

휴대폰 카메라 영상으로부터 얼굴 검출을 위한 영상 개선

송상근, 김수형, 이귀상, 최덕재
전남대학교 전산학과
e-mail:song@iip.chonnam.ac.kr

Image Enhancement for Human Face Detection from Mobile Phone Camera Images

Sang-Geun Song, Soo-Hyung Kim, Guee-Sang Lee, Deok-Jai Choi
Dept. of Computer Science, Chonnam National University

요 약

본 논문에서는 저해상도 휴대폰 컬러 영상을 대상으로 조명변화에 강인한 얼굴 영역 자동 검출 방법을 제안한다. 얼굴 영역 추출을 위하여 대중화된 휴대폰 영상 가운데 저해상도 컬러 영상을 사용한다. 제안된 알고리즘은 조명에 의해 변화가 큰 영상의 질을 LB_MSR 알고리즘을 이용하여 향상시킨 뒤, YCbCr 색공간에서 Cb, Cr과 Y성분을 모두 이용하여 얼굴 영역을 검출해낸다. 실험결과 조명변화가 존재하는 영상을 LB_MSR 방법으로 향상시킨 뒤 Cb, Cr 그리고 Y를 이용함으로써 기존의 방법보다 얼굴 영역을 보다 정확하게 검출할 수 있음을 볼 수 있었다.

1. 서론

최근 정보화 기기들의 급속한 발전과 탄생으로 많은 정보들이 디지털화 됨으로서 각종 시설 및 통신 등에 대한 보안이 절실해지고 있다. 이에 따라 신원 확인 및 인증을 위한 많은 기술들이 개발되고 있다. 그러나 신원확인과 인증에 따른 개인 정보에 대한 보호 문제가 대두되면서 생체 정보를 이용한 보안 기술이 주목을 받고 있다. 사람의 신체적인 특징을 개인 식별에 이용하는 생체 인식(Biometrics) 기술은 별도로 사람이 인위적으로 기억하거나 보관할 필요가 없으며, 도용이 힘들다는 점에서 강력한 보안 및 인증 분야의 해결책으로 제시되고 있다.

현재 연구되고 있는 얼굴, 지문, 음성, 홍채, 망막을 이용한 생체 인식 기술 중 사람의 얼굴을 이용한 얼굴 인식 기술은 사용자가 특별한 기계와의 접촉 행위에 대한 요구없이 비접촉식으로 개인의 신원을 확인할 수 있다는 장점 때문에 편리성 있는 생체 인식 기술로 평가받고 있다. 그러나, 얼굴 영상은 인식 환경이나 인식 대상의 가변성이 크다는 문제점을 지

니고 있다. 즉, 표정, 안경 등에 의해 수시로 바뀌는 얼굴 모양과 조명, 카메라와의 거리차이 등과 같은 주변 환경의 다양한 변화를 고려하여야 한다.

본 논문에서는 다양한 얼굴영역 검출방법들 중에서 피부색을 이용한 얼굴 영역을 검출하는데 있어서 영상에서 조명에 의한 인식환경이나 인식 대상의 가변성을 해결하는 방법에 대해 제안하였다. 서론에 이어 2장에서는 Y, Cb 그리고 Cr 모두를 이용한 색상 기반 얼굴 검출 방법[7]을 설명하고, 3장에서는 조명 변화를 해결하기 위한 영상 향상 방법인 Luminance Based Multi-Scale Retinex (LB_MSR) [2] 알고리즘을 소개한 뒤, 4장에서는 제안한 방법을 이용한 실험결과를 분석하고, 5장에서는 결론을 제시한다.

2. YCbCr 색공간

과거 많은 색공간들이 피부색 검출에 사용되어왔다. 몇몇 색 분류의 경우에 만약 휘도 성분을 제거한다면 조명변화에 어느 정도 강건해 지기 때문에

단지 색차 정보만을 이용하였다. 하지만, Phung et al.[1]의 실험결과에서 볼 수 있듯이 휘도 성분을 제외한 Cb와 Cr 성분만을 이용한 방법보다 Y, Cb 그리고 Cr을 모두 이용한 방법이 조금 더 좋은 결과를 도출한다는 것을 볼 수 있다. 따라서, 본 논문도 Cb, Cr성분만을 이용한 방법보다는 Y, Cb 그리고 Cr 성분 모두를 이용한 방법을 이용하였다.

Hsu[7]는 YCbCr 색공간에서 휘도성분인 Y ($Y=0.2999R+0.587G+0.114B$)의 함수로써 Cb와 Cr을 이용하여 변환된 색도인 $C'_b(Y)$ 와 $C'_r(Y)$ 를 생성한다. 이때 피부색모델은 중점($\overline{C'_r}(Y)$ 와 $\overline{C'_b}(Y)$)과 클러스터의 폭($W_{cb}(Y)$ 과 $W_{cr}(Y)$)으로 기술되고, 이 중점과 클러스터의 폭은 변환된 색도를 계산하기 위해 사용된다.

$$C'_i(Y) = \begin{cases} (C_i(Y) - \overline{C_i}(Y)) \cdot \frac{W_{ci}}{W_{ci}(Y)} + \overline{C_i}(K_h) & \text{if } Y < K_l \text{ or } K_h < Y, \\ C_i(Y) & \text{if } Y \in [K_l, K_h], \end{cases}$$

$$W_{ci}(Y) = \begin{cases} WL_{ci} + \frac{(Y - Y_{min}) \cdot (W_{ci} - WL_{ci})}{K_l - Y_{min}} & \text{if } Y < K_l, \\ WH_{ci} + \frac{(Y_{max} - Y) \cdot (W_{ci} - WH_{ci})}{Y_{max} - K_h} & \text{if } K_h < Y, \end{cases}$$

$$\overline{C'_b}(Y) = \begin{cases} 108 + \frac{(K_l - Y) \cdot (118 - 108)}{K_l - Y_{min}} & \text{if } Y < K_l, \\ 108 + \frac{(Y - K_h) \cdot (118 - 108)}{Y_{max} - K_h} & \text{if } K_h \leq Y, \end{cases}$$

$$\overline{C'_r}(Y) = \begin{cases} 154 - \frac{(K_l - Y) \cdot (154 - 144)}{K_l - Y_{min}} & \text{if } Y < K_l, \\ 154 - \frac{(Y - K_h) \cdot (154 - 132)}{Y_{max} - K_h} & \text{if } K_h \leq Y, \end{cases}$$

여기서 C_i 는 Cb 또는 Cr이며, $W_{cb}=46.97$, $WL_{cb}=23$, $WH_{cb}=14$, $W_{cr}=38.76$, $WL_{cr}=20$, $WH_{cr}=10$, $K_l=125$, $K_h=188$ 이다. YCbCr 색공간의 Y_{min} 과 Y_{max} 값은 각각 16과 235이다[7].

YCbCr 색공간으로 변환시킨후, 피부색 참조 맵으로 Cb와 Cr값이 기준값 내에 들어 있을 경우 피부색으로 간주하여 이진화된 영상으로 변환한다[9].

$$C'_i(Y) = \begin{cases} 255 & \text{if } (-50 \leq C'_b \leq 0) \cap (10 \leq C'_r \leq 50) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}$$



(a) 원영상 (b) CbCr을 이용 (c) YCbCr을 이용
그림 1. 얼굴 영역 이진화

3. 영상 향상을 위한 LB_MSR 알고리즘

색상 분석을 통한 얼굴 영역 검출 방법은 얼굴의 크기와 방향 등에 좋은 성능을 보이지만, 조명에 큰 영향을 받는 단점을 가지고 있으며, 얼굴과 같은 색이 있을 경우 검출의 정확성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 조명변화에 따라 얼굴 색상이 변화하여 얼굴영역을 피부색으로 검출하는데 힘들었던 점을 극복하기 위해 휘도 성분을 변경한 LB_MSR기법[2]을 이용하여 영상의 색상을 향상시킴으로써 조명변화에 따른 얼굴 영역이 검출되지 않았던 점을 개선할 수 있었다.

우선, 식(1)과 같은 표준절차를 통해 각 픽셀의 휘도를 얻는다.

$$I(x,y) = R \times \frac{R}{(R+G+B)} + G \times \frac{G}{(R+G+B)} + B \times \frac{B}{(R+G+B)} \quad (1)$$

휘도의 컨볼루션은 2개의 작은 크기를 가진 가우시안 함수들과 하나의 큰 크기를 가진 가우시안 함수의 합인 2차분포 가우시안 함수로 처리된다. 휘도의 컨볼루션에 대한 로그 계산에 의해 휘도가 향상된다.

$$R_{MSR2}(x,y) = \sum_{i=1}^3 W_i \{ \log I(x,y) - \log [I(x,y) * F_i(x,y)] \} \quad (2)$$

여기서 W_i 는 i -번째 scale에 연관된 계수이고, $F(x,y)$ 는 $K \exp(-(x^2+y^2)/c^2)$ 와 같은 가우시안 함수이

다. 이때 $\iint K \exp(-(x^2+y^2)/c^2) dx dy = 1$ 에

의해 결정되는 K 는 상수이고, c 는 가우시안 주변공간상수(Gaussian surround space constant)로서,

C₁=5, C₂=20, C₃=240으로 정의한다.

여기서 만약 W_i=0.33이라면 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$R_{MSR2}(x,y) = \frac{1}{3} \left(\log \frac{I(x,y)}{I(x,y) * F_1(x,y)} + \log \frac{I(x,y)}{I(x,y) * F_2(x,y)} + \log \frac{I(x,y)}{I(x,y) * F_3(x,y)} \right) \quad (3a)$$

$$R_{MSR2}(x,y) = \frac{1}{3} \left(\log \frac{I(x,y) * I(x,y) * I(x,y)}{(I(x,y) * F_1(x,y)) * (I(x,y) * F_2(x,y)) * (I(x,y) * F_3(x,y))} \right) \quad (3b)$$

식(3b)에서 비록 동적 범위(dynamic range)를 압축 했지만, 원 영상의 노이즈가 세개의 각 컨벌루션의 곱으로 인해 향상되므로 식(4)와 같이 계산한다.

$$R_{MSR2}(x,y) = \frac{1}{3} \left(\log \frac{I(x,y) * I(x,y) * I(x,y)}{I(x,y) * (F_1(x,y) + F_2(x,y) + F_3(x,y))} \right) \quad (4)$$

식(4)에서, 세 번째 가우시안 필터가 크기 때문에 상당히 많은 처리시간을 필요로 하게 된다. 큰 윈도우 가우시안 필터를 통해 처리하는 동안, 이미지의 평균값과 거의 같은 저주파 구성요소를 얻을 수 있으므로 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$R_{MSR2}(x,y) = \frac{1}{3} \left(\log \frac{I(x,y) * I(x,y) * I(x,y)}{I(x,y) * (F_1(x,y) + F_2(x,y)) + Mean(x,y)} \right) \quad (5)$$

R_{MSR2}의 출력값이 0에서 255까지의 범위를 가질 수 있도록 식(6)과 같이 Contrast(gain)과 Brightness(offset)을 기반으로 한 히스토그램을 적용한다.

$$R_{MSR2}'(x,y) = G * (R_{MSR2}(x,y) + b) \quad (6)$$

여기서 G(gain)은 150, b(offset)은 0.6이다. 어떤 픽셀의 향상된 휘도값이 이전의 값에 비해 저하된 값을 가지지 않도록 하기 위하여 다음과 같이 계산한다.

$$R_{MSR2}''(x,y) = \left(\frac{|R_{MSR2}'(x,y) - I(x,y)| + R_{MSR2}'(x,y) - I(x,y)}{2} \right) + I(x,y) \quad (7)$$

식(8)을 통하여 같은 색도를 각 채널에 설정한다.

$$R_j(x,y) = \sum_{j=1}^3 R_{MSR2}''(x,y) \frac{I_j(x,y)}{I(x,y)} * \lambda \quad (8)$$

이때 j는 R,G 그리고 B의 구성요소이며, 각 대역의 채도를 조정하기 위하여 0과 1사이의 가변상수 λ를 이용할 수 있다.

마지막으로 보다 자연스러운 색을 얻기 위하여 각 색의 채도 조정을 식(9)와 같이 계산한다.

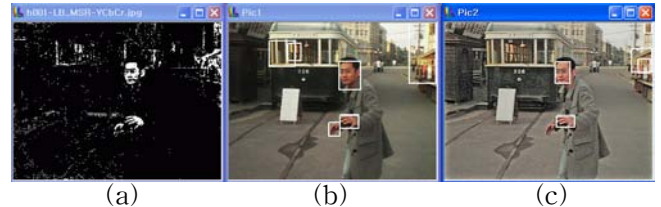
$$R_a = \frac{R_1(x,y) + R_2(x,y) + R_3(x,y)}{3} \quad (9a)$$

$$R_j(x,y) = R_j(x,y) + (R_a - R_j(x,y)) * K_j \quad (9b)$$

여기서, K₁ = 0.15, K₂=K₃=0.3 이다.

4. 실험 결과 및 분석

본 연구에서 제안한 방법을 평가하기 위해 기존의 고화질 영상보다 플레쉬가 없어 명암에 영향을 더욱 많이 받는 휴대폰의 저해상도 영상을 사용하였다.



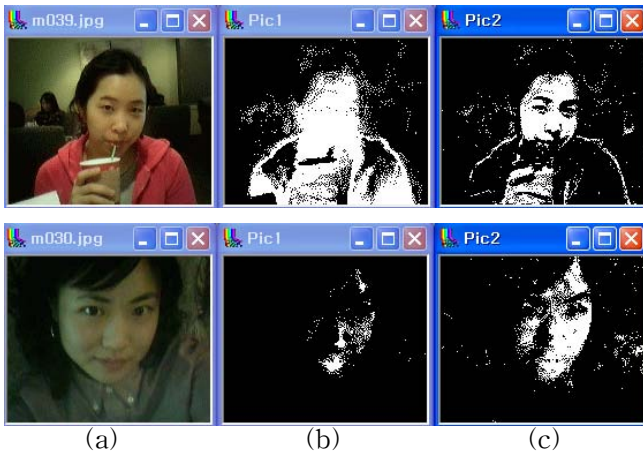
(a) LB_MSR 후 이진화 (b) CbCr을 이용 (c) LB_MSR 후 YCbCr을 이용

그림 2. 얼굴 영역 검출

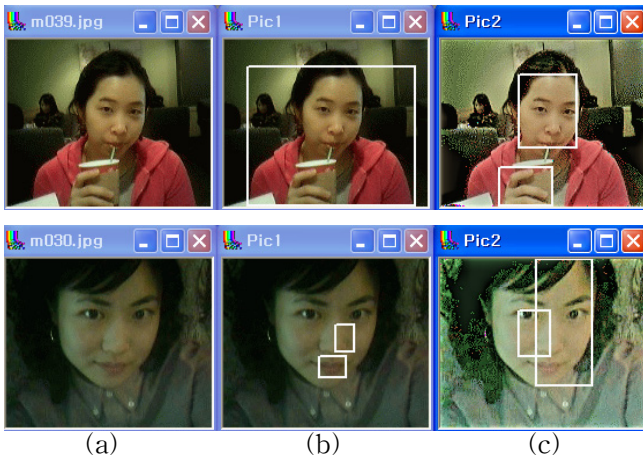
실험결과, 그림 2와 같이 Cb와 Cr만을 이용하여 얼굴 영역을 검출한 영상보다 영상 향상을 통한 Y,Cb 그리고 Cr을 이용한 영상에서 보다 많은 얼굴 영역과 잡음을 제거할 수 있었으며, 조명에 강건한 결과를 보였다. 더욱이, CbCr만을 이용하여 얼굴 영역을 검출한 영상 중에서 전혀 검출하지 못한 영상도 LB_MSR과 YCbCr을 통해 검출한 결과 얼굴 영역을 검출할 수 있었다.

하지만, 배경 색상이 피부색과 가까운 영역이 많은 영상에서는 얼굴 영역 외의 잡음이 기존보다 조금 더 검출되었다. 그림 4는 원영상에서 CbCr과 LB_MSR을 적용한 후 YCbCr을 이용하여 얼굴 영

역을 이진화(그림 3)한 뒤, 확장연산과 수축연산과 같은 형태학적 필터링을 적용하지 않고 레이블링한 결과이다.



(a) 원영상 (b) CbCr을 이용
(c) LB_MSR 후 YCbCr을 이용
그림 3. 얼굴 영역 이진화



(a) 원영상 (b) CbCr을 이용
(c) LB_MSR 후 YCbCr을 이용
그림 4. 얼굴 영역 검출

5. 결론

본 연구는 저해상도 휴대폰 컬러 영상에서 조명 변화에 강인한 얼굴 영역을 검출하는데 중점을 두었다. YCbCr을 모두 이용함으로써 단지 채도(Cb,Cr)만을 이용했을 때보다 성능이 더 뛰어났고, 영상 향상을 위한 LB_MSR을 이용하여 조명 변화를 제거하므로써 어두운 영역에서 검출되지 않았던 얼굴 영역을 검출 할 수 있었다.

하지만, 실험 결과에서 이야기한 것처럼, 영상 향상을 통해 피부색과 비슷한 배경과 잡음이 조금 더

검출되는 영상도 존재하였다. 앞으로의 과제는 YCbCr과 LB_MSR을 이용하는 과정에서 사용되었던 경험적인 값들을 더욱 정확하게 추출하기 위한 연구가 요구되며, 후광과 관련된 조명변화와 잡음을 제거하는 기법에 관한 연구이다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 지역혁신인력양성사업의 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- [1] S.L. Phung, A. Bouzerdoum, D. Chai, "Skin Segmentation Using Color Pixel Classification: Analysis and Comparison", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 27, No. 1, Jan. 2005.
- [2] L. Tao, V. Asari, "Modified Luminance Based MSR for Fast and Efficient Image Enhancement", Proceedings of the 32nd Applied Imagery Pattern Recognition Workshop IEEE, 2003.
- [3] D.J. Jobson, Z. Rahman, G.A. Woodell, "Properties and Performance of a Center/Surround Retinex", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 6, No.3, March 1997.
- [4] Z. Rahman, D.J. Jobson, G.A. Woodell, "Multi-Scale Retinex For Color Image Enhancement", IEEE 1996 International conference on Image Processing, Sep. 1996, pp.1003-1006.
- [5] Z. Rahman, "Properties of a center/surround Retinex Part One: Signal processing design", NASA Contractor Report 198194, 1995.
- [6] D.J. Jobson and G.A. Woodell, "Properties of a center/surround Retinex Part Two: Surround design", NASA Technical Memorandum 110188, 1995.
- [7] R. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, A.K. Jain, "Face Detection in Color Images", IEEE Trans. PAMI, Vol. 24, No. 5, May 2002, pp.696-706.
- [8] 권혁봉, 권동진, 장언동, 윤영복, 안재형, "YCbCr 색공간에서 피부색과 윤곽선 정보를 이용한 얼굴 영역 검출", 멀티미디어학회 논문지 제7권 제1호, Jan. 2004, pp.27-34.
- [9] 황선철, 김준영, 김우생, "다변수 히스토그램 기법을 이용한 얼굴 영역 추출", 한국정보과학회 춘계 학술 발표논문집, April 2000, pp.574-576.