

# 모바일 제품의 효율적인 LCD 밝기 조절 기법에 관한 연구

김종대\*, 박영준\*\*, 김영길\*\*\*  
아주대학교 전자공학과  
e-mail : ykkim@ajou.ac.kr

## A Study on the Efficient Technique of LCD Brightness Control in the Mobile System

JongDae Kim\*, YoungJoon Park\*\*, YoungKil Kim\*\*\*  
School of Electronics Engineering Ajou University

### 요 약

모바일 기기가 오디오 플레이 기능 이외에 비디오 플레이, 게임, 웹 브라우징 등 멀티미디어 기능이 강화 되면서 LCD 디스플레이 사이즈와 해상도가 점차 커지고 높아지고 있다. 그리고 LCD의 밝기도 사이즈 및 해상도와 더불어 점점 밝아지고 있는 추세이다. 그러나 모바일 기기는 LCD 구동 및 백라이트가 전체 시스템 파워 소모의 약 30% 정도를 차지하기 때문에 LCD의 밝기를 무작정 밝게 할 수 없다. 본 논문은 시스템 파워의 상당 부분을 차지하고 있는 LCD 백라이트를 배터리의 특성 및 사용자들의 기기 사용 패턴을 심분 고려하여 간단하고 효율적으로 LCD 백라이트 밝기를 조절하는 기법을 제안한다.

### Abstract

There are a lot of multimedia functions getting included in mobile devices recently, not only simple audio but visual functions as well, such as video playing, game and web browsing. Such the visual multimedia functions brought the strong requirement for much bigger LCD Display and high resolution. And the brightness of LCD is also one of major requirements and it is required to be more bright. However, LCD brightness is limited to increase because of power consumption. It occupies nearly 30% of the whole system power. This thesis suggests an effective and simple method of adjusting the LCD backlight brightness, considering a characteristic of battery and user pattern.

Keywords : 모바일 기기, LCD 해상도, LCD 백라이트, 백라이트 밝기 조절 기법

## I. 서 론

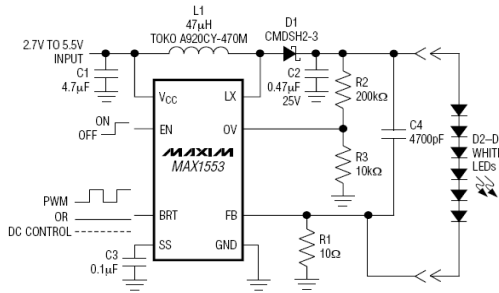
소형 LCD를 사용하는 다양한 모바일 기기는 고(高) 해상도의 LCD를 사용함으로써 기능을 보다 화려하게 구현할 수 있게 되었고 많은 기능들이 추가 되면서 파워 소모 또한 그만큼 증가하게 되었다. 하지만 배터리는 사이즈 대비 그 용량이 크게 나아지지는 않았다. 시스템에서 파워 Management을 통해 소모 전력을 최소화 하고 있으나 사용자들은 배터리로 인해 기기의 사용에 제약을 받게 된다.

이에, 본 논문은 일반적인 모바일 기기의 Step 별 LCD 밝기 패턴이 유사한 점을 개선하여 최소 밝기를 기존보다 획기적으로 낮게 하며, 사용자들이 일반적으로 백라이트 밝기를 최대로 설정해서 사용하지 않고 중간 밝기에서 가장 많이 사용 점에 착안하여 밝기를 기존보다 낮게 설정하도록 밝기 패턴 그래프를 수정한다. 그러나 최대 밝기는 기존과 동일하게 밝게 한다.

## II. 기존 연구들

### 2. 1. 최소 밝기 구현 방법

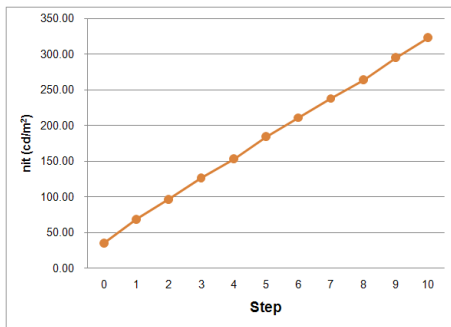
LED 타입의 백라이트를 구동하기 위해서는 대부분 별도의 White LED 드라이버 칩을 사용하며 LED의 개수에 따라 지원할 수 있는 칩도 달라진다. 그림 1은 Maxim 社의 MAX1553 드라이버 칩의 구현 회로이며 일반적으로 LED를 2개에서 최대 6개까지 구동시킬 수 있다. MAX1553은 일종의 DC/DC로 전류로 구동되는 LED에 전류를 제어할 수 있게 되어 있으며 LX 단의 Current Limit은 480mA이다. 기본적으로 전체적인 최소, 최대 밝기 조절은 피드백(Feed Back) 단의 저항 R1로 조절하며 저항 값이 클수록 전체적으로 밝기는 낮아진다. 밝기를 낮게 하기 위해 저항 값을 너무 크게 하면 최대 밝기에 문제가 있어 일반적으로 저항 값은 드라이버 칩 업체에서 제안하는 값(10Ω)을 근사하게 사용한다.



<그림 1. Maxim 드라이버 칩 구현 회로>

### 2. 2. 단계별 밝기 구현 방법

현재 대부분의 모바일 기기들의 LCD 백라이트의 단계(Step) 별 밝기를 측정한 결과 그림 2과 같이 정비례적으로 변하거나 유사한 변화 패턴을 보인다. 사용자가 밝기를 조절하기 위해 기기의 메뉴를 통해 GUI에서 설정하면 CPU Controller는 아날로그 또는 PWM의 Duty 사이클을 통해 드라이버 칩 밝기를 조절한다.



<그림 2. 일반적인 단계 별 밝기 그래프>

Step	밝기 (nit)	I <sub>LED</sub> (mA)
0	35.00	1.79
1	68.80	3.58
2	96.50	5.13
3	126.30	6.90
4	153.00	8.41
5	184.00	10.50
6	210.72	12.00
7	237.40	14.30
8	264.00	16.00
9	295.10	18.29
10	323.00	20.50

<표 1. 일반적인 단계 별 밝기 및 전류>

표 1은 단계 별로 표시한 밝기와 그에 따른 전류를 나타낸 값이다. Step 5를 기준으로 봤을 때 LCD 백라이트 밝기는 184nit이며 전류는 10.5mA가 된다.

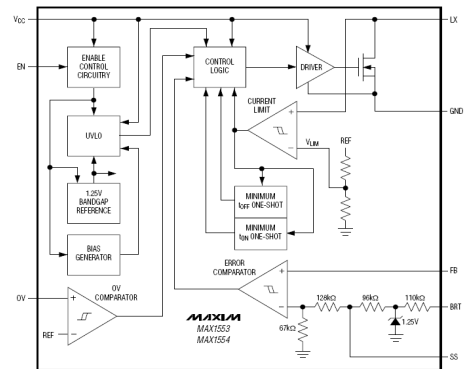
### III. LCD 밝기 조절 기법

제안하는 LCD 밝기 조절 기법은 기존의 구현 방법

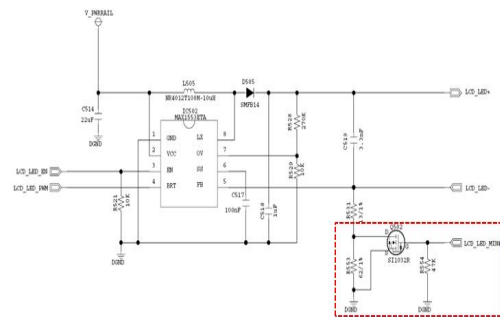
과 달리 최소 밝기를 더 낮게 하고 일반적으로 사용자들이 가장 많이 사용하는 단계의 밝기를 낮춰 배터리의 소모를 줄일 수 있도록 한다.

### 3. 1. 백라이트 드라이버 칩 최소 밝기 구현

그림 3의 내부 블록도를 보면 BRT 핀을 통해 PWM 또는 아날로그 Input이 인가되며 과형의 Duty 사이클을 통해 밝기를 조절한다. 백라이트 밝기 동작은 LX 핀으로부터 전류가 들어와 피드백(FB) 핀으로 인가 되는데 최소 밝기와 최대 밝기는 FB 핀 단의 저항 값으로 조절할 수 있다. MAX1553에서 제안하는 저항 값은 10Ω이나 LCD에 맞게 조절이 가능하다.



<그림 3. MAX1553 내부 블록도>

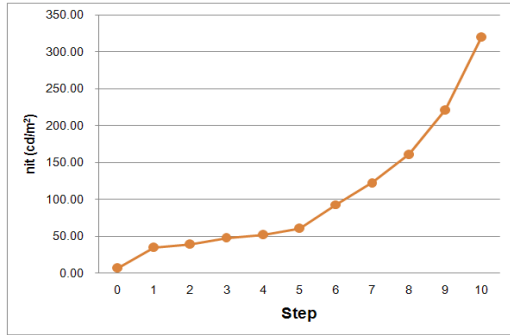


<그림 4. 최소 밝기 회로 구현>

최소 밝기를 구현하기 위해서는 Maxim社의 MAX1553 백라이트 드라이버 칩만으로 최소 밝기를 구현하는데 한계가 있으므로 피드백 단의 저항 값을 조절할 수 있는 기법을 그림 4와 같이 구현한다. 최소 밝기 일 때만 FET를 OFF 시켜 62Ω과 13Ω을 합한 75Ω의 피드백 저항 값을 가지며 그 외에 밝기는 FET를 ON 시켜 13Ω의 피드백 저항 값으로 동작하게 한다. 구현 전에는 최소 밝기가 약 35nit, FET 로직을 추가함으로써 최소 밝기는 약 7nit로 줄어들었다. 그러나 최대 밝기는 기존과 동일하게 구현할 수 있다.

### 3. 2. 단계 별 밝기 변화 패턴 구현

기존의 백라이트 밝기 변화 패턴은 앞의 그림 2에서처럼 단계와 밝기가 정확히 비례적으로 변화 한다. 기본 세팅 중 LCD는 밝기가 중간 단계로 설정이 된다. 그리고 사용자는 LCD 밝기 세팅을 배터리 절약을 위해 중간 단계 혹은 약간 낮 단계로 설정해서 사용한다. 중간 단계의 밝기를 기존 대비 낮추고 중간 단계에서 밝기를 올릴수록 단계 별로 밝기 차이를 크게 하여 사람이 눈으로 밝기 차이를 확실하게 느낄 수 있도록 밝기 패턴을 조절 한다.



<그림 5. 변경된 단계 별 밝기 그래프>

그림 5는 변경된 단계 별 밝기를 보여 주는 그래프이다. 기존의 정비례 그래프에서 완만한 경사를 이루는 그래프가 된다. 중간 단계인 5단계를 기준으로 기존과 비교했을 경우 밝기는 184.0nit에서 60.7nit로, 전류는 10.5mA에서 3.31mA로 1/3 정도 줄었다. 밝기 단계가 올라 갈수록 밝기 차이는 커져 사용자가 단계를 높일수록 밝기의 변화를 눈으로 느낄 수 있게 된다.

Step	밝기 (nit)	I <sub>LED</sub> (mA)
0	7.00	0.39
1	35.00	1.79
2	39.40	2.02
3	48.17	2.47
4	52.36	2.69
5	60.70	3.31
6	92.70	4.91
7	122.60	6.68
8	161.20	9.05
9	221.70	13.03
10	320.60	20.30

<표 2. 변경된 단계별 밝기 및 전류>

## IV. 구현

본 논문 구현을 위해 삼성의 S3C2443을 사용한 Hardware Platform과 Windows CE 5.0 OS를 이용하여 LCD 밝기 조절 기법을 구현하였다. LCD는 LG Philips 3.5인치 QVGA로 Typical 밝기가 300nit이다. LCD의 스펙은 다음과 같다.

- Maker - LG Philips LB350Q02-TD02
- Screen Size - 3.5인치 QVGA, 4:3 Landscape

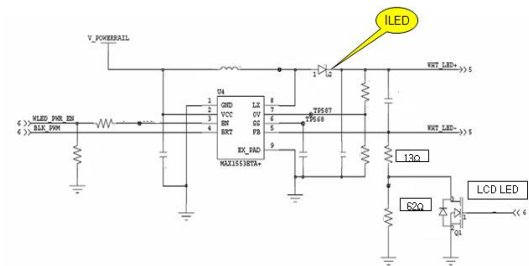
- LCD Type - 투과형, a-Si TFT
- Power Consumption - 450mW
- Brightness - Typical 300nit
- Contrast Ratio - 400:1

### 4. 1. 구현 시스템

제안하는 시스템 구현은 LG전자의 N10 PND (Personal Navigation Device) 제품을 가지고 진행 했다. 차량용 내비게이션의 경우 운전 중 도로 상황을 눈으로 확인해야 하기 때문에 LCD 백라이트는 꺼지면 안 된다. 특히 시거 잭을 사용하지 않고 배터리만으로 동작할 경우라도 백라이트는 항상 켜져 있어야 한다. 따라서 배터리로 시스템이 동작할 경우에는 LCD 백라이트의 밝기 조절이 중요하다.

### 4. 2. 구현 방법

백라이트 최소 밝기 구현은 앞에서도 설명을 했지만 그림 6처럼 백라이트 드라이버 칩의 기본 회로에 피드백 단의 저항 값을 조절하기 위한 FET와 저항이 하나 추가 되었다.



<그림 6. 변경된 회로도 및 전류 측정>

Step 0에서는 FET를 OFF 시켜 피드백 단의 저항이 75Ω이 되어 밝기가 7nit까지 낮아진다. 그리고 나머지 Step에서는 FET를 ON 시켜 13Ω의 저항 값이 드라이버 칩의 피드백 단에 걸리게 한다. FET는 CPU의 GPIO로 조절할 수 있게 한다.

#### 4. 2. 1. 피드백 저항 값 선정

DVFM(Dynamic Voltage Frequency Management)를 적용해서 LCD 백라이트를 제외한 다른 파트는 최소의 전류를 소비할 수 있도록 최적의 상태로 만든 상태에서 저항 값 결정을 했다. FET를 동작시켰을 때 필요한 피드백 저항 값이 10Ω 이하일 경우 백라이트 밝기가 340nit가 넘어간다. 백라이트를 최대 밝기, MP3를 최대 볼륨으로 동작시켰을 때 시스템 전체 전류가 1A를 초과하여 백라이트가 깜박이는 문제를 보였다. 저항 값을 13Ω으로 했을 때 최대 밝기도 시스템 스펙 기준인 320nit에 맞으며 스피커를 최대로 동작시켰을 때 백라이트가 깜박이는 문제도 보이지 않았다.

#### 4. 2. 2. 최소 밝기를 위한 피드백 저항 값 선정

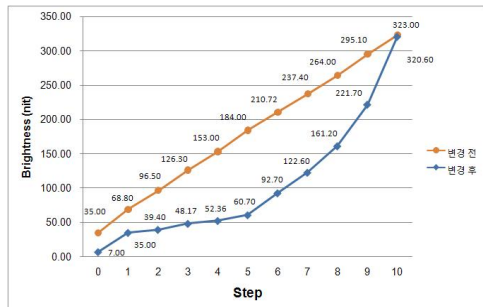
최소 밝기를 구현하기 위해서는 FET의 동작을 OFF 시켜 피드백 단의 13Ω 저항값 이외에 추가적인 저항이 필요 했다. 시스템 스펙으로 설정된 최소 밝기는 10nit 이하로 했는데 보편화된 저항을 선정하는 과정에서 62 Ω으로 했으며 밝기는 7nit가 되었다.

#### 4. 3. 측정 결과 비교

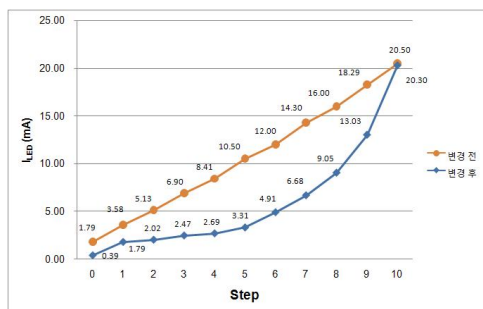
표 3은 밝기 단계 별 FET 동작, 백라이트 밝기 및 단계 별 전류를 나타낸다. 백라이트 밝기 조절 기법을 적용하기 전과 적용 후의 밝기 및 전류 비교는 그림 7과 8에서 각각 비교할 수 있다. Step 0에서 밝기와 전류는 약 5배 정도 절감이 되며, Step 5에서는 약 3배 정도 절감이 된다. 그리고 최대 밝기는 적용 전과 후가 동일하게 됨을 알 수 있다.

<표 3. 단계 별 FET 동작>

STEP	FET	밝기 (nit)		ILED(mA)	
		변경 전	변경 후	변경 전	변경 후
0	OFF	7.00		0.39	
1	ON	35.00		1.79	
2	ON	39.40		2.02	
3	ON	48.17		2.47	
4	ON	52.36		2.69	
5	ON	60.70		3.31	
6	ON	92.70		4.91	
7	ON	122.60		6.68	
8	ON	161.20		9.05	
9	ON	221.70		13.03	
10	ON	320.60		20.30	



<그림 7. 변경 전/후 단계 별 밝기 비교>



<그림 8. 변경 전/후 단계 별 전류 비교>

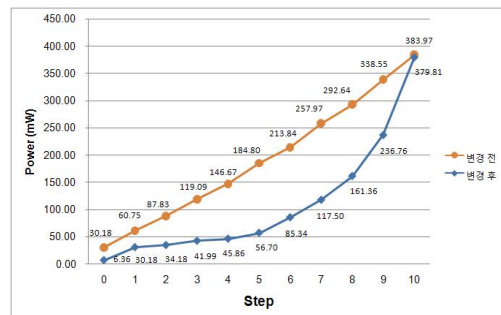
#### V. 결론

구현 시스템을 이용한 테스트는 단계 별 밝기에 따른 전력 차이를 측정하였다. Step 별 밝기 차이와 전력 비교는 표 4에 기술하였다.

표 4에서 보는 바와 같이 중간 단계인 Step 5를 기준으로 비교했을 때 밝기는 184nit에서 60.7nit로, 전류는 10.5mA에서 3.31mA로 전원은 17.6V에서 17.13V로, 그리고 중요한 전력은 184.8mW에서 56.7mW로 1/3 이상이 줄어 든 것을 볼 수 있다. 전류, 전원, 전력은 백라이트 단만을 측정한 결과이다. 그림 9를 통해 전력을 비교한 그래프를 볼 수 있다. 최대 밝기는 변경 전과 후가 거의 동일 하지만 최소 밝기와 중간 밝기에서 많은 차이를 나타내고 있다.

<표 4. 구현 시스템 LCD 백라이트 전력 소모>

STEP	밝기 (nit)		ILED (mA)		Voltage (V)		전력 (mW)	
	변경 전	변경 후	변경 전	변경 후	변경 전	변경 후	변경 전	변경 후
0	35.00	7.00	1.79	0.39	16.86	16.30	30.18	6.36
1	68.80	35.00	3.58	1.79	16.97	16.86	60.75	30.18
2	96.50	39.40	5.13	2.02	17.12	16.92	87.83	34.18
3	126.30	48.17	6.90	2.47	17.26	17.00	119.09	41.99
4	153.00	52.36	8.41	2.69	17.44	17.05	146.67	45.86
5	184.00	60.70	10.50	3.31	17.60	17.13	184.80	56.70
6	210.72	92.70	12.00	4.91	17.82	17.38	213.84	85.34
7	237.40	122.60	14.30	6.68	18.04	17.59	257.97	117.50
8	264.00	161.20	16.00	9.05	18.29	17.83	292.64	161.36
9	295.10	221.70	18.29	13.03	18.51	18.17	338.55	236.76
10	323.00	320.60	20.50	20.30	18.73	18.71	383.97	379.81



<그림 9. 변경 전과 후의 백라이트 전력 비교>

본 논문을 통해서 기존 적용된 상태에서 간단한 외부 회로를 추가해서 최소 밝기를 구현했으며 사용자의 입장에서 사용자가 가장 즐겨 사용하는 패턴을 심분 고려하여 간단한 소프트웨어적인 수정을 통해 많은 효과를 볼 수 있도록 Prototype에 적용했다.

#### 참고 문헌

- [1] Maxim 社의 “MAX1553-MAX1554 Data Sheet”
- [2] www.eic.re.kr 전자정보센터, “[주간전자정보]LCD BLU 시장동향 및 전망”
- [3] LG Philips 社의 “LB350Q02 LCD Data Sheet”