

Sobot, Embot과 Mobot으로 구성된 유비쿼터스 로봇

김 종 환*, 이 강 희, 김 태 훈
한국과학기술원 전자전산학과

1. 서론

1991년 마크 와이저에 의해 최초로 제창된 유비쿼터스 컴퓨팅은 모든 디바이스는 네트워크에 연결되어야 하며, 인간화된 인터페이스로서 눈에 띄지 않아야 하며, 가상공간이 아닌 현실세계의 어디서나 컴퓨터의 사용이 가능해야 하고, 사용자 상황에 맞는 서비스를 제공해야 한다[1]. 또한 그는 컴퓨터와 사람의 관계에 따라 제 1세대를 고가 컴퓨터를 다수가 공유하는 메인프레임의 시대로, 제 2세대를 한 사람이 한 대의 컴퓨터를 사용하는 퍼스널 컴퓨터의 시대로, 그리고 제 3세대를 여러 사람들이 주변에 내장된 다양한 컴퓨터를 의식하지 않고 네트워크를 통해 사용할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 시대로 정의하였다[2, 3]. 이와 함께 로봇학 분야에서도 유사한 변화를 보이고 있다. 제 1세대의 산업용 로봇 시대를 거쳐 현재 제 2세대 퍼스널 로봇 시대, 그리고 제 3세대 유비쿼터스 로봇 시대를 맞이하고 있다. 제 3세대에서는 한 사람을 위해 유비쿼터스 공간 속에 있는 수많은 임베디드 로봇, 소프트웨어 로봇, 이동로봇이 협력하면서 서비스를 제공하는 다개체 로봇 시스템이 그 기반이 될 것이다. 현재 로봇을 구동하기 위하여 소프트웨어 응용 프로그램이 그 핵심이지만 미래에는 각 하드웨어 로봇을 자율적으로 제어하고 구동하기 위해 소프트웨어 로봇이 그 핵심이 될 것이다. 현재의 퍼스널 로봇의 지능은 사용자가 명령을 내리고 또 그것을 로봇이 인식하고 행동을 취할 때까지 기다리는 사용자 명령 서비스이지만, 미래에는 유비쿼터스 로봇이 사용자의 기분이나 기호 상황 등을 자율적으로 알아서 인식하여 끊임 없이 사용자가 원하는 서비스를 제공해줄 것이다.

본 논문은 최근 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념에 로봇 기술을 도입한 유비쿼터스 로봇, 즉 유비봇(Ubibot)의 개념을 소개하고 실제로 그 구현 예를 설명하고자 한다. 인류는 다가올 유비쿼터스 시대에 서로서로 긴밀하게 네트워크로 연결된 수억 개의 유비쿼터스 공간 속에서 살게 될 것이다. 그러한 유비쿼터스 공간(u-공간)속에서 언제(Anytime), 어디서나(Anywhere), 어떤 단말기(Any device)로든 임의의 네트워크(Any network)를 통해서 사용자가 원하는 서비스(Any service)를 제공 가능한 로봇을 유비봇이라 정의한다. 이러한 유비봇은 [4]에서 최초로 제안된 이래 점차 그 개념이 체계화된 가운데 세계적으로 그 독창성을 인정 받고 있다[5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. 이는 기존의

유비쿼터스컴퓨팅 관련 연구들이 환경 속에 내재된 유비쿼터스 장치들에 의해 인간이 서비스를 받는다는 지엽적인 개념에서 탈피해, 그 서비스를 제공하는주체를 각각의 로봇학 관점에서 재분석하고, 로봇의 세 가지 구성 요소인 인식(perception), 사고(thinking), 행동(actuation)을 각각 특화시켜 로봇학의 패러다임을 전환시켰기 때문이다.

유비봇은 사람계와 환경계 사이에 이음새 없이(seamless), 인식되지 않으며(calmly), 상황에 맞는(context-aware) 서비스를 제공하는 네트워크 기반(networked) 로봇으로 다음과 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 네트워크를 통해 이동하며, 언제 어디서든지 접속 가능하고 자율적인상황 인식과 사용자와 끊임없는 상호 작용이 가능한 SW 로봇인 소봇(Sobot), 환경이나 모바일 로봇 등에 이식되어 로봇 및 사용자의 위치 인식, 사용자 및 로봇 인증, 여러 센서 정보의 합성, 사용자 및 다른 유비봇들에게 정보 전달 등을 담당하는 임베디드 로봇인 엠봇(Embot), 그리고 일반적인 사용자를 위해 종합적인 서비스를 제공할 이동로봇인 모봇(Mobot)으로 나뉜다. 특히 소봇은 자신의 개성을 정의하는 로봇 게놈(robot genome)을 가지고 있다. 로봇 게놈에 따라 소봇들은 외부 자극에 대해 각각 다른 행동을 발현하는 결정적인 역할을 한다.

본 논문에서는 KAIST ITRC-지능로봇 연구센터(IRRC)에서 개발된 소프트웨어 로봇 Rity를 이용하여 이와 같은 유비봇의 구현 가능성을 소개한다. 가상세계의 Rity는 영상 엠봇, 소리 엠봇, 위치 엠봇, 음성 엠봇과 미들웨어를 통해 실제 세계에 있는 사람과 상호작용 가능한 3D 가상 생명체이며, 언제 어디서든 접속하여 사용자의 위치로 가져올 수 있는 고유의 IP를 가진 소봇이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념에 로봇 기술을 도입한 유비쿼터스 로봇, 즉 유비봇의 개념을 제안하고, 3장에서는 본 논문에서 구현된 유비봇들의 사양 및 기능, 구현에 대해 기술하며, 4장에서는 제안된 유비봇의 개념을 이용한 실제 세계에서의 적용 예를 살펴보고 5장에 결론을 맺는다.

2. 유비쿼터스 로봇: 유비봇

본 장에서는 미래의 유비쿼터스 시대에 필연적으로 생성될

유비쿼터스 공간과 이 공간에서 활동할 소봇, 엠봇, 모봇의 유비봇의 개념을 제안하고, 이들을 유비쿼터스 공간에서 연동시키는데 중요한 역할을 하는 미들웨어를 소개한다.

2.1. 유비쿼터스 공간과 유비봇

앞으로 전세계는 수십억 개의 u-공간으로 구성되고, 각 u-공간들은 IPv6에 기반한 실시간 광대역 무선 네트워크로 긴밀하게 연결될 것이다[13]. 유비봇은 이 u-공간에서 작동하게 된다. 유비봇은 크게 소프트웨어 시스템과 하드웨어 시스템으로 나눌 수 있다. 소봇은 소프트웨어 시스템이고, 엠봇과 이동로봇은 하드웨어 시스템이다. 엠봇은 항상 환경이나 사람, 기기 등에 이식되어 센싱 및 다른 유비봇들과 상호작용을 하고, 모봇은 이동성 서비스를 제공한다. 이들은 u-공간 속에서 기본적인 지능과 역할을 가지며, 유비쿼터스 네트워크를 통해 서로간의 정보를 교환하게 된다. 또한 소봇은 다른 로봇들과 마찬가지로 독립적인 하나의 로봇으로 동작하기도 하지만, 마스터로서 다른 플랫폼을 공유하는 다른 소봇, 엠봇, 모봇의 유비봇들을 슬레이브로 두어 이들의제어가 가능하다. 이들에 대한 주요 특징들을 각각 다음 절에서 설명한다.

2.2. 소프트웨어 로봇: 소봇 (Sobot)

소봇은 네트워크를 통해 이동하며, 언제 어디서든지 접속 가능하고 자율적인 상황 인식과 사용자와 끊임없는 상호 작용이 가능한 소프트웨어로만 구성된 로봇이다. 앞에서 설명하였듯이 엠봇이나 모봇에 이식되어 그들의 두뇌가 되어 그들을 조종하기도 하고 그들과 대등한 개념에서 상호작용하면서 고유의 기능을 행하기도 하며, 다른 유비봇의 도움 없이 동작이가능한 그 자체로서 독립적인 개체이기도 하다.

소봇은 크게 세가지특성 : 자기학습 및 지능, 상호작용으로 정의되며 각 특성은 아래와 같은 성질을 가진다[14, 15].

2.2.1 자기학습 (Self-learning)

소봇은 자율적으로 사용자의 명령 없이 스스로행동할 수 있고 u-Space에서 사용자를 대신해서 행동한다. 또한 학습 기능을 가지고 있어서 사물과 동작 그리고 상황들을 배울 수 있고 배운 행동들을 지속적으로 발전시킬 수 있다. 이러한 학습을 통해서 u-Space에서 사용자에게 따라 다른 행동을 취할 수 있다.

2.2.2 상황인지 지능(Context-aware intelligence)

소봇은 뚜렷한 목표를 가지고 있고 이러한 목표를 수행하기 위해 사전에 계획을 하게되고, 이러한 계획은 일련의 예상된 상황 또는 예상치 못한 상황에 대처하기 위해서 계속 재평가 된다. 그리고 이성적이기 때문에같은 상황에서 항상 똑 같은 일을 하는 것이 아니라 그 상황에 맞는 올바른 일을 한다. 상황 인지를 통해

사용자에게 맞춤형 서비스를 제공한다. 즉, 사용자의 행동, 기호 및 흥미 등을 판단하고 주위 환경 상황을 인지하여 적절하게 대응하고 적절하게 서비스를 제공한다.

2.2.3 Calmly seamless 상호작용

소봇은 독립적인 개체로서 엠봇과 모봇에 이식되어 있어서 이 이식된 HW나 SW의 리소스에 제한되어 동작한다. 또한 통신언어를 사용해서 통신이 가능하다. 또한 언제, 어디서나 연결되어 있는 네트워크를 통해 어떤 장치로도 접속이 가능하고, 물리공간과 가상 공간의 끊임없는 결합과 연속적인 상호 작용이 가능하다.

2.2.4 로봇 게놈 (Robot genome)

소봇은 로봇 게놈으로 그 개성을 나타낼 수 있다. 로봇 유전자는 외부 자극으로 인한 로봇의 내부 감성 상태가 변하고 또한 그 상태를 바탕으로 행동을 결정하고 발현하는데 영향을 미친다. 즉, 로봇 게놈은 소봇의 고유 성격과 행동을 결정하는데 영향을 미치게 된다. 따라서 사용자는 다양한 개성을 가지는 소봇을 원할 경우 그러한 개성을 가지게 하는 로봇 게놈을 다운로드 받고 소봇에게 이식시킴으로써 다양한 개성을 가지는 소봇을 가질 수 있다. 또한 소봇의 용량에 비해 로봇 게놈의 용량이 매우 적기 때문에 네트워크를 통한 전송 시 네트워크 부하와 시간을 줄일수 있다.

이와 같이 다른 형태의 로봇 간에 SW 다운로드, 기능 확충 및 협조 제어가 가능한 소봇 기술을 바탕으로 현재 MS의 윈도우 OS나 application처럼 서비스 로봇 등을 운영할 OS 및 application 개념의 로봇 SW의 개발이 요구된다.

2.3. 임베디드 로봇: 엠봇 (Embot)

엠봇은 환경이나 모봇 등에 이식되어 로봇 및 사용자의 위치 인식, 사용자 및 로봇 인증, 여러 센서 정보의 합성, 주변 환경의 인식 등을 담당한다. 또한 네트워크 기능 및 센서 인식, 소봇의 제어가 가능하도록 마이크로프로세서가 이식된 일반 사물을 모두 엠봇으로 정의한다. 엠봇은 크게 세 가지 특성을 지닌다[16].

2.3.1 Calm sensing

사람이 붐비는 환경에서 사람에게 인식되지 않으면서 사람의 행동, 상태, 기호, 사람 관계 및 주변 환경을 감지한다. 즉, 날씨, 시간, 기후와 같은 사람의 일상 생활에 영향을 주는 환경적 요소 및 사람의 행동에 영향을 주는 대인거리를 감지하고 가족 구성원이나 손님들 사이의 사회적 관계와 사람이 손으로 지지하고 있는 대상, 얼굴을 향하고 있는 대상, 눈으로 응시하고 있는 대상 등을 감지한다.

2.3.2 정보 처리(Information processing)

모봇은 자신과 사람 및 사물의 위치를 파악할 수 있고, 인증을 통해 사용자의 로봇 이용 권한을 인증하거나 다른 로봇들을 인증한다. 그리고 사람의 행동, 상태, 환경 등의 정보를 수집하여 데이터화하고 빠른 정보 검색을 통해 요약된 데이터를 얻을 수 있다.

2.3.3 유비쿼터스 통신(u-Communication)

모봇은 주변의 상황 정보에 따라서 유비쿼터스 네트워크를 통해 다른 로봇과 사람과의 통신 및 대화가 가능하고 다수 엠봇 사이의 정보 처리를 중재한다.

이와 같이 주변 환경을 자율적으로 인식함으로써 사람과의 자연스러운 정보교류가 가능한 엠봇은 가정 및 공공기관에 방법 및 지식 검색 시스템, 인적 자원 관리, 공공 자원 관리 등에 적용될 수 있다.

2.3.4 이동로봇: 모봇 (Mobot)

모봇은 사용자를 위해 종합적인 서비스 및 유비쿼터스 공간에 특화된 특정 기능을 가지는 이동로봇이다. 지금까지의 이동로봇이 소수의 특정 기능 및 리소스에 국한되었다면, 본 논문에서 말하는 이동로봇은 앞에서 설명한 u-공간에서 활동하며 엠봇의 기능을 갖추고, 주변의 엠봇과 연동을 하면서 서비스를 제공하기 위한 행동 능력 및 이동성을 갖는 로봇을 의미한다. 모봇은 바퀴나 다리를 이용한 이동성과 손과 팔을 이용하여 개인 서비스, 공공 서비스, 필드 서비스 등의 서비스를 제공한다.

향후 소봇이 권장하고, 엠봇에서 받은 정보를 바탕으로 인간 친화적인 서비스를 제공하는 모봇 기술은 집, 직장, 공공기관 등의 유비쿼터스 공간에서 범용적으로 쓰이는 서비스 로봇으로 이용될 것이다.

2.3.5 미들웨어 (Middleware)

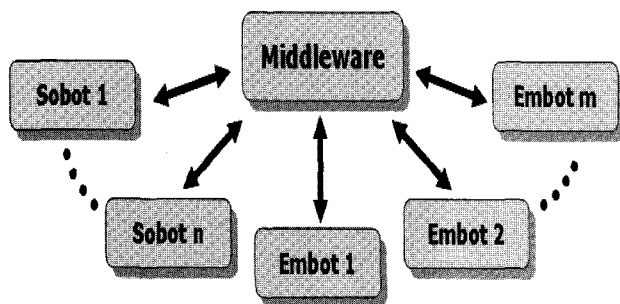


그림 1. U-space내의 유비쿼터스들을 연동하는 미들웨어.

미들웨어는 그림 1과 같이 소봇, 엠봇 그리고 모봇 사이의 이종 네트워크 인터페이스와 프로토콜을 갖는 유비쿼터스들 간의

통신을 위해 필수적이다. 미들웨어는 OMG의 CORBA, MS의 DCOM/OLE/ActiveX, Sun의 Java RMI와 같이 구현하는 회사에 따라 방식이 다르고, 설령 같은 회사 것일지라도 제작자의 의도에 따라 얼마든지 다른 구조를 지닐 수 있다. 중요한 것은 미들웨어 구조를 채택하면 개발자 입장에서 동종 또는 이종의 프로토콜을 가지는 네트워크 상에서 각 유비쿼터스들, 특히 엠봇들을 컴포넌트화하고 초기 개발 이후에 지속적인 기능 업데이트와 리소스 관리, 전력 관리, 캡슐화 및 black box reuse를 할 수 있는 등 분산개발 환경이 매우 편리해진다는 점이다. 유비쿼터스를 위한 미들웨어의 구성은 최소한 유비쿼터스 인터페이스와 유비쿼터스 broker를 포함해야 한다. 유비쿼터스 인터페이스는 각종 유비쿼터스들이 내보내는 데이터들의 토큰 및 이동방식이 될 Bluetooth, Ethernet, USB 2.0, IEEE1394, CAN, RS-232C 등과 이들을 제어하는 device driver와 같은 HW level 인터페이스와 HTTP, FTP, Server/Client 소켓 프로그래밍 등과 같은 SW level 인터페이스로 나눌 수 있다.

유비쿼터스broker는 이종의 유비쿼터스들이 제공할 서비스에 대해, 한 소봇이 다른 유비쿼터스에게 서비스를 요청한 이후 그 요구가 완료될 때까지 유비쿼터스 인터페이스를 자동으로 스위칭 해주는 등 마치 거래 중개인처럼 동작하는 프로그램을 말한다. 이 유비쿼터스 broker의 존재로 각종 유비쿼터스가 어디에 위치해 있는지, 어떤 구조로 동작하는지, 어떤 유비쿼터스 인터페이스를 사용하는지 신경쓰지 않아도 유비쿼터스들은 서로 원하는 서비스를 요청하고 제공받을 수 있다. 현재 가장 폭넓은 지지기반을 가진 CORBA를 가지고 유비쿼터스 broker를 구성한다면 CORBA의 stub, skeleton, ORB 인터페이스, object adapter 등으로 구성되고 그 동일한 기능을 포함하게 될 것이다[17]. 이러한 미들웨어를 통해 소봇들은 다른 엠봇들에게 다양한 상황인식 정보를 효율적으로 받을 수 있으며, 반대로 그들의 리소스들을 관리할 수 있다. 또한 다양한 종류의 소봇들간의 상호작용도 가능하게 된다.

3. 유비쿼터스의 구현

3.1. 소봇의 구현

KAIST ITRC-IRRC 연구센터에서 개발한 Rity는 12자유도를 가진 강아지 모양의 3D 가상 생명체이다[18]. 개발 언어는 Visual C++ 6.0, OpenGL을 이용하였고 펜티엄 III 급 PC에서 정상적으로 동작한다. Rity의 가상 환경은 세가지 물체와 한 명의 주인이 있는 집안이다. Rity는 가상 센서로 빛 센서, 소리 센서, 온도 센서, 접촉 센서, 비전 센서, 자이로 센서, 내부 타이머를 가지며, 이를 이용하여 47가지의 자극 정보를 인식할 수 있다. 행동 기반 및 학습 능력을 갖춘 Rity는 이 자극 정보를 바탕으로 77가지 행동을 발현할 수 있다.

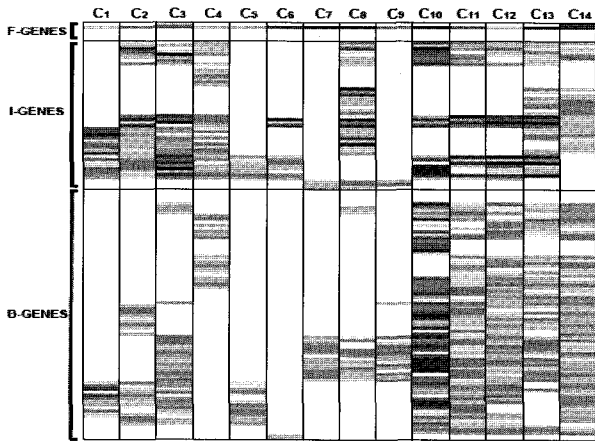


그림 2. Rity의 인공 염색체.

그림 2는 Rity의 14가지 염색체, $C_k, k=1,2,\dots,14$ 를 나타내고 있다. 염색체 C_1-C_6 은 동기, C_7-C_9 는 항상성, $C_{10}-C_{14}$ 는 감성과 각각 밀접한 관련이 있다. 동기는 다시 호기심, 친밀감, 지루함, 회피, 소유욕, 지배욕 등의 6가지 상태로 구성되어 있고, 항상성은 피곤함, 배고픔, 졸림 등의 3가지 상태, 그리고 감정은 기쁨, 슬픔, 화남, 공포, 평상심 등의 5가지 상태로 나뉜다. 각각의 상태들은 해당되는 염색체에 부호화되어 있다. 예를 들면, C_1 은 호기심에 대한 정보를 가지고 있고 C_2 는 친밀감에 대한 정보를 가지고 있다. 각각의 염색체는 크게 F-genes X_k^F , I-genes X_k^I , B-genes X_k^B 세 가지의 유전인자를 가지고 있고 다음과 같이 정의된다.

$$C_k = \begin{pmatrix} X_k^F \\ X_k^I \\ X_k^B \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$X_k^F = \begin{pmatrix} x_1^F \\ x_2^F \\ \vdots \\ x_p^F \end{pmatrix}, X_k^I = \begin{pmatrix} x_1^I \\ x_2^I \\ \vdots \\ x_q^I \end{pmatrix}, X_k^B = \begin{pmatrix} x_1^B \\ x_2^B \\ \vdots \\ x_n^B \end{pmatrix} \quad (2)$$

여기서 p, q, n 은 각각 염색체 내의 F-genes, I-genes, B-genes의 개수이다. F-genes은 Rity의 기본적인 특성을 나타내는 유전인자로서 휘발성, 초기값, 평균값 그리고 내부 상태의 감소율 등과 같은 정보를 가지고 있고, I-genes은 외부에서 자극이 들어왔을 때 이 자극을 소봇 내부에서 어떻게 받아들일지에 대한 정보를 가지고 있다. 그리고 B-genes은 Rity가 불필요한 행동이나 감정 표현을 할 수 없도록 막아주면서 내부

상태에 따른 적절한 행동을 선택하는 특성을 결정 짓는다. 결국 Rity의 개성을 결정하는 염색체의 집합인 계층은 다음과 같이 정의된다.

$$G = [C_1 \ C_2 \ \dots \ C_{14}] \quad (3)$$

Rity가 활동하는 가상 환경은 $3m \times 3m$ 의 가상공간으로 뒤 절에서 나올 위치 엠봇의 RFID 장판의 $1.5m \times 1.5m$ 공간과 1:1 매칭이 된다.

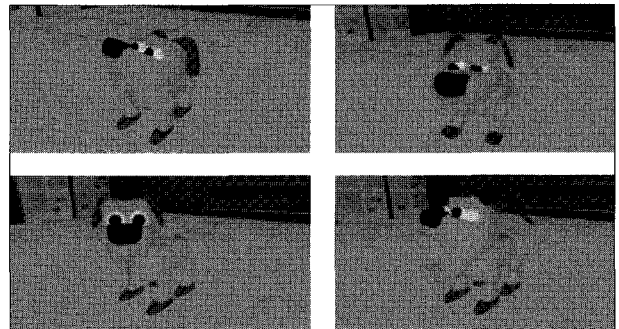


그림 3. Pet-type 소봇 Rity.

본 논문에서는 유비쿼터스 로봇을 구현하기 위해 미들웨어와 연계를 통해 다수의 이종 엠봇들 및 이를 통해 실제 세계에 있는 사람과 상호 작용 가능하도록 하였고, 네트워크 기능 및 고유의 IP를 부여하여 언제 어디서든 접속하여 사용자의 위치로 가져올 수 있도록 하였다.

2. 엠봇의 구현

2.1 영상 엠봇

영상 엠봇은 엠봇 ID가 0이고, 열 가지 object를 색깔 별로 검출 가능하며, 열 명의 사람 얼굴을 인식할 수 있다. 기본적으로 USB 카메라의 거리와 영상크기를 이용하여 10cm 정도의 해상도로, 카메라를 기준으로 물체 및 얼굴과의 거리 및 각도를 1미터 내에서 알려준다.

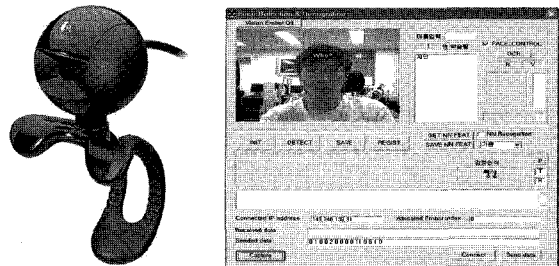


그림 4. USB 카메라와 영상 엠봇.

영상 엠봇은 Bottom-Up Feature 기반 얼굴 검출기와 PCA (Principal Component Analysis) 기반 얼굴 인식을 바탕으로 소봇에서 사용되는 영상 처리를 위해 개발되었으며 크게 물체인식 모듈, 얼굴인식 모듈, 통신 모듈의 세 파트로 이루어져 있다[19, 20].

통신 모듈은 영상 엠봇에서 수행한 작업의 결과를 미들웨어에 전송하고 소봇으로부터 명령을 전송 받는 역할을 하는 모듈이다. 소봇을 구성하는 각 엠봇은 여러 플랫폼에 분산되어 존재할 수 있으며, 서버는 모든 엠봇으로부터의 결과를 받아서 각 엠봇이 존재하는 플랫폼의 동작을 결정할 수 있다. 미들웨어와의 통신을 위해서 정의된 통신 프로토콜은 그림 5와 같다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
■ A: Embot ID	0(Vision Embot)											
■ B: Embot state1	0/1 (on/off)											
■ C: dummy												
■ D: dummy												
■ E: Detection state	0(not detected) 1(object) 2(face)											
■ F: Detected object	1(object1) ... 10(object10) 11(strange)											
■ G: Close object	1(object1) ... 10(object10) 11(strange)											
■ H: Object distance	integer (distance, 10cm unit)											
■ I: Object angle	integer (angle, degree)											
■ J: Detected face ID	1(face1) ... 10(face10) 11(strange)											
■ K: Close face ID	1(face1) ... 10(face10) 11(strange)											
■ L: Face Distance	integer (distance, 10cm unit)											
■ M: Face angle	integer (angle, degree)											

그림 5. 영상 엠봇과 미들웨어간의 프로토콜.

2.2. 소리 엠봇

소리 엠봇은 엠봇 ID가 1이고, 임의의 마이크로부터 항상 주위의 소음 정도를 다섯 가지 정도 (noisy, normal, calm, sudden loud, sudden calm)로 나누어 판별 가능하며, 열 가지 정도의 짧은 문장을 인식할 수 있다. 문장 인식 개수는 200개 이상 확장 가능하다.

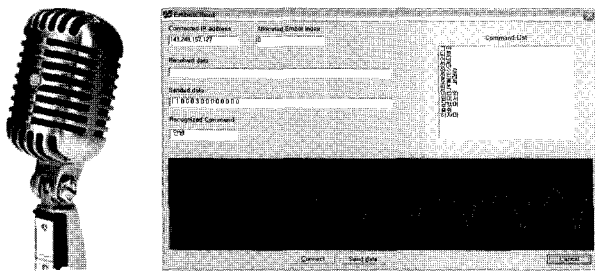


그림 6. 소리 엠봇.

소리 엠봇에 사용된 인식기는 독립화자 기반어휘 인식기로서 임의의 명령어 정의 및 인식이 가능하며 현재 인식할 수 있는 명령어는 모봇과 소봇에서 쓰이는 명령어들로 현재 일어서, 앉아, 잘했어, 하지만, 안녕, 옆드려, 이리와, 그만, 앞으로, 뒤로, 왼쪽, 오른쪽, 춤춰 등이 있다. 소리 엠봇에 사용된 음성 인식 시스템의

성능은 훈련 환경 및 무소음 환경에서 약 99% 이상의 인식률을 가진다. 실제 60 dB SPL 이상의 소음이존재하는 사무실 환경에서의 음성 인식시의 성능은 마이크 전방 50~80cm내의 임의의 화자에 대해 약 90%이상의 인식률을 가진다. 인식 수행시간은 발화당 약 2~10ms 이다[21, 22].

소리 엠봇의 통신 모듈은 검출한 주변의 소리 상태와 인식결과를 미들웨어에 알려주게 되며, 음성 인식 결과는 결과가 도출되자마자 비동기적으로 미들웨어에 전달되도록 하였고 주변의 소음 정도는 4초마다 한번씩 검출된 상태를 전송한다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- | | |
|----------------------------|--|
| ■ A: Embot ID | 1(Sound Embot) |
| ■ B: Embot state1 | 0/1 (on/off) |
| ■ C: dummy | |
| ■ D: dummy | |
| ■ E: Sound detection state | 0(not detected) 1(detected sound) |
| ■ F: Detected sound object | 1(noisy) 2(normal) 3 (calm)
4(sudden loud) 5(sudden calm) |
| ■ G: Voice detection state | 0(not detected) 1(detected voice) |
| ■ H: Detected voice ID | 1(good) 2(bad) 3 (hello) 4(standup) 5(lie)
6(sit down) 7(come on) 8(stop)
9(forward) 10 (backward) |

그림 7. 소리 엠봇과 미들웨어간의 프로토콜.

2.3. 위치 엠봇

위치 엠봇은 소봇을 기준으로 전방에 있는 물체와의 거리 판계를 6가지 정도로 나누어 판별 가능하며, 물체의 x, y, z 좌표를 전달한다. resolution은 최대 3cm 내외이다.

위치 엠봇은 그림 8(a)의 13.56Mhz reader module와 PCB type의 안테나, (b)의 10센티 정방형 간격으로 배치된 RFID 태그 장판, 그리고 이를 이용하여 (c)와 같은 시스템을 구성하여 사람의 발목 부분이나 모봇의 바닥 부분에 PCB type 안테나를 위치시켜 위치를 인식하게 된다.

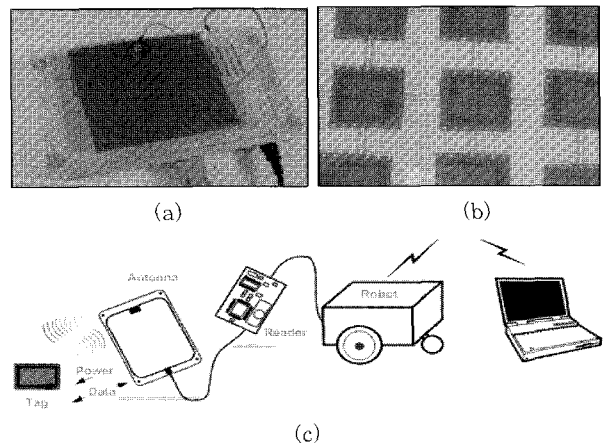


그림 8. RFID를 이용한 위치 인식 시스템 구성도 (a) PCB type 안테나와 Reader module, (b) RFID tags (Epoxy type), (c) 안테나를 바닥에 장착한 모봇의 위치 인식.

표 1. RF ID 시스템 사양.

	Size [cm]	Standard	Range
13.56Mhz Reader module	10×16	ISO15693	Max. 18cm
PCB type Antenna	10×10		
2Kbits Memory Epoxy type Tag	3×4		
RS232 Serial Interface			

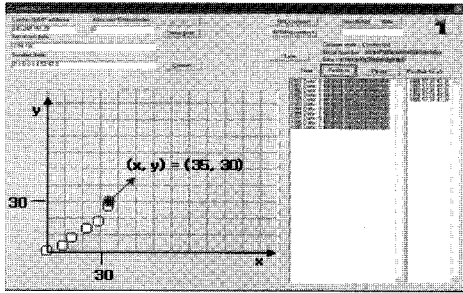


그림 9. 위치 엠봇.

PC에서 시리얼 무선통신 통해 리더기에 인식된 태그의 데이터를 읽어오거나 태그를 중지시키는 등의 명령어를 보내고, 이에 대한 응답으로써 사용자는 RF 필드내의 태그 위치정보를 모두 획득한다. 획득된 데이터를 이용해 일정시간 간격으로 가중평균법을 이용해 로봇의 위치를 계산한다. 그 결과 그림 8과 같이 인식된 태그들의 데이터 정보, 이 데이터를 이용해 계산된 위치 정보 현재 인식된 태그의 고유 시리얼 번호와 데이터, 사용자 편의를 위해 로봇의 위치가 모눈위에 나타난다[23, 24]. 위치 엠봇의 통신 모듈은 검출한 로봇의 x, y, z 좌표 결과를 미들웨어에 알려주게 되며, 매 0.1초마다 한번씩 검출된 상태를 전송한다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- A: Embot ID **2(Position Embot)**
- B: Embot state 0/1 (on/off)
- C: dummy
- D: dummy
- E: Objectx detection state 0(not detected) 1(objectx)
- F: Detected objectx state 1(obstacle) 2(near) 3(mid) 4(far) 5(sudden appear) 6 (sudden disappear)
- G: Object x-coordinate integer
- H: Object y-coordinate integer
- I: Object z-coordinate integer

그림 10. 위치 엠봇과 미들웨어 간의 프로토콜.

2.4 음성 엠봇

음성 엠봇은 소봇의 행동에 따라 이에 적절한 음성을 텍스트로 미들웨어를 통해 전달 받으면 이를 음성으로 변화하는 TTS

(Text-To-Speech) 시스템이다. 음절과 음절 사이의 간격, 지속 시간, 억양 등이 제어 가능하다.

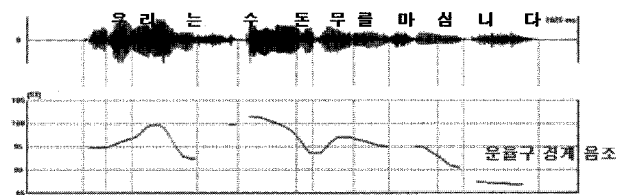
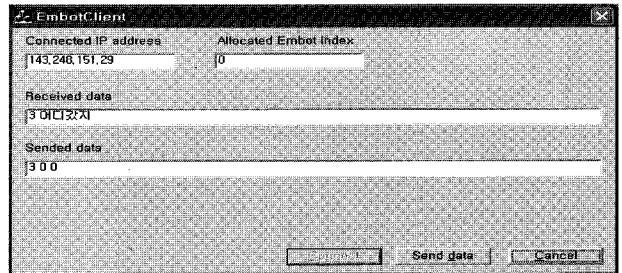


그림 11. 음성 엠봇과 음성 합성 과정.

음성 엠봇은 전처리, 형태소 분석, 품사 태깅, 발음표기 변환, 구문 분석 등의 역할을 하는 언어 처리 모듈, 운율구 추출, 각 음소의 억양, 지속시간 모델링 및 제어 등의 역할을 하는 운율 생성 모듈, 대용량 코퍼스 기반 신호 합성 모듈, 미들웨어와의 통신을 위한 통신 모듈로 구성된다[25, 26]. 그리고 사용되는 음성 Unit을 중심으로, 경량화 및 고품질의 음성DB 가공작업이 필요하다.

전체 시스템의 용량은 700MB 정도이며, 로봇의 구동환경에 적합한 512MB 정도의 메인 메모리를 가지는 Pentium IV 시스템에서 로봇과 함께 또는 Stand-alone으로 동작이 가능하다. 소봇이 행동을 할 때마다 그에 적합한 음성 명령을 통해 미들웨어로 내보내고, 음성 엠봇의 통신 모듈은 이를 받아 언어 처리 모듈에 보낸다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- A: Embot ID **3(Voice Embot)**
- B: Embot state 0/1 (on/off)
- C: dummy
- D: dummy
- E: Synthesized voice command Command string (corresponding to 14 groups, 77 behaviors)

그림 12. 음성 엠봇과 미들웨어 간의 프로토콜.

3. 모봇 (Mobot)

모봇은 lab-top 컴퓨터, 장애물 회피를 위한 다수의 초음파

센서, 영상 촬영을 위한 팬틸트 카메라, 무선네트워크를 가지고 있는 ITRC-IRRC연구센터에서 개발된 Mybo으로 일반적인 인터넷 기반 퍼스널 로봇의 한 종류이다. 바닥에 위치 엠봇의 PCB type 안테나를 장착하고 RFID 장판을 이용해 위치를 인식 하며, 소봇이 이동하여 소봇의 가상 환경에서의 움직임을 실제 환경에서 구현한다.

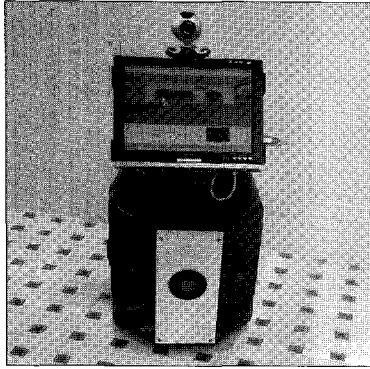


그림 13. 모봇인 Mybot.

4. 미들웨어의 구현

본 논문에서 구현된 미들웨어는 소봇, 엠봇, 모봇 사이에서 데이터 전송을 위해 서로 간의 다른 프로토콜을 중재해주고, 각종 엠봇에서 비동기 미들웨어로 센싱 정보들을 전송하면 이를 종합 하여 소봇이나 모봇에게 동기 전송시킨다. 소봇, 엠봇, 모봇은 각각 고유 IP 주소를 지니고 있으며, 이들이 전송하는 데이터 들은 모두 TCP/IP를 기반으로 전송된다. 특히 소봇과 모봇은 이동하여 바로 동작이가능하도록 공통의 platform 을 사용하 였다. 소봇과 소봇, 소봇과 모봇의 경우 원격지에 있는 소봇이 현 위치의 소봇이나 모봇 환경으로 이동할 경우, 이동 직전 소 봇의 내부상태 및소봇의 성격과 외관을 형성하는 스크립트 형 식의 여러 특징 파일들은 File Transfer Protocol (FTP)를 이용하여 미들웨어의 소봇 인터페이스로 전송되고 buffer에 저장된다.

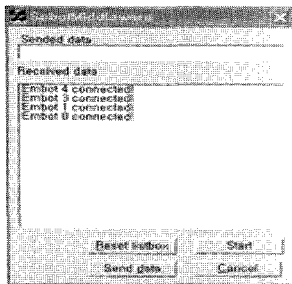


그림 14. 미들웨어.

유비봇 broker는 현 위치의 엠봇을 통해 들어온 얼굴인식 데이터가 주인과 일치하거나 사용자암호 입력이 일치할 경우 이 파일들을 바로 다시 소봇 인터페이스나 모봇 인터페이스를 통해현 위치로 라우팅하여 전송시킨다.

소봇과 엠봇의 경우 단순 Server/Client 소켓 프로그래밍을 사용하여 구현하였다. 엠봇에서 미들웨어에게로 비동기 전송되 는 데이터 세그먼트 형식은 각 엠봇의 고유ID, 엠봇의 상태 (idle/busy/breakdown), 엠봇의 인식 정보 등을 포함하고 있고, 추가적으로 다양한 정보를 포함할 수 있다. 미들웨어는 이와 같은 정보를소봇이 바로 인식 가능하도록 인식정보로 종 합하여 소봇에게0.1msec마다 보내게 된다. 소봇은 또한 각종 엠봇, 모봇들의 리소스 관리를 위해 동작 여부를결정하는 미들 웨어를 통해 전송할 수 있다. 마찬가지로 미들웨어의 소봇 인터 페이스에서 받아들여진 후 유비봇 broker에서 이를 다른 엠봇 과 모봇들에게 전송하는 과정을 겪는다.

본 미들웨어 구현은 Visual C++에서 제공하는 TCP/IP 관련 클래스들에 의해 구현되었다. 추후 CORBA 등과 같은 미들 웨어 전용 컴포넌트 모델을 이용하여 강인한 분산 환경 기반의 유비봇 시스템 구축가능하다.

5. 적용 예

본 장에서는 앞에서 기술한 유비봇 즉, 소봇, 엠봇, 모봇을 이용하여 실제 유비쿼터스 환경 속에서 이들 로봇과 사람과의 상호 작용 예를 들어본다.

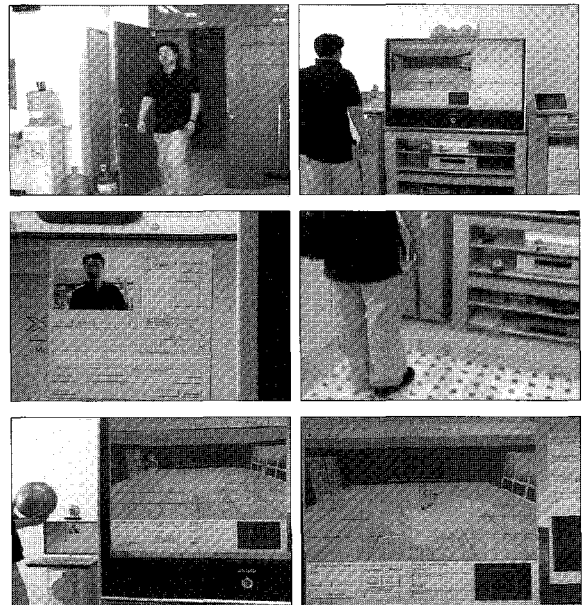


그림 15. 사람과 소봇, 엠봇과의 상호작용.

그림 15에서 보는 것과 같이 소봇의 주인 '강희'가 유비쿼터스 공간에 들어온다. '강희'가 영상 엠봇 앞에 서게 되면 영상 엠봇은 소봇의 주인을 알아보고 소봇에게 알려준다. 이와 동시에 위치 엠봇은 RFID로 구성된 장판 위에 위치하고 있는 주인의 위치를 파악할 수 있게 되고 다시 소봇에게 알려준다. 이러한 정보를 바탕으로 소봇은 실제 세계에서 주인 '강희'가 나타났음을 알 수 있고 주인의 위치를 알 수 있다. 주인 '강희'는 여러 가지 색깔의 공을 가지고 있는데 소봇과 상호 작용하기 위해서 여러 가지 색깔의 공을 영상 엠봇에게 보여준다. 영상 엠봇은 공에 대한 정보를 소봇에게 전송하고 소봇은 공의 색깔에 따라서 좋아하거나 두려워하기도 한다. 또한 주인 '강희'는 음성 명령을 음성 엠봇에게 전달함으로써 소봇과 상호 작용할 수 있다.

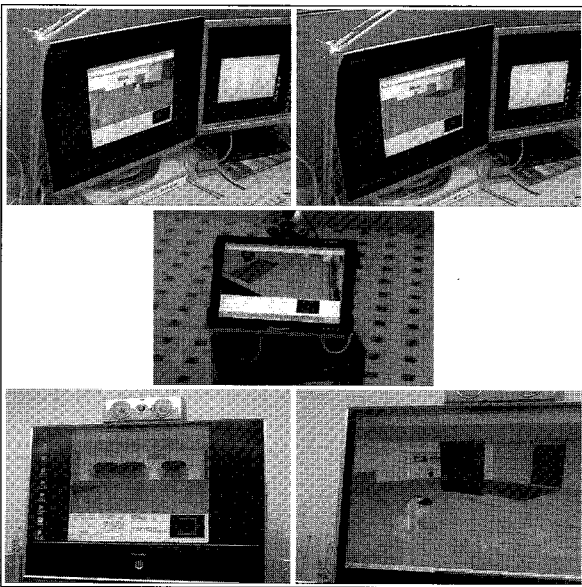


그림 16. 사람과 소봇, 엠봇, 모봇의 상호작용.

그림 16은 소봇이 네트워크를 따라 다른 컴퓨터로 이동할 수 있고 또한 모봇으로 이동할 수 있음을 보여주고 있다. 이때, 소봇이 이동할 때는 소봇을 구동하기 위한 전체 메모리 스페이스가 이동하는 것이 아니라 소봇의 특성을 결정짓는 로봇 개념과 소봇의 현재 내부 상태만을 다른 컴퓨터로 전송시킴으로써 네트워크 부하와 전송 시간을 크게 줄이고 있다.

6. 결론

본 논문에서는 앞으로 다가올 유비쿼터스 컴퓨팅 시대에 대비하여 유비쿼터스 로봇, 유비봇을 소개하였다. 또한 유비봇의 구성 요소인 소봇, 엠봇, 모봇에 대하여 알기 쉽게 기술하였고 이를 네트워크 환경에서 직접 구현한 예를 설명하였다. 특히 비

록 외형은 같은 소봇이지만 소봇의 개성을 결정짓는 로봇 개념을 도입함으로써 다양한 개성을 가지는 소봇을 구현할 수 있는 가능성을 보였다. 이러한 로봇 개념을 통해 소봇이 유비쿼터스 공간을 이동해 가는 통신효율을 높일 수 있다.

앞으로 다가올 유비쿼터스 시대에는 우리 주위에 수많은 유비봇들이 존재할 것이고, 이들은 우리에게 언제, 어디서든, 어떤 단말기를 통해 seamless하고 calmly context-aware한 서비스를 제공하게 될 것이다.

참고문헌

- [1] Weiser, M., "Some computer science Problems in ubiquitous computing," *Communications of ACM*, vol. 36, no.7, pp. 75-84, Jul. 1993.
- [2] Weiser, M., <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>
- [3] Weiser, M., "The computer for the 21st century," *Scientific American*, vol. 265, no. 3, pp. 94-104, Sep. 1991.
- [4] Kim, J.-H., "IT-based UbiBot," *Theme Special Lecture, The Korea Electronic Times*, May 13, 2003.
- [5] Kim, J.-H., "Ubiquitous Robot," (Invited talk) at the Griffith University, Gold Coast, Australia, Apr. 21, 2004.
- [6] Kim, J.-H., "Ubiquitous Robot," (Keynote Speech Paper) in *Proc. of Fuzzy Days International Conference*, Dortmund, Germany, Sep. 30, 2004.
- [7] Kim, J.-H., Kim, Y.-D., and Lee, K.-H., "The Third Generation of Robotics: Ubiquitous Robot," (Keynote Speech Paper) *International Conference on Autonomous Robots and Agents*, Palmerston North, New Zealand, Dec. 2004.
- [8] Kim, J.-H., Lee, K.-H., and Kim, Y.-D., "Ubiquitous Robot: The 3rd Generation of Robotics," (Plenary Speech Paper) in *Proc. of the 2nd International Symposium on Mechatronics*, Serial. 2nd, Sharjah, United Arab Emirates, Apr. 2005.
- [9] Kim, J.-H., "The 3rd Generation of Robotics: Ubiquitous Robot (UbiBot)," (Invited talk) at the University of Twente, Netherlands. Jun. 9, 2005.
- [10] Kim, J.-H., "The 3rd Generation of Robotics: Ubiquitous Robot," (Plenary speech) at the 6th

IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, Espoo, Finland, Jun. 29, 2005.

[11] Kim, J.-H., "Ubiquitous Robot World," (Public lecture) at the De La Salle University, Manila, Philippines, Mar. 17, 2005.

[12] Kim, J.-H., "Ubiquitous Robot," (Invited talk) at the Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, Apr. 22, 2004.

[13] Ha, W.-K., Kim, D.-H., and Choi, N.-H., The Ubiquitous IT Revolution and the Third Space, *The Korea Electronic Times*, 2002.

[14] Jennings, N. and Wooldridge, M., "Software agents," *IEE Review*, volume: 42, Issue: 1, pp. 17-20, Jan. 1996.

[15] Wooldridge, M., Software Engineering, "Agent-based Software Engineering," *IEE Proceedings*, volume: 144, Issue: 1, pp. 26-37, Feb. 1997.

[16] ATR, <http://www.ktab.go.jp/new/16/0413.htm>

[17] The Common Object Request Broker: Architecture and Specification, OMB, 1998.

[18] Kim, Y.-D. and Kim, J.-H., "Implementation of Artificial Creature based on Interactive Learning," "FIRA Robot World Congress, pp. 369-374," May 2002.

[19] Viola, P. and Jones, M., "Robust Real-Time Object Detection," 2nd Intl. Workshop on SCTV, 2001.

[20] Pentland, A. and Choudhury, T., "Face recognition for smart environments," *IEEE Computer*, Feb. 2002.

[21] Kim, S.-G., and Yoo, C.-D., "Highly Selective M-Channel IIR Cosine-Modulated Filter Banks," *Electronics Letters*, vol. 39, no. 20, pp. 1478-1479, Oct. 2003.

[22] Jang, G.-C., Jim, M.-H., and Yoo, C.-D., "Speaker Adaptation Based on Confidence-Weighted Training," *In Proceedings of Eurospeech 2003*, Geneva, Switzerland, pp. 1617-1620, Sep. 2003.

[23] Kubitz, O., Berger, M. O., Perlick, M. and Dumoulin, R., "Application of Radio Frequency identification Devices to Support Navigation of Autonomous Mobile Robots," *Vehicular Technology Conference, IEEE 47th*, vol. 1, pp. 126-130, 1997.

[24] Hahnel, D., Burgard, W., Fox, D., Fishkin, K.,

and Philipose, M., "Mapping and localization with RFID Technology," *Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, vol. 1, pp. 1015-1020, 2004.

[25] Lee, S. H. and Oh, Y.-H., "Tree-based modeling of intonation," *Computer Speech and Language*, vol. 15, no. 1, pp. 75-98, Jan. 2001.

[26] Lee, S. H. and Oh, Y.-H., "Tree-based modeling of prosodic phrasing and segmental duration for Korean TTS systems," *Speech Communication*, vol. 28, no. 4, pp. 283-300, Feb. 1999.

..... 저자약력



《김 중 환》

- 1981년 서울대학교 전자공학과(공학사).
- 1983년 서울대학교 전자공학과(공학석사).
- 1987년 서울대학교 전자공학과(공학박사).
- 1988년~현재 한국과학기술원 전자전산학과교수.
- 2003년 3월~현재 호주 Griffith University 겸임교수.
- 2005년 3월~현재 필리핀 De La Salle University 명예교수.
- 2003년~현재 KAIST ITRC-지능로봇연구센터 소장.
- 관심분야 : 유비쿼터스 로봇, 유전자 로봇.



《이 강 회》

- 1999년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학사).
- 2001년 한국과학기술원 전산학과(공학석사).
- 2001년 3월~현재 한국과학기술원 전자전산학과 박사과정 재학 중.
- 관심분야 : 유전자로봇, 유전자 로봇 성격 최적화, 유비쿼터스 로봇.



《김 태 훈》

- 1996년 경북대학교 전자 전기 공학부(공학사).
- 2004년 3월~현재 한국과학기술원 전자전산학과 석사 과정 재학 중.
- 관심분야 : 소프트웨어 로봇과 하드웨어 로봇 연동.