http://dx.doi.org/10.14400/JDPM.2014.12.1.359

평균이동분할과 연결요소를 이용한 도로추출 알고리즘

이태희[*], 황보현[**], 윤종호[***], 박병수[+], 최명렬[++]
한양대학교 전자통신공학과[*], 한양대학교 전자전기제어계측공학과[**], 한양대학교 전자통신전파공학과[***],
상명대학교 컴퓨터시스템공학과[+], 한양대학교 전자통신공학과[++]

A Road Extraction Algorithm using Mean-Shift Segmentation and Connected-Component

Tae-Hee Lee[*], Bo-Hyun Hwang[**], Jong-Ho Yun[***],
Byoung-Soo Park[+], Myung-Ryul Choi[++]
Dept. of Electronics & Communication Engineering, Hanyang University[*]
Dept. of EECI Engineering, Hanyang University[**]
Dept. of Electrical & Computer Engineering, Hanyang University[***]
Dept. of Computer System Engineering, Sangmyung University[+]
Dept. of Electronics & Communication Engineering, Hanyang University[++]

요 약 본 논문은 평균이동방법과 연결요소방법을 이용하여 도로 영역을 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 평균 이동 방법은 중심 모드를 찾기 위한 비모수적 통계 방법으로 컬러 영상을 분할하는데 효율적이다. 일반적으로, 영상의 중·하단에 위치하는 정보를 활용하여 도로의 특징점이 추출된다. 이 특징점과 분할된 컬러 영상을 이용하면, 도로의 영역을 추출할 수 있다. 그러나, 도로의 위치정보와 색상정보만으로 도로영역을 추출할 경우, 잡음과 도로 이외의 영역까지 추출되는 단점이 있다. 본 논문에서는 모폴로지 열기·닫기 연산을 이용하여 잡음을 제거하고, 연결요소 방법을 통하여 가장 큰 영역의 부분만을 추출하여 도로 영역으로 결정하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 실험을 통하여 잡음 제거와 보다 정확한 도로 검출됨을 검증한다.

주제어 : 평균이동분할, 연결된 구성요소, 모폴로지, 도로 추출, 특징점

Abstract In this paper, we propose a method for extracting a road area by using the mean-shift method and connected-component method. Mean-shift method is very effective to divide the color image by the method of non-parametric statistics to find the center mode. Generally, the feature points of road are extracted by using the information located in the middle and bottom of the road image. And it is possible to extract a road region by using this feature-point and the partitioned color image. However, if a road region is extracted with only the color information and the position information of a road image, it is possible to detect not only noise but also off-road regions. This paper proposes the method to determine the road region by eliminating the noise with the closing / opening operation of the morphology, and by extracting only the portion of the largest area using a connected-components method. The proposed method is simulated and verified by applying the captured road images.

Key Words : Mean-Shift Segmentation, Connected-Component, Morphology, Road Extraction, Feature Point

Received 31 October 2013, Revised 11 December 2013
Accepted 20 Januaryr 2014
Corresponding Author: Myung-Ryul Choi(Dept. of Electronics & Communication Engineering)
Email: Choimy@hanyang.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.otg/licenses/by-nc/3.0), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

무인 드라이빙 시스템이나 차량의 비전 시스템에 있어서 도로 검출은 중요하다. 현재 비전에 기반 한 도로 검출에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 도로를 검출하기 위한 한 방법으로 영상 분할을 사용한다. 이러한 영상 분할은 영상을 분석하고 해석하여 정보를 얻고자 할 때 사용하는 일반적인 전처리 단계로 영상을 명암도, 컬러, 특징 등의 공통적인 픽셀들의 집합으로 나누는 기법으로 유사한 특성의 영역으로 영상의 화소를 분리 또는 분할하는 방법이다[1].

영상 분할 알고리즘에는 영역 기반 기법(region based approach)와 에지 기반 기법(edge based approach)이 있다. 영역 기반 기법에는 영역 성장(region growing), 영역 분리 및 병합(region splitting and merging), 클러스터링 방법 등이 있다. 영역 성장 방법은 초기 영역이 에지에 놓일 경우 에지 부분은 컬러의 변화가 심하기 때문에 서로 다른 객체들과 병합될 수 있기 때문에 잘못된 분할 결과가 발생할 수 있으며, 영역 분리 및 병합 방법은 일반적인 자연 영상에서는 효과적인 결과를 얻을 수 없고 윤곽 정보가 손실되는 단점이 있다[2].

클러스터링 방법은 K-means, Fuzzy C-means, EM 알고리즘 등과 같은 방법은 클러스터의 수를 초기에 지정해 주어야 한다는 단점이 있고, 초기 클러스터 중심의 위치를 추정하는데 어려움이 있어 수행 시간이 많이 소요된다. 반면에, Mean Shift 알고리즘은 영상의 특정 공간을 분석하여 확률적으로 가장 높은 밀도를 가지는 영역으로 클러스터링 되는 방법으로, 다른 클러스터링 방법들에 비해 상대적으로 만족스러운 결과를 가져왔으나 영상 분할 시 특징 윈도우의 크기가 작을 경우 과분할 되는 단점도 있다[1][2][3][4].

연결요소 라벨링은 영상에서 서로 연결된 화소들을 그룹화하고 각 그룹에 대해 고유한 라벨을 할당해 주는 작업을 말하며, 머신비전이나 패턴인식 등에서 객체 인식이나 문자인식 등에 많이 이용된다. 특히 이진영상에 대한 연결요소 라벨링이 기본이 되기 때문에 이에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다. 래스터스캔 방법을 이용한 단일스캔, 이중스캔 그리고 다중스캔 등으로 분류할 수 있는 연구들이 이뤄져 온 반면 객체의 윤곽선을 따라 연결요소를 라벨링하는 방법 등 래스터스캔을 사용하지 않는 방법들도 제시되어 왔다[6].

따라서, 본 논문에서는 평균 이동 분할(Mean-Shift Segmentation)과 연결 요소(Connected Component)를 사용하여 도로를 검출하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 입력 영상에서 관심 영역을 설정하고, 설정된 관심 영역을 평균 이동 분할 방식을 적용하며, 또한 일반적인 도로는 영상의 중·하단에 위치며, 비슷한 영역대의 색상을 가진다. 도로의 위치 정보를 이용하여 특징점을 추출하고, 이 특징점과 도로의 색상 정보를 이용하여 도로를 검출한다. 그러나, 위치 정보와 색상 정보만으로 도로 검출 시 도로 이외의 영역 및 노이즈가 발생할 수 있으므로, 본 논문에서는 모폴리지 연산 및 연결요소 방법을 통하여 노이즈 제거 및 보다 정밀한 도로 검출을 제안한다.

2. 본론

2.1 평균이동분할

평균이동분할은 컬러 정보를 기반으로 주변의 값들과의 평균을 계산하여 중심 모드를 찾기 위한 비매개 변수적(non-parametric)방법으로 컬러 영상을 분할하는데 효율적이다. 반복적인 절차로 확률 분포의 국부 최대점을 찾는 알고리즘으로 최근 컴퓨터 비전 및 패턴인식 분야에서 다양하게 쓰이고 있다[1].

d 차원의 공간 R^d에서, n개의 데이터 집합 $\{x_i\}_{i=1\cdots n}$이 주어졌을 때 다변량 커널 밀도 추정기는 식(1)과 같다.

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nd^d}\sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad \text{(eq. 1)}$$

여기서 K(x)는 커널이고 윈도우의 반지름은 h이다. 밀도 f(x)의 국부 최대가 되는 모드는 경사 $\nabla f(x)$가 0인 경우 사이에 위치한다[2].

밀도의 모드를 찾는 것은 밀도를 추정하여 평균 이동(mean shift)의 수렴점을 찾는 것으로 식(2)와 같이 수행된다. 커널 G를 사용해서 x와 샘플 평균 사이의 차가 0으로 수렴하는 점을 찾는다.

$$m_{h,G}(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i g\left(\left\| \frac{x-x_i}{h} \right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^{n} g\left(\left\| \frac{x-x_i}{h} \right\|^2\right)} - x \quad \text{(eq. 2)}$$

mean shift $m_{h,G}(x)$는 정규화된 밀도의 경사(gradient)에 비례하며 항상 밀도 함수의 가장 급격하게 증가하는 방향으로 변한다[2].

커널 G로 샘플 평균의 연속적인 위치를 $\{y_j\}_{j=1\cdots n}$로 표현하여 식(2)를 식(3)과 같이 나타낸다.

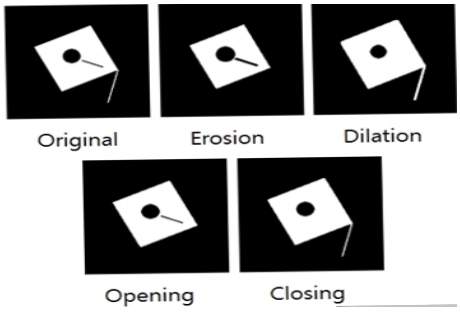
$$y_{j+1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i g\left(\left\| \frac{x - x_i}{h} \right\|^2 \right)}{\sum_{i=1}^{n} g\left(\left\| \frac{x - x_i}{h} \right\|^2 \right)} \quad j=1,2,\cdots \qquad \text{(eq. 3)}$$

여기서 y_{j+1}은 커널 G로 계산된 y_j에서 가중치 평균이고, y1은 커널의 초기 위치의 중심이다[2].

2.2 모폴리지 연산

영상 처리에서 모폴로지(morphology)는 영상을 형태학적인 관점에서 다루는 기법이다. 모폴로지 기법은 다양한 영상처리 시스템에서 전처리 또는 후처리의 형태로 널리 사용되고 있다.

침식(Erosion)연산은 배경에 대해 물체의 크기를 축소하고 배경을 강조하는 역할을 수행하며, 팽창(Dilation)연산은 배경에 대해 균일하게 물체의 크기를 확장시켜 강조하고 배경을 축소시키는 역할을 한다. 열림(Opening)연산은 침식연산 수행 후 팽창연산을 수행한 결과로 침식연산으로 물체의 외곽을 잘라낸 후 외곽선을 다시 확장한 것이다. 일반적으로 외곽선이 부드러워지며, 좁은 부분을 조개고, 얇은 돌출부를 제거한다. 닫힘(Closing)연산은 팽창연산 수행 후 침식 연산을 수행한 결과로 대상의 확장을 통해 구멍을 메우고 침식연산으로 원영상으로 축소한다[5]. 그림 1은 이진 영상에 모폴로지 연산을 수행 했을 경우 얻어지는 결과 영상을 나타낸다.



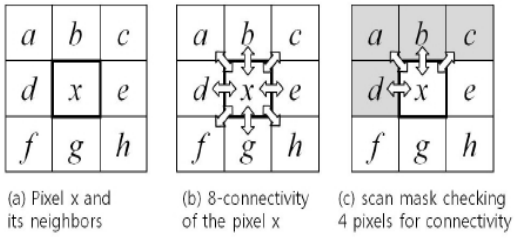
[Fig. 1] Example applied morphology operation on binary images

2.3 연결된 구성요소

영상처리에서는 두 화소가 서로 인접하여 있고 두 화소값이 같은 범주에 속하는 경우에 두 화소가 서로 연결되어 있다고 말한다. 특히 이진영상의 경우에는 전경값(foreground value) 화소 x에 대해 x와 인접한 화소들의 집합을 N(x)라 할 때 x와 연결된 화소 p들의 집합 C(x)는 식(4)와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 F는 전경값을 갖는 화소들의 집합을 의미한다.

$$C(x) = \{p | p \in N(x) \text{and} p \in F\} \qquad \text{(eq. 4)}$$

집합 N(x)는 인접화소를 어떻게 정의하는가에 의존하게 되는데, 4방향을 고려하는 것과 8방향을 고려하는 방법이 있다.

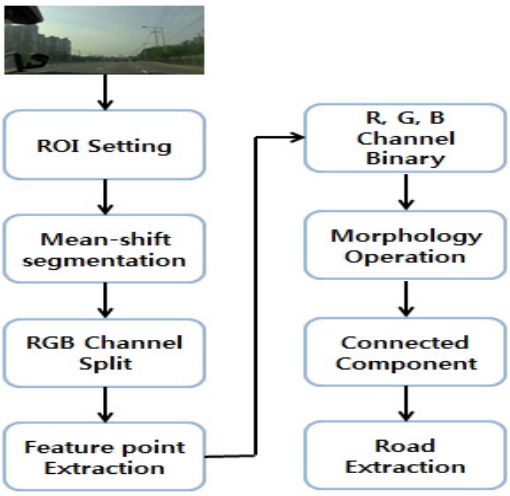


[Fig. 2] Pixel x and its connected pixels

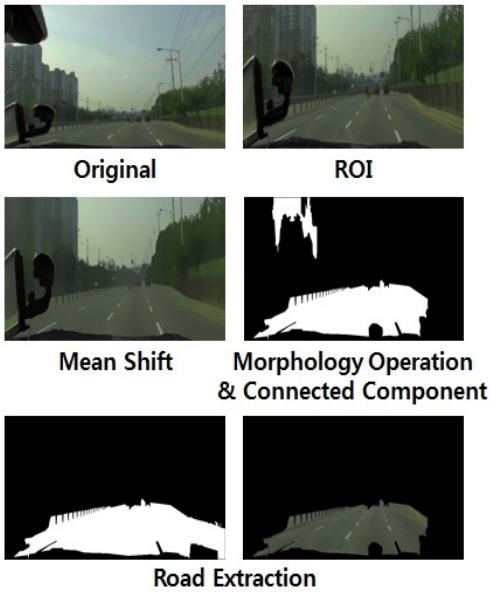
그림 2는 대상 픽셀과 주변 픽셀 간의 연결성을 나타낸다. 라벨링 대상이 되는 화소 x에 대해 a부터 h까지의 8개 화소를 인접요소라 한다. 또한 인접요소이면서 라벨링 대상이 되는 화소(이하 대상화소)와 화소값이 같은 그룹에 속하면 그 화소는 x의 연결요소가 된다. 화소간의 연결은 상호 대칭적이므로 어떤 화소가 화소 x의 연결요소이면 x 또한 그 화소의 연결요소가 된다[6].

3. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 도로 추출 알고리즘은 도로 영상의 특징인 위치 정보와 색상 정보를 이용하여 도로를 추출한다. 아래의 그림 3은 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 나타내며, 그림 4는 제안하는 알고리즘별 수행 후 결과 영상들을 나타낸다.



[Fig. 3] The proposed road extraction algorithm



[Fig. 4] The result of image after performed by each algorithm

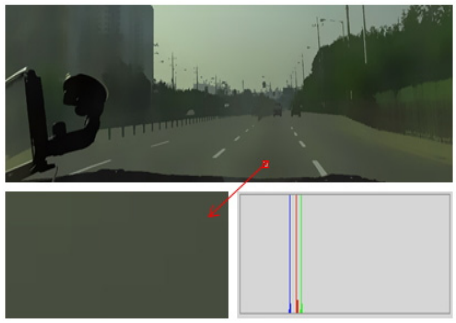
3.1 관심 영역 설정

일반적으로 자동차 주행 시 도로의 영상을 보면 영상의 아래쪽에 위치한다. 따라서, 본 논문에서는 입력 영상의 하위 50% 영역만을 관심 영역으로 설정하여 도로 검출을 수행한다. 전체 영역이 아닌 50%의 관심 영역에 대하여 영상을 처리하므로 처리 시간을 줄일 수 있다.

[Fig. 5] The region of interest setting

3.2 평균 이동 분할

그림 6은 관심영역에 대해서 평균-이동 분할을 수행한 결과 이미지와 특정 영역에 대한 히스토그램 분포를 나타낸다. 특정영역에 대한 히스토그램 분포를 보면 알 수 있듯이, 각 R, G, B 채널의 값이 조밀한 분포의 값을 가짐을 확인 할 수 있다.



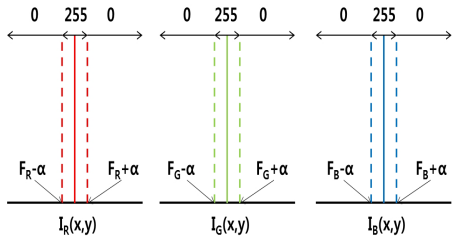
[Fig. 6] Feature of Histogram

3.3 특징점 추출 및 영상 이진화

도로 영역을 추출하기 위해서는 초기 특징점을 추출하고, 영상 이진화를 수행한다. 평균이동분할을 수행한 RGB 3채널 결과 영상을 각 R, G, B 1채널로 분리한다. 관심영역 내의 중·하단의 한 점을 특징점으로 선택하고, 선택된 특징점의 R, G, B 값을 구한다. 영상 이진화는 아래 식(5)을 따른다.

$$\begin{cases} F_{R,G,B}-\alpha \le I_{R,G,B} \le F_{R,G,B}+\alpha & \cdots 255 \\ otherwise & \cdots 0 \end{cases} \quad \text{(eq. 5)}$$

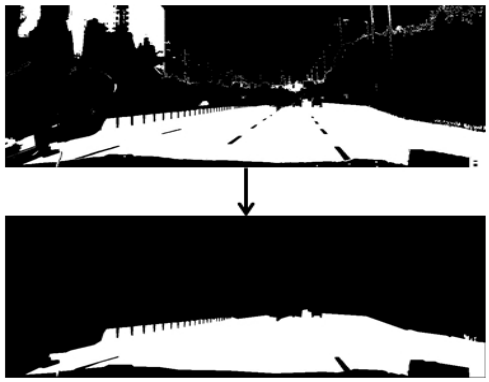
여기서, IR,G,B는 각 R, G, B 1채널에 대한 화소값이고, α는 이진화 설정 범위이고, FR,G,B은 특징점을 각 R, G, B 값을 나타낸다. 그림 7은 식(5)을 도식화하였다.



[Fig. 7] Image binarization process for each R, G, B channel

3.4 모폴리지 연산 & 연결된 구성요소

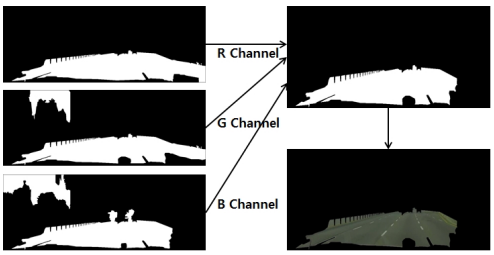
각 R, G, B 채널에 특징점에 대한 영상 이진화 결과를 보면, 추출하고자하는 도로 영역 이외의 영역에서도 255의 값을 가지는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 모폴리지 연산들 중 열기(Opening) 연산과, 닫기(Closing) 연산을 수행하여 노이즈를 제거한다. 노이즈를 제거한 R, G, B 영상에 연결된 구성요소를 수행하고, 외곽선을 검출한다. 검출된 외곽선들 중 가장 큰 영역만을 검출한다. 그림 8은 특징점을 통한 이진 결과 영상에 모폴로지 연산과 연결된 구성요소를 수행하여 노이즈를 제거하고, 가장 큰 영역만 검출한 결과 영상이다.



[Fig. 8] The result image performing the morphology operation and connected components

3.5 도로 추출

각 R, G, B 채널에서 가장 큰 영역만을 검출한 이진 영상에 AND 연산을 수행하여, 최종적으로 도로 영역을 검출한다. 그림 9는 각 R, G, B 채널을 AND 연산을 수행하여 최종 도로를 추출하는 과정을 나타낸다.



[Fig. 9] Road extraction process by performing a logical AND operation

4. 결론 및 향후 과제

본 논문은 영상을 도로와 도로가 아닌 2개의 영역으로 분할하는 것을 목표로 한다. 본 논문에서 제안하는 방식은 모폴로지 연산을 통하여 잡음을 제거하고, 연결된 구성요소 방식을 통해 가장 큰 영역만을 추출하는 후처리 과정을 추가함으로써, 기존의 평균이동방식과 특징점 검출 즉, 도로의 위치와 색상 정보만으로 도로 추출 시 발생하는 잡음 및 객체(도로) 이외의 영역 검출을 최소화하는 방식을 제안하였다. 제안된 방법을 통하여, 평균이동 분할 수행 후 얻은 특정 영역의 히스토그램 분포 특성과 도로의 위치 정보를 활용한 특징점 검출값을 활용하여, 도로 영역의 색상이라고 판단되는 부분은 255의 값을 할당하고, 그렇지 않은 부분에 대해서는 0의 값을 할당함으로써 이진화를 하였고, 모폴로지 연산과 연결요소를 활용하여 잡음제거 및 보다 정확한 도로가 추출되었음을 확인할 수 있었다.

자동차에 접목시키기 위하여, 본 논문에서 제안하는 방식을 기반으로 보다 정확한 도로 검출 알고리즘 연구 및 영상 처리 시간을 단축시키기 위한 GPU기반의 도로 검출 방식이 연구 중에 있다. 또한, 스테레오 기반으로 검출한 도로 영역의 거리를 측정하는 연구도 병행되고 있다. 향후, 실제 자동차 주행에 효율적으로 적용하기 위한 실시간처리 영상처리 연구가 진행될 예정이다.

REFERENCES

[1] Kyoung-Hwan Park, Chi-Won Lee, Chang-Woo Lee, “Road Detection using Mean Shift Algorithm and Similarity Region Merging method”, Workshop

presentatio file, Korea Information Science Society, vol. 36, no.4, pp.437-440, 2009.

[2] Nae-Joung Kwak, Young-Gil Kim, Dong-Jin Kwon, "An Edge Preserving Color Image Segmentation Using Mean Shift Algorithm and Region Merging Method", The Korea Contents Association, vol. 9, no.6, pp19-27, 2006.

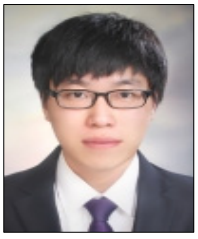
[3] Jeong-Won Ko, Byung-In Choi, Frank Chung-hoon Rhee, "A Density Estimation based Fuzzy C-Means Algorithm for Image Segmentation", Journal of fuzzy logic and intelligent systems, vol. 17, no. 2, pp196-201, 2007.

[4] Shin-Won Lee, Won-Hee Lee, "Refining Initial Seeds using Max Average Distance for K-Means Clustering", Journal of korean society for internet information, vol. 12, no. 2, pp.103-111, 2011.

[5] Gary Bradski, Adrian Kaehler, "Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library", O'Reilly Media; 1st edition, 2008.

[6] Kyoil Kim, "Binary Connected-component Labeling with Block-based Labels and Pixel-based Scan Mask", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea Vol. 50, No. 5, May 2013.

이 태 희(Lee, Tae Hee)



- 2012년 2월 : 인제대학교 나노공학부 (학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신공학과 석사과정
- 관심분야 : SoC/ASICs 설계, Image Enhancement,, Stereo Vision
- E-Mail : hy12504684@hanyang.ac.kr

황 보 현(Hwang, Bo Hyun)

- 2004년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터공학과 (학사)
- 2006년 2월 : 한양대학교 전자전기제어계측공학과 (석사)
- 2006년 1월 ~ 2007년 7월 : 동부하이텍 반도체부문 사원
- 2007년 7월 ~ 현재 : 한양대학교 전자전기계측공학과 박사과정
- 관심분야 : Image Processing, SoC/ASIC 설계, FPD Controller 설계, 2D/3D 영상처리
- E-Mail : jokersir@ymail.com

윤 종 호(Yun, Jong Ho)

- 2001년 2월 : 한양대학교 전자컴퓨터공학부 (학사)
- 2003년 2월 : 한양대학교 전자전기제어계측공학과 (석사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정
- 관심분야 : 영상처리, 2D/3D Image Processing, SoC/ASICs 설계
- E-Mail : sfw1179@hanmail.net

박 병 수(Park, Byoung Soo)

- 1986년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (학사)
- 1989년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (석사)
- 1994년 2월 : Texas A&M Univ. 컴퓨터공학과 (박사)
- 1994년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 컴퓨터시스템공학과 교수
- 관심분야 : 병렬컴퓨터구조 및 알고리즘
- E-Mail : bpark@smu.ac.kr

최 명 렬(Choi, Myung Ryul)

- 1983년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (학사)
- 1985년 2월 : 미시간 주립대학교 컴퓨터공학과 (석사)
- 1991년 2월 : 미시간 주립대학교 컴퓨터공학과 (박사)
- 1991년 3월 ~ 10월 : 생산기술연구원 전자정보 실용화센터 조교수
- 1991년 11월 ~ 1992년 8월 : 생산기술연구원 산하 전자부품종합기술연구소 선임연구원
- 1992년 9월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신공학과 교수
- 관심분야 : SoC/ASICs 설계, FPD Controller 설계, 2D/3D 영상처리, 스마트카드/RFID 응용, ITS/EFC 응용
- E-Mail : choimy@hanyang.ac.kr