

비매설식 자동차량인식장치를 이용한 구간교통정보산출 방법 연구

Regional Traffic Information Acquisition by Noninvasive Automatic
Vehicle Identification

윤 여 환

(한국건설기술연구원, 선임연구원)

변 상 철

(한국건설기술연구원, 연구원)

이 상 만

(건아정보기술주식회사, 개발담당 이사)

강 진 기

((주)로드닉스, 개발부장)

손 영 태

(명지대학교, 부교수)

목 차

- | | |
|--------------|--------------|
| I. 서론 | V. 이상치 제거 |
| II. 기존기술 검토 | VI. 구간교통정보산출 |
| III. 시스템 구성 | VII. 현장설치 실험 |
| IV. 구간여행시간산출 | VIII. 결론 |

I. 서론

본 연구는 도로상을 주행하는 일반적인 차량을 프루브차량(Probe)으로 이용하여 신뢰성있는 구간교통정보를 수집함으로써, 교통정보의 신뢰성을 향상시키고, 아울러, 도로면을 손상시키지 않는 비매설식 차량감지센서를 적용함으로써 시공 및 유지관리의 편의성을 높이고자 하였다.

기존의 교통관리시스템들이 운용하고 있는 지점검지기에 의한 구간교통정보 수집방법은 지점검지기의 특성상 구간 전체의 교통정보를 수집하는데 다소의 한계가 있다. 또한 기존의 매설식 AVI는 시공 및 유지보수의 어려움이 있어 구간교통정보의 수집장비로 적용됨에 걸림돌이 되고 있다. 본 논문에서는 이러한 한계점을 극복하고 두 검지기의 장점을 융합하여 비매설식 자동차량인식장치를 개발하였다.

본 논문에서 제안한 비매설식 자동차량인식장치는 도로상을 주행하는 일반적인 차량을 프루브차량으로 이용할 수 있도록 비접촉식 검지기(레이저 센서)를 이용하여 그 번호판을 인식하여, 도로상의 차량소통정보(통행 속도, 여행시간)를 구간 단위로 수집하는 시스템을 개발

하고, 이를 국도구간(수원~평택) 현장에서의 실험을 통하여 구간교통정보 수집의 신뢰성을 검토 분석하였다.

II. 기존기술 검토

1. 기존 교통자료 수집장치 분석

현재 국내의 교통정보 수집시스템에 적용되고 있는 교통자료 수집장치는 지점검지기와 구간검지기 두 종류가 있다. 지점 검지기는 매설식으로 루프식검지기, 피에조검지기, 자기식검지기 등이 있으며 비매설식으로 영상식검지기, 초단파검지기, 레이저검지기, 초음파검지기 등이 있으며, 또한 현재 구간 검지기로 대표적으로 적용되고 있는 것은 비콘(beacon) 방식이다.

지점검지기를 이용한 교통정보 수집시스템은 지점을 통과하는 차량의 교통관리 자료는 비교적 상세히 구축할 수 있으나, 구간 전체에 대하여서는 다소 부정확한 교통정보를 제공할 수 있는 문제점이 있다.

비콘을 이용하는 구간교통정보 수집시스템은 프루브차량이 자료 수집 기간 내에 신뢰할 수 있는 자료를 수집할 수 있도록 비콘과 통신할 수 있는 프루브차량이

충분히 많이 비콘을 통과할 경우, 자료의 정확도가 매우 우수할 수 있으나, 프루브차량이 충분히 확보되지 못할 경우 자료의 신뢰도가 현저히 감소될 수 있다는 문제점이 있다.

2. 매설식 검지기를 이용한 자동차량인식장치

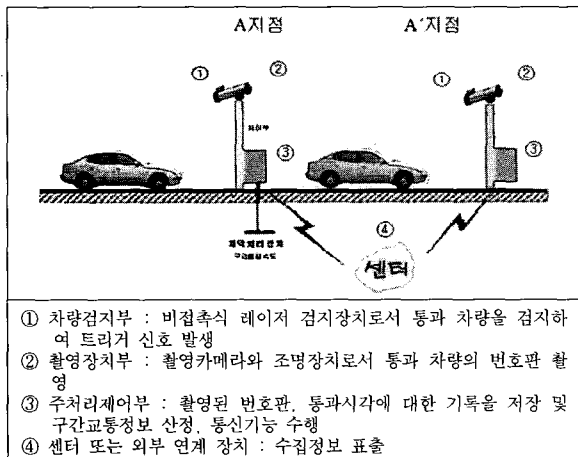
현재 차량 번호판을 인식하여 자동으로 차량을 인식하는 자동 차량 인식장치는 루프 및 피에조 검지기를 사용하여 차량을 검지하고 트리거 신호를 발생시켜 차량을 촬영할 수 있도록 하고 있다. 이러한 매설식검지기에 의한 차량검지신호 발생방법은 그 정확도는 매우 높으나 차량의 검출영역을 사전에 결정하고 영역 변경이 불가능하며, 도로면에 루프나 피에조를 매설함으로 인하여 도로가 파손되며, 차량에 의한 센서선(루프, 피에조 등)의 빈번한 단선 등의 문제점이 빈번하여 유지보수시 많은 비용과 인력이 소요되는 단점이 있다.

III. 시스템 구성

본 시스템은 차량검지부, 촬영장치부, 주처리제어부로 구성하며 각 부분의 구성요소별 자료처리 내용 및 처리 흐름은 다음과 같다.

차량검지부는 레이저센서로서 차량 검지를 위한 트리거 신호를 발생시키고, 촬영장치부는 차량의 번호를 카메라로 촬영하며, 주처리제어부는 촬영된 차량 영상을 이용하여 자동으로 번호를 추출, 인식한 후 번호 정보와 차량이 통과한 일자, 시간, 분, 초를 수집하여 대상도로를 주행하는 차량에 대한 정보를 수집하고, 이를 현장제어기를 통하여 분석, 처리하여 각 지점을 통과한 시간 차이로 구간 여행시간 및 통행속도를 산출하며, 산출된 자료를 센터로 전송하거나 현장에서 정보를 제공할 수 있도록 자료를 가공/저장한다.

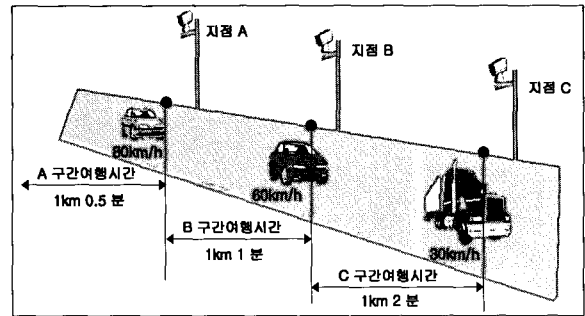
〈표 1〉 시스템의 기본 구성



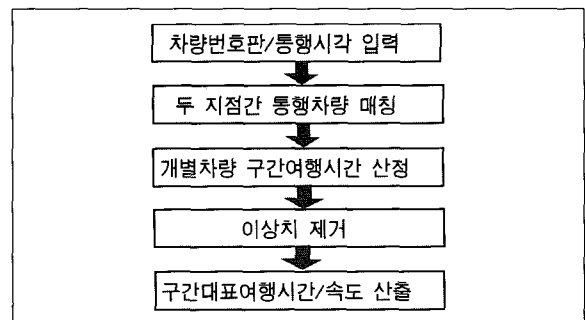
IV. 구간여행시간 산출

주행차량을 검지하고 번호판을 자동으로 촬영하는 구간교통정보수집장치의 설치지점을 〈그림 1〉에서와 같이 A와 B지점이라 하면, A지점을 통과한 차량이 B지점을 통과하면 A지점에서 B지점까지의 구간 여행시간을 산출할 수 있게 된다. 또한, 연속한 구간(B지점에서 C지점)의 여행시간을 측정하여 노선 전체의 여행시간을 산출할 수 있다.

이때 구간교통정보수집시스템의 지점간 구간여행시간은 각각의 차량이 두 지점을 통과한 시각을 비교하여 차이로 개별 차량의 구간여행시간 및 구간통행속도를 산출한다. 또한 교통정보 제공을 위한 가공방안은 개별 차량의 구간교통정보에서 이상치를 제거하고 나머지값들을 산술평균하여 구간대표여행시간을 산출하고, 이 값에 구간 거리를 적용하여 구간통행속도를 산출한다.



〈그림 1〉 구간교통정보 측정 대상



〈그림 2〉 구간교통정보 산정 흐름도

1) 개별차량 번호판 및 통행시각 입력
 지점 A와 B를 통과하는 각 개별 차량의 번호판을 촬영하여 인식된 번호판과 통과시각 기록을 입력한다.

2) 두 지점간 차량 매칭
 각 개별 차량의 번호판을 B 지점의 통과시각을 기준으로 A 지점을 통과한 번호판 기록과 비교하여 같은 번호판을 찾는다. 이때 같은 번호판을 매칭할 때 서로 다른 차량과의 매칭을 최소화하기 위해 번호판의 글자모두(예 : 경기 00 가 1234)를 비교하여 같은 번호판

의 차량을 매칭한다.

3) 개별차량 구간여행시간 산출

각 개별 차량의 매칭된 결과를 바탕으로 B 지점과 A 지점의 통과 시각 차이를 통하여 각 개별차량의 구간여행시간을 산정한다.

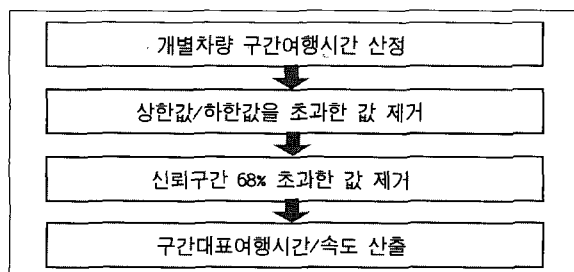
$T_i = (T_b - T_a)$
T_i : 차량 i 의 구간여행시간(지점 A 와 B 사이)
T_a : 차량 i 의 지점 A의 통과 시각
T_b : 차량 i 의 지점 B의 통과 시각

V. 이상치 제거

구간교통정보수집장치에 의해 산출된 각각의 차량에 대한 구간여행시간 정보에는 다음과 같은 여러 가지 요인에 의해 이상 측정치가 발생하여 구간대표여행시간 산정에서 제외시켜야 할 필요가 있다.

- 차량 주행 도중 고장 및 주차 등에 의하여 주행시간이 너무 장시간인 경우
- 긴급시 주행 또는 불법적인 주행 등으로 인해 구간 주행시간이 너무 짧은 경우

상기와 같은 요인에 의해 발생한 이상 측정치는 정상적인 통행시간 데이터 모집단과 큰 차이를 보이기 때문에 통계적인 처리방법에 의해 정상적으로 조합에 성공한 데이터 범위에서 제외한다. 이상치의 제거방법은 먼저 각 개별 구간여행시간값들이 극단적인 측정치들에 의하여 편중되지 않도록 상한값과 하한값들을 상수값으로 설정하여 이 범위 이외의 구간여행시간 자료 측정치를 제거한다. 다음으로 상한값과 하한값이 제외된 나머지 값들 중에서 신뢰도 95%의 범위를 초과하는 값들을 제거한다.



〈그림 3〉 이상치 제거 흐름도

① 상한값/하한값 설정방안

구간여행시간의 이상치를 제거하기 위해서는 시스템이 설치된 구간의 교통현황을 검토하여야 한다. 시스템이 설치된 구간에 대하여 상한값과 하한값을 설정할 때

대상 도로의 설계속도를 기준으로 산정한다.

상한값을 설정할 때, 설계속도로 구간을 통과할 경우의 2배에 해당하는 구간여행시간값을 초과할 경우 상한값을 초과한 값으로 제외한다. 또한 구간여행시간의 하한값을 설정할 경우는 정체상태로 판정될 수 있는 10km/h 이하의 구간통행속도를 보이는 구간여행시간값을 제외한다. 단, 이때 10km/h 이하의 구간여행시간값 개수가 전체 통행시간값들의 50% 이상일 경우가 이 값들을 포함하여 계산한다. 이는 사고나 돌발상황 등의 비반복적이고 돌발적으로 발생하는 교통상황에 대응하기 위함이다.

〈표 4〉 상한값/하한값 설정 방법

순서	내용
상한값 산정	• 구간의 설계속도의 2배를 초과하는 구간여행시간값을 제외
하한값 산정	• 구간을 10km/h 이하로 통행하는 구간여행시간값을 제외 • 단, 이러한 하한치를 보이는 구간여행시간값들의 개수가 전체 구간여행시간값들의 50% 이상을 초과할 경우 포함하여 산정함

주) 실험구간에서의 실험치임

② 신뢰구간 68% 자료 추출

운전자에게 보다 정확한 교통정보를 제공하기 위해서는 도로상의 교통상태를 정확히 표현할 수 있는 구간 대표여행시간값을 산출하여야 한다. 따라서 상한값과 하한값을 제거한 개별 구간여행시간 자료에 대하여 신뢰구간을 설정하여 이 범위 이외의 자료를 제거하도록 하였다. 이때 신뢰구간 설정방법은 정규분포에서 평균값과 표준편차와의 신뢰도 확률을 적용하여 산정하도록 하였다.

정규분포에서 개별 차량의 구간여행시간 자료와 평균값과의 오차가 표준편차 이내일 확률은 68.26%, 표준편차의 2배 이내일 확률은 95.46%, 표준편차의 3배 이내일 확률은 99.5% 로 나타난다. 이때 표준편차의 값이 크면 구간여행시간값들의 크기 차이가 많이 나는 상태이며, 표준편차의 값이 적으면 구간여행시간값들의 크기가 고른 상태이다.

또한 구간교통정보수집장치로부터 수집된 개별 차량의 구간여행시간값들은 이 구간을 통행한 전체 차량 중에서 샘플링된 값이다. 따라서 이 샘플링된 값들의 범위를 제한하여 구간여행시간평균값을 산정함으로써 보다 정확한 구간대표여행시간값을 산정할 수 있다. 따라서 개별 차량의 구간여행시간값과 이들 구간여행시간값들로부터 산정된 구간여행시간평균값의 차이가 신뢰구간 68% 이내의 범위(표준편차 1배)에 존재하도록 제한한다.

따라서 구간교통정보수집장치로부터 수집된 개별 차

량의 구간여행시간값으로부터 평균값을 구한 후, 표준편차를 산출하고, 표준편차의 1배 범위를 만족하지 못하는 개별 차량의 구간여행시간값들을 제거한 후 나머지 구간여행시간값을 산술평균하여 구간주행속도 대표값으로 적용한다.

VI. 구간교통정보 산출

이상치를 제거한 각 개별차량의 구간여행시간을 기준으로 다음식을 적용하여 구간교통정보인 구간대표여행시간 및 대표통행속도를 산출한다.

〈표 5〉 신뢰구간 자료 추출 방안

수식	정규분포곡선
$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{n}$ $\sigma = \sqrt{\frac{\sum T_i^2 - n \bar{T}^2}{n-1}}$ $T_{is} = T_i - \bar{T} \leq \sigma$	
\bar{T} : 구간교통정보수집장치로부터 수집된 개별 차량들의 구간여행시간 산술평균값 T_i : 구간교통정보수집장치로부터 수집된 개별 차량의 구간여행시간값 σ : 구간교통정보수집장치로부터 수집된 개별 차량들의 구간여행시간 표준편차 T_{is} : $ T_i - \bar{T} \leq \sigma$ 인 T_i n : 구간교통정보수집장치로부터 자료가 수집된 차량 수 중 상한값/하한값 제한된 차량수	

〈표 6〉 구간교통정보 산출

$T_s = \frac{\sum T_{is}}{n_s} \quad V_s = \frac{S_s}{T_s}$
T_{is} : $ T_i - \bar{T} \leq \sigma$ 인 T_i (개별 차량 구간 여행시간) S_s : 구간 s(지점 A와 B 사이)의 거리 (m) n_s : T_{is} 의 차량 대수 T_s : 구간 s(지점 A와 B 사이)의 구간 대표 여행시간 V_s : 구간 s(지점 A와 B 사이)의 구간 대표 통행속도

VII. 현장 설치 실험

본 시스템을 국도 1호선 수원~평택구간 현장에 설치하여 1주일간 실험 결과 침두시 및 비침두시, 주간 및 야간인 경우 모두 도로의 교통상황 추이를 잘 반영하는 것으로 분석되었다.

이때 차량검지율은 95%이상, 번호판 인식율은 80%, 차량매칭율은 15% 이상으로 매우 정확한 구간교통정보의 수집이 가능하였다.

〈표 7〉 현장 실험 결과 요약

<ul style="list-style-type: none"> • 실험기간 : 2002. 6. 20 ~ 26(1주일) • 실험환경 : 주간/야간 및 맑은날/비오는날 • 대상구간 : 국도 1호선 수원 ~ 오산 구간 • 대상거리 : 9.5km • 신호등 교차로수 : 18개소 • 유입 유출수 : 10개소 • 실험목적 : 일반적인 국도의 도로 여건에서 차량 번호판 인식률을 파악하고, 중간에 유입유출이 있을 경우 A 와 B 지점 양쪽 모두에 인식되는 차량 매칭률 분석하여, 이러한 매칭률을 통하여 충분히 신뢰할 수 있는 구간교통정보의 산출 가능성 분석
<ul style="list-style-type: none"> • 차량검지율 : 95% 이상 (레이저 트리거 신호를 이용) • 번호판 인식률 : 80% 이상 (전체 통행 차량에 대한 값) • 오차율 : 약 10% 이내 (구간여행시간대표값(T_s)과 실제구간여행시간 대표값(T_s), (비디오 촬영)과 차이) • 24시간 1주일간 인식율 : 87.8% (트리거 신호에 의해 검지된 차량) • 매칭률 평균 : 14.3% (1주일간 지속 실험시)

VIII. 결론

현장 설치 실험결과 본 시스템은 주간 및 야간과 맑은날 및 비오는날 모두 침두시 및 비침두시 모두 도로의 교통상황 추이를 잘 반영하고 있다.

본 시스템의 신뢰도 시험 및 지속성 시험 방법에 의한 시험결과와 성능을 비교 평가하기 위하여 기존의 이와 유사한 장비를 설치하여 검수하는 각 기관의 검수기준을 적용하여 평가한 결과 본 시스템은 각 검수기준을 모두 만족하는 것으로 나타나 현장적용성에서 매우 뛰어난 성능을 보이고 있다.

추후 교통자료의 신뢰성을 높일 수 있도록 본 시스템의 신뢰성 향상을 위한 적정설치구간과 대상차로 및 정보제공주기 등에 대한 세밀한 연구 및 기존 지점검지기 자료와의 퓨전(Fusion)방안에 대한 연구도 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

1. 교통량 조사장비용 데이터 수집 장치 개발-레이저를 활용, 건설교통부, 1999. 12.
2. 국도 교통관리 시스템의 데이터 사전/센터/논리 모델 제작 구매(교통관리 알고리즘), 한국건설기술연구원, 2000. 8.
3. 수도권 국도교통관리체계 주요장치 제조 설치 자동차량 인식장치 시방서, 한국건설기술연구원, 2002
6. Automated Vehicle Identification Model Deployment Initiative Acceptance Test Plan, Texas Department of Transportation, 1997
7. Automated Vehicle Identification Model Deployment Initiative System Design Document, Texas Department of Transportation, 1998