

컴퓨터 하드디스크의 CSS 테스트에 의한 AE 신호 해석

황 평, 김우석*, 김도형**

영남대학교 기계공학부
*영남대학교 대학원 기계공학부
**한국과학재단 인턴연구원

Analysis of Acoustic Emission Signal During Contact Start/Stop Test on Computer Hard Disk

Pyung Hwang, Woo Seok Kim*, Do Hyung Kim**

School of Mechanical Engineering, Yeungnam University,
**School of Mechanical Engineering, Graduate School, Yeungnam University*
***Internship Researcher, Korea Science and Engineering Foundation*

Abstract—In order to analysis contact mechanism of head/ disk interface on hard disk drive, many techniques of analysis have been developed. Acoustic Emission sensor can be used for detect elastic energy of contact at head/disk interface. This work presents a good understanding of slider characteristics in frequency domain. The results show that torsional and bending mode of slider are dominant in head/disk contact.

Key words—Acoustic Emission, Head Disk Interface, FFT Analysis, Frequency Mode

서 론

컴퓨터 하드디스크의 저장용량을 높이고 고속의 정보처리를 구현하기 위하여 헤드와 디스크 사이의 간격을 마모현상이 일어나지 않는 범위 내에서 최소화해야 한다. 지금사용되고있는 가장 일반적인 하드디스크 드라이브의 부상높이는 30nm에서 50nm 범위 내이다. 이 높이는 헤드와 디스크를 설계 할 때 최소의 충돌을 고려한 극소 틈새이다. 헤드와 디스크사이의 간격이 줄어들 때마다 디스크와 헤드의 충돌은 빈번해 진다. 기계학적으로 디스크와 헤드의 직접적인 접촉은 고려되어야 하는 문제이다. 접촉은 재료간의

상호작용으로 인한 마모와 저장시스템의 손실을 가져오기 때문에 가능한 한 이들의 접촉은 막아야 한다. 따라서 점점 더 낮게 부상하는 헤드의 접촉을 줄일 수 있는 방법이 새로운 연구과제로 부상되고 있다.

가장 먼저 AE를 사용해서 접촉을 연구한 Kita(1980)등의 연구자들은 슬라이더의 고유 진동모드 특성을 시간과 주파수 영역에서 기술하였다[1]. AE 센서 이전에 Miyazaki(1988)등에 의해서 새로운 multi-axis force sensor로 헤드의 접촉력과 미끄럼 저항력 그리고 FFT 분석 등을 시도 하였다[2]. 또한 슬라이더 베어링의 경계 윤활에서 동압윤활로의 전이를 기술한 Tseng과 Talke(1974)는 AE센서가 아직

진동모드 해석으로 일반화되기 전 Fotonic probe sensor로서 헤드/디스크의 접촉과 접촉저항, 그리고 접촉 펄스 등을 이미 연구하였다[3]. 이 논문이 발표되고 난 후 하드디스크의 헤드/디스크 계면의 연구가 급속히 진전되었다.

Jeong과 Bogy는 AE sensor와 Laser Doppler Vibrometer를 이용해서 슬라이더의 동적 하중 시 변위, 속도, pitch, roll의 효과에 대해 연구하였다[4].

그후 본격적인 헤드/디스크의 접촉해석을 연구해왔는데 O'Brien과 Harris가 AE센서로 슬라이더의 진동모드를 해석했다[5].

컴퓨터 하드디스크 드라이브가 작동할 때는 정상상태에서 헤드와 디스크 사이에 윤활작용을 하는 공기 베어링이 형성되어 이들의 직접 접촉을 방지하는 특성을 가지고 있다. 그러나 출발/정지 시에는 공기 층이 형성되기 위한 충분한 회전 속도가 아니기 때문에 헤드/디스크 사이에 물리적인 접촉이 따르게 되어있다. 이 접촉으로 인해 헤드 및 디스크면의 마모를 야기한다. 아직까지 헤드/디스크 틈새 접촉 기구를 명확히 증명하고 측정할 바는 없기 때문에 더욱 연구가 진행되고 있고 많은 연구자들에 의해 하드디스크 헤드/디스크 접촉을 해석하고 있다. 따라서 헤드와 디스크간의 접촉을 정확히 측정할 수 있는 시스템의 개발이 절실히 요구되며 이는 하드디스크 드라이브의 설계에 중요한 역할을 하며, 자기저장 시스템에서 중요한 문제 중의 하나인 헤드와 디스크 틈새 및 신뢰성 향상에 도움을 줄 것이다.

실험 방법

하드디스크 드라이브 Start up 및 Stop 시 슬라이더에 발생하는 접촉을 정확히 해석하기 위하여 CSS(contact start stop) 장치를 구성하고 서스펜션 위에 AE센서를 부착한 후 AE 신호를 받아내는 실험을 실시하였다. 본 실험에 사용된 하드디스크 드라이브는 Seagate사의 ST3390A로 드라이브의 용량은 341.3MB이며 스피들 속도는 4,500rpm이다.

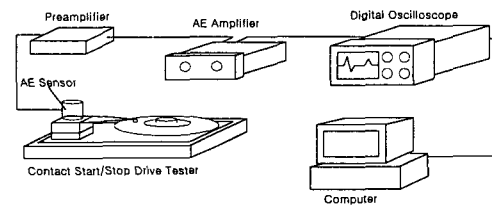


Fig. 1 Schematic of experimental setup

Fig.1은 실험 장치 계략도 이다. 서스펜션에서 나오는 AE신호를 Pre-amplifier와 AE amplifier를 통해 증폭하고 이 신호를 Digital Oscilloscope를 통해서 받은 뒤에 Computer를 통해 FFT 분석한다.

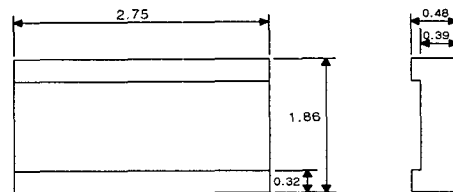


Fig. 2 Dimensions of two rail slider of Seagate ST3390A

Fig.2는 실험에 사용된 슬라이더의 형상과 치수를 보여준다. 본 실험에 사용된 슬라이더는 two rail 슬라이더이다.

실험에 사용된 AE센서는 PAC(Physical Acoustics Corporation)사의 Pico센서를 사용하였다. AE센서로부터 얻어진 신호는 pre-amplifier(1220A)와 main-amplifier(AE1A)를 통하여 증폭된다. 이때 Amplifier의 gain 값은 각각 40dB, 23dB이다. 증폭된 신호는 디지털 메모리 오실로스코프(LeCroy 9304AM, 100MS/s)를 통하여 저장된다.

실험 결과

Fig.3은 CSS실험에서 하드디스크 드라이브가 Start/stop 할 때 10초 동안의 신호를 받은 것이다.

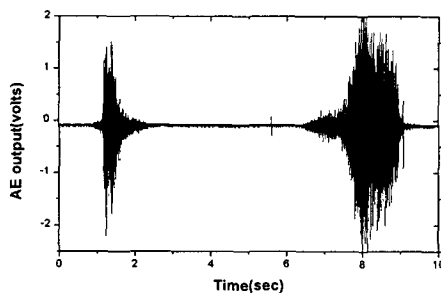


Fig. 3 Acoustic emission signal when drive start/stop during 10 seconds

Start up때 보다 Stop할 때가 접촉이 좀더 크게 일어나며 헤드의 pitch, roll이 더 심하게 일어난다.

드라이브가 정지한 상태와 완전히 부상한

상태에서는 헤드는 더 이상 접촉하지 않고 pitch, roll에 의한 진동신호도 보이지 않는다.

이것으로 볼 때 Start/Stop 시에 확실히 헤드와 디스크는 접촉을 하며 pitch, roll을 할 때 헤드는 고유진동을 일으킨다.

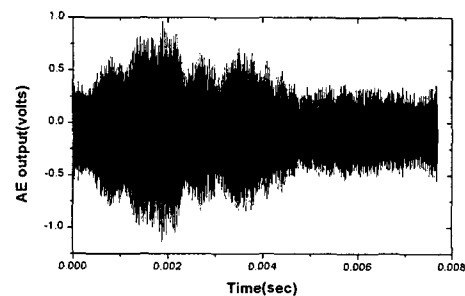


Fig. 4 Acoustic emission signal when drive start up during 8 milli seconds

Fig. 4는 하드디스크 드라이브가 Start up할 때 8msec 동안의 신호를 filtering 하지 않은 Raw 신호를 Digital Oscilloscope를 이용하여 5MS/s의 샘플링 율로 받은 것이다.

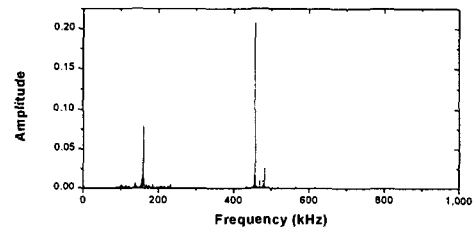


Fig. 5 Frequency spectra of acoustic emission signal when drive start up

Fig. 5는 Start up한 순간의 AE신호를 주파수 영역으로 FFT분석한 결과이다.

FFT 분석 결과 157kHz에서 비틀림 진동 성분이, 455kHz에서 굽힘 진동 성분이 나타남을 알 수가 있으며 이로부터 굽힘 진동 성분이 지배적임을 알 수 있다. 이는 슬라이더의 고유진동모드로서 이로 인한 헤드와 디스크간의 접촉력 발생가능성을 보여준다.

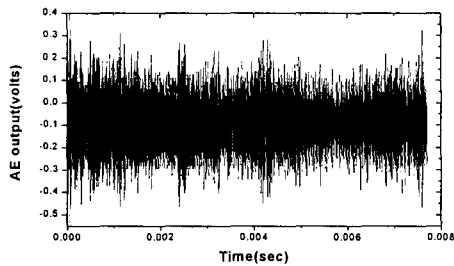


Fig. 6 Acoustic emission signal when drive fly during 8 milli seconds

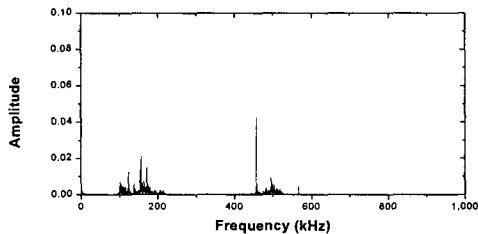


Fig. 7 Frequency spectra of acoustic emission signal when drive fly.

Fig. 6은 슬라이더가 완전히 부상했을 때의 신호를 나타낸 것이며, Fig 7은 이 신호를 역시 주파수 영역으로 FFT 분석한 그림이다. 앞서 Start up 순간에서 FFT 한 그림과 비교해 볼 때 비틀림, 굽힘 모드의 주파수대는 일치하지만 amplitude에서 많은 차이를 보인다. 즉, 슬라이더가 Start up 할 때는 디스크 진동으로 인한 초기구동으로 접촉이 빈번하고 그 크기도 크므로 더 많은

비틀림, 굽힘이 발생되지만 슬라이더가 완전히 부상하게 되면 디스크와는 직접적인 접촉은 없어지게 되어 비틀림, 굽힘의 크기도 줄어들게 된다. 따라서 FFT 분석에서 amplitude가 많이 줄어든 것을 볼 수 있다.

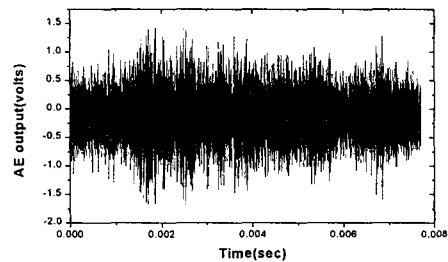


Fig. 8 Acoustic emission signal when drive stop during 8 milli seconds

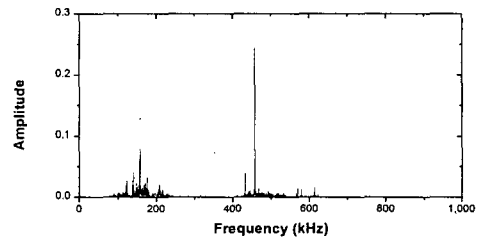


Fig. 9 Frequency spectra of acoustic emission signal when drive stop

Fig. 8은 하드디스크 드라이브가 Stop할 때 9 m sec 동안의 신호를 받은 것이다.

Fig. 9는 Stop할 순간의 AE신호를 FFT분석한 결과이다.

Start up 할 때와 유사한 주파수 영역의 특성을 보이지만 그 크기에 있어서 좀더 증가한 것을 볼 수 있다. Fig.3에서 본 것과 같이 CSS 실험의 전체 사이클의 AE 신호를 잡은 것을 보면 Stop 시의 전압크기가 Start up 시의 크기보다 큰 것을 볼 수 있

는데 FFT 분석의 결과 또한 Stop 시의 주파수대의 Bending mode를 살펴보면 크기가 좀더 증가한 것을 볼 수 있다. 따라서 드라이브는 초기구동 할 때보다 멈출 때가 더 큰 접촉을 하게 되어 헤드나 디스크 손상에 더 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

결 론

본 연구에서는 AE 센서를 이용하여 하드 디스크 드라이브에서 헤드와 디스크간에 발생하는 접촉을 주파수 영역에서 분석하여 슬라이더의 고유진동모드의 특성을 조사했다.

본 연구의 결론은 아래와 같이 요약될 수 있다.

첫째, 하드디스크 드라이브가 구동할 때 Start up, Fly, Stop의 세 과정으로 진행되는 CSS 실험에서 받은 AE 신호를 FFF 분석했을 때 나타난 슬라이더의 고유진동모드는 157kHz에서 비틀림 모드가 나타났고, 455kHz에서 굽힘 모드가 나타났다.

둘째, Start up, Fly, Stop의 세 과정에서 Stop 할 때의 비틀림, 굽힘 모드의 amplitude가 가장 높게 나타났고, Start up 할 때는 조금 낮게 나타났다. 그러나 슬라이드가 완전히 부상할 때는 아주 낮은 amplitude를 보이는 것으로 봐서 접촉은 거의 일어나지 않으며, Start up 할 때 보다 Stop 할 때 더 슬라이더는 큰 접촉을 보이는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Kita, T., Kogure, K., Mitsuya, Y. and Nakanishi, T., "New Method of Detecting Contact between Floating-Head and Disk", IEEE Trans. Magnetics, Vol. Mag-16, No.

5, pp. 873-875, 1980.

2. Hatamura, Y., Nakao, M., Miyazaki, H., and Shinohara, T., "A Measurement of Sliding Resistance Forces for Various Heads and Disks by High-Rigid Force Sensor", IEEE Trans. Magnetics, Vol. 24, No. 6, pp. 2638-2640, 1988.

3. Tseng, R.C., Talke, F.E., "Transition from Boundary Lubrication to Hydrodynamic Lubrication of Slider Bearings", IBM J RES. Develop. pp 534-540.

4. Jeong, T.G., Bogy, D.B., "An Experimental Study of the Parameters That Determine Slider-Disk Contacts During Dynamic Load-Unload", ASME Journal of Tribology, Vol. 114, pp. 507-514, 1992.

5. O'Brien, K. and Harris, D., "Head/Disk Interface Contact Detection Using a Refined Acoustic Emission Technique", ASME Journal of Tribology, Vol. 118, pp. 539-542, 1996.

6. Ganapathi, S.K., Donovan, M. and Hsia, Y.T., "Contact Force Measurements at the Head/Disk Interface for Contact Recording Heads in Magnetic Recording", SPIE invited paper, Vol. 2604, pp236-243, 1996.