

# 지능로봇 냉각 기술

김 서 영 · 한국과학기술연구원 열유동제어연구센터, 책임연구원  
 지 배 호 · 한국과학기술원 기계공학과 대학원, 박사과정

e-mail : seoykim@kist.re.kr  
 e-mail : tensor@kaist.ac.kr

이 글에서는 지능로봇의 발전과 더불어 대두되고 있는 열 신뢰성 문제에 대하여 소개하고, 현재 지능로봇에서의 냉각기술 개발 현황에 대해 살펴보고자 한다.

1960년대 초에 최초의 산업용 로봇이 출시된 이후에 로봇 시장은 자동차와 전자산업 등 노동집약적 산업의 발달을 배경으로 하여 급속도로 성장하였다. 최근에 들어와서 가사노동이나 기타 생활지원에 대한 사회적 요구가 확대되고 고령화 사회로의 진전이 이루어지면서, 기존의 고정된 환경에서 단순 반복 작업을 주로 하는 산업용 로봇에서 탈피하여 변화하는 환경에 능동적으로 대처

하며 인간과 밀착된 서비스를 제공하는 서비스 로봇의 형태로 발전되어 가고 있다. 특히, 반도체와 컴퓨터 및 통신 기술의 획기적인 발전과 더불어 로봇 분야는 정보통신기술을 기반으로 한 '지능로봇'이라는 신규 로봇 시장을 형성해 가고 있다. '지능로봇'은 환경의 인식, 정보의 획득, 지능적 판단, 자율적인 행동 등의 인

공지능 기술을 이용하여 인간을 지원하고, 어려운 상황에서 인간을 대신하거나 특수한 작업을 수행하는 기계, 전자, 정보, 생체공학의 복합체로 정의 할 수 있다. 이러한 지능로봇은 IFR(International Federation of Robotics)에서 표 1과 같이 분류하고 있다.

표 1 지능로봇의 분류(IFR)

구분	대분류	중분류	종류
지능로봇	서비스 로봇	개인용 로봇	애완용 로봇, 청소로봇, 경비로봇, 교사로봇 등
	전문가용 로봇	공공서비스용 로봇	의료로봇, 안내로봇 등
		극한 작업용 로봇	재난구조로봇, 원전로봇 등
	산업용(제조용) 로봇		용접로봇, 핸들링 로봇, 도장로봇 등

## 지능로봇 시장 예측 및 산업 발전 전망

지능로봇 시장은 향후 성장 가능성 측면에서 막대한 잠재력이

기대되는 분야이다. 로봇산업이 가장 발달한 일본 총무성 자료에 의하면 2000년에 약 6,600억 엔에 달했던 지능로봇 시장이 2010년에는 약 3조 엔, 2025년

에는 약 8조 엔으로까지 성장할 것으로 전망하고 있다(그림 1). 특히, 2025년 약 8조 엔으로 성장할 지능로봇 시장 중 가장 큰 비중을 차지할 것으로 예측한 분야가 생활분야로, 일상생활에서 인간을 지원해주는 로봇이 향후 본격적인 신규 로봇 시장으로 가장 크게 성장할 것으로 예측하고 있다. 즉, 21세기 인간생활 패턴 변화에 로봇은 매우 중요한 역할을 할 것으로 예측된다.

아울러, 지능로봇에 네트워크가 부가될 경우 시장 규모는 약 6배 규모인 19.8조 엔으로 확대될 것으로 전망되고 있다. 일본로봇공업회 자료에 따르면, 로봇 판매의

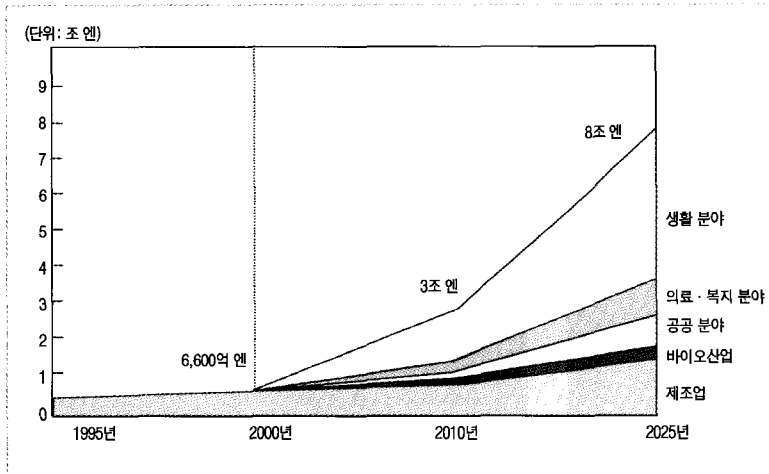


그림 1 지능로봇 시장 전망(일본로봇공업회; 일본 총무성)



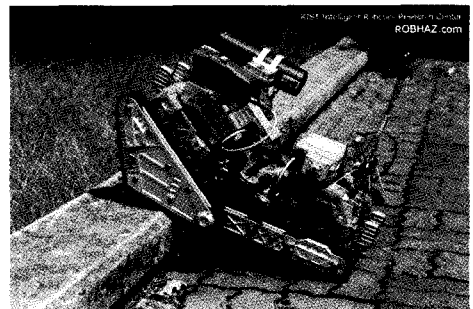
RL800 (Friendly Robotics)



AIBO (Sony)



Roomba (iRobot)



ROBHAZ (Yujin Robotics and KIST)

그림 2 상용화된 지능로봇

시장 규모는 약 3.5조 엔에 이를 것으로 예상되고, 여기에 네트워크가 활용되어 신규 시장을 창출하게 됨으로써 시장 규모는 5.7배나 확대된 약 19.8조 엔의 시장이 될 것으로 예상하고 있다.

사회 선진화 및 고령화 시대를 맞이하여 병자간호, 장애자 보조, 진료, 수술, 원격진료 등을 지원하는 인간 공존형 로봇의 출현이 필연적이며 21세기 인간고립화에 대응하여 오락용, 애완용 로봇 등은 이미 출시되고 있다(그림 2). 또한, 기존 로봇산업은 거의 산업용 로봇에 한정되어 있었지만, 앞으로는 개인용 로봇의 시장 규모가 급격히 증가될 것이며 건설, 의료, 농업, 재해구조, 해양, 우주 등 비제조업분야 및 NT기술과

결합한 마이크로 로봇 등 새로운 로봇 시장으로 각광받을 것으로 전망된다.

### 지능로봇에서의 냉각의 필요성

인간과 같이 생활하는 인간 공존형 지능로봇

은 그 목적으로 인해 산업용 로봇과 달리 크기, 무게, 형상 등에 큰 제약이 따른다. 더구나 인간과 가장 가까운 곳에서 작동해야 하는 특성에 의해 다양한 환경에서 안정적 작동신뢰성이 요구되고

이를 위해서는 고집적, 고발열칩의 효과적인 방열냉각을 통한 열 신뢰성 확보가 필수적이다. 그림 3과 같이 전자기기의 신뢰성은 방열기술에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있다. 지능로봇은 신호처리

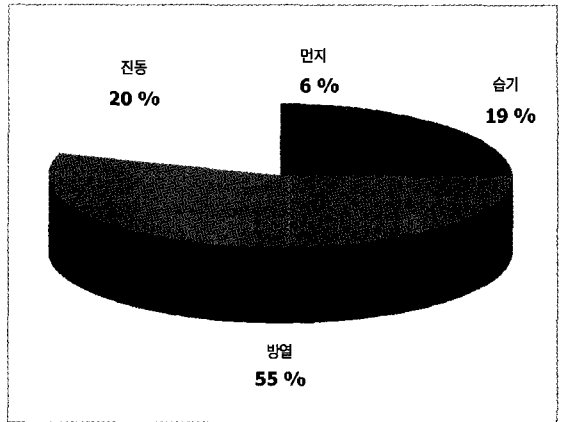


그림 3 전자기기 주요 고장 원인(U.S Air Force Avionics Integrity Program notes, 1989)

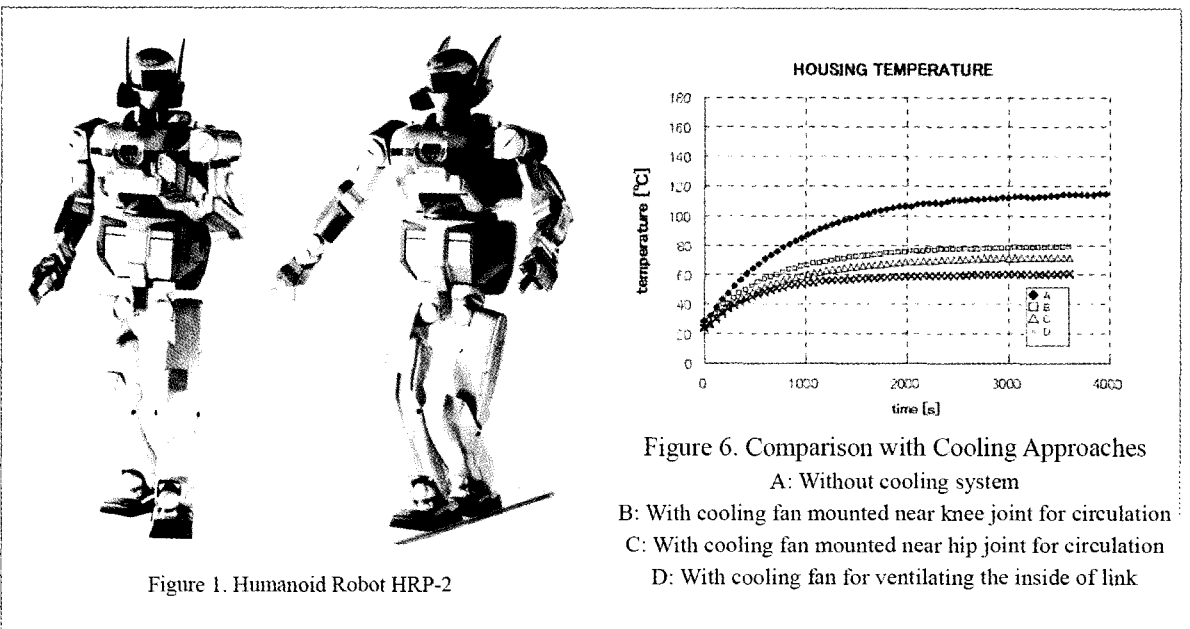


Figure 1. Humanoid Robot HRP-2

Figure 6. Comparison with Cooling Approaches  
 A: Without cooling system  
 B: With cooling fan mounted near knee joint for circulation  
 C: With cooling fan mounted near hip joint for circulation  
 D: With cooling fan for ventilating the inside of link

그림 4 휴머노이드 로봇 및 로봇 냉각(Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation)

를 위한 전자회로와 구동용 모터 등 주요 발열원이 로봇 전체에 걸쳐 산재되어 있으며 지능로봇 외부 하우징에 의해 외기와 열적으로 단절되어 있어 장시간 구동 시 지속적인 작동온도 상승으로 신뢰성 보장이 어려운 실정이다.

일본에서 개발된 HRP-2 로봇의 경우 그림 4에서 알 수 있듯이 아무런 냉각장치가 장착되지 않은 경우에는 작동 후 1시간 이내에 하우징 온도가 약 120°C에 달한다. 그러나 적절한 벤트설계와 강제대류 팬이 장착된 경우에는 하우징의 온도가 60°C 정도로 안정되게 유지되고 있어 방열냉각장치의 설계와 장착이 로봇설계에서 매우 중요함을 알 수 있다.

일반적인 전자기기의 경우 발열부 각 부위에 방열판, 팬을 부착하는 방법 등을 이용하여 발열 문제에 대응하고 있으나 지능로봇의 경우 장착 공간이 매우 협소하고 중량에 큰 제한을 받으므로 기존의 단순한 방열냉각 방식

의 적용이 어렵다. 그러므로 지능로봇의 열 신뢰성 확보를 위해 중량 및 부피증가를 최소화하면서 다중 발열원을 동시에 해결할 수 있는 새로운 냉각기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.

### 지능로봇에서의 냉각 기술 적용 예

현재 개발되고 있는 지능로봇의 냉각 기술은 크게 수랭방식과 공랭방식으로 나눌 수 있다. 그림 5에서와 같이 로봇의 손가락 부위 등 매우 협소한 공간에 고 발열원(모터 및 구동회로)이 존재하는 경우에는 히트파이프 등 열확산체를 결합한 수냉각 방식을 사용하고 있다. 수냉방식은 소형 펌프를 이용하여 물 또는 FC계열 냉매를 순환시켜 고발열원의 열을 흡수하고 이송하여 로봇의 하체 또는 등 쪽에 위치한 방열기(radiator)에서 외기로 열을 방출한다. 수랭방식은 유연성이 높은 별도의 냉매배관이 필요하고 냉

매의 유출 위험이 존재하며 공랭 방식에 비해 제작비용이 크게 증가하는 단점이 있다.

공랭방식은 간단하고 현재 가장 많이 적용되고 있는 지능로봇 냉각 방식이다(그림 6, 7). 수랭 방식에 비해 적용이 용이하지만 공기유출입을 위해 로봇 외관에 공기벤트를 설치해야 하고 팬 작동으로 인해 소음이 발생하는 단점이 있다. 또한 냉각용량이 작아 고 발열체의 냉각에는 적당치 않다. 이외에도 피크발열을 해결하기 위한 잠열체(PCM)의 사용과 히트파이프를 이용한 열확산 방법 등 다양한 냉각기술이 복합적으로 적용 시도되고 있다.

### 맺음말

지능로봇 시장은 현재 산업발전상 도입기로서 전자산업의 흐름과 인간중심의 시장 수요를 고려할 때 무궁한 성장 가능성을 내포하고 있다. 최근의 지능로봇의 기능 다양화 및 내부 발열량

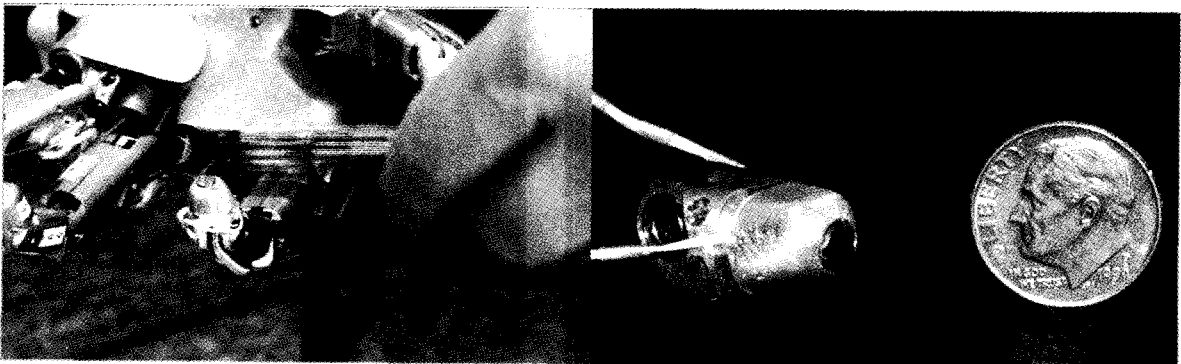


그림 5 Joint Cooling System(NASA)

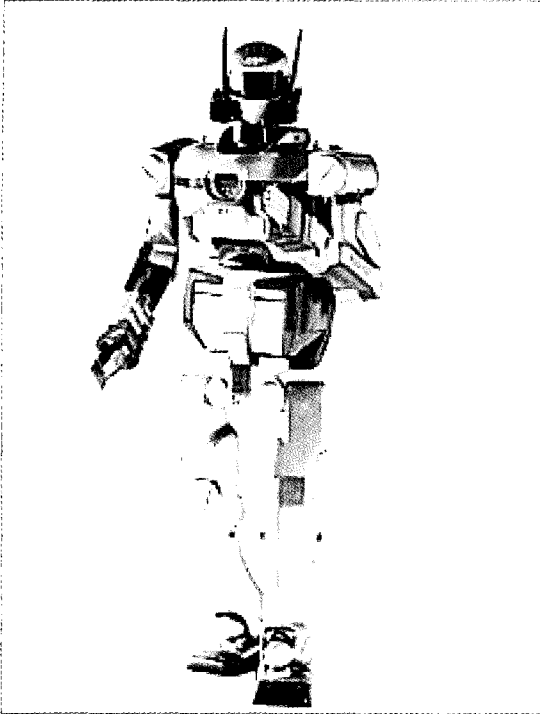


그림 6 HRP-2 (KAWADA INC.)

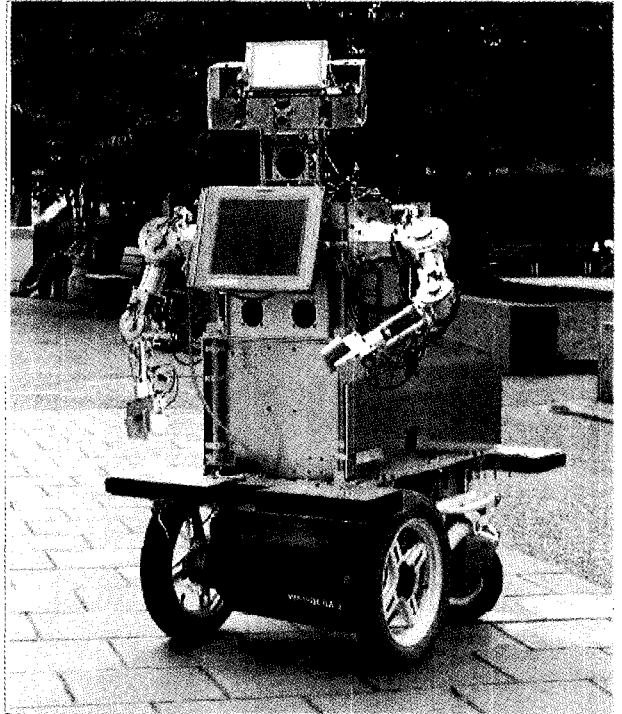


그림 7 WAMOEBA-2R (Waseda Univ.)

증가가 주요 부품의 열 성능 및 장시간 구동에 큰 영향을 미치게 되면서 지능로봇에서의 열 신뢰성 확보가 큰 화두로 떠오르고

있다. 장시간 구동 안정성을 갖춘 지능로봇의 개발을 위해서는 개발초기부터 로봇 구동회로 설계자와 방열냉각 설계자가 같이 참

여하여 지능로봇 시스템차원에서 열적문제에 접근해 가는 것이 필수적이다.

## 기계용어해설

### CFRP 사이드부재(CFRP Side Member)

CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics)로 제작한 자동차 전면부 충돌 흡수 부재

### 적층구성(Stacking Condition)

CFRP는 적층구성의 변화에 따라 기계적 특성이 변화하는 이방성 재료이며, 에너지흡수 특성을 결정하는 중요한 인자이다.

### 음향방출(Acoustic Emission)

음향방출은 구조물에 외력이 가해질 때 구조물 내의 저장되어 있던 에너지가 국부적인 발생원으로부터 일시적으로 방출되는 탄성파이다. 이 탄성파는 구조물의 표면을 따라 전파되며 탄성파를 전기적인 신호로 변환해주는 AE센서를 이용하여 탐지하게 된다. 이러한 방식으로 손상원의 존재와 위치를 탐지하는 방법을 음향방출법이라 한다.