

## 분산 네트워크 환경에서 무선 In-band backhaul을 통한 이동성 지원 방안

최홍철<sup>1,2\*</sup> · 구형일<sup>1</sup> · 김기훈<sup>2</sup> · 김재우<sup>2</sup> · 한철희<sup>2</sup>

### Inter-EPS mobility scheme for wireless In-band backhaul in a distributed network environment

Hong-cheol Choi<sup>1,2\*</sup> · Hyung-II Koo<sup>1</sup> · Ki-Hun Kim<sup>2</sup> · Jae-Woo Kim<sup>2</sup> · Chul-Hee Han<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University, Suwon 16499, Korea

<sup>2</sup>Hanwha Systems Co.,Ltd. Seongnam 13527, Korea

#### 요약

기존의 상용 LTE 통신망은 도시 단위 EPC(Evolved Packet Core)에 기지국(eNodeB)을 지역 단위로 고정 배치하여 서비스를 제공한다. 하지만, 개별 노드 단위의 서비스 제공이 필요하고 이동을 전제로 하는 재난망, 군 전술망에는 적합하지 않는 구조이다. 본 논문에서는 분산된 각 노드에서 서비스가 가능하도록 기지국과 사용자 단말 그리고 EPC를 하나의 장비로 통합한 LTE 시스템을 제안하고, 노드 간 통신을 위해 M2M(Machine to Machine) 타입의 사용자 단말을 노드 단위로 탑재하여 무선 In-band backhaul 링크를 구성하였다. 제안된 시스템에서는 LTE의 모든 구성 항목들이 하나로 통합되어 있어 일반 사용자 단말 접속 후 이동하여 접속된 노드가 바뀌면 IP 앵커가 되는 P-GW의 변경이 필요하다. 노드 간 이동성 지원을 위해 UPFE(User Packet Forwarding Extension)방식을 정의하고 P-GW가 변경되어도 이동성을 지원하는 EPC의 핸드오버 절차를 구현하였다. 또한, 통합 LTE 시스템에서 구현된 핸드오버 절차 대하여 통신 노드 추가에 따른 Cell Range를 분석하고 기존 시스템과의 핸드오버 지연시간을 비교한다.

#### ABSTRACT

The current LTE network system provides service by locally allocating eNodeB to the EPC(Evolved Packet Core). However, it is not suitable for inter-node communication based on the distributed network environment. In this paper, we propose an integrated system by configuring E-UTRAN and EPC as All-In-One type to enable service in each distributed node. M2M UE is mounted on a each node for wireless In-band backhaul link. The integrated node provides inter-node communication over the wireless in-band backhaul link. If a normal UE moves and an access node changes in the system all entities of LTE integrated into one, it is necessary to change the P-GW which is IP anchor. In order to support the inter-node mobility even if P-GW is changed, We defined UPFE(User Packet Forwarding Extension) scheme and implemented the handover procedure of EPC. Also, we analyze the cell range of the integrated LTE system with the addition of the node and compare the handover delay with the current system.

**키워드** : LTE, EPC, 핸드오버, 인밴드 백홀

**Key word** : LTE, EPC, Inter-LTE Handover, In-band backhaul

Received 24 October 2017, Revised 01 November 2017, Accepted 08 December 2017

\* Corresponding Author Hong-Cheol Choi(E-mail:hongcheol.choi@hanwha.com, Tel:+82-31-8091-7334)  
Hanwha Systems Co.,Ltd. Seongnam 13527, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.12.2261>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서론

LTE 시스템의 대중화와 스마트 기기의 급격한 확산으로 인해 차기 통신 기술인 5G에 대한 표준화가 진행되고 있다[1, 2]. 현재 4세대 통신기술에서 5세대 통신기술로의 전환기이지만, 재난망(Public Safety-LTE), 군전술망(Tactical Network) 등 속도나 지연시간 보다는 망의 생존성이 중요한 분산 네트워크 환경에서는 4G LTE 기반의 검증된 통신망 기반으로 망의 특성에 맞는 노드 단위 통신망 구성과 사용자에 대한 이동성 지원이 더 중요하다.

기존의 상용 LTE 통신망은 도시단위 EPC (Evolved Packet Core)에 지역단위로 기지국(eNodeB)을 고정 배치하여 통신 서비스를 제공한다. 하지만, 개별 통신 노드 단위 서비스가 필요하고, 네트워크 토폴로지에 가입 및 탈퇴가 자유로운 분산 네트워크 환경에서는 적합하지 않는 구조이다. 분산된 개별 노드 단위를 위해서는 LTE 구성항목(Entity)이 통합되어야 하고, 이를 통해 각 노드는 AS(Application Server)의 서비스를 사용자에게 제공할 수 있다.

본 논문에서는 상용 통신망에 분리되어 있는 LTE 구성 항목인 사용자 단말(UE)과 기지국(eNodeB) 그리고 EPC를 한 장비로 통합하여 구성하고, 분산된 각 노드에서 개별적으로 서비스가 가능하도록 제안한다. 이렇게 분산된 통신 노드 간 연결을 위해 M2M((Machine-to-Machine) 타입의 사용자 단말을 노드 단위로 탑재하여 무선 In-band backhaul 링크를 구성하였다. 각 이동 기지국 노드는 In-band backhaul 링크를 통해 노드 간 서비스를 제공한다.

구현된 통합 LTE 시스템은 필요한 LTE 구성 항목들이 하나로 통합되어 있어 사용자 단말의 접속 노드가 바뀌면 이동성 지원을 위한 IP 앵커가 되는 PDN- GW의 변경이 필요로 한다. 분산된 노드 간 이동성 지원을 위해 UPFE(User Packet Forwarding Extension)방식을 제안하고 PDN-GW가 변경되어도 사용자 이동성을 지원할 수 있도록 EPC의 핸드오버 절차를 구현하여 사용자에게 끊임없는 서비스를 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 일반적인 LTE 네트워크 모델의 구조를 살펴보고 분산 네트워크 환경에서 노드 단위의 서비스를 제공하기 위한 시스템의 구조를 제안한다. 3장에서는 제안된 시스템을 무선

In-band backhaul 링크로 연결하여 노드 단위 이동성을 지원하기 위해 구현된 핸드오버 절차를 기술한다. 4장에서는 기존 LTE 시스템과 제안된 시스템의 성능분석 및 결과를 보이고 5장에서는 결론 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1. 일반적인 LTE 네트워크 모델

본 논문에서는 기반 네트워크 재원이 없는 재난망, 군 전술망 등 분산 네트워크 환경에서 통신로를 제공하기 위해 기존의 LTE 네트워크의 구성 항목을 통합 시스템으로 구성하였다. 일반적인 LTE 시스템은 도시 단위 EPC에 여러 고정 기지국(eNodeB)이 접속하여 각 사용자 단말(User Equipment)에게 서비스를 제공하는 구조이다. 각 도시 단위 EPC(Evolved Packet Core)는 S-GW(Serving Gateway), P-GW(PDN Gateway), MME(Mobility Management Entity), HSS(Home Subscriber Server), PCRF(Policy and Charging Rule Function) 등으로 구성되어 있다[3]. 그림 1과 같은 기존 LTE 네트워크 구조에서는 백본 네트워크에 접속하여 서비스를 제공받기 위해서 하나의 고정된 EPC에 여러 고정 기지국(eNodeB)이 접속하여 각 UE에게 서비스를 제공한다[4, 5].

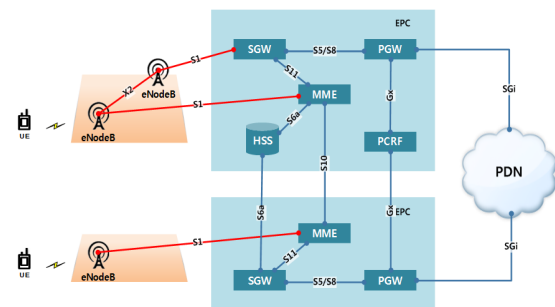


Fig. 1 LTE Network Reference Model

LTE 구성 항목 별 역할은 다음과 같다.

\* E-UTRAN 구성항목

- UE: LTE-Uu 인터페이스를 통해 eNodeB와 접속
- eNodeB: 사용자에게 무선 자원을 제공

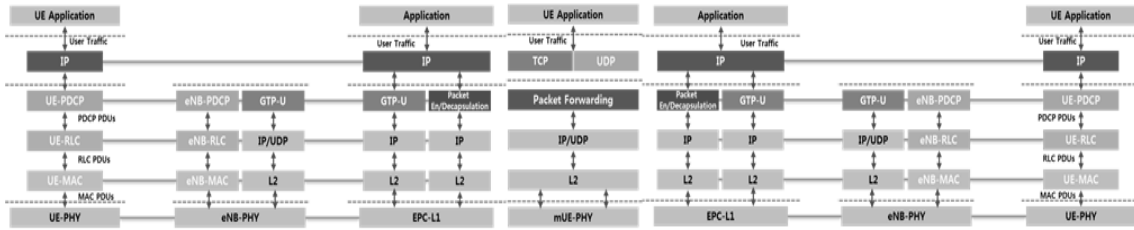


Fig. 2 mounted-Evolved Packet System Protocol Stack

\* EPC 구성항목

- MME: 보안, EPS 이동성/세션/베어러 관리, HSS와 연결을 통해 사용자 인증 및 로밍 기능 담당
- S-GW: E-UTRAN과 EPC의 종단점으로 eNodeB 간 핸드오버 시 Anchor point
- P-GW: LTE 네트워크에서 LTE 네트워크와 외부 네트워크를 연결
- HSS : 사용자 프로파일을 갖는 중앙 DB로서 MME에게 사용자 인증정보와 사용자 프로파일을 제공
- PCRF: 정책 결정과 과금 담당

\* mUE (mounted-User Equipment)

\* eNodeB (evolved Node B)

\* EPC (Evolved Packet Core)

- S-GW(Serving-Gateway)
- P-GW(PDN-Gateway)
- MME (Mobility Management Entity)
- HSS (Home Subscriber Server)
- PCRF (Policy & Charging Rule Function)

2.2. 통합 LTE 시스템 구조

본 논문에서는 사용자 단말(UE)과 기지국(eNodeB) 그리고 EPC(Evolved Packet Core)를 통합하여 구성하고 mEPS(mounted Evolved Packet System)라 정의한다. mEPS는 그림 3과 같이 E-UTRAN(Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) 구성항목인 사용자 단말과 기지국 그리고 EPC 구성항목을 통합하여 구성하였다.

mUE (mounted User Equipment)는 UE 역할을 하는 M2M(Machine to Machine) 단말 형태의 새로운 구성항목이고, 이를 통해 다른 노드의 기지국에 접속하고 무선 In-band backhaul 링크를 구성하여 노드 간 서비스를 제공한다. mUE는 상대노드 기지국에 접속하여 EPC에 브릿지 모드로 상대 노드의 P-GW에서 할당 한 IP 주소를 인터페이스에 할당한다.

본문에서 제안하는 mEPS는 분산 네트워크 환경에서 노드 단위 서비스가 가능하도록 LTE 구성 항목을 하나로 통합한 시스템이고 이동 기지국 간 링크를 통해 서비스를 제공하는 구조를 In-band backhaul 방식이라 정의한다.

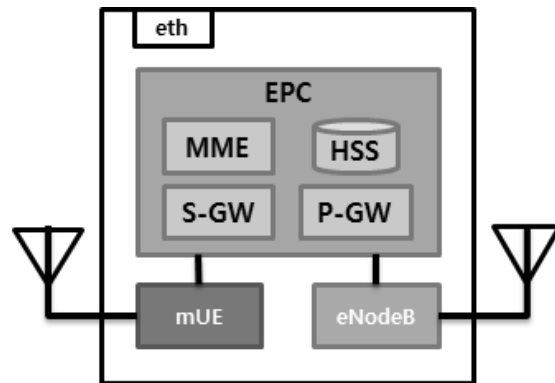


Fig. 3 mEPS System Component

시스템 아키텍처는 그림 4와 같고 EPC에 mUE 인터페이스를 제공하여 다른 노드와의 서비스 제공을 가능하게 하였다.

mEPS의 프로토콜 스택은 그림 2와 같고 mUE를 통해 연결된 노드로 기지국을 통해 패킷을 포워딩하여 분산되어 있는 클래스로 분리되어 있는 노드 단위 라우팅이 가능하게 하였다. mEPS의 분산 네트워크 토폴로지는 그림 5와 같이 두 가지 경우로 구분된다. 임의의 노드가 PDN 망에 연결되어 우선 Backhaul 링크를

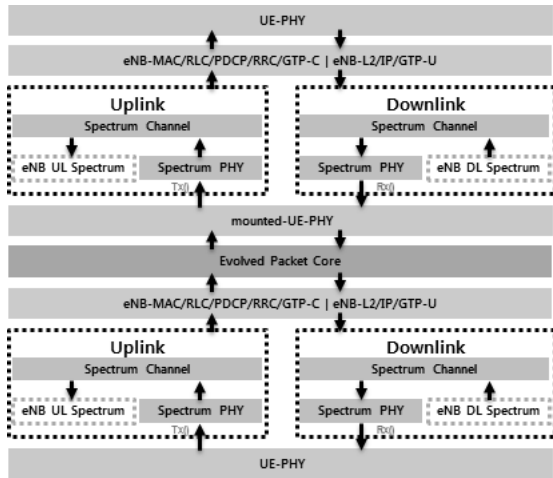


Fig. 4 mEPS System Architecture

제공하고[6], 중앙 집중화(Centralized) 된 망에 접속하는 경우 각 노드는 트리 토폴로지로 망이 구성되고, PDN 망에 연결되어 있지 않고 따로 떨어진 노드는 In-band backhaul 링크를 통해 메시 구조로 네트워크 토폴로지가 형성된다[7].

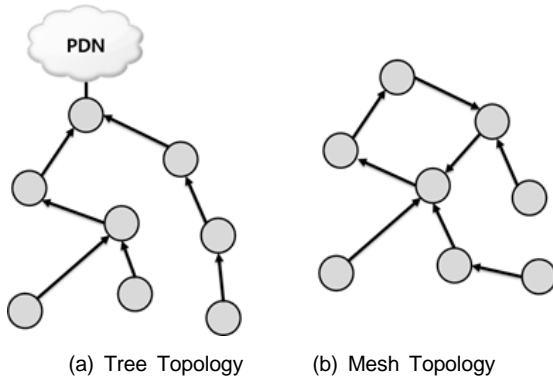


Fig. 5 Network Topology

### III. 노드 간 이동성 지원 방안

II장에서 제안한 시스템을 실제 장비로 구현하였지만, 구현된 mEPS에서는 노드 단위로 P-GW가 존재하기 때문에 이동성 지원을 위한 추가 절차가 필요하다. mEPS에 접속한 사용자 단말이 액티브 모드에서 서비

스 제공 중인 셀 커버리지를 벗어나 다른 셀로 이동하는 경우, mEPS 간 이동성을 제공하기 위해 Inter-EPS 핸드오버 방안을 제안하고 EPC의 핸드오버의 절차를 트리거링 하는 MME의 소프트웨어를 수정하여 이동성을 지원하였다. 핸드오버의 목적은 QoS(Quality of Service) 기본정보는 유지하면서 셀 간 이동 전/후 정상적인 서비스 제공하는 것이다. 일반적으로 LTE 시스템에서 핸드오버를 지원하기 위한 타입을 아래와 같이 분류할 수 있다[8].

- 1) Intra-LTE 핸드오버 (S1)
  - : X2AP 를 이용한 핸드오버
  - MME와 S-GW가 변경되지 않음
- 2) Intra-LTE 핸드오버 (X2)
  - : S1AP 를 이용한 핸드오버
  - MME와 S-GW가 변경되지 않음
- 3) Inter-LTE (Inter-MME) 핸드오버
  - : S1AP를 이용한 핸드오버
  - S-GW 변경 없이 MME만 변경
- 4) Inter-LTE (Inter-MME/SGW) 핸드오버
  - : S1AP를 이용한 핸드오버
  - MME와 S-GW가 모두 변경되는 핸드오버
- 5) Inter-RAT 핸드오버
  - : LTE와 다른 기술(3G, UMTS) 간 핸드오버

분산 네트워크 환경에서 In-band backhaul 링크로 연결된 노드 간 이동성 지원을 위해 핸드오버를 지원하기 위해서는 IP 주소를 변경하는 앵커 포인트가 되는 P-GW의 재배치가 필요하다. 노드 단위로 네트워크 클래스가 구분되어 있는 환경에서 IP 주소의 변경이 일어난다는 것은 사용자 단말과 EPC 노드 간 세션이 끊기고 서비스가 종료되는 것을 의미하기 때문에 다른 방식의 이동성 제공 방안이 필요하다. mEPS 노드 간 접속한 사용자 단말이 서비스를 이용하면서 다른 노드로 이동이 가능한 핸드오버 방식을 Inter-EPS 핸드오버 방식이라고 정의하고 아래와 같은 핸드오버 절차를 제안한다.

mEPS 노드 간 이동성을 지원하기 위한 Inter-EPS 핸드오버 절차는 그림 6과 같다. Inter-MME Relocation 핸드오버 수행 후 IP 앵커인 P-GW와 기지국 간 이동을 담당하는 앵커인 S-GW를 변경하지 않고 단말이 서비

스를 사용하지 않는 시간까지 기다렸다가 단말의 대기 상태가 지속되면 목적지 mEPS 노드에 재접속하는 절차를 통해 이동성을 지원한다. 이러한 UPFE(User Packet Forwarding Extension)방식이라 정의한다.

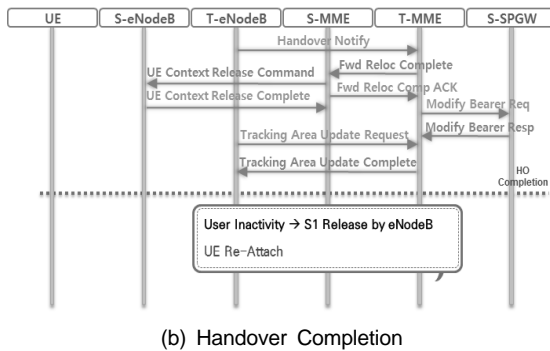
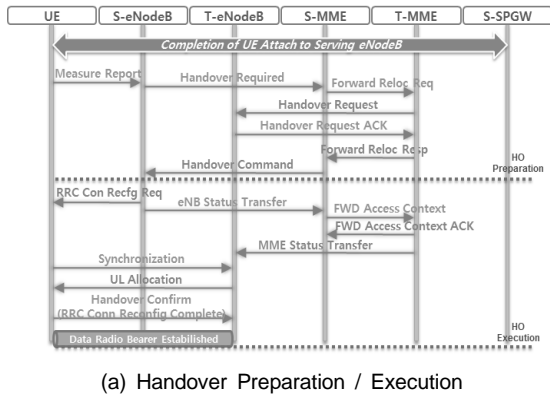


Fig. 6 Inter-EPS Handover Using S1AP

#### IV. 성능분석

개발 완료 된 통합 LTE 시스템인 mEPS의 이동성 지원여부 확인을 위해 성능분석을 수행하였다. 구현된 mEPS 시스템에서 노드 간 서비스 제공 및 이동성 지원을 위해 항목을 아래와 같이 분류하였다.

- 1) Cell Range 분석
- 2) 핸드오버 지연시간 비교/분석

본 논문에서 제안한 mEPS 시스템은 음영지역에 대한 셀 커버리지 확장을 위해 mUE를 통한 In-band

분산 네트워크 환경에서 무선 In-band backhaul을 통한 이동성 지원 방안

backhaul 링크를 제공하고 있다. 한 개의 노드에서 사용하는 주파수를 이용해 셀 커버리지를 확장여부를 SRP (Reference Signal Received Power), RSRQ(Reference Signal Received Quality) 그리고 SNR(Signal to Noise Ratio)을 통한 커버리지 분석을 수행하였다[9]. 또한, Inter-EPS 핸드오버 방식에 대한 성능분석을 위해 현재 사용되고 있는 상용 기지국(Macro Cell)의 핸드오버 지연시간과 제안된 mEPS의 핸드오버 지연시간 비교를 통해 성능 열화현상 및 이동성이 불가능한 현상이 발생하는지 확인하였다.

그림 7과 같이 두 노드 사이에 지형지물로 인한 장애물이 형성되어 있다고 가정하였고, mEPS를 서비스를 제공하고자 하는 지역에 배치하여 노드 간 In-band backhaul 링크를 통해 Cell Range를 확장하는 효과를 가져 올 수 있는지 분석하였다. 사용자 단말이 수신하는 수신 신호세기는 그림 7과 같이 거리에 따른 RSRP의 값의 변화 그래프로 예상할 수 있다.

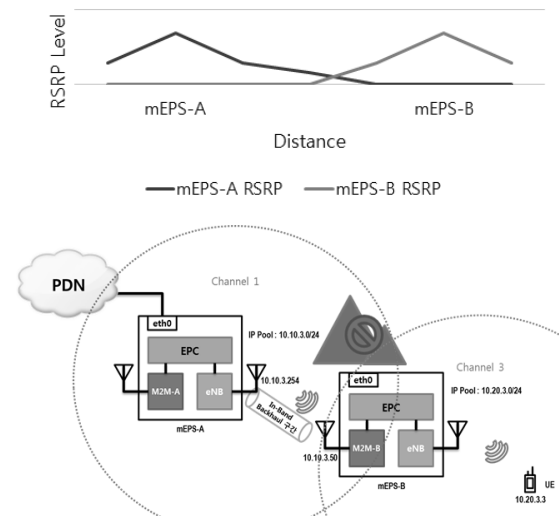


Fig. 7 Network Scenario

##### 4.1. Cell Range 분석

1-홉으로 구성된 시나리오에서 mEPS-A 노드에 탑재된 mUE인 M2M-A를 통해 mEPS-B 노드에 In-band backhaul 링크를 구성한다. 서비스 제공 범위를 결정하는 파라미터는 RSRP와 RSRQ의 측정(Measurement)값을 기준으로 한다. mEPS-A 노드가 In-band backhaul 링

크를 통해 mEPS-B 노드까지 Cell Range가 확장되는 효과를 분석하기 위해 Path-loss Model을 이용하여 표 1과 같이 파라미터를 정의하였다[10].

**Table. 1** Cell Range Parameter

Parameter	Contents
$S_{mEPS-A}$	Signal Strength of node mEPS-A
$S_{mEPS-B}$	Signal Strength of node mEPS-B
$P_{mEPS-A}$	Transmission Power on node mEPS-A
$P_{mEPS-B}$	Transmission Power on node mEPS-B
$L_{mEPS-A \rightarrow mUE}$	Path loss from mEPS-A to mUE
$L_{mEPS-B \rightarrow UE}$	Path loss from mEPS-B to UE
$D_{mUE}^{mEPS-A}$	Distance from mEPS-A to mUE
$D_{UE}^{mEPS-B}$	Distance from mEPS-B to UE
$G_{mEPS-A}$	Antenna Gain of eNodeB on mEPS-A
$G_{mEPS-B}$	Antenna Gain of eNodeB on mEPS-B
$\alpha$	Path loss constant mEPS-A to mUE
$\beta$	Path loss constant mEPS-B to UE

$$L_{mEPS-A \rightarrow mUE} = \frac{\alpha \cdot D_{mUE}^{mEPS-A}}{G_{mEPS-A}} \quad (1)$$

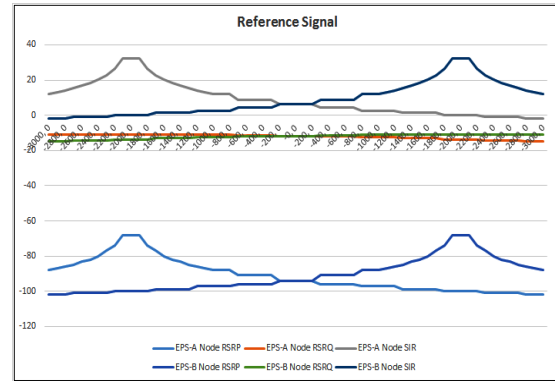
$$L_{mEPS-B \rightarrow UE} = \frac{\beta \cdot D_{UE}^{mEPS-B}}{G_{mEPS-B}} \quad (2)$$

기지국 간 거리와 안테나 이득을 고려하여 mEPS-A와 mUE가 접속하는 mEPS-B의 거리대비 mEPS-A 기지국의 안테나 이득과 경로 손실 상수  $\alpha$ 를 통해 mEPS-A와 mEPS-B 구간 경로 손실(1)을 도출하였고, mEPS-B에서 mEPS-B에 접속한 사용자 단말(UE) 구간의 경로 손실(2)도 동일하게 도출하였다.

(1)식과 (2)식을 통해 mEPS-A에서 mEPS-B를 거쳐 사용자 단말까지 도달하는 수신 신호 세기를 입력된 신호 대 서비스 제공 구간의 경로 손실의 비로 (3)과 같이 정의하였다.

$$S_{mEPS-B} = \frac{P_{mEPS-A}}{L_{mEPS-A \rightarrow mUE} + L_{mEPS-B \rightarrow UE}} \quad (3)$$

그림 8은 Cell Range 성능분석을 수행하기 위해 COBHAM의 사용자 단말 계측기 모델인 TM500을 이용하여 성능분석을 수행한 결과를 보여준다. 측정된 mEPS-A 노드와 mEPS-B노드의 RSRP와 RSRQ 그리고 SNR 값을 통해 1,500 미터의 셀 반경이 (-3,000m ~ 0m) 3,000 미터의 셀 반경(-3,000m ~ +3,000m)을 커버하는 것을 확인할 수 있었다.



**Fig. 8** Reference Signal by distance

#### 4.2. 핸드오버 지연시간 비교

무선 In-band backhaul 링크를 통해 핸드오버를 수행한 경우의 지연시간에 대한 비교를 위해 기존 상용 LTE 망으로 연결된 환경에서 핸드오버를 수행하였다. EPC 구성항목 중 핸드오버를 결정하는 독립된 MME에 상용 기지국(Macro Cell) 두 대를 연결하여 Intra-LTE 핸드오버 (S1) 지연시간을 측정하였고, 제안된 mEPS 두 대를 이용해 In-band backhaul 링크를 통한 Inter-EPS 핸드오버 지연시간을 측정하였다. 각 지연시간에 대한 성능 파라미터는 표 2와 같다[11].

**Table. 2** Handover Parameter

Parameter	Contents
$T_{HO-S1}^{Macro}$	Handover delay on macro cell
$T_{HO-S1}^{mEPS}$	Handover delay on mEPS cell
$T_{tenb}$	Time to connect to new base station = HO Preparation
$T_{tepc}$	Time to transfer the new packet to the new EPC

Parameter	Contents
$T_{ioe}$	Time to forward a packet over MME/S-GW(s11) interface
$T_{ioe-ib}$	Time to forward a packet over MME/S-GW(s11) interface using In-band backhaul link
$T_{eoe}$	Time to forward a packet over MME(s10) interface
$T_{eoe-ib}$	Time to forward a packet over MME(s10) interface using In-band backhaul link
$L_w$	Average Delay on Wireless link

핸드오버 지연시간에 대한 시간을 상용 LTE망에서 측정된 핸드오버 지연시간  $T_{HO-S1}^{Macro}$ , mEPS 노드 간 핸드오버 지연시간  $T_{HO-S1}^{mEPS}$  으로 정의하였다. 각 핸드오버 지연시간은 새로운 기지국에 접속하는 시간( $T_{tenb}$ )과 기지국에서 EPC로 전송한 수신신호에 대한 측정값(Measurement)을 기준으로 새로운 기지국과의 접속을 시도하는데 걸리는 시간( $T_{tepc}$ ), 그리고 EPC 구성항목 간 메시지를 수신하는 시간( $T_{ioe}$ ,  $T_{ioe-ib}$ ,  $T_{eoe}$ ,  $T_{eoe-ib}$ )을 이용해 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$T_{HO-S1}^{Macro} = \max[T_{tenb}, T_{tepc}, T_{ioe} \times 2, T_{eoe} \times 2] + L_w \quad (1)$$

$$T_{HO-S1}^{mEPS} = \max[T_{tenb}, T_{tepc}, T_{ioe-ib} \times 2, T_{eoe-ib} \times 2] + L_w \quad (2)$$

상용 PDN 망에서의 핸드오버 지연시간과 제안된 시스템에서의 지연시간의 차이는 MME Relocation 핸드오버에 따른 이동 노드의 지연시간인  $T_{tepc}$ 와 MME/S-GW 간 패킷 전달시간인  $T_{ioe}/T_{ioe-ib}$ 에 의해 성능이 좌우된다. 그림. 9와 같이 일반적인 LTE 시스템에서의 핸드오버 지연시간과 제안된 시스템에서 무선 In-band backhaul 링크를 통한 핸드오버 지연시간의 비교를 통해 비교적 안정적으로 단말의 이동성을 지원함을 확인하였다. 제안된 시스템에서는 mUE를 통한 무선 backhaul 구간(GTPv2)이 MME 간 인터페이스(s10 Interface)로 사용되기 때문에 Offer/Answer에 의한 양방향 메시지 전송 지연시간 50~60msec가 추가되었다. 하지만, 통합된 LTE 노드에 접속한 단말이 다른 노드로 이동시 P-GW가 변경되더라도 MME의 핸드오버 절차

를 수정하여 사용자 단말에 대한 노드 간 이동성 지원이 가능하게 하였고, 성능분석을 통해 분산된 환경에서 통합 LTE 시스템의 운용 가능성을 확인하였다.

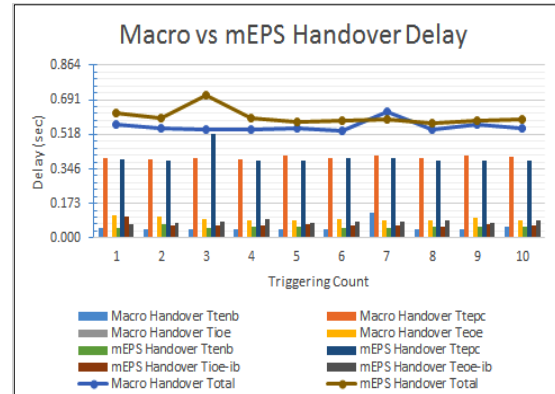


Fig. 9 Handover Delay comparison

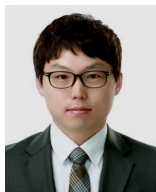
## V. 결론

본문에서는 네트워크 생존성이 필수적인 환경에서 주파수 자원을 효율적으로 사용하고 독립된 노드 간 이동성을 지원하기 위해 통합 LTE 시스템인 mEPS (mounted Evolved Packet System)를 제안하였다. mEPS는 M2M(Machine to Machine) 타입의 사용자 단말(User Equipment)을 시스템에 탑재하여 제안된 mEPS 노드 간 무선 Backhaul 링크를 구성하고, 이를 통한 노드 간 서비스를 제공한다. 개발완료된 mEPS 시스템에서는 P-GW가 노드별로 분리되어 있어 노드 단위로 다른 네트워크 클래스가 할당되어 있다. 이러한 환경에서 접속한 사용자의 노드 간 이동성 지원을 위해 Inter-EPS 핸드오버 방안을 제안하고 LTE 시스템의 핸드오버를 결정하는 구성항목인 MME의 소프트웨어를 수정하여 시스템에 탑재하였다. Inter-EPS Handover를 위해 제안된 이동 단말의 패킷 포워딩 절차를 UPFE (User Packet Forwarding Extension) 방식이라 정의하였다. mEPS 노드 간 무선 In-band backhaul 링크 제공을 통해 기반 망이 충분이 갖추어 지지 않고 이동이 빈번한 분산 네트워크 환경에서 음영지역에 커버하여 통신서비스를 제공하고, 노드 간 이동 중인 사용자에게 끊임없는 서비스 제공을 가능하게 하였다. 구현된 시스템의 유효성

및 성능을 분석하기 위해 무선 In-band backhaul 링크로 연결된 노드 사이의 Cell Range를 분석하고, 제안된 시스템의 이동성 지원여부 확인 및 기존 시스템과의 지연 시간 비교를 통해 유효성 및 운용 가능성을 입증하였다. 한편, 본 논문에서 제안하는 시스템을 기반으로 네트워크 토폴로지 시나리오를 1-Hop 에서 Multi-Hop 까지 확장하여 해당 시스템에서 성능 분석을 진행하고 재난망(Public Safety LTE), 군 전술망(Tactical Network) 등에서 활용 가능한 시스템 요구조건을 분석하여 분산 환경에 맞는 기능을 추가할 예정이다.

## REFERENCES

- [ 1 ] P. K. Agyapong, M. Iwamura, D. Staehle, W. Kiess, and A. Benjebbour, "Design considerations for a 5G network architecture," *IEEE Communications Magazine*, vol. 52, pp. 65-75, Nov. 2014.
- [ 2 ] S. Abdelwahab, B. Hamdaoui, M. Guizani, and T. Znati, "Network function virtualization in 5G," *IEEE Communications Magazine*, vol. 54, pp. 84-91, Apr. 2016.
- [ 3 ] 3GPP TS 36.300, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall Description; Stage 2, Sophia Antipolis, France, 2015.
- [ 4 ] 3GPP TS 36.413, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); S1 Application Protocol (S1AP), Sophia Antipolis, France, 2015
- [ 5 ] 3GPP TS 36.331, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol Specification, Sophia Antipolis, France, 2015
- [ 6 ] H. Y. Lee and S. J. Lee, "Enhanced EPS-AKA for adapting LTE technology in Military Tactical Communication Network," *Journal of Security Engineering*, vol. 12, pp. 455-468, Oct. 2015.
- [ 7 ] J. Hoebeke, I. Moerman, B. Dhoedt, and P. Demeester, "An overview of mobile ad hoc networks: applications and challenges," *Journal-Communications Network*, vol. 3, pp. 60-66, Jul. 2004.
- [ 8 ] V. S. Rao and R. Gajula, "Interoperable UE Handovers in LTE," Radisys Corporation, OR, U.S.A., *Radisys White Paper*, Sep. 2011.
- [ 9 ] H. S. Won and S. C. Kim, "LTE-R LinkBudget Analysis for channels interference in the case of sharing the Integrated Public Network Frequency," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 21, pp. 1833-1839, Oct. 2017.
- [10] A. B. Saleh, Ö. Bulakci, S. Redana, and J. Hämäläinen, "On cell range extension in LTE Advanced Type 1 inband relay networks," *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 15, pp. 770-786, Jun. 2015.
- [11] Y. h. Kim, Y. H. Han, M. Kim, S. Y. Park, S. J. Moon, J. H. Lee, et al., "Distributed mobility management scheme in LTE/SAE networks," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 38, pp. 879-894, Nov. 2013.



**최흥철(Hong-Cheol Choi)**

아주대학교 IT융합대학원 공학석사(재)  
 현재 한화시스템(주) 전문 연구원  
 ※관심분야 : LTE, EPC, 전송통신, 5G, M2M, D2D



**구형일(Kil-Dong Hong)**

서울대학교 전기·컴퓨터공학부 공학석사  
 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 공학박사  
 현재 아주대학교 전자공학과 부교수  
 ※관심분야 : 신호처리, 컴퓨터 비전, 머신러닝, 패턴인식





**김기훈(Kil-Dong Hong)**

아주대학교 IT융합대학원 공학석사  
현재 한화시스템(주) 전문 연구원  
※관심분야 : LTE, EPC, 전송통신, 5G, IoT



**김재우(Jae-Woo Kim)**

한양대학교 전기전자컴공학 석사  
현재 한화시스템(주) 수석 연구원  
※관심분야 : LTE, 전송통신, 전투무선망, 5G



**한철희(Chul-Hee Han)**

연세대학교 전기전자공학과 공학박사  
현재 한화시스템(주) 수석 연구원  
※관심분야 : m-WiMAX, LTE, 전송통신, Cognitive Radio