

고해상도 FPD를 위한 실시간 Contrast Enhancer System의 설계 및 구현

서범석*, 최철호*, 권병현**

요 약

본 논문에서는 고해상도 FPD(Flat Panel Display)에서 동영상의 화질 향상을 위한 실시간 Contrast Enhancer 알고리즘을 제안하고 이를 구현하였다. 또한 입력되는 영상신호의 밝기 분포에서 영상의 평균과 분산을 이용하여 적응적으로 처리하는 적응형 콘트라스트 제어 기법을 제안하였다. 설계된 Contrast Enhancer는 기존화면과 비교하여 정량적으로 측정하였으며, 실제 유용성을 검증하기 위해 LG의 30인치 TFT-LCD TV에 인터페이스하여 구현하였다.

The Design and Implementation of Real Time Contrast Enhancer System for High Resolution FPD

Seo Burm Suk(*), Choi Chul Ho(*), Kwon Byeong Heon(**)

Abstract

In this paper we implemented the Real Time Contrast Enhancer for image quality enhancement of moving picture. Also we proposed adaptive contrast control method that use mean and variance of input video signal. The Designed the contrast Enhancer is measured in comparison with conventional pictures and interfaced to 30inch TFT LCD TV of the LG Electronics.

Key words : display, FPD, contrast control, noise reduction, edge restoration, edge enhancement, γ -correction

1. 서 론

고도의 정보 사회에서는 정보를 표시하기 위한 표시 장치 기술에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 정보 전달은 문자, 음성, 동영상 등을 동시에 주고받는 시스템이 주류를 이룰 것이다. 시스템이 요구하는 디스플레이 장치의 기본적 기능은 인간 중심과 환경중심, 고도화, 고기능화의 특성을 가지고 있어야 한다. 이러한 시대에 부흥하여 현재 우리나라에서는 평판 디스플레이 장치에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

디스플레이 장치는 CRT(cathode ray tube)와 FPD(flat panel display)로 분류된다. 현재 평판디스플레이 분야중 LCD(liquid crystal display)에 놀라운 연구성과 결과 대부분을 형성하고 있으며 PDP(plasma display panel)은 대화면화의 용이함과 CRT 수준의 화질을 나

타냄으로써 이에 대한 연구도 활발히 진행 중이다. FPD 디스플레이 장치는 CRT에 비해서 저전력 소비, 고 해상도, 박형, 경량의 특징이 있으며 디지털 구동 방식을 채택하고 있다. 이러한 디지털 처리 방식의 장점은 잡음에 강하며, 비트 수를 증가시키면 표현 가능한 수치의 범위가 넓어지기 때문에 열화가 적은 연산처리나 축적이 가능하고 고화질을 실현할 수 있다. 따라서 FPD에 표시되는 영상에 대한 디지털 신호처리 기법에 대한 연구가 필요하다.

그 중 화질 향상을 위한 화상처리 방식에는 콘트라스트 조정(contrast control), 노이즈 감소(noise reduction), 에지 복원(edge restoration), 에지강조(edge enhancement), 감마보정(γ -correction)등이 있다. 이중 한 분야인 콘트라스트 조정을 이용하면 별도의 정보 증가량 없이 화질 향상이 가능하다[1]. 따라서 본 논문에서는 최근 새로운 디스플레이로 각광받고 있는 LCD의 화질개선을 위해 콘트라스트 조정알고리즘을

* 제일저자(First Author) : 서범석

접수일 : 2004년 2월 15일, 완료일 : 2004년 2월 28일

*(주)플랫디스 연구원 **유한대학 조교수

- 본 논문은 2003년 정보통신진흥연구원 우수신기술 지원에 의하여 수행되었음.

사용하였고, 설계 및 구현하였다.

2. 기존의 콘트라스트 조정 알고리즘

콘트라스트는 영상의 가장 어두운 영역부터 가장 밝은 영역의 범위를 말한다. 즉, 높은 콘트라스트를 갖는 영상들은 어두운 영역에서부터 밝은 영역의 범위를 갖게 된다. 따라서, 영상의 콘트라스트가 증가하면 영상을 더욱 상세하게 볼 수 있는데, 이것은 영상의 정보 양은 전혀 증가하지 않은 순수한 시각 작용에 따른 것이다.

인간의 시각 작용은 광도의 콘트라스트에 더욱 민감하며, 이러한 콘트라스트의 분포는 히스토그램을 통하여 알 수 있다. 영상의 히스토그램은 영상의 명암 값을 알 수 있게 해주는 정보를 제공하며, 또한 영상을 구성하는 명암의 콘트라스트 및 명암의 분포에 대한 정보도 제공한다[4,5,6]. 어두운 영상의 히스토그램은 화소 값 분포가 왼쪽으로 편중되며, 밝은 영상은 화소 값 분포가 오른쪽으로 편중된 히스토그램을 갖게 된다. 만일, 영상이 이상적이라면 영상의 히스토그램은 균일하게 분포를 갖는다.

디지털 영상 처리부분에 이용되는 콘트라스트 제어 알고리즘 방식으로는 룩업 테이블(look-up table), 히스토그램 슬라이딩(histogram sliding), 히스토그램 스트레칭(histogram stretching)등이 있다.

2.1 룩업 테이블 방식

이 방식은 현재 픽셀 값이 룩업테이블의 주소 부분이 되고, 룩업 테이블 주소 내용이 새로운 픽셀 값으로 변환되어 출력된다. 이 방식은 식 (1)로 표현되고, 그림 1에 3비트 룩업테이블을 이용한 연산을 나타냈다.

$$\text{New Pixel} = \text{DATA}[\text{Add}(\text{Input Pixel})] \quad (1)$$

여기서, Add(*) : * 주소의 Address

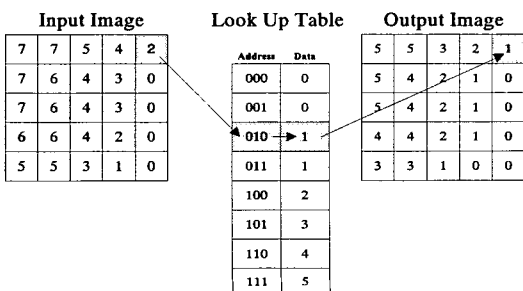


그림 1. 3비트 룩업 테이블을 이용한 영상

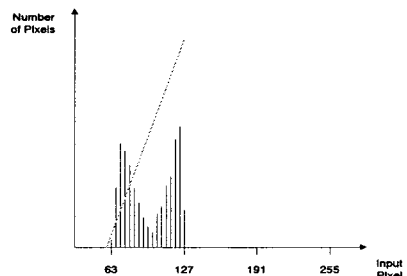
(그림 1)에서 새로운 픽셀 값은 배열의 인덱스에 의해 지시되는 배열 데이터이고, 새로운 픽셀 값 생성은 각 픽셀에 대해서 이런 인덱스에 의해 지시되는 일련의 작업을 수행함으로써 생성된다. 이 방식은 LUT(Look-Up Table) 계산을 위한 회로와 그 계산된 값을 저장하기 위해서는 별도의 메모리가 필요하며, 또한 처리된 데이터의 언더/오버 플로어 방지를 위해서 별도의 회로가 필요하기 때문에 회로의 구조가 복잡해진다는 단점이 있다[2][3].

2.2 히스토그램 슬라이딩 방식

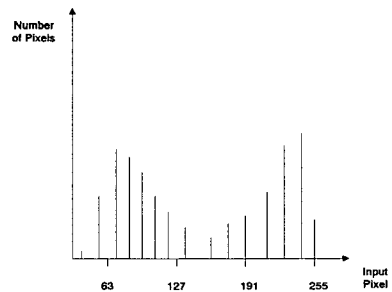
이 방식은 입력 픽셀 값에 일정한 가중치를 두어 출력 픽셀 값을 결정하며, 식(2)와 같이 표현할 수 있고, 그림 2에 처리 방식 과정을 나타냈다.

$$\text{New Pixel} = \text{Input Pixel} \times \text{Weight} \quad (2)$$

(그림 2)의 (a)에서 회색 직선은 입출력 관계의 함수를 나타낸다. 이 함수 관계는 히스토그램의 분포 영역에 의해 결정된 직선의 기울기에 따라 입력 픽셀의 영역을 균일한 영역으로 확장시킨다[4]. 이 방식과 룩업 테이블 방식과의 차이점은 LUT값을 저장할 메모리가 필요하지 않고 가중치가 일정하게 된다는 점이다. 하지만 히스토그램의 분포는 일정하지 않으므로 언더/오버 플로어가 발생하지 않도록 가중치 계산을 위한 회로가 부가적으로 필요한 단점이 있다.



(a) 변환전의 히스토그램 분포



(b) 변화후의 히스토그램 분포

그림 2. 히스토그램 분포

2.3 명암 대비 스트레칭 방식

보편적으로 가장 많이 이용되는 이 방식은 특정 부분 즉, 중앙에 명암 값이 치우치는 영상에 효과적으로 적용된다. 출력 픽셀 값은 식(3)으로 표현된다.

$$New\ Pixel = \frac{Input\ Pixel - Low\ Pixel}{High\ Pixel - Low\ Pixel} \times 255 \quad (3)$$

식(3)에서처럼 영상에서 가장 낮은 값을 갖은 픽셀 값을 이용하여 현재 입력되는 픽셀 값과 뺄셈 연산을 수행하면 히스토그램이 왼쪽으로 이동하게 된다. 즉 가장 낮은 픽셀 값을 0으로 처리한 후에 왼쪽으로 이동된 히스토그램 분포를 전체 영역을 포함하도록 확장시킨다[5][6]. 이 방식은 언더/오버 플로어가 발생하지 않지만 복잡한 구조의 승산기 및 누산기로 구성되어야 하므로 FPD 구동시스템과 같은 실시간 처리를 필요로 하는 부분에서는 적용하기가 어렵다.

3. 제안한 적응형 콘트라스트 제어기

3.1 샘플 영상

고해상도 영상에 대한 히스토그램의 분산을 효율적으로 계산하기 위하여 (그림 3)과 같이 가로 방향으로 PD1, 세로방향으로 PD2만큼 일정하게 샘플영상을 취득하여 평균 및 분산을 계산하였다. 이때, PD1 및 PD2 값은 분산 계산시 필요한 누산 계산을 간단하게 하기위해서 식(4)와 같이 정하였다.

$$\frac{ROW}{PD1} = \frac{COL}{PD2} = 2^k \quad (4)$$

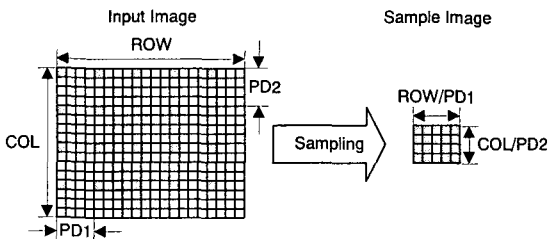


그림 3. 샘플 영상의 취득

3.2 영상의 밝기 결정함수

분산의 제곱근인 표준편차는 어떤 분포에 대한 분산도 또는 변동의 척도를 가리킨다. 영상의 콘트라스트를 조정하는 것은 히스토그램 상에서의 산포도(퍼짐정도)를 높이는 것이며, 화질 향상의 효과를 얻을 수 있다.

따라서 영상의 콘트라스트를 조정하는 문제는 히스토그램 상에서의 산포도를 측정하여, 그 영상의 밝기를 결정하고, 적절한 가중치로 산포도를 높이는 방법이 타당하다. 본 논문에서는 분산과 평균값을 이용하여 영상의 밝기 결정 함수를 적용하였으며, 식(5)와 같다.

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - \mu)^2 \\ &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i^2 - \mu^2 \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, σ^2 : 분산

P_i : 샘플영상의 픽셀 값

μ : 평균

N : 샘플 영상의 해상도

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i \quad (6)$$

여기서, P_i : 샘플영상의 픽셀 값

N : 샘플 영상의 해상도

3.3 영상의 밝기에 따른 가중치 결정

영상의 밝기에 따른 가중치 결정은 표본(픽셀)수가 적절히 많으면, 그 분포는 정규분포를 따른다는 "중심극한이론(Central Limit Theorem)"을 적용하였으며, 따라서 고해상도 입력 영상에 대한 히스토그램의 분포가 정규분포와 유사하다고 가정하였다[7]. 정규분포의 경우 μ 를 중심으로 $\mu - \sigma$ 및 $\mu + \sigma$ 까지가 전체 분포의 68.3%를 차지한다.

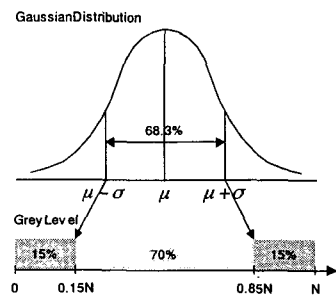


그림 4. 정규분포와 N 계조상의 분포 관계

정규분포를 이상적인 밝기 분포라 가정하고, 히스토그램 분포와 비교하여 히스토그램 상의 $\mu - \sigma$ 및 $\mu + \sigma$ 값과 N계조상의 0.15N 및 0.85N 값을 비교하여 이 둘 값의 크고 작음에 따라 영상의 밝기 종류를 4가지로 구분하였고 영상의 밝기 종류에 따라 최적의 가중치로 콘트라스트를 향상시켰다.

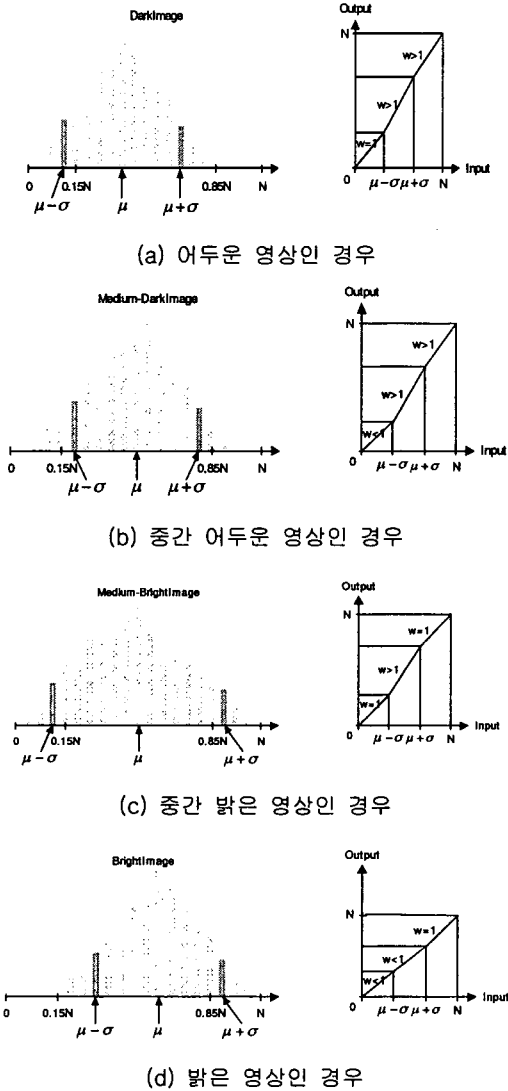


그림 5. 영상의 밝기에 따른 구분과 각각의 가중치 결정

본 논문에서 제안한 입력 영상의 히스토그램 분포에 따라 가중치가 가변되며, 가중치가 적용되는 구간도 영상의 히스토그램 분포에 대한 분산 및 평균에 따라 역시 가변되는 장점이 있다.

4. 제안한 콘트라스트 향상 알고리즘의 하드웨어 구조

4.1 평균계산

샘플 영상의 해상도가 식(4)를 만족한다면, $N = 2^{2k}$ 가 되며, 식(5)와 식(6)과 같이 분산 및 평균을 계산하기 위해 필요한 누산 계산은 간단히 $2k$ 비트만큼 오른

쪽 쉬프트에 의하여 구할 수 있다. 식(6)과 같이 샘플 영상에 대한 평균을 계산하기 위한 블록으로서, 원래의 식을 그대로 하드웨어로 구현할 경우 덧셈기의 구조가 복잡해서 실시간 처리에 어려움이 있기 때문이다.

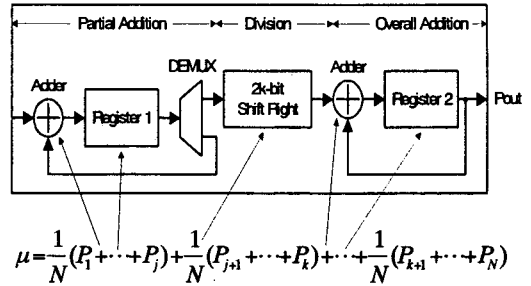


그림 6. 평균 계산 블록

(그림 6)과 같이 평균을 계산하기 위해서, M 계조의 영상인 경우 $\log_2 M + L$ 비트(L 은 40이상 정수) 덧셈기로 부분 덧셈을 행한 후 $\log_2 M + L$ 비트의 레지스터 1에 저장한다. 그리고, 부분 덧셈을 지속적으로 행하다가 레지스터 1이 오버 플로우가 발생되기 전에 샘플 영상의 해상도 크기만큼 누산 계산을 한다. 이때, 식(5)와 같이 샘플 영상의 해상도를 2^{2k} 로 정하여 누산 계산을 간단한 $2k$ 비트 오른쪽 쉬프트로 처리한다. 누산 계산까지 처리된 부분 평균을 다시 $\log_2 M$ 비트의 레지스터 2에 저장하고, i 처리 방법을 계속 반복하면, 최종적으로 레지스터 2에는 샘플 영상의 평균이 저장된다.

4.2 분산계산

평균 계산 블록과 유사하게 분산 계산 블록도 실시간 처리를 위하여 부분 분산을 누적하는 형태로 구현을 한다. (그림 7)과 같이, 샘플 영상 데이터에 대한 제곱을 구하기 위하여 $\log_2 M$ 비트의 곱셈기로 계산하여 $2 \log_2 M$ 비트의 레지스터 1에 저장하고, 레지스터 1에 저장된 샘플 영상 데이터의 제곱값을 $2 \log_2 M + L$ 비트 덧셈기로 계산한 후 그 결과를 $2 \log_2 M + L$ 비트의 레지스터 2에 누적한다. 레지스터 2에 누적된 부분 덧셈 결과가 오버 플로우 나지 않도록 누산 계산을 오른쪽으로 $2k$ 비트 쉬프트 연산을 수행하여 부분 분산을 $2 \log_2 M$ 비트의 레지스터 3에 저장한다. 상기한 방법을 계속 반복하고, 식(5)와 같이 평균 계산 블록에서 출력되는 평균을 차감하면 샘플 영상에 대한 분산이 출력 된다.

4.3 영상의 밝기에 따른 가중치 적용

(그림 5)과 같이 가중치 결정 블록에서 출력되는 선

택 신호를 입력받아 현재 입력되는 영상 데이터의 여러 가지 가중치 값들 중에서 해당 가중치 값을 MUX에서 자동으로 선택하고, 입력되는 영상 데이터를 오른쪽으로 2비트, 3비트, 4비트만큼 쉬프트 하게되면, 각각 원래 데이터의 0.25, 0.125, 0.0625배를 행한 효과를 얻을 수 있다.

또한 <표 1>과 같이 비트 쉬프트한 결과와 원래의 데이터를 더하게 되면, 원하는 가중치 값을 얻을 수 있다. (그림 8)은 가중치 적용 블록을 나타낸다.

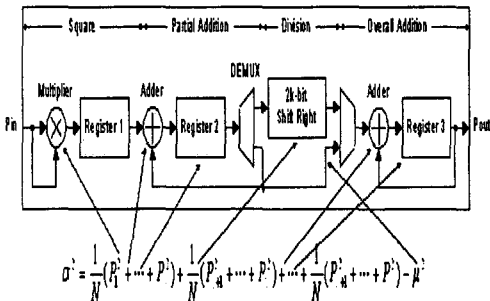


그림 7. 분산 계산 블록

표 1. 비트 쉬프트에 의한 가중치 적용

영상 범위	N계조 구간	비트 쉬프트	가중치	영상 범위	N계조 구간	비트 쉬프트	가중치
어두운 영상	0~μ-σ	⊖④	0.9375	중간 영상	0~μ-σ	⊖④	0.9375
	μ-σ~μ+σ	⊕②	1.2500		μ-σ~μ+σ	⊕④	1.1250
	μ+σ~N	⊕③	1.1250		μ+σ~N	⊕④	1.0625
중간 밝은 영상	0~μ-σ	⊖④	0.9375	밝은 영상	0~μ-σ	⊖②	0.8750
	μ-σ~μ+σ	⊕④	1.0625		μ-σ~μ+σ	⊖②	0.8750
	μ+σ~N	⊖	1.0000		μ+σ~N	⊖	1.0000

(여기서, ⊖: 왼쪽 데이터, ⊕: 오른쪽으로 x 비트만큼 쉬프트)

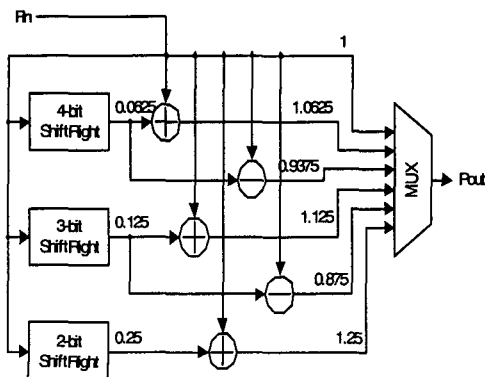


그림 8. 가중치 적용 블록

5. 콘트라스트 향상기의 설계 및 구현

(그림 9)에서는 제안한 Algorithm을 실현하기 위한 콘트라스트 제어기의 하드웨어 구조를 나타내었다. 입력된 RIN1, GIN1, BIN1 신호는 RGB to YUV1블럭을 통해 YUV신호로 변환되며 변환된 신호는 Contrast Enhancer 블록에 의해 평균, 분산을 계산하게 된다. 계산된 결과는 가중치를 주기위한 Weighting블럭에 도달하여 가중치가 적용되고 그 결과가 움직임 잔상 제거기로 입력되게 된다.

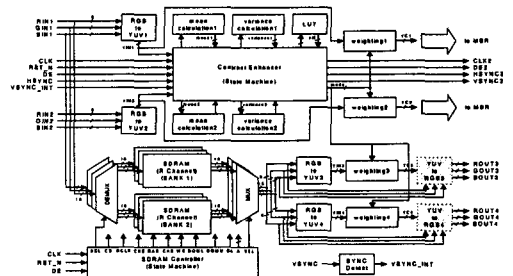


그림 9. 콘트라스트 향상기 전체 구조

본 논문에서 구현한 콘트라스트 향상기에 적용된 디바이스(Device)는 다음과 같다.

표 2. 적용된 디바이스

항목	모델명	업체	비고
FPGA	XCV300E-pq240	Xilinx	300,000 Gate
EEPROM	XC18v04-pc44	Xilinx	XCV300 E 호환
LVDS	THC63LVDM83R	Thine	LVDS Receiver
Reset IC	DS1708	Dallas	Reset 및 Power Seq.용
LCD Module	LG 30"	LG.P LCD	

콘트라스트 향상기의 구현에 있어서 알고리즘 구현은 Xilinx의 FPGA를 사용하였으며, 주변부품으로는 Global Reset 및 Power On Reset을 위하여 Reset IC를 적용하였고, 움직임 검출을 위하여 SDRAM을 사용하였다. Algorithm을 실현하기 위해 사용된 FPGA는 휘발성이기 때문에 Down load된 Data를 저장할 수가 없다. 다시 말하면 Power가 On/Off 되거나 Reset이 되었을 경우, 저장된 Data가 모두 지워지므로 이를 유지할 수 있는 EEPROM과 같이 사용되어야 한다. 본 Board에서는 적용된 XCV300E Device에 대하여 Xilinx사에서 추천 하는 EEPROM인 XC18V04를 사용하였다.

LCD는 LG.Philips 30인치 LCD를 적용하여 실현하

였다. (그림 10)은 위에서 설명한 내용을 실제 Board로 구현한 사진으로 제안한 Algorithm에 대하여 PC 및 DVD Source에 의해 실험 및 검증하였다.

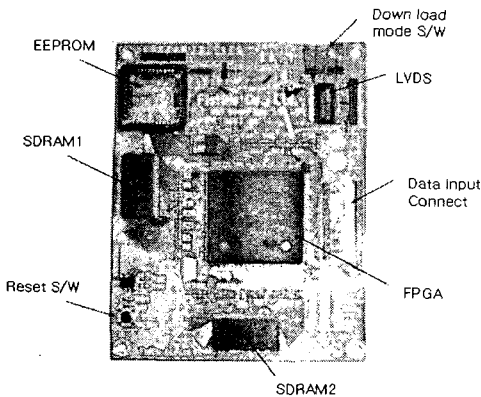


그림 10. 구현한 콘트라스트 향상기 보드

6. 실험 및 성능 평가

6.1 실험

실험은 LG 30인치 LCD TV의 LCD 패널과 AD보드 사이에 구현한 콘트라스트 향상기를 연결하였으며 (그림 11)에 나타나있다.

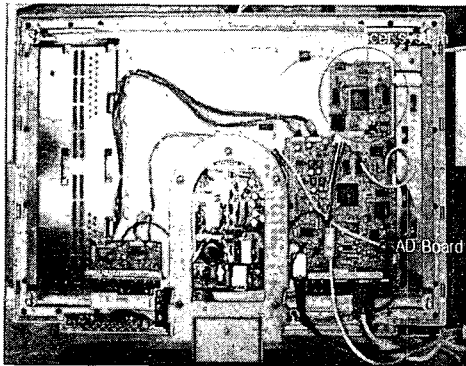


그림 11. 콘트라스트 향상기가 적용된 LG 30인치 LCD TV

6.2 측정 및 평가

측정에 사용된 장비는 미놀타 LS100을 사용하여 암실에서 측정하였으며, 측정 및 평가에 사용된 테스트 패턴은 LG Philips LCD의 Test Pattern 중 Flicker Pattern을 이용하여 측정하였다. 또한 테스트 패턴은 (그림 12)과 같다.

Contrast 측정법에 의하여 White 및 Black에 대하여 즉, 255 Gray와 0 Gray에 대하여 측정하고, 127 Gray와 0 Gray에 대하여 측정하였다.

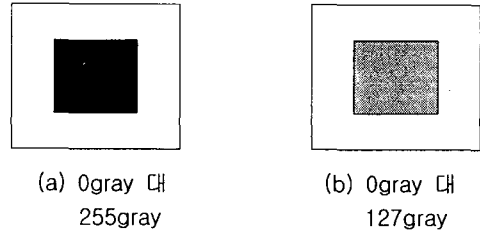


그림 12. 테스트 패턴

측정 방법은 아래 (그림 13)에서처럼 원영상과 처리된 영상을 반으로 나눈 다음 미놀타 LS100을 사용하여 각각 해당 영역의 휘도를 측정하였다.

측정 결과 기존 Module에서는 Contrast 측정치가 253 : 1이었으나 본 논문에서 제안한 Contrast 제어 방법에 의한 결과는 342 : 1로 약 1.35배로 증가하였다.

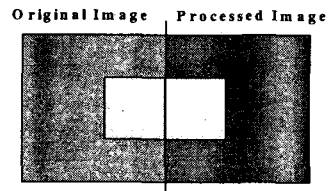


그림 13. Contrast 측정법

표 3. Contrast 측정법에 의한 측정 결과

Gray대비	Brightness [cd/m ²]		Contrast Ratio	
	기존	제안	기존	제안
0 : 127	1.611 : 74.20	1.512 : 91.28	46 : 1	60 : 1
0 : 255	1.611 : 408.6	1.512 : 517	253 : 1	342 : 1

LCD 패널의 고질적인 단점은 Black 레벨이 CRT에 비해 높다는 점이다. 또한 이러한 현상으로 인해 화질의 열화가 생기게 된다.

하지만 본 논문에서 제안한 방법에 의해 기존 1.611이었던 Black 레벨이 1.512로 감소되었음을 알 수 있다.

7. 실험 결과

(그림 14), (그림 15), (그림 16)는 본 논문에서 구현한 콘트라스트 향상기를 LG전자의 30인치 LCD TV에 적용한 결과 영상이다.

결과 영상은 처리되지 않은 원영상과의 비교를 위해 화면을 반으로 구분하여 실험했으며, 왼쪽은 처리되지 않은 영상이며, 오른쪽은 콘트라스트 향상기가 적용된 영상이다.



그림 14. LG전자 30인치 LCD TV에 적용된 결과영상1



그림 15. LG전자 30인치 LCD TV의 결과영상2



그림 16. LG전자 30인치 LCD TV의 결과영상3

8. 결 론

차세대 디스플레이의 선두 주자인 LCD의 최대 단점은 CRT에 비해 콘트라스트 비가 떨어진다는 것이다. 따라서 본 논문에서는 LCD시스템을 위한 콘트라스트 향상기를 제안하였다. 제안한 콘트라스트 향상기는 실시간으로 처리가 가능하며 화소 분포의 평균치와 분산의 정보를 이용함으로써 동영상에서의 콘트라스트 향상을 화면 Flicker등과 같은 부작용 없이 효과적으로 수

행할 수 있다. 또한 정량적인 측정결과 제안한 Adaptive Contrast Control의 적용에 의해 contrast ratio를 1.35 배 향상시키는 결과를 얻었다. 제안한 콘트라스트 향상기는 Xilinx사의 FPGA를 통해 구현되어 최대 65MHz 까지 동작이 가능함을 확인 하였으며, ASIC을 통한 칩 구현을 통해 보다 고속동작이 가능한 콘트라스트 제어 기 구현이 가능함을 알수 있었다.

참고 문헌

- [1] Y. Koo, et al., "An Image Resolution Enhancing Technique Using Adaptive Sub-Pixel Interpolation for Digital Still Camera system", IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 1, pp. 118-122, 1999.
- [2] Rafael G. Gonzales, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, pp. 161-249.
- [3] Randy Crane, Simplified Approach to Image Processing, Prentice-Hall, pp. 55-83, 1994.
- [4] Randy Crane, Simplified Approach to Image Processing, Prentice-Hall, pp. 55-83, 1994.
- [5] M. A. Sid-Ahmed, Image Processing, McGrawHill, pp. 83-98, 1995.
- [6] Bernd Jähne, Digital Video Processing, Springer-Verlag, pp. 77-94, 1993.



서 범 석

1999년 한국항공대학교
항공전자공학과 공학사
2001년 한국항공대학교 대학원
항공전자공학과 공학석사
2003년 한국항공대학교 대학원
항공전자공학과 공학박사 수료

2002년~현재 (주)플렛티스 책임연구원
관심분야 : 영상신호처리, 3D Display, VLSI 디자인



최 철 호

1998년 한양대학교
전자전기제어계측공학과 공학사
2000년 한양대학교 대학원
전자전기제어계측공학과 공학석사
2002년 한양대학교 대학원
전자전기제어계측공학과 공학박사 수료

현재 (주)플렛티스 CTO
관심분야 : VLSI design, 3D display, flat panel displays.



권 병 현

- 1987년 한국항공대학교
항공전자공학과 공학사
- 1989년 한국항공대학교 대학원
항공전자공학과 공학석사
- 1995년 한국항공대학교 대학원
전자공학과 공학박사

1997년 (주)LG전자 선임연구원

현재 유학대학 정보통신학과 조교수

관심분야 : 영상신호처리, 통신, 3D displays.