

論文2003-40SC-3-3

영상 확대를 위한 움직임 적응형 LCD 제어기 설계

(Design of a Motion Adaptive LCD controller for image enlargement)

李承俊*, 權炳憲**, 崔明烈*

(Seung-Joon Lee, Byung-Heon Kwon, and Myung-Ryul Choi)

요약

본 논문에서는 LCD 패널 제어를 위한 UXGA급 LCD 컨트롤러를 제안하였다. 제안한 컨트롤러는 전화면 디스플레이를 위해 입력 해상도와 출력 해상도 간의 최대 공약수를 이용하여 화면의 확대 기능을 지원하며, 확대 영상의 질을 높이기 위해 입력 영상의 움직임을 3 단계로 구분해서 검출하여 각 단계에 따라 서로 다른 보간 알고리즘을 사용하는 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 정량적인 성능 평가를 위해 PSNR을 도입하였으며, 다양한 실험 영상을 이용하여 기존의 알고리즘과 비교 분석을 수행하였다. 그리고 제안한 움직임 검출기의 움직임 검출 성능 평가를 위해 시각적 검증 및 화소 변화 추정을 도입하였다. 제안한 컨트롤러는 VHDL을 이용해 설계되었으며, 기능적 시뮬레이션을 통하여 각각의 세부 블록들의 기능을 검증하고 Xilinx VirtexE FPGA를 이용해 회로 합성을 수행하였다.

Abstract

In this paper, we propose an UXGA class LCD controller for controlling the LCD panel. The proposed controller supports the full screen display using GCD between input and output resolutions. The proposed LCD controller includes the motion detector based on median filter which can detect the motion of input image for the enhancement of a image quality. Also, it divides the motion into 3 stages such as still, semi-moving and moving, and uses the different interpolation algorithms according to the degree of motion. In order to evaluate the performance of the proposed interpolation algorithm, we use PSNR method and compare the conventional algorithm by using computer simulation. For the proposed motion detection algorithm, we use a visual verification and the estimation of pixel changes. The proposed LCD controller has been designed and verified by VHDL. It has been synthesized using Xilinx VirtexE FPGA.

Keyword : LCD, 컨트롤러, 보간(Interpolation), 움직임 검출, 미디안 필터, Image Scaler

I. 서론

* 正會員, 漢陽大學校 電子電氣制御計測工學科
(ASIC Lab., Dept. of EECE, Hanyang Univ.)

** 正會員, 柳韓大學 情報通信科
(Dept. of Information & Communications, Yuhan College)

接受日字:2002年11月28日, 수정완료일:2003年3月31日

많은 디스플레이 업체들은 오랫동안 기존의 브라운관(Cathode Ray Tube, CRT)을 대체할 수 있는 얇고 전력 소모가 적은 평판 디스플레이(Flat Panel Display, FPD) 개발을 추진해 왔다^[1]. CRT는 가격이 저렴하고 신뢰성이 높으나 무겁고 부피가 크며 전력 소모가 많기 때문에 여러 가지 새로운 정보통신 기기의 디스플

레이 장치로 사용하는데 제약이 있다. 이런 단점을 해결하기 위해 다양한 형태의 FPD가 개발되고 실용화되어 왔으나, 현재 주력 평판 디스플레이 장치로 사용하고 있는 TFT-LCD(Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display)의 경우, 정보처리 속도가 느려 스포츠 중계 등의 움직임이 빠른 화면 처리가 정확하지 않는 단점이 있다^[2].

본 논문에서는 이러한 빠른 화면 처리의 부정확성을 해결하기 위한 움직임 적응형 LCD 컨트롤러 설계에 대해 논하였다. 이를 위해 LCD 패널의 전 화면 표시 방법 및 LCD 컨트롤러의 가장 핵심적인 부분인 이미지 스케일링을 위해서 제안된 움직임 검출기를 이용한 보간 기법에 대하여 논하였다. 또한, PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 통한 정량적 성능 평가 및 시각적 성능 평가를 수행하여 제시한 방법의 타당성을 검증하였고 VHDL을 이용하여 제안한 움직임 적응형 LCD 컨트롤러를 설계하여 기능적 성능 평가를 수행하였다. 그리고 FPGA를 이용해 제안한 LCD 컨트롤러를 구현하였다.

II. Display Methods

TV 혹은 컴퓨터 모니터와 같은 디스플레이 장치들은 규격화된 디스플레이 타이밍에 의해 화면을 표시하게 된다. 이에 대표적인 것이 VESA 표준이 있다. 이러한 VESA 표준에서 사용되는 동기 신호들은 신호의 시작을 알리는 Sync. Time 구간과 CRT에서 전자총이 처음 위치로 다시 회소할 때 걸리는 시간인 Border 구간(수평 동기 신호의 경우 Left/Right Border, 수직 동기 신호의 경우 Top/Bottom Border), 그리고 실제 영상 데이터가 존재하는 Addressable video 구간으로 구성되어 있다. <표 1>은 상세한 VESA 표준의 디스플레이 타이밍을 보여주고 있다.

입력 비디오 해상도와 LCD 패널의 해상도가 다를 경우 전 화면 디스플레이를 위한 해상도 변환 방법은 다음과 같다^[3].

- ① 입력 비디오 소스의 해상도와 LCD 패널의 해상도 사이의 최대 공약수를 구한다.

$$GCD = GCD(\text{Source Resolution}, \text{Target Resolution}) \quad (1)$$

- ② MDP(Minimum Display Pattern)을 정한다.

표 1. VESA 비디오 디스플레이 타이밍
Table 1. VESA Video display timing.

Item	Unit	NTSC	VGA60	VGA72	SVGA60	XGA60	XGA75	SXGA60	SXGA75	SXGA85	
V S Y N C	total	lines	16 667	16 683	13 735	16 879	16 666	13 328	16 061	13 329	11 751
		Hz	59 958.8	59 941.3	72 900.7	60 317.3	60 002.4	75 03	60 002.4	75 024.4	65 026.8
		Lines	262.5	525	520	628	608	800	1068	1068	1068
	sync	lines	1 269.4	0.064	0.079	0.108	0.124	0.05	0.047	0.038	0.033
		lines	20	2	3	4	6	3	3	3	3
		lines	0.01575	1.048	0.739	0.907	0.6	0.496	0.594	0.475	0.483
	left border	lines	1	33	28	23	29	28	38	38	44
		lines	15 282.2	15 253	12 678	15 84	15 88	12 765	16 005	12 804	11 235
		lines	240	480	480	600	768	768	1024	1024	1024
	valid data	lines	0.06524	0.318	0.227	0.026	0.062	0.017	0.018	0.013	0.011
		lines	1.5	10	9	1	3	1	1	1	1
		lines	63 452	31 778	26 413	26 4	20 877	16 05	19 83	12 504	10 971
HSYN	total	lines	15 75	31 468.3	37 800.1	37 878	48 362.9	60 024	83 975.6	79 974.4	91 148.4
	lines	302	800	832	1056	1344	1312	1688	1688	1728	
	lines	10 851.9	3 813	1 27	3 2	2 092	1 219	1 037	1 067	1 019	
V S Y N C	sync	lines	67	96	45	128	136	96	112	144	160
		lines	13 333	12 308	11 429	10 667	8 412				
		lines	75 001.9	81 248	87 496.7	83 747.1	106 247				
HSYN	sync	lines	2160	2160	2160	2160	2160				
		lines	1 185	1 094	1 016	0 958	0 837				
		lines	192	192	192	192	192				

$$MDP_{Source} \rightarrow MDP_{Target} : \quad (2)$$

$$\frac{SourceResolution}{GCD} \rightarrow \frac{TargetResolution}{GCD}$$

- ③ MDP를 최대 공약수만큼 반복한다.

<표 2>는 이러한 전 화면 표시를 위한 각각의 해상도에 따른 MDP 정보를 보여주고 있다. 표에서 나타난 입력 해상도와 출력 해상도간의 MDP 정보를 통해 보간 라인 혹은 화소의 수를 예측할 수 있으며 이를 통해 보간 패턴을 생성할 수 있다.

표 2. 전 화면 디스플레이를 위한 MDP 정보
Table 2. MDP information for full screen display.

Source Resolution	Target Resolution			
	SXGA (1280×1024)		UXGA (1600×1200)	
	H	V	H	V
NTSC (630×240)	1 → 4	15 → 64		
VGA (640×480)	1 → 2	15 → 32	2 → 5	2 → 5
SVGA (800×600)	5 → 8	10 → 17	1 → 2	1 → 2
XGA (1024×768)	4 → 5	3 → 4	16 → 25	16 → 25
SXGA (1280×1024)	1 → 1	1 → 1	4 → 5	64 → 75
UXGA (1600×1200)			1 → 1	1 → 1

III. Motion Detection

디지털 영상처리에서 화면의 변화 뿐만 아니라 화면 내 물체의 움직임을 검출하여 LCD 패널의 구동 전압 조절 및 움직임에 따른 다양한 신호처리가 가능하다. 기본적인 움직임 검출의 개념은 현재 입력 프레임과 이전 입력 프레임에서 픽셀간의 차이가 있는지 없는지를 계산함으로써 얻을 수 있다. 즉, 픽셀 변화는 식 (3) 과 같이 정의할 수 있다.

$$X(i, j) = |P(i, j, N) - P(i, j, N-1)| \quad (3)$$

$$i = 0, 1, 2, \dots, j = 0, 1, 2, \dots$$

식 (3)에서 $P(i, j, N)$ 은 N 번째 프레임에서 수직으로 i 번째, 수평으로 j 번째 픽셀의 값을 의미한다. 이 경우, 일반적으로 임계치를 이용하거나 weight 값을 통해 픽셀 변화에 제한을 두기도 한다. 이러한 픽셀 변화의 차이는 움직임 검출의 민감도를 결정하는 요소이므로 민감도와 정확도간의 트레이드오프가 필요하다.

기존 움직임 검출 알고리즘은 화소차와 에지 검출 결과를 이용하여 입력 영상 내의 물체의 움직임을 검출하였으나 화소 차이값과 에지 검출값 간의 논리 AND 연산 시 오류를 발생하게 되어 그 정확성이 떨어지게 된다^{1,5}.

제안한 움직임 검출 알고리즘은 미디안 필터를 이용한 화소차 기법으로 화소 차이값으로 구성된 서브 윈도우 내의 형상 정보를 유지하면서 노이즈 성분에 대한 간섭 영향을 줄일 수 있는 장점이 있다⁶. 기본적인 연산 방법은 식 (4)와 같이 현재 프레임과 이전 프레임의 3×3 윈도우 내의 화소간의 차이값을 계산한 뒤 이를 미디안 필터를 통과한 결과값을 Motion Value로 정의하여 임계치나 가중치를 적용하여 화소의 움직임 정도를 결정짓게 된다. 여기서 임계치 혹은 가중치 결정 방식은 실험적인 방법을 통해 결정하였으며 이는 각각의 영상마다 특성이 다르기 때문에 이를 고려하기 위해 가중치 실험에서 가장 좋은 특성을 보이는 값을 임계치 혹은 가중치로 결정하였다.

$$X(i, j, N-1) = \{ a_1, a_2, a_3, \dots, a_9 \}$$

$$Y(i, j, N) = \{ b_1, b_2, b_3, \dots, b_9 \}$$

$$PD(i, j) = |x - y|, x \in X(i, j, N-1), y \in Y(i, j, N) \quad (4)$$

$$MV = MED[c_1, c_2, \dots, c_9], c \in PD(i, j)$$

<그림 1>은 미디안 필터를 이용한 화소차 기법의 개

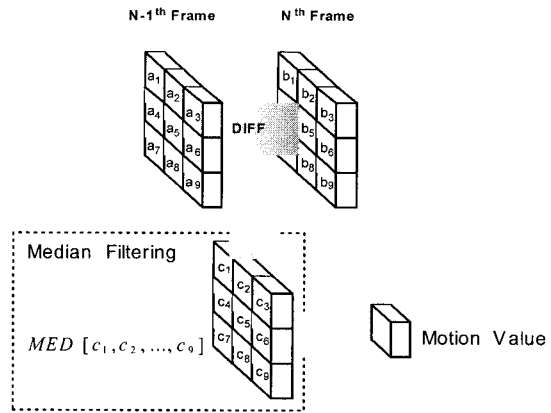


그림 1. 제안한 움직임 검출 알고리즘의 개념
Fig. 1. The concept of the proposed motion detection algorithm.

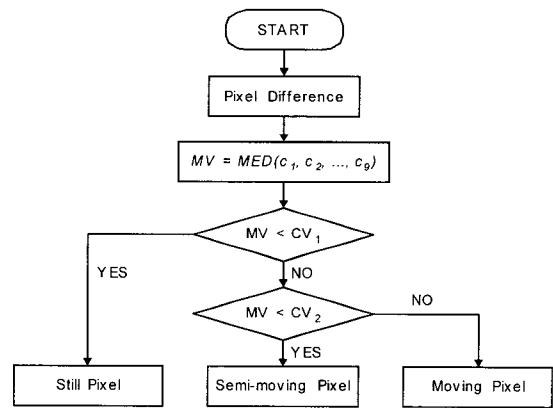


그림 2. 제안한 움직임 검출 알고리즘의 순서도
Fig. 2. Flowchart of the proposed motion detection algorithm.

념을 나타내고 있으며 <그림 2>는 연산에 대한 순서도를 보여주고 있다.

IV. Image Interpolation

본 논문에서 사용된 수평 보간 알고리즘은 실시간 처리 속도 문제로 ZOI(Zero Order Interpolation) 방식을 취했던 기존의 방법과는 달리 구조도 간단하고 비교적 성능이 우수한 FOI(First Order Interpolation) 방식을 채택하였다(식 (5))^{7,8}.

$$g = 0.5 \times (a + b) \quad (5)$$

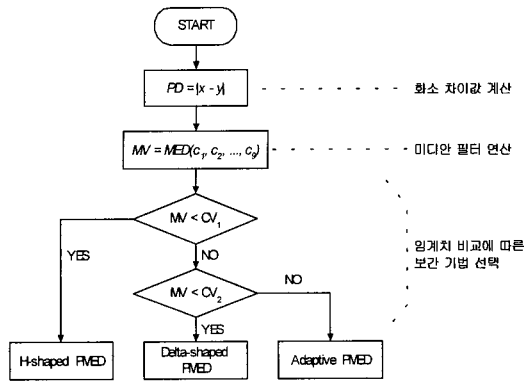


그림 3. 제안한 움직임 적응형 보간 알고리즘의 순서도
Fig. 3. Flowchart of the proposed motion adaptive interpolation algorithm.

본 논문에서 사용된 수직 방향의 보간 알고리즘은 움직임 검출 결과에 따라 서로 다른 보간 알고리즘을 적용하였다. 움직임 검출 결과가 정지 화소일 경우에는 H-형 의사미디안(Pseudomedian)보간 알고리즘을 사용하며 준동화 화소일 경우에는 적응형 보간 알고리즘, 그리고 동화 화소일 경우에는 Δ-형 의사미디안 보간 알고리즘을 사용한다^[9, 10].

<그림 3>은 제안한 움직임 적응형 알고리즘의 순서도를 나타내고 있다. 이전 프레임의 한 프레임 지연한 뒤 현재 프레임과 비교하여 3×3 부윈도우 내의 모든 화소가 화소 차이값을 연산한 뒤 이들 차이값들을 미디안 필터를 통해 이들 중 중간값을 산출하여 임계치 CV1보다 작을 경우에는 H-형 보간 기법을 적용하고 CV1보다 크고 CV2보다 작은 경우에는 적응형 보간 기법을 적용한다. 그리고 CV2보다 큰 값에 대해서는 Δ-형 보간 기법을 적용하여 보간 화소를 생성한다.

V. Simulation Results

제안한 영상의 확대 알고리즘의 정량적인 성능 평가를 위하여 PSNR(Peak Signal Noise Ratio)을 도입하여 시뮬레이션을 수행하였다. 하지만 움직임 검출에 대한 정량적인 평가 기준이 마련되어 있지 않기 때문에 제안된 검출 기법의 성능 평가는 영상에서 움직임이 검출된 픽셀을 별도로 표시하여 시각적으로 그 성능을 평가하게끔 시뮬레이션을 수행하였다. 움직임 검출에 있어서 시각적 효과를 높이기 위해 움직임이 검출된 화소의 경우 검은색으로 표시하였다.

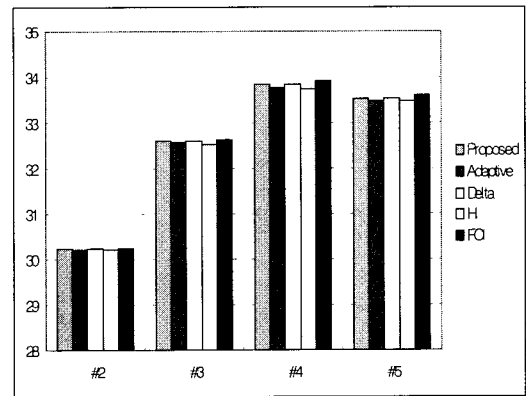
PSNR은 이미지를 비교하는 객관적 판단 기준으로 주로 사용되며 식 (6)으로 표현된다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255)^2}{MSE} [dB] \quad (6)$$

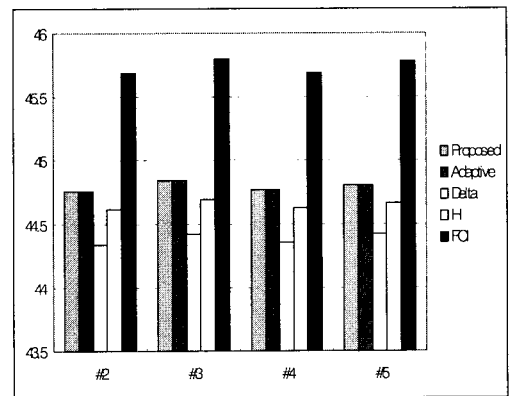
$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |I(i, j) - I'(i, j)|^2 \quad (7)$$

식 (7)에서 MSE는 Mean Square Error를 나타내며 N, M은 각각 화면의 가로, 세로의 화소 수이며, I(i, j)는 원래의 화소 값이고, I'(i, j)는 보간 알고리즘을 적용한 화소 값이다.

시뮬레이션은 준 동화상인 Salesman의 30 frame(512×480)과 동화상인 FootBall의 30 frame(512×480)의 샘플 이미지를 가지고 각각의 이미지의 격행을 컴퓨터 언어인 C언어를 이용하여 제거하여 512×240의 이미지를 만든 뒤 제거된 라인을 기존의 보간 알고리즘 하나



(a) "FootBall"



(b) "Salesman"

그림 4. 각 보간 방식에 대한 PSNR 결과 비교
Fig. 4. PSNR comparison results.

표 3. PSNR에 대한 각 방식의 비교 (Salesman & FootBall)

Table 3. PSNR comparison of each method.

	image	frame2	frame3	frame4	frame5
Proposed	Salesman	44.76352	44.84111	44.76657	44.80954
	Football	30.24693	32.61503	33.85142	33.53454
Adaptive PMED	Salesman	44.76352	44.84111	44.76657	44.80954
	Football	30.22042	32.56709	33.77528	33.47961
ΔPMED	Salesman	44.34065	44.42278	44.35302	44.42217
	Football	30.24693	32.61503	33.85142	33.53454
HPMED	Salesman	44.62101	44.9636	44.62404	44.66635
	Football	30.20902	32.53349	33.74242	33.46475
FOI	Salesman	45.69251	45.80687	45.69376	45.77992
	Football	30.24152	32.63954	33.92881	33.61541

만을 적용했을 경우와 제안된 보간 알고리즘을 적용한 다음 이미지를 비교하는 비교적 객관적인 판단기준인 PSNR비교와 주관적인 화질 평가를 병행하여 비교 분석하였다. <그림 4>와 <표 3>은 각각의 방법에 대한 PSNR 비교를 나타낸다.

각각의 방법에 대한 PSNR 값을 비교하면 전체적으로 제안한 알고리즘에 의한 PSNR 값이 우수한 결과를 보여주고 있음을 확인할 수 있다. 이것은 영상의 움직임 정도에 따라 가장 우수한 성능을 보이는 보간 기법을 적용함으로써 얻어지는 결과로 볼 수 있으며 이로 인해 영상 확대에 있어 국부적인 열화 현상을 줄여줄 수 있음을 확인할 수 있다. <그림 5>와 <그림 6>은 실험 영상들에 대한 각각의 알고리즘을 적용해 영상 확대를 수행한 결과들이다. 일반적으로 실험 영상들은 크게 3가지 영역을 가지고 있으며 이는 움직임 검출 결과로 인해 나타난 결과들이다. 3가지 영역은 정지 화소, 준동화 화소, 동화 화소들로 나눌 수 있으며 이러한 영역들은 영상 내에 화소 변화에 따라 불규칙하게 분포되어 있다. 따라서 이러한 영역에서 실제 정량적 분석 결과와 비슷하게 제안한 알고리즘에 의해 결과들이 에지 특성과 같이 사람이 느끼는 영상에 대한 부드러움이 뛰어난함을 확인할 수 있다.

<그림 7>은 기존의 움직임 검출 알고리즘의 실험 결과들이다. 그림에서 보듯이 기존의 움직임 검출 알고리즘의 경우 움직임 검출 결과가 많이 분산되어 있을 뿐

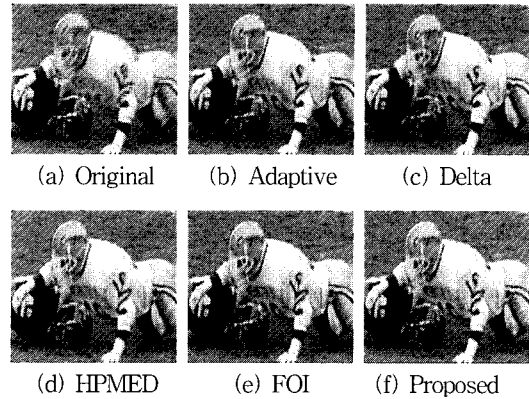


그림 5. 시뮬레이션 결과(FootBall : 6th frame)
Fig. 5. Simulation results(FootBall : 6th frame).

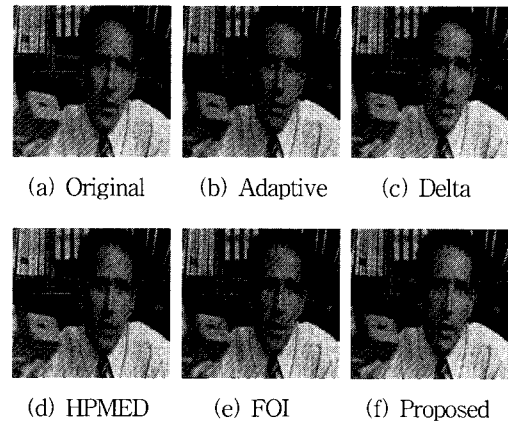


그림 6. 시뮬레이션 결과(Salesman : 11th frame)
Fig. 6. Simulation results(Salesman : 11th frame).



그림 7. 기존 움직임 검출 알고리즘의 시뮬레이션 결과
Fig. 7. Simulation results of the conventional motion detection algorithm.

만 아니라 그 정확도 역시 떨어짐을 알 수 있다. 이것은 앞서 언급한 화소 차이값과 에지 검출값 간의 논리 AND 연산에서 발생된 오류로 인해 나타나는 현상들이다. <그림 8>은 제안된 움직임 검출 알고리즘의 실험 영상들로서 제안된 움직임 검출 알고리즘에서는 기존의 움직임 검출 알고리즘에서 나타난 오류가 거의 발생하지 않으며 검출 정확도 역시 높음을 확인할 수 있다.



(a) "Football" (b) "Salesman"

그림 8. 제안한 움직임 검출 알고리즘의 시뮬레이션 결과

Fig. 8. Simulation results of the proposed motion detection algorithm

V. Implementation of the proposed LCD controller

본 논문에서는 입력 영상의 움직임에 따른 움직임 적응형 LCD 컨트롤러를 제안하였으며, 전체 블록도를 <그림 9>에 도시하였다.

LCD 컨트롤러는 크게 입력 모드 스캔부, 내부 타이밍 제어부, 메모리 제어부, 움직임 검출부, 그리고 적응형 이미지 스케일러로 구성되어 있다. 내부 동작 속도 및 메모리 제어 속도를 줄이기 위해 병렬 구조로 이루어지며 입력 데이터 속도의 2분주된 속도로 데이터 입력을 받으며 이를 다시 4단 병렬 처리를 통해 메모리 제어 속도를 입력 데이터 속도의 4분주된 속도로 처리하게 되어 EMI/EMC를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 고성능 메모리 소자의 사용이 불필요하도록 설계하였다. 최종 처리된 데이터는 소스 드라이버의 구동 속도를 보상하기 위해 듀얼 포트 구조로 이루어져 있으며 홀수번째와 짝수번째의 데이터가 동시에 출력되는 구조로 되어 있다.

<표 4>는 각 중요 세부 블록에 소요된 게이트 수를

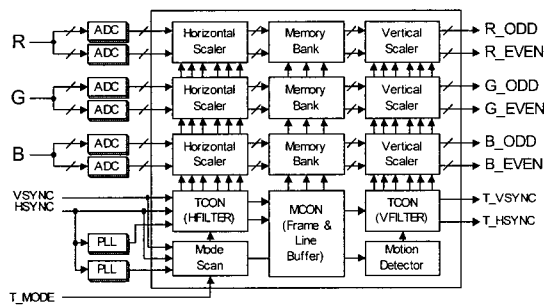


그림 9. 제안한 움직임 적응형 LCD 컨트롤러의 구조
Fig. 9. Structure of the proposed motion adaptive LCD controller.

표 4. 소요 게이트 수(1-channel)
Table 4. The number of required gates(1-channel).

블록	게이트 수
Horizontal Scaler	2,156
Vertical Scaler	10,572
Mode Detector	753
Motion Detector	8,690
Timing Controller	6,006
Memory Controller	6,853
Sync. Generator	828

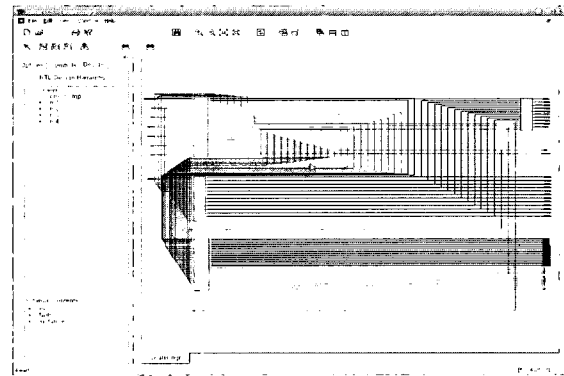


그림 10. 제안한 LCD controller의 합성 결과
Fig. 10. Synthesis result of the proposed LCD controller.

나타낸 것이며 <그림 10>은 Xilinx ISE 5.1의 VirtexE 라이브러리를 사용하여 LCD controller 블록을 합성한 결과를 gate-level의 schematic으로 표현한 것이다.

VI. 결론

본 논문에서는 평판 디스플레이 패널을 위한 UXGA (Ultra eXtended Graphics Array, 1600×1200 pixels) 급 LCD 컨트롤러를 제안하였다. 본 LCD 컨트롤러에서는 게임이나 영화 등의 동영상 디스플레이를 위한 움직임 검출기를 이용한 움직임 적응형 이미지 스케일링 알고리즘을 제안하였다. 제안한 움직임 검출 알고리즘은 현재 프레임과 이전 프레임간의 움직임 검출 대상 픽셀 주위의 픽셀들간의 영상 정보를 통해 움직임 정도를 판단하게 되어 보다 정확한 검출 결과를 얻을 수 있으며 이를 이용하여 정지영상, 준동영상, 그리고 동영상 모두에 대해서 양질의 이미지를 얻기 위한 보간이

가능하다. 또한 이를 이미지 스케일링 알고리즘에 적용해 본 결과 기존의 단일 보간 방식 사용한 것보다 더 향상된 화질을 얻을 수 있을 뿐 아니라 정량적 성능 평가에 있어서도 항상 높은 수치를 보여주고 있음을 확인할 수 있었다.


제안한 움직임 적응형 LCD 컨트롤러는 입/출력단에서는 2단 병렬 구조를 가지고 내부에서는 4단 병렬 구조로 이루어져 데이터 처리 속도 항상 뿐만 아니라 EMI/EMC를 줄일 수 있도록 설계되었다. 따라서 다기능 고성능 LCD 컨트롤러로서 사용이 가능하며 LCD 외의 다른 FPD 장치의 컨트롤러로서도 효과적으로 사용할 수가 있다


참 고 문 헌

[1] R. Crane, A simplified approach to image processing, Prentice Hall, USA, 1994.
 [2] A. M. Tekalp, Digital Video Processing, McGraw Hill, USA, 1995.
 [3] C. H. Choi, B. H. Kwon, and M. R. Choi, "Implementation of a Universal Controller for a-Si TFT LCD of SXGA class", SID99, San Jose, USA, pp. 500~503, May. 1999.
 [4] 이승준, 권병헌, 최명렬 "에지 검출을 이용한 움

직임 검출기 설계", 한국정보처리학회 춘계학술대회, pp. 1229~1232, 2001. 4
 [5] 이승준, 권병헌, 최명렬, "Design of an effective motion detector using edge information", 한국액정토론회, pp. 7~10, 2001. 7
 [6] H. Rabtanen, "Color Video Signal Processing with Median Filter", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 38, No. 3, pp. 157~161, Aug. 1992.
 [7] D. Nguyen, and E. Dubois, "Spatio-Temporal Adaptive Interlaced to Progressive Conversion", International Workshop on HDTV92 Proceeding Vol. 2, Nov. 1992.
 [8] R. S. Prodan, "Multidimensional Digital Signal Processing for Television Scan Conversion", Philips J. Res. 41, pp. 576~603, 1986.
 [9] H. C. Kim, B. H. Kwon, and M. R. Choi, "An image interpolator with image improvement for LCD controller", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 47, No. 2, pp. 263~271, May. 2001.
 [10] 이승준, 권병헌, 최명렬, "Design of an image scaler using motion detector", AP-Soc2002, pp. 137~141, 2002, 11

저 자 소 개

 **李承俊(正會員)**
 2001년 : 한양대학교 전자컴퓨터전 기제어계측공학부 학사. 2001년~현재 : 한양대학교 대학원 전자전 기제어계측공학과 석사. 평판 디스플레이용 제어 시스템 연구 개발. UXGA급 LCD 제어기 설계 <주관 심분야 : 평판 디스플레이용 아날로그 인터페이스 회로 설계 및 제어 시스템 설계>

 **權炳憲(正會員)**
 1987년 : 한국항공대학교 전자공학과 학사. 1989년 : 한국항공대학교 전자공학과 석사. 1995년 : 한국항공대학교 전자공학과 박사. 1989년~1997년 : LG전자 Multimedia 연구소 재직. 1997년~현재 : 유한 대학 정보통신과 부교수 재직. <주관심분야 : 영상 및 신호 처리, 평판 디스플레이용 제어 시스템 설계 및 3차원 영상 디스플레이>



崔明烈(正會員)

1983년 : 한양대학교 전자공학과 학사. 1985년 : Michigan State University 전기공학과 석사. 1991년 : Michigan State University 전기공학과 박사. 1991년 : 생산기술연구원 전자정보실용화 센터 조교수 재직. 1991년~1992년 : 생산기술연구원 산하 전자부품종합기술연구소 선임연구원 재직. 1992년~현재 : 한양대학교 전자컴퓨터 공학부 부교수 재직. <주관심분야 : 스마트 카드, DSP응용, RF/IR 통신, ITS, 평판 디스플레이 이용 제어 시스템 설계 및 ATM/Internet>