
ART-1과 PCA 알고리즘을 이용한 주민등록증 인식

박성대* · 우영운** · 김광백***

Recognition of Resident Registration Cards Using ART-1 and PCA Algorithm

Sungdae Park* · Young Woon Woo** · Kwang-Baek Kim***

요 약

본 논문에서는 ART-1 알고리즘을 이용한 개별코드 인식과 PCA 알고리즘을 적용한 주민등록증 인증방법을 제안한다. 주민등록증 영상에서 주민등록번호와 발행일을 추출하기 위하여 Sobel 마스크와 median 필터를 적용하였다. 잡음이 제거된 영상에 수평 스미어링을 적용하여 주민등록번호와 발행일 영역을 추출하고 반복 이진화를 적용하여 이진 영상을 획득한 후, 이진화 과정에서 손실된 개별 코드의 영역을 복원하기 위해, 수직 스미어링을 적용한다. 영역이 복원된 영상에서 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 코드를 추출하고 얼굴인증을 위해 주민등록증의 형태학적 특징과 얼굴후보 영역의 눈과 입의 위치 정보를 이용하여 얼굴영역을 추출한다. 추출된 주민등록번호와 발행일은 ART-1 알고리즘을 적용하여 주민등록 번호와 발행일을 인식하고 PCA 알고리즘을 적용하여 주민등록증 사진의 얼굴 영역을 인증한다.

제안된 주민등록증 인식 방법의 성능평가를 위해 원본 주민등록증 영상 25개를 대상으로 실험한 결과, 325개의 주민등록 번호와 167개의 발행일 중에서 각각 323개와 166개가 인식되었다. 그리고 사진과 얼굴부분을 위조한 주민등록증 25에 대해 얼굴 인증을 실험한 결과, 얼굴 인증에 있어서 효율적인 것을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a recognition system for resident registration cards using ART-1 and PCA algorithm. To extract registration numbers and issue date, Sobel mask and median filter are applied first and noise removal follows. From the noise-removed image, horizontal smearing is used to extract the regions, which are binarized with recursive binarization algorithm. After that vertical smearing is applied to restore corrupted regions, which are mainly due to the horizontal smearing. From the restored image, areas of individual codes are extracted using 4-directional edge following algorithm and face area is extracted by the morphologic characteristics of a registration card. Extracted codes are recognized using ART-1 algorithm and PCA algorithm is used to verify the face.

When the proposed method was applied to 25 real registration card images, 323 characters from 325 registration numbers and 166 characters from 167 issue date numbers, were correctly recognized. The verification test with 25 forged images showed that the proposed verification algorithm is robust to detect forgery.

키워드

ART-1 algorithm, PCA algorithm, Face verification, Resident registration card

* 동의대학교 컴퓨터공학과
** 동의대학교 멀티미디어공학과
*** 신라대학교 컴퓨터정보공학부

I. 서론

우리나라 주민등록증은 1999년, 종이 재질에서 플라스틱 재질로 바뀌어 현재 전체 인구의 99% 이상이 플라스틱 주민등록증을 사용하고 있다. 정부의 주민등록법 개정의 중요 목적 중 하나가 총인구 조사 및 통계였고, 다른 하나는 개인정보의 보호에 있었다. 그러나 근대 산업 전산화의 발전으로 인해 개인정보에 관련한 유출 및 범죄들이 속출하고 있다[1]. 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 방법으로, 주민등록증의 개인정보를 이용하여 행정자치부 데이터베이스의 질의를 통해 위조여부를 판별할 수 있도록 개인정보 보호 체제를 전산화하는 방법이 적용되고 있다.

본 논문에서는 이러한 방법의 하나로 ART-1 (Adaptive Resonance Theory-1) 알고리즘을 적용하여 개별 코드를 인식하고 PCA (Principal Component Analysis) 알고리즘을 적용하여 주민등록증 사진의 얼굴 영역을 인증하는 방법을 제안한다.

II. 주민등록증 개별 코드 추출

2.1. 주민등록증 번호와 발행일 추출

획득한 영상을 gray 영상으로 변환한 뒤, Sobel 마스크 (mask)를 적용하여 에지를 검출한다. 그리고 median filter[2]를 적용하여 잡음을 제거하고 반복 이진화 방법을 적용하여 주민등록증 영상을 이진화한다. 이진화된 영상에서 수평 스미어링(smearing)을 적용하고 주민등록증 규격에 근거하여 n개의 영역에서 2번째(주민등록 번호) 영역과 n-1번째(발행일) 영역을 추출한다. 제안된 추출 과정은 그림 1과 같다.

2.2. 고주파 통과 필터를 통한 반복 이진화

4 방향 윤곽선 알고리즘을 이용하여 개별코드를 추출 하기 전 단계로 영상전체에 고주파 통과 필터를 적용한다. 주파수 공간에는 고주파와 저주파가 존재하고 각각의 필터를 통해 고주파 성분과 저주파 성분을 분리할 수 있다[3].

고주파 성분은 영상에서 명도 값의 갑작스러운 변화가 일어나는 윤곽선에 많이 분포하고, 저주파 성분은 영상의 평탄한 영역에 대한 전반적인 명암도에 많이 분포

한다. 본 논문에서는 윤곽선 정보가 많은 고주파 통과 필터를 통해 주민등록증 영상에 대해서 식 (1)을 적용하여 고주파 성분을 분리한 후에 주민등록증 번호 영역과 발행일 영역에 대해 반복 이진화 기법을 적용하여 이진화 한다.

$$H(u,v) = 1 + \frac{1}{D_0} \frac{D(u,v)^{2n}}{D_0} \quad (1)$$

여기서 $D(u,v) = \sqrt{(u^2+v^2)}$ 이다.

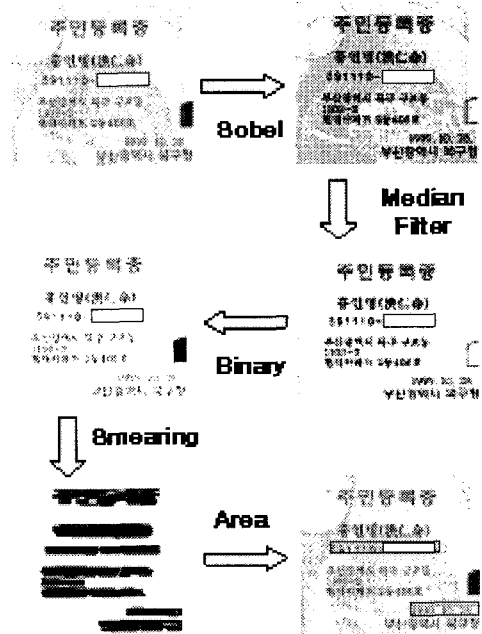


그림 1. 주민등록번호와 발행일 영역 추출 과정
Fig. 1. Code extraction process

2.3. 개별코드 추출

수평 스미어링이 적용된 주민등록증 영상에서 주민등록증 번호와 발행일 영역의 개별 코드를 추출하기 위해 반복 이진화를 적용한 후, 그림 2와 같은 2x2 마스크를 적용한다. 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘[4]은 이진화된 영상에서 경계픽셀을 만나기 전까지는 왼쪽에서 오른쪽으로, 위쪽에서 아래쪽으로 스캔한다.

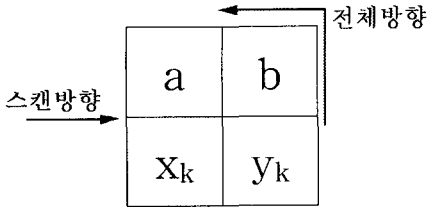


그림 2. 2×2 마스크
Fig. 2. 2×2 mask

그림 2는 4방향 윤곽선 추적 알고리즘에 사용된 마스크로서 경계 픽셀을 만나면 시작점으로 선택하여 마스크 x_k 에 위치시키고 a와 b에 대응하는 두 픽셀을 고려하여 마스크의 진행방향을 표 1과 같이 적용한다.

표 1. 2×2 마스크에 의한 a와 b의 진행방향
Table 1. Moving directions of a and b by 2×2 mask

	a b	x_{k+1} y_{k+1}
진진	1 0	b y_k
우측	0 1	a x_k
우측	1 1	a x_k
좌측	0 0	x_k a

x_k 가 지나간 픽셀을 윤곽선으로 설정하여 추출된 주민등록 코드와 발행일 코드 영역에 4방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 직사각형 형태의 영역을 찾고 수평 및 수직 비율을 고려하여 개별 코드를 추출한다. 추출된 개별 코드는 그림 3과 같다.

591110290191519991025

그림 3. 추출된 개별 코드
Fig. 3. Extracted individual codes

2.4. 주민등록증 사진영역 및 얼굴 영역 추출

주민 등록증에 있는 사진의 위치는 주민등록증의 형태학적인 특징 그림 4와 같은 정보를 이용하여 얼굴 후보 영역을 추출한다.



그림 4. 주민등록증 얼굴 후보 영역
Fig. 4. Potential face region

추출된 얼굴 후보 영역에서 얼굴을 인증하기 위해 주민등록증의 사진 영역을 정규화 한 후, 데이터베이스를 구축한다.

III. ART-1 알고리즘을 이용한 개별코드 인식

본 논문에서는 ART-1 알고리즘을 주민등록증 인식에 적용한다. ART-1 알고리즘[5]은 출력값이 가장 큰 노드를 승자 노드로 선택한다.

ART-1 알고리즘에서 노드의 생성은 제시된 패턴들로 결정될 클래스 수에 기반한다. ART-1 알고리즘은 하나의 노드로 시작하여 그 노드를 입력층에서 처음 제시된 패턴에 해당하는 클래스로 할당한다. 그 다음부터 제시될 패턴들은 현 상태에서 존재하는 노드들에 대해서 승자를 채택하고 승자 노드 선정에 실패할 경우에는 노드를 하나 증가하여 해당 패턴에 대한 클래스로 할당한다. 이런 방식으로 모든 패턴들이 제시 되면 클래스에 따른 노드가 동적으로 생성되게 한다. 그러나 입력 패턴이 제시되어 선정된 승자 노드가 그 패턴에 대한 대표 클래스가 되는 것은 아니다. 여기서 승자노드의 저장 패턴과 유사성을 측정하여 유사성이 인정되면 승자 노드로 채택되고, 대표 클래스가 된다. 만약 유사성이 인정되지 않으면 새로운 노드를 할당한다. 기존 ART-1에서 유사성은 입력 패턴에 대한 저장패턴인 하향 가중치와 입력 패턴간의 곱의 놈(norm) 비율로서 구해지고, 그 식은 (2)와 같다.

$$\frac{\|T \cdot X\|}{\|X\|} \tag{2}$$

여기서, T는 저장패턴인 하향 가중치이고, x는 입력 패턴이다. 식 (2)에서 $\|T \cdot X\|$ 와 $\|X\|$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \|T \cdot X\| &= \sum_{i=1}^m t_{ji} x_i \\ \|X\| &= \sum_{i=1}^m x_i \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 t_{ji} 는 j번째의 승자 노드의 저장 패턴인 하향 가중치이고 x_i 는 i번째의 입력 노드이다. 식 (2)에서 계산된 유사성이 경계 변수(vigilance parameter)보다 크거나 같으면 그 유사성이 인정된다. 그러나 기존의 방식은 이전 입력일 경우 1의 개수 비율과 같으므로, 패턴의 1의 값만 유사성 비교에 영향을 미치고 0의 값은 전혀 영향을 미치지 못한다. 저장 패턴에 0의 값이 많은 경우에는 식 (2)에 의해서 유사성이 계산되므로 입력 패턴의 정보가 손실되는 문제점이 발생한다[6]. 따라서 실제 가시적으로 분명하게 분리 인식되는 패턴들에 대해서 명확히 클러스터를 분류하지 않고 같은 클러스터로 분류하는 문제점이 발생하고, 입력 패턴들의 순서에 따라 생성되는 클러스터의 수가 달라지는 문제점이 발생한다[3]. 따라서 제안된 구조에서는 1의 개수 비율에 의한 유사성 구분을 하지 않고, 같은 값을 가진 노드의 수를 기준으로 사용하여 유사성을 구분 한다. 즉 논리 연산 형태로 생각할 때, 식 (4)와 같이 입력 패턴에 대한 저장 패턴과 입력 패턴간의 Exclusive NOR의 놈(norm) 비율을 사용한다.

$$\frac{\|T \odot X\|}{\|X \odot X\|} = \frac{\sum_{i=1}^m (\bar{t}_{ji} \bar{x}_i + t_{ji} x_i)}{\sum_{i=1}^m (\bar{x}_i \bar{x}_i + x_i x_i)} \quad (4)$$

본 논문에서 개별 코드 인식에 적용되는 ART-1 알고리즘은 그림 5와 같다.

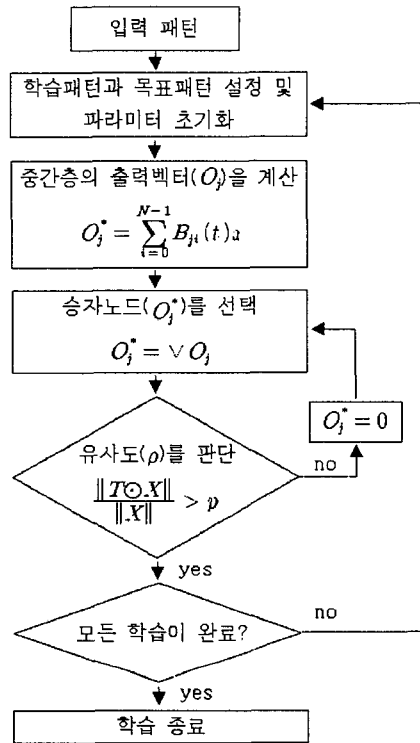


그림 5. 제안된 ART-1 알고리즘
Fig. 5. Proposed ART-1 algorithm

IV. PCA 기반 얼굴 인증

4.1. 얼굴 인증

본 논문에서는 PCA 알고리즘을 적용하여 얼굴영상을 학습한다. PCA는 평균과 분산까지의 통계적 성질을 이용한 2차 통계적 기법이다[7]. PCA는 입력자료에 대하여 최대 공분산의 각 방향을 가리키는 직교 정규화된 일련의 축들의 집합을 찾는다. 이는 입력 자료의 가장 중요한 축들을 찾아 효율적으로 자료의 차원을 줄일 수 있는 장점이 있다. PCA를 이용한 학습 과정은 다음과 같다. 학습할 2차원의 $n \times m$ 패턴을 1차원의 $N(n \times m)$ 벡터로 나타낼 수 있으며 K개의 학습 영상 벡터를 $X = [x^1 \ x^2 \ x^3 \ \dots \ x^k]$ 의 행렬로 나타낼 수 있다. 패턴의 평균벡터는 식(5)와 같이 계산되며 식(6)을 이용하여 1차원의 벡터와 평균벡터의 차이를 구한다.

$$m = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k x_j \quad (5)$$

$$\bar{x}^i = x^i - m \quad (6)$$

식(6)에서 구해진 k개의 \bar{x}^i 의 벡터를 이용해서 $\bar{X} = [\bar{x}^1 \bar{x}^2 \bar{x}^3 \dots \bar{x}^k]$ 행렬을 구할 수 있으며 \bar{X} 행렬을 이용하여 공분산 행렬을 식(7)과 같이 구할 수 있다. T는 전치 행렬을 의미한다.

$$\Omega = \bar{X} \bar{X}^T \quad (7)$$

공분산 행렬을 이용해 데이터의 분포를 잘 표현하는 고유벡터와 고유 값을 구한 후, 고유 값이 큰 순으로 정렬하고 고유벡터도 해당 고유 값의 위치대로 정렬한다. 크기순으로 정렬된 고유벡터들은 0 또는 0에 가까운 값을 가지게 되므로 이러한 값들을 버림으로써 데이터의 차원을 줄일 수 있다. 학습 영상들을 PCA 데이터로 표현하는 방법은 다음과 같다. 공분산 행렬을 통해 구해진 고유 벡터들을 사용하여 $V = [v^1 v^2 v^3 \dots v^k]$ 행렬을 구한 후 식(8)을 이용해 학습 영상들의 특징 벡터를 구한다.

$$\tilde{x}^i = V^T \bar{x}^i \quad (8)$$

PCA를 이용한 얼굴 인종은 그림 6과 같이 정규화 과정을 거친 얼굴 후보 영역의 공분산 행렬을 통해 구해진 고유 벡터를 사용해서 $V = [v^1 v^2 v^3 \dots v^k]$ 행렬을 구한 후, 식 (8)을 이용하여 학습영상의 특징 벡터를 구한다. 그림 6은 얼굴 영상 학습에 사용된 영상들이다.



그림 6 . 학습에 사용된 영상
Fig. 6. Training images

그리고 인식대상 영상에서 평균영상을 뺀 \bar{y} 를 식(9)와 같이 구한 후, 구해진 영상과 고유 벡터의 전치 행렬을 이용하여 식(10)과 같이 인식대상 영상의 특징 벡터

를 구한다.

$$\bar{y} = y - m \quad (9)$$

$$\tilde{y} = V^T \bar{y} \quad (10)$$

인식 대상 영상의 특징 벡터와 학습된 특징 벡터들 간의 유사성을 측정하여 가장 유사한 특징 벡터 영상을 인식 결과 영상으로 사용하게 된다. 그리고 그림 7과 같은 얼굴 영상이 저장된 데이터베이스의 얼굴 영상에 대한 특징 벡터와 유사도 검증은 식(8)을 이용한다.

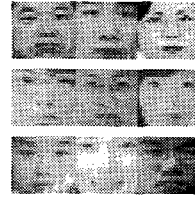


그림 7. 얼굴영상 데이터베이스
Fig. 7. Face image database

V. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 Intel Pentium-IV 2GHz CPU와 256MB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 VC++ 6.0으로 구현하였다.

HP ScanJet 4200C 스캐너를 이용하여 획득한 주민등록증 25장을 주민등록번호 및 발행일 코드 인식과 얼굴 인종에 적용하였다.

5.1. 개별 코드 인식 결과

25개의 주민등록증 영상에서 표 2와 같이 13자리의 주민등록번호 325개와 6~8자리 발행일 167개의 개별 코드가 모두 추출되었다.

표 2. 개별 코드 추출 결과
Table 2. Result of individual code extraction

	주민등록번호	발행일 영역
추출 개수	325/325	167/167

추출된 492개의 개별 코드를 정규화 한 후, 고 ART-1 알고리즘을 적용하여 학습 및 인식한 결과는 표 3과 같다.

표 3. 개별 코드 인식 결과
Table 3. Result of individual code recognition

	주민등록번호	발행일 영역
인식 개수	323/325	166/167

5.2. 얼굴 인식 결과

PCA 알고리즘을 적용한 주민등록증 영상에서는 유클리드 거리법을 이용하여 가장 가까운 값을 가지는 영상을 본인의 주민등록증으로 판단한다. 또한 유사도가 일정 임계치 이하이면 얼굴 합성 등에 의해 위조, 변조 되었을 가능성이 있는 주민등록증으로 판단한다. 실험에 사용된 주민등록증 25장과 사진부분이 위조된 주민등록증 25장 그리고 얼굴 부분이 위조된 주민등록증 25장을 사용하여 얼굴 인증을 실험한 결과는 표 4와 같다.

표 4. 주민등록증 얼굴 영상 인증
Table 4. Result of face verification

	원본인증	얼굴위조	사진위조
위조판별	0/25	25/25	25/25
인증여부	25/25	0/25	0/25

표 4와 같이 얼굴 위조 주민등록증과 사진 위조 주민등록증 모두 위조로 인증되었으며 원본 주민등록증 영상은 모두 정상으로 인증되었다. 따라서 본 논문에서 적용한 PCA 알고리즘이 주민등록증 인증에 있어서 효과적임을 알 수 있었다.

그림 8은 원 영상의 얼굴 영역과 테스트 얼굴 영역 간의 유사도 값에 의해 위조 여부를 판별하는 과정을 보여준다.

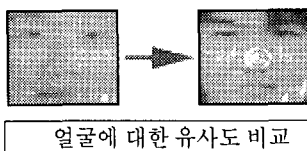


그림 8. 유사도 비교를 통한 얼굴 인증
Fig. 8. Face verification using similarity

그림 9는 제시된 얼굴 인증 화면으로서 사진이 위조된 주민등록증 영상을 위조로 판별하는 과정을 보여준다.



그림 9. 외부 인터페이스 화면
Fig. 9. User interface

VI. 결론

근대 산업 전산화의 발전으로 인해 개인정보에 관련한 유출 및 범죄들이 속출하고 있다. 이러한 범죄의 예방과 개인정보 유출을 막기 위하여 본 논문에서는 ART-1과 PCA 알고리즘 적용한 개별 코드 인식과 주민등록증 사진의 얼굴 인증방법을 제안하였다. 제시된 방법은 Sobel 마스크와 median filter, 수평 및 수직 스미어링, 고주파 필터링, 4방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 코드들을 추출하고 코드의 추출률을 높이기 위해 수평 스미어링된 영역에 대해 기울기를 보정하였다. 추출된 개별 코드 대해 반복 이진화 방법을 적용하여 개별 코드 영역을 이진화하고, 이 영역에 대해 4방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 코드를 추출하였다. 추출된 개별 코드는 ART-1 알고리즘을 적용하여 인식하였다. 얼굴 인증은 PCA 알고리즘으로 학습되어진 주민등록증의 얼굴 정보를 미리 획득하여 데이터베이스에 구축하고 획득된 얼굴 정보의 특징벡터를 추출한 후, 데이터베이스의 얼굴 특징 벡터와의 거리 측정을 통해 얼굴을 인증하였다.

제안된 주민등록증 인식 방법은 개별 코드 영역의 기울기를 보정함으로써 추출률을 개선하였다. 즉 주민등록번호 325개와 발행일 개별 코드 167개가 모두 추출되었다. 추출된 개별 코드들을 ART-1 알고리즘에 적용하여 인식한 결과, 주민등록번호 코드 325개 중에서 323개 인식되었고 발행일 개별 코드는 167개 중에서 166개가 인식되었다. 얼굴 인증 실험에서는 얼굴 특징 벡터의 유

사도를 측정하는 PCA 알고리즘을 이용하여 주민등록증 사진의 위조 판별을 실험한 결과, 사진 및 얼굴 위조 주민등록증 50개 모두가 위조된 주민등록증으로 판별되었다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법이 주민등록증 인식에 있어서 효율적인 것을 확인할 수 있다.

참고문헌

[1] 신태성, 박충식, 문용은, 김광백, "ART-1 기반 자가 생성 지도 학습 알고리즘과 얼굴 인증을 이용한 주민등록증 인식," 2006년도 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회, 10권 1호, pp. 321-318, 2006

[2] Jain, A.K., Fundamental of Digital Image Processing, New Jersey, Prentice_Hall, 1989

[3] Milan Sonka, Vaclav Hlavac and Roger Boyle, Image Processing, Analysis and Machine Vision, Chapman & Hall Computing, 1993

[4] 김광백, "개선된 이진화와 윤곽선 추적 알고리즘을 이용한 운송 컨테이너의 식별자 추출," 한국해양정보통신학회논문지, 9권, 2호, pp. 462-466, 2005

[5] Abhijit S. Pandya, and Robert B. Macy, Pattern Recognition with Neural Networks in C++, CRC Press, 1996

[6] Kwang-Baek Kim, Si-Woong Jang, and Cheol-Ki Kim, "Recognition of Car Licence Plate by Using Dynamical Thresholding Method and Enhanced Neural Networks," Lecture Notes in Computer Science, LNCS 2756, pp. 309-319, 2003

[7] Peter J. B. Hancock, A. Mike Burton, and Vicki Bruce. "Face processing: Human perception and principal components analysis," Memory and Cognition, 24(1), pp. 26-40, 1996

저자소개

박 성 대(Sungdae Park)



2002년 2월 동의대학교 멀티미디어 공학(공학사)

2004년 2월 동의대학교 멀티미디어 공학(공학석사)

2007년 2월 동의대학교 컴퓨터공학 박사과정 수료

※ 관심분야: Digital Signal & Image Processing

우영운(Young Woon Woo)



1989년 2월 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1991년 8월 연세대학교 본대학원 전자공학과(공학석사)

1997년 8월 연세대학교 본대학원 전자공학과(공학박사)

1997년 9월 ~ 현재 동의대학교 멀티미디어공학과 교수

2007년 ~ 현재 한국해양정보통신학회 국제이사

※ 관심분야: 인공지능, 영상처리, 의료정보

김 광 백(Kwang-Baek Kim)



1999년 부산대학교 전자계산학과 (이학박사)

1996년~1997년 동의공업대학 사무 자동화과 전임강사

1997년~현재 신라대학교 컴퓨터공학과 부교수

2005년~현재 한국멀티미디어학회 이사 및 논문지 편집위원

2005년~현재 한국해양정보통신학회 이사 및 논문지 편집위원

※ 관심분야: Neural Networks, Image Processing, Fuzzy Logic, Medical Imaging and Biomedical System, Support Vector Machines