

■ 論 文 ■

단속류 통행시간 추정을 위한 적정 집락간격 결정에 관한 통계적 방법론 비교 연구

A Comparative Study on the Statistical Methodology to Determine the Optimal Aggregation Interval for Travel Time Estimation of the Interrupted Traffic Flow

임 형 석

이 승 환

이 현 재

(아주대학교 교통연구센터 연구원) (아주대학교 환경건설교통공학부 교수) (한국건설관리공사 정보통신처 처장)

목 차

- I. 서론
- II. 이론적 고찰
 - 1. 구간통행시간의 정의
 - 2. 집락간격의 개념
 - 3. 선행연구 분석
- III. 단속류 적정집락간격 결정모형 개발
 - 1. 모형개발을 위한 기본개념
 - 2. 점추정개념을 적용한 집락간격 결정모형
 - 3. 구간추정개념을 적용한 집락간격 결정모형
- IV. 자료조사 및 분석
 - 1. 자료조사
 - 2. 자료분석
 - 3. 차량번호판 매칭방식 AVI 수집자료의 적합성 분석
- V. 적정 집락간격 모형적용 결과
 - 1. 수집자료의 정규성 검증
 - 2. 적정 집락간격 산출
 - 3. 결과분석
- VI. 결론
참고문헌

Key Words : 단속류, 구간통행시간, 집락간격, 차량번호판 매칭방식 AVI, 구간검지체계

요 약

본 논문에서는 지방부 간선도로에서 제공되는 단속류 구간통행시간 정보의 체계적인 수집·분석을 위해 현재 일부 국도에서 운영중인 차량번호판 매칭방식 AVI(자동차량인식장치 : Automated Vehicle Identification)로부터 수집된 자료의 적합성분석 및 단속류 구간통행시간 자료의 적정집락간격(optimal aggregation interval)산정을 위한 통계적 결정방법을 연구하였다. 연구결과 차량번호판 매칭방식 AVI 수집자료는 통과위주의 대표차로상에서만 수집되기 때문에 차로간의 속도차가 크게 나타나는 단속류 구간에서는 전차로에 대한 통행시간 수집자료와 교통특성에 차이가 있으므로 현재의 차량번호판 매칭방식 AVI 표본수집 자료를 통해 산출된 구간통행시간을 구간의 대표값으로 적용하는 데에는 문제가 있어 이에 대한 추가적인 검토가 필요하다는 결론을 얻었다. 그리고, 단속류 구간의 통행시간 정보제공을 위한 수집자료의 적정집락간격 결정방법으로 점추정과 구간추정방법을 적용하여 모형을 개발하였고, 이 모형을 적용한 결과 점추정모형이 구간추정모형보다 집락간격결정에 민감하고 보다 정확한 적정집락간격 선정이 가능한 것으로 밝혀졌으며, 단속류 구간에서 적정집락간격은 5분으로 산정되어 현재 적용되고 있는 단속류 구간 5분집락간격은 적절한 것으로 판단된다.

The goals of this paper are two folds : i) to evaluate whether the data collected by a license plate matching AVI equipment being operated on some segment of a national highway are suitable or not for use in travel time estimation of interrupted traffic flows ; ii) to study the statistical methodologies to be used for the determination of the optimal aggregation interval for travel time estimation.

In this study it was found that the AVI data are not representative because the data are collected on some selected lanes of a roadway where main traffic is thru-traffic and, thus the AVI data are different from those collected from all lanes in traffic characteristics. For the determination of the optimal aggregation interval for travel time estimation, two statistical methods, namely point estimation and interval estimation, were tested. The test shows that the point estimation method is more sensitive and gives more desirable results in determining the optimal aggregation interval than the interval estimation method. And it turned out that the optimal aggregation interval on interrupted traffic flows has been calculated as 5 minute and thus the existing aggregation interval, 5 minute is proper.

1. 서론

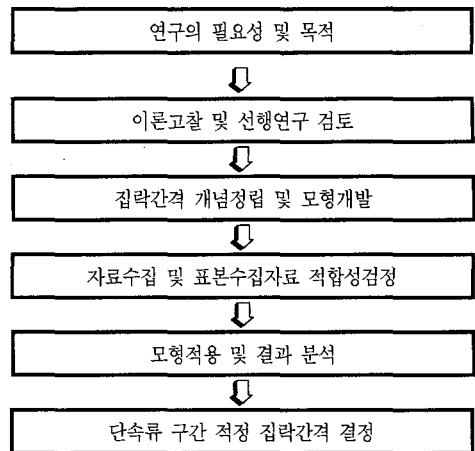
지능형 교통체계(ITS : Intelligent Transport Systems)의 발전으로 도로이용자들은 보다 편리한 교통시설 이용이 가능하게 되었다. 특히, 여행정보제공 시스템(ATIS : Advanced Traveler Information System)의 발달은 도로를 이용하는 운전자에게 다양한 형태의 정보를 실시간으로 제공하는 단계에까지 이르고 있으며, 이러한 정보제공 서비스가 가능하기 위하여 정밀한 검지체계와 신뢰성 있는 통행시간 산출 알고리즘에 대한 관심이 증가하고 있다.

여행자 정보제공 시스템 중 구간통행시간 정보는 운전자에게 경로를 선택하는 기준이 되는 중요한 요소이다. 이 분야는 지점검지체계를 이용하는 방식에서 최근 구간검지체계를 이용하는 방식으로 검지체계기술의 발전을 보이고 있고, 이로 인해 구간검지체계로부터 수집된 데이터의 분석 및 가공 알고리즘의 개발이 요구되는 시점이다.

특히, 국내에서는 구간검지체계 중 차량번호판매칭방식 AVI(Automatic Vehicle Identification, 자동 차량인식장치)의 적용이 활발하게 진행되어 최근 한국도로공사는 고속도로로 집중되어 혼잡을 유발하는 통행차량을 국도로 우회시킬 목적으로 구축한 국도교통관리시스템(RTMS : Rural Traffic Management System)상에 구간검지기인 차량번호판 매칭방식 AVI를 설치·운영중에 있으며, 건교부에서는 1998년부터 시작한 국도교통관리시스템(NHTMS : National Highway Traffic Management System)상에 차량번호판 매칭방식 AVI를 설치·운영중에 있다.

하지만, 구간검지체계로부터 수집된 자료에 대한 연구가 부족한 실정이므로 이에 대한 연구가 시급하며, 특히, 정확한 구간통행시간 산출을 위해 수집자료에 대한 체계적인 가공처리방안에 대한 연구가 필요하다.

구간검지체계는 구간을 통과하는 차량의 구간통행시간을 직접 산출해 내기 때문에 차량의 지점속도를 환산하여 구간통행시간을 산출하는 지점검지체계와 비교할 때 훨씬 정확한 개별 차량의 통행시간을 수집할 수 있다. 하지만, 구간검지체계로부터 수집된 자료는 개별차량의 구간통행시간이므로, 구간의 통행특성 정보를 제공하기 위해서는 수집된 자료를 일정간격으로 집계하여 대표값을 산출하는 가공절차를 거쳐야 하고, 이 단계에서 집락간격을 얼마로 하느냐에 따라 제공되는 정보의



편차가 다르게 나타난다. 그러므로, 적절한 집락간격을 결정하는 것은 매우 중요한 문제라고 할 수 있다. 지금까지 구간통행시간 정보를 산출하기위한 시스템에서는 연속류와 단속류구간 모두 5분 집락간격을 사용하고 있으나, 이에 관한 연구가 그리 많지 않다. 특히, 연속류 구간에서의 적정 집락간격 산출에 관한 연구는 이루어졌으나, 단속류 구간에서의 적정 집락간격에 대한 연구는 전무한 실정이다.

이에, 본 연구에서는 차량번호판 매칭방식 AVI의 신뢰성 높은 구간통행시간 정보를 산출하기 위해 차량번호판 매칭방식 AVI 수집자료의 적합성에 대한 검증과 단속류 구간통행시간산출을 위한 적정집락간격 결정 방법에 대해 연구하였다.

논문의 구성으로 제2장은 연구에 필요한 개념을 정리한 이론적 고찰, 제3장은 모형개발, 제4장은 대상구간에서 수집된 자료의 분석, 제5장은 수집된 자료에 모형을 적용한 결과를 분석하였다.

II. 이론적 고찰

1. 구간통행시간의 정의

구간통행시간은 대상차량이 주어진 도로구간을 통과하기 위해 소요되는 총시간을 말하며, 차량이 구간거리를 주행하는데 경과한 시간과 혼잡 및 신호에 의한 영향 등으로 인해 발생한 각종 지체를 더한 시간을 말한다. 특히, 교통정보제공시스템에서 구간통행시간은 이러한 개개의 차량통행시간을 일정 집락간격동안 집계하여 계산된 대표값을 구간통행시간으로 제공한다.

2. 집락간격의 개념

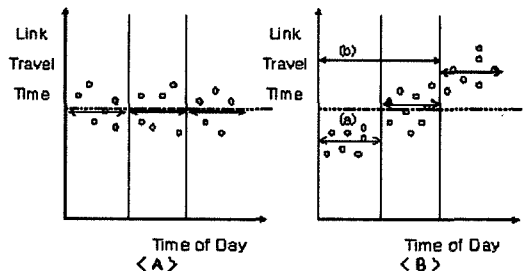
구간 검지체계로부터 수집된 자료는 구간을 통행하는 개별차량의 통행시간이다. 구간통행시간 정보를 제공할때 개별차량의 통행시간을 모두 제공할수 없기 때문에 데이터를 일정간격으로 나누어 그 간격에서의 통행시간을 대표할수 있는 값을 산정해야 한다. 이 경우 가장 적합한 대표값은 평균값이다. 그러므로 차량번호 판 매칭방식 AVI로부터 수집된 자료는 일정간격으로 나누어 평균값을 산정하고, 이값을 구간의 대표값으로 제공하게 된다.

집락간격이란, 이렇게 자료를 나누는 일정시간간격을 말하며, 구간통행시간산출에 있어서 집락간격의 변화에 따라 구간통행시간 정보의 변화가 크게 나타난다.

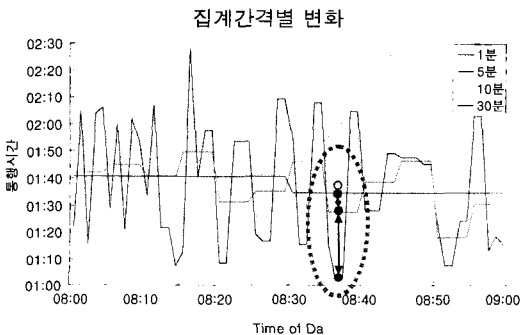
1) 집락간격의 영향

구간통행시간은 집락간격의 변화에 따라 측정 데이터에 영향을 미치게 되며, 특히 아래의 두가지 측면에서 영향을 설명할수 있다.

첫째, 구간통행시간은 구간을 통과하는 차량의 통행



(그림 1) 혼잡증가에 따른 집락간격 변화



(그림 2) 집락간격에 따른 구간통행시간의 변화

특성의 변화가 심할수록 집락간격의 영향을 크게 받는다. 즉, (그림 1)에서 보는바와 같이 통행의 변화가 없는 안정적 상태(A)의 경우 집락간격의 변화에 크게 영향을 받지 않으나, 혼잡의 증가로 인하여 교통류가 변화하는 상태(B)에서는 (a)와 같이 데이터의 변화와 적합한 집락간격과 (b)와 같이 적절치 못한 집락간격으로부터 얻어진 구간통행시간의 대표값이 크게 차이난다.

둘째, 구간통행시간은 집락간격의 차이에 따라서 전혀 상이한 값의 정보를 제공하게 된다. 즉, (그림 2)에서 보는바와 같이 동일한 구간통행시간 데이터를 분석할 때도 집락간격을 달리할 경우 상이하게 나타난다.

2) 적정집락간격의 정의

정확한 구간통행시간이란, 구간통행에 영향을 미치는 모든 요소를 반영하여 구간을 통행하는 차량의 실제 통행시간을 말하며, 이를 참값이라고 한다. 참값은 통계적으로 모집단의 대표값, 즉, 모수이고, 구간통행시간의 모수를 조사하는 것은 매우 힘들다. 그러므로, 본 연구에서는 통계적 추정이론을 적용하여 모수를 추정하였다.

적정 집락간격이란, 수집된 구간통행시간 자료의 변화를 가장 잘 표현 할수있는 집락간격을 말하며, 본 연구에서는 이러한 적정 집락간격을 산출하기 위해 두가지 측면의 접근방법을 적용하였다. 첫째는 집락된 관측자료와 참값과의 차이가 가장 작은 집락간격을 찾는 방법이고, 둘째는 데이터의 변화를 감지하고 변화의 특성을 가장 잘 표현할수 있는 집락간격을 찾는 방법이다.

3. 선행연구 분석

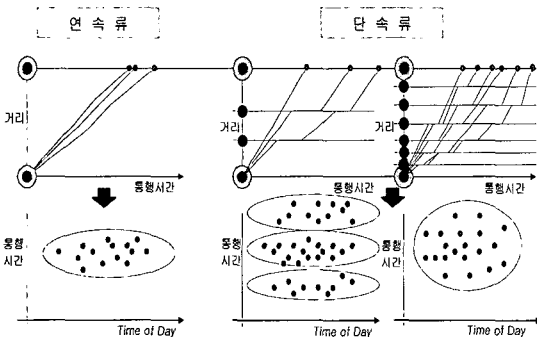
1) 구간통행시간자료 집락간격 결정

현재까지 집락간격에 관한 연구는 연속류에 대하여만 진행되었으며, 박동주와 Gajewski(2001)에 의해 연구가 수행되었다. 박동주(2001)는 통행시간 산정 및 예측을 위한 적정 집락간격을 산출하였고, 방법론으로는 점추정기법을 적용하여 집락간격별 관측값을 기준으로 참값을 추정하여 두값의 차이인 평균제곱오차(MSE : Mean Square Error)가 최소가 되는 집락간격을 최적의 값으로 결정하였다. 이 연구에서는 프루브 차량의 표본자료가 적기 때문에 Gaussian kernel 기법을 이용하여 모수값을 추정하였으며, 모형 적용결과 적정 추정집락간격을 3분 ~ 5분으

로 선정하였다. Gajewski(2001)는 통행시간 산정을 위한 적정집락간격을 산출함에 있어서 점추정과 구간 추정 기법을 적용하였다. 점추정 기법으로는 MSE가 최소가 되는 지점의 집락간격을 결정하는 방법을 채택하였으며, 구간 추정기법으로는 F-검정을 이용하여 가설을 만족하는 집락간격의 범위를 구하였다.

2) 단속류와 연속류상의 통행시간 특성 비교

이정희(2001)의 연구에서 단속류와 연속류상의 통행시간 특성을 비교하였으며, 이 논문에서는 올림픽대로 (도시고속도로)와 천호대로 (도시간선도로)상에서 구간통행시간을 측정하여 개별차량의 시공도를 작성하여 분석하였다. 그 결과 <그림 3>에서 보는 바와 같이 구간내 신호교차로의 수가 적은 경우에 통행시간은 신호영향에 의해 몇개의 그룹으로 뚜렷하게 구분되고, 구간내 신호교차로의 수가 많을 경우에는 연속류 데이터와 같은 형태를 보인다.



<그림 3> 단속류와 연속류의 통행시간 특성 비교

3) 기존 연구의 한계

위에서 보듯이 현재 집락간격에 관한 연구는 연속류에 대해서만 연구되었으며, 단속류에 대한 연구가 필요한 시점이다. 특히, 박동주의 논문은 연속류에서 유효한 결론을 도출하였으나, 단속류 구간에 대한 증명은 이루어지지 않았고, 단속류 구간 수집자료 이용시 고려되어야할 표본자료의 적합성에 대해 고려하지 못하였다. 또한, 지점검지기인 루프검지기와 구간검지기중 Beacon 방식의 AVI에 대한 적정 집락간격 결정 모형이 적용되었지만, 현재 국내에서 활발히 적용되어 설치되고있는 번호판 매칭방식의 AVI에 대한 연구가 추가로 필요하다.

III. 단속류 적정집락간격 결정모형 개발

1. 모형개발을 위한 기본개념

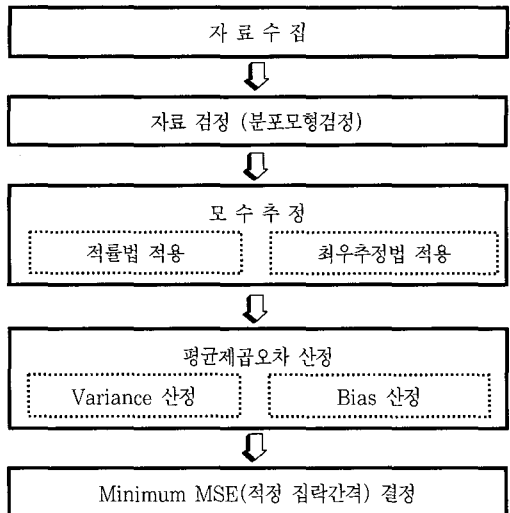
적정 집락간격의 최종 목적은 수집된 자료를 바탕으로 정확한 구간통행시간을 산출하는 것이다. 앞서서도 언급하였듯이 정확한 구간통행시간을 산출하기 위해서는 적정 집락간격을 결정하는 것이 매우 중요하다. 적정 집락간격은 여러 가능한 집락간격 중에서 가장 최적의 집락간격을 찾는 것으로, 수집된 표본자료를 통하여 최적의 해를 찾는 방법이므로, 본 연구에서는 통계적 추정이론을 적용하였다.

본 연구에서는 적정 집락간격 결정을 위해 두가지 접근방법을 적용하였다. 첫째는 집락된 자료와 참값과의 차이가 가장 작게 되는 집락간격을 결정하는 방법이고, 둘째는 데이터의 변화를 감지하고 변화의 특성을 가장 잘 표현할수 있는 집락간격을 결정하는 방법이다.

통계적 추정이론은 점추정과 구간추정 개념으로 구성되며, 점추정은 집락된 자료와 참값과의 차이를 가장 작게하는 집락간격을 산출할수 있고, 구간추정은 F검정을 이용하여 데이터의 변화를 감지하고 이를 가장 잘 표현하는 집락간격을 산출할수 있다. 그러므로, 본 연구에서는 점추정과 구간추정 기법을 각각 적용하여 결정모형을 구축하여 적용결과를 비교분석하였다.

2. 점추정개념을 적용한 집락간격 결정모형

점추정 모형의 적용절차는 다음과 같다.



1) 모수추정

모수추정은 적률(Moment)을 이용한 방법과 최우추정(Maximum Likelihood)을 이용한 방법을 각각 적용하여 그 차이를 비교하였다. 추정값은 다음단계의 평균제곱오차를 산출하기 위해 모집단의 평균값을 추정하였다.

적률법은 식(1)~식(2)에 의해 모평균을 추정하고, 집락간격별로 산출해야하므로 최종적으로 식(3)을 적용하였다.

$$M_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^j \quad (1)$$

$$\hat{\mu} = \hat{\mu}_1 = M_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

$$\hat{\mu}_h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^j \quad (3)$$

M_j : j차 표본적률(sample moment)

X_i^j : i번째 실측된 통행시간

$\hat{\mu}$: 모평균 추정값

$\hat{\mu}_h$: 집락간격 h에서의 모평균 추정값

최우추정법은 식(4)~식(5)에 의해 우도함수 값이 가장 큰값(최우추정량 : MLE)에서의 모수값, 즉, 모평균을 추정하였다.

$$L(\theta) = L(\theta; x_1, \dots, x_n) = f(x_1, \dots, x_n; \theta) \quad (4)$$

$$L(\theta; x_1, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n f_i(x_i; \theta) = f_1(x_1; \theta) \cdots f_n(x_n; \theta)$$

$$= \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{\frac{n}{2}}} \exp\left[-\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (5)$$

x_i : i번째 관측값(실측값)

μ : 모평균

σ^2 : 모분산

$L(\theta)$: 확률변수 $X_1 \cdots X_n$ 의 우도함수

2) 통계량 산정

통계량 산정은 추정을 통하여 얻어진 모수 중에서 가장 우수한 추정량을 찾는 단계로서 본 연구에서는 추정량의 선택기준으로 평균제곱오차(MSE : Mean Square

Error)를 적용하였다. 최종적으로 식(8)에서 보는바와 같이 집락간격으로 산정된 MSE는 각각의 집락시간단위별로 1시간단위로 가중 평균하여 각 집락간격별 MSE의 비중을 같게 하여 전체적으로 각 집락간격별 MSE를 비교함으로써 최소 MSE를 산정하였다.

$$MSE(h) = Var(T(X)) + (Bias)^2 \quad (6)$$

$$= \left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i(h) - \bar{X}(h))^2}{v(h)} \right) + \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X}(h) - \bar{X}_i(h))}{v(h)} \right)^2 \quad (7)$$

$$MSE(H) = \frac{\sum_{h=1}^N v(h) \times MSE(h)}{V(H)} \quad (8)$$

$x_i(h)$: h간격으로 집락시 i번째 관측된 통행시간

$\bar{X}(h)$: h간격으로 집락시 관측값의 평균통행시간

$\bar{X}_i(h)$: h간격으로 집락시 i번째 관측값을 제외한 평균통행시간

h : 집락간격

H : 통행시간추정을 위한 최대집계간격(1시간)

n : 집락간격 h동안 관측된 차량수

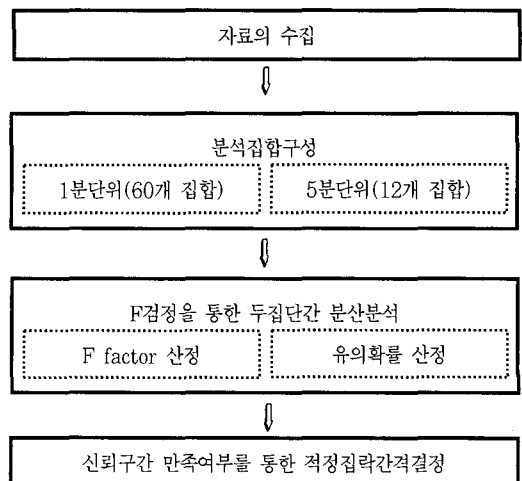
N : 1시간 동안 집락간격(h)의 수 ($\frac{H}{h}$)

$v(h)$: h 간격으로 집락시 통과차량대수

$V(H)$: 1시간 총 통과차량대수

3. 구간추정개념 적용한 집락간격 결정모형

구간추정 모형의 적용절차는 다음과 같다.



구간추정개념을 적용한 적정집락간격 결정모형은 F 검정을 적용하여 적정집락간격을 결정하였다. 모형은 두집단의 집단간/집단내의 평균분산의 비를 사용하여 집단간의 평균차이를 검정하는 방법으로 적정집락간격을 결정하였다.

1) 분석집합 구성

수집된 자료를 분석 모형에 적용할때는 1분, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분, 60분의 순으로 적용하며, 각각 한시간단위의 수집자료를 대상으로 하기 때문에 60개, 12개, 6개, 4개, 3개, 2개, 1개의 분석집합으로 수집자료를 나누었다.

구간추정개념을 적용한 적정집락간격 결정모형은 결과적으로 수집자료가 급격한 변화를 보이는 시간집락간격을 찾아내는 방법이다. 즉, 1분 집계자료와 5분 집계자료의 평균이 같다는 가설하에 두집단의 분산분석을 통하여 가설의 유의확률이 신뢰구간에 존재할 경우 (즉, 유의수준 α) 유의확률) 가설을 기각하고 두집단의 평균이 같지 않다고 판단한다.

2) F검정을 통한 두집단간의 분산분석

앞 단계에서 분석집합을 구성한후 아래와 같은 가설을 설정한다.

$$H_0 : \alpha_1 = \dots = \alpha_j \tag{9}$$

$$H_1 : \alpha_1 \text{들 중 적어도 하나는 동일하지 않다.} \tag{10}$$

본 모형에서는 위 가설에 대한 검정 통계량으로 분석집합간의 분산과 분석집합내의 분산에 대한 비를 고려하여 가설을 검정한후 이를 통해 적정집락간격 구간을 결정하였다. F검정 기법을 적용하여 위의 가설을 검정하는 방법은 식(11)~식(16)과 같다. 아래 식에서 보는바와 같이 분석집합 간 분산을 측정하는 분석집합간 편차제곱의 합(SSB : Sum of Squares Between groups)과 분석집합내의 분산을 측정하는 분석집합내 편차제곱의 합(SSW : sum of squares within groups)을 고려하여 분석집합내의 분산(MSW : Mean of Squares Within groups)과 분석집합간의 분산(MSB : Mean of Squares Between groups)를 산정한후, MSW에 비하여 MSB가 큰 것은 귀무가설 H0를 기각하는 증거가 되므로, 식(15)와 같은 검정통계량은 귀무가설 H0하에서 자유도가 (I-1, n-1) 인 F 분포를 따르고, 가설에

대한 유의수준의 기각영역은 식(16)과 같이된다.

$$SSB = \sum_{i=1}^K (\bar{X}_i - \bar{X})^2 \times N_i \tag{11}$$

$$SSW = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i^h)^2 + \sum_{j=1}^m (X_j - \bar{X}_j^h)^2 \tag{12}$$

$$MSB = \frac{SSB}{N-K} \tag{13}$$

$$MSW = \frac{SSW}{K-1} \tag{14}$$

$$F = \frac{MSB}{MSW} \tag{15}$$

$$F \geq F_{1-\alpha}(I-1, n-1) \tag{16}$$

- X_i : i번째 차량의 통행시간 관측값
- \bar{X}_i : 각 분석집합의 평균통행시간
- \bar{X} : 전체 평균
- \bar{X}_i^h : 집락간격 h에서 i번째 개별통행시간이 속한 분석집합의 평균통행시간
- N_i : 각 분석 집합의 차량대수
- n : 개별차량의 수
- K : 분석집합 수

IV. 자료조사 및 분석

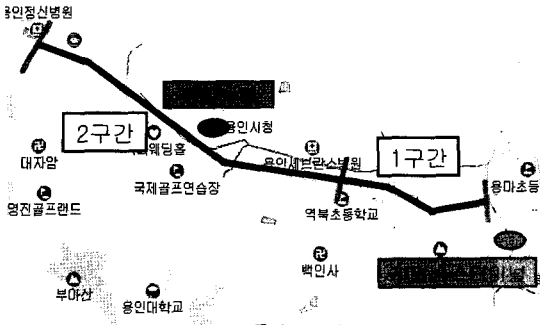
1. 자료조사

1) 조사지점 선정

본 연구의 현장실험과 자료수집은 개발모형의 보편성을 유지하기 위해 <표 1>와 같은 국도의 일반적 특성을 나타내는 지점을 대상지점으로 하였으며, 또한, 단속류 구간통행시간 자료의 적정 집락간격 결정을 위한 자료수집이 가능한 구간을 조사지점으로 선정하였다.

<표 1> 국도의 일반적 특성 분류

구간	특성
중심 구간	해당 국도가 대도시를 통과하면서 시내 중심부를 관통하는 구간으로 지역내 유출입 차량이 혼재되고, 링크가 길이가 짧아 신호에 의한 영향과 도로변 업무 밀집지역에서 주정차로 인하여 혼잡이 자주 발생하는 국도구간
인접 구간	해당 국도가 대도시를 통과하면서 시내 중심부에 진입하기 전과 중심부를 통과한 후의 인접한 경계 구간으로 링크길이는 중심구간 보다는 길지만 중심구간의 지체 영향이 파급되고 통과차량이 지역내 유출입 차량과 연결 또는 분리되는 구간이기 때문에 지체가 종종 발생되는 국도구간



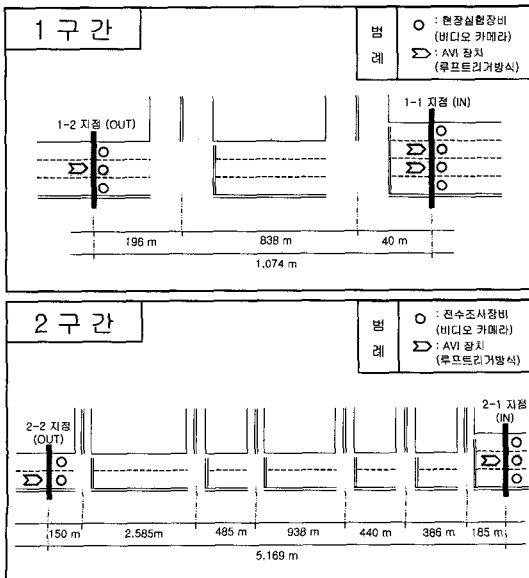
〈그림 4〉 대상구간 위치도

본 논문에서는 이러한 특성을 나타내면서 연구목적에 적합한 AVI 장치(설치된 구간으로 국도 42호선상의 용인터미널 ~ 수원동 삼거리 구간을 선정하였다.

선정구간은 서울과 수원 등 서남권 위성도시와 중부내륙 및 강원지역을 연결하는 주요 국도로서 용인시 중심부를 통과하며, 〈그림 4〉에서 보는바와 같이 2개의 구간으로 나누고 용인에서 수원방면의 일방향을 선정하였으며, AVI 설치지점을 기준으로 2개 구간과 신호교차로를 기준으로 9개의 링크로 구성되어 있다.

2) 자료조사 및 방법

대상구간은 2개의 구간으로 구분되며, 1구간은 중심구간으로 링크의 길이가 짧고 신호교차로의 수가 적으며(2개), 2구간은 인접구간으로 링크의 길이가 길고 신호교차로가 많다(6개). 자료는 〈그림 5〉에서 보는바

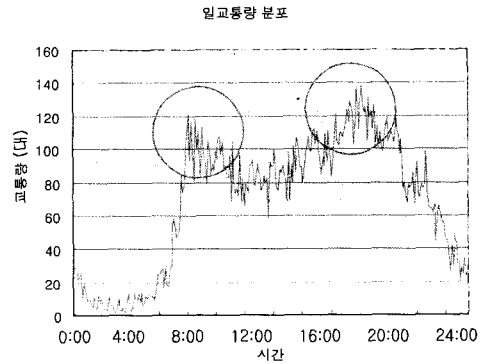


〈그림 5〉 대상구간 자료조사방법

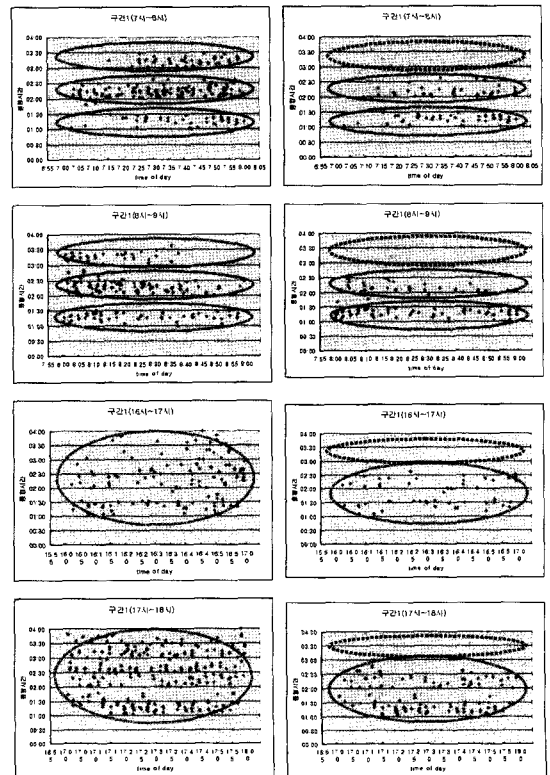
와 같이 전차선을 조사한 현장전수조사와 차량번호판 매칭방식 AVI를 통해 수집된 자료를 조사하는 센터 표본자료조사를 통하여 수집하였다.

2. 자료분석

대상구간은 〈그림 6〉과 같이 오전 및 오후 첨두가 나타났으며, 본 연구에서는 혼잡이 가장 심한 환경에



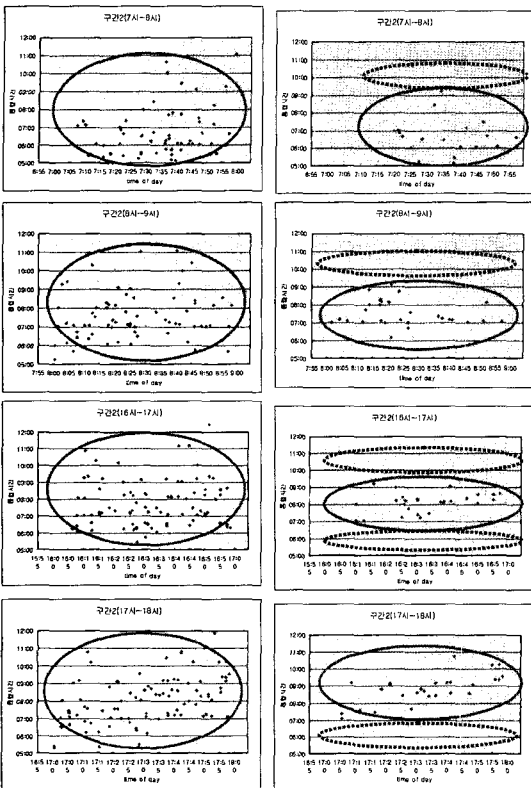
〈그림 6〉 대상구간 평균 일교통량



(a) 전수 조사 자료

(b) AVI 표본 자료

〈그림 7〉 1구간 수집 자료 비교



(a) 전수 조사 자료 (b) AVI 표본 자료
 <그림 8> 2구간 수집 자료 비교

대해 분석하기 위해 7시~9시(2시간), 16시~18시(2시간)의 총 4시간씩 일주일간 자료를 측정하여 분석하였다.

수집된 자료를 분석하면 <그림 7>, <그림 8>과 같이 차량번호판 매칭방식 AVI 자료가 일부차로만을 샘플링하기 때문에 전체차로를 대상으로 하는 전수조사에 비해 AVI가 설치 안된 차로의 차량자료가 누락되어 있는 것을 보여주고 있다.

3. 차량번호판 매칭방식 AVI 수집자료의 적합성 분석

현재 운영중인 차량번호판 매칭방식 AVI는 차로중 일부만을 조사하는 표본조사 방법을 택하고 있고, 표본수집된 샘플자료의 평균을 산정하여 이값을 구간의 모수추정값 즉, 구간대표값으로 제공하고 있다.

표본자료는 전수조사에서 얻은 데이터의 특성을 반영할 수 있어야 하기 때문에, 본 절에서는 실험대상구간 전체에 대한 전수조사자료와 표본수집자료의 동일성검정을 통하여 수집된 표본자료가 실제로 구간을 대표하기에 적합한 표본데이터인가를 검증하였다.

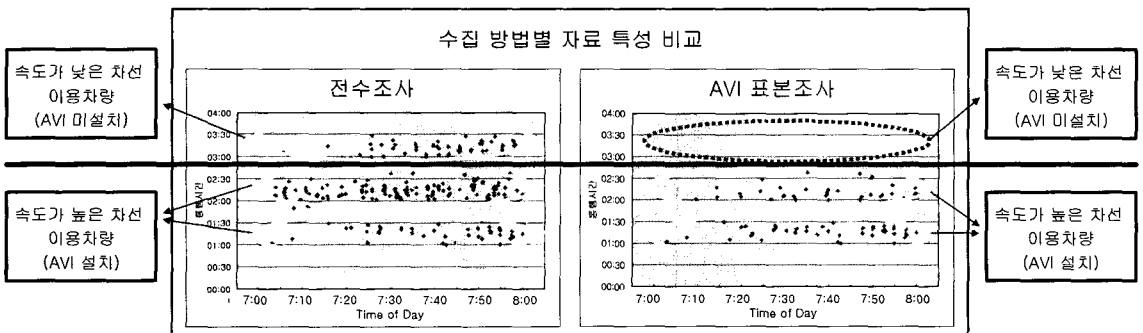
검정방법은 Kolmogorov-Smirnov 동일성검정방법을 이용하였으며, 유의수준은 95%로 하였다.

검정결과 <표 2>에서 보는바와 같이 총8개 대상자료 중 2개는 모집단이 동일하나, 6개는 전혀 다른 집단임을 보이고 있다.

위의 Kolmogorov-Smirnov 검정을 통해 차량번호판 매칭방식 AVI 자료는 구간의 전체차량 조사자료와 차이가 있음을 확인할 수가 있다. <그림 9>와 같이 AVI자료는 특성이 다른 일부자료가 누락되어 있기 때문에 구간의 통과차량 전체를 대표한다고 볼 수 없다.

<표 2> AVI자료와 전수자료간 동일성검정 결과

구간	측정시간	Kolmogorov-Smirnov	Pr>KS	비고
1	7 ~ 8	3.517	<0.0001	기각함
	8 ~ 9	4.474	<0.0001	기각함
	16 ~ 17	2.175	0.0002	기각함
	17 ~ 18	4.654	<0.0001	기각함
2	7 ~ 8	0.738	0.6471	동일집단
	8 ~ 9	0.851	0.4639	동일집단
	16 ~ 17	1.804	0.0030	기각함
	17 ~ 18	2.054	0.0004	기각함



<그림 9> AVI 샘플자료와 전수자료 비교

즉, <그림 9>의 경우 차량번호판 매칭방식 AVI가 설치된 중심차로를 통과한 차량인 비교적 높은 속도의 차량의 통행시간은 검지되었으나, 차량번호판 매칭방식 AVI가 설치되지 않은 가로변 차로를 통과하는 차량의 통행시간은 수집되지 못하였다.

이러한 특성은 차로별 이용차량의 통행특성의 차이에 의해 발생하게 되는데, 좌회전 및 우회전 차로를 포함한 단속류 구간에서는 차로별 통행특성의 차이에 의한 영향으로 이러한 특성이 나타난다고 본다. 특히, 구간내 링크의 길이가 짧고 차로가 많으며 통행량이 많을수록 이러한 특성은 더욱 분명히 나타난다.

이는 AVI로 수집된 자료가 표본수집오차를 내재하고 있음을 나타내는 것이다. 즉, 차량번호판 매칭방식 AVI 시스템을 통해 얻어진 샘플자료는 일부 차량의 데이터가 수집되지 않음으로서 이를 통하여 모수를 추정하더라도 실제 모집단(참값)을 대표하지 못하는 결과를 얻게 된다.

V. 적정 집락간격 모형적용 결과

본 장에서는 수집된 자료를 모형에 적용하여 도출된 결과를 분석하였다.

1. 수집자료의 정규성 검정

차량번호판 매칭방식 AVI 자료는 구간의 통행특성을 반영하지 못하기 때문에 적정집락간격 결정을 위해 모형에 적용될 자료로서 부적합하다. 그러므로, 본 연구에서는 구간을 통행하는 전 차량을 현장에서 조사하여 얻은 자료를 적정 집락간격 결정 모형에 적용하였다.

통계적 추정을 위해서는 자료의 분포특성이 정의되어야 하기 때문에 이를 위하여 본 연구에서는 신뢰수준

90%에서 Shapiro-Wilk 정규성 검정을 하여 <표 3>과 같은 결과를 얻었다.

위 결과에서 보듯이 수집된 자료는 모든구간의 시간대에서 정규분포를 따르므로 본 자료를 모형에 적용하여 모수를 추정시 자료는 정규분포를 따른다고 본다.

2. 적정 집락간격 산출

1) 점추정을 이용한 적정 집락간격 결정

(1) 모수추정

정확한 모수추정을 위하여 적률법(Moment)과 최우추정법(Maximum Likelihood)을 적용하여 모수를 추정하였으며 그 결과를 비교하였다.

본 연구에서 적률법과 최우추정법을 적용하여 모수를 추정한 결과 자료가 정규분포를 따르고 표본이 많기 때문에 추정방법을 달리하여 추정하였으나, 추정된 모수결과가 거의 동일하게 나왔다. 이로인해 자료의 표본이 적고 분포특성이 정규성을 보이지 않을 경우에는 추정방법에 영향이 있을 것이나 자료가 정규분포를 따를 경우 모수추정방법에 따른 영향이 미미한 것으로 분석되었다.

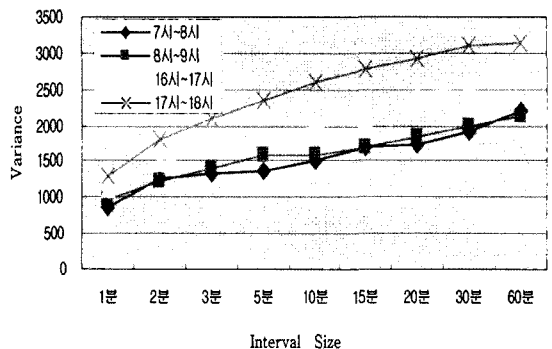
(2) 평균제곱오차(MSE) 산정

식(6)에의해 MSE는 Variance와 Bias의 합으로 계산된다. 본 절에서는 Variance와 Bias를 구하고 최종적으로 이를 합하여 MSE를 구하였다.

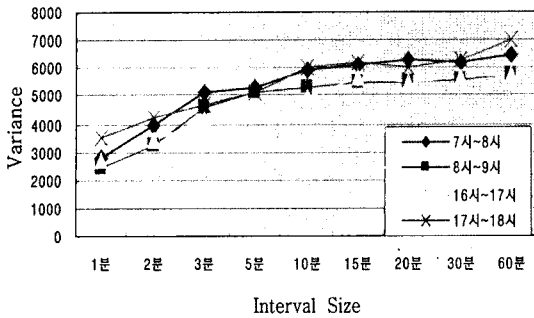
<그림 10>, <그림 11>은 Variance값을 나타내고, 집락간격이 커질수록 Variance도 커짐을 확인할 수 있으며, 1구간과 2구간 모두 동일한 특성을 나타낸다. <그림 12>, <그림 13>은 Bias값을 나타내고, 집락간격이 커질수록 Bias가 작아짐을 볼 수 있으며, 1구간

<표 3> Shapiro-Wilk 에 대한 정규성 검정 결과

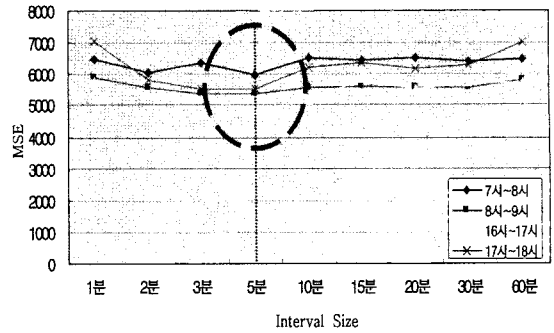
구간	시간대	Shapiro-Wilk통계량	Pr(W)	결과
1	7시 ~ 8시	0.9254	<0.0001	유의함
	8시 ~ 9시	0.9304	<0.0001	유의함
	16시 ~ 17시	0.9480	<0.0001	유의함
	17시 ~ 18시	0.9478	<0.0001	유의함
2	7시 ~ 8시	0.8723	<0.0001	유의함
	8시 ~ 9시	0.9349	0.0007	유의함
	16시 ~ 17시	0.9396	0.0004	유의함
	17시 ~ 18시	0.9777	0.0908	유의함



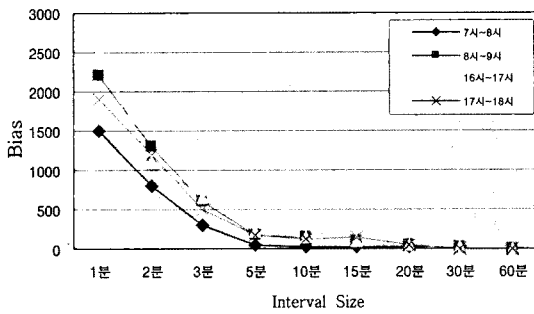
<그림 10> 집락간격별 Variance 분포 (1구간)



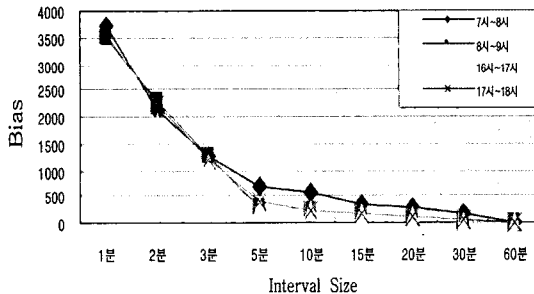
〈그림 11〉 집락간격별 Variance 분포 (2구간)



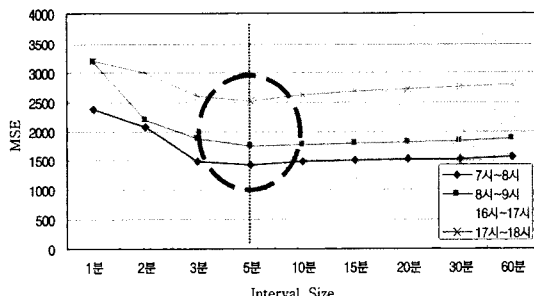
〈그림 15〉 집락간격별 MSE 분포 (2구간)



〈그림 12〉 집락간격별 Bias 분포 (1구간)



〈그림 13〉 집락간격별 Bias 분포 (2구간)



〈그림 14〉 집락간격별 MSE 분포 (1구간)

과 2구간 모두 동일한 특성을 나타낸다. 최종적으로 1, 2구간의 Variance와 Bias를 각각 합계하여 〈그림 14〉, 〈그림 15〉에서 MSE를 산정하였다.

(3) 적정집락간격 결정

점추정에서 적정집락 간격은 평균제곱오차(MSE)가 가장 작게 나타나는 집락간격을 선택한다. 즉, 관측자료가 모수추정값에 가장 일치하는 집락간격을 적정집락 간격으로 선정한다.

지금까지 앞에서 점추정을 이용한 모형을 적용하여 단속류 구간에서 집락간격별 MSE를 산출한 결과 〈그림 14〉, 〈그림 15〉에서 보듯이 모든 구간과 시간대에서 5분 집락간격에서 MSE가 가장작은 값을 나타내고 있다. 이로인해 점추정을 이용할 경우 단속류 구간에서 적정 집락간격은 5분임을 확인 할 수 있다.

2) 구간추정모형 적용 적정 집락간격 결정

(1) 분석 집합구성 및 F 검정을 통한 두 집단간 분산 분석

수집된 자료를 분석 모형에 적용하기위해 1분, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분, 60분의 순으로 자료를 구분하여 적용하며, 각각 한시간단위의 수집자료를 대상으로 하기 때문에 60개, 12개, 6개, 4개, 3개, 2개, 1개의 분석집합으로 수집자료를 나눈다.

〈표 4〉, 〈표 5〉는 각 구간별로 나누어진 수집자료 분석집합을 이종의 분석집합과 함께 F검정을 통하여 얻은 F값과 유의확률이다. 〈표 4〉는 1구간에서 수집된 자료를 분석한 결과이다. 1구간은 구간의 거리가 짧고 시내구간을 통과하므로 교통류의 변화가 심하고 혼잡이나 지체가 빈번히 발생하는 구간이기 때문에 결과에서 보듯이 집락간격이 1분으로 짧게 선정되었다. 하지만, 결과에서도 볼 수 있듯이 각각의 시간대별 자료집단 12개중 1개내지 2개의 집단에서만 해당 집락간격 동안에 데이터의 심한 변동이 있음을 알 수 있다.

〈표 5〉는 2구간에서 수집된 자료를 분석한 결과이

<표 4> F검정을 통한 적정 집락간격 분석결과(1구간)

시간대	집락 간격	Group																								분석 결과
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
7시 ~ 8시	1분	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	H0 기각 (확정- 1분)
		0.9	0.4800	2.32	0.0792	9.59	<.0001	0.29	0.8805	1.55	0.2620	1.26	0.3207	4.46	0.0418	0.54	0.7124	5.19	0.0337	0.13	0.7405	163.3	<.0001	85.08	0.0116	
8시 ~ 9시	1분	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	H0 기각 (확정- 1분)
		53.2	0.0867	2.22	0.168	1.06	0.4128	0.79	0.4822	2.28	0.133	3.38	0.03	8.02	0.0003	1.21	0.3327	2.29	0.1023	10.3	<.0001	3.86	0.0109	0.92	0.4723	
16시 ~ 17시	1분	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	H0 기각 (확정- 1분)
		12.1	0.0078	1.47	0.2763	31.6	0.0002	1.02	0.4928	2.79	0.2066	150.3	<.0001	0.07	0.9729	4.73	0.0416	0.85	0.5217	1.67	0.2217	1.36	0.2898	1.71	0.2027	
17시 ~ 18시	1분	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	H0 기각 (확정- 1분)
		0.68	0.6151	1.46	0.2603	15.2	<.0001	1.91	0.1467	1.91	0.1279	2.1	0.1163	0.55	0.7016	2.58	0.0609	3.11	0.0280	2.36	0.1077	0.07	0.9905	2.68	0.0694	

<표 5> F검정을 통한 적정 집락간격 분석결과(2구간)

시간대	집락 간격	Group																								분석 결과
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
7시 ~ 8시	5분	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	H0 채택
		0.87	0.4921	1.43	0.3774	491	0.0319	0.82	0.6487	1.42	0.3675	6.59	0.0798	2.2	0.313	0.75	0.4958	1.09	0.4038	4.84	0.1138	10.87	0.0422	1.04	0.5701	
7시 ~ 8시	15분	F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		H0 채택
		1.45		0.2955		3.4		0.0624		0.17		0.8475		1.89		0.1873										
7시 ~ 8시	30분	F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		H0 채택
		2.19				0.1539				0.22				0.639												
7시 ~ 8시	60분	F값												유의확률												H0 기각 (확정-30분)
		3.01												0.0878												
8시 ~ 9시	1분	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	H0 채택
		2.48	0.1761	0.15	0.7188	0.31	0.8562	0.21	0.8175	0.17	0.9077	5.1	0.0247	0.22	0.8548	2.45	0.1823	0.45	0.7751	2.76	0.2093	0.88	0.6028	2.22	0.4287	
8시 ~ 9시	15분	F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		H0 채택
		1.44		0.26		0.2		0.8166		0.48		0.6327		0.31		0.7399										
8시 ~ 9시	30분	F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		H0 채택
		1.17				0.2842				0.16				0.6967												
8시 ~ 9시	60분	F값												유의확률												H0 기각 (확정-30분)
		3.03												0.0859												
16시 ~ 17시	5분	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	H0 채택
		0.7	0.6923	0.64	0.5889	2.68	0.1541	0.22	0.8151	1.21	0.4533	2.78	0.11	0.32	0.8113	0.26	0.8532	0.69	0.6389	0.25	0.8965	0.63	0.6265	0.87	0.4756	
16시 ~ 17시	15분	F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		F값		유의확률		H0 기각 (확정-5분)
		3.75		0.0732		1.66		0.216		5.49		0.0117		1.43		0.2591										
17시 ~ 18시	1분	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률	H0 기각 (확정-1분)
		36.8	0.0077	3.43	0.0928	0.19	0.8367	0.94	0.5539	1.24	0.3874	1.24	0.3875	0.72	0.6016	2.11	0.2166	0.52	0.6856	2.54	0.2321	0.18	0.9073	0.56	0.6624	

다. 1구간과는 달리 2구간은 구간의 거리가 길고 1구간에 비해 차량의 혼잡율이 낮은 특성을 갖고 있다. 그러므로 2구간에서 모형적용결과 차량의 소통이 상대적으로 적은 오전 시간대 7시 ~ 9시에 집락간격이 30분이 도출되었다. 하지만, 다시 오후에 차량이 집중하고 혼잡이 증가함으로써 점차 집락간격이 5분, 1분으로 줄어드는 경향을 보였다. 여기에서 구간추정 개념을 적용한 F검정을 통한 적정 집락간격 결정 모형은 교통량 및 혼잡에 영향을 받는 것을 확인할 수 있다.

(2) 적정집락간격 결정

본 연구에서 단속류 구간통행시간 자료에 대해 구간추정을 이용한 적정 집락간격 모형을 적용한 결과 <표 6>과 같은 결론을 얻었다.

구간추정에 의한 적정 집락간격 결정 모형을 적용하여 얻은 결론은 위의 표에서 보는 바와 같다. 이 결론에 의하면 구간별 시간대의 적정 집락간격은 1분, 5분, 30분으로 산정되었으며, 이러한 결과를 기준으로 첨두시간의 특성을 고려해 불때 1구간, 2구간모두 1분 집락간격이 적정한 것으로 판단된다.

<표 6> 구간추정모형을 통한 적정집락간격 산정

구간	시간대	적정 집락간격
1	7시 ~ 8시	1분
	8시 ~ 9시	1분
	16시 ~ 17시	1분
	17시 ~ 18시	1분
2	7시 ~ 8시	30분
	8시 ~ 9시	30분
	16시 ~ 17시	5분
	17시 ~ 18시	1분

3. 결과분석

본 장에서는 통계적 추정기법인 점추정과 구간추정을 이용하여 개발된 적정 집락간격 모형에 단속류 구간통행시간 자료를 적용하여 지방부 단속류 상에서 적정 집락간격을 산정하였다.

모형의 적용결과 <표 7>과 같은 결과를 얻었다.

위의 결과에서 점추정을 이용한 모형의 적용결과는 모두 5분이 적정 집락간격으로 선정되었고, 구간추정을 이용한 모형의 적용결과는 1분이 가장 적절한 집락간격으로 산정되었다.

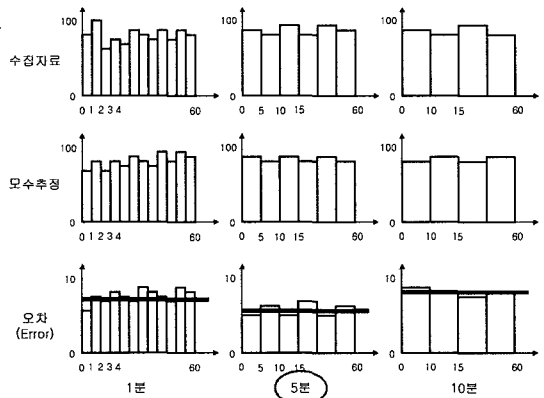
<표 7> 적정 집락간격 산정 결과 비교

구간	시간대	적정 집락간격	
		점추정 모형	구간추정 모형
1	7시 ~ 8시	5분	1분
	8시 ~ 9시	5분	1분
	16시 ~ 17시	5분	1분
	17시 ~ 18시	5분	1분
2	7시 ~ 8시	5분	30분
	8시 ~ 9시	5분	30분
	16시 ~ 17시	5분	5분
	17시 ~ 18시	5분	1분

1) 점추정 적용 모형 결과 분석

<표 7>에서 보는 바와 같이 점추정 개념을 적용한 모형에 의해 적정집락간격을 추정한 결과 전 구간에서 5분이 가장 적정한 것으로 결과가 도출되었다. 점추정 개념을 적용한 방법은 <그림 16>에서 보는 바와같이 자료를 분석대상인 1분, 2분, 3분, 5분, 10분, 15분, 20분, 30분, 60분 간격으로 집락하여 포평균을 추정하고 수집된 자료의 평균을 산정하여, 두자료의 차를 계산하였고 가장 차이가 적은 즉, 추정된 모수와 가장 비슷한 결과를 도출한 집락간격을 적정 집락간격으로 선정하였다. 그러므로 점추정 적용 모형에서는 모수의 추정이 무엇보다 중요하다. 하지만, 통계적으로 불때 모수를 완벽히 추정 하는것은 매우 어렵다. 그러므로 점추정 적용 모형은 기본적으로 모수추정에 의한 오차가 존재한다.

또한, 점추정 적용 모형은 분석대상 주기(본 연구에서는 1시간)동안 수집된 자료를 평균하여 분석하기 때문에 분석주기 동안 수집된 자료의 한계값(상한, 하한)보다는 전체자료의 평균값 즉, 모든 자료를 반영한 대표값에 의해 적정 집락간격이 결정되는 특성을 나타낸다.

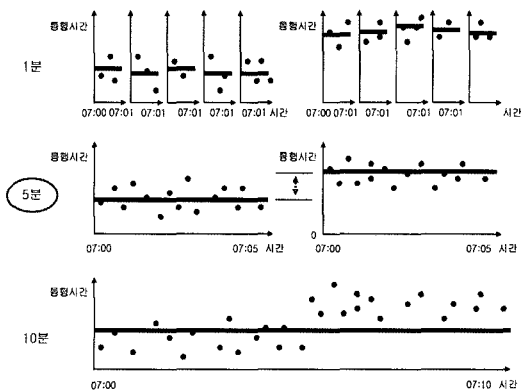


<그림 16> 점추정 모형 자료 분석 개념

2) 구간추정 적용 모형 결과 분석

〈표 7〉에서 보는 바와 같이 구간추정 개념을 적용한 모형에 의해 적정집락간격을 추정한 결과 1분, 5분, 30분 등 다양하게 도출되었다. 구간추정 개념을 적용한 방법은 〈그림 17〉에서 보는 바와같이 자료를 분석대상인 1분, 5분, 10분, 15분, 30분, 60분 간격으로 집락하여 각각의 집락간격을 기준으로 한시간단위의 분석 집합을 생성한후, 각 분석집합간의 분산분석을 통해 도출된 결과의 가설에 대한 유의성을 판단하여 모든 대상 분석집단의 평균이 같다는 가설이 기각되는 시점의 집락간격을 적정 집락간격으로 선정하였다. 그러므로 구간추정 적용 모형에서는 대상구간의 소통상태의 변화에 따른 수집자료의 변화추이가 매우 중요하다. 즉, 대상기간 내에 변화량이 큰 분석집합의 영향에 의해 집락간격이 결정된다.

구간추정을 적용한 모형에서는 대상 기간동안의 전체 분석집합중 하나라도 가설을 기각할 경우 적정 집락간격으로 결정하며, 이는 대상 기간으로 선정된 첨두시간동안에 수집된 자료에 대한 최적화라는 관점보다는 첨두시간내에서 가장 열악한 환경을 찾아내어 적정집락간격을 맞추는 개념으로 이해할 수 있다.



〈그림 17〉 구간추정 모형 자료 분석 개념

3) 점추정 및 구간추정 모형 결과특성 비교

적정 집락간격의 결정은 구간검정체계에 의해 수집된 구간의 통행시간 자료를 가공하여 구간통행시간 정보를 제공하는데 있어 매우 중요한 영향 요소이다. 2장이론적 고찰에서도 보았듯이 집락간격의 변화에 따라 구간통행시간의 차이가 심하게 나타난다. 본연구에서는 추정이론에 근거한 두개의 적정집락간격 결정 모형을

개발하여 적용하였으며, 그 결과는 앞에서 살펴보았듯이 상이하게 산출되었다.

결과적으로 이두가지 모형의 특징은 〈표 8〉에서 보는바와 같이 점추정은 모수를 추정하여 모수와 가장 비슷한 수집자료를 집락간격으로 결정하는 방법으로 첨두시간 한시간을 분석대상으로 하여 한 시간동안 자료 전체의 특성을 반영하여 적정 집락간격을 산출하는 반면 구간추정은 분석집단의 평균이 모두 같다는 가설에 대한 유의성을 판단하여 가설이 기각되는 시점을 적정 집락간격으로 결정하는 방법으로 첨두시간 한시간을 분석대상으로 하여 대상시간내의 자료를 일정간격의 분석집합으로 구분하여 한시간동안 자료 전체의 특성을 반영하지 않고 자료중 일부 분석집합에 의해 적정 집락간격이 결정된다.

구간통행시간을 산출을 위한 적정 집락간격 결정은 구간의 혼잡이 증가하고 교통류의 변화가 심한 첨두시간 동안의 전체자료의 특성을 잘 반영할 수 있어야 하기 때문에 대상자료의 일부의 특성이 전체 집락간격 결정에 영향을 미치는 구간추정 모형보다는 대상자료의 전체특성을 반영하여 최적의 집락간격을 결정하는 점추정 모형의 적용이 적합한 것으로 판단된다.

〈표 8〉 모형 특성 비교

구분	점추정 적용 모형	구간추정 적용 모형
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 모수추정 후 모수와 가장 근사한 자료를 집락간격으로 결정 • 대상시간간격(1H) 동안 수집된 자료 전체의 특성을 반영하여 가장 적합한 집락간격 결정 • 첨두시간 분석시 첨두시간 동안 내내 발생된 교통류의 특성을 고려하여 최적의 집락간격을 결정 	<ul style="list-style-type: none"> • 분석집합 평균이 모두 같다는 가설의 유의성을 판단하여 가설기각 시점의 집락간격을 적정집락간격으로 결정 • 집락간격으로 구분된 분석집합 중 평균이 다른 분석집합에 의해 적정집락간격이 결정됨 • 자료수집기간중 일부기간동안 발생한 교통류의 변동이 전체집락간격결정에 영향을 미침

4) 단속류 적정 집락간격 결정

본 논문에서 적용한 적정집락간격 결정모형은 을 통해 점추정을 적용한 모형과 구간추정을 적용한 모형은 서로 다른 결과값이 산출되었다.

이 두 방식은 앞에서 분석한 바와 같이 각각 상이한 자료분석의 특징을 갖고 있으며, 점추정을 적용한 모형이 구간추정을 적용한 모형보다 대상자료의 전체특성을

잘 반영하므로 단속류 적정 집락간격 결정에 적합한 것으로 분석되었다.

최종적으로 본 연구의 결과로 단속류의 적정 집락간격은 점추정 모형에 의해 산출된 5분 집락간격이 적정한 것으로 판단된다.

VI. 결론

본 논문에서는 지방부 간선도로 단속류 구간의 통행 시간정보에 관한 체계적인 수집·분석을 위해 차량번호판 매칭방식 AVI 수집자료의 특성을 분석하고 통계적 방법을 적용하여 적정 집락간격 결정 방법론 개발에 관한 연구를 수행하였다.

본 논문에서 수행한 연구의 성과는 크게 두가지로 요약 할 수 있다.

첫째는 현재 국내에서 운영중인 차량번호판 매칭방식 AVI 시스템의 표본수집방법에 대한 검증을 통하여 차량번호판 매칭방식 AVI 시스템의 표본수집방법에 대한 검증을 통하여 차량번호판 매칭방식 AVI 시스템의 적합성을 분석하였다.

둘째는 지금까지 구간검지체계로 자료를 수집하여 통행시간을 산출하는데 있어서 필요한 집락간격에 대한 연구가 연속류에 대하여만 진행되었고, 단속류에 대한 연구가 수행되지 않았으나 본 연구를 통해 단속류 구간에서 적정 집락간격을 산출하였다.

연구의 결과 차량번호판 매칭방식 AVI 수집자료는 통과위주의 대표차로상에서 수집되기 때문에 차로간의 속도차가 심하게 나타나는 단속류구간에서 전차로에 대한 수집자료와의 교통특성에 차이가 있어 현재의 차량번호판 매칭방식 AVI 표본수집자료를 통해 산출된 구간통행시간을 구간의 대표값으로 적용하는 문제는 추가적인 검토가 필요하다는 결론을 얻었다. 본 연구에서는 적정집락간격을 산출하기 위하여 통계적 추정 개념인 점추정과 구간추정을 적용하여 모형을 개발하였고, 이 모형을 적용한 결과 점추정모형이 구간추정모형보다 집락간격결정에 민감하고, 보다 정확한 적정집락간격 선정이 가능한 것으로 밝혀졌으며, 단속류 구간에서 적정 집락간격은 5분으로 산정되어 현재 적용되고 있는 단속류 구간 5분 집락간격은 적정한 것으로 판단된다.

본 연구는 단속류 통행시간 추정에 있어서 가장 기초적인 연구이며 여러 가지 측면에서 한계를 가지고 있다. 이 분야에 대한 연구가 기존에 활발하지 않은 관계

로 앞으로 다양한 연구가 진행되어져야 단속류에서 보다 신뢰성 높은 교통정보를 제공할수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에 이어 연구되어져야할 부분은 다음과 같다. 첫째, 적정 집락간격의 결정 방법으로 집락간격이 수집자료의 상태에 따라 동적으로 변환되는 동적 집락간격 결정 모형에 관한 연구가 필요하다. 둘째, 단속류 구간 통과 교통류의 신호에 의한 구간통행시간 영향을 분석하여 이를 모형화하는 추가 연구가 필요하다. 셋째, 단속류 구간에서 차로별 통행특성을 파악하는 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 박동주(2000), "통행시간 산정 및 예측을 위한 최적 집계시간간격 결정에 관한 연구," 대한교통학회지, 제18권 제3호, 대한교통학회, pp.55~76.
2. 오세창·김명하(2003), "차량검지기 교통량 데이터를 이용한 고속도로 통행시간 추정 및 예측모형 개발에 관한 연구," 대한교통학회지, 제21권 제5호, 대한교통학회, pp.83~95.
3. 유소영·노정현·박동주(2004), "통행시간 추정 및 예측을 위한 루프검지기 자료의 최적 집계간격 결정," 대한교통학회지, 제22권 제6호, 대한교통학회, pp.109~119.
4. 홍은주·김영찬(2002), "지점검지체계를 이용한 남산1호터널 구간통행시간 추정," 제1회 학술대회지, 한국ITS학회, pp.173~176.
5. 심상우(2004), 링크미통과데이터를 활용한 링크통행시간 추정기법개발, 석사학위논문, 아주대학교.
6. 오기도(1999), 단속류 교통정보 수집용 검지기의 최적위치 결정 및 통행시간 추정, 석사학위논문, 서울시립대학교.
7. 이정희(2001), 교통정보제공을 위한 구간통행시간 산출방법론 연구 : 적정 표본수 결정방법을 중심으로, 석사학위논문, 서울시립대학교.
8. 도철웅(1996), 교통공학원론, 청문각.
9. 전명식(1994), 수리통계학, 자유아카데미.
10. 최영훈(1997), 비모수 통계학, 자유아카데미.
11. 홍종선(2000), 추정과 가설검정, 자유아카데미.
12. Gajewski, B.J., Turner, SM, Eisele, WL., Spiegelman, O.H. (2001), "ITS Data Archiving : Statistical Technique for Induc tance Loop

- Detector Speed Data," TRR, 1719, pp. 85~93.
13. Karthik K. S., Paul P. J.(1996), "Determination of Number of Probe Vehicles Required for Reliable Travel Time Measurement in Urban Network," TRR, 1517, pp.15~22.
 14. Park, D., Rilett, LR, Gajewski BJ, WL., Spiegelman(2001), "Optimal Aggregation Interval Size of Probe-Based Travel Time Information for ATIS," Presented at the 80th TRB Annual Meeting, TRB.
 15. Park, D., Rilett, LR, Pattanamekar (2002), "Estimating Travel Time Summary Statistics of Larger Intervals form Smaller Intervals without Storing Individual Data," TRR, 1804, pp. 39~47.
 16. Shawn M. Turner, William L. Eisele Robert J. Benz, Douglas J. Holdener(1998), Travel Time Data Collection Hand-Book, Report No. FHWA - PL - 98 - 035, FHWA.
 17. <http://www.its.dot.gov>
 18. <http://www.smartguide.org>
 19. <http://www.transguide.org>
 20. <http://tti.tamu.edu>

♣ 주 작 성 자 : 임형석

♣ 논문투고일 : 2005. 3. 14

논문심사일 : 2005. 4. 11 (1차)

2005. 6. 9 (2차)

심사판정일 : 2005. 6. 9

♣ 반론접수기한 : 2005. 10. 31