

콘텐츠 중심 네트워킹의 데이터 캐시 정책 비교 연구

김대엽
수원대학교 정보보호학과

A Comparison Study on Data Caching Policies of CCN

Dae-Youb Kim
Dept. of Information Security, Suwon Univ.

요 약 네트워크 성능 향상을 위하여 CDN/P2P와 같은 기술들은 이전에 사용자들 또는 프락시 시스템에 저장되어 있는 복사본을 사용하도록 설계 되었다. CCN 역시 이와 같은 기능을 구현한다. 그러나 CDN/P2P와 달리, CCN은 이와 같은 캐시 기능을 네트워크 노드에 구현하고, 네트워크 노드들이 콘텐츠 요청 메시지에 직접 응답할 수 있도록 설계 되었다. 그러므로 CCN의 성능에 가장 중요한 요소는 캐시 되는 콘텐츠와 노드를 결정하는 기술이다. 기본적으로, CCN은 콘텐츠가 전송될 때 경유하는 모든 네트워크 노드들에 해당 콘텐츠가 캐시 되도록 설계되었지만, 이와 같은 접근 방법은 중복 캐시 발생으로 인하여 매우 비효율적이라 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 다양한 캐시 운영 방법이 제안되었다. 본 논문에서는 지금까지 제안된 캐시 운영 방안들을 살펴보고, 실제 운영을 위해 필요한 효과적인 캐시 운영을 위한 핵심 요구사항들을 제안한다.

주제어 : 미래인터넷, ICN, CCN, 캐시 관리, 캐시 중복

Abstract For enhancing network efficiency, various applications/services like CDN and P2P try to utilize content which have previously been cached somewhere. Content-centric networking (CCN) also utilizes data caching functionality. However, unlike CDN/P2P, CCN implements such a function on network nodes. Then, any intermediated nodes can directly respond to request messages for cached data. Hence, it is essential which content is cached as well as which nodes cache transmitted content. Basically, CCN propose for every nodes on the path from the content publisher of transmitted object to a requester to cache the object. However, such an approach is inefficient considering the utilization of cached objects as well as the storage overhead of each node. Hence, various caching mechanisms are proposed to enhance the storage efficiency of a node. In this paper, we analyze the performance of such mechanisms and compare the characteristics of such mechanisms. Also, we analyze content utilization patterns and apply such pattern to caching mechanisms to analyze the practicalism of the caching mechanisms.

Key Words : Future Internet, ICN, CCN, Cache Management, Cache Redundancy

* This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government(MSIP) (No. B0722-16-0001, Research on a Secure Networked Caches Model for Future Internet)

Received 15 December 2016, Revised 6 January 2017

Accepted 20 February 2017, Published 28 February 2017

Corresponding Author: DaeYoub Kim(Suwon Univ.)

Email: daeyoub69@suwon.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1738-1916

www.kci.go.kr

1. 서론

인터넷은 원격 호스트들 사이의 안전한 네트워크 연결을 제공하기 위한 기술로 처음 개발되었기 때문에 이 런닝, 스마트 헬스케어와 같이 매우 다양한 서비스들과 대용량 데이터 전송과 같은 환경에 대응할 수 있도록 설계되지 않았다. 이로 인하여, 서비스 및 대용량 데이터 전송의 폭발적인 증가 때문에 발생하는 네트워크 병목현상, 인증 구조 부재와 같은 취약한 보안 구조로 인한 심각한 침해 사고, 디바이스의 빈번한 이동으로 인한 비효율성 발생과 같은 다양한 문제점들과 그 해결 방안이 전혀 고려되지 않았다 [1]. 특히, 네트워크를 이용하여 데이터를 전송/공유하는 다양한 서비스가 증가하고, 특히 클라우드 기반의 다양한 IT 서비스가 광범위하게 보급/이용됨에 따라 네트워크 전송 용량의 폭발적인 증가가 예상되고 있다. 그러나 통신 선로의 대역폭을 전체적으로 증가시키기 위해서는 매우 많은 비용이 요구되며, 물리적 대역폭 증가 속도에 비하여 데이터 전송량 증가 속도가 더 빠른 추세이기 때문에 물리적 해결책 외에 네트워크 병목 현상을 해결하기 위한 기술적 대안이 필요하다 [2,3]. 이와 같은 문제를 해결하기 위한 기술로 CDN (Content Delivery Network) 서비스와 P2P (Peer-to-Peer) 네트워킹 기술이 제안되었다. CDN/P2P는 사용자가 요청하는 콘텐츠를 원배포자(Content Provider) 뿐만 아니라 Proxy Server나 콘텐츠를 이전에 다운로드 받은 사용자와 같이 다양한 경로를 통하여 요청된 콘텐츠를 제공할 수 있도록 설계되었다 [4,5,6,7]. 그러나 CDN/P2P는 네트워크 계층 위에 오버레이로 구현되었고 특히, CDN을 활용하기 위해서는 많은 비용이 요구되기 때문에 일반 사용자들이 쉽게 이용할 수 없다. 또한, 다양한 IT 융복합 서비스의 증가는 다양한 인터넷의 문제점들을 더욱 심화시킬 것으로 예상되고 있으며, 인터넷이 갖고 있는 기본적인 취약점들은 IT 융복합 서비스의 저변확대를 방해하는 주요 요인이 될 것으로 우려되고 있다. 그러므로 이와 같은 문제들을 해결하고 인터넷을 통하여 다양한 데이터 및 정보를 보다 효과적으로 지원하기 위한 미래 인터넷 기술 연구가 다양하게 진행되고 있다 [8,9,10,11].

미래 인터넷 기술 중 하나인 정보 중심의 네트워킹 기술(Information Centric Networking)은 데이터 제공자에게 집중되는 데이터 요청 메시지를 효율적으로 분산 처

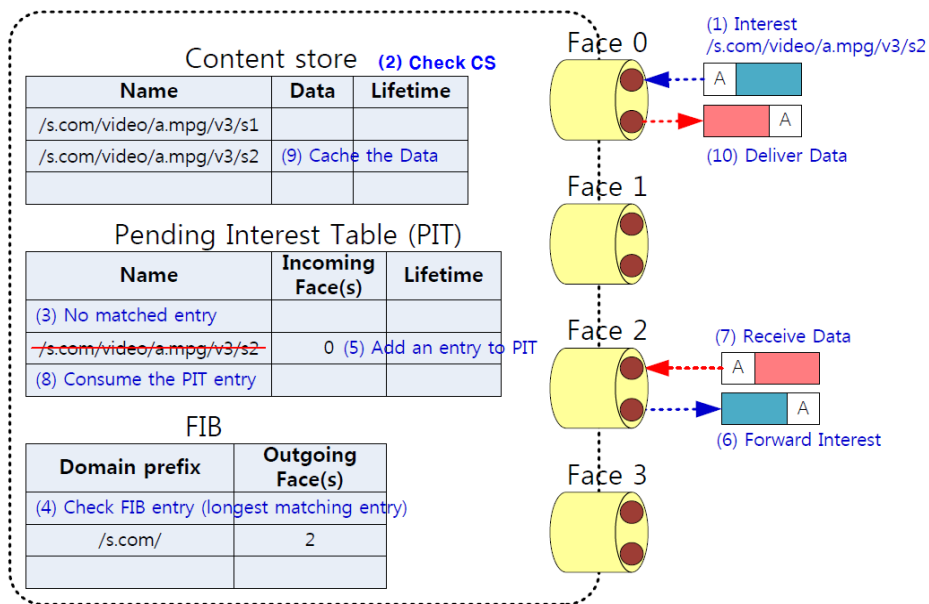
리하기 위하여 멀티미디어 프락시 서버(Multimedia Proxy Server)나 네트워크 기기 (Network Node)에 데이터를 임시 저장(Cache)한 후, 데이터 제공자(Original Content/Data Provider)를 대신하여 이들 기기들이 데이터 요청 메시지를 직접 처리하는 기술을 제공한다. 특히, ICN 기술 중 하나인 콘텐츠 중심 네트워킹 (Content-Centric Networking, CCN)은 데이터의 계층화된 고유 이름에 기반 한 패킷 전송과 네트워크 기기에 데이터 캐시 기능을 구현하여 효과적으로 데이터를 전송할 수 있도록 설계되었다 [9,10,11]. 기본적으로 네트워크의 효율성을 높이기 위하여 네트워크 노드에 저장된 데이터를 이용하고 있기 때문에, 캐시 되는 데이터의 종류와 데이터를 캐시 하는 네트워크 노드의 네트워크 토폴로지 상에서 위치가 CCN의 성능에 매우 큰 영향을 미친다.

본 논문에서는 데이터의 이용 빈도를 기반으로 데이터를 캐시 할 노드를 선택/운영하는 CCN 데이터 캐시 정책들을 살펴보고, 콘텐츠의 이용 패턴 분석 결과를 반영하여 지금까지 제안된 캐시 정책들의 효율성을 비교 관찰한다. 또한, 보다 효율적인 캐시 정책 수립을 위해 고려해야 할 기술 요소들을 살펴본다.

2. 콘텐츠 중심 네트워킹

CCN은 데이터의 고유 이름 기반의 패킷 포워딩 기능, 중간 네트워크 노드에서의 데이터 캐시 및 포워딩 기능, 그리고 전자 서명 기반의 데이터 인증 기능을 제공하여 인터넷의 문제점들을 해결하기 위해 제안되었다 [9]. CCN은 콘텐츠 요청 메시지(Interest) 전송에 의하여 네트워킹 프로세스가 진행되며, Interest에 대응되는 콘텐츠 응답 메시지(Data)는 Interest가 전송된 경로의 역경로를 따라서 사용자에게 전송된다. 이와 같은 특징을 구현하기 위하여 CCN은 다음과 같은 몇 가지 추가적인 요소들을 사용 한다:

(1) 콘텐츠 식별자: CCN은 IP 주소와 같은 호스트 식별자(Host Identity) 대신에 콘텐츠 이름을 기반으로 Interest/Data를 전송한다. Interest 전송 경로 상의 네트워크 노드들은 네트워크 계층 정보만으로 요청된 콘텐츠의 캐시 여부를 확인할 수 있어야 한다. 그러므로 네트워크 계층 정보에 콘텐츠 식별자 정보가 반드시 포함되어



[Fig. 1] CCN Interest/Data Forwarding Process

있어야 한다. 또한, 원격 호스트들 사이의 네트워크 연결을 주된 목적으로 개발된 호스트 식별자 기반의 네트워크와 달리 CCN의 주요 목적은 콘텐츠의 효과적인 전송/배포에 있기 때문에 호스트 식별자가 큰 의미를 갖지 못한다. 또한, 콘텐츠 이름을 이용하여 패킷을 라우팅할 수 있도록 콘텐츠 이름은 계층적으로 구성된다.

(2) 포워딩 정보(Forwarding Information Base, FIB) 테이블: Interest에 포함되어 있는 콘텐츠 이름을 기반으로 해당 Interest를 포워딩할 물리적/논리적 전송 인터페이스 또는 대상 (Face)을 결정할 때 필요한 정보를 제공한다. Interest를 수신한 네트워크 노드는 Interest의 콘텐츠 이름과 FIB 테이블 정보를 비교한 후 longest prefix matching 원칙에 따라 전송할 Face를 결정한다.

(3) 요청 정보 테이블 (Pending Interest Table, PIT): 수신된 Interest와 해당 Interest가 Face 정보를 기록/관리한다. Data 수신 시, 해당 Data에 대응하는 Interest의 정보를 PIT에서 획득한 후, 기록된 Face를 통하여 사용자들에게 전송한다.

(4) 네트워크 캐시 (Content Store, CS): 네트워크 노드들은 전송 중인 Data를 노드의 CS에 임시 저장한다. CS에 저장된 Data에 대한 요청을 수신하면, 저장된 Data를 사용하여 해당 Interest에 직접 응답한다.

(5) 데이터 서명 및 검증: 전송되는 Data는 각각 처음 Data를 생성한 생성자(Publisher)의 전자 서명을 포함하고 있으며, 사용자는 이 전자 서명 값을 이용하여 Publisher와 데이터 위/변조 여부를 검증한다.

[Fig. 1]은 CCN의 Interest와 Data 처리 절차를 설명한다:

(1) 노드의 인터페이스 (Face 0)로 Interest를 수신한다.

(2) Interest에 대응하는 데이터가 CS에 저장되어 있는지 여부를 확인한다. 만약 해당 데이터가 저장되어 있다면, 해당 데이터를 Interest를 수신한 Face 0를 통하여 요청자에게 전송한 후, 수신한 Interest 처리를 완료한다.

(3) 수신한 Interest에 해당하는 기록(entry)이 PIT에 존재하는지 확인한다. 만약 대응되는 기록이 PIT 내에 존재한다면, 해당 기록에 Face 0를 추가한 후, 수신한 Interest 처리를 완료한다.

(4) PIT에 대응되는 기록이 없다면, FIB 테이블을 참조해서 Interest를 포워딩할 Face (예를 들어, Face 2)를 선택한다.

(5) PIT에 수신한 Interest를 위한 새로운 entry를 추가한다.

(6) 단계 4에서 선택된 Face 2로 수신한 Interest를 전

송한 후, 해당 Interest 처리 절차를 완료한다.

(7) 이 후, 해당 노드의 인터페이스 (Face 2)로 Data가 수신된다.

(8) 수신 된 Data에 대응하는 entry가 PIT에 존재하는 지 확인한다. 만약 대응되는 entry가 PIT에 존재하지 않으면, 수신한 Data를 폐기한 후 Data 처리 절차를 종료한다.

(9) 수신 된 Data를 노드의 CS에 저장한다.

(10) 단계 8에서 검색된 entry에 기록되어 있는 Face 들 (예를 들어, Face 0)로 Data를 전송한 후, PIT에서 대응되는 entry를 삭제한다.

3. CCN 캐시 관리 정책

3.1 캐시 관리 정책 모델

CCN은 Data의 전송 경로 상의 모든 네트워크 노드에 해당 Data를 캐시한 후, 이렇게 캐시 된 Data를 이용하여 향후에 다른 사용자들이 새롭게 생성/전송한 해당 Data에 대한 Interest를 중간 노드들이 직접 처리하게 함으로써 네트워크 성능을 향상시킨다. 또한, 전송되는 Data의 종류에 관계없이 전송되는 모든 Data를 캐시 하도록 설계되었다. 그러나 이와 같이 전송되는 모든 데이터를 경유하는 모든 중간 노드에 캐시 할 경우, 각 노드마다 데이터 캐시를 위해서 대용량 CS를 각각 관리해야 한다. 이와 같은 대용량 CS 사용은 저장 공간에 대한 오버헤드 뿐만 아니라, 많은 수의 데이터 검색으로 인하여 전체적인 응답 시간이 지연될 수 있다. 또한, 네트워크 캐시의 과도한 중복으로 인하여 대부분의 캐시가 사용되지 않는 비효율성이 발생할 수 있다.

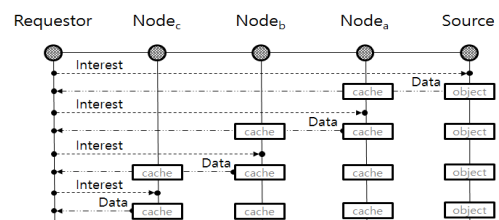
이와 같은 문제를 해결하기 위하여 중간 노드들이 확률적으로 데이터 캐시를 결정하는 정책과 데이터의 이용 빈도에 따라 캐시 노드를 선택/운영하는 정책들이 제안되었다 [12,13,14,15,16]. 확률적으로 데이터 캐시를 결정하는 정책은 다음과 같다:

(1) Copy with Probability (CwP): Data가 전송되는 전송 구간 위의 노드들이 확률 p 로 Data를 캐시 한다. 만약 확률 p 가 1이면, CwP는 CCN의 기본 캐시 정책과 동일하다. 확률 p 가 1 보다 작으면, 전송 구간 위의 노드들이 확률적으로 Data를 캐시하기 때문에 CCN의 기본 캐시에서의 중복 문제를 일부분 해소할 수 있다. 그러나 경

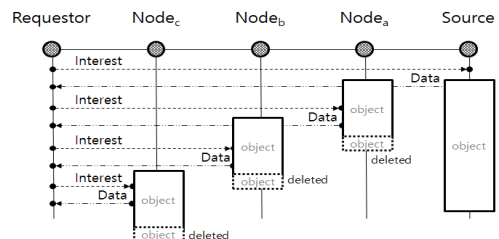
우에 따라서는 전송되는 Data가 전송 구간 위의 노드들에 전혀 캐시 되지 않을 수도 있으며, 그와 반대로 전송 구간 위의 모든 노드들에 캐시 될 수도 있다. 즉, CwP는 Data 전송이 완료되기 전에는 어떤 노드들에 Data가 캐시 될지를 예측할 수 없기 때문에 네트워크의 성능 및 저장 공간을 안정적으로 관리하기 어렵다.

(2) Randomly Copy One (RCO): Data가 전송되는 전송 구간 위의 노드들 중에서 랜덤하게 하나의 노드만을 선택하여 Data를 캐시 한다. CwP가 Data 캐시의 중복 문제를 일부 해결하더라도 여전히 중복 캐시가 발생할 수 있다. 극단적인 경우, 네트워크에 전혀 캐시 되지 않을 수 있는 반면에 RCO는 전송 구간 위의 노드 중에서 오직 하나의 노드에만 Data가 캐시 되기 때문에 중복 캐시 문제를 완전히 해결할 수 있다. 그러나 Data를 캐시 하는 노드를 랜덤하게 선택하기 때문에 캐시 할 노드를 사전에 예측하거나 지정할 수 없어 네트워크 성능을 관리하기 어렵다.

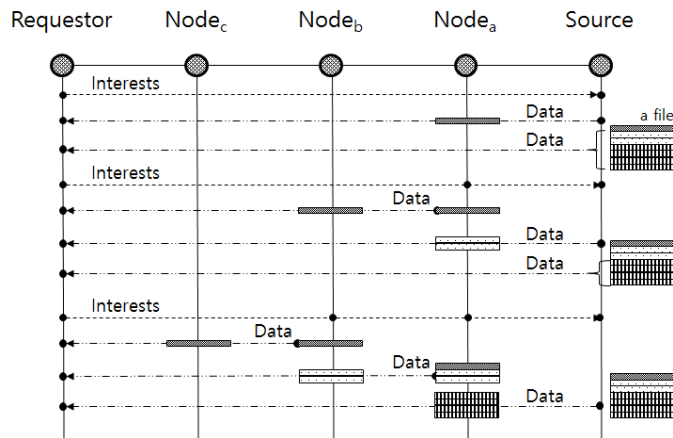
(3) Probabilistic Cache (PRC): Data가 전송되는 전송 구간 위의 노드들이 서로 다른 확률로 전송되는 Data를 캐시 한다. 즉, 전송 구간의 노드가 콘텐츠를 요청한 사용자에 가까울수록 더 높은 확률로 Data를 캐시 한다. 그러므로 PRC는 기존의 CwP/RCO와 달리 콘텐츠가 사용자의 Edge Network에 캐시 될 확률이 더 높도록 설계되었다. 그러나 여전히 확률적 접근으로 인하여 캐시 결과를 사전에 정확히 예측할 수 있다.



[Fig. 2] LCD Data Caching



[Fig. 3] MCD Data Caching



[Fig. 4] WAVE Data Caching

CwP, RCO 그리고 PRC는 전송 구간의 노드들이 전송되는 데이터를 확률적으로 캐시 하도록 설계하여 중복 캐시를 일부/전부 해결할 수 있도록 했다. 그러나 확률적으로 데이터를 캐시 할 노드를 선택하기 때문에 네트워크 성능에 많은 영향을 미치는 데이터 캐시 위치를 사전에 예측할 수 없고, 이로 인하여 네트워크 성능 및 저장 공간을 효율적으로 관리하기 어렵다는 단점이 있다. 이에 반하여, 데이터의 이용 빈도에 따라 캐시 노드를 정적으로 선택/운영하는 캐시 정책은 다음과 같다:

(4) Leave Copy Down (LCD): Data가 전송될 때, 전송 경로 위에 있는 노드들 중에서 첫 번째 노드 즉, 가장 먼저 해당 Data를 수신하는 노드만 Data를 캐시하고, 나머지 노드들은 Data를 캐시 하지 않고 전송만 한다. [Fig. 2]는 LCD의 캐시 운영 방법을 설명한다. Data를 저장하고 있는 콘텐츠 소스가 Interest를 수신한 후, 해당 Data를 전송할 때, 콘텐츠 소스와 직접 연결된 첫 번째 노드인 Node-A만 Data를 캐시 한다. 이 후, 해당 Data를 요청하는 Interest를 Node-A가 수신하면, Data가 전송되는 경로 위에 있는 노드 중에서 Node-A와 직접 연결된 Node-B만 Data를 캐시 한다. 이와 같은 캐시 정책을 구현/적용할 때, 데이터의 요청 빈도에 따라 Data를 캐시 하는 노드의 수를 점진적으로 증가시킬 수 있으며, 요청 빈도가 높은 Data의 경우 사용자의 Edge Network에 속한 노드들에 캐시 된다.

(5) Move Copy Down (MCD): LCD는 데이터의 요청률에 따라 캐시 하는 노드의 수를 점진적으로 늘려가기

때문에 Interest 전송 경로의 제일 앞단에 위치한 노드에 요청된 Data가 캐시 되어 있는 경우, 전송 경로 상에 있는 나머지 노드들에 캐시 된 Data는 사용되지 않게 된다. 즉, 많은 노드들이 사용되지 않을 캐시 Data를 계속 유지하게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 MCD는 Data의 요청 빈도에 따라 점진적으로 데이터를 캐시 하는 노드를 사용자의 Edge Network 방향으로 이동시킨다. 즉, 데이터 소스가 아닌 중간 노드의 경우, Interest를 수신한 후, CS에 저장된 캐시 Data를 전송하면, 해당 Data를 노드의 CS에서 삭제한다. [Fig. 3]은 MCD의 운영 방법을 설명한다. LCD와 같이 Node-A가 캐시하고 있는 Data에 대한 Interest를 수신하고 해당 Data가 사용자에게 전송되면, Node-A와 직접 연결된 Node-B만 Data를 캐시 한다. 이 때, Node-A는 Data를 전송한 후, CS에서 해당 Data를 삭제한다. MCD를 적용할 경우, Interest 전송 경로 위에 있는 노드들 중에서 Data를 캐시하고 있는 노드는 RCO와 같이 오직 한 개뿐이다. 그러므로 LCD와 같이 사용되지 않는 캐시 Data로 인해 발생하는 저장 공간의 낭비를 극단적으로 해결할 수 있다. 그러나 Node-A에서 데이터가 삭제된 후 Node-A가 이미 삭제된 데이터에 대한 Interest를 다시 수신하면, Node-A는 해당 Interest에 대하여 직접 응답할 수 없기 때문에 Interest를 콘텐츠 소스에게 전송해야만 한다. 이러한 경우, 네트워크 성능 저하를 초래할 수 있다.

(6) WAVE: CCN은 파일(File)을 일정 크기 이하의 여러 조각(Segment)으로 단편화 한 후, 단편화 된 각각의

segment를 단일 Data로 간주하여 처리한다. LCD/MCD는 segment 단위로 캐시 정책을 운영한다. 즉, LCD/MCD에서는 개별 segment의 요청 빈도에 따라 해당 Data의 캐시 위치가 결정된다. WAVE는 LCD와 같이 Data를 캐시 하는 노드의 수를 점진적으로 늘려 나가지만, LCD/MCD와 달리 파일의 이용 빈도를 이용하여 파일을 구성하는 Data (즉, segment) 캐시를 관리한다. 특히, 파일의 요청 빈도에 따라 캐시 하는 Data의 수를 지수 승으로 증가 시킨다. 예를 들어 [Fig. 4]에서와 같이, 파일에 대한 첫 번째 요청 Interest들을 수신하면 해당 파일의 첫 번째 segment가 캐시 되고, 해당 파일에 대한 두 번째 요청 Interest들이 수신되면 두 번째 segment와 세 번째 segment가 캐시 되고, 세 번째 요청에는 네 번째부터 일곱 번째 segment가 캐시 된다. 이와 같은 file의 요청 빈도에 따라 캐시 증가 속도를 지수 승으로 증가시키기 때문에 많이 요청되는 file의 경우, LCD/MCD 보다 빠르게 캐시 범위를 늘려 나갈 수 있다. 그러나 기본적인 캐시 정책은 LCD와 동일하기 때문에 LCD가 갖고 있는 사용되지 않는 캐시 Data로 인한 저장 공간 낭비 같은 문제점을 갖고 있다.

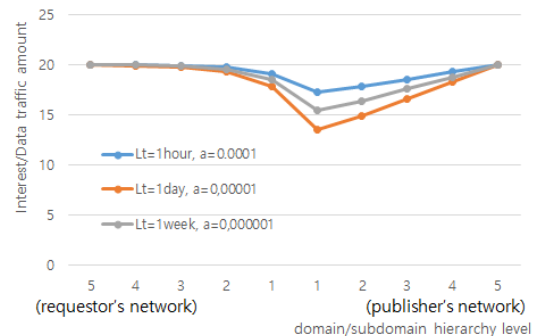
이와 같은 캐시 정책들의 공통적인 특징은 Data의 요청 빈도가 높을수록 사용자의 Edge Network의 노드에 Data를 캐시하고, 해당 Data에 대한 Interest를 사용자 Edge Network 안에서 응답 처리되게 함으로써, Core Network에서 교환되는 네트워크 패킷의 수를 효과적으로 줄일 수 있을 것으로 예상되었다. 또한, 전송되는 Data를 모두 캐시 하는 것이 아니라, Data의 요청 빈도에 따라 캐시 하는 노드의 수를 증가시키기 때문에, Data 캐시를 위한 노드의 저장 공간을 보다 효율적으로 유지/관리할 수 있을 것으로 기대되었다.

3.2 데이터 이용 패턴 분석 및 적용

2015년 Youtube의 이용 통계 자료에 의하면, 10억명 이상의 이용자가 지난 1년 동안 Youtube를 통해 비디오를 시청했고, 매일 평균 40억 개의 비디오가 시청되며, 가장 높은 누적 시청 기록은 2억 5천회 이상이다. 그러나 9개의 주요 카테고리 별 누적 평균 시청 회수를 분석할 때, 가장 많은 평균 이용 회수 기록을 갖는 범주는 Entertainment로 평균 9,816건의 시청을, 가장 적은 범주는 People and Blogs로 2,354건의 평균 시청 회수를 기록

하고 있다 [17,18,19,20]. 즉, 누적 평균을 고려할 때 대부분의 데이터들이 일반 건 이하의 시청 기록을 갖고 있다. 이는 데이터 당 평균 0.001%의 이용자들만이 시청한다는 것을 의미한다.

앞서 설명한 다양한 CCN 캐시 정책을 이용하여 네트워크의 성능을 향상시키는 결과를 얻기 위해서는 사용자가 요청한 데이터가 사용자의 Edge Network에 광범위하게 캐시 되어 있는 경우를 가정한다. 즉, 해당 데이터의 이용 빈도가 매우 높은 데이터에 대한 경우로만 한정된다. 그러나 실제 데이터의 이용 패턴을 고려할 때, 사용자의 Edge Network에 데이터가 저장 되는 경우는 전체 데이터 이용 건수를 고려할 때 매우 적을 수 있다. [Fig. 5]는 사용자와 콘텐츠 소스 네트워크에 포함된 계층화된 네트워크에 콘텐츠가 저장되었을 때 앞서 언급한 콘텐츠 이용 패턴에 따라 환경을 설정하고, 캐시의 생명 주기도 함께 고려했을 경우의 데이터 전송량을 비교한 것이다. 사용자의 Edge Network에 캐시 되는 경우와 소스에 저장된 경우의 전송량의 차이가 거의 없음을 확인할 수 있다.



[Fig. 5] Transmission Overheads

3.3 캐시 정책 설계

데이터 전송 및 저장 공간의 효율성을 향상시키기 위해 CCN의 캐시 정책을 설계할 때 데이터의 요청 빈도 외에 다음과 같은 요소들에 대한 고려가 요구된다.

(1) 데이터의 요청 빈도: 전송되는 모든 콘텐츠를 네트워크 노드들에 캐시 하는 것은 저장 공간의 비효율성이 증대 되므로, 데이터의 요청 빈도가 높은 데이터를 보다 많은, 또는 보다 적절한 노드들에 캐시 하는 것이 효과적이다. 이를 위해 전송되는 데이터의 요청 빈도를 고려하

여 캐시 정책을 수립하는 것이 필요하다.

(2) 데이터의 요청 위치 분포: 전송되는 모든 데이터가 글로벌하게 이용되는 것은 아니다. 그러므로 데이터를 요청할 위치에서 재요청이 드물게 발생하는 경우, Edge Network에 저장한 캐시 데이터의 사용 빈도가 매우 낮게 되어 효과적이지 못하다. 그러므로 캐시 할 노드를 선택할 때 데이터의 요청 위치에 대한 분포를 고려하는 것이 필요하다.

(3) 데이터의 Life Time: 전송되는 모든 데이터의 이용 시간이 동일하게 분포되는 것은 아니다. 그러므로 캐시 된 데이터의 Life Time을 일괄적으로 관리하는 것은 비효율적이다. 따라서 캐시 된 데이터의 요청빈도에 따라 데이터의 Life Time을 탄력적으로 운영하는 정책이 필요하다.

(4) 캐시 노드의 접근 빈도: 전송되는 데이터를 전송 구간 위의 모든 노드에 캐시 하는 것은 저장 공간을 고려할 때 매우 비효율적이다. Edge Network에 점진적으로 캐시 하는 것도 일반적으로 네트워크 성능 향상에 도움이 되지 않는다. 그러므로 캐시 된 데이터가 사용될 가능성이 높은 노드를 선별하여 데이터를 캐시하기 위해서 노드의 접근 빈도를 고려하는 정책이 필요하다.

(5) 캐시 노드의 CS Life Time: 일반적으로 노드들은 저장 공간의 효율적인 운영을 위하여 CS의 Life Time을 관리한다. 이와 같은 관리를 위해 노드의 위치 및 접근 빈도를 고려하여 관리 정책을 수립할 경우, 캐시 된 데이터의 이용률을 높일 수 있다.

4. 결론

CCN은 네트워크 노드에 캐시 된 데이터를 활용하여 네트워크의 효율성을 높이기 위해 제안되었다. 그러므로 어떤 데이터를 어느 위치에 캐시 하여 운영할지를 결정하는 것이 무엇보다 중요하다. 지금까지 발표된 대부분의 연구들은 사용자 노드가 위치한 Edge Network에 데이터를 캐시 하는 방안들이다. 이는 Interest를 사용자의 Edge Network 내에서 응답 처리되게 함으로써 Core Network으로 유입되는 Interest/Data의 수를 줄일 수 있을 것으로 예상했기 때문이다.

본 논문에서는 이와 같은 기법들의 성능을 평가하기

위하여 시뮬레이션을 수행하여 그 성능을 분석하였다. 성능 분석을 위하여 5개의 서로 다른 Network Domain으로 구성된 Core Network 망을 가정하고 각각의 Network Domain의 Node는 4개의 Sub-domain/node들을 갖도록 구성하여 시뮬레이션을 수행했다. 분석을 위하여 네트워크를 구성하는 각각의 노드는 16,000개의 데이터를 랜덤하게 선택/요청할 수 있도록 가정하였고, 평균 응답률은 96.7%로 설정한 후, 노드의 캐시 Life Time과 데이터들의 이용 빈도를 조정하여 네트워크 토폴로지 상의 노드의 위치에 따라 그 성능의 차이를 분석했다.

분석 결과, 본 논문은 기존 연구 결과와 같은 성능을 도출하기 위해서는 데이터 캐시 분포가 상대적으로 매우 넓은 일부 인기 데이터에 대해서만 유사한 결과 도출이 가능하고, 대부분의 데이터는 일부 Edge Network에만 캐시 되기 때문에 해당 Interest들이 여전히 Core Network로 유입될 수 있음을 지적하였다.

이와 같은 분석을 통해 문제들을 해결하기 위하여 본 논문은 데이터 요청 빈도에 따라 점진적으로 데이터 캐시 범위를 확대하는 기존 캐시 정책을 보완할 수 있도록 노드의 접근 빈도를 비롯하여 중요 고려 사항들을 제안하고, 이와 같은 고려사항들을 기반으로 데이터 캐시 여부를 결정하도록 제안했다. 또한, 네트워크 성능에 직접적인 영향을 미치는 주요 요소들을 제안했다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government(MSIP) (No. B0722-16-0001, Research on a Secure Networked Caches Model for Future Internet)

REFERENCES

- [1] D. Clark, "The Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols," ACM Sigcomm Comp. Comm. Review, Vol. 18, No. 1, pp. 106- 114, Aug. 1988.
- [2] "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015 - 2020," Cisco

- Public, February 3, 2016
- [3] "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2015 - 2020," Cisco Public, February 3, 2016
 - [4] A. K. Pathan, and R. Buyya, "A Taxonomy and Survey of Content Delivery Networks," Tech Report, Univ. of Melbourne, 2007.
 - [5] E. Meshkova, J. Riihijarvi, M. Petrova, and P. Mahonen, "A survey on resource discovery mechanisms, peer-to-peer and service discovery frameworks," Computer Networks J., vol. 52, no. 11, pp. 2097 - 2128, 2008.
 - [6] G. Han and Y. Jeong, "Communication overhead management techniques based on frequency of convergence contents using the P2P environment," Journal of Digital Convergence, vol.13, no.5, pp.245-250, 2015. 05.
 - [7] S. Yun, "The Dynamic Group Authentication for P2P based Mobile Commerce," Journal of Digital Convergence, vol.12, no.2, pp.335-341, 2014. 02.
 - [8] B. Ahlgren, C. Dannewitz, C. Imbrenda, D. Kutscher and B. Ohlmann, "A Survey of Information-Centric Networking," IEEE Communications Magazine, Vol. 50, No. 7, pp. 26-36, July 2012.
 - [9] V. Jacobson, D. Smetters, J. Thornton, M. Plass, N. Briggs and R. Braynard, "Networking Named Content," 5th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies, pp. 1-12, 2009.
 - [10] D. Kim, "Content Centric Networking Naming Scheme for Efficient Data Sharing," Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 15, No. 9, pp. 1126-1132, 2012.
 - [11] D. Kim, "Trend and Improvement for Privacy Protection of Future Internet," Journal of Digital Convergence, vol.14, no.6, pp.405-413, 2014. 06.
 - [12] I. Psaras, W. K. Chai, and G. Pavlou, "In-network cache management and resource allocation for information-centric networks," IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst., vol. 25, no. 11, pp. 2920 - 2931, 2013.
 - [13] N. Laoutaris, H. Che, and I. Stavrakakis, "The lcd interconnection of lru caches and its analysis," Perform. Eval., Vol. 63, No. 7, pp. 609 - 634, 2006.
 - [14] G. Zhang, Y. Ki, and T. Lin, "Caching in information centric networking: A survey," Computer Networks, Vol. 57, pp-3128-3141, 2013.
 - [15] M. Zhang, H. Luo, and H. Zhang, "A Survey of Caching Mechanisms in Information-Centric Networking," IEEE communication surveys & tutorials , Vol. 17, No. 3, pp. 1473-1499, 2015
 - [16] K. Cho, M. Lee, K. Park, T. Kwon, Y. Choi and S. Pack, "WAVE: Popularity-based and Collaborative In-network Caching for Content-Oriented Networks," Proceeding of IEEE INFOCOM Workshop on Emerging Design Choices in Name-Oriented Networking (NOMEN), 2012.
 - [17] Youtube Statistics (2015). <https://www.youtube.com/yt/press/en-GB/statistics.html>
 - [18] Youtube Trend Map (2015). <https://www.youtube.com/trendsmap>
 - [19] How Many Views Does A Youtube Video Get? Average Views By Category (2015). <http://www.reelseo.com/average-youtube-views/>
 - [20] X. Cheng, C. Dale, and J. Liu, "Statistics and Social Network of Youtube Videos," Proceeding of 16th International Workshop on Quality of Service (IWQoS 2008), pp. 229 - 238, 2008.

김 대 엽(Kim, Dae Youb)



- 1994년 2월 : 고려대학교 수학과(이학사)
- 1997년 2월 : 고려대학교 수학과(이학석사)
- 2000년 2월 : 고려대학교 수학과(이학박사)
- 2000년 2월 ~ 2002년 8월 : 시큐아이 정보보호연구소 차장
- 2002년 9월 ~ 2012년 2월 : 삼성전자 종합기술원 수석연구원
- 2012년 3월 ~ 현재 : 수원대학교 정보보호학과 조교수, IT 연구 소장
- 관심분야 : 콘텐츠 보안, 미래 인터넷 보안
- E-Mail : daeyoub69@suwon.ac.kr