

화상의 골격화에 대한 최적화 방법

신충호[†] · 오무송^{**}

요 약

골격선 추출에 대한 효율적인 방법을 이용해서 골격화방법을 제안한다. 제안한 방법은 윤곽선검출과정을 거친후 본 방법을 적용함으로써 영상 골격화 효율을 높이고자한다. 기존의 골격화방법은 Zhang, Lu/Wang, 그리고 Paul방법을 사용하였다. 제안된 방법은 병렬적인 처리 방법과 더해서 반복과정에서 마스크의 네(화소) 이웃의 값과 네(화소) 이웃의 주변 화소값을 비교하여 원본이미지와 일치시켜 처리하는 방식이다. 결론적으로, 제안된 방법은 향상된 골격선의 연결과 품질등을 보였다.

The Optimal Skeleton Method of an Image

Choong-Ho Shin[†] and Moo-Song Oh^{**}

ABSTRACT

In this paper, an effective skeleton method is proposed in order to obtain an enhanced digital image of skeleton line. The edge-detection method is applied in the preprocessing stage and after that, the modified parallel method is applied to obtain the improved image of skeleton line. The existing parallel methods are Zhang, Lu and Wang, and Paul methods. Firstly, a parallel process method is applied, and the proposed method is applied that the original image is compared with the four neighbor pixels and four corner pixels of mask. In conclusion, the proposed method shows an improved connectivity and quality of skeleton line.

Key words: skeleton line, edge-detection, parallel process, mask

1. 서 론

세션화란 대상 물체의 표면을 조금씩 벗겨내어 최종적으로 하나의 경계를 가지도록 하는 것이며, 골격화란 대상 물체의 표면을 조금씩 벗겨내는 것 외에 여러 가지 다른 수단, 예를 들어 파장 전 파법등을 사용하여 보다 효과적으로 대상 물체를 하나의 경계를 가지도록 변형하는 것을 말한다.

그러나 일반적으로 세션화와 골격화를 크게 구분하지 않으며, 최종적인 목표는 같다고 할 수 있다.

다만 그 과정에 있어 조금씩 변형된 과정을 가질 수 있으므로 이에 따라 여러가지 이름을 가지고 있으며, 이는 패턴 인식 초기에 많은 연구자들이 물체를

골격선으로 표시하여 정보의 양을 최대한 압축한 다음 이를 인지하고자 했기 때문이다.

기본적인 개념은 두꺼운 선을 최 외각부터 한겹씩 벗겨나가서 마지막에 남은선 성분을 추출하는 것이다. 윤곽선 추출과 비교하여 보면 윤곽선 추출은 외각의 선들을 추출하는 반면 골격화는 가운데 선을 추출한다고 보면 된다. 즉 영상의 본질적인 구조를 보존한 채, 선도형을 추출하는 조작이다.

골격화는 원래도형의 연결성은 변화시키지 않고, 선으로 변화시키는 것이 필요하다. 골격화의 결과에서 도형의 결합 관계의 특징이 구해지므로, 글씨나 도면 등에서 선구조를 해석하는데 불가결한 처리로 되어 있다. 골격화에서는 선의 원래 형태를 유지하는 것이 중요하므로 현재 여러 가지의 방법이 제안되고 있다.

골격화는 영상의 전처리 단계에서 중심적인 역할을 해왔으며, 이와 함께 골격화 방법들 역시 매우 활발히

접수일 : 2002년 7월 4일, 완료일 : 2002년 11월 12일

[†] 정회원, 조선대학교 컴퓨터공학과

^{**} 조선대학교 전자정보공과대학 컴퓨터공학부 교수

연구되어 왔다. 골격화에 관한 연구가 시작된 이후로 300여편 이상의 논문들이 다양한 시각에서 발표되었으며, 따라서 이 분야에 대한 사례연구가 필요하다고 판단된다.[13] 물론, 그동안 이 분야에 대해서 여러 편의 소규모 사례연구가 이루어져왔다. 본 연구의 목적은 본 논문에서 제안한 방법을 기존 방법들과 비교하려고 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 골격화 방법들에 대해서 설명하고, 3장에서는 제안된 골격화 방법에 대해서 설명하며, 4장에서는 실험 및 결과에 대해서 분석하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 기존 골격화 방법들

골격화는 기본적으로 순차적 처리 방법과 병렬적 처리방법으로 구분할 수 있다. 순차적 처리 방법은 현재의 처리 결과가 과거의 처리값에 영향을 받음은 물론, 미래의 처리 결과에도 영향을 미치는 것으로 이 방법에서는 대상 화상만 있으면 처리가 가능하다. 다음으로 병렬적 처리 방법은 현재의 처리 결과가 과거나 미래의 처리 결과에 전혀 영향을 받거나 미치지 않는 것으로써 추가적으로 대상 화상 크기만큼의 버퍼가 필요하며, 현재의 관심 화소에 대한 처리 결과를 버퍼에 저장하는 식으로, 전체 화상에 대한 한 차례의 처리가 모두 끝난 다음에 버퍼에 저장되어 있는 처리 결과를 원래의 대상 화상 위에 덮어 쓰게 된다.

첫째로 Zhang 골격화 방법은 1984년에 처음으로 발표한 것으로 병렬적 처리방법의 하나로써 기본적인 방법은 다음과 같다.[14]

1루프:

- ① $S(P1)=1$
- ② $2 \leq N(P1) \leq 6$
- ③ $P2 * P4 * P8 = 0$
- ④ $P2 * P6 * P8 = 0$

2루프:

- ① $S(P1)=1$
- ② $2 \leq N(P1) \leq 6$
- ③ $P2 * P4 * P6 = 0$
- ④ $P4 * P6 * P8 = 0$

처리대상인 검은 화소 P1에 대해서 두 루프의 조건

을 만족하면 삭제한다. 여기서, $N(P1)$ 은 P1의 0이 아닌 값을 가진 이웃의 수이며, $S(P1)$ 는 P2, P3, ..., P8, P9의 정렬된 순서에서 0 -> 1천이의 횟수이다.

둘째로 Lu/Wang 골격화 방법은 1루프와 2루프에서 2번째 조건이 다음과 같다.[15]

② $3 \leq N(P1) \leq 6$

셋째로 Paul 골격화 방법은 1루프와 2루프에서 3, 4번째 조건이 다음과 같다.

③ $P4 \text{ or } P6 \text{ or } P2 * P8 = 0$

④ $P2 \text{ or } P8 \text{ or } P4 * P6 = 0$

3. 제안된 골격화 방법

골격화 처리조건은 골격선 폭은 1이어야 하고, 골격선의 위치는 선 도형의 중심에 위치해야 하며, 골격선은 원래의 도형에 있어서의 연결성을 유지해야 한다. 그리고 골격화 과정에서 골격선의 길이는 계속해서 줄어서는 안되며, 패턴 윤곽선의 작은 요철로 인한 잡가지선의 모양이 골격선에 첨가되지 않아야 한다.

골격화는 기본적으로 순차적 처리방법과 병렬적 처리방법으로 구분할 수 있다. 첫째 방법은 현재의 처리 결과가 과거의 처리값에 영향을 받음은 물론, 미래의 처리 결과에도 영향을 미치는 것으로 이 방법에서는 대상 화면만 있으면 처리가 가능하다.

둘째 방법은 현재의 처리 결과가 과거나 미래의 처리 결과에 전혀 영향을 받거나 미치지 않는 것으로써 추가적으로 대상 화상 크기만큼의 버퍼가 필요하며, 현재의 관심 화소에 대한 처리 결과를 버퍼에 저장하는 식으로, 전체 화상에 대한 한 차례의 처리가 모두 끝난 다음에 버퍼에 저장되어 있는 처리 결과를 원래의 대상 화상 위에 덮어 쓰게 된다.

본 논문에서 제안된 방법은 전처리 과정에서 소벨, 프리윗트, 캐니 방법을 각각의 이미지에 적용한 후에 병렬적인 처리방법과 결합했다. 병렬적인 처리방법의 조건은 다음과 같다.

1루프:

- ① $S(P1)=1$
- ② $2 \leq N(P1) \leq 6$
- ③ $P2 * P4 * P6 = 0$
- ④ $P4 * P6 * P8 = 0$

2루프:

- ① $S(P1)=1$

- ② $2 \leq N(P1) \leq 6$
- ③ $P2 * P4 * P6 = 0$
- ④ $P2 * P6 * P8 = 0$

위조건들을 만족하면 외곽선 점 P1을 삭제하기 위해 표시하며, 각각의 화소는 그림 1같이 8이웃으로 배열된다.[16]

P9	P2	P3
P8	P1	P4
P7	P6	P5

그림 1. 8이웃 화소의 배열

본 논문에서 제안한 병렬적인 처리방법과 결합된 방법의 제거조건들은 아래그림과 같다.

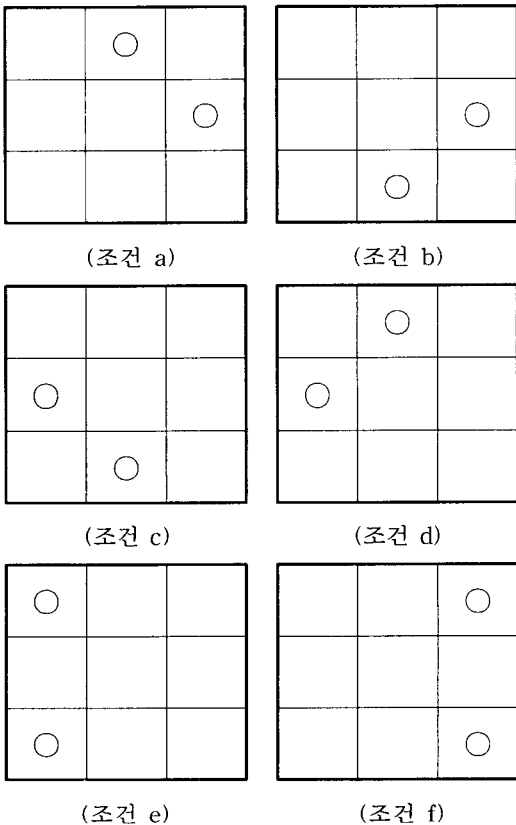


그림 2. 제안된 방법에 사용된 화소의 제거조건들

여기서, 화소 P2, P3, ... , P8, P9들 중에 그림 2의 제거조건들에 만족하면 모든 화소는 제거된다. 즉 조건a, 조건b, 조건c, 조건d는 화소P1에 대한 네(화소)이웃이며, 각각 0이 값을 만족하면 그 화소는 삭제되며, 조건e, 조건f는 네(화소)이웃외의 즉, 동쪽과 서쪽에 있는 화소이며, 각각 0에 값을 만족하면 그 화소는 삭제된다.

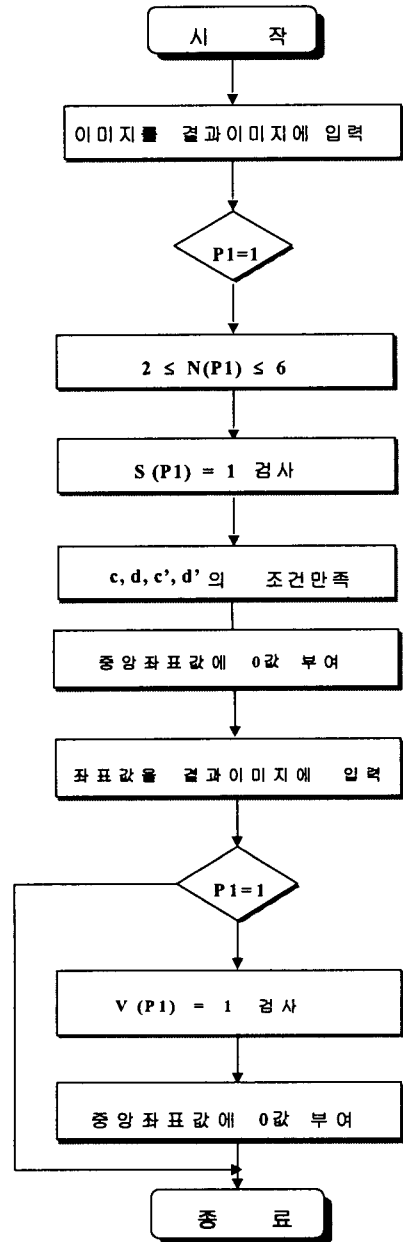


그림 3. 제안된 방법의 순서도

그림 3에서 $S(P1)$ 이란 루프 1과 루프 2에서 $S(P1)=1$ 의 조건 즉, 연결성의 조건에 맞는지 여부이며, c, d, c', d' 는 루프 1에서 ③ $P2 * P4 * P6 = 0$, ④ $P4 * P6 * P8 = 0$ 조건들이며, 루프 2에서 ③ $P2 * P4 * P6 = 0$, ④ $P2 * P6 * P8 = 0$ 조건들에 각각 대응되며, 3가지 화소중 하나라도 0값에 일치하는지 판단하는 조건들이다. 다음으로 $V(P1)=1$ 반복과정에서 마스크의 네(화소) 이웃의 값과 네(화소) 이웃외의 주변 화소값을 비교하여 각각의 값이 조건에 맞으면 해당되는 원본이미지 부분을 삭제한다.

제안된 방법의 순서도는 시작부터 c, d, c', d' 의 조건단축부분까지 병렬적인 처리방식을 사용하고 있으며, 간단히 서술하면 전체이미지를 부분적인 이미지로 나누어서 병렬적인 처리조건에 맞으면 모든 부분적인 이미지가 끝에 도달할 때 까지 대기한다. 다음부분은 각각의 이미지결과에서 화소가 1이면 위 블록부분과 마찬가지로 두 번 루프를 반복하면서 전체 이미지를 부분이미지로 나누어서 각각의 화소에 대해서 네(화소) 이웃의 값과 네(화소) 이웃외의 주변화소 값을 비교하여 원하는 결과이면 중앙 좌표값에 0을 부여하여 원하는 결과를 획득했다.

4. 실험 및 분석

제안한 방법은 IBM에서 비주얼 C++언어로 구현하여 실험하였고, 사용한 화상의 크기는 256*256이다. 화소의 농도값은 $0 \leq d(i,j) \leq 255$ 인 원화상을 이용하여 다음과 같이 분석한다.

그림 4는 (a)원본이미지에서 (b)소벨 방법을 적용하여 잡음제거 및 윤곽선을 검출한 이후에 (c), (d), (e), (f)는 기존의 골격화 방법들과 제안한 방법의 결과이다.

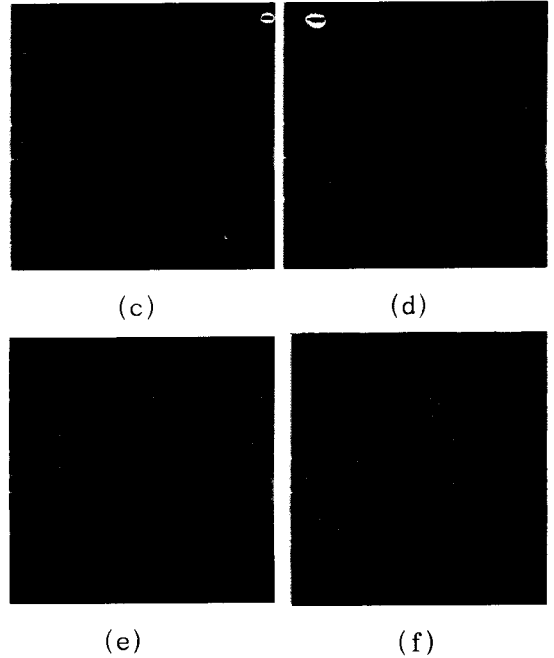
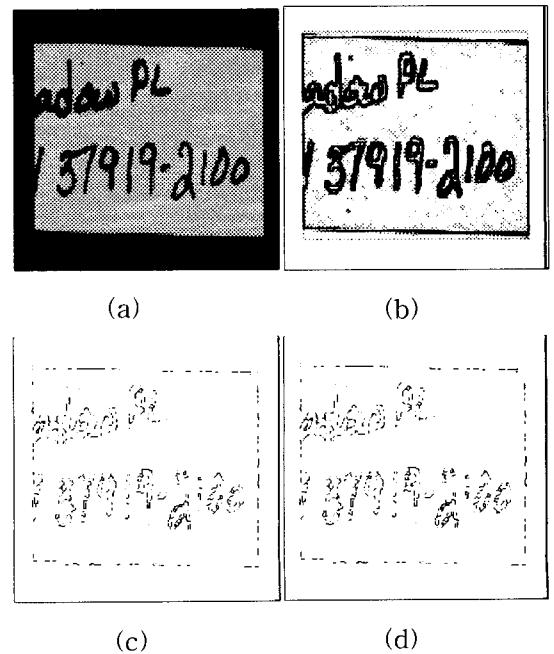
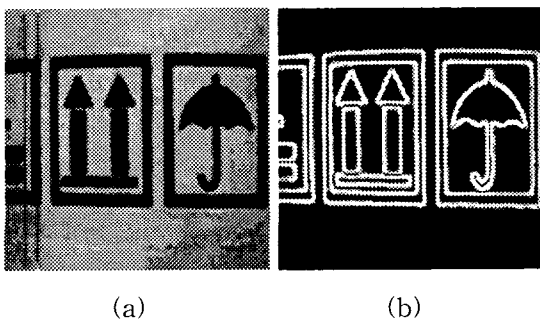


그림 4. (a)원본이미지 (b)소벨 방법 (c)Zhang 방법 (d)Lu/Wang 방법 (e)Paul 방법 (f)제안된 방법

그림 5는 수기한 글씨체에 대해서 적용하였다. 결과로 (f)제안한 방법이 (c), (d), (e) 즉, 기존의 골격화 방법들과 현저한 차이를 보이고 있다.

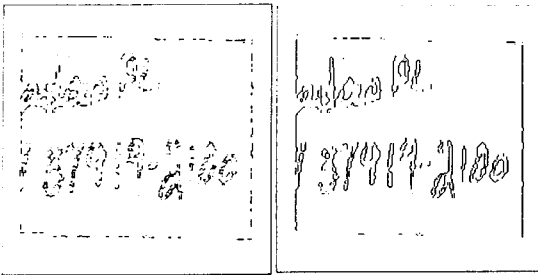


(a)

(b)

(c)

(d)



(e) (f)

그림 5. (a)원본이미지 (b)프리위트 방법 (c)Zhang 방법 (d)Lu/Wang 방법 (e)Paul 방법 (f)제안된 방법



(a) (b)



(c) (d)



(e) (f)

그림 6. (a)원본이미지 (b)캐니 방법 (c)Zhang 방법 (d)Lu/Wang 방법 (e)Paul 방법 (f)제안된 방법

그림 4, (그림 5, 그림 6를 비교해 볼 때 그림 4에서는 (c), (d), (e)방법들보다도 (f)방법이 골격화가 잘 시행

되었으며, 그림 5와 그림 6에서는 (c), (d), (e)방법들이 (f)방법보다 미약한 골격선 추출을 보였고. 연결성이 떨어져 각 골격선들을 식별하기 어려웠다.

전체적인 과정을 기술하면, 원본이미지에 먼저 소벨, 프리위트, 캐니방법을 사용하여 윤곽선을 추출하였고 그 이후에 윤곽선에 대해서 골격화를 적용하였다. 각각의 윤곽선 추출방법을 기술하면 소벨방법은 연산속도가 느리고, 밝기정도에 민감하며, 프리위트 방법은 연산속도가 빠르며, 캐니방법은 강한 윤곽선만 검출하려는 경향이 있다.

그림 4, 그림 5, 그림 6을 정량적인 특징으로 수량화 할 수는 없으나 각 그림에서 화소의 특징을 연구하여 성능평가 기준들 즉, 복원가능성, 유사도, 골격선 품질 등을 기준으로 정하여, 표 1와 같이 기존의 세가지 방법들과 제안된 방법을 비교분석 하였다. 그 결과 추출된 골격선이 원래 패턴의 형태를 정확히 반영하는지를 평가하는 복원가능성 및 유사도는 제안방법에 비해서 기존방법들이 미약했으며, 잡영 가지의 수, 끝점의 확장 및 수축, 기존 골격선의 유사도 측정결과를 바탕으로 한 골격선 품질에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다.

표 1. 각 방법에 대한 성능평가

(O: 우수 Δ: 보통 ×: 나쁨)

기준 방법	복원가능성	유사도	골격선 품질
Zhang	Δ	Δ	Δ
Lu/wang	Δ	Δ	Δ
Paul	Δ	×	Δ
제안방법	O	O	O

5. 결 론

정확한 골격선 추출을 위한 조건은 원화상과 관계 없는 잡음이 제거되고 윤곽선구조가 연결성을 지니며, 실제 물체의 경계와 일치하는 정확한 위치에 1개의 화소로 나타내는 것이다.

본 논문에서는 효율적인 골격화 방법을 제안하기 위해서 먼저, 잡음제거 및 윤곽선 추출을 위해서 세가지 윤곽선 추출방법을 각각 적용하였다.

그리고 기존방법과 다른 병렬처리방법을 이용하여 골격화를 시행하였고 다음으로 새로운 8가지 제거조건들을 첨가하여 화소를 제거했다.

각각의 골격화 방법들을 세가지 이미지들에 적용한 이후에 복원가능성, 유사도, 골격선 품질등을 기준으로 성능평가를 한 결과 Zhang, Lu/wang, Paul방법들 보다 본 논문에서 제안한 방법이 우수함을 알 수 있었다.

앞으로 연구과제는 기존 방법들의 체계적인 기술과 각각의 장점과 단점을 비교하여 성능을 분석할 수 있는 기준들의 개발과 골격선 추출에 대한 효율적인 방법에 대해서 연구되어야할것이다.

참 고 문 헌

[1] B.Shapiro, J.pisa, and J.Sklansky, "Skeleton generation from x, y boundary sequences", Comput. Graphics Image Processing, vol 15., pp 136-153, 1987.

[2] B.B.Mandelbrot, "The Fractal Geometry of Nature", W.H.Freeman and Company, New York, 1977.

[3] D.Sinha and E.R.Dougherty, "Fuzzy Mathematical Morphology", JVCIP, vol.3, No.3, pp. 286-302, 1992.

[4] F.P.Preparata and AM. Shamos, Computational Geometry: An Introduction, Springer Verlag, New York, 1985.

[5] L. Lam, S. W. Lee, C. Y. Suen, "Thinning methodologies - a comprehensive survey", IEEE Trans. Patt. Recongn Machine Intell., vol. 14, no 9, pp. 869-885, 1992.

[6] M.P.Martinez-Perez, J.Jimenez. and J.L.Navalon, "A thinning algorithm based on contours", Compt. Vision Graphics Image Processing, vol. 38, pp. 186-201, 1987.

[7] R.M.Haralick and L.G.Shapiro, "Computer and Robot Vision", vol.1 Addison Wesley, pp. 157-185, 1992.

[8] R.C.Gonzalez and R.E.Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1992.

[9] S.Gshal and R.Merotra, "Detection of Composite Edge", IEEE Trans. Image Processing, vol.3, No.1, pp. 14-25, 1994.

[10] S.Sarker and K.L.Boyer, "On Optimal Infinite Impulse Response Edge Detection Filter", IEEE Transac. on PANI, vol. 13, No. 11, pp. 699-714, 1986.

[11] Scott E Umbaugh, "Computer Vision Image Processing", Prentice Hall, 1999.

[12] 김도현외 3명, "문자 인식을 위한 효율적인 획 정규화", 정보처리학회 추계학술대회, 상권, 2001.

[13] 이성환, "문자인식 이론과 실제", 홍릉과학출판사, 1993.

[14] http://www.nanosys.co.kr/technic/image_processing/sesun.htm.

[15] Paul C K Kwok, Department of Computer Science, The University of Calgary 2500 University Drive NW Calgary, Canada T2N IN4.

[16] 장동혁, "비주얼 C++이용한 디지털 영상처리의 구현", PC 어드밴스.

[17] 이찬희, 정순호, "개선된 SOG 기반 고속 세선화 알고리즘", 정보처리학회논문지, 제 8-B권, 제 6호, PP.651-656, 2001.

[18] 이창현외 3명, "서식 문서의 선과 접촉된 숫자열 복원에 관한 연구", 정보과학회논문지, 28권 6호, pp.439-448, 2001.



신 충 호

1988년 조선대학교 전산기공학과 졸업(학사)
 1991년 한국의국어대학교 경영정보대학원 응용전산학과 졸업(석사)
 2001년 조선대학교 컴퓨터공학과 박사과정 수료

관심분야 : 멀티미디어, 소프트웨어공학
 E-mail : sch012@netian.com



오 무 송

1965년 조선대 전기공학과를 졸업(학사)
 1968년 조선대 전기공학과 석사
 2001년 전남대 전기공학과 박사학위 취득
 현 재 조선대학교 전자정보공과대학 컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 영상처리 및 멀티미디어입니다.
 E-mail : ms0h@mail.chosun.ac.kr

교 신 저 자

신 충 호 501-759 광주광역시 동구 서석동 375번지 조선대 전자 정보 공과대학 컴퓨터 공학과 멀티미디어 실험실