

이러한 환경에서 MTC 기기들의 에너지 효율향상 및 용이한 자원의 할당을 위한 방법 중의 하나가 복수개의 MTC 기기들을 하나 또는 여러 개의 그룹으로 관리하는 것이다[3]. 그룹 기반으로 MTC 기기들을 효율적으로 관리하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 클러스터링 알고리즘, 기기들 사이의 논리적인 거리, 동일한 QoS 조건 및 동일한 이동성 등의 방법을 통해 그룹화 함으로서 높은 에너지 효율, 시그널 오버헤드의 감소, 서비스 수명 연장 및 평균 지연을 완화하려는 많은 연구가 있다[4][5]. 본 연구에서는 5G 이동통신 서비스를 위한 MTC 기기들을 연결성과 통신 요구 조건에 따라 Massive MTC(m-MTC)와 Critical MTC(c-MTC)의 두 그룹으로 분류한다. m-MTC는 센싱기반으로 엄청나게 많은 초소형 기기들이 연결되는 환경에서 어느 정도의 지연은 허용되지만 저전력 통신이 요구되는 기기들의 그룹이며, c-MTC는 매우 높은 신뢰성과 초 저지연 특성을 요구하는 기기들의 그룹이다.

이동성 관리는 이동통신 네트워크에서 단말의 위치 및 이동성을 적절히 관리하는 기술로서, 5G 네트워크에서는 다양한 서비스 및 요구사항들을 효율적으로 지원하기 위하여 기존 4G 네트워크보다 향상된 이동성 관리기술이 필수적이다[6]. 많은 MTC 단말들이 동시에 서비스 연결을 시도 할 때 또는 단말에 관련된 정보들을 업데이트 하여야 할 때 등, 셀룰러 네트워크의 단말과 코어 네트워크 간에 제어신호 교환에 따른 많은 시그널링 오버헤드(overhead)가 발생한다. 또한 5G 이동통신에서는 3GPP에서의 ‘mobility on demand(MOD)’ 개념에 따라 많은 다양한 단말들의 이동성을 고려해 이동성 지원 정도가 달라져야 하는데, 논문 [7]에서는 이동성이 같은 다수의 단말들을 그룹으로 관리하는 이동성 관리 방법을 제안하였지만 이동성의 수준에 대해서는 제시하지 않았다.

본 논문에서는 5G 네트워크를 위한 2계층 이동성 관리시스템을 연구한다. M2M/IoT 서비스를 위한 MTC 기기들을 QoS 특성에 따라 m-MTC와 c-MTC의 2-계층 그룹으로 분류하여, 에너지 효율을 향상시키며 시그널 오버헤드를 감소시켜 네트워크의 서비스 수명을 연장시킬 수 있는 이동성관리 기법을 제안한

다. 각 그룹에서 그룹 헤더가 대표적으로 TAU (Tracking Area Update) Request를 수행하도록 하며, 이동 수준에 따라 TAU 갱신 주기를 조절함 TAU를 실행할 때 발생하는 제어신호의 수를 줄일 수 있도록 할 것이다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MTC 단말들을 그룹으로 분류하는 방법을 설명하고, 3장에서는 기존의 5G에서 MTC 단말의 이동성관리방법을 설명한다. 4장에서는 이동성관리 시스템을 제안하고, 5장에서 성능분석을 통해 제안한 시스템을 분석한다. 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. Massive MTC와 Critical MTC

IoT 서비스를 위한 MTC를 QoS 특성과 통신 요구 조건에 따라 분류한다면 크게는 Massive MTC(m-MTC)와 Critical MTC(c-MTC)로 분류할 수 있다[8]. m-MTC는 많은 수의 저 비용 및 저 에너지의 초소형 기기들이 밀집되어 사용되는 스마트 미터, 스마트 웨어러블, 센서 네트워크 등과 같은 환경에 적합하며, c-MTC는 끊어지지 않는 안정된 연결, 높은 가용성을 필요로 하는 교통제어, 자율 주행 자동차, 드론 연결성, 재난 응급통신, 협업로봇 등의 환경에 적합하다. 표 1에서는 m-MTC와 c-MTC가 요구하는 상대적인 특성을 나타내었다.

표 1. m-MTC와 c-MTC의 요구조건
Table 1. Requirements of m-MTC and c-MTC

항 목	m-MTC	c-MTC
지연	어느 정도 허용	초 저지연성
요구 전력	초 저전력	저 전력
신뢰도	신뢰성 요구	높은 신뢰성
트래픽 패턴	긴 주기의 주기적 트래픽	짧은 주기의 주기적 트래픽
이동성	낮음	높음

즉, m-MTC와 c-MTC를 상대적으로 비교해 보면, m-MTC는 기존의 시스템보다 연결 수에서 10배, 에너지 효율성에서 100배인 이동성이 적은 많은 단말들이 동시 다발적으로 모바일 네트워크로 접속 요청을 하지만 데이터의 생성주기가 길고 어느 정도의 지연을

허용하는 반면, c-MTC는 이동성이 크며 99.99%의 신뢰도와 1[ms] 이내의 실시간 전송을 요구하고 있다 [9].

3. 5G에서 MTC 단말의 이동성관리

5G 이동통신에서 제시하는 “Mobility On Demand”라는 개념은 단말(UE)의 서비스 특성, 위치 및 상황 등에 따라 이동성 지원 정도를 다르게 적용해야 한다는 것이다[10].

도 등을 포함한 application ID 등이 포함된 접속 요청(attach request) 메시지를 전송한다. 해당 메시지를 받은 CP는 단말의 인증절차를 수행하고, Subscriber repository는 검증 과정을 거치면서 이동성 정도를 결정할 수 있는 가입자 정보를 CP로 전달한다. CP는 전달 받은 정보를 바탕으로 단말의 이동성 정도를 결정하여 Attach response 메시지를 통해서 UE에게 알려준다.

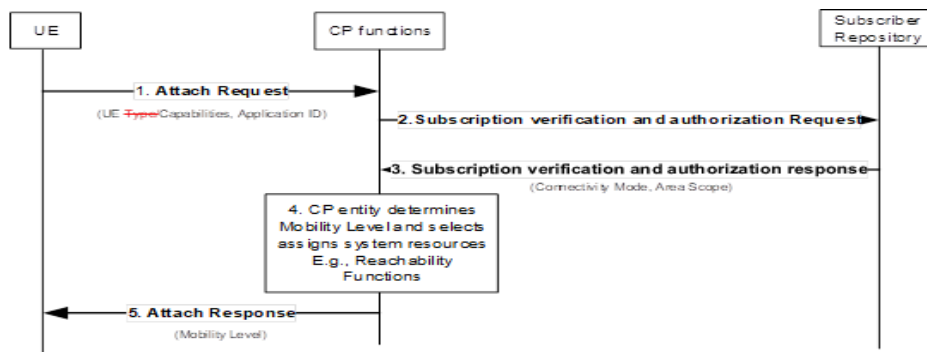


그림 1. 단말의 초기 등록 과정

Fig. 1. Initial attach procedure of UE

본 절에서는 이와 같은 목표를 달성하기 위하여 3GPP 표준에서 제시한 내용을 바탕으로 단말의 이동성 정도를 결정하는 방안, 단말의 위치 파악 및 TAU(Tracking Area Update) 절차에 대한 간단한 설명을 한다[11]. 또한 단말의 이동성 관리를 위해서 많은 양의 제어신호가 단말과 코어네트워크 간에 교환될 것인데, 이러한 교환되는 제어신호의 수를 수치적으로 분석해 본다.

단말의 전원을 최초로 켜 경우와 같이 초기의 단말은 EMM-DEREGISTERED 상태에 있으며, 이 단말이 네트워크에 접속하기 위해서 초기 접속(initial attach) 절차를 통해 해당 네트워크에 등록하는 과정을 수행한다. 그림 1은 단말의 초기 접속 시 해당 단말의 이동성 정도를 코어 네트워크 쪽에 알려주기 위한 단말의 초기 등록 과정을 나타낸다. 그림 1에서 단말은 제어평면(CP)에 단말의 능력과 요구되는 이동성 정

5G의 이동성 관리에서는 그림 1의 과정을 거쳐 결정된 이동성을 고 이동성(High mobility), 저 이동성(Low mobility) 및 무 이동성(No mobility)의 3가지로 이동성 수준을 정의하고 있다.

- ① High mobility : 단말은 지리적인 제한을 갖지 않고 자유롭게 이동할 수 있다.
- ② Low mobility : 단말은 5개 정도의 한정된 트래킹 영역(TA, Tracking Area) 지역 내에서 제한적으로 이동할 수 있다.
- ③ No mobility : 단말이 고정되어 있거나 거의 움직이지 않는 경우로 TA의 변화가 없다.

LTE 시스템에서 단말의 최초 접속 이후, 단말의 위치를 파악하기 위한 절차를 간단히 살펴본다. 이동성을 관리하는 이동성 관리 개체(MME, Mobility

Management Entity)는 UE에게 이동성 관리 및 세션 관리 등의 기능을 제공하며 LTE 시스템에서는 UE의 위치를 TA 단위로 파악한다.

7 및 12~17 단계는 생략된다.

$$N = \begin{cases} 27n, & \text{MME 변경시} \\ 18n, & \text{MME 미변경시} \end{cases} \quad (1)$$

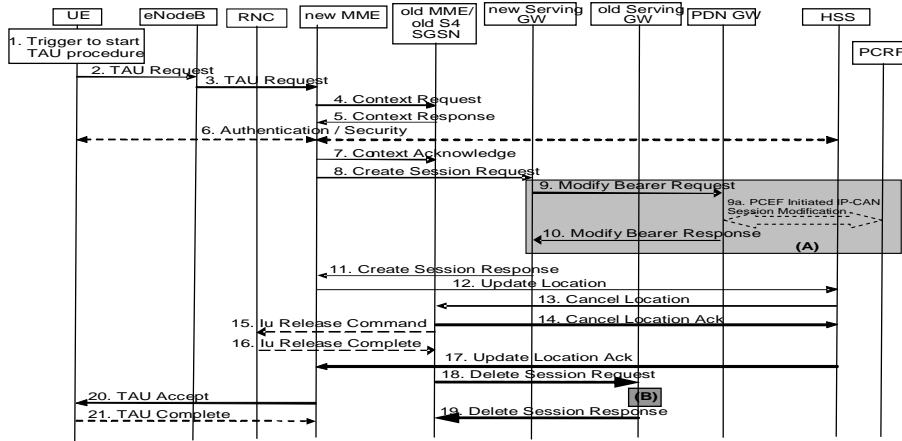


그림 2. TAU 절차
Fig. 2. TAU procedure

MME는 UE가 어느 TA에 위치하고 있는지의 최신 위치 정보를 가지고 있어야 하는데, 이것은 UE가 이동함에 따라 UE를 관리하는 MME가 변경될 경우 또는 MME가 변경되지 않더라도 주기적으로 단말의 위치 정보를 갱신하고 있다. 그림 2는 3GPP 표준에서 제시한 주기적 혹은 비주기적 event 발생으로 수행하는 이동성 관리를 위한 TAU(Tracking Area Update) 절차를 보여준다.

그림 2에서, 휴지(Idle) 상태(EMM-Registered/ECM-Idle/RRC-Idle)의 MTC 단말들은 단말의 네트워크 접속을 지원하기 위한 랜덤 액세스(random access) 절차와 네트워크로부터 자원을 할당받는 무선자원 제어(RRC) 연결설정 절차를 통해 네트워크와 연결을 맺은 후 TAU 절차를 시작하므로, TAU를 수행하는데 있어서 교환되는 전체 제어신호의 수, N 은 식 (1)과 같다. 여기서 n 은 Idle 상태의 MTC 단말의 수이다. 여기서 TAU를 수행하는 과정에서 단말을 관리하는 MME가 변경되지 않는 경우에는 4, 5,

4. 그룹기반 2-계층 이동성 관리시스템

모든 단말의 이동성 관리를 위해서 많은 양의 제어 신호가 단말과 코어네트워크 간에 교환되어 시그널링 오버헤드가 발생하여 해당 링크들에서 혼잡 및 과부하의 문제점이 만들어 지게 된다. 그러므로 이를 효율적으로 제어하기 위한 방법이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 이동성 수준에 따라 m-MTC 및 c-MTC의 두 그룹으로 분류하였으며, 각 그룹을 대표하는 그룹 헤더가 TAU request를 수행하게 함으로서 MTC 단말들과 MME 간의 제어신호의 교환으로 발생하는 제어신호의 수를 감소시키는 방법을 제안한다. 첫 번째로 이동성 수준에 따라 TA 영역을 다르게 구성하기 위해, 이동성이 같은 단말들을 그룹화 하는 방법은 2-계층 구조로 구성하는데[11], 이것은 2절에서 설명하였던 m-MTC와 c-MTC 그룹이다. 여기서 m-MTC는 No/Low Mobility 서비스에 적합하므로 비교적 작은 TA로 구성한다. 반면에 c-MTC 그룹은 High Mobility 서비스에 적합하므로 비교적 큰 TA로 구성한다. 그림 3은 그룹기반 2-계층

TA의 구조의 예를 보여주는데, 여기서는 TA_L 은 No/Low Mobility 서비스를 위한 TA이며, TA_H 는 High Mobility 서비스를 위한 TA를 나타내고 있다. c-MTC에 속한 단말들은 $TA_L1 \sim TA_L4$ 사이를 이동하여도 TAU를 수행하지 않으나, m-MTC에 속한 단말들은 서로 다른 TA_L 을 이동할 때 마다 TAU를 수행한다.

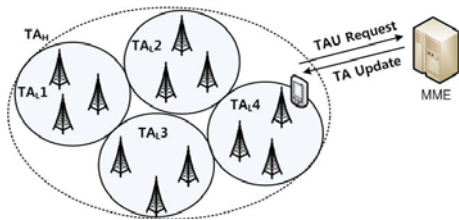


그림 3. 그룹기반 2-계층 TA
Fig. 3. Group-based 2-layer TA

두 번째 과정으로, 각 그룹을 대표하는 그룹 헤더는 그림 2의 TAU 절차에서 2, 3 단계에 해당하는, TAU Request 메시지의 전송 과정을 수행하고, MME는 그룹 내 모든 단말에 대하여 TAU를 수행하는 과정이다. 제안된 방식과 같이 MTC 단말들을 그룹별로 TAU를 수행하는 경우, TAU를 수행하는데 있어서 교환되는 전체 제어신호의 수를 계산해 보면 표 2로 정리할 수 있다. 즉, 그룹 헤더의 경우는 식(1)에서 제시되는 제어신호의 교환이 이루어지지만, 그룹 멤버의 경우에는 랜덤 액세스 절차와 무선자원 제어 연결설정 절차 및 TAU Request를 수행하지 않기 때문이다.

표 2. 제어신호의 수
Table 2. Number of Control Signaling

항 목	Group Header	Group Member
MME 변경시	$27n$	$27 + 18(n - 1)$
MME 미 변경시	$18n$	$18 + 9(n - 1)$

5. 성능분석

본 절에서는 이동성 관리를 위해 제안한 방법이 MTC 단말들이 개별적으로 TAU를 수행하는 기존의 방법에 비해 시그널링 오버헤드 문제를 감소시킬 수 있는지를 분석해보고자 한다.

LTE 망에 접속하여 서비스를 이용하던 사용자가 트랙픽 비활성화로 휴지 상태로 천이한 후에, 주기적으로 단말의 위치 정보를 MME에 보고 하는 주기적 TAU 절차를 수행하는데, TAU 절차는 사용자가 망에 등록시 MME로부터 할당 받은 TAI(Tracking Area Identity) 리스트에 없는 TA로 이동하거나 TAU timer가 경과하면 수행된다. 많은 단말을 가정할 수 있지만, 여기서는 기존 시스템에 100개의 단말이 존재 한다고 가정한다면, 제안된 시스템에서는 이 단말들이 크게 m-MTC와 c-MTC의 두 그룹 나누고 각 그룹에는 50개의 단말들이 있다고 가정한다. 여기서 TAU timer는 표 1의 특성에 따라 m-MTC는 3GPP 표준에서 제안하는 기본적인 54분으로 설정하였으며, c-MTC는 이 보다 짧은 주기를 갖는 12분으로 설정하였다[11].

그림 4는 TAU 수행시 기존의 방법과 그룹 기반의 제안된 방법에 대해 하루에 발생하는 제어신호의 수를 MME가 변경할 경우와 변경하지 않을 때를 가정하여 비교한 결과를 표시하고 있다. 그룹에 속한 MTC 단말의 수가 증가할수록 제안하는 방법과 기존의 방법에서 발생하는 시그널링 수가 증가하는 것을 알 수 있다.

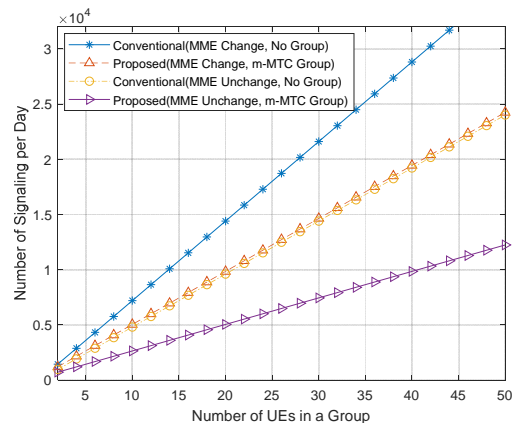


그림 4. 제어신호의 수
Fig. 4. The number of control signal

그림 5는 그림 4에서 제시한 기존 방법과 제안한 m-MTC 그룹에서 발생하는 제어신호의 수를 비율 측면으로 분석하였다. MTC 단말이 증가할수록 MME가 변경되지 않는 경우와 변경되는 경우에 각각 33%와 49% 정도의 제어신호 수의 감소 효과를 보여주고 있으며 이는 c-MTC 그룹에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

그림 6은 제안된 두 그룹에서 하루 동안 발생하는 제어신호의 수를 MME가 변경할 경우와 그렇지 않을 때를 가정하여 비교한 결과를 보여주고 있다. 이것은 c-MTC 그룹에서는 TAU 갱신주기가 m-MTC 그룹보다 짧으므로 더 많은 시그널링이 발생하는 것이다.

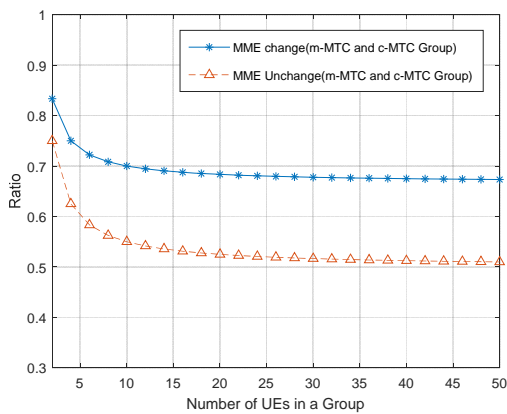


그림 5. 제어신호의 비율

Fig. 5. The ratio of control signal

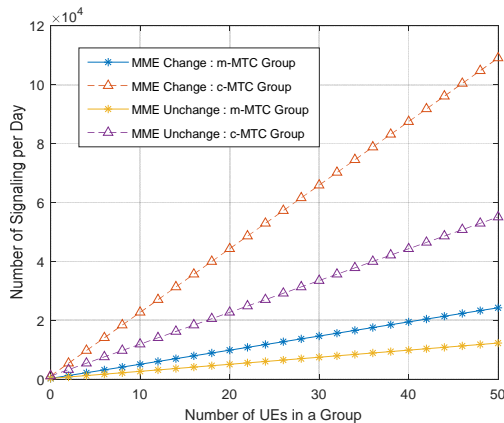


그림 6. 각 그룹에서 제어신호의 수

Fig. 6. The number of control signals in each group

6. 결론

본 논문에서는 다수의 MTC 단말들이 갖는 이동 수준에 따라 크게 m-MTC 그룹과 c-MTC 그룹으로 분류하고 이동성 관리를 수행하는 과정에서 발생하는 제어신호의 수를 감소하기 위한 방법을 제시하였다. 5G에서는 매우 많은 수의 사물들이 연결되는 환경이지만 시뮬레이션을 수행하는데 있어서는 100개의 단말을 가정하였는데, 이 결과는 단말의 수가 증가하여도 동일한 비율로 증가하므로 같은 결과를 얻을 수 있을 것이다. 그룹 헤더가 대표적으로 TAU Request를 수행하고 이동 수준에 따라 TAU 갱신 주기를 조절하여 제어신호의 수를 관찰한 결과 m-MTC 또는 c-MTC 그룹에서 MME가 변경되지 않는 경우 33% 그리고 MME가 변경되지 않는 경우는 49% 정도 제어신호의 수가 감소하였다. 결과적으로 제안한 방법은 에너지 효율 및 서비스 수명을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] 3GPP TS 22.368, Service requirements for Machine Type Communications (Release 13), Dec. 2014.
- [2] Y. G. Kim, S. W. Min, "Proposal and Throughput Analysis of a Management Scheme for MTC Device Clustering Service", The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport System, Vol. 16 No.1 pp.157-165, Feb. 2017.
- [3] D. G. Kim, H. J. Kim, and D. S. Hong, "The issues and solutions in 3GPP M2M communications", The Journal of Korea Information and Communications Society, Vol. 28, No. 9, pp. 21-28, Aug. 2011.
- [4] T. C. Yuan, C. Y. Ho, and C. Y. Huang. "Energy-efficient algorithms and evaluations for massive access management in cellular based machine to machine communications," 2011 IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 5-8, Sept. 2011.
- [5] P. Zhang, Energy-Efficient Clustering Design for M2M Communications, Master of Science

- Thesis, Stockholm, Sweden, 2013
- [6] TTAR-01.0008, Mobility Management in Next Generation Mobile Core Networks (Technical Report), TTAR, Nov. 2016
- [7] H. T. Roh and J. W. Lee, "Mobility Management of M2M Devices with Grouping in the LTE System", The Journal of Korea Information and Communications Society, Vol. 37B, No. 12, pp.1119-1127, 2012.
- [8] J. B. Dore, D. Roviras and S. Traverso, "Waveforms Models for Machine Type Communication integrating 5G Networks", No. 1, Dec. 2016.
- [9] K. J. Choi, J. Lee, J. H. Kim and K. S. Kim, "A Study on Ultra-Low Latency/ High Efficiency Cellular Systems," Proc. of Summer Conference of Korean Institute of communications and Sciences pp.5-6, 2015.
- [10] 3GPP TR 23.799, Study on Architecture for Next Generation, Dec. 2016.
- [11] 3GPP TS 24.301 V11.4.0, Non Access Stratum(NAS) protocol for Evolved Packet System(EPS), April. 2013.
- [12] Byung-Jin Lee, Sang-Lim Ju, Nam-il Kim, Kyung-Seok Kim, 'Performance Analysis of High-Speed 5G MIMO System in mmWave Band', The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication VOL. 18 No. 5, 2018

저자약력

김 남 선 (Nam-Sun Kim)

[정회원]



- 1991년 8월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학 석사)
- 1995년 8월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학 박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 대전대학교 전기전자통신공학부 교수

〈관심분야〉

이동통신, 인지무선통신,
디지털통신