

## 지상레이저스캐너 성능평가를 위한 테스트베드 구축 방안

이 인 수\* · 차 득 기\*\* · 김 수 정\*\*\* · 김 진\*\*\*\*

### Test-Bed Establishment Scheme for Terrestrial Laser Scanner' Performance Evaluation

Lee, In Su\* · Tcha, Dek Ki\*\* · Kim, Su Jeong\*\*\* · Kim Jin\*\*\*\*

#### 요 약

3차원 지상레이저스캐너는 짧은 시간에 대상물의 수많은 위치에 대한 고정도의 3차원 좌표를 얻을 수 있는 장비로서 측지분야를 포함하여 토목공학, 고고학 및 건축, 그리고 응급서비스 및 국방 등 다양한 분야에서 널리 응용되고 있다. 그러나 국내에서 이용되는 지상레이저스캐너 장비는 대부분 외국에서 수입되고 있으며, 현재 측량장비로서 공인되지 않은 상태이다. 따라서 지상레이저스캐너를 다양한 분야에서 활용하기 위해서는 장비 검정과 성능평가를 위한 실외 표준 테스트베드가 필요하다. 본 연구에서는 지상레이저스캐너의 테스트베드 구축과 관련하여 국외 사례를 고찰하여 이를 통해 국내 테스트베드 구축 방안을 제시하고자 한다.

**주요어** : 지상레이저스캐너, 지상 레이저 스캐닝, 측량장비, 테스트베드

**ABSTRACT** : 3D terrestrial laser scanners record high precision three-dimensional coordinates of numerous points on an object surface in a short period of time, and is applied to a wide variety of fields including geodesy, and civil engineering, archaeology and architecture, and emergency service and defence, etc. However, most of terrestrial laser scanner utilized in homeland, were imported from foreign country, and also was not authorized formally as the surveying instrument. Therefore, standard test facility to calibrate and perform its evaluation in order to utilize it in a variety of fields is required. This study deals with the test facility of foreign countries for

---

\*정회원, 주저자, 대한지적공사 지적연구원 책임연구원(ilee0614@yahoo.co.kr)

\*\*대한지적공사 지적연구원 수석연구원(tcha@kcsc.co.kr)

\*\*\*대한지적공사 지적연구원 연구원(ksg05@kcsc.co.kr)

\*\*\*\*교신저자, 대한지적공사 지적연구원 수석연구원(kj06@kcsc.co.kr)

terrestrial laser scanner and suggest the establishment scheme of domestic test facility.

**Keywords** : Terrestrial laser scanning, Terrestrial laser scanner, Total Station Surveying, Reconnaissance surveying

## 1. 서론

현재 국내적으로 「공간정보산업 진흥법」, 「국가 공간정보에 관한 법률」, 「유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법률」 등 공간정보를 활용한 산업육성이 활발히 진행되고 있다. 그리고 이 분야의 성장을 적극 지원하기 위해 국가 R&D 정책 역량강화, 공간정보취득 용 장비의 국산화 시도, 그리고 각종 공간정보의 표준화 연구도 활성화 되고 있다. 또한 공간정보 취득을 위해서 항공사진측량시스템, 항공LiDAR, 그리고 지상레이저스캐너(TLS: Terrestrial Laser Scanner, or ground-based laser scanner, tripod-based laser scanner) 등이 널리 이용되고 있다. 이 중 지상레이저스캐너는 짧은 시간에 수백만 개의 3차원좌표(X, Y, Z)와 영상(image)을 동시에 취득할 수 있다. 지상레이저스캐너는 1960년대 지상레이저스캐너(LADAR: Laser Detection and Ranging) 기술이 도입된 이후 매우 짧은 기간 동안 다양한 분야에서 지속적으로 이용되고 있다. 또한 LADAR은 U-city 등의 3D 모델링 및 도시계획<sup>1)2)</sup>, 자동화, 지도제작, 측량, 자동 차량항법, 제조 산업과 품질검사, 광역기후모니터링, 그리고 안전 분야 등에서 널리 이용되고 있다. LADAR 기술을 이용한 활용분야가 증가함에 따라 장비검정(instrumental calibration) 및 성능평가 시설(performance evaluation facility)의 구축이 필요하게 되었다.<sup>6)</sup> 본 연구는 현재 3D 영상정보 시스템으로서의 지상레이저스캐너의

성능과 최종성과물의 품질을 평가할 수 있는 실외 테스트베드 구축(안) 제시를 그 목적으로 한다. 그리고 연구대상은 지상레이저스캐너의 테스트베드 구축 계획으로 한정하고, 공간적 범위는 실내와 실외시설, 내용적 범위는 지상레이저스캐너의 성능평가항목과 테스트베드 구성요소의 조사로 한정하였다.

이와 같은 연구대상과 연구범위를 효율적으로 조사·분석하기 위해 선택한 조사방법은 문헌조사 기법 접근방법은 자료수집 및 검토를 중심으로 한 비교분석 기법을 사용하였다.

## 2. 테스트베드 소개

### 2.1 개요

‘테스트베드’란 시험의 장, 또는 어떤 테스트를 하기 위해 실제와 동일한 환경을 만들어 놓고 실험을 하는 경우, 실제와 동일한 환경 내지 결과 예측이 가능한 실제와 비슷한 가상환경을 말한다.

현재 지상레이저스캐너를 포함한 3D 영상 시스템은 그 활용범위는 넓지만 이 시스템의 성능과 이들 원시자료로부터 도출된 최종성과물을 평가할 수 있는 표준 성능평가 시설, 그리고 표준 프로토콜(standard protocols)이 마련되어 있지 않다. ‘성능 평가시설’은 독립적으로 3D 영상 시스템의 성능 평가 기준과 테스트 프로토콜 개발을 위한 테스트베드이다. 여

기서 ‘표준 프로토콜’은 장비성능을 공정하게 비교하고 제조업자의 주장을 점검할 수 있는 도구를 제공해주며 현장 검정표준 마련을 위한 기초자료를 제공하기도 한다.

그리고 지상레이저스캐너의 성능평가 시설과 관련하여 검정(calibration), 성능평가(performance evaluation), 그리고 인증(certification) 등 3가지 용어가 많이 이용된다. 첫째, ‘검정’은 장비의 변수 설정 및 조정을 일정 수준으로 맞추기 위해 장비의 하드웨어 특성을 결정하기 위해 수행된다. 둘째, ‘성능평가’는 성능판단/평가이며, 이것은 장비와 자료처리 소프트웨어가 사용자의 특정 요구사항을 얼마나 효율적으로 충족시켜 주는가를 결정하는 데 필요하다. 마지막으로 ‘인증’은 법률적 의미를 함축하고 있으며 프로토콜 규정에 따른 장비 실험과 측정표준에 의한 측정 결과 - 합격/불합격 - 를 포함한다. 일반적으로 실험은 공인 받은 실험실에서 이루어지며, 제품 인증은 자율이지만 고객은 인증이 없는 제품에 대해 부정적인 이미지를 가지게 된다<sup>6)</sup>

## 2.2 외국 테스트베드 현황 조사

현재 지상레이저스캐너의 테스트베드 연구는 유럽과 미국에서 가장 활발히 수행되고 있다. 특히 대표적인 테스트베드의 설치 예로는 미국의 NIST(National Institute of Standard and Technology), 캐나다의 NRCC(National Research Council of Canada), 영국의 Sira Limited, University of Glasgow의 3D-MATIC 연구실과 산업체의 컨소시엄, 독일의 i3Mainz의 공간정보 및 측량기술연구소(Institute for Spatial Information and Surveying Technology) 등이다.

## 2.3 선진사례

### 2.3.1 미국

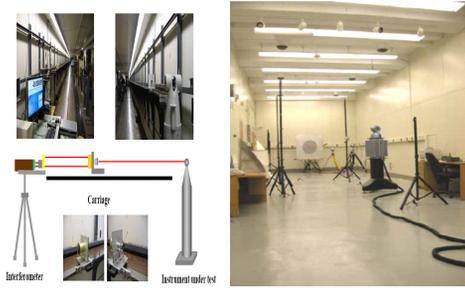
미국의 국가 표준기술원(NIST; National Institute of Standard and Technology)은 지상레이저스캐너의 성능평가를 위해 실내시설과 실외시설을 모두 구비하고 있다. 이들 시설은 평가기준과 테스트 프로토콜을 개발하고, 장비의 성능평가/판단기준을 제정하기 위해 설치되었다. 실내시설은 단거리의 고정도 장비의 평가가 가능하도록 압력, 온도, 습도 등이 잘 제어되며, 주로 인공물(artifact-based) 중심으로 구성되어 있다.

실외시설은 장거리용 장비를 검정하고 현장 조건별, 환경별 및 계절별로 실험을 할 수 있게 설계되어 있다. 특히 실외시설은 숲이 우거진 곳(wooded), 반개방지역(semi open), 도심지(urban) 지형 등 다양한 유형의 주위 환경으로 둘러싸여 있다. 또한 이곳에는 벤치마크(benchmarks)와 고층 시설(elevated facility)이 갖추어져 있다.<sup>6)</sup>

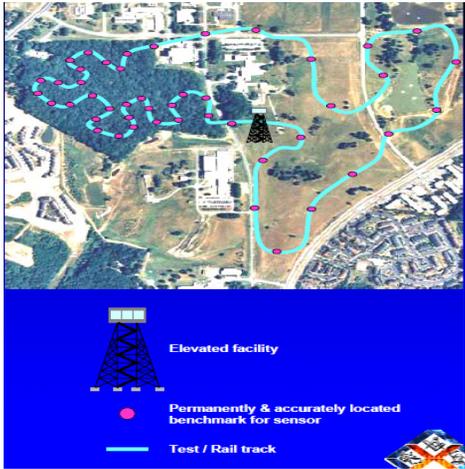
[그림 1]은 중단거리용 지상레이저스캐너의 성능평가용 실내시설(a)과 다양한 지형·지물로 구성된 장거리용 지상레이저스캐너의 성능평가용 실외시설(b)을 보여주고 있다.

### 2.3.2 영국

영국의 University of Glasgow의 3D-MATIC 연구실과 산업체의 컨소시엄은 2001년에 3차원 영상시스템(3D imaging system)의 성능을 평가하기 위한 시설을 구축하기 위해 연구프로그램을 시작하였다.<sup>11)12)</sup> 이 연구 프로젝트는



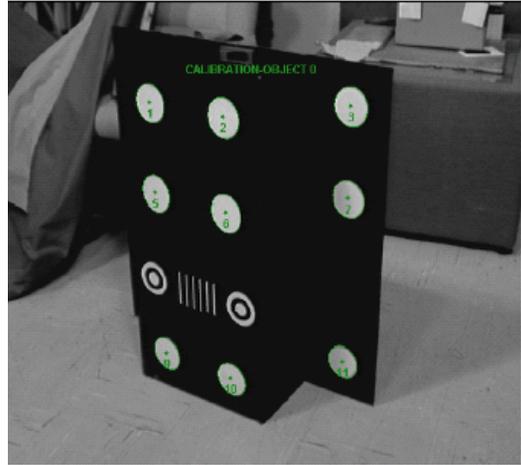
(a) 실내시설



(b) 실외시설

[그림 1] NIST<sup>6)</sup>, 미국

비-접촉 3차원 영상시스템(3D imaging system) 정확도에 영향을 주는 요인 조사, 시스템 정확도의 변화 범위를 결정하고 기하가 단순한 표준인공물에 의해 기하학적 정확도를 결정하기 위한 분석기법(methodology)을 개발하는 것이다. 여기서 3차원 영상시스템의 성능평가항목으로 첫째, 측정영역 전체에 대한 기하학적 정확도(geometric accuracy), 둘째, 타깃재질의 표면특성에 따른 측정시스템의 민감도(sensitivity) 평가<sup>5)</sup>를 선정하였다. 이 두 가지 성능평가항목은 상업용 제품과 연구시스템의 모든 응용분야의 다양한 테스트와 평가 프로그램에 이용될 것이다. [그림 2]는 자동적으



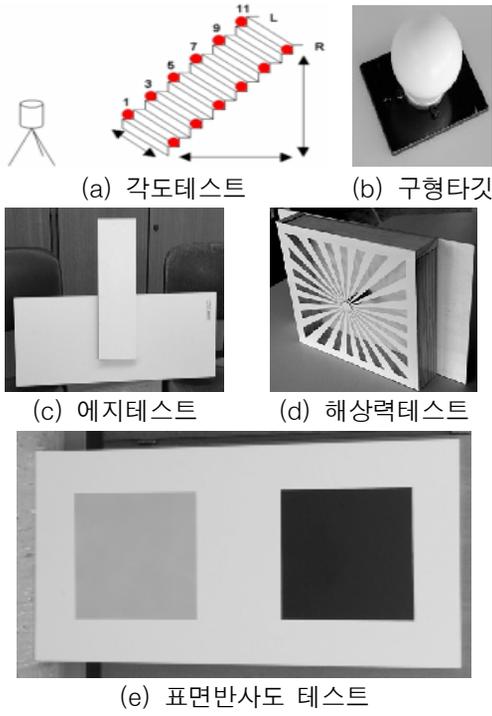
[그림 2] C3D 검정 연구소 실험장비<sup>12)</sup>, U.K.

로 위치인식이 가능한 타깃 원으로 이루어진 검정용 타깃이다.

### 2.3.3 독일

독일에서는 9가지 상업용 LADARs에 대한 성능평가를 i3mainz, Institute for Spatial Information and Surveying Technology에서 수행했다.<sup>9)</sup> 여기서 성능평가 항목에는 각도 정확도(angular accuracy), 도달거리 정확도(range accuracy), 해상력(resolution), 에지효과(edge effects) 그리고 표면 반사도(surface reflectivity) 등이 포함된다.

[그림 3]은 독일 연구소에서 지상레이저스캐너 성능평가에 이용한 인공조형 실험도구를 보여주고 있다. 흰색 구형 타깃(white spherical targets)은 상대거리를 결정하는 데 사용되었고 [그림 3(b)], 평면 타깃(planar targets)은 도달거리 정확도를 평가하는 데 사용되었으며 계단 위 구형 타깃의 혼합형 인공물 [그림 3(a)]은 각도 정확도를 평가하는 데 사용되었다. [그림 3(d)]는 해상력실험, [그림 3(c)]는



[그림 3] 인공조형 실험도구<sup>5)</sup>

에지효과를 연구하는 데 사용되며 이 실험은 대부분 실내에서 이루어진다.

그리고 이 연구소는 H/W 측면에서 삼각측량 방식, 시간차(TOF; Time-of-flight)나 위상차 방식(phase difference)으로 거리를 측정하는 레인지 스캐너(ranging scanner) 등에 대한 상세 내용 - 제조업자, 이용 S/W, 도달거리, 홈페이지 주소 등을 제공하는 한편, S/W측면에서는 다양한 종류의 S/W 소개 및 개발업체 등에 대한 자세한 정보를 제공해 주고 있다.

또한 지상레이저스캐너(2-50m)의 성능평가 항목을 소개하고 있으며, 스캔시스템 평가, 후처리용 소프트웨어 및 현장운영 소프트웨어의 평가관련 자료도 제공해 주고 있다.

그리고 [그림 4]는 Technical University of Berlin에 있는 테스트베드로서 3차원 극좌표 -



[그림 4] TU 대학교 실내시설, 독일<sup>8)</sup>

수평방향, 수직방향 및 거리 - 를 측정하는 장비의 검정변수를 결정하기 위해 설치되었다. 이것은 15개 평면 검정패널로 구성되어 있다. 검정용 패널은 19mm이며 회색의 두꺼운 마분지로서 가능한 완벽하게 반구를 피복하기 위해 실험실의 여러 곳에 분포되어 있다. 검정용 패널은 약 1.0m x 1.3m, 실험실의 크기는 60m<sup>2</sup>, 그리고 높이는 약 3.2m이다.

### 2.3.4 스웨덴

스웨덴에서는 The Gävle GIS Institute of Sweden가 또한 실내실험실에서 3가지 상업용 LADAR의 성능을 평가하였다.<sup>5)</sup> 성능평가항목에는 도달거리 정확도, 3D 대상물의 정확한 묘사 - 에지효과와 입사각(angle of incidence), 그리고 측정 정확도에 대한 반사도의 효과가 포함된다.

평면의 목재용 타깃은 도달거리 정확도 평가에 사용되었다. 정확한 모형제작 정확도 평가를 위해 3개의 타깃을 이용하였다.

첫째, 두 개 판 중 하나는 기하학적 컷아웃(cut-out)이 제시되어 있으며 두 개 판은 일정 간격을 두고 설치되어 있고, 둘째, 각 면이 서로 다른 물질로 이루어진 상자가 있으며, 셋

째, 2개 금속판은 표면사이의 좁은 각을 측정하고 모델링하는 데 사용하였다.

### 2.3.5 캐나다

캐나다의 NRCC(National Research Council of Canada)는 LADAR의 개발과 검정/평가 업무를 담당하고 있다. [그림 5]는 NRCC에 있는 도량 시설(metrology facility)이다. NRCC는 지상레이저스캐너의 검정과 성능평가를 위해 온도 제어가 가능한 실험실 [그림 5(a)]을 만들었다. 그리고 NRCC 시설은 LADAR 성능평가를 위해 검정 절차/기법 그리고 인공물 [그림 5(b)와 5(c)]을 개발하였다.

NRC의 정보기술 연구원 (Institute for Information Technology of the NRC)에 있는 실험실은 기계비전센스(machine vision sensor)와 시스템의 검정과 평가를 위해 설립되었다. 그리고 실험실에서는 구체적으로 다음과 같은 업무가 수행된다.

- 다양한 유형의 센스와 시스템의 정확한 검정 수행
- 온도와 광원 등 다양한 환경조건에서의 변화와 시간에 따른 센서 안정성 모니터링
- 광범위하게 이용할 수 있는 특별히 고안된 표준 대상물과 고정밀도 위치결정 장치에 대한 시스템의 기하 측정 정확도 평가
- 타깃과 에지 측정, 다중 뷰 등록(multi-view registration), 모델기반 인식 및 센서 융합과 같은 컴퓨터 비전 알고리즘을 평가 한다.<sup>4)</sup>

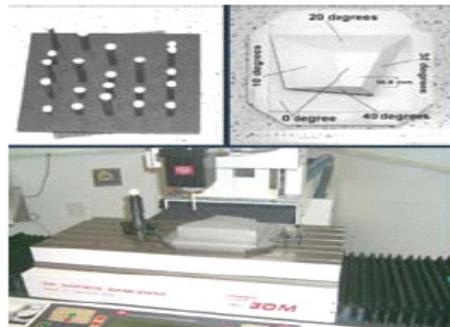
[그림 6]은 NRCC의 정보기술 연구소에 3차원 영상 도량형 연구를 위해 설치된 시설이다.



(a) 실험실 내부



(b) 타깃 배열



(c) 실험도구

[그림 5] 실험시설, NRCC, 캐나다



[그림 6] 3D 영상 계측 실험실<sup>10)</sup>, NRCC, 캐나다

### 2.3.6 이탈리아

이탈리아의 University of Ferrara에서는 역사적 건물을 사용해서 현장에서 지상레이저스캐너의 성능을 평가하였다. 여기에서는 거리와 입사각의 함수로서 도달거리의 정확도를 평가하였다.

그리고 <표 1>은 국가별로 운영하고 있는 지상레이저스캐너의 성능평가 항목들을 포함하고 있다. 또한 <표 2>는 성능평가에 사용된 객체를 국가별로 정리한 것이다.

<표 1> 성능평가 항목

국가	항 목
영국	기하학적 정확도, 표면특성별 민감도 분석
캐나다	기하학적 정확도, 타깃과 에지 측정
이탈리아	도달거리 정확도
스웨덴	도달거리 정확도, 3차원 객체의 모델링 정확도 모델링-에지 효과 및 입사각, 반사도 효과
독일	각도 정확도, 도달거리 정확도, 해상력, 에지 효과, 표면 반사도

<표 2> 성능평가에 사용된 객체

국가	내 용
이탈리아	역사적 건물
스웨덴	평면의 목재용 타깃
독일	구, 계단, 보드, 슬롯(slots)

## 3. 테스트베드 설치방안

현재 지상레이저스캐너는 다양한 분야에서 널리 이용되고 있지만 이의 성능 검정/평가를 위한 시설, 테스트 기법 그리고 용어의 통일

작업 등은 초보단계를 견고 있다. 그러나 미국의 NIST, 캐나다의 NRCC 등이 주축이 되어 이와 같은 작업을 추진하기 위해 관련 위원회를 만드는 등 분주히 노력하고 있는 단계이다.

따라서 이 연구에서는 테스트베드 설치 및 운영, 활용방안 등을 제시함에 있어 지상레이저스캐너의 국내 활용분야 및 외국의 연구 흐름 등을 고려하고자 한다.

### 3.1 지역선정

국내 테스트베드 설치 시 우선 고려사항은 설치 부지의 크기이다. 실외의 경우 지상레이저 스캐너의 도달거리에 따라 상이하지만 중거리용은 약 300 m, 장거리용은 1km 이상까지도 스캐닝이 가능한 장비가 국내에도 도입되어 있으므로 1km~2km의 거리가 되어야 할 것이다. 가장 적합한 테스트베드 설치 위치는 관리 또는 운영기관(공공기관, 대학교, 국토지리정보원, 지상레이저스캐너 관련 업체나 연구소) 과의 거리가 가까운 지역을 선정하여야 한다.

그리고 테스트베드로서 역할을 하기 위해서는 항상 이용이 가능하고 테스트베드 내에 설치된 기준점, 벤치마크, 그리고 인공구조물이나 자연지형 등이 영구히 잘 보존되는 곳이어야 한다. 또 다른 공간정보 취득 장비(예, 항공라이다, 항공사진측량 시스템, 지하시설물 탐사 장비, 기타) 의 테스트 베드와 공동으로 설치되면 예산절감 및 부지 관리측면에서 효율성이 클 것으로 기대된다.

### 3.2 실내외 시설

지상레이저스캐너의 성능 검정/평가를 위한

시설은 실내시설과 실외시설로 구성된다. 실내시설은 단거리 및 중거리용 장비를 위해, 그리고 실외시설은 중·장거리 장비의 성능을 검증하고 평가하는 데 사용될 수 있다.

### 3.2.1 실내시설

실내시설은 단거리용과 중거리용 (< 50m) 지상레이저스캐너를 정확히 평가하기 위해 인공물 중심으로 설계가 이루어져야 할 것이며, 또한 정확한 지상레이저스캐너의 성능평가 및 검정을 위해 내부는 온도, 대기, 습기 등이 제어될 수 있도록 설계되어야 할 것이다. 실내시설에서 빠트릴 수 없는 것이 실험에 사용되는 인공물이다. 특히 인공물은 해상력, 각도 정확도, 도달거리 정확도, 에지 효과, 표면 반사도 등의 요소를 충분히 반영할 수 있어야 한다.

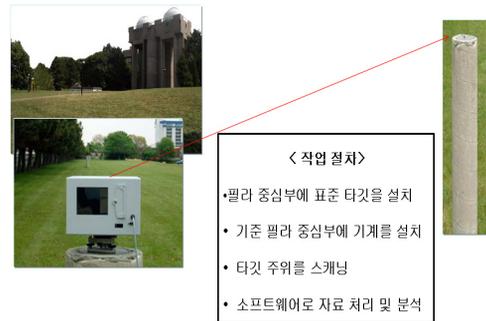
그리고 실내시설의 크기와 유형은 일정하지 않으므로 외국의 실내시설, 지상레이저스캐너 관련 업체, 그리고 한국표준과학원 등이 보유하고 있는 실내시설 등을 고려하여 설계하는 것도 고려해 볼 만하다. 그래서 실내시설의 경우, 테스트베드에 직접 설치하기보다는 위 기관의 실내시설을 활용함으로써 예산 절감 효과와 장비 성능평가 등의 업무 효율성에도 크게 기여할 것으로 판단된다.

### 3.2.2 실외시설

실외시설은 주로 장거리용 지상레이저스캐너를 개발하기 위해 현실을 고려한 실질적인 환경에서 구축되어야 한다. 여기에는 기준점, 다양한 유형의 지형·지물이 망라되어 있어야 하며, 표준 타깃의 설치가 가능한 필라형(pillar)

기준점 및 일정한 높이 이상의 고층시설도 포함되어야 할 것이다. 그리고 다양한 환경별 및 계절별 평가도 가능하도록 설계되어야 할 것이며 무엇보다 측량성능기기 검사장에서 이루어지는 측정기능을 수행할 수 있도록 설계되어야 할 것이다. 특히 장거리용 지상레이저스캐너의 성능평가를 위해 EDM이나 Totalstation의 검기선장의 활용 방안에 대한 논의도 이루어져야 한다.

[그림 7]은 캐나다 Optech의 장거리용 지상레이저스캐너의 성능평가 모습을 보여주는 하나의 예이다. 그리고 [그림 8]은 본 연구에서 제안하는 테스트베드로서 여기에는 인공



[그림 7] EDM 기선장을 이용한 지상레이저스캐너 성능 평가<sup>7)</sup>



[그림 8] 실외 테스트베드 조감도

구조물, 표준타깃 설치를 위한 필라형(pillar) 기준점, 그리고 다양한 계절별 및 현장조건을 고려한 실험환경이 필요할 것이다. 특히 지상 레이저스캐너의 성능평가를 위한 테스트베드는 현재 세계적으로 많이 알려져 있지 않으므로 향후 지속적인 연구를 통해 국내 환경에 적합한 시설을 설계하고 구축하는 것이 바람직할 것이다.

### 3.3 테스트베드 운영방안

테스트베드 설치 후에 정상적인 가동을 위해서는 체계적인 운영과 유지관리 방안이 제시되어야 한다. 즉 국내에 도입되는 다양한 지상레이저스캐너의 종류를 고려한 테스트베드의 향후 확장성을 고려하고 운영과 유지관리에 따른 문제점 등을 최소화할 수 있도록 하여야 한다. 또한 설치된 테스트베드에 대해서 주기적으로 검측측량을 수행하여야 하며, 운영이나 활용과 관련된 규정, 지침 등의 법·제도적인 측면을 정비하여야만 향후 원활한 운영이 가능하다.

#### 3.3.1 관리주체

본 연구에서 제안하는 테스트베드는 지상 부문 3차원 공간정보 취득용 및 측량용으로 이용되는 지상레이저스캐너의 성능평가를 목표로 하므로 지도제작 대표기관인 국토지리정보원이 관리주체가 되어야 한다. 하지만 국토지리정보원이 직접 테스트베드를 유지 관리하기 위해서는 새로운 인력충원과 업무과중 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 국토지리정보원은 설치, 이용 수수료 결정, 법제도 정비 등 중요사안에 대한 결정권만 가지고 유

지관리는 국토지리정보원이 지정하는 측량기기 성능검사 대행기관 및 지상레이저스캐너 관련 기술보유 업체나 연구소에 위탁하는 방안이 합리적일 것으로 사료된다.

#### 3.3.2 법·제도 정비

본 연구에서 제안하는 지상레이저스캐너 검정을 위해 테스트 필드를 운영할 시에 고려되어야 하는 부분은 이용 수수료의 결정, 관련분야의 작업규정 및 절차, 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」(안) 등 법·제도적인 뒷받침이 있어야 한다. 따라서 현재 운영 중인 「측량법」에 제시되어 있는 측량기기 성능검사에 대한 항목에 지상레이저스캐너에 대한 검정을 의무조항으로 삽입시켜야 할 필요성이 있다. 더불어 다양한 지상레이저스캐너의 성능평가를 위해 테스트베드에 설치할 표준 타깃의 규격 제정, 테스트기법 및 테스트 항목 선정 등도 이루어져야 할 것이다.

특히 항공라이다, 항공사진촬영시스템, 지상레이저스캐너, 위성 및 항공기반(satellite-borne and airborne) 영상취득시스템, 지상모바일매핑시스템 등의 국내 시장에서의 활성화를 위해서는 국제수준의 ‘용어(terminology),’ ‘테스트 기법(test method),’ ‘작업지침(best practice),’ ‘데이터호환성(data interoperability),’ 테스트용 타깃 등에 관한 표준 제정이 절실하다. 현재 위 작업은 국제적으로 미국을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 따라서 국내에서도 이런 국제적 흐름에 보조를 맞추기 위해 3D 영상시스템 분야의 전문가들로 구성된 3D 영상시스템 표준화위원회(가칭)의 설치도 요구된다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 외국의 문헌 및 자료조사를 통해 지상레이저스캐너의 검정 및 성능평가를 위한 국내 테스트베드 구축방안을 제시하고자 하였다.

이 연구를 통하여 국내 테스트베드 설치 시 고려되어야 할 내용을 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 지상레이저스캐너용 테스트베드는 실내시설과 실외시설로 나누어 구분되어야 하며, 설치위치는 실내시설은 지상레이저스캐너 개발업체와 관련기술 보유기관, 그리고 실외시설은 관리 또는 운영기관 (공공기관, 대학교, 국토지리정보원, 지상레이저스캐너 관련 업체나 연구소) 과의 거리가 가까운 지역을 선정하여야 한다. 관리기관은 국토지리정보원, 운영 및 유지관리는 지상레이저스캐너 개발업체와 관련기술 보유기관 등에 위탁하는 방안이 현실적일 것이다.

둘째, 지상레이저스캐너용 테스트베드 크기는 실내시설은 중거리용(< 50m)에 맞게 설계하고, 실외시설은 현재 국내에 도입되어 있는 지상레이저스캐너 들을 고려하여 1km~2km의 거리가 적당할 것으로 판단된다.

셋째, 지상레이저스캐너의 성능평가를 효율적으로 구성하기 위해서는 용어통일, 테스트기법, 테스트 타깃, 그리고 데이터 포맷 등에 대한 표준화가 시급히 이루어져야 할 것이다.

넷째, 지상레이저스캐너용 테스트베드의 효율적인 운영 및 관리를 구현할 수 있도록 법·제도 제정 또는 정비가 필요하다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(과제번호07국토정보C02-2-2-03)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. 김정훈, 조춘만, 2008, 유비쿼터스 시대를 대비한 U-city 계획체계 정립 방안, The Journal of GIS Association of Korea, Vol, 16, No. 1, pp. 129-144.
2. 이인수, 지상라이다를 이용한 건축물의 3차원 경계 추출, The Journal of GIS Association of Korea, Vol. 15, No. 1 pp. 53-65.
3. Beraldin, J.-A., Blais, F, El-Hakim, S, Cournoyer, L. and Picard, M., 2007 Traceable 3D Imaging Metrology: Evaluation of 3D Digitizing Techniques in a Dedicated Metrology Laboratory, published in at The 8th Conference on Optical 3-D Measurement Techniques. Zurich, Switzerland. July 9-12, 2007. NRC 49306.
4. Beraldin, J.-A. 2004, "Integration of laser scanning and close-range photogrammetry-The last decade and beyond," XXth Congress. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Istanbul, Turkey. July 12-23,. Commission VII, pp. 972-983.
5. Boehler, W., M. Bordas Vicent, A. Marbs, 2003, "Investigating Laser Scanner Accuracy," presented at the XIXth CIPA. Symposium at Antalya, Turkey, 30 Sept. - 4 Oct.
6. Cheok, G.S. and C. Stone, William, 2004, "Performance evaluation facility for LADARs,"

- aerosense v2.
7. Eric Martin, 2003, "Calibration verification for Lang Range Tripod-based Terrestrial Laser Scanner," proceeding of the LADAR Calibration Facility Workshop; Appendix H, June 12-13, National States Department of Commerce Technology Administration, U.S.A.
  8. Frank GIELSDORF, Andreas RIETDORF and Lothar GRUENDIG, 2004, A Concept for the Calibration of Terrestrial Laser Scanners, FIG Working Week 2004, Athens, Greece, May 22-27.
  9. Johansson, J. M, 2002, "Explorations into the Behavior of Three Different High-Resolution Ground-Based Laser Scanners in the Built Environment," Proc. of the CIPA WG6 Int. Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording,  
<http://www.isprs.org/commission5/workshop>.
  10. Marshall, S. J. and J. H. Gilby, 2001, "New Opportunities in Non-Contact 3D Measurement," Proceedings of National Measurement Conference, Harrogate, UK.
  11. Marshall, S.J, D. N. Whiteford, and R. Rixon, 2001, "Assessing the Performance of 3D Whole Body Imaging System," Proceedings of the 6th Numérisation 3D / Scanning 2001, Congress, Paris, France.
  12. Siebert, J.P. and S J Marshall, 2000, "Human body 3D imaging by speckle texture projection photogrammetry," Sensor Review 20 3, 218-226.
- 
- 접수일 (2009년 3월 4일)  
최종수정일 (2009년 4월 17일)  
게재확정일 (2009년 4월 17일)