

소방로봇 원격제어를 위한 무선패킷 디지털 데이터통신 및 아날로그 영상통신 기법

Wireless Digital Packet Communication and Analog Image Communication Systems for Fire Fighting Robots

박정현*, 정직한, 김병욱, 박상욱, 박동조

(Jung-Hyun Park, Jik-Han Jung, Byung-Wook Kim, Sang-Uk Park, and Dong-Jo Park)

Abstract : Frequent occurrences of a fire cause tremendous loss of human lives and their property. Recently, in order to cope with such catastrophic accidents, researches on fire-fighting robots are carried out in developed countries. Under the dangerous situations, it is sometimes impossible for fire-fighting men to access the firing place because of explosive materials, smoke, high temperature and so on. In such an environment, fire-fighting robots can be useful to extinguish the fire. It is usually very dangerous place where fire-fighting robots operate. Hence, these robots should be controlled by remote users who are far away from the firing place exploiting remote communication systems. This paper considers the communication systems between fire-fighting robots and remote users. The communication systems consist of two parts; digital packet communication systems and analog image communication systems. Digital packet communication systems transfer data packets in order to control fire-fighting robots and to check the state of the fire-fighting robots. Remote users watch the video around the fire-fighting robots by exploiting the analog image communication systems. In the future, the more prosperous the commercial communication network systems will be, the more evolved the communication systems for fire-fighting robots are.

Keywords : fire-fighting robot, digital communication systems, packet communication systems, analog image communication systems, NTSC noise reduction

I. 서론

현대 산업사회가 고도로 발달하면서 우리 사회는 각종 산업의 급속한 발전과 고도의 경제 성장으로 건축물의 대형화, 밀집화, 지하화, 미로화 현상의 증가로 화재 발생 시 진압의 어려움이 증대 되었다. 매년 화재는 전국에 걸쳐 다양한 장소에서 발생하고 있으며 대규모 단지의 공장화재, 위험물 시설화재, 주유소 및 송유관 시설화재, 산불과 같은 실내의 화재발생시 인명 피해와 재산적 피해는 막대하다.

화재를 효율적으로 진압하기 위해 우리나라 최초로 1925년 4월 1일 경성소방서가 설치되었다. 이 후 전국에 걸쳐 소방서가 건립되기 시작하였으며 지금은 전국 각지에 소방서가 위치하고 있다. 하지만 빈번하게 발생하는 화재는 때론 위험한 상황을 초래하여 소방관의 귀중한 생명을 앗아 가기도 한다. 이런 재앙을 막기 위해서는 소방관이 직접 작업하기 위험한 지역에 소방로봇을 투입하여 소방관을 위험으로부터 원천적으로 차단하는 것이 바람직하다. 이와 관련된 연구가 이미 해외에서도 진행되고 있다[1].

소방관이 작업하기 힘든 극한 지역에 고기능 로봇을 투입하여 작업한다면 만약의 사태에 대비할 수 있고 신속 정

확하게 화재를 진압하는 것이 가능하다. 소방로봇은 위험지역에 투입 되므로 소방관이 직접 탑승하기 보다는 원격으로 제어하는 것이 바람직하다. 무선으로 소방로봇을 제어하기 위해서는 강인한 통신 시스템이 필요하며 본 논문에서는 현재 구현된 소방로봇의 통신시스템을 살펴보고 향후 발전 방향을 알아보기로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 현재 구현된 소방로봇을 위한 통신 시스템 개요를 II장에서 살펴본다. III장과 IV장에서는 디지털 패킷 통신 시스템과 아날로그 영상 통신 시스템을 알아본다. 재난 시 사용 가능한 미래의 통신 시스템을 V장에서 살펴본다.

II. 구현된 소방로봇을 위한 통신 시스템 개요

소방 로봇과 원격사용자는 무선으로 통신을 해야 한다. 이는 소방로봇은 소방관이 작업하기 힘든 극한 지역에 우선적으로 투입을 해야 하기 때문이다. 소방로봇이 투입되는 지역의 통신 채널 환경이 좋지 않기 때문에 이를 극복할 수 있는 강인한 통신 시스템이 요구된다.

그럼 1처럼, 소방로봇과 원격사용자를 위한 통신 시스템은 데이터 통신 시스템과 영상통신 시스템으로 구성되어 있다. 데이터 통신 시스템은 양방향 통신 시스템이며 소방로봇의 상태정보, 주위 환경정보 등을 원격사용자에게 전달한다. 원격사용자는 소방로봇을 제어하기 위해 제어신호를 소방로봇에게 전달한다. 영상통신 시스템은 소방로봇 주위의 영상정보를 획득하여 원격사용자에게 전달한다. 소방로봇 주위의 컬러영상 외에도 화재의 화점 등을 인식하기

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2006. 12. 1., 채택확정 : 2006. 12. 22.

박정현, 정직한, 김병욱, 박상욱, 박동조 : 한국과학기술원
(junghyunpark@kaist.ac.kr/jikhanjung@kaist.ac.kr/byungwook.kim@kaist.ac.kr/abraxass@kaist.ac.kr/djpark@ee.kaist.ac.kr)

※ 본 논문은 부분적으로 산업자원부 차세대 성장동력사업의 지원으로 작성되었음.

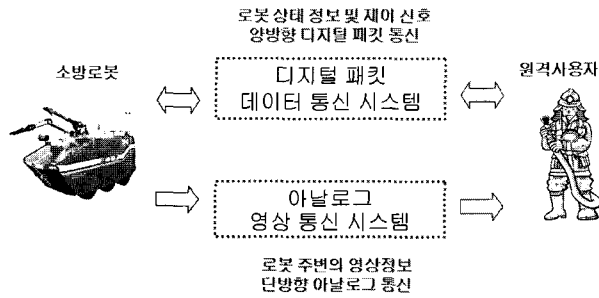


그림 1. 소방로봇과 원격사용자의 통신 구조도.
Fig. 1. Communication systems structure between fire-fighting robots and remote users.

위해 적외선 카메라에서 얻어진 적외선 영상도 함께 전송한다.

III. 디지털 패킷 데이터 통신 시스템

로봇의 제어관련 신호를 송수신하기 위해서 디지털 패킷 데이터 통신 시스템이 필요하다. 제어관련 신호는 정확하게 송수신해야 하므로 디지털 통신 시스템을 사용하여 수신된 신호의 왜곡여부를 확인해야 한다. 디지털로 데이터를 송수신하기 위해서는 패킷 통신이 효율적이므로 이를 활용하여 소방로봇과 원격사용자 사이에 통신이 이루어지도록 한다.

1. 디지털 패킷 데이터 통신 시스템 요구 사항

소방로봇과 원격사용자의 제어신호를 주고받기 위해 데이터 통신 시스템이 필요하다. 소방로봇 제어에 사용되는 통신 시스템은 일반적인 데이터 통신 시스템과는 차이가 있다. 이러한 차이점은 다음과 같다.

•실시간 처리

화재가 일어나는 곳에서 소방로봇을 제어해야 하므로 실시간 처리는 필수적이다. 패킷을 수신 후 버퍼에서 최대한 빨리 데이터를 추출하여 처리한다. 만약 수신버퍼에 많은 수의 패킷이 있으면 최근의 패킷만을 사용하여 지연시간을 최소화 한다.

•정확하게 수신된 데이터만 처리

무선 통신의 특성상, 채널이 좋지 않아 데이터가 왜곡될 수 있다. 이런 경우에 왜곡된 제어신호를 로봇이 수신하여 움직일 경우 오작동을 하게 되므로 상당히 위험하다. 왜곡된 신호가 수신된 것이 확인 되면 그 신호는 사용하지 않거나 정확한 데이터로 수정하여 사용하는 것이 바람직하다.

•오작동 방지

소프트웨어는 CPU(Central Processing Unit)와 램(Random Access Memory)을 비롯한 하드웨어가 있어야 동작을 한다. 하드웨어가 고온의 환경에 있거나 주위에 EMI(Electromagnetic Interference)가 있을 경우 데이터가 왜곡될 수 있다. 이러한 경우에도 데이터를 그대로 사용한다면 소방로봇이 심각한 오작동을 일으켜 위험한 상황에 처할 수 있기 때문에 이것을 방지하기 위해 데이터의 정확도를 검사하여 왜곡 없는 데이터만 사용한다.

•확장 가능한 프로토콜 구성

로봇을 제어하기 위한 패킷데이터는 로봇에 장착된 하드

웨어의 구성에 따라 데이터의 크기가 달라진다. 소방로봇은 업그레이드를 통하여 하드웨어가 늘어나게 될 경우 패킷데이터도 수정되어야 한다. 패킷데이터의 포맷만 바꾸어도 모든 통신 시스템이 작동할 수 있도록 프로토콜을 구성하는 것이 필요함을 알 수 있다.

•패킷 전송 속도 조절

패킷의 길이와 패킷전송속도의 곱은 통신시스템의 한계 통신 속도보다 작아야 한다. 따라서 패킷을 사용자에 맞게 설계한 후 패킷의 전송속도를 조절하여 사용할 수 있어야 한다. 패킷의 길이와 패킷의 전송속도는 반비례관계에 있으므로 이를 사용자의 목적에 맞게 설계하여 활용하면 된다.

•수신을 확인

통신 시스템의 경우 100% 정확하게 패킷을 송수신하는 시스템을 제작하는 것은 쉽지 않다. 현재 정확하게 수신한 패킷의 수신율을 지속적으로 확인함으로써 통신채널의 상태를 실시간으로 가능해 볼 수 있다.

•다중화(multiple-access)

소방로봇이 여러 대인 경우나 원격사용자가 여러 명인 경우에도 통신이 가능하도록 프로토콜을 구성하는 것이 바람직하다. 예로써, 여러 명의 사용자 모두가 소방로봇을 제어하거나 특정한 한 사람이 소방로봇을 제어하고 나머지 원격사용자는 로봇이 전송하는 영상정보와 환경정보만을 획득하는 것 등이 가능해야 한다.

위와 같은 7가지 조건을 충족시키는 패킷데이터 통신 시스템을 구현하는 것이 소방로봇과 원격사용자간 강한 통신을 할 수 있도록 한다.

2. 디지털 패킷 데이터 통신 시스템 구현 내용

소방로봇과 원격사용자간 통신 시스템은 양방향 통신을 목적으로 한다. 소방로봇은 소방로봇 자신의 내부 온도, 외부 온도, 축전지 잔량, 로봇의 방위 및 이동 속도, 소화포의 위치 등 원격사용자가 필요로 하는 소방로봇의 상태 정보를 전송한다. 원격 사용자는 이를 바탕으로 소방로봇에게 명령을 내리게 된다. 소방로봇의 모든 상태 정보 및 명령은 패킷 형태로 전송이 되도록 하였다.

그림 2는 원격사용자와 소방로봇간의 통신 프로그램 구

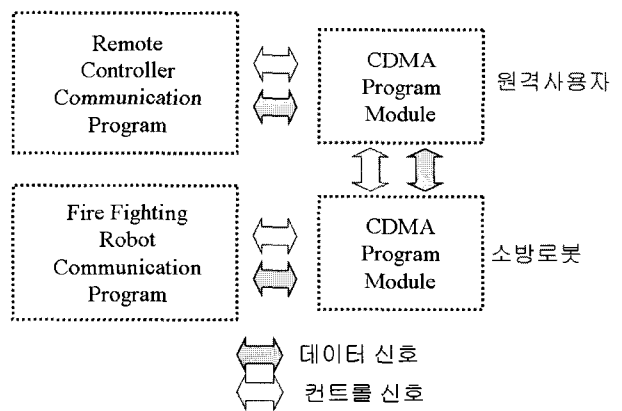


그림 2. 소방로봇과 원격사용자의 데이터통신 구조도.
Fig. 2. Data communication systems between fire-fighting robots and remote users.

조도를 나타내었다. 소방로봇과 원격사용자의 강인한 통신을 위하여 CDMA(Code Division Multiple Access) 통신모듈을 사용하였다. 통신 모듈과 프로그램을 제어하기 위하여 제어신호를 사용하였고 제어 신호가 교환된 시점부터는 데이터를 원격사용자와 소방로봇이 서로 주고받도록 하였다.

CDMA 모듈을 통하여 통신을 하기 위해서는 일련의 제어 과정이 필요하다. 그 과정을 그림 3에 도시하였다. 통신 모듈을 제어하기 위해 제어신호를 이용하여 통신 모듈을 초기화(initialization)하고 소방로봇과 원격사용자의 통신 채널을 형성하기 위해 제어 신호를 이용하여 연결(link setup)한다. 그 후는 원격사용자와 소방로봇 사이에 데이터 통신을 위한 전용 채널이 형성되어 데이터를 서로 주고받을 수 있게 된다. 전용 채널이 형성 되면 원격사용자와 소방로봇은 우선으로 연결된 것과 같이 추가적인 제어신호 없이 직접적인 통신이 가능하다.

소방로봇과 원격사용자 사이에 전용 채널이 형성 되었을 때의 패킷의 흐름을 그림 4에 나타내었다. 일련의 데이터

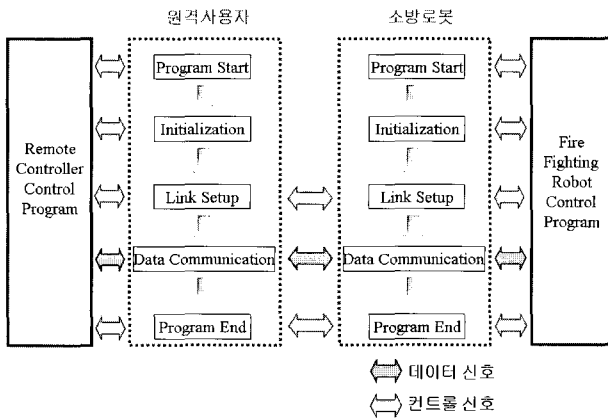


그림 3. 소방로봇과 원격사용자의 데이터통신 흐름도.
Fig. 3. Data communication flow chart between fire-fighting robots and remote users.

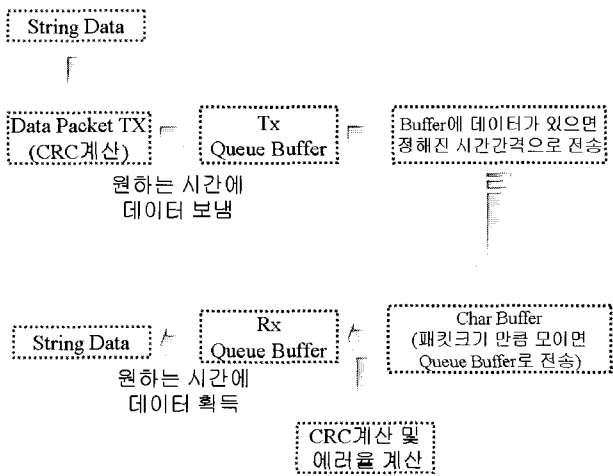


그림 4. 소방로봇과 원격사용자의 패킷 흐름도.
Fig. 4. Data packet flow chart between fire-fighting robots and remote users.

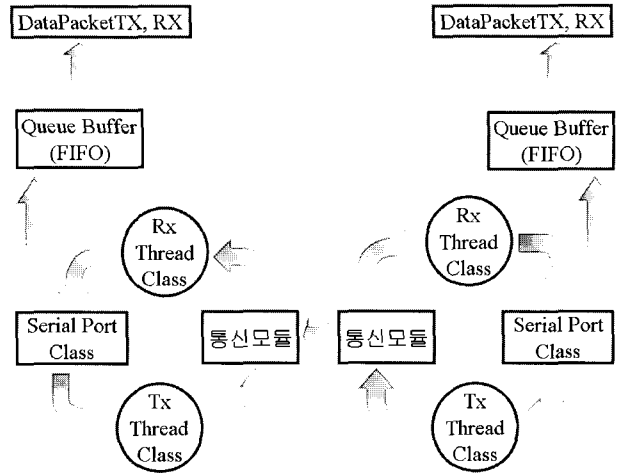


그림 5. 데이터 통신 프로그램의 클래스 차트.
Fig. 5. Class structure for data communications.

(string data)가 있을 때, 데이터는 패킷 기반으로 송수신하기 위해 적당한 크기의 패킷으로 데이터를 변환시킨다. 수신된 신호의 정확도를 파악하기 위해서는 CRC (Cyclic Redundancy Check)를 사용하였으며 헤더에는 패킷의 크기, 종류, 순서 등을 나타내기 위한 정보를 담았다. 또한 1000 패킷 당 정확하게 받은 패킷의 수를 구하여 현재 수신율을 실시간으로 확인할 수 있게 하였다.

수신단에서는 일련의 데이터가 들어올 경우 1바이트(byte)씩 수신을 하며 동기화 과정을 거친 후 패킷크기만큼 데이터가 모이면 Rx Queue Buffer로 데이터를 보낸다. 제어 프로그램은 적당한 시간에 데이터를 읽어 간다.

패킷의 흐름 관점으로 통신 프로그램을 살펴보면 그림 4와 같고 프로그램 설계 관점에서 클래스(class)별로 살펴보면 그림 5와 같다. 패킷을 주기적으로 전송하는 것이 가능하며 이는 스레드(thread) 기법을 이용하여 보내야 할 패킷이 있으면 패킷 전송 스레드가 실행되도록 되어 있기 때문이다. 패킷의 수신도 마찬가지로 데이터가 들어오게 되면 패킷 수신 스레드가 동작을 하게 되어 그림 4에서 행하던 일을 그림 5의 Serial Port Class에서 처리를 하게 된다.

3. 동기화 및 패킷 추출 과정

패킷데이터 통신 시스템의 전체적인 구조 및 동작 원리를 살펴보았고 패킷의 구조와 프레임레벨의 동기화 과정을 살펴보았다.

전송되는 패킷의 구조는 그림 6과 같다. 하나의 패킷은 헤더(header)와 데이터 부분(payload)으로 구성 된다. 헤더는 Sync, TxIndex, RxIndex, PacketIndex와 Reserved 부분으로 나누어진다. Sync부분은 패킷의 시작 위치를 찾기 위해 사용된다. TxIndex는 패킷 송신자의 인덱스를 나타내고 RxIndex는 수신자의 인덱스를 나타내며 이를 통하여 다중화가 가능하다. PacketIndex는 패킷의 인덱스를 나타내며 이는 패킷 송신자 측에서 지난 패킷 인덱스에서 1을 증가한 값을 보내도록 설계되어 있고 수신자 측에서는 이를 바탕으로 직전에 수신한 패킷보다 이전에 보낸 패킷은 버리도록 하였다.

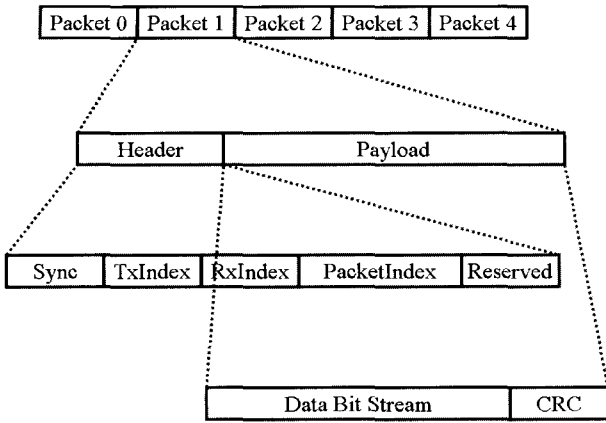


그림 6. 데이터 통신용 패킷의 구조.
Fig. 6. Data packet structure for data packet communication systems.

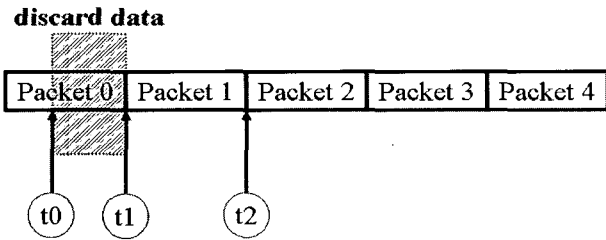


그림 7. 데이터 패킷의 초기 프레임레벨 동기화 과정.
Fig. 7. Initial frame level synchronization for data packet.

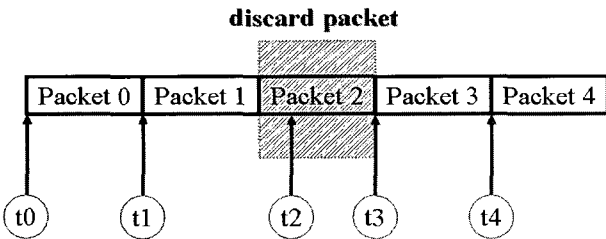


그림 8. 데이터 패킷의 프레임 레벨 동기화 과정.
Fig. 8. Frame level synchronization for data packet.

패킷을 수신할 때 가장 기본적인 것은 프레임 레벨의 동기화 (synchronization)를 통하여 정확한 패킷 시작위치를 파악하는 것이다. 그림 7과 같이 시각 t0에서부터 패킷을 수신하였고, 시각 t1에서 Sync데이터를 찾아서 Packet 1의 시작 위치를 파악을 하였다. 시각 t0과 t1사이에 있는 데이터는 완전하지 않으므로 데이터를 버리도록 하였다. 만약 시각 t0이 Packet 0의 시작위치보다 앞에 있을 경우는 Packet 0의 정확한 시작위치부터 패킷을 수신하면 된다.

패킷의 프레임레벨 동기화가 잘 진행되어 패킷 수신이 되고 있는 과정이라도 하드웨어의 문제나 통신채널에 문제가 생겨서 그림 8과 같이 패킷의 시작 위치를 잃어버리는 경우도 발생한다. 그림 8의 Packet 2는 부분적으로 수신되었으므로 역시 버리고 Packet 3부터 패킷을 수신하여 데이터 통신을 하도록 한다.

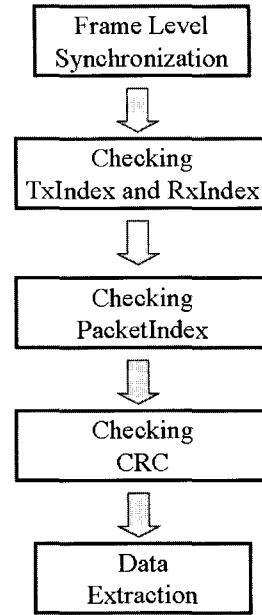


그림 9. 패킷 점검 과정.
Fig. 9. Packet checking process.

그림 9가 나타내는 것처럼 패킷의 프레임 레벨 동기화가 성공하면 TxIndex와 RxIndex를 비교하여 패킷의 송신자와 수신자를 파악한다. 만약 수신자가 자신이 받아야 할 패킷이 아니면 버리게 된다. 그 다음은 PacketIndex를 보고 직전에 받은 패킷의 인덱스보다 미래의 패킷인지를 검사한다. 만약 과거의 패킷이 수신이 되었다면 역시 그 패킷은 버리도록 한다. 마지막으로 CRC를 통해 수신된 패킷내의 데이터의 오류 여부를 검사하고 오류가 없는 것이 판명되면 그 패킷의 데이터를 사용 한다.

패킷 통신을 하게 될 경우 패킷이 버퍼에 쌓이는 현상이 발생할 수 있다. 소방로봇과 원격사용자 사이의 통신은 실시간 제어를 목적으로 하므로 버퍼에 패킷이 쌓이게 되면 가장 최근에 보내어진 데이터 패킷만 쓰고 나머지는 버림으로써 패킷통신 장애로 인한 패킷 실행 지연 시간을 최소화 하였다.

IV. 아날로그 영상 통신 시스템

영상을 전송하는 기법에는 디지털 전송 기법과 아날로그 전송 기법이 있다. 영상의 특성상 디지털 전송 기법은 대역폭을 줄이기 위해 샘플링과 MPEG과 같은 압축 기법을 사용해야 하는 등 많은 연산을 요구하며 하드웨어가 복잡하게 된다. 디지털 영상 통신 시스템을 구현할 경우 문턱효과 (threshold effect)로 인하여 특정한 거리를 벗어나거나 노이즈가 커지게 되면 영상 수신이 완전히 불가능하게 된다. 그에 반해 아날로그 영상 송수신 시스템은 영상의 윤곽이라도 볼 수 있으므로 본 시스템에서는 아날로그 영상 통신 시스템을 사용하였다.

1. 아날로그 영상 통신 시스템 요구 사항

소방로봇과 통신을 한다는 점을 고려하여 다음과 같은 두 가지 기준이 필요하다.

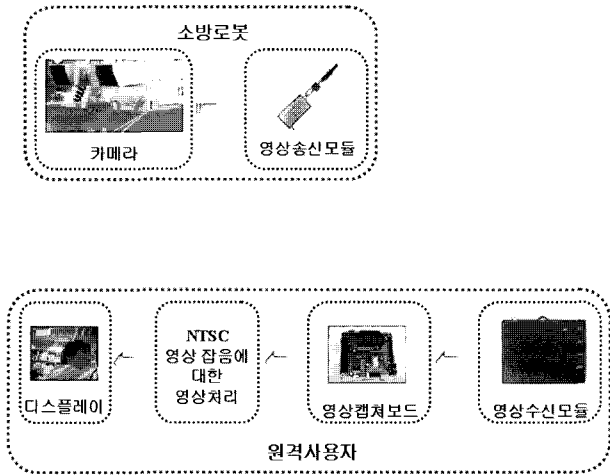


그림 10. 소방로봇과 원격사용자의 아날로그 영상통신 구조도.
Fig. 10. Analog image communication systems between fire-fighting robots and remote users.

•낮은 복잡도(low complexity)

복잡도가 높을 경우 CPU를 영상처리 프로그램이 많이 사용하게 되므로 제어관련 프로그램이 느려질 수도 있다. 이를 방지하기 위해 영상처리 프로그램이 낮은 복잡도를 가지도록 설계해야 한다.

•실시간 처리(real time process)

영상의 경우 소방로봇이 획득한 영상을 원격사용자가 시간 지연 없이 바로 확인할 수 있어야 한다. 돌발 상황 발생 시 시간 지연이 발생하여 대처가 늦게 되면 로봇이 파손되거나 인명 및 추가적인 재산 피해가 발생할 수 있기 때문이다.

위와 같은 2가지 요구조건을 충족시키기 위하여 영상 송수신 및 영상 처리 알고리즘은 최대한 간단하게 하며 전체 시스템에 부하가 적도록 하였다.

2. 아날로그 영상 통신 시스템 구현 내용

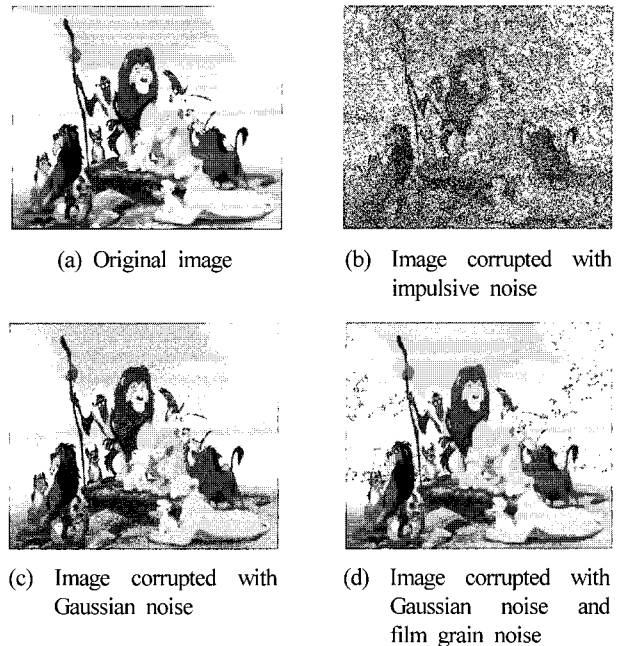
영상통신 시스템은 그림 10에 보이는 것처럼 소방로봇에서 원격사용자로 영상정보를 송신한다. 영상정보는 소방로봇 주위의 컬러 영상과 적외선 영상 등으로 구성되어 있다.

복수개의 카메라에서 오는 영상은 멀티플렉서를 통하여 하나의 영상으로 만들어 진 후 영상 송신모듈을 통하여 전송되고 영상 수신모듈을 통해 영상을 수신하도록 하였다.

3. 아날로그 영상 노이즈 종류 및 제거 방법

영상 송수신 방식은 NTSC(National Television System Committee) 기반의 아날로그 전송기법을 사용하고 있다. 이러한 기법을 사용 할 경우 그림 11과 같은 노이즈(noise)가 영상을 왜곡 시킨다[2]. 이에 대처하기 위해 원격사용자 프로그램에 노이즈를 제거하는 알고리즘을 적용하여 영상의 품질을 향상시켰다.

노이즈의 종류를 살펴보면 그림 11(b)과 같은 충격성 노이즈(impulse noise)는 각 픽셀 당 최저값 또는 최고값으로 영상이 바뀌는 노이즈를 뜻한다. 예를 들면, 픽셀 당 8비트 영상의 경우 0또는 255로 영상 값이 임의적으로 바뀌는 현상이 발생한다. 그림 11(b)의 영상을 살펴보면 흰 점과 검은



(a) Original image
(b) Image corrupted with impulsive noise
(c) Image corrupted with Gaussian noise
(d) Image corrupted with Gaussian noise and film grain noise
(e) Image corrupted with line noise

그림 11. NTSC 방식의 영상 전송기법 사용 시 노이즈의 종류 및 왜곡된 영상.

Fig. 11. Various kinds of noises and distorted images for NTSC image transmission scheme.

점이 노이즈 형태로 많이 나타나는 것을 볼 수 있다.

그림 11(c)에 나타난 노이즈는 가우시안 노이즈(gaussian noise)이며 노이즈의 확률적 분포가 가우시안 분포를 따른다. 대기 브라운 운동(brownian motion) 및 전자회로 소자내의 전자의 브라운 운동 등으로 인해 주로 발생한다.

그림 11(d)의 필름 그레인 노이즈(film grain noise)는 NTSC 영상이나 필름에 녹화된 영상 등에서 나타나는 노이즈이다. 영상의 여러 픽셀 중에서 밝기가 비교적 클 경우에 해당되는 픽셀에서 영상의 왜곡이 일어나는 것이다. 그림 11(d)에서는 흰 색 구름 같은 밝은 부분에 노이즈가 많은 것을 알 수 있다.

그림 11(e)에 나타난 라인 노이즈(line noise)는 NTSC 전송에서 영상의 라인 하나가 모두 사라지는 노이즈를 뜻한다. 이는 NTSC 전송 기법이 라인 별로 영상을 전송하기 때문에 갑자기 특정한 라인의 정보가 손실 되었을 경우 발생한다.

각 노이즈별 제거 기법은 아래와 같다.

•충격성 및 필름 그레인 노이즈 제거 기법

충격성 노이즈 및 필름 그레인 노이즈는 특성상 노이즈

가 왜곡시킨 픽셀 주위에는 왜곡 없는 픽셀이 있을 확률이 높다. 그러므로 median filter를 사용하여 극단적인 값을 제거하는 기법이 효율적이다. 구현된 시스템에서는 3×3 pseudo-median filter를 사용하였다. 9개의 픽셀에서 중간 값을 취하는 것으로 프로그램을 작성하니 프로그램 수행 속도가 느려서 우선 9픽셀의 평균값을 구하고 평균값에 가장 가까운 픽셀을 필터의 출력 값으로 정하도록 하였다.

•가우시안 노이즈 제거 기법

가우시안 노이즈의 경우는 저 대역 통과 필터(low pass filter)가 효과적이다. 이는 가우시안 노이즈는 픽셀마다 서로 독립적이며 평균이 0인 것에 기인한다. 이를 구현하기 위해 3×3 행렬모양 총 9개 픽셀의 평균을 취하도록 하였다. 이러한 방법은 거의 실시간으로 동작을 하는 것을 확인하였다.

•라인 노이즈 제거 기법

라인 노이즈의 경우는 두 가지로 나누어서 처리를 하였다. 영상 전체적으로 손실이 된 경우는 이전 프레임의 영상을 그대로 가져와서 사용을 하도록 하였고, 부분적으로 영상이 손실되었다면 그 해당하는 부분만 이전 프레임에서 가져와서 채워 넣도록 하였다. 이러한 방법도 거의 실시간으로 동작을 하는 것을 확인하였다.

위의 방법과 같이 노이즈를 제거하는 알고리즘을 구현했을 때 실시간으로 동작을 하였고 제어시스템을 비롯한 다른 시스템에 영향을 거의 주지 않은 것을 확인 할 수 있었다.

V. 미래 소방로봇 통신 시스템의 발전 방향

미래에는 더욱 고도로 발달된 통신망을 사용 하게 될 것으로 예상된다. 현재는 전국을 커버리지로 멀티미디어 데이터를 최대 2Mbps의 속도로 전송할 수 있는 CDMA기반의 IMT-2000 이동통신 기술을 비롯한 WCDMA와 HSDPA, 중저속의 속도로 2Mbps 이상의 속도를 제공할 수 있는 OFDM 기반의 WiBro 휴대 인터넷 기술 등이 개발이 완료되어 있으며 실외 무선 통신 시장을 형성해가고 있는 단계이다.

실내 무선 디지털 통신기술로는 현재 최대 54Mbps 이상을 전송할 수 있는 IEEE 802.11a/b/g 무선랜 기술이 있다. 또한 차세대 실내 무선 멀티미디어 대용량 전송 기술로 각광받고 있는 UWB 기술 등이 역시 상용화 완료 또는 개발에 박차를 가하고 있는 실정이다[3,4].

소방로봇을 위한 통신시스템은 기본적으로 도심 크기의 지역에 고속의 멀티미디어 데이터 전송을 가능하게 하는 서비스에서 사용되는 기반 기술 방식을 필요로 한다. 소방로봇과 원격사용자 사이의 통신에 적합하며 전국 망을 지원 하는 기존 이동통신망과의 연동도 고려하여 소방로봇의 원격제어가 가능하도록 통신시스템을 설계하는 것이 필요하다.

인터넷 망이 더욱 고도화 되고 대역폭이 올라가고 있으며 실외에서도 인터넷 사용이 가능해 지고 있다. 이런 기반 통신 기술들을 바탕으로 발달을 지속적으로 하게 될 경우 그림 12에 보이는 것처럼 인터넷을 기반으로 하여 중앙에

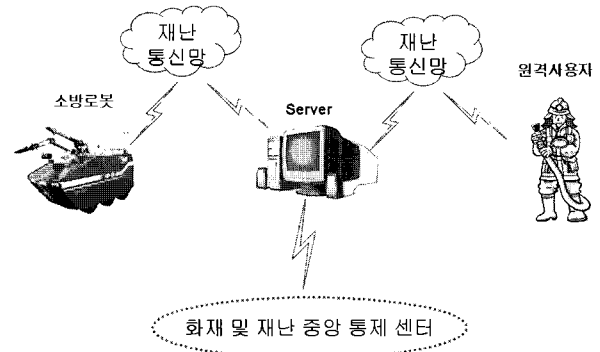


그림 12. 미래 소방로봇과 원격사용자의 통신 구조도.

Fig. 12. Future communication systems between fire-fighting robots and remote users.

서버를 두고 서버를 통해서 소방로봇을 원격으로 제어하는 것도 가능하다. 화재 및 재난 중앙 통제 센터에서도 서버를 통하여 현재 화재 및 재난 지역의 상황정보를 수집하여 더욱 빠른 대처가 가능하게 된다. 이러한 재난통신 망은 기존의 망보다 더욱 고속으로 데이터를 전송해야 하며 지연 시간이 소방로봇 제어에 무리가 없어야 한다. 또한 기존 통신망과 별도의 회선도 구축하여 재난 발생 시에도 문제없이 동작할 수 있도록 강인한 망이어야 한다.

VI. 결론

화재 및 재난 상황 발생 시 소방관이 진입하기 위험한 곳에 소방로봇을 투입하게 되면 인명을 보호하고 화재를 신속하게 초기 진압하는 것이 가능하다. 소방로봇은 소방관이 작업하기 힘든 위험한 지역에 투입이 되므로 화재 현장에서 멀리 떨어져 원격으로 제어하는 것이 바람직하다. 이를 위해 본 논문에서는 실내외 화재 진압에 적합한 소방로봇을 위한 원격 통신 기법을 다루었다. 소방로봇을 위한 통신 시스템은 두 가지로 구성이 된다. 하나는 디지털 패킷 데이터통신 시스템이고 다른 하나는 아날로그 영상통신 시스템이다. 디지털 패킷 데이터통신 시스템은 소방로봇과 원격사용자 사이에 제어신호 및 로봇의 상태정보를 송수신하기에 적합하다. 아날로그 영상통신 시스템은 소방로봇 주위의 영상 정보를 원격사용자가 실시간으로 확인할 수 있도록 제작 되었다. 일반적인 통신시스템과 소방로봇 제어를 위한 통신 환경은 다른 점이 있으므로 이에 최적화된 통신 시스템을 제작하였고 실제 운용을 통하여 그 성능을 검증하였다. IT 산업의 눈부신 발전 속도를 고려 할 때, 소방로봇을 위한 통신기술 또한 많은 발전을 이룰 것으로 기대된다.

참고문헌

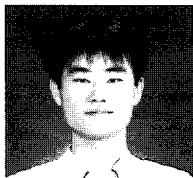
- [1] H. Amano, "Present status and problems of fire fighting robots," *IEEE Proceedings of the 41st SICE Annual Conference*, vol. 2, pp. 880-885, Aug. 2002.
- [2] D. B. Lopez, F. H. Mendoza, and J. M. Ramirez, "Noise in color digital images," *IEEE Proceedings of Midwest Symposium on Circuits and Systems 1998*, pp.

403-406, Aug. 1998.

[3] H. Yang, "A road to future broadband wireless access: MIMO-OFDM-Based air interface," *IEEE Communica-*

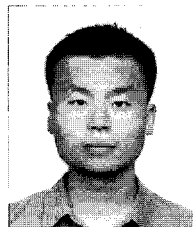
tions Magazine, vol. 43, no. 1, pp. 53-60, Jan. 2005.

[4] A. Goldsmith, *Wireless Communications*, Cambridge University Press, 2005.



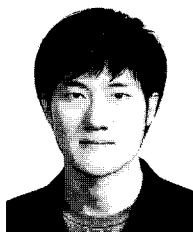
박정현

2004년 부산대학교 전자전기정보컴퓨터공학부 학사. 2005년 KAIST 전자전산학부 석사. 현재 KAIST 전자전산학부 박사과정. 관심분야는 채널추정 및 보상 기법, 채널부호화 기법.



정직한

2001년 KAIST 전자전산학부 학사. 2003년 KAIST 전자전산학부 석사. 현재 KAIST 전자전산학부 박사과정. 관심분야는 영상처리 및 표적 추적.



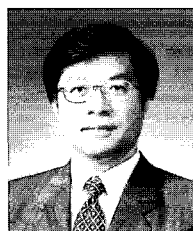
김병욱

2005년 부산대학교 전자전기정보컴퓨터공학부 학사. 2007년 KAIST 전자전산학부 석사. 현재 KAIST 전자전산학부 박사과정. 관심분야는 MIMO-OFDM 신호처리.



박상욱

2006년 서강대학교 전자공학과 학사. 현재 KAIST 전자전산학부 석사과정. 관심분야는 MIMO 시스템.



박동조

1976년 서울대학교 전자공학과 학사. 1981년 미국 UCLA 전자공학과 석사. 1984년 미국 UCLA 전자공학과 박사. 1984년~1985년 ETRI 선임연구원. 현재 KAIST 전자전산학부 교수. 관심분야는 MIMO, OFDM, 멀티미디어 신호처리,

UWB, 채널부호화 기법.