

# 초밀집 무선 네트워크 환경에서 분산형·실시간 핸드오버 결정 기술

송유재<sup>1</sup>, 임성훈<sup>2</sup>, 전상운<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 한국해양과학기술원, <sup>2</sup> 한림대학교, <sup>3</sup> 한양대학교

<sup>1</sup>yjsong@kiost.ac.kr, <sup>2</sup>shlim@hallym.ac.kr, <sup>3</sup>sangwoonjeon@hanyang.ac.kr

## 요 약

마크로 기지국과 소형 기지국이 혼재하는 초밀집, 이기종 무선 네트워크 환경에서 실시간 핸드오버 결정 문제를 고려한다 [1]. 본 연구는 이기종 네트워크 에너지 소비를 최소화할 목표로 하는 분산형 심층 Q-learning 기반의 핸드오버 결정 알고리즘을 제시 한다. 알고리즘 내 에너지 소비 계산 시, 데이터를 전송하는데 발생하는 에너지 소비 뿐만 아니라 핸드오버 실행 시 발생하는 에너지 소비도 고려하여 에너지 효율 관점에서 불필요한 핸드오버 수를 줄여 네트워크 에너지 소비 감소를 이끌어 낸다.

## I. 제안 알고리즘

본 연구에서는 초밀집, 이종 무선 네트워크 핸드오버 결정 문제를 다중-에이전트 Markov Decision Process (MDP)로 모델링하고, 각 에이전트가 MDP 해를 얻기 위해 심층 Q-Network 기반 실시간 핸드오버 결정 알고리즘을 제시하였다. 제안 알고리즘에서 중앙형 학습 에이전트(예, 마크로 기지국)는 심층 Q-Network의 학습을 위해 리플레이 버퍼를 관리하며, 학습을 위한 샘플을 분산형 핸드오버 에이전트(예, 소형 기지국)를 통해 수집한다. 중앙형 학습 에이전트는 최종 학습 결과를 분산형 핸드오버 에이전트와 공유하여, 최종적으로 각각의 분산형 핸드오버 에이전트가 독립적으로 자신들에게 접속되어 있는 단말의 핸드오버 결정을 수행한다.

본 연구의 핵심 아이디어는 각 에이전트의 State Space 및 Action Space에 기지국 정보 반영 시, 단말과 기지국 간에 신호 세기 순으로 순서화 하여 처리하였다는 점이다. 이는 제안하는 알고리즘이 네트워크 사이즈 변화에 상관없이 활용할 수 있게 한다. 또한, 네트워크 에너지 소비 계산 시 데이터를 전송하는데 발생하는 에너지 뿐만 아니라 핸드오버 실행 시 발생하는 에너지 소비도 고려하여, 에너지 효율 측면에서 불필요하게 발생하는 핸드오버 수를 줄여 네트워크 에너지 소비 감소를 이끌어 내었다.

## II. 성능검증

제안하는 알고리즘의 타당성을 확인하기 위해 기존의 핸드오버 결정 알고리즘과의 동등한 환경에서 성능 비교를 수행하였다.

그림 1은 핸드오버 발생 시 에너지 소비 양( $E^{HO}$ )의 변화에 따른 사용자 당 평균 에너지 소비 성능을 나타낸다. 그림 1을 통해 제안하는 알고리즘은  $E^{HO}$ 의 변화에 관계없이 기존의 핸드오버 결정 알고리즘에 비해서 나은 성능을 발휘한다는 것을 확인 할 수 있다.

그림 2는 전체 기지국 수 (총 9개) 중 State Space에서 반영하는 기지국 수의 변화에 따른 사용자 당 평균 에너지 소비 성능을 나타낸다. 그림 2를 통해 제안 알고리즘 활용 시, 단말이 접속 가능한 모든 기지국의 정보를 활용하지 않고 제한적인 기지국 정보를 활용하더라도 그와 유사한 성능을 발휘함을 확인 할 수 있다.

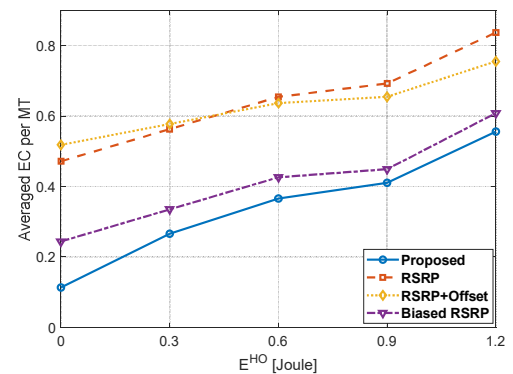


그림 1. 핸드오버 발생 에너지 소비 양의 변화에 따른 성능 비교

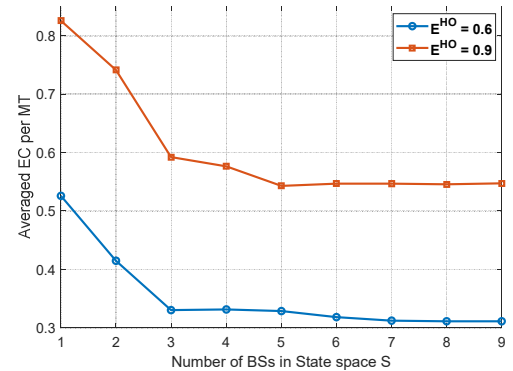


그림 2 State Space 내 고려 기지국 수의 변화에 따른 성능 비교

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by research grants from Korea Institute of Ocean Science and Technology (PE99832).

## 참 고 문 헌

- [1]. Y. Song, P. Kong and Y. Han, "Potential of Network Energy Saving Through Handover in HetNets," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 65, no. 12, pp. 10198-10204, Dec. 2016.