

상용지도를 이용한 DEM 구성기법에 관한 연구

박성욱·최관순·강치우·이쾌희
서강대학교 이공대학 전자공학과
(1990년 1월 15일 받음; 1990년 2월 20일 수리)

A Study on the Construction Technique of DEM Using a Commercial Map

Seong-Wook Park, Kwan-Sun Choi, Chi-Woo Kang and Kwa-Hi Lee
Dept. of Electronic Engineering, Sogang University
(Received January 15, 1990; Accepted February 20, 1990)

Abstract

This paper presents a method of the constructing DEM(Digital Elevation Model) from the image data acquired from a commercial map using the scanner.

Data acquisition, thinning, mark elimination, linking the broken line, elevation interpolation and 3D display processing are performed and the results are satisfactory.

I. 서 론

수치 모델의 일반적인 표현인 DSM(Digital Surface Model)에서 지형 특성을 국한시켜 표현한 것을 DTM(Digital Terrian Model)이라 하며, 다시 표고로 범위를 좁힌 것을 DEM(Digital Elevation Model)이라 한다.

종래의 지도 제작에 있어서는 주로 수작업에 의해 지도 정보 취득, 제도 및 인쇄를 행함으로써 지도 작성에 있어 오랜 시간이 소요되었으며, 지도로 완성된 시간과 정보 획득 시간 사이에는 어느 정도 시간차로 인해 지역에 따라 상당한 변화가 있을 수 있어 지도내용의 수정이 불가피한 경우가 많다. 이러한 내용의 수정이 있을 때마다 번거로운 수작업을 반복해야 했으나, 컴퓨터 기술이 발달됨에 따라 지도내용을 데이터 베이스로 구성함으로써 지도의 신

속한 제작과 즉각적인 수정, 수작업량과 인력의 감소, 그리고 질을 향상시킬 수 있고, 또한 종합적이고 체계적인 지형정보의 관리가 이루어질 수 있는 장점을 갖게 되었다.

디지털 지도 데이터 취득 방법에는 크게 2가지 방법으로 나눌 수 있다.

A) 지도 작성법으로 완성된 지도를 디지털라이저 혹은 스캐너 등을 이용하여 수치화된 데이터를 얻는 방법.

B) 항공 사진의 도화 작업시 해석도화기를 이용하여 디지털 지도 데이터를 취득하는 방법.

최근에는 컴퓨터 시스템을 기반으로 하여 디지털라이저 혹은 해석도화기를 사용하여 수치데이터를 획득하는 방법이 널리 사용되어지고 있다. 그러나 디지털라이저 혹은 해석도화기를 사용함으로써 사람이 직접 지도의 등고선을 추적하거나, 항공 사진의 도화작업을 수행하여 수치지도 데이터를 얻으므로 수작업을 행하고 또 많은 시간을 소요한다는 단점이 있다.

본 연구에서는 스캐너를 이용하여 지도(5000:1)의 데이터를 2진 영상으로 얻은 후, 이를 컴퓨터를 이용하여 자동적으로 수치지도 데이터를 획득하며 매트릭스(Matrix) 구조로 컴퓨터에 저장한 후 디지털 지도로 만들고 영상 처리기법을 이용하여 최종적으로 3차원으로 구현하였다.

II. 본 론

다음은 실행절차의 개략도이다.

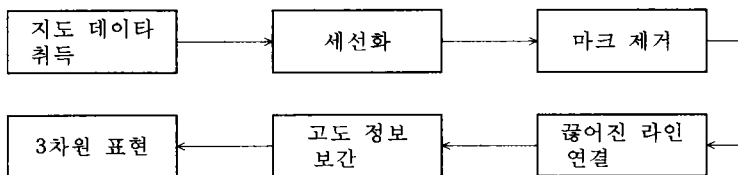


그림 1. DEM 제작 과정.

1. 입력 데이터 취득

입력 데이터를 얻기 위해 Quality사의 IS-300 스캐너를 사용하였으며, IS-300의 해상도는 300dpi를 선택하여 데이터를 획득하였다.

2. 세선화

IS-300 스캐너로부터 획득한 256*256 2진 영상 데이터는 여러 굵기의 등고선으로 나타난다. 등고선의 굵기는 각각 다르므로 고도 정보 추출을 위한 처리과정을 어렵게 할 뿐만 아니라 최종 결과의 커다란 오차를 수반한다. 따라서, 고도 정보 추출의 전처리 과정으로서 여러 화소의 등고선을 세선화시켜 등고선의 중심선을 찾는다.

데이터 1(a), 2(a)에서 흑색을 $V=0$, 백색을 $V=1$ 이라 하면

P (1)	P (2)	P (3)
P (8)	P (0)	P (4)
P (7)	P(6)	P (5)

그림 2. 3×3 윈도우

그림 2에서 $V=0$ 인 임의의 점 $P(0)$ 의 주위에 위치한 8개의 점 중 $V=0$ 인 점이 존재할 때 이 점 사이에는 연속성이 존재한다고 한다.

점의 종류를 분류하면

- *고립점: 점 $P(0)$ 의 주위에 대하여 4방향 또는 8방향 연속성이 성립되는 점이 하나도 존재하지 않을 때.
- *내부점: 점 $P(0)$ 의 주위에 대하여 4개가 모두 4방향 연속성이 성립될 때.
- *경계점: 점 $P(0)$ 의 주위에 대하여 4방향 연속성이 하나 이상 3개 이하 존재할 때.
- *호점: 점 $P(0)$ 에 대하여 한 개의 4방향성이 존재하고 반대편 한 개의 8 방향 연속성이 존재할 때.

점 $P(0)$ 가 경계점이거나 호점이 아니어야 된다는 2가지 조건을 동시에 만족할 때 점 $P(0)$ 를 제거하여도 연속성의 관계가 파괴되지 않고 패턴의 특징이 변형되지 않는다.

위의 방법을 반복하여 등고선의 굵기가 1 pixel이 될 때까지 수행한다.

3. 기호 제거

지도에는 인간이 쉽게 식별하고 해독할 수 있게 하기 위해서 약 100여 종의 각종 기호들이 표시되어 있다. 그러나 상용지도를 갖고 자동적으로 고도 정보를 추출하기 위해서는 이러한 표시 기호들이 하나의 잡음으로 간주되어진다. 따라서, 등고선을 원형 그대로 보존한 채 기호들만 제거하는 일을 수행하기 위해 아래와 같은 방법을 제안하였다.

세선화된 데이터의 가장자리 4방향에서 등고선들만 추적하며, 등고선 추적시 중간에서 등

고선이 끝나면 등고선 추적을 끝낸다. 등고선 추적시 교차점이 나타나면 찾아온 등고선의 교차점 이전 10 화소의 row와 column값과 교차점의 row, column을 비교하여 기울기를 구한 다음, 교차점 이후의 각각의 등고선들을 10 화소씩 추적하여 그때의 row와 column값과 교차점과의 기울기를 구하여 가장 유사한 기울기 갖는 선을 찾아 추적한다.

위의 방법에 의해 추적하지 못한 선들은 끊어진 선, 원 혹은 기호들이다. 끊어진 등고선은 선의 화소 수로 판단할 수가 있다. 지도상에서 원은 여러 가지 형태로 나타나는데, 대표적으로 등고선의 원, 고도값을 나타내는 숫자, 산림을 표시하는 기호로 나타내어진다. 그러나 이들 원의 화소 수는 각각 다르므로 화소의 갯수로 구분 가능하다. 이렇게 구분한 원은 등고선을 제외한 나머지는 제거하며, 기호 또한 제거하였다.

4. 끊어진 등고선 연결

끊어진 등고선을 복원하기 위하여 직선연결¹⁾은 간단하지만 등고선의 smooth한 특성을 잃어버리기 때문에 등고선 특성을 유지하며 연결점을 반드시 지나게 되는 Bezier 알고리즘²⁾을 사용하였다.

Bezier 근사화 알고리즘을 사용하기 위해서는 근사화 차수(n)보다 1개가 많은 n+1 개의 control point가 입력으로 주어지며, 그 점의 벡터를

$$P_k = (X_k, Y_k), 0 < k < n \dots\dots\dots (1)$$

로 표현한다. 이러한 좌표점들로부터 근사화된 Bezier 벡터 함수는

$$P(u) = \sum_{k=0}^n P_k B_{k,n}(u) \dots\dots\dots (2)$$

로 정의되며, 여기서

$$B_{k,n}(u) = C(n, k) u^k (1-u)^{n-k} \dots\dots\dots (3)$$

$$C(n-k) = \frac{n!}{k!(n-k)!} \dots\dots\dots (4)$$

(2) 식은 X, Y 각각의 곡선 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$X(u) = \sum_{k=0}^n x_k B_{k,n}(u) \dots\dots\dots (5)$$

$$Y(u) = \sum_{k=0}^n Y_k B_{k,n}(u) \dots\dots\dots (6)$$

다항식 B(u)는 곡선을 기술하는 함수로 control point가 3개인 경우 포물선, 4개는 cubic 곡선의 특성을 지닌다.

본 연구에서는 연결 후보점과 그 후보점을 지나는 직선방정식의 교차점을 합해 3개의 control point를 사용하였으며 연결은 다음과 같이 수행하였다.

- a. 3×3 window를 택하여 등고선을 따라가면서 각 등고선의 시작점과 종점, 그 점에서의 기울기를 계산한다.
- b. 끊어진 line의 간격이 임계값 이내이면 직선 연결을 한다.
- c. 플레임 안에 있는 끊어져 있는 원을 찾아 곡선 연결을 한다.
- d. 거리와 기울기를 고려하여 연결 후보점들을 찾는다.
- e. 후보점을 찾되 교차점이 생기면 후보점에서 제외시킨다.
- f. 최종 연결쌍 간의 기울기 차가 임계값 이내이면 직선 연결하고 그렇지 아니면 smooth한 곡선 연결을 한다.

5. 고도정보 보간

고도 정보를 보간하기 위해 우선 각 등고선에 고도값을 부여해야 한다. 각 등고선에 고도값의 부여는 고도값이 제일 큰 산 정상에 값을 부여해서 주위의 등고선에 5M씩 값을 빼는 방법을 사용하였다. 등고선에 고도값의 부여가 완료되면 선형 보간법³⁾을 이용하여 각 점의 고도값을 보간하였다. 선형 보간법³⁾은 좌표상의 점에서 8방향으로 투사하여 교차되는 등고선의 고도값과 거리를 이용, 식 (7)을 이용해서 고도값을 추출하였다.

$$F(C) = \sum_{i=1}^8 \frac{1/D_i * F(P_i)}{1/D} \dots\dots\dots (7)$$

여기서 Di는 교차점까지의 거리
 F(Pi)는 교차점의 등고선값

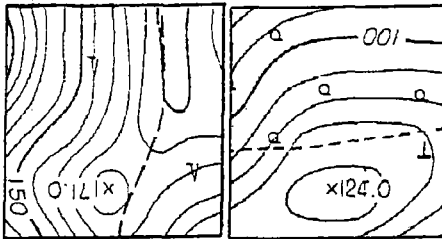
$$D = \sum_{j=1}^8 D_j$$

Ⅲ. 실험 결과 및 논의

취득한 데이터는 5000:1 상용 지도의 서산(078) 도엽, 위도 126도 48분 29.5초, 경도 36도 48분 15.8초와 만리포(088) 도엽, 위도 126도 48분 29초, 경도 36도 48분 15초인 산 정상 중심을 추출하였다.

데이터 1(a), 2(a)는 IS-300 스캐너를 사용하여 2진 영상을 얻은 결과이며, 세선화 과정에서 끝점을 유지하고 세선화하는 방법^{4), 5)}을 적용할 경우 등고선의 굵기가 여러 pixel이고 또한 등고선이 곡선을 이루고 있으므로 중심선 주위에 많은 끝점을 갖는 가지들이 나타났다. 이는 다음 단계의 기호 제거에서 등고선 추적에 어려움을 발생시킬 수 있으므로 적합하지 못했다. 따라서, 본 연구에서는 중심선만을 찾는 방법을 사용하여 정확하고, 명확한 결과를 얻었다. 결과의 데이터는 1(b), 2(b)이다.

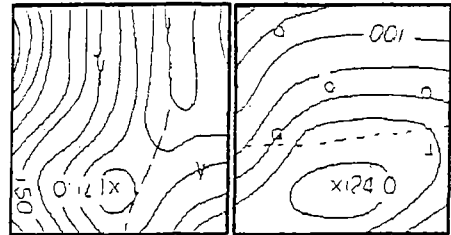
세선화 과정의 다음 단계로는 기호 제거 과정으로서 기호 제거의 기존의 방식¹⁾은 등고선의 폭보다 굵은 선분을 제거하는 방법으로 이는 기호 부근을 모두 제거하여 불필요하게 등고



데이터 1(a)

데이터 2(a)

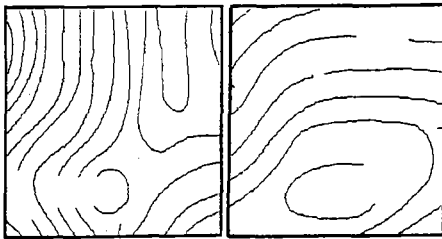
취득 영상



데이터 1(b)

데이터 2(b)

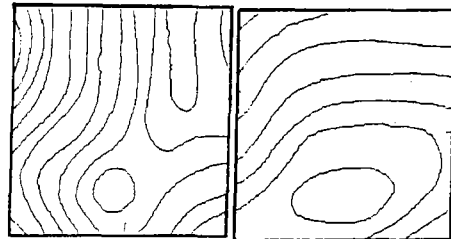
세선화된 영상



데이터 1(c)

데이터 2(c)

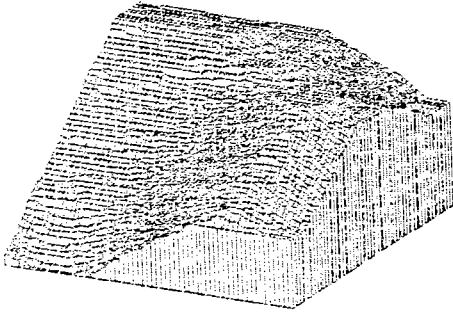
기호 제거한 영상



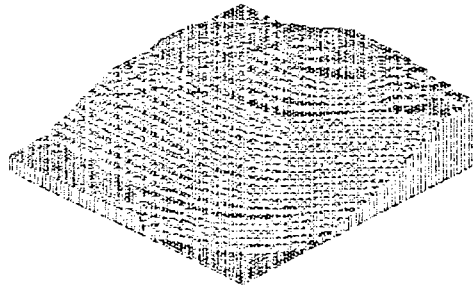
데이터 1(d)

데이터 2(d)

굵어진 등고선을 연결한 영상



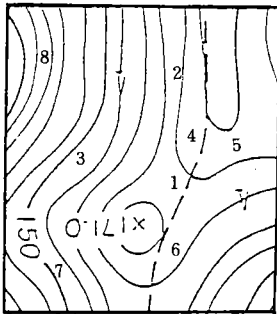
데이터 1(e)



데이터 2(e)

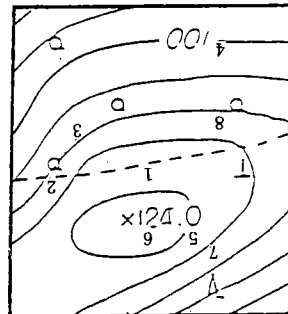
3차원 표현 영상

만리포 도엽



데이터 1(f)

서산 도엽



데이터 2(f)

임의로 선택한 8점

선을 끊으므로 등고선을 다시 연결시켜야만 되고 그에 따른 오차를 유발하게 되므로, 등고선을 제거하지 않고 기호만을 제거하는 방법을 적용하였으며 결과는 데이터 1(c), 2(c)로 나타내었다.

다음은 끊어진 등고선을 연결하는 과정으로 기존의 방식¹⁾은 단순히 일직선으로 연결하였으며, Lagrange 보간법⁶⁾에 의한 방법은 등고선의 끝점에서 몇 개의 화소의 방향이 상당히 변화되었을 경우에 부드럽게 연결되지 못했고, 4차 이상에서는 진동을 하는 경우가 발생하여 끊어진 등고선 연결에는 부적합하였다. 따라서, Bezier 알고리즘²⁾을 사용하여 위의 문제를 해결하였고, 결과는 데이터 1(d), 2(d)로 나타내었다.

기호 제거시 4방향으로 등고선을 추적하였기 때문에 가장자리의 기호는 제거하지 못했다.

따라서, 등고선을 완전하게 연결한 다음, 연결된 등고선을 제외한 끊어진 등고선은 기호부분이기 때문에 한 번 더 불필요한 부분을 제거하였다.

위의 방법으로 얻어진 데이터를 선형 보간법³⁾을 이용하여 고도 정보를 추출하였으며, 추출된 고도 정보를 3차원 영상으로 표현하였으며, 결과는 1(e), 2(e)로 나타내었다.

지도상에서 임의로 선출한 8점에 대해 선형 보간법으로 얻어진 고도값과 지도상의 고도값과 비교함으로써 정확도를 평가하였다. 데이터 1(f), 2(f)는 임의로 선출한 8점을 나타내었으며 표 1은 지도상의 고도값과 계산된 고도값의 결과를 나타내었다. 표 1에서 만리포 도엽에서는 RMSE가 0.35m이고, 서산 도엽에서는 0m인 비교적 양호한 결과를 얻었음을 알 수 있었다.

표 1. 임의의 8점에 대한 고도값 및 RMSE

단위: m

만리포 도엽				서산 도엽			
No.	지도 고도값	계산 결과 고도값	오차	No.	지도 고도값	계산 결과 고도값	오차
1	168	168	0	1	118	118	0
2	168	168	0	2	112	112	0
3	152	152	0	3	109	109	0
4	172	172	0	4	101	101	0
5	173	172	1	5	118	118	0
6	167	167	0	6	122	122	0
7	152	152	0	7	113	113	0
8	133	133	0	8	112	112	0
RMSE			0.35	RMSE			0

IV. 결 론

본 연구에서는 세선화, 심볼제거, 끊어진 라인 연결, 고도 정보 보간 등의 과정을 통해 DEM(Digital Elevation Model)을 생성하고 그것을 3차원 형태로 표현하였고, 또한 고도 보간의 정확도를 알아보았다.

본 연구에서 수행한 방법은 지도변경에 따른 수정보완이 손쉬우며, 지도의 제작, 관리, 검색 등을 효율적으로 할 수 있는 장점이 있다.

향후 과제로 보다 정확한 보간법과 image size 확대 및 knowledge based system을 구축하여 지도의 작동작성과 종합 지형 정보를 데이터 베이스화하는 연구가 수행되어야 하겠다.

참고문헌

- 1) 남궁재찬, 1989, 화상 공학의 기초, 기산 연구소, pp.176—179.
- 2) Donald hearn and M. Pauline baker, 1986, *Computer graphics*, Prentice-hall, pp.195—203.
- 3) H. Ebner, and P. Reiss, 1978, Height interpolation by the method of finite elements, *ISP Comm. III*, Moscow.
- 4) Carlo Arcelli et al., 1981, A thinning algorithm based on prominence detection, *Pattern Recognition*, Vol.1, No.3, pp.225—235.
- 5) V. K. Govindan and P. Shivaprasad, 1987, A pattern adaptive thinning algorithm, *Pattern Recognition*, Vol.6, No.6, pp.623—637.
- 6) Melvin J. Marron, 1985, *Numerical analysis*, Macmillan, pp.229—272.