

DSRC 검지기(RSE) 이론적 오차 분석

Analysis on Theoretical Error of DSRC RSE



장진환

1. 배경 및 목적

교통정체/사고 등 교통문제의 효율적 해결¹⁾을 위해 실시간 교통정보시스템(ITS)이 전국적으로 확대 도입되었다. 초기(1990년대) ITS 교통정보는 주로 검지기(detector) 자료를 이용하여 생성되었다. 그러나 검지기 자료는 고속도로와 같이 연속류 구간에서는 신뢰성 있는 정보를 생성할 수 있지만, 국도 및 도시부 도로와 같이 단속류 도로에서는 교통신호 등의 영향으로 신뢰성 있는 정보를 생성하기가 상대적으로 어렵다.

이에 2000년대 초부터 구간 통행시간 실측값을 수집을 통해 지점 검지기의 단점을 극복할 수 있는 AVI(Automatic Vehicle Identification)²⁾가 국도 등 단속류 도로를 중심으로 확대·도입 되었다. 그러나 AVI의 경우에는 차로별로 인식 카메라

를 별도로 설치해야 하기 때문에 초기 구축비용이 많이 소요된다.³⁾ 또한 야간 자료 수집을 위해서는 조명장치가 필요하고 이의 교체비용이 주기적으로 투입되어야 하기 때문에 유지관리비용 또한 지점 검지기에 비해 많이 소요된다. 따라서 구간 통행시간 자료를 수집할 수 있는 장점에도 불구하고 상기의 단점으로 인해 AVI는 교통정보 수집을 위한 충분한 수량이 설치되지 못하였고⁴⁾, 그에 따라 검지기 자료를 보완하는 등의 목적으로 활용되었다.

한편, 2000년 시범도입 및 2007년 전국으로 확대 구축된 고속도로 하이패스 시스템으로 인해 하이패스 단말기 보급률이 폭발적으로 증가하였다.⁵⁾ 이러한 증가에 힘입어 하이패스 장착차량의 암호화된 ID를 수집하여 구간 통행시간 자료를 수집할 수 있는 DSRC 검지기(RSE, Roadside Equipment)가 확대·설치되고 있다. DSRC(Dedicated Short

1) 국도의 경우, km당 4차로 도로건설비용은 296억원이고(2011년 국토교통부 도로업무편람), ITS 구축비용은 1.04억원

2) 차량번호판 인식자료를 수집하여 구간 통행시간을 산출하는 장비

3) 4차로 기준, 영상검지기 설치비용은 10백만 원이고 AVI 설치비용은 64백만 원임.(2009년도 국도 ITS 설계내역 기준)

4) 2009년 기준 수도권 국도 ITS AVI 평균 설치간격은 약 7km

5) 2011년 4월 기준, 하이패스 단말기 장착차량은 1000만대를 넘었고, 보급률은 약 60%(국토해양부)

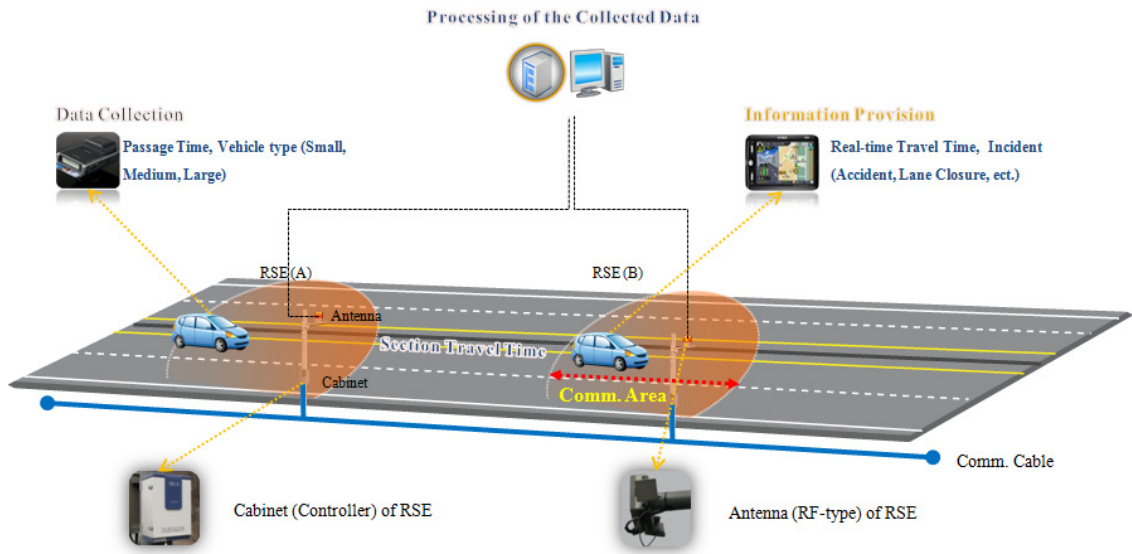


그림 1. DSRC 교통정보시스템 개념도

Range Communication) 검지기는 차로수에 관계 없이 지점당 1대만을 설치하여 통과차량 자료를 수집할 수 있고, 대당 비용 또한 영상검지기와 유사하기 때문에 고속도로뿐만 아니라 국도 등 단속류 도로의 실시간 교통정보 수집·제공에 적합하다고 할 수 있다.

그러나 해당 지점을 통과하는 차량의 자료를 수집하는 AVI 달리 DSRC 검지기의 경우에는 무선 통신(DSRC)을 이용해 통과차량 자료를 수집하기 때문에 그림 1과 같이 일정한 검지영역(통신영역)이 존재한다. 주변 건물 등에 따라 다소 차이는 있지만 제조사 관계자 정보에 따르면 DSRC 검지기의 통신가능 영역은 200~300m로 알려져 있다. 다시 말해서 이는 해당 검지영역만큼 구간 통행시간(속도) 자료의 오차가 발생할 수도 있음을 의미한다. 만약 그림 1에서 상류부 RSE가 100m 전방에서 차량 OBU(Onboard Unit)를 인식하고, 하류부 RSE가 100m 후방에서 동일한 차량의 OBU를 인식했을 경우, 이는 200m의 거리 오차를 발생시키고 결국 통행시간(속도) 자료의 오차로 귀결된다. 이에 본 고에서는 이러한 DSRC 검

지기의 이론적 오차를 분석하여 향후 DSRC 검지기 설계 및 운영에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. DSRC 검지기 이론적 오차 산정식

DSRC 검지기의 이론적 오차는 전술한 통신영역과 인식지연시간(scan time or latency)⁶⁾으로 나누어진다. 따라서 두 개의 연속한 DSRC 검지기간 통행속도 오차는 두 검지기간 설치간격(L), 검지영역 크기(ΔL), 두 검지기간 차량의 평균 통행속도(S), 검지기 인식지연시간(ΔT), 두 검지기간 실제 통행시간(T)의 함수로 나타난다(A. Haghani et al., 2010).

$$L = S \times T \quad (1)$$

$$L + \Delta L = (S + \Delta S) \times (T + \Delta T) \quad (2)$$

$$\Delta L = S \times \Delta T + \Delta S \times T + \Delta S \times \Delta T \quad (3)$$

식(1) 및 식(2)는 상기의 오차를 미반영(식(1)) 및 반영한(식(2)) 이동거리(설치간격), 평균 통행

6) (통신)시스템에서 대상을 측정하는 데 소요된 지연시간

속도, 통행 시간을 나타낸다. 식(3)은 식(1)과 식(2)를 이용해 유도된 식으로써, 이는 속도오차를 계산하기 위해 식(4)과 같이 재정렬 될 수 있다.

$$\Delta S = \frac{\Delta L - S \times \Delta T}{T + \Delta T} \quad (4)$$

식(4)는 최대 거리오차(ΔL_{\max})와 최소 인식지연시간(ΔT_{\min})을 이용하여 식(5)와 같이 최대 속도오차를 산정하는 식으로 유도될 수 있다. 식(6)은 각 파라미터별 단위, 변환계수, DSRC 검지기 인식지연시간 등을 적용한 식이다. 일반적으로 DSRC의 인식지연시간은 100ms(0.1s) 알려져 있다(Y. Li, 2012).

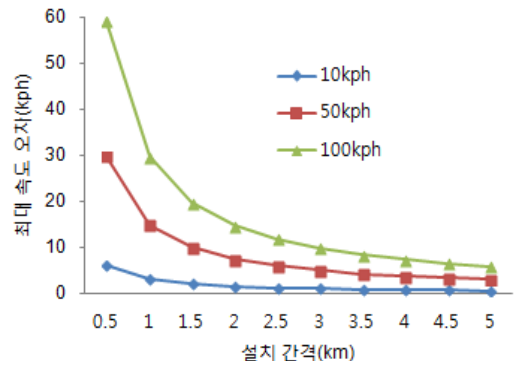
$$\Delta S \leq \frac{\Delta L_{\max} - S \times \Delta T_{\min}}{T + \Delta T_{\min}} \quad (5)$$

$$\Delta S[kph] \leq \frac{\Delta L_{\max}[m] - S[kph]/3.6 \times 0.1}{(3,600) \frac{L[km]}{S[kph]} + 0.1} \times 3.6 \quad (6)$$

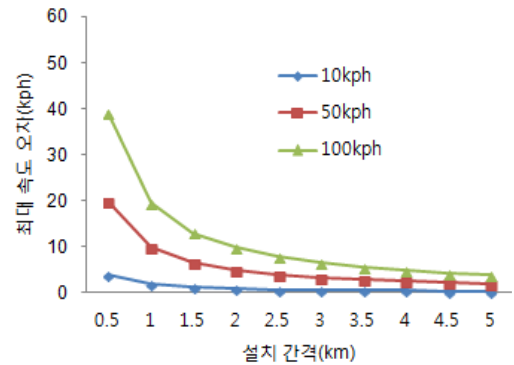
III. DSRC 검지기 이론적 오차 분석

식(6)을 이용하여 차량속도별 DSRC 검지기 설치간격별로 최대 속도오차를 계산한 결과, 그림 2와 같았다. 그림 2(a)는 통신가능영역 300m일 경우 오차이고, (b), (c)는 통신가능영역 200m, 100m일 경우, 오차를 나타낸다. 그림 2에서 보듯이 속도오차는 차량의 통행속도가 증가할수록 DSRC 검지기 설치간격이 좁을수록 높게 나타남을 알 수 있다.

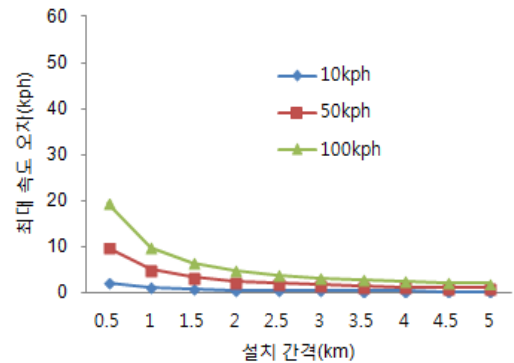
표 1 및 그림 3은 검지영역 크기별 DSRC 검지기 설치간격별 오차율을 나타낸 것이다. 만약 최대 오차율을 10% 이내로 설정할 경우, 검지영역이 300m일 경우에는 최소 3km로 설치해야 하고, 200m, 100m일 경우에는 각각 2km, 1km로 설치해야 함을 의미한다. 참고로 차량속도별 오차율은 식(6)에 의해 동일하게 산출된다.



(a) 통신가능영역 300m



(b) 통신가능영역 200m



(c) 통신가능영역 100m

그림 2. 차량속도별 통신가능영역별 최대 속도오차

여기서 유의할 점은 상기의 오차 및 오차율은 해당 검지영역 및 차량 통행속도 하에서 발생할 수 있는 최대 오차(율)라는 점이다. 다시 말해서 검지영역이 300m일 경우, 상류부 검지기에서는 300m 전방에서 검지되고 하류부 검지기에서는 300m 후방에서 검지되었을 때의 오차를 의미한다. 그러나 실제로 상기와 같이 검지될 확률은 크

표 1. 검지영역 크기별 오차율

설치간격 (km)	검지영역 크기별 오차율(%)		
	300m	200m	100m
0.5	59.9	39.9	19.9
1	30.0	20.0	10.0
1.5	20.0	13.3	6.6
2	15.0	10.0	5.0
2.5	12.0	8.0	4.0
3	10.0	6.7	3.3
3.5	8.6	5.7	2.8
4	7.5	5.0	2.5
4.5	6.7	4.4	2.2
5	6.0	4.0	2.0

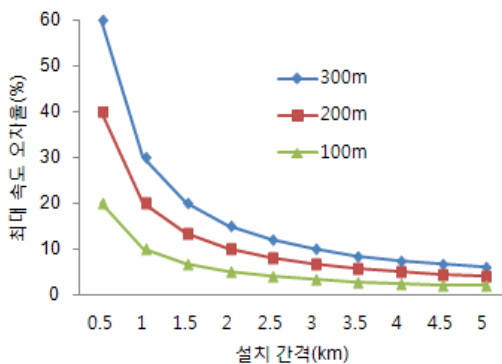


그림 3. 검지영역 크기별 설치간격별 최대 오차율

지 않은 것으로 판단된다. 또한 개별 통행속도(시간)를 일정시간간격으로 집계할 경우, 개별차량의 오차 분포는 IID(independent and identical distribution, 독립항등분포)⁷⁾를 따를 가능성이 크게 때문에 개별차량 오차가 서로 상쇄(cancel out)되어 통계치(평균)의 오차는 크지 않을 가능성이 크다.

표 2는 국도상에 설치된 DSRC 검지기 및 상용 하이패스 OBU를 이용하여 실측한 인식거리 범위(최대값-최소값)를 나타낸 것이다(김병화, 2013). 즉, 동일한 OBU를 탑재하여 동일한 RSE를 수차례 왕복한 결과, 2대의 OBU에 대한 인식거리의 평균은 117m로 관측되었고, 표준편차는 47m로 관측되

표 2. OBU 인식거리 범위(range)

RSE	방향	OBU 1	OBU 2	평균
RSE 1	하행	87	151	-
RSE 2		166	163	-
RSE 3		74	57	-
RSE 1	상행	114	208	-
RSE 2		88	118	-
RSE 3		-	77	-
평균		106	129	117
표준편차		37	56	47

출처 : 도로교통정보용 RSE 및 차량용 OBU의 상호 인식을 분석(김병화)

었다. 따라서 실제 DSRC 검지기 최대 속도오차는 검지영역 200-100m일 가능성 있다. 하지만 표 2의 실험은 동일한 OBU를 이용하여 상·하류부 DSRC 검지기를 통과해서 산출한 인식거리가 아니고 전술한 바와 같이 동일한 OBU를 탑재하여 동일한 RSE를 통과하여 측정된 인식거리이므로 상기 실험결과를 토대로 실제 통행속도(시간) 오차를 추정하는 데에는 한계가 있을 것으로 사료된다.

IV. 결론 및 향후과제

국도 및 도시부 도로와 같이 단속류 교통상황 하에서 지점 검지기보다 구간 검지기가 통행시간을 추정하는데 효과적이라는 점에서는 전문가들 사이에서 크게 이견이 없는 것으로 사료된다⁸⁾. 그러나 이론적인 효과가 확실하다 하더라도 부적정한 장비 설치나 운영 등은 그 효과를 크게 감소시킬 수 있고, 자칫 지점 검지기보다 못한 결과를 초래할 수도 있다.

본 고에서는 구간 검지기의 일종으로 효율성이 기존 구간 검지기(AVI)에 비해 월등히 큰 DSRC 검지기의 설계시 참고할 필요가 있는 DSRC 통신영역별 이론적 최대 오차(율)를 분석하였다. 분석 결과, DSRC 검지기 통신영역과 차량의 통행속도가 클수록 오차가 증가하였고, 오차율은 차량속도에 관

7) 두 개 이상의 확률변수를 함께 고려할 때, 이들의 확률적 특성이 상호독립(independent)이며 동일한(identical) 확률 분포(distribution)
 8) 데이터 퓨전을 위한 지점 검지기와 구간 검지기 병행설치시 효과는 본 고의 논의 대상이 아님.

계없이 통신영역이 클수록 증가하는 것으로 분석되었다. 만약 DSRC 검지기 통신영역에 따른 최대 오차율을 10% 이내로 설정할 경우, 통신영역 300m에서는 3km, 200m에서는 2km, 100m에서는 1km로 분석되었다.

그러나 본 고에서는 단지 해당 통신가능영역 하에서 이론적인 최대 오차만을 분석했을 뿐, 현장 실측치와 비교·분석한 것은 아니다. 따라서 향후에는 다음과 같은 현장조사 수행을 통해 보다 명확한 결과를 도출하여 DSRC 검지기 설계 및 운영에 반영해야 할 것으로 사료된다.

- 개별차량 오차 상쇄효과 실측을 통한 실오차율 분석 및 그에 따른 적정 설치간격 재조정
- DSRC 검지기 안테나 각도조정, 출력조정 등을 통한 검지영역 감소 및 이에 따른 OBU 인식률 비교·분석

참고문헌

- 김병화 (2013), 도로교통정보용 RSE 및 차량용 OBU의 상호 인식률 분석, 제68회 학술발표회, 대한교통학회, pp.469-473.
- Ali Haghani, Masoud Hamed, Kaveh Farokhi Sadabadi, Stanley Young, and Philip Tarnoff (2010), Data Collection of Freeway Travel Time Ground Truth with Bluetooth Sensors, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No.2160.
- Yunxin (Jeff) Li (2012), An Overview of the DSRC/WAVE Technology, Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, Vol.74.