

GPS 교통 정보 누락 구간의 실시간 처리 기법에 관한 연구

A Study on the Technique of Real-time Process for the Sections with Missed GPS Traffic Data

최진우*, 김태민, 박원식, 양영규

Jin-woo Choi*, Tae-min Kim, Won-sik Park, Young-kyu Yang

경원대학교 대학원 전자계산학과

cjw49@paran.com*, scc0309@hotmail.com,

pws_js@hotmail.com, ykyang@kyungwon.ac.kr

요약

최근 텔레매틱스 분야에서 GPS 수신기를 장착한 probe car를 통해 교통 정보를 수집하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 방법은 기존에 교통 정보를 수집하기 위해 활용되고 있던 고정식 검지기들에 비해 수집되는 정보가 높은 신뢰성을 가지고, 도로 환경에 민감하지 않으며, 낮은 유지비용으로 운용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만, probe car는 자신의 위치 정보를 교통 정보 센터로 전송해 주어야 하기 때문에 프라이버시가 노출될 수 있고, 주차되어 있는 시간에는 통행 정보를 보내줄 수가 없다. 이런 이유로 대중 교통 차량이나 상업용 차량이 주로 probe car로 활용되어지게 되는데, 그 수가 많지 않을 뿐더러 운행 구간이 고르게 분포되지 않아 probe car가 지나지 않는 구간, 즉 교통 정보 누락 구간이 존재할 수 있는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 교통 정보 누락 구간의 처리를 위해 과거의 이력 정보로 대체하는 방법, 주변 도로의 구간 정보로 예측하는 방법, 회귀 분석을 통한 예측 방법 등을 기술하고 실제 probe car들로 수집된 서울시 강남대로 구간의 자료로 각 방법에 대한 실험을 실시하여 각각의 방법에 대한 결과를 비교·분석한다.

핵심 용어 : GPS, 텔레매틱스, 교통 정보, probe car, 누락 구간 처리

1. 서론

우리나라의 교통 혼잡도는 이미 세계 최고 수준에 이르렀으며, 이로 인한 직·간접적인 사회 손실 비용이 한 해 23조원 가량으로, GDP 대비 약 3%에 가까운 비용이 도로 상에서 낭비되어지고 있는 실정이다.

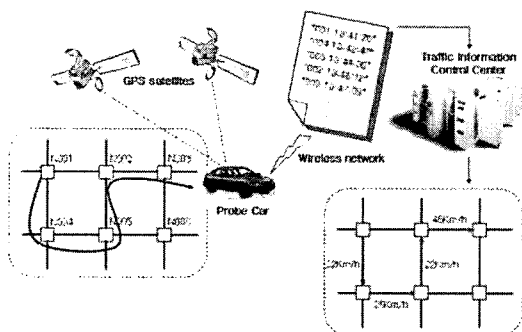
교통 혼잡의 완화를 위해서, 도로의 확충이나 정비, 신호 제어 같은 방법으로 근본적인 문제를 해결할 수도 있지만, 차량 여행자

들로 하여금 용량이 남아있는 도로를 이용하도록 정보를 제공함으로써 전체 도로 용량을 효율적으로 쓸 수 있도록 유도하는 방법만으로도 많은 효과를 볼 수 있다.

90년대 후반부터 전국에서 진행된 ITS(Intelligent Transportation System) 사업 중 차량여행자부가정보제공 서비스는 차량 여행자에게 교통상황, 최적경로, 주차 등 여행에 필요한 교통 정보를 출발 전 또는 주행 중에 제공하는 서비스이다. 현재 교통

상황 정보는 출발 전에는 주로 인터넷으로, 주행 시에는 도로 상의 VMS(Variable Message Sign)를 통해 차량 여행자에게 전달되고 있다. 또한, 이러한 교통 상황 정보의 수집을 위해 루프 검지기나 영상 검지기 같은 고정식 검지를 활용하고 있다.

한편, GPS(Global Positioning System)를 통한 차량의 현 위치 정보와 무선 통신 인프라를 기반으로 운전자와 탑승자에게 여러 가지 부가 서비스를 제공하여 자동차를 “움직이는 사무실(mobile office)”로 변신시켜 줄 텔레매틱스 서비스가 최근 각광을 받고 있다. 텔레매틱스에서는 차량 내 단말기를 통해 운전 중에도 실시간으로 교통 상황 정보를 볼 수 있고, 이를 CNS(Car Navigation System)에 접목하여 운전자가 요청하는 지점의 정보를 보다 편리하고 신속하게 제공해 줄 수 있다. 텔레매틱스에서 교통 상황 정보 획득 방법은 GPS 수신기를 장착한 probe car를 통해 획득한 정보가 일정한 시간 간격마다 무선 통신을 통해 교통정보센터로 취합되는 방식이다. 개별 probe car에서 생성된 교통 상황 정보는 실제 특정 구간을 주행한 정보이기 때문에, 구간 내 몇 지점에서만 수집되는 고정식 검지에서 획득된 정보보다는 구간을 대표하는 상황 정보로 적합하다고 할 수 있고, 설치 및 운영이 용이하다는 장점을 가지고 있어, 향후 더욱 많은 활용이 기대되고 있다.



[그림 1] GPS를 이용한 교통정보 수집

하지만, probe car는 자신의 위치 정보를 무선으로 전송해 주어야 하기 때문에, 개인 프라이버시가 침해될 수 있고 주·정차 시에는 정보를 획득할 수 없다. 이러한 이유로 주로 대중 교통이나 상업용 차량이 probe car로 많이 활용되어 지고 있는데, 아직 그 수가 많지 않을 뿐더러 운행 지역이 고르게 분포되지 못해 교통 상황 정보를 생성하지 못하는 구간이 여러 곳에서 나타날 수 있다.

본 논문에서는 이러한 교통 정보 누락 구간을 처리하기 위한 방법 가운데, 과거의 이력 정보로 대체하는 방법, 주변 도로의 구간 정보로 예측하는 방법, 회귀 분석을 통한 예측 방법을 기술하고 실제 probe car들로 수집된 서울시 강남대로 구간의 자료를 실험을 실시하여 각각의 방법에 대한 결과를 비교·분석한다.

2. 방법론 고찰

2.1. 전 시간대 정보로 대체

누락된 구간의 바로 전 시간대의 정보로 대체하는 방식으로 별다른 처리 없이 누락 구간을 처리할 수 있는 방법이다. 보통 짧은 시간에는 교통 패턴의 변화가 그다지 크지 않으므로 보편적으로 사용될 수 있지만, 교통 정보 수집 시간 간격이 클 수록 높은 신뢰성을 가진 힘들 것으로 판단된다. 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$v_t = v_{t-1} \quad (1)$$

여기서, v : 통행속도, t : 시간대

2.2. 전일(前日) 정보로 대체

누락된 구간의 전일 동 시간대의 정보로 대체하는 방법으로 빠르고 간단하게 누락 구간을 처리할 수 있지만, 요일 별로 상이한 교통 패턴을 보이는 구간에서나 실시간에 돌발 상황이 생길 경우 신뢰성이 떨어질 수

있는 단점이 있다. 요일 별로 교통 패턴을 구축하고 이를 활용하면 보다 정확한 예측을 할 수 있을 것이라 생각되지만, 본 연구에서는 실험 자료로 비슷한 패턴을 가지는 평일의 구간 정보만을 사용하기 때문에 이는 포함하지 않았다. 이 방법을 수식으로 표현하면 식 (2)와 같다.

$$v_i^d = v_i^{d-1} \quad (2)$$

여기서, d : 해당 날짜

2.3. 전·후 구간의 평균 값으로 예측

누락된 구간의 전·후 구간의 정보를 평균하여 대체하는 방법으로 전·후 구간과 비슷한 교통 패턴을 보이는 구간에서는 간단한 계산만으로도 비교적 정확한 예측값을 낼 것으로 보인다. 위 두 방법과는 달리 실시간 정보를 반영하여 예측한다는 장점이 있지만, 전·후 구간과의 특성(차선 수, 신호 체계, 횡단보도 등)이 많이 다를 경우에는 활용하기 힘들 것으로 생각된다. 수식으로 표현하면 식 (3)와 같다.

$$v_i = \frac{(v_{i-1} + v_{i+1})}{2} \quad (3)$$

여기서, i : 구간ID

2.4. 전·후 구간의 회귀 분석값으로 예측

회귀 분석은 변수들 간의 함수적인 관련성을 규명하기 위하여 수학적 모형을 가정하고, 관측된 자료로부터 이 모형을 추정하는 통계 분석 방법으로 예측에 주로 이용되는 방법이다. 주어진 표본을 이용하여 해당 구간이 전·후 구간과 어떠한 연관성이 있는지를 가장 적합한 함수로 표현한 뒤, 해당 구간의 정보가 누락되었을 경우, 전·후 구간의 정보를 이 함수에 대입하여 나오는 결과값으로 예측한다. 위 전·후 구간의 정보를 단순 평균할 때의 문제점을 해결할 수 있는 방법

으로 이를 수식으로 표현하면 식 (4)과 같다.

$$v_i = av_{i-1} + bv_{i+1} + c \quad (4)$$

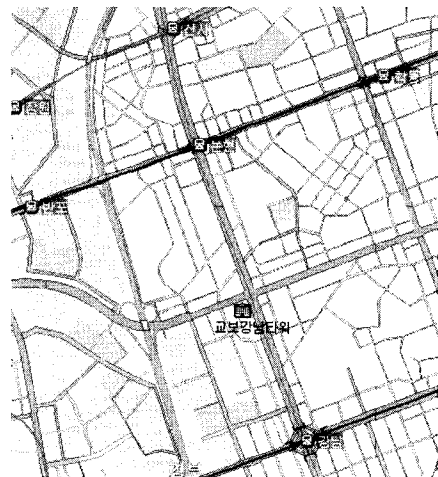
여기서, a, b, c : 미지의 모수

이 방법은 해당 구간의 정보가 주변 구간의 정보에 의하여 설명될 수 있다고 보고, 그 관계를 미리 조사하여 정보 누락 시에 대응하는 방법으로 정확한 결과를 기대해 볼 수 있으나, 구간 별로 이러한 관계를 미리 조사하고 저장해야 하는 노력이 필요할 것이다.

3. 실험 자료 및 실험 방법

3.1. 실험 자료

본 연구에서는 2005년 6월 13~24일 사이에 서울시 강남대로의 신사역→논현역→교보타워사거리→강남역 구간(그림 2 참조)에서 GPS 수신기를 장착한 수집 차량(영업용 택시)들에 의해 수집된 자료를 이용하였다.



[그림 2] 실험 자료 수집 구간

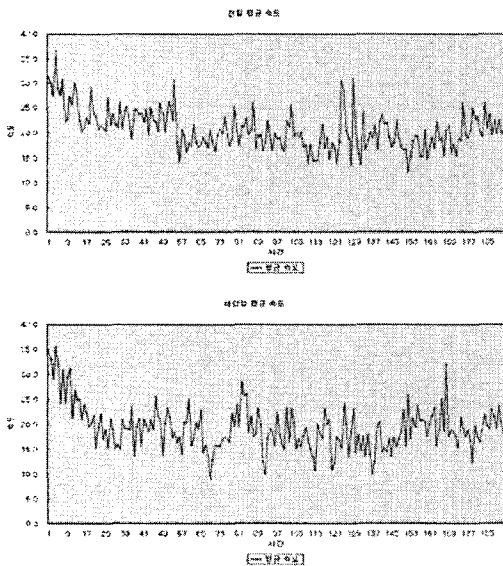
자료는 5분 간격으로 해당 구간에서 수집된 모든 probe car의 속도로 구성되어 있다. 이 실험 자료는 수도권 주요도로 및 국

도에서 택시probe car로 교통 정보를 수집하여 제공하고 있는 리얼텔레콤(주)에서 제공받은 자료이다.

3.2. 실험 방법

24시간 중에서 비교적 교통 정보 수집이 활발한 오전 6시~오후 10시의 자료만을 실험에 사용하였다. 논현역→교보타워사거리 구간을 자료 누락 구간으로 설정하고, 이에 따라 전방 구간은 신사역→논현역 구간, 후방 구간은 교보타워사거리→강남역 구간이 되었다.

probe car의 부족으로 인해 실험에 필요한 충분한 자료가 수집되지 못한 시간대가 많이 있었는데, 실험 구간의 월~금요일 교통 패턴이 9.26 Km의 평균편차로 그리 크지 않기 때문에 실험 결과의 검증 을 위해 6월 20~24일의 자료를 취합하여 해당 일의 교통 정보로 설정하고, 13~17일의 자료를 취합하여 식 (2)와 (4)를 위한 전일 교통 정보로 설정하였다. 논현역→교보타워사거리 구간의 전일 속도와 해당 일의 속도 변화 패턴을 그림 3에 나타내었다.



[그림 3] 실험 자료 패턴

실험 방법으로는 해당 일의 논현역→교보타워사거리 구간 정보 중에서 20%를 무작위 추출하여 고의 누락시킨 후, 앞에 설명한 각 방법들로 예측한 값과 비교하는 실험을 총 5회 진행하였다. 회귀분석식의 모수 추정 은 전일 동안의 정보 총 192개를 통해 계산하였다.

4. 실험 결과

4.1. 평가 지표

본 연구의 평가 지표로는 MSE(Mean Square Error)를 사용하였다. 이는 일반적인 예측 모형의 정확성을 추정하는 수치로써 대표값과의 전체적인 편차를 나타내며, 수식은 식 (5)와 같다.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 \quad (5)$$

여기서, n : 자료의 수,

y_i : 비교의 기준이 되는 값

\bar{y}_i : 비교 대상이 되는 값

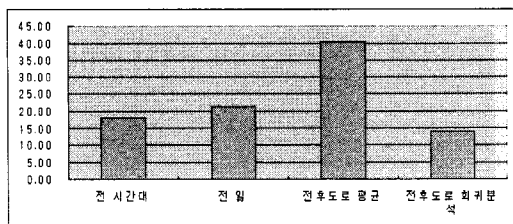
4.2. 결과

총 5회에 걸친 실험 결과를 표 1과 그림 4에 나타내었다. 해당일의 교통 정보 중 20%를 고의 삭제한 후에 각 방법에 의해 예측된 값과 원본 값과의 MSE를 나타낸 것이다.

<표 1> 분석결과(MSE)

	전 시간대	전 일	전·후 도로 평균	전·후 도로 회귀분석
1	12.57	17.59	44.69	9.92
2	20.05	19.91	39.27	11.58
3	16.12	24.53	36.02	14.74
4	22.11	28.36	45.48	19.49
5	19.84	16.01	36.54	13.83
평균	18.14	21.28	40.40	13.91

(단위 : Km/h)



[그림 4] 분석결과(5회 평균 MSE)

결과를 보면 전·후 도로의 회귀 분석을 통해 예측한 값으로 누락 구간을 처리하였을 때 5회 실험 평균 MSE가 13.91 Km로 가장 좋은 결과가 나타났으며, 전·후 구간의 정보를 단순 평균하였을 때 가장 좋지 않은 결과를 낳았다. 이는 실험 구간으로 설정한 논현역→교보타워사거리 구간이 전·후 구간과는 어떠한 밀접한 상관관계를 가지고 있긴 하지만, 비슷한 구간 속도를 나타내고 있지는 않다는 것으로 해석할 수 있다. 회귀 분석식은 식 (6)과 같이 정해졌는데, 상수값이 큰 양수값으로 구해진 것으로 보아 본 구간이 전·후 구간 보다는 소통이 원활한 지역이라는 것을 알 수 있다.

$$v_i = 0.225 v_{i-1} + 0.194 v_{i+1} + 14.353 \quad (6)$$

여기서, i : 구간ID

전 시간대 정보로 대체한 결과도 비교적 양호한 결과를 나타내었지만, 이는 여러 시간대에 걸쳐 정보가 누락될 때는 문제를 해결하기가 어려워 다른 대체 방법이 필요하게 될 것이다.

전일 동 시간대 정보로 대체한 결과 역시 양호하였지만, 교통 상황을 평상 시와는 다르게 만드는 돌발 이벤트 요인들이 있을 경우에는 적용이 어려울 수도 있다.

5. 결론

본 연구에서는 교통 정보 누락 구간의 처

리를 위해 전 시간대 정보로 대체하는 방법, 전일 동 시간대 정보로 대체하는 방법, 전·후 구간 정보의 평균으로 대체하는 방법, 전·후 구간 정보의 회귀 분석을 통한 예측 방법 등을 알아보고, 실제 probe car들로 수집된 서울시 강남대로 구간의 자료로 각 방법에 대한 실험을 실시하여 각각의 방법에 대한 결과를 비교·분석해 보았다.

실험 결과에서 전·후 구간의 교통 정보를 종속 변수로 하는 회귀 분석을 통한 예측 방법이 가장 좋은 결과를 도출하였다.

본 분석에서는 해당 지점의 정보만이 누락되었다는 가정 하에 실험을 진행하였는데, 실제 적용에서는 전·후 구간의 정보 또한 동시에 누락될 수 있는 문제점이 있고, 또한 소수의 차량 정보만이 수집된 경우에는 정보 자체의 신뢰성에 대한 문제도 있을 수 있기 때문에 향후 더욱 다양한 상황을 고려한 예측·분석이 필요할 것으로 생각된다.

GPS를 통한 교통 정보 수집이 아직 많은 probe car를 확보하지 못해 정보 누락 구간이 많이 발생하는 데, 본 연구를 통해 이런 문제를 해결하여 정확한 교통 상황 정보를 산출하고 사용자들에게 제공함으로써 우리나라의 고질적 문제인 교통 체증을 줄이는데 기여할 수 있기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2006-C1090-0603-0040)

[참고문헌]

- [1] 임은모, “이제 텔레매틱스가 자동차문화를 바꾼다”, 진한도서, 2002. 1.
- [2] 송준화 외, “텔레매틱스 개론”, 흥릉과학출판사, 2004. 8.
- [3] Turochy Rod E., Brian L. Smith,

"New Procedure for Detector Data Screening in Traffic Management Systems", Transportation Research Record 1727, 2000.

- [4] 장진환, 류승기, 문학룡, 변상철, "실시간 누락 교통자료의 대체기법에 관한 연구", 한국ITS학회논문지, 제3권, 제1호, pp. 45~52, 2004. 3.
- [5] Ko S. Y., "Optimal Numbers of Probe Cars Beacon-Based Travel Time Data Collection System", WCTR, 2001.
- [6] 강연수, 문영준, 박유경, 이주일, "텔레매틱스 시대를 대비한 첨단 종합교통정보 서비스 체계화 방안 연구", 교통개발연구원, 2003. 12.