

5G 네트워크 슬라이싱 및 네트워크 관리 기술 표준화 동향

Trends of Standardization for Network Slicing and Management on 5G Core Network

이승익 (S.I. Lee) 네트워크표준연구실 선임연구원
이지현 (J.H. Lee) 네트워크표준연구실 선임연구원
신명기 (M.K. Shin) 네트워크표준연구실 책임연구원/실장

* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송연구개발사업의 일환으로 수행하였음[R7116-17-1001, 5G 코어 네트워크 기술 표준개발].

5G 네트워크 기술은 4G LTE 이동 통신 기술의 후속 기술로서, ITU-R, ITU-T, NGMN, 3GPP 등의 표준화 그룹을 중심으로 고성능, 저지연, 고가용성 등의 특성을 가지는 새로운 Clean-slate 형태의 이동 통신 시스템 및 네트워크 구조를 설계 중이다. 특히 다양한 5G 융합 서비스를 효율적으로 제공하기 위해 서비스 및 네트워크 자원의 독립성 및 유연성을 지향하는 네트워크 슬라이싱을 적용하고, ETSI NFV 네트워크 기능 가상화 기술을 포함하는 네트워크 관리 구조를 도입하고자 한다. 본고에서는 5G 네트워크 슬라이싱 기술 및 5G 네트워크 관리 기술의 개념 및 요구사항을 분석하고, 이에 대해 3GPP SA WG2 및 SA WG5에서 진행 중인 표준화 현황을 소개한다.



본 저작물은 공공누리 제4유형
출처표시·상업적이용금지·변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

특집

- I. 서론
- II. 5G 네트워크 슬라이싱
표준화 동향
- III. 5G 네트워크 관리
표준화 동향
- IV. 맺음말

I. 서론

5G 네트워크 기술은 4G LTE 이동 통신 기술의 후속 기술로서, 유선을 비롯하여 다양한 방법으로 접속되는 네트워크의 모든 대상들(기술, 도메인, 계층, 장비/기기, 사용자 인터랙션 등)이 고도로 융합된 단대단(End-to-End; E2E) 시스템을 지향하고 있다[1]. 이를 위해 ITU-R, ITU-T, NGMN, 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 등의 표준화 그룹을 중심으로 고성능, 저지연, 고가용성 등의 특성을 가지는 무선 및 유선 네트워크 기술의 구현을 위해 전혀 새로운 Clean-slate 형태의 시스템 및 네트워크 구조를 설계 중이다.

5G 네트워크의 새로운 구조적 특징 중 가장 두드러지는 것은 라디오 액세스 네트워크(Radio Access Network: RAN) 및 코어 네트워크(Core Network: CN) 구조에 대한 네트워크 슬라이싱(Network Slicing) 기술의 도입이다[2][3]. 이는 네트워크 자원과 네트워크 기능(Network Function)들을 개별 서비스에 따라 하나의 독립적인 슬라이스로 묶어 제공함으로써 네트워크 시스템 기능 및 자원의 분리(Isolation), 맞춤형(Customization), 독립적 관리(Independent management and orchestration) 등의 속성을 이동 통신 네트워크 구조에 적용하고자 함이다. 이러한 네트워크 슬라이싱 기술을 이용하면 서비스, 사용자, 비즈니스 모델 등의 기준에 따라 5G 시스템의 네트워크 기능들을 선택 및 조합하여 독립적이고 유연한 5G 서비스의 제공이 가능해진다.

5G 네트워크 관리 기술은 3GPP SA5 WG에서 관련 표준 규격들을 개발하고 있으며 2020년 실제 모바일 환경에 적용을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 3GPP SA WG5(이하 SA5)에서는 크게 두 가지 방향으로 네트워크 관리 기술에 대한 연구 및 표준 개발을 진행하고 있다. 첫 번째는 모바일 환경에서의 ETSI NFV에서 개발한 네트워크 기능 가상화 구조와 인터페이스를 적용한 관리 구조와 요구사항 및 장애 관리, 설정 관리, 성능 관

리 및 라이프사이클 관리에 대한 표준 문서 개발을 활발히 진행하고 있다[19].

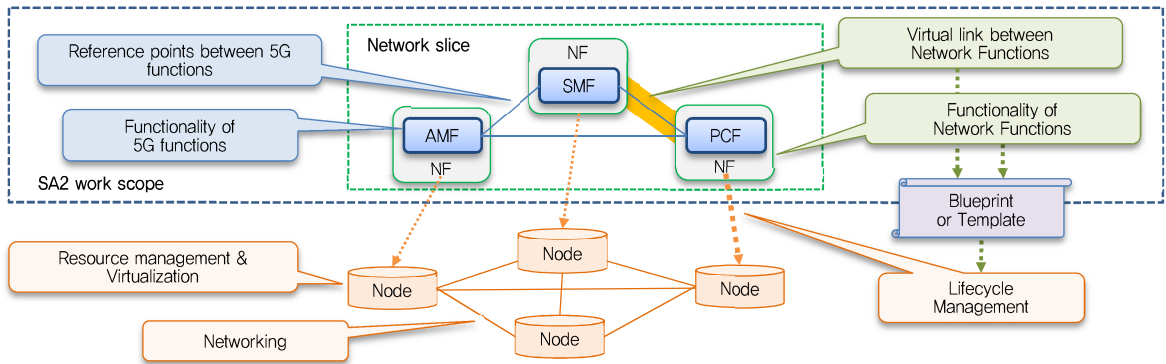
두 번째는 현재 3GPP의 RAN, SA WG1(이하 SA1), SA WG2(이하 SA2)에서 개발하고 있는 5G의 새로운 기술들인 NR(New Radio), 네트워크 슬라이싱 개념 및 RAN 가상화 기술들을 적용한 5G 환경에서의 E2E 관리 구조 및 시나리오, 요구사항들에 대한 연구를 빠르게 진행하고 있다.

본고에서는 3GPP SA2에서 진행 중인 5G 코어 네트워크의 네트워크 슬라이싱 기술의 표준화 현황과 3GPP SA5 에서의 5G환경에서 ETSI NFV 네트워크 기능 가상화 기술을 적용한 네트워크 관리 기술에 대한 표준화 현황에 대하여 알아본다.

II. 5G 네트워크 슬라이싱 표준화 동향

3GPP(3rd Generation Partnership Project) SA2에서는 4세대 LTE 이동통신 기술의 후속 기술로서 기존 이동통신망 구조의 개선(Evolution) 혹은 Clean-state 구조를 통해 새로운 RAT, eLTE, non-3GPP(WLAN) 액세스 등을 지원하는 차세대 이동통신 네트워크 및 시스템 구조인 5G 코어 네트워크 구조의 설계 및 표준화를 진행 중이다. 이를 위해 2015년 11월부터 2016년 11월까지 5G의 코어 네트워크 구조 및 기능을 기술하는 Stage-2 규격인 FS_NextGen(Study on Architecture for Next Generation System) 기술문서의 개발을 진행해왔으며, 세부 연구 이슈로서 네트워크 슬라이싱, 세션 관리, 이동성 관리, QoS 프레임워크 등 22개의 키 이슈를 정의하고, 이를 지원하기 위한 복수 개의 솔루션을 개발했다.

FS_NextGen 기술문서에서는 새로운 5G 시스템 구조에 따른 세부 기능을 정의하고, 이들 간의 참조점(Reference point)을 정의하였다¹⁾. 특히 네트워크 슬라이싱 기술을 전술한 요구사항에 따라 코어 네트워크에



(그림 1) 5G 네트워크 슬라이싱 세부 기술 정의 개념도[9]

적용하기 위해서, (그림 1)과 같이 5G 기능을 네트워크 기능(Network Function)으로 추상화하고 이들을 서비스별로 하나의 슬라이스 인스턴스로 묶어 이들 간에 연동할 수 있는 구조 및 메카니즘을 개발했다. 이를 바탕으로 네트워크 슬라이스는 서비스별로 선택된 네트워크 기능과 그들의 연동 구조로 정의될 수 있다[9].

나아가 이러한 네트워크 슬라이스는 자원 및 설치에 대한 요구사항을 규정하는 템플릿(Template)으로 기술되고, 해당 템플릿에 따라 네트워크 기능을 설치 및 실행하는 작업을 거치게 된다. 네트워크 슬라이스의 설치(Instantiation) 및 자원 관리는 SA WG5 등에서 따로 기술된다[6].

SA2에서는 네트워크 슬라이싱 구조 개발에 필수적인 핵심 기술 이슈(Work task)를 아래와 같이 5개로 세분화하여 각 이슈를 구현할 수 있는 솔루션 및 구조를 개발하였다.

1. 네트워크 슬라이스 인스턴스 선택 및 연결 (Network Slice Instance Selection and Association)

UE(User Equipment)의 초기 연결 및 서비스 요청에 따라 해당 서비스를 제공하기 위해 현재 사업자가 제공

1) FS_NextGen 규격에서는 점대점 참조점(Point-to-point reference point)과 서비스 기반 구조(Service-based architecture)의 2가지 형태로 5G 시스템 구조를 기술함.

하는 복수 개의 네트워크 슬라이스 인스턴스(Network Slice Instance: NSI) 중 하나를 선택하거나, UE 이동성 등에 따른 슬라이스 변경 선택하는 방법을 기술하고자 한다. 아울러, 신규 연결에 대한 허가(Authorization), 네트워크 슬라이스 인스턴스의 발견 및 식별자(Identification) 등을 포함한다.

2. 네트워크 슬라이스 분리 (Network Slicing Isolation)

네트워크 슬라이스 인스턴스 간의 간섭을 최소화하기 위해 보안, 자원, OAM(Operations, administration and management) 지원 등의 분리(Isolation) 방법을 기술한다.

3. 네트워크 슬라이싱 구조 (Network Slicing Architecture)

5G 시스템에서 네트워크 슬라이싱을 지원하는 데 필요한 네트워크 기능과 인터페이스를 정의하고, UE가 하나 이상의 네트워크 슬라이스 인스턴스와 연결하는 방법을 기술한다.

4. 네트워크 슬라이싱 로밍 지원 (Network Slicing Roaming support)

로밍을 지원하기 위해 홈망(Home network)과 방문망(Visited network)에서 필요한 네트워크 기능을 기술한다.

5. 네트워크 슬라이싱 용어 및 정의 (Network Slicing terminology & definitions)

단대단(End-to-end) 개념의 슬라이스 적용에 따른 액세스망 및 코어 망에서 슬라이스 인스턴스의 정의 및 용어를 기술한다.

이에 따라 FS_NextGen 기술문서에서는 총 10개의 솔루션을 개발하여 각 핵심 기술 이슈에 따른 다양한 접근 방법을 논의 및 기술하였다. 다음 (그림 2)는 그중 하나의 솔루션에서 기술한 네트워크 슬라이싱 구조 및 예제를 보인 것이다.

SA2에서는 각 솔루션에 따라 다양하게 정의 및 기술된 네트워크 슬라이싱 구조 및 동작 방법을 하나의 일관된 구조로 통일하기 위해, 논의와 솔루션별 평가를 거듭하여 서술서 형태의 합의사항(Agreement)을 도출하기에 이르렀다. 이러한 합의사항은 SA2에서 5G 네트워크 슬라이싱 기본 구조와 한계를 규정하는 것이며, 향후 상세 표준규격 개발의 바탕이 될 것이다. 본 합의사항은 FS_NextGen 기술문서에 수록되었으며, 이를 요약하면 다음과 같다.

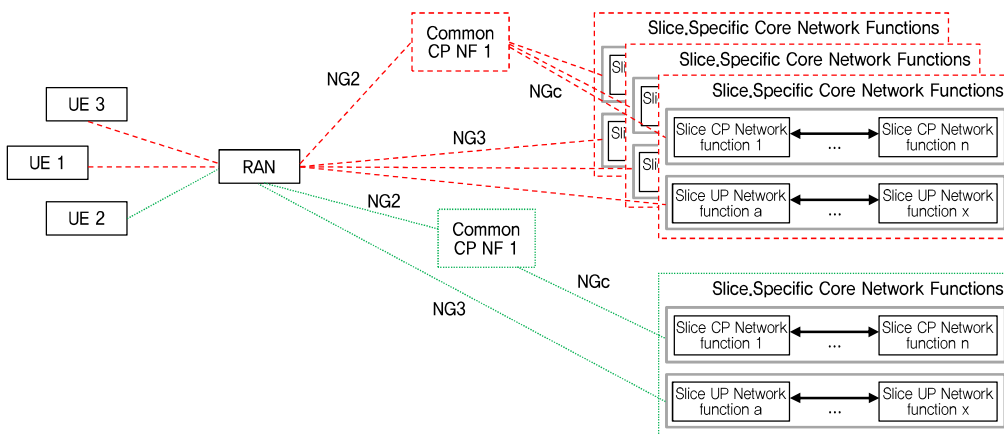
6. 기본 구조 및 정의

네트워크 슬라이스는 액세스 네트워크와 코어 네트워크를 논리적으로 통합한 네트워크를 일컫는다. 단, 라디

오 액세스 네트워크의 슬라이싱 구조는 3GPP RAN WG의 개발 방향에 따른다. 같은 서비스 및 속성을 제공하더라도 특정 그룹의 UE를 위해 각각 다른 네트워크 슬라이스 인스턴스를 할당할 수 있다. UE는 하나의 RAN을 통해 복수개의 네트워크 슬라이스 인스턴스에 동시에 연결할 수 있다. 이 경우, 서로 다른 네트워크 슬라이스 인스턴스는 특정 제어 계층의 네트워크 기능, 예를 들어 AMF(Access and Mobility management Function), NSSF(Network Slice Selection Function) 등을 공유하여 사용할 수 있으며, 이를 ‘공통 제어 네트워크 기능’(Common Control Network Function: CCNF)이라 부른다. 코어 네트워크에 속하는 네트워크 슬라이스 인스턴스의 선택은 CN에서 담당한다.

7. CCNF 및 NSI 선택

코어 네트워크 슬라이스를 구성하는 CCNF와 NSI의 선택은 ‘네트워크 슬라이스 선택 보조 정보’(Network Slice Selection Assistance Information: NSSAI)를 이용한다. NSSAI는 RAN 및 CN에 속하는 네트워크 슬라이스 인스턴스를 선택하는 데 필요한 복수개의 매개변수(Parameter)를 포함하며, UE의 기능(Capability), 가입 정보(Subscription data) 등과 함께 CCNF 및 NSI를 선택하는 데 사용된다. NSSAI는 슬라이스별로 SM-



(그림 2) 5G 코어 네트워크 슬라이싱 구조 예제[4]

NSSAI(Session Management-NSSAI)를 포함하는데 이는 제공 대상이 되는 ‘슬라이스 및 서비스 타입’(Slice/Service Type: SST)과 ‘슬라이스 구별 속성’(Slice Differentiator: SD)정보로 이루어지며 슬라이스 선택 후 ‘세션 관리 기능’(Session Management Function)의 선택에도 사용된다.

8. RAN의 CCNF 및 슬라이스 라우팅

UE의 초기 연결 시, RAN은 NSSAI를 이용해서 메시지를 전달할 초기 CCNF를 선택한다. 이를 위해 UE는 NSSAI를 RAN 및 CN에 제공하게 되며, UE가 제공하는 NSSAI는 사업자에 의해 초기에 지정된 ‘설정 NSSAI’(Configured NSSAI)와 사업자에 의해 검증 및 수락된 ‘수락 NSSAI’(Accepted NSSAI)로 나뉜다. 만약 UE가 RAN에 NSSAI를 제공하지 않거나, 제공된 NSSAI에 따라 적절한 CCNF를 RAN이 선택하지 못할 때는 디폴트(Default) CCNF를 선택하여 UE 시그널링(Signaling)을 전달한다. UE의 초기 접속 요청에 따라 CN은 응답 시 사업자로부터 수락된 Accepted NSSAI와 함께 선택된 CCNF 및 NSI를 가리키는 ‘Temp ID’를 같이 리턴한다. 본 Temp ID와 Accepted NSSAI를 초기 접속 이후 UE 시그널링에 포함시킴으로써 선택된 CCNF 및 슬라이스 인스턴스에 연결할 수 있도록 한다.

9. 슬라이스 변경

네트워크는 로컬 정책, UE의 이동성, 가입 정보 변경 등에 따라 이미 선택된 네트워크 슬라이스 인스턴스를 다른 것으로 변경할 수 있다. 네트워크 슬라이스 변경 시 네트워크는 새로운 Accepted NSSAI를 UE에게 리턴하고, UE는 이동성 관리 절차(Mobility Management Procedure)에 따른 시그널링에 새로운 NSSAI를 포함시켜 전송함으로써 슬라이스 인스턴스의 재선택을 유발한다. 슬라이스 인스턴스의 변경에 따라 이를 지원하는

CCNF도 변경될 수 있다.

10. CCNF 변경

초기 접속 시 UE의 시그널링을 디폴트 CCNF에서 선택된 CCNF로 변경(Redirection)할 때 두 CCNF 간의 직접 시그널링을 통하거나 RAN이 이를 대신 중계할 수 있다. 초기 접속 이후에 CCNF의 변경이 발생할 경우에는 이동성 관리 절차에 따라 새로운 NSSAI를 UE에게 전달하여 RAN을 통해 새로운 CCNF로 연결되게 한다. 또한, 사업자의 정책에 따라서 두 CCNF 간의 직접 시그널링을 통한 변경(Redirection)도 가능하다.

11. SMF 선택

네트워크 사업자는 ‘네트워크 슬라이스 선택 정책’(Network Slice Selection Policy)을 UE에 제공하고, 이는 UE 응용별로 SM-NSSAI를 매핑할 수 있는 규칙을 포함한다. CCNF는 UE가 전달한 SM-NSSAI 및 DNN(Data Network Name) 정보와 함께 가입자 정보, 로컬 사업자 정책 등을 이용해서 PDU 세션 관리를 위한 SMF(Session Management Function)를 선택한다.

12. 로밍(Roaming)

UE의 로밍(Roaming) 시 NSI에서 사용되는 네트워크 기능들은 SM-NSSAI를 기반으로 홈 PLMN(Home PLMN)이나 방문 PLMN(Visited PLMN)의 네트워크 기능들을 선택하여 사용하게 된다. 각 PLMN은 표준화된 SM-NSSAI 형식을 사용하거나, PLMN별로 비표준화된 형식을 사용할 수 있다. 로밍 시, 표준 형식의 SM-NSSAI가 제공되면 HPLMN 및 VPLMN이 각각 네트워크 기능을 선택하여 서비스를 제공할 수 있지만, 비표준 형식의 SM-NSSAI가 제공되면 VPLMN의 SM-NSSAI 형식으로 매핑하는 절차를 거친 후 네트워크 기능을 선택할 수 있다.

III. 5G 네트워크 관리 표준화 동향

3GPP SA5에서는 3GPP 환경에서 Telecom Management 제공을 위한 표준 문서를 개발하고 있으며 특히 무선 기술분야, 코어 네트워크 분야, IMS 네트워크 및 관련 서비스들의 프로비저닝 및 관리를 위한 요구사항, 아키텍처 그리고 솔루션에 대한 표준 규격을 활발히 진행하고 있다. 현재 3GPP SA5 WG은 Charging Sub-WG과 OAM&P Sub-WG으로 구성되어 있으며 Charging Sub-WG에서는 기존의 다른 3GPP WG에서 개발된 과금 요구사항들을 분석하여 이에 맞는 과금 솔루션을 정의하고 이를 실현하기 위한 과금 구조 및 프로토콜을 구체화하는 작업을 수행한다.

OAM&P Sub-WG에서는 ‘Management of mobile networks that include virtualized network functions’ 이슈와 관련하여 크게 ETSI NFV 그룹의 네트워크 기능 가상화(NFV)를 수용할 수 있는 모바일 네트워크 환경에서의 관리 구조 및 요구사항에 대한 표준 문서를 활발히 개발하고 있을뿐만 아니라 다음과 같이 5G 기술을 수용하기 위한 다양한 스터디 아이탬들에 대한 논의를 진행하고 있다.

1. NFV 관련 아이탬

현재 네트워크 기능 가상화를 수용하기 위해 진행 중인 표준으로는 모바일 네트워크에서 ETSI NFV MANO

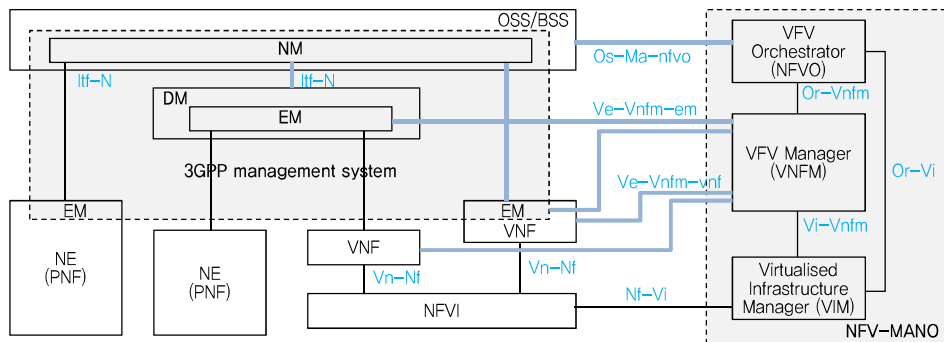
(Management and Orchestration) 구조를 포함한 관리 구조와 인터페이스 및 요구사항을 정의하는 문서를 기본으로 장애 관리, 구성 관리, 기능 관리 및 네트워크 구성 요소들 및 네트워크 기능들의 라이프 사이클 관리 방안에 대한 표준 규격 개발에 대한 논의를 중점적으로 진행하고 있다.

다음 (그림 3)은 기존 3GPP 관리 시스템에 ETSI NFV의 MANO 시스템을 수용하여 모바일 환경에서 네트워크 기능 가상화를 적용한 포괄적인 관리 시스템 구조와 인터페이스들을 나타낸다. 특히 OSS(Business Support System)/BSS(Business Support System)과 NFVO(NFV Orchestrator) 사이의 Os-Ma-nfvo 인터페이스와 EM(Element Manager)와 VNFM(Virtualized Network Function Manager) 사이의 Ve-Vnfm-em/Ve-Vnfm-vnf 인터페이스를 통한 네트워크 관리 기능이 수행될 수 있는 다양한 시나리오와 요구사항들을 도출하고 있다.

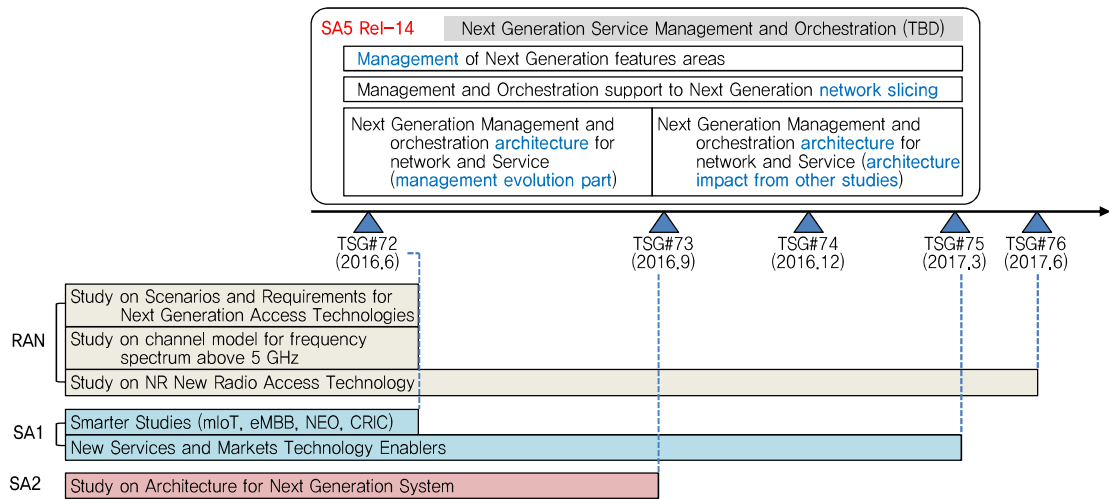
특히 5G 환경에서 가상 인프라를 통한 가상 네트워크 기능들이 물리적인 노드들과 연동되어 시스템을 구성할 경우 이들 사이의 자원 분배 및 라이프사이클 관리, 성능 이슈를 포함한 통합적인 관리 요소들에 대한 시나리오와 문제점들을 활발히 논의하고 있다.

2. 5G 관련 아이탬

이와 더불어 현재 3GPP SA5에서 새롭게 개발 중인



(그림 3) 3GPP 환경과 NFV-MANO 사이의 관리 구조 [10]



(그림 4) 5G 관련 스터디 아이템[20]

신규 스터디 아이템으로는 SA2에서 개발한 NexGen과 관련하여 NexGen 네트워크와 서비스를 포함하는 관리 및 오케스트레이션 구조와 방안에 대한 연구를 진행하고 있으며, 특히 NexGen에서 중요한 아이템으로 다루어지고 있는 네트워크 슬라이스의 관리 및 오케스트레이션에 대한 스터디도 함께 진행되고 있다. 그 뿐만 아니라 향후 네트워크 기능 가상화와 네트워크 슬라이싱과 같은 새로운 기능과 구조를 포함하는 5G 네트워크 환경에서 이를 효과적으로 관리하기 위한 요구사항 및 가능한 솔루션들에 대한 기초연구를 활발히 진행하고 있다. 다음 (그림 4)는 현재 진행 중인 5G 관련 스터디 아이템들과 이들 사이의 상관관계와 로드맵을 나타낸다. (그림 4)에는 5G 기술을 다루는 RAN WG와 SA1, SA2와의 연관 관계도 함께 나타내고 있으며 이는 이들 그룹에서 개발한 기술들을 포함하여 SA5 차원에서 포괄적인 네트워크 관리 방향 및 표준을 개발하고자 함이다.

또한, 3GPP SA5에서는 ETSI NFV 시스템과 3GPP SA2 NexGen 시스템과의 연동 관리뿐 아니라 5G 환경에서의 새로운 RAN 시스템과의 프로비저닝 및 관리에 대한 요구사항과 NR의 가상화를 수용하여 2017년 9월 완료로 목표로 관련 연구를 활발히 진행하고 있다.

추가적으로 ETSI NFV MANO 시스템 연동과 관련하

여 3GPP 관리 시스템과 MANO사이의 인터페이스를 실현하는 방안의 하나로 HTTP 기반의 RESTful 솔루션이 스터디 아이템으로 승인이 되어 개발을 진행하고 있다.

IV. 맺음말

본고에서는 5G 네트워크 슬라이싱 기술의 기본 개념과 상세 요구사항을 분석하고, 이를 기반으로 3GPP SA2에서 진행 중인 5G 코어 네트워크의 네트워크 슬라이싱 기술의 표준화 현황과 3GPP SA5에서 진행 중인 5G 네트워크 관리 기술의 표준화 현황을 살펴보았다.

네트워크 슬라이싱 기술은 기존 이동 통신 구조에서 사용되지 않은 전혀 새로운 기술로써, 용어 정의부터 세부 동작 절차까지 연구와 논의가 많이 요구되는 상황이다. 3GPP SA2에서 2016년 12월에 FS_NextGen 기술 문서에서 기본 구조와 슬라이스 선택 등의 기본 동작 절차에 대한 합의사항을 이끌어냄으로써 1차적인 개발을 완료하였지만, 여전히 세부 기능과 동작 절차 등이 구체화되지 않은 상황이므로 후속 표준규격(Technical Specification)[7][8] 개발 작업에서 본격적으로 논의가 이루어질 전망이다.

5G 네트워크 관리 기술은 궁극적으로 3GPP 환경에

서 telecom management 제공 방안을 개발하기 위하여 ETSI NFV의 네트워크 기능 가상화 기술을 수용하는 관리 구조, 요구사항 및 관리 인터페이스 기술을 개발하여 제공하고자 한다[10]-[14]. 그리고 3GPP SA2의 구조 및 네트워크 슬라이싱 기술을 수용하기 위한 관리 방안에 대한 스터디 문서[15]-[17]를 진행함과 동시에 5G 환경에서의 새로운 RAN 시스템과의 연동을 위한 관리 방안[18]에 대한 연구를 활발히 진행할 예정이다.

약어 정리

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AMF	Access and Mobility management Function
CCNF	Common Control Network Function
CN	Core Network
CP	Control Plane
EM	Element Manager
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
LTE	Long-Term Evolution
MANO	Management and Orchestration
NFV	Network Functions Virtualization
NFVO	NFV Orchestrator
NGMN	Next Generation Mobile Networks
NSI	Network Slice Instance
NSSAI	Network Slice Selection Assistance Information
NSSF	Network Slice Selection Function
OSS/BSS	Operations Support System/Business Support System
RAN	Radio Access Network
SD	Slice Differentiator
SDN	Software-defined Networking
SMF	Session Management Function
SST	Slice/Service Type
UE	User Equipment
UP	User Plane
VNF	Virtual Network Functions
VNFM	Virtualized Network Function Manager

참고문헌

- [1] NGMN Alliance, "NGMN 5G White Paper," Next Generation Mobile Networks, White paper, Feb. 2015.
- [2] NGMN Alliance, "Description of Network Slicing Concept," Next Generation Mobile Networks, Deliverable, Oct. 2016.
- [3] 3GPP TR 22.891 v14.2.0, "Study on New Services and Markets Technology Enablers (Release 14)," Sept. 2016.
- [4] 3GPP TR 23.799 v2.0.0, "Study on Architecture for Next Generation System (Release 14)," Dec. 2016.
- [5] ETSI ISG NFV, "Network Functions Virtualization – Introductory White Paper," Aug. 2012.
- [6] 3GPP TR 28.801 v0.3.0, "Study on Management and Orchestration of Network Slicing (Release 14)," Dec. 2016.
- [7] 3GPP TS 23.501, "System Architecture for the 5G System (Release 15)," Dec. 2016.
- [8] 3GPP TS 23.502, "Procedures for the 5G System (Release 15)," Dec. 2016.
- [9] 이승익, 신명기, "5G 네트워크 슬라이싱 기술," OSIA S&TR Journal, Dec. 2016.
- [10] 3GPP, TS 28.500 v2.0.0, "Telecommunication management; Management Concept, Architecture and Requirements for Mobile Networks that Include Virtualized Network Functions," 2016.
- [11] 3GPP, TS 28.510 v1.1.0, "Telecommunication Management; Configuration Management(CM) for Mobile Network that Include Network Functions; Requirements," 2016.
- [12] 3GPP, TS 28.515 v1.1.0, "Telecommunication Management; Fault Management(FM) for Mobile Network that Include Network Functions; Requirements," 2016.
- [13] 3GPP, TS 28.520 v1.1.0, "Telecommunication Management; Performance Management(PM) for Mobile Network that Include Network Functions; Requirements," 2016.
- [14] 3GPP, TS 28.525 v1.1.0, "Telecommunication Management; Life Cycle Management(LCM) for Mobile Network that Include Network Functions; Requirements," 2016.
- [15] 3GPP, TR 28.800 v0.3.0, "Study on Management and Orchestration Architecture of Next Generation Network and Service," 2016.
- [16] 3GPP, TR 28.801 v0.3.0, "Study on Management and Orchestration Architecture of Network Slicing for Next Generation Network," 2016.

- [17] 3GPP, TR 28.802 v0.3.0, "Study on Management Aspects of Next Generation Network Architecture and Features," 2016.
- [18] 3GPP, TR 32.864 v0.1.0, "Study on Management Aspects of Virtualized Network Functions that are Part of the NR," 2016.
- [19] 이지현, "5G 네트워크 관리와 ETSI NFV 가상화 기술," *OSIA S&TR Journal*, Dec. 2016.
- [20] http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/WG5_TM/TSGS5_107/Docs/S5-163342.zip