

수정 합성 HMT를 이용한 교통표지 분류

현영길* · 윤종수* · 도양회**

Classification of traffic sign using modified synthetic HMT

Young-Kil Hyun*, Jong-Soo Yoon* and Yang-Hoi Doh**

ABSTRACT

A classification algorithm of traffic signs using a MSHMT(modified synthetic hit-miss transform) is proposed for the autonomous road vehicles(ARV's). In the case of classification of traffic signs, there are many kinds of signs with intraclass distortions and interclass similarities. The MSHMT provides a good solution with the property of distortion invariant recognition of multiple objects in noisy and cluttered scene. The proposed algorithm of traffic sign classification consists of the phase of sign detection and the phase of symbol recognition. In the phase of sign detection, structuring elements(SEs) are synthesized using only set theory to adapt to simple variations. In the phase of symbol recognition, SEs are synthesized using set theory and SDF(synthetic discriminant function) synthesis method to adapt to complex variations. Based on extensive simulations, it has been shown that the proposed algorithm is efficient for the classification of traffic signs.

Key Words : Hit-miss transform, synthetic structuring element, traffic sign

1. 서 론

최근 비전 시스템이나 컴퓨터 기술의 발달에 힘입어 차량의 실내에 여러 가지 센서를 설치하고, 이 센서를 이용하여 장애물을 피하면서 원하는 목적지까지

스스로 경로를 선택하여 주행하는 이동용 로봇이나 일반 자동차와 같이 실제 도로를 주행하기 위한 자율주행차량에 관한 연구가 활발히 진행중이다. 본 논문에서는 자율주행차량을 위하여 도로교통표지를 실시간으로 인식, 분류하는 방법을 제안하였다. 자율주행차량의 안전 주행을 위해 차선, 장애물과 함께 실시간으로 인식해야 할 중요한 요소는 도로교통표지를 인식하는 것이다. 도로교통표지에는 주의표지, 규제표지, 지시표지 등이 있고 이러한 표지판 내에는 도로의 형태나 지시방향, 제한속도와 같은 문자부호 등이 들어 있기 때문에 교통표지는 종류가 많고, 다양

* 제주대학교 대학원

Graduate School, Cheju National University

** 제주대학교 공과대학 전기전자공학부, 산업기술연구소

Faculty of Electrical & Electronic Eng., Res. Inst. Ind. Tech., Cheju Nat'l Univ.

하다. 또한, 교통표지 인식 시스템은 차량이 이동하면서 획득한 실영상으로부터 얻어지므로 배경잡음이나 전경잡음, 표지판의 크기 변화나 회전 등의 왜곡을 가지게 되어 인식해야될 대상이 아주 많이 발생하게 된다. 이렇게 많은 인식대상을 교통표지 인식 시스템이 실시간으로 처리하기 위해서는 디지털 컴퓨터를 이용한 수학적 접근방법으로는 인식속도 등의 문제로 시스템 구현에 어려움이 많다.¹⁾ 반면, 광의 빠른 처리 속도를 이용한 광신호처리는 광학 시스템의 2차원적 퓨리에 변환 능력을 이용하여 영상의 실시간 인식 및 분류에 유리한 기능을 제공한다.²⁾

수리형태학적 변환 알고리즘의 하나인 HMT(hit-miss transform)는 배경잡음이나 전경잡음을 갖는 영상에서 특정물체의 검출에 용이하게 사용될 수 있고, 광학 시스템으로 구현 될 수 있어 실시간으로 영상의 인식 및 분류가 가능하다.³⁾⁻⁶⁾ 본 논문에서는 인식대상을 효과적으로 인식, 분류하기 위하여 HMT를 보완한 수정 합성 HMT⁷⁾를 사용하였다. 수정 합성 HMT는 단순한 모양의 영상을 분류인식할 경우에는 집합이론을 이용한 다단계 합성법으로 형태소를 구성하여 HMT를 실행하고, 복잡한 모양의 영상을 분류인식할 경우에는 집합이론과 SDF(synthetic discriminant function)를 이용한 다단계 합성법으로 구성된 형태소로 HMT를 실행한다. 그러므로 교통표지를 인식하고 추출하는 단계에서는 집합이론을 이용한 다단계 합성법을 이용하고, 교통표지 내 부호를 인식, 분류하는 단계에서는 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법을 사용하였다.

II. 수정 합성 HMT

2.1. HMT (Hit Miss Transform)

HMT는 인식하고자 하는 영상을 형태소로 채택하여 입력영상내에 포함된 여러 가지 영상중 참영상을 찾아낼 수 있고, 특히 배경잡음이나 전경잡음이 있는 입력영상에서 참영상을 추출하는데 유용하다. HMT를 수식적으로 표현하기 위하여 이진 입력영상을 X , 이진 Hit 형태소를 H , 이진 Miss 형태소를 M 이라 정의하고 $X \otimes (H, M)$ 로 표시하면

$$X \otimes (H, M) = [(X \ominus H) \cap (X^c \ominus M)] \quad (1)$$

와 같이 정의된다. 여기서 $X \ominus H$ 는 Hit 변환(HT) 또는 Hit 녹입이라 하고, $X^c \ominus M$ 은 Miss 변환(MT) 또는 Miss 녹입이라 한다. 이때 X^c 는 X 에 대한 보영상이다. Hit 형태소 H 를 인식하고자 하는 영상으로 선택하면 HT 연산은 전경녹입(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 MT연산은 H 보다 작거나 같은 크기의 물체를 찾아 낼 수 있다. 따라서 HT와 MT 결과의 공통부분을 취한 HMT 연산은 입력영상내에서 형태소 H 와 일치하는 참영상의 위치에서 상관침두치가 나타나게 된다.

2.2. 수정 합성 HMT(Modified Synthetic Hit Miss Transform)를 위한 합성 형태소 구성 방법

2.2.1. 집합이론을 이용한 다단계 합성법

수정 합성 HMT는 모양이 서로 다른 간단한 형태의 영상을 동시에 인식할 수 있도록 집합이론을 이용한 다단계 합성법으로 형태소를 구성한다. 다단계 합성법은 먼저 서로 다른 모양의 영상들 중 동일한 모양의 작은 기준영상과 큰 기준영상을 집합이론으로 합성하여 각각의 합성 형태소를 구성한다. 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.

모양이 서로 다른 영상들의 기준 영상을 $A_1, A_2, A_3, \dots, A_N$ 이라 하면 집합이론을 이용한 다단계 합성 Hit 형태소 H_{MAND-A} 와 합성 Miss 형태소 M_{MAND-A} 는

$$\begin{aligned}
 H_{MAND-A} &= \\
 & H_{AND-A1} \cap H_{AND-A2} \cap \dots \cap H_{AND-AN} \quad (2) \\
 M_{MAND-A} &= \\
 & M_{AND-A1} \cap M_{AND-A2} \cap \dots \cap M_{AND-AN}
 \end{aligned}$$

와 같다. 이렇게 구성된 다단계 합성 Hit 형태소와 다단계 합성 Miss 형태소를 이용한 HMT는

$$\begin{aligned}
 X \otimes (H_{MAND-A}, M_{MAND-A}) &= \\
 & [X \ominus H_{AND-A1} \cap H_{AND-A2} \cap \dots \cap H_{AND-AN}] \cap \\
 & [X^c \ominus M_{AND-A1} \cap M_{AND-A2} \cap \dots \cap M_{AND-AN}] \quad (3)
 \end{aligned}$$

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.

2.2.2. 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법

복잡한 모양의 영상을 분류 인식하기 위하여 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법으로 합성형태소를 구성한다. 다단계 합성 형태소는 먼저, 모양이 서로 다른 여러 영상 중 동일영상의 작은 기준영상과 큰 기준영상을 집합이론으로 합성하여 각각의 합성 형태소를 구성하고, 이들을 학습영상으로 하여 SDF로 합성한 하나의 형태소를 구성한다. 이렇게 만들어진 다단계 합성 형태소를 이용하여 HMT를 수행하면 모양이 서로 다른 여러 영상을 동시에 인식할 뿐만 아니라, 동일영상의 왜곡된 형태도 인식할 수 있다. 또한 분리인식 하여야 할 비슷한 모양의 서로 다른 영상을 학습영상으로 사용하면 이들을 구분하여 인식할 수 있다.

집합이론으로 합성한 N 개의 합성 형태소들을 SDF로 합성하는 방법을 수식적으로 표현하기 위하

여 다단계 합성 Hit 형태소를 $H_{SDF-AND-B}$, 다단계 합성 Miss 형태소를 $M_{SDF-AND-B}$ 로 표시하면

$$\begin{aligned}
 H_{SDF-AND-B} &= \sum_{i=1}^N c_i H_{AND-Bi} \quad (4) \\
 M_{SDF-AND-B} &= \sum_{i=1}^N d_i M_{AND-Bi}
 \end{aligned}$$

와 같다. 여기서 c_i 는 다단계 합성 Hit 형태소를 구성하기 위한 가중치 벡터이고, d_i 는 다단계 합성 Miss 형태소를 구성하기 위한 가중치벡터이다. 이렇게 구성된 다단계 합성 Hit 형태소와 다단계 합성 Miss 형태소를 이용한 HMT는

$$\begin{aligned}
 X \otimes (H_{SDF-AND-B}, M_{SDF-AND-B}) &= \\
 & (X \ominus \sum_{i=1}^N c_i H_{AND-Bi}) \quad (5) \\
 & \cap (X^c \ominus \sum_{i=1}^N d_i M_{AND-Bi})
 \end{aligned}$$

와 같다. 수정 합성 HMT로 영상을 인식하면, 서로 다른 형태의 여러 영상과 왜곡된 영상들도 동시에 인식할 수 있을 뿐만 아니라 분리인식도 가능하므로 형태가 다른 많은 영상의 인식에 유용한 방법이다.

III. 교통 표지판 분류인식 알고리즘 및 컴퓨터 시뮬레이션

교통표지판 인식 시스템은 교통표지를 추출하는 단계와 추출된 교통표지판 영역에서 교통표지 부호를 인식하는 과정으로 나눌 수 있다. 집합이론으로 합성 형태소를 구성하여 HMT 연산을 실행하면 간단한 형태의 영상들을 한번에 인식할 수 있으므로 이를 교통표지판을 인식, 추출하는 단계에서 사용하였고, 복잡한 모양의 영상을 분류인식할 경우에는 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법으로 합성 형태소를 구성하여 HMT 연산을 실행하면 되므로 이를 교통표지내 부호를 인식하는 단계에서 사용하였다.

3.1. 표지판 인식 및 검출

본 논문에서는 표지의 대표적인 모양을 갖는 3개

의 표지, 즉 원 모양의 속도표지, 삼각형 모양의 주의 표지, 역삼각형 모양의 규제표지를 인식대상으로 하였다. 교통표지판을 추출하는 단계에서는 비교적 간단한 형태의 영상들을 인식하면 되므로, 수정 합성 HMT의 집합이론으로 합성형태소를 구성하였다. 그림 1은 속도표지, 주의표지, 규제표지 영상들에 대한 기준영상들과 집합이론으로 합성한 합성 형태소를 나타내었다. 그림 1(a), (b), (c)는 관측자와 교통표지 사이의 거리가 10m인 위치에서 획득한 영상이다, 여기서 Hit 형태소를 위한 기준영상들은 표지판의 테두리 부분을 선택하여 최적으로 구성하였으며, Miss 형태소를 위한 기준영상들은 표지판 테두리 안에서 숫자나 글자, 방향 부호가 포함되지 않는 부분을 선택하여 최적으로 구성하였다. 집합이론으로 합성한 합성 Hit 형태소는 그림 1(d)이고, 합성 Miss 형태소는 그림 1(e)에 나타내었다. 집합이론을 이용한 다단계 합성법으로 구성한 합성 Hit 형태소와 합성 Miss 형태소를 사용하여 HMT 물체인식에 관한 알

고리들에 적용하면 3종류의 표지판을 동시에 검출하는데 사용할 수 있다. Clutter나 잡음이 존재하는 입력영상과 다단계 합성 Hit 형태소와의 상관연산 후 문턱화하는 HT에서는 검출하고자 하는 3종류의 표지의 전경을 찾고, 입력영상의 보영상과 다단계 합성 Miss 형태소와의 상관연산 후 문턱화하는 MT에서는 검출하고자 하는 3개의 표지의 배경을 찾아서 이들의 공통성분을 취하면 HMT가 되며 3종류의 표지를 동시에 검출하게 된다.

그림 2는 배경잡음과 clutter를 갖는 입력영상에서의 표지 검출을 위한 시뮬레이션 결과로서, 그림 1의 집합이론으로 합성한 합성 형태소를 이용하여 HMT 연산을 실행한 결과를 나타내었다. 그림 2(a)는 이진 입력영상이고, 그림 2(b)는 입력영상에 다단계 합성 형태소를 이용하여 HMT 연산을 실행한 결과를 나타내었다. 두 개의 표지 위치에서 인식점이 나타나 표지 두 개를 한번에 인식함을 알 수 있다. 그림 2(c), (d)는 실영상에서 추출한 표지들을 나타

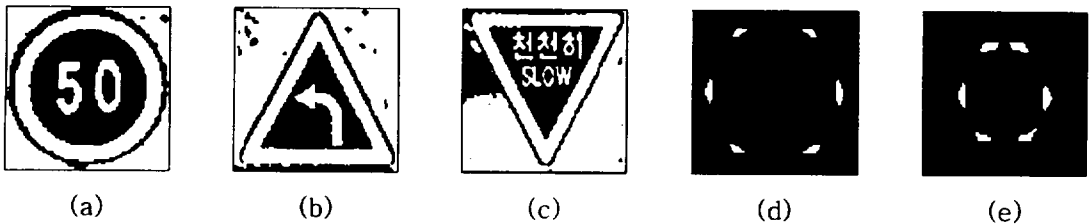


Fig. 1 Reference images and synthetic SEs for the detection of traffic signs using the multiple intersection method : (a) Speed limit sign; (b) warning sign; (c) regulation sign; (d) synthetic hit SE; (e) synthetic miss SE.

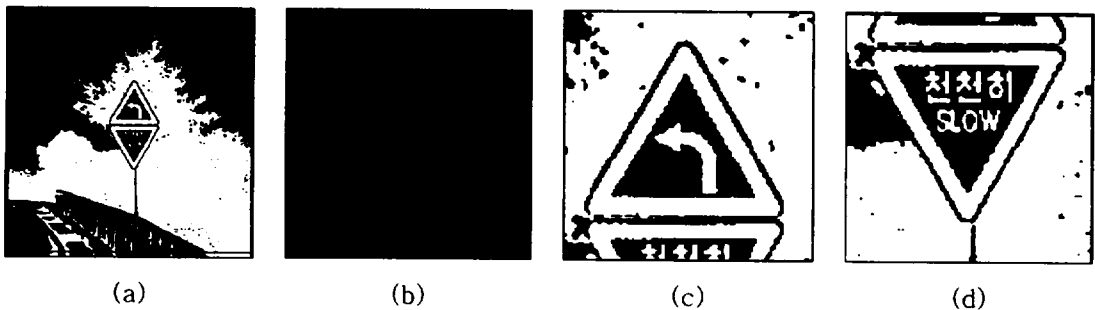


Fig. 2 The example of the HMT algorithm for the detection of a warning sign and a regulation sign : (a) Input image; (b) HMT result; (c) extracted warning sign image; (d) extracted regulation sign image

내었고, 다단계 합성 형태소를 이용하면 동시에 표지판들을 검출함을 확인할 수 있다.

수정 합성 HMT를 이용하면 모양이 서로 다른 표지들을 한번의 연산으로 모두 검출 할 수 있다. 이 때는 실영상으로부터 교통표지가 존재하는지를 확인하는 것이 우선이므로 검출된 표지가 어떤 종류인지는 중요하지 않다. 일단 교통표지의 존재가 확인되면 속도표지, 주의표지, 규제표지의 교집합 합성법으로 합성한 합성 형태소를 순서대로 이용하여 입력영상내에 어떤 종류의 표지가 있는지 검출 할 수 있다. 이렇게 확인된 표지를 추출하여 표지 부호를 인식할 수 있다.

3.2. 표지내 부호 인식 및 분류

집합이론으로 합성 형태소를 구성하여 HMT 연산을 실행하면 간단한 형태의 영상들을 한번에 인식할 수 있었다. 속도제한 표지에서 얼마의 속도를 제한하는지를 알려면 표지판내의 숫자를 인식해야 한다. 그러나 집합이론만으로 구성된 합성 형태소를 이용하면 이들을 구분해서 인식하기가 어렵다. 이처럼 복잡한 모양의 영상을 분류 인식할 경우에는 집합이론과 SDF를 이용한 다단계 합성법으로 형태소를 구성하여 HMT 연산을 실행하면 위와 같은 문제를 해결 할 수 있다.

그림 3에 보면 집합이론과 SDF 합성법을 이용하여 단계적 합성 형태소를 구성할 때 사용하기 위한 여러 부호들의 크고 작은 기준영상들을 그룹별로 나타내었다. 여기서 기준영상들의 선택은 각 표지 부호들의 실영상을 선택하여 최적으로 구성하였다. 그림 3(a)는 제한속도 30, 50, 60, 70을 갖는 표지 부호들의 기준영상들을 한 그룹으로 묶어 놓은 것을 나타내었다. 제한속도표지의 부호들에는 '0'이라는 부호가 공통으로 포함되어 있어 인식할 때 무시해도 되므로 '0'이라는 부호를 기준영상에서 제외하였다. 그림 3(b)는 T, L, T, + shaped 교차로표지 부호들의 기준영상들을 한 그룹으로 나타내었고, 그림 3(c)는 좌합류, 우합류, 좌로굽은, 우로굽은 도로표지 부호들의 기준영상들을 한 그룹으로 나타내었다. 이렇게 여러 부호들을 그룹으로 나누어 단계적 합성 형태소들을 구성하면 부호를 그룹으로 인식한 후 그룹내의 부호들을 개별적으로 분리 인식할 수 있다. 만약, 제한속

도 30을 갖는 표지 부호를 인식하기 위해서는 먼저 그림 1의 제한속도 30, 50, 60, 70의 부호를 동시에 인식하도록 하고, 다음으로 제한속도 30, 50의 부호를 동시에 인식하도록 하며, 마지막으로 제한속도 30 부호만을 인식하도록 하면 된다. 따라서 하나의 부호를 인식하기 위해서 4개의 부호를 동시에 인식

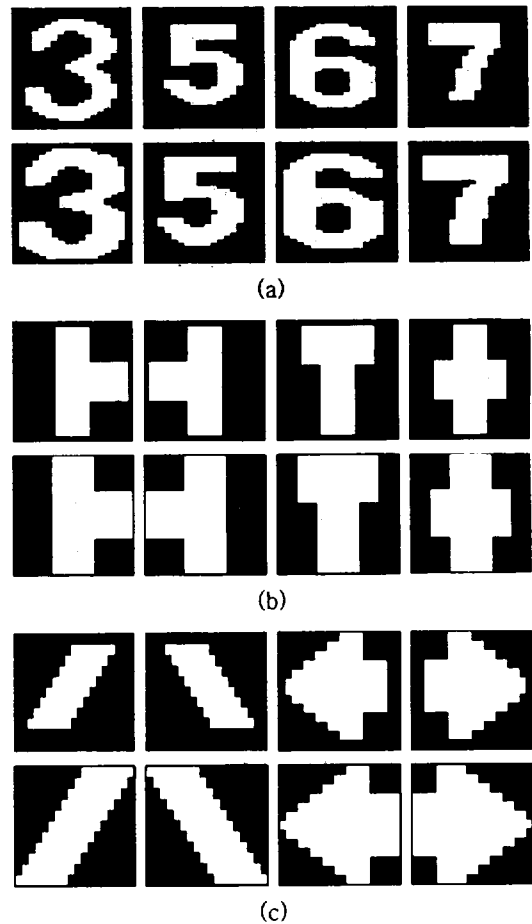


Fig. 3 Three groups of small and large reference images:

- (a) 30, 50, 60, 70 speed limit sign symbols;
- (b) T, L, T, + shaped crossroad sign symbols;
- (c) left junction, right junction, left curve, right curve sign symbols.

하기 위한 단계적 합성 형태소들과 2개의 부호를 동시에 인식하기 위한 단계적 합성 형태소들 그리고 1개의 동일한 부호의 왜곡된 부호(중간 부호나 제한된 범위의 회전부호)들을 동시에 인식하기 위한 합성 형태소들을 구성하였다.

그림 4에는 각 부호들의 왜곡된 부호들을 동시에 인식하기 위하여 교집합 합성법으로 구성된 합성 Hit

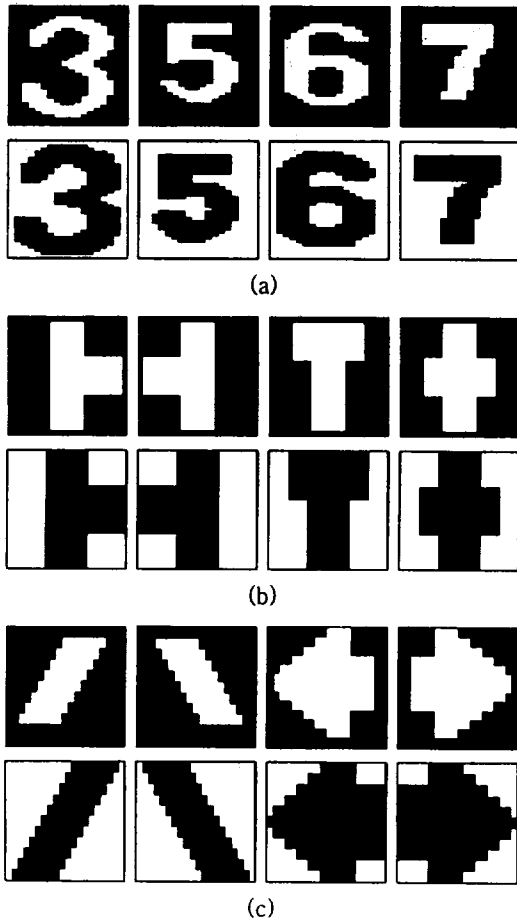


Fig. 4 Synthetic hit SEs and miss SEs of Fig. 3 using intersection method:

- (a) 30, 50, 60, 70 speed limit sign symbols;
- (b) T, -, T, + shaped crossroad sign symbols;
- (c) left junction, right junction, left curve, right curve sign symbols.

형태소들과 합성 Miss 형태소들을 나타내었다. 그림 4(a)는 30, 50, 60, 70의 제한속도표지 부호들의 합성 형태소들을, 그림 4(b)는 T, -, T, +자형 교차로표지 부호들의 합성 형태소들을, 그림 4(c)는 좌합류, 우합류, 좌로굽은, 우로굽은 도로표지 부호들의 합성 형태소들을 각각 나타내었다. 이렇게 구성된 각 부호의 합성 형태소들을 2개씩 또는 4개씩 SDF 합성법으로 구성된 단계적 합성 Hit 형태소들과 단계적 합성 Miss 형태소들을 그림 5에 나타내었다. 먼저 각 부호들을 2개씩 동시에 인식하기 위한 것으로 그림 5(a)는 제한속도 30과 50, (b)는 제한속도 60과 70, (c)는 T와 -자형 교차로, (d)는 T와 +자형 교차로, (e)는 좌합류와 우합류, (f)는 좌로굽은과 우로굽은 도로표지 부호들의 단계적 합성 형태소들이다. 그리고 각 부호들을 4개씩 동시에 인식하기 위한 것으로 그림 5(g)는 제한속도 30, 50, 60, 70, (h)는 T, -, T, +자형 교차로, (i)는 좌합류, 우합류, 좌로굽은, 우로굽은 도로표지 부호들의 단계적 합성 형태소들이다.

그림 6, 7, 8, 9는 실영상에서 표지내의 부호를 인식하기 위하여 단계적 합성 형태소들을 이용한 HMT의 결과들을 각각 나타내었다. 단계적 합성 형태소를 이용하여 HMT 연산을 수행하면 서로 다른 여러 부호뿐만 아니라 여러 부호의 왜곡된 부호들을 동시에 인식할 수 있다. 그래서 시뮬레이션 결과에서는 교집합 합성법과 SDF 합성법의 단계적 합성 형태소를 이용하여 먼저 동일부호의 왜곡된 부호들을 동시에 인식하는 결과를 나타내었고, 다음으로 서로 다른 여러 부호를 동시에 인식하고, 인식하고자 하는 하나의 부호를 분리 인식하는 과정을 단계적으로 나타내었다.

그림 6에는 동일한 제한속도 50을 갖는 표지 부호의 왜곡된 부호들을 동시에 인식하는 HMT 결과를 나타내었다. 여기에 사용된 단계적 합성 형태소는 제한속도 30, 50, 60, 70의 왜곡된 부호들을 동시에 인식하도록 구성한 그림 5(g)이다. 그림 6(a)는 동일부호 50의 왜곡된 부호들을 한 입력영상에 나타낸 것으로 입력영상의 좌상단에는 작은 부호, 좌하단에는 큰 부호, 우상단에는 제한된 범위에서 회전된 중간 부호이다. 그림 6(b)의 HMT 결과에서 보면 제

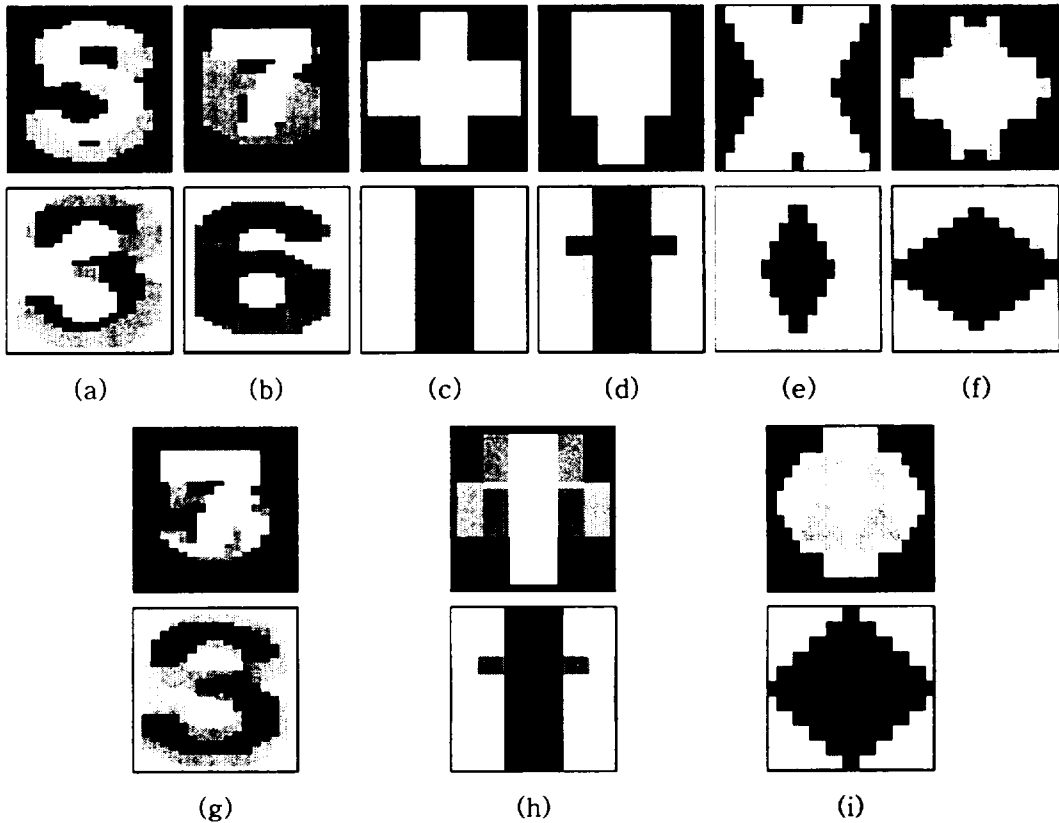


Fig. 5 Synthetic hit SEs and miss SEs of Fig. 3 using intersection and SDF method: (a) 30, 50 speed limit sign symbols; (b) 60, 70 speed limit sign symbols; (c) T, + shaped crossroad sign symbols; (d) T, + shaped crossroad sign symbols; (e) left junction, right junction sign symbols; (f) left curve, right curve sign symbols; (g) 30, 50, 60, 70 speed limit sign symbols; (h) T, +, T, + shaped crossroad sign symbols; (i) left junction, right junction, left curve, right curve sign symbols.

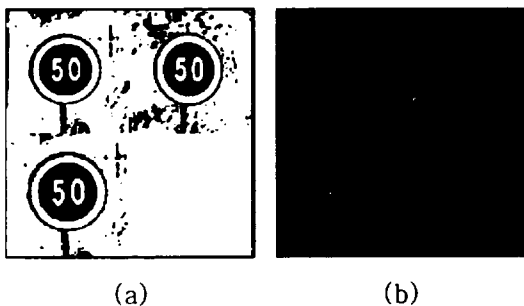


Fig. 6 The result of HMT for the recognition of distorted 50 speed limit sign symbol: (a) Input image; (b) HMT result.

한속도 30, 50, 60, 70의 범위에 포함되는 제한속도 50 부호의 크고 작은 영상뿐만 아니라 왜곡된 부호를 모두 인식하고 있음을 보여준다.

그림 7에는 인식하고자 하는 하나의 부호, 즉 제한속도 30을 갖는 표지 부호를 단계적인 HMT 결과로 인식하는 과정을 나타내었다. 그림 7(a)는 제한속도 표지 중에서 가장 자주 나타나는 30, 50, 60, 70의 부호들을 포함한 속도 표지들을 한 입력영상에 나타내었다. 이 입력영상과 제한속도 30, 50, 60, 70의 왜곡된 부호들을 동시에 인식할 수 있도록 합성한 그림 5(g)의 단계적 합성 형태소와의 1단계 HMT 결과를 그림 7(b)에 나타내었다. 이 결과에서 제한속

도 30, 50, 60, 70의 부호들을 동시에 인식하고 있음을 볼 수 있다. 따라서 그림 5(g)의 단계적 합성 형태소를 이용하면 서로 다른 여러 부호를 동시에 인식할 뿐만 아니라 여러 부호의 왜곡된 부호를 동시에 인식할 수 있음을 보여준다. 2단계 HMT 결과는 그림 7(c)에 나타내었으며, 이는 입력영상과 단계적 합성 형태소 그림 5(a)와의 HMT 결과로 제한속도 30과 50 부호를 인식하는 것을 보여준다. 3단계 HMT 결과는 그림 7(d)에 나타내었으며, 이는 입력영상과 그림 4(a)의 합성 형태소들 중 첫 자리에 나타낸 제한속도 30 부호만 인식하는 합성 형태소와의 HMT 결과이다. 결과적으로 3단계 HMT 결과로 제한속도 표시 부호 중 30 부호만 분리 인식해 낼 수 있다.

그림 8에는 T, -, T, +자형 교차로 표시들을 한 입력영상으로 하여 HMT를 단계적으로 수행하여 T자형 교차로표지 부호를 인식하는 과정을 그림 7

과 같은 방법으로 나타내었다. 8(a)는 입력영상이고, 그림 8(b)는 1단계 HMT결과이다. 이때 사용된 단계적 합성 형태소는 T, -, T, +자형 교차로표지 부호들을 동시에 인식하기 위한 그림 5(h)이다. 2단계 HMT 결과는 그림 8(c)에 나타내었고, 이때 사용된 단계적 합성 형태소는 T, -자형 교차로표지 부호들을 동시에 인식하기 위한 그림 5(c)이다. 3단계 HMT 결과는 그림 8(d)에 나타내었고, 이때 사용된 합성 형태소는 T자형 교차로표지 부호의 왜곡된 부호들을 동시에 인식하기 위한 그림 4(b)의 첫 자리에 나타낸 합성 형태소이다. 결과적으로 4개의 부호 중에서 T자형 교차로 표지만 분리 인식해 낼 수 있음을 보여준다.

그림 9에는 2개의 부호를 동시에 인식한 후 인식하고자 하는 하나의 부호를 인식하는 HMT 결과를 단계적으로 나타내었다. 그림 9(a)는 우합류와 좌합

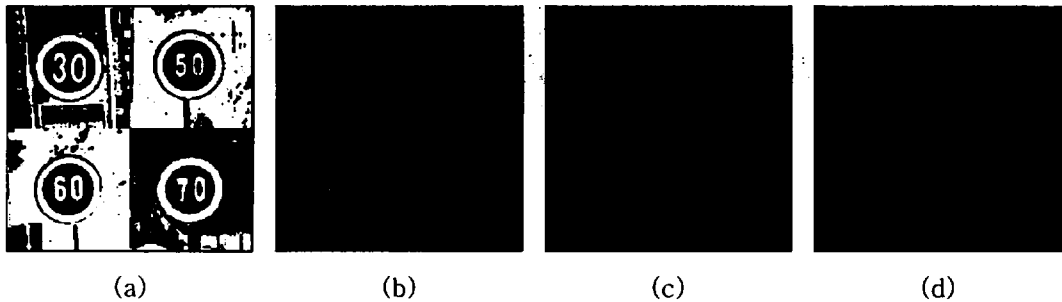


Fig. 7 The results of three stage HMT for the recognition of 30 speed limit sign symbol: (a) Input image; (b) 1st stage HMT result; (c) 2nd stage HMT result; (d) 3rd stage HMT result.

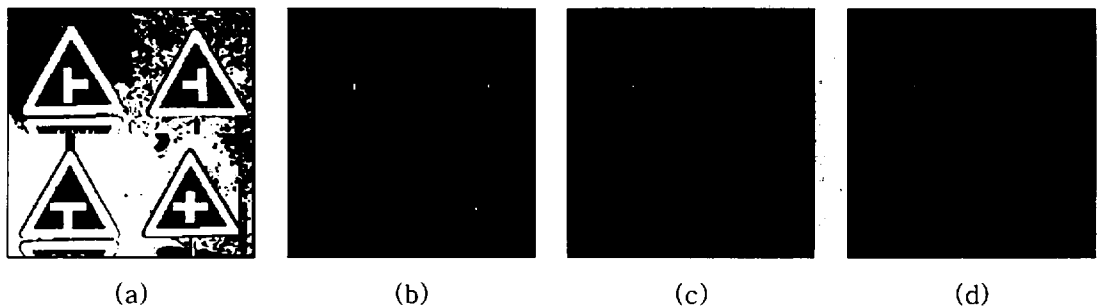


Fig. 8 The results of three stage HMT for the recognition of T-shaped crossroad sign symbol: (a) Input image; (b) 1st stage HMT result; (c) 2nd stage HMT result; (d) 3rd stage HMT result.

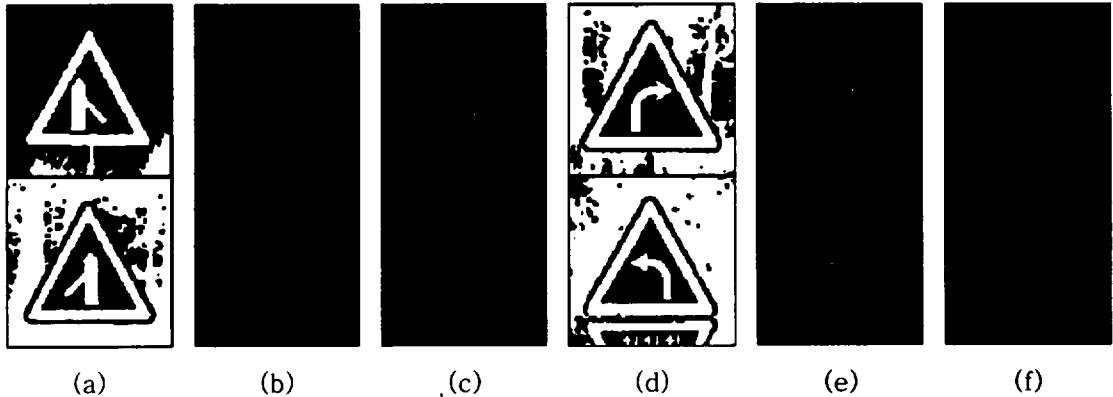


Fig. 9 The results of two stage HMT for the recognition of a right junction sign and a right curve sign symbol: (a) Input image; (b) 1st stage HMT result; (c) 2nd stage HMT result; (d) input image; (e) 1st stage HMT result; (f) 2nd stage HMT result.

류 도로 부호를 갖는 표지를 한 입력영상에 나타내었다. 입력영상과 우합류와 좌합류 도로 부호를 동시에 인식할 수 있는 단계적 합성 형태소 그림 5(e)와의 HMT 결과는 그림 9(b)에 나타내었다. 우합류 도로 부호만 인식할 수 있는 그림 4(c)의 둘째 자리에 나타낸 합성 형태소와의 HMT 결과는 그림 9(c)에 나타내었다. 그림 9(d)는 우로굽은 도로와 좌로굽은 도로 부호를 갖는 표지를 한 입력영상에 나타내었다. 입력영상과 우로 굽은 도로와 좌로굽은 도로 부호를 동시에 인식할 수 있는 단계적 합성 형태소 그림 5(f)와의 HMT 결과는 그림 9(d)에 나타내었다. 우로굽은 도로 부호만 인식할 수 있는 그림 4(c)의 넷째 자리에 나타낸 합성 형태소와의 HMT 결과는 그림 9(e)에 나타내었다. 이들 모두 하나의 부호를 분리 인식해 낼 수 있음을 보여준다.

IV. 결 론

본 논문에서는 자율주행차량을 위하여 도로교통표지를 실시간으로 인식, 분류하는 방법을 제안하였다. 도로교통표지의 인식은 배경 및 전경잡음하에서 차량이 이동하면서 획득한 실영상으로부터 표지를 검출하고 인식해야 하므로 잡음에 강한 HMT를 기본으로 하였고, 효과적으로 표지를 추출하고 부호를 인식하

기 위하여 다단계 합성 방법으로 형태소를 구성하는 수정 합성 HMT를 이용하였다. 실영상으로부터 교통표지판을 추출하는 단계에서는 수정 합성 HMT의 집합이론을 이용한 다단계 합성법으로 형태소를 구성하여 도로 위의 여러 위치에서 획득한 실영상으로부터 각종 왜곡된 모양의 교통표지를 효과적으로 검출할 수 있음을 확인하였다. 한편, 추출된 표지의 부호 인식을 위하여 집합이론과 SDF 합성법을 이용한 다단계 합성법으로 단계적 합성 형태소를 구성하였다. 이렇게 구성된 단계적 합성 형태소를 이용하면 전체 도로표지 부호의 수보다 적은 수의 HMT 연산을 수행하여 도로표지 부호를 분리, 인식할 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 여기서 HMT 연산의 수는 SDF 합성시 몇 개의 부호를 하나의 형태소로 합성할 수 있는가에 따라 달라지므로 앞으로 이에 대한 연구가 더욱 진전되어 최적의 합성 형태소를 구성한다면 2^N 개의 부호를 N단계의 HMT 연산만으로 분리 인식할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 1) Alan L. Meyrowitz, D. Richard Blidberg, and Robert C. Michelson, 1996, Autonomous Vehicles, *Proc. IEEE*, vol. 84, No. 8, pp.

- 1147-1163.
- 2) Vandr Lugt. A, 1964, Signal detection by complex signal filtering, *D. IEEE Trnas. Infor. Theory*, vol. IT-10, pp. 139-144.
 - 3) D. Casasent, R. Schaefer, and R. Sturgill, 1992, Optical hit-miss morphological transform, *Appl. Opt.*, vol. 31, no. 29, pp. 6255-6263.
 - 4) Yao, M. Wu, G. Jin, G. Huang, and Y. Yan, 1994, New optoelectronic morphological scheme for multiple-object recognition, *Opt. Eng.*, vol. 33, no. 11, pp. 3727-3732.
 - 5) S. Yuan, M. Wu, G. Cheng, and G. Jin, 1996, Optical morphological hit-miss transform for pattern recognition of gray-scale image, *Proc. SPIE*, vol. 2751, pp. 271-277.
 - 6) O. Bhattacharya, W. Whu, and K. Qian, 1995, Shape recognition method using morphological hit-or-miss transform, *Opt. Eng.*, vol. 34, no. 6, pp. 1718-1725.
 - 7) 현영길, 김종찬, 김정우, 도양희, 김수중, 1999, 수정 합성 HMT를 이용한 왜곡불변 패턴 인식, *한국통신학회논문지*, "제24권, 제7호. 게재 예정"