

Mobile Display 장치를 위한 Adaptive-Filter 기반형

선명도 향상 알고리즘의 하드웨어 구현

임정욱* · 송진근* · 이성진* · 민경중** · 강봉순*

*동아대학교

**삼성전기 주식회사

Implementation of Sharpness-Enhancement Algorithm based on Adaptive-Filter for Mobile-Display Apparatuses

Jeong-uk Im* · Jin-gun Song* · Sung-jin Lee* · Kyoung-joong Min** · Bong-soon Kang*

*Dong-A University

**SAMSUNG Electro-Mechanics Co. Ltd.,

E-mail : hammer18@didec.donga.ac.kr

요 약

디지털 카메라의 출현과 Mobile 장비에서의 카메라 적용으로 인하여 디지털화된 이미지의 화질 개선이 지속적으로 연구되고 있다. 특히, 센서로부터 입력된 이미지는 영상으로 출력되기 전 ISP(Image Signal Process) 과정을 거치게 되는데, 이 단계에서 이미지는 고주파 성분의 Noise 제거를 위한 LPF(Low Pass Filter)에 의해 고역의 주파수 성분이 상쇄되는 결과를 가진다. 이에 본 논문에서는 LPF에 의해 Blurring된 이미지를 윤곽선 검출 알고리즘을 사용하지 않고, 이미지 윤곽선이 가질 수 있는 다양한 상태를 고려하여 적절한 계수를 가지는 Adaptive-HPF(High Pass Filter)를 사용함으로써 더욱 선명한 영상을 출력하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘의 하드웨어 구현 시 Total Gate Count는 8700여 개로 Mobile 장치에 적용될 수 있다는 것을 검증하였다.

ABSTRACT

Definition-Enhancement of the digitalized image has been being made researches continuously due to application a camera to a mobile-apparatus and the advent of a digital camera. In particular, the inputted image from a sensor goes through the process of ISP(Image Signal Process) prior to output as a visual image. The high-frequency components are offset by LPF(Low Pass Filter) that eliminates the noise of high spatial-frequency at the moment. In this paper, we propose an algorithm that outputs more vivid image by using adaptive-HPF(High Pass Filter) that has apt coefficients for diverse conditions of an image edge, nevertheless we do not employ any Edge-Detection algorithm to enhance a blurred image.

키워드

ISP, Edge, YCbCr, 3X3 Masking, HPF, Post Processing

1. 서 론

CMOS Image Sensor를 이용한 디지털 카메라 혹은 휴대 전화, 원격 탐사 자료 영상의 경우 입력된 Bayer Pattern의 영상은 ISP 과정을 거치면서 실제 영상으로 출력되게 된다. 이때 고주파 성분의 Noise 제거를 위해 선행 단계에서 LPF를 사

용함으로써 고역의 주파수 성분을 상쇄시키는 결과를 가지게 된다 [1]. 따라서 본 논문에서는 최종 영상이 출력되기 전 ISP의 마지막 단계인 Post-Processing 영역에서 이미지의 Blurring 현상에 의해 선명하지 못한 화질의 영상을 개선하기 위한 선명도 향상 알고리즘을 제안하고 이를 하드웨어로 구현하는 것을 목표로 한다. 그림 1은

ISP 과정 중 후 처리 단계인 Post-Processing의 블록도를 나타낸 것이며 Hue, Saturation & Contrast Control 블록 앞에 선명도 향상 알고리즘이 적용되는 것을 확인할 수 있다.

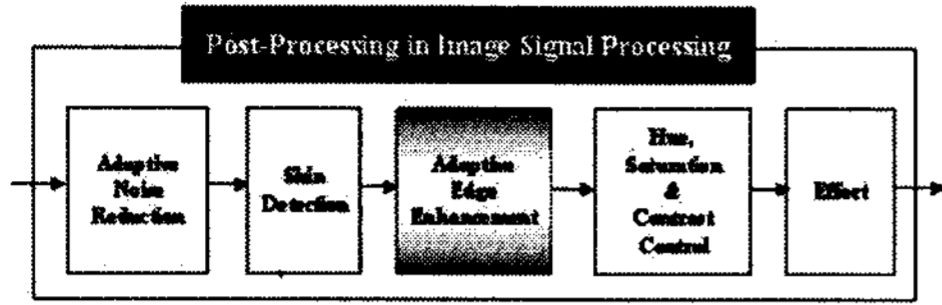


그림 1. ISP의 후 처리 단계 블록도

선명도 향상 알고리즘은 선 처리 과정에서 발생한 Edge 강하 현상을 보상하기 때문에 먼저 윤곽선, 즉 Edge 영역을 정확하게 검출하는 것이 선행문제가 된다. 기존의 선명도 향상 알고리즘의 경우 윤곽선 검출 알고리즘을 개별적으로 적용한 후 윤곽선의 선명도를 개선하지만 본 논문에서 제안한 알고리즘은 윤곽선 검출 알고리즘을 사용하지 않고 Target 픽셀을 중심으로 3X3 Masking 및 설정된 Threshold 값들을 이용하여 윤곽선을 검출하게 된다. 그리고 이미지가 가지는 Edge의 여러 상태를 고려하여 각 상태에 적합한 HPF를 사용함으로써 더욱 향상된 선명도를 얻을 수 있었으며 복합 영상 및 방향성을 고려한 모든 영상에서 개선된 결과를 얻을 수 있었다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 본 논문에서 제안된 알고리즘을 기술하였으며 3장과 4장에서는 하드웨어 설계 및 실험적 결과들을 나타내었다. 마지막으로 5장에서는 결론에 대하여 언급할 것이다.

II. 본 론

2.1 색 좌표계의 변환

윤곽선의 선명도는 경계선에서의 화소 명암 변화율에 따라 결정된다. 하지만 CMOS Image Sensor는 이미지를 RGB(Red, Green, Blue)계열로 받아들이기 때문에 명암을 나타내는 휘도 정보를 얻을 수 없다. 따라서 본 논문에서는 휘도와 색차를 분리할 수 있는 YCbCr 색 좌표계를 사용하며 이때 Blurring 현상을 나타내는 Target 픽셀의 Y(Luminance) 값 및 주변 픽셀과의 연산에 의한 값을 이용하여 윤곽선을 검출하게 된다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2568 & 0.5041 & 0.0979 \\ -0.1428 & -0.2910 & 0.4392 \\ 0.4392 & -0.3687 & -0.0714 \end{bmatrix} \quad (1)$$

수식 1은 본 논문에서 사용된 RGB를 YCbCr 색 좌표계로 바꾸는 변환 매트릭스를 나타낸다.

2.2 윤곽선의 특성 파악 및 검출

이미지 내에서 윤곽선, 즉 Edge가 가지는 특성은 영역의 경계를 의미하기 때문에 명암비의 불연속점 혹은 픽셀 미분 값의 불연속점을 의미한다. 기존의 윤곽선 검출 방법에는 Sobel Mask, Prewitt Mask, Laplacian Mask 등의 필터를 이용한 검출 방법 등이 있으나 Mobile 장비에서의 카메라 적용은 상대적으로 작은 하드웨어를 요구하므로 본 논문에서는 윤곽선 검출 시 기존의 알고리즘을 사용하지 않고 Target 픽셀과 주변 픽셀들과의 연산에 의한 값, 그리고 미리 설정된 Parameter 값들을 사용하여 윤곽선 검출 및 영역 설정을 시도하였다.

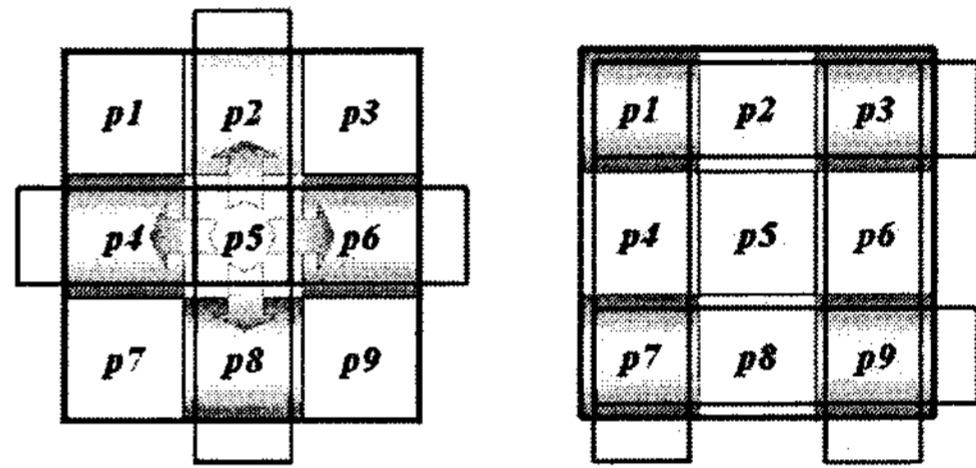


그림 2. 윤곽선 검출을 위한 연산

그림 2는 3X3 Masking을 이용하여 윤곽선 검출에 필요한 Parameter 값들을 얻기 위해 주변 픽셀들을 이용한 연산 과정이며 그 수식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} Diff_hor_1 &= p5 - p2 & (2) \\ Diff_hor_2 &= p5 - p8 & (3) \\ Diff_ver_1 &= p5 - p4 & (4) \\ Diff_ver_2 &= p5 - p6 & (5) \\ D_hor &= |p1 - p7| + |p3 - p9| & (6) \\ D_ver &= |p1 - p3| + |p7 - p9| & (7) \\ Bright_hor &= 2 * p5 - p2 - p8 & (8) \\ Bright_ver &= 2 * p5 - p4 - p6 & (9) \end{aligned}$$

위의 수식 2~9는 윤곽선 검출을 위해 Target 픽셀과 주변 픽셀들과의 연산을 나타낸 기본 수식들이며 위의 수식들을 이용하여 Flat 혹은 Noise, Texture, Weak 그리고 Strong Edge의 4 영역으로 구분하기 위한 새로운 수식들을 제안한다.(수식 10~13)

$$|Diff_hor_1| + |Diff_hor_2| \quad (10)$$

$$|Diff_ver_1| + |Diff_ver_2| \quad (11)$$

$$|abs_diff_ver - abs_diff_hor| \quad (12)$$

$$D_ver + D_hor \quad (13)$$

위의 수식들을 바탕으로 앞서 언급한 4영역을 설정하고 수직, 수평에 대한 각각의 경우도 고려하였으며 특히, Weak, Strong Edge의 경우는 Target 픽셀이 주위보다 밝은 영역인지 혹은 어두운 영역인지를 판단하여 Bright, Dark 영역으로 세분화하였을 뿐만 아니라 Dark 영역의 경우 Light Dark 및 Deep Dark로 더욱 세분화함으로써 더욱 정확한 윤곽선 검출을 시도하였다. 그리고 Edge 강화에 의해 Strong Edge 영역에서 Edge가 비대하게 강조되는 것에 대해서도 적절한 Threshold 값을 설정하여 더욱 자연스러운 결과를 얻을 수 있도록 하였다.

하지만, 이렇게 검출된 Edge 영역 중 Blurring 된 부분의 보상 방법으로 고역 통과 필터 혹은 고역 강화 필터를 사용할 경우 이미 감쇠된 고역 주파수 성분을 충분히 강화하는데 한계점을 나타내었다 [2].

2.3 Adaptive HPF의 구현

Blurred Edge를 더욱 선명하게 하기 위하여 HPF를 사용하나 본 논문에서는 이미지 윤곽선이 가지는 다양한 경우를 고려하였기 때문에 각각의 상태에 적절한 필터의 선택이 필요하며 그림 3은 각 상태에 적합한 HPF의 특성을 나타내었다.

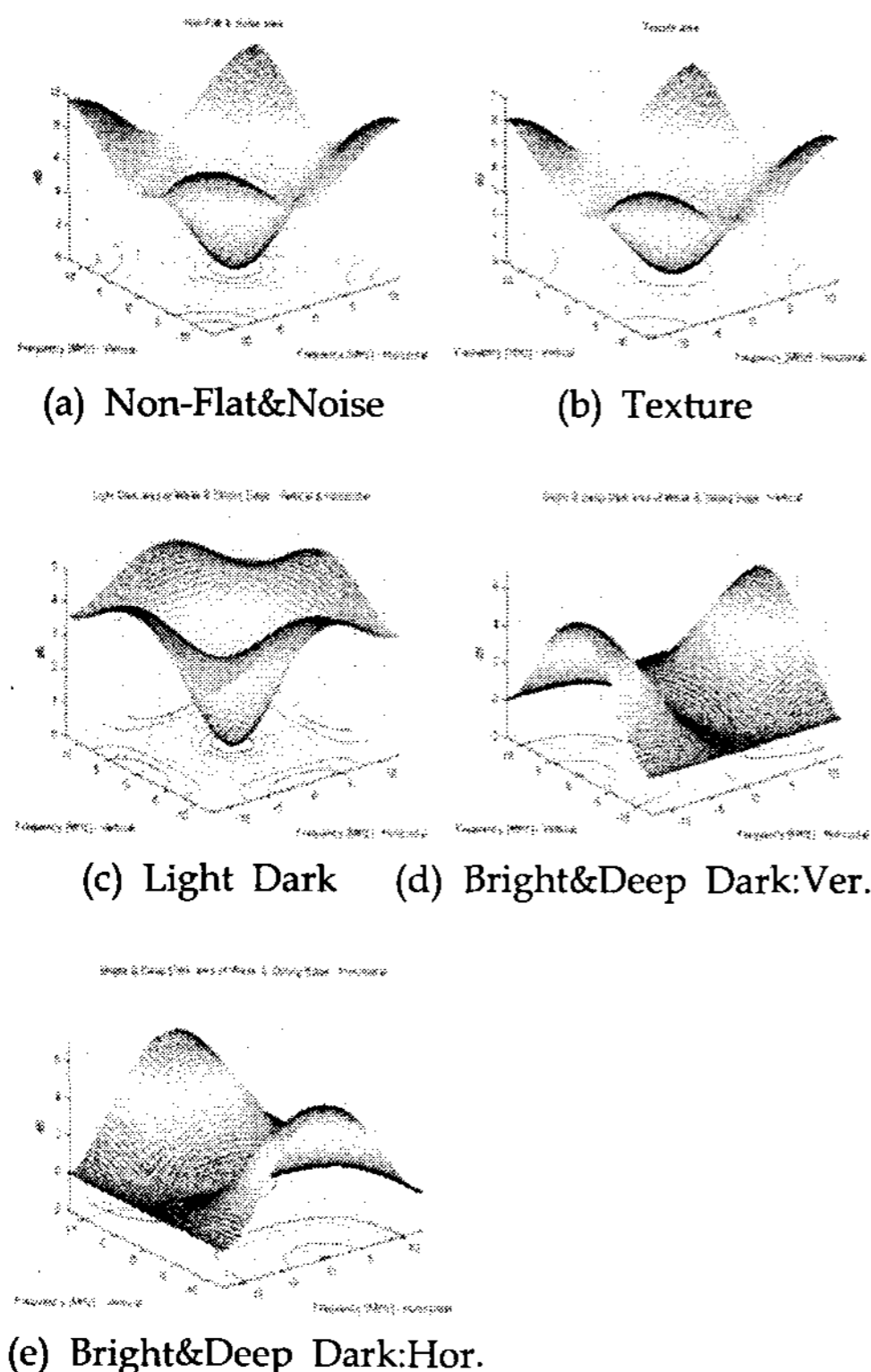
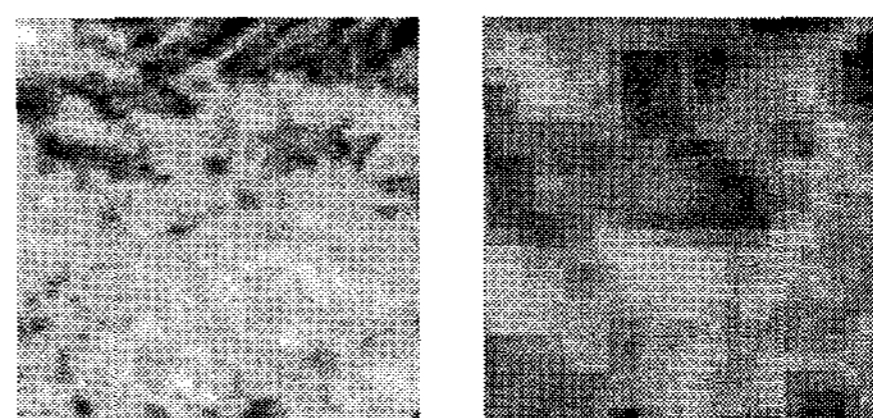


그림 3. Adaptive-HPF의 필터 특성

Weak, Strong Edge 영역의 경우 같은 필터를 사용하도록 하여 하드웨어 크기를 줄이는 반면 Strong Edge 영역은 필터 Gain의 경우의 수를 더욱 많이 할당함으로써 다양한 환경에 적절하게 사용할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 Bright와 Deep Dark 영역 역시 같은 필터를 사용하여 하드웨어 크기를 줄이도록 하였다.

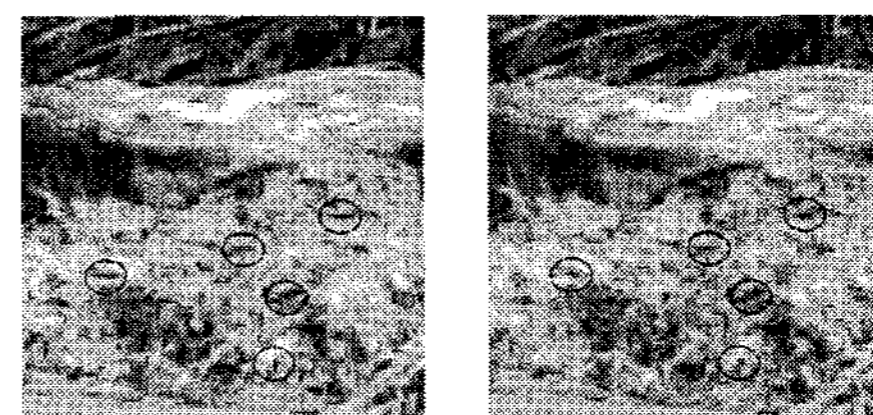
2.4 복합 영상에서의 문제점 보완

방향성이 없는 복합 영상의 경우 앞서 언급한 Sharpening을 적용하면 Edge 영역으로 판명되어 가로 및 세로 선이 강조되는 결과를 가지게 된다 [3]. 그림 4는 잔디와 같은 복합 영상과 Edge를 판별하는 Y 레벨만을 나타낸 그림이다.



(a) Blurred 잔디 영상 (b) 잔디의 Y 영상
그림 4. 복합 영상의 예

그림 4의 (b)와 같이 방향성이 없는 영상이라도 Edge로 판명되어 잔디 부분을 비대하게 강조함으로써 부자연스러운 결과를 가지게 되는데, 이를 해결하기 위해 Strong Edge의 Deep Dark영역에서 실험을 통한 Threshold 값을 설정하였다. 따라서 수평, 수직에 대해 Threshold 값 이상인 경우 선으로 판명하고 HPF를 사용하여 Edge를 강화하며 Threshold 값 미만일 경우는 복합영상으로 판명하고 Bypass하게 된다. 그림 5는 개선된 알고리즘을 적용한 결과 이미지를 나타낸다.



(a) 기존 방법 (b) 개선된 방법
그림 5. 복합 영상에서의 개선된 결과 이미지 [3]

III. 하드웨어 구현

제안된 알고리즘은 3X3 Masking을 이용하여 필터 적용을 하기 때문에 라인 메모리가 필요하다. 이는 Memory Block을 통하여 구현하였으며 3 채널 Y 데이터 및 Blank 구간을 제외하고 실제

이미지만을 처리하기 위한 동기 신호를 출력하게 된다. Sub-Block I은 수식 2~13까지의 Parameter 값들을 생성하게 되며 Sub-Block II는 Target 픽셀이 어느 영역에 속하는 Edge인지를 판단하게 된다. 그리고 Sub-Block III은 각 영역에 적합한 필터에 의해 필터링 혹은 Bypass를 수행하며 Sub-Block IV는 정규화를 수행하게 된다.

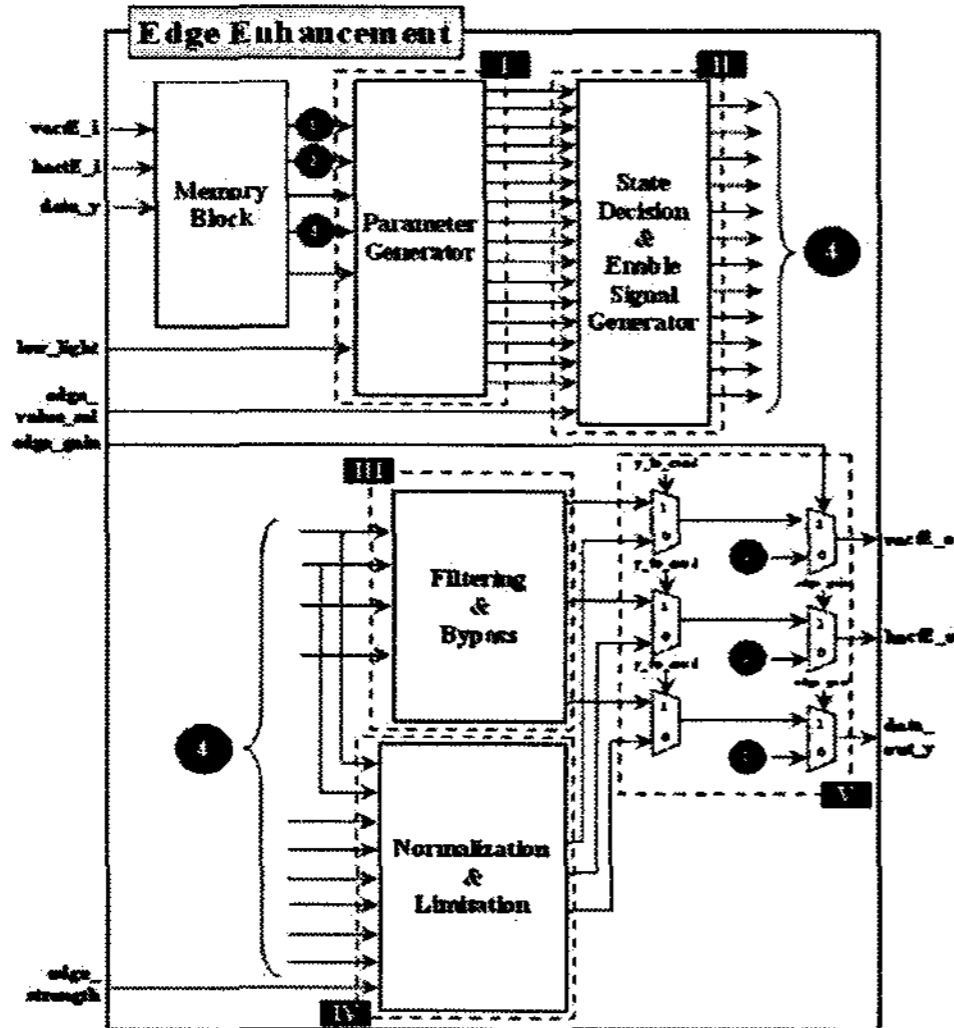


그림 5. 제안된 시스템의 Block Diagram

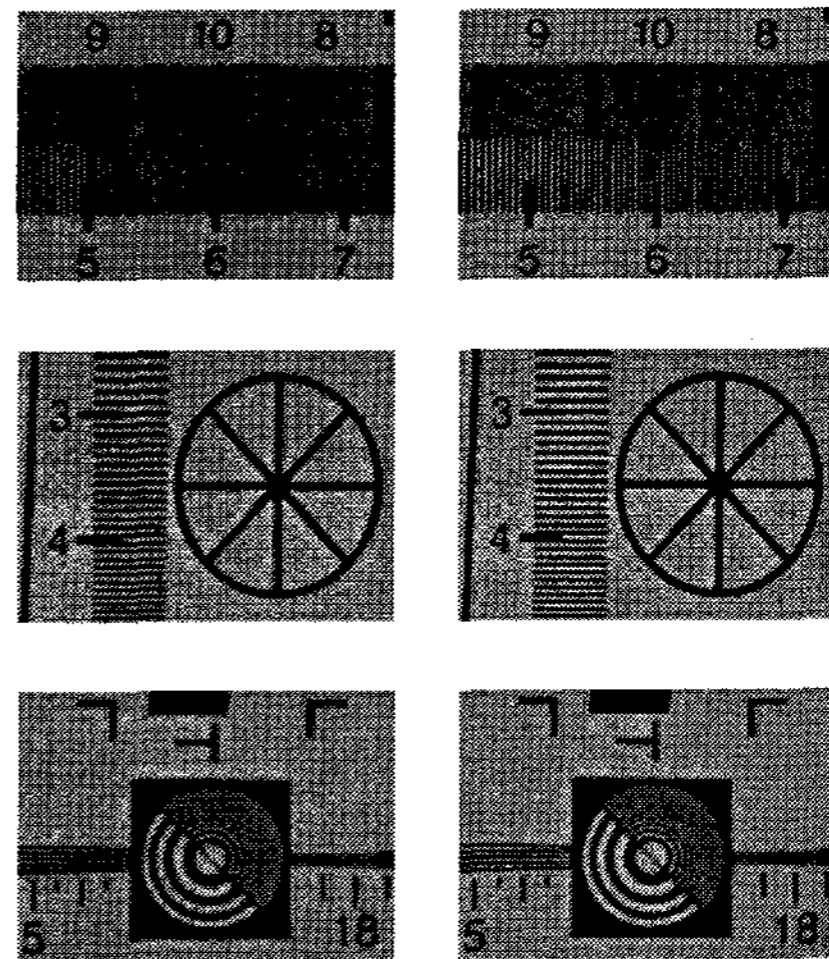
하드웨어 구현을 위하여 Verilog-HDL을 이용한 설계가 이루어졌고, ModelSIM과 Synopsys Design Analyzer를 이용하여 Simulation 검증을 수행하였다. 설계 목표 동작 속도 및 Gate Count는 표 1에 나타나 있듯이 2-input Nand(=17.28) gate를 기준으로 8745개로 설계되었다 [4].

표 1. 제안된 시스템의 Gate Count

Module Name	Gate Counts	Clock Period [ns]
Edge Enhancement	8745	16.6 (60MHz)

IV. 실험 및 결과

제안된 알고리즘을 검증하기 위하여 그림 4와 같은 복합 영상뿐 아니라 Resolution Chart를 이용하였다. Bayer Pattern으로 입력된 이미지는 ISP과정의 Pre Processing 및 Color Processing을 거치게 되므로 시스템 검증을 위해 이 과정 후의 연산인 Post Processing 단계로 입력되는 이미지를 사용하였다. 그림 6의 (b) 결과들을 보면 좌측 Blurred 이미지보다 더욱 선명한 결과를 보여주고 있는 것을 확인할 수 있다.



(a) Blurred Image (b) Edge Enhanced Image
그림 6. 입력 이미지와 윤곽선 향상된 이미지

V. 결론

디지털화된 이미지 구현이 발전함으로써 더욱 선명한 화질의 요구가 늘어나고 있다. 하지만 Display Device의 소형화 추세가 지속되고 있으므로 하드웨어 크기를 고려한 이미지 신호 처리의 필요성이 대두되고 있다. 본 논문에서 제안한 선명도 향상 알고리즘은 Edge가 가질 수 있는 다양한 윤곽선 상태만을 고려하여 각 상태에 적합한 필터를 사용함으로써 하드웨어의 부담을 줄일 수 있었다. 또한 다양한 복합 영상에서의 Strong Edge 영역에서 비대하게 강조되는 경우를 제거함으로써 더욱 향상된 이미지를 얻을 수 있었다.

참고문헌

- [1] 배상범, 김남호, 류지구, "UDWT을 이용한 경계법에 기초한 노이즈 제거에 관한 연구," 한국 신호처리 시스템 학회, pp. 77-80, 2001.
- [2] F. Gasparini, S. Corchs, R. Schettini, "Adaptive Edge Enhancement using a Neurodynamical Model of Visual attention," ICIP, pp. 972-5, 2005.
- [3] 임정욱, 이성목, 곽부동, 최원태, 강봉순, "영상의 Edge 특성 파악 및 적응형 필터를 기반으로 하는 Portable Application을 위한 선명도 향상 알고리즘," 대한전자공학회, pp.777-778, 2007
- [4] CMOS Image Sensor용 Image Signal Processor의 개발, 결과 보고서, 삼성전기, 2006