

# 홀 이펙트 센서를 이용한 유성기어 감속기모터의 동력 모니터링 시스템 개발

## Development of the Power Monitoring System for the Planetary Geared Motor using Hall Effect Sensor

장인훈\* · 심귀보\* · 오세훈\*\*

In-Hun Jang, Kwee-Bo Sim, and Se-Hoon Oh

\* 중앙대학교 전자전기공학부

\*\* 중앙대학교 기계공학부

### 요 약

모터가 회전할 때 감속기에 연결되어 있는 구동부의 부하나 구동부의 상태변화에 따라 모터의 토크, 회전수 등이 함께 변한다. 역으로 모터의 토크, 회전수 등을 측정하면 부하의 변동이나 구동부의 상태를 감시 할 수 있다. 이를 위해 스트레인 게이지와 브리지회로를 이용한 토크측정방법이 가장 일반적인데 이것은 접촉식 방법이어서 회전 속도와 사용시간에 따른 수명을 가진다. 그래서 이 방법을 이용한 시스템은 부품의 일부 또는 전체를 교체하는 유지보수를 필요로 하게 된다. 그리고 이러한 장비는 크기가 크고 고가이며 계측기를 연결하고 측정하는 과정이 매우 번거롭다. 본 논문에서 우리는 홀 이펙트 센서를 이용하여 토크와 회전수를 측정하는 비 접촉식 방법을 제안하고자 한다. 이를 위해서 홀 센서를 유성기어에 부착하고 이를 이용한 기어드 모터와 모니터링 시스템을 제작하였다. 모니터링 시스템은 측정 데이터(토크, 회전수)와 연산되어진 데이터(전달 동력)를 화면표시하며 블루투스 통신 프로토콜을 이용한 네트워킹 기능을 가진다. 제안된 방법은 기존방법에 비해 매우 저렴한 방법이고 토크와 회전수를 측정하는 매우 간단한 방법이다.

### Abstract

When the motor is rotating, the torque and rpm are varying as the loads or the driving status connecting through reduction units are changing. On the contrary, one can monitor the changes of the loads or the driving status in the manner of measuring motor torque and rpm. There is a torque measuring method using the strain gauge and bridge circuit. But, because this is the contact method, it has the life time which is dependent on rotating velocity and used time. So this system demands on replacement of some parts or whole system itself for maintenance. And this system is also relatively big and expensive, requiring preceding annoying process. In this paper, we are going to suppose non-contact method to measure torque and rpm using the Hall effects sensor. For this we have made the planetary geared reduction motor with Hall sensors and with the monitoring system. The monitoring system displays the sensing data(torque, rpm) and calculated data(power) and also has the network capability with Bluetooth protocol. Our solution is much more inexpensive and simple method to measure torque and rpm than before.

**Key words** : 감속기, 유성기어, 토크메타, 원격 모니터링, 블루투스

## 1. 서 론

회전체가 회전할 때 회전 속도와 토크는 감속기 출력 측에 연결된 부하의 변동이나 구동부의 상태 변화에 따라 함께 변한다. 이는 역으로 회전속도와 토크를 측정함으로써 부하의 변동이나 구동부의 상태를 모니터링 할 수 있다는 의미이다. 또한 이들 측정값으로부터 엔진, 모터, 터빈 또는 기타 회전체가 발생시키고 소비하는 동력(power)을 계산해 낼 수

도 있다.

산업체에서는 ISO 9000과 그와 같은 종류의 품질제어표준에서는 특히, 조이는 기구가 사용될 때, 제조사로 하여금 그 토크를 측정하게끔 규정하고 있다[3].

토크센서를 이용하여 나사와 조립기계 상에 필요한 토크 측정을 자동으로 하기도 하는데 이렇게 측정되어진 데이터들은 제어와 감시의 목적으로 저장되어진다.

그 밖에 토크센서는 금속기계체의 마모율 측정; 토크 장비와 센서들의 보상; 접착력 또는 마찰력 측정; 스프링 테스트 등에 이용되어지고 있다. 토크를 측정하는 방법으로 스트레인 게이지와 브리지회로를 이용하는 방법이 많이 사용되고 있다. 스트레인게이지는 샤프트에 직접 연결되어 사용되어지는 데 샤프트가 회전하기 때문에 토크센서는 슬립 링을 통해 연결되어진다. 토크측정을 위한 스트레인게이지로는 포일(foil), 확산 반도체(diffused semiconductor), 얇은 필름 타입 등이 사용되며 이러한 것들은 납땀이나 접착제를 이용하여 샤프트

접수일자 : 2004년 9월 30일

완료일자 : 2004년 11월 29일

감사의 글 : 본 연구는 2004년도 서울시 중소기업청 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업의 연구비를 지원 받아 수행하였습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

에 직접 부착된다.

그러나 이 방법은 접촉식이기 때문에 회전 속도와 사용시간에 따른 수명을 가지게 되며 이에 대한 유지보수를 위해 측정 장비의 일부 또는 전체의 교체를 필요로 한다. 그리고 이러한 방식을 이용한 기존의 측정 장비는 일반적으로 부피가 크고 가격이 비쌀 뿐만 아니라 측정 전의 사전준비 작업이 매우 번거롭다.

토크와 함께 회전수(rpm)는 회전체의 상태를 알아낼 수 있는 중요한 또 다른 요소이다. rpm 측정을 위한 방법은 크게 3가지 그룹으로 분류할 수 있다. 기계적인 방법, 광센서를 이용한 방법 그리고 스트로보스코프(Stroboscope)를 이용한 방법이 있다.

광센서를 이용한 rpm 측정법을 가장 널리 사용하며 그 측정 범위는 0~100,000rpm이다. 측정 장치로부터 회전하는 물체에 적외선을 비추고 회전하는 물체의 반사 테이프로부터 그 빛이 반사되면 측정 장치가 그 반사된 빛을 이용하여 rpm을 측정하는 방법이다.

스트로보스코프(Stroboscope)를 이용한 방식은 주기적으로 점멸하는 빛을 운동하는 물체에 조사(照射)하여, 정지한 것과 같은 상태에서 운동체를 관측하는 장치인 스트로보스코프를 이용한다. 이 방법의 장점은 매우 작은 물체나 접근하기 힘든 장소에 있는 물체의 rpm을 측정할 수 있다는 것이며 그 측정범위는 100~20,000rpm정도이다.

본 논문에서는 또 다른 비 접촉방식으로서 홀센서를 이용하여 토크와 rpm을 측정하는 방법을 제안하고자 한다. 이를 위해 먼저 2절에서는 유성기어의 구조적인 특성 및 유성기어 상에서 홀센서를 이용하여 토크 및 회전수를 측정하는 방법을 설명하며 3절에서는 측정되어진 ADC로부터의 값을 보상하고 이를 이용해 전달 동력을 구하는 방법을 설명한다. 그리고 4절에서는 모니터링 시스템의 전체 구조와 기능을 설명하며 5절은 모니터링 시스템의 중요한 기능인 블루투스 무선통신에 의한 원격 모니터링과 네트워크 기능에 관해 설명한다.

## 2. 토크와 RPM 측정

### 2.1 유성기어의 구조적 특성

대부분의 모터는 모터 단독으로는 구현할 수 없는 큰 토크나 저속을 얻기 위해 감속기를 연결하여 사용한다. 실제 감속기는 여러 종류의 기어박스 형태로 응용되어 사용되고 있는데 각각의 감속비를 조정함으로써 원하는 토크와 속도를 얻는다.

많은 종류의 기어들이 사용되고 있지만 그 중에서 유성기어의 역할은 갈수록 중요해지고 있다. 유성기어의 이점으로는 높은 토크 효율, 소형화와 경량화가 가능하다는 점 등이 있다.

더 작은 크기와 모듈구조는 단일구조가 아닌 몇 단계의 감속기를 계층적으로 구현할 수 있어 굉장히 콤팩트한 크기에서도 높은 감속 효율을 구현할 수 있다. 이러한 이유로 유성기어는 바퀴와 크랭크의 구동뿐만 아니라 큰 부하를 가지고 지속적으로 회전시키는 구동부에 널리 쓰이고 있다.

일반적인 유성기어의 구조는 그림 1과 같으며 유성기어 세트는 중심, 즉 선 기어(Sun gear)와 더 작은 다수의 유성기어(Planet gear : Pinion gear라고도 함), 그리고 유성기어들에 연결되어 이들을 지지해주는 유성 캐리어(Planet carrier) 및 링 기어(Ring gear : 내접기어(Internal gear))형태로 이루어져 있다.

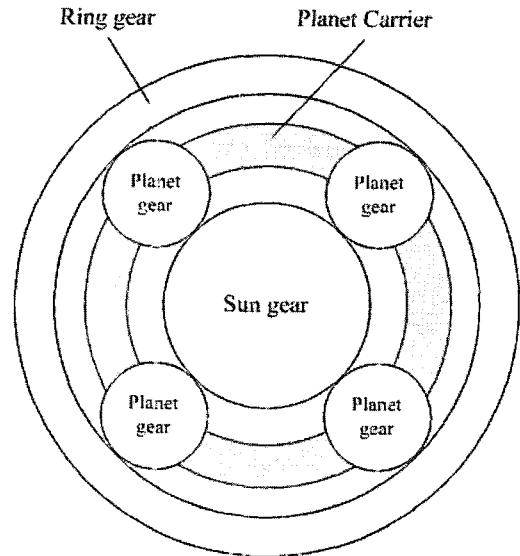


그림 1. 유성기어의 일반적 구조  
Fig 1. The general structure of Planetary gear

본 논문에서 제안하고자하는 방법은 이 유성기어의 구조적인 특성을 이용한 것이다.

흥미로운 점은 이 세 종류의 기어 가운데 어떤 기어를 입력력으로 하고 어떤 기어를 출력으로 하느냐, 그리고 어느 기어를 고정하느냐에 따라서 감속비가 달라진다는 것이다. 감속뿐만 아니라 증속 또한 가능하다. 본 논문에서 제안하는 방법은 선 기어를 입력으로 하고 링 기어를 고정시키며 출력축 샤프트를 유성캐리어(Planet Carrier)에 연결하는 경우를 예로 들어 설명하였다.

링 기어 고정형의 유성기어감속기를 실제로 들어 설명하였으나, 링 기어 고정형의 유성기어 감속기에만 국한되는 것이 아니며, 선기어고정형 및 캐리어고정형인 경우 케이스에 고정 지지되는 선기어의 요소부 혹은 케이스에 고정 지지되는 캐리어의 요소부의 사이에 탄성부재를 고정 체결함으로써, 고정요소의 반력에 해당되는 토크를 검출하는 것이 가능한 물론이다.

### 2.1 모터가 회전할 때 발생하는 변위

유성기어 내에서 링 기어는 링 기어 지지대를 통해 하우징에 고정된다. 모터의 동력전달시, 회전요소인 캐리어 및 선기어의 회전운동을 지지하는 링 기어의 축 방향을 중심으로 비틀림 현상에 의한 변위가 발생되게 되며, 이러한 변위는 링 기어의 고정요소인 탄성부재를 압축시킨 후, 복원력에 의해 다시 정 위치에 링 기어가 위치되도록 한다.

이 때, 발생 변위의 크기에 따라 홀 센서 출력 전위가 함께 변하게 되는데 회전력이 크면 클수록 반작용에 의한 반대방향으로의 변위는 커지며 이 변위의 측정값인 홀 센서 출력값 또한 그만큼 커진다.

또한 링 기어 지지대의 재질로 탄성이 강한 소재를 사용할수록 이 변위 또한 극대화 할 수 있다.

### 2.2 변위의 측정

실제 적용에 있어서 홀센서는 주로 영구자석과 한 쌍을 이뤄 사용되어지므로 자석의 선정과 배치방법은 매우 중요하다. 선형성을 극대화하기 위해서는 발생하는 변위에 대해 자

속세기가 큰 폭으로 변화될 필요가 있기 때문에 선형성이 필요한 대부분의 적용에는 일반적으로 자속의 세기가 큰 자석을 사용한다.

표 1은 여러 가지 영구자석에 대한 일반적 특성을 나타내고 있는데 Samarium-cobalt 또는 Alnico 8의 재질이 추천되고 있다[6].

표 1. 여러 가지 영구자석의 일반적 특성[6]  
Table 1. Properties of Magnetic Materials[6]

Material	BH*	Temp. Stability (Tc in %/°C)	Cost
Alnico	5 to 10	Excellent thru +150°C(-0.02)	Moderate
Ceramic	2 to 4	Moderate thru +150°C(-0.2)	Low
Flexible	0.6to 1.5	Typ. Limitation of 100°C(-0.2)	Lowest
Neodymium	30 to 40	Typ. Limitation of 125°C(-0.12)	High
Samarium	20 to 30	Excellent thru +150°C(-0.04)	Highest

BH\* is the product of flux density and field strength. In general, this value represents the energy density of the magnet and is used to grade permanent magnets. The higher the value is, the stronger the magnet is.

자석과 홀 센서를 배치시키는 방법에는 여러 가지가 있는데 자석 하나를 사용해서 선형의 출력 전압을 얻는 방법이 가장 간단한 방법이다. 그림 2의 박스 그림처럼 홀센서와 자석을 위치시키고 자석의 중심을 기준으로 슬라이딩하게끔 하면 그 중심(zero-field center)을 기준으로 음과 양의 출력값을 얻을 수 있다.

실제 상용되는 홀센서는 자석의 중심점에서의 값이 기준인가전압의 절반( $V_{cc}/2$ )을 출력 값으로 가지며 그 값을 기준으로 N극과 S극 쪽에서 ±방향으로 일정한 변위 값을 얻을 수 있었다.

그림 2의 그래프 상에서 보듯이 자석의 중심점을 기준으로 홀센서의 출력 값이 비교적 좋은 선형성을 보이고 있기 때문에 본 논문에서 하고자하는 변위값 측정에 매우 적절한 특성이라고 할 수 있다.

적절히 선택되어진 자석은 그림 3과 같이 링 기어상의 물드물에 구멍을 뚫고 직접 장착하였으며 링 기어지지대에 구멍을 뚫어 외부로 신호선을 빼내고 홀센서를 자석과 마주보게 하여 위치시키는 방법으로 홀센서와 자석을 부착하였다.

센서의 감도에 있어서 센서와 자석간의 간격은 중요한 요소가 된다. 일반적으로 표 1에서 가장 약한 자속의 세기를 가진 Flexible타입의 경우 0.25mm에서 2mm 사이의 범위에서 작동하고, 가장 센 Neodymium이나 Samarium cobalt의 경우 4mm에서 6mm까지도 허용되어진다[6]. 실험에서는 거의 1mm정도 이내를 유지하도록 부착하였다.

홀센서의 출력전압은 신호선을 통해 모니터링 시스템의 ADC 입력으로 들어간다.

변위와 토크와의 관계는 모터의 크기, 용량 그리고 타입에 따라 변한다. 따라서 여러 가지 기준 데미 토크를 이용하여 각각에 대한 변위를 측정하고 그로부터 기준 토크와 변위에 대한 관계식이나 LUT(Look Up Table)을 이끌어내야 한다. 본 논문의 실험에서는 LUT을 이용하였다.

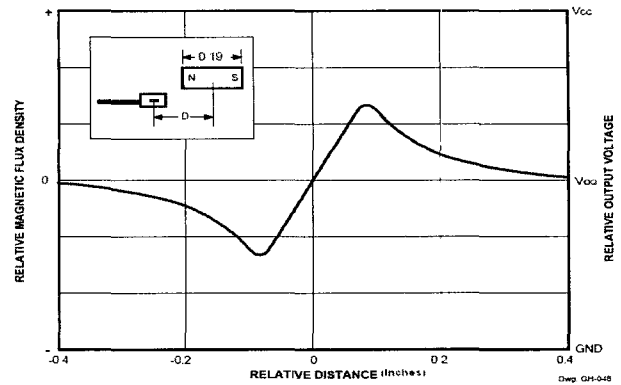


그림 2. 토크 측정을 위한 홀센서와 자석의 배치방법 및 홀센서 출력 전압[6]

Fig. 2. Hall output voltage for torque measurement[6]

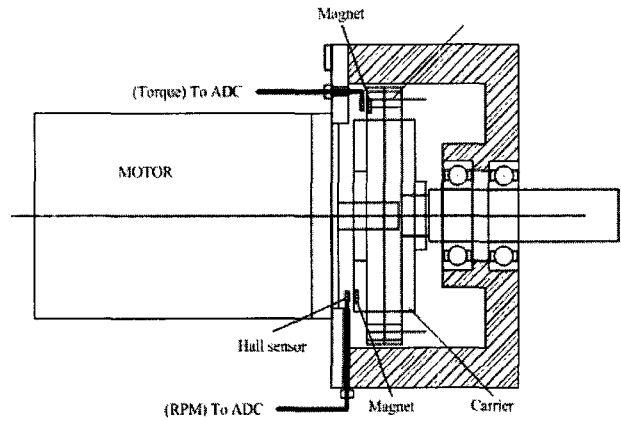


그림 3. 홀센서와 영구자석의 부착

Fig. 3. Attachment of the Hall sensor and magnet

### 2.3 RPM의 측정

전달 회전수는 그림 3과 같이 유성기어의 출력 측 캐리어에 자석을 붙이고 또 다른 홀 센서를 이용하여 검출해 낼 수 있다. 이 경우 자석의 부착방법과 그 출력 특성은 그림 4의 박스그림과 같다.

출력 측 캐리어가 회전하면 자석이 함께 회전하면서 고정된 홀 센서 위를 근접하여 지나게 되는데, 그림 4의 그래프는 자석이 홀 센서를 근접하여 지나는 순간의 홀 센서 출력 전압을 나타내고 있다.

홀센서의 출력전압이 모니터링 시스템의 ADC 입력으로 들어가고 만약 ADC 입력이 기준 값 보다 크면 카운팅 플래그는 셋 될 것이며 작으면 클리어 될 것이다. 이

플래그의 시간 주기를 계산함으로써 RPM을 간단히 계산해 낼 수 있다.

rpm측정을 위해 사용된 홀 센서는 홀 이펙터 스위치로 대체할 수 있다. 홀 스위치는 미리 정의된 스위칭 포인트와 여러 논리회로에 적용할 수 있는 디지털 출력 값을 가지는 비교기를 내장하고 있다.

홀 스위치는 그림 5에서 보여 지듯이 자기 스위칭 포인트 (Magnetic switching point)  $B_{ON}$ 과  $B_{OFF}$ 에 의한 특성을 가진다. 만약 자속이  $B_{ON}$  보다 크면 출력 값이 1이 되고,  $B_{OFF}$  보다 작으면 출력 값이 0이 되며 이 경우 히스테리시스 는  $B_{ON}$ 과  $B_{OFF}$  사이의 차이 값이다.

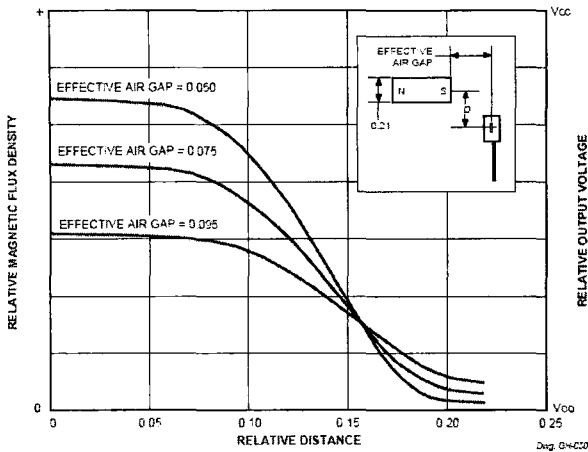


그림 4. 전달회전수 측정을 위한 홀센서와 자석의 배치방법 및 홀센서 출력 전압[6]

Fig. 4. Hall output voltage for RPM measurement[6]

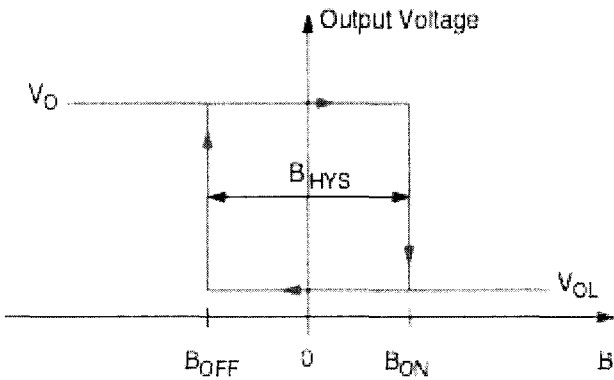


그림 5. 스위치 동작점

Fig. 5. Definition of switching points

### 3. 토크, 회전수(RPM), 동력의 계산

#### 3.1 출력 토크

ADC의 출력 값을 관계식이나 LUT을 이용하여 소프트웨어적으로 보상(Calibration)되어야 한다. 이렇게 보상된 값은 측정 토크 값(Measuring torque)이 되고 측정 토크 값으로부터 다시 다음의 값에 의해 계산되어진 값이 화면에 표시되는 출력 토크(Output torque)가 된다.

$$T_o = T_3(z_1 + z_3) / z_3 \quad (1)$$

- $T_o$  : output torque to display
- $T_3$  : measuring torque
- $z_1$  : number of teeth of the sun gear
- $z_3$  : number of teeth of the ring gear

#### 3.2 측정 RPM( $w_0$ )의 화면표시

모터의 전달회전수는 홀 센서나 홀 스위치의 출력 펄스를 카운팅 함으로써 쉽게 계산할 수 있다.

반사테이프와 함께 적외선 센서를 이용하는 것도 전달회전수 측정의 좋은 방법이지만 항상 가능한 것은 아니며

유성기어박스의 크기와 적외선 센서의 크기, 반사테이프 부착문제 등이 고려되어야만 한다.

홀센서와 달리 적외선 센서나 홀 스위치는 ADC나 슈미트 트리거 회로와 같은 부가 회로가 필요하지 않고 마이컴에 직접 포트입력으로 사용할 수 있다는 이점을 가지고 있지만 본 논문의 실험에서는 토크를 측정하기 위해 어차피 ADC를 사용하고 있기 때문에 전달회전수 측정 또한 홀센서를 이용하였다.

전달회전수  $w_0$ 는 다음 식으로 표현 될 수 있다.

$$w_o = 60,000,000/T \quad (2)$$

$T$  : time interval in one rotation(usec)

### 3.3 전달 동력(W)

전달 동력은 종종 상실한 토크와 회전수 보다 더 중요하고 유용한데 사실 이 전달 동력 값은 개념적으로 위에서 측정되어진 전달토크와 전달회전수의 곱으로 계산되어지는 값이다.

$$W = T_o w_o \quad (3)$$

## 4. 모니터링 시스템

본 논문의 실험에서는 2-채널 ADC와 두 개의 홀 센서를 사용하였는데 하나는 토크 나머지 하나는 rpm측정을 위해서이다. 그림 6은 모니터링 시스템의 전체 블록도를 나타내고 있다.

표시기 제어부의 구성은 그림 6과 같이 유성기어 내에 있는 홀 센서로부터의 토크 및 회전수 측정과 관련된 아날로그 출력 값을 받아들이고 이들 값을 디지털 값으로 변환하는 부분(ADC)과 변환된 디지털 값을 보상하여 사용자에게 의미 있는 값으로 변환하는 연산부(CPU)와 이 값을 표시하는 LCD부와 사용자와의 인터페이스를 위한 키보드와 측정값을 원격지의 마스터(PC또는 서버)로 전송하는 무선통신부(블루투스 모듈)로 이루어진다. 전체 시스템의 크기는 소형화하여 감속기 모터에 부착할 수 있으며 사용자는 LCD 및 원격지의 마스터를 통해 측정값을 모니터링 할 수 있다.

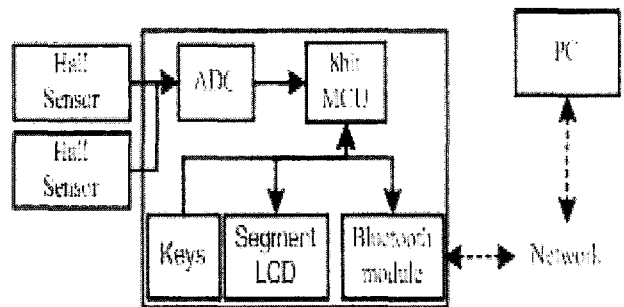


그림 6. 모니터링 시스템의 블록도

Fig. 6. Block diagram of the monitoring system

MCU의 경우 8비트로는 사실 정밀한 연산을 하기에는 충분하지 못하며 이를 소프트웨어의 처리를 통해 극복하려면 프

로그래밍이 복잡해진다. 실험에서는 측정 데이터를 PC로 전송하여 실제 연산을 모두 PC 상에서 수행하도록 하였다.

기존의 스트레인지어를 사용한 토크의 측정방법에서 샤프트의 비틀림 변위는 마이크로 단위이지만 본 논문에서 제안한 방법에서는 링기어의 고정방법에 따라 거의 1mm정도 이상의 변위를 가지기 때문에 토크측정에 대한 감도가 그만큼 높아져 보다 정확한 측정을 할 수 있다.

또한 실험에서 사용한 홀센서 자체의 감도는 2.5mV/G이지만 보다 좋은 감도의 센서를 사용하고 증폭기를 추가하면 훨씬 더 정밀한 측정을 할 수 있으리라 기대된다.

적은 용량의 DC모터(24V)를 이용한 실험에서는 모터자체의 영구자석 또는 모터 구동중에 발생하는 자기장의 영향이 홀센서에 간섭을 일으키지 않았지만 보다 큰 용량의 AC모터를 사용한 실험에서는 홀센서가 모터가 발생시키는 자기장의 영향을 받았다. 이러한 간섭문제를 해결하기위해 센서를 부착시키는 방법에 세심한 주의가 필요하며 유성기어에 부착되어 홀센서를 지지하는 장치물의 재질로 부도체를 사용하였다.

### 5. 네트워크 기능

최근 계측기에 무선이든 유선이든 통신기능을 갖추는 것이 추세이다. 그 중에 유선을 이용한 RS232 시리얼 통신은 산업계에서 가장 널리 사용되고 있는 기본적인 통신방법이다.

한편 모바일 환경이 근래에 들어 더욱 더 중요해지고 있으며 특히 무선에 의한 통신 방식과 유비쿼터스(Ubiquitous)는 큰 이슈가 되고 있다.

본 논문에서는 블루투스 모듈을 사용한 무선통신 기능을 갖춘 표시기 제어부(Control unit)를 제안한다. 표시기 제어부는 가능한 작은 사이즈로 제작되어 기어드 모터에 부착이 가능하며 홀 센서를 통해 수집한 측정값을 무선 통신을 이용해 원격의 마스터(PC나 노트북 등)로 전송하는 역할을 한다.

마스터가 TCP/IP에 기반한 네트워크상에 연결되어 있다면 인터넷 상에서의 원격 모니터링으로 이 기능을 확장시키는 것은 매우 간단한 문제가 된다.

블루투스는 비교적 근거리(10m/100m)의 무선 연결을 위한 기술이며 휴대용이든 고정용이든 전자제품 상호간의 케이블을 대체하기 위한 목적으로 제안된 기술이다. 주요한 특징은 주파수 노이즈에 강하고, 복잡하지 않고 저전력, 저가란 점이다.

블루투스는 강한 주파수 노이즈 환경을 위해 주파수 홉핑 방식(Frequency hopping)과 빠른 응답(Fast acknowledgement)을 이용하는데, 2.4GHz에서 작동하면서 주파수 홉핑 방식을 통해 패킷을 송신 또는 수신한 후에 새로운 주파수로 주파수를 변경함으로써 다른 신호들과의 간섭을 회피한다.

또한 블루투스는 기본적으로 하나의 마스터에 그림 7과 같이 최대 7개까지의 슬레이브로 이루어지는 피코넷(Piconet)을 쉽게 구성할 수 있으며, 더 큰 네트워크 환경을 구축하기 위해 그림 8과 같이 다수의 피코넷들로 구성된 스캐터넷(Scatternet)으로 확장 할 수 있다.

많은 산업 현장에서 대부분의 시스템은 하나 이상의 모터들을 포함하며 각각의 모터들은 서로 연관성을 가지고 작동하기 때문에 단순한 원격 모니터링에 더해 네트워크를 쉽게 구성할 수 있다는 점은 본 논문에서 블루투스를 고려한 또 다른 이유이다.

기존의 RF 통신만으로도 무선을 통한 원격모니터링과 간단한 네트워크 구성을 하기에는 일반적으로 충분하기 때문에 목적이나 사용 환경에 따라 무선 RF통신을 이용하는 것도 가능하다.

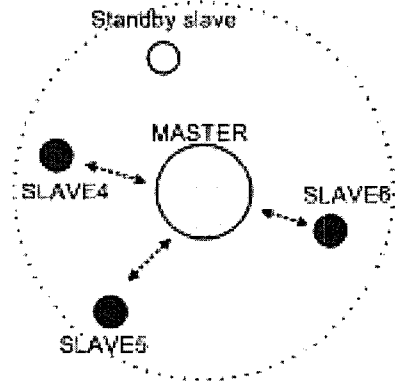


그림 7. 피코넷  
Fig. 7. Piconet

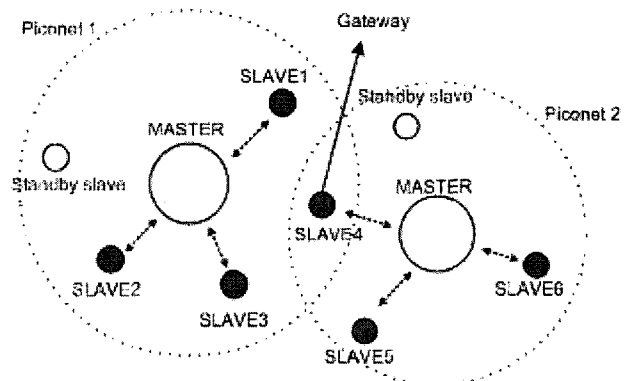


그림 8. 스캐터넷  
Fig. 8. Scatternet

### 6. 결론 및 향후과제

이상 유성기어에 연결된 모터에 의해 발생하는 기계적인 토크를 측정하는 방법을 제안하였다.

실제 본 논문에서 제안되어진 토크 측정 방법은 유성기어 내의 링 기어를 고정하였기 때문에 두 가지 경우로 유성기어의 사용이 제한된다. 하나는 입력이 선 기어이고 출력이 유성캐리어인 경우이고 다른 하나는 입력이 유성캐리어이고 출력이 선 기어인 경우이다. 그러나 링 기어 고정형의 유성기어 감속기에만 국한되는 것은 아니며, 선기어고정형 및 캐리어고정형인 경우도 가능하다. 향후 선기어고정형 및 캐리어고정형인 경우에 관해서도 시제품을 통한 충분한 실험을 수행한다면 본 논문에서 제안된 방법의 응용범위는 그만큼 더 확대될 것으로 기대된다.

또한 제안된 방법은 모터의 토크 및 rpm을 포함하여 전달 동력을 측정하는데 있어서 기존 방법에 비해 매우 간단하고, 매우 작고, 매우 저렴한 방법이다. 그리고 이 방법은 비접촉

식이기 때문에 추가적인 유지보수를 필요로 하지 않는다. 더구나 제안된 비접촉식방법은 기대보다 훨씬 더 많이 모터의 소음과 진동을 줄여주었는데 소음과 진동이 줄어들면 적용범위가 더 넓어질 뿐만 아니라 훨씬 더 정확한 토크 검출이 가능하다는 것을 또한 의미한다.

실제 사용에 있어서도 추가적인 사전작업이 필요 없으며 측정 결과를 즉각적으로 모니터링 할 수 있을 뿐만 아니라 무선 통신을 통한 동력, 토크 그리고 rpm의 모니터링은 매우 유용하여 많은 부문에 응용될 것으로 기대된다.

향 후 과제로는, 토크메타로서의 감도 및 측정 범위의 향상을 위해 더 큰 발생변위를 필요로 하는데 이를 위한 링 기어 지지방식의 개선이다. 또한 힘 제어를 위한 로봇 손가락 등에 응용할 수 있으려면 전체시스템을 더욱 소형화할 필요가 있으며 이에 대한 적용과 실험을 수행할 필요가 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] Brevin, "Planetary gearboxes are the preferred solution," in Technical background article received on 7 May 2003.
- [2] Omegadyne Pressure, Force, Load, Torque Data book, Omegadyne, Inc., 1996.
- [3] Omega engineering, inc., <http://www.omega.com/literature/volume3/force3.html>
- [4] Rpm measurement, library, user information, Testo, [http://www.testo.de/US/lig/upload/mwmlus\\_1034594\\_216515\\_1.pdf](http://www.testo.de/US/lig/upload/mwmlus_1034594_216515_1.pdf).
- [5] "Sensors Overview and System solutions," Micronas Semiconductor Holding AG, <http://www.micronas.com/products/overview/sensors/index.php>
- [6] Joe Gilbert and Ray Dewey, "Linear Hall-Effect Sensors", Applications Information, Allegro Microsystems, Inc., Application Note 27702
- [7] "Hall IC", Data sheet, Samsung Electro Mechanics
- [8] "Hall Sensor", Data sheet, Samsung Electro Mechanics
- [9] "3503 Ratiometric, Linear Hall-effect sensors", Allegro MicroSystems, Inc., <http://www.allegromicro.com/data-file/3503.pdf>
- [10] Riku Mettala. 25th Aug 1999, "Bluetooth Protocol Architecture", [http://www.bluetooth.org/foundry/sitecontent/document/whitepapers\\_presentations](http://www.bluetooth.org/foundry/sitecontent/document/whitepapers_presentations)

### 저 자 소 개



**장인훈(In-Hun Jang)**

1993년 : 중앙대학교 제어계측공학과 공학사

1999년 : 동대학원 제어계측공학과 공학석사

1999년~2000년 : (주)신도리코 기술연구소 연구원

2000년~현재: (주)아로마솔루션 기술연구소 책임연구원  
2004년~현재: 중앙대학교대학원 전자전기공학부 박사과정

관심분야 : 지능로봇, 인공두뇌, 지능형 홈 및 홈네트워킹  
Phone : +82-2-820-5319

E-mail : inhun@wm.cau.ac.kr



**심귀보(Kwee-Bo Sim)**

제14권 6호 (2004년 10월호) 참조

Phone : +82-2-820-5319

Fax : +82-2-817-0553

E-mail : kbsim@cau.ac.kr

Homepage URL : <http://alife.cau.ac.kr>



**오세훈(Se-Hoon Oh)**

1981년 : 중앙대학교 기계공학과 공학사

1983년 : 서울대학교 기계공학과 공학석사

1990년 : 영국 IMPERIAL COLLEGE 공학박사

1985년~1992년 : 한국기계연구원 로봇공학실 실장

1993년~현재: 중앙대학교 기계공학부 교수

1998년~현재: 한국특허학회 부회장

Phone : +82-2-817-3134

E-mail : osh@cau.ac.kr