

# 서로 다른 횡방향 분해능을 위한 데이터세트들의 공간 동기화 알고리즘

## Spatial synchronized Algorithm for Lateral Resolution Differences Between Multi-Datasets

\*이동혁<sup>1</sup>, #조남규<sup>2</sup>

\*D. H. Lee<sup>1</sup>, #N. G. Cho(ngcho@hanyang.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 대학원 기계설계·메카트로닉스공학과, <sup>2</sup>한양대학교 기계공학과

Key words : Overlay, Spatial synchronization, Stitching, Surface metrology, Microscope

### 1. 서론

최근 급격한 산업 발전은 MEMS, 반도체, 디스플레이 등 미세 형상 가공 영역을 만들어 냈다. 이러한 미세 형상을 포함한 제품/부품 검증하기 위해서는 그 미세 형상을 정밀하게 측정/평가할 수 있어야 한다. 기존 광학식 측정기술은 주로 2차원 평면의 기하학적 현상을 주로 측정하는 프로브 시스템과 영상 처리 기술에 바탕을 두고 있다. 하지만 이러한 2차원 측정기술을 통해서도 3차원 미세 형상을 측정하는데 어려움이 있다. 이에 따라 3차원 미세 형상 측정 기술이 중요 기술로 주목 받고 있다.

그러나 산업계에서 현재 개발되어 사용되고 있는 3차원 형상 측정 방법들은 각각의 측정방법에 따라 측정대상, 측정영역 및 분해능이 서로 다를 수밖에 없다. 각각의 측정 방식의 장점을 최대한 활용할 수 있는, 서로 다른 측정기가 융합된 장치의 필요성이 증대되고 있다.<sup>1</sup> 이러한 필요성에 의해, 최근에는 광학식 현미경, 공초점 레이저 주사 현미경(Confocal Laser Scanning Microscope), 라만 분광기(Raman spectroscopy), 엘립소미터(Ellipsometer) 등이 원자현미경(Atomic Force Microscope)과 융/복합되어 복합측정이 가능하도록 하는 연구개발되고 있다. 이러한 융/복합 측정 기기들의 개발에 있어서 가장 큰 문제점은 서로 다른 측정기를 이용하여 측정된 데이터들 사이의 공간적인 관계를 찾아서 서로 연결시켜주는 것이다. 이를 위해서 서로 다른 측정기가 같은 측정영역을 측정할 수 있도록 광학계의 구성을 재구성하거나, 거울을 이용하는 방법들이 제안되었다. 그러나 이런 방법들은 각각의 측정 프로브의 동작거리(working distance) 및 광학계 구성에 필요한 공간 확보 등의 제약 사항이 많아서, 다양한 측정 방법을 활용하기에는 어려움이 있다. 그래서 서로 독립된 장비들 사이를 스테이지를 이용하여 측정대상을 이동시키는 방법을 사용한다. 이 방법은 개발이 비교적 쉽고 제작비용도 낮지만, 마커가 필요하고 재현성

이 떨어진다는 단점을 가진다. 특히, 측정기의 측정 프로브를 설치할 때 발생하는 공간오차와 스테이지의 구동오차로 인해 측정의 재현성이 떨어지고, 이로 인해 서로 다른 측정기에서 측정된 데이터들 사이에 공간적인 상관관계를 알아내기 어렵다. 게다가 각각의 측정기가 가지는 서로 다른 횡방향 분해능으로 인해 그 문제를 해결하기에 많은 어려움을 겪고 있다.<sup>2</sup>

따라서 본 연구에서는 서로 다른 측정기를 이용하여 측정된 데이터들의 공간적 동기화가 가능할 수 있도록, 최소제곱법을 이용한 공간 동기화 방법을 제안한다.

### 2. 알고리즘 설명

하나의 측정기가 분해능은 떨어지지만 고속으로 측정대상의 전체 형상을 측정하면, 다른 하나의 측정기는 관심영역(region of interest)에 대해 정밀하게 측정할 수 있도록 하는 복합측정기에 대해 고려해 볼 수 있다. 그 예로써, 횡방향 분해능은 다른 광학식 측정기에 비해 떨어지지만, 대면적을 고속으로 측정할 수 있는 색수차 현미경(Chromatic confocal microscope)과 50배율의 대물렌즈를 사용하여 측정된 결과를 Fig.1 보였다. 다음에 보이는 것과 같이, '1939'라는 문자가 있는 영역이 관심영역으로 설정되어 분해능이 높은 측정기로 다시 측정되었다더라도, 두 데이터 집합 사이에 공간적인 상관관계를 찾을 수 없다. 그러나 이 방법은 스테이지가 정밀 측정기의 횡방향 분해능보다 더욱 정밀하게 구동할 수 있다라도, 각각의 측정기가 설치된 자세오차와 측정 데이터 집합 사이에 분해능이 다르므로 측정데이터의 개수가 서로 다르다. 그래서 직접 상호상관(direct cross-correlation)을 적용하여 덧셈할 수 없다.<sup>1</sup>

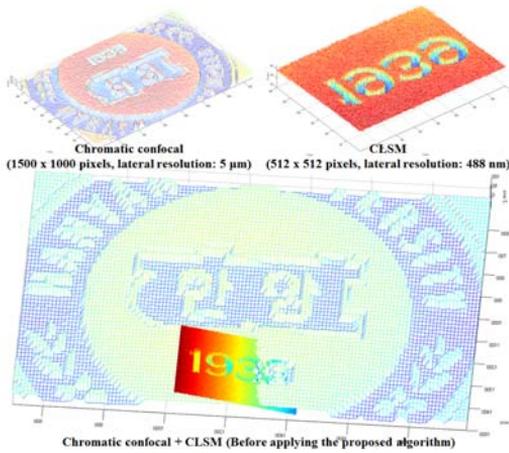


Fig. 1 Measured data sets by Chromatic confocal and CLSM

위와 같은 문제점을 해결하기 위해서, 데이터 집합 간의 데이터 개수를 동일하게 리샘플(resample) 과정을 거친 후, 두 데이터 집합이 겹치는 영역 내의 모든 픽셀에 대해 식 (1) 과 같은 최소제곱접합(least squares fitting) 적용하였다. 그 계수는 역행렬을 통해 산출되었으며<sup>3</sup>, 최소제곱법을 이용하여 산출된 계수를 고분해능 측정 데이터 집합 전체에 적용시켰다.

$$\begin{bmatrix} \sum x\Delta Z(x,y) \\ \sum y\Delta Z(x,y) \\ \sum \Delta Z(x,y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x^2 & \sum xy & \sum x \\ \sum xy & \sum y^2 & \sum y \\ \sum x & \sum y & n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \quad (1)$$

그 결과를 Fig.2에 보인다. 서로 다른 횡방향 분해능을 가진 측정 데이터 집합들이 독립된 측정기에서 측정되었음에도 불구하고, Fig.1과 달리 공간적 동기화가 이루어 졌음을 쉽게 확인할 수 있다. 그리고 대면적의 측정영역과 고분해능의 측정영역이 서로 어떤 위치관계를 가지고 있는지 직관적으로 알 수 있다.

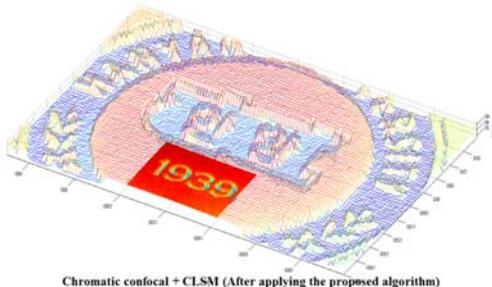


Fig. 2 Overlay result of two measured data sets

제안된 방법을 적용한 결과를 확대하여, 두 데이터 집합들이 정확하게 정합이 되었는지 확인할 수 있도록 Fig. 3을 보인다. 낮은 횡방향 분해능으로 측정이 불가능한 고주파 성분의 미세형상들이 정밀하게 측정되었고, 이 데이터 집합이 대면적의 데이터 집합과 잘 연결되어 있는 것을 확인할 수 있다.

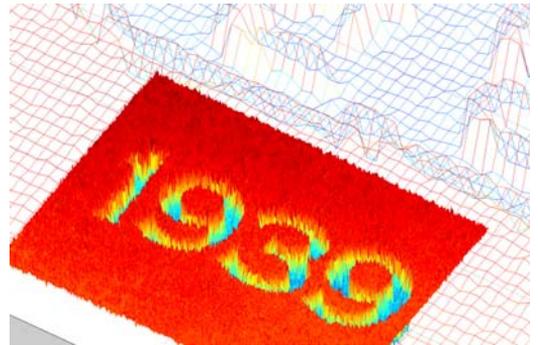


Fig. 3 Detail result of applying the proposed algorithm

### 3. 결론

본 연구에서는, 서로 다른 광학식 측정 방식을 이용해 측정된 데이터들 사이의 공간적 동기화를 위한 측정 데이터 융합 알고리즘을 개발하였다. 최소제곱법을 활용하여 횡방향 분해능이 다른 두 데이터 집합들을 신뢰성 높게 연결하였다. 서로 다른 측정기뿐 만 아니라, 하나의 측정기에서 배율을 달리 하면서 측정한 데이터 집합들 간의 공간적 동기화에 활용할 수 있을 것으로 보인다.

### 후기

본 연구는 지식경제부 기술혁신사업(첨단연구장비 경쟁력향상 사업, 10038752)으로 지원된 연구임.

### 참고문헌

1. Geisse, N. A. "AFM and Combined Optical techniques," Materials today, Vol. 12, No. 7, pp. 40-45, 2009.
2. Lee, D. H., AHN, J. H., Cho, N. G., "Development of Optical Surface Profiler Sensor Fusion Algorithm," Proceeding of KSPE 2011 Autumn Conference, 641-642, 2011.
3. Otsubo, M., Okada, K. and Tsujiuchi, J., "Measurement of large plane surface shapes by connecting small-aperture interferograms," Optical Engineering, 33, 2, 608-613, 1994.