

LED적용 TFT-LCD 외관 백색 균일도 향상을 위한 광선 추적 시뮬레이션 연구

이상환, 이준신, 이승재
성균관대학교 정보통신공학부, 삼성전자

The Study of White uniformity improvement in TFT LCD using LED

sanhwan Lee, Junsin Yi, and Seungjae Lee
school of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University, Samsung Electronics

TFT-LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)는 표시장치로서 실용화된 후 많은 제품에 적용중이다. 그러나, LCD는 자체 발광능력이 없으므로 그후면에서 LCD 화면을 밝혀주는 BLU(Backlight Unit)를 필요로 한다. BLU는 내부 광원으로 밝기가 균일한 평면광을 만들어 LCD 화면을 균일하게 면조사하는 역할을 한다. LCD가 적용되는 분야중 Note PC에는 광원으로 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)가 적용되어 왔지만, 최근 고휘도, 박형화, 저소비 전력을 달성하기 위해 CCFL로는 한계가 있어 LED(Light Emitting Diode)를 적용한 BLU를 제작하기 위한 연구가 진행되고 있다. 본연구에서는 점광원인 LED 적용한 LED에 있어서 요구되는 휘도 균일성을 향상시키기 위해서는 LED광원이 적용된 BLU의 외관 품질 향상을 위한 도광판 입광부 구조 최적화를 광추적 Simulation을 통해 예측하고 향상시킬 수 있는 구조를 제안한다. Simulation결과, 외관품질 개선을 위해 도광판 입광면에 130도의 Serration과 휘도를 향상하기 위해 도광판 밑면에 렌즈 형상의 바 구조를 도출해 적용한 결과 외관품질향상과 휘도향상을 얻었다.

1. 서 론

정보화시대를 살아가는 우리의 보편적인 디스플레이 장치로서는 평판디스플레이 제품이 있고, 평판디스플레이에는 PDP,LCD,OLED,등이 있으며, 그중에서도 경량화, 박형화, 저소비전력,그리고 원가적인면에서 가장 경쟁력이 있는 액정용 평판디스플레이(TFT-LCD) 제품이 광범하게 채택되고 있다. 평판형 디스플레이중 현재 많이 보급화된 TFT LCD는 거의 CRT에 가까운 표시품질을 내면서 가격과 응답속도면에서 CRT에 크게 뒤지지 않고, 소비전력이 적으며 경량, 박형등 장점으로 인해 Desk Top PC, 노트북, TV, Navigation, Mobile용 액정표시장치 등 여러용도로 적용되고 있다. 그런데, TFT LCD는 자체 발광 능력이 없으므로 후면에서 TFT LCD화면을 밝혀주는 BLU를 사용한다. TFT LCD의 핵심부품인 BLU는 내부 광원으로부터 밝기가 균일한 평면광을 만들어 TFT LCD 패널부분으로 보내줌으로써 TFT LCD 화면전체에 균일하게 빛을 전달하는 역할을 하며 TFT LCD 소비전력의 60~70% 이상이 여기서 일어난다. 이런 이유로 저소비 전력뿐만 아니라 TFT LCD의 표시품질 즉, 고휘도나 Uniformity 향상을 위한 BLU를 제작하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 고휘도, 박형화, 저소비 전력이 필요한 Note-PC용 BLU의 경우, 기존 CCFL에서 LED를 적용한 BLU를 개발하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 본연구에서는 새로운 분야인 LED적용 BLU를 개발하기 위한 실험적 접근은 BLU의 노하우와 경험을 토대로 많은 시행착오를 거쳐게 되어 긴 개발소요기간과 비용이 필요하다. 이와 같은 불필요한 개발자원낭비를 막기 위하여 LED 적용 BLU를 모델링해서 광추적 Simulation을 통해 평면광의 휘도 분포와 시야각 및 위치별 밝기를 예측하여 White Uniformity 향상 방안을 도출한다.

2. 본 론

2.1 TFT-LCD용 BLU의 구조와 구성 부품

현재 TFT-LCD용 BLU로서는 응용 제품에 따라, 크게 그림 1과 같이 세가지 방식으로 나뉘어진다. 경량 및 박형을 구현하기 위해 선광원인 CCFL이 측면에 위치한 중대형(노트 및 모니터)BLU 그림1-(a)와 대면적, 고휘도를 달성하기 위해 CCFL 또는 LED가 하측에 위치한 직하(Direct)형 TV용 BLU 그림1-(b)가 있고, 마지막으로 초경량 및 초박형을 특징으로 하는 점광원 LED가 측면에 위치한 Edge형 중소형 BLU 그림1-(c)가 있다.



그림 1) TFT-LCD 응용 제품에 따른 BLU 방식

그림 2)는 BLU의 광전달 단면 구조이며, 광원을 나온 빛이 각 부품을 통과하면서 균일한 평면광을 만들어 주는 BLU의 광전달 원리를 나타낸다.

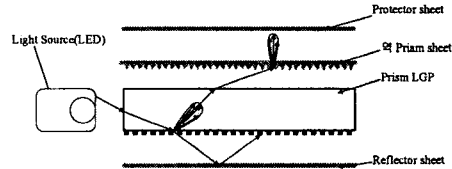


그림 2) LED적용 BLU의 광출사 원리 단면도

2.1.1 LED 광 원(Light Source)

TFT-LCD용 BLU에 사용되는 광원은 크게 선광원인 CCFL과 점광원인 LED로 나뉘어 진다. 점광원 LED는 그림 3)과 같이 청색 chip LED YAG(Y2O3+Al2O3+CeO2)형광체를 molding한 구조로 청색 파장이 노란 형광체를 통과하면서 백색광을 구현하는 발광 원리이다. LED는 그림 4)와 같이 구조상 광지향성이 존재한다.

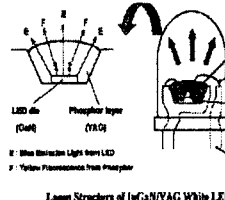


그림 3) LED의 구조

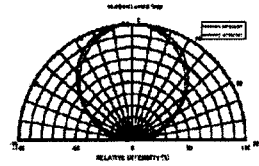


그림 4) Directivity (광 지향성)

2.1.2 도광판 (Light Guide Plate)

BLU에서의 도광판의 역할은 광원에서 도광판 면으로 입사된 광은(그림5)와 같이 Snell' law에 따르고, 도광판 안에서는 그림 6)과 같이 내부 전반사 원리로 면광원으로서의 역할을 수행한다.

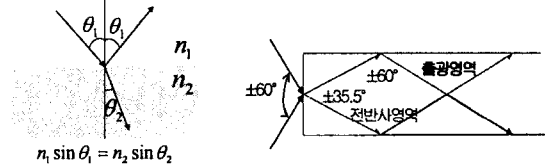


그림 5) Snell' law <그림 6)전반사(TIR:Total Internal Reflection)

실제로 도광판 하측에 pattern이 없으면 그림 6)처럼 내부 전반사만 일어나 상면으로의 출사광이 없게 되므로 도광판 하측에 pattern을 두어 산란시켜 출광영역의 빛을 만들어 준다. 일정한 패턴의 형상을 가지는 도광판에 입사된 광의 경우, 광원에서 멀어질수록 출사광의 강도는 점점 작아진다. 일반적으로 도광판 면상의 휘도를 균일하게 유지하기 위하여 도광판에 광의 확산을 위한 요철 Pattern을 설계하여 빛을 Control한다.

2.1.3 역 프리즘 시트 (Reverse Prism sheet)

고휘도 BLU의 요구에 대응하기 위해 Prism LGP와 역 프리즘 시트가 적용되었으며, 고휘도 원리는 그림 7)의 손실광을 제거해 고효율을 달성하였다.

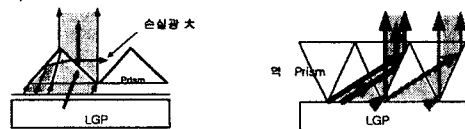


그림 7) 프리즘 시트의 집광 원리 <그림 8) 역 프리즘 시트의 집광원리

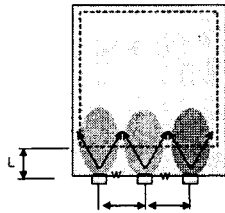
2.2 LED 적용한 Note PC용 BLU의 외관 개선

2.2.1 LED 적용 BLU의 외관 품질 저하

LED BLU의 경우 광지향성으로 LED앞의 암부와 LED & LED사이의 휘선이 전형적으로 발생하고, 이는 필히 개선되어야 할 대상이다



<그림 9> LED BLU의 외관품질

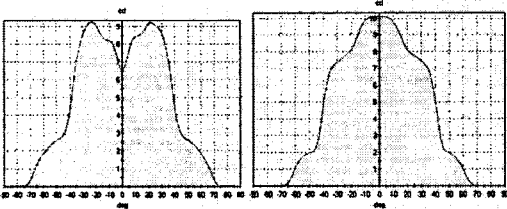


<그림 10> LED 광지향성

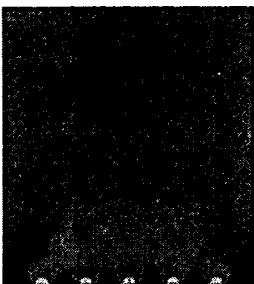
현재까지 중소형에 적용중인 LED의 외관개선 대책으로는 $L \geq W \times 0.7$ 의 설계 rule과 도광판의 입광면에 serration 처리를 해 산란시켜 광지향각을 완화하는 방법이 도입되었다. Note PC에 적용할 LED BLU의 경우, 고휘도와 더 좋은 외관품질을 얻기 위해 광학 Simulation tool을 사용하여 최적의 입광부 구조를 도출할 필요가 있다.

2.2.2 도광판 입광부 형상 Simulation (도광판 size: 36 x 50)

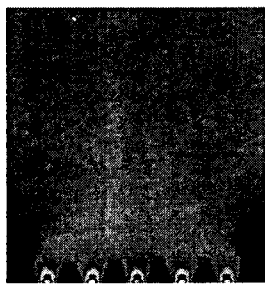
중소형 LED의 경우 그림 10)의 W값이 8~14mm로 LED의 개수가 적으나, Note PC의 경우 W값이 6~8mm로 LED가 가깝게 배치되어 중소형 도광판에 적용중인 90°serration 처리를 할 경우, Serration이 없는 것보다는 외관 품질 개선이 되지만 아래 그림 13과 같은 형태의 외관품질 저하가 발생된다. (W=6.2 mm 적용품)



<그림 11> 90° Serration(Intensity) <그림 12> 130° Serration(Intensity)

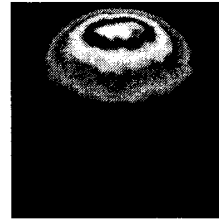


<그림 13> 90도 Serration

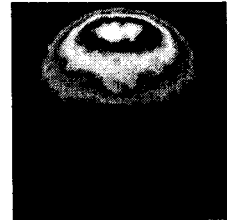


<그림 14> 130도 Serration

90도 Serration에서는 광이 그림 11)과 같이 좌,우 30에서 Peak값을 가지기 때문에 LED앞쪽의 암부형태가 발생되므로 130도 Serration으로 빛을 산란시키면서 Peak값을 0도에 오도록 Simulation한 결과, LED 앞쪽의 암부 형태의 품질저하는 해결된다. Serration에 의한 입사각의 확대 효과는 120도로 동일하다 (Serration 없는 경우는 입사각이 80도임) 또한, 휘도를 상승시킬수 있는 구조로 역 프리즘 시트를 채택한다. 역 프리즘 시트의 효율을 최적화시키기 위해 도광판에서의 출사광을 66도 근처로 모아주어야 한다. 도광판 밑면에 렌즈형상의 bar(H=7 um, W=10 um, pitch=24 um, L=2 mm)형상을 추가해 Simulation한 결과 그림 16)과 같이 66도 근처로 빛이 모이는 효과가 있다. 또한, 66도일때의 intensity를 측정 한 결과, 13%가 향상됨을 알 수 있다.

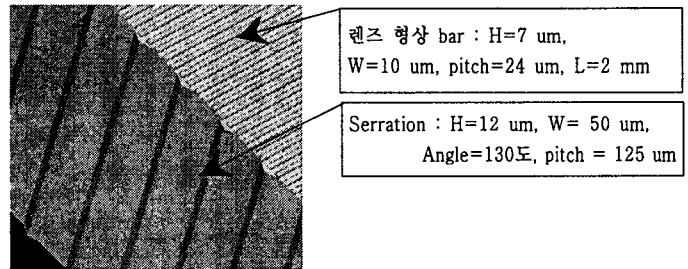


<그림 15> 도광판의 출사각(With Bar) <그림 16> 도광판의 출사각(Without Bar)



2.2.3 도광판 입광부 최적화 형상 검토 결과

외관품질개선과 휘도향상을 위한 입광부 최적화 형상 검토 결과, 그림 17)과 같은 형상을 도출하였다. Serration의 경우 그림 17)과 같이외관품질 향상을 목적으로 도광판 입광부 전면 H=12 um, W= 50 um, Angle=130도, pitch = 125 um로 처리되었고, 휘도 상승의 목적으로 렌즈형상의 Bar는 도광판 입광부 밑면에 H=7 um, W=10 um, pitch=24 um, L=2 mm로 처리 하였다.



<그림 17> 입광부 최적화 Serration 및 렌즈 형태의 Bar

위의 130도 Serration과 렌즈형상 Bar를 적용한 도광판을 Note PC용 LED BLU에 적용하여, 양산수준의 입광부 외관품질과 고객이 요구하는 250 nit(5 Points)의 휘도를 달성할 수 있었다.

3. 결 론

TFT-LCD 외관 품질의 백색 균일도(normally white 상태)의 경우, 우선적으로 BLU의 외관 품질을 최적화시켜야 한다. 각 응용 제품 및 BLU 방식에 의해 다르겠지만, 점 광원인 LED를 사용한 Note PC의 경우 현저히 외관 품질이 저하되는 것이다. 이러한 외관 품질을 개선함과 동시에 휘도를 향상시키기 위하여 기존에는 BLU의 특성상 도광판 패턴 설계, 도광판 제작, BLU 평가 등 일련의 trial and error 방식으로 검증하였기 때문에, 제품 개발 일정 지연 및 초기 개발 비용 증가 등 많은 문제점을 가지고 있었다. 따라서 이러한 문제점을 사전에 검증하여 제품 개발 일정 단축, 개발 비용 감축, 조기 품질 확보 등의 목표를 가지고 물리 광학적 이론에 근거하여 이동용 BLU의 광학 시뮬레이션을 통하여 사전에 개선 및 검증하고자 하였다.

LED적용 Note PC의 BLU 광학 시뮬레이션 결과, 외관 품질을 개선하기 위하여는 LED와 도광판과의 관계에서 광확산 최적의 구조를 찾아야 한다. 이와 같이 검토 결과를 토대로 가장 좋은 효과를 얻을 수 있는 구조로는 도광판 입광부의 형상을 이용하는 것이고, 이 형상 중에서도 빛의 입광 효율이 가장 적게 감소하면서도 광 확산성이 우수한 구조로서는 프리즘 형상을 이용하는 것이다. 따라서 최적의 구조인 프리즘 형상을 이용한 광학 시뮬레이션 결과, 130도 Serration을 처리해 외관품질의 개선됨을 확인하고, 도광판 밑면에 렌즈형상의 Bar를 추가함으로써 휘도상승을 예측하여, 실제 제품에 적용한 결과 Note PC에서 요구되는 외관품질과 휘도를 달성할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] A. Horibe, E. Nihei, and Y. Koike, "High-performance LCD backlight using Highly scattering optical transmission polymer " SPIE Vol. 328 1.
- [2] 서희경 외 5명, " 광추적 기법을 이용한 LCD Backlight Unit시뮬레이션 제작에 관한 이론 " 2003년도 한국 정보 과학회 봄 학술 발표 논문집 Vol. 30, No. 1.
- [3] Eugene Hecht, " Optics " Addison Wesley, 4th ed., 2002.
- [4] 김상수 외 7명, " 디스플레이 공학 I " 청범 출판사, 2000.