

투사형 디스플레이 시스템

염정덕 (충실대학교 전기공학부 조교수)

1 서론

투사형 디스플레이 시스템은 소형 디스플레이 소자의 영상을 광학적 투사수단에 의해서 스크린에 확대 투사하는 디스플레이 시스템이다. 간단히 말하면 화상이 움직이는 슬라이드를 스크린에 투사하는 환등기라고 말할 수 있다. 이 투사형 디스플레이는 원래 가정용 대화면 디스플레이에 대한 요구를 충족시키기 위하여 개발이 시작되었다. 역사적으로 필름, 유막방식 소자, CRT(Cathode Ray Tube)를 거쳐 LCLV(Liquid Crystal Light Valve), LCD(Liquid Crystal Display) 및 DMD(Digital Micro-mirror Device, TI)등을 사용하는 투사형 디스플레이 시스템이 상용화되었다. 이후 가격문제와 밝기문제 등으로 인해 홈시어터등의 대화면 디스플레이 시장은 PDP(Plasma Display Panel)에 내주었으나 빔 프로젝터, 데이터 프로젝터 등의 이름으로 업무용도로서의 프로젝터와 CRT 프로젝션 TV를 대체하는 배면 투사형 디스플레이 시스템의 용도로 상품화가 활발히 이루어지고 있다[1].

1980년대 중반부터 일본의 Sharp, Sanyo, Seiko-Epson등이 LCD 프로젝터의 개발에 열을 올리면서 우리나라도 가전업체들을 중심으로 투사형 디스플레이 시스템의 개발이 시작되었다. 1990년대 초반의 프로젝션은 CRT를 디스플레이 소자로 하는 것

으로 이것은 간단히 말하여 CRT 앞에 투사렌즈를 장착하여 스크린에 투사하는 방식이었다. 이후 우리나라도 LCD의 개발이 시작되면서부터 3인치급 소형 LCD의 개발과 더불어 LCD 프로젝터 개발을 시작하였고 1990년 초에 LG전자와 삼성전자에서 국내 최초의 LCD 프로젝터가 개발되었다. 그 당시의 LCD 프로젝터는 PDP 개발 초기와 마찬가지로 가격이 매우 높았다. 1992년 말 기준으로 일본 업체들이 개발하여 판매하는 LCD 프로젝터들은 VGA 수준이 천만 원대였고 일본의 모 업체에서 개발한 HDTV급 LCD 프로젝터는 주문 생산하였는데 그 가격이 무려 1억원 대였다. 이후 일본 샤프가 LCD를 한 장 사용하는 단판식의 엽가형(그래도 가격은 수백만 원대!)의 프로젝터를 개발하여 대중화를 꾀하였으나 실패하였다. 그 이유는 당시의 개구율 30[%] 전후의 a-Si TFT LCD로는 밝기가 너무 낮고, 더구나 원가의 절반이 LCD의 가격이었으니 가격이 높아질 수밖에 없었다. 그러다 LCD 가격이 급격히 낮아지고 디스플레이 소자로 p-Si TFT LCD를 사용하면서 개구율이 70[%] 대로 향상되고 조립기술의 발전으로 수율이 향상(개발 초기에는 2장의 색선택 미러의 광축 얼라 인먼트를 직접 손으로 조정하였다!)되면서 현재와 같이 LCD 프로젝터의 가격이 급격히 낮아졌다.

현재 전면투사 디스플레이 시스템의 시장은 LCD 프로젝터가 대부분을 차지하며, DMD를 기반으로 한

DLP(Digital Light Processing)와 LCOS(Liquid Crystal on Silicon) 등의 투사형 디스플레이 소자가 프로젝터의 일정부분과 배면투사 프로젝션 TV의 많은 부분을 차지하고 있다. 또한 최근에는 LED를 광원으로하고 LCOS, DLP 등을 채용한 초소형의 프로젝터 개발이 이루어지고 있다[2-3].

2. 투사형 디스플레이 시스템의 구조

2.1 프로젝터와 프로젝션(TV)

그림 1은 투사형 디스플레이 시스템의 사용자를 고려한 투사방식에 따른 분류를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 스크린을 중심으로 관찰자와 투사형 디스플레이 시스템이 같은 방향에 위치하고 있어서 스크린에서 반사되는 영상을 관찰자가 보는 방식이 전면(front) 투사방식이다. 통상적으로 전면 투사방식 디스플레이 시스템을 프로젝터(projector)라고 한다. 반면에 스크린을 중심으로 투사형 디스플레이 시스템과 관찰자가 반대방향에 위치하고 있어서 스크린으로부터 투과되어 나오는 영상을 관찰자가 보는 방식을 배면(rear) 투사방식이라고 한다. 이 방식은 그림에서와 같이 위에서 서술한 전면투사형 프로젝터에서 나온 빛의 경로를 몇 개의 반사경으로 반사시켜 스크린을 통과하여 내보내는 구조의 투사형 디스플레이 시스템이다. 이 배면 투사방식 디스플레이 시스템을 프로젝션(projection)이라고 부른다.

프로젝터는 투사원리상 스크린의 밝기가 디스플레이의 밝기가 되므로 밝기의 단위로 조도가 쓰이며 프로젝션은 스크린을 통과하여 눈으로 들어오는 빛이 밝기를 결정하므로 밝기의 단위로 휘도가 사용된다. 프로젝터와 프로젝션은 사용 환경도 다르다. 프로젝터는 스크린에 잡광이 들어오지 않도록 외광이 없는 곳에서 보다 선명하게 볼 수 있고, 프로젝션의 경우는 외광 환경에 따른 제약조건이 거의 없다. 프로젝터의

경우 스크린의 반사율과 확산도가 밝기의 주요 변수가 되는데 같은 조도를 갖는다하더라도 반사율이 낮거나 확산도가 높으면 어두워 보인다. 그러므로 밝게 보기 위해서는 스크린의 확산도를 낮추어야 하나 이 경우 스크린의 시야각이 좁아지는 trade-off의 관계가 존재한다. 한편 프로젝션의 경우 밝게 보기 위해서는 스크린의 투과도를 높여 빛의 투과량을 증가시켜야 하나 이 경우 스크린 상에 맺힌 화상이 어두워지므로 스크린의 투과도 역시 밝기 측면에서 trade-off의 관계에 있다.

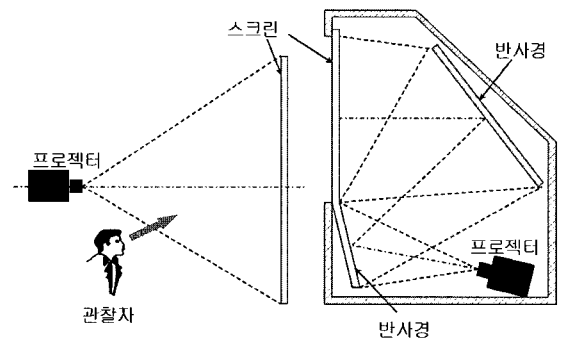


그림 1. 프로젝터와 프로젝션(TV)

2.2 단판식 투사 시스템과 3판식 투사 시스템

투사형 디스플레이는 색 재현 방식을 기준으로 보면, 하나의 디스플레이 소자에 컬러 필터나 컬러 휠을 사용하여 빛의 삼원색인 R, G, B의 화상을 구현하는 경우와 3장의 디스플레이 소자에 각각 R, G, B에 대응하는 화상을 만들고 이를 합성하여 투사하는 두 가지 경우로 나눌 수가 있다.

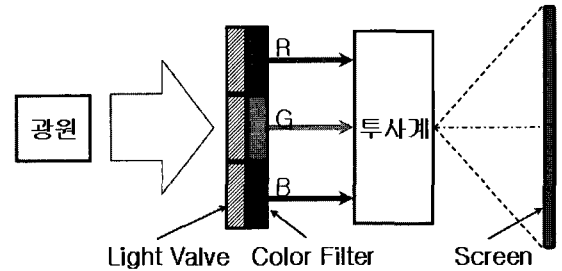
그림 2는 단판식 투사형 디스플레이 시스템의 구조를 나타낸 것이다. 이것은 광원과 수광형 디스플레이 소자, 컬러 필터(혹은 컬러 휠) 그리고 투사렌즈로 이루어진다. 투사형 디스플레이에서 디스플레이 소자는 기본적으로 광변조 소자의 역할을 수행한다. 그러므로 반드시 후사광(Backlight)이 필요하며 후사광의

기술해설

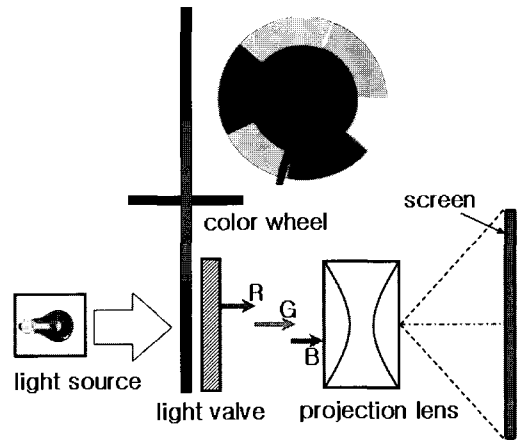
빛을 효과적으로 디스플레이 소자에 보낼 수 있도록 포물면을 가진 반사경과 빛의 평행도를 관리하는 집광렌즈가 필요하다. 램프에서 나와 집광렌즈를 통하여 평행도가 관리된 빛은 디스플레이 소자를 통과하면서 광변조되어 화상정보가 실린다. 이때 컬러필터형 단판식 투사계의 경우 그림 2의 (a)와 같이 각각의 컬러필터에 대응하는 화상들이 R, G, B로 나누어 화상이 구현되고 이를 투사렌즈에서 스크린에 확대 투사한다. 그러므로 컬러필터를 사용하는 단판식은 해상도가 1/3로 감소하고 램프에서 나온 빛 역시 1/3로 감소하는 단점이 있다. 한편 컬러 휠을 사용하는 경우에는 R, G, B의 컬러필터가 그림 2의 (b)처럼 위치한 컬러 휠을 회전시키고 이 휠에 동기하여 디스플레이 소자에 R, G, B 영상을 순차적으로 보내준다. 이 경우 해상도의 감소는 없으나 광량은 역시 1/3로 감소하며 하나의 화면이 만들어지는 1 TV-field 기간에 R, G, B 3장의 화면을 시간 순차적으로 만들어야 하므로 디스플레이 소자의 응답속도가 빨라져야 한다. 단판식 투사형 디스플레이 시스템은 디스플레이 소자가 1개 필요하고 광학계가 단순해져 재료비를 절감할 수 있는 장점이 있다.

3판식의 경우 그림 3과 같이 광원과 디스플레이 소자들 사이에 색분리계를 설치하고, 디스플레이 소자와 투사계 사이에는 색합성계를 설치하는 구조로 되어 있다. 색분리계의 역할은 광원에서 나온 빛을 R, G, B로 분해하는 것이다. 이렇게 분해된 3가지 빛은 각각 3개의 디스플레이 소자를 통과하면서 광변조되어 R, G, B의 화상신호가 실리게 된다. 이 광정보신호들은 또다시 색합성계로 들어가서 하나의 컬러 화상정보로 합쳐지고 이 화상정보가 투사렌즈를 통해 스크린에 투사된다. 이 색분리계와 색합성계에는 특정한 파장의 빛만 반사시키고 나머지 빛은 투과시키는 색선택(dichroic) 광학소자들을 사용하여 위에서 서술한 기능들을 얻는다. 3판식은 디스플레이 소자가 3장이므로 값이 비싼 단점은 있으나 밝기와 해상도가

높아 고급형 투사기기로 사용되었다. 1990년 초반 LCD 프로젝터 개발 초기에는 LCD 값이 워낙 비싸 염가형인 단판식 프로젝터를 개발하기 위해 노력하였으나 현재는 LCD의 저가격화에 힘입어 3판식이 주류를 이루며 동아리나 매니아층 등에서 노트북용 LCD를 이용한 단판식 투사기기를 자작하고 있다.



(a) 컬러필터를 사용한 단판식 투사형 프로젝션 시스템



(b) 컬러휠을 사용한 단판식 투사형 프로젝터 시스템

그림 2. 단판식 투사형 디스플레이 시스템의 구성도

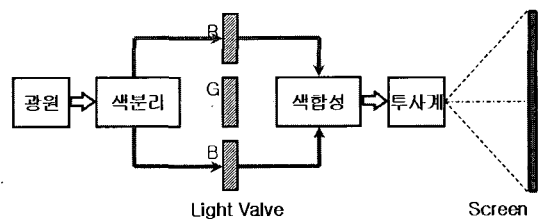


그림 3. 3판식 투사형 디스플레이 시스템의 구성도

2.3 투과형 광학계와 반사형 광학계

광변조방식에 따라 투사 광학계는 빛이 디스플레이 소자를 투과하여 투사렌즈에 입사하는 투과형과 디스플레이 소자에 반사된 광이 투사렌즈에 입사하는 반사형이 있다. 전자는 부피가 크고 구동회로들이 화소면을 지나므로 화소면적에 대한 광투과 면적의 비인 개구율이 감소하여 휘도저하가 있다. 투과형의 경우 전술한 그림 2와 3의 경우로 디스플레이 소자의 특성상 대부분이 LCD 프로젝터인데 액정의 성질상 두 장의 편광판이 필요하므로 두 장의 편광판과 액정을 지나는 동안 빛은 매우 약하게 되어 광효율이 매우 떨어진다. 반사형인 경우 구동회로들을 배면에 형성할 수 있으므로 이상적으로는 100[%]의 개구율을 얻을 수 있고 거울과 같은 경면반사를 하므로 밝기가 매우 우수하고, 시스템을 작게 만들 수 있는 장점이 있다.

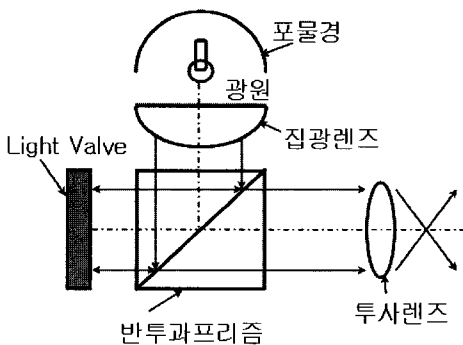


그림 4. 반사형 투사 광학계의 구조

그림 4는 반사형 투사광학계의 구조를 개념적으로 나타낸 것이다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 반사형 투사광학계는 광원에서 나온 빛이 반투과 광학소자에 의해 반사되어 디스플레이 소자로 입사하고 이 빛이 디스플레이 소자에서 반사되면서 화상정보에 의해 광변조되고 이렇게 영상정보가 실린 광이 반투과 광학소자를 투과하여 투사계로 입사된다. 그러므로 실제적으로는 광원에서 나온 광량을 100[%] 디스플레이

소자로 보내기가 어렵고, 광원과 디스플레이 소자 그리고 투사계를 잇는 입사각과 투사각을 제어하여야 하므로 광축을 관리하기가 어려워진다. 또한 광학계가 고가이므로 소형광학계를 사용하는데 이때 평행광 관리가 매우 중요해진다.

3. 투사형 디스플레이 시스템의 종류

3.1 CRT 투사형 디스플레이 시스템

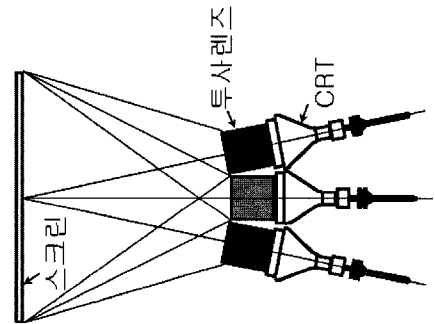


그림 5. CRT 투사광학계의 구조

그림 5는 CRT를 사용한 투사형 디스플레이 시스템을 나타낸 것이다. 최초의 CRT 프로젝션 TV는 단순히 CRT TV 앞에 볼록렌즈를 달아 화면을 크게 보거나 스크린에 그대로 투사하는 것이었다. 이러한 투사 시스템은 1980년대 중반에 막 보급되기 시작한 비디오테이프 레코더(VTR)와 함께 우리나라의 찻집 등에서 쉽게 볼 수 있었다. 이후 3개의 CRT에 각각 R, G, B 3개의 컬러 필터와 투사렌즈를 씌우고 여기에 각각 R, G, B의 영상에 대응하는 신호를 인가하여 스크린상에 투사시키는 CRT 프로젝션TV가 개발되었다. 이러한 CRT 프로젝션TV는 R, G, B의 색들로 구성된 3개의 화면을 스크린상에서 일치시켜야 하므로 색일치(convergence)기술의 어려움이 존재하여 TV를 옮기거나 작은 충격에도 다시 조정을 하여

기술래설

야 하는 번거로움이 있었다. 한편 확대 투사에서 오는 휘도저하를 막기 위해 CRT에 과전류를 흘려주어 과도하게 휘도를 높이는 바람에 전자총의 음극손실, 형광체의 소손등에 의해 CRT의 수명이 기존의 직시형 CRT TV에 비해 극단적으로 짧았다. 그러나 염가로 손쉽게 대화면 TV를 개발할 수 있다는 장점이 있다.

3.2 LCD 투사형 디스플레이 시스템

CRT의 무겁고 색 일치가 어려우며 휘도가 낮은 단점들을 개선하기 위하여 액정을 광변조 소자로 사용하는 투사형 디스플레이 시스템이 개발되었다. 그림 6은 LCLV(Liquid Crystal Light Valve)라고 하는 것으로 액정을 사이에 두고 한 쪽은 투명전극을 설치하고 다른 한 쪽은 광전도막과 투명전극을 설치한 것이다. 광전도막은 입력광의 밝기에 따라 임피던스가 변하므로 투명전극의 전계를 액정에 전달하여 액정이 상변화를 일어나게 한다. 이때 다른 한 쪽에 광원으로부터 광을 입사시키면 액정이 상변화한 곳만 반사하여 투사계로 그 빛이 입사된다. 그러므로 광전도막이 있는 측에 CRT를 접촉시켜 CRT의 화상에서 나온 빛으로 광전도막의 전도성을 제어하면 CRT의 화상정보에 대응한 전기신호가 액정에 인가되므로 이 액정을 가지고 화상정보를 광정보로 변환시킬 수가 있고 이를 스크린에 투사할 수가 있다. 이 경우 CRT는 화소 제한이 없으므로 별도의 구동회로 없이도 고해상도 디스플레이가 가능하다. 이를 광증폭 장치라고도 한다. 그림 6과 7은 LCLV의 구조와 이를 사용한 반사형 디스플레이 시스템의 구조를 보인 것이다. 광원에서 나온 빛은 PBS(Polarizing Beam Splitter)를 통과하면서 P파는 통과하고 S파만 반사되어 LCLV로 입사된다. 이렇게 입사된 S파는 영상신호가 있는 곳에서는 액정을 지나 반사되면서 90(°)선광하여 P파가 되므로 PBS를 통과하여 스크린에 투사된다. 한편 영상신호가 없는 곳의 LCLV에서는 선광이

일어나지 않으므로 그대로 S파가 반사되고 PBS에서 반사되어 광원으로 되돌아간다.

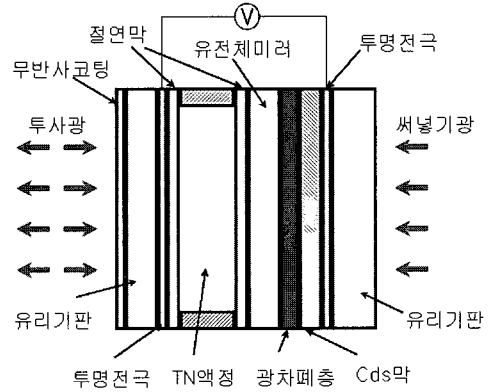


그림 6. LCLV의 구조 및 동작원리도

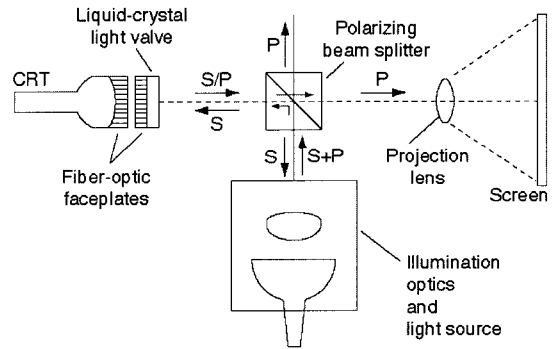


그림 7. LCLV를 사용한 투사형 디스플레이 시스템의 구조

(L. J. Hombeck, "From cathode rays to digital micro-mirrors: A history of electronic projection display technology", Texas Instruments Technical Journal, Vol.15, No.3, pp.7-45, 1998)

한편 LCD를 사용하여 투과방식으로 투사형 디스플레이 시스템을 구현한 것이 그림 8과 9에 보이는 LCD 프로젝터이다. 미러형 LCD 프로젝터는 2개의 색선별 거울과 1개의 전반사거울을 사용하여 광원에서 나온 빛을 R, G, B의 3원색광으로 분리한다. 이 분리된 빛들은 3장의 LCD를 통과하면서 영상신호에

따라 광변조된다. 그리고 다시 2개의 색선택 거울과 1개의 전반사거울을 사용하여 하나의 광으로 합성하고 투사렌즈로 스크린에 투사한다. 여기서 색선택 거울은 경면의 코팅 조건을 제어하여 광의 파장에 따라 선택적으로 입력광을 투과시키고 반사시킴으로써 색을 분해하고 조합하는데 이용한다. 이러한 미러형 시스템은 부피가 크고 4개의 색선택 거울과 2개의 전반사 거울의 위치를 정확하게 조정하여야 원하는 화질과 색상을 얻을 수 있다. 통상적으로 3인치 정도의 VGA급 해상도를 가지는 LCD안에는 90만개이상의 화소가 존재하고 각 화소의 피치는 약 $30(\mu\text{m})$ 가 되므로 각 거울에 반사되는 화소의 상들을 수십(μm)까지 정확히 일치시키는 일은 매우 어렵다. 그러므로 이 미러들을 일치시키는 기술이 수율 향상의 장애가 되어 왔다.

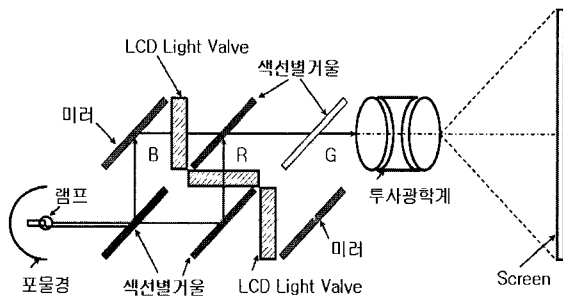


그림 8. 미러형 3판식 LCD 프로젝터의 구조

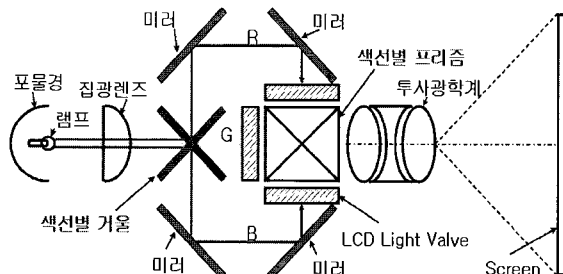


그림 9. 프리즘형 3판식 LCD 프로젝터의 구조

이를 개선하기 위하여 색선택 미러 대신에 색선택 프리즘을 사용한 것이 그림 9에 나타나 있다. 이 프리즘형 LCD 프로젝터의 경우 프리즘 자체의 공차관리는 부품 차원에서 이루어지므로 조립공정에서 이를 관리할 필요가 없어 대량 생산이 비교적 용이하다. 그러나 색선택 프리즘의 사용으로 광학엔진의 단가가 높아지는 단점이 있다. 현재는 p-Si TFT LCD의 제조기술 발전으로 개구율이 큰 소형의 고해상도 LCD가 개발되면서 프로젝터의 광학엔진을 소형화하는 것이 가능하여 광학부품들의 재료비 절감에 큰 힘이 되고 있다. 이 색선택 프리즘은 프리즘의 한 면으로 입사한 백색광을 각기 다른 파장의 광으로 분해하여 다른 세면으로 출력하거나 세면에서 입사한 각기 다른 파장의 광을 합성하여 나머지 한 면으로 출력하는 것이 가능하다.

3.3 DLP 투사형 디스플레이 시스템

그림 10은 미국의 Texas Instruments사에서 개발한 DMD의 구조를 원리적으로 나타낸 것이다. DMD란 작은 면적에 반도체 공정으로 폭이 십수(μm)의 작은 거울을 다수 형성하여 이를 액추에이터를 사용하여 움직이게 한 것이다. 그림에서 보인 것과 같이 DMD는 거울 면을 $10(^{\circ})$ 정도 움직여서 광원에서 나온 빛을 선택적으로 투사렌즈로 보낸다. 이러한 DMD 소자를 구동 회로와 함께 하나의 기판에 설치한 것이 DLP 소자로서 이것을 사용한 디스플레이가 DLP 프로젝터이다[4]. 이 DMD는 원리상 반사형 투사기로 사용되므로 DLP 프로젝터 역시 전술한 바와 같이 평행광 관리가 어려우나 밝기가 우수한 장점이 있다. 그리고 거울 면에 의한 빛의 차단과 투과를 이용한 ON/OFF 소자이므로 디스플레이에서 화상 구현에 필요한 계조표현은 플라즈마 디스플레이와 같은 디지털적인 방법을 사용한 시분할 구동방식을 사용한다. 또한 DMD는 응답속도가 매우 빠르므로 동화상의 화질을 개선하기 위하여 필드 압축 기법을 사

용하여 구동을 한다.

그림 11은 TI사의 단판식 DLP 프로젝션 시스템의 동작원리를 보인 것이다. 광학엔진은 광원과 두개의 집광렌즈 컬러 휠, 투사렌즈로 구성되어 매우 간단하다. 특히 고가의 PBS 광학소자를 사용하지 않으므로 가격적인 측면도 우수하다. DLP 프로젝션 시스템의 색 구현원리를 보면 DMD의 각 화소에 대응하여 컬러필터를 부착하는 방법과 그림과 같이 하나의 원주상에 R, G, B의 컬러필터를 형성시킨 컬러 휠을 사용한다. 이 컬러 휠은 필드 주파수(60(Hz))의 배수로 일정하게 회전하고 R, G, B의 각 영역이 광축을 통과할 때 그 색에 대응하는 화상정보를 DMD에서 출력하게 된다. 그러므로 짧은 순간에 순서적으로 R, G, B의 독립된 화상이 만들어지고 우리는 이것을 눈에서 적산하여 컬러로 느끼게 된다. 그러므로 전술한바와 같이 해상도는 감소하지 않으나 광량은 1/3으로 줄고 frame rate는 3배로 빨라야 한다. 통상적으로 DMD는 컬러 휠을 사용하고도 필드압축이 가능할 만큼 응답속도가 매우 빠르다고 보고되고 있다.

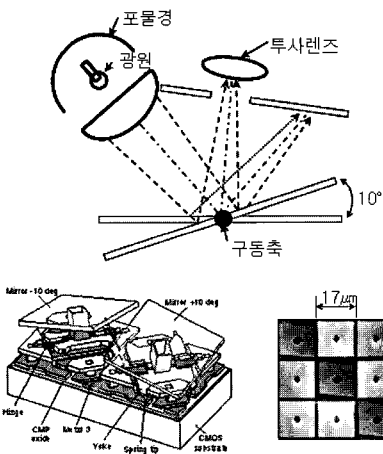


그림 10. DMD의 동작원리 및 구조

(L. J. Hombek, "From cathode rays to digital micro-mirrors: A history of electronic projection display technology", Texas Instruments Technical Journal, Vol.15, No.3, pp.7-45, 1998)

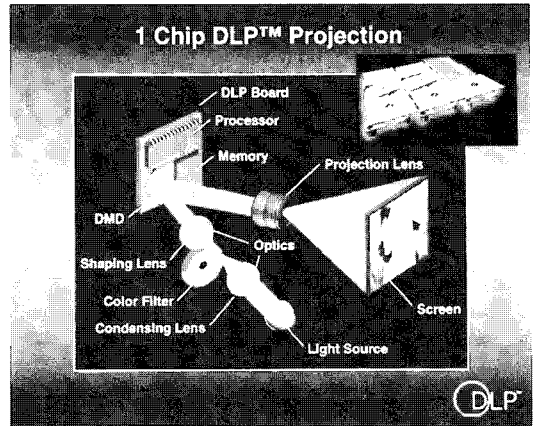


그림 11. DLP 프로젝션 시스템의 동작원리

(Texas Instrument web site, www.DLP.com)

3.4 LCOS 투사형 디스플레이 시스템

투과형 디스플레이 시스템은 TFT-LCD의 개구율의 한계 때문에 LCD를 고해상도화하고 소형화하는데 한계가 있다. 반사형 방식은 구동회로를 디스플레이의 뒷면에 설치할 수 있어 이론적으로 100(%)의 개구율 확보가 가능하므로 휘도를 개선하기 위하여 LCD를 반사형 방식으로 사용하고자 개발된 투사형 디스플레이 소자가 LCOS이다. 그림 12은 대만의 CPT사에서 개발한 LCOS의 구조를 보인 것으로 상판에는 투명전극이 설치되고 하판에는 전극과 반사면 그리고 반도체 회로들이 설치된다. 상판과 하판 사이에는 통상적으로 네마틱 액정이 채워지고 액정의 동작원리는 LCD와 같다. 그림 13은 프랑스의 THOMSON사에서 개발한 LCOS 칩으로 LCOS와 프레임 메모리, DSP칩 등을 하나의 기판에 실장한 것이다. 이렇듯 LCOS는 개구율에 구애받지 않아 소형화가 가능하고 고해상도화가 가능하여 소형 고품질 프로젝션 TV의 광학엔진에 많이 채용된다[5]. 최근 기술동향으로는 네마틱 액정보다 응답속도가 빠른 FLC(Ferroelectric LC)를 사용한 초소형 FLCOS도 개발되었다[6]. 이러한 초소형 디스플레이

이 소자는 LED를 광원으로 하여 직접 눈에 투사하여 디스플레이하는 가상 디스플레이 장치인 NTE (Near-To-Eye) 프로젝션 디스플레이 시스템에도 적합하다.

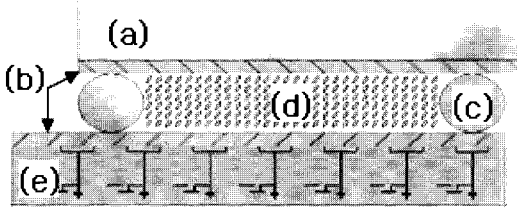


그림 12. LCOS 패널의 구조

(a) ITO glass, (b) SiOx film, (c) UV seal and spacer, (d) Liquid crystal, (e) wafer with driving circuit and reflective Al film

(S.-F Liu et al., "Applying Inorganic Evaporating Deposition Technology to Producing the High Contrast Ratio — 1080P LCoS RPTV" SID 06 DIGEST, pp.1432-1434, 2006)

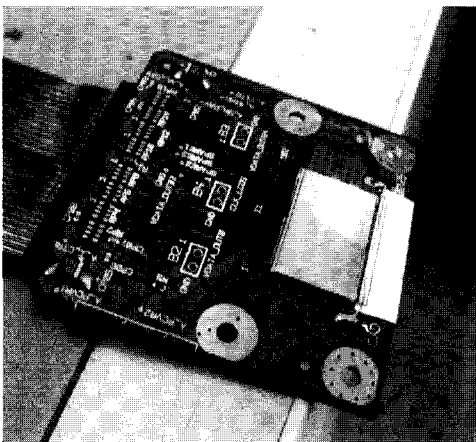


그림 13. LCOS chip

(T. Bore et al., "Full HDTV Liquid Crystal On Silicon Component with In-Pixel Memory and 450(Hz) Refresh Rate", SID 06 Digest, pp.1027-1030, 2006)

그림 14는 LCOS를 사용한 RPTV(Rear Projection TV)의 광학엔진 구성도로서 광원에서 나온 빛을 광도파관(Light Pipe)을 사용하여 평행도를

관리한 후, 이를 R, G, B의 컬러 휠을 통과시켜 순차적으로 R, G, B의 화상을 얻는다. 이 빛은 편광 선택 투과 거울인 PBS를 통과하여 LCOS로 들어간다. LCOS로 들어간 빛은 입사시 45[°] 선광하고 반사시 45[°] 선광하여 입사광과는 90[°] 위상차가 나는 광으로 선광되므로 이 편광광은 PBS에 반사되어 투사계로 입사되고 이것이 스크린에 확대 투사된다. 그러나 LCOS에 전계가 인가되어 액정의 위치변화가 일어나면 LCOS에 입사광은 선광되지 않고 그대로 반사되어 PBS를 통과하여 버린다. 이것이 LCOS 시스템의 동작원리이며 계조표현 방식은 보통 LCD와 마찬가지로 아날로그 계조표현방식을 사용하거나 높은 응답속도를 얻을 있어 ON/OFF로 제어하는 디지털 계조표현 방식을 채용한다[7]. LCOS 프로젝터를 상품화한 대표적인 업체는 일본 Victor사의 D-ILATM(Direct-Drive Image Light Amplifier)로써 1280×720의 화소수를 가지는 HDTV급 대각선 길이 0.7인치의 작은 LCOS를 제작하고 이를 3개 사용하여 Rear Projection TV를 개발하였다[8].

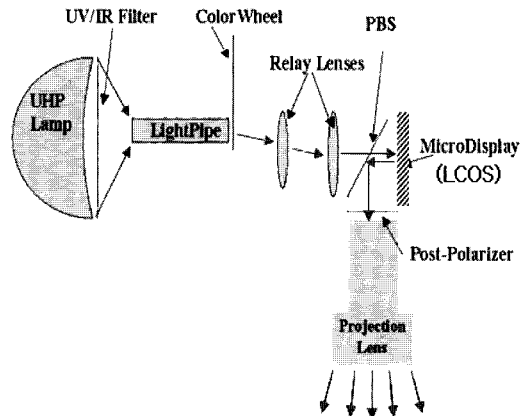


그림 14. LCOS를 사용한 프로젝션 TV의 광학엔진 구조

(M. L. Jepsen, "Single Panel LCOS Lumen Throughput", SID 03 DIGEST, pp.122-125, 2003)

4. 결 론

투사형 디스플레이 시스템은 소형 디스플레이 소자의 광 정보신호를 증폭하여 대화면으로 디스플레이하는 장치이다. 프로젝터라는 것은 영사기나 환등기와 같이 스크린상에 투사하여 디스플레이하는 장치이며, 프로젝션(TV)은 이 프로젝터를 케이스 속에 넣고 투사광의 경로를 몇 개의 거울로 반사시켜 스크린을 통하여 디스플레이하는 장치이다. 그러므로 프로젝터와 프로젝션(TV)은 원리적으로 동일한 디스플레이 시스템이다.

이러한 투사형 디스플레이 시스템은 광원과 디스플레이 소자 및 투사광학계로 구성된 광학엔진과 영상 신호처리 회로기판으로 구성된다. 이 광학엔진의 구조에 따라 단판식과 3판식, 투과형과 반사형으로 구분되고 CRT, LCLV, LCD, DMD, LCOS 등 광학엔진에 탑재된 디스플레이 소자의 종류에 따라 각각의 투사형 디스플레이 시스템은 여러 가지 장단점들을 가진다.

현재 대화면 디스플레이 시장은 PDP와 LCD등 직시형 디스플레이들이 주도하고 있어 투사형 디스플레이 시스템이 차지하는 영역은 극히 적다. 그러나 NTE용 마이크로 디스플레이나 3D 디스플레이등의 새로운 영역에의 도전과 함께 업무용이나 공공시설, 극장, 광고 등 전문적인 용도에서의 활용 가능성은 아직도 무궁무진하다.

참 고 문 헌

[1] L. J. Hombeck, "From cathode rays to digital micro-mirror: A history of electronic projection display technology", Texas Instruments Technical Journal, Vol.15, No.3, pp.7-45, 1998.
 [2] J. L. Sanford et al., "GoetzSmall Digital 1080p LCOS for THM@ Technology", SID 06 DIGEST, pp.1665-1668, 2006.
 [3] K. Beeson1 et al., "LED-Based Light-Recycling Light Sources for Projection Displays", SID 06 DIGEST, pp.1823-1826, 2006.
 [4] D. S. Dewald et al., "Advances in Contrast Enhancement for DLP Projection Displays", SID 02 DIGEST, pp.1246-1249, 2002.
 [5] C. Chinnock, "Microdisplay Overview", SID 01 Seminar

lecture notes M-5, 2001.
 [6] M. Birch et al., "SXGA Resolution FLC Microdisplays", SID 02 DIGEST, pp.954-957, 2002.
 [7] R. L. Melcher et al., "High-Information-Content Projection Display Based on Reflective LC on Silicon Light Valves", SID 98 DIGEST, pp.25-28, 1998.
 [8] S. Shimizu et al., "Fully Digital D-ILATM Device for Consumer Applications", SID 04 DIGEST, pp.72-75, 2004.

◇ 저 자 소 개 ◇



염정덕(廉正德)

1960년 5월 14일생. 1987년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1989년 동 대학원 전기공학과 석사과정 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 박사과정 졸업(박사). 1992~1995년 LG전자(주) 영상미디어(연) 선임연구원, 1996년 일본 전기·통신대학 외국인연구자. 1997~1999년 삼성SDI(주) PDP팀 선임연구원. 2000~2005년 경주대학교 컴퓨터정보시스템 공학부 조교수. 2006년~현재 숭실대학교 전기공학부 조교수.