

Simplex Search를 이용한 LCD Backlight Unit 내부의 도광판 인쇄패턴의 자동 최적화

서희경⁰, 류양선^{*}, 박은철^{**}, 강노경^{***}, 김성철^{***}, 최준수^{*}, 한광수^{*}
⁰국민대학교 컴퓨터학부, ^{**}엠텍주식회사, ^{***}서울대학교 전기컴퓨터공학부 뉴미디어통신 공동연구소
 {hkseo⁰, ysloo^{*}}@cs-mail.kookmin.ac.kr, goodday^{**}@mteq.co.kr
 {peterpan^{***}, sckim^{***}}@maxwell.snu.ac.kr, {jschoi^{*}, kshahn^{*}}@kookmin.ac.kr

Auto-Optimization for LGP Dot Pattern in LCD Backlight Unit using Simplex Search

HeeKyung Seo⁰, YangSeon Ryu^{*}, Eun-Chul Park^{**}, NoKyung Kang^{***}
 SeongCheol Kim^{***}, Joonsoo Choi^{*}, Kwang-Soo Hahn^{*}
^{*}Kookmin University, Department of Computer Science, ^{**}MteQ SYSTEMS, Inc.
^{***}Seoul National University, School of Electrical Engineering and Computer Science

요 약

LCD(Liquid Crystal Display)는 자체 발광능력이 없으므로 그 후면에서 LCD 화면을 밝혀주는 BLU(Backlight Unit)를 필요로 한다. BLU의 핵심부품으로써 광원으로 부터 나온 빛을 LCD의 패널 방향으로 이끌어내는 역할을 담당하고 있는 부분이 바로 도광판이고, 빛을 패널 방향으로 고르게 분포시키기 위해 도광판 하부에 점 모양의 확산물질인 인쇄패턴을 사용한다. 이 인쇄패턴은 광원으로부터의 거리에 따라서 그 크기를 다르게 함으로써 패널 부분으로 균일한 평면광을 생성하도록 한다. 따라서 보다 균일한 평면광을 생성하는 BLU를 개발하기 위해서는 주어진 조건에서 패널 부분으로 균일한 평면광을 생성하도록 설계된 인쇄패턴을 찾는 것이 관건이다. 이러한 인쇄패턴을 Simplex Search 알고리즘을 사용하여 자동으로 찾게 함으로써 수작업으로 찾는 것보다 빠른 시간 내에 더욱 효율적인 인쇄패턴을 찾도록 한다.

1. 서 론

평판형 디스플레이로 현재 많이 보급된 LCD는 소비전력이 적으며 경량, 박형의 장점으로 PC, 노트북, 벽걸이 TV, Navigation용 액정표시장치등 여러 용도에 적용되고 있다. 그러나 LCD는 자체 발광능력이 없으므로 후면에서 LCD 화면을 밝혀주는 BLU를 사용한다. BLU는 내부 광원으로부터 밝기가 균일한 평면광을 만들어 LCD 패널부분으로 보내줌으로써 LCD 화면 전체에 고르게 빛을 전달하는 역할을 한다. 이 때, BLU의 핵심부품으로써 빛을 패널 방향으로 고르게 이끌어내는 역할을 담당하는 부품이 도광판이고 그 방법으로 도광판 하부에 점 모양의 확산물질인 도트를 인쇄하는 방법이 있다. 각각의 인쇄되는 도트들은 BLU의 내부 광원으로부터의 거리에 따라서 그 크기를 다르게 함으로써 패널 방향으로 균일한 평면광을 생성하도록 한다[1]. 즉, BLU를 설계할 때 광원으로부터의 거리에 따라 도트들이 인쇄되는 간격과 크기가 달라지므로 BLU에서 생성되는 평면광의 균일도도 달라진다. 따라서 원하는 광 분포를 얻어내기 위해서는 주어진 조건에서 균일한 평면광을 생성하게 하는 인쇄패턴을 찾아내어야 한다. 본 연구에서는 이것을 Simplex Search 알고리즘을 사용하여 찾게 함으로써 사람의 경험에 근거하여 수작업으로 찾아내는 것보다 빠르면서 더욱 효율적인 인쇄패턴을 자동으로 찾아내도록 한다. 최근에는 이러한 확산물질의 인쇄공정 없이 물리·화학적 방법 또는 기계적 방법으로 도트 패턴이 가공된 금형 혹은 금속판을 이용하여 직접 사출하는 방법을 사용하기도 한다.

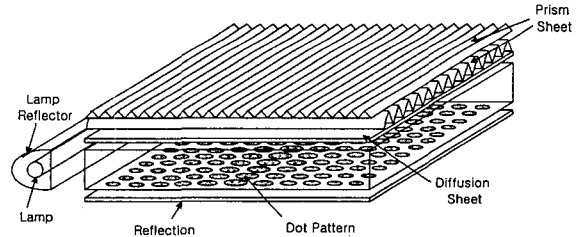
2. 연구 개요

본 연구는 평면광의 균일도를 예측하도록 고안된 시뮬레이터[2]를 통해 실제로 개발되고 있는 BLU를 가상으로 컴퓨터상에서 모델링한다. 그리고 그 균일도를 예측하여 더욱

균일한 평면광을 생성하게 하는 인쇄패턴을 찾아 나간다. 따라서 도광판 하부에 인쇄되는 인쇄패턴에 대한 형상 분석과 시뮬레이터를 사용하여 BLU를 설계하는 방법, 마지막으로 균일한 평면광을 찾아나가는 최적화 알고리즘인 Simplex Search에 대한 연구가 필요하다.

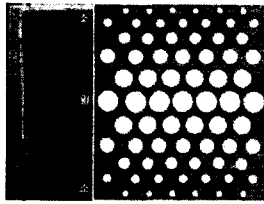
2.1 도광판의 인쇄패턴 형상 분석

BLU에서 가장 핵심이 되는 부품인 도광판(LGP)은 PMMA (Polymethyl Methacrylate) 물질로써 빛의 전파 방향에 수직, 즉 도광판의 바로 위에 있는 LCD 패널 방향으로 빛을 이끌어내는 것이 중요한 관건이다. 그 방법 중 하나가 그림 1, 2와 같이 도광판 하부에 점모양의 확산물질(도트패턴)을 인쇄하는 방법을 사용하는데 램프에서 나오는 빛의 진행방향에 따라 점차 도트 크기를 크게 해준다.



[그림 1] 사이드형(Side Type) 3D

그림 1, 2는 사이드형 BLU로써 내부 광원이 도광판의 양면에 위치하는 경우이다. 따라서 램프에서 가까운 부분의 도트 크기는 작고, 램프에서 거리가 멀수록 도트의 크기를 크게 설계한다.



[그림 2] 도트패턴 인쇄

2.2 BLU 모델링 및 시뮬레이션

원하는 BLU가 생성하는 평면광의 균일도를 예측하기 위해서 모델링 및 시뮬레이션 도구[2]를 사용한다. 이 도구는 BLU 핵심부품마다 여러 가지 형태를 제공하여 다양한 BLU의 모델링을 도와준다. 또한 모델링한 BLU의 평면광의 균일도를 예측하기 위해서 광추적기법으로 내부 광원으로부터 생성된 빛을 추적하여 최종 목적 평면에 도달하는 빛을 측정하여 평면광의 균일도를 예측한다.

2.3 Simplex Search 알고리즘

수학이나 물리학, 공학과 같은 여러 분야에서 다음과 같이 임의의 영역에서의 함수의 최소값을 구하는 문제가 많이 요구된다. 예를 들어, 새로운 타입의 기계를 개발한다고 할 때, 함수 f 는 기계의 불안정한 상태를 나타내고 이 f 는 기계의 각도, 회전속도, 그리고 온도와 같은 변수에 의해서 표현된다. 개발자는 기계의 불안정함을 최소화하기 위해서 가능한 f 값을 최소화하는 변수들의 조합을 찾는 것이다. 그 조합을 찾기 위한 방법으로 Simplex Search 알고리즘이 유용하게 사용된다. Simplex Search 알고리즘은 다음과 같은 비퇴화적인 함수 샘플링 방법을 사용한다. 즉, \mathbb{R}^n 상에서 최적화하기 위한 변수는 n 개이고 n 개의 변수의 조합이 하나의 점을 표현한다. $n+1$ 개의 점의 집합이 한 심플렉스를 이루게 되고 한 심플렉스의 점의 집합에서 가장 작은 함수값을 갖는 점을 x_0 라고 했을 때, 가장 높은 함수값을 갖는 점을 그 보다 더 작은 함수값을 갖는 새로운 한 점으로 대체하여 새로운 심플렉스를 이룬다. k 번째 반복에서 가장 작은 함수값을 갖는 점을 x_0^k 라고 하면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$f(x_0^{k+1}) \leq f(x_0^k)$$

이 알고리즘의 목표는 심플렉스의 점들을 근처의 최소의 함수값을 갖는 지점으로 이동시키는 것이다. 각 심플렉스를 조작하는 방법에 따라서 SHH(The Simplex Search of Spendley, Hext and Himsworth)[3], NM(The Simplex Search of Nelder and Mead)[4] 그리고 SMDS(Sequential Multi-Directional Search)[5]가 있지만 이 세 방법은 모두 기본적으로 휴레틱 방법을 사용한다.

3. BLU 핵심부품의 설계

도트의 인쇄패턴을 최적화하기 전에 우선 원하는 BLU 형태를 시뮬레이터 상에서의 설계가 필요하다.

3.1 램프 반사판(Lamp Reflector)

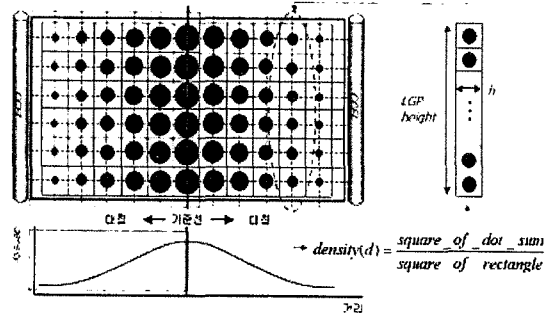
램프 반사판으로 설계할 수 있는 모델에는 4가지로써 Circle, Ellipse, Parabola, Hyperbola가 있고 각 모델에 대해서 Single과 Double Type이 있다.

3.2 도광판(LGP)

도광판으로 설계할 수 있는 모델로는 7가지가 있는데 그 중에서 하부면에 도트를 인쇄하기 위해서 Cube 형태로 모델링한다.

3.3 도트 패턴(Dot Pattern)

도트 패턴의 모델로는 원형의 확산 인쇄물을 배열하는 방법에 따라 Circular Grid, Circular Honeycomb, Hexagon Honeycomb 등이 있다. 도광판에 인쇄되는 도트의 밀한 정도를 나타내는 밀도함수(Density Function)를 이용해서 램프 거리에 따른 서로 다른 크기의 도트를 생성한다.



[그림 3] Circular Grid의 밀도

밀도함수는 최대 세 개의 삼차 다항식으로 표현된다.

4. Simplex Search를 이용한 인쇄패턴의 최적화

인쇄패턴의 최적화를 위한 Simplex Search 알고리즘으로는 SHH보다 Nelder와 Mead에 의한 NM 알고리즘을 사용한다. 그 이유는 NM이 SHH보다 더욱 유연한 심플렉스 이동을 제공하기 때문이다[6].

4.1 최적화 파라미터와 초기값 설정

최적화 파라미터는 인쇄패턴의 밀도함수의 계수를 사용한다. 따라서 본 연구에서는 최소 4개에서 최대 12개까지의 최적화 파라미터를 설정할 수 있다. 만약 계수의 개수가 n 개일 경우, \mathbb{R}^n 상에서 $n+1$ 개의 점으로 이루어진 심플렉스가 초기화된다. 우선 심플렉스의 한 점과 각 차원에 대한 이동 범위는 사용자에게 의해서 주어진다. 그러면 심플렉스의 나머지 n 개의 점에 대해서 다음과 같이 초기화를 한다.

$$n^{th} Pt = f^{-1}(Low(f(n^{th} Init Value - n^{th} Range), f(n^{th} Init Value + n^{th} Range)))$$

4.2 함수값 계산

BLU의 시뮬레이션 결과로 그리드 카운트를 얻을 수 있다. 그리드 카운트는 도광판의 패널부분의 면을 일정 크기의 그리드로 나누어서 해당 영역으로 빠져나가는 빛을 카운트하여 그 값을 배열로 저장해놓은 자료형태이다. 그리드 카운트 결과를 비교하여 최적의 BLU를 찾아내는 객관적인 방법으로는 그리드 카운트들의 표준편차를 구하거나 그리드 카운트의 구성요소 중 최대값과 최소값의 차이를 비교하여 그 수치가 작은 것을 찾는 방법이 있다. 이러한 표준편차나 최대, 최소 차이를 Simplex Search의 함수로 사용한다.

4.3 제한 및 한계값 설정

Simplex Search는 휴레틱 방법이기 때문에 완전 최적을 찾기 보다는 주어진 시간 내에서 최적의 값을 찾도록 한다. 따라서 다음과 같은 제한 조건을 정해두어서 조건을 만족시키면 알고리즘을 종료함으로써 무한정 알고리즘이 반복되는 것을 막고 일정 수준의 최적의 값을 찾도록 한다.

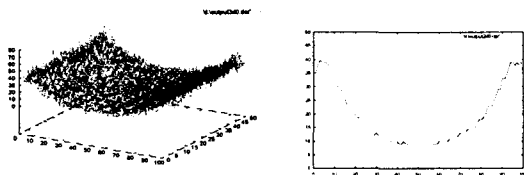
- 알고리즘의 반복 횟수가 지정한 반복 횟수보다 클 때
- Simplex Search 함수의 계산 횟수가 지정한 최대 계산 횟수보다 클 때
- 함수값이 가장 큰 점을 제외한 나머지 n 개 점의 평균과 각 점과의 거리의 합이 지정한 오차 이하일 때
- 함수값이 가장 작은 점과 각 n 개의 점과의 거리의 합이 지정한 오차 이하일 때
- 알고리즘의 매 반복마다 동일한 최적값이 일정 이상 반복할 때

4.4 심플렉스의 이동

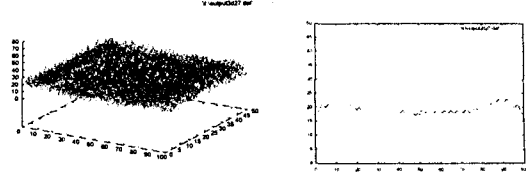
SHH에서의 심플렉스는 단지 대칭과 축소를 하는 반면, NM에서는 대칭(ρ), 확장(χ), 수렴(γ), 축소(σ)를 한다. 우선 심플렉스의 모든 점을 함수 값에 따라 정렬해서 0부터 n 까지 번호를 부여한다. 마지막 n 번째 점을 제외하고 n 개의 점을 평균 내어서 평균점을 중심으로 마지막 n 번째 점을 대칭시킨다($x_r^k = \bar{x}^k + (\bar{x}^k - x_n^k)$). 만약 대칭시킨 점이 0번째 점보다 함수값이 작으면 대칭 방향으로 더욱 확장($x_e^k = \bar{x}^k + \chi(x_r^k - \bar{x}^k)$)하고, 만약 대칭한 점이 기존 심플렉스의 $n-1$ 번째 점의 함수값보다 크거나 같으면 심플렉스는 수축한다. 대칭점이 심플렉스의 n 번째 점보다 작을 경우 외부수축을 하고($x_{oc}^k = \bar{x}^k + \gamma(x_r^k - \bar{x}^k)$), 그렇지 않을 경우 내부수축을 한다($x_{ic}^k = \bar{x}^k + \gamma(x_n^k - \bar{x}^k)$). 만약 이러한 대칭, 확장, 수축의 어떠한 방법으로도 심플렉스의 n 번째 점의 함수값보다 더 작은 수치를 갖는 점을 찾을 수 없다면 모든 점에 대해서 x_i^k 를 다음과 같은 점으로 대체함으로써 심플렉스를 x_0^k 를 중심으로 축소($\hat{x}_i^k = x_i^k + \sigma(x_0^k - x_i^k)$)시킨다. 그리고 종료 조건이 만족하면 종료하고 그렇지 않으면 $k = k + 1$ 로 하고 첫 번째 단계인 정렬 단계로 간다.

5. 실험결과

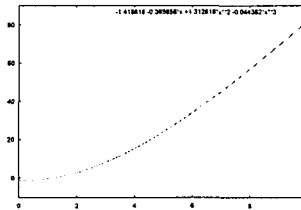
그림 4와 5는 램프 반사판으로 Parabola를 사용하고 인쇄패턴을 나타내는 하나의 밀도함수를 최적화 파라미터로 하여 시뮬레이션 한 결과이다. 밀도함수의 초기값을 $y=1$ 로 하고 최적화 과정에서 균일도를 비교하기 위한 Simplex Search 함수는 표준편차를 사용하였다. 최적화 후 시뮬레이터가 제안한 밀도함수는 그림 6이 나타내는 그래프로서 대칭형 인쇄패턴의 반쪽 밀도함수만 나타낸 그래프이다.



[그림 4] 최적화 전 균일도



[그림 5] 최적화 후 균일도



$$y = -0.044362x^3 + 1.312816x^2 - 0.365656x - 1.418618$$

[그림 6] 최적화 된 인쇄패턴 밀도함수

그 결과 최적화된 인쇄패턴의 밀도함수는 패널의 가운데 부분에서 높은 수치를 갖는 것을 알 수 있다.

6. 향후과제

최적화할 때 초기값에 따라서 그 결과에 많은 영향을 끼친다. 제안되는 밀도함수 결과가 달라질 수 있고, 또한 결과를 얻는데 걸리는 시간이 훨씬 더 오래 걸릴 수 있다. 따라서 최적화 파라미터의 초기값으로 어떤 값을 주느냐는 그 결과에 많은 영향을 끼친다. 이러한 초기값에 대한 연구와 최적화 파라미터로 밀도함수 뿐만 아니라 램프 반사판에서의 곡률함수나 주조형 도광판에서 하부면의 형태에 대한 파라미터를 최적화 파라미터로 적용하여 더욱 효율적인 BLU의 프로토타입을 제안하는 연구가 필요하다.

7. 참고문헌

- [1] 박은철, LCD Backlight Unit 설계를 위한 3차원 모의 실험도구 개발에 관한 연구, 국민대학교 대학원, p30-32, 2001.
- [2] 서희경, 강노경, 류양선, 김성철, 한광수, 최준수, 광추적기법을 이용한 LCD Backlight Unit 시뮬레이션 제작에 관한 이론, 한국정보과학회 봄 학술발표논문집 Vol.30, No.1, 2003.
- [3] W. Spendley, G. R. Hext, and F. R. Himsworth, Sequential application of simplex designs in optimisation and evolutionary operation, Technometrics, 4(4):441-461, November 1962.
- [4] J. A. Nelder and R. Mead, A simplex method for function minimization, The Computer Journal, 7(4):308-313, January 1965.
- [5] Virginia Torczon, Multi-Directional Search: A Direct Search Algorithm for Parallel Machines. PhD thesis, Department of Mathematical Sciences, Rice University, Houston, Texas, 1989.
- [6] Adam P. Gurson, Simplex Search Behavior in Nonlinear Optimization, 2000 Honors Thesis in Computer Science from the College of William & Mary in Virginia, 2000.