

論文98-35D-3-10

이동물체의 광학적 인식을 위한 합성 HMT

(Synthetic Hit-Miss Transform for Optical Recognition of a Moving Target)

金鍾鑽*,金正雨**,李河運***,都良會****,
金秀重*****(Jong Chan Kim, Jeong Woo Kim, Ha Woon Lee, Yang Hoi Doh,
and Soo Joong Kim)

요 약

이동 물체를 광학적으로 인식하기 위하여 합성형태소를 이용한 HMT를 제안하였다. 고정된 관측점으로부터 획득한 이동물체는 다양한 형태를 가지므로, 기존의 HMT로 이들 서로 다른 형태의 촬영상을 인식하는 데는 어려움이 있다. 잡음과 clutter가 존재하는 입력영상에서 촬영상의 서로 다른 형태를 효과적으로 인식하기 위하여 제안된 HMT에서는 SDF 알고리즘을 이용하여 형태소를 합성하였다. 합성 hit 형태소와 합성 miss 형태소는 각각 촬영상의 hit 형태소와 miss 형태소의 SDF로 부터 구성하였다. 시뮬레이션을 통하여 제안된 방법이 한번의 HMT 연산으로 촬영상의 서로 다른 형태를 인식할 수 있음을 확인하였다.

Abstract

A hit-miss transform(HMT) using synthetic structuring elements(SE's) for optical recognition of a moving target is proposed. A moving target which was obtained from a fixed view point has various shapes. So the conventional HMT may cause problems in detecting various true class objects. In proposed HMT, SE's are synthesized by using SDF(synthetic discriminant function) algorithm for efficient recognition of various shapes of true class objects in noisy and cluttered scene. The synthetic hit SE and the synthetic miss SE are composed of SDF of hit SE's and miss SE's for each true class object. Simulation results show the proposed method can be used for the recognition of various shapes of the true class with only one HMT operation.

* 正會員, 慶北專門大學 電子科

(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook College)

** 正會員, 東洋大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Dongyang University)

*** 正會員, 東洋大學校 通信工學部

(School of Comm. Eng., Dongyang University)

**** 正會員, 濟州大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Cheju National University)

***** 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部

(School of Electronic & Electrical Eng., Kyungpook National University)

※ 이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

接受日字:1997年9月5日, 수정완료일:1998年2月27日

I. 서 론

여러 가지 배경잡음(background noise)이나 전경 잡음(foreground noise)을 갖는 이동물체의 실시간 인식은 군사적인 목적 뿐 아니라 산업용으로도 매우 중요하다. 이러한 목적의 연구는 주로 디지털 컴퓨터를 이용한 수학적 접근방법으로 이루어지고 있어 실제로 전경 및 배경잡음을 갖는 물체를 실시간으로 인식하고자 할 경우 인식속도의 문제로 시스템 구현에 많은 어려움이 있다. 반면, 광의 빠른 처리속도를 이용한 광신호처리는 광학시스템의 2차원적 푸리에 변환 능력을 이용하여 영상의 실시간 인식 및 분류에 유리한 기능을 제공한다.

본 연구에서는 배경잡음이나 전경잡음을 갖는 다양한 형태의 이동물체를 인식하기 위하여 수리형태학적

변환 알고리즘의 하나인 hit-miss 변환(HMT)을 행할 때 사용되는 형태소를 구하는 방법을 제안하였으며, 이는 광상관 시스템을 이용하여 실시간으로 구현할 수 있다.^[1-6] HMT는 hit 형태소(structuring element, SE)를 사용하여 특정물체를 찾고, miss 형태소를 이용하여 물체의 배경을 찾는다. 이렇게 찾은 특정물체와 물체의 배경을 조합하여 물체가 입력영상내에 존재하는지를 판단하는 방법이다. 따라서 HMT를 이용한 영상인식은 인식하고자 하는 영상(참영상)과 물체주변의 배경을 함께 고려하므로 배경잡음이나 clutter를 갖는 영상인식에 적절하다.^[3, 7-9] 그러나 물체가 이동함에 따라 관측점이 변화하면서 생기는 물체의 왜곡과 서로 다른 모양의 참영상이 입력평면에 존재하는 경우에는 이를 인식하기 위해서는 각각의 모양에 따른 형태소를 만들어야 하므로 많은 양의 데이터 베이스가 필요하고 광학적 HMT를 반복 수행해야 한다.

이 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 참영상의 왜곡된 형태와 서로 다른 형태를 한번의 광학적 HMT로 인식할 수 있는 SDF(synthetic discriminant function)로 합성된 합성형태소(synthetic SE)를 제안하였다. 합성 hit 형태소는 인식하고자 하는 참영상들에 대한 hit 형태소의 ECP-SDF(equal correlation peak SDF)로부터 구하고, 합성 miss 형태소는 참영상들에 대한 miss 형태소의 ECP-SDF로부터 구한다.^[10-11] 이렇게 구한 합성형태소를 이용하면 한번의 HMT 연산으로 참영상의 왜곡된 형태와 서로 다른 형태를 인식할 수 있다. 이때, 입력영상에 인식하고자 하는 참영상과 아주 유사한 거짓영상이 존재할 경우 오인식이 될 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 합성 형태소를 구할 때 MOF-SDF(mutual orthogonal function SDF)를 이용하여 분리해야 할 유사영상의 가중치계수를 "0"으로 하면 된다.

HMT 연산은 hit 형태소와 입력영상의 상관결과와 miss 형태소와 입력영상의 보영상의 상관결과를 구하여 각각의 상관결과를 적절한 문턱치로 문턱화한 후 이들의 공통성분을 취하여 수행하므로 전통적인 4f 광상관기(optical correlator)를 이용하면 광학적으로 구현할 수 있다.^[7-8] 제안한 합성형태소를 이용한 HMT의 타당성을 확인하기 위하여 간단한 시험영상과 배경잡음 및 전경잡음을 갖는 실영상에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였으며, 참영상의 서로 다른 물체를 거짓영상과 구분하여 인식할 수 있음을 확인하였다.

II. 형태학의 기본연산

1. 녹임(erosion) 및 불림(dilation)

형태학의 기본연산인 녹임은 적절한 형태소를 이용하여 임의의 입력영상내에 존재하는 영상의 크기감소, 외부 경계수축 및 영상안에 존재하는 구멍(hole)의 크기증가 등에 사용되고, 불림은 영상의 크기증가, 거친 경계의 완만화 및 영상안에 존재하는 구멍의 제거 등에 사용된다.

이를 수식적으로 표현하기 위하여 이진 입력영상을 X , 이진 형태소를 B 라 하고 녹임과 불림 연산을 $X \ominus B$ 와 $X \oplus B$ 로 표시하면

$$\begin{aligned} X \ominus B &= \{a | B_a \subseteq X\} \\ &= (X \star B)_{Th_1} \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} X \oplus B &= \{a | B_a \cap X \neq \emptyset\} \\ &= (X \star B)_{Th_2} \end{aligned} \tag{2}$$

와 같이 정의된다. 여기서 \star 는 상관자(correlation operator)를 나타내고 B_a 는 형태소 B 가 a 화소만큼 천이(translation)하였음을 의미한다. 그리고 Th_1 및 Th_2 는 입력영상과 형태소의 상관결과를 문턱화할 때 사용되는 문턱치를 의미하고, Th_1 은 $(N-1) < Th_1 \leq N$, Th_2 는 $0 < Th_2 \leq 1$ 의 문턱치이고, N 은 이진 형태소의 화소 수이다. 즉, 녹임과 불림 연산은 입력영상과 형태소의 상관결과를 적절한 문턱치로 문턱화를 하여 이루어진다. 이러한 연산의 광학적 구현은 전통적인 4f 광상관기를 이용해서 할 수 있다. 즉, 전통적인 광상관기의 필터평면에 형태소의 푸리에 변환된 값을 두어 입력영상과 상관을 취하면 된다.

2. Hit miss 변환(HMT)

HMT는 인식하고자 하는 영상을 형태소로 채택하여 입력영상내에 포함된 여러 가지 영상중 참영상을 찾아낼 수 있고, 특히 배경잡음, 전경잡음과 clutter가 있는 입력영상에서 참영상을 추출하는데 유용하다.

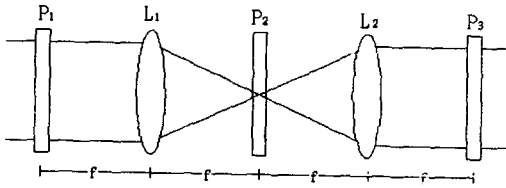
HMT를 수식적으로 표현하기 위하여 이진 입력영상을 X , 이진 hit 형태소를 H , 이진 miss 형태소를 M 이라 정의하고 $X \otimes (H, M)$ 로 표시하면

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

와 같이 정의된다. 여기서 $X \ominus H$ 는 hit 변환(HT)이고, $X^c \ominus M$ 은 miss 변환(MT)이다. 이때 X^c 는 X 에

대한 보영상을 의미한다. 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 MT 연산은 H 보다 작거나 같은 크기의 물체를 찾아낼 수 있다. 따라서 HT와 MT 결과의 공통부분을 취한 HMT 연산은 입력영상내에서 형태소 H 와 일치하는 촬영상의 위치에서 상관첨두치가 나타나게 된다. 일반적으로 HMT 연산에서는 M 이 반드시 H^c 일 필요는 없으며, 찾고자 하는 영상의 크기와 형태의 변화나 잡음성분에 따라 H 와 M 을 적절히 선택하면 된다.^[3,8,12]

HMT 연산의 광학적 구현은 그림 1과 같이 4f 광상관기를 이용하여 실현할 수 있다. 즉, hit 형태소와 miss 형태소의 푸리에 변환을 4f 광상관기의 필터평면에 두어 입력영상과 상관을 취한 후, 출력상관평면에서의 상관결과를 적절한 문턱치로 문턱화를 하여 이들의 공통성분을 취하면 된다. 문턱화과정에서의 문턱치는 물체의 왜곡이나 전경잡음 또는 배경잡음을 고려하여 녹입 연산에서 정의된 문턱치보다 작은 값내에서 적절히 정해주면 된다.^[3,5] 여기서 입력평면, 필터평면에 공간광변조기(spatial light modulator)를 이용하고 문턱화과정도 공간광변조기를 이용하면 실시간 인식시스템을 구현할 수 있다.



P_1 : Input plane P_2 : Filter plane
 P_3 : Correlation plane
 L_1, L_2 : Fourier transform lens
 f : focal length

그림 1. 광상관 시스템
 Fig. 1. Optical correlator system.

III. 합성형태소를 이용한 HMT

1. SDF 합성법

HMT 연산에서 사용될 합성형태소는 SDF 합성법

을 이용하여 구성하였다. SDF는 인식하고자 하는 영상과 분리하고자 하는 영상을 학습영상으로 하여 공간영역에서 적당한 가중치를 곱한 후, 이들을 선형조합하여 만든다. 이때 학습영상들에 곱해지는 가중치는 학습영상들간의 자기상관 첨두치(autocorrelation peak)와 상호상관 첨두치(crosscorrelation peak)로 만들어지는 상관행렬, 즉 VIP(vector inner product) 행렬의 역과 분리와 인식을 제한해 주는 제한벡터와의 곱으로 구한다.^[7-8]

본 논문에서는 물체가 이동함에 따라 관측점이 변화하면서 생기는 왜곡(크기, 회전, 모양 변화 등)된 모양의 촬영상과 서로 다른 모양의 촬영상을 동일영상으로 인식할 수 있는 ECP-SDF 필터와 유사한 모양의 거짓영상을 분리 인식할 수 있는 MOF-SDF 필터를 이용하여 형태소를 합성하고자 한다. ECP-SDF 필터함수의 임펄스응답은 각 학습영상에 VIP 행렬의 역과 크기가 "1"인 제한벡터와의 곱으로부터 구해지는 가중치를 곱하여 구한다. N_T 개의 학습영상에서 i 번째 학습영상을 $f_i(x,y)$ 라 할 때 필터함수의 임펄스응답 $h(x,y)$ 는

$$h(x,y) = \sum_{i=1}^{N_T} a_i f_i(x,y) \tag{4}$$

로 주어지며, 가중치계수 a_i 는

$$\mathbf{a} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{u} \tag{5}$$

로 표현된다. 여기서 VIP 행렬 \mathbf{R} 은

$$R_{ii} = \max(f_i \star f_i) \tag{6}$$

$$R_{ij} = \max(f_i \star f_j)$$

로 구성되며, R_{ii} 는 i 번째 학습영상 $f_i(x,y)$ 의 자기상관 첨두치를 나타내며 R_{ij} 는 i 번째 학습영상과 j 번째 학습영상의 상호상관 첨두치를 나타낸다. 이 때, VIP 행렬 \mathbf{R} 은 서로 다른 모양의 학습영상을 사용하므로 nonsingular 행렬이다. 그리고 ECP-SDF 필터의 경우 제한벡터 \mathbf{u} 는

$$\mathbf{u} = [11 \dots 1]^T \tag{7}$$

로 표현된다. 이 때, 모든 요소 값이 "1" 이라는 것은 필터합성에 사용된 모든 학습영상을 동일영상으로 인식한다는 것을 의미한다. 따라서 ECP-SDF 필터함수의 임펄스응답은 식 (5)에서 구한 가중치계수를 식

(4)에 대입해 구한다. 이때 식 (7)의 제한벡터 \mathbf{u} 를

$$\mathbf{u} = [11 \cdots 10 \cdots 0]^T \quad (8)$$

로 하여 필터합수를 구성하면 MOF-SDF 필터가 된다. 여기서 요소 값이 “0”이라는 것은 필터합성에 사용된 학습영상중 가중치가 “0”이 할당된 영상은 분리 인식한다는 것을 의미한다.

2. 합성형태소를 이용한 HMT

기존의 HMT 연산은 다른 패턴인식 방식에 비해 배경잡음이나 clutter가 있을 때 유용한 방법이지만 본 논문에서 대상으로 하는 물체가 이동하면서 생기는 왜곡된 촬영상, 서로 다른 모양의 촬영상, 촬영상과 유사한 모양의 거짓영상이 입력영상에 존재하는 경우에는 적합하지 않다. 즉, 기존의 HMT 알고리즘은 물체의 경미한 왜곡이 존재할 경우에는 동일한 형태소를 사용하여 인식할 수 있지만 왜곡이 심한 경우에는 동일한 형태소를 이용하여 인식할 수 없으며, 특히 서로 다른 모양의 촬영상은 여러 가지 형태소를 이용하여 여러 번의 HMT를 수행하여야만 인식할 수 있다. 반면 SDF 알고리즘은 물체의 왜곡 등에는 강한 특성을 나타내지만 잡음이나 clutter가 존재하는 경우에는 적합하지 않다.

본 논문에서는 제안된 SDF 합성형태소를 사용함으로써 배경잡음이나 clutter가 존재하는 입력영상에서 한 번의 HMT 연산으로 왜곡된 촬영상과 서로 다른 모양의 촬영상을 인식하고, 유사한 모양의 거짓영상을 분리인식할 수 있는 방법을 제안한다. 입력영상에 왜곡된 촬영상과 서로 다른 모양의 촬영상만 존재할 경우에는 합성 hit 형태소는 인식하고자 하는 촬영상들을 학습영상으로 하여 ECP-SDF를 만들어 구성하고, 합성 miss 형태소는 인식하고자 하는 촬영상의 보영상을 학습영상으로 하여 ECP-SDF를 만들어 구성한다. 예를 들어, 인식하고자 하는 형태가 다른 촬영상이 F_1, F_2, \dots, F_k 와 같이 k 개가 존재할 때, 합성 hit 형태소 H_{SDF} 와 합성 miss 형태소 M_{SDF} 는

$$H_{SDF} = \sum_{i=1}^k a_i H_i \quad (9)$$

$$M_{SDF} = \sum_{i=1}^k b_i M_i \quad (10)$$

와 같다. 여기서 H_i 는 i 번째 촬영상의 hit 형태소이고, M_i 는 i 번째 촬영상의 miss 형태소이며 아래와

같이 구성하였다.

$$H_i = F_i \quad (11)$$

$$M_i = F_i^c, \quad \text{where } i=1, 2, \dots, k$$

즉, hit 형태소는 인식하고자 하는 촬영상으로 하였고 miss 형태소는 촬영상의 보영상으로 하였다. 그리고 a_i 는 합성 hit 형태소를 구성하기 위한 가중치벡터이고, b_i 는 합성 miss 형태소를 구성하기 위한 가중치벡터이며

$$\mathbf{a} = \mathbf{R}_{hit}^{-1} \mathbf{u} \quad (12)$$

$$\mathbf{b} = \mathbf{R}_{miss}^{-1} \mathbf{u}$$

와 같이 구성하였다. 합성형태소를 구성할 때 사용된 가중치벡터 \mathbf{u} 의 요소는 k 개의 촬영상을 동일영상으로 인식할 수 있어야 하므로 k 개의 “1”로 구성하였다. 그리고 VIP 행렬 \mathbf{R}_{hit}^{-1} 와 \mathbf{R}_{miss}^{-1} 은

$$\mathbf{R}_{hit}^{-1} = \begin{bmatrix} F_1 \star F_1 & F_1 \star F_2 & \cdots & F_1 \star F_k \\ F_2 \star F_1 & F_2 \star F_2 & \cdots & F_2 \star F_k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_k \star F_1 & F_k \star F_2 & \cdots & F_k \star F_k \end{bmatrix}^{-1} \quad (13)$$

$$\mathbf{R}_{miss}^{-1} = \begin{bmatrix} F_1^c \star F_1^c & F_1^c \star F_2^c & \cdots & F_1^c \star F_k^c \\ F_2^c \star F_1^c & F_2^c \star F_2^c & \cdots & F_2^c \star F_k^c \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_k^c \star F_1^c & F_k^c \star F_2^c & \cdots & F_k^c \star F_k^c \end{bmatrix}^{-1} \quad (14)$$

로 구성되며, 각 요소 값은 상관결과의 첨두치이다. 이렇게 구성된 합성 hit 형태소와 합성 miss 형태소를 이용한 HMT는

$$X \otimes (H_{SDF}, M_{SDF}) = (X \otimes \sum_{i=1}^k a_i H_i) \cap (X^c \otimes \sum_{i=1}^k b_i M_i) \quad (15)$$

와 같다. 이와 같이 합성형태소를 이용하여 HMT 연산을 수행하면 HT 연산에서 촬영상과 크기가 같거나 큰 영상은 모두 인식되고, MT 연산에서 촬영상과 크기가 같거나 작은 영상은 모두 인식된다. 이렇게 인식된 상관결과에서 공통성분을 취하면 합성 hit 형태소와 합성 miss 형태소를 만들 때 사용된 학습영상과 같은 영상이 모두 인식된다.

만약, 입력영상에 촬영상과 유사한 모양의 거짓영상이 존재하면 위에서 언급한 ECP-SDF로 합성한 형태

소로는 인식이 불가능하다. 왜냐하면 HT와 MT 연산을 수행하면 유사영상이 존재하는 위치에서 상관첨두치가 나타나게 되어 공통성분을 취하더라도 유사영상이 분리되지 않고 촬영상과 같은 영상으로 오인식된다. 이를 해결하기 위해서는 합성형태소를 구성할 때 MOF-SDF 합성법을 사용하여 유사한 거짓 영상에 해당하는 제한벡터의 가중치를 "0"으로 하면 유사영상에 대한 상관첨두치는 나타나지 않아서 촬영상과 유사영상을 분리인식할 수 있다. 한편, 합성형태소를 만들 때 얼마나 많은 서로 다른 물체들(물체의 이동에 따른 심하게 왜곡된 촬영상, 서로 다른 촬영상, 분리인식하여야 할 유사한 거짓영상)의 형태소를 구하여 합성하느냐는 문제는 인식하고자 하는 범위에 따라 달라지는 문제로서 인식대상에 따라 적절하게 정해주어야 한다.

IV. 컴퓨터 시뮬레이션 및 고찰

제안한 합성형태소를 이용한 HMT 알고리즘의 타당성을 확인하기 위해 우선 그림 2(a)와 같이 크기가 서로 다른 사각형과 형태가 다른 사각형이 존재하는 입력영상을 사용하였다. 여기서 우상단과 좌하단의 사각형을 촬영상으로, 나머지 영상을 거짓영상으로 선택하였다. 이는 제안된 알고리즘이 한 번의 HMT만으로 왜곡된 촬영상(크기왜곡)을 인식하고, 유사한 거짓영상을 분리인식할 수 있음을 보여주기 위한 것이다. 만약 기존의 HMT 알고리즘을 이용하여 한 번의 HMT 연산으로 촬영상을 인식하려면 좌상단의 사각형을 분리인식할 수 없으므로 우상단과 좌하단의 사각형 각각에 대한 HMT 연산을 수행하여야만 한다. 제안된 알고리즘을 이용할 경우에도 ECP-SDF로부터 합성형태소를 구성하면 좌상단의 사각형은 분리 인식할 수 없으므로 MOF-SDF를 사용하여 분리하여야 한다. 이를 위한 합성 hit 형태소는 크기가 서로 다른 사각형을 학습영상으로 하여 MOF-SDF로 합성하였고, 합성 miss 형태소는 학습영상의 보영상을 MOF-SDF로 합성하였으며 이들을 그림 2(c)에 나타내었다. MOF-SDF 합성시 사용된 제한벡터는 촬영상(우상단과 좌하단의 사각형)의 경우 "1", 거짓영상(좌상단의 사각형)의 경우 "0"으로 하였다. 이때 우하단의 형태가 다른 사각형은 촬영상의 모양과 차이가 크므로 학습영상에 포함시키지 않더라도 구별하는데 어려움이 없다.

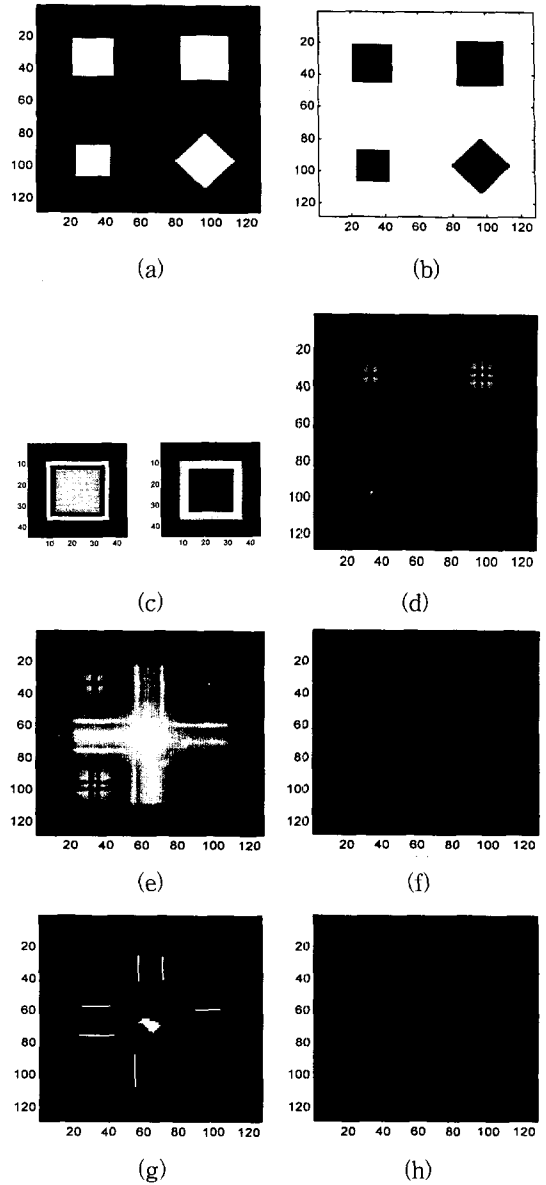


그림 2. HMT 인식 알고리즘 예
(a) 입력영상 (b) (a)의 보영상 (c) 합성 hit 형태소 및 miss 형태소 (d) Hit 상관 (e) Miss 상관 (f) Hit 결과 (g) Miss 결과 (h) HMT 결과

Fig. 2. HMT detection algorithm example.
(a) Input image (b) Complement image of (a) (c) Synthetic hit SE and miss SE (d) Hit correlation (e) Miss correlation (f) Hit result (g) Miss result (h) HMT result

그림 2(c)의 합성 hit 형태소를 보면 학습영상 중에서 촬영상의 공통부분에서 다른 부분의 값보다 더 큰 값을 가지고, 거짓영상부분에서 작은 값을 가져 거짓

영상을 분리할 수 있음을 보이고 있다. 그림 2(c)의 합성 miss 형태소는 학습영상의 보영상으로부터 합성 하였으므로 거짓영상부분에서 큰 값을 가지고, 참영상의 공통부분에서 작은 값을 가져 거짓영상을 분리할 수 있음을 보이고 있다. 그림 2(c)의 합성 hit 형태소와 그림 2(a)의 입력영상과의 상관결과는 그림 2(d)와 같고, 이를 문턱화한 HT 연산결과는 그림 2(f)와 같다. 그림 2(c)의 합성 miss 형태소와 그림 2(b)에 나타난 입력영상의 보영상과의 상관결과는 그림 2(e)와 같고, 이를 문턱화한 MT 연산결과는 그림 2(g)와 같다. HT 연산결과에서는 학습영상 중에서 참영상의 위치에서 "1"(참영상보다 큰 영상에서도 "1"의 값을 가져야하나 사용된 입력영상에는 없음), 거짓영상의 위치에서 "0"의 값을 나타내고, MT 연산결과에서는 학습영상 중에서 참영상의 위치에서 "1"(참영상보다 작은 영상에서도 "1"의 값을 가져야하나 사용된 입력영상에는 배경부분밖에 없음), 거짓영상의 위치에서 "0"의 값을 나타낸다. HT 연산과 MT 연산의 공통부분을 취하여 얻은 HMT 연산의 결과는 그림 2(h)와 같이 나타났으며, 인식하고자 하는 참영상의 위치에서 "1", 거짓영상의 위치에서 "0"의 값을 나타내어 참영상과 유사한 거짓영상을 효과적으로 분리인식함을 보여주고 있다.

제한한 합성형태소를 이용한 HMT 알고리즘이 이 동물체의 인식에 적합한지를 평가하기 위해 그림 3(a)와 그림 4(a)와 같이 배경 및 전경잡음을 갖는 도로위를 주행하는 자동차를 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 4(a)는 그림 3(a)보다 시간이 약간 경과한 후의 영상이며, 승용차를 참영상으로 선택하고 승합차를 거짓영상으로 선택하였다. 이 그림들은 물체가 이동함에 따라 생기는 참영상의 왜곡과 서로 다른 모양의 참영상, 모양이 다른 거짓영상을 포함하고 있을 뿐만아니라 배경에 오인식의 가능성이 있는 지붕 등을 포함하고 있다.

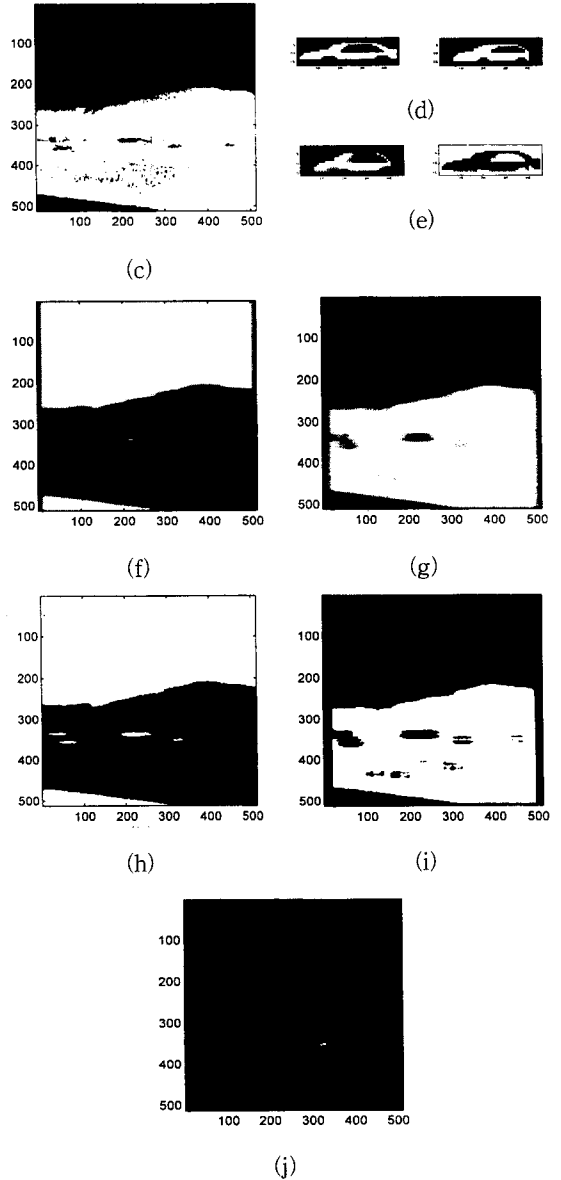
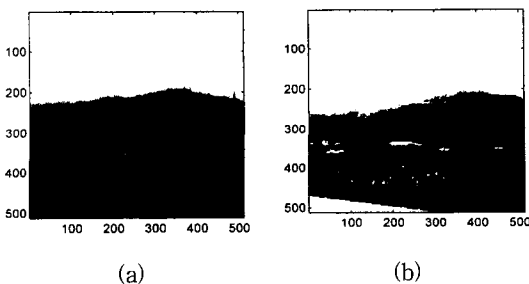


그림 3. 실제 영상에 대한 HMT 인식 알고리즘 예 (a) 입력영상 (b) 문턱화된 영상 (c) (b)의 보영상 (d) 기준영상 (e) 합성 hit 형태소 및 miss 형태소 (f) Hit 상관 (g) Miss 상관 (h) Hit 결과 (i) Miss 결과 (j) HMT 결과

Fig. 3. HMT detection algorithm example for real image.

(a) Input image (b) Thresholded (a) (c) Complement of (b) (d) Reference images (e) Synthetic hit SE and miss SE (f) Hit correlation (g) Miss correlation (h) Hit result (i) Miss result (j) Final HMT result

참영상의 기준영상은 그림 3(d)와 같이 승용차의 대

표적인 두 가지 모양으로 선택하였고, 이를 이용하여 그림 3(a)와 그림 4(a)의 승용차 모두를 인식하고 그림 4(a)의 승합차를 분리하는지를 보였다. 이때 거짓 영상인 승합차는 그 모양이 참영상과 차이가 크므로 MOF-SDF 합성법을 이용하지 않아도 된다. 그림 3의 경우를 먼저 살펴보면, 그림 3(b)는 HT 연산을 위한 입력영상의 문턱화된 이진영상이며, 그림 3(c)는 MT 연산을 위한 그림 3(b)의 보영상이다. 서로 다른 모양의 승용차를 동일집단의 참영상으로 인식하기 위하여 그림 3(d)의 기준영상으로부터 ECP-SDF로 합성한 그림 3(e)의 합성형태소를 사용하였다. 합성 hit 형태소와 그림 3(b)의 문턱화된 입력영상의 상관결과는 그림 3(f)의 분포로 나타나며, 이를 문턱화하여 HT 연산 결과인 그림 3(h)를 얻었다. 여기서 우리는 참영상인 승용차 위치와 참영상보다 큰 전경 및 배경 잡음이 존재하는 부분에서 “1”의 값을 가짐을 알 수 있다. 합성 miss 형태소와 그림 3(c)에 나타난 문턱화된 입력영상의 보영상과의 상관결과는 그림 3(g)의 분포로 나타나며, 이를 문턱화하여 MT 연산 결과인 그림 3(i)를 얻었다. 여기서 우리는 참영상인 승용차 위치와 참영상보다 작은 전경 및 배경잡음이 존재하는 부분에서 “1”의 값을 가짐을 알 수 있다. HMT 연산의 최종 결과인 그림 3(j)는 HT 연산과 MT 연산의 공통부분인 참영상의 위치에서만 “1”의 값을 가져 서로 다른 모양의 참영상을 한번의 HMT 연산만으로 인식할 수 있음을 보여준다.

그림 3의 경우 보다 약간 시간이 경과한 후의 그림 4에서도 그림 3에서 사용한 것과 동일한 합성형태소를 사용하여 HMT를 수행하였다. HMT의 최종 결과인 그림 4(h)에서 보듯이 참영상인 승용차의 위치에서만 “1”의 값을 가져 서로 다른 모양의 참영상을 인식할 수 있을 뿐만 아니라 거짓영상을 분리할 수 있음을 보여준다.

위의 결과를 종합해 보면 다른 종류의 승용차 뿐만 아니라 승용차가 이동함에 따라 생기는 영상의 변화를 동일한 합성형태소를 이용하여 인식할 수 있어 제안한 알고리즘이 이동물체의 인식에 적합함을 알 수 있다. 한편, 물체의 이동에 따른 왜곡이 심하거나 유사한 거짓영상이 입력평면에 존재하는 상황의 인식문제는 왜곡이 심한 참영상과 유사한 거짓영상 모두를 학습영상에 포함시켜 MOF-SDF로 합성한 합성형태소를 사용하면 위의 경우와 동일한 방식으로 인식된다.

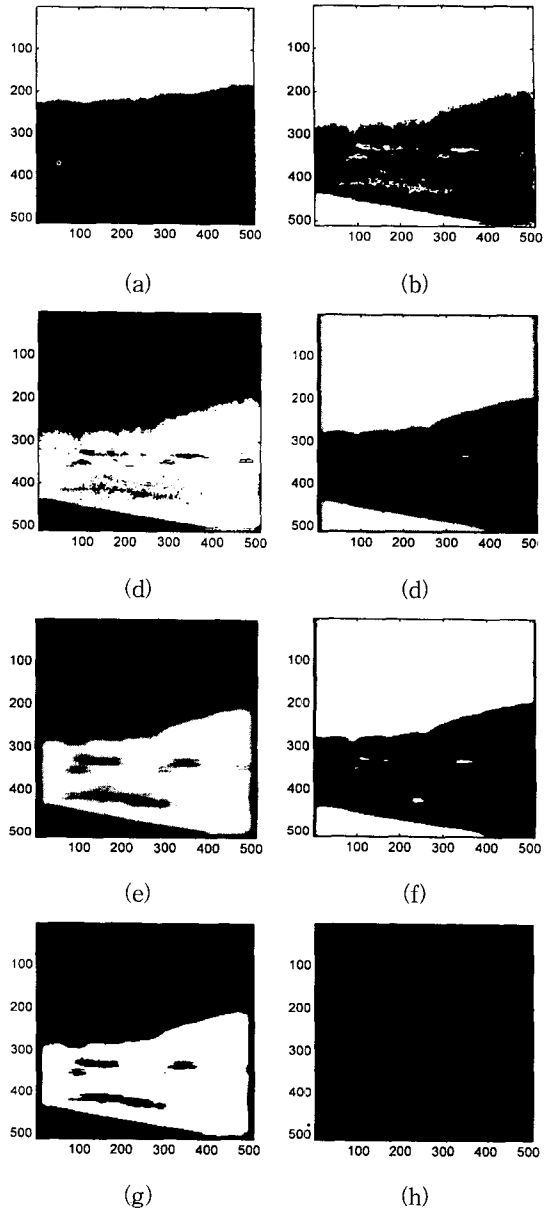


그림 4. 시간이 경과한 후의 실제영상에 대한 HMT 인식 알고리즘 예

(a) 입력영상 (b) 문턱화된 영상 (c) (b)의 보영상 (d) Hit 상관 (e) Miss 상관 (f) Hit결과 (g) Miss 결과 (h) HMT 결과

Fig. 4. HMT detection algorithm example for real image with the passage of time
(a) Input image (b) Thresholded (a) (c) Complement of (b) (d) Hit correlation (e) Miss correlation (f) Hit result (g) Miss result (h) Final HMT result.

V. 결론

본 연구에서는 배경잡음이나 clutter가 존재하는 입

력영상에서 서로 다른 모양의 이동물체를 광학적으로 인식하기 위하여 합성형태소를 이용한 HMT를 제안하였다. 기존의 HMT 알고리즘은 물체의 이동에 따라 왜곡된 촬영상, 서로 다른 모양의 촬영상, 촬영상과 유사한 모양의 거짓영상 등이 입력영상에 존재하는 경우에는 각각에 대한 형태소를 구하여 HMT 연산을 반복해서 수행하여야 하므로 본 연구에서 대상으로 하는 입력영상에는 적합하지 않다. 제안된 SDF 합성형태소는 한 번의 HMT 연산으로 왜곡된 촬영상과 서로 다른 모양의 촬영상을 인식하고, 유사한 모양의 거짓영상을 분리인식할 수 있었다. 합성 hit 형태소 H_{SDF} 는 인식하고자 하는 촬영상들에 대한 hit 형태소의 ECP-SDF로 부터 만들어 구하고, 합성 miss 형태소 M_{SDF} 는 촬영상들에 대한 miss 형태소의 ECP-SDF로 부터 구하였다. 입력영상에 인식하고자 하는 촬영상과 아주 유사한 거짓영상이 존재할 경우에는 오인식을 막기 위해 합성형태소를 구할 때 MOF-SDF를 이용하여 분리해야 할 유사영상의 가중치 계수를 "0"으로 하였다. 제안된 합성형태소를 이용하여 HMT 연산을 수행하면 HT 연산에서 H_{SDF} 의 영상과 크기가 같거나 큰 영상이 모두 인식되고, MT 연산에서 H_{SDF} 의 영상과 크기가 같거나 작은 영상이 모두 인식되었다. HMT 연산의 최종 결과는 HT 연산과 MT 연산의 공통성분으로부터 구해지며, 결과적으로 합성 hit 형태소와 합성 miss 형태소를 만들 때 사용된 학습영상의 촬영상과 같은 영상이 모두 인식되었다.

제안된 알고리즘의 타당성을 확인하기 위하여 간단한 시험영상과 배경잡음 및 전경잡음을 갖는 실영상에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여 물체의 이동에 따른 왜곡된 촬영상과 서로 다른 모양의 촬영상을 동시에 인식하고, 유사한 모양의 거짓영상과 구분하여 인식할 수 있음을 확인하였다. 또한 이를 전통적인 4f 광상관기와 공간광변조기를 이용하여 광학적으로 구현한다면 실시간 인식을 가능하게 할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] David Casasent and Elizabeth Botha, "Optical symbolic substitution for morphological transformations," *Appl. Opt.*, vol. 27, no. 18, pp. 3806-3810, 1988.
 [2] Elizabeth C. Botha and David P. Casa-

sent, "Applications of optical morphological transformations," *Opt. Eng.*, vol. 28, no. 5, pp. 501-505, 1989.

- [3] David Casasent, Roland Schaefer, and Rober Sturgill, "Optical hit-miss morphological transform," *Appl. Opt.*, vol. 31, no. 29, pp. 6255-6263, 1992.
 [4] Zhongbing Yao, Minxian Wu, Guofan Jin, Guoliang Huang, and Yingbai Yan, "New optoelectronic morphological scheme for multiple-object recognition," *Opt. Eng.*, vol. 33, no. 11, pp. 3727-3732, 1994.
 [5] Schifu Yuan, Minxian Wu, Guofan Jin, Yingbai Yan, and Jianhong Cai, "Optical implementation of morphological hit-miss transform using complementary-encoding," *Proc. SPIE*, vol. 2564, pp. 336-342, 1995.
 [6] Schifu Yuan, Minxian Wu, Gang Cheng, and Guofan Jin, "Optical morphological hit-miss transform for pattern recognition of gray-scale image," *Proc. SPIE*, vol. 2751, pp. 271-277, 1996.
 [7] 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.
 [8] Roland Schaefer and David Casasent, "Nonlinear optical hit-miss transform for detection," *Appl. Opt.*, vol. 34, no. 20, pp. 3869-3882, 1995.
 [9] Prabir Bhattacharya, Weibin Whu, and Kai Qian, "Shape recognition method using morphological hit-or-miss transform," *Opt. Eng.*, vol. 34, no. 6, pp. 1718-1725, 1995.
 [10] D. Casasent, W. Rozzi, and D. Fetterly, "Projection synthetic discriminant function performance," *Opt. Eng.*, vol. 23, no. 6, pp. 716-720, 1984.
 [11] D. Casasent, "Unified synthetic discriminant function computational simulation," *Appl. Opt.*, vol. 23, no. 10, pp. 1620-1627, 1984.

- [12] 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.

 저 자 소 개

金 鍾 鑽(正會員) 第 35券 D編 第 2號 參照
 현재 경북전문대학 전자과 조교수

金 正 雨(正會員) 第 33券 B編 第 11號 參照
 현재 동양대학교 전자공학과 전임강사

李 河 運(正會員) 第 33券 B編 第 3號 參照
 현재 동양대학교 통신공학부 전임강사

都 良 會(正會員) 第 33券 B編 第 11號 參照
 현재 제주대학교 전자공학과 부교수

金 秀 重(正會員) 第 33券 B編 第 7號 參照
 현재 경북대학교 전자전기공학부 교수