

불량 너트의 상태인식을 위한 고속 판별 알고리즘 및 성능평가

박태진[†], 이운선^{**}, 이상희^{***}, 박만곤^{****}

요 약

기존 스폿 용접을 수행하는 용접기에서 용접 대상물을 공급할 때 발생하는 흔들림 등으로 대상물이 정확한 위치에 놓이지 않는 경우가 허다하다. 또한 작업자나 관련 장비의 이동 중 여러 가지 상황에 노출된 작업환경 하에서는 너트의 상태를 정확하게 판별할 수 없게 된다. 그러므로 너트에 대한 용접 불량 발생 경우, 이를 판단할 수 있는 장치가 없는 상태에서 작업자가 일일이 검사해야 하는 문제가 있기 때문에 영상처리를 통한 다양한 평가분석이 필요하다. 따라서 본 연구논문에서는 기존의 정확성 떨어지는 영상처리 시스템을 개선함으로써 대상물이 바르게 안착되지 않은 상태에서도 정확한 인식과 동시에 분석 시간을 줄일 수 있도록 하는 알고리즘 구현을 목적으로 한다. 이와 같이 너트의 안착여부 상태평가를 위한 영상분석인 만큼, 구현된 알고리즘을 그룹별로 나열하고 제시하였으며 실험을 통해서 그 효용성을 나타내었다. 그 결과, 판정시간에 따른 정상 및 오류 인식이 실험분류((분류1)/그룹1)에서 실험분류((분류11)/그룹5)까지 40%~94.6%와 60%~5.4%로 나타났으며, 최소, 최대, 평균 판정시간은 1.7초~0.08초, 3.6초~1.2초, 2.5초~0.1초로 나타났다.

Algorithm and Performance Evaluation of High-speed Distinction for Condition Recognition of Defective Nut

Tae-Jin Park[†], Un-Seon Lee^{**}, Sang-Hee Lee^{***}, Man-Gon Park^{****}

ABSTRACT

In welding machine that executes existing spot welding, wrong operation of system has often occurs because of their mechanical motion that can be caused by a number of supply like the welding object. In exposed working environment for various situations such as worker or related equipment moving into any place that we are unable to exactly distinguish between good and not condition of nut. Also, in case of defective welding of nut, it needs various evaluation and analysis through image processing because the problem that worker should be inspected every single manually. Therefore in this paper, if the object was not stabilization state correctly, we have purpose to algorithm implementation that it is to reduce the analysis time and exact recognition as to improve system of image processing. As this like, as image analysis for assessment whether it is good or not condition of nut, in his paper, implemented algorithms were suggested and list by group and that it showed the effectiveness through more than one experiment. As the result, recognition rate of normality and error according to the estimation time have been shown as 40%~94.6% and 60%~5.4% from classification 1 of group 1 to classification 11 of group 5, and that estimation time of minimum, maximum, and average have been shown as 1.7sec.~0.08sec., 3.6sec.~1.2sec., and 2.5sec.~0.1sec.

Key words: System of Spot Welding(스포트 용접시스템), Condition Recognition of Nut(너트의 상태 인식), High-Speed Distinction(고속 판별)

※ 교신저자(Corresponding Author): 박태진, 주소: 부산광역시 사상구 백양대로 700번길 140 신라대학교 컴퓨터정보공학부(617-736), 전화: 016)578-9654, FAX: 051)999-5657, E-mail: csptj2@naver.com

접수일: 2010년 12월 18일, 수정일: 2011년 3월 14일
완료일: 2011년 6월 6일

[†] 정회원, 신라대학교 컴퓨터정보공학부

^{**} 정회원, 한국폴리텍 IV대학 전자과
(E-mail: lus@kopo.a.kr)

^{***} 정회원, 한국폴리텍대학 VII대학 카트로닉스학과
(E-mail: equa50@kopo.ac.kr)

^{****} 종신회원, 부경대학교 IT융합응용공학과
(E-mail: mpark@pknu.ac.kr)

1. 서론

기존 스포트(Spot) 용접을 수행하는 스포트 용접기에서 용접 대상물을 공급할 때 발생하는 흔들림 등으로 대상물이 정확한 위치에 놓이지 않는 경우가 허다하다. 즉, 정형적인 대상물이 항상 고정된 위치에 있지 아니하고 뒤집혀 있는 경우, 공급대에서 벗어나 있는 경우(누락), 그리고 기울어져 있는 경우이다. 따라서 용접 대상물이 항상 고정된 위치에 정확하게 있어서 양질의 나사를 생산할 수 있도록 촬영된 영상을 분석할 수 있어야 하나, 작업자나 관련 장비의 이동 등 여러 가지 상황에 노출된 작업환경에서는 나사의 상태를 정확하게 판별할 수 없다. 따라서 본 연구논문에서 제안된 시스템은 스포트 용접기에 안착된 대상물을 촬영, 용접 대상물의 공급 여부 및 안착 여부 등, 고속 판별을 위해서 개선된 영상처리 알고리즘을 포함하고 있다. 즉 용접 대상물이 용접기에 정확하게 안착된 상태에서의 영상 분석은 정확성이 높을 수 있으나, 일반적으로는 용접 대상물이 뒤집힘, 편심, 누락 등, 용접기에 안착되지 못하고 흔들림 등으로 정확성 떨어지는 경우이다. 따라서 너트공급기로부터 제공되는 대상물이 제대로 안착되지 못한 상태에서 정확하게 인식됨과 동시에 불량 너트에 대한 판정시간을 줄일 수 있도록 하는 알고리즘 개발을 목적으로 한다.

2. 관련기술과 현황

본 연구논문과 관련, 기존의 유사 연구 분야로는 자동화된 너트 검사 장비에 영상처리 알고리즘이 적용된 경우, 너트와 부품의 누락여부를 검사하는 알고리즘[1-3], 그리고 다양한 산업현장에서 적용되고 있는 용접부의 결함을 자동으로 검출하기 위한 영상처리 알고리즘 등이 있다[1,4]. 자동화된 너트 검사 장비의 경우는 투입되는 너트의 나사선 개수, 피치 간격, 피치의 폭, 너트의 내경 측정을 자동으로 수행하는 기능을 가지도록 함으로써, 실제 현장라인의 에러를 측정에 있어 육안 검사보다 우수한 성능을 가지도록 구현된 시스템이다. 너트와 부품 누락여부를 검사하는 알고리즘의 경우는 단순 정형적인 너트와 부품의 누락에 대해서만 자동으로 인식할 뿐이라는 점에서 한계를 가진다. 이와 같은 다양한 장비에 사용

될 대상물의 불량 검사를 위해서, 본 연구논문에서 사용된 영상처리 알고리즘 기술은 에지 검출을 통한 윤곽 분석을 기초로 한다[5-7].

2.1 기존의 스포트 용접시스템

기존의 스포트 용접시스템은 작업자가 발판 스위치(4)를 밟으면 스포트 용접기(3)에서 너트 공급기로 접점 신호를 전송하고, 접점 신호를 받은 너트 공급기(1)는 피더(2)를 통해서 스포트 용접기에 용접 대상물인 너트를 공급한다. 공급된 스포트 용접기에 접점 신호를 보내어 너트 공급기로부터 접점 신호를 받은 스포트 용접기는 스포트 용접을 실시하게 된다. 이와 같은 스포트 용접시스템은 너트가 공급되지 않거나, 혹은 너트가 스포트 용접기에 정상적으로 안착되지 않았거나, 너트에 대한 용접 불량이 발생한 경우에도 이를 판단할 수 있는 장치가 없으므로 작업자가 일일이 이를 감시해야 하는 문제가 있다. 그러나 작업자가 직접 감시하는 경우 너트는 물론이고, 너트가 용접되는 가공물까지 동시에 불량이 발생되어 막대한 손해를 발생시키게 된다.

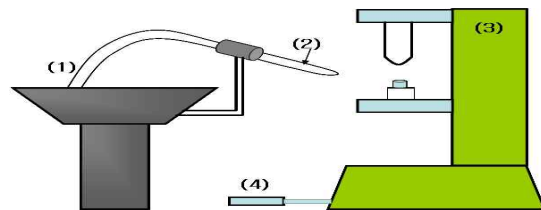


그림 1. 기존 스포트 용접기

위의 그림 1과 같은 스포트 용접기를 이용한 작업은 단순 반복 작업이어서 장시간 집중함에 따른 불량의 발생률이 높고 재발 불량 빈도 또한 높을 수밖에 없다. 뿐만 아니라 현재 센서를 이용한 볼트, 너트의 유무만을 확인하는 검사(F/PROOF)와 작업자의 육안검사만으로 불량 유무를 판별해야 되는 만큼 힘든 작업이 될 것이다. 물론 용접이 된 상태에서도 조건(통전시간, 용접전류, 가압력, 드레싱 주기 등)이 맞지 않으면 분리불량이 발생한다는 점이다. 이와 같은 불량의 종류와 원인 그리고 불량의 내용 및 조치를 위해서는 표 1과 같이 수행되어야 한다. 그림 2는 너트 공급기로부터 스포트 용접기에 용접 대상물을 제공할 때 발생할 수 있는 오류의 종류를 나타낸다.

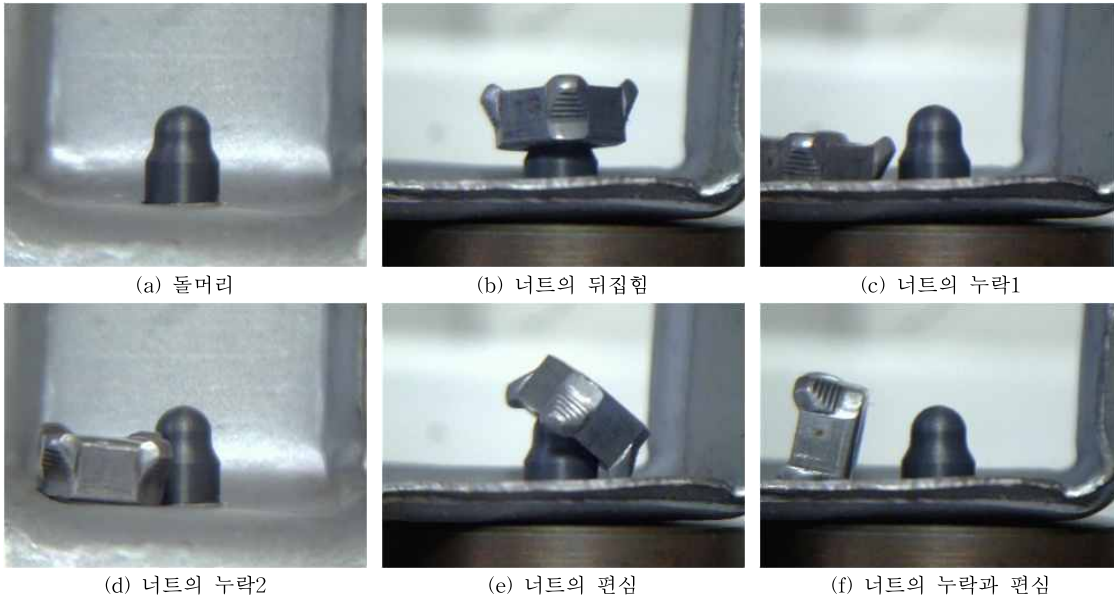


그림 2. 스포트 용접기로부터 제공된 너트의 오류 종류

불량의 종류와 원인에는 그림 2에서 보인 것처럼 뒤집힘, 편심, 누락, 규격상이 그리고 분리 등이 있으며, 그 내용은 표 1과 같다.

2.2 소벨 에지 검출

영상에서의 기울기를 그래디언트라고 하는데, 영상에서 그래디언트의 크기를 구하면 에지를 구할 수 있다. 그래디언트가 에지 검출에 있어서 중요한 이유는 에지는 영상의 밝기 값이 급격히 변화하는 부분에 존재하므로 이는 그래디언트의 크기가 큰 곳이 에지라고 말할 수 있기 때문이다. 그래디언트의 크기를 구하는 방법은 다음과 같다. 미분값 f_x, f_y 가 구해지면 다음 식에 의해서 윤곽의 그래디언트 크기와 에지의 방향을 산출할 수 있다[8]. 다음 식(1)과 같이 그래디언트 크기 중 f_y 값에 z 만큼 비중을 크게 주면 에지

검출 시 에지를 강하게 검출할 수 있음을 나타낸 것이다.

$$\text{그래디언트의 크기} \gg |f_x| + z|f_y| \quad (1)$$

$$\text{윤곽의 방향} \gg \text{벡터}(f_x, f_y)\text{의 방향} \quad (2)$$

소벨 에지 검출방법은 에지에 일치되는 고주파 성분에 해당하는 영역을 강조하며, 그레이 영상 임의의 위치에서 대략적인 기울기 절대값을 찾는데 사용된다. 그리고 마스크 G_x, G_y 는 그림 3과 같다.

개선된 에지 검출 방법들은 여러 종류가 있는데,

-1	0	1	1	2	1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-1	-2	-1
G_x			G_y		

그림 3. 소벨 마스크

표 1. 용접 대상물 제공 시 발생할 수 있는 오류의 종류와 내용

불량의 종류	내 용	조치방법
뒤집힘	· 너트가 뒤집힌 상태에서 공급됨과 동시에 용접된 경우	용접불가
편심	· 너트의 홀과 제품의 홀이 틀어져 있는 상태에서 용접된 경우	용접불가
누락	· 볼트나 너트가 용접되지 않은 경우	용접불가
규격상이	· 규격과 다른 제품이 공급되었을 경우	용접불가
분리	· 너트 및 볼트가 용접되었지만 떨어지는 경우	용접불가

그 중의 하나는 미분 연산에 의한 밝기 값의 변화를 이용해서 찾아내는 방법이며, 둘째는 편미분 연산을 이용하여 미분값을 구하는 방법이고, 셋째는 프로그래밍을 하는데 있어서 직접적인 계산보다는 마스크를 이용하여 빠른 계산을 수행하는 것이다. 각 마스크의 특징은 마스크 내의 모든 화소의 합이 0이라는 것이다.

식(3)은 위의 식(1)과 같이 f_x 의 값에 비중을 5만큼 배가시키기 위한 것이며, 소벨 방법의 그래디언트 크기값을 마스크에 적용시킨 결과 개선된 소벨 방법의 에지 검출 마스크는 그림 4와 같이 나타난다.

그래디언트 크기에 관한 개선된 소벨 >>

$$|f_x| + 5|f_y| \tag{3}$$

소벨방법의 에지 검출은 다른 방법의 검출방법보다 명확한 에지를 나타내지만, 에지가 너무 두껍게 검출되므로 패턴의 매칭에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 세선화 방법을 적용, 1화소 두께로 정제된 영상을 검출한 것으로 수행한다. 다만, 개선된 에지 검출을 통해서 명확한 에지를 검출할 수 있는 장점은 있으나 많은 잡음으로 인해서 에지를 식별하는데 문제가 발생할 수 있다[9].

-1	0	1	5	10	5
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-5	-10	-5
Gx			Gy		

그림 4. 개선된 소벨방법에 의한 에지 검출 마스크

3. 불량너트 상태인식에 따른 고속 판별 알고리즘의 설계와 구현

3.1 고속 판별 알고리즘이 적용된 용접시스템

용접 공급기로부터 제공된 너트의 안착여부와 같은 불량 판별을 위해서 다음과 같은 절차에 따라 수행된다. 첫째, 카메라가 촬영한 영상의 명암을 조절하는 과정이며 둘째, 명암이 조절된 영상에서 에지 윤곽선을 분석하고 처리하는 과정이다. 그리고 셋째, 분석된 에지 윤곽선을 이용, 돌머리에 놓인 대상물의 정확한 안착여부 평가를 위한 절차이다. 이와 같은 과정과 절차가운데 중요한 기술의 핵심은 용접 대상물의 정상 안착분석과 평가를 위한 기술이다. 먼저,

윤곽처리 부분에서 분석된 에지 윤곽선을 분석한 후, 윤곽 영상을 추출하는 것이다. 다음은 너트의 윤곽 보정을 위해서 적용된 자유곡선화 기법이며, 끝으로 돌머리의 인식과 평가 방법이다. 이 방법은 3단계로 적용되며, 돌머리에 놓인 너트의 반원에 대한 대칭구조의 평가, 집단화된 영역에 대한 수직 분배 및 대칭의 유사도, 그리고 반원의 구조로부터 경계선을 중심한 경사 방향으로의 각도 산출과 너트의 직선 검출, 가상화된 직선모양의 구성이다. 세부적으로는 임의의 가상으로 그려진 모양이 너트인지 여부를 평가하기 위해서 360°회전 인식기법과 조명으로 인한 에지의 굽김 또는 이물질 등으로 윤곽 보정을 수행하고 그 외, 소실된 너트의 외곽 모양을 구성한다. 이와 같이 추출된 용접 대상물의 윤곽 영상을 분석함으로써 대상물의 형상 자세를 분석 및 평가하게 된다.

3.2 불량너트 상태인식에 따른 고속 판별 알고리즘의 설계와 구현

본 연구논문에서 제안된 영상처리 기법은 기존의 스포트 용접시스템에서 검출할 수 없는 다양한 주변 상황과 환경 등에 적용할 수 있도록 구현되었으며, 너트 윤곽의 검출 및 보정, 그리고 너트의 직선과 기울기 등의 2차 검출 및 보정기술을 포함한다. 결과적으로, 본 연구논문에서 구현된 알고리즘은 기존의 영상처리 알고리즘에서 해결되지 못한 너트 용접에 대한 정확성을 높일 뿐만 아니라 너트 불량검사를 위한 판정시간을 줄일 수 있다는 장점을 가진다. 너트의 안착여부 상태에 대한 고속 판별을 위해서 적용된 영상분석 알고리즘의 흐름도는 그림 5와 같고 구현된 기술 및 방법을 표현한 설계는 표 2와 같다.

4. 실험방법과 결과

4.1 실험방법

스포츠 용접시스템에 새롭게 적용된 영상분석 기술은 너트윤곽 검출, 너트윤곽 보정, 돌머리 인식과 돌머리에서의 3단계 평가 기법 및 너트직선 검출, 윤지 순항기법, 너트기울기 검출, 360°회전인식, 그리고 소실된 너트의 윤곽을 탐색하고 보정하는 빔 중속법 등이며, 너트 검사를 위한 조건별 환경은 카메라 거리 및 조명 종류 그리고 조명 위치에 따른 각도로

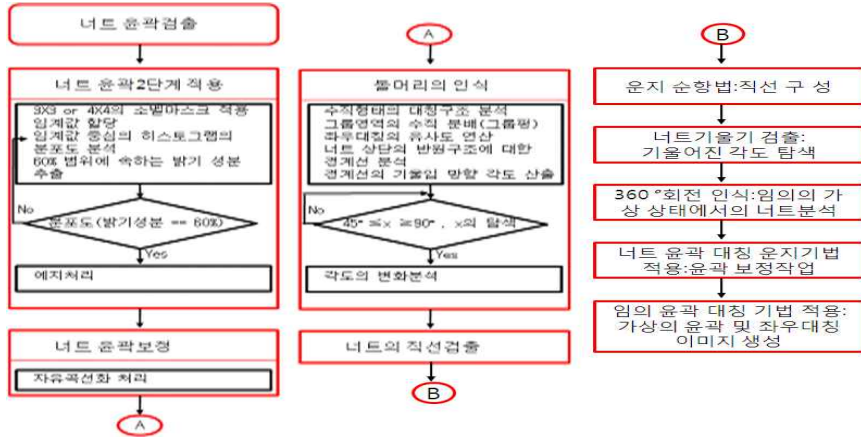


그림 5. 불량 너트의 고속 판별을 위한 흐름도

표 2. 고속 판별을 위해 적용된 영상분석 알고리즘의 설계

<p>구현기술 #1] 너트 윤곽 검출하기 : 너트 윤곽 검출을 위해서 기존의 소벨 마스크 기법 적용</p> <p>구현기술 #2] 너트 윤곽 2단계 검사하기 : 윤곽 검출에 사용되는 소벨 마스크 기법의 도트 단위 계산에서는 주변상황의 관계성을 입증하기 어렵다. 따라서 소벨 마스크의 3X3 또는 4X4로 변환한 후, 임의의 임계값을 주고, 히스토그램의 분포도가 '어두움'일 때와 '밝음'일 때를 0~100%로 하되, 주어진 어두움과 밝음 범위 중에서 60%정도의 치우침을 가지는 단계를 탐색 : 발견된 영상 값에 대해서 에지가 굵게 표현될 수 있도록 값 할당하는 검사를 수행</p> <p>구현기술 #3] 너트 윤곽 보정하기 : 위 [단계 2]의 검사로 만들어진 영상에 연결된 자유곡선화 작업을 수행</p> <p>구현기술 #4] 돌머리 인식하기 : 너트를 받쳐주는 고정 핀이며, 사진에 촬영된 영상을 바탕으로 비교 판단함</p> <p>구현기술 #5] 돌머리에서의 3단계 평가하기 작업 현장 환경에서는 작업자의 작업 도구, 주변에 이동하는 물체 또는 사람으로 인하여 조명 변화가 발생할 수 있으며, 촬영된 영상에는 오판의 주원인이라 전혀 알 수 없다. 따라서 설치되는 기기마다 환경적인 요소가 너무 달라 새로운 검사방법을 선정한다. : 돌머리에서 상단 반원의 뒤집어진 경우는 픽셀 단위로 변환해서는 반원의 형태가 거의 이루어 지지 않으므로 수직상태에서 반으로 나눈 대칭 구조 검사 방법을 선정함 : 발견된 임의의 형태는 집단화된 영역을 반으로 수직 분배해서 좌우 대칭의 유사도와 상단의 반원의 구조에서 반원을 이루는 경계선의 기울어짐 쪽 진행방향의 각도를 산출하고 경사진 방향으로의 각도를 산출함 : 처음 큰 각에서 중간시점의 45° 근처값을 이루고 마지막 부분에서 수직각을 이루는 구조를 찾은 다음, 각도의 변화가 점점 커지거나 작아지는 단방향 진행 각도를 검사함</p> <p>구현기술 #6] 너트 직선검출하기 : 너트의 윤곽에서 직선과 닮은 영역을 찾기 위해서 수직, 수평과 각을 가지는 직선을 전체 탐색함</p> <p>구현기술 #7] 운지 순항법 적용하기 : 직선이라 보기 어렵지만 산포도의 흐트러짐을 정리함으로써 직선의 모양을 구성함</p> <p>구현기술 #8] 너트 기울기 검출하기 : 발견된 외형 윤곽의 기울어짐은 수직 대칭구조에서 좌우의 높이로 계산함으로써 기울어진 각도를 탐색함</p> <p>구현기술 #9] 360° 회전 인식하기 너트가 돌머리에 놓일 때 매번 같은 위치에서 같은 방향과 각도를 가지고 놓일 수 없다. 또한, 임의의 위치에서 방향과 기울어짐을 가지다 보니 정해진 영상을 고정할 수 없게 된다. : 너트의 방향마다 변화는 외형 윤곽을 직선과 운지 순항법으로 임의의 가상 상태에서 그려진 모양이 너트인지를 판단함</p> <p>구현기술 #10] 너트 윤곽 대칭 윤지기법 적용하기 너트의 윤곽을 이루는 에지의 선은 불특정한 직선 또는 곡선을 가지고 있어서 주변 조명으로 에지가 끊어지거나 이물질로 인한 너트의 모양이 다른 돌출 모양으로 변하는 경우가 대부분이다. : 이와 같이 끊겨진 경우나 이물질 등은 너트 윤곽 보정작업으로 다듬게 된다.</p> <p>구현기술 #11] 임의 윤곽 대칭 기법 적용하기 : 설치되는 카메라의 위치와 돌머리에 놓인 너트에 따라 좌우대칭이 만들어지지 않는 경우와 너트 윤곽 대칭 윤지기법으로 작업을 할 수 없을 때, 가상의 윤곽을 그려주어 좌우 대칭을 가질 수 있도록 이미지를 생성함</p>

분류해서 실험했다(표 3). 이와 같은 실험 환경에서 적용된 기술이 조명 종류와 각도에 따라서 판정시간이 어떻게 달라지는지와 총 시료수에 따른 정상 판정과 오류 판정 횟수 그리고 판정율을 살펴보았다. 실험을 위해서 PC기반의 프로그램을 Visual Basic으로 구현했으며, 공급된 너트 상태분석을 위해서 양호, 불량으로 구분한다. 또한, 용접 불량 여부를 판단하고 평가하기 위해서 용접전류의 양을 체크할 수 있도록 했으며, 완전한 화면은 그림 6과 같다.

4.2 실험결과

실험결과를 얻기 위해서 표 3과 같은 너트 검사지에 따라 진행 했으며, 그 결과 표 4와 같음을 보였다. 또한, 만족할만한 실험결과를 얻기 위해서 다음과 같이 실험방법을 분류했다. 여기서 \bar{x} 는 판정시간에 따른 최대, 최소 시간에 대한 평균을 나타내며, 총 시료수는 검사되어진 너트의 수를 나타낸다.

표 4에서와 같이 그 결과를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 너트윤곽 검출, 너트윤곽 보정, 돌머리 인식 알고리즘을 사용하면서 카메라 거리 50cm와 백열등, LED, 자연광의 조명 위치 각도가 45°인 지점에서 실험했다. 자연광에서 총 시료수에 대한 정상 인식률이 83.5%로 다소 높음을 보였으나, 평균 판정시간에서는 그룹1의 분류1,2에 비해서 다소 늦음을 알 수 있다 ((분류3)/그룹1).

둘째, 돌머리3단계 검사, 너트직선 검출, 너트윤곽 2단계 검사 알고리즘을 적용했다. 카메라 거리 50cm와 조명 위치 각도가 0°인 지점에서 실험했다. 오후

시간대에 측정되었던 자연광에서 총 시료수에 대한 정상 인식률이 89.0%로 가장 높았으나, 평균 판정시간(2.5초)에서 약간 늦음을 보였다((분류6)/그룹2). 또한, 분류1~4에서 적용된 알고리즘보다 정상 인식률이 49%~5.5%로 높아졌으며, 평균 판정시간에서는 1.4초~0.3초 개선되었음을 알 수 있다.

셋째, 운지 순항법, 너트기울기 검출, 너트 360° 회전인식 알고리즘을 적용하면서 카메라 거리 50cm와 조명 위치 각도가 0°인 지점에서 실험했다. 오후 2시에 측정되었던 자연광에서 총 시료수에 대한 정상 인식률이 94.6%로 높았으며, 평균 판정시간(0.8초)에서도 가장 빠름을 보였다((분류9)/그룹3). 또한, 실험분류5~7에서 보였던 알고리즘보다 정상 인식률이 16.6%~5.6%로 높아졌으며, 평균 판정시간에서는 1.7초~1.6초 개선되었음을 알 수 있다.

넷째, 너트 외곽 대칭 운지기법, 임의 외곽 대칭 기법, 빔 종속 알고리즘을 사용하면서 카메라 거리 50cm와 조명 위치 각도가 0°인 지점에서 실험했다. 저녁 시간(20:00)대에 측정되었던 자연광에서 정상 인식률이 97.0%로 가장 높고 평균 판정시간(0.1초)에서도 가장 빠름을 보였다((분류11)/그룹4). 또한, 분류8~10에서 보였던 알고리즘보다 정상 인식률이 5.3%~2.4%로 높아졌으며, 평균 판정시간에서도 0.85초~0.7초 단축되어 지금까지 측정되었던 모든 방법보다 효과적임을 알 수 있다.

그림 7은 그룹1에서 그룹5까지 분류된 실험방법에 따라 수행된 결과이며, 정상 및 오류판정을 나타낸다. 그림 7(a), 7(b), 7(c), 7(d), 7(e)는 불량 판정받



그림 6. 스포트 용접시스템에서의 영상분석을 위한 화면구성도

표 3. 너트검사를 위한 체크시트

실험분류	적용된 알고리즘	검사조건
그룹 1	1 ①너트윤곽검출 ②너트윤곽보정 ③돌머리인식	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 백열등(용량: 60W) · 조명위치각도- 45°
	2 ①너트윤곽검출 ②너트윤곽보정 ③돌머리인식	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- LED조명(용량: 5W × 8EA) · 조명위치각도- 45°
	3 ①너트윤곽검출 ②너트윤곽보정 ③돌머리인식	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 자연광(시간: 14:00) · 조명위치각도- 45°
	4 ①너트윤곽검출 ②너트윤곽보정 ③돌머리인식	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 자연광(시간: 20:00) · 조명위치각도- 45°
그룹 2	5 ①돌머리3단계검사 ②너트직선검출 ③너트윤곽2단계검사	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 자연광(시간: 08:00) · 조명위치각도- 0°(정면 촬영)
	6 ①돌머리3단계검사 ②너트직선검출 ③너트윤곽2단계검사	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 자연광(시간: 13:00) · 조명위치각도- 0°(정면 촬영)
	7 ①돌머리3단계검사 ②너트직선검출 ③너트윤곽2단계검사	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 자연광(시간: 22:00) · 조명위치각도- 0°(정면 촬영)
그룹 3	8 ①운지순항기법 ②너트기울기검출 ③360°회전인식	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 자연광(시간: 10:00) · 조명위치각도- 0°(정면 촬영)
	9 ①운지순항기법 ②너트기울기검출 ③360°회전인식	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 자연광(시간: 14:00) · 조명위치각도- 0°(정면 촬영)
	10 ①운지순항기법 ②너트기울기검출 ③360°회전인식	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 자연광(시간: 20:00) · 조명위치각도- 0°(정면 촬영)
그룹 4	11 ①너트외곽대칭운지기법 ②임의외곽대칭기법 ③빔중속법	· 카메라 거리- 50Cm · 조명종류- 자연광(시간: 20:00) · 조명위치각도- 0°(정면 촬영)

은 너트들을 나타내며, 편심, 뒤집힘, 누락 그리고 누락과 동시에 편심되어진 상태를 나타내고 있다. 그림 7(f), 7(g), 7(h), 7(i), 7(j)에서는 돌머리에 올바르게 놓인 너트가 각 방향별로 정확하게 인식되고 분석됨을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구논문에서 구현되고 실험되었던 스포트 용

접시스템은 공정작업 중 발생할 수 있는 불량 가능성을 사전에 예방할 수 있는 기능을 가진다. 즉, 이 기능의 핵심은 돌머리에 놓인 너트상태를 빠른 시간 내에 정확하게 분석할 수 있도록 해서 편심 및 뒤집힘, 그리고 기울어진 너트 공급 시, 잘못된 용접을 차단하는데 있다.

본 연구논문에서는 너트공급기로부터 제공된 너트의 안착여부를 고속판별하고 인식률을 높일 수 있도록 하는 영상기법 설계와 개선된 알고리즘을 구현

표 4. 총 시료수에 따른 너트의 판정시간 및 인식률

실험분류	판정시간	총 시료수		정상인식률 [%]	오류인식률 [%]	
		정상판정	오류판정			
그룹 1	1	\bar{x} : 1.65 Sec. Max: 2.1 Min: 1.2	820 328 492		40.0	60.0
	2	\bar{x} : 1.10 Sec. Max: 1.3 Min: 0.9	200 94 106		47.0	53.0
	3	\bar{x} : 2.10 Sec. Max: 2.5 Min: 1.7	200 167 33		83.5	16.5
	4	\bar{x} : 2.20 Sec. Max: 2.7 Min: 1.7	200 86 114		43.0	57.0
그룹 2	5	\bar{x} : 2.40 Sec. Max: 3.5 Min: 1.3	2,000 1,740 260		87.0	13.0
	6	\bar{x} : 2.50 Sec. Max: 3.6 Min: 1.4	2,000 1,780 220		89.0	11.0
	7	\bar{x} : 2.50 Sec. Max: 3.6 Min: 1.4	2,000 1,560 440		78.0	22.0
그룹 3	8	\bar{x} : 0.90 Sec. Max: 1.3 Min: 0.5	2,000 1,880 110		94.5	5.5
	9	\bar{x} : 0.80 Sec. Max: 1.2 Min: 0.4	2,000 1,892 108		94.6	5.4
	10	\bar{x} : 0.95 Sec. Max: 1.5 Min: 0.4	2,000 1,834 166		91.7	8.3
그룹 4	11	\bar{x} : 0.10 Sec. Max: 0.3 Min: 0.08	5,000 4,850 150		97.0	3.0



그림 7. 너트 체크시트에 따라 진행된 시뮬레이션 결과화면

했다. 새롭게 구현된 알고리즘으로 각 그룹별 특성을 분류하고 평가 분석했으며, 그룹별 정상 및 오류 인식률과 최대 및 최소, 평균 판정시간을 분석했다. 그

결과, 판정시간에 따른 정상 및 오류 인식률이 실험 분류((분류1)/그룹1)에서 실험분류((분류11)/그룹4) 까지 94.6%~40%와 5.4%~60%로 나타났으며, 최

소, 최대, 평균 판정시간은 1.7초~0.4초, 3.6초~1.2초, 2.5초~0.1초로 나타났다. 본 연구논문의 실험결과를 통해서 얻어진 결과는 이상 현상에 의한 동작 차단 등, 불량 예방뿐만 아니라 불량으로 버려지는 아이템의 원가절감에도 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] N. Nikolaidis and I. Pitas, "Nonlinear Processing and Analysis of Angular Signal," *IEEE Trans on Signal Processing*, Vol.46, No.12, pp. 3181-3194, 1998.
- [2] 이상학, 서명호, 정태충, "이미지 프로세싱을 이용한 자동 너트 검사 장비 개발," 한국정보처리학회논문지, 제11-A권 제4호, pp. 0235-0242, 2004.
- [3] 심재창, 임종국, 이정환, 이준두, 전용우, "너트의 부착 유무 인식을 위한 영상처리 알고리즘," 한국정보처리학회 1997년 추계학술대회, 제4권 제2호, pp. 1134-1139, 1997.
- [4] 김은석, 주기세, 장복주, 강경영, "영상처리를 이용한 용접부 결함의 자동 검출," 한국해양정보통신학회논문지, 제13권 제5호, pp. 944-951, 2009.
- [5] 손주영, 이동호, "새로운 에지 방향 보간법을 이용한 개선된 디인터레이싱 알고리즘," 한국멀티미디어학회논문지, 제12권 제8호, pp. 1036-1072, 2009.
- [6] 곽내정, 안재형, "공간활성도를 이용한 에지 강조 오차확산법," 한국멀티미디어학회논문지, 제8권 제3호, pp. 313-321, 2005.
- [7] 김도현, 강민경, 차의영, "번호판 정규화에 의한 인식 성능 향상 기법," 한국해양정보통신학회논문지, 제12권 제7호, pp. 1278-1290, 2008.
- [8] 신충호, 오무송, "화상의 골격화에 대한 최적화 방법," 한국멀티미디어학회, pp. 224-229, 2003.
- [9] 신충호, "개선된 검출 마스크를 이용한 에지추출 방법들에 관한 연구," 한국멀티미디어학회논문지, 제12권 제2호, pp. 191-199, 2009.



박 태 진

1983년 동의대학교 물리학과 이
학사
1995년 부경대학교 전산정보학과
이학석사
2008년 부경대학교 전자계산학과
이학박사

1995년~1997년 경남정보대학 전자계산학과 외래교수
2000년~2003년 거제대학 전자계산학과 초빙전임강사
2005년~2007년 마산대학 조선메카트로닉스과 강의전담
2008년~현재 한국폴리텍VII대학 메카트로닉스학과 외
래교수

2010년~현재 (주)4D Zone, 기술이사
관심분야: 영상처리, 신호처리, 멀티미디어정보처리, 임
베디드시스템



이 운 선

1997년 한국기술대학교 정보통신
공학과 공학사
2008년 한국기술대학교 산업기술
공학 공학석사
2009년~현재 부경대학교 첨단정
보과학 및 정보기술국제화
협동과정 박사과정 수료

2006년~현재 한국폴리텍IV대학 대전캠퍼스 전자과 조
교수
관심분야: 모바일프로그래밍, USN시스템, 자동제어시
스템



이 상 희

2001년 진주산업대학교 기계공학
과 공학사
2007년 동의대학교 기계공학과
공학석사
2000년~2007년 한국폴리텍VII대
학 동부산캠퍼스 기계공
학과 교수

2007년~현재 한국폴리텍7대학 부산캠퍼스 메카트로닉
스학과 교수
관심분야: 기계제어, 시스템 자동제어



박 만 곤

경북대학교 수학교육(이학사)
경북대학교 수학교육(교육학석사)
경북대학교 전산통계학(이학박사)
University Women's Philippines
(국제행정학석사)
University of Rizal System,
Philippines
(명예기술학박사)

Dept. of Electrical & Computer Engineering, University
of Kansas(Post Doc.)
1981년~현재 부경대학교 IT융합응용공학과 교수
2002년~2007 정부간 국제기구 CPSC(콜롬보 기술교육
대학) 총재(Director General and CEO)
2004년~2007년 Asia Pacific Accreditation and
Certification Commssion(아태지역 인증 및 검
증위원회 위원장)
2005년~2007년 유네스코(UNESCO-UNEVOC) 자문위
원, 아시아 개발은행 자문관
관심분야: 소프트웨어신뢰성공학, BPR, 소프트웨어 공
학 및 재공학, 멀티미디어정보처리기술, 정보
시스템 성능평가, ICT-Based HRD System