

# 정보 중심의 네트워크에서의 ISP 친화적인 캐싱 전략

이문영, 윤종순, 권태경, 최양희  
서울대학교 전기컴퓨터공학부

{mylee, jsyoon}@mmlab.snu.ac.kr, {tkkwon, yhchoi}@snu.ac.kr

## ISP Friendly Caching Strategy in Information-centric Network

Munyoung Lee, Jongsoon Yoon, Ted "Taekyoung" Kwon and Yanghee Choi  
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University.

### 요 약

동일한 콘텐츠의 중복 전송 문제처럼 현재 인터넷의 비효율성을 해결하기 위해 인터넷 아키텍처를 새롭게 설계하자는 정보 중심의 네트워크 (Information-centric networking) 연구가 전 세계적으로 활발히 진행 중에 있다. 정보 중심의 네트워크에서는 라우터의 저장공간(storage)을 이용하여 콘텐츠를 캐싱하고, 해당 콘텐츠에 대한 요청이 왔을 때 이를 전달하여 중복 전송되는 트래픽 사용량을 줄이게 된다. 하지만, 라우터의 저장공간 사이즈는 한정되어 있기 때문에 효과적인 캐싱 전략을 통해 주어진 저장 공간을 효율적으로는 사용하는 것이 중요하다. 또한, ISP 입장에서는 ISP 간 트래픽 양에 따라 중계 비용(transit cost)이 발생하므로 가능한 중계 비용을 줄이는 것이 중요한 이슈이다. 본 논문에서는 ISP 친화적인 캐싱 전략을 통해 전체 네트워크 트래픽 사용량을 줄일 뿐만 아니라, ISP 간 트래픽 감소를 통해 ISP 사이의 중계 비용도 함께 감소할 수 있는 방안을 제안한다.

### I. 서 론

현재의 인터넷 아키텍처는 종단간 통신을 목적으로 설계되었다. 하지만, 사용자들의 인터넷 사용 패턴을 분석해보면 초기의 설계 목적과는 다르게 대부분의 트래픽이 콘텐츠 획득을 위한 어플리케이션 사용 등에 집중되어 있는 것을 확인할 수 있다[1]. 이와 같은 인터넷 아키텍처와 실제 인터넷 사용 패턴의 차이는 비효율적인 콘텐츠 전달 문제를 야기하게 된다. 즉, 동일한 콘텐츠를 여러 사용자가 요청하는 경우에도 매번 콘텐츠 전달이 이뤄지기 때문에, 중복된 트래픽이 발생하게 되고, 이는 전체 인터넷에 큰 부담을 주게 된다. 동일한 콘텐츠의 중복 전송 문제와 같은 현재 인터넷의 비효율성을 해결하기 위해 인터넷 아키텍처를 새롭게 설계하자는 정보 중심의 네트워크(Information-centric networking)연구가 전 세계적으로 활발히 진행 중에 있다. 가장 대표적인 정보 중심의 네트워크 연구로는 미국 PARC 에서 제안한 콘텐츠 중심의 네트워크(Content-Centric Networking, CCN)이 있다[2].

정보 중심의 네트워크에서는 저장공간(storage)이 있는 라우터를 가정하고 있다. 따라서 라우터는 저장공간을 이용하여 콘텐츠를 캐싱할 수 있고, 해당 콘텐츠에 대한 요청이 왔을 때 이를 전달하여 중복 전송되는 트래픽 사용량을 줄이게 된다. 하지만, 라우터의 저장공간 사이즈는 한정되어 있기 때문에 효과적인 캐싱 전략을 통해 주어진 저장 공간을 효율적으로는 사용하는 것이 중요하다. 또한, 여러 ISP 사이에서 트래픽이 발생하는 경우, ISP 는 트래픽 양에 따라 중계 비용(transit cost)을 지불하게 된다. 따라서 ISP 입장에서는 가능한 중계 비용의 발생을 줄이는 수 있는 캐싱 전략을 선호하게 된다.

본 논문에서는 ISP 친화적인 캐싱 전략을 통해 전체 네트워크 트래픽 사용량을 줄일 뿐만 아니라, ISP 사이의 중계 비용(transit cost)도 함께 감소할 수 있는 방안을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 제안하는 캐싱 전략의 성능을 분석한다.

### II. 본론

#### 1. ISP 친화적인 캐싱 전략 (ISP 캐싱)

다른 ISP 로부터 전달되는 콘텐츠로 인해 트래픽이 생기는 경우에 ISP 간에는 중계 비용이 발생하게 된다. 따라서 콘텐츠가 속한 ISP 의 정보를 캐싱에 반영하여 중복되는 중계 비용을 줄이기 위해서는 먼저 콘텐츠 배포자(content publisher)에 대한 정보를 파악해야 한다. 콘텐츠 배포자가 동일한 ISP 에 속하는지를 판단하는 방법으로는 크게 두 가지가 있다.

##### A. 패킷 헤더의 필드에 표기

다른 ISP 와 인접해 있는 라우터는 다른 ISP 에서 들어오는 트래픽을 파악할 수 있다. 이 때, 라우터는 전달되는 데이터 패킷의 헤더에 다른 ISP 에서 넘어온 데이터라는 것을 표기하여 전달할 수 있다. 그러면 해당 패킷을 받은 라우터들은 이 정보를 캐싱에 활용할 수 있다.

##### B. Publisher 정보 리스트를 관리

각 ISP 는 ISP 내에 존재하는 콘텐츠 배포자의 정보를 알 수 있다. 따라서 ISP 는 ISP 내에 존재하는 각 라우터가 콘텐츠 배포자의 정보를 유지하게 할 수 있다. 이러한 방법으로 각 라우터는 전달되는 콘텐츠가 자신과 동일한 ISP 에 속하는지 정보를 파악하고, 이를 캐싱에 활용할 수 있다.

#### 2. 동작 알고리즘

저장 공간이 꽉 차있는 상태에서 새로운 콘텐츠가 들어올 때, Least Recently Used (LRU) 캐싱에서는 가장 오래된 콘텐츠를 선택하여 새로운 콘텐츠와 교체하게 된다. 반면 ISP 친화적인 캐싱에서는 다음과 같은 기준으로 교체할 콘텐츠를 선택하게 된다.

$$T^* = T_{cache} \times (a - 1) + f(cname) \times a$$

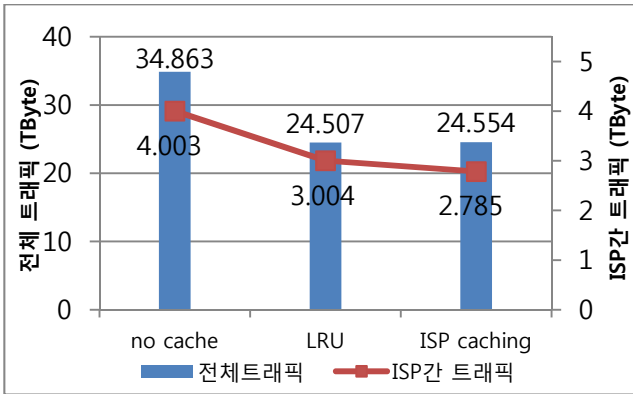


Figure 1. 캐싱 기법에 따른 트래픽 발생량

$T_{cache}$  는 콘텐츠가 저장공간에 저장된 시간이고,  $f(cname)$ 는 해당 콘텐츠가 동일한 ISP 에 속하는지에 따라서 추가로 주어지는 가중치 시간 값이다. 만약 콘텐츠가 동일한 ISP 에 속하는 경우,  $f(cname)$ 의 값은 0 이고, 다른 ISP 에 경우, 사전에 정의된 가중치 값을 가지게 된다. 즉, ISP 친화적인 캐싱에서는 저장된 콘텐츠에 대해  $T^*$  을 계산하여 가장 작은 값을 가지는 콘텐츠를 새로운 콘텐츠와 교체하게 된다. 이러한 방법을 통해 다른 ISP 에서 온 콘텐츠에 가중치를 주게 된다. 또한,  $\alpha$  값을 통해 가중치 정도를 탄력적으로 결정할 수 있다.

### 3. 시뮬레이션 환경

ISP 친화적인 캐싱의 성능을 검증하기 위해 event driven simulator 구현하고, 시뮬레이션을 수행하였다. 4 개의 ISP 와 84 개의 라우터로 이루어진 토폴로지를 GT-ITM[3]을 이용하여 생성하였고, Zipf distribution 1.0 을 따르는 콘텐츠 요청을 발생시켰다. 콘텐츠 배포자의 위치는 uniform random 하게 결정하였고, 콘텐츠의 사이즈는 1GB 로 동일하다고 가정하였다. 각 라우터의 저장공간의 크기는 10GB 로 설정하였고, CCN[2]의 동작 기법을 가정하여 LRU 캐싱과 비교를 하였다. 또한, 제안하는 캐싱 기법의 성능을 평가하기 위해 전체 네트워크에서 사용한 트래픽과 ISP 간의 트래픽 양을 측정하였다. 가중치 값  $f(cname)$ 은 1000 으로 설정하고,  $\alpha$  값을 0 에서 1 까지 변화시켰다.

### 4. 시뮬레이션 결과

#### A. 캐싱 기법과 트래픽 발생량

Figure 1 은 캐싱 기법에 따른 전체 네트워크 트래픽과 ISP 간 트래픽을 보여준다. ISP 캐싱 알고리즘의 가중치 값  $\alpha$ 는 0.9 로 설정하였다. 캐싱을 하지 않은 no cache 기법과 비교하면 캐싱을 사용하는 두 기법(LRU, ISP caching)이 전체 네트워크 트래픽이 감소되고, ISP 간 트래픽도 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 이는 캐싱을 통해 중복되는 전송이 줄어들기 때문에 전체 네트워크 트래픽과 ISP 간 트래픽 모두 감소시킬 수 있는 것이다.

또한, LRU 와 ISP 캐싱을 비교해보면 전체 네트워크 트래픽은 비슷하지만 ISP 캐싱이 더 적은 양의 ISP 간 트래픽을 발생시키는 것을 확인할 수 있다. 이는 다른 ISP 에서 받아온 콘텐츠에 가중치를 주는 캐싱 정책을 적

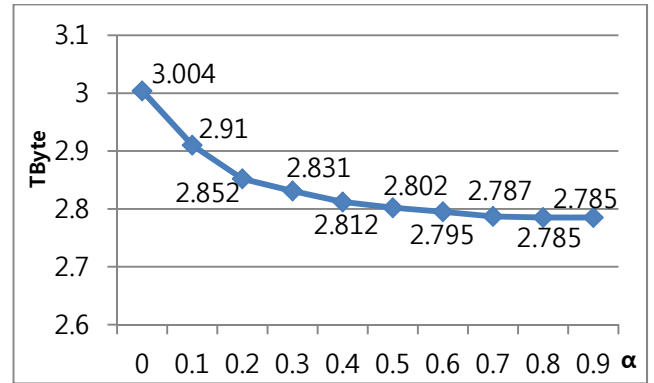


Figure 2. 가중치 변화에 따른 ISP 간 트래픽 변화

용하였기 때문에, 해당 콘텐츠가 라우터 저장 공간에 더 오랫동안 저장되어 이용될 수 있고, 따라서 ISP 간 트래픽이 더 적게 발생하게 된 것이다.

#### B. 가중치 변화에 따른 ISP 간 트래픽 변화

ISP 캐싱에서는 다른 ISP 에서 온 콘텐츠에 대한 가중치를 탄력적으로 결정할 수 있는 장점이 있다. Figure 2 는 ISP 캐싱 알고리즘의 가중치 변화에 따른 ISP 간 트래픽 변화량을 보여준다. 가중치 값이 0 일 때는 LRU 캐싱과 동일하게 동작하게 되고,  $\alpha$  값이 1 일 때는 다른 ISP 에서 온 콘텐츠 위주로 저장하게 된다. 그래프를 통해 가중치 값  $\alpha$ 가 커짐에 따라서 ISP 간 트래픽도 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 이는 가중치 값이 높일수록 다른 ISP 에서 온 콘텐츠가 라우터 저장공간에 더 오랫동안 남아서 사용되기 때문에 다른 ISP 에서 해당 콘텐츠를 받아오는 경우가 줄어들기 때문이다. 따라서 ISP 캐싱 알고리즘을 이용하면 ISP 는 가중치 값 설정을 통해 ISP 간 트래픽을 조절할 수 있고, 이로 인해 ISP 간 트래픽으로 발생하게 되는 중계 비용을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

### III. 결론

본 연구에서는 ISP 친화적인 캐싱 전략을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 성능을 살펴보았다. 제안된 ISP 캐싱 전략을 사용하면 전체 네트워크 트래픽 사용량을 줄일 뿐만 아니라, ISP 간 트래픽 감소를 통해 중계 비용(transit cost)도 함께 감소시킬 수 있다. 향후에는 본 논문에서 제안된 기법을 확장하고, 다양한 환경에서의 성능 분석 연구를 진행할 계획이다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술진흥원의 국제공동기술개발사업 지원으로 수행되었음. 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2011-2016
- [2] V. Jacobson, D. Smetters, J. Thornton, M. Plass, N. Briggs, R. Braynard, "Networking named content," Proc. ACM CoNEXT, 2009.
- [3] E. W. Zegura, K. Calvert, S. Bhattacharjee, "How to model an internet network," Proc. IEEE INFOCOM, 1996.