

# 구간 통행시간의 신뢰도 제고를 위한 프로브 데이터와 루프 검지기 데이터의 상관관계 분석

Identifying some relationships between the probe and the loop detector data  
for better estimation of link travel time

박은미

(목원대학교 도시공학부 교수)

김희진

(목원대학교 도시공학부 석사과정)

Key Words : 구간통행시간, 프로브데이터, AVI, ATIS

## 목 차

### I. 서론

#### II. 분석 데이터 개요

1. 대전광역시 구간정보수집 시스템의 개요
2. 데이터 수집 구간 특성
3. 분석 대상 데이터

### III. 분석

1. 프로브 샘플수 분포 및 샘플수에 따른 변동
2. 프로브 속도와 대기행렬 검지기 속도의 상관관계
3. 링크별 특성

### IV. 연구결과 요약 및 향후과제

#### 참고문헌

## I. 서론

현재 대전광역시는 DSRC 방식에 의해 프로브 차량으로부터 구간 통행시간을 수집하여, 도로 주요지점에 설치되어 있는 가변정보판에 정보를 제공하고 있다. 그러나 결측이 많이 발생하고, 프로브 데이터가 수집이 된다 하더라도 충분한 샘플수가 확보되지 않는 구간이 많이 존재하고 있다. 또한 프로브로 쓰이는 택시는 승객승차차 문제가 있어, 보다 신뢰성 있는 통행시간을 예측하기 위한 대책이 요구되고 있다.

구간에는 구간정보 수집이 광범위하게 이루어지지 않았기 때문에, 프로브 데이터의 속성에 대해 잘 알려져 있지 않다. 이처럼 프로브 데이터의 속성도 파악되지 않은 상태에서, 실시간 수집자료와 패턴자료에 의해 통계적 처리만을 기계적으로 하고 있는 실정이다. 이에 수집된 프로브 데이터에 대한 분석을 수행하여, 프로브 데이터의 특성을 파악하는 것을 본 연구의 목적으로 한다. 이때 특히 신신호 시스템의 일환으로 설치되어 있는 대기행렬검지기와 프로브데이터의 상관관계를 분석하도록 하며, 이는 향후 구간 통행시간 예측의 신뢰도 제고 방안 모색에 초석이 될 것으로 기대된다.

## II. 분석 데이터 개요

### 1. 대전광역시 구간정보수집 시스템의 개요

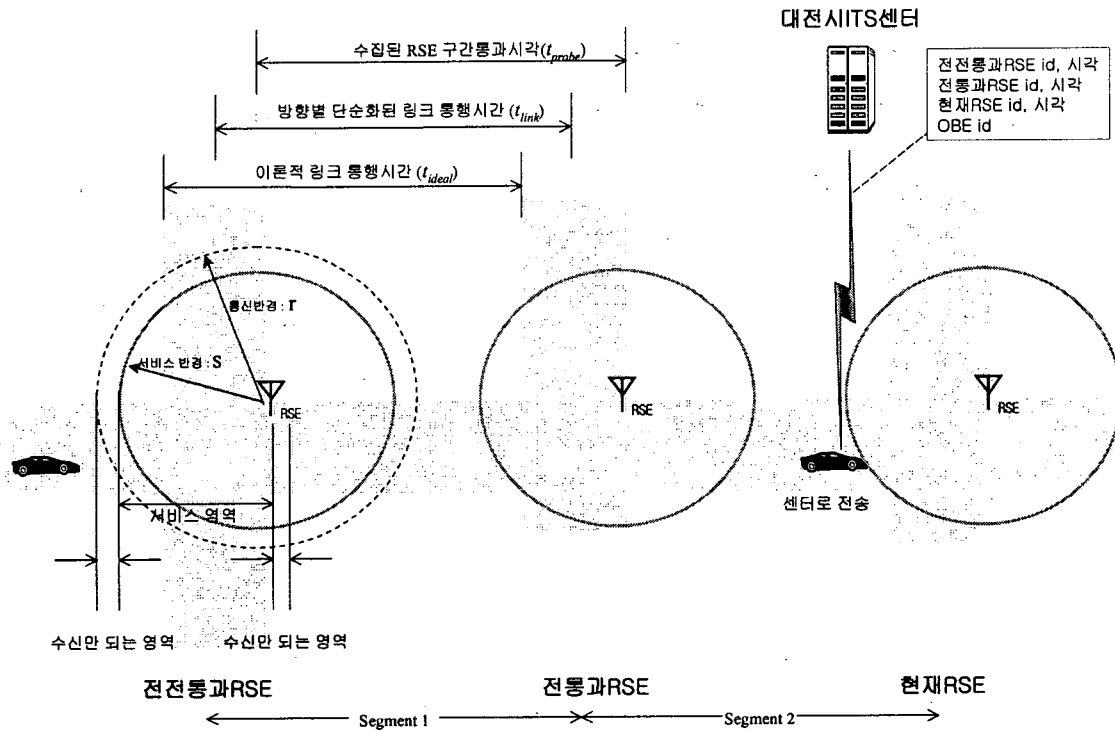
본 연구에서 분석할 구간통행시간 데이터가 수집되고 있는 시스템은 <그림 1>과 같다. 대전ITS사업의 시스템과 같이 구간교통정보 수집체계를 이용하는 시스템은, 우리나라 ITS 구

축사례에서 흔하지 않으며 공공부문 사업으로는 최초이다. 대전ITS사업에 적용된 시스템은, 노변장치인 RSE(Road Side Equipment), 차량내 장치인 OBE(On Board Equipment), 그리고 RSE로부터 자료를 수집/가공하는 센터시설로 구성된다. OBE를 장착한 프로브 택시는 본 연구에서 사용한 데이터 수집시기인 2005년 3월 당시 2000대였고 현재는 약 1600대 가량으로 줄어든 것으로 알려져 있다. 기타 데이터 수집 및 가공과 관련된 자세한 내용은 참고문헌에 소개되어 있으며, 본 논문에서는 지면의 한계로 생략하기로 하겠다.

### 2. 데이터 수집 구간 특성

본 과업에서 분석할 데이터는 대덕대로 통신연수원네거리에서 화암네거리까지 구간에서 수집한 데이터이며, 이 구간은 <그림 2>에 제시되어 있다.

대덕대로는 대전광역시의 남북방향 주요 간선축이며, <그림 2>에서 볼 때 링크3과 링크4 사이의 교차점은 주간선도로인 계룡로와 교차하는 지점으로 상시 병목구간이다. 대덕대로 구간에는 프로브차량에 의한 구간통행시간과 아울러 신신호시스템이 설치되어 있다. 본 연구에서는 신신호시스템의 대기행렬 검지기에서 수집되는 속도자료를 활용하여 프로브 수집자료와 비교분석을 수행하도록 한다. 이에 <그림 2>에서 제시된 링크 중 링크4, 8, 19, 20은 대기행렬 검지기가 설치되어 있지 않으므로 분석에서 제외하도록 한다. 또한 구간정보수집단위는 나뉘어 있으나, 대기행렬 검지기는 하나만 있는 링크5 와 6, 10 과 11, 그리고 14와 15는 합쳐서 하나의 링크로 분석하도록 한다.



자료출처: 오기도 외 (2004), 'DSRC를 이용한 첨단 교통정보시스템 구축', 대한교통학회지 제22권2호

<그림 1> DSRC 통신특성과 수집정보

### 3. 분석 대상 데이터

위에서 제시한 바대로 대덕대로 통신연수원네거리에서 화암네거리 구간까지 수집되고 있는 데이터 중에, 2005년 3월1일부터 3월14일까지 2주간 수집된 자료를 분석하도록 한다. 데이터는 오전 첨두 2시간 07시부터 09시까지, 비첨두 12시부터 14시까지, 오후 첨두 18시부터 20시까지 하루 6시간 동안의 5분 간격으로 집계된 자료이다. 데이터의 사전 검토를 통하여, 주간변동을 살펴본 결과 일요일을 제외한 나머지 월요일부터 토요일까지는 비슷한 패턴을 보인다는 것을 알았다. 이에 본 연구에서는 2주간의 14일 자료중 일요일을 제외한 12일의 자료를 사용하도록 한다.

택시가 프로브 차량이므로, 승객을 승하차 시키거나 승객을 기다리기 위해 정차한 차량의 데이터는 그 링크의 통행시간을 제대로 반영하고 있지 않으므로 필터링을 한다. 그러나 본 연구에서는 프로브 데이터의 특성을 보는 것을 목적으로 하므로, 우선은 필터링을 하지 않은 원시자료를 그대로 사용하도록 한다. 물론, 향후 통행시간 예측 모형을 구축하는 연구에서는 필터링을 한 자료를 사용하여야 할 것이다.

### III. 분석

비교 대상은 검지기 속도와 프로브 속도로 한다. 분석대상 링크들의 길이가 다양하므로, 수집된 프로브통행시간 대신 링크길이를 통행시간으로 나눈 프로브 속도를 사용하도록 한다. 링크의 길이에 대한 영향을 보기 위해, 분석대상구간의 링크길이 분포를 감안하여 다음 <표 1>과 같이 네 개의 그룹으로 나

링크	기점	종점	구간 길이 (m)	검지기 위치* (m)
21	통신연수원4	AP2503 000159	719	100
		AP2503 000159	247	100
	계룡로4	은하수4	336	-
20	5,6	은하수4	265	90
19	7	파랑새4	253	90
18	8	방죽4	208	-
	9	둔산4	230	120
17	10,11	선사유적4	270	100
	12	만년동3	285	120
16	13	만년4	281	100
14,1	14,15	대덕4	405	100
13	16	대덕대교4	413	100
12	17	과학공원4	512	100
10,1	9	AP2504 000070	-	-
8	18	AP2504 000070	718	100
7	19	연구단지4	147	-
5,6		AP2504 000098	-	-
4	20	AP2504 000098	175	-
3	21	도룡3	2522	120

\* 기점의 정지선으로부터 거리

<그림 2> 데이터 수집 구간 - 대덕대로

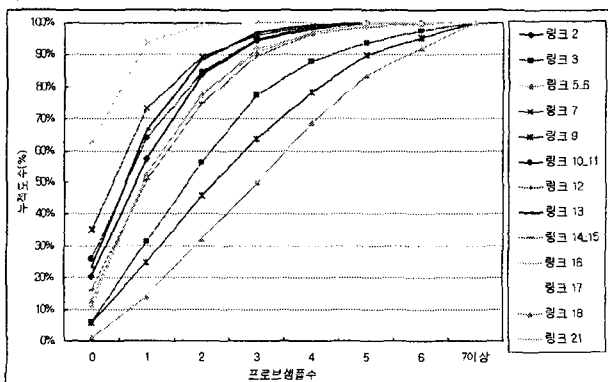
누어 분석하도록 한다.

<표 1> 링크길이별 그룹

링크	방향	링크길이(m)	그룹
9	둔산4→선사유적4	230	I
3	AP2503000159→계동로4	247	
7	파랑새4→방죽4	253	
5,6	은하수4→파랑새4	265	
10,11	선사유적4→만년동3	270	
13	만년4→대덕4	281	
12	만년동3→만년4	285	
14,15	대덕4→대덕대교4	405	II
16	대덕대교4→과학공원4	413	
17	과학공원4→AP2504000070	512	III
18	AP2504000070→연구단지4	718	
2	통신연수원4→AP2503000159	719	
21	도룡3→화암4	2522	IV

### 1. 프로브 샘플수 분포 및 샘플수에 따른 변동

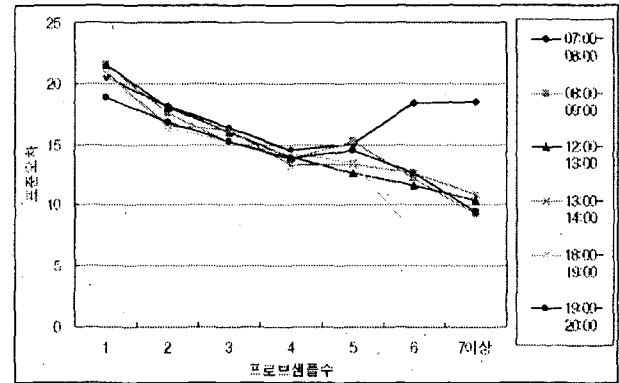
우선 분석 대상 자료들의 링크별 프로브 샘플 수 누적분포를 보면, <그림 3>과 같다. 오전첨두, 오후첨두, 비첨두 시간대별로도 분석하여 보았으나, 수집 샘플수 분포에 별 차이가 없는 것으로 나타났다. <그림 3>에 의하면, 링크9와 16은 상대적으로 결측이 적고, 2에서 4개 사이의 프로브 샘플이 고르게 수집되는 것을 알 수 있다. 현재 대전시에서 운영하고 있는 구간정보 생성 알고리즘은 프로브 샘플수가 2개 이상인 경우만 사용하고 있다. 그러나 나머지 링크의 경우, 샘플수가 1개인 것이 40% 로서 압도적으로 많고, 대체로 2개 이하의 프로브 샘플이 80내지 90%에 달하는 것을 알 수 있다.



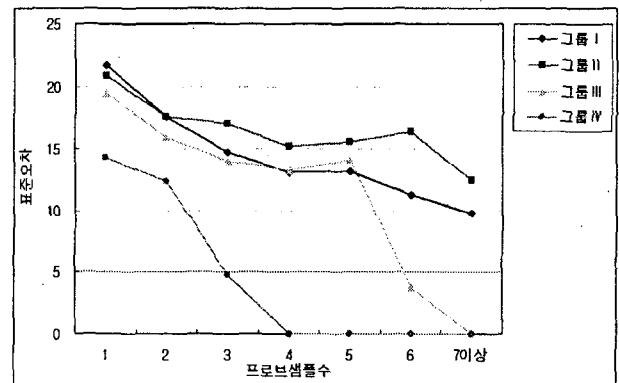
<그림 3> 링크별 프로브 샘플수 분포

<그림 4>의 (a),(b)에서 보여 지듯이, 시간대별, 링크길이별 프로브 샘플수에 따른 프로브 통행속도의 변동을 살펴본 결과 차별화된 패턴은 보이지 않았다. 전체적으로 보았을 때, 프로브 샘플수가 1개에서 2개로 증가되면서 변동이 줄어들며, 샘플

수가 3개에서 5개까지는 변동에서 거의 차이가 없었다. 이 자료에 의하면, 통행시간 예측의 신뢰도를 높이기 위해 프로브 차량을 보다 많이 확보해야 한다는 주장은 설득력이 적다고 보여 진다. <그림 4>에서 프로브 샘플수가 6대 이상인 부분과 링크 그룹IV의 경우 다른 추세를 보이고 있는데, 이는 프로브 샘플수가 6대 이상인 셀의 수가 적은 것과, 링크 그룹IV의 경우 수집된 프로브 샘플수가 절대적으로 적은 데 기인한다고 판단된다.



(a) 프로브 샘플수별 프로브속도 변동 (시간대별)

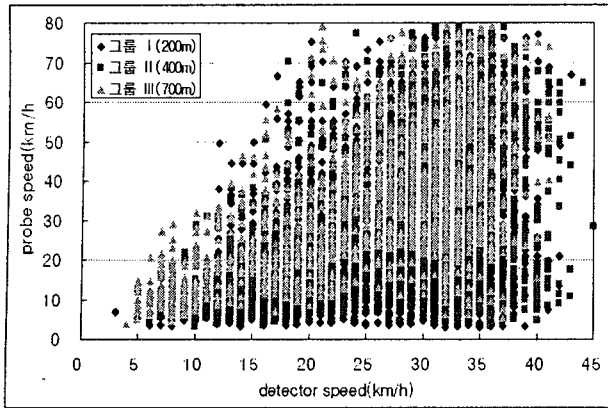


(b) 프로브 샘플수별 프로브속도 변동 (그룹별)

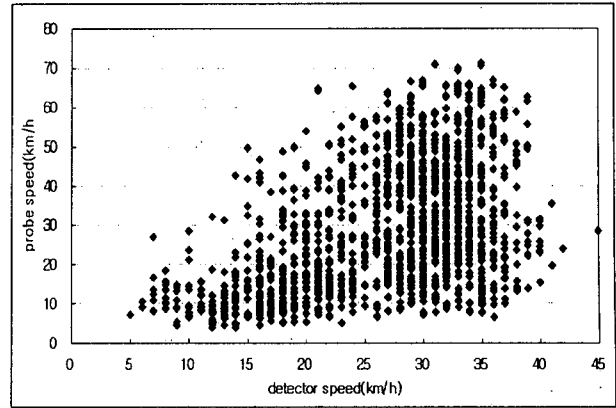
<그림 4> 프로브 샘플수별 프로브속도 변동

### 2. 프로브 속도와 대기행렬 검지기 속도의 상관관계

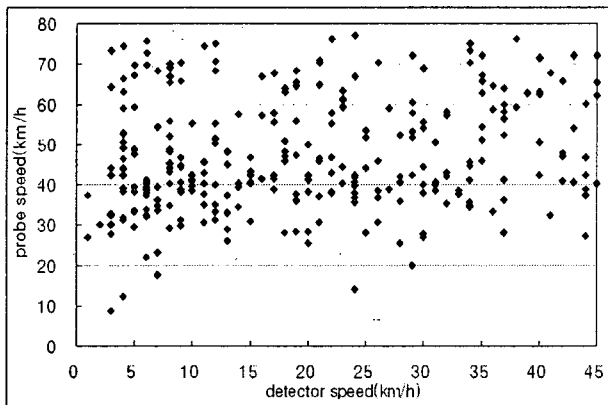
검지기 속도가 클수록 프로브 속도의 변동은 커지는 것으로 나타났다. <그림 5> (a)은 검지기 속도와 프로브 속도의 관계를 보여주는데, 이때 링크 그룹IV만 다른 특성을 보여 따로 (b)에 제시하였다. 그 이유는 타 링크들 보타 링크 길이가 유독 길고 수집된 프로브 샘플수도 적은데 있다고 판단된다. 또한 <그림 5> (a)에 보면, 검지기 속도는 높는데 프로브 속도는 아주 낮은 데이터들이 많이 존재하는데, 본 연구에서는 필터링 이전에 원시자료를 가지고 분석하고 있기 때문이다. 이러한 데이터는 택시주정차에 의하여 발생하며, 통행시간 산정 단계에서는 이러한 자료는 필터링이 될 것이다.



(a) 프로브속도와 검지기속도 상관관계 (그룹 I, II, III)

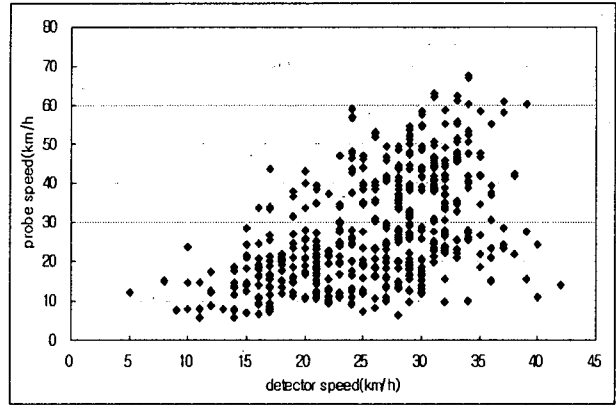


(b) 프로브 샘플수가 3개 수집된 경우



(b) 프로브속도와 검지기속도 상관관계 (그룹 IV)

<그림 5> 프로브속도와 검지기속도 상관관계(그룹별)



(c) 프로브 샘플수가 5개 수집된 경우

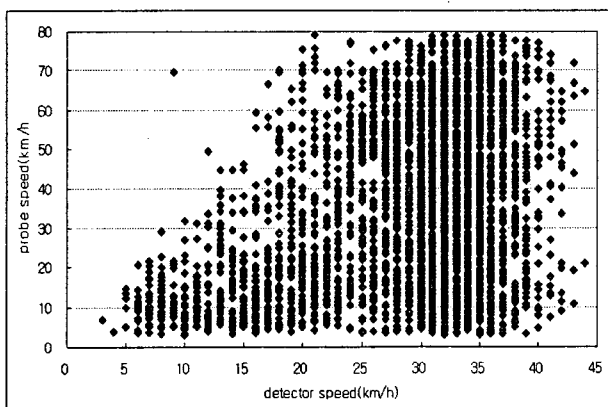
<그림 6> 프로브속도와 검지기속도의 상관관계(샘플수별)

검지기 속도가 클수록 프로브 속도의 변동이 커지는 추세의 시간대별, 링크길이별 차이 또한 분석해 보았으나, 차이가 없는 것으로 분석되었다. 이에 대한 플로팅 자료는 지면 관계상 생략하도록 하겠다.

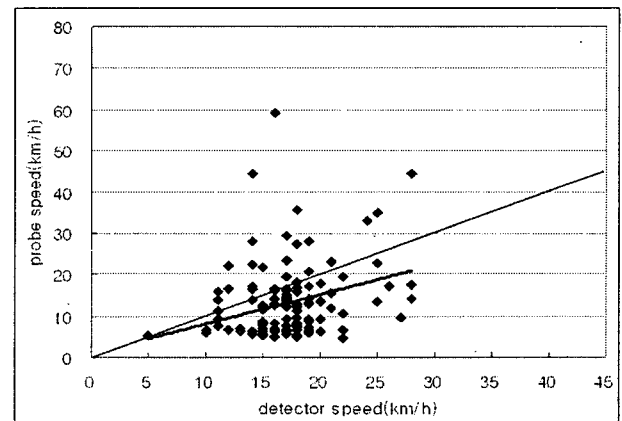
프로브 샘플수 별 프로브 속도와 검지기 속도의 상관관계를 살펴보았다. 프로브 샘플수 1, 3, 5개인 경우를 <그림 6>에 제시하였다, 여기에서도 프로브 샘플수에 상관없이, 검지기 속도가 높으면 프로브 데이터의 변동이 커진다는 관측이 가능했고 다만, 프로브 샘플수에 따라 변동의 크기가 다소 줄어드는 경향을 보였다.

### 3. 링크별 특성

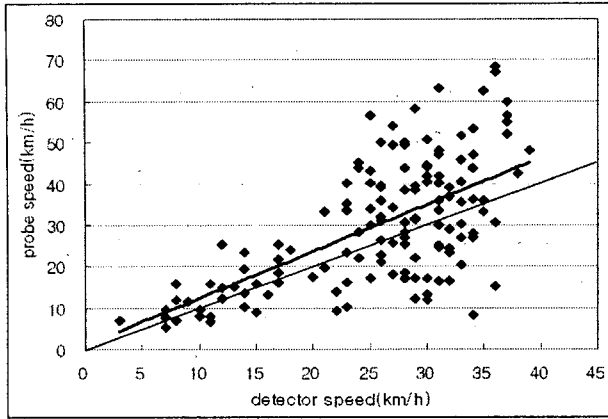
링크별로 상이한 특성을 갖는가를 분석하기 위해, 시간대별 링크별 프로브속도와 검지기속도의 관계를 살펴보았다. 같은 링크에 대해 시간대별 차이는 검지기 속도가 낮은 데이터가 관측되었는가의 여부를 제외하고는 존재하지 않았다. 링크별로 몇 가지 패턴을 보였는데, 검지기속도 = 프로브속도 선을 기준으로 회귀선이 위쪽에 위치하는 링크, 아래쪽에 위치하는 링크, 검지기속도 = 프로브속도 선상에 위치하는 링크로 구분되었다. 그 대표적 패턴의 예를 <그림 7>(a), (b), (c)에 제시하여 놓았다. 각 도표에는 검지기속도 = 프로브속도 선과 회귀선을 표시하였다.



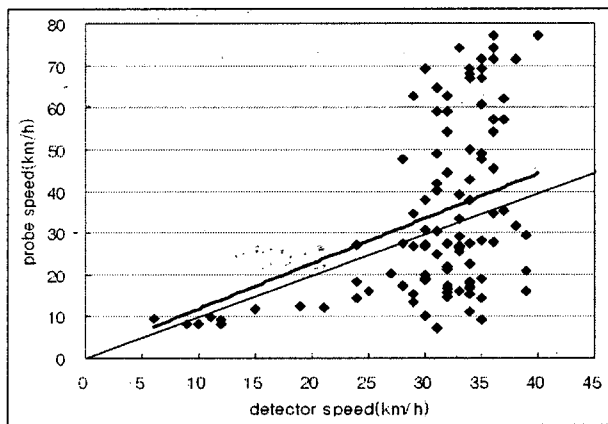
(a) 프로브 샘플수가 1개 수집된 경우



(a) 링크 3 (오전침투 08:00-09:00)



(b) 링크 5\_6 (오전첨두 08:00-09:00)



(c) 링크 10\_11 (오전첨두 08:00-09:00)

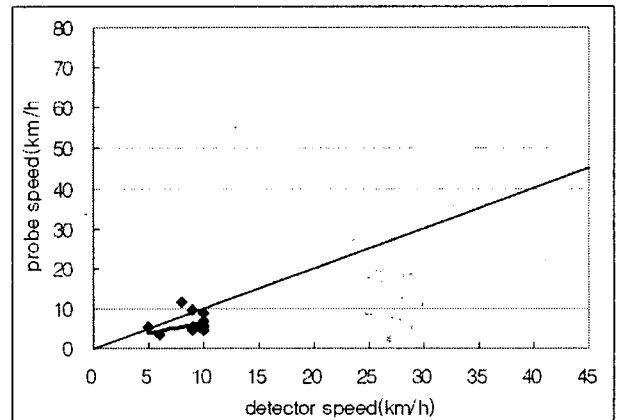
<그림 7> 링크별 프로브속도와 검지기속도의 관계

<그림 7>(a)의 경우처럼, 회귀선이 아래 쪽에 위치하는 것은 링크가 혼잡하다는 의미이다. 즉 대기행렬 검지기 속도가 프로브 속도에 비하여 높다는 것은, 링크는 혼잡하여 그 혼잡을 경험한 프로브 속도는 낮았는데, 검지기 위치까지 혼잡이 파급되지 않아 여전히 검지기 속도는 높은 것을 의미한다. 실제로 링크 3은 만성 병목지점의 바로 상류 링크이다. 이러한 추세를 반영하여, 비첨두시의 경우는 2개 구간을 제외하고는 모두 회귀선이 검지기속도 = 프로브속도 선의 위쪽에 위치하고 있었는데, 지면관계상 그림은 생략하도록 하겠다.

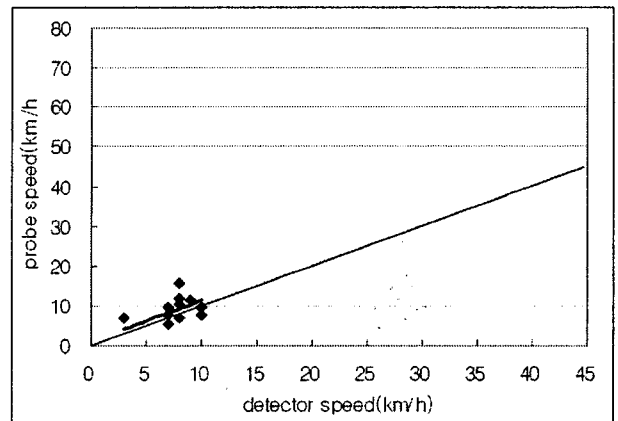
<그림 7>(b)의 경우는 회귀선이 위쪽에 위치하는데, 이 링크 5.6은 병목의 하류부 링크로서 혼잡이 덜한 구간이다. 다만, 이 링크에서는 검지기 속도는 높는데 프로브 속도가 아주 낮은 데이터들이 많이 존재하는데, 이 링크에는 택시정류소가 있고 아울러 승객승하차가 많은 링크이기 때문이다. 만일 이 데이터들이 필터링이 된다면, 회귀식은 지금보다 더 위쪽에 위치하게 될 것이다. 본 연구에서는 필터링을 하지 않은 원시데이터에 의해 분석을 수행한다는 것은 전술한 바 있다.

앞서 검지기 속도가 높으면 프로브데이터의 변동이 커진다는 분석결과를 제시한 바 있는데, 개별 링크에 대한 분석에서도 같은 결과가 보여 졌다. 이러한 변동의 크기를 고려할 때, 검지기 속도가 높을 때는 실시간 수집 자료나 전시간대의 자

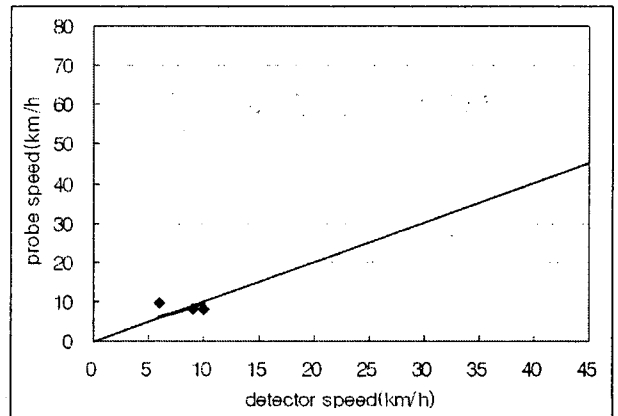
료를 활용하여 통계적으로 통행시간을 산출하는 알고리즘은 문제가 있다고 판단된다. 또한 검지기 속도가 낮을 때는 축적된 자료를 활용하여 회귀식을 만든 후 프로브 자료의 결측이 발생했을 때 활용하도록 하며, 검지기 속도가 높을 때에는 회귀식에 의한 값에 현 교통상황을 고려한 변동계수를 정하여 놓고 적용하는 것이 필요하다고 판단된다. 이러한 회귀식의 산출에 있어서는 전체를 함께 고려하는 것 보다는, 링크별도 혹은 위에서 제시한 링크의 혼잡 특성-회귀식 위치여부-에 따라 따로 산출하는 것이 바람직하다고 판단된다. 이러한 회귀분석의 예를 <그림 8>에 제시하여 놓았는데, 이 부분에 대한 보다 엄밀한 연구는 향후과제로 남겨두도록 한다.



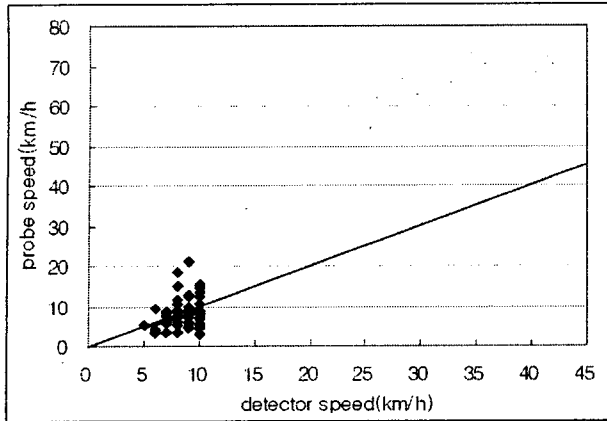
(a) 링크 3 (247.57m)



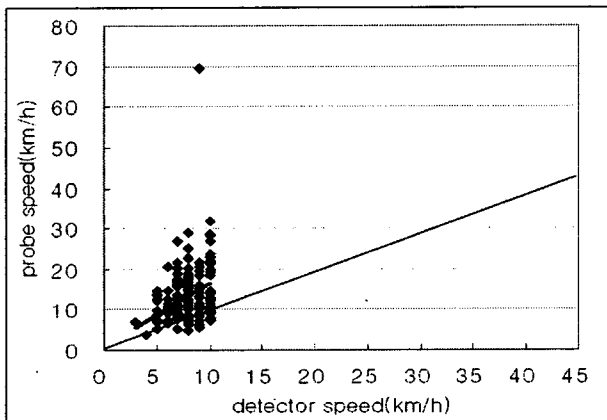
(b) 링크 5\_6 (265.05m)



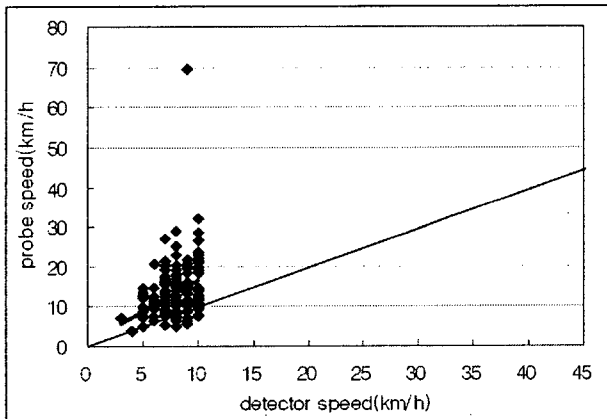
(c) 링크 10\_11 (270.34m)



(d) 검지기 속도 10km/h 이하 (프로브속도<검지기속도)



(e) 검지기 속도 10km/h 이하 (프로브속도>검지기속도)



(f) 검지기 속도 10km/h 이하 (전체)

<그림 8> 회귀분석의 예

#### IV. 연구결과 요약 및 향후과제

본 연구에서 수행한 제한적인 분석에 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 전체적으로 볼 때, 링크길이나 비침두 혹은 침두간의 차이는 발생하지 않았다. 다만, 개별 링크별 특성은 가지고 있었다. 즉 교통축 상의 병목지점의 위치, 병목에 따른 혼잡도의 차이, 택시주정차가 많이 일어나는지의 여부, 택시가 많이 다니는 경로상에 위치하는가 여부 등의 개별링크의 특성에 따라 차이가 있었다.

둘째, 프로브 샘플수가 늘어나도 2개 이상이 되면 변동은

크게 줄어들지 않았다. 따라서 통행시간예측의 신뢰도제고를 위해 프로브차량을 확대해야 한다는 주장을 재검토해야 한다.

셋째, 링크별로 다소 차이가 있으나 대체로 검지기 속도 10 내지 15km 이하에서는 변동도 적고 상관관계가 높다. 그러나 검지기 속도가 높아지면 프로브 속도의 변동이 커지는 것이, 시간대, 링크길이, 프로브 샘플수에 상관없이 공통된 추세로 관측되었다. 이에 검지기 속도가 높은 곳에서 실시간 프로브 데이터나 몇 분전의 데이터로 통행시간을 예측하는 것은 무리가 있으며, 이 경우 추적된 과거자료에 의한 평균값에 현재의 상황에 따른 변동계수를 적용하는 방안을 강구하는 것이 필요하다고 판단된다.

향후 연구에서는 보다 엄밀한 통계분석과 해석이 통하여 본 논문에서 제시한 결과들이 검증되어야 할 것이다. 또한 개별 프로브 자료와 신호시간계획 자료를 연계시킨 분석과 몇 개의 링크자료를 집계하여 산정된 경로통행시간 자료의 특성 분석도도 필요하다고 판단된다. 궁극적으로는 이러한 분석을 토대로, 현재의 통계모형보다 발전된 형태의 통행시간 산정 모델이 개발되어야 하겠다.

#### 참고문헌

1. 오기도 외 (2004), 'DSRC를 이용한 첨단교통정보시스템 구축', 대한교통학회지 제22권2호
2. 장진환 외 (2004), 'AVI 자료를 이용한 동적 통행시간 예측', 대한교통학회지 제 22권 7호
3. V.P. Sisiopiku and N.M. Rouphail (1993), 'Exploratory Analysis of the Correlations between Arterial Link Travel Times and Detector Data from Simulation and Field Studies,' Advance Working Paper Series No. 25,
4. P. Thakuriah 등(1996), 'Analysis of Probe-based Information on Signalized Arterials,' NISS No. 48
5. A. Sen and et. (1996), 'Frequency of Probe Vehicle Reports and Variance of Arterial Link Travel Time Estimates,' NISS Technical Report No. 54
6. T.L. Graves and et. (2000), 'Variability of Travel Times on Arterials Links: Effects of Signals and Volume,' NISS Technical Report No. 114