5G 환경에서의 LBO 아키텍처 기반 로밍 서비스 도입을 위한 보안요구사항 분석

이현지[1], 김미래[1], 신미진[2], 김성민[3]
성신여자대학교 (학부생)[1], (대학원생)[2], (교수)[3]
{20231105, 20231066, 220256037, sm.kim}@sungshin.ac.kr

Analysis of security requirements for introducing roaming services based on LBO architecture in 5G environment

Hyunji Lee[1], Mirae Kim[1], Mijin Shin[2], Seongmin Kim[3]
[1,2,3]Dept. of Conversence Security Engineering, Sungshin Women's University

요 약

5G 이동통신 네트워크에서 가상화(NFV)를 지원하는 SA(Standalone) 구조가 등장함에 따라, 로밍서비스는 기존의 단일화된 홈 라우팅 방식에서 로컬 브레이크아웃(Local-Breakout) 방식을 구조적으로 도입하였다. 두 가지 로밍 서비스 아키텍처의 제어 평면(Control Plane)에서 패킷 전송 경로를 분석하고, 로밍 설계 시 고려해야 할 보안 문제를 도출하고자 한다.

1. 서론

5G 이동통신 네트워크에서 LTE와 호환가능한 NSA(Non Standalone) 구조와 네트워크 기능 가상화(NFV)를 지원하는 SA(Standalone) 구조가 등장함에 따라, 로밍서비스는 기존의 단일화된 홈 라우팅 방식에서 로컬 브레이크아웃(Local-Breakout) 방식을 구조적으로 도입하였다[1]. 로컬 브레이크아웃 방식은 트래픽 경로 최적화로 QoE(Quality of Experience)를 향상할 수 있는 이점이 있음에도 불구하고, 이동통신사업자는 여전히 트래픽 지연·우선순위 처리에 한계가 있는 단일화된 홈 라우팅 방식의 서비스를 제공하고 있다[1,2].

본 연구에서는 기존 로밍서비스 방식의 QoE 관점에서 두 가지 로밍 아키텍처의 제어 평면(Control Plane)의 네트워크 기능 (Network Function)을 분석하고, 로컬 브레이크아웃 방식 도입 시 발생할 수 있는 보안 및 정책적 문제를 분석하고자 한다.

2. 관련 연구 및 배경

EU 연합국에서는 연합국 내의 타 국가에서 로밍 시 추가 비용 없이 요금제를 사용할 수 있는 Roam like Home 정책을 시행하고 있다. 해당 정책은 국내외 지역에서 일관된 품질의 로밍 서비스 제공을 목표로 한다. Andra Lutu1 외 11인은[1] EU 연합국의 이동통신사업자가 제공하는 홈 라우팅 로밍에 대해서 트래픽 경유지 증가로 인한 웹 브라우징 성능, QoE 품질 저하 등의 패널티를 확인하였다. 이에 데이터 품질 향상을 위해서는 패킷 전송 경로 최적화를 통해 운영 비용, 데이터 요금을 절감할 수 있는 로컬 브레이크아웃 방식 도입의 필요성을 언급하였다. 따라서 본 연구에서는 두 가지 로밍 아키텍처 분석을 통해 발생하는 트래픽 경로를 파악하고, 성능 향상의 이점이 있음에도 로컬 브레이크아웃 방식이 사용되지 않는 이유를 분석한다.

5G SA 구조에서는 서비스 기반 아키텍처를 채택하여 모듈화와 표준화된 인터페이스를 통해, 각 네트워크 기능(Network Function)은 독립적인 상호간 서비스 요청·응답이 가능하다[2]. 로밍 서비스를 제공하기 위한 최소 네트워크 기능은 다음과 같다.

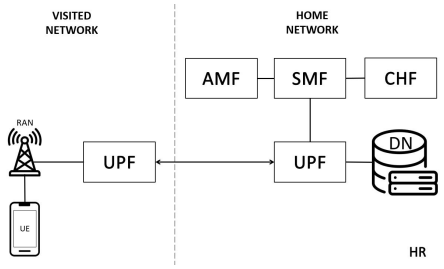
- AMF(Access Management Function) : 접근제어 기능
- SMF(Session Management Function) : 세션 관리 기능
- UPF(User Plane Function) : 사용자 평면 기능
- CHF(Charging Function) : 과금 기능

3. 로밍서비스 아키텍처 분석

이동통신사업자가 제공할 수 있는 5G SA 로밍

시스템은 실제 패킷이 라우팅 되는 데이터 네트워크의 위치에 따라 홈 라우팅(Home-routed) 방식, 로컬 브레이크아웃(Local-Breakout) 방식으로 구분한다.

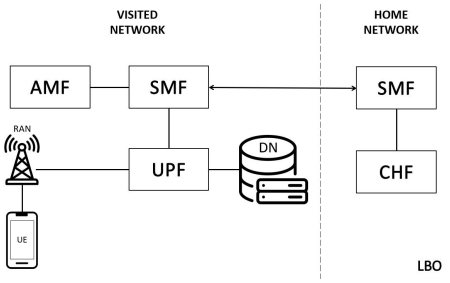
3.1 홈 라우팅 방식(Home-routed)



(그림 1) Home-routed Roaming

기존 5G 이동통신망 사업자가 제공하는 홈 라우팅(Home Routing) 방식은 (그림 1)과 같이, 방문 국가에 있는 사용자(UE)의 패킷이 방문 네트워크(Visited Network)의 기지국(RAN)에서 홈 네트워크(Home Network) 내의 데이터 네트워크(DN)로 라우팅한다. 이 과정에서 방문 네트워크의 UPF는 단순히 홈 네트워크의 데이터 네트워크로 패킷을 전달하는 중계 역할만 수행하며, 실제 패킷 처리는 홈 네트워크의 UPF에서 이루어진다. 홈 네트워크에서 패킷을 처리하지만, 반드시 방문 네트워크를 경유해야 하므로 이 과정에서 패킷 전송 latency가 발생한다. 수집된 패킷을 기반으로, SMF에서는 전체 PDU(Protocol Data Unit) 세션을 처리할 때 발생하는 과금 이벤트를 CHF로 전달하고, 데이터 사용량에 따른 과금 청구가 이루어진다. 홈 라우팅 방식은 방문 네트워크를 데이터 접속을 위한 경유지로 사용하고, 실제 패킷은 홈 네트워크에서 발생하므로 방문 네트워크에서는 트래픽 산정에 관여할 수 없다.

3.2 로컬 브레이크아웃 방식 (Local-breakout)



(그림 2) Local-breakout Roaming

(그림 2)와 같이, 로컬 브레이크아웃(Local Breakout) 방식은 방문 국가에 있는 사용자(UE)의 패킷이 방문 네트워크(Visited Network)의 기지국(RAN)을 통해 홈 네트워크와 무관하게 방문 네트워크 내의 데이터 네트워크(DN)로 직접 전달된다. 데이터 네트워크에서 발생한 응답 패킷은 방문 네트워크의 UPF에서 수집되고, 이를 기반으로 방문 네트워크의 SMF가 전체 PDU 세션에서 과금 이벤트를 생성한다. 방문 네트워크에서 생성된 과금 이벤트 정보는 홈 네트워크의 SMF에 연동하고, 이후 CHF에 전달하여 과금 청구가 이루어진다. 이 과정에서 트래픽 양에 따른 과금 산정은 전적으로 방문 네트워크에서 수행되며, 홈 네트워크는 과금 산정 과정에 관여할 수 없다.

홈 라우팅 방식은 방문 네트워크를 경유하고 홈 네트워크에 위치한 데이터 네트워크에 접속함에 따라 패킷 전송 latency가 발생하는 단점이 있지만, 로컬 브레이크아웃 방식은 데이터가 방문 네트워크 내에서 직접 처리되므로 latency가 감소한다. 이러한 성능 이점에도 불구하고, 로컬 브레이크아웃 방식에서는 발생한 과금 이벤트 산정을 방문 네트워크에 일임하므로, 홈 네트워크에서 트래픽 과금 청구에 관여할 수 없다는 정책적 문제가 존재한다.

4. 결론

본 연구에서는 기존 이동통신사업자가 제공하는 홈 라우팅 기반 로밍 방식에서 발생하는 QoE 저하 문제를 보완하기 위해, 두 가지 로밍 서비스 아키텍처에 대한 비교분석을 수행하였다. 로컬 브레이크아웃 방식은 홈 라우팅 방식에서 발생하는 패킷 전송 지연 문제를 해결할 수 있는 대안이 될 수 있지만, 과금 이벤트 산정 및 청구 과정에서 요구되는 보안 정책이 아직 미비한 실정이다. 로컬 브레이크아웃 방식을 도입하기 위해서는, 데이터 사용량 기반으로 과금 이벤트를 생성하는 SMF의 무결성을 보장할 수 있는 시스템 보안 체계가 마련되어야 한다.

참고문헌

[1] A. M. Mandalari et al., "Measuring Roaming in Europe: Infrastructure and Implications on Users' QoE," in IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 21, no. 10, pp. 3687-3699, 1 Oct. 2022, doi: 10.1109/TMC.2021.3058787.

[2] C. E. Rothenberg, D. Gomes, M. O. Schmidt, T. Schmidt, "Experience; Implications of Roaming in Europe," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 43, no. 5, pp. 31-37, 2013.