

# 철도 선형 복원을 위한 GPS 데이터 단순화 방법의 적용

## Application of the GPS Data Simplification Methods for Railway Alignments Reconstruction

정의환<sup>1)</sup>

Jeong, Eui Hwan

### Abstract

This research is to reconstruction of railway alignment using GPS data, an investigation is made on the method of optimum simplification for reduction of unnecessary linear data, improve the accuracy by using four simplification algorithms among the methods. By applying two measured of displacement between observed data and it's simplification methods have been evaluated. The results showed that the complexities of lines is not practical to investigate simplification algorithms, the Douglas-Peucker method produced a little displacement between observed data and it's simplification. Its by using the Douglas-Peucker method to observed linear GPS data in railway track, design elements of horizontal alignment have been calculated. Then we could know that obtain the good results for reconstruction of alignment elements through the methods and algorithms of this study.

Keywords : GPS, Simplification algorithms, Least squares method, Alignment Reconstruction

### 요 지

본 연구에서는 GPS 측량으로 얻어지는 자료들을 이용하여 철도선형을 복원하고자할 경우 이들 자료로부터 불필요한 부분을 제거하고 위치정확도를 확보할 수 있는 방법을 찾고자 일반화 방법 중 4개의 알고리즘을 적용하여 분석하였다. 그 결과 단순화 알고리즘을 평가하기 위한 방법으로 선형요소의 복잡성은 실질적이지 못했으며, 선형요소의 위치 변위를 줄일 수 있는 방법으로 벡터 변위량과 면적생성량을 이용하는 방법이 효과적임을 알 수 있었으며, 이때 선형 단순화 알고리즘으로는 Douglas-Peucker 방법임을 알 수 있었다. 또한 이 알고리즘을 이용하여 측정된 데이터를 단순화 한 후 철도 선형제원을 복원한 결과가 단순화를 실시하기전의 복원 결과보다 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

핵심용어 : GPS, 단순화 알고리즘, 최소제곱법, 선형복원

## 1. 서 론

최근 기존선의 속도향상을 위한 노력으로 급곡선 구간 의 개량 및 일부 구간을 이설 하고자 할 경우 기존선의 평면선형 제원이 기본적인 자료로서 필요하게 되는데, 만약 최초 선형자료의 기본인 설계도서가 분실되었거나 훼손되었을 경우에 설계제원의 복원이 불가능하며, 최근 발생하는 각종 재난으로 인한 선로 유실시 선형의 정밀 복구가 어려운 실정이다. 철도선형제원이 기본적인 지리정보 자료로서의 기능을 발휘하기 위해서는 누락된 기존선

의 철도 선형에 대한 제원을 알 수 있어야 할 것이다. 이를 위해서는 새로운 노선 건설에 해당되는 측량과정을 거쳐야 되지만 이 방법은 시간 및 경제적인 비용이 많이 소요되는 문제점으로 인해 기존선의 선형제원에 대한 정보구축은 아직 초보적인 단계에 불과하다. 이에 최근에 측위 및 항법시스템으로 활용되고 있는 GPS 방법으로 취득한 데이터를 활용해 선형 제원을 역으로 산출할 수 있을 것이다.

그러나 이때 GPS 수신기로 철도와 같은 선형 데이터를 취득하여 도형 적으로 표현하고자 할 때, 취득된 데이터

1) 정희원 · 세경대학 토목환경과 조교수(E-mail:cew5055@saekyung-c.ac.kr)

는 필요이상의 많은 데이터를 포함하고 있게 된다. 따라서 취득된 데이터를 이용해 선형을 표현하면 도면 제작상 불균질한 형상으로 읽기에 불편할 뿐만 아니라 많은 처리 시간을 요구하여 효율성이 저하될 수 있으며, 고밀도의 자료는 오히려 중요한 정보에 인식과 판단을 왜곡할 우려가 있다.

본 연구에서는 GPS에서 취득한 선형 데이터의 단순화를 통해서, 선형을 표현하는데 불필요한 데이터를 삭제하여 선형의 표현을 간결하고 명확하게 할 뿐만 아니라 공간 정확도를 향상시키고, 하나의 선형을 표현하기 위한 저장 공간의 효율성을 증대시키고자 한다. 각 일반화 방법 중 일반화 후의 선형 데이터의 감소비율과 공간정확도 등을 비교하였을 때, 가장 합리적인 일반화 방법을 결정하고자 한다.

또한 선형사상의 복잡성과 일반화 기법간의 차이를 알아보기 위해 4가지 방법을 적용하여 측정요소에 대한 감소비율과 선형의 위치오차를 평가하기 위해 일반화 전후의 벡터 변위량과 면적 생성량을 사용해서 일반화 기법들을 평가해보았다.

철도 선형 제원을 복원하기 위해서는 선형사상의 단순화 방법중 Douglas-Peucker Algorithm으로 필요한 데이터를 산출하여 철도 선형제원을 산출하였다. 이렇게 해서 산출된 제원과 설계도에서 제공하고 있는 기본적인 제원을 비교 분석하였다.

## 2. 선형 데이터의 일반화

### 2.1 알고리즘 종류

일반화와 관련된 주요 알고리즘은 여러 응용분야에서 개발된 것으로, 이들 알고리즘은 간단히 기하학적 성질을 이용한 것부터 프랙탈 차원을 이용한 다양한 알고리즘이 개발되었으며, 선형사상을 단순화하기 위해 적용되고 있는 알고리즘은 표 1과 같다(김갑래 등, 1996).

## 2.2 선형자료의 수학적 평가 모델

선형사상을 일반화 한 후에 자료에 대한 성격 규명을 위해서는 선형의 속성 변화를 야기하는 인자들을 이용하여 일반화 전후의 정량화 된 수학적 평가를 수행할 수 있을 것이다. 일반적으로 선형사상에서 수학적 평가모델로 제시되고 있는 사항들은 표 2와 같다(김갑래 등, 1996).

### 2.2.1 선형사상의 복잡성 수학적 평가

표 2에서 제시한 선형사상의 수학적 평가 모델에서 선의 복잡성과 관련이 있는 것은 선의 속성에 해당되는 것으로서 선형사상의 복잡성을 평가하기 위해 많은 연구자들이 몇몇 수학적 측정 법을 제안하였다. 이러한 복잡성 측정의 영역으로는 주로 길이, 밀도, 모남, 곡선구간의 측정이 있으며 그 값의 결정은 다음과 같다(Shahriari, 2002).

#### 1) 길이 측정

선의 길이는 선이 갖고 있는 가장 단순한 기하학적 속성이며, 이 속성은 선에 대한 복잡성을 단독으로 표현할 수 없지만 정점으로 구성된 선상에서 단순화 알고리즘의 효과를 알아보는 데는 사용할 수 있을 것이며, 일반화 전후의 길이 변화 비율은 식 (1)로 결정할 수 있다.

$$\left\{ \frac{\sum_{i=1}^m sls_{(i)}}{\sum_{j=1}^n slo_{(j)}} \right\} \times 100 \quad (1)$$

여기서, m은 단순화된 좌표 쌍의 수, n은 원래 선의 좌표 쌍의 수를 나타내며, sls는 단순화된 선상에서 각 부분의 길이를 나타내며, slo는 원래선상에서 각각 분할된 길이를 나타낸다.

#### 2) 밀도 측정

임의의 선에 대한 밀도는 선이 갖고 있는 상세함을 나타내는 빈도로서 표시되며, 밀도를 측정하기 위한 방법은 여러 가지가 있지만 밀도측정의 간단한 방법으로 좌표들의

표 1. 선형사상의 일반화 방법 알고리즘

처리기법	종류
독립점	규칙적 추출법(Nth point), 무작위 추출법
지역처리	점간 거리계산법, 점간 변화각 계산법, Jenk 알고리즘
구속조건	Lang 알고리즘, Dettori 알고리즘, Opheim 알고리즘, Johansen 알고리즘, Deveau 알고리즘, Roberge 알고리즘
전역처리	Douglas-Peucker 알고리즘, 가중 평균법, ε 필터링 기법, 수치보간법

표 2. 선형사상의 수학적 평가 모델

데이터 특성		주요 측정치
구분	특성	
선형의 속성 측정치	선 길이의 변화	선 길이의 변화량
		좌표의 변화 비율
	좌표의 변화량	단위 길이당 평균 좌표수
		단위 길이당 좌표 변화에 대한 표준편차
		각의 변화(합계)
	각의 변화량	각의 변화(+)
		각의 변화(-)
		단위 길이당 각의 변화
		곡선의 데이터
	곡선의 데이터	곡선화 구간의 변화수
		평균곡선 구간 수
		각각의 곡선 구간에 대한 누적거리
		곡선화 구간의 평균 거리에 대한 표준오차
선형의 변화 측정치	벡터 차이량	벡터 변화의 전체 길이
		단위 길이당 벡터 변화 수(+)
		단위 길이당 벡터 변화 수(-)
		단위 길이당 벡터 변화 길이(+)
		단위 길이당 벡터 변화 길이(-)
	다각형의 차이량	전체 면적의 차이량
		단위 길이당 다각형의 수(+)
		단위 길이당 다각형의 수(-)
	둘레의 변화량	면적 차이량에 대한 전체 둘레의 길이
		단위 길이당 다각형의 수(+)
		단위 길이당 다각형의 수(-)

수 변화 비율로 계산되며, 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\frac{m}{n} \times 100 \quad (2)$$

여기서, m은 단순화된 점들의 수를 말하며, n은 원래선의 점들의 수를 말한다.

3) 모남 측정

임의의 선에 대한 모남 정도는 선이 갖고 있는 기본적인 기하학적 특성으로 모남 측정은 선형에 있어서 연속하는 벡터 사이의 각들의 합으로서 표현되는데 단순화된 선에 대한 원래선상에서 측정된 값들의 비율로서 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\left\{ ABS \sum_{i=1}^{n-1} \text{angs}_{(i)} / ABS \sum_{i=1}^{n-1} \text{ango}_{(i)} \right\} \times 100 \quad (3)$$

여기서, *angs*는 단순화된 인접벡터 사이의 각 변화이고, *ango*는 일반화되기 전의 두 연속벡터 사이의 각 변화를 나타낸다.

4) 곡선의 측정

임의의 선의 곡선방향은 선상에서 굴곡 점의 수로 정의되어지며, 곡선의 방향은 각 변화 방향의 측정인 반면 모남 정도는 각 변화의 크기를 측정하는 것이다. 이 측정값의 비율은 식 (4)와 같다.

$$\frac{a}{b} \times 100 \quad (4)$$

여기서, a는 일반화 된 후 곡선분할 수이고, b는 일반화 전 곡선 분할 수를 나타낸다. 이들 주요 측정치에 대한 도해적인 표현은 그림 1~2와 같다.

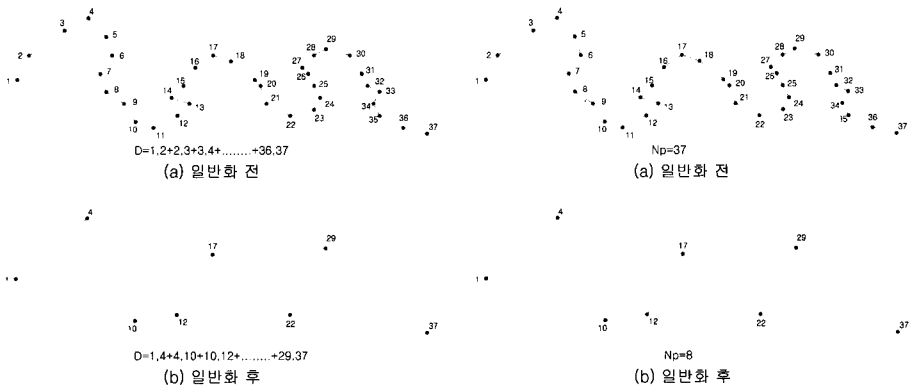


그림 1. 선형사상의 복잡성(길이, 밀도)

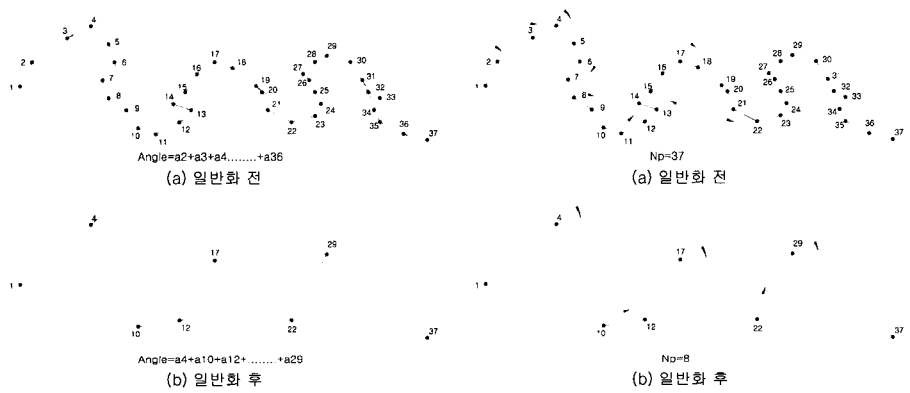


그림 2. 선형사상의 복잡성(모멘트, 곡선구간)

### 2.2.2 선형사상의 위치 오차 수학적 평가

일반화 알고리즘을 적용시켜 얻어진 데이터는 고유한 특성으로 인해 최초의 데이터가 지니고 있던 위치로부터 기하학적 변위를 지니게 된다. 따라서 이러한 변위량을 측정할 경우 일반화에 대한 평가가 가능하다.

일반화란 최초의 데이터에 대해 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 선형과 일반화가 종료된 시점에서의 선형에 대한 오차는 해당 알고리즘의 지형정보에 대한 질적인 수준을 결정하는 요소가 되며, 이러한 오차의 측정을 위한 도구로 사용될 수 있는 부분은 벡터변위량과 면적생성량 등 두 가지 요소를 이용하여 판단 할 수 있다.

먼저 벡터변위량은 그림 3과 같이 일반화 전·후의 수직거리를 측정하므로 얻을 수 있으며, 면적생성량은 그림 4에 표현된 바와 같이 일반화 전·후의 면적 차이를 측정하는 것으로 좌표법과 같은 공식을 이용하여 쉽게 계산이 가능하다.

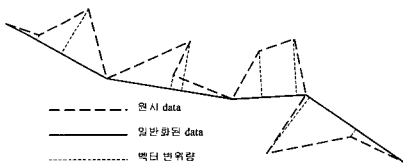


그림 3. 벡터 변위량

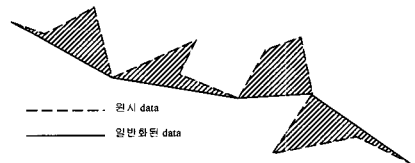


그림 4. 면적 생성량

### 3. 관측 및 결과 분석

#### 3.1 관측 대상지역 및 측량장비

철도선형 제원의 복원과 관련된 데이터를 측정하기 위한 대상지역은 강원도 영월 역에서 화력발전소로 이어지는 구간을 선정하여 측량하였다. 이 지역으로 택한 이유는 실제 기존선에서의 작업을 수행하는데는 열차 운행에 따른 위험성이 존재하여 이러한 위험성을 내포하고 있지 않은 지역을 택하게 되었으며, 이때 사용된 장비는 그림 5와 같은 Promark X 휴대용 수신기를 사용했으며, 사용장비의 정밀도는 수평위치가  $\pm 3m$ 을 확보할 수 있는 10채널 반송파 코드 수신기이다. 또한 복원결과를 비교하기 위한 데이터를 얻기 위해 TS(total station)측량을 실시하여 평면도에서 제시하고 있는 기본적인 제원을 적용하여 점검용 제원을 산출하였다. 점검용 데이터를 얻기위해 사용한 TS은 Trimble 5600이며, 이 장비의 정밀도는 거리측정에 있어서  $\pm(2mm+3ppm)$ 이다.

#### 3.2 수치해석

일반화 알고리즘을 적용시켜 수치해석을 하는 과정에서 가장 중요한 것은 허용치를 결정하는 문제이다. 허용치의 크기에 따라 일반화된 데이터의 양에 큰 차이가 있다. 즉, 허용치의 범위가 크면 데이터의 양이 현저히 감소될 수 있지만, 선형의 특징을 나타내는데 꼭 필요한 데이터가 삭제되었을 수도 있다. 반면 허용치의 범위가 작으면 데이터의 양이 상대적으로 많아 지게되어 선형의 특징을 표현하는데 필요치 않은 데이터도 포함될 수 있다.

1987년 Muller는 특정 축척 상에서 0.4mm의 값(예: 지도



그림 5. GPS 장비

상의 거리)이 시각적인 분리효과를 얻기 위한 최소 값이라고 밝히고 있는데, 이는 플로팅 펜의 두께와 사람의 눈이 지나는 해상력에 그 기준을 두고 있다(Robinson 등, 1991). 그러나 최근 들어 국내에서도 지도 출력을 목적으로 여러 종류의 필름 기록기가 지도제작 기관을 중심으로 도입되고 있으며 이러한 장비의 해상도는 대부분 0.1mm이상의 해상력을 제공하고 있고, 확인용 저가의 플로터인 경우도 0.2mm이상의 해상력이 제공되므로 Muller가 제시한 값 이하로도 허용치의 설정이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 확인용 저가의 플로터에서도 사용할 수 있는 0.2mm를 허용치로 사용하였다.

취득된 데이터를 선형 일반화 방법 중 Perpendicular distance (1), Perpendicular distance (2), Lang, Douglas-Peucker Algorithm 4가지의 기본이론으로 수치해석 프로그램 작성하였으며, 철도선형제원의 계산과정에서 사용한 허용치는 모두 축척 1/10,000일 때 시각분리효과 최소 거리인 2m을 사용하였다.

#### 3.3 철도 평면선형제원 복원 수치계산

직선구간에서의 1차 함수의 기울기는 직선구간의 존재하는 데이터에 따라 변화를 보이므로, 직선구간으로 판단된 구간 내 모든 점을 데이터로 사용하여 최소 제곱의 원리를 적용하여 두 직선의 직선식을 계산한다. 다른 직선구간도 같은 방법에 의하여 1차 함수를 구하고, 두 개의 1차 함수의 해를 구하여 교점(IP)의 좌표를 계산하였다.

각 방향의 1차 함수로 결정되는 직선방향의 마지막 점을 완화곡선의 시·종점으로 간주하여 곡선상에서 얻어진 3점식 원방정식을 이용 중심점의 위치 및 곡선반경을 구하였다. 이렇게 구해진 곡선상의 기본요소인 교점의 위치(I.P), 곡선반경(R), 원곡선의 중심위치  $O(x, y)$ 가 결정되면 평면도에서 제시하는 완화곡선 설치를 위한 해당 급선에서의 상수 값을 이용하여 철도선형에 필요한 제원들을 계산할 수 있다. 또한 직선구간 시점의 좌표, 교점의 좌표, 종점의 좌표가 계산되어진 후에는 GPS 좌표를 평면직각 좌표로 변환하여야한다. 이때 좌표의 변환은 평면위치를 복원하기 위한 내용이므로 2차원 등각 좌표변환방법을 사용했다. 이렇게 얻어진 기본 선형제원을 이용하여 철도선형 계산 프로그램을 사용하여 20(m) 간격의 데이터를 산출하였다.

#### 3.4 결과 및 분석

##### 3.4.1 단순화 방법별 선형의 복잡성 평가

단순화 알고리즘이 서로 다른 방법을 사용하여 단순화 전후의 선형요소의 복잡성을 평가하기 위해 측정데이터의

허용치를 0.5m부터 5m까지 증가시켜 식 (1)~(4)에 의한 비율을 구한 결과가 그림 6~11에 나타나 있다.

1) 일반화 전후의 길이 감소 비율

첫 번째 선형요소의 복잡성 측정으로 시도한 것은 길이의 백분율 변화를 평가하기 위한 것으로 그 결과가 그림 6과 같다. 일반적으로 설 길이에서 백분율 변화는 선이 점점 단순화됨에 따라 감소되어지는 것으로 나타났으며, Lang 알고리즘을 적용한 결과가 선 길이 변화율에서 느리게 감소하는 형태를 보이며, 다른 세 가지 방법은 거의 유사하게 감소되는 경향으로 나타났다. 즉 감소비율은 선형요소의 복잡성에 의존하고 있다고 할 수 있다.

2) 일반화 전후의 밀도 변화 비율

그림 7은 선형요소의 복잡성 평가에서 단순화 전후의 밀도 변화비율을 구하기 위한, 즉 좌표들의 변화비율을 구하기 위해 식 (2)를 적용시켜 나타난 결과이다. 이 그림에서

알 수 있듯이 점들의 수가 단순화됨에 따라 감소하는 경향으로 나타나고 있다. 특히 허용 값을 2까지 적용시켰을 때 감소 속도가 빠르게 변하다가 그 이후에는 서서히 감소하는 형태로 나타났으며, 이 점들의 감소비율도 선형요소의 복잡성 측정에 의존하고 있는 것으로 볼 수 있다.

3) 일반화 전후의 모난 정도 변화 비율

그림 8은 선형요소의 복잡성 평가에서 모난 정도, 즉 단순화 전후의 각의 변화를 알아보기 것으로 식 (3)을 적용시켜 구한 결과이다. 그 결과 선형요소에 대한 각의 변화를 수학적 평가로 활용할 경우 그림 8에서 볼 수 있듯이 단순화의 허용범위가 증가할수록 각의 변화비율은 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 단순화 알고리즘을 서로 다르게 적용시켰을 경우에는 크게 차이가 나지 않는 것으로 나타났다.

4) 일반화 전후의 곡선변화 비율

그림 9는 곡선구간수의 변화량을 이용하여 선형요소의

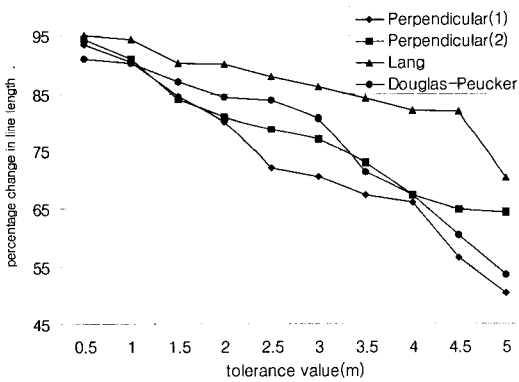


그림 6. 방법별 선형요소의 길이변화율

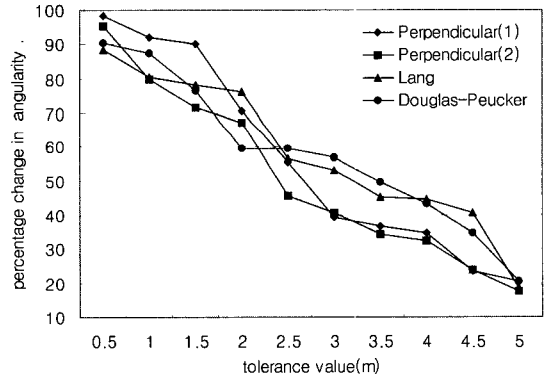


그림 8. 방법별 모난 정도 변화 비율

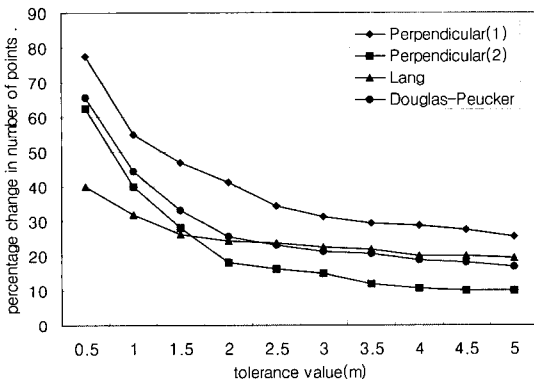


그림 7. 방법별 측정 데이터의 밀도 변화 비율

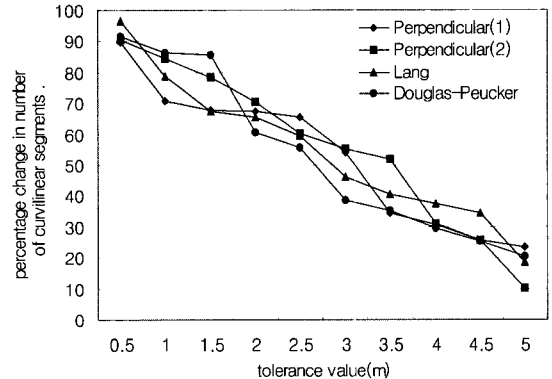


그림 9. 방법별 측정 데이터의 곡선변화 비율

복잡성 측정을 위한 것으로 식 (4)를 적용시켜 계산한 결과를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 허용치를 증가시켰을 경우 단순화 이후로 곡선구간의 수가 감소하는 것으로 나타나고 있다. 또한 알고리즘이 서로 다른 경우를 적용시켜 본 결과에서도 단순화 비율의 약간차이는 발생했지만 현격하게 차이가 발생하는 것은 없었다. 이 곡선구간의 변화는 그림 8과 비교했을 때 각변화와 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

선형요소의 복잡성 측정에 따른 변화비율을 비교했을 때 모든 선형 알고리즘은 단순화 전후의 기하학적 위치 사이에서 불일치가 발생하게 되는데 이 불일치는 선들의 기하학적 복잡성에 높게 의존하고 있으므로 선들의 기하학적 복잡성에 대해 단순화의 효과를 찾는 것은 매우 중요하다. 하지만 단순화 알고리즘을 평가하기 위해 선형요소의 복잡성측정을 이용하는 것은 실질적이지 못하고 다른 평가요소와 연계시켜 고려해야 할 것이다. 이는 선형요소의 모양에 따라 복잡성이 다르기 때문이다.

### 3.4.2 선형요소의 위치 오차 수학적 평가

단순화 결과를 활용한 선형제원의 복구를 위해 최적 일반화방법결정에 사용된 데이터는 관측대상지역에서 측정된 데이터의 허용치는 0.5(m)부터 4가지방법 중 3개의 방법에서 점의 제거율이 80(%)이상인 5(m)까지 0.5(m)씩 증가시켜 허용 값에 따른 벡터변위량과 면적생성량을 계산하였다.

선형요소의 단순화와 관련된 가장 중요한 사항은 불필요한 데이터를 삭제하면서 원형을 유지하는 것이라고 할 수 있다. 즉 이것은 원래 선형요소와 위치오차를 최소화시키는 것으로 표현할 수 있는데, 그림 10과 그림 11에서 보

는 바와 같이 허용치를 증가시키에 따라 모든 단순화 방법은 데이터의 감소수가 증가함을 알 수 있다. 벡터변위량과 면적 생성량의 변화 측면에서 판단했을 경우 단순화 알고리즘에서 Douglas-Peucker 알고리즘을 적용시켰을 때 허용치에 따라 변화가 가장 적게 나타난다.

GPS에 의해 취득된 선형 데이터는 Douglas-Peucker에 의해서 일반화를 시켰을 때, 선형의 표현에 불필요한 점들을 삭제시키고 데이터의 선형의 표현을 간결하고 명확하게 하여 공간 정확도를 향상시키고, 하나의 선형을 표현하기 위한 최소의 저장공간의 효율성을 증대시킬 수 있으리라 판단된다.

### 3.4.3 철도선형제원 복원 결과

선형요소를 단순화하기 위한 4가지 단순화 알고리즘을 적용시켜 본 결과 Douglas-Peucker 알고리즘이 위치오차를 가장 적게 발생시키는 것으로 나와 이 방법을 가지고 GPS 방법으로 취득된 자료를 이용하여 단순화 시킨 후 일부구간에 대한 선형제원의 복원 결과 및 일반화 방법을 적용시키지 않았을 때 복원결과는 표 3과 같다.

표 3에서 보여주는 것처럼 선형제원이 누락된 구간에서 GPS를 이용한 좌표취득을 통해 선형제원을 복원한 결과 선형 단순화 작업을 거치지 않고 복원한 결과는 곡선상의 주요지점에서 X값에서는 최대 11.443m의 편차를 보이고 있으며, Y값에서는 8.440m의 편차를 보이고 있는 반면 단순화를 적용시켜 불필요한 점들을 제거한 이후에 주요 점들의 좌표결과를 비교하면 X값에서는 최대 3.045m의 편차를 보이고 있으며, Y값에서는 2.847m의 편차로 줄어들었다. 이처럼 불규칙한 선형데이터를 단순화 작업을 수행했을 경우 위치오차를 줄일 수 있게 되었으며, 그림 12는

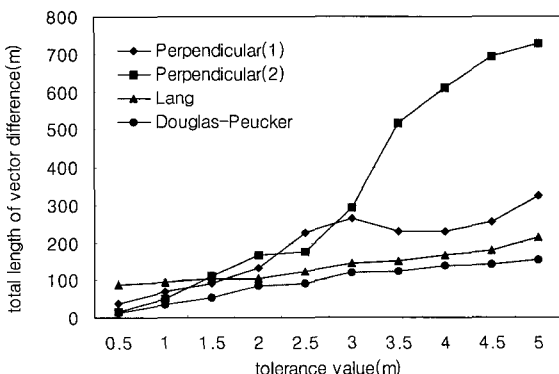


그림 10. 방법별 벡터 변위량

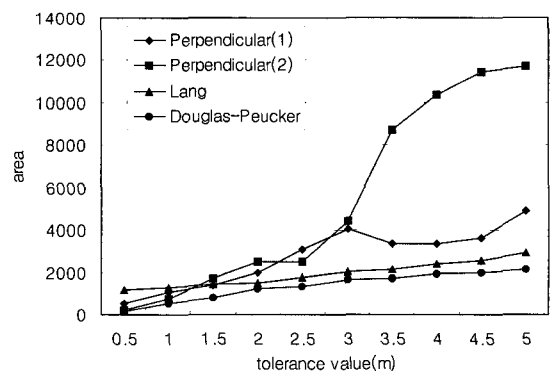


그림 11. 방법별 단순화 후 면적생성량

표 3. 철도평면선형 주요 제원 복원결과

구분	점 검 용 측량결과(1)	일반화 적용전 복원 결과(2)	일반화 적용 후 복원 결과(3)	편차		
				(1)-(3)	(1)-(2)	
곡선반경(R)	300	290.564	296.986	3.014	9.436	
교각(I.A)	53° 29' 58"	52° 13' 23"	53° 20' 23"	10' 35"	1° 16' 35"	
완화곡선장(L)	43.222	44.576	43.674	-0.452	-1.354	
횡거(X1)	43.200	44.550	43.650	-0.450	-1.350	
이정량(F)	0.262	0.288	0.271	-0.009	-0.026	
접선장(T.L)	172.998(m)	164.900	171.202	1.796	8.098	
곡선장(C.L)	323.441(m)	309.528	320.271	3.170	13.913	
완화곡선시점(S.P)	X(m)	408202.553	408192.380	408199.949	2.604	10.173
	Y(m)	153176.310	153177.152	153176.443	-0.133	-0.842
원곡선시점(P.C)	X(m)	408159.467	408148.024	408156.422	3.045	11.443
	Y(m)	153179.623	153181.452	153179.879	-0.256	-1.829
원곡선종점(C.P)	X(m)	407959.059	407962.062	407959.403	-0.344	-3.003
	Y(m)	153294.265	153289.618	153292.628	1.637	4.647
완화곡선종점(P.S)	X(m)	407934.364	407936.395	407934.390	-0.026	-2.031
	Y(m)	153329.726	153326.048	153328.417	1.309	3.678
교점(I.P)	X(m)	408029.795	408027.897	408029.000	0.795	1.898
	Y(m)	153185.430	153188.865	153185.732	-0.302	-3.435
곡선중심점(O)	X(m)	408196.756	408190.757	408194.226	2.530	5.999
	Y(m)	153477.296	153468.856	153474.449	2.847	8.440

복원된 결과를 이용해서 일부분에 대한 중심선에서의 곡선상 위치관계를 나타낸 것이다. 이 그림에서 알 수 있는 것처럼 단순화 이후의 선형이 본래의 선형에 근접하고 있는 것으로 나타났다.

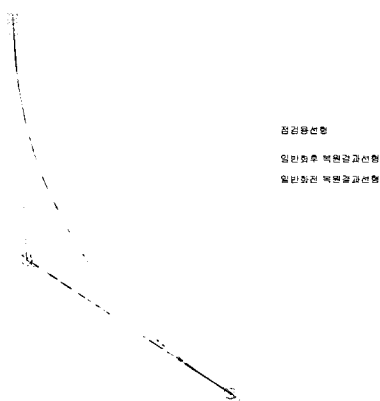


그림 12. 철도 선형의 복원 결과

#### 4. 결 론

철도 선형제원을 복원하기 위해 GPS로 취득한 데이터를 선형자료를 일반화시키는 방법중 4가지 방법을 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 철도선형이 누락된 부분의 제원을 복원시키고자 적용된 단순화 알고리즘중 단순화 전후의 위치오차를 작게 발생시키는 방법은 Douglas-Peucker Algorithm으로 나타났으며, 단순화 전후의 알고리즘별 선형의 복잡성을 이용하여 분석한 결과 알고리즘간의 특별한 차이는 발견되지 않았다. 따라서 일반화 전·후의 데이터에 의한 선형의 기하학적 특성에 큰 영향을 주지 않고, 단순화에 따른 저장용량을 줄일 수 있고, 데이터의 처리속도를 개선하는 최적의 선형 단순화 방법으로는 Douglas-Peucker Algorithm이 적합하다.

2. 철도선형의 설계 제원을 GPS를 활용한 데이터 획득을 통해 복원했을 경우 선형의 단순화 작업을 거치지 않고 복원한 결과보다 단순화 작업을 거친 후 복원 결과가 대체로 양호한 결과를 나타내고 있으며, 이러한 단순화 알고리



좁은 불필요한 점들을 제거할 수 있는 방법으로 적용할 수 있었다. 또한 현장에서 측정한 데이터를 이용하여 훼손되거나 유실된 철도의 평면선형 설계제원을 복원할 수 있으며, 복원결과를 향상시키기 위해서는 정밀도가 좋은 GPS 기법을 활용한다면 정확한 평면선형을 복원할 수 있을 것이다.

### 참고문헌

곽강울, 이호남, 김명배 (1995), 소축척 지도제작을 위한 데이터 감축 기법에 관한 연구, 한국측지학회지, 한국측지학회, 제 13 권, 제 2호, pp. 77-83.  
 김감래, 이호남 (1994), 선형성 지형자료의 일반화에 대한 효율적인 알고리즘에 관한 연구, 한국측지학회지, 한국측지학회, 제 12권, 제 1호, pp. 43-52.  
 김감래, 이호남 (1996), 일반화 기법을 이용한 소축척 지도의 자동 생성 및 정확도 평가에 관한 연구, 한국측지학회지, 한국측지학회, 제 14권, 제 1호, pp. 27-38.

김감래, 이호남, 박인해 (1992), 지도 일반화에 따른 단순화 알고리즘의 평가에 관한 연구, 한국측지학회지, 한국측지학회, 제 10권, 제 2호, pp. 63-71.  
 Cromly, R.G. (1992), *Digital Cartography*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, pp. 214-221.  
 Douglas, D. H. and Peucker, T. K. (1973), Algorithms for The Reduction of Number of Points Required to Represent a Digitized Line or its Caricature, *The Canadian Cartographer*, Vol. 10, No. 2, pp. 112-122.  
 Monmonier, M.S. (1982), *Computer-Assisted Cartography*, Prentice-Hall, pp. 170-175.  
 Robinson, A. H. et. al. (1991), *Element of Cartography*, John Wiley & Sons Inc., New York, pp. 251-254.  
 Shahriari, N. N. (2002), *A New Approach for Simplification of Linear Vector Data for Internet based GIS Applications*, Master's Thesis, University of Calgary, Calgary, pp. 30-43.  
 Thapa, K. (1988), Automatic Line Generalization Using Zero-Crossings, *Photogrammetry Engineering & Remote Sensing*, ASPRS, Vol. 4, pp. 512-517.  
 Wolf, P. R. and Ghilani, C. D. (1996), *Adjustment Computations*, John Wiley & Sons Inc., New York, pp. 335-340.

---

(접수일 2004. 2. 9, 심사일 2004. 3. 5, 심사완료일 2004. 3. 11)