스턴스를 생성함으로써 클라이언트에게 동일한 서비스를 제공할 수 있도록 하는 클라우드 간 가상 기지국 마이그레이션 기술이 필요하다 [3]. 기존 클라우드 간 가상 기지국 마이그레이션에서는 현재 활성화되어 있는 가상 기지국을 중단한 후 해당 가상 기지국의 이미지를 다른 가상 기지국 클라우드에게 전달한다. 그 후 전달된 이미지를 이용하여 클라이언트를 지원하기 위한 새로운 가상 기지국 인스턴스가 생성되기 때문에, 가상 기

지국이 중단되는 다운타임 인턴벌 중에는 클라이언트를 지원하지 못한다. 본 논문에서는 그림 2와 같이 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN에서 SDN 기능을 이용하여 클라우드 간 가상 기지국 마이그레이션을 보다 효과적으로 수행함으로써 마이그레이션 다운타임으로 인한 서비스 품질 저하 현상을 완화한다. 제안하는 가상화 자원 관리 기술은 다음과 같다.

- **가상 기지국 관리 기술:** 현재 클라이언트에게 다운링크 서비스 혹은 업링크 서비스를 지원하고 있는 가상 기지국 클라우드 A에서 다른 가상 기지국 클라우드 B로 가상 기지국 마이그레이션을 수행해야 할 경우, 가상 기지국 클라우드 A의 가상 기지국을 중단하지 않은 상태로 해당 이미지를 가상 기지국 클라우드 B로 전달한다. 가상 기지국 클라우드 B에서는 해당 이미지를 통해 가상 기지국 인스턴스를 생성한 후 가상 기지국 클라우드 A에 마이그레이션 완료 메시지를 보내고 클라이언트 지원을 시작한다. 가상 기지국 클라우드 A에서는 가상 기지국 클라우드 B로부터 마이그레이션 완료 메시지를 받은 후 클라이언트를 지원하고 있던 가상 기지국을 중단시킨다.
- **네트워크 자원 관리 기술:** 가상 기지국 클라우드 A에 있는 가상 기지국을 중단하지 않고 마이그레이션을 수행하기 때문에 동일 클라이언트를 지원하기 위해 두 개의 가상 기지국이 동시에 존재하는 경우가 발생한다. SDN 스위치에서는 SDN 기능을 활용하여 두 개의 가상 기지국으로 인한 충돌 현상 및 패킷 드랍 현상을 막는다. 다운링크의 경우 두 개의 가상 기지국들로부터 오는 동일 패킷들을 선택적으로 드랍하여 클라이언트에게 중복된 패킷이 전달되지 않도록 한다. 업링크의 경우에는 플로우 미러링 기술을 통해 클라이언트로부터 오는 데이터를 두 개의 가상 기지국으로 보내고, 가상 기지국 클라우드 A는 받은 업링크 데이터 패킷을 가상 기지국 클라우드 B로 전달하여 패킷 중복 현상을 막는다.

IV. 결론

본 논문에서는 높은 확장성과 유연성, 손쉬운 트래픽 엔지니어링 기술의 적용이 가능한 소프트웨어 정의 인프라 기반 CRAN을 제시하였고, SDN 기능을 활용한 가상화 자원 관리 기술을 제안하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단 중견연구자지원사업(핵심)의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017R1A2B2010478, 소프트웨어 정의 인프라 기반 클라우드 무선접속네트워크의 자원 관리 및 최적화 연구).

참고 문헌

[1] D. Pompili, A. Hajisami, and T. X. Tran, "Elastic resource utilization framework for high capacity and energy efficiency in cloud RAN," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 54, no. 1, pp. 26–32, 2016.

[2] I. F. Akyildiz, A. Lee, P. Wang, M. Luo, and W. Chou, "A roadmap for traffic engineering in SDN-OpenFlow networks," *Comput. Netw.*, vol. 71, pp. 1–30, 2014.

[3] C. H. Benet, K. A. noghani, and A. J. Kassler, "Minimizing live VM migration downtime using OpenFlow based Resiliency Mechanisms," *IEEE Cloudnet*, Oct. 2016.