

논문 2009-5-25

# Scale-space filtering을 이용한 홍채인식 보안시스템 구현

## A Implementation of Iris recognition system using scale-space filtering

주상현\*, 강태길\*\*, 양우석\*\*\*

Sang-Hyun Joo, Tae-Gil Kang, Woo-Suk Yang

요 약 본 논문에서는 Scale-space filtering 방법을 사용하여 홍채인식을 이용한 보안시스템을 구현 하였다. 적외선 카메라를 이용하여 영상을 획득하고 Scale-space filtering과 영상의 Concavity를 이용하여 2차원 코드를 추출하여 서버에 저장된 코드와 비교하여 신분을 인식하는 방법을 사용하였다. 보안 시스템을 구현한 후 실제 홍채영상을 이용하여 실험한 후 FAR과 FRR을 측정하여 시스템의 성능을 입증하였다. 실험결과는 제안한 방법이 매우 적합하다는 것을 보여준다.

**Abstract** In this paper, we introduce the implementation of the security system using iris recognition. This system acquires images with infrared camera and extracts the 2D code from a infrared image which uses scale-space filtering and concavity. We examine the system by (i) extract 2D code and (ii) compare the code that stored on the server (iii) measure FAR and FRR using pattern matching. Experiment results show that the proposed method is very suitable.

**Key Words :** Iris, Scale-space filtering, Biometric, Identification

### I. 서 론

생체인식의 방법에는 음성인식, 지문인식, 안면인식, 정맥인식, 망막인식, 홍채인식 등이 있으며 생체인식 기술의 상용화를 위해 많은 연구가 진행되어 왔다. 이러한 연구로 생체인식은 여러 분야에서 활용되고 있다. 그러나 생체인식 기술 중 다소 보안성이 떨어지지만 구현이 쉽고 시스템의 가격이 저렴한 음성인식, 지문인식, 안면인식 등이 상용화 되어 사용된다.

보안을 요구하는 시스템은 위·변조가 불가능해야 하는데 이 기술들은 한계를 지니고 있다. 음성인식의 경우

는 대상의 음성을 녹음하여 복제가 가능하며, 지문인식의 경우도 특수한 테이프로 지문을 복사 가능하여 보안상 취약점이 있다. 또한 안면인식은 대상의 건강상태 또는 표정에 따라 특징점의 변화가 있어 생체인식 기술로 사용하기가 쉽지 않다.

보안성이 가장 우수한 생체인식 기술인 홍채인식 기술은 고가의 자동초점 카메라가 시스템 구현에 요구되기 때문에 실생활에 적용되는 사례는 많지 않다. 본 논문에서는 적외선과 고정초점 카메라를 사용하여 홍채인식 시스템에 사용할 수 있는 양질의 영상을 획득하고 scale-space filtering을<sup>[4-8]</sup> 이용하여 2차원 코드를 추출하여 서버에 저장된 코드와 비교하여 신분을 인식하는 방법을 사용하여 공항의 출입국 시스템에 적용 가능성을 제시하였다.

\*정회원, 홍익대학교 대학원 전자전산공학과

\*\*정회원, 홍익대학교 대학원 전자전산공학과

\*\*\*정회원, 홍익대학교 전자전기공학과

접수일자 2009.7.20, 수정일자 2009.9.10

## II. 영상에서 2진 홍채코드 추출

### 1. 홍채 영상의 영역 구분 및 특징 추출

홍채의 무늬를 인식하려면 우선 영상에서 홍채부분을 분리 구분하여야 한다. 이를 위해서는 동공의 중심 및 반경을 계산해야 하며, 홍채 영상이 '인식'에 이용된다는 것을 고려하여 주변 환경과 광원으로 인해 노이즈가 심한 영역은 제거해야 한다.<sup>[6]</sup> 인식에 사용하는 데이터는 불확실성이 높을 경우에는 유추하여 이용하는 것보다 처음부터 고려대상에서 제외하는 것이 오인식률을 낮출 수 있다.

#### 가. 동공 중심 및 반경 설정

동공은 겉으로 보기에는 원 같으나 실제로는 매우 불규칙한 모습을 하고 있다. 현재까지 개발된 동공의 중심 및 반경 계산 방법들도 이를 고려하여 수 pixel의 오차범위를 갖고 있다. 동공의 중심과 반경은 동공과 홍채 사이에서 영상 값이 급격히 바뀌는 성질을 이용한다.<sup>[6]</sup> 이를 위해 주위 환경에 따른 영상의 변화를 고려하여 그림1과 같이 640\*480의 해상도 영상의 가로, 세로를 각각 20, 15 등분하여 각 영역의 대푯값의 평균값을 구하여 값이 가장 작은 영역을 동공 영상의 평균값으로 정한다.

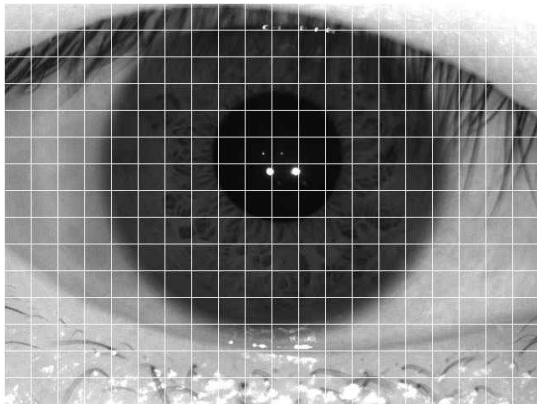


그림 1. 홍채이미지의 분할 영상  
Fig. 1. A sample of partitioned iris image

각 영역의 평균값을 계산할 때 모든 pixel의 값의 평균을 구하면 연산 시간이 오래 걸리므로 인식속도에 영향을 미치게 된다. 본 논문에서는 각 블록의 32\*32 pixel중 9개의 pixel만 추출하여 평균을 내어 그 값을 이용하였다.

동공 영역의 문턱치가 정해지면 영상의 노이즈를 감안하여 문턱치에 일정한 값을 더하고 영상을 2진화 시켜

기준 블록의 중심을 base point로 하여 기준점으로 설정하고, 수평으로 동공을 벗어날 때까지 검색하여 수평선의 중심점을 구한다. 구해진 수평중심을 기준으로 수직으로 동공을 벗어날 때까지 검색 후 다시 수평으로 동공의 중심을 구하여 수평, 수직방향으로 계산된 동공의 중심과 중심점을 이용한 4방향의 반지름의 평균값을 이용하여 동공의 반지름을 구한다.

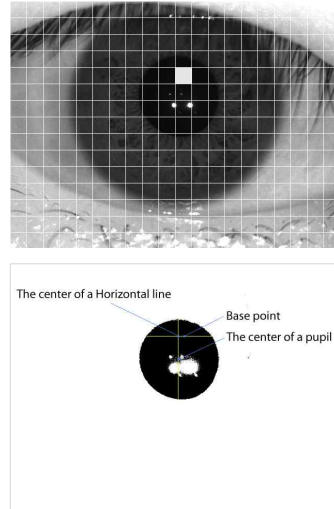


그림 2. 동공의 문턱치 블록영상과 동공의 이진화 영상  
Fig. 2. The threshold block in pupil and binarization image

홍채의 반지름을 구하기 위해 동공의 중심에서 수평축으로 동공의 반지름 떨어진 지점부터 5\*10 mask를 이용 좌, 우로 10pixel 씩 점프하여 영상 값의 변화가 크고 기준치 보다 밝아지는 지점을 홍채의 경계로 정한다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 사람의 눈의 동공과 홍채의 중심점은 같지 않다.

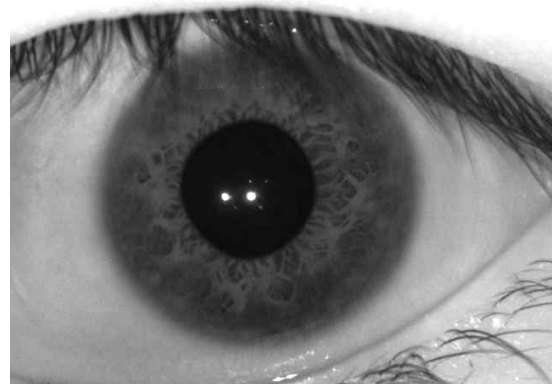


그림 3. 동공과 홍채의 중심점이 다른 영상  
Fig. 3. Center points of the pupil and the iris

홍채의 2진 코드 추출을 용이하게 하기 위해서는 극좌표 변환 과정이 필요하나 동공과 홍채의 중심이 다르므로 영상의 일그러짐이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 bilinear interpolation 방법을 사용하여 극좌표 변환 시 영상을 보간한다. 그림 4는 bilinear interpolation을 거쳐 홍채 영상을 극좌표로 변환한 것이다.

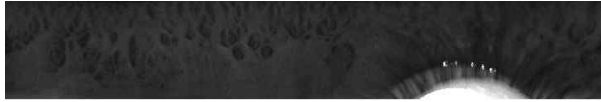


그림 4. 극좌표로 표시한 홍채 영상  
Fig. 4. Iris image in the polar coordinate system

나. 불필요한 영역 삭제

생체인식에 있어 불확실성이 높은 영역을 비교에서 제외시키면 오인식율을 낮출 수 있다. 홍채의 영상을 극좌표로 표시한 영상에서는 눈꺼풀 및 반사광이 영상에 표시되어 있는 것을 볼 수 있다. 본 논문에서는 통계적인 방법을 이용하여 불확실성이 높은 영역, 즉 편차가 매우 낮은 영역은 인식을 위한 비교대상 영역에서 제외시킨다. 우선 반지름  $r$  방향으로  $16 \times 16$  window  $W$ 를 8 pixel씩 이동해 가면서 다음 식 (1)과 (2)를 이용하여 평균편차가 가장 적은 영역을 찾아 조명 영역 및 기타 불필요한 부분(눈썹, 배경)으로 가정하고 이를 삭제한다.<sup>[5]</sup>

$$W_{avg} = \frac{1}{256} \sum_{(r,\theta) \in W} f(r,\theta) \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{256} \sum_{(r,\theta) \in W} |f(r,\theta) - W_{avg}|^2 \quad (2)$$

$r$  방향으로 편차가 가장 작은 부분을 찾으면 다음  $\theta$  방향으로 8 pixel을 이동시켜 위와 동일한 과정을 수행한다.

나. Scale-space filtering과 Concavity를 이용한 2진 코드 추출[5]

본 논문에서는 Scale-space filtering을 이용하여 홍채 패턴에서 2진 코드를 추출하였다.

그림 5는 이용하여 홍채의 특징을 추출한 영상이다.



그림 5. 홍채 특징 추출영상  
Fig. 5. Image of extracted feature

III. 홍채코드 취득 시스템의 구현

1. 시스템 구성

본 논문에서는 홍채인식을 통한 보안 시스템을 구현하기 위해 홍채영상 획득 시스템을 제작하고 공항 출입 관리 시스템에 적용할 수 있는 프로토 타입을 제작하였다. 고가의 자동초점 카메라 사용을 지양하기 위해 고정 초점 카메라로 일정거리 접근 시 영상을 획득할 수 있도록 하는 기능도 소프트웨어로 구현하였다. LCD panel을 장착하여 적절한 거리를 육안으로 관찰하고 소프트웨어 알고리즘으로 정확한 거리에서 영상을 획득할 수 있도록 하였으며 촬영 직후 획득된 영상이 양질의 영상인지 LCD panel로 확인하도록 구성하였다.

그림 6은 홍채인식 공항 출·입국 시스템의 구성도이다. Camera는 홍채 촬영용이고 LCD panel은 촬영된 영상 출력용이다. Microprocess는 IR LED와 스텝모터를 제어하기 위하여 사용하였고 스텝모터는 입·출국 gate를 제어한다. RFID reader는 13.5MHz 대역의 tag를 인식하고 제어기는 이 모든 정보를 취합하고 서버와 통신한다.

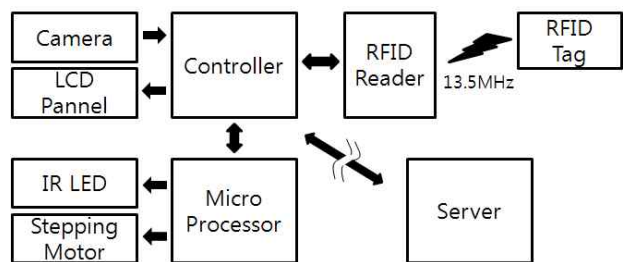


그림 6. 홍채인식 공항 출입국 시스템의 구성도  
Fig. 6. Configuration of the import/export management system

그림 7은 홍채인식 공항 출·입국 시스템의 연결도이다. 일정한 거리 접근 시 IR LED가 작동하며 Camera를 통해 입력되는 적외선 홍채 영상은 iris identification software에서 분석되어 코드화되며 Graphic device를 거쳐 LCD panel에 출력된다. RFID reader를 통하여 여

권번호를 담은 정보가 RFID tag로부터 입력되면 iris identification software는 서버에 사용자의 정보를 요청하며 이 정보와 적외선 영상을 통해 추출한 홍채코드를 비교하여 동일한 인지 판단하여 gate가 열리게 된다. 이 모든 과정은 user interface를 통해 사용자가 제어 가능하다.

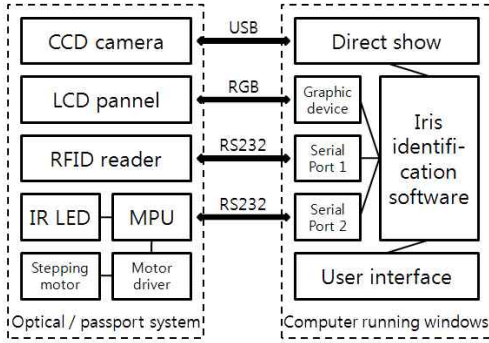


그림 7. 영상 / 여권인식 시스템과 사용자 컴퓨터간의 인터페이스

Fig. 7. Interface block diagram

### 2. 하드웨어 구성

홍채인식에 있어 인식속도와 인식율을 높이기 위해서는 좋은 품질의 영상을 얻어야 한다. 좋은 품질의 영상을 획득하기 위해서는 정확한 홍채무늬를 촬영할 수 있는 카메라 시스템의 개발과 주위 환경에 영향을 받지 않는 광학필터의 선택이 이루어져야 한다. 본 시스템에서는 700nm의 파장과 30°의 분산 각을 가지는 적외선 LED를 광원으로 하고 700nm의 파장대를 빛을 통과시키는 bandpass filter와 640\*480의 해상도를 갖는 CCD카메라를 이용하여 영상획득 모듈을 구성하였다. 여권인식 모듈은 13.5MHz 주파수를 이용한 RFID Reader를 사용하여 여권의 정보를 읽도록 하였다. 그림 8은 프로토타입으로 구현한 홍채영상 획득 / 인식 시스템이다.

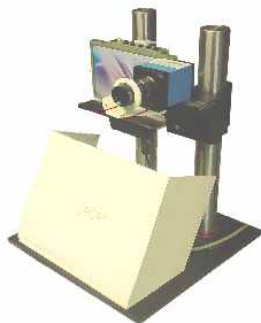


그림 8. 홍채영상 획득 / 인식 시스템

Fig. 8. A prototype of iris recognition system

### 3. 소프트웨어 구성

고정초점 렌즈를 이용한 카메라로 양질의 홍채의 영상을 획득하기 위해서는 카메라의 렌즈와 대상의 안구 간 거리를 정확하게 측정할 수 있는 방법이 필요하다. 이를 위해 홍채영상 획득 시스템의 적외선 조명이 동공에 반사되는 상의 크기와 두 상 간의 거리를 측정하여 렌즈와 안구와의 거리를 환산하였다. 시스템 성능 향상을 위해 그림7과 같이 동공이 항상 포함되는 영역인  $X_L, X_R, Y_T, Y_B$  한정한다.

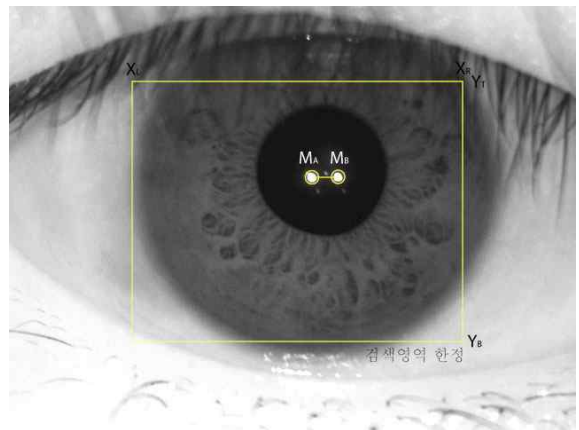


그림 9. 검색영역 한정

Fig. 9. ROI for searching

한정영역 내에서 조명으로 사용한 적외선 LED가 동공에 맺히는 상을 Labeling하여  $M_A, M_B$ 를 찾고 식(3)과 같이 동공에 맺힌 두 상 간의 거리와 상의 크기가 최소일 때 영상을 획득한다.

보안을 위해 홍채코드는 암호화를 거쳐 서버에 저장된다. 128\*8 사이즈 코드의 여덟 개의 행을 시작점과 끝점을 연결하고 상하 shuffling 및 수평 rotating을 시켜 서버에 저장한다. shuffling 및 rotating을 시켜 저장 하므로 해킹을 통한 홍채 코드의 노출에도 생체정보는 안전할 수 있다.

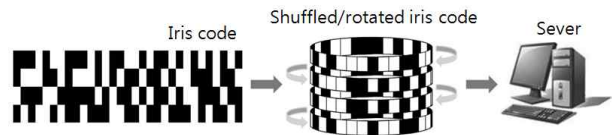


그림 10. 보안을 위한 코드 변조

Fig. 10. An Example of code modulation

신원확인 은 여권정보를 통한 기 등록된 개인정보 검

색과 검색된 정보와 홍채코드의 비교 절차를 거친다. 그림 11은 신원확인 절차의 소프트웨어 흐름도를 보여준다.

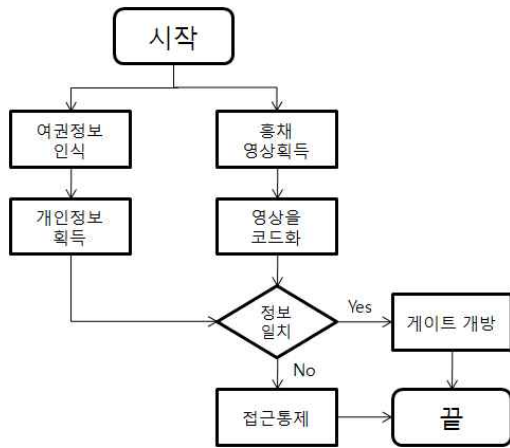


그림 11. 소프트웨어 흐름도  
Fig. 11. The Flowchart of iris recognition system

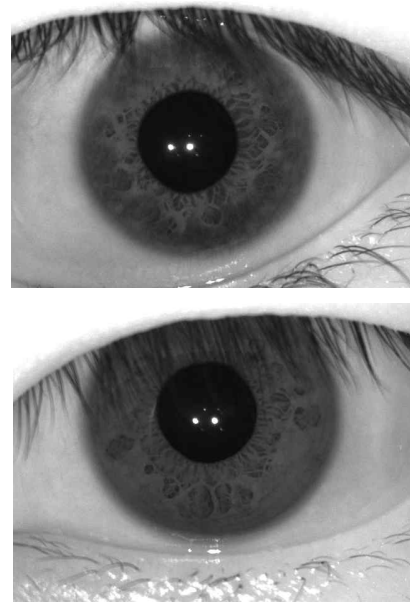
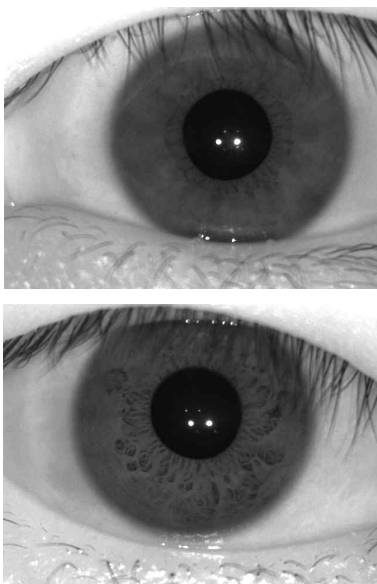


그림 12. 획득한 눈 이미지 샘플  
Fig. 12. Acquired images

#### IV. 실험 및 검증

제작된 홍채인식 시스템을 성능 평가를 위하여 제작된 시스템으로 50명의 양쪽 눈의 이미지 10장씩 총 1,000개의 흑백 홍채 영상을 획득하였다. 영상들은 700nm의 중심파장을 가지는 적외선 LED를 조명으로 사용하고 35mm 렌즈를 통해 640\*480의 해상도를 가지는 CCD 카메라로 획득 하였다. 그림 11은 획득한 sample영상의 일부이다.



촬영된 영상으로부터 위에서 소개된 홍채영역 분리방법을 이용하여 ROI를 추출하였다. FAR과 FRR을 측정하기 위해 동일인에 대해서 4,500회에 걸쳐 동일인의 서로 다른 영상을 대상으로 정합 실험을 하였으며, 다른 사람의 홍채 영상에 대해서는 49,500회의 실험을 하였다. 실험 결과는 가우시안을 사용하여 모델링하고 FAR과 FRR을 측정하였다. 그림 13는 추출된 홍채코드를 서로 XOR한 결과에 대한 Hamming distance distribution을 보여준다. 좌측의 점선은 다른 사람들의 홍채 영상을 대상으로 실험한 경우이고 우측은 동일인의 홍채영상으로 실험한 결과이다.

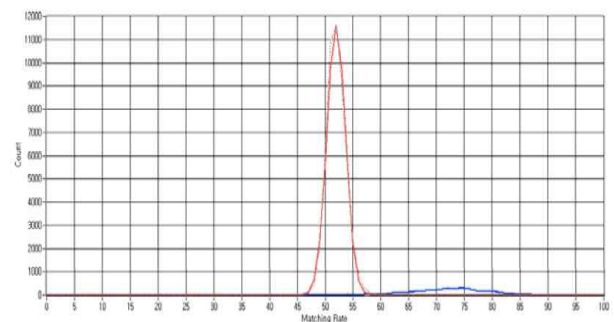


그림 13. 동일인과 타인의 정합 결과 분포  
Fig. 13. Distribution of experimental result : genuine and imposter

표 1. 128\*8 코드의 FAR 및 FRR  
Table 1. FAR and FRR with 128\*8 2D code

기준(%)	63	64	65
FAR	0.2352E-10	0.3750E-12	0.3924E-14
FRR	0.7844E-01	0.9133E-01	0.1218
기준(%)	66	67	68
FAR	0.2881E-16	0.1483E-18	0.5345E-20
FRR	0.1520	0.1889	0.2269

표 1에서 볼 수 있듯이 동일인과 타인을 구분하는 정합 문턱치를 66을 사용할 경우 FAR은  $0.2881 \times 10^{-16}$ 이며 FRR은 0.1520이다. 이것은  $10^{17}$ 명당 약 2.8명을 오 인식 하는 것으로 세계인구가 약 70억 명인 것을 감안할 때 여권의 생체정보로 사용하기 적합하다는 것을 입증한다. 실제로 약 5만 번에 달하는 실험에서 66의 문턱치를 사용했을 경우 단 한번의 오류도 발생하지 않았다.

### V. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 전자여권에 홍채정보를 이용하는 방법에 대해 연구하고 그 방법이 타당하다는 것을 증명하였다. 홍채인식은 생체인식 기술 중 가장 신뢰성 및 안정성이 있는 기술이고 복제가 불가능해 홍채정보를 전자여권에 넣을 경우 보안수준의 비약적 향상이 기대된다. 생체인식 기술은 그 편리성 또한 중요한 요소이다. 따라서 향후 공항의 출입국 관리에 적용되기 위해서는 먼 거리에 서도 영상을 획득할 수 있는 광학부에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Daugman, John G., "Biometric personal identification system based on iris analysis", U.S. Patent No. 5291560, 1994.
- [2] Wildes, Richard P., et al., "Automated, non-invasive iris recognition system and method", U.S. Patent No. 5572596, 1996.
- [3] Salganicoff, Marcos, et al., "Method and apparatus for illuminating and imaging eyes through eyeglasses using multiple sources of illumination", U.S. Patent No. 6055322, 2000.
- [4] Woo Suk Yang., et al., "A Feature Extraction Method for Binary Iris Code Construction", Int. Conf. on Information Technology for Application, 2003
- [5] Woo Suk Yang., et al., "A New Feature Extraction for Iris Identification Using Scale-Space Filtering Techniques", IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics communications and computer sciences, Vol. 87. No. 12, pp3404-3408, 2004. 12.
- [6] 양우석 외, "CPN을 이용한 홍채인식", 전기전자학회논문지, 6권 1호, pp10-20, 2002년 5월
- [7] 양우석 외, "스케일 스페이스 필터링을 이용한 홍채 특징 추출", 전기전자학회논문지, 6권 2호, pp169-177, 2002년 10월
- [8] 양우석, "홍채 영상을 이용한 생체 인식", 한국인터넷방송통신TV학회 논문지, 7권 6호, pp73-82, 2007. 12

※ 이 논문은 2009학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음

저자 소개

주 상 현(정회원)



- 2009. 2. 홍익대학교 전자전기공과 졸업
  - 현재 홍익대학교 전자전산공학과 석사과정
- <주관심분야 : 신호처리, 컴퓨터비전, 임베디드 시스템>

강 태 길(정회원)



- 2008. 2. 홍익대학교 전자전기공과 졸업
  - 현재 홍익대학교 전자전산공학과 석사과정
- <주관심분야 : 패턴인식, 임베디드 시스템>

양 우 석(정회원)



- 1979. 서울대학교 전기공학과 졸업
- 1990. 미국 North carolina state Univ. 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
- 1990-1991 LG전자 생산기술연구원 책임연구원(부장)
- 현재 홍익대학교 전자전기공학과 교수

<주관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, FA>