휴먼/로봇 인터페이스 연구동향 분석

Trends on Human/Robot Interface Research

임 창 주* . 임 치 환**

ABSTRACT

An intelligent robot, which has been developed recently, is no more a conventional robot widely known as an industrial robot. It is a computer system embedded in a machine and utilizes the machine as a medium not only for the communication between the human and the computer but also for the physical interaction among the human, the computer and their environment. Recent advances in computer technology have made it possible to create several of new types of human-computer interaction which are realized by utilizing intelligent machines. There is a continuing need for better understanding of how to design human/robot interface(HRI) to make for a more natural and efficient flow of information and feedback between robot systems and their users in both directions. In this paper, we explain the concept and the scope of HRI and review the current research trends of domestic and foreign HRI. The recommended research directions in the near future are also discussed based upon a comparative study of domestic and foreign HRI technology.

Keyword: human/robot interface, research trend, man/machine system

* 한국과학기술기획평가원 기술기획본부
주소: 137-130 서울시 서초구 양재동 275 동원산업빌딩 11층
전화: 02) 589-2255
E-mail: cjlim@kistep.re.kr
** 서원대학교 경영학부
주소: 361-742 충북 청주시 흥덕구 모충동 231 서원대학교 경영학부 경영정보학전공
전화: 043) 299-8573
E-mail: chlim@seowon.ac.kr

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

20세기 후반의 개인용 컴퓨터와 인터넷의 발명은 개인의 생활을 혁명적으로 변화시켰고 계속되는 정보기술(IT)의 발전은 생명공학, 나노과학 등 새로운 분야를 탄생시키는 기폭제 역할을 하고 있다. 이러한 기술혁신은 정보화사회에서 삶의 질 향상, 무병장수 및 인간본연의 창조활동을 기반으로 하는 미래의 인간중심 사회로의 변화를 예고하고 있다. 21세기 인간중심 사회에서, 개인의 삶을 혁신적으로 변화시킬 도구는 인간과 같이 생활하며 인간의 기능을 대신하거나, 오히려 인간기능을 능가하여 인간에게 새로운 삶을 누릴 수 있도록 하는 지능형 휴먼로봇시스템이라 할 수 있다. 지능형 휴먼로봇시스템이란 인간과 상호작용을 하면서 현실공간을 공유하고 인간기능을 대신할 수 있는 여러 형태의 로봇시스템으로서, 현재의 반도체기술, 전자 및 정보통신 기술의 성과를 계승하고 인공지능, 뇌공학, 인간공학 및 나노기술 등 혁신적인 신기술을 접목하여 21세기 인류 삶의 혁명적 변화를 야기하며 고도 생산력 수준을 대표하는 도구이다(Heinzmann and Zelinsky, 1999).

휴먼/로봇 인터페이스(HRI) 기술은 인간이 로봇에게 명령을 내리거나, 로봇으로부터 인간이 정보를 전달받기 위하여, 인간과 로봇 간의 의사전달 기술로 정의할 수 있다(Perzanowski, 2001). 로봇에 명령을 전달하는 방법으로는 현재 인간이 직접 햅틱도구(Master Arm, Hand Master, Hand Controller 등)와 같은 입력기구를 구동하는 방법이 가장 일반적으로 사용되고 있으며, 지능형 휴먼로봇시스템에서는 보다 진보된 방법으로 로봇이 인간의 의도(자세, 표정, 감정, 대화)를 스스로 인식하여 이 정보에 따라 인간의 의도대로 명령을 수행하는 감성명령 기술이 등장하고 있다. 또한 로봇이 작업하고 있는 외부환경 정보를 인간에게 전달하는 방법으로는 각종 센서(시각, 역각, 촉각, 위치감, 청각 등)를 이용한 피드백 방법이 사용되고 있고, 이 중 시각 전시기술(3차원 입체영상 전시, 3차원 그래픽 시뮬레이션 시스템, 가상현실 시스템 등)에 관한 연구가 활발히 진행 중이다(Ueno and Saito, 1996). 그러나 휴먼/로봇 인터페이스 기술에 대한 기술분류나 국내 기술수준 등에 대한 체계적인 분석 등은 아직 이루어지지 않고 있다.

본 논문에서는 휴먼/로봇 인터페이스 기술의 개념과 범위를 설명하고, 주요 선진국의 정책 및 연구동향을 살펴보았다. 또한 우리나라의 기술수준을 선진국과 비교하여 대응대책을 마련하는 기초자료를 제공할 수 있도록 하였다.

2. 기술의 개요

2.1 휴먼/로봇 인터페이스 기술분류 체계

휴먼/로봇 인터페이스 기술은 입력기구, 외부환경 전시 및 인간의 감성명령/재현 기술 외에 이들 도구와 로봇을 연결하는 인터페이스 및 프로그램(제어/통신구조, 로봇언어) 등

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

의 기술을 포함한다. 학계에서 명확히 정립된 기술분류 체계는 아니고 국가지능로봇 발전을 위한 기본계획(안)에서는 휴먼/로봇 인터페이스 기술을 표 1과 같이 4단계로 분류하였다 (임용택 외, 2002).

표 1. 휴먼/로봇 인터페이스 기술분류 체계

분류	중분류	세분류	세세분류
인간·기계 시스템	Master Arm	• 힘반영 제어 • 기구구조(Kinematics) • Human Factors	• Mapping Algorithm • Ergonomics • Motion Reduction • Human Modeling
	지능형 입력기구 (Haptic Device 포함)	• Mouse, Joystick 등 • 인간 근력측정/재현 • 인간 자세측정/재현 • 인간 팔 모사 도구	• Motion Capture (광학, 자기, 음향, Prosthetic 응용)
	외부환경 전시	• 3D display • VR Display (Graphic Display) • 감각 전환 (시각/청각 등)	• 3D 영상, 홀로그래피 • HMD, LCD, • Auditory Guidance
	감성명령 (생체인식)	• 인간 Gesture 인식 • 인간 표정 인식 • 인간 대화 인식 • 인간 감정/신경 인식	• Nano Scaling • Brain-PC Interface
	감성재현 (인간모사 및 표현)	• 인간 Gesture, 표정, 감정, 언어, 근력 재현	• 의사전달학습
인터페이스	제어/통신 구조	• Open Architecture • Plug & Play • Internet-based 원격제어/통신 • 무선통신	• Real time OS • 신뢰도향상, 시간지연, 정보압축, 다중신호 전송, 협동로봇 • VRML, 블루투스
	Robot Language	• Human-like Language • Unified Language • Virtual Programming • Rapid Programming	• 자연어 개발 • 기능/감성 프로그래밍 • 언어신뢰도 향상

표 1의 분류에서 인간/기계 시스템(MMS)은 로봇과 사용자를 연결시켜 주는 하드웨어 기반의 제작자 공급측면의 요소이다. 마스터암, 입력기구, 외부환경 전시, 감성명령/재현 등의 기술로 분류할 수 있으며, 외부환경 전시 기술은 3D 디스플레이, 가상현실(VR) 디스플레이, 감각전환 등의 기술로 상세히 분류할 수 있다. 한 단계 더 내려가면, 가상현실(VR) 디스플레이 기술은 HMD, LCD 등의 기반기술로 구성된다고 볼 수 있다. 다양하고 복잡한 로봇의 기능을 제어하기 위해서는 실시간 운영체제 기술이 필수적이며, 인지 및 조작능력이 상대적으로 떨어지는 장애인이나 노약자를 위해 시도된 Brain-PC Interface 기술 등은 일반 로봇 사용자에게 적용되어 보다 인간친화적인 인간/기계 시스템을 구현할 것으로 예상된다.

표 1의 분류에서 인터페이스는 인간/기계 시스템의 바탕 위에 구축되는 사용자 수요측면의 요소로서 제어/통신구조와 로봇언어 등 협의의 인터페이스를 지칭한다. 이상의 기술분류는 전자공학, 기계공학 및 전산학 전문가들이 참여하여 합의를 이룬 것으로 다른 관점이나 의견이 있을 수 있다.

3. 선진국 동향

3.1 로봇관련 연구정책 및 기술기획

일본은 정부 및 민간의 협력으로 세계 로봇 보유대수 점유율 60%인 세계 1위의 로봇 산업국가로 발전하였다 (일본로봇공업협회, 1997). 극한작업용 로봇 프로젝트, 휴먼로봇 실용화를 위한 기술개발 등 신규시장 창출을 위한 선도적인 로봇기술 개발에 일본 정부의 적극적인 투자가 이루어지고 있다. 소니, 혼다, NEC, 마쓰시타, 오므론 등 일본의 대기업들은 비산업용 로봇, 즉 개인용 로봇의 수

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

요를 예측하고 시장공략을 개시하고 있다.

미국은 일본주도의 로봇산업에 대응하기 위해 상·하원에서 로봇 및 지능기계 발전을 위한 입법화를 1997년 이래로 추진하고 있고, 지능기계협력 컨소시엄을 구성하여 향후 5년간 1억불의 기술개발 자금을 지원할 계획이다(IFR, 2000). 연구소 및 대학을 중심으로 인간대용, 영화촬영용, 가사보조용, 우주탐사용 등 특수용도 로봇의 핵심기술을 개발하고 기업체는 이를 이어받아 노약자용, 간호보조용, 청소용 및 보안용 로봇을 상품화하여 판매하고 있다.

3.2 휴먼/로봇 인터페이스 연구동향

현재의 휴먼/로봇 인터페이스 기술은 20여년 전의 휴먼/컴퓨터 인터페이스(HCI) 기술의 수준과 유사하다. 이는 여러 분야에서 각각 개발된 로봇이 활발하게 사용되고 있지 않은 이유 중 가장 큰 원인이기도 하다. 일반 사용자, 즉 로봇의 비전문가가 복잡한 로봇을 쉽게 사용할 수 있게 하는 기술이 개발되어야만 로봇산업이 한 단계 발전할 수 있다. 다행히, 최근 가상현실(VR) 기술 및 햅틱 기술이 활발히 연구되고 있고 각종 서비스 로봇으로 적용 범위가 확대되고 있는 것은 상당히 고무적인 것이다. 햅틱 기술 중 주로 힘 반영 기능구현에 관한 연구가 주를 이루며 핸드마스터, 핸드콘트롤러, 힘 반영 마스터 암 등의 장치가 개발되어 상용화되었다. 힘 반영 성능의 향상을 위하여 사용자의 다이네믹스에 관한 연구가 활발히 수행되고 있으며, 특히 미 항공우주국(NASA)에서는 사용자의 다이네믹스에 따른 힘 반영 성능의 제약사항에 관한 연구를 수행하였다(NASA, 2002).

인간은 작업에 필요한 정보의 70% 이상을 시각에 의존하고 있다. 로봇에 인간의 시각기능을 갖추기 위해 주로 CCD 카메라를 이용한 2차원, 3차원 시각기술이 개발되고 있으며, 카네기 멜론 대학(CMU)은 3차원 공간의 물체를 인식하는 로봇(Artisan)을 개발하기도 하였다. 또한 외부환경의 3차원 전시를 위해 홀로그래피, 가상현실 기술 등을 로봇에 적용시키고 있는 추세이다(Lim and Tanie, 2000).

미래의 지능형 휴먼로봇은 인간과 쉽게 통합되기 위해 인간의 명령을 스스로 이해하고, 작업상황을 인간과 같은 표정, 대화 등으로 사용자에게 전달하여야 한다. 메사추세츠 공대(MIT)에서 개발한 로봇(Kismet)은 감정(피로, 공포, 역겨움, 흥분, 행복, 슬픔, 놀람 등)을 얼굴표정으로 표현할 수 있어서 의사소통에 부가적인 정보를 제공할 수 있다(MIT, 2002). 남가주 대학(USC), 머릴랜드 대학(UMD), MIT 등은 정지영상, 프로파일 영상 및 동영상을 이용한 인간 얼굴인식 분야의 연구를 주도적으로 수행하고 있다(IFR, 2000).

인터페이스 분야에서는 로봇용 운영체제(OS), 유틸리티 프로그램, 로봇언어 등 인간친화적인 언어에 의한 소프트웨어 개발이 진행되고 있다. 최근에는 인터넷 기반의 가상 인터페이스 기술이 급속도로 발전하고 있으며 블루투스(BlueTooth), 무선 인터넷 등 무선통신기반의 원격제어에 적용되고 있다(Cipolla et al., 1996).

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

MIT의 인공지능연구실에서는 이동로봇과 자율 시스템과 관련된 다양한 연구를 하고 있는데, 특히 인공지능연구실 Motor 그룹에서는 이동로봇에 대한 연구를 중점적으로 진행해 왔다. 그 결과 최근에는 Yuppy라는 애완견 로봇과 로봇 휠체어시스템을 개발했으며, 현재는 카메라를 이용한 물체 회피기법에 관한 연구를 수행 중이다(MIT, 2002).

영국 에딘버러 대학(U. of Edinburgh)의 이동로봇 그룹에서는 운항, 반발력 학습, 모방에 의한 학습, 행동학에 의한 학습, 생물학적 모델링, 행동기반 로보틱스 응용, 능동(active) 비젼 등을 연구하고 있고, 곤충형 로봇과 실시간 시각기능이 가능한 로봇들을 개발하고 있다(U. of Edinburgh, 2002).

미국 조지아 공대(GIT)의 이동로봇연구실에서는 주로 정부 주도의 로봇 개발에 주력하여, 미국 국방위 고등연구계획국(DARPA) 지원과제인 전략적 이동로봇의 개발, 멀티 에이전트 로봇시스템, 저준위 핵폐기물 감시 로봇, 무인 비행정, 이동조작 등에 대해 연구하고 있다. 특히 미국 인공지능학회(AAAI) 로봇 경연대회에서 94년과 97년에 우승할 정도로 막강한 실력을 자랑하고 있다(GIT, 2002).

미국 플로리다 대학(U. of Florida)의 기계지능연구실에서는 기계지능을 자율 이동로봇, 로봇 조작기, 스마트 센서, 자율 생산 등에 적용하는 것을 목표로 연구하고 있으며, 소형 이동로봇과 무인 헬리콥터 등을 개발하였다. 이 기반기술들을 적용하여 실제 응용 시스템을 만드는 방향으로 연구가 집중되고 있다(U. of Florida, 2002)

일본 츠쿠바 대학의 지능형 로봇연구실에서는 자율 이동로봇에 관한 연구에 주력하고 있다. 즉 로봇시스템 디자인, Task Planning, Sensing, 자율적 Behavior 및 휴먼/로봇 인터페이스 등에 관한 연구를 수행 중이다. 최근에는 Yamabico라는 이동로봇을 개발하여 자율적 Behavior 연구에 박차를 가하고 있다(츠쿠바 대학, 2002).

독일 카이저스라우테른 대학 (U. of Kaiserslautern) 전산학과 로보틱스 및 제어 그룹에서는 알려지지 않은 환경에서 실시간으로 업무를 수행할 수 있는 자율 이동로봇의 개발에 목표로 연구를 수행하고 있다. 또한 카메라기반 적응 로봇제어 및 학습 프로젝트를 수행 중이며 다중 센서기반의 로봇운행기법에 대해 활발히 연구 중이다(Xi and Tarn, 1999).

스위스 로잔공대(EPFL)에서는 인공지능, 생산관리, 생물학, 인지과학 등과 로보틱스를 연계하는 방향으로 연구를 진행하고 있으며, 그 결과 Khepera라는 소형 이동로봇과 Koala라는 이동로봇을 개발하였다(EPFL, 2002).

SRI International사의 인공지능센터에서는 이동 플랫폼에 대한 연구를 해 왔고, 그 결과로 초음파 센서 및 바퀴 두 개로 구동하는 작고 저렴한 이동로봇을 개발했다(SRI, 2002).

미국은 감성 인터페이스, 지능화 소프트웨어 등 인터페이스 측면에 역점을 두어 연구개발을 진행하고 있고, 일본은 인간/기계 시스템 등 하드웨어 측면이 강하다. 이미 선진국에서는 의료 및 애완용 서비스 로봇을 위한

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

인터페이스 기술이 상용화 단계에 이르렀다고 할 수 있다.

3.3 시사점

미국, 일본 등은 정부주도로 휴먼/로봇 인터페이스에 대한 기술개발 정책을 이미 확립하여, 이에 따른 각 연구주체간의 역할분담을 정책적으로 유도하고 있다.

표 2. 일본 로봇산업의 수요예측
(일본로봇공업협회, 1997, 단위 : 억엔)

구분		1995년 (실적)	2000년 (예측)	2005년 (예측)	2010년 (예측)
산업용	제조업	2,412	4,900	5,400	6,980
	비제조업	62	2,300	5,400	-
	합 계	2,474	7,200	10,800	-
개인용		0	253	1,746	11,628
수출(개인용 제외)		2,320	2,370	2,610	3,380
총 계		4,794	9,570	13,410	-

표 2에서 나타난 바와 같이 산업용 로봇(제조업 및 비제조업)에서 비산업용 로봇(Home Automation, 생활지원, 오락, 관리 등)으로의 시장변화를 예측하여 비산업용 로봇의 핵심기술 분야라 할 수 있는 휴먼/로봇 인터페이스 기술에 대한 선점을 위하여 정부와 기업이 투자를 집중시키고 있다.

4. 국내 동향

4.1 로봇관련 연구정책 및 기술기획

국내에서 로봇에 관한 연구는 한국과학기술연구원, 한국과학기술원, 한국원자력연구소, 생산기술연구원 등 정부출연기관을 중심으로 이루어지고 있다. 로보틱스 연구조합 등과 같은 기업주도의 연구단체 및 또는 기업출연연구소 등에서도 연구되고 있으나, 기업 자체의 투자가 축소됨에 따라 국가연구개발사업에 의존도가 심화되고 있다.

과학기술부는 국가차원에서 지능로봇기술을 발전시킬 목적으로 국가지능로봇기술발전을 위한 기본계획(안)을 수립하여 공청회를 가진 바 있다(임용택 외, 2002). 특히 휴먼/로봇 인터페이스 기술에 대한 관심이 확대되어, 국내의 여러 대학 및 연구기관들이 의욕적으로 관련연구를 착수하고 있으나, 동시에 유사한 연구과제를 수행하고 있어 연구방향 및 연구내용 등을 체계적으로 조정할 필요가 있다.

4.2 휴먼/로봇 인터페이스 연구개발 동향

국내 로봇관련 연구는 과학기술부와 산업자원부가 주도적으로 지원하고 있다. 산업자원부는 주로 산업용 로봇과 관련된 연구개발과제를 추진하고 있으며, 과학기술부는 21세기 프론티어 사업의 일환으로 의료용 로봇인 캡슐형 내시경과 마이크로 PDA의 개발 등을 장기적으로 지원하고 있고, 중점연구사업의 일환으로 서비스 로봇, 우주작업 로봇 및 핵심 로봇응용기술 개발을 추진하고 있다. 연구기관별로 살펴보면 한국과학기술연구원은 휴먼로봇과 서비스 로봇, 한국원자력연구소는 원격조종 로봇, 생산기술연구원은 건설용 로봇과 산업용 응용로봇, 대학은 로봇 기초기

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

술, 로보틱스 연구조합은 로봇 응용시스템, 한국로봇축구협회는 마이크로 로봇과 축구 로봇을 주로 연구하고 있다.

휴먼/로봇 인터페이스 기술의 국내 수준은 로봇 시장이 산업용 및 극한환경용으로 국한되어 있으므로 일본, 미국 등 주요 선진국에 비하여 현저히 낙후되어 있다. 선진국 대비 국내 휴먼/로봇 인터페이스 기술수준을 요약하면 표 3과 표 4와 같다(임용택 외, 2002).

연세대학교 지능제어시스템연구실에서는 넓고 정형화된 환경이 아닌 곳에서 여러 가지 작업을 수행할 수 있도록 주변 환경인식 및 자율주행 기능을 갖는 이동로봇의 개발을 목표로 하고 있다. 이동로봇의 자율적인 행동은 센서의 관측 정보로부터 이루어지는데 주로 초음파 센서와 카메라를 이용한 시각센서에 관한 연구에 중점을 두고 있다.

한국과학기술원 인공지능연구실은 90년대 초부터 지능형 이동로봇 개발을 목표로 연구중이다. 감각기능 및 인공지능 기술을 이용하여 자율적으로 운항하며 작업을 수행할 수 있는 지능형 이동로봇에 인간과 로봇의 상호작용기능을 추가함으로써 로봇의 기능을 극대화시켜 복잡하고 다양한 실제 환경에서도 응용가능한 지능형 이동로봇을 개발하기도 하였다. 특히 1995년 국제 인공지능학회(IJCAI)와 미국 인공지능학회(AAAI)가 공동 주최한 제 4회 국제 이동로봇 경연대회에서 우승하였다. 이 대회는 이동로봇의 인공지능, 감각기능, 안정성, 휴먼/로봇 인터페이스 기술 등을 종합적으로 비교 및 평가하는 대회인 만큼 한국기술의 우수성을 세계적으로 입증한 계기가 되었다.

국내 기업의 휴먼/로봇 인터페이스에 대한 연구개발로는, 마이크로로봇사에서 마이크로마우스에 관련된 연구를, 다진시스템에서는 영상처리, 인공지능 및 정보관리에 관한 소프트웨어와 하드웨어를 개발하고 있다.

표 3. 휴먼/로봇 인터페이스 기술수준 대비표

분류	중분류	선진국 대비 비교	연구 추진방향
인간·기계 시스템	Master Arm	선진국에서는 상용화 단계에 있으나, 국내에서는 연구개발 초기단계에 있음.	의료, 서비스 등에 활용가능하며, 인간의 신체구조에 적합한 형태의 기구 개발 필요
	지능형 입력기구 (Haptic Device 포함)	선진국에서는 다양한 액츄에이터를 적용한 햅틱장치들이 개발되고 있으며, 국내에서도 근래에 학계를 중심으로 연구가 활성화되고 있음.	촉각, 탄력 등의 다양한 반응을 인간이 느낄 수 있도록 하는 지능형 입력기구 개발 필요
	외부환경 전시	선진국에서는 holograph, VR 기술을 로봇에 응용단계에 있으며, 국내에서는 기초연구 단계에 있음.	개발 초기투자비용이 크므로, Tele Robotics 분야 연구에 투자
	감성명령 (생체인식)	선진국에서는 로봇이 사람의 얼굴 표정, 음성을 인식할 정도의 기술 수준에 있으며, 국내에서는 이 분야의 연구를 최근에 시작하였음.	기술파급효과 및 부가가치가 크며, 연구 역량의 집중이 요구됨.
	감성 재현 (인간모사 및 표현)	선진국에서는 애완용 로봇이 인간과 같은 얼굴표정과 간단한 대화 등의 감성표현 능력을 가지는 기술수준에 있으며, 국내에서는 이 분야의 연구를 최근에 시작하였음.	기술파급효과 및 부가가치가 크며, 연구역량의 집중필요
인터페이스	제어/통신 구조	선진국에서는 로봇에 Open Architecture, Internet-based, 무선통신 등의 기술을 접목하고 있으며, 국내에서는 기초연구를 수행 중에 있음.	국내의 고급 IT인력을 활용하고 인터넷, 무선통신 등의 정보통신기술을 접목한 원격제어기술 개발에 연구역량 집중
	Robot Language	선진국에서는 감성 인터페이스, 지능화 소프트웨어 기술의 상용 화 단계에 있으며, 국내에서는 연구개발 초기단계에 있음.	기존의 컴퓨터 언어에 의한 프로그래밍 형태보다는 Human-like 언어의 개발에 연구역량 집중

4.3 문제점

국내 휴먼/로봇 인터페이스 연구정책의 문제점은 다음과 같다.

첫째, 선진국에서는 다양한 기업이나 연구기관에서 로봇의 시장개척을 위해 기술개발을 추진하고 있으나, 국내의 로봇기술의 연구는

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

로보틱스 연구조합 등과 기업주도의 연구단체 및 한국과학기술연구원 등과 같은 몇몇 정부출연연구소 등을 중심으로 추진되고 있으며, 기업 자체의 연구 및 투자가 축소됨에 따라 국가연구개발사업에 대한 의존도가 심화되고 있으며 제한적인 영역에서의 기술개발을 수행하고 있다.

둘째, 지능형 휴먼로봇 연구개발에 산업공학관련 전문가가 적극적으로 참여하여야 한다. 시스템통합기술, 인간공학, 신뢰도, 작업안전, 감성공학, 휴먼/로봇 인터페이스, 인지공학 등 산업공학의 세부 분야가 기여할 수 있는 부분이 많음에도 불구하고 국내에서는 아직 적극적인 참여가 이루어지고 있지 않다. 실례로 국가지능로봇 발전을 위한 기본계획 수립에 참여한 전문가 중 산업공학 및 인간공학 전문가는 단 한 명도 없고 대부분이 전자공학, 기계공학 및 전산학 전문가들이다.

셋째, 체계적인 휴먼/로봇 인터페이스 분야의 연구가 미진하다. 선진국대비 기술 수준이 부족한 분야는 표 4에서 나타나듯이 휴먼/로봇 인터페이스 분야와 안전/신뢰성 분야이다. 선진국대비 기술수준이 낙후된 센싱기술, 자기보호기능, 정밀 메커니즘, 안전/신뢰성 분야 중 부가가치가 높고 짧은 기간 내에 선진국을 따라잡을 수 있는 센싱기술과 안전성/신뢰성 분야에 집중투자가 이루어져야 할 것이다. 여러 분야에서 개발된 로봇이 활발하게 사용되지 않은 가장 큰 원인은 인간과 로봇의 의사전달 방법이 쉽지 않기 때문이다. 이것은 마치 컴퓨터가 휴먼/컴퓨터 인터페이스 기술의 발전과 더불어 빠르게 활용된 예와 유사하다.

표 4. 지능형 휴먼로봇관련 기술수준 비교표

분야 및 기술 항목		선진국 대비 기술수준			
		부족	다소 부족	동등	우월
운동기술	이동기능			○	
	작업기능		○		
감각기술	시각센싱기능	○			
	음성센싱기능	○			
	자기위치계측기능			○	
	환경센싱기능	○			
제어기술	통신기능				○
	조작기능			○	
응용기술	자율제어기능			○	
	작업인식/판단/학습기능		○		
	자기보호기능	○			
	에너지자립기능		○		
정밀 메커니즘		○			
안전/신뢰성		○			

5. 맺음말

5.1 발전전망 및 기대효과

경제적 측면을 보면 먼저, 비산업용 로봇 시장이 활성화될 것으로 전망되고, 사회간접자본 시설(교량, 댐, 공장, 빌딩 등)의 대형화와 더불어 이를 경제적으로 관리할 로봇이 등장할 것으로 전망된다.

기술적 측면을 살펴보면 다음과 같다. 기존의 역각 외에 촉각, 탄력, 온도, 소리 등의 다양한 반응을 인간이 느낄 수 있도록 하는 구동기들이 개발되어 입력기구에 응용될 것이

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

고, 가상현실 기술의 발달로 보다 생생한 시각전시가 이루어져 단순한 영상에다 작업현장의 환경정보가 렌더링 되어 조작자의 현장 실재감이 대폭 증가할 것이며, 로봇이 인간의 의도(자세, 표현, 감정, 대화)를 스스로 인지하여 명령을 수행하고, 로봇이 보고 감지한 것을 인간과 같은 형태의 표정, 제스처, 대화 등으로 보다 빠르고 직관적으로 전달하는 인간친화형 로봇이 등장할 것이다. 또한 정보통신망과 결합된 가상현실 인터페이스 기술이 발전될 것이고, 표준화된 인간/기계 시스템의 개발과 블루투스 기술의 확대로 로봇에 부가적인 인간/기계 시스템의 결합이 자동적으로 이루어지며(Plug-and- Play), 로봇간의 상호작용을 통해 그 사용자간의 커뮤니케이션(언어전달, 정보교류, 감성교류 등)도 가능하게 될 것이다. 그에 따라 새로운 서비스 및 산업의 출현이 기대된다.

기존의 컴퓨터 언어에 의한 프로그래밍 형태보다는 단순히 동작의 결과를 나타내는 한두 문장의 명령 형태로 프로그램이 될 수 있는 인간친화적인 로봇언어의 개발이 이루어질 것이다. 더 나아가 언어에 의한 프로그램 입력보다는 사용자의 행동이나 음성에 의한 것과 같이 가상 인터페이스를 통한 다양한 입력장치를 이용한 프로그래밍이 보편화될 것이다.

사회·문화적 측면은 다음과 같다. 정보통신기술의 발달, 사회의 고령화, 인적 자원의 감소, 인간생활의 복지, 풍요와 여유 추구 등으로 의료, 서비스 및 엔터테인먼트 분야에 사용될 지능화된 로봇의 수요가 대폭 확대될 것이고, 노인이나 유아 돌보기 로봇, 서비스 및 접대용 로봇, 스포츠 및 오락용 로봇 등 새로운 서비스 및 엔터테인먼트 시장의 등장이 기대되며, 로봇에 대한 전문지식이 없는 비전문가라도 쉽게 조작할 수 있도록 보다 인간친화적인 로봇의 등장이 기대된다.

국내 휴먼/컴퓨터 인터페이스 기술수준은 표 3에서 보듯이 선진국에 비해 낙후되어 있고 휴먼/컴퓨터 인터페이스에 대한 연구는 전 세계 모든 대학과 연구기관에서 경쟁적으로 연구를 하고 있다. 이것은 앞으로 기술주도권 경쟁이 매우 치열함을 시사하는 것이라고 볼 수도 있지만, 그만큼 현재 기술개발 단계의 초기 단계라는 의미도 내포하고 있다.

현 시점에서 휴먼/로봇 인터페이스 분야에 집중적인 투자를 통해서 시작이 늦었기 때문에 발생하게 되었던 선진국과의 기술 격차를 줄여나간다면, 2010년대 초반 정도에 맞이하게 될 한 차원 높은 로봇의 시대에는 선진국과 대등한 수준에 이룰 수 있을 것으로 기대된다.

5.2 당면과제

휴먼/로봇 인터페이스 기술은 기계, 전자, 정보통신, 의료 및 바이오, 전산, 산업 등 다양한 기술이 복합된 광범위한 분야이고 타 분야로 기술의 파급효과가 매우 크다. 연구환경은 선진국에 비해 다소 낙후되어 있으며 상대적으로 인적자원의 수준은 선진국과 큰 차이가 없다. 기술의 파급효과와 부가가치가 큰 감성명령 및 재현 분야와 정보통신기술(IT)과 접목된 가상 인터페이스 및 프로그래밍 분야에 투자를 집중하여야 한다. 또한 산발적으로 진행 중인 휴먼/로봇 인터페이스 기술개발

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

을 총괄하기 위하여 물리적이 아닌 논리적으로 통합된 연구기관이 필요하다.

참고 문헌

일본산업현황과전망, 일본로봇공업협회, 1997

임용택, 김현철, 안성봉, 구본철, 하지영, 정재룡, 국가 지능로봇공학 육성 기본계획 수립방안 연구, 한국과학기술기획평가원, 2002.

츠쿠바 대학 지능형 로봇 연구실 웹사이트, 2002. (www.ir.tsukuba.ac.jp)

Cipolla R. and Hollinghurst N. J., "Human-robot interface by pointing with uncalibrated stereo vision", Image and Vision Computing, 14(3), 171-178, 1996.

EPFL Autonomous Robot Lab Web Site, 2002. (dmtwww.epfl.ch/isr/asl)

GIT Mobile Robot Lab Web Site, 2002. (www.cc.gatech.edu/ai/robot)

Heinzmann J. and Zelinsky A., "A safe-control paradigm for human-robot interaction", Journal of Intelligent and Robotic Systems, 25(4), 295-310, 1999.

Lim H. O. and Tanie K., "Human safety mechanisms of human-friendly robots: Passive viscoelastic trunk and passively movable base", International Journal of Robotics Research, 19(4), 307-335, 2000.

MIT AI Lab Web Site, 2002. (www.ai.mit.edu)

NASA Ames Research Center Web Site, 2002. (amesnews.arc.nasa.gov/rele)

Perzanowski D., Schultz A. C., Adams W., Marsh E. and Bugajska M., "Building a multimodal human-robot interface", IEEE Intelligent Systems, 16(1), 16-21, 2001.

SRI AI Center Web Site, 2002. (www.ai.sri.com)

Ueno H. and Saito Y., "Model-based vision and intelligent task scheduling for autonomous human-type robot arm", Robotics and Autonomous Systems, 18(1), 195-206, 1996.

U. od Edinburgh Mobile Robot Group Web Site, 2002. (www.dai.ed.ac.uk/groups/mrg)

U. of Florida MI Lab Web Site, 2002. (www.mil.ufl.edu)

World Robotics 2000, International Federation of Robotics, 2000.

Xi N. and Tarn T. J., "Integration of heterogeneity for human-friendly robotic operations", Journal of Intelligent Robotic Systems, 25(4), 281-293, 1999.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

저자 소개

◈ 임창주

한국과학기술원(KAIST) 산업공학과 학사, 석사 및 박사학위를 취득하고 현재 한국과학기술기획평가원(KISTEP) 기술기획본부 선임연구원으로 근무하고 있다. 관심분야는 Virtual Reality, Human Computer Interaction, Human Robot Interaction, 감성공학 등이다.

◈ 임치환

고려대학교 산업공학과를 졸업하고 한국과학기술원(KAIST)에서 산업공학 석사, 박사학위를 취득하였다. 현재 서원대학교 경영학부 조교수로 재직중이다. 주요 관심분야는 Human Computer Interaction, User Interface Design and Evaluation, Usability Engineering 등이다.

논문접수일 (Date Received): 2002/04/19
논문게재승인일(Date Accepted): 2002/07/09

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.