

MTC 장치 클러스터링 서비스 관리 방안 제안 및 성능분석

Proposal and Throughput Analysis of a Management Scheme for MTC Device Clustering Service

김 연 근* · 민 상 원**

* 주저자 : 광운대학교 전자통신공학과 석사

** 교신저자 : 광운대학교 전자통신공학과 교수

Yeon Geun Kim* · Sang Won Min**

* Dept. of Electronics & Communications Eng., Univ. of Kangwoon

** Dept. of Electronics & Communications Eng., Univ. of Kangwoon

† Corresponding author : Sang Won Min, min@kw.ac.kr

Vol.16 No.1(2017)

February, 2017

pp.157~165

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

[https://doi.org/10.12815/kits.](https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.1.157)

2017.16.1.157

Received 26 August 2016

Revised 12 October 2016

Accepted 3 January 2017

© 2017. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

본 논문에서는 MTC(Machine-Type Communications) 장치 증가를 고려하여 많은 MTC 장치 서비스 요청으로 코어 망에서 발생할 수 있는 부하를 줄일 수 있는 방안을 제안하고 제안한 방법의 성능 분석을 수행한다. 우리는 셀룰러 네트워크에 등록되어 MTC 장치 중에 클러스터 헤더로 선정하는 방안과 선정된 클러스터 헤더가 서비스 영역의 MTC 장치를 관리하는 절차를 제안하였다. 제안한 방안의 효율성 검증을 위해 기존의 셀룰러 기반의 MTC 장치로만 구성된 경우와 클러스터 헤더가 적용된 셀룰러 기반 MTC 장치에 대한 경우의 성능을 비교하여 제안한 방법의 우수성을 제시하였다.

핵심어 : MTC, 사물인터넷, 클러스터 헤더, 오버헤드

ABSTRACT

Intelligent transportation systems are currently being developed for elemental technology development of cooperative intelligent transport systems, which enable vehicles to communicate with each other or reduce the risk of traffic accidents, We have been defining and standardizing services according to the purpose of solving traffic safety problems depending on countries.

Therefore, in this study, the developed countries of V2X(vehicle-to-everything) based on USA, Europe, Japan, etc., analyzed the service cases selected in the field demonstration stage after completion of the element technology devanalyzed the service cases selected in the field demonstration stage after completion of the element technology development, and to suggest the direction of futureelopment, and to suggest the direction of future policy direction.

Key words : MTC, IoT, Cluster Header, Overhead

I. 서 론

최근 스마트 장치 및 장치 간 통신하는 M2M/IoT(Machine-to-Machine/Internet of Things) 장치의 확산으로 차세대 이동통신망에서는 셀룰러 기반 서비스 이외에 context-aware 기반의 서비스와 관련된 어플리케이션(Application)이 등장하고 있다(Huadong, 2014). 이러한 M2M/IoT 장치들은 일상생활부터 산업분야까지 다양한 분야에 넓게 퍼져있으며, 인터넷 기반의 웹서핑 서비스에서부터 멀티미디어 서비스까지 다양한 서비스에서 활용되고 있다. 이를 기반으로 사용자는 언제, 어디서나 필요한 정보를 획득하고 전달할 수 있게 되었다. 또한, M2M/IoT 서비스가 점차 응용 목적과 성질이 다양해짐에 따라 여러 유무선 네트워크에서 활용이 가능해져 사물의 이동성, 도서, 산간, 조선 등 광범위한 서비스 지역을 고려하여 이동통신 네트워크를 기반으로 하는 M2M 서비스에 대한 관심이 집중되고 있다. M2M/IoT 장치들은 2020년까지 약 수십 억 개가 네트워크에 연결되어 옷이나 거울, 침대 등 정보통신기술과 관련이 없는 사물이 서로 통신함에 따라 정보통신 시장에 큰 지각변동을 일으킬 것으로 예상하고 있다(Choi, 2011; Cisco, 2011).

유럽의 표준화 단체인 3GPP(Third Generation Partnership Project)에서는 M2M/IoT 장치와 같은 machine 타입의 장치가 두 개 이상 포함된 데이터 통신의 형태를 MTC(Machine-Type Communications)라고 정의했다. M2M/IoT 서비스가 증가할수록 MTC 장치는 늘어나며 MTC 장치들이 발생시키는 MTC의 트래픽은 M2M/IoT 서비스가 증가함에 따라 기하급수적으로 증가하고 있다. 많은 양의 M2M/IoT 서비스가 증가함에 따라, MTC 장치가 동시에 서비스 연결을 시도할 때, 그리고 MTC 장치가 동작 및 해제 절차를 통해 MTC 장치 관련 정보들이 업데이트 될 때, 셀룰러 네트워크의 코어 망에 많은 과부하가 발생할 수 있다. 이러한 문제는 기존의 셀룰러 통신인 HTC(Human-Type Communication)에 대한 성능 저하 및 전송 딜레이 관련 문제를 가져올 수 있기 때문에 셀룰러 기반의 MTC 장치에 대한 트래픽을 줄일 수 있는 방안이 필요하다(Hanet, 2015; Marco, 2014).

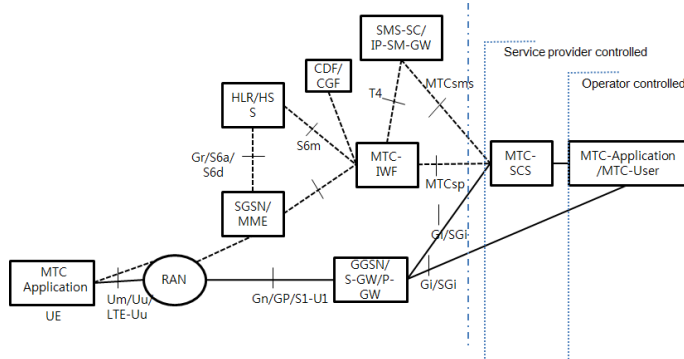
본 논문에서는 셀룰러 네트워크 기반의 MTC에서 발생하는 트래픽 문제를 해결하기 위해서 장치 트리거가 완료된 MTC 장치의 리스트를 기반으로 클러스터 헤더(Cluster Header)를 선정하고, 셀룰러 네트워크에서 클러스터 헤더를 중심으로 MTC 장치가 클러스터링(Clustering)하여 트래픽을 전송 및 클러스터가 포함되어 있는 클러스터 멤버(Cluster Member)를 관리할 수 있는 방안을 제안한다. MTC 장치에 대한 관리 절차는 MTC 장치가 선정된 클러스터 헤더를 중심으로 클러스터를 구성하는 절차, 새로운 MTC 장치가 클러스터 멤버로 추가 되는 절차와 탈퇴하는 절차, 그리고 클러스터 헤더가 변경되는 상황에 대한 절차를 설명한다.

II. MTC 표준화 동향

현재 MTC는 이동통신 네트워크를 기반으로 사람이 개입하지 않는 환경에서 장치 또는 사물 간 일어나는 통신이라고 정의 하고 있다. M2M에 대한 요구사항을 바탕으로 사물의 이동성 및 서비스의 영역 확장, 네트워크 관리 용이성 향상, 전송 보안, 서비스 품질 등 고려되면서 이동통신 네트워크 기반의 M2M의 요구사항을 반영한 MTC에 대한 연구 및 표준화 작업이 활발히 진행 되고 있다(Taleb, 2012). 대표적인 표준화 단체인 3GPP 그룹에서는 MTC를 위한 기본적인 요구 사항에 대한 M2M의 타당성 연구를 시작으로 MTC 서비스 요구사항을 정의하였다. 또한 SA2 그룹에서는 MTC를 위한 네트워크 구조 모델 및 프로토콜 정의, 기본 절차를 정의하였다.

<Fig. 1>은 3GPP에서 제시하고 있는 MTC 지원을 위한 기능 블록을 나타낸다. MTC 장치는 MTC 기능을

가진 이동 단말에 해당되며, 셀룰러 기반의 인터페이스인 Um, Uu 등을 통해 네트워크에 접속할 수 있다. MTC-SCS(MTC-Service Capability Server)는 이동통신 네트워크 자체와 통신을 하거나 이동통신 네트워크를 통해 MTC 장치와 통신을 하는 서버로, MTC 어플리케이션 서버로 접근을 위한 인터페이스를 제공하며 MTC 서비스 플랫폼에 해당한다. 또한 MTC 어플리케이션 서버와 MTC 사용자 간 연결되어 MTC 관련 서비스를 제공하는 역할을 담당한다. MTC-IWF(MTC-Inter-Working Function)는 외부 네트워크에 위치하는 MTC-SCS와 3GPP 이동 통신 네트워크 노드들 사이에 장치 트리거 요청을 중계하는 역할 담당하는 신규 망 요소에 해당된다.



<Fig. 1> 3GPP network architecture for MTC

Release 10에서 SA1 그룹에 의해 MTC를 위한 요구사항이 정의되었으며, 네트워크에 동시 접속하는 다수의 MTC 장치에 유발되는 셀룰러 네트워크 장애의 원인 분석과 해결 방안에 대한 표준화가 진행되었다(Wang, 2014).

Release 10 NIMTC(Network Improvements for Machine-Type Communication)에서 정의하는 과부하는 접속이 종료된 상태를 유지하는 MTC 장치들이 동시에 네트워크 연결 설정에 요구할 때 보내는 다량의 신호 메시지의 수신 및 처리로 인한 것으로 정의하고 있다. 이에 네트워크 과부하를 제어하기 위해 연결 설정을 위한 신호 메시지를 MME(Mobility Management Entry), S-GW(Serving Gateway, P-GW(PDN Gateway) 등 네트워크 노드에서 거절하는 방법과 네트워크의 과부하 상태를 기지국에게 알려 기지국에서 거절하는 방법이 정의되어 있다.

Release 11에서는 SIMTC(System Improvement for Machine-Type Communication)를 통해 MTC 장치를 동작시키는 트리거를 통해 응용 작업을 수행하기 위한 MTC 네트워크 구조, 트리거 방법, MTC 장치를 위한 주소 식별자 체계를 주요 내용으로 정의하고 있다.

Release 12는 MTC 장치를 위한 새로운 식별자 체계를 연구, MTC 장치들 간의 직접 통신을 위한 네트워크 개선, MTC 지원을 위한 GERAN(GSM EDGE Radio Access Network) 개선, LTE(Long Term Evolution) 저가 MTC 장치 연구 등 4가지 연구 과제를 선정하여 표준화 연구를 진행하고 있다.

기존의 코어 네트워크에서 MTC에 대한 서비스는 MTC-SCS 중심으로 MTC 서비스가 제공되고, 제어할 수 있었다. 이는 MTC 장치가 기하급수적으로 늘어남에 따라 MTC 장치 트래픽이 증가하고 코어 네트워크의 과부하로 이어질 우려가 있다. 따라서 5G 네트워크에서 MTC를 지원하기 위한 네트워크는 물리적인 형태가 아닌 클라우드를 통한 가상화를 이용하여 MTC 서비스를 제공할 수 있는 MTC 위한 새로운 네트워크 구조를 제시하고 있다(Lee, 2013).

Ⅲ. MTC 장치 클러스터링 절차 제안

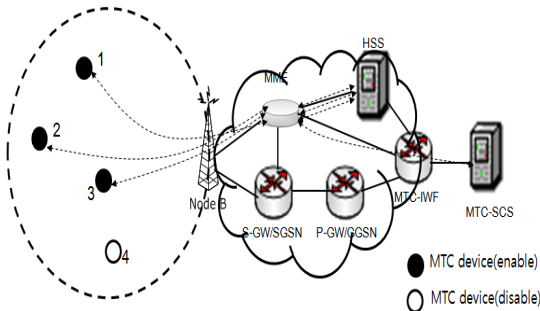
MTC의 트래픽을 줄이기 위해 장치 트리거가 완료된 단말의 리스트 중에 클러스터 헤더를 지정하고, 클러스터 헤더를 중심으로 셀룰러 망에서의 MTC 장치 클러스터에 대한 절차와 기능 구조에 대해 설명한다.

1. MTC 장치 초기 설정 및 클러스터 헤더 선택

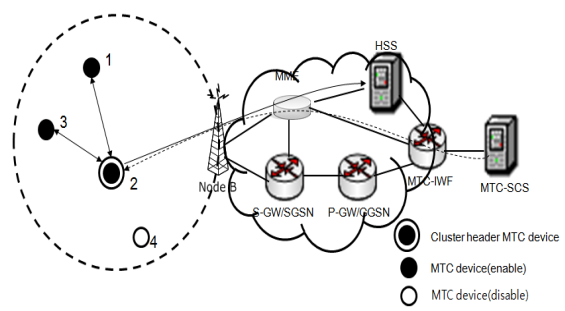
MTC 장치는 장치 트리거를 위해 기존 셀룰러 네트워크로부터 연결에 필요한 정보를 할당받아야 한다. MTC 장치가 활성화(Enable) 되었을 때 각 MTC 장치는 PDN(Packet Data Network) 연결 설정 과정을 수행해야 한다. 5G 네트워크에서 셀룰러 기반의 MTC 서비스를 제공하기 위해서는 PDN 연결을 통해 MTC 장치가 초기화 되어야 한다(Lee et al., 2013).

<Fig. 2>는 PDN 연결이 완료 후에 MTC 장치에 대한 정보를 업데이트 하는 시나리오를 나타낸다. 현재 MTC 장치는 1, 2, 3은 활성화 상태이며 MTC 장치 4는 비활성화(Disable) 상태이다. 활성화 상태인 MTC 장치 1, 2, 3은 PDN 연결이 종료 후 자신의 대한 정보를 MME를 통해 HSS(Home Subscriber Server)와 MTC-SCS에 등록한다. MTC 장치 1, 2, 3에 대한 정보 등록이 완료되면 각각 경로를 설정하여 MTC 서비스 트래픽을 전달한다. PDN 연결을 완료한 후 MTC 장치에 대한 정보를 HSS에 저장한다.

<Fig. 3>은 MTC 장치 등록이 완료된 MTC 장치 중에 클러스터 헤더 선정 및 클러스터링 과정에 대한 시나리오를 나타낸다. 현재 활성화 상태인 MTC 장치 1, 2, 3과 비활성화 상태인 MTC 장치 4로 구성되어 있다. 활성화 상태의 MTC 장치 중에 MTC 장치 2를 클러스터 헤더로 선정하고 MTC 장치 1, 3은 클러스터 멤버로 정의된다. MTC 사용자는 MTC-SCS에 저장되어 있는 MTC 장치 리스트 중 MTC 장치 2를 임의로 클러스터 헤더 선택하여 MTC 장치 1, 3과 클러스터를 구성하는 메시지를 전송한다.



<Fig. 2> MTC device registration



<Fig. 3> Selection steps of a cluster header

2. 클러스터 내에 MTC 장치 추가 및 MTC 장치 탈퇴

향후 5G 기반의 MTC 장치는 MTC 게이트웨이(Gateway)를 경유하지 않고 셀룰러 네트워크와 통신이 가능하다. MTC 장치에 각각의 고유 IP 주소 할당하여 기존의 셀룰러 네트워크와 통신이 가능하다. 따라서 MTC 장치가 클러스터 내부에 새로 참여하고 탈퇴하는 과정이 필요하다.

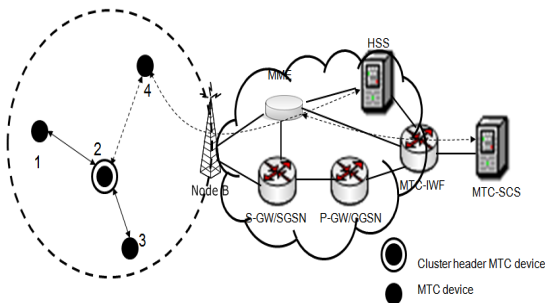
<Fig. 4>는 현재 비활성화 상태의 MTC 장치 4가 활성화 상태로 바뀌면서 MTC 장치 2의 클러스터에 새로 추가 및 클러스터를 탈퇴에 대한 시나리오를 나타낸다. MTC 장치 4는 PDN 연결에 대한 초기화 완료 후에

MTC-SCS로부터 서비스 지역 내의 클러스터 헤더인 MTC 장치 2에 대한 정보를 응답 메시지를 통해 받는다. MTC-SCS로부터 받은 클러스터 헤더에 대한 정보를 통해 클러스터에 참여 하기 위해 메시지를 전송하고 클러스터 헤더인 MTC 장치 2로부터 메시지가 수신되면 클러스터에 참여하게 된다. MTC에 대한 클러스터 탈퇴에 대한 시나리오는 클러스터 추가에 대한 시나리오의 반대로 동작한다. 클러스터 헤더에게 클러스터 탈퇴 메시지를 전송한다. 클러스터 헤더는 MTC-SCS에게 MTC 장치가 탈퇴하는 상황을 알린다. MTC-SCS로부터 클러스터 헤더에게 메시지가 도착하면 클러스터 헤더는 MTC 장치 4에게 알린다. MTC 장치 4가 클러스터를 탈퇴하는 의미는 MTC 장치 4가 서비스가 종료되었음을 의미한다.

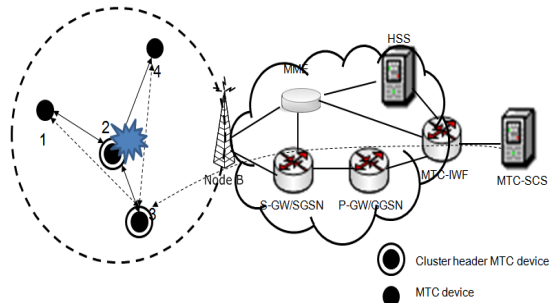
3. 클러스터 헤더 변경 및 클러스터 재설정

서비스 영역 내의 MTC 장치는 클러스터 헤더 역할을 하는 MTC 장치를 중심으로 클러스터를 형성하여 서비스를 제공한다. 하지만 클러스터 헤더에 문제가 발생하거나 서비스가 종료되었을 때, 클러스터 헤더가 관리하는 MTC 장치 클러스터에 영향을 줄 수 있다. 따라서 클러스터 헤더에 문제가 발생하거나 서비스가 종료되었을 때, 클러스터 내부의 MTC 장치 중 새로 클러스터 헤더로 선정되어 클러스터를 재설정하는 과정이 필요하다.

<Fig. 5>는 현재 클러스터 내의 클러스터 헤더가 MTC 장치 2에서 MTC 장치 3로 변경되는 시나리오를 나타낸다. MTC 장치 2에 문제가 발생하거나 서비스가 종료되었을 때, MTC-SCS에서 이를 감지하여 새로운 클러스터 헤더 선정하여 클러스터를 새로 구성해야 한다. 클러스터 헤더인 MTC 장치 2에 문제가 생겼을 경우 MTC 장치 3이 MTC-SCS로부터 클러스터 헤더 기능을 요청을 받아 자신의 주변의 MTC 장치 1, 4와 클러스터를 구성한다.



<Fig. 4> Addition and withdraw of MTC device cluster



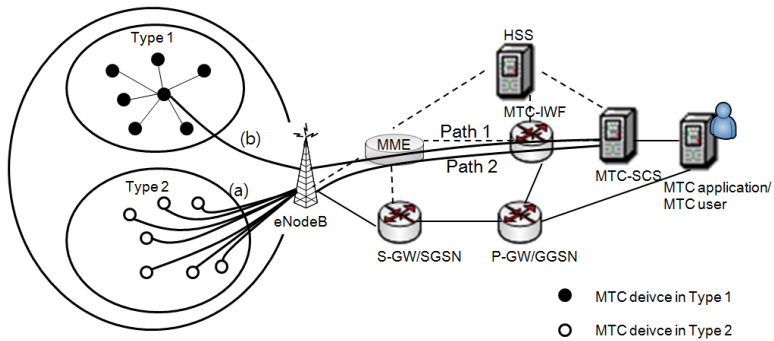
<Fig. 5> Change and re-selection of a cluster header

IV. 시뮬레이션 성능 분석

본 장에서는 셀룰러 기반의 MTC 장치들이 서비스를 제공하면서 클러스터 헤더로 선정되어 클러스터를 구성하여 서비스를 제공하는 시나리오와 기존의 개별 MTC 장치들이 각각 서비스를 제공하는 두 가지 경우의 시나리오에 대하여 비교 분석한다. 먼저 각 시뮬레이션에 대한 네트워크 구성 및 시나리오를 설명하고, 구성하는 시나리오에 대한 환경을 기술한다. 두 가지의 시나리오 상에서 셀룰러 네트워크의 많은 MTC 장치

가 서비스를 제공하기 위해 발생할 수 있는 트래픽을 측정함으로써 두 가지 시나리오에 대한 처리량을 비교 분석할 수 있었다.

<Fig. 6>은 셀룰러 망에서 클러스터 헤더의 유무에 따른 MTC 시뮬레이션 시나리오를 나타낸다. 클러스터 헤더가 정의된 MTC 클러스터의 효과를 분석을 위해 두 가지의 타입에 대한 시나리오를 통해 비교하였다. 첫 번째 타입은 클러스터 헤더를 선정하고 MTC 장치 간 클러스터를 구성하여 클러스터 헤더를 통해 서비스를 제공한다. 첫 번째 타입에서 하나의 클러스터 헤더가 선정되면 클러스터 헤더를 중심으로 클러스터 멤버가 클러스터를 형성한다. 두 번째 타입은 클러스터 헤더 없이 각각의 MTC 장치가 셀룰러 망을 통해 서비스를 제공한다. 두 타입의 MTC 장치들은 모두 동일하게 셀룰러 네트워크를 통해 초기화가 이루어진다. 또한 타입 1에서 발생하는 트래픽은 경로 1, 타입 2에서 발생하는 트래픽은 경로 2를 통해 지나간다고 가정한다. 또한 두 타입 1, 2에 대한 트래픽의 크기는 동일하다고 가정하며 모든 MTC 장치는 클러스터 헤더의 기능을 수행할 수 있는 장치라고 가정한다.



<Fig. 6> Simulation scenario

기존의 셀룰러 기반의 MTC 장치는 각각 셀룰러 네트워크로부터 초기화 과정을 수행하고 자신이 가지고 있는 각각 트래픽을 전송하기 때문에 서비스 제공 시 발생하는 트래픽이 증가한다. 일정 수준이 증가되면서 코어 네트워크에서 과부하 발생으로 인해 MTC 트래픽을 거절하여 MTC의 서비스 요청을 거부하기 때문에 발생하는 트래픽이 일정 수치를 유지할 것으로 예상하였다.

<Table 1> Simulation parameter

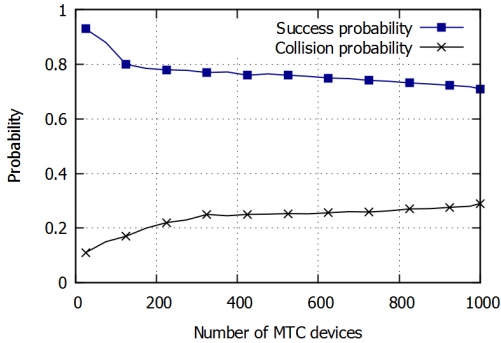
Parameters	Descriptions	Parameters	Descriptions
System type	Single cell	Maximum packet size	1024 byte
System bandwidth	5 MHz	Data size	1 byte
Cell radius	0.5 Km	Maximum MTC device distance	10 m
Simulation time	180 sec	Number of MTC cluster header	1 EA
Number of MTC device (node)	1000 EA		

시뮬레이션을 위한 파라미터는 <Table 1>에 정의하였다. 단일 셀 내에서 두 타입에 대한 성능 검증을 위해 system bandwidth는 5 MHz, cell 범위는 1 Km, MTC 장치의 개수는 각각의 타입의 시나리오에 1,000 EA를 적용하며, 최대 패킷의 크기는 1,024 byte이며, 하나의 MTC 장치가 최대로 보낼 수 있는 패킷의 크기는

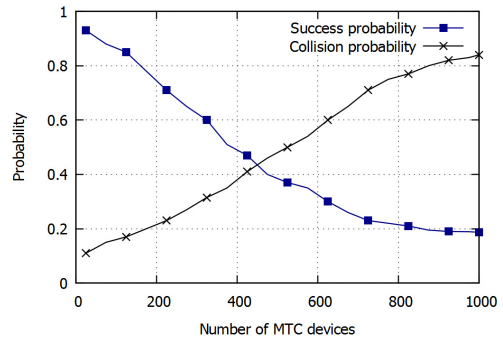
1 byte로 설정하였다. 또한 MTC 장치 간 거리는 최대 10 m로 정하였다.

<Fig. 7>은 많은 MTC 장치의 서비스 요청으로 인해 충돌(Collision)이 발생하면 코어 망에서 MTC 트래픽을 줄여 트래픽의 양을 제어한다. 따라서 서비스를 제공할 수 있는 확률이 점점 낮아짐을 도출할 수 있다. 반면에 셀룰러 기반의 MTC에 클러스터 헤더를 적용한 경우에는 클러스터 헤더를 통해 트래픽이 전달된다.

<Fig. 8>은 클러스터 헤더가 정의된 시나리오에서 MTC 장치가 증가함에 따라 발생하는 충돌과 서비스를 제공할 수 있는 확률을 나타내었다. 클러스터 헤더에서 클러스터 내의 MTC 장치에 대한 트래픽을 관리하기 때문에 비교적 코어 망에 대한 낮은 확률의 트래픽 충돌 결과를 도출할 수 있었다.

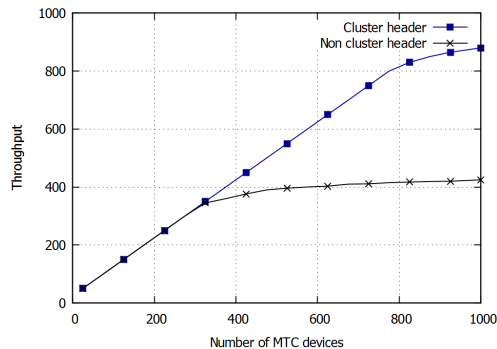


<Fig. 7> Probability comparison of MTC traffic service collision and success with cluster header



<Fig. 8> Probability comparison of MTC traffic service collision and success without cluster header

<Fig. 9>을 통해 셀룰러 기반의 MTC 장치에 클러스터 헤더가 적용된 시나리오와 클러스터 헤더가 적용되지 않은 시나리오에 대한 처리량을 비교하였다. 가로 축은 MTC 장치의 개수를 나타내며 세로축은 MTC 장치로부터 전달되는 데이터의 양을 나타낸다. 적은 수의 MTC 장치가 서비스를 제공할 때는 두 시나리오에 대한 네트워크 성능은 비슷하게 유지되었지만 기존의 셀룰러 기반의 MTC는 MTC 장치의 개수가 증가함에 따라 과부하 발생에 대한 제어로 인해 처리량이 MTC 장치와 비례하지 않고, 일정하게 유지되었다. 반면에 클러스터 헤더가 적용된 셀룰러 기반의 MTC의 경우의 처리량이 클러스터 헤더가 적용되지 않은 MTC 시나리오에 비해 높게 측정되었다.



<Fig. 9> Throughput comparison with and without a cluster header

V. 결 론

본 논문은 셀룰러 기반의 MTC에서 클러스터 헤더를 적용하는 방안과 절차에 대해 설명 하였으며 향후 셀룰러 기반의 MTC에서 클러스터 헤더 적용 가능성을 검증하였다. 본 논문의 클러스터 헤더의 적용 방안을 통해 셀룰러 기반의 MTC가 증가함에 따라 발생할 수 있는 과부하로 인해 클러스터 헤더가 적용되지 않은 시나리오에서는 서비스 제공 확률이 낮게 측정 되었으며, 클러스터 헤더가 적용된 시나리오에서는 클러스터 헤더를 통해 서비스가 제공되기 때문에 MTC 장치가 증가함에 따라 충돌 발생 확률이 낮게 측정으로 서비스 제공 확률도 기존 대비 높게 측정할 수 있었다.

클러스터 헤더가 선정되기 전에 MTC 장치는 각자 셀룰러 망과 연결을 맺고 통신하다가 클러스터 헤더가 선정되어 클러스터를 형성하는 과정에서 추가적인 트래픽이 발생할 우려가 있을 것으로 예상된다. 그러나 클러스터 헤더를 통해 클러스터가 형성되어 서비스를 전달함으로써, MTC 장치가 늘어남에 따라 서비스 요청에 따른 과부하를 줄임으로써 MTC 서비스에 대한 QoS(Quality of Service)를 만족할 수 있을 것으로 예상된다.

본 논문은 셀룰러 기반의 MTC에 클러스터 헤더를 적용했을 때 효과에 대한 내용을 설명하였다. 클러스터 헤더를 적용하였을 때는 클러스터 헤더를 통해 경로가 설정되므로 MTC 장치가 직접 네트워크에 설정되는 데이터를 전달하는 경로는 줄어들 것으로 예상된다. 그러나 무수히 증가하는 MTC 장치가 존재하는 셀룰러 네트워크의 상황 대비 제한된 셀룰러 네트워크 시뮬레이션 설정에 대한 성능 검증은 다양한 환경에서 발생될 수 있는 상황 시뮬레이션에 대한 데이터가 필요하다.

따라서 향후 셀룰러 기반의 MTC 장치가 적용되었을 때, 많은 수의 클러스터 헤더를 적용한 시나리오 고려한 성능 검증이 요구되며, MTC 장치 트래픽을 통해 발생할 수 있는 HTC의 성능저하에 대한 문제를 해결하면서, 효과적으로 MTC 서비스를 제공할 수 있는 방안이 고려되어야 할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 2015학년도 광운대학교 교내학술연구비 지원으로 수행하였습니다.

REFERENCES

- Choi B. et al.(2011), "Mobility Management and Interference Control Technology in Femtocell Network based LTE-advanced," *The Journal of Korea Information and Communication Society (J-KICS)*, vol. 28, no. 8, pp.18-25.
- Cisco(2011), *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2010-2015*.
- Hanet Q. et al.(2015), "Mobile Cloud Sensing, Big Data and 5G Networks Make an Intelligent and Smart World," *IEEE Network*, vol. 29, no. 2, pp.40-45.
- Huadong M. et al.(2014), "Opportunities in Mobile Crowd Sensing," *IEEE Communications*, vol. 52, no. 8, pp.29-35.
- Lee Y. et al.(2013), "A Proposal for a Femto-Cell Local Gateway and Packet Off-Loading for Remote

- Shipyards,” *Korea Information and Communication Society (KICS)*, vol. 38, no. 4, pp.387-393.
- Marco C. and Silvia G.(2014), “Mobile Ad Hoc Networking: Milestones, Challenges, and New Research Directions,” *IEEE Communication Magazine*, vol. 52, no. 1, pp.85-96.
- Taleb T. and Kanz A.(2012), “Machine Type Communication in 3GPP Network: Potential, Challenge, and Solutions,” *IEEE Communication*, vol. 50, no. 3, pp.178-184.
- Wang X. et al.(2014), “Mobile Traffic Offloading by Exploiting Social Network Services and Leveraging Opportunistic Device-to-Device Sharing,” *IEEE Wireless Communications*, vol. 21, no. 3, pp.28-36.