

네트워크 및 RF 기반의 감시용 로봇 시스템

Monitoring Robot System with RF and Network Communication

김 동 환, 정 기 범, 홍 영 호

(Dong Hwan Kim, Gi-Beom Jeong, and Young-Ho Hong)

Abstract : A monitoring robot capable of doing network and RF communication is introduced. The robot has several features that poses arbitrary position thanks to a mechanism combining the 4 wheel drive and 4 link mechanism, transmits an image and command data via RF wireless communication. Moreover, the image data from the camera are transferred through a network communication. The robot plays a role in monitoring what is happening around the robot, and covers wide range due to a moving camera associated with the 4 arms. The robot can adjust its mass center by the 4 link mechanism, hence it guarantees a stability in moving on the slope.

Keywords : quadruped mechanism, autonomous control, RF wireless communication, network communication, monitoring robot

I. 서론

최근에 원격지에서 원하는 장소의 주변 상황을 모니터링 할 수 있는 로봇시스템이 많이 개발되었다. 이러한 목적에 부합되는 로봇에는 나름대로의 특수한 메카니즘을 가지고 있고 이를 효과적으로 적용할 기술들이 수반되어 있다. 대부분의 감시시스템은 감시카메라의 유형을 가지며 고정된 위치에서 각도를 변경하면서 일부지역만 모니터링 하는 것이 보통이다. 그러나 이러한 감시 시스템은 넓은 지역을 동시에 모니터링 하기에는 한계가 있다. 이를 극복하기 위하여 감시기구를 탑재하여 이동시키며 넓은 구역을 모니터링 하는 메카니즘을 지니고 있는 시스템이 필요하게 된다. 지정된 위치에 설치된 카메라로부터의 영상 정보의 습득을 통한 모니터링이라는 기존의 감시기능에서 탈피하여 좀더 능동적 감시기능을 극대화하기 위하여 개발하게 된 것이 감시용 로봇이다.

여기서 소개하는 감시용 로봇은 그 능동적 대처능력에 의하여 사각지역을 직접 구석구석 찾아가며 모니터링을 할 수 있으며, 지면의 험로 등에서도 기동성을 높이기 위해 4족 보행구조를 지니게 설계하였다. 지금까지 4족 보행 구조로 개발된 로봇이 연구용으로 많이 소개되어 왔다[1]-[5]. 이 4족 보행 로봇은 2족 보행의 불안정성을 극복하기 위한 대안으로 주로 개발되어 왔다. 최근에 일본의 Honda사에서 2족 보행 로봇이 개발되어 소개되었으므로 4족의 보행 구조는 그 적용에서의 전환이 필요한 시점이 되었다. 여기서 소개하는 4족 링크 구조는 기존의 AGV(Auto Guided Vehicle)의 구동부에 4개의 링크를 결합한 구조로 제안하였다. 이러한 구조를 통하여 두 메카니즘의 장점을 결합하여 기동성을 좋게 하고 모니터링 영역을 확대하며 그리고 감시카메라의 위치를 조절할 수 있는 특징을 가질 수 있다. 기존의 4족 보행 로봇은 4개의 발을 이용하여 보행을 하기 때

문에 이동 속도를 높이기가 용이하지 않으며, 험지 주행 시 일부 발이 험지의 요철부에 빠질 경우 탈출이 용이하지 않다. 또한 4족 로봇은 이동시 무게 중심을 적절히 이동시키면서 조절되도록 해야만 한다. 경우에 따라서는 이동 중 요철부를 만나면 무게 중심이 변경되고 발 한쪽을 들며 상체를 전진시킬 시 전복될 염려가 있다. 본 논문에서 제안한 구조는 4개의 링크가 모두 바퀴에 부착되어 이동함으로써 무게 중심의 변화에 따라 전복되거나 일부 링크에 과도한 부하가 발생하지 않게 되어 있다. 내리막이나 오르막 경사에서 기존의 4족 보행 로봇은 무게 중심의 제어가 상당히 어렵게 되는 반면 본 연구에서 채택한 구조는 보다 용이하게 무게 중심을 조절할 수가 있다. 그리고 상체의 회전이 필요할 경우 4족 구조에서는 신중한 운동계획을 사전에 프로그램화 해야 하는 반면 본 연구에서 적용한 구조는 4개의 휠을 속도차를 주면서 간단히 회전시킬 수가 있다.

본 연구의 선행연구로 진행된 것이 청소 및 감시용으로 개발된 로봇이다[6]. 또한 로봇에서 습득한 화상정보 및 로봇을 제어하기 위한 제어지령을 RF(Radio Frequency)와 네트워크 기반화 함으로써 원격제어 및 감시 기능을 가능하게 하였다.

이러한 능동적 감시기능에 의해 단순한 침입자로부터의 침입여부 판단은 물론이거니와 화재발생 혹은 사람이 위치하기에 곤란한 험악한 환경과 같은 곳에서의 모니터링 작업이 가능하게 된다[7]. 감시용 로봇을 개발하기 위해서는 기구 메카니즘의 설계, 제어부 설계, 통신부 설계 등이 주요 내용이 되며 각각이 서로 연계되어야만 감시용 로봇으로서의 역할을 원만히 수행하게 된다. 본 논문에서는 각 부분별로 소개하고자 한다.

II. 감시용 로봇 시스템

감시용 로봇으로서의 목적에 부합되는 기구를 설계하기 위해서 필요한 로봇의 동작은 그 주어진 구동환경에 따라 다양하게 적용하도록 설계되어야 한다. 예를 들면 내리막 경사로에서 차체의 중심을 잡아 주며 이동하여 전복되지

접수일자 : 2001. 6. 15., 수정완료 : 2001. 8. 10.

김동환, 정기범, 홍영호 : 서울산업대학교 기계설계학과
(dhkim@plaza1.snut.ac.kr/kwangeto@unitel.co.kr)

※ 본 논문은 서울산업대학교 연구비로 지원되었습니다.

않도록 하여야 하며, 만약 험로에서 뒤집어졌을 경우에 있어서도 계속적인 감시 기능을 가능하게 하기 위한 구조가 요구된다. 로봇이 전복되었을 경우 4개의 링크를 서로 안쪽방향으로 회전시키고 4개의 링크가 지면에 닿게 한 후 계속적으로 안쪽방향으로 회전시키며 차체를 위로 상승시킨다. 또한 이동 속도도 가능하면 빠른 것이 보다 효과적이다. 이러한 다양한 조건에서의 구동을 위해서 기본적인 구동은 4륜 구동에 의지하며 4족 링크의 구조를 이용하여 다양한 로봇의 몸체의 위치의 변화를 모색할 수 있다.

일차적으로 설계된 감시용 로봇의 구조가 그림 1에 예시되어 있다. 하부의 4개의 바퀴가 있고 이 바퀴와 4개의 링크로 연결되어 있는 구조이다. 3차원 형상으로 감시용 로봇을 형상화 한 후 기구 요소별로 상세한 설계를 한다.

로봇은 크게 기구부, 제어부, 통신부 등 3가지 부분으로 나눌 수 있다. 우선 로봇의 기구부 설계에 대해 기술한다. 그림 2에서는 실제 제작된 감시용 로봇의 각 요소를 보여주고 있다. 여기서는 총 8개의 모터가 사용되었고, 4개는

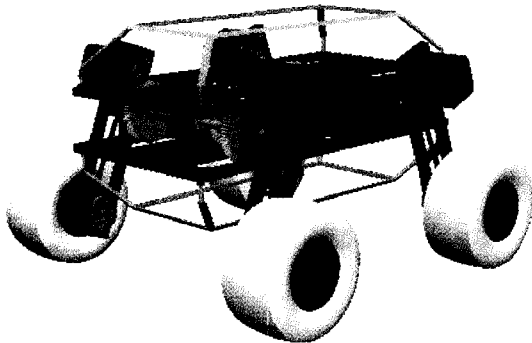


그림 1. 로봇의 3차원 형상.
Fig. 1. 3 dimensional shape of the robot.

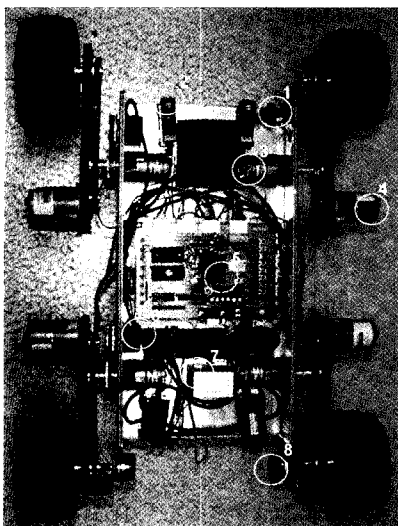


그림 2. 실제 제작된 감시용 로봇의 요소(1.카메라 2. 포토 센서 3. 링크 모터 4. 휠 모터 5.제어기 6. 링크 엔코더 7. RF 모듈 8. 휠 엔코더).
Fig. 2. Components for manufactured robot(1. camera 2. photo sensor 3. link motor 4. wheel motor 5. controller 6. link encoder 7. RF module 8. wheel encoder).

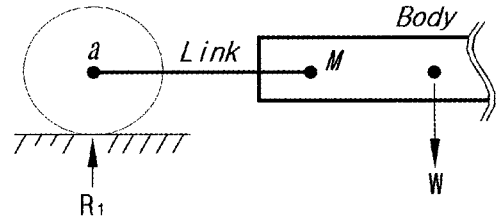


그림 3. 링크에 작용하는 힘 및 모터의 필요토크.
Fig. 3. Forces on the link and required torque.

바퀴구동용이며 나머지 4개는 링크 구동용이다. 이러한 기구를 통하여 로봇상부의 위치 및 각도가 임의로 조절되게 된다.

1. 기구부의 구성

최적화된 기구부를 구성하기 위해 3차원 모델링 작업을 통해 작업영역 및 상호 간섭을 점검하였고 구동 및 제어에 필요한 모터를 선정하였다. 가벼운 몸체를 유지하기 위하여 얇은 판재를 절곡하여 상하판을 제작하였으며 링크는 M/C 나일론을 이용하였다. 일정한 강성을 유지하여야 하는 동력전달 축의 경우에는 AL60계열 알루미늄을 재질로 하여 차체의 강성을 유지하였다. 3차원 설계용 소프트웨어인 Unigraphics Solutions사의 “SolidEdge”를 이용하여 필요한 값을 구하였다[8]. 그림 3 및 아래의 수식들은 3차원 설계를 통해 추출되어진 하중 및 질량중심 값을 이용하여 구동에 필요한 모터를 선정하는 과정을 보여주고 있다.

그림 3에서 M은 모터가 위치하는 점이고 a점은 바퀴의 중심점이다. 본 시스템의 전체 하중 W는 5.04 kgf이다. 4개의 바퀴에 균일하게 하중이 작용하게 설계하였으므로 하나의 바퀴에 걸리는 하중은 5.04/4=1.26 kgf가 된다. 그러므로 부하에 의한 부하토크오크 (T_L)는 a점에서 M점까지의 거리 11.2 cm와 지면과 수직한 힘 1.26 kgf의 곱인

$$T_L = R_1 \times (a \sim L) = 1.26 \times 11.2 \text{ cm} = 14.112 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \tag{1}$$

14.112 kgf·cm가 된다. 이 토크는 링크가 수평하게 펼쳐져 있을 때의 형상을 기준으로 계산되었으므로 다른 위치에서는 이 값보다 작게 된다. 다음으로 링크의 관성에 의한 관성토크를 계산한다. 링크의 관성값(GD^2)은 다음과 같이 계산된다.

$$GD^2 = \frac{4}{3} M_L \times L^2 = \frac{4}{3} 0.54 \times (11.2)^2 = 90.32 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2 \tag{2}$$

여기서, M_L 은 링크의 하중이며 L 은 링크의 길이이다. 감속기 (감속비: 1000)에 의한 모터축에 가해지는 모터축 관성효과($G D_M^2$)는

$$G D_M^2 = \frac{GD^2}{\text{감속비}^2} = \frac{GD^2}{1000^2} \tag{3}$$

이 값은 미미하므로 무시할 수가 있다. 각 가속도를 0.02

rad/sec²로 하면 관성 토크 (T_A)는 다음과 같다.

$$T_A = GD^2 \times \text{각가속도} = 90.32 \times 0.02 = 0.1806 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \quad (4)$$

결국 모터에 필요한 토크 (T_M)은 부하토크와 관성토크의 합으로 결정된다.

$$T_M = T_L + T_A = 14.112 + 0.1806 = 14.29 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \quad (5)$$

안전계수를 감안하여 모터의 토크를 20 kgf·cm로 결정하였다.

그림 4에서는 4개의 링크 중 하나의 링크 및 휠의 구조를 나타내 준다. 여기서는 휠은 휠 구동 모터와 벨트로 연결되어 있고 이 모터 중심 아래에서 링크 모터와 연결되어 있다. 그림 5는 로봇의 두 링크가 임의의 각도로 회전할 때의 로봇의 위치 및 각도를 표시하고 있다. 두 링크가 임의로 회전할 때 로봇 상판의 위치 중심(c1, c2)과 회전각이 바뀌게 되어 로봇의 무게 중심의 변화를 가져 올 수 있고 동시에 상판에 부착된 카메라의 투시 각도를 변경시킬 수 있다. 이 방식은 기존의 카메라의 Pan/Tilt 방식보다 자유도가 많고(상하 및 좌우 틸팅 가능) 4개의 바퀴를 통하여 회전도 시킬 수 있다. 보다 근본적인 것은 4개의 링크 및 4개의 바퀴를 이용한 목적은 로봇의 기동성 및 상체의 위치 변환을 주는 것이 목적이었으나 카메라를 부착함으로써 부가적으로 카메라의 위치 조절이 가능하게 된 점이다. 즉 카메라의 위치변화를 주기 위한 별도의 팬틸트(Pan/Tilt) 방식의 장치를 추가하지 않았다는 것이 특징이다. 또한 4개의 링크와 바퀴 구동의 결합을 통하여 빠른 기동성을 확보하고 험지에서의 탈출을 보다 용이하게 할 수 있다. 그리고 내리막이나 오르막에서 이동 로봇의 무게 중심을 4개의 링크를 통하여 조절함으로써 로봇의 안정성을 확보 할 수 있다. 그림 5에서 예시된 대로 링크 2개를 임의의 각도로 회전시킬 때 이와 연동하여 로봇 상판의 무게 중심이 C1에서 C2로 이동하게 된다. 더불어 상판의 각도가 형성되어 카메라 위치의 변화를 가져오게 한다.

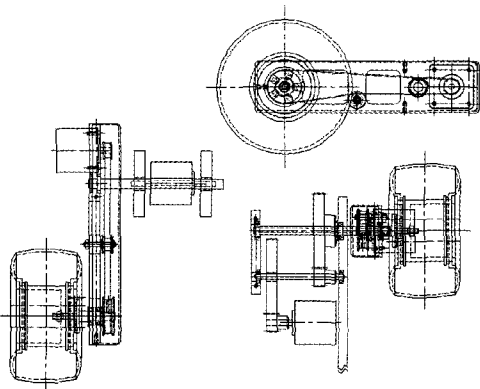


그림 4. 한 축의 휠 및 링크의 구조도.
Fig. 4. Structure of wheel and link.

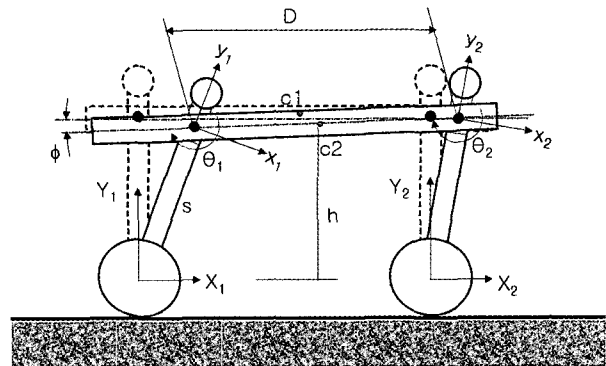


그림 5. 두 링크의 회전에 의한 틸팅 각도 및 중심위치.
Fig. 5. Tilting angle and mass center due to two links rotations.

틸팅 각도(tilting angle) ϕ 는 다음 식으로 계산된다.

$$\phi = \text{Atan}(\theta_1 - \frac{\theta_2}{D}) \quad (6)$$

상판의 높이(h)는 다음 식으로 결정된다.

$$h = s(\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \quad (7)$$

여기서 s 는 링크의 길이이다. 틸팅각도의 제어는 경사면의 기울기를 감지하여 이에 상응하는 각도를 2개의 링크를 회전시킴으로써 수행한다. 그리고 4개의 링크를 임의로 회전시킴으로써 X1 방향으로 틸팅을 시킬 수도 있다.

2. 제어부의 구성

감시용 로봇의 주제어기로는 16비트 단일칩 마이크로컨트롤러인 인텔사의 80C196KC[9]를 사용하였다. 자세 제어를 위해 사용된 4개의 DC 모터와 방향제어를 위해 사용된 4개의 DC모터를 제어하기 위하여 직접 제작한 DC 모터드라이버를 사용하였다. 그림 6에서는 제어시스템의 구성도

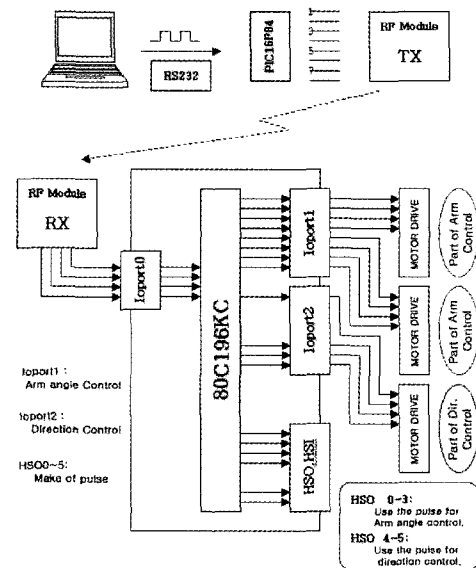


그림 6. RF 포함된 제어부의 구성도.
Fig. 6. Schematic diagram of control part including RF.

를 보여주고 있다.

그림 6에서는 PC로부터 RF 통신[10]을 통하여 실제 각 모터로 지령 값이 전달되는 과정을 보여주고 있다. 이에 관련된 데이터 전송방법 및 통신 프로토콜을 기술하고자 한다.

우선 수신 안정화 신호(preamble)에 대해 기술하면 수신기 내부에는 데이터 슬라이서라는 것이 들어 있다. 이것이 정상동작하기 위해서는 최소 3ms 이상의 연속된 10B 또는 01B값이 필요하다. 이렇게 연속된 1과 0의 스트림을 프리앰블이라고 한다. 프리앰블은 데이터 스트림을 보내기 전에는 반드시 필요하다. 한번 스트림을 보내고 잠시 후 다시 보내기 위해서는 다시 프리앰블을 보내 주어야 한다. 프리앰블의 길이 5ms정도로 길게 하면 더욱 안정된 통신을 할 수 있다. 다음으로 마크/스페이스 비율을 고려해야 한다. 마크/스페이스 비율에서 0을 다른 말로 마크(Mark), 1을 다른 말로 스페이스(Space)라고 한다. 이 값들의 비율을 마크/스페이스 비율이라 한다. 데이터 슬라이서는 매 4ms 동안 마크와 스페이스의 평균 개수의 비율이 50:50 경우에 가장 잘 동작하게 되어 있다. 30:70 비율 정도까지도 허용이 되지만 노이즈 발생의 가능성이 증가한다. 예를 들어 한 바이트만을 볼 때 10011100B는 마크가 4개 스페이스가 4개이므로 정확히 50:50의 비율이다. 따라서 전송하려는 데이터를 임의 위치에서부터 4ms씩 잘랐을 때 마크와 스페이스의 비율이 한쪽으로 너무 치우치는 경우에는 에러가 발생할 수 있다.

다음으로 시리얼 통신을 하기 위해서 패킷 통신을 하였다. 패킷이란 하나의 데이터를 보낼 때 앞뒤로 무엇인가를 붙이거나 하여 어떠한 포맷화시켜 포장하는 것을 말한다. 우리가 사용한 방식(표 1)을 간단히 설명하면 다음과 같다.

- 프리앰블은 보통 AAh(또는 55H)를 지연 없이 계속해서 3ms 이상 포트에 값을 출력함으로써 만들 수 있다. (AAh = 10101010B ⇒ 50:50 마크:스페이스 비율)
- FFh : 시리얼 포트에 들어오는 연속된 값 중에 정확한 스타트 비트를 찾기 위해 필요하다.
- Start byte : 우리가 정해진 어드레스
- data bytes : 계속되는 FFh나 00h는 곤란하다. 더욱이 20kbps 이상으로 데이터를 전송하기 위해서는 마크:스페이스 비율이 50:50을 유지할 수 있는 특별한 코딩 방법이 필요하다.(Radiometrix사의 BiM 모듈 설명서 참조[10]) 간단한 예로 17h, 1Bh, 1Dh, 1Eh,...4Eh, 53h,...87h,8Bh.....와 같은 바이트 값만을 사용하는 방법을 사용하였다.
- End byte : 우리가 정해진 또 하나의 어드레스 우리는 에러 없는 데이터를 로봇으로 전송하기 위하여

표 1. 패킷 데이터.
Table 1. Packet data.

프리 앰블	프리 앰블	프리 앰블	FFH	Start byte (Address1)	data bytes	End byte (Address2)
55H	55H	55H				

프로토콜을 지정하는데 2개의 어드레스를 통한 2중 안전장치를 사용하였다. 먼저 날아오는 패킷의 데이터를 계속해서 버퍼에 저장하면서 우리가 정해진 어드레스의 (Address2) End byte를 체크하게 된다. 지정된 어드레스를 인식하여 지정된 루프로 들어가 저장한 데이터를 처음부터 다시 체크하여 또 다른 어드레스인 (Address1) Start byte를 체크한다. 이 두 개의 어드레스체크 게이트를 통과하고 나서 최종적으로 우리가 찾는 데이터를 추출하는 방식의 알고리즘을 사용하여 에러 데이터로 인한 로봇의 오 동작을 방지하였다.

최초의 제어를 위한 신호는 Windows98 환경에서 제작한 사용자 프로그램에서 시작된다. 이렇게 시작된 제어신호는 RS232 통신을 통해 RF통신 모듈로 PIC16F84를 통해 8Bit로 분할되어 보내어지게 된다. 송신측 RF통신 모듈에서 송신된 Data는 수신측 RF통신 모듈에서 받아서 마이크로컨트롤러인 80C196KC에 보내어 지게 된다. EEPROM에 C언어로 제작되어 저장되어진 OS(operating system)에 의해 입력된 제어신호는 입력된 제어동작을 위해 각각의 DC 모터 구동 드라이버로 보내어져서 원하는 동작을 얻게 된다.

다음으로 카메라에 의한 화상전송을 위한 시스템을 서술하고자 한다. 모니터링을 위한 기본구성은 영상정보의 습득을 위한 카메라와 습득된 영상정보의 무선전송과 수신을 위한 송수신 화상전송모듈과 수신된 영상정보를 PC에서 사용하기 위한 TV 수신카드(Overlay Card)로 되어 있다.

카메라는 가볍고 소형인 Pin Hole 타입 CCD 카메라를 사용하였다. 또한 로봇에서의 화상정보를 컴퓨터로 무선전송하기 위한 화상전송모듈로는 2.45GHz 대역의 무선화상전송모듈[11]을 장착하였다. PC에서도 물론 수신용 무선전송모듈이 장착되었으며 전송된 화상정보의 처리를 위해 PC에는 범용 TV수신카드를 장착하였다.

이러한 구성을 갖는 비전부는 먼저 카메라를 통해 입력된 영상정보를 TX-VID-2450 송신용 화상전송 모듈을 통해 PC측 TV 카드에 연결된 RX-VID-2450 수신용 화상전송 모듈로 전송되어지게 된다. 이렇게 전송되어진 화상정보는 Visual C++ 6.0[12]을 이용하여 개발되어진 모니터링 프로그램을 통해 화상 출력되게 된다(그림 7).

모니터상에 카메라로부터 이미지를 보기 위하여 다음의 함수를 적용한다.

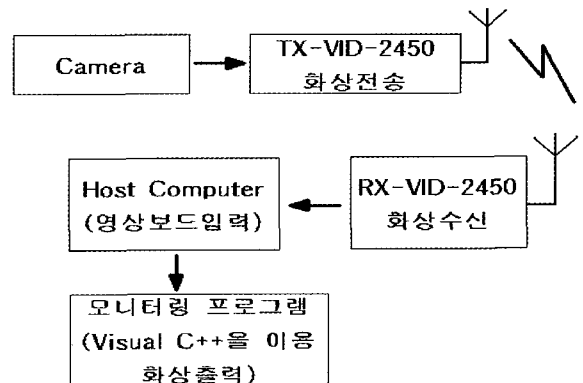


그림 7. 비전부 구성도.
Fig. 7. Structure of the vision part.

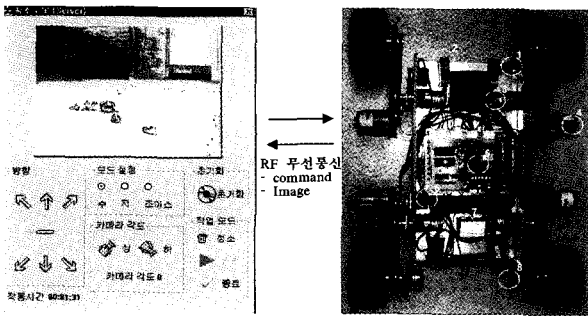


그림 8. 서버제어용 환경 프로그램과 로봇간의 연계도.
Fig. 8. Relationship between servo monitoring program and robot.

```
hWndc=capCreateCaptureWindow(Vision ,WS_CHILD
WS_VISIBLE, 0, 0, 320, 240, hwndParent, nID);
SendMessage(hWndc, WM_CAP_DRIVER_CONNECT, 0, 0L);
SendMessage(hWndc, WM_CAP_SEQUENCE, 0 ,0L);
```

개발된 응용프로그램은 Visual C++으로 작성되었으며 로봇의 위치 및 자세 제어에 있어서의 편리성을 위하여 GUI(Graphic User Interface)형태를 기본 골격으로 하였고, 원활한 방향제어를 위해 6개의 진행방향 조정 아이콘과 정확한 다리의 각도 제어를 위해 각도 조정 아이콘을 만들었다. 또한 카메라의 위치를 바꾸어 가면서 모니터링하기 위한 모드도 프로그램에 추가하였다(그림 8).

다음 그림 9는 로봇을 다양한 각도로 기동시킨 실험 결과를 6개의 프레임으로 표현하였다. 그리고 표 2는 무선 통신에 의한 데이터 및 이미지 전송의 성능을 각 요소별로

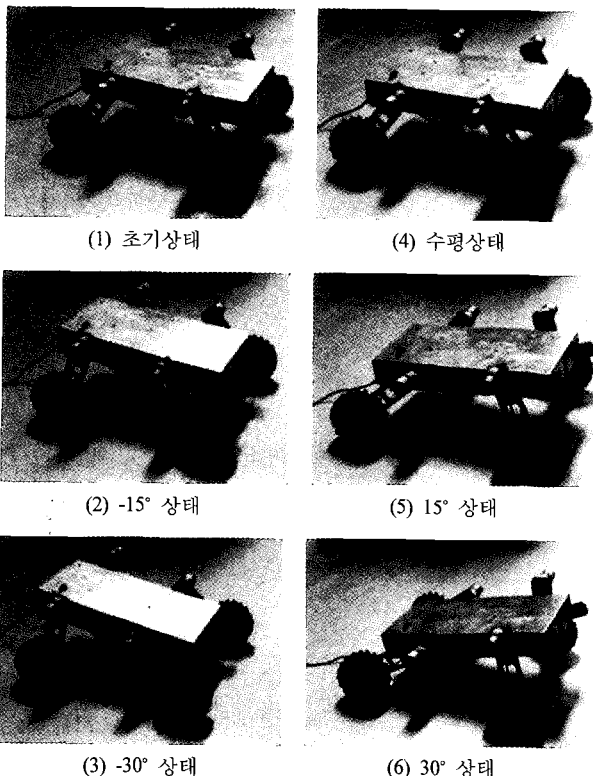


그림 9. 4개의 링크변화에 따른 로봇의 자세.
Fig. 9. Robot position by 4 link rotations.

표 2. 무선통신에 의한 데이터 전송 성공률.
Table 2. Data delivery success rate by wireless communication.

안테나	거리(m) Baud rate(bps)	거리(m)			
		1	5	10	15
유	2400	95%	95%	80%	30%
	9600	95%	95%	90%	50%
	19200	95%	95%	50%	30%
무	2400	95%	95%	80%	30%
	9600	95%	95%	90%	50%
	19200	95%	95%	50%	30%

실험한 내용이다. 벽들이 있는 건물 내부에서 벽들을 통과하여 실험하였으며, 매 거리마다 50회의 실험을 통해 성공률을 산출하였다. 본 로봇의 통신은 건물용이므로 장애물이 없는 곳에서의 측정을 생략하였다. 안테나는 상품화된 안테나의 경우와 간단한 철선을 이용한 경우로 구분하여 실험한 결과 데이터 전송성능에는 영향을 주지 않음을 알 수 있고 거리의 변화가 가장 중요한 변수임이 확인되었다.

III. Network상에서의 화상 및 Data전송

원격지에서 로봇이 모니터링 하는 환경을 로봇에 장착되어 있는 카메라를 통하여 보기 위하여 로봇 시스템의 통신을 네트워크 기반환경으로 구성하였다. 본 시스템의 네트워크 상 전체 구성을 살펴보면 카메라가 장착되어 있는 로봇이 존재하고 이 카메라로부터 받은 동영상 데이터를 전송 및 수신하는 서버와 클라이언트가 존재한다. 서버에서의 동작은 카메라로부터 들어온 영상데이터를 캡처하여 이를 DIB형태의 비트맵 형식으로 바꾸어서 클라이언트로 보내게 된다. 이때 데이터 전달이 정확하지는 고려되지 않고 실시간 전송을 위해서 연속적으로 데이터를 보내게 된다. 그림 10은 클라이언트와 서버간의 통신을 하는 체계를 보여준다.

이때 TCP/IP 프로토콜(그림 11)이 가지고 있는 단점 때문에, 즉 전송하는 화상데이터가 유실되거나 오류가 생길 경우 클라이언트가 재전송을 요구하므로 생기는 시간 지연이 발생하므로 보다 효율적인 통신을 실현하기 위하여 UDP/IP 프로토콜(그림 12)을 기반으로 실시간 전송이 가능토록 하였다. UDP/IP 프로토콜의 프로세스는 그림에서 보여준다. 이 그림에서 알 수 있듯이 UDP/IP 방식[13]은 상대방 소켓이 열려있는지에 관계없이 일정한 시간 안에 지속적으로 데이터를 보내고 받는다(그림 13). 따라서 이 방법으로 사용시에는 데이터의 송수신 에러가 발생할 가능성이

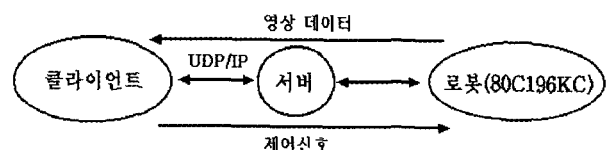


그림 10. 네트워크에 의한 로봇 모니터링 및 제어 구성도.
Fig. 10. Robot monitoring and control by network.

Source Port		Destination Port	
Sequence Number			
Acknowledgement Number			
Offset	Reserved	Flags	Window
Checksum		Urgent Pointer	
Options			Padding
Data ...			

그림 11. TCP 메시지 형식.
Fig. 11. TCP message structure.

Source Port	Destination Port
Length	Checksum
Data...	

그림 12. UDP 메시지 형식.
Fig. 12. UDP message structure.

있으나 송수신 속도가 빠르다는 장점으로 이 연구에서 는 적용하였다.

TCP(Transmission Control Protocol, 전송 제어 프로토콜) 는 데이터가 순서대로 전달되고 데이터의 변경이 없음을 검증한다. 이러한 기능 때문에 데이터 전송 시 추가적인 헤더가 붙게 된다.

UDP(User Datagram Protocol, 사용자 데이터그램 프로토 콜)는 최소한의 헤더만을 가지고 네트워크를 통해 데이터가 전달될 수 있도록 해준다. UDP는 오직 비교적 불안정한 데이터 전송만을 지원하기 때문에 헤더는 비교적 작다. 프로토콜에서 전달된 데이터가 원래 전송한 것과 똑같은 지 를 확인하는 방법이 없다. UDP 전송에서 적은 헤더량과 안정적인 데이터 전송의 부족은 UDP를 더욱 효율적으로 만든다.

전송되는 데이터의 구조를 보면 캡처되고 있는 영상 이 미지의 헤더와 실제 이미지 데이터, 실제로 서버로부터 온 데이터인지를 확인하기 위한 식별단어, 헤더 포함 여부 등

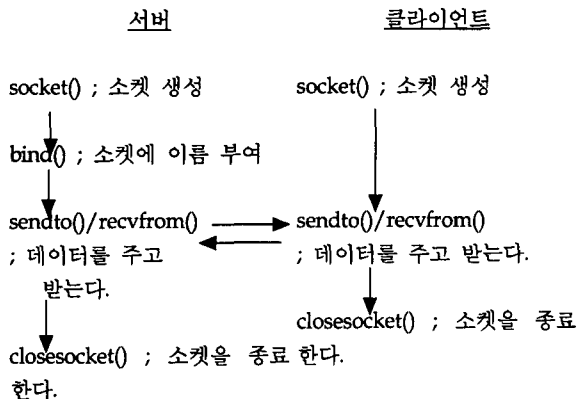


그림 13. UDP를 사용하는 WinSock 함수 흐름도.
Fig. 13. Winsock function flow chart using UDP.

을 첨가한 일련의 구조화된 데이터 블록을 전송하게 된다. 이때 UDP 소켓으로 한번에 송신할 수 있는 데이터의 크기는 한정되어 있기 때문에 하나의 프레임을 몇 번으로 나누어 보내게 된다. 클라이언트에서의 동작은 영상 데이터를 받아서 식별단어를 확인하고 받은 데이터의 헤더와 실제 이미지 데이터를 분리한다. 그리고 DrawDib DC를 통해서 화면에 영상을 뿌려주게 된다.

네트워크통신을 가능하게 하기 위한 함수를 아래에 기술하였다.

1) Winsock API 초기화

프로그램이 WinSock 함수를 사용하기 전에 반드시 WSAStartup() 초기화 작업을 호출.

종료하기 전에는 WSACleanup() 함수를 호출.

-WSADATA stWSAData;

-WSAStartup(MAKEWORD(2,2), &stWSAData);

//MAKEWORD(2, 2): WinSock 버전 2.0지정

//&stWSAData: 윈도우 소켓 정보를 저장할 구조체

WSADATA의 포인터

-WSACleanup();//윈도우 소켓의 사용을 마친다.

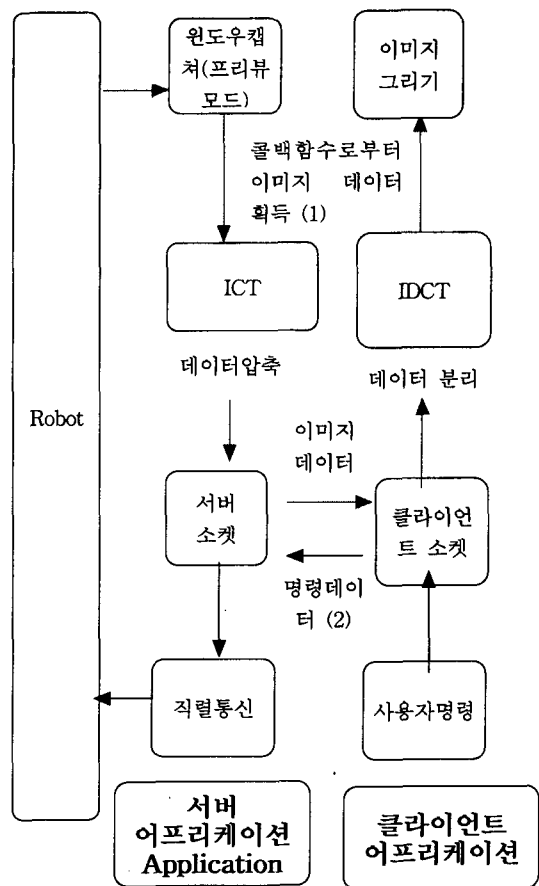


그림 14. 데이터 및 이미지의 네트워크 상 전송 체계.

Fig. 14. Data and image delivery on network.

주) (1) capSetCallbackOnFrame(...) - 캡처 윈도우가 직전 프레임을 화면에 표시하기 전에 콜백함수를 호출함.

(2) sendto(...) - 데이터를 목적지까지 전송함. recvfrom(...) - 데이터그램을 받아들임.

2) Winsock API함수

- socket() //새로운 소켓을 만든다.
- bind() //소켓(nSock)과 소켓 주소 구조체 를 연결한다.
- WSAAsyncSelect() //소켓에 관련된 알림 메시지 발생
- getsockopt() //소켓(nSock)의 현재 설정된 옵션 의 값을 얻는다.
- sendto() //소켓(nSock)을 통해 상대방 주소를 데이터를 송신한다.
- recvfrom() //소켓으로부터 데이터를 읽어 버퍼에 쓰고, 송신한 호스트의 주소를 기록 한다. 이와 같은 일련의 작업을 Visual C++ 6.0을 이용하여 개발하였다.

이미지 데이터와 명령데이터를 서버와 클라이언트 상에서 상호 전송되는 흐름을 그림 14에서 소개한다. 각 수행 과정에 필요로 하는 함수들을 동시에 소개한다.

그림 15는 서버와 클라이언트간의 화상 및 데이터 신호를 전달하는 실현과정을 나타내고 있다. 이러한 네트워크 통신을 기반으로 하여 개발한 감시용 로봇에 적용하여 실현 하였다. 실험결과 LAN(Local Area Network) 상에서는 화상의 전송 속도나 정밀도에 문제가 전혀 없이 전송되었다. 단지 외부 서버로 접속할 경우 미세한 시간 지연이 발생함을 알 수 있었다. 그 이유는 화상의 데이터를 압축하지 않은 상태로 전송하여 데이터량이 많아 발생하는 것으로 이를 해결하기 위하여 동영상데이터를 압축하여 전송을 할 필요가 있다. 동영상 데이터를 압축하여 전송을 한 결과 실시간의 화상 전송이 실제 가능함을 확인할 수 있었다.

표 3은 네트워크를 통한 화상데이터의 압축속도 및 압축률을 조도에 따른 영향을 분석한 실험 결과이다. 조도가 밝을 때가 어두울 때 보다 압축량이 적으나 압축속도는 빠른 것으로 확인되었다. 표 4에서는 지역네트워크통신(LAN)과 광역네트워크통신(WAN)에 따른 화상의 전송속도를 보여주고 있다. LAN에서의 화상 전송이 WAN 상의 전송보다 약 3배정도 빠른 것으로 판명되었다.

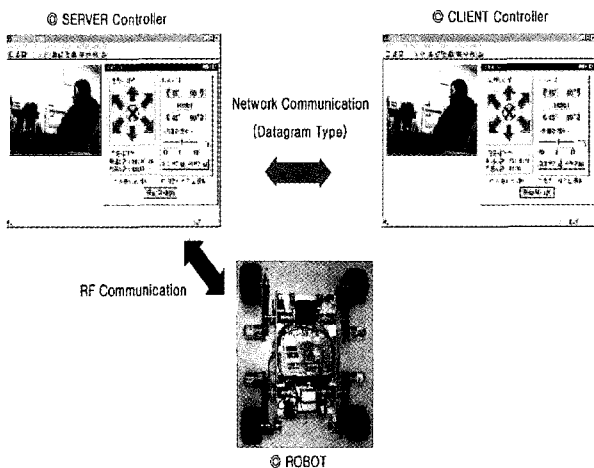


그림 15. Client와 server에 의한 로봇 모니터링 및 제어 실험도.

Fig. 15. Robot monitoring and control by client and server.

표 3. 조도에 따른 압축속도 및 압축량 비교(단위 ; byte, ms).

Table 3. Compression speed and volume according to luminous intensity(units: byte, ms).

영상 크기	압축 전 사이즈	평소 (형광등)		어두울 때 (모니터불빛)	
		압축량	압축속도	압축량	압축속도
160×120	57600	4132	8.0333	3150	7.6500
320×240	230400	13532	48.5778	11067	47.7111

표 4. LAN과 WAN에서의 압축데이터 전송속도(단위: ms).

Table 4. Compression data speed according under LAN and WAN (unit: ms).

영상크기	평균 사이즈	Local	Wide
160×120	4132	53.9778	187.7222
320×240	13532	91.4889	198.5667

IV. 결론

본 논문에서는 감시용 로봇을 설계 및 제작한 결과를 제시하였다. 로봇의 기동성을 높이기 위하여 4족 형태의 메카니즘을 채용하였고 4바퀴를 4개의 링크에 연결하는 구조로 설계하였다. 기존의 이동로봇 기능에 4개의 링크를 로봇 암으로 채용함으로써 이동로봇의 빠른 기동성 및 힘지구동을 확보할 수 있고 4개의 링크를 조절함으로써 로봇의 무게 중심을 이동하여 안전한 구동을 가능하게 할 수 있다. 더불어 로봇 4개의 링크를 적절히 회전시킴으로써 상판에 부착된 카메라의 위치 조절을 가능하게 하여 별도의 팬/틸팅 구조를 필요하지 않게 되어 있다. 또한 로봇이 경사지 이동중 전복되었을 경우 복원할 수 있는 기능도 확보하고 있다. 마이크로 컨트롤러 80C196KC을 이용하여 네 개의 다리를 제어할 수 있었고 DC 모터의 속도 차 제어를 통해 로봇의 원하는 지점으로의 이동을 가능케 하였다. 로봇이 이동 중 4개의 포토센서를 통하여 장애물을 피해 이동하게 하였으며 4족 구동 메카니즘을 통하여 감시용 카메라의 위치 조절이 가능하였고 로봇이 이동중 전복을 피하기 위하여 4개의 링크를 적절히 위치시켜 로봇의 무게 중심의 변화를 가져왔다.

또한 제어를 위한 신호는 별도의 응용프로그램을 작성하여 프로그램 상에서 RF무선통신을 통해 로봇의 제어부로 보낼 수 있었으며 로봇에서의 입력된 화상정보는 별도의 무선모듈을 탑재하여 작성된 응용 프로그램 상을 통해 원격지에서 모니터링할 수가 있었다. 이후 클라이언트에서 UDP 방식으로 네트워크를 통해 전송되었고 동시에 로봇이 연결된 서버로 지령데이터가 전송된다. 추후 음성인식 및 보다 정확한 화상 및 명령데이터 전송을 위한 방안을 모색할 필요가 있다.

참고문헌

[1] Yi, S. Y., Hong, Y. S., and Lee, C. W, "The compliance control of a jointed-leg type quadruped robot for stable walking on an irregular ground," *Proceedings of*

- the ICMT'99*, pp. 66-71, Pusan, Korea, 1999.
- [2] Sukhatme, G. S., "The design and control of a prototype quadruped microover," *Autonomous Robots*, vol. 4, no. 2, pp. 211-220, 1997.
- [3] Omata, T. and Tanaka, E. "A quadruped robot which can take various postures," *Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics*, vol. 3, pp. 2666-2671, 1999.
- [4] Hamada, M., Masuda, T., Nonami, K., and Sanda, A., "Sliding mode servo control of quadruped locomotion robot with single link," *Proceedings of the Third International Conference on Motion and Vibration Control*, vol. 2, 1996.
- [5] Lee, D. Y., Kwon, D. S., Yi, S. Y., and Hong, Y. S., "Teleoperation of a quadruped walking robot using an a-periodic gait that converges to a periodic gait," *Proceedings of the 1999 International Conference on Intelligent Robots and Systems*, vol. 3, pp. 1639-1644, 1999.
- [6] Kim, D. H., Jeong, G. B., and Hong, Y. H., "Network based monitoring and cleaning robot with quadruped mechanism, Proceedings of the 32nd international symposium on robotics," pp. 1458-1462, Seoul, Korea, April 19-21, 2001.
- [7] Kim, M. Y., Kim, K. H., Cho, H. S., Park, G. Y., and Yoon, J. S., "A Shallow AUV in Nuclear Power Plants: Design and Implementation," *Proceedings of International Conference on Mechatronic Technology*, 1998.
- [8] Unigraphics Solutions, "Fundamentals Course Guide Ver. 5," 1999.
- [9] 김대근, 정순배, 김재희, "Intel 80C196KC의 모든 것", Ohm사. 1999.
- [10] RF module data sheet, Radiometrix Ltd., 2000.
- [11] RF 통신 화상 모듈 data sheet, 청우산업, 2000.
- [12] Chapman, D., "Teach Yourself in 21 Days Visual C++ 6," SAMS, 1998.
- [13] Dumas, A., "Programming Winsock," InfoBook, 1996.



김 동 환

제어·자동화·시스템공학 논문지 제 4권 1호, 1998. 2 참조.



홍 영 호

서울산업대학교 기계설계학과 4년.



정 기 범

1974년 4월 9일생, 2001년 서울산업대학교 기계설계학과 졸업, 현재 서울산업대학교 기계설계학과 대학원.