

텐서보팅(Tensor Voting)기법을 이용한 지상라이다 자료의 노이즈 처리

Noise Removal of Terrestrial LiDAR Data Using Tensor Voting Method

서일홍¹⁾ · 손홍규²⁾ · 김창재³⁾ · 임진희⁴⁾

Seo, Il Hong · Sohn, Hong Gyoo · Kim, Chang Jae · Lim, Jin Hee

¹⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 석사과정(E-mail:spike@yonsei.ac.kr)

²⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수(E-mail:sohn1@yonsei.ac.kr)

³⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사후과정(E-mail:changjaekim@yonsei.ac.kr)

⁴⁾ 대진대학교 토목공학과 석사과정(E-mail:limjini@daejin.ac.kr)

Abstract

Terrestrial LiDAR data contains outliers which do not need in processing purpose. That is inefficient in the aspect of productivity. These noise requires manual process to be removed, which causes inefficiency in aspect of productivity. The purpose of this research is to demonstrate a possibility of automatic outlier removal of LiDAR data using 3D Tensor Voting method. For this, we presented in this article about the procedure to perform the application of Tensor Voting algorithm to the real data from terrestrial LiDAR.

1. 서론

가상의 3차원 지도서비스에 대한 필요성과 더불어 3차원 도시모델링의 방법으로 지상레이저스캐너의 보급이 늘어나고 있다. 3차원 지상레이저스캐너로부터 취득되는 포인트클라우드 자료는 매우 정확한 3차원 좌표값을 포함하며 취득방법과 시간도 효율적이어서 건설현장에서의 시공 모니터링, 실시간 건설도면 작성 등 토목분야에서 또한 그 활용성에 대한 연구가 활발하다. 그러나 지상라이다로부터 취득된 자료는 취득 목적에 부합되지 않은 노이즈(outlier)를 포함하고 있어 이를 제거하기 위한 수동적인 후처리 과정을 필요로 하므로 생산성, 경제성 측면에서 비효율적이다. 본 연구에서는 효과적인 노이즈 제거를 위해 최근 컴퓨터 그래픽스 분야에서 활용되고 있는 텐서보팅 기법을 분석하였다. 텐서보팅 기법은 노이즈가 섞인 불규칙적 분포의 공간 자료 또는 포인트 클라우드로부터 개체의 형태를 도출하기 위한 방법이다.

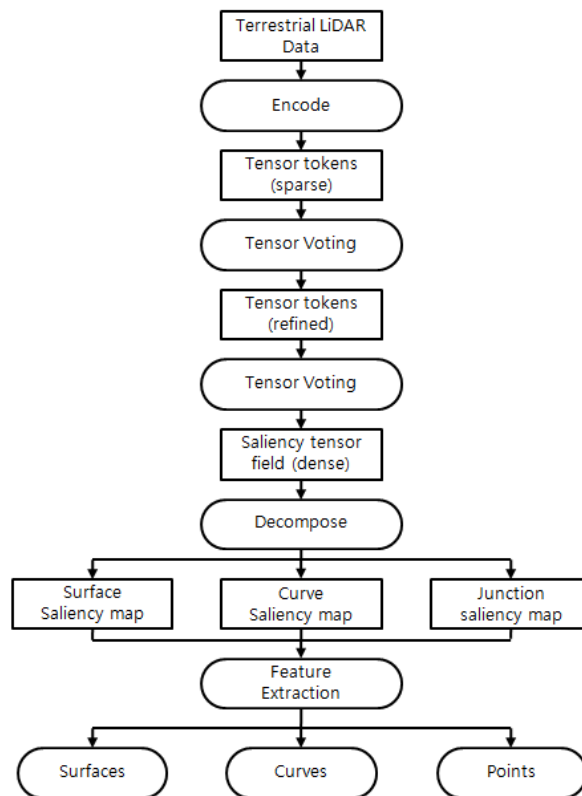
2. 본론

노이즈 처리에 대한 연구는 컴퓨터 그래픽스 분야의 메쉬구조 생성과 구조모델링 등으로부터 시작되었다. 이들 대부분의 방법들은 작은 조각상처럼 적은 용량의 자료를 처리하는 연구가 주를 이룬다. 따라서 대형 토목구조물이나 건축물과 같은 방대한 용량의 자료를 처리하는 데는 한계가 있을 수 있다. 그에 반해서 텐서보팅 기법은 비반복적(non-iterative)이고

임계치(threshold)에 대한 설정이 필요 없으며, 자유 파라미터만을 사용하는 벡터기반 프레임워크로서 지상라이다 자료 처리에도 적용 가능할 것으로 사료된다.

2.1 Tensor Voting

텐서보팅 과정은 크게 입력 자료를 텐서 형태로 변환하기 위한 텐서계산과 텐서 간 상호작용을 위한 선형 텐서보팅 과정으로 구성된다. 입력 자료인 지상라이다 포인트클라우드 는 각각의 위치에서 이웃하는 자료들에 자신의 정보를 전달하는데, 그 정보는 텐서로 부호화되고 정의된 보팅영역(Voting Field)에 의해 패턴구조가 결정된다. 따라서 각각의 위치에서 수집된 정보는 보팅영역 내에서 모든 표결(Vote)에 캐스트(cast)되고 각각의 특징적인 형태를 인식하기 위한 텐서의 고유값(eigenvalue)을 이용한 Saliency map을 만든다. 대상이 되는 특징(Junction, Curve, Surface)에 대한 정보만을 추출할 수 있다. [그림 1]은 텐서보팅 과정을 나타낸다.



[그림 1] Tensor Voting 과정

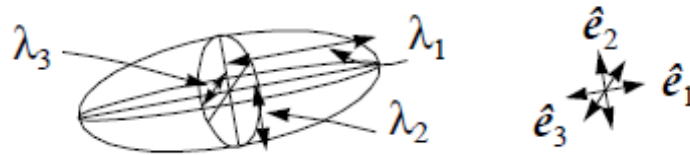
여기서 입력 자료들(points)은 텐서로서 변환을 위한 텐서토큰으로 부호화 되고 정해진 영역 내에서 인접하는 정보들의 전달, 즉 보팅을 통하여 정교한 텐서로 다듬어 진다. 이렇게 2단계의 텐서보팅을 거쳐 세 가지 형태의 텐서로 분류되며, 이는 교차점, 곡선, 표면으로서의 정보를 의미한다.

2.2 텐서 변환

각각의 토큰, 즉 모든 자료는 3x3 대칭행렬로 표현되며 이는 3차원 텐서로의 부호화를

의미한다. 이는 타원체로 표현될 수 있는데 [그림 2]의 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 은 타원의 크기를 정의하는 고유값(eigenvalue)이고 각각의 e 는 타원의 방위정보를 나타내는 고유벡터(eigenvector)이다. 이들에 의해 텐서값은 다음 식과 같이 S 로 표현된다.

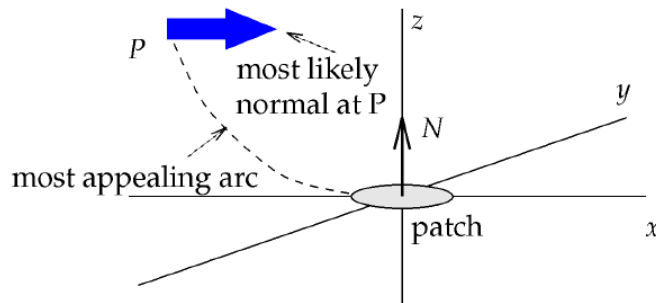
$$S = \lambda_1 e_1 e_1^T + \lambda_2 e_2 e_2^T + \lambda_3 e_3 e_3^T$$



[그림 2] 텐서 타원체

2.3 3차원 보팅

텐서토큰들 사이의 상호작용은 보팅 과정에 의해 수행되는데 이웃한 토큰의 크기, 모양, 거리, 방위들은 각 토큰들의 특성에 맞게 정의된 보팅 커널들로 각각 캡슐화되어 저장되며, 여기서 표면 정보의 경우 Stick Voting Field로 저장된다. 이러한 커널들은 단일 파라미터인 σ 에 의해 생성되고 보팅 방위는 [그림 3]과 같이 주변 텐서까지의 가장 부드러운 곡선의 연속성에 따라 결정된다.



[그림 3] Vote Generation

[그림 3]의 관계도로부터 Saliency Decay Function은 아래 식과 같으며, 표면정보를 위한 보팅 커널은 맨 아래 식으로부터 구한다.

$$DF(s, k, \sigma) = e^{-\frac{(s^2 + ck^2)}{\sigma^2}}$$

$$\int_0^\pi V'_F d\alpha |_{\beta=0, \gamma=0}$$

이렇게 최종으로 결정된 텐서들로부터 표면정보를 취득할 수 있다.

3. 결 론

본 연구는 3차원 지상라이다 자료의 노이즈 처리를 위해서, 컴퓨터 그래픽스 분야에서 활용되고 있는 텐서보팅 기법을 분석하였다. 텐서보팅 기법은 노이즈가 섞인 불규칙적 분포의 공간 자료 또는 포인트 클라우드로부터 개체의 형태를 도출하기 위한 방법이다. 텐서보팅은 입력자료를 벡터기반의 텐서로 변환하고 임의영역 내에 주변 텐서들 사이의 보팅과정을 통해 비슷한 속성을 가진 텐서형태를 지지하여 특징을 추출한다. 지상라이다 자료의 노이즈를 효과적으로 제거하기 위해서는 보팅영역을 지정하는 적합한 파라미터 결정을 위한 추가적 연구가 필요하다. 향후 연구를 통해 텐서보팅 기법을 실제 지상라이다 자료에 적용하여 적용 가능성을 평가하고 최적의 파라미터를 추출하고자 한다.

참고문헌

- Medioni, G. Lee, M, S. Tang, C, K. Tensor Voting: Theory and Applications
Medioni, G. Mordohai, P. Nicolescu, M. The Tensor Voting Framework
Medioni, G. Kang, S, B. Emerging Topics in Computer Vision
Tang, C, K. Medioni, G. (2002), Curvature-Augmented Tensor Voting for Shape Inference from Noisy 3D Data, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 6, pp. 858-864.