

위치 예측 시뮬레이터를 이용한 인터넷 로봇 시스템의 거리 오차 보상

이강희*, 이연백*, 김수현**, 곽윤근#

Distance Error Compensation of Internet-based Robot System Using Position Prediction Simulator

Kang Hee Lee*, Youn Back Lee*, Soo Hyun Kim** and Yoon Keun Kwak#

ABSTRACT

This paper is concerned with the development of Internet-based robot system controlled on the remote site via the Internet. In order to draw the public attention into this exciting system, we built the simple system by which a robot is moved in response to answer for the given OX quizzes. As the primary research for Internet-based robot control, this study focuses on the development of user-friendly interface by which a beginner achieves information for a robot on the remote site from the 3D virtual simulator and the real camera image. For the compensation of Internet time delay, position prediction simulator is implemented in the user interface.

Key Words : Internet-based robot (인터넷 로봇), Position prediction simulator (위치 예측 시뮬레이터), Time delay (시간 지연), Java (자바), VRML (가상 현실 모델링 언어)

1. 서론

최근 몇 년간 인터넷은 급속한 속도로 확장되어 왔다. 초기의 인터넷은 기업이나 학교에서만 제한적으로 접속할 수 있었으나, 현재는 케이블 모뎀(cable modem)이나 ADSL(asymmetric digital subscriber line) 등의 보급으로 가정에서도 쉽고 저렴하게 인터넷에 접속할 수 있게 되었다. 우리나라의 경우, 2001년 말 기준으로 780만 가구의 초고속통신 가입자수와 2,438만 명의 인터넷 사용 인구가 집계되고 있으며, 이는 전체 인구의 57%

에 해당하는 높은 수치이다¹.

인터넷의 급속한 발전과 함께 기존의 웹 사이트(web site)를 통한 정보 검색이나 이메일 교환, 파일 전송 외에도 인터넷 자원을 이용한 새로운 응용 방안들이 등장하게 되었는데, 그 중 하나가 인터넷을 통하여 원격에 위치한 로봇을 조작하는 인터넷 로봇(internet-based robot) 분야이다. 기존의 원격운용(tele-operation)이 전문가들에 의해 전용 통신회선과 전용 인터페이스를 이용하여 근거리에서 위치한 장비를 제어해 왔던 것에 비해, 인터넷 로봇은 인터넷이라는 공용의 통신망을 이용하며 비

✉ 2002년 10월 28일 접수
* 한국과학기술원 기계공학과 대학원
** 한국과학기술원 기계공학과
교신저자, 한국과학기술원 기계공학과
Email kyk@kaist.ac.kr Tel. (042) 869-3252

전문가들도 단말기나 오퍼레이팅 시스템(operating system, OS)의 종류와 상관없이 어디서나 쉽게 접속할 수 있는 환경을 제공한다. 그 활용분야 또한 원격운용 로봇이 우주, 해저, 재난지역 등의 탐사와 같은 전문적인 분야에 사용되었던 것에 반해, 인터넷 로봇은 완구, 오락, 방법, 안내 등과 같이 대중을 상대로 한 분야에 집중되고 있다.

최초의 인터넷 로봇은 1994 년에 머큐리 프로젝트를 통해 개발된 원격 발굴 시스템(tele-excavation system)이었다². 같은 해에 호주에서는 6 축 로봇을 움직여 장난감 블록으로 구조물을 쌓는 시스템이 개발되었다³. 그 밖에도 원격에 위치한 로봇팔을 이용한 연구들로서 컴퓨터의 가상 캔버스에 그린 그림을 원격에 위치한 실제 캔버스에 그대로 옮겨 그리는 화가 로봇 시스템⁴과, 경사면을 굴러 떨어지는 불을 받는 시스템⁵이 개발되었다. 주행 로봇(mobile robot)을 이용한 인터넷 로봇들로는 건물내의 특정 위치로 주행시켜 임무를 수행하거나⁶, 소형 로봇을 조작하여 미로를 찾아가는 시스템⁷이 개발되었으며 원격에서 전시물을 관람할 수 있도록 도와주는 박물관 안내 로봇으로 응용되기도 하였다^{8,9}. 한편 실제 영상 대신 3 차원 가상 시뮬레이터를 이용하여 데이터 전송시간을 줄인 시스템들이 개발되었는데, 원격에 설치된 카메라를 조종하거나¹⁰, 영국에서 러시아에 설치된 로봇을 제어하는 연구 등에 사용되었다¹¹.

국내에서는 인터넷을 통하여 원격의 카메라를 조종하거나¹² 주행 로봇을 운용하는 시스템¹³이 개발되었으며, 웹 기반의 3 차원 가상 시뮬레이터를 이용한 로봇 시뮬레이터¹⁴와 실시간 모니터링 시스템¹⁵에 대한 연구가 있었다. 또한, 인터넷에서의 시간지연을 보상하는 제어부를 가진 주행 로봇 시스템에 대한 연구¹⁶도 이루어진 바 있다.

본 연구의 목적은 인터넷을 통한 데이터 전송시에 발생하는 시간 지연에 강인한 특성을 갖는 인터넷 로봇 시스템의 개발이다. 먼저 인터넷과 연결된 모든 장소에서 일반인들도 쉽게 접속하여 로봇을 조종할 수 있도록 시스템의 주제를 선정하고, 친숙한 웹 기반의 사용자 인터페이스에 원격지의 실제 영상과 3 차원 가상 시뮬레이터를 포함시켜 초보자도 조작이 편리하도록 하였다. 로봇의 위치 정보 및 주행 명령 같은 데이터의 전송시 인터넷에서 발생하는 시간지연을 보상하는 방안으로 로봇의 실제 위치를 예측하여 표시하는 위치

예측 시뮬레이터 기능을 추가하였다. 본 시스템은 로봇 부만 교체할 경우 다른 용도의 인터넷 로봇 시스템으로 활용할 수 있도록 범용적인 소프트웨어 및 프로그래밍 언어를 이용하여 개발하였다.

2. 하드웨어

2.1 개요

인터넷 로봇은 일반인이 참여하여 조종한다는 특성 때문에 구동방식이 단순해야 하며, 내구성에 문제가 생길 수 있는 과격한 반복동작은 피해야 한다. 또한 한번 접속했던 사용자가 다시 접속할 수 있을만한 흥미로운 주제를 가져야 한다. 따라서, 본 연구에서는 TV 프로그램에 자주 등장하는 OX 퀴즈를 시스템의 주제로 채택하여, 사용자가 주어진 퀴즈의 정답 영역으로 제한시간 내에 원격의 로봇을 조종하여 주행하도록 하였다.

개발된 시스템은 Fig. 1 과 같이 로봇, 서버, 클라이언트의 3 개 부분과, 서버와 클라이언트들을 연결하는 인터넷으로 구성하였다. 로봇과 서버는 동일 장소에 위치하고 일반인이 컴퓨터를 통하여 원격에서 접속하는 형태로서 전형적인 인터넷 기반 로봇 시스템의 구성과 동일하다.

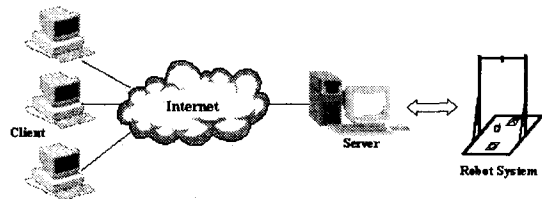


Fig. 1 Configuration of Internet-based robot system

2.2 로봇 부

로봇 부는 Fig. 2 와 같이 주행 로봇과 상부에 고정 설치된 CCD 카메라로 구성하였다. 본 연구에서는 로봇 자체의 개발이 목적은 아니므로, 상용 축구 로봇을 사용하였다. 사용된 로봇은 80C196KC 중앙처리장치와 29C256 외부 롬을 장착하고 있다. 이 로봇은 최대 1.8m/sec 까지의 속도로 주행할 수 있으나, 본 연구에서는 전, 후 방향 주행 시 60mm/sec 속도로 고정시켰으며 좌, 우 방향의 주행은 회전방향 측의 모터 속도를 절반으로 감속하여 45mm/sec 로 원운동을 하게 하였다.

또한 로봇의 상면에는 영상 처리 시 로봇의 위치를 찾기 쉽도록 방향을 구분하는 도형을 표시하였다. 로봇과 서버간에는 무선 주파수(radio frequency, RF) 통신을 사용하였다. 사용된 433MHz 의 무선 주파수 송·수신 모듈은 최고 40kbps 의 전송속도를 갖으며, 본 연구와 같은 제한된 영역에서의 소용량의 데이터 전달에 사용된다.

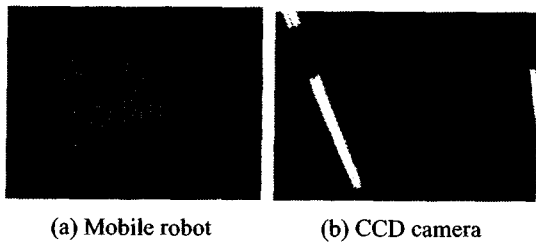


Fig. 2 The robot system

CCD 카메라는 Jai 사의 프로그래시브 방식 컬러 카메라인 CV-M70 을 사용하였다. 근래에는 이동성을 고려하여 카메라를 로봇에 직접 부착하는 경우가 많지만, 소형화와 무선화 측면에선 문제가 있다. 본 연구에선 제한된 경기장 내에서 주행하는 로봇의 위치 관찰에만 사용되므로 별도의 팬-틸트 조정 기능 없이 경기장 중앙 지점 3m 높이의 철제 앵글에 고정 설치하여 전체 경기장을 한 영상에 담을 수 있도록 하였다.

2.3 서버

본 연구에서 사용된 서버는 800MHz 중앙처리장치, 256M 메모리, Windows 2000 운영체제를 탑재한 개인용 컴퓨터이며 랜 카드를 이용하여 인터넷과 연결하였다. 시리얼 포트에는 로봇과의 데이터 전송을 위한 무선 주파수 송·수신부를 연결하였다. 서버에 장착한 영상 처리용 프레임 그래버(frame grabber) 보드는 Matrox 사의 Meteor-II 다채널 방식 컬러 포획(capture) 방식으로 CCD 카메라에서 받은 영상 신호를 처리하도록 하였다.

2.4 경기장

로봇이 주행하는 경기장은 Fig. 3 과 같은 규격으로 제작하였다. 양쪽에는 정사각형 모양의 O 와 X 정답 영역이 위치하며, 로봇이 경기장 밖으로 벗어나는 것을 방지하기 위하여 사방에 35 mm 높이의 장벽을 설치하였다.

3. 서버 부 소프트웨어

3.1 프로그램 구성

서버에서 구동 되는 프로그램은 Fig. 4 와 같이 웹 서버, 로봇 제어, 영상 처리, 데이터베이스의 4 개 부분으로 나뉜다. 웹 서버는 안정성을 고려하여 아파치(apache) 소프트웨어를 이용했으며, 데이터베이스 부는 MySQL 소프트웨어로 구축하였다.

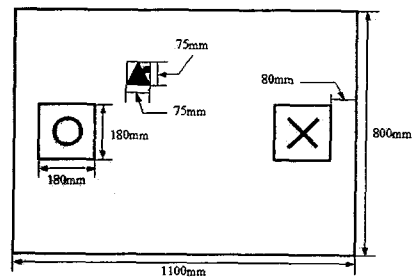


Fig. 3 The ground of robot system

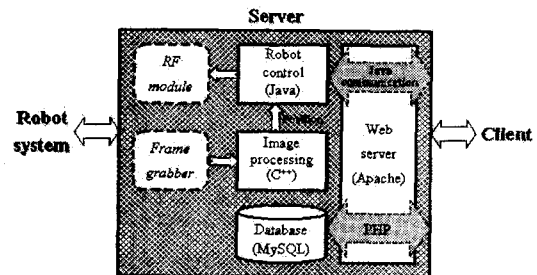


Fig. 4 The server software architecture

3.2 로봇 제어 부

로봇 제어 프로그램은 클라이언트 측에서 구동 되는 자바 애플릿(java applet)과의 원활한 통신을 위하여 자바 어플리케이션(java application)으로 구현하였다. 클라이언트 부에서 사용자가 입력한 로봇의 주행 및 정지 명령은 로봇 제어 부로 전송된 후 지정된 형식으로 변환되어 서버의 시리얼 포트에 연결된 무선 주파수 송·수신부를 통해 로봇 부로 전달되며, 이를 위하여 자바에서 시리얼 통신과 관련한 "javax.comm" API(application program interface)를 이용하였다. 또한 이 프로그램은 영상 처리 부에서 계산된 현재의 로봇위치 정보를 전달받아 클라이언트 측에 전송하는 작업도 수행한다.

3.3 영상 처리 부

CCD 카메라에서 찍은 경기장의 영상은 프레임 그래버를 이용하여 320x240 화소(pixel) 크기로 포획하며, 처리 시간의 절약을 위하여 8 비트 그레이 스케일(gray scale)로 변환 처리하였다. C++ 언어로 구현한 영상 처리 부는 미리 정의되어 있는 로봇 샘플과의 비교 작업을 통하여 현재 로봇의 위치를 찾는다. 위치 정보는 Fig. 5 와 같이 x, y 축 좌표 및 로봇의 회전 각도 θ 로 구성되며 80msec 에 1 번씩 서버의 로봇 제어 부로 전달된다.

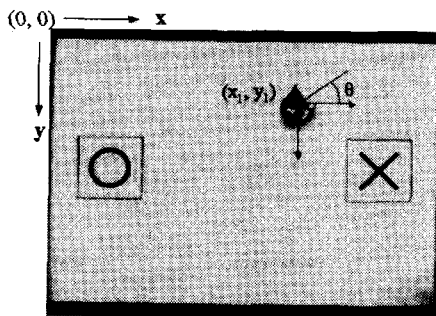


Fig. 5 The coordinate in the image processing

또한 포획한 영상은 JPEG(joint photographic experts group) 형식으로 압축하여 4.4kbytes 의 크기로 600msec 에 한번씩 저장하며, 클라이언트 부에서 실제 영상을 보여줄 때 사용한다.

3.4 데이터베이스 부

본 시스템에서는 Fig. 6 과 같은 2 개의 데이터 구조를 사용하였다. 첫번째는 퀴즈 정보로서 번호, 문제, 정답의 3 가지 영역으로 구성하였으며, 번호를 일차 키(primary key)로 지정하여, 동일한 문제가 반복 출제되는 것을 방지하였다. 두 번째는 사용자 정보로서 아이디, 패스워드, 점수 및 사용자가 신규 등록 시 입력한 기타 정보로 구성되며 아이디를 일차 키로 지정하여 중복가입을 방지하였다. 점수는 사용자가 퀴즈를 종료할 때마다 기존 값과 비교하여 본인의 최고 값으로 저장된다.

number	int	problem	varchar(100)	answer	char(1)	PRIMARY KEY(number)
userid	varchar(15)	userpassword	varchar(20)	userpassword2	varchar(20)	...
score	int	PRIMARY KEY	(userid)			

Fig. 6 The structure of quiz and user data

4. 클라이언트 부 소프트웨어

4.1 동작 순서

원격에서 시스템에 접속하여 로봇을 조종하는 단계별 진행 흐름도는 Fig. 7 과 같다.

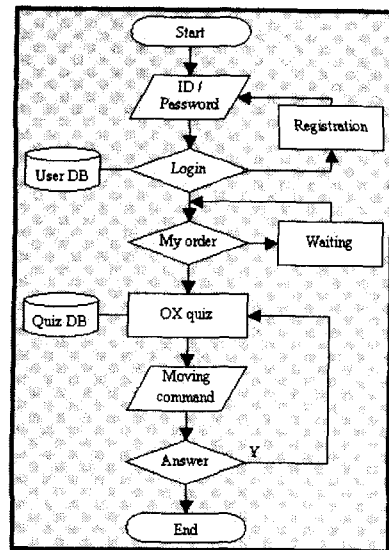


Fig. 7 The flow chart for client

먼저 사용자는 인터넷 로봇의 웹 사이트에 접속하여 로그인을 하며, 신규 사용자의 경우에는 사용자 등록 절차가 필요하다. 인증 절차가 끝나면 사용자 인터페이스 화면으로 이동하게 되는데, 이미 퀴즈에 다른 사용자가 참여 중이라면 메인 화면에서 기다리면서 훈련용 3 차원 가상 시뮬레이터를 이용하여 로봇 조종 연습을 하거나 상위 점수자 확인 등을 해볼 수 있다. 사용자의 차례가 되면 제한된 30 초 이내에 출제되는 문제에 따라 로봇을 주행 시켜 O 또는 X 가 표시된 퀴즈의 정답 영역으로 주행시켜야 한다. 제한 시간 종료 후, 로봇이 정답영역에 위치하면 다음 문제가 출제되고, 아니면 로봇의 조종 권리가 다음 사용자에게 넘어간다.

4.2 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스 부는 Fig. 8 과 같이 3 개의 프레임으로 나누어진 웹 페이지이다.

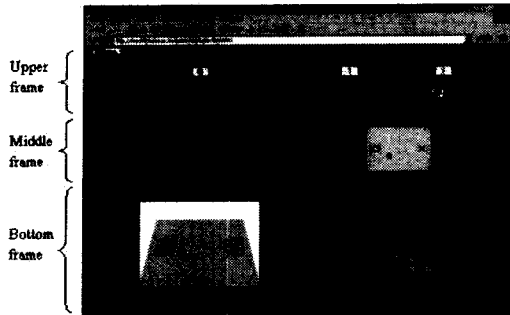


Fig. 8 Interface for the OX quiz robot system

상위 프레임에서는 PHP(professional HTML preprocessor)를 이용하여 서버의 데이터베이스에서 최고점수의 사용자 및 현재 사용자의 최고점수를 불러와 표시하고, OX 퀴즈를 무작위로 출제한 후 정답과 비교하며, 종료 후 사용자가 획득한 점수를 기존의 본인 최고 점수와 비교하여 더 높을 경우 데이터베이스의 사용자 정보 점수영역에 저장한다. 제한시간의 진행은 자바 스크립트(java script) 함수를 이용하여 구현하였다.

중간 프레임에서는 자바 스크립트 함수를 이용하여 1 초에 한번씩 서버에 저장된 JPEG 형식의 실제 영상을 불러와서 출력한다.

하위 프레임은 우측의 로봇 조종부와 좌측의 3차원 가상 시뮬레이터 부로 구성된다.

4.3 로봇 조작 부

자바 애플릿으로 구현된 로봇 조작 부는 사용자의 입력에 따른 로봇 주행 및 정지 명령을 서버측의 자바 어플리케이션 프로그램에 전달하는 동시에 서버측으로부터 전송 받은 로봇의 위치 정보를 3차원 가상 시뮬레이터 측에 넘겨주는 역할도 담당한다. 자바와 3차원 가상 시뮬레이터간의 통신을 위하여 EAI(external authoring interface) 방식을 사용하였으며, "vrml.external" 자바 클래스의 함수들을 사용하여 시뮬레이터 내에 정의한 로봇 모델의 x, y 축 좌표 및 회전각도 값을 변경하였다.

또한 현재 로봇의 위치를 O 영역, X 영역, 일반 영역 중 하나로 판단하여 상태창에 표시하고 이 값을 상위 프레임에 전달하여 제한 시간 종료 후 정답 여부를 판단토록 하였으며, 이를 위하여 자바 애플릿과 자바 스크립트간의 통신에 사용되는 라이브 커넥트(live connect) 방법을 이용하였다.

4.4.3 3차원 가상 시뮬레이터

초기의 인터넷 로봇에서는 사용자가 주기적으로 변화되는 실제 영상으로부터 원격에 위치한 로봇의 정보를 얻었으나 실제 영상은 자체의 데이터량이 크기 때문에 인터넷을 통하여 전송될 때 시간 지연 문제가 발생하며, 2차원적인 시점만을 제공한다는 한계가 있어 최근엔 이러한 문제의 해결 방안으로 3차원 가상 시뮬레이터를 도입하는 추세이다. 본 연구에서는 서버측에서 별도의 프로그램을 받을 필요가 없으며 웹 페이지에 이식이 용이한 가상 현실 모델링 언어(virtual reality modeling language, VRML)를 사용하였다.

3차원 가상 시뮬레이터를 이용하여 입체적으로 구현한 로봇과 경기장의 모습은 Fig. 9와 같다. 로봇과 경기장의 모습은 미리 클라이언트 측에 저장된 데이터에 의해 표현되며, 로봇의 변화하는 위치 값을 서버에서 전송 받으므로 데이터 전송 시간이 감소하여 빠른 정보 획득이 가능하다. 사용자는 이를 통하여 원격지의 시각 정보를 얻게 되며 축소, 확대, 이동, 회전 등 다양한 시점 조절이 가능하다. 또한 통신 기능을 제거한 조종 훈련용 3차원 가상 시뮬레이터를 별도로 제작하였다.

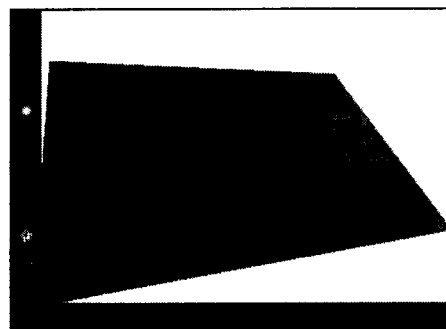


Fig. 9 3D virtual simulator using VRML

5. 인터넷 시간 지연 보상

5.1 개요

인터넷은 특정 회사나 개인이 소유한 네트워크가 아니며, 현재 가장 많이 쓰이고 있는 IP 주소를 이용한 라우팅(routing) 또한 전송 품질을 보장하지 않는 방식이기 때문에 인터넷 로봇에서 데이터 전송 시 발생하는 시간 지연 또한 현재까지 완전히 해결하지 못하는 문제이다. 최근에는 시간

지연의 직접적인 해결보다는 이를 보상하기 위한 연구들이 이루어지고 있으며 3 차원 가상 시뮬레이터를 이용하여 전달되는 데이터량을 최소화 시키는 방안도 그 중의 하나이다. 그러나 이 또한 인터넷의 트래픽이 과다하게 증가하는 경우에는 시간 지연의 영향을 받게 된다.

본 연구에서는 클라이언트 측에서 서버와의 현재 전송 시간을 측정하고, 이를 고려하여 로봇의 위치를 추정하여 표시하는 위치 예측 시뮬레이터를 개발하여 3 차원 가상 시뮬레이터 부에 참가하는 방안으로 시간 지연을 보상하고자 하였다.

5.2 단계별 시간 지연

인터넷 로봇에서의 시간 지연은 크게 인터넷을 통해 데이터가 전송되는 전송 시간 지연(transmission time delay)과 시스템의 작업과정에서 발생하는 처리 시간 지연(processing time delay)으로 구분할 수 있다. 본 시스템에서 각 단계별로 발생하는 시간 지연 요소는 Fig. 10 과 같다. 이는 클라이언트 부에서 사용자가 입력한 명령이 인터넷을 통하여 서버에 전달되고 이에 따라 로봇이 움직이는 것을 사용자가 다시 인지하기까지의 과정을 나타낸다.

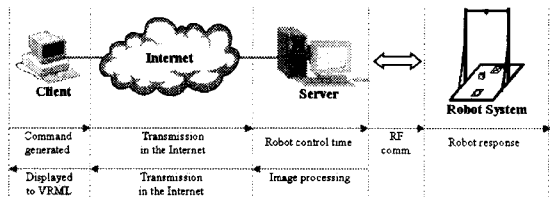


Fig. 10 Time delay component in the system

위치 예측 시뮬레이터를 개발하기 위해서는 우선 시스템의 처리 시간 지연 값을 정확히 알아야 하며, 측정된 결과는 Table 1 과 같다. 처리 시간은 프로그램에서 해당 루틴의 수행 전후 시스템 시간을 기준으로 측정하였다. 인터넷에서의 전송 시간 지연을 측정하기 위해서는 서버와 클라이언트 간의 시간 동기를 맞추어야 한다는 어려움이 있기 때문에 특정 문자열의 왕복 전송 시간(round trip time)을 측정한 후, 이의 절반 값을 사용하였다. Table 1 의 전송 시간 지연 값은 서버와 클라이언트가 같은 네트워크에 연결된 인접 건물에 위치한 결과이며 실제로는 클라이언트의 위치와 인터넷의

상황에 따라 변화하는 값이다. 무선 주파수 통신 시간은 통신속도 34,800bps 와 18bytes 로 정해진 로봇 명령어의 크기를 이용하여 계산하였으며, 로봇이 명령에 반응하는 시간은 고려하지 않았다.

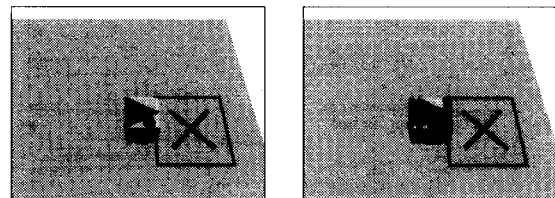
Table 1 Measurement of time delay

Process	Details	Time (msec)
Robot moving command	Direction button click	0
	Command generated	0
Internet transmission	From client to server	87*
Robot control time in server	Packet is generated and transmitted	4
	RF communication	4
Robot system	Robot response	-
	Sample matching	43
Image processing	Etc.	18
	Position data transmission	File read and transmission
Internet transmission	From server to client	87*
Displayed to VRML	-	0

* can be varied according to the network traffic condition

5.3 위치 예측 시뮬레이터

본 연구에서는 인터넷에서 발생하는 시간 지연을 보상하기 위한 방안으로 클라이언트 측에 예측된 로봇의 위치를 표시하여 사용자가 그 정보를 바탕으로 효율적인 명령을 내릴 수 있도록 하였다. 구현된 위치 예측 시뮬레이터는 Fig. 11 과 같다. (a)는 기존의 3 차원 가상 시뮬레이터에서 보여지는 모습이며, (b)는 예측된 로봇의 위치를 반투명 영상으로 첨가시킨 모습이다.



(a) Time delayed image

(b) With overlapping image

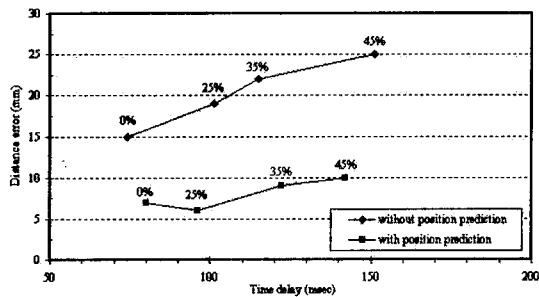
Fig. 11 Position prediction simulator

클라이언트 부에서 구동 되는 위치 예측 시뮬레이터에서는 주기적으로 클라이언트와 서버간의 인터넷 전송 시간 지연을 측정한 후 미리 측정한 Table 1 의 처리 시간 지연과 정해진 로봇의 속도

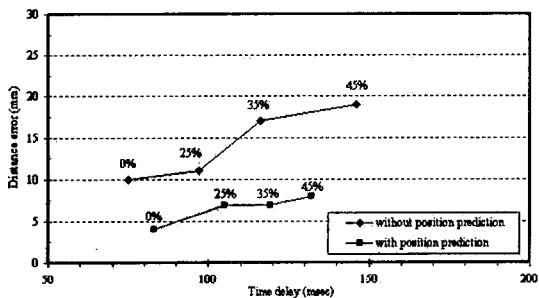
를 이용하여 계산한 예측 위치를 기존의 3 차원 가상 시뮬레이터에 투영 시킨 영상으로 보여준다. 이 때 로봇은 정속으로 주행하는 것을 가정하였으며 가속 및 감속 구간은 무시하였다.

5.4 정지 거리 오차 실험

인터넷 상의 트래픽 부하를 인위적으로 조절하는 효과를 얻기 위하여 스니퍼(sniffer) 프로그램을 이용하였다. 먼저 클라이언트에서 서버 측으로 1,472 bytes 크기의 핑(ping) 명령을 보낸 후 이를 포획하면 이더넷(ethernet) 방식의 랜에서 처리할 수 있는 최대 크기인 1,514bytes 의 패킷(packet)을 얻게 되고 이를 지속적으로 복사하여 발생시키는 방법으로 클라이언트와 서버간의 회선점유율을 변화시켰다.



(a) Manually stop test by user



(b) Automatic stop test by program

Fig. 12 Distance error results in robot stop test. Traffic generation is varied 0, 25, 35, 45%

위치 예측 시뮬레이터의 효율성 여부를 알아보기 위하여, 주행하는 로봇을 지정된 선에 맞추어 정지 시키는 실험을 실시하였다. 클라이언트에서 측정된 서버와의 시간지연과 거리 오차와의 관

계를 표시한 결과는 Fig. 12의 그래프와 같다.

Fig. 12(a)는 사용자가 정지 명령을 입력하여 로봇을 정지시킨 경우이며, Fig. 12(b)는 클라이언트 측의 프로그램에서 자동으로 로봇을 정지시킨 실험 결과이다. 먼저 트래픽을 발생시켜 회선 점유율을 0, 25, 35, 45%로 변화시켜 가면서 위치 예측 시뮬레이터를 적용하기 전과 후에 로봇이 정지한 위치의 거리 오차와 이 때의 인터넷 시간 지연 값을 측정하였다. 각 점들은 20 회 측정된 평균값을 나타내며, 거리 오차의 경우 절대값을 평균한 결과이다. 마름모로 표시된 점은 위치 예측 시뮬레이터를 적용하지 않은 경우이며, 회선 점유율을 0, 25, 35, 45%로 증가시킴에 따라 클라이언트와 서버간의 인터넷 시간 지연이 증가하고, 이에 따른 거리 오차도 증가함을 알 수 있다. 사각형으로 표시된 점은 위치 예측 시뮬레이터를 적용하여 시간 지연을 보상한 경우이며, 트래픽이 증가해도 거리 오차는 크게 증가하지 않았다. 이러한 결과는 수동 혹은 자동으로 로봇을 정지시키는 두 가지 경우에 대하여 동일하게 나타났다. 본 실험에서 트래픽의 회선 점유율을 50%이상 증가시키는 경우에는 컴퓨터의 과부하로 인하여 정확한 측정값을 얻을 수 없었다. 실제로는 인터넷 전송 시간의 지연 값은 급격하게 변화하기 때문에 주기적으로 측정된 값을 이용하여 로봇의 위치를 예측하는 방법은 오차발생의 요인으로 작용할 수 있으나 Fig. 12의 결과처럼 위치 예측 시뮬레이터를 적용할 경우 인터넷 트래픽이 증가하여도 로봇의 조정 오차를 줄이는 효과가 있음을 알 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 인터넷 기반 로봇 제어의 선행 단계로서 일반인에게 흥미를 유발시키는 주제를 가진 인터넷 로봇 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 일반인에게 친숙한 웹 기반의 사용자 인터페이스를 가지며 실제 영상과 3 차원 가상 시뮬레이터를 통하여 원격에 위치한 로봇의 상태를 사용자에게 전달한다. 3 차원 가상 시뮬레이터는 다양한 시점을 사용자에게 제공할 수 있으며, 인터넷을 통하여 로봇의 위치정보만을 전송 받으므로 빠른 정보 획득이 가능하다는 장점이 있다. 또한 현재의 인터넷 상황을 측정하여 로봇의 위치를 예상 표시하는 위치 예측 시뮬레이터를 구현하여 인

터넷에서의 데이터 전송시 시간 지연에 따른 거리 오차를 보상하였다. 또한 개발한 위치 예측 시뮬레이터를 사용하여 로봇을 조종할 경우 인터넷 트래픽의 변화에도 강인한 특성을 갖음을 로봇 정지 실험을 통하여 증명하였다.

본 시스템은 로봇 부만 교체할 경우 다른 용도의 인터넷 기반 시스템으로 활용할 수 있도록, 범용적인 소프트웨어 및 프로그래밍 언어를 이용하여 개발하였으며 향후, 응용분야로는 가정 관리, 완구, 오락, 방법, 안내, 비서 등의 인터넷 로봇 시스템이 있다.

후 기

본 연구는 2002 년도 BK21 사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. National Computerization Agency, "2002 Korea Internet White Paper," National Computerization Agency, pp. 55, 2002.
2. Goldberg, K., Gentner, S., Sutter, C. and Wiegley, J., "The Mercury Project: A Feasibility Study for Internet Robots," IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 7, No. 1, pp. 35-40, 2000.
3. Taylor, K., Dalton, B. and Trevelyan, J., "Web-based telerobotics," Robotica, Vol. 17, pp. 49-58, 1999.
4. Stein, M. R., "Interactive Internet Artistry," IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 7, No. 2, pp. 28-32, 2000.
5. Tanaka, K., Nakagawa, E., Ito, M., Mizuno, N., Yamada, T., Shimizu, E. and Kagayama, K., "An Internet-based Tele-robot Environment for a Time Critical Task," Systems, Man, and Cybernetics, 1999. IEEE SMC '99 Conference, Vol. 5, pp. 1106-1110, 1999.
6. Simmons, R., Fernandez, J. L., Goodwin, R., Koenig, S. and O'Sullivan, J., "Lessons Learned from Xavier," IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 7, No. 2, pp. 33-39, 2000.
7. Saucy, P. and Mondada, F., "KhepOnTheWeb: Open Access to a Mobile Robot on the Internet," IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 7, No. 1, pp. 41-47, 2000.
8. Schulz, D., Burgard, W., Fox, D., Thrun, S. and Cremers, A. B., "Web Interfaces for Mobile Robots in Public Places," IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 7, No. 1, pp. 48-56, 2000.
9. Maeyama, S., Yuta, S. and Harada, A., "Remote Viewing on the Web using Multiple Mobile Robotic Avatars," Proc. of the 2001 IEEE/RSJ Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS), Oct. 29-Nov. 03, pp. 637-642, 2001.
10. Elliott, E. D. and Eagleson, R., "Web-Based Tele-Operated Systems Using EAI," Systems, Man, and Cybernetics, 1997. Computational Cybernetics and Simulation, IEEE Intl. Conf., Vol. 1, pp. 749-754, 1997.
11. Belousov, I. R., Tan, J. and Clapworthy, G. J., "Teleoperation and Java3D Visualization of a Robot Manipulator over the World Wide Web," Information Visualization, IEEE Intl. Conf., pp. 543-548, 1999.
12. Choi, G. H. and Kim, Y. T., "Development of a Remote Control Camera System Based on Internet," In Proceedings of KSPE Fall Annual Meeting, pp. 504-506, 2001.
13. Park, T. H., Kang, K. T. and Lee W. C., "Teleoperation System of a Mobile Robot over the Internet," Journal of Control, Automation and Systems Engineering, Vol. 8, No. 3, pp. 270-274, 2002.
14. Hong, S. H., Lee, S. H., Jeon, J. S. and Yoon, J. S., "A Web-Based Robot Simulator," Journal of Control, Automation and Systems Engineering, Vol. 7, No. 3, pp. 255-262, 2001.
15. Park, H. S., Jung, M. S. and Kim, B. S., "Architecture of Web-based Real-Time Monitoring System," Journal of Control, Automation and Systems Engineering, Vol. 7, No. 7, pp. 632-639, 2001.
16. Han, K. H., Kim, S., Kim, Y. J. and Kim, J. H., "Internet Control Architecture for Internet-Based Personal Robot," Autonomous Robots, 10, pp. 135-147, 2001.