

수도권 국도 교통관리시스템에 무선통신 시스템 적용

문학룡

(한국건설기술연구원, 선임연구원)

박상규

(한국건설기술연구원, 연구원)

김성현

(한국건설기술연구원, 연구원)

Key Words : 국도 교통관리체계, 교통정보수집, 교통정보가공, 무선통신

목 차

- I. 서 론
- II. 무선통신 시스템 평가 방안
 - 1. 무선통신 시스템 구성
 - 2. 무선통신 시스템 설치현황
 - 3. 무선통신 시스템 평가 방안
- III. 무선통신 시스템 평가에 대한 검증
 - 1. 검증방법
- 2. 무선통신 모듈 검증(무선 브리지 모듈 성능 검증)
- 3. 현장수집 교통데이터 정합성 검증
- 4. 센터수집 교통데이터 정합성 검증
- IV. 무선통신 시스템 평가 결과
 - 1. 평가 결과
 - 2. 경제성 분석
- V. 결론

I. 서 론

국도교통관리시스템의 통신망 구성형태는 도로 현장의 검지기 및 지역처리장치를 1:1로 연결하는 점대점 구성을 사용하고 있으며, 지역처리장치와 중앙센터 간에는 E1 전용회선을 사용하여 데이터를 수집하고 있다. 이렇게 지역처리장치로 모아서 중앙센터로 전송하는 이유는 임대망의 비용 산출이 회선의 대역폭과 거리를 기준으로 하기 때문에 통신비용을 절감하기 위한 것이다.

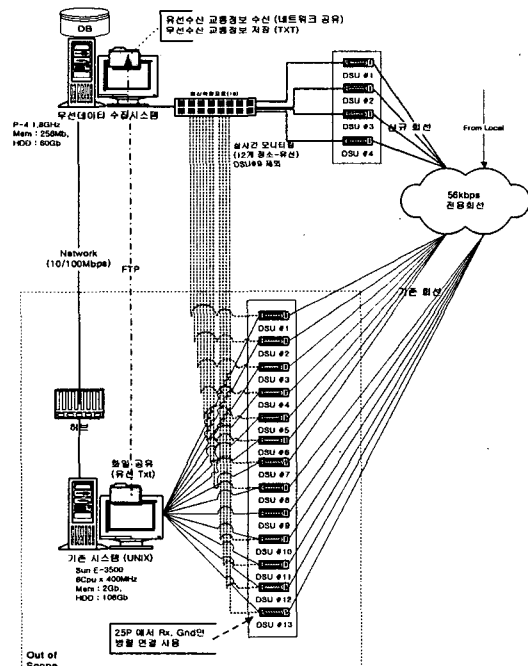
그러나 현장장비와 지역처리장치간의 점대점 구성은 여전히 통신비용부담을 가지고 있으므로 무선통신장비를 이용한 멀티드롭(Multi-drop)방식을 적용하여 통신비용 부담을 줄이고자 한다. 또한 무선통신장비를 사용하여 데이터를 수집할 경우 유선인 경우와 비교하여 안정성에 문제가 있는지를 검토하여 국도교통관리시스템에서 무선통신시스템 적용여부를 평가하고자 한다.

II. 무선통신 시스템 평가 방안

1. 무선통신 시스템 구성

센터 시스템은 기존의 유선 수집서버와 현장의 무선통신 장비로부터 데이터를 수집하기 위한 무선통신 수집서버가 있으며, 통신장비로는 멀티포트와 DSU가 사용된다. 또한 유선 데이터의 실시간 모니터링을 위해 유선 DSU에 시리얼 케이블(serial cable)을 직접 연결하였다.

센터의 무선통신 수집서버는 통계처리 및 정합성 비교를 하기 위하여 유/무선 데이터를 통합 관리하며, 데이터 수집 방법으로 유선데이터는 기존 Unix System으로부터 FTP를 이용하여 데이터를 취득 통계처리하고 무선데이터는 실시간 수집 관리한다.



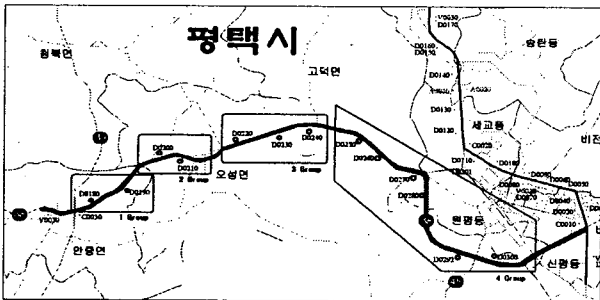
<그림 1> 교통정보 수집 구성도

2. 무선통신 시스템 설치현황

수도권 남부 국도 38호선 평택에서 안중구간 약 19Km 구간에 기 설치된 영상검지기에 무선통신 장비를 추가하여 기존의 유선통신과 데이터 전송 품질을 비교할 수 있도록 무선통신을 구성하였다.

영상검지기 제어함체 내부에 무선 브리지모듈 및 무선 안테나를 설치하고, 센터에는 무선통신 수집 시스템을 구성하여 무선데이터를 유선데이터와 비교 분석한다.

<그림 2>는 무선통신 장비가 설치될 기존의 영상검지기 13곳에 대한 설치위치와 무선통신 시스템 구성을 위한 그룹 구성 현황을 나타낸 것이다.



<그림 2> 영상검지기 위치도

3. 무선통신 시스템 평가 방안

평가 방법은 유/무선 1일 24시간 15일 데이터의 정합성을 평가하는 것으로 다음 장에 기술된 무선통신 시스템 평가에 대한 검증을 통하여 수집 데이터의 신뢰성이 확보된 상태에서 수행하게 된다.

유/무선 수집 데이터는 무선통신 시스템의 데이터베이스에 통계 처리되어 저장되며, 저장된 통계 데이터를 활용하여 15일간 유/무선 데이터의 정합성을 평가한다.

또한 정합성의 오차에 대한 분석을 목적으로 한 장소의 유/무선 일간 통계를 조회한 결과 값에서 유/무선 데이터 수집율에 차이가 많이 나는 특정 시간대를 추출하고, 다시 이 시간대에 해당하는 시간대 통계를 조회하여 오차 범위를 좁힌 후에 그에 해당되는 특정 시점을 Text low Data로부터 찾을 수 있도록 구성하였다.

III. 무선통신 시스템 평가에 대한 검증

1. 검증방법

유/무선 1일 24시간 15일 데이터의 정합성을 평가하기 전에, 먼저 무선통신 모듈에 대한 기본적인 하드웨어 성능 검증을 하고, 현장에서 무선통신장비간의 교통데이터 전송 시험을 한다. 그리고 현장 무선통신장비와 센터 무선통신 수집서버간의 교통데이터 전송 시험을 수행한다.

단, 검지기의 유무선 수신데이터의 동등한 비교를 위하여 영

상검지기의 장애로 인하여 데이터 수집이 안 된 장소에 대해서는 유무선 모두 통계대상에서 제외하였다.

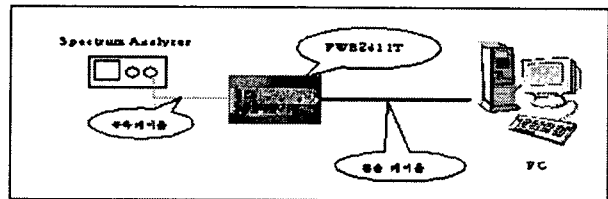
2. 무선통신 모듈 검증(무선 브리지 모듈 성능 검증)

무선 브리지 모듈이 데이터를 정확하게 송수신하는 것을 확인하기 위하여 송신 출력 시험, 수신 감도시험, 스펙트럼 마스크 시험에 대한 검증을 하였다. 송신 출력 시험은 RF송신 신호의 크기를 측정하는 것이며, 수신 감도 시험은 수신할 수 있는 신호의 크기를 측정하는 것이고, 스펙트럼 마스크 시험은 스펙트럼 마스크를 만족시키는지 판단하는 것으로 검증을 하기 위한 기준은 <표 1>과 같다.

<표 1> RF 성능시험 기준

시험항목	내용	판단기준
R F 성 능 시 험	송신 출력 시험	RF 송신 신호의 크기를 측정한다.
	수신 감도 시험	수신 할 수 있는 신호의 크기를 측정한다.
	스펙트럼 마스크 시험	스펙트럼 마스크를 만족시키는지 판단한다.
		+19dBm 이상이면 만족
		-80 dBm 이하이면 만족
		30dBc 이하면 만족 ($F_c - 22\text{MHz} < \text{Freq} < F_c - 11\text{MHz}$, $F_c + 11\text{MHz} < \text{Freq} < F_c + 22\text{MHz}$)

1) 송신출력 시험

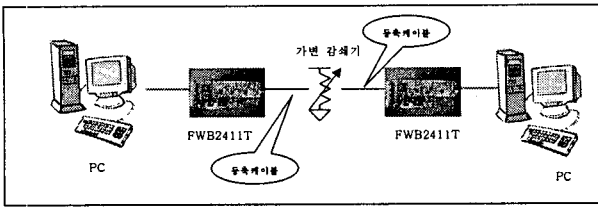


<그림 3> 송신출력 시험 구성도

<표 2> 송신 출력 시험 절차

시험 명	송신 출력 측정
시험 목적	장치의 송신출력 측정
판정 기준	송신 출력 19dBm 이상
시험 방법	
① 장비의 Set-up은 그림 3과 같이 하고, 전원 및 Link LED가 정상적으로 동작 되는지를 확인한다. ② 콘솔에 "test contx" 명령어를 이용 FWB2411T를 TX 모드로 만들고, Space bar를 치면 continuous TX mode가 종료 된다. ③ 모델의 안테나 단자에 파워를 측정할 수 있는 스펙트럼 아날라이저나(Agilent HP8562E 나 Advantest 의 R3271A) 파워 미터에 연결한다. ④ HP8562E 의 power ON 스위치를 누른다. ⑤ "center freq"를 2442MHz(채널 7)에 맞춘다. ⑥ "freq span"를 50MHz에 맞춘다. ⑦ BW를 입력하고 RBW는 100KHz, VBW는 30KHz, ATT는 30dB로 맞춘다. ⑧ "REF Level" key를 입력하고 20dBm으로 맞춘다. ⑨ "Trace" "Max hold A"를 누른다. ⑩ "Meas/User" "Power Manu" "Channel PWR Manu" "Chan PWR Over BW"의 key를 차례대로 입력하여 측정한다.	

2) 수신 감도 시험

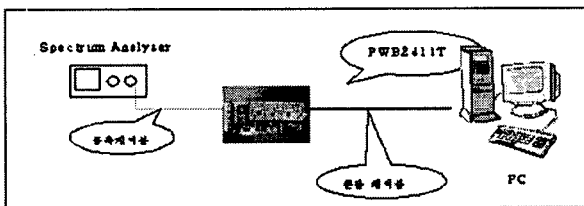


<그림 4> 수신감도 시험 구성도

<표 3> 수신감도 시험 절차

시험 명	수신 감도 측정
시험 목적	장치의 송신출력과 수신감도 측정
판정 기준	수신 감도 80dBm이하
시험 방법	<ol style="list-style-type: none"> ① 그림 4와 같이 FWB2411T와 검증된 FWB2411T를 각각 PC에 연결하여 서로 송수신이 가능한 상태로 유지한다. ② FWB2411T의 후단 Ant 단자를 동축 Cable을 가지고 그림 4와 같이 연결한다. ③ 콘솔 창에서 테스트 명령을 통해 통신 상태를 확인한다. ④ Cable loss, 송신 출력을 고려하고, Attenuator의 값을 증가시키면서 수신 감도를 측정한다. ⑤ Attenuator 값은 케이블 loss 등을 고려하여 정한다.

3) 스펙트럼 마스크 시험



<그림 5> 스펙트럼 마스크 시험 구성도

<표 4> 스펙트럼 마스크 시험 절차

시험 명	스펙트럼 마스크 측정
시험 목적	방사된 출력의 스퓨리어스 측정
판정 기준	스펙트럼 마스크 30dBc이하
시험 방법	<ol style="list-style-type: none"> ① 장비의 Set-up은 아래의 그림 5와 같이 하고, 전원 및 Link LED가 정상적으로 동작되는지 확인한다. ② 콘솔에서 test 명령어를 이용 FWB2411T를 TX 모드로 만든다. ③ 모델 안테나 단자를 파워측정 스펙트럼에 연결한다. ④ HP8562E 의 power ON 스위치를 누른다. ⑤ "center freq"를 2442MHz(채널 7)에 맞춘다. ⑥ "freq span"을 50MHz에 맞춘다. ⑦ BW 버튼을 눌러 RBW를 100KHz, VBW는1KHz, ATT는 30dB로 맞춘다. ⑧ "REF Level" key를 입력하고 20dBm으로 맞춘다. ⑨ "Peak"를 눌러 Marker를 최대치에 위치 시킨 후 Marker "ON"을 누른 후 " Mark"를 눌러 Marker를 Fc-22< Freq <Fc 11, Fc+11< Freq <Fc+22,사이에 위치 시켜 30dB이상임을 확인한다.(Fc = 2412, 2442, 2472 MHz) ⑩ 중심 주파수가 채널 1(2412MHz)과 채널 13(2472MHz)일때도 같은 방법으로 측정한다.

4) 무선통신 모듈 검증결과

무선 브리지 모듈의 송신 출력 시험, 수신 감도 시험 및 스펙트럼 마스크 시험 결과는 <표 5>와 같이 도출되었다.

<표 5> 무선통신 모듈 검증결과

NO.	FWB2411T board No.	TX Power	Mask	수신 감도	비고
1	#1	Pass	Pass	Pass	
2	#2	Pass	Pass	Pass	
3	#3	Pass	Pass	Pass	
4	#4	Pass	Pass	Pass	
5	#5	Pass	Pass	Pass	
6	#6	Pass	Pass	Pass	
7	#7	Pass	Pass	Pass	
8	#8	Pass	Pass	Pass	
9	#9	Pass	Pass	Pass	
10	#10	Pass	Pass	Pass	
11	#11	Pass	Pass	Pass	
12	#12	Pass	Pass	Pass	
13	#13	Pass	Pass	Pass	

3. 현장수집 교통데이터 정합성 검증

현장 장비 검증은 무선통신 장비를 현장 영상검지기에 설치한 후 현장에서 수집한 유/무선 데이터의 정합성을 검증하는 것이다.

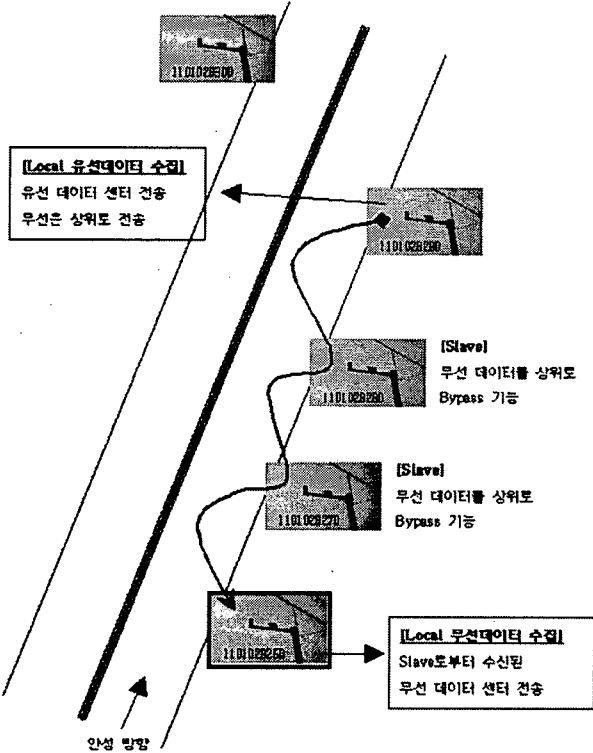
검증방법에 따라 2회에 걸쳐 현장의 유/무선 교통정보 데이터를 수집 분석하였다. 1차에서는 제4그룹 D0290번 영상검지기의 1시간 현장 유/무선 데이터를 검증한 것으로 D0290에서 유선데이터를 수집하고 D0250에서 무선데이터를 수집하여 분석한 결과 유선 대비 무선데이터 수신율이 97.8%로 나타났으며, 2차에서는 현장데이터 수집 프로그램을 수정하여 D0300번 영상검지기의 1시간 현장 데이터를 검증한 것으로 D0300에서 유선데이터를 수집하고 D0250에서 무선데이터를 수집하여 분석한 결과 유선 대비 무선데이터 수신율이 98.6%로 나타났다.

1) 1차 현장수집 교통데이터 정합성 검증

<표 6> 1차 현장 유/무선 수집 데이터 비교표

검지시간	수집방법		오차	오차율	비고
	차량대수(5분별)				
	유선	무선			
15:41~15:45	55	54	-1	98.2	
15:46~15:50	58	58	0	100.0	
15:51~15:55	37	37	0	100.0	
15:56~16:00	53	51	-2	96.2	
16:01~16:05	44	38	-6	86.4	
16:06~16:10	42	40	-2	95.2	
16:11~16:15	53	60	7	100.0	
16:16~16:20	40	41	1	100.0	
16:21~16:25	39	39	0	100.0	
16:26~16:30	40	39	-1	97.5	
16:31~16:35	44	46	2	100.0	
16:36~16:40	37	37	0	100.0	
합 계	542	540	-2	97.8	

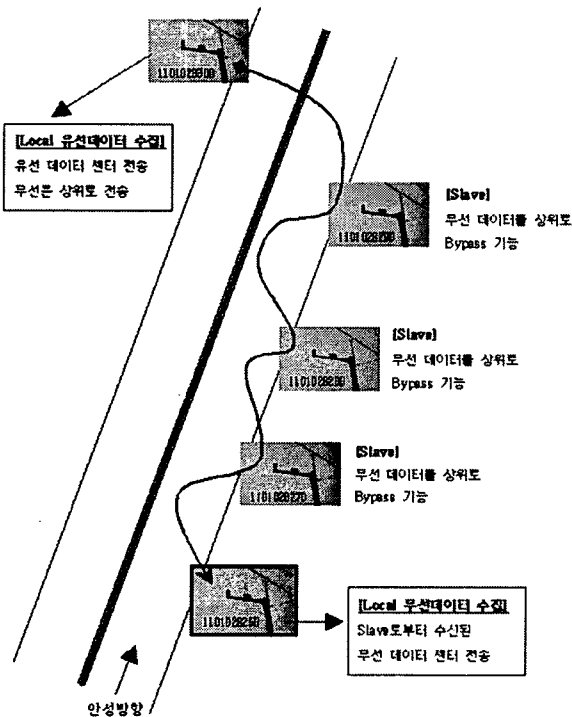
무선데이터는 Master인 D0250에서 Notebook을 이용하여 수집하며, 유선데이터는 D0290에서 수집한다.



<그림 6> 현장에서의 유/무선 데이터 검증을 위한 구성도

2) 2차 현장수집 교통데이터 정합성 검증

무선데이터는 Master인 D0250에서 Notebook을 이용하여 수집하며, 유선데이터는 D0300에서 수집한다.



<그림 7> 현장에서의 유/무선 데이터 검증을 위한 구성도

<표 7> 2차 현장 유/무선 수집 데이터 비교표

검지시간	차량대수(5분별)		오차	오차율 (%)	비고
	유선	무선			
20:00~20:05	50	50	0	100.0	
20:05~20:10	41	41	0	100.0	
20:10~20:15	29	29	0	100.0	
20:15~20:20	51	51	0	100.0	
20:20~20:25	33	33	0	100.0	
20:25~20:30	44	42	-2	95.4	
20:30~20:35	37	37	0	100.0	
20:35~20:40	32	30	-2	93.7	
20:40~20:45	36	35	-1	97.2	
20:45~20:50	44	44	0	100.0	
20:50~20:55	30	29	-1	96.6	
20:55~21:00	33	33	0	100.0	
합 계	460	454	-6	98.6	

4. 센터수집 교통데이터 정합성 검증

무선통신 시스템의 수집 서버는 무선데이터를 실시간 수집하여 데이터베이스에 저장하고, 유선 데이터는 기존 Unix 시스템에서 FTP로 전송 받아 데이터베이스에 저장한다. 이와 같이 저장된 유/무선 데이터의 정합성을 분석하는 것으로 센터 시스템을 검증한다.

센터 시스템을 검증하기 위해 센터로 전송된 유/무선 데이터를 2회 수집 분석하였으며, 그 결과 1차 검증의 경우 D0290번 영상검지기의 유선 대비 무선데이터 수신율은 99.4%로 나타났다. 또한 2차 검증의 경우 D0300번 영상검지기의 유선 대비 무선데이터 수신율은 98.6%로 나타났다.

1) 1차 센터수집 교통데이터 정합성 검증

<표 8> 1차 센터 유/무선 수집 데이터 비교표

검지시간	수집방법 차량대수(5분별)		오차	오차율	비고
	유선	무선			
15:41~15:45	55	54	-1	98.2	
15:46~15:50	58	58	0	100.0	
15:51~15:55	37	37	0	100.0	
15:56~16:00	54	54	0	100.0	
16:01~16:05	45	44	-1	97.7	
16:06~16:10	42	42	0	100.0	
16:11~16:15	56	56	0	100.0	
16:16~16:20	41	41	0	100.0	
16:21~16:25	39	39	0	100.0	
16:26~16:30	40	40	0	100.0	
16:31~16:35	46	46	0	100.0	
16:36~16:40	37	36	-1	97.2	
합 계	550	547	-3	99.4	

2) 2차 센터수집 교통데이터 정합성 검증

<표 9> 2차 센터 유/무선 수집 데이터 비교표

검지시간	수집방법		오차	오차율(%)	비고
	유선	무선			
20:00~20:05	50	50	0	100.0	
20:05~20:10	41	41	0	100.0	
20:10~20:15	29	29	0	100.0	
20:15~20:20	51	51	0	100.0	
20:20~20:25	33	33	0	100.0	
20:25~20:30	44	42	-2	95.4	
20:30~20:35	37	37	0	100.0	
20:35~20:40	32	30	-2	93.7	
20:40~20:45	36	35	-1	97.2	
20:45~20:50	44	44	0	100.0	
20:50~20:55	30	29	-1	96.6	
20:55~21:00	33	33	0	100.0	
합 계	460	454	-6	98.6	

IV. 무선통신 시스템 평가 결과

1. 평가 결과

수도권 남부 국도 38호선에 설치된 영상검지기 12개소에서 15일간 유/무선 데이터 수집 결과는 <표 10>과 같다.

<표 10> 15일간 통계 결과표

장비 번호	수신 데이터 수		오차	수신율 (%)	비고
	유선	무선			
180	320,268	319,178	-990	99.7	
190	275,834	274,657	-1,177	99.6	
200	302,408	301,542	-866	99.7	
210	260,952	259,996	-956	99.6	
220	388,251	385,868	-2,383	99.4	
230	98,911	97,807	-1,104	98.9	11일간
240	205,233	192,001	-13,232	93.6	11일간
250	433,012	431,875	-1,137	99.7	
270	151,694	150,907	-787	99.5	
280	240,493	236,599	-3,894	98.4	
290	151,412	149,007	-2,405	98.4	12일간
300	220,660	216,080	-4,580	97.9	12일간
통 계	3,049,128	3,015,517	-33,511	98.7	

15일간 유선 대비 무선 수신율은 98.7%로 통계결과가 도출되었다.

단, 검지기의 유무선 수신 데이터의 동등한 비교를 위하여 영상검지기 및 기타 장비의 장애로 인하여 데이터 수집이 안된 장소에 대해서는 유무선 모두 통계대상에서 제외하였다.

2. 경제성 분석

수도권 남부 국도 38호선 평택에서 안중구간 약 19Km 구간에 설치된 영상검지기 13개소를 운영하는 교통정보 시스템에 본 무선통신 시스템을 적용할 경우 <표 11>과 같이 연차적으로 통신비용 절감효과를 볼 수 있다.

<표 11> 경제성 분석표 (단위 : 백만원)

항 목		초기 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	비고
유선	통신비	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	
	장비비	9.1	-	-	-	-	
소 계		71.5	133.9	196.3	258.7	321.1	
무선	통신비	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	
	장비비	90.0	-	-	-	-	
소 계		109.2	128.4	147.6	166.8	205.2	
비용 분석	유선	71.5	133.9	196.3	258.7	321.1	
	무선	109.2	128.4	147.6	166.8	205.2	
중 감		37.7	-5.5	-48.7	-91.9	-135.0	

참조]

- 연간 회선당 비용:480만원 (단가 회선당 40만원 x 12개월)
- 무선통신 시스템 장비비는 구축사업 프로젝트 금액
- 유선통신/무선통신에 의한 회선 수 : 13회선 / 4회선

결론적으로 무선통신 장비를 설치하였을 경우 <표 11> 경제성 분석표와 같이 2년이면 손익분기점을 넘는 것으로 판단되며, 향후 5년간 사용할 경우 약 1.3억의 통신비용 절감 효과가 예상된다.

향후 수도권 남부 국도 전체 시스템에 대한 경제성 분석은 현장 여건에 따라 그룹 수가 결정되므로, 실제 실사를 통한 실시설계가 수행되어야 정확한 금액이 산정 될 수 있다.

IV. 결 론

본 연구는 국도교통관리시스템에 대하여 무선통신시스템 적용성을 평가하였으며, 평가의 기준은 유/무선 통신상의 데이터 정합성으로 하였다.

적용성 평가 결과 유선 대비 무선 수신율은 98.7%로 높은 정합성을 보여주고 있으며, 경제성 분석에서도 2년이면 손익분기점을 넘는 것으로 나타나 유선통신망을 대체 하여 무선통신시스템을 적용할 수 있다고 판단되어진다.

물론 전체 유선통신망을 대체하기에는 도심 부에서의 Line-of-Sight(LOS) 확보 및 멀티드롭(Multi-drop)방식에 따른 데이터 손실 등 몇 가지 문제점이 있지만 대부분의 유선통신망을 대체하는 것에는 문제가 없을 것이다.

무선통신 시스템의 전송방식인 멀티드롭(Multi-drop)방식의 문제점은 센터와 연결되어 있는 마스터장비와 멀어질수록 데

이더 손실이 많아지므로, 마스터에서 터미널 장비까지를 최대 5개를 넘지 않도록 그룹을 구성하고, 하드웨어적으로는 무선 장비간 통신 오류 발생시 기존 3회 재전송에서 10회 재전송으로 늘려 데이터 손실을 줄이는 방안을 검토해야 할 것이다. 또한 LOS 확보 및 멀티드롭 방식의 해결방안으로는 양방향 통신이 가능한 기지국을 설치하여 점대점 구성을 하는 방법도 고려해 볼만하다.

참고문헌

1. 김재선, 구기준 공저, 최신 무선통신기기, 도서출판 광명, 2002
2. 이인행, 김영훈 공저, 데이터통신과 패킷교환, 홍릉과학출판사, 1995
3. 채해수, 정보통신 설비설계 및 현장실무, 영진출판사, 1999
4. Finkenzeller, Klaus, RFID Handbook: Radio-frequency Identification Fundamentals and Applications, John Wiley & Sons Ltd, 1999
5. Ganesh, Rajamani and Kaveh Pahlavan(Eds.), Wireless Network Deployments, Kluwer Academic Publisher, 2000
6. Razavi, Behzad, RF Microelectronics, Prentice Hall PTR, 1998
7. Behrouz Forozan, Introduction to Data Communications and Networking, McGraw-Hill, 1999