

# Peer-Assisted CDN 에서 콘텐츠 전송 성능 분석

손세일, 엄종호, 최학수  
씨디네트웍스

e-mail : [eric31@cdnetworks.co.kr](mailto:eric31@cdnetworks.co.kr), [fyacht@cdnetworks.co.kr](mailto:fyacht@cdnetworks.co.kr), [tongtler@cdnetworks.co.kr](mailto:tongtler@cdnetworks.co.kr)

## Performance Analysis of Content Distribution in Peer-Assisted CDN

Sei-Il Son, Jong-Ho Yeom, Hak-soo Choi  
CDNetworks co., Ltd.

### 요 약

Peer-Assisted CDN 은 CDN 과 P2P 기술을 상호보완적으로 이용해서 많은 사용자들에게 효율적으로 콘텐츠를 전송한다. 본 논문에서는 Peer-Assisted CDN 과 전통적인 CDN, P2P 시스템의 성능 비교를 위한 간단한 성능 분석 모델을 제시한다. 그리고 실제 트레이스를 기초로 트래픽, 전송량, 다운로드 속도 측면에서 Peer-Assisted CDN 과 CDN 의 성능을 비교 한다. 본 논문의 결과에 따르면, Peer-Assisted CDN 이 총 업로드 용량, 다운로드 속도, 확장성 측면에서 일반 CDN 보다 우수하다.

### 1. 서론

CDN(Content Delivery Network)[1]과 P2P 시스템(Peer-to-Peer System)은 대규모 콘텐츠 전송을 위해 상호보완적으로 이용할 수 있다[2]. CDN 에서 근원 서버(origin server)의 원본 콘텐츠는 에지 서버들(edge servers)에게 복사된다. 이 복제들은 사용자 요청, 접근 빈도, 서비스 품질 등을 고려해서 인터넷 상에 전략적으로 배치된다. CDN 은 사용자의 요청을 가장 인접한 에지 서버로 전달하기 때문에 콘텐츠 접근 시간이 단축된다. 따라서 근원 서버의 부하와 네트워크의 혼잡(network congestion)을 감소되고, 콘텐츠의 가용성은 향상된다. 하지만 CDN 에는 몇 가지 단점이 있다. 첫째, 에지 서버들의 배치와 유지보수를 위해 많은 비용이 소모된다. 둘째, 에지 서버들의 처리량에도 한계가 있다. 셋째, 에지 서버들에게 단기간에 대단히 많은 요청들이 집중되면 성능이 급격히 저하된다.

P2P 시스템에서 피어들은 서버와 클라이언트 모두로 동작하며, 서로 협력해서 콘텐츠를 전송한다. 콘텐츠를 다운로드 하는 피어는 동시에 다른 피어들에게 콘텐츠를 업로드 할 수 있다. P2P 시스템에서 피어의 참여와 탈퇴는 자유로우며, 일반적으로 피어들의 수가 증가할 수록 보다 나은 성능을 보인다. P2P 시스템은 확장성, 신뢰성, 강건성, 비용 등에서 많은 장점을 가진다. 하지만 P2P 시스템은 일정한 QoS 를 제공하기에는 문제가 많다. 첫째, 피어들의 수가 충분하지 않으면, 성능이 낮다. 둘째, 백본 네트워크의 대역폭을 많이 소모한다. 셋째, 피어의 공유 자원(업로드 대역폭과 저장 공간) 이용은 제한적이다. 넷째, 피어는 서버에 비해 동작 시간이 짧다.

이전 연구[3]에서, 우리는 CDN 과 P2P 의 단점을 상호 보완하는 Peer-Assisted CDN 구현하기 위해 해결해야 하는 문제점들을 제시했다. 본 논문에서 구축된

Peer-Assisted CDN 의 성능을 실제 트레이스를 이용해서 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 절에서는 Peer-Assisted CDN 과 일반적인 CDN, P2P 시스템의 아키텍처에 대해 간단히 설명한다. 3 절에서는 성능 분석을 위한 간단한 모델을 소개한다. 4 절에서는 실 서비스의 트레이스를 기반으로 Peer-Assisted CDN 의 성능 평가 결과를 제시한다. 5 절에서 결론을 기술한다.

### 2. Peer-Assisted CDN 아키텍처

전통적인 CDN 의 아키텍처는 (그림 1)의 윗부분과 같이 클라이언트/서버 모델이다. 콘텐츠가 근원 서버로부터 에지 서버들에게 배포되었다면, 사용자의 요청은 리다이렉터(redirector)를 통해 사용자와 가장 인접한 에지 서버로 전달되어 처리되기 때문에 응답 시간을 개선할 수 있다.

현재 많이 사용되고 있는 BitTorrent[4]는 중앙 집중적인 인덱싱 모델이다. 콘텐츠는 피어들 사이에 교환되고, 트랙커(tracker)라 불리는 일종의 인덱스 서버가 어떤 콘텐츠를 어떤 피어들이 가지고 있는지 관리한다. 피어는 이 같은 인덱스를 알기 위해 트랙커(인덱스 서버)와 통신한다. P2P 시스템에서 콘텐츠 업로드 부하는 피어들로 분산되기 때문에 확장성과 강건성이 향상된다. Peer-Assisted CDN 에서 중앙 집중적이 P2P 모델을 사용하는 이유는 아키텍처가 단순하고, 중앙 제어가 가능하고, 기존 CDN 서비스와 통합이 쉽기 때문이다.

Peer-Assisted CDN 아키텍처는 (그림 1)과 같이 두 계층, CDN 계층과 P2P 계층으로 구성된다. 콘텐츠 전송은 CDN 계층과 P2P 계층 모두에서 이루어진다. CDN 의 에지 서버들은 서로 다른 IDC(Internet Data Center)에 분산 배치되고, 서비스할 콘텐츠들도 각 에

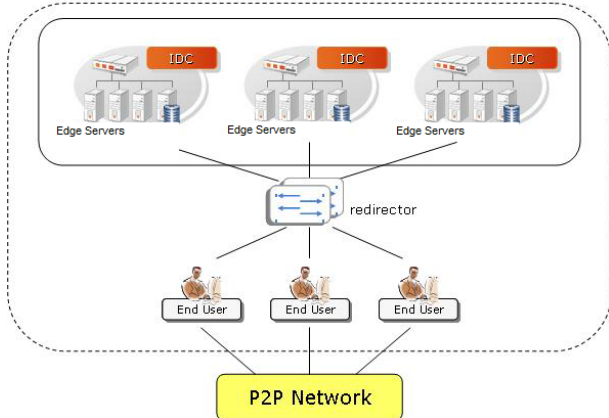
지 서버들에 복제되어 있다. 또한 P2P 시스템을 위해 소수의 인덱스 서버도 존재한다. 따라서 콘텐츠의 다운로드를 원하는 피어는 인접한 에지 서버나 다른 피어들로부터 콘텐츠를 다운로드 할 수 있다.

Peer-Assisted CDN 의 장점은 CDN 과 P2P 시스템을 상호 보완해서, 비용-효율적으로 서비스를 제공하는 것과 동시에 서비스 품질도 보장하는 것이다. 전통적인 CDN 과 비교해서, Peer-Assisted CDN 은 요청이 콘텐츠를 다운로드 중이거나 다운로드를 완료한 피어들에게도 분사되기 때문에 에지 서버들의 부하를 줄일 수 있다. 그러므로 보다 적은 수의 에지 서버들로도 대규모 사용자들에게 서비스 제공이 가능하다. 안정적인 서비스를 제공하는 에지 서버들이 존재하기 때문에, 콘텐츠를 공유하는 피어들의 수가 적은 경우에도 서비스 품질 저하나 성능 저하의 문제는 없다.

CDN 계층에서 에지 서버는 논리적인 개체로, 실질적으로는 다수의 물리적 서버들 또는 클러스터들로 구성된다. 일반적으로 CDN 에서 요청은 인접한 에지 서버를 찾아가기 위해 여러 차례 리다이렉션(redirection) 된다[2]. 이 같은 요청 라우팅은 Peer-Assisted CDN 에서도 유효하다. 또한 에지 서버들이 콘텐츠를 분산 복제하는 방법도 일반 CDN 과 동일하게 사용할 수 있다.

P2P 계층의 피어들은 물리적으로 다른 네트워크에 속하지만, 논리적으로 하나의 오버레이 네트워크(overlay network)를 구축한다. 시스템 구현에서 인덱스 서버를 이용하여 인접 피어들을 연결하는 다양한 방법들이 존재하는데[5], 이것들은 Peer-Assisted CDN 에서도 이용할 수 있다.

Traditional CDN



(그림 1) Peer-Assisted CDN 아키텍처

3. 간단한 성능 분석 모델

본 절에서는 Peer-Assisted CDN 의 성능 분석을 위해 간단한 모델을 제시한다. 서버의 업로드 대역폭을  $U_s$ , 피어의 업로드 대역폭을  $u$  라 한다. 그리고 P2P 시스템에서 피어의 총 업로드 대역폭은 피어들의 수  $n$  이 클수록 증가한다. 피어는 공유하는 콘텐츠 전부를 갖고 있지 않으며, 사용할 수 있는 저장 공간의 제약이

있는 경우도 있기 때문에 이 같은 효율성  $e$  ( $e \leq 1$ ) 이다. 실질적인 피어들의 총 업로드 대역폭  $U_p$  는 다음과 같다.

$$U_p = u \cdot n \cdot e \tag{식 1}$$

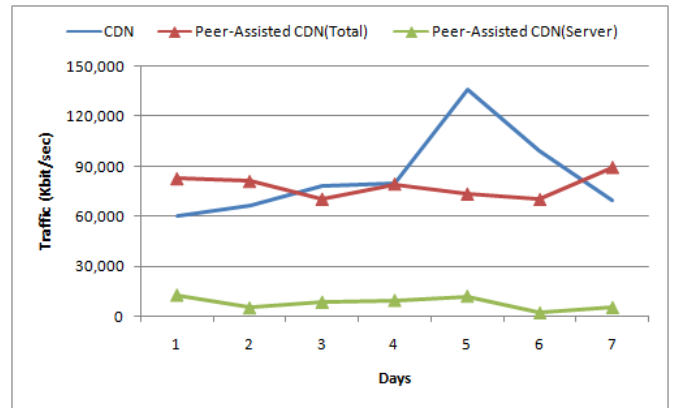
따라서 Peer-Assisted CDN 에서 기대할 수 있는 시스템의 총 업로드 대역폭은 다음과 같다.

$$U_{tot} = U_s + U_p \tag{식 2}$$

$U_s$  와  $U_p$  가 모두 0 보다 크거나 같으므로 Peer-Assisted CDN 의 총 업로드 대역폭이 CDN 이나 P2P 시스템 보다 크다.

4. 성능 평가

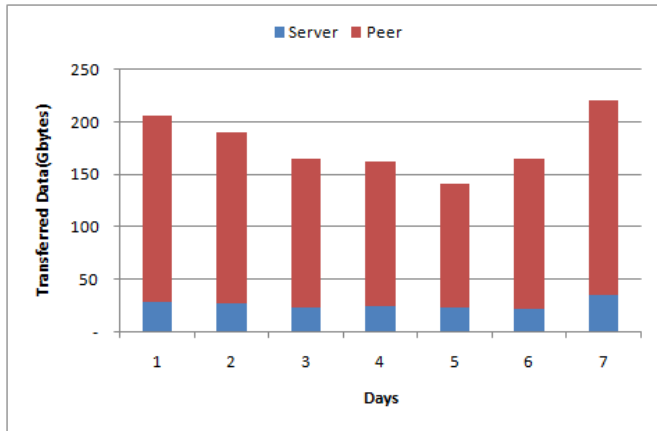
본 논문에서는 실제 트래이스를 기반으로 일반 CDN 과 Peer-Assisted CDN 의 성능을 비교한다. 트래이스를 기반으로 한 성능 평가에서 동일한 콘텐츠의 다운로드 서비스에 대해 동일한 관측 기간 동안 서로 다른 시스템을 운영할 수 없는 한계가 존재한다. 하지만 성능 평가 척도인 트래픽, 전송량, 다운로드 속도 등에 대해 의미 있는 결과를 얻을 수 있다. 먼저 2009년 1월 22일부터 1월 28일까지 일주일간은 전통적인 CDN 으로 다운로드 서비스를 제공하고, 2009년 2월 22일부터 2월 28일까지는 Peer-Assisted CDN 으로 서비스를 제공했다. 여기서 발생한 트래이스를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.



(그림 2) CDN 과 Peer-Assisted CDN 의 트래픽

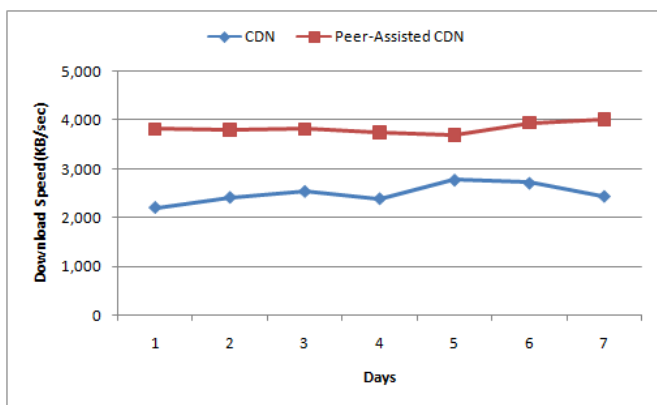
(그림 2)는 CDN 과 Peer-Assisted CDN 에서 관측 기간 동안 발생한 일자별 최대 트래픽을 보여준다. CDN 서비스에서는 발생 가능한 최대 트래픽을 충분히 감당할 수 있는 에지 서버들과 네트워크 대역폭을 준비해야만 한다. 따라서 서비스 기간 동안 일순간의 피크 트래픽(peak traffic)이 서비스를 위해 필요한 서버들의 수와 네트워크 대역폭 등을 결정한다. (그림 2)의 CDN 에서 발생한 트래픽은 모두 에지 서버들에 의해 처리된 것이다. 하지만 Peer-Assisted CDN 에서는 매우 작은 비율, 평균 10%의 트래픽만이 에지 서버들에 의

해 처리되었다. 따라서 동일한 서비스를 제공하기 위해 Peer-Assisted CDN 이 일반 CDN 보다 적은 수의 에지 서버들과 네트워크 대역폭을 필요로 한다.



(그림 3) Peer-Assisted CDN 에서 전송량

(그림 3)은 Peer-Assisted CDN 에서 일자별로 서버와 피어에서 업로드 된 데이터 양을 보여준다. 이것은 (그림 2)와는 달리 일자별로 누적된 데이터 값이다. 트래픽이 매우 짧은 기간을 기준으로 피어 또는 서버 중 어디서 얼마만큼의 업로드 트래픽이 발생했는지를 보여준다면, 전송량은 보다 긴 관측 기간 동안 피어와 서버로부터 각각 얼마만큼의 데이터가 업로드 되었는지를 보여준다. (그림 3)을 보면 평균적으로 86%의 데이터가 피어들로부터 업로드 되었음을 알 수 있다.



(그림 4) CDN 과 Peer-Assisted CDN 의 다운로드 속도

(그림 4)는 CDN 과 Peer-Assisted CDN 에서의 다운로드 속도를 보여준다. CDN 에서 사용자들의 요청은 에지 서버들의 서비스 용량을 균등하게 나누어 처리되기 때문에, 사용자들의 요청이 많아지면, 다운로드 속도는 저하된다. 하지만 Peer-Assisted CDN 에서 요청은 동일한 콘텐츠를 공유하는 피어들에게도 전달되어, 이들의 업로드 대역폭을 사용할 수 있기 때문에 요청의 수가 증가하더라도 CDN 보다는 빠르게 데이터를 업로드 할 수 있다. (그림 4)는 각 일자별 요청의 수가

다르지만, CDN 의 평균 다운로드 속도는 2.5MB/sec 이지만, Peer-Assisted CDN 의 평균 다운로드 속도는 3.8MB/sec 이었다. 따라서 Peer-Assisted CDN 이 우수한 다운로드 속도를 제공하는 것을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 Peer-Assisted CDN 의 간단한 성능 모델을 제시하고, 실제 트레이스를 기반으로 성능을 분석했다. Peer-Assisted CDN 이 전통적인 CDN 과 비교해서, 트래픽 발생에서 있어 평균 90%의 서버 부하를 감소시켰고, 전송량 측면에서는 평균 86%의 서버 부하를 줄였다. 그리고 다운로드 속도는 약 40%를 향상시켰다. 따라서 Peer-Assisted CDN 이 일반 CDN 보다 비용-효율적이면서, 보다 우수한 서비스 품질을 제공할 수 있다.

## 참고문헌

- [1] 최승락, 양철용, 이중식, “CDN 의 핵심 구성 기술들과 경향”, 정보과학회지, 20 권 9 호, pp. 5~11, 2002. 9.
- [2] C. Huang, A. Wang, J. Li, and K. W. Ross, “Understanding Hybrid CDN-P2P: Why Limelight Needs Its Own RedSwoosh”, NOSSDAV08, Braunschweig, Germany, May, 2008.
- [3] 손세일, 박정현, 정우진, 최학수 “CDN 에서 P2P 기술의 이용과 과제”, 2007 년 한국통신학회 추계 학술대회, 2007. 11. 17.
- [4] J. Pouwelse, P. Garbacki, D. Epema, “The Bittorrent P2P File Sharing System: Measurements and Analysis”, IPTPS 2005, LNCS vol. 3640, pp.205-216, 2005.
- [5] A. M. Kumar, R. Ross, K. 외, “Optimal peer selection for P2P downloading and streaming”, INFOCOM2005, vol. 3, pp. 1538- 1549, Mar. 2005.