

An efficient session management scheme for low-latency communications in 5G systems

Jae-Hyun Kim*, Seog-Gyu Kim*

*Assistant Professor, Dept. of Information & Communication Eng., Andong National University, Andong, Korea

*Professor, Dept. of Information & Communication Eng., Andong National University, Andong, Korea

[Abstract]

In this paper, we propose an efficient session management scheme for low-latency communications in 5G systems. The main idea of the proposed scheme is to prevent unnecessary reattempt signalling overhead when the session establishment for low-latency communications fails. Also, this method avoids network resource waste and battery drain of mobile devices. If a UE(User Equipment) fails to establish an Always-on PDU session for low-latency communications with the 5G systems because of network failure or resource unavailability, the proposed method prevents the UE's re-establishment of the Always-on PDU session by the specific information in the NAS(Non-Stratum) message from the 5G systems. Through simulation, we show that the proposed efficient session management scheme (ESMS) minimizes unnecessary signalling overhead and improves battery efficiency of mobile devices compared to existing legacy mechanism in 5G systems.

▶ **Key words:** 5G System, Session Management, Low-latency, Always-on PDU, 3GPP

[요 약]

본 논문에서는 5G 시스템에서 저지연 통신들을 위한 효율적인 세션 관리 기법을 제안한다. 본 논문에서의 효율적인 세션 관리 기법은 저지연 통신들을 위한 세션 설정 실패 시 불필요한 재시도 제어 오버헤드를 방지, 단말의 배터리 소모를 막고 네트워크 리소스 낭비를 방지할 수 있도록 제안한다. 제안하는 기법은 만약 단말이 네트워크 실패 혹은 리소스 부족으로 인하여 5G 시스템과의 저전력 통신을 위한 Always-on PDU 세션 설정이 실패했을 때, 5G 네트워크로부터 실패 관련 특정 정보를 포함한 NAS 메시지에 의하여 단말의 Always-on PDU 세션 재설정을 제한한다. 실험 결과, 현재 3GPP 5G 시스템에서의 세션 관리 방안과 비교하여 제안하는 ESMS는 불필요한 제어 오버헤드를 최소화하고, 단말의 배터리 효율성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

▶ **주제어:** 5G 시스템, 세션 관리, 저지연, Always-on PDU, 3GPP

• First Author: Jae-Hyun Kim, Corresponding Author: Jae-Hyun Kim
*Jae-Hyun Kim (jaekim@anu.ac.kr), Dept. of Information & Communication Eng., Andong National University
*Seog-Gyu Kim (sgkion@andong.ac.kr), Dept. of Information & Communication Eng., Andong National University
• Received: 2019. 12. 19, Revised: 2020. 01. 29, Accepted: 2020. 02. 03.

I. Introduction

5G 이동통신 시스템은 4차 산업혁명의 핵심 인프라 기술이다. 5G 이동통신 시스템은 고용량 실감형 미디어인 가상현실, 증강현실, 자율주행, 원격의료 등과 같은 5G 주요 콘텐츠를 제공할 수 있으며, 초고속, 초저지연, 초연결 등의 특징을 가진다. 5G 이동통신 시스템은 기존 4G LTE(Long-Term Evolution) 시스템보다 최대 20배인 20Gbps의 초고속 데이터 전송을 지원하며, 최저 1msec의 지연속도 특성을 가진다. 또한, 현재 1km² 이내에 사물인터넷과 스마트 기기를 동시에 연결할 수 있는 양도 10만개에서 100만개로 늘어난다[1-2, 5]. 이러한 5G 이동통신 특징을 기반으로 4차 산업혁명 시대에는 인공지능, 빅데이터 등 여타 핵심 기반 기술들과 결합하여 헬스케어, 자동차, 농업, 보안, 안전, 금융 등 다양한 분야에 차세대 서비스들 제공을 이끌어 낼 것으로 기대된다. 한편, 2019년 4월에 국내에서 5G 이동통신 기술을 세계 최초로 상용화에 성공하였다. 현재 5G 이동통신 기술은 2018년 12월에 완료된 3GPP Rel-15 5G System(5GS) phase 1 기술 규격 기반으로 단말기와 네트워크 시스템 모두 개발되어 사용자들에게 제공되고 있다[1-5]. 3GPP Rel-15 5G 시스템은 기본적으로 단말에게 전화와 데이터 서비스를 제공하기 위해 이동성 관리와 세션 관리를 수행하게 되는데, 저지연 서비스 제공을 위한 효율적인 세션 관리가 요구된다.

본 논문에서는 3GPP 5G 시스템 Phase 1 표준화에서 진행된 내용을 기반으로 우선, 5G 시스템에서의 이동성 관리와 세션 관리를 소개하고, 저지연 서비스 제공 문제점을 살펴본다. 이후, 개선된 저지연 통신 서비스를 위한 효율적인 세션 관리 방안을 제안하고 그 성능 비교를 보여준다. 마지막으로, 향후 3GPP 5G 시스템 Phase 2 등을 위한 좀 더 효과적인 세션 관리 방안의 개선방향에 대해서 살펴본다.

II. 3GPP 5G Systems

1. 3GPP 5G System(5GS) 구조

Fig. 1은 3GPP 5G 시스템(5GS) 구조를 나타낸다. 3GPP 5G 시스템은 기본적으로 이동통신 제어가 수행되는 제어 평면(control plane)과 실제 데이터 전송이 수행되는 사용자 평면(user plane)으로 나뉘어진다. (R)AN은 기지국(NodeB) 즉, 액세스 망(NG-RAN : New Generation

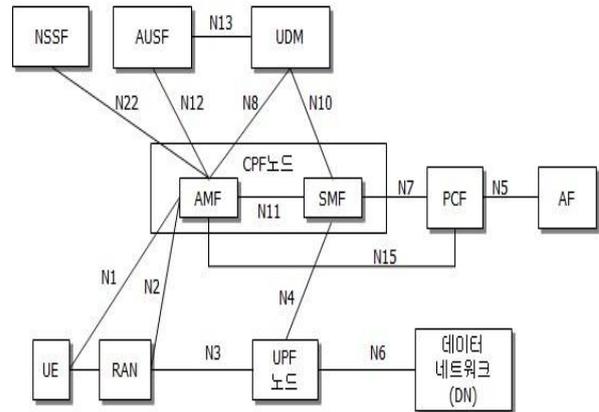


Fig. 1. 5G System(5GS) Architecture

Radio Access Network)을 의미하는 것으로써 단말(UE: User Equipment)에게 통신을 위한 자원 할당, 스케줄링 및 액세스 제어 등을 처리한다[3-4, 6-10]. AMF(Access and Mobility Management Function)와 SMF(Session Management Function)는 5G 시스템에서 이동성 관리 역할과 세션 관리 역할을 각각 수행하며, AMF는 단말의 접속 및 위치 등록 관리를 담당하고, SMF는 단말의 데이터 전송을 위한 세션 설정 제어 관리를 담당한다. UPF(User Plane Function)는 단말의 IP주소 할당, 패킷 라우팅, 버퍼링, 페이징 트리거링 등을 담당한다. PCF(Policy Control Function)는 사업자의 요금, QoS 정책 처리 및 제어 정책에 대한 정보 관리를 담당하며, NSSF(Network Slice Selection Function)는 5G 시스템의 네트워크 슬라이스 관련 정보 저장 및 제어 관리를 담당한다. AUSF(Authentication Server Function)는 단말에 대한 인증 정보 저장 및 제어 관리를 담당하고, UDM(Unified Data Management)은 단말에 대한 가입자 정보 저장 및 제어 관리를 담당한다. AF(Application Function)는 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위한 데이터 패킷 흐름에 대한 정보 저장 및 제어 관리를 담당하고, DN(Data Network)은 3GPP 네트워크와 외부 네트워크 간의 데이터 전송을 담당한다[6-10]. 한편, 3GPP (R)AN에서는 기존 3GPP 액세스와 non-3GPP 액세스(i.e. WLAN)를 통합 지원하여 서비스를 제공하며, 일반적으로, 3GPP 5G 시스템은 단말(UE), 액세스 망(NG-RAN) 그리고 코어 망(5G Core Network)의 세 개의 영역으로 구성되어 5G 이동통신 서비스를 제공하게 된다. 또한, 3GPP 5G 시스템의 제어 평면(control plane)은 이동성 관리와 세션 관리의 두 가지 기능으로 분류할 수 있으며, 이동성 관리와 세션 관리는 각각 독립적으로 수행된다.

2. Mobility Management in 5G System(5GS)

3GPP 5G 시스템에서의 이동성 관리(Mobility Management)는 기본적으로 단말의 접속, 위치 등록 및 갱신, 대기 모드에서 데이터 서비스 연결을 위해 연결 모드 전환을 위한 서비스 요청, 단말의 등록 해지 그리고 다운링크 데이터 수신을 위한 페이징의 네 가지 형태의 관리에 대한 것을 의미한다[6-8, 11-13].

단말의 등록 관리는 단말이 5G 코어 망에 등록 요청(Registration Request) NAS(Non-Access Stratum) 메시지를 전송하며 등록 요청을 하고 5G 코어 망에서 등록 수락(Registration Accept) NAS 메시지로 응답하며 단말 등록을 수락을 하고 단말 관련 정보를 5G 네트워크에 저장 관리하게 된다. 이때, 단말 관련 정보는 5G-GUTI 같은 단말의 고유 ID, 인증 Key 값, 네트워크 슬라이스(NSSAI: Network Slice Selection Assistance Information) 정보 등이 포함되며, 이를 기반으로 단말 인증 수행 및 데이터 서비스를 위한 IP 주소 할당 등이 수행된다. 5G 코어 망에서 단말에게 단말의 등록 수락을 위해 등록 수락(Registration Accept) NAS 메시지 응답을 하게 되는데, 등록 결과, 할당된 네트워크 슬라이스 정보, 위치 정보(TAI list: Tracking Area Identity list) 등이 포함된다. 만약 5G 코어 망에서 문제가 발생하여 단말 등록을 거부하게 되면 단말에게 등록 거절(Registration Reject) NAS 메시지로 응답하게 되며, 이때, 거절 이유(Reject cause) 값이 포함된다. 이러한 단말의 등록 요청(Registration Request) NAS 메시지는 단말의 초기 접속 등록, 위치 등록 및 갱신이 발생되었을 때 네트워크에게 전송되며, 위치 등록은 단말이 새로운 TA(Tracking Area) 영역으로 이동했을 때, 위치 갱신은 주기적으로 단말의 위치를 네트워크에 전달할 때, 각각 등록 요청 NAS 메시지가 네트워크에 전송된다. 또한, 단말이 응급 서비스(Emergency service)를 제공받기 위한 등록을 요청할 수 있는데, 이때는 단말의 등록 요청(Registration Request) NAS 메시지에 응급 등록(Emergency registration) 파라미터를 설정하여 네트워크에 전송하게 된다. 이후 네트워크는 단말의 응급 등록을 수락하여 응답하며 별도 관리를 하게 된다.

한편, 단말이 데이터 전송이 없는 경우, 배터리 및 무선 자원 소모를 절감하기 위해서 유희모드(Idle mode) 상태에 있게 되는데, 만약 데이터 전송이 발생했을 때, 유희모드에서 연결모드(Connected mode) 전환이 필요하다. 이러한 연결모드로 전환을 위해서 단말은 서비스 요청(Service Request) NAS 메시지를 네트워크에 전송하게 되고, 네트워

크에서 요청 승낙(Service Accept) 메시지를 전송하여 응답하여 연결모드로 전환된 후 데이터 전송을 하게 된다.

또한, 단말이 유희모드 상태에 있을 때, 5G 코어 망에서 다운링크 데이터가 발생했을 때, 단말 위치를 찾아 이를 알리기 위해 페이징(Paging) 메시지를 전송하게 되는데, 페이징(Paging) 메시지를 수신한 단말은 데이터 수신을 위해 연결모드로 전환을 우선 하게 된다. 이를 위해서 전송한 서비스 요청(Service Request) NAS 메시지를 네트워크에 전송하게 되고, 네트워크는 요청 승낙(Service Accept) 메시지를 전송 응답하여 연결모드로 전환된 후 다운링크 데이터를 단말에게 전송 하게 된다.

한편, 5G 코어 망에 등록되어 있는 단말의 등록을 해지하기 위해서 단말은 네트워크에 등록 해지 요청(Deregistration Request) NAS 메시지를 전송하고 네트워크는 해지 수락(Deregistration Accept) NAS 메시지를 단말에게 전송하여 응답하게 된다. 또는 네트워크가 단말에게 등록 해지 요청을 할 수 있다. 이를 위해 네트워크가 단말에게 등록 해지 요청(Deregistration Request) NAS 메시지를 전송하고 단말은 해지 수락(Deregistration Accept) NAS 메시지를 네트워크에 전송하여 응답하게 된다. 또한, 현재 5G 코어 망에 등록되어 있는 단말에게 네트워크가 재등록을 요청할 수 있다. 이때, 네트워크는 단말에게 “재등록이 요구됨(re-registration required)”이라는 파라미터를 설정하여 등록 해지 요청(Deregistration Request) NAS 메시지를 전송하고 단말은 해지 수락(Deregistration Accept) NAS 메시지를 네트워크에 전송하여 응답하게 된다. 이후, 단말은 등록(Registration) 절차를 수행하게 된다.

3. Session Management in 5G System(5GS)

3GPP 5G 시스템에서의 세션 관리(Session Management)는 기본적으로 데이터 전송을 위한 세션의 설정, 변경 그리고 해제의 세 가지 관리에 대한 것을 의미한다. 단말은 데이터 전송을 위한 세션 설정 요청 (PDU Session Establishment Request) NAS 메시지를 네트워크에 전송하게 된다. 이러한 PDU 세션 설정은 일반적으로 DN(Data Network)에 기반하여 요청하게 되며, 응급 서비스를 제공받기 위해서 응급 PDU 세션 파라미터를 설정하여 PDU 세션 설정 요청을 할 수 있다. 단말은 동일한 DN에 기반한 데이터 전송을 위해서 현재 설정되어 있는 PDU 세션을 이용하여 바로 데이터를 전송할 수도 있고 혹은 동일한 DN에 기반한 새로운 PDU 세션 설정 요청을 네트워크에게 할 수도 있다. 이것은 단말의 응용(Application)

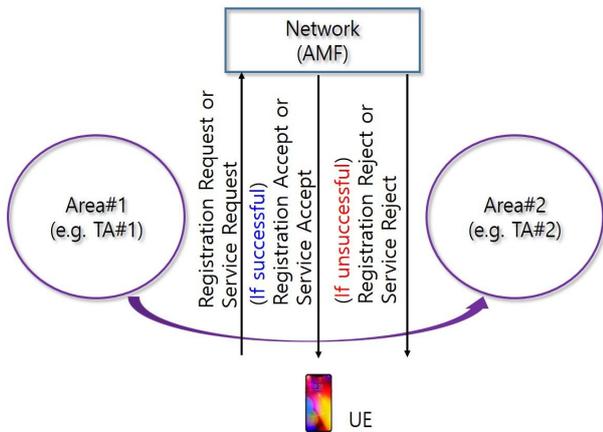


Fig. 2. Mobility Management in 5GS

정책에 따라서 결정되어 수행된다[6-8, 14-15]. 또한, 단말은 PDU 세션 설정 요청을 할 때, PDU 세션 타입을 결정하여 네트워크에 요청을 할 수 있는데, 설정할 수 있는 PDU 세션 타입에는 “IPv4”, “IPv6”, “IPv4v6”, “Unstructured”, “Ethernet” 타입이 존재한다. “IPv4v6” PDU 세션 타입은 IP 듀얼 스택(dual stack) 통신을 지원하기 위한 것이며, “Unstructured” PDU 세션 타입은 non-IP 통신을 지원하기 위한 것이며, “Ethernet” PDU 세션 타입은 이더넷 통신을 지원하기 위한 것이다. 만약 네트워크에 단말이 요청한 PDU 세션 타입을 지원하지 않는 경우 네트워크는 단말의 PDU 세션 설정 요청을 거절하게 된다. 이때, 단말이 요청한 PDU 세션 타입을 지원하지 않는다는 거절 원인(Reject cause) 값을 포함하여 PDU 세션 설정 거절(PDU Session Establishment Reject) NAS 메시지를 전송하게 된다. 네트워크가 단말의 PDU 세션 설정 요청에 대해서 PDU 세션 설정을 완료하게 되면, PDU 세션 설정 수락(PDU Session Establishment Accept) NAS 메시지를 단말에게 전송하게 된다.

또한, 단말은 이전에 설정된 PDU 세션에 대해서 QoS 등이 변경되어 PDU 세션을 변경하고자 PDU 세션 변경 요청 (PDU Session Modification Request) NAS 메시지를 네트워크에게 전송할 수 있다. 네트워크는 단말의 PDU 세션 변경 요청을 수행하기 위해 단말에게 PDU 세션 변경 명령(PDU Session Modification Command) NAS 메시지를 전송하게 되고 단말은 다시 PDU 세션 변경 완료 (PDU Session Modification Complete) 메시지를 전송하여 최종적으로 설정된 PDU 세션이 변경된다. 만약 네트워크가 네트워크 실패 혹은 리소스 부족 등으로 단말이 요청한 PDU 세션 변경 요청을 수행할 수 없는 경우, 네트워크는 단말의 PDU 세션 변경 요청을 거절하게 된다. 이때,

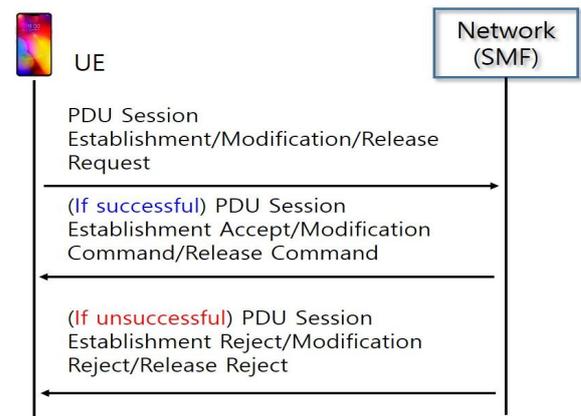


Fig. 3. Session Management in 5GS

단말이 단말의 PDU 세션 변경 요청을 거절하게 된다. 이때, 단말이 요청한 PDU 세션 변경 거절 원인(Reject cause) 값을 포함하여 PDU 세션 변경 거절(PDU Session Modification Reject) NAS 메시지를 전송하게 된다.

또한, 단말이 설정된 PDU 세션을 해제하기 위해 네트워크에게 PDU 세션 해제 요청 (PDU Session Release Request) NAS 메시지를 전송하게 된다. 네트워크는 단말의 PDU 세션 해제 요청을 수행하기 위해 단말에게 PDU 세션 해제 명령(PDU Session Release Command) NAS 메시지를 전송하게 되고 단말은 다시 PDU 세션 해제 완료 (PDU Session Release Complete) 메시지를 전송하여 최종적으로 설정된 PDU 세션이 해제된다. 만약 네트워크가 네트워크 실패 혹은 프로토콜 에러 등으로 단말이 요청한 PDU 세션 해제 요청을 수행할 수 없는 경우, 네트워크는 단말의 PDU 세션 해제 요청을 거절하게 된다. 이때, 단말이 요청한 PDU 세션 해제 거절 원인(Reject cause) 값을 포함하여 PDU 세션 해제 거절(PDU Session Release Reject) NAS 메시지를 전송하게 된다.

한편, 3GPP 5G 시스템은 다양한 응용들과 서비스들의 요구사항을 지원하기 위하여 세션과 서비스 지속성(SSC: Session and Service Continuity) 모드를 지원한다. 일반적으로, 단말이 액세스 망(예를 들면, 3GPP 액세스 혹은 WIFI)을 이동했을 때 설정된 세션을 새로운 액세스 망으로 옮기게 되는데, 이때 세션을 어떻게 관리하며 옮기는가에 따라서 SSC mode 1, SSC mode 2, SSC mode 3의 세가지 모드를 제공한다[6-7]. 단말의 응용 혹은 단말 설정에 따라서 단말은 원하는 SSC mode를 선택하여 PDU 세션 설정 요청(PDU Session Establishment Request) NAS 메시지에 결정된 SSC mode 정보를 포함하여 네트워크에 전송하게 되며, 네트워크는 단말이 요청한 SSC mode를 지원할 수 있는 경우, PDU 세션 설정 수락 메시지에 단말

이 요청한 SSC mode 정보를 포함하여 응답하게 된다. 만약 네트워크가 단말이 요청한 SSC mode를 지원하지 않는 경우, 네트워크는 단말의 PDU 세션 설정 요청을 거절하게 된다. 이때, 단말이 요청한 PDU 세션 설정 거절 원인 (Reject cause: not supported SSC mode) 값을 포함하여 PDU 세션 설정 거절(PDU Session Establishment Reject) NAS 메시지를 전송하게 된다[6-8].

Table 1. SSC mode

SSC mode	Characteristics
SSC mode 1	- Network preserves the connectivity service provided to the UE. - For the case of PDU Session of IPv4 or IPv6 or IPv4v6 type, the IP address is preserved.
SSC mode 2	- Network may release the connectivity service delivered to the UE and release the corresponding PDU Session(s). - For the case of IPv4 or IPv6 or IPv4v6 type, the release of the PDU Session induces the release of IP address(es) that had been allocated to the UE.
SSC mode 3	- A connection through new PDU Session Anchor point is established before the previous connection is terminated in order to allow for better service continuity. - For the case of IPv4 or IPv6 or IPv4v6 type, the IP address is not preserved in this mode when the PDU Session Anchor changes.

III. The Proposed Scheme

4G LTE 시스템에서는 단말은 기본적으로 PDU 세션(PDN connection)을 설정한 후, 단말이 유희모드(Idle mode)가 되거나, PDU 세션(PDN connection)을 해제하기 전까지 설정된 PDU 세션을 계속 유지한다. 이렇게 유지되고 있는 PDU 세션에 대해서 네트워크는 리소스 할당 및 단말 context 정보를 계속 유지하게 된다. 하지만, 5G 시스템에서는 리소스 절감 등을 위해서 PDU 세션을 설정한 후, 기본적으로 단말이 데이터 송수신이 없는 경우, PDU 세션을 유지하나, 관련 리소스 할당을 하지 않는다. 단말이 데이터 송신이 발생한 경우, 단말은 서비스 요청 및 등록 요청 절차를 통해 관련 PDU 세션에 대해 리소스 할당을 받게 되고 비로소 PDU 세션이 설정되어 데이터 송신을 하게 된다. 한편, 5G 시스템에서는 초저지연(low latency) 통신을 지원하는 것이 중요한 특성 중의 하나이

므로 상기 리소스 절감 및 자원 관리 효율성과 더불어 신속하게 데이터 송수신을 위한 Always-on PDU 세션 기능을 추가로 제공한다. 하지만, 현재 3GPP 5G 시스템에서의 Always-on PDU 세션 기능은 네트워크에서 관련 Always-on PDU 세션 지원 실패한 경우, 비효율적인 문제를 발생시킨다. 다음 절에서 초저지연 서비스 제공을 위한 5G 시스템에서의 Always-on PDU 세션과 그 문제점을 살펴보고 이를 해결하기 위해 본 논문에서 제안하는 ESMS에 대해서 살펴본다.

1. PDU session management for low-latency communications in 5GS

5G 시스템에서 초저지연(low latency) 서비스를 지원하기 위하여 신속한 데이터 송수신을 위한 Always-on PDU 세션을 지원한다. 초저지연 서비스를 제공받는 단말의 응용(application)이 데이터 송수신을 하고자 PDU 세션 설정을 네트워크에 요청할 때, 단말은 Always-on PDU 세션 요청을 알리는 “Always-on PDU session requested” 정보를 PDU 세션 설정 요청(PDU session establishment request) NAS 메시지에 포함하여 네트워크에게 전송한다. Always-on PDU 세션을 지원하는 네트워크는 Always-on PDU 세션 설정을 알리는 “Always-on PDU session required” 정보를 포함하여 PDU 세션 설정 수락(PDU session establishment accept) NAS 메시지를 단말에게 전송하여 응답한다. 이후, 단말과 네트워크는 단말이 유희모드(Idle mode)로 전환하거나 설정된 PDU 세션이 해제되기 전까지 해당 PDU 세션의 리소스(user-plane resource) 및 context 정보들을 유지 관리한다. 또한, 상기 Always-on PDU 세션 요청은 PDU 세션 변경 요청(PDU session modification request)에도 동일하게 적용 동작된다[8].

한편, 네트워크는 단말의 Always-on PDU 세션 설정 요청을 지원하지 않아 거절할 수 있다. 단말의 응용(application)이 데이터 송수신을 하고자 PDU 세션 설정을 네트워크에 요청할 때, Always-on PDU 세션 요청을 알리는 “Always-on PDU session requested” 정보를 PDU 세션 설정 요청(PDU session establishment request) NAS 메시지에 포함하여 네트워크에게 전송하는 경우, Always-on PDU 세션을 지원하지 않는 네트워크는 Always-on PDU 세션 설정을 허용하지 않음을 알리는 “Always-on PDU session now allowed” 정보를 포함하여 PDU 세션 설정 수락(PDU session establishment

accept) NAS 메시지를 단말에게 전송하여 응답한다. 하지만, 현재 3GPP 표준 규격에는 이후, 단말과 네트워크의 동작이 명확히 정의되어 있지 않다. 만약, 네트워크로부터 Always-on PDU 세션 설정을 허용하지 않음을 응답받았지만, 단말의 응용은 다시 해당 PDU 세션 설정 요청을 네트워크에게 전송할 수 있다. 또한, 네트워크는 단말에게 Always-on PDU 세션 설정을 허용하지 않음을 응답한 후, 다시 단말로부터 Always-on PDU 세션 설정 요청을 수신할 수 있으며, 만약 상기 Always-on PDU 세션 설정 요청을 수신한 경우, 단순히, 다시 말에게 Always-on PDU 세션 설정을 허용하지 않음을 응답하게 된다. 즉, 단말과 네트워크는 Always-on PDU 세션을 지원하지 않거나, 혹은 네트워크에서 리소스 문제 등으로 Always-on PDU 세션을 잠시 동안 지원 제공할 수 없는 경우, 비효율적으로 상기 Always-on PDU 세션 지원하지 않음 동작을 반복적으로 수행하게 된다. 따라서, 이러한 비효율적인 단말과 네트워크의 동작을 제어할 수 있는 기법이 반드시 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 Always-on PDU 세션 설정이 실패된 경우, 효율적으로 상기 PDU 세션 설정 절차를 제어 할 수 있는 기법(ESMS: Efficient Session Management Scheme)을 제안한다.

2. Efficient Session Management Scheme (ESMS)

본 논문에서는 현재 5G 시스템에서 초저지연(low latency) 서비스를 지원하기 위하여 신속한 데이터 송수신을 위한 Always-on PDU 세션의 비효율적인 문제점을 해결 방안으로, 효과적인 세션 관리 기법, ESMS(Efficient Session Management Scheme)을 제안한다. 제안하는 ESMS는 네트워크가 단말의 Always-on PDU 세션 설정 요청을 지원하지 못하는 경우 거절한다. 이때, 종래와 달리 새로운 거절 정보를 설정하여 단말의 Always-on PDU 세션 설정 요청을 거절하며, 이때, 백오프 타이머(backoff timer) 값을 포함하여 단말의 NAS 요청 메시지를 거절한다. 단말은 네트워크로부터 거절 메시지를 수신한 후, 제공받은 백오프 타이머(backoff timer) 값을 설정하여 설정된 타이머 값이 만료되기 전까지는 해당 Always-on PDU 세션 설정 요청을 네트워크에게 전송하지 않는다. Fig. 4는 ESMS 동작 및 절차들을 보여주고 있으며, 구체적인 ESMS 동작은 다음과 같다.

1) 단말의 저지연 서비스를 위한 응용(Application(s))은 신속한 데이터 전송을 위해 단말 NAS에게 이러한 신속한 데이터 전송을 트리거링(triggering) 한다. 이때, 상기

응용들이 신속한 데이터 전송을 위해 트리거링(triggering) 되면 이 트리거링(triggering)이 단말 NAS에게 전달된다.

2) 단말은 새로운 PDU 세션 설정(PDU session establishment) 요청을 네트워크에게 전송하게 되는데, 이때 Always-on PDU 세션 요청을 알리는 “Always-on PDU session requested” 정보를 PDU 세션 설정 요청(PDU session establishment request) NAS 메시지에 포함하여 네트워크에게 전송한다.

3) 만약, 네트워크가 리소스 부족, network failure 등으로 Always-on PDU 세션을 지원하지 않는 경우, 단말의 Always-on PDU 세션을 지원하지 않음 정보(Always-on PDU session not supported)를 설정하여 단말에게 응답한다. 이때, 상기 단말의 Always-on PDU 세션을 지원하지 않음 정보(Always-on PDU session not supported)는 Always-on PDU session indication IE(Information Element) in PDU session establishment reject NAS 메시지에 포함되어 제공되거나, Always-on PDU session indication IE와 다른 별도의 새로운 indication IE in PDU session establishment reject NAS 메시지에 포함되어 제공될 수 있다. 이때, 네트워크는 추가적으로 백오프 타이머(backoff timer)를 PDU session establishment reject NAS 메시지에 포함하여 단말에게 제공할 수 있다. 상기 백오프 타이머는 종래 NAS 레벨 혼잡 제어를 위한 T3396, T3584, T3585와는 다른 타이머 값일 수 있다.

4) 네트워크로부터 Always-on PDU 세션을 지원하지 않음 정보 (Always-on PDU session not supported)를 제공받은 단말 NAS는 단말의 power switch off 혹은 USIM 제거 되기 전까지 Always-on PDU session (재)요청을 네트워크에게 하지 않는다. 만약 네트워크로부터 추가적으로 백오프 타이머(backoff timer)를 제공받은 경우, 제공받은 백오프 타이머가 동작하고 있는 동안 (즉, 제공받은 백오프 타이머가 만료되거나 멈추기 전까지) Always-on PDU session (재)요청을 네트워크에게 하지 않는다. 또한, 단말 NAS는 네트워크로부터 수신한 Always-on PDU 세션을 지원하지 않음 정보를 단말 응용(Application(s))에게 알려준다. 이후 단말 응용은 단말의 power switch off 혹은 USIM 제거 되기 전까지 Always-on PDU session (재)요청을 단말 NAS 에게 트리거링(triggering) 하지 않는다.

한편, 상기 ESMS 동작 1) ~ 4)는 단말의 응용과 NAS

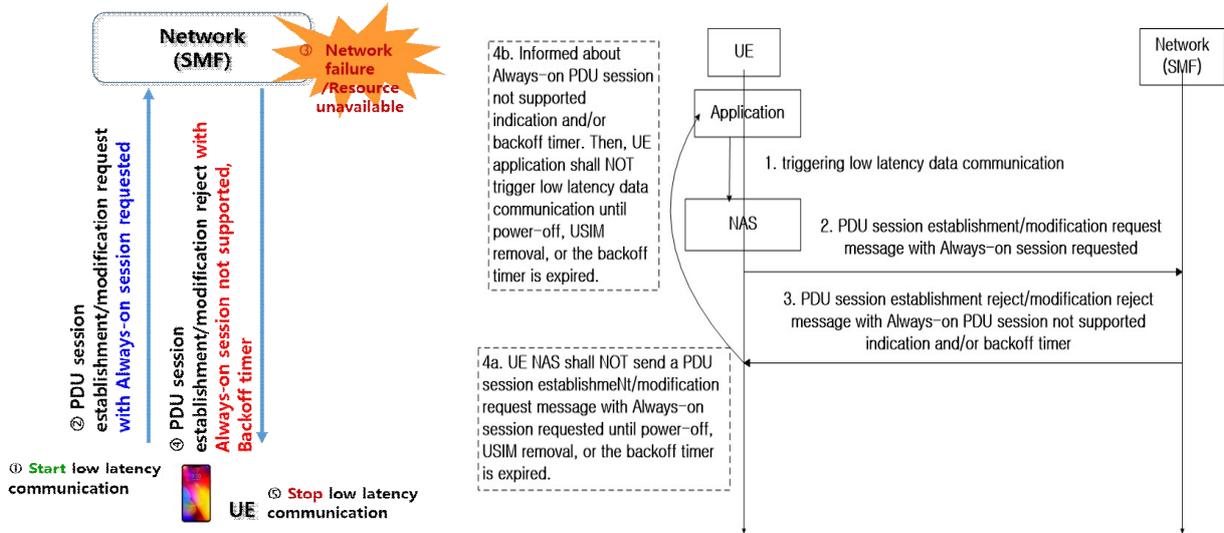


Fig. 4. ESMS operation (left) and procedures (right)

의 PDU 세션 변경 요청(PDU session modification request) 과정에도 동일하게 적용 동작된다.

IV. Simulation and Evaluation

본 장에서는 현재 3GPP 5G 시스템에서의 Always-on PDU 세션 설정 방안과 본 논문에서 제안하는 ESMS(Efficient Session Management Scheme) 방안에 대해서 실험을 통하여 성능평가를 해보고자 한다. 일단, 단말이 Always-on PDU 세션 요청을 5G 네트워크에게 했을 때, 네트워크가 리소스 부족 혹은 네트워크 실패 등으로 인하여 단말의 Always-on PDU 세션 설정을 지원하지 않겠다고 가정하였다. MATLAB[16]을 사용하여 실험하였으며, 실험 환경은 Table 2와 같다. 또한, 실험에 적용된 지연 파라미터들은 실제 3GPP 5G 시스템에서 측정될 수 있는 값들이다[11-15].

Fig. 5은 단말의 정규화 배터리 소모(normalized power consumption)를 나타낸 결과이다. Fig. 3에서 기존 3GPP 5G 시스템에서의 Always-on PDU 세션 설정 기법을 3GPP AO PDU라고 표기하였고, 본 논문에서 제안하

는 기법은 ESMS라고 표기하였다. 여기서 정규화 배터리 소모(normalized power consumption)는 정규화된(normalized) 3GPP AO PDU 기법에서의 NAS 메시지 전송에 따른 배터리 소모와 ESMS에서의 NAS 메시지 전송에 따른 배터리 소모의 상대적인 양을 의미한다. 3GPP AO PDU의 경우, 5G 네트워크가 단말의 Always-on PDU 세션 설정을 지원하지 않는 경우, PDU 세션 설정 요청을 수락하는 대신 단말에게 이를 알리는 정보를 포함하여 응답하게 된다. 하지만, 이후 단말은 다시 동일한 Always-on PDU 세션 설정 재요청을 할 수 있다. 재요청은 단말 구현 혹은 설정에 따라 다를 수 있으나, 일반적으로 세 번의 재요청 절차를 수행하게 된다. 따라서, 3GPP AO PDU의 경우, 현재 네트워크에서 Always-on PDU 세션 설정을 지원하지 않음에도 불구하고 불필요한 재요청 절차를 수행하게 되며, 이로 인하여, 단말의 NAS 메시지 전송에 따른 배터리 소모 및 리소스 낭비를 초래하게 된다. 하지만, 본 논문에서 제안하는 ESMS는 5G 네트워크가 단말의 Always-on PDU 세션 설정을 지원하지 않는 경우, PDU 세션 설정 요청을 거절하며 이때, 명확한 Always-on PDU 세션 설정 지원 없음(Always-on PDU session not supported)을 설정하여 응답하게 된다. 단말 NAS는 네트워크로부터 상기 Always-on PDU 세션 설정 지원 없음(Always-on PDU session not supported) 정보를 수신한 경우, 해당 Always-on PDU 세션 설정 요청을 다시 수행하지 않는다. 더불어, 네트워크로부터 수신한 Always-on PDU 세션 설정 지원 없음(Always-on PDU session not supported) 정보를 단말 응용에게 알려준다.

Table 2. Simulation Environment

Parameters	Value
Traffic model	Exponential dist. with mean 60(s)
UE processing delay	3 (ms)
Retransmission (#4)	0.8 (ms)
Transmission delay	1 (ms)
NG-RAN processing	2 (ms)
5G core network delay	0.5 (ms)
Backoff timer	60 min

이렇게 함으로써 저지연 서비스와 연관된 단말 응용이 Always-on PDU 세션 설정을 트리거링(triggering) 하는 것을 방지할 수 있다. 단말은 전원을 off 했다가 다시 on 하거나 USIM을 뽑다가 다시 삽입한 경우에 상기 Always-on PDU 세션 설정을 수행할 수 있다. 결과적으로, 제안하는 ESMS는 기존 3GPP AO PDU 방식보다 불필요한 단말 NAS 제어 메시지 전송을 방지하여 효율적으로 배터리 소모 및 송수신 리소스 낭비를 막을 수 있다.

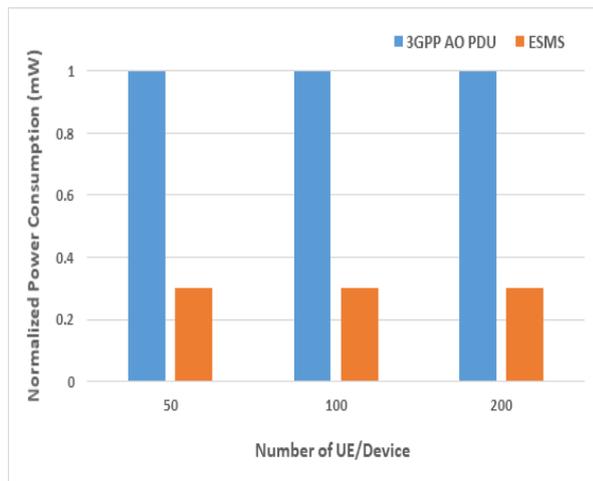


Fig. 5. Power consumption

Fig. 6는 백오프 타이머가 적용된 단말의 정규화 배터리 소모(normalized power consumption)를 나타낸 결과이다. 3GPP AO PDU의 경우, 5G 네트워크가 단말의 Always-on PDU 세션 설정을 지원하지 않는 경우, PDU 세션 설정 요청을 수락하는 대신 단말에게 이를 알리는 정보를 포함하여 응답하게 된다. 하지만, 이후 단말은 다시 동일한 Always-on PDU 세션 설정 재요청을 할 수 있다. 재요청은 단말 구현 혹은 설정에 따라 다를 수 있으나, 일반적으로 세 번의 재요청 절차를 수행하게 된다. 따라서, 3GPP AO PDU의 경우, 현재 네트워크에서 Always-on PDU 세션 설정을 지원할 수 없음에도 불구하고 불필요한 재요청 절차를 수행하게 되며, 이로 인하여, 단말의 NAS

메시지 전송에 따른 배터리 소모 및 리소스 낭비를 초래하게 된다. 또한, 세 번의 재요청 절차 이후, 일정 시간이 지난 후에 혹은 사용자의 재시도 행위 등으로 단말은 현재 네트워크에서 Always-on PDU 세션 설정을 지원할 수 없음에도 불구하고 다시 불필요한 재요청 절차를 수행하게 된다. 하지만, 본 논문에서 제안하는 ESMS는 5G 네트워크가 단말의 Always-on PDU 세션 설정을 지원하지 않는 경우, PDU 세션 설정 요청을 거절하며 이때, 명확한

Always-on PDU 세션 설정 지원 없음(Always-on PDU session not supported)을 설정하고 백오프 타이머 값을 포함하여 응답하게 된다. 단말 NAS는 네트워크로부터 상기 Always-on PDU 세션 설정 지원 없음(Always-on PDU session not supported) 정보 및 백오프 타이머 값을 수신한 경우, 네트워크로부터 제공받은 백오프 타이머를 설정 동작하게 되고, 단말 전원을 off 했다가 다시 on 하거나 USIM을 뽑다가 다시 삽입한 경우, 그리고 백오프 타이머 값이 만료되기 전까지는 해당 Always-on PDU 세션 설정 요청을 다시 수행하지 않는다. 더불어, 네트워크로부터 수신한 Always-on PDU 세션 설정 지원 없음(Always-on PDU session not supported) 정보를 단말 응용에게 알려준다. 이렇게 함으로써 저지연 서비스와 연관된 단말 응용이 Always-on PDU 세션 설정을 트리거링(triggering) 하는 것을 방지할 수 있다. 결과적으로, 제안하는 ESMS는 기존 3GPP AO PDU 방식보다 불필요한 단말 NAS 제어 메시지 전송을 방지하여 효율적으로 배터리 소모 및 송수신 리소스 낭비를 막을 수 있다.

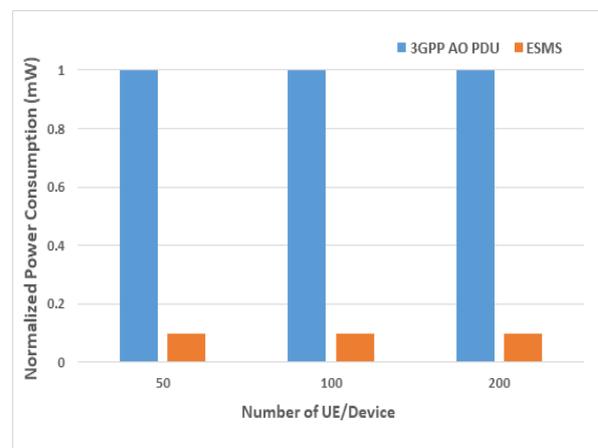


Fig. 6. Power consumption with backoff timer

V. Conclusions

본 논문에서는 현재 3GPP 5G 네트워크의 기본 구조, 이동성 관리 그리고 세션 관리 방안에 대해서 살펴 보았으며, 초지연 서비스를 위한 Always-on PDU 세션 설정에 대해서 고찰해 보았다. 또한, 리소스 부족 및 네트워크 실패 상황이 발생했을 때, 기존 3GPP 5G 시스템의 Always-on PDU 세션 설정 제어 방안의 문제점을 분석 고찰해 보았으며, 이를 해결하고자 개선된 Always-on PDU 세션 관리 기법(ESMS)을 제안하였다. 기존 3GPP

5G 시스템에서는 Always-on PDU 세션 설정 요청이 실패했을 때, 비효율적인 재요청 절차를 반복적으로 수행하여 불필요한 단말 NAS 메시지를 네트워크에 전송하여 단말의 배터리 소모 및 네트워크 리소스 낭비를 초래하게 된다. 반면, 제안하는 방안은 네트워크가 Always-on PDU 세션 설정을 지원하지 않는 경우, 명확히 거절 응답을 하게 되며, 이를 기반으로 단말 NAS와 응용은 Always-on PDU 세션 설정 재전송 요청 및 트리거링(triggering)을 하지 않는다. 또한, 네트워크에서 상기 거절 응답을 할 때, 백오프 타이머 값을 포함하여 응답하는 경우, 단말은 백오프 타이머 값이 만료되기 전까지는 Always-on PDU 세션 설정 재전송을 수행하지 않게 된다. 이렇게 함으로써, 단말의 불필요한 NAS 메시지 전송 및 트리거링을 방지하여 배터리 소모를 막고, 네트워크 리소스 낭비를 차단하는 효율적인 세션 관리 방안이다. 이러한 세션 관리 최적화 기법은 5G 기지국의 액세스 망 제어와 함께 연구되어 향후, 3GPP 5G 시스템 표준화 Phase-2 작업을 통해서 지속적으로 발전 연구 개선되어야 할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by a Research Grant of Andong National University.

REFERENCES

- [1] N.K. Kim, Y.J. Kim, J.W. Huh, J.Y. Choi, J.Y. Choi, Y.S. Kim, W.S. Na, L.H. Park, and S.R. Cho, "The need for 5G in the Age of Fourth Industrial Revolution and a Standardization Trends about 5G Mobile Communication," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, pp. 739-740, June 2017.
- [2] J.S. Kim and M.H. Lee, "5G Mobile Communications: 4th Industrial Aorta," The Journal of the Convergence on Culture Technology, Vol. 4, No. 1, pp. 337-351, Feb. 2018.
- [3] O.S. Park, S.K. Kim, G.Y. Park, W.R. Shin, and J.S. Shin, "Technical Trends of Ultra-Reliable Low-Latency Communication for 5G," ETRI Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 34, No. 6, pp. 42-50, Dec. 2019.
- [4] T.K. Kang, Y.H. Kang, Y.C. Ryoo, and T.S. Cheung, "Research Trend in Ultra-Low Latency Networking for Fourth Industrial Revolution," ETRI Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 34, No. 6, pp. 108-122, Dec. 2019.
- [5] 3GPP TS 22.261 v16.9.0: "Service requirements for next generation new services and markets; Stage 1", Sept. 2019.
- [6] 3GPP TS 23.501 v15.7.0: "System Architecture for the 5G System; Stage 2", Sept. 2019.
- [7] 3GPP TS 23.502 v15.7.0: "Procedures for the 5G System; Stage 2", Sept. 2019.
- [8] 3GPP TS 24.501 v15.5.0: "Non-Access-Stratum (NAS) protocol for 5G System (5GS); Stage 3". Sept. 2019.
- [9] 3GPP TS 38.331 v15.7.0: "NR; Radio Resource Control (RRC); Protocol specification", Sept. 2019.
- [10] 3GPP TS 38.413 v15.5.0: "NG-RAN; NG Application Protocol (NGAP)", Sept. 2019.
- [11] Nam-Sun Kim, "Group Based Two-Layer Mobility Management of MTC Devices in 5G network," Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, Vol. 11, No. 6, pp. 631-637, Dec. 2018.
- [12] E.J. Kim and H.K. Choi, "Network-based distributed mobility management for 5G environment," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, pp. 173-174, Jan. 2018.
- [13] K.J. Sun and Y.H. Kim, "Performance Analysis of Mobility Management in Distributed 5G Network Architecture," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 43, No. 11, pp. 1840-1851, Nov. 2018. DOI: 10.7840/kics.2018.43.11.1840
- [14] S.Y. Choi, H.J. Lee, and S.W. Bahk, "A Study on the Ultra-Reliable Low Latency Communications in 5G Cellular Networks," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, pp. 482-483, Jan. 2017.
- [15] J.S. Kim, D.M. Kim, and S.H. Choi, "Handover Procedure Considering Session and Service Continuity Mode of UE in 5G Core Network," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, pp. 129-130, June 2017.
- [16] MATLAB, <https://kr.mathworks.com>

Authors



Jae-Hyun Kim received the M.S. and Ph.D. degrees in Electrical & Electronic Engineering from Yonsei University, Korea, in 2003 and 2011 respectively. He worked as chief research engineer in LG Electronics

from 2010 to 2019. Dr. Kim joined the faculty of the Dept. of Information & Communication Engineering, Andong National University in 2019. He is currently a Assistant Professor in the Dept. of Information & Communication Engineering, Andong National University. He is interested in advanced communication networks like 5G mobile communications, NGN, IoT and AI.



Seog-Gyu Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Electronic Engineering from Yonsei University, Korea, in 1990, 1992 and 1997, respectively. He worked as senior researcher in SK Telecom from 1997 to

2004. Dr. Kim joined the faculty of the Dept. of Information & Communication Engineering, Andong National University in 2006. He is currently a Professor in the Dept. of Information & Communication Engineering, Andong National University. He is interested in Next-generation network like 5G network, mobile computing, AI and IoT.