

결합 검출을 위한 2차원 산업 영상 정합 기법

이영주[†], 이정진^{**}

요 약

본 논문에서는 결합 검출을 위하여 2차원 산업 영상 정합 기법을 제안한다. 제안 기법은 먼저 참조 영상과 입력 영상 각각에 대하여 원 영상을 평활하면서도 경계를 보존하는 전처리 과정을 수행하여 일반적인 잡음에 강인한 정합을 가능하게 한다. 다음으로 x축 방향의 기울기 크기 영상 및 이진 영상을 생성한 후 각 픽셀별 주변 영역 밀도 분석을 통하여 특징 영상을 생성하여 산업 영상에서 자주 발생하는 모아레 형태의 패턴으로 인한 오정합을 방지한다. 마지막으로 이렇게 생성된 특징 영상에 대하여 위상 연관성을 이용한 정합을 수행하여 두 영상을 고속으로 최적으로 정렬하는 위치 이동 정합 인자를 계산할 수 있다. 실험 결과 실제 산업 영상에 대한 정합 정확성은 100%였고, 기존 기법보다 약 20배의 속도 향상이 있었다. 이와 같이 제안 기법은 실제 산업 응용이 가능한 빠른 속도와 정확한 정합 정확도를 보여주었다.

2D Industrial Image Registration Method for the Detection of Defects

Youngjoo Lee[†], Jeongjin Lee^{**}

ABSTRACT

In this paper, we propose 2D industrial image registration method for the detection of defects. Proposed method performs preprocessing to smooth the original image with the preservation of the edge for the robust registration against general noise. Then, x-direction gradient magnitude image and corresponding binary image are generated. Density analysis around neighborhood regions per pixel are performed to generate feature image for preventing mis-registration due to moire-like patterns, which frequently happen in industrial images. Finally, 2D image registration based on phase correlation between feature images is performed to calculate translational parameters to align two images rapidly and optimally. Experimental results showed that the registration accuracy of proposed method for the real industrial images was 100% and our method was about twenty times faster than the previous method. Our fast and accurate method could be used for the real industrial applications.

Key words: Defect Detection(결합 검출), Feature Image(특징 영상), Phase Correlation(위상 연관성), Image Registration(영상 정합), Industrial Images(산업 영상)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이정진, 주소 : 서울특별시 동작구 노량진동 332번지 쌍용에가아파트 103동 1207호(156-050), 전화 : 02)2164-4911, E-mail : imagination@catholic.ac.kr

접수일 : 2012년 7월 22일, 수정일 : 2012년 8월 28일

완료일 : 2012년 9월 19일

[†] 정회원, 삼성전자 생산기술연구소 책임연구원
(E-mail : spicio2@gmail.com)

^{**} 정회원, 가톨릭대학교 디지털미디어학부 조교수
(E-mail : imagination@catholic.ac.kr)

※ 본 연구는 2012년도 가톨릭대학교 교비연구비의 지원으로 이루어졌음. 또한, 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(No. 2012R1A1A2043819).

1. 서 론

다양한 산업 분야에서는 생산의 효율성을 높이기 위하여 공장의 자동화가 생산 공정의 여러 단계에 대하여 빠른 속도로 진행되어 왔다. 특히 자동 검사는 경공업부터 중공업까지 다양한 산업 분야에서 최종 생산품의 완성도를 측정하는 목적으로 사용되어 그 중요도가 높다. 자동 검사는 접촉 기법과 비접촉 기법으로 나눌 수 있는데, 일반적으로 최종 생산품에 접촉이 필요 없는 비접촉 기법이 더 선호된다.

비접촉 기법 중에서는 검사 대상을 촬영한 디지털 영상과 컴퓨터 영상 처리 기술을 이용한 영상 기반 결함 검출 기법이 대표적이다[1]. 이 기법은 일단 대상을 촬영하는 것으로부터 시작된다. 대상을 촬영하기 위하여 광학적 방법이 널리 사용되지만, 정밀한 촬영을 위하여 전자 혹은 자외선을 이용하여 촬영되기도 한다. 이렇게 촬영된 영상은 디지털 영상의 형태로 저장되고, 영상의 품질을 개선하기 위하여 다양한 영상 처리 기술들이 적용되고, 결함을 검출하게 된다. 이러한 영상 기반 결함 검출 기법 중에서는 결함이 존재하지 않는 생산품에 대한 참조 영상을 미리 촬영하여 결함이 존재할 수도 있는 실제 생산품에 대한 영상과의 비교를 통한 방법이 널리 사용되고 있다. 이 때, 두 영상 사이의 위치 차이를 정합을 통하여 보정해야 하는데, 보통 통계적 텍스처나 비구조적 텍스처[2]로 표현되는 산업 영상에서 특징을 추출하기가 어렵고, 잡음이나 모아레 등으로 인하여 정확한 정합이 어려운 문제가 있다.

기존에 연구된 대표적인 영상 기반 결함 검출 기법은 다음과 같다. Shankar 등은 결함이 없는 템플릿 영상과 검사하고자 하는 영상 사이의 차이를 측정함으로써 반도체 웨이퍼 상의 결함을 검출하는 기법을 제안하였다[3]. 이 기법은 결함을 제외한 나머지 부분은 영상 정합 기법을 이용하여 정렬한 후에 정렬된 두 영상의 밝기값 차이의 제곱의 합으로 두 영상 사이의 차이를 측정하였다. 또한, 검사 결과에 형태학적 연산을 수행하여 검사 결과의 정확도를 좀 더 향상시켰다. 하지만, 이 기법은 영상의 밝기값에 기반을 두기 때문에 이미지 센서나 조명의 영향으로 인하여 실제 영상의 밝기가 고르지 못한 경우 오정합이 될 수 있는 문제점이 있다. Tsai 등은 정규화된 상호 연관성(Normalized Cross Correlation, NCC)에 기반

을 둔 결함 검출 기법을 제안하였다[4]. 단순히 영상의 밝기값만을 사용하는 것보다 NCC를 이용하면, 영상의 밝기가 고르지 못한 경우 더 좋은 성능을 보여주었다. 하지만, 영상 전체에 대하여 NCC를 계산하는 데 오랜 수행 시간을 요구하는 문제점이 있다. Zontak 등은 정면, 좌측, 우측에서 바라본 세 장의 검사 영상과 각각을 참조하기 위한 세 장의 참조 영상을 이용하여 결함을 검출하는 기법을 제안하였다[5]. 각 대응되는 영상의 차이를 가우시안 커널을 이용하여 측정하였고, 서로 다른 세 가지 측정이 상호 보완적으로 결함 검출에 사용되어 기존 검사 기법에 비하여 결과의 신뢰성이 향상되었다. 하지만, 이 기법은 하나의 대상에 대하여 다수의 영상을 촬영할 수 있는 장비가 지원이 되어야 한다는 문제점이 있다. Xie 등은 비정형 텍스처를 갖는 대상에서의 결함 검출 방법을 제안하였다[6]. 비정형 텍스처를 갖는 영상은 소수의 기본 패치들의 조합으로 재구성이 가능하다는 가정에 기반을 두고, TEXEM(Texture Exemplars) 모델을 제안하였다. 이 기법은 결함을 포함하지 않는 참조 영상 여러 장을 이용하여 EM(Expectation Maximization) 기법으로 TEXEM을 추출하고, 실제 영상에 대한 결함 검출은 입력 영상을 다양한 크기로 나눈 패치에 대하여 검사하는 패치가 TEXEM으로부터 생성되었을 확률을 측정하여 결함을 검출하였다. 하지만, 이 기법은 참조 영상이 충분히 존재해야 한다는 점과 신뢰할 만한 TEXEM 모델을 생성할 수 있는 영상의 종류가 한정되어 있다는 문제점이 있다. 이 등은 다양한 패턴이 반복되는 영상에 존재하는 불량을 검출하는 방법을 제안하였다[7]. 이 기법은 관심 패치와 인접한 패치를 이용하여 학습 패치들을 구하고 이들을 이용하여 관심 패치의 불량 여부를 판정하였다. 하지만, 이 기법은 모아레 패턴과 같은 잡음이 영상 내에 존재하면, 정확도가 떨어진다는 문제점과 영상 내의 반복 패턴보다 작은 크기를 갖는 불량 검출 정확도가 떨어진다는 문제점이 있다. Kechida 등은 텍스처 특징 지표들에 기반을 둔 결함 검출 기법을 제안하였다[8]. 이 기법은 텍스처 분석을 위하여 웨이블릿 변환과 가버 필터뱅크(Gabor filter bank)를 이용하였고, 추출된 특징 지표들을 주 요소 분석(principal component analysis)과 c-평균 군집 분류기(c-mean clustering classifier)로 결함을 판단하였다. 하지만, 이 기법은 산업

영상에 존재하는 결합 중 웨이블릿 변환과 가버 필터뱅크로 텍스처 특징 지표 추출이 가능한 결합의 검출만 가능하다는 문제점이 있고, 역시 모아레 패턴 등의 잡음에 정확도가 영향을 많이 받게 된다.

본 논문에서는 결합 검출을 위하여 2차원 산업 영상 정합 기법을 제안한다. 전처리된 각 영상에 대하여 x축 방향의 기울기 크기 영상 및 이진 영상을 생성한 후 각 픽셀 별 주변 영역 밀도 분석을 통하여 특징 영상을 생성하여 기존 기법들에서 고려하지 않았었던[3-8] 산업 영상에서 자주 발생하는 모아레 형태의 패턴으로 인한 오정합을 방지한다. 다음으로 이렇게 생성된 특징 영상에 대하여 위상 연관성을 이용한 정합을 수행하여 두 영상을 고속으로 최적으로 정렬하는 위치 이동 정합 인자를 계산할 수 있다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 구성되어 있다. 2장에서는 본 논문에서 제안한 결합 검출을 위한 2차원 산업 영상 정합 기법에 대하여 설명한다. 3장에서는 실험 결과를 기술하고, 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 산업 영상 정합 기법

본 논문에서 제안한 2차원 산업 영상 정합 기법은 다음의 세 가지 단계로 구성된다. 먼저 참조 영상과 입력 영상 각각에 대하여 원 영상을 평활화하면서도 경계를 보존하는 전처리 과정을 수행한다. 다음으로 각각의 영상에 대하여 x축 방향의 기울기 크기 영상 및 이진 영상을 생성한 후 각 픽셀 별 주변 영역 밀도 분석을 통하여 특징 영상을 생성한다. 마지막으로 참조 영상과 입력 영상 각각에 대하여 이렇게 생성된 특징 영상에 대하여 위상 연관성을 이용한 정합을 수행하여 두 영상을 최적으로 정렬하는 위치 이동 정합 인자를 계산할 수 있다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 기법의 전체적인 과정을 보여준다.

2.1 산업 영상 평활화

먼저 산업 영상의 촬영 시 발생할 수 있는 잡음을 제거하여 밝기값 분포를 균일하게 만들기 위하여 평활화 과정을 수행한다. 하지만, 단순한 평활화 기법을 적용하면, 영상 내 경계도 왜곡이 될 수 있는 문제점이 있다. 본 논문에서는 원 영상을 평활화하면서도 경계를 보존하는 변형된 곡률 확산 필터링[9,10]을 적용한다. 변형된 곡률 확산 필터링은 원 영상

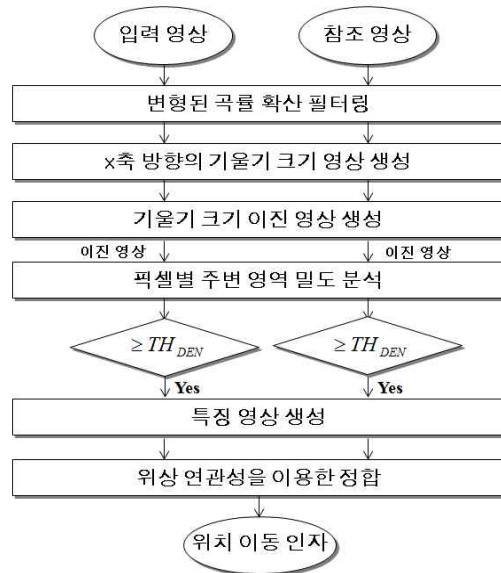


그림 1. 본 논문에서 제안한 기법

$f(x, y, 0)$ 을 초기 조건으로 하여 다음의 식 (1)의 시간에 따른 해를 구하여 구현할 수 있다.

$$\frac{\partial f(x, y, t)}{\partial t} = |\nabla f| \nabla \cdot c(|\nabla f|) \frac{\nabla f}{|\nabla f|}, \quad (1)$$

$$c(|\nabla f|) = \frac{k^2}{k^2 + |\nabla f|^2}$$

이 식에서 전도 인자 k 는 평활화에 영향을 주는 경계의 대조 정도를 결정한다. 변형된 곡률 확산 필터링을 위하여 반복 횟수는 5, 시간 간격은 0.125, 전도 인자 k 는 3으로 실험적으로 설정하였다[11].

2.2 특징 영상 생성

산업 영상 정합의 경우 그림 2(a)에서와 같이 영상 내부의 모아레 형태를 갖는 가로 줄무늬 패턴의 반복에 의하여 오정합이 되는 경우가 많이 발생한다. 즉, 입력 영상 내부에 의미있는 부분만을 참조하여 정합이 이루어져야 하는데, 특정 영상들에 대하여 오히려 모아레 형태를 갖는 가로 줄무늬 패턴을 정합하게 되어 오정합이 일어나게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 모아레 형태를 갖는 산업 영상들에 대하여 모아레 형태를 제거하여 실제로 의미있는 정보만을 포함하고 있는 특징 영상을 생성하는 기법을 제안한다. 모아레 형태의 가로 줄무늬 패턴은 x축 방향의 기울기 크기가 0에 가깝게 된다. 따라서 전방 차감

(forward difference) 기법으로 x축 방향의 기울기 크기를 다음의 식 (2)을 이용하여 계산한 후 x축 방향의 기울기 크기 영상을 그림 2(b)와 같이 생성한다.

$$GM_x(x,y) = |I(x+1,y) - I(x,y)| \quad (2)$$

이 때, x축 방향의 기울기 크기 영상 $GM_x(x,y)$ 의 값이 TH_{GM} 보다 큰 경우를 255로 할당하고, TH_{GM} 보다 작은 경우를 0으로 할당한 x축 방향의 기울기 크기 이진 영상 $I_{binary}(x,y)$ 를 식 (3)을 이용하여 그림 2(c)와 같이 생성한다.

$$I_{binary}(x,y) = \begin{cases} 255, & GM_x(x,y) \geq TH_{GM} \\ 0, & GM_x(x,y) < TH_{GM} \end{cases} \quad (3)$$

TH_{GM} 의 값은 실험적으로 20으로 설정하였을 때, 최적의 결과를 얻을 수 있었다.

그림 2(c)의 x축 방향의 기울기 크기 이진 영상 정보로부터 이 영상에서 밝은 영역의 밀도가 매우 낮은 부분이 모아레 패턴에 해당한다고 볼 수 있다. 이 때 계산 효율성을 위하여 그림 2(d)와 같이 전체 영상을 $n \times n$ 개의 영역들로 나누는 후 각 영역에 대하여 255의 밝기값을 갖는 픽셀들의 밀도를 측정하여 모아레 패턴에 해당하는 부분을 검출할 수 있다. 하지만, 영상을 영역으로 나누는 과정에서 특징 영상도 영역으로 구분되어 생성되게 되어 영역의 크기 자체가 영상 정합의 정확도를 떨어뜨리는 원인이 될 수 있는 문제점이 있다. 즉, 영상 정합을 수행하여 탐색된 최적의 이동 변환 인자가 임의의 정수가 아닌 영역의 크기의 배수로 결정될 확률이 높아진다는 점이다. 따라서 본 연구에서는 그림 2(e)와 같이 각 픽셀에 대하여 해당 픽셀을 중심으로 $n \times n$ 주변의 영역에 대하여 다음의 식 (4)를 이용하여 픽셀 밀도 $PD(x,y)$ 를 분석한다.

$$PD(x,y) = \frac{\text{밝기값이255인픽셀의갯수}}{n \times n} \quad (4)$$

영역의 크기 n 은 특징 추출과 연산 시간과 밀접한 관련이 있고, 실험적으로 21로 설정할 경우에 최적의 결과를 보여주었다. 픽셀 별 밀도가 TH_{DEN} 보다 낮을 경우 그 픽셀을 모아레 패턴에 해당한다고 분류하여 원 영상에서 해당 픽셀들의 밝기값을 0으로 할당하면, 특징 영상 $I_{feature}(x,y)$ 를 식 (5)를 이용하여 그림 2(f)와 같이 생성할 수 있다.

$$I_{feature}(x,y) = \begin{cases} I_{original}(x,y), & PD(x,y) \geq TH_{DEN} \\ 0, & PD(x,y) < TH_{DEN} \end{cases} \quad (5)$$

TH_{DEN} 는 실험적으로 0.1의 값으로 설정할 경우에 최적의 결과를 보여주었다. 그림 2(a)의 실제 촬영된 산업 영상에 대하여 특징 영상을 생성하면, 그림 2(f)의 결과를 얻을 수 있다.

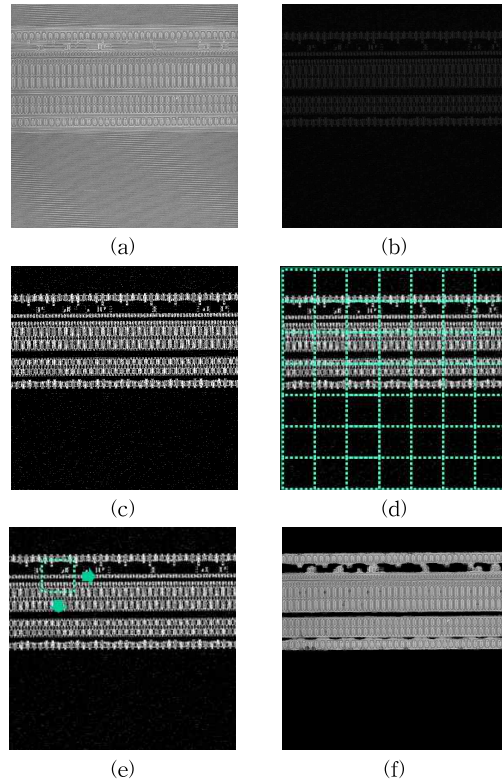


그림 2. 특징 영상 생성 과정
 (a) 전처리된 입력 산업 영상 (b) 기울기 크기 영상
 (c) 기울기 크기 이진 영상 (d) 이진 영상의 격자 영역화
 (e) 픽셀 별 주변 영역 밀도 분석 (f) 특징 영상

2.3 위상 연관성을 이용한 정합

푸리에 편이(Fourier shift) 이론에 의하면, 공간 영역에서의 위치 이동은 푸리에 영역에서의 선형 위상 이동에 대응된다. 이러한 이론에 기반을 두고, 위상 연관성(phase correlation)은 두 영상 사이의 움직임 예측에 사용될 수 있다[12,13]. 위상 연관성을 이용하면, 중첩된 영역이 존재하는 두 2차원 영상 사이의 위치 이동 ($\Delta x, \Delta y$) 를 계산할 수 있다. 두 영상을 각각 $I_1(x,y)$ 와 $I_2(x,y)$ 라고 하면, 다음의 식 (6)을 만족한다.

$$I_1(x + \Delta x, y + \Delta y) = I_2(x, y) \quad (6)$$

위 방정식은 푸리에 변환의 편이 성질에 의하여 해결할 수 있다. 임의의 함수 $f(x, y)$ 의 푸리에 변환 F 는 다음과 같이 표기할 수 있다.

$$F\{f(x, y)\} = \hat{f}(w_x, w_y) \quad (7)$$

그러면, 푸리에 편이 성질에 의하여 다음의 식이 성립한다.

$$F\{f(x + \Delta x, y + \Delta y)\} = \hat{f}(w_x, w_y)e^{j(w_x\Delta x + w_y\Delta y)} \quad (8)$$

식 (6)은 식 (8)을 이용하여 다음과 같이 푸리에 영역으로 변환될 수 있다.

$$\hat{I}_1(w_x, w_y)e^{j(w_x\Delta x + w_y\Delta y)} = \hat{I}_2(w_x, w_y) \quad ,$$

$$\frac{\hat{I}_2(w_x, w_y)}{\hat{I}_1(w_x, w_y)} = e^{j(w_x\Delta x + w_y\Delta y)} \quad (9)$$

윗 식 (9)에 푸리에 역변환을 취하면, 다음과 같은 식을 유도할 수 있다.

$$Corr(x, y) = F^{-1}\{e^{j(w_x\Delta x + w_y\Delta y)}\}$$

$$= \delta(x - \Delta x, y - \Delta y) \quad (10)$$

이상적으로는 $Corr(x, y)$ 의 최대값은 1이 되어야 한다. 하지만, 실제 상황에서는 무작위의 잡음, 유사하지 않은 부분의 존재, 위치 이동 이외의 변형 등으로 인하여 최대값은 1보다 작게 된다. 따라서 최적의 두 2차원 영상 사이의 위치 이동 $(\Delta x, \Delta y)$ 은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$(\Delta x, \Delta y) = \operatorname{argmax}_{(\hat{x}, \hat{y})}\{Corr(\hat{x}, \hat{y})\} \quad (11)$$

또한, 위치 이동 계산을 위해서 위상 변화만을 계산하면 되므로, 식 (9)는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$e^{j(w_x\Delta x + w_y\Delta y)} = \frac{\hat{f}_1(w_x, w_y)\hat{f}_2^*(w_x, w_y)}{|\hat{f}_1(w_x, w_y)||\hat{f}_2(w_x, w_y)|} \quad (12)$$

*는 켈레 복소수를 의미한다. 따라서 참조 영상과 입력 영상에 대하여 위상 연관성을 이용한 정합을 수행하면, 두 영상을 최적으로 정렬하는 위치 이동 정합 인자를 계산할 수 있다.

3. 실험 결과

제안 기법에 대한 실험은 Intel Core i7 2.8GHz CPU와 4GB 메모리를 갖는 시스템에서 수행되었다.

개발 환경은 Microsoft Visual Studio .net 2010을 이용하였고, 속도 향상을 위하여 픽셀들의 병렬 처리를 위한 인텔 IPP(Integrated Performance Primitives) 7.0 라이브러리와 고속 푸리에 변환을 위한 FFTW 3.2.2 라이브러리를 사용하였다. 제안 기법은 100장의 참조 산업 영상에 대한 100장의 실제 산업 영상 데이터에 적용되었고, 각 산업 영상은 x축으로 768픽셀, y축으로 768픽셀의 크기를 갖고 있었다.

제안 기법을 실제 반도체 검사에서 2차원 산업 영상의 정합 및 감산에 적용한 사례를 그림 3과 그림 4에 제시하였다. 그림 2(a)의 입력 산업 영상과 그림 3(a)의 참조 산업 영상에 대하여 각각 그림 2(b)와 그림 3(b)의 x축 방향의 기울기 크기 영상을 생성하였고, 그림 2(c)와 그림 3(c)의 기울기 크기 이진 영상을 생성하였다. 다음으로 픽셀 별 주변 영역의 밀도 분석을 통하여 그림 2(f)와 그림 3(d)에 입력 영상과 참조 영상에 대한 특징 영상을 각각 생성할 수 있었다. 그림 2(a)와 그림 3(a)의 원 영상에 대한 위상 연관성 정합 후 감산 결과에서 모아레 형태의 패턴으로 인한 오정합으로 인하여 실제 결합(원형 점선으로 표시) 부위 외에 다른 부분들도 결합으로 오인될 수 있었다. 하지만, 그림 2(f)와 그림 3(d)의 특징 영상에 대한 위상 연관성 정합 후 감산 결과는 정확하게 정합이 되어 실제 결합 부위 외에 다른 부분들은 정합을 통하여 거의 제거가 된 것을 확인할 수 있었다.

그림 4의 산업 영상은 그림 2와 3에서 제시된 산업 영상에서 촬영된 부위를 다른 렌즈와 다른 촬영 방식을 사용하여 생성한 영상이다. 그림 4(a)의 입력 산업 영상과 그림 4(b)의 참조 산업 영상에 대하여 각각 그림 4(c)와 그림 4(d)에 특징 영상을 생성할 수 있었다. 그림 4(a)와 그림 4(b)의 원 영상에 대한 위상 연관성 정합 후 감산 결과에서 모아레 형태의 패턴으로 인한 오정합으로 인하여 실제 결합(원형 점선으로 표시) 부위 외에 다른 부분들도 결합으로 오인될 수 있었다. 하지만, 그림 4(c)와 그림 4(d)의 특징 영상에 대한 위상 연관성 정합 후 감산 결과는 정확하게 정합이 되어 실제 결합 부위 외에 다른 부분들은 정합을 통하여 거의 제거가 된 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 다양한 방식으로 촬영된 산업 영상에 대하여도 제안 기법은 정확한 정합이 가능하였다.

100장의 참조 산업 영상에 대한 100장의 실제 산

업 영상 데이터에 대하여 제안 기법은 100%의 정합 정확도를 보여주었다. 정합 정확도 평가는 숙련된 반도체 결함 검사자에 의하여 수작업으로 평가되었다. 전체 수행 시간은 평균 0.25초 정도 소요되었다. 이 중 전처리 과정에 평균 0.1초 정도 소요되었고, 특징 영상 생성 과정에 평균 0.1초 정도 소요되었고, 위상 연관성을 이용한 정합 및 감산 과정에 평균 0.05초 정도 소요되었다. NCC를 유사성 척도[4]로 사용하고, 파웨의 방향 기법[14]을 최적화 과정에 사용한 일반적인 정합 기법을 사용하면, 평균 5초 정도가 소요되었고, 제안 기법은 위상 연관성을 이용하여 약 20배 정도의 속도 향상이 있었다. 초당 처리하는 영상의 숫자가 곧 반도체의 생산성, 업체의 수익성과 직결되므로 제안 기법의 속도 향상은 실제적인 응용 측면에서 큰 장점이 있다고 볼 수 있다.

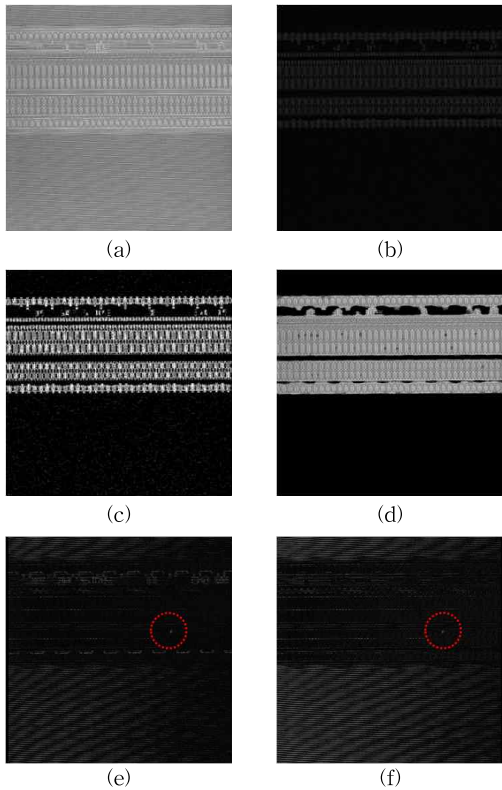


그림 3. 산업 영상의 정합 과정
 (a) 전처리된 참조 산업 영상 (b) x축 방향의 기울기 크기 영상
 (c) x축 방향의 기울기 크기 이진 영상
 (d) 픽셀 별 주변 영역 밀도 분석
 (e) 참조 산업 영상에 대한 특징 영상
 (f) 원 영상에 대한 위상 연관성 정합 후 감산 결과
 (g) 특징 영상에 대한 위상 연관성 정합 후 감산 결과

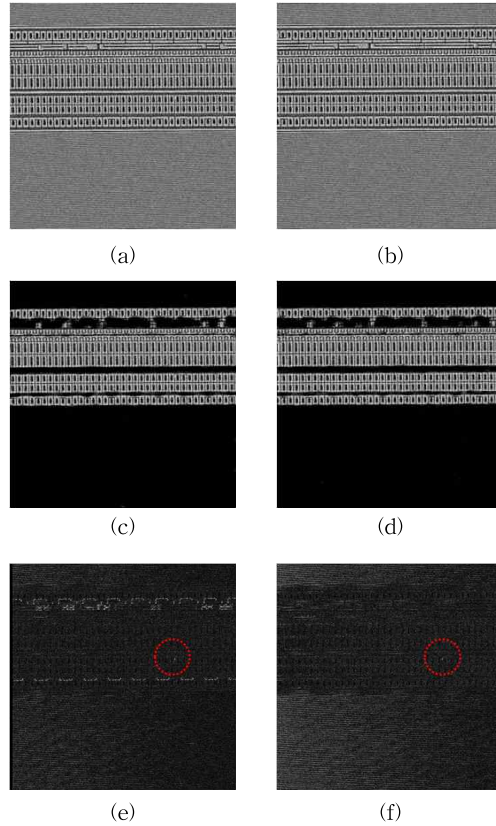


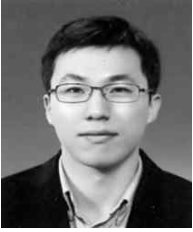
그림 4. 산업 영상의 정합 및 감산 사례
 (a) 전처리된 입력 산업 영상 (b) 전처리된 참조 산업 영상
 (c) 입력 산업 영상에 대한 특징 영상
 (d) 참조 산업 영상에 대한 특징 영상
 (e) 원 영상에 대한 위상 연관성 정합 후 감산 결과
 (f) 특징 영상에 대한 위상 연관성 정합 후 감산 결과

4. 결 론

본 논문에서는 결함 검출을 위하여 2차원 산업 영상 정합 기법을 제안하였다. 전처리된 각 영상에 대하여 특징 영상을 생성하여 산업 영상에서 자주 발생하는 모아레 형태의 패턴으로 인한 오정합을 방지하였다. 다음으로 이렇게 생성된 특징 영상에 대하여 위상 연관성을 이용한 정합을 수행하여 두 영상을 고속으로 최적으로 정렬하는 위치 이동 정합 인자를 계산할 수 있었다. 실험 결과 실제 산업 영상에 대한 정합 정확성은 100%였고, 기존 기법보다 약 20배의 속도 향상이 있었다. 이와 같이 제안 기법은 실제 산업 응용이 가능한 빠른 속도와 정확한 정합 정확도를 보여주었다.

참 고 문 헌

- [1] A. Kumar, "Computer Vision Based Defect Detection: A Survey," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 55, pp. 348-363, 2008.
- [2] A. Pikaz and A. Averbuch, "An Efficient Topological Characterization of Gray-levels Textures using a Multiresolution Representation," *Graphical Models and Image Processing*, Vol. 59, No. 1, pp. 1-17, 1997.
- [3] N.G. Shankar and Z.W. Zhong, "Defect Detection on Semiconductor Wafer Surfaces," *Microelectronic Engineering*, Vol. 77, No. 3, pp. 337-346, 2005.
- [4] D.M. Tsai and C.T. Lin, "Fast Normalized Cross Correlation for Defect Detection," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 24, No. 15, pp. 2625-2631, 2003.
- [5] M. Zontak and I. Cohen, "Defect Detection in Patterned Wafers using Multichannel Scanning Electron Microscope," *Signal Processing*, Vol. 89, No. 8, pp. 1511-1520, 2009.
- [6] X. Xie and M. Mirmehdi, "TEXEMS: Texture Exemplars for Defect Detection on Random Textured Surfaces," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 29, No. 8, pp. 1454-1464, 2007.
- [7] 이장희, 유석인, "반복되는 다수 패턴 영상에서의 불량 검출," 한국정보과학회논문지, 제37권, 제5호, pp. 386-393, 2010.
- [8] A. Kechida, R. Draï, and A. Guessoum, "Texture Analysis for Flaw Detection in Ultrasonic Images," *Journal of Nondestructive Evaluation*, Vol. 31, No. 2, pp. 108-116, 2012.
- [9] R.T. Whitaker and X. Xue, "Variable-conductance, Level-set Curvature for Image Denoising," *IEEE Proceedings of International Conference on Image Processing*, Vol. 3, pp. 142-145, 2001.
- [10] 이정진, 김경원, 이호, "MR 영상에서 정규화된 기울기 크기 영상을 이용한 자동 간 분할 기법," 멀티미디어학회논문지, 제13권, 제11호, pp. 1698-1705, 2010.
- [11] L. Lbanez, W. Schroeder, L. Ng, and J. Cates, *The ITK Software Guide: The Insight Segmentation and Registration Toolkit*, Kitware Inc., New York, U.S.A., 2003.
- [12] B.S. Reddy and B.N. Chatterji, "An FFT-Based Technique for Translation, Rotation, and Scale-invariant Image Registration," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 5, No. 8, pp. 1266-1270, 1996.
- [13] Q.S. Chen, M. Defrise, and F. Deconinck, "Symmetric Phase-only Matched Filtering of Fourier-Mellin Transforms for Image Registration and Recognition," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 16, No. 12, pp. 1156-1168, 1994.
- [14] F. Maes, A. Collignon, D. Vandermeulen, G. Marchal, and P. Suetens, "Multimodality Image Registration by Maximization of Mutual Information," *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Vol. 16, No. 2, pp. 187-198, 1997.



이 영 주

2005년 2월 서울대학교 산업공학과 학사
2007년 2월 서울대학교 산업공학과 석사
2010년 2월 서울대학교 산업공학과 박사

2010년 3월 ~ 현재 삼성전자 생산기술연구소 책임연구원
관심분야: 패턴인식, 영상처리, 컴퓨터 보조 진단, 의료 영상, 고성능 컴퓨팅



이 정 진

2000년 2월 서울대학교 기계항공학부 학사
2002년 2월 서울대학교 컴퓨터공학부 석사
2008년 8월 서울대학교 컴퓨터공학부 박사

2007년 10월 ~ 2009년 2월 울산대학교 의과대학 영상의학과 연구교수
2009년 3월 - 현재 가톨릭대학교 디지털미디어학부 조교수
관심분야: 영상 정합, 영상 분할, 컴퓨터 보조 수술, 가상내시경, 컴퓨터 애니메이션