

임베디드 시스템을 위한 영상 개선 알고리즘 구현

안 정 연[†] · 이 상 범^{**}

요 약

본 논문에서는 역광 및 어두운 영상에 효과적인 칼라 영상 개선 알고리즘을 제안하고 PXA255 ARM 프로세서 기반 임베디드 리눅스 환경에 구현하는 것을 목적으로 한다. 기존의 영상 개선 알고리즘 중에서 레티넥스는 역광 및 어두운 영상에 효과적이거나 연산량이 많아 임베디드 시스템에서의 구현이 적합하지 못하다. 따라서 레티넥스와 동등한 영상 개선 효과를 갖으면서 연산량이 적어 임베디드 시스템에서 구현 가능한 영상 개선 알고리즘을 제안한다. 제안된 영상 향상 알고리즘은 HSV 색 모델로 변환한 다음 명도 성분과 채도 성분 영상에 각각 영상 생성 모델과 감마 보정을 적용하여 구현하였다. 또한, 제안한 알고리즘을 PXA255 ARM 프로세서에 최적화 과정을 통하여 연산량을 감소하였다. 정량적인 방법과 정성적인 방법을 통하여 제안된 알고리즘의 성능을 평가 하였다. 평가 결과 연산량은 감소하였으나 밝기와 명도 대비를 향상시키는 것을 확인하였다.

키워드 : 임베디드 시스템, 영상 개선

Implementation of Image Enhancement Algorithm for Embedded System

Jeong-yeon An[†] · Sang-Burm Rhee^{**}

ABSTRACT

This paper is to enhance a color image running in the PXA255 ARM processor based on embedded linux environments. Retinex is one of the representative algorithm for image enhancement in the previous research. However, retinex is not suitable the run on the embedded system because of its long processing time. So, we proposed the image enhancement algorithm for embedded system, with less quantity of operation and the effect equivalent to retinex. To achieve this goal, we propose and implement the image enhancement algorithm, which utilizes the image formation model and gamma correction to be effective in a back-light and dark image. The proposed algorithm converts the color space from RGB to HSV, and then V and S channels are processed. In order to optimize the proposed method in the PXA255 ARM processor, quantity of calculation is reduced. The performance of the proposed algorithm was evaluated through qualitative method and quantitative method. The results show that brightness and contrast are improved with less quantity of operation.

Keywords : Embedded System, Image Enhancement

1. 서 론

임베디드 시스템은 SoC(System-on-Chip)가 가속화됨에 따라 소형화, 경량화, 고성능화의 방향으로 발전하고 있는 정보기기에 중요한 기술요소로서 스마트폰, PDA, 정보가전, 텔레매틱스, 로봇, 항공, 군사기기, 금융, 의료 등 다양한 분야에서 적용되어 우리생활에서 흔히 접할 수 있는 시스템이 되었다[1].

다양한 분야에서 카메라를 탑재한 기기들이 개발되면서

영상을 통하여 정보를 획득함에 따라 영상 정보의 활용성이 커지고 있으며, 휴대폰이나 PDA, 디지털카메라의 보급으로 임베디드 시스템에서 디지털 콘텐츠 사용률의 증가, 멀티미디어 데이터 보편화와 디스플레이 장치에 대한 중요성이 높아짐에 따라 영상의 화질을 향상하는 기술의 연구개발이 필요하다[2].

최근에는 휴대폰이나 디지털카메라 등의 임베디드 시스템에서 영상처리 기능이 탑재된 제품들이 개발되어 출시되고 있으며, 임베디드 시스템 상에서 획득한 열악한 영상을 직접 임베디드 시스템 상에서 영상 향상 작업을 수행하여 고화질의 영상 보급하기 위한 기술 개발이 중요시되고 있다.

본 논문에서는 PXA255 ARM board 기반의 리눅스 환경에서 최적화된 영상 개선 알고리즘을 개발하여 구현하였다.

* 이 연구는 2008년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

† 준 회원 : 단국대학교 컴퓨터학과 공학석사

** 종신회원 : 단국대학교 컴퓨터학부 교수

논문접수 : 2009년 7월 16일

수정일 : 1차 2009년 8월 31일

심사완료 : 2009년 9월 1일

2. 기존의 영상 개선 알고리즘

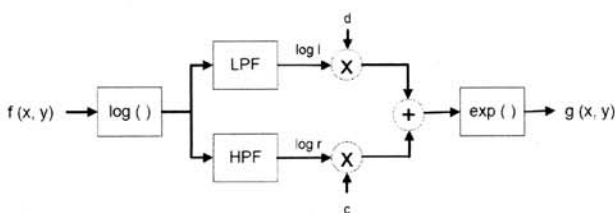
영상의 화질을 개선하는 방법들에는 간단하게 밝기를 변환하는 방법, 히스토그램 균등화(histogram equalization) 방법, 영상 생성 모델에 근거한 호모모르픽 필터링(homomorphic filtering)과 레티넥스(retinex) 방법 등이 있다[3]. 간단하게 밝기를 변환하는 방법에는 1차 함수를 이용하여 대비를 향상 시키거나 멱함수를 이용한 감마 보정(gamma correction)을 통하여 쉽게 구현이 가능하지만 불균일한 조명의 영향에 의한 화질 저하를 향상시키기 어렵다[2, 4].

히스토그램 균등화 방법은 영상 개선 기법 중에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 방법으로 명암 값을 재분배함으로써 대비를 향상시키는 방법이다[2, 4]. 구현이 단순하지만 일반적으로 영상의 밝기를 과도하게 변형시켜 영상이 부자연스러운 경우가 많다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 입력 영상을 일정한 크기의 블록 단위로 나눈 다음 블록 별로 히스토그램 균등화를 적용하는 방법들이 제안되었다[4-6].

(그림 1)은 호모모르픽 필터링의 블록도를 보여주고 있다. 호모모르픽 필터링은 입력 영상의 로그 신호에 선형 저대역 필터와 선형 고대역 필터를 각각 적용하여 조명 성분과 반사 성분의 로그 신호를 분리한다. 조명 성분의 로그 신호에는 동적 범위(dynamic range)를 줄이기 위한 상수를, 반사 성분의 로그 신호에는 대비를 증가시키기 위한 상수를 곱한 후 두 신호를 합하여 지수 함수의 적용으로 공간 영역의 결과 영상을 얻을 수 있다[7]. 호모모르픽 필터링은 동적 범위를 줄이고 대비를 증가시켜 영상을 향상할 수 있으나 밝은 영역의 대비가 더 많이 증가하여 밝은 영역의 정보가 손실되는 단점이 있다.

레티넥스는 영상을 조명 성분과 반사 성분으로 분리한 후 조명 성분을 제거함으로써 조명에 의한 화질 저하를 개선하는 방법으로 다른 영상 개선 기법에 비하여 색채 정보 보존과 대비 향상에 우수하기 때문에 역광 및 어두운 영상에 효과적이지만 회색계 왜곡이 발생하며 연산량이 많은 단점이 있다[8-10].

레티넥스는 가우시안(Gaussian) 형태의 함수를 이용하여 조명 성분을 추정하고, 원 영상의 로그 신호에서 조명 성분의 로그 신호를 빼줌으로써 얻어지는 반사 성분의 로그 신호를 가지고 게인 및 오프셋의 값을 수정함으로써 밝기 범위를 조절할 수 있으며 이를 SSR(Single Scale Retinex)라고 한다. MSR(Multi Scale Retinex)은 각 채널에 SSR을 적용한 결과 영상들의 가중치(weight) 합이다. 각각 다른 상수



(그림 1) 호모모르픽 필터링 블록도

<표 1> 히스토그램 균등화와 SSR, MSRCR의 비교

	HE	SSR(c=80)	MSRCR
Luminance	Very Poor	Very Good	Excellent
Color Tonality	Poor	Good	Very Good
Contrast	Very Good	Excellent	Excellent
Color Restoration	Fair	Good	Very Good
Image Analyzable	Good	Very Good	Excellent
Operation speed	Excellent	Good	Very Poor

를 갖는 SSR 출력 영상의 가중합이므로 서로 보완되어 SSR 결과 영상에 비해 더 좋은 대비를 갖는 결과 영상을 얻을 수 있으며 많은 수의 스케일을 사용할수록 더 좋은 결과 영상을 얻을 수 있으나 연산 시간이 오래 걸리는 단점이 있다[3]. 또한 칼라 영상을 향상시켰을 경우 회색계 왜곡이 발생하는데 이를 보완하기 위하여 MSR에 칼라 복원 단계를 추가로 적용한 MSRCR(Multi Scale Retinex Color Restoration)이 제안되었다. <표 1>은 히스토그램 균등화와 SSR, MSRCR의 비교를 보여주고 있다[10]. MSRCR의 경우 대부분의 항목에서 좋은 결과를 보이지만 연산속도에서 다른 알고리즘에 비하여 가장 좋지 않은 결과를 보여주고 있다.

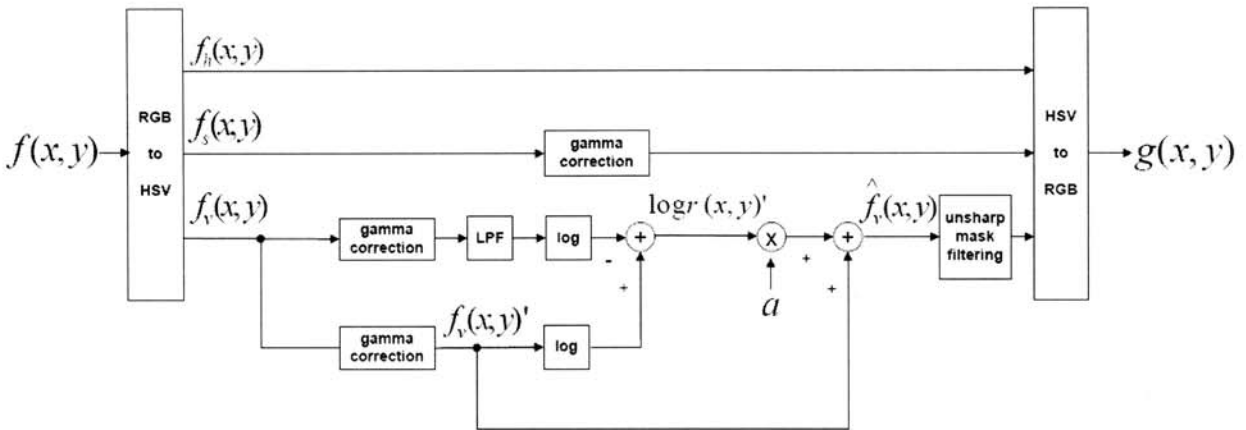
기존의 영상 향상 방법에서 역광 및 어두운 영상을 향상 시키는데 레티넥스가 대표적이지만 연산 시간이 오래걸리므로 임베디드 시스템에 구현하는데 적합하지 못하다. 따라서 레티넥스 영상 개선 알고리즘과 동등한 영상 개선 효과를 갖으면서 연산량이 적어 임베디드 시스템에서 구현 가능한 영상 개선 알고리즘 개발이 필요하다.

3. 제안하는 영상 개선 알고리즘

본 논문에서 제안하는 영상 개선 알고리즘은 연산량이 적어 임베디드 시스템에서 구현이 가능하면서도 역광 및 어두운 영상에 적용하였을 경우 레티넥스와 동등한 영상 개선 효과를 가지는 새로운 영상 개선 알고리즘을 제안한다.

제안한 알고리즘은 HSV 색 모델로 변환하여 색상 성분 영상에 대해서는 처리하지 않고 명도 성분과 채도 성분에 대하여 명도 성분 영상에서는 반사 성분 추정과 감마 보정으로 밝기와 대비를 증가시키고, 채도 성분 영상에서는 감마 보정을 적용하여 각각 처리 한 후 다시 RGB 칼라 영상으로 변환하여 최종적으로 개선된 결과 영상을 얻을 수 있다. (그림 2)는 제안한 알고리즘의 전체적인 블록도이며 $f(x, y)$ 는 원 영상이고 $g(x, y)$ 는 개선된 결과 영상을 나타낸다.

명도 성분과 채도 성분을 분리하여 각각 처리하기 위하여 입력 칼라영상을 RGB 색 모델에서 HSV 색 모델로 변환하였다. HSV 색 모델은 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value)로써 색을 표현하는 방식으로 색상, 채도, 명도를 조합하여 인지하는 인간의 시각 시스템과 매우 유사하며, 명암 성분과 색채 정보로부터 분리되어 있어 칼라 영상의 영상 개선을 위하여 사용하기 적합하다.



(그림 2) 제안한 알고리즘 블록도

3.1 명도 성분 보정

역광 사진 같은 어두운 사진의 화질을 향상시키기 위하여 감마 보정을 적용한 후 반사 성분을 추정한 영상과 원 영상에 감마 보정을 적용한 영상을 더해줌으로써 밝기와 대비를 보정한다. 명도 성분의 감마 보정에서 γ 값으로 각각 $\gamma=2.5$ 와 $\gamma=8$ 을 사용하는 것은 실험을 통하여 선택된 값으로 두 값인 경우에 가장 만족스러운 결과 영상을 얻을 수 있기 때문이다.

명도 성분으로 이루어진 영상 $f_v(x,y)$ 을 먼저 감마 보정을 통하여 밝기를 보정한 원 영상 $f_v(x,y)'$ 을 얻은 후 반사 성분을 추정하는 과정을 거친다. (1)식은 명도 성분 영상에 감마 보정을 수행하여 얻는 원 영상 $f_v(x,y)'$ 을 나타내며 $\gamma=2.5$ 의 값을 사용하여 밝아진 영상을 얻는다.

$$f_v(x,y)' = f_v(x,y)^\gamma \tag{1}$$

식(2)는 원 영상 $f_v(x,y)$ 에 $\gamma=8$ 의 값으로 감마 보정한 영상에 저역 통과 필터를 적용하여 조명 성분 $l(x,y)'$ 을 추정한다. 식(3)을 통하여 원 영상 $f_v(x,y)'$ 에서 조명 성분을 제거하여 반사 성분 $r(x,y)'$ 을 얻는다. 저역 통과 필터로 가우시안 필터를 사용한다.

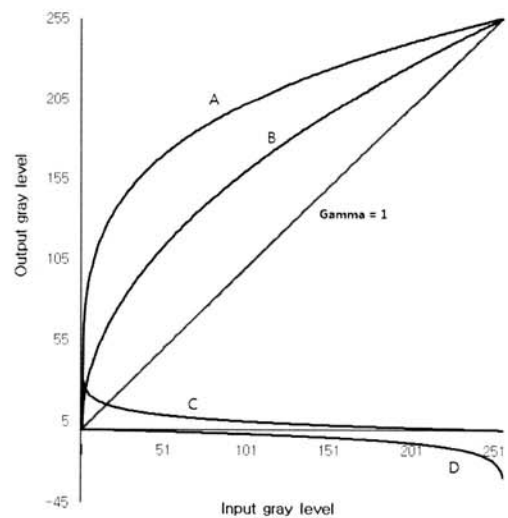
$$l(x,y)' = LPF[f_v(x,y)'] \tag{2}$$

$$\log r(x,y)' = \log f_v(x,y)' - \log l(x,y)' \tag{3}$$

조명 성분을 추정하는데 저역통과 필터와 함께 높은 γ 값을 사용한 감마 보정을 사용하는 것은 가우시안 저역 통과 필터에서 높은 표준편차 값을 사용하면 조명 영역을 증가시킬 수 있지만 연산시간이 오래 걸리기 때문에 연산 시간은 적고 같은 효과가 가능하기 때문이다. 또한, 반사 성분 추정을 위한 로그 연산 시 조명 영역의 대비를 증가시켜 원 영상에서 빼줌으로써 로그 연산의 값 차이를 증가시켜 반사 성분의 명도 대비를 향상시킬 수 있다.

(그림 3)에서 반사 성분 추정 시 감마 보정에 의한 로그 연산 값의 차이를 보여주며 그래프 A는 $l(x,y)'$, B는 $f_v(x,y)'$, C는 식(2)로부터 얻은 반사 성분이 양의 값인 경우이며 D는 음의 값을 나타낸다.

원 영상에는 $\gamma=2.5$, 조명 성분에는 $\gamma=8$ 값으로 각각 감마 보정 후 로그 값을 취하여 빼줌으로써 C 또는 D와 같은 반사 성분을 얻을 수 있다. 그래프에서 보면 로그 연산 시 조명 성분이 원 영상보다 큰 값을 가지면 반사 성분은 음의 값을 갖고, 작은 값을 가지면 반사 성분은 양의 값을 갖는다. 즉, 그래프 C는 반사 성분이 양의 값을 가지므로 감마 보정이 된 원 영상 $f_v(x,y)'$ 에 더해졌을 경우 어두운 영역의 명암도를 확대하고 점차적으로 밝아지는 영역에 대해서는 변화가 없도록 한다. 그리고 그래프 D는 음의 값을 가지므로 어두운 영역에 대해서는 변화가 없다. 점차 밝은 영역이 되는 경우에는 음의 값의 반사 성분에 감



(그림 3) 반사 성분 추정 시 로그 연산

마 보정으로 인하여 과도하게 밝아진 원 영상 $\widehat{f}_r(x, y)$ 이 더해짐으로써 과도한 명도 값이 완화되어 원 영상의 정보 손실은 최소화하고 명도와 대비는 향상된 출력 영상을 얻을 수 있다.

(3)식에서 얻어진 반사 성분은 원 영상에서 조명 성분이 크거나 작은 영역에 대하여 반사 성분에 일정 상수 a 를 곱하여 대비를 증가시키거나 감소시킨 반사 성분 영상을 얻을 수 있으며, 감마 보정된 원 영상과 더해짐으로써 원 영상의 정보는 손실되지 않은 밝기가 보정된 결과 영상 $\widehat{f}_r(x, y)$ 을 식(4)에서 얻을 수 있다. 또한, 선명한 결과 영상을 얻기 위하여 출력 영상에 언샤프 마스크 필터링을 적용하였다.

$$\widehat{f}_r(x, y) = a \cdot [\log r(x, y)'] + f_r(x, y)' \quad (4)$$

3.2 채도 성분 보정

명도 성분 영상에서 밝기 보정을 위하여 사용된 감마 보정을 채도 성분 영상에서는 채도 보정을 위하여 사용한다. $f_s(x, y)$ 가 원 영상의 채도 성분, $f_s(x, y)'$ 는 향상된 채도 성분, γ 는 채도 성분의 향상 정도의 계수일 때 다음과 같은 식(5)으로 나타낼 수 있다[11].

$$f_s(x, y)' = f_s(x, y)^\gamma \quad (5)$$

채도 성분의 값을 원 영상의 채도 성분에 γ 만큼 지수 곱하여 증가시킴으로써 색상이 더 선명해진다. γ 값을 너무 적게 하면 색상이 흐려지고, 크게 했을 경우에는 영상의 색상이 너무 짙어지는 문제점이 발생하므로 본 논문에서는 $\gamma = 1.2$ 을 사용하였다. 이는 실험을 통하여 선택된 값으로 $\gamma = 1.2$ 인 경우 원 영상보다 색상이 더욱 선명한 만족스러운 결과 영상을 얻을 수 있었다.

3.3 알고리즘 구현을 위한 ARM 최적화

임베디드 시스템 상에서 영상 개선 알고리즘을 수행하는 것은 PC 기반에서 수행할 경우보다 많은 연산량이 필요하다. 연산량을 단축하기 위하여 제안 알고리즘에서 가장 많은 연산량을 차지하고 있는 가우시안 저역 통과 필터를 GNU기반의 그래픽 프로그램인 GIMP의 코드를 참조하여, 가우시안 저역 통과 필터의 연산량을 감소시킬 수 있었다 [12-13]. 또한 계속 반복되는 로그 연산 값이 1~256 사이 값으로 한정되어 있으므로 미리 로그 연산 값을 계산하여 로그 테이블을 만들어 사용함으로써 로그 연산이 각 픽셀마다 두 번 필요한 연산을 각 해당 로그 값을 테이블에서 불러오는 것으로 대체하여 연산량을 감소하였다.

임베디드 시스템에서 크로스 컴파일을 하게 되면 C언어의 코드는 ARM명령어로 바뀌게 된다. 이 과정에서 일어날 수 있는 코드의 복잡성을 C언어상에서 인라인 함수를 사용함으로써 개선시킬 수 있다. ARM에는 하드웨어 나눗셈 명령어가 없어서 컴파일러가 C 라이브러리 안에 있는 소프트

웨어 루틴을 호출하여 나눗셈을 구현해야 하므로 연산 시간이 오래 걸려 나눗셈 연산을 그에 상응하는 곱셈 연산을 사용함으로써 연산량을 감소할 수 있다[14]. 나눗셈 연산을 곱셈을 이용하여 구현하여 하나의 나눗셈 연산 당 최대 17배의 연산량을 감소할 수 있었다. 또한 곱셈연산의 경우 ARM 명령어와 쉬프트 연산을 사용하여 불필요한 연산을 줄이고 임베디드 시스템에 최적화 하였다.

4. 개발 환경

본 논문에서는 교차 개발 환경 구축을 위하여 호스트 시스템 환경을 먼저 구축했다. <표 2>는 호스트 시스템 환경을 보여주고 있다.

타겟 임베디드 시스템은 PXA255 ARM board (HBE-EMPOS II) 개발용 보드를 타겟 보드로 하여 임베디드 시스템을 구축하였다. <표 3>은 HBE-EMPOS II 하드웨어 사양을 보여주고 있으며 (그림 4)와 같이 구성되어 있다.

영상 개선 알고리즘을 구현하기 위하여 호스트 시스템에서 작성된 소스를 크로스컴파일러를 통하여 타겟 보드에서 실행될 수 있는 개발 환경을 구축하였다. 임베디드 운영체제로는 임베디드 리눅스를 사용하였으며, linux-2.4.19 버전의 커널을 타겟 보드인 PXA255 ARM board(HBE-EMPOS II)에 맞추어 포팅하였다. ARM 프로세서 컴파일을 위해서 GNU arm-gcc 컴파일러가 포함된 툴 체인을 설치하여 컴파일 하였으며 임베디드 리눅스상에서 프레임버퍼를 제어하기 위하여 mmap 함수를 이용하였다.

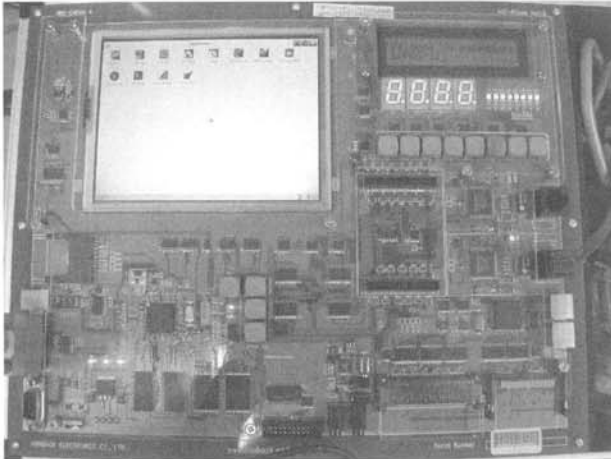
제한한 영상 개선 알고리즘은 윈도우 XP 환경에서 비주얼 스튜디오(visual studio)에서 MFC를 사용하여 초기 프로

<표 2> 호스트 시스템 환경

구분	사양
CPU	Pentium III (Coppermine) 1 GHz
memory	512 MB
os	ubuntu 8. 04 (kernel 2. 4. 19)
compiler	gcc 4. 2. 3
cross compiler	arm-linux-gcc 2.95.3

<표 3> HBE-EMPOS II 하드웨어 사양

항목	사양
CPU	Intel XScale PXA-255 (400MHz)
Memory	FLASH 32MByte (32bits Access)
	Intel Strata Flash (64MByte 확장 가능)
	SDRAM 128MByte (32bits Access)
	SRAM 1MByte (32Bits Access)
Display	TFT Grphic LCD (6.4inch, 16bit Color, 640×480)
	Touch Pad (6.4inch, over 1000×1000)
Ethernet	10/100Mbps Ethernet (SMSC LSN91C111)
Serial	Full Function UART, Bluetooth UART Slot



(그림 4) HBE-EMPOS II 보드 구성

그래밍하였으며, 타겟 보드에서 실행될 수 있도록 호스트 시스템에서 C 언어로 변환하고 크로스컴파일 과정을 통하여 타겟 보드에서 수행되도록 하였다.

실험은 NASA 홈페이지에서 다운받은 RGB 칼라 영상 25개와 어두운 영상과 밝은 영상, 역광 영상 등의 다양한 환경에서 촬영된 영상 75개를 통하여 이루어졌으며 이중 여섯 개의 비교 영상을 논문에 실었다[17]. NASA 홈페이지에서 다운받은 RGB 칼라 원 영상과 HSV 색 모델로 변환 후 명도 성분에 히스토그램 균등화를 적용하고 다시 RGB 영역으로 변환하여 얻은 결과 영상, MSRCR을 이용한 레티넥스 결과 영상, 제안된 알고리즘의 향상된 결과 영상의 비교를 나타내었다. 또한 다양한 환경에서 촬영된 영상을 실험 영상으로 한 결과 영상과 제안된 알고리즘의 결과 영상을 비교하였다.

5. 실험 및 검토

제안하는 역광 및 어두운 영상에 효과적인 칼라 영상 개선 알고리즘을 적용하여 얻을 수 있는 결과 영상에 대하여 정성적인 방법과 정량적인 방법을 통하여 성능 평가를 하였다. 또한, PXA255 ARM 프로세서에서 기존의 알고리즘 중에서 역광 및 어두운 영상에 효과적인 레티넥스와 제안한 알고리즘을 수행하여 연산량을 비교하고, 보다 빠른 수행이 가능하도록 최적화하였을 경우의 연산량을 비교하였다.

밝기 및 명암 대비와 채도 향상 등의 결과의 성능을 평가 하는데 있어서 정량적인 비교 방법이 절대적인 평가 방법은 아니며, 정성적 비교 방법이라고 할 수 있는 사람의 시각에 따른 주관적인 판단 방법 또한 중요한 평가 방법이라고 할 수 있다[15]. <표 4>를 통하여 원 영상과 기존의 알고리즘, 제안된 알고리즘의 히스토그램과 표준편차, 연산량을 비교하여 평가하였으며, (그림 5)~(그림 10)의 원 영상과 기존의 알고리즘, 제안된 알고리즘의 결과 영상을 통하여 시각에 따른 주관적인 비교 평가를 하였다.

(그림 5)~(그림 7)은 NASA에서 다운받은 원 영상과 개

<표 4> 원 영상과 결과 영상의 히스토그램 비교

	원 영상	히스토그램 균등화	레티넥스	제안 알고리즘
(그림 5)				
표준편차	44.4	84.5	55.3	56.7
(그림 6)				
표준편차	63.0	78.4	60.9	75.0
(그림 7)				
표준편차	48.0	80.4	59.3	51.8
(그림 8)				
표준편차	37.6	78.9	46.2	60.6
(그림 9)				
표준편차	48.4	82.7	57.0	71.0
(그림 10)				
표준편차	59.0	77.1	60.6	66.9

선된 결과 영상이다.

(그림 5)에서 (b)는 원 영상에 비하여 대비와 밝기가 향상되었으나 밝은 영역은 더 밝아지고 어두운 영역은 밝기가 향상되지 않아 시각적 지각성이 낮으며 부자연스럽다. (c), (d)의 영상은 시각적 지각성이 높아져 있으나 (c)는 어두운 영역의 대비가 증가되었으나 회색계 왜곡 현상이 발생하는 것을 볼 수 있으며 등대 주변과 등대 앞의 나무를 살펴보면 원 영상의 에지 근처에서 어두웠던 부분에서 어두운 부분은 더 어둡게 나타나고 밝았던 부분은 더 밝게 나타나는 현상이 나타나는 것을 확인할 수 있다. (d)는 (c)에서 발생하는 등대 주변 영역의 문제가 발생하지 않으며 밝기와 대비가 모두 증가하였고, 감마 보정으로 인하여 퇴색되는 색상을 채



(그림 5) NASA1 원 영상과 개선된 결과 영상 비교

도 보정으로 보완하여 색상이 선명함을 확인할 수 있었다.

(그림 6)은 원 영상에 비하여 (b), (c), (d)는 대체적으로 시각적 지각성이 높아졌음을 알 수 있다. (b)에서는 원 영상에서 밝았던 기둥의 밝기가 과도하게 증가하였고 전체적으로 대비와 밝기가 향상되었다. (c)는 전체적으로 밝기와 대비가 향상되었으나 회색계 왜곡이 발생하여 색이 퇴색되어 보인다. (d)는 밝기와 대비가 적당히 증가하여 하얀 기둥 사이의 영상이 손실되지 않고 채도가 보정된 향상된 결과 영상을 얻을 수 있다.

(그림 7)은 원 영상에서 왼쪽의 어두운 영역의 피사체를 알아볼 수 없지만 제안 알고리즘으로 향상된 결과 영상에서는 어두운 영역에서 계단을 확인할 수 있으며 모형배의 세부적인 구조도 확인이 가능하다. 전체적으로 밝기와 대비가 향상되었으며 채도가 보정되어 색상이 선명하게 보이는 결과 영상을 얻을 수 있다.

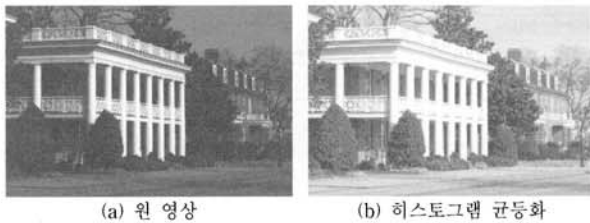
(그림 8)~(그림 10)은 다양한 환경에서 촬영한 원 영상과 개선된 결과 영상이다. (그림 8)은 어두운 공간에서 작은

조명 효과를 가지는 실험 영상이다. 원 영상에서는 조명 근처를 제외하고는 식별이 어려운 영상이지만 제안 알고리즘의 결과 영상에서는 밝기와 대비의 향상으로 조명의 영향이 미치지 않는 영역도 식별이 가능하며 채도보정으로 인하여 선명해진 향상된 결과 영상을 얻을 수 있다.

(그림 9)의 원 영상은 야간에 외부에서 촬영된 것으로 제안 알고리즘의 결과 영상과 비교했을 때 피사체와 주변 배경에 대한 시각적 지각도가 높아진 것을 알 수 있다. (그림 10)은 원 영상에서 햇빛이 강하게 존재하여 어두운 영역과 밝은 영역의 밝기 차가 큰 역광 사진으로 제안된 알고리즘의 결과 영상의 경우 밝은 영역의 정보는 보존하면서도 어두운 영역에 있는 피사체가 잘 보이도록 보정하여 대비를 향상 시킨 영상을 얻을 수 있다. (그림 11)은 제안된 알고리즘을 타겟 보드에서 수행한 것을 보여주고 있다.

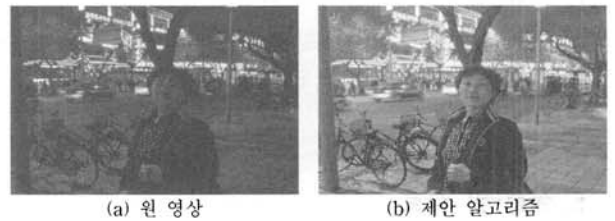
<표 4>는 (그림 5)~(그림 10)의 원 영상과 제안된 알고리즘의 결과 영상의 명도에 대한 히스토그램(histogram)을 나타낸 것이다.

히스토그램은 영상의 명암 대비 일반적으로 히스토그램이 전 영역에 골고루 분포되어 있는 영상일수록 시각적으로 좋은 질의 영상이라고 할 수 있다[4]. <표 4>의 히스토그램에서 원 영상은 어두운 영역의 구성 픽셀 값이 밀집되어 있으며 낮은 표준편차 값을 갖는 것을 확인하였다. 기존의 알고리즘과 제안된 알고리즘의 히스토그램은 원 영상의 어두운 영역 구성 픽셀 값이 분산되어 전 영역에 고르게 분포되어

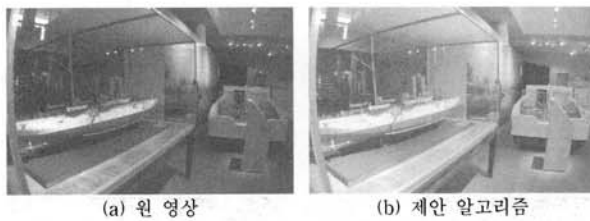


(a) 원 영상 (b) 히스토그램 균등화 (c) 레티넥스 (d) 제안 알고리즘

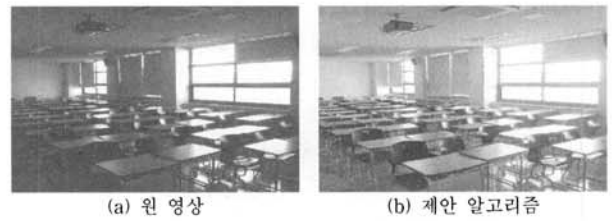
(그림 6) NASA2 원 영상과 개선된 결과 영상 비교



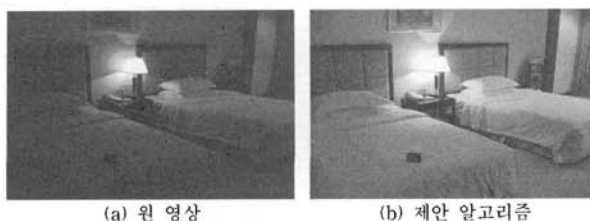
(그림 9) 원 영상과 제안 알고리즘 결과 영상 비교



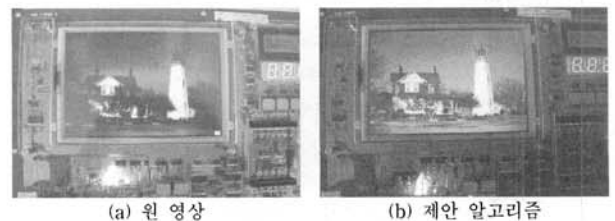
(그림 7) NASA3 원 영상과 제안 알고리즘 결과 영상 비교



(그림 10) 원 영상과 제안 알고리즘 결과 영상 비교



(그림 8) 원 영상과 제안 알고리즘 결과 영상 비교



(그림 11) 타겟 보드에서 영상 개선 알고리즘 수행

〈표 5〉 최적화 이전의 제안 알고리즘과 레티넥스의 연산량 비교
단위: Clock

	레티넥스	최적화 이전의 제안 알고리즘
연산량	92.433 G	4.867 G

〈표 6〉 제안된 알고리즘의 타겟 보드에서 연산량 비교

단위: Clock

	최적화 이전의 제안 알고리즘	최적화된 제안 알고리즘
연산량	505.96 G	224.47 G

있으며 원 영상에 비하여 높은 표준편차 값을 갖는 것을 통하여 대비가 개선된 것을 알 수 있다. 히스토그램 균등화는 가장 높은 표준편차 값으로 전 영역에 분포되어있으며 레티넥스와 제안된 알고리즘의 히스토그램은 원 영상에 비하여 어두운 영역의 픽셀 값이 전 영역에 분포되었으나 대체적으로 중간 영역에 많이 분포하는 것을 확인하였다. 따라서 시각적 지각성이 높아져 더 개선된 결과 영상을 얻을 수 있었다.

〈표 5〉는 호스트 시스템에서 최적화하기 전의 제안된 알고리즘과 레티넥스의 연산량을 비교한 결과이다. 640×480 영상에 대하여 레티넥스와 최적화하기 전의 제안 알고리즘을 각각 수행한 결과 레티넥스에 비하여 제안 알고리즘의 경우 약 18배 정도 연산량이 적은 것을 확인할 수 있다.

〈표 6〉는 최적화시키기 전과 최적화된 제안된 알고리즘을 타겟 보드에서 수행하였을 경우의 연산량을 비교한 것이다. 타겟 보드에서 빠른 수행을 위하여 최적화한 결과 최적화하기 이전에 비하여 약 2.3배의 연산량이 감소하였음을 알 수 있다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 레티넥스에 비하여 연산량이 적은 것을 확인하였고, 타겟 시스템에 적용하기 위하여 제안한 알고리즘을 최적화함으로써 연산량이 감소하였다. 제안한 알고리즘은 역광 및 어두운 영상에 효과적인 영상 향상이 가능하며 빠른 수행이 가능하므로 임베디드 시스템에 적용하기 적합한 것을 확인할 수 있다.

6. 결 론

임베디드 시스템의 보편화와 임베디드 시스템 상에서 영상 정보의 활용성이 커지게 됨에 따라 본 논문에서는 임베디드 시스템에서 구현하기 위하여 연산량이 적으면서도 역광 및 어두운 영상에 효과적인 칼라 영상 개선 알고리즘을 제안하고 임베디드 시스템에서 구현하였다.

영상 생성 모델과 감마 보정을 이용하여 역광 및 어두운 영상에 효과적인 칼라 영상 개선 알고리즘을 제안하였다. 제안된 영상 개선 알고리즘은 RGB 색 모델을 HSV 색 모델로 변환하여 명도 성분 영역과 채도 성분 영역에서 각각 처리한 후 RGB 색 모델로 다시 변환해 줌으로써 향상된 영상을 얻을 수 있다. 명도 영역에서는 영상 생성 모델에 기반하여 원 영상에 감마 보정을 적용한 후 가우시안 저역 통과 필터를 이용하여 추정된 반사 성분 영상과 감마 보정된

원 영상을 더하여 얻어진 영상에 언샤프 마스크 필터링을 적용하여 최종 결과 영상을 얻었다. 채도 성분 영상에서는 감마 보정을 통하여 채도 성분을 포화시킴으로써 선명한 영상을 얻을 수 있었다.

실험 결과, 제안된 알고리즘은 기존의 영상 개선 알고리즘에 비하여 역광 및 어두운 영상에 적용하였을 경우 시각적 지각력이 높아지고 밝기와 대비가 향상된 결과 영상을 얻을 수 있었다. 히스토그램의 결과 비교에서도 제안된 알고리즘의 결과 영상에서 어두운 영역에 집중되었던 픽셀 값이 밝은 영역에 많이 존재하는 것으로 보아 영상의 밝기가 향상된 것을 확인하였다. 또한, 원 영상에서 어두운 영역의 픽셀 값이 전체에 고루 분포되어 있으며 높은 표준편차 값을 가지므로 균형 있게 대비가 향상되는 것을 확인하였다.

기존의 영상 개선 알고리즘 중에서 역광 및 어두운 영상의 영상 개선에 효과적인 레티넥스 알고리즘에 비하여 제안된 알고리즘은 약 18배 이상 연산량이 적으면서도 밝기와 대비를 동시에 증가시키며 색상 정보가 잘 보존된다. 또한, 타겟 임베디드 시스템에 최적화한 결과 약 2 배의 연산량을 감소하여 수행시간을 단축하였다.

참 고 문 헌

- [1] (주)휴인스 기술연구소, *Intel PXA255와 임베디드 리눅스 응용*, 홍릉과학출판사, 2004.
- [2] 황선규, *영상처리 프로그래밍 Visual C++*, 한빛미디어, 2007.
- [3] 최두현, 장익훈, 김남철, "개선된 영상 생성 모델에 기반한 칼라 영상 향상", 전자공학회 논문지, Vol.43, No.6, pp.565-584, Nov., 2006.
- [4] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd Edition, Prentice Hall, 2002.
- [5] S. M. Pizer, E. P. Amburn, J. D. Austin, R. Cromartie, A. Geselowitz, T. Greer, B. T. H. Romeny, J. B. Zimmerman, and K. Zuiderveld, "Adaptive histogram equalization and its variations", *Comp. Vis., Graph, Image Proc.*, Vol.39, No.3, pp.355-368, Sep., 1987.
- [6] J. Y. Kim, L. S. Kim, and S. H. Hwang, "An advanced contrast enhancement using partially overlapped sub-block histogram equalization", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol.11, No.4, pp.475-484, April, 2001.
- [7] 안상호, 김기홍, 김영춘, 권기룡, 서용수, "호모모프변환과 다중스케일 분해를 이용한 영상향상", 멀티미디어학회 논문지, Vol.7, No.8, pp.1046-1057, Aug., 2004.
- [8] D. J. Jobson, W. Rahman, and G. A. Woodell, "Properties and performance of a center/surround retinex", *IEEE Trans. Image Proc.*, Vol.6, No.3, pp.451-462, Mar., 1997.
- [9] D. J. Jobson, Z. Rahman and G. A. Woodell, "A multi-scale retinex for bridging the gap between color images and the human observation of scenes", *IEEE Trans. Image Proc.*, Vol.6, No.7, pp.965-976, July, 1997.
- [10] Z. Rahman, G. A. Woodell, D. J. Jobson, *A Comparison of*

the Multiscale Retinex with Other Image Enhancement Techniques, NASA Langley Technical Report, 1997.

- [11] G. SONG and X. L. QIAO, "Adaptive Color Image Enhancement Based on Human Visual Properties", IEEE Conf. on Industrial Electronics and Applications, pp.1892-1895, June, 2008.
- [12] 정성환, 이문호, 오픈소스 *CxImage*를 이용한 *Visual C++* 디지털 영상처리, 홍릉과학출판사, 2007.
- [13] I. T. Young, L. J. Van Vliet, "Recursive Implementation of the gaussian filter", Elsevier, Signal Proc. 44, 1995.
- [14] Andrew N. Sloss, Dominic Symes, Chris Wright, *ARM System Developer's Guide*, 사이텍미디어, 2006.
- [15] J. Y. Kim and L. S. Kim, "An Advanced Contrast Enhancement Using Partially Overlapped Sub-Block Histogram Equalization", IEEE Trans. on Circuit and System, Vol.11, No.4, pp.475-484, 2005.
- [16] <http://www.gimp.org/>
- [17] <http://dragon.larc.nasa.org/retinex/pao/news/>
- [18] <http://www.embeddedworld.co.kr/>
- [19] <http://www.hanback.co.kr/>



안 정 연

e-mail : cutiejy77@dankook.ac.kr
 2008년 단국대학교 전기전자컴퓨터공학부 (공학사)
 2009년 단국대학교 컴퓨터학과 공학석사
 관심분야: 영상처리, 임베디드



이 상 범

e-mail : sbrhee@dankook.ac.kr
 1974년 연세대학교 전자공학과(공학사)
 1978년 서울대학교 전자공학과(공학석사)
 1986년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
 1983년 미국 Iowa 대학 컴퓨터공학과 객원 교수
 2000년 미국 SanJose 대학 컴퓨터공학과 객원교수
 2005년 한국정보처리학회 회장
 1979년~현 재 단국대학교 컴퓨터학부 교수
 관심분야: 영상처리, 임베디드 시스템