

소프트웨어 정의 네트워크 기반 정보 중심 네트워크에서 효과적인 콘텐츠 캐싱 기법

강민욱, 정윤원(*)

승실대학교

goodlookmw@gmail.com, (*)ywchung@ssu.ac.kr(교신저자)

An Efficient Content Caching Scheme in SDN-based ICN

Kang, Min Wook, Chung, Yun Won

Soongsil University

요약

최근 네트워크의 제어 기능과 데이터 전달 기능을 분리하고 중앙 집중형 소프트웨어 기반 컨트롤러를 이용해 네트워크 내 요소들을 효과적으로 제어하는 소프트웨어 정의 네트워크(SDN: software defined network) 및 IP 주소 기반 라우팅 방식을 사용하는 기존 인터넷의 단점을 극복하기 위해 콘텐츠 이름을 기반으로 한 라우팅 방식을 사용하는 정보 중심 네트워크(ICN: information centric network)의 개념을 결합한 SDN 기반 ICN에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 SDN 기반 ICN에서 자주 요청되는 콘텐츠를 빈번히 경유하는 노드에 캐싱하여 요청 노드와 공급 노드의 위치에 관계없이 신속한 콘텐츠 전달이 가능하고 특정 노드로의 트래픽 집중을 줄일 수 있는 효과적인 콘텐츠 캐싱 기법을 제안한다.

1. 서론

최근 데이터 트래픽의 급격한 증가 및 이로 인한 트래픽 부하 문제를 해결하기 위해 소프트웨어 정의 네트워크(SDN: software defined network)에 대한 관심이 증가하고 있다. SDN은 네트워크의 제어 기능과 데이터 전달 기능을 분리하고 중앙 집중형 소프트웨어 기반 컨트롤러를 이용해 네트워크 내 요소들을 효과적으로 제어하는 기술로 새로운 서비스의 신속한 구현 및 유연한 대처를 가능하게 한다[1]. 이와 더불어 IP 주소 기반 라우팅 방식을 사용하는 기존 인터넷의 단점을 극복하기 위해 콘텐츠 이름을 기반으로 한 라우팅 방식을 사용하는 정보 중심 네트워크(ICN: information centric network)에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. ICN에서는 콘텐츠를 요청하는 노드가 Interest 메시지를 전송하고 콘텐츠를 가지고 있는 노드가 Interest 메시지를 수신한 경우 요청 노드로 콘텐츠를 전송하는 방식을 사용한다. 이를 위해 각 노드에서는 콘텐츠 캐싱을 수행하는 CS(content store), Interest 메시지 처리를 수행하는 PIT(pending interest table), Interest 메시지 전달 시 참조하는 테이블인 FIB(forwarding information base)를 관리한다[2].

ICN서는 콘텐츠를 효과적으로 캐싱하는 것이 중요한 문제 중 하나이다. ICN의 캐싱 기능에서 해결해야 할 과제는 크게 캐싱 콘텐츠 선택과 캐싱 위치 선택으로 나뉜다. 캐싱 콘텐츠 선택은 노드에 캐싱해야 할 콘텐츠를 결정하는 문제로 자주 사용되는 콘텐츠가 노드에 캐싱되어 콘텐츠 요청 노드에게 서비스를 해야 하며 캐싱된 콘텐츠의 캐싱 기간 결정 및 삭제를 효율적으로 결정해야 한다. 캐싱 위치 선택은 콘텐츠를 캐싱해야 할 노드를 결정하는 문제로 적절한 노드에 콘텐츠를 캐싱하여 네트워크 내 부하 및 요청 노드로의 콘텐츠 전달 지연을 최소화해야 한다.

상기의 문제를 해결하기 위해 SDN 기반 ICN에서 콘텐츠를 요청한 횟수로 계산된 콘텐츠 popularity를 이용하여 자주 요청되는 콘텐츠를 캐싱하는 기법에 대한 연구가 진행되어 왔다. 이 연구에서는 콘텐츠의 popularity가 임계값 이상인 경우 해당 콘텐츠를 캐싱한다. 하지만 SDN의

네트워크 제어 기능을 담당하는 SDN 제어기와 데이터 전달 기능을 담당하는 SDN 스위치를 통해 동작 제어가 가능하지만 노드 정보 처리에 소모되는 자원이 크다는 문제점이 있다[3].

상기의 문제점을 해결하기 위해 [4]의 연구에서는 [3]의 기존의 집중형 SDN 스위치 대신 분산형 SDN 스위치 구조를 제안한다. 이 연구에서는 전체 지역을 여러 지역으로 나누고 지역 내 분산형 SDN 스위치를 배치하는 구조를 가정한다. 분산형 SDN 스위치는 SDN 환경에서 데이터 전달 기능을 담당하고 각각 SDN 제어기에 연결되어 ICN의 CS, PIT, FIB의 기능을 수행한다. 동일한 지역에 속하는 SDN 스위치 사이의 주기적인 정보 공유를 통해 popularity에 따른 효과적인 콘텐츠 캐싱 및 삭제를 수행한다.

기존 연구에서 제안된 popularity에 기반한 콘텐츠 캐싱 기법에서는 요청 노드와 공급 노드의 위치 변화 시 신속한 콘텐츠 전달이 용이하지 않고 특정 노드에 트래픽이 집중되거나 동일한 콘텐츠가 불필요한 노드에 캐싱되어 네트워크 부하가 증가할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 요청 노드와 공급 노드의 위치에 관계없이 신속한 콘텐츠 전달 및 특정 노드로의 트래픽 집중 현상을 줄이기 위한 효과적인 콘텐츠 캐싱 기법을 제안한다.

III. 제안하는 캐싱 기법

본 논문에서는 자주 요청되는 콘텐츠를 빈번히 경유하는 노드에 캐싱하여 콘텐츠를 요청 노드에게 신속히 전달할 수 있는 효과적인 콘텐츠 캐싱 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 SDN 제어기의 CM(cache management)를 통해 정보 중심 네트워크의 캐싱 기능을 제어한다. CM은 콘텐츠 이름 구조에 따라 캐싱 콘텐츠 및 캐싱 위치를 결정한다. 노드가 Interest를 수신 시 CM은 식 (1)과 같이 동일한 이름 구조를 가진 콘텐츠 이름의 수 CN_{name} 를 누적하여 계산 후 SDN 제어기로 해당 정보를 전달한다.

$$CN_{name} = CN_{name} + \sum w_i \quad (1)$$

식 (1)에서 w_i 는 이름 길이에 따른 가중치로 관리자에 따라 적절한 값으로 설정이 가능하다. 콘텐츠의 이름이 /Sports/Football/인 경우 /Sports는 w_1 , /Sports/Football/는 w_1+w_2 의 값을 갖는다. 임의의 노드가 /Sports/Football/League/Player/와 /Sports/Football/League/Team./인 콘텐츠 이름에 해당하는 Interest를 수신한 경우 동일한 콘텐츠 이름 구조인 /Sports/Football/League/의 가중치 $w_1+w_2+w_3$ 이 계산되고 CN_{name} 에 누적된다.

그림 1은 임의의 노드가 Interest를 수신한 경우 CM에서 CN_{name} 이 계산되는 과정을 나타낸 그림이다. 그림 1에서 노드 A가 콘텐츠 이름이 /Sports/Football/League/Team/인 Interest를 수신 시 SDN 제어기의 CM은 CN_{name} 및 노드 이름을 갱신한다. 노드 A에 전달된 Interest와 동일한 이름 구조에 해당하는 콘텐츠 이름이 없는 경우 Interest에 캐싱된 콘텐츠 이름이 CM에 기록되고 CN_{name} 은 0으로 초기화 된다. 그림 1의 경우 w_1, w_2, \dots, w_i 는 모두 1로 가정하였고 동일한 이름 구조 /Sports/Football/League/에 대한 정보가 있으므로 CN_{name} 은 식 1을 통해 이전 CN_{name} 값인 3과 이름 길이에 따른 가중치 $w_1+w_2+w_3$ 값인 3을 더한 값 6으로 갱신된다. 이후 콘텐츠를 가지고 있는 노드가 요청 노드로 콘텐츠를 보내는 과정에서 CM은 기록된 CN_{name} 을 확인하고 동일한 이름 구조를 가진 CN_{name} 이 가장 큰 노드부터 사전에 설정된 값인 k개 노드만큼 콘텐츠를 캐싱한다. 이후 요청 노드에서 동일한 이름 구조를 가진 콘텐츠를 요청하는 경우 FIB에 기록된 정보에 따라 콘텐츠가 캐싱된 노드로 Interest를 전달한다.

기존 연구에서는 요청한 횟수가 많은 콘텐츠를 캐싱하여 요청 노드 및 공급 노드의 위치에 따라 콘텐츠를 전달 받는데 걸리는 시간이 길어질 수 있고 콘텐츠가 캐싱된 노드로 트래픽이 집중될 수 있으며 동일한 콘텐츠가 여러 노드에 캐싱되어 네트워크 부하가 높아질 수 있다. 반면 제안 기법에서는 콘텐츠가 자주 공유하는 노드에 콘텐츠를 캐싱하여 요청 노드와 공급 노드의 위치에 관계없이 신속한 콘텐츠 전달이 가능하다. 또한 동일한 이름 구조로 구분하여 여러 노드에 분산된 콘텐츠를 캐싱함으로써 특정 노드에 트래픽 집중을 감소시키고 콘텐츠 캐싱 노드 수를 k로 제한함으로써 전체 네트워크 부하를 감소시킬 수 있다.

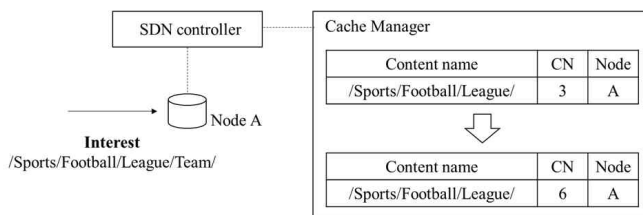


그림 1 제안 기법에서의 CN_{name} 갱신 과정

IV. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 SDN 기반 ICN에서 자주 요청되는 콘텐츠를 빈번히 공유하는 노드에 캐싱하여 요청 노드와 공급 노드의 위치에 관계없이 신속한 콘텐츠 전달이 가능하고 특정 노드로의 트래픽 집중을 줄일 수 있는 효과적인 콘텐츠 캐싱 기법을 제안하였다. SDN 제어기는 CM을 통해 자주 요청되는 콘텐츠 선택 및 동일한 이름 구조를 가진 콘텐츠가 빈번히 공유하는 노드를 선택하여 콘텐츠 캐싱을 제어하는 동작을 수행한다. 본 논문의 제안 기법을 통해 자주 요청되는 콘텐츠를 신속히 제공할 수 있을 뿐 아니

라 특정 노드에 트래픽이 집중되는 현상을 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 추후 시뮬레이션을 통해 제안 기법의 성능을 분석, 검증할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2016R1D1A1B03930299). 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2017-0-01633).

참 고 문 헌

- [1] V. G. Nguyen, A. Brunstrom, K. J. Grinnemo and J. Taheri, "SDN/NFV-Based Mobile Packet Core Network Architectures: A Survey," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 19(3), pp. 1567-1602, April 2017.
- [2] G. Xylomenos, C. N. Ververidis, V. A. Siris, N. Fotiou, C. Tsilopoulos, X. Vasilakos, K. V. Katsaros and G. C. Polyzos, "A Survey of Information-Centric Networking Research," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 16(2), pp. 1024-1049, July 2013.
- [3] R. Jmal and L. C. Fourati, "An OpenFlow architecture for managing content-centric-network (OFAM-CCN) based on popularity caching strategy," Computer Standards & Interfaces, vol. 51, pp. 22-29, March 2017.
- [4] A. Kalghoum, S. M. Gammar and L. A. Saidane, "Towards a novel cache replacement strategy for Named Data Networking based on Software Defined Networking," Computers and Electrical Engineering, pp. 1-16, December 2017.