

트리즈를 활용한 하드디스크 드라이브 액추에이터 래치 장치의 신뢰성 문제 해결

정해성[†]

서원대학교 멀티미디어학과

The Solution of Reliability Problem for the Actuator Latch Device of Hard Disk Drive Using TRIZ

Hai Sung Jeong[†]

Department of Multimedia Engineering, Seowon University

An actuator latch device of a hard disk drive is installed for locking an actuator to hold a magnetic head parked in a parking zone. Applying an external force to the drive, the head can move away from the parking zone and destroy data on the disk. A magnet latching mechanism is used to prevent the actuator from moving when the computer is not in use. A permanent magnet holds the actuator when the head is in the parking zone. When the computer is turned on, the actuator has to overcome the latch magnet in order to move. A stronger latch magnet will hold the actuator adequately, but the actuator will not be released when unlocking is required. A breakthrough solution is needed to improve the reliability of the drive without any deterioration of its performance. In order to obtain the idea for resolving this technical contradiction, we analyse patents for actuator latch device of a hard disk drive. A practical way for solving contradictions in product development using TRIZ is proposed in this paper.

Keywords: Actuator Latch Device, Contradiction, Patents, Reliability, TRIZ

1. 서론

요즘은 특히 제품 개발속도가 어느 때 보다도 중요하다. 빠른 개발속도는 제품 개발 리드타임과 개발비용을 줄일 수 있을 뿐 만 아니라, 제품 개발을 끝내고 제품을 내 놓는 적절한 시기를 선택할 수 있는 이점도 있다. 이에 트리즈(TRIZ)를 활용한 빠른 제품 개발을 통해 기업의 경쟁력을 제고 할 수 있다. 트리즈는 창의적 문제 해결 이론(Theory of Inventive Problem Solving)의 러시아어의 머리글자를 조합한 단어이다. 트리즈의 창시자인 알츠슐러(1926~1998)는 창의적이라고 판단되는 4만 건의 특허를 분석한 결과 창의적인 문제 해결의 가장 중요한 공통점이 '모순(contradiction)의 극복'이란 점을 발견했다. 실제로 제품 개발시에도 모순은 가장 해결하기 어려운 형태의 문제이다. 많은 경우, 한 특성을 개선하면 다른 특성이 악화되는 상황이 생긴다. 이를 트리즈에서는 기술적 모순(technical contradiction)이라고 정의한다. 예를 들어, 생산성

과 품질과 같이 서로 다른 두 가지 기술적 특성이 서로 충돌하는 것을 뜻한다. 트리즈는 이와 같은 모순이 포함된 문제를 해결하는 방법을 제공한다.

이미 Domb(1998), Royzen(1998), Retseptor(2003), 정해성(2012, 2013) 등에서 제품의 신뢰성과 품질 문제를 트리즈를 활용하여 해결하고자 하는 연구들이 있었다. Domb(1998)은 품질관리의 각각의 영역과 트리즈를 포함한 창의성 기법의 연계성을 연구하였고, Royzen(1998)은 제품의 신뢰성 문제를 트리즈의 모순 모델(model of the conflict)을 이용하여 해결하는 연구를 하였고, Retseptor(2003)와 정해성(2012)은 신뢰성과 품질 향상을 위한 40 발명원리의 적용에 관한 연구를 하였다. 최근에 정해성(2013)은 QFD(Quality Function Deployment)에 의해 도출된 품질 특성들 간에 기술적 모순이 발생하게 되는 경우, 이를 해결하는 트리즈의 일반적인 방법론을 제시하였다.

이 연구에서는 하드디스크 드라이브(Hard Disk Drive; 이하 HDD)의 신뢰성 문제 해결 사례를 관련 특허를 통하여 트리

[†] 교신저자 hsjeong@seowon.ac.kr

2014년 5월 21일 접수; 2014년 7월 29일 수정본 접수; 2014년 8월 3일 게재 확정.

즈 관점에서 고찰하였다. 이를 통해 제품 개발시 트리즈를 이용하여 기술적 모순을 해결하는 방안을 제시하였다.

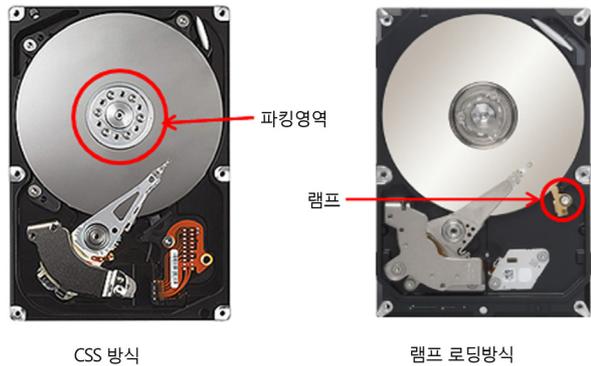
2. HDD 액추에이터 래치 장치 개요

정보 저장 장치들 중의 하나인 HDD는 자기 헤드를 사용하여 디스크에 데이터를 기록하거나, 디스크에 저장된 데이터를 재생하는 장치이다. 일반적으로 HDD에는 <그림 1>에서와 같이, 베이스(base) 상에 회전 가능하게 설치되며 정보가 기록되고 재생되는 하드디스크와 정보의 기록 및 재생을 위해 자기 헤드를 하드디스크 상의 원하는 트랙 위치로 이송시키는 자기 헤드 이송장치가 포함된다. 자기 헤드 이송장치는 액추에이터(actuator), 자기 헤드, 보이스 코일 모터(Voice Coil Motor; 이하 VCM) 및 래치(latch) 장치로 구성된다. 여기서 액추에이터는 베이스 상에 마련된 회동축을 중심으로 회동되도록 설치되었고, 자기 헤드는 액추에이터 상단에 장착되었으며, VCM은 액추에이터를 전자기력에 의해 회동시키기 위한 장치이고, 래치 장치는 자기 헤드가 파킹영역에 안착된 후 액추에이터를 로킹시키기 위한 것이다.



<그림 1> HDD(Hard Disk Drive)

이러한 HDD에 있어서, 자기 헤드는 회전하는 디스크의 기록 면으로부터 소정의 높이로 부상한 상태로 액추에이터에 의해 원하는 위치로 이동하면서 그 기능을 수행하게 된다. 한편, HDD가 작동하지 않는 때, 즉 디스크의 회전이 정지된 때에는 자기 헤드가 디스크의 기록 면에 부딪치지 않도록 자기 헤드를 디스크의 기록 면을 벗어난 위치에 파킹시키게 된다. 이러한 자기 헤드의 파킹 시스템은 크게 CSS(Contact Start Stop) 방식과 램프(ramp) 로딩 방식으로 나눌 수 있다(<그림 2>). CSS 방식은 디스크의 내측에 데이터가 기록되지 않는 파킹영역(parking zone)을 마련하고, 그 파킹영역에 자기헤드를 접촉시켜 파킹시키는 방식이다. 램프 로딩 방식은 디스크의 바깥쪽에 램프를 설치하고, 이 램프 위에 자기 헤드를 파킹시키는 방식이다. 이제까지 대부분의 HDD에서는 CSS 방식이 사용되어왔다. 그러나 노트북과 같이 주로 모바일 장치에 사용되는 작은 크기의 HDD는 램프 로딩 방식이 사용되고 있다.



<그림 2> 자기헤드의 파킹 시스템

그런데, 자기 헤드가 디스크의 파킹영역 또는 램프에 파킹된 상태에서, HDD에 가해지는 외부 충격이나 진동에 의해 액추에이터가 임의로 회전하여 자기 헤드가 파킹영역 또는 램프를 벗어나 디스크의 기록 면으로 이동될 수 있다. 이와 같은 경우에는 자기 헤드가 디스크의 기록 면에 접촉되어 자기 헤드 또는 디스크의 기록 면이 손상될 수 있다 따라서 디스크의 회전이 정지되어 자기 헤드가 파킹영역 또는 램프에 파킹된 상태에서는 액추에이터가 임의로 회전하지 않도록 액추에이터를 파킹 위치에 래치시킬 필요가 있으며, 이를 위해 HDD에는 다양한 종류의 래치 장치가 마련된다. 통상적으로 사용되는 액추에이터 래치 장치에는 자석의 자력을 이용하는 자기 래치(magnet latch) 장치와 관성에 의해 회동하는 래치 레버를 이용하는 관성 래치(inertia latch)가 있다. 자기 래치의 경우는 요크(yoke) 안쪽에서 자력결합에 의해 비작동시 액추에이터를 구속하며, 작동시 액추에이터에서 발생하는 힘에 의해 언래치되는 단순 구조이지만 외부 충격에 대한 제어가 완벽하게 이루어지지 않는다. 관성 래치는 액추에이터와 래치의 관성을 이용하며 비교적 큰 충격에 대응할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 리바운드(rebound) 충격에 완벽하게 대응하는데 한계를 가진다. 따라서 이와 같은 래치 방식의 한계를 극복하기 위하여 김경호 외(2009), Liu et al. (2009) 등 다양한 래치 장치가 연구되어왔다.

3. 문제 해결

3.1 문제 정의

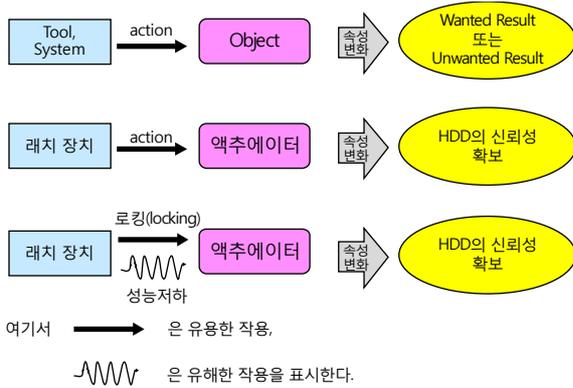
래치 장치가 갖는 가장 일반적인 문제는 다음과 같다. 종래의 자기 래치 장치에서는, 비작동시 액추에이터 하단의 철편과 요크(yoke) 내에 설치된 래치 자석이 자력결합되는 힘에 의존하여 액추에이터를 로킹(locking)시키기 때문에, 로킹된 상태에서 그 자력보다 큰 힘의 충격이 가해졌을 때에는 로킹이 해제되어 버리는 문제점이 있다. 또한, 로킹되어 있던 액추에이터를 다시 회동시키기 위해서는, VCM의 코일과 자석에 의해 발생된 전자기력이, 철편과 래치 자석 간의 자력에

의한 결합력을 능가함으로써 로킹이 해제되어 액추에이터가 움직이기 시작하게 되므로, 철판과 래치 자석이 자력결합되는 힘을 무작정 크게 만들 수만은 없다. 즉, 철판과 래치 자석이 자력 결합되는 힘을 너무 작게 만들 경우에는 외부로부터의 작은 충격에도 쉽게 로킹이 해제되어 버리고, 너무 크게 만들 경우에는 정작 전자기력을 발생시켜서 액추에이터를 회동시키려고 할 때, 로킹이 잘 풀리지 않게 될 우려가 있다.

HDD는 외부의 충격에 대해 보호되어야 한다. 이를 위해서는 현재의 래치 자석보다 강한 자석으로 바꾸면 된다. 그러나 이는 액추에이터가 움직여야 할 때, 자력을 이겨낼 수가 없다. 따라서 HDD의 신뢰성을 강화시키면 성능의 저하를 일으킨다. 이와 같은 문제의 해결책은 성능의 저하 없이 신뢰성을 높이는 것이다. 단, 생산 비용의 증가를 최소화해야 한다. 이제 비가동시 외부 충격을 이겨낼 수 있는 로킹 기능과 데이터에 접근하기 위한 액추에이터의 회동 기능을 동시에 확보할 수 있는 방법을 알아본다.

3.2 문제의 도식화

트리즈를 이용한 문제해결의 첫 단계는 문제의 도식화이다. 이를 통해 문제를 구성하는 중심 요소는 무엇인지 그리고 문제는 왜 발생하는지, 어떻게 작용하는지에 대해 대해 분석하는 것이다. <그림 3>과 같이 충돌되는 작용과 이에 관계되는 도구(tool), 시스템, 대상(object)의 관계를 도식화한다.



<그림 3> 문제의 도식화

문제를 해결하기 위해서는 대상 스스로의 속성변화 또는 대상에의 조치(action)에 의한 속성변화가 필요하다. 여기서 문제를 해결하는 행위나 조치 또는 속성변화의 주체(tool, system), 대상, 방법 등을 어떻게 할 것인가에 대한 것이 트리즈의 40 발명원리이다. 40 발명원리에 대해서는 Retseptor(2003)와 정해성(2012)을 참조한다.

3.3 자원 분석

자원(resources) 분석은 기존의 주변 자원을 활용하기 위하

여 실시한다. 자원의 종류에는 물질(substance), 장(field), 시간(time), 공간(space) 및 정보(information)가 있다. 여기에서 장(field)에는 자기장, 중력장, 열(thermal)장, 풍력장, 관성 등이 포함되며, 시간(time)은 시간적인 요소로서 예를 들면 ‘시스템이 쉬고 있는 시간’은 매우 유용한 자원이다. 또한 공간(space)은 물체가 차지하는 공간을 의미하며, ‘사용이 되어 지지 않는 공간’ 또한 매우 유용한 자원이다. 정보(information)는 어떤 대상을 인식할 수 있는 요소를 의미한다. 자원 분석만으로도 좋은 해결안이 나올 수 있다. 시스템에 새로운 것을 집어넣기 보다는 기존의 것을 빼거나, 기존의 것을 변경하는 등 기존 자원을 심분 활용한 해결안이 나올 수 있다. 시스템이 배출하는 폐기물도 활용될 수 있는 유용한 자원이다.

3.4 문제 해결 추구

다음과 같이 문제 해결을 추구한다.

- (1) 도구, 시스템, 대상 등 기존 구성요소의 속성을 변화시키거나, 기존 구성 요소를 대체한다.

기존의 주변 자원을 활용하여 최소한의 변화를 통해 문제를 해결해 보는 것이다. 이를 위해 결과가 발생하는 메커니즘을 고찰한다. 즉, 원하는 결과(wanted result)나 원하지 않는 결과(unwanted result)를 발생시키는 메커니즘을 파악하여, 원하는 결과를 발생시키는 구성요소나 하위 요소는 그대로 두고, 원하지 않는 결과를 발생시키는 구성요소나 하위 요소를 변화시키거나 제거한다. 이 때, 다음과 같이 근본 원인 분석(root cause analysis)이 사용될 수 있다.

컴퓨터 본체에 가해진 충격이나 진동은 스크루 하우징을 거쳐 베이스로 바로 전달되며, 이어서 피봇축을 통해 베이스에 장착된 액추에이터에 충격이나 진동이 전달된다. 이에 의하여 액추에이터 상단의 자기헤드가 디스크의 기록면에 접촉되어 자기헤드 또는 디스크의 기록면이 손상될 수 있다. 이를 방지하기 위하여 래치 장치가 마련되는 것이다. 그러나 래치 장치는 외부의 충격에 대해 보호하는 역할을 하지만, 액추에이터가 움직여야 할 때, 이를 방해하는 부작용을 일으킨다. 이러한 기술적 모순은 이를 야기하는 한 쪽 특성을 발생시키



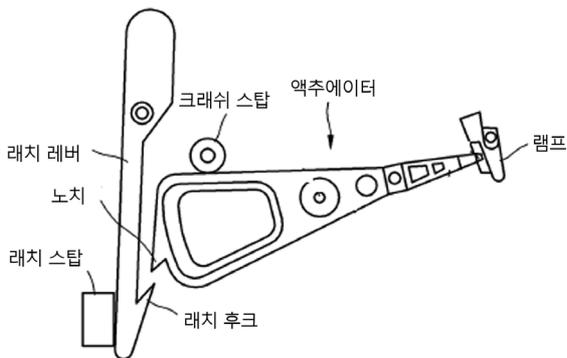
<그림 4> 스크루 하우징의 완충 이격 공간부 마련을 통한 HDD의 신뢰성 확보

는 구성요소나 하위 요소를 변화시키거나 제거하여 해결할 수 있다. 이를 이용한 특허가 있다 김유성·김용재(2009)는 <그림 4>와 같이 스크루 하우징과 베이스 사이에 완충을 위한 공간인 완충 이격 공간부를 마련함으로써 본체에 가해지는 충격이나 진동에 의해 전달되는 충격을 스크루 하우징이 적절히 완충할 수 있게 하였다.

(2) 새로운 구성요소를 추가하여, 기능을 변화시키거나, 기능을 추가한다.

도구, 시스템, 대상 등 기존 구성요소가 완전하게 존재하지만, 그 결과가 불충분하던가, 과잉으로 나타나는 경우, 새로운 구성요소를 추가하여, 기능을 변화시키거나, 기능을 추가하여 문제를 해결할 수 있다. 다음은 새로운 구성요소를 추가하여 문제를 해결한 사례이다.

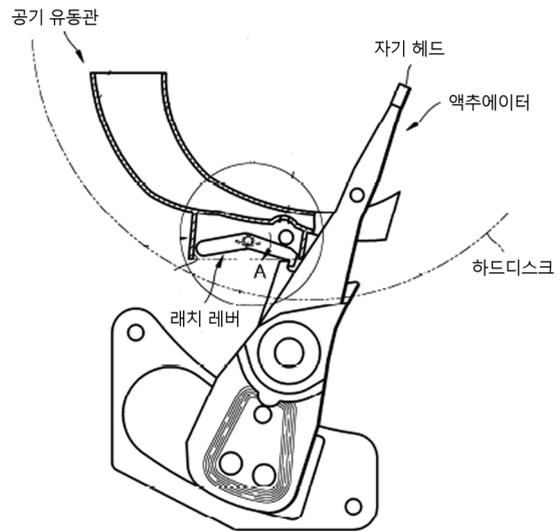
<그림 5>와 같은 관성 래치 장치는 래치 레버의 후크와 액추에이터에 마련된 노치의 간섭에 의해 액추에이터를 로킹시키는 기계적 래치 장치이다. 이는 외부의 충격에 의한 관성을 이용하여 액추에이터를 스스로 로킹시키는 것으로써 자동차의 안전벨트와 같은 원리이다. 이러한 관성 래치 장치가 있어서는, HDD에 반시계 방향의 회전 충격이 가해지는 경우, 액추에이터와 래치 레버의 리바운딩 타이밍이 정확하게 일치하지 않으면, 노치가 래치 후크에 걸리지 않게 되어 액추에이터가 로킹되지 않는다. 또한, HDD에 약한 충격이 가해지거나 진동이 발생하는 경우에는 액추에이터가 흔들리지만 관성 래치 장치가 정확하게 작동되지 않는 단점이 있다. 이와 같이, 관성 래치 장치 만에 의해서는 액추에이터의 로킹에 대한 신뢰성을 확보하기 힘든 문제점이 있다. 이에 자력을 이용하여 액추에이터를 로킹하는 자기 래치 장치와 관성 래치 장치를 결합하여 문제를 해결한 특허가 있다. 김우철(2009)은 비교적 강한 충격에 대해서는 관성 래치 장치에 의해 액추에이터가 로킹되고, 비교적 약한 충격이나 진동 등에 대해서는 자기 래치 장치에 의해 액추에이터가 로킹되도록 하였다.



<그림 5> 관성 래치 장치의 구조

다른 문제해결 사례도 있다. 전원이 인가되어 하드디스크가 회전을 시작하게 되면 그 회전에 의해 하드디스크의 상하

면에 공기의 유동이 생기게 된다. 이렇게 유동된 공기도 자원에 속한다. 이를 이용해 그 결과가 불충분한 경우, 새로운 구성요소를 추가하여 기능을 추가하여 문제를 해결한 특허가 있다. 유용철·고상철(2002)은 <그림 6>과 같이 베이스에 벤츄리(venturi) 관 형태의 공기 유동관을 설치하여 디스크가 회전하면 압력차에 의해 래치레버가 풀리고, 비작동시에는 공기의 유동이 발생하지 않아 공기 유동관 내부의 공기와 대기 간에 압력차가 생기지 않아, 탄성력에 의해 래치레버 회동하여 액추에이터를 다시 구속하게 하였다.



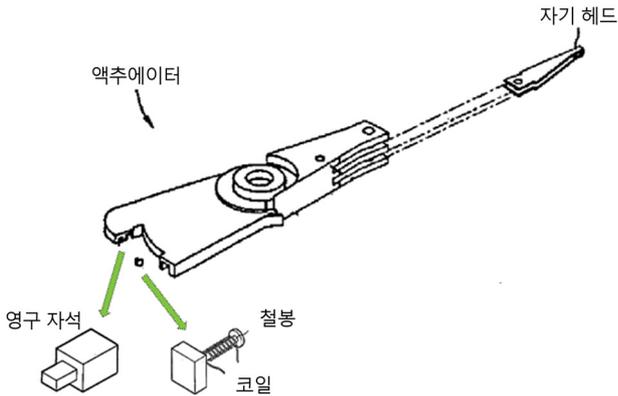
<그림 6> 하드디스크 회전에 의한 공기 유동을 이용한 HDD의 신뢰성 확보

(3) 도구, 시스템, 대상 등 구성요소에게 상반되는 조건이 요구되는 경우, 상반된 요구를 만족할 수 있게 하는 방법을 강구한다.

트리즈에서는 두 개의 서로 다른 특성이 충돌하는 것을 기술적 모순이라 하며, 하나의 특성이 서로 상반되는 목표를 동시에 달성해야하는 것을 물리적 모순(physical contradiction)이라 한다. 래치 장치의 경우, 래치 자석은 액추에이터를 로킹시키기 위해서는 강해야하나, 액추에이터를 다시 회동시키기 위해서는, 약해야 한다. 이러한 물리적 모순을 해결하기 위해서는, 상반된 조건이 공존하게 하던가, 회피할 수 있는 방법을 강구해야 한다. 트리즈에서는 물리적 모순에 대한 해결책으로 공간 분리, 시간 분리, 전체와 부분의 분리 등의 분리 원리(separation principle)를 활용한다.

이를 이용한 특허가 있다 김운태(1994)는 <그림 7>과 같이 영구자석을 갖춘 액추에이터와 철봉에 코일을 감아 전류 인가시 액추에이터의 영구자석과 동일한 극성을 띠는 전자석이 되는 솔레노이드 래치 장치를 고안하였다. 이를 통해 전류가 인가되어, 액추에이터가 회동을 해야 할 때, 영구자석과 솔레노이드 래치에 척력이 발생되어 쉽게 떨어지고 비동작

시에는 영구자석의 힘에 의해 액추에이터를 강하게 로킹시게 하였다. 이 특허는 시간의 분리 원리를 이용하여 물리적 모순을 해결한 것이다. 즉, 전원이 차단되어 액추에이터를 로킹시킬 때는 자력결합을 시키는 강한 영구자석의 역할을 하고, 전원이 인가되어 액추에이터를 회동시킬 때는 척력을 발생하여 작동을 원활하게 하는 영구자석의 역할을 하게 되는 것이다.



<그림 7> 슬레노이드 래치 장치를 이용한 HDD의 신뢰성 확보

4. 결론

이 연구는 HDD 액추에이터 래치 장치의 신뢰성 문제 해결 방안에 관한 것이다. 이를 위해 HDD 액추에이터 래치 장치 관련 특허들을 분석하였고, 각 특허들이 추구한 문제 해결의 수단을 트리즈 관점에서 고찰하였다. 이를 통해 제품 개발시 트리즈를 이용하여 신뢰성 문제를 해결하는 방안을 제시하였다. 향후에는 제품 신뢰성 문제해결을 위한 트리즈의 다양한 원리들을 적용하는 연구가 이루어져야 할 것이다. 즉, 모순분석을 통한 문제해결 방안 뿐만 아니라, 물질장모텔-표준

해를 통한 문제 해결 방안, 9 windows 등을 이용한 자원분석을 통한 문제해결 방안에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 트리즈는 빠른 신뢰성 문제 해결을 통해 제품 개발 속도를 가속화시킬 수 있을 뿐 만 아니라, 개발자가 제품 성능을 혁신시킬 수 있는 능력을 갖게 하기도 한다. 이 연구를 통해 특허 정보와 트리즈를 활용한 기술 개발 방법론이 좀 더 구체화되고 조직화되기를 기대한다.

참고문헌

- [1] 김경호·오동호·신부현·이승엽 (2009), VCM 액추에이터의 전자기력을 이용한 HDD 래치 설계, 한국소음진동공학회 논문집, 제19권, 제8호, pp. 788-794.
- [2] 김우철(2009), 비접촉식 액추에이터 래치 장치와 이를 구비한 하드 디스크 드라이브, 대한민국 특허청, 출원번호 10-2009-0067010.
- [3] 김유성·김용재(2009), 하드디스크 드라이브, 대한민국 특허청, 출원번호 10-2009-0042266.
- [4] 김윤태(1994), 하드디스크 드라이브 액추에이터의 고정장치, 대한민국 특허청, 출원번호 특1994-0027964.
- [5] 유용철·고상철(2002), 하드디스크 드라이브의 액추에이터 래치장치, 대한민국 특허청, 출원번호 10-2002-0019723.
- [6] 정해성(2012), 신뢰성 향상을 위한 40 발명원리의 활용, 신뢰성응용연구, 제12권, 제4호, pp. 239-253.
- [7] 정해성(2013), QFD와 TRIZ의 통합에 의한 설계 단계에서의 창의적 문제 해결 방안, 신뢰성응용연구, 제3권, 제3호, pp. 153-163.
- [8] Domb, E. (1998), Increase Creativity to Improve Quality, *The TRIZ Journal*, November.
- [9] Liu, Y., Kang, S. W. and Chang, S. (2009), Inertia magnetic latch design considering actuator load/unload, *Microsystem Technologies*, Vol. 15, No. 5, pp. 703-712.
- [10] Retseptor, G. (2003), 40 Inventive Principles in Quality Management, *The TRIZ Journal*, March.
- [11] Royzen, Z. (1998), Case Study : TRIZ Solves a Hard Drive Reliability Problem, *The TRIZ Journal*, December.