

출발시각기준 on-line 통행시간 정보의 적정 갱신간격 결정

- 연속류를 중심으로 -

Determining the Optimal Update Interval of On-line Departure Time based Travel Time Information

김재진

(서울시립대학교교통공학과BK 연구교수)

박동주

(서울시립대학교교통공학과 부교수)

노정현

(한양대학교도시대학원 교수)

남궁성

(한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원)

Key Words : 구간검지시스템, 갱신간격, 시간집계간격, 출발시각기준, on-line

목 차

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| I. 서론 | 3. on-line 통행시간 정보 제공방법 설정 |
| II. 기존연구 고찰 | IV. 적용 및 결과분석 |
| 1. 최적시간집계간격 결정 연구 검토 | 1. 자료구축 및 적용 |
| 2. 출발시각기준 on-line 링크 통행시간 추정 | 2. 결과 분석 |
| III. 출발시각기준 on-line 통행시간 정보 제공방법 설정 | V. 결론 |
| 1. 기본가정 | 참고문헌 |
| 2. on-line 통행시간 정보제공 오차 정의 | |

I. 서론

출발시각 기준 on-line 통행시간 정보¹⁾는 과거 동일한 출발시간대에 출발한 차량들 중 도착검지기에서 현재시각까지 도착한 차량들의 통행시간을 추정하여 제공한다. 그리고 과거 동일시각에 출발한 차량들은 시간이 지남에 따라 추가적으로 도착하여 검지되기 때문에 on-line 통행시간 추정 정보는 계속해서 갱신된다. 즉, on-line 통행시간 추정 정보가 갱신됨에 따라 on-line 통행시간 제공 정보도 계속해서 갱신된다. 즉, 출발시각기준 on-line 통행시간 추정 정보를 제공하기 위해서는 어느 시점(추정시점)에서 추정된 통행시간 정보를 제공해야 하는가에 대한 문제가 발생한다. 예를 들어 '추정오차'를 줄이기 위해 모든 차량이 도착할 때까지 기다리면 통행시간 정보를 갱신하면서 '시간처짐'이 증가한다. 반면에 이를 기다리지 않고 통행시간 정보를 제공하면 '추정오차'가 증가하여 정확성이 떨어진다.

따라서 출발시각기준 on-line 에서 추정된 통행시간 정보의 제공방법과 제공차원에서의 적정 갱신간격²⁾을 제시할 필요성이 있다.

그동안 기존연구에서는 구간검지체계에서 수집되는 통행시

간 자료를 이용하여 링크 및 경로 통행시간 추정과 예측을 위한 적정 시간집계간격 결정 및 출발시각기준 on-line 통행시간 추정 연구들이 진행되어 왔다. 그러나 출발시각기준 on-line 통행시간 추정 정보를 제공하는 방법과 정보의 적정 갱신간격 설정에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 미국 Texas, Houston의 AVI 통행시간 자료를 이용하여 출발시각기준 on-line 통행시간 추정 정보 제공방법을 제시하고자 한다. 통행시간 정보제공 차원에서의 적정 갱신간격을 결정하고자 한다.

II. 기존연구 고찰

1. 최적시간집계간격 결정 연구 검토

기존의 검지기에서 수집되는 통행시간 자료의 시간적 설계와 관련된 연구들을 통행시간 추정 및 예측, 그리고 검지기의 종류에 따라 분류하면 <표 1>과 같다. 이들 연구들은 구간 및 지점검지에서 수집되는 통행시간 자료의 시간집계간격(time aggregation interval size)³⁾ 결정연구들이 대부분이다. Gajewski et al.(2001)은 루프 검지기 자료를 이용하여 지점속도를 추정하기 위한 최적시간집계간격 결정 모형을 제시하였

1) 특정 출발시각에 출발한 차량들 중 현재시각까지 도착완료 하여 관측되는 실시간 통행시간 정보를 의미함.
2) 통행시간 정보를 갱신(update)하는 하는 시간간격을 의미함.

3) 검지기에서 수집되는 개별차량의 원시 통행시간 자료를 통행시간 정보로 만들기 위해 수집되는 일정한 시간간격을 의미함.

다. 이 방법은 점 추정기법과 구간추정기법으로 대표되는 CVMSE(Cross Validated Mean Square Error)방법과 F-검정 방법이다. 연구결과 점 추정기법인 CVMSE가 F-검정 보다 시간집계간격 결정에 민감하게 작용하며, 교통류 측면에서 구체적인 설명이 가능한 것으로 평가되었다.

그러나 Gajewski et al.(2001)의 연구는 링크가 아닌 도로의 한 지점에 대한 루프검지기 속도자료를 DB화 할 경우에 대한 최적 시간집계간격 결정 모형이다. 즉, 단위 링크 통행시간추정이나 예측모형을 제시하지 못하였다. 유소영 외(2004)는 루프검지기 자료를 이용하여 링크 통행시간 추정을 위한 적정 시간집계간격 결정모형으로 기존의 CVMSE 모형을 개선하여 제시하였다. 이 연구는 CVMSE가 최소화되는 시간집계간격을 적정 시간 집계간격으로 결정하였다. 적용결과, 링크 및 경로 통행시간 추정을 위한 적정 시간집계간격은 3~5분으로 현재 일반적으로 사용되고 있는 통행시간 추정의 시간집계간격인 5분이 적절하다는 결론을 도출하였다.

<표 1> 기존 최적 시간집계간격 결정연구 분류

구분		검지기 종류	
		지점	구간
Off-Line	통행시간 추정	Gajewski et. al(2001) 유소영 외(2004)	Park et. al(2000) Turner et. al(1995) Sen et. al(1997) Srinivasan & Jovanis(1996)
	통행시간 예측	유소영 외(2004)	Park et. al(2000)

반면에 프로브 정보를 이용한 경우의 적정 시간집계간격 또는 적정 프로브 표본 수 결정에 대한 연구는 폭넓게 진행되어 왔다. Park et. al(2000)의 연구는 MSE(Mean Square Error)방법을 이용하여 AVI 자료를 이용할 경우의 링크 및 경로통행시간 추정이나 예측을 위한 적정 시간집계간격을 도출하였다. 그 결과 최적 시간집계간격은 3~5분, 링크통행시간 예측을 위한 최적시간집계간격은 10~15분으로 나타났다.

그러나 이들 연구들은 off-line 통행시간 정보⁴⁾ 측면의 연구들로 on-line 통행시간 정보 측면의 시간집계간격과 통행시간 정보를 갱신하는 갱신간격에 대해서는 연구가 미흡하였다.

2. 출발시각기준 on-line 링크통행시간 추정

출발시각기준 on-line 통행시간 정보는 동일시간대에 출발한 차량들이 모두 도착해야 오차가 발생하지 않는다. 그러나 실질적으로 동일 출발시간대에 몇 대의 차량이 출발했는지 알 수 없으며, 현재까지 도착한 차량이 모두 도착한 것인지 이후에도 또 도착할 것인지 알 수 없으므로 통행시간 추정단계가 필요하다. 이에 김재진 외(2006)은 출발시각기준 on-line 링크 통행시간 추정 알고리즘을 개발하였다. 이에 대

4) 특정 출발시각에 출발하여 이미 모두 도착 완료한 차량들에 대한 통행시간 정보를 의미함.

한 설명을 구간검지시스템의 두 지점 간 원시교통정보 예제 <표 2>를 통하여 하고자 한다.(단, 시간집계간격과 통행시간 정보의 정보갱신간격은 5분으로 가정한다.)

<표 2> 구간검지시스템의 원시정보(예)

출발시각	도착시각	통행시간(분)	차량 ID
7:10:02	7:23:13	13.18	0MCA00097320
7:10:36	7:24:26	13.83	0MCA00024424
7:11:00	7:24:52	13.87	0MCA00116025
7:10:14	7:25:02	14.80	0MCA00049303
7:10:37	7:27:24	16.78	0MCA00067485
7:11:03	7:26:25	15.37	0MCA00089555
7:11:06	7:25:17	14.18	0MCA00098216
7:11:40	7:27:37	15.95	0MCA00065983
7:11:52	7:25:56	14.07	0MCA00039709
7:12:00	7:29:05	17.08	0MCA00012452
7:12:36	7:29:23	16.78	0MCA00123035
7:12:42	7:26:47	14.08	0MCA00049819
7:12:49	7:28:41	15.87	0MCA00072275
7:13:15	7:27:28	14.22	0MCA00045773
7:13:19	7:29:27	16.13	0MCA00088737
7:13:37	7:28:22	14.75	0MCA00072614
7:13:57	7:28:44	14.78	0MCA00006442
7:14:27	7:29:15	14.80	0MCA00007147
7:13:38	7:30:23	16.75	0MCA00064401
7:13:42	7:30:45	17.05	0MCA00040658

<표 3>은 출발시각기준 on-line 링크 통행시간 추정 결과를 나타낸 것이다. 현재시각 [07:25]에 관측된 차량들의 출발시각기준 시간집계간격은[07:10:00 - 07:14:59]이며, 평균통행시간은 13.63분이다. 그리고 동일한 출발시각기준 시간집계간격에 대해 현재시각 [07:35]에 관측된 차량들의 평균통행시간은 15.22분을 나타낸다. 이는 [07:10:00-07:14:59]에 출발한 차량들의 경우 07:25분 이후에 추가로 차량들이 관측되어 통행시간 정보가 갱신됨을 알 수 있다. 즉, On-Line 출발시각기준 통행시간 정보의 개념에서는 현재시각이 갱신되면서(07:25→07:35) '통행시간 정보의 갱신'이 이루어짐을 알 수 있다. 그리고 07:35분 이후로 더 이상 차량이 관측되지 않는다고 가정했을 때, 07:25 분 현재에는 1.59분, 07:30분에는 0.19분의 '추정오차'가 발생한다. 또한, 출발시각기준 시간집계간격과 처음 관측시점인 현재시각 07:25 과 약 15분 정도의 '시간차집'이 발생함을 알 수 있다.

<표 3> 출발시각기준 on-line 통행시간 추정 결과(예)

구분 (On-Line)	현재시각 (갱신간격= 5분)	집계간격 (5분)	평균통행 시간 (분)	추정 오차 (분)
출발 시각 기준	07:25	[07:10:00-07:14:59]	13.63	1.59
	07:30	[07:10:00-07:14:59]	15.03	0.19
	07:35	[07:10:00-07:14:59]	15.22	0.00

III. 출발시각기준 on-line 통행시간 정보 제공방법 설정

1. 기본 가정

출발시각기준 off-line 통행시간 자료를 이용하여 <표 4>와 같이 on-line 상황에서 링크 통행시간을 추정 하였다고 가정하자. 단, 출발시각기준 on-line 상황에서는 현재시각에 출발한 차량들(시점 검지기에서 출발)이 언제 종점 검지기를 통과할지를 알 수 없으므로 실제 해당 링크의 통행시간 값을 알 수 없다. 따라서 본 연구에서는 off-line 통행시간 자료를 이용하여 출발시각기준 on-line 상황을 구현하기 위해 다음과 같은 가정을 하였다.

첫째, 과거의 일정시간대에 출발한 차량들의 링크 통행시간 자료(off-line 통행시간 자료)를 이용하므로 실제 링크 통행시간 값을 알고 있다고 가정한다.

둘째, on-line 통행시간 정보 제공에 적용되는 통행시간 자료의 시간집계간격별 통행시간 대표값은 평균값으로 설정한다.⁵⁾

셋째, 현재시각에 제공되는 통행시간 정보는 현재시각과 가장 가까운 이전 출발시각기준 시간집계간격에 출발한 차량들 중 현재까지 도착 완료한 차량들을 대상으로 산출된 평균 통행시간 값으로 한다.

<표 4> 출발시각기준 on-line 통행시간 정보 제공 (예)

링크 크기	시간집계간격	정보제공 시점				
		6:05	6:10	6:15	6:20	6:25
2.5km	6:10:00-6:14:59		1.61	1.81	2.13	
	6:15:00-6:19:59			1.81	3.25	3.35
	6:20:00-6:24:59				3.25	3.93
	6:25:00-6:29:59					3.93
	6:30:00-6:34:59					
4.6km	6:15:00-6:19:00			3.98	4.32	4.28
	6:20:00-6:24:59				4.32	
	6:25:00-6:29:59					4.28
	6:30:00-6:34:59					
3.95km	6:15:00-6:19:00			2.32	2.52	2.50
	6:20:00-6:24:59				2.52	2.61
	6:25:00-6:29:59					2.61
	6:30:00-6:34:59					-

주) 은 각 정보제공시점에 제공된 평균통행시간 값임.

간처점) 만큼 이전에 출발한 차량들 중 현재시점(t_j)까지 도착한 차량들의 평균 통행시간을 의미한다. 따라서 출발시각기준 on-line 통행시간 정보제공 오차($E_{h_i}(t_j)$)는 이들 간의 차이로 정의할 수 있다.

3. on-line 통행시간정보 제공방법 설정

5) 구간검지체계에서 수집되는 통행시간 자료는 특정 시간집계간격 당 하나의 대표값으로 산출되어 통행시간 추정 및 예측을 목적으로 하는 모형에 이용된다. 기존의 대부분의 통행시간 추정 및 예측연구들은 통행시간 대표값으로 평균값을 적용하고 있으며, 김남선 외(2000), 이의은·김정현(2002)의 연구에서는 최빈값을 적용하였다.

2. on-line 통행시간정보 제공오차 정의

예를 들어, <표 4>에서 통행시간 정보 제공자는 현재시각 6:15분에 출발시각기준 시간집계간격 [6:15:00-6:19:59]에 출발한 차량들에 실제 평균통행시간 값을 제공할 수 없다. 그러나 바로 이전 출발시각기준 시간집계간격인 [6:10:00-6:14:59]에 출발한 차량들 중 현재 6:15분까지 도착 완료한 개별차량들의 평균 통행시간 값은 1.81분으로 이미 알고 있다. 따라서 본 연구의 네 번째 가정을 적용하여 [6:15:00-6:19:59]에 출발하는 차량들에게 1.81분의 통행시간 값을 제공한다. 즉, [6:15:00-6:19:59]에 출발한 차량들의 실제 평균통행시간 값은 본 연구의 첫 번째 가정에 의해 현재시각 6:25의 3.35분이다. 따라서 통행시간 제공 값 1.81분과 1.54분의 오차가 발생한다. 이에 본 연구에서는 출발시각기준 on-line 통행시간 정보 제공 오차에 대해 식(1)과 같이 정의하였다.

$$E_{h_i}(t_j) = |TT_{h_i}^o - TT_{h_i-\gamma}^e(t_j)| \quad (1)$$

여기서, $TT_{h_i}^o$ 는 출발시각기준 시간집계간격 h_i 에 출발한 차량들의 실제 경험하는 평균 통행시간 값으로 참값을 의미한다. $TT_{h_i-\gamma}^e(t_j)$ 는 현재시각에 제공된 통행시간 정보로 γ (시

현재 한국도로공사 FTMS(Freeway Traffic Management System)는 지점검지기에서 수집된 교통자료를 이용하여 링크 단위의 통행시간 정보를 제공하고 있다. 그러나 이러한 방식은 동적특성이 반영되지 않은 문제점이 있다. 특정 출발시각에 출발한 차량이 처음 제공받는 통행시간 정보는 출발시점에서의 통행시간 정보이다. 그러나 차량이 주행하면서 일정시간이 흐르고 나면 출발시점이 아닌 현재 시점에서 통행시간 정보를 제공해야 한다. 즉, 동적특성을 고려한 방식은 특정 출발시각에 출발한 차량들의 경우 일정시간 동안 주행함에 따라 출발 당시의 통행시간 정보가 아닌 주행 중인 현재시점에서 가장 최근에 갱신된 통행시간 정보를 제공하는 것을 의미한다. 예를 들어, <표 4>와 같이 각각의 통행시간 정보제공 시점에 제공된 평균 통행시간 값들을 가지고 링크단위⁶⁾의 FTMS 방

식과 동적특성 반영 방식을 비교하면 <표 5>과 같다.

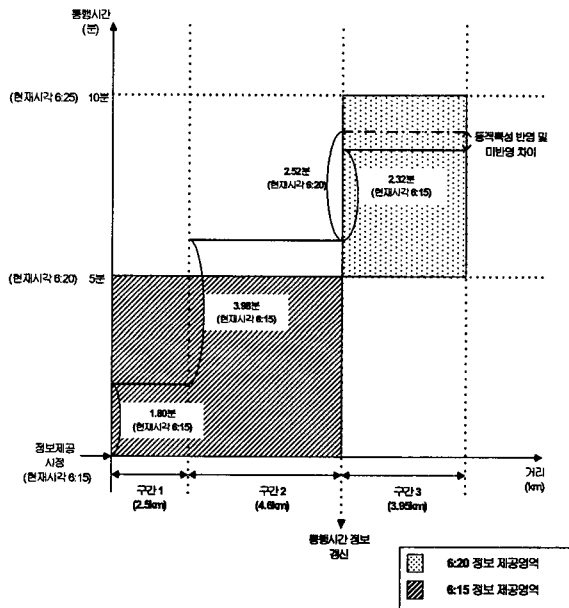
FTMS 방식에 의한 총 11.05km 구간의 통행시간 정보 제공시점별 출발시각기준 on-line 통행시간 제공 정보는 각각의 2.5km, 4.6km, 3.95km의 통행시간을 합산하여 제공한다. FTMS 방식은 6:15 현재 : 1.81 + 3.98 + 2.32 = 8.11분이 제공된다. 그러나 동적특성을 반영하면, 6:15분 현재의 통행시간 제공 값은 1.81 + 3.98 + 2.52 = 8.31분이 되어 FTMS 방식과 0.20분의 차이가 발생한다.

<표 5> 링크단위의 통행시간 제공방법 비교(예)

현재시각	링크별 평균 통행시간 제공 값(분)			FTMS (분)	동적특성 (분)	차이 (분)
	2.5km	4.6km	3.95km			
6:15 (정보제공 시점)	1.81	3.98	2.32	8.11	8.31	0.20
6:20	3.25	4.32	2.52	10.09	10.18	0.09
6:25	3.93	4.28	2.61	-	-	-

주) 는 동적특성 반영에서의 통행시간 제공값임.

이는 현재시각 6:15분에 출발한 차량들이 2.5km 구간과 4.6km 구간을 통과하는데 까지 걸리는 평균 통행시간은 5.79분 (1.81분 + 3.98분)이다. 즉, 차량이 3.95km 구간을 진입했을 때는 평균 통행시간 값이 갱신간격(5분)보다 커지므로 3.95km 구간에서의 평균통행시간 제공 값은 2.32분을 주는 것이 아니라, 현재 시각 6:20분의 3.95km 구간의 평균 통행시간 값인 2.52분을 제공해야 한다. 따라서 출발시각기준 on-line 통행시간 추정 정보를 링크단위로 제공할 경우 동적특성을 반영해야 한다. <그림 1>은 <표 5>의 결과를 토대로 동적특성을 반영한 링크단위 통행시간 정보제공에 대한 개념도이다.



<그림 2> 링크단위의 동적특성 반영 개념도

6) 하나의 경로를 두 개 이상의 검지기를 설치하여 각 링크의 평균 통행시간 제공값을 합하여 경로의 평균통행시간 값을 제공함.

IV. 적용 및 결과분석

1. 자료구축 및 적용

연구대상 구간은 <그림 2>과 같이 미국 Texas, Houston에 위치한 US-290(6 차로) 도시 고속도로이다. 분석에 사용된 AVI 통행시간 자료는 1997년 5월 평일의 US-290에 설치된 4개의 AVI reader station(3개 구간: link 3, link 4, link 5)에서 수집된 자료이다. on-line 상에서의 이상치(outlier) 제거방법은 식(2), 식 (3)과 같이 한국도로공사(2000)에서 제시한 중위절대편차(MAD: Median Absolute Deviation)를 이용하였다. 그리고 출발시각기준 on-line 통행시간 정보제공을 위한 적정 갱신간격을 결정하기 위해 시간집계간격은 5분으로 설정하고, 갱신간격은 5분, 4분, 3분, 2분, 1분으로 구분하였다. 그리고 이에 대한 평가지표는 식 (4)와 식 (5)의 MAE(Mean Absolute Error)와 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)를 적용하였다.

$$MAD = 1.4826 \times \text{median} \| T_{h_i}^p(t_j) - T_{h_i}(t_j)_{med} \| \quad (2)$$

$$Z_i(t_j)_{med} = \frac{T_{h_i}^p(t_j) - T_{h_i}(t_j)_{med}}{MAD} \quad (3)$$

여기서,

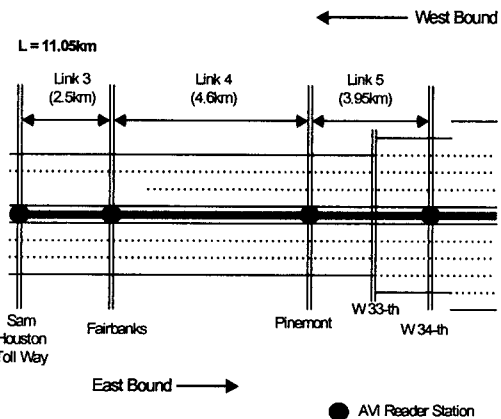
$T_{h_i}^p(t_j)$: i번째 시간집계간격 h에 대한 j번째 추정시점에서 p 번째 차량의 통행시간(분)

$T_{h_i}(t_j)_{med}$: i번째 시간집계간격 h에 대한 j번째 추정시점에서 통행시간 중앙값(분)

1.4826 : MAD를 정규분포에 대한 표준편차와 같도록 만들어 주는 수정계수(correction factor)

여기서, $|Z_i(t_j)_{med}| > Z_{cat}$ 이면 이상치(outlier)로 판단된다.

($Z_{cat} = 3$)



<그림 2> 연구대상 구간 : US-290 Houston, Texas

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |TT_{h_i}^o - TT_{h_i-3}^e(t_j)|}{N} \quad (4)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N \left| \frac{TT_{h_i}^o - TT_{h_i \rightarrow}^e(t_j)}{TT_{h_i}^o} \right| \times 100}{N} \quad (5)$$

그리고 이 방법에 대해 김재진 외(2006)에서 출발시각기준 on-line 링크통행시간 추정방법으로 제시한 베이지안 추정방법을 적용한 경우와 그렇지 않은 경우를 비교하였다. 베이지안 추정방법은 사전정보(prior information: historical information)의 개별 차량들의 통행시간 값과 추가정보(동일시간대에 출발한 차량들 중 현재까지 도착한 개별차량들의 통행시간 정보)를 이용하여 사후정보(posterior information : estimation information) 즉, 추정시점(현재시각)에서의 평균통행시간을 추정한다. 사전정보는 과거이력자료에서 동일 출발시간대에 출발한 차량들의 통행시간 $(x_1^o, x_2^o, x_3^o, \dots, x_n^o)$ 의 사후확률 $(P(x_i^o))$ 이다. 그리고 추가로 관측된 자료 (Θ) 가 주어지면, x_i^o 의 사후확률 $(P(x_i^o))$ 추정식은 식 (6)과 같다.

$$P(x_i^o | \Theta) = \frac{P(x_i^o) P(\Theta | x_i^o)}{\sum P(x_i^o) P(\Theta | x_i^o)} \quad (6)$$

일반적으로 베이지안 추론을 적용하기 위해서는 사전정보에 대한 분포변영을 우도함수 $(\mathcal{L}(\Theta))$ 로 나타낸다(김병휘 외, 2001). 이와 관련해서 기존의 통행시간 추정연구(Sen et al, 1997; Shrinivasan and Jovanis, 1996; 김재진 외 2006 등)에서는 우도함수의 형태를 정규분포(normal distribution)으로 가정하였다. 이에 본 연구에서는 출발시각기준 on-line 통행시간 추정을 위한 사전분포를 정규분포로 가정하였으며, 이에 대한 사후확률 $(P(x_i^o | \Theta))$ 과 우도함수 $(\mathcal{L}(\Theta))$ 와의 관계는 식 (7), 식(8)과 같다.

$$\exp\left[-\frac{n}{2\sigma^2}(M-\bar{x})^2\right] \quad (7)$$

M : 모집단의 평균시간, σ : 모집단의 표준편차
 \bar{x} : 표본의 평균통행시간, n : 표본차량 대수

$$P(x_i^o | \Theta) \propto \frac{P(x_i^o) \times \exp\left[-\frac{n}{2\sigma^2}(M-\bar{x})^2\right]}{\sum (P(x_i^o) \times \exp\left[-\frac{n}{2\sigma^2}(M-\bar{x})^2\right])} \quad (8)$$

그리고 이를 이용하여 사후 추정된 통행시간 대표값 (\bar{x}) 는 식 (9)와 같다.

$$\bar{x} = \sum x_i^o \cdot P(x_i^o | \Theta) \quad (9)$$

통행시간 자료는 1997년 5.05(사전정보 자료)일과 5.19일(평가: 추가정보)의 [07:00 - 08:00] 시간대 자료를 이용하였다.

2. 결과 분석

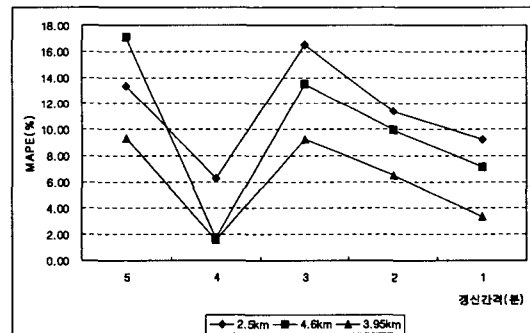
<표 6>은 본 연구에서 제시한 링크단위의 동적특성을 반영한 통행시간 제공방법에 대해 베이지안 추정방법을 적용한 경우와 그렇지 않은 경우를 MAE와 MAPE를 통해 비교한 결과이다. 그 결과, <표 6>과 <그림 3>, <그림 4>에서 알 수 있듯이 베이지안 추정방법 적용에 관계없이 MAE는 각각 3.23, 2.76 MAPE는 10.33, 8.56으로 갱신간격 4분의 경우가 적게 나타났다. 따라서 출발시각기준 on-line 통행시간 제공을 위한 최적 갱신간격은 4분으로 나타났다.

<표 6> 갱신간격별 MAE와 MAPE 산출 결과

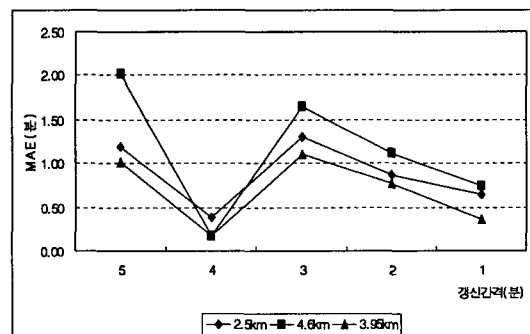
구분		5분	4분	3분	2분	1분	
베이지안 추정 적용 (o)	MAE	2.5km	1.18	0.38	1.29	0.86	0.64
		4.6km	2.01	0.17	1.65	1.12	0.75
		3.95km	1.01	0.18	1.10	0.77	0.36
	MAPE	2.5km	13.38	6.29	16.52	11.35	9.23
		4.6km	17.06	1.73	13.51	9.96	7.13
		3.95km	9.34	1.57	9.23	6.47	3.38
베이지안 추정 적용 (X)	MAE	2.5km	1.96	0.40	1.55	0.86	0.67
		4.6km	2.92	0.17	1.65	1.12	0.75
		3.95km	1.51	0.34	1.29	0.84	0.59
	MAPE	2.5km	27.06	6.60	19.52	11.42	9.64
		4.6km	23.95	1.73	13.51	9.96	7.13
		3.95km	11.66	2.81	11.23	7.47	5.22

7) 이 연구에서는 DRGS(Dynamic Route Guidance System)의 도착 시각 기준 통행시간 추정을 위해 베이지안 기법을 적용하였음.

8) 이 연구에서는 고속도로와 간선도로의 통행시간 분포는 모두 정규분포로 가정함으로써 보다 적은수의 프로브 차량대수를 얻을 수 있었음.



<그림 4> 갱신간격별 MAPE 비교



<그림 5> 갱신간격별 MAE 비교

V. 결론

본 연구는 구간검지시스템에서 수집되는 통행시간 자료를 이용하여 출발시각기준 on-line 통행시간 추정 정보 제공방법의 제시 및 통행시간 정보 제공차원에서의 적정 갱신간격을 결정하는 것이다. 이를 위해 출발시각기준 on-line 통행시간 정보제공 오차를 정의하였다. 그리고 출발시각기준 on-line 통행시간 추정 정보의 제공방법으로 동적특성을 반영한 링크 단위의 통행시간 제공방법을 제시하였다.

그 결과, 시간집계간격을 5분으로 설정하였을 때, on-line 통행시간 정보 제공을 위한 적정 갱신간격은 4분으로 나타났다. 그러나 본 연구의 결과는 자료수집 및 적용상의 제약으로 인해, 향후 연구에서는 보다 많은 case 적용이 필요하다. 또한, 본 연구는 출발시각기준 on-line 통행시간 정보를 제공함에 있어 예측방법을 적용하지 않았다. 따라서 기존 통행시간 예측방법 및 새로운 예측기법 등을 적용할 필요성이 있다.

참고문헌

1. 김남선·이승환·오영태(2000), “신경망을 이용한 고속도로 여행시간 추정 및 예측모형 개발”, 대한교통학회지, 제 18권 제1호, 대한교통학회, pp.47-59.
2. 김재진·노정현·박동주(2006), “구간검지체계를 이용한 on-line 출발시각기준 링크통행시간 추정: 연속류를 중심으로”, 대한교통학회지, 제24권 제2호, 대한교통학회, pp.157-168.
3. 이의은·김정현(2002), “시간처짐 현상을 고려한 장거리 구간 통행시간 산출 방법론 연구”, 대한교통학회지, 제 20권 제4호, 대한교통학회, pp.51-61.
4. 유소영·노정현·박동주(2004), “통행시간 추정 및 예측을 위한 루프검지기 자료의 최적 집계간격 결정”, 대한교통학회지, 제 22권 제6호, 대한교통학회, pp. 109-119.
5. 김병휘·백호유·박태룡·오현숙·장인홍(2001), “베이지안 통계계산”, 자유아카데미.
6. Park, D., L.R. Rilett, B.J. Gajewski and W.L. Spiegelman(2000), “Optimal Arrregation Interval Size of Probe Based Travel Time Information for ATIS, Presented at the 80th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C.
7. Srinivasan. K.K. and P.P. Jovanis(1996), “Determination of number of Probe Vehicles Required for Reliable Travel Time Measurement in Urban Network”, Transportation Research Record 1537, pp. 15-22.
8. Sen, A., P.Thakuriah, X.Zhu, and A.F.Karr(1997), “Frequency of Probe Vehicle Reports and Variance of Travel Time Estimates”, Journal of Transportati on Engineering 123(4), pp.290-297.
9. Turner. S.M. and D.J.Holdner(1995), “Probe Vehicle Sample Sizes for Real-time Information”, The Houston Experience, IEEE VNIS Conference.
10. Gajewski,B.J., S.M. Turner, W.L.Spiegelman(2001), “TTS Data Archiving: Statistical Techique for Determining Optimal Aggregation widths for indu ctance Loop Detector Speed Data”, Transportation Research Record 1719, pp.85-93.