

연구논문

SA해제 이후 GPS데이터의 교통정보수집 적용가능성 평가 Evaluation of GPS Data Applicability to Traffic Information Collection after SA Removal

최기주¹⁾ · 장정아²⁾ · 심상우³⁾

Choi, Kee Choo · Jang, Jeong Ah · Shim, Sang Woo

要 旨

GPS오차 중 하나였던 SA>Selective Availability)에 의한 오차의 제거 이후(2000년 5월 1일 기점) GPS 오차의 해제 전후의 교통정보의 신뢰성을 비교하고, GIS-GPS 교통정보수집단계에서의 수집신뢰성을 높일 수 있도록 하는 방안을 제시하는 것이 본 연구의 주요목적이다. 크게 두 가지를 다루고 있는바, 첫 번째는 GPS의 오차의 변화에 대한 것으로 GPS수신기에서 1초마다 수집된 원시데이터에 대하여 SA 해제 전과 후의 정확도를 고정점밀도를 이용하여 분석하였고 그 결과 SA 해제 후에는 도로중심선에서 20m의 범위 안에 전체 GPS 포인트의 87.23%가 포함된 반면 해제 전에는 29.94%가 포함되어 SA 해제 이후 GPS데이터의 이용가능정도 및 정확도가 전체적으로 향상된 것을 알 수 있었다. 두 번째는 5분¹⁾동안 수집된 모든 자료에 대하여 각 링크의 참통행시간(실측통행시간)과 프로브차량의 통행시간의 차이를 산출하였다. 실측통행시간과 구간통행시간의 비교 결과 버퍼크기가 SA 해제 전(60m)보다 작은 40m에 가장 오차가 작게 산출되었다. 이는 SA 해제 이후 GPS 오차의 감소로 버퍼크기를 축소해도 산출된 구간통행시간의 신뢰도에는 관계가 없다는 것을 보여주는 것이 된다. 하지만 SA 이외에 다른 오차는 여전히 존재하기 때문에 버퍼설계 시 GPS 오차를 완전히 무시하기는 힘든 것으로 나타났다. 하지만 구간통행시간의 오차평균을 볼 때 DGPS를 사용하지 않고 단지 GPS만 이용해도 교통정보의 획득을 위한 이용에 큰 문제가 없다고 판단되어졌다.

핵심용어 : SA 해제, GPS 정확도, 고정점밀도, 버퍼크기, DGPS

Abstract

The purpose of this paper is to evaluate the applicability of GPS data for real-time traffic information collection, especially after SA removal. Two major results have been reported. One is the GPS data availability and/or useful data point density for travel time estimation using Circle-X algorithm. 87.23% of data points can be mobilized after SA whereas only 29.94% of data was useful in calculating travel time. The other is the possible reduction of the buffer size that is used for screening the points of all GPS into useful and useless data, respectively. With these outcomes, it is safely expected that the regular GPS alone can provide the data points for real-time travel time estimation instead of the more expensive DGPS system.

Keywords : SA Removal, GPS Accuracy, Fixed Density, Buffer Size, DGPS

1. 서 론

의 설치와 확대 및 운영이 지속적으로 이루어지고 있다 (Zito R, et al. 1995) 또한 최근의 텔레메틱스에 대한 관심과 투자의 증대로 실시간 교통정보에 대한 기대는 점점 더 증가하고 있다. 특히 가로망의 소통 상황을 직접 인식할 수 있는 구간 통행시간 혹은 평균 통행 속도는

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 국도 및 고속도로 그리고 도시부도로에 이르기 까지 ITS(Intelligent Transportation System; 이하 ITS)

2004년 1월 19일 접수, 2004년 2월 24일 채택

- 1) 정희원 · 아주대학교 환경건설교통공학부 교수 (E-mail: keechoo@ajou.ac.kr)
- 2) 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 박사과정 (E-mail: azang@ajou.ac.kr)
- 3) 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 석사과정 (E-mail: artmania@ajou.ac.kr)

1) 교통정보의 분석주기를 5분으로 설정하였기 때문에 5분이 통행시간 추출 기본단위임

이미 가장 중요한 교통정보로 인식되고 있다. 구간에 대한 실시간 통행시간을 산출하기 위해서는 기본적으로 수집 체계가 요구되며, 구간에 대한 통행시간을 산출하기 위해 고안된 많은 수집 체계 중 특히, 실시간 차량 모니터링 목적으로 개발된 프로브(probe) 차량은 소요 인원이 적고, 지속적으로 자료를 수집할 수 있는 장점으로 이미 다양한 유형의 시스템으로 개발되었으며 또한 지속적으로 발전 중에 있다. 프로브 차량을 이용한 방법 중 가장 널리 애용되는 방법은 그림 1과 같이 GPS(Global Positioning System; 이하 GPS)를 차량 내에 장착한 구간검지기술이며 GPS의 특성을 가지고 이를 구간 검지에 이용할 시에는 DGPS(Differential Global Positioning System; 이하 DGPS) 또는 Map Matching 등의 추가적으로 기술이 요구된다(FHWA, 1998)

특히 GPS의 오차가 클 경우에는 교통정보로서 데이터의 부정확성을 가져올 수 있다. GPS 오차 중 주요한 오차원인이 되었던 SA(고의 잡음, Selective Availability, 이하 SA)이 2000년 5월 1일 자정(미국시간)을 기해서 제거되었다. 따라서 GPS에 대한 신뢰성은 SA 포함 전보다 이 날을 기해 보다 정확하여졌으며, 교통정보의 수집시스템에서의 SA의 해제에 따른 신뢰성 문제를 다시 확인해 볼 필요가 있다.

본 연구에서는 SA의 해제 이후 GPS 구간정보체계의 수집데이터 차원의 오차를 실험적 방법으로 도출하고, 구간검지체계의 설계에 있어 중요한 시사점을 확인하고자 한다. 본 연구는 GIS-GPS 교통정보수집단계에서의 수집신뢰성을 높일 수 있는 기반 연구로서 중요한 가치를 가지고 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법론

연구의 범위는 우선 공간적으로 간선도로에 중점을 두었고, 분석 주기 동안 교통정보의 참값(실측통행시간)을

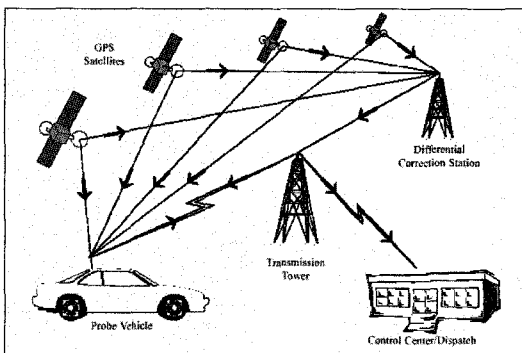


그림 1. GPS 프로브 차량을 이용한 교통정보 수집방법

도출하기 위해 약 1km 구간 4개의 링크에 제한을 두어 실험을 실시하여 이에 대한 SA오차의 변화와 통행시간의 신뢰성을 검토하였다.

본 연구의 흐름 및 방법론은 그림 2와 같다.

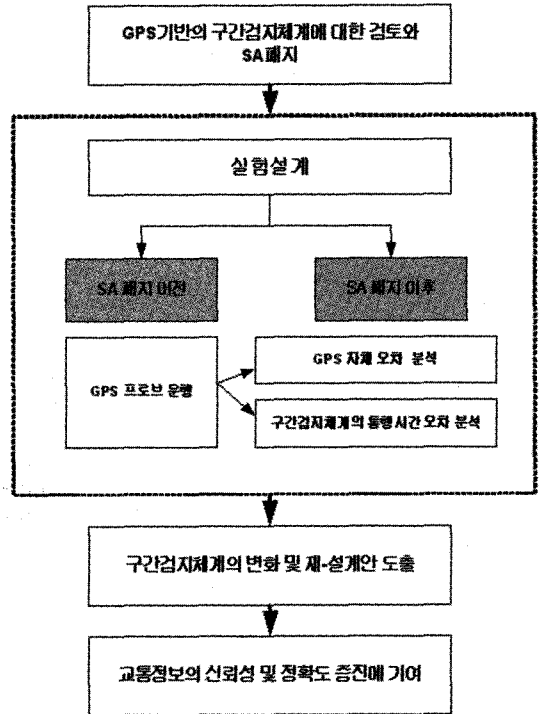


그림 2. 연구수행흐름도

2. 이론적 고찰

2.1 GPS(Global Positioning System)

GPS는 미 국방성에서 자국의 군사 목적을 위하여 개발한 것으로 지구상 어디에서나 기후에 구애 받지 않고 표준 좌표계에서의 위치, 속도, 시간측정을 가능하게 해 주는 인공위성을 이용한 첨단 항법 시스템이다(Cesar A. Quiroga, Darcy Bullock, 1998). 이는 정확한 위치를 알고 있는 인공위성에서 발사된 전파를 수신하여 위성에서 관측점까지 전파가 도달되는 시간을 측정함으로써 고정 관측점 또는 이동 물체의 위치를 측정할 수 있는 위치 측정 시스템이다.

GPS는 모두 24개의 위성으로 구성되는데 이 중 21개가 항법에 사용되며 3개의 위성은 예비용으로 배치된다. 모든 위성은 고도 20,200 km 상공에서 11시간 58분을 주기로 지구 주위를 돌고 있으며 궤도면은 지구의 적도면

과 55도의 각도를 이루고 있다. 모두 6개의 궤도가 있으며 60도씩 떨어져 있고 한 궤도면에는 4개의 위성이 위치한다. 이와 같이 GPS 위성을 지구 궤도상에 배치하는 것은 지구상 어느 지점에서나 동시에 5개에서 8개까지 위성을 볼 수 있게 하기 위함이다.

GPS측량의 기본 원리는 삼각측량법이다. GPS 위성은 자신의 ID code와 궤도위치, 시간정보를 송출하게 되고 GPS 수신기는 위성에서 발사하는 이들 정보를 수신하여 자신의 위치를 계산한다. 2개의 위성정보를 받으면 자신이 위치 가능한 선형 궤적을 유추할 수 있고, 3개의 위성정보를 받으면 평면상의 한 점으로 자신의 위치가 파악되며, 4개의 위성정보를 받으면 공간상의 한 지점으로 위치식별이 가능해진다(Laurence W. Carstensen, Jr., 1998).

2.2 GPS오차와 SA의 제거

GPS와 같은 시스템에서는 많은 고유오차를 가지고 있다. 이것은 인공위성궤도오차(Satellite Orbit Errors), 다중경로오차(Multi-path Errors), 수신기 잡음오차(Receiver Noise Errors) 그리고 대류권과 전리층 오차, 좌표 변환 오차, SA 오차 등을 포함한다. 인공위성궤도오차는 위성의 정확한 궤도를 계산에 대한 한계 때문에 발생한다. 위성시계오차는 GPS위성에 사용되는 시계와 수신기에서 사용하는 시계의 오차에 대한 보정이 제대로 이루어지지 않았기 때문에 발생한다. 다중경로오차는 예를 들어 급경사면(Escarpment) 혹은 큰 빌딩으로부터 반사된 신호가 GPS수신기에 수신되는 경우에 발생한다. 수신기 잡음 오차는 GPS수신기가 신호를 얼마나 정확하게 수신하는가에 따라 발생한다. 이 오차가 일반적으로 수신기의 특성을 결정한다. 전술한 다른 오차들은 GPS 신호가 대류권과 전리층 등으로 인해 신호가 지연되어 발생하는 오차가 있다. 2차적인 오차의 요인으로는 GPS로부터 수신된 자료의 처리과정에서 발생한다. 이러한 오차는 자주 발생하는 것이지만 GPS의 좌표체계와 지도의 좌표체계를 적절하게 변환한다면 쉽게 제거될 수 있는 부분이다.

그러나, 지금까지 설명한 GPS 오차의 요인 중에서 가장 큰 요인은 미국방부에서 고의로 GPS 신호에 에러를 삽입한 SA 오차이다. SA는 시간에 따라 다양한 편차를 줌으로서 GPS 신호를 방해하는 것으로 비군사용 GPS 사용자들에게 정밀도를 의도적으로 저하시키는 조치이다. 표 1은 이러한 GPS 오차의 표준편차를 나타낸다.

일반적으로 SA 실시 시 오차는 100m 2dRMS가 된다. 미국의 연방방법플랜에 의하면 GPS측위 오차는 여하한 경우는 100m 2dRMS를 넘지 않도록 한다고 공시되어

표 1. GPS 오차의 표준편차

오차 원인	오차의 표준편차
SV 시계	1 m
위성 달력	1 m
Selective Availability	100 m
대류층	1 m
이온층	10 m
가상범위의 잡음	1 m
수신기 잡음	1 m
다경로	0.5 m
RMS 오차	15 m

있다. 여기서 측위 오차가 100m 2dRMS이내라는 것은 “100m twice the root mean square horizontal error”의 약어로 평면에서 95% 오차 확률의 범위 내에서 위치오차가 100m임을 의미한다.

2.3 구간교통정보 수집설계안

구간교통정보의 수집체계에서는 도로구간(교차로에서 교차로)을 기본 링크단위로 하여 교통정보(통행시간 등)를 그림 3과 같이 수집하게 된다. GPS 및 AVL(Automatic Vehicle Location) 등과 같은 방법으로 수집하는 것일 일반적이다.

GPS 프로브 차량자료를 이용하여 실시간으로 통행 시간을 추정하기 위해서는 일반적으로 Circle-X 알고리즘을 기반으로 추정한다(최기주, 신치현, 1998).

통행시간을 추정하기 위해서는 두 연속된 노드간에 수집된 GPS 자료의 시간 차이로 간단하게 계산된다. 그러나 GPS로부터 제공된 지점 좌표 값이 어느 노드에 관련이 있는가에 대한 연계 작업이 필요하다. 또한, GPS 수신기는 오차가 내재되어 있는 자료를 수신하고, 수치지

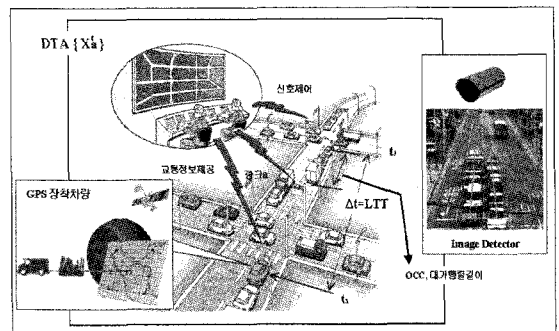


그림 3. 구간교통정보수집체계

도 또한 오차가 내재되어 있기 때문에 이를 허용할 수 있는 범위 (본 논문에서는 버퍼라 통칭 함)를 설정하여 GPS좌표와 노드를 연계시켜주는 작업이 필요한 것이다. Circle-X 알고리즘의 기본 개념은 이에 근거한다.

즉 GPS의 좌표가 특정 노드를 중심으로 설정된 버퍼 안에 들어온 경우 GPS 차량은 노드에 존재하고, 그렇지 않은 경우 노드를 지나거나 도착하지 않은 것으로 판단한다. 일정한 크기의 반경을 찾기 위해 버퍼크기(Buffer Size)를 변화시켜 가장 우수한 경우를 찾는 것이 일반적이다. 특정 노드를 중심으로 설정되는 버퍼의 크기는 분석하는 교차로의 사이즈, 링크의 길이, GPS 자료의 오차, 수치지도의 오차 등을 고려하여 설정하게 된다.

이러한 알고리즘의 개념은 그림 4와 같다. 그림 4는 GPS 자료를 이용하여 통행시간을 추정하는 방법을 설명하기 위해 나타낸 것이다. 링크 1의 통행시간은 먼저 노드 1과 노드 2에 가상으로 설정된 원에 포함된 GPS 좌표를 선정한다. 선정된 좌표 중에서 마지막 수신시간 자료를 각각 선정하여 두 자료의 시간 차이를 계산하면 이 값이 링크 1의 통행시간이 된다.

우선 수집된 GPS자료는 수치지도의 노드나 링크의 정보와 관계없이 좌표 값과 시간만을 제공하기 때문에 이를 통행시간 추정에 이용하기 위해서는 수치지도와와의 매

칭작업이 이루어져야 한다. 즉, GPS 자료를 수치지도의 자료 유형으로 변환하여 서로의 자료를 공유할 수 있도록 해야 한다. 그리고 수치지도에서 제공하는 노드 및 링크는 물리적으로 정의되어 있기 때문에 이를 다시 논리적 링크로 정의하는 작업이 필요하며 물리적 노드는 수치지도 제작 당시 정의된 도로의 물리적인 노드로 교차점, 횡단보도 등이 해당된다. 그러나 이 단위로 교통정보가 제공되지는 않으며, 교통정보 제공을 위해 재 정의된 노드 혹은 링크를 논리적 링크라 하며 이는 그림 5와 같다.

3. 실험설계 및 데이터 처리

3.1 시공간적 범위

SA해제 시점인 2000년 5월 1일을 기준으로 SA 해제 전과 SA 해제 후에 대한 GPS 프로브에 대한 실험을 다음과 같이 실시하였다.

- 공간적 범위
 - : 경기도 수원시 원천로(동수원병원~아주대 입구), 42번 국도에 해당(그림 6)
- 시간적 범위
 - : SA 해제 전: 1998년 11월 28일 11시-13시(정연식, 1999)
 - : SA 해제 후: 2004년 2월 11일 11시-13시

여기서 원천로는 편도 4차선에 좌회전 포켓과 버스전용차로가 운행되고 있고, 대부분의 교차로에서는 유턴이 가능하고, 연동화가 잘 된 간선도로이다. 여기서, 조사된 논리적 링크의 구간은 아래 그림 7과 같이 링크의 길이는 교차로 진출 후부터 교차로 진출 후까지가 된다. 이 지역의 공간적 기하구조는 표 2와 같다. 이러한 각 물리

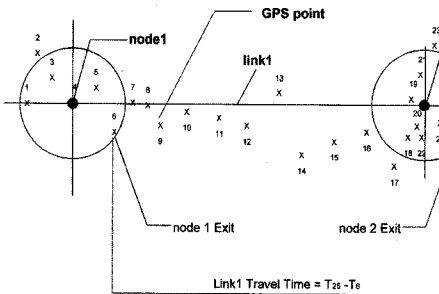


그림 4. Circle-X 알고리즘의 개념

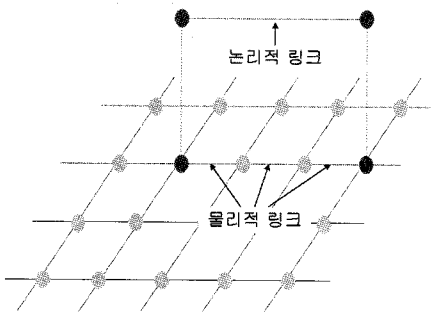


그림 5. 구간검지체계의 논리적 링크와 물리적 링크

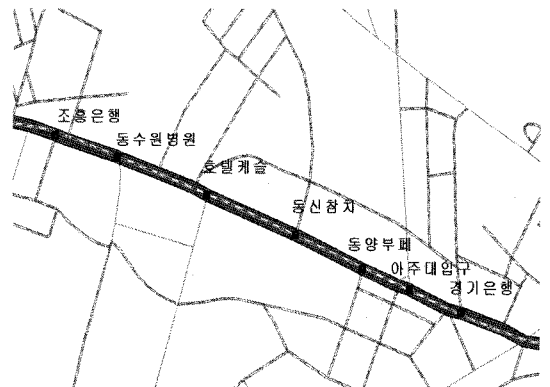


그림 6. 공간적 범위

표 2. 도로망에 대한 설명

번호	링크	링크길이
1	동수원병원~호텔캐슬	269m
2	호텔캐슬~동신참치	270m
3	동신참치~동양부페	206m
4	동양부페~아주대입구	141m

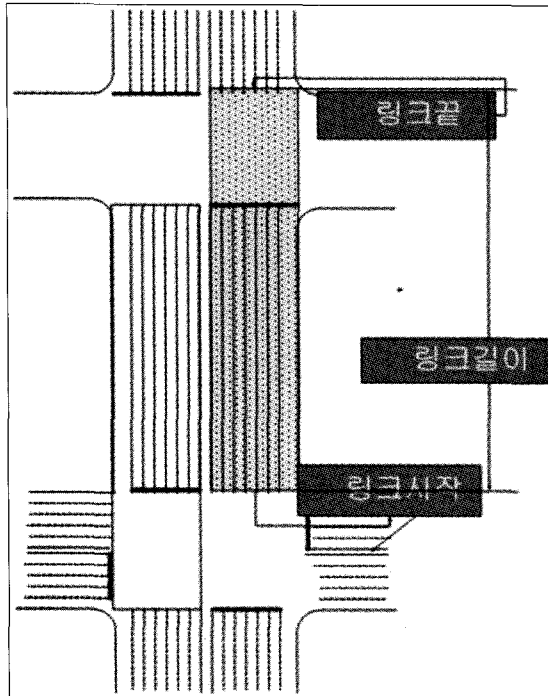


그림 7. 논리적 링크(교통정보수집단위)

적 링크가 논리적 링크와 동일하다는 가정 하에 연구를 진행시켰다.

3.2 실험방법

3.2.1 실험의 준비

실험을 위해 요구되는 것은 ①GPS수신기 ②노트북 ③캠코더 ④프로브차량 ⑤초시계 ⑥조사원 ⑦GIS map이 요구된다. 이러한 실험내역에서 사용된 수량과 기본 설명은 표 3과 같다.

3.2.2 실험방법

본 연구에서는 다음과 같은 두 가지 실험결과를 얻기 위한 방법으로 GPS 주행시험을 실시하였다.

첫 번째는 GPS의 오차의 변화는 해제 전후의 GPS의

표 3. 실험 준비사항

실험준비물	기능 및 역할	수량	기타
GPS 수신기	GPS 자료 수집	6	Trimble
노트북	GPS 자료 수집 데이터 실시간 저장	6	GPS와 연결
캠코더	링크간 참통행시간 추출	4	건물위설치
프로브 차량	통행시간샘플	6	-
초시계	프로브차량 통행시간 추출	6	-
조사원	-차량운행 -초시계로 GPS 통행시간추출 -캠코더 관리	16	-
GIS map	수치지도	1	-

정확도 변화를 고정점밀도의 개념을 도입하여 그 차이를 확인하였다. 두 번째는 교통정보 분석주기 5분을 설정 하였으므로 5분 동안 수집된 모든 자료는 시간적으로 동등한 자격을 부여하여 분석한 통행시간과 캠코더에 의해 수집된 각 링크의 참통행시간(실측통행시간)과 프로브 차량의 통행시간의 차이를 확인하고자 하였다. 첫 번째는 본 논문의 4장에 두 번째는 5장에 후술되고 있다.

3.3 데이터 (후)처리방법

통행시간의 추출을 위해서는 실험이후 off-line에서의 후처리를 실시하였다. 먼저 GIS수치지도와 GPS에 의해 수집된 x,y 좌표 및 통행시간에 대한 자료를 동일하게 지도에 매칭하기 위해 좌표변환을 하였다. 이후 버퍼크기를 달리하며 버퍼간 통행시간을 산출하였다. 이때 활용한 GIS 프로그램은 ARCGIS, ARCVIEW를 이용하였으며 그러한 흐름은 그림 8과 같다.

4. SA해제 이후 GPS정보에 대한 오차범위에 대한 결과

4.1 분석방법

SA해제 이후 GPS의 정확도를 런던 도로에 대한 전자수치지도를 이용하여 평가한 연구(Ochieng and Sauer, 2002)와 유사한 방법을 이용하여 SA해제 이후 도로망에 대한 위치의 정확도를 분석하였다.

Ochieng and Sauer(2002)는 SA해제 이후 GPS의 정확도 및 오차는 고정점밀도 이용하여 분석하였다. 고정

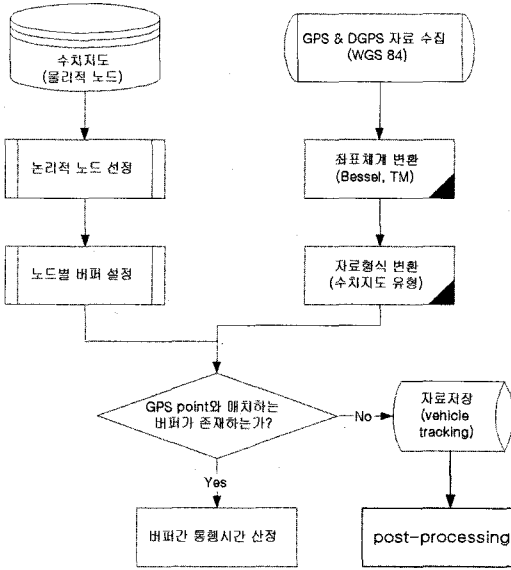


그림 8. 데이터 (후)처리방법

점밀도는 전체 고정점의 위치에서 주어진 정확성 요구에 맞는 점들의 수의 비율을 %로 나타낸 것이지만 본 연구에서는 전체 GPS 포인트 중 도로중심선을 기준으로 생성된 버퍼에 포함된 GPS 포인트의 비율을 나타내며 식 (1)과 같다.

$$F.D.(%) = \frac{n_d}{n_t} \times 100 \quad (1)$$

여기서, F.D.(%) : 고정점밀도(Fixed Density)

n_d : 버퍼 내 GPS 포인트 수

n_t : 총 GPS 포인트 수

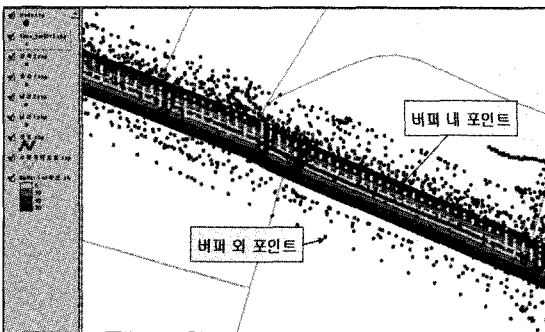


그림 9. 버퍼를 이용한 고정점밀도 분석 예

버퍼는 오차범위를 고려하여 생성하였으며, 본 연구에서는 오차범위로 5m, 10m, 15m, 20m를 적용하였다.

4.2 비교 결과

SA해제 전(1998.11.28) 조사한 GPS 포인트의 총 수는 9,051개이며, SA해제 후(2004.3.11)에 조사한 GPS 포인트의 총 수는 8,974개로 나타났으며, 각 버퍼 내에 포함된 GPS 포인트의 개수 및 고정점밀도는 표 4, 5와 같다.

표 4. 버퍼크기별 버퍼 내 GPS 포인트 수

구분	5m	10m	15m	20m
해제 전	437	880	1,536	2,606
해제 후	2,391	4,454	6,339	7,828

표 5. 버퍼크기별 고정점밀도

구분	5m	10m	15m	20m
해제 전	4.60%	10.03%	17.78%	29.94%
해제 후	26.64%	49.63%	70.64%	87.23%

표 5의 고정점밀도를 보면 SA해제 전보다 해제 후의 고정점밀도의 값이 높은 것을 알 수 있다. SA해제 전에는 버퍼크기가 가장 큰 20m인 경우에 약 30%정도가 버퍼 내에 위치하는 반면, 해제 후에는 87%정도가 버퍼 내에 위치한다. 버퍼크기가 20m인 경우는 차로폭이 3m라고 가정할 때 편도3차로 도로로 볼 수 있으며, 버퍼 내에 위치한 GPS 포인트는 도로 위에 위치한 GPS 포인트라고 할 수 있다. 즉, 고정점밀도가 높을수록 도로 위에 위치한 GPS 포인트가 많다는 것이므로 SA해제 이후 GPS의 오차가 해제 전에 비해 상당히 줄어든 것을 알 수 있으며, 이는 그림 10~그림 17을 통해 알 수 있다.

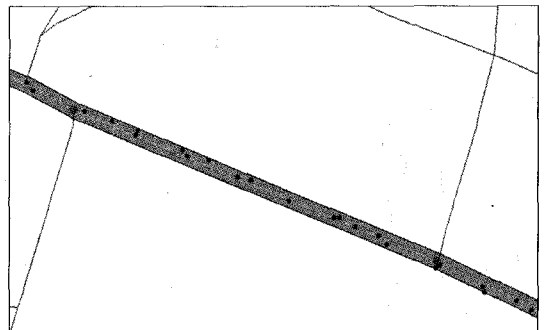


그림 10. SA 해제 전 5m인 버퍼 내 포인트 수

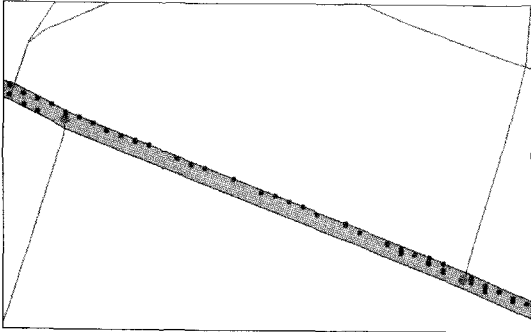


그림 11. SA 해제 후 5m인 버퍼 내 GPS 포인트 추출 상황

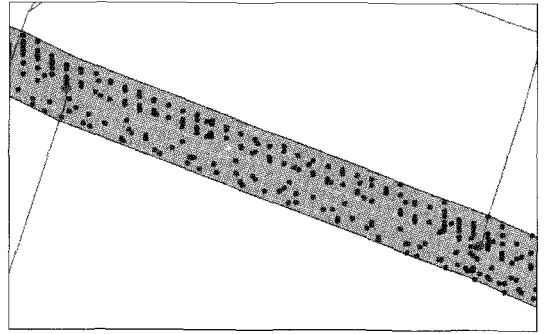


그림 15. SA 해제 후 15m인 버퍼 내 GPS 포인트 추출 상황

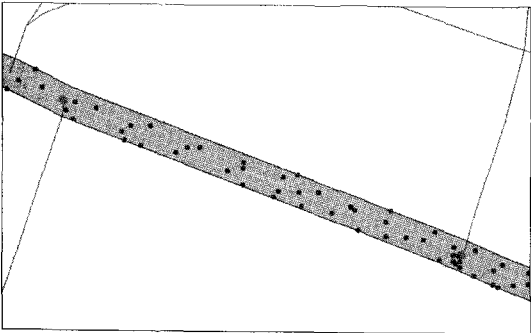


그림 12. SA 해제 전 10m인 버퍼 내 GPS 포인트 추출 상황

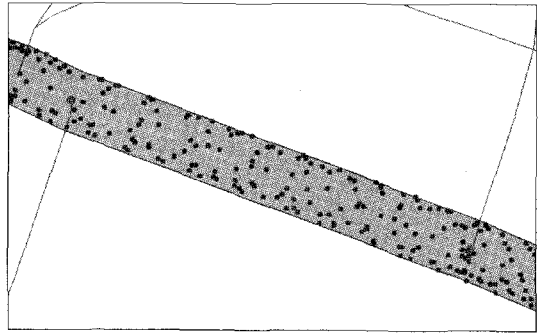


그림 16. SA 해제 전 20m인 버퍼 내 GPS 포인트 추출 상황

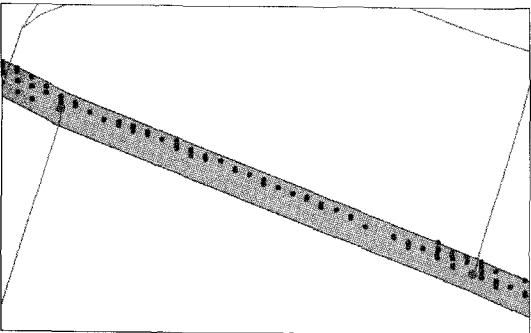


그림 13. SA 해제 후 10m인 버퍼 내 GPS 포인트 추출 상황

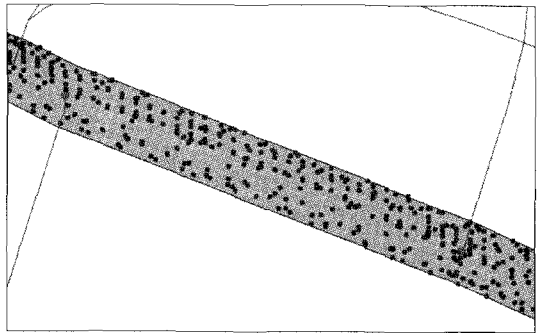


그림 17. SA 해제 후 20m인 버퍼 내 GPS 포인트 추출 상황

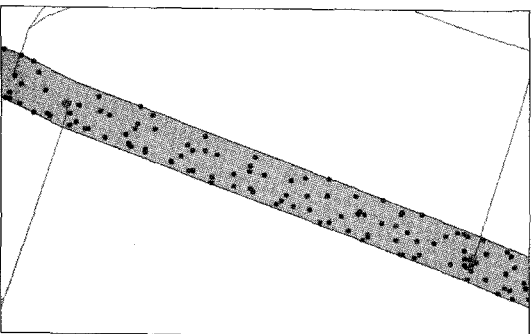


그림 14. SA 해제 전 15m인 버퍼 내 GPS 포인트 추출 상황

5. 구간교통정보의 신뢰성문제

5.1 버퍼 크기의 설계

버퍼크기는 일반적으로 교차로 반경, GPS 오차 및 수치지도 오차를 이용하여 설계하며, 그 방법은 그림 18과 같다.

그림 18에서 X(도로 횡단거리)는 도로왕복차로수×차로폭으로 산출하며, 이 때 차로폭은 도로에 따라 다양하게 나타나지만 일반적으로 이상적 조건인 3.5m를 적용한다. 차로수의 경우 왕복차로수로 직진 외 좌회전 및 우

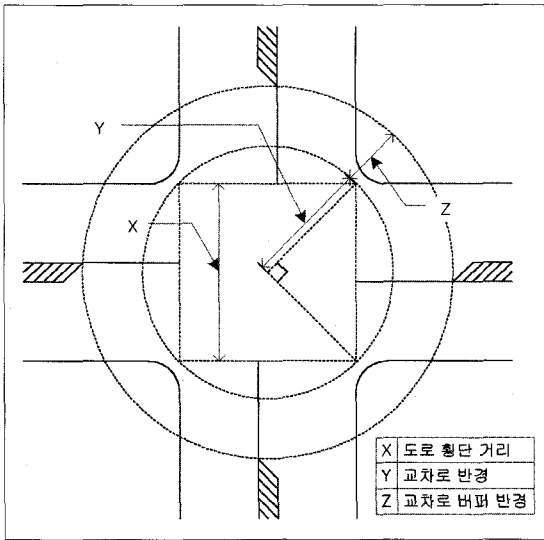


그림 18. 버퍼키기 설정 방법

회전 전용 포켓도 차로수에 포함시키고 교차로 반경 Y는 피타고라스 정리를 이용하여 구할 수 있다. 즉, $Y = X/\sqrt{2}$ 가 된다. 마지막으로 교차로 버퍼의 반경은 Z에 의해서 결정된다. Z는 GPS 오차와 수치지도 오차, 기타 도로의 다각정리에 의한 교차로 사이즈의 확장, 도로의 측방 여유폭 등과 같은 인자를 고려하여 분석자가 적절하게 설정하게 된다. 이러한 내용을 정리하면 식 (2)와 같다.

$$R_{buffer} = X/\sqrt{2} + E_{GPS} + E_{map} + \epsilon \quad (2)$$

여기서, R_{buffer} : 분석교차로의 버퍼 반경(m)
 X : 분석교차로 도로의 최대횡단거리(m)
 E_{GPS} : GPS의 허용오차(m)
 E_{map} : 수치지도의 허용오차(m)
 ϵ : 기타 오차

조사구간이 왕복 8차로 도로로 최대횡단거리(X)가 약 20m 정도 되므로 본 연구에서는 GPS 및 수치지도의 오차가 없는 경우 ($R_{buffer}=20m$), 수치지도 및 GPS 오차를 고려한 경우 ($R_{buffer}=40m$), SA해제 전 분석에 이용한 $R_{buffer}=60m$ 와 같이 3가지 경우로 나누어 분석하였다.

5.2 신뢰성 지표

본 연구에서는 신뢰성 지표로 실측통행시간과 GPS 구간통행시간의 차이를 이용하였다. 하지만 실측통행시간

과 GPS 구간통행시간의 차이는 +와 -의 부호를 가지기 때문에 오차의 평균 및 표준편차를 산출할 경우 두 부호간의 상쇄효과 때문에 신뢰성을 정확하게 반영할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 실측통행시간과 GPS 구간통행시간 차이의 절대값을 이용하였으며, 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R.I. = |LTT_{Real} - LTT_{GPS}| \quad (3)$$

여기서, $R.I.$: 신뢰성지표
 LTT_{Real} : 실측통행시간
 LTT_{GPS} : GPS 구간통행시간 추정치

5.3 신뢰성 비교결과

버퍼키기를 20m, 40m, 60m로 변화하면서 실측통행시간과 GPS 구간통행시간을 비교해 본 결과 SA 해제 전 (60m)과 달리 버퍼키기가 40m인 경우에 R.I.평균이 가장 작게 나타났다. 이와 같은 결과는 SA 해제 이후에 GPS 오차가 상당히 감소했다는 것을 보여준다. 왜냐하면 버퍼설계 시 GPS의 오차를 고려해주기 때문이다.

또한 이러한 GPS 정확도의 증가를 통해 GPS로 추정한 구간통행시간의 신뢰도 역시 증가하는 것을 알 수 있다.

표 6. 버퍼키기 20m일 때 SA 해제 전후의 R.I. (단위 : 초)

시점	종점	SA 해제 전			SA 해제 후		
		실측치	추정치	R.I.	실측치	추정치	R.I.
동수원 병원	호텔 캐슬	7	33.63	26.63	133	125.32	7.68
		22	33.63	11.63	111	107.50	3.50
		10	43.36	33.36	24	27.00	3.00
호텔 캐슬	동신 참치	7	18.68	11.68	20	23.56	3.56
		9	32.54	23.54	13	21.00	8.00
		11	18.678	7.68	13	20.67	7.67
동신 참치	동양 부페	41	35.48	5.52	10	17.50	7.50
		6	43.71	37.71	9	20.00	11.00
		20	39.53	19.53	14	16.50	2.50
동양 부페	아주 대 입구	6	42.03	36.03	15	15.67	0.67
		66	59.71	6.29	27	33.28	6.28
		13	40.35	27.35	21	31.42	10.42
R.I.평균		20.58			5.98		
R.I. 표준편차		11.85			3.28		

표 6과 표 7을 비교해보면 버퍼크기 20m인 경우의 R.I.평균이 40m인 경우와 차이가 크지 않다. 하지만 통행시간이 수집된 링크의 수가 40m보다 작다. 이는 SA 외에 다른 GPS 오차로 인해 GPS 포인트가 버퍼 내에 존재하지 않는 경우가 발생하여 통행시간을 산출하지 못했기 때문에 발생한다. 즉, GPS 오차 중 영향력이 가장 큰 SA는 해제되었지만 여전히 다른 오차가 존재하여 GPS 오차를 무시하고 버퍼를 설계하는 것은 무리가 있다는 것을 의미한다.

6. 결론 및 향후연구과제

최근의 텔레메틱스에 대한 관심과 투자의 증대로 실시간 교통정보에 대한 기대는 점점 더 증가하고 있다. 특히 가로망의 소통 상황을 직접 인식할 수 있는 구간 통행시

간 혹은 평균 통행 속도는 이미 가장 중요한 교통정보로 GPS, AVL 등의 다양한 구간검지체계로 수집이 가능하다. 이중 GPS 프로브 차량을 이용할 경우 GPS 오차가 포함이 되어 신뢰성을 저하시킬 수 있다. 특히 GPS 오차 중 주요한 오차원인이 되었던 SA가 2000년 5월 1일 자정(미국시간)을 기해서 제거되었다. 따라서 GPS에 대한 신뢰성은 SA 포함 전보다 이 날을 기해 보다 정확하여졌으며, 교통정보의 수집시스템에서의 SA의 해제에 따른 신뢰성 문제를 다시 확인해 볼 필요가 있다.

본 연구는 SA의 해제 이후 GPS 구간정보체계의 수집 데이터 차원의 오차를 실험적 방법으로 도출하는 것을 주요 목적으로 하고 있다. 이는 GIS-GPS 교통정보수집 단계에서의 수집신뢰성을 높일 수 있는 기반 연구로서 중요한 가치를 가지고 있다.

본 연구는 크게 두 가지를 다루고 있다.

표 7. 버퍼크기 40m일 때 SA 해제 전후의 R.I.

(단위 : 초)

시점	종점	SA 해제 전			SA 해제 후		
		실측치	추정치	R.I.	실측치	추정치	R.I.
동수원 병원	호텔 캐슬	7	33.63	26.63	131	125.32	5.68
		10	43.36	33.36	102	107.50	5.50
		24	48.44	24.45	131	123.31	7.69
		25	87.20	62.21	15	20.60	5.60
		49	29.18	19.82	16	21.40	5.40
호텔 캐슬	동신 참치	9	17.72	8.73	19	27.00	8.00
		11	18.67	7.68	20	23.56	3.56
		28	27.65	0.35	16	21.23	5.23
		12	28.46	16.46	20	26.12	6.12
		16	30.16	14.16	18	14.67	3.33
동신 참치	동양 부페	64	56.13	7.87	14	21.00	7.00
		19	41.46	22.46	14	18.50	4.50
		71	46.51	24.49	15	20.67	5.67
		21	43.71	22.71	33	39.45	6.45
		22	37.38	15.38	21	28.24	7.24
동양 부페	아주대 입구	12	61.05	49.05	12	17.50	5.50
		58	59.71	1.71	16	19.00	3.00
		7	40.35	33.36	14	20.00	6.00
		70	61.28	8.71	13	16.50	3.50
		65	61.28	3.72	31	25.00	6.00
R.I.평균		20.17			5.55		
R.I. 표준편차		15.71			1.41		

표 8. 버퍼크기 60m일 때 SA 해제 전후의 R.I.

(단위 : 초)

시점	종점	SA 해제 전			SA 해제 후		
		실측치	추정치	R.I.	실측치	추정치	R.I.
동수원 병원	호텔 캐슬	30	66.52	36.52	134	125.32	8.68
		7	33.63	26.63	111	107.50	3.50
		18	31.52	13.52	131	123.31	7.69
		53	32.13	20.87	27	18.33	8.67
		24	29.18	5.18	28	25.00	3.00
		9	60.8	51.8	21	27.00	6.00
호텔 캐슬	동신 참치	10	17.72	7.72	19	23.56	4.56
		12	27.65	15.65	18	21.23	3.23
		12	32.54	20.54	99	90.54	8.46
		20	30.16	10.16	34	39.45	5.45
		14	25.71	11.71	12	21.00	9.00
동신 참치	동양 부페	64	56.13	7.87	13	18.50	5.50
		29	46.51	17.51	20	24.24	4.24
		22	43.71	21.71	17	14.67	2.33
		25	37.38	12.38	20	15.67	4.33
		15	31.22	16.22	11	17.50	6.50
동양 부페	아주대 입구	34	42.03	8.03	25	19.00	6.00
		20	40.35	20.35	12	20.00	8.00
		30	59.71	29.71	13	16.50	3.50
		64	43.83	20.17	10	15.48	5.48
		R.I.평균		18.71			5.71
R.I. 표준편차		11.14			2.13		

첫 번째는 GPS의 오차의 변화는 해제 전후의 GPS의 정확도 변화를 고정점밀도의 개념을 도입하여 그 차이를 확인하였다. 분석방법으로는 SA 해제 전과 후의 정확도를 고정점밀도를 이용하여 분석하였다. 분석결과 SA 해제 후에는 도로중심선에서 20m의 범위 안에 전체 GPS 포인트의 87.23%가 포함된 반면 해제 전에는 29.94%가 포함되어 SA 해제 이후 GPS의 정확도가 향상된 것을 알 수 있었다.

두 번째는 5분 동안 수집된 모든 자료는 시간적으로 동등한 자격을 부여하여 분석한 통행시간과 컴퓨터에 의해 수집된 각 링크의 참통행시간(실측통행시간)과 프로브차량의 통행시간의 차이를 확인하고자 하였다.

실측통행시간과 구간통행시간의 비교 결과 버퍼크기가 SA 해제 전(60m)보다 작은 40m에 가장 오차가 작게 산출되었다. 이는 SA 해제 이후 GPS 오차의 감소로 버퍼크기를 축소해도 산출된 구간통행시간의 신뢰도에는 관계가 없다는 것을 보여준다. 하지만 SA 이외에 다른 오차는 여전히 존재하기 때문에 버퍼설계 시 GPS 오차를 완전히 무시하기는 힘든 것으로 나타났다. 하지만 구간통행시간의 오차평균을 볼 때 DGPS를 사용하지 않고 단지 GPS만 이용해도 큰 무리가 없다고 판단된다.

그러나 본 연구는 소통상태가 원활한 비첨두시에만 조사를 수행하여 혼잡한 경우에 대한 분석은 수행하지 못했다. 일반적으로 GPS가 혼잡한 경우에 오차가 크게 나타나는 것을 볼 때 혼잡한 상황에서 GPS의 정확도 및 구간통행시간의 신뢰도 분석을 수행할 필요가 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

1. 정연식, 1999, "GPS probe 및 루프검지기 자료의 융합을 통한 통행시간추정 알고리즘 개발", 공학석사학위논문, 아주대학교.
2. 최기주, 신치현, 1998, "GPS와 GIS를 이용한 링크 통행시간 예측 기법", 대한교통학회지, 대한교통학회, 제 16권, 제2호, pp. 197-207.
3. "Applications of GPS for surveying and other positioning needs in departments of transportation", NCHRP Synthesis 258.
4. Cesar A. Quiroga, Darcy Bullock, 1998, "Travel time studies with global positioning and geographic information systems: an integrated methodology", Transportation Research Part C, Vol 6, No 1/2, pp. 101-127.
5. Laurence W. Carstensen, Jr., 1998, "GPS and GIS: Enhanced accuracy in map matching through effective filtering of autonomous GPS points", Cartography and Geographic Information Systems, Vol 25, No 1, pp. 51-62.
6. Ochieng W. Y. and Sauer K., 2002, "Urban road transport navigation: performance of the global positioning system after selective availability", Transportation Research Part C, Vol 10, No 1, pp. 171-187.
7. FHWA, 1998, "Travel time data collection handbook", TTI, Texas A&M University System.
8. Zito R., D'este G. and Taylor M. A. P., 1995, "Global positioning systems in the time domain: How useful a tool for intelligent vehicle-highway system?", Transportation Research part C, Vol 3, No 4, pp. 193-209.