

Verilog HDL을 이용한 영상 콘트라스트 향상 모듈의 구현

임 해 근, *고 광 철

한양대학교 전자통신컴퓨터공학과, *한양대학교 전기제어생체공학부

Implementation of Image Contrast Enhancement Module Using Verilog HDL

Hae-Keun Lim, *Kwang-Cheol Ko

Dept. of Electronic and Computer Engineering, Hanyang University

Abstract - 영상처리는 크게 두 가지의 목적을 가지고 이루어지게 된다. 첫 번째는 저화질 영상을 고화질로 바꾸거나 문자의 가독성을 높이는 등의 인간이 이해하기 쉽게 영상정보를 개선하는 것이고, 두 번째는 압축 및 변환을 통해 컴퓨터가 빠르고 효율적으로 인식할 수 있게 변환하는 것이다. 영상처리의 목적 중 첫 번째인 인간이 이해하기 쉽게 영상정보를 개선하는 분야를 영상향상(Image Enhancement)이라고 부른다. 본 논문에서는 기존의 소프트웨어로 구현한 영상향상 분야를 FPGA를 이용하여 구현함으로써 실시간으로 카메라로부터 들어오는 RAW이미지의 콘트라스트를 향상시키는 기능을 하게 한다.

1. 서 론

영상처리는 수많은 어플리케이션에서 사용되는 넓은 영역의 기술들에 대한 총칭이다. 이에 포함되는 기술들은 영상을 더욱 높은 질의 영상으로 만들거나 일그러뜨리고, 영상의 두드러진 특징들을 더욱 두드러지게 하고, 다른 영상의 일부분으로부터 새로운 영상을 만들어 내고, 영상을 획득하는 동안이나 획득한 후에 변질된 영상을 복원시키는 등의 기술들이다. 이 중 영상 콘트라스트 향상은 영상에서 물체를 구별하기 쉽게 도와준다. 영상을 이루는 요소 중의 하나인 콘트라스트(contrast)는 영상의 가장 어두운 영역부터 가장 밝은 영역까지의 범위를 나타낸다. 본 논문에서는 영상 콘트라스트 향상기법 중의 하나인 히스토그램 평활화 방식을 이용한 모듈을 Verilog HDL(Verilog Hardware Description Language)로 구현함으로써 기존의 소프트웨어로 처리하던 방식보다 빠른 처리를 목적으로 한다.

2. 본 론

2.1 영상

인간은 시각·청각·후각·미각·촉각 등으로 정보를 취득하며, 이중 시각을 통하여 가장 많은 정보를 취득하고 있다.

2.1.1 영상의 인지

컬러 영상정보를 인지하는 방법은 세 가지 지각(知覺) 변수로 분류되는데 색상(hue), 채도(彩度, saturation), 명도(明度, brightness)가 그것이다[1]. 우리가 컬러라는 단어를 사용할 때, 보통 색상을 말하는 것이다. 색상은 녹색이나 노란색과 같이 색깔들을 식별해 준다. 색상은 다양한 파장이 관측자의 눈으로 들어오면서 받아들여지는 컬러에 대한 느낌이다. 흑색, 회색, 그리고 백색은 색깔을 가진다고 하지만 색상은 없다. 채도는 백색으로 회색되지 않은 색깔의 정도를 말한다. 순수한 색상에 첨가되

는 자연색깔의 양이 증가할수록 채도는 감소한다. 채도는 흔히 색깔이 얼마나 순수한가를 의미하기도 한다. 채도가 약한 색깔은 색이 바래거나 희미해져 보이며, 채도가 강한 색깔은 뚜렷하고 활기가 넘쳐 보인다. 붉은 색은 채도가 가장 높은 색인 반면, 분홍색은 채도가 떨어지는 색이다. 순수한 색깔을 혼합하여 0%에서 100%의 채도를 만든다. 명도는 빛이 물체에 반사되어 느껴지는 강도이다. 이것은 백색에서부터 회색을 거쳐 흑색까지의 모든 범위를 의미한다. 그래서 흔히 이러한 범위를 명암도(gray level)라고 한다. 유사한 용어로 CRT와 같은 스스로 빛을 내는 물체의 감지 강도를 의미하는 명도(brightness)가 있다. 감지되는 양을 나타내는 명도와 측정에 의해 구해지는 양인 명도는 대수적인 관계가 있다. 대비(contrast)는 영상의 가장 어두운 영역으로부터 가장 밝은 영역의 범위이다. 수학적으로 표현하자면 다음과 같다.

$$Contrast = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

여기에서 I_{max} 와 I_{min} 은 어떤 영역이나 영상의 명암도의 최대와 최소값이다. 높은 대비를 가진 영상들은 어두운 영역과 밝은 영역의 범위가 크다. 좋은 대비를 가진 영상이 광도를 전적으로 잘 표현한다. 영상의 대비가 증가하면 관찰자는 더욱 상세하게 볼 수 있다. 이것은 영상에서의 정보의 총량은 전혀 증가하지 않는 순수한 지각 작용이다. 우리의 지각 작용은 순수한 광도의 강도에 민감하기보다는 광도의 대비에 더 민감하다. 그림1은 이러한 현상을 보여준다.

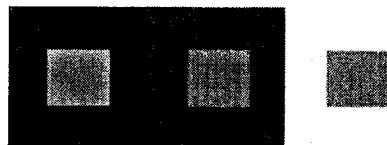


그림 1 동시적 대비(Simultaneous Contrast)의 예

커다란 사각형의 중간에 작은 사각형이 같은 광도를 가지고 있다고 해도 그들은 그들 주위의 밝기가 동일하다는 느낌을 주지 않는다. 이러한 현상은 선형적인 공간 필터링의 산물이다. 광도의 느낌은 그 지역의 배경의 강도에 크게 의존한다.

2.1.2 영상의 처리

영상처리란 영상의 대역 압축, 영상의 부호화, 영상의 Digital화 등을 포함하는 '영상전송 기술'과, 잡음제거, 기

하학적 보정, 농도보정, 영상의 강조, 흐림의 복원, 영상의 변환과 합성 등을 포함하는 '영상 전처리 기술', 그리고 윤곽추출, 기하학적 특징 추출, Skeleton 추출, Multi Band Spectrum Data 이용, 영역분할, Texture 해석 등을 포함하는 '영상분할 기술', 마지막으로 식별, 결정, 영상의 구조 설명, 영상의 이해 등을 포함하는 인식 이해 기술로 나눌 수 있다.

2.1.3 히스토그램(Histogram)

디지털 영상처리에서 가장 간단하면서 유용한 도구 중의 하나가 히스토그램(Histogram)이다. 히스토그램이란 영상 안에서 픽셀(Pixel)들에 대한 명암 값의 분포를 나타낸 것이다. 다시 말한다면 한 영상에서 밝은 점과 어두운 점이 분포하면 그 분포의 범위와 값을 표현한 것이다. 이를 그래프로 나타낸 것을 히스토그램 그래프라고 한다. 히스토그램 그래프는 보통 막대그래프로 나타내는데 256-Gray-Level 영상에서는 명암 값의 범위는 0~255 값을 가지고 있으며 각 명암 값(Level)의 빈도수를 조사하여 그래프의 높이로 나타낸다.



그림 2 lena 영상의 히스토그램

2.2 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)

히스토그램 평활화란 명암 값의 분포가 한쪽으로 치우치거나 균일하지 못한 영상일 경우 명암 값을 균일하게 영상을 재구성하는 방법이다.

2.2.1 히스토그램 평활화 과정

공간영역에서 영상과 영상처리 함수는 다음과 같은 방식으로 표현이 가능하다[2][3].

$$s(x, y) = T[r(x, y)] \quad (1)$$

여기서 $r(x, y)$ 은 원영상(입력영상)을 나타내고 $s(x, y)$ 는 결과영상을, $T(r)$ 는 변환함수(Transform function)를 나타낸다. x, y 는 각각 화소 값들을 지정한다.

위의 식을 정규화(Normalization)된 명암 값에 국한된 함수로 표현하면 다음과 같다.

$$s = T(r) \quad (0 \leq r \leq 1) \quad (2)$$

이 식과 같이 간단하게 영상처리 혹은 영상변환 식의 표현이 가능하다.

영상변환 중에서 영상의 콘트라스트를 향상시키기 위한 영상처리를 콘트라스트 향상이라고 하는데 원 영상의 화소 값 r 과 변환된 영상의 화소값 s 에 대한 확률 밀도 함수는

$$p_s(s) = \left[p_r \frac{d_r}{d_s} \right]_{r=T^{-1}(s)} \quad (3)$$

이다. 여기서 $p_s(s)$ 는 화소 s 에 관한 확률 밀도함수이

고 $p_r(r)$ 은 화소 r 에 대한 확률 밀도함수가 된다. 식 (2)의 관계식이

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w) dw \quad (4)$$

를 만족한다고 가정하면 변수 r 에 대한 누적 분포함수로써 표현이 가능하게 된다.

위 (4)식의 미분은

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad (5)$$

$(0 \leq r_k \leq 1, \quad k = 0, 1, \dots, L-1)$

이며, 이 식의 역 변환은

$$r_k = T^{-1}(s_k) \quad (0 < s_k < 1) \quad (6)$$

가 된다. 이것이 히스토그램 평활화 처리 과정이고 이 과정을 요약하면 다음과 같은 과정을 거치게 된다.

(1) 주어진 원 영상을 $K=0, 1, \dots, L-1$ 까지 L 개의 회색 준위에 대해 각각의 정규화 값인 r_k 값을 계산하고 L 개의 회색준위에 대해 각각의 회색 준위가 나타나는 횟수와 n_k 를 구한다.

(2) n 과 n_k 값을 가지고 $p_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$ 식을 이용하여 각 회색준위가 나타날 확률 $p_r(r_k)$ 값들을 계산한다.

(3) $p_r(r_k)$ 값을 가지고 s_k 를 이용하여 히스토그램 평활화를 위해 변환된 회색준위 s_k 값들을 계산한다.

(4) 균등한 간격을 가지는 L 개의 회색준위만 허용되므로 변환된 회색준위 s_k 값들을 재 정의하고 그 결과 값에 따라 n_k 값들을 재 할당한다.

2.2.2 히스토그램 평활화 모듈의 설계

흑백영상에서 히스토그램 평활화는 회색준위 하나만을 가지고 계산하여 결과 영상을 도출한 반면 본 논문에서 구현하는 히스토그램 평활화 모듈은 흑백영상이 아닌 컬러 영상의 콘트라스트를 향상하도록 설계되었다. 그림 3은 모듈의 블록도를 나타낸다.

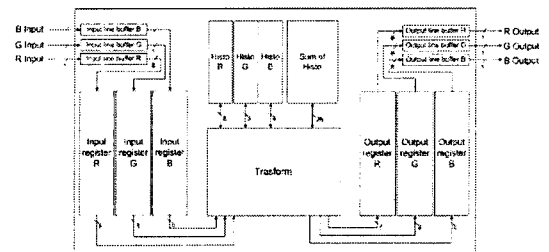


그림 3 히스토그램 평활화 모듈 블록도

카메라로부터 들어오는 컬러 영상의 콘트라스트를 향상시키는 알고리즘은 다음과 같은 과정으로 수행된다.

(1) 입력영상에서 R, G, B 각각의 히스토그램을 구한다.

- (2) 준위(level)별 R, G, B 히스토그램 합을 구한다.
- (3) 모든 R, G, B 히스토그램의 합으로 평균값을 구한 후 히스토그램 스트레칭 방식으로 결과영상을 도출한다.

2.2.3 히스토그램 평활화 모듈의 구현

모듈은 Verilog HDL로 설계하고[4][5], 검증을 위해 사용한 툴은 Mentor Graphics사의 ModelSim을 사용하였다. 그림 4는 ModelSim에서 구현한 모듈을 가지고 시뮬레이션한 것을 보여준다.

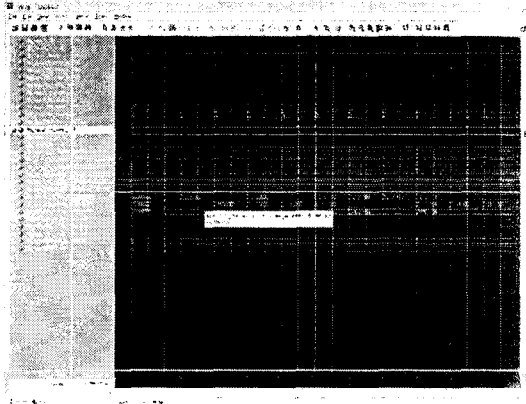


그림 4 시뮬레이션 결과

그림 5, 6, 7, 8은 본 논문에서 구현한 모듈에 입력한 원영상과 결과영상, 그리고 각각의 히스토그램을 보여준다.



그림 5 lena 영상의 원영상과 히스토그램



그림 6 lena 영상의 결과영상과 히스토그램

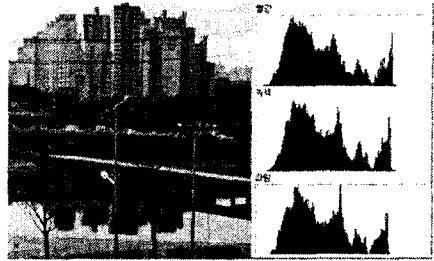


그림 7 풍경 영상의 원영상과 히스토그램

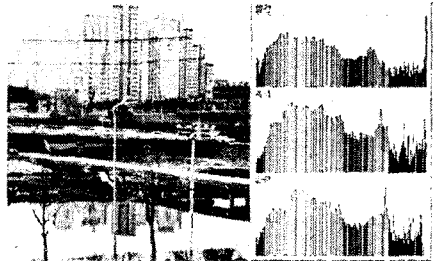


그림 8 풍경 영상의 결과영상과 히스토그램

3. 결 론

히스토그램은 영상자체의 전체 동적범위(Dynamic range)를 사용하게 하여 영상의 인식률을 높이는 효과가 있다. 고급의 영상을 얻기 위해서 히스토그램에 관한 연구는 멀티미디어 서비스 분야에서 매우 중요한 과제가 아닐 수 없다.

본 논문은 히스토그램을 이용하여 보다 향상된 영상 품질을 얻는 모듈을 구현하였다. 구현한 모듈은 카메라로부터 들어오는 영상의 인식률을 높여야만 하는 여러 분야에 적용될 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Randy Carane, "A Simplified Approach To Image Processing", Prentice Hall, pp. 42-66, 1997
- [2] Maria Petrou, "Image Processing : The Fundamentals", Wiley, [[.125-153, 1999
- [3] Yeong-Taeg Kim, "Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization", IEEE Transaction on Consumer Electronic, Vol. 43, No. 1, pp 1-8, 1997
- [4] Michael D. Ciletti, "Advanced Digital Design with the Verilog HDL", Prentice Hall, 2003
- [5] Michael John Sebastian Smith, "Application-Specific Integrated Circuits", Addison Wesley, pp. 479-557, 1997