

유비쿼터스 지능형 공간에서의 로봇 에이전트 설계 및 응용

Robotic Agent Design and Application in the Ubiquitous Intelligent Space

윤한얼, 황세희, 김대욱, 이동훈, 심귀보*
(Han-Ui Yoon, Se-Hee Hwang, Dae-Wook Kim, Doong-Hoon Lee, and Kwee-Bo Sim)

Abstract : This paper presents a robotic agent design and application in the ubiquitous intelligent space. We set up an experimental environment with Bluetooth host, Bluetooth client, furniture and home appliance, and robotic agents. First, the agents basically performed patrol guard to detect unexpected penetration, and to keep home safely from gas-leakage, electric leakage, and so on. They were out to patrol for a robbery while navigating in a living room and a private room. In this task, we used an area-based action making and a hexagon-based Q-learning to control the agents. Second, the agents communicate with Bluetooth host device to access and control a home appliance. The Bluetooth host offers a manual control to person by inquiring a client robot when one would like to check some place especially. In this exercise, we organize asynchronous connection less (ACL) between the host and the client robots and control the robot maneuver by Bluetooth host controller interface (HCI).

Keywords : robotic agent, area-based action making, hexagon-based Q-learning, Bluetooth host and client, ACL, HCI

I. 서론

유비쿼터스(ubiquitous)란 어원학적으로 ‘흔해 빠진,’ ‘어디에나 있는’ 이라는 뜻을 가지고 있다. 이를 바탕으로 생각해 보면 유비쿼터스 컴퓨팅(ubiquitous computing)이란 말 그대로 우리가 사는 일상 생활의 주변에서 컴퓨터라는 존재를 흔해 빠진 것으로 만드는 기술이라 할 수 있다. 따라서 유비쿼터스라는 말은 현재까지 인간이 이룩해온 기술적 지표를 나타내는 대표적인 말이라 할 수 있으며, 최근 많은 학교, 기업, 국가적인 투자가 유비쿼터스 산업에 집중되고 있다.

현재 연구되고 있는 유비쿼터스 기술을 대표적인 트렌드를 들면, 인간과 컴퓨터간의 상호 작용(human computer interaction)에 중점을 맞춘 Carnegie Mellon 대학의 AURA 프로젝트, 거대한 유비쿼터스 네트워크에 의한 실생활과 사무에 효율성을 높이는 데 주력하는 Hewlette Packard의 cool town, 그리고 주거 환경내에서 거주자와 방문자의 인식과 동선 파악의 기술에 초점을 둔 Microsoft의 easy living을 꼽을 수 있다[1]. AURA 프로젝트는 AURA라는 거대한 지능시스템에 의해 어디에서나 컴퓨터로의 액세스나 상대방과의 화상 대화, 이메일 전송 및 확인, 이미지 객체의 변환등을 실현시키고자 하는 기술로, AURA라는 지능 시스템의 음성 인식, 다중 분산 처리, 인공 지능 기술에 있어 놀라운 성취도를 보여주고 있다. cool town이란 마을 전체가 유비쿼터스 네트워크로 연결되어 있어, 차량 이동중에 이메일 및 스케줄 체크, 생체 인식을 통한 회사 및 가정의 출입 통제 시스템, 긴급 상황 발생 시의 병원 및 소방서와의 연계 시스템에 대한 프레임에 보여주고 있다. MS의 easy living은 개인에게 부여된 ID tag와 얼굴

인식을 통한 identification과 곳곳에 설치된 카메라를 통한 건물내에서의 움직임에 대한 동선파악에 혁혁한 발전을 보여주고 있다. 이와 더불어 NTT DoCoMo의 Multimedia Laboratories에서 이루어지고 있는 유비쿼터스 센서를 바탕으로 한 인간의 행동 모델링 및 인식에 대한 기술도 사람의 행동을 센서에 감지되는 상태(state)로 간주하여 동적인 움직임을 인식하게 한 기술이라는 점에서 주목할 필요가 있다[2].

현재 신축 건물에 대부분 적용되고 있는 지능형 홈 서비스는 사용자로 하여금 휴대폰이나 단말기를 통한 가전기기의 제어나 방문자에 대한 원격 출입 통제 등을 가능하게 해준다. 방법기능에는 생물의 동적인 움직임을 포착하는 모션 센서가 많이 이용되고 있는데, 이는 매우 높은 가격과 더불어 센싱 반경만을 감지할 수 있다는 단점을 가지고 있다. 또한 모든 집안 내부의 상황을 파악하기 위해 곳곳에 설치된 카메라를 통한 모니터링은, 책상 밑과 같은 세밀한 부분까지 영상을 획득할 수 없다. 따라서 위의 두가지 단점을 보완하기 위해, 소형 로봇을 통한 집안 내부의 모니터링 기술과 거주자의 특별한 요청에 따라 어떤 로봇을 수동으로 제어할 수 있는 기술에 대한 필요성이 대두 된다. 이에 본 논문에서는 소형 로봇 에이전트를 통해 거주자 외출시 집안 곳곳을 모니터링하고, 몸이 불편한 거주자를 위해 로봇을 수동으로 제어할 수 있는 기술의 구현을 위한 소형 로봇 설계와 전체적인 시스템 구축에 대하여 논한다.

본 논문 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문에 사용된 로봇 시스템의 구성에 대해 보인다. III장에서는 로봇들이 실내에서 장애물을 회피하고 서로간의 충돌을 피하며 작업을 수행하기 위한 알고리즘으로 Area-Based Action Making (ABAM) process와 hexagon-based Q-learning에 대해 소개한다. IV장에서는 사용자의 요구에 따른 수동-원격 제어를 위해, Bluetooth host로 부터의 command에 따른 로봇의 event처리 알고리즘과, client 로봇의 인식을 통한 Asynchronous Connection Less (ACL) 및 host controller interface (HCI)의 구성, 수동 제어를 위한 Control panel의 구조에 대해 소개한다. V장에서는 자

* 책임저자(Corresponding Author)

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

윤한얼, 황세희, 김대욱, 이동훈, 심귀보 : 중앙대학교 전자전기공학부 (huyoon@wm.cau.ac.kr/just4you@wm.cau.ac.kr/cogito21c@wm.cau.ac.kr/sky52929@wm.cau.ac.kr/kbsim@cau.ac.kr)

※ 본 연구는 산업자원의 뇌신경정보학연구사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

을 탐색중인 로봇으로 부터의 영상획득 및 전송에 대해 논한다. VI장에서는 이 둘을 융합한 실험결과에 대해 보이고, VII 장에서는 결론 및 향후과제에 대해 논하도록 한다.

II. 소형 이동 로봇의 설계

실험에 이용된 소형 이동 로봇은 메인 알고리즘 처리와 블루투스 제어를 위한 2개의 Atmega128 컨트롤러, 메인 컨트롤러와 UART 커넥션으로 연결되어 센싱과 모터 구동을 담당하는 2개의 PIC16F873A 서브모듈 컨트롤러, 카메라 비전을 위한 TMS320LF2407A DSP로 구성되어 있다. 메인부 컨트롤러는 서브모듈 컨트롤러로부터 받은 데이터를 바탕으로 로봇의 움직임을 제어한다.

그림 1은 로봇의 각각 (a) 센서부, (b) 모터구동부, (c) 메인 컨트롤러부, (d) 블루투스 제어부, (e) 비전처리 DSP 모듈, (f) 전체외관을 보여준다. 센서부는 주위 360°를 모두 커버하기 위해 60° 간격으로 배치된 6개의 발/수 적외선 센서로 구성되어 있다. 발광부는 Kodenshi사의 EL-1k3 GaAs 적외선 센서를 사용하였고, 수광부는 ST-1k1a NPN silicon 포토-트랜지스터를 사용하였다. 센서부는 로봇으로부터 6방향의 거리를 센싱하여 A/D 값으로 저장하고, 6방향의 거리, 면적을 계산하여 그 결과를 2bytes 데이터로 메인부에 전송한다. 로봇의 발인 구동부는 NMB PG25L-024 스테핑 모터 2조로 이루어져 있다. 이 모터는 2상 2여자 방식으로 구동하고 0.495°의 스텝각을 가지며, 메인부로부터 방향을 지시받아 로봇의 구동방향을 전환시키는 역할을 한다. 로봇의 눈으로 사용된 카메라는 Kyosera사의 Movicam II 이다. 휴대폰에 사용되는 CCD 카메라로 30×16.4×47 (가로×세로×높이) mm³의 사이즈를 갖는다. 카메라로부터 들어온 약 150Kbytes의 영상 데이터는 DSP 모듈에서 관심영만 추출되어 보다 작은 이미지 사이즈를 갖도록 축소 된다.

로봇의 최상위 보드에 장착된 블루투스 모듈은 독립적인 Atmega128 컨트롤러로 제어되며 전원을 켜고 동시에 로봇을 discoverable mode(블루투스 호스트 장치가 통신 가능한 자기

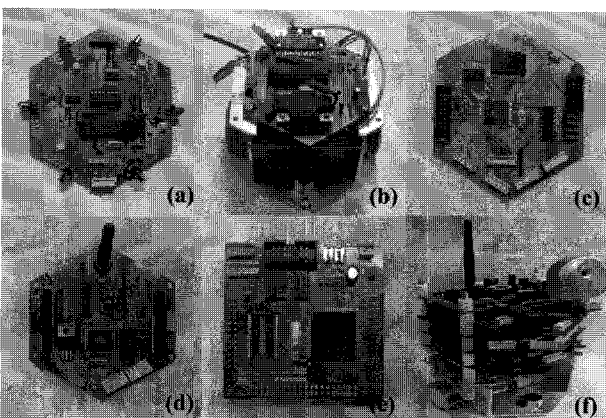


그림 1. (a) 센서부, (b) 모터구동부, (c) 메인 컨트롤러부, (d) 블루투스 제어부, (e) 비전처리 DSP모듈, (f) 전체외관.

Fig. 1. (a) Sensor part, (b) motor driving part, (c) main control part, (d) bluetooth control part, (e) vision processing DSP module, (f) the appearance of robot.

주변의 블루투스 장치를 검색할 때, 자신의 주소를 Host로 전송할 수 있도록 대기하고 있는 상태)로 설정하여 준다.

III. 소형 이동 로봇의 주행 알고리즘

Area-Base Action Making (ABAM)은 본 논문의 실험에 있어서, 로봇이 어떤 상태에서 환경에 대한 정보를 획득한 후 다음 행동을 결정하는 데 기본이 되는 알고리즘이다. ABAM을 기본 주행 알고리즘으로 한 이유는 다음과 같다. 다수 로봇의 공간 탐색을 위해서는 로봇 상호간의 통신을 통한 행동 결정이 가장 효과적일 것이나 소형 로봇 시스템에서는 프로세서의 속도와 메모리의 제약이라는 문제가 따른다. 따라서 메인 컨트롤러의 부하(work load)를 줄이고, 서로간에 암묵적인 통신이 있도록 하고, 시간/공간 복잡도가 큰 알고리즘은 pentium과 같은 고성능의 host controller에서 처리해 주도록 하는 시스템 구성이 더 효과적이게 된다.

장애물이 놓여 있는 공간에서 탐색을 수행하는 문제는, 사람에게 비유하면 술래잡기와 비슷하다 할 수 있다. 다수의 로봇이 침입의 탐지를 위해 집 내부를 순찰하므로, 다수의 술래가 한명의 숨은 사람을 찾는 것과 같다. 이 경우 여러 명의 사람들이 서로 각자의 구획을 분할하여 찾는 것이 숨어있는 사람을 보다 빨리 찾는데 효과적일 것이다. 여기서 ABAM이 구획을 분할하는 역할을 담당하게 된다. 또한 한번 찾아본 공간에 목표물이 없었다면 불필요한 반복 작업을 줄이기 위해 그 구획을 기억해놓는 필요가 있다. 이 부분을 hexagon-based Q-learning이 담당하게 된다. 아래에 이 두 알고리즘에 대한 세부적인 내용을 소개하도록 한다.

• Area-Based Action Making Process: ABAM은 본 논문의 로봇들의 주행에 가장 기본이 되는 알고리즘이다. 이를 ABAM이라 부르는 이유는, 로봇이 자신 주변의 환경을 단순히 로봇과 어떤 물체 사이의 거리가 아니라, 거리로 부터의 면적 계산을 통해 얻어진 정보로부터 다음 행동을 결정하기 때문이다. 이에 ABAM은 행동 기반 방향 전환 (behavior-based direction change) 방식과 많은 유사점을 가진다[3,4].

그림 2는 단순히 거리 데이터(distance-based action making: DBAM)를 이용할 때와 ABAM을 이용할 때, 로봇의 방향 결정의 차이점을 보여준다. 그림 3은 같은 환경에 처한 로봇들의 다음 방향 결정의 예를 통해 ABAM의 장점을 보여준다. 그림에서 로봇은 4개의 장애물에 둘러싸여 있다. DBAM의 예와 같이, 단순히 거리 데이터만 가지고 방향을 결정할 경우 로봇은 남서쪽(+240°)에 장애물이 없다고 판단하여 계

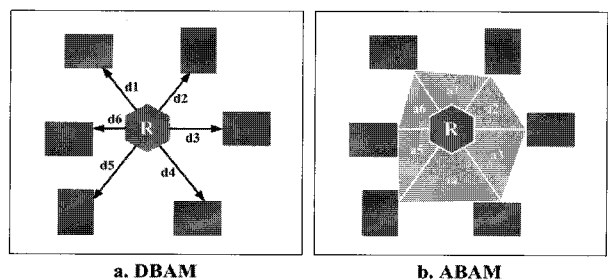


그림 2. DBAM과 ABAM에 따른 로봇의 방향 결정. Fig. 2. Different direction was taken under DBAM versus ABAM.

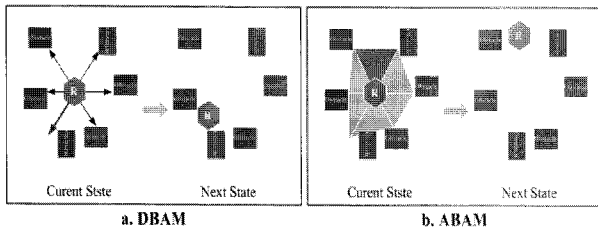


그림 3. DBAM과 ABAM에 따른 방향 결정의 예.
Fig. 3. Illustrative examples of robot maneuvers.

속해서 그 방향으로 진로를 결정할 것이다. 결국 로봇은 두 장애물 사이에서 벗어나기 어렵게 된다. 반면에 오른쪽과 같이 ABAM을 이용할 경우, 로봇은 보다 넓은 영역을 보장해주는 방향으로 행동을 취하므로 그림의 오른쪽과 같이 로봇은 장애물에 둘러싸인 환경을 빠져 나올 수 있다. 또한 DBAM을 이용할 경우 특정 상황에 대한 수 많은 예외 처리가 필요하며 이것은 메인 알고리즘을 복잡하게 만들고 시간을 지연시키는 요인이 된다. ABAM의 경우 potential function의 개념과 유사하게 차후 행동에 있어 더 넓은 행동 반경을 보장해주는 쪽으로 다음 방향을 결정하게 해주므로 단순하면서도 강력한 방법이 된다. 2대의 로봇이 어떤 일정 지점에서 마주쳤을 경우, 각각의 로봇의 적외선 발광부에 의해 로봇은 서로 상대를 매우 큰 장애물로 인식하게 된다. 그 이유는 두 대의 로봇이 직접 수/발광부를 맞대게 되므로 이에 따른 A/D 값은 물체로부터 반사되어져 나오는 값을 수광했을 때보다 상당히 큰 값이 되기 때문이다. 따라서 두 로봇은 서로를 방해하지 않는 쪽으로 방향을 전환하게 되고, 이후로는 다시 ABAM에 의해 더 넓은 영역을 찾아 나선다. 즉, 앞에서 말한 장애물 회피와 자신의 고유한 영역에서의 탐색 수행이 ABAM 하나를 통하여 구현될 수 있는 것이다.

• Hexagon-Based Q-Learning: ABAM만으로도 어떠한 건물 내부의 공간에 대해 비교적 효과적인 탐색이 가능하나, 같은 공간의 반복적인 탐색은 작업의 효율을 떨어뜨리고 또한 배터리의 빠른 소모를 가져오게 된다. 따라서 로봇에게 어떤 기억 정보를 제공해야 하는 알고리즘이 요구된다. 본 논문에서는 면적 기반 행동 결정을 강화하기 위해 Q-learning을 사용하였다. 단위 면적에 조합에 따라 무한히 확장될 수 있는 다각형은 4각형을 제외하면 6각형뿐이므로, 단위 면적은 6각형으로 정하였다. 또한 6각형을 단위 면적으로 하면 더 정밀한 로봇 주위 환경의 정보 수집이 가능하다[6]. 따라서 로봇은 6개의 적외선 발/수 센서를 가지고 있다. 그림 4는 hexagonal area-based Q-learning 적용의 예를 보여준다. 만약 초기 상태에서 로봇이 +60° 방향으로 행동을 결정하였고, 행동을 실행한 후 Area6가 가장 넓은 영역을 보장하였다고 하면, 이에 대한 Q값은 $\hat{Q}(s_1, a_{+60^\circ})$ 로 표현될 수 있고, 그 값은 초기 상태에서의 보상값이 0 이라면,

$$\hat{Q}(s_1, a_{+60^\circ}) \leftarrow r + \gamma \max_{a_\theta} \hat{Q}(s'_1, a_\theta)$$

$$\leftarrow 0 + \gamma \max_{a_\theta} \hat{Q}(Area1', Area2', \dots, Area6')$$

$$\leftarrow \gamma Area6'$$

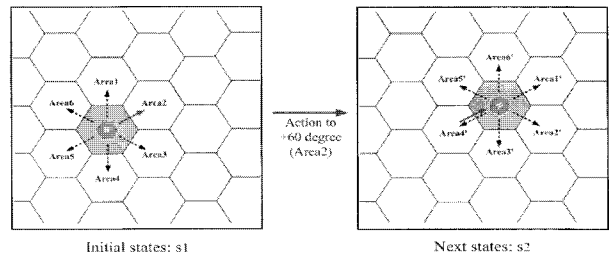


그림 4. Hexagon-based Q-learning의 예.
Fig. 4. Illustrative examples of hexagon-based Q-learning.

표 1. Hexagon-based Q-learning 알고리즘.

Table 1. Hexagon-based Q-learning algorithm.

<p>For each s, a initialize the table entry $\hat{Q}(s, a)$ zero</p> <p>Calculate 6-Areas at the current state s</p> <p>Do until the task is completed</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Select the action a_θ to the widest area, and execute it ▪ Receive the immediate reward r ▪ Observe the new state s' <p>If $\hat{Q}(s', a_\theta)$ is greater or equal than $\hat{Q}(s, a_\theta)$</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Update the table entry for $\hat{Q}(s, a_\theta)$ ◦ $s \leftarrow s'$ <p>Else, if $\hat{Q}(s', a_\theta)$ is far less than $\hat{Q}(s, a_\theta)$</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ Move back to the previous state ◦ $s \leftarrow s$
--

와 같이 된다. 결과적으로 로봇은 이 Q값을 학습함으로써 탐색 경로에 대한 정보를 획득할 수 있게 된다. 표 1에 hexagon-based Q-learning의 abstract data type을 나타내었다.

IV. Bluetooth 를 이용한 로봇의 원격제어

로봇들은 가정 내부 main host의 client agents로서 각각 사용자의 요구에 따라 휴대폰이나 PDA를 통해 원격으로 제어될 필요성이 있다. 특히 사용자가 신체적으로 불편함을 가지고 있는 경우, 로봇이 사용자의 손과 발의 기능을 대신해야 할 필요성은 더욱 커지게 된다.

사용자의 원격 제어 요구를 받아들여려면, 먼저 모든 agent 로봇들은 이동 중 discoverable 상태로 host의 명령을 대기하고 있어야 한다. 본 논문에서는 삼성전기의 BlueSEM 모듈을 사용하였다. 그림 1(d)의 블루투스 제어부를 통해 표 2의 커맨드를 UART 통신으로 BlueSEM 모듈로 송신하면 해당하는 이벤트가 발생하고, 모듈은 discoverable 모드로 전환된다. host로부터 연결을 설정하려면 먼저 주위의 블루투스 디바이스들을 검색하여야 한다. 이 과정을 'inquiry'라고 한다[5]. host로부터 inquiry command (hexa: 01 01 04 05 33 8b 9e 0a 08) 가 실행되면 주위에 discoverable 모드로 대기하고 있던 블루투스 client 디바이스 들은 5byte의 주소(base address)와 2byte의 클럭 오프셋(clock offset)값을 전송한다. 이후 그림 5와 같은 과정을 통해 host와 clients간의 연결이 생성되고 ACL data packet이 생성된다. ACL data packet의 4번째, 5번째 byte는 뒤

표 2. Discoverable 모드로 전환하는 command.

Table 2. Commands sequence to set up discoverable mode.

Type	Code(Hexadecimal)	Command Name
Command	01 05 0c 03 02 00 02	HCI Set Event Filter
	01 1c 0c 04 00 08 12 00	HCI Write Pagescan Activity
	01 1e 0c 04 00 08 12 00	HCI Write Inquiryscan Activity
	01 1a 0c 01 03	HCI Write Scan Enable

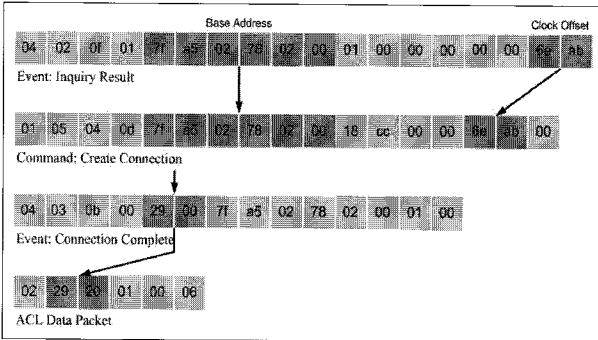


그림 5. Inquiry와 connection 및 ACL data packet 생성.
Fig. 5. Inquiry, connection, and produced ACL data packet.

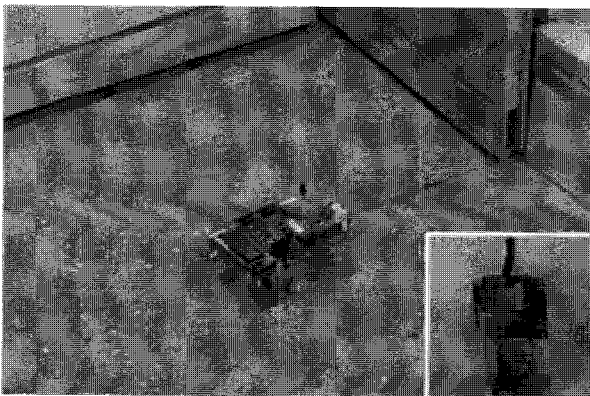


그림 6. 원격 제어 테스트를 위한 proto-type 로봇과 host 모듈.
Fig. 6. Proto-type robot for remote control test and host module.

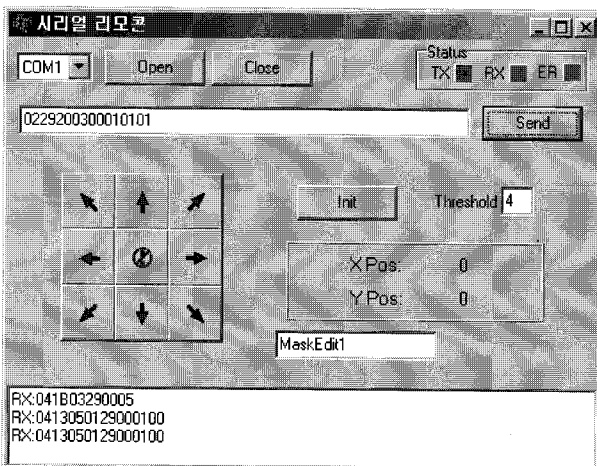


그림 7. 수동제어를 위한 컨트롤 패널.
Fig. 7. Control panel for the manual handling of robot.

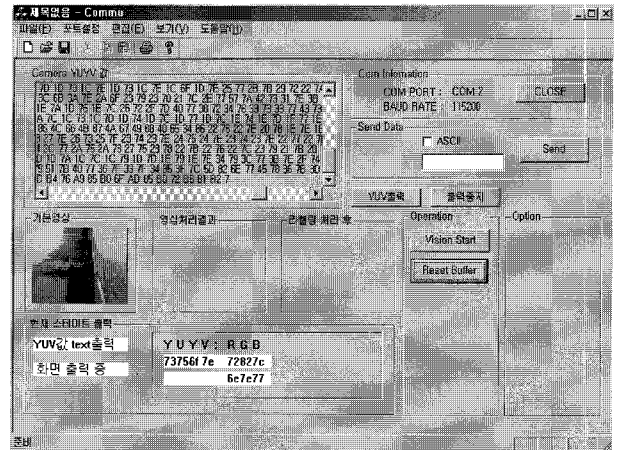


그림 8. 블루투스로 전송된 영상을 받는 모니터링 프로그램.
Fig. 8. Monitoring program to receive the image data from bluetooth.

따르는 데이터의 크기를 나타낸다. 블루투스는 little endian 방식이므로, 그림 5에서 전송될 바이트 수는 0x0001byte가 되고, 데이터는 0x06이 된다. 로봇의 이동방향은 6방향으로 정해져 있으므로 0x01부터 0x06까지 1byte의 데이터를 ACL data packet에 맞추어 전송시키면, 사용자가 원하는 로봇의 원격 제어가 가능해진다. 그림 6은 원격제어를 구현하기 위한 proto-type을 통한 원격제어 실험과 블루투스 host 모듈을 보여준다.

그림 7은 수동제어를 위해 제작된 control panel이다. 먼저 HCI connection이 완료되면, 통신의 안정성을 위해 로봇의 메인부에 있는 수신 버퍼를 클리어하기 위해 Init 버튼을 눌러준다. 이후 방향키 버튼을 이용하여 로봇을 수동으로 제어할 수 있도록 한다. 수동 제어 모드로 전환되면 모터부는 0x01 부터 0x08 까지의 데이터를 수신할 수 있게 된다. 따라서 각 버튼을 누르면 ACL data packet에 맞추어 02 29 20 ** ## data ... (4bytes data size, **: low byte, ##: high byte)를 송신하도록 되어있다. 로봇의 제어방향은 1byte만 송신해 주어도 문제점은 없으나, 본 실험에서는 Bluetooth 통신의 안정성을 위하여 송신 데이터의 크기를 3bytes로 하고, 수신에서는 3 bytes중 2번째 byte를 받도록 구성하였다. 따라서 02 29 20 03 00 \$\$ \$\$ \$\$ (\$\$: directions)이 버튼을 누름에 따라, 로봇으로 송신되는 데이터가 된다. 상단의 창은 host module reset command와 같은 여러 제어 명령등을 수동으로 내릴 수 있도록 한다. 하단의 창에서는 client로부터 수신되는 event를 보여주도록 하였다. Stop 버튼은 로봇을 긴급 정지시킬 때 이용된다. Status부분은 각각 송/수신의 상태를 색상 전환을 통해 보여주게 된다. 중앙 오른쪽의 박스에 위치한 XPos와 YPos는 조이스틱과 같은 핸들링 모듈에 의한 제어에 따른 로봇의 위치를 파악하기 위해 구현해 놓았다.

V. 로봇의 자율 탐색을 통한 영상 획득

그림 8은 로봇이 자율 탐색 중 획득하게 되는 이미지를 PC로 전송하였을 때, 영상을 확인할 수 있는 모니터링 프로그램 환경을 보여준다. 이 모니터를 통해 자율 탐색 중에 있

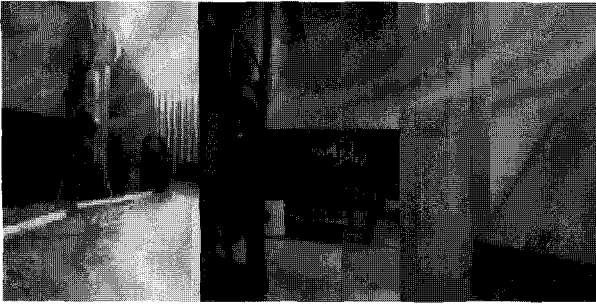


그림 9. 각 로봇에 의해 여러 장소에서 획득된 영상 이미지.
Fig. 9. Image samples that are obtained by each robot at several places.

는 로봇들의 위치를 모니터링 하여, 목표물 근처에 도달하였을 때 원하는 작업을 수행하도록 수동제어로 전환할 것을 결정할 수 있다. 로봇은 자율탐색 중 획득한 이미지의 끝에 자신의 identification number 3bytes를 전송하게 된다. 따라서 각 로봇들과 bluetooth host간에 HCI connection을 구성할 때, 각 로봇의 address와 실험자가 부여한 로봇의 ID를 매칭하여 저장할 필요성이 있다. 그림 9에 각 로봇에 의해 여러 장소에서 획득된 이미지를 나타내었다.

VI. 이동 로봇을 이용한 자율 탐색 및 원격 제어 실험

실험에서는 자율 탐색 중인 3대의 로봇 중, 목표물을 발견한 1대를 control panel을 통한 수동제어 모드로 전환한 뒤, 목표물을 원하는 위치에 옮겨 놓는 작업을 시도하였다. 목표물로는 알루미늄 음료캔을 지정하였다. 먼저 3대의 로봇을 이용하여 자율 탐색을 시도하고, 모니터로부터 각 로봇들이 보내오는 영상을 모니터링 하였다. 이 후 음료캔의 영상을 보내오는 로봇을 수동으로 전환한 뒤, 음료캔의 위치를 목적으로 옮기는 작업을 시도하였다.

먼저 각 로봇들과 bluetooth host간에 HCI connection을 구성하였다. 로봇은 자율탐색 중 획득한 이미지에 자신의 ID 3bytes를 함께 전송하므로, 이 ID를 통해 각 로봇이 보내오는 이미지를 구별하였다. 그림 10은 자율 탐색중인 로봇들을 보여준다.

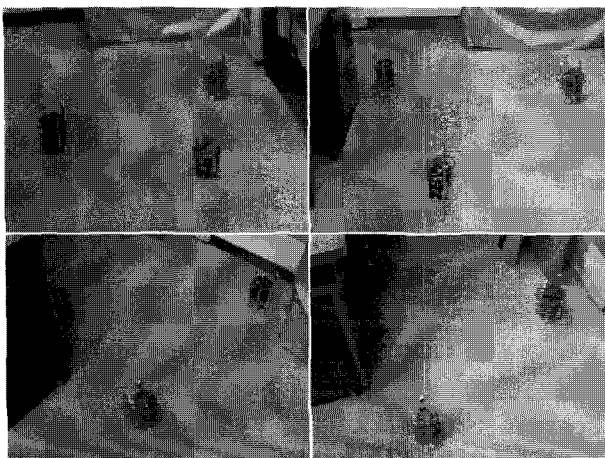


그림 10. 이동 로봇을 이용한 사무실 내부 자율 탐색 실험.
Fig. 10. Automatic patrolling experiment using mobile robots.



그림 11. 원격 제어 모드로 변경 후 control panel의 제어를 통해 음료캔에 접근 중인 로봇.

Fig. 11. Robot is approaching to soda can under remote control mode by the control panel.

로봇을 실험 환경에 투입한 후 모니터링을 계속하다가, 음료 캔에 근접한 로봇을 수동으로 전환하고, control panel을 통한 제어로 음료캔을 밀어 그 위치를 목표한 곳으로 옮길 수 있었다. 그림 11은 자율 탐색 중인 3대의 로봇 중 목표물을 발견한 1대를 control panel을 통해 제어하여 음료캔에 접근시키는 과정을 보여준다.

VII. 결론 및 향후과제

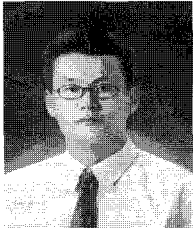
본 논문에서는 유비쿼터스 지능형 공간에서 에이전트로서의 작업을 수행하기 위한 소형 이동 로봇을 설계하고, 이를 가지고 hexagon-based Q-learning을 통한 특정 공간의 자율 탐색과 사용자의 요구에 따른 블루투스를 통한 원격 제어에 대한 실험결과를 보였다.

먼저 로봇의 자율 탐색을 위한 알고리즘으로 ABAM을 제안하였고, 이를 강화하기 위해 hexagon-based Q-learning을 적용함으로써 보다 효율적으로 사무 공간을 탐색할 수 있음을 보였다. 다음으로 사용자의 요구에 따른 원격 제어 모드로의 전환을 블루투스를 이용하여 구현하였고, 이를 통해 자율 탐색 모드에서 원격 제어 모드로 전환하여 control panel을 통한 제어로 음료캔에 접근시키고 음료캔을 목표한 위치까지 옮기는 실험을 수행하였다.

향후 과제로는 첫째, 전체적인 유비쿼터스 지능형 공간의 구현이 실현되어야 하겠다. 이를 통해 host에서 보다 다양한 알고리즘을 통해 로봇의 행동을 제어하기 위한 룰(rule)을 생성시키고, 로봇은 에이전트로서 보다 효과적인 작업을 수행할 수 있을 것이다. 이를 위해 현재 건물 내부의 사람의 위치를 Tiny-OS 센서 노드를 기반으로한 센서 네트워크를 통해 인식하기 위한 연구를 병행 중에 있다. 둘째, 보다 세밀한 구조의 블루투스 네트워크를 조직할 필요가 있을 것이다. 본 논문에서는 PicoNet의 ACL 링크를 기반으로 하여 Host:Client = 1:3의 구조로 실험을 진행 하였다. 향후, PicoNet기리의 조합으로 이루어지는 ScatterNet의 구성과 로봇의 지능화를 통한 에이전트간의 통신도 구축되어야 할 것이다. 마지막으로 전체적인 로봇 시스템을 보다 강인하고 효율성있게 보완, 개선해 나가야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 유비쿼터스시대 리더들의 모임. [Online]. Available: <http://www.urimo.org>.
- [2] Y. Isoda, S. Kurakake, and H. Nakano, "Ubiquitous sensors based human behavior modeling and recognition using a spatio-temporal representation of user state," *Proc. of IEEE Int. Conf. on AINA*, vol. 1, pp. 511-517, 2004.
- [3] W. Ashley and T. Balch, "Value-based observation with robot teams (VBORT) using probabilistic techniques," *Proc. of Int. Conf. on Advanced Robotics*, 2003.
- [4] W. Ashley and T. Balch, "Value-based observation with robot teams (VBORT) for dynamic targets," *Proc. of Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, 2003.
- [5] Bluetooth Co., *Specification of the Bluetooth System*, vol. 1, pp. 537-828, February, 2001.
- [6] H.-U. Yoon and K.-B. Sim, "Hexagon-based Q-learning for object search with multiple robots," *Lecture Note in Computer Science 3612*, pp. 713-722, 2005.



윤한열

2004년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업. 2004년~현재 동 대학원 전자전기공학부 석사과정 재학중. 관심분야는 Machine Learning, Distributed Autonomous Robotic System, Processor Design.



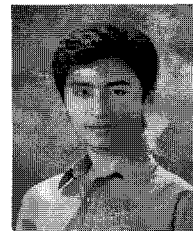
황세희

2004년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업. 2004년~현재 동 대학원 전자전기공학부 석사과정 재학중. 관심분야는 Embedded System, Micro O/S, Self-Organizable Bluetooth Network, Distributed Autonomous Robotic System.



김대욱

2004년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업. 2004년~현재 동 대학원 전자전기공학부 석사과정 재학중. 관심분야는 Embedded System, Embedded Software, Embedded Linux, Distributed Autonomous Robotic System.



이동훈

2005년 순천대학교 전기제어공학과 졸업. 2005년~현재 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정 재학중. 관심분야는 Machine Learning, Distributed Autonomous Robotic System, Robotic System Application.



심귀보

1956년 9월 20일생. 1984년 중앙대학교 전자공학과(공학사). 1986년 중앙대학교 전자공학과(공학석사). 1990년 동경대학교 전자공학과(공학박사). 1991년~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수. 2003년~2004년 일본 계측 자동제어학회 (SICE) 이사. 2000년~2004년 제어자동화시스템공학회 이사, (현)지능시스템연구회 회장. 2003년~2004년 한국퍼지 및 지능시스템학회 부회장. 2002년~현재 중앙대학교 산학연컨소시엄 센터 센터장 및 기술이전센터 소장. 2005년~현재 한국퍼지 및 지능시스템학회 수석부회장. 2005년 제어자동화시스템공학회 Fellow 회원. 관심분야는 인공지능, 지능로봇, 지능시스템, 다개체시스템, 학습 및 적응알고리즘, 소프트 컴퓨팅(신경망, 퍼지, 진화연산), 인공면역시스템, 침입탐지시스템, 진화하드웨어, 인공두뇌, 지능형 홈 및 홈네트워킹, 유비쿼터스 컴퓨팅 등.