

DEM의 sink와 flat area 제거에 관한 연구

Removing sink and flat area in Digital Elevation Model

최윤석*·김경탁**·박동선***

Yun Seok Choi, Kyung Tak Kim, Dong Sun Park

요 지

수자원 분야에서 DEM은 유역을 분할하고 하천망을 생성하며 유역 범위 내에서 지형인자를 계산하는 과정에서 광범위하게 이용되고 있다. 그러나 수치지도의 등고선이나 영상으로부터 추출된 DEM은 sink나 flat area와 같은 오류를 다수 포함하고 있으며, 이러한 오류들을 합리적인 방법으로 제거하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 DEM에서의 sink를 제거하기 위하여 breaching 알고리즘(Grabercht와 Martz, 1996)을 포함하는 filling method(Jenson과 Domingue, 1988; Martz와 Jong, 1988)를 이용하였으며, flat area를 처리하기 위해서는 combined gradient method(Grabercht와 Martz, 1996)를 이용하였다. 또한 흐름방향을 결정하기 위해서는 8방향법(O'Callaghan과 Mark, 1984)을 이용하였다. 이러한 방법을 통하여 보정된 DEM을 이용하여 흐름방향과 흐름누적수를 계산한 후 하천망을 추출하였다. 추출된 하천망은 ArcView 3.2a와 TOPAZ v3.1을 적용한 WMS v6.1에서의 결과와 비교하였으며, DEM의 오류수정을 위한 알고리즘이 적절히 구현된 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 개발한 DEM 보정기술은 DEM을 수자원 분야에 이용하기 위해 필요한 sink와 flat area 처리를 효과적으로 수행할 수 있는 것으로 나타났다.

핵심용어 : DEM, sink, flat area, 하천망

1. 서 론

DEM은 항공사진이나 위성영상 등을 이용한 영상분석과 수치지도의 등고선을 이용한 보간법 등을 통해서 구축되고 있다. 이 과정에서 DEM 생성에 사용되는 원시 자료인 영상자료나 등고선이 가지고 있는 오류와 이러한 자료를 이용하여 DEM을 추출하는 과정에서 발생하는 오류를 포함할 수 있다(Garbrecht와 Martz, 1999). DEM의 오류 중 물의 흐름을 저해하는 sink와 흐름 방향을 결정할 수 없는 flat area는 유역의 지표면 흐름의 결정, 하천망의 추출 및 유역경계의 생성시 결정적인 장애요인이 되고 있다. 따라서 DEM의 합리적인 변형을 통하여 물의 흐름이 원활히 이루어 질 수 있도록 해야 한다. Sink와 flat area를 제거하기 위한 연구로 국외의 경우 1970년대 중반이후 꾸준히 진행되어 오고 있으며, 국내에서는 『21세기 프런티어연구개발사업』 중 “수자원의 지속적 확보기술개발사업”의 세부과제인 “HyGIS 개발” 과제를 통하여 수행 중에 있다.

2. Sink와 flat area의 정의

Sink는 DEM의 특정 셀을 둘러싸고 있는 모든 셀들의 고도가 대상 셀보다 높거나 두 셀의 흐

* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원·Email : yschoi51@kict.re.kr.
** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 선임연구원·Email : ktkim1@kict.re.kr.
*** 정회원·(주)지오매니아 부설연구소 소장·Email : dspark@GEOMania.com

름이 각각 반대여서 흐름경로가 무한 루프를 나타낼 때 발생하게 되며, 이로 인하여 물의 흐름이 하류방향으로 발생되지 않은 셀 혹은 여러 셀들의 집합을 나타낸다. 따라서 sink의 판별을 위해서는 모든 셀에 대해 직접적인 물의 유출경로를 따져 보아야 하며, sink인 셀로 흐름이 모이는 셀들의 집합을 sink의 기여영역이라고 한다. Flat area는 DEM에서 동일한 고도를 가지는 두 개 이상의 셀이 인접해 있고 대상 셀보다 낮은 고도를 가지는 셀이 인접하지 않을 경우에 발생되며, sink와 마찬가지로 흐름방향을 결정하지 못하는 영역을 의미한다.

본 연구에서는 flat area로 설정된 영역 중 flat area를 둘러싸고 있는 주변 셀의 고도가 flat area 내부 셀의 고도보다 모두 높을 경우 이를 sink로 분류하였으며, 이를 포함된 flat area라 한다. 따라서 sink는 sink 주변을 둘러싸고 있는 셀의 고도가 sink 내부 셀의 고도보다 항상 높고, flat area는 그 주변을 둘러싸고 있는 셀 중 하나 이상의 고도가 flat area 내부의 고도와 동일한 값을 가지게 된다.

3. Sink 보정

DEM에 존재하는 sink를 보정하기 위한 알고리즘으로는 smoothing method(O'Callaghan과 Mark, 1984), filling method, Distance Weighting method(김경탁 등, 2004) 등이 있다. Filling method는 sink 영역으로 검색된 부분 중 잠재유출구의 고도보다 낮은 고도를 가지는 셀을 잠재유출구와 동일한 고도로 일률적으로 보정하는 방법이다. 이 경우 sink 처리된 부분은 flat area로 변환되며, 원시 DEM에 존재하고 있던 flat area와 함께 처리된다. Filling method는 sink 영역을 flat area로 전환함으로써 결국에는 flat area 처리 알고리즘의 영향을 받게 되며, 이에 따라서 실제 지형과 유사한 형태로 보정이 되는 장점이 있다. 그러나 sink 보정으로 인하여 추가적인 flat area가 발생함으로써 flat area 처리 시간이 길어지는 단점이 있다.

기존의 filling method는 DEM 내에 존재하는 모든 sink의 발생 원인을 sink 영역의 고도가 과소평가되었기 때문이라고 가정하는 접근법이다. 그러나 고도가 과대평가된 하류부의 셀 때문에 흐름이 막혀서 sink가 발생하는 경우도 있을 수 있으며, 이런 경우에는 과대평가된 하류부의 장애물을 없애는 것(breaching)이 장애물 때문에 생겨난 sink를 채우는 것보다 더 적합한 방법이라 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 Grabercht와 Martz(1996)는 breaching 알고리즘을 제안하였다. 본 연구에서는 breaching 알고리즘을 적용한 filling method를 이용하여 DEM에서의 sink를 보정하는 기술을 개발하였으며 단일 셀로 이루어진 sink 및 포함된 flat area를 보정할 수 있다. 그림 3은 검색된 sink를 처리하는 흐름도를 나타낸 것이다.

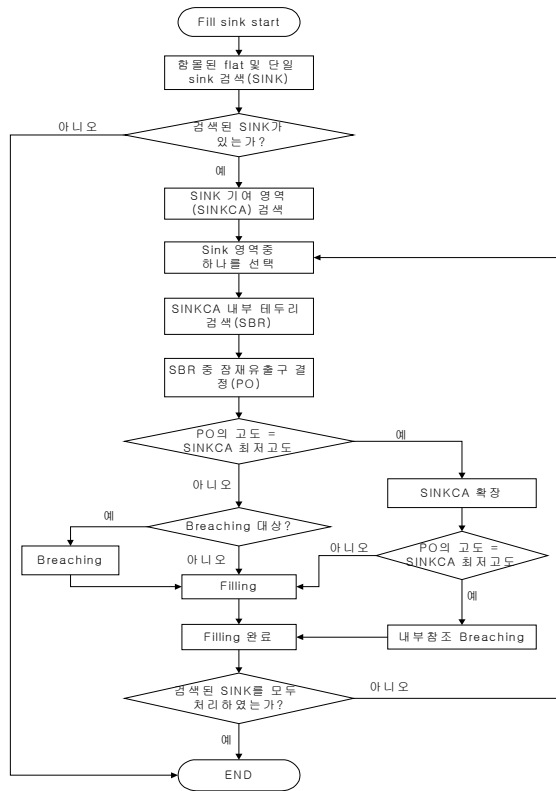
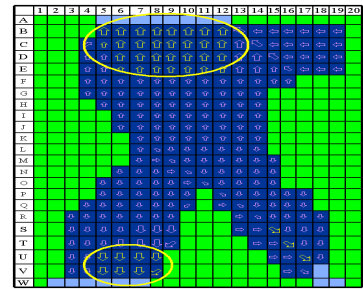


그림 1. Sink 처리 흐름도

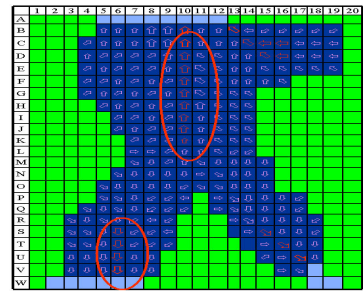
4. Flat area 처리

본 연구에서는 combined gradient method를 이용한 flat area 처리기술을 개발하였다. Combined gradient method에서는 검색된 flat area에 대하여 “gradient towards lower terrain” 과정과 “gradient away from higher terrain” 과정을 수행한다. 이때 “gradient towards lower terrain” 과정은 relief 알고리즘에서와 같은 방법으로서 flat area를 낮은 지형으로 향하게 보정하며, “gradient away from higher terrain” 과정은 높은 지형으로부터 멀어지는 경사를 부여하기 위하여 적용되는 과정이다.

기존에 널리 이용되던 relief 알고리즘과 본 연구에서 적용한 combined gradient method를 이용한 flat area 처리 결과를 비교하면 그림 2와 같다. 그림 2(a)에서는 저지대 부근에서 저지대 방향으로 평행한 흐름을 가지는 셀들이 다수 발생하고 있지만, 그림 2(b)에서는 이러한 셀들이 대폭 감소하고 주수로 형태로 흐름방향이 유도되는 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

■ 고지대 ■ 저지대 ■ 평탄지

그림 2. Flat area 처리 결과

5. DEM 보정기술 적용

본 연구에서 개발한 DEM 보정기술을 이용하여 하천망을 추출하고 국외의 상용프로그램을 이용해서 추출한 하천망과 비교함으로써 개발된 DEM 보정기술의 적합성을 검토하였다. 그림 3에서는 4개의 하천망을 비교하고 있으며, 파란색은 수치지도의 하천레이어를 이용하여 작성한 하천망이며 황색은 ArcView 3.2a, 녹색은 WMS v6.1 그리고 적색은 HyGIS에서 추출한 하천망을 각각 나타낸 것이다. 본 연구에서 개발한 DEM 보정기술은 HyGIS(Hydro Geographic Information System)의 DEM 보정 모듈에 포함되어 있다.

그림 3에서 지형의 기복이 크게 나타나는 하천 상류의 산지 부분에서는 4개의 하천망이 모두 실제의 하천망과 유사한 형태를 보이는 것을 알 수 있다. 따라서 하천의 중·하류를 중심으로 비교하면 그림 3(b) 및 3(c)와 같다. 그림 3(b)와 3(c)에서 ArcView 3.2a에서 추출한 황색 하천망은 평지 부분에서 평행한 직선 형태를 띠고 있으며, 이는 ArcView 3.2a가 Relief 알고리즘을 이용하여 flat area를 처리하기 때문이다. 이에 비하여 녹색하천망과 적색 하천망은 평지 부분에서도 곡선형태의 주수로 형태를 형성하는 것을 알 수 있다. 이는 combined gradient method가 flat area 주변의 높은 지형의 영향을 반영하여 주수로 방향으로 흐름을 유도하는 특징은 반영한 것이다.

6. 결론

본 연구에서는 DEM의 오류를 수정하고, 흐름방향과 흐름누적수를 계산한 후 하천망을 추출하였다. 하천망 추출결과 ArcView 3.2a와 TOPAZ v3.1을 적용한 WMS v6.1에서의 결과와 비교하였다. 하천망 비교결과 상류부에서는 모두 유사한 결과를 보이고 있다. 그러나 중하류부에 있는 평탄한 지형에서는 ArcView 3.2a의 하천망은 평행한 직선형태의 지류를 나타내고, WMS v6.1과 본 연구에서의 하천망은 주수로 형태의 하나의 하천망을 형성하는 것으로 나타났다. 따라서 본

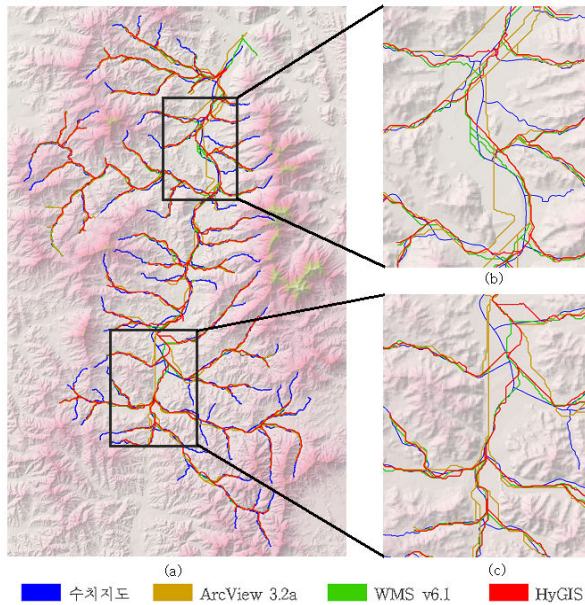


그림 3. DEM을 이용하여 추출한 하천망 비교

연구에서는 DEM의 오류수정을 위한 알고리즘이 적절히 구현된 것을 확인 할 수 있었으며, DEM을 수자원 분야에 이용하기 위해 필요한 sink와 flat area 처리를 효과적으로 수행할 수 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단의 연구비 지원(과제번호:1-2-2)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김경탁, 최윤석, 김주훈 (2004). 수문지형분석을 위한 DEM에서의 sink 처리에 관한 연구. 2004 한국수자원학회 학술발표회 논문집. A-48.
2. Garbrecht, J. and Martz, L.W. (1996). Digital landscape parameterization for hydrological applications. HydroGIS 96:Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management(Proceedings of the Vienna Conference, April 1996). IAHS Publ. no. 235.
3. Garbrecht, J. and Martz, L.W. (1997). The assignment of drainage direction over flat surface in raster digital elevation models, Journal of Hydrology, 193, 204-213
4. Garbrecht, J. and Martz, L.W. (1999). TOPAZ: An Automated Digital Landscape Analysis Tool for Topographic Evaluation, Drainage Identification, Watershed Segmentation, And Subcatchment Parameterization, Overview. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, GRL 99-1, p.7-9.
5. Jenson, S.K. and Domingue, J.O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. Photogrammetric engineering and remote sensing, v.54 no.11, pp.1593-1600
6. Marks, D., J. Dozier and Frew. J. (1984). Automated basin delineation from digital elevation data. GeoProcessing, 2 pp.299-311.
7. Martz, L.W. and Jong, E.d. (1988). CATCH: A FORTRAN program for measuring catchment area from digital elevation models. Computers & geosciences, v.14 no.5, p.627-640
8. O'Callaghan, J.F. and Mark D. M. (1984). The extraction of drainage networks from digital elevation data. Computer vision, graphics, and image processing, v28, pp.324-344.