

# 클러스터링 웹 서버를 위한 소프트웨어적 내용기반 작업분배

이재원\*, 김양우\*

\*동국대학교 정보통신공학과  
e-mail: jaewon@dongguk.edu

## Software Content-Based Load Balancing For Clustering Web Servers

Jae-Won Lee\*, Yang-Woo Kim\*

\*Dept of Communication and Information Engineering,  
Dongguk University

### 요약

인터넷 사용자 수의 증가와 사용자 요구 사항의 변화로 웹 서버는 기존의 단일 서버보다는 여러 대의 서버들을 클러스터링 한 구조가 효율적이다. 여러 대의 컴퓨터를 클러스터링 하기 위해 고려해야 할 사항들 중 하나가 단일 시스템 이미지이다. 이 논문은 단일 시스템 이미지 중 단일 진입점을 구현하는 다양한 방법을 소개한다. 그리고 단일 진입점 구현 방식 중 하나인 내용기반 작업분배의 소프트웨어적인 구현을 위한 구조와 이를 통해 얻을 수 있는 보안상의 장점을 살펴본다.

### 1. 서론

지난 몇 년간 인터넷 사용자 수는 급속히 증가하였으며 인터넷 사용자의 요구 성향도 많은 변화를 보이고 있다. 과거에는 대부분 단순한 텍스트를 요청하였으나 요즘은 사진, 소리, 정밀한 이미지 데이터뿐만 아니라 상당한 크기의 동영상 혹은 3차원 데이터의 요구가 빠르게 증가하고 있다. 이에 따라 웹 서버는 대량의 자료를 저장할 수 있어야 하고 사용자의 요구에 빠른 응답을 할 수 있어야 한다.

이를 위해 기존의 하나의 서버로 구성된 웹 서버보다 최근에는 여러 대의 서버를 상호 연결한 클러스터링 웹 서버가 고려되고 있다. 기존의 단일 웹 서버에서는 보다 높은 성능과 보다 많은 저장 공간을 확보하기 위해서 서버의 교체가 불가피했다. 하지만 클러스터링 기법을 이용하면 서버의 교체 방법이 아니라 기존 시스템에 새로운 서버를 추가하는 방법을 이용하게 되므로 하드웨어 낭비 없이 전체 시스템을 효율적으로 사용할 수 있다.

클러스터링 웹 서버의 구성은 단일 웹 서버와는 달리 여러 가지 고려 사항들이 있다. 그 중 하나가 바로 단일 시스템 이미지[1]이다. 즉 실질적으로 클러스터링 웹 서버는 여러 개의 서버들로 구성되어 있지만 사용자나 관리자에게는 하나의 시스템으로

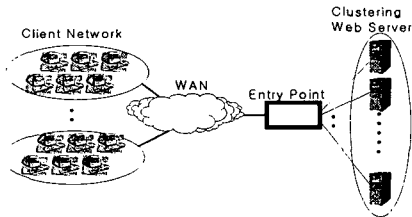
보이도록 하는 기법을 말한다.

단일 시스템 이미지의 완벽한 구현을 위해서는 단일 진입점, 단일 파일 계층, 단일 I/O, 그리고 단일 메모리 등 다양한 기능이 함께 제공되어야 한다 [1]. 그 중에서 이 논문은 단일 진입점에서 일어나는 작업분배에 중점을 둔다. 여기서 진입점은 클러스터링 웹 서버의 한 구성 요소로서 사용자의 요구 프레임 을 처음으로 받는 시스템이며 작업 분배기 혹은 디스패처라고도 한다. (그림1)은 클러스터링 웹 서버의 환경과 진입점의 위치를 보여준다.

단일 진입점에서의 구현 방법은 기술에 따라 IP(Internet Protocol) 주소기반 작업분배, MAC(Medium Access Control) 주소기반 작업분배, 그리고 내용기반 작업분배로 나눌 수 있다. IP 주소기반 작업분배는 사용자의 요구를 담은 프레임의 IP 주소 필드를 변경하여 실질적으로 응답을 하게 될 서버로 프레임을 보낸다. MAC 주소기반 작업분배는 사용자의 요구를 담은 프레임의 MAC 주소 필드를 변경하여 실질적으로 응답을 담당하는 서버를 선택하고 그곳으로 프레임을 보낸다. 내용기반 작업분배는 사용자의 요구를 담은 프레임의 URL(Uniform Resource Locator) 내용을 추출하여 해당하는 내용을 저장하고 있는 서버로 프레임을 보낸다.

특히, 내용기반 작업분배는 IP 주소기반 작업분배와 MAC 주소기반 작업분배에서와는 달리 모든 서버들이 서로 동일한 내용을 보유하고 있는 것이 아니라 서버들간에 서로 다른 내용을 저장할 수 있도록 한다. 또한 내용기반 작업분배는 진입점에서 사용자의 인증 정보를 인식함으로써 보안 작업의 효율을 높일 수 있다.

이 논문에서는 내용기반 작업분배 시스템을 소프트웨어적으로 구현하기 위한 구조를 고찰한다. 또한 소프트웨어적인 내용기반 작업분배 시스템을 통찰 얻을 수 있는 보안상의 혜택을 살펴본다.



(그림 1) 클러스터링 웹 서버 환경

## 2. 단일 진입점의 작업분배 기법들

클러스터링 웹 서버의 단일 진입점 구현기술은 보는 관점에 따라 몇 가지 견해로 나누어진다. 먼저, 가상 시스템의 구현[2]으로 보는 견해가 있다. 둘째로 작업 분배 역할[3]로 보는 견해가 있다. 셋째로 스위치 역할[4]로 보는 견해가 있는데 이 논문에서는 두 번째인 작업 분배의 역할로 본다.

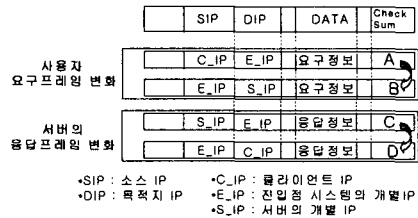
### 2.1. IP 주소기반 작업분배

IP 주소기반 작업분배[2][3]는 여타의 다른 방식과 비교하여 가장 먼저 제시된 방법이다.

처음 사용자의 요구를 담은 프레임이 웹 서버의 진입점에 도달할 때, 프레임의 목적지 IP 주소부분은 가상 IP 주소를 가지고 있다. 진입점에서는 이 가상 IP 주소를 사용자의 요구에 대한 처리를 담당할 서버의 개별 IP 주소로 변경시키고 내보낸다. 이때 IP 주소가 변화했기 때문에 프레임의 체크섬(Checksum) 부분을 다시 계산해야 한다. 진입점으로부터 프레임은 받은 서버는 사용자의 요구를 처리하고 응답 프레임을 다시 진입점으로 내보낸다. 진입점에서는 받은 응답 프레임의 목적 IP 주소 필드에 있는 자신의 IP 주소를 사용자의 IP 주소로 바꾼다. 이 때 진입점에서는 프레임의 체크섬을 다시 계산한다. 이렇게 처리된 응답 프레임은 네트워크를 통하여 사용자에게 전달된다. (그림2)는 이러한 일련

의 과정을 보여주고 있다.

위의 과정과 같이 IP 주소기반의 작업 분배는 사용자의 요구를 담은 프레임이 들어올 때 그리고, 사용자 요구에 대한 응답 프레임이 나갈 때 모두 진입점을 거치게 된다. 또한 진입점을 통과하면서 체크섬이 다시 계산된다. 따라서, 클러스터링 할 수 있는 서버의 개수와 한정된 시간 안에 처리 할 수 있는 사용자 요구 프레임의 수에 한계가 있다.



(그림 2) IP 주소기반 작업분배의 프레임 변화

### 2.2. MAC 주소기반 작업분배

MAC 주소기반 작업분배[2][3]는 IP 주소기반 작업분배 이후에 제시된 방법이다. IP 주소기반 작업분배의 단점은 웹 서버의 낮은 확장성이다. 이는 프레임이 진입점에 들어가고 나갈 때 IP 주소 변환과 체크섬의 계산이 일어나기 때문이다.

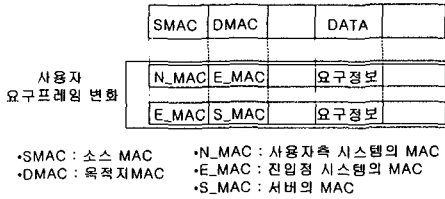
MAC 주소기반 작업분배는 진입점에 들어오는 프레임의 MAC 주소 변환만 이루어질 뿐 체크섬 부분의 계산이 일어나지 않는다. 또한 모든 서버들은 자신의 개별 IP 주소 외에 가상 IP 주소를 공유함으로써 응답 프레임이 진입점을 거치지 않도록 한다.

우선, 웹 서버를 구성하는 모든 서버들은 각각 두 개의 IP 주소를 가진다. 하나는 가상 IP 주소로서 모든 서버들은 동일한 가상 IP 주소를 가진다. 다른 하나는 개별 IP 주소로서 클러스터 웹 서버들 중에서 특정한 서버를 식별하는 데 사용된다.

사용자의 요구를 담은 프레임이 진입점에 도달하면 현재 작업량과 자신의 스케줄링 정책을 고려하여 요구에 대한 응답을 할 서버를 지정한다. 이 때 진입점에서는 들어온 프레임의 MAC 주소 필드의 내용을 지정된 서버의 MAC 주소로 변경한다. 지정된 서버는 진입점으로부터 들어온 프레임을 받으면 사용자의 요구에 대한 응답 프레임을 만든다. 이 때 만들어진 응답 데이터가 다시 진입점을 통하는 IP 주소기반 작업분배와는 달리 진입점을 통하지 않고 바로 사용자에게 전달된다. (그림3)은 진입점에서의 사용자 요구 프레임 변화를 나타내고 있다.

위와 같은 처리 절차를 통하여 MAC 주소기반 작업분배는 진입점에서의 부하를 줄일 수 있기 때문에 IP 주소기반 작업분배보다 높은 확장성을 가진다.[3]

하지만 IP 주소기반 작업분배나 MAC 주소기반 작업분배 방식을 택하는 클러스터링 웹 서버들은 모두 동일한 내용을 가지고 있어야 한다. 즉, 한 서버의 내용이 변경되면 다른 모든 서버의 내용이 변경되어야 데이터 일관성이 유지된다.



(그림 3) MAC 주소기반 작업분배의 프레임 변화

### 2.3. 내용기반 작업분배

내용기반 작업분배[3][4][6] 방식은 각각의 서버들이 내용을 복제하지 않고 각기 다른 내용을 가질 수 있다. 따라서 한 서버의 내용이 변경된다 하여도 나머지 서버들의 내용을 변경할 필요가 없기 때문에 내부 네트워크 망의 통신량을 줄이고 관리자의 부담을 줄여준다.

내용기반 작업분배의 진입점에서는 사용자의 요구를 담은 프레임이 도착하면 먼저 URL을 추출하고 파싱하여 해당하는 내용을 저장하고 있는 서버를 찾아 그 프레임을 전달한다. 프레임을 받은 서버는 사용자의 요구에 대한 응답 프레임을 만들어 내보낸다.

이 때 응답 프레임은 진입점을 통해 전달될 수도 있고 아니면 바로 사용자에게 보내질 수도 있다. 바로 사용자에게 보내는 경우는 진입점에서의 부하를 줄이고자 하는 의도이고 진입점으로 다시 보내는 경우는 진입점에 캐쉬기능을 부여하여 응답속도를 향상시키기 위함이다.

## 3. 보안

웹 서버의 구현에 있어서 빠질 수 없는 기능들 중 하나가 바로 보안 기능이다. 특히 전자 상거래의 빠른 성장으로 보안 기능의 중요성이 한층 더 강조되고 있다.

### 3.1. SSL (Session Socket Layer)

SSL[5]은 보안 프로토콜의 하나로 클라이언트와 서버간 통신에서의 보안 기능을 제공한다. SSL은 현재 인터넷상의 클라이언트/서버 통신에서 널리 사용되고 있다.

이 프로토콜은 먼저 SSL 핸드셰이크 (Handshake) 동작을 한다. 이를 통해 클라이언트와 서버는 상대방의 공개키를 얻으며 클라이언트는 세션 아이디도 함께 얻는다. 추후 접속 시 클라이언트는 이전에 얻은 세션 아이디를 사용한다. 서버는 세션 아이디를 자신의 캐쉬 내용과 비교하는 과정을 통해 사용자를 검증한다. 세션 아이디가 캐쉬에 저장되어 있다면 SSL 핸드셰이크 동작이 다시 일어나지 않는다. 이를 SSL 세션 재사용이라 한다.[5]

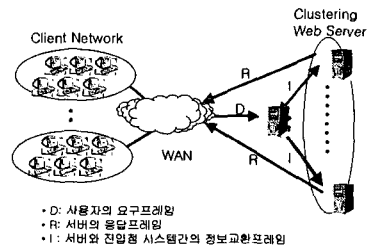
SSL 핸드셰이크에 비하여 SSL 세션 재사용의 처리 시간은 매우 짧다. 따라서, SSL 세션 재사용 비율은 처리율과 밀접한 관계가 있다.

### 3.2. 클러스터 웹 서버에서의 보안

클러스터링 웹 서버의 보안을 고려할 때는 단일 웹 서버의 보안과는 차이점이 있다. 즉, 클러스터링 웹 서버를 구성하고 있는 한 서버로부터 일단 인증을 받은 사용자가 그 외의 서버에 접속할 때는 인증 절차를 거치지 않고 접속할 수 있어야 한다.

이를 위해서는 특정한 서버로부터 한 사용자가 인증을 받은 정보는 다른 모든 서버에게 공개되어야 한다. 또는 진입점에서 인증에 관한 모든 정보를 가지고 관리할 수 있어야 한다. 후자의 방법은 IP 주소기반 작업분배나 MAC 주소기반 작업분배에서 구현되지 못하고 내용기반 작업분배에서 구현될 수 있다. 왜냐하면, IP 주소기반 작업분배나 MAC 주소기반 작업분배는 진입점에 들어오고 나가는 프레임의 내용을 볼 수 없기 때문이다.[6]

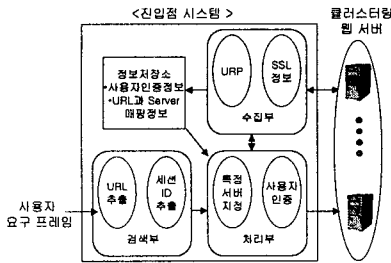
## 4. 소프트웨어적 내용기반 작업분배.



(그림 4) 소프트웨어적인 내용기반 작업분배 클러스터링 웹 서버 환경

(그림 4)는 소프트웨어적 내용기반 작업분배의 동작을 보여준다. 특히 서버의 응답 프레임이 진입점을 거치지 않도록 하여 성능을 향상시키고자 한다.

#### 4.1. 구조



(그림 5) 소프트웨어적 내용기반 작업분배를 위한 진입점 시스템의 구조

(그림 5)에서 보여주듯이 소프트웨어적 내용기반 작업분배를 위한 진입점 시스템 기능은 역할에 따라 검색부, 처리부, 그리고 수집부로 나누어진다. 첫째로, 검색부는 사용자 프레임의 내용을 검색한다. 둘째로 처리부는 특정 서버의 지정 및 사용자 인증을 담당한다. 마지막으로 수집부는 서버와의 지속적 정보 교환을 통하여 최신의 정보를 수집한다.

검색부에서는 사용자 프레임에서 URL 추출 또는 SSL 데이터의 세션 아이디를 추출한다. 추출된 URL은 특정 서버의 지정을 위해 사용되고 추출된 세션 아이디는 사용자 인증을 위해 사용된다.

처리부에서는 정보 저장소의 내용과 추출된 URL을 비교하여 사용자 요구를 처리할 특정한 서버를 지정한다. 또한 정보 저장소의 내용과 추출된 세션 아이디를 비교하여 사용자 인증 여부를 확인한다.

수집부에서는 정보 저장소가 최신의 정보를 갖도록 한다. 또한, 처리부에서 찾는 URL이나 SSL 세션 아이디가 정보저장소에 없을 경우에 수집부는 서버와 URP(URL Resolution Protocol)[4][6]과 SSL 핸드셰이크를 통해 관련 정보를 수집하여 처리부로 전달한다.

#### 4.2. 기대 효과

내용기반 작업분배 기법을 하드웨어적으로 구성할 경우에는 스위치 구조가 복잡하고 그로 인한 높은 비용이 추가된다. 반면에 소프트웨어적인 구현을 통하여 구조를 단순화하고 가격을 낮출 수 있을 뿐만

아니라 어느 서버에도 설치 가능하다. 그리고 소프트웨어적인 내용기반 작업분배는 서버의 응답 프레임을 진입점에 통과시키지 않고 바로 사용자에게 보내도록 하여 성능을 향상시킬 수 있다.

또한, 내용기반 작업분배를 하는 진입점에서 사용자 인증 정보를 인식할 수 있기 때문에 효율적인 보안 기능을 제공할 수 있다. 즉, 한 서버에서 인증을 받은 사용자가 다음에 다른 서버에게 접속할 때 인증 절차를 반복하지 않는다.

#### 5. 결론

인터넷의 사용자의 급속한 성장은 고성능 웹 서버를 요구하고 있다. 또한 전자 상거래의 급속한 활성화는 사용자 인증 및 보안의 중요성을 더욱 강조하고 있다.

이 논문에서는 효율적인 보안기능을 가진 고성능 클러스터링 웹 서버의 구현 시 고려되어야 할 단일 진입점에서의 작업분배 기능에 관하여 연구해 보았다. 그 결과로 내용기반 작업분배 기능의 소프트웨어적 구현을 위한 구조를 제시하였다. 제시된 시스템의 구현 시 관리자는 이 시스템을 어느 서버에나 설치하여 진입점 기능을 부여할 수 있으며, 저비용으로 효율적인 사용자 인증 및 보안기능의 제공을 기대할 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] Kai Hwang, Zhiwei Xu, "Scalable Parallel Computer", p. 473 ~ p.482
- [2] "Linux Vitural Sever Project", <http://www.linux-vs.org/>
- [3] Trevor Schoeder, Steve Goddard, Gyrvam Ramamurthy, "Scalable Web Server Clustering Technologies" IEEE Network, May/June, 2000.
- [4] George Apostolopoulos, Vinod Peris, Prashant Pradhan, Debanjan Saha, "L5: A self learning Layer 5 switch", IBM research report
- [5] Netscape Communication Corporation, "SSL protocol version 3.0", March, 1996.
- [6] George Apostolopoulos, David Aubespain, Vinod Peris, Parshant Pradhan, Debanjan Saha, "Design, Implementation and Performance of a Content-Based Switch", IEEE INFOCOM, March, 2000. <http://www.cse.ucsc.edu/~rom/infocom2000/>