

부품 검사를 위한 프로파일 분석 기반의 비전 시스템 개발

남 승 환*, 김 윤 호**

Development of Profile Analysis-based Vision System for Parts Inspection

Swoong-hwan Nam*, Yoon-ho Kim**

요 약

본 논문에서는 산업현장에서 이용되고 있는 비전 시스템 기반의 부품검사 시스템을 개발하였다. 구현된 시스템은 3대의 CCD 카메라로 구성되었고 각각 부품의 사선부, 상단부 및 측면부의 영상을 취득한다. 취득된 부품 영상의 프로파일을 분석하여 영상의 이진화를 위한 임계값을 효과적으로 구하였다. 구현된 시스템을 실제 산업현장에 설치하여 일련의 실험을 수행하였고, 실험 결과 제안하는 프로파일 분석 기반의 형상검사를 이용하여 부품의 불량 검출 및 부품 분류의 성능이 우수함을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we developed the profile analysis-based machine vision system for inspecting assembly parts in the industrial field. Implemented system composed of triple set of camera: one was used for acquiring slant image; other is required to acquire a top image; the other was used for side image. After obtaining parts which have gray scale image, threshold value was calculated by analyzing the profile of the image. Experimental results showed that proposed algorithm have a good performance for detecting fault parts and for classifying each parts as well.

Keywords : Machine vision system, Terminal inspection, Profile analysis, Slant image, Side image

1. 서 론

컴퓨터비전 분야는 영상처리 및 패턴인식 알고리즘을 기반으로 인공지능과 로봇틱스 분야로 진화하여 현재는 생물학, 기계공학 그리고 전자공학과 컴퓨터 과학 등의 학문이 융합된 고도의 복합 학문으로 그 영역을 확장하고 있다. 특히, 영상처

리는 영상의 특정 부위에 대한 품질과 특징(Quality and feature)을 개선하는데 관심이 있으며 패턴인식 분야는 관심 영상의 해석과 인증(Identification and interpretation)을 주로 취급하고 있다 [1][2]. 특히 산업응용 분야에 있어서 부품의 인식 및 시각제어와 부품의 위치제어 등은 조립 공정라인 에서는 상용화 되어있는 기술이 다양

* 충남발전연구원 (shnam@cdi.re.kr),

** 교신저자, 목원대학교 컴퓨터공학부 (yhkim@mokwon.ac.kr)

접수일자 : 2012년 04월 27일, 수정일자 : 2012년 05월 17일, 심사완료일자 : 2012년 05월 28일

하다. 특히, 기계요소의 부품을 고정하는데 필요한 볼트 및 너트 등의 부품 혹은 부속품(Parts or part list)들의 생산은 특수제품에 사용되는 소량생산의 단자 외에 일반적으로 다품종 다량생산을 기본으로 하고 있다. 대량 생산은 가공 기계의 노후화, 기계의 오작동, 누적오차, 작업자의 부주의 등으로 불량은 불가피하게 발생한다. 머신 비전은 인간의 시각 인식 기법을 이용한 대표적인 시스템으로 획득된 영상 데이터가 제조 공정을 제어 할 수 있도록 처리하는 기술이며 우리나라에는 1990년대부터 머신 비전에 대한 개념과 제품을 접할 수 있게 되었으며 최근 들어 국내에서도 부품검사 등, 다양한 분야에 활발히 적용되고 있다[3][4][5].

본 논문에서는 실제 현장에서 생산되고 있는 다 품종 대량 부품들을 자동으로 인식하고 선별하기 위하여 프로파일 기반의 비전시스템을 개발을 위한 알고리즘과 시스템 개발을 제안하였다. 사용자 인터페이스에 동적 비주얼 프로그래밍 환경을 적용하였고 양품 샘플 이미지를 기반으로 프로파일 분석기법 알고리즘을 적용하여 다양한 제품의 불량을 검사할 수 있도록 사용자 중심의 검사시스템을 개발 하였다.

II. 머신비전 시스템

초기 머신 비전 시스템은 기계에 시각을 부여하여 사람에 의해 처리되던 다양한 일들을 자동화하여 기계가 처리하도록 하였다. 오늘날의 머신 비전은 단순한 패턴의 측정과 선별, 생산품의 양품과 불량품을 구별 등, 초기 응용에서 발전하여 패턴인식, 및 영상 이해기술과 3D 합성기술 등이 융합하여 의료, 스포츠, 농업과 같은 IT기반 응용 산업분야에 전방위 적으로 널리 활용되고 있다 [6][7]. 산업분야에서의 비전 시스템은 현장에서 필요한 각종 입력 값을 비접촉 시스템인 카메라로 데이터를 취득 한 후, 검색하고자 하는 제품이 규격, 불량유무, 필요요소의 존재 유무 등을 결정하며, 동일한 외부조건(조도, 생산 공정, 제어알고리즘 등) 조건에서 항상 검사결과가 일치되는 안정적인 검사 장치이다.

비전 시스템은 조명, 카메라, 프레임 그래버, 인

식 알고리즘, 검사 대상의 이동을 위한 서버 모터와 모터를 정밀하게 제어하기 위한 컨트롤 시스템이 포함된다[8][9]. 그림 1은 일반적인 비전 시스템이 설치된 생산현장에서 제품의 동일성 혹은 불량유무를 판단하기 위한 부품들의 부분별 특징 요소(Feature parameter)들을 정의하고 있는 바, 모델별 특징요소를 무엇으로 선정하고 어떻게 정의하는가에 따라 제품의 인식률이나 유사도가 달라진다.

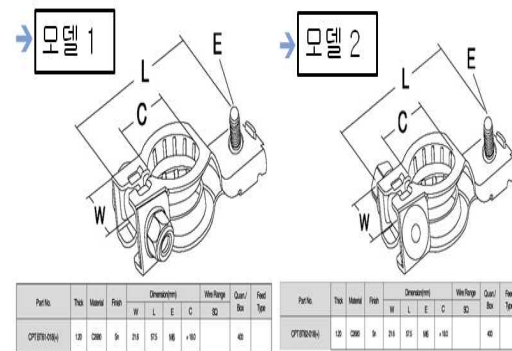


그림 1. 검사 부품의 특징요소 정의
Fig. 1 Definition of feature parameter for testing parts

III. 제안하는 검사 알고리즘

머신비전 검사 시스템은 피딩기(Feeder)에 의해 단자가 이송장치로 공급되면 CCD 카메라로 단자의 사선부, 상단부, 측면부 영상을 획득하고, 영상 처리를 통해 검사를 수행하게 된다. 검사 알고리즘의 흐름도 그림 2에서 비전 시스템은 3대의 카메라가 설치되어 있는데, 첫 번째 카메라는 볼트의 내부 링과 방향을 검사하고, 두 번째 카메라는 홀의 내경과 외경을 검사하도록 설치하였고, 세 번째 카메라는 나사의 외경의 높이를 각각 측정하도록 구성하였다.

검사결과는 내부통신을 통해 PLC에 전달이 되고, 분리배출기를 통해 양품과 불량품을 분리하게 된다. 형상검사는 단자의 사선부와 상단부 및 측면부의 형상을 획득하여 템플릿과 비교하여 각 검사 항목을 수행한다. 단자의 사선부에서는 볼트 방향과 링의 유무, 상단부에서는 단자의 내경 외경, 측면부에서는 나사의 외경과 나사 높이를 측정하여

제품 이중, 형상 불량, 외경 초과 및 미달을 검사한다. 그림 3은 본 연구에서 실험으로 이용할 부품의 프로파일이며, 부품의 외경에 대한 그레이 레벨의 변화를 측정 할 수 있다. 일정한 조도조건 환경에서는 그레이 레벨에 대한 히스토그램 분포를 이용하여 이진화 영상을 결정하는 것이 계산의 복잡도를 피할 수 있다. 이진화 영상을 얻기 위한 최적의 임계값을 결정하는 것은 중요한 바, S/W 적으로는 히스토그램 기반이나 영상의 모멘트를 이용한 방법, 엔트로피를 이용한 최적치 결정 방법이 있으나 조명 조건이 일정한 경우H/W 방식이 실시간 처리가 가능하다.

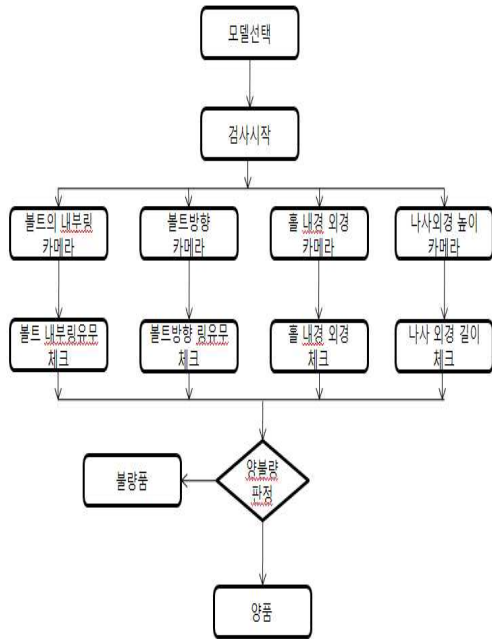


그림 2. 검사 알고리즘의 흐름도
Fig. 2 Flowchart of the inspection algorithm

그림 2의 제안 알고리즘에서 경계값을 결정하는 프로세스는 다음과 같다.

```

for(i=0; i<nHeight; i++)
  for(j=0; j<nWidth; j++)
    pBuff[i*nWidth+j] = pSourImage[i][j];
for(i=1; i<nHeight-1; i++)

```

```

for(j=1; j<nWidth-1; j++) {
DIFF[0] = pBuff[(i-1) * nWidth+(j-1)] -
pBuff[(i+1) * nWidth+(j+1)];
DIFF[1] = pBuff[(i-1) * nWidth+(j+1)] -
pBuff[(i+1) * nWidth+(j-1)];
DIFF[2] = pBuff[i * nWidth+(j-1)] - pBuff[i
* nWidth+(j+1)];
DIFF[3] = pBuff[(i-1) * nWidth+j] -
pBuff[(i+1) * nWidth+j];
pSourImage[i][j] = 0;
if (abs(DIFF[0]) > nSlope)
  pSourImage[i][j] = 255;
if (abs(DIFF[1]) > nSlope)
  pSourImage[i][j] = 255;
if (abs(DIFF[2]) > nSlope)
  pSourImage[i][j] = 255;
if (abs(DIFF[3]) > nSlope)
  pSourImage[i][j] = 255;
}

```

IV. 실험 및 고찰

1. 나사 길이의 프로파일 검사

나사 길이의 프로파일은 히스토그램 분석을 통해 분석할 수 있다. 정확한 문턱 값을 찾아내기 위한 기법으로 프로파일 기법을 적용하였고[10] 그림 3에서 나사길이에 대한 프로파일을 보이고 있다.

검사방법은 x축에 대한 프로파일로 오른쪽에서 왼쪽으로 검사가 진행되며, 초기값은 밝은 부분이 많아 255에 가까우며 왼쪽으로 검사해가면서 급경사가 나타나는 부분이 153에 가까운 부분임을 볼 수 있다. 프로파일 분석 결과 임계값은 102에서 204사이의 값이 검사 대상의 정확한 임계값임을 알 수 있다.

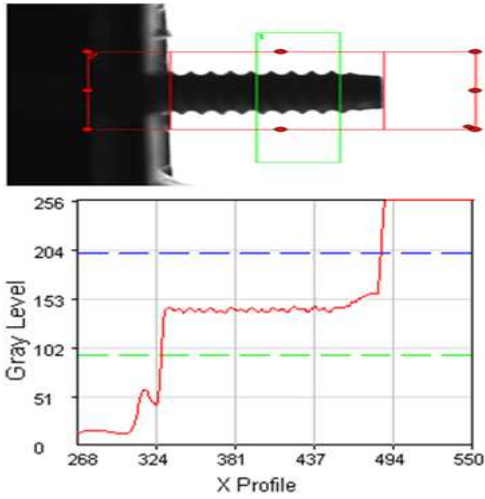


그림 3. 부품 길이의 프로파일
Fig. 3. Profile of the parts length

2. 나사 외경의 프로파일 검사

나사의 외경에 대한 정확한 문턱값을 찾아내기 위한 프로파일은 그림 4에 나타내었다. 검사방법은 y축에 대한 프로파일로 왼쪽에서 오른쪽으로 검사를 한다. 초기값은 밝은 부분이 많으므로 255에 가까우며 왼쪽으로 검사해가면서 갑자기 급경사가 나타내진다. 이 부분

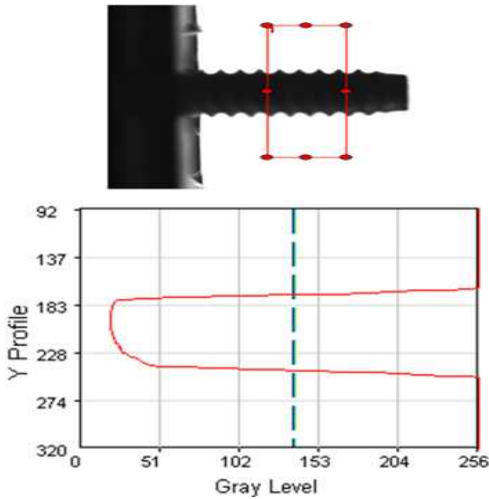


그림 4. 부품 외경의 프로파일
Fig. 4. Profile of the outer diameter of the parts

이 183에 가까운 부분임을 알 수 있고, 프로파일 분석 결과 나사 외경에 대한 문턱값으로 102~153 사이의 값이 적당하다.

3. 나사 원형의 프로파일 검사

그림 5는 나사의 원형에 대한 프로파일로 붉은 원형에 대한 프로파일을 그래프로 나타내었다. 내부원의 중심에서 밖의 원에 대하여 360도 회전하면서 x축에 대하여 검사가 진행된다. 프로파일 분석 결과 나사원형에 대한 임계값으로 140~153 사이의 값이 적당한 값을 보여주고 있다. 그림 6은 부품에 링의 존재 유무를 검사하기위한 시스템의 설정과 부품의 위치를 보이고 있다. 구현된 시스템은 피딩기, 이송장치, 검사기, 선별 배출기로 구성된다. 피딩기는 검사 대상인 단자의 다양한 규격 및 크기를 만족시켜야 한다.

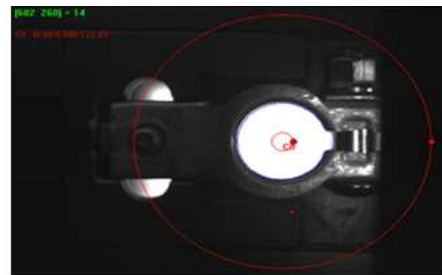
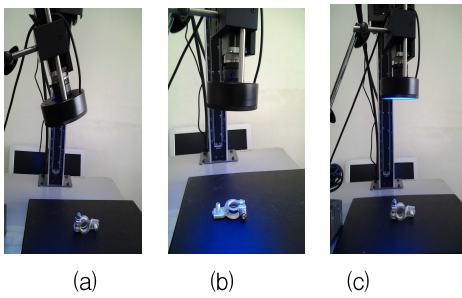


그림 5. 부품 원형의 프로파일
Fig. 5. Profile of the parts circle

이송장치는 단자의 볼트방향과 링, 홀 내경 검사와 나사길이 검사를 위해 단자의 머리가 완전히 노출되어 있어야 하고, 나사산도 카메라에 모두 노출된 상태로 이송이 가능하여야 한다. 검사 시스템의 설치는 그림 7과 같고, (a), (b), (c)는 각각 사선부, 상단부, 측면부에 카메라를 설치하였다. 표 1은 실험을 위한 하드웨어 사양을 나타낸다.



(a) 부품 방향과 링 유무검사
 (b) 홀 내경 측정
 (c) 부품 길이 측정

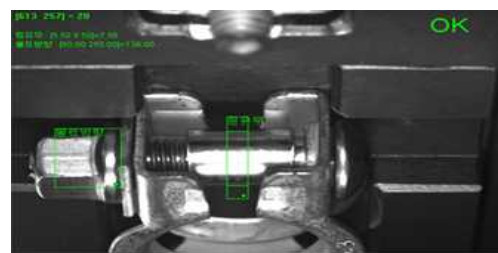
그림 6. 비전시스템을 이용한 특징 추출
 Fig. 6. Feature extraction using vision system

표 1. 하드웨어 사양
 Table 1. Hardware specifications

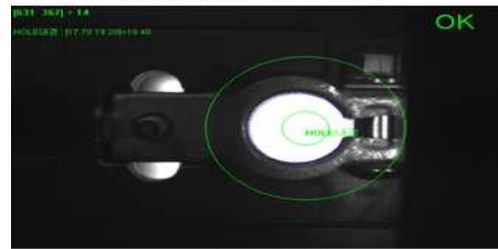
항목	사양	비고
PC	CPU: Dual Core 3.0G	
	Memory: 1G	
	OS: Window XP	
	Program: Visual C++	
카메라	해상도: 600×480	
	프레임: 1/30~1/80	
조명	타입: Back Light	Advanced Illumination
	모델: BL1520, 50mm×50mm	

그림 6과 표 1의 환경에서 볼트의 방향과 링 유무검사, 홀 내경 측정, 나사산 및 길이를 측정하였고, 프로파일 분석을 통해 이진화를

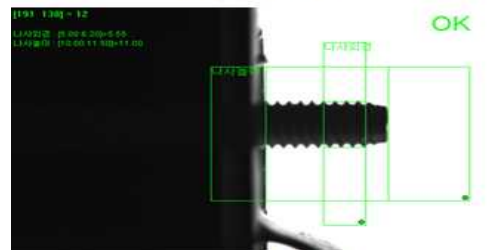
위한 임계값을 설정하였다. 그림 7은 사선부, 상단부, 측면부의 영상으로 검사대상을 모두 만족하는 양품인 경우의 결과 영상이다. 그림 8은 프로파일 분석 기반의 검사결과를 실시간으로 알 수 있도록 구현된 소프트웨어의 결과로서 볼트의 양·불량을 확인할 수 있다. 그림 8에서 음영처리 부분은 불량으로 판정된 것으로, 링이 없는 경우와 볼트의 방향이 잘못된 결과를 나타낸다.



(a) 볼트방향과 링 유무검사



(b) 홀 내경 측정



(c) 나사산 및 길이 측정

그림 7. 검사 시스템 및 카메라 위치
 Fig. 7 Inspection system and position of camera

번호	모델명	검사일	검사시간	링유무	볼트방형	HOLE내	나사외경	나사높이
1	CBT61-018	20120426	154609	7.47	154.00	18.48	5.32	10.86
2	CBT61-018	20120426	154637	7.56	110.00	18.49	5.36	11.01
3	CBT61-018	20120426	154642	7.00	43.00	24.13	0.00	0.02
4	CBT61-018	20120426	154647	7.63	134.00	18.48	5.33	11.02
5	CBT61-018	20120426	154707	7.62	143.00	18.49	5.37	10.71
6	CBT61-018	20120426	154712	7.63	146.00	18.48	5.37	10.85
7	CBT61-018	20120426	154717	7.44	134.00	18.48	5.36	10.87
8	CBT61-018	20120426	154726	7.44	97.00	18.48	5.42	10.88
9	CBT61-018	20120426	154731	7.56	120.00	18.48	5.31	10.86
10	CBT61-018	20120426	154736	7.62	157.00	18.40	5.41	10.93
11	CBT61-018	20120426	154754	7.56	94.00	18.48	5.36	11.08
12	CBT61-018	20120426	154759	7.46	142.00	18.44	5.31	10.95
13	CBT61-018	20120426	154804	7.55	110.00	18.47	5.34	10.94
14	CBT61-018	20120426	154808	7.45	136.00	18.46	5.39	10.93
15	CBT61-018	20120426	154816	7.96	72.00	18.55	5.45	10.71
16	CBT61-018	20120426	154821	7.49	70.00	18.62	5.33	10.94
17	CBT61-018	20120426	154831	7.56	157.00	18.46	5.30	10.80
18	CBT61-018	20120426	154836	7.48	107.00	18.47	5.42	10.88

그림 8. 단자 검사 소프트웨어 및 불량 체크
Fig. 8 Terminal Inspection software and bad check

V. 결론

본 논문에서는 산업현장에서 이용되고 있는 비전 프로그래밍을 이용하여 부품 검사 알고리즘을 제안하였다 개발된 시스템은 3대의 카메라로 구성되었고 각각 부품의 측면, 윗면과 옆면의 영상을 취득하도록 설계되었다. 취득된 그레이레벨 영상은 프로파일 분석기법 알고리즘을 적용하여 이진화 영상으로 고속변환이 가능하며, 부품에 존재하는 홀의 내경과 나사산의 길이 등의 특징을 추출하여 양·불량 검출 및 분류가 가능한 시스템을 구축하였다. 임계값 설정은 제품의 양·불량품 선별에 중요한 요소인 바, 제안한 알고리즘을 이용하여 정확한 임계치를 구하였고, 실제 현장에서는 제품에 대한 패턴을 데이터베이스화 하여 등록된 패턴과 검사대상을 비교하여 허용오차 내에서 양·불량품을 선별할 수 있었다.

향후 연구과제로 피딩 속도에 대응하는 모션장치의 설계와 3D 정보처리를 위한 알고리즘의 개발 등이 필요하다.

참고 문헌

- [1] T.Sugiyama and K. Abe, "Image Segmentation using both Edge and region Information", IAPR Workshop on Machine Vision Applications", 1998.
- [2] Michael G. Fairhurst, "Computer Vision for Robotic systems an Introduction" , Prentice hall, 1998.
- [3] Z. Zheng, H.Wang and E. Khwang Toeh, "Analysis of Gray Level Corner detection", Pattern Recognition Letters, 2002.
- [4] 신동원, 박경석, "머신비전을 이용한 크립솔더상에 장착된 SMD의 검사 시스템 개발에 관한 연구", 한국기계공학회논문지, 2(2), pp.67-74, 2006.
- [5] 박찬혁, 조재형, "컴퓨터 비전 시스템을 이용한 이진 패턴형상의 자동검사 장치 개발", 대한설비관리학회논문지, 8(2), pp.41-52, 2003.
- [6] 인봉수, "머신비전 시스템 개요", 한국포장협회 포장계 160, pp.52-63, 2006.
- [7] A. Alexandrov, "Corner Detection Overview and Comparison", Computer Vision 558, 2008
- [8] J. Killing, B.W. Surgenor, C.K. Mechefske, "A machine vision system for the

detection of missing fasteners on steel stampings”, Springer, DOI : 10.1007 / s00170-008-1516-3, 2007.

[9] Sezgin M, Sankur B, “Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation”, J Electron Image, 13(1), pp.146 - 165, doi:10.1117/1.1631315, 2004.

[10] 남승환, 김윤호, “머신비전을 이용한 단자 검사 시스템 개발”, 한국정보전자통신기술학회 춘계종합학술발표회, Vol 5. No. 1, 2012.

저자약력

남 승 환 (Swoong-Hwan Nam)



1997 한남대학교 일반대학원
(석사)
2002~현재 충남발전
연구원 재직
2011~현재 목원대학교
컴퓨터공학부 박사과정.

<관심분야> 영상처리, 비전 시스템 등.

김 윤 호 (Yoon-Ho Kim)



1992~현재 : 목원대학교
컴퓨터공학부 교수
2005~2006 : University
of Auckland. CITR Lab.
NZ. Research Fellow.
2008~현재 : ISO/TC 223
KOREA Delegate.
IEEE Computer science
member, 대한전자공학회,
한국통신학회 정회원.
한국모바일학회, 한국항행
학회, 사회안전학회, 한국정
보전자통신기술학회 종신회원

<관심분야> 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지,
IT 정책, 방재정보통신 등.