

타원 모델기반의 전처리 기법에 의한 얼굴 인식을 개선

(Improvement of Face Recognition Rate by Preprocessing Based on Elliptical Model)

원 철 호*

(Chulho Won)

요 약 얼굴 인식을 향상을 위해서는 전처리 단계에서의 영상 보정이 매우 중요하며, 특히 배경 잡음 제거는 얼굴 인식의 정확도에 중대한 영향을 미친다. 본 논문에서는 얼굴 인식을 향상을 위하여 전처리 단계에서 타원 모델을 이용하여 배경 영역을 제거하는 방법을 제안하였다. 사람의 얼굴 윤곽은 타원의 형태를 나타내기 때문에 얼굴 영상에서 타원 모델을 이용할 경우 얼굴 영역을 용이하게 검출할 수 있다. ETRI, ORL, 및 XM2VTS 얼굴 데이터베이스에 대한 실험 분석을 통하여 제안된 방법이 얼굴 인식 성능을 뚜렷하게 개선시켰음을 알 수 있었다.

핵심주제어 : 얼굴 인식, 타원 모델, 배경 제거, 영상 분할

Abstract Image calibration at preprocessing step is very important for face recognition rate improvement, and background noise deletion affects accuracy of face recognition specially. In this paper, a method is proposed to remove background area utilizing elliptical model at preprocessing step for face recognition rate improvement. As human face has the shape of ellipse, a face contour can be easily detected by using the elliptical model in face images.

Key Words : Face recognition, Elliptical Model, Background deletion, Segmentation

1. 서 론

얼굴 인식 방법은 생체 인식 방법 중 가장 자연스러운 방법으로서 얼굴 인증과 인식 기술은 생체 인식 응용 분야 성장에 풍부한 토대를 제공해 주고 있다. 얼굴 인식의 장점은 특별한 접촉이나 행동을 요구하지 않기 때문에 사용자 편의성 면에서 우수하며, 사진, 이미지 파일의 등록 및 저장이 가능하고, 감시 등 타 생체 인식 기술을 응용하기 어려운 분야에 적용이 가능하다[1-2]. 조명 및 표정

변화에 민감하고 변장, 수염의 변화, 안경이나 모자 착용, 성형에 의한 얼굴형 변화 등의 몇 가지 인식을 저하 문제를 안고 있음에도 불구하고 다른 생체 인식 기술에 비해 사용자의 편의성이 뛰어나며 거부감이 없는 등의 장점을 가지고 있어 생체 인식 분야 중 적용 범위가 가장 다양하다.

일반적으로 얼굴 인식 방법은 입력 영상에 대한 전처리, 특징 추출, 및 분류의 3단계로 나누어진다. 전처리 단계에서는 얼굴 영상에 대한 정규화를 수행하여 회전 및 밝기 보정을 하게 된다. 크기 보정은 양쪽 눈의 중심간의 거리를 기준으로 일정한 크기의 얼굴로 변환하며 좌우 기울기에 대한 보정

* 경일대학교 제어전기공학부

도 수행한다. 조명 혹은 주위 환경의 변화에 대한 밝기 보정을 위하여 빈도등화변환(histogram equalization) 등의 기법을 사용하여 명암(brightness)과 명암대비(contrast)의 영향을 감소시킨다.

두 번째 단계로서 얼굴 특징 추출 부분에서는 에너지 확률 기반의 에너지 맵을 통해 입력 데이터의 차원을 축소하며 LDA를 통하여 최종 특징 벡터를 추출한다.

마지막 분류 과정에서는 유클리디언 거리를 이용한 최근접 분류기법(nearest neighbor classification)을 사용하여 본인 여부를 판단한다.

두 번째 및 세 번째의 특징 벡터와 분류기는 얼굴 인식에 있어 결정적인 역할을 하지만, 얼굴 인식을 향상시키기 위해서는 전처리 단계에서 보정이 매우 중요하며, 특히 배경 잡음 제거는 얼굴 인식의 정확도에 중대한 영향을 미친다.

본 논문에서는 얼굴 인식을 향상시키기 위하여 전처리 단계에서 타원 모델을 이용하여 배경 영역을 제거하는 방법을 제안하였다.

2. 방법

획득된 얼굴 영상에서 얼굴 영역 이외의 배경을 제거하여 얼굴 영역만을 특징 벡터로 이용하기 위해서는 얼굴 영역의 검출이 필수적이다. 일반적으로 고속으로 관심 영역의 윤곽선을 검출하는 방법은 임계치 설정, 에지 추적기법, 동적 윤곽선 모델 등의 방법이 있다.

임계치 설정 방법은 관심 영역의 밝기가 특정한 휘도 범위내에 존재하거나 배경과의 휘도 차이가 확연하게 구별될 때 효과적으로 사용된다.

에지 추적기법은 Prewitt 연산자를 이용하여 8 방향 에지 영상과 방향을 계산한 후에 각 화소에서 에지 강도가 최대인 방향으로 연속적으로 에지 추적을 수행하는 방법으로서 영역 분할에 널리 사용되고 있으나, 얼굴 영역의 에지 추적에 있어서는 관심 영역 및 배경 잡음의 영향으로 인하여 얼굴 윤곽 검출에는 어려움이 따른다.

동적 윤곽선 모델은 관심 영역의 형태와 영상의 특징을 동시에 고려하는 방법으로서 영역 분할에

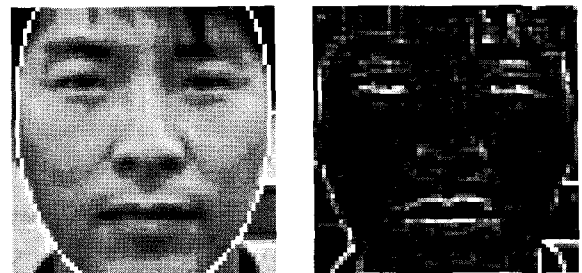
많이 사용되고 있다. 동적 윤곽선 모델은 내부 에너지와 외부 에너지를 균형 있게 조화시켜 에너지를 최소화시킴으로서 원하는 관심영역의 윤곽선을 찾을 수 있으며 초기 기본 모델은 Kass[3] 등에 의해 제안되었다. 그러나, 이 방법에서는 에너지 수식이 미분 가능해야 한다는 제약조건과 결과가 초기 윤곽선에 의해 결정적인 영향을 받기 때문에 Amini 등[4]은 동적 프로그래밍(dynamic programming)을 이용하는 방법, Williams 등[5]은 그리디 알고리즘(greedy algorithm)을 제안하였다.

지오데식 동적 윤곽선 모델(geodesic active contour model)은 V. Caselles 등[6,7]에 의해 스네이크 모델의 기하학적인 대안 모델로서 소개되었으며, 요면 문제의 해결과 다중 물체의 검출이 가능하다는 장점으로 인하여 최근까지도 영역 분할을 위하여 많이 사용되고 있다.[8,9] 하지만, 얼굴 영상에서는 관심 영역과 배경사이의 결정적인 차이를 나타내는 특징 인자를 정의하기 어렵기 때문에 얼굴 영역의 검출에 적용시키기에는 적합하지 않다.

얼굴 영상은 배경과의 구별이 되는 휘도 및 텍스처 등의 특징 인자를 찾기가 어렵고 배경 잡음이 많기 때문에 얼굴 검출을 위해서는 모델 기반의 관심 영역의 검출 방법이 필요하다.

2.1 타원 모델의 타당성

얼굴 윤곽은 그림 1(a)의 얼굴영상에서 보는 바와 같이 타원의 형태를 나타내기 때문에 그림 1(b)와 같이 얼굴영상에서 에지 검출 후 타원 모델을 이용하여 얼굴 영역을 쉽게 검출할 수 있음을 알 수 있다.



(a) (b)
(그림 1) (a) 얼굴영상 (b) 에지 검출 영상

그림 1(b)와 같이 에지를 검출하기 위하여 Sobel 연산자를 사용하였다.

식 (1)의 $|\nabla I(x,y)|$ 는 1차 미분 연산자에 의한 에지 연산을 나타내며, 식 (1)의 에지 연산은 다음 식 (2), (3)의 x, y 에 대한 기울기 연산에 의해 계산된다.

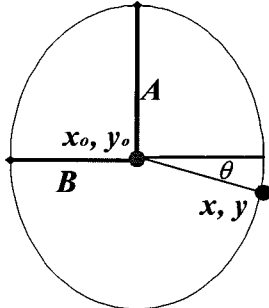
$$|\nabla I(x,y)| = |G_x(x,y)| + |G_y(x,y)| \quad (1)$$

$$G_x(x,y) = I(x-1,y-1) + I(x,y-1) + I(x+1,y-1) - I(x-1,y+1) - I(x,y+1) - I(x+1,y+1) \quad (2)$$

$$G_y(x,y) = I(x-1,y-1) + I(x-1,y) + I(x-1,y+1) - I(x+1,y-1) - I(x+1,y) - I(x+1,y+1) \quad (3)$$

2.2 타원 모델의 정합

얼굴의 에지 검출 영상에서 최적 정합이 되는 타원 모델을 검출하기 위하여 그림 2의 타원 형상으로부터 식 (4)의 타원상에서 x, y 좌표를 설정하였다.



(그림 2) 타원 모델

$$y = A \cdot \sin(\theta \cdot \pi/180) + y_0 \quad (4)$$

$$x = B \cdot \cos(\theta \cdot \pi/180) + x_0$$

θ 는 0도에서 360도까지의 각도, A 와 B 는 장축과 단축, x_0, y_0 는 x, y 축의 중심을 의미한다.

얼굴 윤곽선은 그림 3과 같이 타원을 구성하는 A, B, x_0, y_0 의 4개 변수값을 변화시켜서 다수의 타원 모델로부터 얼굴 에지 영상과 최적의 정합이 되는 타원 모델을 결정하여 검출된다. 4개의 변수에 해당하는 4차원 배열을 생성하고, 4개 변수에

생성된 타원상에서의 x, y 좌표에서의 에지값을 배열에 누적시킨다. A, B, x_0, y_0 에 대하여 지정된 범위까지 전역 탐색을 수행한다.



(그림 3) 타원 모델 정합을 위한 탐색

```
for( xo=x1;xo<=x2;xo++)
for( yo=y1;yo<=y2;yo++)
for(A=A1;A<=A2;A++)
for(B=B1;B<=B2;B++)
for( i=0;i<360;i++) {
x = cos( i*pi/180)*A+xo;
y = sin( i*pi/180)*B+yo;
Em[xo][yo][A][B]+=edge[y][x];
}
```

탐색이 완료되면 파라미터 배열에서 누적 에지값이 최대인 파라미터를 찾으면, 그림 4와 같이 최대값에 해당하는 파라미터를 가진 타원이 얼굴 윤곽에 최적 정합이 되는 타원 모델이다.

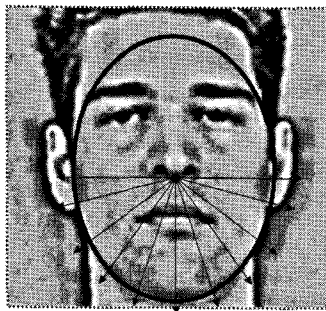
```
for( xo=x1;xo<=x2;xo++)
for( yo=y1;yo<=y2;yo++)
for(A=A1;A<=A2;A++)
for(B=B1;B<=B2;B++) {
if (Em[xo][yo][A][B] > max) {
max = Em[xo][yo][A][B];
max_yo=yo;
max_xo=xo;
max_A=A;
max_B=B;
}
}
```



(그림 4) 최적 정합 타원 모델

2.3 타원 모델의 피팅

검출된 타원 모델과 얼굴 윤곽선에는 오차가 발생하며 이는 얼굴 윤곽선과 가장 근접한 타원 모델을 검출하기 때문이다. 따라서, 이러한 오차를 제거하기 위하여서는 피팅 과정이 필요하며 피팅 과정은 검출된 타원 모델의 중심에서 방사 방향으로 탐색하면서 이루어진다. 그림 5과 같이 타원 중심에서 타원상의 임의의 지점 거리 r 로부터 -2에서 +2 화소 거리 사이의 최대 에지를 계산하여 최종 윤곽선으로 결정한다.



(그림 5) 타원 모델의 피팅

```

for( i=0;i<=180;i++ )
  for( r=10;r<60;r++ ) {
    x = r*cos[i] + max_xo;
    y = r*sin[i] + max_yo;
    if( tmp[y*width+x] == ONE)
      for( ro = r-2; ro<=r+2;ro++ ) {
        x = ro*cos[i] + max_xo;
        y = ro*sin[i] + max_yo;
        if( (*(edge+width*y+x))*w[no_e]
>maxedge) {

```

```

        maxedge=*(edge+width*y+x)
*w[no_e] ;
        max_x = x;
        max_y = y;
      }
    }
  }
}

```

방사방향의 탐색 후 실제 얼굴로 판정되는 각 화소를 연결하여 최종 얼굴 윤곽선을 검출한다. 중심으로부터 방사방향의 탐색은 얼굴의 하반면에 대해서만 수행하며 상반면은 타원 모델에 부적합하기 때문에 배경 제거에는 얼굴의 상반면 정보만 이용한다.

2.4 좌우 비대칭 검출

얼굴 검출에 있어서 얼굴의 포즈 변화는 얼굴의 인식율을 저하시킨다. 따라서, 좌우 얼굴의 변화를 검출하여 좌우 포즈 변화를 보정하거나 인식 대상에서 제외시켜 인식율을 향상시키는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 좌우 포즈 변화를 검출할 수 있는 방법을 제안하였다.

이 방법은 좌우 비대칭 얼굴 즉 좌우 포즈 변화가 있는 얼굴일 경우 식 (5)와 같이 중심을 기준으로 타원 모델상에서 좌측과 우측의 누적 에지값을 계산하여 차이가 크다는 것을 이용한다.

식 (6)과 같이 좌우 검출된 타원 모델상에서의 에지값의 누적합의 비가 클 경우 좌우 포즈 변화 발생과 포즈 변화의 방향을 알 수 있다.

$$E_{right} = \sum_{\theta=0}^{90} E(\theta), E_{left} = \sum_{\theta=90}^{180} E(\theta) \quad (5)$$

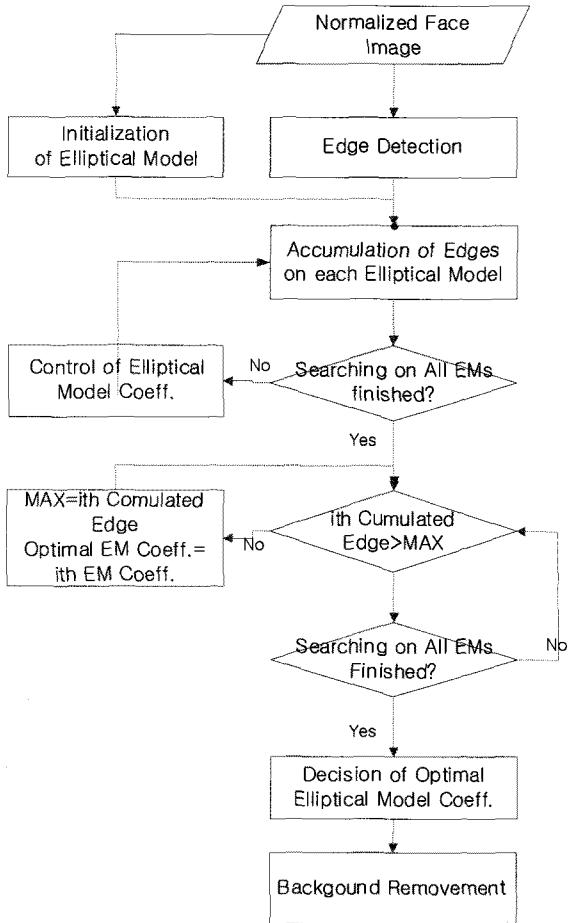
$$\frac{E_{right}}{E_{left}} \geq Th, \quad \frac{E_{left}}{E_{right}} \geq Th \quad (6)$$

여기서, Th 는 좌우 포즈 변화가 발생 유무를 검출하기 위한 임계치이다.

3. 결 과

제안한 타원 모델에 의한 배경제거 방법의 순서

도는 그림 6과 같다.



(그림 6) 배경 제거를 위한 타원모델의 순서도

타원 모델에 의한 얼굴 영역 탐색시 x_0 는 탐색 범위는 28~36으로서 64×64 영상에서 x 좌표의 중심 32의 좌우 4픽셀을 검색하며, y_0 는 25~35의 값을 가지며, 이는 눈의 y 위치를 참조하여 얼굴의 상하 이동을 검색한다. 장축 A 는 31~34 값으로서 얼굴의 상하 길이 변화, 단축 B 는 19~26의 값으로서 얼굴의 폭 변화에 대응하도록 설정하였다. 타원 모델을 이용하여 얼굴을 검출한 결과를 그림 7에 보였다.

또한, 타원 모델의 피팅에 의해 얼굴의 정확한 윤곽을 검출한 결과를 그림 8에 보였다.



(그림 7) 타원 모델을 이용하여 검출된 얼굴 영역



(a)



(b)

(그림 8) (a) 타원 모델 검출영상 (b) 피팅 영상

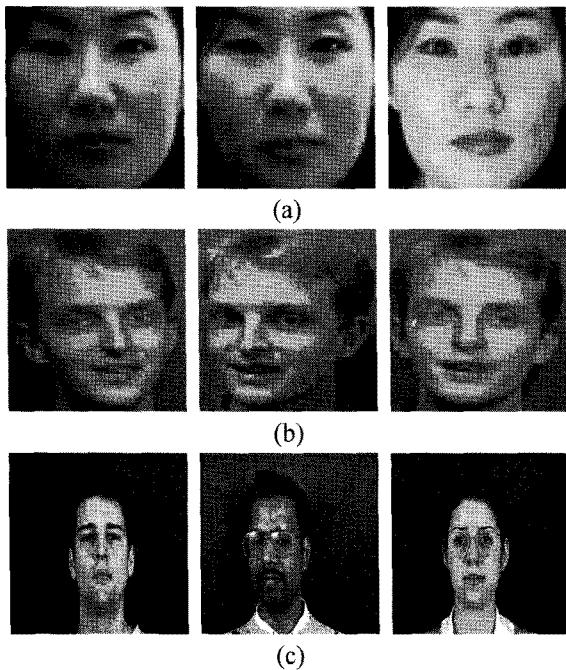
그림 9에 Th 는 7로 설정하여 좌우 포즈 변화를 검출한 결과를 보였으며, 이 값은 2,360장의 XM2VTS 데이터베이스에서 좌우 포즈 변화가 확실한 영상 18장으로부터 획득한 값이다.



(그림 9) 좌우 포즈 변화 검출

타원모델에 의해 검출된 얼굴 영역을 검출하고 배경 영역을 제거한 후에 얼굴 인식을 수행하였다. 얼굴 인식과정은 먼저 공간 영역의 얼굴 영상을 주파수 영역으로 변환하기 위해 DCT[10-14]를 적용하였다. 다음으로 얼굴 특징 추출 부분에서는 에너지 확률 기반의 에너지 맵을 통해 입력 데이터의 차원을 축소하며 LDA[15,16]를 통하여 최종 특징 벡터를 추출하였다. 마지막으로 분류 과정에서는 유클리디언 거리를 이용한 최근접법을 사용하여 본인 여부를 판단하였다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 그림 10(a) ETRI, 그림 10(b) ORL 및 그림 10(c) XM2VTS 얼굴 데이터베이스를 사용하였다. ETRI



(그림 10) 얼굴 데이터베이스 (a) ETRI (b) ORL (c) XM2VTS

데이터베이스는 64×64 크기의 55명, 각 20장씩 총 1100장으로 구성되어 있으며 256명암도 영상이다. ORL 데이터베이스는 92×112 크기의 40명, 각 10장씩 총 400장으로 구성되어 있으며 256명암도 영상이다. 각 영상은 실험에 사용하기 위하여 64×64의 이미지로 크기를 조정하였다. 각각의 이미지는 조명과 표정, 포즈, 안경 착용 등에 변화가 있다. 모든 이미지는 동일한 어두운 배경에 정면 조명을 이용해서 촬영되었다. 얼굴의 경사도와 회전각은 20% 이내이며 크기의 변화는 10% 이내로 조정된 영상이다. XM2VTS 데이터베이스는 <http://www.ee.surrey.ac.uk/CVSSP/xm2vtsdb/> 295명으로부터 획득된 2,360장의 720×576크기의 컬러 영상으로 구성되어 있다.

그림 10(c)의 XM2VTS 데이터베이스로부터 타원 모델에 의해 얼굴 영역이 검출된 결과를 그림 11에 보였다. 그림 11(a)에서 얼굴 영역 검출을 위하여 각 영상의 크기는 64×64, 눈의 중심간 거리는 32 화소로 정규화한 영상을 보였으며, 그림 11(b)에 그림 11(a) 영상에 대하여 타원 모델에 배경을 제거한 결과 영상을 보였다.



(그림 11) XM2VTS 데이터베이스의 얼굴영상 (a) 정규화된 영상 (b) 제안한 방법에 의해 배경 제거 영상

표 1에 기존 방법과 제안한 타원 모델에 의한 배경 제거 방법의 성능비교 결과를 보였다. ETRI 데이터베이스에서 인식율은 96.0%에서 99.5%로 향상되었으며, ORL 및 XM2VTS 데이터베이스는 각

각 99.0%에서 100%, 94%에서 96%로 향상되었다.

<표 1> 인식률(%)

Method DB	DCT+LDA	Proposed EM
ETRI	96.2	99.5
ORL	99.0	100.0
XM2VTS	94.0	96.0

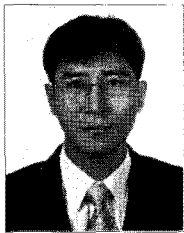
4. 결 론

본 논문에서는 얼굴 인식률 향상을 위하여 전처리 단계에서 타원 모델을 이용하여 배경 영역을 제거하는 방법을 제안하였다. ETRI, ORL, 및 XM2VTS 얼굴 데이터베이스에 대한 실험 분석을 통하여 제안된 방법을 사용할 경우 객관적인 인식 성능을 뚜렷하게 개선시켰음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] W.Zhao, R.Chellappa, P.J.Phillips and A. Rosenfeld, "Face recognition: a literature survey," *ACM Computing Surveys*, vol. 35, no. 4, pp.399-458, Dec. 2003.
- [2] Ming Hsuan Yang, David J. Kriegman and Narendra Ahuja, "Detecting faces in images: a survey", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 1, Jan. 2002.
- [3] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active contour models," *Int. J. Computer Vision*, vol. 1, pp. 321-331, 1987.
- [4] A.A. Amini, S. Tehrani, and T.E. Weymouth, "Using dynamic programming for minimizing the energy of active contours in the presence of hard constraints," Proc. Second Int. Conf. on Computer Vision, pp. 95-99, 1988.
- [5] D.J. Williams and M. Shah, "A fast algorithm for active contours and curvature estimation," *Computer Vision, Graphic, and Image Processing: Image Understanding*, vol. 55, no. 1, pp. 14-26, 1992.
- [6] V. Caselles, R. Kimmel, and G. Sapiro, "Geodesic active contours," *Int. J. of Computer Vision*, vol. 22, pp. 61-79, 1997.
- [7] R. Goldenberg, R. Kimmel, E. Rivlin, and M. Rudzsky, "Fast Geodesic Active Contours," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 10, no. 10, pp. 1467-1475, Oct. 2001.
- [8] A. Ross and S Shah, "Segmenting non-ideal irises using geodesic active contour", *Proceedings of Biometrics Symposium*, Sep. 2006.
- [9] H.Zhang, P. Morrow, S. McClean, and K. Saetzler, "Incorporating feature based priors into the geodesic active contour model and its application in biomedical imagery", *Proceedings of the International Machine Vision and Image Processing Conference*, pp. 67-74, 2007.
- [10] Z.M. Hafeed and M.D. Levine, "face recognition using the discrete cosine transform," *Int. J. Computer Vision*, 43(3), pp. 167 - 188, 2001.
- [11] Yuehui Chen, Shuyan Jiang and Ajith Abraham, "Face recognition using DCT and hybrid flexible neural tree", *Int. Conference on Neural Networks and Brain*, vol.3, pp. 1459-1463, 13-15 Oct. 2005.
- [12] W. Chen, M. J. Er, and S. Wu, "PCA and LDA in DCT domain," *Pattern Recognition Letters*, vol. 26, pp. 2474-2482, 2005.
- [13] M.J. Er, W. Chen, and S. Wu, "High-speed face recognition based on discrete cosine transform and RBF neural networks", *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 16, no.3, 2005.
- [14] K.H. Kim, Y.S. Chung, J.H. Yoo and Y. M. Ro, "Facial feature extraction based on private energy map in DCT domain", *ETRI Journal*, vol. 29, no. 2, Apr. 2007.

- [15] H. Yu and J. Yang, "A direct LDA algorithm for high-dimensional data with application to face recognition", *Pattern Recognition*, vol. 34, no. 12, pp. 2067 - 2070, 2001.
- [16] A. Martinez and A. Kak, "PCA versus LDA", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, no.2, pp. 228-233, 2001



원 철 호 (Chulho Won)

- 비회원
- 1992년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1995년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사)
- 1998년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (박사)
- 1999년 : 계명대학교 의과대학 의공학교실 연구장사
- 2002년 : Univ. of Iowa, Post Doc. Fellow.
- 현재 : 경일대학교 제어전기공학부 부교수
- 관심분야 : 의용계측, 의학영상처리, 컴퓨터 비전