

실시간 처리를 위한 콘트라스트 조정 기법

조 화 현[†] · 최 철 호^{††} · 권 병 현^{†††} · 최 명 렬^{††††}

요 약

본 논문에서는 화질 향상을 위한 콘트라스트 조정 기법을 제안한다. 제안한 방식은 하드웨어 구조가 종래의 방식에 비해 단순하기 때문에 실시간 처리가 요구되는 평판 정보 디스플레이에 쉽게 적용할 수 있으며, 콘트라스트 범위를 조정하는 가중치를 가변 시킴으로써 응답성 있게 화질을 향상시킬 수 있다. 제안한 방식에 의한 처리 결과와 원영상의 화질 평가를 위해 시각적 검증과 히스토그램의 표준 편차를 도입하였으며, VHDL과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안한 방식의 실시간적 구현과 그 기능을 확인할 수 있었다.

A Contrast Control Method for Real-Time Processing

Hwa-Hyun Cho[†] · Chul-Ho Choi^{††} · Byong-Heon Kwon^{†††} · Myung-Ryul Choi^{††††}

ABSTRACT

In this paper, we have proposed the contrast control method for improving image quality. The proposed method can be easily applied to the FPD (flat panel display) which requires real-time processing because of its lower hardware complexity than the conventional methods. In addition, it can flexibly control the contrast of input image by varying the weight values that control the contrast range. Visual test and standard deviation of their histograms have been introduced to evaluate the results of proposed method and the original images. The functional operation of the proposed method has been verified using the SYNOPSIS VHDL tool and computer simulation. Its results show that the proposed method might be very suitable for real-time processing on the FPD.

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 나타냄으로써 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, 미트

※ 이 논문은 산업자원부 과학기술부에서 시행한 선도기술개발사업(차세대평판표시장치기반기술개발사업)의 지원을 받았습니다.
† 정 회 원 : 한양대학교 대학원 전자전기 제어공학과
†† 준 회 원 : 한양대학교 대학원 전자전기 제어공학과
††† 정 회 원 : 유한대학 정보통신공학과 교수
†††† 정 회 원 : 한양대학교 전자전기 제어공학과 교수
논문접수 1999년 9월 27일, 심사완료 : 2000년 5월 23일

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. 그중 화질 향상을 위한 화상처리 방식에는 콘트라스트 조정(contrast control), 노이즈 감소(noise reduction), 에지 복원(edge restoration), 에지 강조(edge enhancement), 감마보정(γ -correction)등이 있다. 이중 한 분야인 콘트라스트 조정을 이용하면 별도의 정보 증가 없이 화질 향상이 가능하다[1]. 콘트라스트를 향상시키기 위한 방법으로 가장 많이 이용되는 것이 히스토그램의 분포를 이용하는 것이다. 히스토그램이란 영상의 명도 내용을 요약한 것이다. 즉 밝은 점과 어두운 점이 분포할 때 그 분포의 범위와 값을 표현한 것이다. 영상을 디지털화 할 때 명도를 최대한 넓게 사용해야 양질의 품질을 얻을 수 있다[2, 3].

본 논문에서는 FPD상에서 화질 향상을 위한 콘트라스트 조정 방식에 대하여 제안한다. FPD상에서 고해상도를 표시하기 위해서는 많은 정보를 처리해야 하므로 실시간 처리가 필요하다. 기존의 처리 방식은 별도의 메모리를 요구하거나 하드웨어 구성이 복잡하므로 실시간 처리를 요구하는 부분에서는 적용이 어렵다. 제안한 방식은 이러한 문제를 해결하기 위해서 MD(mode detector)를 이용해 가중치를 고정하므로 실시간 처리를 가능하게 하였고, 영상내의 최대 및 최소 화소 값을 이용함으로써 별도의 메모리를 요구하지 않으며 사용자가 필요에 따라서 모드 선택의 기능을 가진 것이 특징이다.

본 논문의 제2장에서는 기존의 콘트라스트 조정 방식을 설명하였고, 제3장에서는 본 논문에서 제안한 콘트라스트 조정 원리와 구성에 대해서 설명하였다. 제4장에서는 컴퓨터 시뮬레이션 방법 및 VHDL 시뮬레이션 결과에 대해서 논하였으며, 마지막으로 결론 부분에서는 제안한 방식의 시뮬레이션 결과에 따른 특징에 대해서 논하였다.

2. 기존의 콘트라스트 조정 방식

콘트라스트는 영상의 가장 어두운 영역부터 가장 밝은 영역의 범위이다. 높은 콘트라스트를 갖은 영상들은 어두운 영역에서부터 밝은 영역의 범위를 갖게 된다. 따라서, 영상의 콘트라스트가 증가하면 영상을 더

욱 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[4-6]. 이두운 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.

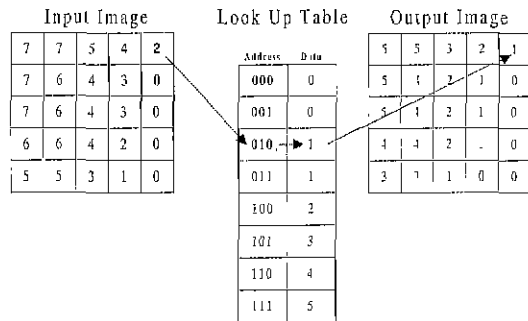
디지털 영상 처리부분에 이용되는 방식으로는 룩업 테이블(look-up table), 히스토그램 슬라이딩(histogram sliding), 히스토그램 스트레칭(histogram stretching)이 있다.

2.1 룩업 테이블 방식

이 방식은 현재 화소 값이 룩업테이블의 주소 부분이 되고, 룩업 테이블 주소 내용이 새로운 화소 값으로 변환되어 출력된다. 이 방식은 식 (1)로 표현되고, (그림 1)에 3비트 룩업테이블을 이용한 연산을 나타냈다[4, 5].

$$New\ pixel = DATA[Add(Input\ pixel)] \quad (1)$$

여기서, Add(r) : 주소의 Address



(그림 1) 3비트 룩업 테이블을 이용한 영상

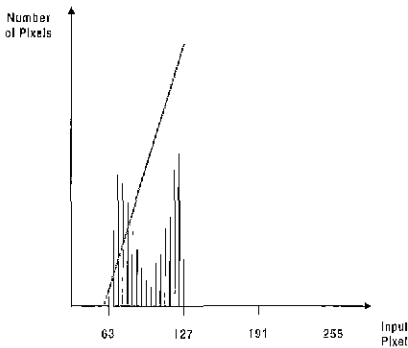
(그림 1)에서 새로운 화소 값은 배열의 인덱스에 의해 지시되는 배열 데이터이고, 새로운 화소 값의 생성은 각 화소에 대해서 이런 인덱스에 의해 지시되는 일련의 작업을 수행함으로써 생성된다. 이 방식은 LUT

(look-up table) 계산을 위한 회로와 그 계산된 값을 저장하기 위해서는 별도의 메모리가 필요하며, 또한 처리된 데이터의 언더/오버 플로어 방지를 위해서 별도의 회로가 필요로 하기 때문에 회로의 구조가 복잡해진다는 단점이 있다.

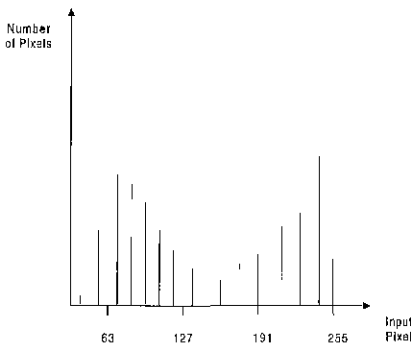
2.2 히스토그램 슬라이딩 방식

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

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



(a) 변환전의 히스토그램 분포



(b) 변환후의 히스토그램 분포

(그림 2) 히스토그램 분포

(그림 2(a))의 회색 직선은 입력출력 관계의 함수를 나타낸다. 이 함수 관계는 히스토그램의 분포 영역에 의해 결정된 직선의 기울기에 따라 입력 화소의 영역을 균일한 영역으로 확장시킨다[5]. 이 방식과 특업 데이

블 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

2.3 명암 대비 스트레칭 방식

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

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

식 (3)에서 처리 영상에서 가장 낮은 값을 갖은 화소 값을 이용하여 현재 입력되는 화소 값과 뮌셀 연산을 수행하면 히스토그램이 왼쪽으로 이동하게 된다. 즉 가장 낮은 화소 값을 0으로 처리한 후에 왼쪽으로 이동된 히스토그램 분포를 전체 영역을 포함하도록 확장시킨다[6, 7]. 이 방식은 언더/오버 플로어가 발생하지 않지만 복잡한 구조의 승산기 및 누산기로 구성되어야 하므로 LCD 구동시스템과 같은 실시간 처리를 필요로 하는 부분에서는 적용하기가 어렵다.

3. 향상된 콘트라스트 조정 알고리즘

3.1 향상된 명암 대비 조정 알고리즘의 원리

본 논문에서 제안한 방식은 기존의 명암 대비 스트레칭의 경우 입력되는 화소마다 가중치가 실시간적으로 변화하므로 입력 영상에 따라서 가중치가 고정되는 방식에 비해서 상대적으로 연산량이 많으며, 하드웨어 구조면에서도 곱셈기를 사용하는 대신 비트 시프트를 사용함으로써 하드웨어 구조도 단순화시켜 구현이 용이하며 식 (4)로 표현된다

$$New\ pixel = (Input\ Pixel - Low\ Pixel) \times (M + US) \quad (4)$$

If (16 ≤ DR ≤ 127) then

$$US = \{-2, -1, 0, 1, 2\}$$

else

$$US = \{0.0.125, 0.25, 0.375, 0.5, 0.625, 0.75\}$$

$$M(Multiple) : INT\left(\frac{255}{High\ pixel - Low\ pixel}\right) \quad (5)$$

식 (4)에서 처음 가장 작은 화소 값을 이용하여 현재 입력되는 화소 값에 대하여 뺄셈 연산을 수행하므로 영상의 화소 값 중 가장 작은 값은 0이 되며 언더플로어 발생을 방지할 수 있다. 또한 오버플로어가 발생하지 않고 전체 영역을 포함하도록 히스토그램을 확장하기 위해 가중치(M+US)를 계산한다. 사용자는 US(user selector)를 이용하여 영상의 콘트라스트를 단계적으로 조정할 수 있다. 여기서 만약 DR(difference range)가 16에서 127사이인 경우 US값이 -2에서 2까지인 이유는 오버플로어가 발생하지 않는 영역까지 히스토그램을 확장하기 위해서고, 128 이상일 경우 2보다 적은 가중치를 곱하여 확장시킨다.

M값은 식 (5)에 의해서 결정되는데 누산기를 이용하여 M값을 계산하지 않고, 히스토그램의 최대 값과 최소 값의 차에 해당하는 값의 비트 정보를 이용한다. 따라서 간단한 하드웨어 구성이 가능하다[8].

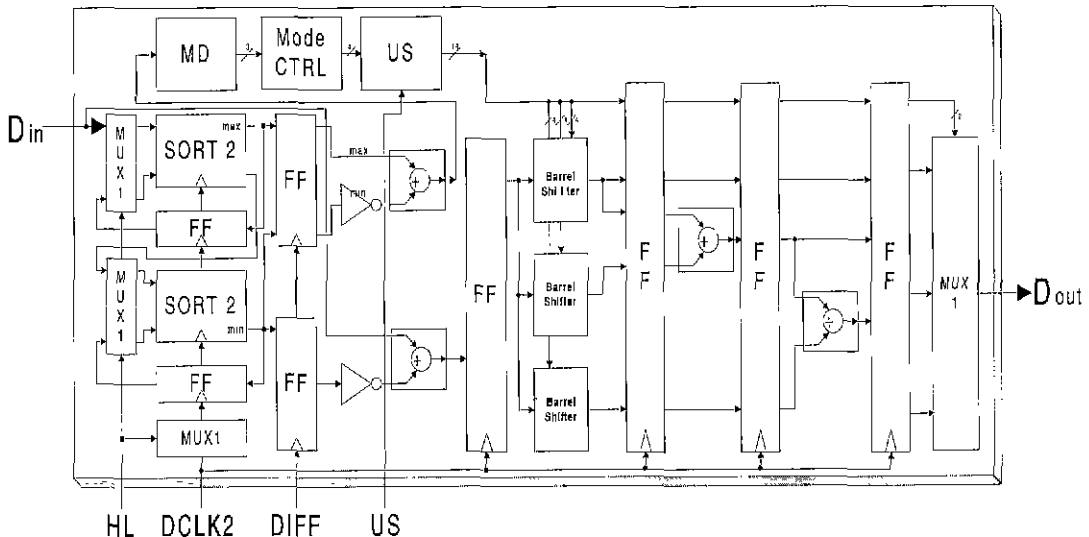
3.2 향상된 콘트라스트 조정 알고리즘의 구조

향상된 콘트라스트 조정 블록은 (그림 3)과 같이 크게 세 부분으로 구성된다. MM(max min)블록은 현재 영상 내에서 최대 화소 값과 최소 화소 값을 판별하고 언더플로어 방지를 위해서 입력되는 화소 값과 최대 화소 값의 차를 계산한다. WD(weight deterrme)블록에서 계산된 결과를 이용하여 가중치를 결정하고 사용

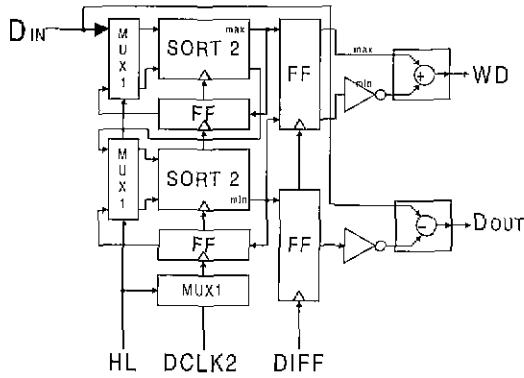
자의 요구에 의해서 가중치 조정 블록으로 구성되어있다. 마지막으로 BS와 가산기를 이용해서 가중치를 계산하는 블록과 실시간 처리를 위해서 증간에 풀립플롭을 이용하여 4단 파이프라인 구조로 구성했다.

3.2.1 MM(max min) 블록

MM 블록은 언더플로어 방지를 위해서 입력되는 화소 값을 좌로 쉬프트하고 영상내의 콘트라스트 향상에 사용할 가중치를 결정하기 위한 부분으로 구성된다. (그림 4)는 MM 블록의 내부 구성도를 나타낸 것이다. 입력되는 화소 값을 좌로 시프트하기 위해서는 SORT2를 이용해서 최소 값을 판별하고 이 판별된 최소 값과 입력되는 화소 값과의 차를 이용해서 시프트 하면 변환된 화소 값의 최소 값이 0이 되기 때문에 언더플로어 방지가 가능하다. 또한 다른 SORT2를 이용해서 최대 값을 판별하고 판별된 최대 값과 최소 값의 감산 연산을 수행하여 DR이 계산된다 DR에 의해서 가중치가 결정된다. 따라서 본 방식을 이용하면 최대 값과 최소 값을 판별하기 위해서 전체 영상을 저장하기 위한 메모리가 필요하지 않고, 가중치 결정을 위해서 최대 값 및 최소 값의 차를 사용하기 때문에 기존의 명암 대비 스트레칭 방식에서 사용되는 누산 방식을 필요로 하지 않으므로 하드웨어 구성이 간단하고 실시간 처리가 가능하다는 것이 특징이다.



(그림 3) 콘트라스트 조정을 위한 전체 블록도



(그림 4) MM 블록도

3.2.2 WD(weight determine) 블록

WD 블록은 MM 블록에서 결정된 DR을 이용하여 가중치를 결정하기 위한 블록과 필요에 의해서 사용자가 가중치 변화 기능을 제공하는 블록으로 구성된다. 가중치 결정을 위하여 입력 계조 레벨의 최상위 비트부터 순차적으로 조사하여 DR값에 의하여 가중치를 결정한다. 결정된 가중치는 별도의 승산기 없이 배럴 쉬프트(barrel shifter)를 이용하여 간략하게 계산되며, US 블록을 이용하여 단계별로 가중치를 사용자가 조정할 수 있고, 영상의 오버플로어를 방지할 수 있다. MUX2은 MODE CTRL, US의 신호에 의해서 선택된 새로운 조정 신호를 출력한다.

3.2.3 WC(weight calculation) 블록

제안한 알고리즘에서 가중치 값의 변화를 위해서 세 개의 BS(barrel shifter)와 두 개의 가산기를 사용해서 가중치를 계산한다. BS는 입력되는 픽셀 값을 오른쪽으로 시프트하면 2의 배수에 상응하는 가중치로 변환되며, 좌로 시프트하면 1보다 작은 가중치(0.125, 0.25, 0.5)로 변환된 값을 얻을 수 있다 또한 각각의 가산기를 이용하여 홀수에 해당하는 가중치 값과 1보다 작은 가중치(0.375, 0.625)를 계산한다. <표 1>에 M값과 가중치를 나타냈다.

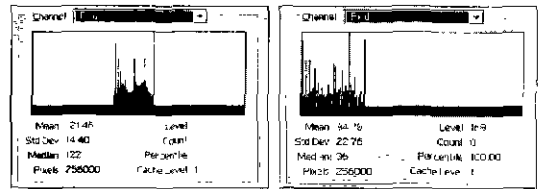
<표 1> M값과 가중치 결과

Histogram		Weight	
Binary	Difference Range	M	M+US
0001XXXX	16~31	8	6, 7, 8, 9, 10
001XXXXX	32~63	4	2, 3, 4, 5, 6
01XXXXXX	64~127	2	1, 2, 3, 4
1XXXXXXX	128~225	1	1, 125, 125, 1375, 15, 1625, 175

(X don't care)

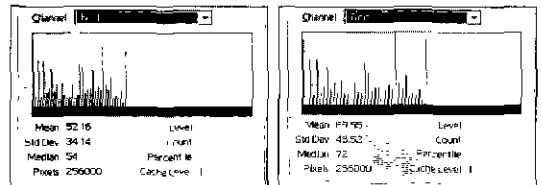
4. 컴퓨터 시뮬레이션

컴퓨터 시뮬레이션 결과는 처리된 영상의 히스토그램 분포 이용하여 비교하였다 그 이유는 양질의 화상이란 히스토그램의 분포가 균일하다는 것을 의미하기 때문이다. 실험 영상으로는 640x480 해상도의 가진 영상을 이용하였다 이 영상의 오른쪽 배경은 명도 값이 서서히 증가하는 경우에 대하여 제안한 방식이 자인스런 명도를 갖는 영상을 제한할 수 있는지의 여부를 판단하기 적합하고 오른쪽 아래 문자의 경우는 처리된 영상의 선명도 평가에 적합하다.



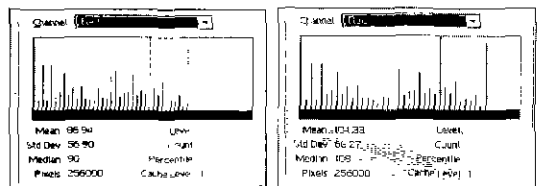
(가) 원 히스토그램

(나) 가중치 2



(다) 가중치 3

(라) 가중치 4

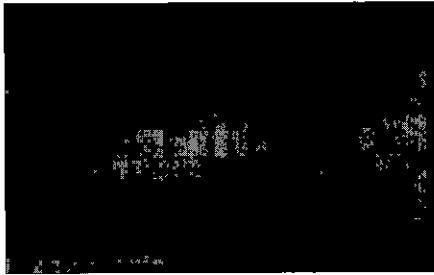


(마) 가중치 5

(바) 가중치 6

(그림 5) 히스토그램의 최대 및 최소 화소 값의 차가 140에서부터 104인 경우 히스토그램의 분포

(그림 5)는 DR가 128보다 작은 경우 가중치(2, 3, 4, 5, 6)를 적용한 경우 히스토그램 분포의 변화를 나타냈고, (그림 6)은 이 히스토그램 분포 변화에 따른 영상을 나타냈다. (그림 7)은 DR가 128보다 큰 경우 가중치(1.125, 1.25, 1.375, 1.5, 1.625, 1.75)를 적용한 경우 히스토그램의 분포를 나타냈고, (그림 8)은 이 히스토그램 분포에



(가) 원래의 영상



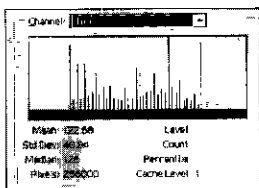
(가) 원래의 영상



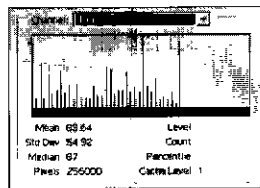
(나) 가중치가 6인 경우의 영상
(그림 6) 히스토그램 차가 36일 때의 영상



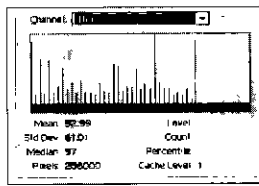
(나) 가중치가 1625인 경우의 영상
(그림 8) 히스토그램 차가 154일 때의 영상



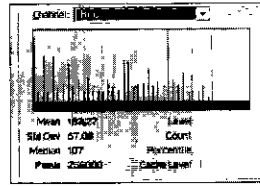
(가) 원 히스토그램



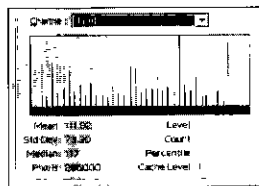
(나) 가중치가 1.125



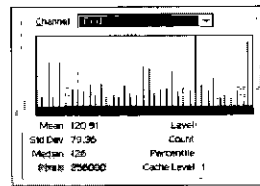
(다) 가중치가 1.25



(라) 가중치가 1.375



(마) 가중치가 1.5



(바) 가중치가 1625

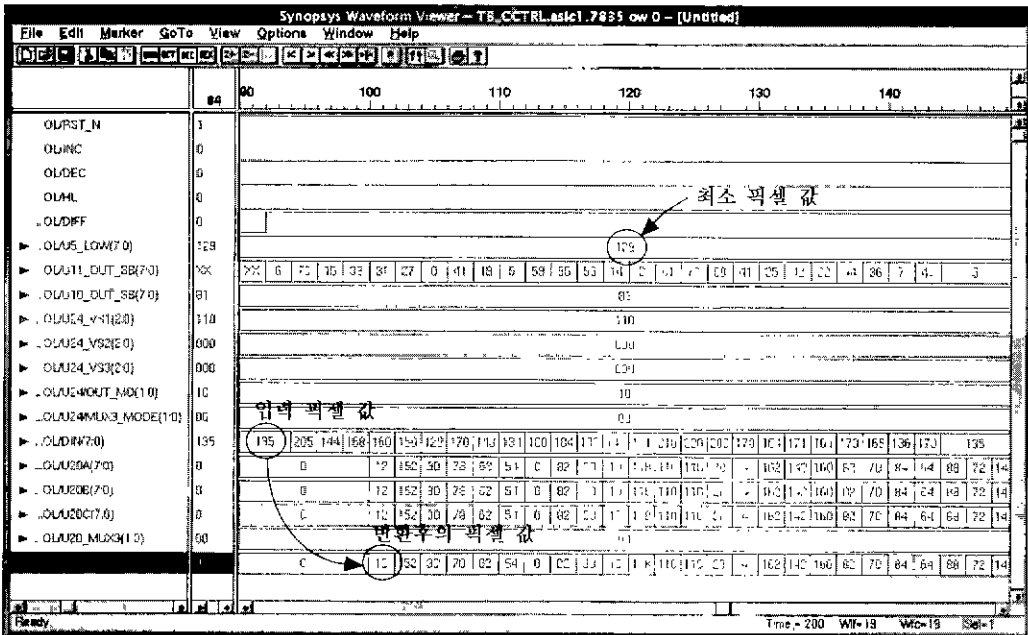
(그림 7) 히스토그램의 최대 및 최소 화소 값의 차가 20에서부터 48인 경우 히스토그램의 분포

다른 영상을 나타냈다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 다양한 실험 영상에 대하여 히스토그램의 표준 편차가 증가되면 히스토그램의 분포가 균일하게 되어 화질이 향상됨을 확인하였다 <표 2>에 실험 영상의 히스토그램 분포와 적용된 가중치를 나타내었다. 이 경우 Diff(difference)에 의해서 가중치가 결정되고 MODE를 선택하여 사용자가 가중치를 변화시킨다 영상 향상 정도는 입력 영상에 의존하므로 영상의 향상정도를 확인하기 위하여 히스토그램을 통하여 향상정도를 도출하였다 <표 2>는 히스토그램과 가중치 사이 관계를 나타내었다.

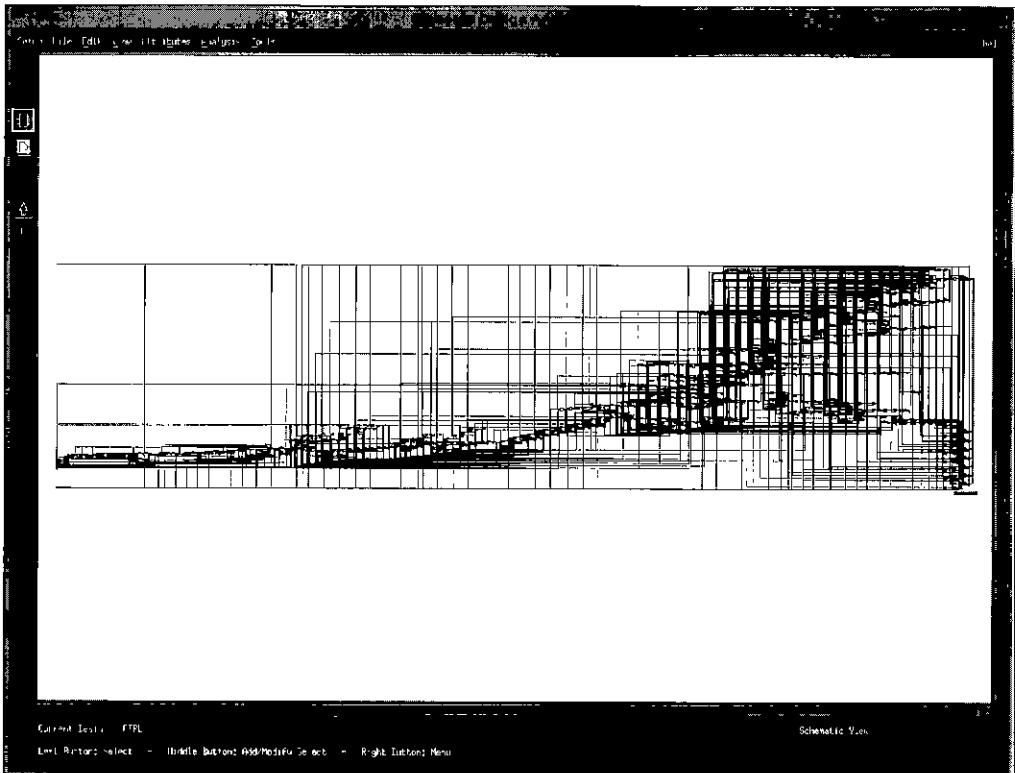
<표 2> 히스토그램과 가중치의 관계

Histogram				Weight				
Max	Min	DR	Binary	M+US				
				MODE 1	MODE 2	MODE 3	MODE 4	MODE 5
140	101	36	00100100	2	3	4	5	6
202	48	154	10011010	1.125	1.25	1.375	1.5	1.625

VHDL을 이용한 시뮬레이션은 Synopsys VHDL을 사용하였으며, LG 0.6 μ m 공정 라이브러리를 이용하였다. (그림 9)는 입력 화소의 가중치가 두 배일 경우 콘트라스트 조정을 사용하였을 경우의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 콘트라스트 조정 블록은 총 2317 게이트가 소요되었으며, (그림 10)에 합성 회로도를 나타냈다.



(그림 9) 시뮬레이션 파형



(그림 10) 콘트라스트 조정 블록의 합성 결과

5. 결 론

일반적으로 화질향상의 방법으로 콘트라스트 조정, 예지 강화, 잡음 감소 등의 기법들이 있다. 이러한 방법은 영상내의 영상 정보량을 진히 증가하지 않고도 화질을 향상시키는 수단으로 이용되는데, 본 논문에서는 현재 연구가 활발히 진행중인 FPD 디스플레이 상에서 화질향상을 위한 향상된 콘트라스트 조정 기법을 제안하였다. 제안한 방식은 하드웨이 구현시 별도의 메모리가 필요하지 않고, 영상 화소내의 최대 화소 값과 최소 화소 값을 이용하여 변환하여 사용되기 때문에 인더플로어 또는 오버플로어를 방지할 수 있다. 가중치 값을 계산하기 위해서 누산기, 승산기를 사용하지 않고 MD(mode detector)와 BS(barrel shifter)를 이용하여 단지 한 영상내의 최대 화소 값과 최소 화소 값 차를 이용하므로 상대적인 연산량이 적어진다. 따라서 실시간 처리를 요하는 FPD 디스플레이 장치에 적합하다.

참 고 문 헌

- [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] Kun et al., "Digital Signal Processor with Efficient RGB Interpolation and Histogram Accumulation." *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, Vol. 44, No.4, pp.1389-1395 1998.
- [3] Markhuser, C P, "NTSC Image Improvements using Basic Inter and Intra/Frame Signal processing," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol.CE-35, pp.836-871, 1989.
- [4] Rafael G. Gonzales. "Digital Image Processing," Addison-Wcsley, pp.161-249.
- [5] Randy Crane, *Simplified Approach to Image Processing*, Prentice-Hall, pp.55-83, 1994.
- [6] M A. Sid-Ahmed. *Image Processing*, McGrawHill, pp.83-98, 1995.
- [7] Bernd jähne, *Digital Video Processing*, Springer-Verlag, pp.77-94, 1993
- [8] C. Choi, et al., "An Image Processor for SXGA/UXGA FPD," *AP-ASIC'99*, pp.250-253, 1999

조 화 현



e-mail : chh@asic.hanyang.ac.kr
 1999년 한양대학교 제어계측공학과 졸업(학사)
 1999년~현재 한양대학교 전자·전기·제어공학과 석사 과정
 관심분야 : ASIC, 저전력 반도체 회로 설계

최 철 호



e-mail : hbw@asic.hanyang.ac.kr
 1998년 한양대학교 제어계측공학과 졸업(학사)
 2000년 한양대학교 제어계측공학과 졸업(공학석사)
 2000년 전자 전기 제어공학과 박사과정

관심분야 : ASIC, Low-Voltage/Low Power VLSI, RF

권 병 헌



e-mail : bhkwon@grocn.vuhan.ac.kr
 1987년 한국항공대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1989년 한국항공대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 1995년 한국항공대학교 전자공학과 졸업(공학박사)

1989년~1997년 LG전자(주) 멀티미디어 선임연구원
 1997년~현재 유한대학 정보통신과 전임강사
 관심분야 : 영상 신호 처리, 영상 통신

최 명 렬



e-mail : choimy@asic.hanyang.ac.kr
 1983년 한양대학교 전기공학과 졸업(학사)
 1985년 미시간주립대학교 컴퓨터 공학 졸업(공학석사)
 1991년 미시간 주립대학교 컴퓨터 졸업(공학박사)

1991년 생산기술 연구원 전자정보실용화센터 조교수
 1991년~1992년 생산기술연구원 산하 전자부품종합기술연구소 선임연구원
 1992년~현재 한양대학교 전자 전기 제어공학과 부교수
 관심분야 : ASICs, 신경회로망 칩 설계, 스마트카드 응용. μ P/DSP, Wireless ATM