

## 지도 일반화에 따른 단순화 알고리즘의 평가에 관한 연구 A Study on the Evaluation of Simplification Algorithms Based on Map Generalization

김감래\* · 이호남\*\* · 박인해\*\*\*

Kim Kam Lae · Lee Ho Nam · Park In Hae

### 요 지

디지털 지도 데이터베이스는 다중 축척의 개념을 포함하여 여러가지 목적을 두고 제작되며 단일 축적으로만 사용하기 위해 Base Map을 구축하는 사례는 극히 보기 드문 현상이라고 할 수 있다. 따라서 지도의 일반화와 다중표현에 대한 Line의 단순화 처리에 있어서 가장 중요한 문제는 일반화된 그래픽 데이터의 정확도와 인식도를 모두 부여하기 위해 Base Map 상의 정보를 단순화하기 위해 설정하는 허용범위를 디지털 파일내에서 Feature의 형태에 따라 수정이 가능하도록 하는 것이다.

본 연구에서는 하나의 디지털 파일내에서 다양한 축척상으로 수행되는 Line의 단순화에 대한 여러가지 알고리즘을 고찰하였으며, 지도의 표현상에 변화를 줄 수 있는 선형성 Feature 별로 축척에 따른 규칙을 설정하였다. 수치화된 line 데이터와 단순화가 이루어진 데이터 사이의 상관성을 분석하기 위하여 2가지 변형량을 측정하여 5가지 알고리즘에 대한 평가를 시도하였다. 데이터의 분석결과 Douglas-Peucker 알고리즘이 단순화 후의 변형량에 있어 가장 작은 영향을 받음을 알 수 있었다.

이러한 연구 결과로부터 디지털 파일을 소축척으로 표현하기 위해 단순화를 실시할 경우 내부적으로 지니고 있어야 하는 기하학적인 항목으로서 그 크기와 변동량에 대한 수치적인 안을 제시함에 따라 지도의 단순화에 대한 가능성을 입증하였다.

### ABSTRACT

The digital map database is often produced for multiple purposes, including mapping at multiple scales; it is increasingly rare that a base map is digitized for mapping at a single scale. The most important problems in process of line simplification in map generalization and multiple representation is that tolerance value selected for simplifying base map information must be modified as feature geometry varies within the digital file to ensure both accuracy and recognizability of graphic details on a generalized map.

In this study, we explored various algorithms regarding to line simplification at many scales from a single digital file, and presents a rule by which to determine those scale at which line feature geometry might be expected to change in map representation. By applying two measured of displacement between a digitized line and its simplification, five algorithms have been evaluated. The results indicate that, of the five, the Douglas-Peucker routine produced less displacement between a line and its simplification.

The research has proved to automating map simplification, incorporating numeric guidelines into digital environment about what magnitude and variation in geometric detail should be preserved as the digital data is simplified for representation at reduced map scales.

---

\*명지대학교 공과대학 교수

\*\*명지대학교 대학원 박사과정

\*\*\*이리 농림고 교사

## 1. 서 론

최근의 경제, 사회적인 급속한 변화 및 컴퓨터의 일반화 추세에 따라 지도에 대한 요구는 급속도로 다양해지고 있으며, 기존의 지도가 지니고 있는 제한된 축척과 정보량 등의 경직성을 탈피하여 다목적의 다양한 지도를 요구하고 있는 추세이다. 지도는 표현하고자 하는 지형의 정보를 완벽하게 일치시킬 수 있다면 가장 이상적이라 할 수 있으나 실측도는 물론 편집도의 제작에는 이러한 표현이 거의 불가능하게 된다. 이러한 경우 축척에 따라 정보의 취사선택이 이루어지게 되며 해당 축척별 용도에 따라 지도 이용상 중요한 것, 목표가 되는 것은 모두 표현하게 되며, 중요하지 않은 것은 생략을 하는 일반화(generalization) 과정을 거치게 된다. 일반화는 모든 경우에 적용되는 명확한 규칙(rule)이 없거나 선택이 불가능할 경우 매우 어려운 작업으로서 작업자의 주관적인 견해로서 문제를 해결하기 때문에 해당 영역에 대한 지형학적 지식은 물론 예술적인 감각까지도 필요하게 된다.<sup>1)</sup> 디지털지도와 관련된 일반화는 컴퓨터의 등장과 함께 많은 연구가 진행된 것으로 초기 60년대에는 주로 line의 단순화나 smoothing에 대한 알고리즘의 연구가 진행되었으며, 70~80년대에는 선형 지물의 임계점(critical point)추출 및 알고리즘의 효율성과 왜곡의 최소화를 위한 평가작업이 그리고 80년대 말부터 현재까지는 선형성 지물 뿐만 아니라 GIS에서 필요로 하는 점(point)과 면(area)의 영역에 대한 일반화의 도입 및 자동화 처리에 중점을 두고 있다.<sup>2)</sup> 이러한 일반화 과정에는 여러 형태의 Operator가 존재하며 특히 Line의 단순화(Simplification)는 디지털 지도제작의 측면뿐만 아니라 기존의 디지털 데이터에 대한 다중표현(multiple representation)에 있어서도 별도의 그래픽 데이터베이스의 구축없이 손쉬운 해결방안을 제시할 수 있으므로 인해 중요한 Operator라고 볼 수 있다.<sup>3)</sup>

단순화 알고리즘의 구현은 지도제작 측면에서 볼 때 Scanning된 래스터 데이터의 벡터화 과정에서 데이터의 효율적인 생성 방안을 제시하는 한편 사용자가 요구하는 데이터의 생성이 가능하기 때문에 최근에는 래스터 데이터를 기반으로 한 Zero-Crossing 기법은 물론 자기유사성(self-similarity)과 비정수 차원을 지니는 프랙탈(Fractal) 차원을 이용한 기법들이 계속

해서 개발되고 있다.<sup>4,12,16)</sup> 그러나 이러한 알고리즘은 최초 데이터의 생성에 주로 관점을 두고 활용되는 경우가 많기 때문에 순수한 의미의 다중표현에 대해서는 많은 실험과 변수의 이용이 불가피하게 된다. 하나의 디지털 지도를 이용한 Line의 단순화는 주로 Display에 중점을 두게 되는 경우와 소축척의 디지털 지도를 구축하기 위한 방안으로 양분해서 생각할 수 있는 바, 이러한 관점에서 볼 때 Line의 단순화는 다음과 같이 네 가지 형태로 연구대상을 구분할 수 있다.<sup>6)</sup> 첫째, 서로 다른 개수 및 좌표로 구성된 Line의 생성에 따른 비교분석을 행하기 위해 최초 단순화되기 이전의 Line에 대한 그래픽 속성(attribute)의 측정 문제로서 이들 속성에서 굴곡성(sinuosity), 전체길이, 단순화 전후의 차이량, 기타 기하학적 측정치 등이 포함된다. 둘째, 가장 정확한 표현과 동시에 불필요한 Point를 최대한 삭제 가능한 알고리즘에 관한 것으로 이는 첫번째 언급된 측정량을 이용한 해석적 처리 과정을 통해서 가능하다. 셋째, 지도 사용자의 관점에서 가장 훌륭한 알고리즘의 필요성을 들 수 있으며, 이는 단순화에 적용된 각 변화 및 길이 변화 등의 Threshold 값으로서 해결 가능하다. 끝으로 단순화의 예측이 가능하도록 알고리즘의 Parameter 설정 문제를 들 수 있다.

본 연구에서는 이러한 알고리즘의 평가를 목적으로 Vector 변위량과 면적의 생성량을 측정요소로 삼아 일반적으로 벡터 데이터의 처리에 가장 잘 알려진 알고리즘을 선택하여 각 알고리즘 별로 계산효율 및 그래픽 상의 표현 능력 등의 분석과, 이를 보다 합리적으로 처리하기 위한 모형을 제시하고자 한다.

## 2. Line 단순화

### 2.1 단순화의 필요성

지도제작 과정에서 얻어지는 지형정보는 대부분 지상측량, 항공사진 측량, 기존지도를 이용한 수동입력(digitizing) 또는 지동입력(scanning), 위성 영상을 이용하는 방법 등 여러 형태를 들 수 있다. 일반적으로 이러한 과정을 통해 얻어지는 그래픽 데이터 중에서 벡터로 표현되는 데이터는 특정 지형을 표현하기 위해서 요구되는 양보다 더 많은 데이터를 지니게 된다.<sup>8,17)</sup> 따라서 지도제작 및 Display 상의 목적으로 축적이 감소될 경우 불필요한 데이터의 감축(reduc-

tion) 또는 압축(compression)을 필요로 하게 되며, 이러한 일련의 과정은 일반화 과정을 거쳐서만 가능하다고 볼 수 있다.<sup>11,14)</sup>

일반화를 실시하는 방법으로서 가장 손쉬운 방법으로는 수작업에 의존하는 방법을 들 수 있으나, 수작업에 의한 방법은 작업자의 주관에 의해서 실시되므로 동일한 작업을 반복해서 실시한다 해도 동일한 결과를 얻을 수 없게 된다. 또한 디지털 환경하에서 Display 목적으로 그래픽 데이터를 사용하고자 할 경우 축척별로 별도의 그래픽 데이터를 보관하고 있어야만 한다. 컴퓨터를 이용한 디지털 지도제작에 있어서도 이와 같은 일반화 처리에 그리 만족할 만한 성과를 얻지 못하는 것은 이러한 주관적 현상에 많은 영향을 받기 때문이며, 일반화에 대한 기준이 없을 경우 더욱 더 알고리즘의 구현에 대한 제약을 받게 된다.<sup>2)</sup> 그러나 Line을 표현하기 위해 불필요한 점(point)을 많이 지니고 있을 경우 데이터 용량의 증가로 인해 공간분석(spatial analysis)의 어려움은 물론 데이터 처리에 보다 많은 시간이 소요되며, 주변기기의 활용에도 많은 어려움이 존재하게 된다. 따라서 수집된 선형성 지형정보에 대한 데이터의 처리에 있어 사용자는 많은 결정을 내려야 할 필요성을 유발시키게 되며, 이른바 일반적인 목적하에서는 불필요한 많은 양의 데이터를 삭제하고 오직 필요한 데이터 만으로서 이를 도해적으로 표현하기를 원하게 된다.<sup>9)</sup>

즉 그림 1과 같이 Point의 수에 출력되는 결과의 형태가 유사하다면 (d)가 (b)나 (c)보다는 여러가지 측면에서 훨씬 유리하게 사용될 수 있게 된다. 따라서 단순화란 지형정보의 관점에서 볼 때 선형성 Feature의 데이터 양을 감소시키는 일련의 처리과정이라 볼 수 있다.

## 2.2 단순화 알고리즘

단순화와 관련된 주요 알고리즘은 여러 응용분야에서 개발된 것으로 이들 알고리즘은 간단히 기하학적 성질을 이용한 것부터 프랙탈 차원을 이용한 다양한 알고리즘의 개발이 시도되었으며, 지형의 처리와 연계하여 벡터 데이터를 기준으로 활용이 가능한 알고리즘은 다음과 같다.<sup>5,7,13,16)</sup>

- Nth Point 알고리즘(Tobler; 1966 & C.L. Jarvis; 1971)
- 가중 평균법(Weighted average)

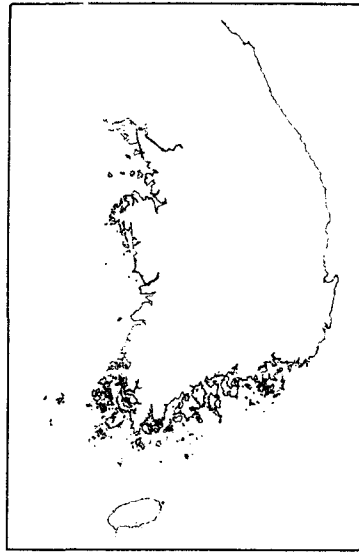
- Lang 알고리즘(T. Lang; 1969)
- Brophy 알고리즘(D.M. Brophy; 1972)
- Douglas-Peucker 알고리즘(Douglas & Peucker; 1973)
- Corridor tolerancing 알고리즘(Reumann, Witkam; 1974)
- Angular tolerance 알고리즘
- Perpendicular distance 알고리즘
- Dutton's Fractal Enhancement(Dutton; 1981, Batty; 1985)
- Zero-Crossing(K. Thapa; 1989)

이 외에도 많은 알고리즘이 개발 또는 활용되고 있으나 3차원적인 문제를 다루는 부류와 화상처리(image processing) 분야 중 Edge 검출기나 Line Smoothing 등에서 주로 사용되는 알고리즘이 많은 반면, 지도의 Line 단순화와 관련되어 구현 가능한 알고리즘은 극히 제한되어 사용되고 있는 실정이다.<sup>10,15)</sup>

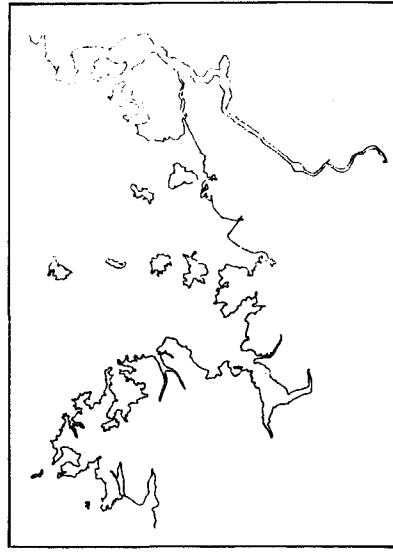
이러한 알고리즘 중에서 가장 손쉽게 구현이 가능하며, 데이터 처리 과정에 있어서도 특별한 하드웨어나 소프트웨어 없이 처리 가능한 5가지 알고리즘은 그림 2와 같은 개념을 갖는 것으로 본 연구에서는 개발 기간의 한계로 인하여 이들 알고리즘에 대해서만 평가를 시도하고자 한다.

## 2.3 알고리즘의 평가 방법

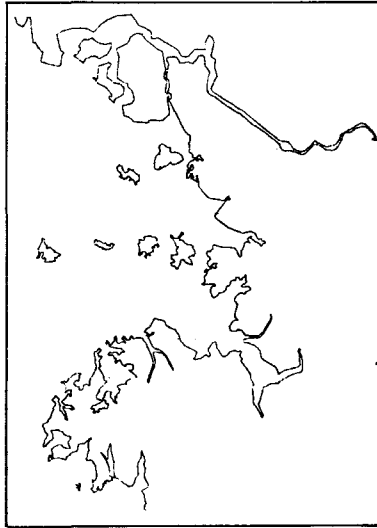
단순화 과정을 거친 Line은 고유한 특성으로 인해 최초의 데이터가 지니고 있던 위치로부터 기하학적 변위를 지니게 된다. 따라서 이러한 변위량을 측정할 경우 단순화에 대한 평가가 일부는 가능하다. 그러나 단순화 과정을 거쳐서 생성되는 변위량으로 모든 사항을 평가하는 것은 단순화가 지니는 성격상 그리 권장할 만한 사항은 아니다. 즉 단순화란 최초의 데이터에 대한 가능한 최소의 변위량을 가져야 하며, 모양의 확연한 변화나 공간상의 면적에 대한 뚜렷한 변화를 지니고 있어서도 여기에 적용된 알고리즘은 그리 효율적이라고 볼 수 없기 때문이다. 따라서 최초의 Line과 단순화가 종료된 시점에서의 Line에 대한 오차는 해당 알고리즘의 지형정보에 대한 질적인 수준을 결정하는 요소가 되며, 이러한 오차의 측정을 위한 도구로 사용될 수 있는 부분은 벡터 변위량(vector displacement)과 면적 생성량(areal displacement)



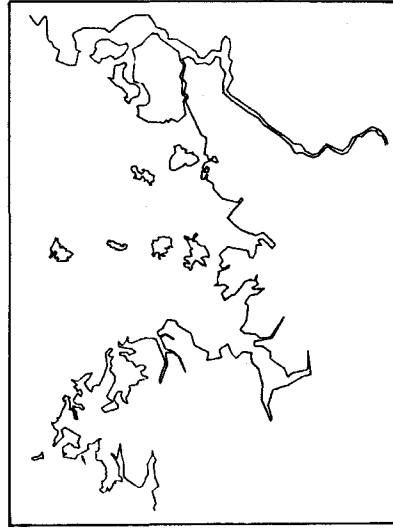
Entire Map  
(a)



No. of Points(Before Simplification) > 20,000  
(b)



No. of Points < 2,500  
(c)



No. of Points < 500  
(d)

Fig. 1. Line represented by different points on the same plotter

등 두 가지 요소를 들 수 있다.<sup>5,7)</sup>

먼저 벡터 변위량은 그림 3과 같이 일반화 전·후의 수직거리를 측정하므로 얻을 수 있으며, 또한 그림 4에 표현된 바와 같이 일반화 전·후의 면적 차이를 측정하는 것으로 이때의 면적은 다각형 사이의 길이 요소를 측정하므로써 Robert Bachi 공식 등을 이용하여 쉽게 계산이 가능하다. 그림 4 중에서 흑백의

명암으로 구분한 이유는 수치적으로 정량화하기 위해 방향성에 따라 부호를 부여한 것이다.

또한 이들의 변위량을 대상으로 한 두 방법의 상관관계를 해석하기 위하여 알고리즘별로 면적 생성량을 허용값(tolerance)에 따라 계산하고, 허용값의 기준을 달리하므로써 달라지는 면적의 비율을 계산할 경우 전체적인 Line의 특성 파악이 가능하게 된다.

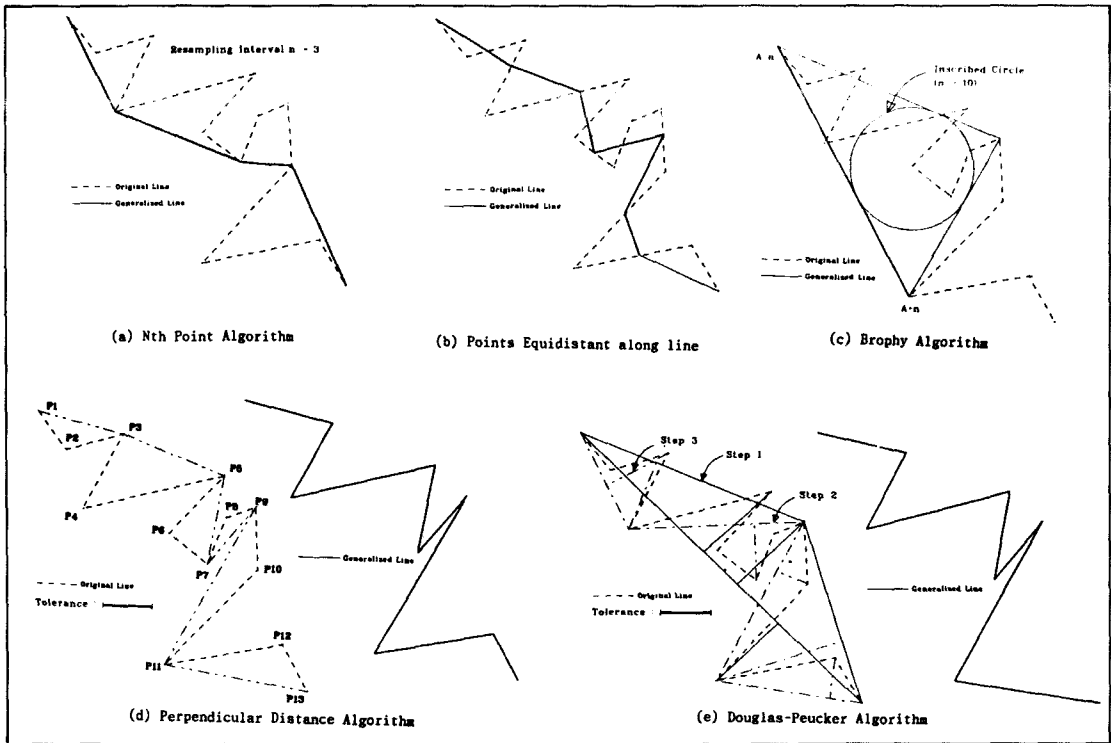


Fig. 2. Simplification methods & characteristics

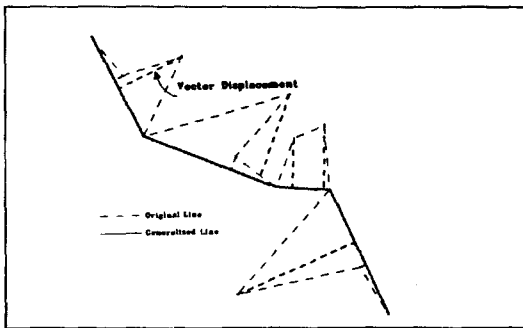


Fig. 3. Vector displacement

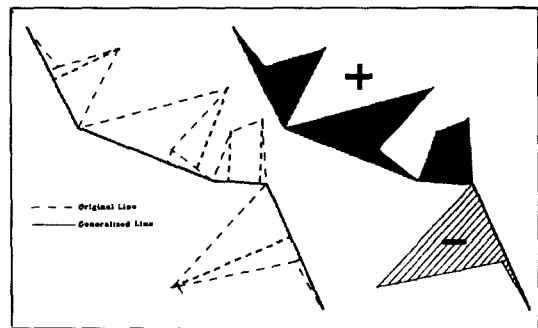


Fig. 4. Areal displacement

이러한 특성 파악은 전체적인 Line을 작업영역으로 삼고자 할 때 그 기준이 될 수 있는 것으로 이를 수량으로 정량화하고 허용값에 부여하기 위해서는 히스토그램 Index를 사용하는 것이 매우 편리하며 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{Index} = \sum_{i=1}^n (\text{해당 단계별 변위량}) \times (i) \quad (1)$$

즉 이러한 표현 방법을 사용할 경우, 각 Class 별로

생성된 면적의 비율은 해당 Class의 면적 생성 크기로서 표현되며 각각의 허용범위에 따른 알고리즘의 분석이 가능해진다.

### 3. 자료해석 및 결과 분석

#### 3.1 시험자료

본 연구에서는 국립지리원 발생 축척 1/50,000 지도상에 표현되어 있는 중서부 해안선을 기준으로 수동

(digitizing)으로 입력된 데이터와 데이터의 자동 생성을 위한 목적으로 자동독취(scanning)된 데이터를 기초 자료로 사용하였으며, 해당 영역은 그림 1에 그리고 두 데이터 형태에 대한 특성은 표 1과 같다.

표 1과 같이 두 데이터의 Point수 차이는 스캐닝된 데이터의 선형화(vectorization) 과정과는 달리 수작업에 의한 Digitizing에서 작업과정 중에 필요에 의한 단순화 작업이 일부 이루어졌다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 연구의 목적상 두 데이터 중 일반화가 전혀 고려되지 않은 Scanning 후, 벡터화된 데이터를 사용하였다.

### 3.2 규칙의 설정 및 알고리즘의 구현

우리나라에서는 일반화에 관한 특별한 규칙이 없는 관계로 인해 본 연구에서는 분석을 목적으로 표 2와 같이 사전에 정의된 규칙을 설정하였으며, 최초 10 단계로 대상영역을 정리하여 허용값(tolerance)을 결

정하였다. 허용값을 결정하기 위해 각 알고리즘별로 수회의 반복계산을 통해 사전에 정의된 Point의 감축 개수와  $\pm 15$ 개 이상 오차가 발생하지 않도록 하였고 또한 동 규칙의 적용을 위해서 일반화 전후의 수직 거리 변위량을 주 파라미터로 설정하여 Postprocessing을 위한 모든 프로그램을 적용하였다.

사용된 데이터는 IGDS(Interactive Graphic Design System) Format으로 구성되어 있으므로 이를 효율적으로 이용하기 위하여 ASCII나 다른 Format으로의 변환을 최소화하기 위해 InterGraph사에서 제공하는 사용자 Library(CSL) 및 C 언어를 사용하여 프로그램을 작성하였으며, 알고리즘의 구현은 별개의 모듈로 구성되도록 하여 여타 그래픽 Format에 대한 유연성을 부여할 수 있도록 구성되었다. 특히, IGDS 그래픽 Format은 일반적으로 Binary 데이터 구조가 지니는 특성과는 달리 Format이 공개되어 있어서 일반화 과정에 요구되는 여러 Operator에 대해 개발

**Table 1. Characteristics between manual digitizing & automatic scanning method**

Characteristics	Digitizing	Scanning
No. of Vertex	2,045 points	2,630 points
Data Size(Kb)	80	95
Data Type	IGDS	IGDS
Resolution	N/A	400 dot/inch
Hardware	GTCO Digitizer & PC	Anatech 4080 & InterPro 2000
Conversion S/W	MicroStation PC	MicroStation 32, I/RAS, & I/VEC

**Table 2. Tolerance threshold assumptions in this study**

(1): Nth Point Algorithm (N), (2): Points Equidistant along Line (mm), (3) Brophy Algorithm (N & d=mm), (4) Perpendicular Distance Algorithm (mm), (5) Douglas-Peucker Algorithm (mm)

Categ.	Percentage of Reduction	No. of Points	TOLERANCE				
			(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	10.0%	2,367	1.112	2.366	5, 0.42	0.82	0.63
2	20.0%	2,104	1.250	2.664	5, 0.67	1.03	0.89
3	30.0%	1,841	1.428	3.048	5, 0.72	1.88	1.20
4	40.0%	1,578	1.667	3.613	5, 0.88	2.45	2.40
5	50.0%	1,315	2.000	4.116	5, 1.04	3.88	2.89
6	60.0%	1,052	2.506	5.344	5, 2.45	4.34	3.23
7	70.0%	789	3.333	7.093	5, 3.05	5.71	3.92
8	80.0%	526	5.000	10.673	5, 3.87	8.76	4.64
9	90.0%	263	10.000	21.340	5, 6.78	12.65	9.32
10	95.0%	131	20.000	43.694	5, 12.23	20.88	14.82

Word Offsets

0	U TYPE-4,6,11,13 C R  LEVEL	line_string3d.ehdr.type
1	WORDS TO FOLLOW	line_string3d.ehdr.words
2	X LOW	line_string3d.ehdr.xlow
3		
4	Y LOW	line_string3d.ehdr.ylow
5		
6	Z LOW	line_string3d.ehdr.zlow
7		
8	X HIGH	line_string3d.ehdr.xhigh
9		
10	Y HIGH	line_string3d.ehdr.yhigh
11		
12	Z HIGH	line_string3d.ehdr.zhigh
13		
14	GRAPHIC GROUP *	line_string3d.dhdr.grphgrp
15	INDEX TO ATTRIBUTE LINKAGE	line_string3d.dhdr.atlink
16	PROPERTIES INDICATOR	line_string3d.dhdr.props
17	UNUSED (0)	
18	DISPLAY SYMBOLOGY	line_string3d.dhdr.symb
19	UNUSED (0)	
20	NUMBER OF VERTICES	line_string3d.numverts
21	UNUSED (0)	
22	X1	line_string3d.vertex(0)
23		
24	Y1	
25		
26	Z1	
27		
28	X2	
29		
30	Y2	
31		
32	Z2	
33		
16*6+N	XN	line_string3d.vertex(n-1)
17*6+N		
18*6+N	YN	
19*6+N		
20*6+N	ZN	
21*6+N		
22*6+N	ATTRIBUTE LINKAGE	

Fig. 5. IGDS data format for line string

또는 분석이 가능하다고 판단되나, 본 연구에서는 그래픽 Format의 문제점을 최소화하기 위해 여러 Element Type 중 Line String에 대한 데이터만 처리하도록 하였으며, 그림 5와 같은 구조로 구성되어

Table 3. Vector displacement index

LEVEL	Histogram index				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0.56	0.43	0.38	0.18	0.15
2	0.57	0.49	0.42	0.24	0.18
3	0.56	0.62	0.48	0.28	0.23
4	0.56	0.68	0.73	0.34	0.24
5	0.55	0.71	0.78	0.40	0.31
6	0.59	0.79	0.80	0.41	0.39
7	0.73	0.81	0.85	0.57	0.43
8	0.83	0.88	0.91	0.64	0.48
9	0.93	0.93	0.95	0.88	0.83
10	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99

Table 4. Areal displacement index

LEVEL	Histogram index				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0.50	0.53	0.48	0.18	0.10
2	0.43	0.48	0.55	0.19	0.11
3	0.42	0.60	0.75	0.24	0.15
4	0.48	0.82	0.85	0.30	0.20
5	0.49	0.83	0.86	0.38	0.23
6	0.68	0.85	0.88	0.50	0.29
7	0.80	0.89	0.93	0.68	0.38
8	0.85	0.91	0.94	0.82	0.58
9	0.95	0.95	0.96	0.93	0.82
10	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99

있다.

### 3.3 처리결과

5가지 알고리즘에 대한 처리는 모두 50개의 그래픽 파일로 저장하여 이를 출력하고 육안으로 확인함과 동시에 분석을 위한 후처리(post processing)를 통해 벡터 변위량과 면적 생성량을 계산하였으며, 기본적인 처리절차는 우선 각 알고리즘 별로 최대, 최소의 면적을 구하여 10개의 등급으로 산술평균을 취하여 Level을 결정하고 해당 Level에 대한 허용범위 내에 포함되는 길이 또는 면적을 백분율로 표시하였으며 계산 결과의 일부로서 Nth Point 알고리즘에 대한 Level 1에서의 벡터 변위량은 그림 6과 같다.

또한 이들 결과로부터 정성적인 평가가 가능하도록

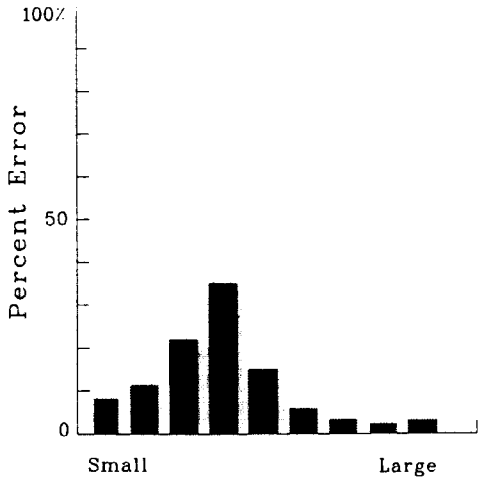


Fig. 6. Vector displacement for Nth point algorithm

계산된 Histogram Index는 표 3와 표 4이며 이들 결과로부터 얻어진 Histogram Index와 각 알고리즘별 Point의 제거된 비율을 표현한 것이 그림 7이다.

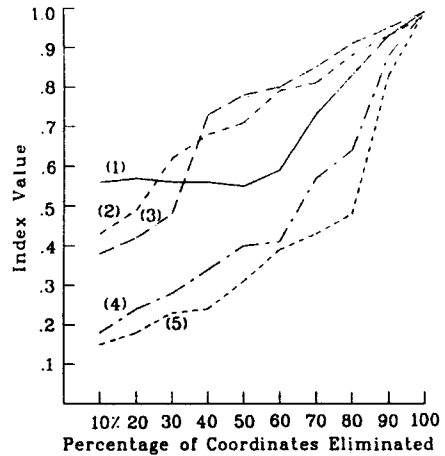
### 3.4 결과분석

Line의 단순화와 연관된 가장 중요한 사항은 많은 Point를 삭제하면서 원형을 유지하는 것이라고 보았을 때 그림 7에 표현된 바와 같이 Douglas-Peucker 알고리즘이 삭제되는 Point의 수에 비해 가장 작은 변형량을 생성함을 알 수 있었으며, Brophy 알고리즘은 이와 반대의 현상을 나타냄을 알 수 있었다.

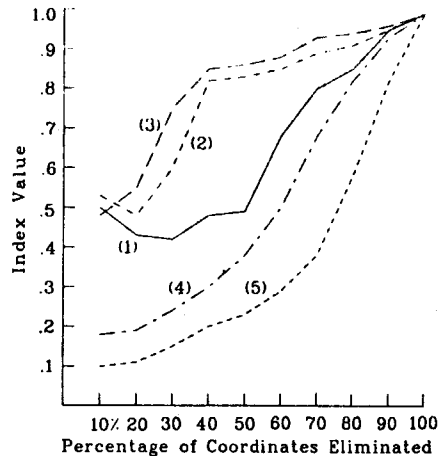
또한 나머지 3개 알고리즘은 각각 그 특성이 뚜렷한 부분이 있으며, Nth Point 삭제 알고리즘의 경우 컴퓨터 자원을 많이 필요로 하지 않고 입력된 디지털 데이터가 아주 고밀도로 작업되었을 경우 매우 훌륭한 결과를 얻을 수 있으리라 판단되나, 알고리즘의 특성상 움기부나, 가장자리, Sharp Angle을 지나는 중요 지형의 특성을 재현하기 어려운 단점이 있었다.

또한 Line상의 일정 간격을 Tolerance로 갖는 Equidistance 방법도 동일한 문제점을 내포하고 있으며, 특히 연속된 직선의 경우 많은 Redundant Point를 지니고 있었다.

이러한 문제점은 최초 디지털 데이터의 획득 단계로부터 유발될 수 있는 문제점도 포함하고 있으나, 반복 계산에 따른 컴퓨터 자원의 효율성과, 얻고자 하는 데이터의 최종 목적에 따라 필요한 알고리즘을 적용할 수 있으리라 판단되며, 특히 단순화 뿐만 아닌



(a) Vector Index



(b) Areal Index

Fig. 7. Summary of vector & areal indices

Smoothing 처리가 계속해서 요구될 경우 보다 세밀한 관찰이 있어야 되리라 판단된다.

따라서 단순 Display 목적이 아닌 축척별 지도제작을 위해서는 지형의 굴곡에 대한 분류기준의 설정 및 오차의 허용 범위에 대한 규칙 등이 설정되어야 할 것이며, 이러한 사전 조건이 구비될 경우 프랙탈 차원의 이용, 두 가지 또는 여러 알고리즘의 혼합 사용 등을 통해 신뢰도를 한층 높일 수 있으리라 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 지도제작과 관련된 디지털 데이터의



Line 단순화 과정으로 모두 5개의 알고리즘을 적용하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 5가지 알고리즘 중에서 Douglas-Pwucker 알고리즘이 소프트웨어 구현에 따른 적합성으로 인해 처리시간에 따른 효율성과 동시에 단순화 후의 데이터의 저장용량 및 표현 능력에 있어서도 다른 방법에 비해 탁월함을 알 수 있었다.

2) 알고리즘별로 나름대로의 특성을 지니고 있어서 구조조건을 강화할 경우 필요로 하는 데이터의 생성이 가능함에 따라 Parameter 측정 알고리즘과 혼합 사용할 경우 보다 높은 신뢰도를 부여할 수 있다.

3) 일반화에서 요구되는 서로 다른 Operator와의 상관관계 구성 및 3차원 지형정보에 대한 단순화 개념을 적용하기 위해서는 대축척은 물론 소축척의 지도에도 디지털데이터의 개념을 적용한 일반화의 판단 기준에 대한 시급한 정립이 요구된다.

### 참고문헌

1. Borrough P.A., "Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment", Clareder Press, 1986, pp.122-128.
2. Buttenfield, B.P., McMaster, R.B., "Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation", Longman Scientific & Tech., 1991, pp.21-39, 150-163.
3. Clarke, K.C., "Analytical & Computer Cartography", Prentice Hall, 1990, pp.132-143.
4. David, B. and Steven, P., "The Incorporation of the Fractal Dimension in Cartographic Line Simplification Algorithms", '90 GIS/LIS Proceedings, 1990, pp.26-35.
5. Douglas, D.H. and 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, 1973, pp.112-122.
6. Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Rhind, D.W., "Geographical Information Systems", Vol. II, Longman Scientific & Tech., 1991, pp.125-126, 427-440.
7. McMaster, R.B., "A Mathematical Evaluation of Simplification Algorithms", Auto-Carto 6, 1985, pp. 267-275.
8. McMaster, R.B., Shea, K.S., "Cartographic Generalization in a Digital Environment", '88 GIS/LIS Proceedings Vol.1, 1988, pp.240-249.
9. Monmonier, M.C., "Computer-Assisted Cartography", Prentice-Hall 1982, pp.170-175.
10. Musial, C.J., "A Good Straight-Line Approximation of a Circular Arc", Academic Press, 1991, pp.435-436, 617-620.
11. Oosterom, P.V., "The Reactive-Tree: A Storage Structure for a Seamless, Scaleless Geographic Database", Proceeding AUTO-CARTO 10, 1991, pp.393-407.
12. Polidori, L., Chorowicz, J. and Guillande, R., "Description of Terrain as a Fractal Surface, and Application to Digital Elevation Model Quality Assessment", PE&RS, Vol.10, 1991, pp.1329-1332.
13. Robinson, A.H. *et al.*, "Element of Cartography", John Wiley, 1991, pp.251-254.
14. Roose, H., "An Easy to Use Algorithm for the Recalculation on a Personal Computer Imagery Data in a Generalized Database of Vector", '88 ISPRS, 1988, pp.154-160.
15. Stoms, D.M., "Effects of Habitat Map Generalization in Biodiversity Assessment", PE&RS, Vol.11, 1992, pp.1587-1591.
16. Thapa, K. "Automatic Line Generalization Using Zero-Crossings", PE&RS Vol.4, 1988, pp.512-517.
17. 김감래, 이호남, 김종훈, "디지털 환경하의 목적 지향형 지도 일반화", 대한토목학회 학술발표 개요집, 1992, pp.320-323.