

검지기 수집 자료 특성을 고려한 검지기 설치사업 우선순위 및 연차별 사업계획 수립

Considering the characteristics of detector collected data for detector installation
business priorities and the annual business plan

손영태* · 이상화** · 김다희*** · 이승준****

Son, Young Tae · Lee, Sang Hwa · Kim, Da Hee · Lee, Seung Jun

1. 서론

1991년에 도입된 고속도로 교통관리시스템(FTMS : Freeway Traffic Management System)에서는 교통자료의 주요 수집원으로 검지기를 사용하고 있다. 검지기를 통해 직·간접으로 수집된 자료들은 고속도로 소통 상황, 돌발상황, 차로 운영현황 등의 실시간 제공을 가능하게 하여 이용자의 편의성을 제고하고, 버스전용차로, 톨게이트 운영, 가변차로 등 교통운영에 필요한 제어요소로 활용되어 왔다.

그러나 현재 고속도로 상에 설치되어 있는 지점검지기는 본선을 대상으로 1km의 등 간격으로 설치되어 있어 설치된 지점만의 교통상태를 수집하게 되고 이로 인해 설치지점 사이에서 발생하는 상황에 대한 정보를 얻기 어렵다. 뿐만 아니라 기하구조 특성을 고려한 등 간격의 설치기준은 교통 특성을 반영하지 못해 제공되는 교통정보와 실측자료는 혼잡구간에서 많은 오차를 보여 정확도가 저하된다. 또한 교통량이 적은 곳은 각 검지기마다 유사한 값을 보여 검지기 설치비용 대비 정보의 효과적인 수집이 어렵다.

본 연구는 검지기 유형별 수집 자료의 특성에 따라 수집 자료의 정확도를 향상시키고, 검지기 설치비용 대비 효과를 극대화하기 위한 방안으로 지점검지기와 구간검지기를 통합하여 설치하는 방안을 제시하였으며, 이에 따른 검지기 설치사업 우선순위 및 연차별 사업계획을 수립하였다.

2. 지점검지기 수집자료의 특성 분석

2.1 대상구간 선정

교통자료 수집 대상구간은 지점검지기의 자료특성과 구간검지기의 자료특성을 비교·분석하기 위해 지점검지기와 구간 검지기가 설치되어 있고 혼잡 구간과 비 혼잡 구간이 혼재되어 속도 변화가 발생하는 구간이어야 한다. 이러한 근거를 바탕으로 경부고속도로의 양재IC~오산 IC 구간(37.44km)을 분석 대상구간으로 선정하였다.

* 회 원 · 명지대학교 교통공학과 교수 · 공학박사 · 031-330-6504(E-mail : son@mju.ac.kr)

** 비회원 · 명지대학교 산학협력단 연구원 · 공학박사 · 031-330-6504(E-mail : ssangtangboru@hanmail.net)

*** 회 원 · 명지대학교 교통공학과 석사출업 · 공학석사 · 031-338-6504(E-mail : maryco@hanmail.net)

**** 회 원 · 도로교통연구원 책임 연구원 · 공학박사 · 031-371-3427(E-mail : samuellee@ex.co.kr)

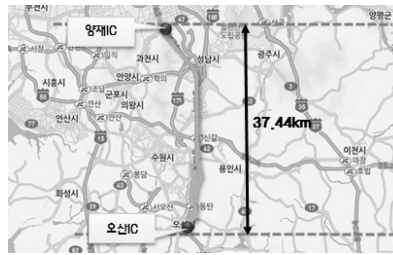


그림 1. 대상구간 위치 현황

선정된 교통자료 수집 구간의 검지기 설치현황을 파악한 결과, 양재IC~오산IC에는 단방향 23개, 양방향 총 46개의 영상식 검지기가 설치되어 있으며, 검지기별 평균 간격은 1.62km로 설치간격 기준인 1km를 초과하고 있으나 이는 현재 지하구조 개선 공사 중인 서울영업소~판교 JC간에 검지기가 미설치된 것에 영향을 받은 것으로 보인다. 또한 본 구간 내 시범 구축된 DSRC는 총 11개소의 DSRC가 설치되어 있다.

2.2 수집 자료 유형 및 수집시간

분석 대상구간에서 수집되는 자료는 크게 실측 통행시간 조사 자료와 검지기 자료로 구분된다. 실측 통행시간 조사 자료는 일반차량 통행시간 조사 자료인 주행차량 조사 자료와 버스의 통행시간 조사 자료인 버스탑승 조사 자료로 구분되며, 검지기 자료는 지점검지기를 이용한 자료로 구분된다.

표 2.1 수집 자료 유형 및 수집시간

구분	자료 내용	자료 수집 방법	수집 자료 범위
실측 자료	- 버스 및 일반 차량의 통행시간 및 통행속도 자료	- 주행차량조사 - 버스탑승조사	- 공간적 범위 : 반포IC~오산IC - 시간적 범위 : 2009년 10월 7일(오전 6시~오후 22시)
FTMS	- 한국도로공사 FTMS 자료	- FTMS 가공 자료(5분, 15분)	- 공간적 범위 : 반포IC~천안IC - 시간적 범위 : 2009년 10월 7일(오전 0시~오후 23시 55분)
DSRC	- 한국도로공사 DSRC 자료	- DSRC 가공 자료(2분)	- 공간적 범위 : 양재IC~안성IC - 시간적 범위 : 2009년 10월 7일(오전 0시~오후 23시 50분)

2.3 교통자료 분석 결과

2.3.1 첨두시와 비첨두시의 통행시간 분석

본 연구에서는 첨두시와 비첨두시의 통행시간 실측 통행시간 수집 자료와 검지기 수집 자료의 패턴을 분석하기 위해 조사자료 시간대 중 첨두시와 비첨두시의 통행시간 자료를 비교·분석하였다.

그림 2는 2009년 10월 7일 오전 9시 20분 오산 IC를 출발하여 경부선을 상행하는 실측차량의 구간별 통과시간을 기준으로 하여 비첨두시의 구간별 누적 통행시간을 수집 자료별로 나타낸 것이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 각 구간별로 통행시간 차이는 그리 크지 않은 것으로 보여 비첨두시의 경우에는 지점검지기의 경우 신뢰할 만한 정보를 제공하고 있다고 판단되어진다.

그림 3은 2009년 10월 7일 오후 17시 20분 오산 IC를 출발하여 경부선을 상행하는 실측차량의 구간별 통과시간을 기준으로 하여 실측(통합), 지점검지기(통합) 구간별 누적 통행시간을 그래프로 나타낸 것이다. 그림 3에서 나타난 바와 같이 실측(통합)이 지점검지기(통합)에 비해 높은 값을 보이고 있으며, 신갈JCT 이후 그 차이가 두드러지게 남을 알 수 있다. 이는 검지기 자료가 혼잡이 심할수록 오차가 커질 수 있음을 확인시켜 주는 것으로 현 검지기가 비혼잡 구간과 혼잡 구간에서 동일한 설치간격을 적용하는 것이 정확도에 영향을 미치고 있음을 의미한다고 볼 수 있다.

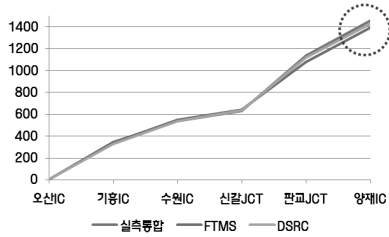


그림 2. 비첨두시간 분석 결과

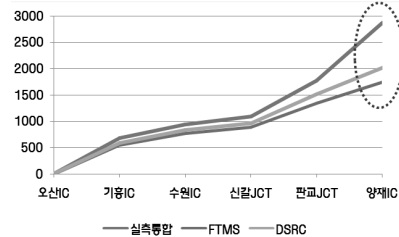


그림 3. 첨두시간 분석 결과

2.3.2 구간별 통행시간 오차율(%) 비교 분석

본 절에서는 통합자료와 버스자료의 실측자료와 FTMS 자료 및 DSRC 자료의 각 구간별 통행시간 오차율을 구간별로 분석하였다.

실측 통행시간 조사 자료를 기준으로 FTMS(지점 검지기) 및 DSRC(구간 검지기) 수집 자료의 통행시간 오차율을 비교한 결과 DSRC(구간 검지기) 수집 자료의 통행시간 오차율이 FTMS(지점 검지기) 수집 자료의 통행시간 오차율보다 대부분 적게 나타나 통행시간 추정에 구간 검지가 지점 검지에 비해 효율적임을 알 수 있었다.

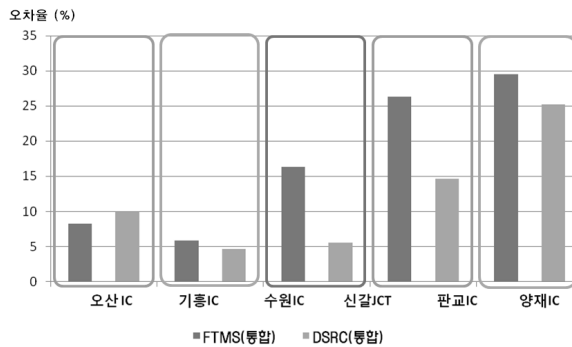


그림 4. 실측 통합자료와 FTMS(통합), DSRC(통합) 오차율 비교

실측 버스통행시간의 경우 일반적으로 FTMS(지점 검지기) 자료가 DSRC(구간 검지기) 자료에 비해 낮은 오차율을 보이고 있음을 알 수 있다. 여기서 FTMS 1차로 자료가 낮은 통행시간 오차율을 보임을 알 수 있는데 이는 버스가 전용차로인 1차로로 주행하고 있는 것에 그 원인을 찾을 수 있다. 한 가지 특이한 현상으로 버스통행시간 실측자료가 FTMS 1차로 자료보다 FTMS(통합)자료에 근접한 값을 보이는 것을 들 수 있는데, 이는 앞서 언급한 바와 같이 FTMS에서 제공하는 속도가 일반적으로 높은 속도로 관측되는 것에 기인한다고 볼 수 있다.

따라서 차로별로 운영을 하는 구간인 경우(버스 전용차로 등) 차로를 하나로 통합하여 정보를 생성하는 것보다 차로별 통행정보를 생성하여 제공하는 것이 구간의 통행정보(통행속도 및 통행시간 등)의 정확도 향상에 기여함을 알 수 있다.

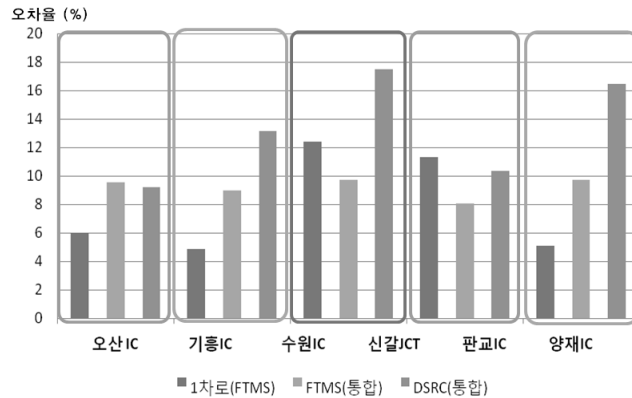


그림 5. 실측 버스자료와 FTMS(1차로), FTMS(통합), DSRC(통합) 오차율 비교

실측 일반 자료의 경우에는 오차율이 DSRC 통합, 그 외차로 FTMS, FTMS 통합 순으로 적게 나오는데 실측 일반 자료는 일반 승용차의 구성비가 클에 따라 속도가 상대적으로 느린 DSRC의 자료와 더 유사한 것으로 나타난다. FTMS자료의 경우에는 비록 상대적으로 높은 오차율을 보이나 차로를 구분할 경우 오차율을 감소시킬 수 있음을 시사한다.

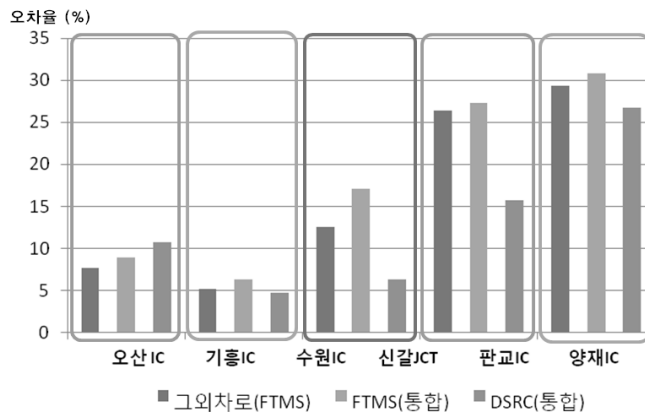


그림 6. 실측 일반자료와 FTMS(그외차로), FTMS(통합), DSRC(통합) 오차율 비교

2.3.4 결론 및 시사점

이상에서 살펴본 구간검지기과 지점검지기 수집 자료의 비교·분석을 통해 지점 및 구간 검지기의 효율적으로 활용하기 위한 보완사항을 요약하였다.

표 2.2 지점 및 구간 검지기 비교·분석 결과

구분	지점 검지기	구간 검지기
활용사항	- 전수 및 차로별 조사 가능	- 실측자료와 비교시 낮은 오차율
보완 사항	- 본선에만 집중 설치 - IC 전·후 구간 통행시간 고려 - FTMS의 속도가 실측자료 및 DSRC 자료와 비교·분석하였을 때, 비교적 높게 기록됨	- DSRC의 교통정보는 어느 구간을 통과한 차량의 통행시간 이용 → 시간차집 현상 발생 - DSRC 자료 가공과정에서 수집된 정보 중에 운전자 임계시간(현재 5분으로 설정) 내에 존재하는 최근 자료에 한해 교통 정보를 가공 - 차량 내 단말기(OBU : On Board Unit)를 장착한 차량에 한해서만 자료 수집 - 차로구분이 불가능하며, 통행시간 산출시 휴게소 소요시간을 포함한 정보 제공

각 검지기의 검지기는 효율성을 고려하여 적정수준을 유지하도록 구축방안이 수립되어야 하며, 지점 및 구간 검지기의 장점을 이용하여 두 검지기가 보완을 이루어 효율성을 높일 수 있도록 통합하여 설치하여야 한다.

3. 검지기 설치 사업 우선순위 및 연차별 사업계획 수립

3.1 고속도로 기하구조에 따른 검지기 설치사업 우선순위 수립

앞서 언급한 바와 같이 연결로의 방향별 교통량을 파악할 수 없는 현재의 검지기는 장래 교통 전략을 수립하는데 어려움으로 연결된다. 이를 위해서는 본선구간의 검지기 구축보다 IC 및 JC의 연결로를 포함한 연결로의 검지기 구축이 우선적으로 이루어져야 한다.

또한 현재 운전자에게 제공되고 있는 교통 정보는 구간을 통행하는데 소요되는 시간으로 표현하고 있으며, 운영 중인 지점 검지기를 활용할 경우 앞서 분석 결과에서 보았듯이 통행시간 오차가 자주 발생한다.

이는 지점 검지기가 본선구간의 교통정보만 수집하고 JC 전·후 구간의 통행시간 정보를 수집하기 어려워 교통정보의 오차가 생기는 경우도 발생하므로 이를 보완하기 위하여, JC 전·후 구간에 구간 검지기를 구축하여야 한다.

마지막으로 JC 전·후 구간 이외에도 IC 전·후 구간 또한 교통량의 변화가 심한 구간이기 때문에 IC 전·후 구간의 검지체계 구축이 필요하다. IC 및 JC 구간 검지기 구축의 경우, 연결로의 통행시간을 산출할 수 있어 교통 정보의 정확성을 향상(통행시간 오차 감소)시킬 수 있을 뿐만 아니라, 구간 검지기의 수집자료(진출입 교통량)를 활용하여 방향별 전환비율을 산출할 수 있으며, 연결로에 설치되어 있는 지점 검지기의 보완 및 차량의 ID 정보를 활용하여 차량의 경로 추적을 하고 이를 이용하여 O/D 추정 가능성이 있다.

우선적으로 구축이 필요한 연결로, JC, IC 구간의 검지기가 구축이 완료되었다면, 이미 구축되어 운영 중인 본선구간을 보완하도록 지점 및 구간 검지기를 구축하여야 한다.

지점 검지기의 설치간격이 구간의 특성(혼잡 또는 비혼잡 구간)에 적합하게 구축되어 운영 중인 경우 구간 검지기를 구축하며, 도시부 혼잡구간, 상습 정체 구간 등은 지점 검지기의 설치간격 조정이 필요하므로 지점 검지기 보완 구축 후, 구간 검지기 구축하여야 한다.

따라서 경로전환 교통량을 산출하고, 연결로에서 본선으로 유출입하는 교통량을 고려한 검지체계 구축을 통한 교통정보의 정확성 향상을 위한 검지체계 구축 우선순위는 다음 그림 7과 같이 정리할 수 있다.

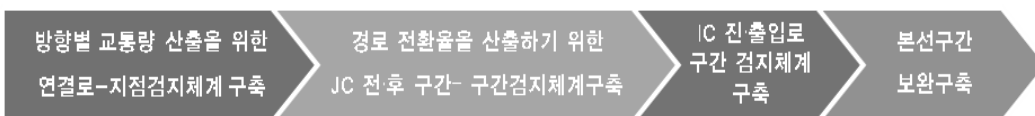


그림 7. 검지기 구축 우선순위

3.2 검지기 연차별 사업계획 수립

3.2.1 검지기 연차별 사업계획 수립을 위한 현황 분석

연차별 사업계획 구간 선정을 위해 다음을 고려하였다.

- 지점 및 구간 검지체계 구축 및 운영 중인 구간
- 상습 지·정체 구간
- 사고 다발 구간
- 안개 잦은 구간
- 교통량 많은 구간(이용도가 높은 구간)
- 하이패스 이용량 많은 구간

본 연구에서는 위의 제시한 연차별 사업계획 구간 선정시 고려사항을 참고하고, 앞서 제시한 검지기 구축 우선순위에 따라 검지기의 연차별 사업계획을 수립하였다.

사업 계획 구간 선정시 인용 자료한 자료는 2009년에 수행된 'DSRC를 활용한 도로 교통 정보 검지시스템 실용화 기술개발 연구 보고서'에 실린 내용으로, 다음의 자료에 나타난 구간들을 지도상에 표시(맵핑)하여 중복되는 구간을 선정하였다.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- 고속도로 구간 정기교통량 서비스 수준 분석 (2007년) + (2008년 - 일부구간)- 고속도로 교통량 분석 - 폐쇄식 구간(2008년)- 하이패스 구간교통량 현황 - 폐쇄식 구간, RF/IR 통합(2008년)- 하이패스 구간이용률 현황 - 폐쇄식 구간, RF/IR 통합(2008년)- 상습 지·정체 구간, 연결로 및 접속부 지·정체 구간, 사고 다발 구간 등 중점 관리 구간(2008년) |
|--|

3.2.2 검지기 연차별 사업계획 수립

고속도로 상에 구축되어 운영될 검지체계는 교통정보의 정확성을 향상시키고 장래 교통전략을 수립하기 위해서는 교통 및 기하구조 특성에 적합한 지점검지기와 구간검지기를 조합하는 통합검지기 설치방안으로 구축되어야 한다. 이에 따라 본 절에서는 통합검지기를 구축하기 위한 연차별 사업계획을 수립하였다.

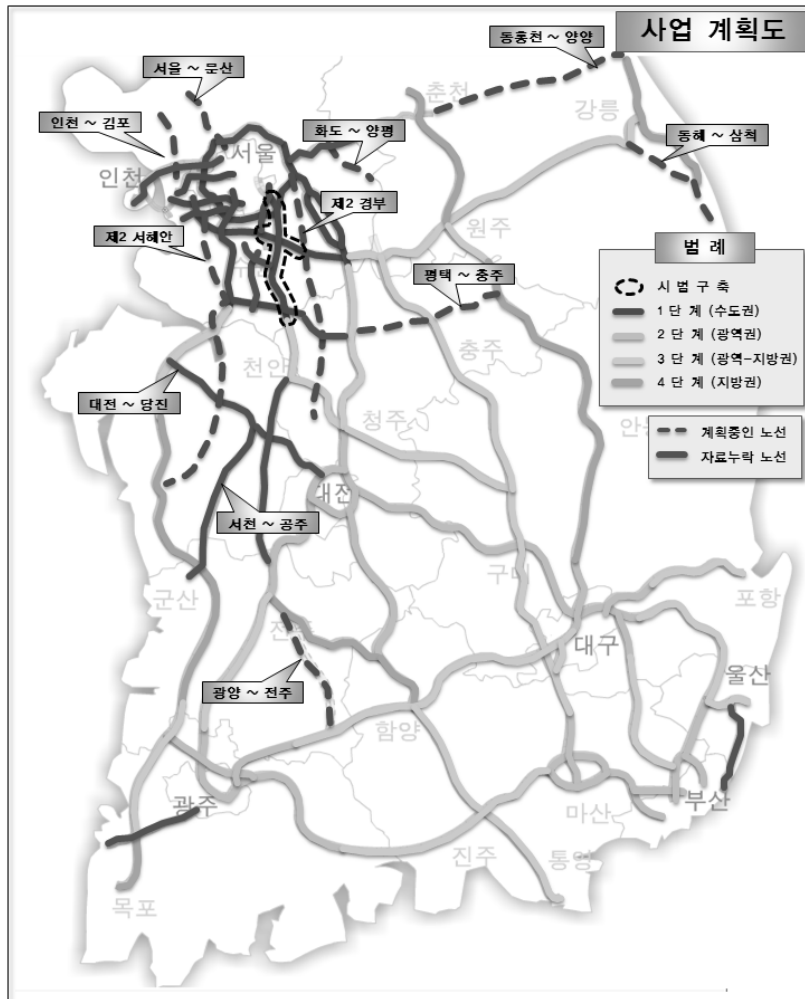
본 연구에서는 통합 검지기 구축을 위한 연차별 사업계획을 우선적으로 전국 61개소에 달하는 JC 구간의 연결로에 지점검지기를 구축하고, 광역권, 광역권과 지방권 연결 노선, 지방권의 JC, IC 구간에 구간검지기를 구축하는 것으로 하였다. 그 후 본선 검지기를 보완하여 구축하는 것으로 우선순위를 정하였다. 연차별 사업 계획은 다음 표 3.1과 같으며, 연차별 사업계획에 따른 세부사항은 표 3.2와 같다.

표 3.1 연차별 사업계획

구 분	사업 범위	사업 범위 선정 기준	
2011년	시범 구축	고속도로 일부구간 시범 구축 - 경부선 (양재IC ~ 안성 IC) - 영동선 (신갈JC ~ 호법JC)	시범구축 구간 선정 근거 - 지점 및 검지기 구축 운영 구간 - 상습 및 주말 지·정체 발생 구간 - 연결로 및 접속부 지·정체 발생 구간 - 사고 다발 구간
	1단계	전국 고속도로 대상 JC 연결로에 지점 검지기 구축	JC의 연결로에 구축 전국 고속도로 총 61개소 구축 모든 방향의 연결로에 구축
2012년	2단계	JC 및 IC 구축 (구간 검지기) 수도권(서울, 경기, 인천지역) 및 광역권 구축 수도권에 포함되는 고속도로 노선에 우선 구축 광역권 : 호남권, 충청권, 대경권, 동남권	다음 사항이 포함되는 구간 - 지점검지기 구축 운영 구간 - 교통량 서비스 수준이 D-F인 구간 - 상습 및 주말 지·정체 발생 구간 - 연결로 및 접속부 지·정체 발생 구간 - 사고 다발 및 안개 잦은 구간
2013년	3단계	JC 및 IC 구축 (구간 검지기) 광역권과 지방권을 이어주는 고속도로 구간	광역권과 수도권을 제외한 구간 교통량 서비스 수준이 B-C인 구간
2014년	4단계	JC 및 IC 구축 (구간 검지기) 지방권(수도권, 광역권을 제외한 지역) 잔여 구간 포함	교통량 서비스 수준이 A인 구간
2015년	5단계	본선 구간 보완 구축	지점 검지기 적정 설치간격 구축 여부에 따라 검지체계의 종류를 결정하여 구축 - 혼잡구간의 적정 설치간격 : 0.30 ~ 0.59km(도시부, 혼잡부) - 비혼잡구간의 적정 설치간격 : 0.77 ~ 1.43km(지방부, 비혼잡부) - 고속도로 노선별 혼잡 구간의 지점검지기 설치간격 검토 후 적정 설치간격으로 보완 - 이미 적정 설치간격인 경우, 구간검지기 구축

연차별 사업 계획에 따라 이미 지점 검지기가 구축되어 운영 중이며, 구간검지기 또한 시범 구축되어 운영 중인 경부고속도로 및 영동고속도로 일부 구간을 시범구축구간으로 선정하였으며, 전국 61개소의 JC 연결로에 지점 검지체계를 구축하는 것까지 시범구축 및 1단계 사업으로 수행토록 하였다.

다음해에는 수도권 및 광역권의 IC 또는 JC 전·후 구간에 구간 검지기를 설치하도록 하였으며, 2013년에는 광역권과 지방권을 연결해주는 노선에, 2014년에는 지방권 노선의 IC 또는 JC 전·후 구간 및 IC의 진출입로에 구간 검지기를 구축하는 것을 완료하는 계획을 수립하였다. 2015년에는 본선구간의 보완 구축을 계획으로 수립하였다. 다음 그림 8은 검지체계 연차별 세부사항에 따른 사업계획도이다.



* 2008년 이후 개통된 노선 및 신규 노선 누락

그림 8. 고속도로 연차별 사업계획도

4. 결 론

본 연구에서는 다양한 교통전략 수립과 교통정보의 정확성을 향상시키기 위하여 검지기 구축 우선순위를 다음과 같이 정하였다.

연결로(지점 검지기) → JC 전후구간(구간 검지기) → IC 진출입 연결로(구간 검지기) → 본선구간(통합 검지기)

검지기 구축 우선순위에 따라 연차별 사업계획 수립을 하였으며, 연차별 사업계획 구간 선정시, 지점 및 구간 검지기 구축 운영 중인 구간, 상습 지·정체 구간, 사고 다발 구간 등을 고려하기 위해 최근 고속도로 교통량 자료, 상습 지·정체 구간 자료 등을 수집하였다.

본 자료를 활용하여 지점 및 구간 검지기가 기구축되어 운영 중인 경부고속도로와 영동고속도로 일부 구간에 시범 구축하고, 1단계로 전국 JC 구간 연결로 61개소에 지점 검지체계를 구축하고 2~5단계까지 수도권에서 광역권, 지방권까지 확대되는 통합 검지체계의 연차별 사업계획을 수립하였다.

이 계획이 실제 현장에 적용되기 위해서는 한국도로공사의 교통처, ITS처 등 관련 부처와의 긴밀한 협의가 필요할 것으로 생각된다. 통합 검지기 연차별 사업계획에 따라 전국 고속도로의 통합 검지기가 구축될 경우, 효과적인 고속도로 교통관리 전략 수립이 가능할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 강정규 외(2004), “고속도로 운영관리 및 정보제공을 위한 지·정체도 계량화 방안”, 한국도로공사
- [2] 김재진(2006), “구간검지체계를 이용한 On-Line 출발시간기준 링크 통행시간 추정(연속류를 중심으로)”, 대한교통학회지 제24권 제2호, 대한교통학회
- [3] 김재진(2006), “구간검지체계를 이용한 통행시간 정보의 공간적 설계-연속류를 중심으로”, 제53회 학술발표회 논문집, 대한교통학회
- [4] 교통개발연구원(2000), “교통혼잡 특별관리구역의 지정 및 관리방안에 관한 연구”
- [5] 한국도로공사(2008), “DSRC를 활용한 도로교통정보 검지시스템 실용화 기술개발”
- [6] 한국도로공사(2000), “고속도로 교통소통 통합관리체계 수립을 위한 조사분석”
- [7] 한국도로공사(2000), “고속도로 교통소통 통합관리체계 수립 연구”
- [8] 한국도로공사(1999), “도로연구소, 고속도로 교통소통 통합관리체계 개발 연구(I)”