
소형 DISPLAY 장치를 위한 비 메모리 피부 검출 알고리즘 및 HARDWARE 구현

임정욱* · 송진근* · 하주영** · 강봉순***

Memory-Free Skin-Detection Algorithm and Implementation of Hardware Design for
Small-Sized Display Device

Jeonguk Im* · Jingu Song* · Jooyoung Ha** · Bongsoon Kang***

요 약

정보의 보안 및 감시, 관리에 대한 중요성의 증대와 공항, 항만 및 일반 기업에서의 얼굴 및 피부 인식을 이용한 패스워드 제어 시스템이 활용됨으로써 피부색 검출에 관한 연구가 지속적으로 이루어져 왔다. 뿐만 아니라 광범위 통신망을 이용한 화상 통신 및 전자 결제 등 그 적용 범위가 급속하게 확산됨에 따라 정확한 피부색 검출의 중요성이 그 무엇보다 커지고 있다. 본 논문에서는 인종별로 수집된 수백 개의 인물 이미지로부터 얻어진 정보를 사용해 피부색의 YCbCr을 파악하고 이 중 Cb와 Cr 정보만을 이용하여 피부 영역을 설정하였으며, 적응적인 피부 범위 설정을 통하여 그 피부 영역의 포함 여부에 따라 피부색을 검출하는 효율적이고 간단한 구조를 제안한다. 이것은 메모리를 사용하지 않는 1D 처리를 가능하게 함으로써 모바일 장비와 같은 상대적으로 작은 크기의 하드웨어나 시스템으로의 적용을 가능하게 하였다. 그리고 선택적 모드를 추가함으로써 더욱 향상된 피부 검출을 할 수 있을 뿐만 아니라 복잡한 알고리즘을 사용하는 기존의 얼굴 인식 기술에 상응하는 결과를 보여준다[1].

ABSTRACT

The research of skin-tone detection has been conducting continuously to enlarge the importance in security, surveillance and administration of the information and 'Password Control System' for using face and skin recognition in airports, harbors and general companies. As well as the rapid diffusion of the application range in image communications and an electron transaction using wide range of communication network, the importance of the accurate detection of skin color has been augmenting recently. In this paper, it will set up the boundaries of skin colors using the information of Cb and Cr in YCbCr color model of human skin color which is from hundreds compiled portrait images for each race, and suggest a efficient yet simple structure about the skin detection which has been followed by whether the comprehension of the boundaries of skin or not with adaptive skin-range set. With the possibility of the 1D Processes which does not use any memory, it is able to be applied to relatively small-sized hardware and system such as mobile apparatuses. To add the selective mode, it is not only available the improvement of the skin detection, but also showing the correspondent results about previous face recognition technologies using complicated algorithm[1].

키워드

YCbCr, White Control, White Control Option, Skin Square Option, 1차 피부영역, 2차 피부영역, 흰색 제거영역

* 동아대학교 전자공학과 석사과정
** 동아대학교 전자공학과 박사과정
*** 교신저자 : 동아대학교 전자공학과 부교수

I. 서 론

최근 얼굴 인식 및 동작 추적 알고리즘과 같은 휴먼 인식 분야에서 유용하고 효과적인 피부 검출 방법을 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다[1,2]. 그리고 동영상이나 정지 영상 등 인물이 삽입된 이미지는 피부색이 손상되었을 경우 급격한 화질 저하를 경험하게 한다. 따라서 피부 검출의 주요 목적은 이미지에서 피부색이 가지는 데이터를 분석함으로써 피부만을 검출하고 피부 외 영역은 검출하지 않는 것이다. 본 논문에서 제안하는 피부 검출 시스템은 센서에서 입력받은 이미지를 영상으로 출력하는 이미지 처리 과정, 즉, ISP (Image Signal Processing)의 후 처리 단계인 Post processing 영역에서 피부색만을 검출하여 Bypass 혹은 선택적 처리를 함으로써 이미지 화질 저하를 막는 역할을 한다. 피부 검출 블록은 사용자가 적용 여부를 선택 가능하도록 하였으며 피부 검출을 할 경우 Hue, Saturation & Contrast Control 블록이나 Effect 블록에서 인위적인 피부색 변환을 막거나 피부에 나타날 수 있는 잡티 및 흠을 제거함으로써 이미지 화질을 개선할 수 있다. 그림 1은 후 처리 단계의 블록도를 나타낸 것이다.

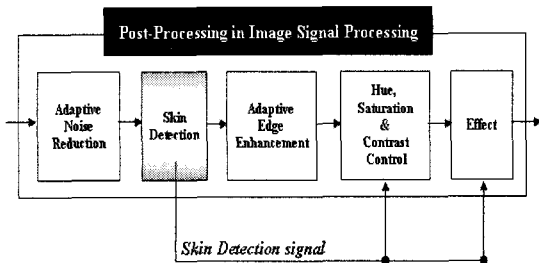


그림. 1 후 처리 단계 블록도[3]
Fig. 1 Block diagram of post processing in ISP[3]

기존 대부분의 피부 검출 연구는 사람 얼굴 인식 알고리즘 혹은 특징 기반 접근법 등 상대적으로 큰 하드웨어를 요구하는 알고리즘을 사용하였다. 하지만 본 논문의 주요 목적은 다른 피부 검출 시스템과 같이 효율적으로 동작함과 동시에 필요한 하드웨어 크기를 줄이는 것이다. 이를 위하여, 본 논문에서는 하드웨어 복잡도를 줄이고 모바일 장비와 같은 작은 시스템에서도 적용 가능하게 하기 위해 버퍼나 라인 메모리가 필요하지 않고 실시간 처리가 가능한 1D 처리를 구현하였다. 또한, 입력 이

미지가 장비나 조명 상태에 의해 발생하는 반사광 처리에 대비한 선택적 모드를 추가함으로써 이런 System noise 및 Observational noise를 충분히 제거할 수 있게 하였다. 즉, 이 시스템은 사용자가 환경에 따라 적절한 모드를 선택할 수 있게 한 것이다. 피부영역 설정을 위해 YCbCr, Normalized RGB, HIS 등과 같은 수많은 색 좌표계가 고려되어졌으며 특히 YCbCr 색 좌표계는 색상 정보로부터 광도(Y: Luminance)를 분리할 수 있는 모델이기 때문에 본 논문에서는 이 점을 이용하여 Cb와 Cr(Chrominance)만을 이용한 피부 영역 설정을 시도하였다[4].

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

II. 본 론

2.1. 색 좌표계의 변환

CMOS 및 CCD와 같은 이미지 센서는 일반적으로 이미지를 RGB(Red, Green, Blue)계열로 받아들이기 때문에 이를 YCbCr 색 좌표계로 바꿀 필요가 있다[5]. 여기서 Y는 밝기를 나타내고 Cb와 Cr은 색조와 채도를 나타내는 색차 성분들이다. 즉, 위에서 언급한 바와 같이 본 논문에서는 RGB 색 좌표계를 YCbCr 색 좌표계로 변환함으로써 Cb와 Cr 2 채널만을 사용한 피부 영역을 설정할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2568 & 0.5041 & 0.0979 \\ -0.1428 & -0.2910 & 0.4392 \\ 0.4392 & -0.3687 & -0.0714 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (1)$$

식 (1)은 본 논문에서 사용된 RGB를 YCbCr 좌표계로 바꾸는 변환 매트릭스를 나타낸다[6].

2.2. 피부색 분포도 및 1차 피부 영역 설정

각 인종 별 피부 영역의 정보를 얻기 위하여 흑인, 백인, 황인 3종류의 피부 샘플들을 각각 분리하여 수집하였으며 그림 2는 모든 인종 별 CbCr 분포도를 나타낸다.

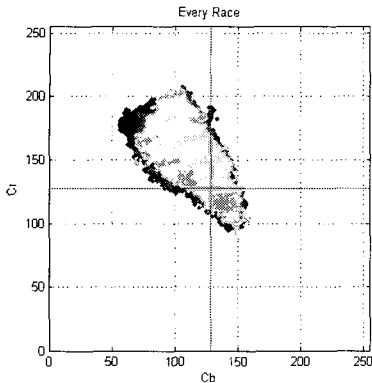


그림 2 모든 인종 피부색의 CbCr 분포도[4]
Fig. 2 Distribution of Skin Color in CbCr[4]

그림 2의 분포도에서 꼭지점에 해당하는 총 6개의 교점을 (α_i, β_i) ($i=1\sim6$)로 설정한 후 일차 방정식을 이용하여 선형적인 1차 피부 영역을 설정한다. 1차 피부 영역을 결정짓는 6개 선의 순서는 그림 3에 나타나 있으며 이는 프로그래밍 작성 시에 사용된다. i 번째 선의 기울기와 절편은 2개의 교점과 각 교점의 Cb, Cr 값에 의해 구해지며 각 교점은 피부색 Cb, Cr 분포도의 점선을 표현하도록 선택된다.

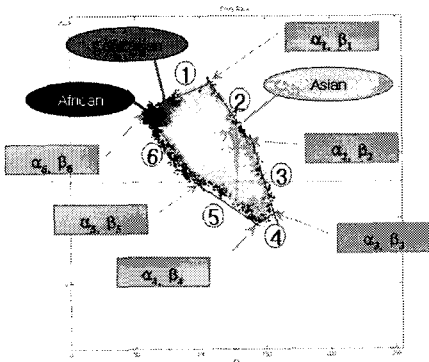


그림 3 1차 피부 후보 영역 설정[4]
Fig. 3 Designation of primary skin domain[4]

그림 4는 피부 영역을 의미하는 Cb, Cr 값들과 입력되는 Cb, Cr 값들을 비교하기 위해 다시 6개 교점 사이의 1차 피부 영역을 모두 5 구역으로 나눈 것을 보여주고 있다. 이것은 Region 1~5로 명명되었으며 먼저 입력 Cb가 5개 구역 중 어디에 속하는지 판단하게 되고 그 구역 내 1차 피부 영역을 형성하는 선 1~6(그림 3)을 사용해 Cb

값을 만족한 픽셀의 Cr값이 피부영역 내에 존재하는지를 판단한다.

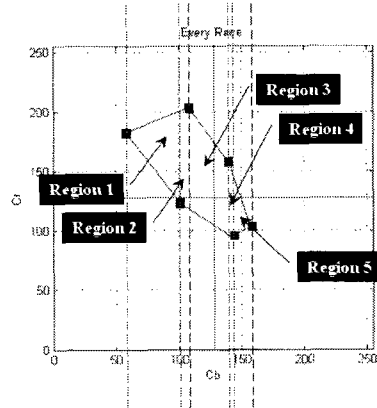


그림 4 1차 피부 영역의 분할[4]
Fig. 4 Segmentation of primary skin domain[4]

위의 1차 피부 영역을 이용하여 이 영역 내에 포함되는 색은 피부로 인식되며 그렇지 않은 색은 피부로 인식되지 않는다. 즉, 피부색은 그 색을 유지하는 반면 피부의 색들은 검은색으로 출력됨으로써 사람 피부만을 표현한 영상을 얻을 수 있다.

2.3.2차 피부 영역 설정

1차 피부 영역 내에는 피부색 뿐 아니라 수많은 색들을 포함하고 있다. 따라서 새로운 피부 영역의 설정이 필요하였고 이는 1차 피부 영역 내에 새로운 임계값을 Cb와 Cr의 각 최대(Maximum), 최소(Minimum) 값으로 할당하여 식 (2)와 같이 사각 형태의 세분화된 새로운 Cb, Cr 영역을 설정하였다.

$$\begin{cases} 70 < Cb_{skin} < 145 \\ 130 < Cr_{skin} < 197 \end{cases} \quad (2)$$

식 (2)는 더욱 정확한 피부색 표현을 위한 새로운 Cb, Cr 범위이며 이 값들은 실험적으로 얻을 수 있었다. 따라서 입력 이미지 픽셀의 Cb, Cr이 그림 4의 다섯 구역들 내에 포함되고 또한 식 (2)의 범위 내에 포함될 때 이를 피부로 인식하게 된다. 즉, 피부로 인식되는 실제 영역은 두 영역의 교집합인 (Primary skin domain \cap Secondary

skin domain)이 된다. 하지만, 이 새로운 피부 영역 또한 옷이나 배경에서 나올 수 있는 흰색 계열의 색들을 포함하여 피부와 같이 검출되는 문제점을 나타내었다. 이의 예는 그림 5에 나타나 있다.



(a) 원 이미지 (b) 피부 검출된 이미지

그림 5 원 이미지와 결과 이미지의 비교
Fig. 5 Comparison between original and resultant images

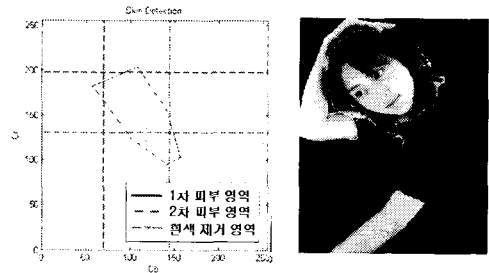
그림 5는 옷이나 배경 등에 나타난 피부 외 영역마저 검출하는 예를 보여준다. 따라서 본 논문에서는 흰색과 같은 밝은 계통의 색들을 제거하기 위한 최소한의 새로운 범위를 지정할 필요가 있었다.

2.4. 흰색 계열의 색 제거

하드웨어 크기를 상대적으로 작게 유지하는 본래의 목적을 고려하여, 제품 연산을 함으로써 큰 하드웨어를 필요로 하는 원 대신 적절한 Cb, Cr 값들을 고정함으로써 흰색 계열의 색들을 제거할 수 있는 작은 사각을 형성하였다. 흰색 제거 사각을 형성하는 CbCr 분포도 내의 임계값들은 식 (3)과 같다.

$$\begin{cases} 117 < Cb_white < 131 \\ 121 < Cr_white < 135 \end{cases} \quad (3)$$

그림 5 이미지의 흰색 제거한 결과와 피부영역으로 설정된 CbCr 분포도가 그림 6에 나타나 있다. 그림 5와 다르게 그림 6은 옷과 배경이 검은색으로 나타남으로써 피부만을 보여주고 있다.



(a) 피부 영역 (b) 흰색 제거된 이미지

그림 6 피부 영역 및 흰색 제거된 결과 이미지
Fig. 6 Skin domain and white eliminated image

하지만, 흰색 제거를 위한 사각은 햇빛이나 카메라 플래시에 의해 반사되어 흰색 계열로 나타나는 피부를 피부 외 영역으로 인식함으로써 피부 부분을 손상시키는 문제를 나타내기도 한다.

2.5. 선택적 모드 추가

위에서 나타난 문제점을 해결하기 위하여, 만일 실외나 카메라 플래시를 사용하는 경우 피부 검출 동작 전 흰색 제거 동작을 선택할 수 있도록 선택적 모드를 추가하였다. 흰색 제거를 할 것인지 하지 않을 것인지를 선택하는 모드는 “White Control”로서 1 또는 0으로 선택되어지며 모드 선택의 제일 처음 나타난다. 더욱이, 사용자가 모든 인종과 다양한 환경에서 더욱 개선된 이미지를 얻을 수 있도록 식 (2)와 식 (3)의 Cb, Cr 범위에 각각 3가지 범위를 추가함으로써 모드 선택의 폭을 넓혔다. 피부 영역 선택을 위한 식 (2)의 영역 선택은 “Skin Square Option”으로 명명되었고, 흰색 제거를 위한 식 (3)의 영역 선택은 “White Control Option”으로 명명되었다. 즉, 사용자는 흰색 혹은 밝은 계열의 색을 제거할 것인지(실내 혹은 실외로 판단)를 먼저 결정하게 되고 그 후에 “Skin Square Option”과 “White Control Option”을 선택하게 된다. 만일 “White Control”이 0일 경우는 흰색 제거를 하지 않는 것을 의미하므로 사용자는 “White Control Option”을 선택할 필요가 없게 된다. “White Control Option”과 “Skin Square Option”의 추가된 범위에 대한 값과 의미는 표 1, 표2와 같다.

표 1. 추가된 피부 영역의 범위

Table 1. Range of additional skin-color domain

Num.	Parameter	Value	Size
1	cb_left	72	Smaller
	cb_right	143	
	cr_down	132	
	cr_up	195	
2	cb_left	70	Default
	cb_right	145	
	cr_down	130	
	cr_up	197	
3	cb_left	68	Larger
	cb_right	147	
	cr_down	128	
	cr_up	199	
4	cb_left	66	Largest
	cb_right	149	
	cr_down	126	
	cr_up	201	

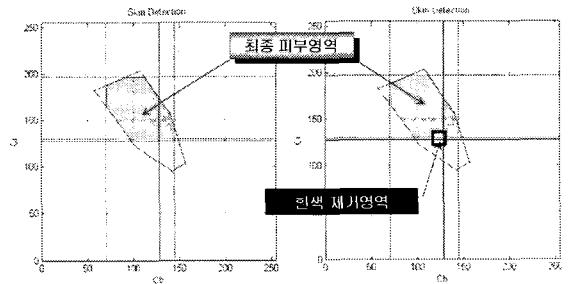
표 2. 추가된 흰색 제거 영역의 범위

Table 2. Range of additional white-color elimination domain

Num.	Parameter	Value	Size
1	white_cb_left	119	Smallest
	white_cb_right	129	
	white_cr_down	123	
	white_cr_up	133	
2	white_cb_left	118	Smaller
	white_cb_right	130	
	white_cr_down	122	
	white_cr_up	134	
3	white_cb_left	117	Default
	white_cb_right	131	
	white_cr_down	121	
	white_cr_up	135	
4	white_cb_left	116	Larger
	white_cb_right	132	
	white_cr_down	120	
	white_cr_up	136	

“Skin Square Option”의 경우 default를 기준으로 작은 영역보다 큰 영역이 많은 이유는 이미지에 따라 피부의 Cb, Cr이 넓게 분포된 경우가 많아 피부 영역을 더 크게 설정함으로써 더 많은 피부색을 표현할 수 있기 때문이며 “White Control Option”의 경우 default를 기준으로 큰 영역보다 작은 영역이 많은 이유는 흰색 제거 영역이 피부 영역 내에 포함되어 있으므로 흰색 제거를 많이 할 경

우 피부색에 대해 손상을 입힐 수 있기 때문이다. Default 값은 수백 개의 샘플 이미지들로부터 실험적으로 구한 값이며 각 범위 값에 대해 수많은 경우의 수를 얻을 수 있다. 그림 7은 default 값으로 고정된 최종 피부 영역을 보여준다. 그림 7-(a)은 “White Control”이 0일 때 “White Control Option”을 사용하지 않은 경우이며 반대로 그림 7-(b)은 Cb와 Cr의 128 값 부근에 흰색 제거를 위한 작은 사각이 나타나 있는 것을 볼 수 있다.



(a) White Control = 0 (b) White Control = 1

그림 7 최종 피부 영역
Fig. 7 Depiction of ultimate skin domain

III. 하드웨어 구현

아래 그림 8은 YCbCr 444 format을 YCbCr 422 format으로 변환하는 과정을 보여준다. YCbCr 422는 Cb, Cr 2채널을 1채널로 처리 가능하게 하여 하드웨어 크기를 줄이는 압축 기법 중의 하나이다. 본 논문에서 제안된 알고리즘은 YCbCr 422를 사용함으로써 하드웨어 구현 시 gate count의 축소와 함께 결과 이미지의 화질 저하도 피할 수 있었다.

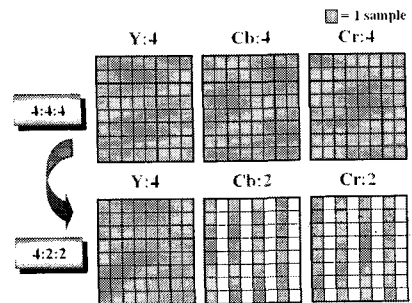


그림 8 YCbCr 444의 YCbCr 422로의 변환
Fig. 8 Transformation YCbCr 444 into YCbCr 422

센서로부터 입력되는 이미지는 실제 이미지 외에 Blank 구간을 포함한다. 따라서 Blank 구간을 제외하고 실제 이미지만을 처리하기 위한 동기 신호인 vav(Vertical Active Video Synchronization), hav(Horizontal Active Video Synchronization) 신호 및 YCbCr 422 신호가 그림 9에 나타나 있다. CbCr의 경우 1 채널로 입력되며 vav, hav의 동기에 맞추어 CbCrCbCr ...의 순서로 입력되게 된다.

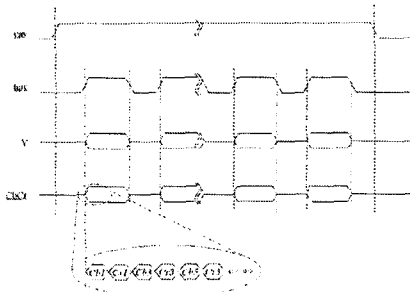


그림. 9 동기 신호 및 YCbCr 422 신호[5]
Fig. 9 Synchronization signal and YCbCr 422[5]

본 논문에서 제안된 피부 검출 시스템은 크게 4 부분으로 이루어져 있으며 그림 10-13에 나타나 있다. 그림 10의 Sub-block I는 1차 피부 영역을 설정하고 입력 이미지의 Cb, Cr이 이 영역 내에 포함되는지를 판단하여 검출 신호인 detect_1 신호를 생성하는 역할을 한다. Cb 및 Cr은 1 채널로 입력되므로 내부 동기 신호에 의해 Cb, Cr로 분류되어 주어진 조건과 비교하게 된다.

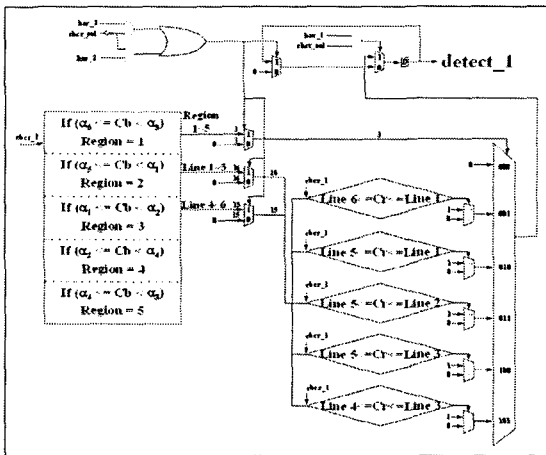


그림. 10 1차 피부 영역 설정을 위한 sub-block I
Fig. 10 Sub-block I for creating primary skin-domain

그림 11의 Sub-block II는 2차 피부 영역 설정에 해당 하며 Sub-block I에서 피부로 인식된 입력 Cb, Cr이 표 1의 범위 중 선택된 Cb, Cr 영역 내에 포함되면 피부로 인식하고 detect_2 신호를 생성한다.

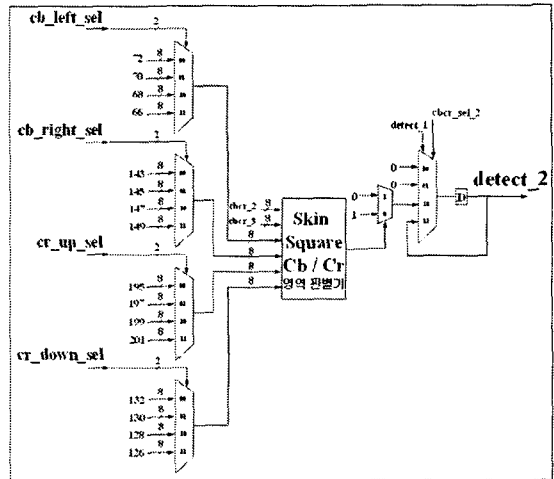


그림. 11 2차 피부 영역 설정을 위한 sub-block II
Fig. 11 Sub-block II for creating secondary skin-domain

그림 12의 Sub-block III은 흰색 제거 영역으로서 표 2의 흰색 제거 영역범위가 사용자에게 의해 선택되어지면 입력 이미지의 Cb, Cr이 이 영역 내에 포함되는지를 판단하게 되고 검출신호인 detect_3을 발생시킨다.

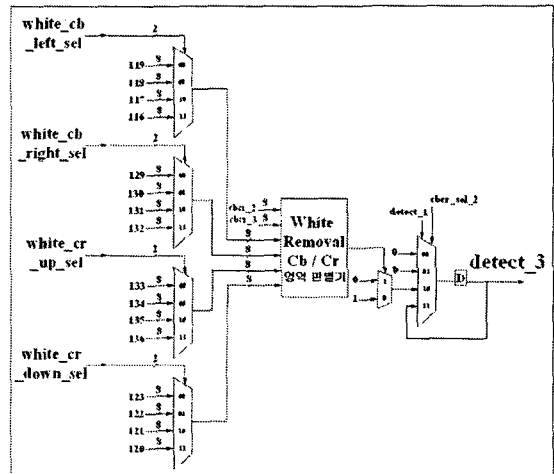


그림. 12 흰색 계열의 색 제거를 위한 sub-block III
Fig. 12 Sub-block III for eliminating light colors

그림 13의 Sub-block IV는 최종 출력단으로서 Sub-block II, III에서 생성된 검출 신호 detect_2, 3 및 외부 control 신호를 이용하여 피부 영역인 Y, Cb, Cr은 bypass 시키며 피부 외 영역은 Y=0, CbCr=128로 set하는 역할을 한다. 따라서 피부 외 영역은 검은색으로 출력됨으로써 시스템의 피부 검출 성능을 검증할 수 있다.

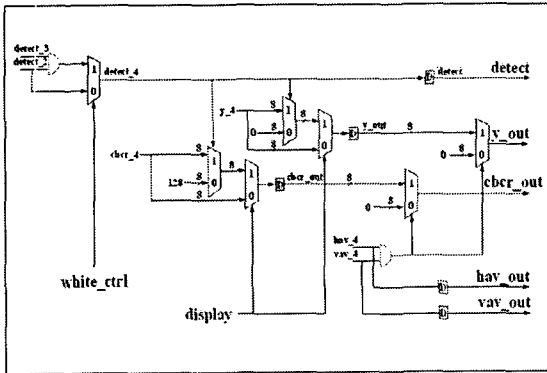


그림. 13 최종 출력단
Fig. 13 Ultimate output block

제안된 시스템은 Verilog-HDL을 이용하여 설계되었고, ModelSIM과 Synopsys Design Analyzer를 이용하여 검증하였다. 설계 타겟 동작 주파수인 60MHz를 만족하였고 이 시스템 블록의 gate count와 동작 속도는 표 3에 나타나 있듯이 2-input Nand (=17.28) gate를 기준으로 3,893개로 설계되었다.

표 3. 제안된 시스템의 gate counts와 max timing
Table 3. Gate counts and max timing of this system

Module Name	Gate Counts	Clock Period [ns]
skin_detection	3,893	16.6

IV. 설계 및 성능

본 논문에서는 실내, 실외, 단순 혹은 복잡한 배경 및 각 인종 또는 여러 인종이 같이 포함된 이미지들을 사용함으로써 본 시스템의 성능을 테스트하였다. 각각의 테스트 이미지에 대해 더 개선된 결과를 얻을 수 있도록 모드 선택을 적절히 조절할 수 있었다.

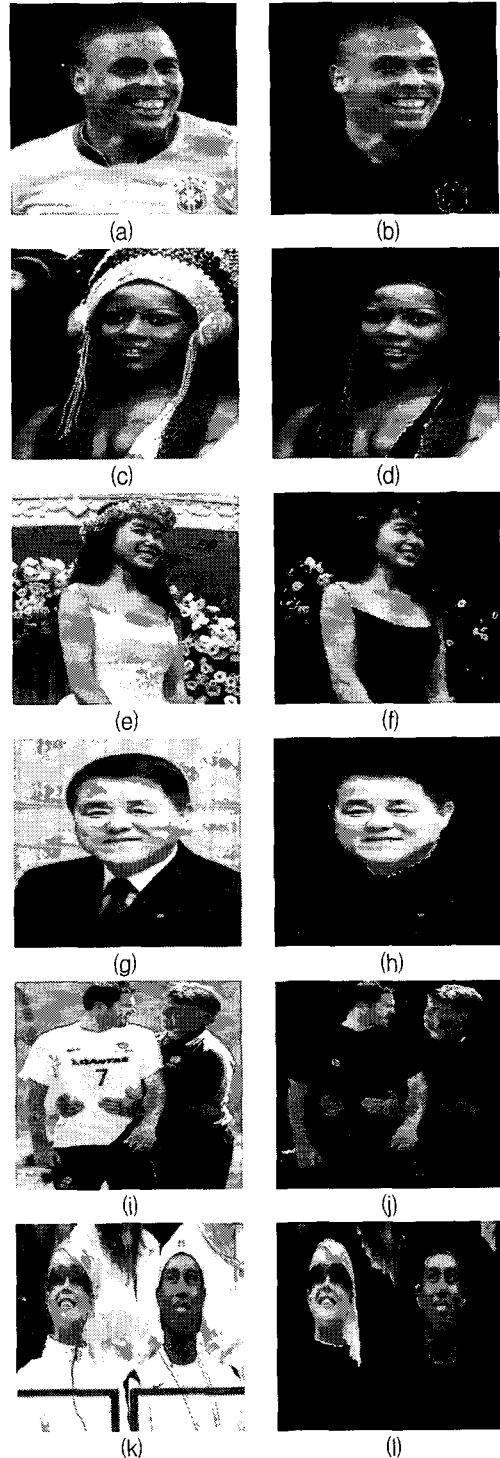


그림. 14 원 이미지 (좌)와 피부 검출된 이미지 (우)
Fig. 14 Original(left) and skin_detected images(right)

각 인종 별로 6개의 테스트 이미지가 그림 14에 나타나 있다. 비록 그림 14-(b), (f), (h), (i)에서 피부색과 같은 색을 가지는 꽃, 상의 로고가 피부와 함께 검출되었지만 복잡한 배경과 다양한 색상이 함께 포함된 이미지에 대해서도 상당한 피부 검출 성능을 보여주고 있다.

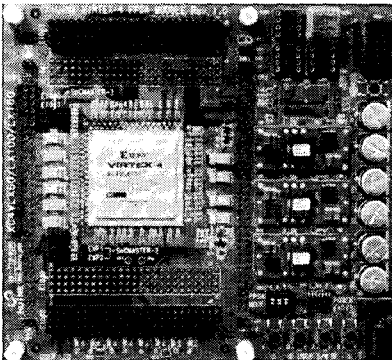


그림. 15 성능 검증을 위한 PCB 보드

Fig. 15 PCB board for verification of performance

본 논문에서 제안된 피부 검출 시스템은 Xilinx VIRTEX-4 XC4VLX100 FPGA 보드를 이용하여 실시간 검증을 수행하였다. 그림 15는 검증에 사용된 PCB 보드를 보여주며 그림 16은 실제 센서 모듈을 장착하여 실시간으로 캡처한 영상에서 피부 검출 시스템 적용 시 나타나는 결과 이미지를 보여준다. 본 시스템의 최대 동작 속도는 110MHz이며 50MHz를 사용하는 CMOS 카메라 시스템 뿐 아니라 더 고속을 요하는 시스템으로의 적용도 가능하다.

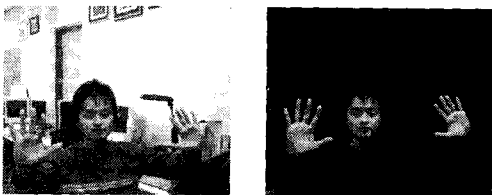


그림. 16 FPGA 보드를 이용한 실시간 영상 검증

Fig. 16 Real-time verification on FPGA

V. 결 론

피부 검출 시스템은 사람 움직임 분석과 얼굴 검출 등

의 시스템에서 아주 중요한 사전 처리 과정이기 때문에 이미지 신호 처리에서 꼭 필요한 알고리즘이다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 우수한 검출 성능에 비해 큰 하드웨어를 필요로 하지 않는다. 즉, 1D 처리를 행함으로써 메모리 필요성을 피할 수 있었고 따라서 아주 적은 gate count를 가질 수 있었으며 이는 다양한 시스템으로의 적용을 가능하게 하였다. 또한, 기존의 피부 검출 및 얼굴 인식 시스템이 PCA (Principal Component Analysis), SVM (Support Vector Analysis), 신경망과 같은 복잡한 알고리즘을 사용한 반면[2], 제안된 시스템은 간단하면서도 이해하기 쉬운 구조를 가지고 버퍼, 메모리를 사용하지 않음으로써 원가 절감의 효과도 얻을 수 있다. 비록, 피부색과 비슷한 색을 가지는 배경이나 물건들이 피부와 같이 검출되기도 하지만, 이 문제는 앞서 언급한 바와 같이 적절한 모드 선택을 통해 최소화할 수 있다.

감사의 글

본 연구의 결과물은 삼성전기의 지원에 의한 것입니다. 본 연구에서 사용된 설계용 소프트웨어는 IDEC을 통해서 지원 받았습니다.

참고문헌

- [1] 임정욱, 김현식, 박정환, 이성목, 강봉순, "YCbCr 색 좌표계에서의 1D 처리 구현을 위한 비 메모리 피부 검출 알고리즘," 추계 합동 학술 논문 발표회 논문집, pp. 41-44, 2006. 12.
- [2] 고기영, 김두영, "Log-polar 변환과 얼굴특징추출을 이용한 크기 및 회전불변 얼굴인식," 신호처리 시스템 학회 논문집, pp. 15-22, 2005. 1.
- [3] CMOS Image Sensor-용 Image Signal Processor의 개발, 결과 보고서, 삼성전자, 2006. 6.
- [4] J. Im, S. Lee, J. Song, T. Kim and B. Kang, "Implementation of memory-free skin -detection system for mobile display device," ISSPA 2007, Vol. TA-P3, Feb. 2007.
- [5] ITU-R BT.470-6, Conventional Television Systems, 1998.
- [6] K. Jack, Video Demystified: a Handbook for the Digital Engineer, LLH Technology Publishing, Eagle Rock, 2001.

저자소개



임 정 옥(Jeonguk Im)

2006년 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자전공 졸업 (공학사)
2006년~현재 동아대학교 대학원 전자공학과 석사과정

※관심분야 : Digital camera processing systems, VLSI architecture design and image processing.



송 진 근(Jingun Song)

2006년 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자전공 졸업 (공학사)
2006년~현재 동아대학교 대학원 전자공학과 석사과정

※관심분야 : Digital camera processing systems, VLSI architecture design and image processing.



하 주 영(Jooyoung Ha)

2003년 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자전공 졸업 (공학사)
2005년 동아대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

2005년~현재 동아대학교 대학원 전자공학과 박사과정
※관심분야 : Digital camera processing systems, VLSI architecture design and image processing.



강 봉 순(Bongsoon Kang)

1985년 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 미국 University of Pennsylvania 전기공학과 (공학석사)

1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터공학과 (공학박사)

1989년~1999년 삼성전자 반도체 수석연구원
1999년~현재 동아대학교 전자공학과 부교수
2006년~현재 2단계 BK21 사업팀장

※관심분야 : VLSI algorithm architecture design, image/video processing and wireless communication.