

CCN에서 인기도 기반 효율적인 캐시 기법

이동건*, 권태욱**

국방대학교

*swsunws@naver.com, **kwontw9042@korea.kr

Efficient cache policy based on popularity in CCN

Dong-Geon Lee*, Tae-Wook Kwon**

Korea National Defense Univ.

요약

현대의 산업기술은 컴퓨터를 통한 데이터 소비에서 스마트폰, 태블릿, AI스피커 등 다양한 모바일 기기를 포함한 데이터 소비로 발달되었다. 이러한 발전은 다양한 미디어 플랫폼과 콘텐츠의 성장을 야기하여 네트워크 상 트래픽은 기하급수적으로 증가하게 된다. 하지만 현재 IP를 기반으로 한 인터넷 환경 구조에서 효율적으로 트래픽을 대응하기 어려워지고 있어 이러한 문제점을 해결하기 위해 차세대 네트워크 체계인 콘텐츠 중심 네트워크(CCN, Contents Centric Network)가 등장하여 호스트 중심이 아닌 콘텐츠 중심으로 불필요한 트래픽을 최소화할 수 있게 한다. CCN의 중간노드는 In-network Cache 기능을 통해 사용자들이 콘텐츠를 제공받기 위해 Server에 요청하는 것을 최소화하고 응답시간을 줄인다. 기존 연구에서 생성자 인기도, 생성자 거리, 참조 횟수를 통해 우선순위를 부여하여 효율적인 Cache 방법을 제안하였지만, 콘텐츠 유형을 고려하지 않고 참조 횟수를 count하여 이미지보다 동영상이 참조횟수가 조금 낮을 경우 동영상이 삭제되게 되어 네트워크 트래픽 측면과 응답시간에서 효율이 떨어지는 문제가 있음을 발견하게 되었다. 그래서 본 논문에서는 생성자와 콘텐츠 유형별 인기도를 고정, 실시간 인기도로 구분하여 네트워크 트래픽과 응답시간을 효율적으로 줄일 수 있는 캐시정책을 제안한다.

I. 서론

IT기술의 발전으로 다양한 모바일 기기의 사용이 우리의 일상속으로 들어오면서 현대의 네트워크와 인터넷은 이전과 비교할 수 없는 패킷을 주고 받는다. 특히 SNS·OTT의 발달로 콘텐츠의 양이 방대해짐에 따라 콘텐츠 수요는 기하급수적으로 증가하여 네트워크 트래픽이 증가하게 되었다. 2023년 에릭슨 모빌리티 자료에 따르면 [1] 총 데이터 트래픽은 2022년 매달 평균 97EB에서 2023년 평균 130EB로 1년 사이 34% 증가하였고 2029년에는 403EB로 증가 될 것이라 예측하고 있어 트래픽 증가문제는 더욱 가속화 될 것임이 분명하고 이에 네트워크 트래픽 과중화 문제를 해결하기 위해 CCN이 대두되었다. 기존 인터넷 네트워크 체계는 IP기반으로 정보요청자가 제공자에게 직접 데이터는 받는 End-to-End 방식으로 다수의 요청자가 다수의 요청을 동시다발적으로 하게되면 과도한 트래픽을 유발한다. 하지만 CCN은 콘텐츠 이름을 중심으로 각 노드들이 In-network Cache 기능을 통해 콘텐츠를 저장할 수 있는 CS에서 콘텐츠를 캐시한다. 이는 정보요청자들이 제공자에게 직접 데이터를 요청하는 횟수를 최소화하여 네트워크 트래픽을 줄이고 응답시간을 최소화하는데 도움을 준다.

CCN 캐시정책은 어떤 콘텐츠를 어떻게 관리하는지가 중요하다. 최근 연구는 생성자의 인기도, 생성자와의 거리, 참조횟수를 통해 TTL을 부여하여 CS에서 오래 캐시할 수 있는 캐시정책에 중점을 두었다. 하지만 글로벌 인터넷 데이터분석 기업인 Datareportal에 따르면 [2] 사용자들이 구매하는 디지털 콘텐츠는 영화, TV 스트리밍 서비스(31.7%), 음악스트리밍 서비스(24.2%), 음악 다운로드(19.6%)순으로 조사되었다. 이처럼 사용자들은 큰 데이터용량을 요구하는 콘텐츠를 희망하고 있어 콘텐츠의 유형을 고려하지 않을 수 없다. 따라서 본 논문은 생성자의 인기도와 콘텐츠 유형별 인기도를 고정·실시간 인기도로 구분하여 네트워크 트래픽과 응답시간을 최소화하는 캐시정책을 제안한다.

II. 관련연구

2.1. CCN(Contents Centric Network)

CCN은 ICN(Information Centric Network)에서 기초되었다. 2006년 8월 V.Jacobson에 의해 학계에 대두된 모델로 기존 IP 기반 네트워크 라우팅 방식을 콘텐츠 중심 라우팅 방식으로 변경한 것이다. 즉 기존 IP 기반 네트워크는 IP주소를 기반으로 정보요청자와 제공자를 찾았다면 CCN에서는 이름을 기반으로 콘텐츠를 찾는 것을 말한다. CCN의 주요 특징으로는 캐시 매커니즘을 수행하고 기존 IP네트워크와 연동이 가능하다.

CCN의 패킷에는 Interest packet과 Data packet 두가지 형태의 패킷이 있다. Interest packet은 정보를 요청하기 위해 요청자가 보내는 패킷이고 Data packet은 정보를 제공하기 위해 제공자가 보내는 패킷이다. 두 패킷의 구조는 콘텐츠 이름을 가지고 있어 기존 IP기반 네트워크에서 송·수신자의 주소를 주고받는 것과 차이를 보인다. [3].

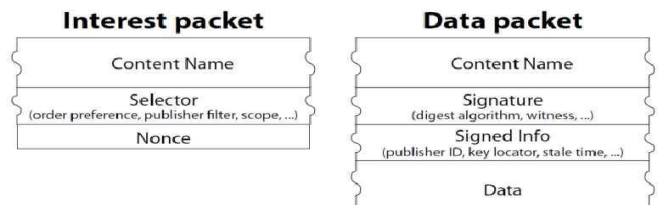


그림 1. CCN모델 패킷 구조

CCN 포워딩 엔진 모델은 캐시정책에 의해 수신된 콘텐츠의 저장·송신을 담당하는 CS(Content Store), Interest packet이 도착하여 정보를 요청할 때 CS에 정보가 없어 상위 노드에 정보를 요구하는 동안 요청이 들어온 Face와 콘텐츠 이름을 기억하여 Data packet을 요청자에게 송신하기 전까지 유지하는 PIT(Pending Interest Table), CS와 PIT에 정보가 없을 때 해

당 콘텐츠의 제공자가 있는 Face를 기록하여 목적지 정보를 저장하는 FIB(Forwarding Information Base)로 3가지 모듈이 있다[3].

2.2. CCN 캐시교체 정책

CCN에서 캐시교체 정책이란 CS에서 저장공간이 Full일 때 어떤 콘텐츠를 삭제하고 어떤 콘텐츠를 보유할지 판단하는 것으로 Legacy 체계에서의 캐시 교체정책을 기초로 한다. 정책의 유형은 각 라우터가 독립적으로 매커니즘을 수행하는 독립유형과 주변 라우터들과 통신 등 다양한 방법으로 협력하여 매커니즘을 수행하는 협력유형이 있다. 최근 연구에서는 이 두가지 유형이 아닌 새로운 정책들이 제안되고 있는데 LFU를 기반으로 생성자 인기도에 따라 Life Time을 차등으로 적용하는 RT-PP-LFU[4], 생성자 거리(홉 수)에 따라 차등적인 Life Time을 부여하여 캐싱하는 RRT-PD[5], 효율성과 Qos 모두 향상시키기 위해 생성자 인기도와 생성자 거리의 적절한 비율을 제시한 PD모델[6], 생성자 인기도, 생성자 거리, 참조 횟수에 따라 TTL을 차등으로 적용하는 RP-CRP[7]가 있다.

이들 연구들은 생성자에게 초점이 맞추어져 있고 콘텐츠의 유형은 고려되어 있지 않다. 이에 대응들이 근래 많이 요구하는 동영상, 음악 등 상대적으로 데이터 트래픽이 많이 유발되는 콘텐츠 유형들을 고려요소로 포함되어야 할 필요가 있다.

유형		정책
독립 (Independent)	기존	LRU, LFU, FIFO, LNC-R-W3, HLRU, LFU-Aging, WAVE, MPC, FGPC, MAGIC
	신규	Layered, LB, Partitioning, TTL-based, RUF, SLT-based
협력(Cooperative)		LCE, LCD, MCD, Prob, PBLFU, PBLRU

표 1. CCN 캐시 교체정책

III. 제안 캐시정책

3.1. 제안하는 정책의 기본개념

제안하는 정책은 콘텐츠의 인기도를 기반으로 캐시 교체정책을 수행한다. 인기도는 콘텐츠 생성자와 콘텐츠 유형으로 구분하고 각 유형은 기본(고정) 인기도와 실시간 인기도로 구분한다. 각 인기도는 가중치를 부여하고 고정 인기도의 가중치는 실시간 인기도의 기중치보다 작게 설정하며 이들을 조합하여 최종 TTL을 산출한다.

세부 산출 매커니즘은 다음과 같다. 생성자 고정 인기도는 Datareportal 자료[2]를 기준으로 각 생성자의 가중치를 세분화해 생성자 인기도 평균의 기준치를 제공한다. 생성자 실시간 인기도는 CS내 해당 생성자 수 / CS내 전체 생성자 수로 생성자가 해당 시각에 얼마나 인기가 있는지 실시간 비율을 산출한다. 콘텐츠 유형 고정인기도는 생성자 고정 인기도와 마찬가지로 동영상, 음악, 문서, 이미지 등 각 유형별 인기도에 가중치를 두고 세분화해 콘텐츠 유형별 평균의 기준치를 제공한다. 마지막으로 콘텐츠 실시간 인기도는 해당 콘텐츠 유형 개수 / 전체 CS 콘텐츠 개수로 콘텐츠가 해당 시각에 얼마나 인기가 있는지 실시간 비율을 산출한다. 위 4가지 요소를 종합하여 최종 TTL을 산출해 CS에 저장되는 콘텐츠에 Life Time을 부여한다.

3.2. 제안하는 정책의 알고리즘

CCN 포워딩 엔진에 Interest 패킷이 도착할 경우 CS 내에 콘텐츠가 저장되어 있을 경우와 아닌 경우로 분류할 수 있다. CS내에 콘텐츠가 저장되어 있을 때는 ① Data packet을 요청face로 전송. ② 해당 콘텐츠에 TTL 재부여. ③콘텐츠의 Hit count 가산하는 절차가 수행된다. CS내에 콘텐츠가 저장

되어 있지 않을 때는 PIT 목록 기재 유무에 따라 다르다. PIT목록에 있을 때는 FIB 리스트에 face를 추가하는 것으로 절차가 종료되지만 PIT목록에 없을 때는 ① PIT, FIB에 리스트 추가. ② Interest 패킷을 호스트(상위 노드)에 요청하는 절차가 수행된다.

CCN 포워딩 엔진에 Data 패킷이 도착할 경우 ① CS 내에 콘텐츠를 저장하고 해당 콘텐츠의 TTL 부여. ②PIT와 FIB에 따라 해당 콘텐츠를 각 FIB의 Face로 전송. ③ PIT와 FIB 목록 삭제하는 절차가 수행된다. 따라서 콘텐츠유형과 생성자 인기도를 통해 차등 TTL을 부여할 수 있게 되어 가장 효율적인 캐시정책 환경을 구축하도록 할 것이다.

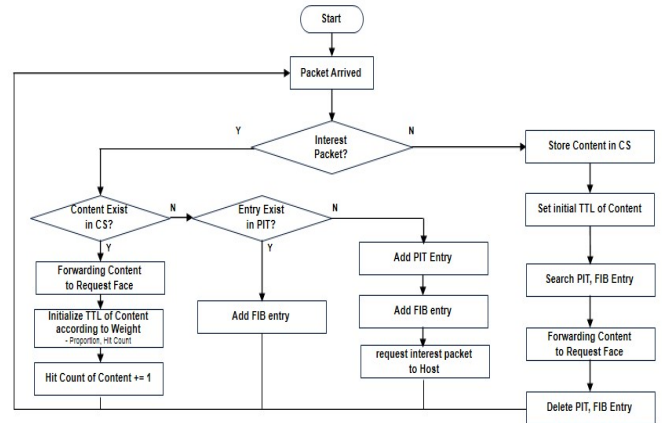


그림 2. 제안 캐시정책 Flow chart

IV. 결론

본 논문에서는 CCN에서 데이터 트래픽과 응답시간을 최소화 할 수 있을 것으로 기대되는 캐시교체정책을 제시하였다. 기존 연구들과 다르게 콘텐츠 유형의 인기도를 고려함으로써 사용자들에게 보다 효율적인 환경을 제공할 것이라 예상된다. 향후 시뮬레이션을 통해 TTL산출 간 각 인기도의 적절한 비율들을 비교 실험한 후 기존 연구 기법과 비교하여 제안한 캐시교체정책의 효율성을 입증할 것이다.

참고 문헌

- [1] Ericsson, "Ericsson Mobility Report, November." 2023
- [2] DATAREPORTAL, "DIGITAL 2023: GLOBAL OVERVIEW REPORT." 2023
- [3] V. Jacobson et. al, "Networking Named Content." A C M CoNEXT'2009, Dec. 2009
- [4] J. Choi and T. Kwon, "Real-time Producer Popularity based Cahce Replacement Policy in Content Centric Network." J. The Korea Institute of Electronic Communication Sciences vol.16, no.6 2021.
- [5] K. Kim and T. Kwon, "Cache Policy based on Producer Distanceto Reduce Response Time in CCN." J. The Korea Institute of Electronic Communication Sciences vol.16, no.6 2021.
- [6] J.Min and T.Kwon, "A Cache Policy Based on Producer Popularity-Distance in CCN." J. The Korea Institute of Electronic Communication Sciences vol.17, no.5 2022.
- [7] M.Seo and T.Kwon, "A Real-time Popularity-Based Efficient Cache Replacement Policy in Content Centric Network." Korea National Defense University, 2023. (in Korean)