

Multi Agent Robot System(MARS)의 Robot Agent 간 정보교환을 위한 네트워크 프로그램 구현

Design of network for data interaction between Robot Agents in Multi Agent Robot System (MARS)

고광은 · 이정수 · 장인훈 · 심귀보*

Kwang-Eun Ko, Jeong-Soo Lee, In-Hun Jang, and Kwee-Bo Sim

중앙대학교 전자전기공학부

요 약

홈서버와 가정용서비스 로봇, 다양한 Device를 포함하는 홈네트워크 시스템을 이용하여 가정환경 내에서 발생 가능한 다양하게 분산된 임무들을 수행하는데 있어서 Multi-Agent 시스템을 응용하는 것은 효율적이라고 알려져 있다. 이러한 시스템에서 휴먼 인터페이스와 물리적 서비스 제공의 중추 역할을 하는 것은 바로 지능형 서비스 로봇이다. 따라서, 기존의 Multi Agent System을 응용하여 Multi Agent Robot System을 정의할 수 있다. 가정이라는 'open'된 특성의 환경에서 Multi Agent Robot System이 사용자에게 좀 더 효율적인 서비스를 제공하기 위해서는 존재하는 모든 Agent 간의 유기적인 정보교환과 협력이 필요하다. 이것을 위하여 자율구동하며 사용자에게 물리적 서비스를 제공할 수 있는 다수의 로봇들을 Agent로 정의하고, 로봇 Agent간의 통신과, 로봇 이외의 Agent로서의 역할을 감당할 수 있는 홈서버 등의 Agent와 로봇 Agent들의 통신을 사용자 interface에 직접 표현할 수 있는 시뮬레이터를 설계, 제시한다.

Abstract

Using home network system including home server, home service robot, a variety of device, it is generally known that application of Multi Agent System for performing variously distributed process that can be occur in home environment, is efficient method. In this system, it is intelligent service robot that a key of human interface and physical service offer. Therefore, using application of established multi agent system, we can defined Multi Agent Robot System. In 'open' home environment, between all agent data interaction and cooperation are needed for Multi Agent System offer to user that more efficient service. For this, we focus our attention on define as agent that can autonomic drive and offer to user that physical service robots and, design, suggest the simulator can display that between robot agents communication or between other agents, like home server, and robot agents communication information to user interface.

Key Words : Multi Agent System(MAS), Home network system, Home service robot, Network program

1. 서 론

최근 홈네트워크 및 스마트홈 구성을 위한 연구에서 가장 중요시 여겨져야 할 부분 중 한 가지는 사용자의 다변화 및 개별적 서비스 제공 욕구에 부응하는 것이다.

따라서, 이러한 시스템들이 장착되는 가정환경은 다양한 정보들이 공유되고 교류되는 'open'된 특성을 가지게 되므로 가정환경에서 발생 가능한 모든 서비스를 처리하기 위하여 좀 더 새로운 방법을 모색해야한다. 한편, 기존 홈네트워크

시스템 상에 지능형 서비스 로봇을 적용하여 Multi Agent System을 구성할 경우, 가정의 'open' 특성에 맞추어 다수의 가족 구성원에게 능동적이면서 개별적이고 차별적인 서비스를 제공하기에 적합한 방법이라고 알려져 있다[1].

Multi Agent System에 속한 많은 agent들을 기존의 연구를 통하여 많은 정의가 있을 수 있지만, 본 연구에서는 홈네트워크 시스템 전체를 하나의 agent로 보는 것은 분산처리 관점에서 적절하지 못하기 때문에 본 논문에서는 홈네트워크 환경에서의 agent로서 로봇과 홈서버와 같은 물리적인 서비스가 가능한 agent를 주로 다루겠다. agent 크게 interface agent와 autonomous agent로 나눌 수 있다.[3] interface agent가 사용자와 홈네트워크 구성 device들과의 communication이 가능하게 하는 device로 이루어진 agent로 기존 홈네트워크 시스템의 월패드와 같은 경우라면 autonomous agent는 사용자가 idle상태이던 어떤 다른 action을 취하든 간에 사용자의 개입 없이 action을 수행할 수 있는 agent로 지능형 서비스 로봇이 속한다[1]. 또한 agent들은 physical

접수일자 : 2007년 6월 12일

완료일자 : 2007년 8월 28일

* 교신 저자

감사의 글 : 본 연구는 2007년 산업자원부의 [총괄과제 : 집단(群) 로봇 기술을 이용한 사회안전로봇 개발, 세부과제 : 로봇 통제 및 환경기술 개발] 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 연구비지원에 감사드립니다.

agent와 monitoring agent로 나뉘지기도 한다[4]. 일반적인 지능형 서비스 로봇은 Physical agent로서 사람에게 physical 서비스를 제공할 수 있으며, monitoring agent는 사람에게 정보를 제공하기 위하여 monitor를 사용하기도 한다.

상기의 분류에서와 같이 지능형 서비스 로봇은 autonomous 혹은 physical agent로 활용되면서, 사용자와 가장 직접적인 교류가 이루어지는 계층이라고 할 수 있다. 따라서 사용자에게 물리적인 서비스를 제공하며, 가정 내에 존재하는 다수의 로봇 agent간의 원활한 통신 및 정보 교류가 필요하다.

이와 같은 agent간의 협력과 교류를 통한 서비스 제공과 인간보조를 위해서는 social ability와 intentional stance에 의한 interaction 능력이 매우 중요하다. 그렇지만 이에 관련된 연구는 많이 부족한 실정이므로 본 연구에서는 Multi Agent System에서의 로봇 agent 간의 communication 기반을 실험하기 위하여 실제 홈네트워크 장비와 자율주행이 가능한 지능형 로봇을 이용하여 간단한 Multi Agent Robot System 프레임워크를 구성하고, 로봇의 interface를 통해 agent간의 연동을 확인할 수 있는 agent 네트워크 구성 및 연동 프로그램을 구현하였다.

2. Multi Agent System의 네트워크 구성

2.1 Multi Agent System 에서의 Agent 정의

가정환경 안에 존재하는 agent들을 설계하는데 있어서 중요하게 고려해야 할 것 중에 하나가 그 서비스 대상이 한 사람이 아니라라는 것이다. 가정은 한 개인이 거주하는 공간이기 보다 대부분 다수의 가족 구성원으로 이루어진 일상 생활공간이다. 따라서 여러 구성원들이 함께 사용하는 공유공간과 특정 개인의 사유공간으로 구분 되어질 수 있으며 agent들의 서비스는 공간의 특성과 구성원에 따라 다른 서비스를 제공할 필요가 있다[2].

본 논문에서는 홈네트워크 환경에서의 agent로서 로봇과 홈서버와 같은 물리적인 서비스가 가능한 agent를 주로 다루어 Multi Agent System을 구현해 나갈 것이다.

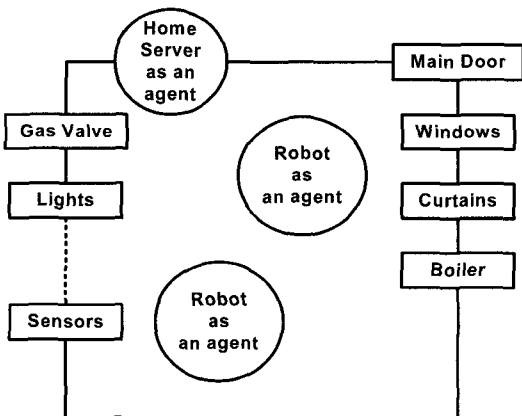


그림 1. 홈네트워크 환경에서의 agents
Fig 1. Agents in Home-network environment

2.2 Multi Agent System의 Network Architecture

agent들 간의 관계를 중심으로 일반적으로 요구되는 사항 중 Multi Agent System에서 특별하게 중요한 것은 social ability와 intentional stance에 의한 interaction 능력이다[1].

그 중 Social ability란 사람을 포함하여 agent들끼리 interaction할 수 있는 능력이며, agent들 간에 협동하고 타협하기 위한 것이다[5]. 이러한 Social ability를 극대화하기 위하여 홈네트워크 기반의 Multi Agent System의 하드웨어적인 네트워크 architecture를 구성할 필요가 있다.

우선, 홈서버는 기본적으로 인터넷에 연결되어 있으며 각종 센서 및 기기와 유, 무선으로 연결되어 센서네트워크를 이루고 있다. 특히 무선으로 연결된 각종 센서 및 기기는 고정되어 있을 수도 이동될 수도 있다. 본 제안에서는 홈 서버와 유선기기들과는 RS485통신을, 홈서버와 무선기기는 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee, 로봇과의 통신은 802.11.b/g 기반의 Wireless Lan를 사용한다[1].

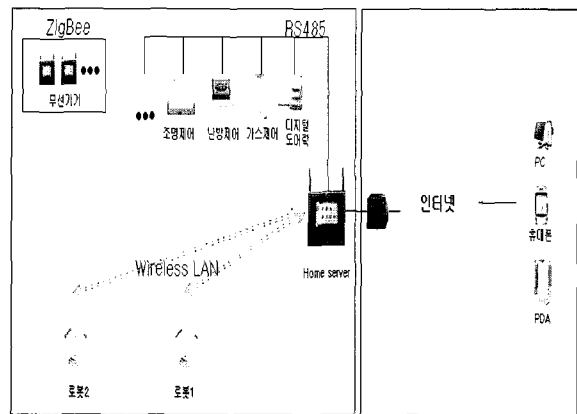


그림 2. 네트워크 구성도
Fig 2. Network organization map

특히 무선 데이터 교환의 원활함에 있어 대용량 데이터 (멀티미디어, 화상 등) 전송을 위해서는 TCP/IP를 기반의 Wireless Lan을 사용하며 홈네트워크 상의 기기제어 및 device 추가를 위해서는 ZigBee모듈을 사용한다.

홈네트워크의 여러 Device들과 연결되어 있는 홈서버의 사양은 다음과 같다.

표 1. 홈 서버 사양
Table 1. Specification of Home Server

Main Board	Lan 4port, Wan 1port, COM 2port
PSTN Board	RJ11 2 port
RF Board	447 MHz
Mini_PCI	IEEE 802.11 b/g
ZigBee Coordinator	1개
ZigBee End Device	3개

Agent 로봇은 무선랜을 통하여 홈네트워크 상의 홈서버로 접속해서 RS485를 통해 연결되어 있는 유선기반의 기기를 제어하고, ZigBee 모듈 기반으로 연결되어있는 램프, 가

스밸브 등을 제어할 수 있으며, 무선 랜을 통하여 현관이나 가정용 서비스 로봇의 화상카메라를 통한 대용량 데이터를 전송할 수 있다. 또한, 홈네트워크 시스템 상에 장착된 CCD 카메라를 무선 랜을 활용하여 Agent 로봇의 interface 장치로 전송도 가능하다.

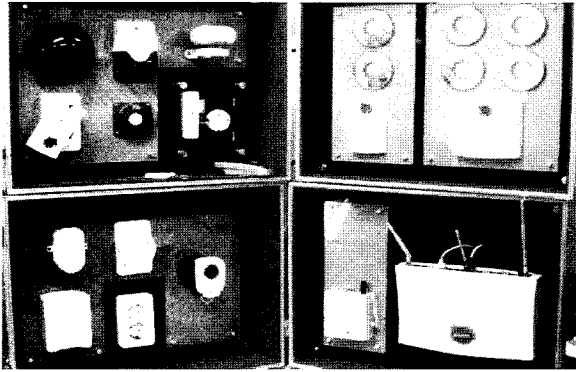


그림 3. 실험용 홈네트워크 시스템
Fig 3. Home network system for testing

또한 로봇은 무선을 이용해 홈서버 및 기기들과 통신하며 이동에 따른 네트워크를 TCP/IP 및 ARP를 이용하여 스스로 구성(self-organization)할 수 있어서 라우팅 경로를 유지한다. 또한 로봇은 사용자와의 인터페이스를 위해 무선 랜을 통해 무선 인터넷 및 가정 내의 데이터 네트워크에 접속하게 되며 로봇간의 통신 프로그램을 통하여 상호 협력을 하게 된다.

표 2. 로봇 agent 사양
Table 2. Specification of Robot agent

품명	수량
Motion Controller(HWR-USB-DMC2)	2
Sonar Ranging Unit(HWR-USB-SNM1)	2
USB Hub	2
Synchro-Drive Robot Base	1
Battery	1
Enclosure(외장)	1
USB Camera module	1

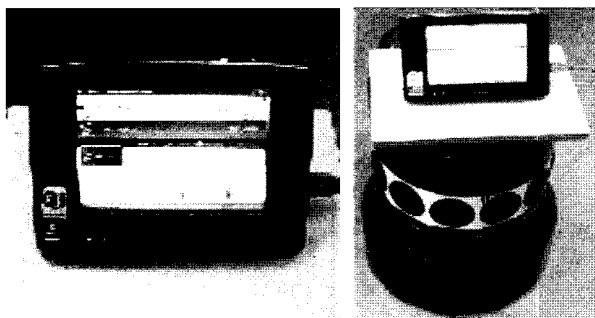


그림 4. 실험용 로봇 agent interface 및 Robot
Fig 4. Robot agent interface and Robot for testing

3. Agent 간 네트워크 프로그램 구현

3.1 프로그램 흐름도 및 구성도

무선 랜 기반의 홈네트워크 시스템에서 agent 로봇 두 대를(로봇 1, 로봇 2) 가정한다.

로봇 1이 특정 작업 수행 시 로봇 2의 협력이 필요할 경우를 위해, 네트워크 상에서 로봇 2의 정보(IP address 등)를 검색 할 경우, ARP Request (ARP: Address Resolution Protocol) 라는 패킷을 홈네트워크 전체로 브로드캐스트 하게 되며 로봇 2는 브로드캐스트 된 정보가 자신의 정보이므로 그에 대한 ARP reply를 송신한다[8].

이로서 각 agent는 상호 간의 정보를 각자의 ARP Table에 저장하게 되며 이후 로봇 간의 통신 및 협력이 필요 시 상기의 정보 검색 과정 없이 프로그램의 구동만으로도 서로의 동작 여부 및 정보 전송이 가능하도록 하는 것이 본 연구의 궁극적 목표이다.

그렇지만 본 프로그램 구현에서는 상호 연동을 위한 네트워크를 수동으로 연결, 구성하고 프로그램을 통해 로봇과 기기의 원격제어 실험을 수행하는 데까지 구현하였다.

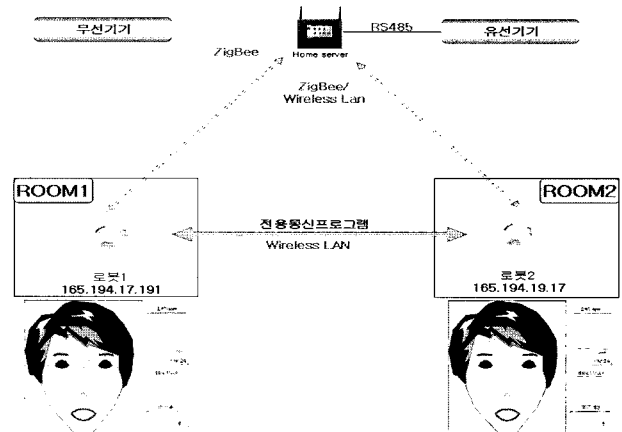


그림 5. Agent 연동 네트워크 개요
Fig 5. Network outline map of agent connection

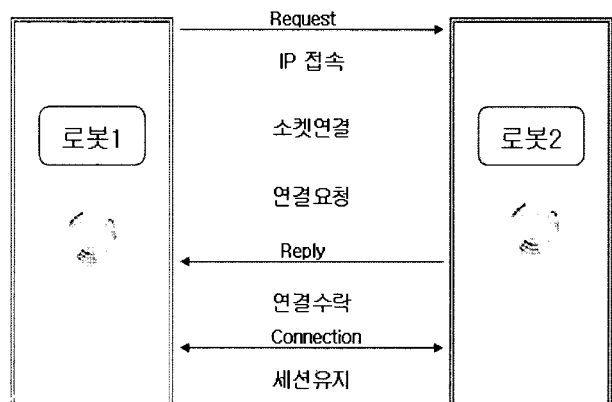


그림 6. Agent 네트워크 통신 흐름
Fig 5. Flowchart of agent communication

3.2 Agent 연동 프로그램 알고리즘

본 논문에서 제작한 네트워크 통신 시뮬레이터 프로그램은 Socket 프로그래밍 기반으로 Sever Socket과 Client socket으로 나누어져 있다. Client는 다른 Agent에게 서비스를 요청하는 소켓이며, Server는 그 요청에 대해 응답을 해주는 Socket으로서 항상 Client의 연결 요청을 수신하기 위한 대기상태에 있다. Server와 Client는 정해진 것이 아닌, 임의로 데이터를 요청하는 agent를 Client, 데이터를 요청받는 agent를 Server로 본다[9].

Client에서의 프로그램은 두 agent간의 데이터 흐름을 보장할 수 있는 TCP/IP에서 검색된 Agent 들 중에 데이터를 얻고자 하는 Agent의 IP를 입력함으로써 Socket 연결 요청을 하면, 해당 IP의 수신 측 Server Socket은 요청받은 연결 세션의 TCP 정보를 검사한다. 그리고 접속요청을 해온 Client를 위한 Client Socket을 생성하고 Client agent와 Server agent 간의 상호 연결을 이루어 지게 된다. 이 때 Client Socket은 Thread를 생성하게 되며 그 생성된 Thread는 네트워크 프로그램이 종료되는 시점까지 유지되며, 동시에 유지되는 Thread를 통해 연결을 유지한다.

Sever와 Client 간의 연결이 정상적으로 이루어지고 나면 agent간의 통신은 P2P(Peer to Peer) 통신을 하게 되는 셈이다. 즉, 각각의 Agent들은 Server와 Client의 역할에 동시에 수행하게 된다. 초기 Server로서 정보를 요청받는 agent는 Client agent로의 정보를 전송시킬 수 있을 뿐 아니라, Client agent로의 정보 요청 또한 상기의 연결 과정 없이 바로 가능한 것이 장점이다.

이렇게 연결된 세션은 TCP/IP에 기반한 P2P 통신이므로 실시간으로 서로의 상태를 점검하며 통신을 한다.

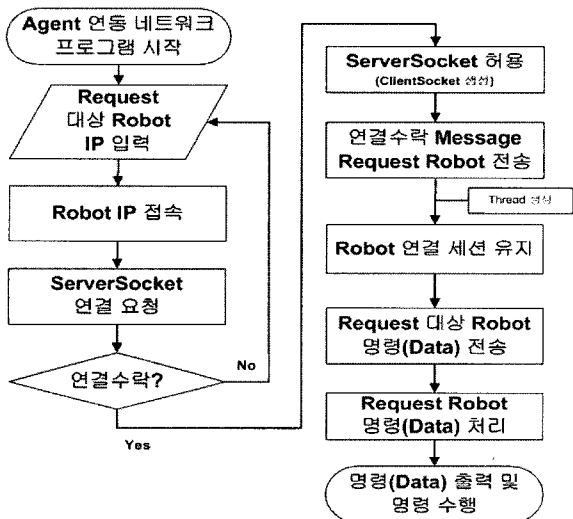


그림 6. 알고리즘 순서도
Figure 6. Algorithm Flowchart

본 네트워크 프로그램의 특징을 간략하게 설명하면 다음과 같다.

- ① 다수의 로봇들과 홈서버는 초기에 서버 소켓을 생성한다.
- ② TCP/IP를 이용, 다수의 로봇들과 홈서버는 서로의 존재를 인식한다.
- ③ 필요한 경우에 로봇들과 홈서버는 클라이언트 소켓 객체를 생성시켜 원하는 상대방의 IP를 찾아 접속을 시도한다.

- ④ 접속요청을 받은 로봇이나 홈서버는 초기에 생성한 서버 소켓을 통해 쓰레드를 이용한 접속 클라이언트를 생성시켜 통신을 유지한다.
- ⑤ 이처럼 각각의 로봇과 홈서버는 서버와 클라이언트 기능을 동시에 수행하는 멀티 쓰레드 프로그램으로 설계하였다[10].
- ⑥ 생성된 클라이언트 소켓들은 doubly-linked list와 유사한 CPtrList를 이용하여 관리하였다.

3.3 프로그램 구성 화면

본 논문에서 구현한 시뮬레이터프로그램은 프로그램이 적용되는 agent 대부분의 운영체제가 윈도우기반이다. 따라서 Client 환경의 운영체제로 사용되는 OS는 Window XP Professional임을 고려하여 Visual C++.Net MFC의 SDI 기반으로 구현하였다.

프로그램이 탑재되는 agent는 앞서 언급했듯이 자율 주행이 가능한 로봇으로 USB interface를 이용한 Synchro-drive Mobile Robot 시스템으로 시스템 설치 후 Host Computer(Laptop PC : Samsung umpc Q1)의 USB 포트에 연결하면 바로 제어가 가능하다. 따라서 프로그램 또한 USB 장치 인식을 통하여 통신하고 제어할 수 있는 프로그램이 필요하고 이것은 개발자 입장에서 보면 상당한 편리성을 제공해 준다.

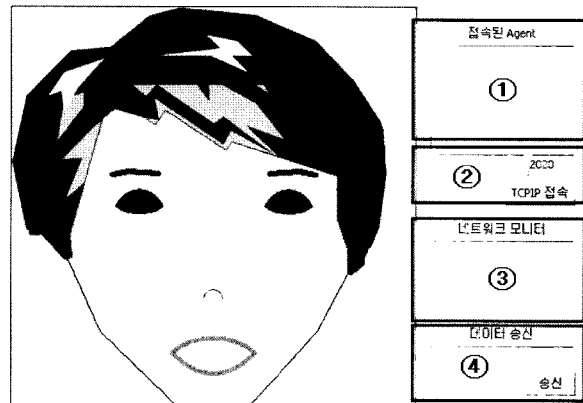


그림 7. 프로그램 실행 시 화면
Figure 7. Picture of running program

그림 7에서 ①번 컨트롤은 현재 로봇에 연동되어 있는 agent의 IP를 표시함으로써 접속되어있는 대상 agent의 목록을 표시하는 컨트롤이며, ②번 컨트롤은 다른 agent로의 연결이 필요할 경우 대상 agent의 IP를 입력하고(TCP 2000 port, 고정됨) 접속을 클릭하면 대상 agent와의 연동이 이루어진다. ③번 컨트롤은 연동되고 있는 agent와의 연결 상태 및 명령상태를 보여주는 부분이다, 예를 들면 로봇 1이 로봇 2에게 협조 요청 시, 요청한 명령 상태가 출력된다. ④번 컨트롤은 연결되어 있는 로봇에게 대화(명령)를 전달하는 부분이다.

프로그램의 구성 상 에서 연결 시 개념적으로는 서버와 클라이언트를 구분 지었지만, 상호 연동이 이루어지고 난 이후에는 서버와 클라이언트의 개념은 없어지며, agent 상호간 서버와 클라이언트의 역할을 동시에 수행 가능한 동등한 자격을 가지게 된다.

3.4 프로그램 구현

최초 네트워크 프로그램 실행 시 그림 8과 같은 화면이 출력되며 하나의 agent로서의 기능을 수행할 수 있는 상태가 된다. 프로그램이 실행되면 연결 하고자 하는 대상 agent의 IP를 대기 중이며, 본 프로그램은 로봇에 탑재하기 위한 프로그램이므로 실제 상황에서는 항상 구동되고 있는 프로그램이 될 것이다.

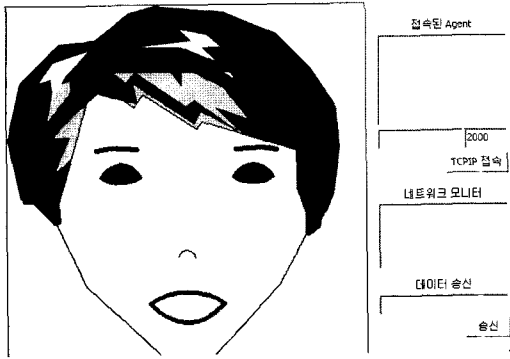


그림 8. 프로그램 실행 초기 화면
Figure 8. Initial picture of running program

로봇 1이 작동 중에 로봇 2와 연동이 필요할 경우 로봇 2의 IP 주소를 IP 입력 창에 입력 후 TCP/IP 접속을 클릭하면 해당 agent의 연결 상태를 점검한 후, 이상이 없을 경우 연결이 이루어지고 네트워크 모니터 창에 해당 agent와의 연결 성공 여부가 출력된다. 본 프로그램이 실행되는 실험 환경(홈네트워크 시스템)의 내부 네트워크 TCP 포트는 2000으로 그 값이 항상 고정되어있다.

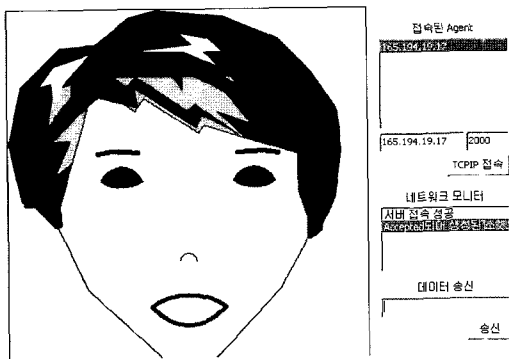


그림 9. 대상 agent의 IP 접속
Figure 9. IP connection of target agent

본 연구의 궁극적 목표는 지능형 로봇 간의 지능적인 연동이고 이것을 위해서는 로봇 간의 연동에 필요한 TCP 정보와 각 로봇의 ARP Table Cache가 되어 있으므로 항상 동작 중인 네트워크 소켓 프로그램을 통해 상시 연결을 유지할 수 있는 시스템이 되어야 할 것이다.

로봇 agent 간의 접속 후 상호 연동 중인 로봇 간의 이루어질 명령(대화) 등을 전송하기 위해서는 데이터 송신 창에 명령(대화)를 입력 후 송신을 누르면 상대 로봇에게 명령이 전달되며 그 수행 상태를 네트워크 모니터 창에서 확인할 수 있다.

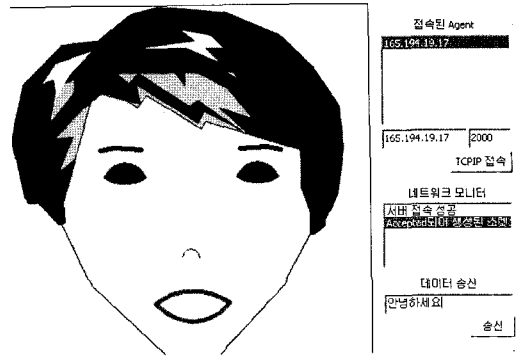


그림 10. 대상 agent로의 IP 접속 확인 (로봇 1)
Figure 10. Confirmation of IP connection to target agent (Robot 1)

agent 로봇 1의 연결 요청으로 로봇 2에 연결이 이루어진 후 네트워크가 연결되어있는 상태이다. 로봇 2가 로봇 1에 연결 요청과정 없이 상호 간의 데이터 전송이 가능한 것을 다음 그림 11, 12에서 확인할 수 있다.



그림 11. 대상 agent의 데이터전송확인 (로봇 1)
Figure 11. Confirmation of data transmission in target agent (Robot 1)

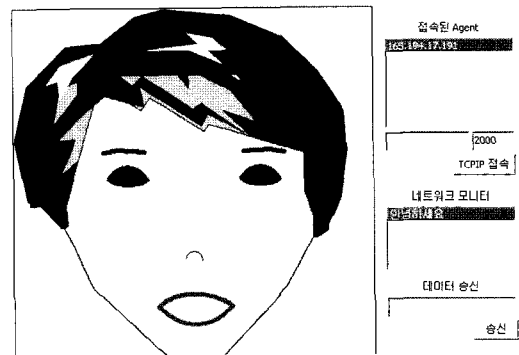


그림 12. 대상 agent의 데이터전송확인 (로봇 2)
Figure 12. Confirmation of data transmission in target agent (Robot 2)

프로그램은 서버와 클라이언트 프로그램으로 구성되어 있지만 연결중인 로봇 간에는 상호간에 동시 명령(대화)가 가능하므로 서버와 클라이언트의 개념을 무시하게 된다.

4. 결론 및 향후과제

지금까지 홈서버와 두 대의 로봇으로 이루어진 홈네트워크 시스템 환경에서 agent 간의 통신을 위한 MFC 기반의 윈도우 시뮬레이션 네트워크 프로그램을 제작하고 실험해보았다. 본 프로그램에서는 수동으로 대상 agent의 정보(IP, TCP port)를 입력하여 agent 간의 연결 상태를 유지시킨 후, 멀티쓰레드로 agent가 클라이언트와 서버의 역할을 모두 수행하며 상호 간에 단순한 메시지 전송이 가능한 정도의 구현이 이루어졌다. 그렇지만, Multi Agent System을 통해서 궁극적으로 이루고자 하는 바는 시스템 상에 존재하는 agent가 자율적이고 지능적으로 대상 agent의 정보를 검색, 선택하여 원하는 정보를 상호 간에 송, 수신 할 수 있어야 한다. 현재로서는 본 논문의 프로그램을 통해서 프레임워크를 구축한 셈이므로, 차후 agent 간의 연결이 사용자의 수동이 아닌 사용자가 내리는 명령을 어떻게 해석 하는가에 따라 agent가 스스로 연결 과정을 진행해 나갈 수 있도록 프로그램으로 업그레이드시킬 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 장인훈, 심귀보, "홈네트워크 응용을 위한 Multi-Agent System(MAS) 프레임워크", *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제17권, 제1호, pp. 80-85, 2007. 2.
- [2] 전진형, 심귀보, "다중 컨텍스트 환경에서의 컨텍스트 충돌 관리와 서비스 제어," *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제15권, 제2호, pp. 143-148, 2005. 4.
- [3] Henry Lieberman, "Autonomous Interface Agents," CHI97*22-27, March 1997.
- [4] Hideki Hashimoto, "Present State and Future of Intelligent Space Discussion on Implementation of RT in our Environment," *Proc. of The Tenth Int. Symp. on Artificial Life and Robotics (AROB 11th '06)*, Jan. 23-25, 2006.
- [5] Jiming Liu, Jianbing Wu, *Multi-agent Robotic systems*, CRC Press 2001.
- [6] S. S. Iyengar and R. R. Brooks, *Distributed Sensor Networks*, Chapman & Hall/CRC, 2005
- [7] Foundation for Intelligent Physical Agents, <http://www.fipa.org>. FIPA Agent Communication Language Specification.
- [8] "Tokenless OTP를 활용한 인증모델 The Authentication Model which Utilized Tokenless OTP", *한국컴퓨터정보학회 논문지*, pp. 113-122 2007. 3.
- [9] "서버 측 컴파일러를 사용하기 위한 웹기반 시스템 개발", *한국정보기술학회 논문지*, 제2권 제2호, pp. 60-76, 2004. 9.
- [10] 다중 스래드를 이용한 개인용 VOD 시스템의 설계와 구현, *정보과학회 논문지: 컴퓨팅의 실제*, 제6권 제3호, pp. 299-310, 2000. 6.

저 자 소 개



고광은(Kwang-eun Ko)
2007년: 중앙대학교 전자전기공학부 졸업 (공학사)
2007년~현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Smart Homenetwork, Multi - Agent Robotic Systems (MARS), Genetic Algorithm.



이정수(Jeong-Soo Lee)
2007년 : 중앙대학교 정보대학원 정보통신학과 졸업 (공학석사)

관심분야 : Intelligent Robot, Intelligent Systems, embeded system



장인훈(In-Hun Jang)
2004년~현재: 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 박사과정

[제17권 1호 (2007년 2월호) 참조]



심귀보(Kwee-Bo Sim)
1990년 : The University of Tokyo 전자공학과 공학박사

[제17권 4호 (2007년 8월호) 참조]

1991년 ~ 현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수
2006년 ~ 현재 : 한국퍼지 및 지능시스템학회 회장

E-mail : kbsim@cau.ac.kr
Homepage URL : <http://alife.cau.ac.kr>