

LCD TV의 전력 절감을 위한 다분할 디밍 제어 방식

강성진*, 손영수*, 정혜동**

* 한국기술교육대학교 정보기술공학부

** 전자부품연구원 RFID·USN 융합연구센터

Multi-section Dimming Control Scheme for Power Saving of LCD TV

Sung-Jin Kang*, Young-Soo Son*, Hye-Dong Jung**

* Korea Univ. of Tech. and Edu., School of Info. Tech.

** KETI, RFID·USN Convergence Research Center

요 약

본 논문에서는 LCD TV의 전력 소비를 절감하기 위해 백라이트 유닛을 다분할하여 디밍 제어를 수행하는 알고리즘을 제안한다. 최근 LED 백라이트 유닛을 채용한 대형 LCD TV가 출시됨에 따라서, 백라이트 유닛의 디밍 제어를 통해 LCD TV에서 전체 전력 소비를 절감하고자 하는 기술이 활발히 연구되어 왔다. 기존의 방식은 전체 화면을 MxN개의 분할로 나누어, 각 분할 영역마다 화면의 최대 밝기 정보를 추출하여 디밍 제어를 수행했지만, 본 논문에서는 각 분할영역마다 인접한 영역으로부터 간섭받는 빛의 양을 반영하여, 실제 디밍 제어 값을 다시 계산함으로써, 추가적인 전력 절감 효과를 얻을 수 있는 방식을 제안하고 성능 평가를 하였다.

1. 서 론

Liquid Crystal Display(LCD)디스플레이 장치는 기존의 Cathode Ray Tube(CRT) 디스플레이 장치에 비하여 얇고, 선명하다는 장점을 가지고 있다. 경량화, 박형화에 대한 소비자의 욕구가 증대됨에 따라서 현재 디스플레이 시장에서 LCD 디스플레이는 대부분을 차지하고 있다.

Backlight Unit(BLU)는 LCD 디스플레이 장치에서 광원의 역할을 수행하는 요소로서 전체 시스템에서 소비되는 전력의 60% 이상을 차지함에도 불구하고, 현재 시판되고 있는 LCD 디스플레이 장치에서는 전원이 인가되면 BLU가 고정적으로 발광하는 구조이므로 소비전력 측면에서는 비효율적이라고 할 수 있다. 따라서 BLU의 효율적인 제어를 통한 소비전력의 절감은 LCD 디스플레이 장치를 사용하는 사용자 각자의 에너지 절약 효과 뿐 아니라 국가적인 에너지 절약 차원에서 중요하다. BLU의 밝기 제어를 의미하는 BLU 디밍 제어는 표현해야 하는 영

상신호를 분석하여 그 밝기를 판단하고, 영상의 밝기에 따라 BLU를 흰색에서 검은색 까지의 그레이 스케일로 디밍 제어를 실시하는 것을 의미한다. BLU의 디밍 제어에 관한 연구는 초기에는 모바일 기기를 중심으로 연구가 진행되었지만, 최근에는 LCD TV에서 화질의 열화없이 소비 전력을 절감하기 위한 기술이 연구되고 있다.

LCD TV에서 BLU의 광원으로 대부분 Cold Cathode Fluorescent Lamps(CCFL)을 사용했기 때문에, 영상을 1차원 분할하여 디밍 제어를 수행했지만, 최근에는 Light Emitting Diode(LED)를 사용하는 방식으로 변화됨에 따라, 디밍 제어 연구도 LED BLU에 적합한 기술이 연구되고 있다. LED BLU는 CCFL BLU와는 다르게 공간적으로 M x N의 2차원으로 분할하여 LED를 배치할 수 있기 때문에, LED BLU에서 디밍 제어 방식은 전체 화면을 M x N개의 분할로 나누어 디밍 제어를 수행할 수 있다. 기존의 디밍 제어 방식은 각 분할 영역마다 화면의 최대 밝기 정보를 추출하여 BLU의 밝기를 조정함

으로써, LCD TV의 소비 전력을 절감하였다.

그러나, 각 블록의 광원은 해당 블록의 영상에만 영향을 주는 것이 아니고, 빛의 퍼짐 현상으로 인해 인접한 블록에도 영향을 주게 된다. 따라서, 인접한 블록의 광원 밝기가 밝을 경우에는 실제 제어하는 광원의 밝기를 줄여도 원하는 밝기를 유지할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 각 분할영역마다 인접한 영역으로부터 간섭받는 빛의 양을 반영하여, 실제 디밍 제어 값을 다시 계산한 후에 밝기를 제어함으로써, 추가적인 전력 절감 효과를 얻을 수 있는 방식을 제안한다.

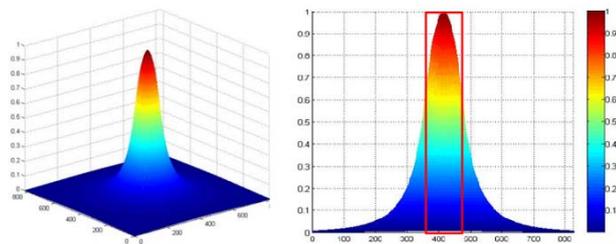
2. 제안된 다분할 디밍 제어 방식

기존의 다분할 디밍 제어 방식은 입력 영상 프레임 데이터를 $K=M \times N$ 개 블록으로 분할하여, k 번째 블록 내의 픽셀 데이터 중에서 가장 큰 밝기(Luminance)값을 찾은 후에, 해당하는 k 번째 블록의 LED의 밝기를 제어한다. k 번째 밝기 제어 값을 B_k 이라고 하면 아래 식과 같이 표현할 수 있다.

$$B_k = \max \{L(i) | i \in k^{th} \text{ block}\}, k = 0, 1, \dots, K-1 \quad (1)$$

여기에서, i 는 입력 영상 프레임 데이터의 i 번째 픽셀을 의미하며, $L(i)$ 는 i 번째 픽셀데이터의 밝기 값을 나타낸다. 식 (1)에서 구한 밝기 제어 값을 이용하여 디밍 제어를 수행하면 디밍 제어를 수행하지 않을 때에 비해 BLU의 소비 전력을 줄일 수 있다.

그림 1은 한 블록의 밝기 값을 최대로 했을 때, 화면의 밝기 분포를 측정한 후에 정규화된 분포이며, 본 논문에서는 이 분포 함수를 스프레드 함수 $g(x,y)$ 로 정의한다. 여기에서, (x,y) 는 픽셀의 좌표를 나타낸다.



[그림 1] 스프레드 함수 $g(x,y)$

그림 1로부터 한 블록의 광원은 해당 블록에만

영향을 미치는 것이 아니고, 인접한 주변 블록의 밝기에도 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또한, 스프레드 함수 $g(x,y)$ 가 한 블록 내에서도 균일하지 않음을 확인 할 수 있다. 따라서, 각 픽셀에 대한 백라이트의 실제 밝기 값은 다음과 같이 됨을 알 수 있다.

$$B_k^*(i) = \sum_{m=0}^{K-1} B_m \cdot g_m(x-x_m, y-y_m) \quad (2)$$

여기에서, (x,y) 는 i 번째 픽셀의 좌표, (x_m, y_m) 은 m 번째 블록의 중심 좌표, $g_m(x,y)$ 는 m 번째 블록에 대한 스프레드 함수를 나타낸다. LED BLU는 각 픽셀 단위로 제어를 하지 않고 블록단위로 제어하기 때문에, 식 (2)에서 i 번째 픽셀이 속하는 블록의 중심 좌표에 대해서만 계산을 하면 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$B_k^* = \sum_{m=0}^{K-1} B_m \cdot g_m(x_k-x_m, y_k-y_m) \quad (3)$$

식 (3)으로부터, 항상 $B_k^* \geq B_k$ 이 성립됨을 알 수 있다. 따라서, 다음 식 (4)를 만족하는 b_k 이 존재한다면, 항상 $b_k \leq B_k$ 이 성립한다. 따라서, 식 (1)에 의해 디밍 제어를 하는 방식에 비해, 식 (4)를 만족하는 b_k 값에 따라 디밍 제어를 함으로써 추가로 소비 전력을 절감할 수 있다.

$$B_k = \sum_{m=0}^{K-1} b_m \cdot g_m(x_k-x_m, y_k-y_m) \quad (4)$$

$$\equiv \sum_{m=0}^{K-1} b_m \cdot g_{k,m}$$

식 (4)를 만족하는 b_k 를 얻기 위해서, 아래 식과 같은 행렬을 정의한다.

$$B = [B_0 \ B_1 \ \dots \ B_{K-1}]^T \quad (5)$$

$$b = [b_0 \ b_1 \ \dots \ b_{K-1}]^T \quad (6)$$

$$G_k = [g_{k,0} \ g_{k,1} \ \dots \ g_{k,K-1}] \quad (7)$$

$$G = [G_0 \ G_1 \ \dots \ G_{K-1}]^T \quad (8)$$

여기에서, T 는 행렬의 전치(transpose)를 의미한다.

식 (5)~(8)을 이용하면, 식 (4)는 아래 식 (9)와 같이 행렬 형태로 표현할 수 있으며, 식 (10)으로부터 b_k 를 얻을 수 있다.

$$B = G \cdot b \tag{9}$$

$$b = G^{-1} \cdot B \tag{10}$$

식 (10)에서 얻은 b_k 는 B_k 의 값의 분포에 따라 음의 값을 가지는 경우가 있으며, 이러한 음의 값에 대한 디밍 제어는 의미가 없으므로, 실제 디밍 제어에 사용되는 디밍 제어 값 b_k^* 은 아래 식 (11)과 같다. b_k^* 을 사용했을 때 실제 각 블록의 BLU 밝기 \widehat{B}_k 는 식 (12)와 같다.

$$b_k^* = \begin{cases} 0, & \text{if } b_k \leq 0 \\ b_k, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{11}$$

$$\widehat{B}_k = \sum_{m=0}^{K-1} b_m^* \cdot g_m(x_k - x_m, y_k - y_m) \tag{12}$$

식 (12)의 \widehat{B}_k 는 식 (4)의 B_k 과 다른 경우가 발생할 수 있으며, 식 (13)과 같이 입력 영상의 한 프레임 내에서 B_k 과 \widehat{B}_k 의 차이의 절대 값 중에서 최대값을 알고리즘의 에러 값으로 정의하여, 제안된 알고리즘의 성능 평가 기준으로 삼을 수 있다. 식 (13)에서 E_n 는 n 번째 프레임의 에러 값을 나타낸다.

$$E_n = \max\{|B_k - \widehat{B}_k|\}, k = 0, 1, \dots, K-1 \tag{13}$$

3. 성능 평가

본 논문에서 제안된 디밍 제어 방식은 식 (10)의 행렬연산을 수행해야한다. 실제 스프레드 함수 $g(x, y)$ 는 TV 제품에 따라 다르게 나타날 수 있지만, 제품 개발시에 측정되고 정의되기 때문에 행렬 G 와 G^{-1} 는 상수 행렬이다.

성능평가를 위해 1920x1080화면을 16x8=192 분할하여 디밍 제어를 수행한 결과를 분석하였다. 디밍 제어를 하지 않을 때는, 모든 LED BLU는 항상 전원이 인가되어 있는 형태이기 때문으므로 그림 2와 같이 모든 제어 값이 255를 가진다. 그림 3은 식 (1)에 의해 계산된 디밍 제어 값이다. 이 경우에 디밍 제어를 하지 않는 경우(그림 2)보다 약 26.85%의

전력 절감을 가진다. 그림 4는 제안된 디밍 제어 방식의 디밍 제어 값을 나타내며, 식 (10)과 (11)로부터 계산되었다. 그림 3의 결과에 비해, 전력 절감이 이루어진 것을 알수가 있으며, 제안된 디밍 제어 방식은 디밍 제어를 하지 않는 경우에 비해 약 67.96%의 전력 절감이 되었고, 그림 3의 경우에 비해 추가로 약 41.11%의 전력 절감이 되었다. 그림 5는 제안된 디밍 제어 방식의 디밍 제어 값 b_k^* 으로부터 식 (12)에 의해 계산된 BLU의 밝기 값이다. 그림 3과 그림 5를 비교해보면 BLU의 밝기 값이 유사하게 나타남을 알 수 있다.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
1	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
2	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
3	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
4	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
5	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255

[그림 2] 디밍 제어를 하지 않을 경우 BLU 제어 값

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	82	97	106	111	170	173	201	218	206	192	185	185	153	155	149	125
1	82	98	128	162	192	228	248	249	253	239	206	189	184	154	148	128
2	87	119	157	178	210	255	255	255	255	255	211	201	172	147	136	
3	88	115	158	193	232	255	255	255	255	255	236	205	177	158	153	
4	97	126	164	199	243	255	255	255	255	255	235	205	158	113	104	
5	102	138	176	211	255	255	255	255	255	255	237	211	161	143	127	

[그림 3] 식 (1)에 의한 BLU 제어 값 B_k

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	54	53	53	40	97	79	102	117	103	94	94	104	71	84	84	82
1	41	33	49	69	77	99	109	103	112	103	75	69	78	53	61	66
2	42	50	70	68	80	114	102	102	101	104	115	77	85	68	54	72
3	42	40	64	77	98	107	102	101	101	102	107	101	81	73	70	96
4	49	50	69	79	107	105	102	101	101	101	107	97	85	57	24	43
5	49	47	45	80	94	107	100	100	101	102	109	95	88	63	66	78
6	32	55	76	96	87	103	111	107	109	108	100	68	62	55	30	78
7	98	111	79	88	111	94	105	118	113	104	84	112	52	50	41	46

[그림 4] 제안된 디밍 제어 방식의 디밍 제어 값 b_k^*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	81	96	104	109	168	172	200	217	205	191	184	183	151	153	147	124
1	81	97	126	160	191	227	246	247	252	237	204	187	182	152	146	127
2	85	118	156	176	208	253	253	254	253	253	251	209	199	170	146	135
3	87	113	157	191	231	253	254	253	253	253	254	234	202	175	157	152
4	95	124	162	198	241	253	253	253	253	253	253	234	203	156	111	103
5	97	124	147	198	230	253	253	253	254	253	252	225	199	158	141	130
6	91	138	175	210	219	240	253	253	253	247	229	188	160	134	104	122
7	139	174	160	176	201	195	209	222	218	203	180	185	123	104	86	78

[그림 5] b_k^* 로부터 계산된 BLU 밝기

위 결과로부터, 본 논문에서 제안된 방식은 BLU의 밝기를 유지하면서, 추가적으로 소비 전력을 절

감할 수 있는 방식임을 알 수 있다. 추가적으로 절감할 수 있는 소비 전력의 양은 영상의 밝기 분포에 의존적이며, 식 (1)의 단순 디밍 제어 방식에 비해 실험적으로 최대 약 50%의 소비 전력이 추가로 절감되었다.

4. 결론

본 논문에서는 LCD TV의 전력 소비를 절감하기 위해 백라이트 유닛을 다분할하여 디밍 제어를 수행하는 알고리즘을 제안하였다. 기존의 방식은 전체 화면을 MxN개의 분할로 나누어, 각 분할 영역마다 화면의 최대 밝기 정보를 추출하여 디밍 제어를 수행했지만, 본 논문에서는 각 분할영역마다 인접한 영역으로부터 간섭받는 빛의 양을 반영하여, 실제 디밍 제어 값을 다시 계산함으로써, 추가적인 전력 절감 효과를 얻을 수 있는 방식을 제안하였다. 성능 평가 결과, BLU의 밝기를 유지하면서 추가적으로 소비 전력을 절감할 수 있음을 알 수 있다. 추가적으로 절감할 수 있는 소비 전력의 양은 영상의 밝기 분포에 의존적이며, 기존의 디밍 제어 방식에 비해 실험적으로 최대 약 50%의 소비 전력이 추가로 절감되었다.

Acknowledgement

본 연구는 에너지관리공단의 에너지·자원기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- [1] T. Shiga, S. Mikoshiba, "Reduction of LCD TV Backlight Power and Enhancement of Gray Scale Capability by Using an Adaptive Dimming Technique", SID 2003 Digest, pp. 1365-1367, 2003
- [2] S. Pasricha, M. Luthra, S. Mohapatra, N. Dutt, N. Venkatasubramanian, "Dynamic Backlight Adaption for Low-Power Handheld Devices", IEEE Design & Test of Computers, vol.21, no.5, pp.398-405, Sep., 2004
- [3] Naehyuck Chang, Inseok Choi, Hojun Shim, "DLS: Dynamic Backlight Luminance Scaling of Liquid Crystal Display", IEEE Trans. on VLSI Systems, vol.12, no.8, pp.837-846, Aug., 2004
- [4] W. Cheng, M. Pedram, "Power Minimization in a Backlit TFT-LCD Display by Concurrent Brightness and Contrast Scaling", IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol.50, no.1, pp.25-32, Feb., 2004
- [5] A. Iranli, H. Fatemi, M. Pedram, "HEBS: Histogram Equalization for Backlight Scaling", Proceedings of the Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition (DATE'05), vol.1, pp.346-351, 2005
- [6] H.F.Chen, J. Sung, T. Ha, Y. Park, C. Hong, "Backlight Local Dimming Algorithm for High Contrast LCD-TV", Proceedings of ASID 2006, pp.168-171, 2006
- [7] 정혜동, 이형수, 이용현, 서덕영, "백라이트 분할 구동 LCTV에서의 블록 이펙트 제거 방법," 한국통신학회 하계 학술대회, 7E-39, July 2007.