

on/off model 을 갖는 시간 민감 트래픽 기반의 TSN 환경에서 F/M 기반의 Gated Adaptive CoDel 알고리즘 성능 분석

김현수, 이재훈
동국대학교

ahrizwell@dongguk.edu, jaehwoon@dongguk.edu

Performance analysis of F/M based Gated Adaptive CoDel in TSN environment with Time Sensitive Traffic having on/off model

Hyunsoo Kim, Jaehwoon Lee
Dongguk Univ.

요 약

최근 실시간 네트워킹 기술은 여러 산업 분야에서 사용 빈도가 급증함으로써, Time Sensitive Networking(이하 TSN) 기술이 주목을 받고 있다. 이더넷 기반 시간 민감 네트워킹 기술인 TSN 은 시간 선점 스케줄링 과정에서 비동기 트래픽에 지연을 발생시켜 bufferbloat 을 유발한다. Gate Adaptive CoDel 은 bufferbloat 로 인한 비동기 트래픽의 지연을 해결하기 위하여 제안되었다. 또한 F/M 기반의 Gated Adaptive CoDel 은 Gate Adaptive CoDel 에서 발생하는 비동기 패킷 손실로 인한 지연을 줄이기 위해 비동기 패킷 단편화 기능을 추가하여 제안하였다. F/M 기반의 Gated Adaptive CoDel 은 주기적인 시간 민감 트래픽을 기반으로 한다. 비주기적인 시간 민감 트래픽 환경에서는 비동기 패킷 단편화 과정에서 발생하는 지연에 대응할 수 없다. 본 논문에서는 시간 민감 트래픽에 on/off model 을 적용하여 비주기적인 시간 민감 트래픽 환경을 구축하고 F/M 기반의 Gated Adaptive CoDel 로 인한 비동기 트래픽의 성능을 분석한다.

I. 서 론

통신 기술이 발전함에 따라 이더넷 기반의 시간 민감 트래픽을 처리할 수 있는 TSN 기술은 중요해지고 있다[1]. TSN 은 시간 민감 트래픽의 저지연과 저패킷 손실을 보장한다. 비동기 트래픽은 전송 도중 시간 민감 트래픽에 대한 전송이 예약된 경우, 비동기 트래픽은 전송을 중지하고 시간 민감 트래픽을 우선적으로 전송한다. 이로 인해 비동기 트래픽은 패킷 손실이 발생하고 bufferbloat 로 인한 지연이 발생한다[2].

Gate Adaptive CoDel 은 bufferbloat 로 인한 지연을 줄이기 위하여 제안된 알고리즘으로써, 전체 시공간이 아닌 비동기 트래픽 시공간에서만 체류 지연을 측정하여 CoDel 에 의한 비동기 패킷의 폐기율을 줄인다[3].

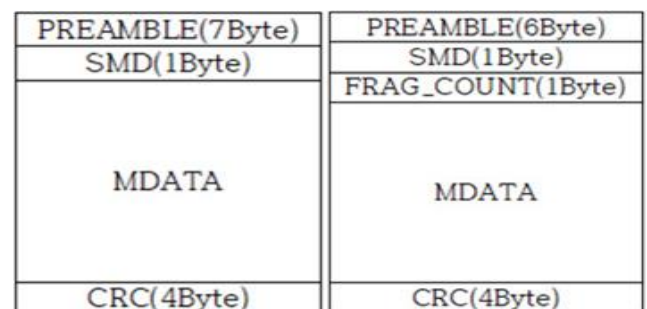
F/M 기반 Gated Adaptive CoDel 은 Gate Adaptive CoDel 을 개선한 알고리즘이다. F/M 기반 Gated Adaptive CoDel 은 전송 중지로 발생하는 패킷 손실 및 지연을 완화하기 위해 패킷을 단편화하여 전송한다[4].

F/M 기반 Gated Adaptive CoDel 은 주기적으로 발생하는 시간 민감 트래픽 환경에서 동작하므로 패킷을 단편화하는 과정에서 발생하는 지연에 대응이 가능하다. 하지만 비주기적인 시간 민감 트래픽 환경에서는 언제 시간 민감 트래픽의 전송이 요청되는지 알 수 없기 때문에 비동기 트래픽의 패킷 단편화하는 과정에서 발생하는 추가 데이터에 대응할 수 없다.

본 논문에서는 exponential distribution 을 이용하여 비주기적인 on/off model 을 시간 민감 트래픽에 적용하고, OMNET++ 을 통해 단위 시간당 비동기 패킷 단편화 빈도에 따른 비동기 트래픽 성능을 분석한다.

논문의 구성은 1) 서론에 이어, 2) 본론의 경우 시뮬레이션 알고리즘 설명, 3) 시뮬레이션 파라미터 설정 및 모의 시뮬레이션 분석, 4) 결론 순으로 한다.

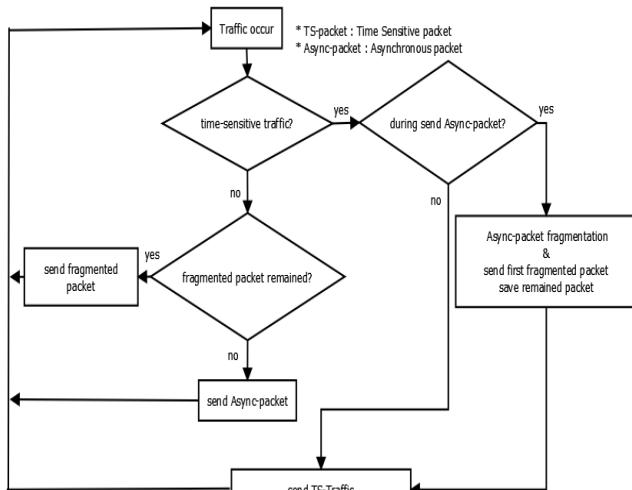
II. 본론



[그림 1. 비동기 패킷 단편화 양식]

[그림 1]은 IEEE802.3br 에 정의된 비동기 패킷 단편화 양식이다[5]. 비동기 패킷 단편화 과정은 CRC 4Byte 의 추가 데이터가 발생하게 된다. 주기적인 시간

민감 트래픽 환경에서는 비동기 패킷 단편화가 일어나는 시구간을 예측할 수 있기 때문에 해당 지연을 방지할 수 있다. 비주기적인 시간 민감 트래픽 환경에서는 단편화가 일어나는 시점에 데이터를 추가하면서 지연이 발생한다.



[그림 2. 시뮬레이션 알고리즘 순서도]

[그림 2]는 시뮬레이션을 진행할 알고리즘 순서도이다. 스위치는 트래픽이 발생하면 해당 트래픽이 시간 민감 트래픽인지 확인한다. 만일 시간 민감 트래픽일 경우, 스위치는 전송중인 비동기 패킷을 단편화하여 먼저 전송한다. 이 후, 남은 비동기 패킷 데이터는 별도로 저장한 후 시간 민감 트래픽을 전송한다. 시간 민감 트래픽이 아닌 경우, 스위치는 단편화된 비동기 패킷이 존재하는지 확인한다. 만일 1) 단편화된 비동기 패킷이 존재하면 해당 패킷을 먼저 전송하고, 2) 단편화된 패킷이 없다면 버퍼에 저장된 비동기 패킷을 순차적으로 전송한다.

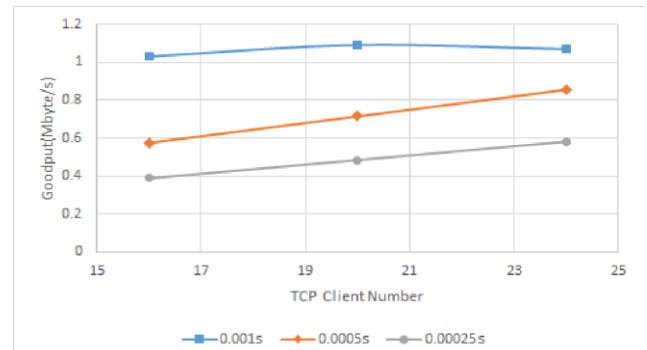
III. 모의 시뮬레이션 및 분석

[표 1. 시뮬레이션 파라미터 설정]

파라미터	값
비동기 트래픽 대역 성능	10Mbps
TCP 단말 개수	16, 20, 24
TCP 단말 당 전송 데이터	1Mbyte
목표 지연 (Target)	5ms
최초 패기 간격 (Interval)	100ms
평균 on/off 주기 (1/λ : 1/μ)	0.009s : 0.001s 0.009s : 0.0005s 0.009s : 0.0025s

시뮬레이션에 사용된 파라미터는 [표 1]과 같다. 단위 시간당 단편화 빈도에 따른 비동기 트래픽의 성능을 분석하기 위해 시간 민감 트래픽의 평균 on 주기는 일정하게 유지하고 평균 off 주기는 감소시켜가며 시뮬레이션을 진행한다. 시간 민감 트래픽의 on/off 주기는 exponential distribution 을 통해 각각 1/λ, 1/μ 로 설정하여 단위시간당 랜덤으로 발생시킨다.

시간 민감 트래픽 평균 on 주기가 일정한 경우, 평균 off 주기는 짧을수록 비동기 트래픽의 단편화 빈도가 높아지게 된다. 이를 통해 단위 시간당 비동기 패킷의 단편화 빈도에 따른 비동기 트래픽의 성능을 분석한다.



[그림 3. 평균 off 주기에 따른 비동기 트래픽 Goodput]

[그림 3]은 평균 off 주기에 따른 비동기 트래픽의 Goodput(Mbyte/s)을 보여준다. Goodput 은 모든 TCP Client 가 전송한 전체 데이터량을 소요 시간으로 나누어 계산한 값이다.

평균 off 주기는 짧아질수록 비동기 패킷 단편화는 많이 일어나게 된다. 비주기적인 시간 민감 트래픽이 발생하는 TSN 환경에서는 단편화 발생시 추가 데이터에 의한 지연이 발생한다. TCP Client Number 와 상관없이 평균 off 주기는 짧아질수록 비동기 패킷의 단편화는 많이 일어나게 되고 단편화 과정에서 발생하는 지연에 의해 Goodput 이 낮아지는 것을 확인하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 on/off model 을 갖는 시간 민감 트래픽이 적용된 TSN 환경에서 F/M 기반의 Gated Adaptive CoDel 에 의한 비동기 트래픽의 성능을 확인하였다. 원활한 이더넷 기반 시간 민감 네트워킹을 위해서는 예측 불가능한 시간 민감 트래픽에 의해 발생하는 지연을 줄이기 위한 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 과학기술정보통신부가 지원한 '정보통신방송연구개발사업(과제고유번호: 2018-0-00846)'으로 지원받아 수행된 연구 결과입니다.

참고 문헌

- [1] Kopetz, Hermann, and Gunter Grunsteidl. "TTP-A time-triggered protocol for fault-tolerant real-time systems." Fault-Tolerant Computing, 1993. FTCS-23. Digest of Papers., The Twenty-Third International Symposium on. IEEE, 1993.
- [2] Gettys, Jim, and Kathleen Nichols. "Bufferbloat: Dark buffers in the internet." Queue 9.11 2011.
- [3] 손명환, 윤종호, 김진욱, 박부식, "Gated 스케줄링 기능이 있는 TSN 을 위한 Controlled Delay Active Queue Management 방식의 성능 분석 및 구현", 대한전자공학회 논문지 Vol. 56, no.4, pp 20-33, Apr. 2019.
- [4] 이재훈 김현수, 윤종호 "TSN 환경에서 효율적인 F/M 기반 gated adaptive CoDel 알고리즘", 대한전자공학회 논문 심사중(under review).
- [5] IEEE 802.3 Ethernet working Group, "IEEE 802br-Amendment 5: Specification and Management Parameters for Interspersing Express Traffic", June 2016.