

영상 초점을 이용한 물체의 표면 굴곡도 측정

심성오, 아미르, 최태선
광주과학기술원

e-mail : *seongo@gist.ac.kr, aamir@gist.ac.kr, tschoi@gist.ac.kr*

Finding Surface Roughness of Materials using Image Focus

Seong-O Shim, Aamir Saeed Malik, Tae-Sun Choi
Gwangju Institute of Science and Technology

Abstract

Estimation of surface roughness is an important quality measure for many applications including optics, polymers, semiconductor etc. In this paper, we propose to estimate surface roughness using image focus. We use polymers as test objects. The proposed method is an inexpensive and fast method based on Shape From Focus (SFF). We show that the results from SFF are encouraging for comparison of polymers using surface roughness.

I. 서론

본 논문에서는 표면 굴곡도를 측정하기 위하여 Shape From Focus (SFF) 기법을 제안하였다. 표면 굴곡도는 폴리머 연구에 필요한 값들 중 하나이다. 일반적으로 폴리머의 표면 굴곡도를 측정하기 위해 Atomic Force Microscope (AFM) 또는 Scanning Electron Microscope (SEM)이 사용된다 [1]. AFM과 SEM 모두 매우 정확한 결과값을 제공하지만 막대한 계산량을 필요로 한다.

본 논문에서는 영상의 초점 정보를 획득할 수 있는 현미경 시스템을 이용하는 방법을 제안하였다. 이 시스템은 AFM 이나 SEM 에 비해 가격이 아주 저렴하며 모든 실험실에 구축 가능하다. 표면 굴곡도를 측정하는데 걸리는 시간도 1분 이내기 때문에 1시간 이상이 걸리는 AFM, SEM 보다 훨씬 경쟁력이 있다. 이 시스템은 3D 영상 복원 방법 중의 하나인 Shape From Focus (SFF) 에 기반한다.

II. 본론

2.1 Shape From Focus

이미징 디바이스의 파라미터 값들을 변경시켜 가면서 동일 장면의 여러 영상들로부터 장면의 공간정보를 추출하는 기법을 Shape From Focus (SFF) 라고 한다. SFF의 목적은 카메라 렌즈로부터 획득된 피사물체의 모든 점들의 깊이를 찾는 것이다. 따라서, 최종적으로 모든 픽셀들에 대해 최대의 초점값을 갖는 위치의 깊이정보를 얻어 depthmap 을 얻는다. 포커스 연산자는 영상내의 각 픽셀들의 sharpness (초점도) 정도를 계산한다. 대표적인 포커스 연산자로서 gradient 크기를 이용한 Tenenbaum (TEN) 연산자 [2], 픽셀 주위의 값들의 분산을 이용한 Gray Level Variance (GLV) 연산자 [2], optical transfer function 을 이용한

Optical 포커스 연산자 [3] 등이 있다.

2.2 표면 굴곡도

표면 굴곡도를 측정하기 위한 다양한 파라미터들이 있다. 그들 대부분은 표면의 평균 level로부터의 편차를 이용한다. 본 논문에서는 표면 굴곡도의 측정을 위한 두 개의 파라미터를 사용하였다. 첫째는, 표면의 평균 level로부터의 평균 편차 값 (Ra) 이며, 둘째는 일반적으로 사용되는 Root Mean Square (RMS) 굴곡도 (Rq) 이다.

III. 실험 및 분석

3.1 테스트 샘플

실험을 위하여 두 개의 폴리머 P₁과 P₂를 사용하였다. 각 폴리머는 또한 두 개의 폴리머로 수정되었다. 즉, 각 폴리머는 base 샘플 P_{1b}, P_{2b} 와 수정된 폴리머들인 P_{1u}와 P_{1v}, P_{2u}와 P_{2v}로 구성이 된다. 최종목적은 각 샘플들로부터 표면 굴곡도를 계산한 후 P₁, P₂ 샘플들의 표면 굴곡도와의 차이를 비교하는 것이다. P_{1v} 샘플로부터 획득한 프레임들 중 일부를 그림 2에 나타내었다.

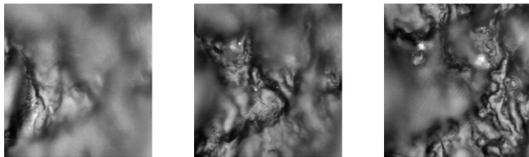


그림 2. 영상 시퀀스 P_{1v}의 일부 영상 프레임

3.2 결과

표 1은 GLV를 이용한 샘플 P₁에 대한 Ra와 Rq를 나타낸 것이다. P_{1u}의 경우 Ra 굴곡도가 63%, P_{1v}의 경우 131% 향상되었으며, 마찬가지로, Rq 굴곡도는 P_{1u}에 대해 39%, P_{1v}에 대해 79% 향상되었음을 알 수 있다.

	Ra	Rq	Ra%	Rq%
P _{1b}	12.1338	15.7757		
P _{1u}	19.7932	21.9084	63.1245	38.8743
P _{1v}	28.085	28.2678	131.4609	79.1857

표 1. 샘플 P₁, 방법: GLV

또한, 샘플 P₁에 대해 GLV 이외의 다른 포커스 연산자를 적용하였다. Ra%는 각 방법들에 대해 약간 달랐지만, Rq에 대해서는 거의 비슷한 결과를 얻었다. 샘플 P₁에 대한 결과를 표 2에 나타내었다.

Method:	TEN	GLV	FM ₀
P _{1b}	0	0	0
P _{1u}	~38%	~39%	~38%
P _{1v}	~78%	~79%	~78%

표 2. 샘플 P₁, 파라미터: Rq%

표 2의 결과는 예상치와 일치하였다. 화학적 합성의 속성상 샘플 P_{1u}이 base 샘플 P_{1b}보다 더 높은 표면 roughness를 갖으며, 샘플 P_{1v}은 샘플 P_{1u}보다 더 높은 표면 roughness를 갖을 것으로 기대 되었다.

IV. 분석 및 결론

컴퓨터 비전의 다른 분야와 마찬가지로, SFF는 몇 개의 내재된 에러가 있다. 이 에러의 주된 원인은 translation, magnification, 제한된 수의 영상 프레임이다. 하지만, 물체의 위치를 제한된 간격 이내로 변경할 수 있기 때문에 이러한 모든 에러는 선형이라고 가정할 수 있다. 이러한 에러로 인해 개별적 샘플의 결과가 정확하지 않을지라도 이 결과는 비교의 목적으로 사용될 수 있다. 이러한 에러를 선형이라 가정하기 때문에 모든 샘플들은 이러한 에러를 선형의 형태로 갖는다. 실험을 통하여 비교를 위한 최적의 방법은 Ra, Rb 의 절대값 보다는 base 샘플과의 Rq% 차이임을 알 수 있었다. 이러한 방법으로, 에러의 영향을 최소화하고 폴리머의 표면 roughness의 비교를 위하여 SFF 방법을 효과적으로 사용할 수 있다.

참고문헌

[1] Ho Seung Jeon, Sung-Hwa Oh, Joon-Seop Kim, Yeonhee Lee, "Effects of various carboxylated benzene salts on the mechanical properties and morphology of poly(styrene-co-methacrylate) ionomers", Polymer, vol. 44, pp. 4179 - 4187, 2003.

[2] Franz Stephan Helmlí and Stefan Scherer, "Adaptive Shape from Focus with an Error Estimation in Light Microscopy", 2nd Int'l Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA01), pp. 188-193, June 2001.

[3] Aamir Saeed Malik, Tae-Sun Choi, "A Novel Algorithm for Estimation of Depth Map using Image Focus for 3D Shape Recovery in the Presence of Noise", Pattern Recognition, doi: 10.1016/j.patcog.2007.12.014, 2008.