

DVD 설계평가 및 개선을 위한 공리적 접근 (I)

문용락*, 차성운**, 김영규***

Axiomatic Approach for Design Appraisalment and Development DVD (I)

Yong Rak Moon*, Sung Woon Cha**, and Young Kyu Kim***

ABSTRACT

DVD(Digital Versatile Disk) is the data storage media devised to make high storage density and high speed data input/output possible. For example, a whole length movie can be stored in a disk as large as a CD(Compact Disk). Therefore higher rotational speed and better accuracy in optical pick-up are required compared with the existing optical storage device. Without these operational functional requirements being satisfied DVD will lose its place as the high capacity storage device. This paper evaluated whether the currently developed DVD satisfies the requirements and provides improved methods with the Axiomatic Approach which is superb in evaluating and designing newly conceived designs.

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

1. 서론

광학식 정보저장 기기는 기존의 정보저장 장치 - 예를 들면 오디오나 비디오 테이프 또는 플로피 디스크나 자기 테이프- 에 비해 정보저장능력이 매우 뛰어나다. 그러나 기존의 음향기기용 카세트 플레이어나 영상기기용 VCR에 비해 광학식 정보저장 장치는 진동과 충격에 매우 취약하다는 약점이 있다. 이러한 진동이나 충격에 의해 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 데이터 저장매체에서의 오동작 현상은 진동 충격에

의해 발생할 뿐만 아니라, 디스크가 고속으로 회전함으로써 유발되는 내부 진동원에 의해서도 발생이 가능하다. 그러므로 외부로부터의 진동 또는 충격 외란을 줄이기 위한 방진 설계가 필수적이며, 또한 내부 진동원으로부터 부품들 사이의 진동전달을 최소화하여야 할 필요가 있다⁽¹⁾.

공리적 접근(Axiomatic Approach)은 여러 산업 분야에서 널리 쓰이고 있는 강력한 설계도구이다. 해외 여러 나라에서는 설계단계에 공리적 접근을 이용하여 생산시 발생하는 문제를 초기에 해결하며 그에 따른 막대한 시간과 비용절감을 달성해 왔다.

공리적 접근을 이용한 DVD의 개선방법이 연구된다면 DVD 다음 세대의 정보저장 기기인 ASMO

* 연세대학교 기계공학과 대학원

** 연세대학교 기계전자공학부

*** LG전자 생산기술센터

개발사 보다 강력한 도구로서의 공리적 접근을 이용할 수 있어 타 경쟁업체보다 더욱 효율적인 개발을 할 수 있다. 따라서 공리적 접근을 설계도구로써 이용하는 것이 필요하다. 또한 이 연구는 다른 분야로의 파급효과가 상당하며 공정개발, 정보처리, 경영관리 등 모든 분야에서 공리적 접근의 적용은 효과적이고 실용적인 도구가 될 것이다. 따라서 본 연구의 필요성이 나타나게 된 것이다.

2. 공리적 설계

2.1 공리적 설계(Axiomatic Approach)

공리적 설계는 제품 또는 만족할만한 설계를 위하여 체계적인 방법을 통한 설계과정이다. 만족할만한 설계는 모든 요구조건을 만족시키는 것이라고 할 수 있다. 따라서 설계자의 역할은 설계요건을 만족시키는 것과 동시에 그런 설계요건을 적절히 정의하는 것이라고 할 수 있다. 공리적 설계에서는 기능적 요구들(FRs)을 만족시키는 설계와 이러한 기능적 요구를 만족시키는 설계 요소들(DPs)의 적절한 선택이 좋은 설계의 요건이라고 할 수 있다. 기능적 요구와 설계 요소를 간단히 정의하면 기능적 요구(FR)는 "달성하고자 하는 목표"이고, 설계 요소(DP)는 "목표를 달성하기 위한 수단"이라고 할 수 있다.

공리적 설계에서 설계과정은 여러 영역 사이에서 각 영역을 관계 지워주는-사상(mapping)이라고 정의되어지는 과정-작업이라고 정의된다. 설계과정은 다음과 같은 4가지의 영역으로 나누어진다. 소비자 영역(Customer Domain), 기능적 영역(Functional Domain), 물리적 영역(Physical Domain), 공정적 영역(Process Domain)이 그것이다. 설계과정을 예를 들면 먼저 설계자는 소비자의 요구를 만족시키는 기능적 요구들을 선택하고 그 다음에 기능적 요구들을 만족시키는 설계 요소들을 선택한다. 그리고 나서 마지막으로 필요한 설계요소를 구성하는 설계 변수들을 선택하면 된다.

다른 설계 기법들은 단지 설계과정의 몇 가지 측면 또는 한 가지에 초점을 맞추게 된다. 공리적 설계는 어떤 설계라도 그 질을 파악할 수 있으며 설계자로 하여금 목적에 맞는 최적의 독창적인 설계가 가능하도록 해주기 때문에 매우 정확한 설계가 된다. 공리적 설계의 모든 이점을 활용하기 위해서 몇 가지 도구와 방법을 신중하게 사용하여야

한다. 따라서 공리적 설계는 많은 설계 방법들의 제한적인 계층구조 설계과정을 이용하여 강력한 설계의 도구가 될 수 있다.

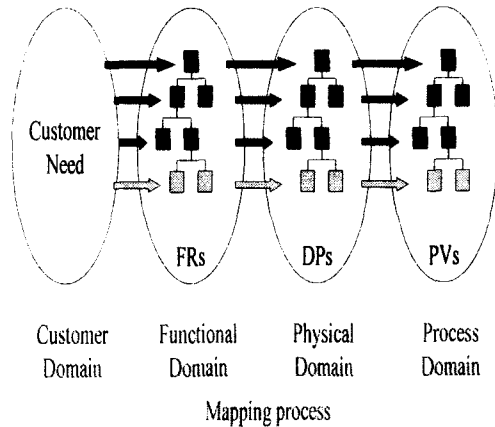


Fig. 1 Relationship among Domains

2.2 설계과정의 계층구조적 특징

공리적 설계의 규칙에 따르면 설계과정의 본질은 계층구조에 있다. 즉, 설계자는 소비자의 요구나 종합적인 기능적 요구에서부터 설계를 시작한다. 따라서 모든 요구는 중요정도의 차이가 있다. 설계는 기능적 요구들의 많은 계층으로 분해할 수 있다. 그러나 그러한 기능적 요구들의 분해는 동시에 설계 요소의 계층적 분해와 같이 이루어져야만 한다는 전제를 가지고 있다. 설계가 하층구조로 진행될수록 더욱 자세한 내용이 고려되어야 한다. 이러한 것은 설계자의 노력을 효과적으로 사용할 수 있으므로 능률적이다. 상위수준에 있는 기능적 요구가 상위의 설계 요소에 의해 만족되어야만 하위 수준의 기능적 요구를 만족시킬 하위의 설계 요소를 선택할 수 있다. 설계에서 부가적인 창조성은 이러한 절차를 따라서 설계가 이루어질 때 만들어지게 된다. 가장 기본적인 기능적 요구-기능적 요구의 최상위 단계-로부터 시작된 설계과정은 새로운 설계가 제안되어지고 넓은 범위의 설계 요소가 고려되어지므로 정확한 평가가 이루어지게 된다. 하위 기능적 요구선택의 첫 단계는 상위의 설계요소의 선택으로부터 시작된다. 적절한 상위 설계요소가 선택되어지면 하위단계의 기능적 요구가 결정되어질 수 있다. 이러한 기능적 요구와 설계 요소 간의 교차적 선택이 필요한 이유는 각 단계의 두 가지 영역이 서로 연관이 되어있고 서로 의존적이

기 때문이다.

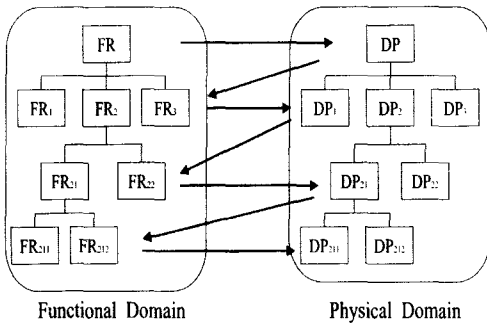


Fig. 2 Hierarchy structure

2.3 설계의 공리

공리적 설계는 '좋은' 설계를 선택하기 위하여 쓰는 도구라고 정의된다. Suh(1990)에 의하면, 두 가지 설계의 공리는 '새로운 설계의 창조에 도움이 되는 도구'이다⁽²⁾. 첫 번째 공리는 기능적 요구의 선택에 대하여 서술한다. 두 번째 공리는 어느 설계가 더 좋은지 질적으로 판단할 수 있는 방법을 제시해 준다. 설계의 공리는 다음과 같이 정의되어 진다.

- 공리 1 : 독립의 공리
(기능적 요구의 독립성 유지)
- 공리 2 : 정보의 공리
(정보량의 최소화)

위의 두 가지 공리는 두 가지 이상의 설계 중 더 나은 설계를 선택하는데 필요한 가장 기본적인 방안을 제시한다. 적합한 디자인이 되려면 첫 번째 공리를 만족시켜야 한다. 중복되지 않거나 탈 중복화 되었다면 첫 번째 공리를 만족시킨 설계이다. 중복여부를 빠르게 판단하는 방법은 다음 장에서 설명하는 설계 행렬을 이용하는 방법이다.

구상단계의 설계 평가시에 가장 효율적인 도구는 공리적 설계의 독립의 공리이다. 제안하는 설계의 기능적 요구의 독립성이 유지되는가의 여부를 일찍 아는 것이 많은 바람직하지 않은 설계를 초기 단계에서 제거할 수 있다. 반면에, 정보의 공리의 이용은 더욱 세밀하고 이미 독립성을 만족시킨 설계를 비교할 수 있는 효과적인 수단이다.

정보의 공리는 설계의 복잡성과 관계가 있으며

상대적으로 단순한 설계가 더 좋은 설계라는 것을 의미한다. 정보의 공리는 기능적 요구를 만족시킬 수 있는 성공률에 의해서 설계요소를 선택한다. 즉, n개의 기능적 요구를 갖고 있을 때 '정보의 양'을 다음과 같이 정의한다.

$$I = \sum_{i=1}^n \log(1/P_i) \quad (1)$$

여기서 P는 성공률이며 I는 정보량이 된다. 성공률이 100%일 때 P=1이 되어 가장 좋은 설계가 되므로 정보량 I가 적을수록 단순한 설계가 된다.

이 논문에서 설계과정을 평가하는 수단은 독립의 공리이다. 기능적 요구와 설계 요소사이의 관계를 가장 명확하게 나타내는 방법은 설계행렬을 이용한 독립의 공리의 만족 여부를 확인하는 것이다.

2.4 설계 행렬

기능적 요구와 설계 요소간의 관계는 설계행렬 [B]를 이용하는 상징적인 방법으로 나타낼 수 있다. 비슷한 방법으로 설계 행렬들을 이용하여 서로 다른 영역사이의 관계를 상징적으로 표시할 수 있다.

$$\{CRs\} = [A]\{FRs\} \quad (2)$$

$$\{FRs\} = [B]\{DPs\} \quad (3)$$

$$\{DPs\} = [C]\{PVs\} \quad (4)$$

$$[B] = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \dots & B_{1n} \\ B_{21} & B_{22} & \dots & B_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ B_{m1} & B_{m2} & \dots & B_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

각 행렬성분 B_{ij} 는 FR_i 와 DP_j 사이의 관계를 나타낸다. 설계행렬은 관계가 깊은 요소끼리는 X로 표시하고 관계가 없거나 약한 요소는 0로 표시한다. 이러한 설계 행렬은 기능적 독립성을 확인하는 간단한 방법이다. 만일 기능적 독립을 자세한 수치로 표현하려면 적절한 관계의 명백성이 필요하게 된다.

기능적 독립성을 유지하므로 해서, 체계적인 방법으로 설계요소를 변경시켜서 기능적 요구의 제약이 달성될 수 있다. 기능적 요구의 독립성이 유지되지 않으면 이러한 설계를 중복된 설계라고 하

며 어떠한 조정시도도 기능적 요구의 바람직하지 않은 변경을 수반하게 된다. 독립의 공리가 만족된다면 설계 행렬은 대각행렬이나 삼각행렬형태로 나타나게 된다. 대각행렬은 완전하게 기능적 독립의 공리가 만족되는 비 중복화설계(Uncoupled Design)를 나타내고 가장 바람직한 행렬이다. 이러한 경우에는 각 기능적 요구가 하나의 설계요소에 독립적으로 영향을 받게 된다. 삼각행렬은 탈 중복화설계(Decoupled Design)를 나타낸다. 이러한 설계도 적합한 설계이지만 설계 요소들은 기능적 요구를 만족시키기 위하여 반드시 특별한 순서로 재배치되어야 한다. 반면에 비 중복화설계는 특별한 순서가 필요하지 않다. 세 번째 설계 형태는 중복화설계(Coupled Design)이다. 이러한 형태의 설계는 적합하지 않은 설계이다. 이러한 설계는 설계요소의 변경에 따른 기능적 요구의 변경에 대해 효과적인 해결 방법이 없기 때문에 바람직하지 않은 설계이다.

3. 공리적 접근의 적용을 통한 DVD 설계평가

위와 같은 공리적 접근의 장점을 활용하기 위하여 기존의 DVD 구동장치의 설계를 공리적 접근을 이용하여 분석함으로써 기존의 설계의 문제점을 객관적으로 파악하고 그에 대한 해결방법을 모색하려 한다.

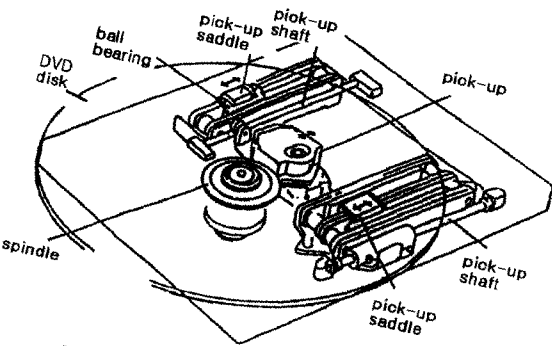


Fig. 3 Schematic of DVD structure

소비자의 요구(CRs) 설정

공리적 접근을 적용하기 위한 첫 번째 단계로서 가져야 하는 소비자의 요구(CRs)에 대한 정립을 위하여 그에 대한 이해를 통하여 공리적 접근의 적용범위와 적용방향을 설정하여야 한다. 따라서 DVD의 개발배경과 목적을 기반으로 다음과 같은 CRs를 결정할 수 있다⁽³⁾.

CR₁ : 고속재생이 가능해야 한다.
 CR₂ : 디스크(disk)의 불량률 극복해 작동의 안정성을 유지해야 한다⁽⁴⁾.
 CR₃ : 정확한 데이터의 입출력이 가능해야 한다.

3.2 기능적 요구사항(FRs)과 설계 요소(DPs) 설정

연구범위에 포함되어 있는 CRs를 기반으로 다음 단계의 공리적 접근을 위하여 FRs를 결정해야 한다. FRs는 CRs의 이해를 토대로 결정되어진다. 이 연구의 적용목표는 다음과 같은 FRs이다.

- FR₁ : 고속회전
- FR₂ : 디스크의 안정적 고정
- FR₃ : 픽업부의 정밀이송

위의 기능적 요구사항들은 계층구조상의 상위 개념이다. 앞에서 언급했듯이 공리적 접근의 한 가지 특질 중 계층구조의 장점을 이용하여 상위개념의 기능적 요구사항들을 하위개념의 요구사항들로 세분화하면 다음과 같은 기능적 요구들로 나타낼 수 있다.

- FR₁₁ : 고속회전
- FR₁₂ : 속도의 안정성이 이루어져야 한다.
- FR₂₁ : 응답속도가 빨라야 한다

DVD 구동장치는 고밀도화 기술을 최대한 이용하여 방대한 기록용량을 가진다. 이는 고화질의 디지털(digital)동화상을 재생한다⁽⁵⁾. 그러므로, 고밀도의 디스크에서 고속으로 데이터를 읽어들이는 것이 필요하다. 디스크의 고속회전을 위하여 스피들 모터(spindle motor)의 성능이 위와 같은 계층구조로 세분화된 기능적 요구를 만족시켜야만 한다.

FR₁₁ : 속도의 안정성은 디스크 각각의 무게에 대한 사양의 변화가 없다면, 스피들 모터 자체의 동특성과 외란이 속도의 안정성에 영향을 끼친다. 외란은 밖에서 들어오는 충격과 디스크의 편심에

의한 진동, 모터내의 베어링(bearing)에 의한 진동이 있다. 현재 DVD 시스템에서는 방진고무가 방진에 가장 중요한 요소이다. 그러므로, 속도의 안정성에 대한 설계요소는 모터의 동특성과 방진의 주요 관계요소인 방진고무의 장성이다.

FR₁₂ : 응답속도는 처음 작동시의 초기속도와 트래킹(tracking)시에 반경방향의 위치에 따른 속도의 변화를 요할 때, 얼마나 빠르게 원하는 속도에 도달할 수 있는가에 대한 요구이다. 응답속도는 모터의 동특성과 제어기의 동특성의 조합이 가장 중요한 요소로 작용된다.

위의 FR₁에 대한 DP를 정리해 보면 아래와 같다.

- DP₁ : 스피들 모터
- DP₁₁ : 스피들 모터의 회전속도제어
- DP₁₂ : 디스크의 회전 관성모멘트 제어

DP₁₁ : 스피들 모터의 회전속도제어는 속도의 안정성과 응답속도에 가장 큰 영향을 준다.

DP₁₂ : 디스크와 클램프(clamp)의 회전 관성모멘트는 응답속도에 중요한 역할을 한다.

위와 같은 FRs와 DP의 관계는 다음과 같은 행렬로써 나타내어 질 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} FR_{11} \\ FR_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & X \\ X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{11} \\ DP_{12} \end{Bmatrix}$$

위의 행렬이 나타내는 것은 스피들 모터의 고속 회전시 속도의 안정성과 응답속도의 향상이 스피들 모터의 속도제어와 디스크와 클램프의 회전 관성모멘트에 모두 영향을 받기 때문에 중복화설계라고 할 수 있다. 이런 설계는 완전한 개선안이 나올 수 없으므로 새로운 디자인을 도출하여 위의 두 가지 FR이 서로 완전한 독립성을 유지하도록 해야 한다.

그러나 위의 두 가지 기능적 요구는 방진 특성 개선의 기능적 요구와 관련이 있으므로 새로운 설계를 도출하는데 있어서 스피들 모터의 회전속도제어와 디스크와 클램프의 회전 관성모멘트를 최소화하며 문제를 해결하기 위하여 방진재의 특성을 변화시켜서 실험을 통한 최적의 방진 시스템을 설계하여서 위의 문제를 해결할 수 있다. 실험을 통한 새로운 방진 시스템은 다음 논문에서 제시된다.

- FR₂ : 디스크의 안정적 고정
- FR₂₁ : 디스크를 미끄럼 없이 고정
- FR₂₂ : 빠른 디스크 착탈
- FR₂₃ : 정확한 디스크 착탈

턴테이블(turn table)과 디스크간의 상대운동을 제거하여 디스크와 픽업부의 위치오차를 최대한 줄이는데 그 목적이 있다. 디스크의 고정에 필요한 로딩(loading) 모터의 구동력은 벨트와 치차에 의하여 가이드(guide)에 전달된다. 가이드에 의하여 베이스(base)가 상하운동을 하게된다. 클램프의 금속부분이 턴테이블의 자석부분과 자기력에 의하여 체결된다. 체결력은 턴테이블에 디스크의 하중으로 작용하여 마찰력을 증가시켜서, 상대운동을 막는다.

- DP₂ : 클램프의 힘
- DP₂₁ : 디스크와 턴테이블의 마찰계수
- DP₂₂ : 클램프의 자기력
- DP₂₃ : 로딩부의 허용공차

DP₂₁ : 디스크와 턴테이블의 마찰계수는 디스크를 미끄러짐 없이 고정하는데 중요한 요소로 작용한다

DP₂₂ : 클램프의 자기력은 디스크의 자체 하중과 클램프의 하중과 더해져서 턴테이블에 하중으로 작용한다. 클램프의 자기력은 디스크의 빠른 착탈을 요구하는 FR을 만족시키는데 가장 중요한 역할을 한다.

DP₂₃ : 로딩부의 허용공차는 정확한 착탈뿐만 아니라 디스크의 훼손방지에도 중요한 역할을 한다.

위와 같은 FRs와 DP의 관계는 다음 행렬과 같이 표시된다.

$$\begin{Bmatrix} FR_{21} \\ FR_{22} \\ FR_{23} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & X & O \\ O & X & O \\ O & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{21} \\ DP_{22} \\ DP_{23} \end{Bmatrix}$$

위의 행렬은 중복화설계를 나타내지만 DP를 선정하는 순서를 재배열하면 탈 중복화설계로 변환시킬 수 있다. 탈 중복화 한다는 것은 DP를 일정한 순서에 따라서 개선할 수 있는 PV를 선택한다면 기

능상의 개선이 있게 된다는 것을 의미한다.

따라서 위의 디자인을 탈 중복화설계로 변환한 설계 행렬은 다음과 같다.

$$\begin{Bmatrix} FR_{22} \\ FR_{21} \\ FR_{23} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O & O \\ X & X & O \\ X & O & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{22} \\ DP_{21} \\ DP_{23} \end{Bmatrix}$$

위의 설계 행렬은 삼각행렬로서 DP_s를 위와 같은 순서로 정하게 되면 기능적 요구에 영향을 미치지 않고서 개선안이 나올 수 있는 설계를 도출할 수 있다.

따라서 위의 DP_s를 만족시키면서 기능적 요구의 개선을 위한 PV_s를 정하여 위의 FR_s를 최대한으로 만족시키는 설계안을 도출 할 수 있다.

DP_s설정의 순서는 다음과 같이 이루어질 수 있다. 위의 설계행렬에서 볼 수 있듯이 DP₂₂를 가장 먼저 설정하고 DP₂₁과 DP₂₃를 순서대로 설정하면 된다. 그 이유는 DP₂₂를 먼저 설정하면 DP₂₁이나 DP₂₃의 변화에도 FR₂₂가 영향을 받지 않는다. 그 후에 DP₂₁을 설정하면 DP₂₃가 변화해도 FR₂₁에 미치는 영향이 없다. 따라서 위의 순서대로 DP_s를 설정하는 것이 중요하다.

- FR₃ : 픽업 이송이 정밀
- FR₃₁ : 이송모터의 정밀도를 확보
- FR₃₂ : 기어비의 최적화 및 유지
- FR₃₃ : 픽업부의 무게를 감소
- FR₃₄ : 픽업 샤프트(shaft)의 정밀도

FR₃는 디스크의 데이터를 인식하는 픽업부의 안정적이고 효율적인 이송을 위한 기능적 요구 사항이다. 픽업부의 이송은 DVD제품의 성능을 결정해 주는 중요한 사항이다⁽⁵⁾. 일반적으로 DVD 디스크는 매우 미세한 트랙 피치(pitch, 0.74 μ)와 피트 길이(pit, 0.4 μ)를 이용해 데이터를 기록하기 때문에 원하는 트랙에 광 픽업부를 위치시키는 일은 무척 난해한 일이다. 때문에 픽업부를 얼마나 빠르고 정밀하게 이송하느냐 하는 것이 DVD 구동장치의 성능을 결정해 주는 중요 요소가 된다. 정밀한 이송을 구성하는 요소로 픽업부를 이송시키는 이송모터의 정밀도와 이송기어비, 픽업부의 무게, 픽업 샤프트의 정밀도를 선정했다.

FR₃₁ : 이송모터의 정밀도를 확보해야 한다.

픽업부는 이송을 위한 동력을 픽업 이송모터에서 얻는다. 때문에 이송모터가 얼마나 정밀하고 안정되게 움직여 주는가 하는 것이 픽업부 이송을 정밀하게 유지하기 위한 가장 기본적인 요소가 된다.

FR₃₂ : 기어비의 최적화 및 유지

기어방식의 이송 기구를 사용할 때 이송 모터의 동력을 픽업부까지 전달하는 요소가 이송 기어이다. 때문에 이송 기어비의 최적화가 요구되고, 최적화된 이송비를 계속 유지하기 위해 기어의 내구성이 보장되어야 한다.

FR₃₃ : 픽업부의 무게를 감소

픽업부의 관성이 크면 가속에 의한 오버런(overrun)이 발생하기 때문에 정확한 위치 제어가 어렵고, 한정된 모터의 동력으로 큰 가속도를 낼 수가 없다. 때문에 광 픽업부의 무게를 최대한 줄여 불필요한 관성을 줄여야 한다.

FR₃₄ : 픽업 샤프트가 정밀해야 한다.

픽업부는 데이터의 인식을 위해 빠른 속도로 운동하며, 이때 픽업부의 이송을 유도하는 것이 픽업 샤프트이다. 때문에 픽업 샤프트가 정밀하지 않으면 픽업부와 정확한 이송을 획득할 수 없다. 또한 픽업부와 샤프트부 사이의 반복 마찰과 피로에 의한 심한 마모의 위험을 가지고 있기 때문에 샤프트부의 내구성도 요구된다⁽⁶⁾.

위와 같은 FR에 대한 DP는 다음과 같다.

- DP₃ : 픽업부의 이송
- DP₃₁ : 이송 모터 제어회로
- DP₃₂ : 이송 기어의 기어치형 정밀도
- DP₃₃ : 픽업부의 재질
- DP₃₄ : 픽업 샤프트 가공정밀도

DP₃₁ : 이송 모터의 정밀도는 모터 자체의 성능과 모터 제어 회로에 의해서 결정된다. 이중에 모터의 정밀도는 일정 수준에 올라 있으므로 우리가 개선할 수 있는 요소로 모터의 제어 회로를 선정했다.

DP₃₂ : 최적화된 기어비와 이를 유지하기 위한 내구성, 백래쉬(backlash)를 감소시키는데 영향을 미치는 것은 기어사이의 마찰에 의한 마멸과 기어의 치형 정밀도이다. 특히 기어의 치형 정밀도를 개선시킴으로써 이송기어의 최적화와 이송정밀도를 얻을 수 있다.

DP₃₃ : 픽업부의 무게를 줄일 수 있는 가장 큰 요소가 재질의 경량화이다. 최적화 설계로 불필요한 부분을 제거하는 방법도 있으나 그보다는 개선된 재료를 사용함으로써 무게를 확실하게 줄일 수 있다.

DP₃₄ : 픽업 샤프트의 가공정밀도는 픽업부의 이송정밀도에 영향을 미치게 된다. 이러한 픽업 샤프트의 가공정밀도 향상이 픽업부의 정밀이송을 가능하게 한다.

위와 같은 FRs와 DPs의 관계는 다음 행렬로 나타낼 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} FR_{31} \\ FR_{32} \\ FR_{33} \\ FR_{34} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{31} \\ DP_{32} \\ DP_{33} \\ DP_{34} \end{Bmatrix}$$

위와 같은 행렬은 비 중복화설계임을 나타낸다. 이런 설계는 별다른 문제없이 각각의 DP를 개선시킬 수 있는 PV를 선정하면 최적의 개선안이 나올 수 있다는 것을 의미한다⁽⁷⁾. 위의 행렬에서 각 DP는 FR들에 대하여 각각 독립적이기 때문에 각 DP를 개선할 수 있는 방향으로 PV들을 선택하여도 다른 기능적 요구에는 영향을 미치지 않는다. 따라서 각 기능적 요구들을 개선할 수 있는 PV들은 연결된 기능적 요구의 개선에만 관계되기 때문에 연결된 기능적 요구의 개선을 위한 개선점들이 도출되어야 한다⁽⁸⁾.

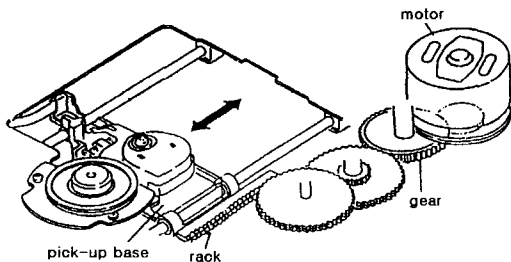


Fig. 4 Schematic of pick-up and shaft

4. 공리적 접근을 사용한 평가결과

현재 생산되어지고 있는 DVD-ROM 드라이브에 대하여 공리적 접근을 사용하여 기존 설계에 대한

평가가 이루어졌다. 설계평가의 결과는 위의 설계 행렬로 정량화하여 표현되었다. 이러한 설계 행렬로 평가한 현재 DVD문제점들을 요약하면 다음과 같다.

1. DVD의 데이터 전송속도를 향상시키기 위하여 디스크의 회전속도를 증가시켜야 한다. 현재 생산되어지고 있는 CD 구동장치의 회전속도는 1.2-1.4m/s임에 비해 DVD 구동장치는 10-11.4m/s로 대략 10배의 회전속도의 증가가 필요하게 된다. 또한 2세대, 3세대 DVD는 그보다 더욱 높은 회전속도가 필요하게 될 것이다. 따라서 이러한 회전속도의 증가를 이루기 위해서는 회전속도의 안전성과 응답속도의 향상이 이루어져야 한다. 그러나 디스크의 회전관성 모멘트와 진동에 의하여 생기는 불안정 때문에 이러한 목적을 달성하는데 문제점이 있다. 이러한 문제는 다음에 제시되는 논문에 방진 시스템의 설계와 연계하여 실험적으로 해결하는 방안을 제시하도록 한다.

2. 데이터를 오류없이 입출력하기 위해서는 디스크의 정확한 고정이 필요하다. 따라서 디스크의 정확한 고정을 위해서는 빠르고 정확하며 디스크의 미끄럼 없이 고정하는 것이 중요하다. 그러나 클램프의 자기력과 허용오차가 원하는 목표인 디스크 고정의 정확성을 위해서는 다음과 같이 정해진 순서에 따라서 설계되어야 한다.

먼저, 클램프의 자기력을 현재 생산중인 제품보다 높게 설정하고 두 번째로는 턴테이블에 부착된 재료의 마찰계수를 줄인다. 그리고 마지막으로 로딩부의 허용공차를 ± 0.1mm이하로 줄임으로서 정확한 디스크의 고정이라는 기능적 요구사항을 만족시킬 수 있다.

3. 픽업부의 이송은 설계 방정식에서 비 중복화 설계로 평가되었다. DVD의 특성상 이 부분에 대한 연구는 상당한 비중을 두는 것이 바람직하다고 보여진다. 그리고 현재의 설계가 우수한 것으로 평가되었으므로 각각의 설계변수에 대한 개별적인 성능 향상이 가능하다. 픽업부의 재질 개선에 의한 무게 감소나 픽업 샤프트의 가공 정밀도 향상에 대한 연구가 가능하다. 픽업 샤프트를 볼베어링을 이용한 리드 스크류를 이용하여 픽업부의 이송정밀도를 10%이상 올릴 수 있는 방안이 제시될 수 있다. 다만 이송 기어의 최적화를 위해 부가 설비가 요구될 수도 있는데 이는 픽업부의 무게를 증가시키는 요

인이 될 수 있으므로 여기에 제약이 있게된다.

본 논문에서 개괄적인 DVD의 기능적 요구사항에 대한 평가를 통하여 제시된 현재 생산되어지는 DVD의 문제점의 해결방안은 다음 논문에서 제시된다.

후기

본 연구는 1998년도 연세대학교 정보저장기기 연구센터(CISD)의 연구비 지원(98K3-0908-03-01-2)에 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. 문용락, 차성운, "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.