

언로드 성능향상을 위한 디스크 범프의 디자인 및 해석

Design and analysis of disk bump to improve unloading performance

이형준† ·이용현**·김기훈**·박노철*·박영필**

Hyung-Jun Lee†, Yong hyun Lee**, Ki-hoon Kim**, No-Cheol Park* and Young-Pil Park**

Key Words : Disk bump, Unload performance, slider, Unload

ABSTRACT

Load/Unload(L/UL) technology includes the benefits, that is, increased areal density, reduced power consumption and improved shock resistance. The main issues of L/UL are no slider-disk contact and no media damage. To make sure L/UL stability, we consider many design parameters in L/UL systems. This paper is focused on disk design parameters through designing a disk bump in outer guard band(OGB). In the case of bump design on the disk, we create a bump by changing bump design parameters as like size and amplitude. From dynamic analysis, we choose optimal bump model with the highest flying height and the longest rising time. When a slider passes over a bump in dynamic system, the slider rise above bump according to bump shape. On the basis of this rising effect on the bump, we apply bump design to classical L/UL system having slider-disk contact possibility. This study is based on the simulation, we finally realize improved slider unloading performance by applying slider dynamic result on unload simulation.

1. 서론

21 세기 들어 정보화, 지식화가 점차 심화됨에 따라 개인이 저장해야 할 데이터의 양은 폭발적으로 늘어나고 있으며, 개인용 저장장치의 개발이 전 세계적으로 활발히 추진되고 있다. 앞으로의 정보저장기기는 네트워크의 정보량 증가 및 고속화로 고 용량, 고 전송 량이 요구되며, 휴대용 저장기기의 수요급증으로 인하여, 시장은 휴대성이 강조되는 소형 정보저장기기를 요구 하고 있다. 이러한 필요성과 욕구를 충족시키기 위해서 많은 노력들이 이루어지고 있는데, 자기기록기술에 바탕을 둔 정보저장장치의 대표적인 하드디스크드라이브는 높은 기록밀도, 높은 데이터 전송속도, 빠른 접근시간 및 낮은 가격 등으로 인하여 다른 정보저장기기에 비하여 널리 사용되고 있다. 하지만, 이러한 고밀도, 고속화, 소형화의 기술발전에 의해서 하드디스크 시스템 내에서 많은 불안정 요소들이 발생하고 있다.

하드디스크는 구동의 특성 상 외부 충격에 약하고 정보의 손실이 발생할 가능성이 높다. 이러한 외부 충격에 대해 견딜 수 있는 동시에 소형의 미디어에 대용량의 정보를 기록하기 위하여 개발된 기술이 로드/언로드(Load/Unload) 기술이다.

로드/언로드 방식을 통하여 슬라이더와 디스크 간의 충돌을 방지하고 그로 인한 미디어의 손상을

막고 부드럽고 짧은 언로딩 과정을 구현할 수 있다.[1] 그러나, 이러한 로드/언로드 방식은 개선해야 하는 기술적인 문제점이 존재한다. 디스크가 작동하는 동안에 슬라이더가 디스크 표면에 닿지 않도록 설계되었지만, 실제로는 슬라이더가 로드/언로드 과정 중에 순간적으로 디스크에 충돌이 발생할 수 있다. 이러한 로드/언로드 과정에서의 충돌에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다. Zeng [3] 과 Hu [4]는 음압 슬라이더의 언로딩 과정에 대해서 당기는 힘이 슬라이더에 심각한 영향을 준다는 것을 보였다. Zeng 과 Bogy[1~2]는 시뮬레이션을 통하여 램프 형상, 슬라이더 버니쉬, 디스크 회전속도, 로드/언로드 속도, 공기 베어링 형상 설계, 슬라이더의 초기 위치, 덤플 초기힘, 부상력 등이 로드/언로드 과정에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

현재까지의 연구는 슬라이더 공기 베어링 형상, 서스펜션 설계 변수, 램프형상에 관하여 슬라이더-디스크 간의 충돌 현상을 규명하거나 극복하는 방법으로 최적화 기법을 통한 연구가 많았다. 그래서 본 연구에서는 램프가 위치하고 있는 디스크 외주의 OGB(Outer Guard Band)영역에 디스크 범프를 형성하고 이 부분에서 언로딩을 수행할 때 기존의 시스템보다 부상을 높아지게 하여 로드/언로드 시 일어날 수 있는 헤드와 디스크간 충돌 발생의 가능성을 감소시킬 수 있는 새로운 시스템을 설계하고자 한다.

† 연세대학교 기계공학과 대학원

E-mail : leehyungjun@yonsei.ac.kr

Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460

* 연세대학교 정보저장협동과정

** 연세대학교 기계공학과

2. 로드/언로드 메커니즘

2.1 로드/언로드 시스템의 일반적인 특성

로드는 하드디스크가 동작할 때 VCM (Voice Coil Motor) 작동기가 디스크의 내경으로 서스펜션을 이동시키면 서스펜션이 적절하게 제어된 속도로 램프에서 미끄러져 나와서 디스크 표면에 도달하는 것이다. 언로드는 하드디스크에서 VCM (Voice Coil Motor) 작동기가 디스크의 외경 밖으로 서스펜션을 이동시키면 리프트 탭이 램프를 타면서 헤드를 디스크 면상에서 들어 올려서 안전한 영역으로 옮기는 것이다.

로드/언로드 방식은 기존의 CSS(Contact Start Stop) 방식에 비해 하드디스크 내 헤드의 부상 높이를 낮게 할 수 있기 때문에 면 기록 밀도를 높일 수 있다. 또한, 기존에는 정지 후 구동할 때 슬라이더를 부상시키기 위한 스프링 회전이 필요하였으므로 전력소모가 발생했다. 그러나 로드/언로드 방식은 작동하지 않을 때에는 디스크 표면 위에 작동기의 로드빔과 서스펜션이 위치하지 않으므로 공기 저항과 관련되는 전력 소비를 크게 감소시킬 수 있다. 그리고, 비 구동 시 외부 충격에 대해 헤드가 디스크 표면에서 분리되어 튀어 올랐다가 되돌아가면서 디스크 표면에 충돌하여 손상이 발생하는 헤드 슬랩을 막을 수 있어 휴대용 하드디스크에 적용되기에 유리한 점을 가지고 있다.[5]

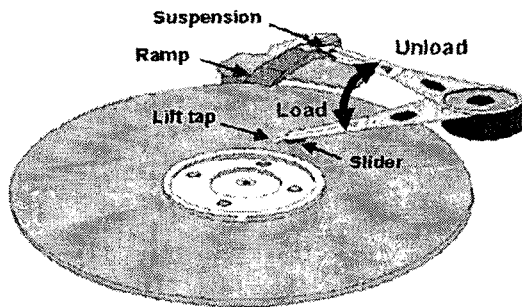


Fig.1 램프 로드/언로드 모식도

2.2 언로드 구동 과정에서의 문제점

로드/언로드 시스템은 디스크가 작동하는 동안에는 슬라이더가 디스크 표면에 닿지 않도록 설계되었지만 실제로는 슬라이더가 로드/언로드 과정 중에 순간적으로 디스크에 충돌하는 경우가 발생

한다.

언로드과정에서 초기에 리프트 탭이 램프와 접촉한 후 램프를 따라 상승하면서 딩플이 슬라이더와 분리된다. 그리고, 서스펜션 상승폭이 커지게 되면 플렉서에 연결된 리미터가 서스펜션에 걸리게 되면서 슬라이더를 강제적으로 들어 올리게 된다. 이 과정 중 플렉서의 진동과 슬라이더의 리프트 오프 힘이 증가하여 슬라이더의 자세가 불안정해지거나 슬라이더의 리바운딩에 의해 헤드 디스크간 충돌의 가능성이 커지게 된다.

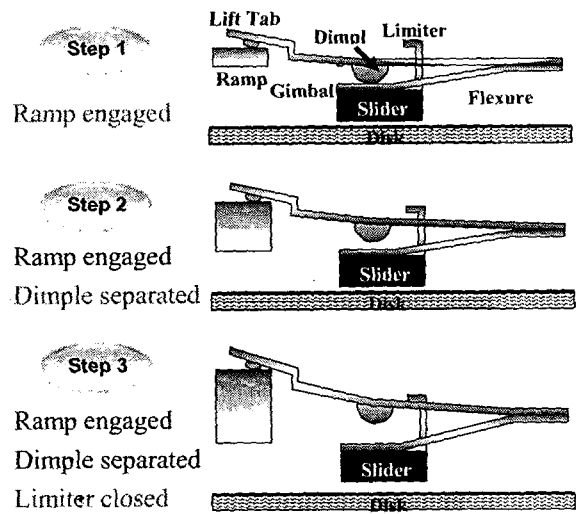


Fig. 2 언로드 과정

따라서, 본 연구는 언로드 과정에서 발생할 수 있는 헤드-디스크간의 충돌을 야기할 수 있는 요인을 제거하기 위하여 디스크 외주에 범프를 형성하여 슬라이더 다이내믹 해석과 언로딩 시 동특성을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

3. 디스크 범프 디자인

3.1 디스크 영역의 구성

로드/언로드 시스템에서 디스크의 외주는 일정 부분 램프가 그 윗면을 덮고 있게 되면서 데이터를 기록하지 못하는 구간이 있는데 이를 OGB(Outer Guard Band)영역 이라고 한다. 그리고 데이터 기록영역과 디스크의 안쪽 액추에이터의 최대 작동 범위를 나타내는 IGB(Inner Guard Band) 영역으로 나뉜다.

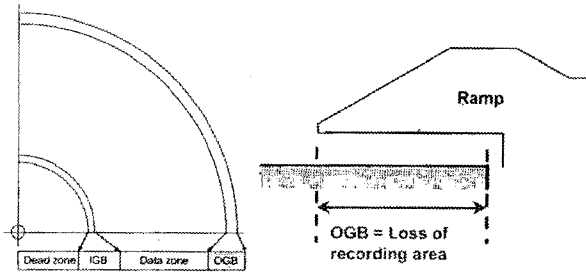


Fig. 3 디스크의 구조

따라서, 연구는 슬라이더가 언로드 되는 부분인 디스크 외주의 OGB 영역에 범프를 형성하여 디스크 내의 기록영역이 침해 받지 않도록 슬라이더의 동특성을 관찰한다.

3.2 디스크 범프의 종류

하드디스크에서 디스크와 슬라이더에서 표면 거칠기나 표면 굴곡을 구현할 때에는 일반적으로 Fig. 4 와 같이 사인파형, 타원형, 원기둥형, 직사각형의 형상이 사용된다. 디스크 상에서 돌출부로 흔히 사용되는 모델로써 사인파형과 직사각형 두 종류를 선택하여 범프의 형상을 구현하였다.



Fig. 4 범프의 종류

3.3 디스크 범프의 형상설계

위 범프의 유형들은 가로 세로 길이인 X-size, Y-size 와 수직 높이로 형상의 크기가 정해진다. 슬라이더의 상승 높이를 범프의 기울기와 비교하고, 슬라이더와 범프의 충돌 현상에 대해서 다수의 시뮬레이션을 거친 뒤, X-size 와 Y-size 는 동일한 조건으로 그 크기를 일치시켜서 가로세로 크기와 높이 두 개의 변수를 갖는 범프를 디자인 하였다. 초기형상으로 X, Y 길이가 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 이고 높이가 20nm 인 형상을 만들었다. 이후 이 범프의 사이즈는 범프 형상을 변화시킬 때 기본형으로 사용되어진다.

4. 정적 상태에서의 슬라이더 해석

범프 해석을 하기 위해 사용된 펨토 슬라이더는 슬라이더 자체영향만을 고려한, 정적 평형상태에

서 다음과 같은 특성을 가진다.

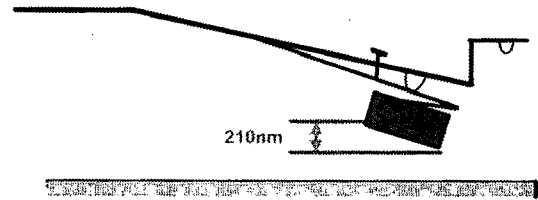


Fig. 5 정적 상태에서의 슬라이더 상태

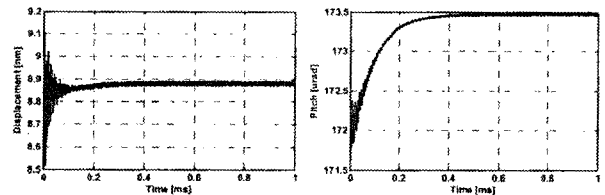


Fig. 6 슬라이더의 상승 높이와 피치

슬라이더의 각 지점 중 디스크상에서 가장 높은 위치인 선단 중앙부분과 가장 낮은 위치인 말단 중앙의 높이 차이는 약 210nm 이고, 상승 높이와 피치는 각각 하나의 값으로 수렴하였다.

5. 동적 상태에서의 슬라이더 해석

5.1 슬라이더의 동적 거동

범프 형상을 사인파형과 직사각형 두 그룹으로 나누어 동적 해석을 한 결과 사인파형 범프는 형상의 변화에도 민감하게 잘 추종을 하였지만, 직사각형 범프는 낮은 높이의 범프형상 이외에는 사이즈와 높이를 증가시켰을 때, 형상 변화에 잘 반응하지 못하고 범프에 쉽게 충돌하는 경향을 보였다. 따라서, 슬라이더에 대한 사인파형 범프의 동특성에 대해서만 조사한다.

Fig. 7 은 디스크 위에 사인파형 범프(size:1mm \times 1mm, amplitude:100nm)를 구현하여 슬라이더의 헤드 위치에서의 상승높이와 피치 각에 대한 그래프이다. 슬라이더가 처음 범프를 만나게 되면 피치가 증가하면서 상승 높이가 감소하는 현상을 볼 수 있다. 그러면서, 범프의 크기와 높이가 증가할수록 슬라이더의 피치가 증가하여 슬라이더의 헤드가 디스크 면과 이루는 거리가 낮아진다. 일정 높이 이상 감소하게 되면 언로드 시 불안정성이 커지게 되면서 헤드 디스크 충돌 발생가능성이 높아지므로, 제한 높이를 맞춰주는 것이 필요하다. 그리고 그림에서 보면 상승높이가 최대가 되는 점에 오르게 함으로써 헤드와 디스크 간의 간격은

최대가 되는 위치에 놓이게 되는데, 이 지점 이후로는 상승 높이의 하강이 나타나므로 이 지점은 슬라이더의 최대상승 위치이다. 그리고 이 최대의 위치 값을 가진 범프 모델을 언로드 시 적용한다.

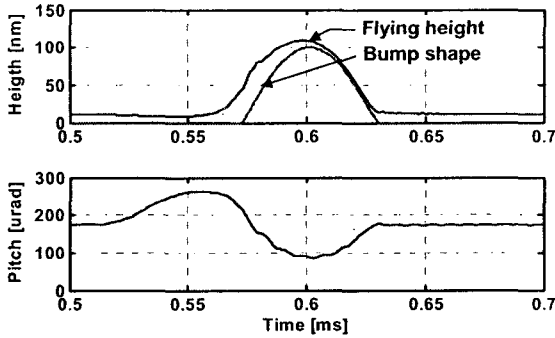


Fig. 7 범프의 영향으로 인한 상승높이 변화와 피치 각

5.2 Parametric study

위 사인파형 범프를 길이 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$, 높이 20nm 를 기준으로 size 로 $50\mu\text{m}$ 씩, 높이는 20nm 씩 증가시켜가면서 두 변수에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 7 에서 A 는 범프로 인하여 슬라이더 디스크간 충돌이 발생하는 범프의 크기 영역이고, B 는 5.1 에서 언급한 부분으로 슬라이더가 초기에 범프와 만나면서 상승높이가 5nm 이하로 내려간 부분의 영역을 나타내었고, C 는 A 와 B 를 제외한 유용한 자료로 사용할 수 있는 범프의 영역을 표시한 부분이다.

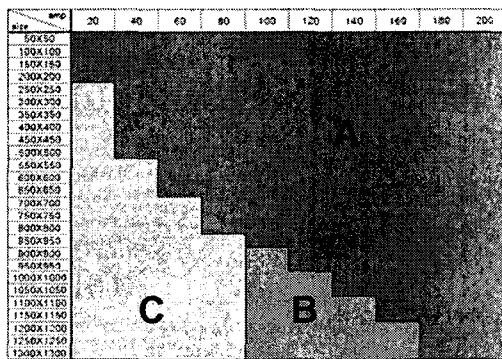


Fig. 7 동적 시뮬레이션 수행 과정

다음 그래프는 5.1 에서 피치에 의하여 상승높이가 하강하는 부분과, 정점에 이르렀을 때의 상승높이를 범프의 사이즈 별로 도식화한 그래프이다.

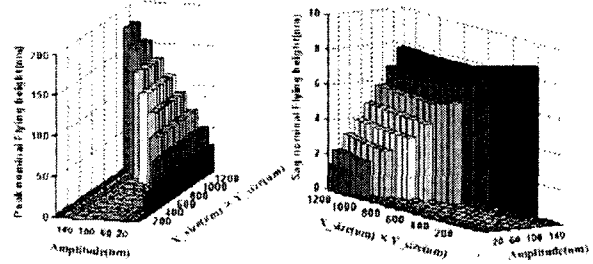


Fig. 8 동적 시뮬레이션 수행 결과

위 결과를 통하여 피치의 증가로 인하여 부상높이가 과도하게 내려가 헤드와 디스크 충돌에 영향을 줄 수 있는 범프 모델을 제외한 최상의 상승 높이를 이르게 하는 범프를 선정하여 언로드 시뮬레이션을 수행한다.

6. 결론

본 연구는 기존의 로드/언로드의 성능을 높이기 위해서 슬라이더 공기베어링 형상, 서스펜션, 램프 등의 변수를 이용하지 않고, 디스크에서 사용하지 못하는 OGB 면을 활용하여 범프를 설계함으로써 언로드 성능향상에 영향을 줄 것으로 기대한다. 언로드 과정에서 슬라이더가 범프를 타고 진행할 때 헤드부분의 상승 높이는 증가하여 헤드와 디스크 충돌의 가능성을 줄여주고, 공기베어링 힘을 줄일 것이다. 그리고 기존의 OGB 구간을 줄여 더 많은 기록영역을 확보하고 디스크 외주 말단에 설치된 범프로 인해 빠른 언로딩에 이르게 함으로써 언로드 특성향상에 많은 도움을 줄 것이다.

참고문헌

- (1) D.B. Bogy and Q.H. Zeng, 2000, Design and operating conditions for reliable load/unload systems, Tribology International 33, pp. 357-366
- (2) Q.H. Zeng and D.B. Bogy, January 2000, Effects of Certain Design Parameters on Load/Unload Performance, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 36, No. 1, pp. 140-147
- (3) Q.H. Zeng, M. Chapin and D. B. Bogy, 1999, "Dynamics of the unloading process for negative pressure slider," IEEE Trans. Magn., Vol. 35, pp. 916-920.
- (4) Y. Hu, P.M. Jones and K. Li, 1998, "Air bearing dynamics of sub-ambient pressure sliders during dynamics unload", ASME/STLE, International Tribology Conference, Toronto, Canada, Oct. 572~577.
- (5) T. R. Albrecht and F. Sai, March 1999, Load/Unload Technology for Disk Drives, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 35, No. 2, pp. 857-862