

6G에서의 통합 지능 기반 조건부 핸드오버 메커니즘

이선빈, 김유미, 고한얼*
경희대학교

{lsbin, yumikim1201, heko}@khu.ac.kr

A Study on the Integrated Intelligence-based Conditional Handover Mechanism in 6G Networks

Seonbin Lee, Yumi Kim, Haneul Ko*
Kyung Hee Univ.

요 약

기존 조건부 핸드오버(conditional handover, CHO)는 서비스 연속성을 보장하고 핑퐁 현상을 줄이기 위해 사용자 단말(user equipment, UE)가 설정된 조건을 만족할 때 스스로 핸드오버를 수행하도록 하여 효율성을 개선했으나, 사전 자원 예약 방식으로 인해 무선 자원의 낭비와 불필요한 요청 메시지 발생 가능성이 존재한다. 특히, RAN(radio access network) 내부 정보에만 기반한 현재의 CHO 결정은 코어 네트워크의 세션 혼잡도 및 서비스 품질(quality of service, QoS) 정보와 같은 요소를 반영하지 못해 한계가 있다. 이에 본 논문은 RAN과 코어 네트워크의 지능 정보를 통합하여, 각 후보 기지국의 트래픽 및 신호 품질 예측을 기반으로 보다 정밀한 후보 기지국 선별이 가능한 CHO 메커니즘을 제안한다. 제안 방식은 RAN-코어 네트워크 연계 기반의 예측 모델을 통해 자원 효율성과 핸드오버 결정의 정밀도를 동시에 향상시키는 것을 목표로 한다.

I. 서론

모바일 네트워크에서 사용자 단말(user equipment, UE)의 이동에 따른 서비스 연속성을 보장하기 위해서는 고도화된 이동성 관리 기술이 필수적이다. 특히, 이동성 관리 기술 중 핸드오버는 서비스 연속성을 유지하기 위한 핵심 요소다. 이를 효율적으로 제어하면 통화 끊김, 무선 링크 실패, 핑퐁 현상 등과 같은 문제를 최소화할 수 있다. 3GPP는 이를 효율적으로 제어하기 위해 조건부 핸드오버(conditional handover, CHO)를 5G 표준에 도입하였다 [1]. CHO는 네트워크가 사전에 여러 개의 후보 기지국에 대해 자원을 예약하고 UE가 설정된 조건을 지속적으로 평가하다가 특정 조건이 충족되면 스스로 핸드오버를 수행하는 방식이다. 이 방식은 UE가 실제 이동 상황에 맞춰 최적의 시점에서 핸드오버 실행 여부를 판단할 수 있도록 함으로써, 불필요한 핸드오버와 핑퐁 현상을 감소시킨다. 그러나 이러한 핸드오버 절차에서 여러 개의 후보 기지국에 대해 자원을 예약하는 방식은 무선 자원의 비효율적인 자원 사용을 유발할 수 있다. 또한, 일부 후보 기지국은 UE의 세션에 대한 서비스 품질(quality of service, QoS) 요구 사항을 충족하기에 충분한 자원을 보유하지 않을 수 있으며, 이로 인해 핸드오버 요청 메시지가 불필요하게 발생할 수 있다.

이러한 CHO의 한계를 보완하기 위한 방안으로, 최근에는 네트워크 지능화 기술을 활용하여 핸드오버 결정을 보다 정교하게 수행하려는 연구가 제안되고 있다. 특히 O-RAN(open radio access network) 구조에서는 AI/ML 기반의 RIC(RAN intelligent controller)을 통해 자원 효율성을 높이고 불필요한 핸드오버 요청 메시지를 줄이기 위한 시도가 이루어지고 있다. [2] 하지만 이러한 시도에

도 불구하고, 현재와 같이 코어 네트워크와의 실시간 정보 공유가 표준화되어 있지 않은 구조에서는 핸드오버 결정이 RAN 내부 정보에만 의존하게 된다. 이로 인해 코어 네트워크의 세션 혼잡도나 QoS 충족 가능성과 같은 요소를 정확히 반영하기 어려워, 핸드오버 결정의 정밀도가 저하될 수 있다 [3].

본 논문에서는 이러한 한계를 보완하고 핸드오버 결정의 정밀도를 향상시키기 위해, RAN과 코어 네트워크의 지능 정보를 통합적으로 활용한다. 구체적으로 코어 네트워크의 세션 수 및 위치 정보와 RAN의 기지국 트래픽 및 RSSI 데이터를 입력으로 활용한 예측 모델을 통해, 후보 기지국을 선택하는 CHO 메커니즘을 제안한다.

II. 본론

그림 1은 본 논문의 시스템 모델을 나타낸다. 이 시스템 모델은 O-RAN 구조를 기반으로 하며, 이는 Near-RT RIC(near-real time RIC)과 Non-RT RIC(non-real time RIC)로 구성된다. Near-RT RIC은 10ms에서 1s 사이의 시간에 민감한 제어를 담당하며, E2 인터페이스를 통해 gNB와 실시간으로 연동된다. 해당 RIC 내에서는 xApp이라 불리는 지능형 애플리케이션이 동작하며, 무선 자원 최적화 및 핸드오버 제어 등 다양한 기능을 수행한다. 반면, Non-RT RIC은 1s이상의 장기적인 최적화 및 정책 기반 제어를 담당하며, 분석을 생성하여 A1 인터페이스를 통해 xApp에 전달한다 [4]. 본 논문에서는 핸드오버 결정의 정밀도를 향상시키기 위해 RAN 정보뿐만 아니라 코어 네트워크의 세션 상태 및 사용자 위치 정보 등을 함께 활용하고자, Non-RT RIC 내에 분석 요청 네

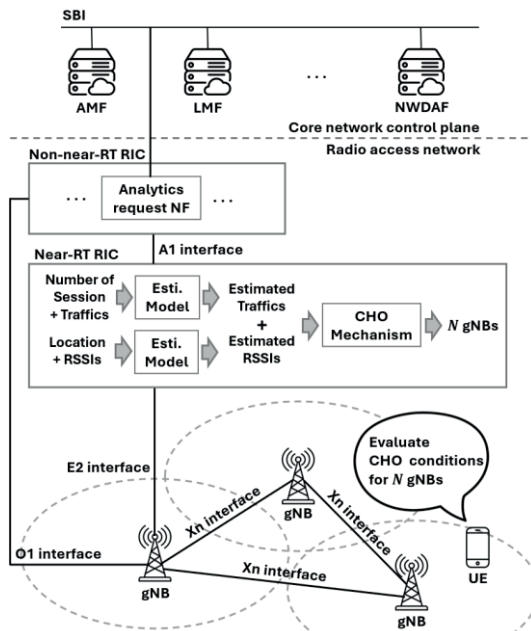


그림 1. 시스템 모델

트위크 기능(analytics request network function, ARF)을 rApp으로 도입하였다. ARF는 SBI(service-based interface)를 통해 코어 네트워크의 다양한 네트워크 기능(network function, NF)으로부터 UE 위치, 세션 수 등의 정보를 수집한다. 이렇게 수집된 정보는 Near-RT RIC의 xApp들로 전달되고 각 모델의 입력으로 들어간다. 기지국 트래픽 예측 모델은 코어의 세션 수 정보와 RAN의 기지국 트래픽 데이터를 입력으로 각 후보 기지국의 트래픽을 예측하고, RSSI 예측 모델은 UE 위치 정보와 RSSI 데이터를 바탕으로 각 후보 기지국의 RSSI를 예측한다. 이러한 예측 모델들은 모두 순환 신경망(recurrent neural network, RNN)이나 장단기 메모리 네트워크(long short-term memory, LSTM)와 같은 시계열 기반의 딥러닝 모델로 구현할 수 있으며, RIC 내 독립적인 xApp으로 동작할 수 있다. 이후 두 예측 결과를 입력으로 받아 CHO 메커니즘이 동작한다. 먼저 기지국 트래픽 예측 결과를 바탕으로 UE의 요구 트래픽 처리량을 만족하는 후보 기지국을 1차적으로 필터링한다. 그 후 RSSI 예측 결과를 바탕으로 앞서 필터링된 후보 기지국 중에서 RSSI가 가장 높은 상위 N개의 기지국을 최종 후보로 선택한다. 이를 통해 기존 방식처럼 RAN 내부 정보에만 의존하지 않고, 코어 네트워크 기반의 정보를 통합하여 후보 기지국을 결정해 보다 정밀한 핸드오버 결정이 가능하다.

III. 결론

본 논문에서는 CHO환경에서의 자원 낭비 문제와 불필요한 핸드오버 요청 메시지를 줄이고, 핸드오버 결정의 정밀도를 향상시키기 위해 RAN과 코어 네트워크의 지능 정보를 통합한 메커니즘을 제안하였다. 제안된 메커니즘은 RAN 측 정보와 코어 네트워크 기반의 정보를 통합하여 기지국의 트래픽과 RSSI를 예측한다. 이러한 예측 결과를 바탕으로 UE의 요구 트래픽 처리량을 만족하면서 RSSI가 높은 기지국들을 최종 후보로 선택한다. 이를 통해 자원 효율성과 QoS를 동시에 확보할 수 있는 가능성을 제시한다.

현재 이 메커니즘은 아이디어 수준에서 정리된 것으로, 향후 연구로는 기지국의 트래픽 및 RSSI 예측 모델의 구

체적인 구현과 성능 검증을 통해 제안된 방식의 실효성을 정량적으로 평가할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2024 년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: RS-2024-00340698)

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TS 38.300, "NR; NR and NG-RAN Overall Description; Stage-2 (Release 18)," version 18.5.0, Mar 2025.
- [2] M. Dzaferagic *et al.*, "ML-Based Handover Prediction Over a Real O-RAN Deployment Using RAN Intelligent Controller," in *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 22, no. 1, pp. 635-647, Feb. 2025.
- [3] O-RAN Next Generation Research Group, "O-RAN Cross-domain AI Enablement," version 1.1, Jul. 2024.
- [4] O-RAN Alliance, O-RAN ALLIANCE Specifications, [Online]. Available: <https://specifications.o-ran.org/specifications>