

고속 이산 웨이블릿 변환을 이용한 Overdrive 프레임 메모리 축소

성정훈*, 문 혁**, 천익재***, 김보관****
충남대학교 공과대학 전자공학과

Overdrive Frame Memory Reduction Using a Fast Discrete Wavelet Transform

Jeong-Hoon Seong*, Hyeok Moon**, Ik-Jae Chun***, Bo-Gwan Kim****

Dept. of Electronics Engineering
Chungnam National University

E-mail : *jhsung@cnu.ac.kr, **mhyeok@cnu.ac.kr, ***s_amity@cnu.ac.kr, ****bgkim@cnu.ac.kr

Abstract

Applications of LCD panel are getting more increased for motion-image applications. However, when the motion-images are displayed on LCD panels, they may be blurred due to slow response time of liquid crystal (LC). One of the solutions of the problem is overdrive technique. The technique has a lot of memory usage. In this paper, we propose a reduction method of the frame memory that is required for LCD overdrive. Proposed overdrive architecture consists of line-based lifting integer (5, 3) DWT filter for image data reduction and BLI (Bi-Linearly Interpolation) LUT for pixel value accelerating.

I. 서론

최근 평판디스플레이 시장이 급속도로 성장하고 있다. 데스크톱 모니터용으로 LCD(Liquid Crystal Display)가 전체의 50% 이상을 차지하면서 모니터 시장의 주력디바이스가 된 것은 불과 몇 년 전부터이다. 더욱이 LCD TV 용 전용라인인 6 세대, 7 세대 라인의 본격가동을 앞두고 있어 이제 서서히 디스플레이 핵심영역인 TV 부문에서도 기존의 브라운관 TV 를 대체 할 준비를 하고

있다. 하지만 이러한 어플리케이션을 위한 AMLCD(Active Matrix Liquid Crystal Display) panel 의 느린 응답속도는 움직임이 빠른 동영상을 LCD 에 표현하는데 있어 low dynamic contrast(blurring)를 야기하는 원인이 된다. 최근 몇 년 동안 liquid crystal 의 응답속도 향상을 위한 overdrive^{[1][2]}, hold type display 에서 blurring 감소를 위한 black insertion 과 backlight blinking^{[3][4]} 등의 LCD 응답속도 향상을 위한 많은 연구들이 발표되었다. 특히 이중 overdrive 기술은 LCD panel 의 한 프레임을 저장하기 위한 프레임 메모리와 이전 프레임의 pixel 값과 현재 프레임의 pixel 값을 입력 받아 overdriven pixel 값을 panel 로 보내주기 LUT 와 같은 추가적인 로직을 요구하게 되어 가격 상승의 원인이 된다.

본 논문에서는 LCD 의 응답속도 향상을 위한 overdrive 기술에서 lined-based DWT 를 사용하여 프레임 메모리를 축소하는 구조를 제안한다. II 장에서는 overdrive 기능에 대해 기술하고 III 장에서는 DWT 를 이용한 overdrive 프레임 메모리를 축소하는 방법 및 VLSI 구조에 대해 기술하였다. 그리고 IV 장에서는 C 언어를 이용한 복원된 이미지의 충실도에 대해 기술하고 V 장에서는 결론을 맺는다.

This work was supported in part by the ITRC(Information Technology Research Center) and the IDEC(IC Design Education Center) at Kaist and IT-SoC(Information Technology System On Chip)

II. Overdrive Technique

III. 제안된 구조

LCD 에서 overdrive 기술은 동영상에서 중간 gradation 의 응답 시간을 줄이기 위한 블록으로 현재 프레임과 다음 프레임 사이의 영상 데이터 차이를 계산하여 하나의 프레임에 필요한 시간 내에 LCD 분자의 방향을 변경할 수 있도록 입력 전압을 조정한다.

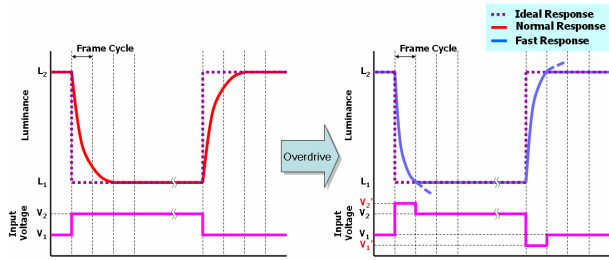


그림 1. 일반적인 구동 방법(좌)과 overdrive 에 의한 구동 방법(우)의 광학적 응답과정

그림 1 은 기존의 구동 방법과 overdrive 에 의한 구동방법에서의 광학적 응답 과정을 나타낸다. 일반적인 구동에서 짧은 프레임 cycle time 을 갖는 LCD panel 은 이전 프레임의 gray-level(L_2 , L_1)에서 현재 프레임의 gray-level(L_1 , L_2)로 변할 때 정해진 cycle time 내에 LC 의 분자 방향을 변동할 수 없어 원하는 luminance 에 못 미치는 luminance 를 표현한다. 이에 반해 Overdrive 는 원하는 luminance 에 도달하지 못하는 gray-level 의 변환에서 gray-level 을 높여주거나 낮추어 주어 원하는 luminance 에 도달 할 수 있도록 한다.

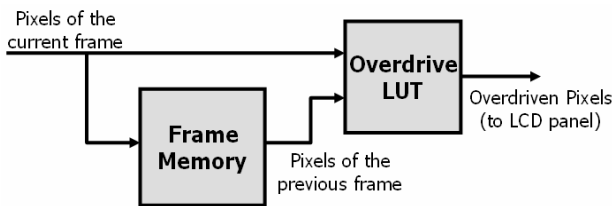


그림 2. 일반적인 overdrive 구조

그림 2 는 이전 프레임을 저장하기 위한 프레임 메모리와 발생할 수 있는 pixel 값(gray-level)의 변화에 따른 overdriving 될 pixel 값을 저장하기 위한 LUT(Look-Up Table)로 구성되는 일반적인 overdrive 구조를 나타낸다. 현재 프레임의 pixel 값과 프레임 메모리에 저장된 이전 프레임의 pixel 값을 LUT 에서 입력 받아 overdriven pixel 값을 LCD panel 로 출력한다.

본 장에서는 DWT 를 이용한 프레임 메모리 축소 방법에 대한 VLSI 구조를 기술한다. 제안된 구조는 그림 3 과 같이 Line-based DWT 와 BLI LUT 로 구성된다.

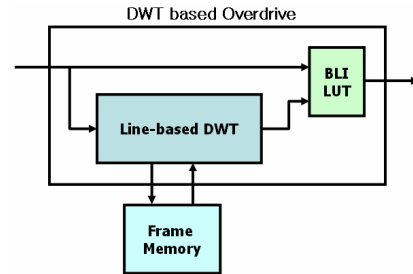


그림 3. 제안된 overdrive 구조

3.1 Line-based DWT

Line-based DWT 는 그림 4 와 같은 블록 들로 구성되어 있다.

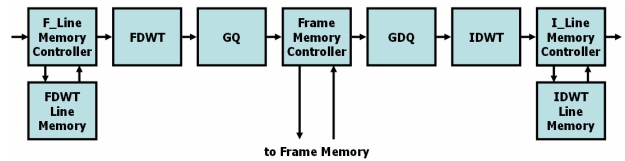


그림 4. Line-based DWT 구조

이 구조는 프레임 메모리 컨트롤러를 중심으로 대칭적이다. Line-based DWT 로 패널에 디스플레이 하기 위한 신호들(DE, DATA, Hsync, Vsync 등)이 입력된다. 하지만 이렇게 입력되는 신호 중 디스플레이 하기 위한 데이터는 raster scan 방식으로 입력된다. 따라서 F_Line Memory Controller 는 raster scan 방식으로 디스플레이 데이터를 라인 메모리에 썼다가 DWT 처리에 필요한 8×8 block(tile) 단위로 FDWT(Forward DWT)에 보내는 역할을 한다. FDWT 로 입력된 이미지 데이터는 수평, 수직 필터를 통해 4 개의 대역 LL(저주파-저주파), LH(저주파-고주파), HL(고주파-저주파), HH(고주파-고주파)로 분할된다. 그림 5 는 FDWT 필터의 속도 및 내부 연산 메모리 측면에서 우수한 성능을 갖는 라인 기반 lifting integer(5,3) DWT 필터의 수평, 수직 필터에 대한 구조를 나타내고 있다. 그림 6 은 DWT 를 통해 4 개의 대역으로 분할된 이미지에 대한 각 대역 별 histogram 을 나타낸다. histogram 에서 보듯이 LL 대역을 제외한 나머지 대역의 히스토그램은 Gaussian 분포의 특성을 보인다.

따라서 4 개의 대역으로 분할된 이미지 데이터는 GQ(Gaussian Quantizer)를 통해 LL 대역을 제외한 나머지 대역에 대해 그림 7 과 같이 16-level 로 비선형 양자화를 하게 되어 최종적으로 전체의 이미지에 대해 약 37.5% 축소된 데이터가 저장된다. GDQ(Gaussian DeQuantizer)와 IDWT 는 GQ 와 FDWT 의 역 구조로 되어 있어 양자화된 이미지를 복원한다.

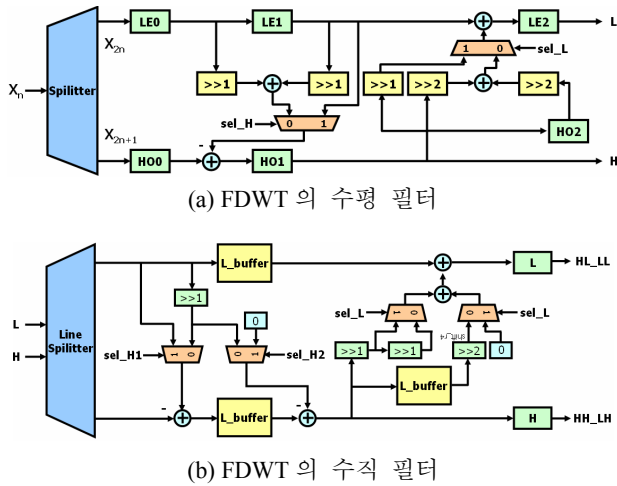


그림 5. FDWT 의 수평 및 수직 필터

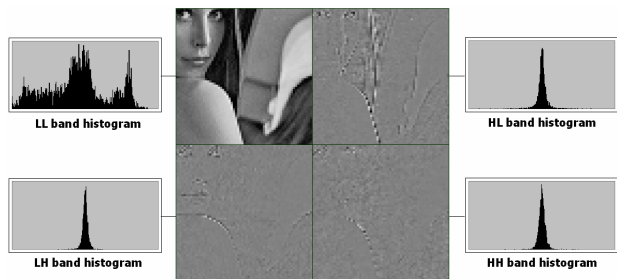


그림 6. lena(128x128)이미지의 각 대역 별 histogram

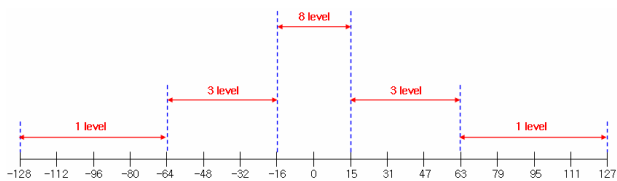


그림 7. 비선형 양자화(Gaussian Quantization) 단계

3.3 BLI(Bi-Linear Interpolation) LUT

이상적으로 이전 gray level 과 현재 gray level 의 각 조합에 대한 LUT entry 가 있어야 하나 이는 큰 LUT 를 요구하게 된다(각 color 에 대해 256x256x8 bits). 그러나 256x256 table 에서의 실제적인 모든 정보는 주요한 값 사이의 bi-linearly interpolation 을 통해 17x17 table 으로부터 얻어질 수 있다.^[5]

Bi-linear interpolation 은 table 로부터 이전과 현재 gray level 에서 상위 하위로 제일 근접한 4 개의 입력을 요구한다. 예를 들어 이전의 gray level 이 94 이고, 현재의 gray level 이 165 라면 table 로부터 213(80,160), 189(96,160), 232(80,176), 212(96,176)값들을 추출 할 수 있다. 따라서 이전 gray level 과 현재 gray level 에 대한 가장 적합한 4 개의 table 값을 bi-linear interpolation 으로 구할 수 있다. 그림 8 은 이러한 예를 나타낸다.

		Previous Gray Level																
		0	16	32	48	64	80	96	112	128	144	160	176	192	208	224	240	256
Current Gray Level	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	27	16	8	4	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	32	52	45	32	20	16	17	16	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0
	48	77	64	61	48	36	33	35	15	15	16	4	4	0	0	0	0	0
	64	96	80	80	75	64	52	60	35	31	32	16	16	4	3	0	0	0
	80	116	99	101	100	93	80	79	60	51	49	31	37	16	17	4	0	0
	96	140	125	124	128	116	109	96	83	77	67	52	61	31	31	17	0	0
	112	164	143	147	155	140	131	124	112	101	92	81	84	51	52	33	8	0
	128	188	160	168	180	163	160	144	143	128	116	108	108	80	76	52	28	4
	144	208	183	187	209	191	187	164	176	159	144	132	132	108	99	80	53	17
	160	224	216	216	236	220	213	189	204	192	176	160	155	131	128	108	75	32
	176	241	241	240	251	236	232	212	223	220	207	192	176	159	155	132	101	47
	192	251	251	251	255	244	245	235	239	236	233	217	209	192	181	157	127	65
	208	255	255	255	255	250	251	251	252	244	244	232	236	220	208	185	159	84
	224	255	255	255	255	255	255	255	255	252	251	248	252	241	236	224	196	115
	240	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	250	250	247	240	173
	256	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255

그림 8. Bi-linearly Interpolation LUT table 및 예

IV. 시뮬레이션 및 모델링

제안된 구조를 통해 복원된 image 의 충실도를 측정하기 위해 C 언어로 시뮬레이션 하였다. 표 1 은 전체 프레임 이미지를 8x8 단위로 DWT 처리 후 양자화 레벨을 64, 32, 16-level 로 복원한 이미지들의 PSNR 을 나타낸다.

표 1. 표 1. GQ level 에 따른 복원된 이미지의 PSNR(dB)

GQ Level	lena	pepper	kgirl	bridge	airplane
64	48.64	49.60	57.85	50.44	48.76
32	44.43	45.64	49.20	45.41	43.73
16	41.14	42.68	45.30	40.86	40.45

그림 9 는 256x256 사이즈의 흑백이미지들의 원본 이미지(상)와 본 논문에서 제안하는 구조에 의해 이미지가 축소(GQ-level : 16)후 복원된 이미지(하)를 나타낸다. 표 1 과 그림 9 에서 보듯이 GQ level 을 16-level 로 낮추어도 가시적으로 이미지의 손실을 판별하기 어려울 수 있다.



그림 9. 원본 이미지(상)과 복원된 이미지(하) 비교

C 를 통한 기능 검증 후, 제안된 overdrive 구조는 Verilog-HDL 로 모델링 하여 Xilinx xc2v6000 FPGA 로 구현되었다. 구현된 FPGA 는 프레임 메모리와 내부 라인 메모리를 제외하고 2206 slices 크기를 가지며 동작속도는 약 70MHz 이다. 그림 10 은 640×384 크기로 샘플링 된 2 프레임의 동영상 이미지를 overdriving 시킨 이미지의 일부분을 나타내는 것으로 상위의 이미지는 원본의 2 프레임 동영상 이미지를 overdriving 시킨 것이고 하위의 이미지는 본 논문에서 제안된 구조를 통해 출력된 image data 를 overdriving 시킨 것이다.

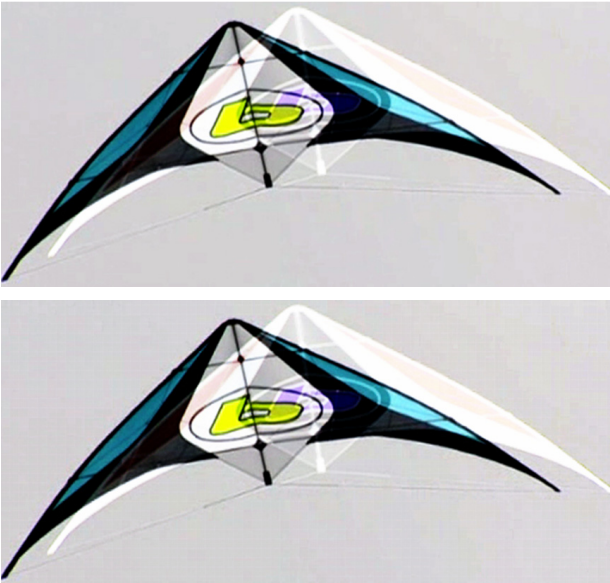


그림 10. 프레임 메모리 축소 없이 overdriving 된 image(상)와 제안된 구조로 overdriving 된 image(하)

V. 결론

본 논문에서는 line-based DWT 를 이용하여 overdrive 기술에 사용되는 프레임 메모리를 축소할 수 있는 하드웨어 구조를 제안하였다. DWT 처리 후

LL 대역을 제외한 나머지 대역의 데이터를 16-level 의 Gaussian Quantizer 를 사용하여 가시적인 이미지 손실 없이 프레임 메모리를 37.5% 축소하였다. 또한 FPGA 를 통하여 제안된 overdrive 의 동작을 검증하였다.

참고문헌

- [1] H. Oura, K. Nakanishi, T. Kokogawa, "Improved Image Quality of Moving Images on TFT-LCD by Feedforward Driving and Sequentially Intermittent Switched Backlighting", AD/IDW'01, p.1779, 2001
- [2] T. Furuhashi, K. Kawabe, J. Hirakata, "High-Quality TFT-LCD System for Moving Pictures", SID'02, p.1284, 2002
- [3] T. Nose, M. Suzuki, D. Sasaki, M. Imai, and H. Hayama, "A Black Stripe Driving Scheme for Displaying Motion Pictures on LCDs", SID'01, p.994, 2001
- [4] T. Kurita, "Moving Picture Quality Improvement for Hold-Type AM-LCDs", SID'01, p986, 2001
- [5] McCartney, Balram, "Advanced LCD timing controller IC with memory-assisted response time compensation", VLSID'04, p.1009, 2004.