

# 모듈화 구조 기반의 청소 로봇 시스템 설계

## Design of Cleaning Robot System Using Reconfigurable Heterogeneous Modular Architecture

안호석\*, 사인규\*\*, 최진영\*\*\*  
Ho Seok Ahn\*, In-kyu Sa\*\*, Jin Young Choi\*\*\*

**Abstract** - Cleaning robot system consists of four parts; navigation system for moving of robot, cleaning system, power system, and main system with cleaning algorithm. Navigation system is the most expensive part because it has motors and sensors which is high price. Navigation system is also essential to service robot system, but user should buy two systems which are service robot system and cleaning robot system. If it is possible to share navigation system, user can save money. In this paper, we design the cleaning robot system based on modular architecture.

**Key Words** : Modular Robot System, Modular Architecture, Service Robot, Cleaning Robot

### 1. 서론

로봇에 대한 관심이 증가하면서 로봇 시장 형성에 대한 기대감이 높아지고 있다. 하지만 현실적으로 로봇 시장은 아직 초기 단계이며, 완구형 로봇이나 청소 로봇 분야가 로봇 시장을 이끌고 있다. 특히 청소 로봇은 맞벌이 부부나 노부부, 싱글족 등 사이에서 각광을 받으면서 시장 규모가 매년 큰 폭의 증가세를 보이고 있다. 청소 로봇은 2004년 7000대 수준이던 것이 올해는 5만~8만대 규모를 형성할 것으로 예상되고 있으며 지난해에 비해 2배 정도의 시장을 형성할 것으로 전망되고 있다. 또한 업계에서는 향후 2년 이내에 연간 10만대, 향후 5년 이내에 연간 30만대 시장을 형성할 것으로 내다보고 있다. 현재 청소 로봇은 미국 아이로봇의 '룸바'[1]를 비롯해서 유진로봇의 '아이클레보'[2] 뿐만 아니라 대기업인 LG 전자의 '로보킹'[3]과 삼성전자의 '하우젠 로봇청소기'[4]가 출시되었다. 또한 일렉트로룩스의 '트릴로바이트'[5], 한울로보틱스의 '오토로'[6] 등은 수백만원대의 가격을 형성하는 최고급형 청소 로봇 시스템이다.

이처럼 많은 로봇 업체에서 청소 로봇을 출시하는 것은 서비스 로봇 시스템이 가지고 있는 기능 중 비교적 높은 완성도를 가지며, 가정 환경에 적용하기 좋은 시스템이 네비게이션 시스템이기 때문이다. 하지만 영상처리, 음성인식 등의 인공 지능 기술이 발전되면 서비스 로봇 시스템도 청소 로봇처럼 시장을 형성할 것이다. 그리고 네비게이션 시스템은 모터 등 비싼 부품을 가지고 있는 고가의 시스템이다. 따라서 서

비스 로봇 시스템과 청소 로봇 시스템에서 동시에 필요한 네비게이션 시스템은 분리되어 여러 용도로 사용하면 비용을 절약할 수 있다.

본 논문에서는 서비스 로봇을 위한 모듈화 구조를 적용한 서비스 로봇 시스템 및 청소 로봇 시스템을 구현하고자 한다. 2장에서는 Reconfigurable Heterogeneous Modular 구조를 설명한다. 3장에서는 서비스 로봇 시스템 및 청소 로봇 시스템을 설명하고 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

### 2. Reconfigurable Heterogeneous Modular Architecture

청소 로봇을 모듈화 시스템으로 설계하기 위하여 RHM(Reconfigurable Heterogeneous Modular) 구조[7]를 적용한다. RHM 구조는 Mechanical Architecture와 Software Architecture, Connection Architecture로 구성된다.

#### 2.1 Mechanical Architecture

각 모듈은 사용자가 원하는 위치에 원하는 순서로 조립이 가능해야 한다. 따라서 이를 위한 공통의 Mechanical Architecture를 가진다. 그림 1은 Mechanical Architecture에서 공통으로 가져야 하는 General RHM(Reconfigurable Heterogeneous Module)이다. General RHM은 power hub와 data hub, connector, functional system으로 구성된다. Power hub는 bypass lines를 통해 전체 로봇을 연결하며, 다양한 전압을 지원하기 위해서 power board를 가진다.

Power board는 파워 모듈에서 제공하는 전압 외에도 각 모듈에서 필요한 전압을 레귤레이팅할 수 있는 회로를 포함한다. Data hub도 역시 bypass lines를 통해 전체 로봇을 연결한다. Data hub는 다양한 데이터 포맷을 지원하며, port의 종류 및 개수를 모듈에 따라서 변경 가능하다. 이를 위하여

#### 저자 소개

- \* 안호석 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석박사통합과정
- \*\* 사인규 : 삼성전자 통신연구소 선임연구원
- \*\*\* 최진영 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 교수

data board를 설계했으며, 필요에 따라서 data board를 추가할 수 있다. Connector는 모듈의 연결을 위한 부분이며, 다양한 방향으로 연결이 가능하다. Connector의 종류는 범용성을 위해서 규격화된 소켓을 사용할 수 있으며, 필요한 data board 및 port의 개수에 따라서 변경 가능하다.

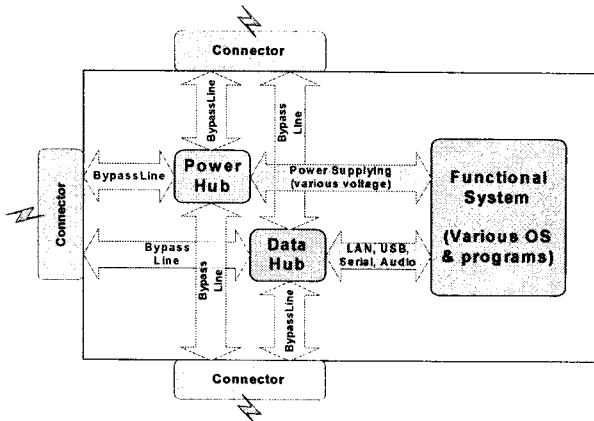


그림 1. RHM 구조의 Mechanical Architecture에서 공통으로 가져야 하는 General RHM.

## 2.2 Software Architecture

RHM 구조는 기능별로 모듈화 되어 하드웨어 뿐 만 아니라 소프트웨어도 모듈화 되어야 하며, 모듈이 연결되면 소프트웨어가 연결되어야 한다. 또한 모듈 안에서도 세부 기능들이 나누어져 있으며, 이는 하나의 기능이나 함수가 업그레이드되는 경우에 일부분만 수정함으로써 전체 시스템의 안정성에 도움이 된다. 따라서 각 모듈을 유기적으로 연결하고 행동을 결정할 수 있는 시스템 구조가 필요하다. 이를 위하여 그림 2과 같은 Software Architecture를 설계하였다.

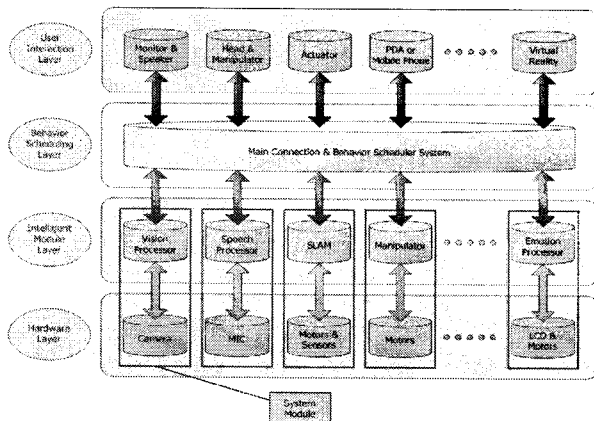


그림 2. RHM 구조의 Software Architecture.

Software Architecture는 User Interaction Layer와 Behavior Scheduling Layer, Intelligent Module Layer, Hardware Layer의 네 단계로 구성되어 있다. UIL(User Interaction Layer)는 로봇과 사람이 직접 의사소통하는 단계로 HRI(Human-Robot Interaction)가 직접적으로 이루어지는 단계이다. BSL(Behavior Scheduling Layer)는 각 지능 모듈

을 유기적으로 연결해주고 행동을 결정하는 서비스 로봇의 핵심 단계이다. 로봇의 종류와 목적에 따라서 연결과 행동 결정 결과가 다르며, 상황에 따라서 모듈 중 하나에서 이 기능을 담당할 수도 있다. IML(Intelligent Module Layer)는 지능 알고리즘이 하나의 기능을 하기 위해 연결된 단계이며, 지능 모듈에 따라서 형태와 복잡도가 다르다. HWL(Hardware Layer)는 각 IML에 종속된 하드웨어 기반의 장치이며, 이 단계에서 물리적으로 주변 상황의 인지가 가능하다. 각 모듈은 IML과 해당하는 HWL이 따로 묶어서 형성되며, 각각의 기능을 수행하기 위한 하드웨어 장치를 포함한다. 또한 IML은 하나의 기능을 위해서 여러 가지의 지능 알고리즘을 가진다. 따라서 각각의 지능 알고리즘을 규격화된 형태의 IMC(Intelligent Macro Core)로 정의하고 상황에 따라 연결을 재정의 할 수 있다[8].

## 2.3 Connection Architecture

사용자는 전문 지식이 없기 때문에, 모듈을 연결하면 자동으로 인식하고, 잘못된 연결을 찾아내며, 버전이 다른 경우 자동으로 소프트웨어 및 드라이버를 다운로드해서 설치해야 한다. 또한 모듈마다 사용하는 운영체제 등 시스템 사양이 다르다. 그리고 모듈마다 사용하는 데이터의 포맷 및 개수도 다르기 때문에 이를 극복할 수 있도록 설계해야 한다. Connection Management System은 Connection Management Board와 Connection Management Software로 구성된다. 각 모듈은 하나 이상의 Connection Management Board를 가지며, 각 Data Board에는 필요한 데이터 포맷을 선택해서 사용 가능하다. Connection Management Board는 CAN 통신이 가능한 MCU와 ID 설정을 위한 어레이 스위치가 존재한다.

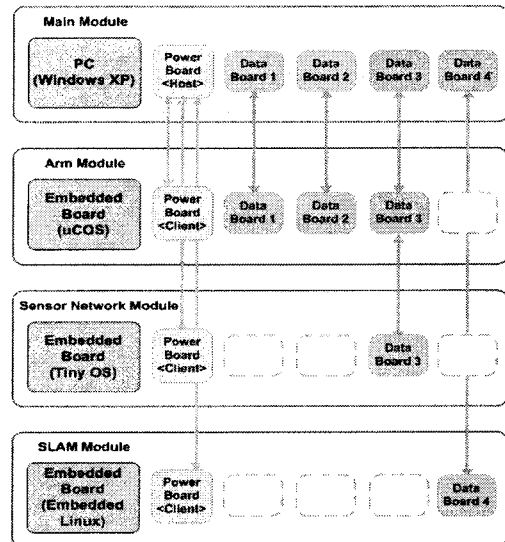


그림 3. RHM 구조의 Connection Management System.

각 Functional System에 Connection Management를 위한 Software를 둔다. 각 MCU는 모듈 연결 및 관리를 위한 다섯 가지 정보를 가지고 있으며, 모듈 연결 시 이 정보를 송수신하고, Functional System의 Connection Management Software에 정보를 전달한다. 어레이 스위치는 ID를 설정하

며, 설정된 ID는 내부 IP에서 마지막 부분이 된다. 호스트 시스템은 ID가 가장 낮은 시스템이 선정되므로, 메인 시스템이 없어도 연결이 가능하다. 각 모듈간 정보 교환은 CAN 통신을 기반으로 진행되며, Bypass Lines의 Data Hub를 이용한다. 그림 3은 각 모듈에 다르게 구성된 Connection Management System이다.

### 3. 모듈화 청소 로봇 시스템

#### 3.1 저가형 모듈화 로봇 MF Junior

2장에서 설명한 RHM 구조 기반으로 저가형 모듈화 로봇 MF Junior를 구현했다[9]. 그림 4는 구현된 로봇 시스템이다. 다섯 개의 모듈이 조립된 상태이며, 각 모듈의 운영체제는 다르다. 헤드 모듈은 DSP 기반으로 uCOS, 가전기기 모듈은 ARM core 기반 임베디드 보드에 Tiny OS, 메인 모듈은 Intel Pentium 4 Processor 기반에 Windows XP, 네비게이션 모듈은 ARM core 기반 임베디드 보드에 Embedded Linux를 사용한다.

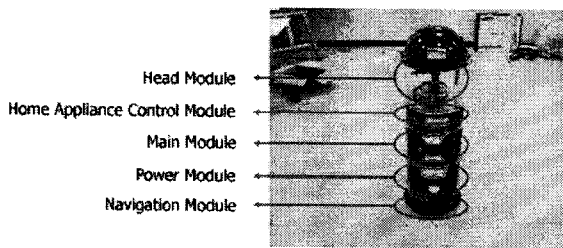


그림 4. 저가형 모듈화 로봇 MF Junior.

#### 3.2 청소 로봇 시스템



그림 5. 서비스 로봇에서 사용하는 네비게이션 모듈을 이용한 청소 로봇 시스템.

저가형 모듈화 로봇 MF Junior는 지능형 서비스 로봇 시스템이다. 서비스 로봇 시스템은 구동부를 포함한 여러 기능을 가지고 있기 때문에 모듈화 구조에 따라 기능이 나뉘면 모듈을 따로 떼어 다른 로봇으로 사용하는 것이 가능하다. 이러한 방법을 이용하여 청소 로봇 시스템을 구현한다. 서비스 로봇에서 사용하는 네비게이션 모듈을 구동부로 이용하고, 청소를 위한 흡입 장치를 가진 청소 모듈을 연결한다. 그림 5는 구현된 청소 로봇 시스템이다. 네비게이션 모듈은 구동에 필요한 모든 기능이 모듈화되어 있으며, 청소 모듈에서 명

령을 받아 움직인다. 청소 모듈은 DSP 기반의 시스템이며, 청소 알고리즘이 실행되어 네비게이션 모듈에 명령을 내린다. 그림 6은 청소 로봇 시스템의 flow chart이다.

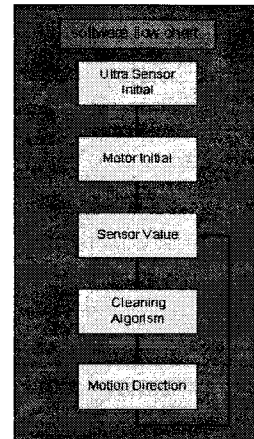


그림 6. 청소 로봇 시스템의 flow chart.

### 4. 결론

서비스 로봇 시스템과 청소 로봇 시스템에 공통적으로 사용되는 네비게이션 시스템을 모듈화하여 두 시스템에 모두 적용 가능한 시스템을 설계했다. 이를 위하여 Reconfigurable Heterogeneous Modular 구조를 적용한 로봇 시스템인 MF Junior를 구현했다. 그리고 청소 로봇을 위해 흡입부와 파워부, 메인 시스템을 포함하는 청소 모듈을 설계했다. 청소 로봇은 서비스 로봇에서 사용하던 네비게이션 모듈과 청소 모듈로 구성되며, 정상적으로 동작함을 확인했다. 앞으로 RHM 구조를 적용한 여러 가지 로봇 시스템을 설계할 계획이다.

### 참 고 문 헌

- [1] <http://store.irobot.com/shop/index.jsp?categoryId=280460>
- [2] <http://www.iclebo.com>
- [3] <http://www.lge.co.kr/brand/cyking/product/BrandProductDetailCmd.laf>
- [4] <http://www.samsung.com/sec/consumer/subtype/subtype.do?group=livingappliances&type=vacuumcleaners&subtype=robot>
- [5] <http://trilobite.electrolux.com>
- [6] <http://www.ottoro.co.kr>
- [7] Ho Seok Ahn, Young Min Beak, In-Kyu Sa, Woo Sung Kang, Jin Hee Na, and Jin Young Choi, "Design of Reconfigurable Heterogeneous Modular Architecture for Service Robots," *In Proceedings of the 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2008)*, pp. 1313-1318, 2008.
- [8] 나진희, 안호석, 박명수, 최진영, "시스템 재설정 및 진화를 위한 지능형 아키텍처 개발," *한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, vol. 15, no. 6, pp. 35-39, 2005.
- [9] 안호석, 사인규, 백영민, 안윤석, 최진영, "저가형 다목적 흡 서비스 모듈화 로봇 MF Junior," *제3회 한국지능로봇 종합 학술대회*, pp.347-348, 2008.