

불균형한 조명에서의 경기 진행을 위한 비전 처리

안호석, 사인규, 최창현
 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 TACHYON

1. 서론

1996년 로봇 축구가 시작한 이래 현재까지 로봇 축구는 상당한 발전을 거두었고 관심을 갖는 사람도 점차 증가하고 있다. 로봇 축구의 발전과 함께 시스템에 대한 변화 그리고 규칙의 변화도 생겨났다. 규칙, 특히 경기장의 규격에 대한 변화는 로봇 축구 시스템에 많은 영향을 주었으며 그 중에서도 비전 시스템에 많은 변화가 일어났다.

로봇 축구는 한정된 공간에서 한정된 물체인 공과 로봇만을 찾아낸다. 이를 위한 비전 시스템은 신속성과 정확성이 생명이기 때문에 어느 팀이 더 빠르고 더 정확한 정보를 찾아내느냐 하는 것이 경기의 승패를 좌우한다고 해도 과언이 아닐 정도로 중요하다. 그래서 많은 팀들이 새로운 패치의 모양과 함께 빠르고 정확한 비전 처리 알고리즘을 개발하여 현재 거의 모든 팀들이 초당 30프레임의 속도로 비전 처리를 하고 있다.

하지만 새로운 경기장 규격이 발표되면서 더 넓은 영역에서의 비전 처리가 필요하게 되었다. 기존의 경기장에서 문제가 되었던 불균형한 경기장 조명은 YUV포맷을 쓰면서 어느정도 해결되었으나 두배로 커져버린 경기장에서는 조명이 비취주는 영역의 한계 때문에 다시 어려움에 봉착하고 있다.

이런 어려움을 해결하기 위해서 TACHYON팀이 대처한 비전 처리 방법을 소개한다.

2. 비전 시스템의 구성

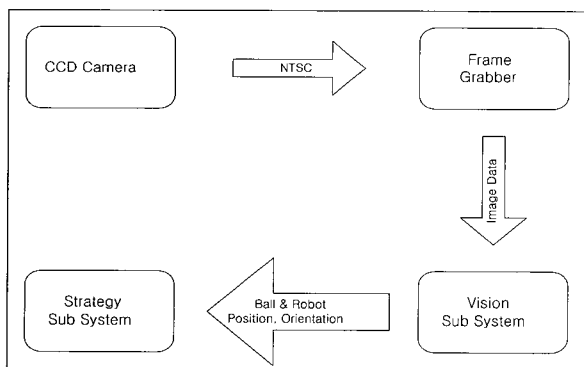


그림 1. 비전 시스템 구성도

- TACHYON 팀의 비전 시스템 사양

1. Host Computer : Intel Pentium III 600MHz
2. RAM : 128M
3. CCD Camera : 삼성 SCC-421
4. 렌즈 : 3 ~ 12 mm 줌렌즈
5. Frame Grabber : Matrox Metro2
6. Graphic Card : NVIDIA RIVA TNT2
7. OS : Microsoft Windows 98 SE

비전 시스템은 [그림 1]에서 알 수 있듯이 카메라에서 나온 NTSC신호를 Frame Grabber를 거치고, 비전 알고리즘을 적용함으로써 공과 로봇에 대한 정보를 얻어오는 역할을 한다. 하지만 경기장의 정보는 오직 카메라에서만 얻어내기 때문에 정확한 정보를 얻기 위해서는 Vision Sub System이 중요하다. [그림 2]는 Vision Sub System 이다.

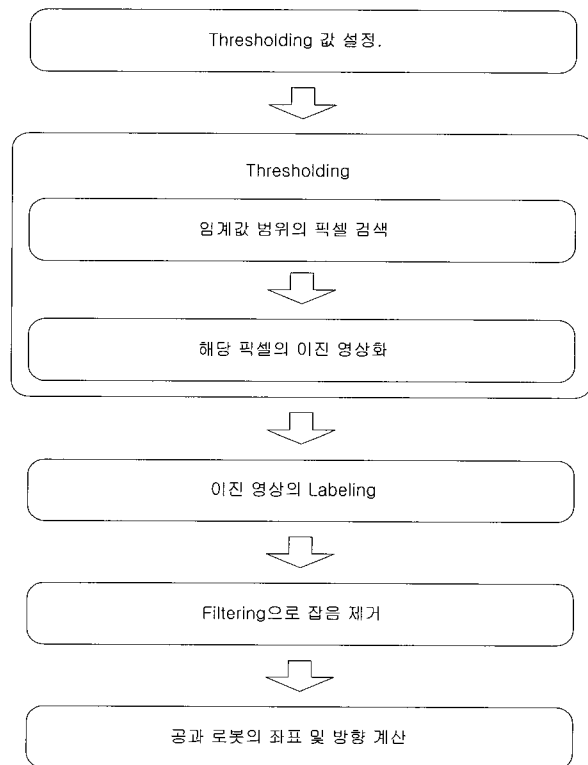


그림 2. Vision Sub System

2.1 Thresholding 값 설정

Thresholding을 하기 전에 먼저 원하는 값을 설정해 주어야 한다. 로봇축구에서는 공과 자기 팀의 색, 각 로봇의 색 등 Small League MiroSot에서는 5가지, Middle League MiroSot에서는 7가지의 색을 기본적으로 찾아내야 한다. 또한 상대 팀을 구별하는 팀은 각각 4가지와 6가지의 색을 더 찾아내야 한다. 여기서는 Vision Sub System에서 최적의 결과를 얻어내기 위하여 경기 전에 원하는 색을 찾아주게 된다.

또한 경기장의 밝기 변화에 둔감하기 위해서 RGB영상보다는 YUV영상을 사용한다. RGB영상은 각각 Red, Green, Blue의 색 정보를 가지고 있다. YUV영상은 Y값은 256단계의 Grayscale을 표현하는 밝기 정보이며, U값과 V값은 색의 농담을 표현하는 정보이다. 로봇 축구경기는 조명에 민감한 경기이므로 조명이 변화에 따라 색 정보가 쉽게 변하는 RGB영상보다는 밝기에 따라서 Y값만 크게 변하는 YUV영상을 사용하고, Y값의 범위를 크게 함으로써 조명의 변화에 따른 민감도를 줄이게 된다.

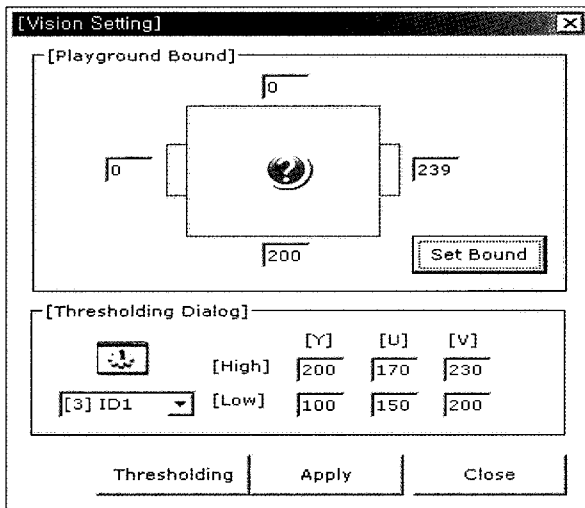


그림 3. TACHYON팀 Vision setting dialog

2.2 Thresholding

256단계의 YUV값을 이진 영상으로 만들기 위하여 앞에서 선택된 범위 내의 픽셀들을 검출해 낸다. 즉, 해당 범위 내의 픽셀들은 1, 아닌 것들은 0으로 구별하게 된다. 예를 들어서 Y값의 범위는 100 ~ 200, U값의 범위는 150 ~ 170, V값의 범위는 200 ~ 230으로 설정했을 때, YUV값이 (150, 160, 210)인 픽셀은 1이 되고, (170, 90, 210)인 픽셀은 0이 되는 것이다. TACHYON팀은 비전 처리 시간을 단축하기 위해서 Dotted Scan Line 알고리즘을 사용하여 나중에 진행 할 Filtering과정의 일부를 수행함으로써 Thresholding과 Filtering과정에 소요되는 시간을 단축하였다.

2.3 이진 영상의 Labeling

이진 영상으로 바뀌면 물체의 덩어리가 몇 부분 생긴다. 만약 공을 원한다면 그 중 가장 큰 영상을 찾으면 되고, 팀 색 같은 경우에는 Small League MiroSot에서는 3개, Middle League MiroSot에서는 5개를 찾아야 한다. 이 때 덩어리에 번호를 붙여주지 않으면 원하는 덩어리를 고르기도 힘들고, 나중에 물체의 중심을 구할 때 물체의 중심이 아닌 덩어리들의 중심을 구하게 된다. 따라서 이진 영상의 덩어리들에게 각각 번호를 부여하고, 이 번호들로 원하는 덩어리를 고르게 된다. 일반적으로 라벨링 알고리즘은 4방향 순차 라벨링 알고리즘을 사용한다. 이 알고리즘에 대한 내용은 여러 논문에서 다루었으므로 본 논문에서는 생략한다.

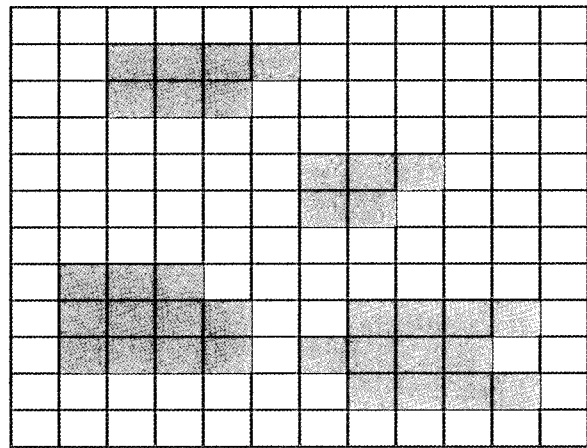


그림 4. 라벨링 전의 이진 영상

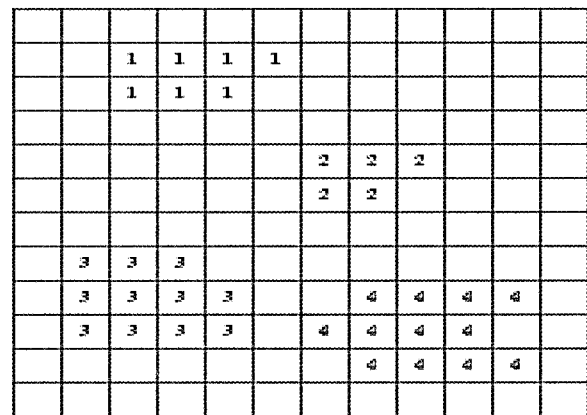


그림 5. 라벨링 후의 영상

2.4 Filtering으로 잡음 제거

원하는 덩어리를 찾기 위해 Filtering을 한다. 원하는 덩어리의 크기를 제한하여 크기에 미달된 덩어리는 제거된다. 그리고 공과 로봇 각각의 ID 색은 가장 큰 덩어리를 고르고, 팀 색은 Small League MiroSot에서는 3개, Middle League MiroSot에서는 5개를 찾는다.

2.5 공과 로봇의 좌표 및 방향 계산

각각의 로봇은 팀 고유의 유니폼을 입게 된다. 이것을 패치라고 하는데 패치는 로봇 고유의 ID 색과 팀 색으로 구성되어 있다. 위에서 찾은 각 색의 덩어리 중심을 구할 수 있다면, 색들 사이의 거리나 위치관계를 알 수 있다. 각 덩어리의 중심은 거의 모든 팀이 사용하고 있는 면적 중심법을 사용한다. 그 수식은 다음과 같다.

$$\text{덩어리의 X축중심좌표} = \frac{\text{덩어리의 모든 픽셀의 X좌표의 합}}{\text{덩어리의 모든 픽셀의 수}}$$

$$\text{덩어리의 Y축중심좌표} = \frac{\text{덩어리의 모든 픽셀의 Y좌표의 합}}{\text{덩어리의 모든 픽셀의 수}}$$

3. 기존 비전 시스템의 문제점

기존 비전 시스템은 경기 중 조명의 변화에는 RGB영상을 YUV영상으로 대체함으로써 해결하였다. 하지만 경기장 내의 조명의 불균형에 대한 대안으로는 명확한 해결 방안을 내지 못했다. 설상가상으로 Middle League MiroSot이 신설됨으로써 Small League MiroSot보다 경기장이 두 배나 커졌다. 이로써 불균형한 조명에서의 문제점은 더욱 심화되었다.

지금까지 이 문제는 조명을 여러 곳에 추가 설치함으로써 해결되는 듯 했으나 모든 경기장의 환경이 대회 때와 동일한 것은 아니다. 또한 로봇 축구의 특성상 여러 곳에서의 시연을 해야하는 경우가 종종 생기게 된다. 그러나 경기는 조명이 항상 문제가 되어왔다. 불균형한 조명은 비전 세팅 시간을 지연할 뿐만 아니라 까다로워서 원하는 동작을 정확하게 할 수 없기 때문에 경기에 막대한 영향을 주게 된다. [그림 6]은 불균형한 조명에서의 경기장의 모습을 보여준다.

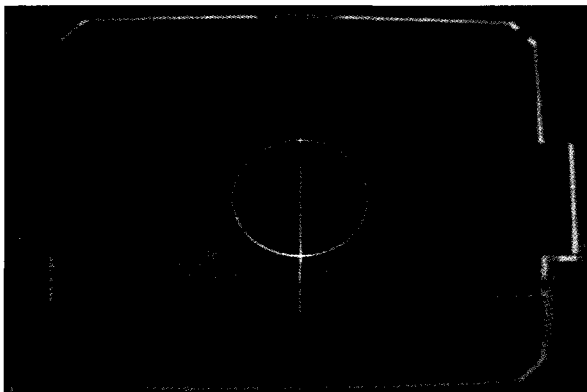


그림 6. 불균형한 조명에서의 경기장

불균형한 조명에서의 Thresholding은 같은 값이라도 영역에 따라서 검출이 가능하기도 하고 불가능하기도 하다. [그림 7]은 TACHYON팀의 HOST System이다.

표시된 지역이 경기장의 모습을 나타내는 곳이며, Thresholding 버튼을 누르게 되면 Thresholding 처리 후의 경기장 모습이 나타난다.

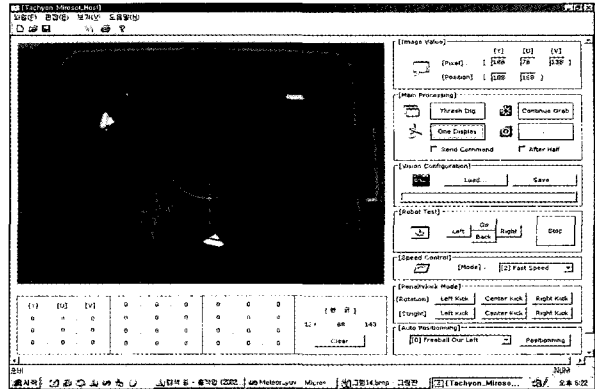


그림 7. TACHYON팀의 HOST System

[그림 8]은 불균형한 조명에서의 경기장에 로봇을 올려놓은 모습이다. [그림 9]는 이 화면을 Thresholding 처리한 후의 화면이다. 경기장 전 영역에서 보여야 할 팀 색이 어느 부분에서는 보이고 어느 부분에서는 보이지 않게 되었다. 이로써 불균형한 조명에서는 정확한 로봇의 정보를 얻어낼 수 없고, 따라서 원하는 경기를 할 수 없게 된다는 것을 알 수 있다.

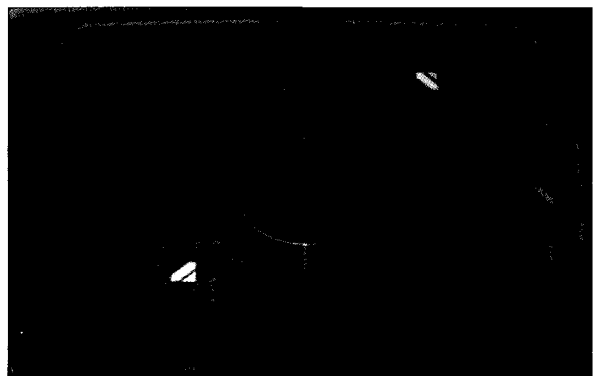


그림 8. 불균형한 조명에서의 로봇

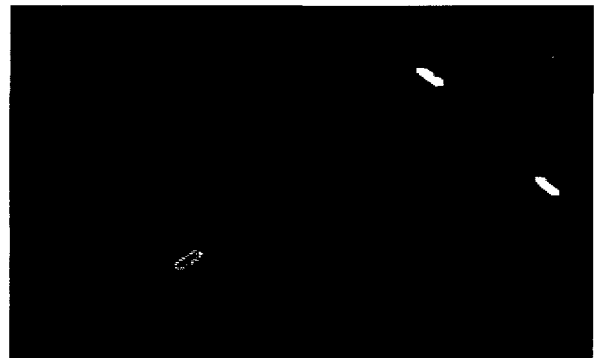


그림 9. Thresholding 처리를 한 후의 화면

이 실험은 Small League MiroSot 시스템으로 해보았으며, 로봇은 일정 영역에서는 명령을 듣지 않았다. 따라서 Small League MiroSot 시스템보다 상대적으로 경기장이 큰 Middle League MiroSot 시스템에서는 이런 문제점이 보다 심각하고 많은 빈도로 나타날 수 있다. 그러므로 새로운 방안을 마련해야 한다.

4. 새로운 비전 시스템

불균형한 조명에서의 비전 세팅은 까다로우며, 경기장이 크고 조명이 아부 불균형한 경우 경기를 하지 못하게 될 수도 있다. 이를 방지하기 위해서 TACHYON팀은 영역을 나누어 비전 세팅을 하는 방법을 생각하여 실험을 해보았다.

4.1 영역 구분법



그림 10. 새로운 Vision sub system

영역을 나누어 비전을 세팅하는 방법은 기존에 Thresholding 처리를 하기 전 Thresholding값 설정 시에 경기장의 상태를 살펴보고 조명 상태가 불균형하여 구별해야 할 영역을 나누고 그 영역에 따라 각각 비전

세팅을 다르게 해주는 방법이다. [그림 10]은 새로운 Vision Sub System이다.

기존의 Vision Sub System과 달라진 점은 Thresholding 전에 조명에 따라서 영역을 구분하고 그에 따른 각 영역의 비전 세팅을 다르게 해 준다는 점이다. 이 방법은 세팅을 여러 번 해주어야 하므로 시간이 오래 걸린다는 단점이 있지만 까다로운 비전 세팅을 피함으로써 보다 정확한 Thresholding 처리를 할 수 있다는 장점이 있는 것과 동시에 오히려 까다로운 비전 세팅으로 인한 시간의 지연을 막아 세팅 시간이 단축될 수 있다는 장점이 있다.

4.3 영역 경계에서의 처리

로봇은 경기장 전역을 끌고루 이동하기 때문에 구분된 영역의 경계를 통과하는 경우가 생긴다. 하지만 이 경우도 문제없이 처리할 수 있다. 영역 구분법이 Labeling전에 사용되기 때문에 각 픽셀은 덩어리가 아닌 각각의 픽셀로 존재하게 된다. 따라서 로봇이 두 영역에 걸쳐서 위치하더라도 Thresholding 처리 시에는 각각의 픽셀이 위치한 영역의 Thresholding 값에 따라서 처리된다. 그리고 Thresholding 처리를 마치면 기존의 시스템과 같은 경로를 지나 정보를 얻게 된다.

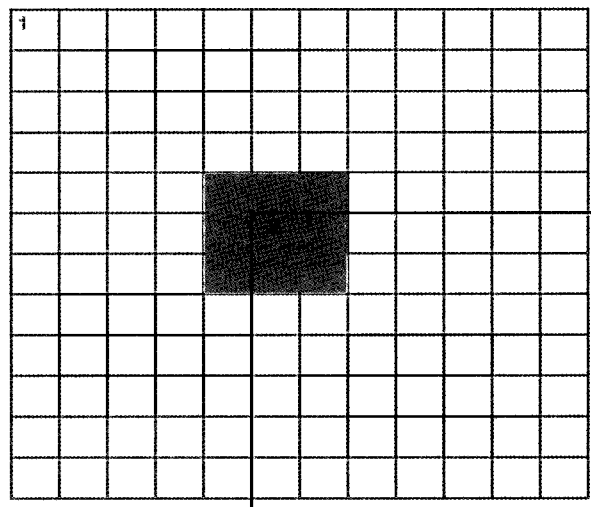


그림 11. 영역 경계에 위치한 로봇

로봇을 나타내는 9픽셀 중 5픽셀은 1번 영역에 위치하고, 나머지 4 픽셀은 2번 영역에 위치한다. 1번 영역에 위치한 5픽셀은 1번 영역에 따른 Thresholding 범위에, 2번 영역에 위치한 4픽셀은 2번 영역에 따른 Thresholding 범위에 따라서 Thresholding 처리된다.

4.2 영역 구분법에 따른 실험

[그림 12]는 불균형한 조명의 경기장을 영역을 구분하여 나눈 그림이다. 영역은 경기장의 상황에 따라서 하나

로 할 수도 있고, 여러 개로 나눌 수도 있다. 나누어진 영역은 숫자로 표시되어 각 영역을 구별할 수 있다.

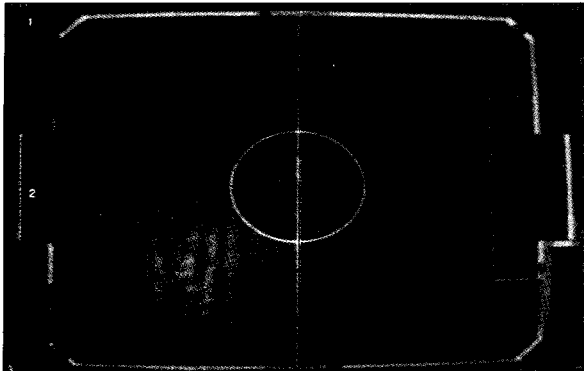


그림 12. 영역이 구분된 불균형한 조명의 경기장

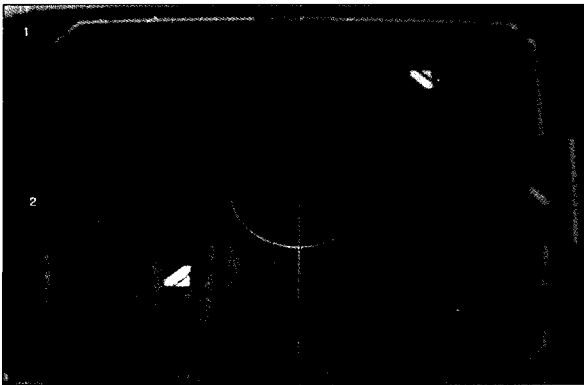


그림 13. 영역 구분이 된 불균형한 조명에서의 로봇

나누어진 영역에 대한 각각의 비전 세팅을 한다. 그 결과 기존의 Vision Sub System에서는 찾아내지 못했던 로봇을 영역 구분법에 의한 Vision Sub System에서는 찾아낼 수 있었다. [그림 13]은 영역 구분이 된 불균형한 조명에서의 로봇의 그림이며, [그림 14]는 영역 구분법을 사용한 Vision Sub System에서의 Thresholding 처리를 한 후의 화면이다.



그림 14. Thresholding 처리를 한 후의 화면

실험결과 영역 구분법에 의한 Vision Sub System은 보다 정확한 정보를 얻어낼 수 있다. 영역 구분법은 각 영역에 대한 비전 세팅을 각각 해주어야 하므로 비전 세팅 시간이 오래 걸린다는 단점이 있지만, 보다 정확한 정보를 얻어낼 수 있으므로 원하는 경기 결과를 얻을 수 있다. 오히려 까다로운 비전 세팅으로 인한 비전 세팅 시간의 증가를 막음으로써 비전 세팅 시간은 단축할 수도 있다.

5. 결 론

로봇 축구 시스템에서 가장 중요한 것은 정확한 정보를 빠르게 얻어내서 원하는 움직임을 유도하는 것이다. 그동안 Small League MiroSot에서 문제가 되어왔고 상대적으로 경기장이 큰 Middle League MiroSot에서는 심각한 문제점으로 [그림 8]과 [그림 9]에서 제시된 불균형한 조명에서의 경기 시 영역에 따라 로봇을 구분하지 못했던 문제점이 있었다.

이 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 영역 구분법이라는 해결 방안을 제시하였고, 실험을 통하여 어느 정도 해결됨을 확인할 수 있었다. 특히 이 방법은 기존의 Vision Sub System에 쉽게 추가할 수 있기 때문에 비전 시스템을 다시 만들어야하는 부담감이 없다.

또한 새로 제정된 Middle League MiroSot 시스템에서의 비전 처리 방안의 하나로 사용할 수 있다고 본다. 앞으로 본 논문에서 제시한 영역 구분법 이외에 또 다른 비전 처리 기술에 대한 연구가 활발히 이루어져 보다 정확한 정보를 보다 빠르게 얻어낼 수 있는 시스템이 개발되어야 할 것이다.

참고문헌

1. "2000 로봇 축구 공학 워크샵 논문집", 세계 로봇 축구 연맹 FIRA, 2000.
2. 김종환, "로봇축구 시스템", 대영사, 2000.
3. 장동혁, "디지털 영상 처리의 구현", PC 어드벤스, 1999.
4. Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G.Schunck, "Machine Vision", McGRAW-HILL International Editions, 1995.