

웹 객체의 참조확률분포특성과 평균수명 기반의 웹 캐싱 기법*

니윤지** · 고일석***

요 약

그 동안 이루어진 웹 캐싱에 대한 연구주제는 캐시에 대한 구조적인 접근을 통한 성능의 향상과, 캐싱 기법 자체에 대한 연구, 이들 기법을 혼합적으로 결합한 기법에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다. 또한 기존의 웹 객체 참조특성 분석은 웹 로그를 통한 히스토리 분석, 사용자 선호도, 데이터마이닝 관점에서의 사용자 특성을 위주로 이루어져왔다. 본 연구에서는 웹 객체 참조특성을 확률분포적인 특성 관점에서 분석하며, 이를 통해 객체의 평균수명을 분석하고 이를 웹 캐싱 성능 향상에 도입하는 새로운 연구 방법을 제시한다. 본 연구는 다양한 연구로 발전할 수 있으며, 전자상거래시스템의 성능향상, 지연시간 개선을 통한 고객 만족도의 향상, 웹 로그분석을 통한 데이터마이닝 분야 등 다양한 분야에 대해 연구의 파급 효과가 기대된다.

An Web Caching Method based on the Object Reference Probability Distribution Characteristics and the Life Time of Web Object

Yun Ji Na** · Il Seok Ko***

ABSTRACT

Generally, a study of web caching is conducted on a performance improvement with structural approaches and a new hybrid method using existing methods, and studies on caching method itself. And existing analysis of reference-characteristic are conducted on a history analysis and a preference of users, a view point of data mining by log analysis.

In this study, we analyze the reference-characteristic of web object on a view point of a characteristic of probability-distribution and a mean value of lifetime of a web-object. And using this result, we propose the new method for a performance improvement of a web-caching.

Key words : Web Caching, Web Object, Mean Value of Life Time of Web Object, Web System, Cache Replacement Method, Web Object Reference Characteristics

* This work was supported by a grant from Korea Research Foundation

** 호남대학교 인터넷소프트웨어학과

*** 동국대학교 컴퓨터학과, 교신저자

1. 서론

웹 캐시의 성능은 한정된 웹 캐시 저장 영역의 효과적인 관리에 달려있다. 웹 캐시를 위한 대체 기법은 웹 객체의 특성을 반영하여야 한다. 웹 객체의 사용자 참조 특성은 다음과 같이 정리할 수 있다[1, 2, 3].

- 웹 객체는 시간과 지역에 따른 참조 국지성을 가진다. 이러한 참조 특성은 시간에 흐름에 따라 가변적이며 이는 기존 캐싱 기법의 성능을 떨어뜨리는 중요한 요인이 되고 있다.
- 사용자 연령 및 인터넷 사용의 숙달 정도, 교육 수준 등과 같은 사용자 특성은 참조 특성에 영향을 미친다.
- 웹서비스의 형태와 특성은 사용자의 참조 특성에 영향을 미친다.
- 참조 특성의 가변성은 객체 적중률의 편차를 크게 한다.
- 참조특성은 가변성은 비주기적으로 일어난다.

이와 같은 웹 객체에 대한 가변적인 참조특성 변화는 웹 캐싱의 성능을 감소시키는 중대한 요인이다. 특히 웹 객체의 참조특성 변화가 확률분포적인 특성을 갖고 있으며, 이러한 특성이 웹 객체의 평균 수명에 영향을 미쳐 결국 웹 캐싱의 성능에 큰 영향을 미치게 된다[1, 4, 5, 6]. 따라서 이에 대한 연구는 웹 시스템의 성능 향상을 위해 꼭 필요하다.

이러한 연구 배경과 필요성을 기반으로 본 논문은 다음과 같은 점에 대해 연구한다.

첫 번째, 웹 객체 참조 특성이 갖는 확률분포특성을 효율적인 분석을 통해 웹 객체의 평균 수명을 분석할 수 있는 기법을 연구한다. 웹 객체는 다양한 참조특성을 갖고 있으며, 이러한 참조특성은 웹 객체의 수명에 영향을 미치게 된다. 결국 웹 객체의 수명은 웹 캐시의 저장 공간의 효율적인 관리 측면에서 중요한 영향 요인이 되어, 웹 캐싱 전

체의 성능에 영향을 미치게 된다.

두 번째, 상기의 연구와 연관되어 웹 객체의 평균 수명을 기반으로 한 웹 캐싱의 성능 향상 방법을 연구한다.

웹 캐싱에 대한 연구는 웹 시스템의 성능 향상을 위해 중요한 주제이며, 지금까지 웹 캐싱에 대한 연구는 캐시에 대한 구조적인 접근을 통한 성능의 향상과, 캐싱 기법 자체에 대한 연구, 이들 기법을 혼합적으로 결합한 성능 향상 기법에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다[5, 6, 7].

기존의 웹 객체 참조 특성을 웹 로그를 통한 히스토리 분석, 사용자 선호도, 데이터마이닝 관점에서의 사용자 특성 분석을 위주로 이루어져왔다. 본 연구는 웹 객체의 참조확률분포특성과 평균수명을 기반으로 한 적응적 웹 캐싱 기법에 대해 연구하며, 또한 웹 객체 참조 특성을 확률분포적인 관점에서 분석하며, 이를 통해 객체의 평균수명을 분석하고 이를 웹 캐싱 성능 향상에 도입하는 새로운 연구 방법론이다. 본 연구는 또한 본문에서 제시하는 것과 같이 본 연구는 다양한 연구로 발전할 수 있으며, 전자상거래시스템의 성능향상, 지연시간 개선을 통한 고객만족도의 향상, 웹 로그분석을 통한 데이터마이닝 분야 등 다양한 분야에 대해 연구의 파급 효과가 기대된다.

2. 관련 연구

2.1 교체 기법

캐싱의 공통적인 관심사는 한정된 저장 영역의 효율적인 운용이다. 일반적으로 사용 빈도가 높은 객체를 캐시의 저장영역에 저장해야 캐시의 성능을 높일 수 있다. 따라서 효율적인 교체 기법은 캐싱의 성능을 향상시키는 중요한 요인이다. 현재까지 FIFO(First In First Out), LRU(Least Recently Used), LFU(Least Frequently Used), LUV, LRUMIN

과 같은 여러 교체 기법들이 연구되어 왔다[1~4, 5~10].

현재 연구되고 있는 대부분의 웹 캐싱 기법은 이러한 전통적인 기법을 기반으로 웹의 특성을 반영한 변형기법들이다. 현재 인터넷 캐시를 위해 연구된 기존의 교체 알고리즘들을 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 캐시 교체 알고리즘의 종류와 특징

구분	종류	특징
전통적 알고리즘	LRU & LRU 확장	<ul style="list-style-type: none"> 가변크기 객체라는 특수성을 갖는 인터넷 캐싱 분야에 응용 및 적용 새롭게 들어오는 객체의 여유 공간을 마련하기 위하여 가장 최근에 사용되지 않은 객체부터 삭제
크기 기반 알고리즘	SIZE	<ul style="list-style-type: none"> 크기가 가장 큰 객체를 제거
	LRUMIN	<ul style="list-style-type: none"> LRU의 변형 인터넷 캐싱에서 새로운 객체보다 큰 객체에만 LRU를 적용 여러 개의 작은 문서가 한꺼번에 교체되는 것을 방지
비용 기반 알고리즘	GD(Greedy Dual)-Size	<ul style="list-style-type: none"> 전송비용/객체크기가 가장 낮은 객체를 캐시 공간에서 삭제

• 비용 기반 교체

비용 기반 교체는 마지막 액세스한 이후 시간, 캐시로의 객체 진입시간, 전송 시간 비용, 객체 만기 시간 등과 같은 요소들의 비용 함수를 사용한다.

- GreedyDual-Size: 각 객체를 비용과 관련시키고 가장 작은 비용/크기를 갖는 객체를 교체한다.
- 하이브리드: 각 객체를 효용성 함수와 관련시키고 전체 지연을 감소시키기 위하여 최

소 효용성을 갖는 객체를 교체한다.

- 최소 정규화 비용 교체: 액세스 빈도, 전송 시간 비용, 그리고 크기의 유리 함수를 사용한다.
- 크기 조절 LRU: 크기에 대한 비용의 비율로 객체들을 나열하고, 최적 비용-대-크기 비율을 갖는 객체들을 선택한다.
- 서버-협조 방법: 반입 비용, 크기, 다음 요청 시간, 요청들 간의 시간 주기 동안의 캐싱 비용으로 객체 캐싱비용을 계산한다. 최소값을 갖는 객체를 교체한다.

2.2 참조 가능성의 예측

효율적인 캐시 교체 알고리즘은 캐시 내의 객체들에 대한 재참조 가능성을 예측하여 가까운 미래에 참조될 가능성이 높은 객체를 캐시의 저장공간에 저장 보관해야 한다. 웹 객체의 재참조 성향에 주도적인 영향을 미치는 두 가지 특성은 시간 지역성(temporal locality)과 참조 인기도(reference popularity)이다. 교체 알고리즘은 일반적으로 이들 두 가지 성질을 해당 객체의 과거의 참조 기록을 반영하여 결정되어야 한다.

(1) 시간 지역성

시간 지역성이란 최근에 참조된 객체가 다시 참조될 가능성이 높은 특성을 말한다. 시간 지역성의 관점에서 대부분의 알고리즘들은 객체의 직전 참조 시각을 활용한다. 반면, LNC-R 알고리즘은 과거 k번째 참조 시각을 이용한다. 이는 버퍼 캐싱 기법인 LRU-K 알고리즘을 이질형 객체를 위한 캐싱 기법에 맞게 활용한 것이다.

(2) 참조인기도

참조 인기도란 참조 횟수가 많은 객체일수록 또 다시 참조될 가능성이 높은 특성을 말한다. 참조 인기도 측면에서는 일부 알고리즘들의 경우 객체

의 참조 회수를 이용하고, 여기에 에이징(aging) 매커니즘을 추가하여 캐시 오염(cache pollution)을 방지하는 기법들이 있다.

(3) 혼합적 방법을 이용한 참조 가능성의 예측

최근의 알고리즘들은 시간 지역성과 참조 인기도를 모두 고려하여 객체의 참조 가능성을 예측한다. LRV 알고리즘과 MIX 알고리즘은 직전 참조 시각과 객체의 참조 회수를 동시에 고려하여 참조 가능성을 예측한다. LNC-R 알고리즘이 사용하는 과거 k번째 참조 시각도 시간 지역성과 참조 인기도를 결합시킨 방법이다. 또한 시간 지역성에 기반한 GD-SIZE 알고리즘에 참조 인기도를 결합시키는 방법에 대한 연구가 있다. LUV 알고리즘에서는 객체의 참조 가능성을 예측하기 위해 과거의 모든 참조 기록을 이용한다. LUV 알고리즘은 버퍼 캐싱에서 연구된 LRFU 알고리즘을 웹 캐시의 특성에 맞게 일반화시킨 방법이다.

2.3 웹 객체의 이질성 관련 연구

웹 캐싱과 같이 캐싱의 단위 객체들이 이질적인 환경에서는 참조 가능성 이외에 객체의 사이즈와 인출 비용을 고려한 가치를 평가해야 한다. 즉, 객체를 캐시에 보관할지 여부를 결정하는 가치 평가의 기준은 객체의 참조 가능성과 캐시에서 적중될 경우 실제로 절약할 수 있는 비용을 모두 고려해야 한다. 또한 비용에 대한 고려는 최적화를 위한 성능 척도와 관계가 깊다. 일반적으로 캐시 적중률을 높이기 위해서 교체 알고리즘은 사이즈가 작은 객체에 높은 가치를 주는 기법을 사용한다. 이것은 한정된 캐시 공간에 많은 객체를 보관하여 캐시 적중률을 높일 수 있기 때문이며 SIZE와 LRU-MIN이 이와 같은 알고리즘에 속한다.

근래에는 많은 알고리즘들이 캐시 적중률이 아닌 비용 절감율에 관심을 두고 있으며 이러한 기법은 크게 두 부류로 나누어 볼 수 있다. 그 첫째

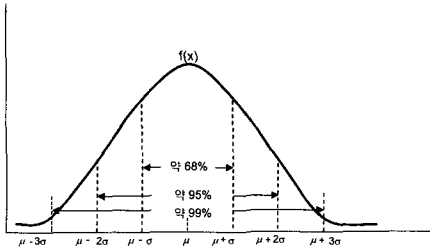
는 웹 객체의 참조 가능성에 대한 예측치와 그 객체의 단위 크기당 비용을 곱하여 객체의 전체적인 가치를 평가하는 방법이다. 이와 같은 방법은 비용 절감율에 대한 기여도 측면에서 정규화된 가치 평가가 가능하다는 장점이 있다. LNC-R, SW-LFU, SLRU, LRV, LUV 등의 알고리즘이 이에 속한다. 두 번째는 GD-SIZE 계열의 알고리즘이다. GD-SIZE 계열의 알고리즘 역시 객체의 사이즈와 비용을 고려하지만 첫 번째 기법과 달리 객체의 참조 가능성과 이질성을 정규화된 방법으로 고려하지 않는다. GD-SIZE에서는 시간이 흐름에 따라 참조되지 않은 객체의 가치를 감소시키는 에이징 루틴이 객체의 인출 비용에 관계없이 모든 객체들에 대해 동일한 값을 적용시킨다. 이는 첫 번째 알고리즘에서의 에이징 루틴이 객체의 비용에 비례하는 감소치를 적용하는 것과 차이가 있다.

3. 사용자 참조 특성 분석 : 분포적 특성

앞에서 논한 것과 같이 웹 캐싱에 대한 연구는 웹 시스템의 성능 향상을 위해 중요한 주제이며, 지금까지 웹 캐싱에 대한 연구는 캐시에 대한 구조적인 접근을 통한 성능의 향상과, 캐싱 기법 자체에 대한 연구, 이들 기법을 혼합적으로 결합한 성능 향상 기법에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다. 또한 기존의 웹 객체 참조특성을 웹 로그를 통한 히스토리 분석, 사용자 선호도, 데이터마이닝 관점에서의 사용자 특성 분석을 위주로 이루어져 왔다. 하지만 본 연구에서는 웹 객체 참조 특성을 확률분포적인 관점에서 분석하며, 이를 통해 객체의 평균수명을 분석하고 이를 웹 캐싱 성능 향상에 도입하는 연구 방법론을 제시한다.

확률분포 특성을 이용한 분석 방법으로는 (그림 1)과 (그림 2)와 같은 정규분포 특성을 이용하는 방법을 사용한다. 이 방법은 평균과 표준편차를 이용하여 각 구간이 모집단의 특성을 반영할 수

있는 %를 고려하여 캐싱 기법에 이용하는 방법이다.

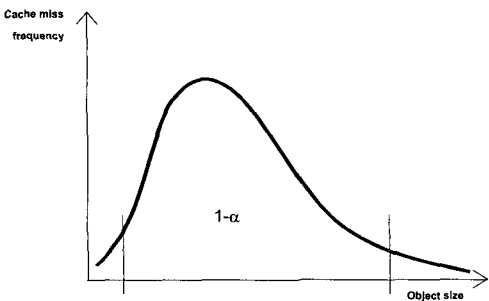
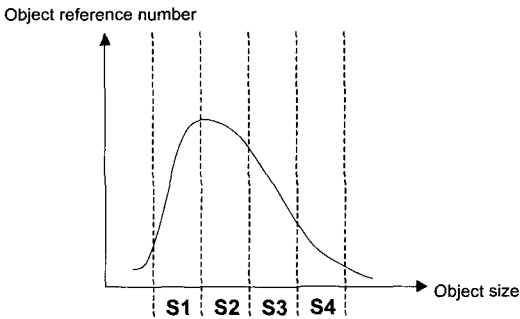


π = 원주율, e = 상수, μ = 평균, σ = 표준편차
 평균 μ , 분산 σ^2 의 정규분포
$$N(\mu, \sigma^2) \quad f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

(그림 1) 정규분포 특성

이것은 다음의 객체의 참조 특성과 웹 캐싱 성능 측면의 두 가지 관점을 고려하면 정규분포 특성을 웹 캐싱 기법에 활용 가능하다고 생각할 수 있다.

• view point1 : 객체적중률 관점

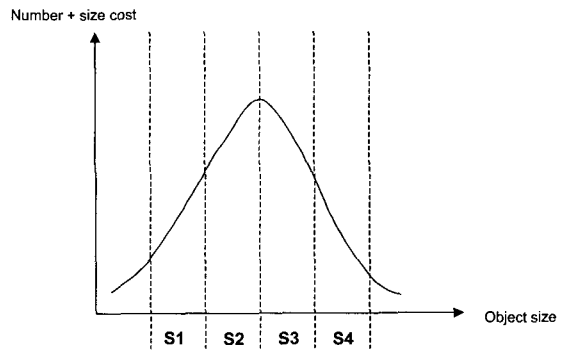


(그림 2) 객체크기와 객체적 중률

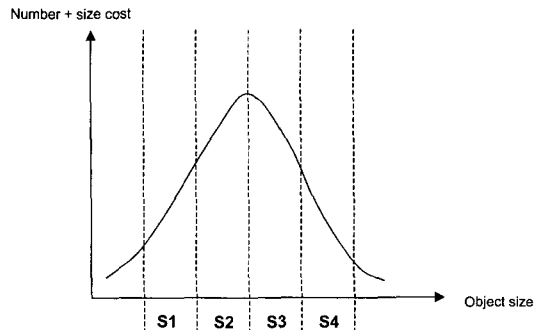
(그림 2)와 같이 크기가 작은 객체의 참조 빈도 수가 높다는 과점에서 크기가 작은 객체를 캐시에 많이 저장하는 것이 객체 적중률을 높일 수 있다.

• view point2 : Size Cost관점

(그림 3)과 같이 크기가 큰 객체가 크기비용이 높다. 크기 비용은 네트워크 트래픽과 밀접한 관련이 있으며 결국 비용의 절감과, 네트워크 트래픽 감소를 위해서는 크기가 큰 객체를 캐시에서 많이 저장하는 것이 유리하다. 이 결과는 객체적중률의 트레이드오프를 발생시킨다.



(그림 3) 객체크기와 Size Cost



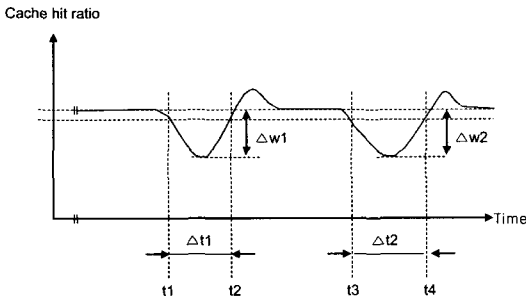
(그림 4) Reference Number + Size Cost

결국 두 가지 관점, 객체적중률과 크기비용을 고려하면 (그림 4)와 같은 정규분포의 특성을 가지게 된다. 이와 같이 본 연구는 다양한 연구로 받

전할 수 있으며, 전자상거래시스템의 성능향상, 지연시간 개선을 통한 고객만족도의 향상, 웹 로그분석을 통한 데이터마이닝 분야 등 다양한 분야에 대해 연구의 과급 효과가 기대된다.

4. 사용자 참조 특성 분석 : 적중률 특성

(그림 5)는 시간의 흐름에 따라 변화하는 객체 참조 특성 변화와 이에 따른 웹 캐시의 객체 적중률 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 물론 실제 웹 로그 분석을 통해 살펴보면 그림과 같이 깨끗하게 연결된 그래프가 나타나지는 않는다. 실제 나타나는 그래프는 복잡한 구형파로 이루어져 있다. (그림 1)은 이것을 분석을 위해 평활화(smoothing)하여 나타낸 것이다.



(그림 5) 객체 참조 특성에 따른 객체 적중률 변화 그래프

기존의 웹 캐싱 관련 연구들은 대부분이 그래프 y축의 객체 적중률의 향상을 통한 캐싱 기법의 성능향상에 주된 관심을 두고 있다. 하지만 본 연구의 목적은 (그림 1)에서 발생하는 Δt_1 , Δt_2 와 Δw_1 , Δw_2 의 폭을 줄여 캐싱 능력을 향상시키는 것이다. 이를 위해서는 객체 적중률과 같은 캐싱 자체에 대한 연구보다는 객체 참조 특성의 확률분포적인 특성 분석과, 웹 객체의 평균 수명 및 캐싱 시스템에 대한 혼합적인 연구가 필요하다.

따라서 본 연구의 주제는 새로운 웹 캐싱 기법에 대한 연구이며, 이를 위해 새로운 접근법과 분석이 필요하다고 할 수 있다.

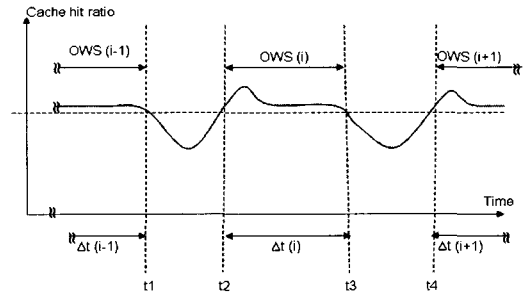
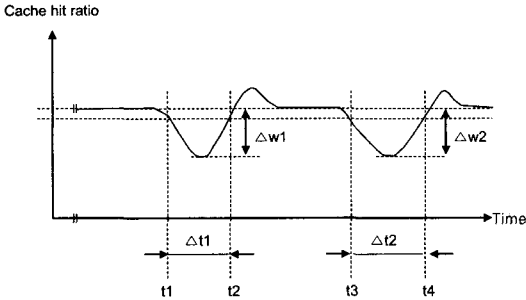
4.1 시간 흐름에 따른 캐시 적중률의 변화

(그림 6)은 객체적중률의 변화 특성에 중점을 두기 위해 시간의 흐름에 따른 캐시 적중률의 변화를 데이터 평활화 기법(data smoothing technique)을 사용하여 분석한 그래프이다. 실제 객체 적중률은 그림과 같이 평활화 된 상태가 아니라, 기록과 이상치(out lier) 등이 나타난다. 이러한 데이터를 그래프 형태로 매끄럽게 나타내기 위해서는 전처리를 통해 평활화 하는 과정이 필요하다. 본 연구에서 사용한 평활화 기법은 구간(bin)의 평균값으로 대체하는 구간 평균에 의한 평활화(smoothing by bin means) 기법을 사용하였다. 평활화는 데이터 정제의 한 형태로서 원래의 집합에서 비유사치를 제거하여 데이터를 매끄럽게 하는 기법이다.

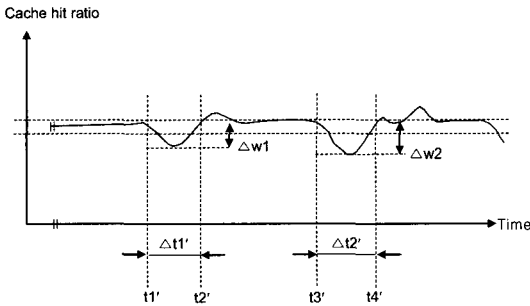
(그림 2)의 그래프에서 t1시점과 t3시점에 적중률의 급격한 하락이 발생하여 평균값 이하로 떨어지며, t2시점과 t4시점에서 적중률이 상승하여 평균 적중률을 유지하게 된다. 이러한 현상이 발생하는 원인은 주로 다음과 같은 사용자의 서핑 형태 변화 특성에 따른 것이다.

- 사용자 선호도의 변화
- 사용자 웹 서핑 형태의 변화
- 사용자의 변화: 기존사용자 사용 종료, 새로운 사용자 사용 개시

그래프에서 t1 - t2에서의 Δt_1 과 t3 - t4에서의 Δt_2 의 넓이의 감소를 통해 웹 캐싱의 성능을 향상시킬 수 있다. 결국 $\Delta t_1 \rightarrow \Delta t_1'$, $\Delta t_2 \rightarrow \Delta t_2'$ 의 감소 & $\Delta w_1 \rightarrow \Delta w_1'$, $\Delta w_2 \rightarrow \Delta w_2'$ 의 감소가 웹 캐싱의 성능을 향상시킬 수 있는 것이다.



(그림 7) Object Working Set



(그림 6) 참조특성 분석 그래프

값 이하로 떨어지게 된다. 따라서 CWO 시점을 설정하는 것은 임계 값 이하로 떨어지는 횟수를 기반으로 CWO 시점 설정하는 방법과, 각 시간 구간에서의 평균 객체 적중률을 기반으로 일정한 적중률을 이하로 떨어지는 시점을 CWO로 설정하는 방법을 사용할 수 있다. 또한 본 논문에서의 접근법은 CWO 시점을 객체참조의 확률 분포함수를 이용하여 결정한다.

4.2 OWS(Object Working Set)

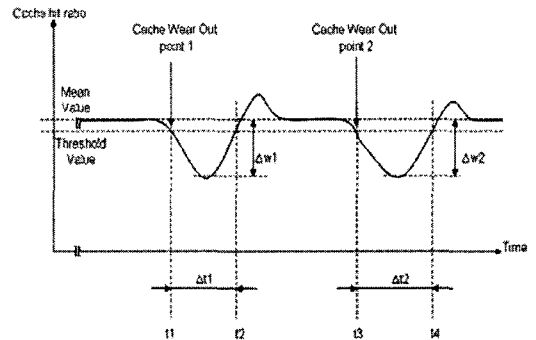
<정의 1>은 OWS(Object Working Set)의 정의를 나타낸 것이다. OWS(i)는 캐시의 시간구간(i)에서 임계값(Threshold Value) 이상의 객체적중률을 유지하기 위해 필요한 웹 객체의 집합이다.

<정의 1> OWS (i)

$OWS(i) = \{ O_1, O_2, \dots, O_n \}$, 여기에서 O_1, O_2, \dots, O_n 은 시간구간 (i)에서 임계 값(Threshold Value) 이상의 객체 적중률을 유지하기 위해 필요한 객체들

(그림 7)은 시간 구간(i-1), (i), (i+1) 구간에서의 OWS를 나타낸 것이다.

캐시 적중률이 OWS를 구성하기 위한 임계 값(Threshold value) 이하로 떨어질 경우 CWO(Cache Wear Out)이 발생한다. (그림 8)에서 t1과 t3 시점이 CWO 시점(CWO point)이다. 실제 환경에서는 각 시간 구간 내에서도 캐시의 적중률이 자주 임계



(그림 8) Cache Wear Out

제한기법에서는 객체 참조분포특성을 기반으로 CWO가 발생하며, 이때 새로운 OWS 구성으로 객체 참조특성 변화에 대한 적응성을 갖고 있다. 이를 통해 캐시 관리에 소요되는 시간을 감소시키며, 객체 대체(Object Replacement) 시간과 객체 검색 시간, 판별 시간을 감소시킨다. 또한 캐시 적중률 향상에 따른 지연 시간 감소와 비용 감소를 가져올 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 웹 시스템의 성능 향상에 대한 다년간의 연구 결과 근래에 웹 객체의 참조 특성 변화가 확률분포적인 특성을 갖고 있고, 이 확률분포적인 특성이 웹 객체의 라이프사이클에 큰 영향을 미친다는 점에 착안하여, 웹 객체의 확률분포적인 특성의 효율적인 분석 기법과, 웹 객체의 평균 수명 분석 기법, 이를 웹 캐싱의 성능 향상에 접목하고자 하는 아이디어를 얻게 되어 시작한 연구로서 기존 연구와는 연구 주제 및 연구방법이 독창적이라 할 수 있다. 본 과제는 본문에서 다루고 있는 연구 내용에 대해 웹 객체의 분할, 캐시 영역의 분할, 이에 따른 캐시 구조와 캐시 관리 기법, 분할된 객체의 평균 수명 분석 기법, 확률분포적인 특성 분석 기법 등 향후 계속적으로 수행하여야 할 연구이다.

또한 본 연구는 결과물은 웹 시스템에 관련된 다양한 분야로 활용될 수 있다. 특히 전자상거래 시스템의 성능향상, 지연시간 개선을 통한 고객만족도의 향상, 웹 로그분석을 통한 데이터마이닝 분야 등과 같은 분야에서 본 연구의 파급 효과가 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 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.

[2] L. Rizzo, L. and Vicisano, "Replacement Polices for a Proxy Cache", *IEEE/ACM Trans. Networking*, Vol. 8, No. 2, pp. 158-170, 2000.

[3] D. Lee et al., "LRFU: A Spectrum of Policies that Subsumes the LeastRecently Used and Least Frequently Used Policies", *IEEE Trans. Computers*, Vol. 50, No. 12, Dec. 2001, pp.

1352-1361.

[4] G. Tomlinson, D. Major, and R. Lee, "High-capacity Internet Middleware: Internet Caching System Architectural Overview", *Second Workshop on Internet Server Performance*, 1999.

[5] N. Niclausse, Z. Liu, and 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] J. Yang, W. Wang, R. Muntz, and J. Wang, "Access Driven Web Caching," *UCLA Technical Report #990007*, 1999.

[7] 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.

[8] Jia Wang, "A Survey of Web Caching Schemes for the Internet", *ACM Computer Communication Review*, Vol. 29, No. 5, pp. 36-46, 1999.

[9] P. Cao, J. Zhang, and K. Beach, "Active Cache: Caching Dynamic Contents on the Web", *Proceedings of Middleware '98*, pp. 373-388, 1998.

[10] N. Niclausse, Z. Liu, and P. Nain, "A New and Efficient Caching Policy for the World Wide Web", *Proc. Workshop on Internet Server Performance (WISP 98)*, pp. 119-128, 1998.



나 운 지

경북대 생명공학과(공학사)
 충북대 컴퓨터공학과(공학석사)
 충북대 컴퓨터공학부(공학박사)
 미) NYIT Communicaton Art
 전공 석사과정 수료
 현재 호남대학교 인터넷소프트
 웨어학과 전임강사



고 일 석

경북대 컴퓨터공학 학사

경북대 컴퓨터공학 석사

USID(San Diego, USA) 경영학

석사(MBA)

연세대 컴퓨터산업시스템공학

박사

현재 동국대학교 컴퓨터학과 조교수

현재 Deputy Director General, IBC(International Biographical Center), Cambridge, UK.