

합성 형태소를 이용한 광학적 Hit-Miss 변환

正會員 김 종 찬*, 김 종 윤**, 김 정 우***, 도 양 회****, 김 수 중**

Optical Hit-Miss Transform using Synthetic Structuring Elements

Jong Chan Kim*, Jong Yun Kim**, Jeong Woo Kim***, Yang Hoi Doh****,
Soo Joong Kim** *Regular Members*

요 약

형태학에서 HMT(Hit-miss transform)는 입력영상내의 특정한 물체를 찾는 데 이용된다. 이 변환은 광상관기 구조에서 실현할 수 있다. 그러나 기존의 HMT는 서로 다른 형태의 참영상을 인식하는데는 어려움이 있다. 입력영상내에서 서로 다른 형태의 참영상을 효과적으로 인식하기 위해 합성 형태소를 이용하여 광학적으로 HMT를 구현하는 방법을 제안하였다. 합성 hit 형태소는 각각의 hit 형태소의 교집합으로 구성하고, 합성 miss 형태소는 각각의 hit 형태소의 합집합의 여집합으로 구하였다. 시뮬레이션을 통하여 제안된 방법이 한번의 HMT 연산으로 입력영상내에서 서로 다른 형태의 참영상을 인식할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

The hit-miss transform(HMT) in morphology is used to locate a specific object in an input image. This transform can also be implemented on a coherent optical correlator architecture. But, the standard algorithms on the morphological HMT may cause problems in detecting various true class objects. To provide efficient recognition of various true class objects in input image, optical hit-miss morphological transform using the synthetic SE (structuring element) is proposed. The synthesized hit SE is composed of the intersection of each true class hit SE. And the synthesized miss SE is composed of the complement of union of each true class hit SE. Simulation results show the proposed algorithm can be used for the recognition of various true class objects in an input image with only one HMT operation.

* 경북전문대학 전자과
** 경북대학교 전자전기공학부
*** 동양대학교 전자공학과
**** 제주대학교 전자공학과
論文番號: 97278-0812
接受日字: 1997年 8月 12日

I. 서론

최근 영상처리 분야에서 다양하게 응용되고 있는 수리형태학(mathematical morphology)은 물체검출, 잡음제거, 모서리검출, 대상분류 및 결합검출 등에 사용된다.¹⁻⁴ 형태학적 변환 알고리즘의 하나인 hit-miss transform(HMT)은 배경 잡음이 있는 영상내에서 특정한 물체를 찾는데 사용된다.⁵⁻⁷ HMT의 원리는 hit 형태소(structuring element, SE)를 사용하여 특정물체를 찾고, miss 형태소로 물체의 배경을 찾는다. 이렇게 찾은 특정물체와 물체의 배경을 조합하여 물체가 영상내에 존재하는지를 판단하는 방법이다. 따라서 HMT를 이용한 영상인식은 인식하고자 하는 물체와 물체주변의 배경을 함께 고려하므로 배경잡음을 갖는 영상인식에 적절하다. 그러나 입력영상내에 인식하고자 하는 서로 다른 형태의 참영상이 존재할 경우 이들을 동일영상으로 인식하기 위해서는 HMT를 반복 수행하여야 한다.

본 논문에서는 서로 다른 형태의 참영상을 한번의 HMT로 인식하기 위하여 각 참영상에 대한 형태소를 구한 후 이들을 조합한 합성 형태소(synthetic SE)를 제안하였다. 합성 hit 형태소는 참영상들에 대한 hit 형태소의 공통성분으로 구하고, 합성 miss 형태소는 참영상들에 대한 hit 형태소의 합성분의 보(complement) 영상으로 구한다. 이렇게 구한 합성 형태소를 이용하면 한번의 HMT 연산으로 서로 다른 형태의 참영상을 인식할 수 있다. HMT 연산은 hit 형태소와 입력영상의 상관결과와 miss 형태소와 입력영상의 보영상의 상관결과를 구한 후 이들의 공통성분을 취하면 되므로 전통적인 4f 광상관기(optical correlator)를 이용하면 광학적으로 구현할 수 있다.^{4, 6, 7} 제안한 합성 형태소를 이용한 HMT의 타당성을 확인하기 위하여 다양한 모양을 가지는 입력영상에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 참영상의 서로 다른 물체를 거짓영상과 구분하여 인식할 수 있음을 보였다.

II. 형태학의 기본 연산

1. 녹임(Erosion) 및 불림(Dilation)

녹임은 적절한 형태소를 이용하여 임의의 입력영상내에서 대상의 크기 감소, 외부 경계 수축 및 대상

안의 구멍(hole)의 크기 증가 등에 사용되고, 불림은 대상들의 크기 증가, 거친 경계의 완만화 및 대상 안의 구멍 제거 등에 사용된다. 이진 입력영상을 X , 이진 형태소를 B 라 정의하고, 이들에 의한 녹임과 불림을 각각 $X \ominus B$ 와 $X \oplus B$ 로 표기하면 다음과 같이 정의된다.

$$X \ominus B = \{a | B_a \subseteq X\} = (X \star B)_{Th_1} \quad (1)$$

$$X \oplus B = \{a | B_a \cap X \neq \emptyset\} = (X \star B)_{Th_2} \quad (2)$$

여기서 \star 는 상관자(correlation operator)를, B_a 는 B 가 a 만큼 천이(translation)하였음을 나타낸다. Th_1 및 Th_2 는 상관 결과에 대한 문턱치를 의미하고, Th_1 은 $(N-1) < Th_1 \leq N$, Th_2 는 $0 < Th_2 \leq 1$ 의 문턱치를 갖는다. 여기서 N 은 형태소 B 의 화소수(pixel number)를 의미한다. 즉, 녹임과 불림연산은 입력영상과 형태소의 상관결과를 적절한 문턱치로 문턱화를 하여 이루어진다. 이러한 연산의 광학적 구현은 전통적인 4f 광상관기를 이용해서 할 수 있다. 즉, 전통적인 광상관기의 필터평면에 형태소를 두어 입력영상과 상관을 취한 후 문턱화과정을 취하면 된다.

2. Hit-Miss-Transform(HMT)

HMT는 입력영상내에 포함된 여러 가지 영상중 인식하고자 하는 영상 즉 참영상을 형태소로 채택하여 찾아낼 수 있고, 특히 배경 잡음이 있는 영상에서 참영상을 추출하는데 유용하다. 이진 입력영상 X 와 이진 hit 형태소 H 및 miss 형태소 M 에 대한 HMT를 $X \otimes (H, M)$ 로 표기하면 다음과 같이 정의된다.

$$X \otimes (H, M) = [(X \ominus H) \cap (X^c \ominus M)] \quad (3)$$

여기서 $X \ominus M$ 는 hit 변환(HT)이고, $X^c \ominus M$ 은 miss 변환(MT)이다. 이때 X^c 는 X 에 대한 보영상을 의미한다. 인식하고자 하는 영상을 hit 형태소 H 로 선택하면 HT는 전경 녹임(foreground erosion)연산으로 형태소 H 보다 크거나 같은 물체를 찾아낸다. Miss 형태소 M 을 인식하고자 하는 영상과 주변을 포함한 부분의 보영상 H^c 로 선택하면 MT는 형태소 H 보다 작거나

같은 물체를 찾아낸다. 따라서 HT와 MT 결과의 공통부분을 취한 HMT 결과는 입력영상중에서 형태소 H와 일치하는 촬영상의 위치에서 상관 점두치가 나타난다. 일반적으로 HMT 에서는 M이 반드시 M=H일 필요는 없으며, 찾고자 하는 물체의 크기와 형태의 변화나 잡음 성분에 따라 H와 M을 적절히 선택할 수 있다.^[5, 7, 8]

HMT를 광상관기로 실현하기 위해서는 hit 형태소에 대한 상관결과와 miss 형태소에 대한 상관결과에 대해 각각 문턱화를 취한 후 공통성분을 취하면 된다. 이때 문턱화 과정에서의 문턱치는 물체의 왜곡이나 잡음 또는 배경 잡음을 고려할 경우에는 녹입연산에서 정의된 문턱치보다 작은 값내에서 적절히 정해 주면 된다.^[5]

Ⅲ. 합성 형태소를 이용한 HMT

입력영상내에 서로 다른 형태의 촬영상 및 거짓영상들이 존재할 때, 서로 다른 형태의 촬영상들을 인식하기 위해서는 각각의 촬영상에 대한 형태소를 찾아 HMT를 반복 수행해야 한다.

본 논문에서는 촬영상의 서로 다른 형태를 한번의 HMT로 인식하기 위한 합성 형태소를 제안하였다. 합성 hit 형태소는 촬영상의 서로 다른 형태에 대한 hit 형태소를 구한 후 이것들의 교집합으로부터 구하며, 합성 miss 형태소는 이들 각각의 hit 형태소들의 합집합의 여집합으로부터 구한다. 예를 들어, 인식하고자 하는 서로 다른 형태의 촬영상이 B_1, B_2, \dots, B_N 과 같이 N개가 존재할 때, 합성 hit 형태소 H_S 는 N개의 hit 형태소에 공통으로 포함된 성분으로 하고 합성 miss 형태소 M_S 는 N개의 hit 형태소를 더한 영상의 보영상으로 정한다. H_S 와 M_S 를 수학적으로 표기하면 다음과 같다.

$$H_S = B_1 \cap B_2 \cap \dots \cap B_N \quad (4)$$

$$M_S = (B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_N)^c \quad (5)$$

식 (4)와 (5)로 정의한 H_S 와 M_S 를 이용해서 HMT를 다시 표기하면 아래와 같다.

$$X \otimes (H_S, M_S)$$

$$= [X \otimes (B_1 \cap B_2 \cap \dots \cap B_N)] \cap [X^c \otimes (B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_N)^c] \quad (6)$$

이와 같이 합성 형태소를 이용하여 HMT를 행하면 HT에서 H_S 로 정해지는 영상과 같거나 큰 형태는 모두 인식되고, MT에서 M_S 로 정해지는 영상(즉, M_S 의 바깥 부분)과 같거나 큰 영상은 모두 인식된다. 결국 이렇게 인식된 두 개의 상관결과에 대해 공통성분을 취하면 서로 다른 형태의 촬영상을 한번의 HMT 연산으로 인식할 수 있다.

Ⅳ. 시뮬레이션 결과 및 고찰

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 그림 1(a)와 같은 입력영상을 사용하였으며, 입력영상내에는 사각형, 삼각형, 원 및 마름모 등의 형태가 존재한다. 이때, 시뮬레이션에 사용된 모든 영상은 이진영상으로 하였다. 그림 1(a)의 입력영상에서 좌상단에 있는 사각형과 우하단에 있는 마름모의 서로 다른 형태를 동시에 인식하고자 하는 촬영상으로 정하였으며 이를 그림 2에 나타내었다. 이들 촬영상을 인식하기 위한 합성 hit 형태소는 사각형과 마름모 영상의 공통성분으로 하였고, 합성 miss 형태소는 두 영상의 합집합의 여집합으로 하여 그림 3에 나타내었다. 그림 3(a)의 합성 hit 형태소는 두 영상의 교집합으로 하였기 때문에 팔각형모양의 영상으로 되었고, 합성 miss 형태소는 두 영상의 합집합의 여집합으로 하였기 때문에 그림 3(b)처럼 나타났다.

그림 3(a)의 합성 hit 형태소와 그림 1(a)의 입력영상과의 상관을 문턱화한 결과는 그림 4(a)와 같고, 그림 3(b)의 합성 miss 형태소와 그림 1(b)의 입력영상의 보영상과의 상관을 문턱화한 결과는 그림 4(b)와 같다. HT 연산결과는 팔각형보다 크기가 큰 영상에서 상관점두치가 나타났고, MT 연산결과는 합성 miss 형태소의 바깥 부분 보다 크기가 큰 영상에서 상관점두치가 나타났다. 즉, MT에서의 연산결과는 사각형과 마름모의 합집합 성분보다 작은 영상에서 상관점두치가 나타났다. HMT 연산은 그림 4(a)의 HT 연산과 그림 4(b)의 MT 연산의 공통부분을 취하면 되므로, 그림 5와 같이 사각형과 마름모의 위치에서 상관점두치가 나타났다. 결과에서 보듯이 본 논문에서

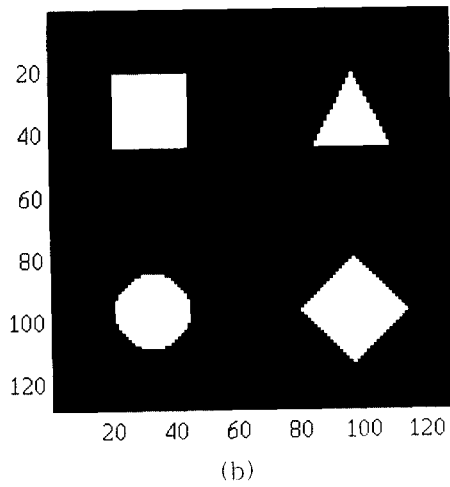
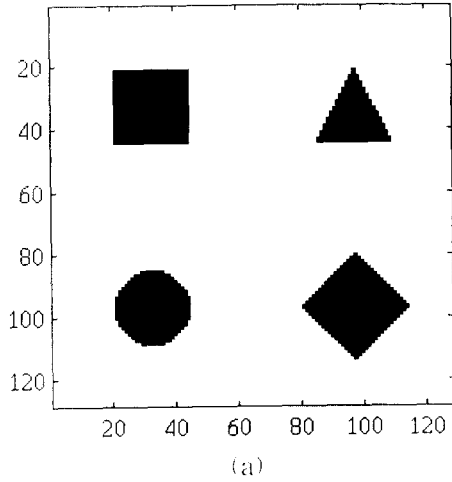


그림 1. 입력영상 및 그 보영상 : (a) 입력영상 ; (b) 입력영상의 보영상
 Fig. 1 Input image and it's complement image : (a) Input image ; (b) Complement image

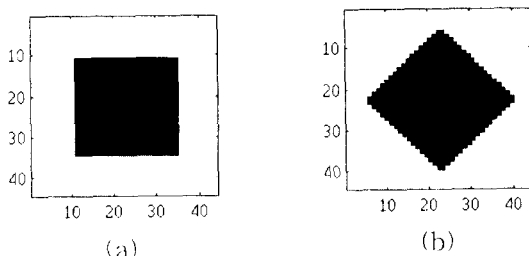


그림 2. 인식하고자 하는 참영상들 : (a) 사각형 ; (b) 마름모
 Fig. 2 True objects to detect : (a) Rectangle ; (b) Rhombus

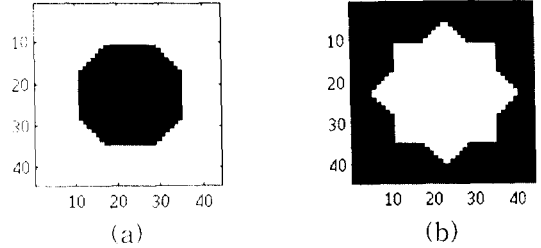


그림 3. 사각형과 마름모에 대한 합성 hit 형태소 및 합성 miss 형태소 : (a) 합성 hit 형태소 ; (b) 합성 miss 형태소
 Fig. 3 Synthetic hit SE and miss SE for rectangle and rhombus : (a) Synthetic hit SE ; (b) Synthetic miss SE

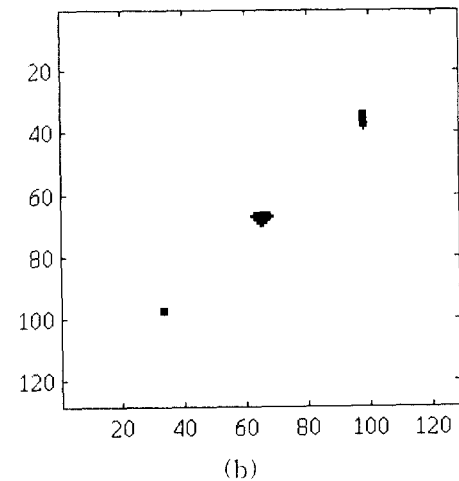
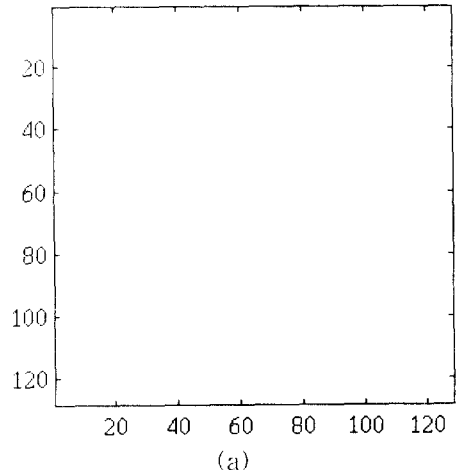


그림 4. HT 및 MT의 결과 : (a) HT의 결과 ; (b) MT의 결과
 Fig. 4 The results of HT and MT : (a) The result of HT ; (b) The result of MT

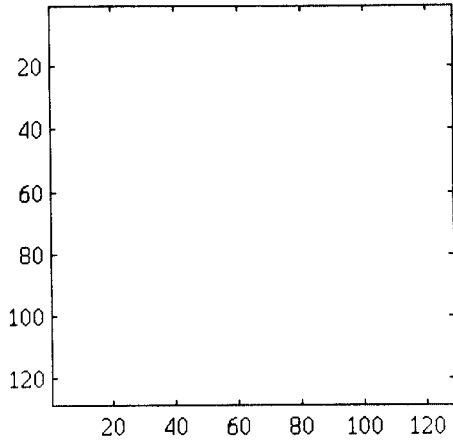


그림 5. HMT 결과
Fig. 5 The result of HMT

서 제안된 합성형태소를 이용하면 서로 다른 형태의
참영상을 모두 인식할 수 있음을 확인하였다.

그림 6은 사각형과 형태가 완전히 다른 삼각형을
동시에 인식하고자 하는 참영상이라고 할 때의 HT
연산과 MT 연산의 결과이다. 그림 6(a)를 보면 합성
hit 형태소를 포함할 수 있는 큰 영상들은 모두 인식
되었고, 그림 6(b)에서는 합성 miss 형태소의 바깥 부
분을 포함할 수 있는 큰 영상들이 모두 인식되었다.

그림 6(a)의 HT 연산 결과에서 마름모는 합성 hit 형
태소보다는 크지만 합성 hit 형태소를 마름모가 완전
히 포함하지 못하기 때문에 상관첨두치가 나타나지
않았다. 그림 6의 HT 연산 결과와 MT 연산 결과의
공통성분을 취하면, 그림 7과 같이 삼각형과 사각형
의 위치에서 상관첨두치가 나타나 형태가 완전히 다
른 두 영상도 인식할 수 있음을 확인하였다. 따라서
이를 광상관기 시스템에서 실현할 때, 입력영상과 hit

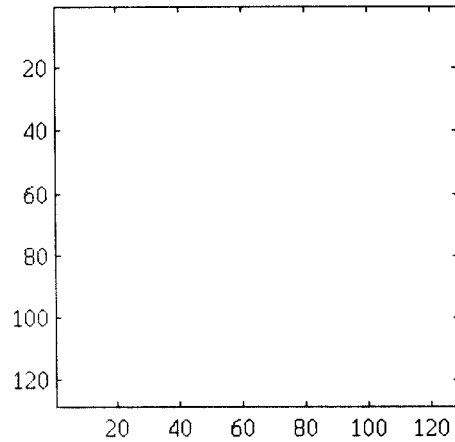
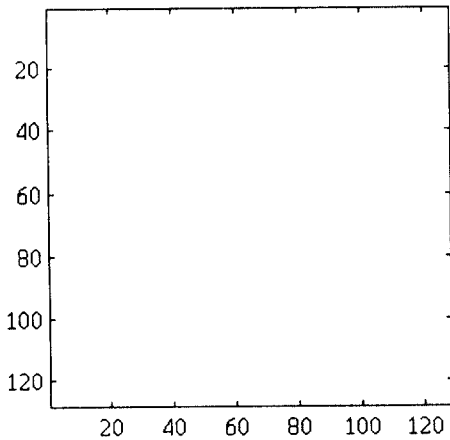
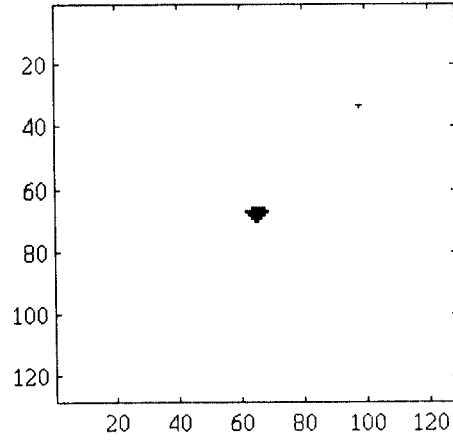


그림 7. HMT 결과
Fig. 7 The result of HMT



(a)



(b)

그림 6. HT 및 MT의 결과:(a)HT의 결과;(b)MT의 결과
Fig. 6 The results of HT and MT:(a)The result of HT;(b)
The result of MT

형태소에 대한 광상관출력에 대해 문턱치를 준 결과와 입력영상의 보영상과 miss 형태소에 대한 광상관출력에 대해 문턱치를 준 결과에 대해 공통성분을 구하면 영상을 인식할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 인식하고자 하는 서로 다른 형태의 촬영상을 한번의 HMT 연산으로 모두 인식할 수 있는 합성 형태소를 제안하였다. 합성 hit 형태소는 촬영상의 서로 다른 형태에 대한 각각의 hit 형태소를 구한 후 이것들의 교집합으로부터 구하며, 합성 miss 형태소는 앞에서 각각의 hit 형태소들의 합집합의 여집합으로부터 구하였다. 합성 hit 형태소를 사용하여 HT 연산을 하면 합성 hit 형태소로 정해지는 모양과 같거나 큰 물체는 모두 인식할 수 있었다. 그리고 합성 miss 형태소로 MT 연산을 하면 합성 miss 형태소로 정해지는 모양의 안쪽 부분과 같거나 작은 물체는 모두 인식되었다. 따라서 두 연산결과의 공통성분을 취한 HMT 연산을 수행하면 인식하고자 하는 서로 다른 형태의 촬영상들을 찾아낼 수 있다.

제안된 합성 형태소를 이용한 HMT의 타당성을 확인하기 위하여 네 가지 서로 다른 모양을 갖는 입력영상에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 한번의 HMT 연산으로 동일집단의 서로 다른 물체를 거짓영상과 구별하여 인식할 수 있음을 확인하였다. 이러한 연산을 광상관기를 이용하여 광학적으로 구현할 때 완전한 광처리가 되기 위해서는 광상관 결과에 대해 문턱화를 위한 광소자가 필요하며, 이러한 후처리 과정을 디지털 방법으로 간단히 구현할 수도 있다.

참 고 문 헌

1. Petros Maragos, "Tutorial on advances in morphological image processing and analysis," *Opt. Eng.*, Vol. 26, No. 7, pp. 623-632, 1987.
2. R. Haralick, S. Sternberg, and X. Zhuang, "Image analysis using mathematical morphology," *IEEE Trans. Pattern Anal. and Mach. Intell.*, Vol. PAMI-9, No. 4, pp. 532-550, 1987.

3. Elizabeth C. Botha and David P. Casasent, "Applications of optical morphological transformations," *Opt. Eng.*, Vol. 28, No. 5, pp. 501-505, 1989.
4. David Casasent and Elizabeth Botha, "Optical symbolic substitution for morphological transformations," *Appl. Opt.*, Vol. 27, No. 18, pp. 3806-3810, 1988.
5. David Casasent, Roland Schaefer, and Rober Sturgill, "Optical hit-miss morphological transform," *Appl. Opt.*, Vol. 31, No. 29, pp. 6255-6263, 1992.
6. Roland Schaefer, David Casasent, and Anqi Ye, "Optical morphological processors: Gray Scale with Binary Structuring Elements, Detection, and Clutter Reduction," *Proc.SPIE*, Vol. 1825, pp. 427-442, 1992.
7. Roland Schaefer and David Casasent, "Nonlinear optical hit-miss transform for detection," *Appl. Opt.*, Vol. 34, No. 20, pp. 3869-3882, 1995.
8. Shifu Yuan, Lixue Chen, and Jing Hong, "Pattern recognition based on morphological transformations and its optical implementation," *Proc.SPIE*, Vol. 1822, pp. 50-58, 1992.



김 중 찬(Jong Chan Kim) 정회원
 1964년 7월 3일생
 1986년 2월: 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1989년 2월: 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1996년 2월: 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료
 1992년 3월~현재: 경북전문대학 전자과 조교수
 ※주관심분야: 광신호처리, 광형태인식 및 광컴퓨팅 등



김 증 윤(Jong Yun Kim) 정회원

1971년 10월 11일생

1995년 2월:경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1997년 2월:경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1997년 3월~현재:경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중

※주관심분야:광패턴인식, 광메모리 및 홀로그래피 등

김 정 우(Jeong Woo Kim)

정회원

통신학회 논문지 제21권 제1호 참조

현재:동양대학교 전자공학과 전임강사

도 양 회(Yang Hoi Doh)

정회원

통신학회 논문지 제20권 제5호 참조

현재:제주대학교 전자공학과 부교수

김 수 중(Soo Joong Kim)

정회원

통신학회 논문지 제21권 제1호 참조

현재:경북대학교 전자전기공학과 교수