

실시간 화상통신을 이용한 TMO 모델 기반의 로봇 제어 시스템의 설계 및 구현

김병관*, 서정민**, 박현순***, 호효휘***, 이상문***

*충주대학교 산학협력단

지니정보시스템, *충주대학교 컴퓨터과학과

e-mail:forcekbk@cjnu.ac.kr

Design and Implementation of Real-Time Robot Control System with Image Communications Capability based on the TMO Model

Byoung Kwan Kim*, Jeong Min Seo**, Hyun Soon Park***,
Hu Xiaowei***, Sang Moon Lee***

*Dept. of University-Industry Cooperation Foundation, Chungju Nat'l Univ.

**Jeenie Information System Inc.

***Dept. of Computer Science, Chung-ju University

요 약

최근 인터넷과 정보통신 기술의 개발로 사회의 가치관, 문화 및 생활 방식이 급속하게 변화되고 있다. 로봇 분야의 경우, 공장에서 사람의 접근이 통제된 지역에 설치되어 인간을 대신해서 반복작업이나 힘든 작업을 대신해 주던 것에서 오늘날은 일반인들이 일상생활 속에서 손쉽게 활용할 수 있도록 로봇을 하나의 가전기기 혹은 개인용 상품으로 개발하기 위한 노력이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 실시간 객체인 TMO를 통해서 내장형 시스템 기반의 로봇을 화상통신을 이용하여 실시간으로 원격 제어하는 방안을 제시코자 한다.

1. 서론

최근 인터넷과 정보통신 기술의 개발로 사회의 가치관, 문화 및 생활 방식이 급속하게 변화되고 있다. 로봇 분야의 경우, 공장에서 사람의 접근이 통제된 지역에 설치되어 인간을 대신해서 반복작업이나 힘든 작업을 대신해 주던 것에서 오늘날은 일반인들이 일상생활 속에서 손쉽게 활용할 수 있도록 로봇을 하나의 가전기기 혹은 개인용 상품으로 개발하기 위한 노력이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 국내 로봇기술은 산업용 로봇의 응용 위주로 진행되어 응용기술은 풍부하지만 공통핵심기술 및 요소·부품기술은 해외의존도가 높은 상태이다. 시장측면에서도 산업용 로봇은 기반이 있으나 지능형로봇은 아직 시장형성 초기단계이고 관련 산업도 초기상태이다. 특히, IMF 이후 주요 대기업에서 로봇사업을 포기하여 국내의 산업용 로봇 산업은 고사상태에 처하였지만, 최근 퍼스널로봇 중심의 벤처기업 창업이 활발하다. LG, 삼성 등의 대기업도 가정용로봇 사업에 진출하였으며, 대우해양조선은 로봇연구소를 설립하는 등 최근 가정용로봇, 퍼스널로봇 등을 중심으로 많은 연구개발 노력을 기울이고 있다. 이렇듯 로봇은 인간과 밀접한 상호작용을 가지며, 인간의 삶의 현장에서 직접적으로 인간의 활동을 돕는 역할을 하게 될 것이다. 따라서 기계와 인간과의 인터페이스 기술이 매우 중요하게 되었으며, 자동화 로봇 역시 언제든지 인간이 상황과 여건에 따라서 즉시 제어할 수 있도록 하는 것도 중요한 기술로 발돋움하였다. 또한, 로봇 기술은 기존의 산업용 로봇 시장이 자동차 혹은 대

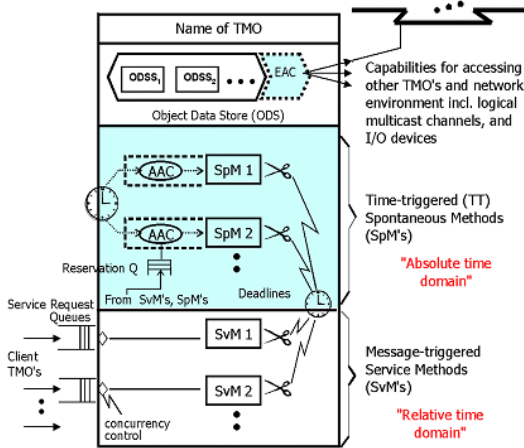
량으로 생산되는 가전 제품등과 같은 자체시장을 보유하고 있는 대기업 중심으로 형성되어 규모가 작고 성장에 한계가 있었던 반면 지능형 서비스 로봇 시장은 아이디어 중심의 제품 개발을 근간으로 벤처 및 중소기업들이 주도할 수 있는 시장으로 향후 발전가능성 및 파급 효과가 크다는 측면에서 매우 긍정적이다. 본 논문에서는 실시간 객체인 TMO를 통해서 내장형 시스템 기반의 로봇을 화상통신을 이용하여 실시간으로 원격 제어하는 방안을 제시코자 한다. 먼저 2장에서는 실시간 객체인 TMO 모델과 임베디드 소프트웨어, 마이크로 로봇에 관하여 소개, 3장에서는 기존의 로봇 제어 시스템과 실시간 객체를 이용한 로봇 제어 시스템, 실시간 화상통신 로봇 제어 시스템 모델링에 대하여 설명하고, 4장에서는 실시간 객체를 이용 화상통신을 통한 로봇을 제어하는 시스템을 구현하며, 5장에서는 결론 및 향후 발전 방향과 과제에 대해서 설명하고 마치도록 한다.

2. 관련 연구

2.1 TMO (Time-triggered Message-Triggered Object)

TMO는 Kane Kim 등에 의해서 개발된 Object Structuring Scheme이다. TMO는 기존의 객체 모델을 경성 실시간 시스템에서 높은 효율성을 보일 수 있는 객체 모델로 확장하기 위한 연구에서 나온 결과이다. 따라서 TMO는 실시간 시스템이 가지는 시간적인 특성과 행동을 쉽게 추상화 할 수 있는 구조를 가지고 있을 뿐 아

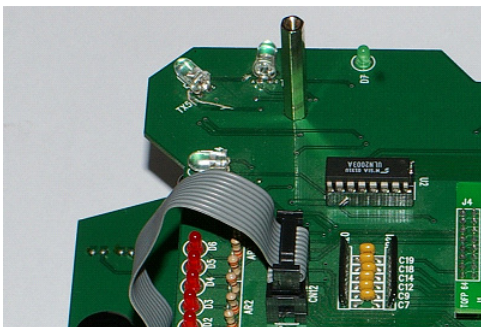
나라, 적시 서비스 능력 (timely service capability)을 시스템 설계 단계에서부터 보장할 수 있다[1, 2, 3, 4].



(그림 1) TMO 기본 구조

2.2 임베디드 시스템

전기, 전자, 컴퓨터 기술들이 발달하면서 이들 기술을 이용한 다양한 기기들이 생활 주변에 들어오게 되었다. PC를 제외하더라도 일상생활에서 사용되고 있는 TV, 냉장고, 세탁기, 전자레인지 같은 전자 가전제품뿐만 아니라 우리가 가지고 다니는 핸드폰, PDA, 홈 관리 시스템, 홈 네트워크 게이트웨이 장치, 우주선 제어장치, 군사용 제어 장치 등 셀 수도 없이 많은 기술들이 우리 생활과 밀접하게 관련되어 도움을 주고 있다. 본 논문을 위해 사용된 로봇은 실시간 객체 모델링에 적용하기 위해 일반형 로봇 기반으로 자체 주문 제작된 지능형 로봇이다. 센서는 라인 트레이싱을 위한 라인을 인식하기 위해 로봇 전면부와 전면부 좌우에 장착되었으며(이 논문에서는 센서를 사용하지 않았음), 서버 시스템과의 송수신을 담당하는 임베디드 보드와의 통신을 위한 시리얼 포트 및 배터리 연결을 위한 패러럴 포트가 장착되어 있다. 또한 실시간 영상을 서버 시스템에 전송하기 위해 웹-캠도 부착되어 있다[5, 6].



(그림 2) 본 논문에서 사용한 KMC 로봇

3. 화상통신이용TMO기반로봇제어시스템설계

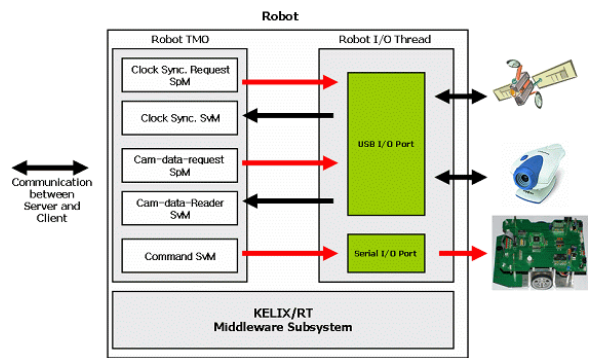
3.1 실시간 객체를 이용한 로봇 제어 시스템

제안 시스템은 Embedded 시스템 기반 로봇 제어 시스템과 같은 모델이지만 TMO 기반 실시간 미들웨어를 사용함으로써, 경성/연성 실시간 응용뿐만 아니라 일반적인 분산 병행 프로그램 응용에도 사용할 수 있다. 이는 곧 TMO 미들웨어를 통하여 다른 TMO 기반의

프로세서와도 실시간 통신이 가능하다는 것이다. 실시간 통신에서 사용되는 객체의 메소드(Method)로 구성되어 있다. 각각의 메소드로는 SpM(Spontaneous Method)과 SvM(Service Method)이 있다. 디자인 단계에서 명시한 시간이나 주기가 되면 실시간 클럭에 의해 실행되는 메소드 그룹인 SpM(Spontaneous Method)은 분산 병행 처리에서 다른 프로세서의 SvM을 호출(Wake-Up)하는 방식으로 사용된다. 이를 다른 시점에서 살펴보면, TMO 기반 로봇 제어 시스템들은 서버에 있는 서비스 메소드에 대한 클라이언트의 호출을 통해서 서로 상호 작용할 수 있으며, 호출자는 클라이언트 객체에 있는 SpM 일수도 있고 SvM이 될 수도 있다.

3.2 로봇 구동 시스템

마이크로 로봇은 로봇의 구동과 TMO 기반의 응용프로그램을 위한 임베디드 보드로 구성되어 있다.

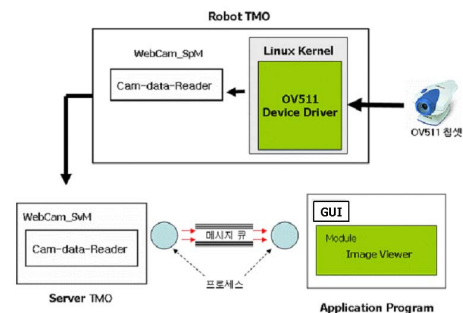


(그림 3) 로봇 구동 시스템 구성

(그림 3)은 로봇 구동 시스템의 주요 기능들을 보여주고 있다. 로봇 구동 시스템은 USB로 연결된 웹-캠을 통하여 입력되는 영상 데이터를 Server로 전송하는 역할과 GPS로부터 글로벌 타임 데이터를 받는 USB I/O와 로봇과 Server간에 시간 동기화를 만드는 Serial I/O로 되어 있고, 로봇 제어 시스템으로부터 데이터를 받아서 주행을 할 수 있도록 하는 구동관련 시그널을 처리하는 시스템이다.

3.3 영상 처리 및 모니터링 시스템

(그림 4)에서 보는 것과 같이 OV511 칩셋이 달린 USB 웹-캠을 통하여 안전한 주행을 위한 로봇 제어를 위하여 디바이스 드라이버에서 보내 온 영상의 원시데이터를 버퍼에 담아 UDP 무선 통신으로 Server에게 보내주면, Server는 버퍼에 담긴 원시데이터를 로봇 제어자가 볼 수 있는 모니터링 시스템 즉, GUI의 Image Viewer를 통해서 디스플레이 한다.

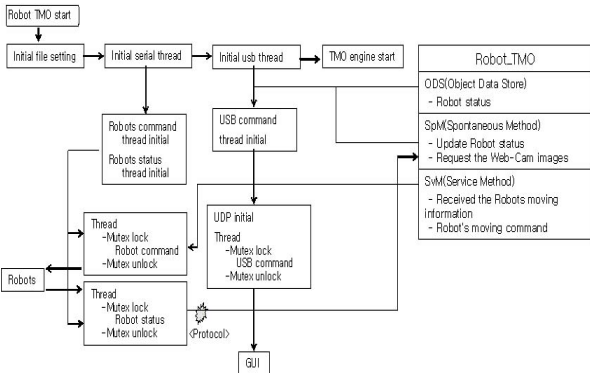


(그림 4) 영상 처리 및 모니터링 시스템 구성

4. 화상통신이용TMO기반로봇제어시스템구현

실시간 화상통신을 이용한 TMO 기반의 로봇제어 시스템 구축을 위하여 서버 및 모니터링 시스템으로 CPU는 Intel 기반의 Pentium-4 3.0GHz, 1Gbytes의 메모리를 사용한 Desktop PC 1대를 Linux Redhat 8.0(kernel Ver.2.4.18)의 O/S로 탑재하였으며, 임베디드 보드와 로봇은 2장에서 설명한 것과 동일한 제품을 각각 1대씩 사용하였다. 부수적으로 구동부(임베디드 시스템)와 제어부(Desktop PC)와의 통신을 위하여 CF Type의 무선랜카드를 사용하였으며, 실시간 영상을 전송하기 위하여 OV511 칩셋이 내장된 USB 카메라를 사용하였다. 구동 시스템은 2가지로 분류를 할 수 있는데 로봇 자체 내에 AVR에 내장되어 DC 스텝 모터를 이용 로봇을 주행시키는 부분과 외부와 통신을 하는 임베디드 보드로 구성되어있다.

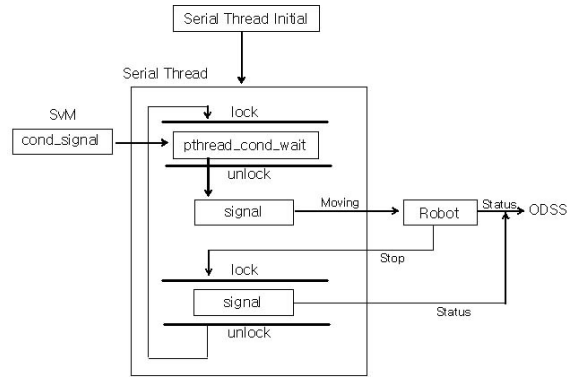
로봇 자체내에 내장되어 있는 AVR에 대한 내용도 추가되어야 하지만 본 논문과는 다소 거리가 있어 데이터 처리 관점에서의 임베디드로 초점을 맞추도록 하겠다. 로봇 구동 시스템은 로봇 제어 시스템으로부터 로봇의 구동 정보가 들어왔는지를 체크하고, 이 정보를 로봇에게 시그널을 날려 정확한 이동 명령을 제시한다. 또한 로봇의 실시간 모니터링을 위해서 지속적으로 USB 카메라로 화상을 받아 제어 시스템으로 전송함으로써 정확한 로봇 제어를 위한 정확한 판단 정보를 제공한다. 그리고 실시간성에 따른 시간의 동기화를 위해서 GPS의 글로벌 타임에 위배되어서는 안되며, 이를 명시화하기 위하여 주기적으로 GPS의 타임 데이터를 확인하도록 해야 한다.



(그림 5) Detailed Client System

(그림 5)에서 보는 것과 같이 먼저 로봇 시스템은 초기화 파일 세팅 후 구동부와 통신하기 위하여 Serial 스레드를 생성한다. 그리고, TOM 엔진을 시작하기 전까지 카메라로부터 들어오는 데이터를 받기 위한 웹-캠 스레드도 초기화한다. TMO 작동 후에는 SpM을 통해 웹-캠을 활성화 할 것인지에 대한 여부 확인 후 활성화 결정되었으면 GUI와 UDP 통신을 위한 UDP 동기화 확인 후 UDP 스레드를 통하여 영상 데이터를 버퍼에 담아 UDP를 통해 GUI로 영상 정보를 보내준다. 로봇 구동 시스템에서는 SpM 2개와 SvM 3개의 모두 5개의 실시간 객체로 구성되어 있으며, 2개의 스레드(Thread)를 생성하여 그 안에서 USB스레드와 Serial스레드가 각각 처리를 할 수 있게 하였다.

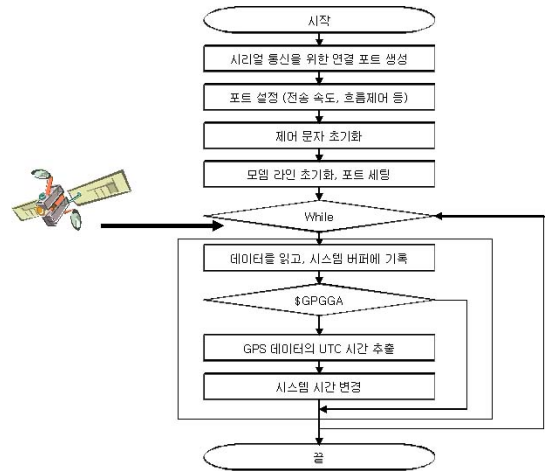
로봇 구동 시스템에서 사용하는 스레드는 POSIX 기반의 pthread를 사용한다. (그림 6)은 Serial 스레드 초기화 후 SvM에서 시그널을 받아 로봇에게 명령을 주는 모습이다.



(그림 6) Serial 스레드

스레드 초기화 함수에서 Serial 통신을 위해 터미널 제어를 담당하는 termios라는 구조체를 선언해 통신을 위한 기본 모드를 설정한다. 기본 모드에서 송신을 담당하는 변수로는 robot_fd라는 전역 변수를 사용한다. 제어 시스템으로부터 로봇의 진행 명령이 오면 SvM에서 시그널을 받아 pthread_cond_signal 함수를 사용해 대기 상태(pthread_cond_wait)로 있던 Serial 스레드를 깨워 다음 작업을 진행한다. 다음 단계에서는 SvM에서 받은 시그널을 robot_fd라는 변수에 담아 로봇 구동부로 보내주게 되고 로봇 구동부에서는 시그널을 확인 후 동작을 진행한다.

실시간성을 확보하기 위한 GPS 데이터 수신 시스템과 로봇의 원활한 주행을 위하여 명령을 전달하는 주행 시스템으로 나누어진다.

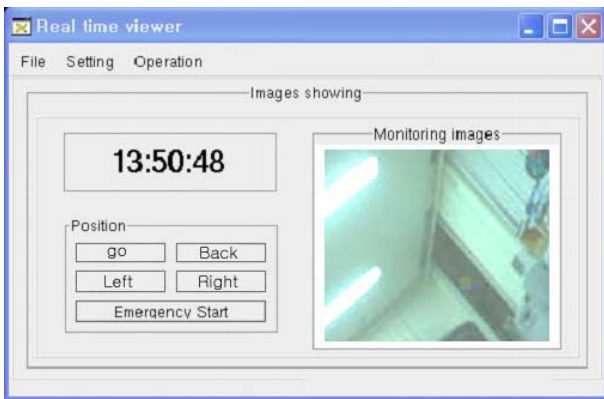


(그림 7) USB 포트를 통한 GPS 데이터 처리

(그림 7)은 GPS 수신기를 통해서 전송된 수행 시간의 측정은 시리얼 포트를 통해 입력된 데이터를 버퍼에 쓰는 시간부터 시작하여 시스템의 시간을 수정하는 부분까지를 기준으로 시간 데이터만을 추출하여 Linux System의 시간을 보정함과 동시에 로봇 구동 시스템으로 이 시간 데이터를 전송하여 시스템간의 시간을 동기화한다.

모니터링 시스템은 Image Viewer에 화면을 디스플레이하고 GPS의 시간을 보여주는 GUI로 리눅스에서의 GUI 개발 도구 중의 하나인 GTK 1.2 툴킷 기반으로 제작되었다. 메시지 큐를 통해서 로봇 제어 시스템과 송/수신하는 데이터 구조를 보여주고 있다. 다른 프로세스 간의 통신 기법들 중에서 메시지 큐를 이용한 이유는 위에서도 설명하였지만 사용방법이 간단하고 데이터 처리 FIFO(First In First Out) 방식을 사용하며, 모든 프로세스에서 접근 가능하도

록 되어 있다. 따라서 메시지 큐의 접근자(식별자)를 아는 모든 프로세스는 동일하게 메시지 큐에 접근함으로써, 데이터를 쉽게 공유할 수 있기 때문이다. 모니터링 시스템의 주된 기능은 로봇 구동 시스템으로부터 실시간으로 전송된 영상 데이터를 Image Viewer를 통해서 출력해주는 것으로 한눈에 보이도록 간단하게 제작하였다. 또한 로봇을 구동하기 위하여 로봇 제어시스템으로 전송하는 역할 또한 담당한다. 이로서 TMO 기반의 로봇 운영 시스템을 담당하는 사용자가 시스템간의 데이터 처리가 실시간으로 되는 것을 시각적으로 확인할 수 있는 인터페이스 기능을 제공한다.



(그림 8) GUI 시뮬레이터

(그림 8)은 GUI 응용 프로그램을 실행하였을 때 보여주는 시뮬레이터이다. 좌측의 Control Box는 로봇을 구동하기 위한 조작 버튼이고 우측의 이미지는 로봇에 달려있는 웹-캠에서 오는 영상정보를 보여주고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 실시간 객체인 TMO를 통해서 내장형 시스템 기반의 로봇을 GPS를 이용 시간동기화 및 적시성과 신뢰성의 실시간 성능을 유지하면서 화상통신을 이용하여 실시간으로 원격 제어하는 시스템을 설계하고 구축해 보았다.

임베디드 SW 분야가 국내외 IT 산업의 신성장 동력 산업의 하나임에도 불구하고 고가이면서도 기반 운영체제를 유지하고 있어 국내 산업화가 어려운 실정이다. 이에 본 논문에서는 소스 코드와 커널이 공개되어있는 리눅스를 사용하여 실시간 객체 모델인 TMO를 접목 단순 어플리케이션을 구축하였지만 차후 그 분야는 여러 분야에 걸쳐 잘 활용될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] J.G. Kim, J.P. Hong, B.J. Min, and M.H. Kim, "Modeling of Multimedia Services Using the TMO Model", Int'l Journal of Computer Science and Electrical Engineering, Vol.13, No.3, pp.171-178, May 1998.
- [2] K.H. Kim, "Real-Time Object-Oriented Distributed Software Engineering and the TMO Scheme", Int'l Jour. of Software Engineering & Knowledge Engineering, Vol. No.2, April 1999,

pp.251-276.

- [3] K.H. Kim, "Object-Oriented Real-Time Distributed Programming and Support Middleware", Proc. ICPADS 2000 (7th Int'l Conf. on Parallel & Distributed Systems), Iwate, Japan, July 2000, pub. by IEEE CS Press (Keynote paper), pp.10-20.
- [4] K.H. Kim, "Commanding and Reactive Control of Peripherals in the TMO Programming Scheme", Proc. ISORC 2002 (5th IEEE CS Int'l Symp. on OO Real-time distributed Computing), Crystal City, VA, April 2002, pp.448-456.
- [5] Alessandro Rubini, "Linux Device Drivers".
- [6] P. 라가반 외 2, "임베디스 리눅스 시스템 설계와 개발", 도서출판 ITC, 2007. 2.
- [7] 신창선 외 3, "분산 실시간 서비스를 위한 TMO 객체그룹 모델의 구축", 한국정보과학회 논문지, Vol. 30, No.6, pp. 307-318, 2003
- [8] 신창선 외 3, "TMO 스킴 기반의 실시간 정보가전 제어 시뮬레이터의 설계 및 구현", 한국정보처리학회 논문지, Vol.12-D, No.2, pp.319-326, 2005