

통신비 절감을 위한 국가 ITS 물리 아키텍처 상의 유·무선통신망 통합에 관한 연구†

A Study on Integrating Wire & Wireless Communication Networks for Reducing Communication Costs in the National ITS Physical Architecture

이봉규*, 홍인기**, 류승기***, 문학룡****

Bong-Gyou Lee, In-Gi Hong, Seung-Ki Ryu, Hak-Yong Moon

요약 본 연구의 목적은 유선통신망으로만 구성되어 있는 국가 ITS 물리 아키텍처의 노변장치요소와 센터 구성요소간의 통신망에 무선통신시스템을 전면적으로나 부분적으로 적용하여 시스템 성능 개선과 통신비용을 절감할 수 있는 효과적인 가이드라인을 제시하는 것이다. 이를 위해 국도교통관리시스템에서 사용하고 있는 기존의 유선통신망 뿐만 아니라 무선 LAN 및 위성데이터 통신 등 무선통신시스템의 교통데이터 수신과 전송방법들을 현장실험을 통해 비교·분석하였다. 또한 각 통신 방식별 통신비용을 분석하여 국가 ITS 시스템에 효과적으로 적용될 수 있는 가능성을 알아보았다. 본 연구 결과는 향후 지자체나 도로공사 등 타 ITS 시스템 구축과 운영에 활용될 수 있을 것이다.

Abstract The purpose of this study is to suggest an effective guideline for reducing communication costs and improving qualities of Intelligent Transport Systems (ITS) by totally or partially integrating wireless communication networks between equipments of ITS Centers and Roadside in the National ITS Physical Architecture. We analyzed wire and wireless communication networks such as wireless LAN and satellite communications in the National Highway Traffic Management System (NHTMS) for receiving and transmitting transportation data. Also, we analyzed operation and communication costs to find out right communication networks for ITS. The results of this study will be used to build and operate many other ITS systems including Korea Highway Corporation.

주요어 : 지능형교통시스템(ITS), 국가 ITS 물리 아키텍처, 통신비용, 유·무선통신망 통합

Keywords: Intelligent Transport Systems(ITS), National ITS Physical Architecture, Communication Costs, Integrating Wire & Wireless Communication Networks

1. 서 론

정부에서는 도로의 확충이 용이하지 않은 국내 여건을 고려하여 도로교통체계와 정보통신기술을 융합한 지능형교통시스템(Intelligent Transport Systems,

ITS)을 구축하여 교통 혼잡을 완화시키고 교통사고 및 환경오염의 감소를 유도하고 있다. 그러나 ITS가 확장됨에 따라 현장장비와 센터설비를 운영 및 유지·관리하는 비용이 증가하고 있고, 특히 통신비용은 해마다 급증하여 심각한 예산문제를 야기하고 있다. 일반적으로 센터를 포함한 ITS 시스템의 유지관리

† 본 논문은 2004년 한성대학교 교내연구비 지원과제임

*한성대학교 공과대학 정보공학부 교수

**한성대학교 대학원 정보시스템전공

*** 한국건설기술연구원 선임연구원

**** 한국건설기술연구원 선임연구원

bong97@hansung.ac.kr

hig236@hanmail.net

skryu@kict.re.kr

hymoon@kict.re.kr

비는 건설·구축비용의 10~15%를 산정하여 예산을 편성하고 있다. 그러나, 노변장치와 센터간의 통신망을 자가통신망이 아닌 임대망을 사용할 경우에는 과다한 통신비용으로 인해 약 20% 이상의 유지관리비가 지출되는 것으로 보고되고 있다[1~4]. 즉, 약 200억원의 구축비용이 소요된 한국건설기술연구원에서 운영하고 있는 국도교통관리시스템(National Highway Traffic Management System, 이하 NHTMS)의 경우에도 2003년 총유지관리비용 40억원 가운데 통신비용의 지출이 약44%를 차지하고 있고, 2004년에는 44억원 가운데 약42%를 점유할 것으로 예상되고 있다[5].

따라서 효율적인 유·무선통신망 융합 등을 통한 시스템 성능 개선 및 통신비 절감 방안들이 다각적으로 모색되어야 할 것이다. 특히 국가 ITS 아키텍처를 기반으로 ITS 기획과 구축, 유지 및 관리가 이루어지므로 이에 대한 심도 깊은 분석이 선행되어야 할 것이다. 국내의 경우 국가 ITS 물리 아키텍처(Physical Architecture)의 노변장치요소와 센터 구성요소간의 통신망이 유선망으로만 연결되어 있기 때문에 무선통신망을 활용하기가 용이하지 않은 실정이다. 즉, 노변장치요소와 센터간의 유선통신망을 대체하거나 또는 부분적으로 점목할 수 있는 무선통신망에 대한 체계적인 연구와 현장 적용에 대한 신뢰성 검증 그리고 통신비용에 관한 비교·분석이 절실한 실정이다.

본 논문은 국가 ITS 물리 아키텍처의 구성요소간 관계에서 노변장치와 센터 구성요소간의 통신시스템을 유선에서 무선통신망까지 확장하여 적용할 수 있도록 아키텍처를 재정립하고, 이를 통해 ITS 시스템의 통신비용을 절감할 수 있는 효과적인 가이드라인을 제시하는 것을 연구 목적으로 한다.

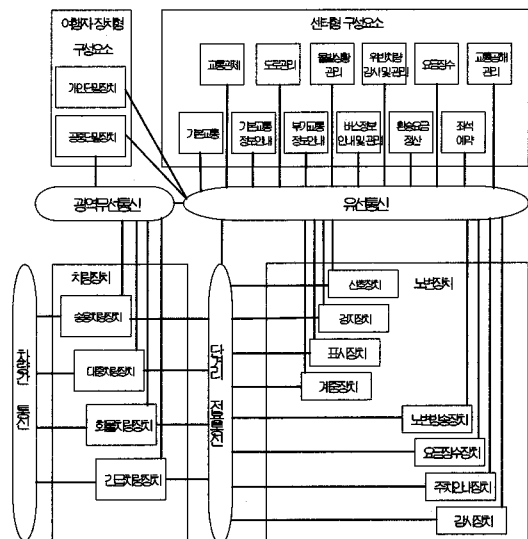
본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서는 물리 아키텍처를 중심으로 국가 ITS 아키텍처를 고찰하였다. 3장에서는 NHTMS에 무선 LAN과 위성데이터통신을 부분적으로 적용하여 교통데이터의 신뢰성을 검증하고, 4장에서 통신비용을 유선통신시스템과 비교·분석한 후 5장에서 결론을 맺기로 한다.

2. 국가 ITS 아키텍처

대부분의 ITS시스템들은 단순한 요소기술의 구현으로 이루어지는 독립적인 시스템이 아니며, 각 요소기술과 통신체계들은 통합적으로 연계되어야 하기 때문

에 개별 시스템 구성요소들간의 상호 인터페이스 표준과 프로토콜의 정립과 조정이 필요하다. ITS분야의 기술표준화를 위해서는 사용자서비스와 각 시스템의 연관관계를 규정하는 작업에서 표준화의 대상이 도출되어야 하며, 이 과정이 바로 아키텍처 개발이라고 할 수 있다[6][7]. 최근에는 NHTMS를 포함한 모든 국가 ITS 사업들이 국가 ITS 아키텍처를 기반으로 구축되고 있다.

ITS에 관한 체계적인 연구는 1990년부터 시작되어 1999년 2월 8일에는 교통체계효율화법을 제정하기에 이르렀고, 이후 동법(2001년 1월 29일과 5월 24일에 일부 개정) 제3장 제12조에 의거하여 국가 ITS 기본계획을 확정하였다. 국가 ITS 아키텍처 구상작업은 ITS의 주무부처인 건설교통부가 주관하여 1997년 이후 국토연구원에서 수행되어 논리아키텍처(Logical Architecture)와 물리아키텍처를 중심으로 하는 국가 ITS 아키텍처(안)이 1999년 12월에 마련되었다. 개발된 국가 ITS 아키텍처는 ITS 국가기본계획에 설정된 사용자서비스를 근간으로 하며, 교통체계효율화법에 의거, 교통정책위원회에 상정되어 ITS분야의 국가계획의 하나로 정립되어 가고 있다.



<그림 1> 국가 ITS 물리 아키텍처 구성요소간 연계도

복잡한 시스템을 구축하고 관리하기 위한 방법을 제시하는 국가 ITS 아키텍처에서 논리아키텍처에는

개별 사용자서비스 구현을 위한 기능단위(또는 최소 사업단위)가 되는 서브시스템을 도출하고 이들간의 연동관계 및 정보흐름이 정의되어 있다. 물리아키텍처에는 각 서브시스템의 실제 구현에 필요한 각종 물리적 시설(센터, 도로장치, 차량장치 등)과 기능, 그리고 이들간의 연동관계 및 정보흐름이 설정되어 있는데, 궁극적으로는 시스템간 인터페이스, 통신프로토콜, 데이터 형식 등을 규정하는 기술 표준화 작업에 의해 구체화된다[7][8].

그런데 <그림 1>에 명시된 바와 같이 국가 ITS 물리 아키텍처의 경우 노변장치요소와 센터형 구성요소간의 통신망이 유선통신으로만 연결이 되어 있기 때문에[6][7] 통신비용을 절감할 수 있는 무선통신 시스템을 활용하기가 용이하지 않은 실정이다. 아직까지는 국내에서 모델로 활용한 미국의 국가 ITS 아키텍처도 유선통신망만을 사용하는 것으로 명시되어 있다. 이것은 국내·외적으로 국가 ITS 아키텍처가 구축될 당시에 위성데이터통신이나 휴대인터넷(WiBro)과 같은 무선통신망이 상용화 되지 않았고, 기술적으로도 무선통신 시스템에 대한 신뢰성이 검증되지 않았기 때문이다.

3. ITS에 적용 가능한 무선통신 시스템

ITS에 적용 가능한 무선 통신시스템은 <표 1>에 기술된 바와 같이 셀 크기나 전송률 그리고 주파수 대역 등에 따라 다양하며, 각 시스템 마다 고유한 장·단점이 있다[8].

본 연구에서는 한국건설기술연구원에서 운영하고 있는 NHTMS에 무선 LAN과 위성통신을 적용하여 이들로부터 수집된 교통정보에 대한 신뢰성 검증과 경제성 검토를 기존의 유선통신시스템과 비교하여 분석하였다[9][10].

<표 1> ITS에 적용 가능한 무선 통신시스템 비교표

	무선 LAN	위성통신 (KU)	비콘	TRS	무선 데이터 통신	DSRC	PCS	WiBro
셀 크기	10Km	전국	50~500 m	50Km	5Km 내외	3~90m	4Km	1Km
커버리지	구축지역	전국	구축지역	전국	전국	구축지역	전국	전국예정
이동성	정지	고속이동성	정지	준이동성	이동성	정지	고속이동성	60Km/h 이하

	무선 LAN	위성통신 (KU)	비콘	TRS	무선 데이터 통신	DSRC	PCS	WiBro
셀 크기	10Km	전국	50~500 m	50Km	5Km 내외	3~90m	4Km	1Km
커버리지	구축지역	전국	구축지역	전국	전국	구축지역	전국	전국예정
이동성	정지	고속이동성	정지	준이동성	이동성	정지	고속이동성	60Km/h 이하
핸드오프	불가능			불가능			가능	가능
전송률	11Mbps	2Mbps	4.8Kbps	7.2Kbps	9.6Kbps	1Mbps	14.4Kbps	1Mbps
QoS 보장	낮음	가능	낮음	가능	가능	낮음	가능	가능
서비스 요금	자가구축	저가	-	지가 15원 /OS	지가 5원 /패킷	-	고가 30원 /패킷	중저가
주파수 대역	2.4GHz	12~18GHz	447MHz	800MHz	938~940MHz	5.8GHz	1.8GHz	2.3GHz
대역폭	11MHz	36MHz		10MHz	12.5KHz	20MHz	1.25MHz	10MHz
양방향 통신	지원	지원	제한적 가능	지원	지원	지원	지원	지원

3.1 무선 LAN을 활용한 국도교통관리시스템

한국건설기술연구원은 1:1 유선통신 구성으로 인한 통신비를 줄이기 위해 멀티드롭(Multi drop)방식의 무선 LAN 모듈을 사용한 1:N 구성으로 국도 38호선 안중~평택구간(약 19Km)에 대해서 무선 LAN 시스템을 설치하여 현재 시험 운영 중에 있다. 적용한 무선 LAN 시스템은 ISM 밴드의 2.4GHz대역의 모듈을 사용하였다.

센터 시스템은 유선통신시스템의 수집서버와 현장의 무선통신 장비로부터 데이터를 수집하기 위한 무선통신 수집서버가 있으며, 통신장비로는 멀티포트와 DSU가 사용되었다. 또한 유선데이터의 실시간 모니터링을 위해 유선 DSU에 시리얼 케이블을 직접 연결하였다. 센터의 무선통신 수집서버는 통계처리 및 데이터 신뢰성 비교를 하기 위하여 유·무선 데이터를 통합 관리하며, 데이터 수집 방법으로 유선데이터는 기존 유닉스 시스템으로부터 FTP를 이용하여 데이터를 수집 통계처리하고 무선데이터는 실시간 수집 관

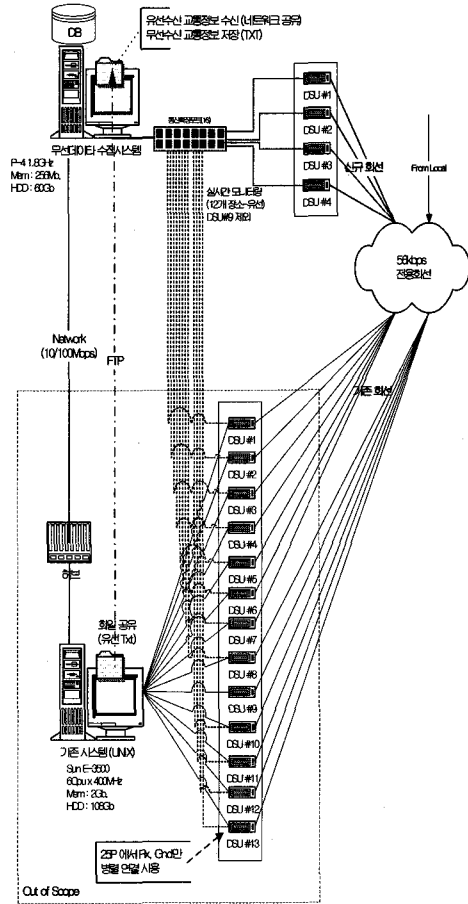
리하였다.

무선 LAN 모듈은 2.4GHz ISM 주파수 대역을 사용하여 무선통신을 하는 장치으로써 물리계층은 무선 랜이 사용하는 802.11b에서 정의된 변조방식을 채택하여 최대 11Mbps의 전송률을 가질 수 있다. 모뎀의 프로토콜은 J-MAC 프로토콜을 응용하여 차량검지기 (Vehicle Detection System, 이하 VDS)에 적용될 수 있도록 고안되었으며, 장거리통신이 가능하다. 안테나는 통신거리를 결정하는 데 중요한 요소이다. 안테나의 종류에는 크게 옴니(Omni) 안테나와 지향성(Directional) 안테나로 구분된다. 영상검지기 Pole의 Arm에 설치된 무선 안테나 케이블을 설치하고 Slave 장비일 경우 Splitter를 이용하여 무선 안테나를 2개 설치하였고, 영상검지기 합체 내부에 무선 LAN 모듈을 장착했다. 센터에서 유선 통신과 무선 LAN의 신뢰도를 비교하기 위한 구성도는 <그림 2>에 명시된 바와 같다[11].

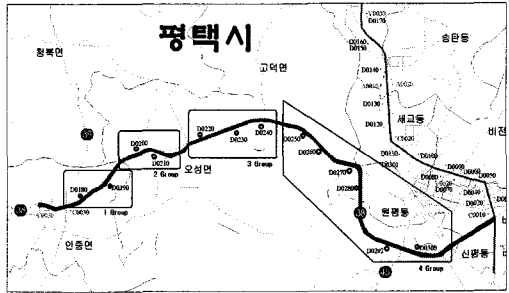
국도 38호선 평택에서 안중구간 약 19Km 구간에 기존에 설치된 VDS에 무선 LAN 장비를 추가하여 기존의 유선통신과 데이터 전송 품질을 비교할 수 있도록 구성되었다. <그림 3>은 무선 LAN 장비가 설치될 기존의 영상검지기 13곳에 대한 설치위치와 무선 LAN 시스템 구성을 위한 그룹구성 현황을 나타낸 것이며, <표 2>는 그룹핑 내역과 장비 위치를 기술하였고, * <그림 4>는 무선 LAN 통신 환경에서의 데이터 흐름을 보여 주고 있다.

신뢰성 평가 방법은 유·무선 1일 24시간 73일간의 데이터를 평가하는 것으로 무선 LAN 시스템 평가에 대한 검증을 선행한 후에 수행하였다. 유·무선 수집 데이터는 무선 LAN 시스템의 데이터베이스에 통계 처리되어 저장되며, 저장된 통계 데이터를 활용하여 73일간 유·무선 데이터의 신뢰성을 평가하였다. 데이터 정합성 평가 결과 유선 대비 무선 수신율은 98.1%로 NHTMS에 적용할 수 있는 높은 신뢰성을 보여주고 있다.

<표 3>의 내용은 73일간 무선 LAN과 유선통신망을 통해 수집된 교통량을 보여주고 있는데, VDS의 유·무선 수신 데이터의 동등한 비교를 위하여 VDS 및 기타 통신 장비의 장애로 인하여 데이터 수집이 불량한 장소에 대해서는 유·무선 모두 통계대상에서 제외하였다[11].



<그림 2> 무선 LAN 정합성 비교를 위한 교통정보수집 구성도

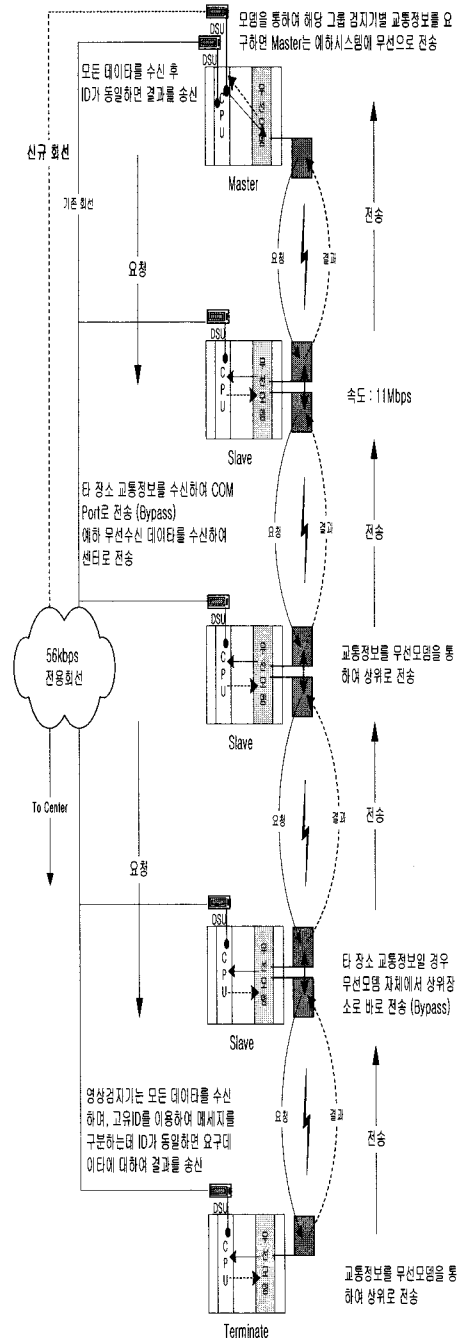


<그림 3> 무선 LAN이 설치된 영상검지기 위치도

* 그룹핑은 야산, 아파트, 기타 구조물에 의해 나뉘게 되었고, 1ENH038-DD0260(1101028260)은 공사판계로 무선기능을 설치하지 못하여 평가기간동안은 제외하였음

<표 2> 무선 LAN 운영 VDS 및 그룹핑 내역

번호	그룹	노선	기기번호	검지 기명	설치 지점
1	1	일반국도 38호선 평택~안중 구간	1ENH038- DD0180	180	밤바위 공원 가든 앞 하행 150m
2			1ENH038- DD0190	190	안중 화해직관장 앞 상행 122m
3	2		1ENH038- DD0200	200	한일장 앞 하행 450m
4			1ENH038- DD0210	210	농촌진흥청평 택거소 앞 하행 160m
5	3		1ENH038- DD0220	220	안화 사거리 하향 180m
6			1ENH038- DD0230	230	창내 삼거리 상행 150m
7			1ENH038- DD0240	240	과적 검문소 앞 상행 887m
8	4		1ENH038- DD0250	250	효덕 초등학교 앞 상행 350m
9			1ENH038- DD0260	260	정자 삼거리 상행 350m
10			1ENH038- DD0270	270	영재 포도원 앞 상행 500m
11			1ENH038- DD0280	280	구국도 1호선 분기점 상행 706m
12			1ENH038- DD0290	290	구국도 1호선 분기점 상행 2906m
13			1ENH038- DD0300	300	안성천 2교 앞 하행 2150m



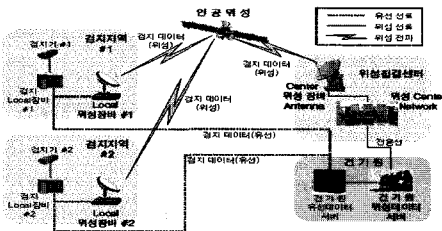
<그림 4> 무선통신 흐름도

<표 3> 유선 통신과 무선 LAN의 73일간 교통량 통계결과

그룹	검지기명	수신 데이터수		오차	수신율 (%)	비고
		유선	무선			
1	180	1,629,491	1,631,565	2,074	100	73일간
	190	1,360,423	1,360,743	320	100	73일간
2	200	1,588,197	1,594,216	6,019	100	73일간
	210	1,237,239	1,233,268	-3,971	99.7	73일간
3	220	2,047,963	2,052,413	4,450	100	73일간
	230	1,452,711	1,428,810	-23,901	98.4	73일간
	240	1,333,123	1,231,000	-102,123	92.3	73일간
4	250	1,542,994	1,587,738	44,744	100	57일간
	270	553,686	529,567	-24,119	95.6	57일간
	280	987,096	925,343	-61,753	92.1	57일간
	290	676,988	633,107	-43,881	93.5	57일간
	300	1,148,711	1,055,344	-93,367	91.9	57일간
통 계		15,558,622	15,263,114	-295,508	98.1	

3.2 위성통신망을 활용한 국도교통관리시스템

현재 시험 운영 중인 위성을 이용한 차량검지기 데이터 수집은 2개의 VDS에 설치된 위성송출장비를 거쳐 위성을 통하여 여주 온세통신 위성집중국으로 수집되며, 여주에서 한국건설기술연구원 센터까지는 256 Kbps 전용회선을 이용하여 데이터를 수집하는데, 시스템 구성은 <그림 5>와 같다[12].



<그림 5> 위성통신 시스템 구성도

2004년 2월 25일~27일 동안 센터에 수집된 데이터의 신뢰성을 검증하였으며, <표 4>에서 보는바와 같

이 580번 검지기의 신뢰도는 99.1%, 590번 검지기의 신뢰도는 99.6%를 보여 주고 있다.

<표 4> 580번, 590번 검지기의 3일간 수집데이터 비교

수집일	580번 검지기			590번 검지기		
	유선	위성	오차	유선	위성	오차
2월 25일	38,952	37,929	-1,023	27,888	27,477	-413
2월 26일	40,512	40,509	-3	40,512	40,509	-3
2월 27일	40,198	40,198	0	42,332	42,333	1
통 계	119,662	118,636	-1,026	110,732	110,319	-415
신뢰도				99.4%		

4. 무선 LAN과 위성통신의 비용분석

ITS 사업의 경제성분석은 사업의 비용과 편익항목을 계량화하여 경제성지표(편익/비용비, 순현재가치, 내부수익률)를 통해 사업의 타당성을 분석하는 방법으로 분석절차는 일반적인 경제성분석 과정과 동일하다. <표 5>는 ITS 사업의 비용항목과 편익항목의 계량화 가치방안을 도표화 한 것으로서, 편익평가항목에는 통신시스템에 대한 편익 항목이 없어 비용편익분석이 경제적인 요소를 평가하기에 어려워 비용항목만을 중심으로 분석을 하였다[1].

<표 5> 비용·편익항목과 화폐가치방안

구분	평가항목	화폐가치방안
비용	-건설비 -시스템구축비 -시스템운영비 -용지비	-공사비용 -시설가격 및 설치비용 -운영비, 인건비, 재료비 -보상비
이용자편익	-차량운행비 절감 -통행시간 단축 -교통사고의 감소 -통행안락감 증대 -교통관리업무의 효율성 증대	-운영비용 -시간가치(수단선택법등) -사고비용(임금율법등) -곤란 -업무시간의 시간가치
비이용자편익	-대기오염 감소 -소음감소 -지역개발	-오염물질 처리비용 -방음시설 설치비용 -곤란

비용 분석을 위한 고려항목을 산정하면서 노변장치는 차량검지기의 프로토콜을 기준으로 용량을 산정하였다. 비용분석의 주요항목은 통신시스템 구축비용과 통신 및 유지관리비용으로 나눌 수 있다.

<표 6>은 각 통신방식별 한 지점의 단가를 보여주고 있으며, 위성통신의 센터장비는 전체시스템에 1식만 추가된다. 수집 소프트웨어 개발은 투입되는 개발 인력이나 요구되는 품질 등에 따라 그 투입비용이 항상 유동적이어서 정확한 산정이 어렵지만, 개발기간 2달, 중급기술자 노임을 적용하여, 1,500만원으로 산정하였다. 무선 통신망의 경우 한 그룹의 1년 통신비용은 278만원으로 적용하였고, 위성 통신망의 경우 2,000대까지 동일하게 4,900만원이 적용되며, 추가로 집중국에서 한국건설기술연구원까지의 통신비용이 추가된다. 집중국과 한국건설기술연구원까지의 거리를 100Km 이내로 적용한 전용회선 임대비용은 4,717만원으로 산정했다.

<표 6> 통신방식별 구매 및 설치비 단가

통신망	유선통신(임대)	무선 LAN	위성통신	
			지점	센터(허브)
비용(만원)	50	632	320	90,600

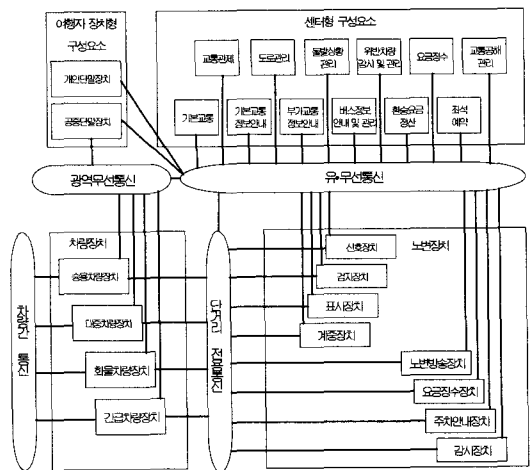
차량검지기(Vehicle Detection System, 이하 VDS)가 100대인 경우에는 4년까지는 임대 통신망을 활용한 유선통신이 우월하나, 그 이후에는 무선 LAN을 활용한 통신 시스템이 유리하다. VDS가 300대인 경우에는 무선 LAN 통신방식이 통신비용이 적게 소요되며, 500대인 경우에는 세 가지 통신방식이 유사한 운영비용이 지출되며, 1,000대인 경우에는 유선 통신망과 위성통신의 초기 투자비용의 차이가 적고, 위성통신이 운영비용을 가장 적게 소요되는 것으로 분석되었다.

5. 결론

본 논문에서는 ITS에 적용 가능한 무선통신시스템을 도출하기 위해 국도교통관리시스템에 무선 LAN과 위성통신시스템을 적용하여 이들로부터 수집된 교통정보의 신뢰성과 통신비용 등을 기존의 유선통신시스템과 비교하여 분석하였다.

통신 신뢰도 검사는 유선통신망을 기준으로 삼고 무선 LAN과 위성통신시스템을 비교·분석한 결과 두 통신망은 교통정보를 수집하기에는 충분한 것으로 분석되었다.

연구 결과 국가 ITS 물리 아키텍처의 노변 장치와 센터요소간 통신수단을 유선통신 뿐 만 아니라 무선 LAN이나 위성통신시스템과 같은 무선통신시스템으로 전면적으로나 부분적으로 적용 할 수 있다는 결론을 도출하였다. 따라서 자가통신망 대신 임대통신망을 사용하는 ITS 센터 및 시스템은 <그림 6>과 같이 국가 ITS 물리 아키텍처의 노변 장치와 센터요소간 통신수단을 유선에서 유·무선통신으로 변경하는 것이 바람직하며, 이렇게 변경된 아키텍처에 따라 ITS 시스템을 구축 및 운영할 경우 통신비를 포함한 운영비용을 상당히 절감할 수 있을 것이다.



<그림 6> 국가 ITS 물리 아키텍처 개선 방안

향후에는 무선데이터통신이나 주파수공용통신에 대한 현장실험을 통한 신뢰성 검토와 비용분석에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다. 또한, 국가 ITS 물리 아키텍처상의 차량장치와 노변장치간에 통신시스템이 단거리전용통신(Dedicated Short Range Communication, DSRC)만으로 구성되어 있는데 휴대 인터넷(WiBro)과 같은 무선통신시스템에 대해서도 지속적인 연구가 수행되어야 할 것이다. 특히, 휴대 인터넷 등은 향후 ITS 기반의 텔레매틱스 서비스가 본격적으로 이루어질 경우 다양한 교통정보 및 생활정보의 제공 수

단으로도 활용할 가치가 충분하기 때문에 이에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 이용택, 남두희, 박동주, “국내 지능형교통체계 (ITS) 사업평가체계 도입방향(한국·미국·유럽 사례 비교분석을 중심으로)”, 대한교통학회지, 제 22권 제3호, 2004. 6, pp. 215-226
- [2] 교통개발연구원, 과천ITS시범사업 사례를 통한 ITS사업의 발전적 추진방안에 관한 연구, 1999. 12.
- [3] 서울특별시시설관리공단, 2003년 도시고속도로 교통관리시스템 운영결과 분석, 2004.
- [4] 한국도로공사, 2004년 정보통신시설 유지관리 위탁과업지시서, 2004.
- [5] 홍인기, 국도교통관리시스템에 적용 가능한 무선 통신시스템에 관한 연구, 한성대학교 석사학위논문, 2005 (예정)
- [6] 국토연구원, 국가 ITS 아키텍처 최종보고서, 2003
- [7] <http://152.99.129.29/its/국가ITS아키텍처/sub1/main2~9.htm>
- [8] 한국전산원, ITS 정보통신 아키텍처 고도화 연구, 한국전산원, 2001.
- [9] 한국건설기술연구원, 2004년 수도권 국도교통관리 시스템 운영관리 업무대행 사업 착수보고서, 2004
- [10] 한국건설기술연구원, 국도교통관리시스템 통신망 구축 방안에 관한 연구, 2004
- [11] 류승기, 문학룡, 박상규, 박현석, “국도교통관리의 무선통신 시스템 적용 및 평가”, 한국ITS 학회논문지, 제2권 제2호, 2003, pp. 55-64.
- [12] 류승기, 문학룡, 박상규, 박현석, “위성데이터 통신에 의한 교통데이터 전송방법과 현장 실험”, 2004년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 B 권, 2004, pp. 1439-1441



이봉규

1988년 연세대학교 졸업 (학사)
1992년 Cornell University 졸업 (석사)
1994년 Cornell University 졸업 (박사)
1993년 ~ 1997년 Cornell University
조교수

1997년 ~ 현재 한성대학교 정보공학부
소프트웨어시스템 교수
관심분야 : GML, ITS, Telematics 등



홍인기

2001년 한성대학교 졸업 (학사)
2003년 ~ 현재 한성대학교 석사 과정
관심분야 : GIS, GPS, ITS, Telematics



류승기

1990년 충북대학교 졸업 (학사)
1999년 충북대학교 졸업 (박사)
1994년 ~ 현재 한국건설기술연구원
선임연구원

관심분야 : ITS, 무선통신



문학룡

1990년 숭실대학교 졸업 (학사)
2001년 숭실대학교 졸업 (박사)
1997년 ~ 현재 한국건설기술연구원
선임연구원

관심분야 : ITS, 위성통신