

네트워크 기반 휴머노이드

상상 속 로봇세상이 현실로

‘도우미 로봇’ 대중화

글_유범재 KIST 지능로봇연구센터 센터장 ybj@kist.re.kr · 오상록 정보통신연구진흥원 지능형서비스로봇 PM sroh@iita.re.kr

공장에서 인간을 대신해서 반복 작업이나 힘든 작업을 대신해 주던 기존 산업용 로봇 시장의 성장이 포화상태에 이르게 됨에 따라 시장 중심의 새로운 개념에 기초하여 다수의 대중들이 일상생활 속에서 손쉽게 활용할 수 있도록

로봇을 하나의 가전기기 혹은 개인용 상품으로 개발하기 위한 노력이 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 그러나 대부분의 기존 로봇들은 다양한 기능들과 서비스 콘텐츠를 모두 한 대의 로봇에 탑재한 형태로 개발되어 가격이 비싼 편이다. 또한, 특화된 기능만을 가지고 있고 매력적인 킬러 어플리케이션이 제시되지 못해 소비자가 선택 구매하기 어려워 시장 개척에 어려움을 겪고 있다.

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 ‘유비쿼터스 로봇’ 혹은 ‘네트워크 기반 로봇’의 개념이 정보통신부의 ‘지능형 서비스 로봇’ 사업을 통해 제시되었다. 이동통신 및 인터넷의 보급과 함께 유무선 통신기술의 급속한 발달로 네트워크 인프라가 급속하게 확산되면서 ‘네트워크 기반 로봇’의 개념이 설득력을 얻고 있으며, 이와 더불어 네트워크 기능을 활용하여 외형적으로는 로봇의 모습을 갖추지 않고 있으나, 지능을 갖추고 환경 속에 내장되어 사람들에게 다양한 정보와 서비스를 제공할 수 있는 새로운 형태의 내장형 ‘유비쿼터스 로봇’ 및 ‘로봇 에이전트’와 같은 지능형 서비스 로봇에 대한 관심도 증가하고 있다.



네트워크 기반 휴머노이드 '미루'

네트워크로 외부 서버 연결, 다양한 콘텐츠 서비스

이러한 네트워크 기반 로봇은, 로봇 내부에 구동 모듈, 센서 모듈 및 네트워크 모듈만을 탑재하고 센서를 통해 입력된 데이터들을 무선 네트워크를 통해 외부의 컴퓨터 시스템으로 보내, 외부의 컴퓨터 시스템에서 신호 처리, 인식, 추론 및 판단 과정을 거쳐 최종적으로 로봇이 행동할 방법을 결정하여 운동 명령을 로봇에게 무선 네트워크를 통해 다시 전송하는 구조로 되어있다. 그에 따라, 로봇 내부의 컴퓨터 시스템을 대폭 줄일 수 있어 시스템의 가격을 낮추고 운전 시간을 늘릴 수 있으며 동시에, 다양한 응용 서비스 콘텐츠와 핵심 알고리즘을 외부의 컴퓨터 시스템에 탑재하고 있어 로봇의 성능 향상 및 응용 분야의 변경이 쉬워 로봇의 산업화를 위해 새로운 가능성이 열렸다.



Johnnie

특히, 2015년 이후 상용화가 예상되는 인간을 모방한 휴머노이드의 경우 기술 발전에 대한 상징성이 매우 크고 현재 사람들이 생활하고 있는 생활공간에 직접 투입하여 활용할 수 있으며, 인간과 동일한 외형을 갖추고 있어 인간 친화적인 서비스를 제공할 수 있다는 측면에서 개발을 위한 노력이 전세계적으로 지속되고 있다. ‘아시모(일본 혼다)’와 ‘큐리오(일본 소니)’, ‘조니(독일 TUM)’, ‘베이비봇(한국 KIST)’과 ‘휴보(한국 KAIST)’ 등 다수의 모델들이 개발되었으나, 대부분 보다 안정적인 2족 보행을 위한 연구에 치중하고 있다.

그러나 휴머노이드는 배터리 용량의 한계, 내부 공간의 한계 등으로 인공지능 및 서비스 수행을 위한 컴퓨터 시스템 및 다양한 콘텐츠를 로봇 자체에 내장할 수 없는 한계를 가지고 있다. 그에 따라, 대부분의 연산을 외부의 서버 시스템에서 수행하고 그 운동 명령만을 전송받아 사용하는 ‘네트워크 기반 로봇’의 개념을 적용할 수 있는 대표적인 로봇이라 할 수 있다.

‘베이비봇’ ‘휴보’ 등 국내 휴머노이드 연구 활발

국내의 휴머노이드에 대한 연구는 일본에 비해 아직 미미한 수준이나 최근에 로봇에 대한 관심이 고조되면서 학교나 기업 및 출연 연구소를 중심으로 여러 곳에서 활발한 연구개발을 수행하고 있다.

한국과학기술연구원 지능로봇연구센터에서는 국가지정실험실 사업의 연구결과를 실험하기 위한 플랫폼으로 지난 2003년 소형 휴머노이드인 베이비봇을 개발, 발표하였다. 만1세의 어린아이를 모방하여 설계된 베이비봇의 기계적 사양은 신장 75cm, 중량 약 15kg으로 각 다리에 6자유도, 각 팔에 5자유도, 목 부분에 2자유도로 구성되어 전체 24자유도를 갖고 있다. 각 관절의 구동은 상체는 DC 서보 모터와 워싱기어 감속기로 구동되고, 하체는 DC 서보 모터와 하모닉 드라이브에 의해 구동되고 있으며, 전체 시스템의 제어는 외부 PC와 몸체내에 5개의 DSP 모듈로 구성되어 있다. 각각의 하드웨어 모듈들은 CAN(Controller Area Network)에 의해 통신하고 있다. 아직 정적 보행에 의해 움직이지만 간단한 음성인식 및 합성기능과 음악에 맞춰 춤을 추는 기능을 갖고 있다. 최근에는 동적 보행이 가능하고 영상처리와 음성처리 기능을 탑재한 몸무게를 10kg 이하로 대폭 감소시킨 2차 시작품 베이비봇-R까지 개발되었다.

휴보는 한국과학기술원의 기계제어실험실에서 개발된 휴머노이드로 신장 125cm, 중량 55kg의 외형에 최고 1.2km/h로 주행하는 로봇이다. 전후좌우 보행 및 좌우 회전 보행이 가능하고 유연한 손동작을 할 수 있다. 총자유도는 41개로 각 다리에 6자유도, 각 팔에 6자유도, 각 손에 5자유도, 몸통 1자유도, 모/머리에 6자유도로 구성되어 있다. 각 관절은 DC 서보 모터와 하모닉 드라이버에 의해 구동되며 전원은 Ni-MH(24V/8Ah,

12V/12Ah) 배터리를 사용하고 있다. 센서 시스템으로는 몸체내에 각속도/가속도 센서를 내장하고 있고, 발목과 팔목에 각각 3축 힘 센서가 장착되었다. 또한 머리 부분에 2대의 CCD 카메라가 장착되어 빨간 색의 불이 켜진 물체를 얼굴을 돌려 추적할 수 있는 기능을 수행할 수 있다. 제어 시스템은 주 제어기로는 산업용 PC를 사용하였으며, 관절 모터 제어기와 센서 모듈 등을 포함한 총 19개의 하위 제어기와 통신은 CAN 방식에 의해 이루어지고 있다.

국내·외 휴머노이드 연구는 두 발로 안정적인 보행 능력을 구현하기 위한 연구와 다양한 동작을 구현하기 위한 연구 분야에 연구역량이 집중되고 있다. 혼다의 아시모는 모든 공간정보가 알려진 잘 준비된 환경에서의 보행을 시연하여 보여주고 있으나 전방향 보행 및 달리기가 가능하고, AIST의 HRP2 역시 알려진 공간에서의 다양한 동작에 대한 연구들을 중점적으로 진행하고 있다. 국내의 베이비봇과 휴보 역시 기본 동작인 2족 보행의 안정화를 위한 연구에 많은 노력을 기울이고 있다.

인공지능로봇 아이보 - 일본 소니사가 개발한 지능형 애완용 로봇 강아지



연함모토



반면, 인간에게 휴머노이드가 다양한 서비스를 제공하기 위해서는 미리 알려지지 않은 보다 일반적인 환경에서의 2족

보행에 대한 연구와 함께 인간 친화적인 서비스를 제공하기 위한 지능 및 서비스 기술 개발을 위한 연구가 필수적이다. 이를 위해 정보통신부와 KIST에서는 생활환경 속에 구축될 유비쿼터스 네트워크 인프라와 네트워크에 접속된 컴퓨터들을 활용하여 지능 및 서비스 기술들을 제공할 수 있는 '네트워크 기반 휴머노이드' 개념을 제시하였다. '네트워크 기반 휴머노이드' 사업에서는 기존의 휴머노이드와는 달리 '지능을 갖춘 똑똑하고 친숙한 휴머노이드'와 '네트워크를 활용하여 서비스를 제공할 수 있는 휴머노이드'의 개발을 목표로 설정하고 기술 개발을 추진하고 있다.

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 제어 알고리즘을 입력하여 실험할 수 있는 '인터넷 기반 동력학 시뮬레이터 기술', 네트워크를 통해 환경에 적응할 수 있는 보행 패턴 및 정보를 받아 안정적으로 보행할 수 있는 '네트워크 기반 자율보행 기술', 유비쿼터스 네트워크 기반의 분산처리를 통해 휴머노이드에 지능을 제공하고 사용

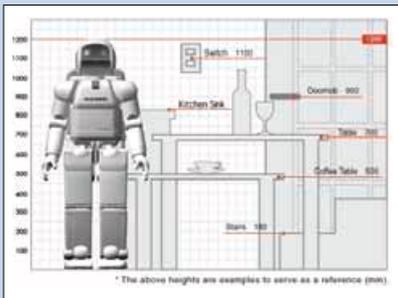
해외의 휴머노이드

현재 휴머노이드 연구에 있어서 선도적인 위치를 점하고 있는 나라는 일본이다. 혼다를 비롯한 소니, 후지쓰, 도요타 등의 기업, AIST, 도쿄대, 와세다대 등의 연구소 및 대학에 이르기까지 폭 넓은 휴머노이드 연구가 활발히 진행되고 있다. 일본 혼다의 휴머노이드 P2, P3 및 아시모와 AIST의 HRP-2, 도쿄대의 H5와 H6, 독일 TUM에서 개발한 조니 등이 대표적이다.

혼다의 ASIMO

일본의 혼다는 1986년부터 2족 보행이 가능한 휴머노이드 개발에 착수하여 1996년말에 2족 보행 휴머노이드인 P2를 발표하였고 이어 P3와 2000년에는 아시모를 발표하였다. 휴머노이드 P2는 세계 최초의 자율 2족 보행 휴머노이드로 기계적

사양은 1820mm×600mm×758mm(H×W×D)이고 전체 중량은 약 210kg이다. 각 다리는 6자유도, 각 팔은 7자유도로 구성되어 있으며



로봇 핸드는 각 2자유도를 갖고 있다. 각 관절은 DC 서보 모터와 하모닉 드라이브를 이용하여 움직인다.

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

P2의 몸무게를 줄이고 단점을 보완해서 만든 P3의 경우 전체적인 자유도 및 사용된 센서는 P2와 동일하지만 기계적인 사양은 1600mm×600mm×555mm(H×W×D)의 크기에 약 130kg으로 신장과 몸무게가 많이 감소하였다. P2와는 달리 BLDC 모터를 구동기로 사용하였고, 본체는 마그네슘 합금으로 제작되었으며, 제어기 또한 중앙 집중적인 방식에서 분산처리 방식의 제어구조를 사용하여 전선 및 커넥터의 수를 줄였다. 이렇게 여러 부분을 개선한 P3는 약 25분의 동작시간을 갖는다. P2와 P3의 보행속도는 최대 2km/h이다.

그 후 2000년에 발표된 'ASIMO(Advanced Step in Innovative Mobility)'는 세계 최고 수준의 휴머노이드이다.

자의 요구에 따라 필요한 서비스를 제공하는 '네트워크 기반 요소서비스 및 시스템 통합 기술', 휴머노이드 내부는 물론 외부의 네트워크 인프라를 사용하기 위한 '유무선 네트워크 기반 분산제어 및 시스템 통합 기술' 등을 개발하기 위해 한국과학기술연구원을 중심으로 16개의 연구팀이 모여 제1단계 4년간의 사업이 2004년 2월부터 시작되어 2005년 1월 현재 1차 시작품이 개발되었다.

로봇 기술과 네트워크 기술의 절묘한 융합

마루는 신장 150cm, 몸무게 67kg, 최대 보행 속도 0.9km/h의 운동 특성을 갖고 있으며, 전후좌우 보행, 좌우 회전 보행 및 대각선 보행이 가능하고, 외부에 무선 네트워크로 연결된 6대의 컴퓨터 시스템에 의해 동작된다. 전원으로는 핸드폰에서 널리 사용되고 있는 리튬 폴리머 배터리가 사용되어 충전 후 1시간 사용할 수 있다. 휴머노이드에 장착된 스테레오 카메라와 마이크를 통해 입력되는 영상과 음성 정보를 실시간으로 무선 네트워크를 통해 외부로 전송하여 외부의 컴퓨터 시스템에 의해 처리하고 그 결과에 따라

판단하여 자율적으로 로봇이 행동할 방식을 다시 로봇에게 전송해 주는 네트워크 기반 시스템 구조를 갖추고 있다.

외부의 컴퓨터 시스템은 각자 영상 및 음성 데이터 전송 서버, 음성 인식, 얼굴 인식, 물체 인식, 동작(제스처) 인식, 최종적인 운동 명령을 내리는 중앙 제어 기능 등을 분담하여 담당한다. 중앙 제어 컴퓨터가 네트워크로 연결된 다수의 컴퓨터로부터 처리된 결과를 받아 로봇의 운동 명령을 최종적으로 결정한다.

이와 같이 로봇 기술에 네트워크 기술을 융합함으로써 휴머노이드에 지능과 서

외형적인 면에서 1200mm×450mm×440mm(H×W×D)의 어린이 크기이며 중량은 발표시 43kg이었으나 현재는 약 53kg이다. P2 및 P3와 비교하면 다리 부분의 자유도는 변함이 없으나 팔과 손 부분의 자유도를 각각 5와 1자유도로 설계하였으며 목 부분에 2자유도가 추가되었다. 특히 손의 경우 5지 다관절 링크로 구성되어 있으나, 1자유도로 구동 되는 것이 특징이다.

보행을 위한 센서 시스템은 변함이 없으나 i-walk(Intelligent Real-time Flexible Walking)라는 방법에 의해 0~3.0km/h까지 가변 스텝에 의한 보행 및 달리기 가 가능하다. 최근에 제스처 인식 및 음성 인식을 위한 시각 및 음성 시스템이 머리 부분에 장착되었고, 전원은 Ni-MH(38.4V/10Ah) 배터리를 장착하고 있다. 워크스테이션에서 원격조작으로 움직이던 P2나 P3와는 달리 휴대용 제어기에 의한 조작이 가능하다는 점도 특징이라 할 수 있다.

AIST의 HRP-2 Promet

HRP-2는 일본 경제산업성(METI)이 1998년부터 5년 계획으로 실시한 '인간 협조-공존형 로봇 시스템의 연구 개발' 사업의 휴머노이드 로봇 프로젝트의 일환으로 AIST 연구소 주도 하에 개발된 휴머노이드의 최종 모델이다. HRP-2의 기계적 사양은 1539mm×621mm×355mm(H×W×D)이며 배터리를 포함



한 중량은 약 58kg으로 각 다리에 6자유도, 각 팔에 6자유도, 각 핸드 2자유도, 허리 2자유도 및 목 2자유도 등 총 30자유도를 가지

고 있다. 기구적인 특징은 골반부의 메커니즘이 외팔보 형태로 되어있어 넘어짐을 방지하는 기능이 탁월하고 다리의 교차나 좁은 경로에서의 보행이 가능하다는 점과 몸체내의 고밀도 실장에 의해 등짐이 불필요하다는 점이다.

센서 시스템으로는 몸체내에 각속도 및 가속도 센서와 손목 및 발목 부에 6축 힘 센서 그리고 머리에 3대의 카메라를 장착하고 있다. 각 관절은 DC 서보 모터와 하모닉 드라이버를 사용하여 구동하고 있으며 Ni-MH(48V/18Ah)를 배터리로 사용하고 있다. 보행 알고리즘은 최근에는 사람이 들어가기 어려운 지역이나 험로를 통해 이동할 수 있도록 엮드려서 무릎으로 이동하기 혹은 옆으로 걸어가기, 허리 높이의 파이프를 피해서 이동하기 등과 같은 다양한 동작을 구축하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.



HUBO

비스 기능을 네트워크를 통해 제공할 수 있는 구조를 개발하여 다양한 핵심 소프트웨어의 개발을 통해 로봇의 부가가치를 더욱 발전시킬 수 있는 기초를 마련하였다. 이는 향후 다수의 기업들이 참여하여 하드웨어만이 아니라 소프트웨어 개발에 참여할 수 있는 가능성을 제시함으로써 산업화를 위한 긍정적인 접근 방식이다. 그런 측면에서, 기존의 장난감, 홈 네트워크에 의한 가전기기 제어, 텔레오퍼레이션 시스템에서 사용되던 무선 통신으로부터의 입력에 따라 정해진 방식으로 움직이는 시스템과는 확연히 구분된다.

네트워크 기반의 서비스 기술 개발 방식을 통해 기존 일본, 미국 및 유럽 등 해외에서 진행하던 휴머노이드 기술 개발과는 차별화된 방향을 설정함으로써 새로운 패러다임의 제시가 가능하게 되었고, 특히 일상생활에서의 서비스 제공을 위한 가능성을 높일 수 있게 되었다. 또한, 산업자원부 및 과학기술부와의 협력을 통해 과제가 진행됨으로써 범부처적인 사업으로 자리매김하여 보다 발전적인 연구가 진행될 수 있을 것으로 예상된다.

도쿄의 H6와 H7



일본 도쿄대의 이노우에 교수의 실험실에서 최근에 개발된 H6와 H7의 각각의 기계적 사양을 살펴보면 H6는 1361mm×598mm×285

mm(H×W×D)이며 중량은 51kg, H7의 경우는 1470mm×600mm×260mm(H×W×D)이며 중량은 55kg이다. 전체적으로 기구학적인 특징은 같지만 H7의 경우 인간의 발가락에 해당하는 부분이 있는 것이 특징이다. H6의 경우 전체 33자유도를 가지며(각 다리에 6자유도, 각 팔에 7자유도, 각 핸드에 1자유도, 머리부분에 5자유도), H7의 경우는 30자유도(각 다리에 6자유도, 각 팔에 6자유도, 각 핸드에 1자유도, 목 2자유도)를 갖고 있다. 각 관절의 주요 부분은 둘 다 DC 서보 모터와 하모닉 드라이브에 의해 구동되고 전원은 Lead-acid 배터리(H6의 경우 12V/5Ah×2, H7의 경우 12V/2Ah×4)에 의해 공급되며 약 10~15분 정도의 동작 시간을 갖는다.

센서시스템으로는 인간의 눈을 모방하여 눈동자 움직임 제어가 가능한 스테레오 카메라가 장착되어 있고 발바닥에는

ZMP계산을 위해 FSR(Force Sensing Resister)센서가 이용되었다. H6의 경우 각 발에 12개, H7의 경우 각 발에 6개의 FSR 센서가 사용되었다. 자세 측정을 위한 센서로 H6는 경사계와 가속도계를, H7은 각속도계와 가속도계가 내장되어 있다. 전체 제어기로는 2대의 펜티엄-III급 산업용 PC(H6는 P3-750MHz, H7은 P3-1GHz)를 사용하였고, OS는 RT-리눅스를 사용하였으며, 외부와의 통신은 무선LAN을 사용하고 있다.

TUM의 Johnnie

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

센서 시스템으로는 ZMP 제어를 위해 발목에 2개의 6축 힘센서가 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 마이크로 컨트롤러(Infineon C167CS)로 구성된 분산 처리 방식의 구조를 이용

기존의 2족 보행 중심의 연구방향에서 탈피하여 네트워크를 활용하여 휴머노이드에 지능과 서비스 능력을 제공할 수 있는 '네트워크 기반 휴머노이드' 개념은 그간 2족 보행에 만족했던 휴머노이드의 연구에 새로운 계기를 마련한 것으로 평가된다. 또한, 다양한 서비스 및 지능 실현을 위한 콘텐츠를 네트워크를 통해 실시간으로 공급 받음으로써 동일한 플랫폼을 활용하여 여러 가지 기능 및 응용 서비스를 실현할 수 있을 뿐 아니라, 로봇 내부의 컴퓨터 시스템을 대폭 감소시킬 수 있어 시스템의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 기반이 마련되었다.

이러한 네트워크 기반 휴머노이드는 단시간에 상품화 혹은 상용화되기에는 아직 어려움이 있지만 우선 홍보 도우미 및 이벤트 도우미 역할부터 시작하여 고궁, 유적지, 박물관, 전시장, 공공기관 등에서의 영접 및 안내 서비스, 위험지역의 유지, 보수 및 모니터링, 가정 및 공공장소에서의 서비스 로봇, 엔터테인먼트 산업을 위한 도우미, 장애인 및 노약자 도우미 등 폭넓은 분야에서의 응용이 가능할 것으로 예상된다. 하루 빨리 다

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



글쓴이 유범재는 서울대학교 제어계측공학과를 졸업 후, KAIST 전기 및 전자공학에서 석사 및 박사학위를 받았다. (주)터보테크 기술연구소 연구실장을 지냈다.



글쓴이 오상록은 서울대학교 전자공학과를 졸업 후, KAIST 전기 및 전자공학에서 석사 및 박사학위를 받았다. 미국 IBM 왓슨 연구소 방문연구원을 지냈으며, KIST 지능로봇연구센터 책임연구원으로 재직중이다.

하였으나, 최근에는 몸체에 장착된 1대의 마이크로-ATX 타입의 온-보드 PC(Pentium 4 2.8GHz) 시스템을 이용하여 제어를 수행하고 있고 외부 PC와는 LAN에 의한 교신을 하고 있다. 또한 실시간 제어를 위해 RT-리눅스 운영체제를 이용하고 있다.

소니의 QRIO



일본 소니는 2000년부터 2족 보행이 가능한 소형 휴머노이드를 개발해 SDR(Sony Dream Robot) 시리즈와 최근의 QRIO 등을 선보였다. QRIO의 외적인 사양을 살펴보면 약 580mm×260mm×190mm(H×W×D)이고 중량은 배터리를 포함해 약 6.5kg이다. 각 관절은 독자

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

각 관절을 구동하는 구동기의 성능향상과 더불어 내장된 각

종 센서로전신 38개소의 관절을 제어하는 '실시간통합 적응통제 시스템'을 개발하여 부정지면이나 경사면에 있어서의 2족 보행뿐만 아니라 외부로부터 힘이 가해졌을 경우의 자세유지 제어 등과 같은 보다 고도의 운동 성능을 실현하였다. 보폭이나 선회각도 등 상황에 따라 필요한 보행 패턴을 실시간으로 생성하여 안정되고 유연한 보행이 가능하다. 달리기와 톨러 스케이트 타기도 가능하다. 그리고 2대의 CCD 카메라를 탑재하고 있어 바닥에 존재하는 장애물과 로봇과의 거리 등을 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 7개의 마이크로폰을 사용하여 소리가 발생한 방향을 검출함과 함께 말하는 사람을 식별하는 것이 가능하다. 게다가 내장 무선 LAN기능을 이용하여 QRIO의 CPU와 외부 컴퓨터와의 연동에 의해 연속 발화의 음성인식도 하고 있다. 화상인식으로 얻을 수 있던 사람이나 물건의 장소 등 정보는 단기·장기의 기억 정보로 이용되어 복잡한 대화나 행동을 실현할 수가 있다. 또한 악보나 가사 정보를 입력하여 음성합성에 의해 감정이나 동작에 맞춘 가창 등의 엔터테인먼트 기능의 향상도 꾀하고 있다.