

건설 산업에서의 3차원 공간 모델링을 위한 플래시 레이더의 적용성 검토에 관한 연구

Applicability of Flash LADAR to 3D Spatial Information Acquisition on a Construction Site: Performance Review

손 효 주*, 김 창 완**, 유 지 연***, 김 형 관****, 한 승 현****, 김 문 검*****

Son, Hyojoo, Kim, Changwan, Yoo, Jiyeon, Kim, Hyoungkwan, Han, Seung-Heon, Kim, Moon-Kyum

요 약

건설 프로젝트가 점차 대형화, 복잡화, 전문화 되면서 지속적으로 변화하는 건설 환경에 대응할 수 있는 프로젝트 관리 기법 개발에 대한 요구가 증가하고 있다. 건설 프로젝트의 특성상 관리 기법은 건설 현장이나 구조물의 유지 관리 단계에서 발생하는 방대한 양의 정보를 실시간으로 수집하고 처리하여 표현할 수 있어야 한다. 이를 위해 국내외적으로 실시간 3차원 공간 모델링 방법의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 실시간 3D 공간 정보 획득은 모델링을 위한 필수 요소라 할 수 있다. 최근 개발된 플래시 레이더는 실시간으로 주변 환경에 대한 3차원 공간 정보 획득이 가능하도록 하는 장비로 건설 산업에서의 3차원 공간 모델링 시스템에 가장 적합한 기술이라 할 수 있다. 본 논문에서는 보다 정확한 3차원 공간 모델링을 위해 플래시 레이더의 장비 성능을 파악하고, 실험을 통해 이를 이용하여 획득한 3차원 공간 데이터의 정확성을 검증함으로써 건설현장에 대한 장비의 적용성을 검토하고자 한다.

키워드: 3차원 공간 데이터 획득 및 모델링, 플래시 레이더(Flash LADAR), 동적 환경

1. 서 론

건설 프로젝트에서 관리자의 경험 및 지식에 의한 노동 집약적인 프로젝트 관리기법은 건설프로젝트가 대형화, 복잡화, 전문화되면서 처리해야할 정보의 양이 방대해 짐에 따라 한계를 드러내고 있다. 또한 이러한 프로젝트 관리기법은 다양한 변수를 포함하는 건설 프로젝트의 특성상 부적절한 의사결정으로 인해 건설 공기지연, 원가상승, 품질 저하 등의 결과를 초래 한다 (Khoury and Kamat, 2007).

따라서 건설 환경의 다양한 특성에 효과적으로 대응할 수 있는 관리기법은 건설 생산성 및 효율성 향상을 위해 필수적이라 할 수 있다.

효율적인 프로젝트 관리를 위해서는 건설 단계에서 발생하는 정보를 실시간으로 수집하고 처리하여 표현할 수 있어야 하며, 이를 위해서는 현장의 3차원 공간 정보를 효율적으로 획득하고 처리할 수 있는 시스템이 필요하다 (김창완, 2006, Cho and Haas, 2003). 이러한 3차원 공간 정보를 활용한 건설 프로젝트 관리는 건설 현장의 보다 효율적인 현장의 공정관리 및 자재, 장비, 인력 관리 등을 가능하게 할 뿐만 아니라 구조물의 안전성과 사용성을 합리적으로 확보하는 프로젝트의 유지 관리 등 다양한 분야에 걸쳐 적용이 가능하다. 건설 프로젝트의 특성을 고려해 볼 때, 효과적인 3차원 공간 모델링 방법의 필요성은 절대적이며 또한 건설 산업에서의 자동화 실현을 위한 필수적인 전제 조건이다 (김창완, 2006).

현재 건설 산업에서는 다양한 3차원 공간 모델링 방법이 연구되어지고 있으며, 사용 목적에 따라 3차원 공간정보 획득을 위해 레이저 기술을 기반으로 하는 다양한 장비들이 이용되고 있다. 현재 건설 산업에서 사용되고 있는 레이더 (Laser Distance and Ranging, LADAR), 레이저 거리 측

* 일반회원, 중앙대학교 첨단융합건설연구단 연구원, 석사과정
hjson0908@wm.cau.ac.kr
** 일반회원, 중앙대학교 건축공학과 조교수, 공학박사
changwan@cau.ac.kr
*** 일반회원, 중앙대학교 첨단융합건설연구단 연구원, 학사과정
happyiyah@wm.cau.ac.kr
**** 일반회원, 연세대학교 첨단융합건설연구단 간사, 공학박사
hyoungkwan@yonsei.or.kr
***** 일반회원, 연세대학교 첨단융합건설연구단 부단장, 공학박사
shh6018@yonsei.ac.kr
***** 비회원, 연세대학교 첨단융합건설연구단 단장, 공학박사
aplymkk@yonsei.ac.kr
본 연구는 첨단융합건설연구단 연구비 지원에 의한 연구의 일
부임. 과제번호 05첨단융합A01.

정기 (Single Axis Laser Range Finder) 등의 장비는 데이터 획득 및 처리에 소요되는 시간, 동적 현장의 구현, 그리고 가격 면에서 실시간 의사결정을 위한 시스템에 적용하거나 구체적이고 다이나믹한 현장을 모델링하기 위한 데이터 획득에 사용하기에는 한계가 있다.

최근에 개발된 플래시 레이더는 기존의 레이더에 비해 정보의 정확성은 낮지만 실시간으로 주변 환경에 대한 3차원 공간 정보 획득이 가능하며 이에 대한 처리속도가 빠르다는 장점이 있다 (Teizer, et al., 2005). 또한 현장의 배치 계획을 위한 현장 공간 정보, 공정률 파악을 위한 As-Built 모델, 구조물 검측 및 유지 관리에 필요한 데이터 등 기존의 수작업을 통해 수집하고 처리하였던 데이터를 빠르고 효율적으로 획득할 수 있도록 한다. 이러한 특성은 건설 현장의 실시간 3차원 공간 모델링을 가능하게 하며, 이를 통해 현장 상황을 지속적으로 모니터링 함으로써 건설 산업에서의 실시간 관리가 가능할 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 건설 자동화를 위해 필수적인 현장의 동적인 환경 모델링에 활용될 수 있으며, 특히 장애물 회피 시스템과 같은 자동화 장비 운영에 활용될 수 있을 것이다. 이처럼 3차원 공간 모델링을 위해 획득한 3차원 공간 정보는 다양한 건설 관리에 필요한 의사결정 자료로 활용되어 다양한 의사결정 시스템의 효율성을 극대화할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 빠르고 효율적인 3차원 공간 모델링에 활용될 수 있는 플래시 레이더의 현장 적용성을 확인하고자 한다.

2. 플래시 레이더의 기술 개요 및 연구 동향

효율적인 프로젝트 관리를 위한 3차원 공간 모델링을 위해서는 건설 단계에서 발생하는 3차원 공간 정보를 실시간으로 수집하고 처리하여 표현할 수 있어야 한다. 현재 건설 산업에서 사용되고 있는 가장 대표적인 장비는 레이더 (Laser Distance and Ranging, LADAR)로 매우 높은 정밀도를 제공하지만, 고가이며 데이터 획득 및 처리에 많은 시간이 소요되어 실시간 의사결정을 위한 시스템으로 적용하기에는 한계가 있다 (Bosche, et al., 2006). 또한 레이저 거리 측정기 (Single Axis Laser Range Finder)는 비교적 저렴하고 데이터 획득 및 처리에 소요되는 시간이 매우 빠르나, 구체적이고 다이나믹한 현장을 모델링하는 데에는 한계가 있다 (김창완, 2006).

최근에 개발된 플래시 레이더는 현장의 정적 및 동적인 3차원 정보를 실시간으로 획득하며, 데이터의 처리 속도가 빨라 기존의 3차원 공간 정보 획득을 위해 사용했던 장비들이 갖는 단점을 보완하는 장비라 할 수 있다. 3차원 공간 정보 획득을 위해 사용되는 플래시 레이더는 레이저를 이용하여 방출된 레이저의 속도와 되돌아오는 시간을 바탕으로 거리를 측정하는 TOF (Time-of-Flight) 방식으로 대상물의 3차원 좌표정보를 관측하는 장비이다. 이는 여러 개의 레이저 빔 방출장치를 하나의 패키지로 만들어 짧은 시간에 주변 환경에 대한 3차원 공간 정보 획득이 가능한 기술이다 (Cheok, et al., 2006). 또한 데이터 획득 및 처리가 디

지털 방식으로 이루어지므로 기존 영상기반 기법에서 요구되는 영상 획득 후의 좌표정보 계산을 위한 추가과정을 필요로 하지 않아 실시간 3차원 공간 모델링에 적합한 기술로 비교적 정밀도 및 정확도, 해상도가 높으며, 크기가 작고 에너지 효율적인 특징을 가진다. 이러한 플래시 레이더는 자동차 산업에서의 장애물 회피 시스템, 군수 산업에서의 보안 및 감시, 제조 산업의 자동화를 위한 로봇 시스템 등의 다양한 분야에 적용하기 위해 연구가 진행 중이다.

건설 산업에서는 미국 조지아대학교의 RAPIDS 연구실에서 실시간 안전관리와 공간 센싱 기술, 실시간 시각화와 무선 센싱 기술, 실시간 건설 자재 모니터링, 건설 장비의 실시간 운영 시스템에 관한 적용을 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 또한 캐나다의 워털루 대학에서는 플래시 레이더를 이용한 센싱 기술과 3D CAD의 활용방안에 대한 연구가 진행 중이며, 이 밖에도 건설 구조 및 설계 기술, 건설 현장 안전관리 등의 분야에 적용하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 이처럼 현재 플래시 레이더는 다양한 알고리즘과 연계하여 사물의 위치, 방향, 크기, 속도, 형태 등을 실시간으로 파악하여 건설 산업의 다양한 분야에 대한 적용성을 입증하기 위한 연구가 진행되고 있다. 또한 이를 통해 3차원 공간 정보는 다양한 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

3. 실험내용

3.1 실험개요 및 방법

본 논문에서는 보다 정확한 3차원 공간 모델링을 위해 플래시 레이더 SwissRanger SR-3000 (이하 SR-3000)을 이용하여 획득한 3차원 공간 데이터의 정확성을 검증하고, 이를 토대로 건설 현장에 대한 장비의 적용성을 검토하고자 하였다. 이를 위해 SR-3000을 이용하여 3차원 공간 데이터에 대한 거리정보의 정확성과 건설 현장에서 사용되는 다양한 물체 표면의 특성에 따른 반사율을 측정하기 위한 실험을 구성하였다.

본 실험을 위해 사용된 장비는 CSEM사에서 개발한 플래시 레이더 SR-3000으로 주요 사양은 표 1과 같다. SR-3000을 통해 획득되는 3차원 공간 정보는 (x, y, z) 좌표를 가진 176×144개의 점으로 표현되며 측정 방향의 수평 및 수직 방향 그리고 측정 방향으로 오차가 발생한다.

표 1. SwissRanger SR-3000의 주요 사양

Pixel Array Size	176×144 (QCIF)
Field of View	47.5°(V)×39.6°(H)
Wavelength	850nm
Housing Size	50×67×42.3mm ³
Output Data (per pixel)	x, y, z and i (intensity)
Modulation Frequency	20MHz, standard
Non-ambiguous range	7.5m
Frame Rate	25fps, typical

이를 통해 기본적으로 초당 25 프레임의 공간 정보 획득이 가능하여 실시간으로 3차원 공간 정보를 획득하는데 매우 효과적이며 정보의 활용도가 높다 (Guðmundsson, 2006). 그림 1은 CSEM사에서 제공하는 소프트웨어를 사용하여 SR-3000을 통해 4m 거리에 있는 직육면체, 원뿔, 원기둥 및 구의 모형을 3차원 좌표정보를 획득한 예이다.

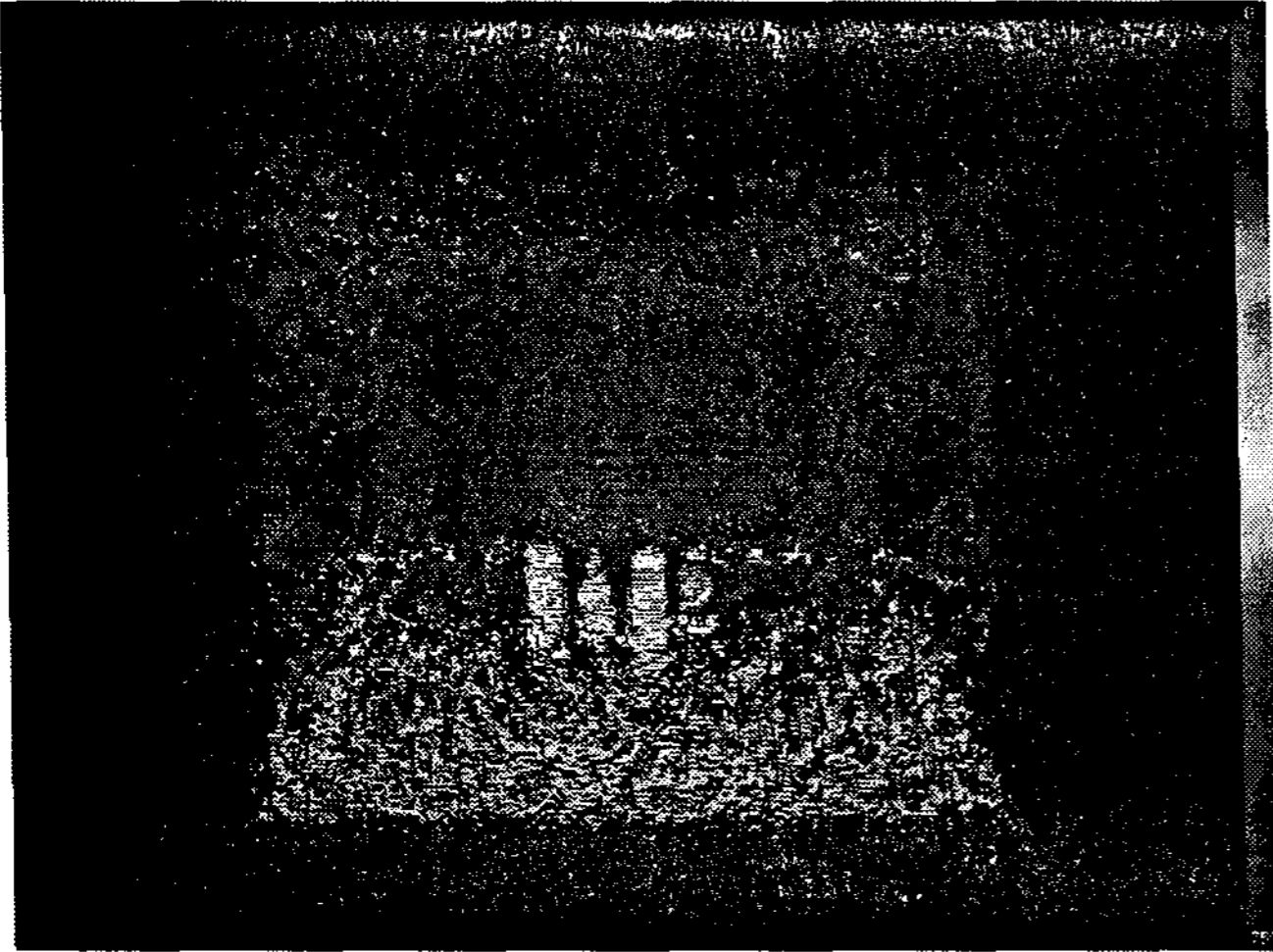


그림 1. SR-3000을 이용하여 획득한 고밀도 포인트 클라우드 영상

3차원 공간 데이터에 대한 거리 정보의 정확성과 물체 표면의 특성에 따른 반사율을 비교·검증하기 위한 본 실험은 실내에서 수행되었다. 본 실험을 위해 각각의 물체는 72×54cm² 크기의 보드형태로 제작하였으며, 이젤 위에 바닥으로부터 1m 높이에 수직으로 고정하였다. 또한 SR-3000은 물체와의 중심을 맞추기 위해 바닥으로부터 1.27m 높이의 삼각대에 설치하였으며, 실험구성은 그림 2와 같다. 이젤에 수직으로 고정된 보드형태의 물체는 SR-3000으로부터 측정방향으로 1m에서 7m까지 1m 간격으로 옮겨가며 각각 30회씩 데이터를 획득하였다.

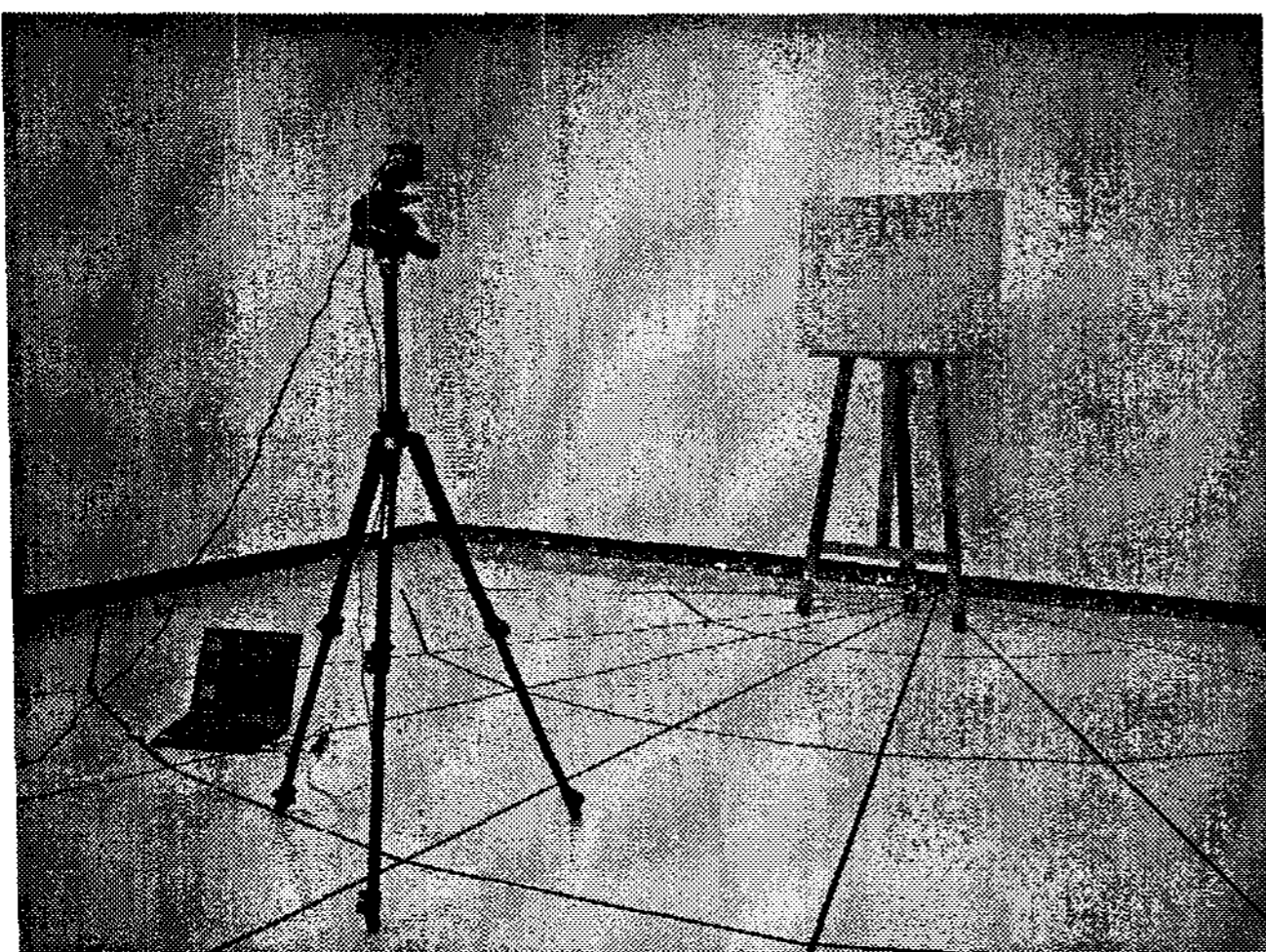


그림 2. 거리 정보의 정확성 및 물체 표면의 특성에 따른 반사율을 비교·검증하기 위한 실험구성

3.2 데이터 검증방법

3.2.1 거리 정보의 정확성

플래시 레이더는 RIM (Range Imaging) 기술의 장비로 3차원 공간에 대한 영상뿐만 아니라, 자동으로 거리 정보를 추출할 수 있는 장비이다. 따라서 무엇보다 거리정보의 정확도는 매우 중요한 요소이다. 본 실험에서는 획득한 데이터를 통해 거리에 따라 측정방향의 오차범위를 측정하였으며, 이를 위해 (x, y, z) 좌표를 가진 176×144개의 점 가운데 중앙에 있는 12×10개의 점에 대한 측정 방향의 값 (z) 을 추출하였다.

거리 정보의 정확성을 검증하기 위해 흰색의 보드를 사용하였으며, 이는 반사율이 가장 높은 색으로 획득된 데이터의 밀도가 가장 높기 때문이다. 데이터 검증을 위해 1m 부터 7m까지의 거리마다 추출된 값에 대해 평균값을 구하고, 각각 최대값과 최소값을 구하여 평균값과의 오차를 산정하였다.

3.2.2 물체 표면의 특성에 따른 반사율

플래시 레이더의 성능에 영향을 미치는 요소는 다양하지만, 레이저를 기반으로 하는 장비이기 때문에 물체 표면의 반사율은 획득한 데이터의 밀도 및 정확성에 영향을 미친다 (Anderson, et al., 2005). 물체 표면의 특성에 따른 반사율을 비교·검증하기 위한 실험은 물체 표면의 색에 따른 실험과 재료에 따른 실험으로 나뉜다.

첫 번째로 건설 현장에서 사용되는 다양한 물체 표면의 색 및 물체와의 거리에 따른 반사율을 비교하기 위한 실험을 위해 다음과 같이 2가지 분류의 물체를 사용하였다 (표 2). 반사율은 물체가 갖는 고유의 특성이며, 색에 따라 각기 다른 반사율을 갖는다¹⁾. 물체 표면의 색에 따른 반사율을 비교하기 위해 색의 3속성 중 색상 (Hue)과 명도 (Lightness) 차이를 사용하였으며, 먼셀의 색표시계 (Munsell Color System)에 따라 각각에 해당하는 총 8가지의 기본색상을 선택하였다.

표 2. 물체 표면의 색에 따른 반사율 비교·검증을 위한 분류

분류	세부 항목	반사율
색상 (Hue)	빨강	18%
	노랑	36%
	초록	18%
	파랑	18%
	보라	9%
명도 (Lightness)	흰색	93%
	회색	18%
	검정색	3%

1) 월간영상 2002년5월호, p. 45

또한 건설 현장에서 사용되는 다양한 물체의 반사율은 표면의 재료에 따라 차이를 가진다²⁾. 표 3은 건설 현장에서 사용되는 몇 가지 물체에 대한 반사율을 나타낸다. 본 실험에서는 물체 표면의 재료에 따른 반사율을 비교하기 위해 건설 현장에서 많이 사용되는 자재인 콘크리트, 목재, 대리석, 금속 (합석, 아연도금철판), 비금속 (알루미늄)을 우선적으로 선정하여 실험을 수행하였다. 이 다섯 가지 대표 자재의 선정은 미국 건설시방서협회 (Construction Specification Institute, CSI)의 공사분류체계인 Unifomat에서 해당되는 Division을 바탕으로 하였다.

표 3. 물체 표면의 재료에 따른 반사율 비교·검증을 위한 분류

분류	세부 항목	반사율
Division 02 - 토공사	흙	10~20%
Division 03 - 철근콘크리트	콘크리트*	15~40%
Division 04 - 조적공사	적벽돌	10~30%
Division 05 - 금속공사	알루미늄*	65~75%
	구리/아연/철*	55~65%
Division 06 - 목공사	목재 (가공)*	15~60%
	베니아판	30~40%
Division 07 - 방수/단열	아스팔트	10%
Division 08 - 창호공사	유리 (투명)	68%
Division 09 - 마감공사	대리석 (화강암)*	20~30%
	타일 (백색)	60~80%
	텍스 (백색)	50~70%

* 세부 항목 중 * 표시가 있는 자재를 이용하여 실험하였음.

이와 같이 다양한 물체 표면의 색과 재료에 따른 반사율을 비교·검증하기 위해 실험을 통해 데이터를 획득하였으며, 식 (1)을 통해 이를 검증하였다 (Kweon, et al., 1991).

$$\sigma_r \propto \frac{\lambda R^2}{\rho \cos \alpha} \quad (1)$$

여기서 σ_r 은 거리에 따른 획득한 데이터 값의 표준 편차이며, λ 는 파장으로 상수로 취급하였으며, R 은 SR-3000과 물체와의 거리, ρ 는 물체에 대한 반사율, 그리고 α 는 SR-3000과 물체와의 각도 (본 실험에서는 0°)를 의미한다.

4. 실험결과

4.1 거리 정보의 정확성

그림 3은 거리 정보의 정확성을 검증하기 위해 흰색의 보드를 대상으로 획득한 데이터에 대한 결과이며, 1m부터 6m까지의 오차는 10cm 내외이나 7m의 경우에는 오차의 범위가 50cm 이상으로 현저히 증가하는 것을 볼 수 있다. SR-3000은 변조주파수 (Modulation Frequency, FM)가

20MHz일 때, 방출된 신호의 파장이 15m이므로 방해 요소가 없는 이상적인 경우 7.5m에 있는 물체까지 인식이 가능하다. 이처럼 이론적 환경에서 SR-3000의 유효 측정거리가 7.5m로 제시되어 있으나, 6m 이상의 거리에서는 측정방향의 오차가 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

실험을 통해 SR-3000은 반경 6m 내의 물체의 인식에 적용가능하며, 주로 건설 중장비 운영의 안전성 확보를 위한 장애물 회피 시스템 및 경로 계획 등이나 작업자의 안전관리 등에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

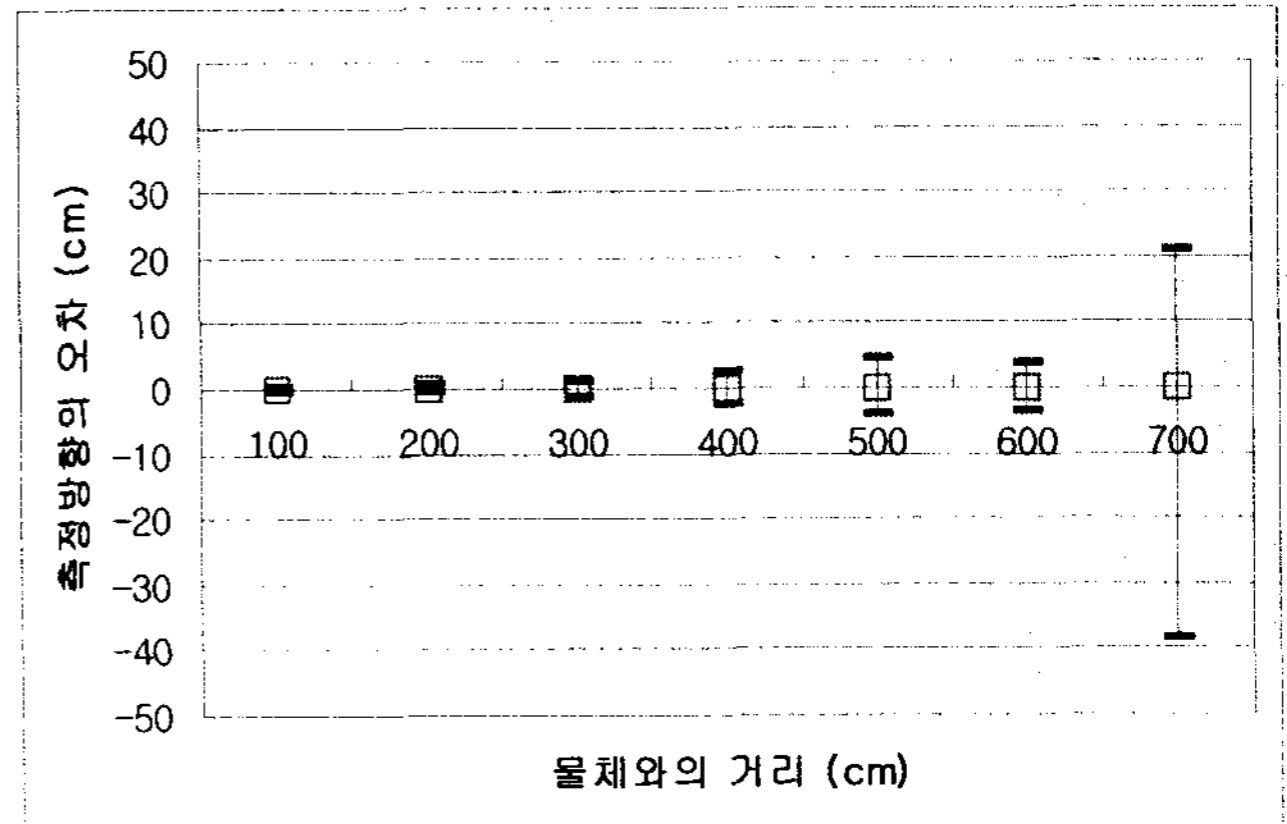


그림 3. SR-3000과 물체와의 거리에 따른 측정방향의 오차

4.2 물체 표면의 특성에 따른 반사율

4.2.1 물체 표면의 색에 따른 반사율

그림 4와 그림 5는 각각 물체 표면의 색상과 명도 및 물체와의 거리에 따른 반사율을 비교·검증하기 위한 그래프이다. 앞서 설명한 바와 같이 색에 따라 각기 다른 반사율을 가지며, 이론적으로 반사율이 큰 색부터 나열하면 흰색 > 노랑 > 빨강, 초록, 파랑, 회색 > 보라 > 검정색 순이다. 반사율이 같은 색은 거리에 따라 6m까지 비슷한 추이를 보였으나, 7m에서는 차이가 나는 것을 알 수 있다.

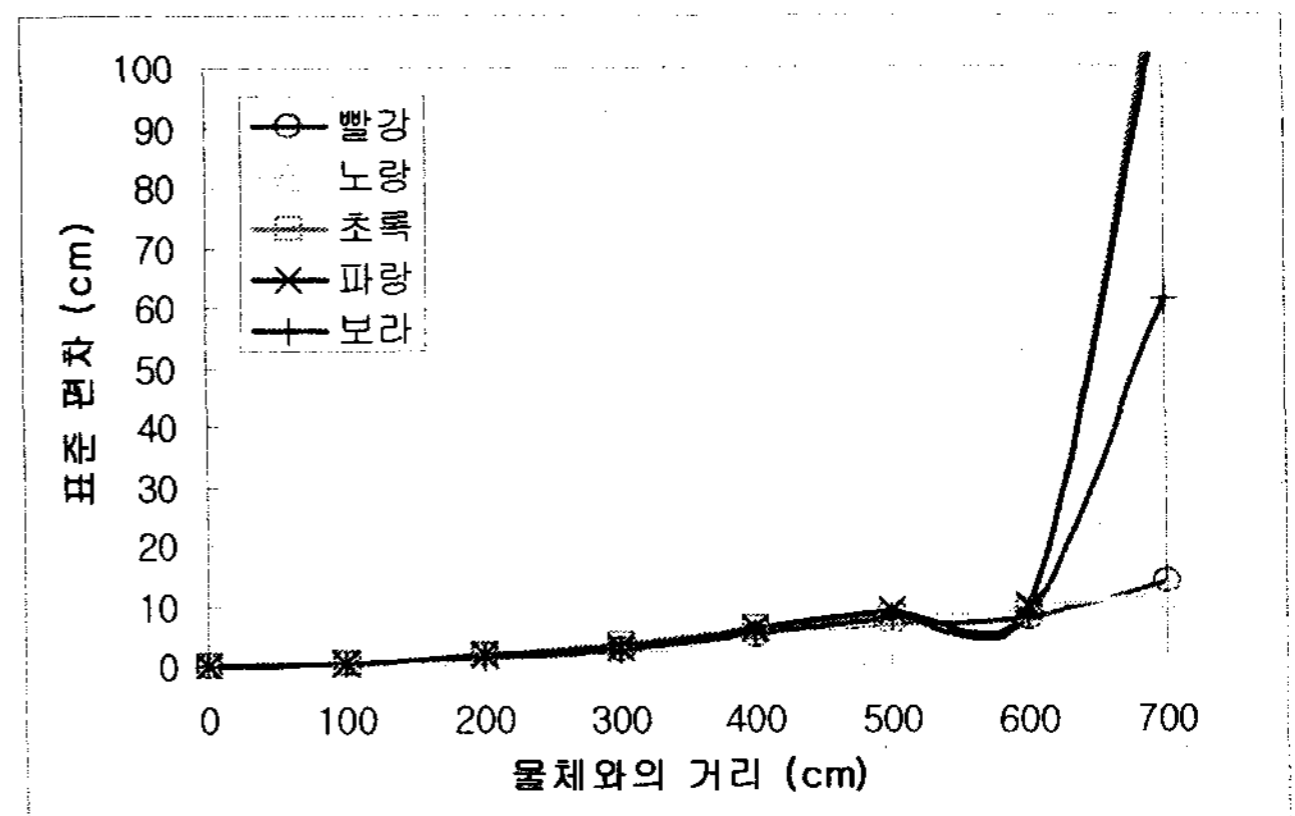


그림 4. 물체 표면의 색상 및 물체와의 거리에 따른 반사율

2) <http://www.lampstore.co.kr/life/reflection.html>

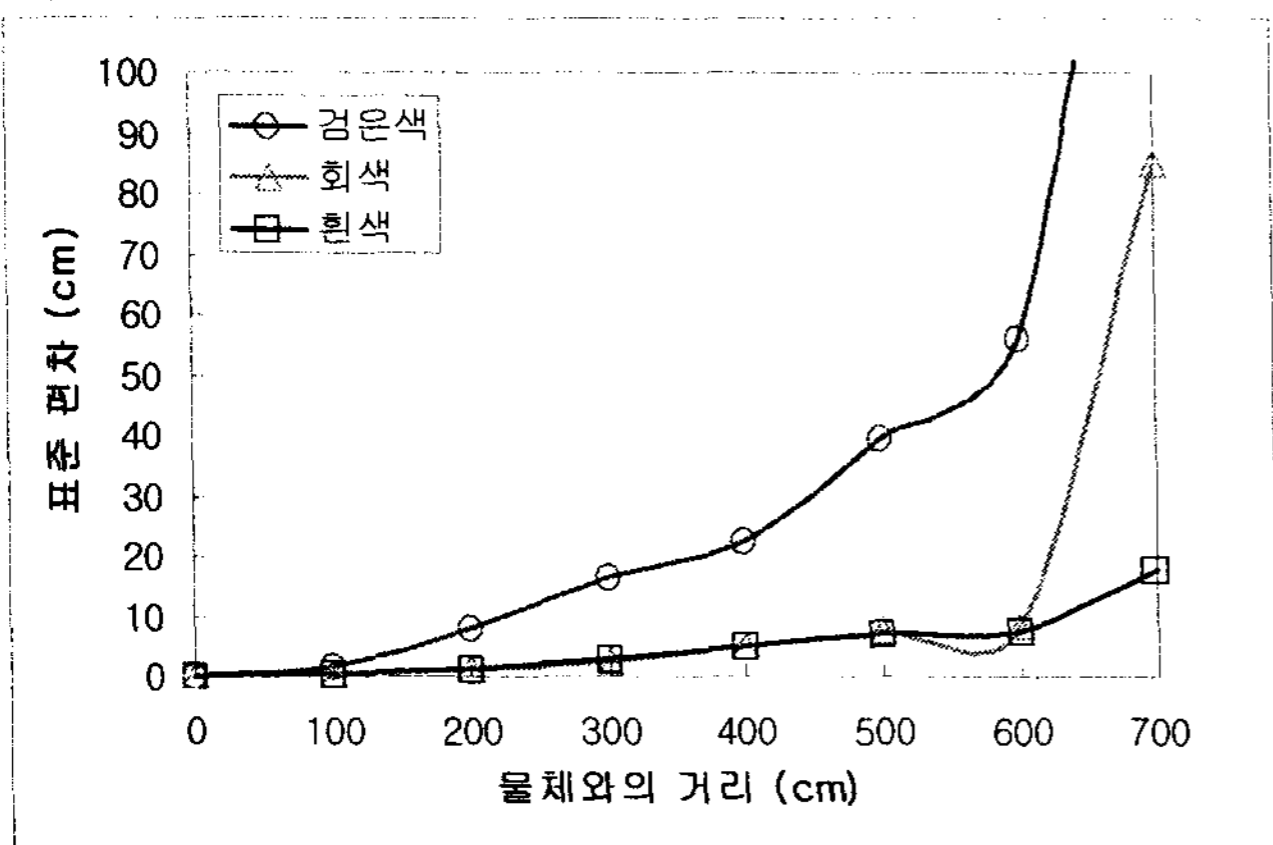


그림 5. 물체 표면의 명도 및 물체와의 거리에 따른 반사율

물체 표면의 색상에 따른 반사율은 7m에서 초록과 파랑 > 보라 > 빨강과 노랑의 순으로 나타났으며, 물체 표면의 명도에 따른 반사율은 흰색 > 회색 > 검은색의 순으로 나타났다. 물체 표면의 색에 따른 반사율을 비교해본 결과, 거리에 따라 6m까지 검은색을 제외한 7가지의 색이 비슷한 추이를 보였다. 이를 통해 플래시 레이더와 물체의 거리가 6m 내외 일 경우, 검은색을 제외한 물체 표면의 색상과 명도는 플래시 레이더의 성능에 크게 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다.

4.2.2 물체 표면의 재료에 따른 반사율

그림 6은 물체 표면의 재료 및 물체와의 거리에 따른 반사율을 비교·검증하기 위한 그래프이다. 기본적으로 금속(합석)과 비금속(알루미늄)을 제외하고는 모두 표준편차가 거리의 제곱에 비례하는 일반적인 추이를 보였다. 이는 금속과 비금속 보드의 정중앙 부분에서만 거울반사 현상이 발생하기 때문인 것으로 판단되며, 거울반사란 물체가 마치 거울과 같이 정반대의 단일 방향으로만 빛을 반사시키는 현상이다.

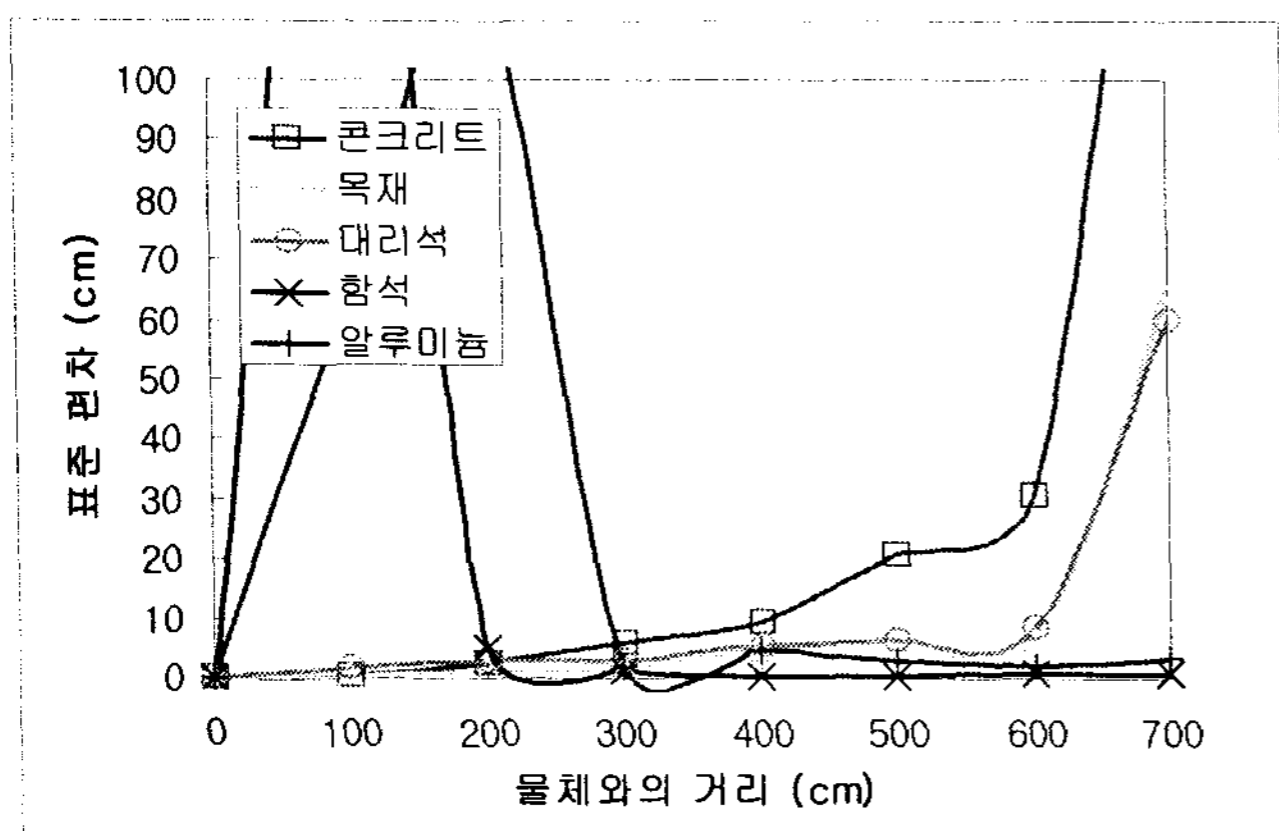


그림 6. 물체 표면의 재료 및 물체와의 거리에 따른 반사율

물체 표면의 재료에 따른 반사율은 일반적인 추이를 따르지 않는 금속(합석)과 비금속(알루미늄)을 제외하고, 목재 및 대리석의 반사율이 콘크리트보다 큰 것으로 나타났다. 이는 실험에서 콘크리트 표면의 균질성이 목재 및 대리석의 표면보다 낮으며, 또한 콘크리트의 경우 검은 계열의 색을 많이 포함하고 있어 나타난 결과인 것으로 생각된다. 이를 통해 SR-3000은 거울반사 현상이 나타나는 재료에 민감하게 반응하며, 앞서 설명한 물체 표면의 색보다는 물체 표면 재료의 특성에 따라 더욱 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 보다 정확한 3차원 공간 모델링을 위해 플래시 레이더 SR-3000의 장비 성능을 파악하고, 실험을 통해 이를 이용하여 획득한 3차원 공간 정보에 대한 정확성을 검증함으로써 건설현장에 대한 장비의 적용성 및 기술적 한계를 검토하였다. 이를 위해 획득한 데이터에 대한 거리정보의 정확성과 건설 현장에서 사용되는 다양한 물체 표면의 특성에 따른 반사율을 비교·검증하기 위한 실험을 구성하였다.

실내 실험을 통해 SR-3000은 반경 6m 내의 물체의 인식에 적용 가능하며, 주로 건설 중장비 운영의 안전성 확보를 위한 장애물 회피 시스템 및 경로 계획 등이나 작업자의 안전관리 등에 적용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 SR-3000은 레이저 기반 장비의 특성상 물체 표면의 색보다는 물체 표면 재료의 특성에 따라 더욱 민감하게 반응하는 것을 알 수 있었다.

건설 산업에서 3차원 공간 모델링은 다양한 분야에 적용될 수 있으며, 요구되어지는 데이터의 정확성도 각기 다르다. 따라서 본 실험에서 얻어진 결과를 기반으로 향후 적용 분야에 따라 더욱 다양한 물체 표면의 특성 및 건설 현장에서 사용되는 다양한 형상을 가진 물체를 대상으로 SR-3000의 성능을 검증함으로써, 보다 정확하고 효율적인 3차원 공간 모델링을 하기 위한 기반자료로 활용할 수 있을 것이라 사료된다.

참고문헌

1. 김창완, "건설장비 자동화를 위한 레이저 거리측정기를 이용한 인간지원 3차원 공간 모델링", 대한건축학회논문집, 22권 1호, 2006
2. Anderson, D., et al., "Experimental Characterization of Commercial Flash Ladar Devices", International Conference on Sensing Technologies, Palmerston North, New Zealand, 2005
3. Bosche, et al., "3D CAD Drawing as a Priori Knowledge for Machine Vision in Construction." AISIM 2005, 1st Annual Inter-University Symposium on Infrastructure Management, 2006, pp. 1-19
4. Cheok, G. S., et al., "Status of the NIST 3D Imaging

- System Performance Evaluation Facility, Proceedings of SPIE, Vol. 6214, 2006
5. Cho, Y., and Haas, C., "Rapid Geomatic Modeling for Unstructured Construction Workspaces," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 18, 2003, pp. 242-253
 6. Guðmundsson, S. A., "Robot Vision Applications Using the CSEM SwissRanger Camera." Ph. D. thesis, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark, 2006
 7. Kahlmann, T., et al. "Range Imaging Technology: New Developments and Applications for People Identification and Tracking." Conference on Videometrics 4th, part of the IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging 2007 in San Jose, CA USA, 6491, 2007
 8. Khoury, H. M. and Kamat, V. R., "Automated Georeferenced User Position Tracking for Contextual Information Retrieval on Construction Sites", 24th International Symposium on Automation & Robotics in Construction, Construction Automation Group, I.I.T. Madras, 2007
 9. Kweon, I. S., et al., "Experimental Characterization of the Perceptron Laser Rangehder", Tech. Rep. CMU-RI-TR-91-1, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University, 1991
 10. Teizer, J., et al., "Framework for Real-Time Three-Dimensional Modeling of Infrastructure" Transportation Research Record, Transportation Research Board, Vol. 1913, 2005, pp. 177-186

Abstract

Today's dynamic nature of the construction environment requires management systems to be active enough to take real-time decisions. For real-time decision making, effective 3D spatial information acquisition is imperative. Various 3D data acquisition technologies are being developed and tested for 3D spatial information acquisition and its use for wide range of areas in the construction industry, however, there are shortcomings in these technologies. The major problems are long processing time and high cost which make current technologies impossible to be used for real-time applications. Laser-based Flash LADAR that illuminates the entire scene with diffuse laser light is comparatively fast and cost effective, therefore it is well suited for 3D spatial modeling of dynamic environment on a construction site. This paper presents experimental results to evaluate the performance of flash LADAR and discuss issues of applicability of Flash LADAR to 3D spatial modeling on a construction site.

Keywords : 3D Spatial Data Acquisition and Modeling, Flash LADAR, Dynamic Environment
