

콘텐츠 중심 네트워킹에서 공간적 지역성 기반 캐시 크기 할당 기법

이진원^o, 홍충선*
경희대학교 컴퓨터공학과
{notwonz, cshong}@khu.ac.kr

Spatial Locality based Cache Size Allocation in Content-Centric Networking

Jinwon Lee^o, ChoongSeon Hong*
Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

콘텐츠 중심 네트워킹(Content-Centric Networking, CCN)은 기존의 TCP/IP 통신이 가지는 문제점을 해결할 수 있는 새로운 미래 네트워크이다. CCN의 가장 큰 특징은 IP 주소가 아닌 원하는 콘텐츠의 이름을 사용하여 통신한다는 점과 노드마다 Content Store라는 캐시를 가지고 있어서 반복적으로 요청되는 콘텐츠를 저장하여 사용자의 콘텐츠 요청을 빠르게 처리할 수 있다는 점이다. 이전 연구에서는 하나의 캐시를 파일 확장자를 기준으로 4종류의 캐시로 나누었다. 본 논문에서는 각 캐시의 크기를 지역성 이론을 바탕으로 할당하는 방법을 제안하며 시뮬레이션을 통해 이전 연구보다 캐시 적중률을 향상됨을 확인하였다.

1. 서 론

최근 다수의 인터넷 사용자는 Youtube, Twitter, Facebook과 같은 특정 유명 웹사이트의 같은 서비스 및 콘텐츠를 요구하는 특징을 가지게 되었다. 하지만 현재 사용하는 TCP/IP 통신은 다수의 사용자가 같은 콘텐츠를 얻기 위해 하나의 IP주소에 접근해야 하고 이는 콘텐츠 제공자 관점에서 트래픽 부하와 불필요한 위치탐색, 반복 전송 등의 문제점들을 발생시킬 수 있다. 따라서 새로운 네트워크 구조의 필요성이 대두하였고 콘텐츠 중심 네트워킹(Content-Centric Networking, CCN)이 제안되었다 [1].

CCN의 특징은 IP주소 대신 콘텐츠의 이름을 사용하여 통신하는 것과 콘텐츠 제공자와 사용자 사이에 존재하는 라우터들이 지나가¹⁾는 모든 콘텐츠를 저장할 수 있는 캐시인 Content Store(이하 CS)를 지원하는 것이다. CS의 존재로, 사용자들은 자주 요청하는 콘텐츠들을 가까운 라우터에서 획득할 수 있고 전체 네트워크 관점에서는 TCP/IP 통신의 병목현상과 같은 문제점을 해결할 수 있

게 되었다. 기존 CCN의 캐시 관리정책에서는 CS에서 콘텐츠를 탐색하거나 교체할 때 각 콘텐츠를 구분하지 않으며 하나의 CS에서 일괄적으로 처리한다. 콘텐츠를 탐색할 때는 차례대로 탐색하기 때문에 상대적으로 콘텐츠 리스트에 후방에 위치하는 콘텐츠는 전방에 위치하는 콘텐츠보다 탐색 시간이 길어지는 문제점이 있으며 콘텐츠를 교체할 때는 용량이 큰 콘텐츠와 용량이 작은 콘텐츠 간 교체가 이루어질 수 있으므로 공정한 콘텐츠 교체를 보장하지 않는다. 이를 해결하기 위해 이전의 연구에서는 파일 확장자를 바탕으로 CS를 나누고, 콘텐츠를 탐색하거나 교체할 때 확장자에 맞는 CS에서 처리하여 탐색의 지연을 줄이고 공정한 콘텐츠 교체를 이룰 수 있는 CS 구조를 제안하였다[2]. 본 논문에서는 이전 연구에서 나아가, 네트워크상의 CCN 노드에서 파일 확장자를 바탕으로 나눈 CS의 크기를 모두 같게 할당하지 않고 네트워크별 사용자의 수요에 맞게 각각 다르게 할당하기 위해 공간적 지역성 이론을 사용하는 기법을 제안한다.

2. 관련연구

2.1 콘텐츠 중심 네트워킹(CCN)

TCP/IP 통신은 IP 주소를 사용하여 콘텐츠를 획득하지만 CCN에서는 콘텐츠에 식별 가능한 고유한 이름을 부

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신 기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2013-0-00409, CCN 기반의 다차원 scalability를 활용한 5G 이동통신 기술 연구개발)
*Dr. CS Hong is the corresponding author.

여하여 사용자는 해당하는 콘텐츠 이름을 사용하여 콘텐츠를 획득한다. 또한, CCN 노드는 Content Store라는 캐시를 지원하여 사용자에게 반복적으로 요청되는 콘텐츠를 저장해 콘텐츠 제공자에 접근하지 않아도 중간 노드에서 콘텐츠를 빠르게 획득할 수 있다는 장점이 있다.

2.2 파일확장자 인지 캐싱 구조

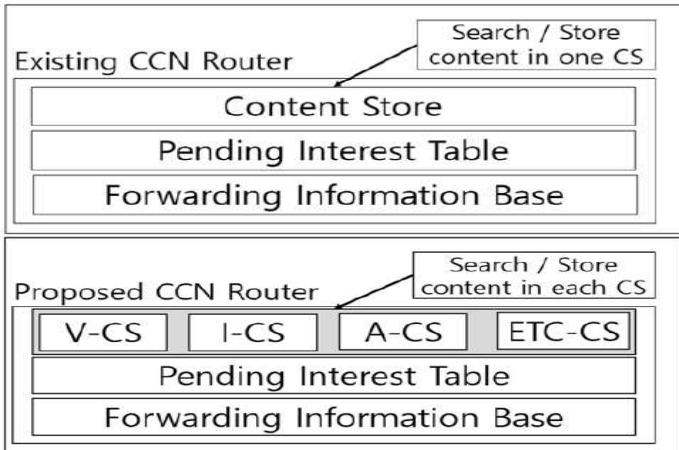


그림 1. 기존 CCN과 이전 연구에서 제안한 CS 비교

그림 1은 기존 CCN과 이전 연구에서 제안한 CS 구조의 비교를 나타낸다. 기존 CCN에서는 CCN 노드가 CCN Packet 수신 시 하나의 CS에서 차례대로 콘텐츠를 탐색하기 때문에 탐색 시간이 길어지고, 콘텐츠 교체 시에도 서로 다른 파일 확장자를 가진 콘텐츠 간 교체가 될 수 있으므로 불공정한 교체가 이루어진다. 따라서 캐시 교체 정책에 의해서 비디오 콘텐츠와 문서 혹은 이미지 콘텐츠가 교체된다면 기존에 비디오 콘텐츠를 요청하던 사용자의 캐시 적중률이 감소하게 된다. 이전 연구에서는 표 1에 따라 CS를 4종류로 나누어, CCN 노드가 CCN Packet 수신 시 요청하는 콘텐츠의 확장자를 식별하고 이에 맞는 CS에서 탐색 및 교체한다. 이는 공정한 콘텐츠 교체를 가능하게 하여 서로 다른 유형의 인기 있는 콘텐츠들은 지속해서 사용자의 요청을 처리할 수 있게 된다.

표 1. 이전 연구의 파일 확장자 인지 CS 구조

Video-CS	Audio-CS	Image-CS	ETC-CS
.avi	.acc	.jpg	.apk
.mp4	.mp3	.jpeg	.exe
.mpg	.wav	.png	.alz
.mpeg	.ogg	.dib	.app
.mpg	.mp2	.tiff	.pdf
.fli	.m3u	.bmp	.html
.flm	.cda	.img	.zip

2.3 지역성(Locality)

지역성이란 데이터 접근이 시간적, 혹은 공간적으로 가깝게 일어나는 것을 의미한다. 캐시가 효율적으로 동작하려면, 캐시에 저장할 데이터가 지역성을 가져야 한다. 특정 데이터가 한번 접근되었을 경우, 가까운 미래에도 한 번 데이터에 접근할 가능성이 큰 것을 시간적 지역성이라고 한다. 특정 데이터와 가까운 주소가 순서대로 접근되었을 경우를 공간적 지역성이라고 한다. CPU 캐시나 디스크 캐시의 경우 한 메모리 주소에 접근할 때 그 주소뿐 아니라 해당 블록을 전부 캐시에 가져오게 된다. 이때 메모리 주소를 오름차순이나 내림차순으로 접근한다면, 캐시에 이미 저장된 같은 블록의 데이터에 접근하게 되므로 캐시의 효율성이 크게 향상된다[3].

3. 제안사항

이전 연구에서는 4종류의 CS를 1:1:1:1의 같은 크기로 할당하였다. 하지만 각 네트워크의 특성상 주로 요청하는 콘텐츠의 종류는 다르다[4]. 예를 들어, 회사, 학교, 고속도로 등에서 주로 요청하는 콘텐츠들은 모두 다르다. 따라서 본 논문에서는 각 CCN 노드에서 가지는 4종류의 CS를 공간적 지역성을 바탕으로 네트워크별 사용자 수요에 맞게 각각 다르게 할당하는 기법을 제안한다.

수식 1은 각 네트워크별 각 CS에 대한 사용자의 요청 횟수를 계산하는 방법을 나타낸다.

$$Ratio_i = \frac{R_i}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} \quad (1)$$

수식 1에 따라서 각 CCN 노드의 4종류 CS들은 각각 다르게 크기가 할당된다. 이는 그림 2처럼 회사, 학교, 고속도로 등의 각기 다른 네트워크 특성을 반영하여 캐시 크기를 할당할 수 있도록 해 각 네트워크 사용자의 캐시 적중률과 전체 네트워크 사용자의 캐시 적중률을 향상할 수 있다.

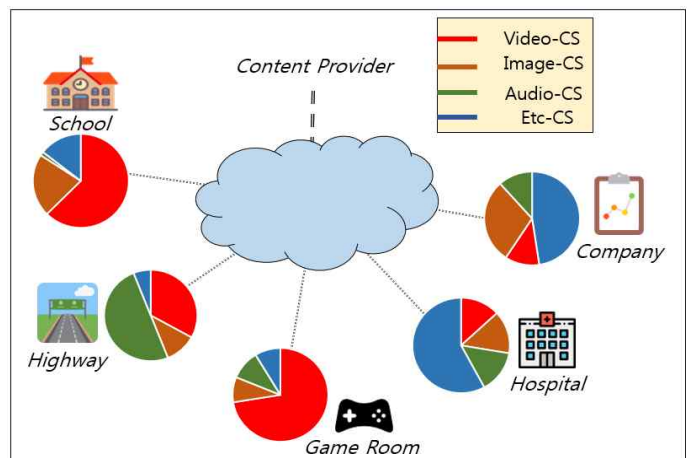


그림 2. 제안 사항이 반영된 CCN

4. 성능평가

4.1 시뮬레이션 환경

제안하는 기법의 시뮬레이션을 위해 리눅스 기반의 CCN 시뮬레이터인 ccnSim(0.3 Version)을 사용하였다. 4개의 콘텐츠 제공자와 그림 2와 같은 5개의 CCN Edge 노드, 그리고 각 노드에는 20명의 사용자가 연결되어 네트워크를 구성하였다. 각 콘텐츠 제공자는 200개의 콘텐츠를 가지고 있으며 각 사용자는 Zipf distribution 분포로 무작위로 콘텐츠를 요청한다. 하지만 네트워크별 특성을 나타내기 위해 각 네트워크에 속한 사용자들은 특정 콘텐츠를 주로 요청하도록 설정하였다. 예를 들어, 병원, 회사의 사용자들은 문서 콘텐츠를 주로 요청한다. Packet Forwarding Strategy, 캐시 교체 정책, 캐시 결정 알고리즘은 각각 NRR1(Nearest Neighbor Routing), LRU(Least Recently Used), LCE(Leave Copy Everywhere)을 적용하여 시뮬레이션하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

그림 3, 4는 Zipf Parameter 값(0.8, 1.2)에 따라 캐시 크기가 전체 콘텐츠 크기에 대해 증가할 때 캐시 적중률의 변화를 보여준다. 기존의 CCN에서는 고정된 크기로 4종류의 캐시를 나뉘기 때문에 학교, 회사, 고속도로, 병원 등의 각 네트워크 특성을 반영하지 않았다. 하지만 본 논문에서 제안하는 공간적 지역성에 따른 캐시 크기 할당 기법은 각 네트워크별 주로 요청하는 콘텐츠에 따라 4종류의 캐시 크기를 각각 다르게 할당하였기 때문에 각 네트워크 특성을 반영할 수 있었으며 이전의 연구보다 사용자의 캐시 적중률이 향상됨을 알 수 있었다.

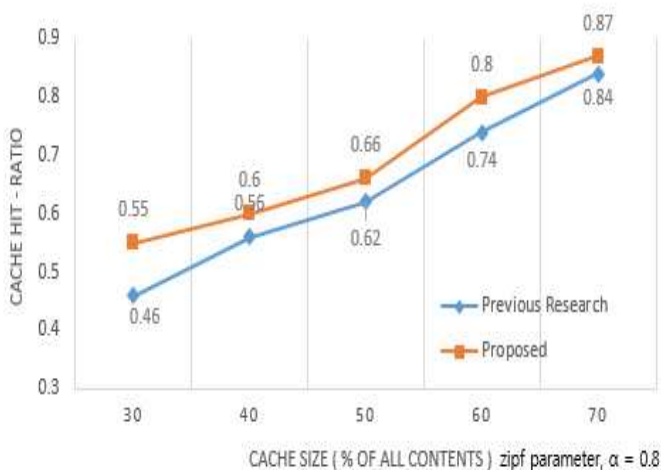


그림 3. 이전 연구와 본 논문의 캐시 적중률 비교 (Zipf parameter = 0.8)

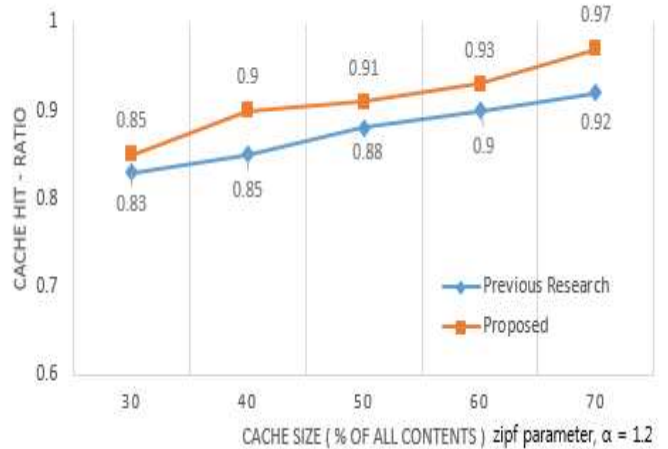


그림 4. 이전 연구와 본 논문의 캐시 적중률 비교 (Zipf parameter = 1.2)

5. 결론 및 향후 연구

콘텐츠 중심 네트워킹(Content-Centric Networking)은 기존의 TCP/IP 통신에서 발생할 수 있는 문제점을 해결할 수 있는 새로운 네트워크로 제안되었다. 이전 연구에서는 CCN 노드에서 하나의 캐시를 파일 확장자를 기준으로 4종류의 캐시로 나누었다. 본 논문에서는 4종류의 캐시들의 크기를 네트워크별 공간적 지역성을 바탕으로 각각 다르게 할당하는 방법을 제안하여 이전 연구보다 캐시 적중률의 향상을 확인하였다. 향후 연구는 본 논문에서 제안한 기법을 시뮬레이터가 생산한 데이터가 아닌 실제 트래픽 데이터로 검증하여 본 연구의 타당성을 증명할 것이다.

참고 문헌

[1] Van Jacobson, et al. "Networking Named Content", ACM CoNEXT 2009, pp. 1-12, Dec. 2009.
 [2] Jin Won Lee, Choong Seon Hong, "Filename-Extension Aware Caching Architecture for Enhancing Cache Hit Ratio in Content Centric Networking," 2016 한국정보과학회 동계학술발표회, pp. 977-979, Dec. 2016.
 [3] <https://ko.wikipedia.org/wiki/cache>
 [4] O. Shoukry, M. Abd ElMohsen, J. Tadrous, H. El Gamil, T. ElBatt, N. Wanas, "Proactive Scheduling for Content Pre-fetching in Mobile Networks," IEEE International Conference on Communications, pp. 2848-2854, IEE E, 2014.