

원통형 롬-미디어의 개발과 평가

성 갑 제* · 차 성 운**

The Development and Evaluation of Cylindrical ROM-Media

Kap je Sung and Sung woon Cha

Key Words: Cylindrical ROM Media (원통형 롬 미디어), ROM (Read Only Memory), DVD (Digital Versatile Disk), Axiomatic Design (공리적 설계), Functional Requirement (기능적 요구사항), Design Parameter (설계요소)

Abstract

DVD(Digital Versatile Disk) is the data storage media devised to make high storage density and high data input/output possible. Therefore higher rotational speed and better accuracy in optical pick-up are required compared with the existing optical storage device. These operational functional requirements are concerned with abilities of optical storage device. Especially, High rotational speed is deeply concerned with the noise and vibration of optical storage device, is important problem in development of optical storage device so much. This paper propose a new concept ROM media of optical storage device named as Cylindrical ROM media, and evaluate this by means of Axiomatic approach and empirical data.

1. 서 론

기호 설명

- ROM = Read Only Memory
- CD = Compact Disk
- DVD = Digital Versatile Disk
- DM = Design Matrix
- FR = Functional Requirement
- DP = Design Parameter

광학적 정보저장 장치는 자기(magnetic) 디스크로 대표되는 기존의 정보저장장치에 비해 물이나 자기에 의한 파손의 염려가 없고 충격에 강한, 사용의 편리함과 보관의 안전성이란 장점을 가지고 있다. 그러나, 마이크로 단위의 조밀도로 디스크에 기록된 정보를 읽어내기 때문에 진동이나 충격에 의해 광 픽업(Optical Pick-up)부가 읽어야 할 트랙(track)의 순서를 놓친다거나 데이터를 읽지 못하는 오동작(Skipping)이 발생하는 약점이 있다. 이러한 오동작의 주원인으로 디스크의 빠른 회전을 말할 수 있는데, 디스크의 빠른 회전으로 인해 광픽업부에서의 판독의 정확도가 떨어지는가 하면 디스크의 고속 회전으로 인한 물리적 불안정성(진동과 소음의 증가)을 유발하기 때문이다.

광디스크가 점점 고용량으로 발전해 감에 따라

* 연세대학교 대학원 기계공학과

** 연세대학교 기계전자공학부

고용량의 데이터를 읽기 위해 디스크의 회전속도는 그만큼 빨라져야 하고 그로 인한 진동과 소음의 문제 또한 그만큼 중요해지는 것이다. 실제로 CD(650MB)보다 7~8배나 큰 용량을 저장할 수 있는 DVD(4.8GB)의 경우 그에 따른 고용량의 데이터 인식을 수용해 내기 위해 빠른 디스크 회전 속도를 요구하게 되었고, 그 결과 기존의 CD-ROM Drive보다 더 커진 소음과 진동의 문제를 지니고 있다. 기존의 CD는 직경이 120mm 가량의 원판형상으로 큰 회전반경으로 인해 편심이 크기 때문에 회전속도가 증가할수록 이러한 소음과 진동의 문제에 많은 영향을 미치며, CD와 같은 형상의 미디어를 사용하는 DVD의 경우에는 회전속도가 더 빨라지기 때문에 소음과 진동의 문제는 더 큰 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 이러한 DVD ROM-Media의 문제를 해결하기 위해 Axiomatic Approach를 적용하여 새로운 ROM-Media를 설계하고 평가하게 된다.

본 논문에서 설계하는 새로운 ROM-Media는 편심과 회전관성모멘트를 줄이기 위해, 기존의 DVD Disk보다 직경을 작게 하고 길이를 길게 한 원통형 형상이며, 원통형 미디어의 설계를 Axiomatic Approach를 통해 평가한다.

2. 이론

2.1 공리적 설계

설계과정은 설계자의 지식기반과 창조성에 강하게 의존하며 주관적이다. 따라서 동일한 요구조건들을 만족하도록 종합될 수 있는 독창적인 해답은 무수히 많을 수 있다. 그러나 분석 과정은 결정론적이며 몇 가지 정해진 법칙에 바탕을 둔다. 이들 두 과정들은 서로 밀접한 관계에 있다.

공리적 설계는 분석과정에서 FR(기능적 요구사항)과 그것을 해결하기 위한 DP(설계요소)를 선정하여 설계에 있어서의 문제점을 설계행렬을 통해 표면에 드러나게 함으로써 설계자의 판단오류를 줄이고 창의적인 설계를 돕는 설계원리이다.

공리적 설계는 설계문제에 있어서의 FR과 DP를 선정하여 설계문제를 해결해 나가는데 FR·DP의 선정과 설계에는 좋은 설계 여부를 판단할

수 있는 두 가지의 원칙, 즉 두 가지의 공리가 있는데 이 두 공리는 의미상으로 동등한 여러 형태로 표현할 수도 있으나 간단히 선언적으로 표현하면 다음과 같다.

공리 1 독립 공리(The Independence Axiom)
FRs의 독립성을 유지하라.

공리 2 정보 공리 (The Information Axiom)
설계의 정보량을 최소화하라.

공리 1은 설계 과정 중 기능적 영역의 FRs로부터 물리적 영역의 DPs로 진행되는 사상과정을 특정한 DP에서의 변동이 오직 관련된 FR에만 영향을 주도록 정의해야 한다는 것을 의미하며, 공리 2는 독립공리(공리 1)를 만족하는 모든 설계 중에서 최소한의 정보내용을 갖는 설계가 가장 좋은 설계라는 것을 나타내고 있다.

선택된 기능적 요구사항과 설계 요소 사이의 상관 관계를 가장 명확하게 정의하는 구체적인 방법은 설계 행렬을 구성하여 설계 방정식으로 나타내는 것이다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

식(1)의 설계 방정식에서 각 행렬 성분 A_{ij} 는 FR와 DP, 사이의 관계를 보여준다. FR과 DP 사이에 상호 연관성의 정도에 따라 이것이 높을 경우에는 \times 로 표시하고, 그렇지 않은 경우에는 \circ 로 표시한다. 이 때에 이것을 정하는 기준은 무엇보다도 설계자의 판단과 직관이 중요하게 작용된다. 그렇지만 보다 객관적인 근거로서 FR과 DP 사이에 어떤 수학적인 함수 관계 혹은 실험적인 함수 관계가 논리적인 과정으로 형성될 때, 그렇지 않은 경우보다 상호 연관성이 훨씬 많다고 판단할 수 있다. 공리적 설계로 설계나 공정은 거대한 계층구조로 표현이 가능하다. 계층구조에서 각 요소 사이에 독립성의 정량적인 평가는 직접적으로는 설계의 좋고 나쁨을 판단하는 기준으로 사용될 수 있다. 정량적인 수치화를 통한 DP의 상호 독립성의 검증 및 정량적인 독립성의 비교는 설계자가 어떤 설계 요소를 우선적으로 고려해야 하고 어떤 인자를 덜 고려해도 좋은지를 제시해 준다. 결과적으로 DP를 조절하였을 때 FR의 변

화 범위가 크게 나타날 때 상호 연관성이 크다고 말할 수 있다.

이런 식으로 ○·×로 표시한 DM(Design Matrix)은 공리적 접근에서 설계의 좋고 나쁨을 판단하는 기준의 역할을 하는데, 대각행렬로 나타나는 경우 이를 비연성(Uncoupled)설계라 말하며 이는 가장 좋은 설계이다. 이 행렬이 상삼각행렬이나 하삼각행렬로 나타나는 경우 이는 해결할 수 있는 설계의 문제로 비교적 괜찮은 설계라 할 수 있으나, 대각행렬이나 삼각행렬 둘 다 아닌 경우 이는 연성(Coupled)설계라 말하며 해결할 수 없는 아주 안 좋은 설계라 할 수 있다.

3. 공리적 설계 기법의 적용

3.1 DVD의 공리적 분석

공리적 분석을 위한 첫 번째 단계로 DVD ROM Media의 설계목적에 근거하여 기능적 요구사항들(FRs)을 선정해 보면 다음과 같다.

- FR₁ = 고용량
- FR₂ = 저 진동·소음
- FR₃ = 휴대성

DVD는 고용량의 목적을 가지고 CD로부터 진보된 개념의 미디어이므로 '고용량'이라는 기능적 요구를 충족시켜야 하며, 고용량의 정보를 판독하려면 디스크의 고속회전이 불가피하고 따라서 심한 진동과 소음을 유발하게 된다. 이에, '저 진동·소음'의 기능적 요구를 충족시켜야 하며, '휴대성'이라는 기본적인 기능적 요구를 충족시켜야만 한다.

이들 FRs(기능적요구사항들)에 대한 DP_s(설계요소들)을 선정해 보면,

- DP₁ = 기록의 집적도 향상
- DP₂ = 저 편심
- DP₃ = 디자인

이라고 할 수 있으며, 설계평가를 위해 설계행렬을 만들기 위한 각각의 DP_s를 분석하고 각각의 FR_s과의 연관관계를 살펴보면 다음과 같다.

DP₁ : 기록의 집적도 향상, 일반적인 DVD 롬 미디어는 기록의 집적도를 높이기 위해 점점 고

밀도 기록을 지향하고 있긴 하지만, 기본적 초기 설계시에는 기록면적을 넓히기 위한 회전체에서 가장 넓은 면적을 가지는 원반형태로 설계하였다. 이러한 직경을 늘린 원반형 설계는 회전반경의 증가로 인해 회전관성모멘트를 증가시켜고속 회전시 심한 소음과 진동을 유발하고(FR₂와 관련), 또 직경의 증가는 크기의 증대와 직접적인 관련이 있으므로 FR₃인 '휴대성'에 영향을 미치게 된다.

DP₂ : 저 소음·진동, DVD 미디어는 회전 시 편심을 줄이기 위해 정원형 형상을 띠고 있다. 정원형 형상은 회전체에 있어서는 가장 편심을 줄일 수 있는 형상이다. 정원형 설계는 직경의 증가가 고용량과 편심 그리고 휴대성과 밀접한 관련이 있었던과는 달리 단지 형상의 문제이므로(크기의 문제가 아니다.) FR₁(고용량)이나 FR₃(휴대성)와는 무관하다고 할 수 있다.

DP₃ : 얇은 원반디스크형 디자인, 휴대성의 문제를 해결하기 위한 설계요소로 얇은 원반디스크형 디자인을 들었다. 기록면을 제외하고 가장 부피를 최소화 할 수 있는 디자인이나 상·하 방향의 자유도가 생기게 되어 고속회전 시에는 미디어 양면의 공기유동의 마찰로 인한 소음·진동을 유발한다. 따라서 FR₂에 영향을 미친다.

이와 같이 각각의 DP_s를 분석해 보았고 이를 토대로 DM(설계행렬)을 만들어 보면 다음과 같다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \times & \circ & \circ \\ \times & \times & \times \\ \times & \circ & \times \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

식(2)에서 보여지는 DM은 대각행렬도 아니고 삼각행렬도 아닌 연성된 설계를 나타내는 DM임을 알 수 있다. 따라서, 기존의 ROM-Media의 설계는 바람직하지 못한 설계임을 알 수 있고, 이에 새로이 설계된 ROM-Media를 본 논문에서는 제안한다. 설계의 문제점을 DM을 통해 밝혀내기 위해 연성의 문제가 되는 부분인 A₂₃와 A₃₁을 살펴보면 각각, 얇은 디스크 형상과 지름이 큰 원반형 형상과 관계된 것으로 지름을 줄이고 미디어의 두께를 두껍게 한 원통형상에서 새로이 개선된 설계를 찾고자 한다.

3.2 새로운 ROM Media 설계

본 논문에서 제안하는 원통형상의 미디어는 기존의 DVD ROM Media의 설계와 비교할 때, 같은 FRs와 DPs를 가지나 DPs에 대한 해석적 입장은 다르다. 새로운 설계인 원통형 ROM Media를 평가하기 위해 각각의 DPs를 다시 해석해 보도록 하겠다.

DP₁ : 기록의 집적도 향상, 원통형 미디어는 직경의 감소로 인해 기록면적이 일반적인 DVD 롬 미디어보다 작다. 하지만 원통형 미디어는 일반적 DVD 롬 미디어보다 적은 속도에서 구동되기에 더 고밀도로 정보가 기록되어도 판독이 가능하다. 따라서, 원통형 미디어는 고밀도 기록으로 기록의 집적도에 대한 문제를 해결한다. 고밀도 기록이라는 문제는 지름을 감소시킨다든지 하는 미디어 형상의 디자인과는 별개의 문제이므로 FR₁ 이외의 다른 기능적 요구사항들에는 영향을 미치지 않는다.

DP₂ : 저 소음·진동, 원통형 미디어는 이에 대해 직경을 줄여 편심과 회전관성모멘트를 줄인다. 직경을 감소시킨다고 기록면적이 감소한다고 볼 수는 없으므로(길이를 늘리면 보상효과를 볼 수 있을 테니까) FR₁인 고용량과는 무관하다 할 수 있다. 그리고, 직경을 감소시킨 형상(즉, 볼펜형 형상)으로 변화하기 때문에 휴대성(FR₃)과는 관계한다고 볼 수 있다.

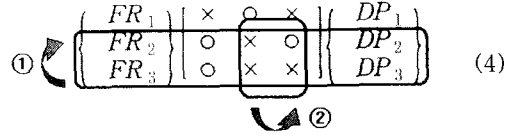
DP₃ : 디자인, 휴대성의 문제를 해결하기 위한 설계요소로 우리에게 친숙한 형태인 볼펜형, 즉 원통형 형상을 설계하였다. 형상변화의 문제이긴 하지만 휴대성과 관련하여 전반적인 크기의 감소 및 기록면적의 감소를 불러일으키는 설계요소이므로 고용량(FR₁)과도 관계한다고 볼 수 있다. 또 앞서 말했듯이 FR₂와의 관계는 형상의 문제이므로 저진동·소음(FR₂)과는 무관하다 할 수 있다.(미디어의 직경이나 전체적인 크기의 문제가 아니라 형상의 문제이기 때문이다.)

이와 같이 각각 분석된 DPs로 새로운 DM(설계행렬)을 세워보면 아래와 같다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} \times & \circ & \times \\ \circ & \times & \circ \\ \circ & \times & \times \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

식(3)에서 보여지는 DM은 대각행렬도 아니고

삼각행렬도 아니기에 얼핏보면 연성된 설계이고 따라서 안 좋은 설계라고 판단할 수 있다. 하지만 DM을 적당히 변환하면 즉시 삼각행렬로 뵈을 알 수 있다.



식(4)에서처럼 FR₂와 FR₃를 바꾸어 보면 ①처럼 행렬식의 2행과 3행이 서로 바뀌게 되고 FR₂와 FR₃의 교체에 따라 DP₂와 DP₃도 바뀌게 되므로 그에 따라 ②처럼 2행과 3행의 2열과 3열 또한 바뀌게 된다.

이렇게 바뀐 DM을 다시 구성해 보면, 다음의 식(5)처럼 된다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} \begin{bmatrix} \times & \circ & \times \\ \circ & \times & \times \\ \circ & \circ & \times \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix} \quad (5)$$

식(4)의 연성된 모습의 DM이 식(5)의 상삼각행렬로 변화한 것을 알 수 있다. 식(5)의 행렬식은 상삼각행렬로 완벽히 좋은 설계라고 할 수는 없지만 기존의 DVD ROM-Media 보다는 조금 더 개선된 비교적 좋은 설계임을 알 수 있다. 이제 본 논문에서 제안된 원통형 ROM-Media를 실질적 측면에서 고려해 보도록 하겠다.

4. 원통형 ROM-Media

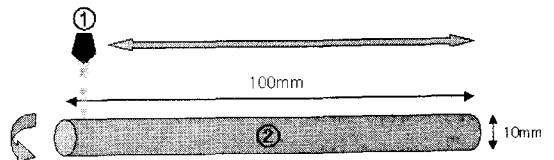


Fig. 1 Cylindrical ROM-Media

Fig. 1 은 원통형 ROM-Media의 개략도이다. Fig. 1에서 ①은 광픽업부이고 ②는 원통형 미디어이다. 원통형 미디어의 기록면은 표면의 둘레이며 그림에서 보듯이 원통형 미디어가 회전하

고 광픽업부가 원통형 미디어의 길이 방향으로 좌우로 움직이면서 저장된 전체 정보를 읽어내는 방식이다. 다음의 Fig. 2는 원통형 미디어의 판독에 대한 개념도이다.

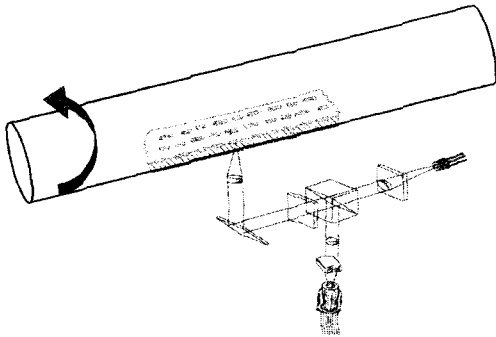


Fig. 2 Reading of Cylindrical ROM-Media

Fig. 1의 100mm, 10mm라는 수치값은 우리에게 익숙한 볼펜 정도의 크기가 휴대에 편할 것이라 생각에 볼펜보다 약간 작은 크기로 임의로 정한 것이다. 만약 이런 크기로 미디어를 제작시에 그 표면적은 $\pi \times 10 \times 100 = 3140\text{mm}^2$ 으로 일반 DVD의 $\pi \times 60 \times 60 = 11304\text{mm}^2$ 의 1/3이며, 따라서 원통형 미디어에 기록 가능한 정보량은 (원통형 미디어의 표면적에 따른다) 일반 DVD의 저장용량인 4.8GB의 1/3인 1.6GB에 달한다.

일반 DVD는 트랙의 안쪽과 밖에서 속도가 달라 선형적인 속도제어가 필요한데 원통형 미디어는 정속으로 구동되므로 그러한 속도제어가 필요 없다.

또 기존의 일반 DVD보다 용량은 작지만 차지하는 공간이 작아 같은 소요공간에서의 저장용량은 더 많다고 볼 수 있으며 작은 크기로 인해 구

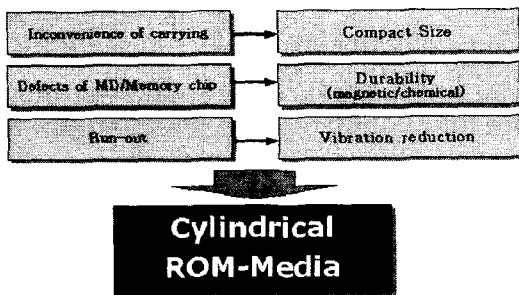


Fig. 3 Utility of cylindrical ROM Media

동 드라이브의 크기 또한 줄일 수 있다.

그러나, 이는 어디까지나 공리적인 접근방법을 통해 설계된 이론적 분석과 물리적인 법칙에 근거한 예측이며 이를 실험을 통해 입증하고 평가 및 개발하기 위한 지속적인 연구가 필요하다.

5. 결론

지금까지 공리적 접근을 적용하여 현재 광학적 정보저장장치의 미디어로 일반화되어 있는 DVD-ROM Media의 문제점을 가시화 하여 새로운 설계를 도출할 수 있도록 DM(설계행렬)을 만들어 보았다. 그리고 도출된 DM을 통해 설계의 중점적 요소들을 찾아내고 새로운 형태의 미디어인 원통형 ROM-Media를 설계하였다.

새로이 설계한 원통형 미디어는 저편심으로 소음과 진동을 줄이고자 하는 목적에 의한 설계로 충분히 소음·진동을 감소시킬 수 있을 것이며, 따라서 소음·진동 때문에 문제시되어 왔던 기존 휴대용 플레이어의 문제점을 상당부분 해결할 수 있을 것이다. 또 휴대용 플레이어의 크기의 감소에도 이바지 할 수 있으리라 판단되며, 고가의 휴대용 MP3 플레이어의 메모리칩을 대체하여 저가 격의 휴대용 MP3 플레이어 생산도 가능케 할 수 있을 것이다.

또 미디어를 볼펜 정도의 크기로 제작할 경우 (100mm×10mm의 크기 정도로 우리에게 익숙한 볼펜 정도의 크기가 휴대에 편할 것이라 생각된다.) 기존 DVD-ROM의 기록면적과 비교해 1/3 정도로 줄어들 것이며 이에 대한 기록용량감소를 보상하기 위해 고밀도 기록이 요구된다.

그러나, 원통형 미디어는 반경이 작은 구조적 문제 외에도 공기와의 마찰면이 현격히 적음으로 인해 진동·소음에 대한 여러 가지 강점을 가지고는 있지만 직경의 감소로 인해 기존 CD-ROM과 같은 데이터 전송속도를 위해서는 회전속도가 4.5배 가량 빨라져야만 하는 단점을 안고 있다. 따라서 진동·소음의 기존 CD-ROM과의 비교 판단은 실험을 통해서만 결론 내려져야 할 것이다.

하지만, 이 논문에서 원통형 ROM Media를 개발한 것은 휴대용 플레이어를 초점으로 두고 시작한 것이며, 전송속도가 작아도 상관없는 휴대용 플레이어에서의 사용에는 미세한 진동·소음의 문제보다는 외부충격에 대한 텀이 더 중요한 문제이므로

로 휴대용 플레이어에 있어서는 원통형 미디어는 더 많은 장점을 가지고 있는 것이다.

6. 참고문헌

- (1) Nam P Suh, 1990, "The Principles of Design," M.I.T., pp. 47~48.
- (2) Sung Woon Cha, 2000, "Creative design method," M.I.T., pp. 5~86.
- (3) 차성운, 문용락, 1998, "DVD 설계 평가 개선을 위한 공리적 접근," 한국정밀공학회 논문.
- (4) Chris Sherman, 1994, "The CD-ROM handbook," Mc Graw Hill., pp. 427~442.
- (5) Charles Oppenheim, 1994, "CD-ROM, fundamentals to applications," Butterworths., pp. 1~38.
- (6) 강준구, 1994, "CD-ROM 운영하기," 동신출판사., pp. 20~30.
- (7) 심우형, 1994, "CD-ROM의 모든 것," 정보문화사., pp. 5~40.