
비전센서를 이용한 용접선 추적에 관한 연구

배철오* · 김현수*

A Study on the Seam Tracking by Using Vision Sensor

Cherl-O Bae* · Hyun-Soo Kim*

요 약

용접을 하는데 있어서 보다 균일한 용접상태를 유지하고, 용접품질의 향상 및 동일시간에 보다 많은 용접을 함으로써 생산성 향상을 위해 로봇의 이용이 점차로 증가하고 있다. 로봇용접의 과정 중 실제 용접을 실시하기 위해 로봇을 움직이기 이전에 용접할 부위의 검출이 선행되어야 하고, 그 검출방법에 있어서 크게 접촉식과 비접촉식의 센서가 활용이 되고 있다. 본 논문에서는 비접촉식 중 비전센서인 레이저 다이오드와 CCD 카메라를 이용하여 CCD 카메라를 거친 영상을 처리하여 용접선을 추적하고 용접을 하도록 하고 있다.

레이저 다이오드를 용접모재와 일정 각도를 가지도록 조사하게 되면 모재표면의 형상에 따라 반사되는 굴곡면이 달라지게 되는데 이 형상이 CCD 카메라를 통해 입력되고, 이 입력된 화상을 이미지 보드와 프로그램을 통하여 분석을 하고, 얻어진 용접선의 화상의 좌표 값을 토대로 로봇을 이동시킴으로써 용접을 하도록 하고 있다. 용접은 실시간으로 이루어짐으로써 생산성 향상에 크게 기여할 수 있다. 또한 모재에 따라 굴곡이 다른 1차원 평면의 용접인 경우는 약간의 프로그램 수정으로 대부분 추적 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Recently, the use of Robot increase little by little for the purpose of developing a welding quality and productivity in the welding part. It is more important to contact the seam for arc welding before moving a welding robot. There are two types of method to contact the seam namely contact and non-contact type largely. In this paper, image processing sensor(a kind of non-contact sensor) is concerned to track the seam by using laser diode and CCD camera. A structured laser diode's light illuminated on the weld groove and the reflected shape is introduced by CCD camera. The image board captures this image and software analyzes this image. The robot is moved and welded exactly as acquired image X-Y data is changed with robot's X-Y value. Also, most of seam tracking are considered by changing the program simply in case of the different weld groove of plane surface.

1. 서론

산업화가 가속화되어 가고 있는 가운데 자동차, 조선, 전기기기 및 산업기계 등의 많은 분야에서 용접가공 기술은 그 활용 범위가 점점 더 증가하고 정밀화되어 가고 있는 추세이다.[1]

하지만 용접작업 중에 발생하는 열악한 환경으로 인해 용접분야의 자동화가 한편으로는 기타 다른 산업 기술에 비해 그 발전 속도가 더디어진 것도 사실이다.

따라서 본 논문에서는 용접 자동화의 일환으로 직각 좌표 로봇을 이용하여 용접선을 추적하는 실험을 행하였다.

우선 용접로봇의 이동 전에 선행되어야 할 작업이 용접할 부위의 검출이라 할 수 있다. 그래서 이 용접선의 발견 및 추적을 위해 여러 센서들이 사용되고 있는데, 그 중에는 크게 용접모재를 센서가 접촉하고 있는가 아닌가에 따라 접촉식과 비접촉식으로 나누고[2][3], 비접촉식 센서 중에서도 여러 종류의 센서가 있으나, 본 논문에서는 비전센서인 광원과 CCD 카메라를 이용하여 모재에 투사된 빛을 카메라를 통하여 받아들이고 이의 영상을 처리하여 용접선을 검출하게 된다.[4][5][6][7]

비전센서를 활용할 경우 용접부위의 폭, 깊이, 모양 등의 여러 형상정보를 좌표로 정확하게 얻어 낼 수 있다. 또한 어떠한 복잡한 형상을 가진 용접모재 일지라도 카메라를 통해 개선부의 다양한 자료를 화면상으로 시각적으로 쉽게 확인할 수 있고, 검출하고자 하는 위치 및 알고리즘은 소프트웨어적으로 대부분 처리가 가능하다는 것을 확인 할 수 있었다. 본 논문에의 용접모재는 x-y축에 존재하는 것을 대상으로 추적실험을 행하였다.

II. 본론

본 연구를 위한 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

실험장치는 크게 용접부, CCD 카메라와 레이저 다이오드로 구성된 비전센서부, 직각 좌표 로봇 및 로봇 컨트롤러[8], 입출력 카드 및 개인용 범용 컴퓨터, 스위치 보드와 로봇 이동용 매니플레이터로 나누어 볼 수 있다.

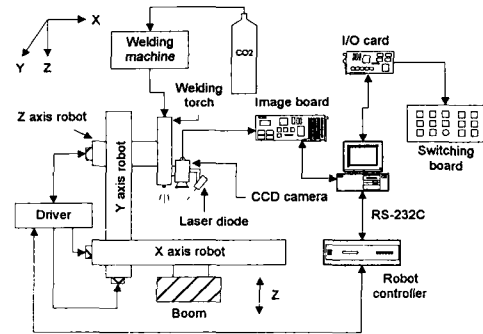


그림 1. 실험장치 개략도

용접기는 CHOWEL IGBT 인버터 제어 CO₂ 가스 아크 용접기이고, 용접기의 Wire 이송장치는 Hoisting Stroke가 600[mm], Boom Stroke가 1500[mm]인 Manipulator에 고정되어 있다. Boom 끝단으로 X축 직각좌표로봇이 연결되어 있고, 이 X축 로봇에 또한 Y, Z축이 차례로 연결되어 있다. 직각 좌표 로봇은 다사테크에서 제작된 것으로 X축의 Stroke는 600[mm], Y축의 Stroke는 400[mm], Z축의 Stroke는 150[mm]인 것이고, 로봇의 모션 컨트롤러 역시 다사테크에서 제작된 것으로 32-bit RISC CPU를 탑재하고 있으며, 간이 PLC가 내장되어 있어 별도의 PLC 없이 로봇 시스템 구성이 가능한 데스크형의 3축 컨트롤러를 사용하고 있다. CCD 카메라는 미국 Pulnix사의 TM-200(EIA) 모델로 픽셀이 768(H)×494(V)이고 525개의 스캐닝 라인을 가지고 있으며, 렌즈의 초점은 수동으로 조작을 하고 있다. 카메라의 렌즈 부분에는 아크 용접시 발생하는 강한 광, 스파터의 노이즈를 줄이기 위해 특정 파장 대역만을 통과시키는 대역통과 필터를 설치하였다. 카메라에 들어온 영상을 취득하고 처리하기 위해 사용된 이미지 보드는 Eruesys사의 DOMINO MAXI 모델의 PCI 카드로 해상도는 1300×1030까지 지원을 하며, PC의 점유율이 낮고 고속으로 이미지를 처리할 수 있다. 광원으로 사용되는 레이저 다이오드는 파장이 650±5[nm]의 적색 가시광선이고, 출력이 30[mW]이다. 레이저 다이오드는 점광원이기 때문에, 입체광원으로 만들어 영상 이미지로 받아들이기 위해서 어떤 구조화된 선광으로 바꾸어야 하는데, 이를 위해 레이저 다이오드 끝단에는 원통형 모양의 렌즈가 삽

입되어 선 모양의 레이저로 변형시키고 있다. Z축 로봇에는 그림 2에서 보는 것과 같이 용접의 진행방향으로 Z축에 용접토치, CCD Camera, Laser Diode 순으로 설치되어 있다. 카메라 중심에서 용접토치 중심까지의 간격은 77mm 정도의 거리를 두고 떨어져 있으며, 제일 선단의 레이저 다이오드는 CCD 카메라에 다이오드의 광이 잘 위치하도록 조절하기 위해 회전하도록 되어 있다.

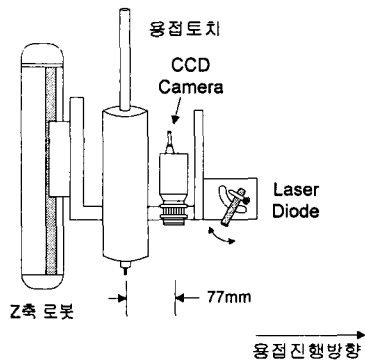


그림 2. 비전센서 상세도

기타 장치로 PC 슬롯에 직접 삽입한 AT-Bus용 I/O card가 설치되어 있는데 16채널의 Relay Actuator 출력과 16채널의 opto-isolated 입력을 받아들일 수 있어 이를 이용하여 PC에서 조작뿐만 아니라 로컬측에서도 조작가능 하도록 조작버튼과 각종 램프의 입출력을 조작하고 있다.

III. 실험방법

1. 비전센서를 이용한 용접선 추적 원리

그림 3에 비전센서를 이용하여 용접선을 추적하는 원리를 나타내고 있다.[3][5] 용접의 진행방향에 맨 앞쪽에 레이저 다이오드를 통해 구조화된 빛이 용접 모재에 투사되면 모재에서 반사된 빛이 카메라로 들어오게 된다. 용접 모재에 따라 파여진 홈의 형상이 다 다르기 때문에 각각의 다른 개선부의 모습이 카메라 영상에 가로픽셀과 세로픽셀의 2차원 데이터 값으로 나타나게 된다. 이 영상 이미지의 2차원 좌표 값을 분석하여, 모니터상의 영상좌표에서 다시 로봇

의 X-Y 이동 값으로 변환하여 로봇을 이동시켜가면서 실시간으로 용접을 하게 된다.

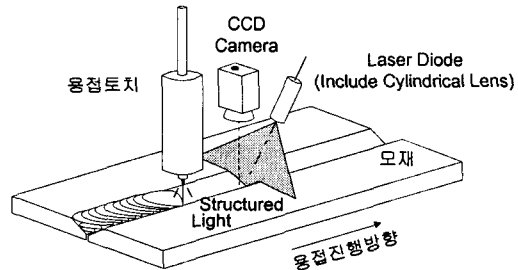


그림 3. 용접선 추적 원리

2. 소프트 웨어

영상 데이터를 얻고, 이를 분석하여 로봇을 이동시켜 용접을 하는 소프트웨어는 델파이 5.0버전을 기반으로 구현하였다.

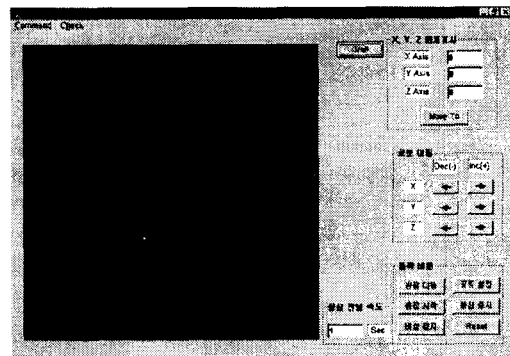


그림 4. 구동 소프트웨어

로봇과의 통신은 RS-232C 케이블을 이용하였고, 에러검출은 통신의 한 패킷마다 그 끝에 보내는 LRC 계산을 체크하여 수행하였다. 그림 4의 실행화면을 보면 우측 상단에 로봇의 3개의 현 좌표가 보여지고 있고, 또한 좌표에 값을 넣고 이동 버튼을 누르면 원하는 좌표로 로봇을 이동시킬 수 있다. 우측 가운데에는 화살표 버튼을 눌러 로봇을 이동시키는 버튼이 있고, 그 아래에는 용접에 필요한 버튼이만 들어져 있다.

프로그램이 실행되면 로봇과의 통신을 위해 포트 를 열고, 로봇의 초기화를 위해 원점이동을 한다. 원

점 이동 후 작업할 모재가 있는 곳으로 좌표 값을 입력하거나 방향키를 눌러 원하는 위치로 이동시킨 후, 용접 시작 버튼을 누른다. 용접시작과 동시에 화면상에는 모재의 형상에 따른 이미지가 나타나고 용접할 부위를 찾아 사각형의 점을 찍는다. 점이 찍히면 데이터로 그 좌표 값이 버퍼에 저장되고 저장된 값을 로봇의 좌표 값으로 변환하여 내보내 로봇을 이동시킨다. 용접도중 화상 이미지가 완전평면이거나 검출을 하지 못하면 용접을 종료하도록 하고 원하면 로봇의 이동 경로를 좌표 값을 저장하여 반복작업을 할 수 있게 하였다. 카메라의 렌즈 위치와 용접도치와는 77mm 정도의 오차가 있으므로 이 값도 보상하여 로봇은 항상 용접도치의 센터부분이 중심이 되도록 움직이게 하였다.

3. 영상정보처리

그림 5의 사진은 V형의 개선부를 가진 용접모재에 구조화된 레이저 다이오드광이 굴절되어 지는 모습의 예를 보여주고 있다. 이 굴절된 빛 중에서 영상처리를 통해 그림 6과 같이 V형 개선부 중 굴곡이 시작되는 점 P1과 굴곡이 끝나는 점 P3 및 실제 용접할 부위인 P2를 추출하게 된다.

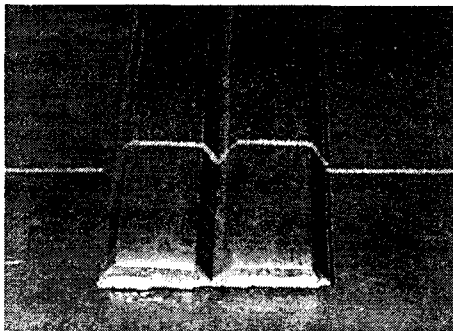


그림 5. 모재에 비친 레이저 다이오드 빛의 사진

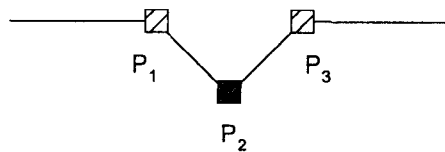


그림 6. 용접부위의 추출

용접부위의 점들을 찾아내기 위해서는 몇 가지의 처리과정이 필요하게 된다. 우선 CCD 카메라를 통하여 입력된 화상 픽셀은 가로 52, 세로 480개로 일단 이미지 보드의 버퍼에 1열로 512×480개의 픽셀이 8비트의 흑백 농도 값으로 저장된다. 모니터상에 나타난 영상데이터는 가로와 세로 픽로의 조합된 2차원 배열의 형상을 하고 있으므로 열로 배열된 버퍼내의 데이터를 화면상으로 가져오게 되면 서로 배열이 달아 무슨 내용의 데이터가 보내졌는지 알 수 없으므로 1열의 차원 배열을 2차원 배열로 변환한다. 이렇게 변환하여 모니터상에 CCD 카메라의 입력된 이미지를 나타내게 되면 얻어진 영상정보 내에는 다이오드 레이저의 반사광에 의한 개선 정보뿐만 아니라 다른 부분의 정보도 포함하고 있으므로 이러한 많은 정보로부터 필요로 하는 레이저 다이오드에 의해 조사된 빛에 의한 개선 정보만을 분리해 내야 한다. 그 방법으로 여러 가지가 있겠으나, 본 논문에서는 영상정보를 픽셀단위로 검색하여 다치값의 가장 큰 위치를 레이저 다이오드의 빛에 의한 반사광의 영상으로 간주하도록 하였다. 레이저 다이오드의 광만 8비트의 농도 레벨 중 가장 밝은 255로 처리하고 나머지 부분은 모두 0인 검은색으로 처리한다.

처음 용접부위의 점들을 찾아내게 되면 이 값을 버퍼에 저장하고 로봇을 2[mm](이 값은 변경가능) X좌표 로봇의 진행방향으로 전진하고 다시 화면을 캡처하여 용접부위를 모니터상에 읽어오게 된다. 처음 한번은 전 픽셀을 읽어 들여 점들을 찾고, 그 이후로도 똑같이 화면상의 픽셀들을 전부 읽어들여 용접부위를 추출하게 되면 처리시간이 길어지므로, 두 번째부터는 추출된 점 부위의 일정 구간을 정하여 블록으로 용접선을 추출하여 처리시간을 단축하였다. 만일 그 이후 계속 용접하면서 전진하는 도중 캡처된 영상에서 흠이 있는 용접선의 좌표를 읽어들이지 못하면 화상좌표 값의 저장을 중지하게 된다. 좌표 값의 저장은 멈추게 되지만, 용접도치와 비전센서의 센싱위치와의 거리관계로 로봇은 영상 좌표 값보다 77[mm] 진행 후 동작을 멈추고, 따라서 이때 용접도 종료하고 원점으로 이동하게 된다. 똑같은 모재를 반복하여 용접할 경우에는 저장된 데이터를 호출하여 비전센서의 동작 없이도 용접을 할 수 있다.

IV. 실험결과 및 고찰

실험에 사용된 모재는 X-Y 동일 평면에 대해서 V형 모양의 맞대기, 겹치기, 버트 용접 모재의 용접선 추적실험을 실시하였다. 데이터의 취득 간격은 2[mm] 이고 이들 모든 점들은 파일로써 저장이 되고 있다.

1. V형 맞대기 용접선의 추출

그림 7은 그림 5에서 보이는 사진과 같은 V형 맞대기 용접 모재를 영상처리 후 캡처한 그림이다. 캡처한 그림에서 3개의 사각형의 점 중, 가운데의 홈 부분의 점이 용접선을 나타내며, 결국 이 부분을 계속 추적하게 된다.

직선으로 연속된 용접선의 추적실험도 행하였으나 본 논문에서는 생략을 하고 곡선으로 이루어진 연속된 용접선의 실험 결과만을 그림 8에 나타내었다. 그림 8의 (b)에 S형의 추적할 용접모재를 나타내고, (a)에 추적한 궤적을 그래프로 나타내고 있다. 전반적으로 추적상태는 양호하나 매끄럽지 못한 부분이

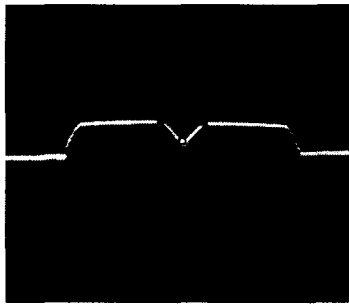


그림 7. V형 맞대기 용접선의 캡처된 이미지

몇 군데 존재하는 것을 볼 수 있는데, 이는 추적중 개선면에 레이저 다이오드 빛 자체가 난 반사되어 노이즈로써 함께 영상신호에 포함되어 들어오기 때문이라 여겨진다. 그러나 이러한 노이즈는 실제 용접 시 약간의 시간을 가지고 용접 비드가 흠으로 흘러 녹아내리므로 무시할 정도라 할 수 있다.

2. 겹치기 용접선의 추적

그림 9는 두 모재를 겹친 상태에서 용접선을 영상처리 후 캡처한 그림이다. 두 개의 점 중에서 하단의 점이 추적할 용접선의 위치를 나타낸다. 그림 10은 겹치기 용접선을 추적한 결과를 나타낸다. 그림 (b)는 겹치기 용접을 위한 실제 용접모재의 사진을 나타내고, 그래프 (a)는 모재를 30도 정도 기울인 상태에서 추적한 결과를 나타낸다. 추적상태가 우수한 것을 확인할 수 있었다. 곡선의 겹치기 용접선 추적의 경우는 겹치기 용접선 추적 알고리즘이 다음의 버트 용접선 추적과 거의 동일하기 때문에 버트 용접선 추적에서 곡선 추적 실험을 행하였다.

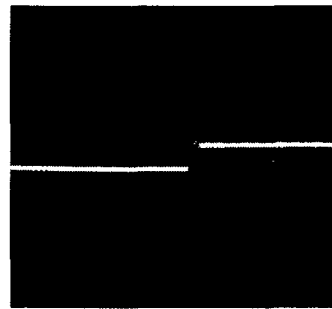
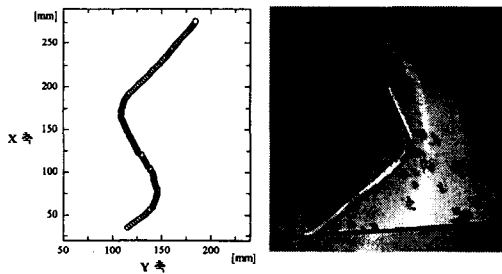
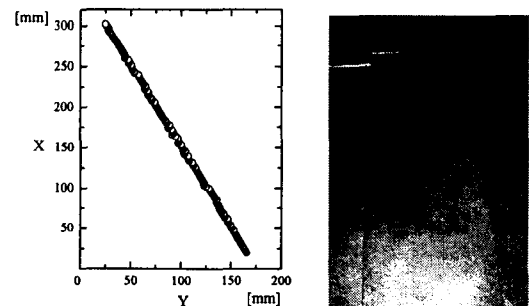


그림 9. 겹치기 용접선의 캡처된 이미지



(a) 용접선추적 그래프 (b) 모재의 사진

그림 8. V형 맞대기 곡선 용접선의 추적



(a) 용접선추적 그래프 (b) 모재의 사진

그림 10. 겹치기 사선 용접선의 추적

3. 버트 용접선의 추적

그림 11은 높이가 같은 두 개의 모재를 일정 간격으로 둔 상태에서 캡처한 그림을 나타내고, 높이가 같은 사각형의 두 점은 모재의 모서리를 나타내며, 가운데 하단에 위치한 점이 추적할 용접선을 나타낸다.

그림 12는 두 개의 모재를 일정 간격 띄워 놓은 곡선 형태의 버트 용접선을 추적한 결과를 나타내고 있다. 그림 (b)에 실제 추적할 용접 모재를 나타내고 있고, 그림 (a)는 추적한 용접선의 궤적을 나타내고 있다. 마찬가지로 추적결과 선형적으로 매우 잘 추적하고 있음을 확인할 수 있었다.

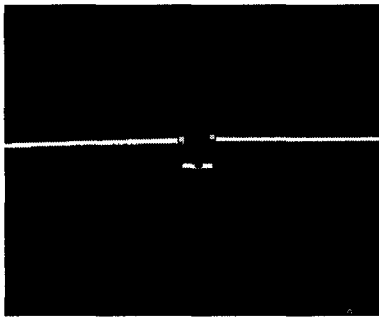
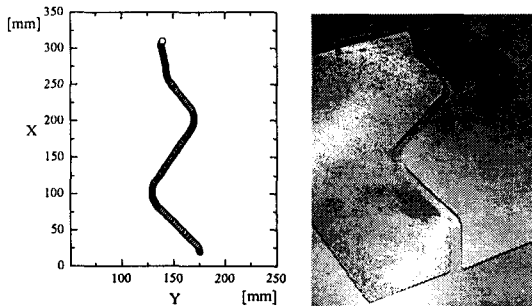


그림 11. 버트 용접선의 캡처된 이미지



(a) 용접선추적 그래프 (b) 모재의 사진

그림 12. 버트 곡선 용접선의 추적

V. 결 론

용접자동화를 위해 용접선 추적의 많은 방법 중 하나인 영상처리를 통해 용접선을 추적하고자 CCD 카메라와 레이저 다이오드를 이용한 시각 센서를 구

성하여 용접선 추적 실험을 행하였다. 실험결과 시각 센서를 통하여 모재의 개선 모양, 개선 폭, 개선 깊이 등 모재 표면에 대한 정보를 빠른 시간 안에 얻을 수 있었고, 용접선의 형태가 직선 및 곡선에 관계없이 정밀하게 그 위치를 추출해 냄을 확인할 수 있었다. 또한 본 논문에서는 3가지의 용접 시편을 대상으로 추적실험을 행한 결과를 논하였으나, 멀티패스 등 다른 형상을 가진 특수한 용도에 사용되는 용접선에 대해서도 약간의 소프트웨어적인 알고리즘을 수정하는 방법으로 대부분의 추적이 가능하리라 생각된다. 이 밖에 앞으로는 높이를 고려한 3차원의 용접선의 추적에 대해서는 앞으로 계속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 古谷 建吳, “溶接器機・ロボット”, 溶接技術, pp. 88-101, 1994年 4月號.
- [2] Hirokazu Nomura: Sensors and Control Systems in Arc Welding, CHAPMAN & HALL.
- [3] J.D. Lane: ROBOTIC WELDING, IFS (Publications) Ltd. UK, pp. 91-101. 1987.
- [4] 김호학, 부광석, 조형석, “자동 아크 용접고정의 용접개선변수 측정을 위한 시각 시스템”, 대한용접학회지 제8권 제2호, 1990, 6.
- [5] 윤충섭, 양상민, 박희창, 한유희, “레이저 용접에서의 용접선 추적 장치”, 대한용접학회지, 제12권 제2호, 1994, 6.
- [6] W.F. Clocksin, J.S.E. Bromley, P.G. Dvey, A.R. Vidler and C.G. Morgan, “An implementation of model-based visual feedback for robot arc welding of thin sheet steel”, The International Journal of Robotics Research, Vol. 4, No. 1, pp. 13-26, 1985.
- [7] Indyk, D. Velastin, S.A, “Survey of range Vision Systems, Mechatronics”, Vol. 4, No. 4, pp. 417-449, 1994.
- [8] Robot & Motion controller DMC-A2/4 Series, Operating Manual, (주)다사테크, 2000.

저자소개



배철오(Cheri-O Bae)

1993년 2월 한국해양대학교 기관공
학과 학사

1997년 8월 한국해양대학교 기관공
학과 석사

2001년 8월 한국해양대학교 기관공
학과 박사

2002년~현재 목포해양대학교 전임강사

※ 관심분야: 로봇비전, 영상처리, 전기기기



김현수(Hyun-Soo Kim)

1993년 2월 한국해양대학교 기관공
학과 학사

1999년 2월 목포해양대학교 기관공
학과 석사

2002년 2월 한국해양대학교 기관공
학과 박사

2002년~현재 목포해양대학교 전임강사

※ 관심분야: 로봇비전, 영상처리, 전기기기