CCFL 백라이트 패턴 설계툴 개발에 관한 연구

(A Study on the Development of Pattern Design Tool for CCFL Backlight)

조영창*, 최병진**, 윤정오***
(Young-Chang Cho, Byung-Jin Choi, Jeong-Oh Yoon)

요 약 휴대용 정보기기의 발달은 평판 디스플레이 장비 및 부품 소재의 수요급증으로 이어지고 있으며, 이 중에서 LCD는 LCD TV, 컴퓨터 모니터, 디지털 카메라, CNS(car navigation system), 게임기 등의 다양한 제품으로 그 응용범위가 폭넓어지고 있다. 이와 같이 LCD 시장이 급증함에 따라 LCD 배면조명 모듈인 BLU(backlight unit) 생산을 위한 제조업체들의 수도 크게 증가하였으며, 우수한 품질의 광학적 특성을 갖는 BLU 개발을 위해 광반사면 설계에 관한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 본 연구에서는 경험과 시행착오에 기초하여 수작업에 주로 의존하여 온 기존의 패턴설계환경을 개선하기 위해 CCFL을 광원으로 한 백라이트의 패턴 설계툴을 개발하였다. 본 연구의 검증을 위해 실모델의 백라이트에 대한 광반사면을 설계한 후, BM-7으로 휘도균일도를 측정하였다. 휘도균일도 측정결과, 본 연구의 설계툴을 사용한 BLU가 기존의 설계방식으로 보통 5회 이상의 시도에서 얻을 수 있는 휘도균일도를 1차 시도에서 얻을 수 있었다는 점에서 기존의 설계방식보다 우수한 설계 성능을 보임을 알 수 있었다.

핵심주제어 : 필 팩터, 인쇄형 패턴, BLU

Abstract As the portable information appliance is developed, the demand of flat panel display equipments and parts are steeply increased. Most of all, the applications of LCD such as LCD TV, monitor, digital camera, CNS(car navigation system) and game machine become diversified. With the result that the number of BLU production enterprise is increased and the research on the design of backlight with the superior optical properties is persistently in progress. In this study we developed the pattern design tools for CCFL(cold cathode flourescent lamp) backlight to improve the conventional pattern design environment in which the pattern is designed manually from the experience and the trial and error. For the verification of our research, we designed the light reflection surface patterns for a real model of backlight and we measured the brightness uniformity using the BM-7. From the brightness uniformity measurement, the BLU designed using the presented tool showed the tolerable performance only in the first try of pattern design rather than the fifth try of pattern design in case of the conventional pattern design.

Key Words : fill factor, printed pattern, BLU

1. 연구 배경

휴대용 정보기기의 발달은 평판디스플레이 수요의 급증으로 이어지고 있으며, 이 중에서 LCD의 수요는 LCD TV, 데스크탑용 모니터, 노트북형 모니터, 디지털 카메라, CNS(car navigation system), 게임기, 평판 광고[1-2] 등의 다양한 제품으로 그 응용범위가 다양해지고 있다. 이와 같이 LCD 시장이 급팽창함에 따라 BLU 산업의 활성

* 경운대학교 정보통신공학과 조교수, 주저자
** 경운대학교 정보통신공학과 부교수
*** 경운대학교 정보통신공하과 부교수, 교신저자

화가 꾸준히 지속되고 있으며, 아울러 중소 BLU 제조업체들의 수도 크게 늘어나는 추세이다[3].

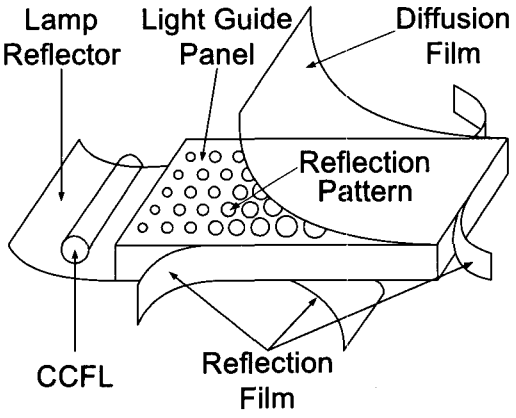
LCD BLU는 도광판에 입사된 광이 전체 도광판에 고르게 분포될 수 있도록 광학적으로 설계된 광반사면의 가공이 필요하지만, 현재 많은 수의 BLU 제조업체에서 사용하고 있는 광반사면 패턴설계 방식은 경험에 기초하여 시행착오를 통한 수작업에 주로 의존하고 있는 실정이어서 도광판의 크기나 두께에 따라 요구되는 다양한 광학적 특성을 수용할 수 없으며, 패턴설계를 지원하는 설계툴 조차도 정형화된 설계기술이나 재현성 있는 광반사면을 설계할 수 있는 설계환경을 갖추지 못하고 있다.

본 연구에서는 이와 같이 낙후된 패턴설계환경을 개선하기 위해 CCFL 백라이트 패턴 설계툴의 기본구조와 필 팩터 기반의 설계방식을 고안하고 광원에 대한 수직 및 수평방향의 필 팩터 산출식을 제시한다. 나아가 도광판 가장자리의 광누설 효과를 보완하기 위한 필 팩터 보정식을 제시한다. 본 연구의 CCFL용 BLU 패턴 설계툴의 개발을 통해 경험적이며, 실험적인 설계방식을 전문적인 패턴 설계툴로 대체하여 설계의 기준을 명확히 제시하고 친숙한 윈도우기반의 사용자 인터페이스를 통해 쉽고 정확하며, 재현성 있게 광반사면을 설계할 수 있는 설계환경을 마련하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 CCFL 백라이트의 구조를 기술하였고 3장에서는 패턴 설계툴의 메인화면을 소개하였다. 그리고 4장에서는 필 팩터기반의 설계방식과 수직방향과 수평방향의 필 팩터 산출식에 대해 설명하였다. 5장에서는 광누설 효과보완을 위한 필 팩터 보정에 대해 기술하였으며, 6장에서는 패턴 설계툴을 사용한 설계 결과물과 시제품의 휘도측정 결과를 다루었다. 마지막으로 7장에서 결론을 맺는다.

2. CCFL 백라이트 유니트의 개요

LCD의 응용 형태가 다양해짐에 따라 시인성을 높이기 위한 백라이트의 부착은 필수적이다. 본 논문에서 다룰 BLU는 CCFL과 같은 형광램프를 이용한 도광판 방식의 백라이트로써 BLU의 박형화 문제로 인해 현재 많이 채택되고 있다[4]. <그림 1>은 인쇄형 패턴방식의 도광판 백라이트를 나타낸 그림이다.



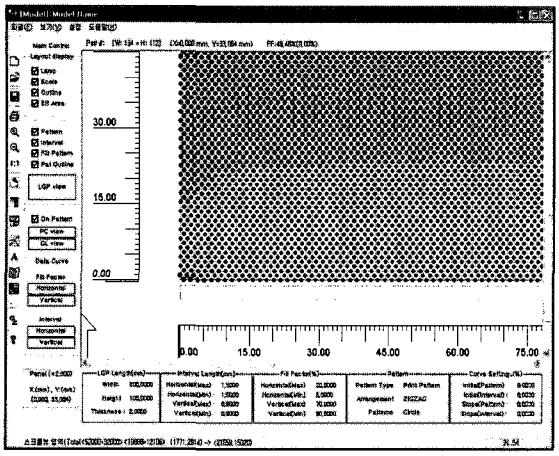
<그림 1> 인쇄형 패턴방식의 도광판 백라이트

이러한 도광판 방식의 백라이트에서는 액정패널의 측면에 설치한 형광램프로부터 입사된 광이 LCD 화면 전체에 균일하게 분포되도록 광반사 패턴을 설계해야 하기 때문에 고도의 광학적 설계기술과 가공기술이 요구된다.

인쇄형 패턴의 설계에서는 <그림 1>과 같이 도광판 밑면에 분포하는 망점(dot형)형의 광 반사패턴을 스크린 인쇄법으로 도포하는 방식이 많이 사용되고 있다. 스크린 인쇄법으로 도포한 망점 상의 광 반사패턴은 광 입사면으로 입사된 광을 도광판 표면의 표시부로 출사될 수 있도록 광을 반사시키며, 이로 인해 인쇄된 망점들은 표시부 전 영역에 고른 휘도분포를 갖도록 하는 역할을 한다. 일반적으로 표시부 전 영역에 고른 휘도분포를 갖기 위해 망점 인쇄패턴의 분포는 광 입사면으로부터 거리가 멀어질수록 더욱 조밀하게 구성된다[5]. 이는 한쪽 측면의 형광램프로부터 입사된 광의 양이 다른 측면으로 이동하면서 줄어들기 때문이며, 이에 따라 광원으로 멀어질수록 상대적으로 넓은 반사면을 갖게 하여 휘도를 고르게 하고자 함이다. 본 연구의 패턴 설계툴에서 광반사면 설계는 인쇄패턴의 필 팩터를 기준으로 이루어지며, 이는 4장에서 다루었다.

3. CCFL 백라이트 패턴 설계툴의 구조

본 설계툴은 윈도우XP 환경에서 Visual C++6.0의 MFC를 기반으로 하여 개발하였다. <그림 2>는 본 연구에서 개발된 CCFL 백라이트 패턴설계를 위한 인쇄형 패턴 설계툴의 메인 화면을 나타낸 것이다.



<그림 2> 패턴 설계툴의 메인화면

<그림 2>의 설계툴은 BLU 도광판 규격설정과 광원설정, 패턴 규격설정, 수직 및 수평방향 필 팩터 설계부, 도광판 가장자리 광누설 효과 보정부, 설계 데이터 표시부와 거버출력, TIFF, BMP 이미지 출력과 같이 스크린 인쇄를 위한 필름제조용 데이터 생성부 등의 기능 모듈로 이루어져 있다. 설계툴에 대한 주요 클래스는 다음과 같다.

- CPattseederDoc: 설계 데이터의 생성, 저장, 출력 등의 관리를 위한 클래스
- CPattseederViewc: 설계 데이터 표시와 화면처리를 위한 클래스
- CPageVertPattern: 수직방향 필 팩터 생성을 위한 클래스
- CPageHoriPattern: 수평방향 필 팩터 생성을 위한 클래스
- CPageEdgeRegion: 가장자리 광누설 보정을 위한 보정용 필 팩터 생성을 위한 클래스

4. 필 팩터 기반의 패턴설계

4.1 필 팩터의 개요

본 연구에서 광 반사면의 광반사 특성은 필 팩터로 정의된다. 즉, 임의 위치에서 설계패턴에 의한 필 팩터가 크다는 것은 입사 광량에 대한 반사량이 많다는 것을 의미한다. 본 연구에서 정의한 필 팩터 F는 최대 가용 패턴면적 $A_{\max}$에 대한 인쇄형 패턴의 면적 P_{area}의 비로 다음 식과 같다.

$$F(\%) = \frac{P_{area}}{A_{\max}} \times 100 \qquad (1)$$

<표 1>은 1㎟ 정방형 영역에 대해 패턴유형별 최대 가용 패턴면적을 나타낸 것이다. <표 2>는 패턴간격이 L(㎜)일 때, 필 팩터가 F(%)인 위치에서 각 인쇄패턴의 유형별 패턴크기를 나타낸 것이다.

<표 1> 패턴 유형별 최대가용패턴면적

패턴유형	최대가용패턴면적(㎟)
사각형	1.0
원형	0.785
마름모형	0.5

<표 2> 필 팩터 F(%)에 대한 유형별 패턴크기

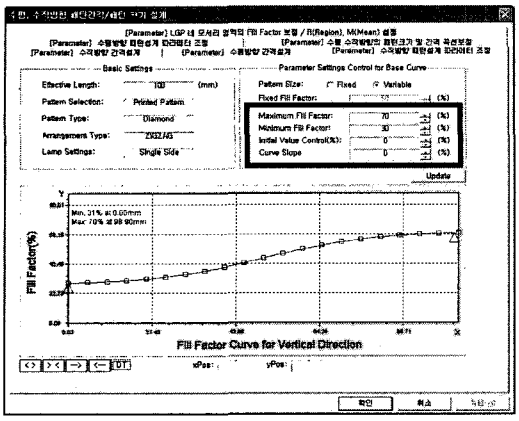
패턴유형	패턴크기(㎜)
사각형	$Length\ of\ a\ side = \frac{L}{10}\sqrt{F}$
원형	$Diameter = \frac{L}{10}\sqrt{F}$
마름모형	$Length\ of\ a\ side = \frac{L}{10}\sqrt{\frac{F}{2}}$

4.2 수직방향의 필 팩터

수직방향은 입사광의 진행방향이기 때문에 균일한 휘도분포를 얻기 위해서는 수직방향의 필 팩터가 광원으로부터 멀어질수록 증가하는 형태가 되어야 한다. <그림 3>은 수직방향 필 팩터(%)를 설정하기 위한 화면이다.

<표 3> 수직방향 커브의 설정 필드별 파라메터

설정 필드	파라메터	용도
Maximum Fill Factor(%)	$F_{\max}$	필 팩터 커브 상한값 지정
Minimum Fill Factor(%)	$F_{\min}$	필 팩터 커브 하한값 지정
Initial Value Control(%)	F_0	필 팩터 커브 초기값 지정
Curve Slope(%)	α_F	필 팩터 커브 기울기 지정



<그림 3> 수직방향 필 팩터 설정화면

그리고 <그림 3>의 수직방향 커브 설정 필드에 대한 파라메터는 <표 3>과 같다.

<표 3>의 각 파라메터 값은 0~100% 범위 내에서 설계자의 요구에 따라 정해지며, 광원으로부터의 거리 y(㎜)에 대한 수직방향 필 팩터 $F_Y(y)$는 식(2)~식(8)로부터 결정된다.

$$F_Y(y) = F_{\min} + \frac{a/e^{v_0 + \frac{v_1}{A_0} + v_2 \log A_0}}{(1 + e^{b-cy})^{1/d}} \times 100 \tag{2}$$

$$A_0 = \frac{d_4 \cdot c}{c_0} \tag{3}$$

$$a = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{100} \tag{4}$$

$$b = b_0 = 3.5 \tag{5}$$

$$c = c_0 - \frac{c_0}{2} \cdot \frac{\alpha_F}{100} \tag{6}$$

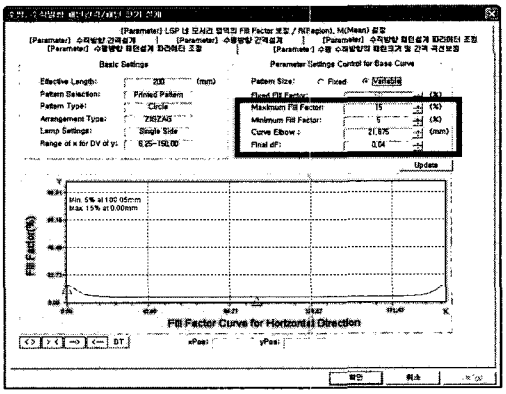
$$c_0 = \frac{d_3}{L_Y} \tag{7}$$

$$d = -\frac{\log\left(1 - \frac{d_0 + d_1 \cdot \frac{F_0}{100} - k_0}{k_1}\right)}{k_2} \tag{8}$$

식(2)에서 v_0=-2.4, v_1=-0.12, v_2=-1.55이다. 식(7)의 L_Y는 도광판의 수직방향 길이를 나타낸 것이며, d_3=7.0이다. 그리고 식(8)의 d_0=0.02, d_1=0.7이며, k_0=-0.177, k_1=0.979, k_2=0.229이다.

4.3 수평방향의 필 팩터

수평방향의 광 반사면은 도광판 양측 가장자리에서의 광 누설로 인해 중앙부보다 가장자리 쪽으로 갈수록 필 팩터가 커지게 설계되어야 한다. <그림 4>는 수평방향 필 팩터(%)를 설정하기 위한 화면이다. <그림 4>의 수평방향 커브 설정 필드에서 "Curve Elbow" 필드는 가장자리 영역에서 커브가 꺾이는 위치를 지정한다.



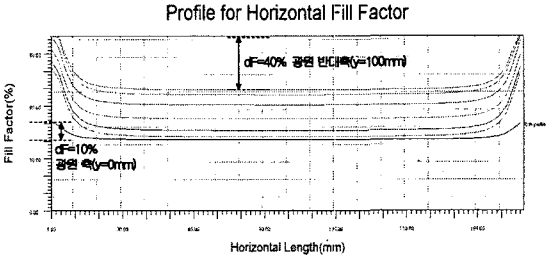
<그림 4> 수평방향 필 팩터 설정화면

그리고 "Final dF" 필드는 수직방향의 위치에 따라 가장자리의 광 누설량이 다르게 나타남을 보정하기 위한 필드이다. 수직방향 거리 y=0(㎜)에서 거리 x(㎜)에 대한 수평방향 필 팩터 $F_X(x)$는 다음 식으로부터 결정된다.

$$F_X(x) = \frac{F_{\min} \cdot b' + F_{\max} \cdot x^d}{b' + x^d} \tag{9}$$

$$b' = \frac{F_{\max} - F_{Th}}{F_{Th} - F_{\min}} \cdot x^d \tag{10}$$

식(9)에서 상수 d=-2.25이다. 식(10)의 F_{Th}는 "Curve Elbow" 필드에 지정한 값이다.



<그림 5> "Final dF"에 대해 수직방향 각 위치에서의 수평방향 필 팩터 프로파일

<그림 5>는 $F_{\max}$=80%, $F_{\min}$=20%, F_{Th}=21.875(㎜)

이고 "Final dF" 필드가 0.4(40%)일 때, 수직방향의 각 위치에 대해 수평방향의 필 팩터를 각각 나타낸 프로파일을 보여준다.

5. 광 누설로 의한 필 팩터 보정

모서리 영역에서는 좌우상하 경계에서의 광반사 현상이 중첩되어 나타나기 때문에 이에 적합한 보정데이터가 적용되어야 한다. 모서리 영역에서의 보정 필 팩터는 식(11)과 같다.

$$FF_{NEW} = FF_{OLD} \cdot (1 + f(x,y)) \tag{11}$$

식(11)에서 (x,y)는 각 모서리로부터의 수평 및 수직방향 거리이다. 그리고 FF_{OLD}와 FF_{NEW}는 기 설계된 필 팩터와 보정된 필 팩터를 각각 나타낸다. 그리고 보정치 $f(x,y)$는 식(12)와 같다.

$$f(x,y) = \frac{m_f}{2}(f_X(x) + f_Y(y)) \tag{12}$$

여기서, $f_X(x)$와 $f_Y(x)$는 다음과 같이 주어진다.

$$f_X(x) = e^{-\frac{(x-\mu_x)^2}{2\sigma_X^2}} h_X(x) \tag{13}$$

$$f_Y(y) = e^{-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_Y^2}} h_Y(y) \tag{14}$$

$$h_X(x) = \begin{cases} e^{-a_X(x-(\Delta X - dX))} & , x \geq \Delta X - dX \\ 1 & , x < \Delta X - dX \end{cases} \tag{15}$$

$$h_Y(y) = \begin{cases} e^{-a_Y(y-(\Delta Y - dY))} & , y \geq \Delta Y - dY \\ 1 & , y < \Delta Y - dY \end{cases} \tag{16}$$

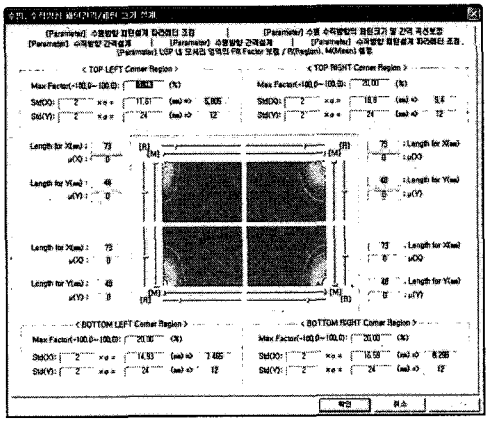
위 식에서 μ_X, μ_Y, σ_X, σ_Y는 수평 및 수직방향의 평균과 표준편차이다. 그리고 ΔX, ΔY는 보정 필 팩터를 적용할 전체 영역의 수평 및 수직방향 길이를 나타낸다. a_X와 a_Y는 수평 및 수직방향의 감소율을 지정하며, 다음과 같이 정의된다.

$$a_X = \frac{d_f^X}{(W - \Delta X)} log(10) \tag{17}$$

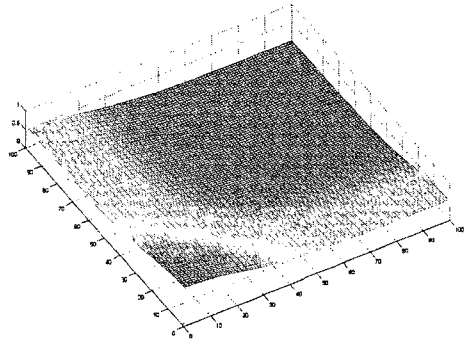
$$a_Y = \frac{d_f^Y}{(H - \Delta Y)} log(10) \tag{18}$$

$$d_f^X = d_f^Y = 2.0 \tag{19}$$

여기서, H와 W는 도광판의 수평, 수직방향의 길이를 나타낸다. 식(19)의 d_f^X와 d_f^Y는 수평 및 수직방향의 감소 파라메터를 나타내며, dX와 dY는 보정 영역 경계에서 필 팩터의 연속성을 유지하기 위한 상수이다. <그림 6>과 <그림 7>은 네 모서리 영역의 필 팩터를 보정하기 위한 설정화면과 모서리 영역에 대해 보정된 필 팩터를 3차원으로 나타낸 것이다. 그림과 같이 모서리영역에서는 광누설로 인해 감소된 광반사량을 보정하기 위해 광반사 패턴의 밀도인 필 팩터가 높게 나타난다.



<그림 6> 네 모서리 영역 보정을 위한 설정화면

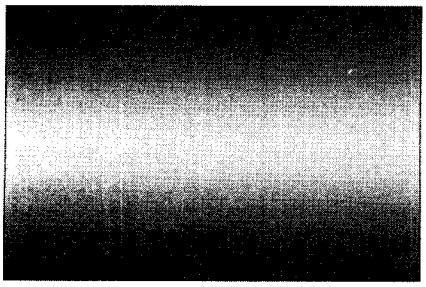


<그림 7> 3차원 모서리 영역 보정 필 팩터

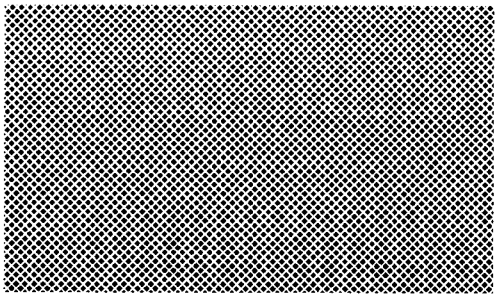
6. 패턴설계 결과

본 연구에서 개발한 패턴 설계툴을 사용하여 <표 4>의 설계 규격에 대해 패턴을 설계한 후, 제조된 백라이트의 휘도 균일도를 측정하였다. 설계 데이터는 필름 제조를 위해 거버형식과 BMP 이미지 형태의 파일로 출력하였다. <그림 8>은

설계된 필 팩터 이미지와 600DPI로 출력한 BMP 영상(7771×6897)의 중앙부를 표시한 그림이다.



(a) 필 팩터 이미지

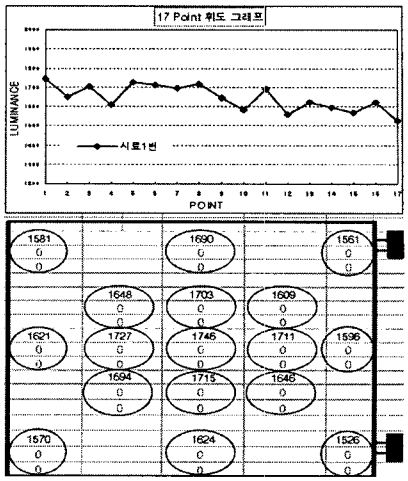


(b) BMP 출력결과(마름모형 패턴)

<그림 8> 필 팩터 이미지와 패턴출력 결과영상

<표 4> 수직방향 커브의 설정 필드별 파라메터

규격	값
도광판 크기	가로:329(㎜), 세로:292(㎜)
Guide Area	좌:10(㎜), 우:30(㎜) 상:30(㎜), 하:30(㎜)
광원위치	CCFL, 상단 하단 2EA
정렬방식	ZIGZAG
패턴유형	다이아몬드형
최소피치설정	수평/수직: 0.3(㎜)
간격설정	수평:1.2(㎜), 수직:0.6(㎜)
수직방향 필 팩터	Maximum Fill Factor: 72% Minimum Fill Factor: 33% Initial Value Control: 5% Curve Slope: 28%
수평방향 필 팩터	Maximum Fill Factor: 6% Minimum Fill Factor: 0% Curve Edge: 25(㎜) Final dF: 0.04(4%)
네 모서리 영역의 필 팩터 보정	좌상단: Max Factor= 0.20%, σ_X=15(㎜), σ_Y= 0(㎜) 우상단: Max Factor= 0.20%, σ_X=15(㎜), σ_Y= 0(㎜) 좌하단: Max Factor=0.20%, σ_X=15(㎜), σ_Y=0(㎜) 우하단: Max Factor=0.20%, σ_X=15(㎜), σ_Y=0(㎜)



<그림 9> 17 Point 휘도 측정 데이터

<표 5> 기존 설계방식과의 성능 비교

구 분	개발속도	시도횟수	휘도균일도
기존의 설계방식	1주일 이상 소요	5회 이상	75%~80%
개발한 설계방식	3시간 정도 소요	3회 이내	85%이상

<그림 9>는 BM-7 휘도 측정기를 통해 <그림 8>의 백라이트에 대한 17-포인트 휘도 그래프를 측정한 데이터를 나타낸 것으로 휘도가 비교적 고르게 분포된 것을 볼 수 있으며, 측정된 휘도 균일도는 87.4%로서 최소 허용수준인 77.0%를 상회하는 수준이다. 그리고 일반적으로 BLU 개발업체에서의 광반사면 설계가 5회 이상의 반복된 시도에서 75%~80%의 휘도균일도를 얻고 있는 반면에 본 논문에서 개발한 광반사면 패턴설계의 경우, 기존의 설계방식으로 5회 이상의 시도에서 얻을 수 있는 휘도 균일도를 1차 시도에서 얻을 수 있었다는 점에서 기존의 설계방식보다 우수한 설계성능을 보임을 알 수 있었다.

<표 5>는 본 연구에서 개발한 CCFL용 패턴 설계툴을 몇몇 모델에 적용해 본 결과, 기존의 설계 방식에 비해 개선된 점을 보여준다.

7. 활용 방안 및 기대 효과

중소형 LCD 시장이 확대되고 있는 현 시점에서 기존의 시행착오에 기초한 LCD 백라이트 광학설계방식에서는 신규모델에 대한 개발기간의

장기화로 인해 급변하는 수요에 능동적으로 대처할 수 없을 뿐만 아니라 선진사 수준 이상의 휘도특성을 설계하는 설계기술과 설계환경의 부재로 인해 중장기적으로 고품위의 LCD 백라이트 광반사면에 대한 정형화된 설계기술의 선점과 고품질 백라이트 적용 제품의 개발에 필요한 광반사면 설계툴의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 CCFL 광원 백라이트 인쇄패턴 설계를 위해 윈도우 기반의 편리한 사용자 인터페이스를 갖는 패턴 설계툴을 개발하였으며, 몇몇 모델에 대해 적용한 결과, 기존의 설계방식보다 신규모델에 대한 개발기간을 1/10 수준 이상으로 크게 줄일 수 있었으며, 설계 시도횟수 또한 3회 이내의 설계에서 87%이상의 휘도 균일도를 갖는 제품을 설계할 수 있었다. 개발된 CCFL 광원용 광반사면 설계툴에는 설계상에서 개발자들의 다양한 아이디어를 수용할 수 있는 기능들을 갖고 있기 때문에 기술적인 노하우와 설계상 경험의 활용을 통해 보다 나은 품질의 광 반사면 설계에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 마츠모토 쇼이치, 전자디스플레이, Ohm사, 2002.

[2] Gregory P. Crawford, "Flexible Flat Panel Displays", John Wiley & Sons Inc., 2005.

[3] Masaru Suzuki, Asia Display, 2003.

[4] 경운대학교 산업기술연구소, "LCD Backlight용 후막형 EL 소자의 개발 및 도광판 방식 LCD Backlight 개발", (주)에이스디지텍, 2001.

[5] 경운대학교 산업기술연구소, "LCD 백라이트용 고효율 도광판 기술 지원", 구미시, 2005.

조 영 창 (Young-Chang Cho)

- 1994년 영남대학교 전기공학과 졸업
- 1996년 영남대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2001년 영남대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1999년 ~ 현재 경운대학교 정보통신공학과 조교수

최 병 진 (Byung-Jin Choi)

- 1990년 경북대학교 전자공학과 졸업
- 1992년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1997년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1998년~현재 경운대학교 정보통신공학과 부교수

윤 정 오 (Jeong-Oh Yoon)

- 1989년 경북대학교 전자공학과 졸업
- 1991년 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1998년 경북대학교 대학원 전자공학과 박사수료
- 1997년~현재 경운대학교 정보통신공학과 부교수