

# 3GPP LTE-A 시스템에서 M2M 서비스를 위한 우선순위 기반 임의접속제어

김남선\*

## Priority-Based Random Access control for M2M Service in 3GPP LTE-A System

Nam-Sun Kim\*

**요약** 본 연구에서는 H2H와 M2M 서비스가 공존하는 LTE-A 시스템에서 유사한 지연특성을 갖는 서비스들을 3개의 클래스로 분류하고 우선순위에 따라 무선자원을 할당하는 2가지 알고리즘을 제시한다. 첫 번째는 높은 우선순위의 클래스에서 낮은 순위의 클래스로 자원을 할당하며, 각 클래스에서는 M2M보다 H2H에 우선권을 주는 알고리즘이며, 두 번째는 가장 높은 우선순위의 클래스를 제외하고 나머지 클래스에서는 지연특성에 상관없이 H2H에 우선순위를 주는 방법이다. 각 클래스에서 M2M 기기들의 접속률( $\alpha$ )에 따라 임의접속 성공확률을 분석하였다. 기존시스템과의 비교에서, 2개 클래스(4개의 서비스)에  $\alpha_{2M}=0.05$ 인 경우 0.5에서 0.52로 향상되었다. 3개의 클래스에서,  $\alpha_{2M}=\alpha_{3M}=1$ 인 경우에는 0.5에서 0.57로,  $\alpha_{2M}=0.5$ ,  $\alpha_{3M}=0.1$ 인 경우에는 0.5에서 0.58로 성공확률이 약간 증가함을 알 수 있었다. 또한 제안된 두 알고리즘의 성능은 거의 동일했다. 이것은 제안된 방식에서 최대 6개의 서비스를 고려했지만, 각 클래스의 H2H의 평균 유입률을 동일하게 설정했기 때문에 임의접속 성공확률은 기존 방식과 거의 유사한 결과가 얻어졌음을 알 수 있다.

**Abstract** In this paper, we propose two algorithms for classifying services with similar delay characteristics into three classes and allocating radio resources according to priority in LTE-A system where H2H and M2M services coexist. The first is to allocate resources from the higher priority class to the lower priority class, and each class gives priority to H2H over M2M, and the other is to give priority to H2H regardless of delay characteristics except for the class with the highest priority. The RA success probability was analyzed according to the access rate( $\alpha$ ) of M2M devices in each class. In comparison with the conventional systems, it was improved from 0.5 to 0.52 for  $\alpha_{2M}=0.05$  in two classes. In the three classes, the success probability was slightly increased from 0.5 to 0.57 for  $\alpha_{2M}=\alpha_{3M}=1$  and from 0.5 to 0.58 for  $\alpha_{2M}=0.5$  and  $\alpha_{3M}=0.1$ . Although 6 services are considered in the proposed scheme, the RA success probability is almost similar to the previous scheme because the average arrival rate of H2H of each class is set to the same.

**Key Words** : 3GPP LTE-A, H2H, M2M, Random Access, Success Probability

### 1. 서론

M2M(Machine To Machine)은 MTC(Machine Type Communication)이라고 하며 인터넷에 연결된 사물들이 사람의 개입 없이 능동적으로 정보를 주고

받는 사물지능통신이다. 최근 센서, 무선통신 등의 핵심기술 발전과 기기의 저가격화로 M2M 통신 시대가 본격화되고 있으며 3GPP LTE-A와 같은 셀룰러 기반의 이동통신기술을 활용하여 스마트 융합 서비스를

\*Corresponding Author : Division of Electrical & Electronic Engineering, Daejin University(kimns@daejin.ac.kr)

Received July 19, 2019

Revised August 12, 2019

Accepted August 17, 2019

제공하고 있다[1][2].

LTE-A 시스템에서 단말(UE)은 네트워크에 처음으로 접속할 때 경쟁 기반 임의접속(RA, random access)을 한다[3]. H2H(Human to Human) 서비스를 위해 설계된 3GPP LTE-A 네트워크에서 임의접속 절차는 총 4번의 메시지 교환과정을 통해서 이루어지는데, 임의접속 절차의 성공률을 높이기 위해 접속 실패 시 재전송을 지원하고 있다. 접속 시도를 요청하는 단말이 많지 않은 상황에서는 이러한 재전송을 통해 접속 성공률을 높일 수 있으나 많은 단말의 접속시도는 오히려 성공률을 저하시킬 것이다[4].

LTE-A 네트워크에서 M2M 통신을 위해서는 많은 장애들이 있다. 이러한 장애들은 주로 M2M과 H2H의 서로 다른 특성에 의해 발생하는데, 이러한 특성에는 단말가격, 데이터 전송률, 지연 허용치, 운용 기기들의 수 등이 있다[5]. 이러한 특성 차이 중에서 가장 큰 문제점은 일정 영역에서 대단히 많은 M2M 기기들이 존재한다는 것인데, 동시에 많은 M2M 기기들의 경쟁기반 방식으로 매우 짧은 시간에 임의적으로 접근한다면, 이것은 무선 접근 네트워크의 과부하로 인해 충돌과 혼잡성 등을 일으키는 원인이 되며 이것은 기존의 H2H 통신의 성능을 감소시키는 원인이 될 것이다.

본 연구에서는 3GPP LTE-A 시스템을 기반으로 소량의 데이터를 송, 수신하는 M2M 기기가 무수히 많이 존재하는 상황에서 한정된 임의접근 자원을 사용하는 함으로서 발생할 수 있는 문제점을 살펴보고, 클래스 기반으로 H2H와 M2M 기기들이 동시에 존재하는 경우에 임의접근 성공확률을 높일 수 있는 알고리즘을 제시한다.

## 2. 배경지식 및 관련연구

### 2.1 임의 접속 절차

LTE-A 통신 네트워크에서 사용자들이 성공적인 데이터 전송을 위해서, 단말(UE)과 기지국(eNB) 간의 초기접속 절차를 진행하는데 이러한 경쟁기반 임의접근 절차를 [그림 1]에 표시하였다[4]. 접속을 원하는 단말은 직교성의 64개 프리앰블(preamble) 중 하나

를 임의로 선택하여 PRACH(physical RACH)라는 상향링크 물리채널을 통해 기지국으로 전송하며(Msg1) 기지국은 하향 물리채널인 PDSCH를 통해 임의접속응답(RAR)을 단말에게 전송한다(Msg2). RAR을 수신한 단말은 할당받은 상향링크 자원을 통해 RRC Connection Request를 전송하며(Msg3), 기지국은 이에 대한 응답으로 충돌해결을 단말에게 전송함으로써 임의접속 절차를 마친다(Msg4).

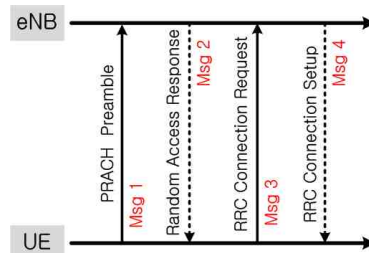


그림 1. 경쟁기반 임의접속 절차  
Fig. 1. Contention based RA procedure

$N$ 개의 프리앰블은  $N$ 개의 병렬 논리채널이라 생각할 수 있으므로 임의의 시간슬롯(time slot)에서 임의접속을 위한 채널은  $N$ 개라 할 수 있다[6]. 임의의 시간슬롯에서 한 사용자가 하나의 프리앰블을 전송한다면 성공적으로 접속요청이 되지만, 둘 이상이 동시에 동일한 프리앰블을 전송한다면 충돌이 발생한다. 임의접근 자원은 한정되어 있으므로, 작은 크기의 패킷을 갖는 많은 M2M 기기들이 동시에 접속요청을 하면 프리앰블 충돌이 일어날 것이며, 이것은 PRACH를 과부하 시키고 임의접근에 대한 혼잡상황을 일으켜 접근지연 및 접속 실패율을 증가시킨다. 결과적으로 동시에 존재하는 H2H 서비스의 성능이 심각하게 감소될 것이므로, LTE-A 네트워크에서 M2M과 공존하기 위해서는 임의접근 절차가 중요하게 고려되어야 한다[7].

### 2.2 H2H와 M2M 통신의 요구조건

H2H와 M2M 서비스들은 트래픽률, 패킷크기, 지리적 영역의 사용자 밀도 및 지연허용레벨 등과 같은 요구조건 차이가 있으므로, H2H 서비스를 지원하기

위해 설계된 LTE-A 네트워크에서 M2M 서비스를 지원하는 것은 큰 도전과제이다[5]. 여기서 H2H와 M2M 서비스가 무선 자원들을 공유하여 사용하고 할당하는 경우, 서비스의 지연 특성은 가장 중요하게 다루어야 할 파라미터이다[8]. 지연 민감(delay sensitive)을 갖는 H2H 서비스와 달리, M2M 서비스들은 일반적으로 낮은 이동성, 지연 허용(delay tolerant) 및 작은 데이터 전송 등과 같은 특성을 가지지만, 응급 순찰 및 긴급재난 등과 같은 분야에서는 지연 민감 특성을 가져야 한다. 또한 H2H 서비스도 지연민감 부터 지연 허용 등의 다양한 특성을 갖는 서비스를 요구할 것이다. 본 연구에서는 H2H와 M2M가 공존하는 상황에서 지연특성을 기초로 서비스들을 클래스로 분류하고 임의접속자원을 할당하는 방법을 제시한다.

### 2.3 관련 연구

H2H와 M2M이 동시에 존재하는 경우의 임의접속을 개선하기 위해, 접근을 제어하여 개선하는 ACB(Access Class Baring) 기법, 서비스에 따라 프리엠블을 분할하여 할당하거나, H2H와 M2M에 슬롯을 다르게 할당하는 기법, M2M 단말을 위해 동적으로 RACH 자원을 할당하는 방법 등 많은 다양한 연구가 진행되어 왔다[9][10]. 또한 서비스들을 지연 레벨과 SINR과 같은 QoS에 따라 클래스 또는 그룹으로 분류하고 클래스의 우선순위에 따라 우선순위가 낮은 서비스에 접속을 제안하는 많은 연구가 있다 [7][8][11]. 또한 다수의 논문에서는 M2M 환경에서 임의접속의 재접속 시도가 임의접속 성능에 미치는 영향을 분석하였다[11][12]. H2H와 M2M에 대해 두 가지 트래픽 모델인 균등분포(Uniform distribution)와 베타분포(Beta distribution) 모델에 대하여 성능을 평가하였다[13]. 연구 [11]에서는 서비스를 2 또는 3개로 나누고 지연에 따른 우선순위에 의해 사용자들의 접속률을 조정함에 의해 경쟁기반 임의접속 성공확률이 개선됨을 보였다. 또한 연구 [7][8]에서는 응용들을 클래스로 구분하고, 자원들은 높은 우선순위의 클래스들에 할당되고, 하나의 주어진 클래스 내에서는 H2H 흐름에 먼저 할당하였다. 본 연구에서는 이 연구들을 바탕으로, LTE-A 시스템의

상향링크 전송에서 Poisson 분포를 갖는 H2H와 M2M 서비스들이 동시에 존재하는 환경에서, 지연특성에 따라 서비스들을 3개의 클래스, 즉 6개의 서비스로 구분하여 우선순위를 부여하여 무선 자원을 할당하며 M2M 기기들의 접속률을 조정하여 임의접속 성공확률이 개선됨을 보인다.

## 3. 시스템 모델

본 절에서는 H2H 서비스를 위해 설계된 LTE-A 셀룰러 네트워크의 상향링크에서 많은 수의 M2M 기기들이 더해짐으로서 임의접속자원을 할당하기 위한 알고리즘을 제시한다. 2.2절에서 설명한 내용을 바탕으로, 유사한 지연 특성을 갖는 H2H, M2M 서비스들을 동일 클래스로 구분하여 내림차순의 우선순위를 부여하였고 이를 바탕으로 제시한 2가지 알고리즘의 개념을 [그림 2]에서 설명하고 있다. 여기서 각 클래스에는 유사한 지연특성을 갖는 H2H와 M2M 기기들이 공존하고 있고, 우선순위에 따라 임의접속 자원을 할당하는 순서를 화살표로 나타내었다.

### 3.1 알고리즘 1

임의접속자원은 가장 지연에 민감한 클래스 1에 우선으로 자원이 할당되는데 이 클래스 내의 H2H와 M2M 서비스 중에서는 H2H가 우선순위를 갖는다. 다음으로 클래스 2와 클래스 3의 순서로 우선순위를 가지며 각각의 클래스 내에서도 H2H 응용들이 우선순위를 갖는다.

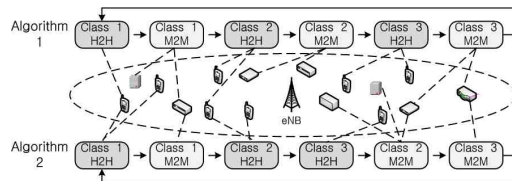


그림 2. 제안된 알고리즘 1과 2  
Fig. 2. Proposed algorithm 1 and 2

제안된 알고리즘의 성공확률을 유도하기 위하여, H2H와 M2M 트래픽의 패킷 도착률(arrival rate)은

각각 평균이  $\lambda_H$ ,  $\lambda_M$ 인 Poisson Distribution을 따른다고 한다[11][13].

$$p(n_H = i) = \frac{\lambda_H^i}{i!} e^{-\lambda_H} \quad (1)$$

$$p(n_M = j) = \frac{(\alpha \lambda_M)^j}{j!} e^{-\alpha \lambda_M} \quad (2)$$

여기서  $n_H$ 와  $n_M$ 은 클래스 내 H2H와 M2M 기기들의 수이며,  $\alpha$ 는 M2M 기기들의 접속률(access rate)을 나타낸다. 클래스 1에서 H2H의 임의접속 성공은 M2M 기기의 존재 여부에 상관없이 오직 한 명의 H2H 사용자가 슬롯에 있는 채널에 접속하기 때문이며, 클래스 1의 H2H 사용자 임의의 시간 슬롯에서 임의접근에 성공할 확률은 식 (3)과 같다.

$$p_{1H,s} = p(n_{1H} = 1) = \lambda_{1H} e^{-\lambda_{1H}} \quad (3)$$

클래스 1에서 M2M 사용자는 H2H 사용자의 데이터 패킷이 없을 때 슬롯에 있는 채널에 접근 할 수 있다. 채널에 액세스 할 수 있는 M2M 기기가 오직 한 개인 경우, M2M 사용자의 접속 성공 확률은 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} p_{1M,s} &= p(n_{1H} = 0) \cdot p(n_{1M} = 1) \\ &= e^{-\lambda_{1H}} \cdot \alpha_{1M} \lambda_{1M} e^{-\alpha_{1M} \lambda_{1M}} \end{aligned} \quad (4)$$

클래스 1은 우선순위가 가장 높은 클래스이므로, 이 클래스의 M2M 기기의 접속률( $\alpha_{1M}$ )은 1로 가정한다. 클래스 1에서 임의접속에 성공할 전체 확률은 식 (3)과 (4)의 합으로 표시된다.

$$p_{1,s} = \lambda_{1H} e^{-\lambda_{1H}} + e^{-\lambda_{1H}} \cdot \lambda_{1M} e^{-\lambda_{1M}} \quad (5)$$

다음 우선순위인 클래스 2에서도 H2H와 M2M 서비스 순으로 접속자원이 할당되는데 H2H와 M2M 서비스의 액세스 성공 확률은 각각 식 (6)과 (7)로 표현되며 클래스 2에서 임의접속에 성공할 전체 확률은

식 (8)로 표현된다. 여기서 각 클래스에서 H2H 트래픽의  $\lambda_{1H} = \lambda_{2H} = \lambda_{3H} = \lambda_H$ 로 가정한다.

$$p_{2H,s} = \lambda_H e^{-2\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} \quad (6)$$

$$p_{2M,s} = e^{-2\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} \cdot \alpha_{2M} \lambda_{2M} e^{-\alpha_{2M} \lambda_{2M}} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} p_{2,s} &= \lambda_H e^{-2\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} \\ &+ e^{-2\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} \cdot \alpha_{2M} \lambda_{2M} e^{-\alpha_{2M} \lambda_{2M}} \end{aligned} \quad (8)$$

마찬가지 방법으로 클래스 3에서도 H2H와 M2M 서비스 순으로 임의접속 할당이 이루어지므로 클래스 3의 접속 성공확률은 식 (9)로 표시된다.

$$\begin{aligned} p_{3,s} &= \lambda_H e^{-3\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} \cdot e^{-\alpha_{2M} \lambda_{2M}} \\ &+ e^{-3\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} \cdot e^{-\alpha_{2M} \lambda_{2M}} \cdot \alpha_{3M} \lambda_{3M} e^{-\alpha_{3M} \lambda_{3M}} \end{aligned} \quad (9)$$

3개의 클래스가 존재하는 상황에서 하나의 채널에서 임의접속 성공확률은 식 (10)과 같다.

$$p_{succ} = p_{1,s} + p_{2,s} + p_{3,s} \quad (10)$$

### 3.2 알고리즘 II

알고리즘 1과 마찬가지로 가장 지연에 민감한 클래스 1에 우선으로 자원이 할당되는데 그 클래스에서 있는 H2H와 M2M 서비스 중에서는 H2H가 우선순위를 갖는다. 다음으로 클래스 2와 3의 순서로 H2H 서비스들이 우선순위를 가지며 다음으로 클래스 2와 클래스 3의 순서로 M2M 서비스들에게 임의접속자원이 할당된다. 알고리즘 1과 같은 방법으로 해석하면, 하나의 채널에서 임의접속 성공확률은 식 (11)로 계산된다.

$$\begin{aligned} p_{succ} &= \lambda_H e^{-\lambda_H} + e^{-\lambda_H} \cdot \lambda_{1M} e^{-\lambda_{1M}} \\ &+ \lambda_H e^{-2\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} + \lambda_H e^{-3\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} \\ &+ e^{-3\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} \cdot \alpha_{2M} \lambda_{2M} e^{-\alpha_{2M} \lambda_{2M}} \\ &+ e^{-3\lambda_H} \cdot e^{-\lambda_{1M}} \cdot e^{-\alpha_{2M} \lambda_{2M}} \cdot \alpha_{3M} \lambda_{3M} e^{-\alpha_{3M} \lambda_{3M}} \end{aligned} \quad (11)$$

### 4. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 [11]의 연구를 확장하여, 혼합 트래픽이 존재하는 3개의 클래스, 즉 6개의 서비스를 갖는 시스템에서 클래스 2와 클래스 3에 M2M 기기들의 접속률을 조정함에 의해서 임의접속 성공확률이 개선됨을 분석한다.

[그림 3]은 2개의 클래스가 존재하고, 각 클래스는 H2H 사용자에게 다수의 M2M 사용자가 임의접속을 요구하는 경우, 2번째 클래스에 분포하는 M2M 사용자의 접속률( $\alpha_{2M}$ )에 따라 임의접속의 성공확률을 분석하였다. H2H 사용자들의 평균 도착수(average arrival number)를 50으로 고정시키고 M2M 사용자의 평균 도달 수를 초당 0~5000 사이의 범위로 하였다. [그림 3]에서 알 수 있듯이, M2M 사용자들의 수가 같다면  $\alpha_{2M}$ 이 낮을수록 성공 확률이 높아지는 것을 알 수 있으므로,  $\alpha_{2M}$ 를 조절하여 임의접속 성공률을 향상시킬 수 있다. 더불어  $\alpha_{2M} = 0.05$ 의 경우 기존의 연구에 비해 임의접속 성공확률이 0.5에서 0.52로 약간 향상 되었다.

3개의 클래스가 존재하고, 각 클래스는 H2H 사용자에게 다수의 M2M 사용자가 임의접속을 요구하는 경우 2번째와 3번째 클래스에 분포하는 M2M 사용자의 접속률에 따라 임의접속의 성공확률을 분석하였다. 이 경우 클래스 2에 M2M 사용자의 접속률을  $\alpha_{2M}$ 로 하고 M2M 사용자의 평균 도달 수( $\lambda_{2M}$ )는 0~6000으로 변화

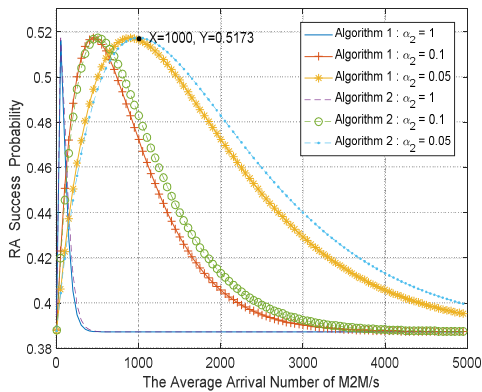


그림 3. M2M의 접속률에 따른  $p_{succ}$   
 Fig. 3.  $p_{succ}$  according to access rate of M2M

시켰다. 마찬가지로 클래스 3에 M2M 사용자의 접속률을  $\alpha_{3M}$ 로 하고  $\lambda_{3M}$ 는 0~6000으로 변화 시켰다.

[그림 4]에서  $\alpha_{2M} = \alpha_{3M} = 1$ 로 두었는데, 접속률이 1이라는 것은 클래스 2와 클래스 3의 M2M 사용자들의 접속률을 조절하지 않았다는 것을 의미하는데, 기존의 방법의 0.5에서 0.58로 성능 향상을 얻었으며, 제안된 알고리즘에서는 알고리즘 2가 좀 더 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

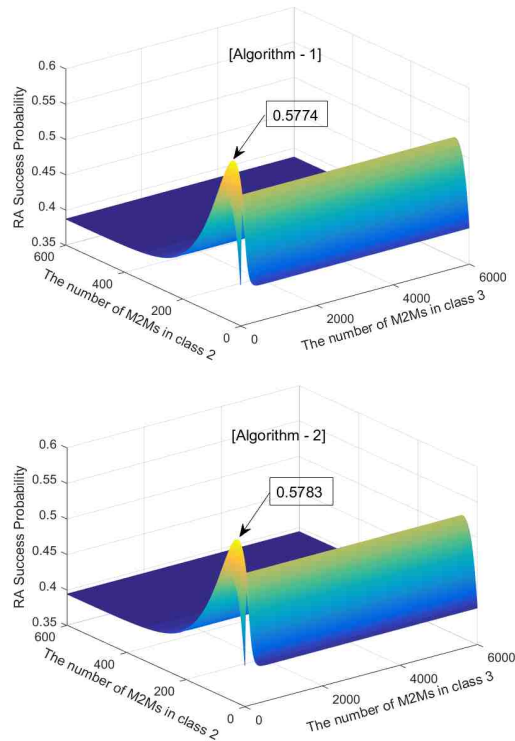


그림 4.  $\alpha_{2M} = \alpha_{3M} = 1$ 인 경우의 성공확률  
 Fig. 4. Success probability with  $\alpha_{2M} = \alpha_{3M} = 1$

[그림 5]에서는  $\alpha_{2M} = 0.5, \alpha_{3M} = 0.1$ 로 하여, 클래스 3의 M2M 사용자들의 접속률을 클래스 2보다 낮게 두었다. [그림 4]와 [그림 5]를 비교해 보면, 접속률을 조절함으로써, 즉, 클래스 2보다 클래스 3 M2M 사용자들의 접속률을 낮게 설정함으로써 RA 성공확률이 향상됨을 알 수 있다.

## 5. 결론

H2H 서비스를 지원하기 위해 설계된 LTE-A 네트워크에서 많은 수의 M2M 서비스가 부가되는 상황에서, 임의접근에 대한 혼잡상황을 일으켜 접근지연 및 접속 실패율을 증가시킨다. 본 연구에서는 H2H와 M2M 서비스를 지연특성에 따라 클래스로 분류하고 임의접속 자원을 할당하는 2가지의 알고리즘을 제시하였다. 또한 각 클래스의 M2M 사용자들의 접속률에 따른 성능분석을 수행하였다. 클래스의 M2M 사용자들의 접속률을 낮게 조정하여 RA 성공확률을 향상시킬 수 있었다. 제안된 방식은 기존의 방식보다 더 많은 M2M 사용자들을 가정하였지만 각 클래스의 H2H의 평균 유입률을 동일하게 설정했기 때문에 임의접속 성공확률은 기존 방식과 거의 유사한 결과가 얻어졌음을 알 수 있다. M2M의 접속률을 변화시키는 것과 같이 서로 다른 지연을 갖는 H2H의 접속률도 다양하게 변화시키면서 임의접속 성공확률을 분석

하는 방법의 연구가 필요하다고 하겠다.

## REFERENCES

- [1] K. Dong-Gyu, K. Hyeong-Jong and H. Dae-Sik, "Technology and Trends for 3GPP M2M Communication," *The Journal of KICS*, Vol. 28, pp. 21-28, Sept. 2011.
- [2] K. Namsun, "Group Based Two-Layer Mobility Management of MTC Devices in 5G Network," *The journal of KIIECT*, Vol.11, pp. 631-637, Dec. 2018.
- [3] H. Harri and T. Antti, *LTE for UMTS Evolution to LTE-Advanced*, Second Edition, John Wiley & Sons, 2011.
- [4] Y. Woon-Young, J. Yong-Hee and L. Dong-Jun, "Overload control of massive random access for machine type communications," *The Journal of Expert Systems with Applications*, Vol. 88, pp. 217-229, Dec. 2017
- [5] J. Younghwan, Group-based communications for scalable machine-to-machine communications in LTE-advanced networks, *Ph.D. Dissertation*, Korea University, June 2016.
- [6] T. V. K. Chaitanya and E. G. Larsson, "Improving 3GPP-LTE uplink control signaling performance using complex-field coding," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 62, pp. 161-171, 2013.
- [7] M. K. Giluka, N. S. Kumar, N. Rajoria, and B. R. Tamma, "Class based priority scheduling to support Machine to Machine communications in LTE systems," *Proc. of NCC*, pp. 1-6, March 2014.
- [8] M. K. Giluka, N. Rajoria, N. C. Kulkarni, B. R. Tamma, "Class based dynamic priority scheduling for uplink to support

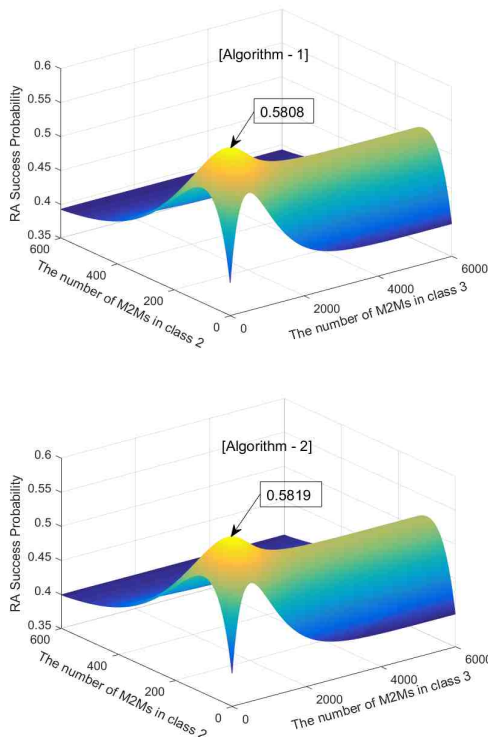


그림 5.  $\alpha_{2,M} = 0.5$ ,  $\alpha_{3,M} = 0.1$ 인 경우의 성공확률  
 Fig. 5. Success probability with  $\alpha_{2,M} = 0.5$ ,  $\alpha_{3,M} = 0.1$

- M2M communications in LTE,” *Proc. of WF-IoT*, pp. 313-317, March 2014.
- [9] A. Laya and L. Alonso, “Is the Random Access Channel of LTE and LTE Suitable for M2M Communication? A Survey of Alternatives,” *IEEE Commun. surveys & Tutorials*, vol. 16, pp. 4-16, 2014.
- [10] W. Li, Q. Du, L. Liu, P. Ren, and L. Sun, “Dynamic Allocation of RACH Resource for Clustered M2M Communications in LTE Networks,” *Proc. of IKKI*, pp. 140-145, Oct. 2015.
- [11] C. Zhide and Z. Yali, “Random Access Control for M2M in LTE System,” *International Journal of DSN*, Vol. 9, pp.1-8, Dec. 2013
- [12] J. Young-Hee and Y. Woon-Young, “Effect of retransmission on massive random access in LTE/LTE-A systems,” *Proc. of KICS*, Vol. 2, 2015
- [13] R.G. Cheng, C.H. Wei, S.L. Tsao and F.C. Ren, “RACH collision probability for Machine-Type Communications,” *Proc. of the IEEE 75th VTC Spring*, pp. 1-5. May 2012

---

저자약력

---

김 남 선 (Nam-Sun Kim)

[정회원]



- 1991년 8월 : 한양대학교 전자통신 공학과 (공학 석사)
- 1995년 8월 : 한양대학교 전자통신 공학과 (공학 박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 대진대학교 전기전자공학부 교수

<관심분야>

디지털통신, 차세대 이동통신