

# 주행차량 자동인식시스템을 이용한 구간 통행시간 산출

## Calculation of Travel Time Using Automatic Vehicle Identification Systems

문 학 룡\* 류 승 기\*\* 김 성 현\*\*\* 박 현 석\*\*\*\*  
(Moon, Hak-Yong) (Ryu, Seung-ki) (Kim, Sung Hyun) (Park, Hyun Suk)

### 요 약

본 연구는 지능형 교통시스템(ITS)의 정보수집 및 제공기술 중, 통행시간 산출과 제공을 위한 요소기술인 주행차량자동 인식시스템(AVI)의 현장시험 적용과 평가에 관한 실험 연구이다. 일반국도에서의 현장평가는 비접촉 방식의 차량검출과 이를 통해 얻은 자료로부터 구간 통행시간을 산출하는 방식을 제안하고, 실측데이터를 통해 현장 적용 성능을 검토하였다. 본 연구는 현장 적용성능 평가 방법과 이를 통해 실측 데이터의 검지율과 인식을 그리고 통행시간을 분석하였다.

### Abstract

This study is the empirical research about application and evaluation of AVI that is an essential technology for calculating and providing the travel time. Travel time calculation and provision is one of the technique for information collecting and providing in the ITS. Through the field test on a national highway, we proposed the travel time calculation technique from the data by non-contact vehicle detecting method and validated field application performance with field data. We proposed the technique of evaluating field application performance, then using this, analyzed recognition rate, detection rate and travel time with field data.

**Key Words** : 지능형교통시스템, 구간통행시간, 주행차량 자동인식

## I. 서 론

본 연구는 도로상의 특정 지점을 통과하는 차량에 대해서 차량 검출 및 번호인식을 통해 실시간 통행시간 분석을 하기 위한 고정식 장치를 설치하여, 통행시간을 산출한다. 이를 통해 실시간 통행시간 산출이 가능하며, 일반국도에 적용한 시스템으로부터 현장적용성능의 평가방법과 실측데이터로부터 평가성능 변수인 검지율과 인식을 평가한다.

성능평가는 일반국도의 도로 여건에서 차량 검출 및 인식을 검증하고, 중간에 유입 유출이 있는 도로에 대해서 두 지점(A, B) 양쪽에서 인식되는 차량의 매칭 성능을 분석한다. 이러한 두 지점 간의 양쪽 인식 차량을 통하여 구간주행속도를 산출할 수 있는지 평가한다.

성능평가에 사용한 장비는 도로파손이나 설치 및 유지관리 측면에서 용이한 비접촉 방식의 차량검출기를 제안하였다. 비접촉 방식의 차량검출기는 발

\* 회 원 : 한국건설기술연구원 선임연구원

\*\* 비회원 : 한국건설기술연구원 선임연구원

\*\*\* 비회원 : 한국건설기술연구원 연구원

\*\*\*\* 비회원 : 한국건설기술연구원 연구원

† 논문접수일 : 2003년 6월 28일

광기와 수광기가 나란히 위치하여 발광기로부터 임의의 지점에 빛을 발산하면 물체가 없는 경우에는 빛이 반사되지 않다가 물체가 통과하면 반사되는 것을 이용하여 물체를 인식하는 발산방식을 채용한 기술로서, 발산방식에 의해 트리거 펄스신호를 발생시키는 방법을 제안한다. 또한, 통행시간 처리기술은 차량검출과 번호인식과정을 실시간으로 처리하도록 한다.

## II. 데이터 검출 방법

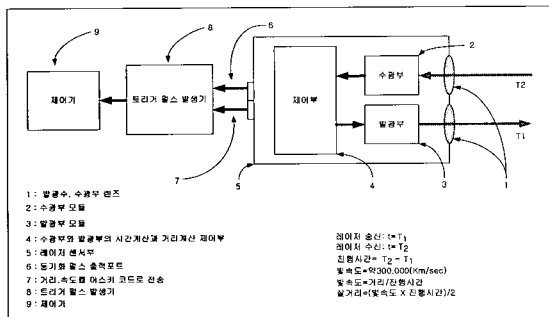
데이터 검출방법은 주행차량의 검지와 번호인식 통행시간 산출 방법이고, 현장 장비의 각 단계별 처리 프로세스를 제안한다.

### 1. 데이터 검지 및 인식처리 프로세스

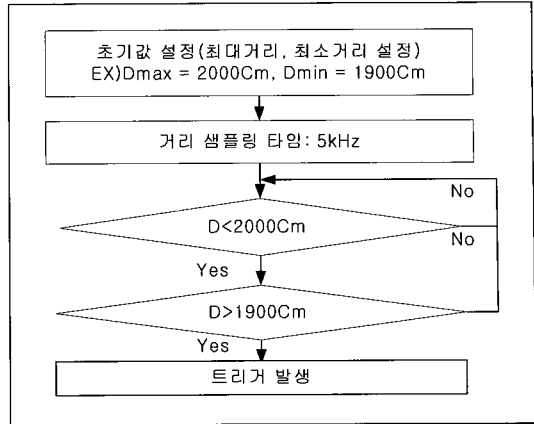
데이터 검지는 특정 지점을 통과하는 주행차량에 대해서 차량 검출과 번호 인식 프로세스를 동작한다. 통과차량의 데이터 검지는 비접촉 방식의 트리거(Trigger) 펄스발생기를 통해 검출한다. 비접촉식 방식에는 반사방식, 직사방식, 발산방식이 있고, 시험에는 발산방식을 사용한다.

<그림 1>은 시험에 적용한 발산방식의 검출 방법으로 트리거 펄스신호발생기의 처리 블록도이다. 트리거 펄스신호발생기는 주행 차로 위로 5.5m~6.5m 범위에 설치한다.

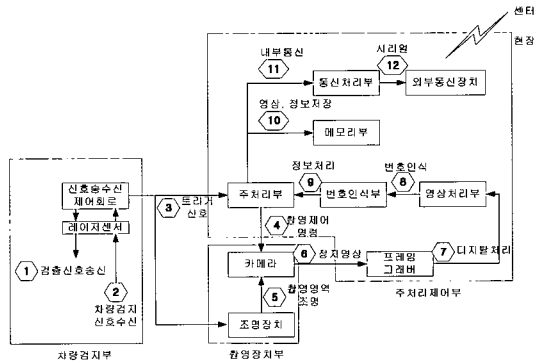
수신 데이터는 트리거펄스 발생기에 의해 트리거 신호를 발생하여 제어기에 동기신호를 전달한다.



<그림 1> 발산방식의 트리거신호발생 처리 블록도



<그림 2> 트리거신호발생 처리 프로세스



<그림 3> 특정지점의 AVI 시스템 프로세스

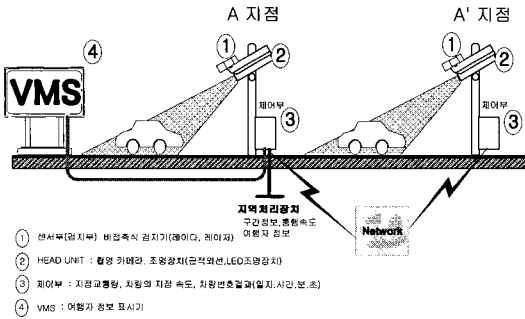
<그림 2>는 트리거 신호 처리 프로세스이며, 초기에 신호 전송거리와 샘플링 주기를 설정하면 자동으로 트리거 신호를 발생1한다.

<그림 3>은 트리거신호발생, 차량검출, 번호인식 기능을 구현하기 위해 현장에 설치한 AVI 시스템 블록도이다.

### 2. 구간 통행시간 산출 프로세스

데이터 검지 및 인식 프로세스는 특정지점을 검출하며, 각 지점에서 처리한 데이터를 통해 통행시간 프로세스를 수행한다.

통행시간 산출프로세스는 특정 지점간의 통과시간을 즉시 처리하는 기술이며, 그림 4는 트리거펄스발생장치와 차량검출 및 번호인식장치를 이용한 통행시간 처리 개념이다.



〈그림 4〉 구간 통행시간 산출 프로세스1

### Ⅲ. 현장 평가 방법 및 분석

현장 평가 방법은 데이터 검출프로세스에서 처리한 데이터를 실측자료로부터 분석, 평가한다. 평가 방법은 구성된 시스템의 성능을 분석하기 위한 방법으로서 제시하며, 이를 통해 분석한 결과를 제시한다.

#### 1. 현장 평가 절차

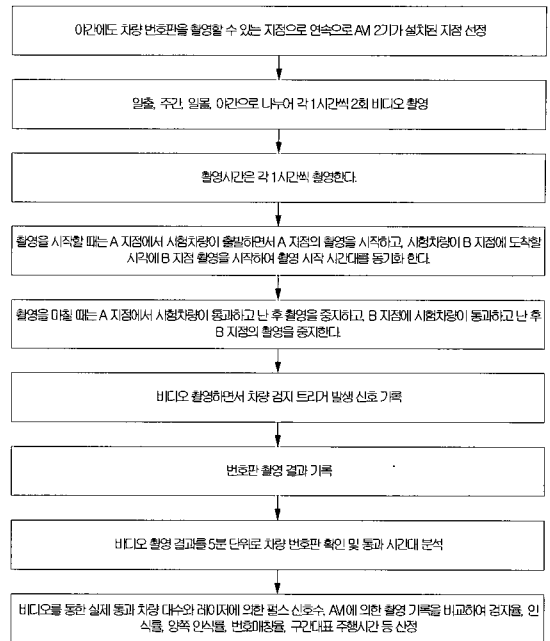
현장 평가 방법은 일반국도 두 지점에 대해서 동시에 비디오 카메라로 통과차량의 번호를 촬영하고, 번호판 촬영 시간과 동일하게 트리거 신호 발생 기록 누적, 차량 번호판 촬영 기록 누적, 비디오 분석과 트리거 신호 기록, 차량 번호판 촬영 기록 분석을 통하여 번호판 통과 시각을 분석하여 차량 검지율 및 인식률, 구간 대표 주행 시간 값의 정확성을 평가한다.

#### 2. 평가 대상 구간 및 현장 조사 방법

현장 설치 실험 장소는 일반국도 1호선 수원~오

〈표 1〉 구간 교통특성

구분	특징
조사 장소	• 국도 1호선 수원 ~ 오산구간
구간특성	• A, B지점 내에 중간에 출입이 10개소가 존재하는 구간거리 9,500m인 구간 선정 • 신호교차로 15개소, 양복 4차로 • 본선 상에 지방도 및 국지도 접속 구조 • 본선과 평행한 고속국도 구간



산 구간에서 실시하였으며, 평가대상구간의 교통 및 도로 특성은 여러 개의 신호교차로와 비신호 진출입로가 존재하는 복잡한 단속적인 교통 흐름을 보이고 있다.

중간에 유입유출이 있을 경우 A 와 B 지점 양쪽 모두에 인식되는 매칭률 분석을 통하여 충분히 신뢰할 수 있는 구간주행속도를 산출할 수 있는지 분석한다.

#### 3. 현장 데이터 분석 및 평가 방법

구간 여행시간 대표값의 오차율 및 신뢰도 분석은 차량의 표본분포가 정규분포라고 하면, 추정치의 정확도 즉, 최대허용오차(d)와 주어진 확률에 대응되는 표준화 변수(Z0), 모집단 표준편차(σ)와 표본

크기(n)의 관계식은 다음과 같다.

$$n = \left[ \frac{Z_0 \sigma}{d} \right]^2 \quad (1)$$

n : 표본크기,                      σ : 표준편차,  
Z0 : 표준화변수,                d : 최대허용오차.

식(1)은 대부분의 표본조사의 경우 모집단의 표준편차(σ)를 모르는 경우가 많다. 따라서 모집단의 표준편차(σ)를 산출하기 위하여 기존의 정리되어 있는 자료를 이용하여 t 분포에 의해 산출하는 방법과, 모집단의 개체 특성치의 비율을 추정해서 산출하는 방법이 있다. 여기서는 사전에 정리된 자료가 없으므로 모집단의 개체 특성치 비율을 추정해서 산출하는 방법을 선택하였다.

$$n = \frac{[Z]^2 (p)(1-p)}{d^2} \quad (2)$$

p : 개체 특성치의 비율,    σ : 모집단 표준편차,  
Z : 표준화변수,    d : 최대절대허용오차.

식(2)에서 모집단과의 절대적 오차 대신에 상대적 오차(r)를 사용하여 분석의 편의를 도모하면 d는 r · p로 대체될 수 있다

$$n = \frac{[Z]^2 (1-p)}{r^2 p} \quad (3)$$

p : 개체특성치의 비율,    σ : 모집단 표준편차,  
Z : 표준화변수,    r : 최대상대허용오차.

식(3)으로부터 현장에서 조사된 매칭률 86.5%, 매칭중 참값비율 75.8%, 5분간 매칭 차량 수 평균 약 11대인 값을 기준으로 95%의 신뢰구간에서 오차율을 산정해 본 결과 매칭에 의한 구간여행시간 산출 값이 전체 차량에 의한 구간여행시간 대표 값과의

<표 2> A지점 현장조사결과

A지점 조사시간대	16 : 15 ~16 : 20	16 : 20 ~16 : 25	16 : 25 ~16 : 30	16 : 30 ~16 : 35	16 : 35 ~16 : 40	16 : 40 ~16 : 45	16 : 45 ~16 : 50	16 : 50 ~16 : 58
A지점 통과차량(대)(1차로)	81	86	62	84	75	82	48	123
A지점 통과차량(대)(2차로)	74	60	57	73	56	65	47	111
A지점 통과차량(대)(합계)	155	146	119	157	131	147	95	234
A지점 육안인식 차량(대)(1차로)	77	82	59	80	72	78	46	117
A지점 검지대수(대)(1차로)	77	82	59	80	71	78	46	117
A지점 검지율(%) (1차로)	95.1	95.3	95.2	95.2	94.7	95.1	95.8	95.1
A지점 인식대수(대)(1차로)	73	77	56	76	68	74	43	111
A지점 인식률(%) (1차로)	94.8	93.9	94.9	95.0	94.4	94.9	93.5	94.9

<표 3> B지점 현장조사결과

B지점 조사시간대	16 : 28 ~16 : 32	16 : 33 ~16 : 37	16 : 38 ~16 : 42	16 : 43 ~16 : 47	16 : 48 ~16 : 52	16 : 53 ~16 : 57	16 : 58 ~17 : 02	17 : 03 ~17 : 07	17 : 08 ~17 : 12
B지점 통과차량(대)(1차로)	54	65	65	72	78	55	60	70	74
B지점 통과차량(대)(2차로)	49	52	56	64	54	41	47	49	53
B지점 통과차량(대)(합계)	103	117	121	136	132	96	107	119	127
B지점 육안인식 차량(대)(1차로)	51	62	62	69	74	52	57	67	71
B지점 검지대수(대)(1차로)	51	62	62	68	74	52	57	67	70
B지점 검지율(%) (1차로)	94.4	95.4	95.4	94.4	94.9	94.5	95.0	95.7	94.6
B지점 인식대수(대)(1차로)	49	59	59	65	70	50	54	63	67
B지점 인식률(%) (1차로)	96.1	95.2	95.2	94.2	94.6	96.2	94.7	94.0	94.4

오차가 27.2% 정도일 것으로 예상되었다.

$$r = \sqrt{\frac{1.96^2 \times (1 - 0.865)}{11 \times 0.865 \times 0.758}} \times 100 = 27.2\% \quad (4)$$

#### 4. 현장 평가 결과

현장 평가에 의한 결과는 비접촉식의 차량 검지율은 약 95% 이상, 촬영장치를 이용한 차량번호판 인식률은 90% 이상, 매칭 차량율은 1차로에 설치되었을 경우 평균 86.2%로 분석되며, 이중 참값으로 적용할 수 있는 값의 비율은 75.8%로 분석되었다.

실험결과에서 보듯이 발생한 오차는 운전자들에게 정보를 제공할 때 소통상태가 원활할 경우는 오차에 의한 구간여행시간 오차 절대값이 작기 때문에 큰 문제가 되지 않으나, 지체 및 정체상태에서의 구간여행시간정보를 산정할 경우는 오차의 절대값이 커지게 되기 때문에 운전자들에게 정보에 대한 신뢰를 잃을 수 있다. 즉, 정확한 구간여행시간정보를 수집하기 위하여 설치한 구간여행수집장치로부터

수집된 구간여행시간정보가 정확하지 않게 되므로 이에 대한 보완이 필요하다.

이를 보완하는 방법으로 먼저, 신뢰구간 95%이내에서 적절한 오차허용범위 ±5%를 유지할 수 있는 표본의 개수만큼 매칭차량 수를 수집하는 방법과, 매칭률을 향상시킬 수 있도록 전차로에 대하여 차량을 촬영하여 매칭하는 방법, 매칭률을 향상시키기 위하여 설치 간격을 좁히는 방법과 기존 지점 차량검지기 자료와의 교통자료 퓨전을 통하여 보다 정확한 구간여행시간정보를 산출함으로써, 오차허용범위를 감소시킬 수 있을 것이다.

충분한 오차허용범위를 갖는 매칭 차량 대수를 산정해 보면, 상기의 수식을 이용하여 매칭률 86.5%, 매칭중참값비율 75.8%인 현재의 조사결과를 바탕으로, 오차허용범위를 ±5%로 설정하고 95%의 신뢰구간을 적용할 경우 필요한 표본의 개수를 산출해 본 결과 약 325대로 산정되었다. 그러나 현재 설정된 구간에서는 교통정보 제공주기인 1~5분 이내에 이러한 325대의 차량을 샘플로 수집할 수는 없다.

〈표 4〉 현장 조사 매칭율 및 속도

조사시간대	16 : 28	16 : 33	16 : 38	16 : 43	16 : 48	16 : 53	16 : 58	17 : 03	17 : 08
	~ 16 : 32	~ 16 : 37	~ 16 : 42	~ 16 : 47	~ 16 : 52	~ 16 : 57	~ 17 : 02	~ 17 : 07	~ 17 : 12
구간전체 통행차량수(대)(1차로)	17	12	8	10	19	15	14	14	17
구간전체 통행차량수(대)(2차로)	10	7	6	6	12	10	10	11	12
구간전체 통행차량수(대)(합계)	27	19	14	16	31	25	24	25	29
장비에 의한 매칭차량(대)(1차로)	14	9	7	8	16	13	13	13	16
전체통행 차량과 매칭률(%)	51.9	47.4	50.0	50.0	51.6	52.0	54.2	52.0	55.2
전체통행 차량 평균매칭률(%)	51.6								
구간통행차량과매칭률(%) (1차로)	82.4	75.0	87.5	80.0	84.2	86.7	92.9	92.9	94.1
구간통행차량평균매칭률(%) (1차로)	86.2								
매칭중 참값대수(대)	8	7	6	7	11	10	10	10	12
매칭중 참값비율(%)	57.1	77.8	85.7	87.5	68.8	76.9	76.9	76.9	75
평균참값율(%)	75.8								
구간주행시간(초)(1차로)	842.9	797.7	899.7	892.7	881.9	846.4	840.7	911.9	892.1
구간주행시간평균(초)(1차로)	867.3								
구간주행속도(km/h)(1차로)	40.6	42.9	38.0	38.3	38.8	40.4	40.7	37.5	38.3
구간주행속도평균(km/h)(1차로)	39.5								

$$n = \frac{(1.96)^2 \times (1 - 0.862)}{(0.05)^2 \times 0.862 \times 0.758} = 325 \quad (5)$$

따라서, 매칭률을 향상시키기 위하여 오차허용범위를  $\pm 5\%$ 로 설정하고 95%의 신뢰구간 및 매칭중첩감비율 75.8%를 적용하면서 매칭 차량 대수가 현재 조사되는 평균통과 차량 대수인 100대/5분을 만족할 수 있는 적절한 매칭률을 산정한 결과, 95%의 매칭률로 분석되었다. 현재 설정된 9.5km 구간에 대하여 적절한 구간통행시간수집장치의 설치 간격에 대하여 이러한 매칭률 95%를 얻도록 하기 위해서는 전체 차로에 대하여 촬영을 하여 샘플을 하여야 적절한 신뢰도 및 오차율을 가진 구간대표여행속도를 산정할 수 있다고 판단되나, 이는 시스템 설치 및 운영비용의 증가로 인하여 경제적 부담이 발생하게 된다.

매칭률을 향상시키기 위하여 설치 간격을 조정하는 방법은 현장 여건을 감안한 교차로 회전 차량조사 및 현장 지점별 비디오 분석을 통하여 차로의 변경이 적어 매칭률이 95%이상으로 수집될 수 있는 9.5km 구간보다 적은 구간을 설정하여 시스템을 추가 설치하여야 하나, 이 또한 시스템 설치 및 운영비용의 증가로 인하여 경제적 부담이 발생하게 된다.

(3) 기존의 지점 검지기 자료와의 활용을 통해 구간여행시간 자료의 오차허용범위를 감소시키는 방법이 있을 수 있다. 이 방법은 구간여행시간수집장치의 설치구간 내부에 설치된 기존의 지점검지기로 부터 수집되는 각 지점의 교통량, 속도, 점유율 자료 및 각 지점 검지기가 담당하는 균일한 교통류 구간을 설정하고, 각 지점검지기로 부터 산출되는 교통자료를 가공하여 구간교통정보로 변환한 자료와 구간여행시간수집장치로부터 수집된 자료의 패턴을 비교 분석하여 서로의 오차를 감소시킬 수 있도록 보완하는 방법이다. 이 방법은 기존의 연구보고서 등을 활용하여 충분히 가능하리라 판단되며, 소요 비용 측면에서도 가장 경제적일 것으로 판단된다.

## IV. 결 론

본 연구는 실제 운영중인 시스템을 토대로 검지율과 인식율, 차량 매칭율을 확인하여 구간 통행시간 산출의 타당성을 검토하였다. 연구결과로서, 단속류의 교통특성에서 설치지점, 평가방법에 대한 검토 및 보완이 필요하다는 결론이 도출되었으며, 보완사항으로는 충분한 표본차량 수집, 전체 차로 매칭, 설치 간격 축소, 지점 검지기 자료 활용 등을 제시할 수 있다.

시스템측면에서는 비접촉식 센서를 이용한 트리거 펄스신호발생기를 적용함으로써, 도로 비파괴 설치공법과 효율적인 시스템 유지 관리 기능을 제공하게 되었다. 즉, 시공상의 편리함 및 설치상의 도로 정체 유발 해소, 실시간 통행시간 정보 처리 및 제공으로 교통흐름 원활화 등 포괄적 효과를 기대할 수 있을 것이다.

또한, 정책적으로는 수도권 국도 ITS의 일환으로 일반국도 AVI 설치 및 관리 기술에 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

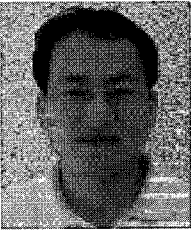
1. 건설교통부, “수도권 남부 국도1호선 교통관리체계 구축 및 연구”, 최종보고서, 2001. 12.
2. 건설교통부, “수도권 남부 국도교통관리체계 상세설계 및 구축방안 연구”, 최종보고서, 2000. 11.
3. 건설교통부, “수도권 남부 국도교통관리시스템 운영관리 업무대행 사업”, 2001.12.
4. 한국건설기술연구원, “통행시간 추정과 통계자료 보정을 위한 결측데이터 보정 모형제작”, 2001. 11.
5. Automatic Vehicle Identification Technology Applications to Toll collection service”, TRR no.971136

〈 저자 소개 〉



문 학 룡 (Moon, Hak-Yong)

1990년 숭실대학교 학사  
2001년 숭실대학교 전기공학 박사  
1997년~현재 한국건설기술연구원



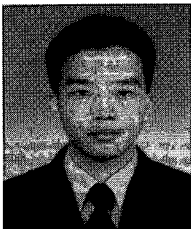
류 승 기 (Ryu, Seung-ki)

1990년 충북대학교 학사  
1999년 충북대학교 전기공학 박사  
1994년~현재 한국건설기술연구원



김 성 현 (Kim, Sung Hyun)

1992년 한국항공대학교 학사  
1997년 서울대학교 환경대학원 석사  
현 서울대학교 환경대학원 박사수료  
현 한국건설기술연구원 연구원



박 현 석 (Park, Hyun Suk)

1997년 인천대학교 학사  
1999년 인천대학교 석사  
2004년 3월~현재 서울시립대학교 박사과정  
1999년 2월~현재 한국건설기술연구원 연구원