

건설도면의 GIS 데이터 변환을 위한 건물외곽선 단순화기법 비교 연구 Comparative Study on the Building Outline Simplification Algorithms for the Conversion of Construction Drawings to GIS data

박우진* · 박승용** · 유기윤***

Park, Woo Jin · Park, Seung Yong · Yu, Ki Yun

要旨

본 연구에서는 건설도면 CAD 자료를 활용하여 수치지도의 건물데이터를 수정, 갱신하기 위한 과정 중 건설도면의 건물외곽선을 추출하여 수치지도의 건물데이터 수준으로 일반화하는 단계에서의 선형 단순화 알고리즘을 비교 분석하였다. 특히 단순화 결과가 수치지도 작성내규에 부합하는지 여부에 중점을 두어 비교분석을 실시하였다. 선형 단순화 알고리즘은 가장 널리 이용되고 있는 Douglas-Peucker 알고리즘, Lang 알고리즘, Reumann-Witkam 알고리즘, Opheim 알고리즘을 적용하여 비교하였으며 분석방법으로는 각 질점이 수치지도 작성내규를 만족하는 비율과 시각적 분석, 절점 수, 총길이, 면적 변화율을 이용하였다. 분석 결과 수치지도 작성내규 만족도 측면에서 Lang 알고리즘과 Douglas-Peucker 알고리즘이 다소 우수한 결과를 보여주고 있으나 전반적으로 50~60% 수준의 만족도를 보이고 있어 국내 수치지도의 건물데이터를 작성하기 위한 선형 단순화 기법으로는 한계가 있는 것으로 나타났으며 이를 만족시키기 위한 선형 단순화 알고리즘의 개발이 필요하다고 판단된다.

핵심용어 : CAD, GIS, 건물외곽선, 지도일반화, 선형단순화

Abstract

Recently needs for the convergence of CAD and GIS data are increasing, and many studies on converting two systems to each other are being carried out. In this study, to revise and update the building data of digital map using CAD data for construction, the outline of building is abstracted from the CAD data and the outline is generalized to the same level of detail with the building data of digital map. Several line simplification algorithms to generalize the outline are adopted and compared, especially at the view of satisfaction to the drawing rule for digital map. Douglas-Peucker algorithm, Lang's algorithm, Reumann-Witkam algorithm, and Opheim algorithm are applied as the line simplification method. To evaluate the results of these algorithms, visual assessment and variation ratio of the number of points, total length of lines, the area of polygon, and satisfaction ratio to the drawing rule of digital map are analyzed. The result of Lang algorithm and Douglas-Peucker algorithm show superior satisfaction ratio. But general satisfaction ratio is 50~60% for all algorithm. Therefore there seems to be a limit to use these algorithms for the simplification method to update the building data in digital map and it is necessary to develop line simplification algorithm which satisfy the drawing rule well.

Keywords : CAD, GIS, Building outline, Map Generalization, Line Simplification

1. 서론

최근 건설산업과 IT산업 간의 융복합에 대한 사회적 요구가 증대되면서 CAD와 GIS 사이의 상호 변환을 위한

연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 두 시스템은 데이터 구조 및 체계의 상이성으로 상호호환이 어려우며, 변환을 위해서는 CAD 데이터에서 GIS에 필요한 정보만을 추출하기 위한 추출기능, 데이터의 완결성을 위한

2008년 7월 24일 접수, 2008년 8월 26일 채택

* 서울대학교 에너지자원신기술연구소 연구원 (woojin1@snu.ac.kr)

** 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 박사과정 (slpak@snu.ac.kr)

*** 교신저자 · 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 부교수 (kiyun@snu.ac.kr)

Cleaning 기능, 데이터의 간략화를 위한 일반화 기능, 좌표계 변환기능, 데이터의 포맷 변환기능이 요구된다[7]. CAD 형식의 도면자료는 매우 세밀한 수준의 공간정보를 담고 있는 반면에 GIS 데이터는 보다 거시적인 관점에서의 지형정보를 포함하고 있기 때문에 데이터의 처리특성상 세밀도(LOD, Level of Detail)가 높은 CAD 데이터로부터 낮은 세밀도의 GIS 데이터로 변환하기 위해서는 지도 일반화(Map Generalization) 과정 특히, 선형 단순화 기법(Line Simplification method)이 필수적으로 수행되어야 한다. 대축척 수치지도를 소축척 수치지도로 일반화하기 위한 연구와 다양한 선형 단순화 기법을 적용했을 때의 단순화 효과에 대해 비교한 사례는 다수 존재하고 있으나 단순화 결과가 수치지도의 작성내규에 어느 정도로 만족하는지에 대한 여부를 비교분석한 사례는 없다.[4][5][6][8]

본 연구에서는 CAD 형식의 건설도면, 특히 건물에 대한 도면으로부터 수치지도의 건물 데이터를 생성하는 방법에 있어서 필요한 과정으로 수반되는 선형 단순화 기법의 적용시 수치지도의 작성내규를 만족시키는 정도에 중점을 두고 이에 따른 비교연구를 수행하였다. 이를 위해 우선 건물의 배치도에서 건물의 외곽선에 해당하는 레이어를 추출하였다. 추출된 외곽선에 선형 단순화 기법을 적용하여 1/5000 수치지도 작성기준에 맞추어 복잡한 형태의 건물외곽선을 단순화 시켰다. 이 과정에서 현재 가장 널리 쓰이고 있는 4개의 선형 단순화 기법들(Douglas-Peucker 알고리즘, Lang Algorithm, Reumann-Witkam 알고리즘, Opheim 알고리즘)을 각각 건물 외곽선에 적용하여 단순화된 결과를 비교분석하였다. Douglas-Peucker 알고리즘은 처리속도는 비교적 느리지만 절점의 삭제율과 형상의 보존성이 우수한 것으로 알려져 있으며 [3][8] Lang 알고리즘 역시 절점 삭제율이 높고 형상과 면적을 보존하는 데 비교적 유리한 것으로 알려져 있다 [2][8]. Reumann-Witkam 알고리즘과 Opheim 알고리즘의 경우 불필요한 굴곡을 제거시켜 곡선화하는 경향이 강하다.[2][8]

본 논문에서는 단순화 결과에 대한 비교분석 방법으로 추출된 절점들이 수치지도 작성 작업내규를 만족시키는가에 중점을 두어 비교 분석하였고 이에 따라 건설도면을 수치지도로 변환하기 위한 단순화 알고리즘의 활용가능성을 평가하였다 또한 각 알고리즘 적용 후 건물의 형태가 잘 보존되었는지에 대한 시각적, 정성적 평가와 함께 단순화 전후의 선길이, 절점 개수, 외곽선 면적 등을 비교한 정량적 평가를 실행하였다.

2. 건물외곽선 단순화기법

<그림 1>은 건설공사에 쓰이는 건물의 평면도 도면의 한 예이고 <그림 2>는 동일한 건물에 대한 수치지도 상의 건물 외곽선 데이터이다.

두 그림을 비교해보면 도면상의 건물 데이터는 많은 양의 선 정보로 이루어져 있는 반면에 수치지도 상의 건물 데이터는 매우 단순한 형태의 외곽선으로 이루어져 있는 것을 확인할 수 있다. 이렇게 높은 세밀도의 도면 데이터로부터 낮은 세밀도의 수치지도 데이터로 변환하기 위해서는 일반화 과정을 거쳐야 하며 그 중에서도 복잡한 형태의 선 구조를 단순한 형태로 변환시켜주는 선형 단순화 기법이 필수적이다.

2.1 Douglas-Peucker 알고리즘

선형개체의 시작점과 끝점을 연결한 직선에서 각 점과의 수직거리를 계산한 뒤, 수직거리가 임계치를 벗어나는 점들 중 최대 수직거리를 나타내는 점을 새로운 중간



그림 1. 건물의 평면도 CAD 도면

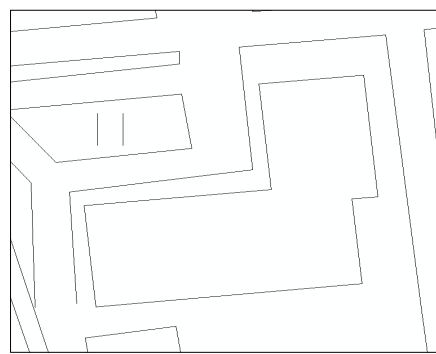


그림 2. 동일 건물에 대한 수치지도상의 건물데이터

점으로 설정하여 선형개체를 분할하고, 임계치를 벗어나는 점이 존재하지 않을 경우에는 분할된 개체 내의 모든 절점을 제거한다. 개체 분할이 발생하지 않을 때까지 앞의 과정을 반복하여 남겨진 중간점들과 초기의 시작점, 끝점만으로 선형개체를 표현하는 방법이다.

2.2 Lang 알고리즘

Lang 알고리즘은 일정 구간의 점들을 검토하여 임의의 중간점에서 구간 시작점과 끝점을 이은 벡터까지의 거리가 허용오차보다 크면 구간을 점 단위로 하나씩 줄여가면서 중간점들과 벡터까지의 수직거리를 허용오차와 비교하는 방식이다. 모든 중간점에서의 수직거리가 허용오차 보다 작을 때, 중간점들은 모두 삭제되고 끝점만 저장되며 그 점에서 다시 위와 같은 과정을 반복하게 된다.

2.3 Reumann-Witkam 알고리즘

선형 개체의 첫 점과 두 번째 점을 연결한 선을 둘러싼 일정한 폭과 길이의 임계영역을 형성하여 임계영역 내에 포함된 점들은 삭제하는 방식이다. 그런 다음 처음으로 임계폭을 벗어나는 점의 바로 전 점을 저장한 후 그 점과 벗어나는 처음 점을 기준으로 다시 임계영역을 형성하여 앞의 과정을 순차적으로 진행한다.

2.4 Opheim 알고리즘

Opheim 알고리즘은 일정한 폭과 길이를 가진 임계도형에 의해 선형사상을 단순화하는 알고리즘이다. 시작 절점을 제외한 다른 절점들이 임계도형 내에 들어오면 삭제하고 그렇지 않으면 보존하는 방식으로 순차적으로 절점을 제거해 나가는 방법이다.

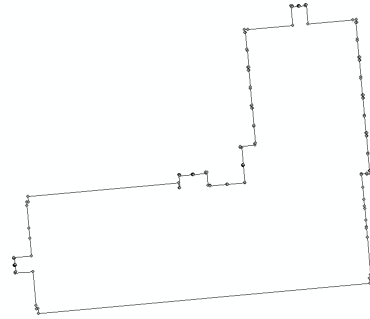


그림 3. CAD 도면에서 추출한 38동 건물외곽선

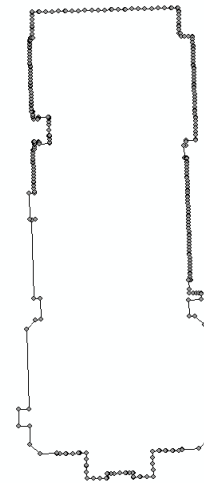


그림 4. CAD 도면에서 추출한 301동 건물외곽선

3. 실험 및 결과

3.1. 사용데이터

본 연구에서 사용한 데이터는 서울시 관악구 신림9동에 위치한 서울대학교 38동과 301동 건물에 대한 건설도면을 이용하였다. 건설도면으로부터 추출한 건물의 외곽선은 각각 <그림 3>, <그림 4>와 같다.

3.2. 단순화기법 적용

3.2.1. 임계치 설정 및 알고리즘 구현

95년에 국토지리정보원에서 제작한 수치지도작성 작업내규 중 선형 단순화에 관련된 규정은 축척별 정확도 허용범위와 곡선데이터의 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[1].

수치지도작성 작업내규 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[1].

본 연구에서는 국토지리정보원의 1/5000 수치지도작성 작업내규에 의거하여 각 알고리즘의 임계치를 설정하였다. Douglas-Peucker 알고리즘과 Lang 알고리즘, Reumann-Witkam 알고리즘에 사용되는 임계치는 위치정확도의 최대오차에 근거하여 공통적으로 2m를 적용하였다. Lang 알고리즘에서 사용되는 초기 절점 수는 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 이용하

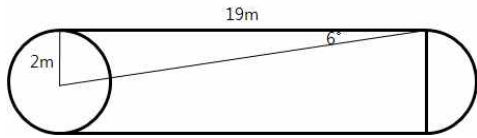


그림 5. Opheim 알고리즘 입력영역

여 입력영역의 길이를 계산해서 <그림 5>과 같이 입력영역을 형성하였다.

각 알고리즘의 구현 및 입력치의 적용은 Matlab 7.0을 이용하여 시뮬레이션 하였으며 특히 ArcGIS 9.0에서 구현되어 있는 Douglas-Peucker 알고리즘의 적용결과와 비교하여 일치함을 확인하였다.

3.2.2. 평가방법

본 연구에서는 5개의 단순화 기법에 대해 크게 정성적

평가와 정량적 평가로 나누어 분석하였다. 정성적 평가는 건물의 형태 특히 건물외벽의 직선성분과 모서리에서의 직각 또는 예각성분이 잘 보존되었는지에 대해서 시각적으로 평가한다. 정량적 평가는 일반적으로 선형사상 단순화 기법의 평가방법으로 많이 활용되는 선길이 비율, 절점 수 비율, 면적 비율을 이용해서 평가를 수행하였다. 마지막으로 단순화된 건물외곽선의 모든 절점에서 수치지도 작성 작업 내규 중 1/5000 수치지도에서의 곡선테이터 점간 입력간격 조건을 만족하고 있는지에 대한 검사를 실시하여 내규 조건에 만족하는 절점과 위배되는 절점의 개수를 구분하고 조건에 대한 만족 비율을 비교, 평가하였다.

3.3. 단순화기법 적용결과

<그림 6>과 <그림 7>는 각각 38동 건물 외곽선과 301

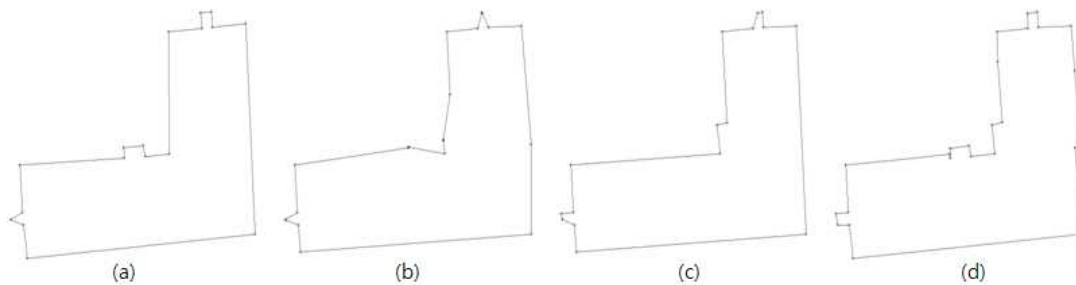


그림 6. 38동 건물외곽선에 대한 단순화 알고리즘 적용결과, (a) Douglas-Peucker 알고리즘, (b) Lang 알고리즘, (c) Reumann-Witkam 알고리즘, (d) Opheim 알고리즘

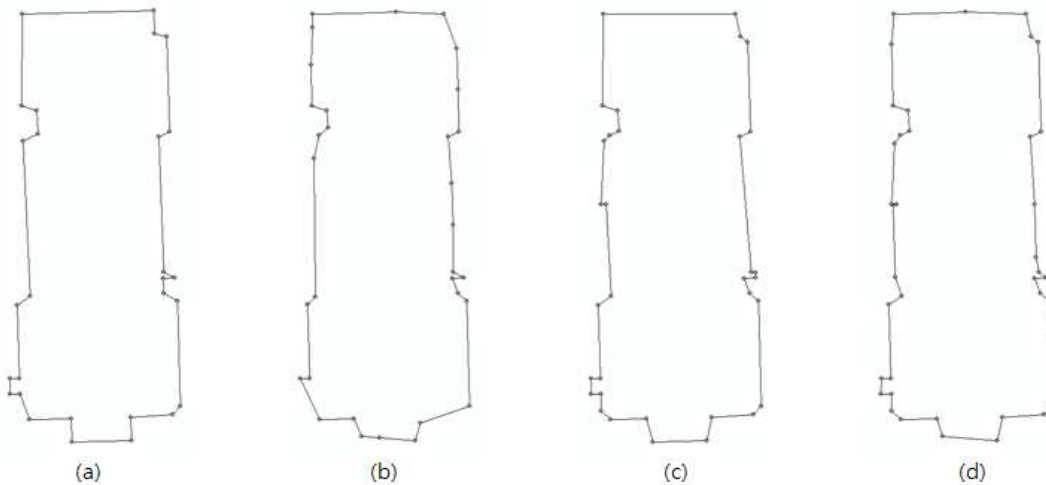


그림 7. 301동 건물외곽선에 대한 단순화 알고리즘 적용결과, (a) Douglas-Peucker 알고리즘, (b) Lang 알고리즘, (c) Reumann-Witkam 알고리즘, (d) Opheim 알고리즘

표 1. 수치지도 작성내규 만족도

알고리즘	38동		301동	
	절점수	조건만족	절점수	조건만족
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%)

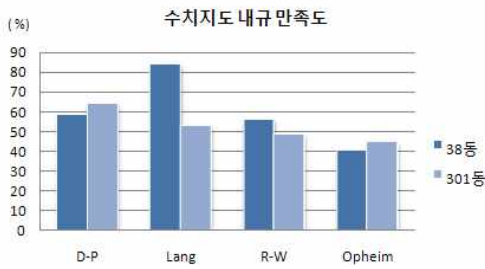


그림 8. 수치지도 작성내규 만족도

동 건물 외곽선에 4개의 단순화 알고리즘을 각각 적용한 결과를 나타낸다.

3.3.1. 정성적 평가

시각적인 측면에서 모서리부분의 각성분이나 건물의 굴곡, 요철 등의 건물외곽선 형태에 대한 보존에 있어서는 Douglas-Peucker 알고리즘과 Opheim 알고리즘이 나머지 알고리즘에 비해 다소 우수한 것으로 보인다. 특히 Opheim 알고리즘의 경우 절점의 수가 비교적 적은 38동 건물에 대해서는 매우 우수한 형태 보존 결과를 보여주고 있으나 한 번에 절점의 수가 매우 많은 301동 건물에 대해서는 다소 좋지 않은 결과를 보여주고 있다. 이는 일반적으로 알려진 Douglas-Peucker 알고리즘의 특성상 급한 굴곡 부분을 유지하는 측면이 강해 건물의 모서리 부분의 형태 보존 측면에서 유리한 반면 Lang 알고리즘, Reumann-Witkam 알고리즘, Opheim 알고리즘의 경우 곡선의 굴곡을 부드럽고 완만하게 일반화하는 경향이 있기 때문에 건물의 모서리 부분의 형태를 보존하는 데는 다소 불리한 것으로 보인다.

3.3.2. 수치지도 작성내규 만족 비율

단순화 알고리즘을 적용하여 추출된 절점 중 수치지도 작성내규의 기준에 맞는 절점과 맞지 않는 절점을 구분하여 그 비율을 분석하였다. 수치지도 작성내규 중 1/5000

수치지도 곡선데이터의 점간 입력 간격을 적용하여 절점 사이의 간격이 5m보다 크고 절점에서의 편각이 6°보다 큰 절점을 조건에 만족하는 점으로 구분하였다. <표 1>은 38동과 301동 건물에 대한 단순화 결과의 내규 만족도를 분석한 표이고 <그림 8>는 이에 대한 그래프이다.

내규 조건에 만족하는 절점의 비율은 건물의 형태나 절점의 분포, 그리고 단순화 알고리즘에 따라 매우 상이한 결과를 보여주고 있다.

두 건물의 평균을 기준으로 Lang 알고리즘이 가장 내규조건에 만족하는 비율이 높고 그 다음으로 Douglas-Peucker, Opheim, Reumann-Witkam 알고리즘 순으로 나타났다. Lang 알고리즘과 Opheim 알고리즘의 경우 비교적 단순한 형태인 38동 외곽선에 대해 높은 만족도를 보이는 반면 301동 외곽선에서는 낮은 만족도를 보이고 있어 상대적으로 단순한 형태의 건물외곽선에서 유리한 결과를 나타났다. Douglas-Peucker 알고리즘은 38동 외곽선보다 301동 외곽선에 대한 내규 만족도가 높아 복잡한 형태의 건물외곽선에 상대적으로 유리한 것으로 나타났다. 반면에 Reumann-Witkam 알고리즘은 두 건물외곽선에 대하여 가장 낮은 내규 만족도를 나타냈다. 그러나 전반적으로 평균적인 내규 만족도가 50~60% 수준에 그치고 있어 수치지도 건물데이터로의 변환을 위한 선형 단순화 기법으로 사용되기에는 한계가 있는 것으로 나타났다.

3.3.3. 일반적인 정량적 평가

<표 2>와 <표 3>은 일반화 알고리즘을 적용하기 전과 후의 선길이, 절점 개수, 면적을 비교한 표이고 <그림 9>은 이를 그래프로 나타낸 것이다. 선길이 비율에 있어서 몇몇의 경우를 제외하고는 대부분이 93%~95% 수준의 선길이 비율을 나타내었다. 특히 Lang 알고리즘의 경우 상대적으로 가장 낮은 선길이 비율을 보이고 있는데 이는 Lang 알고리즘이 직각 형태의 모서리를 완만하게 단순화시켜 선의 길이를 단축하는 경향이 강하기 때문이다. 38동 건물에서 Opheim 알고리즘의 선길이 비율이 높은 것은 전술한 것과 같이 외곽선 형태를 매우 잘 보존하고 있어 선길이의 변화가 거의 없는 것으로 보인다.

절점 수의 감소율을 비교하였을 때, 5개의 알고리즘 모두 유사한 수준의 감소율을 보이고 있으나 Douglas-Peucker 알고리즘이 다소 높은 감소율을 보이고 있는 반면 Opheim 알고리즘의 경우 다른 알고리즘보다 다소 낮은 감소율을 나타내고 있다.

이는 Douglas-Peucker 알고리즘의 경우 임계영역을 지역적으로 적용시키는 것이 아닌 전역적 단순화 방식이기 때문에 주요한 굴곡을 유지하면서 절점을 제거하는 효과가 뛰어난 것으로 보이며 Opheim 알고리즘의 경우 적용

표 2. 38동 건물 외곽선에 대한 각 알고리즘 적용결과

	선길이(m)	절점 수(개)	면적(m ²)
원래 건물외곽선	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%)
평균	220.52 (93.73%)	21 (5.28%)	1679.77 (98.30%)

표 3. 301동 건물 외곽선에 대한 각 알고리즘 적용결과

	선길이(m)	절점 수(개)	면적(m ²)
원래 건물외곽선	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%)
평균	373.19 (92.83%)	152.00 (6.36%)	5,556.85 (99.31%)

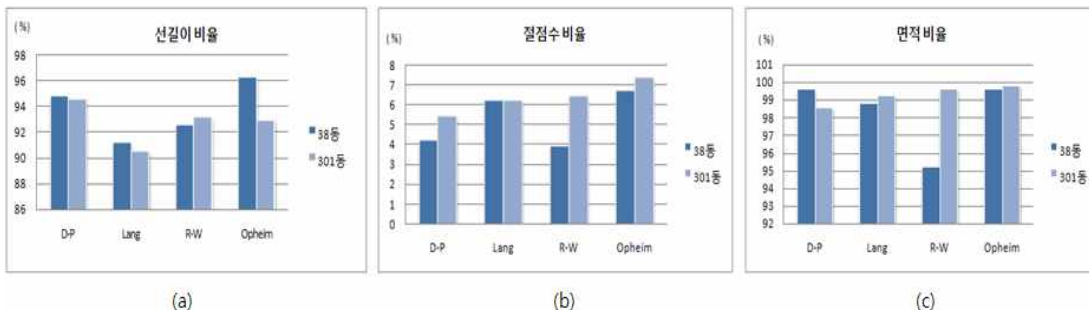


그림 9. 단순화 결과에 대한 정량적 평가

되는 임계영역의 길이가 고정되어 있기 때문에 한 번에 처리할 수 있는 절점의 수가 제한되어 절점의 감소율이 높지 않은 것으로 보인다. Lang 알고리즘이나 Reumann-Witkam 알고리즘의 경우 한 번에 처리되는 절점 수의 최대치에 대한 제한이 없기 때문에 Opheim 알고리즘에 비해서는 절점수의 감소율이 다소 높다.

면적의 비율은 알고리즘에 따라 큰 차이가 없으나 38동에 Reumann-Witkam 알고리즘을 적용한 결과가 특히 높은 면적 감소율을 보였다.

4. 결 론

본 연구에서는 건설도면의 GIS 데이터 변환을 위한 선형단순화 알고리즘을 적용하고 각 적용결과에 대해 수치지도 작성내규 만족도 및 일반적으로 이용되는 정성적, 정량적 결과들을 비교하였으며 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 수치지도 내규 만족도의 측면에서는 Lang 알고리즘과 Douglas-Peucker 알고리즘이 상대적으로 다소 높은 내규 만족도를 보였다. 그러나 전반적으로 모든 알고리즘들이 50~60% 수준의 내규만족도를 보이고 있어 수치지도 건물데이터 작성을 위해 사용되기에는 한계가 있는 것으로 나타났다.

둘째, 일반적인 정성적, 정량적 평가에서는 Douglas-Peucker 알고리즘이 전반적으로 시각적인 측면, 절점의 감소율 측면에서 다른 알고리즘들에 비해 다소 유리한 것으로 나타났다.

위의 결과에 따르면 수치지도 작성을 위한 지도일반화 과정에서 선형 단순화 알고리즘을 적용시키기 위해서는 형상을 최대한 보존하고 절점을 효율적으로 줄이는 동시에 수치지도 작성내규에 대한 만족도를 높이기 위해 적합한 건물 외곽선 단순화 알고리즘의 개발과 적절한 임계치 수준을 결정하기 위한 추후연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 국토지리정보원, 1995, 수치지도작성 작업내규.
2. 김감래, 이호남, 방인혜, 1992, 지도 일반화에 따른 단순화 알고리즘의 평가에 관한 연구, *한국측지학회지*, 10(2):63-71.
3. 김두일, 김종석, 1998, 선형사상에 따른 단순화 알고리즘의 반응 특성 연구, *대한지리학회지*, 33(4):623-634.
4. 이재기, 박경식, 최석근, 박경렬, 2000, 수치지도 일반화시스템 개발, *한국지형공간정보학회지*, 8(2):35-46.
5. 최병길, 2001, 수치지도 일반화에 있어서 단순화에 관한 연구, *한국측량학회지*, 19(2):199-208.3
6. Monika Sester, 2000, Generalization based on Least Squares Adjustment, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33(B4), pp. 931-938.
7. Monika Sester, 2005, Optimizing approaches for generalization and data abstraction, *International Journal of Geographical Information Science*, 19(8-9):871-897.
8. Seungyong Park, Woojin Park, Deokcheol Choi, Gwanghui Jo, 2008, Study of updating method for National Framework Data using Construction drawings, *The 1st SIR BK21 International Conference on Sustainable Infrastructure*.
9. Wenzhong Shi and ChuiKwan Cheung, 2006, Performance Evaluation of Line Simplification Algorithms for Vector Generalization, *The Cartographic Journal*, 43(1):27-44.
10. Woojin Park, Seungyong Park, Yunsik Bang, Kiyun Yu, 2008, A Comparative Study of spatial generalization algorithms for conversion of construction drawings to GIS data, *The 1st SIR BK21 International Conference on Sustainable Infrastructure*.