

◆특집◆ 차세대 로봇시스템의 개발 유비쿼터스 로봇 시스템

김종환*, 유지환#, 이강희**, 유범상***

A Ubiquitous Robot System

Jong-Hwan Kim*, Jee-Hwan Ryu#, Kang-Hee Lee** and Beom-Sahng Ryuh***

ABSTRACT

In an upcoming ubiquitous era, humankind will live in a ubiquitous space, where everything is connected through communication network. In this ubiquitous space, a ubiquitous robot, which can be used by anyone for any service through any device and any network at anytime and anywhere in a u-space, is expected to be required to serve seamless and context-aware services to humankind. In this paper, we introduce the ubiquitous robot, and define three components of the ubiquitous robot. The first one is "SoBot" which can be connected through the network in anywhere with environment recognition function and communication ability with human. The second one is "EmBot" which is embedded into environments and mobile robots and has localization and certification function with sensor fusion. The last one is "Mobile Robot" which serves overall physical services. This paper also introduces KAIST ITRC-Intelligent Robot Research Center that pursues the implementation of the ubiquitous robot.

Key Words : Ubiquitous Robot (유비쿼터스 로봇), Intelligent Robot (지능로봇), SoBot (소프트웨어 로봇), EmBot (내장로봇), Mobile Robot (이동로봇)

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅은 1991 년 마크 와이저에 의해 최초로 제창되었으며, 다음과 같이 4 가지로 특징 지워졌다^[1]: 모든 디바이스는 네트워크에 연결되어야 하며, 인간화된 인터페이스로서 눈에 띄지 않아야 하며, 가상공간이 아닌 현실세계의 어디서나 컴퓨터의 사용이 가능해야 하고, 사용자 상황 (장소, 장치, ID, 시간, 온도, 날씨 등)에 맞는 서비

스를 제공해야 한다. 아울러 그는 컴퓨터의 진화 과정도 컴퓨터 기술과 인간과의 관계 변화에 초점을 맞춰 다음과 같이 정의하였다^[2,3]. 제 1 세대는 1 대의 고가 컴퓨터를 다수가 공유하는 메인 프레임의 시대로, 제 2 세대는 한 사람이 한대의 컴퓨터를 사용하는 퍼스널 컴퓨터의 시대로, 그리고 제 3 세대는 여러 사람들이 주변에 내장된 다양한 컴퓨터를 의식하지 않고 네트워크를 통해 사용할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 시대로 정의하면서 유

* KAIST 전자전산학과

교신저자: KAIST 전자전산학과

E-mail jhryu@it.kaist.ac.kr Tel. (042) 869-8048

** KAIST 전자전산학과

*** 전북대 정밀기계공학과

비쿼터스 혁명을 예견하였다.

	Personal robot era	Ubiquitous robot era
Platform	Single robot platform based on a Personal Computer: One person, One robot	Multi robot platform based on Ubiquitous Computing: One person, Many robots
Core	Application program	Software robot
Network	Wired network based on IPv4	Real time broadband wireless network based on IPv6
Service	Seaming and user-commanded service	Seamless and calmly context-aware service

Fig. 1. Paradigm shift of Robotics

이와 같은 유비쿼터스 혁명과 더불어 로봇틱스 분야도 패러다임의 변화를 겪고 있다. 제 1 세대의 산업용 로봇 시대를 거쳐 현재 제 2 세대 퍼스널 로봇 시대, 그리고 제 3 세대 유비쿼터스 로봇 시대를 맞이하고 있는 것이다. Fig. 1 은 로봇틱스의 관점에서 이와 같은 패러다임의 변화를 비교하여 나타내고 있다. 현재의 퍼스널 로봇 시대는 한 사람 당 한 대의 로봇이 서비스를 제공하는 단일 개체 로봇 시스템 기반인데 반해, 미래는 한 사람을 위해 유비쿼터스 공간 속에 이식되어 있는 수많은 임베디드 로봇, 소프트웨어 로봇, 이동로봇 (Mobile robot)이 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 극히 미비하여 사용자가 명령을 내리고 또 그것을 로봇이 인식하고 행동을 취할 때까지 기다리는 사용자 명령 서비스이지만, 미래에는 유비쿼터스 로봇에 의해 사용자의 기분이나 기호 상황 등을 자율적으로 알아서 인식하여 끊임없이 사용자가 원하는 서비스를 제공해주는 서비스를 기대할 수 있다. 이는 IPv6 기반의 실시간 광대역 무선 네트워크가 가능하기 때문이다.

본 논문은 최근 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념에 로봇 기술을 도입한 유비쿼터스 로봇, 즉 유비봇 (UbiBot)의 개념을 제안한다^[10]. 앞으로 인류는 다가올 유비쿼터스 시대에 서로서로 긴밀하게 네트워크로 연결된 수억 개의 유비쿼터스 공간

속에서 살게 될 것이다. 그러한 유비쿼터스 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 유비봇 (UbiBot)이라 정의한다. 유비봇은 인간계와 환경계 사이에 이음새 없이(seamless), 인식되지 않으며 (calmly), 상황에 맞는 (context-aware) 서비스를 제공하는 네트워크 기반 (networked) 로봇으로 다음과 같이 크게 세가지로 분류할 수 있다.

네트워크를 통해 이동하며, 언제 어디서든지 접속 가능하고 자율적인 상황 인식과 사용자와 끊임없는 상호 작용이 가능한 software robot 인 SoBot 환경이나 이동로봇 등에 이식되어 로봇 및 사용자의 위치 인식, 사용자 및 로봇 인증, 여러 센서 정보의 합성 등을 담당하는 embedded robot 인 EmBot, 그리고 일반적인 사용자를 위해 종합적인 서비스를 제공할 이동로봇으로 나뉜다. 본 논문에서는 이와 같은 유비봇의 개념을 정의하고, KAIST 지능로봇 연구센터 (IRRC) 에서 유비봇의 구현을 위하여 진행 중인 연구과제들을 소개하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1 장 서론에서는 유비쿼터스 혁명의 필연성과 그에 따른 로봇의 패러다임의 변화, 2 장에서는 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념에 로봇 기술을 도입한 유비쿼터스 로봇, 즉 유비봇의 개념을 제안하고, 3 장에서는 유비봇의 구현을 위한 KAIST 지능로봇 연구센터의 연구과제들을 소개한다. 끝으로 4 장에서 유비쿼터스 로봇의 필요성을 기술하며 결론을 맺는다.

2. Ubiquitous Robot: UbiBot

본 장에서는 미래의 유비쿼터스 시대에 필연적으로 생성될 유비쿼터스 공간과 이 공간에서 활동할 유비봇의 개념을 제안한다.

2.1 Ubiquitous Space and UbiBot

Fig. 2 와 같이 앞으로 전 세계는 수십억 개의 유비쿼터스 공간 (u-공간)으로 구성되고, 각 u-공간들은 IPv6 에 기반한 실시간 광대역 무선 네트워크로 긴밀하게 연결될 것이다^[4]. 이 u-공간에서 작동하는 로봇을 유비봇이라고 정의하자.

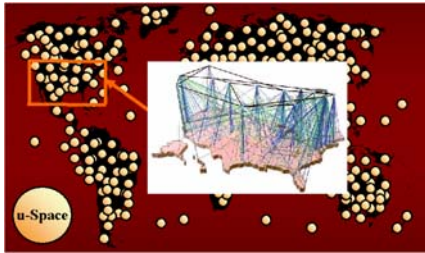


Fig 2. Real world composed of billions of ubiquitous spaces

Fig. 3 은 유비봇의 개념도이다. 유비쿼터스 공간 단위로 이루어지는 유비봇은 크게 소프트웨어 시스템과 하드웨어 시스템으로 나눌 수 있다. SoBot 은 소프트웨어 시스템이고, EmBot 과 이동로봇은 하드웨어 시스템이다. EmBot 은 항상 환경이나 사람, 기기 등에 이식되어 센싱 및 다른 유비봇들과 상호작용을 하고, 이동로봇은 자신이 직접 이동하면서 주로 실질적인 서비스를 제공한다. 이들은 u-공간 속에서 기본적인 지능과 역할을 가지며, 유비쿼터스 네트워크를 통해 서로간의 정보를 교환하게 된다. 또한 SoBot 은 다른 로봇들과 마찬가지로 독립적인 하나의 로봇으로 동작하기도 하지만, 마스터로서 다른 플랫폼을 공유하는 다른 SoBot, EmBot, 이동로봇의 유비봇들을 슬레이브로 두어 이들의 제어가 가능하다. 이들에 대한 주요 특징들을 각각 다음 절에서 설명한다.

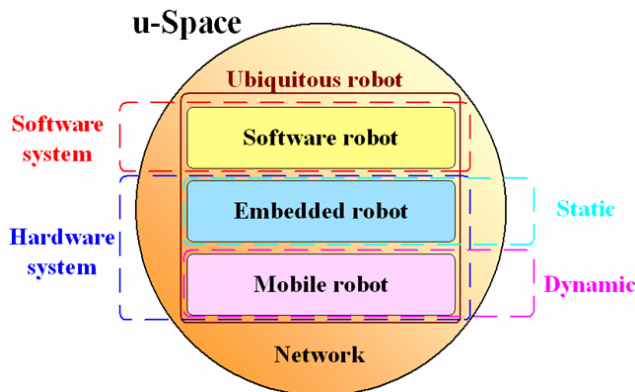


Fig. 3 Concept of ubiquitous robot

2.2 Software Robot: SoBot

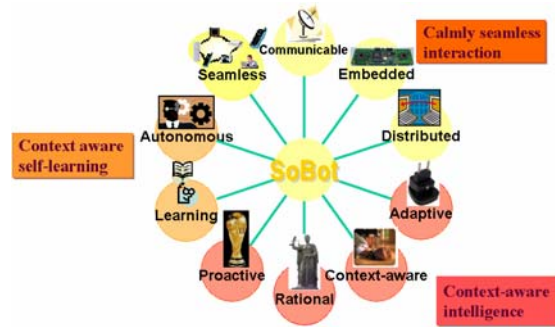


Fig. 4 Essential characteristics of SoBot

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

Fig. 4 와 같이 SoBot 은 크게 세가지 특성: 상황인지 자기학습, 지능 및 조용하며 연속적인 상호작용으로 정의되며 각 특성은 아래와 같은 성질을 가진다^{[5][6]}.

2.2.1 상황인지 자기학습 (Context-aware self-learning)

- 1) 자율적 (Autonomous)
 - 사용자의 명령 없이 스스로 행동
 - u-Space 에서 사용자를 대신해서 행동가능
- 2) 학습 (Learning)
 - 사물과 동작, 상황들을 배움
 - 지속적으로 행동을 진보시킴
 - u-Space 에서 사용자가 달라질 때마다 다른 행동을 필요로 함

2.2.2 상황인지 지능 (Context-aware intelligence)

- 1) 순향적 (Proactive)
 - 뚜렷한 목표를 가져야 함
 - 목표는 그것들을 수행하기 위한 계획과

연결되어 있으며 계획은 끊임없이 재평가됨

- 일련의 예상한 상황보다 오히려 행동 조건의 범위 내에서 그 상황에 반응해야 함

2) 이성적 (Rational)

- 항상 똑같은 일을 하는 것이 아닌 올바른 일을 해야 함

3) 적응적 (Adaptive)

- 사용자의 행동을 관찰함으로써 자동적으로 사용자에게 적응

4) 상황 인지 (Context-aware)

- 맞춤형 서비스: 필요에 따라서 수정 가능, 사용자의 행동을 관찰. 실시간으로 사용자와 사용자의 기호와 흥미에 적응
- 환경 기반 서비스: 주위 환경 상황을 인지. 상황에 적절이 적응, 문제를 자동적으로 인식, 사용자를 추적하고 인식

2.2.3 조용하며 연속적인 상호작용 (Calmly seamless interaction)

1) 분산성 (Distributed)

- 각각의 SoBot 은 독립적인 요소임
- EmBot 과 이동로봇에서 동작

2) 이식성 (Embedded)

- EmBot 과 이동로봇들에 이식되어 동작
- 이식된 하드웨어나 소프트웨어의 리소스에 제한되어 동작

3) 통신가능 (Communicable)

- 미리 정의된 메시지와 규칙이 아닌 유비쿼터스 환경에서 통신언어를 사용
- 언제, 어디서나, 임의의 네트워크를 통해서 임의의 장치를 가지고 임의의 서비스를 받을 수 있음

4) 연속성 (Seamless)

- 어디서든 존재함 (Omni-present): 언제, 어디서나, 원하는 서비스를, 어디든 연결되어 있는 네트워크를 통해 어떤 장치로도 접속 가능함
- 지속적 (Continuous): 끊임없이 지속적인 상호작용, 물리공간과 가상 공간의 끊임없는 결합과 상호작용
- 다양한 모드 (Multi-modal): 임의의 형식이 가능, 사용하기 쉽고 편안함, 유연함

이와 같이 다른 형태의 로봇 간에 소프트웨어

다운로드, 기능 확충 및 협조 제어가 가능한 SoBot 기술을 바탕으로 현재 MS 의 윈도우 OS 나 application 처럼 서비스 로봇 등을 운영할 OS 및 application 개념의 로봇 소프트웨어의 개발이 요구된다.

2.3 Embedded Robot: EmBot

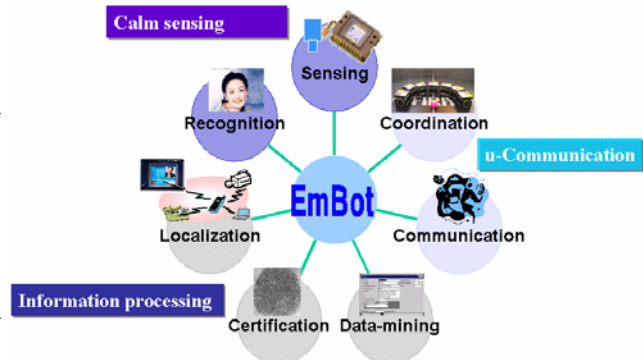


Fig. 5 Essential characteristics of EmBot

EmBot 은 환경이나 이동로봇 등에 이식되어 센서 및 센서 군을 연동해서 로봇 및 사용자의 위치 인식, 사용자 및 로봇 인증, 여러 센서 정보의 합성, 주변 환경의 인식 등을 담당하는 로봇이다. 또한 네트워크 기능 및 센서 인식, 소프트웨어 로봇의 제어가 가능하도록 컨트롤러가 이식된 일반 사물을 모두 임베디드 로봇 (EmBot)으로 정의한다.

Fig. 5 와 같이 EmBot 은 크게 세 가지 특성을 지닌다^[7].

2.3.1 조용한 센싱 (Calm sensing)

1) 감지 (sensing)

- 사람이 붐비는 환경에서 물체의 검출 및 인지를 위해 센서군의 연동이 필요
- 인간과 이동로봇 그리고 환경 속에 이식되어 있는 센서를 갖춘 다른 EmBot 들과의 연동
- 인간의 행동, 상태, 기호, 인간 관계, 주변 환경을 사용자가 신경이 쓰이지 않도록 조용히 감지

2) 인지 (Recognition)

- 일상 생활 속의 인간과 그의 행동, 상태를

인지

- 환경과 인간과의 관계 속에서의 인지: 날씨, 시간, 기후 같은 인간의 일상 행동에 영향을 주는 환경적 요소. 인간의 행동에 영향을 주는 대인거리의 감지. ‘밀접 거리,’ ‘개체거리,’ ‘사회거리,’ ‘공중거리’로 구분
- 인간들 사이의 관계 속에서의 인지: 가족 구성원이나 손님들 사이의 우정이나 개성, 인격 같은 사회적 관계
- 인간들과 그들의 목표물과의 관계 속에서의 인지: 그들이 손으로 지시하고 있는 대상, 그들이 얼굴을 향하고 있는 대상, 그들이 눈으로 응시하고 있는 대상

2.3.2 정보 처리 (Information processing)

- 1) 위치파악 (Localization)
 - 이동로봇, 인간, 환경 및 사물의 위치파악
- 2) 인증 (Certification)
 - 사용자의 로봇 이용 권한 인증
 - 다양한 종류의 로봇의 인증
 - 로봇에 의한 사용자 인증
- 3) 데이터수집 (Data-mining)
 - 인간의 행동, 상태, 환경의 정보를 수집
 - 쉬운 정보 검색을 위해서 데이터 마이닝 과정을 통해 요약된 그들의 데이터를 발생

2.3.3 유비쿼터스 통신 (u-Communication)

- 1) 통신 (Communication)
 - 주변의 상황 정보에 따라서 유비쿼터스 네트워크를 통해 인간과의 자연스러운 대화 및 통신을 위해 인간의 목적 달성을 위한 음성 발현, 행동 안내, 정보 지원, 동작 지원
- 2) 중재 (Coordination)
 - 조용한 감지 및 정보 처리를 사용한 다개체 로봇 중재 및 협력
 - 센서 네트워크를 통해 동시에 수백 명의 사람들에게도 서비스가 가능

이와 같이 로봇의 인증 및 추적, 이력 정보의 활용과 환경에 이식된 센서 네트워크와 연동하여 로봇의 위치 및 사람의 행동, 주변의 환경을 자율적으로 인식함으로써 인간과의 자연스러운 대화가 가능한 EmBot 기술은 가정에서부터

공공기관에 걸쳐 방법 및 지식 검색 시스템, 인적 자원 관리, 공공 자원 관리 등에 적용이 될 것이다.

2.4 Mobile robot



Fig 6 Essential characteristics of mobile robot

이동로봇은 일반적인 사용자를 위해 종합적인 서비스 및 유비쿼터스 공간에 특화된 특정 기능을 가지는 로봇이다. 지금까지의 이동로봇이 소수의 특정 기능 및 리소스에 국한되는 의미였다면 본 논문에서 말하는 이동로봇은 앞에서 설명한 u-공간에서 활동하며 EmBot의 기능을 기본적으로 갖추고, 주변의 EmBot과 연동을 하면서 서비스를 제공하기 위한 행동 능력 및 이동성을 갖는 로봇을 의미한다.

Fig. 6과 같이 이동로봇의 특징적 요소는 다음과 같다. 첫째, 이동성이다. 이동의 형식은 바퀴형, 이족보행형 등의 이동성을 갖춘다. 둘째, 행동이 가능해야 한다. 개인 서비스, 공공 서비스, 필드 서비스 등의 행동 서비스들을 매니플레이터나 여러 장치들을 활용해 제공하게 된다.

향후 SoBot이 제어하고, EmBot에서 받은 정보를 바탕으로 인간 친화적인 실질적 서비스를 제공하는 이동로봇 기술은 집, 직장, 공공기관, 오락시설, 교통시설, 공공 시설 등의 u-공간에서 범용적으로 쓰이는 서비스 로봇으로서 적용될 것이다.

3. 유비봇의 개발동향

본 장에서는 유비봇의 구현을 위하여, KAIST

에 설립된 정통부지정 (ITRC) 지능로봇 연구센터 (IRRC)의 연구목표 및 내용 그리고 개발 진행중인 과제들을 통하여 유비봇의 개발동향을 살펴본다.

3.1 유비봇의 개발개념과 연구내용

KAIST 정통부지정 지능로봇 연구센터 최종 연구목표는 인공지능 및 IT 기술을 바탕으로 인간과 서로 상호작용 하면서 정보지원, 교육, 엔터테인먼트 등 언제 어디서나 인간에게 다양한 형태의 서비스를 제공하는 인간 지향적 IT 기반 지능형 서비스 로봇시스템인 유비봇의 기반기술 확보에 있으며, 이를 통한 지능로봇 분야 우수인력양성에 있다.

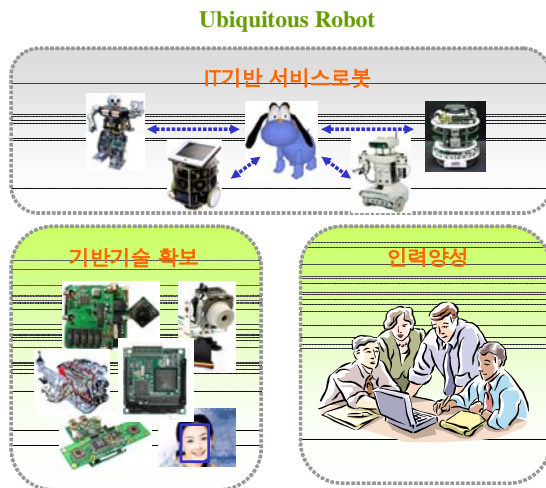


Fig. 7 Research objectives of ITRC-IRRC

인터넷의 발전과 더불어 유무선 통신 인터페이스의 발전은 가상 인터넷 공간 및 현실세계에서의 사람과 사람 또는 컴퓨터와 컴퓨터 사이의 정보전달뿐만 아니라, 컴퓨터와 사람 사이의 양방향 정보 전달과 상호작용을 가능하게 하고 있다. 본 센터에서는 여기서 더 나아가, 디지털 주거 공간의 컴퓨터 및 디지털 기기와 연동되어 주거환경과 인간을 이어주는 user interface로서 2장에서 구체적으로 소개한 언제 어디서나 사용 가능한 유비봇을 최종 연구목표로 삼고 있다.

각 가정 및 사무실 내에 함께 공존할 가사도우미로봇 RoboHelper, 여가선용이나

교육을 위한 가정교사로봇 RoboTutor, 애완용로봇 RoboPet, 집 밖에서도 서비스를 내리고 받을 수 있는 RoboAgent 등은 유비봇이 실제 우리 실생활에 맞게 구현된 형태들이다 (Fig. 8).

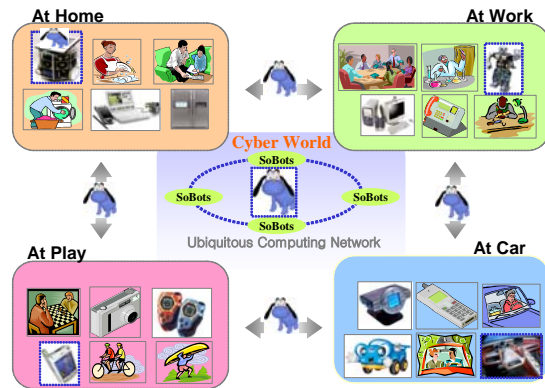


Fig. 8 Concept diagram of UbiBot

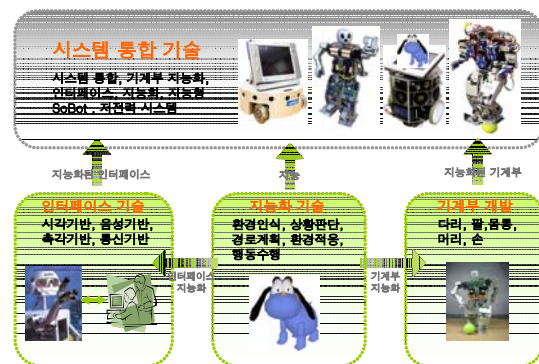


Fig. 9 Research topics of ITRC-IRRC

본 센터에서는 소프트웨어, 통신, 인공지능, 기계부 설계 등 다양한 분야의 기술통합 시스템인 IT 기반 지능형 서비스 로봇인 유비봇을 개발하기 위하여 여러 분야의 학제적인 연구를 수행하고 있다. 로봇의 지능화 구현기술, 로봇-사용자와의 정보전달을 효율적으로 할 수 있는 인터페이스 기술, 자율이동능력 확보 및 주요 기계부 개발 연구, 그리고 로봇 시스템 통합 기술 등의 세부과제들로 연구를 진행하고 있으며, 최종적으로 여러 가지 다양한 서비스를 제공할 수 있는 IT 기반 지능형 서비스 로봇시스템인

유비봇을 실세계 및 가상세계에서 각각 구현하고자 개발 중이다.

3.2 개발진행 중인 유비봇

KAIST 지능로봇 연구센터에서는 이러한 유비봇의 구현 가능성을 보이기 위하여 다양한 형태의 IT 기반 지능형 서비스로봇 시스템을 개발 중에 있다. 그 중 현재 진행 중인 몇 개의 연구과제들을 간략하게 소개하면 다음과 같다.

3.2.1 Software Robot (SoBot)

유비봇의 지능을 담당하는 소프트웨어 형태의 로봇으로 네트워크를 통해 이동하며, 언제 어디서든지 접속 가능하고, 외부센서들을 이용하여 자율적인 상황 인식과 실세계의 사용자와 끊임없는 상호 작용이 가능한 로봇이다. 사용자에게 최적화된 개인용 비서로서, 다른 형태의 유비봇의 통제 및 정보관리에 사용될 예정이다 (Fig. 10).



Fig. 10 Software Robot (SoBot) on Home Service Robot

3.2.2 휴머노이드 로봇

KAIST 지능로봇연구센터에서는 가정이나 놀이 공간 그리고 다양한 환경에서, 교육이나 엔터테인먼트 그리고 다양한 형태의 실제적인 서비스를 담당하는 유비봇의 한 형태로, 키 50cm 급, 전체 28 자유도도를 가지는 소형 인간형 로봇 한사람-III 와 한사람-V 를 각각 2001 년과 2003 년에 개발한 바 있다 (Fig. 11).

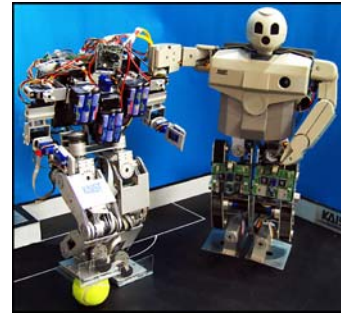


Fig. 11 Humanoid in small size "HanSaRam"

이를 바탕으로 실제적인 서비스를 제공하기위한 유비봇의 하나의 요소로서, 민수, 군수 등 광범위한 분야에서 SoBot 과 결합되어 다양한 형태의 실제적인 서비스를 제공하기 위하여 120cm 급으로 휴머노이드의 개발이 진행되고 있다. 안정적인 2 족 평지보행 및 음성/얼굴 인식 그리고 인간친화적 상호작용 등의 기능을 목표로 개발되고 있으며, 이 platform 은 유비봇의 구현가능성을 실험하는 테스트베드로 이용될 것이다 (Fig. 12).



Fig. 12 Conceptual figure of Humanoid in middle size "KunSaRam"

4. 결론

앞으로 다가올 유비쿼터스 시대는 전 세계가 수십억 개의 u-공간으로 이루어지고 유비쿼터스 네트워크에 의해 긴밀히 연결된다. 이러한 u-공간 속에서 SoBot, EmBot, 이동로봇의 세 가지 유형의 유비쿼터스 로봇이 인간과 공존할 것이며, 언제, 어디서든, 어떤 단말기로도 유비쿼터스

네트워크를 통해 사용자가 원하는 연속적이고 조용한 상황인지 서비스를 제공하게 될 것이다. 특히 SoBot, EmBot, 이동로봇은 각각 고유의 기능 및 지능을 갖추고 유비쿼터스 네트워크를 통해 다른 유비쿼터스 로봇들과 연동하면서 독립적인 요소로서 역할을 수행함과 동시에 추후 상위레벨의 SoBot 이 그들을 제어가능 하도록 유비쿼터스 로봇 간의 통신 언어 확립 및 이식성을 위한 상호 표준화가 요구된다.

여기서 주목할 점은, 이런 로봇 개발의 궁극적인 목적은 인간의 삶의 질을 향상시켜 풍요롭고 조화로운 사회를 만들자는데 있다. 앞으로 우리 사회에는 감성이 풍요로워서 상대방을 잘 이해해 주는 사람을 “로봇스럽다”라는 신조어가 탄생할 날이 올 것이다.

후 기

이 논문은 2004 년도 정통부 ITRC 지능로봇 연구센터에 의하여 지원되었음.

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. Ha, W.K., Kim, D.H., and Choi, N.H., The Ubiquitous IT Revolution and the Third Space, The Korea Electronic Times, 2002.
5. Jennings, N. and Wooldridge, M., IEE Review , Volume: 42 , Issue: 1 , pp. 17 – 20, Jan. 1996.
6. Wooldridge, M., Software Engineering. IEE Proceedings , Volume: 144 , Issue: 1 , pp. 26-37, Feb. 1997
7. ATR, <http://www.ktab.go.jp/new/16/0413.htm>
8. Kim, Y.-D. and Kim, J.-H., “Implementation of Artificial Creature based on Interactive Learning,” FIRA Robot World Congress, pp.

369-374, May 2002.

9. Jang, J.-S., Han, K.-H. and Kim, J.-H., “Quantum-inspired Evolutionary Algorithm-based Face Verification,” Proceedings of the genetic and evolutionary computation conference, pp. 2147-2156, 2003.
10. Kim, J.-H., “IT-based UbiBot,” Theme special lecture, The Korea Electronic Times, May 13, 2003