

Technical Trend and Improvement of Congestion Control for Machine-to-Machine Communications in 3GPP LTE-A Systems

Jae-Hyun Kim[†] · Seog-Gyu Kim^{**}

ABSTRACT

This paper focuses on an advanced congestion control scheme for M2M(Machine-to-Machine) communications in 3GPP LTE-A standard. A large number of MTC(Machine-type-Communication) devices try to access to LTE-A networks and send data to the networks all at once. In this characteristics, M2M communications will bring the serious network congestion problems into LTE-A cellular networks. To solve this critical problem, a congestion control mechanism will be required and it has been studied since Rel-10 LTE-A systems based on backoff mechanism for mobility management and session management. In this paper, we briefly introduce the main concept and operation about the congestion control scheme in 3GPP LTE-A standard. Also, simulation results for the basic congestion control and advanced congestion control scheme in MTC communication environment are provided and the improvement direction is considered in future 3GPP LTE-A standard.

Keywords : Congestion Control, M2M, MTC, Backoff Timer, 3GPP Standard

3GPP LTE-A 시스템에서의 M2M 통신을 위한 혼잡 제어 기술 동향 및 개선 방안

김재현[†] · 김석규^{**}

요약

본 논문은 3GPP LTE-A 표준에서 진행되어오고 있는 M2M(Machine-to-Machine) 통신 환경에서의 트래픽 혼잡 제어(congestion control) 기법에 대한 동향과 연구이다. M2M 통신 환경에서는 다수의 MTC(Machine-type-Communication) 디바이스들이 한꺼번에 많은 데이터 트래픽 생성 및 접속을 요구하는 특징을 가진다. 이러한 통신 트래픽 상황에서는 통신 네트워크상의 혼잡상황이 발생할 가능성이 높으며, 이를 해결하기 위한 디바이스들의 트래픽 생성 및 접속 요구를 제어하는 기능이 필요하다. 이를 위해 기본적으로 3GPP LTE-A 통신 시스템에서는 backoff mechanism에 기반을 한 이동성 및 세션 관리에 의한 혼잡상황 제어 방안을 표준에서 논의하고 있다. 본 논문에서는 현재까지 3GPP 표준에서 논의하고 있는 혼잡 제어 방안에 대한 기본적인 개념 및 동작과 기본 성능을 파악하고, 이에 대한 문제점 및 향후 표준에서 진행될 수 있는 혼잡 제어 방안의 개선 방향에 대해 살펴본다.

키워드 : 혼잡 제어, M2M, MTC, 백오프 타이머, 3GPP 표준화

1. 서론

M2M(Machine-to-Machine)이란 언제 어디서나 실시간으로 가능한 사람과 사물, 사물과 사물 간의 지능형 통신 서비스를 의미한다. 최근에 유비쿼터스 시대와 IoT(Internet of Things) 서비스의 폭발적인 관심과 더불어 M2M을 위한 통

신 시스템 개발이 차세대 통신 시장의 패러다임을 바꾸는 중요한 비즈니스 이슈로 부각되고 있다. M2M 통신은 초기에 센서와 통신 시스템 연결을 통한 정보 수집에 적용되었으나, 현재는 자동차, 의료, 그린 IT 서비스 등의 다양한 비즈니스 영역에 적용되고 있다. 기본적으로 M2M 통신은 사물 간의 통신 네트워크 시스템을 통하여 사람에게 다양한 정보와 서비스를 제공하고자 한다. 더불어, 최근에는 M2M 서비스를 통한 교통사고 및 의료 사고율을 감소시키는 등 사회 문제를 해결하는 데에도 활용되고 있다[7-10].

3GPP에서는 LTE(Long Term Evolution) 이동통신에서 M2M 통신을 위한 MTC(Machine-type-Communication) 표

[†] 정 회 원 : LG전자 차세대통신연구소 책임연구원

^{**} 정 회 원 : 안동대학교 정보통신공학과 부교수

Manuscript Received : September 23, 2014

First Revision : October 17, 2014

Accepted : October 30, 2014

* Corresponding Author : Seog-Gyu Kim(sgkion@andong.ac.kr)

준화를 Rel-10 LTE-A(Long Term Evolution-Advanced) 시스템에서부터 진행해오고 있다.

Rel-10 LTE-A 표준화에서는 기본적인 MTC 단말들의 혼잡제어(congestion control) 등의 작업에 대한 진행을 완료했으며, Rel-11 LTE-A 표준화에서는 기본적인 MTC 시스템 구조와 MTC 서버가 단말에 MTC 응용의 시작 및 정보 수집 등을 요구할 수 있는 Device triggering 등의 작업을 진행 완료했다. 또한, Rel-12 LTE-A 표준화에서는 MTC 단말의 배터리 소모를 최소화하기 위한 단말의 PSM(Power Saving Mode)와 small data 전송을 위한 optimization 기법 등의 작업에 대한 진행을 완료했다. 현재, Rel-13 LTE-A 표준화에서는 MTC 단말의 상태모니터링 및 추가적인 배터리 소모 최소화를 위한 DRX 최적화 기법 등에 대해서 표준화 작업이 진행 중이다[1-6].

한편, Rel-10 LTE-A에서부터 다수의 MTC 단말들이 한꺼번에 데이터 전송 및 네트워크 액세스를 시도할 경우 혼잡 상황이 발생할 것을 예상하여 이와 관련된 혼잡 제어 방안에 대해서 표준화 작업을 진행해왔다. 기본적으로 네트워크에 혼잡 상황이 발생하는 경우, 일반적인 MTC 단말들의 접속 및 데이터 전송을 위한 세션 연결을 차단하기 위해서 backoff mechanism을 사용하게 된다. 네트워크는 혼잡 상황이 발생했을 경우, MTC 단말의 NAS(Non-Access Stratum) 요청 메시지에 혼잡 제어를 위한 거절(Reject) cause code값과 더불어 backoff timer를 제공하게 되고 MTC 단말은 제공받은 backoff timer의 동작이 완료되기 전까지는 네트워크에 접속 혹은 세션 연결을 요청하지 않는다.

본 논문에서는 3GPP LTE-A 표준화에서 진행된 내용을 기반으로 MTC 환경에서의 혼잡 제어 방안에 대한 개념 및 기본적인 동작과 성능에 대해서 살펴보고 향후 좀 더 효율적인 혼잡 제어 기법의 개선 방향에 대해서 기술한다.

2. 3GPP MTC 통신 시스템

2.1 3GPP LTE-A Architecture

Fig. 1은 3GPP의 LTE-A 시스템 구조를 보여준다. 3GPP LTE-A 시스템 구조에서 기본적인 각각의 Entity를 간단히 요약하면 Table 1과 같다. 3GPP의 LTE-A 시스템은 기본적으로 제어 평면(control plane)과 사용자 평면(user plane)으로 나누어진다. 제어 평면은 이동통신을 위한 제어

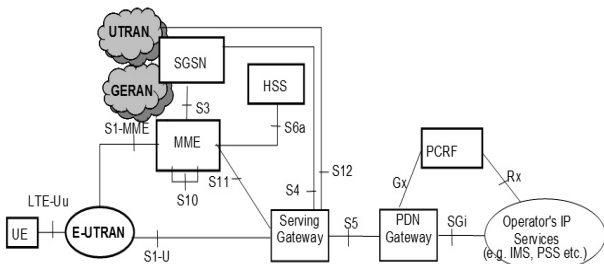


Fig. 1. 3GPP LTE-A Architecture

Table 1. 3GPP LTE-A System Entities

Entities	Main Functions
UE	LTE-A 단말을 의미함
eNodeB	LTE-A의 액세스 망인 E-UTRAN을 담당하는 엔티티로서 단말에게 통신을 위한 자원 할당 및 스케줄링을 담당하며, 액세스 제어 및 페이징(Paging) 등을 처리한다.
MME (Mobility Management Entity)	LTE-A의 제어 평면을 담당하는 엔티티로서 단말의 접속 및 위치 등록을 위한 이동성 관리(mobility management)와 데이터 전송을 위한 세션 관리 등을 담당한다.
Serving Gateway	LTE-A의 사용자 평면을 담당하는 엔티티로서 단말의 이동성 anchor 포인트, 패킷 라우팅, 버퍼링, 페이징 트리거링 등을 담당한다.
PDN Gateway	단말의 IP 주소 할당 및 패킷 필터링, 요금 관리 등을 담당한다.
PCRF (Policy and Charging Rule Function)	사업자 정책(e.g., 요금, QoS 등)을 처리 담당한다.
HSS (Home Subscriber Server)	단말에 대한 가입자 정보가 저장되어있다.
SGSN (Serving GPRS Support Node)	GERAN(2G)망과 UTRAN(3G)망과의 액세스를 담당하며, LTE-A의 MME와 연동된다.

관련된 도메인을 의미하며, 사용자 평면은 실제 데이터 전송과 관련된 도메인을 의미한다. Fig. 1에서 E-UTRAN은 일반적인 액세스 망(RAN : Radio Access Network), 즉 기지국(eNodeB)을 의미하는 것이며, 단말 UE(User Equipment)에서 데이터가 LTE-Uu, S1-U 레퍼런스 포인트들을 통해 Serving Gateway와 PDN(Packet Data Network) Gateway(S5 레퍼런스 포인트)를 통해 최종 외부 네트워크로 전송되어 최종 상대방 End 사용자에게 전달된다[1, 2, 5, 6].

또한, Fig. 1에서 GERAN은 2G망을, UTRAN은 3G망을 의미하는 것이며, 상기 UTRAN과 GERAN의 제어평면은 SGSN이 담당하게 되며, LTE-A 시스템의 MME와 연동이 된다. 사용자 평면은 S12 레퍼런스 포인트를 통해 LTE-A 시스템의 Serving Gateway와 연동이 된다. 이와 같이, LTE-A 시스템은 크게, 단말, 액세스 망(E-UTRAN, GERAN, UTRAN, WiMax, WLAN), 코어 망(EPC: Evolved Packet Core)으로 구성되어 LTE-A 서비스를 제공하게 된다.

2.2 3GPP Architecture for MTC

Fig. 2는 MTC를 위한 3GPP LTE-A 시스템 구조를 보여준다[3, 10]. MTC 단말은 Um/Uu, LTE-Uu와 같은 레퍼런스 포인트를 통해 액세스 망에 접속하여 3GPP LTE-A 코어 망과 연결된다. 액세스 망 및 코어 망은 LTE-A 이동통신 네트워크를 구성한다. MTC를 위한 3GPP LTE-A 시스템 구조에서 기본적인 각각의 Entity를 간단히 요약하면

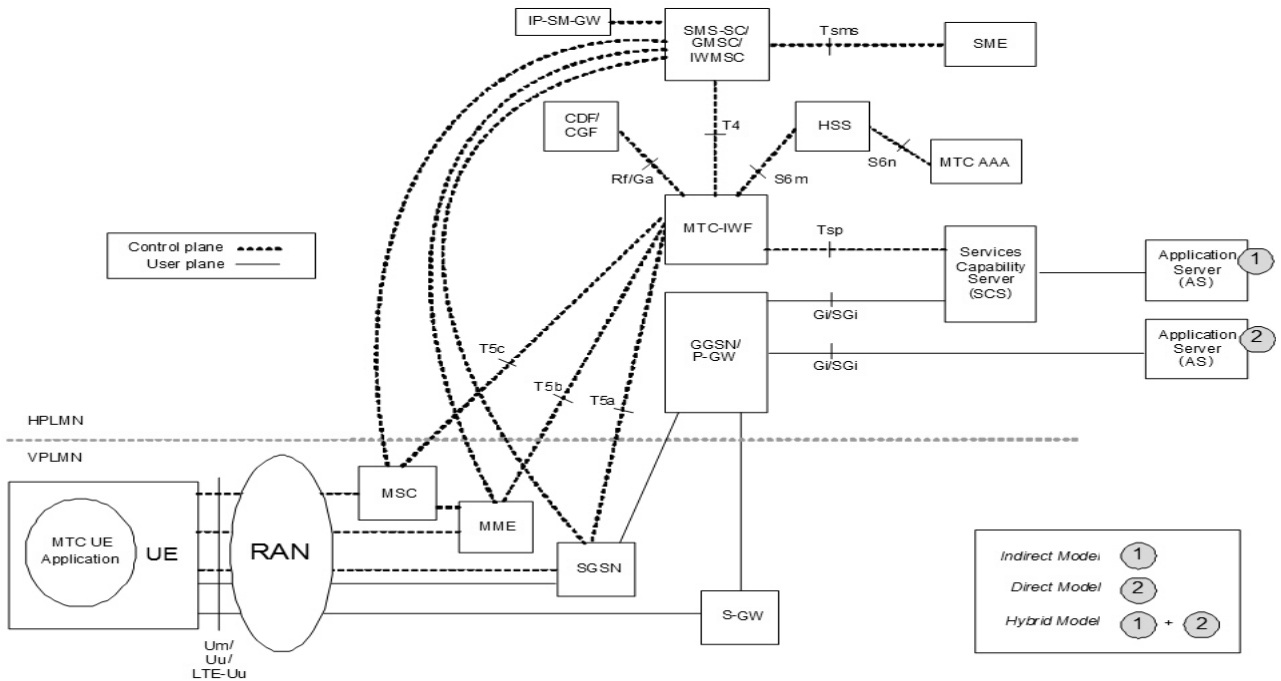


Fig. 2. 3GPP Architecture for Machine-Type Communication

Table 2. 3GPP LTE-A System Entities for MTC

Entities	Main Functions
MTC-IWF	SCS와 3GPP 이동통신 네트워크 노드들 사이의 중계 역할, SCS 인증, HSS를 통한 MTC 단말 식별 등을 담당한다.
CDF/CGF (Charging Data Function/Charging Gateway Function)	MTC 서비스 관련 과금 데이터 처리를 담당한다.
SCS	이동통신 네트워크와의 통신 및 이동통신 네트워크를 통한 MTC 단말과의 통신을 담당하며, MTC 서비스를 위한 플랫폼 역할을 수행한다.
MTC AAA (MTC Authorization, Authentication and Accounting)	MTC 단말의 인증, 권한 부여, 계정관리 기능을 담당한다.
IP-SM-GW (IP-Short Message Gateway)	IP 기반의 단문(short messages)을 CS, PS, IMS로 전송하기 위한 gateway 기능을 담당한다.
SMS-SC/GMSC/IW MSC (Short Message Service-Service Center/Gateway Mobile Switching Center/InterWorking MSC)	단문을 이동통신 가입자에게 전달 및 저장/관리 기능을 담당한다.
SME (Short Message Entities)	단문 전송을 위한 외부클라이언트 역할을 수행한다.
AS	MTC 단말들과의 연결을 통해 응용을 수행한다.

Table 2와 같다. AS(Application Server)는 MTC 단말들과의 연결을 통해 응용을 수행하는 서버이며, SCS(Services Capability Server)는 이동통신 네트워크 자체와 통신을 하거나 이동통신 네트워크를 통해 MTC 단말과 통신을 하는 서버로, AS로의 접근을 위한 레퍼런스 포인트를 제공하며, MTC 서비스를 위한 플랫폼 역할을 한다. MTC-IWF (InterWorking Function)는 외부 네트워크에 위치하는 SCS와 이동통신 네트워크 노드들 사이에 triggering 요청을 중계하는 역할을 하며, SCS의 인증, 중계 결과 보고, HSS를 통한 MTC 단말 식별 등의 기능을 제공한다. 3GPP MTC 통신에서는 3가지 모델을 지원하는데, AS가 이동통신 네트워크를 경유하여 MTC 단말과 통신을 할 때, SCS를 경유하지 않는 모델이 Direct 모델이며, SCS를 경유하는 모델이 Indirect 모델에 해당한다. MTC 응용에 따라서 이 두 가지가 혼합된 Hybrid 모델도 가능하다.

SCS로부터 triggering 요청을 수신한 MTC-IWF는 다음의 두 가지 option 방식을 사용하여 triggering 요청을 전달할 수 있다. 첫 번째 방식으로는 수신된 triggering 요청을 SMS 형태로 변환하여 T4 레퍼런스 포인트를 통해 SMS-SC로 전달한다. 이렇게 SMS-SC로 전달된 triggering 요청은 MSC, MME, SGSN 노드에 전달되어 액세스 망을 통하여 최종 MTC 단말에 전달된다. 두 번째 방식으로는 수신된 triggering 요청을 신호 메시지 형태로 T5 레퍼런스 포인트 (T5a/T5b/T5c)를 통해 MSC, MME, SGSN 노드에 전달한다. 이렇게 전달된 triggering 요청 메시지는 액세스 망을 통하여 최종 MTC 단말에 전달된다.

2.3 MTC Standardization in 3GPP LTE-A

3GPP LTE-A 표준화에서는 Rel-10부터 현재 작업 중인 Rel-13까지 MTC 통신을 지원하기 위한 많은 기능을 추가하기 위한 표준화 작업을 진행하고 있다. Table 3은 Release별로 MTC 통신을 위한 3GPP LTE-A 표준화의 feature를 나타낸다[1-4]. 3GPP LTE-A 표준화에서는 Rel-8에서부터 MTC 통신을 지원하기 위한 기능들에 대해서 연구를 시작했다. Rel-10에서는 MTC 통신을 지원하기 위해서 우선 많은 MTC 단말들의 네트워크 접속 및 데이터 전송에 의한 망 과부하 상황을 해결하기 위한 혼잡 과부하 제어 (congestion and overload control) 기능을 도입하였다. 기본적으로 혼잡 과부하 제어는 backoff mechanism을 사용하여 MTC 단말들의 접속 및 데이터 전송 연결을 차단하는 것이다. Rel-11에서는 기본적인 MTC 통신 서비스를 위한 3GPP 시스템 구조가 제정되었으며, 이런 구조에서 MTC 단말의 Addressing/Identifiers, 정보 수집 및 전달을 위한 device triggering, 긴급한 상황에서 신속히 이동통신망 접속 및 데이터 전송을 위한 Dual priority, 액세스 망에서 MTC 단말의 액세스 제어를 위한 EAB(Extended Access Barring) 기능 등이 추가되었다. Rel-11에서는 MTC 통신 서비스를 위한 3GPP LTE-A 이동통신망 구조를 완성하였다는 것에 큰 의미를 부여할 수 있다. Rel-12에서는 Rel-11에서 정의한

Table 3. Features of MTC Standardization in 3GPP LTE-A

Release	Work Item	Main Features
Rel-10	NIMTC (Network Improvements for Machine-type-Communication)	- Congestion control (for Core Network) : Backoff mechanism - Overload control (for RAN) : Extended wait time
Rel-11	SIMTC (System Improvements for Machine-type-Communication)	Addressing Identifiers Device triggering PS only / SMS in MME Dual priority Extended Access Barring (EAB)
Rel-12	MTCe (MTC enhancement)	Small Data and Device Triggering Transmission enhancements : UE Power Consumption Optimizations : Power Saving Mode
Rel-13*	- AESE (Architecture Enhancements for Service Exposure) - MONTE (Monitoring Enhancement) - GROUPE (Group based Enhancement)	Service Capability Exposure Framework MTC device monitoring Group based MTC device triggering/policy

(* : Rel-13의 경우 현재 표준화 작업이 진행 중인 work item이기에 최종 Rel-13 3GPP LTE-A 표준화가 완료된 feature를 의미하는 것은 아님)

MTC 통신 서비스를 위한 3GPP LTE-A 이동통신망 구조 하에서 MTC 단말들이 기본적으로 적은 용량의 데이터를 보내고 주기적인 데이터 전송을 특징으로 하기 때문에 이러한 특성을 고려한 small data 전송 및 단말의 배터리 소모를 최소화하기 위한 PSM기능을 추가하였다. 이와 더불어 Rel-12에서 단말의 정보 수집 및 데이터 전송을 위한 Device triggering enhancement 기능도 추가되었으나, 그룹 기반의 통신/모니터링, 단말의 배터리 소모 최소화를 위한 DRX (Discontinuous Reception) 최적화 기능들은 최종 표준화 반영이 되지 않아 Rel-12 feature에 추가되지 않았다.

한편, 현재 3GPP LTE-A 시스템의 표준화에서는 Rel-13 표준화 작업이 진행 중이다. Rel-13에서는 Rel-12에서 연구해오다가 최종 결론이 도출되지 않아 Rel-12에서 반영되지 않은 Device monitoring, Group based device triggering/policy 등을 계속 연구 표준화 작업 진행 중이며, 응용 레벨에서의 API와 3GPP LTE-A 이동통신망과의 연동을 위한 Service Capability Exposure Framework에 관한 표준화 연구를 진행하고 있다.

3. 3GPP에서의 혼잡 제어 방안

MTC 통신 환경에서는 기본적으로 다수의 MTC 단말들이 정보를 수집하여 네트워크에 전달할 것으로 여겨지고 있다. 이러한 트래픽 환경에서는 네트워크에 과부하가 발생할 가능성이 매우 높다. 그리하여 이러한 혼잡 과부하 제어 방안에 대해서 우선적으로 연구하여 3GPP LTE-A 시스템에서는 Rel-10부터 표준화 작업을 진행해왔다. 다음에서 3GPP LTE-A 시스템의 혼잡 과부하 제어 방안에 대해서 살펴본다.

3.1 Congestion and overload control in 3GPP for MTC

3GPP LTE-A 시스템에서는 혼잡 과부하 제어 방안이 크게 이동통신 코어 망의 혼잡 제어와 액세스 망의 과부하 제어로 구분할 수 있다. 3GPP LTE-A 시스템에서는 기본적으로 MTC 단말을 의미하는 NAS signalling priority라는 인디케이션(indication)을 사업자가 MTC 단말에게 OMA-DM(Open Mobile Alliance-Device Management) 방식을 통해 설정하게 된다. 이렇게 설정된 NAS signalling priority 인디케이션을 통해 단말은 MTC 단말임을 구분 짓는다. 이렇게 설정된 MTC 단말은 이동통신망에 접속을 요청하거나 데이터 전송을 하기 위한 세션 요청을 하는 경우, 해당 NAS 메시지에 NAS signalling low priority 인디케이션을 설정하여 이동통신망의 MME에 전송하게 된다. MME는 이동통신망에 혼잡 상황이 발생하면, NAS signalling low priority로 설정된 MTC 단말의 NAS 요청을 거절하게 된다. 이때 랜덤한 backoff timer값을 제공하게 된다. MTC 단말은 네트워크로부터 제공받은 backoff timer값을 저장하게 되고, 이 타이머가 만료되기 전까지는 NAS 요청 메시지를 MME에 전송하지 않는다. 이렇게 함으로써 혼잡 상황이 인

동통신망에 추가적인 혼잡 상황을 막고 혼잡 상황이 해결 될 때까지 기다리는 방안이다. 액세스 망의 과부하 제어는 과부하 상황이 발생한 경우, MTC 단말이 RRC(Radio Resource Control) 연결 요청을 기지국에 했을 경우, 랜덤 backoff timer값과 함께 RRC 연결 요청을 거절하게 된다. 단말은 제공된 backoff timer값을 저장하게 되고, 이 타이머가 만료되기 전까지는 RRC 연결 요청 메시지를 기지국에게 전송하지 않는다[1, 2, 5, 11, 12]. 다음에서 현재 3GPP LTE-A 시스템에서의 혼잡 과부하 제어 방안의 구체적인 동작에 대해서 살펴본다.

1) NAS signalling low priority

이동통신 사업자는 기본적으로 MTC 단말을 의미하는 NAS signalling priority라는 인디케이션을 MTC 단말에게 OMA-DM 방식을 통해서 NAS configuration MO (Management Object)를 통해 설정하게 된다. 이렇게 설정된 NAS signalling priority 인디케이션을 이동통신망에 접속(Attach), 위치 등록(Tracking Area Update), 휴지 모드(IDLE mode)에서 연결 모드(Connected mode)로 변경을 통한 베어러 셋업(Service Request), 데이터 전송을 위한 세션 연결(PDN Connectivity) 등을 위한 NAS 요청 메시지에 'NAS signalling low priority'로 설정하여 이동통신망 MME에 전송하게 된다. MME는 이렇게 요청된 NAS 메시지들의 NAS signalling low priority 인디케이션 설정을 통해 MTC 단말임을 인지하고 MTC 통신을 위한 혼잡 제어를 수행하게 된다. 액세스 망에서는 RRC 연결 요청 메시지의 설정된 인디케이션을 통해 MTC 단말임을 인지하고 과부하 제어를 수행하게 된다[2, 5].

2) Backoff mechanism

3GPP LTE-A 시스템에서의 혼잡 제어 방안은 기본적으로 backoff mechanism을 의미한다. MTC 단말의 접속 또는 연결 요청을 거절하면 backoff timer값을 제공하게 되는데, MTC 단말은 제공된 값으로 설정된 backoff timer가 동작 만료가 될 때까지 재접속 혹은 연결 요청을 하지 않는다. 이렇게 MTC 단말의 재접속 혹은 연결 요청을 금지함으로써 혼잡 상황을 해소하는 것이다. 기본적으로 MTC 단말의 접속 혹은 연결 요청은 NAS 요청 메시지를 통해서 수행된다. 따라서 이동통신망의 혼잡 제어를 NAS 수준 혼잡 제어(NAS level congestion control)라고 부른다.

NAS 수준 혼잡 제어는 크게 APN(Access Point Name) 기반 혼잡 제어(APN based congestion control)와 일반 NAS 수준 이동성 관리 제어(General NAS level Mobility Management control)로 나눌 수 있다. APN이란 단말의 서비스 접속을 위한 논리적인 접속 이름을 의미하는 것으로서 3GPP LTE-A 이동통신 시스템에서는 기본적으로 세션 연결이 APN 단위로 설정되어 관리된다. APN 기반 혼잡 제어는 APN 기반 세션제어와 APN 기반 접속제어로 나눌 수 있으며, 각각 APN별로 각 세션과 이동통신망 접속을 제어

관리함을 의미하는 것이다. 일반 NAS 수준의 이동성 관리 제어는 일반적인 NAS 접속, 위치 등록, S1 베어러 셋업(연결 모드로 전환을 위한 Service Request) 시 혼잡 제어를 의미한다. 한편, 이러한 NAS 수준 혼잡 제어는 이동성 관리(MM: Mobility Management) 측면과 세션 관리(SM: Session Management) 측면으로 나누게 되는데 네트워크에서 제공되는 backoff timer가 이동성 관리를 위한 타이머와 세션 관리를 위한 타이머가 각각 구분되어있다. 이동성 관리를 위한 타이머를 MM backoff timer라고 하며, 세션 관리를 위한 타이머를 SM backoff timer라고 한다. MM backoff timer는 NAS 요청 메시지 중 Attach Request, Tracking Area Update Request or Service Request 메시지와 연관되어있으며, SM backoff timer는 NAS 요청 메시지 중 PDN Connectivity Request, Bearer Resource Allocation Request or Bearer Resource Modification Request 메시지와 연관되어있다. MM back off timer는 단말별로 할당되며, SM backoff timer는 APN/단말별로 할당된다. MM backoff timer는 기본적으로 사업자가 랜덤값을 MTC 단말에 제공하며, 만약 NAS 요청 메시지를 혼잡 제어 때문에 거절하는데 backoff timer를 제공하지 않는 경우, 단말은 15~30분 사이의 임의의 랜덤값을 기본값으로 설정 사용한다. SM backoff timer는 기본적으로 사업자가 랜덤값을 MTC 단말에 제공하며, 최대 72 시간 값을 가질 수 있다. 만약 NAS 요청 메시지를 혼잡 제어 때문에 거절하는데 backoff timer를 제공하지 않는 경우, 단말은 15~30분 사이의 임의의 랜덤값을 기본값으로 설정 사용한다. 한편, MTC 단말이 응급 통화(emergency call), MT(Mobile Terminated) call의 paging 응답을 하거나, AC 10~14 값을 가지는 high priority services를 요청하는 경우는 예외적으로 backoff timer가 동작되고 있더라도 바로 해당 서비스 요청을 이동통신망에게 수행할 수 있다[1-2].

3) EAB(Extended Access Barring)

3GPP LTE-A 시스템에서 모든 단말은 AC(access class barring) 0~9 값을 가지게 된다. 이 값들은 단말의 USIM(Universal Subscriber Identity Module)에 저장되어있다. 추가적으로, Emergency Services를 위한 단말의 경우 AC 14 값을 가지게 되며, Public Utilities(e.g. water/gas suppliers)를 위한 단말의 경우 AC 13 값을 가지고, Security Services를 위한 단말의 경우 AC 12 값을 가지고, 사업자 사용(PLMN Use) 용도의 단말의 경우 AC 11 값을 가지게 된다. 상기 AC 11~14 값을 가지는 단말을 제외하고 일반적인 단말은 AC 0~9 값을 가지게 된다. 이동통신 액세스 망의 응급 상황이나 과부하 상황에서 AC 0~9 값을 가지는 단말은 기지국에 액세스 연결 요청에 대한 제약을 받게 되는데 이것이 바로 ACB(Access Class Barring)이다. 기지국은 브로드캐스트 채널의 SIB(System Information Block)가 ACB factor, time값을 단말에 전송한다. 단말은 이러한 값을 기반으로 기지국에 액세스 연결 요청을 제약(Barring)하

게 된다. AC 11~14 값을 가지는 단말은 이러한 액세스 연결 요청 제약을 받지 않는다. 3GPP Rel-11에서는 MTC 단말을 위한 새로운 ACB 기법, 즉 EAB(Extended Access Barring)를 표준화하였다.

EAB의 경우, 단말은 기지국으로부터 paging 채널의 'eab-Param Modification'의 인디케이션이 설정되어 있으며, EAB 관련 파라미터 값들이 SIB14를 통해 제공된다는 것을 인지하게 된다. 이후 SIB14가 EAB factor, timer값을 단말에 제공하며, 단말은 이러한 값을 기반으로 기지국에 액세스 연결 요청을 제약하게 된다[2, 5].

4) Dual priority

3GPP Rel-11에서는 MTC 단말이라도 긴급한 상황(e.g., 주유소에서 기름이 새는 상황, 검침기가 고장이 난 경우)에 신속하게 네트워크에 상황 정보를 전달하고자 Dual priority 기능을 도입하였다. MTC 단말의 경우 네트워크로부터 OMA-DM 방식을 통해서 NAS configuration MO (Management Object)를 통해 NAS signalling priority로 설정하게 되는데, Dual priority를 지원하는 단말의 경우 NAS configuration MO를 통해 Override_NAS signalling low priority로 설정된다. 이렇게 설정된 단말의 경우, 이전에 네트워크로부터 혼잡 제어를 위한 backoff timer값을 제공받아 NAS 연결 메시지를 요청하지 못하다가 NAS 연결 요청 메시지에 Not configured for NAS signalling low priority로 설정하여 MME에게 보낸다. MME는 이렇게 설정된 NAS 연결 요청메시지를 혼잡 상황이라도 우선적으로 처리 수락(Accept)을 하게 된다[2].

4. Advanced Congestion Control Scheme

4.1 Congestion and overload control in 3GPP for MTC

기본적으로 3GPP LTE-A 시스템에서 혼잡 제어 방안은 이동통신망에서 MTC 단말에게 NAS MM 혹은 SM 요청에 대한 거절과 함께 MM 혹은 SM backoff timer를 제공한다. 이후, MTC 단말은 네트워크에서 제공한 MM 또는 SM backoff timer를 저장 동작하게 되며, 이 타이머가 만료되기 까지 재시도를 하지 않는다. 이러한 방안의 기본적인 문제는 MTC 단말이 네트워크의 혼잡 상황을 알 수가 없으므로 비록 네트워크 혼잡 상황이 해결된 이후라고 backoff timer가 만료되기 전까지는 NAS MM 혹은 SM 요청을 할 수가 없어 해당 서비스 정보 제공을 수행할 수가 없다는 것이다. 결국 MTC 단말 입장에서 이러한 상황을 신속히 인지하지 못하는 상황에서 MTC 서비스 제공이 지연되는 것이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 기본적인 개선 방안에 대해서 살펴본다.

4.2 Advanced Congestion Control(ACC) scheme

본 논문에서는 상기 문제점의 해결 방안으로 이동통신망에서 혼잡 상황이 해소된 이후에 MTC 단말에게 혼잡 상황

해소를 알려주는 기법을 제안한다. 이렇게 함으로써 MTC 단말은 현재 MM 혹은 SM backoff timer가 동작되고 있더라도 해당 타이머 동작을 멈추고 NAS MM 또는 SM 연결 요청을 하는 것이다. 이러한 동작이 가능하기 위해서는 MME는 S1-AP(Application Protocol)의 메시지를 이용해서 기지국에게 혼잡 상황이 해결되었음을 알려준다. 이때 혼잡 상황이 해소된 MME 관련 ID와 혼잡이 해소된 SM 기반 제어를 위한 APN이 S1-AP 메시지에 포함될 수 있다. 기지국은 MME로부터 이러한 정보를 제공받게 되면, MTC 단말에게 해당 정보를 제공하기 위해서 우선 paging 채널의 'congestion-release for MM and/or congestion-release for SM'의 인디케이션을 설정 제공하게 된다. 단말은 이 인디케이션을 제공받으면 네트워크 혼잡 상황이 해소된 것을 인지할 수 있으며, 관련 추가 정보들이 SIB14를 통해 제공된다는 것을 인지할 수 있다. 이후 SIB14에 관련 congestion-release for MM(MME ID) and/or congestion-release for SM(APN) 등의 정보를 MTC 단말은 제공받게 되며, 관련 정보를 이용하여 만약 MM or SM backoff timer가 동작하고 있다면, 해당 타이머를 멈추고 다시 NAS MM 혹은 SM 연결 요청을 수행한다.

결국, 네트워크에서 혼잡 상황에 대한 정보를 MTC 단말에 적절하게 제공하여 MTC 단말이 MTC 서비스 제공을 효율적으로 다시 수행할 수 있도록 하는 방안이다.

5. 성능 평가

본 절에서는 현재 3GPP LTE-A 시스템에서의 혼잡 제어 방안과 본 논문에서 제안하는 Advanced Congestion Control (ACC) 기법에 대해서 성능 평가를 실험을 통해서 살펴보고자 한다. MATLAB[13]을 사용하여 실험하였으며, 실험 환경은 Table 4와 같다. 실험 파라미터 가운데 MM backoff

Table 4. Simulation Environment

Parameters	Values
Traffic model	Exponential dist. with mean 10(s)
UE processing delay	4 (ms)
Buffering delay	1 (ms)
Retransmissions (10%)	1.6 (ms)
Uplink scheduling request	2.5 (ms)
Uplink scheduling grant	4 (ms)
Transmission delay	2 (ms)
RAN processing delay	4 (ms)
EPC Core Network delay	1 (ms)
MTC Core Network delay	24 (ms)
AS delay	1 (ms)
MM backoff timer	30 min.
SM backoff timer	60 min.
Recovery factor	$\alpha = 0.5 \ 0.7$

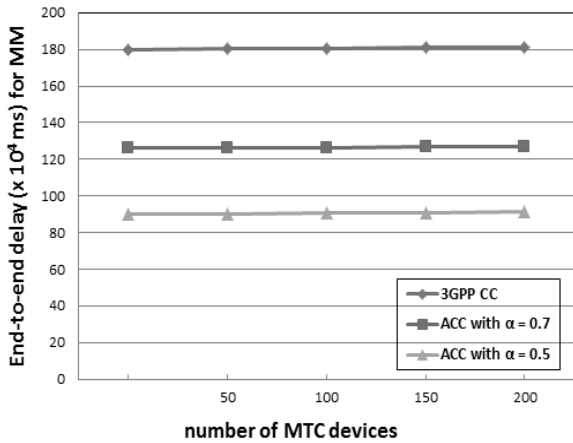


Fig. 3. End-to-end delay for MM congestion control

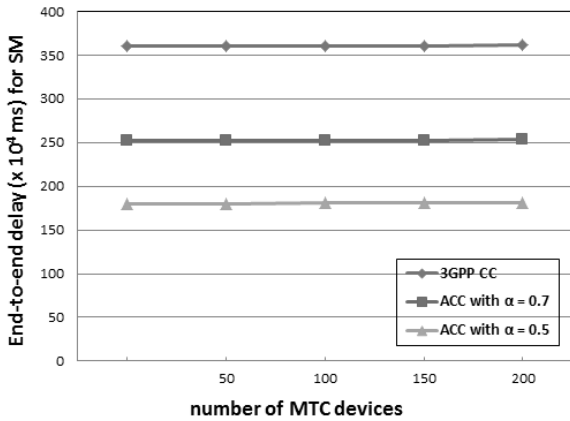


Fig. 4. End-to-end delay for SM congestion control

timer값은 30 minutes, SM backoff timer값은 60 minutes으로 정하였다. Recovery factor(회복력 계수)란 혼잡 상황에서 네트워크의 회복력 계수를 의미하는 것으로 0.5는 MTC 단말에 제공한 backoff timer보다 대비 50% 정도 지나서 혼잡 상황을 회복했다는 의미이고, 0.7%는 MTC 단말에 제공한 backoff timer보다 대비 70% 정도 지나서 혼잡 상황을 회복했다는 의미이다. 또한, 실험에 적용된 delay 파라미터들은 실제 3GPP LTE-A 시스템에서 측정될 수 있는 값들이다[10, 12].

Fig. 3은 MM 혼잡 제어 관련 end-to-end delay를 나타낸 결과이다. 기본적으로 MTC 단말 개수가 많으면 많을수록 데이터 전송 시 delay가 증가하게 되는데 종래의 3GPP 혼잡 제어 방안인 3GPP CC(Congestion Control)의 경우, MTC 단말은 네트워크 혼잡 상황과 관계없이 네트워크에서 제공된 MM backoff timer가 다 만료될 때까지 기다린 후, 데이터 전송을 보내게 되어서 end-to-end delay가 가장 크다.

반면에, 본 논문에서 제안하는 ACC 기법은 네트워크가 Recovery factor에 따라 다르지만, 네트워크가 혼잡 상황이 회복된 경우 바로 MTC 단말에게 상황 정보를 제공한다. 그러하면 MTC 단말은 제공받은 MM backoff timer가 다 만

료되기 전에 바로 이동통신망에 접속하여 데이터 전송을 수행할 수 있어 그만큼 end-to-end delay가 감소하게 된다. 따라서 종래의 3GPP 일반 NAS 수준 이동성 관리 제어 방안보다 네트워크 혼잡 상황을 바로 인지하여 네트워크에 접속, 위치 등록, Service Request 과정을 수행할 수 있으므로 데이터 혹은 서비스 제공 지연을 최소화할 수 있어 효율적인 데이터 전송을 할 수 있다.

Fig. 4는 SM 혼잡 제어 관련 end-to-end delay를 나타낸 결과이다. MM 혼잡 제어 때와 마찬가지로, 종래의 3GPP 혼잡 제어 방안인 3GPP CC의 경우, MTC 단말은 네트워크 혼잡 상황과 관계없이 네트워크에서 제공된 SM backoff timer가 다 만료될 때까지 기다린 후, 데이터 전송을 보내게 되어서 end-to-end delay가 가장 크다.

반면에, 본 논문에서 제안하는 ACC 기법은 네트워크가 Recovery factor에 따라 다르지만, 네트워크가 혼잡 상황이 회복된 경우 바로 MTC 단말에게 상황 정보를 제공하여 MTC 단말이 제공받은 SM backoff timer가 다 만료되기 전에 바로 데이터 전송을 할 수 있어 그만큼 end-to-end delay가 감소하게 된다. 따라서 종래의 3GPP 일반 NAS 수준 이동성 관리 제어 방안보다 네트워크 혼잡 상황을 바로 인지하여 바로 현재 연결되어있는 세션 혹은 추가적인 세션 연결을 통하여 데이터 전송이 가능하므로 서비스 지연을 최소화할 수 있는 효율적인 데이터 전송을 할 수 있는 방안이다. 실험 결과, 종래 혼잡 제어 방안과 비교하여 제안하는 ACC 기법이 30% ($\alpha=0.7$)~50% ($\alpha=0.5$) 정도까지 end-to-end delay 개선 효과가 있음을 확인할 수 있으며, 실제로 데이터 전송 지연 최소화를 요구하는 M2M 응용 서비스에 상당히 적합한 혼잡 제어 기법이라고 판단된다.

6. 결론

본 논문에서는 현재 3GPP LTE-A 시스템에서 MTC 통신 서비스를 위한 표준화 진행 작업과 혼잡 제어 방안에 대해서 살펴보았으며, 종래 혼잡 제어 방안의 문제점을 고찰해보고, 효율적인 데이터 전송을 위한 개선된 혼잡 제어 기법(ACC scheme)을 제안하였다. 기존 3GPP LTE-A 시스템에서의 혼잡 제어 방안의 경우, 네트워크 혼잡 상황의 최신 상황 정보 없이 이전 혼잡 상황에서 네트워크가 제공된 backoff timer값이 만료되기 전까지는 MTC 단말들이 MTC 통신을 위한 접속 혹은 데이터 전송 연결을 수행할 수 없었다. 반면, 제안하는 방안은 이동통신 네트워크에서 혼잡 상황이 해소된 경우, 이러한 상황 정보를 기지국을 통하여 MTC 단말들에게 전송하여 알려줌으로써, 단말이 현재 최신 네트워크 상황을 인지하게 된다. 따라서 네트워크에서 제공된 backoff timer의 동작을 멈추고 재접속 혹은 데이터 전송 재연결을 바로 수행하여 효율적인 MTC 통신 서비스를 제공할 수 있게 된다. 결국, MTC 단말이 현재의 혼잡 상황을 인지하여 데이터 전송 지연을 최소화함으로써 효율적인 MTC 서비스를 제공할 수 있게 된다. 이러한 혼잡 제어 최

적화 기법은 기지국의 EAB와 같은 액세스 망 제어와 함께 연구되어 향후, 3GPP LTE-A 시스템 표준화 작업을 통해서 지속적으로 연구 개선되어야 할 것이다.

References

[1] 3GPP TS 23.401 v12.5.0, "General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN) access,"

[2] 3GPP TS 24.301 v12.5.0, "Non-Access-Stratum(NAS) protocol for Evolved Packet System(EPS); Stage 3,"

[3] 3GPP TS 23.682 v12.2.0, "Architecture enhancements to facilitate communications with packet data networks and applications,"

[4] 3GPP TS 22.368 v12.4.0, "Service requirements for Machine-Type Communications(MTC); Stage 1,"

[5] 3GPP TS 36.331 v12.2.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Radio Resource Control(RRC); Protocol specification,"

[6] 3GPP TS 36.413 v12.2.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN); S1 Application Protocol (S1AP),"

[7] J. S. Shin an A. S. Park, "Trends of 3GPP Machine Type Communications in 3GPP," *TTA Journal*, Vol.135, pp.97-104, 2011.

[8] J. S. Shin an A. S. Park, "Standardization on Machine Type Communications in 3GPP," *ETRI Electronics and Telecommunications Trends*, Vol.27, No.2, pp.59-69, Apr., 2012.

[9] D. S. Oh, I. G. Kim, "Trends of 3GPP MTC Standardization-Focused on RAN1," *ETRI Electronics and Telecommunications Trends*, Vol.27, No.3, pp.143-152, Jun., 2012.

[10] F. Ghavimi, H. Chen, "M2M communications in 3GPP LTE/LTE-A Networks: Architectures, Service Requirements, Challenges and Applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, No.99, Oct., 2014.

[11] A. Amokrane, A. Ksentini, Y. Hadjadj-Aoul, and T. Taleb, "Congestion control for machine type communications," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Communications*, pp.778-782, Jun. 2012.

[12] A. Ksentini, Y. Hadjadj-Aoul, and T. Taleb, "Cellular-based machine-to-machine: overload control," *IEEE Networks* Vol.26, No.6, pp.54-60, 2012.

[13] MATLAB: <http://www.mathworks.co.kr>.



김재현

e-mail : macross7@yonsei.ac.kr

1997년 광운대학교 전자공학과(학사)

2003년 연세대학교 전기전자공학과(석사)

2003년~2004년 SK Teletch 연구원

2011년 연세대학교 전기전자공학과(박사)

2010년~현 재 LG전자 차세대통신연구소 책임연구원

관심분야: 3GPP 이동통신시스템, 무선센서네트워크, Cross-Layer Protocol Design



김석규

e-mail : sgkion@andong.ac.kr

1990년 연세대학교 전자공학과(학사)

1992년 연세대학교 전자공학과(석사)

1997년 연세대학교 전자공학과(박사)

1997년~2004년 SK텔레콤 선임연구원

2004년~2006년 연세대학교 전기전자공학부 연구교수

2006년~현 재 안동대학교 정보통신공학과 부교수

관심분야: 컴퓨터네트워크, 센서네트워크, 차세대네트워크, 이동통신, 네트워크 보안