

등고선 간략화에 의한 지리정보의 복원 가시화

김종복, 고 찬
서울산업대학교 전자계산학과

Visualization of Geographic Information Using Contour Simplification

Jong-Bok Kim, Chan Koh
Seoul National University of Technology

요 약

본 논문에서는 다각 근사화 방법과 레스터 기반 연선 알고리즘을 이용하여 평면 지도상에 나타난 등고선을 3차원 가시화(Visualization)하여 보여준다. 다각 근사화 방법은 입력한 등고선에 대한 특징을 반영할 수 있는 최소한의 선형구분 오차 임계값을 이용하여 등고선에 근사화 시킨 것으로 저장 데이터의 임을 축소할 수 있다. 레스터 기반 알고리즘은 이웃한 두 개의 등고선 내부점의 높이값을 그 값에서 두 등고선까지의 최단거리 및 등고선의 높이값을 변수로 하는 선형보간식으로 정의하고, 거리편편 연산을 도입하여 계산하는 알고리즘으로 구현이 용이하며, 간단한 계산만을 수행하기 때문에 처리 방법이 간단하다는 장점을 갖는다. 본 논문에서는 레스터 방법을 이용한 복원보다 자료의 양이 감소함을 보였고, 전체 처리과정의 간단함과, 3차원 가시화된 등고선을 그래프 좌표상의 x, y, z 축으로 원하는 각도만큼의 회전시키미 관찰 할 수 있도록 하였다. 본 연구를 통해 지형의 특징을 원형 등고선과 유사하게 유지하면서, 데이터 임을 축소하고 계산식을 간략화한 효과적인 지형정보 시각화법을 보여주었다.

량 감소를 할 수 있는 곡선 등고선의 골곡집을 추출하는 방법을 이용한 다각 근사화 처리와, 거리편편 연산을 이용한 레스터 기반 계산 알고리즘을 이용하여 사실적이면서도 시각적으로 실제의 기형과 오차가 적도록 등고선에 대해 3차원 영상 가시화를 구현한다.

1. 서 론

지리정보 시스템은 수치지형모델(Digital Terrain Model : DTM)과 수치표고모델(Digital Elevation Model : DEM)등이 있다. 수치지형모델은 1950년대 후반 미국 MIT의 Miller 교수에 의해 연구가 시작되었으며, 표고를 모델화 하기 위하여 개발되었던 것으로 고도를 다루는 모델이다. 지형이라는 용어는 표고와 지표의 이리가지 다른 속성도 포함하고 있어 공간상의 여러 속성의 연속적인 변화를 나타내기 위하여 사용된다[1]. 수치표고모델은 데이터의 자동화 및 저장 방법이 쉬우며, 정규 격자망의 형태로 구성되어 있다. 수치표고모델 데이터는 지형의 형태에 관계없이 일정한 간격으로 데이터를 구축하기 때문에 많은 저장용량의 소모와 지형의 특징을 제대로 반영하지 못하는 단점을 가지고 있다[2]. 따라서 오늘날에는 래스터형 데이터로부터 경계선이나, 산 정상 등과 같은 지형의 변화 점을 추출하는 연구가 지형 형상의 추출 및 데이터의 압축을 위해 널리 이루어지고 있다[3]. 이러한 지리정보시스템의 가시화를 구체화하기 위해서는 종이 지도의 등고선 정보로부터 보긴 작업을 통해 세밀한 3차원 지형정보를 획득해야 한다.

본 논문에서는 자연의 자연스런 현상 속의 비정형적인 데이터가 갖는 통계적 특성을 잘 반영할 수 있고, 데이터 저장

2. 다각 근사화.

등고선 지형 정보의 효율적인 3차원 복원 가시화를 위해 먼저 스케너로 등고선 지형을 입력받아 화면에 나타나게 하고 잡음제거와 세션화 전처리를 수행한다. 세션화를 수행한 후 선형 구분 다각 근사화를 수행하며, 이 과정을 통해 데이터 저장량을 축소할 수 있다. 이러한 근사화 방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있다[4]. 하나는 굽직한 각도를 이루는 corner 점을 찾아 이를 꼭지점으로 하여 근사화하는 방법이고, 다른 하나는 임의의 기준 오차 임계값을 정하여 이 임계값을 넘지 않도록 contour에 선분을 그어 근사화 시키는 방법이다. 본 논문에서는 후자의 방법을 적용하였다. 이 밖에도 Liu는 곡률을 구해 다각형 근사화하여 인식을 위한 결합 과정에 이용했다. 선형구분 다각 근사화 방법은 두 곡선의 끝점에 직선을 긋고, 직선과 직각이면서 가장 멀리 떨어져 있는 점을 골곡점으로 선택하여 임계값보다 작을 때까지 곡선에 직선을 그어 나가면서 분할과 병합을 반복해 나가는 방법이다. 이것은 전체의 곡선을 차례로 조사하여 근사화하면서 선분

을 결정해 나가는 최적화된 결과를 구하기 위한 다각 근사화 알고리즘이다 점 A에서 점 B까지의 디지털 곡선이 직선 AB로 근사화 되었다고 가정하자 여기서 x_1, x_2, \dots, x_N 은 곡선의 픽셀 좌표를 나타내고, $x_i - d_i, i = 2, \dots, N-1$ 은 $x_1, i = 2, \dots, N-1$ 로부터 벡터를 나타내며, 직선 AB와 수직이다 거리 $|x_i - d_i|$ 는 $x_i, i = 2, \dots, N-1$ 까지 곡선 픽셀 각각의 곡선 AB와 선분의 근사 오차이다 적합한 기준으로 제곱평균 오차가 E_2 이거나 또는 최대 오차가 E_{MAX} 일수 있다[5].

$$E_2 = \sum_{i=2}^{N-1} |x_i - d_i|^2 \quad \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

$$E_{max} = \max_{2 \leq i \leq N-1} |x_i - d_i| \quad \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

적합한 기준은 곡선이 다각형에 근사화할 때 사용할 수 있다. 최적 선형 구분 다각 근사화는 전체 근사화 오차를 최소화하는 방법으로 다각형 정점들을 선택적으로 구할 수 있으며 오차범위는 제곱평균 오차 또는 최대오차를 사용할 수 있다. 다각 근사화 과정은 그림 1에 나타내었다. x_1 에서 x_N 까지 곡선은 다각형에 의해 근사화 되어야 한다. 만일 최대 오차 측정을 사용한다면, 점 y_2 는 전체 곡선 $x_i, i = 1, n$ 의 최대오차 E_{max} 내에서 찾을 수 있다 곡선은 선분 $x_1 y_2$ 와 $y_2 x_N$ 으로 근사화 된다. 이것은 모든 선분의 오차 E_{max} 결과가 일정한 임계점 이하에 이를 때까지 반복 수행을 한다

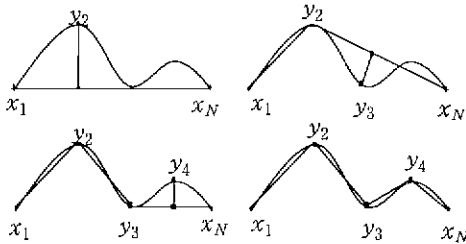


그림 1. 다각 근사화를 위한 분할 방법

곡선이 폐곡선이면 시작점과 끝점인 x_1, x_N 은 곡선의 두 반대편 원거리 부분에 놓이게 선택해야 한다. 이들 점은 곡선을 두 부분으로 분할한다 다각형 근사화에서 병합방법은 분할방법의 반대로 연산하면 된다

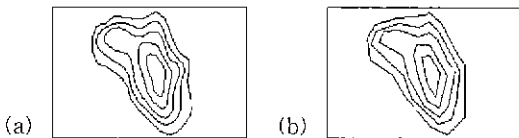


그림 2. 선형구분 다각 근사화 전(a), 후(b) 등고선

3. 래스터 기반 연산 알고리즘

3.1. 선형보간식

등고선에서 3차원 지형 정보를 보간식은 내부점과 등고선

간의 가까운 정도를 최단 경로의 길이로 정의한다 최단 경로는 내부점에서 출발하여 다른 등고선을 교차하지 않고 그 등고선에 이르는 경로 중 거리가 최단 경로인 것을 말한다.

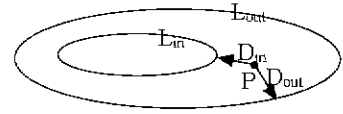


그림 3. 보간식 용어 정의를 위한 그림

그림 3에서 바깥 등고선을 L_{out} , 안쪽 등고선을 L_m 이라 하고, L_{out} 와 L_m 의 높이를 각각 H_{out}, H_m 이라 한다. 높이를 구하고자하는 임의의 내부점을 P라 하고, P에서 L_{out} 까지의 최단거리를 D_{out} , P에서 L_m 까지의 최단거리를 D_m 라고 한다. 여기에서 점 P의 높이 H는 다음과 같은 일반적인 선형보간식으로 정의할 수 있다[6].

$$H = \frac{D_{out}}{D_m + D_{out}} \times (H_m - H_{out}) + H_{out} \quad \dots \textcircled{3}$$

3.2. 최단거리계산

거리변환 개념을 이용하여 최단거리 D_m 과 D_{out} 을 계산한다. 거리변환이란 영상의 물체가 차지한 화소와 그렇지 않은 두 종류의 화소로 구성된 경우, 물체가 아닌 화소들이 가장 가까운 물체 화소까지의 거리 값을 갖도록 영상을 변환하는 알고리즘이다. 두 점 사이의 거리 계산식은 식 ④와 같다.

$$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad \dots \dots \textcircled{4}$$

거리를 계산한 후 다음 점과의 길이를 비교하여 최단거리를 기억하며, 하나의 등고선이 끝날때까지 조사하면서 반복한다. L_m 또는 L_{out} 중 먼저 발견되는 한쪽을 끝내고, 반대쪽을 조사하여 같은 방법을 반복하면 임의의 점 P에 대한 D_m 과 D_{out} 의 최단거리 계산이 끝나게 된다. 최단거리인 D_m 값과 D_{out} 값을 높이 선형 보간식인 식 ③에 대입하여 임의의 점 P에 대한 높이값을 구한다.

3.3. 3차원 복원 및 가시화

점 P에 대한 거리값을 선형 보간식에 적용하면 임의의 점 P에 대한 높이 값인 H 값이 계산되며, 이 값은 3차원 좌표상의 z값으로 DEM 모델의 높이 고도값이 된다 계산된 이웃한 등고선 사이에 존재하는 모든 임의의 점들에 대한 높이값을 구한 후, 블록 다이어그램의 형태로 가시화한다. 블록 다이어그램은 DEM 가운데 하나로, 고도뿐만 아니라 다른 변수의 수량적 변화를 시각적으로 잘 나타낼 수 있다[7] 다음 그림 4는 이제까지 설명한 방법을 이용하여 등고선을 3차원 가시화한 것이다.

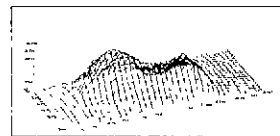


그림 4 3차원 가시화된 등고선

4. 실험 및 고찰

본 연구와 실험을 위한 입력 데이터로는 광명시 지역 실제 지도의 일부를 등고선 데이터로 입력받아 실험하였다. 사용된 지도는 국립지리원에서 심사하고 중앙지도에서 발행한 1:150,000 축적 지도이고, 입력한 부분은 등고선 지도의 2.5cm x 2cm크기로 50m간격의 등고선과 격자로 하였다. 그림 5는 스캐너로 입력받은 등고선 데이터에서 필요한 부분만 추출하고 세선화하여 전처리를 끝낸 것이다.



그림 5. 얇음제거와 세선화후 일반 등고선(a, b, c)

최대오치의 임계값이 일정값 이하가 될 때까지 분할된 두 폐곡선의 두 부분을 시계 방향과 반시계 방향으로 추적하면서 다각 근사화를 수행한다. 임계값은 2로 하였으며, 1로 하였을 경우는 원형 등고선과 유사한 형태가 나왔고, 임계값을 3으로 한 경우는 원형의 위상을 지나치게 많이 손실한 경우가 발생되었다. 그림 6는 다각 근사화를 수행한 후 래스터 형태로 변환한 등고선 그림이다

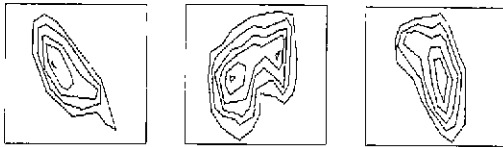


그림 6. 다각 근사화 후의 등고선 (a, b, c)

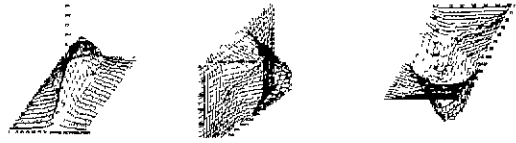
표 1에서 보는 바와 같이 다각 근사화를 하지 않은 일반 등고선의 픽셀 수와 다각 근사화 후의 등고선의 픽셀 수는 22-43개의 차이가 발생하였으며, 축소율이 2.76%에서 4.71%의 차이를 나타내었다.

구분	등고선 개수	일반 등고선 픽셀 수(a)	다각 근사화 후 등고선 픽셀 수(b)	픽셀차이 (a)-(b)	감소율 (%)
등고선 a	5	797	775	22	2.76
등고선 b	6	1,260	1,227	33	2.62
등고선 c	5	913	870	43	4.71

표 1. 일반 등고선과 다각 근사화 등고선의 화소수



그림 7. 3차원 가시화 등고선 (a, b, c)



(a) x축 270도 회전 (b) y축 180도 회전 (c) z축 90도 회전
그림 8. 가시화된 등고선의 회전 관찰(그림8의 C)

5. 결론

본 논문에서는 지도상의 등고선 데이터로부터 다각 근사화 및 래스터 기반 알고리즘을 적용하여 3차원 복원 가시화를 보였다. 가시화를 위해 지형의 특징이 반영될 수 있도록 등고선을 나타내는데 필요한 점들만을 선택하여 등고선의 모양을 표현하는 다각 근사화 알고리즘을 이용 굴곡점을 추적하였으며, 이러한 등고선 패턴을 다각형으로 표현함으로써 저장 데이터에 대한 정보량을 줄일 수 있는 효과가 있음을 보였다

다각 근사화를 행한 후 등고선을 3차원으로 가시화하기 위해 등고선 사이에 존재하는 내부점들의 높이를 이웃한 등고선 위치와 높이 값으로부터 보간하며 등고선 사이에 있는 모든 내부점의 높이를 계산하여 3차원 가시화를 보여주었다.

향후 더 발전시켜야할 과제로는 칼라 텍스처 지형 가시화와, 지형정보의 데이터베이스화 등에 관한 연구가 필요한 것이며, 다각 근사화 및 등고선 복원의 병렬처리 등을 위한 연구가 계속 되어야 한다.

참고문헌

- [1] O. O Aveni, "Opimum Sampling for Digital Terrain Models a Trend Towards Automation", Phonogram Eng and Rem. Sens., Vol. 48, pp 1687-1694, 1982.
- [2] B. Makarovic, "Progressive Sampling for Digital Terrain Models", ITCJ., No. 1973-3, pp 397-416, 1973.
- [3] D. D Greenlee, "Raster and Vector Processing for Scanned Linework", PE&RS, Vol 53, No 10, pp. 1383-1387, 1987
- [4] R O. Duda and P. E Hart, "Pattern Classification and Scene Analysis", Wiley-Interscience Pub., pp.337-339, 1973
- [5] Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms", Prentice Hall, 1993, pp 303-309
- [6] 이진성, 정성중, "등고선 지도로부터 3차원 지형의 복원을 위한 래스터 기반 알고리즘", 한국정보과학회 논문지, 제22권 제8호, pp 1137-1146. 1995
- [7] 유근배, "지리정보론" 상조사, 1992, pp.101-102