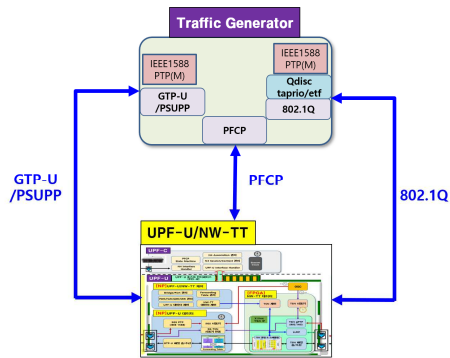




모듈에서는 인터넷/IP/UDP/GTP-U/PSUPP 헤더를 모두 제거한, TSN PDU 만 NW-TT 로 보낸다.

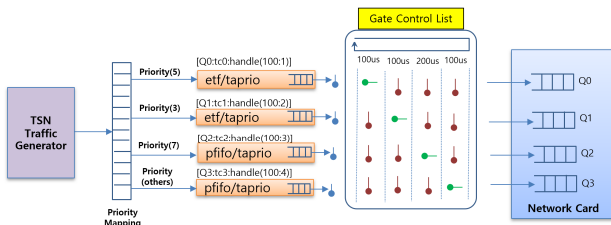


[그림 3] UPF/NW-TT 시험 트래픽 발생기 구조

[그림 3]은 UPF/NW-TT 기능 시험을 위한 트래픽 발생기의 구조를 도시한 그림이다. 트래픽 발생기 코드는 이식성과, 확장성을 고려해서 파이썬(Python) 언어로 구현되었다. 트래픽 발생기는 리눅스 시스템 환경에서 동작 되도록 구현되었고, 시스템에는 모두 3 개의 네트워크 인터페이스로 구성된다. GTP-U 패킷과 802.1Q TSN 패킷을 위한 네트워크 인터페이스는 모두 VLAN 인터페이스로 설정했다. N3 인터페이스와 TSN 인터페이스에는 시간 동기를 맞추기 위한 IEEE 1588 PTP(Precision Time Protocol) 프로토콜이 마스터로 동작한다. UPF/NW-TT 의 N3 인터페이스와 TSN 인터페이스에도 각각 IEEE 1588 PTP 프로토콜이 슬레이브로 동작하면서 트래픽 발생기를 GM(Grand Master) 클럭으로 인식해서 시간을 동기화 한다. 트래픽 발생기의 TSN 인터페이스는 TSN 의 특징인 시간 보장형 기능을 만족시키는 트래픽을 발생시키기 위해서, IEEE 802.1Qbv Time-Aware Shaper(TAS)[7] 스케줄링 방법이 적용되어야 한다. 이를 위해서 리눅스의 트래픽 클래스 Queue Discipline 제어 기능을 이용하였다.

```
tc -d qdisc replace dev enp7s0 parent root handle 100 taprio
num tc 4
map 3 3 3 1 3 0 3 2 3 3 3 3 3 3 3
queues 1@0 1@1 1@2 1@3
base-time 1620867393000000000
sched-entry S 01 100000
sched-entry S 02 100000
sched-entry S 04 200000
sched-entry S 08 100000
clockid CLOCK_TAI

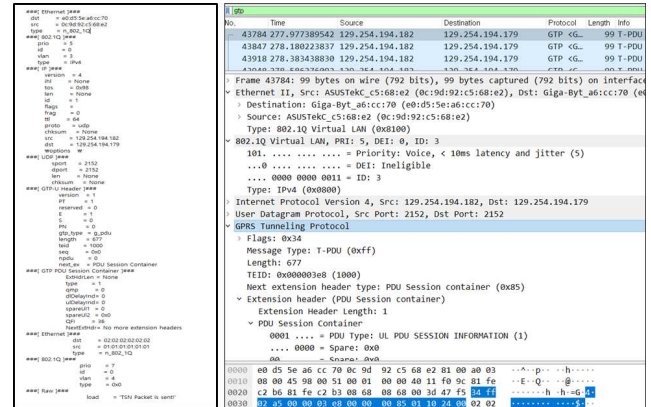
tc qdisc replace dev enp7s0 parent 100:1 etf clockid CLOCK_TAI
delta 5000000 offload
tc qdisc replace dev enp7s0 parent 100:2 etf clockid CLOCK_TAI
delta 5000000 offload
```



[그림 4] IEEE 802.1Qbv Time-Aware Shaper(TAS) 설정과 동작 구조

[그림 4]는 리눅스 시스템에서 IEEE 802.1Qbv Time-Aware Shaper(TAS) 설정과 동작을 도시한 그림이다. 리눅스 명령어인 tc qdisc 명령어를 통해서 802.1Qbv 를 설정할 수 있다. 4 개의 트래픽 클래스(Traffic Class)를 설정하며, TC0 에는 Priority 5 로 매핑된 패킷, TC1 에는

Priority 3 으로 매핑된 패킷, TC2 에는 Priority 7 로 매핑된 패킷, 그리고, 나머지 Priority 로 매핑된 패킷은 TC3 와 연결된다. TC 번호는 리눅스 내부에 있는 4 개의 스케줄링 큐(Queue)와도 연결된다. 그리고, 4 개의 큐에는 스케줄링 방식이 적용되는데, 큐 0 와 큐 1 에는 taprio/etf(8021.Qbv)가 큐 2 와 큐 3 에는 taprio/pfifo 가 스케줄링 방식이 적용되어 패킷을 스케줄링한다.



[그림 5] GTP-U/PSUPP 패킷 캡처

[그림 5]는 구현된 UPF/NW-TT 기능 시험을 위한 트래픽 발생기에서 생성한 업링크(Uplink) GTP-U 패킷을 네트워크로 보내고 캡처한 화면이다. GTP-U/PSUPP 패킷이 정상적으로 패킷타이핑(packetizing) 된 것을 확인 할 수 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 UPF/NW-TT 의 기능 시험을 위한 트래픽 발생기의 구현에 대해서 소개하였고, 개발된 트래픽 발생기를 이용해서 UPF/NW-TT 기능 시험에 사용할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2020-0-00974-001, 고신뢰·저지연 5G+ 코어 네트워크 및 5G-TSN 스위치 기술 개발)

### 참고 문헌

- [1] 최승환, 김창기, "5G 시연감 통신을 위한 UPF/NW-TT 의 설계", 제 31 회 통신정보융합학회(JCCI 2021), 2021.
- [2] Janos Farkas et al., "Time-Sensitive Networks Standards", IEEE Comm. Magazine, June 2018, pp. 20-68.
- [3] 3GPP TS 23.501, "System Architecture for the 5G System; Stage 2", Dec. 2020.
- [4] 3GPP TS 29.281, "General Packet Radio System (GPRS) Tunnelling Protocol User Plane (GTPv1-U)", Dec. 2020.
- [5] 3GPP TS 29.281, "NG-RAN; PDU session user plane protocol", Jan. 2021.
- [6] 3GPP TS 23.502, "Procedures for the 5G System (5GS)", Dec. 2020.
- [7] IEEE, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Bridges and Bridged Networks-Amendment 25: Enhancements for Scheduled Traffic" IEEE Std, 802.1Qbv-201