

5G 네트워크에서 고신뢰 액세스 트래픽 스티어링 연구

김재호°, 김창기°
한국전자통신연구원°

rdins@etri.re.kr°, ckkim1@etri.re.kr°

Ultra-Reliable Access Traffic Steering in the 5G Network

Jae Ho Kim°, Chang Ki Kim°

Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

스마트팩토리 및 자율주행 시스템과 같은 다양한 버티컬 도메인에서 미션 크리티컬 서비스를 지원하는 무선 통신 시스템을 요구하고 있다. 이를 위해 3GPP는 5G 시스템이 URLLC(Ultra Reliable Low Latency Communication)를 지원하도록 표준화 작업을 활발히 하고 있다. 본 고에서는 기존의 고신뢰 통신을 위한 기술들을 살펴보고, MA-PDU(Multi-Access Packet Data Unit)세션을 이용한 고신뢰 액세스 트래픽 스티어링 방안을 제안한다.

I. 서 론

버티컬 산업 도메인의 URLLC 요구사항을 수용하기 위해 5G 시스템은 논리적인 TSN(Time Sensitive Networking) 브리지로 확장되고, 고신뢰 전송을 위한 중복 전송 기능을 포함한다[1]. 하지만, 3GPP Rel. 16에서 URLLC는 3GPP 액세스만을 대상으로 하고 있다. 한편, 5G 시스템은 3GPP 액세스와 Non-3GPP 액세스들을 통합 수용하고, MA-PDU 세션을 통해 ATSSS(Access Traffic Steering, Switching and Splitting) 기능을 지원한다. 본 고에서는 Non-3GPP 액세스 접속을 포함하는 MA-PDU 세션의 중복 경로를 통해 적응형 고신뢰 중복 전송 메커니즘을 제안한다.

II. 고신뢰 액세스 트래픽 스티어링 방안

본 고에서 제안하는 고신뢰 액세스 트래픽 스티어링은 UE와 Anchor UPF(User Plane Entity)간에 생성되는 MA-PDU 세션의 다중 경로를 통해 동작한다. 그림 1은 5G 3GPP 액세스와 Non-3GPP 액세스, 2개의 RAN(Radio Access Network)을 수용하는 5G 코어네트워크의 참조 모델을 나타낸다. UE와 UPF는 다중 액세스 네트워크를 통해 전송되는 트래픽을 중복 전송하고, 수신한 중복 트래픽을 하나의 신뢰성 있는 트래픽으로 조합하는 기능을 가진다. 액세스 트래픽의 스티어링 모드는 현재 3GPP 표준에는 Active-Standby, Smallest Delay, Load-Balancing, Priority-based가 정의되어 있다. 본 고에서는 MA-PDU 세션에서 고신뢰 중복 전송 및 고신뢰 트래픽 스티어링을 위해 Ultra-Reliable 모드와 Lossless Steering 모드를 추가한다. Ultra-Reliable 모드는 UE와 UPF간의 신뢰성 있는 전송을 위해 MA-PDU 세션이 유지되는 동안, 해당 액세스 트래픽 스티어링 모드의 액세스 트래픽을 다중 액세스 네트워크를 통해 중복 전송한다. Lossless Steering 모드에 해당하는 액세스 트래픽은 기존 스티어링 모드에 의해 액세스 트래픽의 경로가 스위칭될 때 일정 시간 동안 다중 액세스 망을 통해

중복 전송을 제공함으로써 액세스 트래픽의 Lossless 경로를 변경을 제공한다.

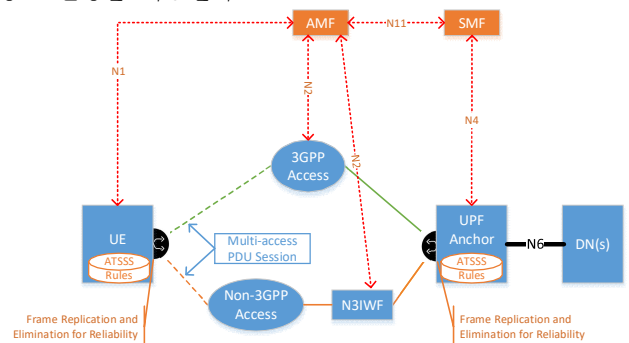


그림 1. 5G 다중 접속 네트워크 참조 모델

그림 2의 (a)는 UE의 액세스 트래픽 중복 전송 및 중복 제거 조합에 관련된 상세 구조를 나타낸다. UE는 5G, Wi-Fi 2개의 물리 인터페이스를 가진다. LIF(Logical Interface)는 외부 데이터 네트워크와의 IP 계층, 즉 PDU 세션 연결성을 제공한다. LIF의 RHF(Redundancy Handling Function)는 단일 상향 링크 트래픽을 MA-PDU 세션이 연결된 여러 액세스 네트워크를 통해 중복 전송하고, 중복 검출을 위한 순번(Sequence Number)을 매기는 기능을 수행한다. 또한, LIF의 RHF는 5G IF와 Wi-Fi IF를 통해 중복 수신한 트래픽을 순번을 이용하여 중복을 제거하여 하나의 신뢰성 있는 트래픽으로 병합하는 기능을 수행한다.

그림 2의 (b)는 UPF의 상세 구조를 나타낸다. UPF는 5G 3GPP Access와, Wi-Fi Non-3GPP Access와 인터페이스를 가진다. UPF의 RHF는 UE의 RHF와 동일한 기능을 가진다. DN으로부터 수신한 하향 트래픽을 각 액세스 네트워크로 중복 전송하고, 각 액세스 네트워크를 통해 수신한 트래픽을 중복을 제거하여 하나의 신뢰성 있는 트래픽으로 병합하는 기능을 수행한다.

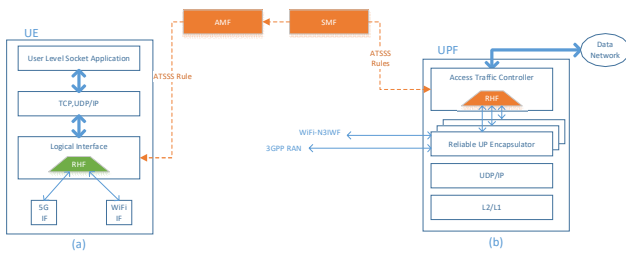


그림 2. UE 구조

그림 3은 UE와 UPF 간의 중복 전송을 위한 시그널링 절차와 데이터 트래픽 처리 절차를 나타낸다. 1번과 2번 절차에서 UE와 UPF는 3GPP의 TS 23.502[3] 규격의 절차에 따라 3GPP Access와 Non-3GPP access를 통해 MA-PDU 세션을 생성한다. 이때, SMF는 PCF로부터 수신한 ATSSS 정책 제어 정보를 기반으로 ATSSS rules을 도출하고 UE로 전송한다. Ultra-Reliable 모드 또는 Lossless Steering 모드에 속한 트래픽은 UE와 UPF의 RHF를 통해 중복 전송 및 병합 수신이 된다.

RHF는 각 Access 별로 수신한 트래픽의 순서번호를 이용하여 error rate를 측정한다. Ultra-Reliable 모드 트래픽인 경우, 하나의 Access를 통해 수신한 트래픽의 error rate가 요구되는 error rate보다 낮게 측정되는 시간이 미리 지정된 시간 이상 지속되면, 중복전송을 중지할 수 있다. 중복전송 중지 시그널링은 중복전송을 중지하려는 Access 네트워크를 통해 전송되는 Inband 시그널을 이용한다. Lossless Steering 모드의 중복 전송 중지 시점 및 시그널링도 상기 Ultra-Reliable 모드와 동일하다.

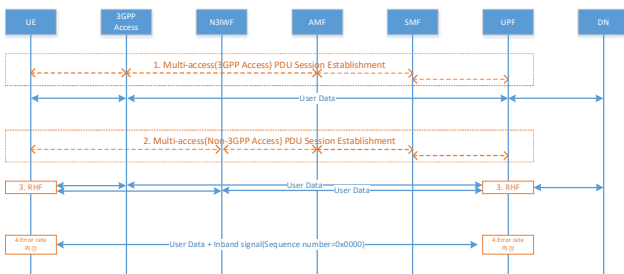


그림 3. UPF 구조

그림 4는 IP 헤더의 옵션 필드에 순번을 삽입하여 액세스 트래픽 중복전송 및 병합하는 전송절차 및 프로토콜 스택 구조를 나타낸다. PDU Layer가 IP인 경우에 적합한 방법이다. 업링크 트래픽은 UE의 RHF에서 중복되어 각 액세스 네트워크로 전송되고, UPF의 RHF에서 병합된다. RHF는 각 액세스 네트워크로 중복 트래픽(IP)을 전송할 때 IP 옵션 헤더에 순차적으로 Sequence number를 추가하여 전송한다. UPF의 RHF는 각 액세스 네트워크로부터 수신한 트래픽의 IP 옵션 헤더를 이용하여, 신뢰성 있는 하나의 트래픽으로 순서에 맞게 병합하여 DN으로 전송한다. 다운로드 트래픽은 UPF의 RHF에서 중복되어 각 액세스 네트워크로 전송되고, UE의 RHF에서 병합된다. 트래픽 중복전송과 병합과정은 업링크 트래픽과 동일하다.

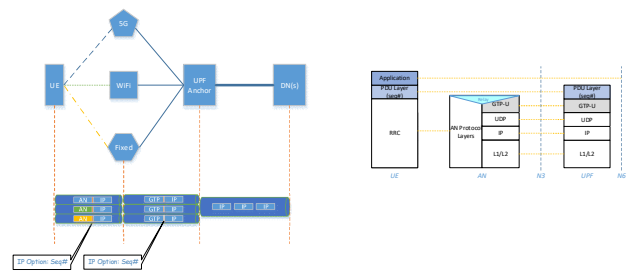


그림 4. IP 기반 프로토콜 구조

그림 5는 GRE 헤더의 옵션 필드에 순번을 삽입하여 액세스 트래픽을 분리 및 병합하는 전송절차 및 프로토콜 스택 구조를 나타낸다. 본 방안은 PDU layer의 프로토콜에 무관하게 사용가능하다. 액세스 트래픽의 분리 및 병합과 같은 기본적인 동작 방식은 IP 헤더 기반 방식과 동일하며, UE와 UPF의 RHF가 각 액세스 네트워크로 PDU 세션 트래픽(IP)을 전송할 때 GRE encapsulation을 수행하고, GRE 옵션 헤더에 순번을 추가하여 전송하는 점이 다르다.

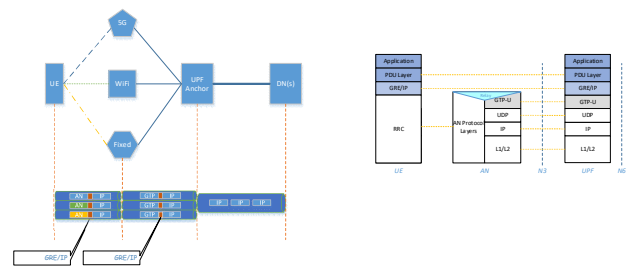


그림 5. GRE 기반 프로토콜 구조

III. 결 론

본 고에서는 3GPP 액세스와 Non-3GPP 액세스를 동시에 접속하는 MA-PDU 세션을 이용하여 고신뢰 액세스 트래픽 스티어링 방법과 Inband 시그널을 통해 동적으로 고신뢰 전송 여부를 제어하는 방안을 제안하였다. 추후 고신뢰 전송 제어 알고리즘 및 TSN 연동 저지연 및 확정지연 5G 코어 네트워크 관련 이슈들을 연구할 예정이다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2019년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2015-0-00042-005, 유/무선 액세스에 비종속적인 5G 코어 핵심기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TR 23.725: "Study on enhancement of Ultra-Reliable Low-Latency Communication support in the 5G Core network," Jun. 2019
- [2] 3GPP TS 23.501: "System architecture for the 5G system," Dec. 2019
- [3] 3GPP TS 23.502: "Procedures for the 5G System," Dec. 2019