

지상 레이저 스캐닝 기법을 이용한 해안 지형 추출

Extraction of Coastal Topography Using Terrestrial Laser Scanning Technique

이종출¹⁾·이용희²⁾·문두열³⁾·서동주⁴⁾

Lee, Jong Chool·Lee, Yong Hee·Mun, Du Yeoul·Seo, Dong Ju

¹⁾ 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)

²⁾ 가야대학교 도시개발학과 교수 (E-mail:yhlee0515@korea.com)

³⁾ 동의대학교 공과대학 토목공학과 교수 (E-mail:dymun@hyomin.dongeeui.ac.kr)

⁴⁾ 부경대학교 산업과학기술연구소 전임연구원 공학박사 (E-mail:dpsdj@mail1.pknu.ac.kr)

Abstract

A laser scanning technique has been attracting much attention as a new technology to acquire location information. This technique might be applicable to a wide range of areas, most notably in geomatics, due to its high accuracy of location and automation of high-density data acquisition.

In this study, the coastline was extracted using laser scanning. Through this laser scanning technique, efficient change detection of coast section can be ensured and also they can provide important information to be used when detecting a coast section in the future.

1. 서론

오늘날 물류산업 등의 중요성이 증대되면서 우리나라의 지리적·경제적 이점을 최대한 활용할 수 있는 해안 및 항만을 확보하기 위한 노력이 증대되고 있다. 또한 태풍, 해일 등과 같은 자연재해 등으로 인한 기존의 해안 및 항만 시설물이 파괴 또는 훼손되고, 이로 인한 새로운 시설물 건설이 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 새로운 해안 구조물의 건설 등으로 인해 해빈유실, 해변변형 및 백사장 감소 등과 같은 자연환경과 생태계가 손상되는 사례가 많다. 이러한 경우 지속적으로 나타나는 해안지형의 변화 모니터링이 필수적이며, 이러한 변화를 분석하기 위한 다양한 기법들이 제시되어 왔다. 본 연구의 목적은 높은 위치정확도, 고밀도 자료 취득이 용이한 레이저 스캐닝 기술을 이용하여 다양한 변화 추이를 나타내는 해안지형을 관측하고, 이를 분석하는 것이다.

지금까지 해안지형을 추출하기 위한 대부분의 연구는 항공사진과 수준측량을 병행한 방법, RTK

측위기법에 의한 방법, Total Station에 의한 방법 등을 적용해 왔으나, 최근 정량적인 3차원 위치정보와 정성적인 영상 정보를 동시에 취득할 수 있는 LiDAR 시스템을 이용하여 해안지형을 분석하는 연구가 활발히 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 LiDAR 자료의 점밀도와 정확도를 이용하여 백사장의 모래유실, 백사장의 면적 등을 분석하기에는 많은 어려움이 따른다.

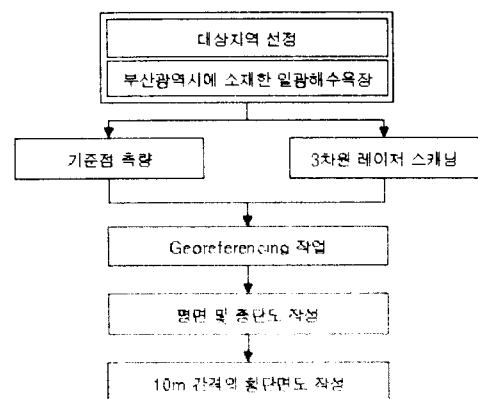


그림 1 연구 흐름도

따라서 본 연구에서는 지상에서 높은 위치정확도의 고밀도 자료를 취득할 수 있는 레이저 스캐너를 활용하여 해수욕장의 모래유실 등과 같은 변화 추이를 분석하기 위한 기초적 연구를 수행하고자 한다. 종래에 비교적 근거리에서 대상물의 형상 해석에 국한되어 이루어졌던 레이저 스캐닝 기술의 활용은 2000년대 초반 고정밀도의 중·장거리용 레이저 스캐너의 보급으로 인해 다양한 분야에서 그 활용 범위가 증대되고 있다. 본 연구는 그림 1에 나타낸 일련의 과정을 통해 수행되었다.

2. 레이저 스캐닝에 의한 위치 결정

3차원 레이저 스캐너는 레이저가 물체에 반사되어 수신되는 시간차 또는 위상차를 관측하여 물체까지의 거리를 계산하고, 각종 물리량을 분석하는 최신 장비이다. 고정밀도의 자료를 신속히 취득할 수 있는 장점이 있어서 최근 측정 정밀도에 대한 관심과 부합하여 그 활용이 증대되고 있다.

2.1 레이저의 특성

레이저의 동작원리는 1917년 Albert Einstein이 빛과 물질의 상호작용에 있어서 유도방출 과정이 있음을 이론적으로 보인 것이 시초이다. 그 후 1950년대 초반 Charles H. Townes가 암모니아에서 마이크로파의 유도방출이 실험적으로 가능함을 처음으로 보였다. 곧이어 가시광 영역에도 유도방출에 의한 빛의 증폭이 가능함이 Charles H. Townes와 Arther L. Schawlow의 연구에서 밝혀졌고, 실제로 1960년 Hughes 연구소의 Theodore H. Maiman에 의해 가시광 영역인 694.3nm의 루비 레이저광이 최초로 발진되었다. 현재 여러 형태의 레이저가 등장하였으며, CD, DVD와 같은 음향영상장비, 프린터, 거리관측, 바코드 인식, 안과, 치과용 의료장비 등 다양한 용도로 사용되고 있으며, 레이저를 이용한 빛의 공연 등을 통해 예술장르에도 활용하고 있다. 입사광이 에너지 준위와 상호작용하는 방법으로는 그림 2와 같이 크게 형광, 흡수 및 유도방출이 있다. 형광은 상위 에너지 준위의 원자가 하위 에너지 준위로 자발적으로 감쇄해서 에너지 차를 방출하는 것이고, 흡수는 입사광이 낮은 에너지 준위에 있는 원자나 분

자와 상호작용하여 더 높은 에너지 준위로 올라가는 현상이다. 그러나 레이저는 하나의 입사광이 하나의 원자와 상호작용하여 2개의 입사광을 방출하는 유도방출의 원리에 의해 나타난다. 이렇게 생성된 2개의 입사광은 같은 진동수를 갖고, 같은 방향으로 진행하며, 그들이 관련된 전기장과 같은 위상을 갖는다. 이로 인해 ① 단색성이 뛰어나며, ② 위상이 고르고 간섭현상이 일어나기 쉬우며, ③ 퍼지지 않고 직진하며 집광성이 좋고, ④ 에너지 밀도가 크다는 특징이 있다.

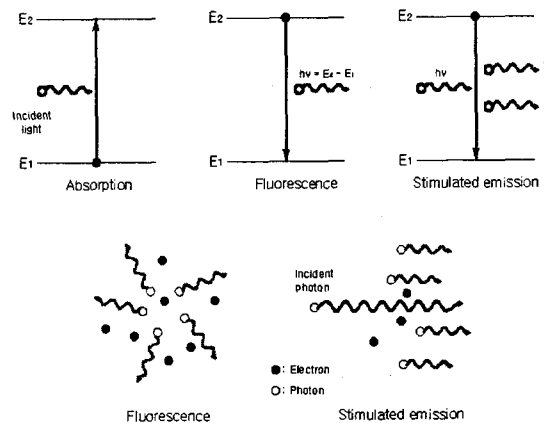


그림 2. 입사광과 에너지 준위 사이의 상호 작용 방법

2.2 3차원 레이저 스캐닝

레이저 스캐너는 측정원리에 따라 TOF(Time-Of-Flight) 방식, 위상변위 방식, 삼각측량 방식으로 구분된다. 이러한 측정원리는 거리 및 범위, 측정정확도, 스캐닝 속도에 있어서 표 1과 같은 특징을 지닌다.

표 1. 측정원리에 따른 레이저 스캐닝 기법의 특성

측정원리	거리(m)	정확도(mm)	측정속도
TOF 방식	< 100	< 10	slow
	< 1000	< 20	
위상차 방식	< 100	< 10	fast
삼각측량 방식	< 5	< 1	fast

일반적으로 측량분야에서는 TOF 방식과 위상차 방식을 활용하고 있으며, 삼각측량 방식은 인스펙션 또는 리버스 엔지니어링 분야에서 주로 활용되고 있다. 특히 LiDAR 시스템에서는 레이저의 고출력, 관측범위 등을 고려하여 관측거리가 가장 긴 TOF 방식을 사용하고 있다. 본 연구에서는 범위가 넓은 해안 지형을 스캐닝 대상으로 선

정하였으므로, 다른 방식에 비해 관측거리가 긴 TOF 방식의 레이저 스캐너를 이용하여 대상지역의 3차원 위치정보를 획득하였다.

하나의 대상물을 대상으로 취득된 연속된 스캔 자료(scan clouds)는 공간상의 상대적인 위치정합에 관련한 레지스트레이션(registration)과 절대좌표로의 변환에 관련한 지오레퍼런싱(georeferencing) 과정을 거치게 된다. 레지스트레이션은 그림 3에 나타난 것과 같이 서로 다른 위치에서 측정된 스캔 자료를 형상적으로 서로 공통되는 부분의 거리 차이를 이론적으로 0에 가깝게 하는 상대 위치를 계산하는 과정이다. 이는 스캔 자료들이 동일 좌표계를 형성할 수 있도록 좌표 변환을 실시하는 과정으로, 공간상에서의 이동 및 회전 요소에 의해 결정된다.

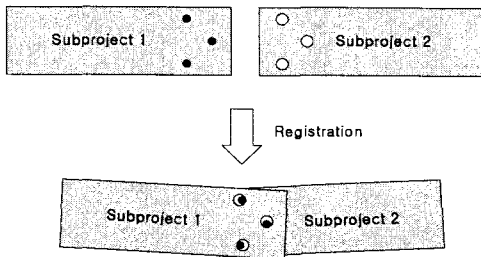


그림 3. 연속 스캔 자료의 레지스트레이션

레지스트레이션 과정을 거쳐 동일 좌표계를 형성한 스캔 자료들은 그림 4에 나타난 것과 같이 지오레퍼런싱을 통해 지상 기준점과 결합되어 대상물의 절대좌표로 변환된다.

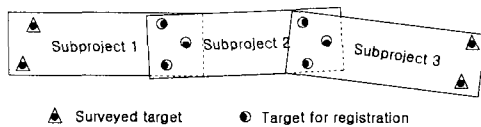


그림 4. 지오레퍼런싱의 원리

3. 자료 취득 및 분석

스캐닝을 위한 대상지역은 부산광역시 기장군에 소재한 일광해수욕장을 선정하였으며, 대상지역의 위치를 위성영상에 표시하면 그림 5와 같고, 전경은 그림 6과 같다.

스캐닝 작업에 앞서 기준점 측량을 진행하였으



그림 5. 대상지역의 위성영상

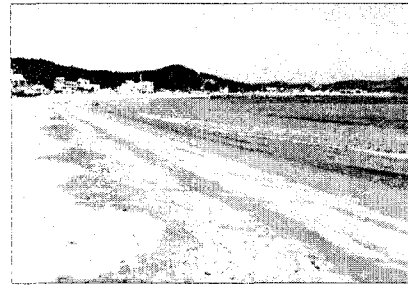


그림 6. 일광해수욕장의 전경

며, 관측에 사용된 장비는 Sokkia사에 제조한 SET 230RK3 모델을 사용하였으며, 본 장비는 프리즘 및 무프리즘 모드의 관측이 모두 가능하다. 기준점 측량에 사용된 프리즘 모드에서 $\pm (3\text{mm}+2\text{ppm})$ 의 정확도를 지닌다(Sokkia, 2006). 레이저 스캐닝을 위한 장비는 Trimble사에서 제조한 GX 모델의 스캐너를 사용하였다. 본 장비는 수평으로 360° , 수직으로 60° 의 시야각(field of view)을 가지며, 50m 거리에서 최대 3mm의 표준편차를 나타낸다. 또한 532nm의 가시광 영역의 레이저를 사용하기 때문에 RGB 정보의 획득도 가능하다.

본 연구대상지역은 백사장의 길이가 약 600m 정도이며, 전 구간을 스캐닝하기 위해서는 수차례 스캐닝 위치를 이동하면서 스캐닝 작업이 필요하다. 본 연구에서는 약 80m 간격으로 스캐너를 이동시켜 7차례 스캐닝을 실시하였으며, 전체 자료를 최종적으로 지오레퍼런싱한 결과는 그림 7과 같다.

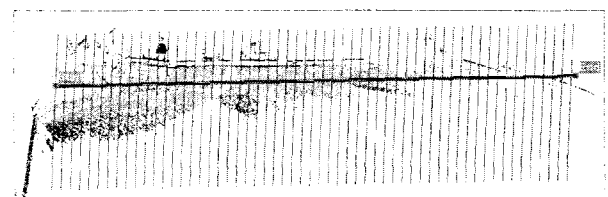


그림 7. 최종 처리된 결과 및 중·횡단선의 모습

그림 7에서와 같이 임의의 종단을 결정하고, 10m 간격으로 횡단을 추출할 수 있도록 하였다. 취득된 스캔 자료의 처리에는 Trimble사에서 개발한 RealWorks Survey를 이용하였다. RealWorks Survey는 점 자료의 처리 뿐만 아니라, 종단 및 횡단면도 작성을 자동으로 수행할 수 있으며, 스캐닝과 동시에 획득된 영상자료를 점 자료에 매칭시킬 수 있는 기능도 포함하고 있다. 그림 8(a)는 스캐닝 작업과 동시에 획득된 영상자료를 나타낸 것이며, 그림 8(b)는 획득된 영상자료와 점 자료의 매칭 전 모습, 그림 8(c)는 매칭 수의 모습을 나타낸 것이다.



(a) (b) (c)
그림 8. 점 자료와 영상자료의 매칭 결과

이렇게 매칭된 자료를 이용하여 해안선의 경계 추출이 가능하다. 또한 대상지역을 10m 간격으로 종단 및 횡단 정보를 추출하였다. 총 47개의 횡단면도를 작성할 수 있었으며, 그림 9는 추출된 점 자료를 이용하여 자동으로 추출된 횡단면도를 나타낸 것이고, 그림 10은 CAD 환경에서 횡단면도를 수정한 그림이다.

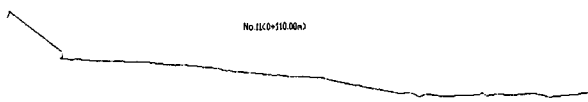


그림 9. 취득된 점 자료에 의해 자동으로 생성된 횡단면도

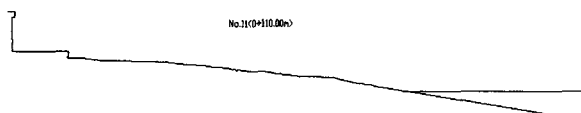


그림 10. CAD 환경에서 수정된 횡단면도

4. 결 론

높은 위치정확도, 고밀도 자료 취득이 용이한 레이저 스캐닝 기술을 이용하여 다양한 변화 추이를 나타내는 해안지형을 관측하고 이를 분석한 결

과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 지상 레이저 스캐닝 기술은 다른 기법에 비해 고밀도의 점 자료 취득이 가능하고, 이러한 자료를 이용함으로써 좀더 정확한 해수욕장 내의 횡단면도를 작성할 수 있었다. 둘째, 종래의 RTK-GPS 또는 Total Station으로 백사장의 지형을 관측할 경우, 백사장의 높이 결정에 수cm의 오차를 항상 포함하고 있었으나, 비접촉식 원리를 이용한 레이저 스캐닝 기법의 경우 이러한 높이 결정에서의 오류의 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 향후, 다년간의 해빈지형 변화, 모래유실량, 구조물의 설치에 따른 해안의 변화 등을 관측함으로써, 좀더 정확하고 합리적인 지형 모니터링이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 최철웅, 김영섭(2001), 수치항공사진을 이용한 해운대 해수욕장 해안선 변화에 관한 연구, 한국지리정보학회지, 제4권, 제4호, pp.39-50.
- 이형석, 엄대용, 장은숙(2005), 호안측량에 의한 해안침식 및 퇴적 변화량 모니터링, 한국지리정보학회지, 제8권 2호, pp.186-195.
- 위광재, 정재욱, 정현, 김용철(2006), 항공 LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출 및 평가, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp.451-456.
- 최운수, 황세열, 서병덕, 위광재(2004), LiDAR & SHOALS 기술을 이용한 해안선 측량 및 모니터링에 관한 연구, 한국의 해안선 정립을 위한 워크숍 논문집, pp.137-144.
- 오윤석(2005), LiDAR와 칼라항공영상을 이용한 산림지역 내 위험지역 판정기법 개발, 박사학위논문, 인하대학교, pp.38-39.
- 김진수(2007), 레이저 스캐닝 기법에 의한 도로기하정보시스템 개발, 박사학위논문, 부경대학교.
- A. Brzank, P. Lohmann, C. Heipke(2005), Automated extraction of pair wise structure lines using airborne laser scanner data in coastal areas, *ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop*, Enschede, Netherlands, September 12-14.