

내장형 광센서를 이용한 모바일 디스플레이의 자동 광원 밝기 조정 시스템

류지열*·노석호**

삼성 SDI Co. Ltd.*, 안동대학교 전자공학과**

An Automatic Back-Light Brightness Control System of Mobile Display Using Built-In Photo Sensor

Jee-Youl Ryu*·Seok-Ho Noh**

Samsung SDI Co. Ltd.*, Andong National University**

E-mail : jeeyoul.ryu@samsung.com

요 약

본 논문은 모바일 디스플레이를 위한 자동 백라이트 밝기 조정 시스템을 제안한다. 모바일 디스플레이에서 가장 중요한 요소들 중의 하나가 이동시 제한된 전력 원으로 인한 전력 소모를 들 수 있다. LCD 디스플레이에서 공급 전력의 80% 이상이 LED 백라이트 (BLU)에서 소비된다. 또한 디스플레이 밝기는 동영상과 고해상도 영상 적용시 더 높아야 하기 때문에 과도한 전력이 소비될 뿐만 아니라 어두운 환경에서는 지나친 눈부심을 줄 수 있다. 이러한 경우 밝기를 자동으로 줄여주고, 소비 전력 또한 줄이기 위해 본 논문은 모바일 디스플레이 분야에서 자동 밝기 조절 (ABC) 기술을 제안한다. 개발된 시스템은 내장형 광센서를 가진 패널, 광센서를 조절할 수 있는 구동 IC 및 BLU로 구성되어 있다. 패널에 내장된 광센서 어레이가 외부의 광을 자동으로 검지하기 때문에 어두운 환경에서 BLU의 소비전력은 감소된다. 개발된 ABC 시스템은 어두운 환경에서 50%의 감소된 소비전력 특성을 보였다. 이러한 시스템은 모바일 TFT-LCD의 전력을 조절하는데 상당히 유용하다.

ABSTRACT

This paper presents an automatic back-light brightness control system for mobile displays. One of the most important factors in mobile display is the power consumption due to the limited and movable power source. More than 80% of power of the LCD display is consumed by LED back-light unit (BLU). The target brightness also becomes higher because of its moving picture and high resolution image, so there are some side effects for not only excessive power consumption but also ergonomic inconvenience in dark environment. To prevent this discomfort and reduce power consumption, this paper proposes automatic brightness control (ABC) technique in mobile displays. Developed system contains TFT-LCD panel with built-in photo sensor, driver IC capable of controlling photo sensor, and BLU. Since the photo sensor array built in panel detects automatically outdoor ambient light intensity, the power of BLU in dark environment is reduced. Developed ABC system showed reduced power consumption of 50% in dark environment. We believe that the proposed system is very useful to control power of mobile TFT-LCD.

키워드

자동 백라이트 밝기 조정 시스템, 소비전력, BLU, 패널 내장형 광센서

I. 서 론

모바일 환경에서의 디스플레이는 사용 환경의 변화가 매우 크다. 어두운 극장 안이나 밤거리에서부터 실내, 태양광이 내리쬐는 해안가에 이르기까지 극단적인 사용 환경 하에서 정보를 표시할 수 있어야 한다. 더구나 문자와 숫자만을 표시하는 기존의 모바일 디스플레이에서 현재는 DSC, DMB, PMP, 게임기기

등의 다양한 영상을 표현해야 하는 필요성이 대두되고 있다. 이와 더불어 모바일 디스플레이의 소비전력에 대한 중요성도 인식되고 있다. 하지만 기술 발전 및 응용분야의 변화에 따른 고휘도 디스플레이 (야외 시인성이 우수한 디스플레이)는 항상 고정된 고휘도를 제공하기 때문에 과도한 소비전력 및 어두운 환경에서의 눈부심 현상을 일으키는 단점이 있다. 현재 DMB 폰에서 사용되는 LCD의 휘도값은 300nit에 육

박하고 있으며, 이로 인한 사용시간 감소 및 눈부심에 대한 해결이 필요한 실정이다. 이러한 문제에 대한 해결책으로 LCD 자체가 외부 광 조건을 인지하여 그에 최적화된 밝기를 내는 기능(intelligent display, 지능형 디스플레이)에 대한 연구가 활발히 진행 중이다 [1-6]. 이러한 원리를 이용할 경우 암소에서는 불필요한 휘도를 억제하여 소비전력을 줄이고 눈부심을 방지할 수 있다. 특히 극장 등 공공장소에서의 모바일 기기 사용에 있어 과도한 밝기로 인해 주위에 주는 불편함도 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 모바일 디스플레이의 야외 시인성 향상 및 소비전력 감소를 위한 자동 백라이트 밝기 조정 시스템을 제안한다. LCD 디스플레이에서 공급 전력의 80% 이상이 LED 백라이트 장치 (BLU)에서 소비된다. 또한 디스플레이 밝기는 동영상과 고해상도 영상 적용시 더 높아야 하기 때문에 과도한 전력이 소비될 뿐만 아니라 어두운 환경에서는 지나친 눈부심을 줄 수 있다. 또한 야외 환경에서는 LCD 밝기가 상대적으로 너무 어두워 영상의 질이 현격히 저하된다. 이러한 경우 외부 광의 정도에 따라 밝기를 자동으로 조절하여 야외의 시인성을 향상시키고, 소비전력을 줄일 수 있다. 본 논문에서 제안하는 시스템은 내장형 광센서를 가진 패널, 광센서를 조절할 수 있는 구동 IC 및 백라이트 장치로 구성되어 있다.

II. 시스템 구성

2.1. 집적 TFT 센서 어레이 설계 및 제작

그림 1은 광센서 어레이가 위치한 곳을 나타낸 것이다. 광센서 어레이는 디스플레이의 영상 표현에 영향을 주지 않아야 하고 사용자의 센서 외부 인지를 방지하기 위해 디스플레이 표현 영역 (active area) 아주 가까이 즉, 패널의 상부 dead space 영역에 설계되어 있다. 디스플레이의 ledge 부분에 광센서를 집적한 기존의 접근방법과 비교했을 때 이러한 구조는 외부 광을 센서로 인도하고 이를 처리하기 위한 추가적인 회로를 디스플레이 dead space 영역에 설계할 필요가 없다는 장점이 있다 [1].

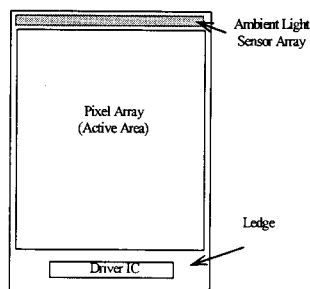
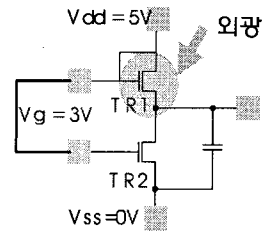


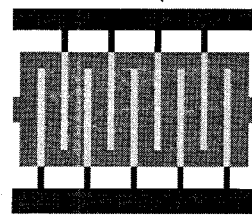
그림 1. 광센서 어레이 위치

그림 2 (a) 및 (b)는 광센서 어레이부 회로 및 레이아웃 구조를 나타낸 것이다. 센서 어레이는 사용자의

센서 외부 인지를 방지하기 위해 소형 센서를 병렬로 연결하였고, 출력 광 전류량을 증가시켜 후반 회로부에 충분한 출력을 제공하고 센서의 광출력 편차를 최소화하기 위해 W/L비를 30000/20으로 하였다. 회로는 전류 검출방식인 병렬 다이오드 구조로 설계하였다.



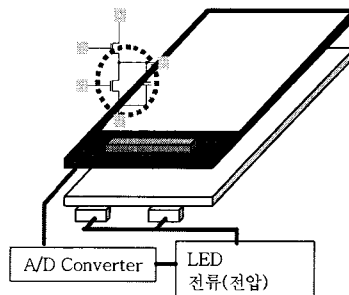
(a) 회로도



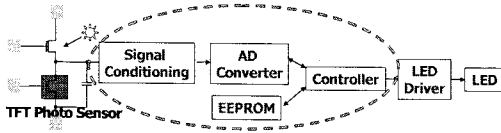
(b) 레이아웃

그림 2. 센서 어레이부 회로 구성

그림 3(a) 및 (b)는 자동 밝기 조정 시스템 구성과 구동 IC 영역을 나타낸 것이다. 시스템은 내장형 광센서를 가진 패널, 광센서를 조절할 수 있는 구동 IC 및 백라이트 장치로 구성되어 있다. 구동 IC는 광센서로부터 받은 광 누설 전류의 수준을 결정하는 신호 처리부 (signal conditioning), 아날로그 광신호를 디지털 신호로 변환시켜줄 A/D 변환기 및 제어부로 구성되어 있다.



(a) 자동 밝기 조정 시스템 구성



(b) 광센서를 위한 구동 IC 집적 영역
그림 3. 자동 밝기 조정 시스템

2.2. 제어 회로 및 알고리즘 개발

그림 4는 제어 알고리즘을 나타낸 것이다. 이러한 알고리즘은 센서 출력 편차 감소를 위한 MTP 캘리브레이션 알고리즘, 열화 억제를 위해 최적화된 센서 구동 펄스 출력 알고리즘, 노이즈에 안정된 출력 특성을 위한 출력 평균화 알고리즘 및 실내 화질 향상 및 야외 시인성 향상 (MIE, Mobile Image Enhancement) 알고리즘이 내장되어 있다. 저조도 영역에서 편차를 억제하기 위해 캘리브레이션 과정을 적용하였고, 기준광 500Lx를 이용하여 TFT 센서의 출하보정을 시행하였다 (제어 IC의 MTP: multi-time programming 기능 이용).

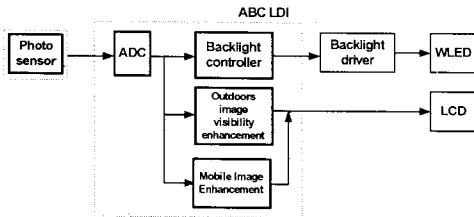


그림 4. 제어 알고리즘

그림 5는 야외 시인성 향상 알고리즘을 나타낸 것이다. 밝은 조도(>30,000lx)를 갖는 주위 환경에서 디스플레이의 시인성을 향상시켰고, 적응적 채도와 밝기 조절을 통해 고조도 환경에서 시인성 향상 기술을 개발하였다.

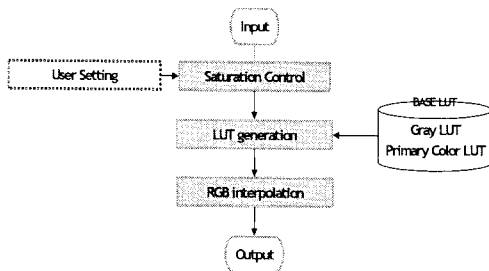


그림 5. 야외 시인성 향상 알고리즘

III. 실험

지능형 디스플레이의 설계를 위해 우선되어야 하는 것이 사용자가 선호하는 디스플레이 밝기에 대한 조사이다. 최적화된 밝기는 주변광의 배경반사에 따

른 눈의 순응 현상, 디스플레이 스크린에서 일어나는 주변광 반사에 따른 명실 명암대비 저하, 디스플레이 사이즈 및 영상 밝기와 배경밝기의 차이에서 나타나는 인지특성 등에 기인하는 매우 주관적인 특성을 갖는 값이다. 따라서 이 결과는 다수의 사용자들에 대해 정확히 설계된 통계적 조사를 통해 객관화될 수 있다. 본 연구에서는 20명의 피실험자를 대상으로 외광에 따른 선호 밝기를 조사하였다.

3.1. 실험장치

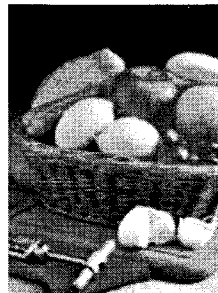
0Lx의 암소에서부터 야외환경까지의 모사를 위한 조명장치 및 조도 측정 장치를 구성하였다. 조명의 경우는 저조도에서의 제어의 민감성 및 고조도에서의 태양광과의 색온도와와의 적합성을 동시에 고려하여 백열등과 주광색 형광등을 동시에 설치하였다. 백열등은 저항제어기를 연결하여 0Lx ~ 1,000Lx까지 조도의 조절이 가능하도록 구성하였다. 실험에 사용된 디스플레이는 ECB 액정모드를 갖는 2.3" 크기의 QVGA (240RGB X 320) 해상도의 모델이다. 이 LCD의 사양은 표 1에 나타내었다.

표 1. 측정에 사용된 TFT-LCD 모듈 사양.

항목	사양
해상도	240(RGB)× 320
밝기	300 nit
명암 대비비	350:1
액정 모드	ECB
시야각	60/60/60/60
응답 시간	Tr+Td = 30ms

3.2. 시각 특성 평가

그림 6은 20명의 남녀 피실험자들을 대상으로 실험에 사용된 그림 이미지와 글씨 이미지를 나타낸 것이다. 실험 장치는 2.3" LCD를 피실험자가 편하게 든 상태에서 백라이트 휘도를 직접 조절하는 방식으로 진행되었다. 피실험자에게 주어진 질문 문항은 다음과 같다. (1) 최소 만족 (이 이하 휘도는 불편하다). (2) 최적 만족 (이 휘도가 무난하다). (3) 최대 만족 (이 이상 밝아져도 그다지 좋아지지 않는다). 이러한 실험 조건은 본 실험의 결과를 직접적으로 이용하여 모바일 디스플레이 상의 자동모드 프로파일을 구성하려는 목적에서 결정되었다.



상성03. 웹서베یس03에 사용된 볼록한 20면 종잡내에 걸린 상성 03을 '원정' 소 속독해인 기전, 상광은 더욱 문역 상성 스크린, 상반기 후다본 시공에 품종 상성전기, 임직원 설문조사 결과 '결연 마-

chno-Plaza 기술뉴스 [Tech, News Etc] Hitachi 최선 동향 진중연(電中) 등, 기동성 cerium 산화물 L 사프, 핵 라디오통 LED의 밝기를 조정하는 NTT, 갈스커너, 1/100로, 광학결정 미용하도 코너미플러 N, 일코 JET 프러티용 레드, 9

그림 6. 실험에 사용된 이미지

IV. 실험 결과 및 검토

4.1. 인간 인식 테스트

그림 7은 총 20명의 피실험자에 의해 시행된 인간 인식 실험 결과를 나타낸 것이다. 1Lx, 30Lx, 60Lx, 100Lx, 200Lx, 500Lx, 1,000Lx에서 측정된 20명의 선호 휘도값을 나타내었다. 1,000Lx에서는 포화 만족을 나타내는 곡선이 디스플레이가 나타낼 수 있는 최대 휘도값(330nit)에 도달하여 더 이상 의미 있는 데이터를 얻어내지 못하는 것을 확인할 수 있다.

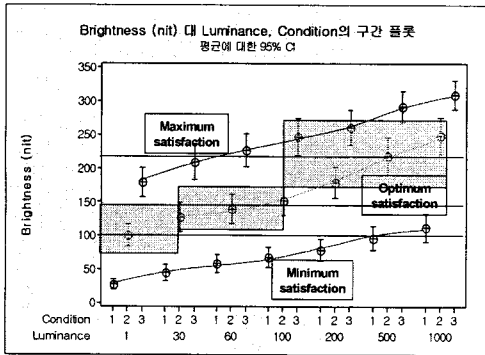


그림 7. 인간 인식 실험 결과

이와 같은 결과를 이용하여 외부 조도에 따른 디스플레이의 최적 밝기 곡선을 작성하였다. 곡선의 최적 만족 곡선을 따르는 휘도 곡선을 그림 8에 나타내었다. 곡선의 작성에 있어서 고려할 점은 곡선이 히스테리시스 특성을 갖도록 만들어야 한다는 점이다. 이를 통해 외부 조도의 미소한 흔들림에 의해 디스플레이 휘도의 미세 변동 현상을 억제할 수 있다. 20% 수준의 히스테리시스를 설정하였으며, 구동 알고리즘 및 구동 IC의 레지스터 용량을 고려하여 단계수를 제한하여 5단계로 구현하였다. 이 최적 휘도 곡선을 통해 디스플레이의 소비전력 절감효과를 계산할 수 있다.

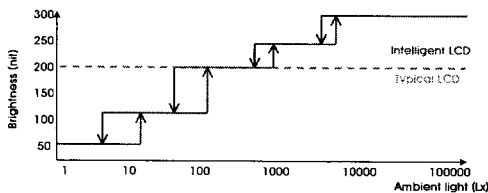


그림 8. 최적 만족 휘도 곡선

4.2. 야외 시인성 및 소비전력 평가

그림 9는 외부 광에 대해 야외 시인성 알고리즘 적용 비율에 따른 최적 이미지를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 각 비율이 변경됨에 따라 시인성이 변화됨을 알 수 있다. 밝은 환경에서는 20%의 향상된 야외 시인성을 보였다.



그림 9. 야외 시인성 알고리즘 적용 결과

V. 결 론

본 논문에서는 모바일 디스플레이의 야외 시인성 향상 및 소비전력 감소를 위한 자동 백라이트 밝기 조정 시스템을 제안하였다. 패널에 내장된 광센서 어레이가 외부의 광을 자동으로 검지하여 BLU의 소비전력을 조절할 수 있도록 구성하였다. 개발된 자동 밝기 조정 시스템은 어두운 환경에서 50%의 감소된 소비전력 특성을 보였고, 밝은 환경에서는 20%의 향상된 야외 시인성을 보였다. 이 시스템은 모바일 TFT-LCD의 전력을 조절하고 야외 시인성을 향상시키는데 유용하다.

참고문헌

- [1] F. Matsuki *et al.*, "Integrated Ambient Light Sensor in LTPS AMLCDs," *2007 SID Digest*, pp. 290-293, 2007.
- [2] W.-J. Chiang *et al.*, "Silicon Nanocrystals Photo Sensor Integrated on Low-Temperature Polycrystalline-Silicon Panels," *2007 SID Digest*, pp. 294-297, 2007.
- [3] S. H. Kim *et al.*, "A 2 Inch a-Si:H TFT-LCD with Backlight Control TFT Sensors," *2007 SID Digest*, pp. 1093-1096, October 2007.
- [4] S. H. Kim *et al.*, "A 2-Inch a-Si:H TFT-LCD with an Embedded Sensor," *2006 SID Digest*, pp. 1555-1558, June 2006.
- [5] C. -S. Weng *et al.*, "2.2" QVGA LTPS LCD Panel Integrated with Ambient Light Sensor," *2007 IMID Digest*, pp. 1319-1322, 2007.
- [6] S. M. Lee *et al.*, "An Integrated Photodiode Fabricated by Low Temperature Poly-Si TFT Process," *2007 IMID Digest*, pp. 1340-1343, 2007.