

3차원 경관모델에서 DEM의 이용에 관한 연구

장병진³⁾ · 이인성⁴⁾

1. 연구의 배경 및 목적

도시의 경관을 바람직한 방향으로 가꾸어 나가기 위해서는 신규 도시개발이 도시경관에 미치는 영향을 사전에 검토하여 적정개발을 유도할 필요가 있다. 대도시 규모의 경관을 체계적으로 관리·평가하기 위해서는 대규모의 경관평가 모델과 고성능의 시스템이 필요하다. 하드웨어의 급속한 발전으로 워크스테이션과 PC의 벽이 허물어지고, 국가 기본도가 수치지도로 거의 구축되어 가고 있는 현 시점에서는 이런 경관평가를 담당할 시스템의 구축이 점점 현실화 되어가고 있다.

이런 시스템에 대한 연구 중 하나로 서울시립대학교 도시과학 연구원에서는 '도심부 경관시뮬레이션 DB 구축 연구'를 수행하였다. 이 연구는 경관모델을 이용해 경관평가를 수행하여 도시재개발사업의 기초자료로 활용하기 위한 연구였다. 이 연구를 통해서 경관모델을 이용해 도시규제의 효과를 평가해내는 등의 결과를 얻었지만, 경관모델에 쓰인 자료들의 저장과 처리의 효율성 재고와, 자료들을 관리할 통합적 시스템의 필요성이 크게 대두되었다. 본 연구는 이런 시스템을 제작하기 위한 기초 연구 중 하나로, 경관모델 내에서 지형을 효율적으로 다루기 위한 기법을 연구한다.

2. 연구의 내용 및 방법

컴퓨터 상에서 지형을 나타내기 위한 방법들로는 여러 가지가 있지만 본 연구에서는 구조가 매우 간단하여 처리가 쉽고, 제작이 비교적 간단하면서도 정확한 DEM(Digital Elevation Model)을 CAD상의 3차원 경관모델에 이용하기 위해, 경관모델 내에서의 DEM의 활용방법을 찾아 구현해보고, DEM을 가시화될 수 있는 3차원 표면모델(3D Surface Model)로 만들 때 효율성을 높일 수 있는 최적화의 기법을 연구해 보겠다.

3. DEM과 이를 이용한 3차원 표면모델

DEM(Digital Elevation Model)은 지형 데이터를 2차원 평면상의 표본 점들에 대한 고도 데이터의 값의 집합으로 표현한 것이다. DEM은 지형을 연속적인 곡면으로 해석하기 때문에 그 분포가 불규칙하고 성긴 데이터에서 보간법을 통하여 비교적 매끄러운 DEM을 얻을 수 있다. 곡면으로의 해석은 주로 선형보간을 통해 이루어지게 되는데, 직접적으로 기술되지 않은 점의 높이를 알아낼 때 이 선형보간을 통하여 미지의 점의 미형모델 위의 높이를 알아낸다.

DEM을 3차원적으로 시각화하기 위해서는 벡터적으로 면이 기술된 표면모델(Surface Model)로 만들어 주어야 한다. 이 중 가장 간단한 방법이 정규격자망(grid)을 이용하는 방법이다. 이 모델은 DEM의 구조를 그대로 3차원으로 확장한 것이기에 계산이 간편한 점, 데이터의 일부 수정이 간단한 점 등 DEM의 장점을 대부분 가지고 있다. 하지만 래스터자료의 구조를 따르기에 크기가 매우 큰 점 등 단점도 많다. DEM은 기본적으로 지형을 연속적인 곡면으로 기술하는 것이기 때문에 각 격자들이 선형보간을 통하여 곡면으로 해석되는 것이 바람직하다. 이런 곡면으로의 해석 방법을 통하여 처리된 정규격자망 표면모델은 그 자료량에 비해 무척 자연스러운 시각화가 가능하다.

DEM을 3차원으로 시각화하기 위한 방법 중 가장 많이 쓰이는 것은 TIN (Triangled Irregular Network)을 이용한 방법이다. 정규격자망은 의미점 추출이나 삼각형 면의 병합 등을 통하여 TIN으로 변환될 수 있다. TIN은 자료의 밀도에 따라 그 구조가 유연하게 변하므로, 의미 있는 점들만을 추출하여 그 점들을 삼각망으로 연결한 TIN을 만들어 3차원 표면 모델을 만들 수 있다. 이때 자료의 양은 크게 들어들지만 자료의 유연성은 매우 떨어지게 된다.

3) 서울시립대학교 대학원 조경학과

4) 서울시립대학교 건축도시조경학부 조교수

4. 경관모델 내에서의 DEM의 이용

DEM은 크기가 작을 뿐 아니라 DEM의 실제자료가 갖는 구조가 일반적 메모리와 매우 유사하기에 그 처리시간 또한 매우 짧다. <표 1>은 DEM의 효율성을 증명하기 위해 DEM을 그대로 정규격자망으로 전환하여 그 용량과 처리시간을 비교해본 것이다. DEM의 포맷으로는 IDRISI에서 사용하는 바이너리 이미지 포맷을 사용하고, 정규격자망이 저장된 CAD 파일은 범용 CAD파일인 AutoCAD DWG 파일을 사용했다.

<표 21> DEM자료와 CAD 자료 저장량 및 처리시간 비교(괄호 안은 처리시간. 단위: 초)

격자크기	열 수	행 수	Null data 수	유효 격자수	DEM 자료 크기	CAD 자료크기	비율
20M	287	214	0	61,418	246,169(0.250)	7,338,377(15.19)	3.35(1.64)%
40M	1106	1117	421,449	813,903	4,942,106(4.516)	88,078,489(201.63)	5.61(2.24)%
200M	221	223	16,661	23,622	197,628(0.203)	3,507,368(10.58)	5.63(1.92)%

DEM을 캐드로 구축된 3차원 경관모델에서 지형정보로 사용하기 위해서 본 연구는 ARX와 Visual LISP으로 프로그래밍을 하여 AutoCAD 내에서 DEM과 정규격자망 표면모델 간의 전환이 가능하도록 하였고, 또한 IDRISI의 이미지 파일 형태로 DEM을 저장하고 불러올 수 있도록 하였다. 이렇게 AutoCAD 내에서 DEM의 사용을 가능하게 해 주어, 경관모델 구축을 위한 다음 작업들을 효과적으로 수행할 수 있게 되었다.

• 건물 올리기

벡터로 기술된 표면모델에서는 임의의 점의 수직적 위치를 구해내는 것이 매우 힘들다. 하지만, DEM을 이용해 실시간으로 임의의 점의 지형모델 위에서의 수직적 위치를 구할 수 있다. 때문에 많은 건물군들도 신속하게 그 수직위치를 보정할 수 있었다. 건물들의 수직 위치를 이 기능을 이용하여 실시간으로 결정할 수 있으므로 그 수직위치를 저장하고 있을 필요가 없어지게 되었다.

• 벡터 올리기

입체적인 지형 위에 벡터를 올리는 것은 매우 어려운 작업이다. 단순히 두 점으로 기술되던 벡터의 각 세그먼트들도 지형에 따라 점을 추가하고 수직위치를 조정해야 하기 때문이다. 본 연구에서는 복잡한 벡터들인 도로를 나타내는 POLYLINE들을 DEM을 이용하여 지형 위에 얹을 수 있었다.

• 다른 해상도로 전환 및 서로 다른 해상도 자료의 병합

DEM은 여러 단계의 상세도 모델을 쉽고 빠르게 만들 수 있다는 장점이 있다. 또, 서로 다른 해상도(레벨)의 자료들을 중첩(Overlay)하여 지형모델을 보완할 수 있다. 이 기능을 이용하여 중요 대상지의 지형만을 자세히 나타내는 등의 작업과 관찰시점에 가까운 곳을 자세하게 표현하는 등의 작업이 가능했다.

5. Quad Tree를 응용한 변형 정규격자망

지형이 평지에 가까운 경우, DEM 내에는 불필요하게 기술된 자료들이 매우 많아진다. 또한 지형이 복잡할 경우에는 격자 안에 묻혀 표현되지 못하는 경우도 많다. 때문에 효과적인 지형모델을 위해서는 자료를 최적화 할 필요가 있다. 3차원을 다루는 프로그램들 중 많은 것들이 이 문제를 TIN을 이용하여 해결하였다. 하지만, 이런 TIN을 이용한 방법은 자료의 일부가 바뀌거나, 목표하는 정밀도가 달라지는 경우 처음부터 계산을 다시 하여 3차원 모델링을 수행해야 한다.

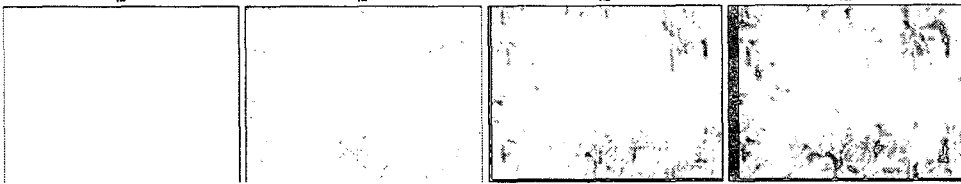
때문에 3차원 지형모델의 최적화라는 점과 자료의 변화나 사용자의 요구에 신속히 대처해야 한다는 점을 중시하여, 본 연구에서는 DEM의 3차원 표면모델링을 수행하는 방법으로 Quad Tree를 응용한 변형된 정규격자망 표면모델(이하 변형격자망 지형모델)을 제안한다.

변형격자망 지형모델은 정규격자망 모델처럼 정사각형의 셀을 기본으로 한다. 하지만, 그 셀의 크기가 일정한 것이 아니라 다양한 크기를 가질 수 있다. 셀의 크기는 일정 오차내에서 원 자료를 설명할 수 있는 가장 큰 셀이 선택된다.

이러한 다양한 셀크기를 통한 지형모델의 유용성은 먼저 그 자료량이 작아진다는데 있다. 물론 자료량의 절감은 TIN을 이용한 지형모델로도 얻을 수 있는 효과다. 하지만 봄 연구에서 제안하는 변형격자망 지형모델은 앞에서 말했던 TIN의 단점, 즉 부분적인 변화에도 전체를 다시 만들어 주어야 하는 것을 극복할 수 있다. 변형격자망은 각 셀의 기본구조가 정사각형이고, 이 셀들의 크기도 일정한 배수이기 때문에 부분의 변화가 전체에 영향을 미치지 않는 것이다. 부분이 변하면 그 부분이 포함되는 셀 안에서만 다시 모델을 구축하면 되는 것이다.

◦ 각 크기의 단위격자별 에러 평면

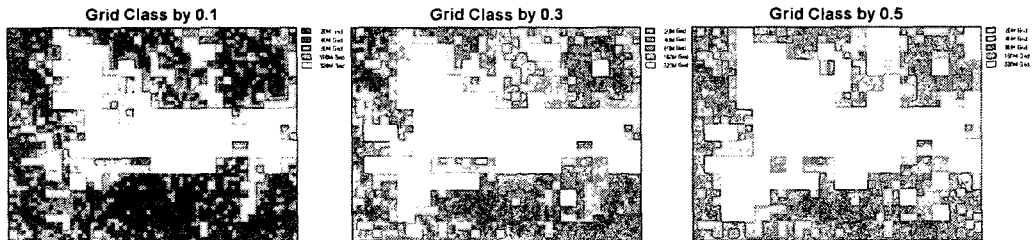
변형격자망 지형모델에서 가장 중요한 것은 각 격자 크기별 에러 평면을 만들어 이 평면들을 각 지역을 기술하는 단위격자 크기 결정의 기준으로 삼는다는 것이다. 본 연구에서는 20M 단위의 격자망을 바탕으로 40M, 80M, 160M, 320M 단위로 단위 셀 크기를 변화시킨 모델을 만들고 이 각각의 모델에서 발생하는 오차를 원래의 20M 셀의 모델과 비교해 오차평면을 만들었다. 다음은 그 각각의 오차평면이다.



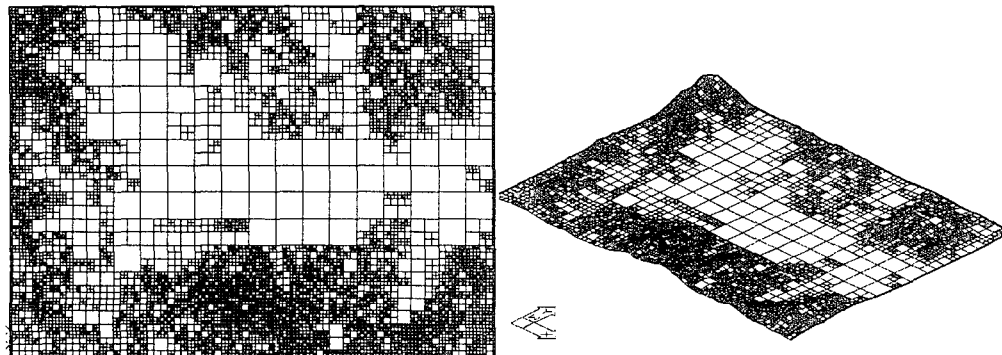
◦ 오차에 근거한 격자크기의 선택

이 모델에서의 오차평면을 바탕으로 모델에서 사용한 격자의 크기에 따른 오차가 거의 없는 지역은 큰 격자를 사용하고, 격자의 크기가 더 작아야 오차가 적은 지역은 더 작은 격자를 사용하는 방식으로 모델을 구성할 수 있다.

이 때, 판단의 기준이 있어야 하는데 본 연구에서는 원 모델과 셀 크기가 확대된 모델의 잔차(殘差)의 제곱들의 평균(MSE: Mean Square Error)을 사용했다. 다음 그림들은 각 모델이 선택되는 MSE 기준을 각각 0.1, 0.3, 0.5로 변화시킬 때 각 지역에 해당하는 모델의 격자크기를 구해 낸 것이다.



모델 선택의 기준이 되는 오차값은 사용자가 자신의 목적에 맞게 임의로 선택할 수 있을 것이다. 다음 그림들은 모델선택 MSE 기준값을 0.1로 해서 생성된 최적화된 지형모델이다.



변형격자망 지형모델은 일부 지형의 변화가 다른 지역에 영향을 미치는 것을 최소화 할 수 있다. 때문에 대규모 지역의 지형을 분할된 DEM파일을 통하여 저장하고 필요에 따라 부분적으로 불러 지형모델을 만들어도 그 모습이 달라지지 않는다. 또한 DEM과 함께 에러평면들도 저장하여 관리하면 변형격자망 지형모델 형성시 가장 시간이 많이 걸리는 작업인 오류평면의 생성이 필요 없으므로 매우 빠른 시간에 최적화된 지형모델을 얻을 수 있을 것이다.

또한 이 모델은 주 대상지를 더 자세하게 표현하거나 모델 내에서의 카메라의 위치와 가까운 지역을 자세히 표현하는데도 매우 효율적인 것으로 예상된다. 모델 내 각 지역의 셀을 선택하는 기준을 단순히 MSE에 두지 않고, 에러평면에 주 대상지 범위나 시야 범위에 따른 가중치를 적용하여 모델을 만들으로써 부분별로 정밀도를 달리 할 수 있을 것이다.