

터널 라이다 데이터의 스트립 조정 알고리즘 분석

Algorithm Analysis for Strip Adjustment of Tunnel LiDAR Data

한동엽*

Dong-yeob Han*

전남대학교 건설환경공학부

{hozilla*}@chonnam.ac.kr

요약

여러 스트립으로 취득되는 라이다 데이터는 정확한 스트립 조정후에 이용되어야 한다. 스트립 조정을 위해 상대 또는 절대 기준 데이터를 설정하며, 기준 데이터의 특성에 따라 서로 다른 조정 방법을 사용한다. 본 연구에서는 기준 데이터와 라이다 데이터의 특성에 따라 기존 조정 알고리즘을 분석하여, 향후 정확한 조정 알고리즘 개발의 토대를 마련하고자 한다.

1. 서론

국내에서 터널내공 변위 측정방법은 줄자를 이용하는 기계적 방법, 전기-전자적 센스를 내공단면에 부착하고 2차원 터널 변위를 측정하는 전기-전자적 방법, 토탈스테이션 등과 같은 광학측량기를 이용하는 광학적 방법이 있으며, 디지털 사진측량법으로 불연속면을 조사 및 분석하는 기법이 적용되기도 하지만 작업환경 및 영상해상도의 제약 등으로 인해 실용화에는 일부 한계를 지니고 있다. 최근에 국내 외에서 지상 레이저스캐너에 의한 터널내공 측량이 실시되고 있다(김민섭 등, 2007; 이재원 등, 2007). 지상 레이저 스캐닝은 작업소요시간, 경제성, 정확성 등의 측면에서 기존 측정 방법보다 상대적으로 효율적인 방법으로 조사되었다(이영도, 2007).

지상 레이저스캐너로 터널의 내공단면을 측정하기 위하여 여러 구간을 스캐닝한 후 이들 점데이터를 합성한다. 터널은 내부표면 형상이 유사하거나 거의 동일하기 때문에 인접 스캔 데이터를 합성하기 위하여 일반적으로 스캐닝할 때마다 기준점용 반사경을 설치 및 취득하고, 이에 대한 좌표를 관측하여 스트립 데이터를 접

합한다(이영도, 2007). 반면에 Lindenbergh 등(2005)은 반사경을 사용하지 않고, 스캔 데이터의 자동접합에 가장 많이 활용되는 ICP(Iterative Closest Point) 알고리즘을 사용하였다.

2. 조정 알고리즘

터널내부는 초기 형상과 공사 마무리 시점의 형상이 크게 다르기 때문에 형상에 따라 다른 합성 알고리즘을 적용해야 한다. 우선 공사가 끝난 터널의 경우 표면이 거의 동일하기 때문에 자동정합은 불가능하고, 기준점용 반사경 등을 활용하여 이웃 스캔간 변환식을 산출하여야 한다. 터널 표면에 굴곡이 있는 경우에도, 중첩지역을 확인하기 어려운 경우가 많기 때문에 인접 스캔간 초기 정합량이 수동으로 주어지거나 반사경을 활용해야 한다. 터널 표면의 특징점이 확실히 구분되고, 인접 스캔간 위치관계가 대략 알려진 경우 자동정합 알고리즘을 이용할 수 있다. GIKAS 등(2007)에 의하면 자동정합 방법은 반사경정합 방법보다 정확도가 낮기 때문에 제한적으로 사용될 것을 언급하였다. 한편, Barnea 등(2007)과 같이 영상기반의 대응점을 찾아 변환식을 구한다면,

터널내부에서도 자동으로 스캔데이터를 합성하는 것이 가능할 수 있다.

Salvi 등(2007)은 기존 거리영상 합성 알고리즘을 대응개체의 종류, 정합의 단계, 최소거리 방법 등에 분류하고, 알고리즘의 정확도를 평가하였다. 특히, 스캔간 초기 위치관계를 찾는 알고리즘과 미세 조정 알고리즘을 평가한 결과, 초기 위치관계 탐색은 유전자 알고리즘이 뛰어났으며, 미세 조정은 Chen 알고리즘이 뛰어난 것으로 나타났다. Chen 알고리즘은 최소거리 방법으로 point-to-distance 방법을 사용한다.

3. 실험

3.1 소프트웨어

Lemmens(2006)에 의하면 3D 레이저스캐너 데이터 처리 소프트웨어는 3DLM Site Monitor, SceneVision-3D, 3D-Extractor, PolyWorks, I-SITE Studio, Cyclone, ModelAce, RiSCAN Pro, RealWorks Survey, Z+F LaserControl 또는 LFM 등이 있다. 특히 Cyclone과 RealWorks Survey는 데이터 취득, 좌표등록, 개체추출 기능까지 제공하며, PolyWorks 등은 입력 데이터와 무관하게 범용의 처리 기능을 제공한다. Fröhlich 등(2004)은 다양한 레이저스캐너의 사양과 처리 소프트웨어의 기능을 소개하였다. 본 연구에서는 Cyclone, RealWorks Survey, PolyWorks와 INUS 기술의 XOS의 스트립 조정기능을 비교하였다.

Cyclone과 RealWorks는 반사경 기준점을 정합에 사용할 수 있는 기능을 제공하기 때문에 측정개체의 환경에 상대적으로 유연하게 스트립정합을 수행할 수 있다. 소프트웨어 매뉴얼에 정확하게 나타나 있지 않지만, Cyclone, PolyWorks, XOS는 point-to-plane 거리를 스캔간 오차거리량으로 사용하며, 반복해서 최소제공해를 찾으며, 전역정합(global registration) 변환식을 찾는다. 4개 소프트웨어 모두 미세정합을 위한 전제 조건으로 근사정합이 이루어졌다고 가정하며, 3점 정도의 수동기준점 등을 입력하여 근사정합을 수행할 수

있게 하였다.

3.2 데이터 취득

Leica Scan Station2를 이용하여 실험용 터널에서 지상레이저 데이터를 취득하였다.

표 1. Scan Station 2 사양

Instrument type	pulsed, green, 3R
Camera	Integrated Digital Camera, 1M pixel
Target acquisition	2mm std. dev.
Single point accuracy	6mm position., 4m distance
Range	300m@90%: 134m @18% albedo
Spot size	From 0-50m:4mm (FWHH-based): 6mm (Gaussian-based)
Scan rate	up to 5만점/sec
FoV	360°(H) X 270°(V)

3.3 실험 결과

취득된 여러 개의 스캔데이터 중에서 2개의 스캔 데이터를 Cyclone에서 반사경 기준점을 이용하여 정합하였다. 스캔1은 1834774점, 스캔2는 930899점을 가지고 있으며, 공통영역 점수는 1072933이고, RMS는 0.00835m, MAX 오차는 0.08396m이다. Cyclone외에 고려된 다른 소프트웨어에서는 정합과정을 쉽게 수행하기 어려웠다.

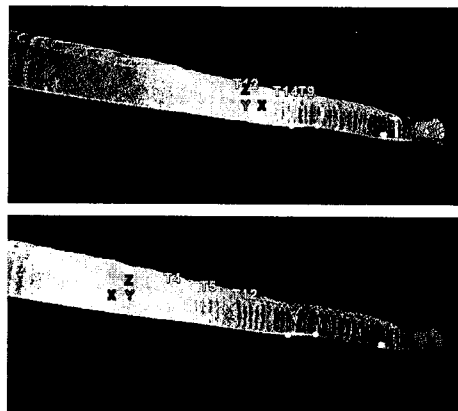


그림 1. 정합에 사용된 스캔 데이터와 기준점

표 2. 정합 변환식(단위: meter, degree)

항목		값
변환	Tx	-13.719
	Ty	-6.067
	Tz	2.157
회전	ω	-0.0002
	ϕ	-0.0001
	κ	-151.785

4. 결론

지상 레이저스캐너 데이터를 처리하는 소프트웨어를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 지상 중장거리 레이저데이터 취득센서와 처리 소프트웨어를 결합하여 사용하는 경우 대개 편리하게 활용가능하다. 하지만 기준점 반사경이나 기기 위치에 대한 입력정보가 필요하며, 다른 레이저데이터를 활용하기에 불편함이 컸다.
2. 범용 지상 레이저데이터 처리 소프트웨어를 이용하여 터널 레이저데이터를 처리하고 터널 정보취득용으로 활용하는 것은 어려웠다.
3. 터널, 사면 등 건설토목용 범용의 지상 중장거리 레이저데이터 처리 소프트웨어를 개발하는 것이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발 사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보C04)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

유창호 (2007), 지상라이다를 이용한 사면 파괴 거동분석, 석사학위논문, 서울시립대학교.
 이영도 (2007), 지상 레이저 스캐닝 기법을 이용한 터널단면관리시스템 개발, 박사학위논문, 부경대학교.
 김인섭, 임수봉 (2007), 터널굴착시 3차원 레이저스캐너에 의한 내공단면 측량에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 27(4D), p.541-546.

이재원, 김용석, 송연경 (2007), 3차원 레이저 측량기를 이용한 터널 변위 관측, 지구물리, 10(1), pp.27-35.
 Cyclone 5.8 User Manual (2008), Leica Geosystems.
 PolyWorks V10 User Manual (2007), InnovMetric.
 RapidForm XOS V2 Brochure (2008), INUS Technology.
 RealWorks Survey Advanced V6.2 User Manual (2007), Trimble.
 Barnea S., Filin S. (2007), Registration of Terrestrial Laser Scans via Image Based Features, ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007, September, Finland.
 Besl, P. J. and McKay, N. D. (1992), A method for registration of 3-D shapes, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 14(2), p.239-256.
 Chen, Y. and Medioni, G., (1992), Object Modeling by Registration of Multiple Range Images, Image Vision Computing, Vol.10, p.145~155.
 Fröhlich, C., Mettenleiter M. (2004). Terrestrial Laser Scanning-New Perspective in 3D Survey. Proceedings of the ISPRS working group VIII/2.
 GIKAS, V., KARAMITSOS, S., KOTSIS, I. (2007), Laser Scanning Technology for Tunnel Surface Documentation, Tech. Chron. Sci. J. TCG, I, No 1-2 .
 Lemmens M. (2006), 3D Laser Scanner Software, GIM International, September.
 Lindenbergh, R., Pfeifer, N. and T. Rabbani, Accuracy analysis of the Leica HDS3000 and feasibility of tunnel deformation monitoring, in Proceedings of the Workshop Laser Scanning 2005, Enschede, 2005, pp.24-29.
 Salvi J., Matabosch C., Fofi D. and J. Forest (2007), A review of Recent Range Image Registration methods with accuracy evaluation, Image and Vision Computing, 25(5), p.578-596.