

액정 비디오 프로젝터 기술 현황

The Trend of LCD Video Projector Technologies

영 정 덕* 금성사 영상미디어 연구소 선임 연구원
나 만 호* 금성사 영상미디어 연구소 주임 연구원

1. 서론

액정 패널은 스스로 발광하지 않고 액정 패널의 각 화소를 통과하는 빛의 세기를 전기신호에 의해 변조시키는 광전제효과를 이용한 소자이다.

기본원리는 그림1과 같이 광원에서 방사된 빛을 액정 패널을 통과시켜 이 액정 패널 위에 형성된 화상을 투사 렌즈를 이용하여 스크린 위에 확대투영하는 것이다.

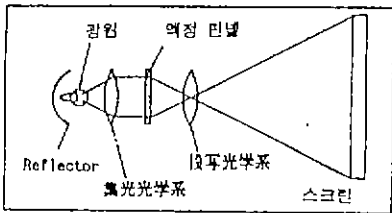


그림1. 단판식 액정 비디오 프로젝터

액정 비디오 프로젝터의 분류 방식은 투사 방식에 따른 분류와 색을 구현하는 방법에 따른 분류 및 액정 패널에 따른 분류가 있다.

투사 방식에 따른 분류는 프로젝터의 정면에서 스크린에 화상을 투영하고 같은 방향에서 화상을 감상하는 전면 투사 방식과 그림 2와 같이 이면에서 스크린을 향해 투사하고 스크린 표면에서의 화상을 감상하는 후면 투사형 방식이 있다. 전면 투사형 방식과 후면 투

사형 사이에는 기본적인 차이는 없지만 전면 투사형은 일반적으로 투사 거리가 길고 가변이 되지만 후면 방식은 투사거리가 짧고 고정된다.

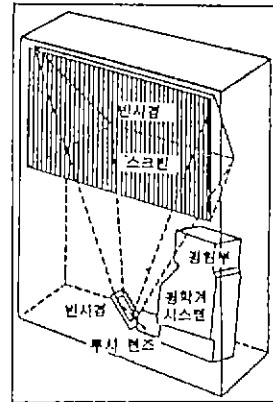


그림2. 후면 투사형

색의 구현 방식에 따른 분류는 그림1과 같은 단판식과 그림3과 같은 3판식으로 나눌 수 있다. 단판식에서는 액정 패널 내에 내장된 색 필터로 색을 구현하고 3판식에서는 액정 패널 3매에 각각 청,록,적의 광을 투사시켜 색을 구현한다.

액정 패널에 따른 분류는 광원으로부터 액정 패널에 조사된 빛이 액정 패널에 투과되면서 광 변조를 시키는 투과형과 액정 패널에 반사되는 과정에서 광 변조가 일어나는 반사형이다. 그림 4는 반사형 액정 비디오 프로젝터의 구성을 나타낸것이다.

현재 액정 프로젝터를 생산하는 업체는 일본의 SHARP, SANYO, SEIKO-EPSON 등이 선두 주자이며 이들이 생산하는 품종은 보급형, NTSC 급 및 HD 급이 있다. 국내의 업체로는 금성사, 삼성 전자, 대우 전자 등이 자체 개발 중이다.¹⁾

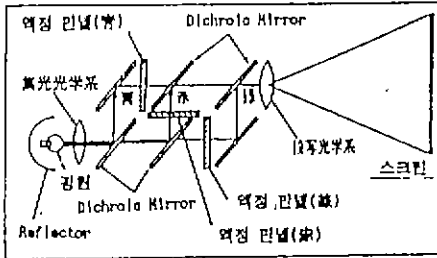


그림3. 1인치 액정 프로젝터

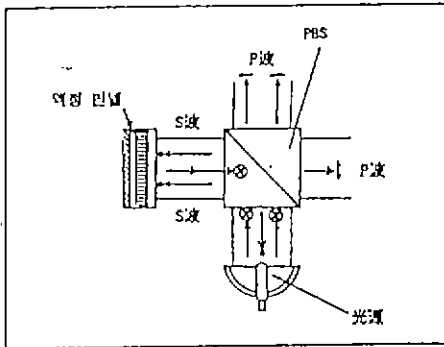


그림4. 반사형 액정 프로젝터

2. 본문

액정 비디오 프로젝터의 주요 기술 과제는 다음과 같은 3 가지의 문제로 압축된다. 광원에서 출사된 빛이 스크린에 도달하는 실제 광효율을 증가 시키는 것, 램프의 수명을 증가 시키는 것, 그리고 액정 패널로 조사되는 강한 빛에 의한 냉각 문제의 해결이 그것이다.²⁾

2.1. 광효율 측면

액정 프로젝터의 문제 중에 가장 큰 문제로 대두되어 온 광효율 저하는 광원으로 부터 출사된 빛이 각각

의 광부품을 거치면서 발생하는 빛흡수와 빛의 퍼짐자에 의한 부품 개구 크기로 부터의 빛어남에 의한 것이다. 실제 유효한 광효율은 3 ~ 5% 에 지나지 않는다. 그 중 흡수에 의한 빛의 손실에 가장 큰 영향을 미치는 것이 흡수형 편광판에 의한 60 %의 흡수와 액정 패널의 Black Matrix에 의한 빛의 흡수이다.

2.1.1. 편광 변환 장치에 의한 빛 효율의 증가

TN 액정을 사용하는 공간 광 변조소자는 액정 패널 위에 화상을 구현하기 위하여 조명광을 직선 편광으로 변환시켜야 한다. 광원으로부터 출사된 빛은 자연광으로 비편광 상태의 빛이므로 직선 편광빛으로 만들기 위하여 일반적으로 흡수형 편광판을 사용한다. 흡수형 편광판은 60 % 정도의 빛을 편광판에서 흡수하고 나머지 40% 정도의 빛을 직선 편광 상태로 통과시킨다. 이것은 광효율을 떨어뜨리는 동시에 편광판에 의하여 흡수된 빛에너지가 열에너지로 바뀌면서 편광판 표면의 온도 상승과 이에 따른 편광판의 열화를 일으키게 된다. 즉 편광판의 가장 중요한 특성인 편광도의 저하를 발생시킨다.

흡수형 편광판에 의한 제반 문제를 해결하기 위하여 광원으로 부터의 자연광을 액정 패널에 입사하기 전에 직선 편광으로 변환 시킨다면 광효율이 2배 증가하고 편광판을 열화 시키는 문제도 해결된다.

광원으로 부터의 빛을 손실없이 직선 편광으로 바뀌어 주는 편광변환 장치로는 편광 회전 광학계와 반사에 의한 방법이 있다.²⁾⁻⁴⁾

편광 회전 광학계는 그림5에 나타난 바와 같이 광원의 빛을 PBS (polarization beam splitter) 로 p파와 s 파로 분리한 후 p파를 반 파장판 ($1/2 \lambda$ plate) 에 통과

과시켜 s 파로 바꿈으로써 편광되지 않은 자연광을 한 방향으로 진동하는 직선편광으로 전환 시키는 것이다. NEC는 실제 제품에 편광편환 장치를 적용하여 빛 이용 효율을 2배 정도 높였다.

또 다른 편광 변환 장치는 반사를 이용한 것으로 그림 6에 나타낸 바와같이 PBS에 의하여 분리된 p파를 두 개의 반사경으로 반사시켜 s파로 전환시킴으로써 빛 이용 효율을 높인다.³⁾

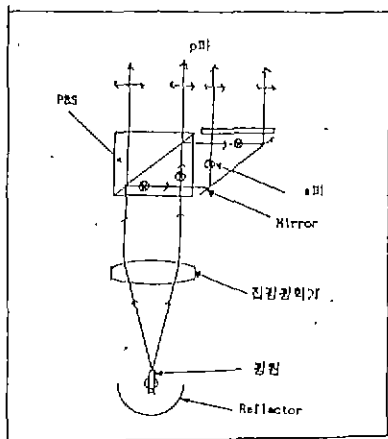


그림5. 편광 회전 장치

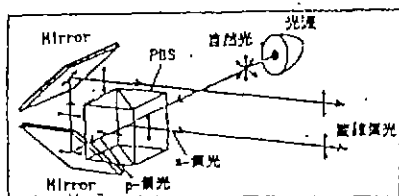


그림6. 직선편 편광 변환 장치

2.1.2 마이크로 렌즈에 의한 빛 효율 증대

편광판 이외의 광 효율 감소 요인은 그림 7에서와 같이 화소 마다 배치되어 있는 TFT의 보호층인 Black Matrix에 기인된다

일반적으로 화소 면적에 대한 빛 투과 영역의 백분율을 개구율이라 정의하며 개구율로써 빛의 투과 영역

에 대한 정보를 나타낸다. 특히 액정 패널이 고정세화 될수록 어느 한계 이하로 화소 전극의 유효 면적을 줄이는데 한계가 있으므로 개구율이 감소한다. 따라서 개구율 감소에 의한 광 이용 효율의 저하를 방지하기 위하여 개구율을 높일 수 있는 방법이 연구되어 왔으며 그 방법이 마이크로 렌즈이다.⁵⁾

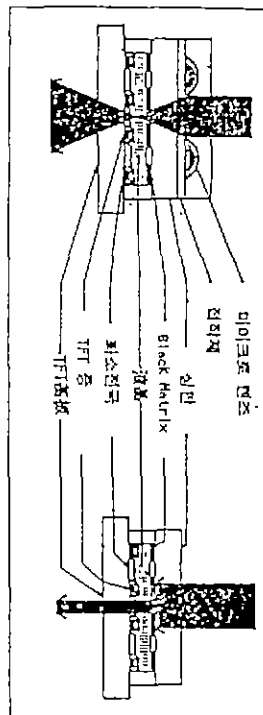


그림7. 마이크로 렌즈의 모식

마이크로 렌즈는 그림 7에 나타낸 바와 같이 화소의 Black Matrix 영역으로 향하는 빛을 개구부로 굴절시켜 무과되도록 함으로써 액정 패널의 유효 표시 면적에 대한 개구부의 면적의 비율인 실효 개구율 (Effective Aperture Ratio) 을 효과적으로 향상시킨다. 마이크로 렌즈를 채택한 제품으로는 Sharp의 XV-A1Z, XV-B1Z 및 XV-P1이 있다. Sharp는 마이크로

로 렌즈를 사용함으로써 1.5배 이상의 실효 개구율을 향상시켰다.^{9)~7)}

2.1.3 PDLC에 의한 광효율 증가

공간 광 변조 소자로서 TN 액정에 대응하여 PDLC (Polymer Dispered Liqueed Crystal)를 프로젝터에 채택함으로써 흡수형 편광판에 의한 빛의 손실을 막는 방법이 있다.

PDLC는 그림 8에 나타낸 바와같이 액정 속에 폴리머 분자들을 분산시킨 것으로 전계를 가하면 폴리머 분자의 굴절율과 액정의 굴절률이 같아져서 빛이 투과하고 전계를 가하지 않으면 폴리머의 굴절율과 액정의 굴절율이 다르므로 입사된 빛은 폴리머 분자에 의하여 산란되어 투과되지 못하는 성질을 이용한 공간광변조 소자이다.⁸⁾ 따라서 편광판이 필요 없고 이에 따른 빛의 손실이 없어진다.

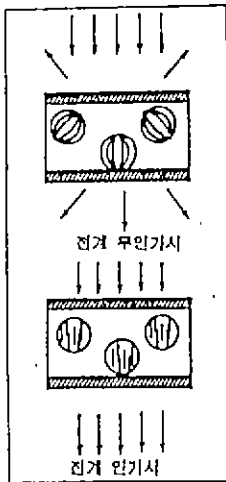


그림8. PDLC의 동작원리

현재 여러 업체에서 PDLC를 개발 중이며 특히 Asahi Glass는 PDLC를 채택한 액정 비디오 프로젝터 시제품을 3회에 걸쳐 발표했다.

2.2 광원의 개발

2.2.1 아크 길이의 극소화

광원의 크기를 점에 가깝게 하는 것이 매우 중요하다.^{9),10)} 그 이유는 광원 발광부의 제적이 작을 수록 평행광으로 접근시키는 것이 용이하고 따라서 빛의 손실을 줄일 수 있기 때문이다.⁹⁾ 점광원이 갖는 효과는 다음과 같다.

가. 평행광으로 만드는 수단이 단일 포물경으로 가능하다.

나. PBS,반 파장판 및 마이크로 렌즈 등의 Sub Optical System의 적용이 가능하다.

다. 기타의 제반 광학 부품의 성능이 향상되어 고휘도화와 선명한 화질의 구현이 용이하다.

현 수준의 아크 길이는 램프의 소비전력이 150 와트급에서 5 mm 정도이고 120 와트급에서는 3 mm 수준으로 더 줄일 필요가 있다.⁹⁾

2.2.2 램프의 수명

액정 비디오 프로젝터의 수명을 결정하는 데달 할라이드 램프의 수명은 현재 약 2000 시간 정도로서 CRT의 1 만 시간에 매우 못 미치는 수준이다.짧은 램프의 수명을 보상하는 차선택으로 대부분의 액정 프로젝터의 구조는 램프를 용이하게 교환할 수 있도록 설계되어 있다.

위의 아크 길이 문제와 수명 문제는 램프의 제반 조건과 밀접한 관계가 있으므로 관련 개발 업체의 꾸준한 연구가 필요한 부분이다.

2.2.3 광원의 조건

액정 비디오 프로젝터를 구성하는 요소 가운데 액정 패널과 이것에 관련된 신호처리계를 제외하면,나머지

광원으로부터 스크린까지의 구성 부품은 광학 부품이 다. 또한 이들 광학 부품은 빛을 방사하는 광원을 제외하면 모두 수동 소자 이므로 능동 소자로 볼 수 있는 광원의 중요성이 대두된다.

액정 비디오 프로젝터의 핵심 부품중의 하나인 광원으로서의 램프에 대한 요구 성능은 다음과 같다.¹⁰⁾

가. 발열이 적고 저 소비 전력이면서 발광 효율이 높아야 한다.

나. 발광부가 전광원에 가깝게 함으로써 빛의 평행도 높을 수 있다.

다. 점등 시간에 대한 특성이 안정되고 수명이 길어야 한다.

라. 청,록,적에 대응하는 발광 스펙트럼을 갖아야 한다.

마. 시동이 빨리되고 소등 후 재 시동이 신속하게 되어야 한다.

광원의 요구 조건을 완전하게 만족하는 광원은 아직 존재하지 않는다. 현재로서는 할로겐, 메탈 할라이드, 크세논 램프가 우선 고려의 대상이 된다.⁹⁾

표1에서 보는 바와 같이 할로겐 램프는 색온도는 낮지만 저가격에 교환이 용이하고, 메탈 할라이드 램프는 발광 효율이 높고 색온도가 양호하다.¹⁰⁾ 그 중에서도 메탈 할라이드 램프는 화질면에서 가장 유력한 후보이지만 현재는 수명이 짧고 점등 및 시동에는 안정기를 필요로 하므로 램프 및 안정기의 지속적인 개발 필요성이 사료된다.

표1. 제조회사별 메탈 할라이드 램프

	발광 효율 (lm/W)	집광 효율 (%)	색온도 (K)	수명 (시간)
메탈 할라이드	80	15	6,000	2,000
할로겐	30	10	3,200	100
크세논	30	25	6,500	500

2.3 냉각 문제

액정 비디오 프로젝터의 또 다른 근본적인 문제는 냉각 문제이다.^{11),10)} 램프에서 출사된 빛의 대부분이 광학계와 액정 패널을 거치는 동안에 시스템 내부에서 95% 이상 산란되거나 흡수됨으로써 시스템 내부의 온도가 상승하게 된다. 따라서 내부 온도 상승을 억제하여 시스템의 동작상태와 부품의 성능을 유지시키기 위한 냉각 수단을 필요로 한다. 냉각 수단은 공냉식과 액냉식이 있다.

공냉식은 시스템 내부 온도를 낮추기 위하여 시스템 외부의 공기를 시스템 내부로 인도하는 흡입 팬과 순환된 내부의 공기를 밖으로 내보내는 배기 팬으로 구성된다. 현재까지 출사된 대부분의 제품이 공냉식을 채택하고 있다.

액냉식은 일반적으로 CRT 프로젝터에 채용되어 왔으며 액정 비디오 프로젝터로는 SANYO의 HD급에 채택되고 있다. 액냉식은 부분적으로 열이 매우 높은 부분을 효과적으로 냉각시키는데 매우 유효하므로 HD급으로 갈수록 그 채택의 가능성은 더욱 높아질 것이다. 이 부분은 열 및 유로 해석을 통하여 심도 있게 연구되어야 할 핵심 분야 중 하나이다.

3. 결론

향후 디스플레이 시장은 고정세 대화면의 추세로서 무사형 디스플레이 분야에서는 액정 비디오 프로젝터의 시장 주도가 예측된다. 또한 장차 소비 계층의 Home Theater에 대한 요구 증대에 편승하여 액정 비디오 프로젝터의 수요는 점차 증가할 것으로 보여진다.⁹⁾

이러한 액정 비디오 프로젝터가 상품으로서의 경쟁력을 확보하기 위하여는 몇 가지 문제가 선결되어야 한다. 본문에서 논의한 밝기의 향상, 광원의 개발, 냉각 문제의 해결과 더불어 액정 패널의 성능 향상이 주요 기술과제이다.

그 중 기술 개발이 가장 미흡한 부분이 광원으로서 향후 업체 및 R & D 개발 부서에서 지대한 관심을 가지고 지속적인 개발이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1) 金谷 隆一, "前面投射型 HDTV 液晶プロジェクタ" O plus E, Vol.8, No.165, pp.58~64, August 1993.
 2) M.Imai, M.Sakamoto, "High-brightness Liquid Crystal Light Valve Projector using a new Polarization Converter", Proc.SPIE, No.1255, pp.52, 1990.
 3) 今井 雅雄, 坂本 幹雄, "偏光變換光學系による液晶プロジェクタの高輝度化", O plus E, Vol.8, No.165, pp 95~101, August 1993.

4) C.Nicolas, "Efficient Optical Configuration for Polarized White Light Illumination of 16/9 LCDs in Projection Display", Proc.Japan Display '92, pp.121, 1992.
 5) M.Oikawa, "Distributed-Index Planar Microlens Array", Appl.Opt, Vol.28, pp.1052~1056, 1982.
 6) H.Hamada, "Brightness-Enhancement of a Liquid Crystal Projector by a Planar Microlens Array" SID'92 DIGEST, pp.269~272, 1992
 7) T.Takamatsu, "Single Planar LC Projector with a Planar Microlens Array", Japan Display'92 Digest, pp.875, 1992
 8) J.W.Doan, "PDLC for Display Application", Mol.Cryst.Liq.Cryst, No.165, pp.511, 1988.
 9) "カラ 液晶ディスプレイ,明るい背面投射型でCRTに迫る", Nikkei Electronics, No.511, pp.122~127, April 1993.
 10) 佐佐木 正, 兩角 伸治, 新版液晶ビデオプロジェクタ技術, トリケツブス, 1992, pp.55~63