

# 초고신뢰 통신을 위한 SON 기능 간의 충돌 조정 기능 연구 동향

이은석, 정현재, 정대영, 김기훈, 백상헌  
고려대학교

{tinedge, qeqe, eodud1884, rlgns1109, shpack}@korea.ac.kr

## A Study on the Coordination between SON Functions for Ultra-Reliable Communications

Eunsok Lee, Hyeonjae Jeong, Daeyoung Jung, Kihoon Kim, Sangheon Pack  
Korea Univ.

### 요약

5G 네트워크에서는 저지연과 고신뢰의 데이터 통신을 요구하는 다양한 네트워크 장치들과 어플리케이션들의 증가로 인해 수동적인 네트워크의 관리 및 운영이 어려워졌다. 따라서 복잡해진 네트워크의 유지 및 관리를 위해서 자동화된 네트워크의 관리를 지원하는 자가 구성 네트워크 (SON) 기술이 해결책으로 제시되고 있다. 하지만 SON 기능들은 독립적인 목적을 가진 기능들이기 때문에 다수의 SON 기능들이 동시에 작동할 경우 충돌이 발생하여 네트워크의 전반적인 성능 하락으로 이어질 수 있다는 문제점이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 SON 기능들 간의 충돌을 조정하여 네트워크의 안정성을 높이는 연구들을 소개한다.

### I. 서론

5G 네트워크의 등장에 따라 자율주행, 스마트 팩토리, AR/VR 등 초고속, 초신뢰의 데이터 통신을 요구하는 어플리케이션들이 증가하였고 이러한 네트워크의 관리 및 최적화를 위해서 자가 구성 네트워크 (Self-Organizing-Network, 이하 SON) 기술이 해결책 중 하나로 제시되고 있다.

SON은 네트워크의 제어와 관리를 엔지니어의 작업 없이 자동적으로 수행하는 기능들의 집합으로 기능에 따라 자동 구성 (Self-Configuration), 자동 최적화 (Self-Optimization), 진단 및 치료 (Self-Healing)로 구성되어 있다. 하지만 각 SON 기능들은 셀의 과부하 방지, 기지국과 장치들의 안정적인 연결 등 독립적인 목적을 가지고 있는 기능들로 다른 기능들의 작동을 고려할 수 없다. 이로 인해 다수의 SON 기능들이 동시에 작동하게 되면 기능 간의 간섭으로 인한 충돌이 발생할 수 있고 이는 데이터 전송의 지연, 오류 등의 네트워크 성능 하락으로 이어져 어플리케이션들의 요구 사항을 충족하지 못할 수 있다.

대표적인 SON 기능 간의 충돌로는 MLB (Mobility Load Balancing) 기능과 MRO (Mobility Robustness Optimization) 기능의 충돌이 있다. MLB 기능의 경우 셀의 과부하를 막기 위해서 과부하 된 셀의 사용자들을 부하가 적은 이웃 셀로 이동시켜 셀의 과부하를 막는 것을 목표로 하고, MRO 기능의 경우 장치들의 이동에 따른 연결 유실을 막기 위해 적절한 핸드오버를 제공하는 것을 목표로 하는 기능으로 두 기능은 다른 목적을 가지고 있지만 핸드오버 절차와 관련된 부분을 제어한다는 공통점이 존재하기 때문에 두 기능 간의 조정 없이 작동할 경우 셀의 부하 증가나 장치와 기지국 간의 연결 손실 등으로 이어진다.

3GPP는 이러한 SON 기능들 간의 충돌로 인한 네트워크의 성능 하락을 막기 위해서 SON 기능들 간의 충돌을 완화시키는 기술로 자가 조정 기능 (Self-Coordination)을 제안했다 [1].

본 논문에서는 MLB와 MRO 기능 간의 충돌을 조정하는 기법들을 제시한 연구들에 대해서 소개한다.

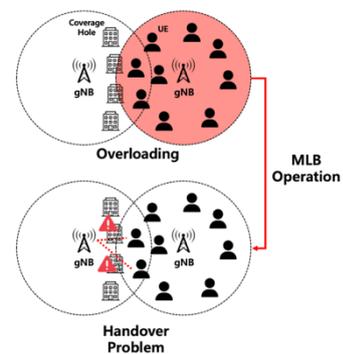


그림 1. MLB 기능과 MRO 기능의 충돌 상황

### II. 자가 조정 기능 연구 동향

#### (1) 휴리스틱 자가 조정 기능 연구

SON 기능 간의 충돌 조정은 다수의 SON 기능들의 특성을 모두 고려해야 하는 복잡한 문제이다. 이러한 문제를 다루기 위해서 연구 [2]-[3]은 특정 SON 기능만의 특성을 고려한 최적화를 진행한 후 나머지 SON 기능의 특성을 고려하여 앞서 진행한 최적화를 수정하여 충돌을 조정하는 기법들을 제안하였다. 연구 [2]는 MLB 기능의 특성을 먼저 고려한 후 MRO 기능의

특성을 고려하는 기법을 제안한다. 각 셀의 부하에 따라 핸드오버 관련 파라미터 조정 값을 결정하고, 급격한 파라미터 조정으로 인해 발생할 수 있는 RLF (Radio Link Failure)와 PP (Ping-Pong Handover)를 막기 위해서 이웃 cell 과의 부하 비율에 따라 결정된 파라미터 값을 다시 조정한다. 이와 다르게 연구 [3]은 MRO 기능의 특성을 고려한 후 MLB 기능의 특성을 고려하는 기법을 제안한다. 각 UE (User Equipment)의 RSRP (Reference Signal Received Power)를 측정하여 RLF 나 PP 가 발생할 가능성이 있는 UE 들을 선택한다. 그리고 해당 UE 들을 부하가 큰 셀들로 핸드오버를 수행시켜 RLF 와 같은 핸드오버 관련 문제들의 발생들을 막으면서 셀의 과부하를 막는다.

또한 최근 데이터 분석을 통해 모델을 학습하고 목적을 위한 최적의 솔루션을 도출하는 기계학습 (Machine Learning, 이하 ML)을 단일 SON 기능들에 적용하는 연구들이 제안되고 있고, 이러한 ML 기반 SON 기능들의 충돌 조정도 필요해졌다. 연구 [4]는 스케줄링과 클러스터링을 통해 각 SON 기능들의 작동 순서를 제어하여 ML 기반 SON 기능들이 학습 과정에서 간섭을 최소화한 작동 방식 학습이 가능한 기법을 제시하였다.

### (2) ML 적용 자가 조정 기능 연구

네트워크의 성능을 향상시키기 위해서 다양한 SON 알고리즘들이 제안되었고, 복잡해지는 알고리즘들을 휴리스틱 하게 조정하는 것에는 한계가 존재했다. 이를 위해서 연구 [5]는 ML 기반 중앙 컨트롤러를 통해 SON 기능 간의 충돌을 조정하는 기법을 제안했다. 각 SON 기능들은 파라미터 조정을 위해서 중앙 컨트롤러에게 요청을 보내게 되며, 중앙 컨트롤러는 학습을 통해 충돌을 최소화하는 방향으로 SON 기능들의 요청을 승인하거나 거부한다. 하지만 컨트롤러가 SON 기능들의 충돌 조정을 담당하게 되면 네트워크 환경이 커질수록 학습을 진행하는 컨트롤러의 부하가 크게 증가하는 문제가 존재했다. 이를 해결하기 위해서 연구 [6]과 연구 [7]은 ML 을 이용해서 네트워크의 상태 정보를 예측하고 해당 정보를 이용하여 최적화를 진행하는 기법들을 제안하였다. 연구 [6]은 ML 을 이용해 각 SON 기능의 KPI (Key Performance Indicator)를 예측하고 이를 통해 SON 기능들 간의 간섭을 고려하여 충돌을 완화시키는 기법을 제시하였고, 연구 [7]은 ML 을 이용해 UE 의 이동성을 예측한 정보를 바탕으로 충돌을 막는 기법을 제안하였다.

### III. 결론

본 논문에서는 5G 환경에서 요구되는 초고신뢰 통신을 위해서 SON 기능 간에 발생하는 충돌을 해결하는 방안들에 대해 알아보았다. 미래 네트워크에는 더 높은 수준의 서비스를 요구하는 장치와 어플리케이션들이 많아질 것이고 이를 위해서 SON 기능 간에 발생하는 충돌 해결은 필수적이다. 향후 연구에서는 MLB, MRO 기능 간의 충돌뿐만 아니라 다양한 SON 기능 간의 충돌을 조정하는 기법에 대해서 연구할 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 (기초연구실 사업)과 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터육성지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1A4A3022102, IITP-2024-RS-2022-00156353).

### 참 고 문 헌

- [1] "Study of implementation alternative for SON coordination," *3GPP TSG SA WG5 (Telecom Management) Meeting 85*, Tech. Rep. TSG S5-122330, 2012.
- [2] Jun Zhou, Yijun Mo and Bang Wang, "Joint optimization between MLB and MRO based on cell load balance for LTE networks," *2013 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing*, pp. 1-5, Hangzhou, China, October 2013.
- [3] N. Zia, S. S. Mwanje and A. Mitschele-Thiel, "A policy based conflict resolution mechanism for MLB and MRO in LTE self-optimizing networks," *2014 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*, Funchal, Portugal, pp. 1-6, June 2014.
- [4] S. S. Mwanje, H. Sanneck and A. Mitschele-Thiel, "Synchronized Cooperative Learning for Coordinating Cognitive Network Management Functions," in *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, vol. 4, no. 2, pp. 244-256, June 2018.
- [5] O. C. Iacoboiaea, B. Sayrac, S. Ben Jemaa and P. Bianchi, "SON Coordination in Heterogeneous Networks: A Reinforcement Learning Framework," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 15, no. 9, pp. 5835-5847, September 2016.
- [6] D. F. Preciado Rojas, F. Nazmetdinov and A. Mitschele-Thiel, "Zero-touch coordination framework for Self-Organizing Functions in 5G," *2020 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, Seoul, Korea (South), May 2020.
- [7] M. Huang and J. Chen, "Proactive Load Balancing Through Constrained Policy Optimization for Ultra-Dense Networks," in *IEEE Communications Letters*, vol. 26, no. 10, pp. 2415-2419, October 2022.