

원격교육을 위한 클라이언트/서버구조의 웹 기반 시뮬레이션 환경 : SimDraw

(A Web-based Simulation Environment based on the
Client/Server Architecture for Distance Education: SimDraw)

서현곤[†] 사공봉^{**} 김기형^{***}
(Hyungon Seo) (Bong Sagong) (Kihyung Kim)

요약 최근 인터넷 및 초고속네트워크의 발전과 더불어 원격교육도 활발히 이용되고 있다. 온라인 강의(교수-학습)툴에 대한 상대적으로 많은 연구와는 비교되게 가상실험 툴에 대한 연구는 미진하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 원격교육용 가상실험실로 사용될 수 있는 웹 기반 시뮬레이션 툴, SimDraw를 설계 및 구현한다. 웹 기반 시뮬레이션기술을 원격교육에 적용시키기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 요구사항이 만족되어야 한다. 첫째, 시뮬레이션 툴의 사용자 인터페이스가 간단해서 학생들이 쉽게 사용할 수 있어야 한다. 둘째, 원격 학생들의 다양한 컴퓨터 환경에서도 일관되게 실행될 수 있을 정도로 이식성이 있어야 한다. 마지막으로 셋째, 시뮬레이션 프로그램이 충분히 가벼워서 학생들이 설치 없이 사용이 가능하거나 혹은 설치가 매우 간결하고 쉽게 이루어질 수 있어야 한다. 이러한 요구조건을 만족시키기 위해 SimDraw는 클라이언트/서버구조에 기반하고 있다. 클라이언트프로그램은 모델작성 및 애니메이션 기능만을 가지고 있으므로 자바 애플릿으로 구현이 가능하고 웹 브라우저 내에서 실행될 수 있다. 즉 설치가 전혀 필요 없다. 서버프로그램은 원격컴파일, 모델저장, 라이브러리관리, 사용자관리 등의 기능을 클라이언트 측에 제공한다. SimDraw의 기능을 평가하기 위해 RIP(Routing Information Protocol) 라우팅 프로토콜의 가상 실험을 예로 들어서 시뮬레이션 과정을 보였다.

키워드 : 원격교육, 가상실험실, 웹 기반 시뮬레이션, 라우팅 프로토콜

Abstract Recently, the distance education has been rapidly proliferated with the rapid growth of the Internet and high speed networks. There has been relatively much research with regard to online lecture (teaching and studying) tools for the distance education, compared to the virtual laboratory tools (for self-study and experiments).

In this paper, we design and implement a web-based simulation tool, named as SimDraw, for the virtual laboratory in the distance education. To apply the web-based simulation technology into the distance education, some requirements should be met; firstly, the user interface of the simulation should be very easy for students. Secondly, the simulation should be very portable to be run on various computer systems of remote students. Finally, the simulation program on remote computers should be very thin so that students can easily install the program onto their computers. To meet these requirements, SimDraw adopts the client/server architecture; the client program contains only model development and animation functions so that no installation of a client program onto student's system is required, and it can be implemented by a Java applet in Web browsers. The server program supports client programs by offering the functions such as remote compiling, model storing, library management, and user management. For the evaluation of SimDraw, we show the simulation process using the example experimentation of the RIP(Routing Information Protocol) Internet routing protocol.

Key words : distance education, virtual laboratory, web-based simulation, routing protocol

[†] 정 회 원 : 대구대학교 정보통신공학부 BK21교수

hgseo@webmail.daegu.ac.kr

^{**} 비 회 원 : 덕성여자대학교 전산실

iambong72@beline.com

^{***} 중신회원 : 영남대학교 컴퓨터공학과

kkim@yu.ac.kr

논문접수 : 2001년 4월 24일

심사완료 : 2003년 8월 11일

1. 서론

원격교육이란 지리적으로 멀리 떨어진 강의자와 학습자를 초고속 멀티미디어 통신망으로 연결하여 쌍방간에 문자, 오디오, 비디오 등과 같은 멀티미디어 자료를 상

호 교환하여 학습자에게 보다 다양하고 유용한 정보를 제공하는 것을 의미한다. 즉 시간과 공간의 제약 없이 자유로운 상태에서 교수자와 학습자간의 다양한 통신수단을 이용해 교수-학습이 이루어지는 것이라 할 수 있다. 이러한 원격교육은 대도시 중심으로 이루어지는 교육장소의 집중해소와 양질의 교육보급 및 우리나라 경제에 막대한 영향을 미치고 있는 사교육 문제점들을 완화시켜줄 수 있을 것으로 기대하고 있다[1].

인터넷의 확장은 새로운 교육환경을 제시하였다. WBI(Web-Based Instruction)는 웹상에서 이루어지는 교수-학습 프로그램을 의미한다. 학습자는 웹상의 WBI 교재로부터 다양한 멀티미디어 자료를 바탕으로 보다 쉽고 다양한 형태의 수업을 받을 수 있으며, 시간적 공간적 제약 없이 언제 어디서나 접근하여 수업을 받을 수 있다. WBI상의 수업형태는 지금까지 주로 강의위주의 교육이 주류를 이루어 왔으며 효과적인 강의 및 수업방법에 대한 연구들이 많이 발표되었다.

WBI상의 강의를 위한 다양한 툴이 연구된 반면, WBI를 위한 가상 실험 및 실험형태에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다[1,2]. 미리 정해진 형태의 실험들을 웹상에서 애니메이션해 볼 수 있는 정도의 실험이 주로 실행되어 왔다[3]. 그러나 이와 같이 애니메이션에 근거한 실험환경들은 단순한 현상에 대한 간단한 실험이 주요한 목표이므로 난이도가 있는 다양한 실험들을 소화하기에는 근본적인 한계가 있다[4,5].

난이도가 있는 다양한 형태의 실험들을 확장성 있도록 구현할 수 있는 방법 중의 하나가 웹 기반 시뮬레이션 툴을 이용하여 가상실험환경을 구성하는 것이다[6,7]. 웹 기반 시뮬레이션은 기존의 시뮬레이션의 가장 큰 단점중의 하나인 이식성의 결함, 즉 특정한 언어나 툴에 종속적이 될 수밖에 없는 문제를 해결하고 웹을 통해 시뮬레이션을 하기 위해 제안되었다. 즉 기존의 시뮬레이션에서는 특정한 언어나 툴에 종속적이 될 수밖에 없으며, 이런 언어나 라이브러리로 개발된 시뮬레이션 모델들은 다른 시뮬레이션 환경에서 서로 같이 실행 될 수 없고, 다른 운영체제에서 사용하기 위해 재 컴파일을 해야 하는 불편함을 가지고 있었고, 특히 웹과 인터넷을 통한 실행 능력을 제공하지 못하였다. 그러나 웹 기반 시뮬레이션은 인터넷과 웹을 기반으로 플랫폼과 관계없이 시뮬레이션을 할 수 있다. 웹 기반 시뮬레이션은 인터넷과 웹을 기반으로 시스템 플랫폼과 독립적으로 사용이 가능한 장점으로 인해 최근 집중적으로 연구되었다[8-13]. 또한 거의 대부분의 웹 기반 시뮬레이션 툴들은 자바 AWT 및 Swing의 지원을 받아서 시뮬레이션 애니메이션 기능을 지원한다.

본 논문에서는 다양한 실험을 확장성 있게 설계하고

구현할 수 있는 웹 기반 가상실험실인 SimDraw를 소개한다. SimDraw는 기존의 웹 기반 시뮬레이션 툴을 확장하여 웹 기반 원격교육에 적용한 것으로 웹 브라우저에서 다양한 가상실험을 사용자 스스로 직접 제작하고 실험하고자 개발된 것이다. 시뮬레이션 툴을 원격교육에 적용시키기 위해서는 시뮬레이션 툴의 사용법이 매우 쉬워서 학습자가 최소한의 노력으로 가상실험을 실시할 수 있어야 하고, 다양한 사용자 환경에서 실행되기 위해서는 이식성을 갖추어야 한다. SimDraw는 모델의 코딩이 필요 없이 단순한 마우스동작만으로 모델 구성이 가능한 클라이언트/서버구조의 웹 기반 시뮬레이션 환경이다. SimDraw 클라이언트는 기존의 웹 브라우저만으로 구동이 가능하도록 자바 애플릿으로 구현되었으며, 모델의 저장과 시뮬레이션 실행을 담당한다. SimDraw 서버는 모델의 컴파일, 모델 관리 등, 시뮬레이션 모델의 구현에 관련된 부분을 담당한다. 실험결과로서는 SimDraw의 효율성을 보이기 위해 RIP(Routing Information Protocol)라우팅 알고리즘을 실험해보았다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 기존의 원격교육을 위한 가상실험실과 웹 기반 시뮬레이션에 대해 알아본다. 3장에서는 웹 기반 시뮬레이션 환경인 SimDraw를 제시한다. 4장에서는 SimDraw를 이용하여 시뮬레이션 할 모델로서 인터넷의 라우팅 알고리즘을 설정하고 모델의 구성에 대해 설명한다. 5장에서는 라우팅 알고리즘을 SimDraw상에서 실행시키는 실험결과를 제시한다. 마지막으로 6장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 기반 연구

이장에서는 기존의 원격강의 도구 및 가상실험에 대한 연구를 소개하고 또한 기존의 웹 기반 시뮬레이션 툴에 대한 연구를 살펴본다.

2.1 원격강의를 위한 가상실험 및 웹 기반 시뮬레이션 연구

최근 들어 웹 기반 교육(WBI)은 인터넷과 웹의 폭발적인 성장과 더불어 활발히 연구되고 있고 또한 다양한 방법과 툴들이 소개되고 있다. 인터넷과 인트라넷을 통한 원격교육의 초기모델로는 주로 원격강의 도구를 이용한 방식이 채택되었다. 강의자가 원격교육을 위해 개발된 다양한 강의도구 프로그램을 사용하여 강의를 하면 학습자는 실시간으로 강의를 받든지 아니면 저장된 강의 내용을 학습자들이 통신망을 통하여 학습하는 형태이다.

한국방송통신대학에서는 초고속네트워크기반에서 멀티미디어 학습을 위해 뉴미디어를 활용한 원격학습시스템을 설계하였다[1]. 이 시스템에서는 강의자를 위한 원

격강의시스템(VCS: Video Conference System)과 학습자가 실시간으로 강의를 받을 수 없을 때 사용할 수 있는 원격학습 매체로 I-Vision(Interactive Vision), EOD(Education on Demand), PC통신 및 CD-ROM 타이틀을 제공하고 있다. I-Vision 서비스는 VOD 서비스 일종으로 한국통신 서버에 다양한 학습 영상물을 저장하여 학습자에게 제공하게 되는 원격교육이다.

LOD(Lecture On Demand)[3]시스템은 초고속 정보통신망에 의해 교육자의 강의내용을 피교육자가 언제든지 문자, 영상, 음성, 화상 등 각종 멀티미디어 교육매체를 통하여 제공받을 수 있는 주문형 강의 서비스 시스템이다. 이러한 LOD시스템은 통신망을 통하여 실시간 강의를 들을 수도 있고, 과거 학습물을 전송 받아 가상 VCR기능을 이용하여 원하는 강의 내용을 대화형으로 탐색할 수 있다. 이러한 LOD시스템은 가상대학의 기본이 되는 기술이다. LOD시스템은 채택학습 시스템, 학습교재 제작시스템, 원격강의 관리 시스템, 게임형 평가 관리 시스템으로 구성되어 있다.

사이언스올(SCIENCEALL)[4]은 정보통신부 정보화추진기금의 지원을 받아 1997년 12월부터 1999년 12월까지 2년에 걸쳐 기본시스템을 구축하는 과학정보 멀티미디어 데이터베이스로 현재 우리나라에서 웹상에서 지원되는 가상실험실의 가장 대표적인 것이라 할 수 있다. 한국과학문화재단이 과학기술부와 정보통신부 등 과학관련 기관-단체로부터 전폭적인 지원을 받아 구축하고 있는데 대부분은 과학시간에 다루어지는 실험을 자바언어로 가상 실험실을 만들어 학생들이 직접 실험에 참여할 수 있도록 하고 있다. 하지만 가상 실험할 수 있는 영역이 프로그래머에 의하여 정해진 정적인 환경을 지원한다. 즉 학습자가 임의로 실험 상황을 만들어 실험하는 동적인 환경은 제공하지 않는다.

JOTSA(Java On Time Synchronous Animation)[5]

는 웹 기반 전자 실험실을 만들기 위하여 제안된 것으로 네트워크의 이 기종에서 애니메이션이 가능한 시스템을 만들기 위한 프로젝트의 결과로 만들어진 것이다. JOTSA는 웹에서 애니메이션이 가능하고 사용하는 기종과 운영체제에 종속됨 없이 컴퓨터 네트워크의 동작을 보여주기 위한 애니메이션을 소개하였다. 또한, VisuSIM[13]은 컴퓨터구조에 대한 웹 기반 시뮬레이션 툴로서 자바를 이용하여 CPU 시뮬레이터를 구현하여 실험용 툴로서 효과적으로 사용될 수 있음을 보였다.

이 외에도 많은 원격강의 도구와 가상 실험을 위한 시스템들이 개발되었지만 대부분이 원격 강의도구 또는 상황이 설정된 가상 실험실을 제공하는 것으로 학습자가 자신만의 모델을 제작하여 가상실험을 할 수 있는 방법을 지원하지 못하였다. 또한 학습자의 컴퓨터에 학습 또는 실험을 하기 위해 필요한 프로그램이 설치되어 있어야 하는 제약점을 가지고 있다. 하지만 SimDraw로 개발된 가상 실험실은 인터넷이 연결된 어떤 컴퓨터에서 웹 브라우저만으로 학습자가 직접 실험 모형을 만들어 실험할 수 있는 기능을 제공한다. 표 1은 지금까지 설명한 원격 강의에 대한 기존의 연구들을 각각의 특징 및 제공기능의 측면에서 비교 정리한 것이다.

2.2 시뮬레이션 라이브러리

웹 기반 시뮬레이션은 웹을 통해서 시뮬레이션을 수행하는 데 목적이 있다. 자바는 기존의 시뮬레이션 환경이 가진 단점들을 해결해 줄 수 있는 대표적인 언어라고 할 수 있는데, 이 기종 환경에서도 실행이 가능하고, 인터넷과 웹을 통한 실행 능력을 제공하고 있다. 최근까지 자바로 개발된 웹 기반 시뮬레이션 라이브러리를 보면 JSIM[8], Simjava[9], Silk[10], DEVJSJAVA[11], JavaSim[12] 등이 있다. 이러한 자바 라이브러리의 모델 개발 환경을 보면 다음 두 가지 형태의 개발 방법을 제공한다. 첫 번째 방법은 개발자의 코딩에 의한 시뮬레

표 1 원격 강의에 관련된 기존 연구 비교

종 류	학습전용 프로그램 유무	웹 지원	가상실험제공	분 류
원격학습시스템	○	×	×	원격 강의용
Distributed Electronic Classrooms	○	○	×	원격 강의용
LOD	○	○	×	원격 강의용
ScienceAll	× (웹 브라우저)	○	○ (애니메이션 바탕)	가상 실험용(정적)
JOTSA	× (웹 브라우저)	○	○ (애니메이션 바탕)	가상 실험용(정적)
VisuSIM	× (웹 브라우저)	○	○ (애니메이션 바탕)	가상 실험용(정적)
SimDraw	× (웹 브라우저)	○	○ (애니메이션 바탕)	가상 실험용(동적)

이전 모델의 개발환경인데 대표적인 예로 Simjava, JavaSim등이 있다. 두 번째 방법은 GUI기반의 모델개발환경 즉, 드로잉(drawing)을 사용하는 시각적 모델 개발 환경(GUI-based modeling Environment)으로서, JSIM, OPNET[14], COMNET[15], VMAC[16] 등이 있다. 첫 번째 방법으로 가상 실험실을 만들 경우 학습자가 직접 실험을 위한 코딩을 해야 하기 때문에 원격교육을 위한 가상 실험실을 설계하기 위한 것으로 부적절하다. 두 번째 방법은 학습자가 직접 원하는 모델을 설계하여 실험을 할 수 있지만 웹에서 실행할 수 없기 때문에 이들을 이용한 가상 실험실의 설계에는 많은 어려움이 있다.

3. SimDraw의 설계 및 구현

이장에서는 웹 기반 시뮬레이션 툴을 이용하여 원격교육을 위한 가상실험실을 구현한 SimDraw의 설계 및 구현에 대해 설명한다.

먼저 SimDraw의 설계 시 요구조건(Design Requirements)에 대해 살펴본다. 웹 기반 시뮬레이션 툴을 원격교육용 가상실험실에 적용하려면 다음과 같은 요구조건이 만족되어야 한다. 첫째, 시뮬레이션 툴의 사용법이 매우 쉬워서 학생들이 쉽게 주어진 실험과제를 이해하고 또한 응용할 수 있어야 한다. 둘째, 원격지의 학생들의 컴퓨터 환경은 오프라인 실험실의 일관된 실험환경과는 다르다. 따라서 시뮬레이션 툴이 이식성이 매우 뛰어나서 다양한 컴퓨터 환경에서 일관되게 실행되고 같은 결과를 보여주어야 한다. 마지막으로 셋째, 클라이언트측은 충분히 가벼워서(thin) 학생들이 웹 브라우저만으로 혹은 간단한 프로그램설치만으로 시뮬레이션 툴

을 사용할 수 있어야 한다.

이러한 요구조건을 만족시키기 위해 SimDraw는 다음과 같은 기법을 이용하였다. 먼저 첫 번째 요구조건을 위해 GUI 또는 시각적 모델 개발환경을 학생들에게 제시한다. 학생들은 새로운 프로그래밍언어를 배울 필요가 없으며 심지어는 자바 언어를 몰라도 기본적인 실험을 할 수 있다. 두 번째 요구조건을 위해서는 자바 언어 기반의 시뮬레이션엔진을 사용하였다. 특히 Simjava라는 시뮬레이션 엔진을 이용함으로써 일관된 실행을 보장하였다. 세 번째 요구조건 즉 쉘 클라이언트를 위해서 SimDraw는 클라이언트/서버구조를 가진다. 클라이언트 프로그램이 모델작성기가 생성한 시뮬레이션 소스 코드를 컴파일 실행을 하기 보다는 서버 측에 이러한 기능을 넘김으로써 클라이언트는 단순히 웹 브라우저만으로 실행이 가능하게 하였다. 이러한 기능이 없다면 학생들은 가상실험을 위해 자바 컴파일러도 설치하여야 하고 자바 런타임 라이브러리도 있어야 하고 또한 이들의 버전 관리도 해야 한다. 또한 SimDraw 클라이언트의 최신 라이브러리와 링크를 위해 계속 업데이트 되어야 한다.

SimDraw는 학습자 측에서 웹 브라우저만을 사용하여 가상실험을 할 수 있도록 그림 1과 같이 클라이언트/서버구조로 이루어져 있다. 클라이언트는 학습자의 모델 작성, 모델 실행 및 애니메이션기능을 담당하고, 서버는 모델코드의 컴파일과 링크, 모델라이브러리 관리, 학습자 관리 등의 기능을 수행한다. 따라서 학습자는 쉘(Thin)클라이언트 프로그램만으로 모델을 작성하고 실행 및 애니메이션 할 수 있다. 클라이언트는 모델 작성기(Model Composer), 자바코드생성기(Java Code Gen-

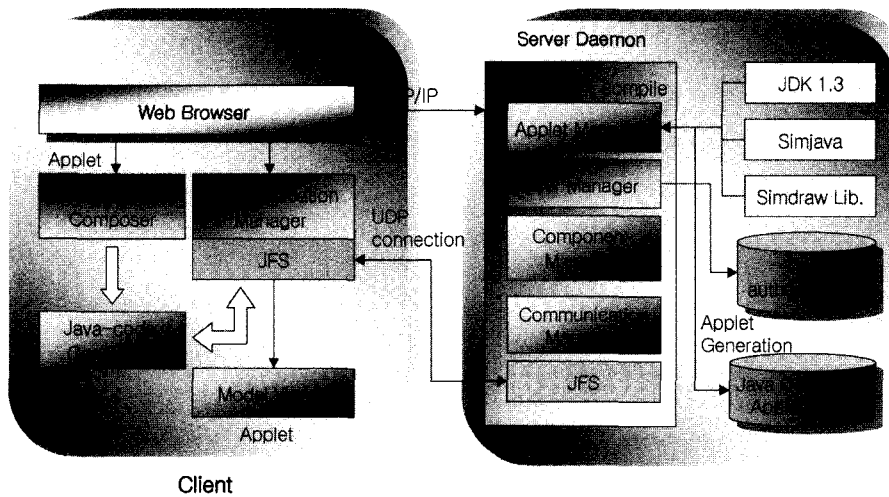


그림 1 SimDraw Architecture

erator), 통신관리자(Communication Manager), 애니메이션 뷰어(Animation Viewer)로 구성되며, 서버는 애플릿관리자(Applet Manager), 통신관리자(Communication Manager), 사용자관리자(User manager), 컴포넌트관리자(Component Manager)로 구성되어 있다.

다음절에서는 먼저 SimDraw가 실행되기 위한 기반이 되는 SimDraw의 시뮬레이션 엔진에 대해 설명하고, SimDraw의 클라이언트와 서버에 대해 각각 구조 및 기능을 설명한 후, 마지막으로 클라이언트/서버간의 통신프로토콜에 대해 설명한다.

3.1 SimDraw 시뮬레이션 엔진

SimDraw의 시뮬레이션 엔진으로는 Simjava[9]를 사용하였다. Simjava는 프로세스 기반의 discrete event simulation 패키지로 HASE++에 기반 한 자바용 엔진이다. Simjava는 simdiag 패키지, simanim 패키지, simjava 패키지로 구성되며 시뮬레이션 전 과정을 이산사건 기반의 애니메이션으로 보여 주기 때문에 시각적으로 시뮬레이션 과정을 이해하는데 도움을 준다. Simjava는 여러 개의 엔터티(Entity)로 구성되며, 각 엔터티는 하나의 쓰레드(Thread)로 동작되어 다중 쓰레드를 지원해준다. 다음은 각 엔터티에 대하여 Simjava가 지원하는 기능들이다.

- ◇ sim_schedule() : 포트를 통하여 다른 엔터티에게 이산 사건을 전달
- ◇ sim_hold() : 시뮬레이션 시간을 멈춤
- ◇ sim_wait() : 이산 사건이 도착할 때까지 대기
- ◇ sim_select() : 큐로부터 이산사건을 선택

◇ sim_trace() : 이산 사건정보를 trace file에 저장
 SimDraw에서 개발하는 라이브러리나 또는 이들 라이브러리를 이용하여 새로운 시뮬레이션 모델을 만들면 곧 Simjava의 엔터티로 저장되고 컴파일 및 실행된다. 4장에서 설명할 RIP 라우팅 알고리즘을 위해 개발한 컴포넌트들도 Simjava의 엔터티이다. 즉 SimDraw의 모든 모델은 Simjava의 엔터티이고 Simjava의 실행엔진을 이용하여 시뮬레이션실행 및 애니메이션이 진행된다.

3.2 SimDraw 클라이언트

SimDraw 클라이언트는 웹 브라우저를 통해 서버로부터 모델 개발에 필요한 컴포넌트와 모델 저작에 필요한 자료들을 다운로드 받아 쉽게 모델을 개발할 수 있는 환경을 제공한다. 클라이언트 구성은 다음과 같다.

• 모델 작성기(Model Composer)

모델 작성기는 학생들이 가상 실습을 하는 공간으로서 사용편이를 위해 GUI기반으로 모델을 작성할 수 있도록 되어 있다. 웹 브라우저 내에서 실행이 가능하게 하기 위해 자바 애플릿으로 구현되었으며 그림 2와 같이 메뉴 바, 툴 바, 모델 박스, 모델 저작 영역, 상태 바(Status Bar)로 구성되어 있다. 메뉴 바와 툴 바는 SimDraw의 환경 설정이나 모델 개발에 필요한 여러 가지 기능들을 제공하며, 모델 박스에는 SimDraw 클라이언트가 모델 저작을 위해 필요한 라이브러리 컴포넌트들이 등록되어 있다. 모델을 저작할 경우에 학습자는 필요한 컴포넌트를 선택한 후 모델 저작영역에 클릭하면 컴포넌트가 추가되며, 컴포넌트를 더블 클릭하면 각 컴포넌트의 속성을 수정할 수 있는 다이얼로그 박스가

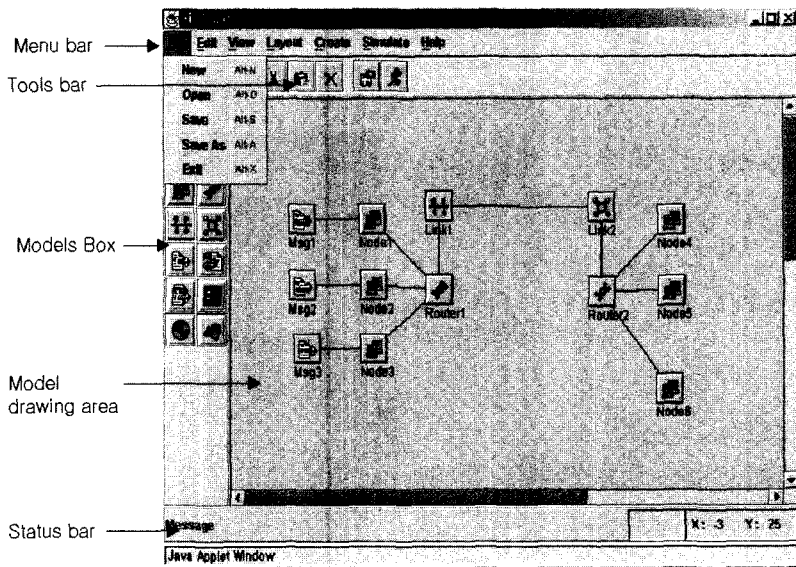


그림 2 SimDraw클라이언트의 모델 작성기

화면에 나타나게 된다. 학습자는 이를 이용해 자신이 실험하기 원하는 환경을 설정할 수 있다. 모델 작성기에 사용한 주요 클래스는 JMenuBar, JToolBar, JPanel, JButton 등과 같은 스윙 컴포넌트를 이용하였다.

- 자바 코드 생성자(Java code Generator)

클라이언트 측의 모델작성기로 작성된 모델은 자바 코드 생성자를 사용하여 자바 시뮬레이션 코드로 변환된다. SimDraw는 시뮬레이션 엔진을 새롭게 설계하지는 않고 기존 Simjava[9]의 코드를 이용하여 구현하였다. 즉, 시뮬레이션 코드는 Simjava의 Runnable 인터페이스를 구현하고, Anim_applet 클래스로부터 상속받은 애플릿 코드로서 anim_init()와 anim_layout() 메소드로 구성된다. anim_init() 메소드는 애플릿의 GUI를 설정하는 데 필요한 메소드이고 anim_layout() 메소드는 시뮬레이션 엔터티를 추가하고 엔터티 간의 연결 정보를 추가하는 메소드이다. 생성된 자바 코드의 컴파일을 위해서 클라이언트는 서버 측에 컴파일 요청을 하게 되고, 서버 측에서는 자바 코드를 컴파일 하여 바이트 코드를 클라이언트 측에 전송한다. 이를 위해 서버 측에서는 항상 클라이언트의 접속을 대기하고 있다가 요청이 들어오면 소켓을 열고 통신을 전달하는 쓰레드를 생성하게 된다.

- 통신 관리자(Communication Manager)

통신관리자는 클라이언트와 서버간의 메시지 전달 및 컴포넌트 정보 전송, 그리고 모델정보와 시뮬레이션 코드의 전송 등을 담당한다. 서버 측과의 통신을 위해서는 JFS(Java File System)[18]라고 하는 자바기반의 분산 파일 시스템을 사용한다. JFS는 자바 애플릿으로 이루어진 클라이언트 측에서의 데이터의 저장을 위해 원격 서버를 사용하기 위한 프로토콜이다. JFS를 이용함으로써 SimDraw 클라이언트는 자바 애플릿으로 구현이 가능해 졌다. JFS를 이용한 통신 프로토콜은 3.4절에서 상세히 다룬다.

- 모델 뷰어(Model Viewer)

모델 뷰어는 모델 저장을 위한 모델 작성기와는 달리 모델의 시뮬레이션을 위해 사용된다. 즉 모델작성기를 통해 작성된 모델을 자바코드로 변환시키고, 변환된 코드는 컴파일을 위해 서버 측에 전달되며, 한편 서버 측에서 컴파일 된 바이트코드는 Http 프로토콜을 이용한 웹 브라우저를 통해 다시 클라이언트로 전송되어 클라이언트 측 모델 뷰어를 통해 시뮬레이션 되는 것이다. 이때 모델의 애니메이션 되는 과정을 볼 수 있다는 측면에서 모델 뷰어라고 한다.

3.3 SimDraw 서버

SimDraw 서버는 컴포넌트 정보와 사용자를 관리하기 위한 기능, 클라이언트에 의해 생성된 시뮬레이션 코

드 번역하는 기능 및 클라이언트와 정보를 교환하기 위한 통신 기능 등을 가진다. 서버의 구성은 다음과 같다.

- 사용자 관리자(User Manager)

사용자 관리자는 각 사용자에 대한 사용자 인증을 처리하는 기능을 수행한다. 인증된 사용자에게는 개발한 모델과 생성된 자바 코드 및 애플릿 코드를 저장할 수 있는 디렉토리 영역을 할당하게 된다.

- 애플릿 관리자(Applet Manager)

애플릿 관리자는 클라이언트에서 생성한 자바 시뮬레이션 코드를 컴파일하고 애플릿을 실행시키기 위한 HTML파일을 생성한다.

- 통신 관리자(Communication Manager)

통신 관리자는 클라이언트와의 통신을 담당한다. 특히 클라이언트는 애플릿으로 구현되었기 때문에 애플릿이 실행되고 있는 로컬 시스템의 저장 매체에 접근 할 수 없게 되는데 이를 위해 JFS[18]를 이용하여 클라이언트와 통신한다.

- 컴포넌트 관리자(Component Manager)

서버는 교육자가 피교육자들에게 제공하는 컴포넌트를 관리한다. 서버 디스크에 저장되어 있는 컴포넌트를 읽어 들여 자신이 보유하고 있는 컴포넌트에 대한 인덱스 리스트를 생성하여 관리하는데 생성된 인덱스 리스트는 벡터 클래스에 저장되며 직렬화되어 저장된다.

3.4 서버/클라이언트 전송 메시지

SimDraw 클라이언트와 서버간의 메시지 전송과 컴포넌트 전송, 그리고 모델정보와 시뮬레이션 코드의 전송 등은 JFS(Java File System)[18]를 이용하여 전달한다. 학습자가 제작한 실험 모형은 시뮬레이션 실행과정 수행을 위해 자바 코드로 되고 컴파일 되어야 한다. 시뮬레이션 코드를 생성하기 위해서 클라이언트는 각 컴포넌트의 속성 값에 따라 서버에서 컴파일 될 수 있도록 자바 코드 생성자(Java Code Generator)가 자바 코드를 생성한다. 이렇게 생성된 시뮬레이션 코드는 서버에 저장되며, 시뮬레이션 실행 요청 메시지가 전달되면 서버의 애플릿 관리자가 시뮬레이션 코드를 컴파일 하고 애플릿 코드를 포함한 HTML파일을 생성한 후 클라이언트로 전송하면 클라이언트 모델뷰어가 실행시킨다. 학습자의 모델을 실행하기 위한 SimDraw서버와 클라이언트 사이의 메시지 전달 과정은 그림 3과 같다. 먼저 학습자는 SimDraw 서버에 접속하여 사용자 인증을 위한 메시지, 모델 정보 읽기, 쓰기 또는 시뮬레이션 코드 읽기, 쓰기 등과 같은 메시지를 주고받게 된다.

4. 라우팅 프로토콜을 위한 모델 라이브러리의 개발

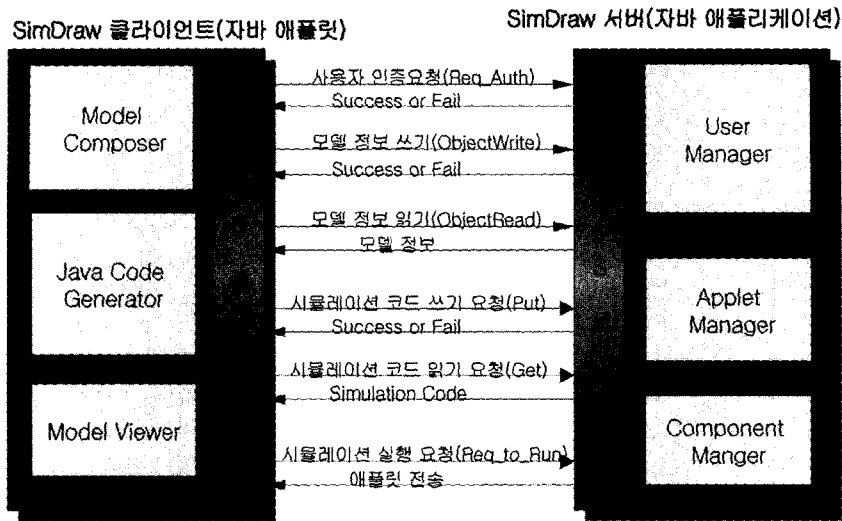


그림 3 서버와 클라이언트 사이의 메시지 전달 과정

이번 장에서는 SimDraw를 이용하여 라우팅 프로토콜의 모델링, 시뮬레이션, 애니메이션을 하기 위한 라이브러리 컴포넌트를 설계한다. 라이브러리 컴포넌트는 원격 실험의 컨텐츠 또는 재료로 볼 수 있으며 원격 실험을 제공할 관리자가 개발하게 되고, 개발된 컴포넌트는 원격 학습자에게 제공되어 학습자는 마우스를 이용한 동적 모델 구성만으로 원격실험을 할 수 있게 된다.

본 장에서 설계할 라이브러리 컴포넌트는 라우터이다. 라우팅(Routing)이란 IP 패킷을 목적지까지 전달하는 과정을 의미하며 라우팅 프로토콜은 라우팅 정보(Routing Information)를 주고받기 위한 프로토콜을 의미한다. 라우팅 정보를 전달하기 위한 라우팅 알고리즘에는 RIP(Routing Information Protocol), IGRP(Interior Gateway Routing Protocol), EIGRP(Enhanced Interior Gateway Routing Protocol), OSPF(Open Shortest Path First) 등이 있지만 본 논문에서는 가장 많이 사용되고 있는 RIP알고리즘을 이용한 라우팅 프로토콜 [7]의 모델 라이브러리를 설계하였다.

4.1 RIP 알고리즘

RIP 알고리즘은 대표적인 거리벡터(Distance Vector) 기반 라우팅 프로토콜중 하나이다. 각 라우터의 라우팅 정보는 데이터그램 패킷을 통하여 인접한 라우터에게 통지(advertising)된다. RIP에서는 매 30초마다 라우팅 정보를 방송하며, 라우팅될 수 있는 최대 Hop을 16으로 제한하고 있다. 또한 만약 180초 이내에 새로운 라우팅 정보가 수신되지 않으면 해당 경로를 이상상태로 간주한다. 라우팅 프로토콜의 메트릭 요소(Metric factor)란 라우터가 경로를 결정할 때 영향을 미치는 요소로써 대

역폭(Bandwidth), 전송지연(Delay), 회선신뢰도(Reliability), 회선 부하(Load), 경로 수(Hop count), 최대 전송단위(MTU : Maximum Transmission Unit)등이 있다. 경로 수(Hop Count)란 IP 패킷이 도착지까지 경유해야하는 라우터의 수를 의미한다. RIP의 메트릭 요소로는 경로 수(Hop count)만 사용한다[16,17].

4.2 RIP 프로토콜을 위한 컴포넌트 설계

본 논문에서는 SimDraw에서 RIP 라우팅 프로토콜의 시뮬레이션 및 애니메이션을 실행하기 위해서 다음과 같이 4개의 컴포넌트를 설계하였다: 라우터를 위한 Router 컴포넌트, 서브네트워크를 위한 Lan 컴포넌트, IP패킷을 송수신하는 컴퓨터노드인 Node컴포넌트, 그리고 IP패킷을 생성하여 Node컴포넌트에게 전달하기 위한 Gen 컴포넌트. 각 컴포넌트는 자바 클래스로서 Simjava의 Sim_entity 클래스에서 상속받아 생성되며 멀티쓰레드(Multithread)로 동작된다. 그림 4는 컴포넌트 클래스 구성의 대표적인 예제로서 라우터 컴포넌트의 클래스를 보여준다.

각 컴포넌트는 독립적인 실행을 위해 쓰레드로 구현되며 동적인 토폴로지상황에서 항상 실행이 가능하도록 설계되어 있다. 따라서 학습자는 Router 컴포넌트, Lan 컴포넌트, Node 컴포넌트, Gen 컴포넌트 들을 자유자재로 연결하여 네트워크를 구성할 수 있다. 각 컴포넌트는 서로 통신을 하여 초기화를 하고 RIP프로토콜에 따라 라우팅테이블을 세팅하게 된다.

그림 5는 각 컴포넌트들 사이에서 주고받는 패킷의 타입을 보여준다. 패킷의 Head는 패킷 타입 번호를 기록하여 패킷의 성격을 결정하도록 설계하였다. 그리고

```

Class Router extends Sim_entity{
    . . . .
    public Router(String name, int r_portcnt, int t_site, int t_router, int t_lan, int
    ploc[], int x, int y){
        super(name,"router",x,y);
        Rport=new Sim_port[r_port];
        . . . .
    }
    public void body(){
        //get LAN environment & configuration
        for(i=0;i<r_port;i++) {
            InforPacket inp=new InforPacket(get_name(),"init",get_id(),"request");
            sim_schedule(Rport[i],0.0,4,inp);
            sim_trace(1,"S Rport"+i+" <req>");
            sim_hold(0.01);
        }
        . . . .
    }
}
    
```

그림 4 라우터 컴포넌트의 Simjava를 이용한 스켈리톤(Skeleton) 코드

Head	Source ip	Dest ip	Transmission data	Control message
------	-----------	---------	-------------------	-----------------

그림 5 패킷 형식

패킷을 전달하는 근원지의 IP주소와 목적지의 IP주소 및 전달 자료와 전송된 자료의 제어 메시지가 포함되어 있다.

패킷의 Head는 전송되는 패킷의 종류를 나타내며 다음과 같은 타입이 있다.

1. Lan Hello 패킷(Lan컴포넌트가 자신의 포트에 연결된 컴포넌트들을 인식하기 위해 사용)
2. Lan Hello Reply 패킷(Lan Hello 패킷에 대한 응답)
3. Message Generation Signal 패킷(Gen 컴포넌트가 Node컴포넌트에게 패킷을 생성하라고 지시할 때 사용)
4. Router Hello 패킷(Router컴포넌트가 자신의 포트에 연결된 Router나 Node 컴포넌트들을 인식하기 위해 사용)
5. Router Hello Ack 패킷(Router_Hello packet에 대한 응답)
6. RIP 패킷(Router 컴포넌트가 인접한 Router컴포넌트들에게 라우팅 정보를 전달할 때 사용)
7. Message 패킷(Node 컴포넌트나 Lan 컴포넌트가 TCP/IP 메시지를 전달할 때 사용)

패킷이 전달하는 메시지종류와 기능에 따라 다음과 같이 크게 3가지 부류로 구분된다.

• Hello 패킷

Hello 패킷은 Router 컴포넌트와 Lan 컴포넌트에 의

하여 생성되는 것으로 네트워크 구성을 파악하기 위하여 시뮬레이션 초기에 생성되는 패킷이다. 이 패킷의 이용이 끝나면 각 Router 컴포넌트와 Lan 컴포넌트는 자신의 입출력 포트에 연결된 이웃한 컴포넌트들(Router 또는 Lan)을 알 수 있게 된다.

• RIP패킷

RIP패킷은 Router 컴포넌트들 사이에 라우팅 테이블을 교환하기 위해 사용하는 것으로 초기에 자신의 인접한 Lan 컴포넌트에 대한 정보를 전달하고 시뮬레이션 진행 중에 일정한 간격으로 새로운 라우팅 정보를 교환할 때 Router 컴포넌트에 의하여 생성되는 패킷이다.

• Message 패킷과 Message Generation Signal 패킷

Message Generation Signal 패킷은 Gen 컴포넌트가 Message 패킷을 생성하도록 Node 컴포넌트에게 전달하는 패킷이다. Message 패킷은 Node 컴포넌트들 사이에 주고받는 IP 패킷을 의미한다.

5. 실험결과

본 장에서는 클라이언트/서버구조의 SimDraw의 기능 및 성능을 평가하기 위하여 4장에서 개발한 RIP 컴포넌트 라이브러리를 이용한 모델 저작 및 가상 실험 과정을 보인다. 즉, 실험 과정을 통하여 SimDraw가 원격교육에서 가상실험에 유용하게 사용될 수 있음을 보인다.

5.1 SimDraw서버에 접속

웹 브라우저를 이용해 SimDraw서버에 접속하게 되면 서버는 사용자 인증 작업을 한다. SimDraw홈페이지에서 [simdraw]메뉴를 선택하면 그림 6처럼 자바 애플릿으로 구현된 모델 작성기가 학습자의 컴퓨터에 로딩

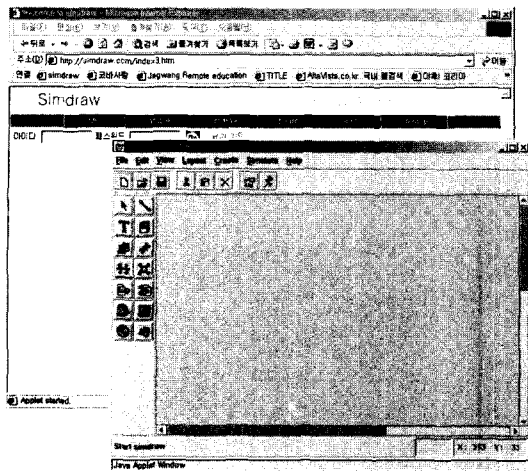


그림 6 SimDraw 모델 작성기의 실행

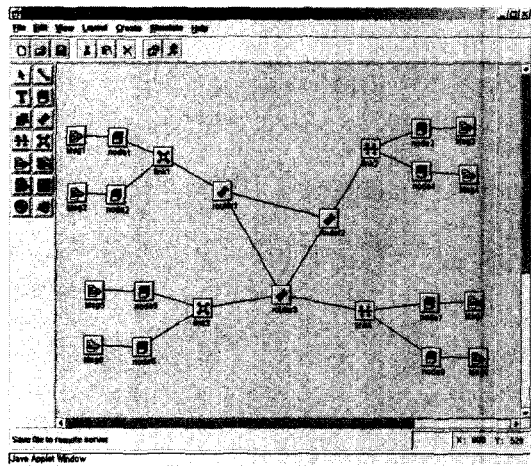


그림 7 모델작성기를 이용한 모델설계

된다. 학습자는 모델 작성기에 있는 도구 바의 컴포넌트 아이콘을 선택하여 자신이 실험하고자 하는 모델을 만들면 된다.

그림 7은 3개의 Router 컴포넌트가 서로 연결되어 있고 router1은 토큰링 토폴로지의 서브 네트워크(Lan 컴포넌트)에 2개의 노드(Node 컴포넌트)가 있고, router2는 버스 토폴로지의 서브 네트워크에 2개의 노드를 가지고 있음을 나타낸다. router3은 토큰링과 버스 토폴로지 각각 2개의 서브 네트워크가 연결되어 있고 각 서브 네트워크는 2개의 노드를 가지고 있다. 각 노드는 Message 패킷을 생성시키는 Gen 컴포넌트와 연결된다.

모델 작성이 끝나면 모델 작성기에 있는 [file]-[save] 메뉴를 이용하여 작성된 모델을 SimDraw 서버에 저장할 수 있고 또한 이전에 이미 저장되어 저장되어 있던

모델들을 다시 읽어 올 수 있다. 서버에 저장될 때는 각 사용자별 저장 영역에 저장이 된다.

5.2 시뮬레이션 코드 생성

모델 작성기로부터 작성된 모델 정보를 이용하여 학습자가 시뮬레이션하기 전에 가장 먼저 하는 일을 시뮬레이션 코드를 생성하는 것이다. 이때 생성되는 코드는 자바 애플릿 코드로써 학습자가 작성한 모델의 각 컴포넌트의 고유 정보를 가지고 있다. 그림 8은 학습자가 작성한 모델로부터 생성된 시뮬레이션 코드이다. 이렇게 생성된 코드는 서버의 사용자 디렉토리로 저장되게 된다.

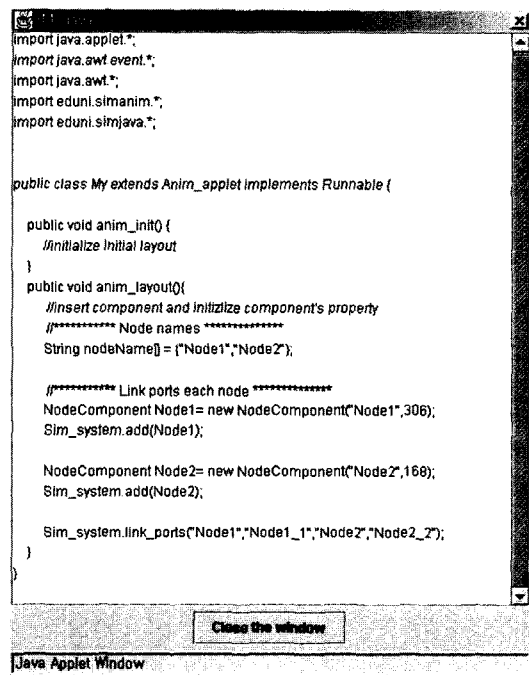


그림 8 시뮬레이션 코드 생성

5.3 컴파일, Html 코드 생성

작성한 모델을 실행하기 위해서는 모델작성기의 [Simulate]-[Simulation run]을 선택하면 서버는 클라이언트로부터 받은 시뮬레이션 코드를 SimDraw 라이브러리와 함께 컴파일 한 후 자바 바이트 코드를 생성하게 되며, 애플릿을 로딩하기 위한 Html 파일을 함께 생성하게 된다. 이렇게 생성된 코드는 학습자의 웹 브라우저를 통해 자바 애플릿으로 실행된다.

5.4 모델 실행과 애니메이션

컴파일과 Html 코드 생성이 끝이 나면 서버는 학습자에게 시뮬레이션을 하고자 하는 모델에 대한 URL 정보를 전달하게 되며, 학습자의 웹 브라우저를 통해 작성된 모델의 시뮬레이션 결과를 확인할 수 있게 된다. 그

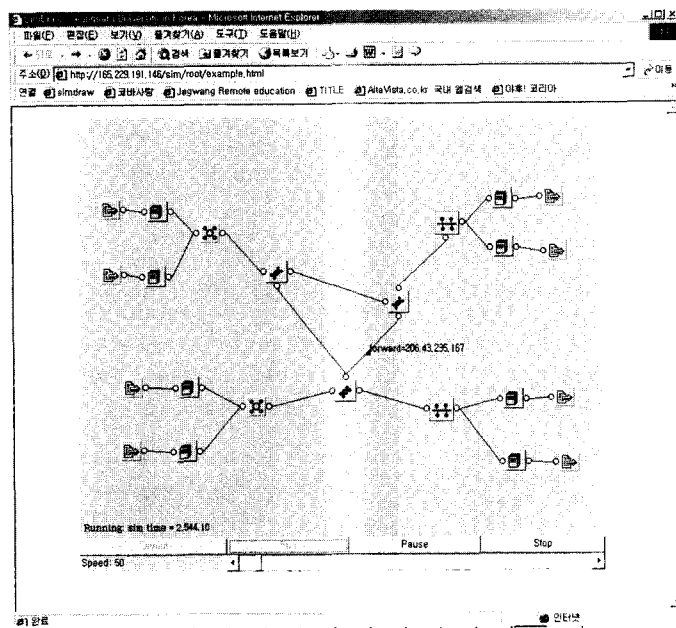


그림 9 작성된 모델의 실행 및 애니메이션

림 9는 자바 애니메이션을 이용한 가상 실험실의 시뮬레이션 실행의 예이다.

[run]버튼을 클릭하면 먼저 각 Router와 Lan 컴포넌트는 현재 전체 네트워크의 구성 정보를 얻기 위해 Hello 패킷을 인접한 컴포넌트에게 보내게 된다. 이렇게 초기 과정이 끝나게 되면 각 Router 컴포넌트는 학습자가 제작한 전체 네트워크의 구성 정보를 라우팅 테이블에 기록하게 되고, Lan 컴포넌트는 자신에게 연결된 각 노드와 Router 컴포넌트의 정보를 얻게 된다.

애니메이션이 시작되면 Router 컴포넌트는 RIP 라우팅 알고리즘에 의하여 일정 시간간격으로 계속 자신의 라우팅 테이블을 확인하여 새롭게 갱신된 정보가 있으면, 인접한 Router 컴포넌트들에게 전달하여 항상 최신의 네트워크 구성 정보를 유지하게 된다.

각 Node 컴포넌트에 연결된 Gen 컴포넌트에서 Message Generation Signal 패킷이 Node 컴포넌트에 전달되면 Node 컴포넌트는 목적지 주소를 가진 Message 패킷을 Lan 컴포넌트에 전달한다. Lan 컴포넌트는 전달된 패킷의 목적지 주소가 자신에게 연결된 Node 컴포넌트들 중에 있으면 해당 노드로 메시지를 전달하고, 아니면 다음 Router 컴포넌트에게 전달한다. Router 컴포넌트는 전달된 Message 패킷의 목적지 주소를 확인하고 자신의 라우팅 테이블에서 라우팅 정보에 따라 메시지 패킷을 포워딩할 포트를 결정하여 메시지를 결정된 포트로 전달한다.

시뮬레이션 진행되는 모든 과정이 애니메이션으로 표현되기 때문에 학습자는 각 라우터가 어떻게 자신의 인접한 라우터와 라우팅 정보를 교환하는지, 라우팅 테이블이 어떻게 만들어지는지를 눈으로 확인할 수 있고, 쉽게 RIP 라우팅 알고리즘의 동작 원리를 이해할 수 있을 것이다. 또한 한 노드에서 특정 노드로 메시지를 보낼 때도 패킷이 전달되는 것이 애니메이션 되기 때문에 학습자는 인터넷에서 메시지가 전달되는 과정을 이해할 수 있다. 또한 시뮬레이션/애니메이션 속도를 조절할 수 있는 스크롤바와 중지 및 재실행할 수 있는 버튼이 있어 전체 네트워크에서 패킷들의 전달되는 동작을 눈으로 확인할 수 있다.

그림 10은 각 라우터의 라우팅 테이블이 RIP 라우팅 프로토콜에 의하여 갱신되는 과정을 나타내고 있다. 학습자는 각 라우터의 라우팅 테이블의 갱신 과정을 이해함으로써 역시 RIP 알고리즘의 동작원리와 각 라우터의 기능을 보다 쉽게 이해할 수 있게 된다.

6. 결론

본 논문에서는 웹 기반 가상실험실인 SimDraw를 개발하고, 이를 이용하여 웹 기반 원격교육을 위한 RIP 라우팅 알고리즘을 구현하였다. 실험 환경이나 조건, 상황이 미리 결정된 종래의 실험과 달리 학습자가 직접 자신이 실험하고자하는 모델을 설계하여 가상 실험을 제공하기 때문에 보다 효과적인 원격교육을 지원할 수

```

Route Table
port=2 metric=0 lanid=0 netip=206.43.235.0 interface=csmal
port=3 metric=0 lanid=5 netip=203.65.28.0 interface=ring lan namc

## router1 current routing table ##
port=0 metric=0 lanid=3 netip=215.125.170.0 interface=ring
port=1 metric=1 lanid=4 netip=77.152.141.0 interface=serial

## router2 current routing table ##
port=2 metric=0 lanid=4 netip=77.152.141.0 interface=csmal
port=0 metric=1 lanid=3 netip=215.125.170.0 interface=serial

## router1 current routing table ##
port=0 metric=0 lanid=3 netip=215.125.170.0 interface=ring
port=1 metric=1 lanid=4 netip=77.152.141.0 interface=serial
port=2 metric=1 lanid=6 netip=206.43.235.0 interface=serial

## router2 current routing table ##
port=2 metric=0 lanid=4 netip=77.152.141.0 interface=csmal
port=0 metric=1 lanid=3 netip=215.125.170.0 interface=serial
port=1 metric=1 lanid=6 netip=206.43.235.0 interface=serial

## router2 current routing table ##
port=2 metric=0 lanid=4 netip=77.152.141.0 interface=csmal
port=0 metric=1 lanid=3 netip=215.125.170.0 interface=serial
port=1 metric=1 lanid=6 netip=206.43.235.0 interface=serial
port=1 metric=1 lanid=5 netip=203.65.28.0 interface=serial

## router1 current routing table ##
port=0 metric=0 lanid=3 netip=215.125.170.0 interface=ring
port=1 metric=1 lanid=4 netip=77.152.141.0 interface=serial
port=2 metric=1 lanid=6 netip=206.43.235.0 interface=serial
port=2 metric=1 lanid=5 netip=203.65.28.0 interface=serial

```

그림 10 각 라우터의 라우팅 테이블 갱신과정

있다. 또한 학습자는 웹 브라우저만 있으면 어디에서든 지 가상 실험실에 접속하여 원하는 실험을 할 수 있고, 서버에 각 학습자별로 저장 영역을 할당하기 때문에 제작한 모델을 저장하여 재사용할 수 있다.

가상 실험을 위해 본 논문에서는 라우팅 알고리즘의 동작 원리를 이해하고 메시지 패킷의 전달 과정을 실험하기 위하여 RIP 라우팅 프로토콜을 위한 자바 컴포넌트를 개발하였다. 각 컴포넌트는 멀티 스레드로 동작되며 학습자가 사용하는 플랫폼에 관계없이 인터넷에 접속되어 있는 모든 컴퓨터에서 실험이 가능하다. 시뮬레이션 전 과정이 애니메이션 되기 때문에 각 노드들 사이의 패킷 교환을 시각적으로 볼 수 있어 다양한 형태의 실험모델을 만들어 RIP 라우팅 프로토콜의 동작원리를 실험할 수 있게 하였다. 또한 각 라우터의 라우팅 테이블의 변환을 하나의 윈도우 창으로 보여 줌으로써 라우터의 동작을 이해 할 수 있게 하였다.

본 논문에서는 가상실험 구조를 설계 및 구현하였고, 라이브러리 컴포넌트로서 RIP 라우팅프로토콜을 설계하였다. 만일 SimDraw를 이용하여 다른 종류의 실험들 즉, 예를 들면 FTP 실험, OSPF 실험, 멀티캐스팅 실험 등을 하려면 실험 제공자가 해당하는 라이브러리 컴포넌트를 제작하여 학습자에게 제공하여야 한다. 이 과정은 자동화하지 못하였는데 이는 본 연구의 향후 과제로 남아 있다. 또다른 향후 과제로서는 SimDraw에서 실험

행될 수 있는 유용한 컴포넌트를 제작하는 것이다. 현재 개발된 것은 RIP 라우팅 프로토콜을 위한 컴포넌트뿐이지만, 보다 다양한 자바 컴포넌트를 개발함으로써 더욱 효과적이고 교육적인 원격교육용 가상실험실을 만들 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 김정숙, 박덕훈, "뉴미디어를 활용한 원격학습 시스템의 설계", 정보처리학회지, pp. 29-40, vol. 4 no. 3, May 1997.
- [2] 황대준, "사이버 스페이스상의 상호 참여형 실시간 원격 교육시스템에 관한 연구", 정보처리학회지, pp. 29-40, vol. 4 no. 3, May 1997.
- [3] 이근왕, 김봉기, 오해석, "초고속정보통신망에서의 가상대학과 LOD서비스", 정보처리학회지, pp. 41-50, vol. 4 no 3, May 1997.
- [4] 사이언스올 가상과학실험실, "http://www.scienceall.com/science".
- [5] Steven Robbins, "The JOTSA Animation Environment," Thirty-First Hawaii Intl. Conf. on System Sciences, pp. 655-664, Jan. 1998.
- [6] Yeonghwan Nam, Kihyung Kim, "VMAC: A GUI-based Web-based Simulation Environment," IEEE TENCON, pp.1498-1501, 1999.
- [7] Hyungon Seo, Bong Sagong, and Kihyung Kim, "Web-based Modeling, Simulation and Animation of Routing Protocols," Proceedings of IASTED Conference on Internet and Multimedia Systems Applications, pp. 356-360, Nov, 2000.
- [8] John A. Miller, Andrew F. Seila and Xuewei Xiang, "The JSIM Web-Based Simulation Environment," Computer Science Department 415 GSRC University of Georgia Athens, GA 30602-7404, 1999.
- [9] Howell, F.W., The Simjava home page, http://www.dcs.ed.ac.uk/home/fwh/emin/docs/websim/, April, 1999.
- [10] Healy, K.J. and R.A. Kilgore, "Introduction to Silk and Java-based Simulation," In Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, pp 475-482, Atlanta, Georgia.
- [11] Zeigler, B.P, "DEVJAVA Modeling and Simulation Environment," http://www.acims.arizona.edu/SOFTWARE/software.shtml.
- [12] Hung-ying Tyan, "Design, Realization and Evaluation of a Component Based Compositional Software Architecture for Network Simulation," Ph. D. Thesis, Ohio State University, 2002.
- [13] Yoshiro Imai et. al., "Design and Implementation of Web-based Education Tool," Proceedings of the 2002 Symposium on Applications and the Internet (SAINT) Workshops, IEEE, pp. 204-211, Jan. 28, 2002.
- [14] MIL 3, "OPNET Tutorial Manual," Washington

- DC, 1997.
- [15] CACI, "COMNET III release 2.0 Reference Manual," CACI Product Company, <http://www.caciasl.com>, 1998.
- [16] Robert Wright, "IP Routing Primer," CISCO Press, 1998.
- [17] Jeff Doyle, "CCIE Professional Development : Routing TCP/IP," Vol I, CISCO Press, 1998.
- [18] Jamie Cameron, "Java File System(JFS)," <http://www.webmin.com/jfs/>, 2000.



서 현 곤

1992년 경성대학교 전산통계학과 졸업(이학사). 1994년 경성대학교 전산통계학과 대학원 졸업(이학석사). 2000년 영남대학교 컴퓨터공학과 대학원 박사수료. 1994년~1997년 (주)동양에레베이터 기술연구소 주임연구원. 1997년~2001년 김천대학 컴퓨터정보처리계열 겸임전임 강사. 2001년~현재 대구대학교 정보통신공학부 BK21교수. 관심분야는 애드 혹 네트워크, 멀티캐스팅, 라우팅 프로토콜, 웹기반 응용.



사 공 봉

1992년~1999년 영남대학교 컴퓨터공학과 졸업. 1999년~2001년 영남대대학원 공학계열 컴퓨터공학과 졸업. 2000년 12월~2001년 12월 누리네(주) 기술개발팀 팀장. 2002년 5월~2003년 2월 (주)가온 커뮤니케이션즈 개발 팀장. 2003년 4월~현재 덕성여자대학교 전산실 근무. 관심분야는 웹 개발, 데이터베이스.



김 기 형

1990년 한양대학교(공학사). 1992년 한국과학기술원(공학석사). 1996년 한국과학기술원(공학박사). 2001년 AdForce, Inc 선임연구원. 1997년~현재 영남대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 Ad Hoc Networks, Multicasting, Simulation, Embedded System.