

# 이질적 웹 서버 클러스터 환경에서 효율적인 우선순위 적용 가중치 맵핑 (Effective Prioritized HRW Mapping in Heterogeneous Web Servers Cluster)

김진영, 김성천  
(Jin-Young Kim) (Sung-Chun Kim)  
서강대학교 공과대학 컴퓨터학과

## 요약

클러스터 환경에서 최근의 다양한 서비스의 증가로 인해 단순한 부하의 균등화만으로 적절한 지연 시간을 기대할 수 없게 되어, 내용-기반 맵핑(content-based mapping)이 제안되었다. 본 논문에서는 요구되는 내용을 기반으로 맵핑하며, 이질적 서버들에 대해 능력에 따라 우선 순위를 부여하여, 내용-기반 맵핑 방식을 이질적 환경에 적합하도록 개선시킨 우선순위 최상임의 가중치 맵핑(Prioritized Highest Random Weight Mapping, PHRW Mapping)을 제안하였다.

## 1. 서론

본 논문에서는 이질적인 클러스터에 적합하도록 HRW 맵핑에 우선 순위를 적용한 우선순위 최상임의 가중치(Prioritized Highest Random Weight, PHRW) 맵핑을 제안한다.

## 2. 클러스터 환경의 기존 맵핑 기법과 문제점

### 2.1 내용-기반 맵핑 기법(HRW 맵핑)

[그림 1]과 같이 요청들이 요구하는 대상의 이름으로 서버에 맵핑하는 내용-기반 맵핑 기법이 제안되었다. HRW 맵핑은 이전의 서버 상태에 대한 정보가 아닌, 대상 이름을 이용하여 서버로 요청을 맵핑한다. 대상 이름과 서버 주소 모두가 각 서버에 임의의

“가중치”를 할당하기 위해 사용된다. 그리고 서버들은 가중치에 의해 정렬되고, 요청은 가장 높은 가중치를 갖는 유효한 서버로 보내진다.

HRW 맵핑은 기본적으로 클러스터를 구성하는 서버들의 능력을 모두 같다고 가정했을 때 가장 좋은 성능을 나타내고 있다. 하지만 최근에 들어 실제 네트워크가 동질적인 서버들로만 구성되는 경우보다는, 이질적인 능력

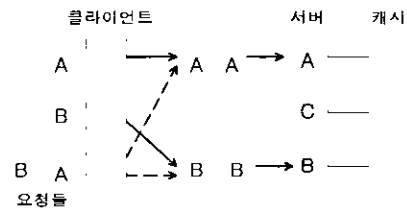


그림 1 내용-기반 맵핑

을 갖는 서버들로 구성되는 경우가 더욱 많다.

### 3. 이질적 클러스터 환경에서 개선된 내용-기반 맵핑 기법

#### 3.1 우선순위 최상 임의 가중치 맵핑 (PHRW 맵핑)

HRW 맵핑의 특징인 낮은 부담, 부하 균등, 높은 적중률, 그리고 최소 분열을 유지하면서, 이질적인 환경에서 높은 효율을 가져올 수 있는 우선순위 최상 임의 가중치 맵핑 (Prioritized Highest Random Weight Mapping), PHRW 맵핑을 제안하고자 한다. PHRW 맵핑을 HRW 맵핑과 비교하였을 때, 가장 큰 차이점은 각 서버에 대해 그 능력에 따라 우선 순위를 부여한다는 것이다.

#### 3.2 PHRW 맵핑의 우선 순위 정의

PHRW 맵핑은 서버의 주소, 대상의 이름, 그리고 우선 순위를 통해 가중치를 결정하기 때문에, 웹 서버의 능력에 따라 각 서버에 우선 순위를 부여한다. 이때 평균 능력을 갖는 서버를 기준으로 우선 순위를 정의한다.

#### 3.3 PHRW 맵핑 수행을 위한 가중치 함수

PHRW 맵핑의 성능에서 가장 결정적인 역할을 수행하는 부분은, 가중치를 결정하는 가중치 함수  $W_{PHRW}$  이다.

$$W_{PHRW}(k, S_i, P_i) = (1103515245 \cdot P_i \cdot ((1103515245 \cdot S_i + 12345) \text{ XOR } D(k)) + 12345)$$

### 3.4 PHRW 맵핑의 특징들

#### 3.4.1 낮은 부담

PHRW 맵핑은 요청을 처리할 서버를 결정할 때 서버와 대상 이름 외에 다른 정보가

필요하지 않다.

#### 3.4.2 부하 균등

$m$ 개의 서버들로 구성된 집합  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ 이 있고, 요청되는 대상들의 집합  $O = \{o_1, o_2, \dots, o_K\}$ 가 있다. 몇몇 대상들은 다른 대상들보다 더 자주 요청될 수 있으므로, 대상  $o_i$ 에 대해 들어오는 요청을 확률로 정의한 대중성(popularity)  $p_i$ 를 각  $o_i$ 가 갖게 한다. 이질적인 서버 클러스터 환경에서, 각 서버는 자신의 우선 순위인  $q_i$ 를 갖는다.  $M:O \rightarrow S$ 는 서버들 사이에 대상들을 똑같이 나누는, 서버들에 대한 대상들의 맵핑이다.

#### 3.4.3 높은 적중률

PHRW 맵핑은 중복을 금지하므로, 할라이언트들이 잠재적으로 높은 적중률을 가져올 수 있게 알 수 있다.

#### 3.4.4 최소 분열

서버  $S_i$ 가 고장 났을 때, 그 서버에 맵핑된 모든 대상들은 다시 할당되어야 한다. 하지만 이때 모든 다른 대상들은 영향을 받지 않으므로, 최적의 분열 한계가 달성된다. PHRW 맵핑의 임의성(randomizing property)에 의해 나머지 서버들에 균등하게 나누어지도록 대상들을 재 할당할 수 있다.

## 4. 성능 평가

### 4.1 성능평가 결과 분석

실시간 데이터의 경우는 [그림 2]에서 나타나는 것처럼, RR 맵핑과 PRR 맵핑은 PHRW 맵핑이나 HRW 맵핑보다 훨씬 성능이 떨어짐을 볼 수 있다. 이는 서버의 능력에 상관없이 요청들을 그 순서에 따라 서버들에 할당하는 맵핑 방식에 따른 당연한 결과이다. 또한 제안하는 PHRW 맵핑이 HRW 맵핑보다 개선된 성능을 나타냄을 알 수 있

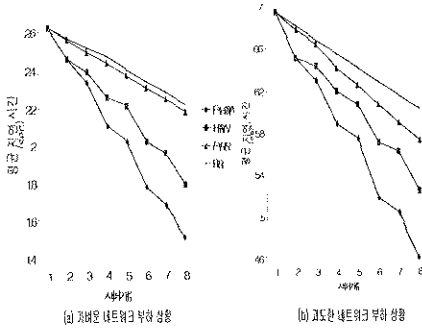


그림 2 실시간 데이터 서비스를 위한 평균 지연 시간  
다. 이는 더 많은 능력을 가지고 있는 서버로 더 많은 요청이 할당될 수 있도록 우선순위에 의해 스케일 했기 때문이다.

반면 비 실시간 데이터의 경우 [그림 3]에서 보는 것과 같이, RR 매핑과 PRR 매핑이 PHRW 매핑이나 HRW 매핑보다 좋은 성능을 나타낸다. 이는 RR 매핑과 PRR 매핑은 서버의 능력을 고려하지 않고 요청들을 할당하기 때문에 새로 추가된 성능이 좋은 서버가 비 실시간 데이터를 처리할 경우가  $1/m$  ( $m$  = 서버의 개수)의 확률을 갖기 때문이다.

### 5. 결론

PHRW 매핑은 요청되는 대상을 보고, 그 대상을 전문적으로 처리하는 서버로 요청을 할당하는 방식으로, 응답 시간을 감소시키고, 서버들간에 데이터의 중복이 없어서 캐시 적 중첩을 높이며, 새로운 서버의 삽입이나 기존 서버의 제거 시에도 최소의 부담으로 재매핑이 가능하도록 한다. 또한 HRW 매핑과는 달리 이질적인 환경에서 적합하도록 각 서버에 우선 순위를 부여하여 상대적으로 높은 성능을 지닌 서버로 더 많은 요청들이 할당되도록 하여 전체적인 성능 향상을 꾀한다.

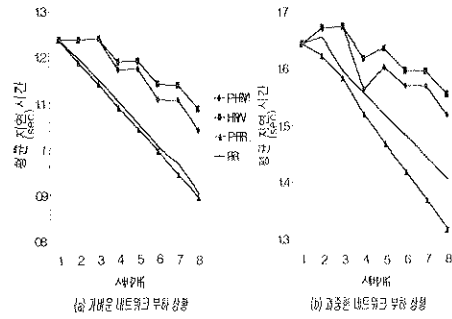


그림 3 비실시간 데이터 서비스를 위한 평균 지연 시간

### 6. 참고 문헌

[1] Mohammad Banikazemi, Vijay Moorthy, Dhableswar K. Panda, "Efficient Collective Communication on Heterogeneous Networks of Workstations", National Science Foundation, Jun. 2000.

[2] David G. Thaler, China V. Ravishankar, "Using Name-Based Mappings to Increase Hit Rates", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 6 No. 1, pp. 1-14, Feb. 1998.

[3] Paul Barford, Mark Crovella, "Measuring Web Performance in the Wide Area", Special Issue on Network Traffic Measurement and Workload Characterization, Aug. 1999.

김 진영  
 · 1999년 2월 : 서강대학교 전자계산학과 공학사  
 · 2001년 2월 : 서강대학교 컴퓨터학과 공학석사  
 김 성천  
 · 1985년~현재 : 서강대학교 공과대학 전자계산학과 교수(1992.9~현재)  
 · 1989년~현재 : 대한전자공학회 및 한국통신학회 논문지 편집위원(1991~현재, 1993~현재)  
 · 관심 분야 : 병렬처리시스템 (Parallel Computer Architecture, Interconnection Network)