

# 국토정책 Brief

KRIHS ISSUE PAPER



KRIHS POLICY BRIEF • No. 593

발행처 | 국토연구원 • 발행인 | 김동주 • www.krihs.re.kr

## 지능형교통체계의 패러다임 변화를 고려한 첨단도로인프라 관리방안

김광호 국토연구원 책임연구원

### 요약

- 1** 지능형교통체계(ITS)의 패러다임 변화로 인해 ‘차량위치 기반의 교통정보 수집 및 제공 확대’, ‘정보·통신 인종 및 보안 시스템의 강화’ 등 신규 요구사항이 등장
  - 국내·외에서 기존의 ITS가 협력형 시스템인 C-ITS로 진화하고 있으며, C-ITS의 첨단도로인프라와 차량자동화를 접목하여 자율주행시스템을 구현하려는 정책이 추진 중임
- 2** 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리에 관한 기존 업무만으로는 ITS의 패러다임 변화에 대응하여 ITS 전반의 운영 및 유지관리체계를 개선하기 위한 정책적 요구에 부응하기에 미흡함
  - 개별 장비 및 시스템의 장애복구와 기본 성능유지 위주의 유지관리체계는 ITS 서비스의 효율적 운영에 필요한 요구사항을 충분히 반영하지 못함
- 3** 첨단도로인프라에 관한 기존의 운영 및 유지관리 업무 수행 이외에, 보다 상위 단계에서 관련 정책의 방향성을 제시하기 위한 중·장기적이고 전략적인 측면의 관리 개념 도입이 요구됨
- 4** 첨단도로인프라의 관리는 ‘중·장기적 전략 강화를 위한 계획체계의 정비’, ‘관련 분석절차 도입의 제도화’, ‘운영 및 유지관리의 평가체계 개선’ 등을 통해 시행 가능함

### 정책방안

- ①** 10년 단위로 수립되는 지자체 법정계획인 ‘ITS 지방계획’에 첨단도로인프라의 전략적 관리 개념을 적용하여 운영 및 유지관리체계 개선방안을 제시하도록 관련 법조항을 수정·보완
- ②** 첨단도로인프라 관리를 위한 요구사항 분석절차에 관한 지침을 중앙정부 주도로 작성하여 해당 지자체에 그 활용을 장려하고 구체적인 분석을 위한 전문 인력양성 지원
- ③** ITS의 패러다임 변화에 따른 하드웨어 측면의 신규 요구사항을 유지관리에 반영하고, ITS 서비스의 ‘운영’과 관련 장비 및 시설의 ‘유지관리’를 연계하기 위한 성능지표를 개발·적용
- ④** 교통관리센터의 운영·관리 평가를 개선 및 확대하고, 해당 평가결과를 데이터베이스로 저장·관리하여 운영 및 유지관리 체계 개선을 위한 전략 도출에 활용

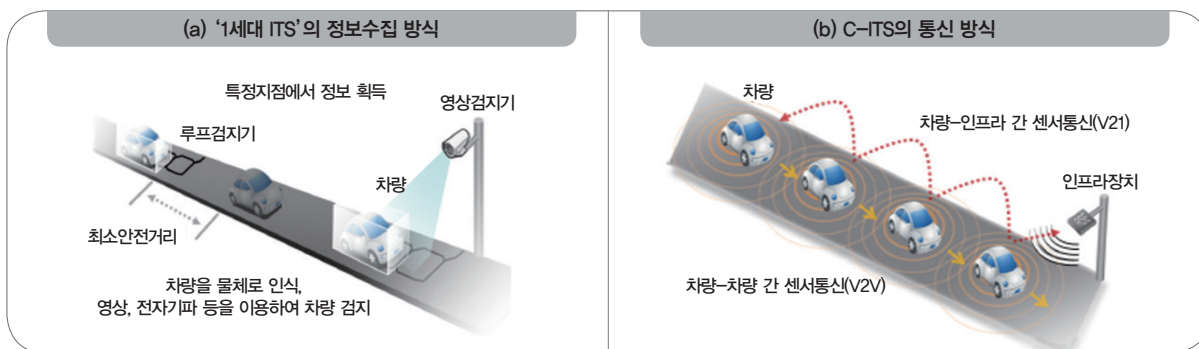
## 1. ITS<sup>1)</sup>의 패러다임 변화

### 1세대 ITS<sup>2)</sup>에서 C-ITS<sup>3)</sup>로의 진화

정보·통신 기술발전으로 인해 ‘고정식 검지 및 단방향 통신’을 활용하는 1세대 ITS에서 ‘차량 위치기반의 이동형 검지 및 양방향 통신’에 기반을 둔 C-ITS로 지능형교통체계가 진화함

- C-ITS의 도입으로 인해 ‘자료의 수집 주체’와 ‘정보를 표출하는 주체’의 불일치가 빈번하게 발생할 수 있으며, 각 운영 주체의 독립성과 주체 간 상호 신뢰가 중요해짐

그림 1 1세대 ITS와 C-ITS의 주요 기술 방식



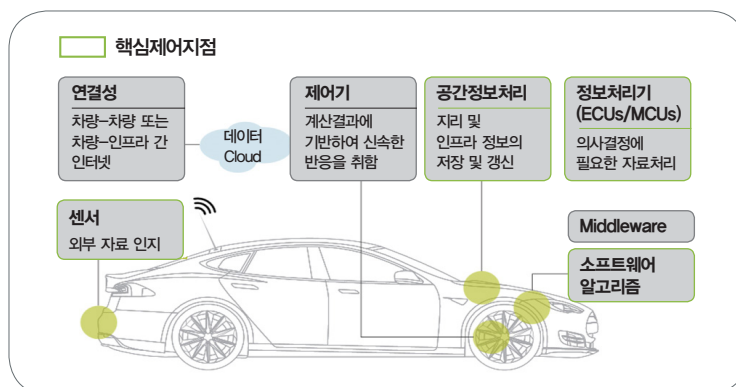
출처: 국가경쟁력강화위원회, 2012, ITS발전전략.

### 차량자동화

운전자의 안전 향상을 위한 첨단운전지원시스템을 통해 차량 간 간격 유지, 차로 유지, 비상 제동 등 낮은 수준의 자동화 서비스가 이미 상용화됨

- 관련업체들은 차량자동화의 핵심 기술요소인 센서, 제어기, 소프트웨어 알고리즘, 전자 정밀지도 등의 고도화를 위한 연구개발 및 검증을 추진 중임

그림 2 첨단운전지원시스템을 위한 차 내 구성요소



출처: McKinsey&Company, 2016, Advanced driver-assistance systems: Challenges and opportunities ahead.

1) 지능형교통체계(Intelligent Transportation Systems: ITS)는 “교통으로 인한 환경적 영향을 감소시키면서 안전 및 이동성을 향상시키기 위한 육상 교통 대상의 첨단 정보·통신의 적용(application)”으로 정의됨(Sill et al, 2011).

2) 본 브리프에서는 1세대 ITS를 “각 교통관리센터를 중심으로 중앙 집중형의 정보 취합 및 전달, 운영 관리 등을 수행하는 전통적인 방식의 지능형교통체계”로 정의함.

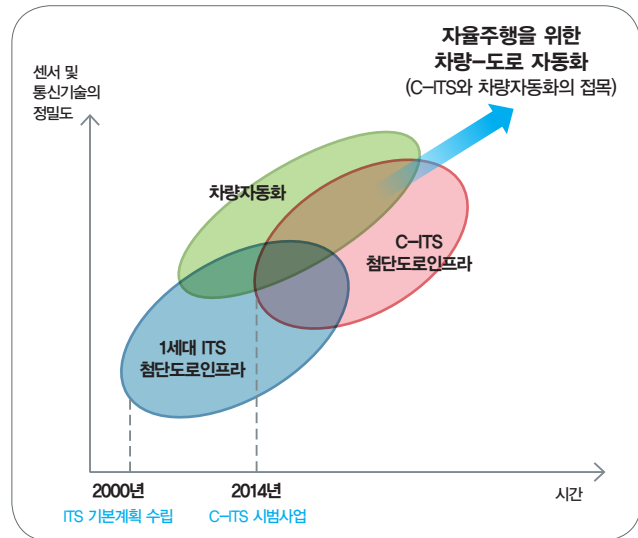
3) C-ITS는 “안전, 지속가능성, 효율성 등을 개선하기 위해 독립적으로 운영 및 인증되는 장치들 간의 정보 교환을 통해 시기적절하게 경고를 제공하거나, 필요한 조치를 시행하도록 하는 ITS임”(National ITS Architecture Team 2015).

## C-ITS와 차량자동화의 접목을 통한 ‘차량-도로 자동화’의 도입<sup>4)</sup>

주요 선진국들은 C-ITS와 차량자동화를 접목한 협력형 자율주행시스템인 ‘차량-도로 자동화’를 구현하기 위한 연구개발 및 시범사업을 추진함

- 차량자동화에만 의존하는 독립형 자율주행차량은 그 인지 범위가 시·공간적으로 제한되기 때문에 안전 측면의 보완이 필요함
- 자율주행의 도입 초기 단계에서는 차량자동화를 위해 고가의 센서 및 카메라 장비를 사용해야 하기 때문에 도로 인프라의 도움 없이는 대량 차량의 가격 경쟁력 확보가 어려움

그림 3 협력형 자율주행의 추진방향



C-ITS와 ‘차량-도로 자동화’는 도로 인프라와 차량 간에 정보 교환을 전제로 한다는 점에서 유사하지만 이 두 시스템은 차량제어의 주체가 다르다는 점에서 차별화됨

- C-ITS는 인간 운전자가, ‘차량-도로 자동화’는 차량의 내부 시스템이 각각 운행 제어의 주체이므로 두 시스템에 대한 정보교환 메시지 형식 및 내용의 기술적 요구수준이 서로 다름

## 정보 수집, 가공 및 제공에 관한 주요 신규 요구사항

C-ITS 및 ‘차량-도로 자동화’의 활성화를 위해 대상 서비스에 적합한 통신기술이 선택되어야 하며, 다양한 통신매체를 수용할 수 있는 개방형 기술 프로토콜이 적용되어야 함

정적인 기하구조 정보와 교통 정보, 노면 기상 등의 동적 정보에 관한 데이터베이스들을 연계하여 지도 관련 정보들을 통합적으로 수집 및 가공할 수 있는 시스템을 구축·운영할 필요가 있음

교통관리센터의 성능개선 및 용량확충이 요구되며, 안전 위협요인에 대한 신속한 대응을 위해서 차량 간 또는 차량과 노면 인프라 간 국지적(즉, 센터를 매개로 하지 않는) 통신도 가능해야 함

개별 차량으로부터의 정보 수집이 확대됨에 따라 해킹 또는 개인정보 침해에 대응하기 위한 정보·통신 보안 인증 및 네트워크 관리의 강화가 요구됨

4) Google이나 Ford와 같은 일부 민간 업체들은 도로 인프라에 거의 의존하지 않는 ‘독립형 (autonomous) 자율주행’ 위주의 기술 개발에 주력하고 있어서 자율주행과 관련하여 차량과 도로인프라 간의 역할 분담에 대한 불확실성이 아직 높은 실정임.

## 2. 첨단도로인프라<sup>5)</sup>의 관리 개념

### ITS 운영 및 유지관리 업무

국내에서 수행되는 ITS 운영 및 유지관리 업무는 <표 1>과 같이 운영, 유지관리, 시험·검사·검증, 교정으로 구분됨

표 1 ITS 인프라에 대한 운영 및 유지관리 업무

업무 구분	업무 내용
운영	수집 시설·장비를 이용한 교통정보의 수집, 자료의 분석·가공, 관련 시설제어에 활용, 일반에 교통정보 제공
유지관리	운영에 필요한 성능 및 기능유지를 위한 전문적인 유지 보수(직접 수행 또는 전문업체 위탁)
시험·검사·검증	운영 및 유지관리 업무수행을 위해 성능평가전담기관/표준화전담기관에서 정하는 바에 따라 시험·검사·검증 수행
교정	시험·검사·검증 결과에 따라 ITS 시설·장비의 기능 수정·보완

자료: 국토교통부, 2015, 자동차·도로교통 분야 ITS 사업시행지침.

### 전략적 관리 개념의 도입 필요성

기존의 운영 및 유지관리 업무만으로는 ITS 패러다임 변화에 대응하기 위한 정책적 요구에 부응하기에는 한계가 있음

주요 선진국들은 운영 및 유지관리를 전체 시스템 차원에서 개선하는 방안을 강구함

- 미국 연방교통부는 지금까지 포장시스템 및 교량구조물에 주로 적용해온 자산관리를 첨단도로인프라 분야에도 적용함
- 자산관리는 대상 자산의 상태 및 성능을 지속적으로 점검하고, 그 결과를 운영 및 유지관리의 목표 설정에 반영하여 관련 업무를 개선하도록 함으로써 자산 이용자의 요구에 부응함

기본적이고 단기적인 운영 및 유지관리 업무도 지속되어야 하지만, 그 외에도 보다 상위단계에서 운영 및 유지관리체계를 전반적으로 개선하기 위한 계획 및 진단에 중점을 둔 전략적 관리 개념이 요구됨(그림 4) 참조)

그림 4 첨단도로인프라의 관리 개념



5) 본 브리프에서는 첨단도로인프라를 “첨단 정보·통신 기술을 활용하여 도로 교통을 안전하고 효율적으로 운영하기 위해 사용되는 인적, 물리적 및 시스템적 자산(asset)”으로 규정하며, 첨단도로인프라 중 그 운영개념이 비교적 잘 정립되어 있는 ITS 인프라를 중심으로 논의함.

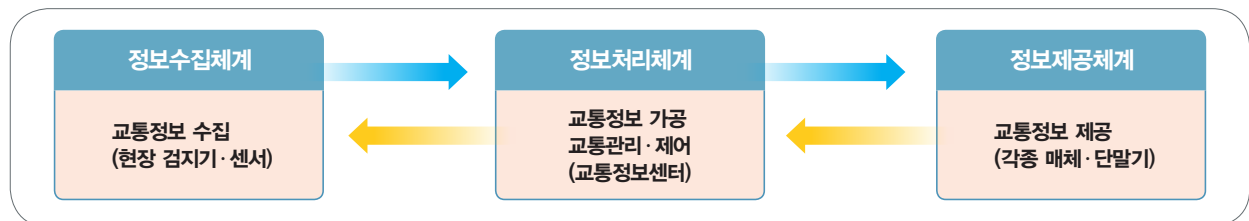
### 3. ITS 운영 및 유지관리 현황과 문제점

#### ITS 운영 및 유지관리 현황

ITS 사업<sup>6)</sup>을 통해 현장 검지기, 통신 설비 등의 첨단도로인프라가 국내 전역에 구축되어 실시간 교통정보 제공, 버스운행 관리 등 다양한 서비스가 제공됨

ITS 서비스를 위한 교통정보의 수집, 가공 및 제공 체계가 <그림 5>와 같이 교통관리센터를 중심으로 구축되어, 관련 첨단도로인프라가 해당 센터를 통해 운영 및 유지관리되고 있음

그림 5 ITS 서비스를 위한 교통정보의 수집, 가공 및 제공



출처: 국가경쟁력강화위원회, 2012. ITS발전전략.

#### 기존 ITS 운영 및 유지관리의 문제점

기존의 ITS 운영 및 유지관리 업무로는 다양한 이해관계자의 요구사항을 충분히 반영하지 못함

- 국내의 교통관리센터들은 현재 국토교통부의 국가교통정보센터를 매개로 하여 상호 교통정보를 공유하고 있으나 개별 센터 간 직접적인 정보 연계는 미흡한 실정임
- 개별 시스템의 성능유지 및 장애복구 등 하드웨어 측면만을 고려한 유지관리로는 ITS 서비스 운영 측면의 요구사항을 충분히 반영하기에는 한계가 있음

기존의 계획체계 및 기술표준제도가 ITS 운영 및 유지관리에 관한 중·장기적 전략을 지원하는 데 활용되고 있지 못함

- 대부분의 ITS 지방계획들이 대상 인프라의 신규 구축 및 운영을 주로 다루는 반면에 유지관리 관련 내용을 거의 포함하지 않으며, 국가 ITS 아키텍처도 유지관리 업무에 잘 사용되지 않음

ITS 관련 기존 평가제도는 해당 장비 및 시설의 '유지관리'와 그 인프라를 통해 궁극적으로 구현하고자 하는 ITS 서비스의 '운영' 간 연계를 지원하기에 미흡함

- 기존에도 개별적인 ITS 장비 및 시스템의 성능평가와 교통관리센터의 운영·관리 평가가 수행되어 왔으나 해당 평가결과가 관련 운영 및 유지관리의 목표설정 및 업무개선에 반영되지 못함

6) 국내 ITS 사업은 2000년도 초반부터 본격적으로 추진되었으며, 중앙정부 및 지자체 정부가 ITS 사업에 투자하는 총 금액은(2013년 기준) 약 2300억 원이며 이 중에 운영 및 유지관리 분야가 차지하는 비율은 약 45%임.

## 4. 첨단도로인프라 관리를 위한 분석: 대전광역시 사례검토

### 사례검토의 개요

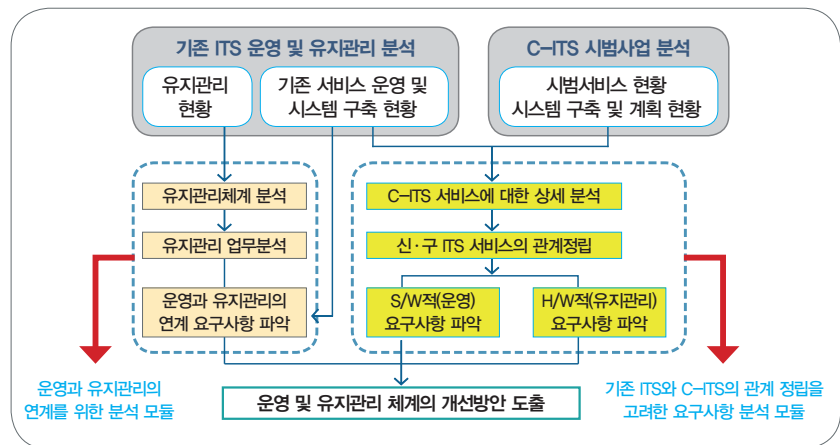
대전광역시를 대상으로 첨단도로인프라의 관리 개념을 적용한 사례를 검토함

- 대전광역시는 2000년 첨단교통모델도시 사업을 시작으로 여러 ITS 사업을 통해 첨단도로인프라를 구축하였으며, 최근에 국토교통부가 추진하는 C-ITS 시범사업의 주요 대상지임

‘운영 및 유지관리의 연계를 위한 요구사항’과 ‘기존 ITS와 C-ITS의 관계정립을 고려한 요구사항’을 파악하기 위한 분석절차를 수립함

- 이 분석절차를 통해 파악한 소프트웨어 또는 하드웨어 측면의 요구사항을 운영 및 유지관리 체계 개선방안 도출에 활용함

그림 6 첨단도로인프라의 관리를 위한 분석절차



### ITS 운영 및 유지관리의 연계를 위한 요구사항

교통정보의 수집단계에서 해당 정보의 신뢰성 확보를 위해 관련 현장장비의 정확도 및 신뢰도를 주기적으로 평가·관리해야 함

교통정보의 가공단계에서 실시간 정보를 차질 없이 생성하기 위해 교통관리센터의 하드웨어 성능을 주기적으로 평가·관리해야 함

교통관리센터에서 축적되는 빅데이터에 대한 분석을 지원하기 위해 관련 데이터베이스를 주기적으로 점검하고, 필요 시 그 기능 및 용량을 개선해야 함

교통정보의 수집, 가공 및 제공 업무를 지원하기 위해 기초 데이터, 전자지도용 노드링크체계 등에 대한 지속적인 갱신과 주기적인 점검 및 보정을 병행하여 수행해야 함

5) 2016년 9월에 대전시와 세종시를 연결하는 고속도로, 국도 및 시가지도로를 중심으로 C-ITS 시범서비스를 시작하였음.

## 기존 ITS와 C-ITS의 관계 정립

대전시의 기존 ITS와 C-ITS 서비스 간의 관계를 ‘연계 및 통합’, ‘보완 및 대체’, ‘신규 도입’의 세 가지 유형으로 구분하여, 해당 서비스에 대한 첨단도로인프라 관리 요구사항을 파악함<sup>5)</sup>

- ‘연계 및 통합’은 ITS 인프라 간 연계 운영을 통해 시너지 창출이 가능한 경우임
- ‘보완 및 대체’는 기존 인프라의 한계로 인해 그동안 미진했던 기존 ITS 서비스를 신규 ITS의 인프라를 활용하여 개선할 수 있는 경우임
- ‘신규 도입’은 기존 ITS 운영개념과 연계되기 힘든 신규 C-ITS 서비스에 해당함

표 2 기존 ITS와 C-ITS의 관계 정립

C-ITS			기존 ITS	기존 ITS와 C-ITS 서비스 간의 관계
서비스 그룹	C-ITS 서비스			
기본정보제공	위치기반 교통정보제공 서비스	↔	교통정보제공 서비스	연계 및 통합
이벤트 정보 제공	차량-인프라 통신 기반 도로위험구간 정보제공 서비스 노면상태 기상상태 정보제공 서비스 도로작업구간 주행지원 서비스 교차로 신호위반 위험 경고 서비스 스쿨존 속도제어 서비스 보행자 충돌방지 경고 서비스 우회전 안전운행 지원 서비스	↔	돌발상황관리 서비스	보완 및 대체
	차량-차량 또는 차량-보행자(자전거) 통신 기반	↔	관련되는 기존 서비스 존재하지 않음	C-ITS 신규 도입
요금징수	Wave 통행료 징수 서비스	↔	자동요금징수 서비스	보완 및 대체에 관한 정책적 의사결정이 필요
버스운행관리	버스운행관리 서비스	↔	버스운행관리 서비스	보완 및 대체

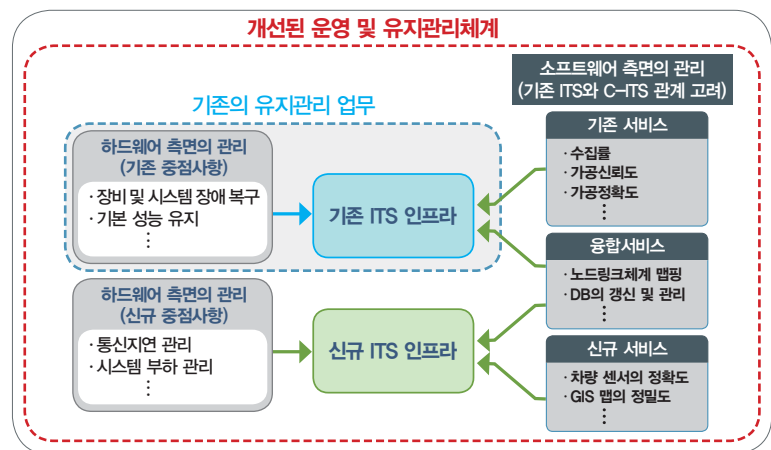
## 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리체계 개선방안

C-ITS가 도입됨에 따라 하드웨어 측면에서 중요도가 높아진 요구사항을 감안하여 유지관리 수행

ITS 서비스의 질을 확보하기 위한 평가(수집률, 가공 신뢰도 등의 성능지표 활용)를 기존의 유지관리체계에 추가함으로써 운영과 유지관리를 연계함

- 기존 서비스 이외에도 C-ITS 도입에 따른 융합 또는 신규서비스에 관한 분석 수행

그림 7 운영 및 유지관리체계 개선방안



5) 기존 ITS와 C-ITS의 관계정립을 고려한 소프트웨어 또는 하드웨어 측면의 요구사항은 김광호 외(2016)에 제시됨.



## 5. 첨단도로인프라 관리를 위한 정책방안

### 첨단도로인프라 관리에 관한 계획체계 정비

10년마다 수립되는 ITS 지방계획에는 중·장기 관리전략을 강화하고, 매년 수립되는 ITS 시행계획 및 실시계획에는 장애복구, 성능평가 등 기본적인 유지관리 방안을 중점적으로 다룸

- 첨단도로인프라 관리에 관한 중·장기 전략은 ‘서비스 운영과 장비 유지관리의 연계 방안 도출’, ‘기존 ITS와 C-ITS 및 차량-도로 자동화의 관계 정립’ 등을 고려하여 도출

### 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 도입의 의무화

첨단도로인프라 관리를 지원하기 위해 대전시 사례에서 제시한 것과 같은 구체적인 분석절차를 중앙정부가 주도하여 지침으로 작성한 후 각 지자체에게 그 활용을 장려

- 「국가통합교통체계효율화법(2010)」의 「ITS 지방계획 수립」 관련 조항에 ‘첨단도로인프라 관리에 관한 분석절차 도입 의무화’를 명시하고, 관련 분석을 위한 전문 인력양성 지원

### 운영 및 유지관리에 관한 평가제도 개선 및 활성화

기존에 교통관리센터를 중심으로 이루어진 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리에 대한 평가 제도를 개선 및 확대하고, 평가 자료를 첨단도로인프라의 중·장기 전략 수립에 활용

- 서비스의 운영과 장비의 유지관리를 연계하기 위한 성능지표를 개발하여 산정하고, 해당 평가결과를 개방형 플랫폼 기반의 데이터베이스로 관리

#### 참고문헌

국가경쟁력강화위원회. 2012. ITS발전전략.

국토교통부. 2015. 자동차·도로교통 분야 ITS 사업시행지침.

McKinsey&Company. 2016. Advanced driver-assistance systems: Challenges and opportunities ahead.

National ITS Architecture Team. 2015. A primer on the connected vehicle environment.

Sill, S., Christie, B., Diephaus, A., Garretson, D., Sullivan, K., & Sloan, S. 2011. Intelligent transportation systems (ITS) standards program strategic plan for 2011–2014. Intelligent Transportation Systems Joint Program Office Research and Innovative Technology Administration.

※ 본 자료는 “김광호, 오성호, 이백진, 박종일. 2016. 자율주행시대를 대비한 첨단 도로 인프라의 전략적 관리 방안 연구. 국토연구원(발간예정)”의 일부 내용을 수정 및 요약한 것임.

김광호 국토연구원 국토인프라연구본부 책임연구원(kwangkim@krihs.re.kr, 031-380-0288)

