

VMS 이설위치결정 방법론

Optimal VMS Relocating Methodology

이청원
(서울시립대학교,
교수)

송영화
(서울시립대학교,
석사과정)

문학룡
(한국건설기술연구원,
선임연구원)

박현석
(한국건설기술연구원,
연구원)

Key Words : ITS, 교통정보시스템(VMS), RTMS, 이설

목 차

- I. 서론
 - II. 기존 연구 고찰
 - 1. 국내 연구
 - 2. 국외 연구
 - III. ITS장비 구축 및 이설 현황
 - 1. ITS장비 구축 현황
 - 2. ITS장비 이설 현황 및 분석
 - IV. VMS 이설위치결정 모형 개발
 - 1. VMS 이설시 고려사항
 - 2. VMS 이설위치결정 방법론
 - 3. 적용사례
 - V. 결론
- 참고문헌

I. 서론

운전자들에게 도로 네트워크상의 돌발상황과 전방의 교통상황에 대한 정보를 제공하여 탄력적인 경로 선택을 가능하게 하는 교통정보시스템(VMS)은 2003년 현재, 수도권 남부국도 204km 구간에 총 41개소가 설치 운영중에 있다.

고속국도나 도시간선도로와 달리 국도상에 설치되어 있는 ITS장비는 택지개발이나, 민간업자에 의한 개발 등으로 인해 부득이하게 이설해야 하는 사유가 발생하게 되는데 2004년에만 VDS, VMS등 약 30건의 ITS장비 이설이 이루어졌으며 그 중 VMS이설도 4건이 이루어진 바 있다.

또한 민간업자들에 의한 이설 요구뿐만 아니라 국도 혼잡 개선을 위한 도로확장과 교통안정성 확보를 위한 선형개선공사 등으로 인해 ITS장비 이설사유는 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

그러나, 현재 ITS장비를 운영·관리하는 해당 센터별로 이설처리절차에 대한 명확한 규정이나 이설위치결정을 위한 공학적 기준이 미미한 실정으로 교통량을 중심으로 한 현장조사 결과를 바탕으로 직관적으로 이루어지고 있는 실정이다.

본 연구에서는 Decision Problem개념을 도입하여 소요예산, 공사기간, 정보수혜자 수, 의사결정자 등 여러조건을 고려하는 동시에 체계적이고 합리적인 의사결정과정을 통한 VMS의 이설위치결정 필요성과 방법론을 제시하였다.

II. 기존 연구 고찰

1. 국내연구

국내에서 VMS뿐만 아니라 VDS, CCTV등의 ITS장비 이설

과 관련되어 이루어진 연구는 전무한 실정이다. 이는 ITS를 구축·운영한 기간이 10여년으로 오래 되지 않았고, 특히 과거에는 ITS장비의 이설이 거의 이루어지지 않았기 때문에 충분한 연구가 진행되지 않은 것으로 판단된다.

다만, 건설교통부의 「도로안전시설 설치 및 관리지침(2003)」 중 도로 전광표지판에 따른 기본 설치 위치는 교량, 표지, 구조물 등의 제약을 받지 않고 모든 운전자가 표지를 읽고 판단하고 반응하는데 충분한 시인성을 확보할 수 있는 지점에 설치하도록 명시하고 있으며 구체적으로 고속도로 진·출입부나 일반도로 교차로 상류부, 병목지점이나 터널 진입부, 교차로와 같이 교통류의 분산이 기대되는 주요 우회 가능 지점의 상류부에 설치하는 것을 기본으로 하고 있다.[1]

2. 국외연구

국외의 경우도 ITS장비 이설과 관련된 연구는 찾아보기 힘든 실정으로 국내와 유사하게 설치 위치만을 규정으로 제시하고 있다.

미국의 경우, 운전자의 나이, 운전특성, 차량의 접근속도, 주행차로, 교통환경, 날씨 등을 고려하여 산정한 최소요구시인거리(MRVD: Minimum Required Visibility Distance)를 위치결정의 근거로 하고 있다.[2]

호주의 경우 역시, 접근차량의 주행속도, 설계속도, 측방거리 등을 활용한 VMS의 판독거리 산정식을 기준으로 설치위치를 기술하고 있다.[3]

ITS장비의 위치결정과 관련된 국내·외의 연구사례는 대부분이 초기위치선정과 관련된 문제로 이설위치결정과 관련된 연구수행은 거의 이루어지지 않았다.

III. 국도 RMS의 ITS장비 구축 및 이설 현황

1. ITS장비 구축 현황

한국건설기술연구원은 1997년 계획 하에 국도 3호선 50km 구간을 시범구간으로 설정하여 VDS 51대, CCTV 1대, VMS 12대를 구축·운영하기 시작한 후 2004년 현재 국도 1호선을 비롯한 수도권 남부국도 204km구간에 VDS 282대, VMS 41대, CCTV 33대, AVI 26대의 ITS장비를 운영중이다.[4]

<표 1> 국도 RTMS 운영 현황

	VDS	VMS	CCTV	AVI	비고
수량(대)	282	41	33	26	총연장 204km
1km당 장비대수	1.4대/km	0.2대/km	0.16대/km	0.13대/km	

ITS장비 운영의 특성상 VMS는 VDS에 비해 적을 수 밖에 없지만 국도 RTMS의 경우 평균 5km마다 1개의 VMS가 설치되어 있어, 평균 8km마다 설치되어 있는 고속국도 FTMS보다 짧은 간격으로 VMS가 운영중이다. 더욱이 FTMS의 경우 고속국도의 특성상 차량을 제외하고는 보행자의 접근이 완전히 통제되어 있어, 도로의 확장을 제외하고는 ITS장비의 이설사유가 발생하지 않는 반면, 국도 RTMS의 경우 주변 환경 개발에 따라 접근로 등 이설사유가 많이 발생하기 때문에 국도 RTMS의 경우 ITS장비 이설이 집중적으로 이루어지고 있으며, 이와 같은 이유로 추후 국도 ITS장비의 이설은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

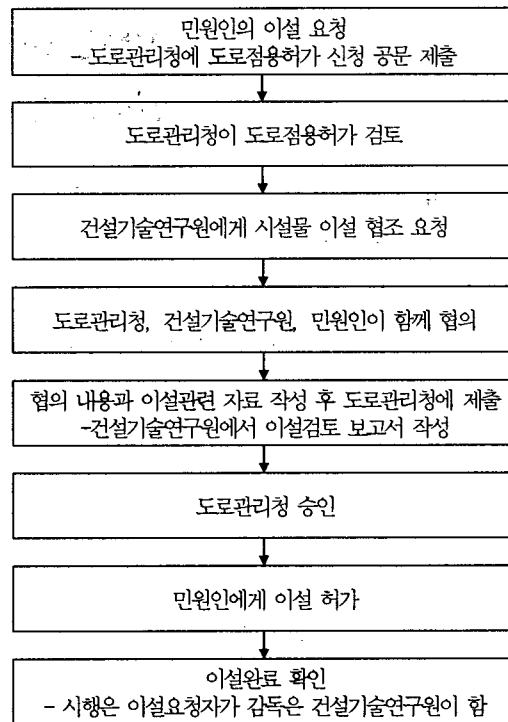
2. ITS장비 이설 현황 및 분석

이설이 이루어지는 절차는 먼저 민원인에 의해 도로관리청에 이설 요청이 제기되면 관리청의 도로점용허가 검토후 한국건설기술연구원과 민원인이 함께 비용, 이설타당성등을 협의하게 된다.

이후 이설 허가가 승인되면, 이설요청자에 의해 이설이 시행되며 이때 한국건설기술연구원은 이설작업의 전반적인 사항을 감독하게 된다.

현재 ITS장비의 이설 위치는 도로의 기하구조를 참고하여 선정하고 있으며 문서화된 원칙은 없는 실정이며, 몇 개의 대안을 선정한 뒤 현장조사를 수행하여 결정하게 된다.

이설 검토 보고서에 영상검지기는 교통량 수집 적정성, VMS의 경우 인지거리 확보등을 기술하고 있으나, 그 결과과정은 직관적인 경우가 많은 실정이다.



<그림 1> 이설 처리 절차

이와 같이 이설은 <그림 1>과 같은 절차로 이루어지며 이설과 관련되어서는 도로의 점용과 관련된 도로법 제40조의 도로점용에 관한 법령, 도로법시행령 제24조의 점용의 허가신청, 도로법시행규칙 제16조에 따라 실시하고 있으며, 따로 문서화된 명확한 규정은 없다.

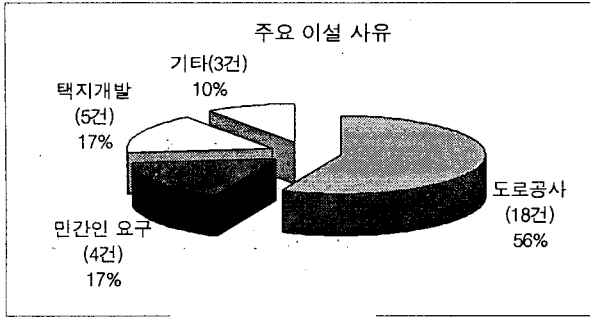
2004년도에 이루어진 VMS를 포함한 모든 ITS장비의 이설 현황을 살펴보면 총 30건이 발생하였는데 <표 2>와 같이 교차로 입체화공사, 도로확포장공사등과 같은 도로공사가 17건으로 이설의 가장 큰 원인이 되고 있으며, 민간인에 의한 주유소나, 근린생활시설 또한 5건으로 적지 않은 이설사유가 되고 있다.

이는 서울시 도시고속도로의 교통관리시스템이나 한국도로공사의 FTMS에서 ITS장비의 이설이 연평균 1회 미만으로 극히 드물게 발생하는 것과 매우 대조적이다.

RTMS의 경우, 보행자나 차량의 통행에 제약이 없는 국도의 특성이 ITS장비 이설에 반영되고 있는 것으로 판단되며 그에 따라 향후 지속적으로 이설이 이루어질 것으로 예상된다.

<표 2> 2004년도 ITS장비 이설 현황

구분	건수	내용	비고
도로공사로 인한 장비이설	17	교차로 입체화공사, 도로확포장공사, 도로건설 등	이설예정 1건
민간인의 요구로 인한 장비이설	5	아파트 신축공사, 주유소, 근린생활시설 진출입공사 등	-
택지개발사업으로 인한 장비이설	5	택지개발사업, 토지구획정리 등	이설예정 1건
기타	3	타공작물 설치, AVI구간 변경 등	-



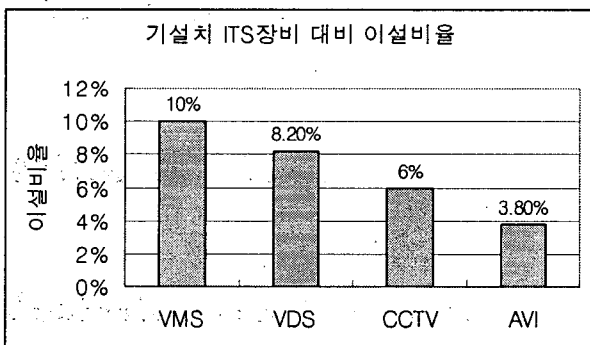
2004년 발생한 총 30건의 이설을 ITS장비별로 구분하면 VDS가 23건으로 가장 많은 수치를 나타내고, 그 다음으로 VMS가 4건, CCTV 2건, AVI 1건으로 조사되었다.

그러나, 기 설치 ITS장비 대비 이설건수를 비율로 살펴보면, VMS가 10%로 가장 높은 이설비율을 나타내고 있다. 이는 VMS의 경우, 단순히 이설이 발생하게 되는 건수는 적으나, 설치된 장비의 10개중 1개인 10%의 VMS가 이설이 필요한 것으로 나타나 상대적으로 높은 비율로 이설이 이루어지고 있음을 의미한다.

현재와 같이 교통량을 중심으로 한 현장조사결과를 바탕으로 단순히 의사결정자의 직관적인 판단에 의해 이설 위치를 결정하게 될 경우, 추후 주변환경 개발이나 변화에 따른 ITS 장비 재이설 문제 발생의 우려가 있다.

<표 3> ITS장비별 이설 비율

구분	이설건수	기설치 ITS장비	비율	비고
VMS	4	41	10%	
VDS	23	282	8.2%	이설예정 1건
CCTV	2	33	6%	이설예정 1건
AVI	1	26	3.8%	



IV. VMS 이설위치결정 모형 개발

1. VMS 이설시 고려사항

VMS이설위치결정은 위치결정문제와 이설 작업시 고려해야 하는 문제로 나눌 수 있다.

위치결정문제는 무수한 대안이 고려될 수 있는 매우 복잡한 요소로 일반적으로 일정간격으로 설치하는 등 경험적인 방법에 의해 고려될 수 있다.

ITS 구축 초기의 위치결정과 달리 이설 작업시에는 이미 주변장비들이 위치를 점하고 있어 이설 가능위치는 몇 개 대안으로 한정될 수 있어 위치결정문제와 유사하지만 상이한 접근방법이 필요하다.

또한 이설위치결정시에는 예산이나, 공사기간, VMS정보수혜자, 민원제기성 여부, 새로운 도로나 택지개발로 인한 재이설의 가능성 등 다양한 요소를 고려해야 할 것이다.

위의 요소외에도 시인성 확보, 우회가능지점의 상류부, 병목지점 또는 터널진입부의 상류부 등 VMS 설치시 기본사항은 당연히 이설위치결정에서도 고려해야 할 것이다.[5-6]

2. VMS 이설위치결정 방법론

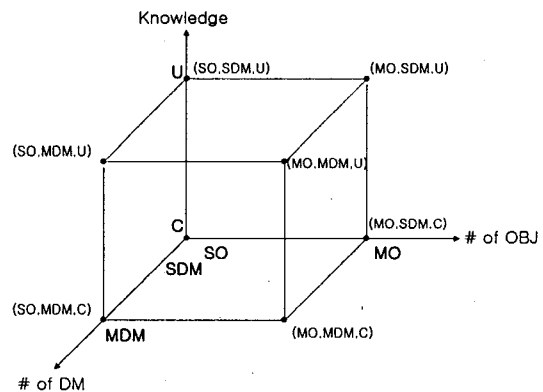
VMS 이설위치 결정문제를 Decision Problem이라 한다면 <그림 2>과 같이 목적함수의 수(No. of Objectives), 의사결정자의 수(No. of Decision Maker), 소요예산이나 공사기간, 공사가능성 여부, 정보수혜자 등에 대한 정보(Knowledge)에 확실성 여부(Uncertainty, Certainty)로 나눌 수 있다.[7-8]

이중 목적함수는 공사기간의 최소화, 소요예산의 최소화, 정보수혜자 최대화, 공사 및 허가 가능성 여부 등 다양한 요소를 고려해야 하기 때문에 MO(Multi Objectives)가 된다.

일반적으로 이설위치결정시 한국건설기술연구원의 검토의견이 중심이 되기 때문에 사실상 의사결정자의 수는 SDM(Single Decision Maker)이 된다.

또한, 소요예산이나, 공사기간, 정보수혜자 등의 정보는 명확하게 처리가 가능하기 때문에 Certainty로 정의할 수 있다.

즉, 이설위치결정 모형은 (MO, SDM, C)의 함수로 정의된다.



<그림 2> 이설위치 결정모형의 개념도[9]

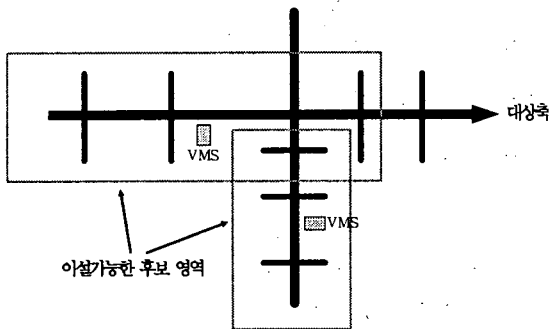
이설위치결정 문제해결을 위해서는 소요예산, 공사기간, 정보수혜자, 공사 및 허가 가능성 여부, 새로운 민원제기 가능성 여부 등의 MO처리가 관건인데 검토가능한 모든 요소를 고려하여 해결하는것은 어렵고 VMS 본연의 기능과 이설에 있어서 현실 제약을 가장 잘 나타내므로 정보수혜자의 최대화와 소요

예산의 최소화로 MO를 제한하였다.

<그림 3>과 같은 이설모형에서 이설위치결정 문제해결 과정은 다음과 같이 진행할 것을 제안한다.

먼저, VMS의 이설 가능 위치를 파악하게 되는데 이 때 지도와 장래계획 등을 고려하여 50m~100m단위로 구간(discrete section)을 설정한다.

이설가능위치를 설정한 뒤 이설가능 후보영역을 설정하게 되는데 그 범위로는 최상류 위치보다 더 상류부와 최하류 위치보다 더 하류부를 포함하는 하나의 후보영역을 설정하게 된다.



<그림 3> VMS 이설 후보 영역 설정

다음으로 50~100단위로 discrete하게 설정된 여러 대안들에 대해 공사기간, 소요예산, 공사가능성 여부, 우회가능여부, 정보수혜자 수 등에 대한 속성 및 영향권내 경로 교통량을 파악한다.

앞에서 정의한바와 같이 정보수혜자수와 소요예산을 제외한 다른 속성들에 대해 EBA(Elimination By Aspects) 과정을 거쳐 초기 선정된 대안들 중 일부를 제거하면 축소된 새로운 대안이 남게 된다.

계속해서 VMS와 통행경로의 Information Incidence Matrix, "R"을 다음과 같이 설정한다.

$$R = \{r_{ij}\}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

m 영향권의 총 경로수

n VMS 이설가능 총 구간수

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } f_i \text{가 VMS } j \text{를 볼 수 있는 경우} \\ 0, & \text{o.w} \end{cases}$$

마지막으로 새로운 대안들을 대상으로 이설로 인한 효과를 나타내는 함수(Value function)를 최대화 하는 대안을 선정된 뒤 선정된 대안을 현장 확인 후 확정하게 된다.

이 때 Value function을 $\text{Max } V(o_j)$ 를 최대화하는 방법은 다음과 같이 표현된다.

$$\text{Max } V(o_j) \quad (2)$$

s.t. o_j 는 O_T 의 원소임.

여기서,

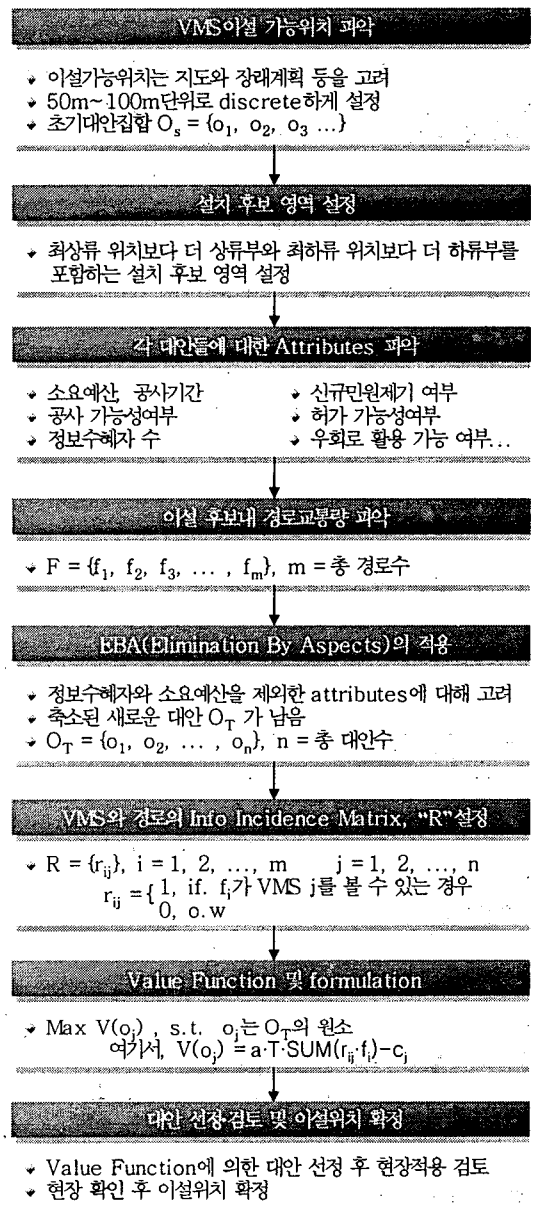
$$V(o_j) = a \cdot T \cdot \sum (r_{ij} \cdot f_j) - c_j$$

O_T : 축소된 새로운 대안

a : VMS정보 이용에 의한 효용을 화폐 가치화 하는 계수

T : VMS의 수명

c_j : o_j 에 대한 설치비용



<그림 5> 이설위치결정 방법론

위의 이설모형에서 VMS정보 이용에 의한 효용을 화폐 가치화 하는 계수인 a 를 어떻게 설정할 것인가에 대해서는 상황에 따라 논란의 여지가 있을 것으로 이설위치결정모형 산정

참고문헌

1. 건설교통부, 도로안전시설 설치 및 관리지침(도로전광표지), 2003
2. Minimum Retroreflectivity Requirements for Traffic Signs, FHWA-RD-93-07, 1993
3. Standards Australia, Australian Standard ROAD SIGNS specification AS 1743, 1992
4. 한국건설기술연구원, 국토 ITS의 효율적인 유지관리에 관한 연구, 2004
5. 서울시정개발연구원, 남산1호터널 교통정보시스템 모니터링 보고서, 2001
6. 변완희, 김주현, 교통시스템설계론, 청문각, 2004
7. V. Changkong, Y. Haines, Multiobjective Decision Making Theory and Methodology, North-Holland, 1993
8. A. Goicoechea, D. Hansen, L. Duckstein, Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Application, Wiley, 1982
9. R. Keeney, H. Raiffa, Trade-Offs Under Certainty, Chapter 3 in Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, Wiley, 1976
10. J. Dyer, R. Sarin, Measurable Multiattribute Value Functions, Operations Research, Vol.27, No.4, 1979
11. 최기주, 최병운, 도로표지 시인거리에 관한 연구, 교통학회지, 2001