

工学碩士學位論文

H.263과 인터넷을 이용한 자율 이동 로봇의 원격 운용



이 論文을 工学碩士學位論文으로 提出함

2003年 2 月

釜慶 大學校 大學院

電子工學科

朴 福 萬

朴福萬의 工學碩士 學位 論文을 認准함

2002年 12月 26日

主 審 工學博士 姜 根 澤



委 員 工學博士 林 昌 憲



委 員 工學博士 李 遠 昌



목 차

Abstract

I. 서 론	1
II. 원격 운용 시스템	4
2.1. 시스템 개요	4
2.2. 서버 시스템	6
2.3. 클라이언트 시스템	7
2.4. 로봇 시스템	8
III. 영상 부호화 및 복호화	12
3.1. H.263 개요	13
3.2. H.263 압축 방식	14
IV. 실험 및 검토	20
4.1. H.263 파일 압축	20
4.2. 로봇의 주행영상 변화	22
4.3. 검토	24
V. 결 론	25
참고문헌	26

Teleoperation of an Autonomous Mobile Robot Based on H.263 and Internet

Bok-man Park

*Department of Electronic Engineering, Graduate school,
Pukyong National University*

Abstract

This thesis proposes a remote control system that combines computer network and an autonomous mobile robot. We control remotely an autonomous mobile robot with vision via the internet to guide it under unknown environments in the real time. The main feature of this system is that local operators only need a World Wide Web browser and a computer connected to the internet communication network and so they can command the robot in a remote location through the Home Page. This system also offers an image compression method using motion H.263 concept which reduces large time delay that occurs in network during image transmission.

I. 서론

현대에 이르러 기술적, 과학적 혁명이라고 할 수 있는 인터넷의 발달은 인간의 정보 수집능력과 정보의 처리, 가공, 분배, 활용에 있어 공간적, 시간적, 규모적 제약을 극복하는 통신 수단으로 이용되고 있다^[1]. 또한 인터넷의 발전과 동반하여 인터넷을 이용한 많은 응용 기술들이 발전을 거듭해 왔다.

인터넷을 이용한 응용 기술 중에 공간적, 시간적 제약을 벗어나 원격 진료, 원격 영상회의, 오염지역 탐사, 군수산업, 인간의 활동이 불가능한 곳에서의 정보획득 및 특정작업 수행, 수중탐사와 우주탐사 등과 같은 미지의 공간과 환경 속에서의 자료 수집 등 여러 분야에서 활용되고 있는 원격 제어 및 원격 운용시스템은 현재 가장 많은 효율성과 기능성을 기대하는 기술이다. 따라서 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 많은 관심이 집중되고 있다.

1994년 웨스턴 오스트리아 대학에서 시작한 초기의 원격 제어시스템인 머큐리 프로젝트^[2]는 제한된 환경에서 단순한 동작만을 수행하였지만, 현재의 원격 제어 시스템은 의료진단^[3], NASA의 인터넷을 이용한 우주탐사 차량제어^[4], 자바 인터페이스를 이용한 인터넷상에서의 페인팅 로봇 제어^[5]등 보다 정밀하고, 높은 효율성을 요구하는 분야로 범위를 넓혀가고 있으며, 그 실용성과 필요성이 증명되고 있다.

인터넷 기반의 원격 운용 시스템에서는 원격지의 환경을 센서를 통한 데이터 값, 또는 카메라로부터 획득한 원격 지의 영상정보를 통해 운영자가 인식, 활용할 수 있다. 카메라로부터 획득한 원격 지의 영상정보는 그 데이터의 크기가 인터넷으로 통해 실시간으로 운영자에게 보내기에는 너무 큰 데이터이므로 압축하여 전송을 한다. 이에 보다 효과적이고 높은 압축률을 가

지는 압축 알고리즘 개발이 쟁점이 되고 있으며, 이러한 연구에 있어 1996년에 표준화 작업이 마무리 된 ITU-T/LBC 그룹의 H.263^[6]은 64Kbps 이하의 전송 속도를 갖는 동영상 압축 표준안으로서 공중전화망이나 이동통신망과 같은 초 저속 망에서의 영상 전화, 영상 회의 등의 실현을 그 목적으로 하고 있으며 원격 운용 시스템 개발과 자율 이동 로봇에서 획득한 영상 압축 방식의 일환으로 그 실용성이 증가하고 있다.

통신 매체로서 인터넷을 사용하는 원격제어 시스템은 인터넷 지향적 그리고 멀티 플랫폼을 지원하는 언어로서 소프트웨어가 구성되어야 하고^[7], 영상 압축과 더불어 원격 지와 운영자 사이의 효과적인 데이터 전송방식과 네트워크 구축이 필수적으로 필요하며, 이러한 요구에 있어 1995년 말 발표된 Java는 새로운 표준 언어로서 부각되고 있다. Java Applet으로 제공되어진 사용자 인터페이스는 인터넷으로 연결된 플랫폼에서 웹 브라우저를 통하여 실행되며, Java Application은 어떠한 수정이나 재 컴파일 없이 JVM(Java Virtual Machine)이 설치된 어떤 기계에서나 동작할 수 있는 플랫폼 독립성과 호환성, 이식성을 지원한다. 또한 객체 지향적 언어로서 강력한 컴퓨터 네트워크 프로그램, 사용자를 위한 보안성 보장, 그래픽 환경 애플리케이션의 대화적인 성능 향상을 위한 다중 스레드 등을 지원하기 때문이다^[8]. 이러한 Java의 특성과 장점은 원격 운영 시스템의 효과적인 데이터의 전송과 네트워크 구축을 위한 프로그램 언어로서 적합하다 할 수 있다.

본 논문에서는 자율 이동 로봇의 원격 운영 시스템을 서버 시스템, 클라이언트 시스템, 로봇 시스템으로 세 부분으로 나누어 실제로 구현하고 이동 로봇을 원격 지에서 운용함으로써 기존의 기능에서 탈피한 능동적인 운용을 하고자 하며, 인터넷을 이용함으로써 운용 공간의 한계를 극복하고자 한다. 또한 인터넷을 이용하여 원격지의 이동로봇과 양방향 통신을 통하여 로봇을

효율적으로 운용함과 동시에 원격지의 영상 정보를 실시간으로 공유하고자 하는 것이 연구의 목적이다. 본 연구에서는 영상데이터 압축을 위하여 H.263 프로토콜을 사용하였으며, 이식성과 플랫폼 독립성이 뛰어난 자바 언어를 이용하여 네트워크 프로그램을 구현하였다. 또한 다수의 이동로봇의 독립적인 운용을 위한 시스템의 확장성에 대한 연구도 병행하였다. 이를 바탕으로 원격운용 시스템을 구현하여 원거리의 자율이동 로봇을 실시간으로 운용하고 그 가능성을 검증하고자 한다.

II. 원격 운용 시스템

2.1. 시스템 개요

원격 운용 시스템은 인터넷 기반 위에서 서버와 클라이언트로 분리되는 컴퓨터 네트워크와 자율이동 로봇구조를 가지며, 제안된 전체 시스템은 앞에서 기술한 바와 같이 세 부분으로 나누어지며 그림 1과 같다. 제안된 원격 운영 시스템에서 서버 시스템과 클라이언트 시스템은 효과적인 데이터의 전송을 위한 네트워크 구축, 이종 플랫폼간의 이식성 및 호환성을 고려하여 Java로 구현되어지며, 로봇 시스템은 윈도우 환경에서 멀티 쓰레드, 객체 지향, GUI(Graphic User Interface)기능이 뛰어난 윈도우 프래그래밍 언어인 MFC(Microsoft Foundation Class)로 구현된다.

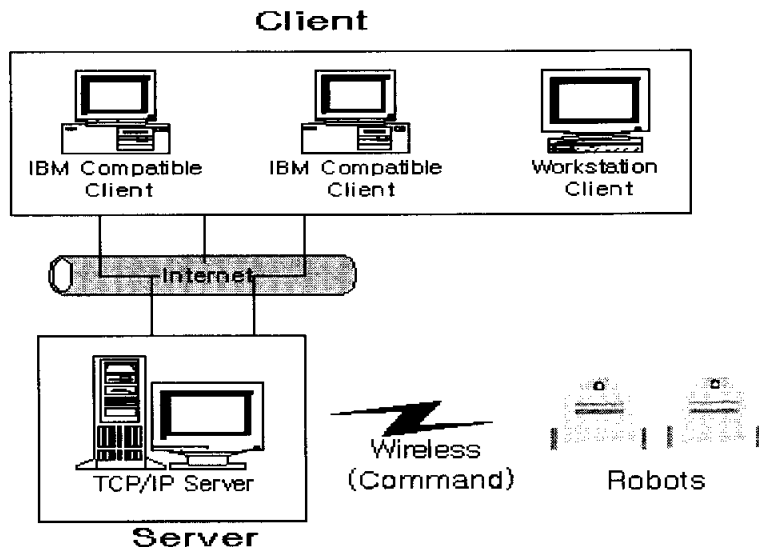


그림 1. 원격 운용 시스템의 전체 구조

제안된 시스템에서 운영자(이하 클라이언트)가 자율 이동 로봇을 운영하기 위해서는 일반적인 목적의 컴퓨터와 웹 브라우저를 가지고 원거리에서 인터넷을 통하여 웹 서버에 접속함으로써 로봇을 운영할 수 있다. 클라이언트 시스템, 서버 시스템, 로봇 시스템은 TCP / IP기반의 컴퓨터 네트워크를 통하여 통신이 가능하도록 고유한 주소(Ethernet Address)를 가져야 한다. 서버 시스템과 로봇 시스템은 무선 랜(Wireless LAN)을 통하여 소켓을 생성하고 영상데이터 및 명령을 전송한다. 원격 운용 시스템의 네트워크 구조를 그림 2에 나타내었다.

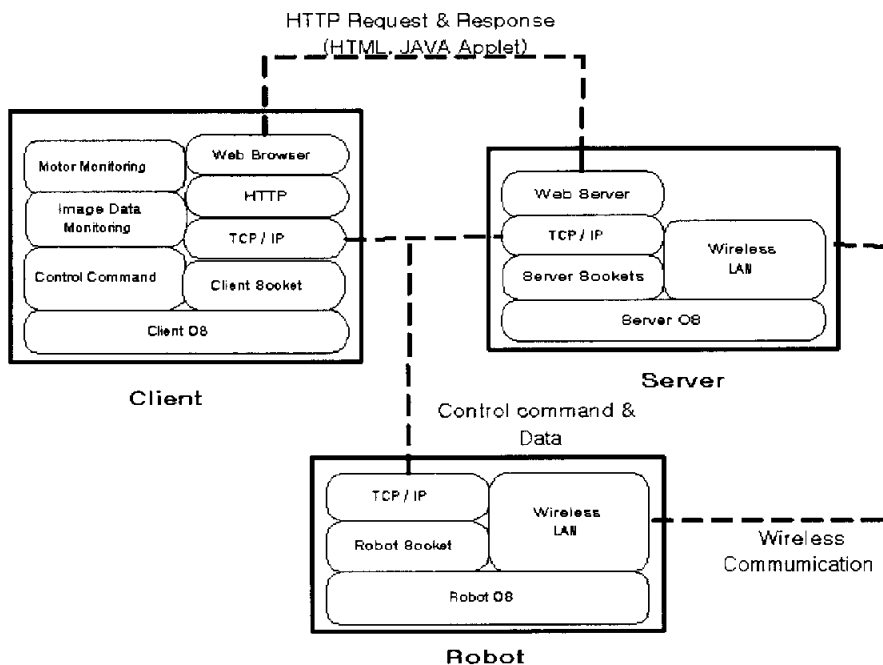


그림 2. 원격 운용 시스템의 네트워크 구조

2.2. 서버 시스템

서버 시스템에서 사용된 하드웨어 사양은 다음과 같다.

- CPU : Ultra spark II 250MHz
- Memory : 128 Mbyte RAM
- OS : Solaris 6.0

서버 시스템은 클라이언트 시스템과 로봇 시스템의 중계기적 역할을 수행하며 두 시스템사이에서 영상 데이터와 명령을 중계해 주는 네트워크 프로그램, 전체 원격 운용 시스템을 감시하는 모니터링 프로그램 등을 Java Application으로 구현하였다. 서버 시스템의 모든 프로그램을 Java로 구현하여 다른 운영체제와의 확장성과 이식성도 고려하였다. 서버 소켓 생성과정은 다음과 같다.

```
private      ServerSocket server;    // Socket to connect client
private      Socket  connection;

private      ServerSocket robServer; // Socket to connect robot
private      Socket  robConnection;

robServer = new ServerSocket(ROBOT_PORTNUM);

robConnection = robServer.accept();

server = new ServerSocket(PORTNUM);

connection = server.accept();
```

네트워크 프로그램은 무선 랜을 통하여 서버 소켓포트를 생성하여 클라이언트 시스템과 로봇 시스템 사이의 명령을 전송하도록 구현하였으며, 다수의 이동 로봇을 서버에 연결하여 독립적으로 운용하는 시스템의 확장에 관해서

도 서버 시스템이 각각의 로봇들에게 독립된 ID와 소켓을 멀티 쓰레드를 생성하여 클라이언트 시스템이 운용하고자 한다.

2.3. 클라이언트 시스템

클라이언트 시스템은 클라이언트 소켓 생성, 명령어 처리 부, 영상 디스플레이로 구분되어지며 원격 지의 로봇으로부터 전송된 영상정보와 데이터를 운영자가 획득함으로써 원격 지의 환경정보를 얻을 수 있다. 생성된 클라이언트 소켓을 통하여 서버로 명령을 전송 최종적으로 원격 지의 로봇에 명령을 내릴 수 있게 구현하였다.

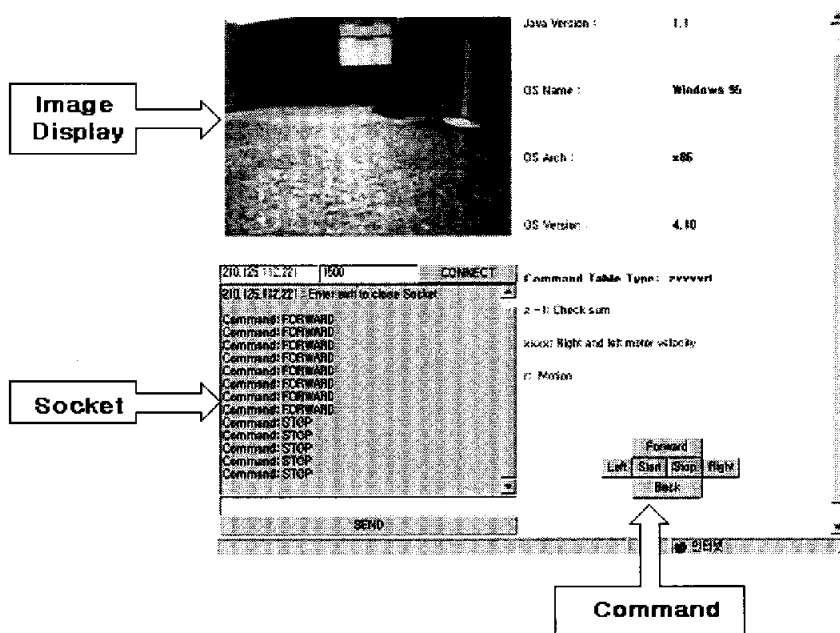


그림 3. 클라이언트 시스템

클라이언트 시스템은 서버 시스템이 실행되고 있는 홈페이지에 접속하여 원격 지의 로봇을 제어할 수 있다. 즉, 운영자가 웹 브라우저를 통하여 서버

시스템이 실행되고 있는 홈페이지에 접속하면 Java Applet이 다운되어 실행되고 GUI를 통하여 명령을 내리면 생성된 소켓을 통하여 서버로 전송된다. 클라이언트 시스템을 그림 3에 나타내었다. 클라이언트 소켓 생성 과정은 다음과 같다.

```
private Socket clientSocket; // 소켓  
clientSocket = new Socket(hostName,Number); // 소켓 생성
```

2.4. 로봇 시스템

제안된 원격 운용 시스템에서 로봇 시스템은 자율 이동 로봇을 제어하기 위한 프로그램 부분과 로봇을 구성하는 하드웨어 부분으로 나눌 수 있다.

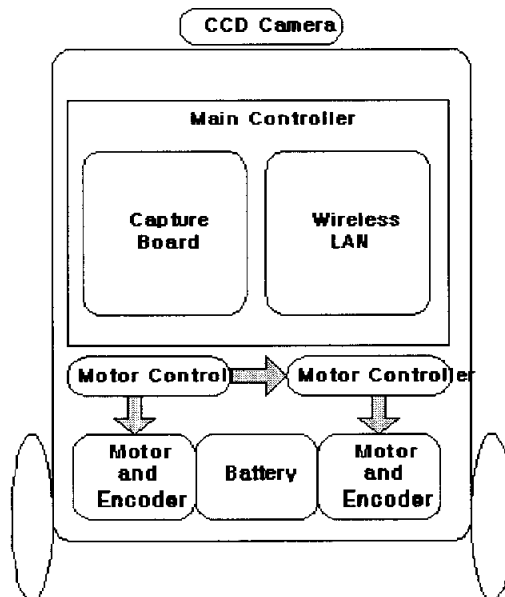


그림 4. 자율 이동 로봇 구조

로봇의 하드웨어는 메인 컨트롤러, 영상처리 시스템, 외장형 무선 랜, 모터 컨트롤 시스템, 전원 부(배터리)로 구성되어진다. 그림 4에 자율 이동 로봇의 구조를 나타냈으며, 전체적인 사양은 다음과 같다.

● 로봇의 크기

■ 60cm x 45cm x 40cm

● 메인 컨트롤러

■ CPU : Intel Pentium 4 1.7GHz

■ Memory : 512 Mbyte RAM

● 영상처리 시스템

■ CCD카메라

■ OnAir 16 Channel Capture Board

● 모터 컨트롤 시스템

■ MPU : 8bit ATmega163L Risc Chip

■ 12V DC Motor

■ L298 DC Motor Driver

■ 1024(P/R) E40H Encoder

● 전원 부

■ 12V 24Ah Battery

■ DC / AC Inverter

메인 컨트롤러는 PC기반으로 구현하였다. 모든 주변 드라이브와 장치는 메인보드의 CPU에서 관리하게 되며, 영상처리 시스템에서 획득한 영상정보의 압축, 서버와의 데이터 전송을 위한 네트워크 구축, 모터 컨트롤러 시스템과의 UART 통신^[9] 역할을 담당한다.

영상처리 시스템은 CCD 카메라로부터 획득한 영상을 메인보드의 PCI 슬

롯에 꽂힌 캡처보드를 통해 메인 컨트롤러에 제공한다.

모터 컨트롤러 시스템은 메인 컨트롤러와 UART 통신을 통하여 서버로부터 전송된 명령을 수신하여 모터 드라이버를 구동시켜 DC모터를 제어하고, 엔코더로부터 얻어진 속도정보를 메인 컨트롤러로 송신한다. 그림 5에 구현된 로봇의 실제 모습을 나타내었다.

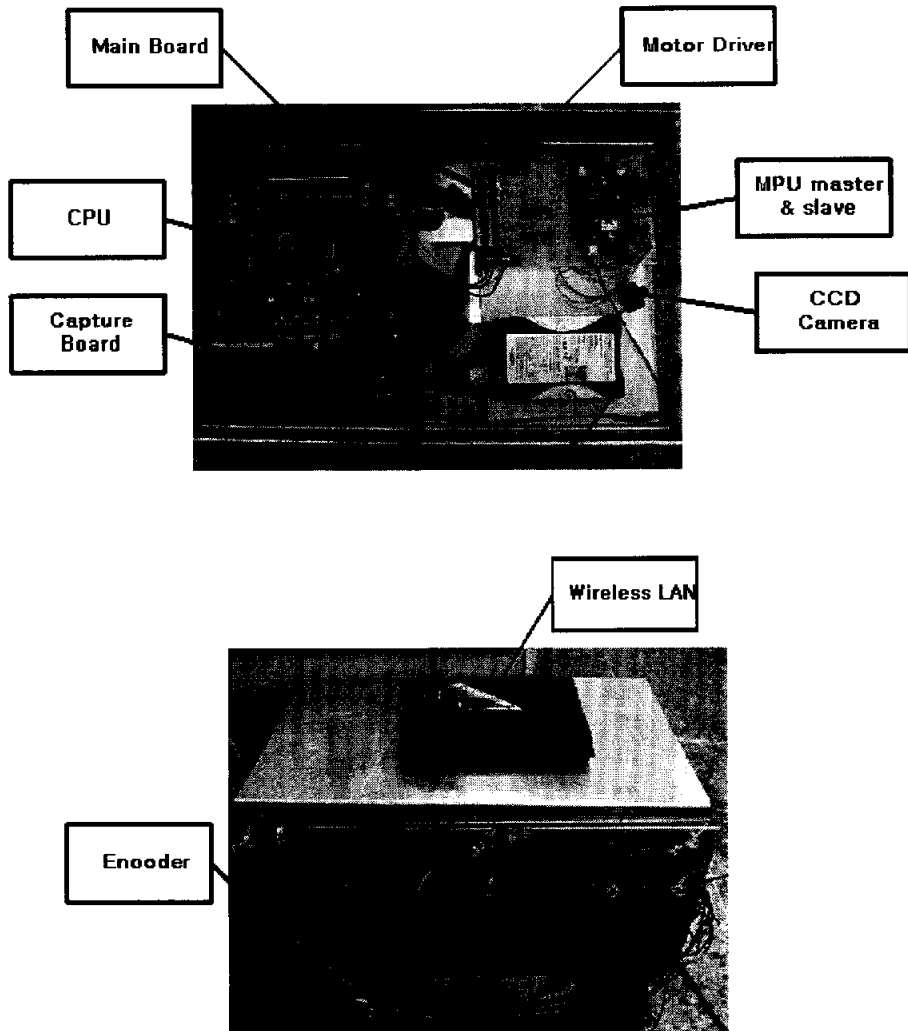


그림 5. 자율 이동 로봇

로봇 시스템에서 사용되어지는 프로그램은 영상처리 시스템에서 획득한 영상정보의 영상압축 프로그램, 서버와의 네트워크 구축을 위한 소켓생성 프로그램, 모터 컨트롤러 시스템과의 UART 통신을 위한 프로그램 등을 포함하고 있다. CCD 카메라로부터 입력된 영상은 H.263 영상 압축 알고리즘을 이용하여 서버로 전송되기 전에 그 데이터양을 감소시킨다. 이렇게 감소된 영상 데이터는 비트 스트림 형태로 생성된 소켓을 통하여 서버에 전달된다. 시리얼 포트는 파일 스트림 형태로 오픈 하여 사용하게 되며 이러한 작업은 MFC에서 제공하는 클래스들을 이용하여 제작하였다. 로봇 시스템에서의 소켓 생성 과정은 다음과 같다.

```
CDataSocket m_DataSocket;           // 소켓 선언
m_DataSocket.Create()                 // 소켓 생성
m_DataSocket.Connect(m_strIP,m_uiPortNum); // 접속 요청
m_DataSocket.Init(this);              // 소켓 초기화
```

III. 영상 부호화 및 복호화

가장 많은 정보를 포함하는 동영상의 부호화는 국제표준화 기구인 ITU(International Telecommunication Union) SG 15/1의 LBC(Low Bitrate Coding)^{[10][11][12]}와 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11의 MPEG(Moving Picture Expert Group)^[13]이 구성되어 연구와 논의가 활발히 진행되고 있다. 연구 결과로 ITU-T/LBC의 H.261, H.263과 ISO/IEC의 MPEG-1, MPEG-2 및 MPEG-4 등과 같은 국제 표준이 만들어짐으로써 관련 응용시스템을 개발 가능하게 되었다^{[14][15]}. 1996년에 표준화 작업이 마무리된 ITU-T/LBC 그룹의 H.263은 64Kbps 이하의 전송 속도를 갖는 동영상 압축 표준안으로서 공중전화망이나 이동통신망과 같은 초 저속 망에서의 영상 전화, 영상 회의 등의 실현을 그 목적으로 하고 있다^[16].

원격 운영 시스템을 실시간으로 제어하기 위해서는 CCD 카메라로부터 얻어진 영상 데이터를 빠른 시간에 최소의 크기로 압축하는 부호화 알고리즘이 중요한 부분을 차지한다. 전체적인 원격 운영 시스템의 성능은 메인 컨트롤러의 부호화 알고리즘 처리시간과 부호화 된 영상 데이터의 네트워크 전송 속도와 클라이언트의 복호화 처리시간을 고려해야 한다. 시스템의 성능을 향상시키기 위해서는 이러한 것들을 고려해서 가장 최적의 알고리즘을 적용하여야 하며, 본 논문에서는 초 저속 망에서 사용되어지는 H.263 알고리즘을 이용하여 카메라로부터 얻어진 영상 데이터를 부호화 및 복호화 하기로 한다.

3.1. H.263 개요

동영상은 크게 세 가지 방식으로 압축이 가능한데 그 중에 하나가 프레임 간 압축 방법으로 이렇게 압축한 프레임을 INTER 프레임이라 한다. 또한 프레임 간 압축을 하지 않고 공간적인 압축만을 한 프레임을 INTRA 프레임이라 한다.

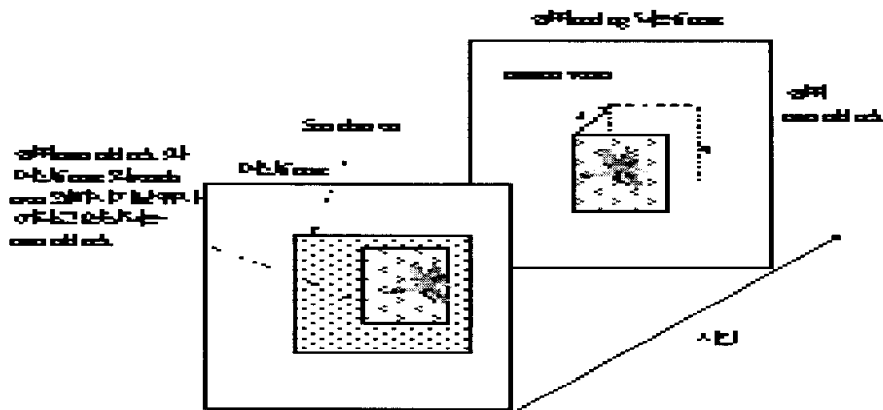


그림 6. 프레임간 압축 방식

영상은 프레임 간에 매우 큰 상관성을 가지고 있는데 위의 그림 6과 같이 하늘에 비행기가 지나가는 그림은 배경인 하늘과 비행기의 움직임을 분리해서 처리한다면, 즉 비행기의 움직임만을 보상한다면 다음 화면을 구성할 수 있게 된다. 이렇게 프레임 간에 압축을 위해서는 움직임의 정보를 찾게 되고 일반적으로 MB(Macro Block : 16×16 pixel)단위로 움직임을 이전 프레임의 search area(위치적으로 현재 MB의 주위) 안에서 찾게 된다. 움직임을 찾는다는 것은 search area 안에서 가장 일치되는 MB를 찾는 것으로 움직임의 변화를 찾고 난 다음 두 MB와의 차이를 block(8×8 pixel)단위로 나누어 공간적인 상관성을 이용한 압축으로 보통 DCT(Discrete Cosine

Transform)를 한다. 그 이후에 양자화(Quantization) 과정을 거친다.

양자화 과정을 거치면 '0'이 아닌 값(LEVEL)과 '0'인 값으로 나타나게 되는데 이러한 신호를 '0'이 반복되는 RUN과 LEVEL과의 조합으로 symbol을 만들고 그 확률에 따라 가변길이 코드 테이블을 만들어 그 테이블에 따라 coding하게 된다.

3.2. H.263 압축 방식

H.263 부호기는 4가지 중복 성, 즉 신호 성분들 간에 존재하는 신호 간 중복 성, 데이터의 통계적 발생 확률에 존재하는 통계적 중복 성, 프레임 간에 존재하는 시간적 중복 성, 그리고 프레임 내에 존재하는 공간적 중복 성 등을 효과적으로 제거해야 한다^[14]. 신호 간 중복성은 휘도 신호(luminance : Y)와 색차 신호(chrominance : Cb, Cr)의 비율을 2:1로 정의함으로서 제거하며, 통계적 중복성은 데이터의 발생 확률 분포를 활용하여 평균 비트 수를 줄이는 가변 장 부호화에 의해 제거하고, 시간적 중복성은 움직임 예측(ME : Motion Estimation) / 움직임 보상(MC : Motion Compensation)에 의해 제거되며, 공간적 중복성은 변환 부호화와 양자화 과정을 통해서 제거하고 있다. 동영상 데이터 가운데 가장 많은 중복 성을 가지고 있는 시간적 중복 성을 제거하기 위하여 이전 프레임의 데이터를 이용하여 ME/MC를 수행하고, 이 때 추정된 움직임 벡터(MV : Motion Vector)에 의해서 보상된 영상과 원 영상과의 차 신호를 부호화 하여 전송한다^[10]. 그림 7은 H.263 부호기에 대한 블록도^[10]를 나타낸 것으로 주요 부분으로는 ME/MC, 변환 부호화, 양자화, 버퍼 제어 부 등으로 구성되어 있다. H.263의 부호화 과정에서 INTRA 프레임의 경우는 8×8 크기를 갖는 블록 단위로 변환 부호화 하여 양자화를 하고 다중 화를 거쳐 비트 열을 발생시키고

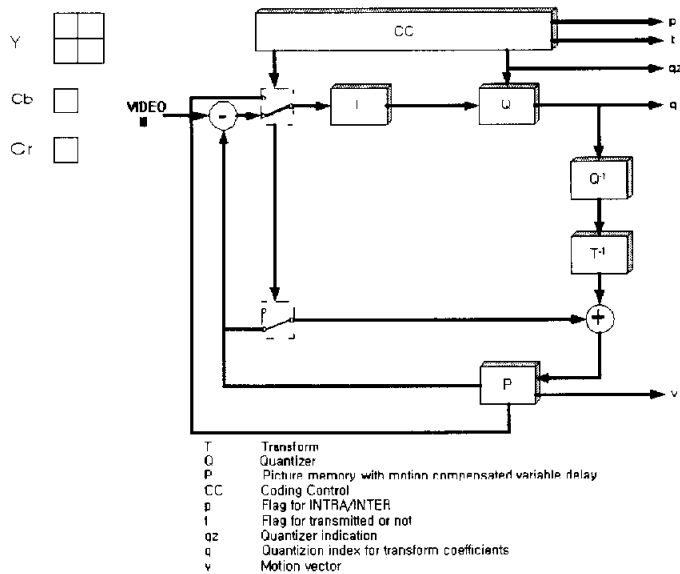


그림 7. H.263 부호기

INTER 프레임의 경우는 16×16 매크로 블록(Macro Block : MB)단위로 이전 프레임과의 ME/MC를 수행하여 차 신호를 구하고 이를 블록 단위로 변환 부호화, 양자화, 다중 화를 거쳐 비트 열을 발생시킨다. INTRA/INTER 프레임 결정방법, INTRA/INTER 매크로 블록의 결정방법, 변환 방법에 대한 구체적인 알고리즘은 정의되어 있지 않아서 부호화 효율을 증가시키기 위한 다양한 알고리즘의 사용이 가능하다^[10].

(1) Source format

H.263은 표 1과 같이 화면의 크기에 따라 5개의 표준 picture format을 지원하고 있다. CIF(Common Intermediate Format)을 기본으로 QCIF와 sub-QCIF를 필수로 하고 있으며 CIF, 4CIF, 16CIF를 선택사항으로 하고 있다^[17]. 그림 8은 신호 간 중복 성을 제거하기 위하여 휘도 신호와 색차 신호

의 비율을 정할 때 취해지는 luminance pixel 과 chrominance pixel의 위치를 나타낸 것이다^[10].

Picture Format	Lum.Pixel (dx)	Lum. Pixel (dy)	Chrom. Pixel (dx/2)	Chrom. Pixel (dy/2)
Sub-QCIF	128	96	64	48
QCIF	176	144	88	72
CIF	352	288	176	144
4CIF	707	576	352	288
16CIF	1408	1152	704	576

표 1. H.263 picture format

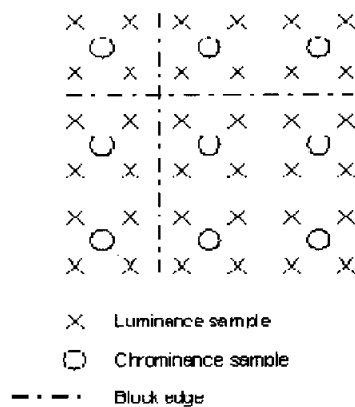


그림 8. 휘도(luminance)와 색차(chrominance)의 위치

본 논문에서는 CCD 카메라로부터 얻어진 320×240 크기의 영상을 176×144 크기인 QCIF format으로 변환하여 사용한다.

(2) GOBs and Macro blocks

한 프레임 내에서 GOB(Group Of Block) 구조를 그림 9와 표 2에서 나타내었다.

GOB (0)	16 × k lines
GOB (1)	
• • •	
GOB (n)	

그림 9. GOB 구조

K	Format (No.of GOB)
1	sub-QCIF(6), QCIF(9), CIF(18)
2	4CIF(18)
3	16CIF(18)

표 2. Format 에 따른 K 와 GOB 관계

Macro block은 luminance에서 8 pixels × 8 pixels 크기의 블록 네 개와 두 개의 chrominance picture에서 공간적으로 일치되는 두개의 같은 크기의 블록으로 구성된다.

(3) 움직임 보상(MC)과 움직임 벡터(MV)

움직임 보상이란 복호기 측면에서 볼 때 현재 picture의 MB를 그 MB의 MV에 따라 바로 이전의 picture로부터 재 구현하는 것을 말한다. MV는 수평성분과 수직성분으로 구성되고 half pixel 단위로 값을 가지며 전송되는 MV는 이전 MB의 MV와의 차이 값을 취해서 전송된다. 이전 MB의 MV를 PMV(Predictor Motion Vector)라 하고 그 차이 값을 DMV(Differential Motion Vector)라고 한다. 전송 시에는 MV의 VLC(Variable Length Code) 테이블을 참고로 값을 변환해서 전송한다.

이전 PMV를 구하는 방법은 그림 10에 나타난 바와 같이 주위 세 개의 MB의 MV들의 중간 값으로 구한다.

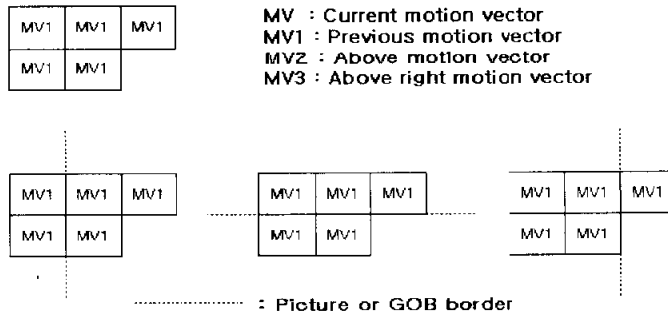


그림 10. 주위 3개의 MV

(4) DCT(Discrete Cosine Transform)

DCT는 8×8 pixel 크기의 블록 단위로 이루어진다. H.263에서 사용하는 DCT와 inverse DCT는 2차원 DCT로 그 식은 다음과 같다^[17].

DCT :

$$F(u, v) = \frac{2}{N} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N}$$

$$C(u), C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{for } u, v = 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

IDCT :

$$f(x, y) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v)F(u, v) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N}$$

(5) 양자화와 VLC

양자화란 여러 개의 값을 하나의 대표 값으로 대치시키는 과정으로 시각 정보가 많이 들어 있는 저주파 성분의 DCT계수는 조밀하게 양자화하고, 시각 정보가 적게 들어 있는 고주파 성분의 DCT계수는 넓게 양자화 하면서

전체적으로 영상의 손실을 최소화하며 데이터양의 감소는 극대화시킬 수 있게 된다.

H.263에서 DCT된 결과는 양자화를 통해 비트 발생량이 조절되고 그 이후 저주파 성분의 DCT계수 부분부터 VLC를 하기 위해 양자화 된 값을 zig-zag positioning을 통해 재정리 하게 된다.

H.263은 31개의 Q(Quantizer)를 사용하고 있다. 여기서의 LEVEL과 그 sign값 RUN 그리고 블록의 마지막을 뜻하는 LAST에 대해 VLC 테이블을 가지고 코딩 하게 된다.

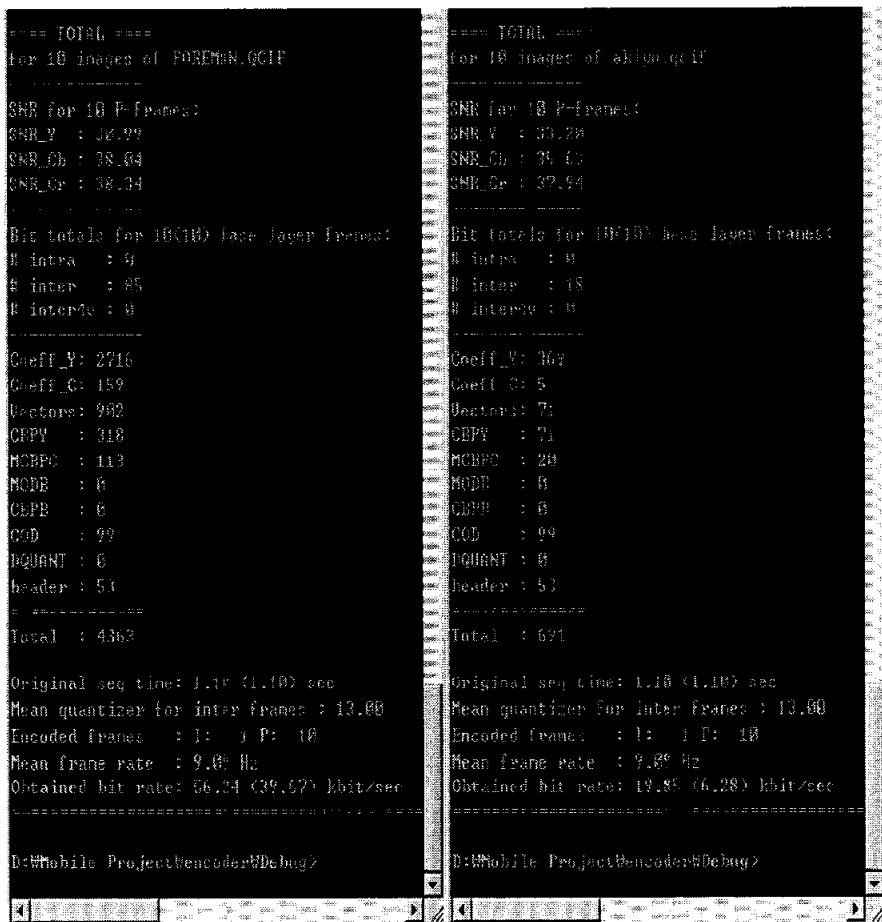
$$label = \begin{cases} (|val| - Q)/2Q & \text{for } |val| > Q \\ 0 & \text{for } |val| < Q \end{cases}$$

$Q: 1 \leq Q \leq 31$ 인 정수

IV. 실험 및 검토

4.1. H.263 파일 압축

176 × 144의 원 11,138 kbyte 동영상 두개를 비교하여 압축하였다. 하나의 동영상은 영상의 변화가 많은 편의 동영상이고 다른 하나는 비교적 작은 편의 동영상이다. 두 동영상에서 0번 프레임에서 30번 프레임까지를 압축한 결과의 파라미터를 그림 11에 나타내었다.



< 큰 변화 >

< 작은 변화 >

그림 11. 동영상의 압축 결과 비교

두 동영상의 압축된 결과를 비교하여 보면 MV의 차이(902 : 71), 휘도 신호의 차이(2716 : 369), 색차 신호의 차이(159: 5), MCBPC(Macro block type & coded block pattern for chrominance), CBPY(coded block pattern for luminance)가 영상의 변화량에 따라 차이가 남을 알 수 있다. 압축되어 지는 시간은 두 영상 모두 1.10sec로 같게 나타났으며, 한 프레임 당 36msec가 소요되었고, 초당 비트 율이 56.24와 19.85로 차이가 남을 알 수 있다. 위의 결과로 볼 때 로봇 시스템에서 1초에 30프레임을 캡처 할 수 있는 보드로서 압축했을 경우 정상적으로 압축이 이루어짐을 확인 할 수 있다.

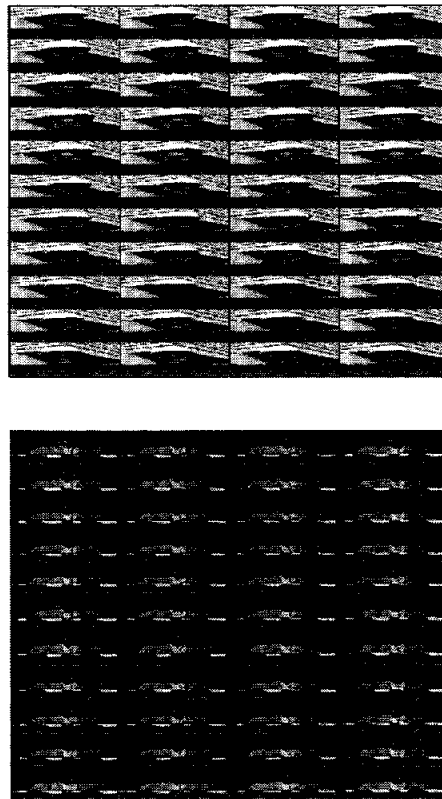


그림 12. 비교된 두 영상의 raw 이미지

4.2. 로봇의 주행영상 변화

실험에서 사용된 60cm x 45cm x 40cm 로봇은 Intel Pentium 4 1.7GHz CPU를 가진 PC기반이며 자율운행 로봇의 동작은 전진, 후진, 방향전환(좌, 우), 정지로 제한하며 로봇 속도는 기본 25/sec로 정하고 최고 1m/sec로 제한하였다.

로봇이 전송하는 176 × 144 12,032 kbyte의 동영상을 압축한 결과 압축된 동영상의 크기가 10kbyte로 압축됨을 확인할 수 있었으며, 압축 전과 압축후의 영상의 차이가 없음을 확인할 수 있었다. 그림 13에 압축 전과 압축후의 영상을 보이고 있다.



< 압축 전 >



< 압축 후 >

그림 13. 로봇의 영상 비교

로봇의 직선 운동 시의 영상의 변화를 그림 14, 15에 나타내었으며, 로봇의 직선 이동시에 프레임이 변함에 따라 마크한 물체가 점차 사라지는 것을 볼 수 있다.



1



2



3



4

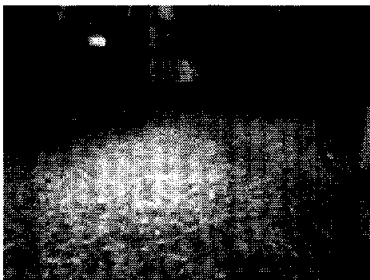
그림 14. 로봇의 직선 주행 영상 (1)



5



6



7



8

그림 15. 로봇의 직선 주행 영상 (2)

4.3. 검 토

실험에서 볼 수 있듯이 영상의 압축 및 복원시간은 알고리즘의 발달과 하드웨어의 성능 향상으로 아무런 문제가 없었으며, 고려해야 될 점으로는 로봇이 이동하면서 압축한 영상을 실시간으로 전송할 때 업로드 하는 시간을 더 단축할 수 있다면 보다 선명한 화질의 영상을 손실 없이 실시간으로 모니터링 할 수 있을 것이다.

원격 운용 시스템을 실시간으로 구현하는데 있어서는 아직까지 극복해야 할 과제가 많이 남아 있다. 첫째로 원격 지에서 사용자의 명령에 의해 로봇이 동작하므로 하드웨어적 정밀함이 요구되며, 두 번째로는 시간 지연으로 인해 현재 영상과 원격 지에서 모니터링 하는 영상 사이에 차이가 발생 할 수 있다. 이로 인하여 로봇에게 사용자가 제어할 수 없는 환경변화가 발생할 수 있으므로 이에 대하여 로봇의 자율 주행능력을 강화시키는 것이 필요하다. 세 번째로는 다수의 로봇을 동시에 운영하고자 할 때 발생할지 모르는 네트워크 트래픽에 대한 적절한 조치가 필요하다.

V. 결 론

본 논문은 인터넷과 영상처리 기술의 발전과 더불어 새로운 분야로 부각되고 있는 원격 운용시스템을 H.263을 이용한 영상의 부호화, 복호화와 Java를 사용한 설계모델을 제시하였고, 기존의 웹 브라우저를 통하여 원격지의 로봇을 효율적으로 운용하였다. 인터넷과 무선 랜을 이용함으로써 운영공간의 한계를 극복할 수 있으며, 영상압축 알고리즘을 적용함으로써 운영자에게 원격 지의 영상정보를 실시간으로 제공할 수 있었다. 이러한 원격 운용시스템은 다양한 분야에서 적용 및 활용이 가능하다고 생각되며, 보다 정확하고 실시간적인 운용을 위해서 다각적인 연구가 필요하다고 생각된다. 향후 연구 과제로서 로봇의 자율 운행능력을 향상시키는 경로학습, 장애물 회피, 싱글 카메라 거리 측정 등 보다 우수한 알고리즘의 구현과 개발이 필요하며, 실험에서 드러난 바와 같이 네트워크의 지연으로 인한 원격지의 영상정보와, 전송되어 복원된 영상의 시간 차이를 극복하기 위하여 영상정보와 더불어 시간정보도 실시간 적으로 동기화 시키는 방법, 또한 다수의 이동 로봇을 동시에 운용하기 위한 시스템의 확장성에 대해서도 보다 더 심도 있는 연구·개발이 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] Dirk Schulz, Wolfram Burgard, Dieter Fox, Sebastian Thrun, Armin B. Cremers, "Web Interfaces for Mobile Robots in Public Places", IEEE Robotics & Automation Magazine, 48-56, March 2000
- [2] K.A. Golberg, "Telerobot garden on the World Wide Web", Rob. Mach. Perception, vol. 5, no. 1, no. 4, 1996
- [3] A. Bejczy, G. Bekey, R. Taylor, and S. Rovetta, "A research methodology for tele-surgery with time delay", in Proc. First Int. Sym. Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, Sept. 1994
- [4] K.S. Tso, P.G. Backes, and G.K. Tharp, "Mars pathfinder mission internet-based operations using wits", in Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation(ICRA), Leuven, Belgium, 1998
- [5] M.R. Stein, "Painting on the world wide web: The pumapaint project", in Proc. IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems(IROS): Workshop on Web Robots, Victoria, Canada, 1998
- [6] ITU-T Recommendation H.263, "Video Codec for Low Bit Rate Communication," Mar.1993
- [7] F. Monteiro, P. Rocha, P. Menezes, A.Silva, J. Dias, "Teleoperating a Mobile Robot A Solution Based on JAVA Language", ISIE'97 - Guimaraes, Portugal, SS263 - SS267
- [8] <http://java.sun.com>
- [9] ATmel, "8bit AVR Microcontroller with 16K Bytes In-system

- Programmable Flash", ATmega 163L User Manual
- [10] DRAFT ITU-T Recommendation H.263, "Video Codec for ILow Bit Rate Communication," 2 May, 1996
 - [11] ITU-T Recommendation H.261, "Video Codec for Audiovisual Services at P×64 Kbits," Mar. 1993.
 - [12] ITU-T SG 15, Working Party 15/1 Expert's Group on Very Low Bitrate Visual Telephony, "Video Codec Test Model TMN5," Jan. 1995.
 - [13] The MPEG Home Page, <http://drogo.cselt.stet.it/mpeg>
 - [14] 한국통신학회, 대한통신학회지 "부호화 기술," vol. 15, no. 12, 1998.
 - [15] 한국통신학회, 대한통신학회지 "영상 통신," vol. 14, no. 9, 1997.
 - [16] K. R. Rao, J. J. Hwang, "Techniques and Standards of Image, Video, and Audio Coding," Prentice Hall PTR, 1996.
 - [17] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Wood, "Digital Image Processing", Addison-welsley Publishing Company, September 1993