

로봇축구를 위한 제어변수의 자동설정 방법

박효근* · 이정환* · 박세훈* · 박세현*

*안동대학교 전자정보산업학부

An Automatic Setting Method of Control Parameters for Robot Soccer

Hyo-Geun Park* · Jeong-Hwan Lee* · Se-Hoon Park* · Se-Hyun Park*

*School of Electronic & Information Eng. Andong University,

E-mail : phgen@magien.com

요 약

본 논문에서는 로봇축구의 식별을 위한 초기 패치(patch)값 및 조명의 변화량에 따른 제어변수의 자동설정 방법을 연구하였다. 먼저 패치값 자동설정을 위해 찾고자하는 국부적인 패치영역을 획득하여 RGB값으로 표본화하고, 기울기 연산자를 적용하여 화소의 기울기 값을 얻는다. 그리고 기울기 값으로부터 유효 패치영역과 YUV값을 구한다. 또한 YUV 성분 중 휘도성분을 측정하여 조명의 변화량에 따른 제어변수를 설정한다. 제안된 방법을 로봇축구 영상에 적용하여 초기 패치값을 설정하였고 경기 중 조명의 변화에 적응적인 패치값 검출이 가능함을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, an automatic setting method of control parameters for robot soccer is proposed. First we acquired some local image regions including robots and ball patch, and sampled the regions to RGB value. Edge operator is applied to get magnitude of gradient at each pixel. Some effective patch regions can be detected by magnitude of gradient, and YUV value at each pixel in patch regions can be obtained. We can determine control parameters of robot soccer using luminance component of YUV. The proposed method is applied to robot soccer image to detect initial patch value and get control parameters adaptively in light variation.

키워드

로봇축구, 영상처리, 패치영역, 제어변수 자동설정

1. 서 론

로봇축구에서 영상처리는 카메라에서 입력받은 영상정보를 통해서 이루어진다. 이 영상정보는 전용 영상처리보드에서 RGB나 YUV 포맷으로 변환된 후 로봇축구 프로그램으로 전송되며 경기 중의 로봇과 공을 식별하는데 사용된다. 로봇을 식별하기 위해서는 입력받은 영상정보에서 로봇의 고유색상을 부여한 패치를 찾아내야한다. 이를 위해서 로봇들의 고유색상을 오렌지색 골프공과 함께 경기 시작 전에 미리 지정해놓아야 한다[1].

색상설정 과정이 끝난 후 로봇축구 경기는 시작되며 이 설정에서 얼마나 정확하게 색상을 지정해 놓느냐에 따라서 경기 중에 로봇과 공을 놓치지 않고 잘 찾아내는가의 여부가 결정된다. 기존의 로봇축구에서는 이러한 초기 색상설정 과정이 각 로봇

에 부여된 고유색에 대한 RGB나 YUV의 임계값을 결정함으로써 이루어졌다. 이 과정은 주로 경기 운영자의 주관적인 예측과 판단에 의해 이뤄지며 그에 따라 정확도의 한계가 발생하게 된다. 또한 경기장의 주 광원과 주변 환경에 따른 빛의 간섭현상이 발생되므로 이에 적응적으로 대응하기 위해서는 잦은 변수 설정과 수정이 필요하며 이로 인해 경기 전과 중간에 세팅시간을 많이 소모하게 된다. 또한 경기 중에는 로봇과 볼을 식별하지 못하는 경우가 발생할 수 있게 된다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 임계값의 빠른 설정과 높은 정확도를 달성할 수 있는 알고리즘 및 자동화 기법이 필요하다.

변수예측과 설정을 위한 자동화 루틴의 초기영역은 경기장 위 하나의 패치가 포함되어 있는 부분영상이다. 획득된 영상은 영상처리에 적합하도록 RGB포맷으로 양자화 된다. 양자화 된 데이터는 잡

음제거와 윤곽선 검출기법을 적용하여 해당색상을 추출하고 레이블링을 통해서 해당영역의 화소좌표를 결정하게 된다. 본 논문에서 사용되는 레이블링 기법은 영역의 중심에서 바깥쪽으로 접근해 나가면서 동일색상을 찾아내는 방식으로 이를 본 논문에서는 RAS(Radial Access Search)방식이라고 한다.

경기 중에 조명의 변화에 적응적으로 패치를 찾기 위해서는 입력받은 YUV 포맷에서 빛에 가장 민감한 Y성분을 모니터링하여 구현할 수 있다. 본 논문에서는 기존에 사용하는 수동적인 패치설정방법의 문제점을 개선하기 위하여 초기 자동변수 설정방법을 연구하였고 또한 조명의 변화에 적응적인 제어변수 변환방법을 연구하였다.

II 제안된 로봇축구의 자동변수 설정 방법

패치값 자동설정을 위해서는 찾고자 하는 패치를 포함하고 있는 국부적인 영역을 추출해야한다. 입력된 영상은 영상처리보드에서 YUV 4:2:2 포맷으로 획득되며 이 포맷은 식(1)과 같이 RGB값으로 변환된다[2].

$$\begin{aligned} R &= Y + 0.956U + 0.621V \\ G &= Y + 0.272U + 0.647V \\ B &= Y + 1.1061U + 1.703V \end{aligned} \quad (1)$$

RGB 값은 먼저 패치색과 주변 경기장 색상의 윤곽을 뚜렷하게 구분하기 위해서 대비(contrast)를 증가시킨다. 또한 경기장의 색상이 패치의 색상보다 상대적으로 어둡기 때문에 정규화하여 화소값의 범위를 확장한다[3]. 아래의 그림 1(a)는 원 영상이고, 그림 1(b)는 대비를 증가시킨 영상, 그리고 그림 1(c)는 RGB칼라 영상을 계조영상으로 변환한 영상이다.

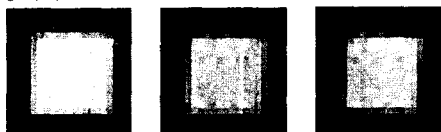


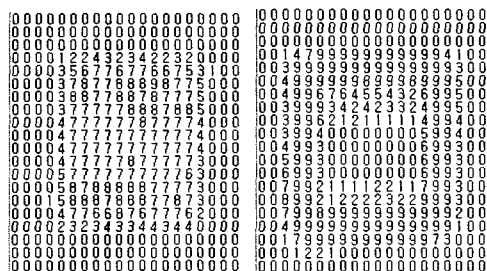
그림 1. 영상 변환과정
(a) 원 영상 (b) 대비증가영상 (c) 계조 변환영상

위 그림 1(c)에서 알 수 있는바와 같이 대비증가 및 계조영상으로 변환한 영역이 패치와 배경영역을 선명하게 구분해 줌을 알 수 있었다.

패치영역과 배경영역을 구분하기 위해서는 먼저 영상의 기울기 값을 계산해야한다. 기울기 값은 다음의 식 (2)로 계산하는데, $|\nabla f(x,y)|$ 는 화소(x,y)에서의 기울기 값의 크기이고, $|G_x(x,y)|$ 는 수평방향의 기울기, $|G_y(x,y)|$ 는 수직방향의 기울기이다[4].

$$|\nabla f(x,y)| = |G_x(x,y)| + |G_y(x,y)| \quad (2)$$

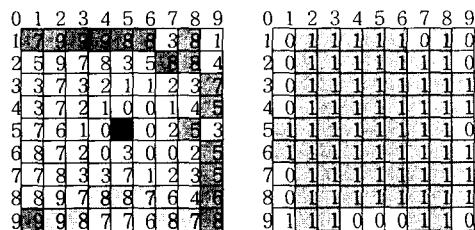
이렇게 하면 패치의 중심화소의 기울기 값이 항상 배경화소보다 크게 된다. 그림 2(a)는 RGB 칼라 영상을 10레벨로 양자화 한 것이고 그림 2(b)는 패치의 경계선을 검출하기 위하여 2차 미분한 기울기 값을 10레벨로 양자화한 것이다.



(a) (b)

그림 2. 패치영역의 예 (a) 칼라영상을 10레벨로 양자화 (b) 2차 미분한 기울기 값

위의 그림 2(b)에서 패치의 경계부분의 2차 미분 값이 가장 크게 됨을 알 수 있다. 본 논문에서는 패치영역을 검출하기 위하여 다음에 설명하는 RAS 기법을 적용하였다. RAS 기법은 패치의 중심 화소에서 상하좌우 방향으로 탐색하여 가장 큰 기울기 값을 갖는 영역까지 검출하고 이를 유효 패치 영역으로 결정하는 방법이다.



(a) (b)

- MGU : Most Gradient-value Upper part
- ▒ MGB : Most Gradient-value Bottom part
- MGR : Most Gradient-value Right part
- ▒ MGL : Most Gradient-value Left part
- Common cross coordinates
- Center coordinates

그림 3. RAS 기법의 예 (a)2차 미분 최대값 (b)RAS 기법에 의해 검출된 패치영역

그림 3의 MGU, MGB, MGR, MGL은 아래 식 (3), (4), (5), (6)로 계산한다.

$$MGU(x_i, y_c) = \max_{0 \leq i \leq w} \{f(x_i, y_j), 0 \leq j < \frac{w}{2}\} \quad (3)$$

$$MGB(x_i, y_c) = \max_{0 \leq i \leq w} \{f(x_i, y_j), \frac{w}{2} \leq j < w\} \quad (4)$$

$$MGR(x_c, y_i) = \max_{0 \leq j \leq w} \{f(x_i, y_j), \frac{w}{2} \leq i < w\} \quad (5)$$

$$MGL(x_c, y_i) = \max_{0 \leq j \leq w} \{f(x_i, y_j), 0 \leq i < \frac{w}{2}\} \quad (6)$$

여기에서 (x_c, y_c) 는 패치의 중심화소이고, 그림 3(a)에서 C로 표시하였다. 탐색영역의 크기는 $w \times w$ 이다. MGU는 중심화소의 윗부분에서 2차 기울기 값이 최대인 화소이고, MGD는 중심화소의 아랫부분에서 2차 기울기 값이 최대인 화소이다. MGR은 중심화소에서 오른쪽부분에서 2차 기울기 값이 최대인 화소이고, MGL은 중심화소에서 왼쪽부분에서 2차 기울기 값이 최대인 화소이다.

그림 3(b)는 RAS 기법을 적용하여 구한 패치영역인데, 이는 다음과 같이 구할 수 있다. ① 중심화소에서 각 방향으로 최대 기울기 값을 갖는 좌표를 구한다. ② 중심화소에서 각 방향으로 2차 기울기 값이 최대인 좌표까지를 유효패치 영역으로 등록한다.

색상정보는 YUV포맷으로 구성되는데 Y성분은 빛의 밝기를 표현하는 휘도(luminance) 성분으로 화소당 1바이트씩 할당되어있다[5]. 그림 4는 휘도 값의 변화에 대한 히스토그램을 표현한 것인데 그림 4(a)는 형광등을 끄고 얻은 경기장 영상이다. 그리고 그림 4(c)는 (a)영상의 히스토그램이고 그림 4(d)는 (b)영상의 히스토그램이다.

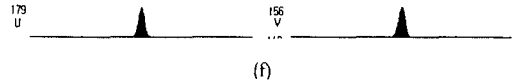
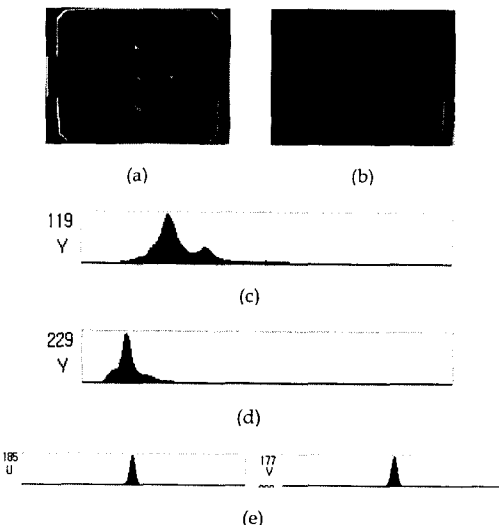


그림 4. Y값 변화 히스토그램 (a)형광등을 끈 상태의 경기장, (b)형광등을 차단한 상태, (c)(a)상태의 Y값 히스토그램, (d)(b)상태의 Y값 히스토그램 (e)(a)상태의 UV값 히스토그램 (f)(b)상태의 UV값 히스토그램

그림 4(c)는 형광등을 켜고 있을 때의 최대누적분포도의 값이 119이며 스펙트럼의 중심이 약 1/3 지점에 위치해 있다. 반면 그림 4(d)는 형광등을 차단하였을 때 Y값의 누적 히스토그램막대의 최대값이 229로 증가하였으며 영상이 전반적으로 어둡기 때문에 스펙트럼의 중심이 약 1/4 지점으로 내려가는 것을 알 수 있다. U와 V의 히스토그램의 최대값은 U는 185에서 179로, V는 177에서 156으로 변화되었으나 스펙트럼의 중심은 이동하지 않았다. 즉, 형광등은 주로 단색광이므로 조명의 변화에 따라 휘도(Y)값만 변화하고 색상정보의 변화가 크지 않는 것으로 생각된다.

III 실험 결과 및 고찰

제안방법의 성능을 평가하기 위하여 CCD 카메라로부터 획득된 로봇축구 경기장의 영상에서 패치를 검출하는 실험을 하였다. 제안된 방법에 의하여 검출된 유효 패치영역은 그림5와 같다.

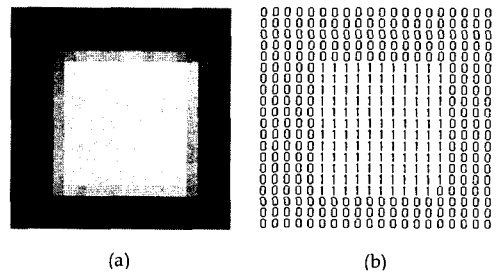


그림 5. 패치영역 (a)원 영상 (b)검출된 패치영역

그림 5(b)는 원 영상으로부터 검출된 패치영역으로 패치의 모양과 거의 동일하게 직선적으로 추출되었다. 제안된 방법을 볼(ball)에 적용한 결과는 그림 6과 같다.

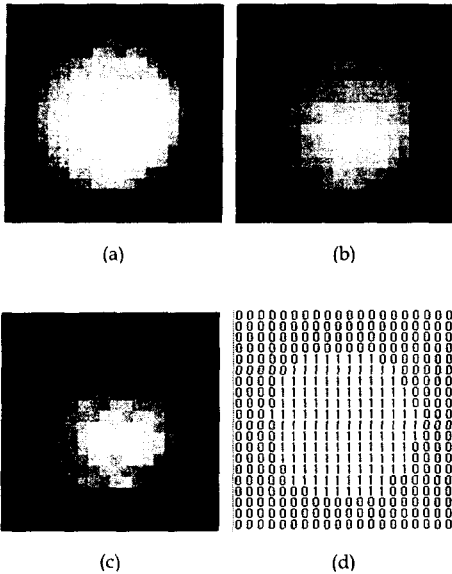


그림 6. 볼 영역검출과정 (a)원 영상 (b)대비강화 영상 (c)계조 영상 (d)검출된 볼 영역

IV 결 론

본 논문에서는 로봇축구의 식별을 위한 패치값 자

동설정과 조명의 변화량에 따른 패치값 자동변환의 방법을 연구하였다. 패치값 자동설정을 위해서는 추출된 패치영역을 RGB양자화, 대비증가, 계조화 한 후, 여기에 RAS 기법을 적용하여 패치의 유효화소 좌표를 검출하였다. 또한 경기 중의 조명 변화에 적응적으로 대응하기 위해 빛의 변화량에 따라 변하는 휘도성분 Y값을 이용하여 초기 패치설정값에 변화를 줌으로써 패치값 자동변환을 구현한다.

향후 연구과제는 다양한 형태의 패치검출과 패치영역 검출의 정확도 향상, 그리고 경기장의 영역별 조명의 변화에 따른 유연한 패치값 자동변환에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] KRSA, "http://www.krsa.org/championship/soccer/mirosot_small_rule.html"
- [2] 김종환, "로봇축구 시스템", 대영사, pp.284, 2001
- [3] 이문호, "실용 영상 신호처리", 대영사, pp.107-108, 2001
- [4] 장동혁, "디지털 영상처리의 구현", 정보게이트, pp.166, 2001
- [5] Matrox, "Matrox Imaging Library. User guide and Command Reference Manual no. 10514-801-0710", pp.50, 2002