

## DVD 설계평가 및 개선을 위한 공리적 접근 (II)

문용락\*, 차성운\*\*, 허보석\*\*\*

### Axiomatic Approach for Design Appraisalment and Development DVD (II)

Yong Rak Moon\*, Sung Woon Cha\*\*, and Bo Seog Heo\*\*\*

#### ABSTRACT

In order to execute the major role as the high density large capacity data storage device, which is one of the major characteristics of DVD(Digital Versatile Disk), there must be a method to effectively absorb the external impact or internal vibration. The DVD which has been developed until now tries to control two different types of vibrations, using only one absorber. But this goes against the Independence Axiom of Axiomatic Approach which makes the design to be coupled. And in fact most of the malfunctions occurring during DVD data input/output is due to impact or vibration. Therefore in this paper, the vibration absorption system and operation reliability of DVD will be evaluated with the Axiomatic Approach and plans and feasibility to design an improved vibration absorption system will be provided also based on the Axiomatic Approach

**Key Words** : Axiomatic Approach (공리적 접근), DVD, anti-vibration (방진), Functional Requirement (기능적 요구), Design Parameter (설계 요소), Diagonal Matrix (대각 행렬), Triangular Matrix (삼각 행렬), Coupling Matrix (중복 행렬)

#### 1. 서론

앞선 논문 'DVD 설계 평가 및 개선을 위한 공리적 접근 (I)'에서 밝힌바와 같이 DVD는 고용량 저장매체로서 기존의 데이터 저장매체에 비하여 각광을 받고 있다. 그러나 현재 개발되어진 DVD는 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 예를 들면 진동이나 외부 충격에 대하여 기존의 저장기기에 비하여 취약하다는 단점이 있다.

진동이나 충격이 DVD에 가해질 때 광 픽업(Optical Pick-up)부가 읽어야 할 트랙(track)의 순서를 놓친다거나 데이터를 읽지 못하는 오동작

(Skipping)을 할 가능성이 매우 높다. 광 디스크를 사용하는 데이터저장 매체에서의 오동작 현상은 진동 충격에 의해 발생할 뿐만 아니라, 디스크가 고속으로 회전함으로써 유발되는 내부 진동원에 대해서도 발생이 가능하다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 진동과 충격을 DVD 부품에 전달되지 못하도록 최적의 방진설계가 이루어져야 한다.

본 논문에서 DVD의 평가와 개선을 위하여 사용되는 공리적 접근은 설계의 공리를 이용하여 문제점을 정량화하고 해결방안을 모색하는데 유용한 설계 및 평가도구라고 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 공리적 접근을 이용하여

\* 연세대학교 기계공학과 대학원  
\*\* 연세대학교 기계전자공학부  
\*\*\* LG전자 생산기술센터

DVD에서 발생하는 오동작의 가장 큰 원인중의 하나인 진동을 제어하기 위한 현재 DVD의 설계와 작동의 안정성, 내구성에 대한 설계를 평가하고, 효과적인 방진을 위한 새로운 방진 시스템을 구축하기 위하여 실험방법의 계획과 대책을 제시한다.

## 2. 공리적 접근을 통한 DVD 설계평가

공리적 접근을 적용하기 위한 첫 번째 단계로써 DVD가 가져야 하는 소비자의 요구(CRs)에 대한 정보를 습득하고 그에 대한 이해를 통하여 공리적 접근의 적용범위와 적용방향을 설정하여야 한다.

따라서 다음과 같은 CRs를 결정할 수 있다.

CR<sub>4</sub> : 진동이나 충격에 영향을 많이 받지 않아야 한다.

CR<sub>5</sub> : 작동의 안정성이 이루어져야 한다.

CR<sub>6</sub> : DVD의 내구성이 보장되어야 한다.

이러한 CRs에 따라서 DVD가 가져야 하는 기능적 요구들과 이에 상응하는 설계요소는 다음과 같이 선정될 수 있다.

FR<sub>4</sub> : 방진을 효과적으로 한다.

FR<sub>5</sub> : 트레이(tray)의 안정

FR<sub>6</sub> : 장시간 사용시 안정성 확보

DP<sub>4</sub> : 진동 억제

DP<sub>5</sub> : 트레이

DP<sub>6</sub> : 픽업 부분

위의 기능적 요구사항들과 설계요소는 계층구조상의 상위개념이다. 앞선 논문에서 언급했듯이 공리적 접근의 한가지 특징 중 계층구조의 장점을 이용하기 위하여 상위개념의 설계요소를 바탕으로 기능적 요구사항들을 하위개념의 요구사항들로 세분화하면 다음과 같은 기능적 요구들로 나타낼 수 있다.

FR<sub>4</sub> : 방진을 효과적으로 한다.

FR<sub>41</sub> : 외부 충격에 강해야 한다.

FR<sub>42</sub> : 내부 진동을 방진한다.

FR<sub>4</sub>는 DVD Drive의 안정적인 동작을 보장하기

위한 요구 사항이다. 광학 저장기들은 그 특성상 매우 정밀한 저장 트랙을 가지고 있으며 동시에 적합한 기계적 제어가 수행되어야 한다. 이상적인 동작 조건에서는 정상적으로 작동하던 기계들도 외부의 교란이나 내부의 진동에 의해 오동작을 일으킬 수 있다. 또한 계속되는 진동은 기계의 수명에 큰 영향을 줄 수 있다. 때문에 일정 정도 이하의 외부 충격에 정상적으로 동작하며 동시에 편심 디스크의 사용에서 발생하는 내부 진동에도 잘 대처할 수 있는 기계적 설계가 필요하다.

진동에 관한 사항으로 외부적 저주파 충격과 내부 회전에서 발생하는 고주파 진동, 그리고 이렇게 발생한 진동의 상호 전달을 선정했다.

FR<sub>41</sub> : 설계의 대상이 되는 DVD Drive는 컴퓨터에 장착되어 사용될 것이다. 때문에 심각하게 고려해야 할 외부 충격의 발생은 드물지만 한번 발생한 외부 충격은 자체에서 발생한 진동보다는 많은 에너지를 가지고 있기 때문에 고려해야 할 사항이다.

FR<sub>42</sub> : DVD Drive의 내부진동의 주된 원인은 편심된 디스크의 회전에 의한 진동이다. 이러한 내부진동이 데이터의 입력과 출력에 많은 영향을 미치므로 안정된 동작을 위해서는 내부진동을 효과적으로 방진하여야 한다.

각 요구들에 맞는 DP는 DVD의 원 설계자에 의하여 다음과 같이 선정할 수 있다.

DP<sub>4</sub> : 진동 억제

DP<sub>41</sub> : 댐퍼용 방진재의 특성

DP<sub>42</sub> : 댐퍼의 위치 및 형상

DP<sub>41</sub>은 방진재의 특성으로서 방진재료의 특성이 충격이나 진동의 흡수와 전달에 영향을 준다.

DP<sub>42</sub>는 댐퍼의 위치와 형상은 진동 전달 경로와 진동 전달 방향에 영향을 준다.

위와 같은 FRs와 DP의 관계는 다음 행렬로 나타낼 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} FR_{41} \\ FR_{42} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & X \\ X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{41} \\ DP_{42} \end{Bmatrix}$$

위와 같은 행렬은 중복화설계로서 하나의 방진재로써 두 가지의 요구조건을 만족시키기 위하여 사용되었으므로 서로 영향을 미치는 관계가 된다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로는 공리적 접근을 사용하여 실험계획법을 세워서 체계적인 실험을 통하여 해결할 수 있다.

실험계획은 공리적 접근에 의한 DVD평가를 통하여 얻어진 실행행렬을 바탕으로 방진 시스템 설계를 위한 최적의 PV를 선택하여 외부의 충격과 내부의 방진을 효과적으로 할 수 있는 새로운 방진 시스템을 설계할 수 있다. 그러한 PV들은 공리적 접근을 이용한 실험계획법을 통하여 최적의 설계를 도출할 수 있다.

- FR<sub>5</sub> : 트레이의 안정
- FR<sub>51</sub> : 입출력시 진동이 최소화
- FR<sub>52</sub> : 트레이의 빠른 이송
- FR<sub>53</sub> : 트레이의 작동궤적의 정확성
- FR<sub>54</sub> : 디스크 탑재 위치의 정확성

FR<sub>5</sub>는 디스크를 이송하는 트레이 부분의 안정성을 위한 기능적 요구사항이다. 트레이부의 이송은 일반적인 소비자로 하여금 제품의 품질을 느끼게 하는 부분중의 하나이다.

트레이부의 부드럽고 신속한 이송은 다른 부분에서의 민감하고 정밀한 차이를 느끼지 못하는 일반적인 소비자층에게 제품의 우수성을 간접적으로 느끼게 할 수 있다. 기술적인 면에서 보면 트레이의 정확한 움직임은 이후 데이터를 읽는 과정에서 매우 중요한 역할을 한다. 계층적 분해에 의한 기능적 요구사항은 트레이의 안정적인 동작을 위하여 기구적으로 다음과 같은 기능적 요구를 만족시키는가의 여부를 판별해야 한다.

트레이가 부드럽게 이동해야 디스크가 요동을 하지 않을 것이고 또 그러므로 제품이 고급스럽다는 느낌을 사용자에게 준다. 그리고 트레이의 진동은 디스크 표면의 긁힘 등과도 연관이 있을 수 있다. 또한 초기 움직임이 있을 때에 어느 정도의 진동은 생기게 마련인데 이것이 너무 심하면 디스크의 정확한 위치제어가 힘들어 질 수 있다.

트레이가 디스크를 정확한 위치에 가져다 놓지 않으면 그 다음 단계로의 진행이 이루어 질 수 없다. 디스크의 정확한 이송은 자료를 탐색하기 위해 레이저의 위치를 제어하는 데에 밀접하게 연관되며 고속 회전시에 정확한 질량 중심을 유지하기 위해서도 매우 중요하다.

지금의 CD에서 여러 장의 디스크를 동시에 탐

색할 수 있는 기능을 가지고 있듯이 DVD에서도 이와 같은 기술은 필요하게 된다. 이와 같이 여러 장의 디스크를 제어할 때는 각각의 디스크의 위치가 정확하게 주어질 필요가 있다.

위에서 언급한 기능적 요구 사항들에 대하여 다음과 같은 DP를 선정하였다.

- DP<sub>5</sub> : 트레이
- DP<sub>51</sub> : 트레이의 관성모멘트
- DP<sub>52</sub> : 모터의 회전 속도 제어
- DP<sub>53</sub> : 트레이부의 트랙 정밀성
- DP<sub>54</sub> : 디스크 탑재부의 가공

트레이의 부드러운 이동에 가장 영향을 많이 끼치는 것을 모터의 제어다. 완충장치 등의 부가적인 설비가 없는 한 이송시 생기는 충격은 속도 제어에 의해 이루어질 수밖에 없다.

트레이의 빠른 이동에 가장 영향을 많이 끼치는 것을 모터의 회전속도다.

트레이부의 작동궤적은 트레이부에 있는 트랙의 정밀성에 좌우된다. 물론 여기에 맞물리는 기어의 치형도 관계가 되지만 작동 궤적에 고유하게 영향을 미치는 인자는 역시 트랙의 형상이다.

두개 이상의 디스크의 위치는 트레이에 있는 디스크 놓임 위치부의 형상에 좌우된다. 이 요소는 가공의 정밀성에 좌우된다.

이러한 FRs와 DP의 관계는 다음의 행렬로 나타낼 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} FR_{51} \\ FR_{52} \\ FR_{53} \\ FR_{54} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & X & X & O \\ \Delta & X & X & O \\ \Delta & O & X & O \\ O & O & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{51} \\ DP_{52} \\ DP_{53} \\ DP_{54} \end{Bmatrix}$$

위의 행렬은 중복설계라는 것을 나타낸다. 따라서 새로운 설계를 도출하여 요구하는 목적에 부합되는 설계를 하여야 한다. 이러한 방법은 새로운 아이디어의 개발이나 구조적 변형을 통하여 얻어질 수 있다.

그러나 위의 설계행렬에서 삼각형은 FR과 DP의 관계가 확실치 않은 부분을 표시하는 기호로서, 실험적으로 현재의 DVD는 트레이의 질량관성 모멘트는 트레이의 빠른 이송과 트레이의 작동궤적이

정확하게 유지하는데 큰 영향이 없으므로 위의 설계행렬의 삼각형은 FR과 DP의 관계가 없는 O로 표시할 수 있다. 따라서 탈 중복화 설계행렬로 변환이 가능하다.

이렇게 변환된 탈 중복화 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} FR_{53} \\ FR_{52} \\ FR_{51} \\ FR_{54} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} X & O & O & O \\ X & X & O & O \\ X & X & X & O \\ X & O & O & X \end{bmatrix} \begin{pmatrix} DP_{53} \\ DP_{52} \\ DP_{51} \\ DP_{54} \end{pmatrix}$$

위의 설계행렬은 설계의 개선방향을 제시하고 있다. 기능적 요구사항들을 개선시키기 위해서는 위의 DP들의 배열 순서대로 공정변수를 설정하여 설계하는 것이 필요하다. 트레이의 안정을 위한 PV의 선택 순서는 다음과 같은 방법으로 나타낼 수 있다. 먼저 트레이의 트랙 정밀도를 기어의 치형과 같은 involute 곡선 형태로 가공하여 트레이의 작동 궤적이 정확하게 하고 트레이의 트랙과 맞물리는 기어의 기어비를 바꾸어 트레이의 빠름이송을 가능하게 하며 트레이의 부게를 감소시켜 관성에 의한 입출력시 진동을 감소시켜야 하고 디스크가 탑재되는 부분의 가공을 공차가 작게 설계하여 트레이의 이송시 디스크의 탑재위치가 변하지 않도록 해야 한다.

또한 DP<sub>52</sub>인 모터의 회전속도 제어를 새로운 설계요소인 이송기어의 기어비로 설정하게 되면 기존 모터의 회전속도를 변화시키지 않고도 기능적 요구사항을 만족시킬 수 있다.

- FR<sub>6</sub> : 장시간 사용시 내구성 확보
- FR<sub>61</sub> : 효과적인 방열
- FR<sub>62</sub> : 픽업부와 샤프트의 마찰 감소

FR<sub>6</sub>은 DVD의 주요 동특성이 고속 장시간의 회전에 있다는 점에서 기인하는 여러 가지 일들에 관련되는 것들이다. DVD는 CD와 비교해서 훨씬 빠른 속력으로 회전한다. 그리고 CD에 비해 3배 이상의 운전 시간을 가진다. 따라서 CD와 관련해서 이 부분에 의한 문제는 새로운 부분이라고 할 수 있으며 이에 대한 대책도 좀더 복잡해지게 된다. DVD가 고용량 정보의 빠른 처리를 목표로 하는 만큼 디스크 및 감지부의 빠른 회전속도와 장시간 운전

은 피할 수 없는 과제가 된다. 이들의 하위 계층에 대한 요소들에 대한 설계사항들은 다음과 같다.

고속 회전에서 가장 많이 부딪히게 되는 문제 중의 하나가 열에 관한 일이다. DVD에서 고속회전하는 부분은 각종 모터와 픽업부이다. 이들과 함께 강력한 열발생 부위는 픽업부의 레이저 발생 장치이다. 열이 기계적인 부분에 미치는 영향은 매우 크다. 그리고 내부 온도를 몇 도만 낮추어도 전체 성능과 고장율에 미치는 영향은 높다. 따라서 열 확산 혹은 냉각은 중요한 기능을 담당한다.

디스크가 고속으로 회전하는 동안 픽업부도 계속해서 같은 샤프트를 왕복운동해야 한다. 마치 레일 위의 기차처럼 같은 부위를 고속으로 반복 왕복 운동하는 이 부위에서 발생하는 열로 인하여 문제가 발생한다. 심하게는 픽업부와 샤프트부가 열에 의해 고착되어 버리는 경우도 있다. 그리고 픽업부의 하중을 받는 샤프트는 열로 인한 크립거동을 보일 수 있다. 따라서 이 부분에 대한 기능적인 요구도 만족해야 한다.

위에서 언급한 기능적 요구들에 대한 설계 변수는 아래와 같다.

- DP<sub>6</sub> : 픽업 부분
- DP<sub>61</sub> : 내부의 기하학적 구조
- DP<sub>62</sub> : 샤프트의 재질과 윤활

고속회전에 의해 발생하는 열을 처리하는 방법에는 강제로 냉각시키는 것과 자연적인 대류에 의한 것이 있다. 지금의 DVD에는 특별한 냉각 시설이 없다. 따라서 냉각은 자연대류에 의한 환풍에 영향을 받는다. 자연 대류는 내부 장치들의 외형과 배치에 좌우된다. 픽업부와 샤프트의 고속 왕복운동에 의한 마찰은 두 부위의 고착등에 의해 작동이 멈춰버리기까지 한다. 이 부분의 마찰은 마찰 부위의 재질에 밀접하게 관련이 된다. 그리고 마찰을 방지하기 위해 둘 사이에 부싱을 매개체로 삽입하는데 이때는 이 부분의 재질이 좀더 중요한 요소로 평가될 수 있다. 그리고 여기에 사용하는 윤활재로도 그 중요성이 평가되어야 한다.

이러한 FRs와 DPs의 관계는 다음의 행렬로 나타낼 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} FR_{61} \\ FR_{62} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O \\ O & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{61} \\ DP_{62} \end{Bmatrix}$$

위의 행렬은 설계가 비 중복화설계라는 것을 나타내주고 있다. DP를 개선시킬 수 있는 PV를 선택하여서 위의 FR을 만족시키는 개선된 설계를 할 수 있다는 것을 나타낸다. DVD내부에서 생성되는 열을 효과적으로 제거하면 DVD의 수명이 상당히 길어지므로 방열을 위해서는 회로에 열의 전달이 효과적으로 차단될 수 있도록 방열판과 단열재의 사용을 통하여 효과적인 방열이 이루어지도록 한다. 그리고 샤프트와 픽업부의 마찰의 최소화를 위해 앞서 말한 볼 베어링 리드스크류를 사용하여 마멸에 의한 장시간 사용에 의한 내구성을 확보할 수 있다.

그러나 앞에서 언급한 바와 같이 DVD형상은 이미 규격화되었기 때문에 방열을 위한 DVD형상을 설계하는데 제약이 따르게 된다. 따라서 기존의 형상을 유지하면서 방열이 원활히 되도록 PV를 선택하는 것이 필요하다. 그리고 픽업부의 샤프트 재질과 윤활을 개선할 수 있는 PV를 선택하는 것이 우리가 이루고자 하는 기능적 요구를 만족시키는 설계가 된다.

### 3. 공리적 접근을 사용한 평가결과

1. 안정된 DVD의 작동과 고속의 데이터 입출력을 위해서는 진동에 의한 오류를 방지해야 한다. 그러나 현재 생산되고 있는 DVD의 방진 설계는 한 개의 방진재로 외부 충격과 디스크의 편심에 의한 내부 진동을 모두 해결하려고 한다. DVD의 디스크 회전속도는 계속해서 증가하는 방향으로 개발되고 있는데 이러한 진동문제가 디스크 회전속도가 증가된 DVD설계에 있어서 문제점으로 나타나게 된다.

2. CD-ROM Drive와 DVD-ROM Drive에서 외부로 동작하는 부분은 트레이부가 된다. 디스크를 탑재하여 drive의 내부로 이송시켜 주는 부분이므로 입출력시 진동이 최소화되어야 하며 디스크의 탑재 부분이 정확하게 설계되어야 한다. 기존의 DVD drive에서 트레이의 이송속도의 조절은 이송모터의 회전수를 제어하여 이루어졌는데 이송 모터의 제어를 이송기어의 기어비를 변환시켜 제어하는 것이

보다 성능개선에 유리하다는 결론을 얻을 수 있다.

위와 같은 문제점 외에도 DVD성능 향상을 위해서 개선되어야 할 점이 있다. 그러한 개선점도 공리적 접근을 사용하여 도출되어 지고 평가되어질 수 있다.

### 4. DVD 성능 개선을 위한 PVs선택 및 실험계획법

DVD 고속회전시 성능 개선을 위하여 회전속도 안전성유지와 빠른 응답속도를 만족시키기 위해서는 디스크의 회전관성 모멘트와 편심에 의한 진동을 최소화하여야 한다. 그러나 디스크의 규격은 이미 전세계적으로 규격화되었으므로 충격과 방진을 최소화하는 설계를 도출해야 한다. 이것은 방진시스템을 개선하는 것과 연관있다. 따라서 새로운 방진재를 사용한 실험을 통해 최적의 방진시스템을 도출할 수 있다. 새로운 방진재를 이용하여 FR<sub>4</sub>의 DP<sub>s</sub>를 새롭게 설정하여 방진문제를 해결할 수 있다. FR<sub>s</sub>와 새롭게 제안된 DP<sub>s</sub>는 다음과 같다.

FR<sub>4</sub> : 방진을 효과적으로 한다.

FR<sub>41</sub> : 외부 충격에 강해야 한다.

FR<sub>42</sub> : 내부 진동을 방진한다.

DP<sub>4</sub> : 진동 억제

DP<sub>41</sub> : 신재료의 충격흡수 특성

DP<sub>42</sub> : 신재료의 진동전달 특성

$$\begin{Bmatrix} FR_{41} \\ FR_{42} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O \\ X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{41} \\ DP_{42} \end{Bmatrix}$$

위의 설계행렬은 탈 중복화 행렬로서 기존의 방진재와는 특성이 다른 새로운 재료를 사용하여 효과적인 방진이라는 기능적 요구를 만족시킬 수 있다는 것을 나타낸다. 따라서 적절한 PVs를 설정함으로써, 최적의 방진재의 설계를 도출할 수 있다.

최선의 PVs를 선정하기 위하여 공리적 접근을 이용하여 실험계획을 세워 실험을 실시한다.

다음의 순서도는 각 실험요소를 변화시키며 실험을 통하여 최적의 방진시스템을 도출하는 방법을 나타낸다.

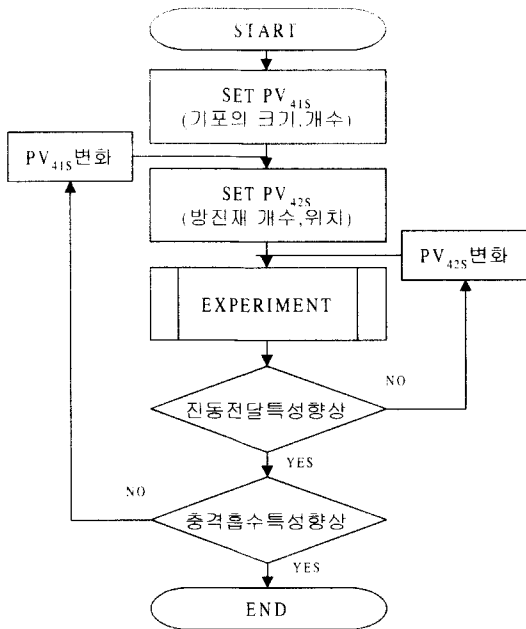


Fig. 1 Flowchart of experiment method

실험방법은 다음과 같이 계획되어진다.

먼저 방진재의 재료를 선택해야 한다. 방진재는 초미세 발포재료를 사용한다. 이 재료는 고분자화합물에 지름이 10 $\mu$ m 이하의 기포를 생성시켜서 기존재료의 특성을 감소시키지 않고 부체의 감소, 부피의 증가와 충격 흡수량과 에너지 흡수율, 탄성회복력등을 비약적으로 향상시킨 재료이다. 이 재료의 특성중 하나인 충격흡수와 에너지 흡수성질을 이용하여 방진재로써 사용이 가능하다.

DVD의 방진 시스템은 다음과 같은 요소에 의해 그 성능이 결정되어진다. 그 요소는 새로운 방진재의 충격흡수 특성과 진동전달 특성이다. 따라서 다음과 같이 실험요소를 선택할 수 있다.

신재료의 충격흡수 특성 :

- 방진재 내부의 기포의 개수
- 방진재 내부의 기포의 크기

신재료의 진동전달 특성 :

- 장착되는 방진재의 개수
- 장착되는 방진재의 위치

위에서 선택한 실험요소중 방진재 내부의 기포의 개수와 크기는 탬퍼의 스프링이 가지는 탄성계수와 같은 역할을 하므로 충격흡수 특성을 결정하는 중요한 요소가 된다.

그리고 장착되는 방진재의 개수, 장착되는 방진재의 장착 위치는 방진재의 내부진동 전달특성에 영향을 미치는 요소가 된다.

공리적 접근을 이용하여 위에서 선정한 실험요소들의 정당성 여부를 확인하여 실험계획의 신뢰성을 높일 수 있다.

위에서 선정한 실험요소들을 설계행렬을 이용하여 중복여부를 확인한다.

- PV<sub>41A</sub> : 방진재 내부의 기포의 개수
- PV<sub>41B</sub> : 방진재 내부의 기포의 크기
- PV<sub>42A</sub> : 장착되는 방진재의 개수
- PV<sub>42B</sub> : 장착되는 방진재의 장착 위치

위의 설계요소는 다음과 같은 설계행렬로 나타낼 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} DP_{41} \\ DP_{42} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O \\ O & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} PV_{41A} \\ PV_{42A} \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} DP_{41} \\ DP_{42} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O \\ O & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} PV_{41A} \\ PV_{42B} \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} DP_{41} \\ DP_{42} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O \\ O & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} PV_{41B} \\ PV_{42A} \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} DP_{41} \\ DP_{42} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O \\ O & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} PV_{41B} \\ PV_{42B} \end{Bmatrix}$$

위의 모든 설계행렬은 각 실험요소의 선택이 비중복화 된다는 것이다. 따라서 각 PV는 관계되는 DP에만 영향을 미치게 되므로 PV를 다른 요소에 미치는 영향을 고려하지 않고 변화시켜서 실험을 할 수 있다.

## 5. 결론 및 향후연구 과제

지금까지 공리적 접근을 적용하여 현재 생산되고 있는 DVD의 문제점을 객관적으로 평가하여 설계자가 인식하도록 나타냈다. 그리고 현재 DVD의 구조를 변화시키지 않는 범위에서 최적의 설계를

도출하는 방향을 제시하고 공리적 접근에 의하여 기능적 독립성의 판별에 의해 그 타당성을 조사하였다.

그러나 이러한 문제해결 방법은 근본적인 문제 해결이 될 수 없다. 그 이유는 현재의 DVD 구조 내에서 문제점을 해결하려 하면 구조 자체가 가지고 있는 문제점은 해결되지 않는다. 따라서 최적의 DVD 문제해결 방법은 새로운 DVD 작동 기구를 설계하는 것이다.

공리적 접근은 기존의 설계평가 뿐만 아니라 새로운 개념의 설계에도 유용한 도구이므로 공리적 접근을 통한 새로운 규격과 작동 기구를 갖는 DVD를 설계하는 연구가 진행되어야 하겠다.

그리고 위에서 제시한 향상된 방진 시스템을 개발하기 위해서는 무엇보다도 새로운 재료의 개발이 시급하다. 위의 실험방법에 사용되어진 재료는 초미세 발포재료이다. 이 재료는 고분자화합물에 지름이 10 $\mu$ m이하의 기포를 생성시켜서 기존재료의 특성을 감소시키지 않고 무게의 감소, 부피의 증가와 충격 흡수량과 에너지 흡수율, 탄성회복력등을 비약적으로 향상시킨 재료이다. 이 재료의 특성중 하나인 충격흡수와 에너지 흡수성질을 이용하여 방진재로 사용이 가능하기 때문에 지속적인 연구개발이 필요하다.

## 후기

본 연구는 연세대학교 정보저장기기 연구센터(CISD)의 지원에 의해서 수행되었으며, 이에 관계자 및 (주) LG전자 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

1. John D.Lenk, "Lenk's Laser Handbook (Featuring CD, CDV, DVD and CD-ROM Technology)," McGraw Hill, pp. 24-45, 1992.
2. Nam P. Suh, "The Principles of Design," The Oxford University Press, pp. 63-76, 1990.
3. 미쯔비시 전기, "월간 전자기술 (DVD 시스템 기술)," pp. 154-163, 1996.
4. Pohlmann, "The Compact Disc," Oxford Press, pp. 120-134, 1992.
5. Baert, Theunissen, Vergult, "Digital Audio & Compact Disc Technology," Newnes, pp. 78-82,

- 1994.
6. 분용락, 자성운, "Axiomatic Approach를 이용한 DVD 설계평가," 대한기계학회 춘계학술대회, A 권, pp. 666-672, 1997.
7. William W. Tice, "The Application Of Axiomatic Design Rules to an Engine Lathe Case Study," M.I.T., pp. 87-90, 1978.
8. MIT Axiomatic Design Team, "Applications of Axiomatic Design," Course Notes, MIT, pp. 12-14, 1996.