

수치지도 작성을 위한 건물외곽선 단순화기법 연구

A study on building outline simplifications considering digital map generalizations

박우진¹⁾ · 박승용²⁾ · 조성환³⁾ · 유기윤⁴⁾

Park, Woo Jin · Park, Seung Yong · Jo, Seong Hwan · Yu, Ki Yun

Abstract

In GIS area, many line simplification algorithms are studied among generalization methods used for making the building data in the form of digital map from the original line data. On the other hand, there are few studies on the simplification algorithm considering the drawing rules of the digital map in Korea. In this paper, the line simplification algorithm based on the drawing rules is proposed as the methodology to create or update the building data of digital map by extracting the building outline from the CAD data used in construction. To confirm the usefulness of the algorithm, this algorithm and four other effective and general line simplification algorithms (e.g., Douglas-Peucker algorithm) are applied to the same building outlines. Then, the five algorithms are compared on five criteria, the satisfaction degree of the drawing rules, shape similarity, the change rate of the number of points, total length of lines, and the area of polygon. As a result, the proposed algorithm shows the 100% of satisfaction degree to the drawing rules. Also, there is little loss in four other mentioned criteria. Thus, the proposed algorithm in this paper is judged to be effective in updating the building data in digital map with construction drawings.

Keywords : Map generalization, Line simplification, Construction Drawing, Drawing rules of Digital Map, Building Outline

초 록

GIS 분야에서 다양하고 복잡한 원시 선형데이터로부터 수치지도 형태의 건물데이터를 형성하기 위한 일반화 기법 중 선형 단순화기법에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으나 국내의 수치지도 작성내규를 고려한 단순화기법은 연구사례가 많지 않다. 본 연구에서는 건물 준공 시 이용되는 CAD 도면자료로부터 건물 외곽선을 추출하여 수치지도 건물데이터를 생성 또는 갱신하기 위해 방법론으로 수치지도 작성내규에 근거한 선형단순화 기법을 제안하였다. 제안된 기법의 효용성을 검증하기 위하여 Douglas-Peucker 알고리즘 등 가장 효율적이고 일반적으로 사용되는 4개의 선형 단순화기법과 본 기법을 동일한 건물 외곽선에 적용하여 수치지도 작성내규 만족도, 형상유사도, 절점수, 선길이, 면적에 대해 비교, 분석하였다. 분석 결과, 제안된 알고리즘의 경우 수치지도 내규 만족도 면에서 100%에 가까운 만족도를 보였으며 형상유사도, 절점수, 선길이, 면적의 측면에서도 다른 알고리즘들에 비해 거의 손실이 발생하지 않아 추후 건설도면을 이용한 수치지도의 갱신 시에 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

핵심어 : 지도 일반화, 선형단순화, 건설도면, 수치지도 작성내규, 건물 외곽선

1. 서 론

최근 지자체와 산업계 전반에 걸쳐 GIS의 저변이 넓어짐에 따라 모든 GIS의 근간이라고 할 수 있는 수치지도의 활용도가 증대되고 있으며 그 중요도 역시 높아지고 있

다. 수치지도 활용의 증가에 따라 수치지도 자료의 최신성과 정확성에 대한 요구도 증가하고 있으며, 이를 위해서는 수정 및 갱신 기간의 단축과 자료구축의 일관성을 가져야 한다(최병길, 2001). 현재 수치지도의 갱신에는 일반적으로 기계적, 해석적, 수치적 방법에 의한 항공사

1) 서울대학교 에너지자원기술연구소 연구원(E-mail:woojin1@snu.ac.kr)
 2) 서울대학교 건설환경공학부 박사과정(E-mail:slpak1@snu.ac.kr)
 3) 서울대학교 건설환경공학부 박사과정(E-mail:hallem@snu.ac.kr)
 4) 교신저자 · 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 부교수(E-mail:kiyun@snu.ac.kr)

진측량, 지상측량에 의한 방법, GPS 측량에 의한 방법 등이 사용되고 있다(국토개발연구원, 1998 ; 국립지리원, 1999 ; 김원대 등, 2000). 그러나 이들 방식의 경우 큰 비용부담이 발생하게 되고 갱신주기를 단축하는 데에도 한계가 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 다양한 연구가 이루어져 오고 있으며 특히 최근에 건설 준공도면을 활용하여 수치지도로 갱신하는 방식에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다(김원대 등, 2000 ; 신동빈 등, 2008 ; Sester, 2000 ; Kada 등, 2006 ; Haurert 등, 2008).

CAD 형식으로 제작된 건설도면으로부터 수치지도에 갱신될 지형지물을 추출하여 수치지도 데이터 형태로 변환하기 위해서는 도면에서 수치지도에 필요한 정보만을 추출하기 위한 추출기능, 데이터의 완결성을 위한 Cleaning 기능, 데이터의 간략화를 위한 일반화 기능, 좌표계 변환기능, 데이터의 포맷 변환기능이 요구된다(Park 등, 2008). 본 연구에서는 이들 기능 중 특히 건축물 도면으로부터 추출한 건물외곽선을 수치지도 건물데이터 수준으로 일반화시키기 위한 선형 단순화기법에 대해 중점적으로 연구를 진행하였다.

일반적으로 많이 사용되는 선형 단순화기법에는 Douglas-Peucker 알고리즘(Douglas 등, 1973), Lang 알고리즘(Lang, 1969), Reumann-Witkam 알고리즘(Reumann 등, 1974), Opheim 알고리즘(Opheim, 1982) 등이 있다. Douglas-Peucker 알고리즘은 선형 단순화 기법 중 가장 많이 사용되는 알고리즘으로 형상의 보존성과 절점의 제거율이 뛰어난 것으로 알려져 있으며 Lang 알고리즘의 경우 면적 보존율과 형상 보존율이 높은 것으로 알려져 있다. Reumann-Witkam 알고리즘과 Opheim 알고리즘의 경우 불필요한 굴곡을 제거하여 곡선화 시키는 경향이 강하다(김두일 등, 1998 ; Shi 등, 2006). 위의 알고리즘들을 건설도면의 건물외곽선에 적용한 결과를 수치지도 작성내규와 일치하는지를 분석해보면 내규에 대한 만족도가 50~60% 수준으로 낮게 나오는 것을 알 수 있다(박우진 등, 2008).

따라서 본 연구에서는 수치지도 작성내규를 만족시키는 동시에 선형 단순화효과를 극대화하기 위해 수치지도 작성내규를 반영한 선형 단순화 기법(line simplification algorithm for digital map, 이하 LSD 알고리즘)을 제안하였다. 또한 여기서 제안한 기법을 건물외곽선에 적용한 단순화결과를 다른 선형 단순화 알고리즘의 적용결과와 비교하여 수치지도 작성을 위한 선형 단순화 기법으로서의 가능성을 검토해보고자 한다.

2. 건물외곽선 단순화기법

본 연구에서 제시된 LSD 알고리즘은 수치지도 작성내규를 반영한 기법이다. 95년에 국립지리원(현재 국토지리정보원)에서 제작한 수치지도작성 작업내규 중 선형 단순화에 관련된 규정은 축척별 정확도 허용범위와 곡선 데이터의 점간 입력간격이다. 수치지도에서의 축척별 오차 허용범위는 작업내규에서 제2장 1절 10조에 해당하며 평면위치 최대오차의 경우 1/1000은 0.4m, 1/5000은 2.0m, 1/25000은 10.0m로 규정하고 있다. 또한 수치지도 작성 작업 내규 13조 4항에 해당하는 곡선데이터의 점간 입력간격은 축척 1/1,000과 1/5,000은 1m, 1/25,000은 10m로, 중간점을 생략 할 수 있는 각도는 직선진행방향을 기준으로 축척 1/1,000과 1/5,000은 6°, 1/25,000은 1°로 하는 것을 원칙으로 하고 있다(국립지리원, 1995).

따라서 본 연구에서는 위의 세 규정들을 각각 선형사상의 형상적 요소에 대한 임계치 조건으로 활용한 LSD 알고리즘을 제안하였다. 즉 선형사상의 형상 요소 중 선분의 길이는 곡선데이터의 점간 입력간격, 선분의 편각은 중간점 생략가능각도, 그리고 수선길이는 평면위치 최대 오차에 근거하여 임계치를 설정한다. 이를 바탕으로 선형사상의 시작점으로부터 임의 크기의 점 구간을 형성하여 구간의 시작점과 끝점, 중간점(구간 내의 점들 중 시작점과 끝점을 연결하는 기선으로부터 가장 멀리 떨어져 있는 점)을 연결하는 꺾은선이 임계조건에 만족하는지 검사한다. 임계조건에 만족시키지 못하면 구간의 길이를 한 점 단위로 늘려 구간의 끝점을 이웃한 옆 점으로 설정한 후 임계조건 검사를 수행하고 임계조건을 만족시키면 구간의 시작점, 끝점, 중간점만 단순화 결과로 저장시키고 끝점을 새로운 구간의 시작점으로 설정하여 새로운 구간을 형성한 후 위의 과정을 반복하는 방식으로 단순화를 수행한다. 그림 1은 제안된 LSD 알고리즘에서 고려하는 4개의 형상적 요소를 보여준다.

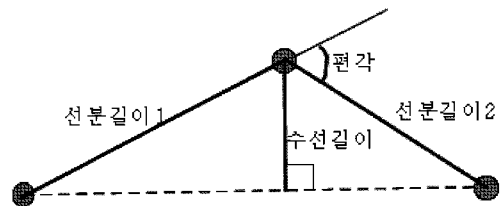


그림 1. LSD 알고리즘에서 고려하는 형상적 요소

그림 2는 LSD 알고리즘에 대한 개략적인 순서도이다. 알고리즘의 진행 순서는 다음과 같다.

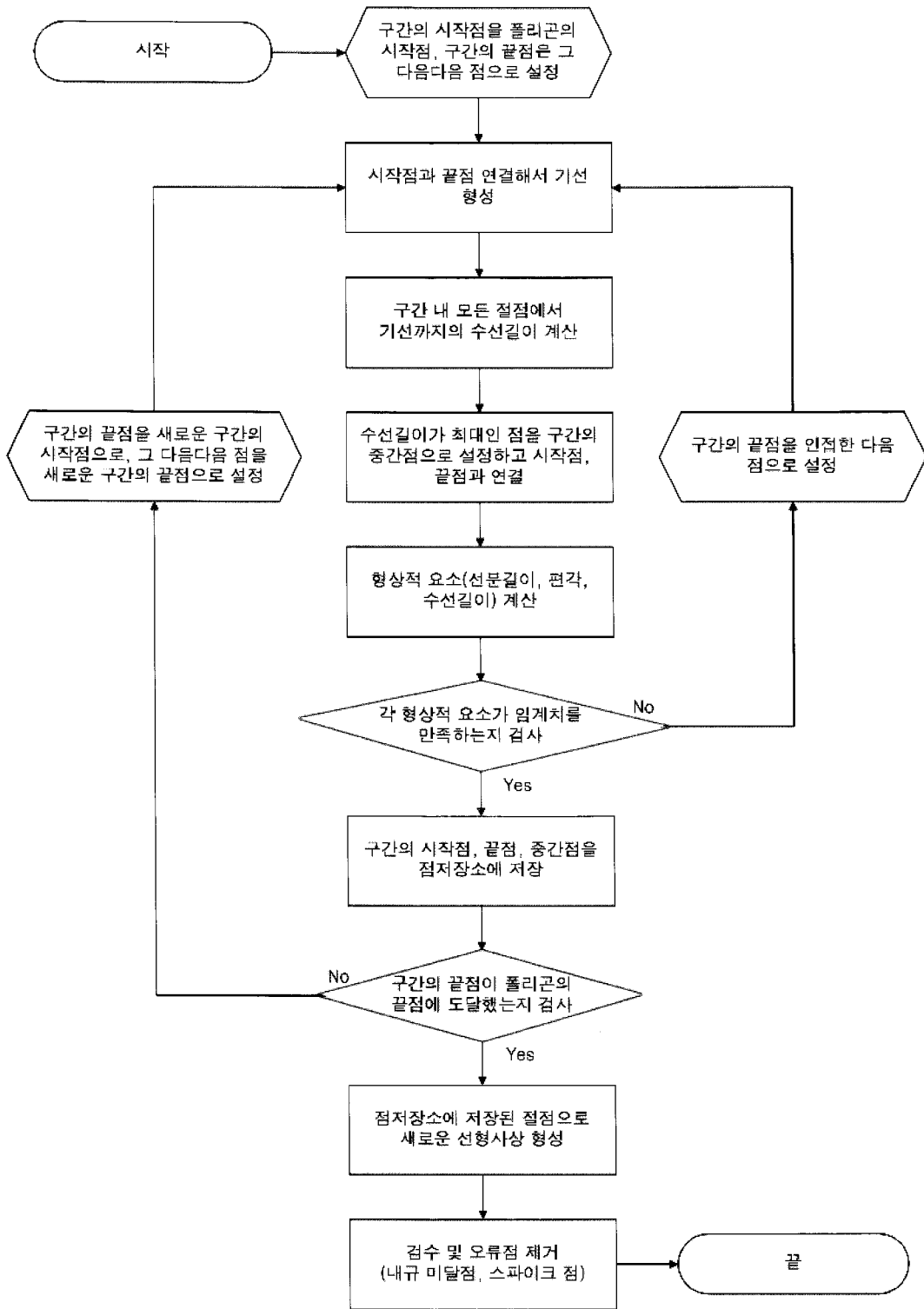
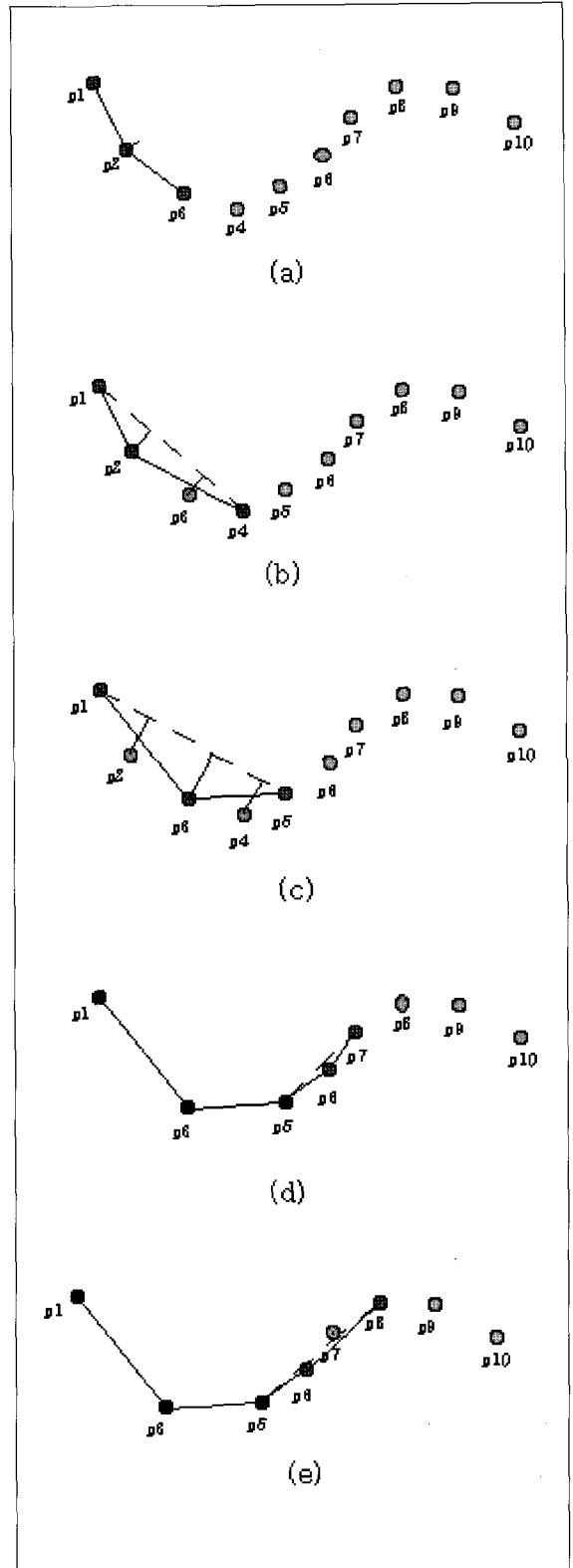


그림 2. LSD 알고리즘의 순서도

- 1단계: 구간설정 단계. 우선 첫 3개의 점을 구간으로 설정하고 첫 번째 점을 구간의 시작점, 세 번째 점을 구간의 끝점으로 설정
- 2단계: 구간의 시작점과 끝점을 연결하는 선분(기선)을 형성
- 3단계: 구간 내 모든 절점에서 기선까지 수선을 그어 수선의 길이를 계산
- 4단계: 최대 수선길이인 점을 구간의 중간점으로 설정하고 시작점, 끝점과 연결
- 5단계: 시작점과 중간점을 연결한 선분과 중간점과 끝점을 연결한 선분의 각각의 길이와 두 선분 사이의 편각을 계산, 중간점에서 시작점과 끝점을 연결하는 선분까지의 수선길이를 계산
- 6단계: 계산된 값들에 임계치를 적용하여 임계치를 만족시키는지 검사
- 7단계: 임계치를 모두 만족시킬 경우 시작점, 중간점, 끝점을 모두 저장하고 끝점을 다시 새로운 구간의 시작점으로 설정하여 위의 과정을 반복. 임계치를 하나라도 만족시키지 못할 경우 1단계로 돌아가서 구간의 끝 점을 인접한 그 다음 점으로 설정하여 1단계부터의 과정을 반복.
- 8단계: 저장된 모든 점들만으로 새로운 선형사상을 형성.
- 9단계: 저장된 절점들에 대해 검수하여 내규 만족시키지 못하는 절점과 스파이크 절점(뾰족하게 튀어나온 점)들을 제거.

그림 3은 LSD 알고리즘을 실제 선형사상에 적용시킨 예이다. (a)에서 (c)까지는 구간에서의 4개의 형상적 요소가 임계치 검사를 통과하지 못해 구간이 하나씩 늘어나는 것을 보여주고 있으며 (c)과정에서 모든 형상적 요소가 임계치를 만족시켜 구간의 시작점과 끝점, 중간점이 저장되고 나머지 구간 내의 점들은 제거되는 것을 보여준다. (d)에서 (g)까지의 과정들도 역시 임계치 검사를 통과하지 못하여 구간의 크기가 늘어나는 것을 보여주고 있으며 (h)는 과정이 모든 과정이 끝난 후 남은 절점들로 이루어진 새로운 선형사상이다.

LSD 알고리즘과 기존 알고리즘들과의 가장 큰 차이점은 첫째, 형상요소들에 대한 임계치를 수치지도 작성내규에 근거하기 때문에 임의로 임계치를 조정할 필요가 없으며 단순화 결과의 일관성을 확보할 수 있다는 점을 들 수 있다. 둘째, 종래기술은 선형사상의 형상적 특징 중 어느



3. 실험 및 결과

3.1. 사용데이터

본 연구에서는 선형 단순화 알고리즘의 적용결과를 검증하기 위한 실험데이터로 서울시 관악구 신림9동에 위치한 서울대학교 38동과 301동 건물에 대한 건설도면을 이용하였다. 건설도면으로부터 추출한 건물의 외곽선은 각각 그림 4, 5와 같다. 그림 4의 확대한 그림에서 보이는 것과 같은 요철 부위는 일반적인 건물 외곽선에 흔히 보이는 형태로 창틀이나 배수관, 기둥 등으로 인한 부분이며 그림 5의 확대그림과 같이 직선형태의 외곽선이 여러 개의 절점으로 나누어져 있는 것은 직선형태의 벽면이 몇 개의 부제가 연결된 형태로 설계된 경우에 볼 수 있는 외곽선 형태이다.

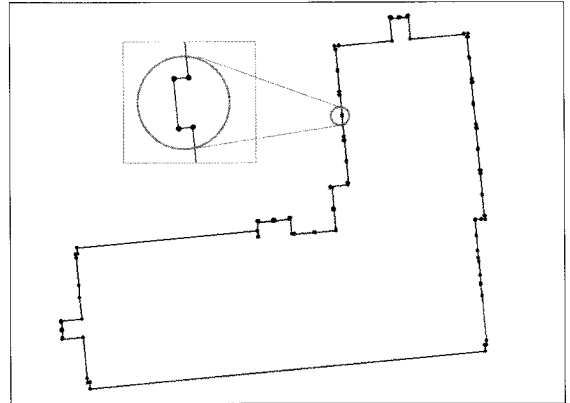


그림 4. CAD 도면에서 추출한 38동 건물외곽선과 확대 그림

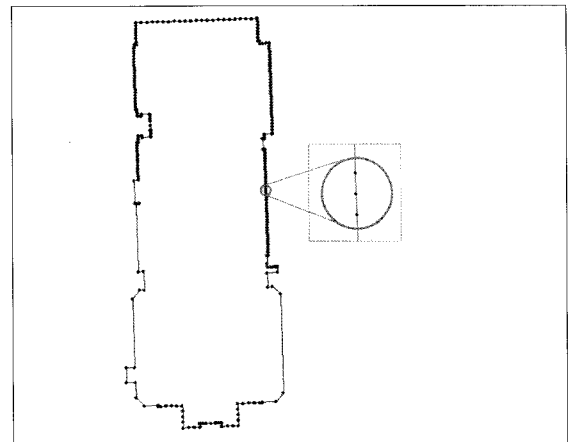


그림 5. CAD 도면에서 추출한 301동 건물외곽선과 확대그림

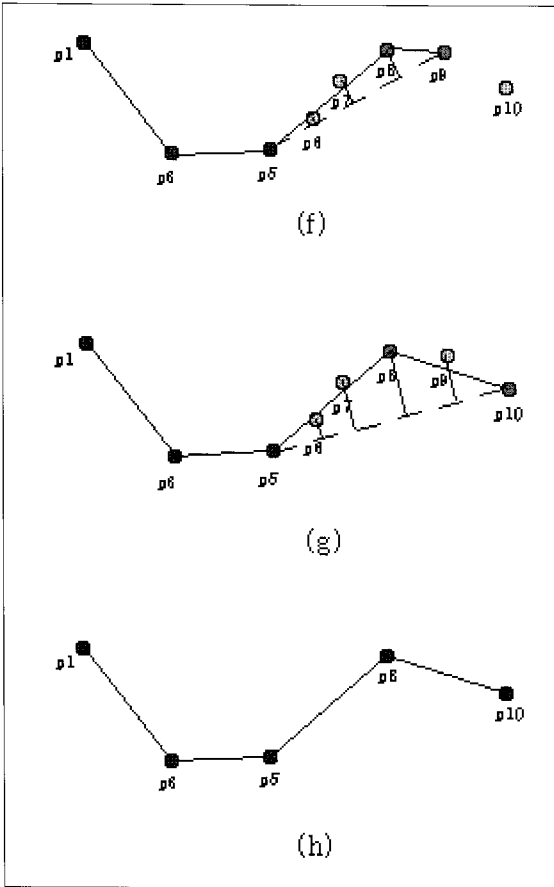


그림 3. LSD 알고리즘을 곡선 선형사상에 적용한 예

한두 가지 정도밖에 고려하지 않으므로, 수치지도 일반화 과정에서 적용하면 수치지도 작성 내규상의 여러 조건들을 동시에 만족시키지 못하는 문제가 있으나(박우진 등, 2008) LSD 알고리즘은 수치지도 작성 내규를 최대한 만족시킬 수 있다는 점이다. 셋째, Douglas-Peucker 알고리즘과 같이 전체 선형사상을 대상으로 구간을 나누어 나가는 전역적 방식과 달리 LSD 알고리즘은 선형사상의 시작점에서부터 구간을 확장하거나 새로 생성시키는 과정을 끝점까지 순차적으로 진행시키는 방식이라는 점이다. 넷째, Lang 알고리즘은 순차적으로 구간의 크기를 줄여나가는 방식인데 반해 LSD 알고리즘은 구간의 크기를 늘려나가는 방식이며 Opheim 알고리즘, Reumann-Witkam 알고리즘과 같이 임계영역을 생성시키는 방식과는 절점을 제거하는 방식이 다르다고 할 수 있다.

3.2. 단순화기법 적용

3.2.1. 임계치 설정 및 알고리즘 구현

본 연구에서는 국토지리정보원의 1/5000 수치지도작성 작업내규에 의거하여 각 선형단순화 알고리즘에 대한 임계치를 설정하였다. LSD 알고리즘에서의 선분길이에 대한 임계치는 곡선데이터의 점간 입력 간격인 1m, 편각에 대한 임계치는 중간점 생략 가능 각도인 6°, 수선길이 임계치는 평면위치 최대오차인 2m를 적용하였다.

LSD 알고리즘의 선형 단순화 효과를 비교하기 위해 Douglas-peucker 알고리즘, Lang 알고리즘, Reumann-Witkam 알고리즘, Opheim 알고리즘을 적용하였다. Douglas-Peucker 알고리즘과 Lang 알고리즘, Reumann-Witkam 알고리즘에 사용되는 임계치는 위치정확도의 최대오차에 근거하여 공통적으로 2m를 적용하였다. Lang 알고리즘에서 사용되는 초기 절점수는 외곽선 전체의 절점수를 고려하여 38동의 경우 20개, 301동의 경우 30개 적용하였다. 또한 Opheim 알고리즘에서 사용되는 임계영역은 위치정확도 최대오차를 임계영역의 폭에 적용하고 곡선에서의 중간점 생략 가능 각도인 6°를 이용하여 임계영역을 형성하였다.

각 알고리즘의 구현 및 임계치의 적용은 Matlab 7.0을 이용하여 시뮬레이션 하였으며 ArcGIS 9.0을 이용하여 비교, 분석하였다.

3.2.2. 평가방법

본 연구에서는 5개의 단순화 기법의 적용결과에 대해 몇 가지 정량적 평가를 실시하였다. 먼저 단순화된 건물 외곽선의 절점들이 수치지도 작성 작업 내규 중 1/5000 수치지도에서의 곡선데이터 점간 입력간격 조건과 중간점 생략 가능각도 조건을 만족하고 있는지에 대한 검사를 실시하여 내규 조건에 만족하는 절점과 위배되는 절점의 개수를 구분하고 조건에 대한 만족 비율을 비교, 평가하였다. 또한 단순화 결과가 원래의 건물외곽선의 형상을 얼마나 잘 보존하고 있는지를 정량적으로 평가하기 위해 형상유사도를 측정하여 비교분석 하였다. 마지막으로 일반적으로 선형사상 단순화 기법의 평가방법으로 많이 활용되는 선길이 비율, 절점수 비율, 면적 비율을 이용해서 평가를 수행하였다.

3.3. 단순화기법 적용결과

그림 6과 7은 각각 38동 건물 외곽선과 301동 건물 외

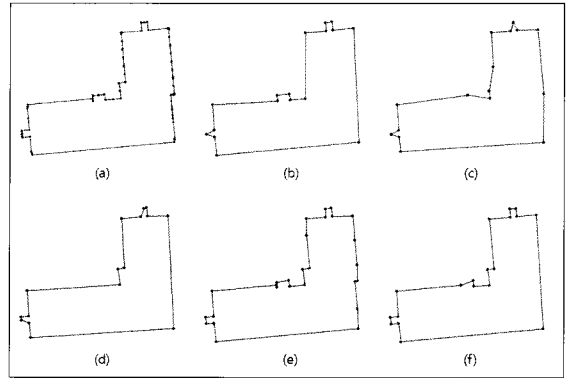


그림 6. 38동 건물 외곽선에 대한 단순화 알고리즘 적용 결과

- (a) 건설도면 건물외곽선
- (b) Douglas-Peucker 알고리즘
- (c) Lang 알고리즘
- (d) Reumann-Witkam 알고리즘
- (e) Opheim 알고리즘
- (f) LSD 알고리즘

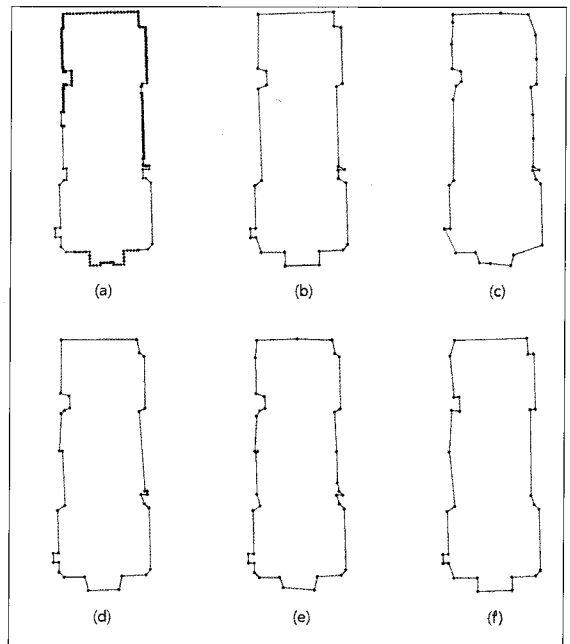


그림 7. 301동 건물 외곽선에 대한 단순화 알고리즘 적용 결과

- (a) 건설도면 건물외곽선
- (b) Douglas-Peucker 알고리즘
- (c) Lang 알고리즘
- (d) Reumann-Witkam 알고리즘
- (e) Opheim 알고리즘
- (f) LSD 알고리즘

곽선에 5개의 단순화 알고리즘을 각각 적용한 결과를 나타낸다.

3.3.1. 수치지도 작성내규 만족 비율

단순화 알고리즘을 적용 결과에 대한 수치지도 작성내규 만족비율을 비교하기 위해 추출된 절점에 1/5000 수치지도 곡선데이터의 점간 입력 간격 조건을 적용하여 절점 사이의 간격이 5m보다 크고 절점에서의 편각이 6°보다 큰 절점을 조건에 만족하는 점으로 구분하였다. 표 1은 38동과 301동 건물에 대한 단순화 결과의 내규 만족도를 분석한 표이고 그림 8은 이에 대한 그래프이다.

표 1. 수치지도 작성내규 만족도

알고리즘	38동		301동	
	절점 수	조건 만족	절점 수	조건 만족
Douglas-Peucker	17	10 (58.82%)	28	18 (64.29%)
Lang	25	21 (84.00%)	32	17 (53.12%)
Reumann-Witkam	16	9 (56.25%)	33	16 (48.48%)
Opheim	27	9 (40.74%)	38	17 (44.74%)
LSD	20	20 (100%)	28	28 (100%)

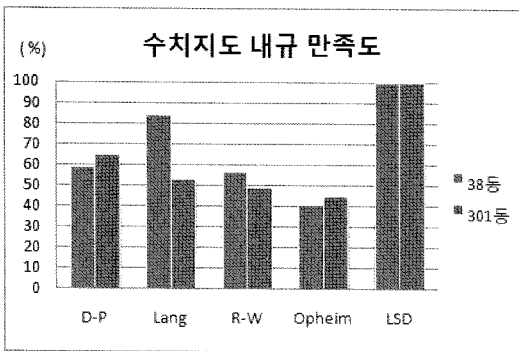


그림 8. 수치지도 내규 만족도 비교

LSD 알고리즘은 두 건물외곽선 모두에서 모두 100%의 내규만족도를 보이고 있으며 그 다음으로 Lang,

Douglas-Peucker, Opheim, Reumann-Witkam 알고리즘 순으로 나타났다. LSD 알고리즘의 경우 알고리즘 자체가 수치지도 내규를 만족시키는 절점만 남기는 방식으로 단순화를 시키고 있으며 1차 단순화 결과에 대해서도 내규 만족도를 재검사하여 내규를 만족시키지 않은 절점을 계속해서 제거해나가는 방식이기 때문에 내규 만족도가 100% 수준으로 나오고 있는 것으로 보인다.

3.3.2. 형상유사도

건설도면에서 추출한 원래 건물 외곽선과 각 단순화 결과 간의 형태적 유사도를 정량화하기 위해 선회함수(turning function)⁵⁾를 이용한 형상유사도 측정방법을 사용하였다(Arkin 등, 1991, Huh 등, 2008). 이 방법은 폴리곤 내의 모든 인접 절점 사이의 선과 각을 측정하고 정규화 하여 선회함수로 표현한 후, 두 폴리곤에 대한 각각의 선회함수 간의 차이를 수치화하여 형상의 유사도를 측정한다. 식 (1)은 선회함수를 이용하여 형상유사도를 산출하는 수식이다.

$$d_2(A, B) = \left\{ \min_{t \in [0,1]} \left[\int_0^1 |f(s+t) - g(s)|^2 ds - \left[\int_0^1 (f(s+t) - g(s)) ds \right]^2 \right]^{1/2} \right\} \quad (1)$$

여기서 $d_2(A, B)$ 는 A라는 폴리곤과 B라는 폴리곤 간의 형상유사도, $f(s)$ 와 $g(s)$ 는 각각 A폴리곤과 B폴리곤의 선회함수, t 는 A폴리곤의 외곽선을 따라 선회함수의 시작점을 이동시킨 이동량을 의미하며 0과 1사이의 값을 가진다. 이 수식을 통해 계산된 형상유사도는 무차원의 양수로 표현되며 값이 작을수록 형상의 유사한 정도가 높은 것을 의미한다. 표 2는 38동과 301동 건물에 대해 각 단순화 결과와 원래 외곽선과의 형상유사도를 측정한 표이고 그림 9는 이에 대한 비교 그래프이다.

LSD 알고리즘의 경우 38동과 301동에서 공통적으로 0.5 수준의 매우 우수한 형상유사도를 보이고 있으며 그 다음으로 Douglas-Peucker 알고리즘이 0.6 수준의 형상유사도를 나타내고 있다. Lang, Reumann-Witkam, Opheim 알고리즘의 경우 38동 건물외곽선에서 형상유사도가 1.2 이상으로 나타났으며 301동 건물외곽선의 경우 0.8 수준으로 높은 수치의 형상유사도를 나타내고 있다. 특히 형태가 상대적으로 단순한 38동 건물외곽선과 형태가 복잡

5) 선회함수(Turning Function) : 선회각함수(Cumulative Turning Angle Function)라고도 함. 폴리곤의 외곽선을 따라 이동하면서 한 선분에서 다음 선분으로의 방향각 변화량을 누적시키는 함수. 임의의 기준점에서 임의의 방향각을 기준으로 시작기준점의 선분과 기준 방향각과의 회전각 변화부터 시작하여 함수를 얻게 됨. 폴리곤 형상을 비교할 때에는 선회함수 축의 범위를 0에서 1로 정규화 시키는 것이 일반적임.

표 2. 형상유사도

알고리즘	38동	301동
Douglas-Peucker	0.677	0.595
Lang	1.283	0.836
Reumann-Witkam	1.308	0.854
Opheim	1.282	0.861
LSD	0.547	0.524
평균	1.019	0.734

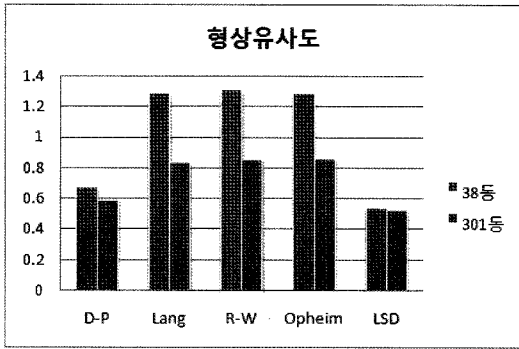


그림 9. 형상유사도 비교

한 301동 건물외곽선에서의 형상유사도 격차가 커 형태의 복잡성에 따라 고르지 못한 형태 보존효과를 보여주고 있는데 반해서 LSD 알고리즘은 형태의 복잡성에 관계없이 고른 형상유사도를 보여주고 있다.

3.3.3. 일반적인 정량적 평가

표 3과 4는 일반화 알고리즘을 적용하기 전과 후의 선길이, 절점 개수, 면적을 비교한 표이고 그림 10은 이를 그래프로 나타낸 것이다. 외곽선의 길이 측면에서는 원래의 외곽선과 비교했을 때 대부분 92~95% 수준의 선길이 비율을 보여주고 있다. LSD 알고리즘의 경우 평균보다 약간 높은 수준의 선길이 비율을 보여주고 있으나 다른 알고리즘과 유사한 수준이다. 절점수의 경우 전반적으로 4~7% 수준의 감소율을 보여주고 있다. LSD 알고리즘은 Douglas-Peucker 알고리즘 다음으로 높은 절점 감소율을 보이고 있다. 뿐만 아니라 건물외곽선이 복잡한 정도에 상관없이 거의 일정한 수준의 절점 감소효과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 외곽선 폴리곤 면적의 보존율 측면에서는 Reumann-Witkam 알고리즘을 38동 외곽선에 적용한 결과를 제외하고는 대부분 98~99% 수준의 보존율을 보이고 있어 알고리즘에 따른 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

표 3. 38동 건물 외곽선에 대한 각 알고리즘 적용 결과

	선길이(m)	절점 수(개)	면적(m ²)
원래 건물 외곽선	235.26 (100%)	403 (100%)	1708.79 (100%)
Douglas-Peucker	223.12 (94.84%)	17 (4.22%)	1701.93 (99.60%)
Lang	214.46 (91.16%)	25 (6.20%)	1688.45 (98.81%)
Reumann-Witkam	217.82 (92.59%)	16 (3.97%)	1626.93 (95.21%)
Opheim	226.66 (96.34%)	27 (6.70%)	1701.75 (99.59%)
LSD	224.73 (95.52%)	20 (4.96%)	1685.09 (98.91%)
평균	221.36 (94.09%)	21 (5.21%)	1679.77 (98.42%)

표 4. 301동 건물 외곽선에 대한 각 알고리즘 적용 결과

	선길이(m)	절점 수(개)	면적(m ²)
원래 건물 외곽선	394.55 (100%)	515 (100%)	5592.93 (100%)
Douglas-Peucker	373.34 (94.62%)	28 (5.44%)	5513.64 (98.58%)
Lang	357.21 (90.54%)	32 (6.21%)	5550.42 (99.24%)
Reumann-Witkam	367.68 (93.19%)	33 (6.41%)	5570.39 (99.60%)
Opheim	366.80 (92.97%)	38 (7.38%)	5582.90 (99.82%)
LSD	368.01 (93.27%)	28 (5.44%)	5554.11 (99.31%)
평균	366.61 (92.92%)	31.8 (6.18%)	5554.29 (99.31%)

4. 결론

본 연구는 건설도면으로부터 추출한 복잡한 형태의 건물 외곽선을 수치지도 수준으로 단순화시키기 위해 수치지도 작성내규를 적용하여 선형사상을 단순화시키는 알고리즘을 제안하고 실제 건설도면에 적용하여 그 결과를 다른 기법들과 비교함으로써 효율성을 검증하는 것을 목적으로 하고 있다.

본 연구에서 제시된 수치지도 작성내규를 이용한 선형 단순화 알고리즘(LSD)은 작성내규를 만족시키는 모서리 절점만을 남기는 방식으로 선형 단순화를 실시하였고 분

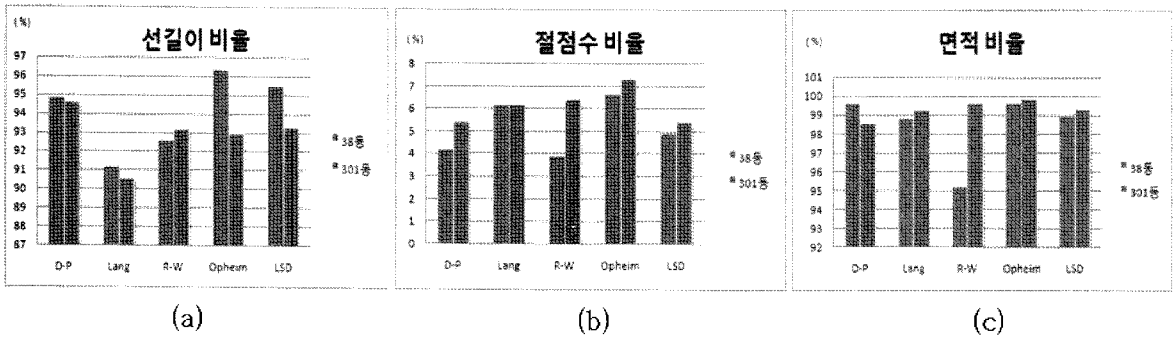


그림 10. 단순화 결과에 대한 정량적 평가

석결과 선길이, 면적 보존을 측면에서 다른 선형 단순화 알고리즘과 유사한 수준의 보존효과를 보이고 있으며 절점 감소율 측면에서도 높은 감소율을 보여주었다. 또한 수치지도 작성내규 만족도 측면에서 100%의 만족도를 보이고 있으며 형상유사도 측면에서도 가장 높은 유사도를 보이고 있다.

결과적으로 LSD 알고리즘은 다른 선형 단순화 알고리즘과 비교했을 때 절점을 효율적으로 줄이는 동시에 형태를 최대한 보존하면서 수치지도 작성내규를 완벽하게 만족하고 있어 건설도면을 활용하여 수치지도를 작성하기 위한 선형 단순화 알고리즘으로서의 활용가능성이 매우 높은 것으로 판단된다.

그러나 LSD 알고리즘의 활용가능성을 평가하기 위해서는 건물도면뿐만 아니라 도로, 철도 등 다양한 SOC 시설물 도면에 대해 적용하여 단순화 결과를 비교하는 연구가 추가로 진행되어야 한다. 또한 등고선, 수계망도와 같은 지도 내의 다양한 선형사상에 대해서도 적용해 볼 필요가 있을 것으로 보이며 이는 추후 연구과제로 남기기로 한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형 국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보 C04)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

건설교통부 국립지리원(1995), 수치지도 작성 작업 내규
 건설교통부 국립지리원 (1998), 수치지도 작업지침 개선 연구

국토개발연구원 (1997), 수치지도의 정확도 향상방안 연구

건설교통부 국립지리원(1999), 수치지도 정확도 제고를 위한 수정/갱신 방안에 관한 연구

김감래, 이호남, 박인해 (1992), 지도 일반화에 따른 단순화 알고리즘의 평가에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 10권, 제 2호, pp. 63-71.

김두일, 김종석 (1998), 선형사상에 따른 단순화 알고리즘의 반응 특성 연구, 대한지리학회지, 대한지리학회, 제 33권, 제 4호, pp. 623-634.

김원대, 이강원, 박흥기 (2000), 준공측량도면을 이용한 수치지도 수정/갱신, 한국지형공간정보학회논문집, 한국지형공간정보학회, 제 8권, 제 1호, pp. 85-95.

박경식, 임인섭, 최석근 (2001), 수치지도 일반화 위치정확도 품질평가, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 19권, 제 2호, pp. 173-181.

박우진, 박승용, 유기윤 (2008), 건설도면의 GIS 데이터 변환을 위한 건물외곽선 단순화기법 비교 연구, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 16권, 제 3호, pp. 35-41.

신동빈, 유선철 (2008), 수치지도 갱신을 위한 건설공사 준공도면 활용 문제점에 관한 연구, GIS 공동춘계학술대회 논문집, pp. 19-25.

최병길 (2001), 수치지도 일반화에 있어서 단순화에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 19권, 제 2호, pp. 199-208.

Arkin, E. M., Chew, L. P., Huttenlocker, D. P., Kedem, K., and Mitchell, J. S. B. (1991), An Efficiently Computable Metric for Comparing Polygonal Shapes. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 13, No. 3,

- pp. 209-216.
- Douglas-Peucker, D. H. and Peucker, T. K. (1973), "Algorithms for the Reduction of The Number of Points Required to Represent a Digitized Line or its Caricature", *The Canadian Cartographer*, Vol. 10, No. 2, pp. 112-122.
- Hauert, J. H., Wolff, A. (2008), Optimal Simplification of Building Ground Plans. Proceedings of the XXIst ISPRS Congress, ISPRS, Beijing, Vol. 37, Part B2, pp. 373-378.
- Huh, Y., Choi, J., Yu, K., Kim, Y. (2008), A Study of Polygon feature matching for GIS/CAD integration, Proceedings of the 1st SIR BK21 International Conference on Sustainable Infrastructure, BK21 Safe and Sustainable Infrastructure Research Group, Seoul, pp. 123-124.
- Kada, M. and Luo, F. (2006), Generalisation of Building Ground Plans Using Half-Spaces, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 36, No. 4.
- Lang, T. (1969), "Rules for robot draughtsmen", *Geographical Magazine*, Vol. 42, pp. 50-51.
- Opheim, H. (1982), "Fast Data Reduction of a Digitized Curve", *Geo-Processing*, Vol. 2, pp. 33-40.
- Park, S., Park, W., Choi, D., and Jo, G. (2008), A Study of updating method for National Framework Data using Construction drawings. Proceedings of the 1st SIR BK21 International Conference on Sustainable Infrastructure, BK21 Safe and Sustainable Infrastructure Research Group, Seoul, pp. 111-112.
- Reumann, K. and Witkam, A. P. M. (1974). "Optimizing curve segmentation in computer graphics", Proceedings of International Computing Symposium, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, pp. 467-472
- Sester, M. (2000), Generalization based on Least Squares Adjustment, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Amsterdam, Vol. 33, Part B4, pp. 931-938.
- Shi, W. and Cheung, C. (2006), Performance Evaluation of Line Simplification Algorithms for Vector Generalization. *The Cartographic Journal*, The British Cartographic Society, Vol. 43, No. 1, pp. 27-44.

(접수일 2008. 10. 17, 심사일 2008. 12. 16, 심사완료일 2009. 01. 31)