

효율적 칼라코드 검출법 - 우선법 알고리즘

권병훈 · 유현중*

Efficient Method to Detect Color Codes - RHOW Alogrithm

Byung-hoon Kwon and Hyeon-joong Yoo*

요 약 상품 정보를 저장하기 위해 현재 널리 사용되고 있는 바코드에 비해, 칼라코드는 미관상 수려하고 더 많은 조합을 수용할 수 있기 때문에, 용도가 더 다양하다. 그러나, 실제 사용에 있어서 수집된 이미지에서의 칼라코드는 환경 또는 장비에 의해 색깔이 심하게 왜곡될 수 있다. 이 논문에서는 이러한 왜곡에 의한 영향을 줄이고, 미로 찾기에 사용되는 우선법(Right hand on wall) 알고리즘을 이용하여 효율적으로 칼라코드를 검출하는 방법을 제시한다. 이 논문에서 사용하는 칼라코드는 Hue 값과 Saturation 값이 높은 색들을 사용하는 동심원형이며, 프리프로세싱에 의해 전체 이미지에서 칼라코드의 후보 영역을 검출한 결과 이미지에 우선법 알고리즘을 적용하여 각 후보 영역을 포함하는 최적 직각사각형의 좌표를 도출한다. 실험결과, 우선법을 적용하여 칼라코드 영역의 정확한 좌표를 도출할 수 있었다.

Abstract Compared to the barcode which is being widely employed to store information on products, the color code may find more various applications because of its favorable appearance and larger possible number of combinations. However, the color values read in practice may suffer from distortions from environments and devices. In this paper, we propose efficient ways to reduce the effect of such distortions and to detect color codes, for which we apply the Right Hand on Wall (RHOW) algorithm originated from the area of the maze search. The color codes used in this paper have high values of Hue and Saturation components and have a circular shape. We first preprocessed the images to detect candidate areas of color codes, and then applied the RHOW algorithm to determine optimal coordinates of rectangles enclosing the areas. As a result, we could obtain accurate coordinates of color codes by using the RHOW algorithm.

Key Words : color codes, right hand on wall algorithm, RHOW

1. 서 론

바코드(bar code)는 흑백의 선의 굵기, 이중선 등에 의해 인코딩된 숫자를 표시한다. 바코드는 흑백 이미지에 속하므로 미관 및 용량상의 단점이 있다. 따라서, 칼

라코드[1, 2]의 이용이 확대되고 있으며, 대표적인 칼라코드의 모양에는 그림 1과 같은 것들이 있다.

이 논문에서 사용한 칼라코드는 그림 2와 같은 동심원 형태로서 용도에 따라 다수의 링으로 구성되며, 보



(a) Vividot 사의 디자인 (b) Colorzip 사의 디자인
그림 1. 칼라코드 유형

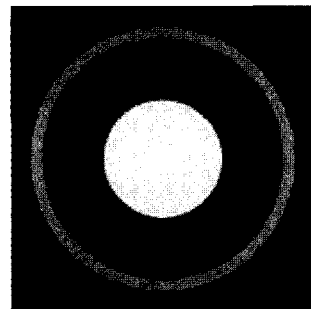


그림 2. 동심원형 칼라코드 예

*상명대학교 정보통신공학전공

E-mail : hjyoo@dreamwiz.com

이 논문은 상명대학교 계당장학재단의 지원에 의해 수행된 연구 결과임.

통 각 링은 R, G, B, C, M, Y의 여섯 가지 색 중에서 인접하여 사용되지 않도록 선정된다. 따라서, 다섯 개의 링으로 구성할 경우, 조합 수는 6×5^4 이다. 중앙의 작은 원은 정사각형 바탕과 함께 보정(calibration) 용도로 사용할 수 있으나, 이 논문에서의 실험용 디자인에는 사용하지 않았다.

그림 2의 유형의 칼라코드의 장점은 모든 방향에 대해 대칭이라는 사실 외에도, Saturation 성분 이미지와 Hue 성분 이미지로부터 대략적 위치 파악이 용이하다는 것이다. 또한, 안전색(safe color)[3] 중에서 선정함으로써 잡음 또는 왜곡에 강인하다는 것이다. 이 논문에서는 그림 2의 유형의 칼라코드를 프리프로세싱한 이진화 이미지에 미로 찾기에 이용되는 우선법 알고리즘

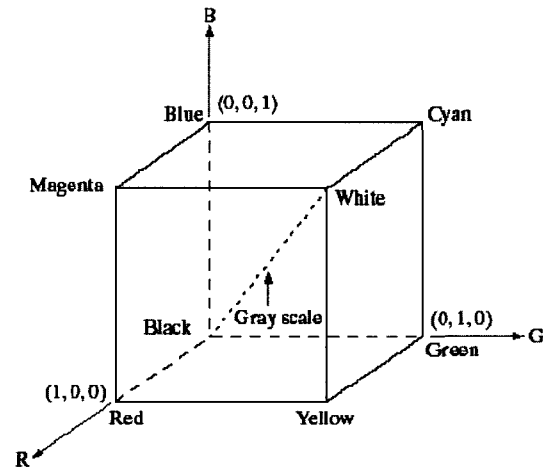


그림 3. RGB 칼라 큐브

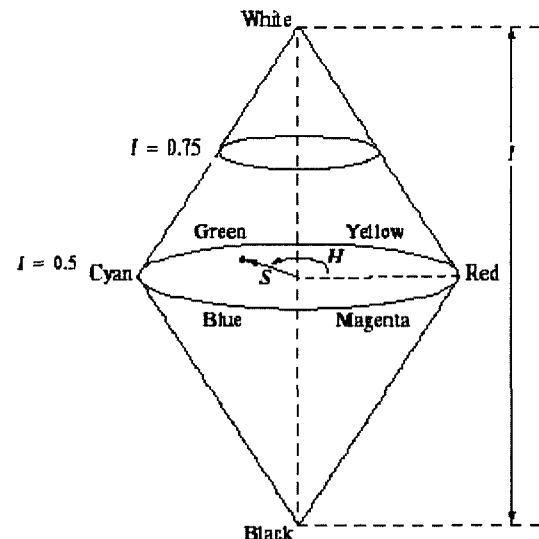


그림 4. HSI 칼라 모델

을 적용하여 효율적으로 칼라코드를 검출하고 좌표를 도출하는 방법을 제시한다.

2. 배경 이론

2.1 Hue 성분과 Saturation 성분

그림 3은 RGB 칼라 큐브를 보여주며, 그림 4는 이로부터 만든 HSI 칼라 모델을 보여준다[3].

그림 4에서 원형단면은 I(intensity) 축에 수직이다. 이 그림에서 보듯이 순도를 나타내는 Saturation 값은 원점으로부터의 거리에 비례하며, Hue 값은 적색으로부터의 각도에 해당한다. 식 (1)과 식 (2)는 각각 Saturation과 Hue 값 계산을 위한 공식이다.

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)] \quad (1)$$

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B > G \end{cases} \quad (2)$$

여기서,

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\}$$

따라서, 그림 2 유형의 칼라코드에서 사용한 색깔들은 R, G, B 성분 중 적어도 한 성분이 0이므로 식 (1)에 의해 Saturation 값이 최대(1.0)이며, 즉, 순수하며, Hue 값은 식 (2)에 의해 각각 60 도의 배수임을 알 수 있다.

이 논문에서는 R, G, B, C, M, Y의 위와 같은 특징을 이용하여 칼라코드의 후보 영역을 표시하는 이진화 이미지를 생성한 후, 다음 절에 소개되는 우선법 알고리즘에 의해 이 이미지로부터 각 후보 영역의 좌표를 정확하게 계산하는 방법을 제시한다.

2.2 우선법

우선법(right hand on wall)은 마우스 로봇 분야에서 미로에 들어간 마우스 로봇이 갈림길을 만났을 때 우선적으로 오른쪽으로 가는 방법이다. 즉, 미로의 입구에 들어섰을 때, 오른쪽 벽에 붙어서 앞으로 가면 돌아간다 하더라도 결국은 출구에 도달하게 된다. 우선법 알고리즘을 의사코드로 표현하면 다음과 같다[4].

- 1) 앞으로 진행
- 2) 아직 미로 안에 갇혀 있다면
 - 2.1) 시계 방향으로 90도 회전
 - 2.2) 만약 벽이 앞에 있다면

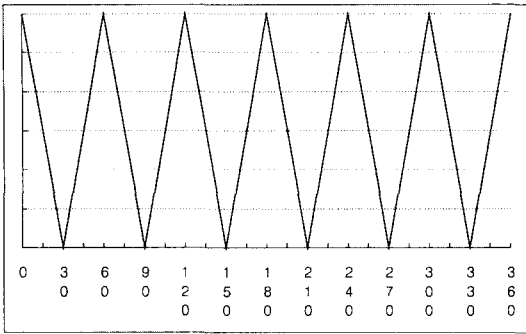


그림 5. Hue 값의 변환 함수

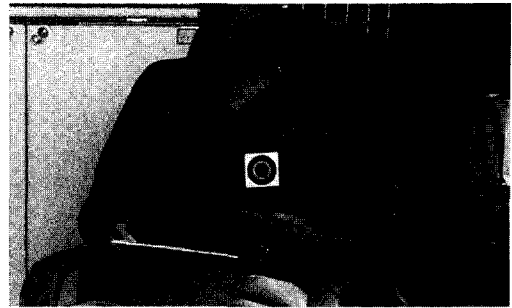
- 2.2.1) 반시계 방향으로 90도 회전
- 2.3) 앞으로 진행
- 2.4) 2로 돌아감
- 3) 미로 탈출 성공

3. 실험 방법

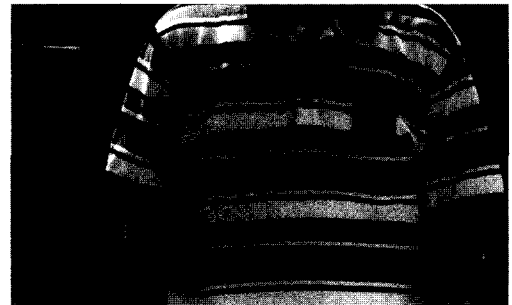
이 논문의 실험 대상 칼라코드에 사용되는 색깔들은 식(1)에 의해서는 최대값 1.0, 식(2)에 의해서는 60의 배수를 갖게 된다. 따라서, 식(1)에 의해 Saturation 성분 이미지를 만들고, 식(2)에 의한 값은 60의 n 배 근처에서 최대값을 갖게 하는 그림 5와 같은 변환 함수를 만들어 실험 목적에 맞는 Hue 성분 이미지를 생성할 수 있다. 스톱스톱핑 후, Hue 성분 이미지와 Saturation 성분 이미지 간의 논리 "AND" 연산에 의해 칼라코드가 존재할 확률이 높은 영역, 즉, 후보 영역(들)로 구성된 새로운 이미지를 만든다. 이 결과 이미지에는 두 곳 이상의 후보 영역이 존재할 수 있다.

후보 영역(들)에 대한 최적 좌표, 즉, 이들을 포함하는 최적 직사각형의 좌표를 계산하기 위해, 이 결과 이미지에 우선법을 적용하는데, 이 때 다음의 절차를 따른다.

- 1) 좌표 (0,0)에서부터 이미지 스캔을 시작한다.
 - 1.1) 처음 만나는 픽셀2의 위치를 찾는다.
 - 1.2) 우선법을 사용하여 배열에 직사각형의 영역을 저장한다.
 - 1.3) 위 과정을 이미지의 끝 좌표까지 반복한다.
- 2) 저장시킨 사각형의 영역 중 서로 겹쳐있거나 너무 가깝게 있을 경우 영역을 합쳐서, 두 직사각형을 포함하는 최소 직사각형의 좌표를 저장한다.
- 3) 저장시킨 직사각형의 가로 대 세로 비율이 1과 많이 다르거나, 크기가 너무 작거나 또는 클 경우 저장시킨 영역을 배열로부터 삭제

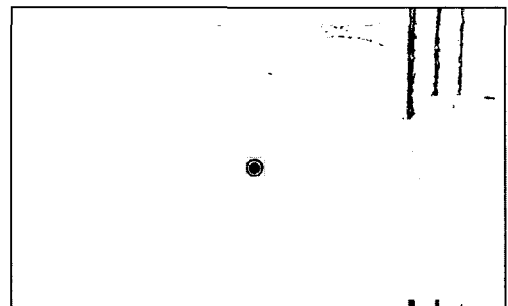


(a) 실내 촬영 이미지

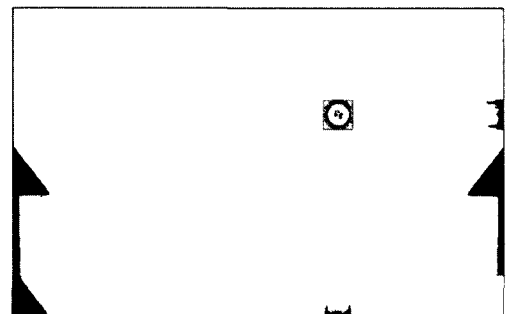


(b) 실외 촬영 이미지

그림 6. 오리지널 이미지



(a) 그림 6(a)의 후보 영역



(b) 그림 6(b)의 후보 영역

그림 7. 우선법에 의해 도출된 최적 후보 영역

4) 남은 직각사각형(들)을 이미지에 그려준다.

4. 실험 결과

그림 6은 실내와 실외에서 촬영한 실험에 사용한 오리지널 이미지의 예를 보여준다. 그림의 칼라 동심원이 칼라코드이다. 그림 7은 Hue 성분과 Saturation 성분 이미지를 구한 후, 이진화한 두 이미지를 “AND” 연산하여 얻은 이미지를 보여주며, 검은색 부분이 칼라코드가 존재할 가능성이 있는 후보 영역들이다. 그림 7에 추가로 표시된 직각사각형들은, 이 결과 이미지에 우선법을 적용해서 찾은 최적 후보 영역을 보여준다. 참고로, 그림의 우측과 하단 부분 그림은 히스토그램을 표시한다.

5. 실험결과 분석 및 토의

그림 7(a)에서, 우선법에 의해 선정된 칼라코드 후보 영역에는 그림 중앙의 칼라코드 영역 외에, 그림 우측 위 쪽의 영역이 포함되었음을 볼 수 있다. 후자의 영역도 원래 이미지에서 순도가 높고 Hue 값이 60의 n배 근처이기 때문에 선정되었다. 이 영역은 우선법이 찾아낼 가능성이 있는 후보 영역의 예를 보여주기 위해 남겨둔 것으로서, 필터링(예: 미디언 필터링), 가로 대 세로 비와 크기 등의 기준(criteria)에 의해 후보 영역 목록에서 쉽게 제거시킬 수 있다.

그림 7(a)와 (b)에서 프리프로세싱된 이미지에서 실제 칼라코드 위치에 밝게 나온 부분의 비율이 상당히 큼을 볼 수 있는데, 이는 (이 논문의 다음 단계인 실제 문제에서의 칼라 매칭의 어려움을 암시한다. 관찰한 바에 의하면 잡음 또는 왜곡에 의한 영향은 원래 사용한 R, G, B 값을 약 50% 정도(즉, 칼라 성분 당 8 비트의 경우 약 100 이상)까지도 변화시킨다. 향후 칼라매칭을 할 경우 알고리즘에 이러한 현상이 고려되어야 할 것이다. 프리프로세싱된 이미지에 칼라코드가 부분적으로만 나타날 수 있기 때문에, 칼라매칭 등의 단계에서는 직각사각형 좌표를 확장시키는 룰도 개발해야 할 것이다.

후보 영역 선정 기준 중 크기에 관한 조건이 까다로운 경우, 영역 합병에 의해 직각사각형이 커지면 실제 칼라코드 영역이 포함되었음에도 불구하고 후보 목록에서 배제될 수 있다. 후보 영역의 검증에 원을 찾기 위한

Hough 변환[5]을 적용한다면 이를 방지하고 정확도를 높일 수 있을 것이다. 또한, 정확도를 높이기 위해 수평 및 수직으로 투영된 히스토그램을 상관도를 비교하거나, 히스토그램 자체의 모양을 수학적으로 분석하는 등의 히스토그램 기법[5]을 함께 적용할 수 있을 것이다.

6. 결 론

검출이 용이한 칼라코드를 설계하기 위해, 대칭적 구조를 갖는 동심원형으로 구성했으며, 또한 Saturation 값과 Hue 값에서 특징을 갖는 색만을 사용하였다. 우선, 실내와 실외에서 얻은 이미지들로부터 Saturation 성분 이미지와 Hue 성분 이미지를 만들었다. Hue 값은 목적에 맞춰 변환되었으며, 두 이미지를 스레쉬홀딩하여 이진화하였다. 이 프리프로세싱된 이미지들 간에 논리 AND 연산을 수행하여 후보 영역을 일차적으로 검출한 후, 결과 이미지에 대해 미로 찾기에 사용되는 우선법 알고리즘을 적용하였다. 그 결과, 칼라코드 영역의 좌표를 성공적으로 도출할 수 있었다.

왜곡이 전체 범위의 50 %까지도 발생하는 실제 칼라 공간에서의 칼라코드 검출 정확도를 높이기 위해, 향후 LoG등 경계선 검출 기법과 원을 검출하기 위한 Hough 변환법 등을 추가할 계획이다. 또한, 실용화 확대를 위해 216개의 안전색 중에서 선택하여 색을 추가한 실험을 계획하고 있다. 최종적으로는 효율적 칼라매칭 알고리즘을 개발하여 칼라코드 인식 시스템을 목표로 하고 있다.

참고문헌

- [1] Braginsky, P. Y. (inventor), “Color and Shape System for Encoding and Decoding Data”, US Patent 5,869,828, Feb. 9, 1999.
- [2] 한탁돈 외(발명자), “기계로 판독 가능한 코드와 그 코드의 인코딩/디코딩 방법 및 장치”, 특허등록번호 10-0341504, 2002년 6월 8일.
- [3] Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., Digital Image Processing, 2nd ed., Prentice Hall, 2003.
- [4] 이재규, C로 배우는 알고리즘 1, 세화, 1994.
- [5] Bassmann and Besslich, Ad Oculos Digital Image Processing, ITP, 1995.