

◆특집◆ 차세대 로봇시스템의 개발

휴머노이드 연구동향

유범재\*, 오용환\*\*, 최영진\*\*

Survey on Humanoid Researches

Bum-Jae You\*, Yonghwan Oh\*\* and Youngjin Choi\*\*

ABSTRACT

A number of Humanoids are introduced including ASIMO, HRP-2 Promet, Johnniee, Babybot, and KHR-2. Most researches are focused on the development of stable biped walking of Humanoids and it is not easy to endow a Humanoid with intelligence and service technology until now in the sense that the operation time of a Humanoid is limited less than 30 minutes even in the case that the battery is used only for the control of actuators in a Humanoid. In this paper, a brief survey on Humanoids is proposed and the concept of 'Network-based Humanoid', a Humanoid being able to provide intelligence for human-friendly services using ubiquitous networks, is introduced briefly.

**Key Words :** Humanoid(휴머노이드), Network-based Humanoid(네트워크 기반 휴머노이드), Network-based Intelligence(네트워크 기반 지능), Network-based Service(네트워크 기반 서비스)

1. 서론

과거 공장에서 사람의 접근이 통제된 지역에 설치되어 인간을 대신해서 반복 작업이나 힘든 작업을 대신해 주던 기존 산업용 로봇 시장의 성장이 포화상태에 이르고 성장성이 둔화됨에 따라 시장 중심의 새로운 개념에 기초하여 다수의 대중들이 전자상가 혹은 가전기기 판매점에서 제품을 구입하여 일상생활 속에서 손쉽게 활용할 수 있도록 로봇을 하나의 가전기기 혹은 개인용 상품으로 개발하기 위한 노력이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 이러한 로봇들은 가정용 로봇, 청소용 로봇, 장난감 로봇, 엔터테인먼트 로봇, 퍼스널 로봇, 서비스 로봇 등 다양한 이름으로 소개되고 있으나 궁극적으로 사람들의 일상생활 속에서 애완동물과 같이 부족한 부분을 채워주거나 필요한

정보와 즐거움을 제공하고 혹은 사람이 하기 싫은 일들을 대신할 수 있는 기능을 갖춘 모습으로 우리들 앞에 나타날 것으로 기대된다.

그러나 대부분의 기존 로봇들은 관련 기술들과 콘텐츠를 모두 한 대의 로봇에 탑재한 형태로 개발되어 가격이 비싼 반면 특화된 기능만을 가지고 있어 소비자가 선택 구매하기 어려워 시장개척에 어려움을 겪고있다. 이런 관점에서 로봇의 상품화를 위해서는 낮은 가격의 로봇을 개발하여 핸드폰과 같은 단말기 형태로 보급하고 이 로봇을 통해 다양한 서비스 콘텐츠를 유비쿼터스 네트워크를 통해 실시간으로 제공할 수 있는 새로운 개념의 '네트워크(IT) 기반 로봇' 혹은 '유비쿼터스 로봇'의 개념이 정보통신부의 '지능형 서비스 로봇' 사업을 통해 제시되고 있다. 또한, 유무선 통신기술의 발달로 인해 센서 네트워크를

\* 교신저자: 한국과학기술연구원(KIST) 지능로봇연구센터  
E-mail ybj@kist.re.kr Tel. (02) 958-5760

\*\* 한국과학기술연구원(KIST) 지능로봇연구센터

구축할 수 있는 인프라가 이동통신 및 인터넷의 보급과 함께 급속하게 확산되면서 통신기능을 활용하여 외형적으로는 로봇의 모습을 갖추지 않고 있으나 지능을 갖추고 환경 속에 내장되어 사람들에게 다양한 정보와 서비스를 제공할 수 있는 새로운 형태의 내장형 유비쿼터스 로봇(Embedded Ubiquitous Robot)과 같은 지능형 서비스 로봇에 대한 관심도 증가하고 있다.

특히, 인간을 모방한 휴머노이드(Humanoid)는 기술 발전에 대한 상징성이 매우 크고 현재 사람들이 생활하고 있는 생활공간에 직접 투입하여 활용할 수 있다는 측면에서 개발을 위한 노력이 지속되고 있다. 반면, 배터리 용량의 한계, 휴머노이드 내부 공간의 한계 등으로 인해 인공지능 및 서비스 수행을 위한 다양한 콘텐츠를 내장할 수 없어 대부분의 연산을 외부의 서버 시스템에서 수행하고 그 결과만을 전송 받아 사용하는 '네트워크 기반 로봇'의 적용이 용이한 대표적인 로봇이라 할 수 있다. 이에, 본 고에서는 국내외에서 개발된 휴머노이드를 소개하고 정보통신부에 의해 추진되고 있는 '네트워크 기반 휴머노이드' 사업의 방향에 대해 간략하게 제시한다.

제 2 절에서는 해외 휴머노이드 연구동향을, 국내 휴머노이드 연구현황을 제 3 절에서 소개한다. 제 4 절에서 '네트워크 기반 휴머노이드' 사업의 추진방향 및 연구내용을 제시하고, 제 5 장에서 결론을 맺는다.

## 2. 해외 휴머노이드 연구 동향

현재 휴머노이드 연구에 있어서 선도적인 위치를 점하고 있는 나라는 일본이다. 혼다(Honda)를 비롯한 소니(Sony), 후지쯔(Fujitsu), 도요다(Toyota) 등의 기업, 연구소 AIST 및 동경대, 와세다대와 같은 대학에 이르기까지 다양한 곳에서 휴머노이드에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본고에서는 일본 혼다의 휴머노이드 P2, P3 및 ASIMO 와 AIST 의 HRP-2, 동경대의 H5 과 H6, 독일 TUM 에서 개발한 Johnnie 에 대한 연구개발 결과를 소개한다.

### 2.1 혼다의 휴머노이드

1986 년부터 이족 보행이 가능한 휴머노이드 개발에 착수하여 1996 년 말에 이족 보행 휴머노이드인 P2 를 발표하였고 이어 P3 와 2000 년에는

ASIMO 를 발표하였다.

#### 2.1.1 P2 및 P3

세계 최초의 자율 이족 보행 휴머노이드인(그림 1)의 P2 의 기계적 사양은 1820mm x 600mm x 758mm(H x W x D)으로 전체 중량은 약 210kg 이다. 각 다리는 6 자유도, 각 팔은 7 자유도로 구성 되어 있으며 로봇 핸드는 각 2 자유도를 갖고 있다. 각 관절은 DC 서보 모터와 하모닉 드라이브를 이용하여 구동 되고 있다.

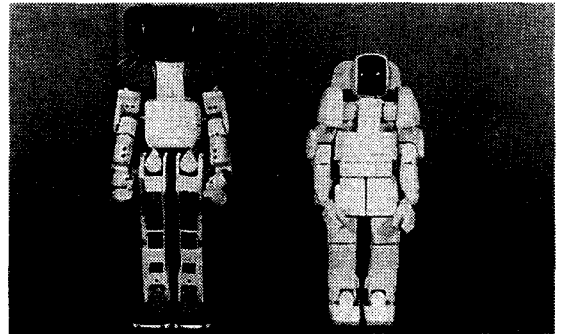


Fig. 1 휴머노이드 P2 & P3

사용된 센서로는 몸체 내에 내장된 가속도 및 각속도 센서를 이용하고 있고, 양 팔목과 발목에 6 축 힘 센서를 장착하고 있다. 또 머리에는 4 대의 카메라를 장착하고 있는데 이중 2 대는 영상처리를 위해 다른 두 대는 원격조정을 위해 사용되고 있다. 몸체에는 4 대의 Micro SPARC-II 를 내장하고 있고 실시간 운영체제인 VxWorks 를 이용하여 전체적인 제어를 수행하고 있다. 몸체는 알루미늄을 이용해 만들어졌고 20kg 의 Ni-Zn(138V/7Ah)배터리를 사용 약 15 분의 동작시간을 갖는다

P2 의 무게와 단점을 보완해서 만든 P3 의 전체적인 자유도 및 사용된 센서는 P2 와 동일하며 기계적인 사양은 1600mm x 600mm x 555mm (H x W x D)로써 중량은 약 130kg 이다. 그러나 P2 와는 달리 BLDC 모터를 구동기로 사용하였고 본체는 마그네슘 합금으로 제작되었으며 제어기 또한 중앙 집중적인 방식에서 분산처리 방식의 제어구조를 사용하여 전선 및 커넥터의 수를 줄였다. 이러한 여러 부분의 개선을 통해 P3 는 약 25 분의 동작시간을 갖는다. P2 와 P3 의 보행속도는 최대

2km/h 이다.

### 2.1.2 아시모(ASIMO)

2000 년에 발표된 현재 세계 최고 수준의 휴머노이드로 'ASIMO'는 'Advanced Step in Innovative Mobility'라는 의미를 가지고 있다. 외형적인 면에서 1200mm x 450mm x 440mm (H x W x D)의 어린이 크기를 갖고 있으며 중량은 발표 시 43kg 이었으나 현재는 약 53kg 이다. P2 및 P3 와 비교하면 다리부분의 자유도는 변함이 없으나 팔과 손 부분의 자유도를 각각 5 와 1 자유도로 설계하였으며 목 부분에 2 자유도가 추가되었다. 특히 손의 경우 5 지 다관절 링크로 구성되어 있으나 1 자유도로 구동되는 것이 특징이라 할 수 있다.

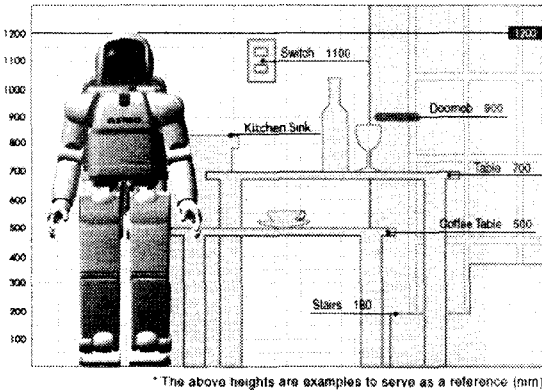


Fig. 2 휴머노이드 ASIMO

보행을 위한 센서 시스템은 변함이 없으나 i-walk(Intelligent Real-time Flexible Walking)라는 방법에 의해 0 ~ 1.6km/h 까지 가변 스텝에 의해 보행할 수 있다. 최근에 제스처 인식 및 음성 인식을 위한 시스템이 머리부분에 장착되었고 전원은 Ni-MH(38.4V/10Ah) 배터리를 장착하고 있다. 워크스테이션에서 원격조작에 의해 움직이던 P2 나 P3 와는 달리 휴대용 제어기에 의한 조작이 가능하다는 점도 특징이라 할 수 있다.

### 2.2 AIST 의 HRP-2 Promet

HRP-2 는 일본 경제산업성(METI)이 1998 년부터 5 년 계획으로 실시한 “인간 협조·공존형 로봇 시스템의 연구개발”의 Humanoid Robotics Project(HRP)의 일환으로 AIST 연구소 주도로 개발된 휴머노이

드 로봇의 최종모델이다. HRP-2 의 기계적 사양은 1539mm x 621mm x 355mm (H x W x D)이며 배터리를 포함한 중량은 약 58kg 으로 총 30 자유도 (각 다리에 6 자유도, 각 팔에 6 자유도, 각 핸드 2 자유도, 허리 2 자유도 및 목 2 자유도)를 가지고 있다. 메커니즘적인 특징은 골반부의 메커니즘이 외팔보 형태(Cantilever Type)로 되어있어 넘어짐을 방지하는 기능이 탁월하고 다리의 교차나 좁은 경로에서의 보행이 가능하다는 점과 몸체내의 고밀도 실장에 의해 Back-pack 이 불필요 하다는 점이다.

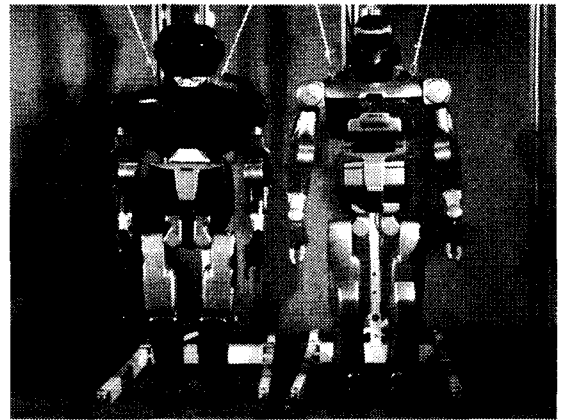


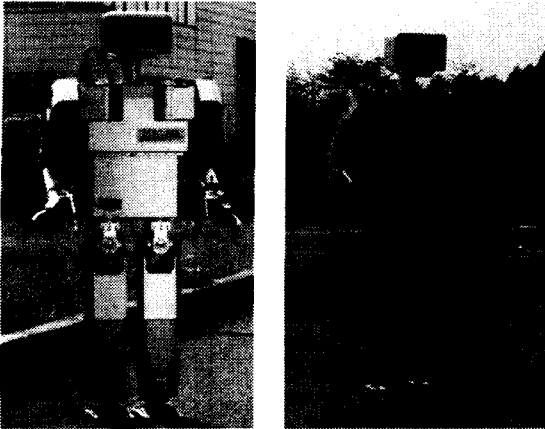
Fig. 3 HRP-2P & HRP-2 Promet

센서 시스템으로는 몸체 내에 각속도 및 가속도 센서와 손목 및 발목 부에 6 축 힘 센서 그리고 머리에 3 대의 카메라를 장착하고 있다. 각 관절은 DC 서보 모터와 하모닉 드라이버를 사용하여 구동하고 있으며 Ni-MH(48V/18Ah)를 배터리로 사용하고 있다.

### 2.3 동경대의 H6 와 H7

일본 동경대의 Inoue 교수의 실험실에서 최근에 개발된 휴머노이드로 각각의 기계적 사양을 살펴 보면 H6 는 1361mm x 598mm x 285mm (H x W x D)이며 중량은 51kg, H7 의 경우는 1470mm x 600mm x 260mm (H x W x D)이며 중량은 55kg 이다.

전체적으로 기구학적인 특징은 같지만 H7 의 경우 인간의 발가락에 해당하는 부분이 있는 것이 특징이다. H6 의 경우 전체 33 자유도를 가지며(각 다리에 6 자유도, 각 팔에 7 자유도, 각 핸드에 1



(a) H6 (b) H7

Fig. 4 H6 및 H7

자유도, 머리부분에 5 자유도), H7의 경우는 30 자유도(각 다리에 6 자유도, 각 팔에 6 자유도, 각 핸드에 1 자유도, 목 2 자유도)를 갖고 있다. 각 관절의 주요 부분은 둘 다 DC 서보 모터와 하모닉 드라이브에 의해 구동되고 전원은 Lead-acid 배터리(H6의 경우 12V/5Ah x 2, H7의 경우 12V/2Ah x 4)에 의해 공급되며 약 10~15 분 정도의 동작시간을 갖는다.

센서시스템으로는 3 차원 영상처리를 위해 눈동자 움직임(Vergence) 제어가 가능한 스테레오 카메라가 장착되어 있고 발바닥에는 ZMP(Zero Moment Point)계산을 위해 FSR(Force Sensing Resistor)센서가 이용되었다(H6의 경우 각 발에 12개, H7의 경우 각 발에 6개). 또 몸체 내에 자세 검출용 센서로 H6는 경사계와 가속도계를 H7은 각속도계와 가속도계가 내장되어 있다. 전체 제어기로는 2대의 Pentium-III 급 산업용 PC(H6는 P3-750MHz, H7은 P3-1GHz)를 사용하였고, OS는 RT-Linux를 사용하였고 외부와의 통신은 무선 LAN을 사용하고 있다.

### 2.4 TUM의 휴머노이드 Johnnie

독일의 TUM(Technical University of Munich)에서 개발한 휴머노이드 로봇으로 기계적 사양을 보면 신장 1800mm에 중량은 약 40kg이다. 총 자유도는 17로써 각 다리에 6 자유도, 각 어깨에 2 자유도를 갖고 있다. 발목 관절은 볼스크루에 의해 구동되고 그 외의 관절은 DC 서보 모터와 하모닉 드라이브에 의해 구동된다.



Fig. 5 Johnnie

센서 시스템으로는 ZMP 제어를 위해 발목에 2개의 6축 힘 센서가 장착되어 있고, 자세 제어를 위해 각속도 센서와 가속도 센서를 이용하고 있다. 전체 시스템을 제어하기 위해서 초기에는 외부 호스트 PC(Dual Pentium-III)와 CAN(Control Area Network)-bus에 의해 통신하는 6개의 Micro-Controller(Infineon C167CS)로 구성된 분산 처리 방식의 구조를 이용하였으나, 최근에는 몸체에 장착된 1대의 Micro-ATX 타입의 On-board PC(Pentium 4 2.8GHz) 시스템을 이용하여 제어를 수행하고 있고 외부 PC와는 LAN에 의한 교신을 하고 있다. 또한 실시간 제어를 위해 RT-Linux 운영체제를 채용하고 있다.

### 2.5 소니의 휴머노이드

Sony는 2000년부터 이족 보행이 가능한 소형 휴머노이드 로봇을 개발하여 왔고 그러한 결과물로서 SDR(Sony Dream Robot) 시리즈와 최근의 Qrio 등을 선보였다. 본 고에서는 SDR-4X에 대한 내용을 중심으로 소개한다.

SDR-4X의 외적인 사양을 살펴보면 약 580 x 260 x 190mm(H x W x D)이고 중량은 배터리를 포함해서 약 6.5kg이다. 각 관절은 독자적으로 개

발한 ISA(Intelligent Servo Actuator)를 사용하여 구동하고 있고 각 다리에 6 자유도, 각 팔에 5 자유도, 각 손에 5 자유도, 몸체에 2 자유도 및 목에 4 자유도로 구성되어 전체 38 자유도를 갖고 있다. CPU로는 2 개의 64-bit RISC 프로세서를 사용하고 있고 독자적으로 개발한 Aperios 라는 OS 를 사용하고 있다.



Fig. 6 SDR-4X II

각 관절을 구동하는 구동기의 성능향상과 더불어 내장된 각종 센서로부터의 정보에 의해 전신 38 개소의 관절을 제어하는 "Real-time Integrated Adaptive Control System"을 개발하여 부정지면이나 경사면에 있어서의 이족 보행뿐만이 아니라 외부로부터 힘이 가해졌을 경우의 자세유지 제어 등과 같은 보다 고도의 운동성능을 실현하였다. 또한 보폭이나 선회각도 등 상황에 따라 필요한 보행 패턴을 실시간으로 생성하여 안정하고 유연한 보행이 가능하다. 그리고 2 대의 CCD 카메라를 탑재하고 있어 바닥에 존재하는 장애물과 로봇과의 거리등을 인식해 장애물 회피경로를 자동적으로 생성해 보행할 수도 있다.

또한 영상인식 및 음성인식·합성 기술과 더불어 기억에 근거하여 대화나 행동의 제어 기술을 채용함으로써 사람과의 보다 풍부한 상호작용을 실현하고 있다. CCD 카메라로부터 입력된 얼굴의 정면 영상으로부터 얼굴을 검출하여 누구인가를 식별할 수가 있다. 그리고 머리 부분에 배치된 7 개의 마이크로폰을 사용하여 소리가 발생한 방향을 검출함과 함께 말하는 사람을 식별하는 것이 가능하다. 게다가 내장 무선 LAN 기능을 이용하여 SDR-4X 의 CPU 와 외부 컴퓨터와의 연동에 의해 연속 발화의 음성인식도 실현하고 있다.

화상인식으로 얻을 수 있던 사람이나 물건의 장소 등 정보는 단기·장기의 기억 정보로 이용되어 기억에 근거해 보다 복잡한 대화나 행동을 실현할 수가 있다. 또한 악보나 가사 정보를 입력하여 음성합성에 의해 감정이나 동작에 맞춘 가창 등의 엔터테인먼트의 향상도 꾀하고 있다.

### 3. 국내 휴머노이드 연구 동향

국내의 휴머노이드에 대한 연구는 일본에 비해 아직 미비한 수준이나 최근에 국가적인 로봇에 대한 관심이 고조되면서 학교나 기업 및 출연연구소를 중심으로 여러 곳에서 활발한 연구개발을 수행하고 있다. 본 고에서는 한국과학기술연구원(KIST)와 KAIST 에서 수행 중인 연구개발 내용을 기술한다.

#### 3.1 KIST 의 BabyBot

한국과학기술연구원(KIST) 지능로봇연구센터에서는 국가지정실험실(NRL) 사업의 연구결과를 실험하기 위한 플랫폼으로 2002 년부터 소형 휴머노이드인 BabyBot(Baby Humanoid Robot)을 개발하고 있다.

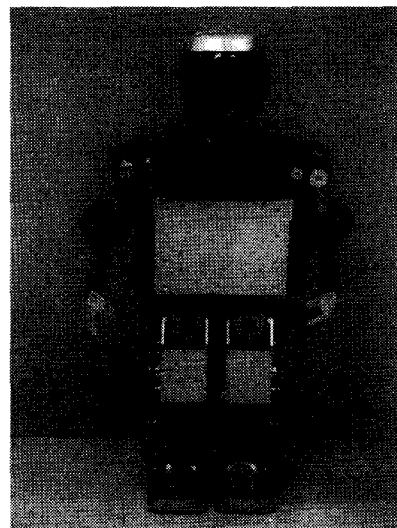


Fig. 7 BabyBot

만 1 세의 어린아이를 모방하여 설계된 BabyBot 의 기계적 사양은 신장 75cm, 중량 약

15kg 으로 각 다리에 6 자유도, 각 팔에 5 자유도, 목 부분에 2 자유도로 구성되어 전체 24 자유도를 갖고 있다. 각 관절의 구동은 상체는 DC 서보 모터와 위성기어 감속기로 구동 되고 하체는 DC 서보 모터와 하모닉 드라이브에 의해 구동 되고 있으며, 전체 시스템의 제어는 외부 PC 와 몸체 내에 5 개의 DSP 모듈로 구성되어 있으며 각각은 CAN 에 의해 통신하고 있다. 아직 정적 보행에 의해 움직이지만 간단한 음성인식 및 합성기능과 음악에 맞춰 춤을 추는 기능을 갖고 있다.

현재 동적 보행의 실현 및 간단한 영상처리와 음성처리 기능을 탑재하고 몸무게를 대폭 감소시킨(배터리 포함 10kg 이하) 2차 시작품이 개발중이다.

### 3.2 KAIST 의 KHR-2

KHR-2(KAIST Humanoid Robot -2)는 한국과학기술원(KAIST)의 기계제어실험실에서 개발 중인 휴머노이드 로봇으로 신장 120cm, 중량 56kg 의 외형을 갖는 로봇이다. 총 자유도는 41 개로 각 다리에 6 자유도, 각 팔에 6 자유도, 각 손에 5 자유도, 몸통 1 자유도, 모/머리에 6 자유도로 구성되어 있다. 각 관절은 DC 서보 모터와 하모닉 드라이브에 의해 구동되며 전원은 Ni-MH(24V/8Ah, 12V/12Ah) 배터리를 사용하고 있다. 센서 시스템으로는 몸체 내에 각속도/가속도 센서를 내장하고 있고 발목과 팔목에 각각 3 축 힘 센서가 장착되었다. 또한 머리 부분에 2 대의 CCD 카메라가 장착되어 간단한 물체 추적 기능을 수행할 수 있다.

제어시스템은 주 제어기로는 싱글 보드 컴퓨터(Single Board Computer)를 사용하였으며 관절 모터 제어기와 센서 모듈 등을 포함한 총 19 개의 하위 제어기와와의 통신은 CAN 방식에 의해 이루어지고 있다.

## 4. 네트워크 기반 휴머노이드

이상에서 소개된 국내의 휴머노이드 및 그 연구동향을 살펴보면 휴머노이드를 인간에 친숙하게 활용하기 위한 지능기술 및 서비스 기술 개발을 위한 노력보다는 두 발로 잘 걸어가는 플랫폼의 개발에 대부분의 연구역량이 집중되고 있다. 두 발로 안정적으로 걷는 능력이 휴머노이드의 핵심기술 임에 틀림없기 때문이다.



Fig. 8 KHR-2

그러나, 현존하는 최고의 휴머노이드로 평가되는 혼다의 아시모도 잘 준비된 환경에서의 보행만을 시연하여 보여주고 있어 이족 보행에 대한 많은 연구가 필요함을 알 수 있다. 또한, 현재의 배터리 기술의 한계로 인해 24 자유도 이상으로 구성되는 휴머노이드 동작시간이 30 분 이내인 바지능 및 서비스 제공을 위한 컴퓨터 시스템을 내장하는 경우 동작시간이 더욱 단축될 것이다.

이를 극복하기 위해 정보통신부의 '네트워크 기반 휴머노이드' 사업에서는 생활환경 속에 구축될 유비쿼터스 네트워크 인프라와 네트워크에 접속된 컴퓨터들을 활용하여 지능 및 서비스 기술들을 제공할 수 있는 휴머노이드 기술 개발을 시작하였다. 구체적으로는, 사람과 같은 유연한 동작을 휴머노이드에 구현하기 위해 인간의 동작에 대한 특성을 분석하고 이를 로봇에 적용하기 위한 '휴먼 모델링 기술', 인터넷을 통해 누구나 접속하여 자신이 개발한 휴머노이드 모델 및 보행 알고리즘을 입력하여 실험할 수 있는 '인터넷 기반 가상 휴머노이드 기술', 네트워크를 통해 환경에 적응할 수 있는 보행 패턴 및 정보를 받아 안정적으로 보행할 수 있는 '네트워크 기반 동적보행 기술', 유비쿼터스 네트워크 기반의 분산처리를 통해 휴

머노이드에 지능을 제공하고 사용자의 요구에 따라 필요한 서비스를 제공하는 ‘네트워크 기반 요소 서비스 기술’, 휴머노이드 내부는 물론 외부의 네트워크 인프라를 사용하기 위한 ‘유무선 네트워크 기반 분산제어 및 시스템 통합 기술’ 등을 개발하기 위해 주관기관인 한국과학기술연구원(KIST)을 중심으로 16 개의 연구팀이 모여 제 1 단계 4 년간의 사업이 2004 년 4 월부터 시작, 추진되고 있다.

네트워크 기반의 기술개발 방식을 통해 기존 일본을 포함한 해외에서 진행하던 휴머노이드 기술 개발과는 차별화 된 방향을 설정함으로써 새로운 패러다임의 제시가 가능하게 되었고 특히, 일상 생활에서의 서비스 제공을 위한 가능성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. 결 론

이상에서 국내외 휴머노이드 연구동향과 정보 통신부에서 추진중인 ‘네트워크 기반 휴머노이드’의 기본 개념을 소개하였다. 기존의 이족보행 중심의 연구방향에서 탈피하여 휴머노이드에 지능과 서비스 능력을 제공할 수 있는 ‘네트워크 기반 휴머노이드’ 개념의 제시를 통해 새로운 연구결과를 기대해 본다.

특히, 다양한 서비스 로봇들과 함께 사람들과 동일한 생활공간에서 생활하면서 서비스를 유연하게 제공할 수 있는 휴머노이드의 출현을 기대해 본다.