

Bluetooth를 이용한 지자기센서의 특성에 관한 연구

박선진* · 정중수**

요 약

본 논문에서는 필립스사의 지자기센서를 블루투스 통신시스템에 연결하여 방위각을 5° 단위로 전후 방향으로 기울기 각도를 변화시켜 360°를 측정하였다. 측정된 방위값은 100M 이내에서 이동하면서 측정값을 블루투스 통신시스템으로 전송하여 측정값을 분석하였다. 블루투스를 이용하여 전파 장애가 없는 평지에서 직선거리 100M 이내에서 방위 측정값은 에러 없이 전송할 수 있었다. 지자기센서를 수평을 유지하면 98%의 신뢰를 가지는 방위측정값을 얻었다. 본 연구를 바탕으로 기울기를 가지는 지형을 이동하는 이동형 지능로봇에 장착 정확도가 향상된 방위 측정값을 전송하여 이동형 로봇의 방위추적을 할 수 있다.

A Study on Characteristics of an Terrestrial Magnetism Sensor with Bluetooth

Sun Jin Park* · Jung Su Jeong**

ABSTRACT

In this research, We connect the terrestrial magnetism sensor of the Philips to a bluetooth communication system and measured 360 degree of the azimuth change the angle with an incline of 5 degrees to an order direction. The value of the azimuth to be measured sent to the Bluetooth communication system and analyzed the measuring value in the 100m as moved. Using the bluetooth, we could send the measuring value of the azimuth without the bearing error in the plain without an electric wave obstacle within a distance in straight line 100M. We got the value of the azimuth have 98% reliability to maintain at a level with the terrestrial magnetism sensor. Based on this research, We send the measuring value of the azimuth which the accuracy is improved to a mobile intelligent robot moving a land inclined equipped with this system and can track the azimuth of it.

Key words : Bluetooth, Terrestrial Magnetism Sensor

* 한국폴리텍VI대학 전자통신학과 교수

** 안동대학교 정보통신학과 교수

1. 서 론

지능형 이동로봇은 21세기에 가장 성장할 분야 중 하나이다. 지능형 이동로봇의 기초가 되는 첫 번째 기술이 '위치인식 기술'이다[1]. 이동로봇이 자율적으로 주위환경과 특징을 인식하여 얻어진 정보를 기초로 하여 로봇의 위치 및 방향정보를 산출하는 기술은 로봇의 자율주행 성능을 결정하는 핵심 요소이기 때문에 다양한 센서를 이용하여 주위환경을 효과적으로 인식하는 기술개발은 매우 중요하다. 주위환경 인식을 위한 접촉센서, 적외선 센서 초음파센서, 레이저 등이 사용되고 있으나 이들 중 측정거리 오차가 적고 비용이 저렴한 센서를 사용하는 방법들이 활발하게 연구되고 있다 [2-4]. 앞으로 예상되는 초 기술 사회에 있어서는 물질 가치에 대한 정보의 가치가 상대적으로 높아 정보처리 기술이 중요한 역할을 한다. 에너지 기술과 함께 정보기술에서 물리량의 변환 및 센싱 기술이 중요하게 인식되어 센서기술에 대한 기대는 크다. 그리고 블루투스는 불편한 접속케이블들을 없애주고 각종 주변기기들은 직접 네트워크를 형성하여 양방향 근거리 통신을 수행할 수 있다.

또한 2.4GHz(2.4 - 2.4835)의 ISM(Industrial Scientific Medical) 무면허 밴드의 대역폭을 사용하며 1개의 마스터에 7개의 슬래브 피코넷을 10개까지 Scatternet에 포함할 수 있어 네트워크를 손쉽게 구현할 수 있다. 또한 타임스롯 단위로 1600hops/sec 주파수 호핑방식과 사용자인증시스템, 접속인증시스템과 암호화를 사용하기 때문에 보안기술이 우수하고 최대 100m이내(사용전력 25mW)에서 1MHz의 전송을 수행한다[6-9].

지자기센서는 자장을 감지하고 자장으로부터 정보를 추출할 수 있는 소자이다. 대부분의 일반적인 응용분야에서 정보는 일정 축을 따라 자기유도와 관련되고 센서에 의하여 전기적인 신호로 변환된다. 그러므로 자기센서는 자장을 그에 상응하는 전기적인 신호로 변환하는 트랜스듀서이다[10-14].

본 논문에서는 필립스사의 지자기IC를 사용하여 제작된 Robot Electronics사의 지자기센서 시스템을 이용하여 방위각을 5°도 단위로 상하 50°도 까지 기울기 값을 변화 시키면서 360° 측정해 보았다. 수평으로 이동하면서 측정한 방위 값은 오차가 없었으나 기울기 값을 가지면서 측정한 방위 값은 실제 각도와 큰 변화를 가져오게 된다.

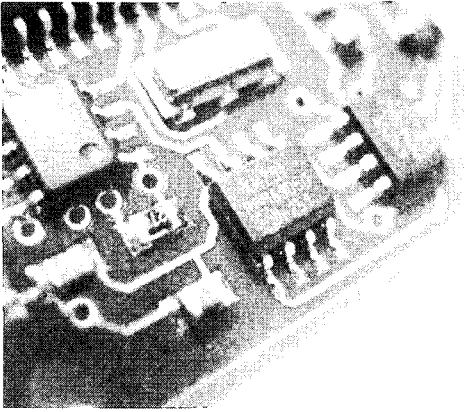
이러한 측정한 방위 값은 100m 이내 거리를 변화 하면서 블루투스를 이용 서버로 전송하여 그 값을 분석하여 보기로 하였다. 기울기의 변화에 따라 방위각에 대한 센서가 오차를 가지고 있음을 알 수 있을 것이고 그 보정 값을 적용함으로써 곡면을 움직이는 로봇에 장착했을 경우 로봇의 방위 위치를 정확하게 적용하여 곡면을 움직이는 로봇의 이동경로를 추적하고 그 위치 정보를 파악하는데 큰 도움이 될 것으로 본다.

2. 지자기 센서의 특성

2.1 지자기센서의 개념 및 특징

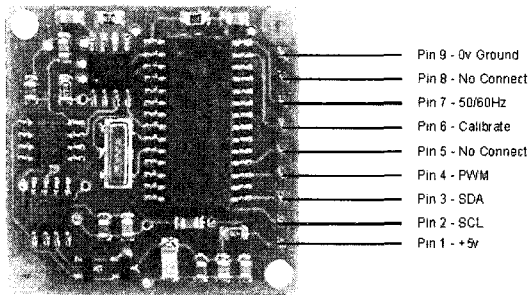
지자기란 지구와 지구 주위에 나타나는 자기이며, 지구자기가 영향을 미치는 영역을 지구자기장 또는 지자기장(地磁氣場)이라고 한다. 지구자기장은 지구 중심 부근에서 막대자석을 지구자전축 방향으로 놓은 쌍극자자기장 형상을 하고 있다. 자기에 대한 의미는 나침반의 의미에서 시작했다. 나침반은 1세기에 중국인들에 의해 처음 발명된 것으로서 자철석(loadstone)이 매끄러운 평판 위에서 회전할 수 있도록 만들어진 것이었다.

이러한 나침반은 방향을 측정할 수 있는 세계 10대 발명품의 하나이다. 하지만 나침반은 아날로그 형태의 값을 가지고 있기 때문에 로봇에 달고 방향을 찾기 위해서는 디지털로 변환해야 하는데 이러한 디지털로 변환 시켜주는 센서가 지자기센서IC이다[10-14].



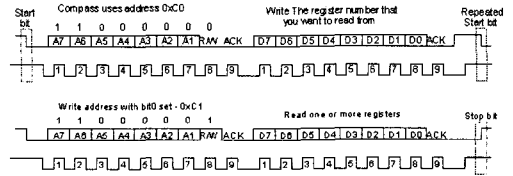
(그림 1) 필립스사의 지자기센서 IC

지자기센서IC의 값을 I2C 통신을 할 수 있도록 만들어 놓은 것이 (그림 2)에서 보는 전자나침반 모듈이다. SCL, SDA는 지자기센서 IC에서 나오는 시그널을 마이크로프로세서와 I2C 통신을 할 수 있도록 한 것이다. 지자기센서IC에서 나오는 값은 레지스터에 기록되고 마이크로프로세서에서는 그 레지스터 값을 읽어 와서 방위각으로 변환하여 사용하면 된다. (그림 2)는 Robot Electronic의 지자기센서이다.



(그림 2) Robot Electronic의 지자기센서

지자기센서는 마이크로프로세서를 이용하여 레지스터의 값을 읽어 디지털로 그 값을 변환하여 방위각을 알아낸다.



(그림 3) 지자기센서의 Timing Diagram

3. 블루투스 통신의 특성

3.1 블루투스 통신의 개념 및 특징

원래 블루투스(Bluetooth)는 10세기 스칸디나비아 반도의 덴마크 및 노르웨이를 통일한 바이킹 헤랄드 블루투스(Harald Bluetooth : 910~985)의 이름에서 유래가 되었다. 헤랄드 블루투스가 스칸디나비아 반도를 통일한 것처럼 다른 통신 장치 기기들간의 연결을 통일하자는 의미로서 북유럽에 기반을 둔 Ericsson 사가 있는데 1994년 Ericsson Mobile Communications의 사내 프로젝트에서 처음 사용했던 프로젝트 명이 지금은 Brand 이름으로까지 확정된 상태이다.

블루투스 통신은 휴대전화나 컴퓨터 등 개인정보기기들을 선 없이 전파를 이용하여 가까운 거리에서 통신하도록 하는 기술로 1998년부터 대두된 신기술이다[4].

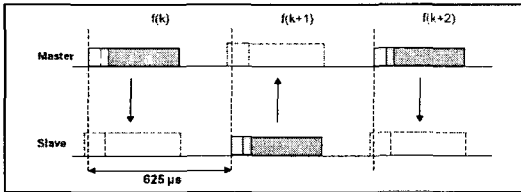
블루투스는 근거리(Short Range), 저전력(Low Power), 저가(Low Cost) 무선 인터페이스라고 할 수 있다. 사용하는 주파수 대역은 2.4GHz의 ISM (Industrial Scientific Medical)밴드로, 이 밴드의 장점은 별도의 라이선스를 받을 필요가 없다는 것이다. 또 1MHz의 대역폭으로 79개의 채널로 나누어 각 채널을 호핑하는 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)방식을 택하였다. 블루투스 초기에는 프랑스 등의 몇몇 국가의 경우 내부 규제로 23개의 채널 밖에 사용하지 못하는 경우도 있었으나, 현재 대부분의 국가들이 ISM 밴드에 대한 규제를 완화하고 있다.

〈표 1〉 블루투스 주파수 채널 할당 표

주파수(MHz)	대역 (MHz)	채널 (MHz)	
2400~2483.5	83.5	$f = 2402 + k$	$k = 0 \dots 78$

블루투스의 전송범위는 파워클래스에 따라 10~100m의 근거리이며, 최고 전송 속도는 1Mbps(실제 723.2kbps)이다.

MAC은 TDD(Time Division Duplex) 방식으로 625 μ s의 타임슬롯을 기반으로 하며, Round Robin 방식으로 디바이스 패킷을 교환한다. 또 각 타임슬롯은 Pseudo Random 방식으로 초당 1600번 주파수를 호핑한다.



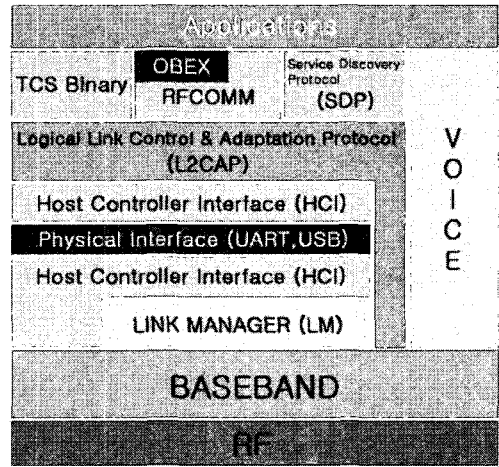
(그림 4) TDD 방식과 주파수 호핑 방식

또 블루투스는 ACL 링크와 SCO 링크라는 두 개의 물리 링크를 제공하여 데이터와 음성을 모두 지원한다. 이러한 링크는 다수의 디바이스 사이에 네트워크로 구성될 수 있는데 이것을 피코넷(Piconet)이라 한다. 피코넷은 ‘마스터(Master) - 슬레이브(Slave)’ 방식의 네트워크로 마스터 하나 당 7개의 슬레이브를 연결할 수 있다. 또 이러한 피코넷이 여러 개가 계층적으로 연결되어 스캐터넷(Scatternet)이라는 대규모 네트워크를 구성할 수도 있다.

블루투스 프로토콜 스택의 형태는 (그림 5)에 도시한 바와 같다. 블루투스의 프로토콜 스택은 크게 세 가지로 나눌 수 있다.

HCI(Host Controller Interface)와 HCI를 기준으로 하여 하위 계층프로토콜(Baseband, Link Manager),

상위계층프로토콜(L2CAP, RFCOMM, SDP, TCS)로 나눌 수 있다.



(그림 5) 블루투스 프로토콜 스택

일반적인 블루투스 펌웨어[16]는 다음과 같이 구성된다.

- 베이스밴드 프로토콜 : 블루투스 하드웨어의 핵심이랄 수 있는 베이스밴드 하드웨어를 직접 제어한다.
- LM(Link Manager) : 블루투스 시스템이 통신시 링크 관리부이다.
- LMP(Link Manager Protocol) : 링크 관리를 위한 프로토콜이다.
- HCI(Host Controller Interface) 제어기 : UART나 USB로 접속되어 PC에 로딩된 블루투스 애플리케이션 소프트웨어에서 수신되는 HCI 명령을 해석하여 LM과 연동해 적절한 명령을 수행한다.
- UART/USB 인터페이스 : 호스트와 데이터를 주고받는 인터페이스 하드웨어를 직접 제어하는 부분이다. 그러나 블루랩 사용을 위한 BCSP02 펌웨어[17]는 다음과 같은 기능이 기존의 펌웨어[16]에 추가된다.
- HCI 호스트 : 블루투스 모듈에 탑재된 HCI

펌웨어와 표준 인터페이스 방법을 정의하고 있다.

- L2CAP(Logical Link Control Adatation Protocol) : 블루투스 환경에서 논리적인 커넥션을 만들어 주고, 커넥션시 데이터를 전송하는 기능을 한다.
- SDP(Service Discovery Protocol) : 블루투스 디바이스가 제공하는 서비스의 종류를 검색할 수 있는 방법에 관한 프로토콜이다.
- RFCOMM : 시리얼 포트 시뮬레이션을 위한 기능이다.

3.2 블루투스 동작원리

몇 개의 디지털 디바이스들을 하나의 셀로 묶는 최소 단위를 피코 넷이라고 부르며, 피코 넷 안에서 반드시 하나의 디바이스는 마스터가 되고 그 외의 디바이스들은 슬레이브가 되어 연결을 유지한다. 동작을 단계별로 살펴보면 다음과 같다.

- ① 모든 디바이스들은 대기 모드에서 1.28초마다 주기적으로 메시지를 받는다. 마스터가 망안의 디바이스를 찾기 위해 조회(Inquiry) 명령을 보낸다. 주변의 디바이스들은 모두 응답을 보낸다.
- ② 마스터는 선택된 접속 포인트(Access Point)인 슬레이브와 동기를 맞추기 위해 호출 신호를 보내고, 접속 포인트와 베이스밴드 ACL 링크를 형성한다.
- ③ 슬레이브는 LAN 접속 서비스를 받기 위해 SDP를 사용한다.
- ④ 마스터는 L2CAP 채널을 설정하기 위해 서비스 정보를 사용한다. L2CAP 채널이 설정되면 RFCOMM 연결을 위해 다시 서비스 정보(SDP)를 사용한다.
- ⑤ 슬레이브의 security는 디바이스 사이의 호출(Paging) 수행을 요구하여 다시 베이스 밴드 링크의 encryption을 요구한다.

⑥ 이제 PPP 소프트웨어가 사용될 수 있는 상태이고, PPP 세션이 형성된다.

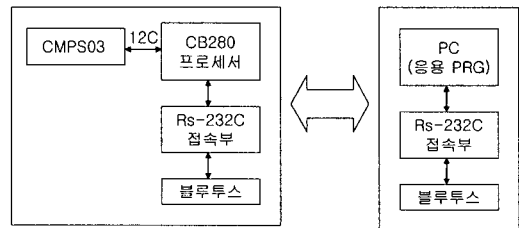
⑦ 마지막으로 디바이스 내에서 네트워크 프로토콜에 의해서 데이터 패킷이 송수신 될 수 있게 된다.

블루투스 통신 접속에는 7가지의 모드가 있다. 대기(standby), 조회(inquiry), 호출(page), 접속상태(active) 그리고 접속 상태의 저전력 소비모드인 파크(park), 홀드(hold), 스니프(sniff)모드가 있다. 피코넷을 구성하고 있는 상태에서 파크, 홀드, 스니프 접속 모드에서의 데이터 통신은 이루어지지 않는다.

4. 지자기 센서의 성능 측정 및 분석

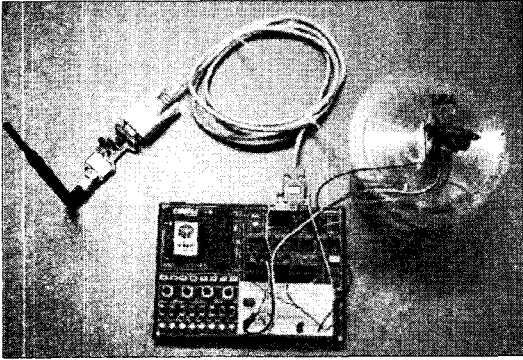
4.1 성능 측정 시스템

(그림 6)은 지자기IC를 탑재한 지자기센서의 특성 측정을 위한 시스템을 나타내고 있으며 (그림 7)은 센서의 특성 측정하는 실험 장치이다.



(그림 6) 지자기 센서의 특성 측정 환경

본 연구에서는 CB280프로세서를 이용하여 지자기센서(CMPO3)의 1번핀에 +5V를 연결하고 9번핀에는 VCC를 연결한 뒤 지자기센서와 마이크로프로세서와의 통신을 위해서 3번핀(SCL)과 4번핀(SDA)를 연결한다. 방위각 정보를 얻기 위하여 I2C통신으로 지자기센서에 0xC0를 보내고 다시 0xC1을 보내고



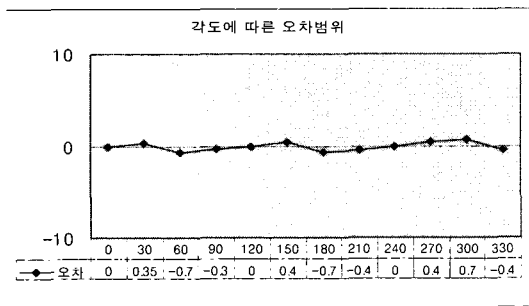
(그림 7) 센서의 특성 측정 시스템

그 다음에 1번 레지스터에 저장된 방위각의 정보를 8bit값으로 읽어 온다.

얻어진 정보는 마이크로프로세서를 마스터로 하고 PC부분을 슬레브로 설정하고 블루투스를 이용하여 전파장애가 없는 곳에서 100M까지 거리를 1M단위로 거리를 변화시키면서 PC서버로 결과값을 보내어 분석한다.

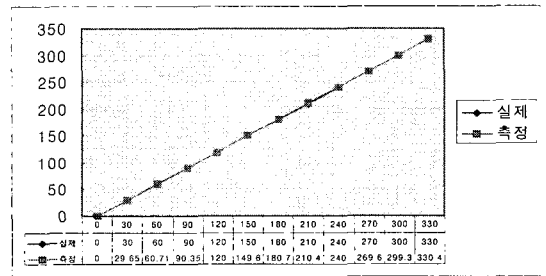
4.2 수평위치에서 방위각측정 실험

(그림 7)의 측정 시스템을 이용하여 360° 방위를 30° 각으로 돌아가면서 매 위치마다 3초간 정지를 시킨 후 10번의 값을 측정하여 그 평균값을 적용 (그림 8)과 같이 ±2% 이내의 안정된 값을 관찰 할 수 있었다.



(그림 8) 각도에 따른 오차범위

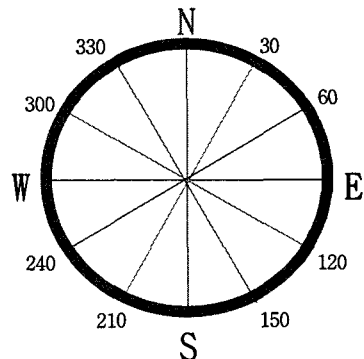
(그림 9)는 실제 방위각과 측정치와의 비교 그래프이다. ±2%의 오차를 가지고 있지만 이동형 지능 로봇에 장착 위치추적시스템에 사용할 수 있음을 알았다.



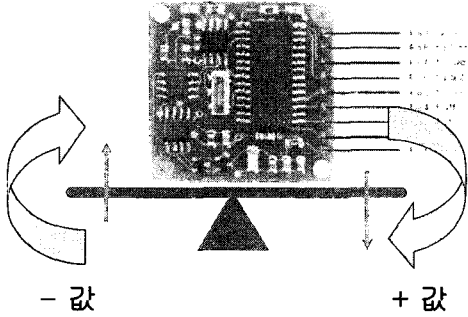
(그림 9) 방위각과 측정치와의 비교

4.3 기울기 변화에 따른 방위각측정 실험

(그림 7)의 측정 시스템을 이용하여 (그림 10)처럼 360° 방위를 30° 각으로 돌아가면서 매 위치마다 상하로 5° 간격으로 50°까지 측정해 보았다. 매 위치마다 의 방위각의 정확한 값을 얻기 위하여 3초간 정지시킨 후 10번의 표준 값을 사용하여 상하 총 100° 사이의 기울기 값을 (그림 11)처럼 감소하거나 증가하면서 센서 값을 측정하여 블루투스 통신을 사용하여 서버로 전송하고 그 값을 측정해 보았다. 각도의 변화와 기울기에 따른 변화 그리고 방위각에 변화에 따른 오차값을 분석하였다.

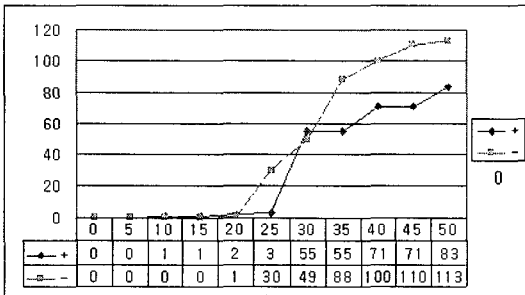


(그림 10) 360° 방위 측정위치

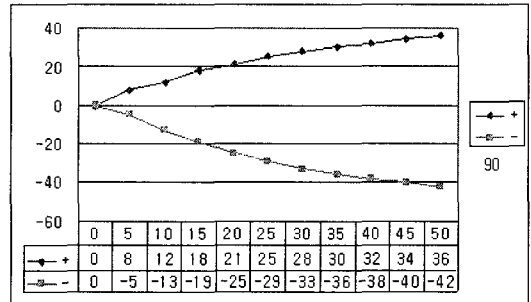


(그림 11) 기울기에 따른 측정위치

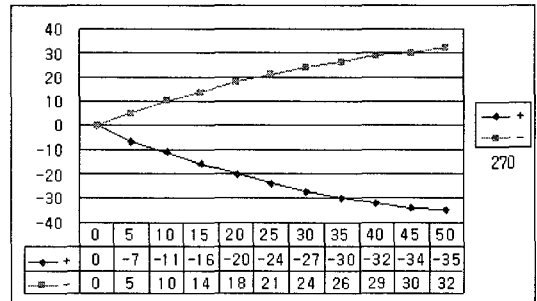
먼저 (그림 12)와 (그림 13)처럼 남북(N, S)에서의 결과를 보면 정북방향으로 +값으로 기울면 오차의 범위가 작거나 변화하는 값이 적으나 반대 방향으로 -값으로 돌리면 20°까지는 실제 방위각의 2.8%(0.78%)의 오차가 발생하였으며, (그림 11)의 +방향으로 기울려도 방위각의 변화는 발생되지 않음을 관찰할 수 있었고 20° 이후에는 급격하게



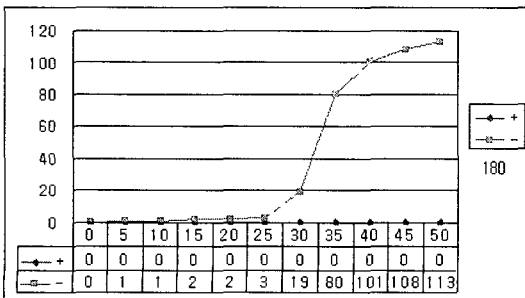
(그림 12) N에서의 방위 측정값



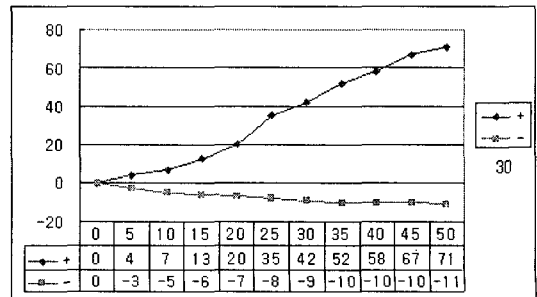
(그림 14) E에서의 방위 측정값



(그림 15) W에서의 270° 방위 측정값

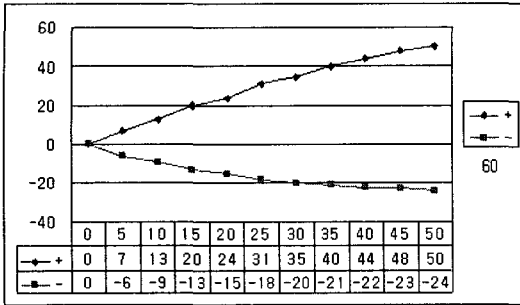


(그림 13) S에서의 방위 측정값

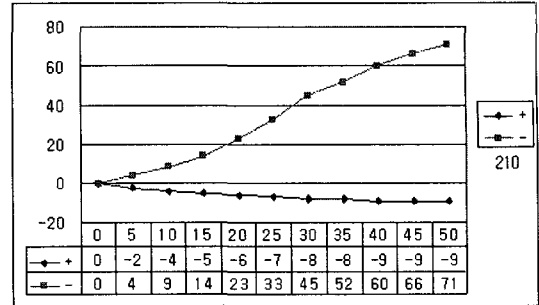


(그림 16) 30° 방위에서의 측정값

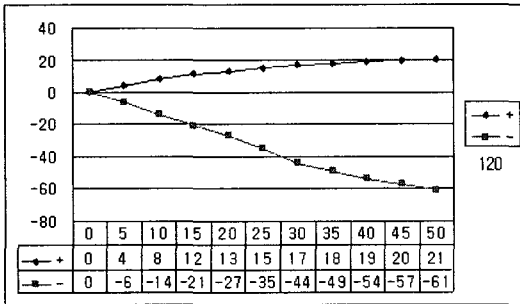
변화하여 실제 측정값과 50°를 이루었을 경우는 방위값이 159.5°(44.3%)의 오차를 가지고 있어 오차를 보정하기 전에는 실제 사용하기에는 어려움을 관찰할 수 있었다. (그림 14)와 (그림 15)처럼 동서(E, W)에서의 결과를 보면 서로 상대적으로 사인파가 형성되고 방위각의 변화하는 폭이 대칭되는 결과 값을 관찰할 수 있었다.



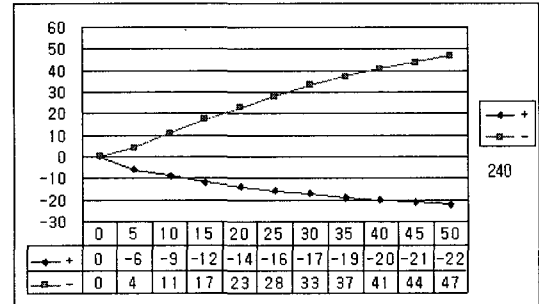
(그림 17) 60° 방위에서의 측정값



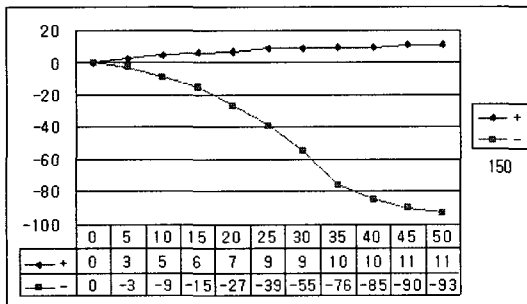
(그림 20) 210° 방위에서의 측정값



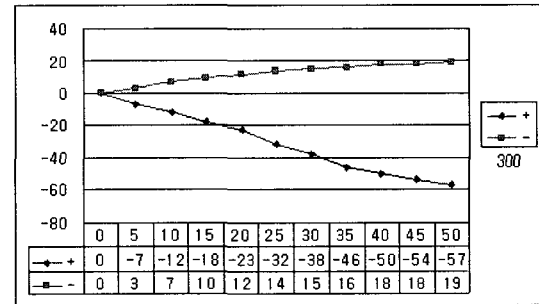
(그림 18) 120° 방위에서의 측정값



(그림 21) 240° 방위에서의 측정값



(그림 19) 150° 방위에서의 측정값



(그림 22) 300° 방위에서의 측정값

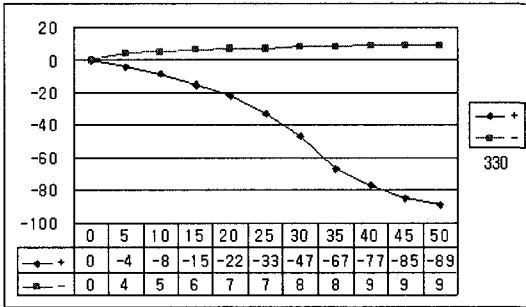
(그림 16)~(그림 19)까지를 보면 각의 변화에 따라 점차 +값과 -값이 변화함을 관찰할 수 있었다.

(그림 20)~(그림 23)까지 에서도 +값과 -값이 점차 변화하는 모습이 관찰 되었다.

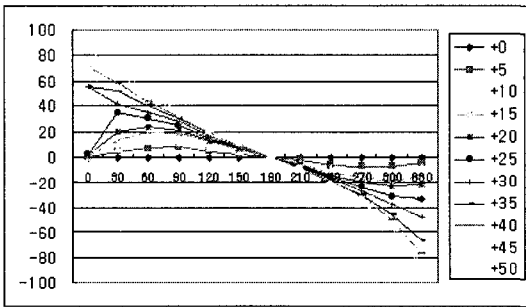
이것으로 보아 (그림 10)에서 서로 마주보는 각에서 서로 반대되는 값을 가지고 있으며 남북(S, N)

방향을 중심으로 방위각이 변화하면 +일 경우는 (그림 24)처럼 북(N)의 방향에서 오차의 범위가 급격하게 변화되고 -일 경우는 (그림 25)처럼 남(S)쪽 방향에서 급격하게 변화됨을 관찰할 수 있다.

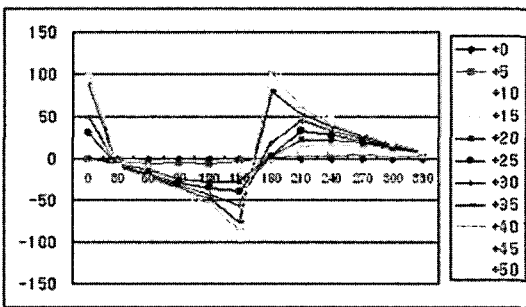
지자기의 영향을 받아 (그림 26)처럼 남북(N, S) 방향으로 오차가 급격하게 커지고 서로 마주보는



(그림 23) 330° 방위에서의 측정값



(그림 24) +값에서의 기울기에 따른 측정 값

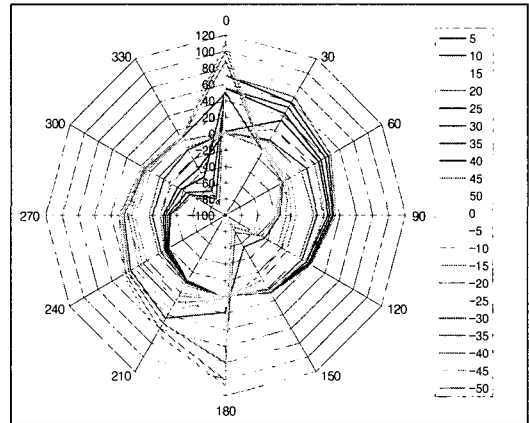


(그림 25) -값에서의 기울기에 따른 측정 값

방위각의 오차는 서로 대각 형태를 이루고 있음을 관찰할 수 있었다.

동 서 방향으로로는 오차 발생이 비슷하였으나 각이 변화가 커지면서 오차의 발생도 커지고 남북 방향으로 갈수록 오차의 범위는 점차적으로 커지는 것을 관찰할 수 있었다.

블루투스 통신을 통한 센서값 전송은 거리 변화에 따른 100m 이내에서는 오차는 발생하지 않았다.



(그림 26) ±50 범위까지의 방위값 오차

5. 결론 및 추후과제

시스템의 구현 과정 및 블루투스 지자기센서의 특성 실험에서 센서부를 마스터로 PC를 슬래브로 설정하고 전파의 장애가 있어도 정확하게 센서의 값이 전달되는 10m에서 100m까지 1m씩 거리를 늘려가면서, 지자기센서를 수평으로 360° 방위를 돌려 오차의 범위를 설정하였다. 그리고 수평으로 30° 방위를 옮길 때 마다 상하 각 5°씩 50° 까지를 매 위치마다 오차범위를 줄이기 위하여 3초간 머물고 10회 실시하여 그 평균값으로 PC로 전송하여 그 결과 값을 실험하였다.

실험 결과를 분석하면 전파 방해가 없는 직선거리 100m까지는 지자기센서의 값이 정확하게 전송되었다. 그리고 센서를 수평으로 360° 방위를 30° 간격으로 3초간 머물면서 측정한 결과 실제의 방위각과 2%범위내의 오차를 보여 로봇의 진행 방향이나 진로를 추적할 수 있음을 알았다. 그리고 남북방향일 경우는 지자기의 영향을 받아 기울기 20° 이후에는 결과 값이 급격하게 변하는 것도 관

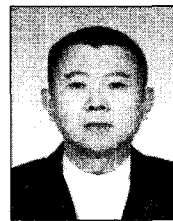
찰하였다.

본 실험에서 사람이 직접 접근하여 측정하기 위험한 곳이나 유선을 이용하여 측정하기 어려운 100m 이내의 근거리에서는 블루투스를 이용하여 센서를 부착하면 그 센서 값을 현장에 직접 접근하지 않고 실시간으로 측정할 수 있는데 많은 도움이 될 것이다. 추후 이동하는 지능형 로봇에 탑재하여 움직이는 로봇의 경로추적시 기울기가 20° 이상으로 변화하는 곳에서도 정확한 방위값을 얻어 전송함으로써 로봇의 방향이나 지형 측정을 할 수 있는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 정완균, “이동로봇의 위치 인식 기술” 한국통신학회지, 제21권 제10호, pp. 67-75, 2004. 10.
 [2] 류한성, “자율이동로봇을 위한 영상 제한 제어 알고리즘과 DSP 영상처리보드 구현”, 창원대학교 박사학위 논문, 2003. 6.
 [3] 임일선, “무인반송차의 경로추적 및 안정도에 관한 연구”, 인하대학교 박사학위 논문.
 [4] L. Kleeman and R. Kuc, “An Optimal Sonar Array for Target Localization and Classification”, *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, Vol. 4, pp. 3130-3135, 1994.
 [5] Ming Yang, S. L. Hill, and J. O. Gray, “Localization of Plane Reflector Using a Wide-Beamwidth Ultrasound Transducer Arrangement”, *IEEE Trans. instrumentation and Measurement*, Vol. 46, No. 3, pp. 711- 715, June 1997.
 [6] 박홍성, “무선 링크에서의 블루투스 ALC 패킷의 성능분석”, 한국통신학회논문지, 2001. 9.
 [7] <http://www.bluetooth.com>.
 [8] 백은창, “근거리 무선통신용 블루투스 베이스밴드 시스템설계 및 구현”, 공업기술연구논문집, 2001. 12.

[9] 임재환, “블루투스 기술의 개요”, 공학연구 2001. 제1호.
 [10] 이지연, “마이크로전자응용에 대한 자기센서의 발전방향”, 서라벌대학 논문집, Vol. 22, 2002.
 [11] 김성태, “자기임피던스센서를 이용한 LSB용 전자침반”, 공학기술연구지, Vol. 2, No. 2. 2003.
 [12] R. S. Popovic, J. A. Flanagan and P. A. Basses, “The future of magnetic sensors”, *Sensors and Actuators A56* pp. 39-55. 1996.
 [13] 김성태, “초전형 적외선 소자를 이용한 이동 물체 인식 및 추적 제어 시스템 구현”, 공주대학교 석사학위 논문.
 [14] 남태철, “자기센서의 동작원리 및 응용”, 센서기술 제4권 제2호, pp. 18-26, 1997.
 [15] 정광욱, 정중수, 박성진, (2004.4) <블루투스 통신실험 > 구미출판사.
 [16] HCI-HCIStack1.1v1x.x Firmware Manual, CSR Company, 2000(예 : 1x.x는 15.3 등의 버전 명임).
 [17] BCSP02 Firmware Manual, CSR Company, 2001.



박 선 진

1981년 인천기능대학 제관용접과 (교사과정)
 1987년 창원기능대학 용접공학과 (기능장과정)
 1998년 상주대학교 컴퓨터공학 (공학사)

2000년 안동대학교 컴퓨터공학(공학석사)
 2003년~2005년 안동대학교 정보통신공학(공학 박사 수료)
 1987년~1992년 LG전자 물적자원개발
 1992년~2005년 한국산업인력공단 영주직업전문학교 산학협력부 부장
 2006년~현재 한국폴리텍VI대학 전자통신학과 부교수
 관심분야 : 지능형 로봇, 인터넷 통신, 무선통신



정 중 수

1981년 영남대학교 전자공학과
(공학사)

1983년 연세대학교 전자공학과
(공학석사)

1993년 연세대학교 전자공학과
(공학박사)

1983년~1994년 ETRI 연구원, 선임연구원

1987년~1989년 벨지움 Alcatel/Bell Telephone사
객원연구원

2000년~2001년 미국 UMASS/Lowell 전산학과
객원교수

1994년~현재 국립 안동대학교 공과대학 전자정보
산업학부 부교수

관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 인터넷 통신, 무선통신