

선형성 지형자료의 일반화에 대한 효율적인 알고리즘에 관한 연구

A Study on the Effective Algorithms for Line Generalization

김감래* · 이호남**

Kim, Kam Lae · Lee, Ho Nam

요 旨

본 연구는 대축척 실측지도를 이용한 소축척 편집지도의 자동제작과 디지털지도 데이터베이스 구축 등의 활용분야에 필수적 요소인 일반화에 대한 연구로서 기존에 가장 잘 알려진 Douglas 알고리즘을 국립지리원 발행 1/25,000 지도에 포함되어 있는 남제주군 표선 일대의 해안선에 적용, 다양한 축적으로 디지털 지도를 제작하여 도해적 표현에 대한 문제점을 분석하였다. 디지털 환경하에서 일반화된 지도는 수작업을 통해 제작된 지도와 상당부분 시각적인 표현의 차이 및 위상구조의 상실 등에 대한 문제점을 내포하고 있음을 알 수 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 지형의 특성을 소축척 지도에 반영할 수 있도록 최소 지형인지계수를 원과 격자로 설정하여 처리하는 기법과 이들을 혼용한 기법의 알고리즘을 토대로 선형성 지형요소에 대한 일반화 프로그램을 개발하여 성과를 도출하였다. 또한 최소 지형인지계수를 축척별로 매개변수화 하여 개발된 프로그램에 적용 하고 수작업에 의해 제작된 지도와 비교하였으며, 각 알고리즘 별로 최소 지형인지계수의 선택에 따른 효율성을 판단하기 위하여 일반화 처리 결과의 데이터 용량을 분석하였다.

ABSTRACT

This paper outlines a new approach to the line generalization when preparing small scale map on the basis of existing large scale digital map. Line generalizations are conducted based on Douglas algorithm using 1/25,000 scale topographic maps of southeastern JEJU island which produced by National Geographic Institute to analyze the fitness to the original and problems of graphical representation. Compare to the same scale map which was generated by manual method, a variety of small, but sometimes significant errors of topological relationship have been detected. The research gives full details of three algorithms that operationalize the smallest visible object method, together with some empirical results. A comparison of the results produced by the new algorithms with those produced by manual generalization and Douglas method of data reduction is provided. Also this paper presents the preliminary results of an relationships between the size of smallest visual object and requiring data storages for each algorithms.

1. 서 론

지형자료의 일반화는 지도의 축척변화 또는 서로 다른 축척의 디지털 지도를 통합시키고자 할 경우 매우 중요한 처리 절차로서, 지도제작과 지리정보시스템의 구축등 많은 응용분야에서 시급히 해결해야 할 과제이다.

따라서 자동화된 방법으로 컴퓨터를 사용하여 수행할 수 있는 효율적이고 신뢰성 있는 일반화에 대한 요구는 급속도로 신장되고 있다. 그러나 이러한 알고리즘은 수작업의 절차를 최소화할 수 있어야 하며, 최종성과의 시인성을 극대화할 수 있는 방안이 모색되어야 한다는 점에서 문제의 해결방법에 어려움이 존재한다.

지도의 일반화는 주로 소축척으로 표현하고자 하는 지도 데이터의 상세한 정보에 대한 요약화 및 지도화

*명지대학교 공과대학 토목공학과 교수

**명지대학교 대학원 박사과정

요소의 변환으로 크게 구분할 수 있으나 최근에는 일반화의 주요 관심사항이 축척변화에 따른 지형요소의 처리에 국한된 것이 아니라 도형요소의 표현과 데이터베이스의 조작에 이르기까지 광범위하게 언급되고 있는 실정이다. 특히 일반화의 여러가지 처리과정 중에서도 도로, 하천, 해안선 및 경계와 같은 선과 면으로 표현될 수 있는 선형성 지형요소의 처리는 디지털지도 제작과정에서 발생하는 축척에 따른 중복입력의 배제 및 정확한 지형이 반영된 소축척 지도의 제작등이 가능하며, 스캐너를 통해 입력된 래스터 자료의 벡터화처리 및 Weeding등에 매우 효과적으로 이용할 수 있다는 점에서 그 중요성을 찾을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 소축척 지도의 자동생성에 대한 전처리 과정으로 볼 수 있는 선형성 지형요소의 일반화에 대한 기초적인 연구로서 Line 단순화 알고리즘의 개발을 시도 하였으며 남제주군 일대의 해안선 자료에 대해 적용하고 그 결과를 분석 하였다.

연구방법으로는 먼저 기존에 가장 잘 알려진 Douglas 알고리즘을 이용, 일반화를 시도하여 수작업으로 제작된 기존의 지도와 비교를 통해 문제점을 분석하였다. 분석과정을 통해 도출된 문제점을 해결하기 위한 방안으로 일반화 후에도 위상구조를 지닐 수 있으며 지형의 특성을 반영할 수 있는 일반화 모델 및 알고리즘을 이용하여 프로그램을 개발 하였다. 개발된 알고리즘의 타당성 검토를 위해 축척별로 입력된 디지털지도의 특성분석을 실시하여 최소지형인 지계수를 수치적으로 도출 하였고, 이를 일반화에 대한 오차의 허용범위로 설정하여 개발된 프로그램에 적용하여 알고리즘별로 효율성과 시인성을 평가 하였다. 또한 개발된 각 알고리즘 별로 일반화 전후의 데이터 용량을 분석하여 향후 예상되는 대용량 데이터베이스 구축에 대한 효율적인 방안을 제시하고자 하였다.

2. 기존방법의 평가

지도 일반화의 데이터 모델에 대해서는 많은 이견이 있을 수 있으나 수치화된 지도자료의 컴퓨터 그래픽 처리는 크게 단순화, 분류, 강조 등이 일반화에 포함되는 가장 중요한 요소라고 볼 수 있다. 그 중 Line 단순화는 많은 방법과 알고리즘이 개발되었으나, 실제

상용목적의 GIS 소프트웨어 또는 그래픽을 처리하는 소프트웨어에서 이들 방법을 이용하여 지도의 일반화를 구현한 예는 극히 미비한 실정이다. 이는 주로 지도가 지니는 특성상 실제 편집도의 작성에 따른 정확한 제작사양의 부족 및 수치화, 수량화가 어렵고 실제 지도제작에 개인적인 성향이 많이 반영된다는 지도의 특수성에 기인한다고 볼 수 있다.

일반화를 목적으로 하는 기존의 방법은 여러가지를 들 수 있으나 McMaster(1987년)는 이들 방법에 대해 모두 5개의 유형으로서 독립점에 대한 처리, 지역적 처리, 확장형 지역처리, 외부 지역처리, 전역처리 등으로 구분하고 있으며, 이에 반해 Douglas 와 Peucker (1973년)는 Line을 구성하는 점을 줄이기 위하여 수학적 함수를 사용 근사화하는 처리 기법과 특정 지도 요소를 삭제하는 기법으로 크게 구분하고 있다. 최근까지의 연구 결과를 정리해 볼 때 선형성 지형요소의 일반화 개념은 크게 데이터 감축 기법과 Smoothing 기법으로 대별할 수 있으며 실용적인 측면에서는 주로 데이터 감축기법이 보다 넓게 활용되고 있다. 특히 데이터 감축기법은 개발방법에 따라 특정 지도 요소를 기준으로 처리하는 방법과 이와는 달리 일반화 처리에 따른 이론적인 접근 방법 등으로 구분할 수 있다. 그 중 첫번째 제시된 특정 지도요소에 대한 해결 방법은 일반화의 특정 예에 속하는 것이라 볼 수 있으며 매우 주관적이고 문제 해결중심의 성격을 지니게 된다. line 일반화의 자동화와 관련된 기존의 방법은 모두 이 부류에 속한다고 볼 수 있다. 이 방법은 단지 해안선, 도로, 하천 등과 같은 선형성 지형요소에만 적용할 수 있기 때문에 건물, 등고선과 같은 특정 지형요소와는 별개의 방안으로 고려되어야 한다.

데이터 감축에 관점을 두고 있는 기존의 방법은 급격한 기울기를 지니는 점에 대한 일반화 처리여부의 개념을 기초로 하고 있는 것으로 이러한 기법의 고전적인 예로서 Douglas의 데이터 감축 알고리즘을 들 수 있으며 이 방법은 이론적인 측면과 실용적인 측면에서 모두 많은 문제점이 존재함이 최근의 연구결과로 도출되고 있다. 이는 수작업으로 시도한 일반화와 비교시 많은 차이점이 있음을 제시하는 것이라 볼 수 있다. 수작업에 의해 시도된 일반화의 경우 특정 지형요소에 대한 형태를 유지하고자 하는 경향이 뚜렷하나, Douglas 알고리즘의 경우, 비교적 특징이 없

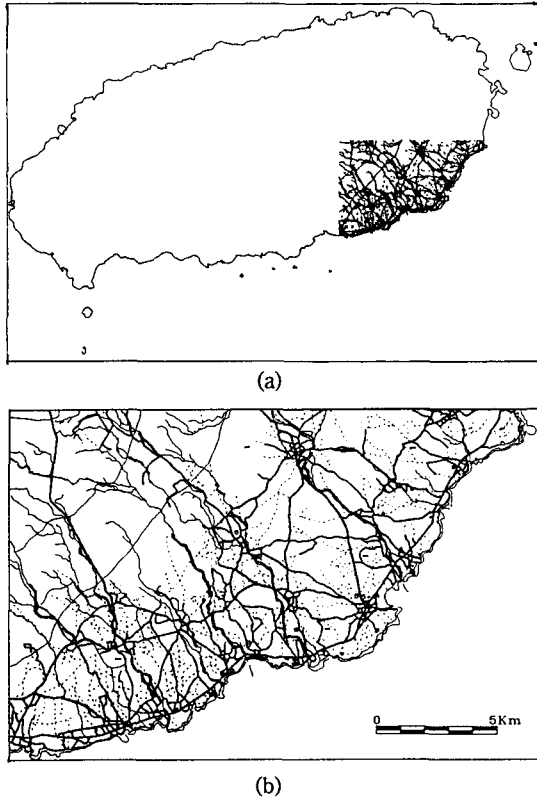


그림 1. 연구지역(남제주군 표선일대)
 (a) 연구지역
 (b) 연구지역의 상세도

표 1. 축척별 입력된 점의 수

축척	점의 수	감축비(%)
1/25,000	1,721	-
1/50,000	346	79.9
1/250,000	118	93.1

는 지형요소를 표현하기 위해 수 많은 점을 계속 유지하므로 상대적으로 데이터의 저장량이 크다고 할 수 있으며, 무엇보다도 실제 지형의 반영이 미흡하다는 점에서 개선의 요구가 필연적이라고 볼 수 있다. 따라서 line 일반화를 위한 새로운 알고리즘의 적용을 위해 우리나라 지도가 지니는 특성의 분석을 목적으로 그림 1과 같은 남제주군 표선일대의 지역을 수치화 하였다.

지형도상에서 총 연장 약 40 km에 해당하는 연구 지역은 국립지리원에서 발행되는 실측도인 축척 1/

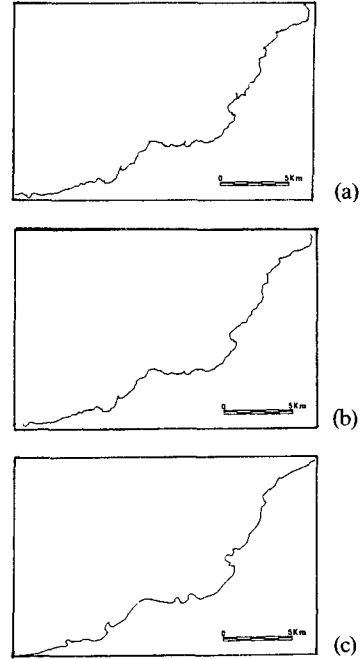


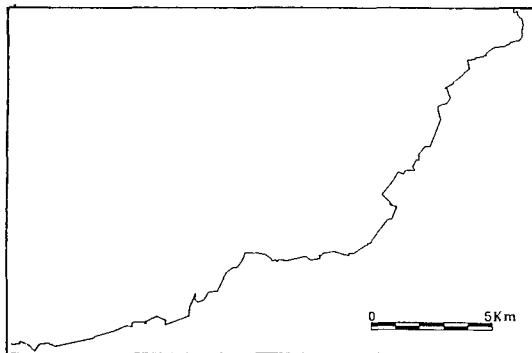
그림 2. 축척별 해안선 데이터

- (a) 1/25,000 지형도를 이용하여 입력한 결과
 (b) 1/50,000 지형도를 이용하여 입력한 결과
 (c) 1/250,000 지세도를 이용하여 입력한 결과

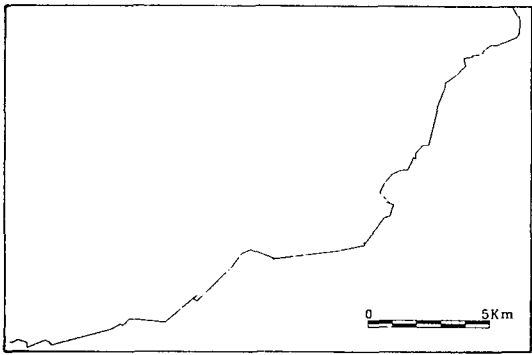
25,000 지형도와 편집도인 1/50,000 지형도 및 1/250,000 지세도를 이용하여 동일지역에 대해 입력하였고, 축척별로 해안선을 구성하기 위해 입력된 점의 수는 표 1과 같다. 그림 2는 입력된 지도를 동일 축척으로 재 출력한 것으로 수작업을 통해 일반화된 1/50,000 및 1/250,000 축척의 지도는 (b)와 (c)에서 볼 수 있듯이 해안선이 부드러운 곡선으로 처리되어 시각적인 효과가 매우 뛰어남을 알 수 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 축척이 작아짐에 따라 해안선을 구성하고 있는 Line의 수가 적고 지형의 묘사가 불확실한 것을 가장 큰 단점으로 지적할 수 있다.

또한 일반화된 해안선을 세밀히 관찰해 보면 일반화된 지형요소의 변화사항은 수치로 표현할 수 없는 불규칙성이 존재한다. 즉 일반화에 대한 허용범위의 수량화가 사실상 불가능 하다고 볼 수 있다.

이러한 지도의 특성분석을 위해 그림 2의 (a)와 같은 1/25,000 지도를 이용하여 구축된 데이터를 허용범위 각각 100 m와 500 m로 설정 후 Douglas 기법으로 일반화하였으며, 결과는 그림 3과 같다. 이때



(a)



(b)

그림 3. Douglas 알고리즘을 이용하여 단순화를 시도한 결과

(a) 허용범위 = 100 m

(b) 허용범위 = 500 m

허용범위는 1/25,000 지형도 상에서 4 mm와 10 mm에 해당되며, 1/50,000 및 1/250,000 각각의 지도상에서 2 mm의 도상거리에 해당되는 것으로 그림 2와 그림 3을 비교할 경우 동일 해안선에 대해서 일반화된 데이터는 많은 차이가 있음을 알 수 있다.

물론 이것은 알고리즘 자체에 문제가 있다고 볼 수는 없으며, 실제로 Douglas와 Peucker(1973년)가 발표한 최초의 논문에서도 이 알고리즘은 point의 수를 감축시키기 위한 알고리즘이라고 제시한 점에서 이러한 문제는 사전 예측이 가능하다. 따라서 이러한 처리 절차는 일반화와는 엄연한 차이가 있다고 볼 수 있으며, 주로 데이터 저장에 대한 관점에서 주로 논의되어야 할 사항이라고 할 수 있다.

지도의 특성분석을 위해 시도된 그림 3과 같은 결과는 데이터 감축 기법으로 접근하고자 하는 일반화와는 최초의 지도와 상당한 표현의 차이가 있음 외

에도 또 다른 문제점이 존재한다. 즉 일반화된 line은 본래의 지형 요소를 위상학적으로 변형시켜 중요 지형변화 지역의 점을 상실하며 대부분 끝이 뾰족한 line으로 표현하게 된다. 1988년 Toapa가 발표한 논문에 의하면, 최초의 line을 그대로 표현 하면서 방대한 양의 점을 감축시키고자 할 경우 그 심각성은 더욱 크다고 논한 바 있다. 이러한 문제는 매우 흔히 발생하며, 특히 데이터 감축 기법에 따라 line 자체가 교차하는 경우까지 발생하는 심각한 오류를 범하게 된다.

따라서 Douglas 데이터 감축 알고리즘은 일반적으로 기존의 line 일반화 방법중에서 기본적으로 내재하고 있는 문제점이 있음에도 불구하고 가장 강력한 방법이라고 언급되고 있으나, 이상과 같은 문제점을 개선할 수 있는 방안이 제시되어야 하며, 특정 지형에 한정된 기법이 아닌 모든 선형성 지형요소에 대한 자유로운 일반화 구사능력을 지닌 기법이 요구된다고 할 수 있다.

본 연구에서는 이상과 같은 일반화 문제를 해결하기 위한 대안으로서 Zhilin Li와 Stan Openshaw(1992년)가 제시한 최소 지형인지계수에 기준을 둔 데이터 감축의 개념에 부가하여 일반화 후의 시인성 및 위상구조의 지속성을 해결할 수 있도록 알고리즘을 수정 보완하였다.

3. 최소 지형인지계수와 알고리즘의 구현방안

관측자로 부터 대상 물체가 멀어질 경우 대상이 지나는 이미지는 점차적으로 작아지는 것은 당연한 사실이다. 따라서 대상 물체를 관측자의 시점에서 바라볼 때 상세성이 감소되게 되며, 이 경우 대상에 대한 이미지는 일반화되어 간다고 볼 수 있다. 이러한 현상이 제시하는 것은 인간이 지나는 눈의 해상력에 대한 한계와 그래픽의 표현 매체에 대한 한계로서 어떠한 축척의 지도라 할지라도 주어진 출력 장치상에서 표현되는 해상력에는 한계가 있음을 뜻한다. 따라서 주어진 지도 축척이 있을 경우 지도화되어야 할 요소의 최소 크기가 있어야 하는 것은 당연하다. 즉 이는 모든 상세 정보가 손실된다 할지라도 특성의 최소 크기를 지님을 뜻한다. 예를 들어 고정된 해상도로 큰 다각형을 소축척으로 축척 변화시킬 경우 적은 다각형을 이루게 되며, 특정 축척에 도달할 경우

이 다각형은 단순히 점으로 표현되게 된다. 또한 계속해서 소축척화가 진행될 경우 이 점은 없어지게 된다.

따라서 어떠한 알고리즘이든지 일반화를 실행하기 위해서는 최소인지 가능한 지형요소의 크기에 대한 기준이 있어야 한다. 이는 알고리즘의 프로그램화가 비교적 손쉬운 특정크기의 원 또는 격자형이 될 수 있다. 이 영향요소가 지나는 절대값은 지도의 축척과 밀접한 관계를 지니게 되며, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F_c = S_t \times D \quad (1)$$

여기서 S_t 는 일반화를 수행하고자 하는 지도의 축척계수이며, D 는 지도 축척상에서의 최소인지 가능한 지형요소의 크기이고, F_c 는 이 지형요소의 실제 지상 거리를 나타낸다.

그러나, 식 (1)에서는 일반화되기 이전의 본래 지도에 대한 축척계수 S_t 는 고려되지 않고 있다. 예를 들어 $S_t = S_i$ 인 경우 일반화되는 요소는 없으며, 식 (1)로부터 계산된 F_c 는 ZERO(0)가 된다. 따라서 식 (1)은 1 : 1 축척으로부터 1 : S_t 의 축척으로 일반화되는 경우에만 적용할 수 있다. 달리 말하면, 이 경우의 F_c 는 지상 거리상으로 이상적인 값을 지니게 되며, 따라서 식 (1)에 있는 최소인지 가능한 지형요소의 크기인 D 는 일반화 하고자 하는 지도축척 상에서 이상적인 크기가 된다. 따라서 식 (1)은 다음과 같이 표현할 경우 보다 이상적이라 할 수 있다.

$$F_c = S_i \times D \times (1 - S_i/S_t) \quad (2)$$

식 (2)에서 지도 축척 S_t 상에서 정보가 무시되어도 되는 이상적인 크기의 D 값을 선택하는 것이 중요한 문제로 남아 있다. 1987년 Muller는 특정 지도 축척 상에서 0.4 mm의 값(예: 지도상의 거리)이 시각적인 분리효과를 얻기 위한 최소값이라고 밝히고 있다. 이는 플로팅 펜의 두께와 사람의 눈이 지니는 해상력에 그 기준을 두고 있다. 그러나 최근 들어 국내에서도 지도출력을 목적으로 여러 종류의 필름 기록기가 지도제작 기관을 중심으로 도입되고 있으며, 이러한 장비의 해상도는 대부분 0.1 mm 이상의 해상력을 제공하고 있고, 확인용 저가의 플로터인 경우 0.2 mm 이상의 해상력이 제공되므로 Muller가 제시한 값 이하로도 D 값의 설정이 가능하다. 그러나

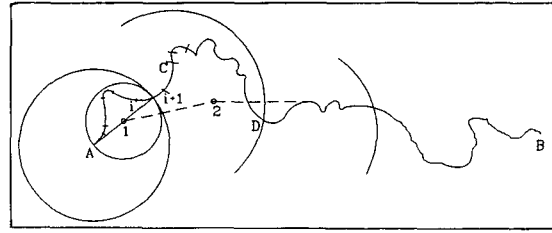


그림 4. 원을 이용한 검색기법과 일반화 과정

일반화와 관련된 주요 문제점은 시각적 분리효과를 얻기 위한 최소값보다는 일반적인 지도의 특성에 대한 사전분석을 통한 표준적인 일반화 허용범위의 선정이 가장 큰 관건이라고 볼 수 있다. 본 연구에서 제작된 디지털 지도의 경우 1/25,000 지도와 1/50,000 지도의 일반화에 대한 허용범위는 평균 70 m를 초과하고 있음을 알 수 있었으며, 1/250,000 지도의 경우 평균 500 m에 달했다. 이는 수작업으로 일반화를 시도할 경우 시각적으로 부드러운 표현을 위해 해당축척의 지도상에서 약 2.0 mm 이하의 돌출된 지형은 대부분 고려하지 않고 있음을 의미한다.

3.1 원을 이용한 검색기법

벡터 모드 상에서 실행할 수 있는 원을 이용한 검색기법에서는 그림 4와 같은 개념을 적용할 수 있으며, 알고리즘의 구현방안은 다음과 같다.

1단계 : 식 (2)로부터 F_c 를 계산하여 원의 최소 지형인지계수를 계산한다.

2단계 : 최소 지형인지계수를 반지름으로 하는 검색기준이 되는 원의 위치를 결정하며, 그림 4에서 일반화 하고자 하는 line string 상에서 시작점인 A에서 큰 원을 설정하며, 이때 원은 최소 지형인지계수 원의 2배 크기가 된다. 이 원은 line string 상에서 교차점인 C 점에서 line과 교차 하게 되며, line AC 상에서 지름 AC를 갖는 작은 원을 그린다면 최소 지형인지계수를 얻을 수 있다. 이때 Point 1은 최소 지형인지계수 원의 도심이 된다.

3단계 : 교차점인 점 C의 좌표는 식 (3)과 같이 계산할 수 있으며, 검색중에 해당 점이 도로와 같은 경우 교차가 발생되면 일반화에서 제외하고 2단계부터 새로운 원을 설정하여 교차점에 대한 정보를 상실하지 않도록 한다.

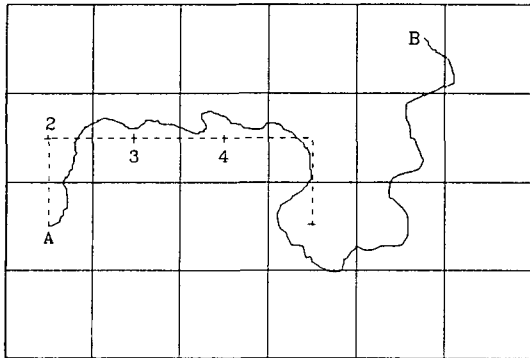


그림 5. 격자를 이용한 검색 기법과 일반화 과정

$$(X - X_A)^2 + (Y - Y_A)^2 = F_C^2 \quad (3)$$

$$\frac{Y - Y_1}{Y_{1+1} - Y_1} = \frac{X - X_1}{X_{1+1} - X_1}$$

4단계 : Line segment 상의 다른 점으로 최소 지형인지계수로 구성된 원을 이동시킨다. 이 때 최종 교차점은 새로운 큰 원을 지정하기 위한 시작점으로 사용된다. 따라서 2단계로부터 반복하며 일반화를 이룰 수 있다.

이 때 일반화된 line은 그림 4의 점선으로 표시할 수 있다.

3.2 격자를 이용한 검색기법

원형 모드에서의 일반화는 최소 지형인지계수의 원과 원이 교차하는 지점의 결정이 반드시 선행되어야 하며, 따라서 상당한 처리시간이 소요된다. 따라서 원의 진행방향에 대한 위치결정을 손쉽게 해결하기 위하여 격자 모드에서의 알고리즘을 개발하는 것이 필요하다. 격자 모드에서의 알고리즘은 최소 지형인 지계수를 원 대신 격자를 사용하는 것으로 이 기법은 실제 적용에 있어 보다 간단하고 신속하다는 장점을 지니고 있다. 구체적인 처리 절차는 그림 5에 표시되어 있으며 알고리즘은 다음과 같다.

1단계 : 식 (2)를 이용하여 격자의 크기(F_C)를 결정한다.

2단계 : 최초로 위치할 격자를 결정한다. 그림 5에서 A와 B는 각각 시점과 종점을 표시한다. 격자의 크기 F_C 에서 중심인 점 A를 생성한다.

3단계 : 다음 격자가 위치할 것을 결정하며, 그림 5와 같이 4개의 방향으로 검색이 이루어지게 된다.

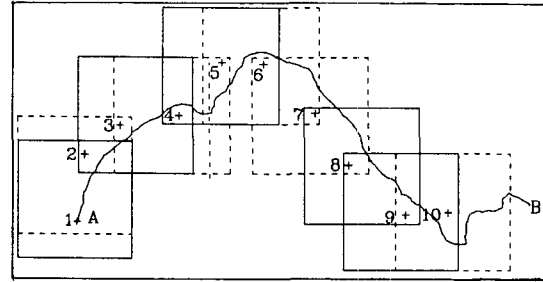


그림 6. 격자의 중첩 처리기법

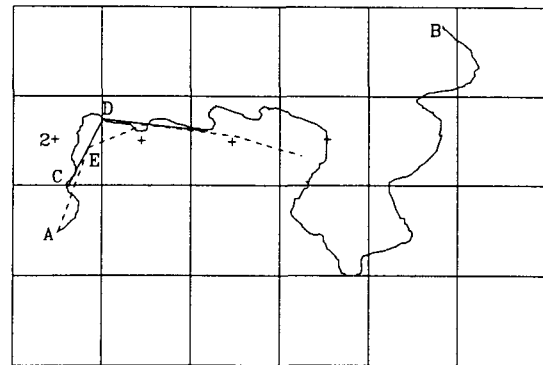


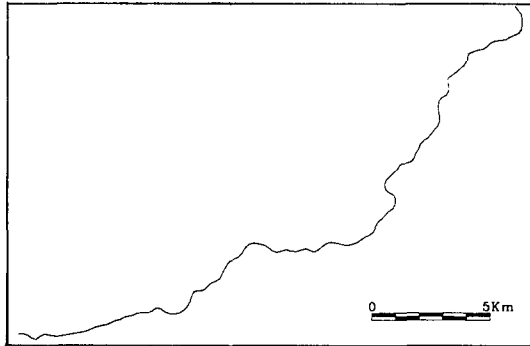
그림 7. 원과 격자를 동시사용한 검색기법

4단계 : 반복처리 과정으로, 새로운 격자의 중심은 항상 격자가 포함하는 내용을 나타내게 된다.

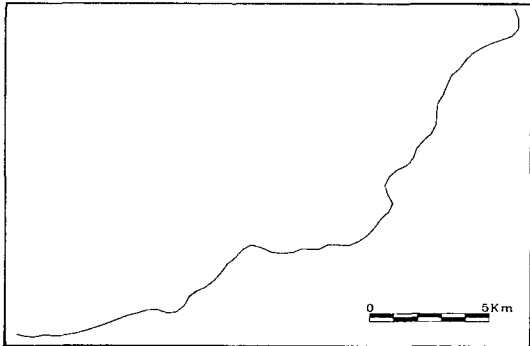
그러나 원을 이용한 검색 기법과는 달리 두개의 반복적인 최소 지형인지계수 사이의 중첩은 반드시 필요한 사항이다. 따라서 단계 3이 수정되어야 하며, 따라서 line A-2에 있는 점 A와 그 사이의 위치는 두번째 격자에 대한 중심점이 되게 된다. 이때 그 크기는 F_C 가 된다. 그림 6은 반복되는 최소 지형인 지계수 사이에서의 중첩에 대한 영향을 도식화 한 것이다.

3.3 원과 격자의 동시사용 검색기법

격자 모드 알고리즘이 실제 적용면에서 보다 쉽고 원으로 구성되는 검색기법보다 신속한 답을 얻을 수 있다는 특징이 있는 반면, 격자 검색 기법을 이용할 경우 위상구조의 지속적인 확보는 불가능하다는 단점이 있다. 따라서 도로와 같이 교차점 정보의 유지와 같은 응용범위에 대해서는 활용이 극히 제한되게 된다. 그러나 원을 이용한 검색기법에서 생성된 결과는



(a)



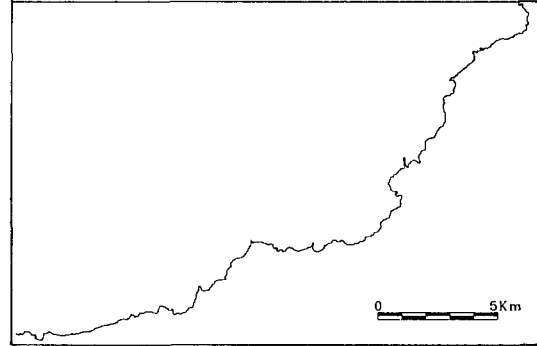
(b)

그림 8. 원을 이용한 검색기법의 일반화 결과($S_f=1:25,000$, $S_t=1:250,000$)
 (a) $D=1.0$ mm
 (b) $D=2.0$ mm

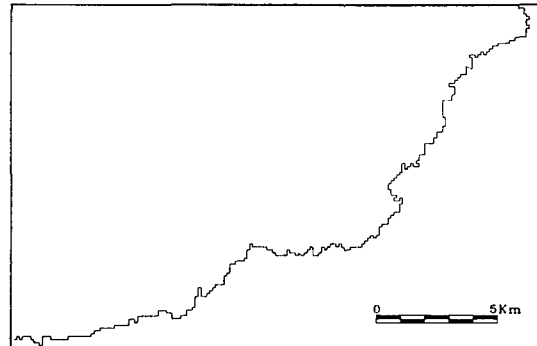
상대적으로 완만한 line의 결과를 얻을 수 있다. 이것은 일반화가 지니는 특성중 가장 중요한 역할을 담당하므로 원과 격자의 조합에 기초한 알고리즘을 활용하는 것은 바람직하다고 할 수 있다. 이러한 혼합 기법의 경우 기록된 Point의 위치는 원을 이용한 검색기법에 의해 결정되며, 일반화 처리는 격자 모드로 전환되어 처리하는 방법이다. 그림 7에서 E점을 예로 들면, 점 C와 D의 중간점으로 일반화된 line의 새로운 Point를 나타낸다. 즉 그림 7 상에서 점선으로 표현된 격자 모드의 알고리즘 상에서 점 2 대신 E가 사용된다.

4. 실험 및 결과분석

본 연구에서는 그림 1과 같은 디지털지도를 각각의 지형요소에 따라 계층별로 구분하여 IGDS와 DXF



(a)

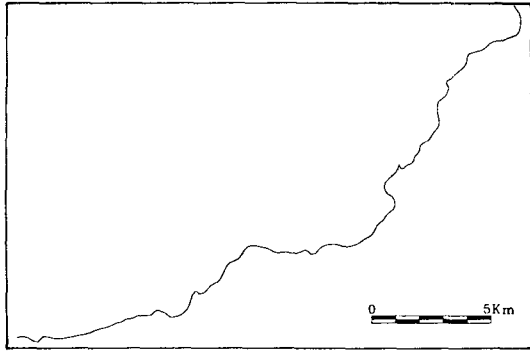


(b)

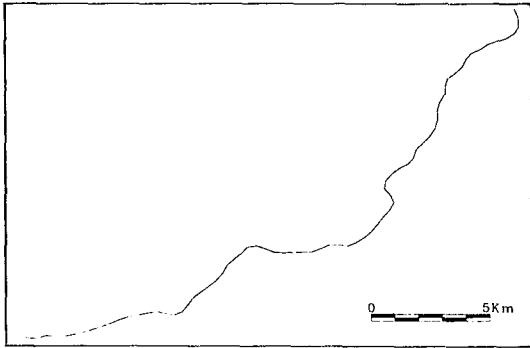
그림 9. 격자를 이용한 검색기법의 일반화 결과($S_f=1:25,000$, $S_t=1:250,000$)
 (a) $D=1.0$ mm
 (b) $D=2.0$ mm

포맷의 파일로 데이터를 저장 하였다. 그중 해안선이 형성하는 각 Line의 좌표점을 ASCII 파일로 추출하여 일괄처리 성격의 프로그램을 개발하고, 실제 운영상의 문제점 분석 및 최적화 방안을 도출하였으며, Interactive 방식의 사용자 인터페이스가 일반화 처리에 가장 적합할 것으로 판단되어 이를 지원하는 MicroStation 소프트웨어의 개발 Tool인 MDL을 이용하여 프로그래밍 하였다. 알고리즘상에서 해결해야 할 원과 직선의 교차점은 원과 직선의 방정식으로부터 테일러 급수를 이용하여 선형화 하고 초기치를 설정하여 반복계산을 통해 일정한 수렴한계에 도달하는 값을 취 하므로써 구할 수 있었다.

원을 이용한 검색 기법에서는 1/25,000 지도를 이용하여 1/250,000 지도의 생성을 목적으로 최소 지형인지계수를 각각 1.0 mm와 2.0 mm로 설정하여 결과를 도출 하였으며, 결과는 그림 8과 같다.



(a)



(b)

그림 10. 원과 격자를 동시사용한 검색기법의 일반화 결과($S_f=1:25,000$, $S_t=1:250,000$)

- (a) $D=1.0$ mm
- (b) $D=2.0$ mm

도출된 결과는 일반화의 허용범위를 100 m와 500 m로 설정하여 Douglas 알고리즘을 이용하여 도출한 그림 3의 결과와 비교해 볼 때 시각적인 면에서 월등히 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

격자를 이용한 검색 기법에서도 지형인지계수를 각각 1.0 mm와 2.0 mm로 설정하여 결과를 도출 하였으며, 격자의 중첩은 80%로 설정 하였고, 결과는 그림 9와 같다.

격자를 이용한 일반화의 처리 결과는 비교적 곡선을 부드럽게 표현 하고자 하는 경향은 있으나, 예측했던 바와 같이 교차점 정보의 상실과 같은 주요 지형의 도출 및 특징점을 손실하여 일반화의 전반적인 의지를 반영하지 못하였다. 또한 고해상도의 출력기를 이용한 지도의 인쇄 원판필름의 제작 등에는 이용하기에 상당한 무리가 있는 것으로 나타났으며, 또한 부드러운 표현을 위한 격자의 중첩정도에 따라 최종성과의 시

표 2. 알고리즘별 데이터 용량

구 분	최소인지계수 (mm)	POINT수	데이터 감축비 (%)
원	1.0	115	93.3
	2.0	54	96.9
격 자	1.0	856	50.2
	2.0	274	84.1
원과 격자의 동시 사용	1.0	134	92.2
	2.0	60	96.5

각적인 표현에 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다.

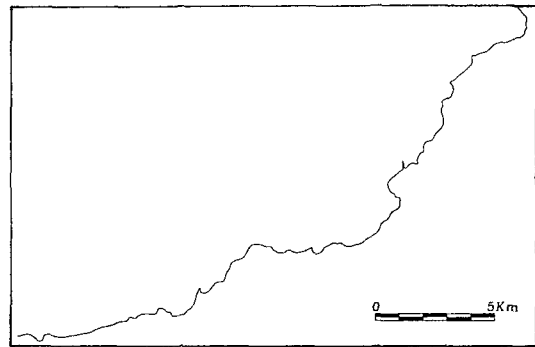
이러한 단점을 극복하기 위한 방안으로 제시한 원과 격자의 동시사용에 따른 검색기법에서는 그림 10과 같은 결과를 얻을 수 있었으며, 시각적으로 가장 양호한 결과를 도출할 수 있었다.

디지털 환경하에서 일반화의 활용개념은 데이터의 저장구조와 용량 및 수량화 계량화된 규격의 작성과 이로부터 파생되는 다양한 문제점을 해결하기 위한 선행과제라고 볼 때 개발된 기법이 얼마나 잘 수행 되는지 수작업으로 제작된 지도와 비교해 보는 것은 실제로 본 연구의 개념과는 그 성격을 달리할 수 있으나 기존에 가장 잘 알려진 Douglas 알고리즘보다는 시각적인 측면에서 월등히 향상된 결과를 도출할 수 있었다.

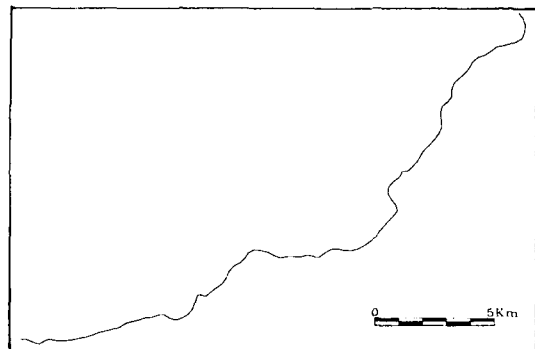
단순화에 따른 데이터의 감축비를 산정하기 위하여 표 2와 같이 알고리즘 별로 일반화 후의 해안선을 구성하고 있는 점의 수를 1/25,000 실측도를 디지털 이징한 점의 수 1,721점과 비교하여 감축비를 계산 하였다. 연구 대상지역에 대한 점의 수는 표 2에서 볼 수 있듯이 원과 격자의 단독 사용 기법에서는 저장 용량에서 많은 차이가 없었으나, 이들 둘을 혼합사용한 기법에서는 최소지형인지계수가 작아짐에 따라 데이터 감축률이 낮게 나타났다. 또한 표 1과 같이 수작업을 통해 제작된 지도에서 구성되는 점의 수는 본 연구에서 시도한 최소 지형인지계수를 기준으로 제시한 단순화 후의 점의 수보다는 비교적 작은 양을 차지하고 있다. 이러한 결과는 데이터 용량에 있어서 최소지형인지계수의 선정이 매우 중요한 역할 담당하고 있음을 시사하는 것으로, Douglas 기법과 원과 격자의 동시 사용에 따른 검색 기법을 이용하여 모두 16개의 최소 지형인지계수에 대한 일반화를 적용하여

표 3. 사용 기법에 따른 데이터 감축율

최소지형인지계수 (도상거리)	Douglas-Peucker 기법		원과 격자의 동시 사용 검색 기법	
	Point 수	감축율 (%)	Point 수	감축율 (%)
75.0 m	785	54.4	515	70.1
100.0	785	54.4	375	78.2
150.0	709	58.8	225	86.9
200.0	709	58.8	165	90.4
250.0	500	70.9	134	92.2
300.0	280	88.4	106	93.8
350.0	164	90.5	90	94.8
400.0	121	93.0	76	95.6
450.0	80	95.4	68	96.0
500.0	80	95.4	60	96.5
550.0	78	95.5	54	96.8
600.0	78	95.5	49	97.2
700.0	78	95.5	42	97.6
800.0	78	95.5	36	97.9
1000.0	14	99.2	29	98.3
1200.0	14	99.2	24	98.6
2000.0	8	99.5	13	99.2



(a)



(b)

그림 11. 데이터 감축비에 따른 일반화 결과

(a) 79.9%(1/50,000)

(b) 93.1%(1/250,000)

해안선을 구성하고 있는 점의 수를 비교 하였으며, 결과는 표 3과 같다.

이들 두 방법을 16개의 최소지형인지계수에 적용한 결과 원과 격자의 동시 사용기법이 도해적인 표현과 데이터 감축율 모두에서 월등히 향상된 결과를 도출할 수 있었다.

축척별 지도에 대한 점의 구성에 따른 일반화 전후의 상관관계를 분석하기 위하여 원과 격자의 동시 사용기법을 이용한 일반화 후의 점의 수를 선형회기 분석하여 데이터 감축율에 따른 최소지형인지계수를 산출하였으며, 표 3과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 처리절차는 대용량의 수치지도제작 및 이와 연관된 그래픽 데이터의 처리에 있어서 특정 비율로 데이터를 감축시키고자 할 경우 이에 해당되는 최소 지형인지계수의 산출 및 일반화된 수치지도의 특성을 사전분석하기 위해 효율적으로 활용될 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 활용한 수작업으로 제작된 축척 1/50,000의 지형도와 1/250,000의 지세도가 최초 입력시 346와 118점 임을 감안할 때 이는 표 1과 같이 1/25,000 지형도를 기준으로 79.9% 및

93.1%의 데이터 감축을 의미한다. 이러한 데이터 감축비는 표 3에서 최소지형인지계수가 도상거리로 각각 110 m 및 170 m에 해당되는 것으로, 이를 이용한 일반화 결과는 그림 11과 같다.

일반화 결과는 그림 2의 (b), (c)와 같이 수작업으로 진행된 일반화와 거의 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 수작업으로 진행되는 일반화의 의지를 완벽하게 반영한다고 볼 수는 없으나 향후 예상되는 대용량의 데이터베이스 구축과 관련하여 시인성에 따른 용량의 사전예측등에 매우 유용하게 활용될 수 있음을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 일반화를 위한 3개의 서로 다른 mode 상에서 운용되는 알고리즘의 개발을 시도하였

으며, 제한된 검증결과이나 이들 알고리즘의 개발을 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 본 연구에서 개발된 알고리즘은 실제 활용상의 편리성과 계산의 신속성을 부여할 수 있었으며, 기존의 Douglas 기법과 비교할 경우 시각적인 효과에서 월등히 향상된 결과를 도출할 수 있었다.

2. 알고리즘별로 나름대로의 특성을 지니고 있어서 구축조건을 강화할 경우 지도의 전체 선형성 요소에 대한 적용이 가능하며, 대용량의 수치지도 구축에 따른 저장용량의 사전 예측 및 일반화 후의 수치지도가 지나는 특성과악이 가능함을 알 수 있었다.

3. 소프트웨어의 효율성과 일반화 후의 데이터 감축비 및 표현능력에 있어서 원과 격자를 혼합사용한 검색기법이 가장 효율적임을 알 수 있었다.

参考文献

1. Battenfield B.P., McMaster R.B. Map Generalization: Making rules for knowledge representation. Longman Scientific and Tech., pp. 21-39, 1991.
2. Kilpelainen T. Multiple Representation and Knowledge-based Generalization of Topographic Data, ISPRS 1992, Washington D.C., pp. 954-964, 1992.
3. McMaster R.B., Shea K.S., Cartographic Generalization in a Digital Environment, Proceedings GIS/LIS '88 San Antonio Texas 1, pp. 240-249, 1992.
4. Borrough P.A., Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment. Clareder Press, pp. 122-128, 1986.
5. Douglas D.H., Peucker T., Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or Its Caricature, The Canadian Cartographer, Vol. 8, No. 2, pp. 112-122, 1973.
6. McMaster R.B., A Mathematical Evaluation of Simplification Algorithms, Auto Carto 6, pp. 267-275, 1985.
7. Monmonier M.C., Computer-Assisted Cartography. Prentice-Hall, pp. 170-175, 1982.
8. Musial C.J., A Good Straght-Line Approximation of a Circular Arc, Academic Press, pp. 435-439, 617-620, 1991.
9. Thapa K., Automatic Line Generalization Using Zero-Crossings, PE and RS Vol. 4, pp. 512-517, 1988.
10. 김감래, 이호남, 김종훈, 디지털 환경하의 목적 지향형 지도 일반화, 대한토목학회 학술발표 개요집, pp. 320-323, 1992.
11. Bernd M.P., Computer-Assisted Generalization-An Important Software-Tool in GIS, 1989 ISPRS, Vol IV, pp. 664-672, 1992.
12. Schylberg L., Cartographic Amalgamation of Area Objects, 1989 ISPRS, Vol. IV, pp. 135-160, 1992.
13. Jacobi O., Updating Cartographic DataBase, 1992 ISPRS Vol. IV, pp. 576-579, 1992.
14. Shea K.S., McMaster R.B., Cartographic Generalization in a Digital Environment, Proceeding AuTo-CARTO 9, pp. 56-67, 1989.
15. Armstrong M.P., Bennett D.A., A Knowledge Based Object-Oriented Approach to Cartographic Generalization, Proceedings GIS/LIS, pp. 48-57, 1990.
16. Johnson J.V., A Comparison of Operational Methods for Compiling Road Centerlines on Large Scale Line Maps, 1992 ASPRS-ACSM Annual Convention, pp. 199-209, 1992.
17. 김감래, 이호남, 지도 일반화에 따른 단순화 알고리즘의 평가에 관한 연구, 한국측지학회지 제10권, 제2호, pp. 63-71, 1992.
18. Zhilin Li, Stan Openshaw, Algorithms for Automated Generalization Based on a Natural Principle of Objective Generalization, 1992 IJGIS Vol. 6, No. 5, pp. 373-389, 1992.