
센서 네트워크를 이용한 자율 로봇 시스템

박철민*, 조형국*, 이훈재*

A Self-Regulated Robot System using Sensor Network

Chul-Min Park* · Heung-Kuk Jo**· Hoon-jae Lee**

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과(IITA-2008-C1090-0801-0026)와 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음

요 약

근래의 Robot은 모든 산업체에서 사용되고 있다. 이전의 로봇은 단순 작업용으로 쓰여 왔으나, 근래에 로봇은 사람과 같은 동작 및 행동을 할 수 있는 형태로 발전되고 있다. Robot의 동작은 입력된 명령을 반복 수행하거나 혹은 매 순간마다 센서의 출력 값에 따라 다른 동작을 수행한다.

본 논문에서는 자율적으로 목적물을 뒤따르는 자율이동로봇에 대해 연구하였다. 이 로봇은 무거운 짐을 인간 대신에 운반하는 목적으로 사용될 수 있다. 로봇의 구성은 목적물의 위치 인식 센서, 동작을 제어하는 프로세서 그리고 모터 구동하는 구동부이다. 또한 로봇이 통신망과 연동하여 원격제어 또는 동작 상태를 모니터링 하도록 하였다. 구동 오차를 줄이기 위한 방법으로 외부 환경에 대한 동작 알고리즘 개발하였다. 실험으로 자율로봇을 제작하였고, 초음파 센서의 지향성과 방향성에 대한 오차 그리고 구동 시의 유연성을 보였다. 또한 로봇과 감지 시스템과의 통신 결과를 그림으로 보였다.

ABSTRACT

Modern Robot is used in all industries. Previous Robot was used by simplicity work, at recent times, robot is developed in form that can do action such as a person. Robot's action runs according to command repeat or in the every moment according to sensor's output value, achieve other action.

In this paper, we studied about self-regulation transfer robot that follow Object autonomously. This robot can be used by purpose that carry heavy burden instead of human. Robot's composition is drive part which run object's position awareness Sensor, Processor that control action and Motor part. After robot is connects with Network, we did robot remote control and monitor the action situation of robot. For the methode to reduce drive error, we developed algorithm for outside environment. For an experiment we made the self-regulation robot. We showed the directivity of sensor, error of directivity and soft moving of robot. We showed the monitoring system and the execution screen for communication between robot and PC.

키워드

Ultrasonic, Self-Regulator Robot, Network

I. 서 론

이전의 로봇은 대부분 단순작업을 위한 생산용으로 구현되어 있으나, 최근 로봇은 외부의 조건에 따른 자체 연산에 의한 자율적인 움직임과 적응, 학습을 통한 효율적인 동작 등 여러 형태를 갖추고 있다. 이것은 인간 인지능력과 가까운 인공지능의 형태로 로봇이 만들어진다는 의미이며, 향후 인간의 행동과 구분이 힘든 로봇의 등장을 예고하고 있다[1-2]. 이와 더불어 Network 기술을 접목하여 실시간으로 로봇의 상태 및 동작 상태를 감시하여 원격 제어를 통해 효율적 운용 방안이 대두되고 있다.

본 논문에서는 초음파센서를 이용한 대상물의 움직이는 방향을 인지하여 자율적으로 대상물을 뒤따르는 로봇에 대해 연구하였다. 특정 조건의 데이터 오차에 따른 오동작을 효율적, 안정적으로 처리하는 기법과 데이터에 따른 모터의 유연한 동작 그리고 로봇의 모니터링을 위한 직렬 프로그래밍과 PC 응용에 대해 이론과 실험을 보였다.

II. 시스템 제안 및 구성

2.1 System 구성 [3-9]

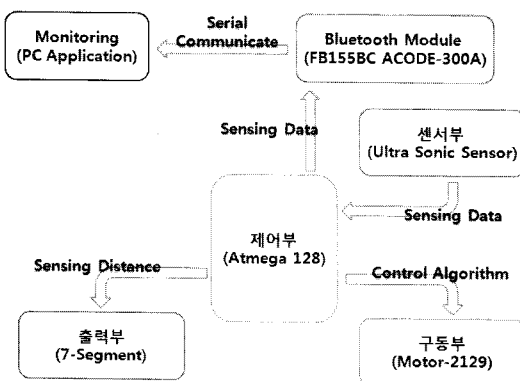


그림 1. 자율로봇 전체 블록도
Fig. Blockdiagram for self-regulated robot

자율로봇의 제어를 하기 위해서는 여러 가지 프로세스가 있으나 Atmel사가 개발한 RISC 구조의 저 전력 CMOS 8비트 마이크로 컨트롤러인 ATmega128이 가장

적합하다[3]. 그림 1.과 같이 제어 부는 초음파 센서에서 받은 데이터를 연산하여 출력부와 구동부로 전달한다.

그림 1.의 센서 부는 로봇의 방향 제어를 위하여 Robot Electronics사의 송수신 일체형 초음파 센서 SRF-04 2개를 사용하였으며, 위 센서에서 발생된 초음파는 대상물에서 반사된다. 초음파 송파기에서 방출된 펄스는 대상물의 표면에 반사되어 수파기로 되돌아 올 때까지의 시간과 공기 중 온도에 따른 음속을 보정함으로써 대상물과의 거리를 구할 수 있다. 공기 중 전파속도는 식 (1)과 같다.

$$V[m/s] = 331.5 + 0.6T \quad (1)$$

식 (1)을 이용하여 대상물까지 거리를 식 (2)로서 구할 수 있다.

$$H[m] = v[m/s] * t/2 \quad (t = \text{소요시간}) \quad (2)$$

센서 입력은 ATmega128의 PORT B 단자에 연결하고, 출력은 PORT D와 Interrupt PORT E에 연결하였다. 초음파 센서의 인지 여부는 UART 통신을 통하여 PC에서 확인하며, 그림 1의 출력부처럼 구성하였다. 또한 FND를 이용하여 센서 결과를 확인토록 하였다.

초음파 센서 SRF-04의 지향 각은 그림 2와 같이 온도가 25℃라 가정하였을 때 거리에 따라 점차 줄어드는 것을 볼 수 있다. 또한 지향성은 Sensor가 위치하고 있는 곳의 온도의 영향에 대단히 민감하다.

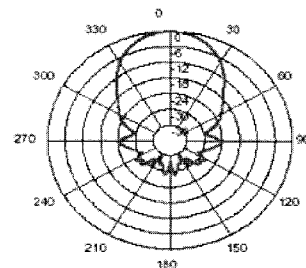


그림 2. SRF-04 지향성
Fig. 2 SRF-04 directional

초음파 센서는 약 30도의 지향 각을 가지고 있으므로 센서 부착 시 로봇의 정면 부와 수직으로 부착할 경우 2개의 센서에서 발생하는 초음파의 지향 각이 좁아지므로

로 양측의 인식 각도가 줄어든다. 또한, 한번의 센서 결과의 시간은 36ms 이므로 오동작을 줄이기 위해서는 로봇의 전면부와 약 10도의 각도로 부착하였을 경우가 가장 효율적이다. 그림 1의 구동부는 로봇이 동작을 수행할 수 있도록 앞바퀴와 뒷바퀴로 총 2개의 DC 모터 Motor-2129를 사용하여 구성하였다. 각 모터의 구동은 1개의 Atmega MCU의 1개 PORT를 사용하고, 74LS08 IC를 각 모터에 연결, L298N 모터 드라이브와 연결하여 구성하였다[4].

구동부에 사용된 Motor-2129는 인가전압에 대하여 회전특성이 직선적으로 비례하며, 입력전류에 대하여 출력토크가 직선적으로 비례한다. 또한 이 모터는 출력효율이 양호하다. T-I(토크 대 전류) 특성은 홀린 전류에 대해 직선적으로 토크가 비례하며, 이는 큰 힘이 필요할 때 전류를 많이 흘리면 된다. T-N(토크 대 회전수) 특성은 직선적으로 비례하며, 이것에 의하면 무거운 것을 돌릴 때는 천천히 회전시키게 되고, 이것을 빨리 회전시키기 위해서는 많은 전류를 흘리면 된다.

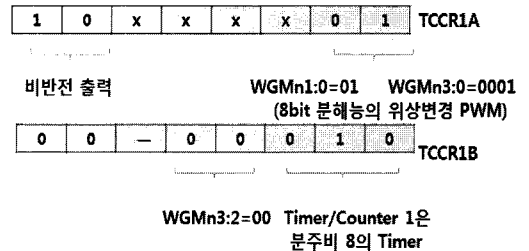
이들 2가지 특성이 서로 연동하고 있기 때문에 전류를 제어하면 모터의 구동은 쉽게 이루어진다. 모터 제어를 위해 PWM(Pulse Width Modulation) 방식을 이용하며, CPU의 PORT B의 5번 단자에 연결하여 통신한다. 이로써 그림 1의 회로는 ATmega128의 총 5개의 PORT가 사용된 것을 보인다. 그림 1의 감지를 위해서 블루투스 방식을 이용하였다. 모듈은 컴파일 테크사의 ACODE-300A를 사용하였고, 제어부에서 전송된 데이터를 직렬 통신 방식으로 PC로 전달되고, 사용자가 감시할 수 있도록 PC 응용 프로그램을 구현하였다[3-9].

2.2 구동 알고리즘 [11-17]

동작을 효율적으로 제어하기 위하여, 초음파 센서의 조건에 맞는 모터 드라이브 동작 제어는 PWM(Pulse Width Modulation) 방식을 이용하였다. PWM은 아래 그림 3과 같이 ATmega128의 Timer/Counter의 기능에 속한다. 로봇의 속도는 구형과의 듀티 비에 따른 직류 값으로 제어한다.

L298N(DC Motor Drive) 칩은 2개의 모터 제어가 가능하다. 이 칩의 명령은 Enable와 DIR의 두 가지가 있으며, Enable은 모터 구동 ON/OFF를 제어하고, DIR은 모터의 토크 방향을 제어할 수 있다. ATmega128의 PWM을 사용하여 Enable 단자와 AND Gate를 거쳐서 모터로

출력하게 되면 PWM의 듀티비 만큼 모터 속도가 나오게 된다. 이는 직류 모터의 특성상 가속이 존재하기 때문이다.



```
Void init_PWM(void)
{
    TCCR1B = 0x01;
    TCCR1A = 0x81; // OCL1A를 0으로 Clear, 8bit PWM

    //Timer/Counter 1 출력 비교
    OCR1AH = 0;
    OCR1AL = 0;
}
```

그림 3. PWM 레지스터 및 프로그래밍
Fig 3. PWM register and programming

그림 4는 실제 자율로봇의 모터제어 프로그램을 나타낸 것이다.

초음파 센서에서 반사 신호를 거리로 환산하기 위한 소스는 그림 4와 같다. 이 프로그램은 ATmega128의 Timer/Counter Interrupt를 이용하여 초음파 센서의 반사 신호를 거리 데이터로 변환을 수행한다.

```
// High Level SIGNAL(SIG_INTERRUPT0)
{
    // Prescaler 1024
    TCCR0=0x07;
    TIMSK |= 0x01;
}

// Ultra Sonic Low Edge3 SIGNAL(SIG_INTERRUPT1)
{
    TIMSK &= ~0x01;
    temp1=TCNT0;
    TCCR0=0x00;
    TCNT0=0x00;
}

SIGNAL(SIG_OVERFLOW0)
{
    TCNT0=0x00;
}

// High Level SIGNAL(SIG_INTERRUPT4)
{
    // Prescaler 1024
    TCCR2=0x05;
    TIMSK |= 0x40;
}

// Ultra Sonic Low Edge SIGNAL(SIG_INTERRUPT5)
{
    TIMSK &= ~0x40;
    Temp2=TCNT2;
    TCCR2=0x00;
    TCNT2=0x00;
}

SIGNAL(SIG_OVERFLOW2)
{
    TCNT2=0x00;
}
```

그림 4. 모터 조절 프로그래밍
Fig. 4 Motor Control Programming

2-3. 모니터링 알고리즘 [11-17]

초음파 센서에서 수신된 데이터는 블루투스를 거쳐 PC에서 모니터링하기 위해서는 직렬통신을 이용하여 전달한다.

자율로봇의 각 모듈 간 통신 형태는 그림 5와 같다. 자율로봇의 모니터링은 실시간으로 이루어지기 때문에 데이터 전송이 빠른 직렬 통신을 채택하였다. 인지도 데이터 값은 초당 약 20~25회 전송이 되며, 이 전송 속도는 가까운 거리의 물체와 먼 거리의 물체의 인식 속도가 각각 다르기 때문이다. 임베디드 모니터링 모듈은 전송된 인지 값을 모니터 프로그램으로 빠르게 전송할 수 있도록 RS-232 프로토콜과 같은 포트를 사용하였다[11-17].

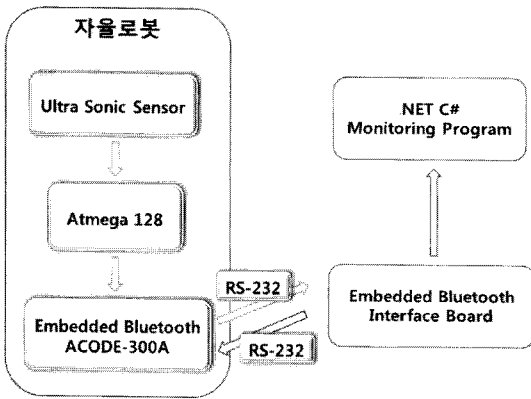


그림 5. 각 Device 간 통신 형태
Fig. 5 Communication types between devices

직렬 통신은 데이터들이 동일한 한 개의 통신선을 따라 1비트 씩 시간의 흐름에 따라 차례로 보내는 통신이다. 대표적인 직렬 인터페이스는 EIA(미 전자 공업 협회)에서 제정한 통신 규격 중의 하나인 RS-232 통신이다. 이 통신은 전이중 방식의 통신을 지원하며, 송·수신을 동시에 가능하다. 이러한 이유로 사용자가 로봇을 감지하기에 적합하다. 아래 그림 6과 그림 7은 USART 통신을 위한 ATmega128 직렬 통신 레지스터를 나타낸다.

레지스트는 직렬 통신의 Baud rate와 송·수신 활성화 및 버퍼 관련 동작 등을 설정해 준다. 아래 그림 8은 자율로봇의 모니터링을 위한 직렬 통신 프로그램을 보인다.

UCSRnA-USART Control and Status Register A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	RXCn	TXCn	UDREN	FEEn	DORn	UPEn	U2Xn	MPCMn
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R	R	R
Initial Value	0	0	1	0	0	0	0	0

UCSRnB-USART Control and Status Register B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	RXCIEEn	TXCIEEn	UDRIEn	RXENn	TXENn	UCSZn2	RXB8n	TXB8n
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

그림 6. USART 프로그램 레지스터 1
Fig. 6. USART Program Register 1

UCSRnC-USART Control and Status Register C

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	UMSELn	UPMn1	UPMn0	USBSn	UCSZn1	UCSZn0	UCPOLn
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	1	1	0

UMSELn	Mode	USBSn	Stop Bit(s)
0	Asynchronous Operation	0	1-bit
1	Synchronous Operation	1	2-bits

UMSELn : USART Mode Select bit USBSn : USART Stop bit Select bit

UPMn1	UPMn0	Parity Mode	UCSZn2	UCSZn1	UCSZn0	Character Size
0	0	Disabled	0	0	0	5-bit
0	1	(Reserved)	0	0	1	6-bit
1	0	Enabled, Even Parity	0	1	0	7-bit
1	1	Enabled, Odd Parity	0	1	1	8-bit
UPMn1:0 : Parity Mode bit			1	0	0	Reserved
			1	0	1	Reserved
			1	1	0	Reserved
			1	1	1	Reserved

UCSZn1:0 : Character Size 관련 bit

그림 7. USART 프로그램 레지스터 2
Fig. 7 USART Program Register 2

```
void init_UART(void)
{
    SP=0x10ff;

    cli();

    MCUCR=0x81;
    MCUCR=0x80;
    XMCRA=0x00;
    XMCRB=0x80;

    UCSR0A=0x00;
    UCSR0B=0x98;
    UCSR0C=0x06;
    UBRR0H=0x00;
    UBRR0L=0x67;

    sei();
}
```

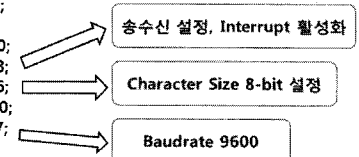


그림 8. USART 프로그램
Fig. 8 USART Program

프로그램에서 UCSR0B = 0X98는 송수신 설정과 Interrupt를 활성화, UCSROC = 0X06은 UCSR0B와 결합하여 송수신기에 사용하는 프레임의 데이터 비트를 8비트로 설정한다는 의미이다. Baud rate는 UBRR0L Register를 0X67로 설정하여 9600한다.

자율로봇의 초음파 센서의 데이터 값을 전송 받기 위하여 다음과 같은 설정 과정을 거쳐야 한다. 우선 송·수신과 인터럽트를 활성화한다. 그 다음 수신 문자를 최대 8비트 전송 받을 수 있도록 하며, 무선망을 위한 임베디드 블루투스 ACODE-300A와 통신 속도를 맞추기 위해 Baud rate를 9600으로 설정한다. 자율로봇의 초음파센서의 인지 상태와 인지 데이터 값을 사용자가 확인을 하기 위하여 하드웨어 구성에서 FND를 사용하여 자체 감시할 수 있도록 하였다. 그러나 디스플레이로 나타낼 수 있는 인지 값이 제한적이기 때문에 무선망을 구성하여 정확한 초음파 센서의 인지 값을 감시할 수 있도록 하였다. 무선 Network 구성을 위해 Firmtech 사의 임베디드 블루투스 FB155BC ACODE-300A를 사용하였다[8]. ACODE-300A의 특징은 양방향 실시간 1:1 통신을 열린 공간 30m 내에서 송·수신이 가능하며, 2.4GHz대의 주파수를 사용, 1200 ~ 115200까지 Baud rate를 지원하며, 3.3V의 저전력으로 동작이 가능하다.

주 제어장치와 3.3V의 ACODE-300A를 연결하기 위해서는 주 제어장치에서 보내는 TX를 ACODE-300A의 신호레벨로 설정하기 위하여 버퍼를 사용하였다. 자율로봇의 MCU인 ATmega128의 UART PORT에 임베디드 블루투스 모듈 FB155BC ACODE-300A를 연결하고, 이때 초음파 센서에서 보내는 인지 데이터를 호스트 컴퓨터에서 모니터링하기 위하여 연결 장치가 필요하다. 이러한 연결 장치를 PC에 장착 후 아래 그림 9와 같이 .NET C#으로 만든 모니터링 프로그램을 이용하였다.

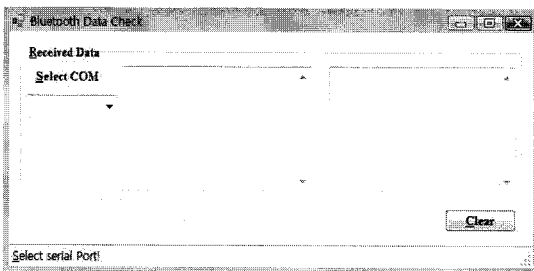


그림 9. 모니터 프로그램
Fig. 9 Monitor Program

직렬 포트 통신이 가능한 Device인 ACODE-300A 연결 장치가 연결이 되면 Com Port의 번호가 나오게 된다. 그 후 연결된 장치의 포트를 선택을 하면 장치와 직렬로 연결이 되며, 프로그램은 .Net C#로 구현하였다.

III. 실험 및 성능

초음파 센서를 이용한 자율로봇의 주행 실험과 주행 중 인지 데이터가 .Net C#으로 구현한 모니터 프로그램으로 전송되는 실험을 하였다. 인지 데이터에 대한 제어 알고리즘으로 로봇의 속도 및 방향 제어를 할 수 있다. 실험을 통해 구현된 알고리즘에 대한 오동작을 확인하였고 자율로봇의 동작 상태를 확인하였다. 그림 10은 구현 로봇 시스템을 보인다.

로봇 구동 상태의 실험은 그림 11에 보여준 것과 같은 형태로 수행하였다. 실험은 그림 11에서 교차점에 해당하는 거리와 각도에서 로봇의 동작 결과를 분석하였다. 로봇과 대상물의 거리가 30cm에서 d, e, f 축을 따라서 대상 물체를 이동시키면 자율로봇은 인지 대역의 제한에 따라서 직진하게 된다. 30cm 이상 120cm 이하일 경우 a, b, c 에 사람 또는 물체가 인지되면 인지 각에 따라 각도를 비례 조절하여 물체를 찾게 된다. g, h, i 에 물체가 인지 될 경우 그의 역이 성립 되는 것을 확인 하였다. 또한 60cm 이상 120cm 이하 일 경우 PWM의 듀티 비가 증가하여 자율로봇이 가속되어 물체에 근접 하는 것을 확인 하였고 120cm 이상일 경우 자율로봇은 인지 물체가 없기 때문에 인지물체를 파악할 때 까지 대기하였다.

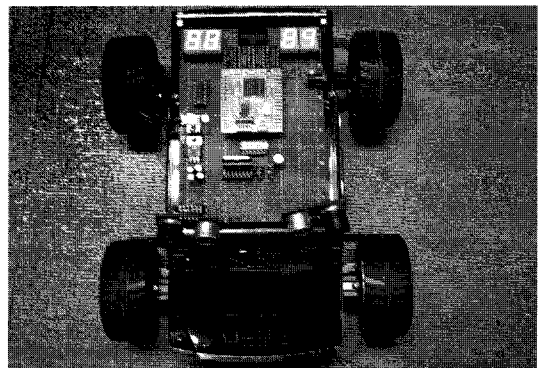


그림 10. 자율로봇 시스템과 동작 확인 FND
Fig. 10 Self-Regulated Robot System and FND

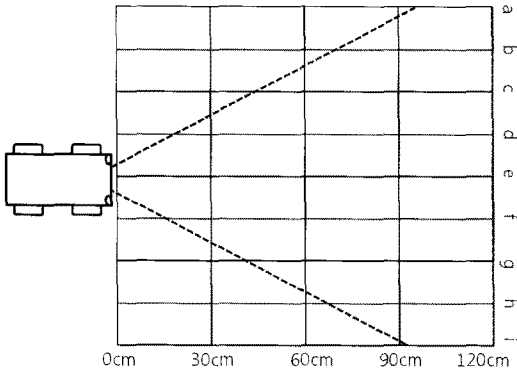


그림 11. 단위 블록의 형태로 동작 실험
Fig. 11 Experimental for Unit block-levels

온도에 따른 자율로봇의 동작 실험은 아래 표 1과 같이 상온 15℃ ~ 30℃까지 실험한 결과 각 초음파 센서의 응답속도는 달랐으나 최저 인지는 초 당 15회의 인지 횟수로 실험 하였다.

표.1 온도에 따른 동작 실험
Table 1. Operational Test for Temperatures

Temperature	Response Time	Sensing Count	Operation
15	340.5[m/s]	15회	o
20	343[m/s]	15회	o
25	345.5[m/s]	15회	o
30	349.5[m/s]	15회	o

자율로봇의 인지 데이터가 모니터 프로그램으로 정확한 측정값이 오차 없이 전송되는 것을 아래 그림 11.과 같이 확인 하였다.

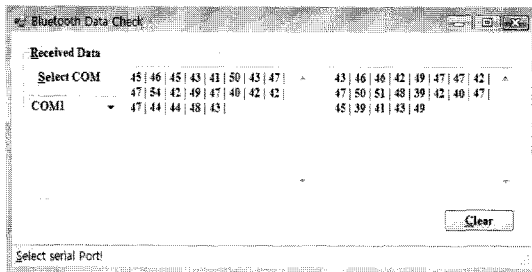


그림 12. 센싱 데이터 모니터 표시
Fig. 12 Sensing Data Monitoring Display

측정값은 Embedded Bluetooth ACODE-300A의 송·수신 거리인 30m을 벗어나면 실시간 인지 데이터 값이 영상에 나타나지 않으나 블루투스 자체 버퍼에 인지 데이터가 저장되어 있다가 인식거리 내에 접근 하면 버퍼에 저장되어 있던 인지 데이터가 표시되는 것을 발견하였다. 이를 해결하기 위한 방안은 RS-232 통신을 이용하는 임베디드 블루투스 대신 TCP/IP 통신 방식의 무선 인터넷을 이용하여 PDA 및 PMP와 같은 포켓 PC로 나타내는 방법이 있다. 실험 결과 의도하였던 모니터링과 초음파 센서에서 인지된 데이터 값이 무선 통신을 통해 최종 모니터링 프로그램까지 데이터 오차 없이 수신 되었으나, 자율로봇의 동작에 있어 방향제어의 정확성에 대한 문제점을 발견하였고 이는 로봇의 앞바퀴가 직류 모터이기 때문에 모터의 특성에 따른 문제로 판단된다. 정확한 방향 제어를 위해서는 서보 모터를 사용함으로 문제를 해결할 수 있다.

IV. 결론

자율로봇의 동작은 초음파 센서를 사용하여 대상물의 위치에 대한 데이터를 만들어 낸다. 이 데이터는 CPU를 통하여 모터 구동에 입력하여 모터를 구동 시킨다. 이 과정에서 센서와 모터 구동 시의 오차가 발생된다. 이 발생된 오차는 프로그램 상으로 수정할 수 있다. 또한 센서를 이용한 자율로봇의 실시간 인지 데이터를 오차 없이 빠른 속도로 전송하기 위해 RS-232통신 방식의 임베디드 블루투스를 사용하였다. 개발 디버깅 및 동작 확인을 위하여 초음파 센서의 인지 데이터 값은 블루투스와 자율로봇시스템의 상부에 있는 표시기에 출력 되도록 구성 하였다.

모니터링을 위한 데이터 전송은 연결 장치와 프로그램 간 RS-232 통신 방식을 이용하였다. 이 방식의 사용으로 데이터 정확성과 빠른 전송속도를 확인하였다. 블루투스 통신 방식은 자율로봇의 행동 방향 내의 로봇 모니터링을 위해 유용하게 사용 될 수 있었다. 자율로봇은 인부들이 무거운 물건을 운반하는 산업 현장의 적용하면 매우 효율적일 것이라 생각한다.

감사의 글

This research was supported by University IT Research Center Project of Korea and by the Program for Training of Graduate Students in Regional Innovation.

참고문헌

[1] A. LaMarca, W. Brunette, D. Koizumi, M. Lease, S.B. Sigurdsson, K. Sikrski, D. Fox, G. Borriello, "Making Sensor Networks Practical with Robots," Proceeding of the International Conference on Pervasive Computing, 2002

[2] M. Bhardwaj, A. Chandrakasan, and T. Garnett. Upper Bounds on the Lifetime of Sensor Networks. IEEE International Conference on Communications, 2001, vol.3 pp. 785-790.

[3] US-ATmega128 Data Sheet

[4] L298N Data Sheet

[5] SLA7024M Data Sheet

[6] MC-7805CT Data Sheet

[7] KA-7805 Data Sheet

[8] Embedded Bluetooth ACODE-300A Data Sheet

[9] SRF04-Ultra-Sonic Ranger Data Sheet

[10] www.Firmtech.co.kr/

[11] http://www.micomworld.co.kr/

[12] ATmega128과 그 응용, 양서각 - 진서각

[13] AVR(ATmega128)을 이용한 마이크로프로세서 이론과 실습, MicomWorld - 마이컴월드 기술연구소

[14] 알기쉽게 배우는 AVR ATmega128, Ohm사 - 신동욱, 오창현

[15] Visual C#.NET 2003 실전프로젝트, 영진출판사 - 성윤정, 최재규

[16] Visual C#.NET 2005 2nd Edition 실전 프로젝트, 영진출판사 - 최재규

[17] Beginning C#, 정보문화사 - Karli Watson 외 9인 공저, 류광, 김태영

저자소개



박철민 (Chul-Min Park)

2002년 3월 ~ 현재: 동서대학교 컴퓨터정보공학부 재학중

※관심분야: RFID 시스템, 무선통신, HW 설계



조형국 (Heung-Kuk Jo)

1973년 2월 : 동아대학교 전자공학과 졸업(학사)

1979년 2월 : 동아대학교 전자공학과 졸업(석사)

1990년 2월 : 베를린공과대학교 음향전자연구소 졸업(박사)

1990년 2월~1993년2월 : 삼성전자 기술총괄 선임연구
1993년 3월~현재 : 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

※관심분야: RFID 시스템, 무선통신, HW 설계



이훈재 (HoonJae Lee)

1985년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)

1987년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(석사)

1998년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(박사)

1987년2월~1998년1월 : 국방과학연구소 선임연구원

1998년3월~2002년2월 : 경운대학교 조교수

2002년3월~현재 : 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

※관심분야: 암호이론, 네트워크보안, 부채널공격