

칼라분포특성을 이용한 해프톤 영상과 비해프톤 영상의 분류 방법

○
변지윤*, 김종민**, 김성영***, 박창민†, 김민환*

* 부산대학교 컴퓨터공학과

** 고신대학교 컴퓨터과학부

*** 창원전문대학 멀티미디어과

† 성심외국어대학 경영정보시스템전공

Classification for Halftone Images and Non-Halftone Images Using Characteristics of Color Distribution

Ji-Yun Byun*, Jong-Min Kim**, Sung-Young Kim***, Chang-Min Park, Min-Hwan Kim*

* Dept of Computer Engineering, Pusan National University

** Division of Compute Science, Kosin University

*** Dept. of Multimedia, Changwon Junior College

† Dept. of Management Information System, Sung Sim Junior College

요 약

본 논문에서는 해프톤 영상의 칼라 분포 특성을 이용하여 해프톤 영상과 비해프톤 영상을 분류하는 방법에 대해 연구하였다. 이를 위해 스캐닝한 RGB 해프톤 영상을 HSV 칼라 모델로 변환한 후, Hue에 대한 히스토그램에서 해프톤 영상이 갖는 고유한 칼라분포 특성을 분석하였다. 일반적으로 해프톤 영상에서는 인쇄시 사용된 칼라들로 인해 특정 Hue 값을 갖는 픽셀의 빈도가 비해프톤 영상과 달리 피크(peak) 형태로 높게 나타나는 특성이 있다. 본 논문에서는 이러한 특성을 고려하여 해프톤 영상과 비해프톤 영상을 구분할 수 있는 분류 방법을 개발하였으며, 실험을 통해 그 타당성을 검토하였다. 제안한 방법은 내용기반 검색시스템에서의 영상분류과정과 문서영상분할 분야 등에서 활용할 수 있다.

1. 서론

최근 디지털 처리기술의 발달에 힘입어, 멀티미디어 저작을 통한 콘텐츠 개발 및 멀티미디어 데이터 검색 요구가 증대하고 있다. 특히, 영상 미디어에 대한 보다 효과적인 처리 및 응용에 대한 필요성이 많이 증대하고 있으며, 이미 많은 기술이 개발되어 실

제 응용분야에서 활용되고 있다. 그러나, 원하는 영상 자료를 제작하는데 한계가 있기 때문에, 기존의 인쇄물 문서 형태의 자료를 스캐닝하여 사용하거나 내용기반 영상검색을 통해 자료를 수집하여 사용하고 있다.

내용기반 검색에서는 로봇에 의해 탐색된 영상의 유형을 칼라, 그레이, 그래픽, 해프톤 영상 등으로 분

류하는 것이 필요하다. 헤프톤 영상은 헤프톤 셀 패턴이 푸리에 공간에서 피크를 형성한다는 특성이 있기 때문에[1,6], 이러한 특성을 이용하여 헤프톤 영상과 비헤프톤 영상을 구별할 수도 있다[2]. 그러나, 푸리에 변환은 많은 연산시간을 요구하기 때문에 대량의 영상정보를 다루는 내용기반 검색에서 활용하기 위해서는 보다 간단한 연산으로 헤프톤 영상과 비헤프톤 영상을 분류하는 방법이 필요하다.

한편 헤프톤 영상을 다양한 응용분야에서 활용하기 위해서는 역 헤프토닝 과정을 거쳐서 연속제조영상으로 변환할 필요가 있기 때문에[3,8], 영상 검색에서 헤프톤 영상과 비헤프톤 영상을 분류하여 사용자에게 제공한다면 보다 만족도가 높은 검색 서비스를 제공할 수 있다.

이에 따라 본 논문에서는, 영상의 칼라분포 특성을 고려하여 헤프톤 영상과 비헤프톤 영상을 분류하는 방법을 연구하였다. 헤프톤 영상의 칼라 분포 특성을 분석하기 위해 RGB 영상을 HSV 칼라 모델[4]로 변환 한 후, Hue의 변화에 따른 히스토그램의 분포 특성을 조사하여 헤프톤 영상과 비헤프톤 영상을 구별할 수 있는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 칼라 헤프토닝 방법에 대해 살펴보고, 3장에서는 칼라 히스토그램을 이용한 헤프톤 영상과 비헤프톤 영상의 분류방법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 방법을 다양한 실험영상에 대해 적용해 본 결과에 대해 언급하며, 5장에서 결론을 맺는다.

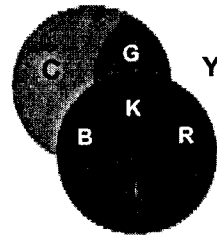
2. 칼라 헤프토닝 방법

헤프토닝(Halftoning)은 연속제조(continuous tone) 영상을 이진(binary) 영상으로 변환하는 것이다[5,7]. 헤프토닝은 헤프톤된 이진 영상이 인간의 시각특성에 의해 연속제조 영상으로 인지될 수 있다는 속성을 이용한 것으로서, 이진 표현만이 가능한 종이 인쇄 분야에서 주로 활용되고 있다.

헤프토닝 방법은 크게 error diffusion, ordered dither로 나눌 수 있다[5]. ordered dither는 clustered-dot ordered dither와 dispersed-dot ordered dither로 나눌 수

있는데, 일반적으로 대량 종이 인쇄에서는 clustered-dot ordered dither를 주로 사용한다[1].

칼라 인쇄에서는 CMYK 칼라 모델을 사용하며, C, M, Y 칼라잉크 기본 칼라로 사용하고, 기본 칼라를 중복 인쇄하여 그림 1 (a)에서와 같이 R, G, B 칼라를 표현한다. 그림 1 (b)는 clustered-dot 방법으로 헤프톤된 영상의 일부를 확대한 것이다.



(a) CMYK 칼라 모델



(b) 확대된 칼라 헤프톤 영상

그림 1. 칼라 헤프톤닝

3. 칼라 헤프톤 영상과 비헤프톤 영상의 분류 방법

3.1 칼라 헤프톤 영상의 히스토그램 분포 특성

본 연구에서는 헤프톤 영상의 칼라 분포 특성을 분석하기 위해 스캐닝한 RGB 헤프톤 영상을 HSV 칼라 모델로 변환 한 후, Hue 히스토그램의 분포 특성을 조사하였다. HSV 칼라 모델에서는, 인쇄시 사용되는 기본 칼라 C, M, Y의 Hue 값이 180, 300, 60이며, 이들의 중첩 인쇄로 나타날 수 있는 칼라, 즉 R, G, B의 Hue 값은 0, 120, 240 이다.

비헤프톤 영상과 헤프톤 영상에 대한 히스토그램을 그림 2에 나타내었는데, 그림 2 (b)는 자연 영상

(natural image)에 대한 히스토그램이다. 한편, 해프톤 영상에 대한 히스토그램을 살펴보면 그림 2 (d)에서와 같이 비해프톤 영상의 히스토그램과 상이한 칼라 분포특성이 나타남을 알 수 있다. 해프톤 영상의 히스토그램에서는 R, Y, G, C, B, M의 Hue 위치에서 높은 피크가 나타나는데, 이러한 특성은 해프톤 영상만이 가지는 고유한 특성이기 때문에, 이를 활용하면 해프톤 영상과 비해프톤 영상을 구별할 수 있다.

3.2 영상 분류 방법

본 논문에서는 해프톤 영상과 비해프톤 영상을 구별하기 위해 다음의 두 가지 특성을 이용한다. 한 가지는 R, Y, G, C, B, M 위치에서는 주변보다 상대적으로 매우 높은 빈도값을 갖기 때문에, 피크들이 존재한다는 것이고, 나머지는 R, Y, G, C, B, M에서 인접한 두 피크사이의 분포 변화가 심하지 않다는 것이다.

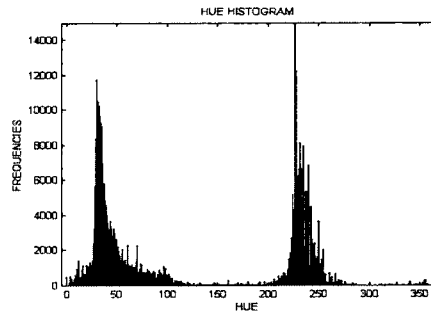
히스토그램에서 R, Y, G, C, B, M 위치에 피크가 존재한다는 특성을 활용하기 위해, 각 위치의 빈도수를 모두 합한 후 그 값이 일정값 이상을 갖는 영상을 해프톤 영상으로 분류하게 되면, 해프톤 영상과 비해프톤 영상을 구별할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 왜냐하면, 비해프톤 영상의 히스토그램에서도 해당 칼라 위치에서 높은 빈도값을 가진 수 있기 때문이다.

그림 2 (b)에서 알 수 있듯이, 해프톤 영상의 경우는 R, Y, G, C, B, M 위치에 존재하는 빈도값과 이웃값의 차이가 매우 크다는 특성이 있기 때문에 이러한 특성을 반영하여 피크의 세기를 구해야 한다.

이에 따라, 본 논문에서는 R, Y, G, C, B, M 위치에 존재하는 빈도값과 이웃하는 두 값의 차이를 각각 구한 후, 그 합을 해당 칼라의 피크 세기로 정하였다 이와 같이 R, Y, G, C, B, M 칼라 위치에 대한 피크의 세기를 모두 구하여 합한 후, 이 값을 피크의 세기 M_{peak} 로 정하였다.



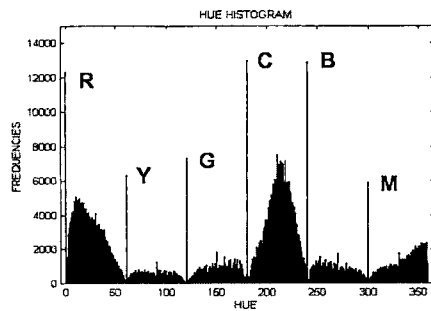
(a) 해프톤 영상



(b) 히스토그램



(c) 자연 영상



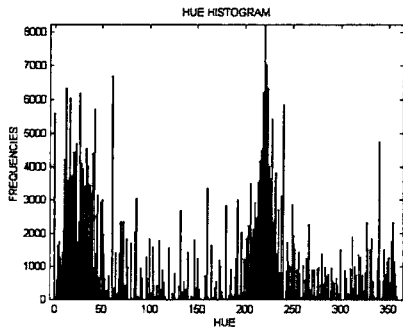
(d) 히스토그램

그림 2. 해프톤 영상과 비해프톤 영상의 칼라분포 특성

한편, 픽셀들이 다양한 Hue 값을 갖는 비해프톤 영상의 히스토그램이 그림 3에 나타나 있는데, 그림에서와 같은 이 영상은 비해프톤 영상임에도 불구하고 R, Y, G, C, B, M 위치에서 어느 정도 큰 값의 피크가 존재하는 경우이다. 따라서, M_{peak} 이 클수록 해프톤 영상에 가까운 특성을 갖지만, 이 값만을 이용하여 영상을 잘 분류하기 어려운 경우가 있다.



(a) 비해프톤 영상



(b) 히스토그램

그림 3. 다양한 Hue값을 갖는 비해프톤 영상의 예

그림 2 (b)를 살펴보면 이웃한 두 피크들로 구분되는 영역에 존재하는 분포들은 그림 3 (b)에서와 달리, 빈도값의 변화가 심하지 않다는 특징이 있다. 이러한 특징을 활용하면 그림 3과 같이 다양한 칼라 분포를 갖는 비해프톤 영상이 해프톤 영상으로 오분류되는 경우를 막을 수 있다. 본 논문에서는 이러한 특성을 정량화하기 위해, R, Y, G, C, B, M에서 인접한 두 피크들로 구분되는 각 구간내의 빈도 변화량에 대한 평균값 AVG_{Dif} 각각 계산한 후, 그 값들의 합

$\sum AVG_{Dif}$ 를 계산하였다.

본 논문에서는 그림 4에서와 같이 피크들의 세기 합 M_{peak} 와 각 구간내의 변화량 평균값들의 합 $\sum AVG_{Dif}$ 의 차이가 실험적으로 정해진 임계값 보다 클 경우 입력 영상을 해프톤 영상으로 분류한다.

```

if (  $M_{peak} - \sum AVG_{Dif}$  ) >= threshold\_value
    해프톤 영상으로 분류
else
    비해프톤 영상으로 분류
end
    
```

그림 4. 영상 분류 방법

즉 R, Y, G, C, B, M 위치에서의 피크의 세기는 크고, 인접한 두 피크 사이의 구간에서는 빈도값의 변화량이 작을수록 보다 해프톤 영상의 히스토그램 특성에 가깝다고 판단하는 것이다. 이와 같은 방법으로 영상을 분류할 경우, 픽셀들이 다양한 Hue 값을 갖는 비해프톤 영상에 대해서도 높은 정확도로 분류할 수 있다.

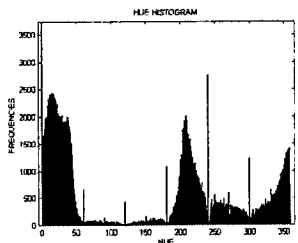
4. 실험 및 토의

제안한 방법의 타당성을 검증하기 위해, 신문, 잡지 등으로부터 스캐닝한 다양한 해프톤 영상과 웹상에서 획득한 비해프톤 영상을 분류하였으며, 제안한 방법은 Windows 2000에서 Matlab (Ver. 5.3)을 이용하여 구현하였다. 표 1은 영상분류 실험결과를 나타내고 있는데, 실험에 사용한 총 60개의 영상중에서 4개의 영상이 해프톤 영상임에도 불구하고 비해프톤 영상으로 오분류되어, 본 논문에서 제안한 방법이 약 93%의 정확도로 해프톤 영상과 비해프톤 영상을 분류하였음을 알 수 있었다.

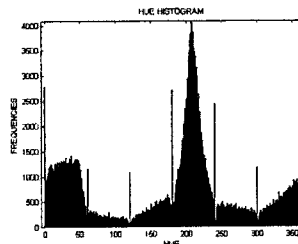
표 1. 영상 분류 결과

실험 영상 수	오분류된 영상 수	정확도 (%)
해프톤 영상	4	93.3
비해프톤 영상		
계		

실험을 통해, 칼라 히스토그램만 이용하는 간단한 연산만으로도 높은 정확도를 가지고 해프톤 영상과 비해프톤 영상을 분류할 수 있음을 확인하였다. 한편, 그림 5는 비해프톤 영상으로 오분류된 해프톤 영상의 칼라 히스토그램을 나타낸 것이다. 해프톤 영상이 오분류된 경우는 그림 5와 같이 M_{peak} 값이 다른 해프톤 영상에 비해 낮게 검출되는 경우이다. 분류 방법의 정확도를 더욱 더 높이기 위해서 해프톤 영상의 히스토그램의 특성을 보다 잘 정량화할 수 있는 요소를 분류 방법에 적용해야 할 것이다.



(a)



(b)

그림 5. 오분류된 영상의 히스토그램

5. 결론

본 논문에서는 칼라 분포 특성을 이용하여 해프톤 영상과 비해프톤 영상을 구별할 수 있는 방법에 대해 연구하였다. 칼라 특성 분석을 위해 스캐닝한 영상을 HSV 칼라 모델로 변환한 후, Hue 정보를 이용하여 분포 특성을 분석하였다. 해프톤 영상은 제한된 칼라의 수로 인쇄된 것을 스캐닝한 것이기 때문에,

인쇄시 사용된 특정 칼라와 그 조합으로 생길 수 있는 칼라에서 높은 빈도값을 가짐을 알 수 있었다.

본 논문에서는 이러한 특성을 이용하여 해프톤 영상과 비해프톤 영상을 구별할 수 있는 분류 방법을 만들고, 실험을 통해 그 타당성을 검증하였다. 본 논문에서 제안하는 분류 방법은 내용기반 검색을 위한 영상분류 과정에서 효과적으로 활용할 수 있다.

6. 참고문헌

- [1] 김종민, 김민환, "Clustered-dot 방법으로 해프톤된 인쇄물에 대한 칼라 역 해프토닝 방법," 멀티미디어학회 논문지, Vol. 2, No. 3, pp. 308-319, 1999
- [2] J. Y. Byun, Y. M. Han, and M. H. Kim, "Extracting halftones from scanned color documents and converting into continuous form," SPIE 13th International Symposium, San Jose, USA, Vol. 4307, pp. 138-148, Jan. 2001
- [3] 김종민, 김민환, "칼라 역 해프토닝을 위한 새로운 평활화 마스크의 설계," 멀티미디어학회 논문지, Vol. 1, No. 2, pp. 183-193, 1998
- [4] Donald Hearn and M. Pauline Baker, Computer Graphics, 2nd Ed. Prentice Hall, 1994
- [5] R. Ulichney, Digital Halftoning, MIT Press, 1987
- [6] Jorgen Rydenius, "Inverse halftoning of scanned colour images," Master Thesis, Dept. of Elect. Eng., Linkoping University, Sweden, 1997
- [7] Henry R. Kang, Digital Color Halftoning, SPIE Optical Engineering Press, 1999
- [8] J. M. Kim, J. Y. Byun, M. H. Kim, "Color inverse halftoning method for scanned color images," SPIE 12th International Symposium, San Jose, USA, Vol. 3963, pp. 240-249, Jan. 2000