

5G 네트워크와 ICN 연동 기술 현황 분석

강민욱, 정운원*

승실대학교

goodlookmw@gmail.com, *ywchung@ssu.ac.kr (교신저자)

Analysis of Interworking of 5G Network and ICN

Min Wook Kang, Yun Won Chung*

Soongsil University

요약

정보 중심 네트워크인 ICN은 5G 네트워크에서 급증하는 트래픽을 효과적으로 수용하고 효과적인 콘텐츠 배포 및 이동성 제공을 위한 핵심 기술로 관심을 받고 있다. 본 논문에서는 기존 5G 네트워크와 ICN 연동 기술 현황을 비교, 분석하고 5G와 ICN의 효과적인 연동을 위한 연구 방향을 제시한다.

I. 서론

5G 네트워크에서는 그림 1과 같이 각 NF (Network Function)가 다른 NF에게 공통의 서비스 기반 구조인 SBA (Service-Based Architecture)에 연결된 인터페이스를 통해 서비스를 제공한다[1,2]. AMF (Access and Mobility Management Function)는 UE (User Equipment)의 등록, 위치 갱신 및 연결 요청을 처리하고 UE가 요청한 서비스에 기반하여 SMF (Session Management Function)를 선택하고, SMF는 PDU (Protocol Data Unit) 세션 생성, 갱신 및 제거와 같은 동작을 수행하여 UE와 DN (Data Network) 간 세션을 관리한다. 이 외의 NF로는 네트워크 슬라이스 선택 기능을 수행하는 NSSF (Network Slice Selection Function), NF의 정보를 저장하고 제공하는 NRF (Network Repository Function), 서비스 정책을 담당하는 PCF (Policy Control Function), 데이터의 저장, 조회를 제공하는 UDM (Unified Data Management) 및 UDR (Unified Data Repository), 응용 서비스를 제공하는 AF (Application Function), 수신된 정보를 다른 NF에 개방하는 NEF (Network Exposure Function), 네트워크 분석을 수행하는 NWDAF (Network Data Analytics Function) 등이 있다. 5G의 사용자 평면은 RAN과 DN 간 라우팅을 수행하고 세션의 앵커 포인트 역할을 수행하는 UPF (User Plane Function)로 구성된다.

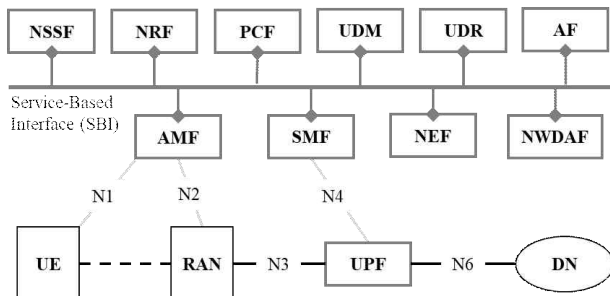


그림 1. 5G 네트워크의 서비스 기반 구조

최근 5G 네트워크에서 급증하는 트래픽을 효과적으로 수용하고 효과적인 콘텐츠 배포 및 이동성 제공을 위해 콘텐츠 이름을 기반으로 라우팅을 수행하는 정보 중심 네트워크인 ICN (Information-Centric Networking)

과의 연동 관련 표준화가 IETF 및 ITU-T를 중심으로 활발히 진행되고 있다[3],[4]. IETF ICNRP (Information-Centric Networking Research Group)에서는 그림 1의 5G 네트워크 구조에서 ICN을 제공하기 위한 NF 및 인터페이스를 새롭게 정의하고 IP 및 ICN을 동시에 지원하기 위한 프로토콜 스택을 설계하였다[5]. ITU-T SG (Study Group) 13에서는 ICN이 활성화된 엣지 DN을 지원하기 위해 5G MEC 제어 평면에서 ICN의 기능을 활용하여 제어 평면의 NF를 정의하고 분산 네트워크를 지원하기 위한 NF 간 상호 작용 절차를 설계하였다[6].

본 논문의 2장에서는 참고문헌 [5], [6]의 연구를 중심으로 5G 네트워크와 ICN 연동 기술 현황을 분석 후 효과적인 연동을 위한 연구 방향을 제시하고, 3장에서 결론을 맺는다.

II. 5G 네트워크와 ICN 연동 기술 분석 및 연구 방향

IETF ICNRP에서는 5G 네트워크와 ICN 연동을 위해 3GPP에서 표준화된 5G 코어 네트워크의 제어 평면 및 사용자 평면을 기반으로 ICN을 지원하는 NF를 설계하고 사용자 평면에서 UE의 프로토콜 스택을 제안하였다[5]. 제안된 연동 구조에서는 제어 평면의 AMF가 UE의 ICN 프로토콜 스택을 통한 ICN 요청을 처리하기 위해 AMF++로 기능이 확장되고 SMF가 UE와 ICN-DN 간 ICN PDU 세션을 관리하기 위해 SMF++로 기능이 확장된다. 또한, SMF++와 상호작용하여 ICN-GW (Gateway)에서 ICN PDU 세션 생성, 수정 및 삭제를 수행하는 ICN-SMF 및 ICN 포워딩 규칙을 ICN-SMF로 전달하여 UE의 요구사항에 따라 트래픽을 조정하는 ICN-AF가 추가된다. 사용자 평면의 ICN-GW는 ICN PDU 세션과 ICN 라우팅의 전환 지점으로 UPF를 포함하며 생산자에 제공되는 ICN 서비스를 호스팅하거나 ICN 계층을 통해 콘텐츠 캐싱을 수행한다. 사용자 평면에서 IP와 ICN 트래픽을 분류하기 위해 Application 계층과 Transport 계층 사이에 TCL (Transport Convergence Layer)이 배치된다[5].

ITU-T SG 13에서는 5G 네트워크, 장치 및 서비스에 대한 요구사항인 IMT-2020를 기반으로 엣지 DN에서 ICN을 지원하는 분산 네트워크 기능인 NF를 정의하고 ICN 구성 요소 및 NF 간의 통신 모델 및 상호 작용 절차를 설계하였다. ITU-T SG 13에서 제안된 연동 구조의 제어 평면

서는 IETF ICNMG에서 제안된 NF와 유사하게 ICN-edge NACF (Network Access Control Function)를 통해 콘텐츠를 요청하는 UE의 등록, 위치 갱신 및 연결 요청 등을 처리하고 ICN-edge SMF를 통해 IP 및 ICN 세션을 관리하며 ICN-edge AF를 통해 ICN 서비스 요구사항에 따라 트래픽을 조정한다. 또한 ICN의 고유 기능을 제공하기 위해 ICN-edge NSMF (Name Services Management Function)를 통해 엣지 DN에 대한 이름 관리를 수행하고 CMF (Cache Management Function)를 통해 스위치 및 라우터와 같은 중계 노드에서 콘텐츠 캐싱을 지원하며 ICN-edge RMF (Routing Management Function)에서 ICN 기반 라우팅을 지원한다. 이외에도 ICN-edge ASF (Authentication Server Function)를 통해 ICN 기반 인증 기능을 제공하고 ICN-edge USM (Unified Subscription Management)을 통해 콘텐츠에 해당하는 데이터 정보를 지원한다. 사용자 평면에서는 ICN-edge UPF를 통해 ICN flow classifier, ICN 라우팅 및 캐싱을 지원한다[6].

표 1은 참고문헌 [5] 및 [6]에서 제안된 연구를 비교한 표의 상 표 및 본문에서 참고문헌 [5] 및 [6]은 각각 IETF ICNMG 및 ITU-T SG 16으로 지칭하기로 한다. ICN과의 연동 구조 측면에서 IETF ICNMG에서는 5G 코어 네트워크 구조에서 ICN과의 연동을 위해 기존 NF의 기능을 확장하거나 새로운 NF를 추가하는 반면, ITU-T SG 13에서는 엣지 네트워크에서 ICN 서비스 제공을 위해 MEC에서의 NF 설계에 중점을 두고 있다. ICN의 Interest/Data패킷의 라우팅 측면에서 IETF ICNMG에서는 SMF++, ICN-SMF 및 ICN-AF를 통해 ICN-UPF의 라우팅을 지원하고 ITU-T SG 13에서는 ICN-edge SMF, ICN-edge AF 및 ICN-edge RMF 간 상호작용을 통해 FIB (Forward Information Base) 기능이 포함된 ICN-edge UPF를 이용한 라우팅을 지원한다. 콘텐츠 캐싱 측면에서 IETF ICNMG에서는 UPF를 포함하는 ICN-GW의 ICN 계층을 통해 콘텐츠 캐싱을 수행하고 ITU-T SG 13에서는 ICN-edge AF 및 ICN-edge CMF 간 상호작용을 통해, ICN-edge UPF를 포함하고 저장 자원을 가지는 스위치 및 라우터에서의 콘텐츠 캐싱을 지원한다. 콘텐츠 이름 관리 측면에서 ITU-T SG 13에서는 ICN-edge NSMF를 통해 Edge ICN-DN에서 정의된 구성 요소에 대한 이름 정보를 관리 이름 확인 서비스를 제공하는 반면, IETF ICNMG에서는 ICN 표준인 NRS (Name Resolution Service)와 같은 이름 관리 노드를 통한 이름 관리 기능과의 연동은 별도로 고려되지 않는다.

표 1. 5G 네트워크와 ICN 연동 기술 비교

비교 항목	IETF ICNMG [5]	ITU-T SG 13 [6]
ICN 연동 구조	▪ 코어 네트워크 중심	▪ 엣지 네트워크 중심
ICN 라우팅	▪ SMF++, ICN-SMF 및 ICN-AF를 통한 라우팅 지원	▪ ICN-edge SMF/AF/RMF를 통한 라우팅 지원 ▪ FIB 기능이 포함된 ICN-edge UPF 고려
콘텐츠 캐싱	▪ ICN-GW에서 콘텐츠 캐싱 수행	▪ ICN-edge AF 및 ICN-edge CMF의 지원을 통해 스위치 및 라우터에서 콘텐츠 캐싱 수행
ICN 이름 관리	▪ 별도로 고려되지 않음	▪ ICN-edge NSMF에서 ICN 이름 관리

상기 표준화 연구에서는 5G 네트워크와 ICN 연동을 위해 NF를 새롭게 정의하고 확장하였으나 ICN 패킷 전송을 위한 상세한 연동 절차는 제시되지 않았으며 ICN의 핵심 기능인 라우팅, 캐싱 및 생산자 이동성 제공을

위한 연동이 주로 개념 수준에서 정의되어 실제로 이를 구체적으로 적용하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다. 이에, 본 논문에서는 5G와 ICN의 효과적인 연동을 위한 연구 방향을 제시한다. 첫째, 5G 네트워크에서 ICN 연동을 위해 IETF 및 ITU-T에서 각각 진행되어 온 연구를 활용하여 코어 및 엣지 네트워크가 통합된 환경에서 ICN과의 연동 방안이 제시될 필요가 있다. 둘째, ICN 라우팅을 위해 제어 평면에서는 SMF, AF와 같은 NF를 통해 Face에 이름 할당 및 매핑 등과 같은 ICN 패킷 전송 제어 절차 설계가 사용자 평면에서는 콘텐츠 이름 기반으로 라우팅을 수행하기 위해 ICN의 FIB 및 PIT (Pending Interest Table) 기능의 적용 및 이를 통한 ICN 패킷 전송 절차 설계가 진행되어야 한다. 셋째, 콘텐츠 캐싱을 위해 사용자 평면에서는 gNB, UPF 또는 엣지 서버 등에서 ICN의 CS (Content Store) 기능의 적용이, 제어 평면에서는 AF와 같은 NF를 통해 사용자에게 캐싱된 콘텐츠를 제공하기 위한 절차 설계가 필요하다. 넷째, 콘텐츠 생산자 이동성 제공을 위해 생산자 이동 시 FIB의 적절한 갱신 및 이를 통해 변경된 위치로 Interest 패킷을 지속적으로 전달하기 위한 동작 절차 설계가 필요하다. 마지막으로, ICN 이름 관리를 위해 ITU-T SG 13에서 제안된 NSMF 및 ICN ICNMG에서 표준화된 NRS와 같은 이름 관리 기능을 활용하여 코어 및 엣지 네트워크에서 콘텐츠 이름을 통합적으로 관리하고 라우팅 기능과의 연동을 통해 콘텐츠 기반 라우팅을 효과적으로 제공하는 것이 필요하다.

III. 결론

본 논문에서는 IETF ICNMG 및 ITU-T SG 13에서 제안된 5G 네트워크와 ICN 연동 기술 표준화 현황을 비교, 분석하고 이후, 효과적인 연동을 위한 연구 방향을 제시하였다. 추후, 제시된 연구 방향과 관련한 연구 수행을 통해 5G와 ICN의 실질적인 연동이 이루어질 수 있기를 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-01015, 지능형 6G 모바일 코어 네트워크 후보 요소기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] 3GPP, "5G; System architecture for the 5G System (5GS)," 3GPP TS 23.501 version 17.6.0 Release 17, 2022.
- [2] 3GPP, "5G; Procedures for the 5G System (5GS)," 3GPP TS 23.502 version 17.6.0 Release 17, 2022.
- [3] G. Gür, P. Porambage and M. Liyanage, "Convergence of ICN and MEC for 5G: Opportunities and Challenges," *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 4, no. 4, pp. 64-71, Dec. 2020.
- [4] G. Gür, A. Kalla, C. D. Alwis, Q. -V. Pham, K. -H. Ngo, M. Liyanage and P. Porambage, "Integration of ICN and MEC in 5G and Beyond Networks: Mutual Benefits, Use Cases, Challenges, Standardization, and Future Research," *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 3, pp. 1382-1412, Aug. 2022.
- [5] R. Ravindran, P. Suthar, D. Trossen, C. Wang and G. White, "Enabling ICN in 3GPP's 5G NextGen Core Architecture (draft-irtf-icnrg-5gc-icn-04)," IETF ICNMG, 2021.
- [6] ITU-T, "Architecture of ICN-enabled edge network in IMT-2020," Y.3076, 2020.