

규칙기반 모델링에 의한 하계망 일반화에 관한 연구*

김 남 신**

A Study on the Cartographic Generalization of Stream Networks by Rule-based Modelling*

Nam-Shin Kim**

요약 : 본 연구의 목적은 규칙기반 모델링을 구성하여 하계망을 일반화하고자 하였다. 그 동안 지도 일반화에 대한 연구는 제한된 지도요소를 대상으로 선형사상의 형태변형을 위한 알고리즘 개발과 평가에 집중되었다. 규칙기반 모델링은 지도제작 원리와 공간현상의 분포패턴을 분석하여, 그 결과를 일반화 과정에 적용하기 때문에 기존의 일반화 알고리즘 개선에 도움이 된다. 규칙기반 모델링은 다양한 지도요소들을 대상으로 일반화를 적용할 수 있고, 디지털 환경하에서 다축척 지도제작에 효과적이다. 본 연구에서 개발된 하계망 규칙기반 모델링은 일반화 규칙, 중심선 추출 그리고 선형사상 일반화 알고리즘으로 구성된다. 일반화를 적용하기 앞서, 하계망은 논리적 오류를 최소화하기 위해 저수지와 연결관계를 분석하였다. 모델을 적용한 결과, 108개의 실폭 하천 중 17개 하천이 중심선으로 추출되었다. 하천의 총길이는 1:25,000에서 17%, 1:50,000에서는 29%로 감소하였다. 선형사상 일반화를 위해 개발된 Simoo 알고리즘은 Douglas-Peucker 알고리즘과 비교하였다. Douglas-Peucker 알고리즘은 자료점 간격과 편각이 커지게 되어 선의 형태가 거칠어지는 반면, Simoo 알고리즘에서 선형사상은 축척이 감소함에 따라 보다 완만해진다.

주요어 : 규칙기반 모델링, 일반화 규칙, 중심선 추출, 하계망, Simoo

Abstract : This study tries to generalize the stream network by constructing rule-based modelling. A study on the map generalization tends to be concentrated on development of algorithms for modification of linear features and evaluations to the limited cartographic elements. Rule-based modelling can help to improve previous algorithms by application of generalization process with the results that analyzing mapping principles and spatial distribution patterns of geographical phenomena. Rule-based modelling can be applied to generalize various cartographic elements, and make an effective on multi-scaling mapping in the digital environments. In this research, rule-based modelling for stream network is composed of generalization rule, algorithm for centerline extraction and linear features. Before generalization, drainage pattern was analyzed by the connectivity with lake to minimize logical errors. As a result, 17 streams with centerline are extracted from 108 double-lined streams. Total length of stream networks is reduced as 17% in 1:25,000 scale, and as 29% in 1:50,000. Simoo algorithm, which is developed to generalize linear features, is compared to Douglas-Peucker(D-P) algorithm. D-P made linear features rough due to the increase of data point distance and widening of external angle. But in Simoo, linear features are smoothed with the decrease of scale.

Key Words : rule-based modelling, generalization rule, centerline extraction, stream order, Simoo

1. 서론

일반화는 지도요소들을 선택, 과장, 강조, 상징화

등을 통해 공간현상의 의미가 지도에 잘 반영될 수 있도록 지도화하는 방법이다. 일반화는 지도학에서 오랜 전통을 갖고 있지만, 주로 알고리즘개발

* 본 연구는 2004년도 대한지리학회 춘계학술대회에서 발표한 논문임.

** 한국고원대학교 지리교육과 시간강사(Part-time Lecturer, Department of Geography Education, Korea National University of Education), kns9027@dreamwiz.com

과 공간데이터 모델링을 중심으로 연구가 진행되었다. 일반화는 다양한 과정을 통해 모자이크된 지리적인 현상을 질서 있게 지도화해야 하기 때문에 단순한 기하학적 원리가 아닌 지도학 및 지리학적 원리를 적용할 필요가 있다. 이러한 요구에 부합할 수 있는 방법 중에 하나가 규칙기반 모델링(rule-based modelling)에 의한 일반화이다 (Buttenfield, 1991; Müller *et al.*, 1995; Visvalingam, 1999; Cheng, 2001). 규칙기반 모델링은, 지리학적으로는 현상의 공간적 배열과 조직 원리, 지도학적으로는 지도제작 원리를 규칙화하여 일반화에 적용하고자 하는 것이다. 규칙기반 일반화는 지도요소의 형태와 이들의 공간적 관계 및 분포패턴 분석을 바탕으로 규칙을 만들어 일반화에 적용하므로 기존의 일반화 알고리즘의 한계를 보완할 수 있다.

본 연구에서는 지도학적으로 공간적인 연결관계를 표현해야 할 지도요소 중에서 하계망을 대상으로 규칙기반 모델링을 구성하여 일반화를 적용하고자 하였다.

2. 연구내용과 방법

연구진행은 규칙기반모델링 구성, 지형도, 지도제작 지침서 분석에 의한 일반화 정보획득, 실폭선의 중심선 추출 알고리즘 개발, Strahler 방식에 의한 하계망의 차수화, 일반화 규칙의 적용, 기하학적 형태변형을 위한 알고리즘 적용과정을 거쳐 진행하였다.

하계망 일반화를 위한 지도학적 지식의 획득은 수치지형도분석, 지형도분석, 문헌조사를 통해 이루어졌다. 지도학적 측면에서, 분석기준은 지도도식규칙(대한측량협회, 1994)과 수치지도 작성내규(국립지리원, 1995)에서 기술된 내용을 분석하여 하계망의 축척별 표현방법 및 지도화의 정도를 정리하였다. 지형도 분석은 지도에 표시되어 있는 축척별 지도요소들에 대한 분석이기 때문에 문서분석에서 얻지 못하는, 보다 구체적인 일반화 정보를 얻을 수 있다. 분석에 사용된 지도는 1:5,000, 1:25,000, 1:50,000 축척의 지형도이다.

일반화 규칙은 컴퓨터에서 적용할 수 있도록 조건(if)-결과처리(then)에 따라 연산논리를 세웠다.

규칙기반 모델링은 일반화 규칙에 따라 일반화를 적용한 후, 축척별 기하학적 형태 변형을 위한 일반화 기법이나 알고리즘을 개발하였다.

1:5,000 수치지도에서 하폭이 3m이상의 주요 하천(레이어코드:2111;2112)은 실폭으로 입력되어 있기 때문에 축척이 감소하거나 또는 하계망 분석에 이용하기 위해 중심선을 추출해야 한다. 중심선 추출은 실폭하천을 대상으로 티센(Thiessen) 다각형망 구성원리를 응용한 알고리즘을 개발하였다. 마지막으로 하계망 선형사상에 대하여 단순화(simplification)와 완만화(smoothing)가 가능한 Simoo 알고리즘 적용하였다.

이상의 연구 내용을 적용하고 평가하기 위해, ArcInfo의 AML과 C++를 사용하여 프로그램을 개발하였다. 규칙에 따른 하계망의 선택 또는 제거를 통한 일반화 결과는 답사자료나 지형도 비교와 같은 정성적인 평가를 하였으며, 선형사상의 형태변형은 Simoo와 Douglas-Peucker 알고리즘을 적용하여 선의 길이, 자료점의 수, 평균각의 변화에 대한 정량적인 평가를 실시하였다.

3. 이론적 배경

최근 일반화에 대한 연구는 지도데이터의 지도학적 형태보다 공간현상의 일반화를 위한 모델개발에 비중이 높아지고 있다. 이러한 연구는 공간데이터의 자동화된 처리보다는 공간요소들의 지리적 의미와 중요도, 이들의 공간관계 및 상징화 등을 고려한 일반화를 지향하고 있다(Ormsby and Mackaness, 1999; Plewe, 1997). 또한, 일반화 모델들은 지리정보시스템의 발달과 더불어 공간정보와 속성 정보를 연계하여 일반화시킬 수 있는 다양한 방법들이 연구·개발되고 있다(홍현기·전호원, 1995; 이호남, 1996; 박경렬, 1999; 최신영, 1999; Lee, 1995; 1997).

초기의 연구들은 일반화 알고리즘들의 한계를 극복하기 위해 주로 개념적이고 추상적인 모델들이 제안되었다. Ratajski(1967)의 개념적 일반화 모델은 점 사상이 축척 감소에 따라 선 또는 면으로 공간적 패턴이 변하게 되는 지도화의 추상적인 측면의 일반화를 강조하였다. Morrison(1974) 모델은

일반화를 단순화(simplification), 분류화(classification), 추리화(induction), 상징화(symbolization)로 구분하고, 제도자의 주관에 따라 4가지 분류단계를 거쳐 지도가 제작된다고 하였다. Nickerson and Freeman(1986) 모델은 지도요소의 제거, 단순화, 조합에 필요한 연산자 개념을 도입하였다. McMaster and Shea(1988) 모델은 일반화에서 복잡성의 감소, 공간적 정확성 유지, 속성의 정확성 유지, 논리적 계층성 유지, 일반화 규칙의 적용 등에 대한 필요성을 강조하였다. Brassel and Weibel(1988)은 일반화과정을 (1) 데이터의 구조, (2) 데이터의 처리, (3) 모델링, (4) 모델의 적용, (5) 데이터 표현의 5단계로 구분하였다. Brassel and Weibel의 모델은 각 단계별로 공간 데이터와 규칙들을 구조화하고 실현 가능한 연산자를 제안하고 있어 일반화 모델 중에서 전산화하기에 적합한 모델로 인정되고 있다(McMaster, 1991; Brassel and Weibel, 1988).

이러한 모델들은 구성과 적용과정이 복잡하기 때문에 제도자의 주관적 판단에 의존하는 지도제작 단계에서는 실현 가능하다. 그러나 자동화된 일반화를 위해 구체적으로 적용 가능한 개선된 모델과 알고리즘 개발이 요구된다.

4. 규칙기반 모델링에 의한 일반화

1) 모델의 개념적 구성

규칙기반 일반화는 다양한 지도요소들을 대상으로 적용하기 때문에 왜, 언제, 어떻게 일반화를 적용할 것인가에 대한 방법론적인 검토가 요구된다(McMaster, 1991; 황철수·오충원, 2002). 일반화 모델링은 지리정보시스템에 적용 가능한 일반화 규칙들을 공간객체 모델링으로 통합시켜가며 다양한 방법을 적용하려는 연구가 진행 중에 있다(이호남, 1996; Becker *et al.*, 1997; Cho *et al.*, 1997; John and Smaalen, 1997; Imhof, 2000; Kang *et al.*, 2002).

본 연구에서는 공간데이터의 구조분석, 지도제작 원리의 일반화 규칙, 그리고 알고리즘의 적용을 중심으로한 모델을 제안하였다. 모델구성의 첫째

단계에서, 지도와 문서분석 영역은 일반화에 필요한 정보들을 수집·정리하여 일반화 원리를 도출하는 과정이다(그림 1). 분석과정은 수치지형도 및 지형도 분석, 지도제작 지침서 등을 대상으로, 지도요소의 지도학적 형태변화와 공간적 특성을 중심으로 진행한다.

두 번째 단계는 지리정보들의 공간데이터 구조를 분석한다(McMaster, 1991). 구조분석 부분에서는 지도분석의 결과에 따라 지도요소들을 계층화하여 속성정보화와 위상정보화 해야 한다(Rigaux *et al.*, 2002). 지도요소들의 공간적 관계는 지리적인 중요도를 결정하며, 일반화시 선택 기준으로서의 역할을 한다.

셋째 단계는 지도화 과정을 분석한다(McMaster, 1991). 이 과정은 지형도에 표현된 지도요소의 지리적 고유성 및 공간적 패턴 분석을 통해서 이루어진다. 이상의 과정을 통해 지도화에 필요한 정보가 수집되고 분석이 완료되면 일반화 규칙을 만들 수 있다. 일반화 규칙은 일반도, 주제도, 특수도에 따라 조건-결과처리 구문으로 정리된다(Shea, 1991).

넷째 단계는 일반화 규칙에 따라 적용 가능한 알고리즘들을 개발한다. 알고리즘은 일반화 유형과 지도요소별로 적용기준과 방법에 따라 다르게 개발한다. 일반화를 적용하기에 앞서, 지도학적 측면을 고려해 지도요소 별로 일반화의 우선 순위가 결정되어야 한다. 우선 순위가 결정되면 마지막 단계는 일반화의 적용이다. 여기에서는, 규칙구문에 따라 선택, 제거, 과장, 이동, 집단화, 단순화 등의 알고리즘을 적용한다. 이상의 개념적 모델을 하천 일반화모델에 적용하면 그림 2와 같다.

2) 하천의 일반화 규칙

지도제작 원리 및 지리학적 정보들은 일반화 규칙으로 정리될 수 있다. 표 1은 하계망을 지도화하기 위한 규정들을 정리한 것이다. 일반화 규칙들은 직접 적용할 수 없기 때문에 컴퓨터가 인식할 수 있는 일반화 구문으로 전환해야 한다. 일반화 구문은 지도요소들의 축척 변동에 따른 조건(condition) 제시와 이에 대한 결과의 처리(consequence)로 구성된다. 이에 대한 표현 방법은 'IF<조건>-THEN<결과의 처리>'이다.

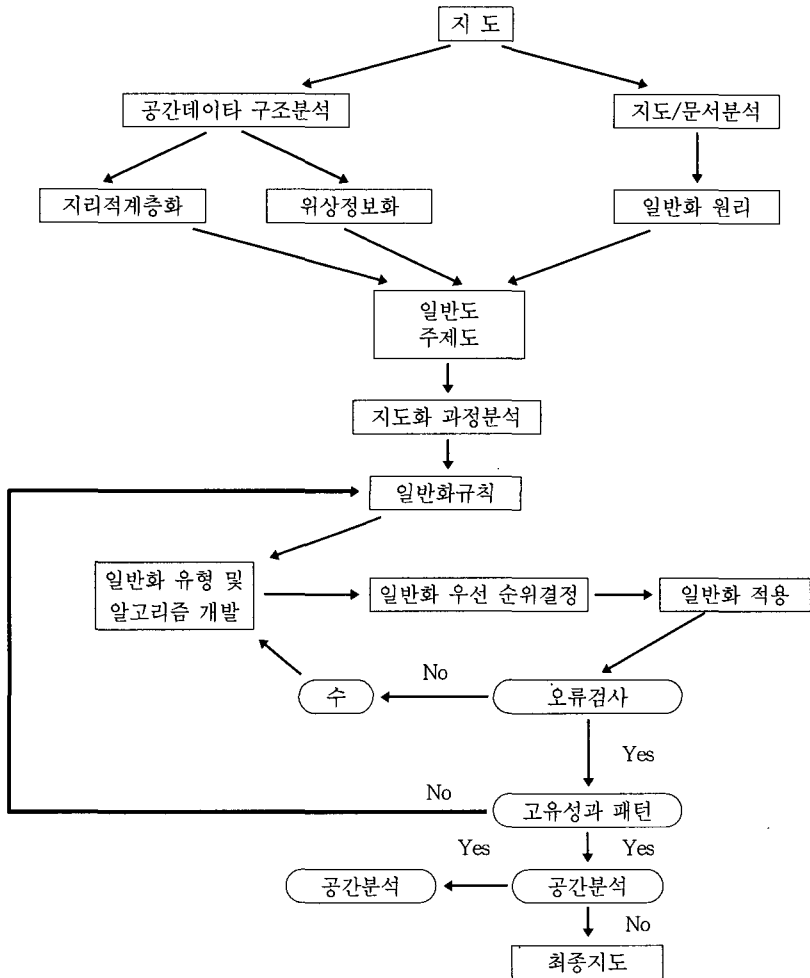


그림 1. 규칙기반 일반화 모델의 개념적 구성

조건 제시는 축척에 따른 기하학적 형태변형, 공간현상의 지리적 고유성, 공간적 분포패턴, 그리고 연결관계를 고려해야 한다. 이상의 조건에 따라 일반화 규칙은 결과처리가 가능한 구문으로 정리될 수 있다(표 2).

3) 지도학적 형태 변형 알고리즘

(1) 티센 다각형망에 의한 실폭선 일반화

하계망을 이용하여 공간분석을 하고자 할 때, 실폭선은 위상정보와 속성정보 구축이 어렵기 때문에 중심선을 추출하여야 한다. 실폭선에서 중심선 추출방법은 공간데이터 분석기법이나 공간 조직원리를 응용하여 적용할 수 있다. 적용 방법에는 두

가지가 있는데, 하나는 기준 실폭선에서 수선을 그어 상대편 선과 만나는 기선에 중심점을 만든 후, 이 점들을 연결하는 방법이고(박경렬, 1999), 다른 하나는 실폭선의 자료점들을 다각형망으로 연결하여 다각형의 변을 중심선으로 추출하는 방법이다(Litton, 1998; 박환철, 2000). 본 연구에서는 도로나 하천이 교차되는 절절지역에서 overshoot, undershoot 문제가 적게 발생하는 티센다각형을 이용해 중심선을 추출하였다(Kreveland et al., 1997).

하계망에서 중심선 추출과정은 다음과 같이 진행하였다. 우선, 중심선으로 추출되어야 할 하천에 대해 버퍼링을 실시하여 탐색한다. 하천의 하폭은 주변의 지형환경에 따라 점진적으로 커지거나 줄어

표 1. 하천의 일반화 규칙

축척	1:5,000	1:25,000	50,000
포함되는 지도요소	· 하천은 호수 및 저수지, 범람원, 용수로 및 건천 등을 포함하며 호안, 수제 및 보, 선착장 등의 시설물을 포함한다.		
표시 원칙	· 3m이상은 실폭으로, 3m미만은 중심선으로 표시한다. · 연장선이 5m이하는 생략한다.	· 6m이상은 실폭, 6m미만은 중심선을 표시한다. · 연장선이 200m 이하는 생략한다.	· 6m 이상은 실폭으로, 6m 미만은 중심선으로 표시한다. · 연장선이 250m 이하는 생략한다.
호수	· 호수는 면적 25m ² 이상을 표시한다.	· 호수는 면적 625m ² 이상을 표시한다.	· 호수는 면적 2,500m ² 이상을 표시한다.
일반화	· 일반화는 차수별 하계망의 크기에 따르되 위치변동이 발생하지 않도록 한다.		
과장화	· 하천은 차수별로 과장하여 지도화하되 지리적 중요성이 큰 것들은 차상위 하천과 같은 급으로 과장한다.		
지리적인 특징 표현을 위한 지도화	· 하천의 굴곡, grid pattern과 같이 하계망 발달의 원인을 설명해 줄 수 있는 주요 형태적 특징은 일반화되어도 표현되도록 한다. · 하천은 정량적 표현 원칙을 따르되, 호수와 연결되는 하천은 기준 이하일지라도 표시한다 · 농업생활에 의존도가 높은 호수는 기준이하의 크기라도 적당한 분포패턴을 갖도록 표시한다.		

자료: 지도도식규칙, 1994; 수치지도 작성내규, 1995; 지형도 분석 결과를 재구성.

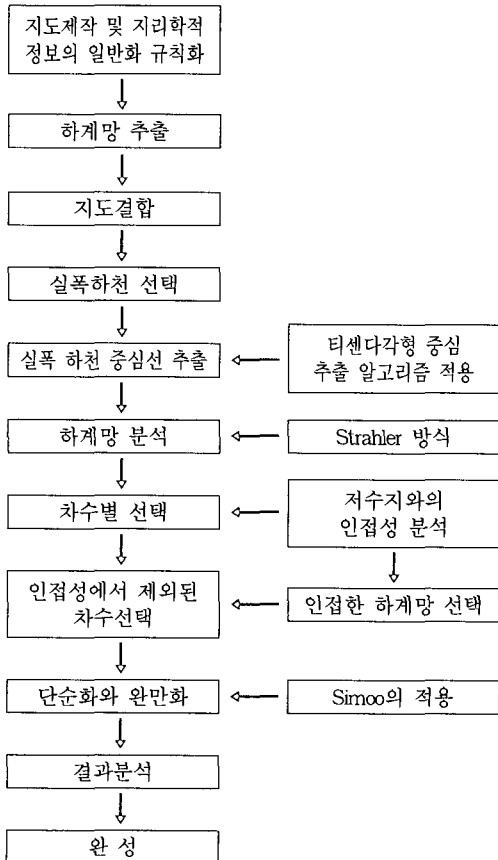


그림 2. 하천 일반화 모델

표 2. 하천의 일반화 규칙구문(1:25,000)

일반도 IF(조건) THEN <결과>
IF 차수별 하계망의 속성정보가 존재하는가 THEN 속성정보화해라
IF 하폭이 6m 이하인 하천이 존재하는가 THEN 단선화시켜라
IF 면적이 625m ² 이상인 호수나 저수지에 인접한 하계망이 존재하는가 THEN buffer에 저장해라
IF 1차수가 200m 이하인 하계망이 존재하는가 THEN 하계망을 제거해라
IF buffer에 저장된 데이터가 존재하는가 THEN 일반화된 Layer와 buffer에 저장된 하계망을 합쳐라
IF 자료점의 평균 간격이 10m 이하인가 THEN 단순화와 완만화를 진행해라

는다. 이렇게 지도화되어 있는 하천 중에서 6m 이하의 실폭하천을 찾기 위해 각각의 하폭선에 3m의 버퍼링을 실시하여 버퍼링 영향권이 중첩되는 지역을 적용대상으로 선택하면 효과적이다(그림 4).

둘째, 버퍼링으로 선택된 하천에 대해 티센 다각형망을 만들어 중심선을 추출한다. 티센 다각형망에서 양쪽 두 점의 수직이등분선을 연결하면 중심선이 된다. 실폭의 선(그림 5의 좌)으로 구성된 하천을 다각형망으로 연결하기 위해서는 선을 구성

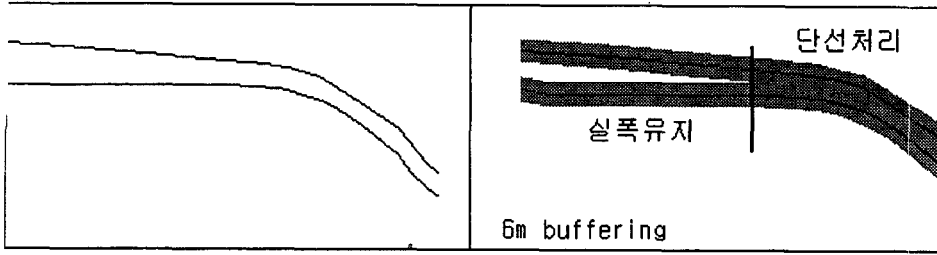


그림 4. 버퍼링에 의한 기준폭 이내의 하천탐색의 원리

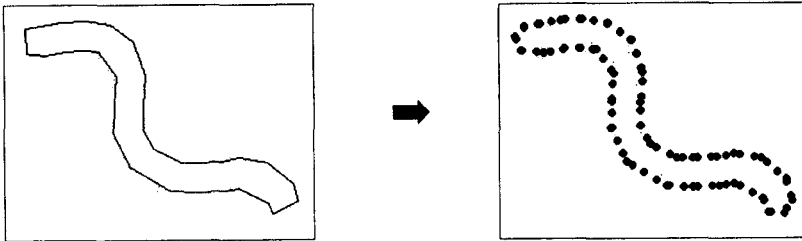


그림 5. 실폭선(좌)에서 자료점 추출(우)

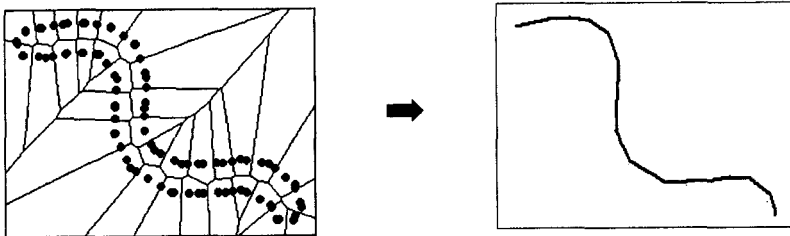


그림 6. 티센 다각형망(좌)의 중심선 추출(우) 결과

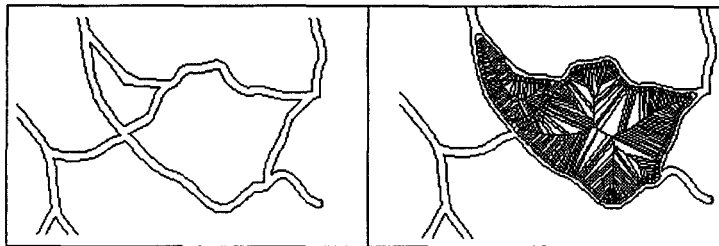


그림 7. 티센 다각형 망에 의한 중심선 추출의 문제점

하는 3m 간격으로 자료점들을 점으로 만들어야 한다(그림 5의 우). 자료점 간격을 3m로 재구성한 것은, 1:5,000에서 폭 3m 이상의 하천이 실폭으로 표현되기 때문에, 이보다 작은 거리에서의 다각형

망의 구성에는 한계가 있기 때문이다. 마지막으로 중심선(그림 6의 우)은 추출된 자료점들을 대상으로 티센 다각형의 수직이등분선(그림 6의 좌)을 연결하면 완성된다.

표 3. 하계망 일반화를 위한 임계치

일반화 유형	편 각	수선 길이	평균 Vertex	자료점 처리 방법
단순화	5° 이하	5m 이하	각기 다름	자료점 제거
완만화	30° 이상	1m 이하		이등분선의 중간점으로 이동
	1m~3m 10° 이하	3m 이상		수선의 중간점으로 이동
	10° 이상	3m 이상		자료점 유지

그런데, 티센 다각형망 구성시에 하천이 교차되거나 순환되는 구조를 갖는 지역에서는 내부에 불필요한 다각형망의 홀(hole)이 형성되어 중심선 추출에 방해 요인이 된다(그림 7). 이러한 경우, 중심선을 추출하기 전에 내부의 다각형망들을 선택적으로 제거하여 문제를 해결할 수 있다.

(2) 선형사상 일반화 알고리즘

선형사상 단순화 알고리즘 중에서 Douglas-Peucker 알고리즘(1973)은 단순하면서 자료점 제거에 효율성이 높아 알고리즘 개발에 응용되거나 비교 대상이 되어왔다. Douglas-Peucker 알고리즘은 일반화 정도가 높아질수록 자료점 간격이 커져 선이 거칠어지고 곡률이 큰 곳에서는 돌출(spike), 꼬

임(twist), 충돌(conflict) 등의 문제가 발생한다. 본 연구에서는 이러한 문제를 최소화시키고 지도학적으로 선의 형태를 잘 유지할 수 있도록 개발된 Simoo 알고리즘과 Douglas-Peucker 알고리즘을 비교 평가하였다.

Simoo 알고리즘은 선형사상의 지리적인 특징을 유지하고 지도학적 세련미를 표현할 수 있도록 개발된 것이다(김남신 2003a; 2003b). Simoo 알고리즘은 자료점을 잇는 선, 즉 평균 vertex 길이와 수선 길이, 그리고 편각의 3개 임계치를 채택하였다(그림 8). 임계치의 적용기준은 지형도 1:25,000과 1:50,000 축척의 지도요소를 벡터라이징(vectorizing)하여 수선의 길이와 편각의 평균을 적용하였다(김남신, 2004). 이들의 임계치에 따라 자료점의 제거에 의한 단순화(simplification)와 자료점의 이동에 의한 완만화(smoothing)를 진행한다(표 3). 하계망의 일반화에서 고려할 사항은 하계망이 일반화 된 후에 도로, 가옥, 기타 요소들과 충돌이나 임의적으로 통과되는 문제를 최소화시켜야 하기 때문에 등고선이나 행정구역 보다는 임계치를 엄격하게 적용하였다(김남신, 2004). 그림 8은 임계치에 따른 Simoo의 구체적인 적용과정을 의사코드(pseudo-code)로 나타낸 것이다.

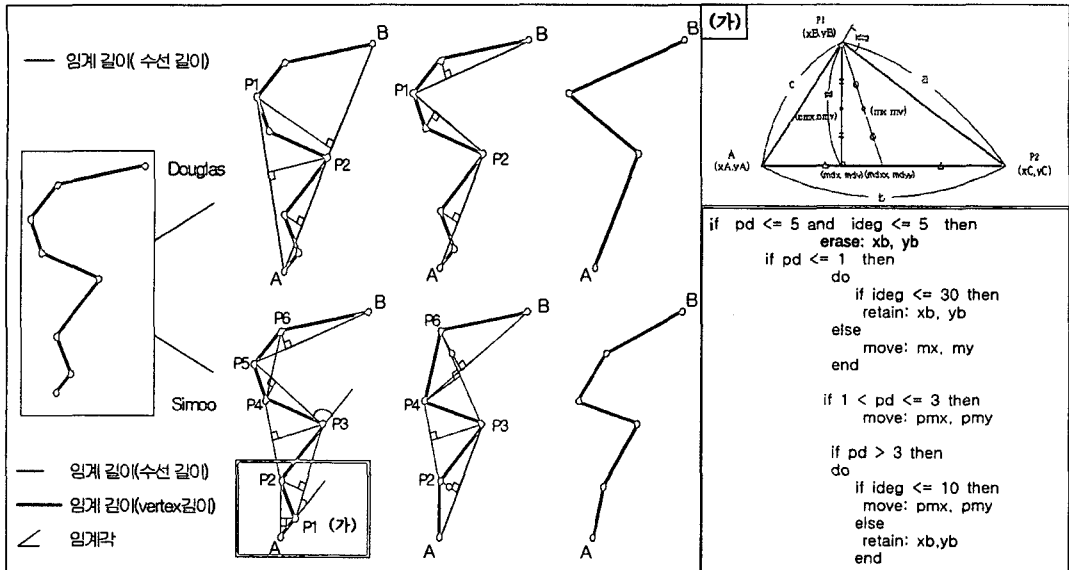


그림 8. Simoo와 Douglas-Peucker 알고리즘의 적용원리 비교(좌)와 Simoo의 알고리즘의 의사코드(우)

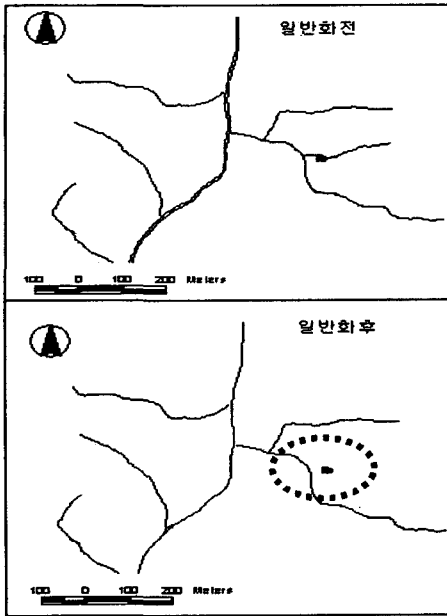


그림 9. 하천의 공간적 관계를 고려한 일반화

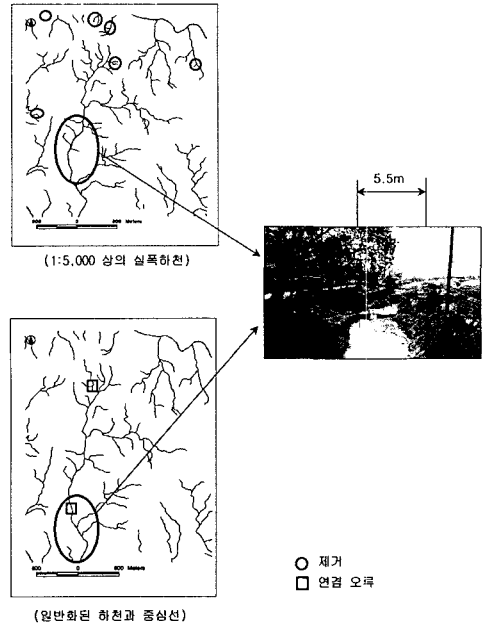


그림 10. 실목하천의 중심선 추출결과

5. 적용

사례적용 지역은 충남 연기군과 충북 청원군 지역을 사례지역으로 1:5,000 수치지형도 25장을 사용하였다. 하천은 저수지와와의 공간적 관계 분석(그림 9), 중심선 추출, 하계망 차수화 그리고 Simoo 알고리즘 적용을 거쳐 일반화를 진행했다.

적용한 결과, 사례지역에서 하폭이 6m 이상인 실목하천은 108개였으며 이 중에서 중심선이 추출된 6m 이하의 하천은 17개로 나타났다(그림 10). 중심선이 추출된 일부 하천 중에서 중촌천을 대상으로 조사한 결과, 하폭이 6m 이하인 지역에서는 단선화된 것을 확인할 수 있었다.

하계망은 1차수를 중심으로 제거하였는데, 1:25,000은 200m, 1:50,000은 250m 이하의 크기를

제거하였다. 그 결과, 1:5,000에서는 총연장이 517,357m였으나 1:25,000으로 일반화를 실시한 결과 430,190m로 17%가 감소했고, 1:50,000에서는 29%가 감소한 370,358m로 나타났다. 선의 기하학적 형태 변형 정도는 Simoo 알고리즘과 Douglas-Peucker 알고리즘을 비교 평가하였다(표 4).

축척에 따라 Simoo 알고리즘과 Douglas-Peucker를 적용한 결과는 선의 길이 유지율, 자료점 제거율, 편각을 중심으로 비교 평가하였다. 선의 길이 유지율은 두 알고리즘이 97% 이상 높게 유지되었다. 반면에 자료점 제거율은 Douglas-Peucker가 76% 이상 제거되어 Simoo 보다 제거율이 높았다. 이러한 차이는 Simoo 알고리즘이 선의 형태 유지를 위해 자료점의 제거와 이동원리를 채택했기 때문인 것으로 해석된다. 편각은 Simoo가 13~14°로

표 4. 하계망 선형사상에 적용한 Douglas-Peucker와 Simoo 비교

축척 측정방법	일반화전	Douglas-Peucker		Simoo	
		1:25,000	1:50,000	1:25,000	1:50,000
선의 길이(m)	517,357	98.1(%)	97.8(%)	97.5(%)	96.7(%)
자료점 수	115,581	76.3(%)	85.5(%)	14.1(%)	13.2(%)
평균 각	19.87°	35.9°	50.4°	14.6°	13.3°

Douglas-Peucker 보다 낮았다. Douglas-Peucker 알고리즘에서 편각이 큰 것은 자료점 제거율이 높기 때문이다. 결과적으로 Douglas-Peucker 알고리즘은 일반화 정도가 높아질수록 거칠어지고 곡률이 커지기 때문에 Simoo 보다 축척별 적용에 적합하지 않은 것으로 판단된다. 하계망은 지도상에서 도로, 가옥, 농경지 등 인접 인문·자연 현상들과 함께 표현되는데, Douglas-Peucker 알고리즘과 같이 편각 편차가 크고 자료점 제거율이 높은 경우 인접사상들과 충돌, 겹침, 통과 등의 문제가 발생할 수 있다.

6. 요약 및 결론

규칙기반 모델링은 지리학적으로 현상의 공간적 배열과 구성 원리, 지도학적으로는 지도제작 원리를 규칙화하여 일반화에 적용하고자 하는 것이다. 규칙기반 모델링은 지도요소들에 대한 지도학 및 지리학적 분석에 의한 일반화 원리와 이에 대한 적용으로 구성된다. 하천에 대하여 일반화 모델을 구성하고 적용한 결과는 다음과 같이 정리된다.

하계망 일반화에 필요한 지도학적 정보는 지도 분석과 지리원의 규정을 분석하여 일반화 규칙을 정리할 수 있었다. 실폭선은 축척에 따라 중심선 추출 알고리즘을 적용하여 중심선을 추출하였다. 하계망은 Strahler 방식에 따라 하계망의 속성정보를 구축한 후 일반화 규칙을 적용하였다. 하계망은 공간적으로 논리적 오류가 발생하지 않도록 하기 위해 호수나 저수지와 연결관계를 분석하였다. 6m 이하의 실폭 하천을 대상으로 중심선을 추출한 결과 사례지역에서는 실폭하천 108개 중에 17개의 하천이 단선화되었다. 축척별로 하계망을 제거한 결과, 하천의 전체 길이는 1:25,000에서는 17%, 1:50,000에서는 29% 감소하였다. 마지막으로 선형사상 일반화를 위해 Simoo와 Douglas-Peucker 알고리즘을 적용하여 비교하였다. 일반화 정도가 커질수록 Simoo 알고리즘은 편각 편차와 곡률이 낮아졌지만 Douglas-Peucker 알고리즘은 커졌다. 이러한 차이는 Simoo 알고리즘이 사상들간의 간격이 좁거나 복잡한 지역의 일반화에 효율성이 높을 것으로 기대된다.

규칙기반 일반화는 다양한 지도요소들을 대상으

로 적용할 수 있으므로 일반화와 이의 활용 분야에 지평을 넓힐 수 있을 것이다. 앞으로 Internet GIS 기술의 적용과 활용에 있어 규칙기반 일반화는 핵심적인 역할을 할 수 있을 것이며, 특히, mobile cartography 분야에서 실시간 일반화 기법 (on-demand web mapping)은 지리정보시스템 활용의 폭을 보다 넓힐 수 있을 것으로 기대된다.

文獻

- 국립지리원, 1995, 수치지도 작성내규, 국립지리원.
- 김감래 · 이호남 · 박인해, 1992, "지도 일반화에 따른 단순화 알고리즘 평가에 관한 연구," 한국측지학회지, 10(2), 63-71.
- 김남신, 2003a, 규칙기반 모델링에 의한 지도요소 일반화, 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 김남신, 2003b, "선형사상 일반화를 위한 알고리즘 개발에 관한 연구," 한국지도학회지, 3(1), 43-50.
- 김남신, 2004, "지도제작에 따른 선형사상의 공간적 오류 개선을 위한 일반화," 한국지리정보학회지, 7(1), 39-51.
- 박경렬, 1999, 수치지도제작을 위한 자동일반화시스템 개발, 충북대학교 대학원 박사학위논문.
- 박환철, 2000, 수치지도에서 도로 중심선 생성과 보정 기법, 부산대학교 대학원 석사학위논문.
- 대한측량협회, 1994, 지도도식규칙, 대한측량협회.
- 이호남, 1996, 수치지도에 의한 지도 일반화, 명지대학교 대학원 박사학위논문.
- 최신영, 1999, 지도일반화를 위한 위상적 일관성 유지, 부산대학교 대학원 석사학위논문.
- 홍현기 · 전호원, 1995, "디지털 지도의 일반화 모델에 관한 연구," 서울산업대학교 산업대학원 논문집, 3, 44-50.
- 황철수 · 오충원, 2002, "개방형 GIS 발전과 수치지도 일반화 모형의 컴포넌트 개발," 한국지도학회지, 2(1), 1-13.
- Becker, L., Voigtmann, A., and Hinrichs, K.H., 1997, Development applications with the object-oriented GIS-kernel GOODAC, *Advances in GIS Research II, Proceedings of the Seventh*

- International Symposium on Spatial Data Handling*, 227-244.
- Brassel, K.E. and Weibel, R., 1988, A review and conceptual framework of automated map generalization, *International Journal of Cartographic Information Science*, 2, 229-244.
- Buttenfield, B.P., 1991, A rule for describing line feature geometry in Buttenfield, B.P. and McMaster, R.B. (eds.), *Map Generalization: Making rules for Knowledge Representation*, Longman. 150-171.
- Cheng, T., 2001, Quality Assessment of Model-oriented Generalization(<http://www.geo.unizh.ch>).
- Cho, M.G., Li, K.J., and Cho, H.G., 1997, A rubber sheeting method with polygon morphing, *Advances in GIS Research II, Proceedings of the Seventh International Symposium on Spatial Data Handling*, 385-406.
- Douglas, H. and Peucker, T.K., 1973, Algorithms for reduction of the number of points required to represent a digitized line or its character, *The Canadian Cartographer*, 10(2), 112-123.
- Imhof, E., 2000, Rules for Cartographic Name Placement(<http://www.una.edu/geography/class/ge424/students/mmoore/cartog>).
- John, W.N. and Smaalen, V., 1997, A hierarchical rule model for geographic information abstraction, *Advances in GIS Research II, Proceedings of the Seventh International Symposium on Spatial Data Handling*, 215-225.
- Kang, H.K, Do, S.H., Li, K.J., and Choi, B.N., 2002, Model-oriented generalization rules(<http://www.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers>).
- Kreveld, M.V., Nievergelt, J., Roos, T., and Widmayer, P., 1997, *Algorithmic Foundations of Geographic Information Systems*, Springer.
- Lee, D., 1995, Area features in digital map generalization, *ACSM/ASPRS*, 1, 327-334.
- Lee, D., 1997, Input to formalization of generalization rules, *ACSM/ASPRS*, 1, 55-61.
- Litton, A., 1998, On centerlines, email notes.
- McMaster, R., 1991, Conceptual frameworks for geographical knowledge, in Buttenfield, B.P. and McMaster, R.B. (eds.), *Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation*, Longman. 21-39.
- Müller, C.J., Lagrange, J.P., and Weibel, R., 1995, *GIS and Generalization: Methodology and Practice*, Taylor & Francis.
- Ormsby, D. and Mackaness, W., 1999, The development of phenomenological generalization within an object-oriented paradigm, *Cartography and Geographic Information System*, 26(1), 70-80.
- Plewe, B., 1997, The cartographic representation of gradation: fuzzy maps from fuzzy data, *ACSM/ASPRS*, 1, 83-92.
- Rigaux, P., Schooll, M., and Voisard, A., 2002, *Spatial Database with Application to GIS*, Morgan Kaufmann Publisher.
- Shea, K.S., 1991, Design consideration for an artificially intelligent system in Buttenfield, B.P. and McMaster, R.B. (eds.), *Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation*, Longman. 150-171.
- Visvalingam, M., 1999, Aspect of Line Generalization: A Discussion Paper(<http://www2.dcs.hull.ac.uk/CSBG/ica/ica-old.htm>).

최초투고일 04. 03. 18

최종접수일 04. 08. 30