

GIS 기반에서 Voronoi Diagram을 이용한 하천인식 DEM 생성에 관한 연구

이근상* · 전형섭** · 임승현*** · 조기성***

The construction of stream-recognition DEM using voronoi diagram in GIS environment

Geun-Sang Lee* · Hyeong-Sub Jeon** · Seung-Hyeon Lim*** · Gi-Sung Cho****

요 약

수자원분야에서 DEM을 활용한 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 특히 지형 및 수문분석의 기초가 되는 유역과 하천 추출은 GIS 분석에서 일반화되어 있다. 그러나 경사가 완만한 지형에서는 가늘고 긴 슬리버 폴리곤 형태의 유역이나 직선형태의 하천이 추출되므로, 활용측면에서 비 효율적이다.

본 연구에서는 완경사지역에서 발생하는 비정상적인 유역과 하천을 효과적으로 추출하기 위해, 하천을 중심으로 완충구간을 설정한 후 점진적인 표고변화를 적용하였다. 특히 점진적인 표고변화를 부여하기 위해 보로노이 다이어그램(Voronoi Diagram)을 활용한 등거리 할당모형을 적용하였다. 또한 추출한 하천인식 DEM과 원시 DEM을 이용하여 유역 및 하천을 추출한 후, 완경사 지역에서의 유역 및 하천의 형태를 상호 비교함으로써 본 연구의 효용성을 평가하였다.

주요어 : 보로노이 다이어그램, 수치표고모형, 유클리드 거리, 공간분석

* 전북대학교 토목공학과 박사수료 / 순천청암대학 지리정보기술연구소 연구원(Researcher, Research Institute of Geographic Information Technology, Suncheon Chongam College, Duckwol-Dong, Suncheon, Chonnam, Korea, 540-260) / E-mail : happylks@hanmail.net

** 전북대학교 부설 공학연구원 공업기술연구센터 연구원(Researcher, Research Institute of Industrial Technology, Chonbuk National University, Duckjing-Dong, Chonju, Chonbuk, Korea, 561-756) / E-mail : jsi2365@yahoo.co.kr

*** 전북대학교 부설 공학연구원 공업기술연구센터 연구원(Researcher, Research Institute of Industrial Technology, Chonbuk National University, Duckjing-Dong, Chonju, Chonbuk, Korea, 561-756) / E-mail : shlim0@shinbiro.com

**** 전북대학교 토목공학과 교수(Professor, Department of Civil Engineering, Chonbuk National University, Duckjing-Dong, Chonju, Chonbuk, Korea, 561-756) / E-mail : gscho@moak.chonbuk.ac.kr

ABSTRACT : Researches using DEM are actively progressed in field of water resource, and especially the extraction of watershed and stream based on topographic and hydrologic analysis, is widely used in GIS analysis recently. However, because it is extracted that watershed which is type of sliver polygon and stream which is type of straight line in low topographic region, they're not efficient for application.

This study determined buffer zone from stream and tried smooth elevation change to buffer zone in order to efficiently extract abnormal watershed and stream being occurred in low topographic region. Especially, we applied equal-distance assignment model using Voronoi Diagram to determine smooth elevation change. Also, we extracted watershed and stream using stream recognition DEM and original DEM, and evaluated the efficiency of research through comparing the shape of watershed and stream in low topographic region.

Keywords : Voronoi Diagram, Euclidean Distance, Digital Elevation Model, Spatial Analysis

1. 연구배경 및 목적

최근 GIS(Geo-Spatial Information System)의 활용은 공간자료를 효과적으로 관리하고 분석 할 수 있는 유용한 도구로 널리 활용되고 있으며, 특히 수자원분야에서 수치표고모형(DEM)은 각종 지형분석 알고리즘 개발 및 이를 처리하는 컴퓨터 기술의 발달로 인해 그 활용분야가 나날이 증대되고 있다.

수자원분야에서 DEM은 경사 및 향분석, 물의 흐름방향 결정, 상부기여면적 계산, 유역 및 하천 그리고 최장수로 추출과 같은 다양한 공간자료 분석에 활용되고 있으며 유역면적 및 하천길이, 지체시간, 최장수로의 길이 등과 같은 속성자료 제공도 가능하게 하였다.

특히, DEM을 활용한 유역추출은 각 분야에서 범용적으로 활용되고 있으며, GIS

프로그램에서도 일반 사용자가 쉽게 활용할 수 있도록 서브시스템으로 제공하고 있다. 그러나, 이러한 DEM을 활용한 유역 및 하천 추출시 경사가 완만한 지역에서는 실제 하천의 형태를 효과적으로 반영하지 못하여 직선 형태의 하천이 인접하여 나타남으로서 실제 지형과는 다른 유역이 생성되는 경우가 많다. 이것은 하천의 흐름이 지형영향으로 정체되기 때문이며 이러한 하천의 흐름정체를 해결하기 위한 지형 전처리 기법으로서, DEM 생성 중 발생하는 오류의 하나인 Sink(함몰)를 주위 셀의 표고값으로 할당하는 Filling(채우기) 방법이 주로 이용된다. 그러나, Filling 방법 역시 경사가 매우 완만한 지역이나 하천 주위의 제방과 같은 지형을 효과적으로 처리하지 못한다.

완경사 지역에서의 비정상적인 하천흐름을 처리하기 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있으며, 최근 하천의 흐름을 효

과적으로 반영하기 위한 각종 알고리즘이 개발되었다.

하천의 흐름을 반영한 DEM 생성의 예로서, 수치지형도의 하천레이어를 DEM과 결합하여 하천셀의 표고값을 인위적으로 낮추는 Burn DEM 방법이 제시되었으나, 하천 부근에 제방과 같은 지형물이 존재 시 상류에서 흘러온 흐름누적 셀이 하천 제방 바깥쪽에 정체되어 실제 하천과는 다른 위치에 별도의 하천이 생성되는 결과를 가져온다. 따라서, 이 방법 역시 직선형태의 하천이 부분적으로 생성되므로 기존의 원시 DEM으로부터 추출한 유역 및 하천과 비교하여 큰 개선효과를 가져 오지 못한다.

본 연구에서는 실제하천을 보다 효과적으로 인식할 수 있는 DEM을 생성하기 위해 하천셀로부터 완충구간을 설정하여 점진적인 표고변화를 주는 방법을 이용하였다. 특히 하천셀과 완충구간 바깥지역의 표고값을 전체영역에 할당하기 위해 보로노이 다이어그램(Voronoi Diagram)을 활용함으로써 완충구간내 지역에 대해서는 점진적인 표고변화를 가지면서 하천셀에 대해서는 급격한 표고변화를 갖는 하천인식 DEM을 생성하는 기법을 제시하고자 한다.

2. 기존 연구 검토

GIS분야에서 DEM의 활용은 주로 인접하고 있는 셀의 표고값을 활용한 경사 및 향 분석과 같은 1차 정보 추출에서부터 출발하여, 최근 수자원 GIS에 대한 관심

이 높아지면서, 비인접된 셀의 표고값을 분석한 흐름경로 결정(Lea, 1992), 상부기역면적 계산(Jenson & Domingue, 1988), 배수망 추적(Marks 등, 1984) 그리고 유역 및 하천의 벡터화(Skidmore, 1990)에 이르기까지 활용분야가 매우 다양하다.

이러한 DEM 분석기법 중 수자원 분야에서 가장 중요하게 평가되는 유역 및 하천추출은 모두 수치지형모형(DTM)에 기초를 두고 있다. DTM자료는 지형의 특성을 자동 분석하는데 필요한 중요한 수치자료로서, 이를 생성하는 모델로는 불규칙 삼각망(TIN)을 이용하는 방법과 규칙적인 격자(GRID)를 이용하는 방법이 있으며 서로 다른 자료 구조와 수반되는 일련의 알고리즘을 통하여 유역을 자동 추출하는 방법들이 제안되고 있다.

Peuker(1978)등은 TIN의 연구를 통해 하천과 능선을 표현하는 방법들을 제안하였으며, TIN을 이용한 유역경계추출 방법은 Maidment 등(1989)에 의하여 개발되었고 Jones 등(1990)에 의해 보완되었다.

반면에, Peuker & Douglas(1975)는 GRID를 이용하여 DTM중 기하학적으로 오목한 곳을 고려한 알고리즘을 제안하였으며, Marks 등(1984)와 Jenson & Dominique(1988)등은 수문학적인 접근방법을 통하여 하천을 결정하는 방법들을 정식화하였다.

DEM을 이용한 방법은 효율적인 처리와 보편적인 적용성 때문에 가장 일반적으로 사용되는 유역경계 추출기법으로서 Jenson & Dominique(1988)는 DEM을 이용한 알고리즘이 부분적으로 Sink가 있는 곳을 제외하고 고차가 큰 지역에서 잘 적용되는 것을 증명하였으며, 또한 Sink 문제를 해결하기 위한 방안을 제시하였다.

Martz 등(1992)과 Nelson 등(1995)은 환경사 지역에서 나타나는 특수한 문제들을 해결하기 위하여 특별한 조사기법들을 제안하였으며, Garbrecht & Martz(1996)는 상대적으로 평평한 지표면상에서 유역의 경계를 추출하기 위하여 breaching과 tipping 알고리즘을 적용하여 환경사 지역에서 일반적으로 나타나는 Sink를 처리하였다.

특히 Hutchinson & Dowling(1991)은 주변 표고값들과의 일관성을 유지하기 위하여 지형과 하천을 결합하여 사용할 것을 제안하였다.

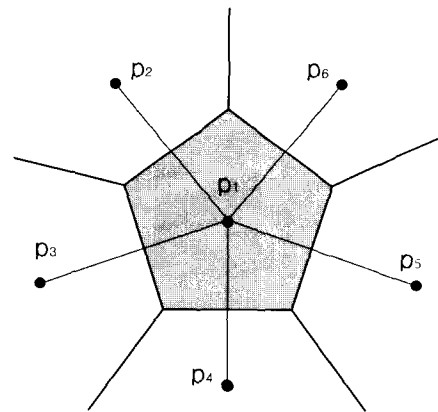
국내에서는 김동인 등(1999)이 준평야지에 대한 유역자동추출을 위해 배수강제 알고리즘을 활용하였으며, 조기성 등(2001)은 하천 레이어와 DEM을 활용하여 수문지형요소를 자동추출하는 알고리즘을 개발하였다.

이와 같이 국내외적으로 수자원분야에서 DEM을 활용한 많은 연구들이 수행되고 있으며, 일반인들도 GIS 프로그램에서 유역 및 하천을 쉽게 추출할 수 있도록 시스템들이 많이 개발되어 제공되고 있다. 그러나, 환경사지역에서 발생하는 비정상적인 하천을 효과적으로 제거하는데 많은 어려움이 있으며, 현재 연구되고 있는 많은 알고리즘 역시 지형의 형태에 따라 서로 다른 결과가 나타나는 등 아직까지 많은 개선이 필요한 상태이다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하는 하나의 방법론으로서, 보로노이 다이어그램을 활용하여 하천의 완충구간에 대한 점진적인 표고변화를 시도하는데 중점을 두었다.

3. 보로노이 다이어그램

유클리드 평면상에 2개 이상의 한정된 숫자의 점들이 서로 중첩되지 않게 분포한다는 가정하에, 주어진 모든 공간에 대해서 유클리드 기하학에 입각한 거리의 개념을 이용하여 각 점으로부터 가까운 영역을 설정하도록 하면 주어진 점들에 대해 그 평면은 어떤 형태의 구역으로 분할한 형태를 나타내게 된다. 이러한 분할 영역을 점집합으로부터 생성한 평면상의 일반적인 보로노이 다이어그램(Voronoi Diagram)이라 한다.



[그림 1] 일반적인 보로노이 다이어그램

일반적으로 지형공간은 유클리드 평면으로 한정되므로 일반적인 보로노이 다이어그램을 보로노이 다각형(Voronoi Polygon)라고 통칭한다. 또한 한점에 대한 보로노이 다이어그램은 의미가 없으므로 논의에서 제외된다.

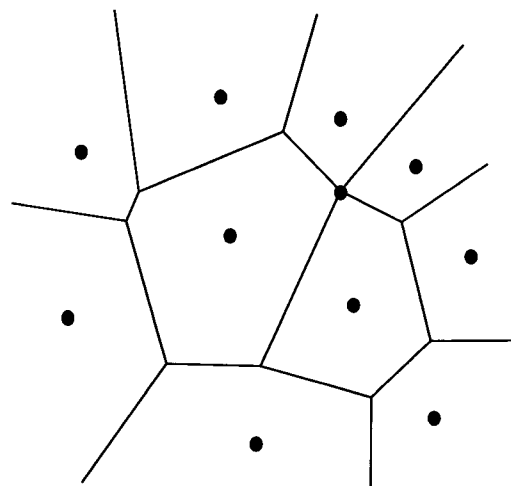
위의 정의를 보다 수학적 내용으로 재정의 하면, 유클리드 평면상에 점 집합 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ (여기서, $2 \leq n < \infty$) 가 주어졌을 경우 영역 $V(p_i) = \{x \mid \|x - p_i\| \leq \|x - p_j\|\}$ (여기서 $i \neq j$ 인 경우 $x_i \neq x_j$ 이며 $i, j \in I_n$ 이다.)를 점 p_i 에 대한 보로노이 다이어그램 혹은 점 p_i 의 보로노이 다각형이라 하며 이들의 집합 $V = \{V(p_1), V(p_2), \dots, V(p_n)\}$ 을 점집합 P 로 생성한 보로노이 다이어그램 혹은 점집합 P 의 보로노이 다각형이라 한다.

위의 정의에서 점 p_i 를 i 번째 보로노이 다각형의 중심점이라 하며, 점집합 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 를 보로노이 다이어그램 V 의 중심점집합이라 한다.

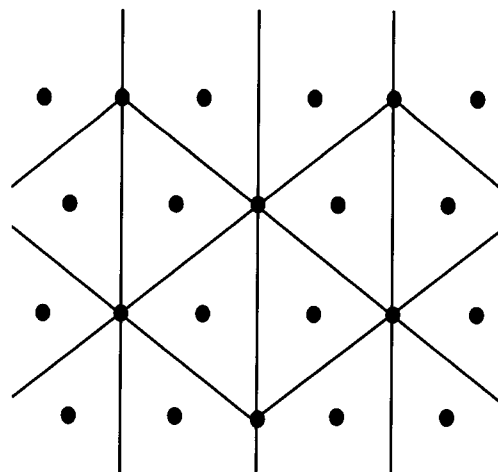
보로노이 다이어그램 $V(p_i)$ 의 정의에서 부호 \leq 를 사용함으로써 보로노이 다이어그램은 그 경계까지를 포함하게 된다. 이를 보로노이 변(edge)이라 하며, 하나의 보로노이 변은 두 개의 보로노이 다각형을 공유하게 된다. 보로노이 변의 끝점을 보로노이 꼭지점(vertex)이라 하며, 이는 3개 혹은 그 이상의 보로노이 다각형을 공유한다.

보로노이 다이어그램 V 에서 [그림 2(a)]와 같이 4개 이상의 보로노이 변들이 교차하여 생성된 보로노이 꼭지점이 존재할 때 변형된 보로노이 다이어그램이 생성되었다고 한다. 변형된 보로노이 다이어그램은 [그림 2(b)]와 같이 중심점들이 일정한 간격으로 배치되어 있을 경우에도 생성되는데, 변형된 보로노이 다이어그램이 생성된 경우에는 일반적으로 특별한 처리

과정이 필요하게 되므로, 변형된 보로노이 다이어그램이 생성되는 것을 방지하기 위해서는 모든 보로노이 꼭지점들은 단 3개의 보로노이 변들이 교차하여 형성되어야 한다는 조건이 요구된다(Goos, 1997; Qiang Du. & Max Gunzburger, 2001).



(a)



(b)

[그림 2] 변형된 보로노이 다이어그램

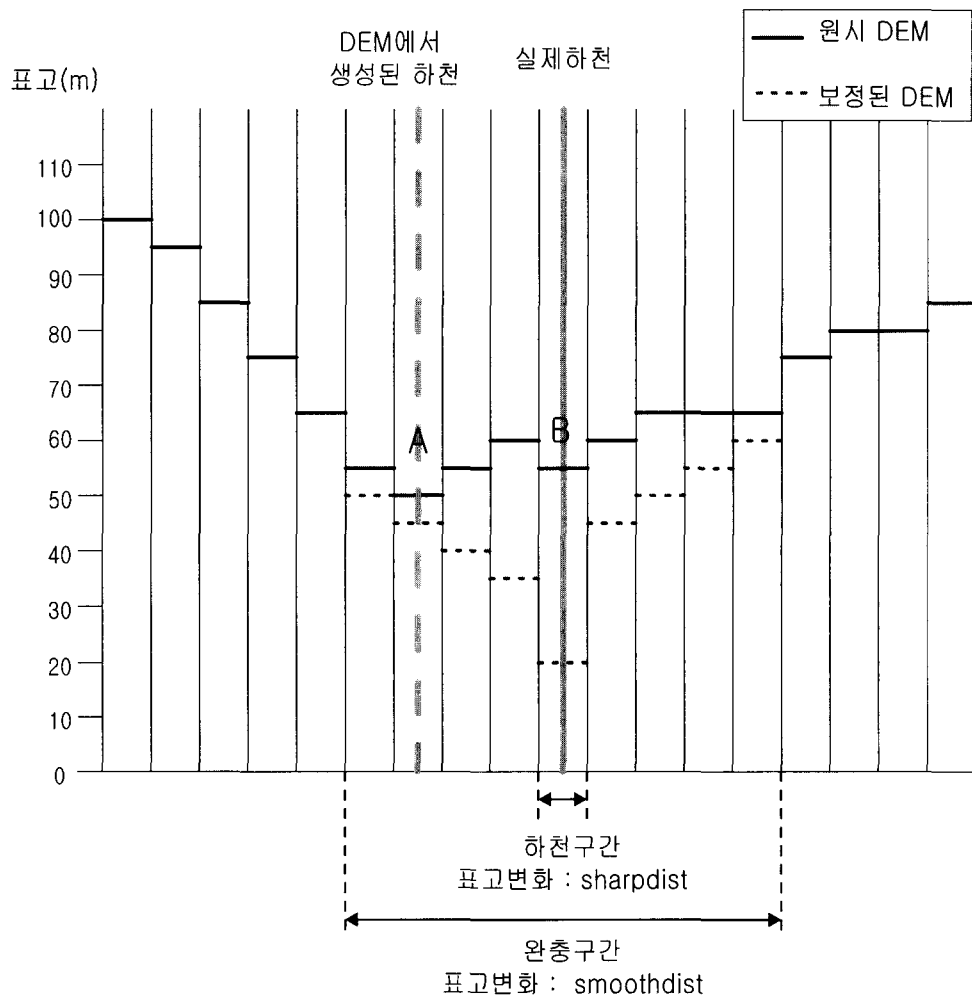
4. 하천인식 DEM 생성

4.1 개요

유역추출을 위해 생성한 DEM은 실제 지형을 효과적으로 반영하지 못하는 경우가 많다. 특히 지형경사가 매우 완만한

곳에서는 실제하천의 위치와 다른 곳이 하천으로 추출되는 경우가 많다.

이러한 이유로는, 격자기반 유역추출 알고리즘의 경우 분석가가 지정한 흐름누적값(Flowaccumulation) 이상의 셀에 대해서만 하천이 생성되므로, [그림 3]과 같이 A의 표고(50m)가 실제 하천의 위치인 B의 표고(55m) 보다 낮아 왼쪽지역의 상류



[그림 3] 하천인식 DEM 모형도

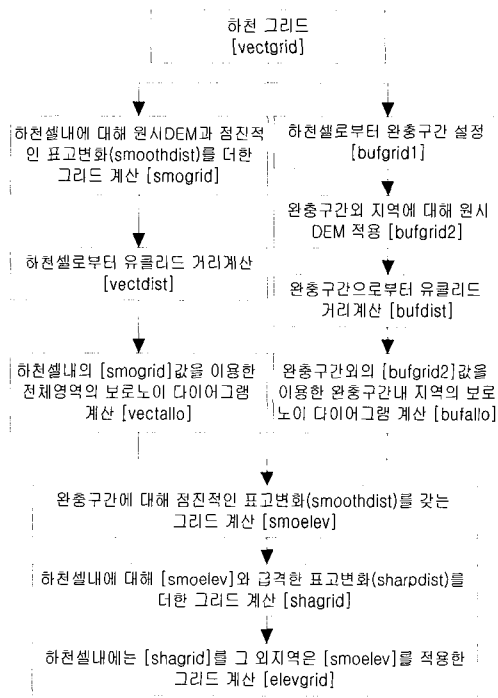
에서 흘러온 흐름이 A에서 정체되는 결과를 가져온다. 즉, 왼쪽에서 흘러온 물은 A에서 정체되고 오른쪽에서 흘러온 물은 실제하천의 위치인 B 지점에서 정체되어 하천이 인접해서 두 개가 나란히 생성되어 A와 B 사이에 실제 지형에는 나타나지 않는 직선 형태의 유역경계가 생성되는 결과를 가져온다. 이러한 유역경계는 경사가 매우 완만한 곳에서 매우 가늘고 긴 슬리버 폴리곤 형태의 유역추출이 이루어진다는 점에서 격자기반 유역추출의 한계로 지적되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 수치지도의 하천자료를 이용하여 하천과 만나는 셀 위치의 표고를 낮춰 새로운 DEM을 생성하는 기법이 제시되었으나, 이러한 기법은 B 지역의 위치를 하천으로 확실하게 지정하게 하는 효과는 있으나, A 지역이 여전히 하천으로 생성되는 한계가 있다.

따라서, 본 연구에서는 하천셀을 중심으로 일정지역을 완충구간으로 설정하여 유클리드 거리를 계산한 후, 완충구간 경계로부터 하천셀까지 점진적인 표고변화(smoothdist)를 계산하였다. 또한 하천이 지나가는 하천셀에 대해서는 별도의 급격한 표고변화(sharpdist)를 지정하여 하천의 윤곽도 확연히 나타나도록 하였다. [그림 3]에서는 완충구간을 양쪽으로 5개의 셀에 대해 지정하여 smoothdist를 -25m로 지정하였다. 셀이 양쪽으로 다섯 개 이므로 각 셀에 대해 -5m의 표고변화 효과를 얻게 된다. 또한 하천구간 셀에 대해서는 별도로 sharpdist를 -10m로 지정함으로써, 하천구간 셀에서는 smoothdist -5m와 sharpdist -10m를 더한 -15m의 표고변화를

갖게 된다. [그림 3]에서는, 원시 DEM과 하천인식 DEM 기법을 적용하여 보정한 DEM을 상호 비교할 수 있으며, 이와 같이 생성한 하천인식 DEM을 활용하여 유역 및 하천 추출시 경사가 완만한 지역에서 기존 방법보다 개선된 결과를 얻게 된다.

4.2 하천인식 DEM 생성

하천인식 DEM을 생성하기 위한 전반적인 과정은 [그림 4]와 같다.



[그림 4] 하천인식 DEM 생성과정

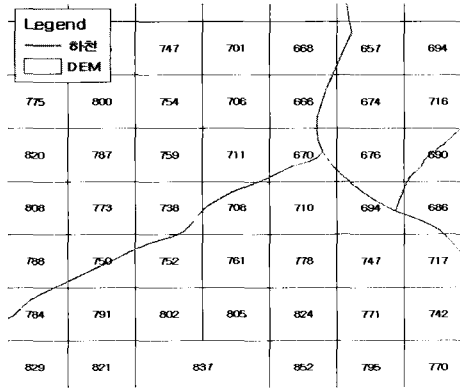
1) 입력자료의 준비

하천인식 DEM을 생성하기 위해서는

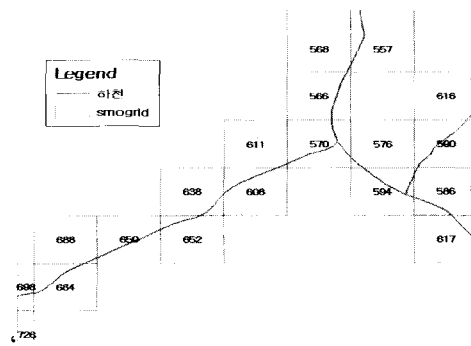
일정한 셀크기를 갖는 하천 그리드 [vectgrid]와 DEM 자료가 필요하다. 본 모형에서는 100m 셀크기를 갖는 DEM 자료를 이용하였다. [그림 5]는 원시 DEM 자료로서 셀의 수치는 표고값을 나타낸다.

2) 하천구간의 자료처리

하천구간의 셀에 원시 DEM과 점진적인 표고변화(smoothdist)을 더하여 [smogrid] 그리드를 생성하였다. 본 모형에서는 점진적인 표고변화(smoothdist)를 -100m로 지정하였다.

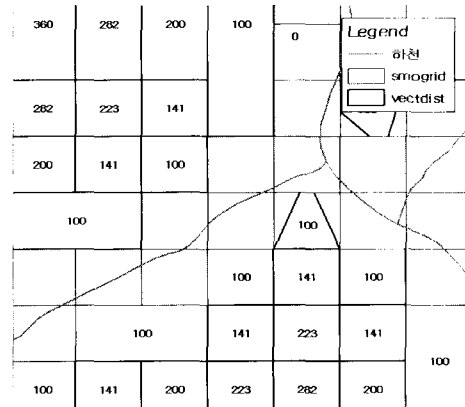


[그림 5] 원시 DEM 자료

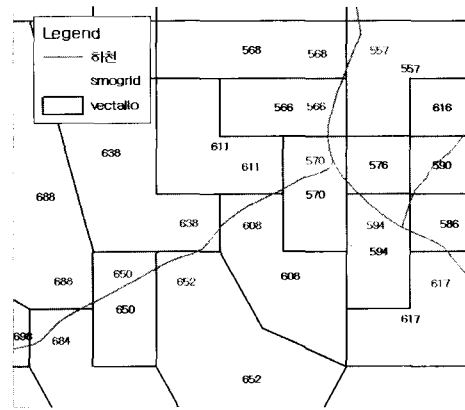


[그림 6] smogrid 모형

다음은 하천셀로부터 유클리드 거리를 계산하는 단계로 하천셀에는 0m가 부여되고 하천셀을 중심으로 좌우, 상하 셀에는 셀크기인 100m가, 그리고 대각선 방향의 셀에는 $141m(=100\sqrt{2})$ 가 부여된다. 이와 같은 방식으로 전체영역에 대한 유클리드 거리를 계산한 [vectdist] 그리드를 생성하였다.



[그림 7] vectdist 모형



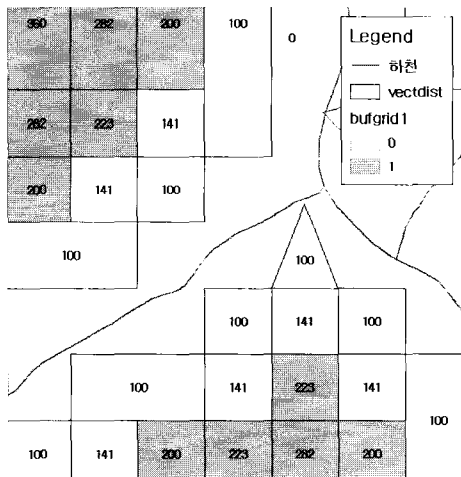
[그림 8] vectallo 모형

원시 DEM과 점진적인 표고변화(smoothdist)를 더한 [smogrid]를 이용하여 전체 영역

에 대해 보로노이 다각형을 생성한 후 그 리드[vectallo]로 변환하였다.

3) 완충구간의 자료처리

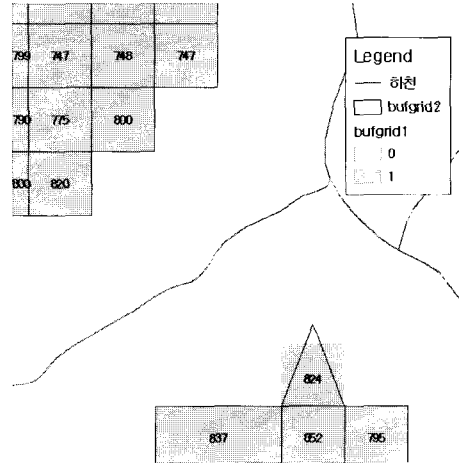
점진적인 표고변화를 위해, 하천셀로부터 200m 간격의 완충구간을 설정한 후, 완충구간 안쪽 셀에는 0을 완충구간 바깥 쪽 셀에는 1을 지정하였다. [그림 9]는 완충구간을 적용하여 구축한 그리드[bufgrid1]을 보여주고 있는데, 200m 셀이 1로 할당된 것은 유클리드 거리 그리드[vectdist]가 하천셀로부터 계산되었기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 완충구간을 200m로 지정하였지만, 실제 적용시에는 벡터형 하천으로부터의 완충구간을 적용하기 위해 [완충구간(200m)-셀크기(100m) / 2] 인 150m로 지정하여 150m 이상의 셀에는 1을, 150m 미만의 셀에는 0을 지정하였다.



[그림 9] bufgrid1 모형

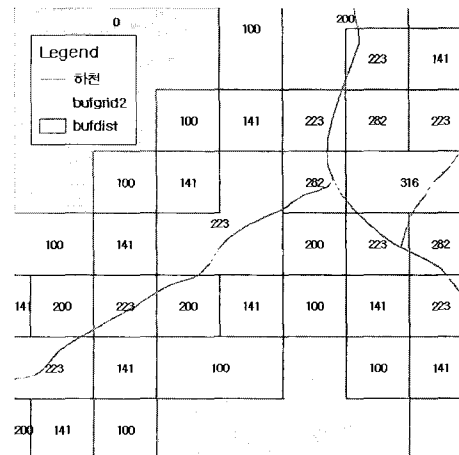
그리고, 완충구간 바깥쪽 셀에 원시 DEM 값을 지정하고 완충구간 안쪽 셀에는

Nodata로 처리한 [bufgrid2]를 생성하였다.

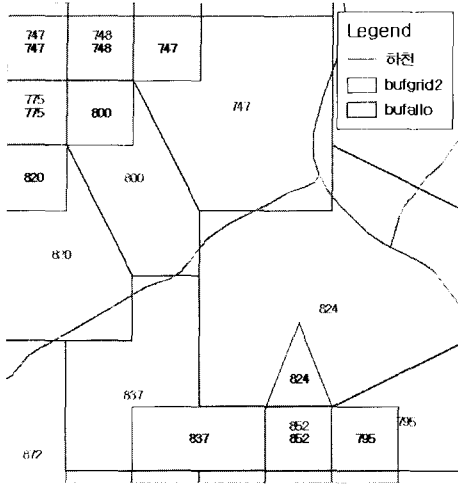


[그림 10] bufgrid2 모형

완충구간으로부터 하천방향으로 유클리드 거리를 적용한 [bufdist] 그리드를 생성한 후, 완충구간 바깥쪽 셀에 원시 DEM 값을 가지는 [bufgrid2] 그리드의 표고값을 완충구간 내의 셀에 부여하기 위해 보로노이 다각형을 생성하여 [bufallo] 그리드를 생성하였다.



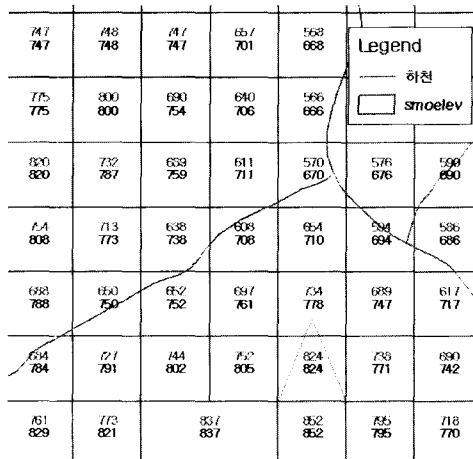
[그림 11] bufdist 모형



[그림 12] bufallo 모형

4) 하천인식 DEM 생성

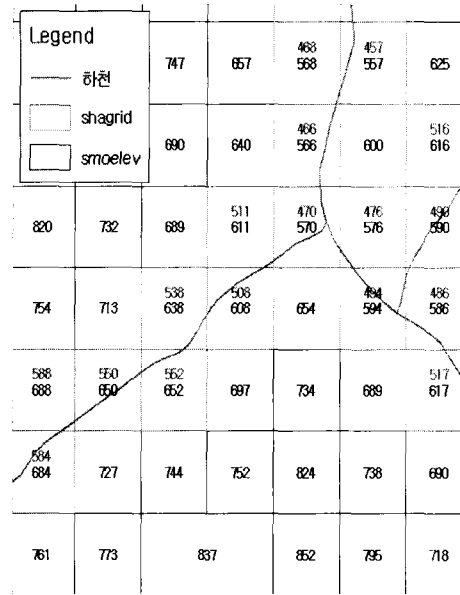
완충구간 안쪽 셀에 대해 식 (1)을 이용하여 점진적인 변화를 갖는 표고값을 부여하였으며 완충구간 바깥쪽 셀에 대해서는 원시 DEM의 표고값을 부여하여 [smoelev] 그리드를 생성하였다.



[그림 13] smoelev 모형

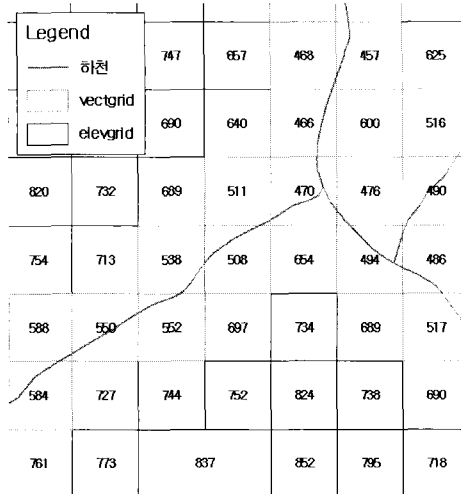
$$[vectallo] + \frac{[bufallo] - [vectallo]}{[bufdist] + [vectdist]} \times [vectdist] \quad (1)$$

하천구간의 셀에 대해 [smoelev]와 급격한 표고변화(sharpdist)를 더한 그리드[shagrid]를 생성하였다. 본 모형에서는 급격한 표고변화(sharpdist)를 -100m로 지정하였다. 그러므로 생성된 하천구간내의 셀에는 점진적인 표고변화(smoothdist)인 -100m와 급격한 표고변화(sharpdist)인 -100m가 더해진 -200m가 원시 DEM에 적용된 결과를 나타내게 된다.

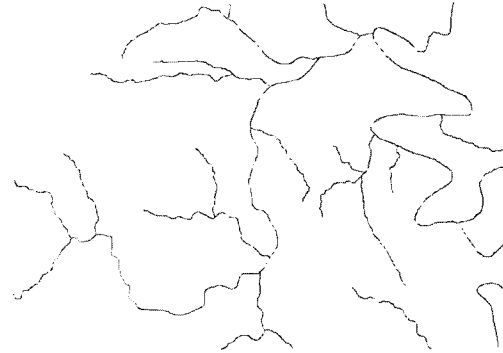


[그림 14] shagrid 모형

마지막으로 하천구간의 셀에 대해서는 [shagrid]의 표고값을 부여하고, 하천구간 외 지역의 셀에 대해서는 [smoelev] 표고값을 부여하여 최종적인 하천인식 DEM [elevgrid]을 생성하였다.



[그림 15] elevgrid 모형



[그림 16] 수치지형도에서 추출한 주요 하천

5. 적용 및 분석결과

5.1 연구의 공간범위

본 연구 수행을 위해, 충남 금산군 지역의 1/25,000 수치지형도 2도엽인 금산(367144)과 제원(367153)을 선정하였다.

대상지역은 주로 산악지역으로 구성되어 있으며, 부분적으로 하천을 중심으로 완경사 지역이 나타나는 지형특성을 보였다.

5.2 하천인식 DEM 생성

하천인식 DEM을 생성하기 위해서는 하천도와 DEM 자료가 필요하다. 먼저, 하천도는 1/25,000 지형도상의 하천 레이어를 ArcInfo를 이용하여 추출한 후 편집하였다. [그림 16]은 수치지형도에서 추출한 하천을 보여준다.

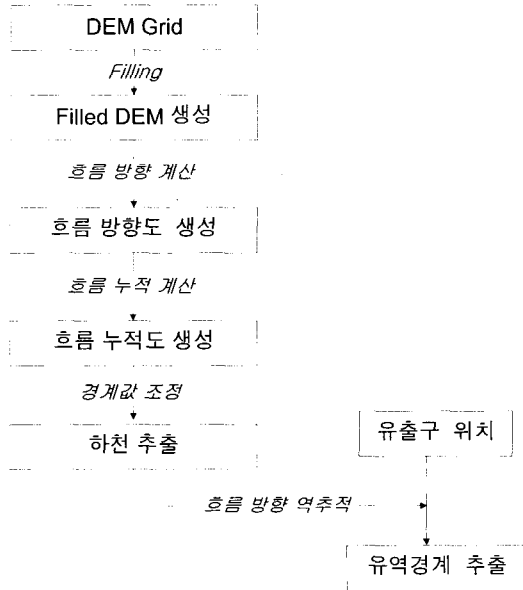
DEM 생성을 위해, 1/25,000 수치지형도에서 주곡선과 계곡선을 추출한 후 TIN을 구성하였다. TIN 구축시 불규칙 삼각망의 꼭지점으로 활용되는 등고선상의 버텍스 거리인 weed tolerance는 5m로 지정하였으며, TIN으로부터 10m 셀크기를 갖는 DEM을 생성하였다.

하천도와 원시 DEM으로부터 하천인식 DEM을 자동으로 추출하기 위해 4장에서 제시한 과정을 AML로 프로그래밍 하였다. 하천인식 DEM 구축시 완충구간은 50m로 하였으며, 완충구간에 대한 점진적인 표고변화(smoothdist)는 -100m 그리고 하천구간내의 급격한 표고변화(sharpdist)는 -50m로 지정하였다.

5.3 유역 및 하천 추출

원시 DEM과 하천인식 DEM을 상호 비교하기 위해 격자기반 유역추출 알고리즘을 활용하여 유역 및 하천을 추출하였다.

[그림 17]은 유역추출 과정을 보여주고 있으며, 하천 생성 문턱값인 흐름 누적값으로는 5,000을 적용하였다.



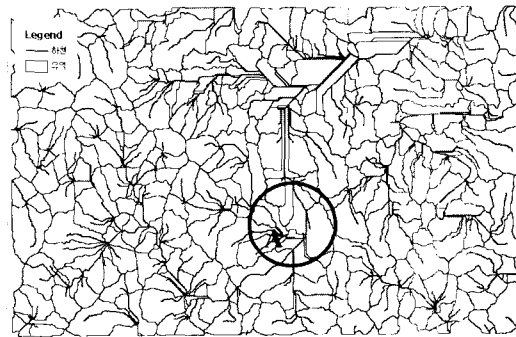
[그림 17] 유역추출 과정

[그림 18]과 [그림 19]는 각각 원시 DEM과 하천인식 DEM을 활용하여 추출한 전체 대상지역에 대한 유역 및 하천을 보여준다. [그림 18]과 [그림 19]를 상호 비교한 결과, 하천인식 DEM을 활용하여 추출한 유역이 원시 DEM을 활용하여 추출한 유역에 비해 가늘고 긴 슬리버 폴리곤의 수가 적음을 알 수 있었다. [그림 20]과 [그림 21]은 [그림 18]과 [그림 19] 일부지역인 A를 확대한 것으로, 완경사 지역에서 하천인식 DEM을 활용하여 추출한 유역 및 하천의 형상이 원시 DEM을 활용하여 추출한 것과 비교하여 가늘고 긴 슬리버 폴리곤이나 직선 형태의 하천의 형상이 많이 개선됨을 알 수 있었다.

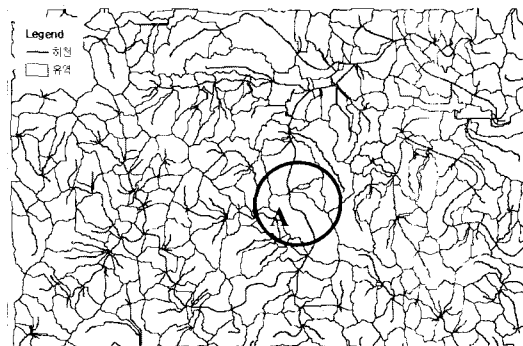
또한, 하천인식 DEM에서 추출된 하천은 수치지형도의 하천과 유사하게 나타났다. 이러한 결과는 하천인식 DEM이 실제 하천의 형상을 잘 반영할 수 있고 따라

서, 완경사 지역에서 유역추출의 전처리 과정으로 활용할 경우 효과적인 유역추출이 가능할 것으로 기대된다.

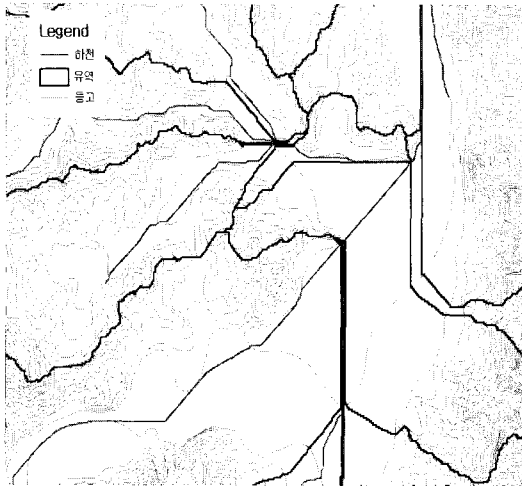
하천인식 DEM을 활용시 가장 유의해야 할 것은 DEM의 해상도에 따른 완충구간의 거리, 완충구간내의 점진적인 표고변화 그리고 하천구간의 급격한 표고변화이다. 이들값은 유역의 규모와 함께 하천이 얼마나 조밀하게 배열되어 있는지를 나타내는 수계밀도에 따라 좌우되므로 향후 연구에서이러한 관계를 규명할 필요성이 있다.



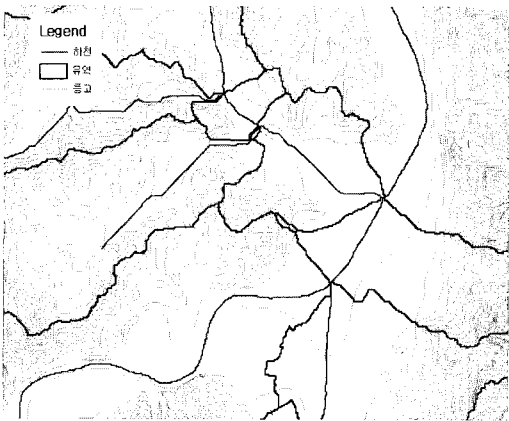
[그림 18] 원시 DEM을 활용하여 추출한 유역 및 하천(전체 지역)



[그림 19] 하천인식 DEM을 활용하여 추출한 유역 및 하천(전체 지역)



[그림 20] 원시 DEM을 활용하여 추출한 유역 및 하천(A 지역)



[그림 21] 하천인식 DEM을 활용하여 추출한 유역 및 하천(A 지역)

6. 결론

본 연구는 환경사지역의 유역추출에 효과적인 하천인식 DEM을 생성하기 위해

보로노이 다이어그램 데이터모델을 적용한 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

먼저, 환경사지역의 유역추출을 위해 하천부분만을 임으로 낮추었던 기존의 Burn DEM 방식을 개선하여, 하천을 중심으로 일정한 완충구간을 설정하여 점진적인 표고변화를 부여하고 동시에 하천구간에는 급격한 표고변화를 부여함으로써 환경사지역의 유역추출에 효과적인 하천인식 DEM을 생성하는 알고리즘을 개발할 수 있었다.

둘째, 보로노이 다이어그램을 이용한 유역추출 결과가 기존의 방법으로 추출한 유역에 비해, 환경사지역에서 가늘고 긴 슬리버폴리곤 형태의 유역과 직선형태의 하천이 많이 개선되었음을 알 수 있었다.

셋째, 보로노이 다이어그램을 이용하여 추출한 하천은 수치지형도의 하천과 유사하게 나타났으며, 이러한 결과는 하천인식 DEM이 실제 하천의 형상을 잘 반영할 수 있으며 또한 유역추출에 매우 효과적임을 보여준다. 따라서, 본 연구에서 제시한 하천인식 DEM 알고리즘은 환경사지역에서의 효과적인 유역추출을 위한 DEM 자료의 전처리 과정으로 적극 활용될 수 있을 것이다.

넷째, 하천인식 DEM을 생성시 유역추출의 효용성을 결정하는 인자로서는 완충구간의 거리, 완충구간내의 점진적인 표고변화 그리고 하천구간의 급격한 표고변화이므로 유역의 규모와 함께 하천의 수계밀도 등을 고려하여 적절한 값을 지정하는 것이 중요하며, 이에 대한 연구가 향후 진행되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 김동인, 이근상, 이환주, 조기성, 1999, “Topogrid를 이용한 준평야지의 유역자 동추출에 관한 연구”, 한국측지학회지 제17권 제3호, pp.245-256.
- 조기성, 이근상, 장영률, 2001, “GIS 위상구조를 이용한 수문요소 자동추출 알고리즘 개발”, 한국 GIS 학회지 제9권 제3호, pp. 451-464.
- Garbrecht, J. and Martz, L. W., 1996, “Digital landscape parameterization for hydrological applications in Application of GIS in Hydrology and Water Resources Management”, Proceedings of HydroGIS '96 Conference held in Vienna, pp.169-173.
- Goos, G., Hartmanis, J. and van Leeuwen, J., 1997, “Algorithmic Foundations of Geographic Information System”, ISSN 0302-9743, pp.21-35.
- Hutchinson, M. F. and Dowling, T. I., 1991, “A continental hydrological assessment of a new grid-based digital elevation model of Australia”, Hydrological Processes, pp. 45-58.
- Jenson, S. K., & Domingue, J. O., 1988, “Extracting topographic structure from Digital Elevation Data for GIS analysis”, PE&RS, 54, pp.1593-1600.
- Lea, N. J., 1992, “An aspect-driven kinematic routing algorithm”, In Overland Flow, Hydraulic and Erosion Mechanics, edited by A. J. Parsons and A. D. Abrahams, pp.393-407.
- Jones, N. L., Wright, S. G. and Maidment, D. R., 1990, “Watershed delineation with triangle-based terrain models”, Journal of Hydraulic Engineering, pp.1232-1251.
- Maidment, D. R., Djokic, and Lawrence, K. G., 1989, “Hydrologic modelling on a triangulated irregular network”, Transactions of the American Geophysical Union.
- Marks, D., Dozier, J. and Frew, J., 1984, “Automated basin delineation from digital elevation data”, Geoprocessing, 2, pp.299-311.
- Martz, L. W. and Garbrecht, J., 1992, “Numerical definition of drainage network and subcatchment areas from digital elevation models”, Computers and Geosciences, pp.747-761.
- Nelson, E. J., Miller, W. and Jones, N. L., 1995, “A TIN based watershed delineation technique for both rural and urban runoff in Water in the 21st century, American Water Resources Association”, pp.643-652.
- Peucker T. K. and Douglas D. H., 1975, “Detection of surface specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data”, Comput. Graph. Image Proc., vol. 4.
- Peucker, T. K., Fowler, R. J., Little, J. J. and Marks, D. M., 1978, “The Triangulated Irregular Network(DTM) Symposium”, American Society of Photogrammetry, Virginia, pp.516-540.
- Qiang Du. and Max Gunzburger, 2001, “Grid generation and optimization based on centroidal Voronoi tessellations”, Applied Mathematics and Computation, pp. 1-17.

Skidmore, A. K., 1990, "Terrain position as mapped from a gridded digital elevation model", *International Journal of GIS*, 4, pp. 33-49.