

수치고도 모델로부터 등고선 추출에 관한 연구

한주연, 김성철, 류승택, 윤경현
중앙대학교 컴퓨터공학과

A Study on Extracting the Contour Line from Digital Elevation Model

Joovun Han, Sungchul Kim, Seungtaek Ro, Kyunghyun Yoon
Dept of Computer Science and Engineering, ChungAng University

요약

본 논문에서는 수치고도모델로부터 정확한 등고선을 추출하는 방법을 연구하였다. 이것은 하나의 높이 평면과 DEM 데이터의 교점 테스트를 통하여 등고선을 찾는 방법이다. 정해진 높이 평면과 교차하는 지형의 모든 점을 찾아내므로 등고선을 정확히 찾아낸다는 장점이 있다. 본 논문의 결과를 비교 분석함으로써 연구의 정확성을 도모하였다.

1. 서론

인공위성으로부터 획득한 수치고도모델(DEM: Digital Elevation Model) 데이터는 토지, 지리, 지질, 지형과 관련된 다양한 정보를 가지고 있다. 또, 각 특성에 맞는 공간적인 위치에 따라 자료를 입력, 저장, 분석, 처리 가능하니 이러한 지형 정보는 국토 및 지역개발계획, 환경보존 등의 여러 분야에서 활용된다.

지형 정보의 여러 활용분야 중 등고선 추출 분야는 지역개발계획이나 지역 파악 등과 같은 지역의 특성을 이용하는 방법에 유용하다. 이러한 등고선을 추출하는 알고리즘에는 DEM 구조나 TIN 구조로부터 등고선을 추출하는 방법 또는 분할적 데이터로부터 등고선을 추출하는 경우, 동일한 등고선 상의 점을 추적하여 연결하는 알고리즘을 사용한다. 이 경우 분할 등고선의 점을 연결하기 위해 연결 정보까지 저장해야 한다. [2] TIN에서 등고선을 추출하는 경우에는 TIN의 의미점을 이용한다. 산봉우리(peak), 움푹 파인지역(pit), 고갯길(pass) 등과 같은 의미점에 대하여 등고선의 존재를 판단하여 서로 연결해야 할 등고선을 찾는다. [1]

본 논문에서 사용한 등고선 추출 방법은 DEM으로부터 단일 등고선의 점들을 찾는 방법이다. 등고선 추출 문제는 고도평면로부터 측정 높이에서의 등고선이 통과하는 점들을 탐지하는 것과 이 점들을 서로 연결하여 등고선을 형성하는 두 가지로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 등고선을 탐지하는 점들을 찾기 위하여 높이 평면을 세분화하였다. 높이 평면과 DEM을 구성하는 사각 그리드 사이의 교점을 테스트함으로써 등고선을

지나는 점을 찾는다. 또 찾아낸 교점을 연결하기 위해서 사각 그리드를 두 개의 삼각형으로 구분한다. 하나의 삼각형에 존재하는 두 점을 연결함으로써 부분 등고선을 형성한다. 이러한 부분 등고선을 모아 전체 등고선을 완성하는 방법이 본 논문에서 제안한 알고리즘이다. 이 방법을 사용하면 동일 등고선 상에 존재하는 점들 사이의 연결 정보를 저장해야 하는 문제를 제기할 수 있다. 연결 정보 대신 높이 평면을 두 고도 높이 평면 내에 존재하는 지형의 등고선들을 부분적으로 찾아내었으므로 연결 구조가 필요없이 등고선을 형성한다.

2. 등고선 추출

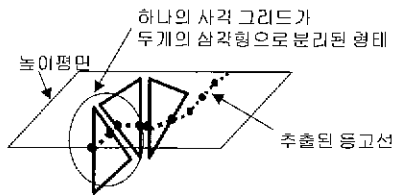
등고선 추출 기법의 과정은 크게 나누어 높이 평면의 정의와 DEM의 삼각형화 그리고 평면과 삼각형 사이의 교점 테스트로 구분된다. 이 중 가장 중심이 되는 부분은 고도값을 갖는 높이 평면과 지형의 삼각형 조각과의 교점 테스트 부분이다. 교점 테스트에서는 삼각형이 이루는 세 선분과 높이 평면과의 교점을 각각 테스트하여 연결 가능한 두 점을 찾는다. 이 점들을 연결하여 등고선을 형성한다.

2.1에서는 등고선 추출을 위한 선제적인 표현에 대해서 좀더 자세히 설명한다. 2.1에 제시된 알고리즘을 이용하기 위해 교점 테스트가 필요하다. 그것은 2.2에서 제시된 조건을 우선적으로 테스트한 뒤 2.3의 실제 교점 테스트에서 등고선을 이루는 교점을 찾는다. 3 구형 결과에서 찾아낸 교점을 연결함으로써 전체 등고선을 형성한 결과를 보여준다.

2.1 등고선 추출 기법

본 논문에서의 산체적인 알고리즘은 다음과 같이 주어진 고도에서 바닥면과 수평을 이루는 하나의 높이 평면을 정의한다. DEM을 구성하는 사각 그리드 하나에 대하여 네 개의 점을 정하고, 이들 점으로부터 두 개의 삼각형을 구성한다. 삼각형에는 각각 세 개의 선분이 존재하므로 각 선분에 대하여 높이 평면과의 교점을 구한다. 즉, 평면은 정해진 고도를 나타내고 사각 그리드에서의 삼각형들은 지형의 일부를 나타낸다.

각 고도에서의 원하는 등고선을 구하려면 앞의 과정을 통하여 구해진 교점들을 모두 연결해야 한다.

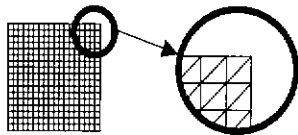


[그림 1] 높이평면에 의하여 표현된 등고선

위에서 설명한 과정을 단계적으로 분류하여 설명한다. 사용자로부터 입력되는 정보로는 높이 평면의 개수, 등고선의 간격, 눈의 위치이다. 이렇게 정의된 정보로부터 등고선의 형태와 종류를 결정한다.

등고선의 간격을 일정하게 유지시키기 위해 수치고도 모델에서의 최대, 최소값의 차이에 의해 주어지지 않은 정보를 유도하는 방법을 선택하였다.

실제의 등고선을 추출하기 위하여 다음의 작업을 수행한다. 입력받은 고도에 의해 DEM 데이터의 면적에 해당하는 높이 평면을 구성한다. 구성된 평면에 대하여 level 수만큼 빈번하여 평면을 감의하고 지기에 대한 교점 테스트를 독립적으로 수행한다.



[그림 2] DEM 데이터의 삼각형화

구체적으로 설명하면 다음과 같다.

하나의 사각 그리드를 구성하는 두 개의 삼각형에 대하여 각각 세 개의 선분이 존재한다. 이 선분들과 정의된 높이 평면과의 교점 테스트를 수행한다.

찾아낸 두 개의 교점을 연결하여 만들어진 선분을 차례로 모두 연결하면 각 level에서의 등고선이 완성된다.

2.2 삼각형과 평면과의 교점 테스트를 위한 스핀

삼각형과 평면과의 교점 테스트에서 제한하여 할 조건은 크게 두가지로 구분할 수 있다.

테스트 하고자하는 지형이 높이 평면의 영역으로부터 완전히 벗어난 경우에는 교점 테스트를 하지 않고 다음 사각 그리드의 교점을 테스트한다. 이것은 교점 테스트에서의 수행시간을 최소화하기 위한 것이다.

높이 평면의 영역에서 완전히 벗어난 경우는 다음 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 교점이 존재하지 않는 경우
(a) 평면 위 (b) 평면 아래

교점이 존재하는 경우는 다음 세 가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 길쭉한 삼각형 선분의 서로 다른 두 점을 지나는 둘째, 삼각형의 한 꼭지점을 지나는 셋째, 삼각형의 한 선분과 일치한다.



[그림 4] 교점이 존재하는 경우

위의 조건을 테스트하여 교점이 존재한다고 판단되는 경우에 대하여 3.3의 과정을 거쳐 삼각형의 세 선분과 높이 평면과의 교점을 찾아낸다.

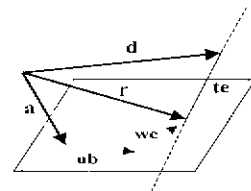
2.3 직선과 평면의 교점 테스트

높이 평면과 하나의 삼각형에서 각 선분과의 교점을 구하는 과정은 구체적으로 설명한다.

[그림 5]에서 평면을 $p(u, w)$ 라고 할 때,

$$p(u, w) = a + ub + wc \text{ 로 정의한다}$$

또, 삼각형의 각 선분은 $q(t)$ 라고 할 때, 삼각형의 방정식은 $q(t) = d + te$ 로 정의한다.



[그림 5]

하나의 선분과 평면과의 교점을 r이라고 할 때, 위의

식을 이용하여 다음 식이 유추된다.

$$r = p(u, w) = q(t)$$

또는, $a + ub + wc = d + te$

t의 값은 다음과 같이 구할 수 있다

$$t = \frac{(b \times c) \cdot a - (b \times c) \cdot d}{(b \times c) \cdot e}$$

마지막으로, t(즉, 파라미터)의 값은 r값(즉, DEM과 평면과의 교집)을 구하는 식에 대입하여 실제의 교점을 얻어낼 수 있다

3. 구현 결과

본 논문에서의 등고선 추출을 위하여 pentium-266의 메모리 196MHz를 사용하였다. 실제에 사용한 DEM 데이터의 크기는 100×100 size이며 지형의 최대 높이는 2028m, 최소 높이는 81m이다.

DEM 데이터의 인공위성 영상은 [그림 6]에서 보여주며, [그림 7]에서는 인공위성 영상을 이용하여 등고선을 추출한 결과를 보여준다. [그림 7]은 각 등고선의 간격에 변화를 주어 30m의 50m간격으로 등고선을 그려 비교하였다. [그림 7]의 (a),(b)는 2차원 지형에 대한 등고선으로서 (a)는 30m간격 (b)는 50m간격의 등고선을 도시한다. 이것을 3차원 지형에 표현한 것이 [그림 7]의 (c)이다.

4. 결론 및 향후 연구방향

이어서 구현된 수치지도도면으로부터의 등고선 추출 방법은 등고선으로 연결되어 있지 않은 부분을 모두 갖기 때문에 상세한 정보를 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 정보들 지리, 건축 및 여러 다면면에 쉽게 활용함으로써 응용 분야에서 이용할 수 있다. 그러나 현재 단계에서는 김가형에서 얻어진 교집을 직선으로 연결함으로써 간격 등고선을 부드럽게 해주지 못하는 단점을 가지고 있다. 앞으로 더 보충해야 할 것은 이러한 직선을 고지하여 구현함으로써 실제의 등고선과 차이가 없도록 한다 하도록 하겠다.

※ 참고 문헌

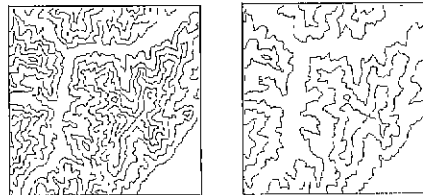
[1] Pankaj K. Agarwal, I/O-Efficient Algorithms for Contour Line Extraction and Planar Graph Blocking, 1997
 [2] L. Arge External-memory algorithms with applications in geographics information systems. In M. van Kreveld, J. Nievergelt, T. Roos, and P. Widmayer, editors, Algorithmic Foundations of

GIS Springer-Verlag, 1997

[3] 이진선, 강성종, "등고선 추출을 위한 효과적인 디폴딩 결집 방법", 한국정보처리응용학회 논문지, 제1권, 제3호, pp.409-417, 1994. 9
 [4] Michael E. Mortenson, Computer Graphics Handbook(Geometry and Mathematics), Industrial Press Inc
 [5] DAVID KIRK, Graphics GEMS III.ACADEMIC PRESS, INC
 [6] Michael Joseph Aramm, Implementation of An Improved Contour Plotting Algorithm, 1980



[그림 6] 인공위성 영상



(a) 30 m

(b) 50 m



(c) 30 m

[그림 7] 등고선 간격(elevation)에 따른 예

- (a) 2차원 지형(elevation : 30m)
- (b) 2차원 지형(elevation : 50m)
- (c) 3차원 지형(elevation : 30m)