

# 카메라 Back Cover의 형상인식 및 납땜검사용 Vision 기술 개발

## Development of Vision Technology for the Test of Soldering and Pattern Recognition of Camera Back Cover

장영희<sup>1</sup>, 이재덕<sup>2</sup>, 배길호<sup>3</sup>, 한성현<sup>4</sup>, 이만형<sup>5</sup>

1 부산대학교 기계공학과 대학원 (Tel : +82-51-510-1456, E-mail : hl1lpk@hanmail.net)

2 (주)삼성항공

3 (주)LG전자 (Tel : +82-551-269-4762)

4 경남대학교 기계자동화공학부 (Tel : +82-551-249-2590, E-mail : shhan@kyungnam.ac.kr)

5 부산대학교 기계공학부 (Tel : +82-51-510-2331, E-mail : mahlee@hyowon.cc.pusan.ac.kr)

### Abstract

This paper presents new approach to technology pattern recognition of camera back cover and test of soldering. In real-time implementing of pattern recognition camera back cover and test of soldering, the MVB-03 vision board has been used. Image can be captured from standard CCD monochrome camera in resolutions up to 640×480 pixels. Various options are available for color cameras, a synchronous camera reset, and linescan cameras. Image processing os performed using Texas Instruments TMS320C31 digital signal processors. Image display is via a standard composite video monitor and supports non-destructive color overlay. System processing is possible using c30 machine code. Application software can be written in Borland C++ or Visual C++

**Keywords** : Camera Back Cover, Pattern Recognition, Real-Time Implementation, Digital Signal Processor

### 1. 서론

최근, 대부분의 산업분야에서 비전을 이용한 로봇을 이용하여 생산공정 작업의 자동화가 실현되고 있으나, 그것의 대부분은 전용기에 의한 것이며, 또한 이들의 대부분은 외국으로부터 수입하여 사용하고 있는 실정이다. 그러므로, 국내 기술의 개발을 통하여 이러한 전

용기의 단점으로 지적되고 있는 제품의 모델 변경에 대해 유연하게 대응할 수 있는 조립시스템의 범용화 문제의 해결이 가장 중요한 과제라고 할 수 있다. 또한 조립라인에서의 셋업(set-up)작업시간의 단축, 이상 발생에 의한 라인의 정지횟수의 감소, 이상발생시의 신속한 대응 및 해결이 조립 공정 자동화에 있어서 중요한 문제이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로는 조립 라인을 전용 설계하는 방안보다는 전용 셀을 설계하고, 이러한 전용 셀을 조합하여 전체 공정의 자동화 라인을 구축하는 방법이 가장 효율적이라 할 수 있다. 필요한 셀을 조합하여 완성된 조립공정라인의 생산 효율은 전용라인에 비해 다소 떨어질 수 있는 가능성도 배제할 수는 없지만, 제품의 라이프 사이클(life cycle)이 짧고, 또 빠른 생산준비가 요구되는 생산공정에서는 아주 효과적인 방법으로서, 전용설계부분이 적고 설계시간이 짧아 설비제조시간이 짧고, 또한 라인의 기동이 용이하고, 부품 및 Tool의 교환이 용이하며, 라인의 교환 시간이 짧고 표준화되어 설비의 비용이 매우 낮으므로 아주 효율적인 방안이라 할 수 있다. 카메라 생산라인에서 비전 기술은 납땜상태 검사작업을 담당하는 매우 중요한 역할을 하고 있다. 하지만 철련과 기관의 납땜공정은 높은 불량율로 인해 시스템이 정지하게 되어 전체공정의 연속운전시에 문제점이 되고 있다. 이에 본 연구에서는 실제 카메라 백 카바의 생산조립라인에 적용할 수 있는 카메라 back cover의 형상인식 및 납땜 및 납땜 검사 자동화를 위한 비전 기술을 개발한다.

비전을 이용한 카메라 백 커버 인식 및 납땜 자동검사용 비전 시스템은 vision system본체, 조명광학부, 시각센서부, display monitor, 데이터 입력장치 등으로 크게 나눌 수 있다. 조명광학부는 안정된 영상 취득을

제공하기 위해 적용분야에 적합한 조명방식 및 장치를 사용하며, 시각센서부는 일반적으로 흑백 CCD camera를 사용하지만 필요성에 따라 color, 적외선, X-ray, 초음파 등의 센서를 쓰기도 한다. 데이터 입력 장치는 keyboard, mouse, track ball 등으로 vision system의 기능을 제어하며, display monitor는 영상(처리전/후), 입력된 데이터, 처리결과 등이 표시된다. vision system 본체는 기능상, 시각센서로부터 디지털 영상을 얻고, 저장, 표시하는 영상취득부, 영상메모리부, 영상표시부, 시각검사 알고리즘을 수행하는 고속영상처리부, 주변제어기기 및 데이터 I/O등을 제어하는 I/O interface부, 그리고 시스템 제어부 등으로 구성된다. 이러한 구성요소들로 이루어진 비전 시스템이 산업현장에서 성공적으로 적용되기 위해서는 다음과 같은 요건들을 만족해야 한다. 1) 고속성 : 동작속도가 생산 라인의 속도에 맞출 수 있어야 한다. 2) 고신뢰성 : 사용자가 원하는 정확도를 일관되게 유지해야 한다. 3) 유연성(flexibility) : 제품 모델의 변경에 대한 적응성과 생산 방식의 구조차이에 대한 원활한 적용이 뛰어나야 한다. 4) 저렴성 : 생산비용면에서 타당성이 인정될 수 있어야 한다.[1-2]

본 연구에서는 16.7 MIPS의 초고속 명령 수행 능력을 가진 텍사스 인스트루먼트사의 DSP인 TMS320C31 칩을 CPU로 사용하는 삼성전자의 MVB03을 활용하여 여러 카메라 백 커버들중 특정 카메라 백 커버를 자동 인식하고 인식된 백커버의 납땜상태를 자동으로 검사하여 품질기준 통과여부를 자동 판단할 수 있는, 이른바 카메라 백 커버의 형상인식 및 납땜 자동검사용 비전 기술을 개발하여 실제 생산공정에 적용함으로써 제품의 품질향상, 생산품의 균일화 및 제품 생산성을 향상시킴으로써 생산 원가를 절감하고 기업의 기술 경쟁력을 향상시키고자 하는데 연구의 목적이 있다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 윤곽선 추적

윤곽선이란 이미지에서 존재하는 의미가 있는 객체의 범위를 결정하는 중요한 요소의 하나이다. 또한 윤곽선은 대비도가 뚜렷하게 나타나는 부분을 의미하는 것이다. 윤곽선을 추출하는 방법에는 구배연산자를 이용하는 방법, 라플라스 연산자를 이용하는 방법 등 여러 가지 방법이 있다.

본 연구에서는 기존의 윤곽선 추적 알고리즘을 수정하여 이진화과정이 없이 윤곽선을 추출할 수 있는 윤곽선 추적 알고리즘을 사용하여 윤곽선을 추출하였다. 실영상에서 배경과 추출해내고자 하는 물체가 어느 정도 구분할 수 있다고 가정하면, 배경과 물체사이의 경계는 뚜렷이 대비된다. 따라서, 영상의 50pixel(y축) 등간격으로 x축 방향으로 스캔을 하면서 농도차가 크게 나는 부분을 경계의 시작위치로 정하고, 이때부터 윤

곽선 추적을 알고리즘을 적용하여 윤곽선을 추출한다. 이와 동시에 체인코드값을 추출하여 특징추출의 기본 데이터로 활용한다. Fig.1은 윤곽선 추적의 초기위치 설정과 체인코드를 보여준다.

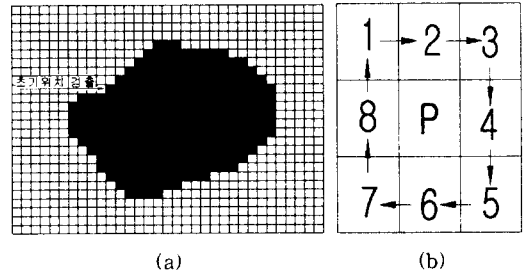


Fig. 1 (a) Initial position of edge following, (b) Chain code

### 2.2 특징추출

영상인식의 전단계로 수행되는 과정 중 인식대상물의 특징적인 부분을 찾아내는 과정을 특징추출이라고 한다. 영상에서 특징 파라미터로는 면적, 원주길이, 원형도 등을 이용하는 방법, 가중치가 인가된 매트릭스를 통해 입력된 영에서 추출된 윤곽선과 정합시켜 영상의 특징값을 정하는 방법 등이 있다. 이것은 얻고자 하는 대상에 따라 추출해낸다.

본 연구에서는 윤곽선 추출후 윤곽선의 꼭지점에 해당되는 Pixel들의 데이터를 특징성분으로 정의한다. 꼭지점을 판단하는 알고리즘의 프로우차트는 표. 2와 같다

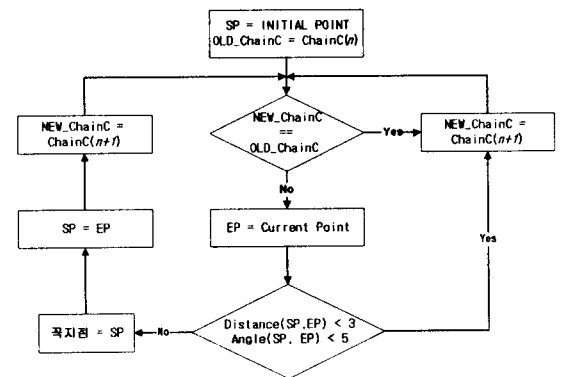


Fig. 2 Flowchart of algorithm

### 2.3 패턴인식

물체의 영상을 처리하여 그것이 무엇인지를 평가하는 처리를 패턴인식이라고 한다. 패턴을 인식하기 위해서는 입력된 패턴 영상을 여러 가지 영상처리단계를 거쳐 분리 추출하는 과정이 필요하고 그것이 무엇인지를 평가하기 위해서는 기본적으로 컴퓨터 메모

리에 기억된 패턴 원형이 필요하다. 패턴을 인식하는 문제는 대체로 통계적 접근방법과 구분론적 접근방법의 두가지로 나누어 볼 수 있다.

먼저 통계적 접근방법은 영상으로부터 분리된 영상 패턴의 여러 가지 특성치를 추출하고, 추출된 특성치의 집합에 대하여 통계적 분석을 가하므로써 주어진 패턴이 어떤 패턴 원형에 가까우냐를 결정하는 것이다. 주어진 패턴을 그 구성성분으로 나누어 표시하고 구분론적 규칙에 의하여 추적하므로써 패턴원형을 찾는 방법이다. 구분론적 규칙은 계산이론에 사용되는 오토마타나 컴퓨터 언어이론 등에 이용되는 구분론법을 이용한다. 대체로 오토마타나 구분 문법은 서로 대응하는 종류에 대하여 상호전환이 가능하다. 패턴인식을 구분론적으로 해결하기 위해서는 먼저 패턴의 기초 부분들을 기호화하여야 한다. 패턴의 기초적인 부분들이 일정한 형식에 의하여 구조적으로 표현되면, 동일 형식에 대응하는 자료구조 이론을 응용하여 기호화된 패턴을 조작할 수 있다. 패턴의 원형의 자료구조로 전개될 수 있는가를 파악하는 것이 구분론적 접근방법의 골간이다.

영상의 패턴을 표현하기 위한 자료구조에는 패턴이름, 특성치 이름과 값, 특성치 사이의 상호관계에 관한 정보 등을 수록한다. 일반적으로 패턴의 표현은 서술물의 논리곱(AND)으로 표현하고, 패턴에 대한 표기에는 다음과 같다.

서술문1  $\wedge$  서술문2  $\wedge$  서술문3  $\wedge$  .....  $\wedge$  서술문n

본 연구에서 추출된 특징점들을 다시 선성분과 호성분으로 구분하여 패턴인식을 하기 위한 패턴 표현식으로 정의한다. 패턴에 대한 표기는 선성분과 호성분의 논리합으로 표현하고, 그 예는 다음과 같다.

패턴 n  $\equiv$  ((TYPE, Line) (DISTANCE, D)  
(ANGLE, A))  
((TYPE, Arc) (RADIUS, R))  
((TYPE, Line) (DISTANCE, D)  
(ANGLE, A))  
.....

위와 같이 정의된 패턴은 원형 패턴과 비교하여 패턴을 인식하고 납땜상태를 검사할 위치를 결정한다.

## 2.4 납땜검사

납땜을 검사하는 과정은 크게 나누어 Sensing, 특징추출, 분류이 세 부분으로 구성된다. Sensing은 카메라로 입력영상을 얻는 과정으로 일관된 환경, 특히 조명장치의 일관성이 요구된다. 물체를 인식에 있어서 조명의 각도나 주사하는 각도가 바뀌면 이전에 사용하던 인식방법을 계속 적용할 수가 없다. 따라서 하드웨어

적인 측면에서 보았을 때 조명장치는 고려해야할 중요한 요소중의 하나이라 할 수 있다. 조명원의 종류에는 환형광 구조와 스포트광구조로 나누어 볼 수 있다. 환형광 구조에서 형광원은 경제적인 링형 구조의 광원으로 적합하나, 검사영역에 대한 광에 대한 광의 집중도가 떨어지고 사용기간이 경과할수록 광원이 불균일한 조도를 나타낸다. 스포트광구조는 광섬유를 이용하므로 어떤 위치에서도 유연하게 광원을 설치할 수 있고, 다양한 평광필터를 이용할 수 있다. 하지만 이것은 조명범위의 제약이 있으며 환형이나 링형의 조명 구조를 만들기가 어렵다.

특징추출은 위해서는 먼저 분류 class를 정의하는 것이다. 즉 어떤 모양들로 분류할 것인가를 사전에 정하는 것이다. 입력영상이 들어 왔을 때 미리 정한 검사항목대로 검사하여 그 결과들을 분석함으로써 각 분류 class를 정할 수 있다. 검사항목에 대한 조건은 계산시간이 빨라야 할 것, 서로 유사한 값을 가질 수 있는 것, 서로 다른 class들은 값의 차이가 많이 날 것 등이다. 그러나 실제로 이러한 조건을 갖는 검사항목을 정하는 것은 매우 어렵다. 분류를 위한 방법은 tree classifier을 이용하는 방법, K-nearest-neighbor (K\_NN) 알고리즘에 의한 방법, fuzzy함수를 이용하는 방법등 크게 세가지로 나누어 볼 수 있다.

## 3. 실험

### 3.1 실험 장치

#### 3.1.1 하드웨어 구성

본 연구에서 영상처리용 하드웨어는 CPU로 60ns Single Cycle Instruction Execution Time을 가진 고속의 DSP인 TMS320C31이 사용되었으며 PC와 데이터 교신은 인터럽트 핸드 셰이크 방식을 통하여 이루어지며 이를 위하여 PC측에서는 D-segments영역을 이용하도록 설계하였다. 그리고 영상 처리용 알고리즘 개발은 PC측과 DSP측에서 모두 개발할 수 있도록 설계되었으며 개발된 알고리즘은 Buffer를 통하여 비전 보드의 프로그램 램영역으로 다운로드되며, PC측에서 인터럽트를 통하여 DSP가 프로그램을 수행하도록 설계되었으며, 영상처리 결과는 데이터 램영역에 저장할 수 있도록 설계되었다. 설계된 영상 처리용 하드웨어의 전체 구성을 나타내는 블록선도는 아래의 Fig. 3과 같다.

MVB-03 비전보드는 CCD카메라와 인터페이스하기 위한 카메라 인터페이스 모듈, CCD카메라로부터의 아날로그 비디오 신호를 디지털 영상 데이터로 변환하기 위한 A/D변환기, 디지털 영상 데이터를 저장하기 위한 영상 데이터 메모리, 영상 데이터를 처리함으로써 유효한 정보를 추출하기 위한 영상 프로세서 (Image Processor), 처리된 영상 또는 저장된 디지털

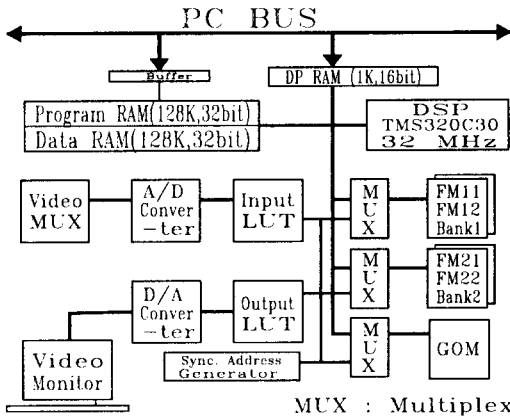


Fig. 3 The block diagram of image processing systeme.

영상 데이터를 모니터에 출력하기 위한 D/A 변환기, 커서 또는 문자 그래픽 형상을 원래의 영상과 겹쳐 디스플레이 하도록 하기 위한 그래픽 오버레이 메모리(Graphic Overlay Memory)등의 모듈로 설계되어 있다. 이 비전보드의 호스트 컴퓨터는 보통 IBM PC, VME System이 사용될 수 있도록 설계되었고, 비전보드 호스트 컴퓨터의 Add-on Board로 사용되도록 설계되었다. 비전 소프트웨어는 호스트 컴퓨터의 운영체제(Operation System)하에서 동작하며, 호스트 컴퓨터의 한 어플리케이션 소프트웨어로 작동한다. 그러므로, 이 보드는 여러 기능을 가지고 있는 시스템의 한 모듈로서 응용될 수 있기 때문에 시스템 인테그레이션에 의한 특정용도의 시스템 개발을 편리하게 설계되었다.

설계 제작된 비전 보드는 Texas Instrument사의 고성능 디지털 신호 처리기 TMS320C31을 CPU로 사용함으로써 데이터 처리 성능을 획기적으로 향상시킨 것 외에 아래와 같은 특징을 가지고 있다.[6]

- 2비트 고속 데이터 처리 성능(TMS320C31, 16MIPS)
- 해상도 영상처리 640(수평) × 480(수직), 256(계조)
- 최대 36장(Optional)의 영상 저장 가능(기본 : 4장)
- 그래픽 오버레이 기능
- 최대 4개의 카메라 접속 가능
- 모노크롬 영상 출력
- 최대 16개의 입력/출력 Look-up Table 설정 가능
- 사용자가 직접 DSP PROGRAM을 구현할 수 있는 구조
- 대용량의 프로그램 메모리(최대 128K × 32 bit)
- 대용량의 데이터 메모리(최대 128K × 32 bit)

### 3.1.2 비전보드 특성 분석

디지털신호처리기는 신호처리를 디지털적으로 하는 특수한 마이크로 프로세서로서 종래의 아날로그 신호 처리기에서는 실현이 곤란하던 기능을 높은 정확도, 고안정성, 고속성으로 실현할 수 있는 특징을 갖춘 프

로세서이다. 이러한 특징을 바탕으로 수학적 연산을 많이 필요로 하는 알고리즘의 프로그램화가 가능하고, 고속성으로 실시간 처리가 이루어진다. 또한 프로그래밍의 유연성으로 시스템의 유연성 또한 향상됨으로서 비용절감 효과와 신뢰성 향상을 기대할 수 있다.[3]

전체 비전 시스템의 구성은 카메라로부터 취득된 아날로그 영상은 video 멀티플렉서로 4:1 멀티플렉싱을 하여 A/D 변환기에 의해 디지털 영상 데이터로 변환되어 입력 LUT(look up table)로 입력된다. LUT를 통과한 영상 데이터는 비전 버스에 연결되며, <BANK1> 또는 <BANK2>의 프레임 메모리(frame memory, FM)에 입력되기 위해 MUX를 통과하게 된다. 이 멀티플렉서는 FM에 연결되는 어드레스 및 데이터 버스의 신호원 2개, 즉 vision bus와 DSP bus를 선택하는 역할을 한다. 출력 LUT를 통과한 영상 데이터는 D/A 변환기를 통과함으로써 아날로그 비디오 신호로 변환되어 모니터에 출력된다. LUT는 A/D 변환기를 거쳐서 디지털로 변환된 데이터를 프레임 메모리에 저장하기 전에 하드웨어적으로 일차원적인 변환을 하기 위해서 메모리로 구성된 변환 테이블로서 이 LUT를 적절히 사용하므로서 영상 처리 시간을 단축시켜 영상속 물체의 실시간 윤곽 추출이 가능하게 한다. 표. 4는 본 연구에서 사용된 실험장치를 보여준다

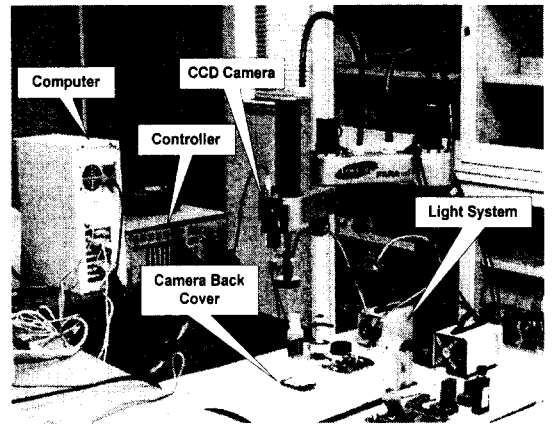


Fig. 4 Experimental set-up

586 PC에 FARA MVB-03 비전 보드가 연결되어 서로 통신을 하면서 데이터나 파라메타들을 주고받는데, 비전 보드의 CPU인 DSP와 PC와의 데이터 교신은 듀얼 포트 램(Dual-Port RAM, 1K × 16bit)을 통해서 이루어진다. 두 CPU간에 전달되는 데이터의 내용은 각 비전 함수들마다 정해져 있으며, 인터럽트 핸드웨이크에 의해 데이터 교신이 이루어진다. 제안된 방법의 타당성을 입증하기 위하여 실 영상에 의한 실험을 수행하였다. 조명은 카메라와 같은 방향에서 300w의 섬유 광학 조명기를 사용하였고 렌즈는 8mm 렌즈를 사용하였다.

## 4.2 실험방법 및 결과

제안된 방법의 타당성을 입증하기 위하여 실제 현장에서 생산되는 카메라 back cover를 CCD카메라로 취득하여 처리하는 방식의 모의 실험을 수행하였다. 먼저 윤곽선추출방법은 기존에 많이 사용하고 있는 Sobel에 의한 방법과 본 연구에서 제안한 수정된 윤곽선 추적 알고리즘을 비교하며 다음과 같다.

Table. 1은 Sobel에 의한 방법과 윤곽선추적에 의한 방법의 수행시간을 나타내며, 표. 5와 표. 6은 그 결과를 나타낸다.

Table. 1 Compare of Edge Following Algorithm and Sobel

Source Image	Sobel	윤곽선 추적
NO. 1	490 ms	66.4 ms
NO. 2	490 ms	40.7 ms

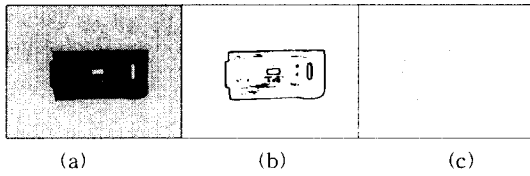


Fig. 5 (a) Real image(NO.1), (b) Sobel image(NO.1), (c) Edge following image(NO.1)

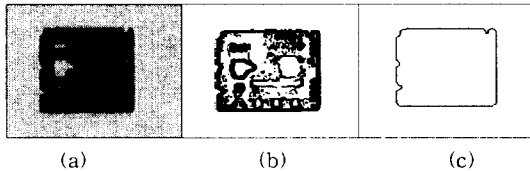


Fig. 6 (a) Real image(NO.2), (b) Sobel image(NO.2), (c) Edge following image(NO.2)

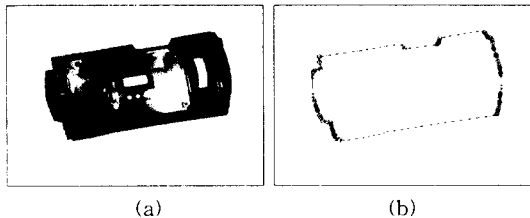


Fig. 7 (a)Source Image, (b)Result of Particular Points

Fig. 7은 각 기본영상과 영상의 특징점을 추출한 결과이다. 추출된 영상의 특징점을 토대로 패턴인식을 위한 패턴 표현식으로 변환한다. 변환내용은 다음의 표. 2와 같다. 이 패턴을 미리 정의된 패턴원형과 비교하여 패턴인식을 수행한다.

Table. 2 Pattern data

NO	TYPE	길이	각도
1	LINE	178.22	11.24
2	LINE	69.12	10.86
3	LINE	91.14	12.12
4	LINE	43.99	101.95
5	LINE	342.527	190.65
...	...	...	...

카메라 백 커버에서 납땜 위치는 항상 일정하므로 취득된 영상에서 납땜 부위 영상을 확대하고 이진화를 시켜 이진화된 원형화상과 비교하여 납땜검사를 수행한다.

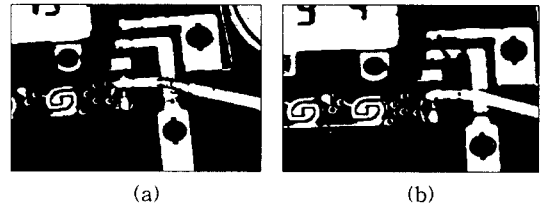


Fig. 8 (a)Initial image (b)Comparing image

## 5. 맺은말

본 연구에서는 카메라 백커버의 형상인식과 납땜 검사를 위한 비전 기술에 관한 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 실시간 처리를 위해 CPU를 디지털 신호 처리기인 TMS320C31을 사용하여 비전 보드상의 제한된 메모리를 사용하는데 있어서 효율성을 높이기 위하여 별도의 후처리 알고리즘의 적용 없이 1차적인 처리의 결과에서 얻은 거친 에지맵으로부터 정보를 필요한 정보를 추출하여, 이 정보들을 이용하여 납땜상태를 검사하는 실시간 비전기술 개발에 관한 연구를 수행하였다. 제안된 방법을 사용함으로써, 카메라 백커버의 파손 및 결손에 대한 형상 인식 및 납땜 불량상태 인식의 실시간 실현 가능성을 제시할 수 있었다. 실모델에 대한 실험 결과 제안된 디지털 비전 시스템이 카메라 형상의 파손 및 변형 상태 등의 자동 인식 성능이 보다 더 정밀하고 신속하게 처리됨을 확인함으로써 기존의 실제 라인에서의 불량을 감소 및 조립공정의 신뢰성을 증대에 크게 기여하리라 사료된다. 향후 연구 방향은 적용 범위의 확대 및 유사모델에의 적용을 통한 실라인 설치를 위한 연구를 수행하고자 한다.

## 참고문헌

- [1] K. S. Fu, R. C. Gonzalez, and C. S. G. Lee, *Robotics : Control, Sensing, Vision and Intelligence*, McGraw-Hill, 1987.
  
- [2] 전바름, 윤재응, 김재훈, 고국원, 조형석, "조선 Parrick Gros, "Matching and Clustering: Two Steps Toward Automatic Object Modeling in Computer Vision", *Int. Jour. of Robotics Research*, Vol. 14, No. 6, pp. 633-642, 1993.
  
- [3] "TMS320 Floating-Point DSP Optimizing C Compiler User'S Guide", 1993.