

실내 환경에서의 이동로봇 제어를 위한 유비쿼터스 인터페이스 시스템

A Ubiquitous Interface System for Mobile Robot Control in Indoor Environment

안 현 식*, 송 재 성

(Hyunsik Ahn and Jae-Sung Song)

Abstract : Recently, there are lots of concerning on ubiquitous environment of robots and URC (Ubiquitous Robotic Companion). In this paper, a practical ubiquitous interface system for controlling mobile robots in indoor environments was proposed. The interface system was designed as a manager-agent model including a PC manager, a mobile manager, and robot agents for being able to be accessed by any network. In the system, the PC manager has a 3D virtual environment and shows real images for a human-friendly interface, and share the computation load of the robot such as path planning and managing geographical information. It also contains Hybrid Format Manager(HFM) working for transforming the image, position, and control data and interchanging them between the robots and the managers. Mobile manager working in the minimized computing condition of handsets has a mobile interface environment displaying the real images and the position of the robot and being able to control the robots by pressing keys. Experimental results showed the proposed system was able to control robots using wired and wireless LAN and mobile Internet.

Keywords : ubiquitous, URC, mobile robot, GUI, virtual reality, WIPI

I. 서론

1988년에 유비쿼터스란 용어를 처음 사용한 마크 와이저는 유비쿼터스가 제3의 정보혁명을 이끌 것이라고 예측했다. 유비쿼터스는 일상 생활환경에 센서와 컴퓨터, 네트워크 장비를 내장하고 이를 활용하여 사람들이 인지하지 못한 상태에서 각종 편리한 서비스를 제공한다[1]. 이러한 유비쿼터스 환경의 도래는 로봇의 기능과 서비스 영역을 더욱 확대 시켜줄 것으로 기대되고 있으며, 추후의 로봇은 유비쿼터스를 로봇에 접목시킨 URC(Ubiquitous Robotic Companion) 형으로 나아갈 것으로 전망되고 있다. URC는 IT (Information Technology)와 RT (Robot Technology)의 결합을 통하여 언제, 어디서나 로봇 서비스를 제공하는 개념으로서, 이동성(mobility)과 사용자 인터페이스를 고도로 향상시킨다. 또한 기존의 로봇이 필요한 모든 기능을 자체적으로 해결하였으나 URC는 네트워크를 통해 기능을 외부에서 분담함으로써 로봇 자체의 비용을 절감할 수 있다[2]. 결국 유비쿼터스 로봇은 로봇의 컴퓨팅 부하의 분산, 네트워크의 편이성, 및 보다 인간 친화적인 인터페이스를 지향한다고 볼 수 있다. 그러나 본격적인 유비쿼터스 시대에 들어가기 이해서는 홈네트워크와 가전 제품의 갱신 등 여러 가지 난제들을 남겨 두고 있으며, 아직 구체적인 실용화가 나타나고 있지 못한 실정이다. 실제로 유비쿼터스 시대를 열기 위한 BM(Business Model)들은 IT의 보다 심화된 서비

스 형태가 될 것으로 보고 있다[3]. URC에 대한 개념은 현재 모델화의 단계로서, 로봇자체의 센서 기능과 컴퓨팅 기능을 대신하게 하는 URC 서버상의 소프트웨어 로봇 연구가 진행되고 있으며, 그 외에 실제적인 연구결과와 발표는 아직 미진한 상황이다[4].

본 논문에서는 실내에서 동작하는 이동로봇을 제어 및 감시 할 목적으로, 원격지의 컴퓨터상에 구현된 가상현실 환경과 동시에 모바일폰 환경에서도 제어와 감시가 가능한 보다 실제적인 유비쿼터스 인터페이스 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 자율적인 이동이 가능한 에이전트 로봇과, 이를 원격지에서 조작할 수 있는 PC와 모바일 기반의 매니저로 구성되는 매니저-에이전트로 모델링한다. 기존의 원격 제어용 3D 공간은 주로 모니터링 목적으로 사용되었으나 [5,6], 본 논문의 PC 매니저는 로봇의 작업 환경에 해당하는 3D 가상공간을 구성하고 가상공간 내에서 로봇에게 직접 명령을 전달할 수 있는 제어 기능과 감시 기능이 동시에 가능하도록 한다. 또한 실시간 영상을 보여줌으로써 보다 인간 친화적인 작업명령과 모니터링이 가능하도록 하였다. 본 논문에서는 로봇과 PC 매니저 사이의 무선 환경에 대한 안정적 네트워크 대역폭을 가정하지 않으므로 네트워크의 안정성이 보장되지 않더라도 로봇 스스로 작업을 실행할 수 있는 에이전트를 상정하며, 따라서 로봇의 자율적 행동을 위한 최소 기능은 로봇에서 처리하며, 그 외에는 PC 매니저에게 부담시켜서 로봇의 컴퓨팅 부담을 줄인다. 또한 PC 환경과 모바일 환경에 적합한 데이터 형으로 각종 정보를 전달하기 위하여 각각의 환경에 적합하도록 변환하여 주는 HFM(Hybrid Format Manager; 혼성포맷관리자)을 제안한다. 한편 모바일 매니저에서는 로봇의 현재의 위치와

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2005. 9. 15., 채택확정 : 2005. 10. 25.

안현식, 송재성 : 동명대학교 로봇시스템공학과

(hsahn@tit.ac.kr/jssong@tit.ac.kr)

※ 본 논문은 BB21 사업에서 지원하여 연구하였음.

실영상을 보여주고 핸드셋의 키를 이용하여 제어할 수 있게 함으로써, 최소화된 모바일 환경 하에서도 원격 제어와 모니터링이 가능하도록 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 유비쿼터스 인터페이스 시스템의 모델과 구성을 보여주고, 3장에서는 가상 현실 인터페이스 환경을 설명한다. 4장에는 모바일 상에서의 영상 및 인터페이스 화면의 구성과 데이터를 송수신 하기위한 방법론을 설명하며, 5장에서는 제안한 시스템을 실제의 로봇 시뮬레이터에 적용한 결과를 보이고 로봇과 PC 매니저 간의 기능 분산에 대해 고찰하며, 마지막 장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템의 모델과 구성

원격지에서 언제나 어디서나 이동 로봇을 제어하고자 할 경우, 네트워크의 혼잡에 의해 통신 품질의 예측이 어려운 한계가 있으므로, 이동로봇을 단순한 클라이언트로서의 기능보다는 명령에 대해 자율적 행동이 가능한 에이전트로 설정하고, 명령의 지시와 실행과정에 대한 모니터링을 할 수 있는 매니저로 구성된다. 매니저-에이전트 모델이 적절하다고 할 수 있다. 본 논문에서는 PC 매니저와 모바일 매니저, 로봇 에이전트 및 모바일 서버로 이루어지는 유비쿼터스 인터페이스 시스템을 구성한다. 또한 PC 매니저는 로봇의 독자적 행동을 위해 필수적 기능이 아닐 경우 일부 기능을 분담하는 URC 서버의 기능을 겸하도록 설계하였다. 이 모델에서 PC 매니저에서 필요로 하는 기능은 다음과 같다.

- 로봇에게 명령을 내리기 위한 인터페이스
- 작업환경의 모델링과 로봇의 현재 위치를 GUI상에 표시
- 로봇 전방 영상 표시
- 긴급한 순간에 로봇을 원격조작 가능
- 지리 정보 제공
- 로봇 이동 경로 계획
- 송수신 데이터 포맷 변환 기능

독자적인 작업을 위해 필수적 기능을 포함한 로봇 에이전트의 기능은 다음과 같다.

- 로봇의 자기위치 획득
- 지시받은 내용의 작업을 실행
- 자율적 작업과 위기 회피

제안한 유비쿼터스 인터페이스 시스템의 모델은 그림 1 과 같이 구성되며, 이들 상호간의 기능을 나타내는 블록 다이어그램을 그림 2에서 보여주고 있다.

PC 매니저는 로봇 에이전트와 무선 인터넷으로 통신하면서 임무를 전달하고 로봇의 전방 영상과 로봇의 위치와 방향을 수신하며, 지리정보모듈(GIM; Geographical Information Module)로부터 현재의 로봇 위치에 해당하는 3D 지도를 얻는다. 3D 지도를 이용하여 가상현실로 구현된 3D 가상 인터페이스를 구성하고, 이 공간 내부에서 명령을 전달하며 이동에 따른 로봇의 동작을 표시한다. 동시에 현재의 로봇 전방 영상을 수신한 후 이를 표현하여 현실감 있게 실시간의 제어와 감시가 가능하게 된다. 또한 로봇의 이동 목표에 대한 지시와 함께 최적한 경로를 계산하여 로봇에게 전달한다.

로봇 에이전트는 이동 로봇으로서 전방의 영상을 입력하

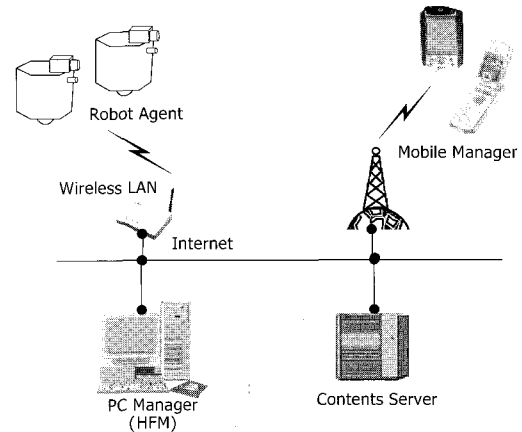


그림 1. 유비쿼터스 인터페이스 시스템의 구성.
Fig. 1. The schematic of ubiquitous interface system.

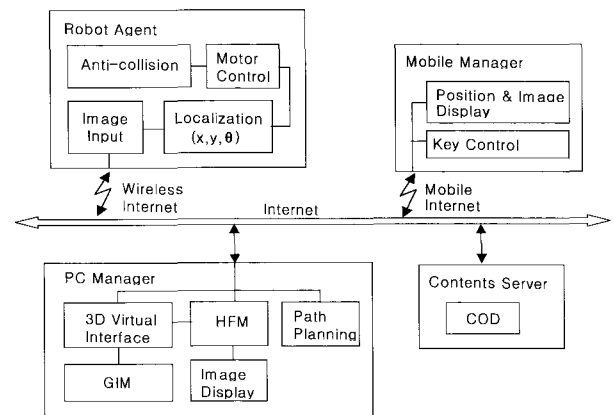


그림 2. 유비쿼터스 인터페이스 시스템의 블록 다이어그램.
Fig. 2. The block diagram of the ubiquitous interface system.

는 CCD 카메라, 방해물 감지를 위한 거리검출기, 구동부, 및 호스트 컴퓨터로 구성이 된다. PC 매니저나 모바일 매니저로부터 이동과 관련한 목표와 함께 경로를 지시 받으면 목표지점까지 예상치 않은 환경이 주어지더라도 충돌을 회피하며 이동하게 된다. 전방의 영상은 감시를 위해 HFM을 통해 매니저들의 컴퓨팅 환경에 맞도록 변환된 후 매니저들에게 전달된다.

본 논문에서는 실내 환경에서 현재의 위치를 추정하기 위해 전방에서 입력된 영상을 이용한다. 먼저 영상 내에서 수직선 성분의 경계를 검출하고, 그 경계점으로부터 2D 상의 수직선 특징점을 구한 후, 2D 지도상에서의 코너와 같은 특징점과 정합한다. 이를 위해 각각의 특징점 위치뿐 아니라 그 점을 중심으로 한 좌우 영역의 컬러 성분을 이용하고, 각 특징점들 간의 기하학적 상관성을 이용한다. 자기 위치를 추정하기 위해서는 영상내의 n개의 특징점을 카메라 좌표계로 변환 하고, 이를 원근 변환을 하면 비선형 방정식을 유도하고 Newton의 수치해석 방법으로 비선형 해를 구함으로써 자기 위치를 추정한다[7,8].

모바일 매니저는 핸드셋으로서 HFM에서 모바일용으로 변환된 전방영상과 지도영상을 전송받아 LCD 화면에 표현

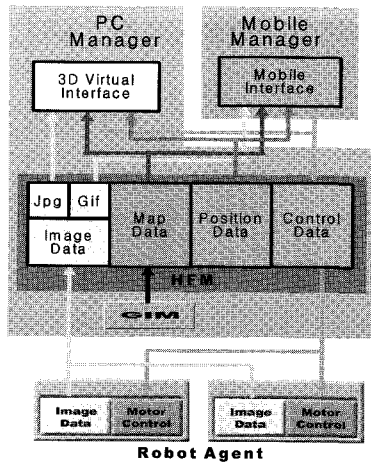


그림 3. HFM(혼성포맷관리자).
Fig. 3. HFM(hybrid format manager).

해 주며 로봇 이동 명령을 키값을 이용하여 전달한다. 실제의 핸드셋으로 서비스를 하기 위해서는 모바일 매니저용 응용프로그램이 이동통신 서비스회사의 콘텐츠 서버에 접속하여 핸드셋의 종류에 따라 각각 컴파일되어야 하며, 과금 등의 절차를 거쳐야 한다.

모바일 상에서 각종 서비스들은 PC 환경에서의 콘텐츠들을 모바일 컴퓨팅 환경에 부합되도록 데이터 포맷을 변환하는 과정이 항상 요구된다[9,10]. 본 논문에서는 PC 매니저 내부에 그림 3과 같이 HFM을 구성하여 로봇 에이전트, 지리정보모듈, 그리고 PC 및 모바일 매니저 I에서 수신된 데이터를 각각의 장치에 적합한 형태로 변환하여 송신해주는 역할을 하게 된다. 로봇 에이전트가 위치 데이터와 영상을 HFM으로 전송하면, 모바일 환경의 경우 하드웨어 자원과 통신 속도의 한계가 있으므로, 모바일 화면 크기를 축소하여 핸드셋에 전달한다. 또한 이동통신용 장치인 PDA 등도 무선 LAN 환경 하에서 제어가 필요한 경우에는 매니저와 동일하게 적용할 수 있다.

III. 가상현실 기반의 PC 인터페이스 환경

3D 가상공간은 기존의 로봇 제어에서 대부분 모니터링 용도만을 위해 사용되어 왔다. 본 논문에서는 3D 공간을 모니터링 뿐 아니라 작업 명령을 지시할 수 있는 공간으로 설정한다. 이를 위해 가상현실 기반의 인터페이스 환경을 구현하고, 로봇 전방의 실제 영상을 표현함으로써 사용자가 보다 인간 친화적이고 용이하게 로봇의 동작을 제어하고 감시 할 수 있도록 한다.

1. 3D 가상환경 모델링

먼저 지리정보모듈에 들어 있는 지도 정보를 이용하여 로봇이 동작하는 실내 환경을 3D로 모델링한다. 이를 위해 점, 선분, 다각형으로 다면체를 만들어 3D 모델을 구성한다. 지리정보 모듈 상에 저장된 실제 위치의 한 점 $P = (x, y, z)$ '를 3D 가상 환경의 한 점 $P_m = (x_m, y_m, z_m)$ '으로 표현하기 위해서는 (1)과 같이 이동과 회전으로 구성된 강제 변환을 실시한다. 여기서 r_{ij} 는 회전을 위한 변수이며 t_i 는

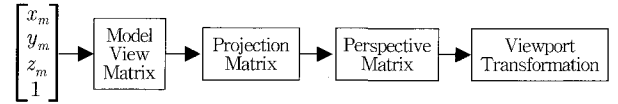


그림 4. 3D 가상 환경을 위한 좌표계 변환 과정.
Fig. 4. Coordinate transformations for 3D virtual environment.

이동을 위한 변수이다.

$$\begin{bmatrix} x_m \\ y_m \\ z_m \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

가상현실 공간에서 사실감 있는 객체의 표현을 위하여 실제 영상으로부터 텍스처를 얻고 이를 3D 모델상에 텍스처 매핑(texture mapping)하여 물체들을 구성한다.

로봇 에이전트의 이동에 따른 위치를 표현하기 위해 먼저 로봇의 기하 프리미티브를 만들고 HFM으로부터 얻어진 로봇의 위치와 회전을 이용하여 강제 변환을 한 후 얻어진 좌표를 3D 가상 좌표계로 표현함으로써 로봇의 자세를 나타낸다.

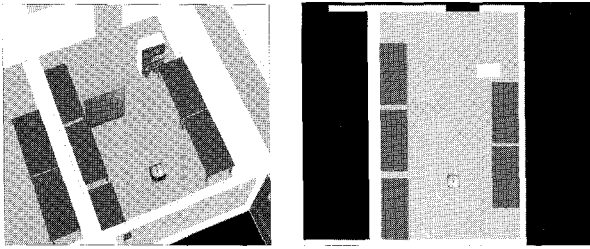
2. 가상공간의 변환

3D로 구성된 모델들을 가상공간에 표현하기 위해서는 다양한 시점의 변환을 고려하여야 한다. 윈도우 화면에 3D 오브젝트를 보여주기 위해서는 그림 4와 같이 물체 좌표계, 모델뷰 변환, 투영 변환, 원근 변환, 뷰 포트 변환의 과정을 거친다. 모델뷰 행렬을 이용하여 이동 로봇의 이동 상황을 3D 환경에서 감시할 수 있게 회전, 이동, 확대, 줌 등의 효과를 나타낸다.

3D 가상현실 환경은 로봇의 이동 목표를 지시하기 위한 지시모드와 동작 중의 로봇을 감시하기 위한 감시 모드로 나누어진다. 감시모드는 원근투영(perspective projection)을 이용하며, 지시모드 환경은 물체의 원근 위치에 상관없이 물체를 실제 크기로 투영해야 하므로 직교 투영(orthographic projection)을 사용한다. 3D 환경에서 마우스를 가지고 로봇이 이동할 위치를 지시하고자 할 때 마우스의 임의의 점이 3D 공간의 여러 점과 대응하므로 정확하게 지정할 수 없다. 마우스로 대응되는 지점을 정의하기 위해 직교투영 상에서 마우스로 지정한 위치의 좌표 값은 윈도우 좌표계의 좌표값으로 변환한다. 윈도우 좌표가 $P_w = (x_w, y_w, z_w)^t$ 이고, 가상공간의 평면 좌표가 $P_o = (x_o, y_o, z_o)^t$ 일 때 (2)를 이용하여 가상공간의 평면 좌표 값으로 바꾸어 준다.

$$\begin{bmatrix} x_o \\ y_o \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -a \\ b \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

감시 모드는 로봇의 이동을 감시하기 위한 것이므로 사용자의 필요에 따라 다양한 관측점에서 볼 수 있도록 각종 변환을 이용한 관측점 버튼을 구성한다. 그림 5(a)와 그림 5(b)는 3D 가상 환경의 감시모드와 지시모드의 예를 보여 주고 있다.



(a) Monitoring mode

(b) Direction mode

그림 5. 3D 가상 환경.

Fig. 5. 3D 가상 environment.

IV. 모바일 인터페이스 환경

본 논문에서는 모바일 기반의 WIPI(Wireless Internet Platform for Interoperability) 표준을 기초로 하여 모바일 상의 최소화된 컴퓨팅 환경 하에서도 에이전트 로봇의 현재의 위치와 실영상을 표시하고 단말기의 키를 이용하여 에이전트를 제어할 수 있는 인터페이스 환경을 구성한다.

1. WIPI 기반의 모바일 인터페이스 환경

WIPI는 기존의 이동통신사의 다양한 플랫폼으로 인해 발생하는 문제점을 해결하기 위해, 단말기와 콘텐츠 개발에 독립적이고 개방적인 표준을 제공하도록 개발된 모바일 플랫폼 표준이다. 그림 6과 같이 WIPI 규격은 최소한의 API 셋으로 정의함으로써 플랫폼과 애플리케이션 모두 하드웨어에 독립적으로 설계되어 CPU, LCD, 메모리 등 단말기 하드웨어나 단말기가 사용하는 OS에 관계없이 실행과 이식이 용이하다[11-13]. WIPI의 native 소프트웨어에는 각 단말기 회사별로 정해지는 단말기의 운영체제와 통신기본 기능 및 각종 장치 드라이버가 포함된다. HAL(Handset Adaptation Layer)에서는 각종 단말기에 대한 추상화가 이루어지도록 하여 플랫폼 이식이 있어서 독립성을 부여한다. 그 위에 각 단말기의 run time engine이 올려지며, 개발자가 사용하는 Java와 C언어를 사용할 수 있는 기본 API와 확장 API를 표준으로 제공한다. java나 C언어로 개발된 애플리케이션은 모두 통신회사들이 보유하고 있는 콘텐츠 서버 상에서 COD (Compile On Demand)의 기능에 의해 바이너리로 변환되어 핸드셋에 송신되어 수행되므로 개발자는 각기 선호하는 언어를 가지고 개발할 수 있는 장점이 있다. WIPI application manager는 응용프로그램의 다운로드 설치 삭제 등 관리기능을 한다. 이러한 WIPI의 특징으로 모바일 서비스의 개발이 더욱 용이하게 되었을 뿐 아니라, 기존의 마크업 언어로 이루어지던 모바일 서비스에 비해 네트워크와 핸드셋의 드라이버의 접근이 더욱 용이하게 됨으로써, 로봇 에이전트를 모바일 환경에서 제어하고 감시하는데 더욱 적합한 표준으로 사용될 수 있다.

2. 모바일 매니저를 이용한 감시와 제어

모바일 매니저의 응용프로그램을 WIPI 를 표준으로 하여 구현하며, 이를 실제 핸드셋 상에서 서비스하기 위해서는 콘텐츠 서버의 COD에 의해 컴파일 한다. 모바일 서버는 HFM으로부터 핸드셋에 적합한 형태인 적은 사이즈의 GIF 포맷으로 변환된 로봇의 전방 영상과 로봇이 포함된

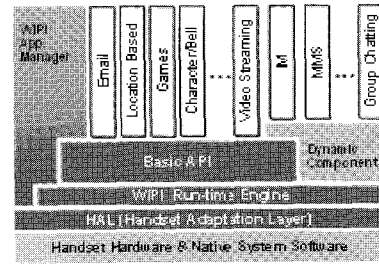


그림 6. WIPI의 구조.

Fig. 6. The schematic of WIPI.

2D 지도 영상을 실시간으로 전달 받는다. TCP-IP로 통신하기 위하여 먼저 HFM은 socket을 준비하고 있으며, 모바일 매니저의 WIPI에서는 network 클래스를 이용하여 socket의 개방을 요청하고 전방의 영상과 지도영상 등 요청된 파일을 다운로드한다. WIPI상에서 사용자 인터페이스를 구성하기 위하여 UI(User Interface) 컴포넌트 패키지를 이용한다. UI 컴포넌트 패키지의 command 클래스와 commandBar 클래스를 이용하여 전방영상, 지도영상 등 영상 종류의 선택과, 감시, 지시, 원격 모드 등 모드 선택을 위한 버튼으로 이루어진 shell component를 구성하고 display 객체를 이용하여 버튼과 기능을 표현한다. 영상의 표현은 네트워크로 전달받은 영상을 파일로 저장한 후, image 클래스를 이용하여 LCD 모니터 상에 영상 데이터를 표시한다.

모바일 매니저의 지시 모드와 원격 모드에서 이동에 대한 명령을 내리거나 제어하기 위하여 card 클래스의 key Notify() 함수를 이용한다. 이벤트가 발생하면 키의 값을 얻고, 그 값에 대응하는 명령을 모바일 서버에게 socket을 통하여 전달한다. 모바일 서버는 전달된 키의 값을 HFM으로 전달하고, HFM은 이를 로봇의 제어명령으로 변환한 후 다시 로봇 에이전트에게 전달하여 모바일 매니저의 키에 따른 동작이 이루어지도록 한다.

V. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 유비쿼터스 인터페이스 시스템 구성하고 로봇 시뮬레이터를 로봇 에이전트로 설정하고 실험하였다. 실험을 위한 실내 공간은 연구실 내부를 테스트 환경으로 하여 실험하였다. 테스트용 에이전트 로봇 시뮬레이터는 그림 7과 같이 자체 제작한 TIROB-II로 하였다. 이 로봇의 하드웨어 구성은 호스트 컴퓨터를 산업용컴퓨터인 Mexan사의 740B 로서 852MHz Pentium III을 사용하였고 외부와는 IEEE 802.11b 규격의 무선 LAN으로 연결되도록 하였다. 로봇의 전방의 영상입력을 위하여 Metrox사의 영상 캡처 보드인 MeteorII와 CCD 카메라를 사용하여 영상을 획득하도록 하였다. 이 영상은 로봇의 자기 위치 추정을 위해 사용하는데, 2D 지도 정보와 영상 내에 존재하는 3개 이상의 수직선 특징을 이용하여 자기위치를 검출하였다[9]. 또한 이 영상은 320×240 화소의 JPG파일 포맷으로 변환되어 PC 매니저의 HFM으로 전달된다. PC매니저로부터 목표 지점과 이동경로를 전달 받으면, 추정된 자기 위치를 이동경로와 비교하면서 이동하며, 거리센서를 이용하여 장애물이

전방에 있으면 회피하며 목표까지 이동하도록 하였다.

PC 매니저는 Pentium IV 2.8GHz인 IBM PC에 Windows XP 기반으로 구성하고, Visual C++의 MFC 기반으로 응용 프로그램을 구성하였다. 지리정보 모듈로부터 실험 공간에 대한 정보를 제공받고 OpenGL 라이브러리를 이용하여 3D 가상 인터페이스 환경을 구성하였다. 보다 편리한 사용자 중심의 인터페이스 환경을 위해 회전, 이동, 확대, 줌 기능을 추가하였으며 원근 투영과 직교 투영을 이용하여 감시와 가상공간에서의 명령의 전달이 가능하도록 하였다. 본 논문에서 구성한 PC 매니저에 나타난 감시모드의 화면을 그림 9에서 보여주고 있다. 좌편은 3D 가상공간이며 우측 상부에는 동작을 감시할 수 있도록 실제 영상을 표시하는 공간이 있다. 우측 하단에는 긴급시에 로봇을 원격제어 모드로 조작하기 위한 패널이 있다.

모바일용 응용프로그램을 개발하기 위하여 JDK1.4를 설치하였으며, 응용프로그램은 Jlet 기반으로 개발하였다. 모바일 매니저의 실험을 위하여 에뮬레이터로서 Aroma-WIPI1.1.1.8을 사용하였다. 제안한 시스템을 실제의 핸드셋에서 서비스하기 위해서는 이동 통신사의 COD를 이용한 컴파일과 과금 시스템과의 연결이 필요하다[14], 본 논문에서는 에뮬레이터 상에서 모바일 매니저를 실험하였다. WIPI의 UI 컴포넌트를 이용하여 전방영상, 지도영상 등 영상 선택과, 감시, 지시, 원격 모드 등을 지원하는 사용자 인터페이스를 구성하였다. HFM이 지도와 전방 영상을 각각 120×96 화소 크기의 8bit 컬러 영상을 주기적으로 갱신하면서 가지고 있으면, 모바일 매니저는 Socket을 통하여 가져온 후 표시하게 하였다. 모바일 매니저의 핸드셋 에뮬레이터 상에 표시한 인터페이스 환경과 전방 영상과 지도영상을 표시한 결과를 그림 9(a)와 그림 9(b)에서 보여주고 있다. 모바일 매니저의 지시 모드와 원격 모드에서의 명령은 keyNotify() 함수를 이용하였는데, 키의 값과 그에 해당하는 기능은 표 1과 같이 구성하였다. 본 논문의 실험에서는 3D 가상 환경과 모바일 핸드셋의 에뮬레이터 상에서 동일하게 실시간 제어하는 것이 가능함을 알 수 있었다.

실내에서 동작하는 로봇의 경우 격여진 복도이거나 층이 다를 수 있으므로, 현재로서는 여러 개의 access point를 사용하는 무선 LAN 환경이 로봇과 URC 서버간의 네트워크를 위한 유일한 방안으로 생각할 수 있다. 이러한 조건하에서는 무선 LAN의 대역폭에 따라 URC 서버와 로봇간의 컴퓨팅 기능이 적절하게 분산되어야 한다. 본 논문에서는 에이전트 로봇의 컴퓨팅 기능이 어느 정도 충분하므로 자율적 작업을 위한 필수 기능은 로봇 상에서 처리하였다. 로봇 전방의 영상이 입력되면, 먼저 로봇자체의 자기위치 추정 및 입력 데이터로 사용되며, 동시에 PC 매니저용으로 압축되어 전송된다. 만약 로봇의 영상을 먼저 PC 매니저에게 보내고 PC 매니저 상에서 자기위치 추정 알고리즘을 처리한다면, 영상 압축, 데이터 전송, 알고리즘 처리, 처리결과 수신의 과정을 거치는 시간 지연과 컴퓨팅 부담이 발생하게 된다. 따라서 추후 URC 서버를 적용할 경우 무선 LAN의 대역폭과 안정성, 그리고 로봇의 자율적 작업 내용과 컴퓨팅 능력에 따라 처리 기능의 분담을 적절히 조정하여야 함을 알 수 있다.

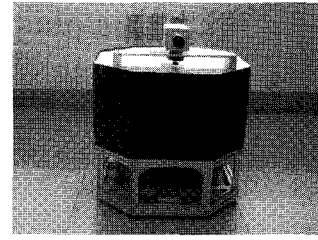


그림 7. 로봇 에이전트.
Fig. 7. Robot agent.

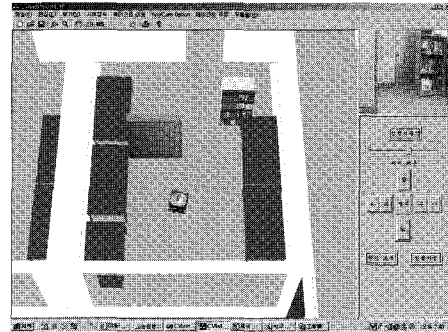
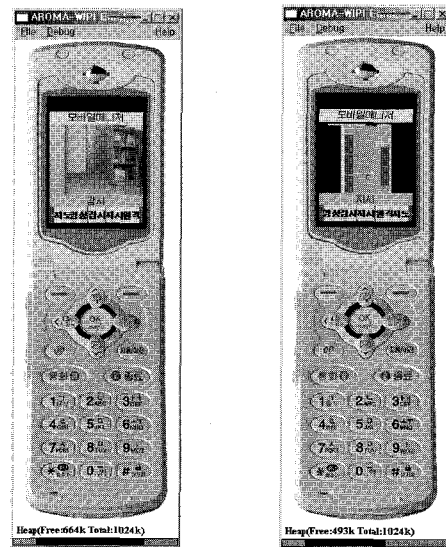


그림 8. 이동 중인 로봇과 3D 가상현실 환경.
Fig. 8. 3D virtual environment with moving robot.



(a) A real image (b) A map image

그림 9. 모바일 매니저의 동작.
Fig. 9. Mobile manager displaying images.

표 1. 키값과 지시 기능.

Table 1. Key values and functions.

| Keys | | Direction mode | Tele-operation mode |
|-----------|------------|----------------|---------------------|
| Key codes | Key values | | |
| 2 | 50 | 지시위치 전방 이동 | 로봇 전방 이동 |
| 4 | 52 | 지시위치 좌로 이동 | 로봇 좌로 이동 |
| 5 | 53 | 지시위치 선택 | 로봇 정지 |
| 6 | 54 | 지시위치 우로 이동 | 로봇 우로 이동 |
| 8 | 56 | 지시위치 후방 이동 | 로봇 후방 이동 |

VI. 결론

본 논문에서는 모바일 로봇을 제어하기 위한 3D 가상공간과 동시에 모바일 환경에서도 제어가 가능한 유비쿼터스 인터페이스 시스템을 제안하였다. 먼저 자율적인 이동이 가능한 에이전트 로봇과 이를 원격지에서 조작할 수 있는 매니저로 구성된 시스템 모델을 제안하였다. 기존의 3D 가상환경이 원격 모니터링으로 이용된 것에 비해, PC 매니저에서는 3D 환경과 로봇의 위치를 보여주는 3D 가상 인터페이스 환경을 구성하고 그 안에서 작업 명령이 가능하도록 하였으며, 로봇 전방의 실제영상을 표시하여 인간 친화적 인터페이스가 가능하도록 하였다. 로봇 에이전트는 입력 영상을 이용하여 자기 위치를 추정하고, 매니저로부터 명령받은 경로를 따라 목표지점으로 이동하도록 하였다. 모바일 매니저에서는 최소화된 하드웨어 및 소프트웨어 환경에서 전방 영상과 지도 영상을 2D 화면에 표시하였고 키값을 이용하여 로봇에이전트에 명령을 전달하였다. 영상이나 제어 정보를 PC 매니저와 모바일 매니저가 공유하고 제어하기 위하여 HFM을 이용하여 적합하게 변환하여 주었다. 제안한 시스템을 실험한 결과, 유무선 LAN 환경과 모바일 환경에서 동일하게 제어가 가능하며 사용자가 원격지에서 이동하는 중에서도 로봇이나 자동화시스템의 제어가 가능함을 보였다. 또한 PC 매니저는 로봇의 컴퓨팅 부담을 분산시키는 URC 서버의 역할을 하도록 하였으며, 네트워크의 대역폭과 로봇 에이전트의 자율적 작업내용과 컴퓨팅 능력에 따라 분산의 정도가 적절히 조정되어야 함을 언급하였다.

추후 연구 방향은 먼저 매니저 상에서의 음성인식 기능을 추가하는 것이며, 보다 인간 친화적이면서도 유비쿼터스 적인 제어 환경을 구성하기 위해서는 HCI 기술과 접목된 휴먼 인터페이스[15], 모바일 컴퓨팅 환경의 개선, 및 이를 인체와 교감하도록 하는 감성공학 등 다양한 영역과 통합된 컨버전스 기술이 적용될 때 진정한 URC 환경이 가능할 것이다.

참고문헌

[1] H. J. Lee and C. S. Leem, "A study on value chain in

a ubiquitous computing environment," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3483, pp. 113-121, 2005.

[2] 조영록, 오상록, "지능형 서비스 로봇과 URC (ubiquitous robotic companion)," 한국통신학회, 제12권 제10호, pp. 13-21, 2004.

[3] C. S. Leem et al., "A business model (BM) development methodology in ubiquitous computing environments," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3483, pp. 86-95, 2005.

[4] 김현 외, "URC에서의 소프트웨어 로봇 기술," 한국통신학회, 제12권 제10호, pp. 1210-1217, 2004.

[5] 홍순혁 외, "웹기반 로봇 시뮬레이터," 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제7권 제3호, pp. 255-262, 2001.

[6] 박홍성 외, "웹기반 실시간 모니터링 시스템의 구조," 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제7권 제7호, pp. 632-639, 2001.

[7] G. N. DeSouza and A. C. Kak, "Vision for mobile robot navigation: a survey," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 2, pp. 237-267, Feb., 2002.

[8] 강창훈, 안현식, "수직선 특징을 이용한 이동 로봇의 자기 위치 추정," 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제9권 제11호, pp. 937-942, 2003.

[9] 서일수 외, "래스터 방식을 이용한 모바일 전화기용 지도 서비스를 위한 동적 전자 지도 생성 시스템 설계 및 구현," 정보처리학회논문지, 제12-D권 제1호, pp. 151-158, 2005.

[10] 김연선, 오상엽, "웹 공학의 모바일 콘텐츠 변환 설계에 관한 연구," 제12-D권 제1호, pp. 129-134, 2005.

[11] 강상원 외, 위피프로그래밍, 제우미디어, 2004.

[12] <http://www.mobilejava.co.kr/>

[13] <http://developer.wipi.or.kr/>

[14] 성하경, "HCI 및 감성로봇을 위한 오감 인식기술 동향," 대한전자공학회지, 제28권 제12호, 2001.

안 현 식

제어·자동화·시스템공학 논문지 제 9 권 제 11 호 참조.



송 재 성

1966년 7월 9일생. 1990년 연세대학교 기계공학과(공학사). 1994년 Osaka Univ. 전자제어기계공학전공(공학석사). 1998년 Osaka Univ. 전자제어기계공학전공(공학박사). 1998년~현재 동명정보대학교 로봇시스템공학과 조교수. 관심분야는 생산시스템, 조립, CAD/CAM, 지능로봇.