

웹 객체 참조 특성 분석을 통한 웹 기반 디지털콘텐츠 전송시스템의 설계

나 윤 지*, 고 일 석**, 조 동 욱***, 유 원 종****, 곽 중 민*****

A Design of Content Delivery System with Analysis of the Web Object Reference Characteristics

Yun ji Na*, Il seok Ko**, Dong uk Cho***, Won jong Yu****, Jong min Kwak*****

요 약

웹기반의 디지털콘텐츠 전송은 웹 객체를 단위로 이루어진다. 따라서 웹기반 콘텐츠 전송의 성능을 향상시키기 위해서는 웹 객체의 참조특성 분석을 통한 반영이 필요하다. 본 연구에서는 웹 객체의 참조특성의 분석을 통해 웹 객체의 전송 효율을 향상시킨 디지털콘텐츠 전송 시스템을 설계하고 성능을 평가하였다. 제안시스템은 웹 객체의 참조특성을 반영하여, 캐싱 효율을 높임으로서 전체 시스템의 처리지연시간을 개선하는 것을 목적으로 하고 있으며 실험 결과 제안시스템의 성능이 우수함을 알 수 있었다.

Key Words : digital content, web object reference characteristics

ABSTRACT

The unit of the digital content delivery is the web object. For the improvement of the content delivery based on the web, it is required analysis of reference characteristics of the web object. In this study, we analyze reference characteristics of the web object and evaluate the performance. Using these analysis results, we propose the digital content delivery system which is improved delivery efficiency. The goal of the proposed system are the improvement of the processing time through enhancement of the caching efficiency with reflect reference characteristics of the web object. And the experiment result, we verify the performance enhancement.

1. 서 론

웹시스템의 성능을 향상시키기 위한 대부분의 연구는 네트워크 인프라의 성능을 향상시키기 위해 데이터 링크 계층 및 네트워크 계층, 그리고 트랜스포트 계층에 집중되었다. 그러나 웹 스트리밍 등의 새로운 대표적 응용 분야가 발생하고, 이에 대한 수요가 급격히 증가함에 따라 인터넷 인프라는 한계

에 이르렀다. 일반적으로 인터넷 인프라의 확충은 고비용을 요구하기 때문에 연구자들은 애플리케이션 계층에서 해결을 시도하였다. 이로 인해 나온 기술이 콘텐츠 네트워킹 기술이다[1,2]. 콘텐츠 네트워킹의 가장 대표적인 기술은 CDN(Content Delivery Network)이다[3,4]. CDN의 성능을 사용자 측면에서 개선하기 위해서는 사용자의 객체 요구에 대한 응답시간을 향상시킬 수 있어야 하며, 이러한 관점에

* 호남대학교 인터넷소프트웨어학과 (yjna@honam.ac.kr)

** 충북과학기술대학 전자상거래과 (isko@ctech.ac.kr)

*** 충북과학기술대학 정보통신과 (ducho@ctech.ac.kr)

**** 청주시문화산업진흥재단

***** 기술신용보증기금

논문번호 : KICS2004-09-236

※이 논문은 2004년 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (R05-2004-000-10272-0).

서 CDN 구성요소 중에서 웹캐싱의 성능이 가장 중요하다고 할 수 있다. 또한 웹캐싱의 성능을 향상시키기 위해서는 전송단위인 웹 객체의 참조특성을 충분히 고려할 수 있어야만 한다. 기존의 기법[1-6]의 경우 캐시자체의 성능향상에 주된 관심을 두어, 사용자 측면에서의 참조 특성을 충분히 반영할 수 없었다.

본 연구에서는 웹 객체의 참조특성을 분석하였고 또한 이 분석 결과를 통해 웹 객체의 전송 효율을 높일 수 있는 시스템을 설계하였다. 제안시스템은 CDN 환경에서 웹 객체의 참조특성을 반영함으로써, 웹 객체의 캐싱 효율을 높여 전체 시스템의 처리 지연시간을 개선하는 것을 목적으로 하고 있다. 특히 멀티미디어 웹 객체에 대한 캐싱 성능 향상을 통해 전체 시스템의 성능을 높이고자하였다.

II. 관련연구

콘텐츠 네트워킹 기술은 사용자와 보다 인접한 위치에 콘텐츠를 준비하고, 사용자에게 가장 인접한 위치의 콘텐츠로 안내함으로써 보다 고품질의 콘텐츠 서비스가 가능하도록 한다. 콘텐츠 네트워킹의 가장 대표적인 기술은 CDN(Content Delivery Network)이다[3,4]. 지금까지 많은 연구들이 콘텐츠 전송의 성능을 향상시키기 위해 대역폭 증가, 전송의 효율화에 중점을 두었지만, 콘텐츠 CDN은 네트워킹 기술을 통해 지능적으로 콘텐츠 전송의 성능을 향상시킨 것이다. CDN은 구조적으로는 디지털콘텐츠를 제공하는 근원서버(Origin Server)와 클라이언트와 근원서버 사이에 에지서버(Edge Server)를 사용한다. 에지서버는 캐싱기술[3,4]을 사용하는 캐시 서버를 사용하고 있으며, 캐시 능력은 CDN에서 클라이언트의 요청 처리 능력 및 응답시간에 결정적인 영향을 미치는 요인이다.

웹 캐시의 성능은 웹 객체의 특성을 반영하여 한정된 웹 캐시 저장 영역의 효과적인 관리에 달려있다[8,9]. 이를 위해, 자주 사용되는 웹 객체를 캐시의 저장 영역에 유지하기 위한 대체 기법에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다[5,6,7].

웹 캐싱에서 참조의 국지성과 같은 참조 특성은 시간의 흐름에 따라 가변적이며 이는 기존 캐싱 기법의 성능을 떨어뜨리는 중요한 요인이 되고 있다[10].

따라서 웹 캐시의 효율을 높이기 위해 웹 캐싱 문제는 다음과 같은 아이디어로 접근하여야 한다.

① 객체 이질성은 객체의 크기 편차와 밀접한 관

계가 있다. 따라서 이질성에 따른 객체의 구분은 크기에 따른 객체 구분을 가능하게 한다.

- ② SIZE 기법과 LRUMIN 알고리즘은 크기가 큰 객체에 의해 다수의 크기가 작은 객체가 저장 영역에서 제거되는 경우를 줄일 수 있다. 하지만 객체의 크기 편차가 큰 참조 특성에 대해서는 그 성능이 감소된다.
- ③ 객체를 크기별로 나누어 관리하면 각 영역에서 객체 크기 편차는 하나로 관리되는 것보다 줄어들게 된다. 이 경우 크기 편차의 감소로 인해 하나의 큰 크기 객체의 대체를 위해 발생하는 작은 크기 객체의 수를 줄일 수 있다.
- ④ 객체의 참조특성은 매우 가변적이다. 이에 따라 이질성의 편차 또한 가변적이다.
- ⑤ 객체적중률을 높이기 위해서는 크기가 작은 객체를 캐시의 저장 영역에 많이 저장하고 있는 것이 좋다. 하지만 크기가 큰 객체의 캐시 부재는 한꺼번에 크기가 작은 많은 수의 객체에 대한 교체가 발생하게 되고, 네트워크 트래픽을 급증하게 한다.
- ⑥ 멀티미디어 객체는 웹 객체의 이질성을 심화시키며, 멀티미디어 객체의 사용 비중이 많은 시스템인 경우 이를 위한 특별한 관리 기법을 통해 시스템의 성능을 높일 수 있다.

III. 웹 객체 참조 특성

웹 객체의 참조특성에 대한 실험을 통해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

3.1 객체 참조 빈도수 특성

그림 1은 객체의 참조 비율을 나타낸 것이며 그림 2는 객체 크기 VS. 객체 참조 빈도수를 나타낸 그래프이다. 실험에서 알 수 있듯이 크기가 작은 객체의 참조 빈도수가 높다. 이러한 관점에서 보면, 크기가 작은 객체를 캐시에 많이 저장하는 것이 객체적중률을 높일 수 있다. 전통적인 대부분의 웹 캐싱 기법들은 객체적중률을 높이기 위해 노력하고 있다.

3.2 웹 캐시 비용 측면의 특성

그림 3은 총 전송량 비율을 나타낸 것이며 그림 4는 객체크기 VS. 캐시비용을 나타낸 그래프이다. 실험에서 알 수 있듯이 크기가 큰 객체가 크기비용이 높다. 크기 비용의 증가는 네트워크 트래픽을 증가시키며, 결국 비용의 절감과, 네트워크 트래픽 감소를 위해서는 크기가 큰 객체를 캐시에서 많이 저

장하는 것이 유리하다. 이 결과는 ①객체 참조 빈도 수 특성 분석의 결과와는 반대의 관점이다. 따라서 ①객체 참조 빈도수 특성 분석 결과와 ②웹 캐시 비용 측면의 특성 분석과는 캐체적중률 VS. 비용의 트레이드오프가 발생한다.

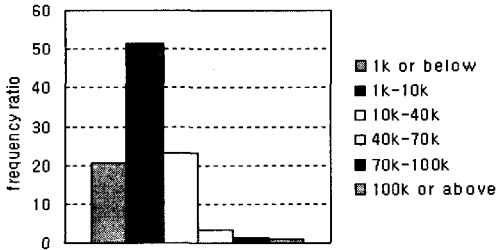


그림 1. Reference Frequency ratio(%)

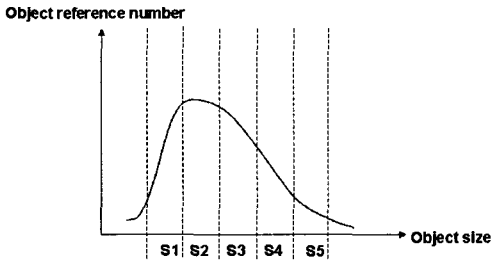


그림 2. 객체 크기 VS. 객체 참조 빈도수

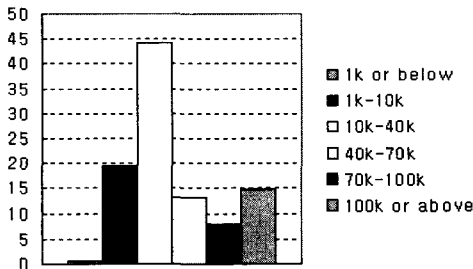


그림 3. Total transmission quantity ratio(%)

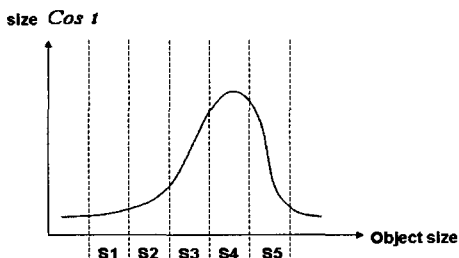


그림 4. 객체크기 VS. 캐시비용

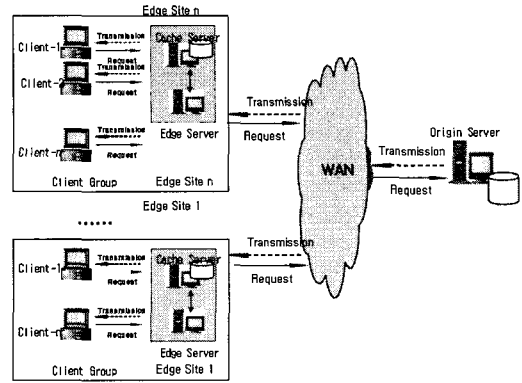


그림 5. 시스템 아키텍처

IV. 시스템 설계

4.1 시스템 구조

시스템은 그림 5과 같이 디지털콘텐츠의 서비스를 제공하는 근원서버(Origin Server)와 클라이언트 그룹과 캐시서버로 구성된 에지사이트(Edge Site)로 구성되어 있다. 근원서버(Origin Server)는 CDN 상에서 서비스되는 콘텐츠인 웹 객체를 제공하는 서버시스템이다. 또한 에지사이트는 다수의 클라이언트와 에지서버로 구성된다. 이러한 에지사이트는 하나일수도 있으며, 경우에 따라 다수 개일 수도 있다. 근원서버 또한 하나 또는 다수 개로 구성된다.

웹 기반 시스템에서 다루는 디지털콘텐츠의 중요한 특성은 콘텐츠의 수적 다양성이다. 즉, 다루어야 할 객체의 개수가 매우 많기 때문에 일일이 관리자가 지정하여 전송하는 것은 많은 부하를 발생시킨다. 이러한 관점에서 보면 웹 콘텐츠의 경우 관리자의 노력 없이 클라이언트의 요청에 의해 콘텐츠를 전송하는 캐싱 방식이 유용하다.

4.2 에지사이트의 구성

에지사이트는 CDN에서 근원서버로부터 디지털콘텐츠를 웹 객체 형태로 전송받아, 캐시에 저장하고 관리하며, 클라이언트의 객체 요청에 대해 해당 객체의 제공과 관리를 담당하는 모듈이다. 제안 시스템의 에지사이트 아키텍처는 그림 8에 나타내고 있다.

에지사이트는 에지서버관리자(Edge Server Manager)와 캐시서버(Cache Server) 및 캐시서버관리자(Cache Server Manager)로 구성되어 있다. 그림 6은 에지사이트의 구성을 나타낸 것이며, 에지 사이트를 구성하고 있는 요소들은 다음과 같은 기능을 수행한다.

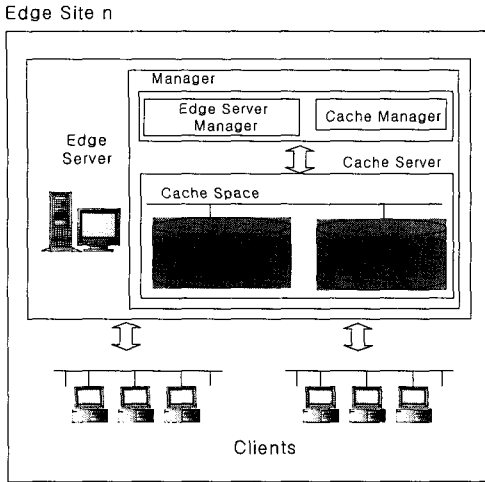


그림 6. Edge Site Architecture

- 캐시서버: 에지사이트에 속하는 클라이언트 그룹의 웹_캐싱 기능 수행
- 에지서버관리자: 에지서버의 관리 기능을 수행
- 캐시서버관리자: 에지서버의 캐시 서버를 관리
- 캐시영역(Cache Space): 에지서버에 캐싱되는 콘텐츠의 저장 영역
- 멀티미디어 디지털콘텐츠 캐싱영역(Multi Media DC Caching Space): 멀티미디어 디지털콘텐츠(DC; Digital Contents)를 저장하는 캐시 영역
- General DC Caching Space: 일반적인 디지털 콘텐츠를 저장하는 캐시 영역

4.3 캐시 구조

웹 캐싱 기법의 성능과 관련된 이슈는 한정된 저장공간의 효과적인 운영을 통한 웹 시스템 사용자의 응답속도 향상이라 할 수 있다. 또한 웹 객체의 참조특성 분석을 통해 멀티미디어 객체와 같이 크기가 큰 객체가 차지하는 비율이 점차 증가하고 있고, 웹 트래픽에 미치는 영향이 크기 때문에 본 연구에서는 멀티미디어 객체와 같이 크기가 큰 객체의 효과적인 관리를 통한 트래픽 감소로 인한 사용자 응답속도의 개선이 주요안점이다.

그림 7은 캐시의 계층 구조를 나타낸 것이다. 에지 사이트에서의 캐시관리는 그림과 같이 3계층 구조를 갖고 있다.

이 경우 발생할 수 있는 트레이드 오프는 1)한정된 캐시 공간에 대한 멀티미디어 객체 이외의 객체에 대한 저장 공간 감소로 인한 객체중복률의 감소, 2)캐시 관리자의 복잡성의 증가이다. 하지만 제안

기법의 실험에서 볼 수 있듯이 사용자의 응답속도 개선을 통해 이 두 가지 트레이드 오프를 보상할 수 있다.

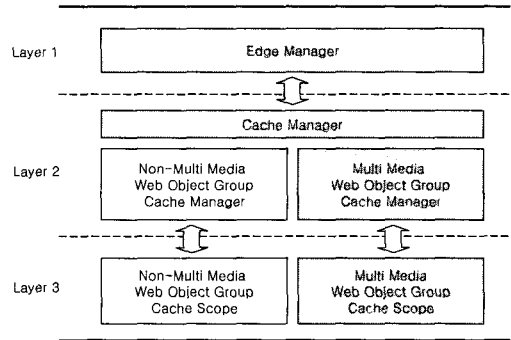


그림 7. Cache Hierarchy

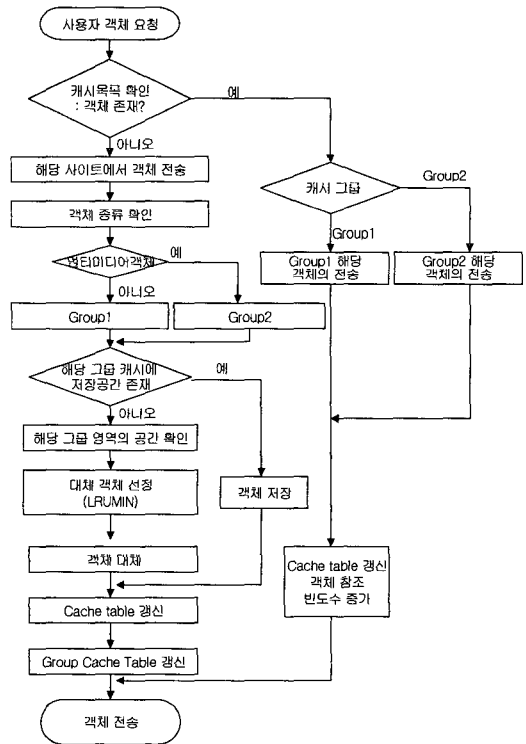


그림 8. 캐시교체 알고리즘

4.4 캐시 교체 방식

그림 8은 캐시 교체 알고리즘을 나타낸 것이다. 클라이언트의 객체 요청이 들어오면 캐시 관리자는 해당 객체그룹의 목록에서 존재 여부를 확인한다. 이때 캐시의 저장 영역에 해당 객체가 있을 경우 사용자가 요구한 객체를 사용자의 IP로 전송하게

된다. 이때 해당 객체는 캐시 테이블에서 참조빈도수가 1 증가한다. 캐시 목록에서 요청된 객체를 찾을 수 없을 경우 해당 URL의 인터넷 서버에 객체 서비스를 요청하여 전송 받는다.

전송 받은 객체는 객체에 따라 그룹1 또는 그룹2로 분류되고 캐시 관리자는 해당 그룹의 캐시 영역에 이 객체를 저장할 공간이 있는지를 확인한다. 저장할 공간이 있을 경우 객체를 해당 캐시 영역에 저장하고 캐시 목록을 갱신하고, 없을 경우 해당 그룹의 캐시 영역에 대해 캐시 교체 기법을 이용하여 객체를 교체한 후 캐시 목록을 갱신한다. 이때 사용할 수 있는 웹 캐시 교체 기법은 다양하지만 여기에서는 LRUMIN을 사용한다. LRUMIN 기법은 LRU 기법의 변형이며 SIZE 기법과 같이 LRUMIN은 크기가 큰 객체에 의해 크기가 작은 많은 객체가 저장 영역에서 제거되는 경우를 줄일 수 있다고 알려져 있다. 동작은 다음과 같다. 먼저, 이 기법은 새롭게 들어오는 객체의 크기를 S로 설정한다. 다음으로, S보다 큰 여유 공간이 없으면 S/2 이상의 큰 객체들 중에서 LRU로 제거한다. 이때, S/2 이상의 큰 객체가 없으면 S/4 이상의 큰 객체들 중에서 LRU로 제거한다. LRUMIN은 이러한 방식으로 새로운 객체의 저장을 위한 여유 공간이 생길 때까지 이 과정을 계속해서 반복한다.

V. 실험과 분석

5.1 객체적중률 실험

그림 9는 객체적중률을 나타낸 것이다. 그룹1의 경우 멀티미디어 객체가 많은 실험3의 객체적중률이 실험1보다 높게 나왔다. 이것은 실험1이 실험3에 비해 크기가 작은 객체의 요구가 많았기 때문이다. 이것은 기존의 연구에서도 작은 크기의 객체를 캐시영역에 많이 저장하는 것이 객체적중률을 높인다는 실험 결과를 뒷받침하는 결과라 할 수 있다. 실험 평균 적중률 값을 보면 40% 이상의 값이 나온다. 이것은 각 실험에서 그룹1의 객체 참조빈도수가 그룹2의 객체참조빈도수에 비해 높기 때문이다. 또한 단일 영역 기법의 실험에서는 실험의 평균값보다 적중률이 낮아진 것을 알 수 있다. 이것은 단일 영역 기법의 경우 그룹2의 멀티미디어 객체의 부재에 의한 그룹1 객체의 부재가 제안 알고리즘 보다 많이 발생하기 때문이다. 또한 단일 영역 기법의 경우 그룹2 객체가 많이 포함된 실험3에 대해 가장 낮은 객체적중률을 보임을 알 수 있다.

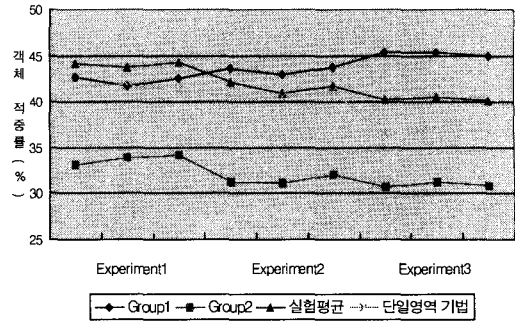


그림 9. 객체적중률

5.2 객체크기적중률 실험

웹 객체는 이질성의 편차가 매우 크다. 또한 객체의 크기 요인으로 인해 교체시 발생하는 트래픽 및 응답 시간의 편차 또한 크다. 앞의 응답시간에서 다룬 것과 같이 웹 환경은 네트워크의 물리적인 환경에 영향을 받기 때문에, 트래픽 영향 요인을 분석하고 이것을 반영할 수 있는 방법을 강구해야한다. 트래픽에 영향을 미치는 다양한 요인 중에 객체 자신이 가지는 요인은 객체의 크기이다. 따라서 웹 객체의 크기 요인을 반영할 수 있어야 한다. 평균객체크기적중률은 객체적중률에 객체의 크기에 대한 요인을 반영한 것이다. 평균객체크기적중률은 요청한 객체에 대한 객체적중률과 객체의 크기를 평균값으로 나타낸 것이다.

평균객체크기적중률은 다음의 식으로 표현된다.

$$\frac{\sum_{i=1}^k (OB_{hit(i)} \times SO_{hit(i)})}{\sum_{i=1}^n (OB_{req(i)} \times SO_{req(i)})}$$

여기서, $OB_{req(i)}$ 는 요청된 객체, $SO_{req(i)}$ 는 요청된 객체의 크기, $OB_{hit(j)}$ 는 적중된 객체, $SO_{hit(j)}$ 은 적중된 객체의 크기를 나타낸다.

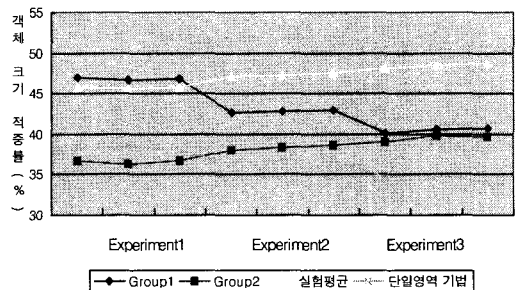


그림 10. 객체크기적중률

그림 10은 객체의 크기를 고려한 적중률을 나타낸 것으로 각 객체의 크기 평균값에 각 객체의 적중률에 곱한 값의 평균을 낸 것이다. 그룹1에 대한 실험결과, 그룹1의 비율이 가장 높은 실험1의 경우 앞의 객체적중률 실험보다 다소 높은 적중률을 보인다. 하지만 그룹1 객체가 감소할수록 앞의 객체적중률보다 적중률이 낮아짐을 알 수 있다.

그룹2의 경우는 이 실험과는 다소 다른 점을 찾을 수 있다. 전체적으로는 앞의 실험에 비해 적중률이 높아졌으며, 특히 그룹2 객체의 비중이 높을수록 적중률이 더욱 높아졌음을 알 수 있다. 결과적으로 객체의 크기를 반영할 경우 제안 알고리즘 전체의 객체적중률이 높아졌다. 하지만 단일 영역 기법의 경우 제안 기법보다 그룹2 객체의 적중률이 낮기 때문에 전체적으로 적중률이 감소했다.

객체의 크기는 웹 기반 시스템의 트래픽에 영향을 미치는 요인이 된다. 크기가 큰 객체에 대한 캐싱 능력 향상은 웹 트래픽을 감소시켜 사용자 응답 시간을 감소시킬 수 있기 때문에 이 결과는 웹 캐싱 시스템에서 앞의 객체적중률에 비해 더욱 큰 의미를 갖는다. 또한 제안 기법이 적중률 향상을 통해 멀티미디어 객체의 처리 성능을 개선할 수 있음을 확인할 수 있게 한다.

VI. 결론

본 연구에서는 웹 객체의 참조특성을 분석하였고 또한 이 분석 결과를 통해 웹 객체의 전송 효율을 높일 수 있는 시스템을 설계하고 실험하였다. 제안 시스템은 CDN 환경에서 웹 객체의 참조특성을 반영함으로써, 웹 객체의 캐싱 효율을 높여 전체 시스템의 처리지연시간을 개선하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위해 특히 웹 객체에 대한 캐싱 성능 향상을 통해 전체 시스템의 성능을 높이고자 하였다. 향후연구로는 더욱 다양한 웹 객체의 참조 특성을 통해 동적으로 변하는 환경에서 웹 객체의 참조특성을 반영할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 반효경, "CDN을 위한 웹 캐싱 방법", 정보과학회, 제20권 제9호, pp.12-19, 2002.

[2] 최승락, 양철웅, 이중식, "CDN의 핵심 구성 기술들과 경향", 정보과학회, 제20권 제9호, pp.5-11, 2002.

[3] G. Barish, K. Obraczka, World Wide Web Caching: Trends and Techniques. IEEE Communications, Internet Technology Series, May 2000.

[4] H. Bahn, S. Noh, S. L. Min, and K. Koh, "Efficient Replacement of Nonuniform Objects in Web Caches," IEEE Computer, Vol.35, No.6, pp.65-73, June 2002.

[5] N. Niclausse, Z. Liu, P. Nain, "A New and Efficient Caching Policy for the World Wide Web," Proc. Workshop on Internet Server Performance(WISP 98), pp.94-107, 1998.

[6] C. Aggarwal, J. Wolf and P. Yu, "Caching on the World Wide Web," IEEE Trans. Knowledge and Data Engineering, vol 11, no.1, pp.94-107, 1999.

[7] S. Sahu, P. Shenoy, D. Towsley, "Design Considerations for Integrated Proxy Servers," Proc. of IEEE NOSSDAV'99, pp.247-250, June, 1999.

[8] J. Wang, "A Survey of Web Caching Schemes for the Internet," ACM Computer Communication Review, 29, pp.36-46, October, 1999.

[9] Annie P Foong, Yu-Hen Hu, Dennis M Heisey, "Web Caching: Locality of References Revisited," IEEE International Conference on Networks(ICON'00), Singapore, September 05-08, 2000.

[10] L. Rizzo, L. Vicisano, "Replacement Policies for a Proxy Cache," IEEE/ACM Trans. Networking, vol.8, no.2, pp.158-170, 2000.

[11] Annie P Foong, Yu-Hen Hu, Dennis M Heisey, "Web Caching: Locality of References Revisited," IEEE International Conference on Networks (ICON'00), Singapore, September 05-08, 2000.

나 윤 지(Yun ji Na)

정회원



충북대 컴퓨터공학(공학박사)
뉴욕공대(NYIT) 대학원 Com-
munication ART전공(컴퓨터
그래픽스, 방송기획)
충북대 컴퓨터공학(공학석사)
경북대 생명공학(이학사)
현재 호남대학교 인터넷소프트

웨어학과 전임강사

유 원 종(Won jong Yu)

정회원



청주대 경영학(경영학 박사)
세종대 경제학(학사)
한양대 전자공학(공학사)
현)청주시문화산업진흥재단 산업
진흥팀장

고 일 석(Il seok Ko)

정회원



연세대 컴퓨터산업시스템공학(박
사수료)
미)USIU 경영학과(MBA)
경북대 컴퓨터공학(공학석사)
경북대 컴퓨터공학(공학사)
현재 충북과학대 전자상거래과
조교수

곽 종 민(Jong min Kwak)

정회원



충북대 경영학 박사과정
충북대 경영학(경영학 석사)
국민대 경영학(경영학사)
현)기술신용보증기금 부부장

조 동 옥(Dong uk Cho)

정회원



한양대 전자통신공학(공학박사)
한양대 전자공학(공학석사)
한양대 전자공학(공학사)
전)서원대 정보통신학과 부교수
현)충북과학대학 정보통신과 조
교수
2002년 한국콘텐츠학회 학술상

2004년 한국정보처리학회 우수논문상