

GIS의 TIN을 이용한 정밀 지형도 제작과정에서의 문제점 연구

김 두 일

육군사관학교 환경학분야

1. 서론

GIS와 GPS (Global Positioning System) 기술이 발달함에 따라 소규모의 지역에 대해서는 사용자가 원하는 형태로 비교적 자세하고 용이하게 지도를 직접 제작하여 실용화하거나 연구용으로 사용할 수 있게 되었다. 이러한 지도에는 고도자료가 필요한 경우가 많으며 이는 GIS의 TIN (Triangulation Irregular Network)을 이용하는 것이 편리하다.

본 연구는 소규모 지역의 정밀한 지형도를 GIS의 TIN을 이용하여 제작하는 과정에서 나타나는 문제점을 분석한 것이다. 연구의 주요 내용은 TIN의 내용과 이를 이용한 정밀 지형도의 제작과정, 그리고 제작과정에서의 문제점 분석이다. 이러한 문제점을 분석하고 해결할 수 있다면 대축척의 정밀 지형도를 보다 효율적으로 제작하는 것이 가능하게 되고 또한 이론적으로는 새로운 tessellation의 형태를 연구할 수 있는 기초 자료를 축적하는 효과를 가지게 된다.

2. TIN의 내용과 지형도의 제작

1) TIN의 이론적 측면

일련의 다각형에 의해 지리적 사상의 공간형태를 나타내는 tessellation에는 regular와 irregular tessellation이 있다 (Okabe, et.al., 1992). 그중 지표면의 고도를 표현하거나 등고선 또는 DEM의 제작을 위한 중간단계로서 irregular tessellation의 하나인 TIN이 비교적 많이 사용되고 있다.

위치와 고도가 알려진 점 (point)들로부터 TIN을 형성하는 방법에는 distance-ordering과 Delaunay triangulation의 방법이 있는데 일반적으로 후자가 많이 이용된다 (Goodchild, et.al., 1990, 39-4). Delaunay triangulation을 위해서는 Thiessen polygon을 만들고 이로부터 Delaunay triangle을 만드는 방법이 효과적이다. Delaunay triangle을 만들면 이들 삼각형은 정삼각형에 가깝게 되며 삼각형의 세 point를 지나는 원 내에는 다른 point가 존재하지 않게 된다.

TIN은 여러 가지 장점을 가지고 있는데, 특히 상대적으로 소수의 점을 가지고도 비교적 정확하게 지형을 표현할 수 있다는 점에서 지형표현에서 많이 사용된다. 그외에도 하천침식지형을 다른 지형보다 비교적 잘 나타낼 수 있다는 점도(Goodchild, et.al., 1990, 39-3) 우리나라의 지형표현에서 중요한 이점의 하나이다.

TIN으로부터 등고선을 만들 수 있다. 개별 삼각형은 평면이기 때문에 등고선은 삼각형의 면 내부에서는 직선으로 나타나고 edge에서는 갑자기 꺾이는 형태가 되나 option의 사용으로서 어느 정도 해결할 수 있다.

2) TIN에 의해 제작된 정밀 지형도

TIN을 이용하여 제작한 지형도는 차량의 주행속도를 측정하기 위한 map database 제작의 일부로서 동서 1.16km, 남북 1.5km의 좁은 지역을 대상으로 하였다. 연구지역의 지형을 고려하여 평지와 산지로 나누고 지도제작에서 data point의 취득방법과 밀도를 달리하여, 평지는 세밀하게 그리고 산지는 대략적으로 고도를 산출하였다.

지도제작계획단계에서 고려한 고도표현의 spatial resolution은 5x5m이며, 이를 위하여 고도, 하천 및 도로의 3개 layer에서 총 5,215점을 측량하였다. 현지 측량은 total station (TPM 1800 Leica)을 이용하여 각 point에 대해서 평면좌표(x,y) 및 고도(z)를 측정하였으며, 기간은 1999년 1~2월에 걸쳐 3명이 21일간 작업을 하였다. 측량된 각 point는 GPS (SR-9500, Leica)에 의해 측정된 4 point의 WGS84 좌표와 affine 변환에 의해 WGS84좌표로 전환하였다. 해발고도는 PNU95 geoid 모델에 의한 geoidal height를 보정한 해발고도를 사용하였다.

측량된 data의 처리 및 TIN에 의한 triangulation과 차후의 작업에는 hardware로서 SUN W/S, INTERGRAPH, digitizer, Scanner, 등이 사용되었으며 software로는 ARC/INFO7.0, INTERGRAPH MGE 등이 사용되었다.

TIN의 형성에 필요한 점은 평지에서는 측량점을 사용하고 산지에서는 기존 지도의 20m 간격의 등고선으로부터 디지털화한 point를 사용하였다. 이렇게 형성된 TIN으로부터 0.5m 간격의 등고선도를 제작하고 이를 토대로 하여 실제 지형과 비교하였다. 그 결과 5x5m의 resolution으로 사용하기에는 실제와 많은 차이가 있기 때문에 재 측량, 현지조사, 현지촬영 사진 및 지도에 의한 보완으로 3,864개의 point를 추가하여 총 9,079개의 point로서 TIN을 다시 제작하고 등고선도를 제작하였다. 하천 및 도로에 대한 지도는 최초 측량된 점에 약간의 수정을 가하여 제작되었다.

3. 정밀 지형도 제작에서의 문제점

본 연구에서 이루어진 정밀 지형도의 제작과정에서 나타난 문제점은 크게 다음의 4가지로 정리할 수 있다: 1) 계획단계에서의 문제점, 2) 측량상의 문제, 3) 정확성 평가의 문제, 그리고 4) 지형학적 지식의 문제.

1) 계획단계에서의 문제점

어느 프로젝트에서나 유사하지만 정밀 지형도의 제작에서도 계획단계가 매우 중요하다. 제작과정에서 나타난 문제점으로서, 계획단계의 중요성을 직간접으로 시사해주는 것으로 크게 다음과 같은 두가지를 고려할 수 있다.

첫째는 map scale 또는 spatial resolution이다. 이는 지도의 사용목적에 따라 결정되는데 차후의 작업과정에 가장 크게 영향을 미친다. 본 지형도에서는 차후 사용될 grid의 크기를 최초에는 2x2m로 계획하였으나 측량과정에서 문제점이 나타나고 이를 논의하는 과정에서 제작목적에 크게 영향을 미치지 않는다는 판단하에 5x5m로 완화하였다. 둘째는 등고선을 수정하기 위해 point를 추가하는 과정에서 나타난 문제점으로서, 현지 지형에서 기존 point의 위치 확인에 많은 시간이 소모되었다는 점이다.

이러한 점을 해결하기 위해서는 측량의 초기단계에서 측정될 모든 point의 위치를 결정하는 것이고, 이 경우 최초 측량기간은 길어졌겠지만 수정을 포함한 전체적인 작업시간은 보다 줄어들었을 것으로 판단된다. 또 다른 방법으로는 측정된 점들을 현지 지형에 표시함으로써 차후 수정과정에서 이들을 쉽게 확인하는 것이지만 point의 수가 많아지면 시간, 노력 및 비용이 많이 들게 된다.

2) 측량상의 문제

측량상에 있어서 첫째 문제점은 TIN 형성에 필요한 점들이 과소 측정되었다는 점이다. TIN에 의해 지표면을 정확히 나타내기 위해서 필요한 점은 크게 (1) 지형의 경사변환점과 (2) Delaunay triangulation의 원리에 입각한 점들이다. 그러나 측량을 하는 사람들은 지리학자가 아니어서 이러한 원리에 대한, 특히, 두 번째의 원리에 대한 이해가 부족하여 많은 점들이 측정되지 않거나 다른 지점에서 측정되었다. 둘째 문제점은 험준한 지형으로 인하여 필요한 점들의 야외 측량이 곤란하였다는 점이다. 여기에는 급경사, 무성한 식생, GPS 사용이 어려운 좁은 골짜기 등과 같은 요인이 작용하였다.

이러한 문제점을 개선하기 위해서는 TIN의 구성원리에 대한 이해가 필요하며, 험준한 지역에서 효과적으로 측량할 수 있는 기술적 방법이 개발되어야 할 것이다. 대안으로는 항공사진에 의한 고도 추출이나 위성사진에 의한 고도 추출이 있을 수 있으나 세밀한 지형도 제작을 위해서는 기술적 점정을 거쳐야 할 것이다.

3) 정확성 평가의 문제

일반적으로 소규모 지역에서의 지형도 제작에서 가장 중요한 것은 지형 표현의 정확성일 것이다. 정밀 지형도보다 더 정확도가 좋은 data가 존재하기 어려운 상황에서, 제작된 지형도의 정확성을 평가할 수 있는 방법이 현실적으로는 존재하지 않는다는 점에서 문제가 대두된다. 이러한 경우에는 현실적으로 현지 지형 그 자체가 평가의 기준이 될 수밖에 없다. 따라서 실제의 지형과 대조하여야 하는데 이는 시간과 노력이 많이 드는 작업이다. 본 연구에서는 최초 제작된 등고선도와 실제 지형을 비교하는 작업과정을 거쳐서 지형의 표현을 많이 수정하였다. 부분적으로는 하천에 의해 형성된 우수지형에서는 hydrological model을 이용하여 능선과 계곡이 제대로 형성되었는가를 검색할 수도 있다.

4) 지형학 지식의 문제

지형을 디지털화하고 소수의 점으로 정확하게 지형을 표현하기 위해서 TIN을 이용하는 것과 같은 작업에서는 상당한 지형학적 지식이 필요하게 된다. 특히 측량이나 triangulation과정을 효율적으로 수행하기 위해서는 지형학과 해당 지형에 대한 지식이 매우 중요한 요인으로 작용한다. 본 연구에서는 고도점의 추가과정에서 특히 지형학 지식이 필요하였다.

4. 결론

본 연구는 매우 좁은 지역에서 비교적 세밀한 지형도를 제작하는 과정에서 나타나는 문제점을 분석하였다. 이러한 문제점은 계획단계에서의 문제점, 측량상의 문제, 정확성 평가의 문제, 그리고 지형학적 지식의 문제이다.

GIS나 GPS와 같은 기술의 발달로 비교적 용이하게 지도를 제작할 수 있게 되면서 여러 가지 문제점에 직면하게 되며 이러한 문제점을 해결할 수 있다면 지도학이 한 단계 발달할 수 있는 계기가 될 것이다. 이를 위해서는 현 단계에서 GIS의 TIN을 유용하게 사용할 수 있으며 앞으로는 보다 더 효과적인 기술이 개발될 수 있을 것이다.

참고문헌

- ESRI, 1991, *Surface Modeling with TIN (ver.6.0)*, ESRI, Redland, CA., USA.
- Goodchild, M.F. and Kemp, K.K. (ed.), 1990, *Technical issues in GIS, NCGIA Core Curriculum*, NCGIA, Univ. of California, Santa Barbara, CA., USA.
- Midtobo, T., 1994, Removing points from a Delaunay triangulation, in Waugh, T.C. and Healey, R.G. (eds.), *Advances in GIS Research*, Vol. I, Taylor and Francis, 730-750.
- Okabe, A., Boots, B. and Sugihara, K., 1992, *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*, Wiley, NY., USA.
- Tsai, V.J.D., 1993, Delaunay triangulations in TIN creation: An overview and a linear-time algorithm, *International Journal of GIS*, 7(6), 501-524.
- Van Kreveld, M., 1994, Efficient methods for isoline extraction from a digital elevation model based on Triangulated Irregular Networks, in Waugh, T.C. and Healey, R.G. (eds.), *Advances in GIS Research*, Vol. I, Taylor and Francis, 835-847.