

3차원 측정데이터를 위한 6자유도 고정밀 정합 방법 The 6-d.o.f. Precision Stitching Method for Surface areal measurements

*이동혁¹, #조남규²

*D. H. Lee¹, #N. G. Cho(ngcho@hanyang.ac.kr)²

¹한양대학교 대학원 기계설계·메카트로닉스공학과, ²한양대학교 기계공학과

Key words : Stitching, High spatial resolution, Surface metrology, Areal measurement

1. 서론

오늘날 산업이 발전함에 따라 고정밀 부품에 대한 요구가 증대되고 있다. 고정밀 부품의 생산을 위해서는 가공표면의 미세형상을 정밀하게 측정/평가 할 수 있어야 한다. 여전히 접촉식 측정기가 널리 사용되고 있으나, 광학식 측정기술의 발전과 영역측정 (areal measurement)의 용이성으로 인해 광학식 측정기를 이용한 미세형상 측정하는 경우가 급속도로 증가하고 있다. 이에 따라 국제표준 ISO 25178:2010에서는 미세형상 측정방법으로 접촉식 측정기와 광학식 측정기를 모두 포함하였고, Sa, Sq와 같은 영역측정시 사용할 수 있는 평가 파라미터를 추가하였다.¹ 위상천이간섭법 (phase shifting interferometry), 가간섭주사간섭법 (coherence scanning interferometry), 공초점현미경법 (laser scanning confocal microscopy) 등과 같은 대표적인 광학식 측정기를 이용하여 측정하는 경우, 획득된 데이터의 형태는 영역높낮이(areal topography) Z(X,Y)이다.¹ 그리고 이 데이터의 크기는 측정영역 (field of view)와 이미지 센서의 해상도 (resolution)에 의존한다. 그래서 횡방향 분해능을 높이기 위해서는 측정영역이 작아지게 된다. 따라서, 넓은 영역을 높은 횡방향 분해능으로 측정하기 위해서는 여러 개의 단일 측정영역을 병합하는 정합 (stitching) 방법을 이용하면 보다 쉽고, 낮은 비용으로 그 문제를 해결할 수 있다.^{2,3} 그러나 서로 인접한 작은 단일 측정영역들을 획득하기 위해서는 측정 프로브 또는 시료가 이동을 하여야만 한다. 따라서, 이러한 기계적 구동으로 인해 인접한 측정 데이터 사이에는 6가지의 기하학적 오차성분을 포함한다. 이 연구에서는 이 6가지의 오차성분들을 최소화시켜 정밀한 정합이 가능하도록 하는 방법을 제안한다. 그러나, 측정데이터의 정합을 할 경

우, 인접한 측정데이터 사이에 6자유도 기하학적 오차가 유입된다.

2. 6자유도 정합 방법

Fig. 1은 인접한 두 측정영역이 사이에서 서로 가질 수 있는 6가지의 기하학적 오차 모두를 나타낸다. 여기서, 오차는 각각 위치결정오차(Δ_x), 수평 직도(Δ_y), 수직직도(Δ_z), X축에 대한 회전오차(Δ_r), Y축에 대한 회전오차(Δ_p), Z축에 대한 회전오차(Δ_ϕ)를 나타낸다.

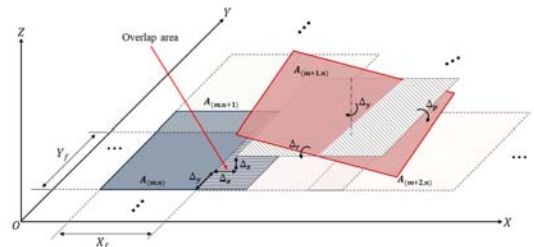


Fig. 1 Illustration of linear positioning (Δ_x), horizontal straightness (Δ_y), vertical straightness (Δ_z), roll (Δ_r), yaw (Δ_ϕ), pitch (Δ_p) between the adjacent measured areas $A_{(m,n)}$ and $A_{(m+1,n)}$

첫 번째, 오차성분인 수직직도 Δ_z , X축에 대한 회전오차 Δ_r , Y축에 대한 회전오차 Δ_ϕ 를 교정하는 단계이다. 이 관계를 최소제곱법을 이용하여 평면의 방정식의 계수들을 산출한다. 이 계수를 이용하여 인접한 측정데이터의 자세를 교정한다. Z축에 대한 회전오차에 대한 교정을 위해 공통영역 내에서 서로 다른 위치의 두 추출영역(extract area)의 데이터를 추출한다. 각각의 추출영역 내의 데이터 쌍 사이의 상호상관함수(cross-correlation)를 구하고 그 계수가 최대가 되는 공간지연(spatial delay)을 산출한다. 두 추출영역에서 산출된 공간지연값을

벡터로 변환하고, 두 벡터의 차이를 이용하여 Z축에 대한 회전오차 Δ_y 를 추정한다. 그리고 위치결정 오차 Δ_x , 수평진직도 Δ_y 를 교정하기 위해 수정된 공통영역 내에서 다시 상호상관함수(cross-correlation)를 산출한다. 그림 6와 같이, 산출된 공간지연 값을 이용하여 위치결정오차 Δ_x , 수평진직도 Δ_y 를 추정할 수 있다. 제안된 측정데이터의 6자유도 정합 방법의 순서를 Fig. 2에 보인다.

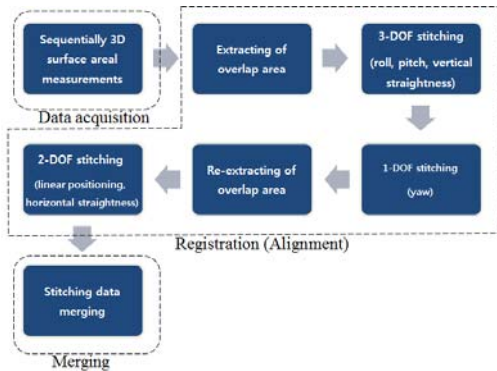


Fig. 2 Flow chart of the proposed 6-d.o.f stitching method

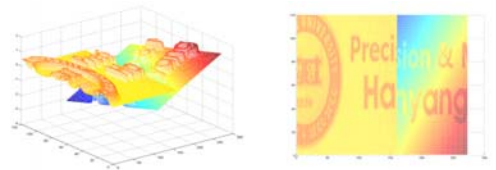
3. 모사실험 결과

제안된 6자유도 정합 방법을 검증하기 위해서 다음과 같은 모사 실험을 진행하였다. 임의의 형상을 가진 측정대상을 생성시키고, 측정을 하고자 하는 영역을 단일 측정영역을 이용하여 두 번에 걸쳐서 순차적으로 측정했을 경우를 모사하였다. 두 측정 데이터 사이에는 앞에서 언급한 6가지의 모든 기하학적 오차성분이 임의의 크기로 유입되도록 측정과정을 모사하였다. 그리고, 이 모사된 측정데이터들을 제안된 6자유도 정합 방법에 적용하였다. 그 결과를 Fig. 3에 보인다. Fig. 3(a)는 스테이지의 이송량만을 이용하여 정합한 결과를 보이며, Fig. 3(b)는 제안된 방법을 적용하여 정합한 결과이다. 이 두 결과를 비교하면, 제안된 정합 방법을 통해 6자유도 오차성분이 감소한 것을 쉽게 알 수 있다.

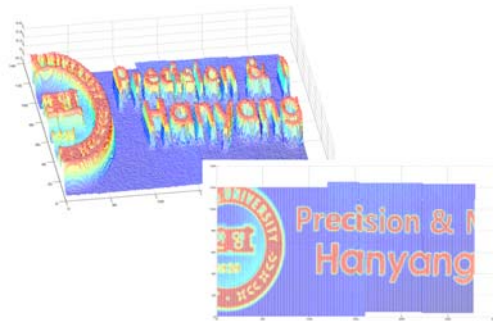
4. 결론

대면적을 높은 분해능으로 측정하기 위해 단일 측정 프로브 또는 시료를 이동할 경우, 반드시 나타나는 6자유도의 기하학적 오차성분을 최소화하여 측정데이터를 정합하는 방법을 제안하였다. 그리고 이 6자유도 정합 방법을 이용하면, 측정데이터

의 횡방향 분해능에 비해 구동정밀도가 낮은 스테이지를 사용하여도 신뢰성 높은 정합 데이터를 얻을 수 있어서 측정기 개발/제작 비용 절감 및 정합 오차를 낮출 수 있다. 따라서 제안된 3차원 측정 데이터 6자유도 정합 방법은 정밀도가 높은 대면적 측정데이터를 획득할 수 있는 기반 기술이다.



(a) Stitching result with stage feed



(b) Stitching result with proposed method

Fig. 3 Simulation results of stitching for 3D surface areal measurements

후기

본 연구는 지식경제부 기술혁신사업 (첨단연구장비 경쟁력 향상 사업)으로 지원된 연구임.

참고문헌

1. ISO 2010 Geometrical product specifications (GPS)—Surface texture: Areal—Classification of methods for measuring surface texture ISO 25178-6:2010
2. Lee, D. H., and Cho, N. G., “The 3 d.o.f stitching method of 3 dimensional measured data for high precision and large measuring area,” Proc. KSMTE spring conference 2012, 254, 2012.
3. Lee, D. H., and Cho, N. G., “The 5-d.o.f. Stitching Method of Micro-surface Data for High Spatial Resolution,” Proc. KSPE spring conference 2012, 847-848, 2012.