

영상처리를 통한 로봇의 자세 교정

김지현, 박지우, 이강
 한동대학교 전산전자공학부
 e-mail : 2814970@naver.com

The Correction of Robot Pose by Image Processing

Ji-Hyeon Kim, Ji-woo Park, Kang Yi
 School of Computer Science & Electrical Engineering, Handong Global University

요 약

영상처리를 통한 로봇의 제어는 현재 4 차 산업혁명이 도래하며 중요성이 더욱 커지고 있다. 본 논문에서는, 하드웨어인 지능형 휴머노이드 로봇과 디지털 영상처리 분야를 융합하여, 영상을 처리하고 분석하는 과정에서 얻은 정보로 로봇의 움직임을 제어하는 방법을 기술하였다. 이 때 좁은 다리를 건너는 미션에서 영상을 통한 색 정보로 로봇의 기울기와 양방향 위치를 조절하는 알고리즘을 설계하고 구현하였다.

1. 서론

본 논문에서 대상으로 하는 로봇은 SoC 로봇 대회에 사용하는 2 족 휴머노이드 지능형 로봇으로서 영상데이터를 안정적으로 처리하여 두뇌보드에 전송하는 FPGA 의 Verilog source 와, 알맞은 모션을 호출하는 C 기반의 전략프로그래밍 source, 모터를 효과적으로 제어하여 안정적인 모션을 제공하는 Robotis source 가 포함된다. 인공지능로봇이 동작하는 이러한 일련의 과정들을 크게 하드웨어, 소프트웨어, 모션의 세 부분으로 나눌 수 있다. 첫째로 하드웨어에서는 입력된 영상에 대한 전 처리 기능을 담당하게 된다.

첫째로 하드웨어는 병렬처리가 가능하고 소프트웨어보다 영상처리가 훨씬 빠르다는 장점이 있기 때문에, 영상정보가 소프트웨어로 전달되기전 시간이 오래 걸리는 무거운 작업들을 먼저 진행하여 상대적으로 가벼운 작업을 소프트웨어로 넘기는 역할을 한다.

둘째로 소프트웨어에서는 본격적인 영상처리를 담당하게 된다. 받아들인 영상에서 장애물을 추출하고 인식하여 나름의 결론을 내리고 어떻게 행동할지를 결정하게 된다. 그 결정한 값을 UART 신호로 CM-530 제어보드에 보내주게 되는데 로봇은 18 개의 서보 모터로 관절이 구성되어 있다. 두뇌보드에서 받은 UART 신호에 따라 CM-530 제어보드가 서보 모터를 제어하며 로봇의 움직임을 컨트롤하게 된다. 이러한 과정을 통해 로봇이 움직이며 장애물을 통과하게 된다.

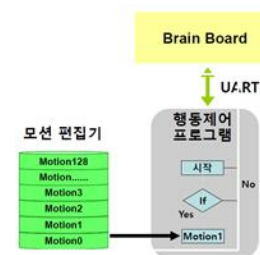


그림 1 Motion Control 도식

2. pixel 의 hsv 값 인식

먼저 로봇 몸체의 카메라로부터 영상을 넘겨 받고, 그리고 변환시킨 영상을 두뇌보드로 전달한다. FPGA 에서 이러한 과정을 거침으로써 두뇌보드에서는 안정적인 영상으로 안정적인 모션 및 전략프로그래밍을 수행할 수 있다.

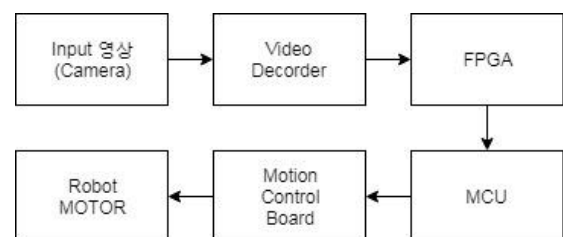


그림 2. 영상정보 입력과정

영상정보는 로봇의 NTSC 카메라 센서를 통해 입력된다. 이 영상정보는 analog data 이며, 비디오 디코더가 이를 이산화하여 digital 정보로 만든다. 이 때 video decoder 를 통해 FPGA 로 전해지는 영상은 한 프레임이 720*480 의 해상도를 가지며, 16bit 의 Ycbr 색공간을 가진다. 그것을 FPGA 에서

vd_io_r10 이용하여 YCbCr 을 24bit RGB 로 변환시킨다. 그 다음 CS_HSV 를 통해 RGB 를 HSV 로 변환한다. 먼저 24bit 였던 데이터를 각각 8bit 씩 나누어 H, S, V 에 할당한다.

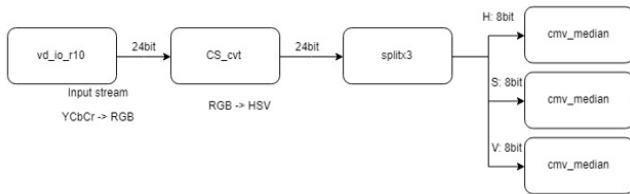


그림 3. Analog data 를 H,S,V 에 각각 8bit 씩 할당

이 과정을 거친 후, splitx2 모듈을 통해 명도(V)에 8bit, sobel XY 좌표에 각각 8bit 씩 영상데이터를 보내게 된다. 명도(V)에 따로 8bit 를 보내는 이유는 영상처리에서 색깔을 인식할 때, 명도에 의한 색 인식 에러가 가장 많이 일어나게 된다. 노이즈 처리과정을 거치지 않은 영상데이터를 따로 명도(V)에 보냄으로써 명도에 의한 에러를 줄이고자 하는 것이다. 영상처리를 통해 최종적으로 MCU 에 전해지는 값은 H(hue):8bit S(sat):4bit v(val):4bit 이다.

이때, 우리가 실험한 환경은 Green 색의 Bridge 인데, 초록색의 hsv 값에 맞추어 Hue 값은 70 ~100 , Sat 값은 1 이상인 pixel 이 초록색이라 판단하고 이에 따라 프로그램을 제어하였다.

3. 기울기 조절

본 실험은 휴머노이드 로봇이 다리에 서있었을 때, 오른쪽과 왼쪽 각각 한 발(약 4cm)정도의 여유를 두는 좁은 초록색 다리를 건너는 실험이다. 로봇의 머리에 달린 카메라에서 받아온 영상에서 pixel 에서 다리 이외엔 초록색이 없다는 조건하에 진행하였다. 다리를 안정적으로 완주하기 위해, 기울기 조정(뒤틀림 조정) 과 양방향 조정(치우침 조정) 두가지 case 를 반복하였다. 이 때, 계속해서 인식이 필요한 이유는 외부 상황이나 로봇 모터의 자체적인 문제로 로봇 동작 시 로봇이 자연적으로 뒤틀리기 때문이다.

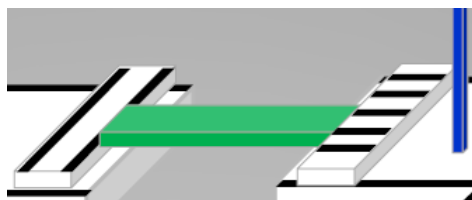


그림 4. 실험환경

기울기 조절을 위해 다리가 90° 이하로 뒤틀렸을 경우로 제한하고 3 가지 case 로 나누었다.

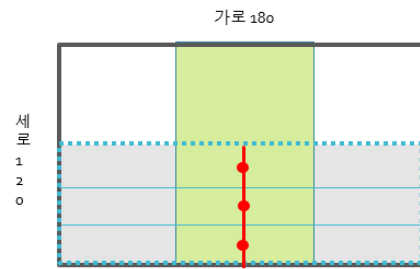


그림 5. 뒤틀림 1 번째 case

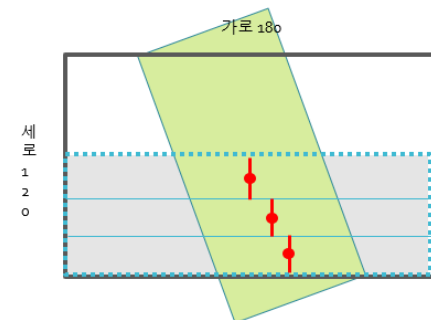


그림 6. 뒤틀림 2 번째 case

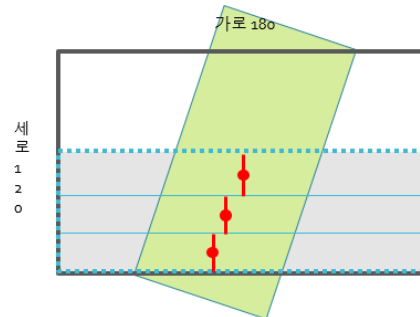


그림 7. 뒤틀림 3 번째 case

다리의 기울기를 확인하기 위해 영상의 아래 방향으로 로봇과 가깝기 때문에 영상의 아래 반을 인식하였다. 위 그림과 같이 3 section 으로 나누었고, 각 section 에서 초록색 pixel 을 인식 후, 인식된 pixel 의 x 좌표 값의 sum 에, pixel 의 개수의 sum 을 나누어 해당 section 의 초록색 인식 영역의 중심 값을 얻어낸다. 이런 방식으로 3 section 의 중심 좌표를 찾아내어, 2 번째 section 의 x 좌표 중심 값을 기준으로 1 번째 section 과 3 번째 section 의 x 좌표 중심 값의 차이를 통해 기울기를 확인 가능하다.

만약, 뒤틀림 2 번째 case 와 같이 왼쪽으로 다리가 뒤틀렸을 경우, 로봇을 turn right 를 시켜 모터를 제어함으로써 적정 기준이 될 때까지 인식과 모터제어를 반복시킨다. 아래 그림은 실제 로봇 구동 시, 인식을 display 해본 결과이다

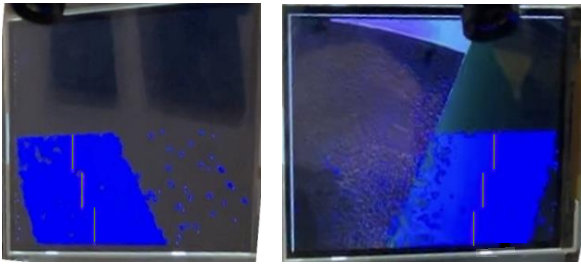


그림 8. 실제 display 결과
(파란색: 초록색 pixel 인식, 빨간 줄: x 좌표 중심)

4. 양방향조절

3 번의 기울기 조절 후 로봇이 다리의 우측이나 좌측으로 쏠릴 경우를 대비하여 치우침 조절을 통해 다리의 중앙으로 오게 한다. 이때, 치우침 조정 단계에서도 3 가지 case 로 나누었다.

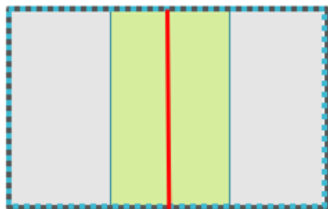


그림 9. 치우침 1 번째 case

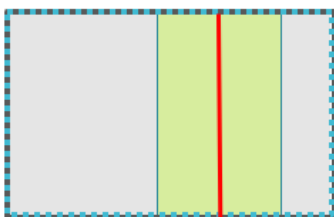


그림 10. 치우침 2 번째 case

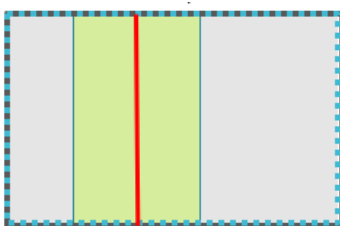


그림 11. 치우침 3 번째 case

치우침 조정은 기울기 조절과 다르게 조금 더 높은 정확도를 위해 카메라의 전체 영역을 인식 후, 인식 pixel 의 전체 x 좌표 값의 sum 을 인식된 pixel 개수로 나누어 카메라 상 전체 다리의 중심 x 좌표 값을 얻어낸다. 이후, 이 x 좌표 값과 카메라의 중심의 값의 차이를 통해 위 그림의 3 가지 case 로 분류 후, 각각 case 에 적합한 모션을 호출하여 모터 제어를 통해 조정이 완료된다.

만약 치우침 3 번째 case 가 인식이 되었으면, 차이가 심할 경우 크게 오른쪽으로 한발짝, 차이가 약할 경우, 오른쪽으로 살짝 한발짝 가도록 모터를 제어한다.

5. 구현

앞에서 설명한 3 번의 기울기 조절과 4 번의 양방향 조절을 통해 로봇이 초록색다리를 성공적으로 통과하는 알고리즘은 아래와 같다.

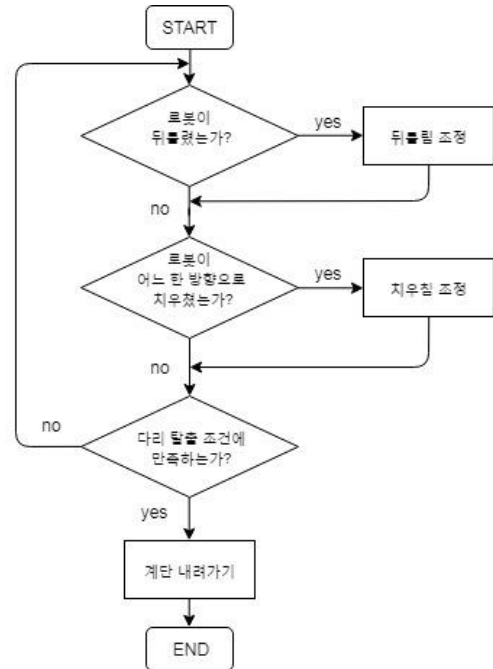


그림 12. 최종 Algorithm

6. 결론

본 논문에서는 FPGA 와 디지털 영상처리를 함께 사용하여 기울기 조절과 치우침 조정 대해서 실험을 진행했다. 실험에서 색 인식 기반의 영상처리를 통해 휴머노이드 로봇이 반복적인 인식과 모터 제어를 통한 모션 호출로 안정적으로 좁은 다리를 완주하는 알고리즘을 구현하였다.

이 과정에서 뒤틀림을 먼저 조절하여 다리와 일자로 로봇이 위치하게 한 뒤, 치우침을 조절하니 성공적으로 로봇의 위치를 교정할 수 있었다.

감사의 글

이 논문의 연구는 과학 기술 정보 통신부와 정보 통신 기술 진흥 센터(IITP)의 소프트웨어중심대학 지원사업 (2017-0-00130)의 지원을 받아 수행하였음.

참고문헌

- [1]원종백, 하상민, 이상태 “Design of Multiprocessor Architectural SoC for Robot and Motion Control” 제어로봇시스템학회 제 12 권, pp. 60-64, 2014.
- [2] IT-SoC Association “지능형 SoC Robot War” IT SOC magazine 제 3 호, pp28 ,2004.