

CD-ROM 구동 시 발생소음 분석 및 저감 방안에 관한 연구

이재승*(연세대 대학원 기계공학과), 차성운(연세대 기계공학과)

A Study of Acoustic Noise Analysis and Reduction Method for Driving CD-ROM

J. S. Lee(Mecha. Eng. Dept. Yonsei Univ.), S. W. Cha(Mechanical Eng. Dept., Yonsei Univ.)

ABSTRACT

Optical disk drive device is improved in rotating speed for faster data reading. In the case of CD-ROM, rotating speed is over 10000 rpm in the practical use. As a result of high rotating speed, unexpected effects as like increasing disk fluctuation and acoustic noise are raised by the air friction on the rotating disk and the eccentricity of rotating parts. The overall acoustic noise of running CD-ROM could be classified into two different characterized noise. The first is the structural-borne noise which is generated from vibrating solid body. By the reason, the signal of structural borne noise has very similar to the signal of surface vibrating one. It has dense noise energy at specific frequency region. The other is the air-borne noise which is generated from turbulence or vortex caused by friction between disk and air. The signal of air-borne noise has no dominant peak point at acoustic pressure-frequency domain. The noise energy is widely distributed while comparatively high and large frequency region. The structural-borne noise could be reduced by reducing vibration of structure and in addition it's target reducing frequency is narrow. However the air-borne noise reduction is effectively needed of enclosing method for the noise source located near the disk surface because it is difficult to define target frequency point. In this study, the acoustic noise at driving CD-ROM is classified by the sides of it's character and tried to reduce the overall acoustic noise.

Key Words : Acoustic noise (음향소음), Structural-borne noise(구조소음), Air-borne noise (공력소음), Overall acoustic noise(전체음향소음)

1. 서론

정보 저장 매체에 있어 현재 가장 각광 받는 매체로써 HDD(Hard Disk Drive), 또는 ODD(Optical Disk Drive)를 들 수 있다. 그 중 광기록 저장 매체(이하 ODD)의 경우, 디스크의 휴대가 가능 하며 그 기록 밀도에 있어 DVD 나 HD-DVD 등의 개발에 의해 그 용도가 점차 널리 보급되고 있는 추세이다.

일반 CD-ROM 의 경우에 있어서도 보다 빠른 데이터 재생에 관점에서 보면 그 속도가 증가해 왔으며 현재 기록재생 속도는 52 배속 CD-ROM 의 시판이 이루어 지고 있다. 이러한 CD-ROM 의 회전속도는 최고 10000rpm 이상의 속도를 가지고 있으며 기록 재생 면에서도 기존의 휴대가능한 다른 저장매체들과는 월등한 성능을 보이고 있다.

반면, 고속 회전 디스크에 의해 기록 재생 속도는 증가하였으나 불필요한 현상이 일어나게 되며, 이

는 크게 진동에 의한 데이터 수집에 대한 예러발생과 소음의 증가를 야기하게 된다. ODD 의 경우 디스크에 생성된 Pit 를 레이저가 이동하며 광량의 차이에 대해 신호를 읽게 되는 구조이므로 고속회전에 대한 원심력의 증가와 회전 구조의 취약 설계에 의해 광점(Beam spot)이 트랙을 이탈하는 경우가 발생하게 된다. 또한 고속 회전으로 구동을 하게 될 경우 소음이 발생하게 되며 이러한 소음은 기기의 성능에 직접적인 영향을 미치지 않지만 이용자의 불쾌감을 증가시키는 큰 요인이 될 수 있다.

CD-ROM 의 소음은 크게 구조소음(Structural-Borne Noise)과 공력소음(Air-Borne Noise)으로 구분될 수 있으며, 각 분류된 소음은 다소 다른 특징을 갖게 된다. 먼저 구조 소음의 경우, CD-ROM 구동시 구조면의 진동이 발생하게 되며 이는 공기 입자를 가속시켜 공기입자의 밀집된 부분과 그 반대인 부분이 생성되어 압력전달이 이루어 진다. 그러므로 구조

소음의 경우는 공기입자의 주기적인 가진에 의해 생성되므로 주파수 특성 또한 구조면의 가진 주파수대역에서 주기적으로 밀집된 에너지 분포를 갖게 된다. 반면 공력소음의 경우는 디스크의 고속 회전으로 인해 매질인 공기와 마찰하며 공기 입자의 요동을 생성시키며 이러한 입자의 불특정한 운동이 주변의 입자로 전달되어 수음자에게 전달되는 것이다. 이러한 공기 마찰에 의한 소음의 경우는 에너지 분포면에서 그 주기성을 찾아보기 힘들며 분포 또한 특정 주파수가 아닌 넓은 주파수 범위에 걸쳐 존재함을 특징으로 들 수 있다.

본 연구에서 위에서 언급한 CD-ROM의 구동시 생성되는 소음에 대해 해석, 분류의 과정 및 일련의 저감 대책에 대한 내용을 다룬다.

2. CD-ROM 소음의 분석

CD-ROM의 소음의 특징을 도출하기 위해 센서에 의한 측정이 이루어지며 주파수 대역(Hz)에 대한 에너지 밀도분포를 다루게 된다. 이와 더불어 진동면에 대해서도 가속도 성분의 측정이 이루어지며 비교 분석이 수행된다. CD-ROM에서 구동시 생성되는 소음을 측정기 위해 1/2 inch Microphone, FFT(Fast Fourier Transform) Analyzer를 사용하였으며 측정공간의 암소음은 34dB 정도이고 구조 진동을 측정기 위해 LDV(Laser Doppler Vibrometer), FFT Analyzer를 사용하였다.

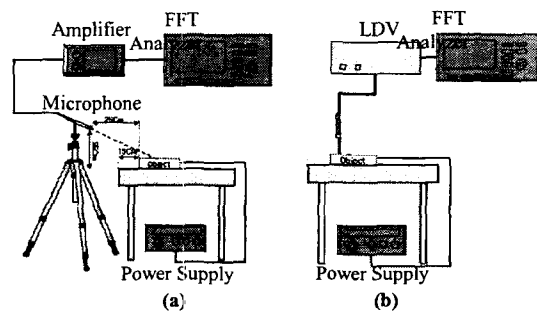


Fig.1 Set up for detecting acoustic noise (a) and vibration (b)

2.1 구조소음 영역

가청 주파수 대역(20Hz~20,000Hz)의 비교적 저주파수 대역(800Hz 이하)에서 진동신호의 경우를 볼 때 Fig.2에서는 속도성분이 가장 크게 나타나는 디스크 끝단에서의 비접촉식 진동센서(LDV)를 통해 신호를 주파수 대역에서 수집한 것이다. 이 경우 회전가진 주파수인 170Hz의 정수배에 해당하는 에너지 밀집 주파수 구간을 나타내고 있다.

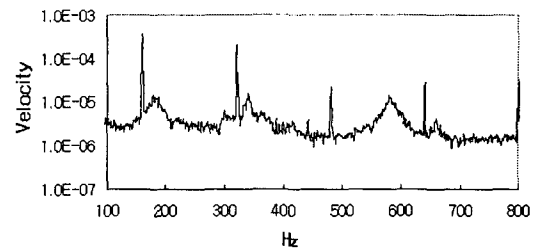


Fig.2 Disk Fluctuation(detect by LDV)

Fig.3의 경우는 같은 주파수 대역에서 800Hz 이하의 주파수 대역에서 마이크로폰에 의한 신호를 수집한 것으로 진동 신호와 비교해 유사한 Peak의 분포를 나타낸다.

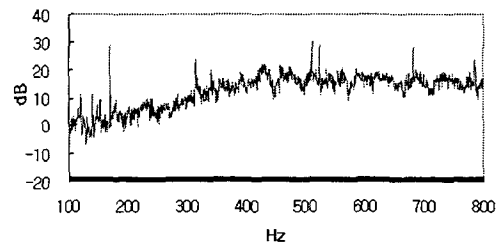


Fig.3 Acoustic Noise Distribution

Fig.4에서는 3,000Hz 이하의 주파수 대역에서 진동과 소음의 신호를 비교한 것으로 속도와 데시벨 단위를 압력단위로 일치시켜 비교하였다. 대략 2,300Hz 이하의 주파수 대역에서 가진 주파수와 일치하는 구조소음의 분포를 볼 수 있으며 그 이상의 주파수 대역에서는 주기적인 peak point가 존재하지 않는 것을 알 수 있다.

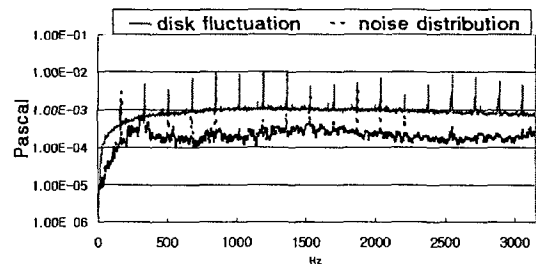


Fig.4 Comparison between vibration and noise at low frequency

이와 같은 신호를 분석해 볼 때 매질과 가진하는 고체면에서 공기입자의 속도는 같으므로 특정 주파

수로 가진되는 경계면의 공기입자가 공간상으로 운동하며 고주파대역에서 감쇠됨을 예측할 수 있다. 즉, 2,300Hz 이하의 주파수 대역에서 지배적으로 나타나는 소음의 경우, 구조 진동면의 가진 주파수와 일치하는 분포를 보이며 진동면의 경계면 가진에 의한 구조소음의 영향이 두드러짐을 알 수 있다.

2.2 공력소음 영역

2,300Hz 이상의 영역에서 구조소음의 영향은 수집한 신호에 의해 감소됨을 판단할 수 있다, 실제 인간의 가청 주파수 대역인 20Hz~20,000Hz 대역에서 신호를 수집한 결과는 Fig. 5 에 나타나 있으며 그와 비교로 디스크 부재 시 같은 회전 속도로 모터를 구동 시켰을 때의 신호를 나타내었다. 디스크의 부재에 따른 소음의 분포를 보면 진동성분과 같이 각 peak point 사이의 에너지 분포가 peak point 와 크게 차이가 나는 것을 알 수 있으며 대략 2,000Hz 이상의 대역에서는 그 분포가 현격히 감소하는 것을 알 수 있다. Disk 를 회전 시킬 때의 신호는 대략 2,300Hz 의 구간에서, 주기성을 찾기 힘들며 넓은 주파수 대역에 걸쳐 분포하고 있음을 나타낸다.

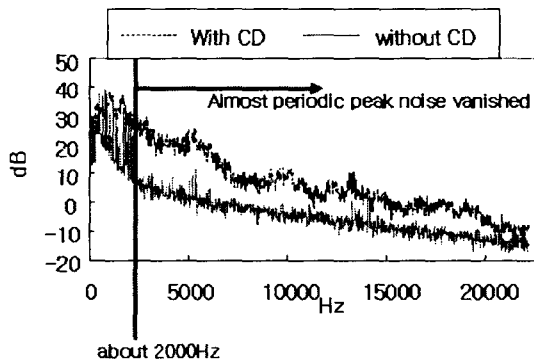


Fig. 5 Acoustic noise signal of rotating with disk and only motor

모터만 구동 시킬 때의 신호와 비교해 대략 2,000Hz~5,000Hz 에서 차이가 크게 남을 알 수 있는데 이러한 주파수 대역은 인간이 가장 예민하게 음을 청취하는 주파수 대역과 일치하게 된다. 즉 이 주파수 대역에서는 낮은 절대 음압에서도 다른 주파수 대역의 높은 절대 음압보다 더 높은 레벨의 음으로 청취될 수 있는 것이다.

3. CD-ROM 소음 저감

3.1 소음누설(Leakage)취약 부분 보강

소음의 저감에 있어 효과적인 방안은 소음원의

차폐(enclosing)를 들 수 있다. ODD 의 경우는 HDD 와 같이 내부가 외부와 차폐가 잘 되어 있지 않기 때문에 소음의 누설이 보다 크다고 예측할 수 있다. 이러한 누설이 크게 나타나는 부분을 정성적으로 관측하기 위해 Fig. 6 과 같이 드라이 아이스가 가득 찬 투명 밀폐용기속에 CD-ROM 을 위치한 후 구동 시 드라이 아이스의 유동을 관측하였다. 그 결과 외장 케이스와 전면부 패널의 연결부위에서 매질인 공기의 유출이 관찰되고 이를 통해 소음의 누설 또한 예측한다.

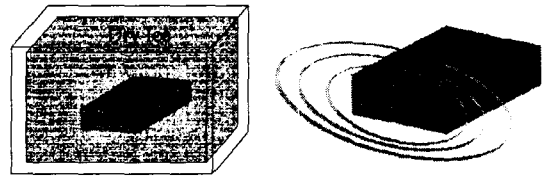


Fig. 6 Noise leakage observation

이러한 누설에 대해 고무재질을 이용한 연결부위의 틈을 최소화 하였다. 가청주파수 대역에서 측정된 Sealing 전의 52.3dB 의 대상 주파수 전역의 적분에 따른 전체 소음(Overall Noise)은 Sealing 후 50.3dB 로 2dB 의 감소를 보인다.

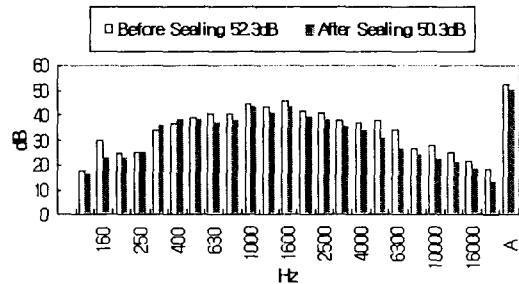


Fig. 7 Noise reduction by sealing (1/3 Octave band)

또 다른 전면부 소음 누설 저감에 대한 개선책으로 CD-ROM 전면 패널을 변경하여 누설저감에 대한 효과를 기대하였다.

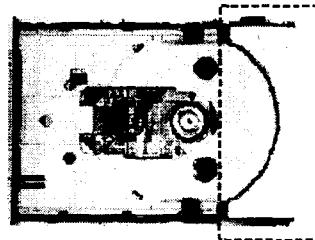


Fig. 8 Modification of front panel

즉 전면패널의 연결면을 내부로 더 유도하여 공기의 유출을 방해하는 구조로 부분적인 구조 변경을 수행하였다. Fig. 9 에서 보인 바와 같이 구조변경을 통해 가청주파수에서의 전체 소음 또한 2.1dB 가량 감소를 보인다.

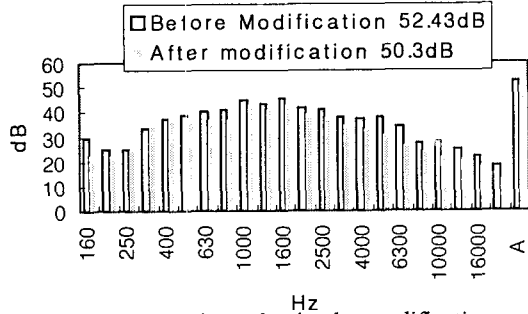


Fig. 9 Noise reduction by modification (1/3 Octave band)

3.2 흡음재(porous material)에 의한 소음저감

차음의 방법외에 소음을 저감 시키는 수단으로 흡음재의 첨가를 들 수 있다. 특히 다공질 재료(Porous material)의 경우 유체입자의 운동 에너지가 다공질 내부 벽면에서 마찰등에 의해 열에너지로 전환된다고 보고 되고 있으며 강성이 큰 벽면에 부착되어 흡음성을 크게 나타낸다. CD-ROM의 경우 음원인 디스크와 가장 밀접한 외장 벽면인 덮개의 내부 벽면에 디스크 회전 시 접촉을 고려하여 2mm 두께의 흡음재를 부착하였다.

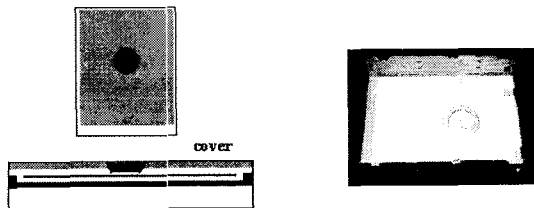


Fig. 10 Pasting a porous material on the inner surface of top cover

흡음재의 부착을 통해서도 전체 소음은 약 2dB의 감소를 보이는 것을 Fig. 11의 신호수집를 통해 알 수 있다.

이상 몇 가지 소음 저감방안에 대한 실험이 수행되었으며 2dB 이상의 저감 효과를 보이고 있다.

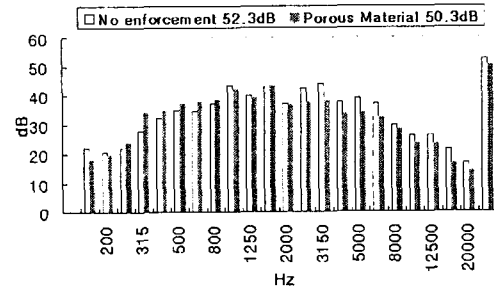


Fig. 11 Noise reduction by porous material (1/3 Octave band)

4. 결론

신호의 분석을 통해 CD-ROM 구동 시 소음의 분포 특성과 특히 민감청 대역에서 공력소음의 분포가 두드러짐을 알 수 있다. 또한 몇 가지 개선방안에 대한 실험을 통해 가청주파수 대역의 전체 소음 레벨을 각 2dB 이상 감소 시킬 수 있었으며 그 감소 대역이 대부분 2000Hz 이상의 민감청 주파수에 대해 효과적으로 나타남을 알 수 있다. 즉 현재 제작되고 있는 제품의 취약부분에 대한 설계변경을 통한 구조변경 및 재질 첨부를 통해 보다 정숙한 운행이 가능한 CD-ROM 구현이 가능하다.

후기

본 논문은 삼성 OMS 사업부의 정보저장기기센터(CISD)지원의 일환으로 수행되는 연구의 일부이며 지원해 주신 분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. C.L. Morfey and H.K. Tanna, "Sound radiation from a point force in circular motion", 1970
2. R.G. White & J.G. Walker, "Noise and Vibration"
3. J.E. Ffowes Williams, "Sound and Source of Sound", 1983
4. Nam, "DVD & CD/R/CD-RW Technique", 2001
5. Ko, Pyo and Seong, "Structure-Born and Flow Noise Reductions", 2001