

Poly Phase Filter 기반의 영상 스케일러를 이용한 개선 된 정맥 영역 추출 방법

김희경 · 이승민 · 강봉순*

Enhanced Vein Detection Method by Using Image Scaler Based on Poly Phase Filter

HeeKyung Kim · Seungmin Lee · Bongsoon Kang*

Department of Electronic Engineering, Dong-A University, Busan 49315, Korea

요 약

생체 인식 방식 중 하나인 지문 인식과 홍채 인식 등은 태양광과 같은 외부 요소에 쉽게 영향을 받는다. 따라서 최근에는 생체 내부의 특징을 이용하는 방법으로 지정맥 인식을 이용하고 있다. 정확한 정맥 인식을 위해서는 정맥 영역과 배경 영역을 확실하게 분리하는 것이 중요하다. 하지만 입력 영상에 포함 된 불균일한 조명 성분의 영향으로 정맥 영역과 배경 영역을 분리하는 것이 어려웠기 때문에 입력 영상의 조명 성분을 정규화 시킨 후 정맥 영역과 배경 영역을 분리 할 수 있는 방법이 제안되었다. 본 논문에서는 기존의 조명 정규화 방법을 바탕으로 영상 스트레칭 과정이 포함 된 영상의 전처리 단계와 이진화, 레이블링 방법을 개선하여 기존의 정맥 인식 기법에 비해 더 나은 질적 개선을 이루고 처리 속도를 향상 시킬 수 있는 방법을 제안한다.

ABSTRACT

Fingerprint recognition and iris recognition, which are one of the biometric methods, are easily influenced by external factors such as sunlight. Recently, finger vein recognition is used as a method utilizing internal features. However, for accurate finger vein recognition, it is important to clearly separate vein and background regions. However, it is difficult to separate the vein region and background region due to the abnormalized illumination, and a method of separating the vein region and the background region after normalized the illumination of the input image has been proposed. In this paper, we proposed a method to enhance the quality improvement and improve the processing time compared to the existing finger vein recognition system binarization and labeling method of the image including the image stretching process based on the existing illumination normalization method.

키워드 : 정맥 인식, 생체 인식, 영상 스케일러, 조명 정규화

Keywords : Vein detection, Biometric, image scaler, illumination normalization

Received 29 December 2017, Revised 17 January 2018, Accepted 23 April 2018

* Corresponding Author Bongsoon Kang(E-mail:bongsoon@dau.ac.kr,Tel+82-51-200-6967)

Department of Electronic Engineering, Dong-A University, Busan 49315, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.5.734>

pISSN:2234-4772

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

생체 인증 방식은 지문, 홍채와 같이 개인 고유의 생체 정보를 이용하는 방법이다[1]. 기존의 생체 인증 방식은 신체 외부에 노출된 특징을 이용하여 태양 빛과 같은 외부 자극에 쉽게 영향을 받는다는 단점이 있어, 최근에는 손등, 손가락, 손바닥과 같은 신체 내부의 특징을 이용하는 정맥 인식 시스템을 이용하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 가버필터를 이용하여 특징점 추출하는 방법[2], EP-DFT(Enhanced Partial Discrete Fourier Transform)를 이용하는 방법[3], SCF(Spatial Curve Filter)를 이용하는 방법[4]과 Line Repeated tracking, wide line detector, local binary patten[5]을 이용하는 방법이 대표적인 예이다. 정맥 인식 시스템은 대부분 영상 획득 장치로부터 획득된 영상의 배경영역과 정맥영역을 분리하는 전처리 과정을 거친다. 그 후, 정맥 영상의 세선화를 위한 후처리 단계를 통해 정맥 패턴을 얻어낸다. 얻어낸 정맥 패턴은 데이터베이스에 저장된 사용자의 정맥 영상과 비교하여 일치 여부를 확인한다. 이 과정에서 가장 중요한 것은 배경 영역과 정맥 영역을 분리하여 정확한 ROI(Region of Interest)를 검출하는 것으로 정확한 ROI 검출을 위한 연구가 진행되고 있다[6,7].

하지만 정맥 영상 획득 장치를 통해 입력된 영상은 장치를 누를 때의 압력, 골격, 피부 두께의 차이 등으로 인해 적외선이 투과되는 양이 달라져 정맥 영상에 조명이 균일하게 미치지 못하는 문제가 발생한다. 입력된 정맥 영상에 균일하지 않은 조명 성분이 포함되면 정맥영역과 배경 영역을 분리하는 데에 어려움이 생긴다. 또한, 출력 영상에 정확한 정맥 데이터가 나타나지 않을 가능성이 높다. 정확하지 않은 정맥 데이터는 개인 식별에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 균일한 조명 성분으로 정맥 영역과 배경 영역을 정확하게 분리하는 것이 중요하다.

제안하는 방법에서는 입력 영상의 불균일한 조명 성분을 정규화 하여 정맥 영역과 배경 영역을 분리해내는 방법인 조명 정규화를 이용한 정맥 인식 기능 방법[8]을 이용한다. 기존 연구의 영상 전처리 단계를 개선하고 정맥 영역과 배경 영역의 분리를 위해 이진화, 레이블링, 모폴로지 연산을 사용하여 기존의 정맥 인식 기법에 비해 더 나은 질적 개선과 처리 속도를 향상시

키는 방법을 제안한다.

II. 본론

2.1. 정맥 영상 획득

손가락 정맥 영역 추출 장치에 의해 획득한 영상은 그림 1과 같다. 정맥 내의 헤모글로빈이 적외선을 흡수하는 성질을 가지고 있기 때문에 배경 영역에 비해 정맥 영역이 까맣게 나타난다. 입력된 영상을 이용하여 사용자의 데이터와 매칭 시키기 위해 정맥 영역만을 분리해내는 과정이 필요하다.

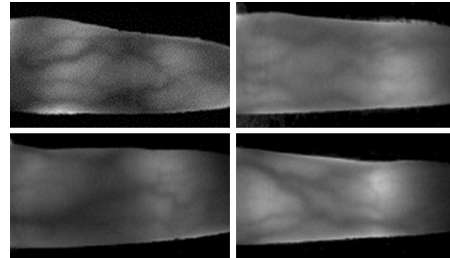


Fig. 1 The example of Vein image

2.2. 손가락 정맥 영상의 지역화 및 스트레칭

두 번째 단계는 손가락 정맥 영상의 지역화 및 스트레칭 단계로 정맥 영상 획득 장치를 통해 획득된 영상에서 손가락 영역을 제외한 불필요한 부분을 제거한다. 그 후, 영상 스트레칭을 통해 ROI를 검출한다. 먼저, 손가락 영역만을 검출하기 위해 경계 검출 마스크를 이용하여 각각 위쪽과 아래쪽 경계를 검출한다. 제안하는 방법에서는 기존 방법에서 사용한 4×20 크기의 마스크 대신 5×9 크기의 마스크를 사용한다. 제안한 5×9 크기의 마스크는 위쪽 영역을 검출할 때에는 위쪽 3라인의 계수가 -1인 마스크를 사용한다. 반면, 아래쪽 영역을 검출할 때에는 아래쪽 3라인의 계수가 -1인 마스크를 사용한다. 개선된 5×9 마스크는 기존의 4×20 마스크에 비해 참조하는 영역이 적기 때문에 곡률 검출이 더욱 유리하다. 마스크 컨볼루션 연산은 수직 방향으로 진행하며, 위쪽 경계 지점에서는 최솟값이 발생하는 지점의 -1 픽셀을 경계로 지정하고 아래쪽 경계 지점에서는 최댓값이 발생하는 지점의 +1 픽셀을 경계로 결정하여 얻은 결과는 그림 2와 같다. 그림 2의 (a)는 4×20 크기의

마스크를 사용한 결과이고, (b)는 제안한 5×9 크기의 마스크를 사용한 결과이다.

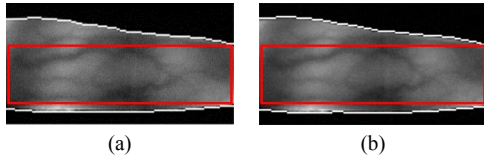


Fig. 2 The comparison of Finger Extraction (a) The result of 4 × 20 mask (b) The result of 5 × 9 mask

이후, 손가락 경계 지점을 기준으로 손가락이 포함되지 않은 배경 영역이나 조명 성분이 미치지 못하여 흐릿하게 나타나는 상하 좌우의 끝부분을 제거하여 그림 2에 표시된 빨간색 박스와 같이 ROI를 검출한다. ROI를 이용하여 조명 정규화 과정의 전처리로 가로 152픽셀, 세로 60픽셀 크기로 영상 스트레칭을 수행한다. 기존 방법에서는 영상 스트레칭을 사용할 때, 영상 보간법의 한 종류인 Bi-cubic 보간법을 사용하였다. 영상 보간법은 영상을 기하학적으로 변환 할 때, 원 영상의 정보를 가져오지 못하는 픽셀을 채워주는 방법이다. 하지만 비어있는 픽셀을 채워주는 데에 그 목적이 있기 때문에 축소 변환에 보간법을 적용하는 경우에는 두 개 이상의 픽셀들이 하나로 합쳐지면서 오버랩(overlap) 현상이 발생할 가능성이 높다. 따라서 제안하는 방법에서는 poly phase 필터를 이용하여 x축, y축으로 각각 1/64, 1/32의 정밀도와 정확도를 제공하여 Bi-cubic 보간법을 이용하였을 때 나타날 수 있는 고주파 성분이 제거되는 문제를 해결하고, 하나의 구조로 확대 및 축소가 동시에 가능한 영상 스케일러를 설계하였다. 설계된 영상 스케일러는 ploy phase filter를 활용한 영상 축소기[9]를 기반으로 설계하였다. 제안한 알고리즘에 사용된 영상 스케일러의 주파수 특성과 group delay는 그림 3과 같다. 제안한 알고리즘에서 사용한 영상 스케일러는 각 라인마다 서로 다른 필터 계수를 가지고 있어 확대 및 축소 비율에 맞게 알맞은 계수를 선택하여 연산을 수행하기 때문에 고주파 손실을 최소화 할 수 있다. Bi-cubic 보간법으로 영상 스트레칭을 수행한 기존 알고리즘의 결과와 poly phase 필터를 사용하여 영상 스트레칭을 수행한 결과를 비교한 결과는 그림 4와 같이 나타난다.

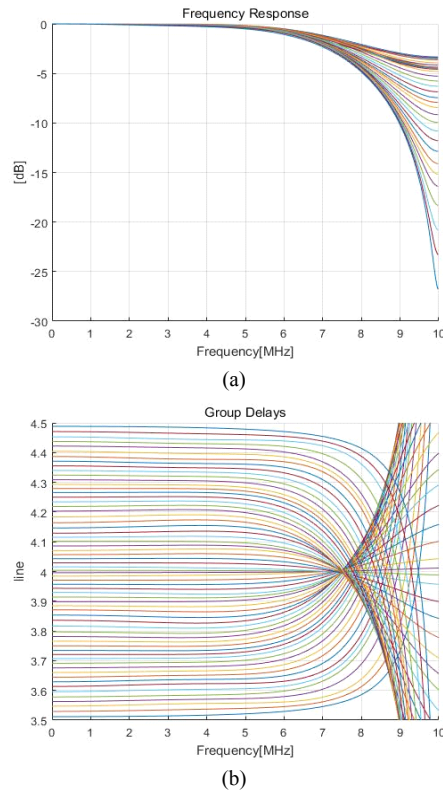


Fig. 3 The frequency response and group delay[8] (a) Frequency response of horizontal filter (b) Group delay of horizontal filter

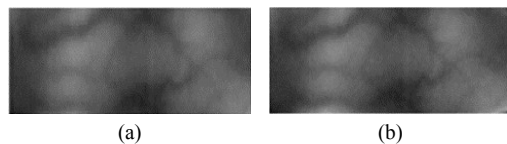


Fig. 4 The comparison of image resizing (a) The result of using bi-cubic algorithm (b) The result of using proposed image scaler

2.3. 조명 정규화

그림 4에 포함된 불균일한 조명 성분은 정맥 영역과 배경 영역을 분리하는 데에 방해 요소로 작용한다. 따라서 조명 정규화를 통해 불균일한 조명 성분을 균일하게 만들어준다. 조명 정규화는 입력되는 정맥 영상인의 전체적인 조명 성분을 추정하기 위하여 기존 방법과 같이 11×11크기의 평균 필터를 마스크 컨볼루션 연산하여 추정한다. 정맥 영상을 블러(Blur) 처리하여 전체 조

명 성분을 추정한 후, 평균 필터를 이용하여 조명 성분이 추정된 영상을 반전한 후 입력 영상과 더하여 결과를 얻는다.

2.4. 히스토그램 평활화 및 이진화

조명 정규화를 거친 영상은 전체적으로 비슷한 값의 조명 성분을 가지고 있어 정맥 영역과 배경 영역이 뚜렷하게 구분되지 않는다. 이 과정에서 히스토그램 평활화를 통해 특정 값에 치우쳐진 영상 픽셀 값들을 고르게 분포시킬 수 있다. 히스토그램 평활화를 거친 후에는 배경과 정맥 영역을 뚜렷하게 구분하기 위하여 이진화를 수행한다. 기존 방법에서는 Gonzalez가 제안한 반복적 임계치 설정(Iterative threshold selection) 이진화[10]를 사용하였지만 반복적 임계치 설정 이진화 방법은 반복적 연산을 수행하기 때문에 처리 속도가 저하되는 단점을 가지고 있다. 하지만 제안한 방법에서는 히스토그램 분포를 이용하여 전체 밝기 값을 누적시켜 사용하는 P-tile 이진화 방법[11]을 사용하였다. P-tile 이진화는 사용자가 지정한 p%까지의 밝기 값을 누적시켜 경계 값으로 이용하는 방법으로 제안하는 방법에서는 실험을 통해 정맥 영역과 배경 영역이 가장 고르게 분포 되는 형태를 띄는 30%를 누적시켜 사용하였다. 또한 반복적 임계치 설정 이진화에 비해 연산 단계가 간단하기 때문에 이진화 과정에서 속도 개선의 효과를 얻을 수 있으며, 결과는 그림 5와 같다.



Fig. 5 The comparison of binarization result (a) The result of iterative threshold selection method (b) The result of P-tile binarization method

2.5. 영역 레이블링 및 모폴로지

이진화를 사용하여 정맥 영역과 배경 영역 간의 뚜렷한 구분이 가능해 졌지만 여전히 영상 내에 잡음이나 끊어진 부분들이 발견된다. 이러한 성분들은 영역 레이블링(Labeling)과 모폴로지(Morphology) 연산을 통해 최소화시켜 줄 수 있다. 기존 방법에서 사용하였던 GrassFire 레이블링 알고리즘[12]은 모든 픽셀이 레이블링 될 때까지 반복적으로 연산을 수행하여 처리속도

가 느려지는 단점을 가지고 있다. 하지만 제안하는 방법에서는 Twin line 레이블링 알고리즘[13]을 사용하여 영상의 한 라인에서는 레이블링을 수행하고 다음 라인에서는 레이블링 결과가 저장된 라인의 메모리를 갱신하는 방법을 사용하였다. 또한, Twin line 레이블링 방법은 영상의 크기에 따라 처리 속도가 변하지 않기 때문에 기존의 방법보다 처리 속도를 개선할 수 있으며, 그 결과는 그림 6과 같다.

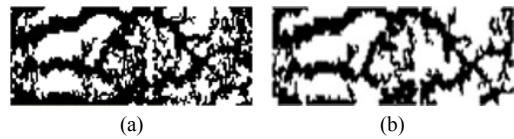


Fig. 6 The comparison of Labeling result (a) The result of using Grass fire labeling (b) The result of using Twin Line labeling

레이블링을 거치고 나면 영상 내의 잡음 성분들이 대부분 제거된다. 그러나 끊어진 정맥 영역이나 매끄럽지 못하게 나타나는 부분에 대해서는 레이블링을 통해 개선하지 못하기 때문에 모폴로지 연산을 사용한다. 모폴로지 연산은 기존 방법에서 사용한 구조요소와 동일한 다이아몬드 구조요소와 정사각형 구조요소를 사용하였다. 그러나 기존 방법에서 침식(Erosion) 연산과 팽창(Dilation) 연산을 각각 두 번씩 사용하였다면, 개선된 방법에서는 각 연산을 한 번씩 사용하여 불필요한 과정을 줄여 전체적인 처리 속도를 개선하였다.

2.6. 세션화

모폴로지 과정을 통해 매끄럽지 못하거나 끊어진 부분에 대한 보강을 한 후 사용자의 데이터와 쉽게 매칭할 수 있도록 세션화를 수행한다. 세션화는 Zhang Shen의 세션화 방법[14]을 적용하였으며, 두 결과는 그림 7과 같다. 개선된 방법으로 정맥 영역을 검출한 결과에서 미세 혈관과 분기점이 더욱 많이 관찰되는 것을 확인할 수 있다.



Fig. 7 The comparison of thinning (a) The result of E. Lee's method (b) The result of proposed method

III. 성능 평가

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 환경으로 인텔 i7-4790K CPU 4.00GHz의 8GB 환경의 Matlab 2017a 프로그램을 사용하였다. 또한, 30개의 sample 이미지에서 정맥만을 나타내는 ground truth 이미지를 생성하여 confusion matrix 방법[15]을 사용하여 결과를 확인하였다. 생성된 ground truth 이미지는 그림 8과 같다. Confusion matrix는 ground truth 이미지와 결과에서 모두 발견된 정맥의 수치인 TP(True positive), ground truth 이미지에서는 발견되지만 결과에서는 발견되지 않는 수치인 TN(True negative), ground truth 이미지에서는 발견되지 않지만 결과에서는 발견되는 수치인 FP(False positive), 그리고 ground truth 이미지와 결과에서 모두 발견되지 않는 수치인 FN(False negative)의 4가지 지표를 가진다.

본 논문에서는 confusion matrix의 지표 중 ground truth 이미지와 결과에서 모두 발견되어 인식률에 영향을 가장 크게 미치는 TP(True Positive) 수치와 검출된 혈관의 수를 이용하였다. 정맥의 개수는 분기점을 기준으로 세었으며, 비교 이미지와 결과 이미지에서 모두 발견된 혈관의 개수의 비율인 TPR(True Positive Rate)을 이용하여 결과를 비교하였다.

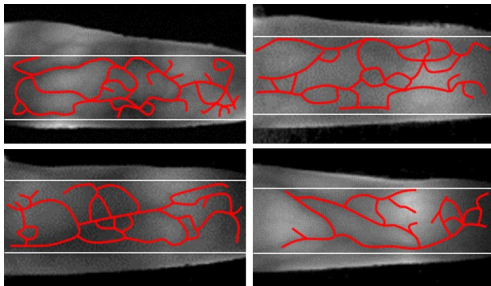


Fig. 8 The example of ground truth image

Table. 1 The comparison of TPR

	E. C. Lee [7]	Proposed	Improvement rate
TPR	79.42%	97.30%	22.51%
Time(sec)	0.4455	0.2674	39.97%

Lee의 방법과 제안한 알고리즘의 TPR과 처리 시간은 표 1과 같다. 동일한 샘플로 비교하였을 때, Lee의 방

법은 평균 79.42%의 TPR을 나타내고 0.4455 sec의 처리 시간이 걸리지만, 제안하는 방법은 97.30%로 TPR이 22.51% 개선되었고, 처리 시간 역시 0.2674 sec로 약 39.97%의 개선된 결과를 나타낸다.

IV. 결론

본 논문에서는 기존의 조명 정규화 방법을 이용하여 정맥 인식률과 처리 속도 측면에서 개선된 결과를 가져올 수 있는 방법을 제안하였다. 기존 방법에서 배경과 정맥 영역을 분리할 때 영상의 스트레칭을 위해 사용한 bi-cubic 보간법의 단점인 고주파 성분의 손실을 최소화하기 위해 poly phase 필터 기반의 영상 스케일러를 사용하였다. 또한, 이진화 과정에서 P-tile 이진화를 사용하여 불필요한 처리 시간을 줄였고, 영상의 잡음 성분을 줄이는 레이블링 과정에서 twin line 레이블링 알고리즘을 사용하여 영상의 크기와 관계없이 동일한 시간에서 처리할 수 있도록 개선하여 전체 처리 속도를 향상하였다. Ground truth 이미지와 confusion matrix를 활용한 성능 평가 결과 TPR은 22.51%, 처리 속도는 39.97% 개선되었다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education. (NRF-2015R1D1A1A01060427)

REFERENCES

- [1] J. Park and Y. Kim, "Fingerprint Recognition matching method using statistical," *Journal of Security Engineering*, vol.12, no.3, pp.273-282, Jun. 2015.
- [2] M. Sapkale and S. M. Rajbhoj, "A Finger Vein Recognition System," in *Proceedings of the Conference on Advances in Signal Processing*, Pune, pp. 306-310, 2016.
- [3] W. Yang, S. Wang, J. Hu, G. Zheng, and C. Valli, "A fingerprint and finger-vein based cancelable multi-biometric system," *Journal of Pattern Recognition*, vol.78, pp.242-251,

- Jun. 2018.
- [4] J. Yang, Y. Shi, and G. Jia, "Finger-vein image matching based on adaptive curve transformation," *Journal of Pattern Recognition*, vol. 66, pp.34-43, Jun. 2017.
- [5] W. Kim and K. R. Park, "A Survey on Feature Extraction Method for Finger-vein Recognition," in *Proceedings of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, Busan, pp.568-570, 2017.
- [6] J. W. Lee and B. R. Lee, "ROI Extraction and Enhancement for Finger Vein Recognition," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 4, pp. 948-953, Apr. 2015.
- [7] J. W. Lee and B. R. Lee, "Virtual core point detection and ROI extraction for finger vein recognition," *Journal of Korea Institute of information, Electronics, and Communication Technology*, vol. 10, no. 3, pp. 249-255, Jun. 2017.
- [8] E. C. Lee, "A Method for Improving Vein Recognition Performance by Illumination Normalization," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 2, pp 423-430, Feb. 2013.
- [9] H. Lee, B. Lee, Y. Lee, and B. Kang, "Optimized VLSI Design for Enhanced Image Downscaler," in *Proceedings of the Second IEEE Asia Pacific Conference on ASICs*, pp. 139-142, Aug. 2000.
- [10] A. Perez and C. Gonzalez, "An Iterative Thresholding Algorithm for Image Segmentation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. PAMI-9, no. 6, Nov. 1987.
- [11] F. Samopa and A. Asano, "Hybrid Image Thresholding Method using Edge Detection," *International Journal of Computer Science and Network Security*, vol. 9, no. 4, Apr. 2009.
- [12] F. Leymarie and M. D. Levine, "Simulating the Grassfire Transform Using an Active Contour Model," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol 14, no. 1, pp. 56-75, Jan. 1992.
- [13] H. W. Jung, B. D. Kwak, K. J. Kim, and B. Kang, "Algorithm of Twin Line Labeling for Binary Image in Real Time Image Processing," in *Proceedings of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, Jeju, 2009.
- [14] T. Y. Zhang and C. Y. Suen, "A Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns," *Communications of the ACM*, vol. 27, no. 3, pp. 236-239, Mar. 1984.
- [15] T. Fawcett, "An introduce to ROC analysis," *Pattern recognition letters*, vol. 27, no. 8, pp. 861-874, Jun. 2006.



김희경(HeeKyung Kim)

2016년 2월 동아대학교 전자공학과(공학사)
 2018년 2월 동아대학교 전자공학과(공학석사)
 ※관심분야 : 영상 신호처리



이승민(Seungmin Lee)

2016년 8월 동아대학교 전자공학과(공학사)
 2016년 9월 ~ 현재 동아대학교 전자공학과(공학석사)
 ※관심분야 : 영상 신호처리, SoC설계



강봉순(Bongsoon Kang)

1985년 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1987년 미국 University of Pennsylvania 전기공학과 (공학석사)
 1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터 공학과 (공학박사)
 1989년 ~ 1999년 삼성전자 반도체 수석연구원
 1999년 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 교수
 2006년 ~ 2011년 멀티미디어 연구센터 소장
 2006년 ~ 2013년 2단계 BK21 사업팀장
 2013년 ~ 현재 BK21 Plus 사업팀장
 ※관심분야 : 영상신호처리, SoC설계 및 패턴인식