

레인보우 미디어의 성능과 구현

강 영 주* · 차 성 운**

The Performance and Capacity of Rainbow Media

Young-Ju Kang and Sung-Woon Cha

Key Words: Rainbow Media(레인보우 미디어), Multi-bit Storage Device(다중신호 기록장치), Axiomatic Design(공리적 설계)

Abstract

Today, most of data storage devices use digital storage type. In this thesis, a new digital storage media called rainbow disk was introduced. It doesn't use 1-bit digital signal, but 2 or 4 bits digital signal using colors, so it can increase 2~4 times more capacity than existing digital media in case of having the same spot size. It has made possible by means of technological advancement of devices and software. The photo quality paper was used for writing data by color inkjet or laser printing, and high resolution scanner was used for reading data. To extract data from image, the converting program was used. This paper shows the concept of rainbow disk as well as its performance and capacity. Axiomatic design was used for evaluating and developing the whole system.

기호설명

FR : 기능적 요구
DP : 설계 요소

1. 서 론

1990년대 이후 가속화된 디지털 기기의 보급은 통신, 영상, 음성 등에 널리 적용되어 있으며, 디지털 정보의 저장을 위한 새로운 방식의 미디어들이 계속해서 개발되고 있는 중이다.

현대 사회의 정보의 기록과 전달에 있어서 아날로그 방식이 아닌 디지털 방식이 더 선호되어 지는 이유는 시간이 지남에 따른 정보의 변질이

나 손상이 상대적으로 적으며, 잡음제거가 용이하고, 널리 보급되어진 컴퓨터가 내부 연산에서 디지털 방식이 사용되고 있기 때문에 연동이 용이한 점 등 여러 가지 장점을 갖는다. 현재의 대표적인 정보저장장치로는 자기기록방식의 40GB 대의 하드디스크나 광기록방식인 700MB대에 이르는 CD-R이 있으며 이들은 사용자가 요구하는 고속, 고용량의 정보의 기록과 재생을 위하여 세계 여러 곳에서 지속적인 연구가 수행되어지고 있다.

정보저장장치의 개선을 위한 방향으로서는 기록 밀도의 증가 외에도 재생 속도, 안정성, 휴대성 및 부피의 감소와 미디어 가격이 저렴해야 한다는 점 등 여러 가지가 있다. 특히 그 중에서도 기록 밀도의 증가는 영상이나 음성 같은 멀티 미디어 데이터의 크기가 커짐으로 인해 가장 큰 이슈라 볼 수 있다. 지금까지의 연구에서는 기록 밀도의 증가를 위해 디지털 데이터가 기록되는 스팟의 크기를 작게 하는 것을 위주로 연구가 이

* 연세대학교 기계공학과 대학원

** 연세대학교 기전공학부

루어졌으나 본 논문에서는 제시하는 레인보우 디스크는 한 스팟에 들어가는 정보의 양을 증가시킴으로서 정보의 저장용량을 늘릴 수 있다. 레인보우 디스크의 초기 설계 요소 선정을 위해서 MIT에서 개발한 공리적 설계기법을 적용하여 합리적인 설계의 도출을 시도하였으며 아울러 실제로 레인보우 디스크를 구현해보았다.

2. 이론

2.1 색상의 기초

1980년대에 4색, 1990년대에 256색을 지원하기 시작한 컴퓨터용 칼라 모니터는 현재에는 24bit 트루 칼라를 지원하는 것이 일반적인 정도로 발전하였다. 모니터뿐 아니라 인쇄 장치에 있어서도 600dpi 이상의 고화질을 지원하는 칼라 프린터가 개발되어 있으며 이들은 계속해서 발전되는 추세이다. 이러한 기술의 발전은 과거에는 제약 조건(constraint)였던 다양한 색상의 구현을 가능하게 함으로서 하나의 설계 요소로서 채택되고 제품을 구현하는 도구로 쓰여질 수 있게 되었다.

색은 파장범위와 그 강도에 따라서 무수히 많은 조합이 가능하지만, 근본적으로는 Fig. 1에서와 같이 빛의 3원색인 적색(R), 녹색(G), 청색(B)의 3개의 조합으로서 모든 색의 표현이 가능하다. 3원색의 조합에 따라서 명도와 색상, 채도의 색의 3요소를 결정되어진다.

빛의 3원색과 색료의 3원색은 서로 다른데, 근본적으로 빛이 섞일수록 명도가 높아지는 반면, 색료는 섞일수록 더 어두워진다. 또한 색료를 혼합하는 경우 RGB가 아닌 RYB나 CMYK의 색상 배합이 흔히 사용되어진다.

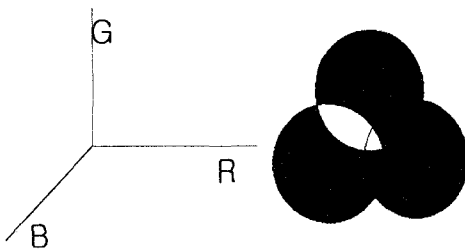


Fig. 1 Three primary colors of light

2.2 공리적 설계

2.2.1 공리적 설계의 정의

공리적 설계는 완성품의 문제점 발생과 개발기간의 장기화 등의 설계초기에서 나타나는 여러 문제를 해결하고 설계를 평가하기 위해 공리(Axiom)와 추론(Corollary), 정리(Theorem)를 도입하여 설계를 평가하는 방법을 제시한다. 이는 1980년대 MIT의 Suh에 의해서 제시되었다.

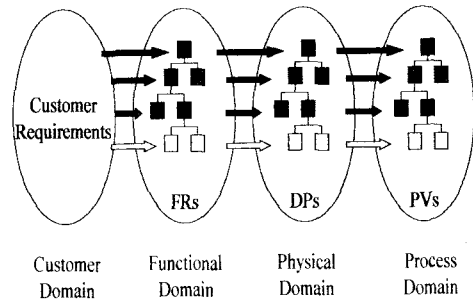


Fig. 2 Design process

설계는 Fig. 2에서 보듯이, 4개의 설계 영역에서 요구되는 사항을 서로 연결 시켜주는 사상과정 (Mapping Process)라고 정의되어진다. 4가지 설계 영역은 소비자의 요구 (Customer Requirements : CRs)와 그것을 구체적으로 구현하는 기능적인 요구 (Functional Requirements : FRs) 그리고 기능적 요구와 관련된 변수 (Design Parameter : DPs)가 있다. 또 실제 공정에 필요한 변수인 공정변수 (Process Variable : PVs)로 나타내어진다.

2.2.2 독립의 평가

공리적 설계의 두 가지 공리 중에 첫 번째는 독립의 공리로서, 설계요소간의 연관성이 적을수록 좋다는 것을 의미한다. 이러한 독립성의 검증은 행렬로서 가시적으로 표현할 수 있다.

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & X \\ X & X & 0 \\ X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{pmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{pmatrix} \quad (3)$$

위와 같은 세 개의 행렬에서 X는 FR과 DP간에 상호 연관이 있음을 의미하며 O는 영향이 없음을 나타낸다. 행렬(1)은 중복행렬(Coupled Matrix)이며, 요소간에 서로 영향을 주기 때문에 독립성이 유지되지 않은 좋지 않은 형태의 설계이다. 행렬(2)는 대각행렬로서 완전하게 기능적 독립의 공리가 만족되는 비중복화설계(Uncoupled Design)를 의미하고, 가장 바람직하다. 이 경우에는 각각의 기능적 요구가 하나의 설계요소에만 영향을 받기 때문에, 설계요소의 임의대로의 조정이 가능하게 된다. 삼각행렬은 탈중복화설계(Decoupled Design)를 나타내며, 특별한 순서로 설계요소가 조정될 경우, 설계 요소의 변화에 따른 영향을 고려하지 않을 수 있다.

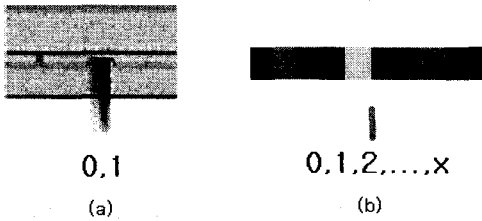


Fig. 3 1-bit signal and multi-bits signal

3. 레인보우 디스크

3.1 개요

Fig. 3(a)에서처럼 일반적인 광학기록장치나 자기기록장치는 기록면 위의 한 점에 자기의 방향이나 빛의 반사 유무로 0과 1의 신호를 무수히 많이 기록한다. 또한 기록 용량의 증가를 위해서 미세한 헤드의 부상이나 레이저 파장의 단파장화와 같은 여러 가지 방법을 사용하여 스팟을 더 작게 함으로서 기록 용량의 증가를 달성한다.

다중신호 기록방식이란, 이러한 스팟 위에 0과 1의 두 가지 신호가 아닌 두 가지 이상의 신호를 한 점에 기록함으로써 기록 용량과 속도를 늘리는 방법이다. Fig. 3(b)에서 보는 것처럼 레인보우 미디어는 색을 사용하여 하나의 스팟에 2-4bit의

데이터를 기록할 수 있는 미디어이다. 스팟은 여러 가지 다른 명도, 채도, 색상으로 구성되어 있으며 기존의 디지털 미디어와 달리 3개 이상 신호가 한 스팟에 기록된다. 이 신호들은 구분이 명확하기 때문에, 일반 디지털 미디어의 특성을 그대로 갖는다. 이러한 방식은 80년대 이후, 시스템적 제약조건이었던 색상의 구현과 인식에 있어서 기술의 발전으로 제약조건이 없어졌기 때문에 가능해졌다.

최근 칼라 스캐너의 해상도는 1200dpi에 이르며 칼라 프린팅 기술도 발전하여 역시 1200dpi에서 4bit 이상의 색상 구현이 가능하다. 산술적으로 계산되어진 4bit code, 1200dpi에서 구현된 레인보우 디스크는 6in*6in의 기록면에서 약 25.92MB를 기록하는 것이 가능하다. 해상도와 기록되는 색상 수의 증가에 따라서는 더 많은 데이터의 저장이 가능해진다. 일반적으로 동일한 스팟 사이즈를 갖는 미디어의 스팟에 2bit 코드로 기록할 경우 2배의 기록용량 증가가, 4bit 코드로 기록할 경우는 4배의 기록용량 증가가 가능해진다.

레인보우 디스크는 다중신호를 한점에 기록하여 기록밀도의 증가와 데이터 전송의 고속화가 가능할 뿐만 아니라, 인쇄 방식을 기록 방법으로 사용하는 매체로서, 휴대가 간편하고 공간을 덜 차지하는 장점이 있으며, 책이나 신문, 잡지 등 인쇄 매체에 일부로서 전달이 가능하다. 또한, 파괴 및 분해가 쉽기 때문에, 환경 친화적인 매체이다. 그러나 장기적인 데이터의 보존과 더 많은 데이터의 저장을 위해서는 특수한 공정과 기구의 개선이 요구되어진다.

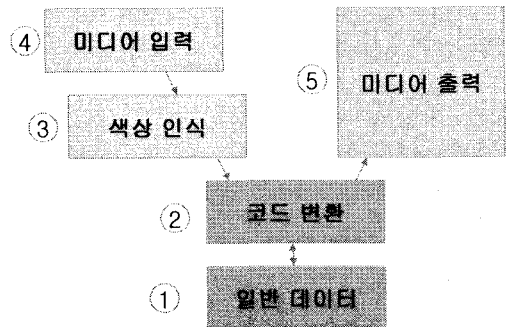


Fig. 4 Reading and writing system of rainbow disk

3.2 레인보우 미디어의 구조

레인보우 미디어는 Fig. 4과 같은 구조로 데이터의 입, 출력을 수행한다. 데이터 기록 시에는 다음과 같은 과정을 통해 이루어지는데, ①은 컴퓨터의 일반 데이터로 0과 1의 2진수로 이루어져 있다. 이는 ②에서 BMP나 GIF와 같은 이미지 파일로 변환되어진다. ⑤의 과정에서 이미지는 프린팅을 통하여 칼라 출력용 용지에 기록되어진다. 데이터를 읽는 과정은 쓰는 과정과 달리 ④에서 스캐너를 통해 입력받은 색상을 가장 가까운 색에 근사시키는 ③의 과정이 추가된다. 이후 ②에서 코드변환을 통해 ①의 일반 데이터를 추출해낸다.

레인보우 디스크의 실제 구현을 위한 하드웨어는 Fig. 5에서 보듯이 3가지 기기로서 구현되어진다. 기록을 위한 칼라프린팅 장치, 스캐너를 사용한 입력장치, 그리고 컴퓨터에서 처리되는 데이터 프로세싱 장치로 이루어진다.

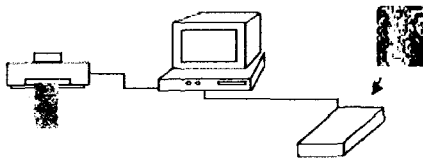


Fig. 5 The system of rainbow media

3.3 데이터 변환

음악, 영상, 문서 등 컴퓨터는 다양한 형식의 데이터를 파일의 형태로 사용하고 있다. 일반 데이터 파일은 0과 1의 2진 코드를 사용하는 것이 기본이다. 이 2진 코드를 2비트 레인보우 디스크는 0~3까지, 4비트 레인보우 디스크는 0~15까지 변환한다. Fig. 6은 일반적인 2진 데이터를 4bit, 16색으로 변환하는 과정을 나타낸다.

데이터의 기록과 저장을 위해서는 일반적인 동영상이나 문서, 음성 등의 데이터를 칼라 이미지 형식으로 변환하는 과정이 필요하고 이를 다시 데이터로 추출하는 과정이 필요하다.

Fig. 6은 1비트 파일로 되어있는 데이터를 4비트 코드로 바꾸어주는 과정이다. 이 과정은 코드 변환 프로그램 RS16을 사용하여 수행되어진다. RS-16은 최대 600MB까지의 파일을 4bit 이미지로 변환하며, 반대로 이미지에서 원본 파일을 추출

할 수 있다.

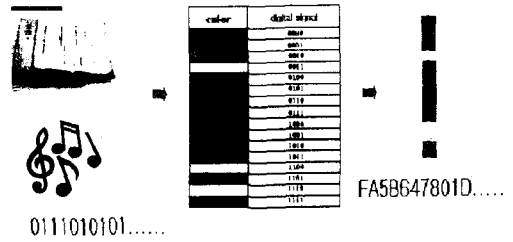


Fig. 6 Converting process

3.4 색상의 인식

Fig. 4의 ③의 과정이 요구되는 가장 큰 이유는 실제로 프린트되어진 색상과 모니터의 색상은 색의 합성에 따르는 성질이 근본적으로 틀리기 때문에, 색상의 차이를 보정하는 과정이 추가되어야 한다. Fig. 7에서 좌측은 스캐너가 입력받을 수 있는 모든 범위의 색상이며 명도, 채도, 색상의 3가지 요소에 대해 각각 오차를 갖고 있다. 이렇게 입력된 색상은 Filter Program을 사용하여 우측과 같이 근사적으로 가장 가까운 색으로 인식되어진다. 이 과정을 통해서 기록 용지에 쓰여진 원본 데이터의 획득이 가능해진다.



Fig. 7 The approximation of 16-colors

4. 구현과 성능

4.1 공리적 접근

공리적 접근법을 사용하여 레인보우 디스크의 구현을 위한 요소를 선정해보면, 다음과 같은 FR과 DP를 선정할 수 있다.

FR₁ : 저장 용량의 개선

FR₁₁ : 저장 영역의 수 증가

FR₁₂ : 디지털 비트 수 증가

- DP₁ : 저장되는 신호의 수
- DP₁₁ : 스팟 사이즈를 작게한다.
- DP₁₂ : 색을 사용하여 비트수를 늘린다.

- FR₂ : 장치의 성능 개선
- FR₂₁ : 명확한 인식과 적은 외란 영향
- FR₂₂ : 데이터 유지
- DP₂ : 데이터의 손실 방지
- DP₂₁ : 인식가능한 해상도와 색의 수
- DP₂₂ : 색의 흐름 방지

Table 1 Relation among the design components

	FR	FR ₁	FR ₂	FR	FR ₁	FR ₂
DP	X	-	-	0	-	-
DP ₁	X	0	0	0	0	0
DP ₂	X	0	X	0	0	0
DP	X	X	X	X	-	-
DP ₁	X	X	X	X	X	0
DP ₂	0	0	0	X	0	X

Table 1의 설계 행렬에서 우리는 성능과 용량의 두 가지 인자간에 미치는 상호 영향을 평가할 수 있다. 이를 통해서 먼저 색상의 수와 size에 대한 인식할 수 있는 범위를 정해놓은 다음에, 성능과 용량을 구현하는 것이 올바른 순서임을 알 수 있다.



Fig. 8 16 color, 100dpi scanned image

4.2 레인보우 미디어의 구현

데이터의 입력을 위한 장치로는 광학 해상도 2400*1200dpi 스캐너를 사용하였으며, 기록을 위한 칼라 프린팅 시스템으로는 통상적인 600dpi 잉크젯 프린터를 사용하였다.

100dpi를 사용하여 기록과 입력을 수행한 그림이다. 100dpi까지는 색의 소모가 심하지 않으며 스팟도 명확하게 구분되어진다. 이 경우 기록용량은 6in*6in 이내에 180kb를 기록하는 것이 가능하다. Fig. 8은 16색의 100분의 1인치 크기의 스팟을 일렬로 나열하여 출력한 후 그대로 스캐닝

한 후의 이미지와 비교해본 결과이다.

200dpi를 사용한 경우까지도 대략적인 색상의 구분이 가능하다. 대체적으로 Fig. 9처럼 색의 명도가 올라가는 경향이 나타난다. 이런 경우에는 백색 구분이 모호해 진다.



Fig. 9 16 color, 200dpi scanned image

Fig. 10은 4색 색상만을 사용했을 경우에 출력과 입력을 수행한 결과이다. 위의 이미지가 200dpi 스팟으로 실험한 결과이며, 아래 이미지가 100dpi에서 실험한 결과이다. 두 경우 모두 색의 구분이 16색을 사용한 경우보다 명확해진다.



Fig. 10 4 color scanned image (100, 200dpi)



Fig. 11 16 color, 300dpi scanned image

Fig. 11에서 보듯이 16color를 사용하는 경우 300dpi 이상에서는 색상과 그 위치의 구분이 불분명해지므로 공리적으로 독립적인 색상의 사용이 요구되어진다.

4.3 레인보우 미디어의 성능 개선

공리적 설계에서, 색상의 한계의 설정이 우선시 되어야 한다는 결론을 도출하였다. 이에 따라 실험한 결과에서 4.2절에서 실험 결과에서 나타나듯이 16색을 사용한 스팟 구성에서 300dpi 이상의 고해상도 기록은 색의 표현이 불분명해지는 문제점이 나타났다.

Fig. 12에서 보는바와 같이 하나의 스팟은 여러 개의 색상의 조합으로 이루어진다. 즉 색상의

구성에 있어서 상호 영향을 주지 않는 3원색의 사용은 고해상도의 기록을 가능하게 함을 알 수 있다.

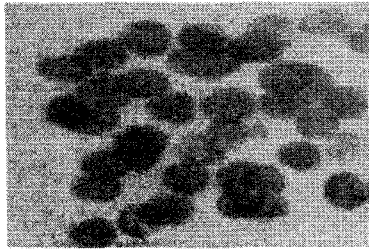


Fig. 12 A spot magnified 50 times.

Fig. 12에서 50배 배율로 확대되어진 하나의 스팟은 3개 색상의 잉크 방울로 구성되어진 것이 선명히 나타난다. 하나의 스팟은 약 30~40개의 작은 점으로 이루어지며, 이러한 3원색을 사용할 경우 600dpi까지 기록밀도의 증가가 가능할 것으로 예상된다.

5. 결론

본 연구에서는 다중신호 기록을 사용한 정보저장 미디어인 레인보우 디스크의 개념을 제시하고 실제로 구현하기 위해서 데이터를 소프트웨어적으로 변환하는 프로그램을 개발하였으며, 일상적인 주변장치를 사용한 실제 데이터를 미디어상에 입력, 출력시키는 작업을 실제로 수행하였다.

하드웨어적인 구현에 있어서 스캐너나 칼라 프린터와 같은 일반적인 주변 기기를 사용하였기 때문에, 높은 성능의 구현에는 한계가 있음에도 100dpi 16색을 사용했을 경우와 200dpi 4색으로 테스트한 결과에서는 입, 출력시에 명확한 인식이 이루어졌으며 안정된 결과가 도출되었다. 반면에, 하나의 색을 표현함에 있어서 16색을 사용할 경우에, 다수의 색이 3원색의 조합으로 이루어지기 때문에, 해상도가 증가할수록 색의 구분이 어려워진다. 이를 해결하기 위해서는 상호 독립적인 3원색을 사용할 경우 고해상도의 기록이 가능하다.

멀티미디어 기술의 발전에 따른 데이터의 크기 증가는 고용량 기록장치의 성능 개선을 요구한다. 레인보우 미디어는 고용량과 고속 데이터 전

송, 경량화 등에 있어서 여러 가지 장점을 가지고 있는 미디어로서 색상 구현 및 인식 기술과 나노테크놀로지의 발전에 따라 고성능을 구현하는 것이 가능하다.

공리적 접근법을 사용하여 레인보우 디스크의 구현에 있어서 합리적인 알고리즘을 설정하여, 색상의 한계 설정을 통해 시스템을 구현하였다. 또한, 색상간에 상호 영향을 주지 않는 색의 설정을 통해 독립성이 유지될 때, 고해상도의 기록 성능이 개선되는 방향을 제시하였다.

참고문헌

- (1) Nam P. Suh, 1990, "The Principle of design, The Oxford University Press. pp. 25~154.
- (2) William W. Tice, 1976, "The Application of Axiomatic Design Rules to an Engine Lathe Case Study," M.I.T., pp. 45~76.
- (3) 아이라 커렌트, 컬러프린트-이론과 기술, 눈빛 출판사, pp.10~17.
- (4) Marc D. Miller, 디지털 칼라의 세계, 성안당, pp.62~87.
- (5) 문용락, 공리적 접근을 통한 설계평가도구의 개발, 석사논문, 1999, 연세 대학교 기계 공학과 제조 공정 연구실, pp.34~57.
- (6) MIT Axiomatic Design Team, 1996, "Applications of Axiomatic Design," Course Notes, MIT, pp. 12-14, .
- (7) "Compact Disk와 Player", 동신출판사 pp. 28.
- (8) "Explanation by Diagram, Compact Disk", 가남출판사 pp. 34~42.