

5G Core의 NF 기능 분석

5G는 초저지연 · 초연결 · 고대역폭 특성을 실현하기 위해 SBA(Service-Based Architecture)를 기반으로 설계되었다. 5G Core는 AMF, SMF, UDM, NRF, NSSF, AUSF, SEPP, 5G-EIR, MEC 등 다양한 NF(Network Function)로 구성된다. 각 NF는 접속 관리, 세션 제어, 가입자 데이터 관리, 슬라이싱, 로밍 보안, 단말 검증, 엣지 컴퓨팅 등 핵심 기능을 수행한다. 본 포스터는 이러한 NF들의 주요 역할을 정리하였다.

정보보안암호수학과
20212052 이동훈
dhsama51@kookmin.ac.kr

정보보안암호수학과
20232106 정유진
alice2002@kookmin.ac.kr

5G Core 소개

5G는 초저지연, 초연결, 고대역폭 등의 특성을 갖는 글로벌 무선 표준이다. 5G 아키텍처의 기본 구성 요소로는 UE(단말), gNB(기지국), 5GC(5G Core), DN(데이터 네트워크)가 있으며, 이 중에서도 5GC는 SBA(Service-Based Architecture) 기반 구조로 되어 있어, 특정 역할을 처리하는 NF(Network Function)와 NF들의 상호작용이 정의된 참조점을 통하여 서비스를 제공한다. 5GC의 구조는 아래와 같다.



본 포스터에서는 AMF, UDM, NRF, SMF, NSSF, SEPP, 5G-EIR, MEC의 기능에 대하여 설명한다.

5G Core NF들의 기능

《AMF(Access and Mobility Management Function)》

AMF는 5G Core에서 모든 접속 흐름의 출발점으로, 단말의 망 접속을 위한 신호 메시지를 처리하고 이동성을 관리한다. SMF와 UPF(User Plane Function)와 함께 5G Core를 구성한다.

주요 특징은 다음과 같다.

- ①UE Registration & Connection Management를 수행한다. UE와 5G Core 간 접속/등록/해제하는 절차를 담당하며, 최초 네트워크 접속 시 반드시 거쳐간다는 점에서 핵심 NF라고 할 수 있다.
- ②UE의 이동성을 관리한다. UE의 핸드오버, 위치 갱신(Location Update)을 처리한다. 셀 이동 시 연결이 끊기지 않도록 유지하는 것이 AMF의 기능이다.
- ③NAS(Non-Access Stratum) 시그널링을 처리한다. UE ↔ 5GC 간 제어 신호 메시지를 관리하는데, 이는 인증/보안 절차와 연결된다.
- ④보안 기능을 AUSF와 연계하여 수행한다. 가입자 인증을 수행하고, 보안 Context를 관리한다.
- ⑤다른 NF들과 연동한다. SMF, UDM, NSSF 등과 인터페이스를 연결되며, 특히 네트워크 슬라이싱/세션 제어와 직결된다.
- ⑥추가적으로 Paging 처리, UE Context 관리 등도 수행한다.

《UDM(Unified Data Management)》

UDM은 통합 데이터를 기억하고 관리한다. 가입자의 이름, 번호, 요금제, 인증 정보 등이 여기에서 기억된다.

주요 특징은 다음과 같다.

- ①ARPF(Authentication Credential Repository and Processing Function) 기능을 제공한다. 이 기능은 가입자 인증 키와 데이터를 저장하여 Authentication Vector 생성을 수행하는데, 저장 대상은 Long-term key, SIDF에 쓰이는 home network key이다. 또한 MILENAGE/TUAK 알고리즘, 5G-AKA, EAP-AKA ' 프로토콜을 지원한다.
- ②SIDF(Subscriber Identity De-concealing Function) 기능을 제공한다. 이 기능은 SUCI를 SUPI로 복호화하는데, private(SUCI 복호화) / public(SUPI 암호화) key pairs를 위한 Home Network Public Identifier를 관리한다. 또한 Null-Scheme, Profile A, Profile B를 지원한다.
- ③NF Consumers에게 Nudm SBI(service-based interface)를 제공한다. 이를 통해 AMF, SMF 등에 가입자 데이터/인증 서비스를 제공하는데, SubscriberDataManagement, UEContextManagement, UEAuthentication, EventExposure 서비스 등이 그것이다.
- ④UDM discovery & selection 기능을 지원한다. SUCI/SUPI의 Home network identifier나 SUCI/GPSI, SUPI의 UDM Group ID 등을 검색하여 선택한다. 이렇게 선택된 정보는 로밍, 네트워크 선택에 사용된다.

《NRF(Network Repository Function)》

NRF는 3GPP 5G 표준에서 정의한 NF Service Framework 구성요소 시스템이다. 동적으로 변경되는 NF 서비스의 상태를 모니터링하고, 연동 정보 관리 기능을 수행하며, NF 간 상호 연동을 지원한다. 또한 NF Service Registration, NF Service Discovery, Access Token 등의 기능도 제공한다.

주요 특징은 다음과 같다.

- ①NF Discovery 서비스를 제공하여, 요청 서비스를 지원하는 NF 인스턴스 정보를 제공한다. 이는 NF 간의 연동의 핵심이 된다.
- ②NF Management 서비스를 제공하여, NF 인스턴스 정보 관리, Subscribe 및 Notify를 처리한다.
- ③NF Status 관리 기능을 제공하여, Heartbeat 메시지 수신에 따라 NF 상태를 모니터링한다.
- ④OAuth2 기반 Authorization & Access Token 관리 기능을 제공한다. NRF는 요청 서비스에 대한 인증/권한이 유효한 Access Token을 제공하고, HTTPS 기반 JWK(JSON Web Key)를 통하여 사용자나 프로그램이 접근할 권리를 관리한다.
- ⑤NF Profile 관리 기능을 제공하여, NF 인스턴스별 Profile, 제공하는 서비스 정보를 관리한다.
- ⑥Hierarchical NRF 구성 & HTTP/2 연동 기능을 제공한다. NRF는 Intermediate Redirection 및 Intermediate Forwarding 등을 수행하고, IP 화이트리스트 등록 및 관리 기능을 제공하여 다중 IP 사용 NF의 FQDN(Fully Qualified Domain Name)을 등록하고 관리한다.

《SMF(Session Management Function)》

SMF는 UE와 5GC와의 세션에 대한 제어 평면을 처리하는 NF이다. AMF, UPF와 함께 5GC를 구성한다.

주요 특징은 다음과 같다.

- ①PDU Session Management를 수행한다. 단말이 DN과 연결하는 세션을 생성/수정/해제한다. UE의 데이터 통신을 가능하게 하는 핵심 기능이다.
- ②UPF를 제어한다. UPF를 선택하고 Routing을 설정하며, 데이터 패킷 전달 경로를 결정한다.
- ③IP 주소 관리 & QoS 정책을 적용한다. UE에 IP 주소를 할당하고, 서비스별로 QoS 정책을 적용하여 성능과 품질을 보장한다. QoS 제어를 위한 사업자 정책 수신을 위해 PCF(Policy Control Function)와의 인터페이스를 갖는다.
- ④정책/요금과 연계된다. 이를 위해서도 PCF와 연계하여, 정책 기반 세션 관리 및 과금 기능을 가진다.
- ⑤Mobility와도 연계된다. AMF와 협력하여 핸드오버 시 세션을 유지한다.
- ⑥DNS Query, 트래픽 Routing, 분기 처리 등의 기능도 지원한다.

《NSSF(Network Slice Selection Function)》

NSSF는 5G 망 환경에서 사용자가 요청한 서비스에 대해 서비스 가능한 최적의 네트워크 슬라이스를 선택하도록 한다. 망에서 사용자에게 요청 서비스를 지원할 최적의 AMF도 제공한다.

HTTP/2 기반 Nnssf SBI를 통해 아래의 기능을 수행한다.

- ①NS Selection 서비스를 통하여 사용자 요청에 맞는 최적의 네트워크 슬라이스를 선택하도록 하는, NSSF의 핵심 기능이다.
- ②NSSAI Availability 서비스로 Access Network에서 사용 가능한 S-NSSAI(Single Network Slice Selection Assistance Information) 정보를 관리한다. 이 정보는 슬라이스 선택을 위한 필수 정보로 기능한다.
- ③NS Selection 기준/정책 관리를 수행한다. NSSF는 슬라이스를 선택하는 조건들을 정의하고, 이에 따라 최적의 네트워크 슬라이스를 선택한다.
- ④NS Status 관리 기능을 수행하여, 슬라이스의 상태를 모니터링하고, 정상 동작 여부를 관리한다.
- ⑤NRF와 연동하여 처리하는 기능이 존재한다. NRF에서 슬라이스 관련 NF 정보를 검색할 수 있다.
- ⑥인증 및 권한 감시를 하여, 슬라이스 접근 제어와 관련된 보안 기능을 제공한다.
- ⑦AMF 연계, 로드 밸런싱, RTT 모니터링을 수행하는데, 이를 통해 효율성과 최적화를 제공할 수 있다.

《SEPP(Security Edge Protection Proxy)》

SEPP는 5G Core NF와 Inter-PLMN(Public Land Mobile Network) Control Plane Interface(다른 나라와의 통신) 사이에서 메시지 필터링 및 Policy와 Topology Hiding 기능을 제공하기 위한 Proxy이다. 여기서 PLMN이란 정부의 인가를 받은 통신 사업자가 이동 사용자에게 음성, 데이터 등의 서비스를 제공하기 위해 구축한 무선 네트워크 인프라이다.

주요 특징은 아래와 같다.

- ①N32 Interface 기능으로, VPLMN(Visited PLMN) ↔ HPLMN(Home PLMN) 간 제어 평면 통신의 경로를 제공한다. N32c Interface는 NF service consumer 측에서 handshake를 통해 capability negotiation, parameter exchange를 수행하고, N32f Interface는 NF service producer 측에서 application layer security mechanism을 수행한다.
- ②TLS 기반 보안 연결을 관리한다. 특히 신뢰할 수 있는 CA(Certificate Authority)에서 발급받은 인증서를 이용하여 인증 절차를 수행한다.
- ③Proxy 기능을 지원한다. Proxy란 두 통신 주체 사이에서 중개 역할을 하는 네트워크 기능이나 서버로, 여기서는 ①에서 언급된 VPLMN과 HPLMN 사이의 제어 평면 통신을 중개한다.
- ④SBI를 지원하여, 다른 NF와의 연동을 위한 표준 인터페이스로 쓰인다.

《5G-EIR(Equipment Identity Register)》

5G-EIR은 PEI(Permanent Equipment Identifier) 상태를 체크하여, 허가된 단말기인지 아닌지를 판단한다. PEI는 3GPP UE가 5G system에 access하는 것을 정의한다. 이를 통하여 단말기의 도난 여부도 확인할 수 있다.

주요 특징은 아래와 같다.

- ①단말 임의 기변을 처리하여, 5G Core에서 PEI 상태에 따른 단말의 부정사용 방지를 위한 인증을 처리하고 임의 기변 처리를 위한 서비스를 제공한다.
- ②단말 CAPA(Capability) Noti(Notification) 기능이 있어, UDM으로 5G PEI 단말의 지원하는 기능들을 Noti한다.
- ③SBI 처리 기능이 있어, N5g-eir SBI를 통하여 NF들이 통신하도록 한다.
- ④인증 및 권한 검증(NF Access Control)을 통해, AMF로부터 PEI 체크 요청을 처리하고, 단말의 상태를 AMF로 전송한다.

《MEC(Multi-access Edge Computing)》

MEC는 중앙 집중적인 4G/5G 망의 Core 장비 기능을 Edge에서 분산 처리하여, 초저지연 및 광대역 특성을 지닌 서비스를 효율적으로 처리하기 위한 솔루션이다.

주요 특징은 아래와 같다.

- ①MEC Platform & Service를 통해 MEC Service를 지원하는 ME app 및 API 게이트웨이 기능을 수행한다. 이는 MEC가 단순 장비가 아니라 플랫폼/서비스 제공 환경임을 보여준다.
- ②MEC Data Plane에서는 DNS Query에 의한 Traffic Offloading 기능을 수행하는데, Offloading 덕분에 데이터 양이 감소하여 다른 사용자가 bandwidth를 사용할 수 있다.
- ③MEC Management 기능은 MEC Portal을 통한 MEC Configuration과 Operation을 수행하고, Lifecycle Mgmt & Automation 기능을 제공한다.
- ④MEC Data Routing & Packet Processing를 통하여, UE ↔ MEC App 간의 Routing을 제어하고, Encapsulation / Decapsulation을 수행한다.
- ⑤RNIS(Radio Network Information Service)를 제공하여, 3rd Party PaaS와 연계하여 서비스할 수 있도록 한다.
- ⑥Rest API 기반 Configurable DNS를 제공한다. REST API는 웹 기반 통신 방식으로, HTTP 프로토콜 기반 자원을 URL로 표현한다.
- ⑦Built-in Weighted LB(Load Balancing Service)를 제공한다.
- ⑧다양한 가상화 환경(KVM(Kernel-Based Virtual Machine), Bare-metal, OpenStack, K8S(Kubernetes))을 지원한다. KVM은 VM 생성 관리하는 가상화 기술이고, Bare-metal은 물리 서버 위에 직접 시스템을 설치하는 기술이다. 또한 OpenStack은 VM, storage, 네트워크 등을 자동화/관리하는 오픈소스 클라우드 플랫폼이며, K8S는 컨테이너 오케스트레이션 플랫폼이다.

결론

5G Core NF의 역할에 대하여 조사하였다. 5G Core NF들은 접속, 세션, 인증, 슬라이싱, 보안, 단말 검증, 엣지 컴퓨팅을 담당하며 5G의 핵심 특성을 구현한다. 이러한 NF들의 상호작용을 통하여 원활한 서비스와 더불어 보안 및 안정성을 보장한다.

참고 문헌

[1] Telcware. 5G/LTE Core Network. Telcware, 2020. Available: https://www.telcware.com/file/5G_LTE_Core.pdf

[2] TTA 정보통신용어사전. 서비스 기반 아키텍처 (Service Based Architecture). 한국정보통신기술협회(TTA). Available: http://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=170480-7

기업가정신,
국민대학교

Entrepreneurship, The KOOKMIN

정보보안암호수학과

