

국도 ITS 위성통신 도입여건에 관한 연구

The Study of Application Condition to satellite-Communication for National Highway ITS

최속양 (한국건설기술연구원, 연구원)	신재명 (한국건설기술연구원, 연구원)	한대철 (한국건설기술연구원, 연구원)	문학룡 (한국건설기술연구원, 선임연구원)
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Key Words : ITS, 위성통신, 위성통신망

목 차

I. 서론	2 위성통신망 적용성
II. 위성통신망의 개요	IV. 위성통신 비용 및 도입여건 분석
1 위성통신망 구성	1 현장설비별 비용 분석
2 위성통신의 장단점	2 최적 도입여건 분석
3 위성통신망 품질의 신뢰성	V. 결론 및 향후 연구과제
III. ITS 통신시스템 분석	참고문헌
1 ITS 통신망 구성 예	

I. 서론

현재 ITS는 서울시를 비롯한 대도시를 중심으로 지방 중·소도시에까지 구축·운영되고 있으며, 또한 일반국도에 대해서 각 지방국도관리청이 중심이 되어 관할 국도에 ITS를 구축하고 있다.

그러나, 구축비 및 운영 관리비를 중앙정부에서 지원하는 사업을 제외하고, 재정이 넉넉하지 못한 중·소도시의 경우는 초기 ITS 구축에 필요한 재정보호에만 중점을 두고 추진하고 있기 때문에 구축 후 운영 및 유지관리에 필요한 재정보호에 많은 어려움을 겪고 있다. 또한, 중앙정부에서 일부 재정을 지원하는 사업의 경우도 운영 및 유지관리에 필요한 예산배정에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

이러한 재정상의 문제는, 신규로 ITS 구축을 준비하는 지자체나 중앙정부의 지원으로 구축하는 사업의 경우에도 ITS 사업을 쉽게 추진할 수 없게 하는 요인이 되며, 이런 요인은 ITS 활성화 및 Telematics 사회의 구현이라는 사회적 목표에 있어 부정적인 요인이라 할 수 있다.

ITS의 운영 및 유지관리는 도로이용자에게 필요한 교통정보를 제공하기 위한 필수 불가결한 일련의 행위로 정의될 수 있으며, 이에 필요한 비용이 운영 및 유지관리 비용이다.

ITS 운영 및 유지관리비용은 크게 운영비(인건비), 유지관리비(현장 및 센터 유지관리비), 성능 개선비, 통신비, 전원설비 이용비, 기타 등의 항목으로 구성된다.

이 중 가장 높은 비중을 차지하는 것이 통신비용 부문으로 이는 전체 운영 및 유지관리 비용의 약 50%에 이르고 있다.

즉, 운영 및 유지관리 비용을 줄이기 위해서는 통신비용을 어떻게 줄이느냐 하는 것이 가장 중요한 문제이며, 최근 이런 통신비용을 줄이기 위한 하나의 대안으로 위성통신을 ITS 통신에 활용하자는 주장이 제기되고 있다.

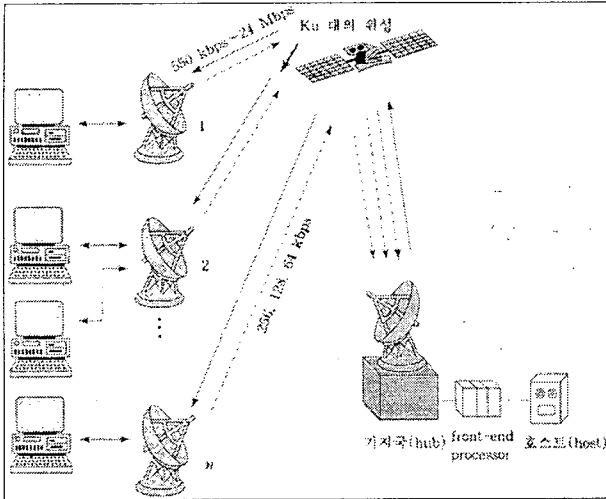
따라서, 본 연구에서는 위성통신의 일반적인 특성과 위성통신 품질의 신뢰성 및 현장 테스트 결과를 고찰하여 ITS 통신망으로의 적용 가능성을 평가하고자 한다. 이 연구를 위해서 현재 임대 유선망을 기본 통신망으로 운영중인 수도권 남부 국도 ITS 센터의 연간 통신비용과 이 구간에 대한 통신망을 위성통신망으로 구축·운영시 소요되는 통신비용을 상호비교 분석을 수행하고, 이 결과를 토대로 현장장비와 센터간 거리 및 현장장비 대수에 따른 위성통신의 도입여건을 검토한다.

II. 위성통신망의 개요

1 위성통신망 구성

위성통신시스템의 구성요소는 크게 지상의 지구국, 우주공간간의 위성 및 지구국과 위성을 연결하는 전파로 구성된다. 수에서 수십 미터의 안테나가 설치된 지상 지구국에서 높은 전력으로 위성을 향해 전파를 송신하고, 위성에서는 받은 전파신호를 중계기(트랜스폰더)로 증폭하여 재차 지상을 향해 송신하는 것이 위성통신의 일반적인 원리이다.

위성통신 기술이 발달함에 따라 위성이나 지구국의 성능이 대폭 향상되고, 사용 가능주파수가 C대역(4/6GHz대)에서 Ku 대역(12/14GHz)으로 이동함에 따라 작은 안테나를 사용해도 원활한 통신을 할 수 있게 되었으며 이를 VSAT(Very Small Aperture Terminal)라 한다. 통신시스템은 통신을 관리·제어하는 기능을 가지는 중앙허브(hub)국과 다수의 VSAT국(자국)으로 구성된 스타형 네트워크이다.



<그림 1> VSAT 통신시스템 구성도

허브국은 자국을 감시 제어하는 기능을 가지기 때문에 직경 2.5~5m 정도의 비교적 큰 안테나로 허브국을 중심으로 하는 스타형으로 함으로써 위성 회선상의 자국의 부하를 줄일 수 있음과 동시에 소형화를 가능하게 하고 있다. VSAT는 작은 안테나와 옥외 유닛(ODU = Out Door Unit), 옥내 유닛(IDU = In Door Unit)로 구성되어 있다.

한편 VSAT의 사용 형태는 세 가지 종류가 있는데, 편 방향형인 일방통행의 정보 전달 타입, 포인트 투 포인트형인 두 지점간의 통신, 그리고 보다 일반적인 쌍방향형의 허브국과 VSAT간의 정보교환 등이 있다.

2 위성통신의 장단점

위성통신의 일반적인 장단점은 다음과 같다.

1) 장점

① 서비스 지역의 광역성

위성으로부터 지상을 향해 발사한 전파는 넓은 지역에 미치기 때문에 넓은 지역을 통신의 대상으로 할 수 있다. 낙도, 오지, 사막, 산악지대 등 지리적 장애에 좌우되지 않는 회선 구성이 가능하다. 통신 품질이 서비스 지역 내의 어느 지점에 서도 거의 균일하다.

② 동보성·다원접속성

한 지점으로부터 여러 곳에 흩어져 있는 다수의 수신 대상 설비로 동시에 동일 내용의 정보를 전송하는 통신, 즉 동보통신에 적합하다. 널리 분포된 다수의 지구국이 다원접속을 통해 공동 이용이 가능하기 때문에 회선 효율을 향상시킬 수

있다.

③ 내재해성

통신지점 간에는 우주공간에 있는 위성의 중계점에 지나지 않아 지진, 풍수해 등 지상 재해의 영향을 받지 않는다.

④ 통신망 설정의 신속성

지구국을 설치하는 것만으로 통신회선의 구성이 가능하기 때문에 넓은 지역에 걸친 통신망 건설이 비교적 단기간에 가능하다.

⑤ 통신거리에 대한 경제성

설치비와 유지비는 통신거리와 관계없기 때문에 지상거리가 멀어도 지상 방식보다 경제적이다.

2) 단점

① 지연 시간의 영향

회선 길이가 위성까지 왕복으로 약 7만~8만km에 달하기 때문에 약 0.5초의 지연 시간이 발생한다.

② 보안 대책이 필요

지역 내에는 위성에서 보내는 전파는 어느 곳이라도 미치기 때문에 안테나를 설치하면 누구나 수신할 수 있어 통신의 비밀을 확보하기 위해서는 암호화 등 보안 대책이 필요하다.

3 위성통신망 품질의 신뢰성

통신망 서비스의 품질은 일반적으로 속도, 수신율, 정합성의 척도에 의해 평가한다. 위성통신망의 경우 이미상용화된 통신 시스템이므로 일반적인 속도, 수신율, 정합성에 대해서는 신뢰성이 입증되었다고 할 수 있다.

그러나 실제 현장(차량검지기)의 수집 통신망)에 적용되었을 경우에 대해서는 검토가 필요하다.

류승기 등(2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2004. 7. 14~16p)은 위성데이터 통신에 의한 교통데이터 전송 방법과 현장 실험의 연구에서 위성통신이유선통신 대비 99.9% 이상의 신뢰성을 가진다는 결론을 도출하였다. 따라서, 위성통신이 ITS 통신망으로 적용가능한 대안통신망이 될 수 있다고 볼 수 있다.

III. ITS 통신시스템 분석

1 ITS 통신망 구성 예

현재 ITS를 구축·운영중인 대표적인 기관은 서울시설관리공단, 한국도로공사(FTMS, 우회도로), 한국건설기술연구원이 있다.

1) 서울시설관리공단

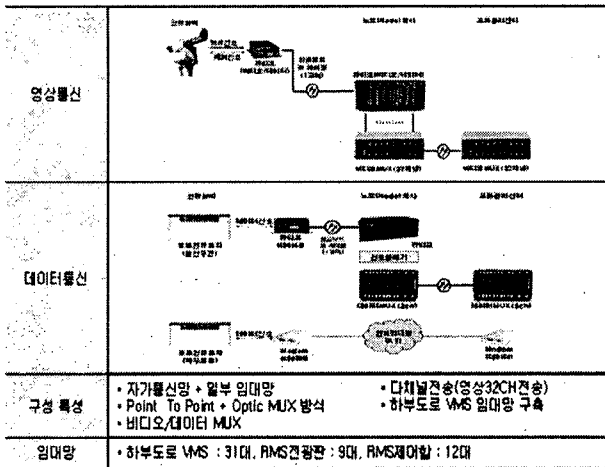
서울시설관리공단은 도시고속도로를 중심으로 한 FTMS를 구축·운영하고 있다. 현장설비 설치대수는 다음과 같다.

<표 1> 현장설비 설치대수

구분	VDS	AVI	CCTV	VMS
대수	334	-	56	110

주) 2005년 12월 말 기준

현장설비와 센터간의 통신시스템 구성은 주도로에 대해서는 기본적으로 자가통신망을 활용하고, 하부도로에 대해서는 임대통신망을 통해 구성하고 있다.



<그림 2> 서울시시설관리공단 통신시스템 구성도

2) 한국도로공사

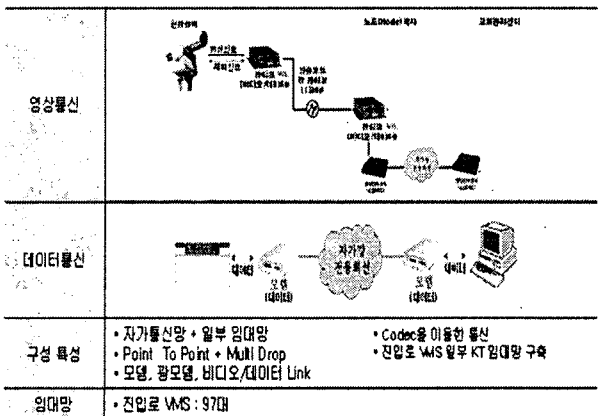
한국도로공사는 크게 고속도로 FTMS와 고속도로 우회도로(국도 위주) ITS로 구분되어 있으며, 현장설비 설치대수는 다음과 같다.

<표 2> 현장설비 설치대수

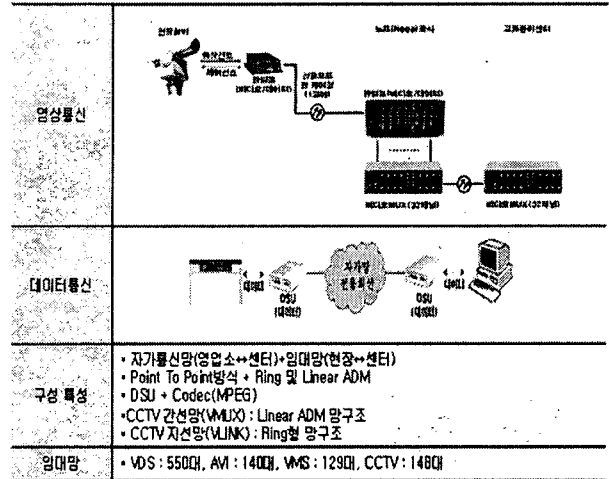
구분	VDS	AVI	CCTV	VMS
FTMS 대수	1,943	-	521	325
우회도로 대수	626	172	172	148

주) 2005년 12월 말 기준

FTMS의 센터와 현장설비간 통신시스템 구성은 고속도로 본선은 자가통신망으로 구성하고, 진입로 구간에는 임대망을 활용하는 방식으로 구성되어 있다. 고속도로 우회도로 ITS의 경우는 현장설비에서 영업소까지 임대망으로, 영업소에서 센터까지 자가통신망으로 구성되어 있다.



<그림 3> FTMS 통신시스템 구성도



<그림 4> 고속도로 우회도로 ITS 통신시스템 구성도

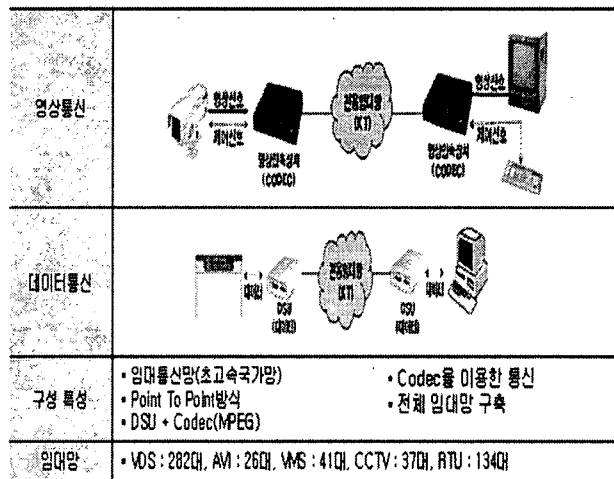
3) 한국건설기술연구원

한국건설기술연구원은 수도권 남부 국도를 대상으로 국도 교통관리체계를 구축·운영하고 있으며, 현장설비 설치대수는 다음과 같다.

<표 3> 현장설비 설치대수

구분	VDS	AVI	CCTV	VMS
대수	282	26	33	41

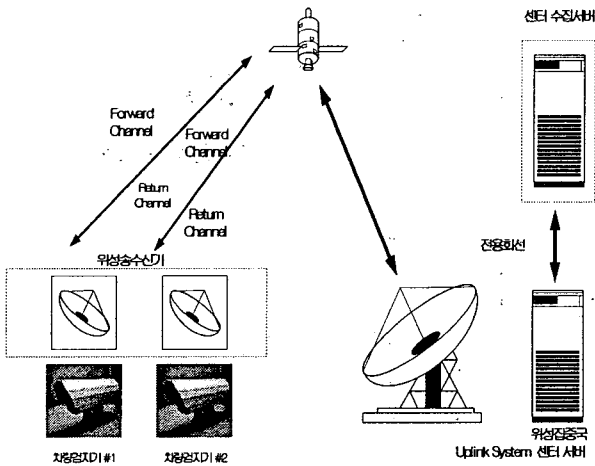
국도교통관리체계는 국도상에 자가망을 보유하고 있지 않으므로 임대통신망을 기본 통신망으로 구성하고 있다.



<그림 5> 수도권 남부 국도교통관리체계 통신시스템 구성도

2 위성통신망 적용성

현장설비의 통신망을 위성통신망으로 적용하기 위해서는 현장설비에 위성송출장치, 위성 안테나, 통신프로그램 등이 필요하며, 또한 위성 집중국과 센터간에 유선통신망이 필요하다. 현장설비에 위성통신망을 적용한 시스템 구성도 및 구성 요소는 다음과 같다.



<그림 6> 위성통신시스템 구성도

<표 4> 현장설비 위성통신시스템 구성

구 분	규 격
Local 위성송출장비	- TCP/IP - UDP /TCP - Multicast - SNMP, IGMP, NAP
Local 위성 안테나	음셋 안테나
통신프로그램	위성망 연계

IV. 위성통신 비용 및 도입여건 분석

1 현장설비별 비용 분석

ITS 시스템 구성 중 현장설비별 통신회선 규격을 살펴보면 VDS, AVI, VMS는 64kbps를 사용하고 있고, CCTV의 경우는 2Mbps를 사용하고 있다. 먼저 위성통신망 적용을 위해서는 이들 현장설비에 대한 실제 통신용량을 산정하고 통신 대역폭 결정이 필요하다.

1) 현장설비별 통신용량 및 대역폭 결정

(1) 도로전광표지

도로전광표지의 표출하고자 하는 문자 데이터와 배경이미지를 합성한 bmp 화일이 압출되어 전송되며, 이에 따른 통신용량은 다음과 같다.

- bmp 데이터 전송량 = 9,400bps

(2) CCTV

CCTV는 도로상의 교통상황을 모니터링하기 위해 영상전송장비를 통해 실시간 동영상 데이터 전송하므로, 이에 대한 통신용량은 다음과 같다.

- 동영상 전송장비의 전송속도 = 2.048Mbps

(3) 차량 검지기

차량 검지기는 개별 차량 데이터와 정지영상 데이터가 포함 된 데이터가 전송되므로, 이에 대한 통신용량은 다음과 같다.

- 개별 차량 데이터 전송량(780bps) + 정지영상 데이터 전송량(약 30KB)

<표 5> 차량검지기 통신 대역폭

정 의	설 명
A = 8	검지기 1대당 검지 차로 수
B = 2,200/h	1시간 동안 1차로의 최대 교통량
C = 13 Byte	교통정보의 기본헤더
D = 13 Byte	차량검지 1건당 발생하는 검지 데이터
E = 2 Bit	통신회선 지연 시간
정지영상 = 약 30K	요구시 발생하는 영상정보
$\text{정지영상} + 780\text{bps} = (C + (D * (B * A) / 3,600\text{sec}) * (8 \text{ Bit} + E))$	

(4) AVI

AVI는 도로상의 두 지점을 통과하는 차량의 차량번호판 정보와 통과한 시간정보 등의 데이터를 전송하며, 이에 대한 통신용량은 다음과 같다.

- 차량번호판/시간/지역정보 = 310bps

<표 6> AVI 통신 대역폭

정 의	설 명
A = 1	검지기 1대당 검지 차로 수
B = 2200/h	1시간 동안 1차로의 최대 교통량
C = 12 Byte	교통정보의 기본헤더
D = 19 Byte	차량검지 1건당 발생하는 검지 데이터
E = 2 Bit	통신회선 지연시간
$310\text{bps} = (C + (D * (B * A) / 3600\text{sec}) * (8 \text{ Bit} + E))$	

2) 위성통신 비용 산정

위성통신비용을 산정하기 위해서는 먼저 위성통신의 기준 소요주파수를 산정하여야 한다. 또한 이를 위해서 이론상 현장설비별 통신 대역폭은 앞서 분석하였으며, 분석을 간략화하기 위해 VMS의 통신대역폭인 9.6kbps를 기준으로 설정하며, 기본 200개 지점을 기준으로 산정한다.

<표 7> 적정 소요 주파수 산정

현장 장비 데이터	- 데이터수집주기 : 1초 Polling - 지점 수 : 약200개 - 데이터 rate : 9600(bit)×200=1.83Mbps	
위성 대역폭 선정	Return Link	- 변조방식 : QPSK - Symbol rate : 2Mbps - 전송형태:1 ATM Cell(53byte) - Convolution : 3/4(오류정정) - Reed Solomon : 53/69(오류정정) - 주파수 대역 : 2.8Mhz Symbol Rate × Roll off factor(1.35) + Guard Band (100KHz)=2.8Mhz - 유효데이터 rate : 1.91Mbps (Symbol Rate×2)×(3/4)×(53/69)×(44/53)=1.9Mbps
	Forward Link	- 변조방식 : QPSK - 전송포맷 : MPEG-II T (188byte) - Convolution : 3/4(오류정정) - Reed Solomon : 188/204(오류정정) - Symbol Rate : 2.5Mbps - 주파수대역 : 3.475Mhz - 유효데이터 rate : 4.8Mbps (Symbol Rate *2) *(3/4)*(188/204)
총 소요 주파수 자원	- 2.8Mhz (Return Link 주파수 대역) + 3.475 (Forward Link 주파수 대역) = 6.275Mhz - 따라서 10% 손실을 고려하여 7Mhz 위성 주파수 자원 사용한다.	

산정된 소요 주파수 7Mhz(2Mbps)의 월 기준요금은 4,900,000원으로 책정되어 있다.

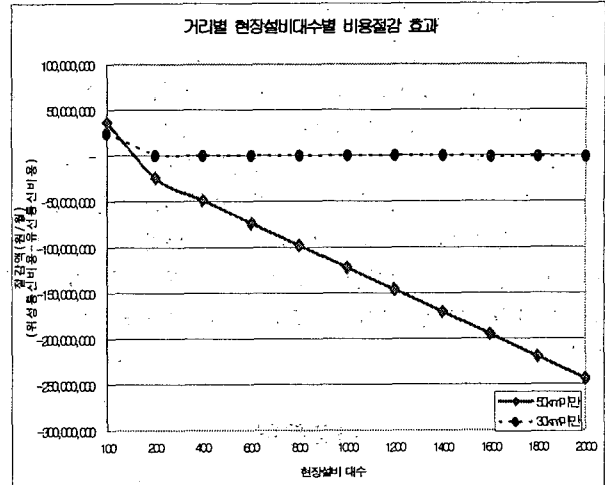
2 최적 도입여건 분석

ITS 현장설비 중 유선임대통신망의 규격대비 상대적으로 송수신양이 적은 VDS, AVI를 위성통신으로 대체했을 때를 가정하여 거리별(30km 미만, 50km 미만, 현장설비대수별(100~2,000대) 통신요금차이를 비교하였다. 유선 임대통신망의 회선당 비용은 초고속국가정보통신망의 기준요금을 적용하였다.

<표 8> 초고속국가정보통신망 기준요금

구분	단위	규격	월간단가 (원)	연간금액 (원)
시외(10~30km)	회선	64kbps	307,190	48,843,210
시외(30~50km)	회선	64kbps	428,930	39,401,560

거리 30km 미만은 중소도시 ITS 구축을 가정한 것이고, 50km 미만은 광역권 ITS 구축을 가정한 것이다. 비용분석 결과는 <그림 7>과 같다.

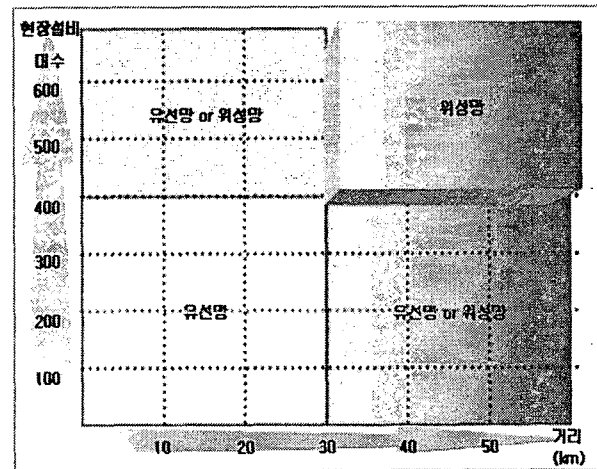


<그림 7> 비용분석 결과

통신비용 분석 결과는 거리가 30km 미만, 현장설비가 100대인 경우 유선 임대통신비용보다 위성 임대통신비용이 더 높으며, 200대 이상일 경우는 유선 임대통신비용과 위성 임대통신비용이 거의 동일하다. 현장설비가 100대 미만인 경우는 위성통신비용을 200대를 기준으로 산정했기 때문이다. 거리가 30~50km인 경우는 현장설비가 100대인 경우 유선임대통신비용보다 위성통신임대통신비용이 높으며, 200대 이상인 경우부터 절감효과가 나타난다. 현장설비가 2,000대인 경우 약 2.5(억/월) 절감효과를 보이는 것으로 나타났다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 국토 ITS 구축시 현장설비와 센터간의 거리, 현장설비대수에 따라 유선임대통신망을 사용하여 구축했을 때와 위성임대통신망을 사용하여 구축했을 경우를 비교 분석하였다.



<그림 8> 위성통신망 도입여건

위성임대통신이 국토 ITS의 통신망으로 적용되어 통신비용 절감의 효과를 나타내기 위해서는 현장설비에서 센터간의 평

균거리가 30~50km정도의 분포하고 있어야 하며, 현장설비 대수가 약 400대 이상 되어야 유선입대통신망보다 비교우위에 있을 수 있는 결론을 도출하였다. 즉, 광역권 ITS 통신망의 대안 통신망으로는 가능하다고 할 수 있다.

그러나, 본 연구는 비용분석시 간략화를 통한 개략적인 분석을 수행한 결과이며, 실제 현장에 적용하기 위해서는 보다 세부적인 비용분석이 선행되어야 할 것이다. 마지막으로 위성통신의 단점인 송·수신시간 지연문제, 보안문제 등 기술적인 측면에 대한 세밀한 분석 후 도입여부를 결정하여야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부, 국가 ITS 사업의 핵심공유기반기술 연구, 1997
2. 류승기, 이봉규, 송지영외 3인, 국도교통관리시스템 통신망 구축 방안에 관한 연구, 한국건설기술연구원, 2002
3. 류승기외 3인, 위성데이터 통신에 의한 교통데이터 전송방법과 현장 실험, 2004년도 대한전기학회 하계 학술대회논문집 B권, 2004
4. 서울지방국토관리청, 2003년도 수도권 국도 교통관리시스템 운영·관리 업무대행 사업 최종보고서, 2003
5. 정보통신부, 위성통신 및 방송주파수 중장기이용방안 연구, 2001
6. 이인행, 김영훈 공저, 데이터통신과 피켓 교환, 홍릉과학출판사, 1995
7. Behrouz Forozan, Introduction to Data Communications and Networking, McGraw-Hill, 1999
8. Fred Halsall, Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison-Wesley Publishing Company INC, 1999