

등고선 지도의 특징점을 이용한 효율적인 3차원 지형 복원

이동규, 임원규, 한경숙
인하대학교 공과대학 자동화 공학과

An Efficient 3D Terrain Reconstruction Method
Using Feature Points in Contour Map

Dongkyu Lee, Wonyu Lim, Kyungsook Han
Automation Engineering Department, Inha University

요약

본 논문은 3차원 지형을 현실감 있고 효율적으로 구축하기 위하여, 등고선 데이터로부터 지형의 특징점을 추출하고 이를 이용하여 3차원 지형 데이터를 복원하는 방법을 제안한다. 래스터 기반의 거리변환기법 알고리즘을 사용하여 2차원의 등고선 데이터로부터 3차원 지형을 생성하며, 생성된 3차원 지형정보로부터 지형의 특징점을 추출한다. 복원된 3차원 지형을 격자망 형태로 시각화하는 데, 이때 특징점의 높이정보를 이용함으로써 지형을 표시하는데 요구되는 정보의 크기를 감소시킨다. 제안한 방법은 사용자가 상호대화식으로 수행할 수 있는 프로그램으로 윈도우 환경의 PC상에서 구현되었다. 이 프로그램의 실험결과는, 기존 방법보다 적은 데이터량으로 3차원 지형을 시각화할 수 있음을 보여준다.

1. 서론

지리정보시스템은 지리 및 지형에 관련된 자료를 수집하고 처리하며 원하는 형태로 이들 자료를 관리하는 시스템이다 [1, 2]. 지리정보시스템에서 처리하는 지형정보를 3차원으로 관리하고 표현하는 것은 컴퓨터 기술의 발달과 더불어 다양한 응용분야에서 그 필요성이 증가되고 있다 [2, 3]. 3차원 지형정보를 표시하기 위해서 지리정보시스템에서는 수치고도 모델 (Digital Elevation Model)을 사용하여 지형이 갖는 공간적 특성을 수치적으로 표현하고, 이 데이터를 컴퓨터 그래픽스 기법을 이용하여 시각적으로 표시한다.

수치고도모델을 획득하기 위해서는 다양한 방법을 사용할 수 있으나 실측에 의존하는 일반적인 방법으로서, 측량이나 항공사진 및 원격탐사를 이용하여 지형정보를 획득하는 것은 많은 비용과 시간이 요구된다 [1, 3]. 따라서 적은 비용과 시간으로 정확한 지형정보를 얻기 위하여 기존에 제작되어져 널리 사용되는 등고선 지도로부터 3차원 지형의 복원에 필요한 정보를 얻는 방법이 제안되어졌으며 이에 관련된 연구로서 래스터 기반의 3차원 수치고도모델을 작성하는 연구와 지형의 골격선을 추출하여 3차원 지형을 복원하는 연구가 수행되었다 [1, 2, 3].

등고선 지도로부터 3차원 지형정보를 얻기 위해서는 여러 단계의 과정이 필요하다. 우선 기존의 등고선 지도에서 이미지를 스캐닝한 후 문자나 기호 등을 제거하고 끊어진 등고선을 연결한다. 추출된 등고선 정보에 대하여 이미지 프로세싱을 위한 세션화 작업을 수행한다. 이러한 전처리 과정을 수행한 후, 수치고도모델을 작성하는 작업을 수행한다 [1, 2]. 우

선 각 등고선상의 점들에 대하여 이미 알고 있는 높이값을 부여하고 이 값으로부터 지도 내부의 다른 점들의 높이값을 보간한다. 이때 사용되는 보간법으로서는 TIN (Triangular Irregular Network)기법, Inverse Distance 기법, 신경회로망을 이용한 기법, 거리변환 (Distance Transformation) 기법 등이 있다 [2, 3]. 이러한 보간법 방식에 따라 수치고도모델을 형성하는 데이터는 다르게 얻어질 수 있다. 등고선으로부터 수치고도모델을 생성한 후, 시각화에 필요한 격자점을 형성하여 3차원 지형으로 가시화한다 [4, 5, 7]. 그림 1은 등고선 지도로부터 3차원 지형을 복원하는 과정을 요약한다.

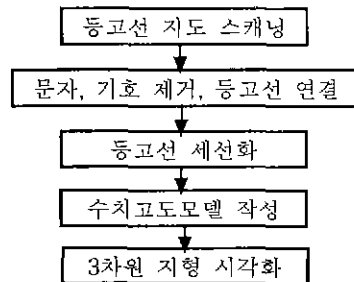


그림 1. 등고선 지도로부터 3차원 지형 복원과정

본 논문은 등고선 지도의 수치고도모델로부터 특징점을

추출하여 3차원 지형을 시각화하는 새로운 방법과, 이 방법을 구현한 프로그램을 소개한다. 또한, 이 프로그램을 사용하여 등고선 지도로부터 3차원 지형을 복원하는 실험을 수행한 결과를 논한다.

본 논문에서 제안한 방법은 기존의 방법과 비교하여 상대적으로 적은 수의 데이터만을 갖고 지형의 특성을 반영한다는 장점이 있다. 이러한 방법은 특히, 관찰자의 위치와 이동 방향, 관심 지점 등에 따라, 3차원 지형을 효율적이고 현실감 있게 시각화하는데 유용하다.

2 3차원 지형복원

2.1. 수치고도모델 생성

수치고도모델을 생성하기 위하여 본 연구에서는 기존의 래스터 기반의 거리변환 기법을 사용한다 [1, 2, 6] 전처리 과정을 거친 등고선 데이터에 대하여 거리 변환기법을 적용하여 등고선 내부점의 높이값을 다음과 같은 식 2.1을 이용하여 선형보간한다 [1, 2]

$$H = \frac{D_{out}}{D_{out} + D_{in}} \times (H_{in} - H_{out}) + H_{out} \quad (식 2.1)$$

- H 등고선 내부점의 높이값
- D_{out} : 바깥쪽 등고선 까지의 거리
- D_{in} : 안쪽 등고선까지의 거리
- H_{in} : 안쪽 등고선 높이
- H_{out} : 바깥쪽 등고선 높이

2.2. 특징점 추출

생성된 수치고도모델로부터 특징점을 추출한다. 일반적으로 격자망을 사용하여 지형을 복원하는 방법은 지형의 특성을 고려하지 않고 사전에 정해진 일정 간격에 대해서만 지형 정보를 표시한다 따라서 지형의 형태와 관계없이 모든 위치에 똑같은 양의 정보가 포함되어져서 데이터가 방대해지는 경향이 있다. 데이터가 방대해지면 데이터의 처리에 많은 시간이 소모되고, 실시간적인 데이터 처리를 원하는 경우가 된다. 이에 반해서 지형의 특성을 표현하는데 필요한 특징점만을 추출하면 불필요한 데이터를 사용하지 않고서 지형의 특징을 정확하고 빠르게 나타낼 수 있다

특징점은 이미지의 좌상단에서 우하단으로 X축 방향으로 레스터 주사를 실시하고, 다시 Y축 방향으로 주사하면서 각 점들의 높이값의 변화를 관찰하여 추출한다. 주사하는 각 라인에 대하여 지형의 특성을 반영할 수 있는 짝은 국부적으로 최대 높이값을 갖는 점 (local maximum point)과 최소 높이값을 갖는 점 (local minimum point), 그리고 이들 사이의 기울기 방향이 변하는 점 등이다 이들 점을 한 라인에 대하여 특징점으로 추출한다

위의 과정과는 별도로 사용자가 요구하는 지역의 특성을 더욱 자세하게 나타낼 수 있도록 사용자로부터 임의의 점을 특징점으로 입력받을 수 있다. 이 과정은 등고선 지도에서 거리변환 기법을 적용시 지형정보를 정확히 알 수 없는 점들에 대해 사용자가 높이값을 입력할 수 있도록 한다 즉 등고선 지도에서 가장 안쪽 폐등고선의 중심점 높이값과 등고선도외 네 모서리상에 위치하는 점들의 높이값을 사용자가 입력하고 이를 지형복원에 반영할 수 있도록 하였다.

2.3. 3차원 지형 시각화

추출한 특징점을 포함하는 정사각형의 격자망을 구성하

고 이를 3차원으로 가시화한다 3차원 지형을 복원하는데에는 다양한 상황을 고려해야 한다. 즉 관찰자의 시점이 원거리일 경우에는 지형의 형태에 대한 상세한 정보는 필요없이 지형의 윤곽만을 표현하면 된다. 반면에 관찰자의 시점이 지형에 근접한 경우에는 상세한 지형의 묘사가 필요하다. 따라서 사용자의 관찰점에 따라서 다양한 해상도로 지형을 표현할 수 있도록 하는 기능이 요구된다. 본 연구에서는 지형을 표시하는 단위격자망의 크기를 사용자가 임의로 조절할 수 있도록 하였다. 격자망의 크기는 사용자가 요구하는 LOD (Level Of Detail)에 따라서 픽셀 단위로 선택되어지며 보여지는 지형의 해상도도 이에 따라 달라진다. 다양한 시점에서 지형의 특성을 관찰할 수 있으며 지형을 나타내는 화면크기의 확대/축소가 가능하다.

3. 프로그램 구현 및 시험결과

윈도우를 사용하는 PC환경에서 3차원 지형정보 복원 프로그램을 Boland C++ Builder를 이용하여 구현하였다 가시화는 현재 Surfer6 [http://www.golden.com]라는 소프트웨어를 사용하였다. 구현된 프로그램은 마우스를 이용한 상호대화식의 사용자 인터페이스를 제공하며 등고선 이미지를 읽어들이 가시화하기 위한 데이터 추출까지 처리한다. 개발한 프로그램의 주메뉴를 그림 2에 나타내었다.

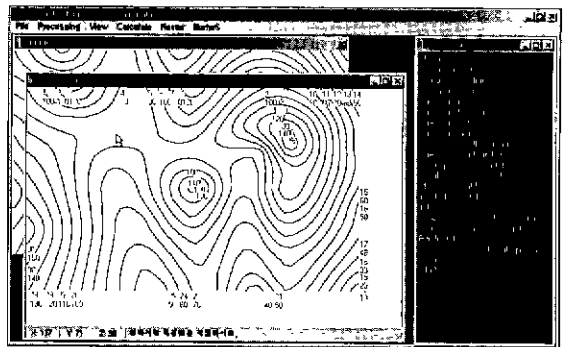


그림 2 개발한 프로그램의 주메뉴 화면

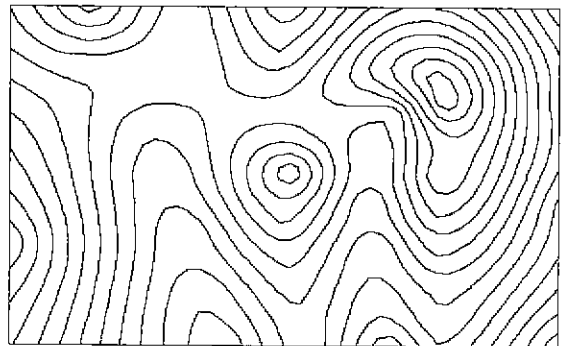


그림 3. 입력 등고선의 예

그림 3과 같은 세션화된 등고선 지도가 입력되었을 때 본 프로그램은 이에 대한 수치고도모델을 생성하고 특징점을 추출하여 3차원 지형을 복원한다 각 해상도에 따른 복원 결

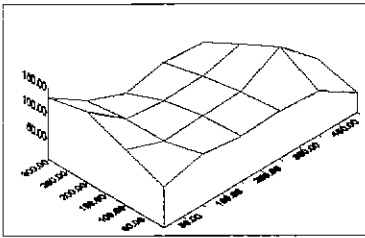
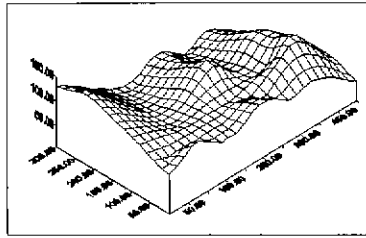
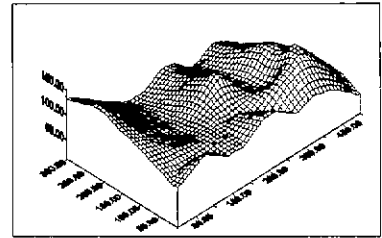


그림 4. (a) 저해상도에서의 3차원 지형 복원 결과



(b) 중간해상도에서의 3차원 지형 복원 결과



(c) 고해상도에서의 3차원 지형 복원 결과

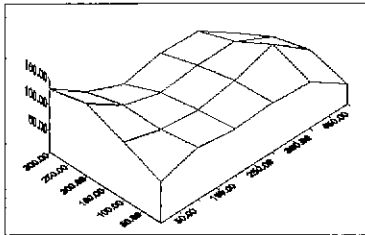
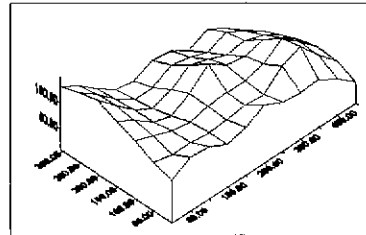
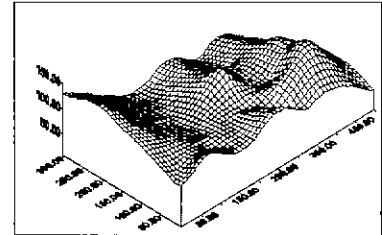


그림 5. (a) 저해상도에서의 특징점을 이용한 3차원 지형 복원 결과



(b) 중간해상도에서의 특징점을 이용한 3차원 지형 복원 결과



(c) 고해상도에서의 특징점을 이용한 3차원 지형 복원 결과

과를 그림 4와 5에 나타내었다. 결과를 보면 해상도가 낮은 경우에는 많은 지형정보가 손실됨으로써 특징점을 사용하더라도 지형특성을 잘 나타내지 못함을 알 수 있다. 그러나 중간 해상도와 고해상도의 경우에는 지형특성을 표현하기 위해 필요한 데이터의 수를 비교하면 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 중간 해상도의 경우 원래 데이터는 416 (=26×16)개의 격자점 데이터를 필요로 한다 [그림 4b]. 이러한 데이터를 이용하여 표현한 지형특성을 84개의 특징점을 추출하여 표현한 것과 비교하면 지형의 윤곽을 인식하는 데에는 큰 차이가 없음을 알 수 있다 [그림 5b]. 고해상도의 경우 세밀한 지형 특성이 가능하며 더욱 많은 데이터를 필요로 한다. 1581 (=51×31)개의 격자점 데이터를 이용하여 표현한 결과 [그림 4c]와 382개의 특징점을 이용하여 표현한 결과 [그림 5c]를 보면 이 역시 세밀한 지형의 묘사에 차이가 없음을 알 수 있다. 결론적으로, 3차원 지형의 특성을 정확하게 표시하기 위해서 지형이 복잡해질수록 많은 양의 데이터가 필요하고 이는 지형 복원의 효율성을 저해하는 요인이 된다. 그러나 지형의 특징점을 이용하여 상대적으로 적은 양의 데이터로 3차원 지형의 특성을 잘 나타낼 수 있다. 본 논문에서는 거리변환 기법을 이용하여 복원된 3차원 지형 정보로부터 특징점을 추출하는 예를 보였으나 다른 지형 복원 방법 (가령, TIN, 신경회로망)에도 특징점 기법을 적용할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 등고선 지도로부터 특징점을 추출하여 3차원 지형을 복원하는 방법을 제안하였다. 이 방법을 사용함으로써 상대적으로 적은 양의 데이터만으로 지형의 특성을 잘 나타낼 수 있어서 지형 복원의 효율성을 증가시킬 수 있다. 또한 제안한 방법을 사용함으로써 관찰자의 위치와 관점에 따른 영상의 변화를 실시간으로 표현할 수 있다. 현재 추출하는 특징점의 개수를 더욱 줄여서 보다 효율적인 지형복원이 가능하도록 하는 연구가 진행중이다. 향후의 연구과제로

서는 3차원 상에 표시되는 지형정보에 색을 입히고 음영과 질감을 추가함으로써 가시화되는 영상의 질을 향상시키는 기법을 개발하는 것이다.

참고 문헌

- [1] 이진선, 정성종, "등고선 지도로부터 3차원 지형의 복원을 위한 래스터기반 알고리즘," 정보과학회 논문지, 제22권, 제8호, 1995. 8
- [2] 임영재, 김종만, 김형석, "등고선으로부터 지형골격 추출과 이를 이용한 3차원 지형재생," 전기학회 논문지, 제46권, 제12호, 1997. 12
- [3] 김수선, 김동윤, 김하진, "역전과 신경망을 이용한 등고선 데이터로부터의 3차원 지형 복원," 정보과학회 논문지, 제23권, 제10호, 1996. 10.
- [4] D. Mayer, S. Skinner and K. Sloan, "Surfaces from Contours," *ACM Transaction on Graphics*, Vol 11, No 3, July 1992
- [5] K. Cheng and M. Idesawa, "A simplified method of data form conversion from contour line surface model to mesh surface model," *Proceedings of IEEE International Conference on Pattern Recognition*, 1986.
- [6] G. Borgelors, "Distance transformations in digital images," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Vol. 34, 1986
- [7] Reda E. Fayek, Andrew K. C., "Triangular mesh model for natural terrain," *Intelligent Robots & Computer Vision XIII. Algorithms & Computer Vision*, November 1994.