

웹상에서의 효과적인 콘텐츠 전송을 위한 가용율 기반의 서버 재설정 시스템

송승현^{1†} · 장성호¹ · 이종식²

Availability-based Server Redirection System for Effective Content Delivery on Web

Seung-Hyeon Song · Sung-Ho Jang · Jong-Sik Lee

ABSTRACT

The server redirection system replicates contents on replica servers in the distributed network environment. When users make a request for contents, the system can provide the contents much faster than the client-server network system. In the server redirection system, it is the most important to select the optimal replica server with user's information because many replica servers are geographically distributed. And, the system can serve contents to users flexibly if a redirector is well constructed. In this paper, the redirector makes a list of candidates suitable for user conditions by the decision tree method and calculates the availability of each replica server. And, the redirector selects the replica server with the highest availability. This paper also proposes an availability-based server redirection system that predicts the availability of each replica server in order to reduce the workload of replica servers and the repetitive communication messages between a redirector and replica servers. If a user accesses the network path for the replica server selected and noticed by the proposed system, the user can get contents effectively and efficiently.

Key words : Server Redirection System, Redirector, Availability, Prediction Method

요약

서버 재설정 시스템은 분산된 환경 하에서 동일한 콘텐츠를 복사하여 사용자의 콘텐츠 요청이 생겼을 때 빠르게 콘텐츠를 제공함으로써 CSN(Client-Server Network) 시스템보다 효과적으로 서비스를 제공한다. 많은 복제서버가 지역적으로 넓게 퍼져있기 때문에 사용자의 정보를 참고하여 최적이라고 판단되는 복제서버를 지정해주는 것이 중요하며, 경로 재설정기가 효과적으로 구축이 되었을 때 사용자에게 유연하게 콘텐츠를 제공할 수 있다. 본 논문에서는 의사결정 트리 기법을 통해 사용자에게 적합한 후보 복제서버 리스트를 생성하고 생성된 리스트 내에 속하는 복제서버의 가용율을 고려하여 최적의 복제서버를 선택한다. 또한, 복제서버의 정보 갱신을 위해 발생하는 복제서버와 경로 재설정기의 반복적인 통신 메시지를 줄이기 위해 각 복제서버의 가용율을 예측하여 경로 재설정기의 부하와 네트워크의 사용을 줄여주는 가용율 기반의 서버 재설정 시스템을 제안한다. 이렇게 제안된 시스템을 통해 선택된 복제서버의 경로를 사용자에게 통보해 주면, 사용자는 직접 복제서버로 접속을 함으로써 사용자는 효율적으로 콘텐츠를 제공받을 수 있다.

주요어 : 서버 재설정 시스템, 경로 재설정기, 가용율, 예측 기법

2009년 5월 14일 접수, 2009년 7월 27일 채택

¹⁾ 인하대학교 정보공학과

²⁾ 인하대학교 컴퓨터정보공학부

주 저 자 : 송승현

교신저자 : 송승현

E-mail; songseunghyun@lycos.co.kr

1. 서 론

네트워크 기술이 지금과 같이 발전하기 이전에는 콘텐츠를 원활히 제공받기 위해서 거리적, 시간적 제약으로 인한 한계가 존재했다. 하지만 지금은 네트워크 기술이 발달함에 따라 언제 어디서나 쉽게 콘텐츠를 접할 수 있게 되었다. 대표적으로 이러닝(e-Learning), 영상 스트리밍 서비스를 이용한 영상 콘텐츠와 대용량 파일 다운로드가 있다. 현재 이러한 콘텐츠의 사용량은 점차 증가하고 있으며 앞으로 구현될 가상현실의 3D데이터, 고화질의 영상 콘텐츠를 비롯한 대용량 콘텐츠의 종류 또한 더욱 더 다양해질 것으로 예상된다. 콘텐츠가 고품질로 변해감에 따라 그 크기 또한 빠른 속도로 증가하고 있으며, 그에 따라 네트워크를 통해 전송해야 하는 단위 시간당 콘텐츠의 전송량도 증가하고 있다. 그리고 그 증가속도는 시간이 지날수록 더욱 가속화 될 것이다. 또 사용자가 지역적으로 먼 곳에 있는 서버로부터 콘텐츠를 제공 받으려면 네트워크 인프라가 복잡해지고, 각 ISP(Internet Service Provider)가 교차하는 미들마일(Middle Mile)^[5]을 거치게 된다. 미들마일을 거치게 되면 네트워크에 병목현상이 발생할 수 있으며, 그렇게 되면 콘텐츠를 제공하는 서버는 사용자에게 원활한 서비스를 제공할 수 없게 되거나 품질이 떨어지는 서비스를 제공할 수밖에 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 서버 재설정 시스템(Server Redirection System)^[4]이 제안되었다.

서버 재설정 시스템은 물리적으로 여러 지역에 근원서버의 콘텐츠를 갖고 있는 복제서버(Replica Server)를 둬으로써 사용자의 콘텐츠 요청이 서버에 들어왔을 때 사용자와 가장 가까운 복제서버로 콘텐츠 전송 경로를 재설정해주는 시스템이다. 이러한 서버 재설정 시스템을 사용하면 미들마일을 거치지 않고 콘텐츠를 제공할 수 있으며, 네트워크의 부하를 감소시킬 수 있다. 현재 콘텐츠의 양과 크기가 커지면서 각 ISP는 원활한 콘텐츠 전송을 위해서 네트워크망을 증설하고 있다. 하지만 네트워크망의 증설 속도는 콘텐츠의 양적 팽창 속도를 따라가지 못하고 있다. 그렇기 때문에 전체적으로 보면 서버 재설정 시스템을 사용하기 위해 복제서버의 설치를 위한 비용이 네트워크망을 늘리는 것보다 비용이 더 적게 든다. 이것은 보다 적은 비용으로 사용자와 서버와의 네트워크 부하를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 보다 양질의 콘텐츠 서비스를 사용자에게 원활히 제공할 수 있다. 이러한 다양한 장점으로 인해 현재 아카마이^[1]와 같은 다양한 업체에서 서버 재설정 시스템과 관련된 서비스를 제공하고 있다. 기존의

시스템은 지역을 고려해서 응답속도를 빠르게 하는 장점이 있는 반면, 서버의 특성과 상태를 충분히 고려하지 않는 단점이 있다.

본 논문에서는 서버 재설정 시스템이 각 사용자에게 최적의 복제서버의 선택을 위해 가용율과, 예측된 가용율을 이용한 가용율 기반의 서버 재설정 시스템(Availability-based Server Redirection System)을 제안한다. 제안된 시스템은 콘텐츠 사용을 원하는 사용자의 정보와 복제서버의 정보를 바탕으로 최적이라고 판단되는 복제서버를 의사결정 트리 기법과 각 지역에 해당하는 복제서버의 가용율을 예측하여 선택한다. 그리고 선택된 복제서버의 경로를 사용자에게 전달하고 다른 경로를 거치지 않고 바로 복제서버에 접속하게 함으로써, 미들마일을 거치지 않고 안정적이고 빠르게 콘텐츠 전송 서비스를 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 배경이 되는 서버 재설정 시스템에 대해 알아보고, 3장에서는 의사결정 트리 기법을 이용하여 지역을 선택하는 방법과, 복제서버의 가용율을 계산하는 방법 그리고 다음 서비스해 줄 복제서버를 예측하는 예측 알고리즘을 제시했다. 4장에서는 시뮬레이션 결과를 통해 가용율 기반의 서버 재설정 시스템의 성능을 증명하고 마지막 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

콘텐츠를 효과적으로 사용자에게 제공하고 늘어나는 네트워크 트래픽을 제어하기 위해 현재까지 아래와 같은 다양한 연구들이 진행되었다.

먼저 Eric Dean Katz, Michelle Butler, Robert McGrath^[6]는 multi-workstation HTTP 서버에서 라운드로빈 기법으로 사용자의 요청을 처리하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 순차적으로 서버를 할당함으로써 사용자의 콘텐츠 요청을 분산시키는 방법이다. 콘텐츠의 크기가 비슷해서 작업 부하량이 비슷한 경우 각각의 서버에 사용자의 요청이 분산되어 작업 로드가 한 서버에 집중되는 것을 막을 수 있으나, 단순히 사용자의 요청을 차례대로 할당하기 때문에 제한적인 방법이다.

Michael Garland, Sebastian Grassia, Robert Monroe, Siddhartha Puri^[9]는 디스패처를 사용해서 사용자의 요청 시 작업 부하량이 가장 적은 서버에 사용자의 서비스 요청을 할당하는 방법을 제안했다. 이 방법은 서버의 성능이 같을 경우에는 효과적이지만, 서버의 구성이 이기종일 경우 제대로 서버에 요청을 할당해 줄 수 없다는 단점이 있다.

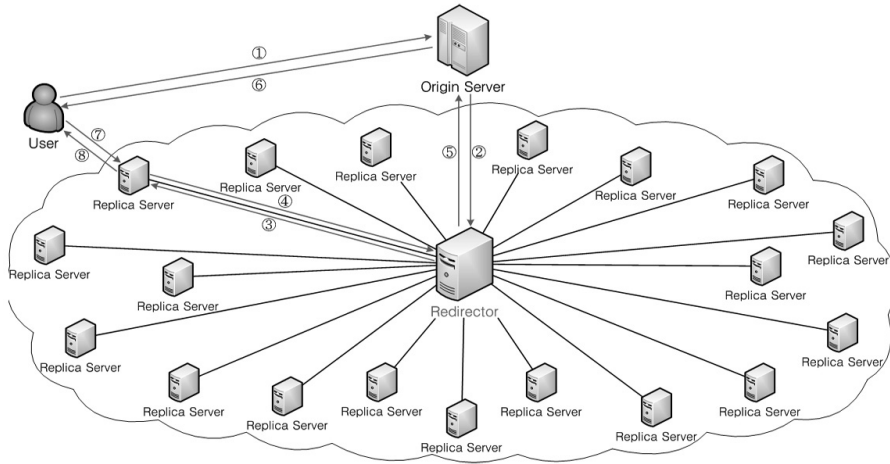


그림 1. 서버 재설정 시스템의 동작 순서

Sylvia Ratnasamy, Mark Handley, Richard Karp, Scott Shenker^[11]는 네트워크의 거리에 중점을 둔 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 노드들을 bin이라는 그룹으로 묶어서 서비스 요청이 있을 경우 같은 그룹으로 구성된 내 노드가 서비스를 함으로써 네트워크 응답속도를 단축하였다. 이 방법은 응답속도는 빨라지나 다른 요소들을 폭넓게 고려하지 않는다.

이어서 Spiridon Bakiras^[10]은 CDN(Content Delivery Network)에서 적응력 있는 프레임워크를 제안했다. 여기에서는 trace-driven 시뮬레이션을 사용했다. 그리고 몇 가지 요소를 고려하여 서버를 선택함으로써 응답시간을 단축시키는 방법을 소개하였다. 하지만 서버의 상태를 파악하기 위해 매번 경로 재설정기와 서버가 통신을 해야 하므로 네트워크 사용량이 늘어난다.

위에 언급했던 디스패처를 사용하는 기법, bin을 사용하는 기법, Spiridon Bakiras가 제안한 기법들은 사용자의 콘텐츠 요청을 받으면 위치를 고려해서 응답속도를 빠르게 하는 장점이 있었지만, 각 서버의 특성과 상태를 충분히 고려하지 않거나 단순히 순차적으로 할당하는 서버 선택 방법을 제공한다. 기존의 이러한 연구들은 최적의 복제서버를 선택해서 사용자에게 최적의 서버를 할당해주는 데 한계가 있다. 우리는 이러한 한계를 최소화 하여 각각의 사용자의 위치와 가용율을 바탕으로 유연한 서비스를 제공하기 위해서 복제서버의 정보를 데이터베이스로 구축한다. 그리고 각 콘텐츠와 사용자의 위치를 고려하여 의사결정 트리 기법^[8]과 예측된 복제서버의 가용율을 바탕으로 각각의 복제서버를 선택한다. 이것은 콘텐츠가 대용량 고급화가 되더라도 각각의 사용자에게 빠르게

안정적으로 콘텐츠를 제공할 수 있다.

3. 가용성 기반의 서버 재설정 시스템

이 장에서는 사용자의 콘텐츠 요청 시 해당 콘텐츠를 제공하는 최적의 복제서버를 찾기 위한 가용성 기반의 서버 재설정 시스템(Availability-based Server Redirection System)을 제안하고 시스템에서 가장 핵심적인 기능을 수행하는 경로 재설정기(Redirector)의 구성과 역할을 설명한다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 서버 재설정 시스템의 동작순서를 나타낸다. 우선 사용자가 서버에 콘텐츠를 요청한다. 이때 전송되는 사용자 정보는 콘텐츠의 위치 및 종류에 대한 정보가 포함된다. 그다음 사용자로부터 콘텐츠 요청을 받은 서버는 해당 콘텐츠가 서버 재설정 시스템에 연결된 콘텐츠일 경우 경로 재설정기에 콘텐츠 요청을 보낸다. 그리고 콘텐츠 요청을 받은 경로 재설정기는 사용자와 지역적으로 가깝고 요청한 콘텐츠를 효과적으로 처리할 수 있다고 판단되는 복제서버를 선택한다. 선택된 복제서버의 위치 정보를 근원서버에 알려주고 그 위치 정보를 다시 사용자의 컴퓨터에게 알려준다. 마지막으로 사용자의 컴퓨터는 경로 재설정기에 의해 선택된 복제서버로 접속을 하여 콘텐츠를 제공받는다.

3.1 경로 재설정기 모듈

경로 재설정기는 그림 2와 같이 지역 선택(Area Selector) 모듈, 복제서버 선택(Server Selector)모듈, 복제서버 정보 데이터베이스(Replica Server Information Database)

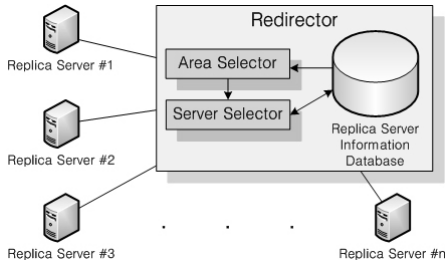


그림 2. 경로 재설정기의 구조

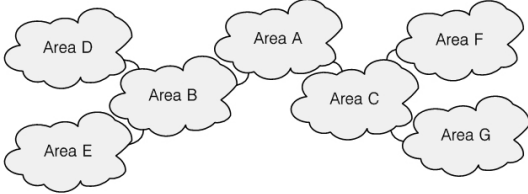


그림 3. 네트워크 구성

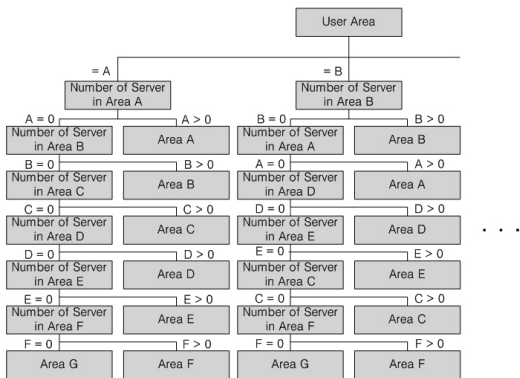


그림 4. 의사결정 트리 기법을 이용한 복제서버의 지역 탐색 트리

로 구성된다. 지역 선택모듈은 사용자의 위치정보와 복제 서버 정보 데이터베이스를 바탕으로 의사결정 트리 기법을 이용하여 사용자와 가까운 복제서버의 후보 리스트를 생성한다. 그리고 후보 리스트에 포함된 복제서버의 정보는 복제서버 정보 데이터베이스로부터 제공 받는다. 복제 서버 선택모듈은 제공받은 정보를 바탕으로 후보 복제서버의 예상 가용율을 계산하고 예상 가용율이 가장 높은 복제서버를 최종적으로 선택한다. 또한 복제서버 정보 데이터베이스는 실시간으로 갱신되며, 이 자료는 다음 사용자 콘텐츠 요청에 대한 각 지역의 가용율을 예측하여 복제서버를 선택 시 사용된다.

또한, 본 논문에서 네트워크 구성은 그림 3과 같다고

가정한다. 이때 하나의 회사가 관리하거나 ISP(Internet service provider)와 같이 한 단체에 속하는 네트워크 그룹인 AS(Autonomous System)^[7]를 본 논문에서는 하나의 지역(Area)이라고 한다.

서버 재설정 시스템에서 복제서버는 근원서버에서 사용 비중이 높은 콘텐츠를 복제하여 갖고 있다. 요청한 콘텐츠를 제공받는 사용자는 서버 재설정 시스템의 경로 재설정기의 성능에 따라 최종적으로 선택된 복제서버가 최적인지 그렇지 않은지가 결정된다. 이에 앞서 경로 재설정기는 복제서버의 선택을 위해 그림 4와 같이 의사결정 트리 기법을 사용하여 사용자와 가까운 지역이라고 판단되는 선택된 복제서버의 경로를 설정함으로써 후보 복제서버의 리스트를 생성한다.

의사결정 트리 기법^[8]은 데이터를 분석하고 이에 해당하는 연관관계를 찾아서 의사결정에 이용하는 방법이다. 본 논문에서는 수많은 네트워크 그룹(Area) 중 사용자의 지역과 최단 거리에 위치한 복제서버의 지역을 탐색하기 위해 의사결정 트리 기법을 적용하였다. 콘텐츠를 요청한 사용자의 위치가 B지역이면 경로 재설정기는 의사결정 트리 기법을 이용해서 B지역에 있는 복제서버를 먼저 탐색한다. B지역에 콘텐츠를 제공하는 복제서버가 없다면, B지역과 인접한 A지역과 D지역, E지역을 차례대로 탐색한다. E지역에 복제서버가 있다면 E지역의 복제서버 후보리스트를 만들고 그렇지 않으면 C지역과 F지역을 계속 탐색한다. 위의 의사결정 트리 기법을 이용하여 선택된 지역의 복제서버와 사용자의 AS-Path^[7]를 구하게 된다. 표 1은 그림 3의 네트워크 구성을 기반으로 사용자(User), 경로 재설정기(Redirector), 복제서버(Replica Server)의 위치에 따른 AS-Path를 나타낸다. 여기서 AS-Path는 사용자와 경로 재설정기 간 거리, 경로 재설정기와 복제서버 간 거리의 합이다. AS-Path가 짧을수록 사용자와 경로 재설정기, 경로 재설정기와 복제서버와의 거리가 가까운 것이고, 숫자가 클수록 지역적으로 멀리 떨어져 있는 것을 나타낸다.

예를 들어 사용자가 A지역에 있고, 경로 재설정기가 F지역에 있으며, 경로 재설정기에 의해 B지역에 있는 복제서버가 선택되었다면, 그림 3의 네트워크 구성을 참조하여 다음과 같이 AS-Path값을 계산할 수 있다. 사용자의 콘텐츠 요청을 경로 재설정기가 받아서 복제서버를 선택하므로 A지역에서 F지역까지는 C지역을 경유하여 'Area A → Area C → Area F'가 되고 AS-Path는 2가 된다. 그리고 경로 재설정기에 의해 복제서버가 선택되므로 경로 재설정기가 위치한 F지역에서 복제서버가 위치한 B지

표 1. 사용자, 경로 재설정기, 복제서버의 위치에 따른 AS-Path

User	Redirector	AS-Path	Redirector	Replica Server	AS-Path
A	A	0	A	A	0
A	B	1	A	B	1
A	C	1	A	C	1
A	D	2	A	D	2
A	E	2	A	E	2
A	F	2	A	F	2
A	G	2	A	G	2
B	A	1	B	A	1
B	B	0	B	B	0
B	C	2	B	C	2
B	D	1	B	D	1
B	E	1	B	E	1
B	F	3	B	F	3
B	G	3	B	G	3
G	A	2	G	A	2
G	B	3	G	B	3
G	C	1	G	C	1
G	D	4	G	D	4
G	E	4	G	E	4
G	F	2	G	F	2
G	G	0	G	G	0

역까지는 C지역과 A지역을 경유하여 ‘Area F → Area C → Area A → Area B’가 된다. 그러므로 경로 재설정기가 위치한 지역에서 복제서버가 위치한 지역의 AS-Path는 3이 된다. 그리고 두 AS-Path 값을 합한 사용자가 위치한 A지역에서 선택된 복제서버가 위치한 B지역까지의 전체적인 AS-Path는 5가 된다. 본 논문에서 사용된 그림 3의 네트워크를 바탕으로 사용자에서부터 복제서버까지의 최소 AS-Path는 0, 최대 AS-Path는 8이다.

3.2 서버 가용율

경로 재설정기는 서버 선택에 앞서 의사결정 트리 기법에 의해 선택된 각 후보 복제서버들의 가용율을 측정한다. 가용율을 계산하는 수식 (1)은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{if}(Performance \leq Load_n) \\
 & \quad \{Availability_n = 0\} \\
 & \text{else if}(Performance_n > Load_n) \\
 & \quad \left\{ Availability = \left(\frac{100 - (Load_n * 100)}{Content Processing Ability_n} \right) * Weight of Bandwidth_n \right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Availability는 복제서버의 가용율이며, Load는 선택된 복제서버의 작업 부하량이다. 작업 부하량이 복제서버가 처리할 수 있는 양보다 크면 가용율은 0%가 되고, 그렇지 않을 경우에는 복제서버의 성능과 대역폭의 기중치에 따라 가용율을 계산한다.

그리고 Content Processing Ability는 선택된 복제서버의 콘텐츠 처리능력을 나타낸다. 표 2는 탐스하드웨어¹²의 자료를 바탕으로 복제서버의 사양을 분류하고 이에 따른 콘텐츠 처리능력을 규정짓은 것이다. 서버사양은 중앙처리장치(CPU), 주저장장치(RAM) 및 보조저장장치의 종류(Type of Storage)에 따라 총 36가지의 순위로 분류하였다. 우리는 중앙처리장치의 수를 고려하지 않고 전체 코어의 수와 클럭에 따라 2.33Ghz, 2.66Ghz, 3Ghz의 세 가지 타입을 분류하였고, 주저장장치의 용량은 2GB, 4GB, 8GB에 따라 추가적으로 세 단계로 나뉘었다. 마지막으로 보조저장장치의 종류에 따라 SATA2(Serial Advanced Technology Attachment 2)를 포함한 SATA, SAS(Serial Attached Small Computer System interface)를 포함한 SCSI(Small Computer System interface)로 분류하였다. 또한, 각 복제서버는 레이드(RAID-Redundant Array of Inexpensive Disks)방식을 이용하여 저장 장치를 구성한다. 복제 서버의 사양에 따른 콘텐츠 처리능력은 표 2와 같다고 가정하였다. 이어서 Weight of Bandwidth는 선택된 각 복제서버의 대역폭에 따른 가중치이다. 대역폭은 초당 500Mbps인 이더넷(Ethernet)환경에서부터 두 개 이상의 랜카드(NIC-Network Interface Card)를 채택한 시스템에서 본딩(Bonding) 또는 팀링(Teaming)하여 최대 초당 4Gbps까지 서비스가 가능한 복제서버로 구성되었다고 가정한다. 각 대역폭에 따른 가중치는 표 3과 같다. 가중치가 1에 가까울수록 대역폭이 높고, 각 단계별 가중치는 0.05이다.

표 2. 복제서버의 콘텐츠 처리능력

CPU : Quad-Core 3Ghz		
RAM	Type of Storage	Content Processing Ability(%)
8GB	SCSI	100
	SATA	99
4GB	SCSI	98
	SATA	97
2GB	SCSI	96
	SATA	95
CPU : Quad-Core 2.66Ghz		
RAM	Type of Storage	Content Processing Ability(%)
8GB	SCSI	94
	SATA	93
4GB	SCSI	92
	SATA	91
2GB	SCSI	90
	SATA	89
CPU : Dual-Core 2.33Ghz		
RAM	Type of Storage	Content Processing Ability(%)
8GB	SCSI	68
	SATA	67
4GB	SCSI	66
	SATA	65
2GB	SCSI	64
	SATA	63

$$\begin{aligned}
 & \text{if}(n = 1) \\
 & \quad \{Load_n = basicLoad + Content_n\} \\
 & \text{else if}(n > 1) \\
 & \quad \left\{ \begin{aligned}
 & Load_n = Load - \sum_{k=1}^n (processed Content_{n-k}) \\
 & \quad + \sum_{k=1}^n (Content_n) \\
 & \text{if}(Load \leq 0) \{Load = 0\} \\
 & \text{else if}(Load \geq 100) \{Load = 100\}
 \end{aligned} \right. \quad (2)
 \end{aligned}$$

위의 수식 (2)는 복제서버의 작업 부하(Load)를 나타

표 3. 복제서버의 대역폭에 따른 가중치

대역폭(Mbps)	대역폭에 따른 가중치
4,000	1.00
2,000	0.95
1,000	0.90
700	0.85
500	0.80

낸 것이다. n 은 사용자가 복제서버에 콘텐츠를 요청한 횟수이다. 그리고 *basic Load*는 각 복제서버에 초기에 할당된 작업 부하이며, *processed Content*는 처리된 콘텐츠의 작업량이다. 또한 *Content*는 현재 요청 받은 콘텐츠에 해당하는 작업량이며, 콘텐츠의 종류별로 가중치가 부여된다.

3.3 서버 가용을 예측

본 논문에서는 경로 재설정기와 복제서버 간의 통신량을 줄이기 위해 통계적 예측기법인 지수평활법^[3]을 이용하여 각 복제서버의 서버 가용을 예측한다. 사용자의 콘텐츠 요청이 들어올 때 예측기법을 사용하면 가용의 갱신을 위해서 매번 경로 재설정기와 복제서버와의 통신을 하지 않아도 되고 그에 따라서 예측기법을 사용하지 않는 모델보다 네트워크 회선을 더 적게 쓰므로, 네트워크의 자원을 효과적으로 사용할 수 있다. 그리고 매번 복제서버와 통신을 하지 않아도 되므로 경로 재설정기의 부하는 예측모델을 사용하지 않는 모델의 경로재설정기보다 상대적으로 적게 걸린다. 복제서버 가용의 예측값은 통계적 예측기법인 지수평활법^[3]을 이용하여 아래의 수식 (3)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}
 & \text{if}(n = 1) \\
 & \quad \left\{ \begin{aligned}
 & expected Availability_{n+1} = \\
 & Availability_n
 \end{aligned} \right\} \\
 & \text{else if}(n \geq 2) \\
 & \quad \left\{ \begin{aligned}
 & expected Availability_n = \\
 & [(1 - \alpha) * expected Availability_{n-1}] \\
 & + (\alpha * Availability_{n-1})
 \end{aligned} \right\} \quad (3)
 \end{aligned}$$

여기서 n 은 경로 재설정기가 각 지역에 해당하는 복제서버를 예측하는 횟수이다. *expected Availability*는 다음 서비스를 할 복제서버의 예측된 가용이고, *Availability*는 복제서버의 실제 측정된 가용이다. 처음 예측인 경우 초기 측정된 가용을 처음 예측 가용으로 하고, 두 번째 복제서버의 가용을 예측부터는 초기 측정된 복제서버

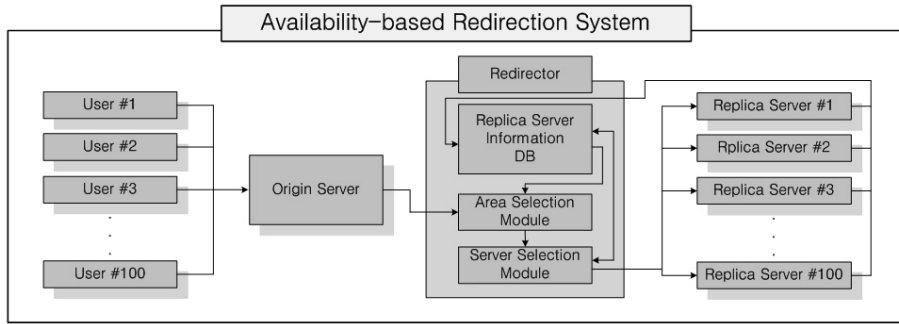


그림 5. 시뮬레이션 모델 구성도

의 가용율과 앞서 예측된 복제서버의 가용율을 바탕으로 다음 서비스를 할 복제서버의 가용율을 예측한다. α 는 실제 측정된 가용율과 예측된 가용율 간의 가중치를 나타낸 것이며, 이 값에 따라 복제서버의 가용율 예측 오차는 다르게 측정된다.

4. 실험 및 결과

본 논문에서는 가용율 기반의 서버 재설정 시스템(Availability-based Server Redirection System)의 성능 평가를 위하여 그림 5와 같이 시뮬레이션 모델을 구성하였다. 모델링과 시뮬레이션 환경은 DEVS(Discrete Event System Specification)^[2]이며, 기존의 모델인 라운드로빈 기반의 서버 재설정 시스템(RoundRobin-based Server Redirection System)과 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템(Proximity-based Server Redirection System)과의 비교 실험을 통해 제안된 시스템의 성능을 평가하였다.

4.1 시뮬레이션 모델링

실험에서 가용율 기반의 서버 재설정 시스템은 그림 5와 같이 총 네 가지 타입의 컴포넌트로 구성하였으며, 각 컴포넌트의 설명은 다음과 같다.

- 사용자(User)는 사용자 위치정보와 원하는 콘텐츠 종류를 근원서버에 요청하며 자신의 위치와 콘텐츠 종류에 해당하는 정보를 갖는다.
- 근원서버(Origin Server)는 사용자로부터 콘텐츠 요청 시 해당 콘텐츠가 서버 재설정 시스템에 연결된 대용량 콘텐츠이거나 스트리밍 콘텐츠이면 사용자의 위치와 콘텐츠 요청을 경로 재설정기에 전달한다.
- 경로 재설정기(Redirector)는 복제서버 정보 데이터베이스(Replica Server Information Database), 후보리스트 생성모듈(Area Selection Module), 복제서버 선택모듈

(Replica Server Selection Module)로 구성된다. 복제서버 정보 데이터베이스는 각 복제서버의 위치, 콘텐츠 처리능력, 부하율, 대역폭의 정보를 수집하여 저장하며, 사용자의 콘텐츠 요청 시 최적의 복제서버 선택에 이용된다. 후보리스트 생성모듈은 콘텐츠 요청 시 사용자의 지역정보와 복제서버의 위치정보를 바탕으로 의사결정 트리 기법을 이용하여 사용자와 가까운 복제서버 후보 리스트를 생성한다. 복제서버 선택모듈은 복제서버 정보 데이터베이스에 저장된 복제서버 후보리스트의 서버성능, 작업 부하량, 네트워크 대역폭을 바탕으로 복제서버들의 예측 가용율을 측정하여 사용자에게 맞는 최적의 복제서버를 선택한다. 최종 선택된 복제서버의 작업 부하량 및 복제서버의 가용율은 요청된 콘텐츠의 종류에 따라 실시간으로 변경된다.

■ 복제서버(Replica Server)는 사용자들이 요구하는 콘텐츠를 포함한다. 우리는 표 4와 같이 각각 다른 위치, 콘텐츠 처리 능력, 작업 부하량, 대역폭의 정보를 가지는 100개의 복제서버를 구성하여 실험을 진행하였다.

4.2 예측 오차 측정

성능평가에 앞서 3.3장에서 언급한 최적의 α 를 찾기 위해 α 의 변화에 따른 예측 오차를 측정하였다. α 란 수식 (3)의 예측가용율과 실측가용율간의 가중치를 말한다. 위의 그림 6은 각 α 에 따른 서버 가용율의 예측 오차를 표현한 것이다. 그림 6을 살펴보면 α 가 0.85인 경우 사용자 수가 늘어남에 따라 예측오차가 증가하는 다른 α 와 달리 예측오차가 점차적으로 감소함을 알 수 있다. 사용자의 수가 40명일 경우 0.65, 0.75값보다 평균오차가 컸지만 사용자가 더 늘어날수록 점차적으로 오차율이 줄어들면서 100명일 경우에는 0.65, 0.75보다 적은 평균오차를 제공함을 알 수 있다. 이렇게 α 가 비교 대상의 α 보다 크다고 매번 평균 오차가 줄어드는 것은 아니다. 하지만 α 가

표 4. 각 지역에 있는 복제서버의 정보

Area 'A' - 19		
Content Processing Ability		65 ~ 100(%)
Server Load		1 ~ 100
Bandwidth (Mbps)	500	3
	700	7
	1,000	2
	2,000	4
	4,000	3
Area 'B' - 14		
Content Processing Ability		65 ~ 100(%)
Server Load		1 ~ 100
Bandwidth (Mbps)	500	2
	700	2
	1,000	3
	2,000	1
	4,000	6
⋮		
⋮		
Area 'G' - 20		
Content Processing Ability		65 ~ 100(%)
Server Load		1 ~ 100
Bandwidth (Mbps)	500	3
	700	4
	1,000	5
	2,000	3
	4,000	5

클수록 대부분의 평균 예측오차가 감소한다는 것을 여러 번의 실험을 통해 알게 되었다. 결론은 α 가 1에 가까울수록 더 좋은 예측 적중률을 나타냈으며, 본 논문에서는 오차율이 가장 작은 0.95를 적용시켜 실험을 진행했다.

표 5는 사용자 100명이 콘텐츠를 요청했을 때 α 에 따른 평균오차율과 패킷 전송량이다. 경로 재설정기와 복제서버가 매번 패킷을 주고받는 경우를 100%라고 가정하였을 경우 α 를 0.95로 했을 경우 패킷 전송횟수는 그보다 낮은 95%가 된다. 이와 같이 예측기법을 사용하면 실제 값보다 크지 않은 오차로 예측이 가능하며, 복제서버의 정보를 매번 갱신하기 위한 경로 재설정기와 복제서버의 정보제공 횟수가 감소하여 경로 재설정기의 부하가 줄어든다. 이렇게 예측된 가용율을 이용하여 복제서버를 선택하는 서버 재설정 시스템은 최적의 복제서버를 예측하여

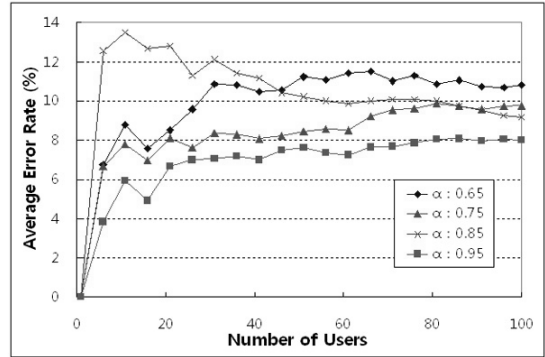


그림 6. α 에 따른 예측된 가용율의 오차

표 5. α 에 따른 예측오차율과 패킷 전송량

α	오차율(%)	패킷 전송량(%)
0.95	8.01	95
0.90	8.72	90
0.85	9.19	85
0.80	9.53	80
0.75	9.77	75
0.70	10.37	70
0.65	10.80	65
0.60	11.24	60
0.55	11.71	55
0.50	12.50	50

사용자에게 서비스를 제공하게 한다.

4.3 성능 평가

그림 7, 8, 9, 10은 서버 재설정 시스템(Server Redirection System - SRS)에 의해 선택된 복제서버의 AS-Path의 길이, 콘텐츠 처리능력, 작업 부하량, 대역폭을 나타낸 것이다.

4.3.1 AS-Path

그림 7은 선택된 경로 재설정기에 의해 선택된 사용자와 복제서버의 AS-Path의 길이는 위의 3.1에서 언급했던 방법으로 연산을 하고, 연산된 결과 값을 누적시킨 그래프이다. 라운드로빈 기반의 서버 재설정에 비해 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템은 약 47.39%, 본 논문에서 제안한 가용율 기반의 서버 재설정 시스템은 약 52.6%의 접근속도의 향상이 있었다.

AS-Path의 길이가 짧을수록 사용자와 복제서버의 위치가 가깝기 때문에 누적된 AS-Path의 길이가 가장 짧은

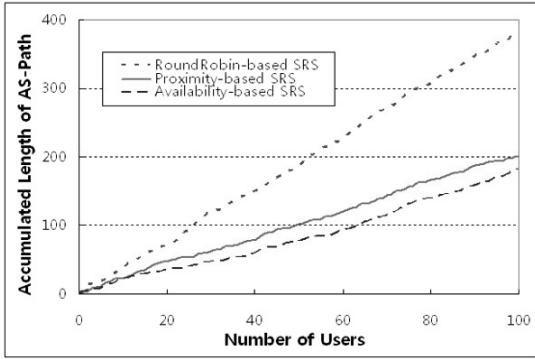


그림 7. 누적된 AS-Path의 길이

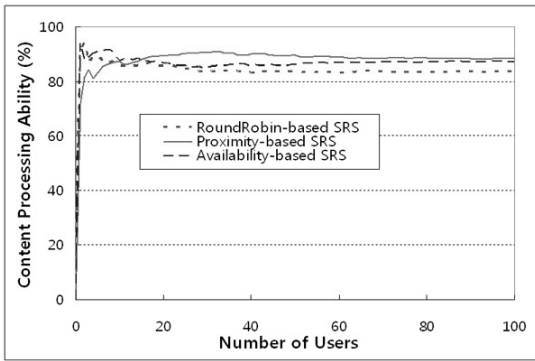


그림 8. 선택된 복제서버의 평균 콘텐츠 처리능력

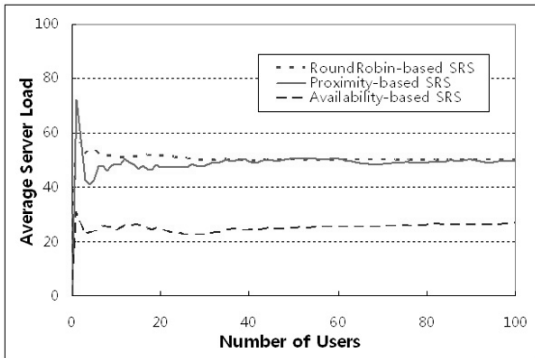


그림 9. 복제서버 평균 작업 부하량

그래프의 모델인 가용을 기반의 서버 재설정 시스템이 가장 빠른 접근속도를 나타낸다. 이것은 제안한 시스템의 경로 재설정기가 처음 콘텐츠를 접근할 때 사용자의 위치를 충분히 고려해서 다른 모델에 비해 복제서버를 지능적으로 선택했다는 것을 알 수 있다.

근접거리 기반의 서버 재설정 시스템을 사용하는 사용자와 복제서버의 AS-Path의 길이가 가용을 기반의 서버

재설정 시스템보다 길게 측정된 이유는 서비스 실패와 관련된다. 사용자에게 서비스 제공을 위해 첫 번째 경로 설정이 실패하면 다시 복제서버의 선택을 위한 경로를 재설정해야 하므로 더 많은 AS-Path를 거치게 되고 시간도 오래 걸린다. 여기에서는 가용을 기반의 서버 재설정 시스템이 복제서버의 가용을 고려하여 복제서버를 선택하였으므로 AS-Path의 길이가 더 짧게 측정되었다.

4.3.2 서버의 콘텐츠 처리능력

서버의 콘텐츠 처리능력은 선택된 복제서버의 콘텐츠 처리능력을 나타내며, 3.2장에서 언급했듯이 중앙처리장치, 주저장장치, 보조저장장치의 종류에 따라 총 36가지 순위로 분류하였다.

그림 8은 경로 재설정기에 의해 선택된 복제서버의 처리능력을 나타내며, 그 값의 평균을 나타낸 것이다. 실험에서 사용된 복제서버의 콘텐츠 처리능력은 가장 높은 복제서버를 100%라고 했을 때 그에 비례하는 퍼센트(%)를 65~100으로 구성하였으며 100%에 가까울수록 더 높은 콘텐츠 처리능력을 갖는 서버이다. 라운드로빈 기반의 서버 재설정 시스템, 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템, 가용을 기반의 서버 재설정 시스템은 각각 84%, 88%, 87%로 나타났다. 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템과 가용을 기반의 서버 재설정 시스템은 라운드로빈 기반의 서버 재설정 시스템에 비해 각각 5.75%, 4.2% 증가했다.

선택된 서버의 콘텐츠 처리능력이 높을수록 더 좋은 성능을 발휘한다. 여기에서는 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템이 가용을 기반의 서버 재설정시스템보다 1.46% 더 높은 콘텐츠 처리능력을 갖는 복제서버를 선택하는 것을 알 수 있다. 단순히 콘텐츠 처리능력이 더 높은 복제서버를 선택하는 것만 살펴보면 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템이 가장 높지만 여기에서는 처리능력뿐 아니라 그 서버의 작업 부하량도 고려해야 하기 때문에 단순히 서버의 콘텐츠 처리능력이 높다는 하나만으로 콘텐츠를 제공하는 최적의 복제서버라고 할 수 없다.

4.3.3 복제 서버의 작업 부하량

그림 9는 경로 재설정기에 의해 선택된 복제서버의 누적된 평균 작업 부하량을 나타낸다. 같은 성능을 갖는 복제서버라고 가정했을 경우 작업 부하량이 적을수록 더 많은 사용자의 콘텐츠 요청을 처리할 수 있다. 복제서버의 작업 부하량은 3.2장의 수식 (2)에 따라 계산된다. 100명의 사용자 요청에 대한 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템, 라운드로빈 기반의 서버 재설정 시스템의 평균 부

하량은 50으로 계산되었으며, 가용을 기반의 서버 재설정 시스템은 27로 평균 작업 부하량은 다른 두 비교 모델보다 약 46.36% 작업 부하량이 더 적은 복제서버를 선택했다는 것을 알 수 있다.

이러한 결과는 제안된 시스템이 각 복제 서버의 처리량과 지금 처리하고 있는 작업량을 충분히 고려하여 부하가 적은 복제서버를 선택함으로써 사용자 요청을 균등하게 분산시킨다는 것을 입증한다. 또한 복제서버의 작업 부하량은 4.3.2절에서 설명한 바와 같이 복제서버의 콘텐츠 처리능력과 밀접한 연관이 있다. 선택된 복제서버의 콘텐츠 처리능력은 라운드로빈 기반의 서버 재설정 시스템, 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템, 가용을 기반의 서버 재설정 시스템은 각각 84%, 88%, 87%로 세 모델이 선택한 복제서버의 성능차이는 크지 않았다. 그러면 복제서버의 성능과 연관되는 작업 부하량이 낮은 복제서버가 콘텐츠를 서비스를 해줄 여유가 있다는 것을 의미한다. 위의 그림 9에서 나타났듯이 가용을 기반의 서버 재설정 시스템이 다른 두 모델이 선택했던 작업 부하량보다 약 46%가 더 낮았으므로 복제서버는 부하가 큰 콘텐츠 서비스요청을 받더라도 더 유연한 콘텐츠 전송 서비스를 제공할 수 있다.

4.3.4 복제 서버의 대역폭

네트워크의 대역폭은 경로 재설정기가 사용자의 콘텐츠 요청을 받아 복제 서버를 선택 시 중요한 고려사항이다. 대역폭은 네트워크에서 정보를 전달하는 속도를 나타낸다. 그림 10은 사용자와 복제서버의 누적된 네트워크 대역폭을 나타낸다. 제안된 시스템이 라운드로빈 기반의 서버 재설정 시스템과 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템 보다 각각 62.58%, 45.4% 높은 대역폭을 갖는 복제서버를 선택했다.

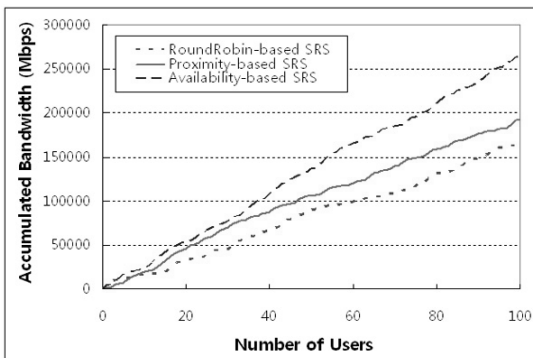


그림 10. 누적된 네트워크의 대역폭

사용자의 요청 콘텐츠가 고화질의 영상 스트리밍 콘텐츠를 포함한 대역폭의 영향을 많이 받는 콘텐츠일 경우 선택된 복제서버의 대역폭이 높아야 원활한 서비스를 제공할 수 있다. 가용을 기반의 서버 재설정 시스템의 경로 재설정기가 선택한 복제서버의 네트워크 대역폭이 두 비교 모델이 선택한 복제서버의 대역폭보다 더 높으므로 좀 더 안정적인 서비스를 사용자에게 제공할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 의사결정 트리 기법을 이용해 사용자에게 실질적으로 콘텐츠를 제공하는 복제서버의 지역을 우선 구분하였다. 그리고 기존의 모델보다 사용자의 콘텐츠 요청을 효과적으로 처리하기 위해 가용을 기반의 서버 재설정 시스템을 제안하였다. 가용을 기반의 서버 재설정 시스템은 의사결정 트리를 이용해 선택된 후보 복제서버의 리스트를 우선 선택한다. 그리고 각각의 복제서버가 갖고 있는 정보를 이용하여 가용을 측정한다. 또한 경로 재설정기와 각 복제서버와의 통신을 줄여서 네트워크의 사용율을 최소화 하는 예측 기법을 제안하였다.

또한, 제안된 시스템의 성능평가를 위해 경로 재설정 시스템에 의해 선택된 복제서버의 거리, 성능, 작업 부하, 네트워크 대역폭을 측정하였다. 실험결과를 통해 비교모델인 라운드로빈 기반의 서버 재설정 시스템, 근접거리 기반의 서버 재설정 시스템보다 가용을 기반의 서버 재설정 시스템이 더 짧은 거리에 위치하며 성능이 우수하고 작업 부하가 적으며 대역폭과 가용율이 높은 복제서버를 선택한다는 사실을 증명한다. 이것은 본 논문에서 제안한 시스템이 지역적으로 여러 곳에 위치한 복제서버를 경로 재설정기를 이용하여 사용자의 위치와 각 복제서버의 가용을 충분히 고려해서 최적의 선택을 한다는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. Akamai. Available : <http://www.akamai.com/html/technology/index.html>
2. Bernard P. Zeigler, et al. (1997), "DEVS Framework for Modeling, Simulation, Analysis and Design of Hybrid systems in Hybrid II", *Lecture Notes in CS*, Vol. 3045 Springer-Verlag, pp. 529-551.
3. Bowerman, B., O'Connell, R., Koehler, A. (2004), *Forecasting, Time Series and Regression*, 4th Edition, Thomson

- Books/Cole.
4. Charles D. Cranor, et al. (2001), "Enhanced streaming services in a content distribution network", *IEEE Internet Computing*, Vol.. 5, No. 4, pp. 66-75.
 5. Eli M. Noam, et al (2003), Internet Television, Lawrence Erlbaum Associates, Inc, ISBN 9780805843057, pp. 121-123.
 6. Eric Dean Katz, et al. (1994), "A Scalable HTTP Server : The NCSA Prototype", *Computer Networks and ISDN systems*, pp. 155-163.
 7. James F. Kurose, Keith W. Ross. (2007), *Computer Networking : A Top-Down Approach*, 4th Edition, Addison-Wesley, ISBN 0321497708.
 8. Jiawei Han and Micheline Kamber. (2001), *Data Mining: Concepts and Techniques*, Morgan Kaufmann Publishers.
 9. Michael Garland, et al. (1995), *Implementing Distributed Server Groups for the World Wide Web*, Technical Report CMU-CS-95-114, School of Computer Science Carnegie Mellon University.
 10. Spiridon Bakiras. (2005), "Approximate Server Selection Algorithms in Content Distribution Networks", *2005 IEEE International Conference on Communications*, pp. 1490-1494.
 11. Sylvia Ratnasamy, et al. (2002), "Topologically-Aware Overlay Construction and Server Selection", *Proc. 21 Annual Joint Conference of IEEE Computer and Communications Societies*, pp. 1190-1199.
 12. Tom's hardware. "Performance Charts" Available : <http://www.tomshardware.com/charts>



송 승 현 (songseunghyun@lycos.co.kr)

2008 동신대학교 컴퓨터공학과 학사
2008 ~ 현재 인하대학교 정보공학과 석사과정

관심분야 : 시스템 모델링&시뮬레이션, 분산 컴퓨팅, 시맨틱 웹



장 성 호 (ho7809@hanmail.net)

2004 용인대학교 컴퓨터 정보공학과 학사
2006 인하대학교 컴퓨터 정보공학과 석사
2006 ~ 현재 인하대학교 정보공학과 박사과정

관심분야 : 분산 컴퓨팅, RFID, 시맨틱 웹, 소프트웨어 모델링



이 종 식 (jslee@inha.ac.kr)

1993 인하대학교 전자공학과 학사
1995 인하대학교 전자공학과 석사
2001 미국 애리조나대 전기·컴퓨터공학과 박사
2001 ~ 2002 캘리포니아 주립대학교 전기·컴퓨터공학과 전임강사
2002 ~ 2003 클리블랜드 주립대학교 전기·컴퓨터공학과 조교수
2003 ~ 2006 인하대학교 컴퓨터공학부 조교수
2006 ~ 현재 인하대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

관심분야 : 시스템 모델링&시뮬레이션, 그리드 컴퓨팅, 소프트웨어공학