

서비스 로봇을 위한 CAN 기반의 지능형 부품 통합 로봇 플랫폼 모델

Development of CAN(Controller Area Network) based Platform Model for Service Robots

곽상필 · 최병재[†]

Sangfeel Kwak and Byung-Jae Choi[†]

[†] 대구대학교 전자공학과

[†] School of Electronic Engineering, Daegu University

요 약

로봇의 응용분야는 산업화의 주요 적용 분야였던 자동화 영역을 넘어서 가정, 의료 등 일반 서비스 분야로 그 영역을 빠르게 확대하고 있다. 이러한 배경에서 최근 로봇 플랫폼의 소프트웨어 표준화를 위한 여러 연구 활동이 진행되고 있다. 따라서 기존 자동차 산업과 자동차 부품 산업의 형태와 동일하게 앞으로의 로봇 산업 역시, 로봇 부품산업이 큰 부분으로 자리 매김할 것으로 예상된다. 이러한 부품에는 로봇의 외형을 이루는 기구적 부분과 로봇의 기능을 지능적으로 수행할 각종 센서와 액추에이터로 구성되는 전자적인 부분으로 구분할 수 있다. 전자적 부품들은 중앙처리부와 유기적으로 연결되고, 중앙처리부는 로봇에 장착된 전자적 자원들을 파악하여 제어 방식을 구성하고 효율적으로 동작하도록 제어하여야 한다. 본 연구에서는 로봇의 각 구성 부품간의 통신을 CAN(Controller Area Network)을 통해 일원화하여 결선구조를 단순화하고, 중앙처리부의 인터페이스를 개방하는 방법을 적용한 새로운 플랫폼 모델 개발을 제시한다.

키워드 : 서비스 로봇, 지능형 로봇 부품, 로봇 플랫폼, CAN(Controller Area Network)

Abstract

The robot has been widely applied to all parts for the improvement of the life quality of human beings. It is expected that the parts industry for robots is rapidly growing to one of the majority of the future robot industry. The electronic components of robots are connected to the central processing unit and an organic part of a robot system. The central processing unit must be controlled to operate more efficiently by configuring some control systems of the robot. In this paper, we propose a new platform model that centralizes several parts of a robot through the CAN based communication system and simplifies their connection structure.

Key Words : Service Robot, Intelligent Robot Components, Robot Platform, CAN(Controller Area Network)

1. 서 론

최근 로봇 플랫폼의 소프트웨어 표준화를 위한 여러 연구 활동이 진행되고 있으며[1], 로봇의 응용 영역 측면에서는 인간의 삶의 질 향상을 위한 분야로까지 확대되고 있다[2]. 정보기술이 발전하고 사회가 정보화, 개인화, 고령화되어 감에 따라 로봇의 기능과 응용에 관한 요구가 인간과 공

존하면서 생활의 편의를 제공할 수 있는 서비스 로봇을 향하고 있는 것이다[3]. 이로 인해, 다양하게 펼쳐질 서비스로봇 분야는 다양한 요구를 처리해야 하는 의무를 가지게 되었다. 그러한 다양한 요구를 위해 서비스 로봇은 그 구성 및 설계가 일반화되어야 하고, 개발자가 특정 서비스 기능을 구현하는데 있어서 로봇의 일반적인 기능 구현에 필요한 노력과 시간이 많이 투입되는 것은 적절하지 않다.

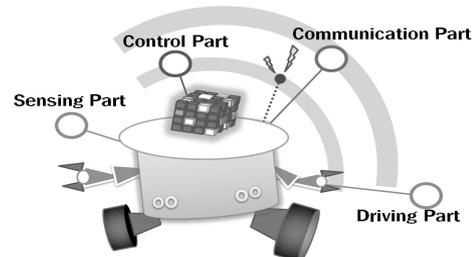


그림 1. 전형적인 로봇 플랫폼

Fig. 1. A generalized robot platform.

접수일자: 2013년 5월 10일

심사(수정)일자: 2013년 8월 2일

게재확정일자 : 2013년 8월 7일

[†] Corresponding author

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

최근 로봇을 위한 표준화된 소프트웨어 플랫폼을 마련하는 국제적인 활동이 진행되고 있다. 소프트웨어가 서로 호환될 뿐만 아니라, 로봇이 다양한 정보기기와 상호 연동, 운영되면서 다양한 통신망에 접속할 수 있다[1]. 이러한 기능을 지원하기 위해서 하드웨어 플랫폼의 접근 인터페이스의 표준화와 각 구성품간 통신을 주관할 미들웨어의 개발이 필요하게 된다.

본 연구에서는 자동차 분야와 로봇분야에서 널리 사용되는 CAN(Controller Area Network) 프로토콜을 로봇 부품간의 통신을 위한 주 통신 알고리즘으로 채택하고, 이를 상단 로봇 주제어기 또는 URC 서비스와의 통신을 지원하도록 하는 미들웨어를 구성하는 로봇 플랫폼 모델을 보인다.

제2절에서는 기존의 중앙집중식 로봇 플랫폼을 소개하고, 제3절 및 제4절에서 CAN기반의 로봇 플랫폼 및 지능형 로봇 부품 설계를 제시한다.

2. 기존 중앙집중식 로봇 플랫폼 형태

기존의 로봇 플랫폼 형태를 보면, 그림 2 및 3에서 제시되었듯이 우선 하나 또는 두 개 이상의 마이크로프로세서 또는 마이크로컴퓨터 기반으로 각 센서 또는 액추에이터 드라이버와의 연결이 집중되는 경향을 확인할 수 있다. 외부와의 통신을 통해 원격으로 제어 되거나, 모니터링 될 수 있도록 설계되었으며, 내부적으로는 구동모터와 그 드라이버, 센서 제어부와 통신부로 구성된다[9][10].

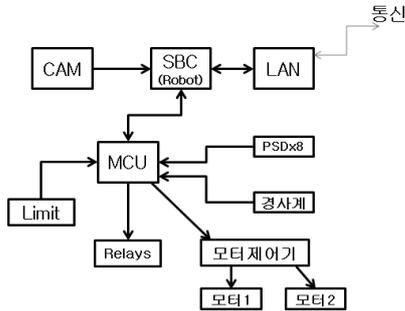


그림 2. 중앙집중식 로봇 플랫폼[9]
Fig. 2. Centralized robot platform[9].

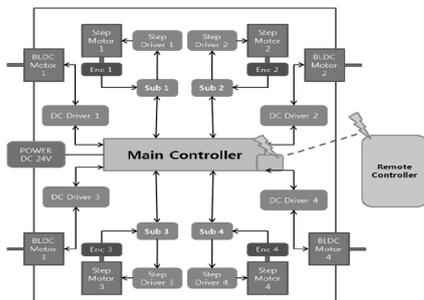


그림 3. 중앙집중식 로봇 플랫폼[10]
Fig. 3. Centralized robot platform[10].

주 제어기(main controller)로 센서의 입력 값이 직접 입력되며, 또한 그로부터 각 액추에이터로의 해당 출력이 일어나게 된다. 따라서 주 제어기는 각 센서를 어떻게 동작

시키고 어떠한 데이터를 입력 받아야 하는지, 또한 각 액추에이터에 대한 제어방식 및 제어 드라이브와 관련있는 소프트웨어를 내장하고 있어야 한다.

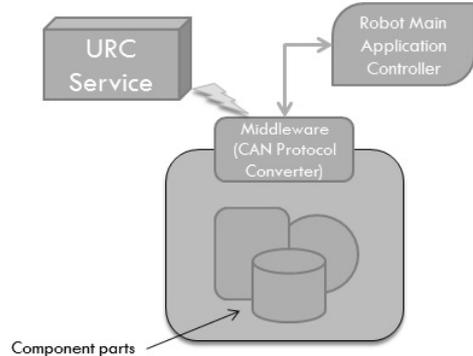


그림 4. 로봇 플랫폼 모델
Fig. 4. Robot platform model.

3. CAN 기반의 로봇 플랫폼 설계

3.1. CAN

CAN은 1986년 Bosch사에 의해 제안된 자동차를 위한 Multi-Master 기반 통신 규약이다. CAN Bus라고도 불리는 CAN은 메시지 기반 통신 프로토콜이다. 물리적으로 2가닥의 Twisted Pair Wire로 연결되며, 통신방식은 차동 신호를 통한 Half-duplex 전송방식을 사용한다[4].

3.1.1 CAN 신호선 구성

CAN의 신호선은 CAN Data Low, CAN Data High, GND1, GND2, V+(Optional Power Supply), 총 5 가닥의 신호 및 전원으로 구성된다. 하지만 일반적으로 CAN Data Low, CAN Data High 두 신호선을 통해서 차동으로 통신이 이루어지므로 다른 전원 등의 결선은 사용하지 않고 CAN Data 신호선 만으로도 통신에 많이 사용된다. CAN의 신호선 구성은 그림 5에 제시하였다.

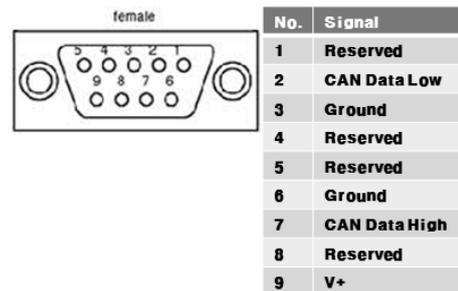
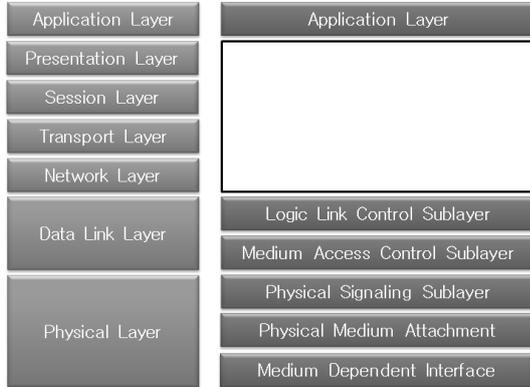


그림 5. CAN 신호선 구성
Fig. 5. Signals of CAN.

3.1.2 CAN 메시지 프레임

CAN은 ID 기반의 통신 식별 방식을 채용하며 ID의 길이에 따라 11bit 식별자와 29bit 식별자, 두 가지의 Standard Mode와 Extended Mode로 구분된다. 통신 속도는 ISO규격에 따라 125Kbps와 1Mbps의 통신 최대 속도로 구현된다.

CAN 프로토콜은 OSI 7계층 구조상에서 Physical Layer와 Data Link Layer, Application Layer로만 구성되어 비교적 간단한 구조를 가진다. OSI 7 계층과 CAN 계층 구조의 비교를 그림 6에 제시하였다.



(a) OSI 7 Layer (b) CAN Layer
그림 6. CAN의 계층 구조

Fig. 6. Layer structure of CAN.

CAN 프로토콜은 데이터 프레임, 리모트 프레임, 에러 프레임, 오버로드 프레임으로 구성된다. 데이터 프레임은 SFO(Start of Frame), Arbitration Field, Control Field, Data Field, CRC(Cycle Redundancy Code) Field, ACK(Acknowledge), EOF(End of Frame)으로 구성되어 있다. 마스터가 해당 ID로 메시지를 전송할 경우 사용된다. 리모트 프레임은 데이터 프레임과 동일한 구조에서 Data Field가 제외되어 구성되며, 송신을 요청할 경우 사용된다. 에러 프레임은 전송선로 사용 중 발생한 에러를 처리하는 용도이며, 에러 플래그와 에러 구분자로 구성된다. 오버로드 프레임은 이전 프레임과 다음 프레임 사이에 추가지연을 위해 사용된다[8]. 표준 ID 기반의 CAN frame 구조를 그림 7에 나타내었다.

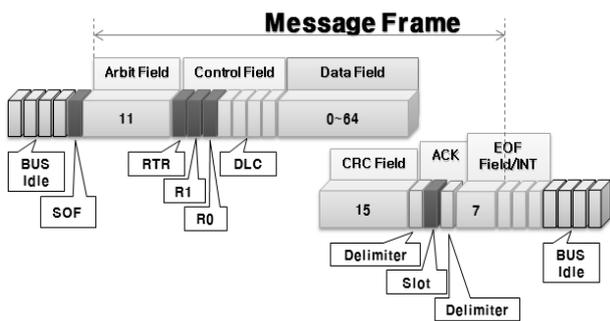


그림 7. CAN Frame 구조 (기본 ID)
Fig. 7. CAN frame structure (Standard ID).

CAN은 ID의 처리 과정에서 메시지의 전송 우선순위가 결정된다. 우선순위가 높은 장치에서 우선적으로 버스를 장악하게 된다. 통신이 동시에 일어날 경우 ID를 디코딩하는 과정에서 Logic '0'가 먼저 나타나는 ID측의 통신이 수용된다. 따라서 ID값이 낮은 메시지가 높은 우선순위를 가지게 된다.

그림 8은 확장 ID 기반의 CAN frame 구조를 나타내고

있다.

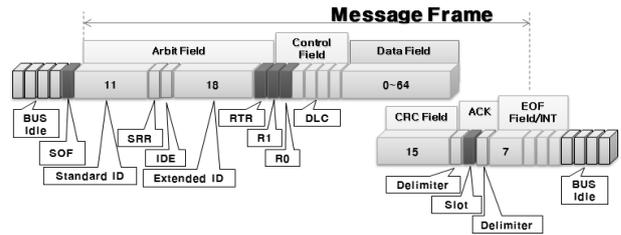
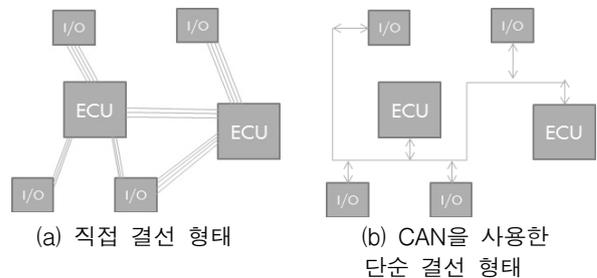


그림 8. CAN Frame 구조 (확장 ID)
Fig. 8. CAN frame structure (Extended ID).

CAN은 지능형 디바이스 네트워크 구축을 위한 높은 무결성 시리얼 버스 시스템으로서, 차량용 네트워크의 표준 규격으로 제정되었다. CAN은 결선을 단순화하고 시스템을 안정적이고 가볍게 만들도록 한다. 그림 9에서 CAN 기반의 결선과 직접 결선 방식의 예를 제시하였다.



(a) 직접 결선 형태 (b) CAN을 사용한 단순 결선 형태
그림 9. CAN기반 결선 비교
Fig. 9. Example of CAN based connection.

3.2 로봇 플랫폼 모델 구성

로봇 플랫폼은 외부세계를 인식하는 센서 모듈과 로봇의 동작을 수행하는 액추에이터 모듈로 구성된다. 그림 10에 로봇 플랫폼 모델의 구성도 예를 제시하였다.

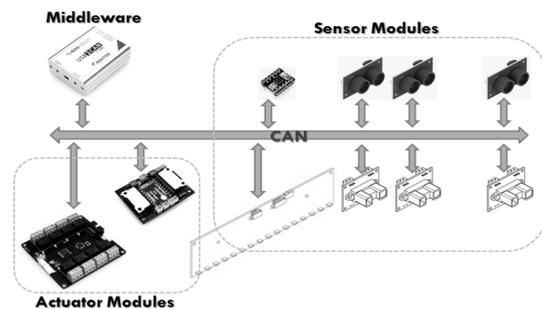


그림 10. 로봇 플랫폼 모델의 구성도
Fig. 10. Block diagram of robot platform model.

본 연구에서는 CAN 인터페이스를 기본 통신 방식으로 적용한 로봇 부품을 사용하였다. 각 모듈은 CAN 통신 Message Frame을 통해 거리 정보 및 인지 정보에 대한 데이터를 전달하고, 제어기의 지령에 따라 지령 데이터가 CAN Message Frame을 통해 모터 드라이버로 전송된다.

4. CAN 기반의 지능형 로봇 부품

4.1 CAN 센서 모듈 인터페이스

센서 모듈은 그 종류가 다양하고, 로봇을 제작하는데 있어 필수적인 구성 요소의 하나이다. 이러한 센서에는 PSD(Position Sensitive Device), 초음파 거리센서, Hall 센서, 가속도/각가속도 센서 등이 있다.

PSD 센서는 적외선을 이용하여 광-비접촉식으로, 거리를 측정하는 센서이다. 거리를 측정하기 위한 대상물에 적외선을 반사시켜 Position Sensitive Detector에 입사시키고, 그 입사각의 크기에 따라 아날로그 전압 값을 얻어낼 수 있다. 이 아날로그 값을 A/D 변환기를 통해 변환하여 수치화 한다.

초음파 거리 센서는 초음파의 TOF 시간을 측정하여 거리를 측정하고 거리를 수치화한다. 이렇게 수치화 된 거리 값은 CAN통신 프로토콜을 통해 마스터 장치로 전송하게 된다.

Hall 센서는 로봇의 경로를 바닥의 자장물질을 통해 인식하고 자장물질에 대한 궤적 Data를 CAN 통신 프로토콜을 통해 마스터로 전송한다. Hall센서를 위한 모니터링 프로그램 개발 예를 그림 11에 제시하였다.

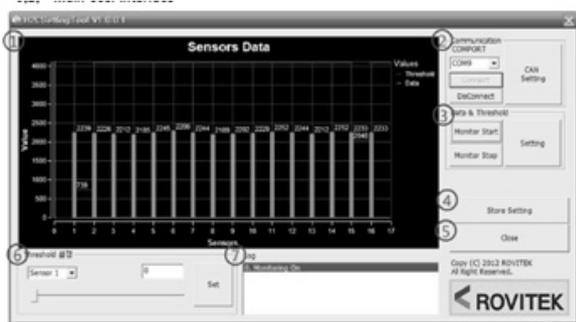


그림 11. Hall 센서 모니터링 프로그램

Fig. 11. Monitoring program for Hall sensors.

가속도/각가속도 센서는 로봇의 자세를 인식하여 해당 데이터를 마스터 장치로 전송한다. 각 센서와 통신은 기본적으로 CAN의 RTR(Remote Transmission Request)를 통해 이루어진다. 마스터 장치에서 해당 장치 ID를 RTR Message Frame에 실어서 슬레이브 장치로 전송하면, 해당 ID의 슬레이브 장치는 관련 데이터를 데이터 프레임에 실어서 마스터 장치로 전송하게 된다. 그림 12 및 13에 각각 센서 데이터의 요청 메시지 구조와 응답 메시지 구조를 제시하였다.

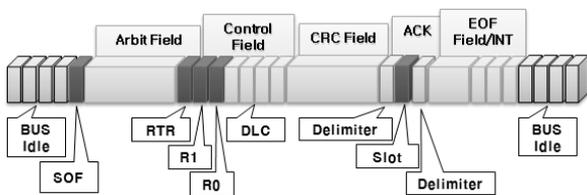


그림 12. Sensor 데이터 요청 메시지의 구조

Fig. 12. Structure of remote sensor data transmission request message.

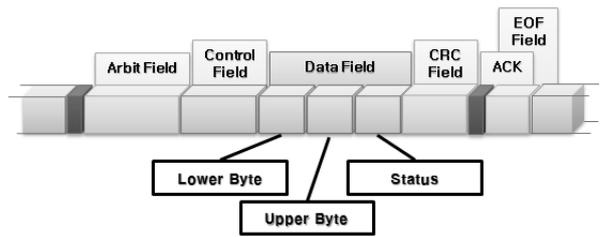


그림 13. Sensor 응답 메시지 구조

Fig. 13. Structure of sensor response message.

그림 14는 센서의 응답 메시지 값의 예를 제시하였고, 그림 15는 센서 데이터의 요청 순서를 보여주고 있다.

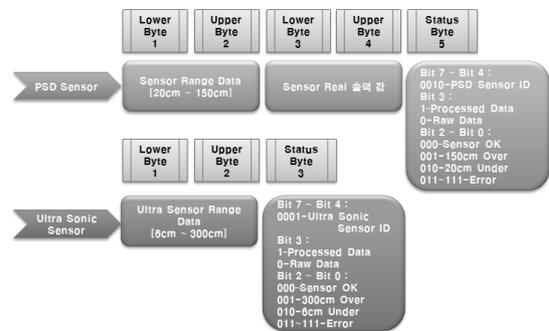


그림 14. Sensor 응답 메시지 값

Fig. 14. Value of sensor response message.

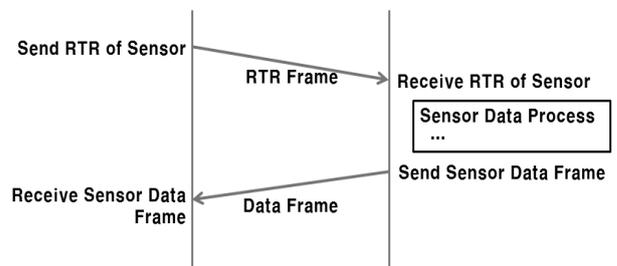


그림 15. Sensor 데이터 요청 순서

Fig. 15. Sequence of sensor data request.

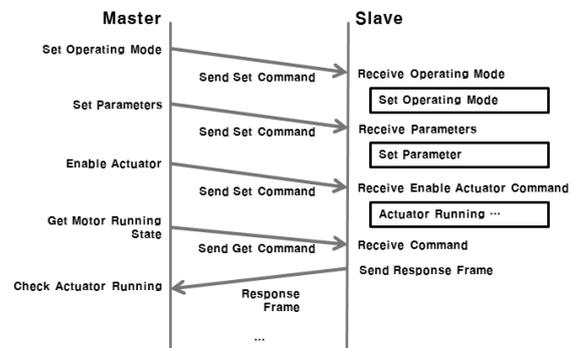


그림 16. 액츄에이터 제어 통신 순서

Fig. 16. Actuator control communication sequence

4.2 CAN 액추에이터 모듈 인터페이스

로봇의 액추에이터 모듈은 모터 드라이버와 릴레이 구동 드라이버 등을 들 수 있다. 여기서는 BLDC 모터 제어 모듈을 구성하였다.

액추에이터 모듈은 마스터 장치가 제어하고자 하는 데이터를 CAN 프로토콜을 통해 해당 액추에이터 장치로 보내고 각 액추에이터는 수신 받은 데이터를 기반으로 동작을 출력하게 된다. 액추에이터 동작의 경우 제어를 위해 전송되어야 하는 파라미터의 양이 비교적 많은 편이다. 따라서 센서에 대한 데이터 요청 방식과 다른 형태의 통신 구조와 순서가 필요하다. 그림 17에 액추에이터 제어를 위한 CAN ID의 구성 예를 제시하였다. CAN ID는 제어를 위한 기능코드와 장치 주소를 나타내는 ID를 합성하여 구성한다.



그림 17. 액추에이터 제어를 위한 CAN ID 구성
Fig. 17. Configuration of the CAN ID for actuator control.

CAN ID의 기능코드와 장치 주소의 예는 그림 18과 같다.

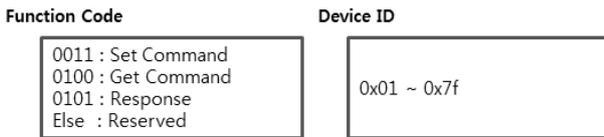


그림 18. 액추에이터 제어를 기능 코드와 장치 주소
Fig. 18. Function code and device ID for actuator control.

기능코드는 데이터를 설정하기 위한 Set Command, 데이터를 읽어내기 위한 Get Command, 그리고 응답을 위한 Response 로 구성 된다. 장치내의 내부 데이터를 읽어 들이기 위해서는 장치내의 메모리 맵에 대한 주소를 지정해야 한다. 액추에이터 제어를 위한 CAN 메시지 프레임은 그림 19에 제시하였다.

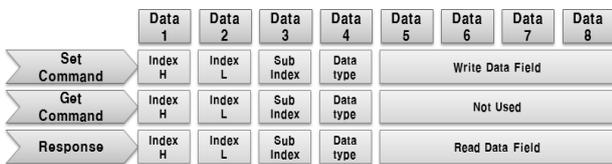


그림 19. 액추에이터 제어를 위한 CAN 메시지 프레임
Fig. 19. CAN message frame for actuator control

액추에이터를 동작시키기 위해서는 액추에이터 슬레이브 장치로 동작모드, 동작 파라미터, 동작시작 명령을 전송하는 과정을 거친다. 정상적인 동작은 Running 상태를 확인하는 명령을 전송하고 그 응답을 통하여 확인한다.

4.3 CAN 통신을 통한 지능형 로봇부품 통합

여기서는 센서, 액추에이터, 주 로봇 제어 보드, 상위 제어기 등의 지능형 로봇 부품들을 CAN통신을 통해 로봇 플

랫폼으로 통합한다. 상위 제어기와 CAN Bus는 통신 Protocol을 변환하여주는 USBtoCAN Middleware를 사용하여 구성하였다.

그림 20는 본 연구에서 구성한 로봇 플랫폼을 도서관의 도서 관리를 보조하고 도서관의 도서 안내를 수행, 보조하는 사서보조용 로봇으로 구성된 예를 보여주고 있다.



그림 20. 제안한 로봇 플랫폼 모델이 적용된 사서보조용 로봇
Fig. 20. Proposed platform based robot.

사서보조용 로봇은 먼저 스마트 PSD 거리측정 센서와 스마트 초음파 거리측정센서를 통해 로봇이 이동하는 궤적상의 장애물을 인식한다. 스마트 홀 센서를 통해 바닥의 자기장 경로를 인식하여 로봇의 이동 경로를 계획하고, 원하는 위치로 이동하게 된다. 또한 Stargazer 위치 측위 센서를 통해 보조적으로 로봇의 공간적 위치를 인식하여 로봇의 경로 계획에 활용한다. 로봇의 액추에이터는 스마트 BLDC 모터 제어기를 사용하여 BLDC 2기를 속도 제어하여 로봇을 구동하도록 하였다.

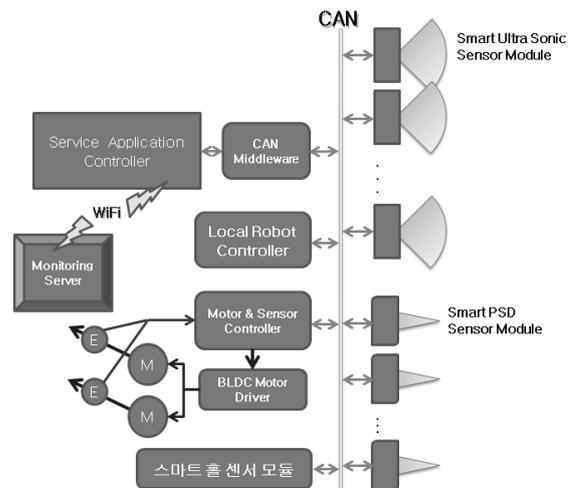


그림 21. 적용된 로봇 플랫폼 모델의 구성
Fig. 21 Configuration of the proposed robot platform model.

사서보조용 로봇은 대기모드 및 안내모드에서는 도서관 사용자가 로봇을 통해 도서 검색 및 위치 안내 서비스를 이용할 수 있으며, 도서배치현황 파악 모드에서는 야간 또는 도서관 휴관시 도서관 내를 이동하며, 도서에 부착된 RFID 태그를 이용하여 잘못 배치된 도서의 위치 등 도서의 현황을 파악하여 도서 관리의 보조적인 역할을 수행한다.

센서를 통해 거리정보를 인식하고 미들웨어를 통해 상위 제어기로 해당 정보를 전송한다. 이때 상위 제어기는 현재의 동작 상황을 판단하여, 로봇이 이동할 것인지 아니면 안내 관련 서비스를 수행할 것인지를 결정한다. 이렇게 결정된 로봇의 동작 정책은 다시 미들웨어를 통해 로봇의 주 제어기로 지령을 내려 보낸다. 로봇의 주 제어기는 전달받은 지령에 따라 홀 센서를 통해 이동 경로를 파악하고, 액츄에이터로 구동 명령을 전달한다. 액츄에이터는 CAN 버스를 통해 전달받은 구동명령을 수행하여 로봇을 구동하게 된다.

5. 결론

지능형 로봇의 개발이 활성화되면서 로봇 플랫폼의 구성을 간편하고 유연하게 할 수 있는 표준 인터페이스의 필요성이 높아지고 있다.

본 연구에서는 자동차용 지능형 부품을 통합하기 위해 제안되었던 CAN 버스를 로봇 플랫폼에 도입하여 사서보조 로봇의 로봇 플랫폼을 구성하였다. 기존의 주 제어기 또는 보조제어기 상에서 각 센서와 액츄에이터를 제어하는 문어발식 결선과 비교하였을 때, 본 로봇 플랫폼 구조는 단순한 구조를 가지면서, 로봇구성을 손쉽게 수행 할 수 있었다. 또한 변경사항이 발생 하였을 경우, 기능에 대한 변경 또는 센서 및 액츄에이터 교체에 있어서 유연하게 대응 할 수 있는 장점을 확인할 수 있었다. 그리고 로봇의 상위 서비스 애플리케이션을 개발하는 과정에 서비스 개발자는 개별 센서 또는 액츄에이터 제어에 대해 세부적인 내용에 대한 파악이 필요하지 않았으며, 동작에 필요한 기본적인 프로토콜 지침만을 참조하여 비교적 빠른 개발과정을 수행 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

CAN 기반의 로봇 플랫폼 구성을 통하여 여러 형태의 서비스 로봇 플랫폼에 대한 유연한 적용이 가능함을 제시하였다.

향후 로봇 플랫폼 내부 CAN 프로토콜의 개방과 확장을 위해 Middleware에 대한 연구가 더 진행되어야 하며, 여러 표준 소프트웨어 플랫폼, URC 서비스 등과의 인터페이스를 위한 표준 프로토콜과 통신 토폴로지에 관한 지속적인 연구가 요구된다.

References

[1] S.S Hong, "OMG Robotics Domain Task Force.", *TTA Journal*, 2006. 8.
 [2] H.J. Kim and H.S. Yoon, "Motor and Sensor Technology for Intelligent Robots", *Electronics and Telecommunications Trends*, vol.22, no.2, 2007. 4.
 [3] Chang Seong Song, "Design of Wireless Robot-PNP for Intelligent Service Robots", *Master's Thesis, KAIST*, 2008.
 [4] W.P. Yu *et al.*, "Robot Navigation Technology and Its Standardization Trends", *Electronics and Telecommunications Trends*, vol.26, no.6, 2011. 12.

[5] S. Jankovic, D. Kleut, I.Bлагоjevie, V. Petrovie, V.Sinik "Controller Area Network Based Monitoring of Vehicle's Mechatronics System", *IEEE 9th international Symposium on Intelligent System and Informatics*, Sep 8-10, 2011.
 [6] Sun-Ku Kwon *et al.*, "Implementation of Real-Time Communication in CAN for Humanoid Robot", *Proceedings of CISC 05*, 2005.
 [7] Sung Ho Im *et al.*, "A Design for URC Robot S/W Platform", *Proceedings of CISC 05*, 2005.
 [8] Byung-Ryuel Park *et al.*, "Implementation of an Interface Unit for Analysis of a CAN-Based Control System", *Sym. for Information and Control*, 2005.
 [9] Woong-Keun Hyun, "A development of H/W and S/W platform of remote controllable agricultural robot based on XP embedded system", *Journal of The Korea Institute of Electronic Communication*, vol.7, no.5, 2012.7.
 [10] Kyoung Chul Kim *et al.*, "Development of Four-Wheel Independent Steering Driving Platform for Agricultural Robot", *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, vol.28, no.8, 2011.
 [11] Se-Han Lee and Sang-Yong Rhee, "Development of a Moving Platform for a Upright Running Mobile Robot Based on an Inverted Pendulum Mechanism", *Journal of Korea Institute of Intelligent and Systems*, vol.22, no.5, 2012. 10.

저 자 소 개



곽상필 (Sangfeel Kwak)

2003년 : 대구대학교 제어계측공학과 공학사
 2005년 : 대구대학교 공학석사
 2005년~2008년 : (주)아진엑스텍 연구원
 2010년~2011년 : (주)엘레시스
 책임연구원 연구소장 대리
 2012년~현재 : 대구대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : 지능시스템, 인공지능, 임베디드 시스템, 기계시각
 Phone : +82-10-4536-8008
 E-mail : kfeelsismine@gmail.com



최병재 (Byung-Jae Choi)

1987년 : 경북대학교 전자공학과 공학사
 1989년 : 한국과학기술원 원자력공학과 공학석사
 1998년 : 한국과학기술원 전기전자공학과 공학박사
 1999년~현재 : 대구대학교 전자전기공학부 교수

관심분야 : 지능제어 및 시스템, 인공지능 이론 및 응용
 Phone : +82-53-850-6633
 E-mail : bjchoi@daegu.ac.kr