

3GPP LTE 시스템에서 시스템 정보 측정 속도 향상을 위한 고속 측정 방법

정회원 이 충 희*, 종신회원 김 재 현*

A Fast Measurement Method of System Information for 3GPP LTE System

Choong-Hee Lee* *Regular Member*, Jae-Hyun Kim* *Lifelong Member*

요 약

3GPP LTE/LTE-Advanced 시스템에서 이중 네트워크 및 CSG(Closed Subscriber Group) 셀이 핵심 이슈 중 하나이다. 본 논문에서는 사용자 단말인 UE(User Equipment)가 CSG 셀로 핸드오버를 하기 위해 필수적으로 필요한 시스템 정보 측정 방법에 대해 분석하였다. 기존에 이러한 방법에 대한 명확한 논의가 부족하였기 때문에 먼저 5개의 가능한 방법들을 정리하고 분석하였다. 또한, 이러한 방식들에서 단점인 긴 시스템 정보 측정 지연 시간을 줄이기 위한 새로운 방식을 제안하였다. 제안한 AMPSG(Autonomous Measurement with Parallel Small Gaps) 방식에서는 UE가 주변의 CSG 셀들의 시스템 정보를 순차적으로 측정하지 않고 병렬적으로 측정한다. 그 결과 제안한 방식이 다른 방식들에 비해 좋은 지연 성능을 나타내었다. CSG 셀로의 핸드오버를 결정하기 위해서는 반드시 시스템 정보 측정이 선행되어야 하기 때문에 본 논문에서 제안한 AMPSG 방식을 사용할 경우 핸드오버 결정 시간을 단축할 수 있을 것이다.

Key Words : 3GPP, LTE, Femto, CSG, System Information

ABSTRACT

Heterogeneous Network and CSG cell are hot issues in the 3GPP LTE/LTE-Advanced system. In this paper, we analyze the system information measurement methods which are essential for handover to CSG cell. Since there have been no sufficient discussion about this problem, we present and analyze five possible solutions. Moreover, we propose a novel solution to reduce system information measurement delay. In the proposed Autonomous Measurement with Parallel Small Gap(AMPSG) method, the UE measures system information of neighbor cells in a parallel manner. As a result, the proposed method shows better delay performance. Therefore, the proposed AMPSG method can reduce handover delay since the UE have to measure the system information of neighbor cells before CSG handover decision.

I. 서 론

3GPP LTE (3rd Generation Partnership Project

Long Term Evolution) 표준에서는 릴리즈 8 및 9에 대한 표준화 작업이 완료되었고, LTE-Advanced라 불리는 릴리즈 10에 대한 작업도 활발히 논의

※ 본 논문은 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하여 얻어진 연구결과입니다.

[KI002129, LTE-Advanced 시스템을 위한 SON 및 Femtocell 기술 개발]

* 아주대학교 정보통신대학 (hedreams@ajou.ac.kr, jkim@ajou.ac.kr)

논문번호 : KICS2011-11-558, 접수일자 : 2011년 11월 29일, 최종논문접수일자 : 2012년 3월 16일

되고 있다. 3GPP LTE 시스템에서 주요 특징 중에 하나는 이종 네트워크(Heterogeneous Network)에 대한 정의이다[1]. 3GPP LTE 시스템에서는 셀 반경을 확장시키고, 셀 용량을 증가시키기 위해 3가지의 이종 네트워크 노드들을 정의하고 있다. 셀 경계 지역이나 음영 지역에 설치해서 eNB(Enhanced Node B)와 UE(User Equipment)간의 연결을 증대시키기 위한 릴레이, 핫스팟에 저전력 기지국을 배치하여 사용 가능한 피코셀, 개인이 실내에 HeNB(Home eNB)를 설치해서 구성하여 사용하는 펌토셀이 그 세 가지이다.

특히 펌토셀의 경우 HeNB의 백본으로 개인의 유선 인터넷 회선을 사용하기 때문에 접속 정책이 중요한 이슈가 될 수 있다. 3GPP에서는 접속 정책을 위해 CSG(Closed Subscriber Group)이라는 것을 정의하고 있다[2]. 기지국에서 CSG 리스트에 있는 사용자들에게만 접속을 허가하는 방식이다. 그 외에 공개적으로 사용할 수 있게 셀을 개방하여 OSG(Open Subscriber Group) 방식과 이를 혼용하여 리스트에 있는 사용자들에게는 우선순위를 주어 셀 접속을 허용하는 하이브리드 방식이 있다. LTE 릴리즈 8 표준에서는 펌토셀에서 CSG 방식만 허용하고 있다. 따라서 펌토셀의 사용을 위해서는 CSG 셀로의 핸드오버에 대한 연구가 필수적이다.

각각의 사용자가 필요에 따라 임의로 설치해서 사용하게 될 수많은 HeNB를 EPC(Evolved Packet Core)의 MME(Mobility Management Entity)와 서빙 게이트웨이에서 모두 관리하는 것은 사실상 매우 어렵다. 따라서 펌토셀로의 핸드오버 절차는 일반적인 LTE 매크로셀 환경에서 eNB에서 다른 eNB로의 핸드오버 절차[3]-[5]와 차이점이 존재한다. eNB에서 HeNB와 같은 CSG 셀로의 인바운드 핸드오버 시에는 시스템 정보 측정이 반드시 필요하다. 일반적인 핸드오버에서는 EPC나 서빙 게이트웨이에서 핸드오버 목표 셀의 정보를 전송받게 되지만, CSG 셀의 경우 이를 각각의 셀들로부터 직접 측정하여야 한다.

본 논문에서는 3GPP LTE 시스템에서 CSG 셀로의 인바운드 핸드오버를 위한 시스템 정보 측정 시 발생하는 지연 시간과 서비스 단절 시간을 줄이기 위해 새로운 병렬 측정 방법을 제안한다. 다음 장에서는 3GPP LTE 시스템에서의 시스템 정보에 관해 정리하고, 3장에서는 이를 측정 할 수 있는 가능한 방법들을 정리하고 제안하며, 4장에서는 이러한 방법들의 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 방

법을 제안한다. 5장에서는 성능 분석을 하고 6장에서 결론을 맺는다.

II. 3GPP LTE 시스템에서의 시스템 정보

3GPP LTE 시스템에서 주변 셀이 감지되면, 감지된 셀들로 접속하기 위한 시스템 정보 수집이 진행된다. 시스템 정보는 RRC(Radio Resource Control) 메시지의 한 형태인 SIB (System Information Block) 패킷으로 전송된다. SIB 메시지의 종류에는 크게 MIB(Master Information Block), SIB1(System Information Block Type 1), 기타 다른 SIB 메시지들이 있다. MIB 메시지는 하향 대역폭, HARQ (Hybrid Automatic Retransmission Request) 채널 설정, SFN(System Frame Number) 등의 필수적인 정보들을 포함하고 있다. SIB1에는 셀 선택과 관련된 정보들과 SIB2부터 SIB13에 관련된 스케줄링 정보들이 포함되어 있다. SIB2 이외의 SIB 메시지들은 별도의 RRC 메시지가 아니라 메시지 요소의 형태로 전송된다.

일반적인 매크로 셀 간의 핸드오버를 할 때는, 매크로셀의 시스템 정보를 MME로부터 수신할 수도 있지만, CSG 셀로의 인바운드 핸드오버를 위해서는 MIB와 SIB1 메시지를 반드시 측정해야 한다. MIB와 SIB1은 각 기지국에서 주기적으로 브로드캐스팅 하게 설계되어 있다. 그림 1에서 나타낸 것과 같이 MIB는 매 40ms 마다 새로 생성되어, 10ms 마다 반복 전송된다. SIB1은 MIB의 2배 주기로 80ms 마다 생성되어, 20ms 마다 재전송 된다. 다른 SIB들은 셀마다 다르게 스케줄링 될 수 있으며, 그 정보는 SIB1에 포함되어 브로드캐스팅 된다.

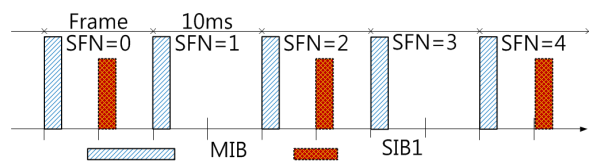


그림 1. 시간 도메인에서 시스템 정보 브로드 캐스팅 스케줄링
Fig. 1. System Information broadcasting scheduling in time domain

III. 3GPP LTE 시스템에서의 시스템 정보 측정

기지국에 접속해 동작 중인 UE는 주기적으로 혹은 특정한 조건이 발생하였을 때 주변 셀을 탐지한다. 이때, 탐지된 셀이 펌토셀 등의 CSG 셀인 경

우, EPC나 서빙 게이트웨이로부터 셀의 시스템 정보를 받아 올 수가 없기 때문에 UE가 직접 측정을 해야 한다. 이를 위해, UE는 현재 연결되어 있는 서빙 기지국과의 연결을 잠시 중단하고 측정된 셀의 정보를 측정한다. 이때, 연결을 끊는 시간 구간을 측정 갭(Measurement Gap)이라 하며, 서비스 측면에서 이는 서비스 단절 시간이 된다. 기존에 CSG 셀의 정보를 측정하기 위한 절차에 대한 논의가 거의 없기 때문에 본 장에서는 가능한 방법들에 대해 정리해 보도록 한다.

```

1  "SMSG1"
2  IF strong neighbor cells are detected
3      FOR i=1 to number of detected neighbor
         cells
4          send measurement report
         message(neighbor cell i,MIB) to
         serving cell
5          IF measurement gap for MIB
         acquisition from serving cell
6             response for the acquisition
7             stop to be served from serving
         cell
8             measure MIB from cell i
9             IF MIB is successively measured
10                send measurement report
                message(neighbor cell
                i,SIB1) to serving cell
11                IF measurement gap for SIB1
                acquisition from serving cell
12                   response for the
                   acquisition
13                   stop to be served from
                   serving cell
14                   measure SIB1 from cell i
15                END IF
16            END IF
17        END IF
18    END FOR
19    send measurement report
20 END IF
    
```

그림 2. SMSG1 방식의 의사 코드

Fig 2. The Pseudocode of the SMSG1 method

3.1. Scheduled measurement with a large Gap

SMLG 방식에서는 UE가 주변의 CSG 셀을 감지할 경우, 현재 연결된 서빙 eNB에 이를 보고하고, MIB 측정을 위한 측정 갭을 스케줄링 받고 이를 측정한다. MIB 측정 정보를 서빙 기지국에 보고한 후 다시 SIB1 측정을 위한 측정 갭을 스케줄링 받고 마찬가지로 절차를 반복하게 된다. 따라서 실제로 서빙 셀로부터 서비스가 단절 되는 시간인 측정 갭, T_{gap} 은 다음과 같이 MIB와 SIB1을 측정하는데

걸리는 시간

$$T_{gap} = T_{MIB+SIB1} \quad (1)$$

이 되며, 주변 셀들을 모두 측정하는데 걸리는 시간, T_{delay} 는

$$T_{delay} = 3T_{RRC} + T_{MIB+SIB1} + 3T_{RRC} + \dots + T_{MIB+SIB1} + T_{RRC} = n \cdot (3T_{RRC} + T_{MIB+SIB1}) + T_{RRC} \quad (2)$$

이때, T_{RRC} 는 RRC 메시지 하나를 전송하는데 걸리는 시간, n 은 감지된 주변 셀의 수이다. 매 셀마다 $3T_{RRC}$ 가 필요한 이유는 스케줄링을 위한 메시지 교환에 RRC메시지가 3번 전송 되기 때문이다.

3.2. Autonomous Measurement with a Large Gap

AMLG 방식에서는 UE가 주변의 CSG 셀을 감지할 경우, 별도의 스케줄링 없이 서빙 기지국으로부터 서비스를 중단하고 시스템 정보 측정을 한다. 따라서 측정 갭은 수식 1과 같고, 측정 지연 시간은

$$T_{delay} = T_{MIB+SIB1} + T_{RRC} + \dots + T_{MIB+SIB1} + T_{RRC} = n \cdot (T_{MIB+SIB1} + T_{RRC}) \quad (3)$$

과 같다. SMLG 방식과 달리 스케줄링을 위한 RRC 메시지 교환을 위한 시간 지연이 없다.

3.3. Scheduled Measurement with several Small Gaps 1

그림 2는 SMSG1 방식을 의사 코드로 나타낸 것이다. SMSG1 방식에서는 UE가 주변의 CSG 셀을 감지할 경우, 서빙 기지국으로부터 측정 갭을 스케줄링 받는다. 이 때, MIB와 SIB1에 대한 측정 갭을 따로 스케줄링 받기 때문에 측정 갭은

$$T_{gap} = \begin{cases} T_{MIB} & \text{for MIB} \\ T_{SIB1} & \text{for SIB1} \end{cases} \quad (4)$$

이 된다. 이 때, T_{MIB} 는 MIB를 측정하는데 걸리는 시간이고 T_{SIB1} 은 SIB1을 측정하는데 걸리는 시간이다. 주변 셀들을 모두 측정하는데 걸리는 시간, T_{delay} 는

$$\begin{aligned}
 T_{delay} &= 3T_{RRC} + T_{MIB} + 3T_{RRC} \\
 &+ T_{SIB1} + \dots + 3T_{RRC} + T_{MIB} \\
 &+ 3T_{RRC} + T_{SIB1} + T_{RRC} \\
 &= n \cdot (6T_{RRC} + T_{MIB} + T_{SIB1}) \\
 &+ T_{RRC}
 \end{aligned} \tag{5}$$

가 된다.

3.4. Scheduled Measurement with several Small Gaps 2

SMSG2 방식은 SMSG1 방식을 보완한 것이다. MIB를 측정하고 나면 SIB1이 언제 수신 될지 알 수 있기 때문에, SIB1을 위한 별도의 스케줄링 메시지 교환 없이 SIB1 메시지를 측정하게 된다. 따라서 측정 갭은 SMSG1 방식과 같고, T_{delay} 는

$$\begin{aligned}
 T_{delay} &= 3T_{RRC} + T_{MIB} + T_{SIB1} + \\
 &\dots + 3T_{RRC} + T_{MIB} + T_{SIB1} \\
 &+ T_{RRC} \\
 &= n \cdot (3T_{RRC} + T_{MIB} + T_{SIB1}) \\
 &+ T_{RRC}
 \end{aligned} \tag{6}$$

가 된다.

3.5. Autonomous Measurement with several Small Gaps

AMSG 방식은 SMSG1, SMSG2 방식과 마찬가지로 MIB와 SIB1을 각각의 짧은 측정 갭 동안 측정한다. 하지만, 스케줄링 없이 시스템 정보를 측정하기 때문에, T_{delay} 는

$$\begin{aligned}
 T_{delay} &= T_{MIB} + T_{SIB1} + \dots \\
 &+ T_{MIB} + T_{SIB1} + T_{RRC} \\
 &= n \cdot (T_{MIB} + T_{SIB1}) + T_{RRC}
 \end{aligned} \tag{7}$$

가 된다.

지금까지 본 장에서는 표준이나 기존의 문서에 나와 있지는 않지만 가능한 시스템 정보 측정 방법들을 정리하였다. 이러한 방법들은 모두 UE가 주변 기지국들의 시스템 정보를 순차적으로 수집하는 방식이다. 본 논문에서는 주변 CSG 셀들의 시스템 정보를 측정하는데 걸리는 시간을 최소화하여 CSG 셀이 존재하는 환경에서 최대한 빨리 핸드오버 결정을 할 수 있게 해줄 새로운 방식을 제안한다.

```

1 "AMPSG"
2 IF strong neighbor cells are detected
3   FOR i=1 to number of detected
   neighbor cells
4     measure MIB from neighbor cell i
5   END
6   sort neighbor cell list by order of
   expected SIB1 timing
7   FOR i=1 to number of detected
   neighbor cells
8     measure i-th SIB1
9   END FOR
10  send measurement report
11 END IF
    
```

그림 3. 제안하는 AMPSG 방식의 의사 코드
Fig 3. The Pseudocode of the AMPSG method

IV. 제안하는 방법

앞에서 설명한 방식들은 모두 새로운 셀들의 시스템 정보를 하나씩 직렬식으로 측정하는 방식이다. 본 장에서는 신속한 시스템 정보 수집을 위한 병렬 측정 방식인, AMPSG (Autonomous Measurement with Parallel Small Gaps) 방식을 제안한다. 그림3에서와 같이 AMPSG에서는 먼저 모든 주변 셀들의 MIB를 측정한다. MIB를 측정하면 각 셀들의 SIB1이 언제 브로드캐스팅 되는지 알 수 있기 때문에 이 정보를 바탕으로 SIB1이 전송될 시간에 따라 셀 목록을 정렬한다. 정렬된 순서대로 주변 셀들의 SIB1 메시지를 측정한다. 따라서 측정 갭은

$$T_{gap} = \begin{cases} T_{MIB} & \text{for MIB} \\ T_{SIB1} & \text{for SIB1} \end{cases} \tag{8}$$

과 같고, 주변 셀들을 모두 측정하는데 걸리는 시간, T_{delay} 는

$$T_{delay} = n \cdot (T_{MIB} + T_{SIB1}) + T_{RRC} \tag{9}$$

와 같다. 의사 코드를 보아도 그림 2의 SMSG1 방식과 비교했을 때 그림 3의 절차가 훨씬 간결함을 알 수 있다.

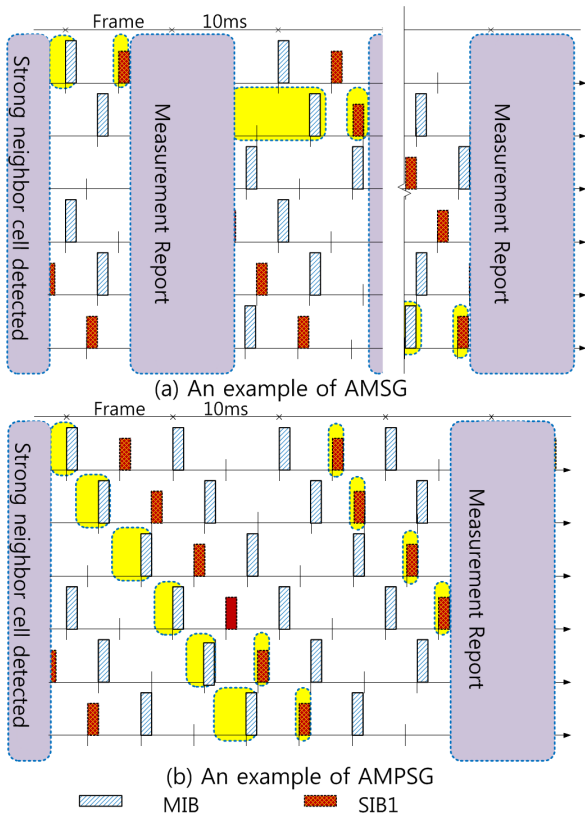


그림 4. 순차적인 방법과 병렬 측정 방법의 비교
Fig 4. Comparison of serial methods and parallel method

그림 4는 앞의 장에서 소개한 일반적으로 생각할 수 있는 순차적인 시스템 정보 수집 방식과 본 논문에서 제안하는 AMPSG 방식을 비교한 것이다. AMPSG 방식의 가장 큰 특징은 감지된 주변 셀들의 정보를 병렬적으로 수집한다는 것이다. 그림 4의 (a)는 6개의 주변 기지국이 감지되었을 때 AMSG 방식의 예로 하나의 셀의 MIB와 SIB1을 모두 수집하면 다음 셀을 측정하게 된다. 2장에서 정리한 다른 가능한 방식들도 스케줄링을 위한 RRC 메시지 교환과 MIB와 SIB1을 동시에 측정할 것인지 따로 측정할 것인지를 제외하면 모두 그림과 같이 순차적으로 셀들을 하나하나씩 측정하게 된다. 이와 달리 그림 4의 (b)에 나타난 AMPSG 방식은 처음에 MIB 정보를 모두 수집 하는 동안 SIB1 정보를 측정할 순서를 결정하게 되고, 이에 따라서 병렬적으로 모든 셀을 측정하게 되어, CSG 핸드오버 전에 수행되는 시스템 정보 측정 지연 시간을 줄일 수 있다.

표 1. 성능 분석에 사용한 파라미터
Table 1. Parameters for performance evaluation

매크로 셀의 수	3
CSG 펠토 셀의 수	6
매크로 셀 간 거리	500m
시스템 주파수	2GHZ
대역폭	FDD:10+10MHz
펠토 건물	펠토셀을 중심으로 10m x 10m
전달 손실 모델	HeNB와 같은 건물 내에 있을 때 : $L = 127 + 30\log_{10}R$ 그 외 : $L = 128.1 + 37.6\log_{10}R$ 이때, R은 거리 (meter)
Shadowing 모델	Lognormal Shadowing 이 때, 표준 편차는 펠토셀과 펠토에 연결된 UE: 10dB 그 외: 8dB
투과 손실	펠토셀 건물 내에 있을 경우: 0dB 그 외: 20dB

V. 성능 분석

본 장에서는 본 논문에서 제안한 방식들의 성능 분석을 한다. 이를 위해 3장과 4장에서 사용한 수식들을 이용한 최대치 분석과 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 툴로 OPNET을 사용하였고, 사용된 파라미터는 표 1과 같다[6].

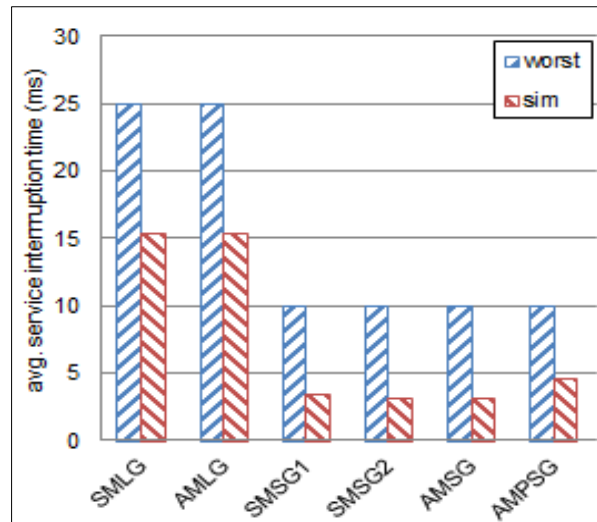


그림 5. 최대/평균 서비스 단절 시간
Fig 5. Worst and averaged values of the service interruption time

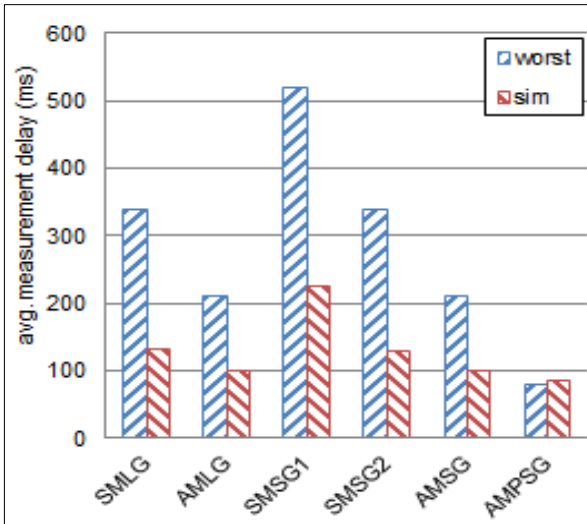


그림 6. 주변에 6개의 CSG 셀이 있을 때 최대 측정 값과 평균 측정 값

Fig 6. Worst and averaged values of measurement delay with 6 neighbor CSG cells

그림 5는 본 논문에서 제안한 6가지 CSG 셀 시스템 정보 측정 방식들의 측정 값 성능 분석 결과이다. 앞 쪽은 시뮬레이션 결과이고 뒤쪽은 최대 측정 값이다. 측정 값이라는 것은 서비스 단절 시간이기 때문에 중요한 결과라 할 수 있다. 서비스 단절 측면의 성능은 당연히 MIB와 SIB1을 각각의 작은 측정 값 동안 수집하는 뒤의 4가지 방식들이 하나의 긴 측정 값을 사용하는 방식보다 좋게 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

그림 6은 측정 지연 시간 성능 분석 결과이다. 측정 값을 서비스 받고 있던 셀로부터 스케줄링 받을 경우가 스케줄링 없이 측정을 할 경우보다 측정 지연 시간이 큰 것을 알 수 있다. 또한 제안하는 AMPSG 방식이 가장 작은 측정 지연 시간만을 가지고도 모든 주변 CSG 셀들의 시스템 정보를 측정할 수 있음을 알 수 있었다. 최대 지연 시간에 비해 시뮬레이션에 의한 평균 지연 시간 성능이 적은 이유는 다른 방식들을 사용할 때에 비해 AMPSG 방식을 사용할 때 셀들 간의 시스템 정보 패킷이 같은 시간에 전송될 확률이 높기 때문에 시뮬레이션 상에서 충돌이 발생하기 때문이다. 바꾸어 말하면, AMPSG 방식에서는 평균 지연 시간과 최대 지연 시간의 차이가 적을 수밖에 없다는 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 3GPP LTE 시스템에서 중요한 이

슈인 CSG 셀로의 인바운드 핸드오버를 위해 필수적으로 필요한 시스템 정보 측정 방법에 대해 분석하였다. 기존에 이러한 방법에 대한 명확한 논의가 부족하였기 때문에 먼저 5개의 가능한 방법들을 정리하였고, 시스템 정보 측정 지연 시간을 줄이기 위한 새로운 방식을 제안하였다. 그 결과 제안한 방식이 다른 방식들에 비해 비교적 나은 지연 성능을 나타내었다. LTE/LTE-advanced 시스템에서의 핵심 중 하나인 이중 망 환경에서 CSG 셀이 매우 중요하다. CSG 셀로의 핸드오버를 결정하기 위해서는 반드시 시스템 정보 측정이 선행되어야 하기 때문에 본 논문에서 제안한 AMPSG 방식을 사용할 경우 핸드오버 결정 시간을 줄여 줄 수 있을 것이고, 결과적으로 신속한 핸드오버를 통한 끊김 없는 서비스 제공에 필요한 기술로 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] A. Damnjanovic, et al., "A survey on 3GPP heterogeneous networks," *Wireless Communications, IEEE*, vol. 18, no. 3, pp. 10-21, 2011.
- [2] 3GPP TS 25.367, Mobility procedures for Home Node B (HNB); Overall description; Stage 2
- [3] 3GPP TS 36.300, E-UTRA and E-UTRAN overall description,
- [4] 3GPP TS 36.331, E-UTRA RRC Protocol specification.
- [5] 3GPP TS 36.304, E-UTRA UE procedures in idle mode.
- [6] 3GPP TR 36.814 "3GPP TS group RAN E-UTRA Further advancements for E-UTRA physical layer aspects" version 9.0.0 Release 9, Annex A
- [7] S. Sesia, I. Toufik, and M. Baker, *LTE: The UMTS Long Term Evolution from Theory to Practice*. West Sussex: John Wiley & Sons, 2009.

이 총 희 (Choong-Hee Lee)

정회원



2006년 2월 아주대학교 전자
공학부 졸업

2008년 2월 아주대학교 전자
공학과 석사

2008년 3월~현재 아주대학교
전자공학과 박사과정

<관심분야> 무선 MAC 프로
토콜, 이동 통신 시스템, 시스템 최적화

김 재 현 (Jae-Hyun Kim)

중신회원



1987년~1996년 한양대학교
전산과 학사 및 석/박사 졸
업

1997년~1998년 미국UCLA
전기전자과 박사 후 연수

1998년~2003년 Bell Labs,
Performance Modeling and

QoS Management Group, 연구원

2003년~현재 아주대학교 전자공학부 부교수.

<관심분야> 위성통신시스템, 무선인터넷 QoS,
MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15/16, 3GPP, 국
방 기술네트워크 등