Cubic Spline Interpolation을 이용한 얼굴 영상의 단순화

Simplification of Face Image using Cubic Spline Interpolation

김정민* · 정은국** · 김성신*†

Jungmin Kim*, Eunkook Jung** and Sun shin Kim*†

* 부산대학교 전자전기공학과

** 부산대학교 로봇협동과정

요 약

본 논문은 명함에 명함 원주인의 얼굴 사진을 2차원 바코드 형태로 넣기 위해 얼굴 영상을 단순화하는 것에 관한 연구이다. 명함은 사람들의 인식과 디자인 문제로 인해 명함에 사진을 넣지 않아, 명함을 잊어버리는 경우가 허다하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 모바일 기기, 인터넷 등을 통해 명함에 관련된 여러 응용 프로그램이 개발되었지만, 기존의 종이 명함의 가치를 따라 잡을 수가 없었다. 이에 1차원 혹은 2차원 바코드를 이용하여 명함 정보를 명함에 넣는 방법이 많이 나왔지만, 얼굴이나 회사의 로고와 같은 영상처럼 데이터가 많은 정보는 넣을 수가 없었다. 이에 본 논문에서는 명함에 데이터가 많은 얼굴 영상을 2D 바코드로 넣을 수 있도록 하기 위한 얼굴 영상 단순화에 관한 연구를 하였다. 이는 얼굴 영역에 있는 얼굴, 귀, 머리, 눈썹, 코, 입, 목 등의 특징 점만을 우리가 찍어 스플라인 곡선을 이용하여 표현하는 것이다. 실험은 직접 카메라를 통해 얼굴 영역을 자동으로 추출하여 각각의 특징들에 특징점을 찍어 생성된 단순화 영상과 원 영상을 보았다. 실험 결과, 단순화된 얼굴 영상은 2D 바코드로 표현이 가능할 만큼 표현량이 줄어들었으며, 효과적으로 특징 표현이 가능함을 확인하였다.

키워드 : 스플라인 곡선, 얼굴 영상, 단순화, 2차원 바코드, 명함

Abstract

This paper is presented to study simplification of face image using cubic spline interpolation for a business card with 2D barcode. People often forget business card's owner because business cards don't be included a face picture generally. To solve such problem, many applications have been developed through mobile devices, Internet and so on. But they couldn't caught up with value of existing business card made by paper. Hence, some methods which can put information on business card using 1D or 2D barcode had suggested. but they couldn't include information like face image or company logo image which have too much data. Therefore, we study the simplification method of face image to encode from a face image to 2D barcode. The simplification method using spline curves defined by feature points which we dotted on face, ears, hair, eyebrows, nose, lips, neck, etc.. on a face area. for experiment, we see real face image and simplified face image made by proposed method after we automatically extract face watch through camera. In experimental results, data of simplified face image was reduced as small as it can be expressed by 2D barcode, and confirmed that it can effectively express features.

Key Words : spline curve, face image, simplification, 2D barcode, business card

1. 서 론

오늘날의 명함은 17세기부터 쓰여 왔으며, 현재 명함의 의미는 단순히 이름을 전달하는 것이 아니라, 내 모습의 모든 것을 기억시키는 그 자체라는 뜻으로 인식되고 있다. 이렇듯 하루에 수도 없이 주고받는 명함은 중요한 인적네트워크를 형성해준다. 하지만 명함을 교환하고 시간이 흐

르게 되면, 종종 명함의 원주인 얼굴을 잊어버리는 경우가 명함의 출처를 알 수 없는 경우가 발생하게 된다. 이는 명함에 얼굴 영상을 넣어 해결할 수 있지만, 영업직 종사가 아닐 경우에는 사람들의 인식과 디자인, 처분의 문제 등으로 명함에 얼굴 영상을 넣지 않으려 한다.

현대 사회에서 명함의 가치가 높아지면서 명함 관리에 관한 연구가 많이 이루어져 왔다. 대표적인 명함 관리 방법으로는 명함 정보를 서버에 올려두고 인터넷을 통해 그것을 확인하는 방법이다. 하지만 이 방법은 자신의 정보를 서버에 미리 올려두어야 하는 것과 인터넷을 통해 직접 정보를 찾아야 하는 번거로움에 따라 사용자가 적었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 명함에 명함 정보가 있는 인터넷 주소를 담은 1차원 바코드를 인쇄하여 손쉽게 명함 정보를 접근할 수 있도록 하였다. 하지만 인터넷 구비와 자신의 정보를 서버에 올려두어

접수일자 : 2010년 7월 27일

완료일자 : 2010년 10월 8일

†Corresponding Author : sskim@pusan.ac.kr

이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)로부터 지원받아 수행된 연구임

(지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

야 하는 번거로움은 여전히 존재하였다. 이에 영상처리를 통해 명함의 영상 정보를 텍스트 정보로 변환하여 자동으로 서버에 명함의 정보를 올려주는 기술들이 많이 연구되었다. 하지만 여전히 인터넷이 구비되어야 하며, 느리고 번거로웠다.

최근에는 모바일 기기의 발달로 언제 어디서든 인터넷 접속이 가능해졌으며 빠른 처리 속도와 높은 해상도의 카메라를 통해 모바일 기기에서의 영상 처리가 가능해졌다. 이에 2차원 바코드에 관한 관심이 높아지게 되었고, 다양한 응용분야에 2차원 바코드가 사용되고 있다. 하지만 2차원 바코드 규격 국제 표준화 대상들의 바코드들은 최대 정보량이 적어 얼굴 영상을 바로 넣기에는 무리가 있다. 표 1은 표준화된 2차원 바코드들을 보여준다[1-3].

표 1. 표준화된 2차원 바코드들
Table 1. Standardized 2D barcodes

name (country)	symbol	max. info. (byte)	characteristic
PDF -417 (USA)		num. : 2,725	70% 이상의 시장 점유 스택 코드 방식
		char. : 1,850	
		binary : 1,108	
Data Matrix (USA)		num. : 3,116	정보화 밀도가 매우 높음
		char. : 2,335	
		binary : 1,556	
Maxi Code (USA)		num. : 138	가운데 finder에 의해 고속 판독
		char. : 93	
		binary : 0	
QR Code (Japan)		num. : 7,366	각 모서리에 3개의 finder에 의해 고속 판독
		char. : 4,464	
		binary : 3,096	

표준화된 2차원 바코드들 중에서도 QR Code의 최대 정보량은 숫자 7,366 byte로 매우 많은 정보를 담을 수 있다. 하지만 얼굴 영상이 320×240 해상도의 3개 컬러(빨강, 파랑, 초록)를 가진다고 했을 때에 BMP 저장 방식으로는 340×240×3=230,400 byte의 표현이 필요하고, JPG 압축 방식으로는 약 40,000 byte 이상이 필요하다. 이에 본 논문에서는 그림 1과 같이, 명함 원주인의 얼굴을 2차원 바코드로 표현하여 명함에 인쇄하기 위해, 얼굴 영상의 특징은 살리면서 단순화할 수 있는 방법에 관한 연구를 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 얼굴 영역 추출 방법을 알아보고, 3장에서 특징 점과 스플라인을 이용하여 얼굴의 윤곽선을 그리고 대표 컬러는 입히는 방법에 대해서 기술하였으며, 4장에서는 얼굴 영역 단순화 방법의 성능 실험 및 결과에 대해 다루고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대하여 기술하였다.

2. 얼굴 영역 추출

본 논문에서는 얼굴 영역 추출을 위해 Christophe garcia와 Georgions의 얼굴 피부색 추출 수식[4]을 이용하였다. 이 얼굴 피부색 추출 방법은 YCrCb 색상 모델과 HSV 색상 모델에서 자신들이 제안한 관계 모델로 얼굴 스킨을 추출하는 방법이다. YCrCb 색상 모델에서의 얼굴 피부색 관계 모델 수식은 다음과 같다.

d. 2D 바코드로 변환 후, 명함 인쇄

그림 1. 최종 목표의 결과
Fig. 1. Result of final goal

$$Cr \geq -2(Cb + 24); \quad Cr \geq -(Cb + 17);$$

$$Cr \geq -4(Cb + 34); \quad Cr \geq 2.5(Cb + \theta_1);$$

$$Cr \geq \theta_3; \quad Cr \geq 0.5(\theta_4 - Cb);$$

$$Cr \geq \frac{200 - Cb}{6}; \quad Cr \geq \frac{4}{3}(\theta_2 - Cb); \quad (1)$$

위 식에서 상수 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 는 피부색을 결정하는 파라미터로써 명도 Y에 따라 달라지고, 이는 다음 식과 같다.

$$\text{if}(Y > 128) \quad \theta_3 = -2 + \frac{256 - Y}{16};$$

$$\theta_4 = 20 - \frac{256 - Y}{16};$$

$$\theta_3 = 6; \quad \theta_4 = -8;$$

$$\text{if}(Y \leq 128) \quad \theta_1 = 6; \quad \theta_2 = 12;$$

$$\theta_3 = 2 + \frac{Y}{32}; \quad (2)$$

$$\theta_4 = -16 + \frac{Y}{16};$$

HSV 색상 모델의 얼굴 피부색 관계 모델은 색상, 채도, 명도가 수식 (3)과 다음과 같은 값에 포함되어질 때, 얼굴 피부색의 색상과 채도는 수식 (4)와 같이 색상과 명도의 관계 모델 수식으로 표현된다.

$$S \geq 10; \quad S \leq -H - 0.1V + 110;$$

$$V \geq 40; \quad H \leq -0.4V + 75; \quad (3)$$

$$\text{if } H \geq 0 \text{ and } S \leq 0.08(100 - V)H + 0.5V$$

$$\text{if else } S \leq 0.5H + 35 \quad (4)$$

3. 얼굴 영역 단순화

본 논문에서는 명함 원주인 얼굴을 명함에 2D 바코드 형태로 인쇄할 수 있는 방법에 대해 이야기 하고, 이 방법은 얼굴 영역 추출 단계, 특징 점을 찍어주는 단계, 스플라인을 통해 특징 윤곽을 만들어주는 단계, 특징들에 색을 입히는 단계로 구성된다. 다음 그림은 본 논문에서 최종적으로 만들고자하는 결과를 보여준다.

3.1 얼굴 단순화를 위한 특징 영역과 특징 점

얼굴 영역 단순화를 위해 사용되는 특징 영역들은 목→귀→얼굴(→머리카락)→눈썹, 눈, 눈동자, 코, 입(→안경)이다. 여기서, 화살표는 놓이는 순서이고 괄호는 없어도 되는 특징 영역을 나타낸다. 본 논문에서는 스플라인 곡선을 이용하여 특징 영역들을 나타내었고, 이를 위해 특징 영역의 특징 점들을 직접 찍어주었다. 다음 그림은 얼굴의 특징영역과 특징점들의 설명을 위한 예시그림을 보여준다.

그림 2. 얼굴의 특징 영역의 예
Fig. 2. Example of feature area of face

얼굴의 특징 영역을 스플라인을 통해 표현하기 위해서는 아래 턱 3개, 옆 턱각 2개, 볼 2개, 광대 뼈 2개, 머리 5개가 필요하다. 이 중 머리의 특징 점 5개는 머리카락의 정보에 의해 가려져 특징을 정확히 찍을 수 없지만, 대머리의 경우에는 특징을 가지는 부분이다. 각 특징 영역들은 특징을 나타낼 수 있는 특징점으로 구성되며, 스플라인을 이용할 때에 가지는 각 특징 영역들의 특징 점들의 최소 개수는 실험을 통해 다음 표와 같이 구할 수 있었다.

표 2. 각 특징영역의 특징 개수
Table 2. # of feature point of each area

특징 영역	小특징(개수)	최소 개수	기타
목	·	6	·
귀	·	14	오른쪽/왼쪽
얼굴	·	14	·
머리카락	·	17	가르마 1개
눈썹	·	14	오른쪽/왼쪽
눈	눈 윤곽(6) 눈동자(4)	20	오른쪽/왼쪽
코	·	14	·
입	입술(7) 입선(3)	9	·
안경	·	14	·
총 개수			122

그림 2를 보면, 사용한 얼굴 영상의 해상도는 400(가로)×540(세로)=216,000 pixel이다. 이러한 영상 크기의 좌표 값을 표현하기 위해서는 $2^{18}=262,144$ 로 6개의 숫자로 표현되어지고, bit로 18개로 표현되어지므로 2D 바코드로 표현하는 것이 힘들어진다. 이에 본 논문에서는 각 특징 점들이 가질 수 있는 영역들이 국한되는 것(그림 2의 사각형 점선)을 이용하였다. 이는 각 특징 점들이 가질 수 있는 특징 점들의 중심으로부터 최대 영역을 80×80=6,400으로 설정하여 4개의 숫자 혹은 12개의 bit로 표현할 수 있다.

3.2 스플라인을 이용한 특징 영역 생성

스플라인은 데이터 점들의 집합을 다항식 곡선으로 나타내는 방법에 사용하는 것이다. 즉, 이것의 목적은 주어진 점들을 지나면서 오차에 영향을 받지 않는 유연한(smooth) 곡선을 그리는 것이다. 3차 스플라인은 (x, y) 로 표현되는 특징 점 $N+1$ 개가 있을 때에 다음 수식 (5)의 성질을 만족하는 $S_{k,0}, S_{k,1}, S_{k,2}, S_{k,3}$ 을 계수로 하여 N 개의 3차 다항식 $S_k(x)$ 가 존재할 때에 함수 $S(x)$ 를 말한다.

$$I \ S(x) = S_k(x) = s_{k,0}c + s_{k,1}(x - x_k) + s_{k,2}(x - x_k)^2 + s_{k,3}(x - x_k)^3, x \in [x_k, x_{k+1}], k = 0, 1, \dots, N-1$$

$$II \ S(x_k) = y_k, \quad k = 0, 1, \dots, N$$

$$III \ S_k(x_{k+1}) = S_{k+1}(x_{k+1}), \quad k = 0, 1, \dots, N-2$$

$$IV \ S'_k(x_{k+1}) = S'_{k+1}(x_{k+1}), \quad k = 0, 1, \dots, N-2$$

$$S''_k(x_{k+1}) = S''_{k+1}(x_{k+1}), \quad k = 0, 1, \dots, N-2 \quad V \quad (5)$$

I 은 $S(x)$ 가 부분구간 3차 함수들로 이루어져 있음을 나타낸다. 성질 II 는 부분구간 3차 함수를 이용하여 주어진 점들의 집합을 보관한다는 것을 의미한다. 성질 III 과 IV 는 부분구간 3차 함수가 유연한 연속함수라는 것을 나타낸다. 성질 V 는 최종적인 함수에 대한 2차 도함수가 연속임을 의미한다[5-10].

논문에서는 얼굴 단순화를 위해 스플라인 중에서 내추럴 3차 스플라인(natural cubic spline)을 이용하였고, 스플라인 구한 방법은 다음 그림과 같다.

그림 3. 스플라인 구현을 위한 방법
Fig. 3. Method to implement spline

$$S(x) = \frac{(b-x)^3 c_a + (x-1)^3 c_b}{6(b-a)} + \frac{(b-x)y_a + (x-a)y_b}{b-a} - \frac{1}{6}(b-a)[(b-x)c_a + (x-a)c_b] \quad (6)$$

$$\begin{aligned} S'_1(x_2) &= S'_2(x_2) \\ S'_2(x_3) &= S'_3(x_3) \\ &\vdots \\ S'_k(x_{k+1}) &= S'_{k+1}(x_{k+1}) \\ &\vdots \\ S'_{N-2}(x_{N-1}) &= S'_{N-1}(x_{N-1}) \end{aligned} \quad (7)$$

식 6에서 주어진 N 개의 데이터 $x_1 < x_2 < \dots < x_n$ 가 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ 로 주어졌을 때, $[x_1, x_n]$ 구간의 고유 함수(unique function) $S(x)$ 를 구하는 것으로 y_a, y_b, c_a, c_b 는 각각 $S(a), S(b), S''(a), S''(b)$ 를 나타내고, a 와 b 는 각각 구간의 시작과 끝 x_1, x_n 을 나타낸다.

위 스플라인 구현 방법으로 특징 점들을 따라가면, 다음 그림과 같은 결과를 얻을 수 있다.

그림 4. 스플라인을 이용한 특징 영역의 윤곽선
Fig. 4. Outline of each feature area using spline

위 그림에서 라인은 윤곽선을 보여주고 빨간색 원은 특징 점을 보여준다. 윤곽선이 잡으면 영역 별로 대표 컬러를 구해 각 특징영역에 색을 칠하는 작업을 하게 된다.

3.3 특징 영역 별 대표색

본 논문에서 사용한 특징 영역의 대표색 추출 방법은 일반적인 얼굴에서 나타낼 수 있는 살구색과 빨간색, 머리카락에서 나타낼 수 있는 검정, 갈색, 노랑을 중심으로 RGB 색상 모델에서 거리로 구하였다. 예를 들면, 머리카락과 입술을 제외한 영역들은 식 8과 같이 살구색(RGB: 250,200,180)[11]을 중심으로 각 특징 영역 안에서 색상들이 RGB 색상 모델에서 거리가 40이내인 값들을 찾고, 밝기 순으로 정리하여 상위 20%의 밝은 색을 선택하도록 하였다.

$$m_c = \sqrt{(251-r)^2 + (206-g)^2 + (177-b)^2} \quad (8)$$

사용된 색상은 다음 표와 같다.

표 3. 각 특징 영역의 대표색

Table 3. Representative color of each feature area

특징 영역	red	green	blue	색상
머리	20	20	20	검정
	205	205	0	노랑
	150	75	50	갈색
입술	240	90	100	분홍색
이외 영역	250	200	180	살구색

위 방법을 통해 색이 칠해진 특징 영역들은 그림 5와 같고, 모든 영역들을 순서대로 배열한 얼굴 영역 단순화의 결과는 그림 6과 같다.

그림 5. 대표 색을 입힌 특징 영역들
Fig. 5. Filled feature area using each representative color

그림 6. 얼굴 영역 단순화 결과
Fig. 6. Result of simplification of face image

4. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 얼굴 영상의 단순화 방법의 실험을 위해서 4명의 얼굴 영상을 받아 그 결과를 보았다. 실험에 사용된 그림은 그림 7과 같다.

그림 7. 원본 얼굴 영상
Fig. 7. Original face image

그림 7의 원본 얼굴 영상들에 특징 점들을 표 2와 같이 찍고 단순화한 각각의 결과는 그림 8과 같다.

(a) 첫 번째 원본 영상과 단순화된 결과

(b) 두 번째 원본 영상과 단순화된 결과

(c) 세 번째 원본 영상과 단순화된 결과

(d) 네 번째 원본 영상과 단순화된 결과

그림 8. 단순화된 얼굴 영상의 결과들
Fig. 8. Results of simplified face image

2D 바코드로 변환 시에 특징 점들은 4개의 숫자로 표현되며, 표 2에서의 총 특징 점 개수가 122개 이므로 448개의 숫자로 표현할 수 있다. 또한 9개의 특징 영역들을 구분 짓는 코드를 9개 사용하며 각 특징 영역들의 색상을 표현하기 위해 또 9개의 숫자가 필요하다. 한 얼굴 영상을 2D 바코드로 표현하기 위해서는 총 538개의 숫자만 표현하면 된다.

본 논문의 얼굴 영상 단순화는 특징 점의 위치에 따라 변환이 되므로 과장 및 표정 효과를 손쉽게 줄 수 있다. 실제로 실험 결과에서 볼 수 있듯이 얼굴 단순화 과정에서 정보가 많이 손실되어 단순화 결과 영상에서 원본 얼굴 영상을 연상하기가 쉽지 않다. 그렇기 때문에 자신의 얼굴 특징을 과장시킴으로써 더 쉽게 원래 얼굴을 연상시킬 수 있다. 특징 점을 옮겨 과장된 그림은 다음과 같다.

(a) 첫 번째 과장 결과 (b) 두 번째 과장 결과

(c) 세 번째 과장 결과 (d) 네 번째 과장 결과

그림 8. 과장된 얼굴 영상의 결과들
Fig. 8. Results of exaggerated face image

5. 결 론

본 논문에서는 명함의 원주인 얼굴을 2D 바코드 형태로 명함에 넣기 위해서 얼굴 영상의 단순화에 관한 연구를 수행하였다. 2D 바코드는 표현할 수 있는 정보량이 한정되어 있어, 그림을 표현할 수 없다. 이에 본 논문에서는 스플라인 곡선을 이용해 얼굴의 영상을 단순화하여 정보량을 줄여, 2D 바코드로 표현할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안된 얼굴 영상의 단순화 단계는 얼굴 영역 추출, 특징 점 정보, 스플라인을 통한 윤곽선 그리기, 색을 넣기 위한 대표색 찾는 방법에 관한 이야기를 하였다. 실험은 4명의 얼굴 영상을 이용하여 얼굴 영역을 단순화하고 단순화된 얼굴 영상과 원 영상의 결과를 보았다. 실험 결과, 2D 바코드에 얼굴 정보를 넣기 위해 얼굴 정보를 최대한으로 줄이다 보니, 원본 영상과는 조금 다른 단순화된 얼굴 영상이 생기기도 했지만, 특징 점의 위치를 이용하여 단순화하는 과정에서 얼굴의 과장 및 표정 효과를 쉽게 줄 수 있어, 원본 영상보다도 더 크게 특징을 보일 수 있었다. 향후 연구로는 자동으로 특징 점을 찾아주는 방법과 과장 및 표정 효과를 자동적으로 줄 수 있는 방법들에 대해 연구할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] H. K. Fröschle, U. Gonzales-Barron, K. McDonnell, S. Ward, "Investigation of the Potential use of E tracking and Tracing of Poultry using Linear and 2D barcodes," *Computers and Electronics in Agriculture*, no. 2, vol. 66, pp. 126-132, 2009.
- [2] ㈜로보티즈, "카메라 기반 2차원 바코드 판독기 개발," 정보통신산업기술개발사업 보고서, 2002.
- [3] 전성구, 허남익, 김일환, "2차원 바코드를 위한 데이터 부호화 알고리즘 설계," *ICS2005 Symposium*, pp. 173-175, 2005.
- [4] C. Garcia and G. Tziritas, "Face Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis," *IEEE trans. on Multimedia*, vol. 1, no. 3, pp. 264-277, 1999.
- [5] J. S. Seo, and C. D. Chang, D. Yoo, "Localized image watermarking based on feature points of scale-space representation," *Pattern Recognition*, no. 7, vol. 37, pp. 1365-1375, 2004.
- [6] Z. Habiba, M. Sarfrazb, and M. Sakaia, "Rational Cubic Spline Interpolation with shape control," *Computers & Graphics*, no. 4, vol. 29, pp. 594-605, 2005.
- [7] S. Arca, P. Campadell, R. Lanzarotti, "A face recognition system based on automatically determined facial fiducial points," *Pattern Recognition*, no. 3, vol. 39, pp. 432-443, 2006.
- [8] 강성학, 정차근, "Cubic Spline 곡선을 이용한 곡선 차선 인식에 관한 연구," *ICS2005 Symposium*, pp. 169-171, 2004.
- [9] 김종찬, 박경숙, 정선인, 허영남, 김웅곤, "적은 수의 특징 점을 이용한 얼굴 사진의 3차원 모델링 시스템," *한국정보과학회 학술대회*, no. 28, vol. 1, pp. 628-630, 2001.
- [10] 황분우, 이성환, "적은 수의 특징 점을 이용한 얼굴 영상 복원," *한국정보과학회 학술대회*, no. 27, vol. 1, pp. 583-585, 2000.
- [11] 박재완, "색상정보를 이용한 얼굴영역 추출," *호남대학교 학위논문*, 2007.

저 자 소 개

김정민(Jungmin Kim)

2006년 : 신라대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 2008년 : 부산대학교 전기공학과(공학석사)
 2008년~현재 : 동대학원 전자전기공학과 박사과정

관심분야 : 신호처리, 지능 시스템, 지능형 로봇
 E-mail : kjm16@pusan.ac.kr

정은국(Eunkook Jung)

2010년 : 신라대학교 자동차기계전자공학부 (공학사)
 2010년~현재 : 부산대학교 로봇협동과정 석사 과정

관심분야 : 지능 시스템, 지능형 로봇
 E-mail : silverkook@pusan.ac.kr

김성신(Sungshin Kim)

1986년 : 연세대학교 전기공학과(공학석사)
 1996년 : Georgia Inst. of Technology, 전기및컴퓨터공학과 (공학박사)
 1998년~현재 : 부산대학교 전자전기공학과 교수

관심분야 : 지능 시스템, 지능형 로봇, 고장예측 및 진단
 Phone : +82-51-510-2374
 Fax : +82-51-513-0212
 E-mail : sskim@pusan.ac.kr