
얼굴을 관심 영역으로 사용하는 자동 초점을 위한 얼굴 영역 추적 향상 방법 및 하드웨어 구현

정효원* · 하주영** · 한학용*** · 양훈기**** · 강봉순*****

Face Region Tracking Improvement and Hardware Implementation for AF(Auto Focusing) Using Face to ROI

Hyo-won Jeong* · Joo-young Ha** · Hag-yong Han*** · Hoon-gee Yang**** · Bong-soon Kang*****

이 논문은 2009학년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된
기초연구사업임(No. 2009-0065761)

요 약

본 논문은 얼굴을 관심 영역(ROI)으로 사용하는 자동 초점(AF, Auto Focusing) 시스템을 위한 얼굴 검출 기능(Face Detection)의 얼굴 추적 향상 방법에 관한 것이다. 피부색을 바탕으로 얼굴을 검출하는 기존의 얼굴 검출 기능에서는 얼굴을 추적하기 위하여 이전 프레임에 검출된 얼굴 영역에 대하여 현재 프레임의 스킨 픽셀 비율을 사용한다. 이 방법은 동영상에서 얼굴 영역의 안정성은 뛰어나지만, 얼굴 추적 성능은 다소 떨어진다. 따라서 얼굴 추적 성능을 향상시키기 위하여, 이전 프레임에 검출된 얼굴 영역과 현재 프레임에 검출된 얼굴 영역의 겹침을 조사하여 겹치는 영역의 면적을 이용하여 얼굴을 추적하는 방법을 제안하였다. 검증을 위하여 FPGA 보드와 모바일 폰 카메라용 CIS를 이용하여 실시간으로 얼굴 검출을 촬영하였고, 검출된 얼굴의 이동 궤적을 이용하여 성능을 검증하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a method about improving face tracking efficiency of face detection for AF system using the faces to the ROI. The conventional face detection system detecting faces based skin color uses the ratio of skin pixels of the present frame to detected face regions of the past frame to track the faces. The tracking method is superior in the stability of the regions but it is inferior in the face tracking efficiency. We proposed a face tracking method using the area of the overlapping region in the detected face regions of the past frame and the present frame to improve the tracking efficiency. The proposed face tracking efficiency demonstration was performed by making a film of face detection with face tracking in real-time and using the moving traces of the detected faces.

키워드

자동 초점, 관심 영역, 얼굴 검출, 얼굴 영역 추적

Key word

Auto Focusing, Region of Interest, Face Detection, Tracking of Face Region

* 동아대학교 전자공학과 석사과정
** 삼성전기 중앙연구소 책임연구원
*** BK21 고성능 멀티미디어 사업팀 계약교수
**** 광운대학교 전자공학과 교수
***** 동아대학교 전자공학과 부교수 (교신저자)

접수일자 : 2009. 07. 15
심사완료일자 : 2009. 08. 21

I. 서 론

최근 CCD와 CIS같은 고체 촬상 소자의 보급으로 디지털 카메라 및 모바일 폰 카메라와 같은 휴대용 멀티미디어 장치가 대중화되고 있다[1]. 그리고 이와 동시에 인터넷과 같은 무선 통신 기술이 빠르게 발전하고 널리 보급되면서 youtube와 같은 가상공간에서 동영상을 이용하여 자신을 PR하고, 사용자가 콘텐츠를 제작(UCC, User-Created Contents)[2]하여 공유하는 새로운 문화가 자리 잡고 있다. 이에 따라서 동영상에 있어서 자동 노출(AE, Auto Exposure), 자동 백색 보정(AWB, Auto White Balance), 자동 초점(AF, Auto Focusing) 등과 같은 고성능의 실시간 영상 처리에 대한 개발이 활발해 지고 있다.

본 논문은 얼굴을 자동 초점의 관심 영역으로 사용하는 시스템을 위한 피부색 바탕의 얼굴 검출 기능[3][4]에서의 얼굴 추적[5][6] 성능을 향상시키는 방법에 관한 것이다. 피부색을 바탕으로 얼굴을 검출하는 기존의 얼굴 검출 시스템은 이전 프레임에서 검출된 얼굴 영역의 피부 픽셀 수와 현재 프레임에서 검출된 얼굴 영역의 피부 픽셀 수의 비율을 구하여 이를 이용하여 얼굴 추적 유무를 판단하도록 하였다. 여기에서 얼굴 추적 유무를 판단하기 위한 얼굴 영역 피부 픽셀 수의 비율에 대한 비교 대상으로 실험을 통하여 threshold 값을 설정하였으며, 이 threshold 값은 외부에서 제어가 가능하도록 하였다[7]. 기존 방법의 경우, 동영상에서 검출된 얼굴 영역의 안정성은 뛰어난 반면, 얼굴 추적 성능은 다소 떨어진다. 여기에서 영역의 안정성이란 검출된 얼굴 영역을 사각형의 박스 형태로 디스플레이 장치에 출력할 때 프레임 별 박스의 흔들림 유무를 의미한다. 또한, 얼굴 추적 여부를 판단하기 위한 얼굴 영역 피부 픽셀 수의 비율에 적용하는 threshold 값의 변화에 너무 민감하여 얼굴 추적 능력을 향상시킬 경우, 얼굴 영역의 안정도가 떨어지는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서 위의 threshold 값의 변화에 민감하지 않으면서 얼굴 추적 능력을 향상시키기 위한 방법을 제안하였다.

제안한 방법은 이전 프레임과 현재 프레임에서 검출된 얼굴 영역의 겹침을 조사하여, 겹치는 영역의 면적이 이전 프레임의 얼굴 영역의 면적에 threshold 값을 적용한 값보다 작을 경우 얼굴 영역을 추적하게 하였다. 제안

한 방법의 경우 하드웨어 자원의 효율성을 고려하여 영역의 면적을 구하는 과정을 단순히 영역의 가로와 세로의 합으로 대체하였다. 설계된 얼굴 추적 기능은 얼굴 검출 시스템에 추가하여 FPGA 검증보드와 모바일 폰 카메라용 CIS를 이용하여 검증하였다.

II. 얼굴 영역 추적 방법

1. 기존의 얼굴 영역 추적 방법

그림 1은 피부색 바탕의 기존의 얼굴 검출 시스템의 전체적인 흐름을 보여준다. 기존의 얼굴 검출은 YCbCr 입력을 이용하여 스킨[9], 에지[10], 음영 마스크를 추출하는 것으로부터 시작된다.

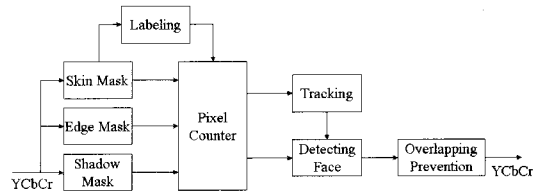


그림 1. 피부색 바탕의 얼굴 검출 흐름도
Fig. 1 Follow chart of face detection based skin color

추출된 스킨 마스크를 바탕으로 레이블링[11]-[15]을 수행하여 얼굴 후보 그룹을 설정하고, 얼굴 후보 영역에 해당하는 세 마스크의 픽셀 수를 카운팅 한다. 그리고 이전 프레임에서 검출된 얼굴 영역에 해당하는 스킨 마스크의 픽셀 수도 같이 카운팅 되며, 이를 이용하여 얼굴 추적 여부를 결정한다. 얼굴을 추적하지 않을 경우, 각 마스크에 대하여 각각의 픽셀 수와 얼굴 후보 그룹의 면적에 대한 비율을 구하여, 2,000개의 얼굴 영상에 대해 통계적으로 구해진 얼굴 영역 면적 대비 각 마스크 픽셀 수의 비율과 비교하여 얼굴을 검출한다. 최종적으로 검출된 얼굴 영역들 사이에 영역이 중복되는 얼굴 영역이 있을 경우, 영상의 중심에 가까운 얼굴 영역 순으로 검출된 얼굴 영역이 출력된다[4][7][8].

기존 시스템의 얼굴을 추적하는 방법은 이전 프레임에서 검출된 얼굴 영역에 해당하는 현재 프레임의 스킨 마스크 픽셀 수를 카운팅 한 결과를 사용한다. 카운팅 결과를 이용하여 이전 프레임의 얼굴 영역에 현재 프레임

의 스킨 마스크가 차지하는 비율을 계산하고, **threshold** 값을 적용하여 얼굴을 추적할지 유지할지 결정하게 된다[7][8]. 이 방법은 영역의 안정성에 중점을 둔 방법으로 동영상에서 검출된 얼굴 영역의 흔들림을 막는다. 따라서 동영상에서 검출된 얼굴 영역의 안정성은 우수한 반면, 얼굴 추적 성능은 다소 떨어진다. 그리고 얼굴 추적 성능을 높이기 위하여 **threshold** 값을 다양하게 변화시킬 경우, **threshold** 값에 민감하게 반응하여 얼굴 영역의 안정성마저 떨어지는 단점이 있다. 그림 2는 기존 방법의 얼굴 추적 성능의 한 예를 보여준다.

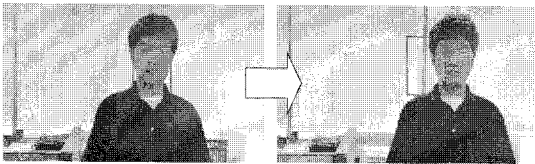


그림 2. 기존 얼굴 추적 방법의 성능
Fig. 2 Efficiency of the conventional face tracking

2. 제안한 얼굴 추적 방법

기존 얼굴 검출 시스템의 얼굴 추적 기능의 성능을 향상시키기 위하여, **threshold** 값의 변화에 민감하지 않으면서 얼굴 추적 능력을 향상시키기 위한 방법을 제안하였다.

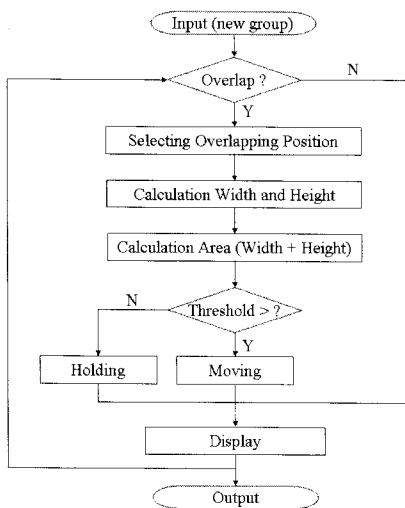


그림 3. 제안된 얼굴 추적 흐름도
Fig. 3 Follow chart of proposed face tracking

제안한 방법은 이전 프레임의 얼굴 영역과 현재 프레임의 얼굴 영역의 겹침을 조사하여, 이전 프레임의 얼굴 영역 면적에 대한 겹치는 영역의 면적의 비율을 구하여 추적 유무를 판단하게 하였다. 외부에서 제어가 가능한 비율 값을 **threshold** 값으로 입력함으로써 면적 비율에 따른 추적 성능을 확인할 수 있도록 하였으며, 본 논문에서는 최소 50%에서 최대 93%까지 변화시키며 실험을 하였다. 그림 3은 제안한 추적 방법의 얼굴 추적 흐름을 보여준다.

제안한 얼굴 추적 방법은 이전 프레임에 검출된 얼굴 영역과 현재 프레임에 검출된 얼굴 영역과의 겹침 유무를 판단으로부터 얼굴 추적을 시작한다. 이전 얼굴 영역과 현재 얼굴 영역의 겹침은 식 (1)과 같은 비교수식으로 판단하였다. 식 (1)에서 (x_min_1, y_min_1) , (x_max_1, y_max_1) 과 (x_min_2, y_min_2) , (x_max_2, y_max_2) 는 각각 이전 얼굴 영역과 현재 얼굴 영역의 영상에서의 시작 위치와 끝 위치를 의미한다.

$$\begin{aligned}
 x_min_f &= x_max_1 < x_min_2 \\
 x_max_f &= x_min_1 < x_max_2 \\
 y_min_f &= y_max_1 < y_min_2 \\
 y_max_f &= y_min_1 < y_max_2 \\
 overlap &= \sim(x_min_f | x_max_f | y_min_f | y_max_f)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

이전 얼굴 영역과 현재 얼굴 영역의 겹침이 판단되었으면, 겹침 영역의 정보를 저장하게 되는데 겹침 영역의 정보는 그림 4의 과정으로 판단하게 된다. 겹침 영역이 존재할 경우, 이전 영역의 면적과 겹침 영역의 면적을 구하여 얼굴 추적을 결정하게 된다.

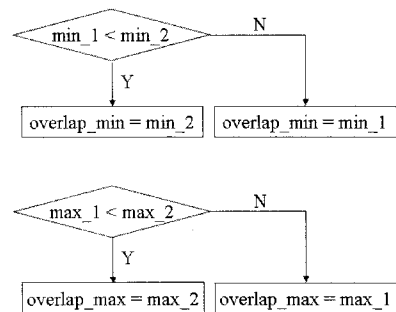


그림 4. 겹침 영역 정보 판단
Fig. 4 Selecting overlapping region position

여기서 영역의 면적은 얼굴 추적을 결정하기 위한 비율을 구하기 위하여 사용되므로, 정확한 연산을 수행할 필요가 없으며, 비슷한 경향치를 구하는 것으로 대체가 가능하다. 따라서 영역의 면적을 구함에 있어서 하드웨어 자원의 효율성 및 복잡도를 고려하여, 곱셈기를 사용하지 않고 영역의 가로와 세로 길이의 합으로 구하도록 하였다. 이렇게 구해진 이전 영역의 면적에 **threshold** 값을 적용한 값과 겹침 영역의 면적을 비교하여 얼굴을 추적할 것인지 이전 얼굴 영역을 유지할 것인지 판단하게 되고 이를 최종적으로 출력하게 된다.

III. 하드웨어 구조

그림 5는 제안된 얼굴 추적 기능이 추가된 얼굴 검출 시스템의 전체 블록도를 보여준다. **Mask**, **Labeling**, **Control** 블록의 동작은 기존의 얼굴 검출 시스템의 동작과 동일하다. **Mask** 블록은 스킨[9], 예지[10], 음영의 세 가지 마스크를 생성하고, **Labeling** 블록은 생성된 스킨 마스크를 입력으로 레이블링[11]-[15]을 수행하여 얼굴을 검출하기 위한 얼굴 후보 그룹을 생성한다[4]. **Control** 블록은 **Mask**와 **Labeling** 블록에서 사용되는 라인 메모리를 제어하는 역할을 수행한다.

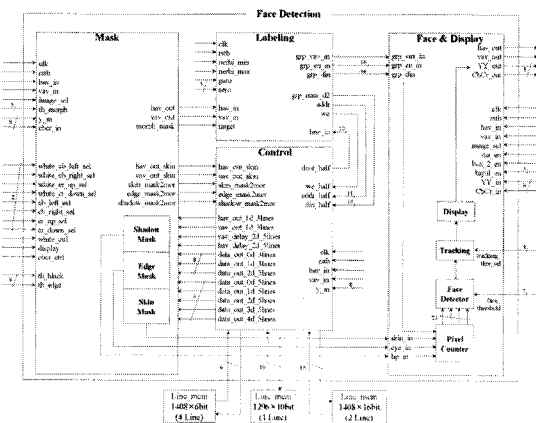


그림 5. 얼굴 검출 시스템 전체 블록도[7]
Fig. 5 Block diagram of face detection with proposed face tracking

마지막으로 **Face & Display** 블록은 얼굴 후보 그룹 영역 내의 세 마스크에 해당하는 픽셀 수를 카운팅 하여 얼굴 후보 그룹이 얼굴인지 아닌지를 판단하여 검출된 얼굴을 출력한다[7][8]. **Face & Display** 블록에서 제안된 얼굴 추적 기능을 추가하였고, 현재 프레임의 얼굴을 검출하고 나면 얼굴 추적 기능이 동작되게 된다. 그리고 이전 얼굴 영역에 **threshold** 값을 적용함에 있어서 나뉠셈기가 필요하기 때문에 하드웨어 복잡도를 고려하여 **Shift & Add**로 대체하였다. TSMC 0.25um library를 사용하여 worst case인 경우에 50MHz의 속도를 만족시키기 위하여 합성한 결과 144,328 개의 gate counts로 제안한 얼굴 추적 기능이 포함된 얼굴 검출 시스템을 구현할 수 있었다.

IV. 얼굴 추적 기능의 동작 실험

제안한 얼굴 추적 기능을 검증하기 위하여 모바일 폰 카메라용 CIS와 FPGA 검증 보드를 사용하였다. 사용된 CIS는 2M HD급의 Y 센서이며, FPGA 보드는 Xilinx Virtex-4 XC4VLX100을 사용하였다. CIS를 통해 입력된 영상 정보를 FPGA 보드를 이용하여 얼굴 검출 및 추적 기능을 적용하였고, 그 결과를 모니터에 출력하여 동영상으로 촬영하였다.

표 1은 기존의 얼굴 추적 방법을 사용한 경우와 제안된 얼굴 추적 방법을 사용한 경우의 동작 결과를 촬영한 동영상의 캡처 화면을 보여주고 있다. 표 1에서 얼굴의 움직임은 좌에서 우로 곡선을 그리면서 이동하는 경우와 시계방향으로 원을 그리면서 이동하는 경우의 총 두 가지 경우의 동영상으로 촬영하였다. 기존의 얼굴 추적 방법(Conv.)의 경우 **threshold** 값을 80%로 설정하였다. 이것은 여러 번의 실험을 통하여 기존 방법의 취지에 맞게 동영상에서 얼굴 영역의 흔들림을 최대한 방지하면서 어느 정도의 얼굴 추적 성능을 갖는 값을 구한 것이다.

제안된 방법(Prop.)의 경우 **threshold** 값을 50%에서 93%까지 점점 증가시키면서 얼굴 추적 기능의 성능 실험을 하였고, 표 1에서는 기존 방법과의 비교를 위하여 80%인 경우의 캡처 화면만 나타내었다.

표 1. 얼굴 추적 기능 실험 결과
Table 1. The experimental results of face tracking



얼굴의 곡선 이동과 원 이동에 대하여 기존 방법과 제안된 방법을 사용하였을 때의 캡처 화면의 얼굴과 사각형의 박스의 위치가 제대로 맞는지를 확인함으로써 기존 방법의 얼굴 추적 성능이 더 뛰어난을 예측할 수 있다.

표 2와 표 3은 촬영한 동영상에서 프레임 별로 정지 영상을 캡처하여 저장한 후, 각 정지 영상의 얼굴 영역의 중심점을 추출하여 표시한 결과를 보여준다. 영역의 중심점을 추출하여 동영상에서의 얼굴 이동 궤적을 그래프로 표시하여 이상적인 이동 궤적과 비교함으로써 얼굴 추적 성능을 눈으로 쉽게 확인할 수 있게 하였다. 여기에서 이상적인 이동 궤적은 기존 방법, 제안된 방법과 마찬가지로 동일한 얼굴 검출 방법을 사용하여 각 캡처 영상 별로 얼굴을 검출하여 얼굴 영역의 중심점을 추출하여 그래프로 표시한 것이다. 따라서 이상적인 이동 궤적과 유사할수록 성능이 더 뛰어난을 유추할 수 있다.

표 2와 표 3에서 이상적인 이동 궤적은 파란색의 ‘-○-’ 선으로 표시하였고, 기존 방법과 제안된 방법의 이동 궤적은 빨강색의 ‘-□-’ 선으로 표시하였다. 표 2는 얼굴의 곡선 이동 동영상에 대하여, 표 3은 얼굴의 원 이동 동영상에 대하여 얼굴 이동 궤적을 보여주고 있다. 그리고 제안된 방법은 threshold 값이 50%, 62%, 71%, 80%, 90% 일 때의 궤적을 두 표에 나타내었다. 두 표를 통하여 제안된 방법의 경우 threshold가 낮은 경우에는 기존의 방법에 비해 얼굴 추적 성능이 떨어짐을 알 수 있다. 하지만 기존의 방법과 마찬가지로 threshold 값이 80%인 경우 제안된 방법의 얼굴 추적 성능이 기존 방법에 비해 향상되었음을 확인할 수 있다.

기존 방법과 제안된 방법의 더욱 자세한 얼굴 추적 성능 비교를 위하여 이상적인 경우의 이동 궤적에 대하여 기존 방법의 경우와 제안된 방법의 경우의 이동 궤적의 오차를 구하였다.

표 2. 얼굴의 곡선 이동 궤적
Table 2. Trace of moving face about curve

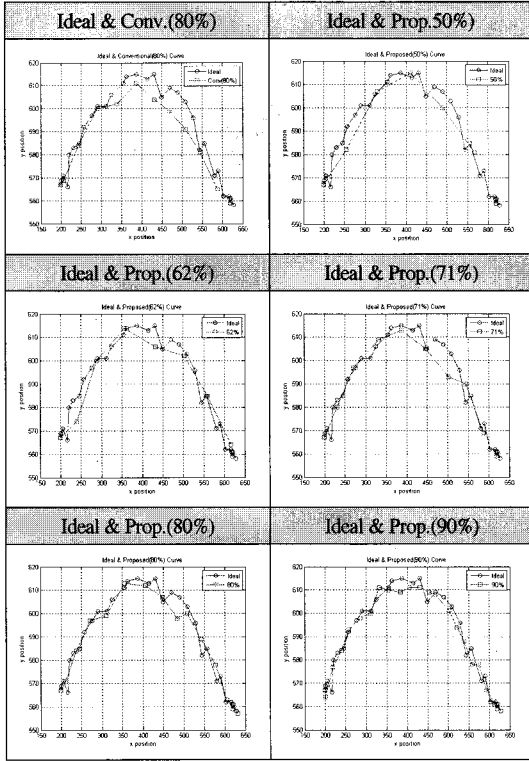
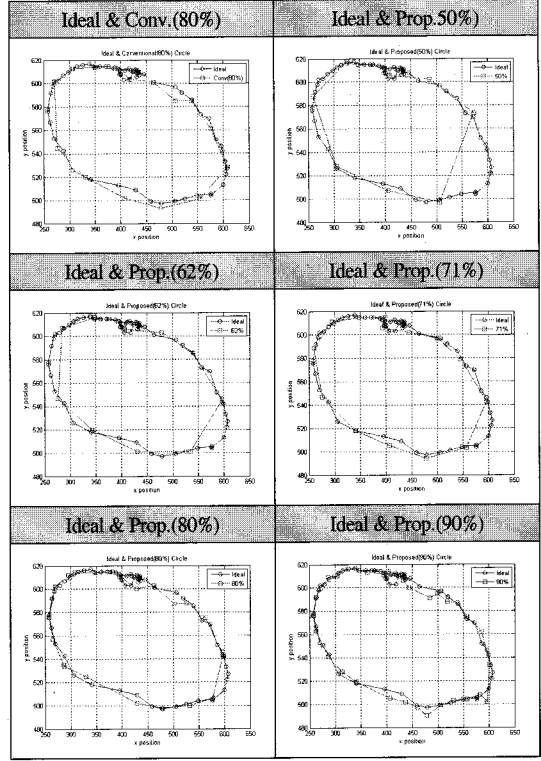


표 3. 얼굴의 원 이동 궤적
Table 3. Trace of moving face about circle



이동 궤적은 얼굴 영역의 중심에 대한 영상에서의 위치를 추출하여 그래프로 표현한 것이므로 x축과 y축에 대하여 오차를 구해야 한다. 하지만 이동 궤적의 x축과 y축의 오차를 각각 비교하는 것은 x축과 y축의 오차의 크고 낮음이 다를 수 있기 때문에 기존 방법과 제안된 방법의 성능 비교에 있어서 용이하지 않다. 따라서 x축과 y축의 이상적인 궤적과의 차이를 각각 구한 후 평균을 구하여 이에 대한 오차를 구하였다.

표 4는 얼굴의 곡선 이동과 원 이동에 대한 기존의 방법과 제안된 방법의 RMS(Root Mean Squared error)를 보여준다. 표 4에서 제안된 방법의 경우, threshold가 70%를 넘어서면서부터 RMS가 기존 방법의 RMS보다 낮음을 확인할 수 있다. 따라서 기존 방법과 동일하게 제안된 방법에서 threshold를 80%로 설정할 경우 기존 방법의 추적 성능보다 제안된 방법의 추적 성능이 뛰어난 것을 알 수 있다.

표 4. 얼굴 추적 기능의 오차
Table 4. Error of face tracking

		Curve		Circle		
		MinMax	RMS	MinMax	RMS	
Conv. [%]	80	-10 ~ 32	13.21	-23 ~ 44	14.57	
	50	-35 ~ 39	19.99	-59 ~ 41	22.64	
	53	-8 ~ 34	18.60	-59 ~ 39	22.10	
	56	-8 ~ 40	17.47	-65 ~ 38	21.74	
	59	-15 ~ 42	17.06	-47 ~ 40	21.10	
	62	-23 ~ 39	16.08	-44 ~ 35	17.36	
	65	-29 ~ 37	15.34	-46 ~ 35	17.36	
	68	-30 ~ 31	14.34	-31 ~ 26	13.24	
	Prop. [%]	71	-22 ~ 32	13.45	-29 ~ 28	13.08
		75	-2 ~ 25	10.41	-27 ~ 23	11.25
78		-1 ~ 25	9.84	-28 ~ 17	11.06	
80		-8 ~ 28	9.20	-36 ~ 24	10.85	
84		-8 ~ 16	7.27	-31 ~ 19	9.38	
87		-2 ~ 18	6.69	-23 ~ 15	8.56	
90		-7 ~ 11	4.38	-6 ~ 11	4.48	
93		-8 ~ 16	4.34	-13 ~ 10	4.11	

V. 결 론

본 논문은 AF의 ROI를 얼굴로 사용하는 시스템을 위한 얼굴 검출 기능의 얼굴 추적을 향상시키는 방법에 관한 것이다. 기존의 얼굴 추적은 이전 프레임의 얼굴 영역에 대한 현재 프레임의 스킨 픽셀의 비율을 사용하였다. 이 방법의 경우 영역의 안정도는 우수하지만, 영역의 추적 성능은 떨어지고, 추적을 결정하는 threshold 값의 변화에 영역의 안정도가 민감하다는 단점이 있다. 따라서 threshold 값의 변화에 민감하지 않으면서 영역의 추적 성능이 뛰어난 방법을 제안하게 되었다. 제안한 방법은 전 프레임의 얼굴 영역과 현재 프레임의 얼굴 영역의 겹침을 조사하여 영역이 겹칠 경우, 이전 프레임의 얼굴 영역의 면적에 threshold를 적용한 결과와 겹침 영역의 면적을 비교하여 얼굴을 추적하게 된다.

얼굴 추적 기능의 동작은 동영상상을 촬영하여 검증하였으며, 검증 결과는 얼굴의 이상적인 이동 궤적에 대하여 기존 방법과 제안된 방법의 이동 궤적을 비교하여 RMS로 표시하였다. 기존 방법과 제안된 방법의 성능 비교를 위하여 두 방법 모두 threshold를 80%로 설정하였을 때의 결과를 살펴보면, 곡선으로 움직이는 얼굴 동영상과 원으로 움직이는 얼굴 동영상에 대하여 기존 방법의 RMS는 각각 13.21, 14.57이고 제안된 방법의 RMS 9.20, 10.85이다. 따라서 제안된 방법의 얼굴 추적 성능이 기존 방법의 얼굴 추적 성능보다 뛰어난을 확인할 수 있다.

참고문헌

[1] *Image Sensor*의 시장동향, 지식경제부, 정보통신연구진흥원, 정보서비스단 통계분석팀, Aug. 2008.
 [2] *Participative web: User-Created Content (UCC)*, OECD, Working Party on the Information Economy, Apr. 2007.
 [3] C. Garcia and G. Tziritas, "Face Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis," *IEEE Trans. on Multimedia*, Vol. 1, No.3 pp. 264-277, Sep. 1999.
 [4] 정효원, 한학용, 크리스 리, 광부동, 강봉순, "YCbCr

색 좌표계의 피부색 영역을 이용한 Face Detection 알고리즘 및 하드웨어 구현," 한국신호처리·시스템학회 하계학술대회, pp. 6-9, Jun. 2009.
 [5] D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, "Kernel-based object tracking," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, Vol. 25, No. 5, pp. 564-577, May 2003.
 [6] M. Isard and A. Blake, "CONDENSATION: Conditional density propagation for visual tracking," *Int. J. Comput. Vis.*, Vol. 29, No. 1, pp. 5-28, 1998.
 [7] 정효원, 광부동, 하주영, 한학용, 강봉순, "AF를 위하여 피부색 영역의 얼굴 특징을 이용한 Face Detection 알고리즘 및 하드웨어 구현," 한국해양정보통신학회 논문지, Vol. 13, No. 12, pp. 2547-2554, Dec. 2009.
 [8] 김주현, 강봉순, 이성진, 정효원, 최원태, 광부동, "얼굴검출장치 및 이를 이용한 얼굴검출방법," 국내출원 10-2009-0020834, Mar. 2009.
 [9] 임정욱, 송진근, 하주영, 강봉순, "소형 DISPLAY 장치를 위한 비 메모리 피부 검출 알고리즘 및 HARDWARE 구현," 한국해양정보통신학회 논문지, Vol. 11, No. 8, pp. 1456-1464, Aug. 2007.
 [10] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins, *Digital Image Processing Using MATLAB*, Prentice-Hall, 2004.
 [11] 정효원, 크리스 리, 김주현, 강봉순, "실시간 영상처리를 위한 이진 영상의 Half Line Labeling 알고리즘," 한국신호처리·시스템학회 추계학술대회, pp. 341-344, Nov. 2008.
 [12] 정효원, 광부동, 김강주, 강봉순, "실시간 영상처리를 위한 이진 영상의 Twin Line Labeling 알고리즘," 대한전자공학회 하계종합학술대회, pp. 833-834, July 2009.
 [13] L. He, Y. Chao, and K. Suzuki, "A Run-Based Two-Scan Labeling Algorithm," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 17, No. 5, pp. 749-756, May 2008.
 [14] 김주현, 강봉순, 이성진, 정효원, 최원태, 광부동, "이차원 디지털 영상의 그룹화 방법," 국내출원 10-2008-0127294, Dec. 2008.
 [15] J. H. Kim, B. S. Kang, S. J. Lee, H. W. Jeong, W. T. Choi, and B. D. Kwak, "Method of Grouping pixels in 2D Digital Image," US Patent 12/413,935, Apr. 2009.

저자소개



정효원(Hyowon Jeong)

2008년 2월 동아대학교 전기전자
컴퓨터공학부 전자공학과
(공학사)

2008년 3월~현재 동아대학교
전자공학과 석사과정

※ 관심분야: 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신



하주영(Jooyoung Ha)

2003년 2월 동아대학교 전기전자
컴퓨터공학부 전자공학과
(공학사)

2005년 2월 동아대학교 전자공학과
(공학석사)

2008년 2월 동아대학교 전자공학과(공학박사)

2008년 3월~현재 삼성전기 중앙연구소 책임연구원

※ 관심분야: 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신



한학용(Hagyong Ha)

1994년 2월 동아대학교 전기전자
컴퓨터공학부 전자공학과
(공학사)

1998년 2월 동아대학교 전자공학과
(공학석사)

2004년 8월 동아대학교 전자공학과(공학박사)

2006년 7월~2007년 11월 부산대학교 영상IT산학공동
사업단 Post-Doc

2008년 3월~현재 2단계 BK21 계약교수

※ 관심분야: Pattern recognition, audio / image / video
processing, DSP application



양훈기(Hoongee Yang)

1985년 연세대학교 전자공학과
(공학사)

1987년 미국 SUNY at Buffalo 전기 및
컴퓨터공학과(공학석사)

1992년 미국 SUNY at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과
(공학박사)

1993년~현재 광운대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야: UWB and wireless communication



강봉순(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 멀티미디어 연구센터 소장

2006년~현재 2단계 BK21 사업팀장

※ 관심분야: 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신