

An Efficient Network Slice Configuration Method in 5G Mobile Networks

Jae-Hyun Kim*

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

[Abstract]

In this paper, we analyze 5G network slicing and propose an efficient network slice configuration method in 5G mobile networks. Network slicing can be identified and performed based on the network slice instance information in 5G mobile networks. In case of discordance between the UE's network slice instance information and the network's one, the unnecessary signalling overhead occurs, when the UE's PDU Session Establishment request to the network fails. To solve this problem, this paper proposes two efficient network slice configuration methods, the UE-based ENSC(Efficient Network Slice Configuration) method and the Network-based ENSC method. The proposed schemes perform the prompt the configuration and provision of the updated network slice instance information between the UE and network and improve battery and resource efficiency and minimize unnecessary signalling overhead compared to existing methods in 5G mobile networks.

▶ **Key words:** Network slice, Network slice instance, 5G, NFV, SDN

[요 약]

본 논문에서는 5G 네트워크 슬라이싱에 대해서 분석하고 5G 이동 통신망에서의 효율적인 네트워크 슬라이스 설정 방안을 제안한다. 5G 이동 통신망에서 네트워크 슬라이싱은 네트워크 슬라이스 인스턴스 정보에 기반하여 구분되고 수행된다. 단말과 네트워크 간의 네트워크 슬라이스 인스턴스 정보가 상호 일치하지 않는 경우, 단말의 PDU 세션 연결 요청 실패에 따른 불필요한 시그널링 오버헤드가 발생한다. 본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위해서, 두 가지 효율적인 네트워크 슬라이스 설정 기법, 단말 기반 ENSC(Efficient Network Slice Configuration) 기법과 네트워크 기반 ENSC 기법을 제안한다. 제안하는 두 가지 기법들은 신속한 단말과 네트워크 간의 최신 변경 업데이트된 네트워크 슬라이스 정보를 제공 설정 수행하게 되어, 기존 방안과 비교하여 배터리 리소스 효율성을 향상시키고 불필요한 시그널링 오버헤드를 최소화할 수 있다.

▶ **주제어:** 네트워크 슬라이스, 네트워크 슬라이스 인스턴스, 5G, NFV SDN

I. Introduction

최근 다양한 멀티미디어 서비스들의 이용과 고품질 서비스 요구 증가로 인하여, 근본적인 이동 통신망의 변화가 필요하다. 이러한 변화의 필요성에 따라서, 5G 이동 통신 기술은 4G보다 높은 대역폭, 다양하고 많은 기기의 연결성, 저지연 종단간 통신 그리고, 더욱 유연적이고 및 신뢰적인 망 액세스를 제공한다[1, 17-18].

5G 이동 통신망은 다양한 서비스 요구사항을 만족하는 버티컬 산업들을 지원하고자 개발되었는데, 이를 실현하기 위해, 네트워크 슬라이싱(Network Slicing)이 채택되었다. 네트워크 슬라이싱은 특화된 공유 자원들로 구성된 논리적인 네트워크를 구성하기 위한 유용한 기술로써, 다양한 서비스 요구사항을 만족시키기 위해서 하나의 물리적 네트워크를 여러 개의 분리된 논리적인 네트워크로 나누어 구성 운영된다[1-5].

네트워크 슬라이싱의 핵심 구현 기술로써 SDN(Software Defined Network)과 NFV(Network Function Virtualization)가 있는데, SDN은 네트워크의 제어 영역과 전송 영역을 분리하여 네트워크 관리의 유연성과 확장성을 제공해준다. NFV는 네트워크 자원의 가상화를 통해서 네트워크 추상화를 지원한다. 이러한 SDN과 NFV의 통합을 통한 네트워크 슬라이싱은 5G 이동통신망의 다양한 서비스에 대한 유연성, 신뢰성과 확장성을 제공하는 중요 기술로 여겨진다[6-13].

본 논문에서는 먼저, 네트워크 슬라이싱의 개념 및 관련 SDN, NFV 기술을 소개하고, 5G 이동통신망에서의 네트워크 슬라이싱 지원 기술을 분석하고, 설정 관리 문제점을 살펴본다. 이후, 효율적인 네트워크 슬라이싱 관리를 위한 개선된 설정 방안을 제안하고, 그 성능을 비교하여 살펴본다. 마지막으로, 향후 5G 이동통신망에서 다양한 구성 시나리오 상황을 고려한 최적화된 네트워크 슬라이싱 설정 관리 기법의 개선 방향에 대해서 고찰해본다.

II. Preliminaries

1. Network Slicing

1.1 SDN and NFV

SDN(Software Defined Network)은 다양한 응용과 서비스들을 미세하고 네트워크 관점에서 조율하고 제어할 수 있는 확장 가능하고 프로그램 작동이 가능한 5G 네트워크를 실현할 수 있는 기술을 의미한다. 이러한 SDN은

ONF(Open Network Foundation)에서는 물리적인 네트워크를 제어 영역과 포워딩 영역으로 분리하여 운영하는 것으로서 정의하고 있으며, 여기서 제어 영역이란 다수의 장치들을 제어를 담당하는 것을 의미하며, 포워딩 영역이란 데이터를 전송 담당하는 것을 의미한다. 이렇게 함으로써 전체 네트워크의 확장성을 향상시키고 중앙집중적인 제어를 제공하여 급속한 네트워크, 비즈니스, 시장과 사용자들의 니즈의 변화에 잘 대응할 수 있도록 한다.

그림 1[4]에서 보여지듯이, SDN은 다양한 네트워크 기능들 사이에서 지능형 네트워크 관리 제어를 실행시키기 위해서 가상의 제어 영역을 만든다. SDN은 기존에 전통적인 네트워크 제약들 즉, 동적인 네트워크 설정, 제어와 관리에 부적합하고, 오늘날 데이터 센터들, 다양하고 이종 기관들과 환경을 위한 저장 공간들을 위한 해결책으로 여겨진다[4-6]. 그림 1에서, SDN controller는 네트워크 정책들에 기반하여 네트워크 슬라이스들을 제어 관리하고, 네트워크 슬라이스 클라이언트 정보를 유지 관리한다. 이를 기반으로 자원 조율 및 제어를 수행하게 된다.

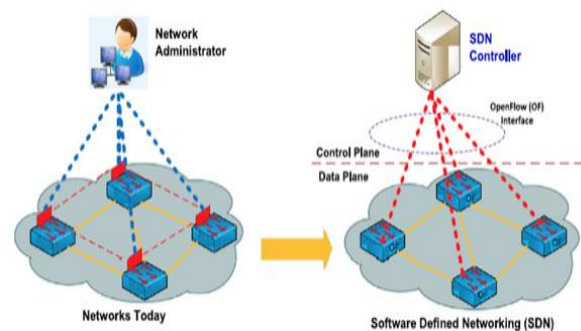


Fig. 1. Network operation today and SDN

NFV(Network Function Virtualization)는 하드웨어 장치들의 네트워크 기능들에 대한 가상화를 의미하는 것으로 하드웨어 장치에 가상 네트워크 기능들(VNFs: Virtual Network Functions)를 설치하는 것을 기반으로 한다. 이것은 전통적인 제조업체로부터 제공된 장치들에 소프트웨어와 하드웨어를 함께 이용하는 방식과는 다른 접근 방식을 의미한다. 그림 2에서, 네트워크 기능들(NFs: Network Functions)은 쉽게 설치될 수 있으며 동적으로 할당될 수 있다. 네트워크 자원들은 소프트웨어 기반의 NFV 기술들과 함께 동적으로 비례하여 가상 네트워크 기능들(VNFs)에게 효율적으로 할당될 수 있다. 결과적으로, NFV 기술은 사용자가 요구에 맞춰 필요한 확장성을 제공할 수 있고, CAPEX와 OPEX를 줄일 수 있으며, 시장에 새로운 서비스를 제공하는 소요 시간을 감소시킬 수 있다.

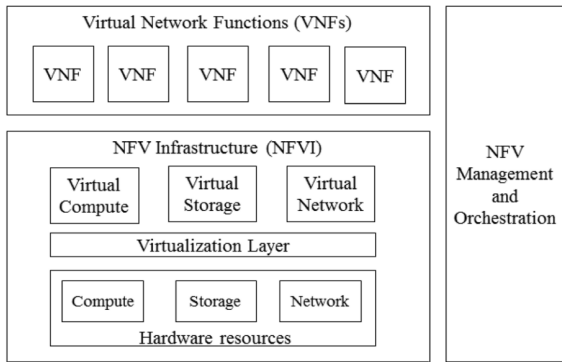


Fig. 2. High level NFV framework

5G 네트워크상에서, NFV는 높은 QoS와 보장된 가상 네트워크 기능들과 함께 사용자들에게 리소스 제공 최적화, 지연 및 실패를 최소화할 수 있다. 이러한 것들을 실현시키기 위해서, NFV는 기존 전통적인 방식과 다르게 크게 3가지 특징을 가지고 있다. 첫 번째로, 하드웨어 플랫폼으로부터 소프트웨어의 분리이다. NFV에서는 하드웨어와 소프트웨어 엔티티(entity)가 통합되지 않고, 기능들은 서로 각각 분리되어 수행된다. 두 번째로, 하드웨어로부터 분리된 소프트웨어 때문에, 다양한 시점에서 소프트웨어와 하드웨어 모두 다른 동작들을 수행할 수 있다. 이것이 사업자들에게 동일한 하드웨어 플랫폼을 이용하여 새로운 서비스를 상용화 제공할 수 있게 한다. 세 번째로, 네트워크 사업자들은 동적으로 NFV 확장을 통하여 고객의 요구들에 기반한 맞춤형 서비스들을 제공할 수 있다 [12-13, 16].

SDN과 NFV는 많은 공통점을 가지고 있으나, 한 가지 중요한 차이점이 있는데, SDN은 제어 영역과 전송 영역을 분리하기 위해서 새로운 네트워크 플랫폼이 요구되나 NFV는 NF들이 범용 서버상에서 구동되기 때문에 기존 네트워크상에서 동작할 수 있다.

1.2 Network Slicing

네트워크 슬라이싱은 하나의 물리적인 네트워크를 여러 개의 가상의 네트워크로 분할을 의미한다. 분할된 각각의 네트워크는 응용 서비스 또는 가입자의 특별한 형태를 위해 맞춤형과 최적화로 운영될 수 있다. 클라우드 컴퓨팅과 가상화 기술을 바탕으로 사용자 요구 변화에 맞춰 공유된 물리적 네트워크 자원들은 동적으로 그리고 효과적으로 논리적 네트워크 슬라이스들에게 스케줄링될 수 있다.

그림 3[3]에서처럼, 5G 네트워크 슬라이스는 특별한 이용 사례 또는 비즈니스 모델의 네트워크 기능들과 설정들의 집합체로 구성된다. 하나의 네트워크 슬라이스는 분산

클라우드 기반 시설과 전송 네트워크들이 동작되는 무선 액세스 네트워크들, 핵심 네트워크들을 포함하는 몇 개의 도메인들로 걸쳐질 수 있다[2-5]. 5G 네트워크 슬라이스 설계의 기본 원칙은 특별한 이용 사례의 트래픽을 처리하는 데 필요한 오직 맞춤형 기능들만을 제공하는 것이다. 네트워크 슬라이스는 필요한 맞춤형 능력들과 함께 요구 사항 변화에 적응하는 능력들을 갖추고 있다[2-5].

한편, NGMN 정의에 따르면, 네트워크 슬라이싱은 서비스 인스턴스 계층(Service Instance Layer), 네트워크 슬라이스 인스턴스 계층(Network Slice Instance Layer), 자원 계층(Resource Layer)의 3개 계층으로 구성된다. 서비스 인스턴스 계층은 종단 사용자 서비스들을 대표하는 것으로써 각 서비스는 서비스 인스턴스(Service Instance)로 대표된다. 네트워크 슬라이스 서비스 인스턴스 계층은 제공되는 네트워크 슬라이스 인스턴스들을 포함하는 것으로 네트워크 슬라이스 인스턴스로, 서비스 인스턴스에 요구되는 네트워크 특성들을 제공한다. 자원 계층은 네트워크 슬라이스 인스턴스를 생성하는 데 필요한 모든 가상 혹은 물리적 자원들과 네트워크 기능들을 제공한다[4-5].

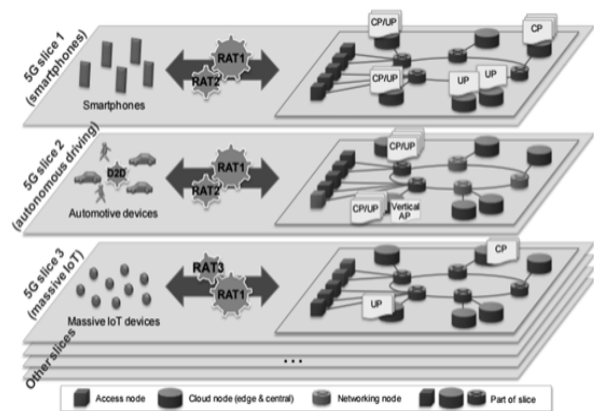


Fig. 3. The concept of Network slicing

2. Network Slicing in 3GPP 5G Networks

2.1 Network Slicing Architecture

그림 3은 3GPP의 네트워크 슬라이싱을 지원하는 5G 이동 통신 네트워크 구조이다[18-20]. 3GPP에서는 5G 이동 통신 기술 규격을 2개의 Release phase로 나눠 개발되었다. 그래서, Release 15 Phase 1 기술 규격을 2018년 9월에 개발 완료하였으며, Release 16 Phase 2 기술 규격을 2020년 6월에 개발 완료하였다. 네트워크 슬라이싱 기술의 경우, Release 15 Phase 1 기술 규격에 포함되어 개발 되었으며, Release 17에서 기존 네트워크 슬라이싱 기

술 개선 향상을 위하여 네트워크 슬라이싱 Phase 2로 기술 개발 되었다. 3GPP 네트워크 슬라이싱 기술은 핵심 망(CN; Core Network) 부분과 RAN(Radio Access Network) 부분으로 구성된다. 그림 4는 3GPP 네트워크 슬라이싱 지원 5G 이동통신망 구조이다. 기본적으로, 단말, RAN, 핵심망, 그리고 슬라이스 관련 네트워크 기능들(NFs)이 내제되어 운영되는 구조이다.

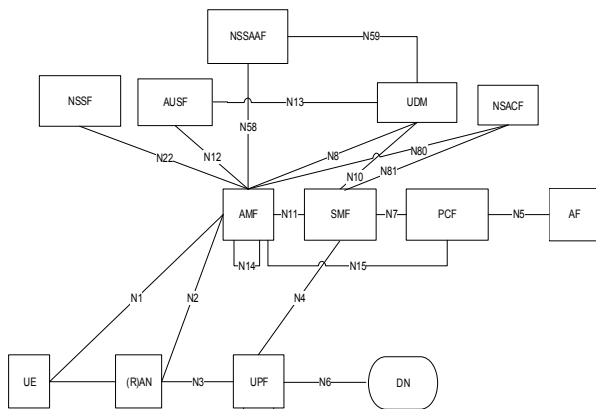


Fig. 4. 3GPP Network slicing architecture

네트워크 슬라이싱 관련 주요 엔티티(Entity)들을 살펴 보면, 우선 AMF(Access and Mobility management Function)는 이동성 관리, 액세스 인증 및 승인, 보안 앵커 포인트(anchor point), 컨텍스트(context) 관리를 수행하며, SMF(Session Management Function)는 세션 관리, IP 주소 할당, 트래픽 조정, 유저 영역(UP: User Plane) 기능들의 선택과 제어, 정책 집행 제어 및 QoS(Quality of Service) 지원을 수행한다. PCF(Policy Control Function)은 네트워크 행위 통제를 위한 통합 정책 프레임 및 제어 영역(Control Plane) 기능들을 제어하기 위한 정책들을 수행한다. NEF(Network Exposure Function)은 3GPP 네트워크 기능들(NFs)에 의해 제공되는 서비스들과 능력들을 안전하게 노출시킬 수 있는 수단을 제공한다. NRF(NF Repository Function)는 네트워크 기능 인스턴스에 의해 사용되는 서비스 발견 기능을 수행한다. UDM(Unified Data Management)는 인증 증명서 저장소, 처리 기능, 사용자 신원 확인 처리, 가입자 정보 관리를 수행한다. UDR(Unified Data Repository)는 가입자 정보 및 정책 데이터를 저장한다. UPF(User Plane Function)은 RAT(Radio Access Technology) 이동성 제어를 위한 앵커 포인트(anchor point), 상호 연결의 외부 PDU 세션 포인트, 패킷 라우팅 및 전송, 유저 영역의 QoS 지원을 수행한다. NSSF(Network Slice Selection

Function)은 단말과 구체적인 슬라이스와의 연결하기 위한 기능들을 지원한다. 네트워크 사업자는 단말에게 구체적인 네트워크 슬라이스 선택 정책(NSSP; Network Slice Selection Policy)을 제공할 수 있다. NSSP는 응용들과 특정 슬라이스들과의 관계에 대한 하나 혹은 여러개의 규칙들을 포함한다. 5G 이동통신망에서는 단말이 다른 UPF들에게 지원받고 다른 SMF들에게 제어받는 복수 개의 데이터 세션들을 통하여 동시에 두 개의 네트워크들에게 액세스할 수 있다. 논리적인 핵심망들은 서로 다른 특성들 또는 최적화된 네트워크 기능들(NFs)을 가지고 있을 수 있다. 단말은 동시에 여러 개의 네트워크 슬라이스들에게 액세스할 수 있으나, 하나의 동일 AMF가 여러 개의 네트워크 슬라이스를 사용한다. 또한, 단말은 동시에 8개 이상의 네트워크 슬라이스를 사용하여 이동통신망 혹은 서비스에 액세스할 수 없다[19-27].

한편, 현재 3GPP 5G 이동통신망에서 네트워크 슬라이싱은 핵심망(CN) 기반으로 운영 동작하는데, 이러한 핵심망 기반의 네트워크 슬라이싱 운영에서 보안 슬라이싱 선택 기법[15], 체험(Heuristic) 기반 설정 기법[14] 등의 기술 연구가 진행되어 오고 있다. 무선 자원 관리, 독립화를 위한 RAN 기반의 네트워크 슬라이싱 기술은 아직 정의 개발되지 않고 있다. 이 부분은 추후 릴리즈에서 논의 개발 될 것으로 예상된다.

2.2 Network Slice Instance and S-NSSAI

전술하였듯이, 3GPP 5G 이동통신망에서 네트워크 슬라이싱은 핵심망(CN) 기반으로 운영 동작되는데, 기본적으로 네트워크 슬라이스 인스턴스(Network Slice Instance) 정보 기반으로 동작된다. 네트워크 슬라이스 인스턴스란 네트워크 슬라이스를 형성하는데 요구되는 자원과 네트워크 기능 인스턴스들(Network Function Instances)의 집합 정보를 의미한다. 하나의 네트워크 슬라이스는 전체 PLMN(Public Land Mobile Network)에서 이용되거나 하나 혹은 여러 개의 TA(Tracking Area)에서 이용될 수 있다. 하나의 네트워크 슬라이스 인스턴스는 하나 혹은 여러 개의 S-NSSAI(Single Network Slice Selection Assistance Information)과 연관될 수도 있고 반대로 하나의 S-NSSAI는 하나 혹은 여러 개의 네트워크 슬라이스 인스턴스와 연관될 수 있다[17, 19-20].

3GPP 5G 이동통신망에서 하나의 네트워크 슬라이스는 하나의 S-NSSAI에 의해 식별된다. S-NSSAI는 SST(Slice/Service type)과 SD(Slice Differentiator)로 구성되며, SST는 S-NSSAI에 반드시 포함되어야 하는 대

신, SD는 선택적으로 포함되거나 포함되지 않을 수 있다. 현재 3GPP 기술 규격에는 표 1에서처럼, 총 5개의 SST 타입과 값이 표준으로 정의되어 있다 [19]. 또한, 하나 혹은 여러 개의 S-NSSAI 집합을 NSSAI(Network Slice Selection Assistance Information)라고 한다. 단말은 5G 이동통신망의 등록 절차 과정 중에, NSSAI를 이용하여 핵심망의 네트워크 슬라이스 연결을 요청하며, 핵심망은 단말의 이러한 네트워크 슬라이스 연결 요청에 대해서 인증 및 허가를 책임진다[19, 21].

Table 1. Standardized SST values

Slice/Service type	SST value
eMBB (enhanced Mobile Broadband)	1
URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communications)	2
mIoT (massive IoT)	3
V2X (Vehicle to Everything)	4
HMTc* (High-performance Machine-Type Communications) (*since Rel-17 onwards)	5

2.3 Configuration and Management of NSSAI

단말은 여러 형태의 NSSAI 정보를 5G 핵심망으로부터 제공받아 설정되거나 저장하고 있을 수 있다. 설정 NSSAI(Configured NSSAI)는 서빙(serving) PLMN으로부터 제공받아 설정된 NSSAI이고, 디폴트 설정 NSSAI(Default Configured NSSAI)는 홈(Home) PLMN으로부터 제공받아 설정된 NSSAI이며, 요청(Requested) NSSAI는 단말이 특정 네트워크 슬라이스에 대해서 연결 요청을 핵심망에게 할 때 이용하는 NSSAI이다. 허락(Allowed) NSSAI는 핵심망이 단말에게 특정 네트워크 슬라이스로의 연결을 허락하는 의미의 NSSAI이다. 또한, 가입된(Subscribed) S-NSSAI는 가입자 정보에 포함되어 있는 S-NSSAI를 의미한다[19].

단말은 디폴트 설정 NSSAI가 사전에 설정되어 저장되어 있거나, 핵심망으로부터 제공되거나 업데이트되어 설정될 수 있다. 디폴트 설정 NSSAI안의 각각의 S-NSSAI는 가입자 NSSAI의 S-NSSAI와 대응된다. 단말의 요청 NSSAI안의 S-NSSAI는 이전에 네트워크로부터 설정되었거나 혹은 허락을 받은 NSSAI안의 S-NSSAI를 의미한다. 결국, 일반적으로 단말이 사용하는 NSSAI 혹은 S-NSSAI는 이전에 네트워크로부터 설정되었거나 혹은 허락을 받은 NSSAI 혹은 S-NSSAI를 의미한다[19, 21].

한편, 단말과 5G 이동통신망은 네트워크 슬라이스 연결 지원과 관리를 위하여 기본적으로 등록 절차 과정 중에, NSSAI 정보를 제공받거나 이용하게 된다. 먼저, 단말은 일반적으로, 사전에 설정되어 저장되어 있는 설정 NSSAI와 이전에 네트워크로부터 허락되어 사용할 수 있는 허락 NSSAI를 가지고 있게 된다. 만약 이전에 네트워크로부터 허락된 NSSAI가 없는 경우에는 허락 NSSAI가 없을 수도 있다. 단말이 특정 네트워크 슬라이스에 연결을 요청하기 위해서 등록(Registration) 절차 시에, 등록 요청(Registration Request) 메시지에 요청 NSSAI 정보를 포함하여 네트워크에 전송하게 된다. 이때 요청 NSSAI 정보는 단말에 설정 NSSAI가 저장되어 있지 않거나 허락 NSSAI 저장되어 있지 않는 경우, 즉 사용 가능한 설정되어 있는 NSSAI 정보가 없는 경우, 기본적인 디폴트 설정 NSSAI 정보의 사용을 의미한다. 만약에, 허락 NSSAI가 저장되어 있지 않고, 이용가능한 설정 NSSAI가 저장되어 있는 경우에는 설정 NSSAI를 요청 NSSAI 정보로 사용하게 된다. 마지막으로, 이용가능한 허락 NSSAI가 저장되어 있는 경우에는 허락 NSSAI를 요청 NSSAI 정보로 사용하게 된다. 핵심망은 단말이 전송한 등록 요청 메시지에 포함된 요청 NSSAI를 확인한 후, 등록 수락(Registration Accept) 메시지에 설정 NSSAI, 허락 NSSAI, 거절(Rejected) NSSAI 정보를 모두 포함하여 단말에게 응답한다. 네트워크로부터 전송받은 등록 수락 메시지에서 제공받은 설정 NSSAI, 허락 NSSAI 및 거절 NSSAI 정보를 단말은 저장하고 이후 네트워크 슬라이스 연결 요청시 사용하게 된다. 다만, 거절 NSSAI의 경우 네트워크에서 사용을 거절한 NSSAI 정보이므로 단말은 거절 NSSAI는 원칙적으로 사용을 하지 않는다. 이렇게 등록 요청 절차를 통해서 단말과 네트워크는 네트워크 슬라이스 연결 지원 및 관리를 위한 NSSAI 정보를 상호 제공 설정 관리하게 된다[21].

또한, 단말에 데이터 전송을 위하여 PDU 세션 설정 요청 메시지를 네트워크에게 전송 시, 저장되어있는 허락 NSSAI로부터 데이터 전송에 관련된 응용이 연결하려는 네트워크 슬라이스에 대한 S-NSSAI 정보를 포함하여 네트워크에 전송하게 되며, 네트워크는 단말이 전송한 PDU 세션 설정 요청 메시지 안에 포함된 S-NSSAI 정보를 확인하여 문제가 없는 경우, 수락 응답하게 된다[21].

더불어, 가입자 정보 혹은 이동통신망 정책 등의 변경으로 인하여 NSSAI를 포함한 네트워크 슬라이싱 관련 정보가 바뀐 경우, 네트워크는 단말에게 변경된 NSSAI 정보를 알릴 수 있다. 이 경우, 네트워크는 일반 UE(User Equipment) 설정 업데이트(Generic UE Configuration

Update) 절차를 통하여 단말에게 변경된 NSSAI 정보를 제공할 수 있는데, 이를 위하여 AMF는 단말에게 설정 업데이트 명령(Configuration Update Command) 메시지에 설정 NSSAI, 허락 NSSAI, 거절(Rejected) NSSAI 정보를 포함하여 전송하게 되며, 단말은 수신 제공된 설정 NSSAI, 허락 NSSAI, 거절(Rejected) NSSAI 정보를 업데이트 저장하게 된다. 이후 변경된 NSSAI 정보들을 이용하여 단말은 네트워크 슬라이스 연결 요청을 수행하게 된다. 하지만, 네트워크가 수행하는 일반 UE 설정 업데이트 절차 수행 시점에 대해서 3GPP 기술 규격에 명확히 정의되어 있지 않다.

III. The Proposed Scheme

전술하였듯이, 가입자 정보 혹은 이동통신망 정책 등의 변경으로 인하여 단말과 핵심망에서 서로 저장 관리하고 있는 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보가 상호 일치하지 않을 수 있다. 또한, 현재 3GPP 기술 규격에는 단말이 네트워크 슬라이스에 기반한 PDU 세션 연결이 실패했을 경우 동작과 네트워크가 단말에게 NSSAI 정보를 설정 업데이트 제공 시점에 대해서 불명확하다. 다음 장에서는 이러한 문제점을 분석 고찰해보고, 해결 방안 및 제안하는 ENSC 방법에 대해서 살펴본다.

1. Problem Statement

1.1 Issue of NSSAI Management

가입자 정보 혹은 이동통신망 정책 등의 변경으로 인하여 단말과 핵심망에서 서로 저장 관리하고 있는 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보가 상호 일치하지 않는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 상황에서 단말이 변경 전의 허락 NSSAI 기반의 S-NSSAI를 포함하여 네트워크로 PDU 세션 연결 요청(PDU Session Establishment Request) 메시지를 전송한 경우, 네트워크는 변경 업데이트된 NSSAI 정보를 저장 관리하고 있으므로, 변경 전의 S-NSSAI 기반의 PDU 세션 연결 요청을 거절할 수 있다. 하지만, 현재 3GPP 기술 규격에는 거절 및 이후 동작이 명확하게 정의되어 있지 않다. 따라서, 단말은 네트워크로부터 변경 전의 S-NSSAI 기반의 PDU 세션 연결 요청을 거절 받았으나, 일정 시간 이후, 동일한 S-NSSAI 기반의 PDU 세션 연결 재요청을 수행할 수도 있다. 이 경우, 단말의 재요청에 대해서 네트워크는 다시 거절하게 되며, 이러한 동작이 계속 반복 수행될 수 있다. 따라서, 단말과 네트워크 간의 변경

업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보의 불일치로 인하여 불필요한 시그널링 발생하게 되며, 이를 해결하기 위해서 문제가 발생한 즉시 변경 업데이트된 최신 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 단말과 네트워크 간에 상호 업데이트 설정 절차 수행이 반드시 필요하다.

1.2 Issue of NSSAI Configuration

가입자 정보 혹은 이동통신망 정책 등의 변경으로 인하여 기존 저장 관리하고 있는 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보가 변경 업데이트된 경우, 네트워크는 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 단말에게 제공 설정시켜줄 수 있다. UDM과 NSSF는 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 AMF에게 알려주게 되고, AMF는 이러한 정보를 SMF에게 전달하게 된다. 하지만, 현재 3GPP 기술 규격에는 네트워크가 변경 업데이트된 상기 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 단말에게 제공 설정시켜주는 시점이 불명확하다. 만약 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보가 단말에게 제공 설정 업데이트 되기 전에 단말이 이전 NSSAI(또는 S-NSSAI) 기반의 PDU 세션 설정 요청 절차를 수행하면, 앞서 전술하였듯이, 네트워크가 단말의 PDU 세션 설정 요청을 거절하고 일정 시간 이후, 단말은 동일한 S-NSSAI 기반의 PDU 세션 연결 재요청을 수행할 수도 있다. 이 경우, 단말의 재요청에 대해서 네트워크는 다시 거절하게 되며, 이러한 동작이 계속 반복 수행되어 결과적으로, 단말과 네트워크 간의 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보의 불일치로 인한 불필요한 시그널링 야기 문제가 발생한다.

결론적으로, 상기 문제를 해결하기 위해서 단말과 네트워크 간의 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보의 불일치 문제를 인지한 즉시 최신 변경된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보의 업데이트 설정 절차가 반드시 수행되어야 한다.

2. Efficient Network Slicing Configuration

Method in 5G Mobile Networks (ENSC)

본 논문에서는 네트워크 슬라이싱을 지원하는 5G 이동통신망에서 단말과 네트워크 간의 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보의 불일치 문제로 인한 불필요한 시그널링 오버헤드 이슈를 해결하기 위해서 효율적인 네트워크 슬라이싱 설정 방안(Efficient Network Slicing Configuration Method: ENSC)을 제안한다. 제안하는 ENSC는 단말 기반 ENSC(UE-based Efficient Network Slicing Configuration) 기법과 네트워크 기반 ENSC(Network-based Efficient Network Slicing Configuration) 기법의 두 가지 형태로 동작할 수 있다. 다음 절에서 제안하는 두 가지 ENSC 방법에 대해서 살펴본다.

2.1 UE based NSSAI Configuration Update

그림 5는 단말 기반 ENSC(UE-based ENSC)의 동작을 보여주고 있다. 우선 가입자 정보 혹은 이동통신망 정책 등의 변경으로 인하여 네트워크에서 기존 저장 관리하고 있는 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보가 변경 업데이트된 상황에서, 다음의 단계로 동작된다.

단계 1) 최신 업데이트가 아닌 이전 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보에 기반하여 단말은 특정 네트워크 슬라이스에 연결이 필요한 응용 프로그램 요청에 의하여 이전 특정 S-NSSAI를 포함하여 PDU 세션 설정 요청(PDU Session Establishment Request) 메시지를 네트워크에 전송한다.

단계 2) 네트워크는 최신 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보에 기반하여 더 이상 지원하지 않는 S-NSSAI를 포함한 단말의 PDU 세션 설정 요청 메시지를 거절하게 되는데, 이때 거절 이유 값으로 해당 특정 S-NSSAI 허용하지 않음(specific S-NSSAI not allowed)를 포함하여 PDU 세션 설정 거절(PDU Session Establishment Reject) 메시지를 단말에게 전송한다.

단계 3) 단말은 네트워크로부터 해당 특정 S-NSSAI 허용하지 않음의 거절 이유 값이 포함된 PDU 세션 설정 거절 메시지를 수신하면, 단말이 요청한 해당 특정 S-NSSAI를 네트워크가 더 이상 지원하지 않음을 인지하게 되며, PDU 세션 설정 요청 절차를 중지하고 저장되어 있던 해당 특정 S-NSSAI를 삭제한다.

단계 4) 이후, 단말은 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 다시 네트워크로부터 제공받아 설정하고자 등록 요청 (Registration Request) 메시지를 네트워크로 전송하게 된다. 이때 저장되어 있던 이전 NSSAI 정보를 포함하여 등록 요청 절차를 수행한다.

단계 5) 네트워크는 단말의 등록 요청 메시지를 받은 후, 최신 변경 업데이트된 NSSAI 정보들을 포함하여 등록 허락 (Registration Accept with (new/updated) NSSAIs) 메시지를 단말에게 응답한다.

단계 6) 단말은 네트워크로부터 수신된 등록 허락 메시지에 포함되어 제공된 최신 변경 업데이트된 NSSAI 정보들(설정 NSSAI, 허락 NSSAI, 거절 NSSAI)을 기존 저장된 NSSAI 정보를 지우고 새롭게 저장 설정한다.

단계 7) 단말은 변경 업데이트되어 설정된 NSSAI 정보에 기반하여 네트워크 슬라이스 연결을 위한 새로운 S-NSSAI를 포함한 PDU 세션 설정 요청(PDU Session Establishment Request) 메시지를 네트워크에게 전송한다.

단계 8) 네트워크는 단말의 새로운 S-NSSAI를 포함한 PDU 세션 설정 요청을 허락하여 응답한다. 네트워크 슬라이스 연결을 지원한다.

단계 9) 최종적으로, 단말 응용의 특정 네트워크 슬라이스 연결을 통한 데이터 전송을 지원 제공하게 된다.

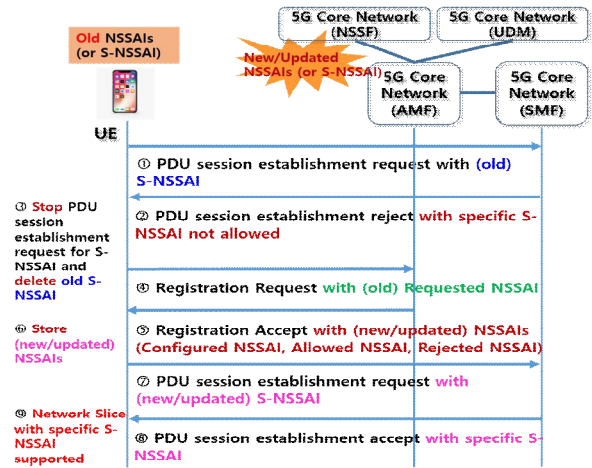


Fig. 5. Operation of UE-based ENSC

2.2 Network based NSSAI Configuration Update

그림 6는 네트워크 기반 ENSC(Network-based ENSC)의 동작을 보여주고 있다. 우선 가입자 정보 혹은 이동통신망 정책 등의 변경으로 인하여 네트워크에서 기존 저장 관리하고 있는 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보가 변경 업데이트된 상황에서, 다음의 단계로 동작된다.

단계 1) 최신 업데이트가 아닌 이전 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보에 기반하여 단말은 특정 네트워크 슬라이스에 연결이 필요한 응용 프로그램 요청에 의하여 이전 특정 S-NSSAI를 포함하여 PDU 세션 설정 요청(PDU Session Establishment Request) 메시지를 네트워크에 전송한다.

단계 2) 네트워크는 최신 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보에 기반하여 더 이상 지원하지 않는 S-NSSAI를 포함한 단말의 PDU 세션 설정 요청 메시지를 거절하게 되는데, 이때 거절 이유 값으로 해당 특정 S-NSSAI 허용하지 않음(specific S-NSSAI not allowed)를 포함하여 PDU 세션 설정 거절(PDU Session Establishment Reject) 메시지를 단말에게 전송한다.

단계 3) 단말은 네트워크로부터 해당 특정 S-NSSAI 허용하지 않음의 거절 이유 값이 포함된 PDU 세션 설정 거절 메시지를 수신하면, 단말이 요청한 해당 특정 S-NSSAI를 네트워크가 더 이상 지원하지 않음을 인지하게 되며, PDU 세션 설정 요청 절차를 중지하고 저장되어

있던 해당 특정 S-NSSAI를 삭제한다.

단계 4) 이후, 네트워크(SMF)는 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 단말에게 제공하기 위해서 AMF에게 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보 제공 설정을 작동시킨다.

단계 5) 네트워크(AMF)는 SMF로부터의 단말에게로 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 제공 설정 요청을 수신하면, 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 포함하여 설정 업데이트 명령(Configuration Update Command (new/updated) NSSAIs) 메시지를 단말에게 전송하게 된다.

단계 6) 단말은 네트워크로부터 수신된 설정 업데이트 명령 메시지에 대해서 설정 업데이트 완료(Configuration Update Complete) 메시지를 전송하여 응답한다.

단계 7) 단말은 네트워크로부터 수신된 설정 업데이트 명령 메시지에 포함되어 제공된 최신 변경 업데이트된 NSSAI 정보들(설정 NSSAI, 허락 NSSAI, 거절 NSSAI)을 기존 저장된 NSSAI 정보를 지우고 새롭게 저장 설정한다.

단계 8) 단말은 변경 업데이트되어 설정된 NSSAI 정보에 기반하여 네트워크 슬라이스 연결을 위한 새로운 S-NSSAI를 포함한 PDU 세션 설정 요청(PDU Session Establishment Request) 메시지를 네트워크에게 전송한다.

단계 9) 네트워크는 단말의 새로운 S-NSSAI를 포함한 PDU 세션 설정 요청을 허락하여 응답한다. 네트워크 슬라이스 연결을 지원한다.

단계 10) 최종적으로, 단말 응용의 특정 네트워크 슬라이스 연결을 통한 데이터 전송을 지원 제공하게 된다.

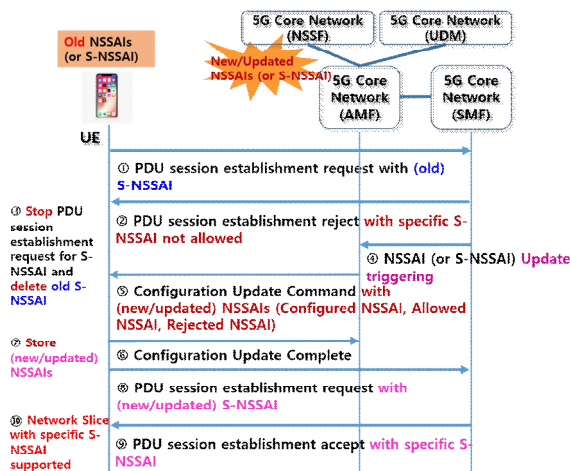


Fig. 6. Operation of Network-based ENSC

제안하는 단말 기반 ENSC와 네트워크 기반 ENSC는 변경 업데이트된 NSSAI 정보들 설정을 단말이 먼저 요청

수행하거나 아니면, 네트워크가 먼저 제공 수행하는 방법에 차이가 있다. 제안하는 두 방안 모두 네트워크가 단말이 네트워크 슬라이스 연결을 위한 요청과 관련된 NSSAI (또는 S-NSSAI) 정보가 네트워크에 저장되어 있는 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI)정보와 맞지 않는 경우 즉시, 단말에게 이를 인지시키고 상기 연결 요청을 중지시킨 뒤, 단말에게 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 제공 설정시키는 동작을 수행한다.

결과적으로는 최신 변경 업데이트된 NSSAI 정보들이 단말과 네트워크에게 상호 설정되어 일치하게 되어 기존의 불일치에 따른 불필요한 시그널링 오버헤드 문제를 해결하게 된다.

IV. Simulation and Performance Evaluation

본 장에서는 기존 3GPP 5G 이동통신망에서의 네트워크 슬라이스 연결을 위한 PDU 세션 설정 동작과 본 논문에서 제안하는 ENSC(Efficient Network Slicing Configuration Method) 방안에 대해서 MATLAB[28] 실험을 통한 성능평가를 해보고자 한다. 실험에서 사용한 파라미터 값들은 표 2와 같다. 단말의 응용에서 특정 네트워크 슬라이스에 연결 기반의 데이터 전송을 위한 트래픽 발생 모델은 지수 분포를 적용하였으며, 단말의 설정 요청 메시지 전송 지연 및 재전송 지연은 각각 Transmission delay, Retransmission delay라고 정의하였다. 또한, 기지국에서의 처리 지연, 5G 핵심 망에서의 지연을 각각 RAN processing delay, 5G core network delay라고 정의하였으며, 단말과 네트워크 간에 단말의 위치정보, 파라미터 설정값 등을 주기적으로 제공 업데이트하는 주기를 Periodic update timer(PU_timer)라고 정의하였으며[21], 상기 파라미터값들은 3GPP 표준 규격에 정의된 기본값 또는 일반적으로 사용하는 값으로 설정하여 실험하였다[19-25].

Table 2. Simulation Parameters

Parameters	Value
Traffic model	Exponential dist. with mean 60(s)
UE processing delay	3 (ms)
Transmission delay	1 (ms)
Re-transmission delay	15 (ms)
RAN processing delay	2 (ms)
5G core network delay	1 (ms)
Periodic update timer (PU_timer)	30 ~ 54 min

한편, 단말이 특정 네트워크 슬라이스 연결을 통한 데이터 전송을 위하여 특정 S-NSSAI를 포함하여 PDU 세션 설정 요청을 네트워크에게 전송했을 때, 네트워크는 가입자 정보 혹은 이동통신망 정책 등의 변경으로 인하여, 특정 S-NSSAI를 지원하지 않는 경우, 즉, 단말에 저장 설정되어있는 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들과 네트워크에 변경되어 저장 관리되고 있는 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들이 상이하여 단말의 특정 S-NSSAI에 기반한 데이터 전송을 위한 PDU 세션 설정을 지원할 수 없음을 가정하였다. 본 실험 평가에서, 기존 3GPP 5G 이동통신망에서 단말이 특정 네트워크 슬라이스 연결을 통한 데이터 전송을 위한 PDU 세션 설정 요청 절차 및 이후 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들의 제공 설정 방법을 3GPP NS(Network Slicing)이라고 표기하였으며, 제안하는 단말 기반 ENSC(UE-based Efficient Network Slicing Configuration)을 ENSC1이라고 표기하였으며, 네트워크 기반 ENSC(Network-based Efficient Network Slicing Configuration)을 ENSC2라고 표기하였다.

1. Signalling Overhead for Network Slicing Configuration Update

그림 7은 시그널링 오버헤드로 인한 정규화 전력 소모를 나타낸 실험 결과이다. 여기서 정규화 전력 소모는 단말과 네트워크 간의 설정 전송 요청 및 응답 메시지 전송에 따른 전력 소모의 상대적인 양을 의미한다.

3GPP NS의 경우, 가입자 정보 혹은 이동통신망 정책 등의 변경으로 인하여 단말과 핵심망에서 서로 저장 관리하고 있는 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보가 상호 일치하지 않는 상황에서, 네트워크는 단말의 변경 전의 허락 NSSAI 기반의 S-NSSAI를 포함하여 네트워크로 PDU 세션 연결 요청을 거절하게 된다. 이후, 단말은 추가적으로 네 번까지 재요청을 수행하게 되며, 마지막 재요청까지 거절받게 되면, 관련 PDU 세션 설정 요청을 멈추고, 설정 업데이트 작업을 수행할 수 있게 된다. 결과적으로 불필요한 추가적인 단말의 재요청 수행으로 인하여 상대적으로 큰 전력 소모가 발생한다.

하지만, 제안하는 단말 기반 ENSC(ENSC1)의 경우는, 단말이 네트워크로부터 거절 이유 값으로 해당 특정 S-NSSAI 허용하지 않음(specific S-NSSAI not allowed)를 포함하여 PDU 세션 설정 거절(PDU Session Establishment Reject) 메시지를 수신받게 되면, 단말은 저장하고 있던 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들의 불일치를 인지하여, 즉시, 재요청 절차를 중지하고, 최신 변경 업

데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들을 제공 설정받고자 등록 요청 (Registration Request) 절차를 수행하여 네트워크로부터 제공 설정받게 된다.

또한 제안하는 네트워크 기반 ENSC(ENSC2)의 경우는 네트워크(SMF)는 단말로부터 이전 혹은 지원하지 않는 S-NSSAI를 포함한 PDU 세션 설정 요청을 받게 되면, 거절 이유 값으로 해당 특정 S-NSSAI 허용하지 않음(specific S-NSSAI not allowed)를 포함하여 PDU 세션 설정 거절(PDU Session Establishment Reject) 메시지를 단말에게 응답하고 이로 인하여, 저장하고 있던 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들의 불일치를 인지하여, AMF에게 설정 업데이트 요청을 트리거링하게 된다. 이후 AMF는 즉시, 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 포함한 설정 업데이트 명령 메시지를 단말에게 제공하여 설정시킨다. 제안하는 ENSC1에 비해서 제안하는 ENSC2 방안은 네트워크 간(SMF와 AMF)의 설정 업데이트 요청 트리거링에 의한 시그널링으로 전력 소모가 조금 추가 발생한다.

결론적으로, 제안하는 두 기법 모두 불필요한 재요청에 의한 시그널링 오버헤드로 인한 전력 소모를 절감시키고, 단말과 네트워크 간의 상호 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들의 불일치를 인지하는 즉시, 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들의 업데이트 설정 요청 절차를 수행하여 효율적인 네트워크 슬라이싱 설정 방안을 제공하게 된다.

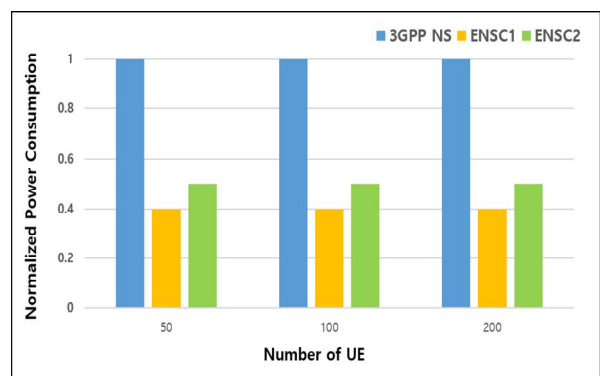


Fig. 7. Power Consumption for Network Slicing Configuration Update (with PU_timer = 30min)

2. Communication Delay for Network Slicing

그림 8과 그림 9는 단말의 특정 네트워크 슬라이싱 연결에 기반한 데이터 전송을 위한 PDU 세션 설정 수행에 따른 통신 지연을 나타낸 실험 결과이다. Periodic update timer(PU_timer) 값을 30, 54 min으로 변경하여

각각 실험한 결과이다.

3GPP NS의 경우, 가입자 정보 혹은 이동통신망 정책 등의 변경으로 인하여 단말과 핵심망에서 서로 저장 관리하고 있는 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보가 상호 일치하지 않는 상황에서, 네트워크는 단말의 변경 전의 허락 NSSAI 기반의 S-NSSAI를 포함하여 네트워크로 PDU 세션 연결 요청을 거절하게 된다. 이후, 단말은 추가적으로 네 번까지 재요청을 수행하게 되며, 마지막 재요청까지 거절받게 되면, 관련 PDU 세션 설정 요청을 멈추고, 설정 업데이트 작업을 수행할 수 있게 된다. 결과적으로 불필요한 추가적인 단말의 재요청 수행으로 인하여 많은 통신 지연이 발생한다.

하지만, 제안하는 단말 기반 ENSC(ENSC1)의 경우는, 단말이 네트워크로부터 거절 이유 값으로 해당 특정 S-NSSAI 허용하지 않음(specific S-NSSAI not allowed)를 포함하여 PDU 세션 설정 거절 메시지를 수신받게 되면, 단말은 저장하고 있던 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들의 불일치를 인지하여, 즉시, 재요청 절차를 중지하고, 신속하게 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들을 제공 설정받고자 등록 요청 절차를 수행하여 네트워크로부터 제공 설정받게 된다. 따라서, 신속한 네트워크 슬라이싱 연결에 기반한 통신을 수행할 수 있다.

또한 제안하는 네트워크 기반 ENSC(ENSC2)의 경우는 네트워크(SMF)는 단말로부터 이전 혹은 지원하지 않는 S-NSSAI를 포함한 PDU 세션 설정 요청을 받게 되면, 거절 이유 값으로 해당 특정 S-NSSAI 허용하지 않음(specific S-NSSAI not allowed)를 포함하여 PDU 세션 설정 거절 메시지를 단말에게 응답하고 이로 인하여, 저장하고 있던 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들의 불일치를 인지하여, AMF에게 설정 업데이트 요청을 트리거링하게 된다. 이후 AMF는 즉시, 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 포함한 설정 업데이트 명령 메시지를 단말에게 제공하여 설정시킨다. 따라서, 마찬가지로 신속한 네트워크 슬라이싱 연결에 기반한 통신을 수행할 수 있다. 제안하는 ENSC1에 비해서 제안하는 ENSC2 방안은 네트워크 간(SMF와 AMF)의 설정 업데이트 요청 트리거링에 의한 약간의 통신 지연이 추가 발생한다.

더불어, Periodic update timer 값이 클수록 3GPP NS의 경우는 설정 업데이트 수행이 더 늦어져 통신 지연이 크게 발생하게 되지만, 제안하는 두 기법들은 상관없이 신속하게 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 제공 설정 작업을 수행하게 되어 통신 지연이 최소화된다.

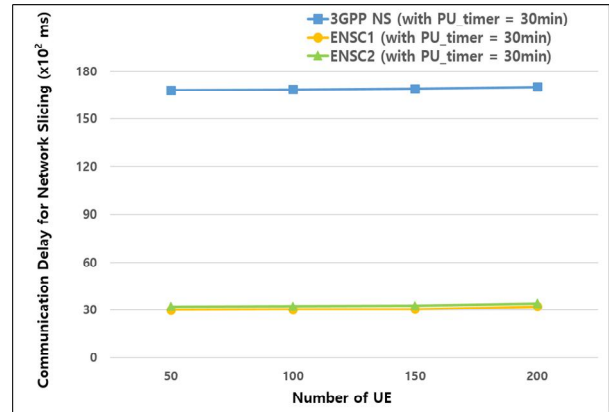


Fig. 8. Communication Delay for Network Slicing (with PU_timer = 30min)

결론적으로, 제안하는 두 기법 모두 불필요한 재요청에 의한 시그널링 오버헤드로 인한 통신 지연을 막고, 단말과 네트워크 간의 상호 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들의 불일치를 인지하는 즉시, 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보들의 업데이트 설정 요청 절차를 수행하여 효율적인 네트워크 슬라이싱 설정 방안을 제공하게 된다.

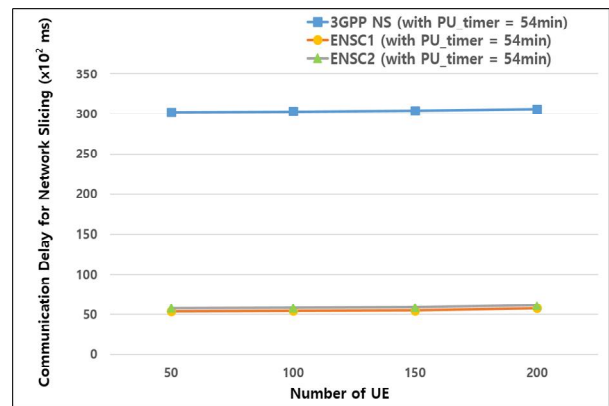


Fig. 9. Communication Delay for Network Slicing (with PU_timer = 54min)

V. Conclusions

본 논문에서는 네트워크 슬라이싱을 지원하는 5G 이동통신망에서 단말과 네트워크 간의 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보의 불일치 문제로 인한 불필요한 시그널링 오버헤드 이슈를 해결하기 위해서 효율적인 네트워크 슬라이싱 설정 방안(Efficient Network Slicing Configuration Method; ENSC)을 제안한다.

제안하는 ENSC는 단말 기반 ENSC(UE-based Efficient Network Slicing Configuration) 기법과 네트

워크 기반 ENSC(Network-based Efficient Network Slicing Configuration) 기법의 두 가지 형태로 동작할 수 있으며, 두 가지 기법 모두 기존 3GPP 네트워크 슬라이싱 지원 설정 방안에 비해 불필요한 시그널링 오버헤드 발생을 방지하고 또한 신속한 단말과 네트워크 간의 최신 변경 업데이트된 NSSAI(또는 S-NSSAI) 정보를 제공 설정을 수행하게 된다. 실험 평가를 통하여, 제안하는 방법들이 기본 3GPP 네트워크 슬라이싱 지원 설정 방안에 비해서 시그널링 오버헤드에 의한 전력 소모 및 통신 지연을 최소화 시킬 수 있음을 확인하였다.

향후 3GPP 네트워크 슬라이싱 표준화 작업과 함께, 다양한 네트워크 슬라이싱 서비스 시나리오에 따른 제안하는 효율적인 네트워크 슬라이싱 설정 방법들의 최적화 방안이 함께 연구 개선되어야 할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

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

REFERENCES

- [1] A. Chosh, A. Maeder, M. Baker, and D. Chandramouli, "5G Evolution: A View on 5G Cellular Technology Beyond 3GPP Release 15," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 127639-127651, Sep. 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2939938
- [2] NGMN, "NGMN 5G White Paper 2," NGMN Alliance, Jul. 2020.
- [3] NGMN, "Description of Networking Slicing Concept," NGMN Alliance, Jan. 2018.
- [4] A.A. Barakabitze, A. Ahmad, R. Mijumbi, and A. Hines, "5G network slicing using SDN and NFV: A Survey of taxonomy, architectures and future challenges," *Elsevier Computer Networks*, vol. 167, pp. 1-40, Feb. 2020. DOI: 10.1016/J.COMNET.2019.106984
- [5] A. Kaloxylou, "A Survey and an Analysis of Network Slicing in 5G Networks," *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 2, pp. 60-65, Mar. 2018. DOI: 10.1109/MCOMSTD.2018.1700072
- [6] S. Zhang, "An Overview of Network Slicing for 5G," *IEEE Wireless Communications*, vol. 26, pp. 111-117, Jun. 2019. DOI: 10.1109/MWC.2019.1800234
- [7] Z. Shu, and T. Taleb, "A Novel QoS Framework for Network Slicing in 5G and Beyond Networks Based on SDN and NFV," *IEEE Network*, vol. 34, pp. 256-263, May/Jun. 2020. DOI: 10.1109/MNET.001.1900423
- [8] R. Su, D. Zhang, R. Venkatesan, Z. Gong, C. Li, F. Ding, F. Jiang, and Z. Zhu, "Resource Allocation for Network Slicing in 5G Telecommunication Networks: A Survey of Principles and Models," *IEEE Network*, vol. 33, pp. 172-179, Nov./Dec. 2019. DOI: 10.1109/MNET.2019.1900024
- [9] R. Su, D. Zhang, R. Venkatesan, Z. Gong, C. Li, F. Ding, F. Jiang, and Z. Zhu, "Network Slicing Mobility in Next Generation Mobile Systems: Challenges and Potential Solutions," *IEEE Network*, vol. 34, pp. 84-93, Jan./Feb. 2020. DOI: 10.1109/MNET.2019.1800268
- [10] S.I. Lee, J.H. Lee, and M.K. Shin, "Standardization Trends in Network Slicing and Management Technologies of 5G Core Network" *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 32, pp. 62-70, Apr. 2017. DOI: 110.22648/ETRI.2017.J.320208
- [11] M.K. Shin, S.H. Lee, and J.H. Yi, "Trends of 5G Network Automation and Intelligence Technologies Standardization," vol. 34, pp. 92-100, Apr. 2019. DOI: 10.22648/ETRI.2019.J.340210
- [12] S. Wijethilaka, and M. Liyanage, "Survey on Network Slicing for Internet of Things Realization in 5G networks," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 23, No. 2, pp. 957-994, Mar. 2021. DOI: 10.1109/COMST.2021.3067807
- [13] H. Baba, S. Hirai, T. Nakamura, S. Kanemaru, K. Takahashi, T. Omoto, S. Akiyama, and S. Hirabaru, "End-to-end 5G network slice resource management and orchestration architecture," *Proceedings of IEEE 8th International Conference on Network Softwarization*, pp. 269-271, Jun. 2022. DOI: 10.1109/NetSoft54395.2022.9844088
- [14] W. Zheng, D. Chen, J. Duan, H. Xu, W. Qian, L. Gu, and J. Yao, "5G Network Slice Configuration Based on Smart Grid," *Proceedings of IEEE 4th Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*, pp. 560-564, Jun. 2021. DOI: 10.1109/IMCEC51613.2021.9481999
- [15] W. Wang, J. Yao, W. Shao, Y. Xu, and S. Peng, "Efficient 5G Network Slicing Selection with Privacy in Smart Grid," *Proceedings of IEEE 10th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC)*, pp. 916-922, Jun. 2022. DOI: 10.1109/ITAIC54216.2022.9836885
- [16] C.A.P. Rodrigues, D. Vieira, and "5G Network Slice - A URLLC Resource Allocation Perspective," *Proceedings of 11th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*, Apr. 2021. DOI: 10.1109/NTMS49979.2021.9432660
- [17] 3GPP TS 22.261 v17.10.0: "Service requirements for the 5G system; Stage 1", May 2022.
- [18] 3GPP TS 22.278 v17.2.0: "Service requirements for the Evolved Packet System (EPS)", Apr. 2021.
- [19] 3GPP TS 23.501 v17.5.0: "System Architecture for the 5G System; Stage 2", Jun. 2022.

- [20] 3GPP TS 23.502 v17.5.0: "Procedures for the 5G System; Stage 2", Jun. 2022.
- [21] 3GPP TS 24.501 v17.7.1: "Non-Access-Stratum (NAS) protocol for 5G System (5GS); Stage 3". Jun. 2022.
- [22] 3GPP TS 24.502 v17.6.0: "Access to the 3GPP 5G Core Network (5GCN) via Non-3GPP Access Networks (N3AN); Stage 3". Jun. 2022.
- [23] 3GPP TS 38.331 v17.0.0: "NR; Radio Resource Control (RRC); Protocol specification", Apr. 2022.
- [24] 3GPP TS 38.413 v17.1.0: "NG-RAN; NG Application Protocol (NGAP)", Jun. 2022.
- [25] 3GPP TS 29.502 v17.5.0: "5G System; Session Management Services", Jun. 2022.
- [26] J.H. Kim and S.G. Kim, "An efficient session management scheme for low-latency communications in 5G systems," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 25, No. 2, pp. 83-92, Feb. 2020. DOI: 10.9708/JKSCI.2020.25.02.000
- [27] J.H. Kim, "An Enhanced Control Protocol Design for LADN in 5G Wireless Networks," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 25, No. 12, pp. 109-117, Dec. 2020. DOI: 10.9708/JKSCI.2020.25.12.109
- [28] 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 an Assistant Professor in the Dept. of Information & Communication Engineering, Andong National University. He is interested in advanced communication networks like 5G/6G mobile communications, IoE, Artificial Intelligence, and Metaverse.