

색상 정보를 포함하여 2차원 대상물 인식에 보다 적합한 일반화된 허프변환에 관한 연구

백기현* □ 이행세
인지공학 연구실
아주대학교 전자공학부

A Study on Improving Generalized Hough Transform with Chromatic Informations, Suited for 2D Object Recognition

*Kihyun Baik, Haingsei Lee

Pattern Recognition Laboratory

Department of Electronics, Ajou University

*E-mail : baekpro1006@hotmail.com

Abstract

본 논문에서는 모델에 기반한 2차원 영상인식 알고리즘 중에 하나인 일반화된 허프변환(Generalized Hough Transform)에 대하여 색상정보까지 포함할 수 있도록 기존의 알고리즘을 확장하는 방법을 제시하였고, 이에 의한 실험결과를 간단히 고찰하였다.

기존의 일반화된 허프변환은 대상물의 윤곽선 정보에 기반을 두었기 때문에, 윤곽선 정보가 일치하면 대상물의 색상이나 명암분포가 달라도 동일한 대상으로 인식할 가능성이 있다. 따라서, 일반화된 허프변환을 확장하여 대상물의 모델링과 인식과정에 색상정보(chromatic information)를 포함한다면 2D 영상인식시 컬러정보를 활용할 수 있는 장점이 있다.

여기에서는 실제로 모델링 과정과 인식과정에서 색상 정보를 반영하기 위한 간략한 방법과, 이에 따른 실험 결과를 제시하였다. 간단한 2D 위치변환이 존재하는 실험에서 윤곽선의 모양이 거의 일치하더라도 색상이 다른 대상물이 존재할 경우에 이를 올바르게 구분할 수 있었다.

1. 서론

2D 영상분석 및 인식과 관련하여 변환영역(transform domain)에서 영상을 해석하는 방법들 가운데 허프변환

(Hough transform)에 기반한 방식들이 있다. 허프변환이란 곡선상의 점들과 해당 곡선의 매개변수들 간의 이중성(duality)을 이용하여 해당 곡선을 검출하는 알고리즘이다.[1]

허프변환이 직선, 타원 및 포물선 등과 같이 해석적인 모양(analytic shape)에 대해 파라미터 공간에서 영상을 해석하는 데에 비해, 허프변환을 일반화하여 매개변수로 표현하기 어려운 임의의 곡선에 대해 적용이 가능하도록 확장된 것이 일반화된 허프변환이다.[2]

일반화된 허프변환(Generalized Hough Transform)은 기존의 허프변환에서 출발하여 확장되었기 때문에, 기본적으로 영상의 윤곽선 정보에 바탕을 두고 있다. 따라서 색상이나 표면의 질감과 같은 특성을 고려하지 않는다.

한편, 윤곽선 정보와 더불어 색상정보를 포함하여 대상물을 모델링 및 인식할 수 있도록 GHT 알고리즘을 확장하면 윤곽선이 비슷하더라도 전역적인 색상이나 국부적인 색상의 패턴이 다른 대상물을 구별하여 인식하는데 보다 효과적인 방식이 될 것으로 기대된다.

아래의 그림 1은 합성영상으로서 왼쪽에 있는 4개의 공(ball)들은 윤곽선이 비슷하지만 색상 자체가 다르고, 오른쪽에 있는 4개의 공들은 윤곽선이 비슷하지만 광원에 의해 색상의 명암 분포가 다른 경우이다. 두 개의 경우 모두 윤곽선의 모양은 거의 일치하므로, 기존의 GHT 알고리즘 자체만을 사용하여 식별을 하기가 불가능한 예에 속한다.

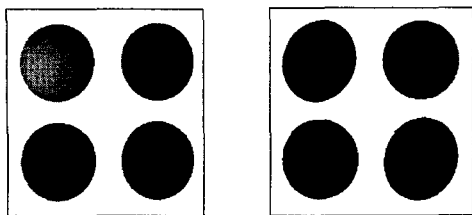


그림 1. 윤곽선은 동일하지만 색상이나 명암 분포가 다른 영상들

Ψ_1	$(r_1^1, \alpha_1^1), (r_1^2, \alpha_1^2), \dots, (r_1^n, \alpha_1^n)$
Ψ_2	$(r_2^1, \alpha_2^1), (r_2^2, \alpha_2^2), \dots, (r_2^n, \alpha_2^n)$
Ψ_3	$(r_3^1, \alpha_3^1), (r_3^2, \alpha_3^2), \dots, (r_3^n, \alpha_3^n)$
...	...
Ψ_k	$(r_k^1, \alpha_k^1), (r_k^2, \alpha_k^2), \dots, (r_k^n, \alpha_k^n)$

그림 3. R-Table 의 예

2. 일반화된 허프변환(GHT)을 이용한 2D 영상의 모델링과 인식

일반화된 허프변환의 개념을 확장하기에 앞서 GHT 알고리즘을 사용하여 영상의 모델링 및 인식과정을 간단히 살펴본다.

2.1 모델링 과정

그림 2 와 같이 대상물의 윤곽선이 주어졌을 경우, 알고리즘 1 을 수행하여 대상물의 윤곽선 정보를 모델링한다. 이 결과로 R-Table 이 생성되는데, 그림 3 과 같다.

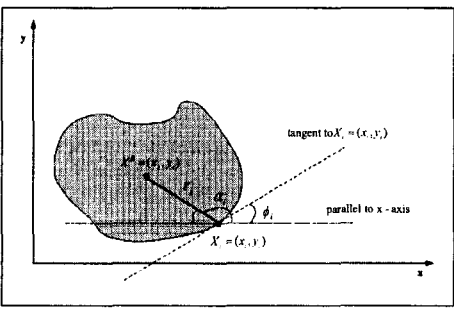


그림 2. 대상물의 모델링 모습

```

Pick a reference point :  $X^R = (x_c, y_c)$ 
For each edge point,  $X_i = (x_i, y_i)$ 
  Calculate tangential angle  $\phi_i$ 
  Calculate  $v_i = X^R - X_i$  and find norm  $r_i$ ,
  direction angle  $\alpha_i$  of  $v_i$ 
  Store  $r_i, \alpha_i$  in R-Table with an index of
   $\phi_i$ , quantized value of  $\phi_i$ 
End For
    
```

알고리즘 1. 모델링 과정의 가상코드

각각의 윤곽선 픽셀, X_i 에 대하여 접선이 x 축과 이루는 각, ϕ_i 를 구한다. 그리고, X_i 에서 X^R 까지의 거리 R 방향, α_i 를 구한다. 그리고 이러한 정보를 ϕ_i 에 따라 구분 저장함으로써 대상물의 모양 정보를 모델링한다.

2.2 인식과정

인식의 단계에서는 아래의 알고리즘2와 같이 입력영상 각각의 윤곽선 픽셀에 대하여 모델링 과정에서 수행했던 것과 동일하게 ϕ_i 를 구한다.

```

Clear accumulator array :  $Acc[][] = 0$ 
For each edge point :  $E_i = (x_i, y_i)$ 
  Calculate tangential angle  $\phi_i$ 
  For every item in R-Table indexed by  $\psi_m$ 
    quantized value of  $\phi_i$ 
    Find  $\hat{X}_{m,j}^R = E_i + v_m^j$ , where  $v_m^j = r_m^j \angle \alpha_m^j$ 
     $\hat{X}_{m,j}^R = E_i + v_m^j = (x_{m,j}^R, y_{m,j}^R)$ 
     $Acc[y_{m,j}^R][x_{m,j}^R] \leftarrow Acc[y_{m,j}^R][x_{m,j}^R] + 1$ 
  End For
End For

Find local maximum in  $Acc[][]$ , which is
candidate reference  $\hat{X}^R$  for a given model.
    
```

알고리즘 2. 인식 과정의 가상코드

ϕ_i 를 양자화하여 얻은 index, ψ_m 으로 R-Table을 참조하여 얻은 벡터를 현재 윤곽선 픽셀의 좌표, (x_i, y_i) 에 더하여 후보 기준점, \hat{X} 을 계산한다. 그리고 이에 해당하는 좌표를 갖는 accumulator의 값을 증가시킨다. 마지막으로 accumulator array에 존재하는 local maximum을 찾아

낸다. Local maximum 값이 특정 문턱값을 넘을 경우, 이 점의 좌표가 이전에 모델링한 기준점의 좌표가 될 수 있기 때문에 대상물을 검출하고 위치를 알아낼 수 있다.

3. GHT 에서 색상정보를 추가하기 위한 구체적인 방안

대상물의 윤곽선 정보를 바탕으로 모델링 및 인식을 수행하는 일반화된 허프변환의 경우, 모델링과정에서 대상물의 모양에 관한 정보가 R-Table 에 저장된다. 따라서 색상분포를 적절히 반영하기 위한 방법들은 모델링 과정에서 R-Table 을 적절히 변형, 확장하는 방식에서 출발한다.

본 소절에서는 모델링과 인식과정에서 색상분포에 관한 정보를 포함할 수 있는 방식들에 관하여 보다 구체적으로 논의한다.

3.1 확장된 모델링 과정

GHT 알고리즘에서는 윤곽선을 구성하는 픽셀에서 기준점까지의 거리와 방향을 R-Table 에 저장하기 때문에, 윤곽선을 이루는 픽셀에서 기준점까지의 벡터를 구하여 해당 벡터상에 있는 픽셀들의 색상정보를 R-Table 에 저장하는 방식으로 색상정보를 모델링할 수 있다. 그러나 벡터상의 모든 픽셀에 대하여 색상정보를 저장할 경우 1) 색상정보를 포함하기 위한 메모리 사용이 지나치게 커지게 되며, 2) 색상정보를 중복적으로 저장할 가능성이 있는 문제가 있다.

따라서 우선은, 설정된 벡터상의 색상패턴을 대표하는 한 개의 색상값을 R-Table 의 항목에 추가하여 저장하는 방식을 제안한다. 아래의 그림 4 는 모델링을 위한 간략한 도식인데, 여기에서, $\vec{v}_1 = X^R - X_1$ 를 구하였다면 벡터 \vec{v}_1 이 지나가는 픽셀상의 컬러값을 대표하는 색상값, c_1 을 구하여 R-Table 에 포함하도록 한다.

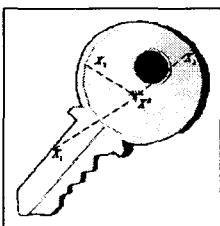


그림 4. 색상정보를 포함한 모델링과정

색상정보를 포함한 R-Table 의 가능한 모습을 그림 5 에 나타내었다. 벡터의 크기와 방향에 추가로 RGB 색상 정보가 저장되었다.

$$\begin{aligned} \Psi_1 &: (r_1^1, a_1^1, c_1^1), (r_1^2, a_1^2, c_1^2), \dots, (r_1^n, a_1^n, c_1^n) \\ \Psi_2 &: (r_2^1, a_2^1, c_2^1), (r_2^2, a_2^2, c_2^2), \dots, (r_2^n, a_2^n, c_2^n) \\ \Psi_3 &: (r_3^1, a_3^1, c_3^1), (r_3^2, a_3^2, c_3^2), \dots, (r_3^n, a_3^n, c_3^n) \\ &\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ \Psi_k &: (r_k^1, a_k^1, c_k^1), (r_k^2, a_k^2, c_k^2), \dots, (r_k^n, a_k^n, c_k^n) \end{aligned}$$

그림 5. 색상정보가 포함된 R-Table

3.2 확장된 인식 과정

확장된 인식과정에서는 우선, 윤곽선이 동일한 대상물이라도 색상이 다르면 이를 제대로 구분할 수 있어야 하기 때문에, 이를 위해서 인식을 위한 후보 기준점의 득표(voting)에 제한을 두어야 한다.

실제로 다양한 방식이 가능하겠지만, 여기에서는 간단히 accumulator array 의 증가시 색상 유사도에 의한 조건을 추가함으로써 대상물이 윤곽선은 물론 색상정보까지 일치해야 해당 대상물로 인식이 되도록 하였다.

인식과정에서 색상정보에 의해 인식의 제약을 가하는 부분을 나타내었다.

```

-
nxAcc = r.x + x;
nyAcc = r.y + y;
t_color = GetAverageColorTest(x, y, nxAcc, nyAcc);
if(ColorDifference(m_color, t_color) >
255*sqrt(3.0)*Threshold)) continue;
Acc[nyAcc][nxAcc]++;
-
    
```

소스코드 1. 인식과정에 색상정보를 반영하는 부분

4. 실험결과 및 분석

제안된 방식이, 모양은 같지만 색상이 다른 대상물을 구분하는데 사용될 수 있음을 테스트하기 위하여 각기 다른 색상을 갖는 공의 합성영상들(synthetic ball images) 을 가지고 실험을 하였다. 그리고 동일한 색상이지만 r 광원에 의해 영상에서의 명암분포가 다를 경우에도 어느 정도 구분이 가능한지를 알아보기 위하여 실험을 하였다.

테스트를 위한 영상은 3D Rendering Tool 인 Strata 3D 3.0 을 사용하여 합성한 영상을 가지고 BMP 포맷으로 저장 하였고, 모델링 및 인식프로그램은 MS Visual Studio 7.0 에서 Win32 API 를 가지고 개발하였다. 또한, 에지 검출 방식은 Canny edge 검출 알고리즘을 사용하였다.

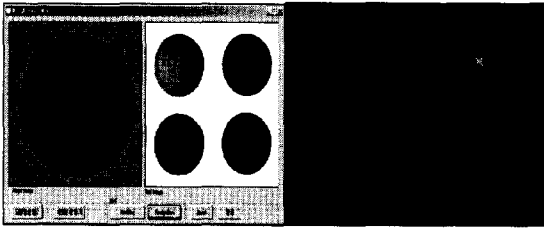


그림 6. 윤곽선은 같지만 색상이 다른 대상물의 경우

그림 6 에서 왼쪽은 영상 모델링 및 인식을 위해 개발한 프로그램의 모습이다. 이 중에서 붉은색 큰 공은 모델영상이고, 4 개의 다른 색깔의 공을 포함한 영상이 입력영상이다. 또한 오른쪽은 색상정보를 포함한 인식과정시 accumulator array 에 있는 값을 윤곽선 정보와 함께 나타낸 것이다. 에지는 거의 일치하지만, 색상이 다르기 때문에 accumulator array 에 누적되지 않았음을 알 수 있다.(시각적 효과를 위해 accumulator 영상은 8 배 밝게 표시하였음)

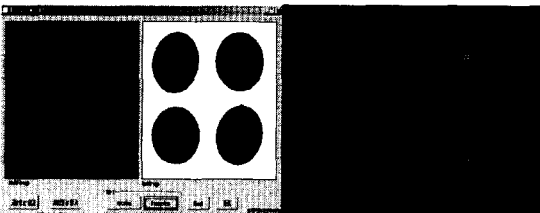


그림 7. 광원의 영향에 의해 각기 다른 명암분포를 갖는 대상물들의 경우

그림 7 은 공의 색상은 붉은색으로 동일하지만 광원의 위치를 달리하여 명암분포가 다른 경우이다. 명암분포가 모델영상과 전혀 다른 경우인 세 번째 공의 경우 accumulator 에 가장 적은 득표(vote)를 얻은 것을 확인할 수 있었다. 두 번째와 네 번째 공은 다소 비슷한 분포를 가지고 있기 때문에 accumulator 에 비슷한 득표를 보이고 있다. 그러나 두 번째가 보다 많은 득표를 한 것을 확인할 수 있다. 명암분포에 따른 적절한 문턱값을 설정하고 이에 따라 명암분포를 확인할 수 있는 적

당한 방법이 제시될 경우에는 보다 구체적으로 명암의 분포를 구별할 수 있을 것으로 예상된다.

5. 요약 및 추후 연구과제

대부분의 모델 기반(model-based)의 영상인식 알고리즘이 대상물의 윤곽선을 바탕으로 모델링과 인식의 작업을 수행한다. 그러나 컬러영상이 가지고 있는 색상정보도 중요한 정보가 되기 때문에, 본 연구에서는 일반화된 허프변환에 색상정보를 추가하여 영상의 모델링 및 인식과정에서 색상의 분포를 활용할 수 있도록 알고리즘을 확장하였다.

모델링과 인식과정에서 색상 정보를 반영하기 위한 방식이 제안 되었으며 이러한 방식을 사용하여 실험한 결과 비교적 부드러운 색상의 분포를 가진 경우 기존의 방식으로는 불가능했던 색상차이에 의한 구별이 가능하였다. 그러나 색상정보를 일부분만 반영하여야 하였기 때문에, 복잡한 색상패턴이 존재할 경우에는 오차에 의해 잘못된 검출을 할 가능성이 있었다. 따라서 색상정보를 보다 효율적으로 반영하는 알고리즘의 개발이 필요하다.

또한 본 연구에서는 2D 위치변환, 회전변환, 크기변환을 고려하여 일반화된 허프변환을 직접적으로 구현 및 실험시 메모리나 연산량의 복잡도와 관련한 문제 때문에, 실제 실험시 2D 위치변환만을 고려하였다. 따라서 동일한 대상물에 회전변환이나 크기변환까지 적용하였을 경우에 발생할 수 있는 오차에 의한 잘못된 검출에 관한 문제도 추후 연구 대상이 될 수도 있다.

6. 참고문헌

- [1] P. V. C. Hough. Methods and Means for Recognizing Complex Patterns, U.S. Patent 3069654, Dec. 1962
- [2] D. H. Ballard, "Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes, " Pattern Recognition, vol. 13, no. 2, pp 111-122, 1981.
- [3] Ballard and Brown, section 4.3.4, Sonka et al., section 5.2.6 "Generalized Hough Transform(GHT)"
- [4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing" second edition, Prentice Hall
- [5] J.R. Parker, "Algorithms for Image Processing and Computer Vision", Wiley Computer Publishing