

기계식 타이머의 치차음 인식 시스템 개발

서영호*, 이돈진(부산대 대학원), 안중환(부산대 기계공학과)

Development of the Mechanical Timer's Gear Sound Recognition system

Youngho Seo, Donjin Lee (Graduate School, Pusan Nat'l Univ.), Junghwan Ahn(Pusan Nat'l Univ)

ABSTRACT

We have developed the gear sound recognition system of mechanical timer. A mechanical timer is superior in endurance to electronic timer. So it is reliable under severe operating environment. It is putting together several kind of gears. Therefore when the timer operates, it emits mechanical sound of gears. We have chosen a microphone to detect the gear sound. A microphone is more efficient and convenient than other sensors. Because it is of low price and non-contact type sensor. For ease of measurement we designed real-time processing software based on graphical user interface.

Key Words : Mechanical Timer (기계식 타이머), Gear Sound (치차음), Spin Tester (장전 시험기), RMS

1. 서론

기계식 타이머는 일반적인 전자식 타이머가 제대로 동작하기 힘든 극한 조건에서도 본래 설계된 성능을 발휘할 수 있다. 본 연구에서 고려한 기계식 타이머의 동작 방식은 타이머 자체가 병진 운동을 할 경우 타이머 내부의 로터가 관성 모멘트에 의하여 회전 운동을 시작한다. 이 때 치차열의 치차비에 따라 정해진 시간동안에 로터의 회전 운동이 끝나면 내장된 전자회로와 로터의 접점이 붙으며 동작을 종료한다.

본 연구의 목적은 위에서 기술한 방식의 기계식 타이머에 대하여 전자회로가 부가되지 않은 형태와 부가된 형태 두 가지를 모두 고려하며 각각에 대해 로터가 회전하는 동안 발생하는 치차의 음을 인식하는 계측 시스템을 개발하는데 있다.

2. 기계식 타이머의 구조

기계식 타이머는 크게 두 가지로 나뉘어진다. 그 중 하나는 타이머의 병진 운동과 반대 방향으로 운동하는 관성 추와 관성 모멘트에 의하여 회전하는 로터 및 이 로터와 치차들이 결합된 로타집으로 이

루어진 부분 결합체(Sub Assembly)가 있으며 Fig 1(a)에서 보이고 있다.

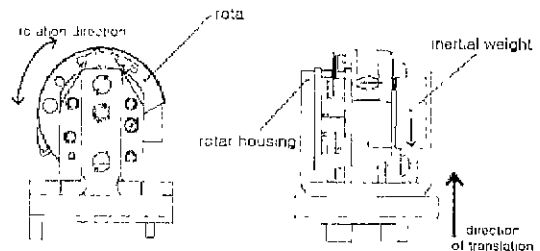


Fig. 1(a) Schematic Diagram of Mechanical Timer (Sub Assembly)

기계식 타이머의 동작 원리는 관성력의 영향으로 관성추가 타이머의 병진 운동과 반대 방향으로 이동하면서 로터의 잠금 장치가 풀렸을 때 비로소 로터가 치차열의 치차비에 따라 정해진 시간동안 회전을 시작한다.

다른 하나는 완성 결합체(Full Assembly)이며 부분 결합체로부터 타이머의 동작이 완료되었을 때 정해진 동작을 수행하는 전자 회로집이 부가된 형태이다. Fig 1(b)에서 보인다.

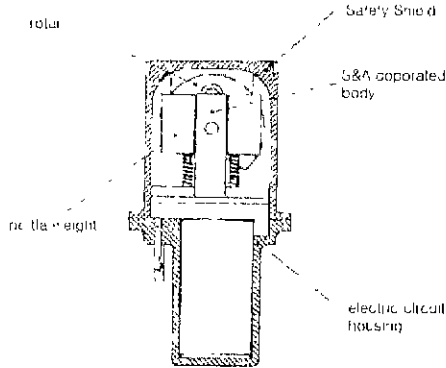


Fig. 1(b) Schematic Diagram of Mechanical Timer (Full Assembly)

3. 치차음 측정 시스템의 구성

본 연구에서 개발한 계측 시스템은 크게 기계 시스템과 신호 처리 시스템으로 나뉘 볼 수 있다. 기계 시스템은 좁은 공간에서 기계식 타이머에게 일정한 속도로 병진 운동을 하는 것과 같은 효과를 주기 위하여 타이머에게 접선 방향으로 일정한 가속도를 가지는 회전 운동을 준다. 이러한 회전 시험기에서 타이머는 법선 방향의 원심력을 받게 된다. 또 신호 처리 시스템은 타이머의 로터가 동작할 때 발생하는 치차음의 음향을 마이크로폰을 이용하여 검출한 뒤 컴퓨터를 통하여 일련의 신호처리 알고리즘을 수행하고 그 결과를 출력 및 분석한다.

3.1 회전 시험기의 구성

회전 시험기는 부분 결합체와 완전 결합체의 두 가지 형태의 기계식 타이머에 대하여 일정한 원심력에 도달하기 전까지는 관성 추의 동작을 막고 있다가 정해진 원심력에 도달하였을 때에는 관성 추를 동작 시켜줄 수 있어야 한다.

3.1.1 회전판의 구성

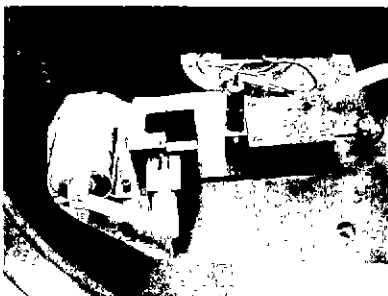


Fig. 2(a) Photograph of Sub-Assembly Turn Table

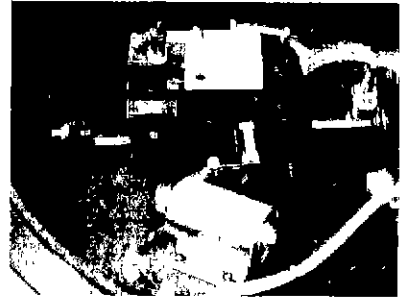


Fig. 2(b) Photograph of Full Assembly Turn Table

관성추의 동작을 제어하기 위한 구동기는 솔레노이드를 사용하였으며 PLC 회로가 컴퓨터로부터 제어 신호를 받아 솔레노이드를 동작시킨다. 부분 결합체의 경우에는 Fig. 2(a)에서 보듯이 직접 지그가 관성추의 동작 방향에 삽입되어 동작을 제어하므로 비교적 기구부가 간단하다. 한편 완성 결합체의 경우는 Fig. 2(b)에 나타내었으며 구동기의 링크 구조는 앞서와 유사하나 전체적으로 기구부가 복잡하다. 이는 완성 결합체의 경우에는 안전 장치까지 켜진 상태라 지그를 관성추 사이로 삽입할 수 없기 때문이다. 따라서 관성추의 자세를 지그로 구속하고 있다가 구동기가 동작하는 순간 관성추의 자세를 구심력 방향으로 해제시켜주어 완성 결합체를 동작시키는 방식을 사용하였다.

3.1.2 신호 처리 시스템의 구성

기계식 타이머가 동작할 때 발생하는 치차음을 검출하기 위하여 Fig. 3(a)에 보인 audio-technica 사의 마이크로폰(AT805b)을 사용하였다.



Fig. 3(a) Photograph of Microphone

Fig. 3(b)에 이 마이크로폰의 주파수 특성을 보이고 있으며 전체적으로 고르게 특성을 보이고 있으나 2kHz에서 15kHz 사이에 특히 감도가 좋은 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 40kHz 정도로 A/D 샘플링을 하였다.

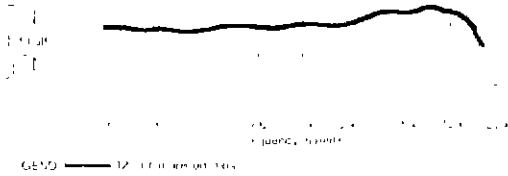


Fig. 3(b) Frequency response of Microphone

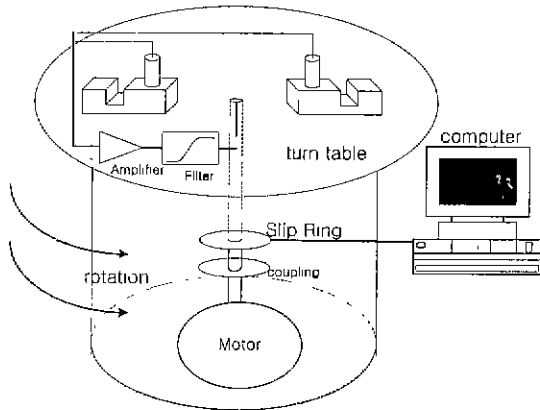


Fig. 4 Schematic Diagram of Data Acquisition System

Fig. 4는 전체적인 시스템의 개략도를 나타내었다. 회전체로부터 처차음의 신호를 얻기 위해서 슬립 링을 사용하였으나 슬립 링을 통과하면서 마이크로폰으로부터 획득한 대부분의 신호가 높은 임피던스로 인하여 소멸하는 어려움을 겪었다. 따라서 본 연구에서는 회전판에 마이크로폰의 증폭기와 필터를 함께 부착하여 슬립 링을 통과하기 전에 신호를 증폭 시킴으로써 임피던스를 낮추고 동시에 마이크로폰의 음향 신호를 획득하는데 성공하였다. 또한 슬립 링을 통해 전원을 공급함으로써 증폭기와 필터를 동작 시킬 수 있다.

3.2 회전 시험기 운용 소프트웨어의 구성

회전 시험기의 운용 소프트웨어는 크게 신뢰성과 편리성에 주안을 두어 설계하였다. 신뢰성을 확보하기 위하여 A/D 채널을 스캔하지 않고 한 채널씩 순서대로 측정하여 고속으로 멀티플렉싱을 할 때 생기는 하드웨어적인 오차를 극복하였다. 그리고 작업자가 쉽고 편리하게 소프트웨어를 사용하도록 하기 위하여 Windows 98의 GUI 환경을 채택하였다. 따라서 소프트웨어는 크게 A/D 보드를 액세스하기 위한 가상 장치 드라이버와 시험기 자체를 운용하기 위한 윈도우즈 애플리케이션으로 나뉘어진다.

3.2.1 측정 알고리즘

본 연구에서는 마이크의 음향 신호를 A/D 하기 위하여 NuDAQ사의 ACL8112PG 보드를 사용하였다. 그리고 이를 소프트웨어에서 액세스하기 위하여 가상 장치 드라이버를 제작하였다. 가상 장치 드라이버는 하드웨어의 인터럽트를 처리하여 실시간 신호 처리를 가능하게 한다.

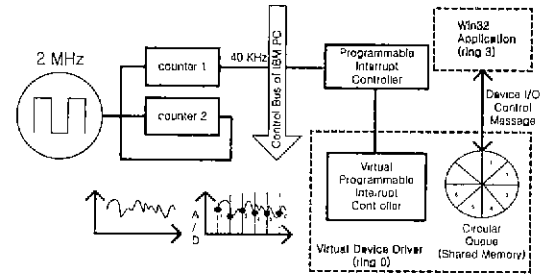


Fig. 4 Implementation of Virtual Device Driver

Fig. 4는 구현한 가상 장치 드라이버의 간단한 구조를 나타낸다. 가상 장치 드라이버는 윈도우즈 애플리케이션과 Device I/O Control이라는 메시지를 통하여 통신하며 원형 큐의 메모리를 공유한다. 원형 큐는 각각 ring0와 ring3로 불리는 레이어의 가운데에 위치하며 효율적으로 40kHz로 A/D된 데이터를 보호한다.

3.2.2 시험기 운용 알고리즘

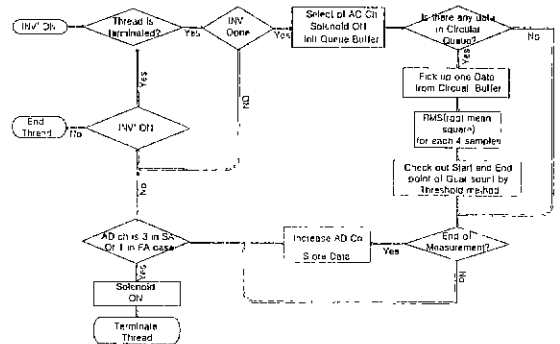


Fig. 5 Flow Chart of Win32 Application

Fig. 5는 가상 장치 드라이버와 통신하면서 직접 시험기를 운용하는 Win32 애플리케이션의 플로우 차트이며 Windows 상에서 ring 3의 레이어에 위치한다. 동작 순서는 회전시험기의 모터가 동작할 때 원형 큐의 샘플 데이터를 찾아오기 위한 쓰레드를 띄운 뒤 차례로 4개의 샘플 데이터마다 RMS(root mean

square)를 취한다. 그런데 이렇게 획득한 마이크의 음향 신호는 실제로는 시험기로부터 유입된 음향으로 인하여 왜곡된 상태이다. 따라서 일정한 음향 신호를 한계값으로 설정하여 그 이상인 신호만을 취급하였다.

4. 실험 결과

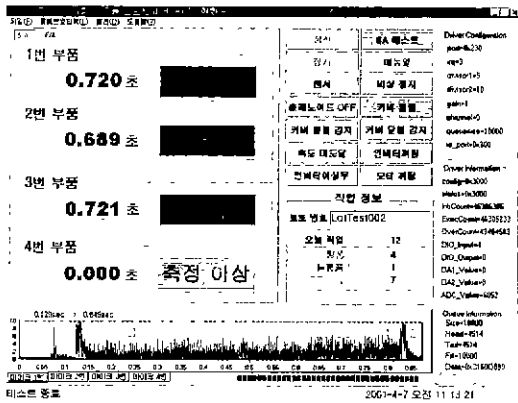


Fig. 6 Snapshot of Spin Tester Software

Fig. 6은 운용 소프트웨어의 측정 결과를 디스플레이한 화면을 캡처한 것이다. 측정 결과와 PLC와의 I/O 상태 그리고 마이크로로부터 검출한 치차 음향은 물론 가상 장치 드라이버의 상태까지 작업자에게 보여준다.

4.1 부분 결합체에서 실험 결과

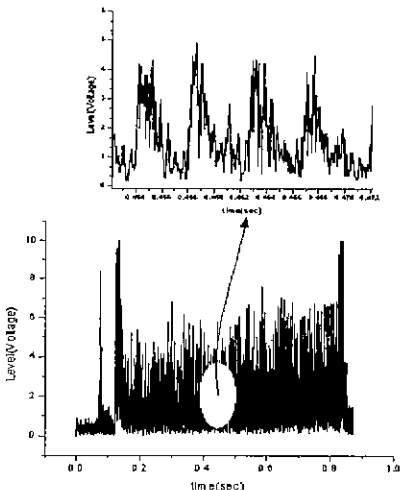


Fig. 7 Graph of RMS Value of Measured Data

Fig. 7은 부분 결합체에서 획득한 마이크로폰 음

향 신호를 그래프로 나타낸 것이다. 치차음 자체만의 음향으로 보이는 부분은 약 250Hz이며 관성추가 뒤로 밀릴 때와 로터가 회전한 뒤 정지할 때의 충격음이 전체 신호의 앞 뒤에 실려 있다. 이 때문에 치차음의 측정 구간에 어느 정도 오차를 포함하고 있으나 합격과 불량에 대해서는 무시할 수 있는 값이다.

4.2 완성 결합체에서 실험 결과

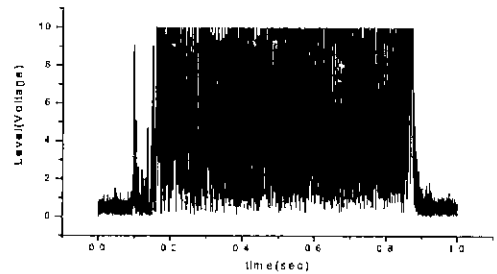


Fig. 8 Graph of RMS Value of Measured Data

Fig. 8은 완성 결합체에서 획득한 마이크로폰 음향 신호를 나타낸 것이며 지그가 자세를 바꾸면서 회전할 때의 충격음이 앞부분에 실린 모양이 부분 결합체와 조금 다르고 나머지는 거의 유사하다.

5. 결론

본 연구에서는 기계식 타이머의 두 가지 결합체에 대해 치차음을 인식하여 타이머의 동작 시간을 측정할 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 장치의 개발로 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 마이크로폰을 이용하여 치차음을 측정함으로써 다른 측정 방식보다 능률적인 작업을 가능하게 하였다.

(2) Windows 98을 OS로 하여 신뢰성 있게 인터럽트를 처리하여 실시간 신호처리를 가능하게 하는 가상 장치 드라이버를 개발하였다.

(3) Windows GUI 기반의 소프트웨어를 개발하여 작업자가 쉽고 편리하게 작업할 수 있게 하였다.

참고문헌

1. Mechanical Signature Analysis, S.Braun,
2. Mechanical Vibration, Rao, Addison-Wesley, 1994
3. Op-Amp Circuits and Principles, Howard M. Berlin, 1991
4. C++ Builder 4 Programming Bible, 정우철, 1999