

지점검지체계를 이용한 남산1호터널 구간통행시간 추정

The Estimation of Link Travel Time for the Namsan Tunnel #1 using Vehicle Detectors

홍은주*(Eunjoo Hong), 김영찬**(Youngchan Kim)

Key Words : 교통정보, 구간통행시간, 시간차집현상, 루프검지기, 신경망모형

요 약

지능형교통체계의 핵심적인 부분으로써 첨단교통정보체계가 제 역할을 효율적으로 수행하기 위해서는 실시간으로 교통정보제공을 위해 도로에 설치된 각종 정보수집체계들로부터 수집된 정보를 적절히 처리하여 정확하고 신속하게 통행시간 변화를 파악하고 산출하는 것은 무엇보다도 중요하다.

현재 구간통행시간은 Beacon, GPS, AVI 등을 이용한 구간검지체계나 Loop 검지기, 영상검지기, RTMS 등을 이용한 지점검지체계로부터 산출·추정되어진다. 구간검지기체계로부터 산출되는 통행시간은 정확하나 이미 정보제공 구간을 통과한 차량에 의해 산출되기 때문에 실시간 정보제공을 위한 수단으로서는 한계가 있다. 또한 동시간대 지점검지기 자료를 이용하여 추정되는 통행시간은 산출방법에 따라서 그 정확도가 크게 달라지며 각 구간에 존재하는 다른 차량의 교통특성에 의해 산출되기 때문에 실제 통행시간값과 차이가 발생한다.

본 연구에서는 지점별 검지기자료와 구간통행시간의 관계를 고려하여 신경망을 이용한 통행시간추정방법을 제시하였다. 입력변수에 따라 분류된 모형을 남산1호터널구간의 검지기·데이터와 AVI 자료를 이용하여 통행시간을 추정해본 결과 지체발생시간대 90% 이상이 5~15분 이내로 수렴하였으며 시간에 따른 추정 통행시간의 변화가 전반적으로 실제통행시간과 비슷한 추세를 보였다. 또한 기존에 발생하던 정보제공시점의 시간차집 현상 및 뒤늦게 발생하던 지체발생 및 해소가 완화되었다.

ABSTRACT

As Advanced Traveler Information System(ATIS) is the kernel of the Intelligent Transportation System, it is very important how to manage data from traffic information collectors on a road and have a thorough grip of the travel time's change quickly and exactly for doing its part. Link travel time can be obtained by two method. One is measured by area detection systems and the other is estimated by point detection systems. Measured travel time by area detection systems has the limitation for real time information because it is calculated by the probe which has already passed through the link. Estimated Travel time by point detection systems is calculated by the data on the same time of each section, this is, it use the characteristic of the various cars of each section to estimate travel time. For this reason, it has the difference with real travel time. In this study, Artificial Neural Networks is used for estimating link travel time concerned about the relationship with vehicle detector data and link travel time. The method of estimating link travel time are classified according to the kind of input data and the Absolute value of error between the estimated and the real are distributed within 5~15minute over 90 percent with the result of testing the method using the vehicle detector data and AVI data of Namsan Tunnel #1. It also reduces Time lag of the information offered time and draws late delay generation and dis solution.

* 정회원, (주) Carpoint Systems, 교통정보팀, ** 종신회원, 서울시립대, 교수
논문접수일 : 2002. 10. 28

I. 서론

첨단교통정보체계(ATIS)는 실시간으로 교통정보를 제공하여 이용자들로 하여금 최적의 경로를 선택하도록 유도하며 교통시설 이용효율을 극대화하기 위한 지능형교통체계의 핵심적인 부분으로 최근 서울 및 전국대도시를 대상으로 교통정보를 수집, 제공할 수 있는 시스템 구축에 많은 예산과 노력이 투자되고 있다. 이러한 첨단교통정보체계가 제 역할을 효율적으로 수행하기 위해서는 실시간으로 교통정보제공을 위해 도로에 설치된 각종 정보수집체계들로부터 수집된 정보를 적절히 처리하여 정확하고 신속하게 통행시간 변화를 파악하고 산출하는 것은 무엇보다도 중요하다.

현재 구간통행시간은 Beacon, GPS, AVI 등을 이용한 구간검지체계와 Loop 검지기, 영상검지기, RTMS 등을 이용한 지점검지체계로부터 산출·추정되어진다.

그러나 구간검지기가 설치되어 있는 구간은 한정되어 있고 구간검지정보는 간헐적으로 수집되는 특성을 가지기 때문에 누락시간대를 수반하는 문제점이 있으며 무엇보다도 제공되는 통행시간은 이미 정보제공 구간을 통과한 차량에 의해 산출되기 때문에 실시간 정보제공을 위한 수단으로서의 한계가 있다.

지점검지기는 구간검지기에 비해 비교적 광범위하게 배치·설치되어 있으며 교통정보를 24시간 연속적으로 수집할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 지점검지자료는 해당지점의 교통상황만을 표현하기 때문에 구간통행시간 산출을 위해서는 검지자료의 적절한 처리과정이 필요되며 추정방법에 따라서 산출된 통행시간의 정확도가 달라질 수 있다.

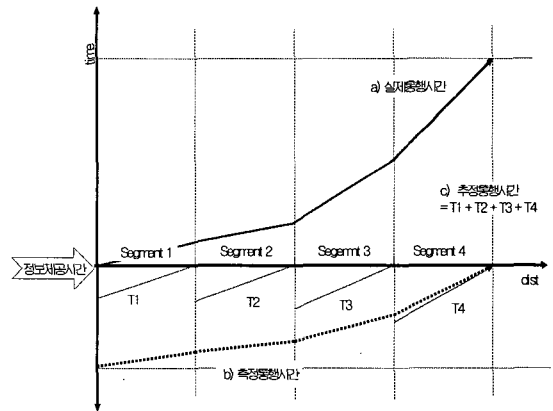
본 연구에서는 실시간 정보제공이라는 관점에서 기존의 구간검지체계와 지점검지체계로부터 산출·추정되는 통행시간의 특성을 알아보고 지점별 검지기자료와 구간통행시간의 상호관련성을 고려하여 현실적인 통행시간을 추정해 보고자 한다.

II. 검지체계로부터 산출된 구간통행시간 특성

1. 통행시간 정의

본 연구에서 사용되는 통행시간 개념구분의 편의를 위하여 산출방법에 따른 통행시간을 정의하였다. 먼저 현시각을 기준으로 시점을 출발하는 차량이 구간을 통행하기 위해 소요될 시간, 즉 실제 차량의 통행시간을 실제통행시간, 이미 시점을 출발하여 도착한 차량에 의해 산출된 통행시간을 측정통행시간, 지점검지기 데이터에 의해 추정된 구간통행시간을 추정통행시간이라 정의하였다.

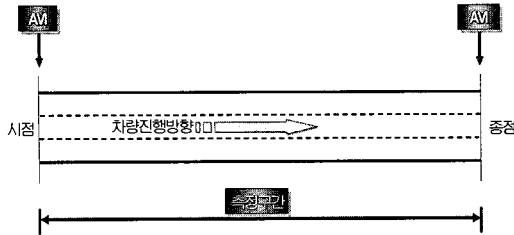
- a) 실제통행시간 : 출발차량이 구간을 주행하는데 실제 소요되는 통행시간
- b) 측정통행시간 : 구간을 주행하고 종점에 도착한 차량에 의해 산출되는 통행시간
- c) 추정통행시간 : 동시간대 지점검지기자료에 의해 추정된 구간통행시간



<그림 1> 시공도를 이용한 통행시간 정의

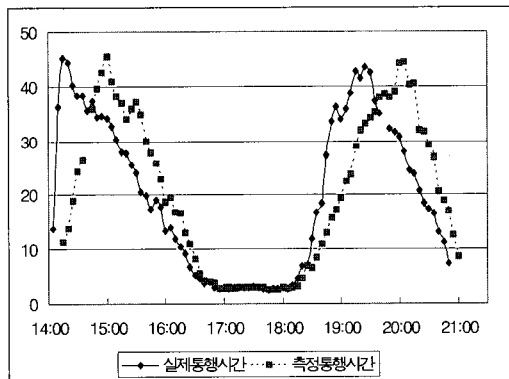
2. 구간검지체계를 이용한 통행시간 산출

구간검지체계로부터 통행시간을 산출하기 위해서는 산출구간의 시점과 종점에 구간검지기를 설치하고 시점을 출발한 차량이 종점을 통과할 때 시점에서 종점까지의 통행시간을 산출하게 된다. 즉, 통행시간은 종점에 도착한 차량에 의해 산출되고 산출된 시각에 출발하는 차량에게 통행시간 정보가 제공되어진다.



<그림 2> 구간검지체계를 이용한 통행시간 추정방법

아래 <그림 3>은 실제 통행시간과 AVI 장치로부터 측정된 통행시간(이하 측정통행시간)을 나타내고 있으며 실제통행시간과 측정통행시간이 일치하지 않으며 정보제공시점에 있어 시간적 차이가 발생하는 것을 보여주고 있다.

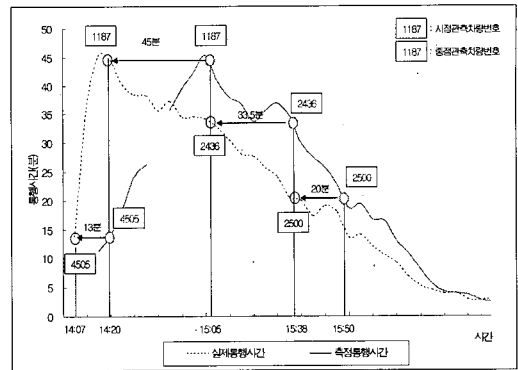


<그림 3> 실제통행시간과 측정통행시간

이러한 두 통행시간과의 이격량 발생과 정보제공시점에 있어서의 시간차이에 대한 원인은 개별 차량을 살펴봄으로써 설명이 가능하다. <그림 4>는 개별차량의 실제통행시간과 측정통행시간을 도식화한 것이다.

예를 들어 그림에서와 같이 14:07에 시점에서 관측된 차량 4505이 14:20에 종점에서 관측되었다면 구간검지체계로부터 산출된 측정통행시간은 13분이며 14:20에 시점을 출발하는 차량 1187에게 13분이라는 통행시간 정보가 제공된다. 그러나 13분이라는 통행시간 정보는 13분 이전의 시각인 14:07분에 통행시간 산출차량인 차량 4505에게 제공되었어야 하며 이미 구간을 통과한 차량에 의해 산출된, 즉 과거통행시간 정보 13분을 제공

받은 1187번 차량은 실제로 구간을 통과하는데 45분이라는 시간이 소요된 것을 알 수 있다.

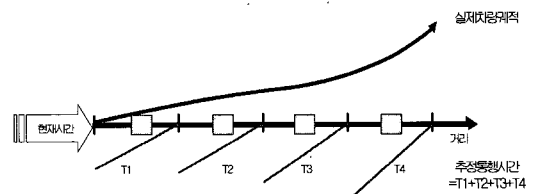


<그림 4> 측정통행시간 시간차집현상

구간검지체계로부터 산출된 통행시간은 도착 차량에 의해 구해지기 때문에 실제로 정보제공이 이루어져야 하는 시간보다 구간통행시간만큼 늦게 제공되고 산출된 통행시간은 산출시각에 시점을 출발하는 차량에게 정보제공이 되기 때문에 통행시간 산출차량과 정보제공대상차량이 일치하지 않기 때문에 실제 통행시간과는 차이가 발생하였다.

따라서 실제통행시간과 측정통행시간의 시간차집량은 구간통행시간이며 지체발생시 두 통행시간간의 시간차집량은 증가하고 해소시에는 감소한다. 또한 이러한 시간차집 때문에 측정통행시간은 실제통행시간보다 뒤늦게 지체발생 및 지체해소가 발생하게 된다.

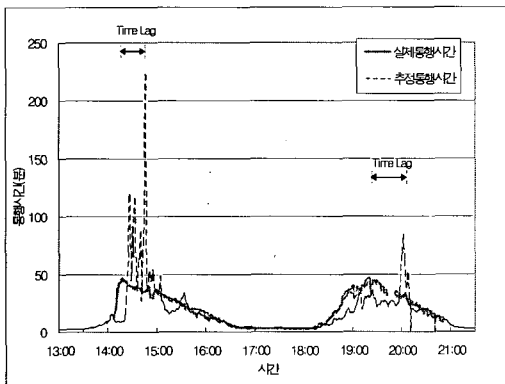
3. 지점검지체계를 이용한 통행시간 추정
지점검지체계로부터 통행시간 산출시 동시간대의 구간내 설치되어 있는 지점별 검지자료를 이용하여 추정하게 된다.



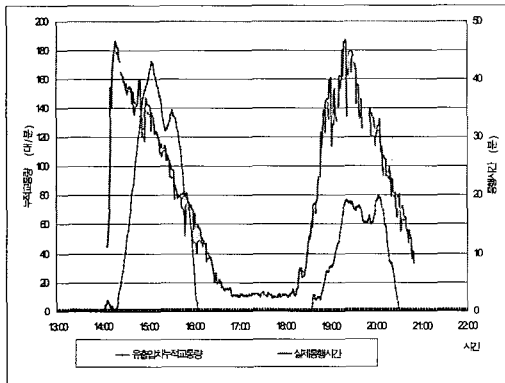
<그림 5> 실제차량계적과 추정통행시간

그러나 실제 차량은 시·공간적으로 이동을 하기 때문에 동시간대의 지점별 검지자료를 이용하여 추정한다는 것은 동일차량이 아닌 지점별로 존재하는 다른 차량의 통행특성에 의해 산출되기 때문에 실제 차량이 구간을 이동하며 산출되는 통행시간과는 차이가 발생하게 된다.

<그림 6>과 <그림 7>은 각각 동일시간대 검지기속도의 조화평균을 이용하여 추정한 통행시간과 가장 상류부, 하류부 검지기데이터를 이용하여 산출한 유출입누적차교통량과의 관계를 나타내고 있다.



<그림 6> 검지기속도를 이용한 추정통행시간



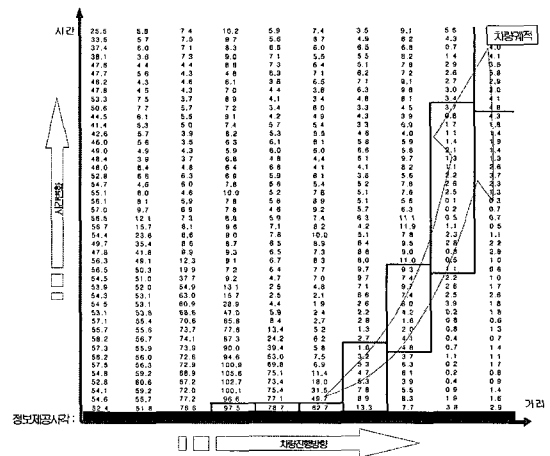
<그림 7> 유출입누적차교통량과 통행시간 관계

두 경우의 추세 모두 실제통행시간과 시간차집이 발생하며 지체발생·해소도 실제통행시간보다 뒤늦게 이루어진다. 이러한 현상은 실제 차량의 시공간적 이동을 고려하여 설명될 수 있다.

예를 들어 차량이 출발하는 현재시간에 전구간

이 소통원활이더라도 차량이 구간을 통행하는 동안에 하류부로부터 지체가 발생되었다면 차량의 실제통행시간은 하류부로 이동하며 경험한 지체만큼 증가한다. 그러나 동시간대 검지기데이터 이용시 출발시간에는 전구간에 걸쳐 지체가 없었기 때문에 지체를 전혀 반영하지 못한 통행시간이 산출된다. 반대로 전구간이 지체더라도 구간을 통과하는 동안 시간이 경과하며 지체가 풀리면 차량은 지체구간뿐 아니라 하류부로 이동하며 소통원활구간을 통과함에 따라 검지기 데이터에 의해 산출된 통행시간보다 작은 통행시간이 산출된다.

<그림 8>은 지점별 검지기 속도의 시간에 따른 변화를 나타내고 있다. 음영으로 표시된 부분은 13km/h 이하의 지체를 나타내는 구간이고 진한 사각부분으로 표시된 것은 실제 차량이 해당 구간을 주행하며 사용하는 검지기 데이터를 나타내고 있다. 각 시간대의 구간별 검지기 데이터 값을 비교해 보면 정보제공시점의 동시간대 검지기 속도에 비해 실제 차량은 시공간적으로 움직이면서 극심한 지체를 겪는 것을 보여주고 있다.

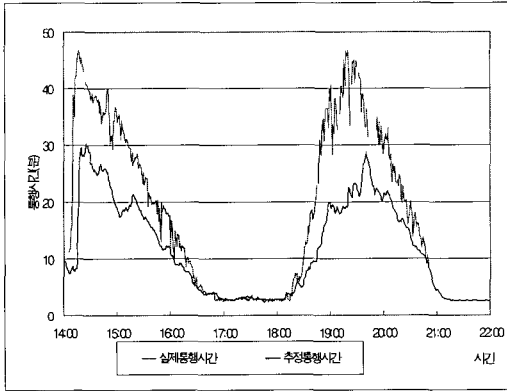


<그림 8> 실제차량의 이동궤적과 검지기속도

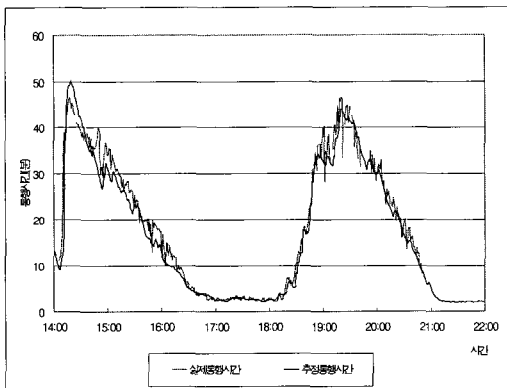
Ⅲ. 구간통행시간 추정방법 정립

1. 차량의 시공간적 이동을 고려한 추정통행시간 먼저 지점검지기자료가 교통변화를 잘 반영하는

지를 알아보기 위해 차량이 시공간적으로 이동하며 실제로 사용하게 되는 검지자료를 이용하여 통행시간을 추정하여 보았다.



<그림 9> 검지기 속도를 이용한 추정통행시간



<그림 10> 교통류관계식을 이용한 추정통행시간

<그림 9>와 <그림 10>은 이러한 방법으로 검지기 속도를 이용하여 추정된 통행시간과 교통량과 점유율을 이용하여 교통류관계식 $\mu = q/k$ 로부터 재산출된 속도를 사용하여 추정된 통행시간이다.

검지기 속도를 이용하여 산출된 통행시간은 통행시간의 지체발생과 해소추세는 잘 반영하고 있으나 과소 추정이 발생하는데 검지기 속도는 지점속도이기 때문에 일정시간동안 Segment를 주행하는 모든 차량의 속도를 대표하기에는 적절하지 못하기 때문이다. 교통류 관계식으로부터 재산출된 속도는 이러한 점을 잘 보완하고 있으며 차량 이동의 시공간적 변화를 고려하여 검지기 데이터

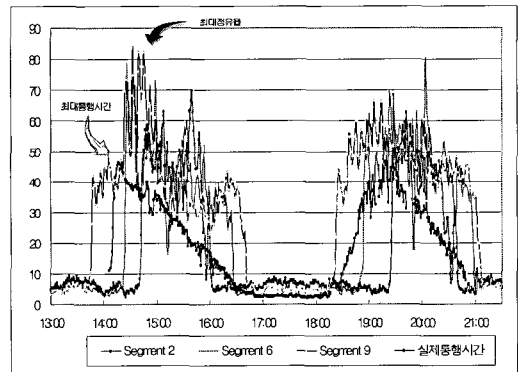
를 사용하였을 경우 통행시간과 거의 유사한 값이 산출되었다. 이로부터 지점별 검지기 데이터가 짧은 구간의 교통변화를 잘 반영하고 있다고 판단할 수 있다.

2. 지점별 검지자료와 통행시간 관계

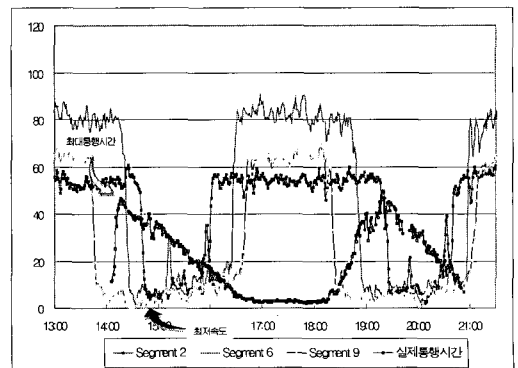
앞서 밝힌바와 같이 지점별 검지기데이터는 해당 구간의 교통상황을 잘 대변하고 있으므로 지점별 데이터의 변화에 따라 통행시간변화를 살펴볼 수 있을 것이다. 우선 지체발생 및 해소의 성향을 알아보기 위해 시간에 따른 지점별 검지기데이터의 변화와 통행시간과의 관계를 살펴보았다.

<그림 11>, <그림 12>, <그림 13>은 각각 지점별 점유율, 속도, 교통량의 시간에 따른 변화와 통행시간의 변화를 나타내고 있다.

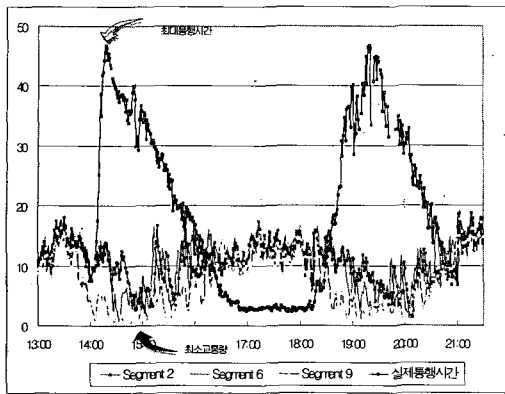
지점별로 검지기데이터의 시간에 따른 변화를 살펴보면 지체는 하류부에서 상류부로 이동하며 해소는 상류부에서 먼저 발생되어 하류부로 이동하고 있다.



<그림 11> 지점별 점유율 변화와 통행시간



<그림 12> 지점별 속도 변화와 통행시간



<그림 13> 지점별 교통량 변화와 통행시간

그러나 지체발생은 하류부로부터 상류부로 순차적으로 이동하지만 극한값을 나타내는 시각은 거의 비슷한 것으로 나오며 그 이후 해소가 발생 할때는 전구간에 걸쳐 비슷한 시기에 조금씩 해소가 되다가 일정값 이하가 되면 상류부로부터 하류부로 순차적으로 급격히 감소하고 있다.

또한 일정 값 까지의 지체발생은 하류부에서 상류부로 천천히 이동하고 전구간에 걸쳐 조금씩 와해된 후 상류부에서 하류부로 완전히 지체가 해소되는데 걸리는 시간이 짧은 것을 볼 수 있는데, 전반적으로 지체발생이 해소시보다 빠르게 발생하는 것을 알 수 있다.

지점별 검지기데이터 변화와 통행시간 관계를 살펴보면 통행시간은 하류부의 지체가 발생되었을 때부터 지속적으로 증가하고 통행시간이 지체 발생 이전의 시간으로 완전히 회복되는 시점을 하류부의 지체가 완전히 해소되는 시간으로 볼 수 있다. 그러나 검지기 데이터가 가장 큰 지체를 나타내는 시각과 최대 통행시간을 나타내고 있는 시각이 일치하지 않기 때문에 증가하는 통행시간이 감소하기 시작하는 시점을 찾아내기에는 어려움이 있다. 여기서 최대통행시간은 지체 구간 말단부의 해소가 시작되는 시각이 아닌 하류부에서 발생한 지체가 상류부로 전이되는 시간 사이에 발생하고 있다.

3. 구간통행시간추정모형 정립

앞서 검지기 데이터 값을 살펴본바와 같이 해

당구간의 교통특성을 검지기 데이터가 우수하게 반영하고 있음을 알 수 있었으나 통행시간 변화와 검지기 데이터 값의 변화가 항상 비례하는 것은 아니었다. 오히려 하류부로부터 상류부로 지체가 이동하는 중간에 최대 통행시간이 발생하고 가장 상류부에 지체가 도달하기 이전 시각부터 통행시간 감소가 발생하고 있었다.

따라서 본 연구에서는 구간통행시간을 추정하기 위한 방법으로 주어진 검지기값에 대한 통행시간을 학습시킴으로써 통행시간 값을 추정할 수 있는 신경망 모형을 선정하였으며, 여러 알고리즘 중에서 가장 보편적으로 쓰여지고 있는 Back Propagation(BP) 알고리즘을 사용하였다. BP 알고리즘은 패턴인식을 위해 순방향 다층 신경망의 일반적인 응용에 활용되는 오류 역전파 학습 알고리즘으로 오차를 정정하는 규칙으로써 입력값에 대해 출력값과 실제값과의 차이를 줄여나가는 것이다. 오류전파(error propagation)에 의한 내부 표현 학습에서, 입력패턴은 충분한 은닉층 유니트(hidden unit)들만 있으면 항상 코드화될 수 있다. 그러나 은닉층과 은닉마디가 많으면 많을수록 신경망은 더욱 복잡해지며, 추정해야할 계수의 수가 급격히 증가하기 때문에 최적화가 훨씬 어렵게 된다. 실제로 검지기데이터를 적용하여 본 결과 은닉층의 개수는 수렴에 그리 큰 영향을 미치지 않았고 오히려 학습 시간의 증가만을 초래하였다. 따라서 본 연구에서는 신경망 모형의 구조를 입력층, 한개의 은닉층 수 그리고 하나의 출력층으로 구성하였으며 입력값과 은닉층 노드수를 조정하는 방법으로 학습하였다.

<표 2> 통행시간추정 모형 설정

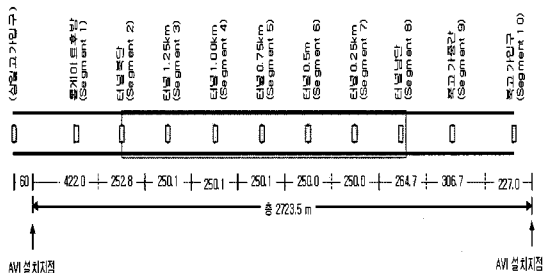
구분	입력층	은닉층 Units 수	출력층
모형 1	전구간의 검지기데이터 교통량, 점유율, 속도	5, 10, 15	추정통행 시간
모형 2	전구간의 검지기데이터 점유율, 속도	5, 10, 15	추정통행 시간
모형 3	일부구간의검지기 데이터 교통량, 점유율, 속도	5, 10, 15	추정통행 시간
모형 4	일부구간의검지기 데이터 점유율, 속도	5, 10, 15	추정통행 시간

IV. 통행시간추정모형의 적용

1. 자료수집

남산1호터널은 진출입램프나 신호운영에 의한 교통류의 단절현상이 발생하지 않으며 남산1호터널 구간에 다수의 페어루프검지기 매설되어 있고 2002년 5월부터 AVI(영상처리형 번호판인식장치) 장치가 설치되어 양질의 자료수집이 용이하다. 따라서 남산1호터널 구간 중 상습정체가 발생하는 강남방향(삼일고가입구~북한남고가입구) 2,723.5 m 구간을 추정모형 평가를 위한 자료수집구간으로 선정하였으며 분석의 편의를 위하여 자료수집구간은 하나의 검지기를 포함한 10개의 Segment로 분할하여 검지기 하나가 Segment의 교통상황을 대변한다고 가정하였다.

검지기자료는 자료수집구간의 2002년 9월~2002년 9월 27일, 2002년 9월 30일~2002년 10월 1일 사고발생이 일어나지 않은 평일 6일간의 24시간 검지기 데이터와 AVI의 원시자료를 이용하였다.



<그림 14> 자료수집구간 검지기 배치도

수집된 지점검지기자료는 검지자료의 임의변동(Random Fluctuation)을 방지하기 위하여 평활화기법을 사용하였으며 긴 시간단위로 가공시 평균에 의해 교통특성변화에 둔감해 지거나 검지기값 특성이 완화되는 것을 막기 위해 각 지점별(검지기별)로 20초 단위로 수집된 자료를 1분단위로 가공하였다.

2. 모형의 적용 및 평가

신경망모형을 이용한 구간통행시간 추정은 입력변수에 따른 각 모형별로 학습을 실시하였다. 모형의 학습은 본 연구를 위해 수집된 총 6일치 자료 중 5일치 자료를 이용하여 학습을 실시하고

나머지 하루의 검지기 데이터를 사용하여 통행시간을 산정하는 방식을 사용하여 9월 25일, 10월 1일 이틀간의 통행시간을 추정하였다. <표 2>는 신경망 모형 구현을 위한 학습자료와 추정자료 및 검증자료를 나타내고 있다.

<표 3> 모형의 구현을 위한 학습 및 추정자료

구분	학습자료		추정자료	검증자료
	검지기자료	실제통행시간		
통행시간 추정 1	9월 24일, 9월 26일, 9월 27일, 9월 30일, 10월 1일	AVI 원시자료로부터 산출된 실제통행시간	9월 25일 검지기 데이터	9월 25일 AVI 원시자료로부터 산출된 실제통행시간
통행시간 추정 2	9월 24일, 9월 25일, 9월 27일, 9월 27일, 9월 30일	AVI 원시자료로부터 산출된 실제통행시간	10월 1일 검지기 데이터	10월 1일 AVI 원시자료로부터 산출된 실제통행시간

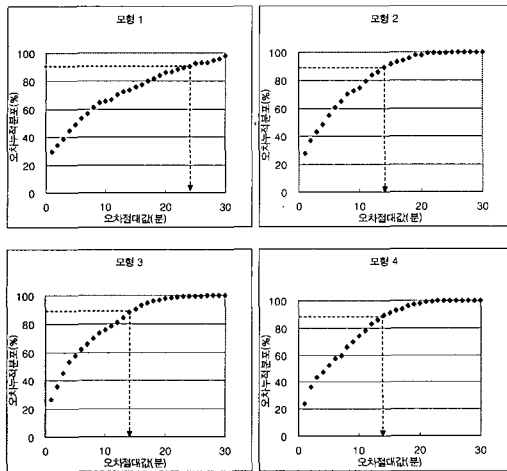
소통원활시 통행시간값은 추정치와 실측치 모두 거의 차이가 없기 때문에 정확한 추정력 검증을 위하여 지체가 주로 발생하는 시간대인 14:00~23:00의 값만으로 평가를 실시하였으며 위의 방법으로 학습을 통해 9월 25일과 10월 1일의 통행시간을 추정결과는 다음 <표 3>과 같다.

<표 4> 신경망 모형을 이용한 통행시간 추정 결과

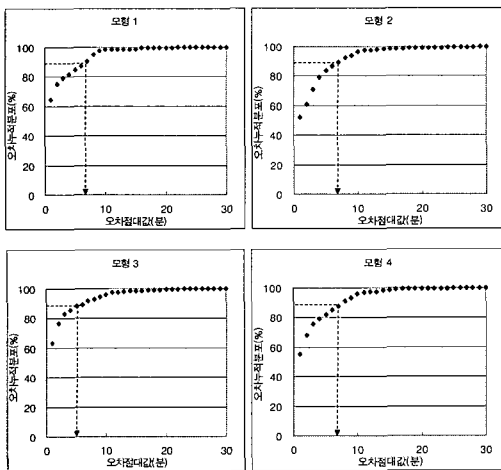
구분	입력값	RMSE	
		9월 25일 추정결과	10월 1일 추정결과
모형 1	전구간의 검지기데이터 중 교통량, 점유율, 속도	11.70	3.39
모형 2	전구간의 검지기데이터 중 점유율, 속도	7.59	4.14
모형 3	가장 하류부 검지기 데이터의 교통량, 점유율, 속도	7.69	3.50
모형 4	가장 하류부 검지기 데이터의 점유율, 속도	7.71	3.92

산출된 RMSE값을 살펴보면 모형 1을 이용하여 9월 25일 추정한 결과를 제외하고는 다른 모형은 거의 비슷한 추정치를 보인다.

아래 <그림 15>, <그림 16>는 모형별로 실측치와 추정치간 오차값의 절대값을 누적분포로 나타낸 것이다.



<그림 15> 실측치와 추정치의 오차누적분포 (9월 25일)



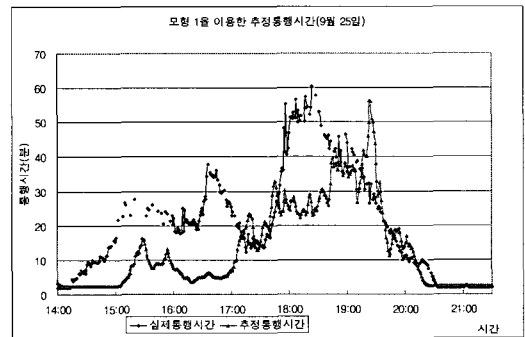
<그림 16> 실측치와 추정치의 오차누적분포 (10월 1일)

먼저 9월 25일의 오차 누적확률분포를 살펴보면 모형 1의 경우를 제외하고는 90% 이상이 15분 이내의 오차값을 나타내고 있다. 최대오차는 20분 내의 가량으로 다소 크게 나타나고 있으나 그 빈도가 적기 때문에 크게 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

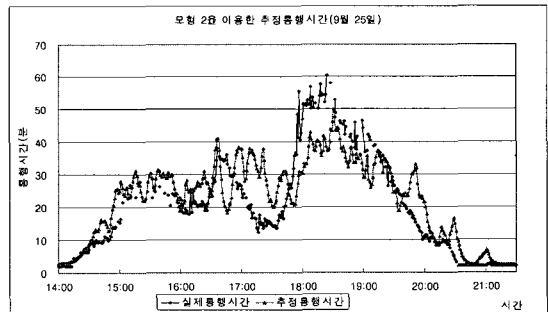
10월 1일의 오차 누적확률분포를 살펴보면 90% 이상이 5~8분 이내의 오차값을 나타내며 우수한 추정력을 보이고 있다.

그러나 각 모형의 RMSE 값이나 예측 오차의

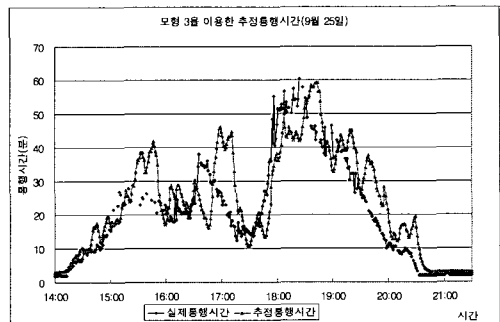
누적확률분포는 비슷하나 각 모형을 통해 추정된 통행시간을 그림으로써 실제통행시간과의 추세를 살펴보면 전구간의 검지기 데이터 모두를 사용하는 모형 1, 2는 정체시 과소추정의 경향이 있으며 가장 하류부 검지기 데이터만을 사용한 모형 3, 4는 약간의 지체발생시 과대추정하는 경향을 보이고 있다. 대체적으로 실제통행시간과의 추세를 비교하였을 경우 모형 1, 2의 경우보다 모형 3, 4가 안정적으로 잘 따르고 있음을 알 수 있다.



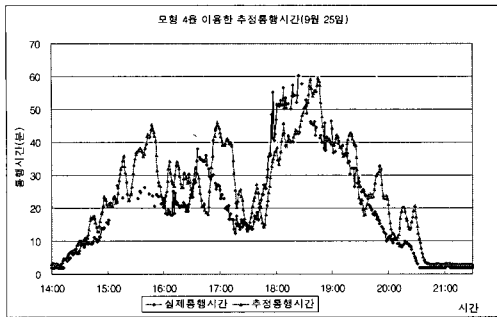
<그림 17> 모형 1을 이용한 추정결과 (9월 25일)



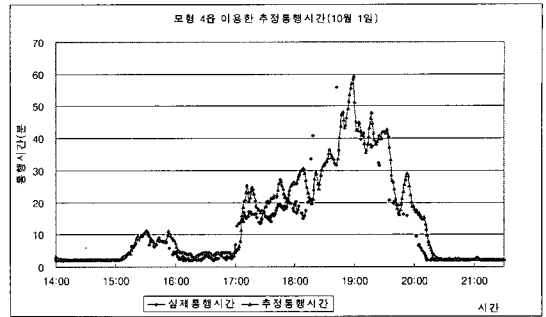
<그림 18> 모형 2를 이용한 추정결과 (9월 25일)



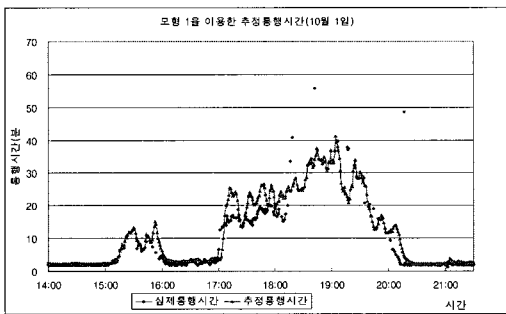
<그림 19> 모형 3을 이용한 추정결과 (9월 25일)



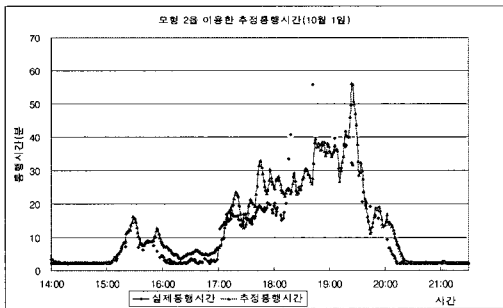
<그림 20> 모형 4를 이용한 추정결과 (9월 25일)



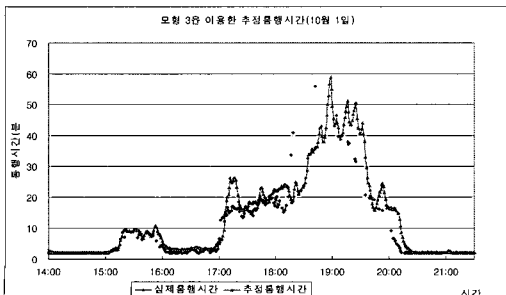
<그림 24> 모형 4를 이용한 추정결과 (10월 1일)



<그림 21> 모형 1을 이용한 추정결과 (10월 1일)



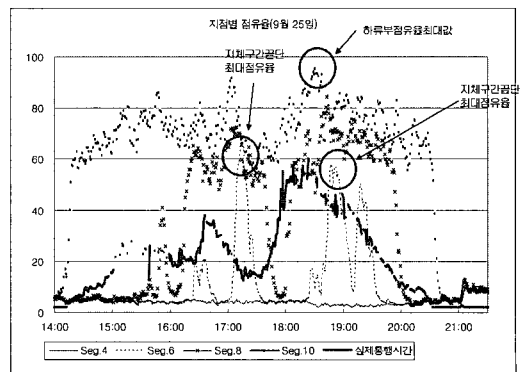
<그림 22> 모형 2를 이용한 추정결과 (10월 1일)



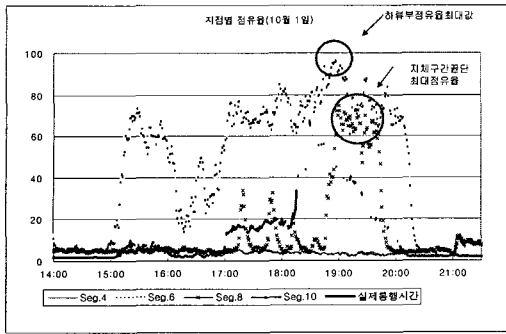
<그림 23> 모형 3을 이용한 추정결과 (10월 1일)

특히 모형 1, 2의 경우 지체발생시 시간차점현상이 모형 3, 4에 비해 크게 나타나는데 이러한 원인은 검지기 데이터로부터 살펴볼 수 있다. 아래 <그림 25>와 <그림 26>는 9월 25일, 10월 1일의 검지기 데이터 중 시간에 따른 지점별 점유율의 변화이다. 앞서 밝힌바와 같이 최대통행시간은 지체가 하류부로부터 상류부로 이동하는 중간에 발생하며 지체를 나타내는 구간의 말단부가 최대지체값을 나타내는 시각에는 이미 통행시간은 감소하고 있다.

신경망 모형은 각 검지기 데이터에 가중치를 부여함으로써 학습을 시키기 때문에 지체발생구간의 말단부가 최대지체값을 나타내는 시각에 상대적으로 큰 통행시간값을 산출하게 된다. 그러나 가장 하류부 데이터만을 사용하였을 경우 하류부점유율의 최대값을 나타내는 시각이 가장 상류부의 최대점유율값을 나타내는 시각에 비해 앞서 있기 때문에 최대통행시간값을 나타내는 시각이 많이 좁혀지는 것으로 판단된다.



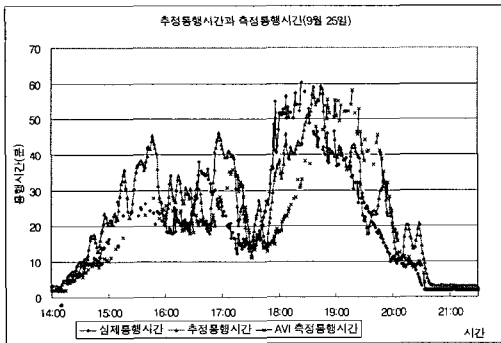
<그림 25> 시간에 따른 지점별 점유율 (9월 25일)



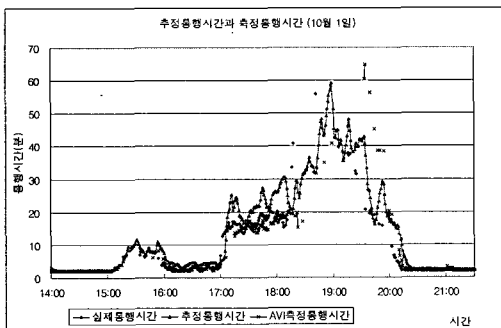
<그림 26> 시간에 따른 지점별 점유율 (10월 1일)

신경망 모형에 의해 추정된 통행시간을 구간검지기로부터의 측정통행시간과 비교하여 보았다. <그림 27>, <그림 28>은 실제통행시간, 추정통행시간, 측정통행시간을 나타내고 있다.

그 결과 구간통행시간만큼 정보제공시각에 있어 차이가 나던 시간차집발생량이 많이 줄어들었으며 오히려 실측 통행시간의 추세와 근사해진 것을 볼 수 있다.



<그림 27> 추정통행시간과 측정통행시간 (9월 25일)



<그림 28> 추정통행시간과 측정통행시간 (10월 1일)

V. 결론 및 향후연구과제

본 연구에서는 현실적 통행시간을 추정하기 위해 구간검지체계와 지점검지체계로부터 산출된 통행시간의 특성에 대해 살펴보고 그 원인을 살펴 보았다.

구간검지체계로부터 측정되는 통행시간은 도착차량에 의해 산출되기 때문에 실제로 정보를 제공해야하는 시간과의 차이가 있고 통행시간산출차량과 정보제공차량이 동일하지 않다. 동일시간의 지점별 검지기 데이터를 사용하여 추정한 결과 역시 동일차량이 아닌 동시간대 구간별로 존재하는 다른 차량에 의해 산출되었기 때문에 실제 통행시간과는 이격이 발생하였다. 그러나 지점별 검지기데이터를 개별적으로 살펴보면 검지기 데이터는 검지기를 포함하고 있는 짧은 구간의 교통변화를 잘 나타내고 있으며 통행시간의 변화에 따라 지점별 검지기데이터 값 역시 시간에 따라 변화되고 있음을 알 수 있었다.

시간에 따른 지점별 검지기 데이터의 변화와 통행시간의 관계에 대해 살펴보면 검지기데이터가 모든 통행시간의 변화에 따라 비례하며 증감하지 않기 때문에 본 연구에서는 구간통행시간을 추정하기 위한 방법으로 검지기값에 따른 통행시간을 학습시킴으로써 통행시간 값을 추정할 수 있는 신경망 모형을 제안하였으며 오류 역전파 학습 알고리즘으로 오차를 정정하는 규칙으로써 입력값에 대해 실제통행시간과 신경망으로부터 추정된 통행시간에 대한 차이를 줄이는 방법으로 학습을 실시하였다.

입력변수의 특성에 따라 구분된 모형으로 남산 1호터널구간에 대한 통행시간추정한 결과 교통량, 점유율, 속도 모두를 사용하는 것과 점유율, 속도 두가지만을 사용하여 추정을 하는 것과는 큰 차이가 없었으나 전구간의 검지기 데이터를 사용하는 것보다 지체의 발생해소에 대해 민감하게 변화하는 가장 하류부의 검지기 데이터만을 사용하여 추정된 통행시간의 추정력이 더욱 좋은 것으로 나타났다. 또한 가장 하류부의 검지기데이터만 사용하였을 경우 시간차집량이 가장 감소하는 것을 보였다.

그러나 지체발생시는 과소추정을, 지체해소시

는 과대추정을 하는 경향을 보이고 있는데 이는 학습시 지체증가와 감소시의 동일 검지기 데이터 값에 따라 다른 통행시간 값이 학습되기 때문에 그 중간 값을 산출하는 것으로 판단되며 이러한 점의 보완을 위해 지체발생 및 지체해소시의 동일 데이터값에 대한 상이한 통행시간값의 관계를 살펴봄으로써 입력값에 대한 추가적 연구가 필요하며, 본 연구에서는 남산 1호터널 구간이라는 일 부구간의 단기적 특성만을 고려하였으나 추후에는 장기적이고 광범위한 자료 구축을 통해 남산 2호터널, 3호터널 등 확장 적용에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Michael J.Cassidy and Benjamin Coifman,, “Relation Among Average Speed, Flow, and Density and Analogous Relation Between Density and Occupancy”, TRR 1591
- [2] Sadao Takaba, Takeshi Morita, Takashi Hada, Tustomu Usami, Morie Yamaguchi, University of Tokyo, Nation Police Agency, “Estimation and Measurement of Travel Time by Vehicle Detectors and License Plate Readers”, The 2rd world Congress vol. I-61, November.
- [3] 이주현(1998), “동적통행배정 모형을 위한 통행시간안정기법의 정립 및 검증”, 홍익대학교 박사학위 논문
- [4] 교통학회(2001), “남산1호터널 교통정보시스템 구축 및 운영사례”
- [5] 과학기술부(2001), “교통정보분석기술개발 중 데이터융합기술개발”



김영찬

83년 서울대학교 학사
 85년 서울대학교 석사
 90년 미국 TEXAS A&M 대학교 박사
 현재 서울시립대학교 교통공학과 부교수

홍은주



1997. 2 명지대학교 교통공학과 학사
 1999. 6 국토연구원 SOC연구센터 근무
 2003. 2 서울시립대학교 대학원 석사

2003. 3 현재 Carpoint Systems 재직 중