
다양한 조명 환경에서의 실시간 사용자 검출을 위한 압축 영역에서의 색상 조절을 사용한 얼굴 검출 방법



Face detection in compressed domain using color balancing for various illumination conditions



민현석, Hyun-Seok Min*, 이영복, Young Bok Lee*, 신호철, Shin Ho-Chul**, 임을균, Lim Eul-Gyoon**,
노용만, Yong Man Ro*



요약 본 논문에서는 압축 영역에서 동작하는 조명 환경 변화에 강인한 얼굴 검출 방법을 제안한다. 기존 이미지 처리를 이용한 얼굴 검출 방법들은 주로 픽셀 기반 영역에서 이루어져 왔다. 그러나 컴퓨팅 파워와 저장 공간이 제한적인 로봇 환경에는 픽셀 기반 처리가 적합하지 않다. 또한 조명 환경의 변화는 안정된 얼굴 검출을 위해 해결되어야 하는 문제로 인식되어 왔다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 압축 영역에서의 조명 효과 보상과 색 온도 변환을 이용한 색상 정보 조절 과정을 사용한 얼굴 검출 방법을 제안한다. 제안된 방법은 색상 정보 조절을 통하여 다양한 조명 환경에서 기존 방법에 비해 강인한 얼굴 검출을 보여준다.



Abstract Significant attention has recently been drawn to human robot interaction system that uses face detection technology. The most conventional face detection methods have applied under pixel domain. These pixel based face detection methods require high computational power. Hence, the conventional methods do not satisfy the robot environment that requires robot to operate in a limited computing process and saving space. Also, compensating the variation of illumination is important and necessary for reliable face detection. In this paper, we propose the illumination invariant face detection that is performed under the compressed domain. The proposed method uses color balancing module to compensate illumination variation. Experiments show that the proposed face detection method can effectively increase the face detection rate under existing illumination.



핵심어: *Face Detection, Illumination invariant system, compressed domain processing, Human Robot Interaction system*

본 논문은 2008 년 한국전자통신연구원 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

*: 한국정보통신대학교 영상비디오시스템 연구실

** : 한국전자통신연구원 지능형로봇연구단 인지로보틱스연구그룹

1. 서론

얼굴 검출 기술은 영상 내부의 얼굴의 위치와 크기를 검출하는 기술이다. 이러한 얼굴 검출 기술은 무인 감지 시스템, 얼굴 인식 시스템 등에서 영상 내의 사용자를 검출하는 기술로서 많은 연구가 이루어져 왔다. 또한 최근 많은 연구가 진행되고 있는 휴먼-로봇 인터랙션(HRI)에서는 사용자의 동작을 인식하여 대응하는 기술에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다 [1]. 이러한 휴먼 로봇 기술에서 얼굴 검출 기술은 로봇이 사용자를 인식하게 하는 유용한 기술로써 연구되고 있다.

기존의 얼굴 검출 기술은 신경망과 support vector machine (SVM)과 같은 분류기를 이용한 방법 [2], [3]과 눈, 코, 입 등의 얼굴의 부분적 특징을 이용한 방법 등이 있다 [4]-[8]. 그러나 대부분의 기존 얼굴 검출 방식들은 영상의 픽셀 기반의 정보를 바탕으로 하며, 픽셀 기반의 정보를 이용할 경우, 많은 연산량을 필요로 한다. 그러나 제한된 연산 능력을 가진 로봇의 경우, 이러한 연산량이 큰 영상에서의 얼굴 검출로써는 적합하지 않다. 최근 언급된 문제점을 해결하기 위해 영상 처리와 같은 연산량을 많이 사용하는 부분을 네트워크 서버를 통해 이용하는 네트워크 로봇 개념이 도입되었다 [9]. 네트워크 로봇에서는 로봇과 영상 처리를 담당하는 서버와의 효율적인 통신이 중요한 점이며, 효율적인 통신을 위해서 네트워크 로봇에서는 MPEG-4, H.264 와 같은 압축된 영상을 주로 사용한다. 이러한 압축된 영상을 사용할 경우, 기존 픽셀 기반의 얼굴 검출을 적용하기 위해서는 로봇으로부터 압축되어 전송되는 영상을 복호화하여 사용하지만, 복호화 과정은 많은 연산량을 필요로 하는 과정이므로, 이러한 복호화 과정에서의 연산량을 줄이기 위하여 압축 영역에서 동작하는 얼굴 검출 방법들이 연구되었다 [10],[11]. 압축 영역에서 동작하는 얼굴 검출 방법들은 주로 얼굴의 색상 정보를 이용하고 있다. 또한 이러한 색상 정보는 조명 변화나 로봇에 사용되는 카메라의 특성에 따라 많은 변화가 발생하며 다양한 조명 환경에서 강인한 검출 성능을 보여주지 못 하는 요인으로 작용되고 있다.

상기 논의된 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 압축 영역에서 동작하는 조명 변화에 강인한 얼굴 검출 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 압축 영역에서 동작하는 얼굴 검출 방법으로 입력되는 압축 영상을 모두 복호화하지 않고, 압축 영역의 DCT 계수만을 이용하여 얼굴 검출 과정을 진행한다. 또한 조명 및 카메라 특성에 의한 색상 정보의 왜곡을 보상하기 위하여 DCT 계수를 이용하여 얻은 색상 정보를 색상 온도 조절과 조명 효과 보상의 과정을 통하여 조절한다.

본 논문에서는 제안하는 방법의 우수성을 입증하기 위하여 CMU 에서 제공된 PIE 얼굴 영상 데이터베이스를 사용하였다. PIE 얼굴 영상들은 다양한 조명 환경에서 촬영되었다. 실험을 통하여 제안하는 방법이 다양한 조명 환경에서도 강인한 검출 성능을 유지하는 것을 확인 할 수 있었다.

2. 압축 영역에서의 색상 조절 과정

카메라는 사람의 눈과 달리 물체 자체의 색과 광원의 색이 혼합된 색을 그대로 받아들인다. 그러므로 혼합된 색이 원래 물체 자체의 색상 정보의 왜곡하게 된다. 이러한 왜곡 때문에 실제 물체의 색은 조명 환경의 변화와 카메라의 특성에 따라 다르게 표현되므로 이를 해결하기 위하여 제안하는 방법에서는 영상의 색 온도 조절과 조명 효과 보상 기술을 압축 영역에서 사용하였다.

본 논문에서의 색상 조절 과정에서는 압축 영역에서 추출된 DC 계수로부터 얻어진 DC 이미지를 사용하여 이루어진다. DC 이미지의 픽셀 값 (DC(x,y))은 대응되는 DCT 블록의 평균값을 나타낸다. DC 이미지 (x,y)위치의 픽셀값 DC(x,y)는 다음과 같이 표현될 수 있다. 식 (1)에서 I(i,j)는 원본 영상 (i,j)의 픽셀 값을 나타낸다.

$$DC(x, y) = \frac{1}{8} \frac{1}{8} \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 I(8x+i, 8y+j) \quad (1)$$

2.1 색 온도 조절 과정

위에서 언급했듯이, 카메라는 사람 눈과 달리 영상을 받아들일 때, 물체 자체의 색과 광원의 색이 혼합된 색을 그대로 받아들인다. 이러한 광원들은 일정한 색 온도를 가지고 있으며, 광원의 색 온도가 낮으면 카메라를 통해 촬영되는 물체의 색은 붉은 색을 띄고, 반대로 높으면 푸른 색을 띈다. 물체 본래의 색은 태양광의 온도에서 촬영되었을 경우 나타난다. 그러므로 올바른 색상 정보를 사용하기 위해서는 카메라로부터 들어온 정보의 색 온도를 태양광의 색 온도(5500K)로 조정해 주어야 한다. 다음 그림은 색 온도 조절 과정을 나타낸 그림이다.

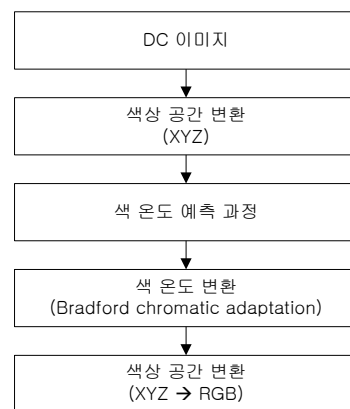


그림 1. 색 온도 변환 과정

위의 그림에서 볼 수 있듯이, 색 온도를 조절하기 위해서는 광원의 색 온도를 예측하여야 한다. 이렇게 색 온도를 변환하기 위해서는 입력 영상을 CIE 좌표계의

데이터인 XYZ 색상 공간 좌표로 변환한다. 그리고 영상의 색 온도를 예측하기 위하여 다음과 같이 DC 이미지의 평균 X, Y, Z 값을 구한다. 다음 식에서 X_m , Y_m , Z_m 는 평균 X, Y, Z 값을 나타내고, $DC_x(i,j)$, $DC_y(i,j)$, $DC_z(i,j)$ 는 DC(i,j)의 X, Y, Z 값을 나타낸다. 또한 row, col 은 DC 영상의 너비와 높이를 나타낸다.

$$X_m = \frac{1}{row \times col} \sum_{i=0}^{row-1} \sum_{j=0}^{col-1} DC_x(i, j) \quad (2)$$

$$Y_m = \frac{1}{row \times col} \sum_{i=0}^{row-1} \sum_{j=0}^{col-1} DC_y(i, j) \quad (3)$$

$$Z_m = \frac{1}{row \times col} \sum_{i=0}^{row-1} \sum_{j=0}^{col-1} DC_z(i, j) \quad (4)$$

이렇게 구한 평균값들을 이용하여 다음과 같이 대응되는 x_m , y_m 값을 구한다.

$$x_m = \frac{X_m}{X_m + Y_m + Z_m} \quad (5)$$

$$y_m = \frac{Y_m}{X_m + Y_m + Z_m} \quad (6)$$

다음 CIE 1960 UCS 를 이용하여 구해진 x_m , y_m 값에 해당하는 색 온도를 구한다 [12]. 이렇게 예측된 DC 영상의 색 온도를 태양광의 색 온도인 5500K 로 이동시키기 위하여 Bradford 변환 [13] 이 사용하였다. 다음은 색 온도 변화를 사용한 DC 영상의 예이다.



(a) 색 온도 변환 전 DC 영상



(b) 색 온도 변환 후 DC 영상

그림 2. DC 영상의 색 온도 변환의 예

위 그림에서 확인할 수 있듯이 색 온도 변환 수행 전 전체 조명이 꺼져 있어 원래 영상의 색 온도가 낮았다. 낮은 색 온도에서 푸른 색을 띄고 있어, 사람의 얼굴임에도 피부색을 나타내지 않았다. 색 온도 변환을 사용한 후, 사람의 피부색을 나타내게 되었다.

2.2 조명 효과 보상 과정

위와 같이 DC 영상의 색 온도를 조절하여 광원의 색온도에 의한 색 정보 왜곡을 보상하여도 여전히 조명에 의한 왜곡이 존재하였다. 이것은 영상(I)에는 빛이 물체 반사하여 보이는 반사 성분(R)뿐 아니라, 조명에 의해 발생하는 조명 성분(L)도 존재하기 때문이다. Land 에 의해 제안된 retinex 이론 [14]에서는 조명 성분과 반사 성분으로 이루어진 물리적인 영상 모델을 다음과 같이 표현하였다.

$$I(x, y) = L(x, y) \cdot R(x, y) \quad (7)$$

따라서 영상에서 물체의 색을 나타내는 반사 성분을 알기 위해서는 조명 성분을 유추해야 한다. 이를 위해 조명이 영상 내에서 다른 객체에 비해 천천히 변화한다는 특징이 사용된다. 이를 위해 기존 연구들에서는, 아래 식 (8)에서와 같이 Gaussian 함수와 같은 low-pass 필터를 사용하여 조명 성분을 유추하였다. 식 (8)에서 $F(x,y)$ 는 low-pass 함수이다.

$$L(x, y) = I(x, y) * F(x, y) \quad (8)$$

DC 영상의 각 값들도 원 영상의 식 (1)에서 볼 수 있듯이 low-pass 필터를 통과한 값과 유사하다. 그러나 그림 2 에서 확인할 수 있듯이, 여전히 조명 성분이 남아있다. 이에 본 논문에서는 DC 영상의 값에 Gaussian 함수를 사용하여 조명을 유추하였다.

$$L(x, y) = DC_{cts}(x, y) * F(x, y) \quad (9)$$

식(9)에서 $DC_{cts}(x,y)$ 는 색 온도가 변환된 DC 영상을 나타낸다. 또한 $F(x,y)$ 는 조명 효과를 유추하기 위한 함수로, 본 논문에서는 다음과 같은 Gaussian 함수를 사용하였다.

$$F(x, y) = K \exp[-(x^2 + y^2) / c^2] \quad (10)$$

식 (10)에서 c 는 함수의 값을 조절하는 값이다. 또한 K 는 다음과 같이 전체 함수의 값의 합이 1 이 되도록 하는 변수이다.

$$\iint F(x, y) dx dy = 1 \quad (11)$$

이렇게 구해진 조명 성분을 입력된 영상에서 제거하여 조명 효과가 보상된 영상을 얻는다. 조명 효과 보상을 사용한 후의 결과 DC 영상의 예이다.



(a) 조명 효과 보상 전 DC 영상



(b) 조명 효과 보상 후 DC 영상

그림 3. DC 영상의 조명 효과 보상의 예

위 그림에서 확인할 수 있듯이, 색 온도 변환 후에도 DC 영상에 남아 있던 조명 효과들이 효과적으로 보상되었음을 확인할 수 있다. 다음은 원래의 DC 영상과 색 온도 변환과 조명 효과 보상을 한 후의 피부색으로 판단되는 영역을 보여주는 그림이다. 그림에서 빨간색으로 표시된 부분은 피부색으로 판단되는 영역이다.



(a) 색상 조절 과정 전 DC 영상



(b) 색상 조절 과정 후 DC 영상

그림 4. 색상 조절 전후의 피부색 영역의 변화

위의 그림에서 확인할 수 있듯이, 원래 입력 DC 영상의 경우, 색 온도가 낮아 푸른 색을 나타내고 있다. 푸른색의 영향으로 전혀 피부 영역을 찾지 못 하였다. 그러나 색상 조절 과정 후, 얼굴의 피부 영역의 대부분 검출하였다. 본 논문에서는 이렇게 색 온도 변환과 조명 효과 보상을 혼합하여 사용하여 입력된 영상의 원래 색상 정보를 획득하였다.

3. 제안하는 얼굴 검출 과정

다음 그림은 제안하는 방법의 얼굴 검출 과정을 나타내는 그림이다. 다음 그림에서와 같이 제안하는 얼굴 검출 알고리즘은 압축 영역에서의 DCT 계수를 사용하여 얼굴 검출을 진행한다. 본 논문에서는 DCT 계수 중, DC 계수를 통하여 DCT 블록의 평균 색상을 얻고, AC 계수를 통하여 DCT 블록의 질감 특징을 얻는다.

우선 제안하는 방법은 추출된 DC 계수를 이용하여 외부 환경에 의한 왜곡을 추정하고 보상하는 색상 보상 과정을 거친다. 이렇게 보상된 색상 정보를 바탕으로 피부색과 얼굴의 크기 비율을 사용하여 얼굴이 존재하는 후보 영역을 검출한다. 마지막으로 검출된 얼굴을 판별하는 후보 영역 판별 과정으로 이루어져 있다.

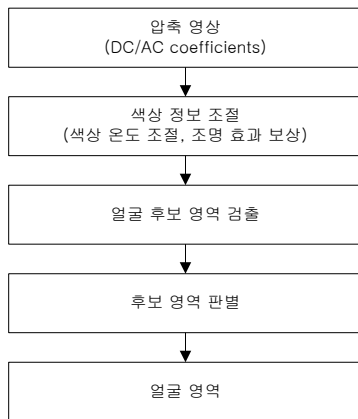


그림 5. 제안하는 얼굴 검출 과정

3.1 얼굴 후보 영역 추출 과정

제안하는 얼굴 검출 과정에서는 색상 정보 조절 과정에 의해 수정된 DC 이미지 결과를 사용하여 얼굴 후보 영역을 추출한다. 얼굴 후보 영역을 추출하기 위하여 DC 이미지에서 피부색에 해당하는 영역을 우선 추출한다. 피부색 검출을 위하여 [15]에서 제안된 피부색 모델을 사용하였다. 이렇게 추출된 살색 영역 중 얼굴 후보 영역을 추출하기 위하여 사람의 얼굴 크기 비율을 이용한 마스크를 사용한다. 이 마스크 비율은 사람의 얼굴은

가로와 세로로 1.5 배의 비율을 두고 있음에 기반하고 있다 [16]. 본 마스크를 이용하여 얼굴 후보 영역이 검출된다.

3.2 얼굴 후보 영역 판별 과정

얼굴 후보 영역 추출 과정을 통하여 얻어진 후보 영역에서도 얼굴과 비슷한 색상과 크기를 지닌 오류들이 존재할 수 있다. 이에 이를 제거하기 위하여 본 논문에서는 AC 계수에서 얻은 질감 특징을 사용한다 [17]. 얼굴은 눈과 코, 그리고 입술로 인해, 수직 방향에서 상당한 불연속적인 명도가 존재한다. 이러한 특징은 AC 계수의 수직 고주파수에 해당된다. 그러므로, AC 성분으로부터 특정 에너지를 예측할 수 있고, 이를 얼굴이 가지고 있는 에너지와 비교하여 얼굴 후보 영역이 판별된다. 판별된 영역은 최종적으로 얼굴 영역으로 선정된다.

4. 실험

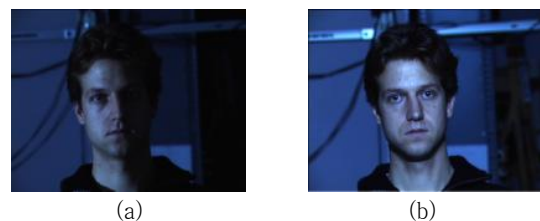
4.1 실험 환경

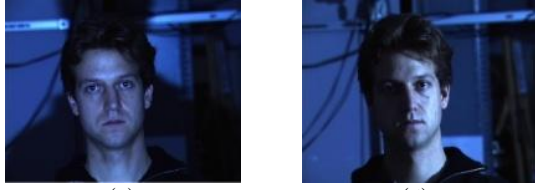
제안하는 방법의 성능을 측정하기 위하여 CMU PIE Database [20]를 사용하였다. CMU PIE Database 는 다양한 조명 환경에서 촬영된 DB 이다. 사용한 DB 의 조명 환경은 전체 조명과 섬광에 의한 변화가 존재한다. 다음 그림과 같이 전체 조명이 켜진 상황과 꺼진 상황이 존재한다.



그림 6. CMU PIE Database 의 예

위와 같이 전체 조명의 변화와 함께 여러 방향에서 발생하는 섬광에 의한 불빛으로 조명의 변화를 주고 있다. DB 에는 총 21 가지 섬광의 위치 변화가 존재한다. 다음 그림에서 볼 수 있듯이, 전체 조명이 꺼진 상태에서도 다양한 위치에서 발생하는 섬광에 의해서 다양한 조명 환경이 발생한다.





(c) (d)
그림 7. CMU PIE 데이터베이스의 예

본 실험에서는 위와 같이 다양한 조명 환경에서 촬영된 총 2814 장의 이미지들을 사용하였다. 사용된 2814 장에는 67 명의 사람들의 얼굴이 포함되어 있다. 그리고 사람의 피부색을 결정하기 위하여 기존 다양한 인종과 환경에서 촬영된 사진을 기반으로 YCbCr 색상 공간에서 모델링된 피부색 모델을 사용하였다 [12]. 또한 제안하는 방법의 성능을 측정하기 위하여 True positive rate(TP rate)와 False positive rate (FP rate)를 사용하였다. 사용된 TP rate 와 FP rate 는 다음과 같이 정의된다. 식 (12),(13)에서 N_{TP} 는 True positive 의 개수, N_{FP} 는 false positive 의 개수, 그리고 N_{True} 는 실제 이미지에 포함된 얼굴들의 개수이다.

$$True\ Positive\ Rate = \frac{N_{TP}}{N_{True}} \quad (12)$$

$$False\ Positive\ Rate = \frac{N_{FP}}{N_{TP} + N_{FP}} \quad (13)$$

4.2 실험 결과

다음은 제안하는 방법의 실험 결과를 나타내는 그래프이다.

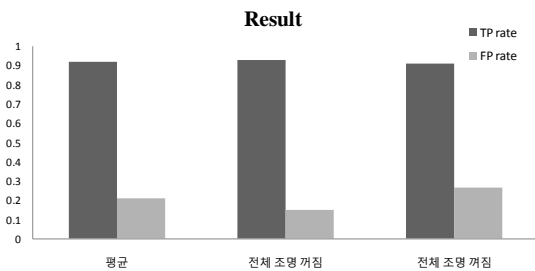
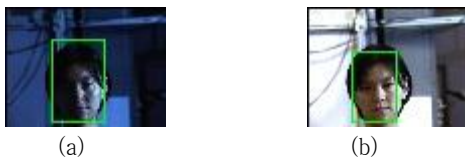


그림 8. 실험 결과

그림 9 에서 확인할 수 있듯이, 제안하는 방법은 전체 조명이 꺼진 상황과 켜진 상황에서 모든 90%가 넘는 검출률 (TP rate)를 보이고 있다. 다음은 제안하는 방법의 통한 얼굴 검출의 결과 영상의 예이다.



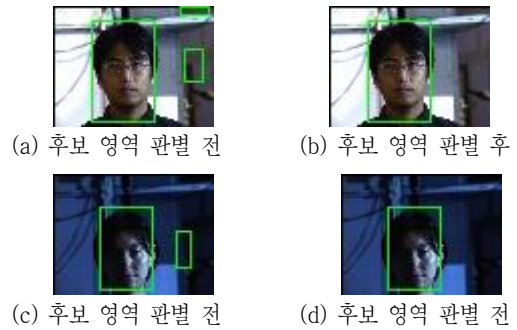
(a) (b)



(c) (d)

그림 9. 결과 영상 예제

그림 9 에서 영상은 입력된 영상에 검출된 얼굴 영역을 사각형으로 표시한 영상이다. 위의 결과 예제에서 볼 수 있듯이 전체 조명이 꺼진 상황과 켜진 상황에서 플레시에 의해 얼굴에 조명의 영향이 있음에도 안정적인 얼굴 영역을 검출해냈다. 이는 색상 조절 과정을 통하여 광원의 문제와 조명 효과에 의한 문제를 효과적으로 해결할 수 있었기 때문이다. 또한 얼굴의 특징을 바탕으로 검출된 얼굴 후보 영역을 판별하여 오류들을 제거하였기 때문에 위의 결과 영상에서 배경에 존재하는 피부색과 유사한 색을 지닌 오류들을 제거할 수 있었다. 아래 그림은 후보 영역 판별 전, 후의 얼굴로 판별된 영역을 표시한 결과 영상이다.



(a) 후보 영역 판별 전 (b) 후보 영역 판별 후
(c) 후보 영역 판별 전 (d) 후보 영역 판별 후

그림 10. 후보 영역 판별 전후 예제

위에서 볼 수 있듯이 얼굴의 특징을 바탕으로 AC 계수들을 사용한 후보 영역 판별을 통하여 피부색과 비슷한 색상을 지닌 얼굴이 아닌 객체에 의한 오류를 효과적으로 제거할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 압축 영역에서 동작하는 조명 환경 변화에 강인한 얼굴 검출 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 압축 영역에서의 영상 처리 기술을 사용하여 제한된 컴퓨팅 파워와 저장 공간을 가진 로봇 환경에서도 적합하다. 또한 제안하는 방법은 압축 영역에서의 색상 온도 변환과 조명 효과 보상을 통한 효과적인 색상 보상 과정을 통하여 다양한 조명 환경에서도 강인한 얼굴 검출 성능을 보이는 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] M. Weiser, "The computer for the 21st century," *Scientific American*, Vol. 265, No. 3, pp. 94-104, Sept. 1991.
- [2] H.A. Rowley, S. Baluja, and T. Kanade, "Neural network-based face detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, pp. 23-38, 1998.
- [3] E. Osuna, R. Freund, and G. Giro, "Training Support Vector Machines: An Application to Face Detection," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 130-136, 1997
- [4] R. Brunelli and T. Poggio, "Face Recognition: feature versus templates," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, No. 10, pp. 1042-1052, 1993.
- [5] A. Lanitis, C.J. Taylor, T.F. Cootes, "An Automatic Face Identification System Using Flexible Appearance Models," *Image and Vision Computing*, Vol.13, No. 5, pp. 393-401, 1995.
- [6] B. Heisele, T. Serre, M. Pontil, and T. Poggio, "Component-based face detection," *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol.1, pp.657-662, 2001.
- [7] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 511-518, 2001.
- [8] R. Lienhart, J. Maydt, "An Extended Set of Haar-like features for rapid object detection," *IEEE Int. Conf. Image Processing*, Vol. 1, pp. 900-903, 2002.
- [9] T. Akimoto and N. Hagita, "Introduction to a Network Robot System," 2006 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication System (ISPACS2006), Tottori, Japan.
- [10] A. Ahmad, B. Ahmad, and S. Lee, "Fast and Robust Object Detection Framework in Compressed Domain," *Proceedings of the IEEE sixth International Symposium on Multimedia Software Engineering 2004*.
- [11] H. Wang and S. Chang, "A Highly Efficient System for Automatic Face Region Detection in MPEG Video," *IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 7, No.4, August 1997.
- [12] K. Wnukowicz and W. Skarbek, "Colour Temperature Estimation Algorithm for Digital Images - Properties and Convergence," *Opto-electronics Review Issue 11*, Vol.3, pp.193-196, 2003.
- [13] S. Susstrunk, J. Holm, and G. Finalyson, "Chromatic Adaptation Performance of different RGB Sensors," *Proceedings of IS&T /SPIE Electronic Imaging 2001*, Vol. 4300, 1-12, 2001.
- [14] E. Land, "An alternative technique for the computation of the designator in the Retinex theory of color vision, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 63,pp.3078-3080, 1986.
- [15] D.Chai, N.King, "Face segmentation using skin-color map in videophone applications," *IEEE Transactions on Circuits and systems for video technology* Vol9. No.4, June 1999.
- [16] V. Govindaraju, R. K. Srihari, and D. B. Sher, "A computational model for face location," in *Proc. Third Int. Conf. Computer Vision*, pp.718-721, 1990.
- [17] H. Wang, S. Chang, "A Highly Efficient System for Automatic Face Region Detection in MPEG Video," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for video technology*, Vol7. No.4, August 1997.
- [18] R. Sutter, K. DeWolf, S. Lerouge, R. V. de Walle, "Lightweight Object Tracking in Compressed Video Stream Demonstrated in Region-of-Interest Coding," *Euraship journal on Advanced in Signal Processing*, Vol. 2007, pp. 59-59, 2007.
- [19] E. Land, J. McCann, "Lightness and Retinex theory," *Journal of the Optical Society of America A*, vol.61. no.1, pp.1-11, January 1971.
- [20] T. Sim, S. Baker, M. Bsat, "The CMU Pose, Illumination, and Expression (PIE) Database of Human Faces," *CMU-RI-TR-01-02*, pp. 1-17, USA, 2002.