

LTE 자가구성 네트워크에서 MRO 기술 분석

양모찬*

Analysis of Mobility Robustness Optimization Technology in LTE Self Organization Networks

Mo-Chan Yang*

요 약

본 논문에서는 LTE 네트워크에서 SON(Self Organization Networks) 기술 분석을 다룬다. SON은 이전 셀룰러 시스템인 UMTS, GSM과 비교되는 LTE 만의 차별적인 기능이고, 무선 라디오가 변화하는 환경에서 비용 효율적으로 최고의 성능을 도출하는 도구이다. 또한, SON은 운영자가 네트워크의 설정들을 자동화하는 기능이 있으며, 중앙 집중적 계획이 가능하고 수작업에 대한 요구를 감소시켰다. SON은 크게 Self-Configuration, Self-Optimization, Self-Healing의 3가지 범주로 나누어진다. 각각의 큰 범주는 세부적인 기술 내용을 가지고 있고 각 범주의 기술들이 모두 모여서 SON이라는 기술을 완성시키게 된다. 본 논문에서는 각 3가지 범주에서 Self-Optimization의 기술 중 MRO(Mobility Robustness Optimization)에 대해서 집중적으로 분석하였다.

ABSTRACT

This paper describes SON(Self Organization Network) technology in LTE networks. The SON is a unique feature of LTE compared to previous cellular systems such as UMTS and GSM, and it is a tool that effectively derives the best performance in the time-varying wireless radio environment. Also, the SON has the ability for the operator to automate the setting of the network, allowing for centralized planning and reducing the need for manual work. The SON is largely divided into three categories: Self-Configuration, Self-Optimization, and Self-Healing. Each large categories has a detailed description of technology, and the technologies in each categories are gathered to complete the technology called the SON. In this paper, we focus on MRO which is one of the Self-Optimization technique in each of the three categories.

키워드

Self Organization Network, Self-Configuration, Self-Optimization, Self-Healing, Mobility Robustness Optimization
자가 구성 네트워크, 자가 설정, 자가 최적화, 자가 치유, 강인한 이동성 최적화

1. 서 론

차세대 이동통신 규격인 3GPP LTE(Third

Generation Partnership Project Long Term Evolution)-Advanced는 저비용으로 셀 서비스 영역을 확장하고 하향링크에서 최대 1 Gbps, 상향링크에서

* 교신저자 : 한화시스템 지상시스템팀
• 접수일 : 2019. 08. 10
• 수정완료일 : 2019. 10. 12
• 게재확정일 : 2019. 12. 15

• Received : Aug. 10, 2019, Revised : Oct. 12, 2019, Accepted : Dec. 15, 2019
• Corresponding Author : Mo-Chan Yang
Dept. Land System, Hanwha Systems
Email : ymc0124@naver.com

최대 500 Mbps의 전송률을 제공한다[1-3].

SON(Self Organization Networks)은 이전 셀룰러 시스템인 UMTS, GSM과 비교되는 LTE만의 차별적인 기능이고, 무선 라디오가 변화하는 환경에서 비용 효율적으로 최고의 성능을 도출하는 도구이다. 또한, SON은 운영자가 네트워크의 설정들을 자동화하는 기능이 있고 중앙 집중적 계획이 가능하고 수작업에 대한 요구를 감소 시켰다. 이러한 이유 때문에 SON은 LTE 라디오, S1 그리고 X2 절차들에서 중요한 역할을 하게 되었다.

SON은 크게 Self-Configuration, Self-Optimization 그리고 Self-Healing으로 나누어지게 된다[4-5].

Self-Configuration 기술은 주로 셀을 초기단계에 설정하는 부분을 담당하는데, 주요 기술로는 각각의 셀이 처음 셀을 생성 시에 충돌이나 혼란을 방지하기 위한 PCI(Physical Cell Identity)를 생성하는 기술이 있다. ANR(Automatic Neighbor Relation)은 셀 초기 생성 시 주변 셀이 사용하는 PCI를 파악하여 자동으로 주변 셀 테이블을 생성하고 관리한다[6-9].

Self-Optimization은 Self-Configuration이후 생성된 셀을 최적의 상태로 유지시켜주는 셀 계획법이다. 주로 셀과 셀 사이의 핸드오버나 셀이 허용하는 커버리지 그리고 셀 간 간섭 회피의 기술이 여기에 해당한다. 또한 Self-Optimization은 Self-Configuration의 네트워크 설정 후에 전파 경로 환경이나 트래픽 행동, 기지국 배치 변화와 같은 네트워크 환경의 변화에 따라 최적의 파라미터를 설정하기 위하여 필요하다[4].

마지막으로, Self-Healing은 Self-Optimization에서 셀의 관리가 실패한 항목들을 찾아내고 해당하는 파라미터를 조정하는 단계이다. 위 3가지 Self-Configuration, Self-Optimization, Self-Healing은 상호 연관적이고 보완적이다[4].

본 논문에서는 위 기술 중에서도 Self-Optimization의 MRO(Mobility Robustness Optimization) 기술에 대해 분석하였다. 기술분석에 앞서 Self-Optimization이 다루는 기술을 살펴보면 다음과 같다[10-15].

(1) MRO: 사용자에게 적절한 이동성을 보장하기 위하여 적절한 핸드오버나 기지국 재선택에 관한 알고리즘을 제공한다.

(2) Mobility Load Balancing and Traffic Steering: 트래픽을 최적으로 분배하는 알고리즘을 제공한다.

(3) Energy Saving: 사용하지 않는 네트워크를 꺼버리는 기능이나 전송전력을 줄이는 기능을 담당한다.

(4) Coverage and Capacity Optimization: 전송 범위나 셀 용량을 최적화하기 위하여 안테나 tilt나 전송전력을 조절하는 역할을 한다.

(5) RACH Optimization: 단말에서 기지국으로 동기화 방법인 Random Access의 성능과 그 과정에서 사용되는 자원의 Trade-off에서 최적의 파라미터를 찾는 역할을 한다.

2장에서는 본 논문에서 목표로 했던 Self-Optimization의 MRO에 대해서 집중적으로 살펴본다.

II. Self-Optimization의 MRO

2.1 MRO 기술

MRO의 목적은 가장 간단히 말하면 단말의 이동성을 보장하기 위하여 LTE connected 모드에서는 적절한 핸드오버를 제공하는 것이고, idle mode에서는 적절한 기지국 재선택을 제공하는 것이다. 항목별로 MRO의 기술의 목표를 정리하면 다음과 같다.

(1) Call Drop 최소화: 셀과 셀사이 이동중 SNR(Signal-to-Noise Ratio)즉, 신호 품질이 급격히 떨어져 Call Drop이 발생하게 되는 경우가 있는데 이것을 최소화 하는 것을 목표로 한다.

(2) RLF(Radio Link Failures) 최소화: Call Drop이 생기기 전에 먼저 발생하는 요인으로 일시적으로 RLF가 발생하더라도 Re-established (셀에 재접속 절차)되면 Call Drop이 발생하지 않는다.

(3) 불필요한 핸드오버 최소화: 짧은 시간동안에 두 개 셀 사이에서 반복적으로 일어나는 핸드오버 현상을 말하는 핑퐁(Ping-Pong) 효과를 줄여서 네트워크 자원의 비효율적인 사용을 줄이는 것이 목표가 된다.

(4) Idle Mode 문제 최소화: 단말은 기지국에 Idle 모드에서 Camp (거주)중이더라도 단말이 다른 셀로 이동시 다른 기지국과 단말의 연결이 언제든지 즉각적으로 이루어지는 적절한 재선택 알고리즘이 필요하다.

2.1.1 핸드오버 결정 매커니즘

MRO 기술을 설명하기 위해서는 기본적으로 핸드오버에 대한 개념이 핸드오버 결정 매커니즘에 대한

설명을 하고자 한다. 핸드오버는 크게 Intra/Inter Frequency 로 나누어지는데 Intra에서 핸드오버는 그림 1처럼 동일한 주파수를 사용하여 상호간에 간섭을 미치게 되어 UE가 Cell A에서 Cell B로 이동함에 따라 RSRP(Reference Signal Received Power)와 SINR(Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio)이 간섭의 영향에 따라 변화하는 것을 볼 수 있다[12]. 계속해서 Inter Frequency 핸드오버는 그림 2처럼 두 개의 셀이 서로 다른 주파수를 사용하기 때문에 서로 간섭이 발생하지 않아 Cell A에서 B로 이동할 때 RSRP의 역전현상이 뚜렷하게 보이지 않는다[15]. 다시 말하면 Cell A에서 B로 이동하더라도 연관성이 있게 RSRP와 SINR이 움직이지 않는다는 것이다.

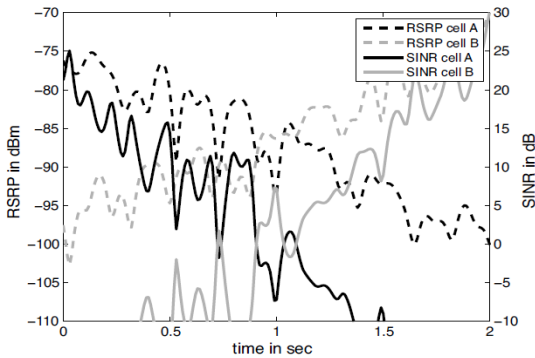


그림 1. 셀 A->B로 이동하는 단말의 두 셀에 대한 RSRP와 SINR (Intra Freq.)
 Fig. 1 RSRP and SINR results while UE moves cell A into B, respectively (Intra Freq.)

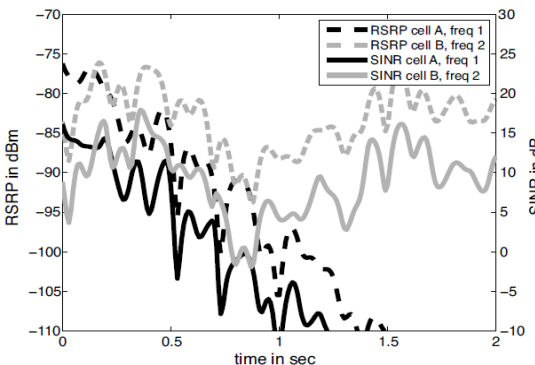


그림 2. 셀 A->B로 이동하는 단말의 두 셀에 대한 RSRP와 SINR (Inter Freq.)
 Fig. 2 RSRP and SINR results while UE moves cell A into B, respectively (Inter Freq.)

2.1.2 핸드오버 관련 MRO 파라미터들

Idle 모드에서 셀 재선택 결정은 UE에 의해 결정이 되고 행동원칙이나 파라미터는 3GPP에 규격화되어 있다. Connected 모드에서 핸드오버는 UE의 measurement의 도움을 받아 eNB에 의해 결정이 되고 정책이나 파라미터는 벤더 구현사항이지만 핸드오버 결정은 전형적으로 UE measurements report를 따르고 있다. eNB는 measurements reports를 받기 위하여 특정 조건들을 설정하게 된다. 이러한 특정 조건은 measurements reports의 트리거가 된다. eNB는 UE에게 주기적으로 measurement report를 하라고 강요할 수 있지만 이러한 경우 overhead가 급격하게 증가하게 되고 더욱이 주기를 짧게 하면 오히려 적절한 핸드오버 기회를 놓치게 된다. 그러므로 핸드오버 행동원칙은 measurement reporting의 설정을 변화시켜서 이루어지게 되는 것이 전형적이다.

각각의 measurement reporting에서는 채널의 변동성에 대항하는 두개의 파라미터가 있다.

(1) TTT(Time to Trigger): measurement report가 핸드오버 조건이 충족된 후에 즉각적으로 보내어지지 않고 이 파라미터에 의해 조정된다. 이것은 measurement 특이값에 의해 시작된 핸드오버를 피하기 위함이다. Long TTT는 더욱 안정적인 핸드오버 행동을 유도하지만 불필요하게 핸드오버 결정을 지연시키게 되면 문제가 발생할 수 있다.

(2) FC(Filter Coefficient): UE가 도플러 페이딩을 평균화하기 위하여 물리규격층에서 필터링을 적용한다. 정확한 절차는 3GPP에 규격화 되어 있지 않지만 통상 평균화에 사용되는 길이가 50ms 에서 200ms 사이로 고려된다. UE는 물리규격층 measurements에 반복적인 평균을 적용하는 방식을 적용하는데, 주의할 점은 극단적인 필터 계수를 적용시 속도가 느린 도플러 페이딩 성분도 평균화하기 때문에 바람직하지 않은 행동범주에 들어갈 수도 있는 것이다. 이 방법은 필터링을 통해 평균을 취하게 되어 결과가 smooth하게 도출되고 그러한 이유로 TTT 보다 직접적으로 measurement 결과를 안정화 할 수 있다. TTT와 유사하게 평균에서 고려하는 시간이 클수록 measurement 결과를 지연시키게 되고 핸드오버 결정이 빠르게 이동중인 UE 들에게는 안 좋은 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 UE에서 평균 값 설정을 원도인

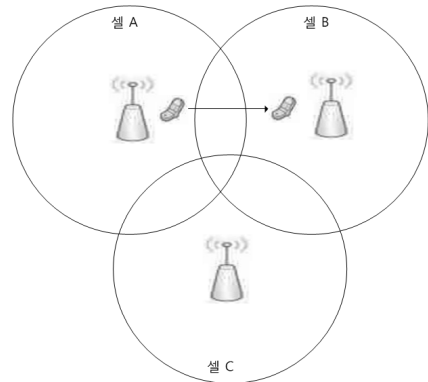
길이를 적절히 조절할 필요가 있다.

한편, Connected 모드에서 reporting 설정은 RRC 시그널링을 통해서 개별적으로 각 UE에게 보내어진다. 하지만 파라미터의 선택이 셀 경계에 지리학적 환경에 의존해서 하나의 셀은 자신의 UEs에게 같은 파라미터를 사용한다. Idle mode에서 셀 재선택 파라미터는 SIB3내에 브로드캐스팅 된다. 해당 파라미터는 UE에 특정하여 지정할 수 없다. Connected 모드의 TTT와 동일하게 유사하게 Idle mode에서 사용되는 “Treselection” 파라미터는 measurements 특이값 때문에 생긴 셀 재선택을 회피하기 위하여 사용된다.

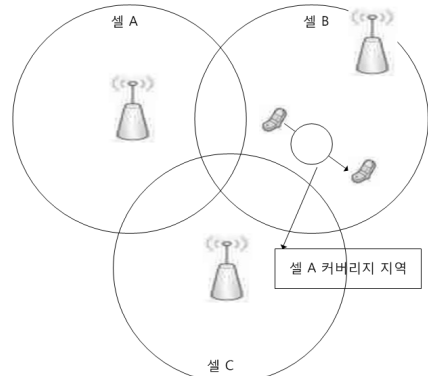
2.1.3 핸드오버의 문제점들

핸드오버 문제는 크게 4가지로 너무 늦은 핸드오버, 너무 이른 핸드오버, 잘못된 셀로 핸드오버와 불필요한 핸드오버로 구별이 된다. 각 카테고리는 Intra-frequency의 경우에 대해 분리해서 논의하려고 한다.

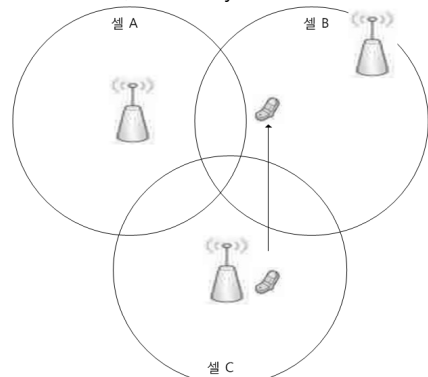
그림 3-(a)의 경우 너무 늦은 핸드오버가 일어나는 경우로 이미 셀 B로 지나갔음에도 핸드오버를 해주지 않아서 RLF가 발생할 수 있는 경우이다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 강화된 re-establishment 절차가 적용될 수 있다. 계속해서, 그림 3-(b)의 경우는 너무 이른 핸드오버로 UE가 Cell B의 내부에 존재하는 Cell A의 작은 커버리지 영역으로 들어가는 경우로 Cell B에 존재하는 강한 쉐도잉 효과에 의해서 발생할 수 있다. Cell A로 핸드오버가 일어나도 Cell B의 음영지역이자 Cell A의 작은 커버리지 영역에서 바로 회피하는 순간 다시 Cell B로 핸드오버를 시도하여 핑퐁효과가 나타날 수 있다. 마지막으로 그림 3-(c)의 경우는 잘못된 셀로 핸드오버가 일어난 것으로 UE가 셀 C에서 셀 B로 이동중임에도 Cell B로 핸드오버 하지 않고 셀 A의 작은 커버리지 영역 때문에 셀 A로 핸드오버하는 경우이다. UE는 셀 A로 핸드오버 이후 RLF를 겪게 되고 심각한 SNR 열화로 인해 Cell B로 다시 re-establishment를 수행하여 문제를 해결할 것이다. 위 3가지 문제외에 추가적인 핸드오버 문제점에 정리하면 다음과 같다.



(a) 너무 늦은 핸드오버
(a) Too late handover



(b) 너무 이른 핸드오버
(b) Too early handover



(c) 잘못된 셀로 핸드오버
(c) Wrong cell handover

그림 3. 핸드오버 관련 문제점
Fig. 3 Problems of handover

(1) 핑퐁 문제: 셀 A에서 셀 B로 UE가 핸드오버한 후 바로 셀 A로 핸드오버하는 경우를 의미한다. 히스

테리 특성을 이용하면 대부분의 경우에서 이 문제는 해결된다.

(2) 빠른 핸드오버가 필요한 경우: UE가 셀 A에서 셀 B로 핸드오버하고 잠시 있다 셀 C로 핸드오버 하는 경우다. 이러한 경우 셀 A에서 C로 핸드오버 함으로 해결이 가능하다.

2.1.4 핸드오버 MRO 해결 방안

사실 MRO는 과거에도 이미 행해졌던 것인데 자동화 방식으로 되지는 않았다. MRO 문제는 “근본적 원인 식별/평가”와 “이동성 파라미터 수정”의 두 개 범 위 주제로 나누어진다. 3GPP가 전자를 주로 다루고 후자는 벤더 구현이슈다.

(1) 근본적 원인 식별/평가

근본적 원인 식별/평가에 ‘유죄(guilty; 3GPP 규격 용어)’라 불리는 셀은 특정 이동성 문제를 야기하는 셀로 정의된다. 예를들어, 너무 늦은 핸드오버, 너무 이른 핸드오버, 잘못된 셀로 핸드오버에서 원인을 제공한 셀을 의미한다. 너무 늦은 핸드오버를 고려해보면 Cell A->B로 이동하는 경우 핸드오버가 가능했음에도 B로 적절한 시간 내에 이루어지지 않게 되어 RLF가 발생하는 경우다. Re-establishment를 Cell B로 요청하게 되면 Cell A가 ‘guilty’ 셀이라고 할지라도 Cell A에 관한 정보를 Cell B가 알 수 없게 되는 경우가 발생한다. 계속해서, Cell B에서 Cell A로 너무 이른 핸드오버를 한 경우를 따져봐도 Cell B로 Re-establishment를 보내게 된다. 위와같이 Cell B가 Re-establishment 정보를 받은 경우에는 Cell B는 모바일이 RLF가 발생했다는 정보만 가지게 된다. 이러한 경우에는 근본 원인을 밝힐 수 있는 정보가 충분하지 않게 된다. 너무 이른 핸드오버나 너무 늦은 핸드오버의 경우에서 또는 제 3의 셀에서 잘못된 셀로 핸드오버한 경우 모두에서 Cell B가 RLF를 받을 수 있기 때문이다. 따라서, 원인분석평가는 다음과 같은 두가지 성분이 필요하다.

첫 번째, 이동성 문제에 대한 대부분의 정보는 UE 측면에서 이용가능하다. 그래서 UE로부터 추가적인 reports가 고려되어야 한다.

두 번째, 모든 셀은 RLF에 대한 정보를 가져야 한다. 그래서 셀들은 그들이 가지고 있는 정보를 ‘유죄’ 셀이 발견될 때까지 전송해야 한다.

위 두가지 사항은 명백하게 표준화에서 요구하는 사항으로 Re-establishment에 관련정보를 포함하도록 하고 있다. 예를들어, UE에서 보낸 Re-establishment 요청은 이전 셀에서 UE의 C-RNTI 그리고 PCI (Physical Cell ID)를 가지고 있는 것이 일례가 된다.

계속해서, Rel-9에서는 ‘Guilty’ 셀을 발견하기 위해서 다음과 같은 내용을 지원한다.

(1) RLF Report: 일단 Re-Establishment 절차가 성공하면 새로운 셀은 UE가 RLF 전에 마지막 measurements를 report하라고 요청할 수 있다.

(2) RLF Indication: Re-establishment를 받은 셀은 이전 셀에 X2 인터페이스를 경유하여 RLF indication 신호를 보낼 수 있다. 이전 셀은 C-RNTI의 도움으로 UE를 인지할 수 있어서 UE가 전달한 신호를 디코딩 하는데 문제점이 없다. 이런 절차가 가능하려면 결국 셀은 동기를 잃어버리고 나서 RLF 레포트를 받은 후에 UE context를 저장하는 것이 필수이다.

(3) Handover Report: RLF indication을 받은 이전 셀은 RLF indication 신호와 자신의 정보를 결합하여 해당 문제를 평가한다. RLF에 대하여 죄가 없다고 판단한다면 Handover Report를 X2를 경유하여 ‘guilty’ 셀에 보낼 수 있고 핸드오버가 가능해진다.

III. 결론

본 논문에서는 SON의 Self-Optimization 기술 중 하나인 MRO 기술에 대해 분석하였다. MRO는 UE의 모빌리티를 담당하는 부분으로 UE가 셀과 셀사이를 이동시 핸드오버에서 생기는 문제점을 자동으로 최적화 하는 기능이다. 핸드오버에서 가능한 문제점으로 너무 늦은 핸드오버, 너무 이른 핸드오버, 마지막으로 잘못된 핸드오버에 대한 문제점들에 대해 설명하였고, 이에 대한 MRO 해결방안으로 TTT와 필터링 방법을 제시하였다. 또한 핸드오버에 대한 MRO의 근본적 원인 해결 방법을 제시하였다. 제시된 방법은 ‘유죄’가 있는 셀의 정보를 최대한 공유하는 방법으로 UE가 reporting 하는 것을 원칙으로 한다. SON의 Self-Optimization 기능인 MRO외에도 ICIC, Load Balancing등의 기술들이 있어 추후 이에 대해서도 분석이 필요해 보인다.

References

- [1] Y. Kim, "Handover Performance of LTE-R Networks," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1223-1228.
- [2] B. Kim, "Study on QoE of the VoIP Service for QoS levels over LTE Mobile Communication System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 3, 2016, pp. 309-316.
- [3] H. Cho, H. Oh, and J. Choi, "Trends of LTE based Railway Communication Systems," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 4, 2016, pp. 373-378.
- [4] 3GPP TS 36.300, 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2 (Release 11).
- [5] 3GPP TS 36.211, 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 10).
- [6] M. Amirijoo, P. Frenger, F. Gunnarsson, H. Kallin, J. Moe, and K. Zetterberg, "Neighbor Cell Relation List and Physical Cell Identity Self-Organization in LTE," *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 2008, pp. 37-41.
- [7] P. Lee, J. Jeong, N. Saxena, and J. Shin, "Dynamic Reservation Scheme of Physical Cell Identity for 3GPP LTE Femtocell Systems," *Journal of Information Processing Systems*, 2009.
- [8] 3GPP TSG-RAN WG3 #60 R3-081414, Exchange of eUTRAN neighbour information, 3GPP, 2008.
- [9] 3GPP TSG-RAN WG3 #61 R3-082228, Framework for distributed PCI selection, 3GPP, 2008.
- [10] I. Viering, B. Wegmann, A. Lobinger, A. Awada, and H. Martikainen, "Mobility robustness optimization beyond Doppler effect and WSS assumption," In *Proc. IEEE Int. Symp. Wireless Commun. Syst.*, Aug. 2011, pp. 1-6.
- [11] Z. Wei, "Mobility robustness optimization based on UE mobility for LTE system," In *Proc. IEEE Int. Conf. Wireless Commun. Signal Process.*, Oct. 2010, pp. 1-5.
- [12] T. Jansen, I. Balan, J. Turk, I. Moerman, and T. Kürner, "Handover parameter optimization in LTE self-organizing networks," In *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf. Fall*, Sept. 2010, pp. 1-5.
- [13] T. Jansen, I. Balan, S. Stefanski, I. Moerman, and T. Kürner, "Weighted performance based handover parameter optimization in LTE," In *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf.*, May 2011, pp. 1-5.
- [14] I. Balan, T. Jansen, B. Sas, I. Moerman, and T. Kürner, "Enhanced weighted performance based handover optimization in LTE," In *Proc. Future Netw. Mob. Summit*, June 2011, pp. 1-8.
- [15] S. Hamalainen, H. Sanneck, and C. Sartori, *LTE Self-Organizing Networks: Network Management Automation for Operational Efficiency*, John Wiley & Sons, 2012.

저자 소개

양모찬(Mo-Chan Yang)



2005년 숭실대학교 정보통신전자공학부 졸업(공학사)

2009년 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사)

2014년 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(공학박사)

2015년~2016년 GCT 리처치 선임연구원

2016년~현재 한화시스템 지상시스템팀 전문연구원

※ 관심분야 : LTE, 5G, OFDM 시스템, CR 네트워크