

CDN 기반에서 QoS를 보장하는 멀티미디어 콘텐츠 전송에 관한 연구

박진홍*, 김선호**, 신용태*

*숭실대학교 컴퓨터학과

**동덕여자대학교 정보학부 컴퓨터학전공

e-mail : elzk@cherry.ssu.ac.kr

A Study of Multimedia Contents Transmission Guaranteeing QoS based on CDN(Content Delivery Network)

Jin-Hong Park*, Seon-Ho Kim**, Yong-Tae Shin*

*Dept of Computer Science, Soongsil University

**Dept of Information and Science, Dongduk Women's University

요 약

최근 인터넷의 사용자 급증과 멀티미디어 콘텐츠 전송 서비스의 지속적인 증가로 인해 네트워크 상에서 많은 정체현상이 발생하고 있다. 이러한 인터넷의 정체현상을 해결하기 위한 하나의 대안으로 CDN 이 대두되고 있다. CDN 사용자와 가까운 곳에 위치한 CDN 서버를 사용하여 콘텐츠를 전송하므로 미들마일 이라 불리는 인터넷워크상의 트래픽을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 그러나 현재 이러한 CDN에서는 대부분 Edge 서버 선택 메커니즘이 전적으로 벤더들의 정책에 의해 결정되도록 되어있어 효율적인 서버 선택 메커니즘에 대한 연구가 부진하며, 또한 데이터의 QoS 보장은 필수 불가결한 요소임에도 불구하고 이에 대한 연구가 미비한 상태이다. 본 논문은 CDN 상에서 최단 거리와 서버 로드를 고려한 최적의 Edge 서버 선택 기법을 제시하고, 멀티미디어 콘텐츠 전송의 QoS 보장을 위해 MDC(Multiple Description Code)를 이용한 다중코딩 기법을 제안한다.

1. 서론

최근 초고속 인터넷의 성장으로 인해 End User가 사용할 수 있는 대역폭이 크게 확대됨에 따라 멀티미디어 콘텐츠에 대한 요구 또한 폭발적으로 증가하게 되었다. 그러나 멀티미디어 콘텐츠는 특성상 많은 대역폭을 차지하며, 전달되는 조건이 복잡하여 특정 노드에 과중한 부하가 편중되는 현상이 발생하게 된다. 또한 가입자 망에서 콘텐츠 제공자의 웹서버에 이르는 구간인 미들마일 상에서의 전송은 멀티미디어 콘텐츠의 과다한 손상 및 지연 등이 발생하는 문제를 가진다.

CDN(Content Delivery Network)은 네트워크의 주요 지점에 전략적으로 배치된 CDN 서버를 사용

하여 사용자와 가장 가까운 서버에서 콘텐츠를 전송함으로써 미들마일 상의 많은 트래픽과 데이터 손실을 감소시켜 사용자에게 보다 빠르고 안정적인 서비스를 제공하는 기술이다. CP(Content Provider) 서버에 집중되어 있는 콘텐츠들은 미리 배치된 CDN 서버에 복사되며, 사용자의 요청이 있을 경우 사용자로부터 가장 가까운 CDN 서버에서 콘텐츠를 전송하게 된다. 이러한 CDN의 도입으로 트래픽 감소, 전송속도 향상, 콘텐츠의 손상 방지 등의 효과를 기대할 수 있으나, 스트리밍 서비스의 특성상 서비스되는 콘텐츠의 손상을 완벽하게 방지할 수는 없다.

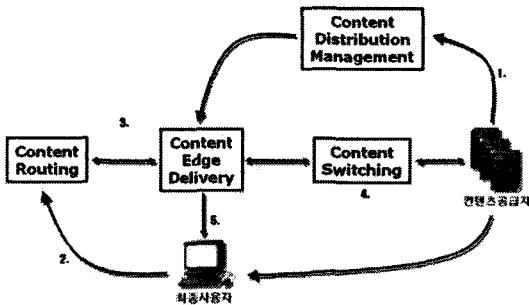
CDN 기반하에 MDC(Multiple Description Code) 다중코딩 방식을 도입하면 다중 경로로 스트림을 전송하여 에러 최소화 및 복구가 가능한 더욱 강력한

신뢰성이 보장된다. 본 논문은 CDN 기반에서 MDC 적용과 함께 최적의 Edge 서버 선택을 위해 Primary key로 홉카운트 기반의 최단 거리와 Secondary key로 서버 로드를 고려한 다중 메트릭 Edge 서버 선택 메커니즘에 대해 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 CDN(Content Delivery Network)

CDN은 네트워크의 정체현상을 대역폭 증설이나 다른 기반구조의 변형에 초점을 둔 방식이 아닌, 데이터 트래픽 즉 콘텐츠의 분산 관점에서 해결하는 시스템이다. CP는 CP서버에 집중되어있는 콘텐츠들의 복사본을 네트워크상에 전략적으로 설치된 CDN server에 Push 기술을 사용해 분산시켜, 사용자로부터 콘텐츠에 대한 요청이 발생하면 최적의 CDN 서버에서 해당 콘텐츠를 서비스 하는 방식이다. 이와 같은 CDN의 기본 동작 방식은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] CDN 기본 동작 방식

- 1) 콘텐츠의 Origin 서버는 콘텐츠의 복사본을 네트워크 에지로 복사한다.
- 2) 사용자는 특정 콘텐츠를 요청한다.
- 3) 콘텐츠 라우팅 요소는 최적의 콘텐츠 사이트를 검색한다.
- 4) 콘텐츠 스위칭 요소는 최적의 서버를 검색한다.
- 5) 콘텐츠 에지 전송 요소에 의해 최종 사용자는 콘텐츠를 제공받게 된다.

[그림 1]에서 나타난 Content Distribution & Management, Content Edge Delivery, Content Routing, Content Switching은 네트워크 서비스 상의 CDN 주요 구성요소로써 최상의 서비스를 위해 상호 연계하여 동작하고 있다.

사용자는 CDN 서비스를 사용하여 빠른 응답속도와 높은 수준의 QoS(Quality of Service)를 필요로 하는 스트리밍 미디어, 3D 이미지, VRML(Virtual Reality Modeling Language) 등의 다양한 멀티미디어 콘텐츠를 사용할 수 있게 된다. 현재 IETF(Internet Engineering Task Force)의 CDI(Content Distribution Internetworking) 워킹그룹에서는 여러 CDN 시스템의 연동 및 여러 이슈들에 대한 표준화 작업이 진행중에 있다.

2.2 서버선택 메커니즘

CDN의 성능을 좌우하는 많은 요소가 존재하지만 가장 직접적으로 영향을 미치는 요소는 최적의 서버를 선택하는 서버선택 메커니즘이라 할 수 있다. CDN 시스템이 밀들마일상의 트래픽을 효과적으로 줄였다 하여도 잘못된 서버선택 메커니즘의 적용은 불필요한 지연을 발생시킬수 있다. 최적의 서버를 선택하는 메커니즘은 전적으로 CDN 벤더들의 정책에 달려있으며, 고려할 수 있는 변수로는 Proximity, Edge 서버의 로드등을 들 수 있다. 본 연구에서는 CDN의 성능을 보장하기 위해 다양한 서버선택 메커니즘에 대해 연구하며, 이러한 서버선택 메트릭을 혼합한 최적의 서버선택 메커니즘을 제시한다.

1. Proximity Metrics
2. Server Load Metrics
3. Aggregate Metrics

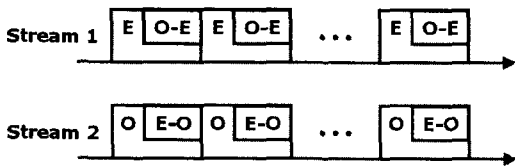
근접도 메트릭은 가까운 서버에서 서비스 해주는 개념으로 CDN의 동기와 유사한 목적을 가진 방법이다. 근접도 메트릭이 일반적으로 사용하는 메트릭은 중간 라우터의 개수, 네트워크 홉카운트, Autonomous System 홉카운트등을 들 수 있다. 최종 사용자와 가장 가까이에 위치한다고 해서 항상 최적의 서비스가 가능한 것은 아니다. 서버로드 메트릭은 콘텐츠를 서비스하는 서버의 로드상태를 기반으로 가장 적은 부하의 서버가 서비스 해 주는 개념이다. 이러한 서버로드 메트릭으로는 연결의 개수, 요청의 개수, 대기 큐의 길이, 응답시간등이 주로 사용된다.

가장 가깝고 부하가 적은 서버에서의 서비스라 하여도 사용하는 대역폭에서 혼잡이 발생하거나 극단적으로 적은 대역폭을 사용할 경우, 오히려 멀리

있으며 부하가 더 많은 서버에서의 서비스 보다 나쁜 성능을 보일 수 있다. 종합적인 메트릭은 서버 로드, 네트워크 로드, 전송 경로의 용량등을 종합적으로 고려한 메트릭으로 ICMP Ping 지연, TCP Ping 지연, TCP 요청지연, HTTP 요청지연, 다운로드 시간 및 지연, 데이터그램 RTT(Round Trip Time), 전송 대역폭, 패킷 손실을 등이 사용된다.

2.3 MDC(Multiple Description Coding)

MDC는 하나의 프레임을 여러 개의 패킷으로 분할하고 각 패킷에는 자신의 정보와 다른 패킷에 관한 부가 정보를 추가하며 전송하므로 전송도중 어느 하나의 패킷을 잃더라도 나머지를 복구할 수 있고 모두를 수신하게 되면 송신시와 똑같은 품질의 콘텐츠를 생성할 수 있는 코딩 기술이다.



[그림 2] MDC(Multiple Description Coding)

[그림 2]와 같이 하나의 스트림을 Even 샘플과 Odd 샘플로 나누어 스트림 1에는 고화질의 Even 샘플과 부가적으로 저화질의 인접한 Odd 샘플과 Even 샘플의 차이를 추가하고 스트림 2는 그 반대로 생성하는 것이다.

만약 스트림 1에서 손실이 일어난 경우 스트림 2의 정보를 가지고 고화질의 Odd 샘플과 저화질의 Even 샘플을 재생할 수 있으며 스트림 1, 2가 모두 수신된 경우 고화질의 Even 샘플과 고화질의 Odd 샘플을 재생함으로써 높은 품질의 결과를 얻을 수 있다.

이와 같은 MDC 방식은 SDC(Single Description Coding) 방식보다 스트리밍 콘텐츠의 손상에 대해 더욱 안정적인 서비스를 제공한다[6]. MDC방식에서도 콘텐츠의 손상이 발생할 수 있다. 이와 같은 경우는 두개의 경로로 전송된 스트림이 동시에 손상된 경우에만 발생하는데 그 가능성은 매우 희박하다.

기존의 CDN 네트워크에서는 미들마일 상의 트래픽을 줄이는것에만 초점이 맞춰져 있었다. 미들마일 상의 트래픽이 병목의 큰 원인이지만 잘못된 예

서버 선택 정책은 미들마일 상의 트래픽 감소 효과를 무의미하게 만들 수도 있다. 또한 에지서버에서 최종 사용자까지의 전송상의 QoS 또한 중요하게 제시되지 않고 있어서 고용량 멀티미디어 콘텐츠 전송의 QoS를 기본적으로 보장하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 최적의 서버선택 메커니즘과 QoS를 보장하는 CDN 시스템을 제안한다.

3. 제안하는 모델

대용량의 멀티미디어 콘텐츠 전송은 지연에 매우 민감하므로 이를 최소화 하는 최적의 서버를 선택하는 것이 매우 중요하다. 또한 데이터의 볼륨이 크기 때문에 높은 대역폭을 요구하며 재전송을 최소화 해야하는 특성을 갖고있기 때문에 이러한 멀티미디어 콘텐츠의 전송을 위해서 더욱 개선된 성능을 보이는 CDN 시스템의 설계가 필요하다. 본 논문에서는 첫째로, 이상적인 서버선택 메커니즘을 제안하여 전송 지연을 방지하고 둘째로, 선택된 에지서버에서 최종 사용자까지 스트리밍 콘텐츠 전송의 QoS를 보장하기 위해 MDC 다중코딩 메커니즘을 제안하여 개선된 CDN 시스템을 설계하였다.

3.1 다중 메트릭 서버선택

2.2절에서 언급된 근접도 메트릭, 서버 로드 메트릭, 종합적 메트릭은 각각 장단점을 가지며, 주어진 조건에 따라 다른 결과를 나타내기 때문에 어떠한 메트릭이 더욱 좋은 성능을 보이는지 알 수 없다[7]. 본 절에서는 두가지 메트릭을 조합하여 기존의 단일 메트릭보다 더욱 이상적인 서버 선택 메커니즘을 제안한다. 많은 메트릭중에 본 논문에서 실험적으로 선택한 메트릭은 가장 일반적이고 우수한 성능을 보이는 근접도 메트릭과 서버 로드 메트릭을 이용하였다. 제안한 다중메트릭의 기본동작은 가장 근접한 서버를 선택하되 일정수준 이상의 로드를 보이는 서버는 선택하지 않는 방식으로 동작한다.

[그림 3]은 제안한 다중 메트릭의 알고리즘을 나타낸 것으로, 본 알고리즘에서는 로드의 임계값으로 LW(Low Watermark), HW(High Watermark) 두개의 변수를 사용하였다. 동작 방식은 가장 근접한 서버의 로드가 LW를 넘지 않을 경우 서버 i 에게 request를 전송한다. 서버 로드가 LW와 HW의 사이에 있을 경우에는 HW에서 서버의 로드를 뺀 값을 HW와 LW의 차로 나눈 확률로 서버 i 에게

request를 전송한다. 또한 1에서 위의 확률값을 빼 확률로 서버 i 에게 request를 전송하지 않는다.

```

for each server  $i$ 
  if  $load(i) < LW$ 
    forward request to server  $i$ 
  if  $(load(i) > LW)$  and  $(load(i) < HW)$ 
    forward request to server  $i$ 
    with probability  $\frac{HW - load(i)}{HW - LW}$ 
    and do not forward to server  $i$ 
    with probability  $1 - \frac{HW - load(i)}{HW - LW}$ 
endfor

```

[그림 3] 다중 메트릭 알고리즘

본 알고리즘의 적용을 통해 여러 조건에 더욱 유연한 성능을 보이는 서버선택이 가능하다. 이러한 메트릭의 제안으로 단일 메트릭 사용시 보다 더욱 성능 좋은 CDN 시스템의 설계가 가능하다..

3.2 QoS 보장하는 MDC 전송

본 논문에서 제안한 MDC CDN 모델에서는 스트리밍 콘텐츠의 신뢰적인 전송을 위해 MDC 코딩 방식을 사용하였다. MDC 코딩방식은 각각 독립적인 경로를 통해 스트림을 전송하여 에러시 재전송 없이 복구할 수 있는 메커니즘이다. MDC 다중코딩을 이용하여 전송 중 에러를 재전송 없이 복구하게 하여 전송성능을 향상 시킨다. 각 코딩된 스트림이 서로 독립적이며, 스트림이 수신되면 신호를 재생하고 스트림 내에 부분적인 손상이 있더라도 나머지 부분으로 복구가 가능하다. 또한 정상적인 경우라도 추가적인 스트림이 수신되면 더욱 우수한 질의 콘텐츠 재생이 가능하다.

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 CDN상에서 효과적인 서버선택 메커니즘의 적용을 통해 CDN 시스템의 성능을 향상시키는 방안을 제시하였고, 멀티미디어 콘텐츠를 전송하는데 있어 더욱 강력한 QoS를 보장하기 위해 MDC 다중코딩에 의한 전송방식을 이용하는 전송 메커니즘을 제안하였다. 제안된 시스템의 적용으로 고용량 멀티미디어 콘텐츠의 빠르고 신뢰적인 전송

을 기대할 수 있다.

향후 제안된 서버 선택 방식에 인공지능 검색 알고리즘 및 다른 여러 메트릭을 적용하여 더욱더 안정적인 서버 검색 및 전송 서비스를 기대할 수 있으며 이러한 CDN 메커니즘을 실제 스트리밍 콘텐츠 전송에 적용하여 급증하는 고용량 고화질 멀티미디어 콘텐츠의 수요로부터 네트워크 병목현상 및 서비스되는 콘텐츠의 QoS를 효과적으로 보장할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Gang Peng, "CDN : Content Distribution Network" Jan. 2003.
- [2] Jussara M. Almeida, Derek L. Eager, Michael Ferris, and Mary K. Vernon, "Provisioning Content Distribution Networks for Streaming Media", IEEE 2002.
- [3] Thinh PQ Nguyen, Avidah Zakhori, "Distributed Video Streaming Over Internet", in Proceedings of SPIE Conference on Multimedia Computing and Networking, January 2002.
- [4] Venkata N. Padmanabhan, Helen J. Wang, Philip A. Chou, and Kunwadee Sripanidkulchai, "Distributing Streaming Media Content Using Cooperative Networking", MicroSoft Research Technical Report MSR-TR-2002-37, April 2002.
- [5] John Apostolopoulos, Tina Wong, Wai-tian, and Susie Wee, "On Multiple Description Streaming with Content Delivery Networks", IEEE INFOCOM 2002, June 2002.
- [6] John Apostolopoulos, Wai-tian, and Susie Wee, "Performance of a Multiple Description Streaming Media Content Delivery Network", In ICIP 2002, September 2002.
- [7] Michael Rabinovich, Oliver Spatscheck, "Web Caching and Replication", Addison Wesley, 2002.