
영상인식 기술을 이용한 프로젝션용접 자동화시스템

박기정* · 송하주**

An Automated Projection Welding System using Vision Processing Technique

Ki-Jung Park* · Ha-Joo Song**

요 약

수작업에 의한 기존의 프로젝션(projection) 용접시스템은 작업자의 부주의로 인한 불량률이 자주 발생한다. 본 논문에서는 비전카메라를 사용하여 부품과 제품의 인식, 용접 및 수량 관리를 자동으로 수행하는 프로젝션 용접시스템을 제안한다. 제안 시스템은 비전카메라를 사용하여 용접에 사용되는 부품의 유무와 놓인 상태를 검사한다. 그리고 부품의 용접 후에는 제품 수량 카운터와 드레싱 등의 항목을 자동 갱신한다. 기존 시스템과의 비교 실험을 통해 불량률을 감소시키고 생산성을 높일 수 있음을 보인다.

ABSTRACT

Conventional projection welding systems suffer from lots of defective products caused by manual handling. In this paper, we introduce a projection welding system that performs automatic identification, welding and counting of components and products. The proposed system checks the existence and identifies placement of components to be welded by a vision camera. After welding of the components, it automatically updates product counts and dressing items. We show that the proposed welding system can reduce the defect rate and improve the productivity through experimental test with a existing system.

키워드

Projection Welding, Computer Vision, Edge Extraction, Automatic Welding

프로젝션 용접, 컴퓨터 용접, 에지 검출, 자동 용접

1. 서 론

용접기술은 조선, 자동차, 건설, 반도체, 항공우주 등 거의 모든 제조업의 제품 생산 과정에서 품질 및 내구성, 생산성, 부가가치 등을 결정하는 중요 기술이며, 기술개발에 의한 경제적 및 산업적 과급효과가 큰 핵심 요소기술이다[1,2]. 용접에는 여러 가지의 방식이 있으며, 그 중 철판과 너트(nut), 철판과 볼트(bolt)를 용접할 때 프로젝션 용접이 주로 사용된다. 프로젝션 용접은 저항용접의 일종으로, 금속부재의 돌기(프로젝션 또

는 embossing)를 전극으로 가압하고 전류를 이 돌기부에 집중시켜 재료자체의 저항발열을 일으키고 이 열을 이용하여 용접하는 방법이다. 돌기는 편치로 압출하거나 고리모양으로 만들기도 하고, 주어진 재료를 특별히 가공하지 않고 재료의 끝부분을 이용하여 용접하기도 한다[3]. 프로젝션 용접기를 이용한 작업은 단순반복 작업이 많고 장시간 집중해야 하는 일이 많아 불량 발생률이 높은데, 현재는 센서를 이용하여 너트의 유무만을 확인하는 간단한 자동 검사와 작업자의 육안 검사만으로 불량유무를 판별하는 실정이다. 프로젝션 용접

* 부경대학교 컴퓨터공학과(pkj138@nate.com) ** 교신저자 : 부경대학교 IT융합응용공학과 교수(hajoosong@pknu.ac.kr)
접수일자 : 2011. 04. 29 심사(수정)일자 : 2011. 07. 05 게재확정일자 : 2011. 08. 12

에서 발생하는 불량은 너트의 뒤집힘과 편심 불량, 용접 누락, 분리, 규격 이상 등이 있다. 부품 용접이 제대로 되지 않은 경우 한 번 더 용접할 수는 있지만, 잘못 용접이 된 부품의 경우는 불량으로 폐기처분하게 되므로 부품의 낭비를 가져온다. 본 논문에서는 이러한 수작업에 따르는 불량으로 인한 생산성 저하와 비용 낭비를 막기 위해 자동화된 프로젝션 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 카메라를 이용한 비전처리 기술을 적용하여 용접과 검사를 자동화하여 불량률을 줄이고 작업자의 업무효율을 높인다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 이어지는 2장은 관련연구로써 본 논문과 연관된 기술들을 설명하였다. 3장에서는 제안하는 프로젝션용접 자동화시스템의 구조에 대해 설명하고 4장에서는 구현한 시스템의 성능을 평가한다. 5장은 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

일반적인 수작업 프로젝션 용접시스템은 크게 공급기와 프로젝션 용접기(이후 용접기로 표기)로 구성된다. 공급기는 발판스위치의 신호를 받아 너트나 볼트를 프로젝션 용접기 위에 공급해 주는 장치이고, 용접기는 공급된 너트나 볼트를 미리 설정된 통전시간과 전류, 압력으로 부품들을 용접을 하는 장치이다. 작업자가 발판 스위치를 밟으면, 공급기에서 부품이 공급되고, 공급된 부품이 부품에 제대로 안착이 된 상태를 확인하여 용접을 수행한다. 이 과정은 전적으로 작업자의 육안검사를 바탕으로 수행된다[4]. 따라서 작업효율이 낮고 높은 불량 발생률을 가져온다.

제안하는 시스템은 비전카메라를 사용한 영상처리 과정을 포함한다. 특히, 영상처리 과정에서 영상을 이진화하고, 노이즈를 제거한 후 더욱 정밀한 계측을 위해서 이미지에 대한 에지추출(edge detection) 과정을 거치게 되는데, 이는 시스템의 성능과 관련한 중요한 과정이다. 에지는 입력 영상에 대한 많은 정보를 제공할 수 있으며 현재 적용 가능한 다수의 에지추출 기법에 알려져 있는 상태이다. 그 중에서도 가장 기초적인 에지 검출기법으로 해당 픽셀을 중심으로 이웃하는 픽셀들의 차이를 이용하는 방법이 있다. 대표적인 알고리즘으로 유사 연산(homogeneity operator) 기

법과 차 연산(difference operator)기법이 있고, 다른 접근 방법으로는 미분을 이용하는 방법이 있다[5]. 유사 연산자나 차 연산자 역시 이웃하는 픽셀들 간의 차를 이용하는데, 이것은 결국 해당 픽셀 간의 기울기(gradient)를 이용하는 방법과 유사하며 기울기는 1차 미분을 통해 계산될 수 있다. 또한 이를 확장해 2차 미분을 이용한 에지 검출 방법이 있다. 1차 미분을 이용하는 연산자로 로버츠(robotts), 소벨(sobel), 프리윗(prewit)등이 있다[6,7,8].

III. 비전을 이용한 프로젝션용접 자동화 시스템

본 논문에서는 컴퓨터 비전을 이용하여 용접과정을 관리하기 위한 자동용접시스템(이하 휴먼아이)을 제안한다. 그림 1은 제안 시스템의 동작 과정을 기존 시스템과 비교하여 나타낸 것이다. 먼저 작업자가 용접 신호를 보내는 발판스위치를 밟으면 그 신호가 제안 시스템에 전달되며, 공급기에 신호를 전달하여 부품을 공급한다. 카메라를 통해 부품의 공급이상이 없는지를 확인하고, 부품의 공급에 이상이 없다고 확인되면 용접신호를 용접기로 전송하여 용접을 한다. 마지막으로 전류를 체크하여 최종 합부 여부를 판단하는 순서로 용접과정을 마치게 된다.

휴먼아이는 크게 용접제어부와 영상처리부로 구성된다. 용접제어부는 용접을 수행하기위한 하드웨어와 소프트웨어로 구성되며 영상처리부는 비전카메라를 통해 전달되는 이미지 처리를 담당한다. 또한 두 부분은 RS-232C를 이용한 직렬통신으로 상호 인터페이스를 수행한다.

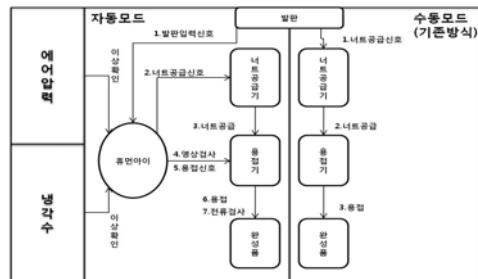


그림 1. 제안 시스템과 기존 시스템의 동작절차 비교
Fig. 1 Process comparison of the proposed system and the conventional system

3.1. 용접제어부

용접제어부는 릴레이를 구동시켜 공급기와 프로젝션 용접기를 제어하는 기능과 용접전류와 센서를 측정하여 영상처리부로 전송하는 기능을 담당한다. 각각의 기능은 크게 포트입력처리 모듈, A/D변환 모듈, 타이머 인터럽트 관리 모듈, RS-232C수신 모듈 등으로 구성되며 BASIC 언어로 작성되었다. 다음은 각 모듈의 기능이다.

3.1.1. 포트입력처리 모듈

포트입력처리모듈은 지정된 입력포트로 전기적 신호를 받았을 때 동작을 수행하는 부분이다. 발판입력, 에어압력이상, 전류이상, 냉각수 이상, 용접완료 신호 입력이 있으면 각각의 신호에 따라 필요한 출력포트를 ON시키거나 변수들을 다시 설정한다. 이러한 정보들은 용접이 정상적으로 수행되기 위해서 매우 중요한 것이므로 시스템 구동 시작부터 상시적으로 확인 및 보고를 수행한다.

3.1.2. A/D변환 모듈

A/D변환모듈은 0~5Volt로 입력되는 아날로그 전압을 디지털 데이터로 바꾸어 전달하는 부분이다. 용접기에 설치된 원형변류기에서 나온 전류가 교류전류 변환기를 통해 직류전압으로 변환되고, 변환된 직류전압이 CUSB-14R로 입력된다. 입력된 직류전압은 10비트의 이진 값이며 0에서 1023사이의 10진 데이터로 변환되어 초당 10번의 비율로 영상처리부로 전달된다. 용접이 끝나게 되면 데이터의 값이 0에 근접하게 되고 설정 값 이하가 되었을 때 데이터 전송을 멈추게 된다. 영상처리부에서는 전송된 데이터를 수신하여 최고 값을 확인하고 화면상에 전류 값을 출력한다.

3.1.3. 타이머 인터럽트 모듈

타이머 인터럽트는 프로그램에 필요한 타이머를 구동하는 부분으로, 일정한 시간 간격으로 처리해야 할 일이 있을 경우 사용하게 된다. 주로 변수들의 참거짓을 설정하고 그 값에 따른 실제 처리루틴은 영상처리부에서 담당한다. 이는 인터럽트의 실행시간이 지정된 시간 간격 보다 길어지더라도, 인터럽트 간격이 일정하게 유지되도록 하기 위한 것이다.

3.1.4. RS-232C수신인터럽트 모듈

RS-232C포트로 데이터가 수신될 때 일어나는 인터럽트이다. 수신여부로 판단하는 것이 아니라, 수신 버퍼에 데이터가 남아있는지 여부를 판단한다. 타이머 인터럽트와 함께 발생할 때는 우선순위가 같으므로, 나중에 발생하는 인터럽트 처리를 먼저 하고, 이전에 진행 중이던 인터럽트를 마저 처리하게 된다. 영상처리부에서 전달되는 모든 데이터를 처리하는 부분이다.

3.2. 영상처리부

영상처리를 위한 하드웨어와 그것을 구동하는 소프트웨어로 구성된다. 원활한 영상처리를 위한 고사양의 부품들로 구성하였다.

3.2.1. 부품영상인식

부품영상인식에 사용하는 비전카메라는 일반 USB 타입의 웹캠을 사용하였다. 웹캠의 렌즈 앞부분에 확대 렌즈를 장착하여 50cm가량 떨어진 위치에서 영상을 획득한다. 획득된 영상은 화질의 차이에 따른 노이즈를 제거한 후 두 차례에 걸친 에지추출을 거쳐 부품을 인식하고 정상여부를 판단하게 된다. 화질의 차이를 가져오는 노이즈를 유발하는 대표적인 원인은 조명이다. 사방이 개방된 상태인 작업장의 특성상 외부 조명의 유입을 막을 수 있는 차단막을 설치하기 어렵고, 작업자들의 이동이나 용접시 진동에도 조명장치가 영향을 받게 된다. 이러한 노이즈 제거를 위해 모폴로지(morphology) 기법 중 침식(erosion) 연산을 적용하였다. 노이즈가 제거된 영상은 에지추출을 하게 되는데 여기에는 소벨(sobel) 방법을 적용하였고, 부품 외부 추출 및 내부 추출이라는 두 단계를 거치도록 하였다. 1차 에지추출에서는 용접부품의 윤곽선을 확인하여 외부의 필요 없는 데이터를 정리하고, 2차 에지 추출에서는 1차로 추출된 영상에서 부품 내부의 필요 없는 데이터를 정리하게 된다. 이 과정에서 부품의 형태가 명확히 드러나고, 부품의 에지 내외부가 정리된 모습을 나타낸다. 추출된 에지데이터는 영상내의 연결된 점들의 분포를 이용한 처리를 통해 마지막으로 부품의 모습만 확실히 드러내도록 한다. 이를 바탕으로, 부품의 종류와 크기, 특징에 따른 패턴을 명확하게 만든 결과를 도출해내어 부품의 합부를 판별할 수 있도록 하였다. 최종 합부 판단 정보는 RS232C

통신으로 용접제어부에 전송되는데 합격된 경우에만 실제용접이 실시된다.

부품의 합부를 결정하기 위한 영상처리 과정은 다음과 같다. 먼저 너트의 영상처리시 부품의 모양이 일정하지 않다는 것이다. 공급기에서 너트가 공급되어 용접면에 안착하는 과정에서 너트는 불규칙하게 회전할 수 있다. 그림 2는 너트의 회전에 의한 된 영상의 차이를 보여준다. 영상처리 과정에서는 너트의 윗부분이 일정 높이 범위 내에 포함되는 것을 측정함으로써 회전에 의한 영상차이로 인해 그릇된 합부판단을 하지 않도록 하였다.



그림 2. 너트의 회전에 따른 영상의 차이
Fig. 2 Image difference caused by the rotation of a nut

너트가 안착이 되었으나 기울어진 정도에 따라 불량량이 발생할 수 있다. 너트가 용접면에 경사지게 안착되더라도 경사가 심하지 않은 경우에는 용접기가 너트를 눌러주기 때문에 제대로 용접이 된다. 영상처리 과정에서는 너트의 윗부분이 일정 범위 내에 존재해야 한다는 것과, 너트 옆면의 경사 기울기를 측정하여 처리한다(그림 3 참조). 즉, 너트의 윗면이 지정된 범위를 넘어서거나 너트 옆면 기울기가 과도한 경우에는 불량격으로 처리한다. 마지막으로 너트가 누락될 경우이다. 이 경우에는 너트가 안착되는 세라믹 핀만이 촬영되며 불량으로 처리된다.



그림 3. 너트 안착 방향 변화에 따른 영상의 차이
Fig. 3 Image difference with varying mounting direction of nuts

3.2.2. 사용자 인터페이스

휴먼아이의 주화면은 800x600의 해상도를 가지는 터치스크린 LCD에 전체화면으로 출력된다. 현장 근로자는 장갑을 착용한 상태로 작업하므로 불편을 최소화하기 위해 버튼의 크기를 크게 하였고 오류 발생시 경

고음을 발생하는 등의 사용자 인터페이스를 구축하였다. 주화면은 크게 현재 작업상황을 동영상으로 보여주는 영상표시부, 제품의 합부표시부, 제품관리부, 통신 및 작업 환경설정부 등으로 구성하였다(그림 4 참조). 영상표시부는 웹캠에서 전달되는 영상이 출력되는 부분이다. 일정 시간(약 3초)이 지난 후 움직임이 없으면 영역 표시줄이 표시된다. 합부표시부는 영상에 의한 양호 불량, 전류 값에 의한 합부와 센서인식을 통한 냉각수, 에어압력 이상을 표시하는 부분이다.



그림 4. 휴먼아이의 사용자인터페이스 주화면
Fig. 4 Main user interface screen of Human-Eye

프로그램 시작시 준비메뉴가 노란색으로 표시되면 작업이 가능하며, 표시되지 않으면 발판스위치의 동작이 이루어지지 않아 용접작업이 불가능하도록 하였다. 냉각수 순환이나 에어압력 메뉴는 이상이 있을 때 붉은색으로 표시되고, 준비상태가 해제되어 작업이 불가능해진다. 전류는 용접을 하고 난 후 설정된 용접전류의 허용범위를 벗어나지 않으면 정상으로써 녹색으로 표시되고, 허용범위를 벗어나면 불량으로 판단하여 전류 메뉴가 붉은색으로 표시된다. 제품관리부는 현재 용접되고 있는 제품에 대한 정보를 보여주는 부분이다. 제품의 사양과 사진 그리고 관리의 효율성을 위해 총 생산량, 용기수량, 누적타점, 드레싱과 같은 정보를 함께 보여준다. 환경설정부는 작업환경 및 동작변수들을 설정 하는 부분으로, 제어부와의 통신을 위한 통신 설정, 부품 및 제품 관련 특성을 설정하는 채널설정 등을 포함한다.

3.3. 통신 메시지의 구성

용접제어부와 영상처리부와의 통신은 RS-232C 직

렬통신을 사용하였다. 제안 시스템에서는 동일 패키지 내에 설치되는 두 개의 모듈간에 근거리 통신이므로 외부로 부터의 노이즈나 간섭 오류가 비교적 작은 환경이고 비교적 단순한 소수의 메시지만을 사용하므로 자체적인 통신 프로토콜을 개발 및 적용하였다.

메시지는 8바이트의 고정길이를 사용하며 STX, OPERATION, ETX, CHKSUM 부분으로 구성된다. STX는 메시지의 시작을 나타내는 것으로 1바이트의 길이에 0xAA 값을 가진다. OPERATION은 명령 또는 응답을 나타내는 부분으로 각각 1바이트의 크기를 갖는 CMD, CNT, TIME, RSP 네 부분으로 이루어진다. CMD는 명령의 종류, CNT는 부처울림 횟수, TIME은 가동시간, RSP는 명령에 대한 응답을 나타낸다. ETX는 데이터의 종료를 나타내는 1 바이트로써 0xFF의 값으로 설정했다. CHKSUM은 데이터의 올바른 데이터의 확인을 위한 체크섬(check sum)으로 2바이트 길이이며 CRC-16-IBM 방식을 사용했다.

휴먼아이의 제어 보드 및 전원, 하드디스크, 릴레이 등의 하드웨어는 단일 케이스 내에 장치하였으며 케이스는 전자파의 차단을 위해 금속성 재질을 사용하였다.

IV. 성능평가

제안 시스템인 휴먼아이의 성능평가를 위해 두 대의 6mm 너트 공급기와, 프로젝션 용접기를 준비하고, 한 대의 프로젝션 용접기에만 휴먼아이를 설치하였다. 성능평가를 위해 두 가지의 실험을 실시하였다. 첫째는 휴먼아이에서의 영상인식성능을 실험하는 것이고 둘째는 기존 시스템과의 비교를 통해 생산효율 및 불량률 발생 성능을 비교하기 위한 것이다. 이어지는 절에서는 각 실험의 설정 및 결과를 설명한다.

4.1. 영상인식 성능 실험

이 실험은 너트의 안착 상황에 따른 인식 성능을 측정하는 것으로, 양호한 안착상태에 대해 불량으로 판단하거나 불량한 안착상태에 대해 양호로 판단하는 것은 판단 오류에 해당하며 그 외는 정상 판단이라 할 수 있다. 본 실험은 총 820회 시행하였으며 표 1은 그 결과를 나타낸 것이다. 609건의 양호하게 공급된 너트를 양호로 판단한 정상 인식은 595건 이었고

불량으로 오판한 경우는 14건 이었다. 211건의 안착상태 불량인 너트를 불량으로 정상 인식한 경우는 211건 중 201건 이었고, 불량으로 공급된 너트를 양호로 오판한 경우는 10건 이었다.

표 1. 영상인식 성능 실험 결과
Table 1. Test result of vision recognition performance

공급상태	공급건수	인식결과	건수	비율(%)
양호안착	609	양호	595	98
		불량	14	2
불량안착	211	불량	201	95
		양호	10	5
합계	820	판단정상	796	97
		판단오류	24	3

따라서 총 820건 중 정상인식은 796건으로 97%의 인식률을 보였고, 오판인식은 24건으로 3%였다. 실제 작업에서는 양호하게 공급되었을 때 불량으로 판단하는 것은 용접이 않으므로 문제가 되지 않는 반면, 안착상태가 불량일 때 양호로 오판하는 것은 불량품을 발생시키게 된다. 본 실험에서 이 비율은 820건 중에서 10건에 해당하므로 대략 1.2%정도이다. 수작업의 경우 불량률이 3%(시스템개발 참여업체 자체 통계)정도인 것을 감안하면 두 배 이상의 성능을 보인다고 할 수 있다.

4.2. 기존 용접방식과 비교 실험

기존 용접기에 대한 휴먼아이의 성능을 측정하기 위해 휴먼아이를 사용한 것과 그렇지 않은 2대의 프로젝션 용접기에 각각 4시간씩 동일한 제품을 용접하고 각각의 용접 소요시간, 제품 생산량, 불량품 비율 등을 측정하였다. 실험을 위해 자동차 납품업체에서 생산하고 있는 71474-1C000 부품을 사용하였다.

휴먼아이를 설치하지 않은 프로젝션 용접기는 너트 1개를 용접하는 시간이 평균 0.8초 정도로 나타났고, 2타점의 너트가 용접되어야 하는 71474-1C000 제품의 경우 용접에만 평균 2초정도, 제품을 들어서 용접 후 다시 옮겨놓는 시간까지 최종 평균 4초정도가 소요되었다. 반면 휴먼아이를 설치한 프로젝션 용접기는 영상인식 후 용접, 양호 판별까지 1초가량이 걸렸고, 2회 용접을 후 최종 위치에 제품을 옮겨놓기까지 평

균 4.5초가 소요되었다. 4시간 용접에서의 전체 생산량에서는 휴먼아이가 설치되지 않은 기존 프로젝션 용접기는 2812개가 생산되었고, 휴먼아이가 설치된 프로젝션 용접기에서는 2842개로 30개의 차이가 있었다. 이는 휴먼아이가 설치된 용접기의 경우에는 제품 개당 용접시간이 0.5초가량 더 소요되지만 작업관리 과정에서 시간을 절약했기 때문이다. 기존 용접기는 용접 작업을 완료하면 박스에 담긴 제품의 수량을 수작업을 통해 다시 확인하는 과정에서 상당한 시간이 소요된다. 반면 휴먼아이가 설치된 프로젝션 용접기는 설정된 수량에 도달하면 부저를 울려 알려주기 때문에 용접 후 다시 수량을 확인 하는 과정이 불필요하다. 또한 4시간이 지난 후 기존 용접기는 제품은 총 수량을 다시 확인 했지만 휴먼아이 용접기는 총 수량도 자동 확인되기 때문에 이 시간을 단축할 수 있었다. 자동용접 시스템은 또한 용접 공정에 영향을 미칠 수 있는 용접봉 드레싱(dressing) 주기를 부저와 메시지박스로 알려주어 수작업시에 작업자가 누락하기 쉬운 드레싱 주기를 확실히 지킬 수 있게 한다.

V. 결 론

제조업에서 필수적인 용접작업 중 하나인 프로젝션 용접에는 수작업으로 인한 불량과 비용낭비가 흔히 발생하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 컴퓨터 비전을 이용하여 용접 불량과 제품 생산성 향상을 위한 자동화된 프로젝션 용접시스템인 휴먼아이 시스템을 제안하였다. 기존 시스템과의 비교실험을 통해 휴먼아이가 실제 작업환경에서 충분히 활용가능하며 우월한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 추후에는 배경조명에 따라 인식률이 변화하는 문제점을 해결하기 위해 비전처리의 알고리즘 성능을 향상시키기 위한 연구를 수행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 한자영, 김철희, 김준기, 강남현, 김정환, "통계를 이용한 국내 용접산업 현황 분석", 대한용접·접합학회지, Vol. 23, No. 3, pp.10-15, 2005.
- [2] 김철희, 강민정, 배성민, "통계를 이용한 국내 용접산업 현황 분석(II)", 대한용접·접합학회지, Vol.

26, No. 6, pp. 8-11, 2008.

- [3] 대한용접학회, 용접·접합용어집, "프로젝션용접 / 프로젝션 welding" <http://www.kws.or.kr/>
- [4] 박익근, "초음파계측에 의한 SPOT용접품질의 비파괴평가", 대한용접·접합학회지, Vol. 12, No.3, pp.109-117, 1994.
- [5] Randy Crane, A simplified approach to image processing, Prentice Hall, pp.79-80, 1997.
- [6] Haralick, Robert M., "Digital Step Edges from Zero Crossing of Second Directional Derivatives," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-6, No.1, pp.58-68, Jan., 1984.
- [7] A. Rosenfeld and A. C.Kak, Digital Picture Processing. 2nd ed., Vol. 2, Academic Press, New York, 1982.
- [8] Renyan Zhang et. al., "A new edge detection method in image processing," Communications and Information Technology, 2005. ISCIT 2005. IEEE International Symposium on , Vol.1, pp. 445- 448, Oct., 2005.

저자 소개



박기정(Ki-Jung Park)

2005년 부산정보대학 멀티미디어학과 졸업(전문학사)

2009년~현재 부경대학교 산업대학원 컴퓨터공학과 석사과정

※ 관심분야 : 영상인식, 임베디드시스템



송하주(Ha-Joo Song)

1993년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

1995년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2001년 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2003년 8월 (주)아이티포웹 부장

2003년 9월~ 현재 부경대학교 교수

※ 관심분야 : 데이터베이스시스템, RFID/USN 미들웨어