

HDD 로드-언로드 속도를 고려한 헤드/미디어 인터페이스 특성 최적화

Optimization of the head/media interface in HDD considering the load/unload velocity profiles

강태식*·김도완**·정준***

Tae-Sik, Kang, Do-Wan, Kim and Jun, Jeong

Key Words : HDD, Ramp, Load/Unload, Slider, Suspension

ABSTRACT

It's general trend to use the load/unload mechanism in the small form factor HDD, like 2.5", 1.8" and 1.0". The load/unload mechanism has little opportunity of head/media contact during the disk spin-up and down. However, the load/unload mechanism needs the precise integration technology with slider, suspension, ramp, load/unload velocity and so on, and all of these components should be designed simultaneously, not an individually. In this paper, we measured the load/unload velocity in the drive level, and executed the load/unload dynamics with this velocity profiles. We could find the current load/unload mechanism suitable to the long load/unload test.

1. 서 론

HDD 용량이 최근 수년간 매년 약 60%이상으로 증가하고 있어, 이를 달성하기 위해 보다 정밀한 기술이 요구되고 있다. 특히 슬라이더의 부상높이는 최근 10nm이하로 낮아지면서 디스크와의 접촉에 의해 트라이볼로지 문제가 크게 이슈화 되고 있는 실정이다.

HDD에 전력을 인가할 때와 제거하는 ON/OFF시, 슬라이더가 디스크 위로 뜨고 내리도록 하는 방식으로는 크게 CSS와 램프 로드-언로드 두 가지가 방식이 널리 사용되고 있다. CSS 방식은 슬라이더가 뜨고 내릴 때 디스크와의 접촉이 필연적으로 발생하게 되어 신뢰성 확보를 위해 디스크 및 슬라이더 표면 처리와 같은 다양한 노력이 요구되는 반면, 램프 로드-언로드 방식은 슬라이더가 디스크에서 직접 뜨고 내리지 않음 때문에 디스크와의 접촉을 최대한 줄일 수 있을 뿐 아니라, 비동작시 충격에 매우 강한 장점을 가지고 있다.

그러나, 램프 로드-언로드에서는, 슬라이더가 디스크로 로딩(load)되는 순간과 디스크로부터 언로딩(unloading)되는 순간에 상호 충돌이 발생하여 디스크 및 헤드에 손상을 줄 가능성이 있다. 이러한 충돌을 방지하기 위해서는 슬라이더의 표면 형상, 서스펜션, 램프, 그리고 로드-언로드 속도에 대한 통합

설계가 반드시 수행되어야 한다.

본 논문에서는 설계가 확정된 로드-언로드 시스템에 대한 성능을 시뮬레이션과 실제 드라이브 실험을 수행하여 디스크와의 접촉 여부를 확인하고, 드라이브 신뢰성을 파악하는데 그 목적이 있다.

2. 로드-언로드 속도 측정

2.1 측정 방법

로드-언로드 속도를 계산하는 방법으로는 드라이브의 VCM BEMF를 이용하여 간접적으로 계산하는 방법과 LDV장비를 통해 직접 측정하는 방법이 있다. LDV장비를 사용할 경우에는 장비 셋팅이 어렵고, LDV가 고정되어 있어 회전하는 서스펜션의 넓은 스트로크(stroke)를 정밀하게 측정할 없다는 점과 측정을 위한 별도의 드라이브를 제작해야 되는 단점이 있다. 본 연구에서는 이와 같은 직접측정 방법의 여러 가지 단점으로 인해, VCM BEMF를 통한 간접 측정값을 LDV에 의한 직접측정 값과 서로 비교하여 그 신뢰성을 우선 확보하고, 향후 이를 이용하여 드라이브상에서의 정확한 로드-언로드 속도를 예측하는 것이 목적이다. 이로부터 측정된 로드-언로드 속도는 드라이브상에서의 슬라이더 운동을 정확하게 예측하는데 사용되었다.

2.2 측정 결과 비교 분석

Fig. 1-a)은 BEMF를 이용하여 언로드 속도를 계산한 일례이며, Fig.1-b)는 LDV 측정장비를 이용하여 측정된 속도의 일례이다. LDV의 측정 범위를 벗어나는 영역 A,C는 정확한 값이 아니므로, 언로딩이 발생하는 B영역에 대해 VCM BEMF 계산값과 비교 해야 한다. 램프의 경사면에 해당되는 B영역의 경우 두개 의

* 삼성전자(주) 스토리지 사업부
E-mail : ts.kang@samsung.com
Tel : (031) 200-2927, Fax : (031) 200-3536
** 삼성전자(주)
*** 삼성전자(주)

측정 결과는 그 크기가 매우 유사하다. 한편, 서스펜션이 램프 경사면을 벗어나는 순간의 속도는 VCM BEMF에 의한 간접측정 결과 약 8ips까지 증가하나, LDV에 의한 직접측정 결과에서는 속도 증가가 나타나지 않았다. 이는 LDV를 고정하여 측정함으로써, 큰 스트로크가 발생하는 C영역의 속도를 정밀하게 측정하지 못한 것으로 판단된다.

한편 슬라이더가 디스크로부터 언로딩되기 시작하여 공기압이 없어지는 시간은 약 3 msec 이내이다[1]. 따라서 서스펜션이 램프에 닿기 시작하여 언로딩이 발생하는 시점에서부터 약 3 msec 구간의 속도를 비교해 보면 Fig. 2)와 같다. 두 가지 측정 방법에 의한 결과가 거의 일치함을 확인할 수 있었다.

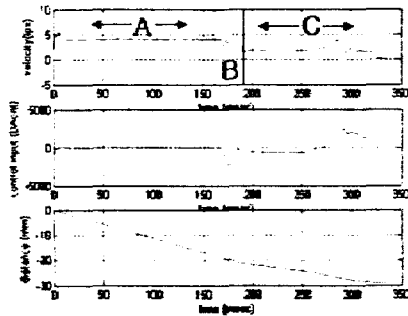


Fig.1-a Unloading velocity profile by VCM BEMF

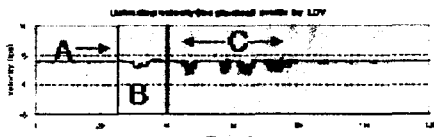


Fig.1-b Unloading velocity profile by LDV

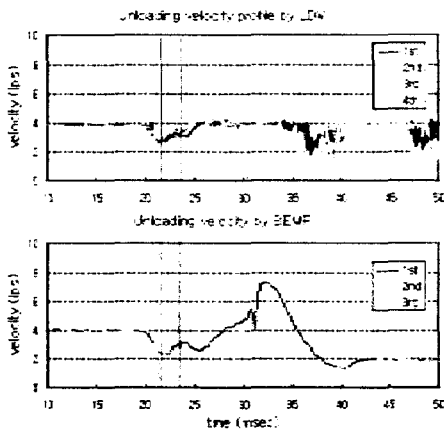


Fig.2 Unloading velocity from VCM BEMF and LDV

2.3 로드-언로드 속도

상기 결과로부터 로드-언로드 속도는 VCM BEMF를 이용한 간접측정방법을 통해 계산하였다. Fig. 3)은 로드-언로드 속도의 측정 결과를 나타낸 것이다.

3. 시뮬레이션

슬라이더가 디스크로 로딩 또는 언로딩할 때의 슬라이더 운동을 계산하기 위해 CML의 로드-언로드 시뮬레이터를 사용하였다[2]. 일반적으로 로딩과 언로딩시의 슬라이더 운동을 측정하는 것은 매우 어렵고 많은 비용과 시간이 소요되는 단점을 지니고 있다. 반면 시뮬레이션을 이용할 경우 슬라이더, 서스펜션, 램프에 대한 물성치 및 기하학적정보만을 이용하여 손쉽게 수행할 수 있는 장점이 있다.

다음 표 1)는 시뮬레이션을 수행하기 위한 조건들을 나열한 것이다.

Fig. 4)는 로딩시의 슬라이더의 운동을 표현한 것으로, 슬라이더가 디스크로 로딩되는 순간에도 디스크와 접촉이 발생하지 않고 운동이 안정됨을 확인할 수 있었다.

Fig. 5)는 언로딩시의 슬라이더의 운동을 표현한 것으로, 슬라이더가 디스크로 언로딩되는 순간부터 피칭운동이 심하게 발생하나 디스크와 접촉은 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

Table 1 Operating condition for L/UL simulations

Parameters	Values
Disk RPM	5400
Disk radius/skew	30.6mm/15.4deg
Slider size	Pico (30%)
Load velocity toward longitudinal	2.0 ips
Unload velocity toward longitudinal	3.0 ips

Table 2 Number of scratch on the disk by visual inspection(OSA)

Sample	Threshold (um)		
	0.05	0.07	0.10
1	7325	107	1
2	6776	101	0
3	6513	99	0
4	6475	81	0
5	6458	83	0
6	6700	96	0
7	6568	87	0
Raw disk	7258	96	0

4. 로드-언로드 테스트

실제 로드-언로드 테스트를 7개의 드라이브를 제작하여

600,000회 이상의 로드-언로드 사이클 수행하였다. 테스트가 완료된 후, 드라이브의 BER(Bit Error Rate)을 로드-언로드 사이클에 대해 확인한 결과, 테스트가 완료되는 시점까지 변동이 없음을 확인하였으며, 이를 Fig. 6)에 도시하였다. 이는, 로드-언로드에 의해 슬라이더와 디스크에 심각한 트라이볼로지 문제를 유발하지 않음을 간접적으로 시사하고 있다. 그리고 디스크의 자기정보를 읽고 쓰는 헤드의 성능을 확인하기 위해 AGC(Auto Gain Control) 등 기타 항목을 확인한 결과도 로드-언로드 사이클에 전혀 영향을 받지 않았음을 확인하였다.

테스트 완료 후, 디스크를 OSA장비를 이용하여 스크래치(Scratch) 유/무 여부를 전수 표면 검사로 실시하였으며, 결과는 표 2)와 같다. 다양한 측정 한계값(threshold)을 적용하여 측정된 결과, 모든 디스크 표면은 원자재 디스크와 동일한 개수의 스크래치가 확인되어, 로드-언로드에 의해 디스크가 손상되지 않았음을 확인하였다.

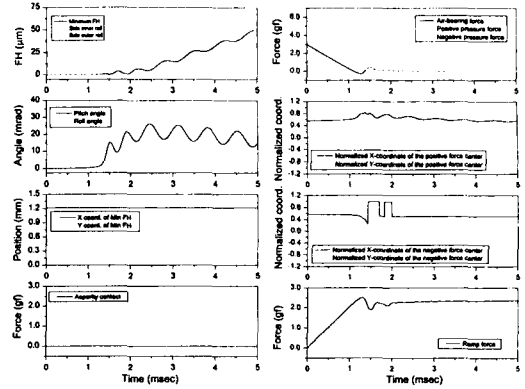


Fig.5 Unloading dynamics

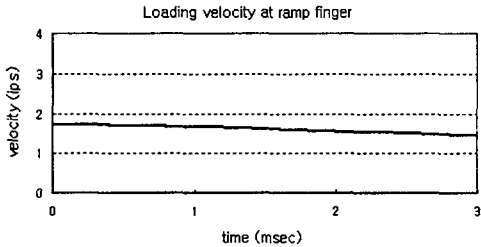


Fig.3-a Loading velocity profile

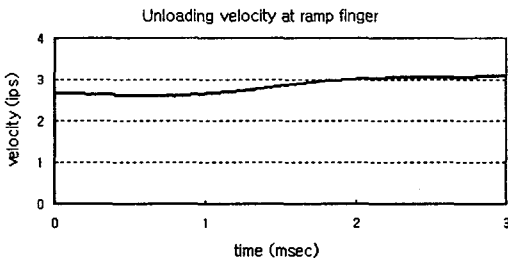


Fig.3-b Unloading velocity profile

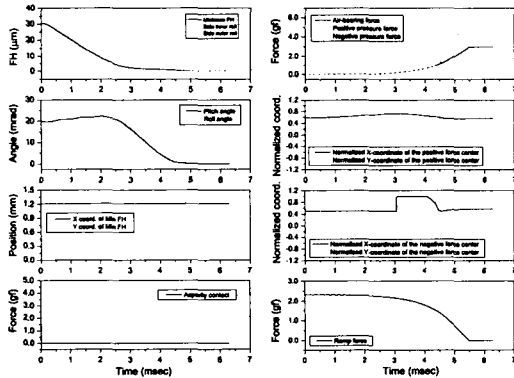


Fig.4 Loading dynamics

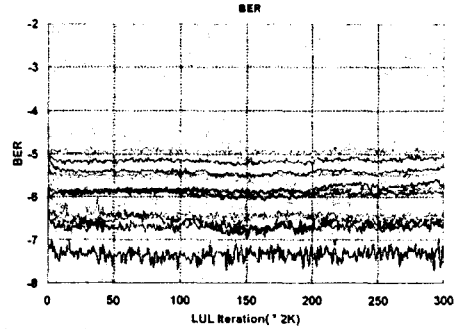


Fig.6 BER trend according to L/UL cycles

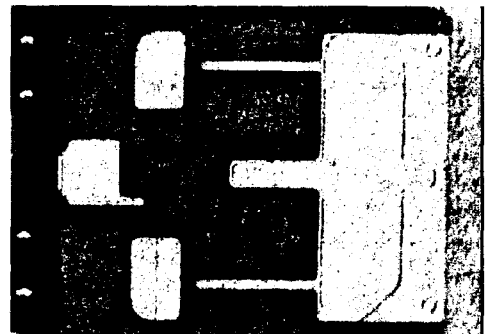


Fig.7 Slider surface by optical microscope

그리고 슬라이더 표면을 광학현미경으로 오염도를 측정된 결과, 특별한 오염이 발생하지 않았으며, 광학현미경으로 관찰된 슬라이더 표면의 일례를 Fig. 7)에 도시하였다.

5. 결론

시뮬레이션 및 드라이브 테스트 결과, 개발된 램프 로드-언로드 시스템에 대한 충분한 신뢰성을 확인하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 램프 로드-언로드 시스템은 이를 구성하는 요소의 개별적인 최적 설계도 중요하지만, 통합된 시스템에 대한 최적 조건을 도출하는 것이 반드시 필요하다.
2. 시뮬레이션 결과 안정된 로딩이 이루어짐을 확인하였고, 언로딩시에도 디스크와 접촉이 발생하지 않았다.
3. 드라이브 테스트 결과, 장시간 수행된 로드-언로드 테스트 조건에서도 로드-언로드 동작이 슬라이더, 디스크, 헤드 성능에 전혀 영향을 주지 않음을 확인하였다.

후 기

측정장비의 구성, 로드-언로드 테스트, 사후 테스트 샘플의 정밀측정을 도와주신 개발팀원의 노고에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Q.-H. Zeng and D. B. Bogy, 2000, A Simplified 4-DOF Suspension Model for Dynamic Load/Unload Simulation and Its Application, Transaction of the ASME.
- (2) Q.-H. Zeng and D.B. Bogy, 1999, The CML Dynamic Load/Unload Simulator (Version 421.40), CML report.
- (3) Q.-H. Zeng and D. B. Bogy, 2000, Design and operating conditions for reliable load/unload systems, Tribology International.