

## 컨텐츠 중심 네트워크를 위한 시간 기반 혼잡 제어 방법

최원준\*, Ramneek\*, 석우진\*\*

\*과학기술연합대학원대학교, \*\*한국과학기술정보연구원

\*cwj@ust.ac.kr, \*ramneek@ust.ac.kr, \*\*wjseok@kisti.re.kr

## Timer-based Congestion Control for Content Centric Network

Won Jun Choi\*, Ramneek Sekhon\*, Woo Jin Seok\*\*

\*Korea University of Science and Technology, \*\*Koera Institute of Science and Technology Information.

### 요 약

차세대 미래 인터넷으로 관심을 모으고 있는 CCN 은 ICN, CDN, NDN 과 비슷한 개념으로 출발한다. 즉, 사용자가 관심을 가지는 데이터를 하나의 콘텐츠로 바라보고 네트워크를 한다. CCN 은 이러한 콘텐츠에 대해 요청 패킷을 보내면 콘텐츠를 가지고 있는 노드에서는 해당 패킷을 보내는 방식이다. IP 기반의 네트워크에서와 마찬가지로 CCN 에서도 한정된 네트워크 대역폭과 다른 플로우와의 간섭이 많은 네트워크 구간에서는 전송 패킷 손실을 보호하기 위한 혼잡 제어 방법은 필수라고 할 수 있다. 본 논문에서는 CCN 에서의 타이머 기반 혼잡 제어방법을 제안하여 손실이 많이 발생하는 네트워크 상황에 대처하고자 한다.

### I. 서론

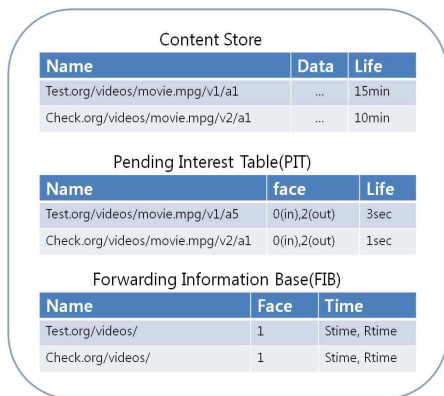
네트워크가 진화함에 따라 ICN, CDN, NDN 등 다양한 기술들이 생겨나게 되었고, 차세대 미래 인터넷으로 떠오르고 있는 기술 중의 하나인 CCN 은 유무선 네트워크에서 원하는 사용자에게 필요한 자료만 전송한다는 기본적인 생각을 현실화 시킨 기술이라고 볼 수 있다. CCN 노드는 캐쉬(Content Store), PIT(Pending Information Table), FIB(Forwarding Information Base)로 구성된다. 캐쉬는 수요자가 요청한 Interest 패킷에 대한 Data 패킷을 저장해 놓는 저장소이며, PIT 테이블은 수요자에게 요청한 Data 를 전달해 주기 위한 매칭 테이블이다. 그리고 FIB 테이블은 Interest 패킷을 어느 방향으로 전달할지를 결정하는 테이블이다. Interest 패킷이 CCN 노드에 전달되면, CS, PIT, FIB 순서로 패킷을 찾고 해당 패킷이 존재하지 않으면 FIB 에 있는 포워딩 주소로 전달되게 된다. 중간 CCN 노드에서는 자주 사용하지 않는 체크 자료를 먼저 제외하게 된다.(LRU or LFU)[2] 이와 같이 하는 이유는 한정된 캐쉬 용량을 효율적으로 사용하기 위해서이다. 수요자 중심의 네트워크라고 볼 수 있는 미래 인터넷 중의 하나인 CCN 의 장점은 사용자가 원하는 요청 패킷(Interest) 대 해당 데이터 패킷(Data)의 1 대 1 네트워크 전송 전달 방식이기 때문에 flow balance 의 특징을 가지고 있다. 따라서, 점대점 플로우 제어를 할 필요가 없다.[7] 기존의 end to end 방식이 아닌 hop by hop 방식으로 동작하는 CCN 은 [1][5] 사용자가 Interest 패킷을 보내면 데이터를 가지고 있는 네트워크에 있는 노드에서 해당 Data 패킷을 전송하게 되고 중간 CCN 노드의 캐쉬를 거쳐 사용자에게 패킷이 전달되게 된다. 멀티캐스팅 방식으로 패킷을 전달하는 특징을 가지고 있는 CCN 은 데이터를 가지고 있는 노드가 작동하지 않더라도 다른 노드로 대체할 수 있는 flexibility 를 가지고 있다.[4] 같은 콘텐츠 자원이라도 다른 노드에서 수신이 가능하기 때문에 PIT 경로를 변경하면서 유기적으로 데이터를 송수신 할 수 있기

때문이다. 사용자가 요구하는 패킷의 크기가 커지게 되면 Interest 패킷 대 Data 패킷의 1:1 매칭 전송 방식이라도 데이터를 체크 단위로 나누어서 전송하게 되고 [3] 다중 소스로부터의 전송과 중간 라우터 캐쉬의 사용량 초과 등으로 혼잡제어가 필요하게 되었다.[1][2] 최근에 혼잡제어와 관련한 다양한 연구가 진행되고 있다. Hop-by-hop Interest shaping 에 기반한 새로운 혼잡제어 메커니즘을 제안한 연구 [2]와 수신자 위주의 Interest 제어 프로토콜을 제안하여 Reliability, Efficiency, Fairness 를 고려하여 Interest 윈도우와 타이머를 수정한 연구 [6], 그리고 Data downlink 의 underutilization 문제를 해결하기 위해 Interest header 의 segment index 를 사용하여 플로우를 제어한 연구 [7] 등이 있다. 본 논문에서는 CCN 노드와 송수신 노드에 타이머를 두어서 변동이 심한 대역폭을 가지는 네트워크 상태에서 혼잡을 효율적으로 제어하면서 처리량을 증가시키는 새로운 혼잡 제어방법을 제안하고자 한다.

### II. 타이머 기반 혼잡 제어 방법

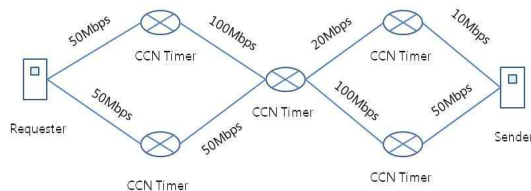
기존 TCP 처럼 end-to-end 네트워크 환경에서는 송신자가 bottleneck 대역폭을 예측해서 패킷 전송률을 조절할 필요가 있었지만 CCN 은 hop-by-hop 네트워크 통신으로 이루어지기 때문에 송신자가 bottleneck 대역폭 대신 요청한 패킷이 언제 도착할지에 관심이 더 많다. Data 패킷이 도착하게 되면 현재 대역폭에 해당하는 Interest 파이프 라인을 조정할 수 있기 때문이다. 중간 CCN 노드에서는 FIB 와 PIT entry 를 통해서 각각의 위치에서 패킷이 언제 도착했는지를 알고 이전 CCN 노드 경로에 해당 정보를 전송하게 된다. CCN 노드들은 이 정보들을 가지고 주어진 상황에 맞는 데이터 패킷 전송을 조절하게 된다. 주어진 상황에 맞는 혼잡 제어를 위해서 송신자와 중간 CCN 노드 그리고 수신자는 각각의 타이머를 사용한다. 송신자의 타이머는 Interest 패킷에 대한 Data 패킷이 일정 시간 안에

수신되는지를 확인하고 중간 CCN 노드의 타이머는 전달된 Interest 패킷에 대한 Data 패킷의 수신 시간을 확인하면서 주변 노드에서 수신한 Data 패킷의 수신 시간을 기록한다.(Stime, Rtime) 그림. 1 에서 Stime 은 Interest 패킷이 보내진 시간이며, Rtime 은 Data 패킷이 해당 CCN 노드에 수신된 시간이다. Rtime 이 너무 느리게 되면 FIB 에서는 포워딩 주소 변경을 고려한다. 이와 같이 하는 이유는 서로 다른 네트워크 대역폭으로 구성된 유무선 네트워크 환경에서 많은 대역폭을 가진 곳은 많이, 적은 대역폭과 연결된 노드에서는 적게 Data 패킷을 할당하기 위해서이다.(그림. 2) 네트워크 대역폭에 영향을 미치는 패킷은 Interest 패킷 보다는 data 패킷이 data 를 포함한 패킷이기 때문에 크기가 크고 좁은 대역폭 상황에 민감하게 대응할 수 있다. 따라서, Data 패킷 송신 노드에서는 Data 패킷에 대한 체크를 대역폭 상황이 좋으면 순서대로 지연 없이 전송하는데 만약 대역폭 상황이 좋지 않으면 순서대로 전송하면서 일정 시간 기다린 후에 전송한다. 중간 CCN 노드에서는 다양한 방향에서 오는 데이터 패킷들을 여유있게 확인하고 캐시에 저장하기 위해 캐시의 여유 용량을 유지한다.



(그림. 1) 제안된 CCN 노드의 구조

높은 대역폭과 연결되었지만 CCN 노드의 캐시 용량이 적은 경우에는 CCN 노드의 chunk 교체 시간을 빨리 설정하고 캐시 용량이 많은 경우에는 조금 느리게 설정하여 여유 캐시를 활용한다. 낮은 대역폭과 연결된 CCN 노드에서는 캐시 용량이 많은 경우 조금 느리게 설정하고 캐시 용량이 적은 경우에는 조금 빠르게 설정한다. 빨리 도착하는 data 패킷 경로에 대해서 우회 알고리즘을 적용한다. 다른 data 패킷보다 빨리 도착하는 경우에는 FIB 테이블의 Forwarding CCN 노드 주소를 변경하고 요청자에게 전송된다. 이렇게 함으로써 네트워크 활용의 균형을 유지한다.



(그림. 2) 네트워크 구성도

CCN에서는 CWND(Congestion Window)를 결정할 때에 판단 기준을 Data 패킷을 Ack 로 받는다. 이러한 논리는 [2] 논문에서 Interest 패킷의 작동 방식은 TCP ACK와 비슷하게 돌아가는 데에서 착안한 것이다. Interest 패킷 전송을 시도할 때에 요청 노드는 몇 개의 data 패킷을

받아야 하는지 알지 못한다. 따라서, 처음 Data 패킷을 수신할 때까지 요청 노드의 타이머시간을 조절하고, Data 패킷이 도착하게 되면 Interest 파이프 라인 조절을 도착한 Data 패킷의 시간과 체크의 크기를 기준으로 타이머를 설정한다. 처음 Data 패킷을 수신한 뒤에 알 수 있다. Data 패킷을 보내는 노드에서는 Interest 패킷을 보내온 전송 경로가 일정 hop 이상일 때 data chunk 전부를 보내지만 그렇지 않고 hop 의 갯수가 상대적으로 작을 경우에는 타이머를 작동하여 상황에 따라 data 패킷을 전달한다.

### III. 결론

본 논문에서는 미래 인터넷 중의 하나로 이슈되고 있는 CCN 이론을 배경으로 혼잡한 대역폭을 가지고 있는 네트워크 상황에서 시간 기반의 효율적인 혼잡 제어 방법을 제안한다. 송신자, CCN 노드 그리고 수신자에서 각 상황에 맞는 타이머를 사용하여 네트워크 사용량을 효율적으로 분산시키고자 하였다. 이와 같은 효율적인 혼잡 제어 방법을 통해서 손실률을 줄이고 처리량을 늘리고자 하였다. 이와 같은 방법으로 동작하는 혼잡 제어 방식은 네트워크의 부하와 hop 수가 많은 경우에 좋은 성능을 낼 것으로 기대한다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 KISTI 연구과제(사용자 기반 연구망 플랫폼 서비스 개발 및 적용: K-14-L01-C03-S03) 지원으로 수행되었습니다.

### 참고 문헌

- [1] Feixiong Zhang, Yanyong Zhang, and Alex Reznik, "A Transport Protocol for Content-Centric Networking with Explicit Congestion Control," in proc. IEEE ICCCN, pp. 4-7, Shanghai, Aug. 2014.
- [2] Natalya Rozhnova and Serge Fdida "An effective hop-by-hop Interest shaping mechanism for CCN communications," in proc. IEEE INFOCOM, pp. 322-327, Orlando, FL, Mar. 2012.
- [3] Stefano Salsano, Andrea Detti, and Matteo Cancellieri, "Transport-Layer Issues in Information Centric Networks," in proc. ACM, pp. 19-24, NY, USA Aug. 2012.
- [4] Sara Oueslati, James Roberts, and Nada Sbihi, "Flow-aware traffic control for a content-centric network," in proc. INFOCOM, pp. 2417-2425, Orlando, FL, Mar. 2012.
- [5] Asanga Udugame, Jinglu Cai, and Carmelita, "Adaptation and Evaluation of Widely Used TCP Flavours in CCN," in proc. MONAMI, pp. 29-44, vol. 125, Cork, Ireland, Sep. 2013.
- [6] Giovanna Carofiglio, Massimo Gallo, and Luca Muscariello, "ICP: Design and Evaluation of an Interest Control Protocol for Content-Centric Networking," in proc. IEEE INFOCOM NOMEN, Orlando, USA, Mar. 2012.
- [7] Dojun Byun, Byoung-Joon Lee, and Myeong-Wuk Jang, "Adaptive flow control via Interest aggregation in CCN," in proc. IEEE ICC, pp. 3738-3742, Budapest, Jun. 2013.