

웨이브렛을 이용한 공간적 영역분할에 의한 얼굴 인식

이성록, 이상효, 조창호, *조도현, **이상철
광운대학교 정보제어공학과, *인하공업전문대학, **재능대학
전화 : 02-940-5153 / FAX : 02-909-3255

Wavelet-Based Face Recognition by Divided Area

Sung-Rock Lee, Sang-Hyo Lee, Chang-Ho Cho, Do-Hyeoun Cho*, Sang-Chuel Lee**
Department of Information & Control Engineering Kwangwoon University.
*Inha Technical College, **Jaeneung College.
E-mail : tasslee@hanafos.com

Abstract

In this paper, a method for face recognition based on the wavelet packet decomposition is proposed. In the proposed method, the input image is decomposed by the 2-level wavelet packet transformation and then the face areas are defined by the Integral Projection technique applied to each of the 1-level subband images, HL and LH. After the defined face areas are divided into three areas, called top, bottom, and border, the mean and the variance of the three areas of the approximation image are computed, and the variance of the single predetermined face area for the rest of 15 detail images, from which the feature vectors of statistical measure are extracted. In this paper we use the wavelet packet decomposition, a generalization of the classical wavelet decomposition, to obtain its richer signal analysis features such as discontinuity in higher derivatives, self-similarity, etc. And we have shown that even with very simple statistical features such as mean values and variance we can make an excellent basis for face classification, if an appropriate probability distance is used.

I. 서론

최근 몇 년간 생체정보를 이용한 보안 기술의 관심이 더욱 높아지고 있다. 이러한 생체인식 기술에는 지문인식, 홍채인식, 서명검증, 정맥인식, 음성인식, 얼굴인식 등이 있다. 이중 얼굴 인식은 타 생체 인식 기술에 비하여 경제성과 사용자 편리성이 높다. 이러한 얼굴 인식 기술은 최근 몇 년간 영상 이해 분야의 가장 성공적인 응용의 하나로 주목 받고 있다.[1]

본 논문에서는 거의 일정한 조명과 배경에서 얼굴의 정면 모습을 인식하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 얼굴 이미지에 대한 웨이브렛 패킷 분해(Wavelet Packet Decomposition)에 기초한다. 웨이브렛 변환된 얼굴 이미지에 적분 사영(Integral Projection) 기법을 적용하여 중요 정보 영역의 위치를 지정하고, 웨이브렛 계수를 포함한 대역 여파된 영상(Band Filtered Images)의 부분집합으로 표현한다. 웨이브렛 계수로부터 구해진 평균, 분산과 같은 통계학적 척도를 사용하여, 단순하고 의미 있는 특징벡터(feature vector)를 만들고, 확률 거리(Probability Distance)를 사용하여 얼굴 특징벡터를 분류하는 방법을 구현한다.

II. Wavelet Packet Decomposition

본 논문에서는 웨이브렛 패킷 분해(Wavelet Packet Decomposition)에 기반한 얼굴 인식 방법을 제안한다. 기존의 2-채널 필터 뱅크(2-Channel Filter Bank)를

사용하여 영상의 저주파 대역을 반복적으로 분해하는 일반적인 웨이브렛 분해는 공간-주파수 해상도면에서 비교적 유용한 웨이브렛 분해를 제공한다. 하지만, 고주파 대역에 많은 정보를 가지고 있는 영상에 대해서는 신호의 공간-주파수 특성과 맞지 않기 때문에 비효율적인 분해를 하게 된다. 따라서 본 논문에서는 일반 웨이브렛 분해의 단점을 보완 하기 위하여 웨이브렛 패킷 분해를 사용하여 상세 영역도 분해하게 된다. 그림.1 은 128*128 이미지의 웨이브렛 패킷 변환을 보여주고 있다. 보이는 바와 같이 상세 영역도 분해 되기 때문에 웨이브렛 패킷 변환은 일반 웨이브렛 변환보다, 풍부한 신호해석 특성(고차도함수에서 불연속성, 자기상상성 등)을 제공한다.

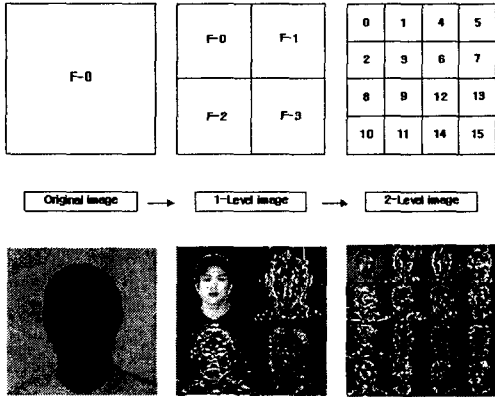


그림 1. 2-Level 웨이브렛 패킷 분해

제시된 방법에서 웨이브렛 패킷 분해를 2-Level 까지 수행 한 것은, 2-Level 이상 분해한 이미지는 너무 작게 되고 더 이상 얼굴의 중요 요소에 관한 정보를 포함하고 있지 않다. 결과 적으로, 그림 1. 과 같이 입력 영상은 얼굴의 중요 요소를 포함하는 1 개의 근사영상과 15 개의 세부영상으로 나뉘게 된다.

III. 제안된 얼굴 영역추출 및 공간적 분할 방법

3.1 얼굴 영역 추출

웨이브렛 패킷 분석과 특징 추출을 하기 전에, 우리는 이미지로부터 얼굴 영역 상자(Face Bounding Box)라 불리는 얼굴을 포함하는 특정 영역을 추출 할 것

이다.

이 얼굴 영역을 찾기 위해서 적분 사영 기법이 사용되었다. 적분사영(Integral Projection) 기법은 kanade 에 의하여 제안되었다.[2]

영상 $I(x,y)$ 에 대하여 영상 면적(Image Area) $A=[x_1,y_1] \times [x_2,y_2]$ 으로의 수평 및 수직 사영(Horizontal and Vertical Projection) $H(y)$ 와 $V(x)$ 는 식 1. 과 같이 정의 된다.

$$\forall \{x,y\} \in A, \quad H(y) = \sum_{x=x_1}^{x_2} I(x,y) \quad (1)$$

and

$$V(x) = \sum_{y=y_1}^{y_2} I(x,y)$$

우리는 웨이브렛 패킷 분해된 후에 얻어진 대역통과 여파된 영상의 장점을 이용한다. 우리는 그림 1. 의 1-Level 수직 상세 영상(F-1)에 적분 수직 사영을 수행한다. 그 결과로 얻은 사영 벡터(Projection Vector) $V(x)$ 로 부터, 그림 2. 의 $V(x)$ 같은 얼굴의 왼쪽과 오른쪽 경계에 따른 두개의 국소 최대값을 찾는다. 이들 두 위치에 의하여, 우리가 경계 대역(Bounding Band)이라 부르는, 수직대역(Vertical Band)이 정의되며, 수직대역 안에는 얼굴이 포함된다. 다음으로 이 수직 경계 대역 안에서 1-Level 수평 상세영상(F-2)에 수평 적분사영을 수행한다.

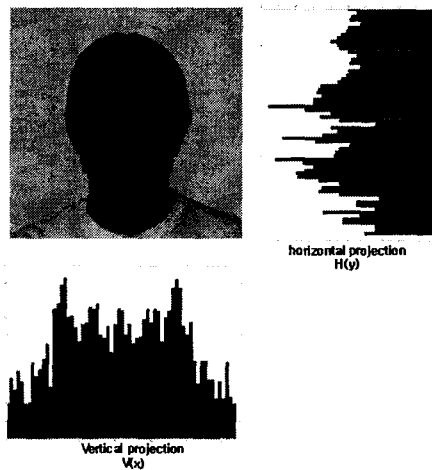


그림 2. 수직, 수평 적분 사영

그 결과로 눈의 기준선, 코 기준선, 입 기준선 등이 가진 3 개의 국소 최대치를 찾는다. 실험 적으로 최대의 결과치는 대부분 눈영역에서 나온다는 사실을 알았다. 이렇게 해서 얼굴의 좌우와 상하 부분경계를 결정 한다.

3.2 얼굴 이미지의 공간적 영역분할

다음 단계는 위에서 찾은 국소 최대치와 얼굴의 기하학적 특징을 사용하여 얼굴을 영역별로 나누는 것이다.

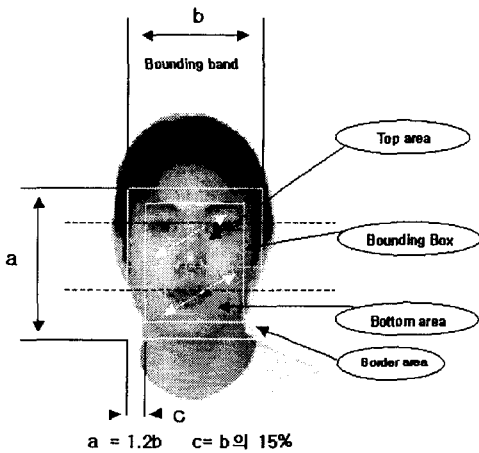


그림 3. Bounding Box, Top, Bottom and Border Area

위에서 찾은 경계대역 안에서 상하 기준선을 정의한다. 수평 적분 사영으로부터 얻어낸 국소 최대치를 사용하면 눈 기준선에서 최대치가 나왔으므로 눈 기준선 아래로 다음에 나오는 최대치는 코 기준선이라 정의하고, 이 코 기준선을 기준으로 경계대역 b의 1.2 배 길이의 상하영역 a를 정의한다. 다음으로 경계 영역의 77.5% 넓이의 영역을 경계상자라 정의한다. 이 경계상자는 기준 선 내부에 얼굴의 중요 요소, 즉 눈, 코, 입을 포함하고 있는 최소 크기의 상자가 될 것이다. 이 상자는 내부의 코 기준선으로부터, 위쪽의 Top 영역, 아래쪽의 Bottom 영역으로 나뉘고, 경계 상자 외부의 경계 영역인 Border 영역으로 나뉘게 된다. 경계영역은 주로 얼굴 모양에 관한 정보를 제공하고, 내부 영역은 얼굴의 중요 요소의 특성을 나타낸다.

IV. 특징 벡터 추출

웨이브렛 패킷 분해된 각기 다른 영상에서 분할한 3 영역의 웨이브렛 계수 분포를 구하여 얼굴의 질감 표현을 얻을 수 있다. 먼저 경계 영역과 상하 영역들로부터 근사화 영상에 포함된 웨이브렛 계수의 평균값 $\mu_{out}, \mu_{top}, \mu_{bottom}$ 과 그에 대응하는 분산 $\sigma_{out}^2, \sigma_{top}^2, \sigma_{bottom}^2$ 등이 추출된다. 다음으로 15 개의 상세영상으로부터, 평균값 μ_i 과 분산 $\sigma_i^2 (i=3, \dots, 17)$ 이 전체 경계상자(Bounding Box)들로부터 추출된다. 이 값들로 부터 구성된 특징 벡터들은 21 개의 요소(근사화 영상에 대한 3 개의 평균치와 3 개의 분산 그리고 상세 영상에 대한 15 개의 분산)를 포함하며 다음으로 묘사된다:

$$v = \bigcup_{i=0}^{17} \{\mu_i, \sigma_i^2\} \quad (2)$$

여기서 $\forall i \geq 3, \mu_i = 0$ 이고 지수 $i=0, 1, 2$ 는, 각각, 외부, 상부, 및 하부의 평균값과 분산을 나타낸다. 본 논문에서는 단순한 통계적 특징인 평균과 분산을 가지고 얼굴 분류를 위한 기저를 만들 수 있음을 확인한다. [3]

V. 특징 벡터의 유사도에 의한 얼굴 분류

패턴 인식 문제에서 궁극적인 목표는 오인식의 확률이 가장 낮은 미지 패턴(Unknown Patterns)을 분류할 인식시스템을 설계하는 것이다. m 개의 패턴 부류(Pattern Classes) $\omega_i, i=1, \dots, m$ 의 하나에 속할 수 있는 특징 $X = [x_1, \dots, x_n]$ 의 집합으로 정의된 특징 공간에서, 두가지 부류 경우(Two-Class Case)에, 오차 확률 e 는 다음과 같이 표기할 수 있다.

$$e = \frac{1}{2} \left[1 - \int |p(X|\omega_1)P(\omega_1) - p(X|\omega_2)P(\omega_2)| dX \right] \quad (3)$$

식 3. 에 따르면, 오차 확률 e 는 피적분 함수가 0 일 때, 즉 밀도 함수(Density Functions)가 완전하게 중첩 될 때, 최대가 되며, 밀도 함수가 중첩되지 않을 때, 0 이 될 것 이다. 식 3. 은 두 밀도함수 사이의 거리로 고려된다.

본 논문의 제안된 접근법에서 특징 벡터 v 의 각

성분쌍(Component Pairs) $\{ \mu_i, \sigma_i^2 \}$ 이 다른 성분 쌍들로부터 독립인 것으로 고려한다. 그러므로, 두 특징벡터 v_k 와 v_i 사이의 거리는 성분쌍 기저 위에서 계산 될 수 있으며, 즉, 거리는 이들 요소의 쌍들의 각각에 관계된 거리의 합으로서 고려된다.

$$d(v_k, v_i) = \sqrt{\sum_1^m (v_i - v_k)^2} \quad (4)$$

본 논문에서는 이러한 거리를 구하기 위하여 식 4.의 유클리디언 거리 방법(Euclidean Distance Measure)을 사용한다. 이는 0 의 값에 근사할수록 유사함을 의미한다. 즉 입력 영상과 비교영상의 상관도가 높아진다.

VI. 실험 결과

실험은 오프라인 상에서 수행 했으며, 실험에 쓰인 영상은 FERET 의 얼굴 영상과 자체 수집한 256 Gray 영상 으로 한명당 2 개씩 120 명의 240 개의 영상을 가지고 수행 하였다. 실험 영상에는 배경이 포함된 영상과 그렇지 않은 영상이 포함 되어있다.



그림 4. 시험 데이터 집합의 표본 영상들

실험 결과는 아래 표와 같이 나타났다.

표 1. 실험 결과

	실험 데이터	성공	오류	실패	인식률 (%)
A	120	117	2	3	97.5%
B	240	223	13	17	92.9%

A=배경을 포함하지 않은 영상, B= A+배경을 포함한 영상

배경이 포함되지 않은 영상의 경우 대부분 우수한 인식 성능을 보였으며 약간의 오차는 얼굴 영역 검출 과정에서 수염이나 안경 등에 의해서 얼굴 영역 검출이 잘못되어 나타나는 오차였다. 배경이 포함된 영상에서는 인식 과정중 오류가 발생 했으며 대부분의 오류는 배경에 의한 얼굴 영역 검출이 실패하여 나타난 오류였다.

VII. 결론

본 실험에서 얼굴 영상에 약간의 밝기나 회전 들의 변화가 있는 영상도 포함되어 있었으나 인식 성능에는 거의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그러므로, 웨이브렛 패킷 해석이 우수한 얼굴 특성 표현기들(Face Texture Descriptors)임을 입증하였다. 더구나, 웨이브렛 패킷 해석(Wavelet Packet Analysis)의 매우 빠른 실험을 하드웨어로 구현할 수도 있으므로 속도 문제에서도 성능 개선의 여지가 있을 것이다. 우리는 평균과 분산(Mean Value and Variance)과 같은 매우 간단한 통계적 특징(Statistical Features)으로도, 적절한 확률 거리(Probability Distance)만 사용 한다면, 얼굴 부류(Face Classification)의 훌륭한 기저를 마련할 수 있음을 보였다.

차후에 분류의 문제도 다른 거리를 사용함으로 개선의 가능성을 조사해 봐야 할 것 이고, 배경이 포함된 영상에서 보다 정확한 얼굴 영역 검출이 개선 된다면 보다 정확한 인식이 될것이므로 얼굴 영역 검출 알고리즘을 더욱 연구 해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 고재필, 변해란, “survey on face recognition”, 전자 공학 회지, pp. 841-849, 2002
- [2] T. Kanade, “Picture processing by computer complex and recognition of human faces” , Technical Report, Kyoto University, Department of Information Science, 1973.
- [3] C.Garcia, G.zikos, G.Tziritas, “Wavelet packet Analysis for Face Recognition” , To appear in Image and Vision computing, 1999