학위논문요약서		
성명	**학과**	**해당 학위**
김정민	**기계공학과**	**박사**
학위개요	○ 논문제목 • 국문제목: 스테레오 비전 기반 대규모 구조물의 3차원 고정밀 계측 방법에 관한 연구 • 영문제목: High-precision 3D Measurement Method for Large-Scale Structures Based on Stereo Vision • 논문심사합격일: 2025.11.24 • 지도교수: 박용화 교수	

주요 내용 요약

Ⅰ. 연구목적

대규모 구조물의 3차원 계측은 다양한 산업 분야에서 필수적이며, 특히 조선업에서는 대형 선체 블록의 이음부 및 접합부를 수 밀리미터 이내의 높은 정확도로 계측해야 한다. 현재 산업 현장에서는 광파기를 이용한 계측이 주로 사용되고 있으나, 타겟 스티커 부착과 반복적인 조준 과정으로 인해 많은 시간과 노동력이 소모되는 한계가 있다. 본 연구의 목적은 이러한 문제를 해결하기 위해 스테레오 비전 기반 대규모 3차원 계측 시스템을 제안하고, 광파기와 동등한 수준의 계측 정확도를 확보함과 동시에 계측 및 캘리브레이션 과정의 간소화를 통해 현장 적용성을 향상시키는 데 있다. 이를 통해 계측 시간과 비용을 절감하고, 산업 현장의 효율성과 생산성을 증대시키고자 한다.



Fig 1. 대규모 선체블록 계측 장비 (a)기존: 광파기, (b)제안: 스테레오

Ⅱ. 연구내용

본 연구에서는 스테레오 비전 기반 대규모 계측 시스템의 정확도 향상과 캘리브레이션 간소화를 동시에 달성하기 위한 방법들을 제안하였다. 먼저, 아웃포커싱 환경에서도 안정적인 선 검출이 가능한 방법을 활용하여 신뢰도 높은 캘리브레이션 데이터를 계산하였고, 데이터 품질의 차이를 반영할 수 있는 weighted generic 캘리브레이션 기법을 제안하여 픽셀 광선 파라미터를 정밀하게 추정하였다. 또한, structure 캘리브레이션 단계에서는 이미지 전체에 분포한 계측점들의 수렴 비용 함수를 정의함으로써

카메라 배치를 정확하게 추정하였다.

캘리브레이션 과정의 간소화를 위해 기존 generic 캘리브레이션에서 수동으로 수행되던 모니터 배치

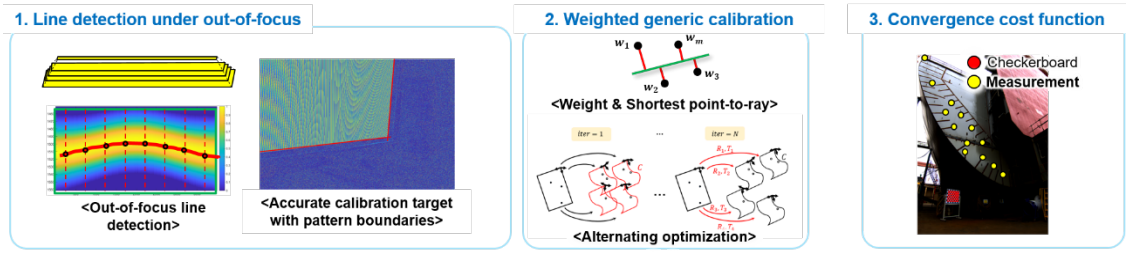

Fig 2. 스테레오 계측 시스템의 정확도 확보를 위한 제안 기법.

작업을 선형 액추에이터를 이용해 자동화하였으며, 제약된 모니터 자세로 인한 정확도 저하를 라인 패턴을 통해 보완하였다. 더불어, structure 캘리브레이션 단계에서는 기존의 2D 화이트보드 대신 소형·경량의 1D 타겟을 사용하는 방식을 제안하고, generic 모델에 적합한 카메라 배치 추정 알고리즘을 개발하였다.

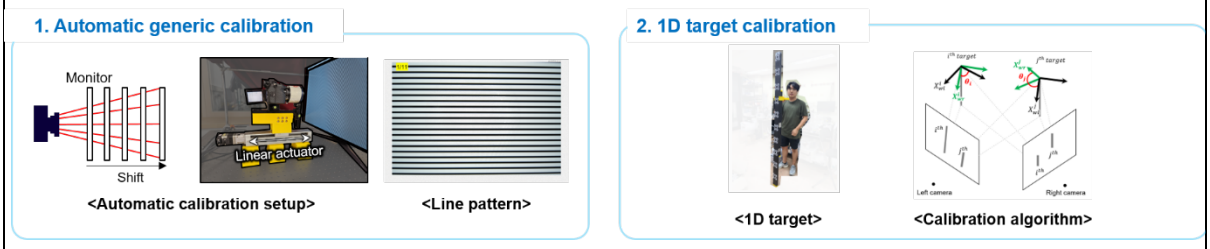

Fig 3. 스테레오 계측 시스템의 편의성 확보를 위한 제안 기법

제안된 방법을 실제 선체 블록 계측에 적용한 결과, 기존 캘리브레이션 방법 대비 74.6%의 정확도 향상을 달성하였으며, 평균 계측 오차 4~5 mm 수준으로 광파기와 동등한 계측 정확도를 확보하였다. 또한, 광파기 대비 약 8배의 계측 시간 단축과 약 3배의 비용 절감 효과를 확인하였다. 나아가 카메라 수, 계측점 오선택 등에 따른 파라메트릭 분석을 수행하여 스테레오 대규모 계측 시스템의 특성을 다각도로 분석하였고, 이를 통해 현장 적용을 위한 설계 및 운용 기준을 제시하였다.

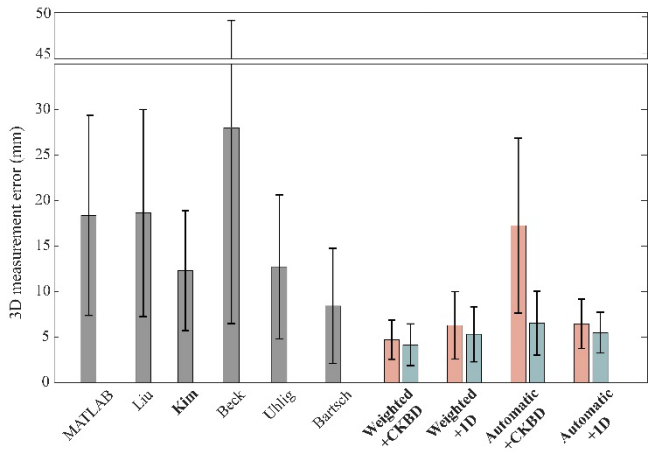

Fig 4. 스테레오 계측 시스템을 이용한 선체블록 3차원 계측 결과