

항공 LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출 및 평가 Shoreline Extraction and Evaluation Using Airborne LiDAR Data

위광재¹⁾ · 정재욱²⁾ · 정 현³⁾ · 김용철⁴⁾

Wie, Gwang Jae · Jeong, Jae Wook · Jung, Hyun · Kim, Young Chul

¹⁾ 한진정보통신 GIS사업부문·성균관대 건설환경시스템공학과 박사과정 수료(E-mail:gjwe@hist.co.kr)

²⁾ 한진정보통신 GIS사업부문(E-mail:jwjeong@hist.co.kr)

³⁾ 국립해양조사원 측량과 해안선측량 담당(E-mail:junghuyn@nori.go.kr)

⁴⁾ 국립해양조사원 측량과 과장정(E-mail:kyc@nori.go.kr)

Abstract

Shoreline changes its shape and attribution dynamically by natural, unnatural acts and is the most important information for defining a countries territory. These shorelines can apply to frame work of MGIS, and they are getting important because we can implement the data for creating monitoring systems around coastal areas. This study proposed an algorithm for extracting shorelines automatically using a new developed Lidar data which is applied in ocean and coastal areas. Its result was compared to shorelines which were derived from ground survey. It showed stable shorelines in both natural, and artificial coast areas. It showed the possibility of extracting shorelines with LiDAR data and proved the method was more efficient and economical compared to recent studies and methods.

1. 서론

해안선은 자연적, 인위적 행위에 의해 끊임없이 그 형상과 특징이 변화하는 지역이다. 정확하고 시간의 변화에 따른 정확한 해안선의 형상과 위치를 정립하는 것은 해안지역의 각종 행정행위, 개발 및 연안자원에 대한 효율적 관리를 위하여 필수적인 요소이다. 또한 국가 관할 해역 설정의 기준이 되는 영해기점과 대륙붕 한계를 확정하는 기준선 확정 등에 활용되므로 국가의 영토를 결정짓는 중요한 정보임이 틀림없다. 현재까지의 해안선 조사 및 측량 방법에 있어서 기준점 측량, 수준측량, 수심측량, 지형측량, 조석관측, 지질조사, 지리조사 등의 현지조사와 측량으로 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 최근 들어 원격탐사(Remote Sensing) 센서의 발달로 인하여 해안지역 등을 비롯한 접근이 불가능한 지역에 대한 이해와 자료획득이 용이해지고 있다. 특히 항공레이저측량은 정량적인 3차원 위치정보와 정성적인 영상 정보를 동시에 취득하기 때문에 각광을 받고 있다. 또한 항공레이저측량(LIDAR)은 해안선을 따라 신속하고 정확한 높이 정보를 제공하고 있다. 이 분야의 기존 연구를 살펴보면 Jason(2002)등은 North Carolina, Cape Hatteras지역에 대해 항공 LIDAR 데이터를 이용하여 해안 언덕(coastal dunes)의 공간적 특성과, 해상도, 부피변화에 대해 연구하였으며 Stephen(2003)등은 LIDAR로부터 제작된 DEM을 이용하여 North Carolina 해안에 대한 형태학적 변화를 연구하였으며 Brzank(2005)는 해안지역의 항공레이저 데이터를 이용하여 자동으로 pair wise structure lines을 추출한 바 있다. 또한 NOAA에서는 Shilshole Bay에서 항공 LiDAR 데이터를 이용하여 해안선 지도제작(mapping)을 수행하였다. 국내에서는 해양조사원에서 실시하는 2005년 해안선 조사측량 시범 사업에 항공레이저 데이터를 이용한 해안선 추출을 포함하여 항공LiDAR 데이터의 해안선 분야의 사용 가능성을 검토하였다.

본 연구에서는 현행의 현지조사 및 측량을 통하여 추출한 해안선과 LIDAR를 이용하여 추출한 해안선의 결과를 비교, 평가하고자 한다. 이를 위하여 2005년 해양조사원에서 실시한 해안선 조사측량 시범

사업 지역인 함평만 지역을 대상으로 기존의 육상측량을 이용한 해안선 추출 결과와 LIDAR를 이용하여 추출한 해안선 결과를 이용하여 각 방법으로 추출된 해안선의 결과를 정성적 및 정량적으로 비교 분석하고 LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출 가능성을 제시하였다.

2. 항공레이저측량

2.1 LiDAR 시스템

항공레이저측량은 위치를 알고 있는 공간상의 한 점으로부터 레이저를 투과하여 지상에 존재하는 지형 및 지물에 대하여 3차원 위치를 결정하는 기술이다. 항공레이저측량의 원리는 항공기에 레이저 펄스 송수신기, GPS수신기 및 관성항법장치(IMU)를 동시에 탑재하여 비행방향을 따라 일정한 간격으로 위치를 측량한다. 이때 지상에 설치된 기준점으로부터 D-GPS기법에 의해 레이저 스캐너의 정확한 위치를 결정하고, 관성항법 장치에서 레이저 펄스의 회전각을 측정된 후, 지상에서 반사된 레이저 파의 정확한 수직거리를 결정한다.

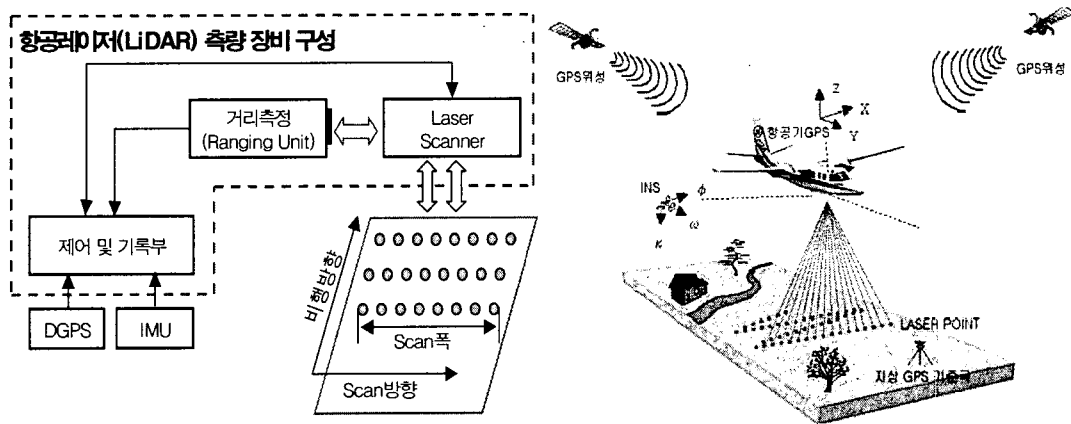


그림 1. LiDAR 시스템

2.2 연구대상지역

본 연구의 대상지역은 OO만 일대로 최근 해안선 조사측량이 시행된 지역으로 지상측량과 더불어 LiDAR측량을 실시하여 지상측량에 의한 해안선 추출결과와 LiDAR를 이용한 해안선 추출결과를 비교할 수 있으며, 인공해안선 및 자연해안선을 포함하는 다양한 지형이 함께 분포하는 지역이다.

2.3 데이터 취득

대상지역에 대한 LiDAR측량은 2005년 9월 9일~10일 비행으로 약 30개 스트립에서 42GB의 LiDAR 데이터를 취득하였고 비행고도는 약 1,400m 전후이며 취득된 LiDAR 데이터의 점밀도는 $3\text{points}/\text{m}^2$ 이다. 항공기 운항과 데이터 취득은 양호한 기상 및 GPS환경 조건에서 이루어졌으며, 저조시를 전후하여 실시하였다.

3. 해안선 추출

3.1 해안선

3.1.1 정의

일반적으로 해안선은 육지와 바다가 만나는 선을 의미한다. 그러나 이러한 해안선은 일정한 선이 아

니고 끊임없이 변동하고 있으며, 그 기준 또한 기준선에 따라 최저조일 때의 해안선을 저조해안선, 최고조일 때의 해안선을 고조해안선이라 하며 기준선에 따라 다르게 정의된다. 이 중 고조해안선은 국가 소유의 공유수면과 사유 토지의 경계를 나타내는데 적용되고 있으며, 저조해안선은 인근 해안 국가와의 해양 경계 및 대륙붕 한계선을 설정하는데 적용된다. 목적에 따른 해안선의 정의는 우리나라 연안관리법에서는 만조수위선, 지형도 도식적용규정에서는 만조시 수애선, 수로업무법에서는 약최고고조면(A.H.H.W)을 기준으로 하며, 본 연구에서는 해안선의 기준을 약최고고조면으로 결정하였다.

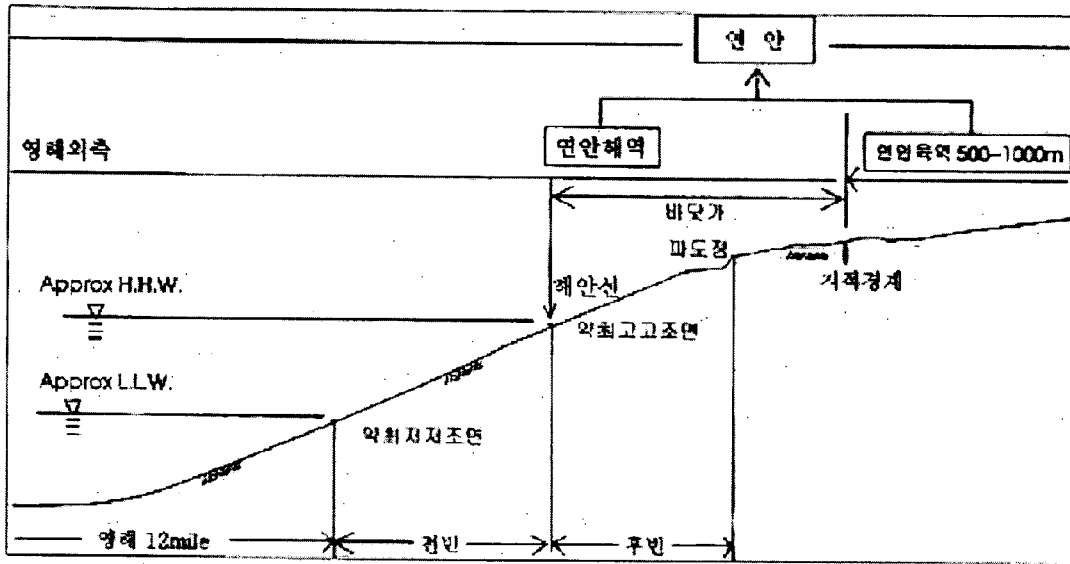


그림 2. 해안선 정의

3.1.2 연구지역의 조석관측

연구지역의 조석관측을 실시하고 조화분석을 통하여 조화상수 및 비조화상수를 산출한 후 수심의 경정과 해안선 설정에 필요한 약최고고조면을 산출하고 인천기준점표고(I.M.S.L)와 지역표고(L.M.S.L)의 차이규명을 위하여 7개소(A:1개월, B:6개월, C:2개월, D:2개월, E:2개월, F:2개월, G:2개월)에서 조석관측을 실시하였다. 관측기간 중 자기지상 조위의 0점을 확인하기 위하여 각 조위관측소 부근에 검조표척을 설치하고, 매일 기준측정을 실시하여 자기기록의 0점을 일정하게 유지하였으며, 또한 검조표척의 0점은 각 조위관측소 T.B.M까지 수준측량을 실시하여 각 지역의 평균해면 및 기본수준면상의 높이를 결정하였다.

3.2 해안선 추출

3.2.1 지상측량에 의한 방법

지상측량에 의한 방법은 지형측량 방법을 통하여 해안선을 추출하였다. 지형측량이란 연안역의 지형, 지물을 실측하여 도화하는 작업을 말한다. 본 연구에서 해안선을 추출하기 위해 해안선을 따라 기준점을 선정하고 이를 기준으로 일정한 완충지대를 형성하여 지그재그로 움직이면서 GPS-RTK 및 Total Station에 의한 측량을 실시하였다. 또한 이 결과를 바탕으로 하여 약최고고조면에 해당하는 높이를 따라 최종 해안선을 추출하였다.

3.2.2 LiDAR에 의한 방법

LiDAR에 의한 해안선 추출 방법은 LiDAR 데이터의 표고자료로부터 약최고고조면으로의 수직변환기법으로부터 해안선을 규정하는 방법이다. LiDAR 데이터에서 과대오차를 제거하고 지면과 비지면을 분류한 후 지면점에 대해 surface를 제작하고 해당지역의 약최고고조면을 기준면으로 하는 등고선을 추출하

여 해안선을 얻는다. 등고선 추출을 위해서 LiDAR 처리 프로그램을 이용하였으며, 추출된 등고선은 자동 기법에 의해 얻어진 것으로 최종결과의 신뢰성을 위하여 항공 디지털영상으로 제작된 모자이크 영상과 비교하여 수동으로 전산편집을 수행하여 불필요한 노드를 제거하고 오차가 발생한 부분을 수정하였다. 또한 각각 적용된 약최고고조면의 높이값이 다른 인접부분을 연결함으로써 최종 결과를 획득하였다.

4. 비교 및 평가

4.1 LiDAR 데이터의 정확도 검증

항공 LiDAR 데이터의 정확도를 검증하기 위해 20점의 현지측량점과 결과를 비교하였다. 20점에 대한 높이값 차이(dz)의 평균은 3cm, 표준편차는 9cm를 얻었다. 비교된 지상측량점의 위치와 결과는 다음과 같다.

표 1. LiDAR 데이터의 정확도 검증

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz	point
1	148086.577	173062.402	4.467	4.600	0.133	와도11
2	145361.790	172052.110	3.552	3.410	-0.142	와도20
3	144137.822	174558.512	5.690	5.620	-0.070	와도30
4	144107.538	176927.617	4.140	4.270	0.130	와도34
5	142100.742	175996.438	4.321	4.240	-0.081	와도41
6	140609.436	177697.453	5.153	5.270	0.117	와도51
7	132929.840	183502.823	3.396	3.350	-0.046	와도78
8	131907.521	179189.591	4.377	4.420	0.043	와도82
9	132138.681	168872.706	3.536	3.610	0.074	와도87
10	133793.972	171160.903	3.721	3.690	-0.031	와도90
11	135393.884	173696.769	4.025	3.960	-0.065	와도95
12	137502.201	175034.917	4.247	4.350	0.103	와도103
13	139023.824	174167.678	3.200	3.280	0.080	와도109
14	143774.252	169790.767	3.432	3.470	0.038	와도117
15	127268.124	179362.833	3.214	3.220	0.006	임자 08
16	123072.703	177487.363	4.389	4.450	0.061	임자 14
17	125138.279	174793.784	4.184	4.110	-0.074	임자 20
18	127289.391	172212.300	2.643	2.790	0.147	임자 27
19	129908.093	173269.896	3.733	3.760	0.027	임자 33
20	129818.165	170373.442	3.315	3.420	0.105	임자 37
평균 (Average dz)					0.028m	
최소값 (Minimum dz)					-0.142m	
최대값 (Maximum dz)					0.147m	
표준편차 (Std deviation)					0.086m	

4.2 지상측량과 LiDAR에 의한 해안선 비교

항공레이저측량을 통해 얻어진 해안선 벡터와 현지측량을 통해 얻어진 해안선 벡터를 동일 지역의 항공 디지털 영상 및 수치표면모델(Digital Surface Model)과 중첩하여 각각 비교하였다. 그러나 지상측량, 항공영상, DSM은 각각 오차를 포함하고 있기 때문에 각 데이터간의 상대적인 값의 비교라 할 수 있다. 비교 대상은 영상을 통해 구분 가능한 인공구조물의 가장자리 혹은 수평위치를 확인할 수 있는 모서리 점 20점을 사용하였으며 그 결과는 다음과 같다.

표 2. 해안선 추출결과 비교

측점	DSM - LiDAR방식	DSM - 현지측량	항공영상 - LiDAR방식	항공영상 - 현지측량	LiDAR방식 - 현지측량
1	0.68	0.34	1.03	1.17	0.69
2	0.56	1.31	1.71	1.16	2.10
3	0.70	0.20	1.04	1.38	0.66
4	0.71	0.35	0.97	1.64	0.52
5	0.40	0.41	0.92	0.91	0.55
6	1.07	1.87	0.99	0.88	1.04
7	0.20	0.32	0.92	1.10	0.23
8	2.81	2.81	1.19	1.19	0.06
9	2.02	1.72	0.96	0.55	0.41
10	1.41	0.64	1.17	0.46	0.97
11	0.94	0.38	0.22	0.45	0.65
12	1.64	2.43	0.75	0.86	1.21
13	0.51	0.61	1.15	1.18	0.76
14	1.04	1.63	0.21	0.52	0.64
15	0.27	0.73	0.26	0.44	0.58
16	0.09	0.54	1.60	1.25	0.41
17	0.80	0.55	1.36	1.10	1.09
18	1.17	0.65	1.95	1.99	0.51
19	1.34	0.29	1.30	1.94	1.73
20	0.36	0.64	1.73	1.44	0.28
평균	0.936m	0.921m	1.07m	1.08m	0.75m
최대값	2.81m	2.81m	1.95m	1.99m	2.1m
최소값	0.09m	0.2m	0.21m	0.44m	0.06m
표준편차	0.65m	0.74m	0.47m	0.45m	0.48m

4.3 형태학적 비교

항공 LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출 결과의 형태학적 분석을 위해 인공해안선, 해안절벽 등의 지형에 대해 현지측량을 통해 얻어진 해안선 결과와 함께 항공사진위에 중첩하여 형태학적 비교를 실시하였다. 다음 그림은 인공해안지역, 해안절벽 지역, 자연 해안선 지역에 대한 결과를 보여주고 있으며 연두색 선은 현지측량을 통해 얻어진 해안선이며 주황색 선은 LiDAR 데이터를 이용하여 얻은 해안선이다. 다양한 지형에서 두 데이터의 결과는 대부분 일치하였다.

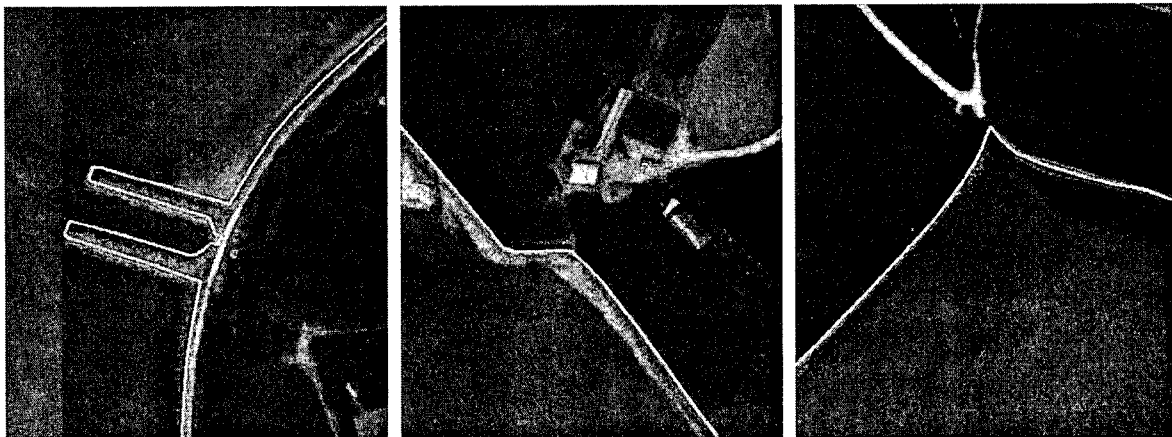


그림 3. 형태학적 비교(좌:인공해안선, 중간:해안절벽지역, 우:자연해안선 지역)

5. 결론

본 연구에서는 항공레이저측량을 통하여 획득된 LiDAR 데이터를 해안선 추출에 적용함으로써 그 사용 가능성을 제시하였다. 현행 지상측량을 통한 해안선 추출은 그 정확도는 우수하지만 구축시간 및 비용적인 측면에서 효율성이 부족하며 우리나라와 같은 경우에는 서해안과 남해안의 도서지역이나 접근이 어려운 해안 지역에서 결과를 신뢰할 수가 없는 단점을 가지고 있다.

반면 LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출은 데이터 획득과 처리 과정이 현행 지상측량 방법에 비하여 현장에 접근하지 않고 고정밀·정확한 데이터를 디지털 형태로 확보함으로써 작업과정에 대한 효율적인 장점을 가지고 있다. 따라서 신속한 변화하는 해안지역에 대한 신속한 데이터 취득작업을 통하여 시간 대별 해안선의 변화와 모니터링을 과학적이고 체계적으로 수행할 수 있는 장점이 있다.

본 연구를 통하여 연구지역인 OO만 일대의 해안선 추출 과정을 항공 LiDAR 데이터를 통하여 대체할 수 있는 가능성을 제시하였다. 또한 추출된 해안선에 대하여 정확도를 검증한 결과, 현지측량된 20점의 검사점을 기준으로 하였을 때 높이값의 차이 평균이 3cm, 표준편차가 9cm의 결과를 얻었다.

또한 LiDAR 데이터로 추출한 해안선에 대하여 현행 지상측량으로 추출한 결과와 해안선 형태학적으로 비교·평가 하였을 때, 부두와 같은 인공해안선과 암반과 같은 자연 해안선과 같은 경우에는 거의 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 항공 LiDAR 데이터를 이용하여 해안선 추출이 가능할 것으로 판단되며 LiDAR 데이터의 시간 효율성과 높은 자동화의 단계로 지속적으로 변화하고 있는 해안 지역에 대한 과학적인 모니터링 체계 구축이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 김진섭 (2004), 위성영상과 GIS를 이용한 해안선 매핑 전략, 한국의 해안선 정립을 위한 워크숍 논문집 (2004), pp. 105-108.
- 이경훈, 이윤균, 이성민 (2004), 수치지도상에서의 해안선 추출 및 국토면적 산정전략, 한국의 해안선 정립을 위한 워크숍 논문집, pp. 75-79.
- 위광재, 염재홍, 이강원, 김승용 (2002), LiDAR 자료를 이용한 연안 해안지역 관리 및 활용에 관한 연구, 대한원격탐사학회 2002 공동 춘계 학술대회 논문집, pp. 66-73
- 최윤수, 황세열, 서병덕, 위광재 (2004), LiDAR & SHOALS 기술을 이용한 해안선 측량 및 모니터링에 관한 연구, 한국의 해안선 정립을 위한 워크숍 논문집(2004), pp. 137-144.
- 한국 해안·해양공학회 (2003), 해안선 조사 측량 및 DB구축 용역 중 과업 지시서 및 활용방안 연구 보고서.
- 황세열, 서병덕, 진준호 (2004), 우리나라 해안선 조사측량 및 DB구축 현황, 한국의 해안선 정립을 위한 워크숍 논문집(2004), pp. 27-36.
- A. Brzank, P. Lohmann, C.Heipke (2005), Automated extraction of pair wise structure lines using airborne laserscanner data in coastal areas, ISPRS WG III/3,III/4, V/3 Workshop "Laser scanning 2005", Enschede, the Netherlands, September 12-14.
- Briese, C. (2004), Three-Dimensional Modeling of Breaklines from Airborne Laser Scanner Data, In International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXV, B3, Istanbul, Turkey, pp.1097-1102.
- Jason W., Jeffrey D. (2002), Spatial characterization, resolution, and volumetric change of coastal dunes using airborne LIDAR: Cape Hatteras, North Carolina. *Geomorphology* 48, 269-287.
- Jason W. Mike Aslaksen, LT John Longenecker, Anders Ryerson, Shoreline Mapping from Airborne LIDAR in Shilshole Bay, Washington.
- Roberto Gutierrez, James C., Rebecca C. Tiffany L., John R. (2001), Precise Airborne LIDAR Surveying For Coastal Research and Geohazards Applications. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume XXXIV-3/W4 Annapolis, MD.
- Stephen A. Yong Wang (2003), Utilizing DEMs derived from LIDAR data to analyze morphologic change in the North Carolina coastline. *Remote Sensing of Environment* 85, 39-47.