

무인단속장비와 UTIS 기지국 통합 방안 연구

A Study on the Integration of Automatic Enforcement Equipment and UTIS Base Station

홍경식* 정준하** 유성준***
 (Kyung-Sik Hong) (Jun-Ha Jung) (Sung-Jun Yoo)

요 약

본 연구에서는 수도권을 중심으로 구축·운영 중에 있는 ITS 무선통신 인프라인 UTIS 서비스 지역을 확대하는 방안으로 전국에 약 5,000여대가 설치되어 있는 무인단속장비와 UTIS 기지국을 통합하는 방안을 제시하였다. 기존의 UTIS는 25m 높이에 기지국이 설치되고 광통신망을 통해 센터와 통신하는 반면, 무인단속장비는 6.6m 높이에 설치되어 임대통신망을 통해 센터와 통신하는 등의 차이가 있다. 무인단속장비와 UTIS 기지국의 효율적인 통합방안을 제시하기 위해서 현황분석을 통해 1,628개소의 통합설치 개소를 선정하였고, 현장시험을 통해서 6.6m의 높이에서도 UTIS 요구성능을 만족하는 것을 확인하였다. 또한 통합에 적합한 통신망 및 시스템 구성방안을 제시하였으며, 통합·설치 시 비용 절감효과를 분석하여 현장시스템 구축 비용이 UTIS 기지국 단독 설치 시에 비해 약 1/5 수준으로 절감됨을 확인하였다.

핵심어 : 무인단속장비, 노변기지국, 통신망, 시스템 통합, 도시교통정보시스템

Abstract

In this paper, we suggested the integration between automatic enforcement system and UTIS(Urban Traffic Information System) base station. UTIS base station and automatic enforcement system are different in the height of installation and the type of communication network. UTIS base station is 25 meter high and communicate with center system by optical network. Whereas automatic enforcement system is 6.6 meter high and communicate with center system by rental network. For the purpose of suggesting the efficient method of integration, research was as in the following. We found that the number of integrated system was 1,628 through the present state of analysis and UTIS equipment was satisfied with the required specifications through field testing. Also we suggested the appropriate configuration of the integrated system and analyzed that the cost of the integrated system installment is 1/5 lower than that of the legacy system installment.

Key words : automatic enforcement system, communication network, integration, RSE(Road Side Equipment), traffic information center, UTIS(Urban Traffic Information System)

I. 서 론

도시교통정보시스템(UTIS, Urban Traffic Information

System)은 무선랜 기반의 교통정보수집 제공 시스템으로 2012년 1월 현재 수도권 22개 도시에서 구축·운영 중이며 2020년까지 전국 62개 도시에 구축할

* 주저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 첨단교통과학실 선임연구원
 ** 공저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 교통공학연구실장
 *** 공저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 교통공학연구실 선임연구원
 † 논문접수일 : 2012년 9월 20일
 † 논문심사일 : 2012년 9월 26일
 † 게재확정일 : 2012년 10월 2일

예정이나, 소도시 국도와 고속도로 지역에서는 UTIS 서비스를 제공받지 못하는 지역적 한계가 존재한다 [1, 2]. 반면 고정식 무인단속장비의 경우 2012년 1월 현재 약 5,000여대가 설치·운영 중이며, 고속도로의 경우 총 연장 3,913Km에 399대로 평균 10Km 정도의 간격으로 설치되어 있다[3].

UTIS 서비스의 지역적 한계를 극복하기 위해서 무인단속장비의 구조물 및 통신망을 UTIS 기지국과 통합하여 공유한다면 적은 예산으로 UTIS 서비스를 고속도로를 포함하는 전국 대상으로 확대하는 효과를 볼 수 있다.

본 연구에서는 고속도로/국도를 중심으로 무인단속장비와 UTIS 기지국의 통합 설치하는 방안을 도출하기 위해 현황분석을 통한 통합 설치 대상 개소를 선정하고 현장시험을 통해서 통합 가능성을 분석하였다. 또한 인프라구간 통신용량 분석, 시스템 구성 및 센터 연계 방안을 제시하고 통합 설치 시의 비용을 분석하였다.

II. 무인단속장비/UTIS 기지국 통합 개소 선정

1. 무인단속장비 설치 현황

〈표 1〉 무인단속장비 전국 설치 현황
 〈Table 1〉 Current situation of automatic enforcement system

구분	고속도로	고속화도로	일반국도	시도	군도	지방도	광역시도	총계
서울	11	17	0	0	0	0	463	491
인천	25	0	57	107	2	5	0	196
부산	22	0	47	4	0	0	220	293
광주	0	0	67	58	0	1	0	126
대전	2	0	22	63	0	1	28	116
대구	7	0	21	10	0	8	232	278
울산	0	0	83	89	0	3	10	185
강원	39	0	157	29	0	31	0	256
경기	80	1	300	548	0	88	0	1,017
경남	44	0	231	79	0	29	0	383
경북	43	0	175	52	2	24	0	296
전남	14	0	198	48	2	28	0	290
전북	31	0	108	82	0	25	0	246
충남	56	0	242	27	3	41	0	369
충북	25	0	116	46	2	37	0	226
제주	0	0	0	13	0	102	0	115
계	399	18	1,824	1,255	11	423	953	4,883

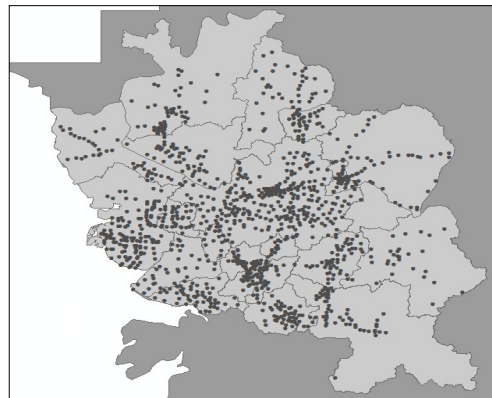
무인단속장비는 현재 고속국도, 일반국도 등 전국 주요도로에 약 5,000여대가 운영 중이며 지속적으로 확대 설치 중에 있다.

2. UTIS 기지국 설치 현황

2012년 1월 현재 서울, 인천 등 수도권 22개 지자체의 도시부 도로를 중심으로 1,150개소에 UTIS 기지국이 구축·운영 중에 있으며, 2020년까지 전국 15개 권역 40개 도시에 추가 구축될 예정이다.

〈표 2〉 UTIS 사업추진 대상도시('12년 이후 계획)
 〈Table 2〉 Target city of UTIS business

구분	대상도시(19)	구분	대상도시(21)
수도권	화성, 평택, 이천	춘천권	춘천
천안권	천안, 아산, 예산	강릉권	강릉, 속초, 동해, 삼척
대전권	대전, 세종, 청주	원주권	원주, 제천, 충주
전주권	전주, 군산, 익산	대구권	대구, 경산, 구미
광주권	광주, 나주	울산권	울산
여수권	여수, 순천, 광양	포항권	포항, 경주, 영천
목포권	목포	부산권	부산, 창원, 김해, 양산, 거제, 진주
제주권	제주		



〈그림 1〉 RSE 설치 지점도(수도권 22개 도시)
 〈Fig. 1〉 Installation spot map of RSE

3. 무인단속장비/UTIS 기지국 통합 개소 선정

UTIS는 도속도로를 제외한 도시지역을 중심으로 구축되고 있어 도시 간 도로 및 고속도로 구간에 교통정보를 수집하고 제공하는데 한계가 존재한다.

따라서 본 연구에서는 전국의 무인단속장비 설치 지점 분석을 통해 다음과 같은 기준으로 무인단속장비와 UTIS 기지국 통합 대상 지점으로 선정하여 총 1,628개소를 산출하였다.

- 고속도로(399개소) : 모든 무인단속장비 설치 지점을 대상으로 선정
- 기타도로(1,229개소) : UTIS 사업 대상 도시(62개 지자체) 이외의 국도, 시/군 지방도에 설치된 무인단속장비 설치 지점을 대상으로 선정

<표 3> 통합개소 선정

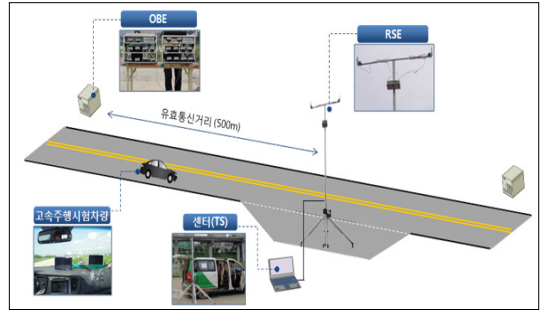
<Table 3> Selection of integrated system

구분	고속도로	고속화도로	일반국도	시도	군도	지방도	광역시도	총계
서울	11	-	-	-	-	-	-	11
인천	25	-	-	1	2	3	0	34
경기	80	0	3	24	0	7	0	196
대전	2	0	85	0	0	0	0	2
충남	56	0	0	8	2	31	0	271
충북	25	0	174	1	2	31	0	142
강원	39	0	89	2	0	10	0	140
전북	31	0	82	11	0	19	0	143
광주	-	-	-	-	-	-	-	-
전남	14	0	165	1	2	24	0	206
경북	43	0	90	9	2	9	0	153
대구	7	-	10	0	0	5	6	28
울산	0	0	70	4	0	2	0	76
경남	44	0	127	3	0	14	0	188
부산	22	0	12	0	0	0	4	38
제주	-	-	-	-	-	-	-	-
계	399	0	990	64	10	155	10	1,628

Ⅲ. 무인단속장비/UTIS 기지국 통합을 위한 현장시험

1. 개요

UTIS는 CCTV 지주의 약 25m 높이에 설치되어 500m 이상의 유효통신거리가 확보되는 반면, 무인단속장비의 경우 약 6.6m 높이에 설치되어 있어 유효통신거리의 보장 여부에 따른 성능 검증이 필요하다[4,6]. 또한 (고속)국도의 경우 도시부 도로에 비해 동일한 거리에서 통신이 가능하더라도 높은



<그림 2> 현장시험 구성도
<Fig. 2> Configuration of field test

주행속도로 인하여 가용 통신시간이 줄어들게 되는데 이러한 상황에서 원활한 교통정보 수집 및 제공 서비스의 가능 여부에 대한 확인이 필요하다.

현장시험을 통해 무인단속 설치 높이(6.6m)에서 UTIS 규격에서 정의된 요구성능(유효통신거리, 정보처리 등)을 만족하는지 여부와 고속도로의 교통 특성을 감안하여 고속주행 시 교통정보 수집·제공 기능 만족여부를 확인하였다. <그림 2>는 현장시험의 전체 구성도이다.

2. 현장 성능시험

1) 유효통신거리확인시험

UTIS 기지국과 단말기 간 통신가능거리를 확인하는 시험으로 UTIS 기지국을 6.6m 높이의 지주 위에 설치하고 이동 시험장비 차량에서 UTIS 기지국을 제어하며, 유효통신거리 임계지점(500m)에서 단말기가 장착된 차량을 대기시킨 후 수집정보의 업로드 여부를 확인하였다.

시험결과 임계지점(500m)에서 수집정보를 모두 업로드하는 것을 확인하였으며, 이는 6.6m 높이에서도 가시거리가 확보되는 한 안정적으로 교통정보 수집·제공을 위한 통신이 가능하다고 할 수 있다.

<표 4> 유효통신거리 시험 결과(단위:kbyte)
<Table 4> Result of communication distance test

통신거리	회차	수집	개별	하향
500m	1회	2,820	37,674	1,376,019
	2회	2,820	37,674	1,376,019

또한, 가시거리(LOS : Line Of Sight)가 확보되는 경우 실제 통신은 약 1.3Km까지 가능한 것을 확인하였다.

2) 정보처리성능시험

정보처리성능시험은 주어진 환경에서 기지국과 단말기 간 송·수신 정보량이 UTIS 서비스를 제공하기에 충분한지를 확인하기 위한 시험이다. UTIS 기지국을 6.6m 높이의 지주 위에 설치하고 유효통신거리 임계지점(500m)에 요구 성능에서 산정된 42대의 단말기를 배치시킨다. 주어진 가용통신시간(22초) 내에 42대의 단말기는 요구되는 성능 이상의 정보를 송·수신하여야 한다.

시험결과는 <표 5>와 같으며 수집/개별/방송정보 모두 UTIS 요구성능을 만족하였다. 여기서 수집정보는 차량 단말기에서 수집하는 교통정보이고, 개별정보는 UTIS 기지국과 차량 단말기 간에 양방향 통신을 통해 송·수신하는 교통정보이고, 방송정보는 UTIS 기지국에서 일방 전송하는 교통정보이다.

<표 5> 정보처리성능시험결과(단위: kbyte)
<Table 5> Result of data processing test

유효통신거리	접속대수(대)	통신시간(초)	정보처리 요구성능				
			회차		접속	방송	개별
			기준	-	2.1	939	29.3
500m	42	22	시험결과	1회	2.8	2,893	33.0
			2회	2.8	3,065	35.4	

3) 고속주행시험

고속주행의 경우 일반적으로 도플러 효과(Doppler Effect)로 인한 주파수 편이(Frequency Shift)가 발생하게 되어 데이터 전송 시 에러가 발생할 확률이 증가한다[7]. 이에 대한 영향 여부를 확인하기 위해 고속주행 중인 차량에서의 정보교환량과 정차 중인 차량에서의 정보교환량을 비교 분석하였다. 시험결과는 <표 6>과 같으며 대부분의 케이스에서 주행상태와 정차상태의 교환정보량이 오차 범위 이내로 차이가 나는 것을 확인할 수 있으며, 이는 고속 주행상황에서의 통신 패킷 손실량이 크지 않아 UTIS 서비스를 제공하기에 충분하다고 할 수 있다.

<표 6> 고속주행시험 결과(단위:kbyte)
<Table 6> Result of fast driving test

주행속도(km/h)	통신시간(초)	회차	총 송수신 정보량		편차(%)
			정차(300m)	주행	
100	18	1회	3,247	3,298	1.6
		2회	3,285	3,255	-0.9
120	15	1회	2,695	2,703	3.0
		2회	2,727	2,724	-0.1

IV. 무인단속장비/UTIS 기지국 통합 방안

1. 개요

무인단속장비와 UTIS 기지국 통합 설치를 위해 기존 무인단속장비에 적용되어 있는 인프라구간 임대통신망 활용 방안을 제시하였다. 또한 통합 설치시의 현장시스템과 센터시스템의 구성 방안을 제시하였으며 이에 대한 통합설치 전후의 비용을 분석하였다.

2. 인프라 통신용량

1) 현황분석

무인단속장비에서의 현장제어기와 지방청 센터 간의 인프라 통신은 유선전용회선과 무선공중망으로 이루어지며, 유선전용회선의 경우 56~64Kbps, 무선임대망(CDMA)의 경우 128~256Kbps의 데이터 전송률을 지원한다.

데이터 정보교환량의 경우 지방청 센터와 무인단속장비 간 정보교환 항목 및 교환량과 UTIS에서의 기지국과 센터 간 5분 단위 정보교환량은 <표 7>과 같다.

<표 7> 무인단속장비 및 UTIS 정보교환량
<Table 7> Data exchange size of automatic enforcement system and UTIS

무인단속장비(최대의 90%)		UTIS (5분 단위 평균)	
정보항목	정보량(KB)	정보항목	정보량(KB)
단속정보 및 제어정보	100	수집정보	200
		하향정보	1,191
일평균 단속건수	50건	개별정보	30
		관리정보	0.2
합계	5,000	합계	1,421.2

<표 7>에서 제시된 정보교환량에 대하여 무인단속시스템과 UTIS 서비스를 동시에 지원하기 위한 통합인프라 구간의 요구 통신속도는 <표 8>에서와 같이 최소 384.3Kbps로 기존 임대망에서 지원하는 통신속도로는 통합시 요구되는 전송속도를 보장할 수 없으며, 최소 512Kbps 이상의 전송속도 지원이 필요하다.

<표 8> 통합설치를 위한 요구 통신속도(단위:kpbs)
(Table 8) Required data rate for integrated system

요구 통신속도 (Kbps)			임대망 지원 통신속도(Kbps)
단속시스템	UTIS	통합	
5.3	379	384.3	- 무선공중망 : 128~256 - 유선전용회선 : 56~64

2) 통합 방안

무인단속장비에서 사용하고 있는 인프라구간 임대통신망을 활용하기 위해서는 UTIS 서비스 제공 콘텐츠에 대한 우선순위를 설정하여 인프라 구간 통신임대망의 지원속도에 맞춰야 한다.

<표 9>에서 보는 바와 같이 무선공중망의 경우 여유정보량이 460KBytes, 유선전용회선의 경우 190 KBytes로 두 임대망을 모두 활용할 수 있는 방안을 검토하기 위해 상대적으로 전송속도가 낮은 유선전용회선의 여유정보량 기준으로 UTIS 서비스를 제공하는 방안을 도출하였다.

<표 9> UTIS 서비스를 위한 여유 정보량
(Table 9) Spare data size for UTIS service

정보 교환	1분간 통신가능 정보량	UTIS 서비스를 위한 여유 정보량
무선 공중망	$480KB = \frac{128Kbps}{8} \frac{bit}{Byte} * 60sec * 2$	$460KB = \frac{122.7Kbps}{8} \frac{bit}{Byte} * 60sec * 2$
유선 전용 회선	$210KB = \frac{56Kbps}{8} \frac{bit}{Byte} * 60sec * 2$	$190KB = \frac{50.7Kbps}{8} \frac{bit}{Byte} * 60sec * 2$

※ 통신 중 오버헤드 및 통신 지연 등을 고려하여 실제 Throughput은 Data Rate의 50%로 가정하여 산정

UTIS 서비스 제공을 위한 정보량 중 가장 큰 데이터량을 차지하는 전국소통정보를 UTIS 기지국이 설치되어 있는 권역을 중심으로 세분화하여 전송함

으로써 소통정보를 크기를 150KByets 이내로 줄일 수 있고, 기타 정보를 최적화하여 <표 10>에서와 같이 정보 교환량을 190KBytes 이내로 제한하는 방안을 제시하였다.

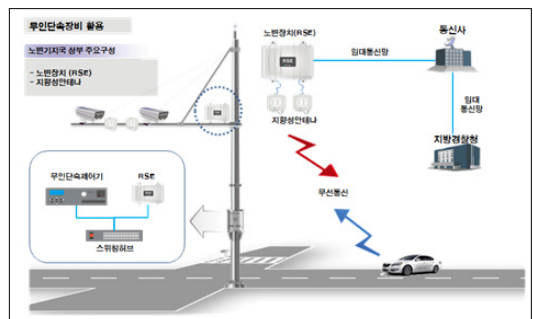
<표 10> UTIS 정보 최적화
(Table 10) Optimization of UTIS information

구분	정보종류	데이터 크기
수집정보	교통수집정보	5 KB
	권역소통정보	150 KB
하향정보	문자메시지	1 KB
	CCTV 정지영상	30 KB
	접속승인정보	0.2 KB
관리정보	RSE 상태정보	0.2KB
	합계	186.4 KB

3. 시스템 구성 방안 및 비용 분석

1) 현장 시스템

무인단속장비와 UTIS 기지국의 통합 설치 시 현장시스템의 구성 방안은 <그림 3>과 같으며, 무인단속시스템의 현장 구조물 및 임대통신망을 활용하여 RSE 전용 지주, 제어함체, 광전송시스템 등의 구축 비용을 절감할 수 있다.



<그림 3> 현장시스템 구성방안
(Fig. 3) Configuration of field system

또한, 통합 대상 1,628개소에 대한 현장시스템 구축비용을 비교한 결과, 통합 설치하는 경우 기존 구축비용에 비해 약 1/5배의 초기 투자 비용만으로 구

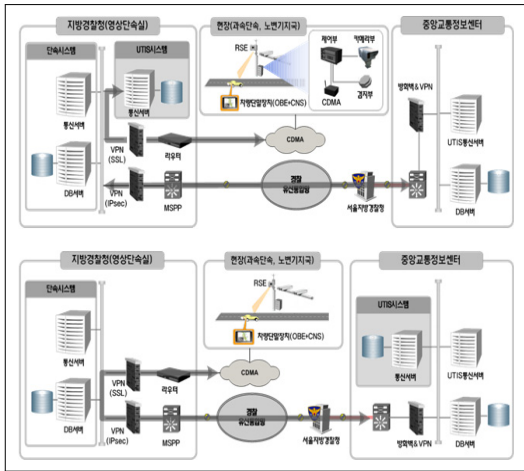
축할 수 있으며 유지비 또한 절감할 수 있다. 현장 시스템 구축 비용에 대한 자세한 비교는 <표 11>과 같다.

<표 11> 현장시스템 구축(1,628개소) 비용(단위 : 만원)
<Table 11> Cost of system construction

구분		UTIS 기지국 전용 지주 설치	무인단속장비 지주 활용
초기 투자비	현장장비	3,256,000	1,302,400
	광케이블	3,256,000	-
	통신장비	45,000	16,280
	합계	6,638,400	1,318,680
유지비		398,304	79,120
전용회선 통신비		-	78,144

2) 센터 시스템

UTIS 교통정보의 연계를 위해 센터 시스템은 <그림 4>에서와 같이 지방청 센터를 활용하는 방안과 중앙교통정보센터 활용하는 방안이 있다. 두 방안은 UTIS 교통정보를 가공 처리하는 UTIS 센터 시스템을 전국의 각 지방청 센터와 중앙교통정보센터 중 어디에 설치하느냐의 차이에 대한 것이다.



<그림 4> 센터시스템 구성방안
<Fig. 4> Configuration of center system

각 방안에 대하여 관리성(운영성), 효율성, 확장성 측면에서 비교한 결과는 <표 12>와 같다.

<표 12> 연계 방식에 따른 비교 분석
<Table 12> Comparative analysis for alternatives

구분	지방경찰청 연계	중앙교통정보센터 연계
관리성 (운영성)	<ul style="list-style-type: none"> · 운영 및 유지관리 인력 필요 · 시스템 장애 시 자체 수집정보를 통한 소통정보 제공 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 센터측 장비구성 용이하며 보안성 우수 · 시스템 장애 시 소통정보 제공 불가능
확장성	<ul style="list-style-type: none"> · 확장 시 별도의 센터시스템 설치 필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 확장을 대비한 적정 사양의 센터시스템 설치 필요
효율성	<ul style="list-style-type: none"> · 시스템 설치에 따른 투자비 과다소요 	<ul style="list-style-type: none"> · 시스템 구성 시 상대적으로 저렴

또한, 센터시스템 구성 방안별로 구축 비용을 분석한 결과는 <표 13>과 같으며, 중앙교통정보센터 연계시는 55,630만원, 지방청 센터 연계시에는 150,680만원의 구축 비용이 소요되는 것으로 분석되었다. 종합적인 분석 결과 센터시스템은 현장 시설물의 확장과 상관없이 구성 가능하고 경제적으로 구축이 가능한 중앙교통정보센터를 통한 직접 연계 방안이 타당하다.

<표 13> 방안별 센터시스템 구축 비용(단위 : 만원)
<Table 13> Cost of center construction for alternatives

품명	중앙교통정보센터		지방청 센터	
	규격	금액	규격	금액
VPN (SSL)	센터용	24,000	센터용	24,000
	현장용	16,260	현장용	16,260
VPN (IPsec)	센터용	1,800	센터용	1,800
통신 서버	CPU:4Core Mem:16GB	7,000	CPU:4Core Mem:16GB	42,000
디스크 어레이	5TB	4,000	3TB	36,000
관계단말기		200		2,400
RDEMS		2000		24,000
TTS		350		4,200
합계		55,630		150,680

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 도시부 중심으로 구축·운영되고 있는 UTIS 서비스의 지역적 한계를 극복하기 위하

여 실질적인 전국 도로를 대상으로 UTIS 서비스를 제공하는 대안으로 (고속)국도를 중심으로 무인단속장비와 UTIS 기지국을 통합 설치하는 방안을 도출하였다.

무인단속장비 및 UTIS 기지국의 설치 현황을 분석한 결과 통합 대상이 되는 지점은 약 1,628개소이며, 현장 성능시험 결과 무인단속 지주 높이(6.6m)에서도 UTIS 요구 성능을 만족하고, 고속주행 시에도 UTIS 서비스 제공이 원활하게 이루어지는 것을 확인하였다.

또한 무인단속장비와 UTIS 기지국 통합 설치를 위해 기존 무인단속시스템에서 사용하고 있는 임대통신망을 활용하고, UTIS 교통정보는 중앙교통정보 센터를 통해 연계하는 방식으로 시스템을 구축하는 방안이 UTIS 전국 서비스를 위한 시스템 구축 비용을 최소화할 수 있는 방안임을 확인하였다. 이 경우 통합 시 현장시스템 구축 비용이 기존 설치 방법과 비교할 때 약 1/5 수준으로 절감됨을 확인하였다.

본 연구를 통해 경제적으로 UTIS 서비스 지역을 확대하여 고품질의 교통정보를 무료로 제공하여 대국민 편의 증진에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

다만, UTIS 교통정보 제공의 질적 향상을 위해 기존 무인단속시스템의 임대통신망의 속도를 개선하는 방안 등을 추가적으로 연구할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] “도시교통정보시스템(UTIS) 기술규격”, 도로교통공단, 2011. 10.
- [2] 홍경식, 정준하, 안계형, 이영인, “UTIS를 활용한 수요기반의 능동형 버스우선신호 제어 알고리즘에 관한 연구”, *대한교통학회지*, 제29권 제6호, pp.107-116, 2011. 12.
- [3] “고정식 무인 교통단속시스템 경찰규격서” 경찰청, 2011. 9.
- [4] 오종택, 이봉규, “무선랜 기술의 ITS 서비스 적용 방안 연구”, *한국ITS학회지*, 제2권 제1호, pp.47-53, 2004.
- [5] “IEEE Std. 802.11-2007, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications”, *IEEE Std. 802.11*, 2007.
- [6] Pavle Belanovic, Thomas Zemen, “On Wireless Links for Vehicle-to-Infrastructure Communications”, *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, pp.269-283, January 2010.
- [7] I. Sen, D. Matolak, “Vehicle-Vehicle Channel Model for the 5-GHz Band”, *IEEE Transaction on ITS*, pp.235-244, June 2008.

저자소개



홍 경 식 (Hong, Kyung-Sik)

2006년 ~ 현 재 : 도로교통공단 교통과학연구원 선임연구원

2010년 ~ 현 재 : 서울대학교 건설환경공학부 박사 수료

2003년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업



정 준 하 (Jung, Jun-Ha)

1998년 ~ 현 재 : 도로교통공단 교통과학연구원 교통공학연구실장

2007년 2월 : 아주대학교 교통공학박사



유 성 준 (Yoo, Sung-Jun)

1995년 ~ 현 재 : 도로교통공단 교통과학연구원 선임연구원

2007년 8월 : 서울시립대학교 교통공학박사