

퍼지 시스템과 Particle Swarm Optimization(PSO)을 이용한 Prewarping 기술

Prewarping Techniques

Using Fuzzy system and Particle Swarm Optimization

장우석¹, 강환일²

¹ 경기도 용인시 명지대학교 정보공학과

E-mail: drunkenws@nate.com

² 경기도 용인시 명지대학교 정보공학과

E-mail: hwan@mju.ac.kr

요 약

In this paper, we concentrate on the mask design problem for optical micro-lithography. The pre-distorted mask is obtained by minimizing the error between the designed output image and the projected output image. We use the particle swarm optimization(PSO) and fuzzy system to insure that the resulting images are identical to the desired image. Our method has good performance for the iteration number by an experiment.

Key Words : Fuzzy System, Particle Swarm Optimization, Prewarping

1. 서 론

모든 영상 시스템에서, 변형된 입력신호에 의한 출력을 나타내는 과정은 의도하지 않은 결과를 초래 하게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위하여, 본 논문에서는 입력신호를 미리 왜곡시켜 원하는 출력을 얻을 수 있는 방법을 제시한다. 이러한 방법은 nanotechnology 및 biotechnology 등 여러 분야에 응용되어 사용되어질 수 있다. Poonawala 과 Milanfar은 이러한 prewarping을 최대하강법(the steepest-descent)를 이용하였다.[1] 본 연구에서는 위의 과정을 최적화시키기 위하여 Fuzzy System과 PSO를 이용하였다.

2. 알고리즘 및 실험방법

본 논문에서는 광학 초정밀 석판술(optical microlithography)에서의 왜곡을 방지하기 위한 OPC(optical proximity correction) 마스크 디자인에 초점을 둘 것이다. 이에 관한 마스크 제조 과정은 그림 1과 같다. 우리는 이 알고리

즘을 '역'으로 이용하여 빠르고 효과적인 OPC 마스크 디자인 패턴을 고안하였다. 우리는 입력과 출력 및 그밖에 필요한 패턴들을 모두 binary 이미지로 표현하였다. 또한 aerial image를 표현하기 위하여 gaussian 필터를 입력 이미지에 통과시켰다. 다음과정으로 이미지의 이진 화를 위하여 sigmoid 함수를 이용하여 필터링 된 이미지를 다음의 공식에 적용하였다.

$$Sim = sig(Aim) = 1 / (1 + \exp[-a(Aim) + at_r])$$

(1)

단순 Heaviside 함수를 사용하게 되면 연속적인 함수 최적화에 적절하지 않기 때문에 sigmoid 함수를 거친 Heaviside 함수를 이용하여 이미지를 표현 하였다.

위의 과정을 거치기 위한 입력데이터는 퍼지 시스템을 이용하여 만들었다. 그림 2는 입력데이터를 3차원으로 표현한 것이다.

목적 함수는 우리가 원하는 이미지와 알고리즘을 거친 이미지의 오차 값으로 표현 할 수 있다. 식2 는 목적 함수의 식을 나타내었다.

$$error(im) = \| Oim - Sim \|^2_2$$

- (2) gray-image이기 때문에 마스크 공정이 가능하지 않다. 따라서 본 연구에서는 황금 분할 (golden section) 방법을 써서 위의 gray-image를 binary-image로 바꿔준다.

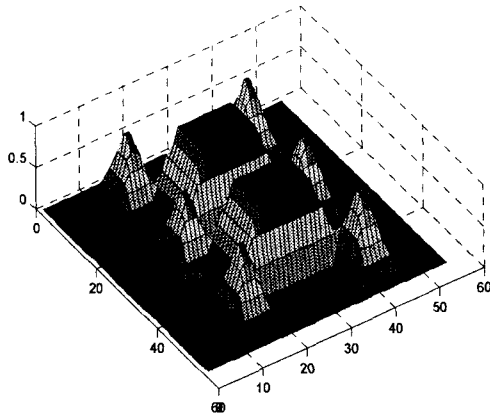


그림2. Fuzzy 함수를 이용한 Input image

위의 목적 함수를 최적화 시키는 방법으로 본 연구에서는 Particle Swarm Optimization (PSO)을 이용하였다. PSO는 같은 Soft computing algorithm인 유전자 알고리즘 보다 속도가 빠르다는 장점이 있으며 따로 Mutation rate나 Crossover rate를 지정하지 않아도 된다는 장점이 있다[2].

위의 과정을 거쳐 나온 input image는

3. 결론

그림 3은 오리지널 이미지이고 그림 4는 오리지널 이미지를 마스크를 이용하였을 때 출력 이미지이다. 그림 5는 제안된 알고리즘을 이용하여 구한 입력 이미지이며 그림 6은 그에 따른 출력 이미지이다. 그림에서 보듯이 제안된 입력이미지를 마스크로 쓰면, 그림 6과 같은 오리지널 이미지와 똑같은 이미지를 얻을 수 있게 된다. 또한 PSO에 의해 14번이라는 반복 횟수만으로 최적의 결과 값을 구할 수 있었다 (그림7). 본 알고리즘의 장점은 Poonawala 과 Milanfar의 방법보다 빠르게 수렴한다는 것이다. 향후 과제는 큰 사이즈의 이미지와 더 복잡한 이미지를 위한 최적의 마스크를 찾는 것이다.

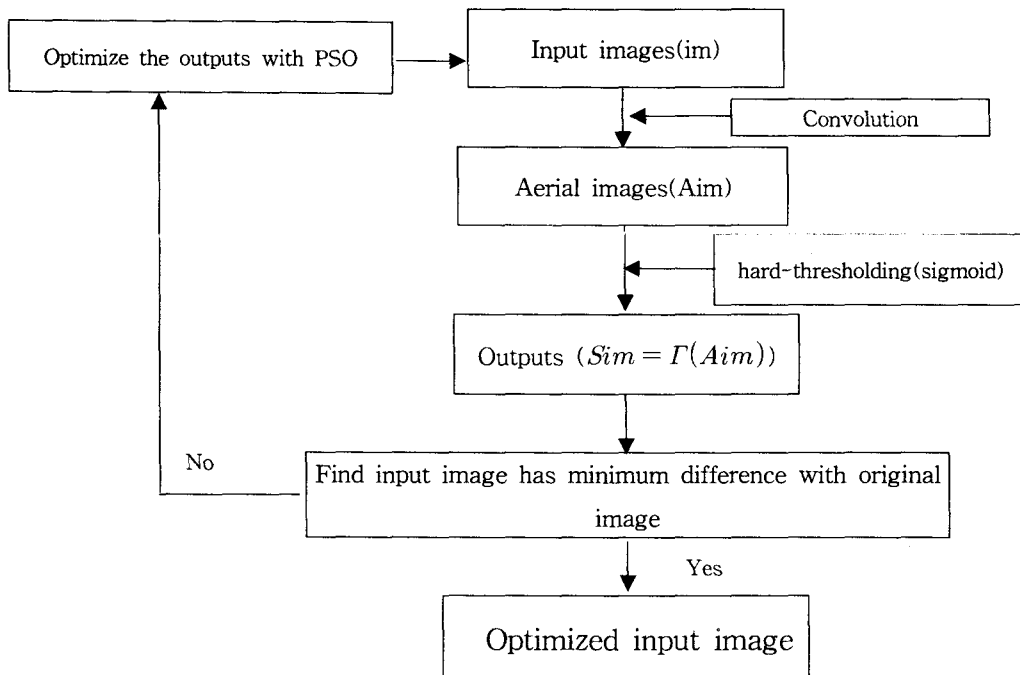


그림 1. 마스크 제조 알고리즘



그림 3. 오리지널 이미지

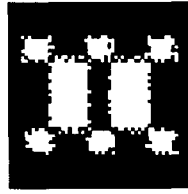


그림 5. 제안된 알고리즘을 이용하여 구한 마스크 이미지



그림 4. 이미지를 필터링한 이미지

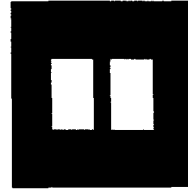


그림 6. 최적화된 입력 이미지를 필터링한 이미지

이미지 크기 : 55 x 55 | sigmoid변수: $a=90$,
 $t_r=0.5$ | 필터의 크기: 15 by 15, $\sigma=5$

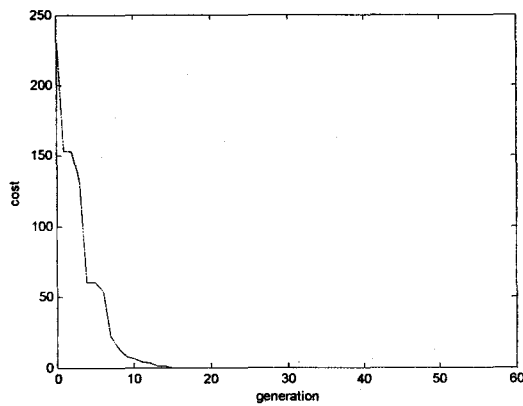


그림 7. PSO의 반복횟수에 따른 오차 값

참 고 문 헌

- [1] A. Poonawala and P. Milanfar, "Prewarping Techniques in Imaging : Applications in Nanotechnology and Biotechnology", Proc. of SPIE Vol.5674, SPIE Electronic Imaging, Conference on Computational II I, San Jose, CA, 2005
- [2] J. Kennedy and R. Eberhart, "A New Optimizer Using Particle Swarm Optimization Theory", Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science, pp. 39-43 1995