

인터넷을 통한 비전기반의 자율이동 로봇 제어

박태현, 강근택, 이원창
 부경대학교 공과대학 전자공학과

Remote Control of Autonomous Mobile Robot with Vision Via the Internet

Tae-Hyun Park, Geuntaek Kang, Wonchang Lee
 Dept. of Electronic Eng. Pukyong National University

Abstract - 본 논문은 영상 정보를 통하여 원거리에 있는 자율주행 로봇을 실시간으로 원격 제어하기 위한 시스템 설계를 제안하고 실제로 구현한다. 본 논문에서의 제안한 시스템은 인터넷상에서 이동 로봇을 제어하기 위한 웹서버 시스템, 웹을 통하여 제어하거나, 웹 브라우저 없이 서버와 연결된 네트워크 선로를 통하여 제어하는 클라이언트 시스템, 클라이언트 시스템과 자율이동 로봇간의 양방향 통신을 가능하게 하고 모든 시스템 총괄하는 제어서버 시스템, 무선 네트워크를 통하여 서버의 명령을 실행하고 영상 정보를 감지하여 서버 시스템에 전송하는 로봇 시스템으로 구성된다. 클라이언트, 제어서버 시스템은 플랫폼의 이식성을 고려하여 Java 어플리케이션으로 구현되어 질 것이며, 웹 사용자 인터페이스는 HTML 과 Java 애플릿을 사용하여 구현한다. 본 논문에서는 앞에서 제시한 이러한 원격제어 시스템을 실제로 구현하여 실험함으로써 원거리에 있는 자율이동 로봇의 실시간 제어를 검증하고 적용하고자 한다.

1. 서 론

최근 인터넷의 급성장은 로봇이 사람에게 다가갈 수 있는 특별한 기회를 제공하며, 표준 통신 네트워크를 이용한 원격제어 시스템에 관한 관심을 증대시키고 있다[1]. 원격제어 시스템은 위험지역 탐사, 수중 탐사, 우주탐사, 핵 산업 등의 인간이 작업할 수 없는 위험한 환경이나 미지의 환경에서 적용 될 수 있고, 실제로 원거리에 있는 로봇을 매개체로 하여 정보를 획득, 통신, 명령을 수행하는 연구가 진행되고 있다. 초기의 머큐리 프로젝트 [2]는 제한된 환경에서 단순한 동작만을 수행하였지만, 현재의 원격제어 시스템은 의료진단[3], 원자력 설비 관리, NASA의 우주에서 인터넷을 이용한 차량 제어[4], 자바 인터페이스를 이용한 인터넷상에서 페인팅 로봇 제어[5] 등으로 응용분야를 넓혀가고 있으며, 그 잠재력과 필요성이 증명되고 있다.

특정한 주소를 할당 해야하는 원격제어 시스템에서는 인터넷 기반의 로봇 제어를 자연스럽게 적용할 수 있는 로봇 환경과 사용자와의 상호작용뿐만 아니라 공유 제어, 제어 단절, 인터넷 연결의 낮은 대역폭을 개선하려는 연구개발이 쟁점이 되고 있으며, 이러한 연구에 있어 JAVA는 새로운 표준언어로서 부각되고 있다. 통신 매체로서 인터넷을 사용하는 원격제어 시스템은 인터넷 지향적 그리고 멀티 플랫폼을 지원하는 언어로서 모든 소프트웨어가 구성되어야 한다[6]. 이러한 필요성을 가장 잘 만족시키는 언어가 바로 JAVA이다. 왜냐하면, JAVA로 제공되어진 사용자 인터페이스는 인터넷으로 연결된 플랫폼에서 웹 브라우저를 통하여 실행되며, 어떠한 수정이나 재 컴파일 없이 JVM(Java Virtual Machine)이 설치된 어떤 기계에서나 동작할 수 있는 플랫폼 독립성을 지원하고 또한 강력한 컴퓨터 네트워크 프로그램을 지원하기 때문이다[7].

원격 제어시스템은 영상 처리, 컴퓨터 네트워크 프로그램, 인공지능, 각종 센서, 제어알고리즘 등의 여러 기

술들이 효율적으로 연계되어야만 성공적으로 수행되어질 수 있으며 본 논문에서는 전체 원격제어 시스템의 구조, 이미지 전송을 위한 압축, 소켓을 이용한 네트워크 프로그램, DC모터 제어알고리즘을 실제로 구현하여 원거리의 자율이동 로봇의 실시간 제어를 실현하고자 한다.

2. 본 론

2.1 원격제어 시스템

원격제어 시스템은 크게 컴퓨터 네트워크와 자율이동 로봇구조를 가진다. 이러한 시스템의 주된 특징은 사용자가 자율이동 로봇을 제어하기 위해서 일반적인 목적의 컴퓨터와 웹 브라우저, 또는 클라이언트 프로그램이 지원되어야 한다. 사용자는 원거리에서 인터넷을 통하여 웹 서버에 접속하거나, 클라이언트 프로그램을 통하여 제어 서버에 접속함으로써 자율이동 로봇에게 명령을 내릴 수 있다. 원격제어 시스템의 하드웨어 사양은 자율이동 로봇, 서버 Workstation, 개인용 컴퓨터로 구성되어지며 그들은 서로 컴퓨터 네트워크를 통하여 통신이 가능할 수 있도록 고유한 주소(Ethernet Address)를 가져야 한다.

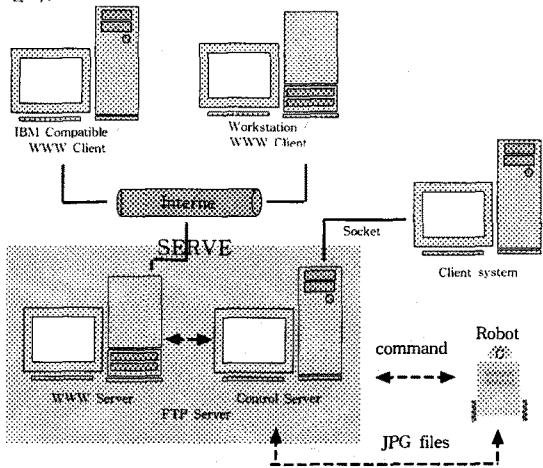


그림 1. 전체 원격제어 시스템의 구조

본 논문에서 제안된 전체 시스템은 앞에서 기술한 바와 같이 제어 서버 시스템, 웹 서버 시스템, 클라이언트 시스템, 로봇 시스템으로 나눌 수 있으며 이것을 나타내면 그림1과 같다. 시스템의 전체적인 구성에 있어서 제어 서버 시스템, 웹 서버 시스템, 클라이언트 시스템은 네트워크 기능, 보안, 데이터 베이스, 이종 플랫폼간의 호환성이 강력한 Java로 구현되어지며, 로봇 시스템은 윈도우즈 환경에서 멀티쓰레드, 객체 지향, GUI(Graphic User Interface)기능이 뛰어난 윈도우 프로그래밍 언어인

Visual C++ MFC(Microsoft Foundation Class)로 구현된다. 서버 시스템과 로봇시스템사이의 명령과 영상정보 교환은 무선 랜(Wireless LAN)을 통한 파일전송 프로토콜을 이용하여 전송한다.

2.1.1 로봇 시스템

로봇 시스템은 메인 컨트롤러, 영상처리 시스템, 무선랜, 모터 드라이버 보드, DC모터, 초음파센서, 센서 데이터 처리 보드, 충전지 등으로 구성되며, 영상처리 시스템은 CCD카메라와 캡처보드로 구성된다.

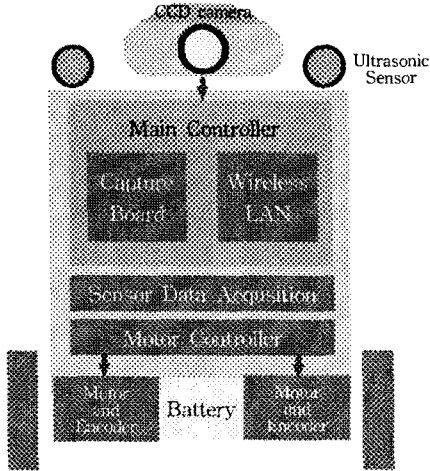


그림 2. 로봇 시스템의 구조

로봇 시스템은 그림 2와 같이 PC기반으로 설계하였으며, 모든 주변 드라이버와 장치는 메인보드의 CPU에서 관리하게 된다. DC모터 드라이버와 센서의 데이터 처리는 마이크로컨트롤러를 사용하여 제어하게 되며, 초음파 센서는 정적인 장애물이나 동적인 장애물을 감지하기 위해서 사용하였다. 무선 랜을 사용함으로써 로봇은 공간적인 제약을 극복할 수 있으며, 데이터 양이 큰 이미지 전송시간을 줄일 수 있다. 로봇 시스템의 프로그램은 그림 3과 같다.

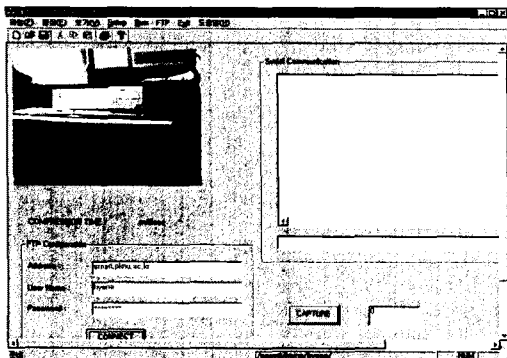


그림 3. 로봇 시스템

2.1.2 제어 서버 시스템

제어서버 시스템은 로봇 시스템과 클라이언트 시스템과의 명령을 로봇에게 전송하기 위한 네트워크 프로그램과 이미지를 디스플레이 하기 위한 GUI프로그램, 전체 원격제어 시스템을 감시하는 모니터링 프로그램 등을 Java로서 구현하였다. 제어서버 시스템의 운영체제는 유닉스를 탑재하고 있으며, 서버 시스템의 모든 프로그램

이 Java로 구현하여 다른 운영체제로의 확장성도 고려하였다. 네트워크 프로그램은 소켓(socket)을 생성하여 클라이언트, 로봇 시스템과 데이터 전송을 하도록 구현하였으며, 시스템의 일관성 있는 명령 체계를 위해서 소켓을 통하여 접속되는 사용자수를 제한하며 로봇 시스템 제어에 관한 권한은 사용자중 한 사람만이 가질 수 있다.

2.1.2 웹 서버 시스템

웹 서버는 사용자들이 인터넷을 통하여 서버에 접속할 수 있도록 환경 설정을 하며, 접속하였을 경우 애플릿을 사용자측으로 다운로드 되도록 한다. 본 논문에서는 현재 인터넷 웹 서버 중 가장 인기를 누리고 있는 아파치를 유닉스 환경에서 구축하였다.

2.1.3 클라이언트 시스템

클라이언트 시스템은 두 종류로 나눌 수 있다. 첫째는 웹 브라우저를 이용 웹 서버에 접속하여 로봇 시스템을 제어할 수 있는 웹 클라이언트이다. 웹 클라이언트는 브라우저를 통하여 웹 서버에 접속하면 Java 애플릿이 다운로드 실행되고 여기서 GUI를 통하여 명령을 내리면 생성된 소켓을 통하여 제어 서버로 전송된다. 웹 클라이언트는 웹 서버에 접속하여 로봇 제어권을 가진 후에 명령을 내릴 수 있으므로 웹 서버에 접속하기 위해서는 기본적으로 웹 브라우저가 설치되어 있어야 하고 인터넷이 가능해야 한다. 웹 클라이언트를 그림으로 나타내면 그림 4와 같다. 다음으로는 웹 브라우저 없이 네트워크 접속을 통하여 로봇 시스템을 제어하는 클라이언트이다. 이런 경우는 JAVA 어플리케이션으로 구현되어지며, 제어 서버와 소켓을 생성하여 이미지는 파일 스트림을 이용하여 전송 받고 명령은 데이터 스트림을 이용하여 전송한다. 이와 같이 Java 어플리케이션으로 구현된 클라이언트는 애플릿의 네트워크 제한성을 극복 할 수 있다.

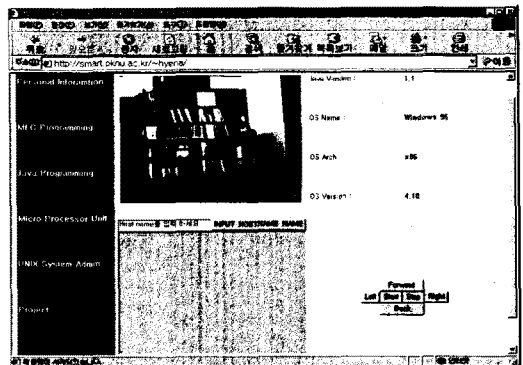


그림 4. 웹 클라이언트

2.2 영상 압축

로봇 시스템을 실시간으로 제어하기 위해서는 CCD 카메라로부터 입력된 영상데이터 양을 최소화하는 압축하는 알고리즘 우선적으로 필요하다. 이러한 알고리즘은 전체적인 원격제어 시스템의 성능과 직결됨으로 네트워크 속도와 메인 컨트롤러의 압축 알고리즘 처리 시간을 고려한 가장 최적의 알고리즘을 적용해야만 한다. 본 논문에서는 CCD카메라에 입력된 영상정보를 압축하기 위해서 정지영상 압축 알고리즘의 표준인 JPEG을 이용하여 압축하고자 한다.

2.2.1 압축 과정

캡처보드의 영상 데이터는 JPEG압축을 통하여 서버로 전송 할 수 있는 파일로 만들어지며 다음과 같은 과정을 거치게 된다[8].

- (1) 입력영상의 컬러모델(RGB)을 YIQ모델로 변환한다.
- (2) [2,2]또는[2,1] 영상 블록에 대해 평균값을 취해 색차(Chrominance) 신호 성분을 다운 샘플링 한다.
- (3) 8x8 블록에 대해 DCT(Discrete Cosine Transform)를 수행한다.
- (4) DCT계수를 시각에 미치는 영향에 따라 가중치를 두어 양자화한다.
- (5) 양자화된 DCT계수를 허프만 코딩(Huffman Coding)에 방법에 의해 부호화한다.

2.2.2 압축 원리

입력된 컬러영상은 그림 5와 같으며, 밝기(Luminance)와 색차(Chrominance)를 가진 YIQ로 변환 할 경우, Y값은 밝기를 나타내는 값으로 시각적으로 눈에 잘 띄지만 I, Q 값은 색차정보를 담고 있기 때문에 시각적으로 눈에 잘 띄지 않는다. 이러한 성질을 이용해서 Y값은 모두 기억하고 I와 Q값은 가로, 세로 [2,2] 또는 [2,1] 블록에서만 개씩만 기억하고, 나머지는 전부 버림으로써 영상정보를 줄일 수 있으며 이런 색차 신호를 많이 버려도 사람의 눈은 거의 차이를 느낄 수 없다.



그림 5. 원 영상



그림 6. 압축 영상

변환된 YIQ모델을 다시 8X8 크기의 블록으로 나눈 후 DCT를 적용하게 되면 영상의 저주파 성분은 시각적으로 큰 정보를 가지게 되고, 고주파 성분은 상대적으로 정보량이 적기 때문에, 영상을 시각적으로 정보량이 많은 부분과 적은 부분으로 분리한 후 시각적으로 정보량이 적은 부분에 손실을 줌으로써 시각적 손실을 최소화하며 데이터량을 줄일 수 있게 된다. 그러나 실제로 영상의 손실을 주며, 데이터 양을 줄이는 부분은 DCT계수를 양자화 부분이다. 양자화란 여러 개의 값을 하나의 대표값으로 대체시키는 과정으로 시각정보가 많이 들어 있는 저주파 성분의 DCT계수는 조밀하게 양자화 하고, 시각 정보가 적게 들어 있는 고주파 성분의 DCT계수는 넓게 양자화 하면서 전체적으로 영상의 손실을 최소화하며 데이터량의 감소를 극대화시킬 수 있게 된다. 양자화된 DCT계수는 자체로서 압축 효과를 갖지만 압축률을 더 높이기 위해서 허프만 코딩을 이용하여 다시 한번 압축한다. 허프만 코딩은 자주 나오는 심벌에는 짧은 코드를 할당하고, 가끔 나오는 심벌에는 긴 코드를 할당함으로써 전체적으로 코딩되는 부호의 양을 줄임으로써 압축하게 된다. JPEG 압축영상은 그림 6와 같다.

2.3 실험 및 고찰

실험에서 사용된 로봇 시스템은 그림 7과 같으며, 초당 30프레임 캡처보드와 카메라, Celeron 400MHz CP 12V24W DC모터, 80C196KC 주변보드 등으로 구성하며, 서버는 Ultimal 250MHz에 Solaris 2.6을 탑재다.

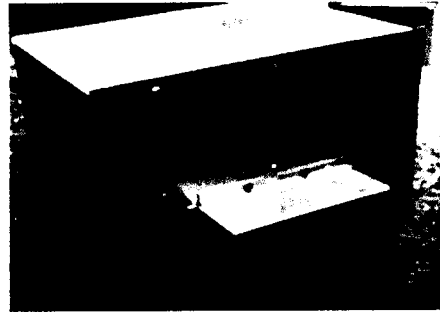


그림 7. 이동 로봇

320 X 240 크기의 원 영상은 225Kbyte이며 압축 1/20 이하로 압축이 가능하고 한 프레임 압축시간은 100ms 이상이 소모되었다. 자율 이동로봇의 동작은 직선 운동, 방향 전환, 정지 등으로 제한되었다.

3. 결 론

본 논문에서는 새로운 분야로 부각되고 있는 원격제어 시스템의 설계모델을 제시하였으며, 영상 압축을 통하여 자율이동 로봇의 실시간 제어의 가능성을 검증하였다. 본 논문에서는 이동 로봇의 제어를 인터넷으로 제한하지 않고 Java 어플리케이션을 이용한 클라이언트에서도 가능하게 하여 호환성을 확대하였다. 그러나 이러한 시스템은 네트워크 상에서 예측할 수 없는 지연이 발생할 수 있음을 유의해야 하며, 네트워크 속도가 시스템의 성능과 직결됨을 인지하여야 한다. 향후 연구과제는 이동 로봇의 경로 생성, 장애물 회피, 싱글카메라 거리측정 알고리즘과 더 우수한 영상 압축알고리즘을 개발하고자 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] Dirk Schulz, Wolfram Burgard, Dieter Fox, Se Thrun, Armin B. Cremers, "Web Interfaces for M Robots in Public Places", IEEE Robotics & Autom Magazine, 48-56, March 2000
- [2] K.A. Golberg, "Telerobot garden on the World Web", Rob. Mach. Perception, vol. 5, no. 1, no. 4, 19
- [3] A. Bejczy, G. Bekey, R. Taylor, and S. Rovet, "research methodology for tele-surgery with time dela Proc. First Int. Sym. Medical Robotics and Com Assisted Surgery, Sept. 1994
- [4] K.S. Tso, P.G. Backes, and G.K. Tharp, "Mars p mission internet-based operations using wits", in Proc Int. Conf. Robotics and Automation(ICRA), Leuven, B 1998
- [5] M.R. Stein, "Painting on the world wide web pumapaint project", in Proc. IEEE Int. Conf. on In Robots and Systems(IROS): Workshop on Web R Victoria, Canada, 1998
- [6] F. Monteiro, P. Rocha, P. Menezes, A.Silva, "Teleoperating a Mobile Robot A Solution Based on J Language", ISIE'97 - Guimaraes, Portugal, SS263 - S [7] <http://java.sun.com>
- [8] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Wood, "Digital Processing", Addison-welsley Publishing Com September 1993