

수정 합성 HMT를 이용한 왜곡불변 패턴 인식

정회원 현영길*, 김종찬**, 김정우***, 도양회*, 김수중****

Distortion invariant pattern recognition using modified synthetic HMT

Young-Kil Hyun*, Jong-Chan Kim**, Jeong-Woo Kim***, Yang-Hoi Doh*, Soo-Joong Kim****

Regular Members

요 약

다중 물체의 왜곡불변 인식을 위하여 수정합성형태소를 이용한 HMT를 제안하였다. HMT에서 중요한 문제 중의 하나는 오인식을 줄이고 다양한 모양의 왜곡된 물체를 검출하기 위하여 필요한 최적의 형태소를 결정하는 것이다. 제안된 형태소 합성방법은 이런 문제를 해결하는데 적절하다. 한 방법은 집합이론만을 이용하여 촬영상의 형태소를 다단계로 합성하는 것이고, 다른 한 방법은 집합이론과 SDF합성법을 이용하여 촬영상과 거짓영상의 형태소를 다단계로 합성하는 것이다. 시뮬레이션을 통하여 제안된 방법이 동일 집단내의 왜곡된 물체를 인식하고, 다른 집단의 유사한 물체를 구분하여 인식할 수 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

A hit-miss transform(HMT) using modified synthetic structuring elements(SEs) for distortion-invariant recognition of multiple objects is proposed. A fundamental problem in an HMT is the determination of the optimal SE needed to improve the false alarm rate, and detect distorted objects with various shapes. The proposed synthetic methods of SE provide good solutions against this problem. One is the multistage synthesis of each true class SE using only set theory, and the other is the multistage synthesis of each true class and false class SE using set theory and SDF(synthetic discriminant function) synthesis method. Simulation results show the proposed methods can be used for the recognition of distorted intraclass objects and the discrimination of similar interclass objects.

I. 서 론

여러 가지 배경잡음이나 전경잡음을 갖는 물체의 실시간 인식은 많은 양의 데이터를 분석, 처리할 수 있는 정확하고 빠른 시스템이 절대적으로 필요하다. 이러한 시스템은 정보의 입력장치인 여러 개의 센서로부터 얻은 정보를 실시간으로 정확히 인식해야 한다. 또한 같은 물체라도 관측되는 위치나 명암 등에 따라서도 센서에 입력되는 정보가 달라지므로 인식 시스템은 이러한 다양한 변화에 대해서도 적

용되어야 한다. 이러한 분야의 연구들은 주로 디지털 컴퓨터를 이용한 수학적인 접근방법으로 이루어지고 있어 실제로 관측자가 이동하면서 획득한 전경 및 배경잡음을 갖는 영상에서 실시간으로 물체를 인식하고자 할 경우에는 인식속도 등의 문제로 시스템 구현에 어려움이 많다.

수리형태학적 변환 알고리즘의 하나인 HMT(hit-miss transform)는 배경잡음이 있는 영상에서 특정 물체의 검출에 용이하게 사용될 수 있다. 이는 광의 2차원적 푸리에 변환능력을 갖는 광학시스템으로 구현될 수 있어 실시간으로 영상의 인식 및 분류가

* 제주대학교 전기전자공학부

*** 동양대학교 전자공학부

논문번호 : 99070-0225, 접수일자 : 1999년 2월 25일

** 경북전문대학 전자과

**** 경북대학교 전자전기공학부

가능하다.^[1~4] HMT는 인식하고자 하는 영상(촬영상)과 물체주변의 배경을 함께 고려하므로 배경잡음이나 clutter를 갖는 영상인식에 적절하다. 그러나 관측점이 변하면서 생기는 물체 왜곡과 서로 다른 모양의 촬영상이 입력평면에 존재하는 경우에는 이들 각각의 모양에 따른 형태소(structuring element)를 만들어야 하므로 많은 양의 데이터 베이스가 필요하고 HMT를 반복 수행하여야 하는 단점이 있다. 이를 보완한 것이 집합이론과 SDF (synthetic discriminant function)^[5]를 이용한 합성 HMT (synthetic HMT, SHMT)이다. 집합이론을 이용한 SHMT^[6]는 합성방법은 간단하나 형태소를 합성하는데 사용된 촬영상과 유사한 거짓영상을 분리인식하지 못한다. SDF를 이용한 SHMT^[7]는 촬영상과 유사한 거짓영상을 분리인식하기는 용이하나, 분류 대상이 많아지면 형태소의 합성방법이 복잡해지는 단점이 있다.

본 논문에서는 기존의 광학적 SHMT를 보완한 수정 SHMT(modified SHMT, MSHMT)를 제안하였다. 단순한 모양의 영상을 분류 인식할 경우에는 집합이론을 이용한 다단계 합성법으로 형태소를 구성하여 HMT를 실행한다. 그리고 복잡한 모양의 영상을 분류 인식할 경우에는 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법으로 구성한 형태소로 HMT를 실행한다. 제안한 MSHMT의 타당성을 확인하기 위하여 배경잡음 및 전경잡음을 갖는 교통표지 실영상에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 제안한 방법이 표지판의 검출 및 표지내 부호 인식에 효과적임을 확인하였다.

II. 합성 형태소를 이용한 HMT

1. 기존의 SHMT를 위한 합성형태소의 구성 방법

1) 집합이론을 이용한 합성법

동일영상의 왜곡된 영상들을 동시에 인식하기 위하여 SHMT 연산에서 사용될 합성 형태소는 인식하고자 하는 영상들의 조합으로 이루어진다. 합성 hit 형태소는 동일영상의 작은 기준영상과 큰 기준영상에 대한 hit 형태소들을 구한 후 이것들의 교집합으로부터 구해지며, 합성 miss 형태소는 이들 각각의 miss 형태소들의 교집합으로부터 구해진다. 예를 들어, 인식하고자 하는 동일영상을 B 라 하고, 동일영상의 작은 기준영상과 큰 기준영상을 각각 B_s , B_L 이라 할 때, 합성 hit 형태소 H_{AND} 는 작은 기준영

상과 큰 기준영상의 hit 형태소에 공통으로 포함된 성분이 된다. 그리고 합성 miss 형태소 M_{AND} 는 작은 기준영상과 큰 기준영상의 miss 형태소에 공통으로 포함된 성분이 된다. H_{AND} 와 M_{AND} 를 수학적으로 표기하면

$$H_{AND} = B_s \cap B_L \quad (1)$$

$$M_{AND} = B_s^c \cap B_L^c \quad (2)$$

이며, 식 (1)과 (2)로 정의한 H_{AND} 와 M_{AND} 를 이용해서 HMT를 표기하면 다음과 같다

$$X \otimes (H_{AND}, M_{AND}) = [X \ominus (B_s \cap B_L)] \cap [(X^c \ominus (B_s^c \cap B_L^c))] \quad (3)$$

여기서 $X \ominus (B_s \cap B_L)$ 는 hit 변환(hit transform, HT)이고, $X^c \ominus (B_s^c \cap B_L^c)$ 는 miss 변환(miss transform, MT)이다. 식 (3)과 같이 HMT 연산을 실행하면 HT에서 H_{AND} 로 정해지는 영상과 같거나 큰 형태는 모두 인식되고, MT에서 M_{AND} 로 정해지는 영상과 같거나 큰 영상은 모두 인식된다. 집합연산으로 구성된 합성 형태소를 이용하면 입력 영상에 합성 hit 형태소보다 크고, 합성 miss 형태소의 인접부분보다 작은 동일영상의 왜곡된 영상들이 존재할 때 이들 모두를 동시에 인식하게 된다.^[6] 그러나 집합연산으로 합성형태소를 구성할 때 합성할 기준영상들이 많아지면 형태소의 모양이 단순해져 기준영상과 비슷한 거짓영상을 분리하지 못하는 단점이 생긴다.

2) SDF 합성법

SDF 합성법을 이용한 SHMT는 SDF 필터^[5]의 특징인 동일물체의 여러 가지 왜곡을 인식할 수 있고 유사물체를 분리할 수 있기 때문에 다중영상 분류인식에 유용하다.^[7] 입력평면에 촬영상과 유사한 거짓영상이 존재하지 않을 경우에 합성 hit 형태소는 인식하고자 하는 기준영상들을 학습영상으로 하여 ECP-SDF(equal correlation peak SDF)^[5]를 만들어 구성하고, 합성 miss 형태소는 인식하고자 하는 기준영상의 보영상을 학습영상으로 하여 ECP-SDF를 만들어 구성한다. 예를 들어, 동일하게 인식하고자 하는 형태가 다른 기준영상이 F_1, F_2, \dots, F_k 와 같이 k 개가 존재할 때, i 번째 물체의 hit 형태소를 H_i , i 번째 물체의 miss 형태소를 M_i 라 하면

$$\begin{aligned} H_i &= F_i \\ M_i &= F_i^c, \quad i=1,2,\dots,k \end{aligned} \quad (4)$$

와 같이 나타난다. 즉, hit 형태소는 인식하고자 하는 물체로 정해지고 miss 형태소는 인식하고자 하는 물체의 보영상으로 정해진다. 합성 hit 형태소 H_{SDF} 와 합성 miss 형태소 M_{SDF} 는

$$H_{SDF} = \sum_{i=1}^k a_i H_i \quad (5)$$

$$M_{SDF} = \sum_{i=1}^k b_i M_i \quad (6)$$

와 같다. 여기서 a_i 는 합성 hit 형태소를 구성하기 위한 가중치벡터이고, b_i 는 합성 miss 형태소를 구성하기 위한 가중치벡터이며

$$a = R_{hit}^{-1} u \quad (7)$$

$$b = R_{miss}^{-1} u$$

와 같이 구성된다. 합성 형태소를 구성할 때 사용된 제한벡터 u 의 요소는 k 개의 기준영상을 동시에 인식하기 위한 ECP-SDF 합성법에서는 k 개의 '1'로 구성되고, VIP(vector inner product) 행렬 R_{hit} 과 R_{miss} 는 자기상관 첨두치와 상호상관 첨두치로 구성된 정방행렬이다. 이렇게 구성된 합성 hit 형태소와 합성 miss 형태소를 이용한 HMT는

$$\begin{aligned} X \otimes (H_{SDF}, M_{SDF}) = \\ (X \ominus \sum_{i=1}^k a_i H_i) \cap (X^c \ominus \sum_{i=1}^k b_i M_i) \end{aligned} \quad (8)$$

와 같다. 이와 같이 공간영역에서 ECP-SDF로 합성된 hit-SDF 형태소를 입력영상과 상관연산 후 문턱화를 하면 합성 hit 형태소와 크기가 같거나 큰 물체는 모두 인식되고, 동일한 방법으로 합성된 miss-SDF 형태소에 의해 합성 miss 형태소의 안쪽부분과 같거나 작은 물체는 모두 인식된다. 이렇게 인식된 상관결과에서 공통성분을 취하면 합성 hit 형태소와 합성 miss 형태소를 구성할 때 사용된 학습영상과 같은 영상이 한번의 HMT 연산으로 모두 인식된다. 만약, 입력영상에 기준영상과 유사한 모양의 거짓영상이 존재하면 합성 형태소를 구성할 때 MOF-SDF (mutual orthogonal function SDF) 합성법^[5]을 사용하여 유사한 거짓영상에 해당하는 제한벡터의 가중치를 "0"으로 하면 유사영상에 대한 상관첨두치는 나타나지 않아서 참영상과 유사영상을 분리하게 된다.

2. 제안한 MSHMT를 위한 합성형태소의 구성 방법

기존의 교집합 합성법과 SDF 합성법은 동일영상의 왜곡된 영상을 인식하는데 사용될 수 있다. 그러나 인식하고자 하는 영상의 종류가 많고 하나의 참 영상에 대한 왜곡된 영상의 수가 많아질 경우 기존의 형태소 합성법으로는 이들 모두를 동시에 인식하기에는 부적절하다. 이 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 기존의 광학적 SHMT를 보완한 MSHMT를 제안하였다. 단순한 모양의 영상을 분류 인식할 경우에는 집합이론을 이용한 다단계 합성법으로 형태소를 구성하여 HMT를 실행한다. 그리고 복잡한 모양의 영상을 분류 인식할 경우에는 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법으로 구성된 형태소로 HMT를 실행한다.

1) 집합이론을 이용한 다단계 합성법

집합이론으로 구성된 합성 형태소는 동일한 영상의 왜곡된 영상들을 검출하고, 모양이 서로 다른 형태의 물체검출에도 사용할 수 있다. 본 논문에서는 이 성질을 이용하여 모양이 서로 다른 간단한 형태의 영상을 동시에 인식할 수 있는 다단계 합성법을 제안하였다. 제안한 다단계 합성법은 먼저 서로 다른 모양의 영상들 중 동일한 모양의 작은 기준영상과 큰 기준영상을 집합이론으로 합성하여 각각의 합성 형태소를 구성하였다. 이렇게 구성된 합성 형태소를 이용하여 HMT를 수행하면 동일한 모양의 많은 영상 중에서 합성형태소에 사용된 기준영상은 물론이고 왜곡된 영상(중간영상이나 제한된 범위의 회전된 영상)들도 모두 인식할 수 있다. 이렇게 구성된 각각의 모양이 서로 다른 영상의 합성 형태소들은 비교적 단순한 형태이므로, 이들을 집합이론으로 한번 더 합성하여 합성 형태소를 구성하면 모양이 서로 다른 간단한 영상들을 한번에 인식할 뿐만 아니라 동일영상의 왜곡된 영상도 동시에 인식할 수 있다. 예를 들어 서로 다른 모양의 영상들 중 첫 번째 영상의 기준영상을 A_1 이라 하고 작은 기준영상을 A_{1S} , 큰 기준영상을 A_{1L} 이라 하면, 집합이론으로 구성된 합성 hit 형태소 H_{AND-A1} 과 합성 miss 형태소 M_{AND-A1} 은 각각 크고 작은 두 기준영상의 교집합으로 구성되며 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} H_{AND-A1} &= A_{1S} \cap A_{1L} \\ M_{AND-A1} &= A_{1S}^c \cap A_{1L}^c \end{aligned} \quad (9)$$

그리고 모양이 서로 다른 영상들의 기준영상을 A_2, A_3, \dots, A_N 이라 할 때 이들의 합성 hit 형태소와 합성 miss 형태소는 A_1 영상과 같은 형태로 구성되며, 수식적으로 표현하면

$$\begin{aligned} H_{AND-A_2} &= A_{2S} \cap A_{2L} & H_{AND-A_3} &= A_{3S} \cap A_{3L} \\ M_{AND-A_2} &= A_{2S}^c \cap A_{2L}^c, & M_{AND-A_3} &= A_{3S}^c \cap A_{3L}^c, \\ &\dots & & \\ H_{AND-A_N} &= A_{NS} \cap A_{NL} \\ M_{AND-A_N} &= A_{NS}^c \cap A_{NL}^c \end{aligned} \quad (10)$$

와 같다. 이렇게 구성된 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ 의 합성 형태소들을 집합이론을 이용하여 한번 더 합성된 합성 hit 형태소 H_{MAND-A} 와 합성 miss 형태소 M_{MAND-A} 는

$$H_{MAND-A} = H_{AND-A_1} \cap H_{AND-A_2} \cap \dots \cap H_{AND-A_N} \quad (11)$$

$$M_{MAND-A} = M_{AND-A_1} \cap M_{AND-A_2} \cap \dots \cap M_{AND-A_N} \quad (12)$$

와 같다. 이렇게 구성된 다단계 합성 hit 형태소와 다단계 합성 miss 형태소를 이용한 HMT는

$$\begin{aligned} X \otimes (H_{MAND-A}, M_{MAND-A}) = & \\ [X \ominus (H_{AND-A_1} \cap H_{AND-A_2} \cap \dots \cap H_{AND-A_N})] \cap & \\ [X^c \ominus (M_{AND-A_1} \cap M_{AND-A_2} \cap \dots \cap M_{AND-A_N})] & \end{aligned} \quad (13)$$

와 같다. 이와 같이 다단계 합성 hit 형태소와 다단계 합성 miss 형태소를 이용하여 HMT를 수행하면 HT에서 H_{MAND-A} 로 정해지는 영상과 같거나 큰 영상은 모두 검출되고, MT에서 M_{MAND-A} 로 정해지는 영상과 같거나 큰 영상은 모두 검출된다. 결국 이렇게 검출된 두 개의 상관결과에 대해 공통성분을 취하면 서로 다른 영상들을 한번에 검출할 뿐만 아니라 이들 영상들의 왜곡된 영상까지 모두 검출해 낼 수 있다.

2) 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법

복잡한 모양의 영상을 분류 인식하기 위하여 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법으로 합성 형태소를 구성하는 방법을 제안하였다. 다단계 합성 형태소는 먼저, 모양이 서로 다른 여러 영상 중 동일영상의 작은 기준영상과 큰 기준영상을 집합이론으로 합성하여 각각의 합성 형태소를 구성하고, 이들을 학습영상으로 하여 SDF 합성한 하나의 형태

소를 구성하였다. 이렇게 만들어진 다단계 합성 형태소를 이용하여 HMT를 수행하면 모양이 서로 다른 여러 영상을 동시에 인식할 뿐만 아니라, 동일영상의 왜곡된 형태도 인식할 수 있다. 그리고 인식하고자 하는 영상(참영상)과 분리하고자 하는 영상(거짓영상)을 학습영상으로 하여 MOF-SDF 합성법으로 다단계 합성형태소를 구성하면, 형태가 다른 영상들을 개별적으로 분리 인식할 수가 있다. 예를 들어 i 번째 기준영상을 B_i 라 두고, 작은 기준영상을 B_{IS} , 큰 기준영상을 B_{IL} 이라 할 때, 집합연산으로 구성된 합성 hit 형태소 H_{AND-B_i} 와 합성 miss 형태소 M_{AND-B_i} 는

$$\begin{aligned} H_{AND-B_i} &= B_{IS} \cap B_{IL} \\ M_{AND-B_i} &= B_{IS}^c \cap B_{IL}^c \end{aligned} \quad (14)$$

와 같다. 이렇게 구성된 N 개의 합성 형태소들을 다시 SDF 합성법으로 합성한 다단계 합성 hit 형태소 $H_{SDF-AND-B}$ 와 다단계 합성 miss 형태소 $M_{SDF-AND-B}$ 를 수식적으로 표현하면

$$H_{SDF-AND-B} = \sum_{i=1}^N c_i H_{AND-B_i} \quad (15)$$

$$M_{SDF-AND-B} = \sum_{i=1}^N d_i M_{AND-B_i} \quad (16)$$

와 같다. 여기서 c_i 는 다단계 합성 hit 형태소를 구성하기 위한 가중치 벡터이고, d_i 는 다단계 합성 miss 형태소를 구성하기 위한 가중치벡터이며

$$\begin{aligned} c &= R_{hit}^{-1} u \\ d &= R_{miss}^{-1} u \end{aligned} \quad (17)$$

와 같이 구성된다. 제한벡터 u 의 요소는 N 개의 영상을 동일영상으로 인식하기 위한 ECP-SDF 합성법에서는 모두 '1'로 구성한다. 그리고 VIP 행렬 R_{hit} 과 R_{miss} 는

$$R_{hit-ii} = \max \langle H_{AND-B_i} \cdot H_{AND-B_i} \rangle \quad (18)$$

$$R_{hit-ij} = \max \langle H_{AND-B_i} \cdot H_{AND-B_j} \rangle$$

$$R_{miss-ii} = \max \langle M_{AND-B_i} \cdot M_{AND-B_i} \rangle \quad (19)$$

$$R_{miss-ij} = \max \langle M_{AND-B_i} \cdot M_{AND-B_j} \rangle$$

로 구성되며, R_{hit} 과 R_{miss} 의 요소 값은 각각 집합연

산으로 구성된 합성 hit 형태소들과 합성 miss 형태소들의 자기상관 침투치와 상호상관 침투치이다. 이렇게 구성된 다단계 합성 hit 형태소와 다단계 합성 miss 형태소를 이용한 HMT는

$$X \otimes (H_{SDF-AND-B}, M_{SDF-AND-B}) = (X \ominus \sum_{i=1}^N c_i H_{AND-B_i}) \cap (X^c \ominus \sum_{i=1}^N d_i M_{AND-B_i}) \quad (20)$$

와 같다. 제안된 MSHMT로 영상을 인식하면, 서로 다른 형태의 여러 영상과 왜곡된 영상들도 동시에 인식할 수 있을 뿐 만 아니라 MOF-SDF 합성법으로 형태소를 구성하면 분리 인식도 가능하므로 형태가 다른 많은 영상의 인식에 유용한 방법이다

III. 컴퓨터 시뮬레이션 및 고찰

본 논문에서 제안한 MSHMT의 효용성을 확인하기 위해 자율주행차량의 교통표지판 인식에 적용하여 보았다. 교통표지는 그 종류가 많고 다양할 뿐만 아니라 차량이 이동하면서 획득한 영상으로부터 얻어지므로 크기, 회전 등의 왜곡을 가지게 되어 아주 많은 인식대상이 발생하게 된다. 이와 같은 자율주행차량의 교통표지 인식은 표지를 검출하는 단계와 표지 부호를 인식하는 단계로 나누어 수행하게 된다. 교통표지는 원, 삼각형 및 역삼각형의 단순한 형태를 가지므로 검출단계에서는 집합이론으로 합성된 형태소를 이용하였다. 표지 부호는 그 종류가 아주 많기 때문에 집합이론만으로는 분류 인식이 불가능하기 때문에, 표지내의 왜곡된 영상들을 동시에 인식한 후 개별적으로 분리 인식하기 위하여 집합이론과 SDF 합성법으로 만들어진 형태소를 이용하였다.

여러 가지 교통표지 중 그림 1의 속도제한 표지판을 인식대상으로 하였다. 본 논문에서의 실험은 제한된 범위의 왜곡영상을 인식하는 것으로 하였다. 그림 1(a)의 영상은 제한속도가 50km인 표지의 작은 영상이고 1(b)는 큰 영상이다. 그림 1(c)는 작은 표지영상의 hit 형태소이고 1(d)는 큰 표지영상의 hit 형태소이며, 1(e)는 두 hit 형태소의 공통성분으로 구성된 합성 hit 형태소이다. 그림 1(f)는 작은 표지영상의 miss 형태소이고 1(g)는 큰 표지영상의 miss 형태소이며, 1(h)는 두 miss 형태소의 공통성분으로 구성된 합성 miss 형태소이다.

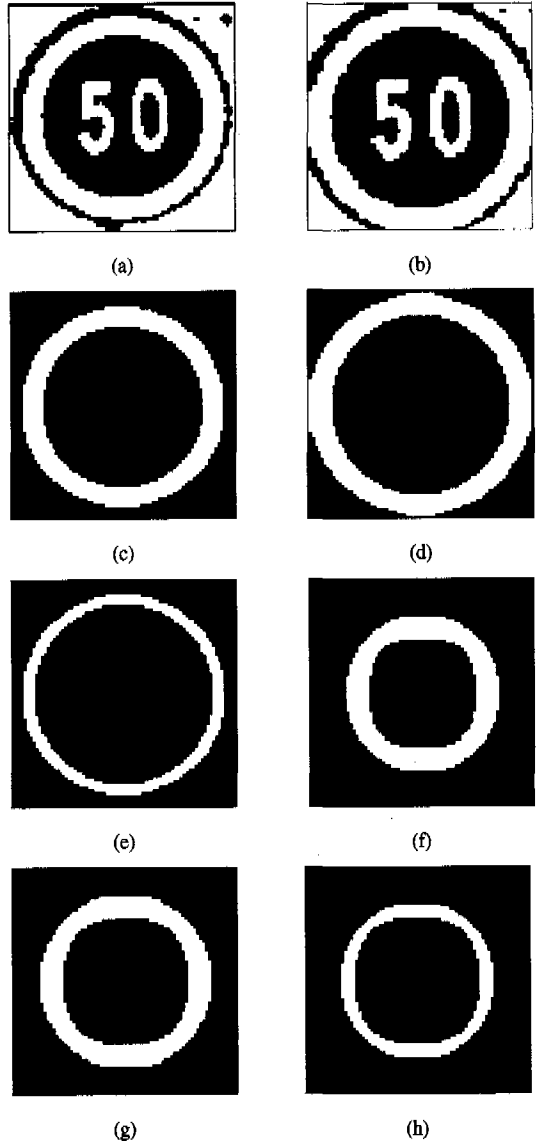


그림 1. 속도제한 표지 검출을 위한 합성 형태소들 : (a) 작은 표지, (b) 큰 표지, (c) 작은 hit 형태소, (d) 큰 hit 형태소, (e) 합성 hit 형태소, (f) 작은 miss 형태소, (g) 큰 miss 형태소, (h) 합성 miss 형태소

그림 2(a)는 그림 1(e)에서 구성된 원 모양(속도제한)의 합성 hit 형태소와 삼각형(주의) 및 역삼각형(규제) 모양의 합성 hit 형태소의 공통성분으로 구성된 다단계 합성 hit 형태소이며, 그림 2(b)는 합성 형태소들을 같은 방식으로 구성한 다단계 합성 miss 형태소이다. 이렇게 구성된 2 개의 형태소를 이용하여 HMT 연산을 수행하면 간단한 형태(원, 삼각형, 역삼각형)의 영상을 한번에 인식할 수 있다.

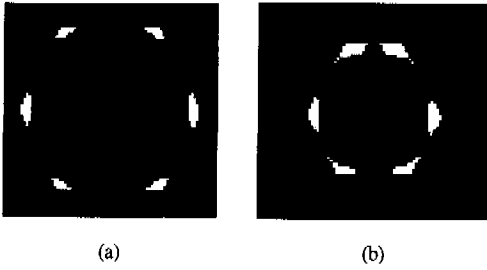


그림 2. 제안된 다단계 합성법을 사용한 속도제한, 주의 및 규제표지 검출을 위한 합성 형태소들 : (a) 합성 hit 형태소, (b) 합성 miss 형태소

그림 3(a)는 속도제한 표지판을 포함하고 있는 실 영상이고, 3(b)는 그것의 보영상이다. 그림 3(c)는 그림 2(a)의 다단계 합성 hit 형태소를 이용하여 얻은 hit 변환 결과이고, 3(d)는 그림 2(b)의 다단계 합성 miss 형태소를 이용하여 얻은 miss 변환 결과이다. 그림 3(e)는 HT 연산과 MT 연산의 공통성분을 취한 HMT 연산의 결과이며, 그림에서 보듯이 원 모양의 속도제한 표지판을 검출함을 볼 수 있다.

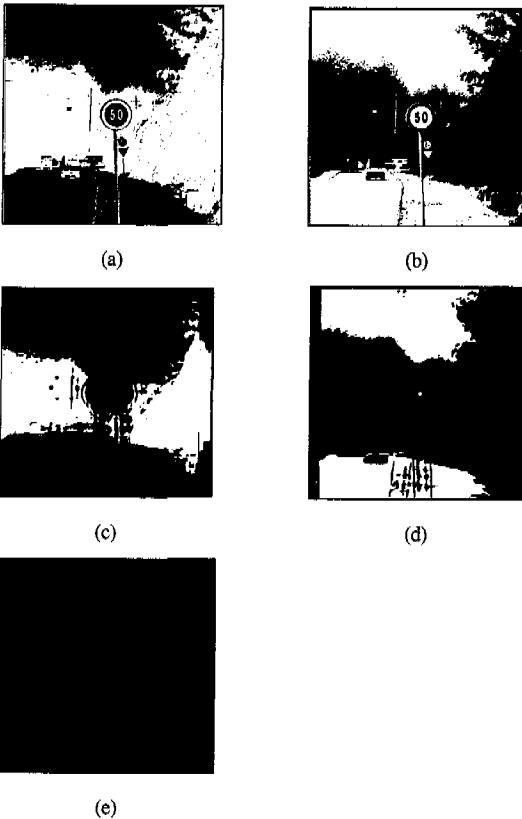


그림 3. 속도제한 표지 검출을 위한 제안된 HMT 알고리즘의 예 : (a) 입력영상, (b) 입력의 보영상, (c) hit 변환 결과, (d) miss 변환 결과, (e) HMT 결과

그림 4(a) 및 4(c)는 큰 모양과 작은 모양의 속도제한 표지판 영상을 나타내고, 4(b) 및 4(d)는 그림 2의 다단계 합성 형태소와 각각의 속도제한 표지판과의 HMT 연산 결과를 나타낸다. 결과에서 보듯이 하나의 합성 형태소를 사용하여 실영상에서 서로 다른 크기의 속도제한 표지판을 찾아내는 것을 볼 수 있다.

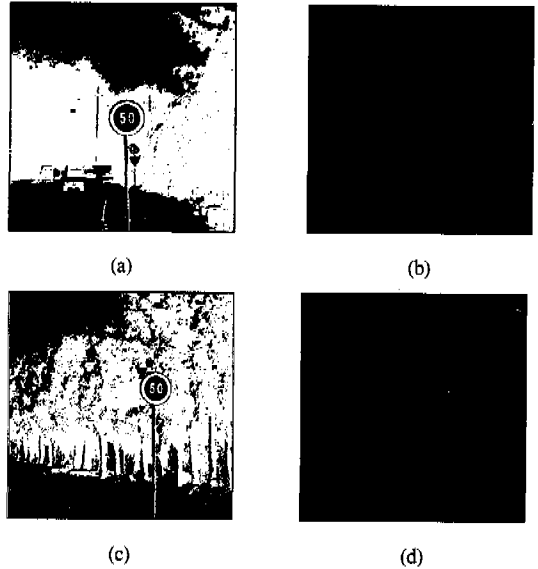


그림 4. 속도제한 표지의 검출을 위한 제안된 HMT 알고리즘의 예 : (a) 큰 입력영상, (b) 큰 입력에 대한 HMT 결과, (c) 작은 입력영상, (d) 작은 영상에 대한 HMT 결과

그림 5는 그림 2의 다단계 합성 형태소를 이용하여 삼각형과 역삼각형의 표지판도 검출할 수 있는 지를 나타내는 결과이다. 결과에서 보듯이 원 모양의 표지판 뿐만 아니라 삼각형 및 역삼각형의 표지판도 하나의 형태소로 HMT 연산을 수행하면 모두 인식할 수 있음을 알 수 있다.

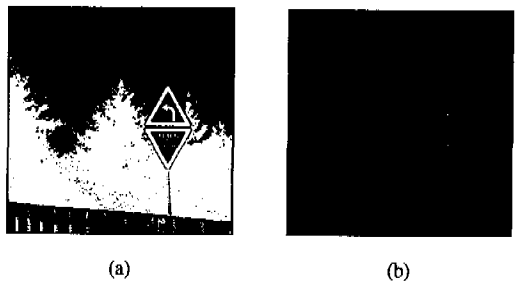


그림 5. 주의 및 규제표지 검출을 위한 제안된 HMT 알고리즘의 예 : (a) 입력영상, (b) HMT 결과

집합이론으로 합성 형태소를 구성하여 HMT 연산을 실행하면 간단한 형태의 영상들을 한꺼번에 인식할 수 있음을 확인하였다. 속도제한 표지에서 얼마의 속도를 제한하는지를 알려면 표지판내의 숫자를 인식하여야만 가능하다. 그러나 집합이론만으로 구성된 형태소를 이용하면 이들을 구분해서 인식하기가 어렵다. 이것은 집합이론과 SDF 합성법을 같이 사용하여 형태소를 구성하면 해결할 수 있다.

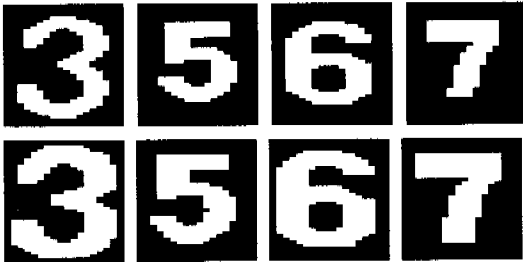


그림 6. 30, 50, 60 및 70 속도제한 표지 부호의 작은 기준 영상과 큰 기준영상

그림 6은 30, 50, 60 및 70km의 속도로 제한하는 표지판을 인식하기 위하여 형태소 합성에 사용된 기준영상들을 나타낸다. 제한속도 표지의 부호들에는 '0'을 공통으로 포함하고 있기 때문에 인식시 무시해도 되므로 기준영상에서 '0'을 제외하였다.

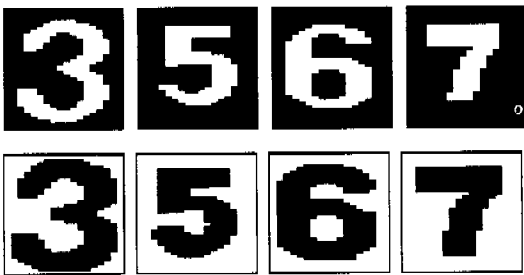


그림 7. 집합이론을 이용한 30, 50, 60 및 70 속도제한 표지의 합성 hit 형태소와 miss 형태소

그림 7은 그림 6의 각 속도제한 표지판을 집합이론만으로 구성한 합성 hit 형태소와 합성 miss 형태소를 나타낸다.

그림 7의 합성 hit 형태소에서 '3'과 '5'를 기준영상으로 하여 SDF 합성한 다단계 합성 hit 형태소는 그림 8(a)와 같고, '6'과 '7'을 기준영상으로 하여 SDF 합성한 다단계 합성 hit 형태소는 그림 8(b)와 같다. 그림 8(c)와 8(d)는 합성 miss 형태소를 같은

그룹으로 나누어 SDF 합성한 다단계 합성 miss 형태소이다. 그림 8(e)는 4 개의 합성 hit 형태소를 기준영상으로 하여 SDF 합성한 다단계 합성 hit 형태소이고, 그림 8(f)는 4 개의 합성 miss 형태소를 기준영상으로 하여 SDF 합성한 다단계 합성 miss 형태소이다.

그림 8에서 구성한 다단계 합성 형태소를 이용하여 HMT 연산을 수행하면 서로 다른 여러 부호뿐만 아니라 여러 부호의 왜곡된 형태(중간크기 영상이나 제한된 범위의 회전된 부호)들을 동시에 인식할 수 있다.

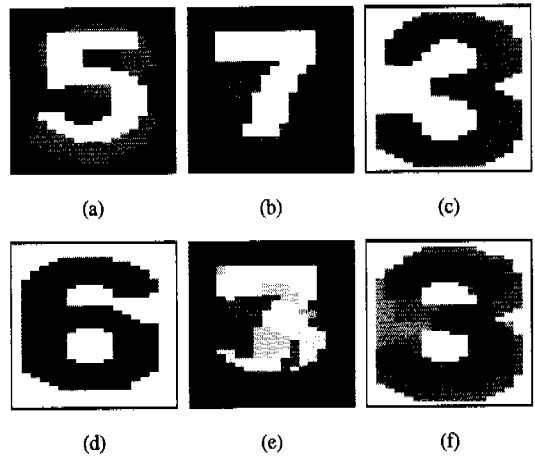


그림 8. 제안된 집합이론과 SDF 합성법을 이용한 그림 7의 합성 hit 형태소와 miss 형태소 : (a) 30, 50의 합성 hit 형태소, (b) 60, 70의 합성 hit 형태소, (c) 30, 50의 합성 miss 형태소, (d) 60, 70의 합성 miss 형태소, (e) 30, 50, 60, 70의 합성 hit 형태소, (f) 30, 50, 60, 70의 합성 miss 형태소

그림 9(a)는 50km의 제한속도를 갖는 표지판의 세 가지 왜곡된 형태를 보여주고, 9(b)는 그림 8(e)와 (f)의 다단계 합성 형태소를 이용하여 HMT 연산한 결과를 나타낸다. 결과에서 보듯이 왜곡된 모든 영상을 동시에 인식할 수 있음을 알 수 있다.

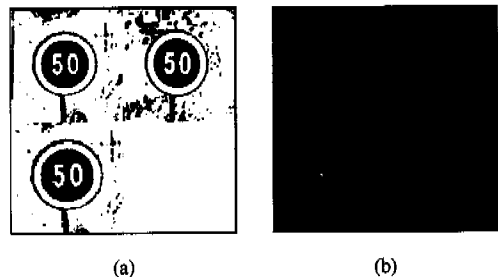


그림 9. 왜곡된 50 속도제한 표지 부호 인식을 위한 HMT 연산의 결과 : (a) 입력영상, (b) HMT 결과

그림 10은 제한속도 표지에서 가장 자주 나타나는 30, 50, 60 및 70의 부호들을 포함한 속도표지판을 인식한 결과를 나타낸다. 그림 10(a)는 실험에 사용된 입력영상이고, 10(b)는 그림 8(e)와 8(f) 다단계 합성 형태소를 이용하여 HMT 연산한 결과를 나타낸다. 역시 4 개의 각 부호들을 모두 인식함을 알 수 있다. 그림 10(c)는 그림 8(a)와 8(c)의 다단계 합성 형태소를 이용하여 HMT 연산한 결과이고, 역시 30과 50의 부호만을 인식함을 볼 수 있다. 그림 10(d)는 그림 7의 30 부호만 인식하는 합성 형태소로 HMT 연산한 결과이고, 4 개의 입력 중 30의 위치에서만 상관첨두치가 나타남을 볼 수 있다.

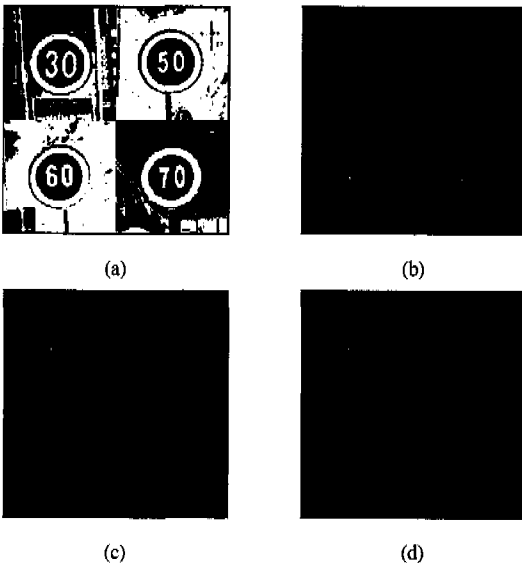


그림 10. 30 속도제한 표지 부호인식을 위한 단계적 HMT 연산 결과 : (a) 입력영상, (b) 1 단계 HMT 결과, (c) 2 단계 HMT 결과, (d) 3 단계 HMT 결과

IV. 결론

본 논문에서는 다중물체의 왜곡불변 인식을 위하여 기존의 광학적 SHMT를 보완한 MSHMT를 제안하였다. 집합이론을 이용한 SHMT는 합성방법은 간단하나 형태소를 합성하는데 사용된 참영상과 유사한 거짓영상을 분리인식하지 못하였으며, SDF를 이용한 SHMT는 참영상과 유사한 거짓영상을 분리 인식하기는 용이하나 분류 대상이 많아지면 형태소의 합성방법이 복잡해지고 오인식이 발생할 수 있었다. 이 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 단순한 모양의 영상을 분류 인식할 경우에는 집합이론을 이용한 다단계 합성법으로 형태소를 구성하여

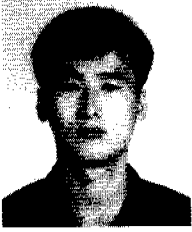
HMT를 실행하였으며, 복잡한 모양의 영상을 분류 인식할 경우에는 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법으로 구성된 형태소로 HMT를 실행하였다. 제안한 MSHMT의 타당성을 확인하기 위하여 배경 잡음 및 전경잡음을 갖는 교통표지 실영상에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 제안한 방법이 표지판의 검출 및 부호 인식에 효과적임을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] D. Casasent, R. Schaefer, and R. Sturgill, "optical hit-miss morphological transform," *Appl. Opt.*, vol. 31, no. 29, pp. 6255~6263, 1992.
- [2] Yao, M. Wu, G. Jin, G. Huang, and Y. Yan, "New optoelectronic morphological scheme for multiple-object recognition," *Opt. Eng.*, vol. 33, no. 11, pp. 3727~3732, 1994.
- [3] S. Yuan, M. Wu, G. Cheng, and G. Jin, "Optical morphological hit-miss transform for pattern recognition of gray-scale image," *Proc. SPIE*, vol. 2751, pp. 271~277, 1996.
- [4] O. Bhattacharya, W. Whu, and K. Qian, "Shape recognition method using morphological hit-or-miss transform," *Opt. Eng.*, vol. 34, no. 6, pp. 1718~1725, 1995.
- [5] D. Casasent, W. Rozzi, and D. Fetterly, "Projection synthetic discriminant function performance," *Opt. Eng.*, vol. 23, no. 6, pp. 716~720, 1984.
- [6] 김종찬, 김종윤, 김정우, 도양희, 김수중, "합성형태소를 이용한 광학적 Hit-Miss 변환," *한국통신학회논문지*, vol. 23, no. 3, pp. 623~629, 1998.
- [7] 김종찬, 김정우, 이하운, 도양희, 김수중, "이동물체의 광학적 인식을 위한 합성 HMT," *대한전자공학회논문지*, vol. 35-D, no. 3, pp. 294~302, 1998.

현 영 길(Young-Kil Hyun)

정회원



1993년 2월 : 제주대학교 전자
공학과 졸업

1999년 2월 : 제주대학교 전자
공학과 석사

<주관심 분야> 광신호처리, 광
형태인식 및 광컴퓨팅 등

김 종 찬(Jong-Chan Kim)

정회원

통신학회 논문지 제23권 제3호 참조

현재 : 경북전문대학 전자과 조교수

김 정 우(Jeong-Woo Kim)

정회원

통신학회 논문지 제21권 제1호 참조

현재 : 동양대학교 전자공학부 조교수

도 양 회(Yang-Hoi Doh)

정회원

통신학회 논문지 제20권 제5호 참조

현재 : 제주대학교 전기전자공학부 부교수

김 수 중(Soo-Joong Kim)

정회원

통신학회 논문지 제24권 제2B호 참조

현재 : 경북대학교 전자전기공학부 교수