

# 자율주행시대를 대비한 첨단도로인프라의 전략적 관리 방안 연구 : 운영 및 유지관리체계를 중심으로

A Study on Strategic Management of Advanced Highway Infrastructure  
to Prepare for the Era of Automated Driving  
: Focusing on the System of Operations and Maintenance

김광호 외





**자율주행시대를 대비한  
첨단도로인프라의 전략적 관리 방안 연구  
: 운영 및 유지관리체계를 중심으로**

A Study on Strategic Management of Advanced Highway Infrastructure  
to Prepare for the Era of Automated Driving  
: Focusing on the System of Operations and Maintenance

김광호, 오성호, 이백진, 박종일

#### ■ 연구진

---

김광호 국토연구원 책임연구원(연구책임)

오성호 국토연구원 연구위원

이백진 국토연구원 연구위원

박종일 국토연구원 책임연구원

#### ■ 외부연구진

---

박은미 목원대학교 교수

#### ■ 연구심의위원

---

유재윤 국토연구원 선임연구위원

김호정 국토연구원 선임연구위원

이상건 국토연구원 선임연구위원

고용석 국토연구원 연구위원

이재용 국토연구원 연구위원

김창기 국토교통부 첨단도로안전과 사무관

강경표 한국교통연구원 연구위원

지난 20년 동안 국내에서는 지능형교통체계(ITS)를 위한 첨단도로인프라의 구축을 통해 국민들이 체감하는 도로교통 서비스의 질이 향상되었습니다. 최근 정부는 범부처 합동으로 C-ITS의 도입을 추진하고 있으며, 더 나아가 자율주행의 상용화를 위한 기술개발 및 기반조성에 투자하고 있습니다. 이러한 정책적 요구에 부응하여 첨단도로인프라에 대한 기존의 운영 및 유지관리 체계를 개선하는 것이 시급합니다.

본 연구는 ITS의 패러다임의 변화에 대응하기 위해 첨단도로인프라에 대한 전략적 관리를 도입하기 위한 방안을 모색하기 위해 수행되었습니다. 본 연구의 주요 성과는 변화하는 기술 환경을 고려하여 중·장기적 안목의 전략적 관리를 첨단도로인프라 분야에 적용하기 위한 분석절차를 수립하고, 이를 실제 자료에 근거하여 적용했다는 데 있습니다. 하지만 본 연구는 C-ITS 및 자율주행시스템의 운영 개념이 아직 완전히 확립되지 않은 상태에서 수행되었다는 한계가 있습니다. 향후 이러한 한계를 보완할 수 있는 후속과제가 필요하다고 봅니다.

본 연구에서 제시한 바와 같이 첨단도로인프라 관리에 중·장기적 전략을 도입하기 위해서는 여러 이해관계자들의 의견 수렴 및 합의가 중요하다고 봅니다. 이런 관점에서 첨단도로인프라 관리 분야에 종사하는 정부 담당부서, 학계, 산업체가 협력하여 본 연구에서 제기된 이슈 및 정책제안들을 함께 논의할 수 있는 계기가 마련되기를 바랍니다. 더 나아가 첨단도로인프라의 전략적 관리에 대한 효용과 성과를 일반 국민들에게 알리는 노력도 병행해야 한다고 봅니다.

끝으로 본 연구의 성공적인 수행을 위해 수고해주신 김광호 책임연구원을 비롯한 원내 연구진들, 외부 연구진으로 참여해주신 목원대학교의 박은미 교수님, 그리고 본 연

구의 수행과정에서 많은 조언을 주셨던 여러 자문위원들께 깊은 감사를 드립니다.

2016년 12월

국토연구원장 김 동 주

# 주요 내용 및 정책제안

FINDINGS & SUGGESTIONS

## 본 연구보고서의 주요 내용

- 1 지능형교통체계(ITS)의 패러다임 변화로 인해 '차량위치 기반의 교통정보 수집 및 제공 확대', '정보·통신 인증 및 보안 시스템의 강화' 등 신규 요구사항이 등장
- 2 첨단도로인프라에 대한 기존의 운영 및 유지관리 업무 수행 이외에 ITS 전반의 운영 및 유지관리체계를 개선하기 위한 중·장기적이고 전략적인 관리가 요구됨
- 3 주요 선진국들이 채택하고 있는 전략적인 인프라 관리의 개념 및 접근법을 기반으로 첨단도로인프라 관리의 원칙 및 분석절차를 수립하여 대전시 ITS를 대상으로 적용
- 4 첨단도로인프라 관리의 정책방안으로 '중·장기적 전략 강화를 위한 계획체계의 정비', '관련 분석절차 도입의 의무화', '운영 및 유지관리의 평가체계 개선' 등을 검토함

## 본 연구보고서의 정책제안

- 1 10년 단위로 수집되는 법정계획인 'ITS 지방계획'에 첨단도로인프라의 전략적 관리 방안을 제시하도록 관련 법조항을 수정·보완
- 2 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차에 관한 지침을 중앙정부 주도로 작성하여 해당 지자체에 그 활용을 장려하고, 구체적인 분석을 위한 실무교육 강화
- 3 ITS의 진화에 따른 하드웨어 측면의 신규 요구사항을 유지관리에 반영하고, ITS 서비스의 '운영'과 관련 인프라의 '유지관리'를 연계하기 위한 평가지표 개발·적용
- 4 교통관리센터의 운영·관리 평가를 개선 및 확대하고, 해당 평가결과를 데이터베이스로 저장·관리하여 첨단도로인프라 관리 전략 도출에 활용

# 요약

## SUMMARY

### 1. 연구의 배경 및 목적

- 지능형교통체계(ITS)의 패러다임 변화에 따라 새롭게 대두된 요구사항을 반영하여 첨단도로인프라를 관리하려면, 기존의 운영 및 유지관리체계에 대한 면밀한 진단에 기반을 둔 중·장기적 정책방안이 필요함
  - 국내에서는 2000년도 초반부터 전국의 주요 대도시권을 중심으로 다수의 ITS 사업을 통해 현장검지기, 통신 설비, 교통관리센터 시설 및 장비 등 첨단도로인프라가 구축됨
  - 고정식 검지방식 및 단방향 통신이 주류를 이뤘던 기존의 ‘1세대 ITS’가 ITS 구성요소들 간 상호협력이 강화된 협력형 시스템인 C-ITS로 진화함
  - 더 나아가 주요 선진국들은 개별 차량의 자동화와 C-ITS를 접목하여 ‘차량-도로 자동화’를 구현하기 위한 연구개발 및 시범사업을 추진함
  - ITS의 패러다임 변화에 따른 정책적 요구에 부응하기에는 기존의 운영 및 유지관리 업무만으로는 한계가 있음
- 본 연구의 목적은 ITS 패러다임이 전환되는 과도기에 부응하여 첨단도로인프라의 관리에 대한 신규 요구사항을 검토하는 동시에, 중·장기적인 관점에서 기존의 운영 및 유지관리 체계를 개선하기 위한 분석절차 및 정책방안을 제시하는 것임
  - 자율주행과 직접적으로 관련된 ‘차량-도로 자동화’의 경우, 아직 첨단도로인프라의 역할이 명확히 정립되어 있지 않다는 것을 감안하여, ‘자율주행 시대로 넘어가는 과도기 중 기존의 ITS에서 C-ITS로 전환되는 시기’를 주요 시간적 범위로 설정함

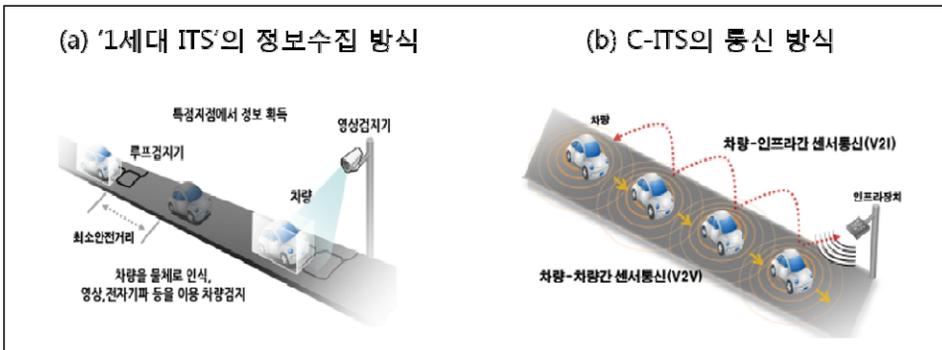
## 2. 첨단도로인프라의 기술환경 변화

### 1) 1세대 ITS에서 C-ITS로의 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. p22.

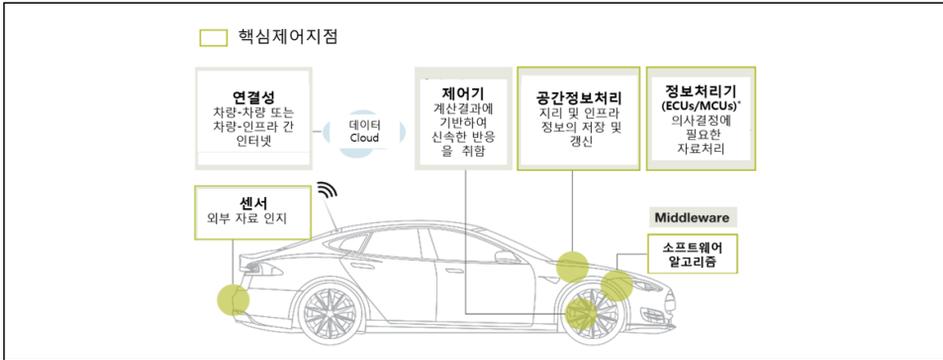
### 2) 차량자동화

□ 운전자의 안전 향상을 위한 첨단운전지원시스템(ADAS)을 통해 차량 간 간격 유지, 차로 유지, 비상 제동 등 낮은 수준의 자동화 서비스가 이미 상용화됨

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

□ 개별 차량의 센서 및 카메라에 의존하는 독립형 ADAS는 위험요인에 즉각적으로 대응하는 데에는 유리하나 사고요인에 대한 예방적인 대응에는 한계가 있음

**그림 2** 첨단운전자원시스템을 위한 차량 내 구성요소

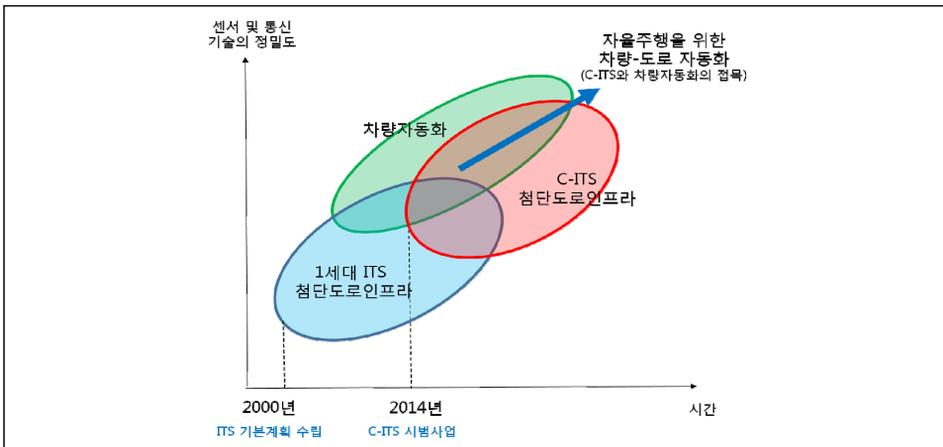


출처: McKinsey&Company. 2016. Advanced driver-assistance systems: Challenges and opportunities ahead. p3.

### 3) C-ITS와 차량자동화의 접목을 통한 ‘차량-도로 자동화’의 도입

- 자율주행의 도입 초기단계에서는 차량자동화를 위해 고가의 센서 및 카메라를 사용해야하기 때문에 도로인프라의 도움 없이는 가격 경쟁력 확보가 어려움
- 차량자동화에만 의존하는 독립형 자율주행차량은 그 인지 범위가 시·공간적으로 제한되기 때문에 C-ITS와의 접목을 통한 안전 측면의 보완이 필요함

**그림 3** ‘차량-도로 자동화’를 통한 협력형 자율주행의 추진방향



자료: 저자 작성.

#### 4) 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 교통정보, 노면 기상 등의 동적 정보에 관한 데이터베이스 들을 연계하여 지도 관련 정보를 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

### 3. 첨단도로인프라의 관리 개념

#### 1) 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 전문업체에 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(2015a)를 참조하여 저자 작성.

## 2) 전략적 관리 개념의 도입 필요성

- 첨단도로인프라의 전략적 관리에 대한 개념을 정립하기 위해 <표 2>에 제시한 해외 사례를 검토하여 시사점을 도출함

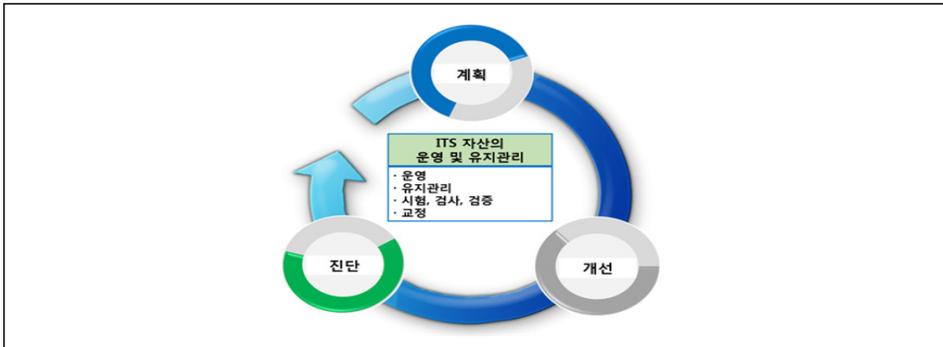
**표 2** 첨단도로인프라의 전략적 관리와 관련된 해외사례의 주요 개념 및 시사점

관련 해외사례	주요 개념 및 시사점
자산관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물리적인 자산을 비용 효과적으로 운영, 유지보수 및 개선하기 위한 목표 지향적이며 체계적인 절차</li> <li>• 이용자의 요구사항을 반영하기 위해 자산의 상태 및 성능을 지속적으로 모니터링 하고, 이 결과를 다시 자산관리의 목표 설정에 반영</li> </ul>
시스템공학 분석절차	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템을 효율적으로 구축, 운영 및 유지관리하기 위한 프로젝트 관리절차</li> <li>• 대상 시스템의 운영개념을 기반으로 시스템의 개발·운영을 평가하고, 이를 다시 운영 및 유지관리 업무 개선에 반영</li> </ul>
첨단 장비 및 시설의 노후화 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 첨단 장비 및 시설에 대한 유지보수 비용을 감소시키기 위해 적용되는 절차</li> <li>• 기술 로드맵, 개방형 시스템 아키텍처 등을 통해 예방적으로 노후화에 대비</li> </ul>
교통관리센터 관리에 대한 평가의 정량화 및 다양화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통관리센터의 운영 및 유지관리에 대한 평가결과를 지속적으로 축적하여 해당 인프라 관리에 대한 중장기적 전략을 수립하는 기초자료로 활용</li> </ul>

자료: 관련 해외사례에 관한 보고서를 참조하여 저자 작성.

- ITS 패러다임 변화에 대응하기 위해서는 기존의 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** 첨단도로인프라의 전략적 관리 개념



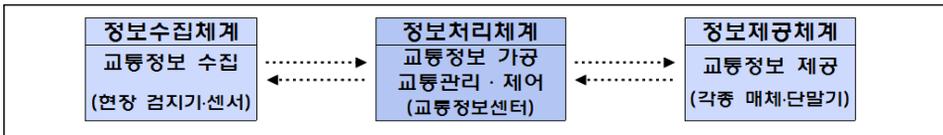
자료: 저자 작성.

## 4. ITS 운영 및 유지관리 현황과 문제점

### 1) ITS 운영 및 유지관리 현황

- 국내 전역에 구축된 첨단도로인프라를 통해 실시간 교통정보제공, 버스운행관리 등 다양한 ITS 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 유지관리 되고 있음

**그림 5** ITS 서비스를 위한 교통정보의 수집, 가공 및 제공



출처: 국가경쟁력강화위원회. 2012. ITS발전전략. p4.

- <표 3>에 제시한 바와 같이 국토교통부, 한국도로공사, 지자체 담당부서가 교통관리센터의 주요 관리주체이며, 이들 중 대부분은 해당 관리업무의 일부나 전체를 민간 용역업체 또는 타 공공기관에 위탁함
  - 교통관리센터의 주요 관리 업무는 ‘센터 운영시스템과 현장시스템의 성능유지’, ‘신속한 장애복구체계구축’ 등임

**표 3** 국내의 교통정보센터 운영현황 (2012년 기준)

관리 기관	현황
국토교통부	국가교통정보센터 1개 지방국토관리청 (서울, 원주, 대전, 익산, 부산) 교통정보센터 총 5개
한국도로공사	공내동교통정보센터 외 59개 센터
민자고속도로 운영기관	서울외곽순환고속도로 등 10개 센터
지방자치단체	경기도교통정보센터 1개 서울특별시, 부산시 등 주요도시의 교통정보센터 총 54개 (BIS 센터포함)

자료: 한국지능형교통체계협회(2014)를 참조하여 저자 작성.

## 2) 기존 ITS 운영 및 유지관리의 문제점

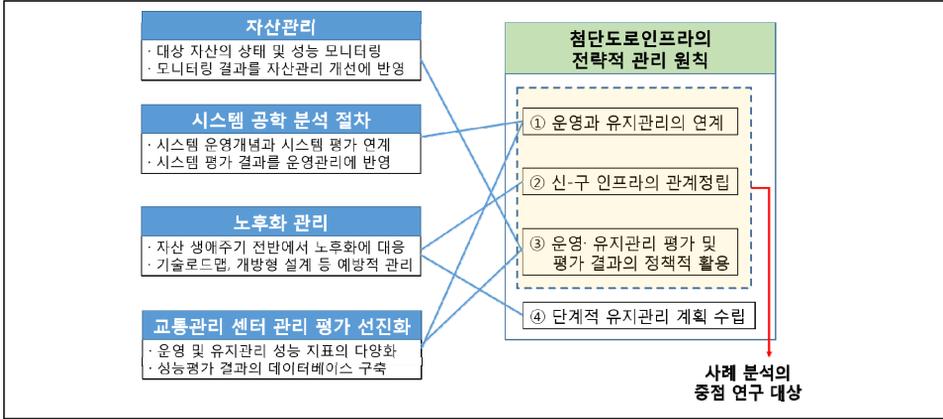
- 기존의 ITS 운영 및 유지관리 업무로는 다양한 이해관계자의 요구사항을 충분히 반영하지 못함
  - 국내의 교통관리센터들은 현재 국토교통부의 국가교통정보센터를 매개로 하여 상호 교통정보를 공유하고 있으나 개별 센터 간 직접적인 정보연계는 미흡함
  - 개별 시스템의 성능유지 및 장애복구 등 하드웨어측면만을 고려한 유지관리로 는 ITS 서비스 운영 측면의 요구사항을 충분히 반영하기에는 한계가 있음
- 기존의 계획체계 및 기술표준제도가 ITS 운영 및 유지관리에 관한 중·장기적 전략을 지원하는 데 활용되고 있지 못함
  - 대부분의 ITS 지방계획들은 대상 인프라의 신규 구축 및 운영만을 주로 다루고, 유지관리와 관련된 내용을 거의 제시하지 않음
  - 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’ 사이의 연계를 지원하기에 미흡
  - 기존에도 개별적인 ITS 장비 및 시스템의 성능평가와 교통관리센터의 운영·관리 평가가 수행되어 왔으나 평가결과가 운영 및 유지관리 개선에 반영되지 못함

## 5. 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차의 수립 및 적용

### 1) 첨단도로인프라의 전략적 관리를 위한 원칙 및 분석절차

- 주요 선진국에서 도입하고 있는 관련 개념 및 접근법을 통해 얻은 시사점을 바탕으로 첨단도로인프라의 전략적 관리원칙을 도출함(<그림 6> 참조)
  - 네가지 관리원칙 중 ‘ITS 패러다임 변화에 부응한 단계적 유지관리 계획수립’은 C-ITS 및 ‘차량-도로 자동화’의 신규 인프라의 세부적인 사양 또는 비용과 밀접하게 관련되므로 본 연구의 구체적인 분석 대상에서 배제함

**그림 6** 첨단도로인프라의 전략적 관리원칙 도출근거

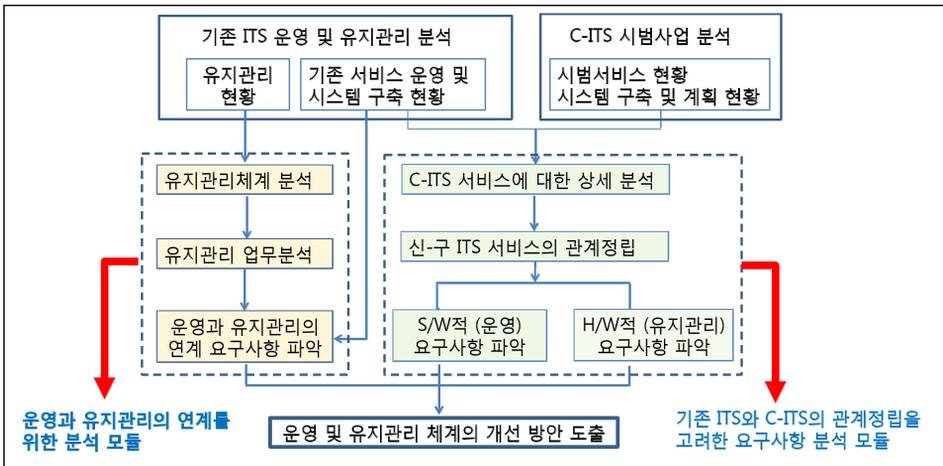


출처: 저자 작성.

□ 첨단도로인프라의 전략적 관리원칙을 적용하여 해당 인프라의 운영 및 유지관리 체계를 개선하기 위한 분석절차를 수립 (<그림 7> 참조)

- 이 분석절차는 ‘운영과 유지관리의 연계를 위한 요구사항 분석’과 ‘기존 ITS와 C-ITS의 관계정립을 위한 첨단도로인프라 요구사항 분석’ 모듈로 구성됨

**그림 7** 첨단도로인프라의 전략적 관리를 위한 분석절차



출처: 저자 작성.

## 2) 첨단도로인프라 관리를 위한 분석: 대전광역시 사례검토

### □ 대전광역시를 대상으로 첨단도로인프라의 전략적 관리 개념을 적용

- 대전광역시는 2000년 첨단교통모델도시 사업을 시작으로 지자체 ITS 사업을 통해 첨단도로인프라를 구축하였으며, 2014년부터 국토교통부 주도로 추진된 C-ITS 시범사업의 주요 대상지임
- 대전시는 기존의 ITS에서 C-ITS로 넘어가는 과도기에 직면하고 있으며, 이러한 기술 환경변화는 교통정보 수집, 가공 및 제공체계의 변화를 가져올 전망이다
- 앞에서 수립한 첨단도로인프라 관리의 원칙 및 분석절차를 대전시 ITS 인프라를 대상으로 적용하여 운영 및 유지관리 체계의 개선방안을 도출

### □ 대전시 ITS 운영 및 유지관리의 연계를 위한 요구사항은 아래와 같음

- 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, 필요시 그 기능 및 용량을 개선해야 함
- 교통정보의 수집, 가공 및 제공 업무를 지원하기 위해 기초 데이터, 전자지도용 노드·링크체계 등에 대한 지속적인 갱신과 주기적인 점검 및 보정을 병행하여 수행해야 함

### □ 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 (〈표 4〉 참조)

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

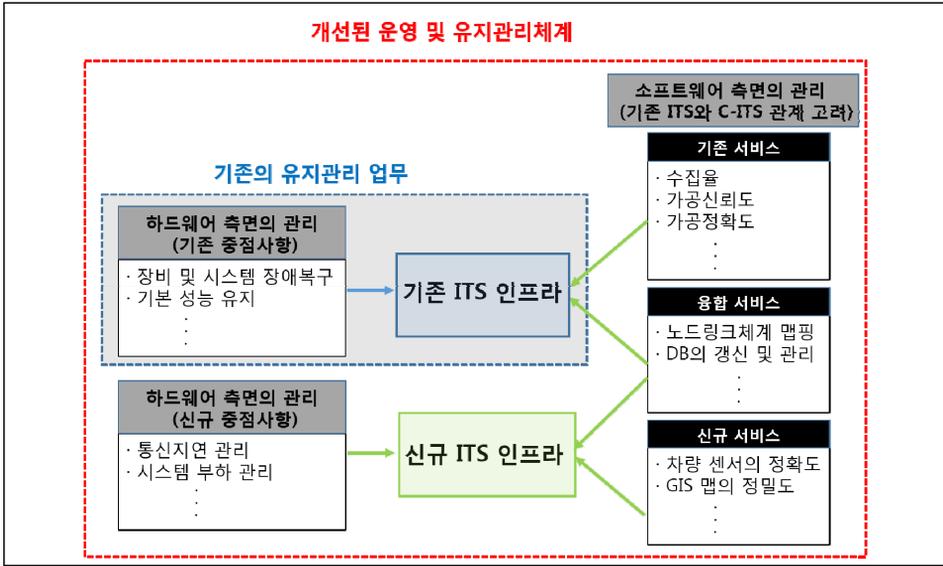
**표 4** 기존 ITS와 C-ITS 서비스 간의 관계정립

서비스 그룹		C-ITS 서비스		기존 ITS	구분
기본정보제공		위치기반 교통정보제공 서비스	↔	교통정보제공 서비스	연계 및 통합
이벤트 정보 제공	V2I I2V	도로위험구간 정보제공 서비스	↔	돌발상황관리 서비스	보완 및 대체
		노면상태 기상상태 정보제공 서비스			
		도로작업구간 주행지원 서비스			
		교차로 신호위반 위험 경고 서비스			
	V2V V2X	스쿨존 속도제어 서비스	↔	관련되는 기존 서비스 존재하지 않음	신규 도입
		보행자 충돌방지 경고 서비스			
		우회전 안전운행 지원 서비스			
		옐로우버스 운행안내 서비스			
		차량추돌 방지 지원 서비스			
		긴급차량 접근 경고 서비스			
차량 긴급상황 경고 서비스					
요금징수	Wave 통행료 징수 서비스	↔	자동요금징수 서비스	보완 및 대체에 관한 정책적 의사결정이 요구됨	
버스운행관리	버스운행관리 서비스	↔	버스운행관리 서비스	보완 및 대체	

출처: 국토교통부 공청회 자료(2013) 및 대전광역시(2015a)를 참고하여 저자 작성.

- ‘운영과 유지관리의 연계에 관한 요구사항’, 신-구 ITS 서비스의 관계 정립에 기반을 둔 ‘소프트웨어적 요구사항’ 및 ‘하드웨어적 요구사항’을 파악하여 도출한 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리 체계 개선방안은 다음과 같음 (<그림 8> 참조)
- C-ITS가 도입됨에 따라 하드웨어 측면에서 중요도가 높아진 요구사항 (예: 통신지연 관리, 시스템 부하 관리)을 감안하여 유지관리 수행
  - ITS 서비스의 질을 확보하기 위한 평가 (수집율, 가공 신뢰도 등의 성능지표 활용)를 기존의 유지관리체계에 추가함으로써 운영과 유지관리를 연계함
  - 기존 서비스 이외에도 C-ITS 도입에 따른 융합 또는 신규서비스에 대해서도 소프트웨어 측면의 관리 수행

**그림 8** 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리체계 개선방안(대전시 사례)



에 대한 평가 제도를 개선 및 확대하고, 해당 평가 자료를 첨단도로인프라 관리의 중·장기 전략 수립에 활용

## 2) 추진 주체별 기반조성 방안

### □ 중앙정부 차원

- ITS 진화를 고려한 국가 ITS 아키텍처의 수정·보완 및 활용 지원
- C-ITS 및 차량자동화 서비스를 위한 정보교환 기준의 수정·보완
- 자율주행 시대를 위한 지도정보와 교통정보의 통합 관리체계 정립
- 첨단도로인프라의 전략적 관리를 위한 홍보 및 인센티브제 도입

### □ 지자체 차원

- ITS 지방계획에서 운영·관리 전략 강화
- 첨단도로인프라의 관리 인력의 양적 확충 및 전문성 확보
- 첨단도로인프라의 운영·관리 평가제도 개선

## 3) 민-관 협력을 위한 지원 방안

### □ C-ITS 및 자율주행의 도입에 대비한 교통관리센터의 역할정립

- ‘공공 부문이 운영·관리의 대부분을 책임지는 기존의 체계’에서 ‘민간 부문의 전문성 및 인프라를 폭넓게 활용하는 체계’로 전환
- 교통관리센터와 연계된 민간 이해관계자가 증가하는 환경에 부응하여 교통관리센터의 업무 매뉴얼을 재정립

### □ 민간 정보의 비즈니스 모델 구축 및 공공성 확보 지원

- 민간 기업이 C-ITS 또는 차량-도로 자동화 기반의 비즈니스 모델을 구축하는 것 (예: 첨단도로인프라를 활용한 민간 공유서비스의 활성화)에 대한 지원
- 공공 부문의 관리기관이 주도하여 민간 교통정보의 신뢰성 및 형평성 측면의 평가를 수행하는 제도 정착



차례  
CONTENTS

발간사 ..... i  
주요 내용 및 정책제안 ..... iii  
요 약 ..... iv

**제1장 서론 1**

1. 연구의 배경 및 목적 ..... 3  
2. 연구의 범위 및 방법 ..... 9  
3. 선행연구와의 차별성 ..... 12  
4. 연구의 기대효과 ..... 16

**제2장 첨단도로인프라의 기술환경 변화 17**

1. 첨단도로인프라의 범위 설정 ..... 19  
2. ITS의 패러다임 변화 ..... 22  
3. 국내 교통정보 수집·가공·제공 환경의 변화 ..... 30  
4. 시사점 ..... 33

**제3장 첨단도로인프라 관리의 개념 및 현황 35**

1. 첨단도로인프라 관리의 개념정립 ..... 37  
2. 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리 현황 ..... 38

3. 첨단도로인프라 관리에 관한 기반조성 현황 .....	43
4. 시사점 .....	47

**제4장 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 수립 및 적용** **49**

1. 첨단도로인프라의 전략적 관리원칙 .....	51
2. 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 수립 .....	55
3. 대전광역시 사례분석 .....	58

**제5장 첨단도로인프라 관리를 위한 정책방안** **73**

1. 국가 차원의 핵심 추진방안 .....	75
2. 추진 주체별 기반조성 방안 .....	78
3. 민-관 협력 지원방안 .....	80

**제6장 결론** **83**

1. 요약 및 시사점 .....	85
2. 연구의 한계 및 향후 연구과제 .....	86
참고문헌 .....	87
SUMMARY .....	93
부록 .....	97

## 표차례

〈표 1-1〉 선행연구와의 차별성 .....	14
〈표 2-1〉 도로교통운영 자산의 세부 목록 (예시) .....	21
〈표 2-2〉 자율주행을 위한 행위 주기의 세부 단계 .....	25
〈표 2-3〉 ADAS에 적용 가능한 지도 자료 속성 .....	26
〈표 2-4〉 차량자동화의 단계 .....	28
〈표 2-5〉 자율주행 서비스 범주 .....	29
〈표 2-6〉 자율주행 지정차로 운영을 위한 교통관리 방식의 비교 .....	30
〈표 3-1〉 ITS 인프라에 대한 운영 및 유지관리 업무 구분 .....	38
〈표 3-2〉 국내의 교통정보센터 운영 현황 (2012년 기준) .....	39
〈표 3-3〉 ITS 기술기준 및 지침 목록 (2015년 기준) .....	46
〈표 4-1〉 C-ITS 시범 서비스의 구분 .....	59
〈표 4-2〉 교통정보 수집, 가공 및 제공에 관한 기존 ITS와 C-ITS의 차이점 (대전시) .....	60
〈표 4-3〉 C-ITS 서비스별 교통정보 수집, 가공 및 제공 단계의 검토 항목 .....	62
〈표 4-4〉 기존 ITS와 C-ITS의 관계 정립 .....	65
〈표 4-5〉 기존 ITS와 C-ITS의 관계를 고려한 S/W 측면의 관리 요구사항 .....	67
〈표 4-6〉 기존 ITS와 C-ITS의 관계를 고려한 H/W 측면의 관리 요구사항 .....	69
〈표 4-7〉 운영 및 유지관리 체계 개선을 지원하기 위한 평가지표 (예시) .....	72

# 그림차례

〈그림 1-1〉 현재 구축·운영 중인 ITS 서비스 .....	4
〈그림 1-2〉 ITS 구축 및 운영·관리를 위한 투자현황 .....	5
〈그림 1-3〉 1세대 ITS 및 C-ITS의 기술방식 .....	6
〈그림 1-4〉 첨단운전지원시스템을 위한 차량 내 구성요소 .....	6
〈그림 1-5〉 ITS 진화로 인한 첨단도로인프라의 요구사항 .....	8
〈그림 1-6〉 연구수행의 흐름도 .....	11
〈그림 1-7〉 연구의 기대효과 .....	16
〈그림 2-1〉 도로 관련 자산의 분류 .....	20
〈그림 2-2〉 도로교통운영 자산의 구성요소 .....	20
〈그림 2-3〉 C-ITS의 개념도 .....	22
〈그림 2-4〉 차량과 도로 인프라 간 정보교환의 유형 .....	27
〈그림 3-1〉 첨단도로인프라의 전략적 관리 개념 .....	38
〈그림 3-2〉 ITS 서비스를 위한 교통정보의 수집, 가공 및 제공 .....	39
〈그림 3-3〉 국가교통정보센터의 정보 연계 현황 .....	40
〈그림 3-4〉 ITS 계획 및 사업시행 체계 .....	44
〈그림 3-5〉 ITS 성능평가의 종류 .....	47
〈그림 4-1〉 첨단도로인프라에 대한 전략적 관리의 원칙 도출 .....	53
〈그림 4-2〉 첨단도로인프라의 시장 점유율 변화 .....	54
〈그림 4-3〉 운영과 유지관리의 연계를 위한 요구사항 분석 .....	55
〈그림 4-4〉 기존 ITS와 C-ITS의 관계정립 분석 모듈 .....	56
〈그림 4-5〉 첨단도로인프라의 관리를 위한 분석절차 .....	57
〈그림 4-6〉 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리 체계의 개선방안 .....	71
〈그림 5-1〉 첨단도로인프라의 전략적 관리 핵심 추진방안 도출 .....	75
〈그림 5-2〉 첨단도로인프라 관리를 위한 계획체계 정비 방안 .....	76

# 서론

01 연구의 배경 및 목적	3
02 연구의 범위 및 방법	9
03 선행연구와의 차별성	12
04 연구의 기대효과	16



이번 장에서는 지능형교통체계(Intelligent Transportation Systems: ITS)의 추진 현황과 관련된 패러다임의 변화를 설명하고, 본 연구의 목적, 범위 및 수행 방법 등을 포함한 전반적인 개요를 제시한다.

## 1. 연구의 배경 및 목적

### 1) 연구의 배경

국내에서는 2000년도 초반부터 전국의 주요 대도시권을 중심으로 다수의 ITS 사업을 통해 현장검지기, 통신 설비, 교통관리센터 시설 및 장비 등 다양한 인프라가 구축됨에 따라 도로교통 운영의 첨단화가 가능해 졌다. 이러한 첨단 도로 인프라는 <그림 1-1>에서 제시한 바와 같이 고속도로 교통관리, 실시간 교통정보제공 등 다양한 ITS 서비스를 위해 활용되고 있다. 해당 도로관리 기관들은 이러한 ITS 서비스의 질을 어느 수준 이상 확보하기 위해서 교통정보의 수집, 제공 및 가공을 위한 첨단 도로 인프라에 대한 운영 및 유지관리를 수행하고 있다.

\*) ITS는 “교통으로 인한 환경적 영향을 감소시키면서 안전 및 이동성을 향상시키기 위한 육상교통 대상의 첨단 정보·통신의 적용(application)”으로 정의됨 (Sill 외, 2011, p4)

\*) 본 연구에서는 **첨단도로인프라**를 “첨단 정보·통신 기술을 활용하여 도로 교통을 안전하고 효율적으로 운영하기 위해 사용되는 인적, 물리적 및 시스템적 자산 (asset)”으로 정의함

그림 1-1 현재 구축·운영 중인 ITS 서비스

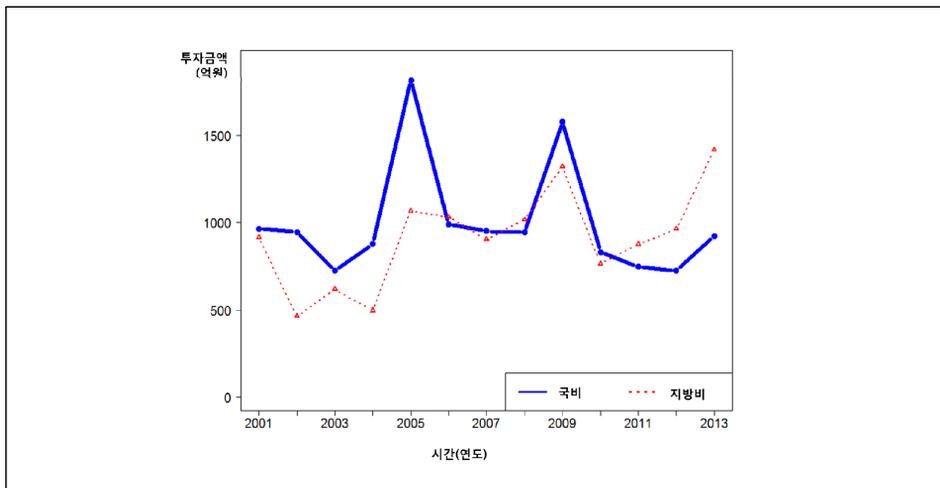


출처: 국가경쟁력강화위원회. 2012. ITS발전전략. p4.

ITS 추진 현황을 투자 측면에서 살펴보자. 국내의 중앙 및 지방정부가 2001년부터 2013년까지 첨단도로인프라의 구축, 운영, 유지보수와 관련된 ITS 사업을 위해 지출한 총 비용은 약 2조 5천억 원에 달한다. 한편, 중앙정부와 지방정부의 연간 ITS 투자 규모는 <그림 1-2> 에서 보는 바와 같이 평균적으로 각각 약 1천억 원과 900억 원에 이른다. 주목할 점은 ITS 운영 및 유지관리)에 투자하는 비용은 최근 지속적인 증가 추세를 보이고 있다는 것이다(박상조, 2014, p9).

1) 이와 관련된 투자액은 2013년 기준 연간 약 1천 60억 원으로 집계되며, 이는 당해 연도의 ITS 사업에 대한 공공부문 총 투자액 (약 2천 3백억 원)의 약 45%를 차지함

그림 1-2 ITS 구축 및 운영·관리를 위한 투자현황



자료: 국토교통부, 2014. 도로업무편람. p348을 참조하여 저자 작성

첨단도로인프라에 대한 운영 및 유지관리에 관한 중요한 이슈 중에 하나로 ITS의 패러다임 변화에 따라 새롭게 대두되는 기술적 요구사항을 반영하는 것을 들 수 있다. 최근에 진행된 ITS의 진화는 교통정보의 수집, 가공 및 제공과 관련된 인프라를 중심으로 두드러지게 나타난다.<sup>2)</sup> 예를 들어 차량검지 및 통신기술의 변화를 살펴보자. <그림 1-3>에서 제시한 바와 같이 기존의 ‘1세대 ITS’ 환경에서는 고정식 검지방식 및 단방향 통신이 주류를 이뤘다. 반면에, ITS를 구성하는 요소들 간의 협력이 강화된 ‘Cooperative Intelligent Transportation Systems(C-ITS)’ 환경에서는 차량 위치기반의 이동형 검지방식 및 양방향 통신방식의 활용이 확대될 전망이다.<sup>3)</sup>

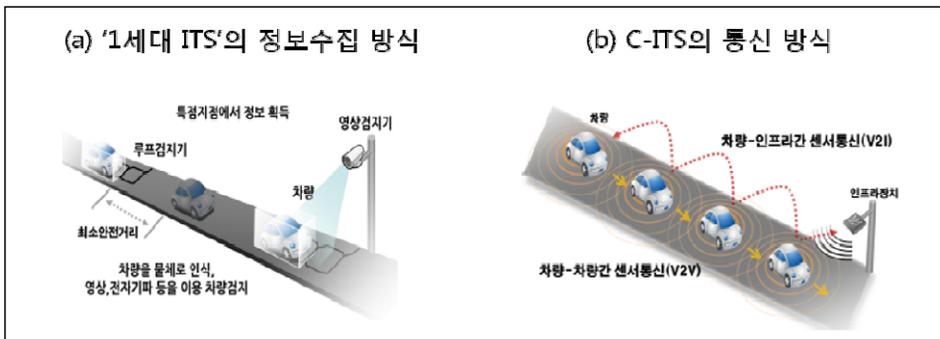
\* 본 연구에서는 **1세대 ITS**를 “각 교통관리센터를 중심으로 중앙 집중형의 정보 취합 및 전달, 운영 관리 등을 수행하는 전통적인 방식의 지능형교통체계”로 정의함

\* **C-ITS**는 “안전, 지속가능성, 효율성 등을 개선하기 위해 독립적으로 운영 및 인증되는 장치들 간의 정보 교환을 통해 시기적절하게 경고를 제공하거나, 필요한 조치를 시행하도록 하는 지능형교통체계 임” (National ITS Architecture Team, 2015, p1)

2) 교통정보의 수집, 가공 및 제공 체계의 변화에 관해서는 다음 장에서 중점적으로 제시함

3) ‘1세대 ITS’에서 C-ITS로의 전환은 차량검지 및 통신방식과 같이 표면적으로 드러나는 변화이외에도 애플리케이션의 다양화, 보안 시스템 강화 등의 구조적인 변화를 가져올 전망이며, 이에 대한 상세한 내용은 다음 장에 제시됨

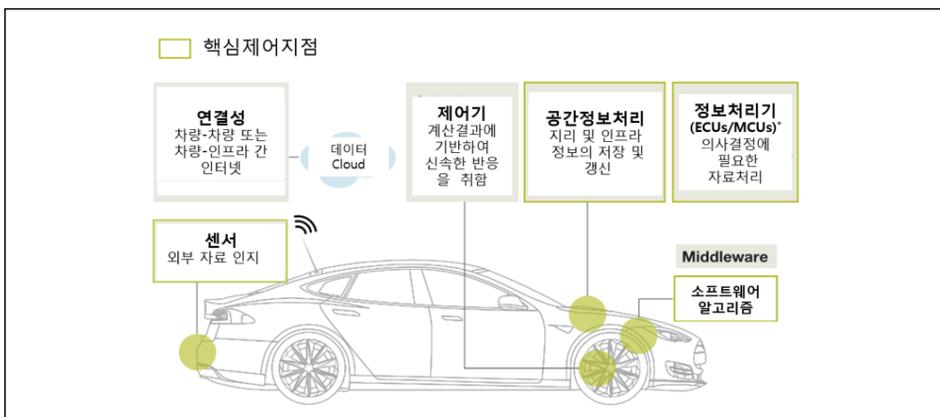
**그림 1-3 1세대 ITS 및 C-ITS의 기술방식**



출처: 국가경쟁력강화위원회. 2012. ITS발전전략. p22.

도로 인프라 분야에서는 앞에서 언급한 C-ITS의 확대가 중요한 정책과제인 반면에 차량 기술 분야에서는 자동화 시스템의 발전이 핵심 목표 중에 하나이다. 이와 관련하여 차로 유지, 비상 제동 등 낮은 수준의 차량자동화는 이미 첨단운전지원시스템 (Advanced Driving Assistance Systems: ADAS)을 통해 상용화되었다. <그림 1-4>에 제시한 바와 같이 ADAS의 핵심 구성 요소는 제어기, 센서, 소프트웨어 알고리즘, 지도 정보처리이며, 관련업체들은 이러한 구성요소들에 대한 기술 개발 및 비용 절감에 힘쓰고 있다(McKinsey&Company, 2016).

**그림 1-4 첨단운전지원시스템을 위한 차량 내 구성요소**



출처: McKinsey&Company. 2016. Advanced driver-assistance systems: Challenges and opportunities ahead. p3.

개별 차량의 센서 및 지도 정보 등에 의존하는 독립형 ADAS는 근거리의 위험 요소를 즉각적으로 감지하여 대응하는 데에는 적합하나, 시·공간적으로 떨어져 있는 사고 요인에 대한 예방적인 조치를 취하는 데에는 한계가 있다. 이러한 측면을 감안하여, 센서 및 카메라 기반의 ADAS가 갖는 안전상의 취약점을 보완하기 위해 ‘V2V(차량 간 통신)’ 또는 ‘V2I(차량과 인프라 간 통신)’에 기반을 둔 다양한 C-ITS 애플리케이션의 개발 및 검증이 추진 중에 있다. 주요 선진국들은 이러한 C-ITS와 ADAS의 협력<sup>4)</sup>을 더 확장하여 ‘차량-도로 자동화’를 지향하는 정책 로드맵을 제시하였다.<sup>5)</sup>

\* 본 연구에서는 **차량-도로 자동화**를 “대상 차량이 센서, 제어기 등을 통한 차량자동화 기술뿐만 아니라 주변 차량 또는 도로 인프라와의 통신을 통해 운전자의 개입 없이도 자신의 운행 조건을 스스로 인지 및 판단하여 자동 제어할 수 있도록 하는 협력형 시스템”으로 정의함

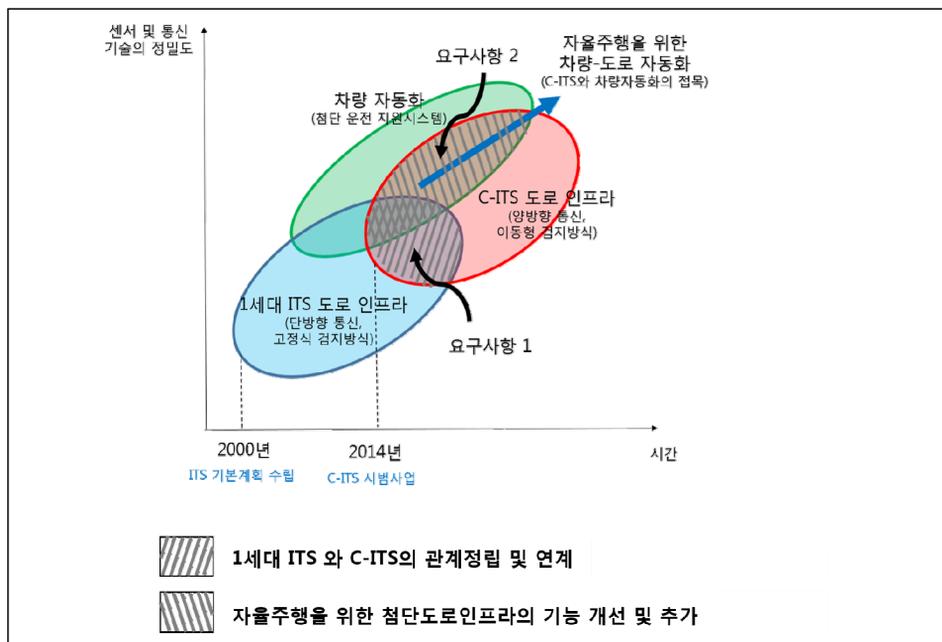
앞에서 기술한 ITS의 진화 양상은 <그림 1-5>와 같이 요약할 수 있으며, 자율주행 시대로 넘어가는 과도기에서의 ‘첨단도로인프라 관리’에 대한 신규 요구사항은 첫째로는 ‘1세대 ITS와 C-ITS 간 관계정립 및 연계’, 그리고 둘째로는 ‘자율주행을 위한 도로인프라 측면의 기능 개선 및 추가’로 대별된다. 이 두 가지 요구사항이 상호 배타적이지 않는 상황이 존재할 수 있다(빗금 영역의 중첩 부분 참조).

- 요구사항 1: ‘1세대 ITS’와 C-ITS가 공존하는 전환기에 부응하여 신-구(新-舊) 인프라의 연계 및 통합, 대체 및 보완 관계 등을 파악하여, 연계 가능한 서비스에 대해서는 비용 효과적인 연계 시스템을 구축할 필요가 있음
- 요구사항 2: 자율주행차량의 운영을 지원하기 위해 도로 인프라에 대한 기능 개선 및 추가 (예: 자율주행차량의 안전을 위한 도로 마킹 및 표지의 개선, 교통정보 수집과 가공의 지체시간 감소 및 정밀도 향상 등)가 요구됨

---

4) C-ITS는 차량자동화와의 협력과 무관하게 그 자체로 기존의 ITS를 보완 및 대체할 수 있는 다양한 서비스를 포함하고 있음  
 5) 미국과 유럽연합의 주요 국가들이 수립한 기술개발 로드맵에 의하면, 이러한 방향으로 정부의 투자가 집중될 전망이다. Google과 Ford와 같은 일부 민간회사들은 이러한 정부 정책 방향과는 다소 거리가 있는 ‘독립형(autonomous) 자율주행’을 위한 기술 개발에 주력하고 있음

그림 1-5 ITS 진화로 인한 첨단도로인프라의 요구사항



출처: 저자 작성.

본 연구는 ‘자율주행을 위한 인프라의 기능 개선 및 추가 (요구사항 2)’를 고려하 되, ‘1세대 ITS와 C-ITS의 관계정립 및 연계 (요구사항 1)’에 더 비중을 두어서 수행 되었다. 그 이유는 어떤 자산의 관리를 논하려면 대상 자산을 통해 구현하고자 하는 서비스의 운영개념이 명확해야 하는 데, ‘차량-도로 자동화’ 보다는 C-ITS를 통해 구현되는 서비스에서 도로 인프라의 역할이 현재까지는 더 구체화되었기 때문이다.<sup>6)</sup> 또한 ‘차량-도로 자동화’의 경우는 도로 인프라에서 제공하는 정보가 대상 차량의 자동제어시스템에 입력될 수 있어서, 이와 관련하여 사고발생 시 법적 책임소재 파악이 더 어렵기 때문에 가까운 미래에 상용화되기가 쉽지 않다는 점도 감안하였다.

국내에서는 ITS 장치와 시스템의 점검 및 복구가 유지관리 업무의 대부분을 차지하고 있다. 이러한 운영 및 유지관리체계로는 ITS 패러다임 변화에 대한 정책적 요구에 부응하기에는 한계가 있다. 다시 말해, 기본적으로 단기적인 운영 및 유지관리 업무도

6) 이와 관련하여 국내에서는 국토교통부가 2014년도부터 대전시와 세종시의 간선도로 및 대전-세종 연결 고속국도, 일반국도를 대상으로 C-ITS 인프라를 구축하여 그 서비스를 평가하기 위한 시범사업을 추진 중에 있음 (국토교통부, 2015d)

지속되어야 하지만, 그 외에도 보다 상위단계에서 운영 및 유지관리체계를 전반적으로 개선하기 위한 계획 및 진단에 중점을 둔 관리 개념이 요구된다. 본 연구에서는 이러한 새로운 측면의 관리를 총칭하여 ‘전략적 관리’라고 부를 것이며, 그 원칙 및 관련 분석 절차에 대해서는 4장에서 심도 있게 다룰 것이다.

요약하면, ITS 패러다임 변화에 따라 대두된 요구사항들을 반영하여 첨단도로인프라를 전략적으로 관리하려면, 기존의 운영 및 유지관리체계에 대한 면밀한 진단에 기반을 둔 중장기적 정책방안이 필요하다는 것이 본 과제가 수행된 배경이다.

## 2) 연구의 목적

본 연구의 목적은 ① ITS 패러다임이 전환되는 과도기에 부응하여 첨단도로인프라의 관리에 대한 신규 요구사항을 검토하는 동시에, ② 중·장기적인 관점에서 기존의 운영 및 유지관리 체계를 개선하기 위한 분석절차를 개발 및 적용하며, ③ 이러한 전략적 관리를 위한 국가차원의 정책 방안을 도출하는데 있다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

### 1) 연구의 범위

#### (1) 시간적 범위

본 연구는 그 시간적 범위를 국내에 ITS 구축이 시작된 시점부터 C-ITS 또는 ‘차량-도로 자동화’의 상용화가 시작될 것으로 예상되는 시점까지로 설정하되, 이 중에서 기존의 ITS에서 C-ITS로 도로교통 운영의 패러다임이 전환되는 과도기를 주요 분석 대상으로 삼는다.

#### (2) 공간적 범위

본 연구는 국내 전 지역을 공간적 범위로 포함하되, 사례 분석의 경우 그 구체성을 높이기 위해 대전광역시를 그 분석 대상으로 설정하였다. 이러한 공간적 범위의 설정

은 ① 대전권이 첨단교통모델도시사업 등의 ITS 사업 추진을 통해 첨단도로인프라의 관리에 대한 요구사항을 갖고 있으며, ② 신규 첨단도로인프라가 요구되는 C-ITS 시범사업이 대전-세종 연결도로에서 시행됨을 고려하여 이루어졌다.

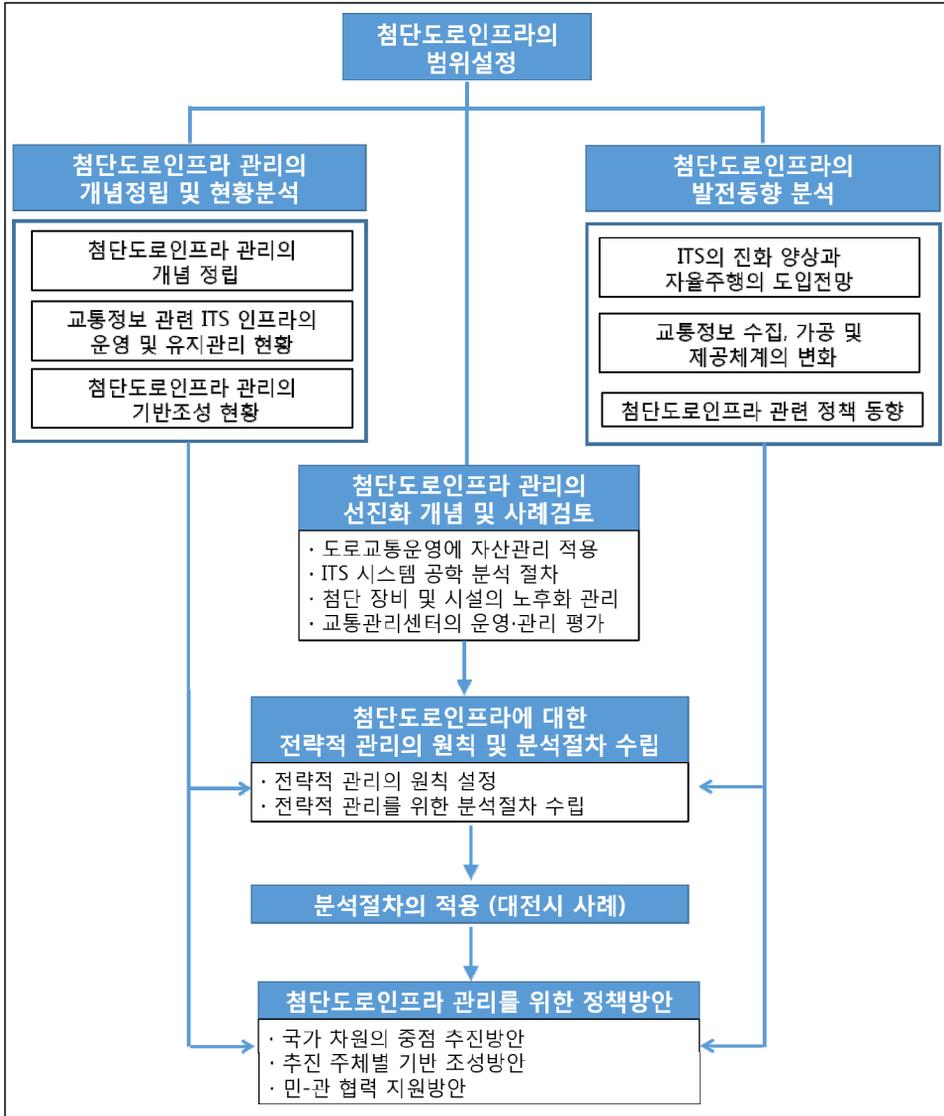
### (3) 내용적 범위

본 연구는 현재 전국적으로 폭넓게 적용되고 있으며, 향후 현격한 변화가 예상되는 '교통정보 수집, 가공 및 제공' 관련 첨단도로인프라를 중점 연구 대상으로 하여, 그 운영 및 유지관리체계의 개선에 중점을 두고 수행되었다. 이를 위해 첨단도로인프라에 관한 국내의 운영 및 유지관리 현황과 더불어 관련 기반조성 현황을 검토하고, ITS의 진화 및 자율주행시대의 도래와 관련된 첨단도로인프라의 발전 동향을 분석하였다. 또한 이러한 동향 분석과 해외 인프라 관리에 관한 사례검토를 통해 얻은 시사점을 바탕으로 첨단도로인프라의 전략적 관리에 대한 원칙 및 분석절차를 수립하였다. 이렇게 수립된 원칙 및 분석절차를 대전광역시의 ITS에 대해 적용하였다. 더 나아가 첨단도로인프라의 전략적 관리에 관한 국가차원의 정책방안을 모색하였다.

## 2) 연구의 방법

본 연구에서는 국내·외 문헌조사를 통해 첨단도로인프라의 기술 및 정책 현황, 운영·관리에 관한 사례 및 제도 등을 검토하였다. 이와 더불어, 다양한 분야의 ITS 전문가들로부터 얻은 의견들을 수렴하여 이를 첨단도로인프라의 요구사항 파악과 전략적 관리의 원칙 수립에 반영하였다. 뿐만 아니라, 첨단도로인프라의 전략적 관리를 위한 분석절차를 위탁연구기관인 목원대 산학협력단과 공동으로 개발하여 이를 대전광역시의 ITS 인프라에 적용했다. 이 분석절차는 자산관리의 선진화 사례 및 미국의 연방도로청(Federal Highway Administration: FHWA)의 시스템공학 분석절차의 핵심원칙을 반영하여 수립되었다([부록 3] 참조).

그림 1-6 연구수행의 흐름도



### 3. 선행연구와의 차별성

#### 1) 첨단도로인프라의 관리에 관한 선행연구

변상철 외(2013)는 일반국도 ITS 정보 수집 및 가공체계 개선을 위한 근거리 전용 통신 (Dedicated Short Range Communication: DSRC) 인프라 구축에 관한 타당성 검토를 수행한 바 있다. 최근에는 DSRC 뿐만 아니라, 셀룰러, 인터넷 등 다양한 통신 기술을 통합적으로 활용할 수 있는 ‘차량-도로 인프라 통신 연계’에 대한 연구개발과 표준화가 진행되고 있다. 이러한 신규 기술동향을 반영하기 위해서는 이 선행연구에 대한 후속연구가 필요하다.

채원주 외(2014)는 ITS 현장 시설물에 대한 정보를 체계적으로 관리하기 위한 지리 정보시스템을 구축하고, 이 시스템을 ITS 정책수립에 활용하기 위한 연구를 수행하였다. 이 선행연구는 교통정보센터의 운영과 연계된 장비 및 시설을 그 내용적 범위에 포함하지 않았다.

박상조(2014)는 ITS 운영의 문제점을 파악하고, 개선방안을 도출하기 위한 체계적인 방법론을 개발하여 적용하였다. 이 선행 연구는 ITS 운영의 투입, 과정 및 산출 단계 별로 관련 지표를 도출하여 부천시의 ITS 운영을 진단·평가 하였다.

이승환 외(2015)는 ITS 사업의 효율적인 추진을 위해 고시, 지침 등의 행정규칙들을 검토하고, 정비하기 위한 연구를 수행하였다. 이 선행연구는 ITS 운영 및 유지관리 체계 중에 법제도를 중심으로 이루어졌다.

#### 2) C-ITS 및 자율주행 도입에 관한 선행연구

강경표 외(2013)는 C-ITS 서비스 규격을 정립하고, 관련 인프라의 단계별 구축 계획을 수립하기 위한 연구를 수행하였다. 이 선행연구는 C-ITS 서비스 도입을 위한 신규 인프라 구축을 주요 분석 대상으로 설정하였다.

Burgess 외 (2013)는 미국 전역의 주요 교통관리센터들의 각 실무자들을 대상으로 ‘C-ITS 환경에 대응하기 위한 교통정보센터의 기능적 요구사항’에 관한 설문조사를 수행하였다. 또한 이 설문조사의 분석결과를 바탕으로 교통관리센터를 통해 제공되는

각 ITS 서비스들이 C-ITS 환경에서는 어떻게 달라지는 지를 예측하여 운영 측면의 개괄적인 대응방안을 제시하였다.

Green 외(2014)는 5.9 GHz 근거리 통신 기반 C-ITS 와 기 구축된 ITS 인프라와 기술 및 정책적 연계 방안을 도출하기 위한 연구를 수행하였다. 이 선행연구는 ITS 및 C-ITS 아키텍처에 근거하여 신-구 인프라의 운영 연계를 면밀하게 분석하였다. 하지만, 그 분석 결과가 호주의 기술 및 제도를 바탕으로 도출되어서, 국내에 그대로 적용하는 데에는 무리가 있다.

Hendrickson 외 (2014)는 C-ITS 및 자율주행 기술의 도입에 관한 몇 가지 시나리오에 대한 가정을 기반으로 첨단도로인프라에 관한 의사결정 과정이 어떻게 바뀔 수 있는 지를 검토하였다. 이 선행연구는 목표연도를 2040년으로 설정하여 미래상을 제시했다는 데 의의가 있으나, 현재부터 2040년까지에 이르는 과도기에서 첨단도로인프라 관리가 어떻게 수행되어야 하는 지는 검토하지 않았다.

### 3) 선행연구에 대한 본 연구의 차별성

본 연구는 ① 1세대 ITS와 C-ITS 및 자율주행 차량이 공존하는 과도기적 환경에 효과적으로 대응하기 위한 기술 및 정책적 요구사항을 분석하였으며, ② 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리를 종합적으로 진단하고, 신-구 인프라 간 관계를 정립하기 위한 체계적인 분석절차를 개발하여 적용했다는 점에서 선행연구와 차별성을 보인다.

표 1-1 선행연구와의 차별성

구 분	선행연구와의 차별성			
	연구목적	연구방법	주요 연구내용	
주 요 선 행 연 구	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: ITS 검지체계 개선을 통한 국도 ITS 선진화 방안 연구</li> <li>연구자: 변상철 외(2013)</li> <li>연구목적: 일반국도 ITS 신뢰성 제고를 위해 DSRC 기반의 ITS 구축에 대한 타당성 평가 및 계획 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌검토 및 현장조사 등을 통한 ITS 검지체계의 현황 파악</li> <li>ITS 소통정보 신뢰성 평가를 위한 현장 자료 수집 및 분석</li> <li>DSRC 기반 ITS 검지체계의 경제성 평가를 위한 모의실험 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>일반국도 ITS 신뢰성 평가를 위한 현장조사 및 분석</li> <li>DSRC기반 일반국도 ITS의 구축 타당성 검토</li> <li>DSRC를 이용한 일반국도 ITS 서비스 개선 및 단계별 확대방안</li> <li>일반국도 교통정보의 효율적 수집 및 제공을 위한 DSRC 구축방안 정립</li> </ul>
	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: ITS 현장 시설물 관리 시스템 구축 및 활용 방안 연구</li> <li>연구자: 채원주 외(2014)</li> <li>연구목적: ITS 현장 시설물 정보의 체계적 관리를 위한 시스템을 구축하고, 이 시스템을 ITS 정책수립에 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌검토 및 현장조사 등을 통한 국내외 사례조사</li> <li>인터넷 정보 업체인 네이버와 한국지능형교통체계 협회의 협력을 통한 시스템 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ITS 현장시설물 관리시스템 운영사례 및 정보화 현황분석</li> <li>ITS 현장시설물 관리 시스템 도입 방안 검토</li> <li>ITS 현장시설물 관리 시스템 설계, 개발, 운영 및 활용 검토</li> </ul>
	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: ITS 운영 진단·평가 방안 연구</li> <li>연구자: 박상조(2014)</li> <li>연구목적: ITS 운영의 문제점을 파악하고, 개선방안을 도출할 수 있는 방법론을 개발 및 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련문헌 및 사례검토</li> <li>국가 ITS 아키텍처 분석</li> <li>ITS 운영의 진단·평가를 위한 논리모형개발</li> <li>부천시 ITS 운영 진단·평가 사례분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ITS 운영 진단평가 방법론 정립</li> <li>ITS 운영 진단평가 시험 수행</li> <li>ITS 운영 진단평가 도입 방안 도출</li> </ul>
	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: 도로부문 지능형교통체계 설계편람 수립연구(II)</li> <li>연구자: 이승환 외(2015)</li> <li>연구목적: ITS 사업의 효과적인 추진을 위해 수립·운영 중인 훈령, 요령, 고시 등 행정규칙의 종합적인 정비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가통합교통체계효율화법, ITS 업무요령, ITS 사업시행지침 분석</li> <li>도로설계편람 등 타 분야 사례분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ITS 업무요령 개정 검토</li> <li>ITS 사업시행지침 마련</li> <li>ITS 구축 설계편람(안) 도출</li> </ul>
	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: C-ITS 기술동향 조사 및 국내도입방안 연구</li> <li>연구자: 강경표 외(2013)</li> <li>연구목적: C-ITS 서비스 규격서 작성 및 관련 인프라 구축 로드맵 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌검토 및 현장조사를 통한 기술동향 파악</li> <li>한국교통연구원과 한국지능형교통체계 협회의 공동연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C-ITS의 교통안전효과 분석</li> <li>C-ITS 요구사항 분석</li> <li>C-ITS 서비스 규격서 작성</li> <li>C-ITS 상용화를 위한 인프라 구축 및 법·제도 개선</li> <li>C-ITS 단계별 추진 로드맵 수립</li> </ul>

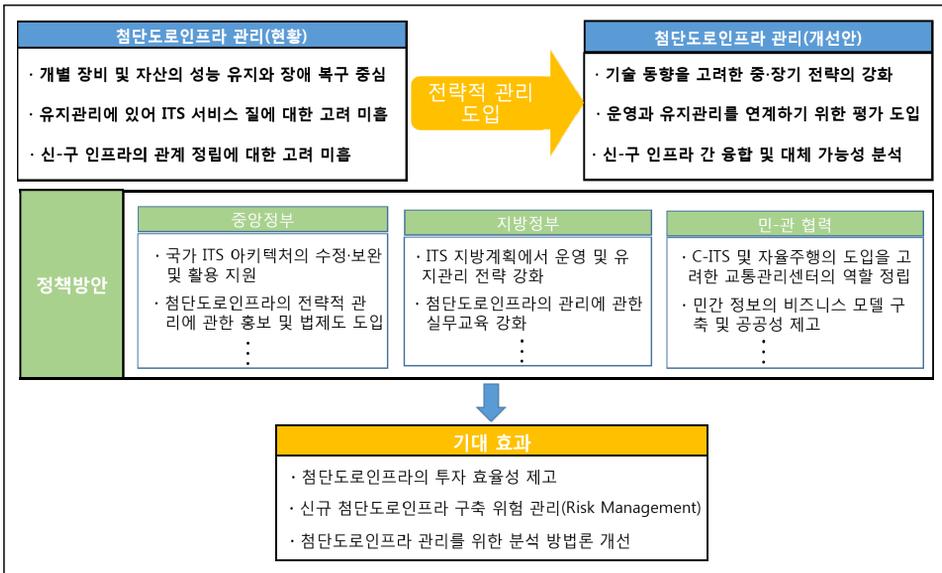
(표 계속)

구 분	선행연구와의 차별성			
	연구목적	연구방법	주요 연구내용	
주요 선행 연구	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: Traffic Management Centers in a Connected Vehicle Environment (Task3)</li> <li>연구자: Burgess 외(2013)</li> <li>연구목적: C-ITS 환경에 부응하기 위한 교통관리센터의 요구 사항 및 역할 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>미국 전역에 걸쳐 주요 교통관리센터들의 각 실무자들을 대상으로 설문조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교통관리센터의 운영과 관련된 C-ITS 프로그램 검토</li> <li>교통관리센터의 미래 변화 전망</li> <li>C-ITS 환경에 대응하기 위한 교통정보센터의 기능적 요구사항 분석</li> </ul>
	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명:C-ITS Interoperability with Existing ITS Infrastructure</li> <li>연구자: Green 외(2014)</li> <li>연구목적: 5.9 GHz 근거리 통신 기반 C-ITS와 기존 구축된 ITS 인프라의 기술 및 정책적 연계 방안 도출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문헌조사 및 사례연구</li> <li>현장방문 및 면담조사</li> <li>시스템공학 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C-ITS에 대한 기술현황, 활용 분야 등 조사</li> <li>C-ITS 주요 서비스별 교통정보센터 및 현장 시설물의 기술적 요구사항 검토</li> <li>C-ITS 신규 인프라와 기존 ITS 인프라의 기술적 및 정책적 연계방안 연구</li> </ul>
	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명: Connected and Autonomous Vehicles 2040 Vision</li> <li>연구자: Hendrickson 외 (2014)</li> <li>연구목적: C-ITS 및 자율주행 차량의 도입으로 인한 영향을 설계, 인프라, 통신장비 투자 측면에서 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>C-ITS 및 자율주행 차량 전문가 워크숍 개최</li> <li>자율주행 도입 시나리오별 영향 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계 및 투자 의사결정에 대한 영향</li> <li>실시간 자료 사용의 변화 분석</li> <li>기존 인프라에 대한 영향, 인력 교육 수요, 운전 면허, 통신 시설 투자, 화물 이동에 대한 영향 분석</li> </ul>
본 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제명:자율주행시대를 대비한 첨단도로인프라의 전략적 관리 방안</li> <li>연구목적: 대상 지자체의 여건에 맞게 첨단도로인프라의 전략적 관리를 도입하기 위한 분석 절차를 개발 및 적용하며, 전략적 관리를 지원하기 위한 국가 차원의 정책 방안들을 도출함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내·외 문헌조사</li> <li>현장 방문 및 담당자 면담 조사</li> <li>자문 협의체 운영</li> <li>기술부문 위탁용역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>첨단도로인프라의 기술 및 관리 현황 검토</li> <li>첨단도로인프라의 전략적 관리에 관한 원칙 및 분석절차 정립</li> <li>첨단도로인프라의 전략적 관리 분석절차의 적용</li> <li>첨단도로인프라 관리를 위한 정책방안 검토</li> </ul>	

## 4. 연구의 기대효과

본 연구의 정책적 기대효과는 크게 두 가지이다. 첫째, ITS 패러다임의 변화에 부응하여 첨단도로인프라 관리와 관련된 투자 의사결정을 지원함으로써 사회적 편익을 창출할 수 있다. 둘째, C-ITS 및 ‘차량-도로 자동화’ 서비스를 위한 신규 기술의 시장 보급에 대한 불확실성이 높은 과도기 단계에서 기존의 ITS 인프라를 최대한 활용하는 방안을 검토할 수 있다. 이 두 가지 기대효과는 신규 첨단도로인프라의 시장 도입 초기 단계에서 불확실성이 높은 인프라 구축에 대한 위험 관리 (Risk Management)에 기여함으로써 얻을 수 있다. 이러한 정책적 기대 효과 외에도, 본 연구는 첨단 도로 인프라의 운영 및 유지관리를 점검하고, 그 연장선상에서 기존의 ITS와 C-ITS 간의 관계를 정립하기 위한 통합적인 분석절차를 국내에서 처음으로 개발하여 적용했다는 점에서 학술적 기여도가 있다.

그림 1-7 연구의 기대효과



# 첨단도로인프라의 기술환경 변화

01	첨단도로인프라의 범위 설정	19
02	ITS의 패러다임 변화	22
03	국내 교통정보 수집·가공·제공 환경의 변화	30
04	시사점	33



## 첨단도로인프라의 기술환경 변화

본 장에서는 첨단도로인프라의 범위를 설정하고, ITS의 진화에 따른 교통정보 수집, 가공 및 제공체계의 변화를 검토하여 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리와 관련한 시사점을 도출한다.

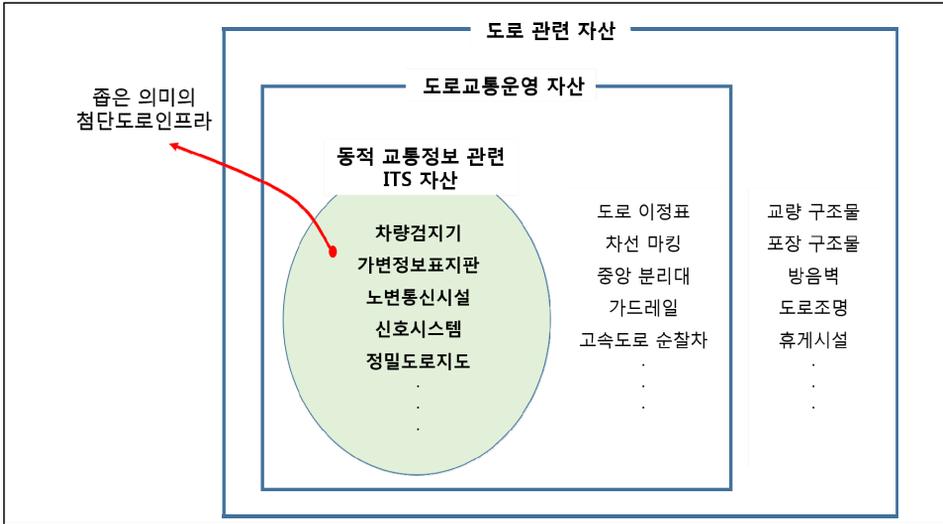
### 1. 첨단도로인프라의 범위 설정

도로와 관련된 자산은 <그림 2-1>에서 제시한 바와 같이 ‘도로교통운영 자산’과 그 밖에 일반적인 시설 및 장치로 구분할 수 있다. 여기서 ‘도로교통운영 자산’은 도로 교통의 운영<sup>7)</sup>과 관련된 시스템 및 서비스를 제공하기 위해 활용되는 시설, 장비 및 인력으로 정의할 수 있다. 여기서 도로교통운영 자산은 더 세분화하여 ‘동적(dynamic) 교통정보 제공과 관련된 ITS 자산’과 그 밖의 자산(예: 정적교통정보 관련 자산, 사고예방시설 등)으로 나눌 수 있다.

도로교통운영 자산은 <그림 2-2>에서 제시한 바와 같이 물리적, 시스템적 또는 인적 속성을 갖는 구성요소를 포함한다(FHWA, 2005). 여기에서 ① ‘물리적 속성’은 특정 자산 및 시스템을 이루고 있는 하드웨어 및 물리적 객체를, ② ‘시스템적 속성’은 관리 기능을 제공하기 위한 시스템들을 연결하고, 제어하기 위한 하드웨어, 소프트웨어 및 통신 인프라의 기능 및 구조를, ③ ‘인적 속성’은 대상 자산을 운영하고 관리하기 위한 인력 자원을 의미한다.

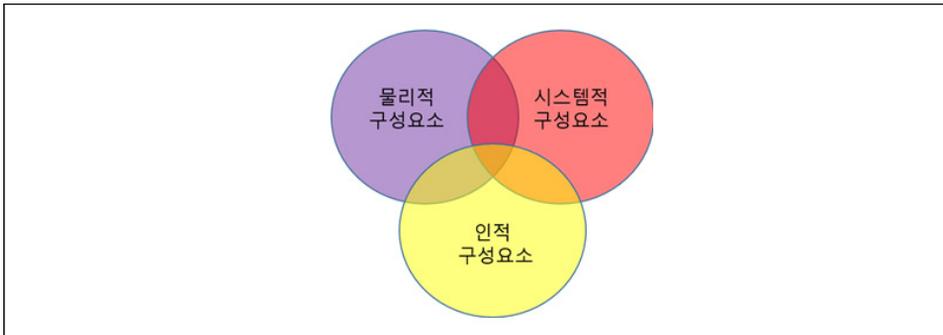
7) “운영(operations)은 사용자와 관련된 성능(customer-related performance)을 유지하고 개선하기 위해 기존의 교통시스템을 최대한 활용하는 통합적인 시스템 및 서비스의 제공으로 규정되며, 통상적인 교통 운영, 대중교통 운영, 유고 관리, 악천후에 대응한 관리, 네트워크 및 시설 관리 등을 포함한다.” (FHWA의 용어정의 웹사이트, 2016년 12월 접속)

**그림 2-1 도로 관련 자산의 분류**



출처: 저자 작성.

**그림 2-2 도로교통운영 자산의 구성요소**



출처: FHWA. 2005. Identification of operation assets. p20.

도로교통운영 자산들을 위에서 언급한 세 가지 구성요소 중 가급적 한 가지 속성만 가지도록 세분화하면 <표 2-1>에서 제시한 바와 같은 목록을 얻을 수 있다. 이러한 목록은 도로교통운영 자산관리를 전산화하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

**표 2-1 도로교통운영 자산의 세부 목록 (예시)**

자산 ID	물리적 속성	시스템적 속성	인적 속성	용도
교통정보제공 컴퓨터 하드웨어	○			교통관리센터 정보 배포
교통정보제공 컴퓨터 소프트웨어		○		교통관리센터 정보 배포
교통정보제공 키오스크 컴퓨터 하드웨어 키오스크 지지대 전력 소스 통신 인터페이스 지역 운영 소프트웨어	○ ○	○ ○ ○		교통관리센터 정보 배포
검지기 차량 센서 자료 처리 시스템 lead-in cable 처리장비 캐비닛 파워 소스 통신 인터페이스	○ ○ ○	○ ○ ○		교통제어장치 신호 설계 교통관리센터 운영
• • •	• • •	• • •	• • •	• • •

출처: FHWA(2005)을 참조하여 저자 작성.

자율주행시대의 첨단도로 운영을 위해서는 ITS 서비스 제공을 위한 자산뿐만 아니라 차량의 자동 인식을 위한 가시성 높은 차로마킹, 이정표 등도 함께 요구된다. 뿐만 아니라 태양열충전도로 등 신개념의 시설도 ‘광의(廣義)의 첨단도로인프라’에 속한다고 볼 수 있다.

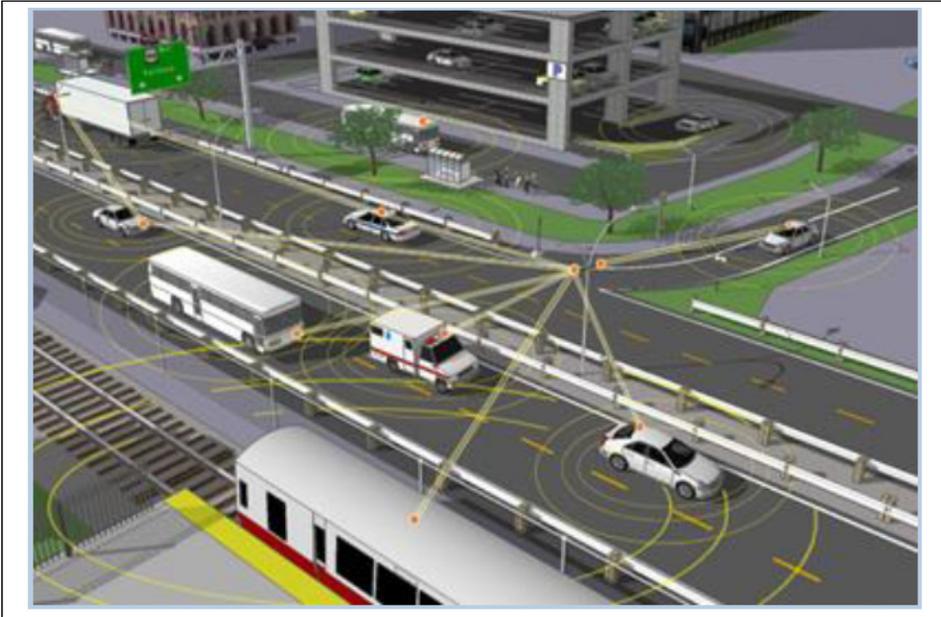
이동성 및 안전 향상을 위한 ‘동적교통정보 관련 ITS 자산’이 그 밖의 첨단도로 시설 및 장비에 비해 그 운영개념이 현재까지는 상대적으로 더 잘 정립되어 있다. 이런 점을 감안하여 본 연구는 ITS 인프라를 ‘협의(狹義)의 첨단도로인프라’로 규정하여, 이를 주요 분석대상으로 설정하였다.

## 2. ITS의 패러다임 변화

### 1) 기존의 ITS에서 C-ITS로의 진화양상

C-ITS<sup>8)</sup>는 <그림 2-3>에서 보는 바와 같이 ITS 구성요소 간 양방향 통신을 통해 안전, 이동성 및 환경을 개선하기 위한 목적으로 개발되었다. C-ITS는 V2V(차량 간 통신) 또는 V2I(차량과 인프라 간 통신)을 활용하여 이동성 및 안전 향상을 위한 다양한 애플리케이션을 제공할 수 있다. 또한, 차량 위치 기반의 정보수집 및 제공이 확대되면서 정밀도로지도, 측위 (해당 도로에서 차량의 위치 파악) 등 새로운 기술 요소들에 대한 연구개발이 활발하게 진행되고 있다(세부 내용은 [부록 1]에 제시됨).

그림 2-3 C-ITS의 개념도



출처: US DOT. 2014. National Connected Vehicle Field Infrastructure Footprint Analysis. p19.

8) 미국에서는 통신의 연결성이라는 측면을 강조하여 C-ITS 대신 'Connected Vehicle' 이라는 용어를 사용함

C-ITS를 위한 첨단도로인프라의 주요 항목들은 아래와 같다(FHWA, 2014).

- 노변 통신장치, 지지대, 파워 및 네트워크 통신선 등
- 신호 현시 및 주기에 관한 서비스를 위한 교통신호제어기 인터페이스
- 보안인증 및 네트워크 신뢰성 확보를 위한 지원 시스템 및 절차<sup>9)</sup>
- 고정밀 도로 기하구조, 표지판 및 기타 관련 자산들의 위치에 관한 지도정보
- 고도의 정밀성 및 정확도로 차량의 위치를 파악하기 위한 측위 서비스
- 차량 자료를 수집·가공하고, 교통정보 및 위험경고를 제공하기 위한 데이터 서버

C-ITS는 기존의 ITS와 비교했을 때, 현장 장비, 센터, 통신 장비 등으로 구성되는 시스템 운영의 기본 틀은 유사하나, 아래와 같이 애플리케이션 개념, 통신개념, 독립성 및 신뢰의 측면에서 차이를 보인다.<sup>10)</sup>

### (1) 애플리케이션 개념 (Application Concepts)

기존의 ITS에서는 도로 관리기관들이 관할 지역의 도로에 첨단도로인프라를 구축하고, 이들을 통제하는 것이 일반적이었다. 반면에, C-ITS 환경에서는 각 도로 관리기관이 자신이 소유하지 않은 장치(예: 차량 단말기)를 통해 생성된 정보도 통신 채널의 소유권 유무에 관계없이 손쉽게 접근할 수가 있게 되었다. 이로 인해 ‘자료의 수집 주체’와 ‘정보를 표출하는 주체’의 불일치가 빈번하게 발생할 수 있다. 이러한 C-ITS 기반의 애플리케이션 개념이 교통정보 분야에 확대 적용되기 위해서는 모든 이해 당사자가 상호 통신할 수 있도록 하는 언어 및 규칙이 요구된다.

### (2) 통신 개념 (Communication Concepts)

기존의 ITS 환경에서는 대부분의 도로 관리기관들이 각자의 관할 구역 및 도로에

---

9) 미국에서는 보안 관리시스템을 (Security Management Systems: SCMS) 각 C-ITS 애플리케이션의 기반시스템과 통합하기 위한 운영개념 및 시스템 요구사항을 규정하고 있음 (U.S. DOT, 2011)

10) C-ITS와 기존의 ITS에 관한 비교 내용은 National ITS Architecture Team (2015)의 해당 부분을 요약·정리한 것임

필요한 장치 및 시설들을 구축하였다. 또한 이러한 현장 인프라를 자신들이 관리하는 통신 네트워크를 통해 관할 서버들에 연결하는 중앙 집중형의 통신 방식을 주로 사용했다. 한편, 민간 부문에서는 개별 이용자들이 여러 개의 통신 서비스에 가입하는 경우, 개별 서비스 제공자가 제공하는 고유의 인터페이스를 통해 필요한 정보에 접근해야만 했다. 반면에 C-ITS의 환경에서는 개방형인 동시에 상호신뢰가 전제되는 통신 방식으로 정보가 송수신된다. 이를 위해, 교통관리센터와 대상 인프라 간 자료 및 메시지 교환에 대한 표준 (예를 들면, 통신 네트워크 표준인 Internet Protocol version 6)이 필요하다.

### (3) 독립성과 신뢰 (Independence and Trust)

기존의 ITS 환경에서는 하나의 큰 관리센터를 중심으로 ‘명령 및 통제’ 하는 방식이 주류를 이루고, 통행자도 대상 기관의 애플리케이션을 별도로 취득해서 교통정보에 접근하는 방식이 보편적이었다. 반면에 C-ITS 환경에서는 전체적인 시스템 내에서 각 장치의 운영주체가 타 운영주체들과는 독립적으로 대상 장치를 운영하게 된다. 이런 환경에서는 자료 출처의 신뢰성을 보장해주는 인증만 있으면, 그 출처가 어디인지는 중요하지 않게 된다.

독립성과 더불어 신뢰체계를 유지하기 위해서는 자료 형식 및 내용의 표준화뿐만 아니라 정보 및 통신의 보안을 위한 공공키 인프라 (Public Key Infrastructure: PKI)가 요구된다. 이런 맥락에서 C-ITS 환경에서는 모든 이용자 (운전자, 시스템 운영자, 관리 기관)가 전자인증을 신청해야 하며, 정보 수신자는 인증된 정보만을 신뢰하게 된다. 또한 개인 사생활 보호를 위해서 수집되는 정보 중에 개인 노출 위험이 있는 부분은 암호화(encryption)가 필요하다.

## 2) 차량자동화 기술현황

자율주행은 대상 차량이 센서 및 카메라 등으로 수집된 정보를 기반으로 자신의 운행 조건을 인지 및 평가하여, 내부의 자동화 시스템에 의해 그 이동을 자체적으로 제어할 때 가능하다. 이러한 자율주행이 안전하게 수행되려면, <표 2-2>에 제시한 세부

단계인 인지, 계획, 실행이 오류 없이 처리되어야 한다. 뿐만 아니라, 이러한 세부 단계로 이루어지는 행위 주기(loop)들이 상호 간에 충돌이나 모순 없이 병렬적으로 실행되어야 한다.

**표 2-2 자율주행을 위한 행위 주기의 세부 단계**

단계	수행 내용
인지	<ul style="list-style-type: none"> <li>자율주행차량은 여러 센서들을 통해 주변 환경에 대한 자료를 수집하고, 자신과 주변 환경과의 관계를 파악함</li> <li>소프트웨어 알고리즘은 수집된 센서 자료들을 해석함 (즉, 도로 이미지로부터 차로 마킹을 파악하고, 정밀센서 자료를 통해 주변 차량의 행태를 파악함)</li> </ul>
계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>자율주행차량은 이와 같이 해석된 자료를 기반으로 자신의 행위에 대한 계획을 세움 (즉, 도로 운행에 대한 전반적인 궤적, 감·가속 및 방향전환을 즉각적으로 결정함)</li> </ul>
실행	<ul style="list-style-type: none"> <li>계획 단계에서 결정된 의사결정들을 실행 가능한 명령으로 변환하여 차량의 제어 시스템 (조향장치, 브레이크 등)으로 전달함</li> </ul>

자료: Anderson 외(2014)를 참조하여 저자 작성.

자율주행차량은 동적인 운전 환경을 파악하기 위해 카메라에 기반을 둔 컴퓨터 시각 (computer vision) 시스템과 여러 센서 조합을 함께 사용할 수 있다. 대표적인 센서로 Lidar (Light detection and ranging), Radar(Radio detection and ranging), 초음파 센서, 적외선 센서 등이 상용화되어 있다. 이러한 센서들 각각의 장·단점을 고려하여 여러 센서들을 상호 보완하는 방식을 사용한다. 또한 필요에 따라서 특정 센서의 오작동에 대비하여 유사 기능을 수행하는 센서들을 여분으로 운영함으로써 안전성을 높일 수 있다.

자율주행차량은 실시간 측위를 수행해야 한다. 이를 위해 전역 측위 시스템 (Global Positioning Systems: GPS)<sup>11)</sup>과 전자지도가 필요하다. 대상 차량은 GPS를 통해 인공위성으로부터 신호를 받아서 자신의 전역 좌표 (global coordinates)를 파악하고, 이렇게 파악된 좌표를 도로 전자지도와 상호 참조하는 데 사용하게 된다. 여기서 사용되는 전자지도는 차량 제어와 관련된 의사결정에 활용될 수 있는 정도의 정확도와 신뢰성을 갖춰야 한다.

11) 측위 보정을 위해 GPS는 관성 항법 시스템 (Inertial Navigation Systems: INS)과 병행하여 사용되는데, INS는 gyroscopes 와 accelerometers로 구성되며 외부 참조지점 없이도 대상 차량의 위치, 방향 및 속도를 지속적으로 계산함 (Anderson 외, 2004, p64)

전자지도는 자율주행의 측위에 활용될 뿐만 아니라, 앞에서 언급한 자율주행의 인지 단계에서 사용되는 여러 가지 센서들의 기능을 보완해 주는 또 하나의 센서로서의 역할을 담당할 수 있다. 같은 맥락에서 주요 선진국은 민·관 협력을 통해 ‘정밀지도 기반의 ADAS’의 개발 및 검증에 투자하고 있다.<sup>12)</sup> 이러한 ‘정밀지도 기반의 ADAS’가 상용화되기 위해서는 관할 지역에 구애받지 않고 일관성을 유지하는 ‘최신 지도 자료의 생성 및 제공’이 필요하다. ADAS에 적용 가능한 지도 자료 속성들의 예는 <표 2-3>에 제시하였다.

**표 2-3 ADAS에 적용 가능한 지도 자료 속성**

지도 자료 속성	ADAS 적용 사례	갱신 빈도
속도 제한	속도 경고	매우 높음 (연간 7~9%)
교통 표지	향상된 navigation (예: 트럭)	높음
차로 정보(갓수, 폭, 분리대, 연결성)	차로 유지, 차로 이탈 경고, 곡선부 경고	보통
교통 신호	교차로 지원	보통
건널목 (보행자, 트램)	향상된 navigation, 교통약자 보호	보통
통행료 징수 시설, 고속도로 IC, 터널 접근	장애물/ 조명 변화/ 속도제한/ 차량 간 거리 관리	매우 낮음 (도로 신설 및 개량 시)
구배(grade)	곡선부 경고, 연료 소모 지원 (승용차, 트럭)	매우 낮음 (도로 신설 및 개량 시)
횡방향 구배(bank)	전복에 대한 경고(트럭), 곡선부 경고	낮음 (도로 신설 및 개량 시)

출처: Bennett외. 2013. Emerging Digital Mapping Requirements for C-ITS. p12.

### 3) ‘차량-도로 자동화’의 도입에 관한 주요이슈

자율주행의 도입 방향은 ① 개별 차량의 센서 및 제어기술을 통해 구현되는 (즉, ‘차량자동화’에만 의존하는) 독립적인 방식과 ② C-ITS와 ‘차량자동화’의 접목을 통해 구현되는 협력적인 방식인 ‘차량-도로 자동화’로 대별된다. ‘차량-도로 자동화’를 통한 협력형의 자율주행을 주장하는 측은 그 근거로서 첫째, 독립적인 자율주행차량은 그 내부에 장착되는 센서 가격이 충분히 낮아질 때까지 시장에서 폭넓게 보급되기 힘들

12) 예를 들면, 유럽연합에서는 ADASIS 라는 민·관 협력 Forum을 운영하고 있음

고, 둘째, 독립적인 자율주행시스템이 제공하는 인지 범위의 시·공간적 제약으로 인해, 안전 측면의 보안을 위해 도로 인프라의 도움이 필요하다는 점을 제시한다.

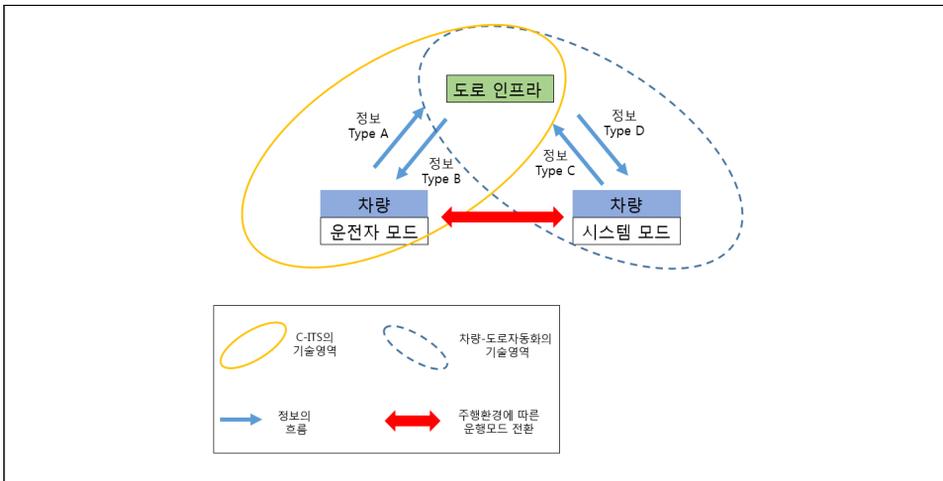
‘차량-도로 자동화’는 독립형의 자율주행 방식에 비해 첨단도로인프라의 관리 측면에서 고려해야할 사항들이 더 많을 것으로 예상된다. 이와 관련하여 ‘차량-도로 자동화’를 도입하고자 하는 도로 관리기관들이 직면하게 될 주요 이슈는 아래와 같다.

- 도로 인프라에서 전달되는 정보가 차량제어의 어느 수준까지 관여해야 하는가?
- 어느 수준의 차량 자동화 단계를 목표로 도로인프라를 구축해야 하는가?
- 어떤 방식의 교통관리를 채택해야 하는가?

### (1) 차량과 도로 인프라 간 정보교환에 관한 기술적 요구수준

C-ITS와 ‘차량-도로 자동화’ 모두 도로 인프라와 차량 간에 정보 교환을 필요로 한다는 점에서 유사성을 보인다. 하지만, 전자는 ‘운전자’가, 후자는 ‘차량 시스템’이 차량의 제어권을 갖고 있는 운행환경에서 운영된다는 점에서 두 시스템은 서로 차별화된다(〈그림 2-4〉 참조). 이 두 시스템의 본질적인 차이는 아래의 논의와 같이 차량과 도로 인프라 간에 교환되는 정보의 기술적 요구수준에서 찾을 수 있다.

**그림 2-4** 차량과 도로 인프라 간 정보교환의 유형



출처: 저자 작성.

차량에서 도로 인프라로 가는 정보 (타입 A와 C)는 정확도 및 신뢰성에대한 검증만 이루어진다면 차량제어 주체에 크게 영향을 받지 않는다. 반면에 도로 인프라에서 차량으로 가는 정보 (타입 B와 D)의 경우, 그 기술적 요구사항이 차량의 제어권이 누구에게 있는가에 크게 달라질 수 있다. 예를 들면, 차량의 제어권이 시스템에게 있는 타입 D는 시스템이 인지하고 판단해야 하는 정보이므로, 인간운전자에게 제공되는 타입 B에 비해 정보의 형식, 내용 및 갱신빈도 등에 대한 보다 높은 기술수준이 요구된다.

## (2) 차량자동화 단계에 따른 자율주행 서비스 범주

차량자동화의 단계는 ‘조향, 가·감속 등의 제어에 대한 주체가 누구인가?’, ‘운전 환경에 대한 모니터링의 주체는 누구인가?’, ‘비상 시 대응 주체는 누구인가?’, ‘시스템의 기능은 어느 수준인가?’에 근거해서 구분될 수 있다. 미국 기반의 국제 표준기관인 자동차공학협회(Society of Automotive Engineers: SAE)는 최근에 차량자동화를 여섯 단계로 구분하여 발표한 바 있다 (<표 2-4>참조). 이 단계 구분에 따르면 자율주행 2단계까지는 인간 운전자가, 3단계 이상부터는 자율주행시스템이 각각 대상 차량의 운행 환경을 인지 및 판단한다고 간주된다.

**표 2-4** 차량자동화의 단계

단계	자동화 단계 명칭	조향 가·감속 제어	운전환경 모니터링	비상 시 대응 주체	시스템 기능 (운전 모드)
0	수동	인간 운전자	인간 운전자	인간 운전자	해당 없음
1	운전 지원	인간 운전자	인간 운전자	인간 운전자	특정 운행 모드
2	부분 자동	시스템	시스템	인간 운전자	특정 운행 모드
3	조건부 자동	시스템	시스템	인간 운전자	특정 운행 모드
4	높은 수준의 자동	시스템	시스템	시스템	특정 운행 모드
5	완전 자동	시스템	시스템	시스템	모든 운행 모드

자료: SAE. 2014. Automated Driving: Levels of Driving Automation are Defined in New SAE International Standard J3016. Society of Automotive Engineers.

차량자동화의 단계는 <표 2-5>에서 제시한 바와 같이 자율주행 서비스의 범주를 정하기 위한 핵심적인 요인 중의 하나가 된다. 예를 들면, 낮은 자동화 단계의 부분적인

자율주행에서는 주차지원, 추월지원, 작업구간지원과 같은 서비스가 가능하다. 이러한 부분적인 자율주행 서비스의 경우, C-ITS 인프라는 인간 운전자에게 있을 때 위험경고 등의 정보제공을 목적으로 사용될 수 있다. 반면에, 자동화 5단계에 해당하는 완전 자율주행에서는 주차관제, 자동긴급정지, 도로관제와 같은 서비스가 제공될 수 있다. 이러한 완전 자율주행 서비스를 위해서, C-ITS 인프라에서 제공되는 정보가 차량제어에 직접적으로 개입하는 것이 필요할 수 있다.

**표 2-5 자율주행 서비스 범주**

운행조건 특성구분	낮은 속도의 운행	한정된 시간동안 운행	지속적인 운행
부분 자동	<b>주차지원 (Parking assistant)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>운전자-촉발 자동 주차</li> <li>운전자의 지속적인 감독이 요구됨</li> <li>필요시 운전자 개입</li> </ul>	<b>추월지원 (Passing assistant)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>운전자-촉발 자동 추월</li> <li>도로에서만 적용</li> <li>운전자의 지속적인 감독, 필요시 운전자에게 제어권 이양</li> </ul>	<b>작업구간지원 (Construction site assistant)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>횡/종방향 자동제어</li> <li>도로 작업구간에 적용</li> <li>운전자의 지속적인 감독, 필요시 운전자에게 제어권 이양</li> </ul>
높은 수준의 자동	N/A	<b>자동차로변경 (Lane change chauffeur)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>운전자가 촉발한 자동 차로변경</li> <li>도로에서만 적용</li> <li>운전자의 감독 불필요</li> </ul>	<b>자동도로운전 (Highway chauffeur)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>횡/종방향 자동제어</li> <li>도로에서만 적용</li> <li>운전자의 감독 불필요, 적정시기에 운전자에게 제어권 이양</li> </ul>
완전 자동	<b>주차관제 (Parking pilot)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>자동 대리 주차</li> <li>차량의 전적인 책임</li> </ul>	<b>자동긴급정지 (Automated emergency stop)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>운전자가 무의식 상태일 경우 차량을 안전지역에 자동 대피 이동</li> </ul>	<b>도로관제 (Highway pilot)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>횡/종방향 자동제어</li> <li>도로에서만 적용</li> <li>운전자의 감독 불필요, 운전자에게 제어권 이양 불필요</li> </ul>

출처: ERTICO. 2013. Regulatory Needs and Solutions for Deployment of Vehicle and Road Automation (Draft1). p15.

### (3) ‘차량-도로 자동화’를 위한 교통관리 방식

자율주행차량과 일반차량이 혼재하여 운행할 경우, 교통관리는 일반차량의 기술 수준을 고려하여 수행해야 한다. 왜냐하면, C-ITS 통신 기능을 갖추지 않은 일반차량의

경우, 기존보다 진일보한 교통관리를 적용하기에 한계가 있기 때문이다. 이를 감안하여, 자율주행차량의 도입으로 인한 교통 운영 측면의 효과를 높이기 위해 자율주행 전용차로 운영을 고려할 수 있다. 자율주행 전용차로를 운영하는 방식은 차량제어를 각각의 자율주행차량에 개별적으로 맡기는 ‘분산형’ 과 도로 인프라 기반의 교통관리센터에 맡겨서 군집주행의 형태로 교통류를 관리하는 ‘중앙통제형’ 으로 대별할 수 있다.

<표 2-6>에서 제시한 바와 같이 ‘분산형’ 은 정밀한 차량 센서 및 제어알고리즘을 기반으로 하여 개별적으로 관리되기 때문에 ‘중앙통제형’ 에 비해 도로 인프라에 대한 투자비용이 낮은 반면에, 차량들이 개별적으로 자신의 운영 효율성을 추구하다보면 ‘중앙통제형’ 에 비해 시스템 전체의 효율성 및 안전성 확보가 어려울 수 있다. 반면에 ‘중앙통제형’ 은 도로 인프라의 시스템 오류 및 해킹이 발생했을 때 교통 관리 전체가 마비될 수 있으며, 자율주행에 있어 C-ITS 인프라의 역할 비중 및 법적 책임을 증가시킬 것으로 예상된다.

**표 2-6 자율주행 지정차로 운영을 위한 교통관리 방식의 비교**

특성구분 \ 관리방식	분산형 (개별 차량에 의한 제어)	중앙통제형 (교통관리센터에서 관제)
도로관리 기관이 부담해야할 인프라 투자비용 및 법적 책임	낮음	높음
시스템 전체의 이동성 및 안전 목표 달성의 용이성	낮음	높음
도로 인프라의 시스템 오류 및 해킹 발생에 대한 대응의 유연성	높음	낮음

출처: 저자 작성.

### 3. 국내 교통정보 수집·가공·제공 환경의 변화

#### 1) 교통정보 수집 환경의 변화

기존의 ITS 환경에서는 특정지점에서 차량 통과와 관련된 정보를 수집하는 고정식 검지방식이 일반적으로 사용되었다. 예를 들면, 대표적인 고정식 검지방비인 VDS는

해당 도로지점에서 개별 차량의 속도, 차량길이, 점유율, 통과시간 등의 정형화된 정보를 차로별로 수집하여 일정 주기로 교통정보센터에 제공한다. VDS는 대상 지점을 통과하는 교통량의 전수조사가 가능하다는 장점이 있어서, 교통관리 측면에서 활용도가 높다. 하지만, VDS를 통한 지점식 정보 수집은 그 유지관리 비용이 높은 편이고, 구간 통행시간 및 속도를 산출하는 데 있어 심각한 오차를 야기할 수 있다.

구간 검지방식에 대한 수요의 증가로 인해 개별 차량의 번호표지판 인식을 위한 카메라 기반의 AVI가 일반 국도 및 지자체 도시부 도로를 중심으로 구축되었다. 또한 통신기술의 발달로 인해 개별 차량이 대상 구간에 진·출입하는 시점을 차내 단말기와 DSRC 기반의 노변 장치와의 통신을 통해 파악하는 구간 통행정보 수집방식도 가능해졌다. DSRC 기반의 구간 통행정보 수집은 AVI 방식에 비해 구축 및 운영에 소요되는 비용이 저렴하여 점차 확대되는 추세를 보인다.

더 나아가 C-ITS 및 ‘차량-도로 자동화’ 환경에서는 도로의 센서뿐만 아니라, 개별 차량의 센서 및 카메라로부터 수집되는 교통정보의 내용이 다양해지게 된다. 예를 들면, 교통소통뿐만 아니라 교통안전, 도로 기상, 포장 상태 등을 모니터링하는 데 도움이 되는 다양한 정보가 수집된다. 또한, 앞에서 언급한 바와 같이 개방형인 동시에 상호 신뢰가 전제되는 통신 방식이 사용됨에 따라 개별 운영 주체 간에 송수신되는 정보 메시지 집합이 새롭게 규정된다. 예를 들면, 미 연방 교통부는 기본안전메시지 (Basic Safety Message: BSM)에 대한 정의 및 표준화에 지원하고 있다. 또한 국제 표준기구인 European Telecommunications Standards Institute (ETSI)는 차량 간 통신, 차량-인프라 통신을 위한 정보표준인 협력적 인지메시지 (Cooperative Awareness Messages: CAM)과 분산형 환경 경고메시지 (Decentralized Environment Notification Messages : DENM)을 규정하였다.

## 2) 교통정보 가공 환경의 변화

기존의 ITS 환경에서는 비교적 정형화된 교통소통 자료를 가공하는 절차가 필요하며, 이를 위해 이상치 판정·제거 알고리즘, 결측 처리 알고리즘, 통행시간 추정 및 예측 알고리즘 등이 사용된다. 반면에 C-ITS 환경에서는 정형화된 교통소통 자료뿐만 아니라 기상, 주차, 유고, 포장상태 모니터링 등에 관한 방대한 비정형화된 자료를 수

집하여 거의 실시간으로 유용한 정보로 변환해야한다. 따라서 고도화된 정보처리 알고리즘과 효율적인 자료 저장시스템(예: 클라우드 데이터베이스)이 요구된다.

기존에는 「지능형교통체계 표준 노드·링크 체계」(국토교통부, 2015c)를 기반으로 하여 정보가 가공되었고, 도로 구간 단위로 속도, 통행시간 등 성능 지표를 산정해왔다. 반면에 C-ITS 및 ‘차량-도로 자동화’ 환경에서는 차량 위치 기반의 자료 수집이 확대된다. 이러한 차량 기반 자료는 운행 환경 및 지도정보의 빈번한 갱신을 요구하고, 차로 단위의 상세도를 갖는다. 이를 감안하여 기존의 표준 노드·링크 체계에 대한 수정·보완이 요구된다.

한편 국내의 주요 지자체들은 교통정보센터에서 축적된 빅데이터의 분석 결과를 기반으로 교통정책을 개선하려는 시도<sup>13)</sup>를 하고 있다. C-ITS 환경에서는 이러한 방식의 빅데이터 활용이 더 증가할 것으로 예상된다. 또한 첨단도로인프라를 통한 교통관련 자료를 기상, 보험 등 타 분야의 자료와 융합·가공하는 사례도 확대될 전망이다.

### 3) 교통정보 제공 환경의 변화

ITS 도입의 초창기에는 VMS나 교통방송을 통해 불특정 다수의 운전자에게 교통정보를 제공하는 것이 일반적이었다. 이 방식은 정보제공의 연속성 및 시기 적절성 측면에서 한계를 보인다. 한편 최근에는 차량 네비게이션 장비 또는 스마트폰 앱의 사용이 일반화되었다. 더 나아가 특정 지점이나 구간을 통과하는 차량에게 차로별로 교통정보를 제공하는 무선통신 기반의 서비스도 상용화될 전망이다.

---

13) 이와 관련한 모범사례를 들면, 대전시는 교통정보센터에 데이터웨어하우스 구축을 통해 속도, 통행시간 등의 성능평가지표 (performance measure)를 사용자의 요구에 맞게 추출할 수 있는 시스템을 도입하였고, 서울시는 과거 이력자료를 기반으로 도로 통행패턴을 예측하는 교통예보시스템을 도입할 예정이다

## 4. 시사점

### 1) 서비스 운영개념 기반의 통신기술 선정과 개방형 프로토콜 정립의 요구

C-ITS 및 자율주행 서비스 별로 그 운영개념에 적합한 통신기술이 선택될 필요가 있다. 예를 들면, DSRC는 통신 지연(latency)이 거의 없어야 하는 안전 애플리케이션을 위해 차량-차량 또는 차량-인프라 통신을 제공하는 데 적합하다.<sup>14)</sup> 반면에 통신 지연(latency)의 요구사항이 낮은 애플리케이션에 대해서는 DSRC 대신 셀룰러 통신을 사용하는 것이 더 경제적인 수 있다. 또한 C-ITS 및 ‘차량-도로 자동화’의 활성화를 위해 통신기술 간 호환성이 확보되어야 하며, 이를 위해 셀룰러 네트워크 (2G, 3G, 4G/LTE), DSRC 등 다양한 통신 매체에 적용 가능한 개방형 프로토콜 및 채널이 필요하다.<sup>15)</sup>

### 2) 고정밀 측위 서비스와 동적 지도정보 관리의 필요성

C-ITS 및 자율주행을 위한 ‘차량 위치 기반 서비스’를 제공하기 위해서 높은 정확도로 차량의 위치를 파악하기 위한 측위 서비스가 필요하다. 특히 도시부 도로나 터널 등에서 GPS의 오차를 최소화할 수 있는 보정기술이 적용되어야 한다. 또한 도로교통에 대한 지도정보를 효율적으로 제공하기 위해 실시간 교통정보, 기상정보를 포함한 다양한 속성 정보를 효과적으로 통합하는 관리시스템을 구축·운영할 필요가 있다. 예를 들면, Local Dynamic Map (LDM)을 매개로 하는 계층적 방식이 도입되면, 전체적인 데이터 전송량이 감소되고, 정보 요청에 대한 응답 시간이 단축되는 이점이 있다 (SAFESPOT, 2008, p11)

14) 첨단도로인프라의 정보가 차량제어에 사용되는 ‘차량-도로 자동화’는 C-ITS에 비해 더 높은 기술수준의 DSRC 프로토콜이 요구됨

15) ISO TC204 WG16는 대상 애플리케이션의 필요에 따라 동적으로 통신 프로파일을 선택하는 통신 프로토콜을 ‘육상 이동체에 대한 통신 접근 (Communications Access for Land Mobiles: CALM)’의 표준으로 채택함

### 3) 소프트웨어 및 하드웨어의 신규 요구사항을 고려한 교통정보 관리의 요구

막대한 양의 자료를 처리하거나 송·수신하기 위해 관련 소프트웨어 및 하드웨어에 대한 관리방식의 변화가 요구된다. 기존 ITS 환경에서는 인접한 교통정보센터 간 정보 연계가 교통소통정보 위주로 이루어졌지만 차량 기반의 교통정보 수집이 확대됨에 따라 안전, 기상, 또는 포장 모니터링 등과 관련된 비정형 정보에 대한 연계가 요구되며 이를 위한 정보 가공 인프라가 확충될 필요가 있다. 또한 교통관리센터의 ‘현장과 센터 간 통신’ 또는 ‘센터 내부의 통신’을 위한 주파수 대역, 하드웨어 및 저장용량 등에 대한 확장이 요구된다. 뿐만 아니라 기존 ITS 환경에서는 대부분의 서비스가 교통관리 센터를 통해 제공되었으나, 향후에는 교통 혼잡 및 위험요인에 즉각적으로 또는 선제적으로 대응하기 위한 분산형 방식의 교통정보 저장 및 제공이 확대될 것이다.<sup>16)</sup>

C-ITS 및 ‘차량-도로 자동화’ 환경에서는 개별 차량으로 부터의 정보가 수집되는 방식이 주류를 이루게 되고, 이를 악용한 해킹 또는 테러의 가능성이 높아진다. 이를 감안하여 보안 인증 및 네트워크 신뢰성 확보를 위한 시스템 및 절차가 요구된다. 교통정보 관리에 관련된 인프라의 요구사항이 많이 짐에 따라, 보안과 같이 전문성이 요구되는 업무는 전문 업체 및 기관에 위탁하는 방식도 검토할 필요가 있다.

---

16) 이러한 요구사항을 반영하여 유럽의 C-ITS 참조 아키텍처인 「ITS Station Architecture」는 C-ITS 애플리케이션 제공을 위해 독립적으로 운영되는 개별 주체를 ITS station으로 규정하여 이러한 station 상호 간의 정보 교환을 규정함

# 첨단도로인프라 관리의 개념 및 현황

01	첨단도로인프라 관리의 개념정립	37
02	첨단도로인프라의 운영 및 유지관리 현황	38
03	첨단도로인프라 관리에 관한 기반조성 현황	43
04	시사점	47



## 첨단도로인프라 관리의 개념 및 현황

본 장에서는 첨단도로인프라 관리의 개념을 정립하며, ITS 운영 및 유지관리, 그리고 관련 기반 조성에 관한 현황을 검토하여 첨단도로인프라 관리 측면의 시사점을 도출한다.

### 1. 첨단도로인프라 관리의 개념정립

앞에서 언급한 바와 같이 첨단도로인프라 관리의 대상을 교통정보 관련 ITS 인프라로 한정해 보자. 「자동차·도로교통 분야 ITS 사업시행지침」(국토교통부, 2015a)에 따르면 ITS 자산에 대한 운영 및 유지관리는 <표 3-1>과 같이 크게 운영, 유지관리, 시험·검사·검증, 교정 업무로 구분된다. 이러한 업무 구분은 소관 기관의 책임 소재를 파악하기에는 적합할 수 있다. 하지만, 첨단도로인프라 관리를 이 업무들에만 한정하는 것은 운영 및 유지관리의 체계를 진단하여 그 개선 방안을 도출하고자 하는 정책적 요구에는 대응하는 데에는 한계가 있다.

위의 논의를 바탕으로 본 연구는 첨단도로인프라의 전략적 관리를 “ITS 서비스의 질을 일정 수준이상 보장하기 위해 대상 자산들의 운영 및 유지관리를 시스템 차원에서 진단하고 개선하기 위한 활동”으로 규정한다. 다시 말해서, 첨단도로인프라의 전략적 관리는 <그림 3-1>에서 제시한 바와 같이 운영 및 유지관리에 관한 업무 수행을 지원하기 위한 계획 및 평가, 개선방안을 포괄적으로 모색하는 것을 목적으로 하는 상위 수준<sup>17)</sup>의 개념으로 간주할 수 있다. 이런 맥락에서 기존에 통상적으로 수행되어왔던 개별 자산 및 시스템에 대한 운영 및 유지관리는 하위 수준에서 구체적인 사업 시행을 통해서 구현되는 기본적인 인프라 관리에 속한다고 볼 수 있다.

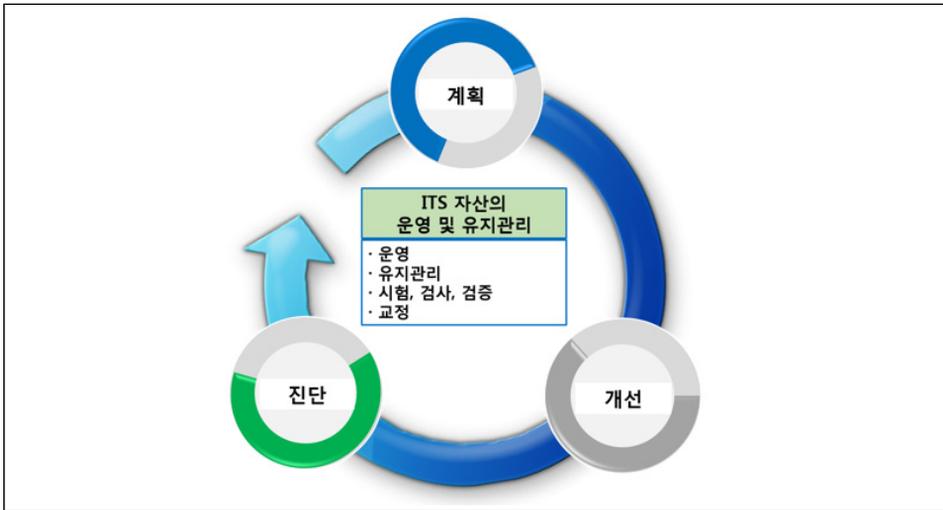
17) 투자 의사결정을 지원하기 위한 중장기적인 전략 도출에 중점을 둔다는 의미에서 이 용어를 사용함

**표 3-1 ITS 인프라에 대한 운영 및 유지관리 업무 구분**

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 성능평가전문기관/표준화전문기관에서 정하는 바에 따라 시험·검사·검증 수행
교정	시험·검사·검증 결과에 따라 ITS 시설·장비의 기능 수정·보완

자료: 국토교통부(2015a)를 참고하여 저자 작성.

**그림 3-1 첨단도로인프라의 전략적 관리 개념**



출처: 저자 작성.

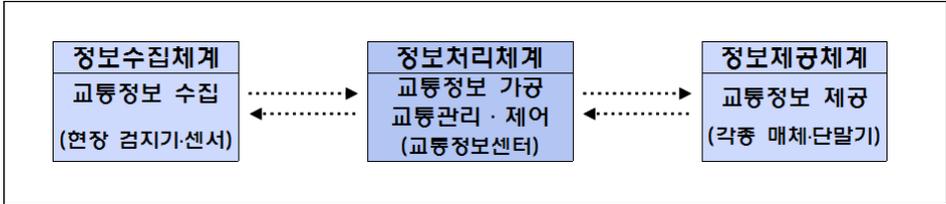
## 2. 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리 현황

### 1) 교통관리센터 중심의 ITS 운영 및 유지관리 현황

앞에서 언급한 ITS 관련 인프라들은 일반적으로 교통관리센터를 중심으로 운영 및 유지·관리되고 있다. 이러한 현황은 <그림 3-2>에 제시된 바와 같이 교통정보의 수집,

가공 및 제공이 교통관리센터를 중심으로 이루어지는 ITS 서비스의 구조적인 특성을 반영한다.

**그림 3-2** ITS 서비스를 위한 교통정보의 수집, 가공 및 제공



출처: 국가경쟁력강화위원회. 2012. ITS발전전략. p4.

<표 3-2>에서 제시한 바와 같이, 국토교통부, 한국도로공사, 지자체 등이 소관 교통관리센터의 관리 주체이다. 교통관리센터의 주요 관리 업무는 ‘센터 운영시스템과 현장시스템의 성능유지’, ‘신속한 장애복구체계구축’ 등이며, 대부분의 관리주체는 이러한 업무의 일부나 전체를 민간 용역업체 또는 타 공공기관에 위탁하고 있다.

**표 3-2** 국내외 교통정보센터 운영 현황 (2012년 기준)

관리 주체	현황
국토교통부	국가교통정보센터 1개 지방국토관리청 (서울, 원주, 대전, 익산, 부산) 교통정보센터 총 5개
한국도로공사	공내동교통정보센터 외 59개 센터
민자고속도로 운영기관	서울외곽순환고속도로 등 10개 센터
지방자치단체	경기도교통정보센터 1개 서울특별시, 부산시 등 주요도시의 교통정보센터 총 54개 (BIS 센터포함)

자료: 한국지능형교통체계협회(2014)를 참고하여 저자 작성.

위에서 언급한 교통관리센터들은 <그림 3-3>에서 보는 바와 같이 교통정보의 공유를 위해 협력하고 있다. 교통 네트워크의 특성 상 두 개 이상의 교통정보센터가 그 운영에 관련되는 경우가 많아서 센터 간 정보 연계가 중요하다. 하지만, 현재 국가교통정보센터를 매개로 하는 중앙 집중형의 정보 공유는 비교적 잘 이루어지고 있으나, 센터 간 직접적인 정보 연계는 아직 미흡한 실정이다.



국내에서는 이와 같은 빅데이터에 기반을 둔 평가가 유지관리 부문에서 활용되는 사례는 거의 전무한 실정인바, 앞으로 이와 관련된 투자 및 정책지원이 요구된다.

## 2) ITS 교통정보 관련 현장 인프라의 구축 및 운영 현황

### (1) 고속도로의 교통정보 수집 및 제공 인프라

한국도로공사는 1993년이래로 고속도로교통관리시스템 (Freeway Traffic Management System: FTMS)를 구축하여 2012년 기준 4,044km 전 구간을 대상으로 교통정보 수집 및 제공 인프라를 구축 운영하고 있다 (한국지능형교통체계협회, 2014, p12). 이와 관련한 현장 장비<sup>19)</sup>로 2012년 기준 VDS 2,865대, DSRC 노변장치 911 대, CCTV 1,593대, VMS 930대, AVC 273대가 운영 중에 있다(한국지능형교통체계협회, 2014, p13).

또한, 한국도로공사는 2007년 이래로 (영업소에 설치된) DSRC 장치와 차량 단말기의 통신을 통해 무정차 고속도로 통행료 징수를 위한 하이패스 시스템을 도입하였다. <sup>20)</sup>하이패스 차량 단말기는 통행료 징수 이외에도 구간통행시간 등 교통소통 정보 산출에도 활용되고 있다. 이와 같은 ‘하이패스 기반 교통정보제공시스템’을 위해 영업소가 아닌 일반 도로 노변에도 DSRC 인프라가 구축 및 운영되고 있다. 현재 보급된 하이패스 시스템은 통행료 징수를 목적으로 제작되었다. 따라서 이를 위해 상용화된 차량 단말기나 노변 장치 등이 실시간 안전정보제공 등과 같은 다양한 C-ITS 서비스에 활용되기 위해서는 기능 개선이나 신규 인프라 도입을 통한 대체가 필요하다.

### (2) 일반국도의 교통정보 수집 및 제공 인프라

일반 국도 ITS는 2013년 현재 전체 연장의 19.6%에 달하는 2,633 km 구간에 구축·운영되고 있다(국토교통부, 2014). 일반국도에는 교통정보 수집 및 제공을 위해

19) Dedicated Short Range Communication (DSRC): 근거리 전용 통신

Closed Circuit Television (CCTV): 폐쇄회로 TV

Variable Message Sign (VMS): 가변정보표지

Automatic Vehicle Classification (AVC): 자동 차량 분류 장치

20) 하이패스 단말기 보급률은 2014년 기준 50.6%에 달함 (국내 등록 차량 1,977만대 중 1,000만대에 보급)

2013년 현재 VDS 1,955대, AVI<sup>21)</sup> 616대, DSRC 노변장치 151대, CCTV 707대, VMS 4,010가 운영 중이다(임성한 외, 2013, p10). 이러한 ITS 현장 인프라는 5개의 지방국토관리청 (서울, 부산, 대전, 익산, 원주)에 의해 분할 관리되고 있다. 주목할 점은 고속도로가 민간자본 운영 구간을 제외하고는 한국도로공사에 의해서만 관리되는 것과는 달리, 일반국도는 행정구역에 따라 관리 주체가 상이하다는 것이다. 예를 들면, 대전-청주 축의 국도 17호선은 대전 시계안의 도로 구간은 대전광역시가, 그 이외의 부분은 대전지방국토관리청이 각각 관리한다.

일반국도 ITS의 검지체계는 2000년대 후반부터 기존의 VDS 방식에서 DSRC 방식으로 점차적으로 전환되고 있다. 다시 말해, 교통소통 정보의 수집 방식이 지점 검지에서 구간 검지로 변화되었으며, 이는 1세대 ITS에서 C-ITS 로 넘어가는 과도기적인 과정으로 간주될 수 있다. 하지만, 아직까지는 이러한 검지체계의 변화가 주로 교통소통정보에 한정되어 있으므로, 다양한 C-ITS 서비스의 제공을 위해서는 향상된 DSRC 단말기의 도입, 노변 통신 인프라의 확대, 통신 프로토콜의 정립 등의 추가적인 개선이 요구된다.

### (3) 도시부 도로의 교통정보 수집 및 제공 인프라

각 지방자치단체는 소관 행정구역 내의 도시부 도로에 대한 인프라 관리의 주체로서, 2002년 이래로 ‘첨단교통모델 도시 건설 사업’ 등의 지방 ITS 사업을 추진해 왔다. 이러한 지자체 사업을 통해 2013년 기준으로 VDS 2,697 대, AVI 331대, DSRC 노변장치 1,847대, CCTV 2,105대, VMS 1,128대, BIT<sup>22)</sup> 18,517대에 달하는 현장 인프라가 전국적으로 구축되었다(채원주 외, 2014).

일반국도의 경우와 마찬가지로, 주요 지자체들은 최근 DSRC 등 무선통신기반의 구간 검지체계를 확대하고 있으며, 이에 대한 중앙정부차원의 국고지원이 있었다. 예를 들면, 국토교통부가 도시부 도로의 교통개선을 위해 2009년부터 추진한 첨단교통관리 시스템 (Advanced Traffic Management System: ATMS) 사업은 하이패스 단말기와 통신할 수 있는 DSRC 노변 장치의 설치를 확대하는 데 기여했다. 한편, 경찰청은 도

21) Automatic Vehicle Identification (AVI): 자동차량인식장치

22) Bus Information Terminal (BIT): 버스안내터미널

시교통정보시스템 (Urban Traffic Information System: UTIS) 사업을 통해 독자적인 DSRC 통신 규격에 기반을 둔 정보수집체계를 구축 및 운영하고 있다.

ATMS 사업과 UTIS 사업은 모두 구간검지 기반의 교통정보시스템을 구축·운영하고 있지만, 두 사업에서 채택된 통신 규격이 상이하다는 것에 주목할 필요가 있다. 이러한 통신 규격의 불일치는 관련 인프라 간 운영 연계의 장애요인이 되고 있다. 이는 첨단도로교통 운영에 필요한 통신 프로토콜의 표준화를 위한 기관 간 협력 및 의견조율의 중요성을 시사한다.

### 3. 첨단도로인프라 관리에 관한 기반조성 현황

#### 1) ITS 법제도 및 계획체계

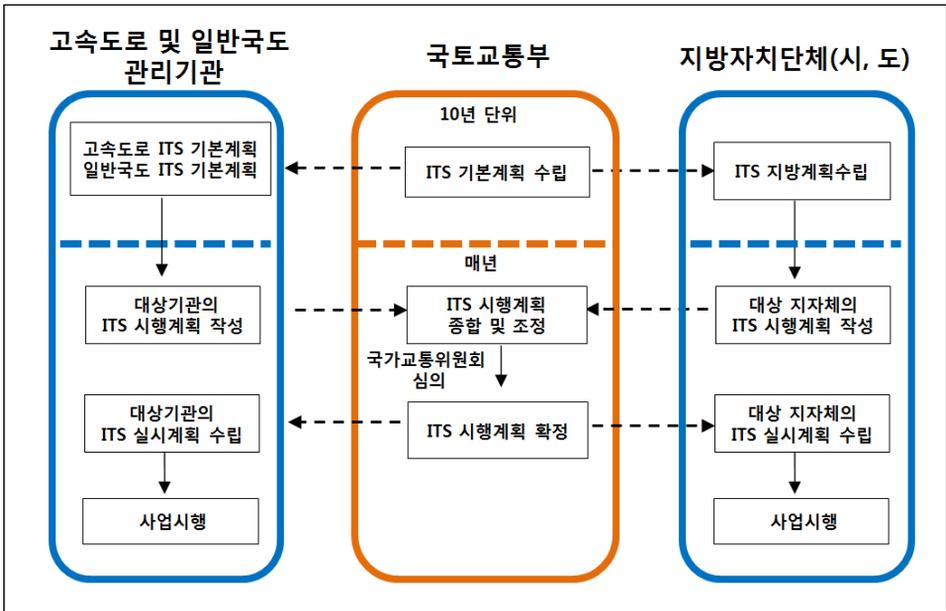
「국가통합교통체계효율화법」(법률 제14080호, 시행 2016. 12. 27)은 ITS에 관한 제반 사항을 규정하고 있다. 이 법의 제78조에 의하면, ITS 사업은 「교통체계지능화사업시행지침」에 따라 시행하도록 되어 있다. 이를 위해 최근까지는 「ITS 업무요령」(국토교통부 훈령 870호), 「ITS 사업시행지침: VMS 설치·운영 및 유지·관리」(국토교통부 고시 제 2010-714호) 및 「ITS 사업시행지침: 교통정보 수집용 CCTV 설치 및 관리」(국토교통부 고시 제2010-714호)에 따라 ITS 운영 및 유지관리 업무가 수행되었다. 최근에 이 세 가지 행정규칙의 내용이 「자동차·도로교통 분야 ITS 사업시행지침」(국토교통부, 2015a)으로 개정·통합하여 고시되었다.

개정·통합된 ITS 사업시행지침은 도로교통 분야에 속하는 ITS 사업의 효율성을 기하기 위해 수립되었으며, 관련 업무의 수행 방법 및 절차들을 상세하게 규정하고 있다. 이 지침에는 ‘운영 및 유지관리’에 관한 사항 외에도 ‘ITS 계획 및 사업의 시행’, ‘ITS 표준의 적용’, ‘ITS 사업의 효과분석’에 관한 사항을 다루고 있다.

위에서 언급한 법제도에 근거 하에 <그림 3-4>에서 제시한 바와 같이 ‘중앙정부의 ITS 기본계획’ 과 ‘지방자치단체 및 대상 도로의 ITS 기본계획’, ‘ITS 시행계획’, 그리고 ‘ITS 실시계획’을 수립하도록 되어있다. 이 계획체계 하에서 각 지자체 및 도로관리기관은 중앙정부의 ITS 기본계획에 부합하는 10년 단위의 ITS 기본계획을 수립한

다. 또한, 각 지자체 및 도로 관리기관의 ITS 기본계획에 따라 매년 시행계획(안)을 수립한다. 이렇게 수립된 ITS 시행계획(안)은 국토교통부 주관으로 종합 및 조정을 거쳐 ITS 시행계획으로 확정된다. 최종적으로 해당 지자체 및 도로 관리기관은 확정된 ITS 시행계획을 바탕으로 실시계획을 수립하여 해당 사업을 시행한다.

**그림 3-4** ITS 계획 및 사업시행 체계



자료: 국토교통부(2016)을 참조하여 저자 작성.

대부분의 지방 ITS 계획<sup>23)</sup>은 첨단도로인프라의 신규 구축을 중점적으로 다루고 기존 인프라의 운영개선 및 노후화 대비 방안은 포함하고 있지 않다. 예외적으로 「대전시 ITS 기본계획」(대전시, 2015a)은 첨단도로인프라의 관리에 대한 내용을 제한적이기는 하나 포함하고 있다. 이 계획은 ITS 장비의 교체에 대한 스케줄 및 대상을 명시하고 있으나, 그 근거는 ‘장애이력 자료’와 ‘내구연한’으로 한정하고 있다.

23) 2010년 기준으로 ITS 지방계획을 수립하였거나 수립 중에 있는 지자체는 37개에 달함 (박상조 외, 2010, p60)

## 2) 국가 ITS 아키텍처 및 기술 표준

ITS 시스템은 여러 구성요소들의 상호 작용을 통해 운영된다. 이러한 구성요소들이 개별적인 기능을 잘 수행하면서도 하나의 전체 시스템으로 통합될 수 있도록 대상 시스템의 설계도 역할을 하는 아키텍처가 필요하다. 이러한 맥락에서 '자동차·도로 교통 분야 국가 ITS 아키텍처 2.0' (국토교통부, 2010)는 각 시스템이 따라야 할 기본 구조, 시스템의 기능 및 물리적 구성요소, 정보 연계에 대한 세부 내역을 명시하고 있다. 또한 ITS 시스템의 구성요소들 상호간의 호환성을 확보하기 위해서는 이들에 대한 요구사항 및 세부내역을 명시한 표준(standards)이 필요하다. ITS 아키텍처가 달라지면, 이에 부합할 수 있도록 해당 시스템의 구성요소들 간 정보 연계의 내용, 형식, 통신 프로토콜 등이 달라질 수 있다. 반대로 기술 환경의 변화로 인해 새로운 기술 표준이 대두됨에 따라 ITS 아키텍처의 수정 및 보완이 필요할 수 있다.

ITS 표준 중에 국토교통부와 관련된 도로교통 분야의 표준으로 <표 3-3>에서 제시한 5개의 기술기준과 관련 지침 등이 있다. 대표적인 기술기준인 「기본교통정보 교환 기술기준」은 “고속국도·국도·지방도·시/군도 등 교통시설에 대한 ITS 구축·운영 시 필요한 기본적인 교통정보의 교환을 위한 표준을 정의함으로써 교통정보의 관리·제어·분석·제공의 호환성과 연계성 제고”를 목적으로 한다(국토교통부, 2012, p1). 또한, 이와 관련된 지침인 「ITS 표준 노드·링크 구축기준」은 “교통정보의 수집 및 제공에 활용되는 전자도로망인 노드·링크를 표준화하여 ITS 사업시행자간 원활한 정보교환과 이를 통한 대국민 교통정보제공 편의증진, 교통체계지능화 사업시행자의 효율적인 도로운영 및 유지관리의 도모”를 목적으로 한다(국토교통부, 2015c, p1). 이 기술기준들은 차량 위치기반의 정보수집, DSRC 통신의 확대 등 새로운 기술 환경에 부응하여 개정되었으나, 다양한 C-ITS 서비스의 제공을 위해서는 추가적인 수정·보완이 요구된다.

**표 3-3 ITS 기술기준 및 지침 목록 (2015년 기준)**

구분	고시번호	기술기준 명	비고
기술 기준	제2012-560호	기본교통정보 교환 기술기준	개정 (2004년 제정)
	제2012-560호	기본교통정보 교환 기술기준 II	개정 (2006년 제정)
	제2012-560호	기본교통정보 교환 기술기준 IV - 무선통신 기술을 이용한 교통정보 수집·제공 기술표준	개정 (2008년 제정)
	제2014-176호	대중교통(버스) 정보교환 기술기준	개정 (2004년 제정)
	제2013-251호	근거리 전용통신(DSRC)를 이용한 자동요금징수시스템(ETCS)의 정보교환 기술기준 (노변·단말간)	개정 (2006년 제정)
지침	제2013-253호	지능형교통체계 표준 노드·링크 구축·관리 지침	개정 (2004년 제정)
	제2015-756호	지능형교통체계 표준 노드·링크 구축기준	개정 (2007년 제정)
요령	제2013-256호	통행료자동지불시스템 단말기 인증제도 시행요령	개정 (2007년 제정)
	제2013-252호	버스정보시스템의 기반정보 구축 및 관리요령	개정 (2007년 제정)

출처: 한국지능형교통체계협회. 2015b. ITS 표준 실무를 위한 기본교육. p15.

### 3) ITS 성능평가제도

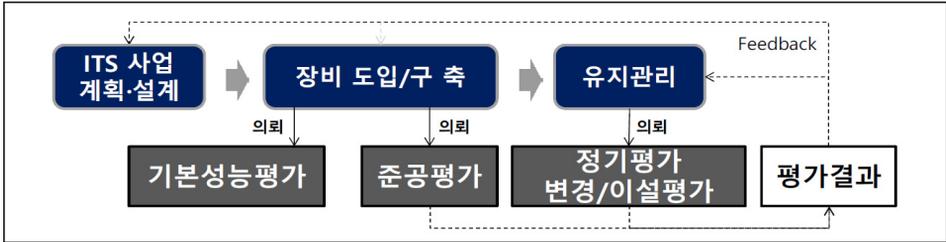
국토교통부는 ITS 장비, 시스템, 서비스의 성능을 일정수준으로 유지하기 위한 목적으로 ITS 성능평가의 기준, 절차, 방법 등을 규정한 「자동차·도로교통 분야 ITS 성능평가기준」(국토교통부, 2015b)을 제정하였다. ITS 성능평가는 <그림 3-5>에서 제시한 바와 같이 기본 성능평가, 준공평가, 정기평가 또는 변경/이설평가로 나뉘며, 각각 신규 ITS 장비 및 서비스의 도입, ITS 사업 준공 전, 구축 및 운영 단계에서 수행된다. 현재 시행되고 있는 ITS 성능평가를 통해 개별 장비별 성능 점검이 가능하며, 관련된 평가 결과는 기본적으로, 단기적인 유지관리 대책을 세우기 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

위의 성능평가 지침에서 제시하는 장비별 성능평가 기준은 정량화된 지표<sup>24)</sup>에 기반을 두고 있는데, 이는 아마도 현재의 ITS 성능평가제도의 주된 목표가 평가의 용이성 및 객관성에 확보에 있기 때문일 것이다. 한 걸음 더 나아가 ITS 성능평가가 향후 C-ITS 및 차량-도로 자동화의 도입으로 인한 기술 환경의 변화에 부응하기 위해서는

24) 예를 들면, VDS의 경우 교통량 및 속도의 정확도를, DSRC 교통정보시스템의 경우 통신 정확도만을 각각 해당 시스템 및 장비의 성능평가 지표로 사용함 (국토교통부, 2015b)

평가 대상의 확대, 성능평가 지표의 다양화 등 추가적인 수정·보완이 요구된다.

**그림 3-5 ITS 성능평가의 종류**



출처: 배명환. 2014. ITS 성능평가 개론 (발표자료). p19.

## 4. 시사점

### 1) ITS 계획 및 아키텍처의 수정·보완 필요성

기존의 ‘ITS 지방계획’에서는 첨단도로인프라의 유지관리 방안을 거의 다루지 않거나, 내구연수에 근거한 장비 교체 등으로 그 내용이 한정되었다. 이런 현황을 고려하여 ‘ITS 지방계획’에 첨단도로인프라의 운영 및 관리에 대한 중·장기적 전략을 강화할 필요가 있다. 또한 이러한 전략을 도출하기 위해서는 해당 지자체 및 도로관리 기관의 요구사항을 파악하기 위한 구체화된 분석절차가 필요하다. 이를 지원하기 위해서는 기술 환경 변화에 부응하여 국가 ITS 아키텍처를 지속적으로 갱신할 필요가 있다.

### 2) 교통 네트워크 차원의 정보연계 확대의 요구

광역 교통 축 및 네트워크 차원에서 ITS 서비스를 통합적으로 개선하기 위해서는 고속도로, 일반국도, 도시부도로의 여러 ITS 관리 주체에서 수집되는 교통정보의 직접적인 연계가 필요함에도 불구하고, 아직까지는 국가교통정보센터를 매개로 하는 정보연계 체계가 주류를 이루고 있다. 향후 C-ITS 기반의 ‘실시간 사고위험 경고’ 등 안전에 직결된 서비스의 신속한 제공을 위해서 센터 간 직접적인 교통정보 교환이 확대될 필요가 있다.

### 3) 첨단도로인프라 운영·관리 평가의 정책적 활용 미흡

기존에도 교통관리센터의 운영 및 유지관리에 대한 평가가 있었으나 주로 대행 기관의 위탁 운영에 대한 적합성을 진단하는 목적으로 시행되었고, 평가결과가 관련 인프라의 운영·관리 개선에 활용되는 피드백 절차가 잘 정립되어있지 않다. 뿐만 아니라, 첨단도로인프라에 대한 ‘유지관리’와 이러한 인프라를 통해 궁극적으로 구현하고자 하는 ITS 서비스의 ‘운영’ 간의 연계가 미흡하다. 이러한 현황을 감안하여 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리에 대한 평가 체계의 개선이 필요하다.

CHAPTER 4

# 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 수립 및 적용

01	첨단도로인프라의 전략적 관리원칙	51
02	첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 수립	55
03	대전광역시 사례분석	58



# 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 수립 및 적용

본 장에서는 주요 선진국에서 인프라의 전략적 관리를 위해 도입하고 있는 개념 및 사례를 참조하여 첨단도로인프라 관리의 핵심 원칙을 도출한다. 또한 이렇게 도출된 원칙을 기반으로 분석절차를 수립하고 이를 대전시 ITS를 대상으로 적용한다.

## 1. 첨단도로인프라의 전략적 관리원칙

첨단도로인프라의 현황 검토로부터 기존의 기본적이고, 단기적인 운영 및 유지관리 업무뿐만 아니라 중장기적이며 포괄적인 전략을 모색하기 위한 관리도 도입되어야 한다는 시사점을 얻었다. 국내에서 이러한 전략적 관리에 대한 개념이 첨단도로인프라에 적용된 사례가 거의 없다. 이를 감안하여, 본 연구에서는 아래와 같이 해외의 관련 개념 및 사례<sup>25)</sup>에 대한 시사점을 기반으로 하여 전략적 관리를 추진하기 위한 핵심 원칙을 도출하고자 한다.

### 1) 자산관리 (asset management)

자산관리는 물리적인 자산을 비용 효과적으로 운영, 유지보수 및 개선하기 위한 목표 지향적이며 체계적인 절차로 정의되며, 자료 수집, 전략 평가, 프로그램 선택 및 피드백 과정으로 구성 된다(FHWA, 1999, p7). 미국 등 주요 선진국에서는 도로교통 분야의 자산관리를 주로 포장 시스템 및 교량 구조물 등에 주로 적용해 오다가 최근에 교통 운영 및 안전과 관련된 자산에 대해서도 적용하는 사례가 있었다. 자산관리는 해당 자산의 운영 및 유지보수에 관한 업무 자체도 다루지만, 이용자의 요구사항을 반영

25) 해외의 관련 개념 및 사례의 상세한 내용은 [부록 3]에 요약·정리됨

하기 위해 자산의 상태 및 성능을 지속적으로 모니터링하는 것을 중요시 한다. 또한 이 모니터링 결과를 다시 자산 관리의 목표 설정에 반영하고, 운영 및 유지관리를 개선하는 데 활용한다는 시사점을 제공한다.

## 2) 시스템공학 분석절차

시스템공학 분석은 여러 가지 구성요소로 이루어진 시스템을 효율적으로 구축, 운영 및 유지관리하기 위한 프로젝트 관리절차이다. 미국의 연방교통부는 이 분석절차를 교통 운영 및 안전 관련 인프라, 특히 ITS 인프라에 자산관리를 적용하기 위한 도구로 활용할 것을 권장하고 있다. 이 분석절차에는 기본적인 운영 및 유지관리가 주요 업무 단계로 포함되어 있다. 그 외에도 대상 시스템의 운영개념에 기반을 두어 시스템의 구축 및 운영을 평가하도록 되어있다. 이러한 평가 방식은 운영과 유지관리를 연계하여 대상 시스템의 기능 향상을 도모한다는 점에서 의의가 있다.

## 3) 첨단 장비 및 시설의 노후화 관리 (Obsolescence Management)

노후화 관리는 제조업, 국방 산업 등의 분야에서 첨단 장비 및 시설에 대한 유지보수 비용을 감소시키기 위해 적용되는 절차이다. 이를 통해 대상 시스템의 생애주기 전반에서 노후화에 대한 대응 방안을 모색할 수 있다. 특히 기술 로드맵, 노후화 예측, 개방형 시스템 아키텍처 및 기술 표준화 등을 통해 설계 단계에서부터 예방적으로 노후화에 대비하는 접근 방식은 첨단도로인프라의 기능 갱신 및 대체와 관련된 전략을 모색하는 작업에도 활용될 수 있다.

## 4) 교통관리센터 관리에 대한 평가의 정량화 및 다양화

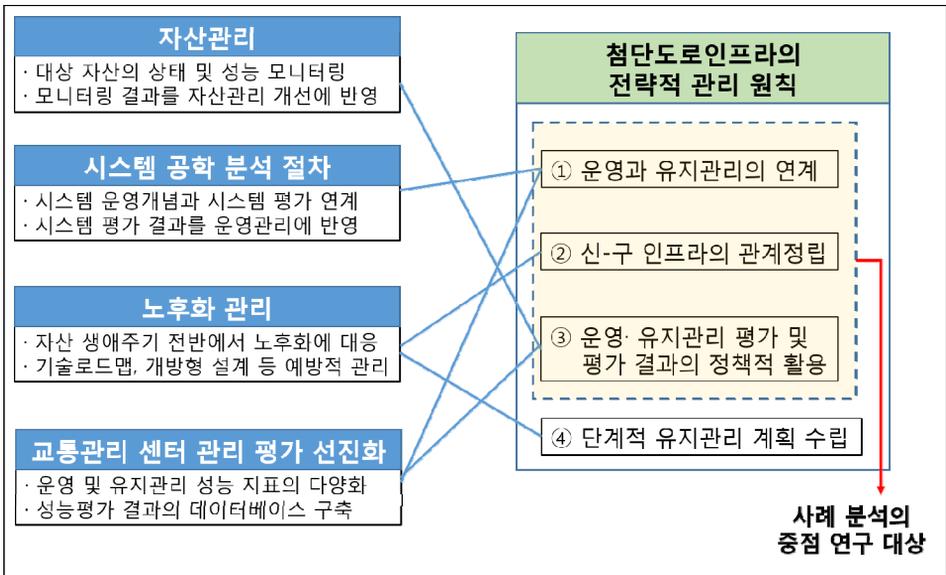
앞서 3장에서 언급한 바와 같이 ITS 서비스가 교통관리센터를 중심으로 제공되고 있다는 현황을 감안하면, 교통관리센터의 운영 및 유지관리에 대한 평가는 첨단도로 인프라 관리의 핵심적인 요소로 간주될 수 있다. 최근 미국 등 주요 선진국들을 중심으로 교통관리센터의 운영 및 유지관리에 대한 평가를 정량화하고, 이를 위해 관련 성능

지표를 다양화하는 사례들이 증가하고 있다. 이러한 사례들로부터 첨단도로인프라 관리 측면에서 배워야 할 교훈은 운영 및 유지관리에 대한 평가결과를 지속적으로 축적하여 교통관리센터의 관리에 대한 중장기적 전략을 수립하는 기초자료로 활용해야 한다는 것이다.

위에서 고찰한 개념 및 사례에 대한 시사점으로 부터 도출한 첨단도로인프라의 전략적 관리원칙은 아래와 같이 네 가지로 요약된다(<그림 4-1> 참조).

- ‘ITS 서비스 운영’ 과 ‘대상 장비 및 소프트웨어의 유지관리’ 에 대한 연계
- 신-구 인프라의 관계 정립에 기반을 둔 유지관리 요구사항 파악
- 운영 및 유지관리에 대한 종합적인 평가 및 그 결과의 정책적 활용
- ITS 패러다임 변화에 부응한 단계적 유지관리 계획 수립

**그림 4-1** 첨단도로인프라에 대한 전략적 관리의 원칙 도출



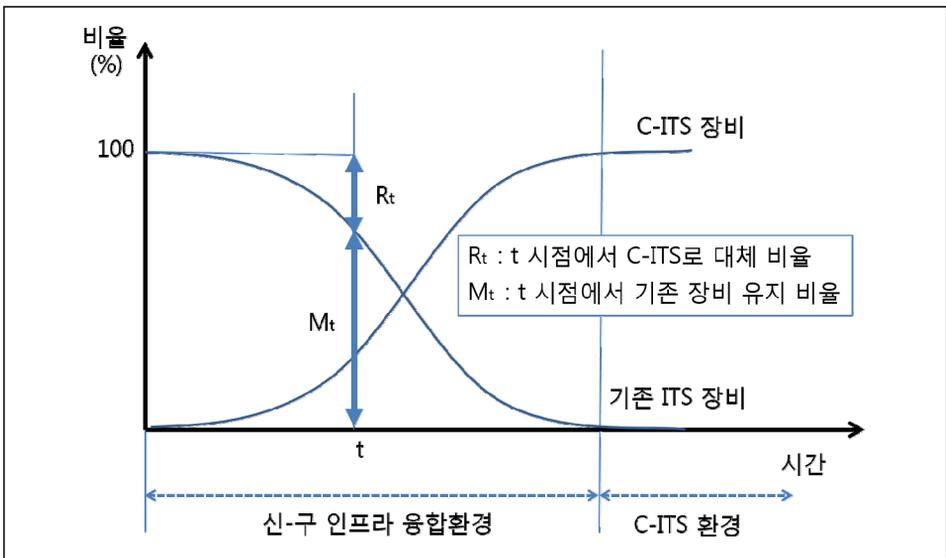
자료: 저자 작성.

위에 도출된 첨단도로인프라의 전략적 관리 원칙 중 <그림 4-1>에 점선 사각형으로 강조한 세 개의 항목이 사례분석에서 중점적으로 논의된다. 네 가지 관리 원칙 중 ‘ITS 패러다임 변화에 부응한 단계적 유지관리 계획 수립’은 C-ITS 또는 ‘차량-도로

자동화'와 관련된 신규 인프라의 구축 문제와 밀접하게 관련된다. 이제 막 C-ITS 시범 사업을 시작한 국내 여건에서는 신규 인프라의 구축과 관련된 구체적인 분석을 수행하기에는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 첨단도로인프라 관리에 대한 분석절차의 수립 및 적용에는 이에 관한 구체적인 분석을 배제하며, 대신에 그 개념을 아래에 개략적으로 제시한다.

논의의 편의상, 기존 ITS에서 C-ITS로 넘어가는 과도기에서 요구되는 단계적 유지관리를 상정해 보자. 기존 ITS와 C-ITS 융합 환경에서 서비스를 일정 수준 유지하기 위해서는 <그림 4-2>의 예와 같이 첨단도로인프라의 시장점유율의 시간에 따른 추세를 고려하여 첨단도로인프라의 노후화에 대한 관리를 수행해야할 필요가 있다. 왜냐하면, C-ITS 장비의 도입은 그와 대체 관계에 있는 기존 ITS 장비에 대한 기능 개선 또는 폐기의 필요성을 증가시킬 수 있기 때문이다. 이를 감안하여 기존 ITS 장비의 대체 및 유지보수에 대한 투자 계획을 단계적으로 수립해야 한다. 이와 관련한 세부적인 의사결정은 대상 장비의 기술 특성, 생애주기 비용 등을 감안하여 이루어져야한다.

**그림 4-2** 첨단도로인프라의 시장 점유율 변화



자료: 저자 작성.

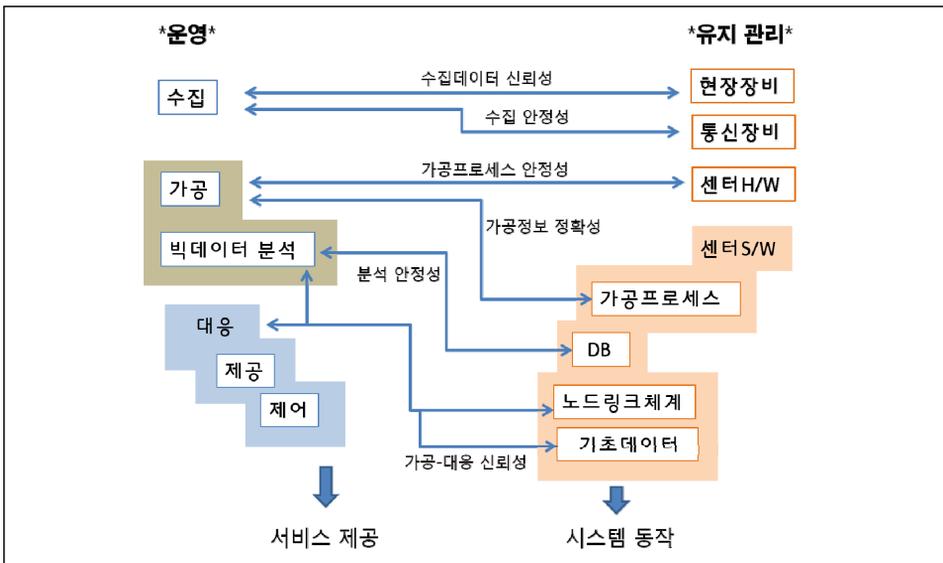
## 2. 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 수립

본 섹션에서는 대상 도로 관리기관 및 지자체가 첨단도로인프라의 전략적 관리 원칙을 적용하기 위해 활용할 수 있는 분석절차를 수립한다. 독자의 이해를 돕기 위해 전체적인 분석절차를 제시하기 전에 이 절차의 근간을 이루는 핵심 개념 및 분석 모듈을 아래와 같이 먼저 설명한다.

### 1) 운영과 유지관리의 연계를 위한 요구사항 분석

ITS 서비스를 높은 수준으로 제공하려면 첨단도로인프라의 운영과 유지관리가 잘 이루어지는 지에 대한 평가가 투명해야 한다. 시스템공학 분석절차가 대상 시스템의 운영과 유지관리를 연계하기 위한 평가를 포함한다는 것을 상기하자. 이를 감안하여, <그림 4-3>에 제시한 바와 같이 교통정보의 수집, 가공 및 제공 단계별로 ‘ITS 서비스 운영’과 ‘대상 장비 및 소프트웨어의 유지관리’를 대응시켜서 요구사항을 도출할 필요가 있다.

그림 4-3 운영과 유지관리의 연계를 위한 요구사항 분석

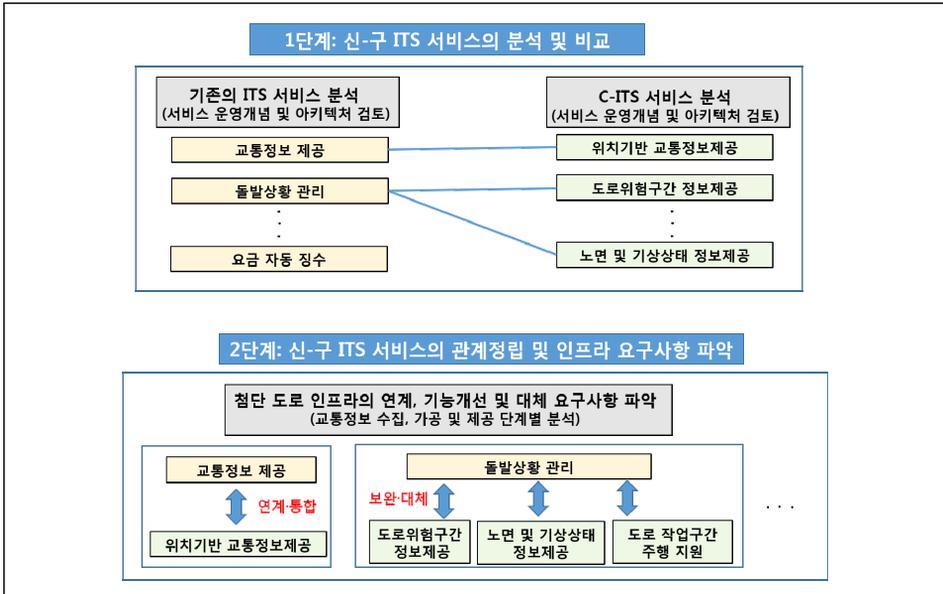


자료: 저자 작성.

## 2) 기존 ITS와 C-ITS의 관계 정립을 통한 첨단도로인프라 요구사항 파악

기존 ITS가 C-ITS로 전환되는 과도기에 부응하여 기존 ITS서비스와 C-ITS 서비스의 관계를 정립하는 것은 첨단도로인프라 관리 측면에서 중요하다. 기존의 ITS 서비스 중에 C-ITS 서비스와 연계가 가능한 것을 파악하여, 신-구 인프라의 연계 운영을 모색할 필요가 있기 때문이다. 이러한 점을 감안하여, 본 연구에서는 기존 ITS 서비스와 C-ITS 서비스의 관계를 고려하여 첨단도로인프라의 요구사항을 도출하기 위한 분석을 <그림 4-4>와 같이 수행한다. 이 분석 모듈의 1단계에서는 ITS 서비스와 C-ITS 서비스 각각에 대해 교통정보의 수집, 가공 및 제공 단계별로 각각 어떤 프로세스가 사용되는지를 분석한다. 또한 이에 근거하여 기존 ITS와 C-ITS 서비스 간 연계가 가능한지를 검토한다. 이러한 사전검토를 바탕으로 2단계에서는 기존의 ITS 서비스별로 C-ITS 환경에 부응하기 위해 교통정보 수집, 가공 및 제공 단계별로 ‘신규 ITS 인프라와 연계가 가능한 기존 인프라가 무엇인지’, ‘신규 ITS 인프라로 대체될 수 있는 기존 인프라는 무엇인지’ 등을 인프라 관리 측면에서 분석한다.

그림 4-4 기존 ITS와 C-ITS의 관계정립 분석 모듈

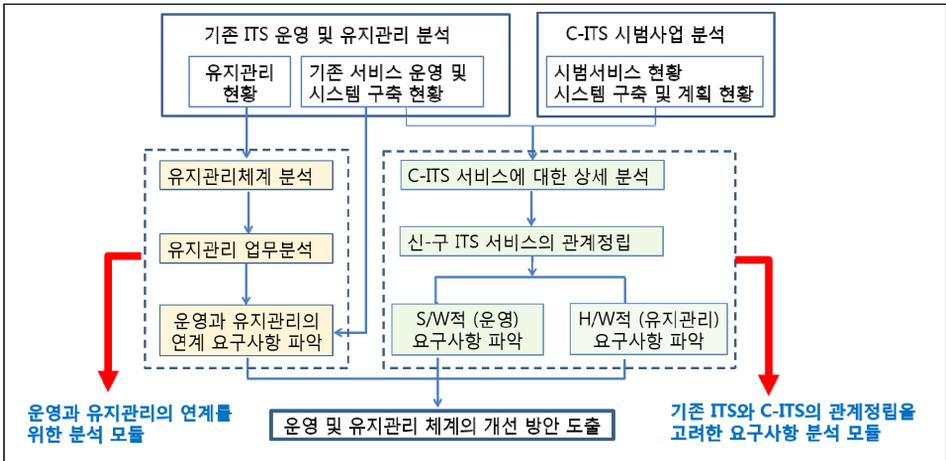


자료: 저자 작성.

첨단도로인프라의 관리를 위한 분석절차는 <그림 4-5>에 제시한 바와 같이 위에서 설명한 두 개의 분석 파트 (그림의 점선으로 강조된 두 개의 사각형 부분)를 핵심 모델로 하고 있다. 이 분석절차를 통해 ‘운영과 유지관리의 연계에 관한 요구사항’, 신-구 ITS 서비스의 관계 정립에 기반을 둔 ‘소프트웨어적 요구사항’ 및 ‘하드웨어적 요구사항’을 파악하고, 이러한 요구사항을 종합적으로 고려하여 운영 및 유지관리 체계의 개선 방안을 도출한다.

다음 절에서는 이 분석절차를 대전광역시의 ITS 인프라에 적용하여, 이와 관련된 운영 및 유지관리 체계의 개선 방안을 도출한다. 본문에서는 이 분석으로부터 도출된 주요 시사점을 위주로 논의하고, 그 밖에 구체적인 현황 분석 내용은 [부록 4]에 요약·정리하였다.

**그림 4-5** 첨단도로인프라의 관리를 위한 분석절차



자료: 저자 작성.

### 3. 대전광역시 사례분석

#### 1) 개요

본 사례 분석은 앞에서 수립한 첨단도로인프라 관리의 원칙 및 분석절차를 대전광역시를 대상으로 적용하기 위해 수행되었다. 본 사례분석은 크게 두 부분으로 구성된다. 첫째, 첨단도로인프라에 대한 기존의 유지관리 체계 및 업무 분석을 통해 ‘운영과 유지관리의 연계를 위한 요구사항’을 파악하는 것이다. 둘째, ‘기존 ITS와 C-ITS의 관계정립’을 통해 첨단도로인프라의 요구사항을 소프트웨어 측면과 하드웨어 측면으로 구분하여 파악하는 것이다. 궁극적으로 이렇게 도출된 요구사항들을 반영하여 대전시의 첨단도로인프라 운영 및 유지관리체계에 대한 개선 방안을 도출한다.

대전시는 2000년 첨단교통모델도시 사업을 기점으로 하여 광역 버스정보시스템(Bus Information System: BIS), 버스운행관리시스템(Bus Management System: BMS), 첨단교통관리시스템(ATMS) 구축을 추진했다. 이러한 지자체 ITS 사업을 통해 교통정보 수집, 가공 및 제공과 관련한 현장 장비, 교통관리센터 장비 및 통신 시설 등의 첨단도로인프라가 대전시 전역에 구축되었다.<sup>26)</sup> 이렇게 구축된 인프라에 대한 운영 및 유지관리가 대전시의 도로교통 정책에서 중요한 이슈 중의 하나이다.<sup>27)</sup>

한편 대전시는 국토교통부가 추진하는 ‘C-ITS 시범사업’의 주요 대상지이다.<sup>28)</sup> 이 시범사업에서 제공될 14개 서비스<sup>29)</sup>는 기술 특성에 따라 <표 4-1>에서 제시한 바와 같이 기본정보제공, 이벤트정보제공, 요금징수, 버스운행관리로 분류할 수 있다. 여기서 이벤트 정보제공은 V2I (차량과 인프라 간 통신)에 의한 서비스와 V2V (차량 간 통신) 또는 V2P (차량과 보행자 간 통신)에 의한 서비스로 세분화할 수 있다.

26) 이러한 첨단도로인프라를 통해 제공되는 기존의 ITS 서비스에 대한 상세한 설명은 한국지능형교통체계협회(2015a)에 제시됨

27) 대전광역시 ITS 구축 및 운영·관리 현황에 관한 상세 내용은 [부록 4]에 제시됨

28) C-ITS 시범사업의 세부 추진 내용은 [부록 2]에 제시되어있으며, 시범사업의 대상 서비스에 대한 상세한 설명은 한국지능형교통체계협회(2015c)에 제시됨

29) C-ITS 시범사업의 15개 서비스 중 ‘위치기반 차량 데이터 수집 서비스’는 독립된 서비스라기보다는 수집-가공-제공 절차를 거치는 여타 서비스의 수집 단계에 해당되고, ‘위치기반 교통정보제공서비스’의 수집단계에 포함된다고 간주하여, 본 사례분석에서는 별도의 서비스로 다루지는 않음

**표 4-1 C-ITS 시범 서비스의 구분**

서비스 그룹		C-ITS 서비스
기본정보제공		위치기반 교통정보제공 서비스
이벤트 정보제공	V2I 또는 I2V (차량↔인프라 통신)	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
	V2V (차량 간 통신) 또는 V2P (차량↔보행자 통신)	옐로우버스 운행안내 서비스
		차량추돌 방지 지원 서비스
		긴급차량 접근 경고 서비스
요금징수		Wave 통행료 징수 서비스
버스운행관리		버스운행관리 서비스

자료: 국토교통부(2013)를 참조하여 저자 작성.

위의 현황을 통해 대전시가 기존의 ITS에서 C-ITS로 넘어가는 과도기에 직면하고 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 첨단도로인프라의 기술환경 변화는 <표 4-2>에 제시한 바와 같이 교통정보 수집, 가공 및 제공체계의 변화를 가져올 전망이다.

대전시의 경우 기존에는 도로상에 특정 지점에서 고정식 검지를 통해 지점속도, 교통량을 수집하거나, 프로브 차량을 이용하여 구간통행시간을 측정하는 것이 대표적인 교통정보 수집 방식이었다. 반면에 C-ITS가 도입됨에 따라 속도, 가·감속 정보, 차로 위치 등의 상세 자료가 개별 차량들의 위치를 기반으로 수집될 수 있다.

한편 기존의 ITS에서는 ‘표준 노드·링크체계’를 기반으로 하여 정보를 가공하고 제공해왔다. 즉 도로의 노드나 링크를 기본 단위로 하여 교통량, 속도 또는 통행시간을 산정하는 방식이 일반적으로 사용되었다. 반면에 C-ITS의 경우 아직까지 ‘표준 노드·링크체계’를 어떻게 활용할지에 대한 논의가 이루어지고 있지 않다.

대전시의 교통정보 제공을 검토해보자. 기존 ITS 환경에서는 차로별 구분이 없는 구간단위 정보가 제공되었다. 반면에 C-ITS는 차로구분이 요구되는 서비스를 포함하고 있다. 또한 기존에는 교통정보의 제공이 시·공간적으로 제약이 있었으나, C-ITS 환경에서는 V2I 또는 V2V를 이용하여 교통정보 제공의 범위가 확대될 전망이다.

**표 4-2** 교통정보 수집, 가공 및 제공에 관한 기존 ITS와 C-ITS의 차이점 (대전시)

기술 환경 운영 단계	기존 ITS	C-ITS
수집	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로상에 특정 지점에서 수집                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 검지기</li> <li>- 프로브 차량 장치-노변기지국 통신</li> <li>- 이벤트기반 차량 위치 데이터 수집 (이벤트는 교차로, 정류장 등)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 움직이는 차량으로 연속 수집</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구간통행시간, 지점속도, 교통량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치기반 차량의 속도</li> <li>• 상태정보 (감·가속 등) 수집</li> <li>• 차로구분 필요</li> </ul>
가공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정의된 노드-링크체계 단위로 가공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노드-링크체계의 수정·보완에 대한 검토가 요구됨</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로 노드-링크 단위의 지표 생성 (주요 지표는 속도, 통행시간, 교통량)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V2I로 제공되는 기본정보, 상태정보 가공 방안이 불분명함</li> <li>• V2V 또는 V2P 기반의 정보 중 차로 단위의 가공이 필요한 것이 있음</li> </ul>
제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 특정 지점에 위치한 장비로 정보 제공 (VMS, BIT)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V2I를 통해, 노변기지국에서 차량으로 기본정보, 이벤트 정보 제공</li> <li>• V2P 또는 V2V를 통해 전방이나 후방으로 차량 간 정보 전달</li> <li>• 차로단위의 정보 제공 필요</li> </ul>

자료: 저자 작성.

## 2) 운영과 유지관리의 연계를 위한 요구사항

ITS 인프라에 대한 기존의 유지관리는 ‘현장장비 및 센터시스템의 기계적 작동을 일정 수준으로 유지하고, 장애에 대처하는 업무’에 중점을 두고 있다. 뿐만 아니라 이러한 ITS 장비에 대한 유지관리에 있어 ITS 서비스의 운영에 대한 고려가 미흡하다. 이런 측면을 감안하여 ITS 서비스의 질을 확보하기 위한 첨단도로인프라의 운영과 유지관리에 대한 연계 요구사항은 다음의 네 가지로 요약된다.

첫째, 교통정보의 수집단계에서 해당 정보의 신뢰성 확보를 위해 관련 현장장비의 정확도 및 신뢰도가 주기적으로 평가·관리 되어야 한다. 또한 현장장비에서 교통관리 센터로 정보를 송수신하는 과정에서 데이터의 손실 및 왜곡을 최소화해야한다.

둘째, 교통정보의 가공단계에서는 실시간 (예: 5분 이내) 정보생성을 차질 없이 수행하기 위해 교통관리센터의 하드웨어의 성능을 주기적으로 평가·관리해야 한다. 또한

가공정보의 정확도를 일정수준 이상 유지하기 위해 소프트웨어측면에서 가공프로세스에 대한 점검 및 개선도 요구된다.

셋째, 교통관리센터에서 축적되는 빅데이터에 대한 분석의 효율성을 높이는 것을 센터 데이터베이스 관리에 대한 목표 중의 하나로 포함하여 유지관리에 반영해야 한다.

넷째, 교통정보의 수집, 가공 및 제공으로 구성되는 일련의 운영 업무를 효과적으로 지원하기 위해 노드·링크체계와 기초 데이터에 대한 지속적인 갱신과 주기적인 점검·보정을 수행해야 한다.

### 3) 기존 ITS와 C-ITS의 관계정립을 통한 요구사항 파악

#### (1) C-ITS 서비스에 대한 상세분석

C-ITS 시범사업에서 제공 예정인 서비스 각각에 대해 교통정보 수집, 가공 및 제공 단계별로 상세분석을 수행하였다. 각 단계에서의 주요 검토항목은 아래와 같다.

- 수집: 어떤 속성의 데이터를 물리적으로 어느 위치에서 수집해야 하는가?
- 가공: 수집된 데이터를 가공하여 어떤 정보를 생성해야 하는가?
- 제공: 이용자에게 어떤 정보가 물리적으로 어느 범위까지 제공되어야 하는가?

<표 4-3>은 교통정보의 수집, 가공 및 제공 단계에서 검토되어야 하는 항목들을 C-ITS 서비스 별로 제시한다. 이러한 전반적인 검토항목 조사로부터 아래와 같은 시사점을 얻을 수 있다.

각 서비스별로 요구되는 정보제공 범위를 볼 때, 해당구간에만 국한할 수 있는 서비스와 해당구간 상류부까지 전파가 필요한 서비스가 있다. 후자의 경우 해당정보를 노드·링크체계에 맵핑하는 것이 필요하다. 예를 들면, ‘기본정보제공’, ‘도로위험구간 정보제공’, ‘노면 기상상태 정보제공’, ‘도로작업구간 주행지원’은 수집위치뿐 아니라 상류부까지 정보제공이 필요한 서비스이다. 이 서비스들을 위한 정보는 개별차량 위치 기반으로 수집된다고 하더라도, 수집된 정보의 가공, 저장 및 제공을 위해 표준 노드·링크를 활용할 필요가 있다.

한편 ‘버스운행관리’, ‘교차로 신호위반 위험경고’, ‘스쿨존 속도제어’, ‘보행자 충돌방지 경고’, ‘우회전 안전운행지원’은 정보의 수집과 제공 위치가 거의 동일한 서비스들이다. 하지만 이 서비스들에 대해서도 대상 정보들을 데이터베이스로 저장하여 정책적으로 활용하고자 한다면, 노드·링크체계에 맵핑하는 과정이 추가적으로 필요하다.

기존 ITS 서비스는 차로별 구분이 없는 구간단위의 서비스였다. 반면에 C-ITS 기반의 이벤트 정보 제공 서비스 그룹에는 차로 수준의 정밀도가 요구되는 측위 시스템에 기반을 둔 서비스가 존재한다. 이러한 서비스를 지원하기 위해 ‘오차 수준이 차로 폭 미만인’ 정밀도로지도의 구축이 요구된다.

**표 4-3 C-ITS 서비스별 교통정보 수집, 가공 및 제공 단계의 검토 항목**

서비스그룹/ 서비스 명		기본정보		요금징수	버스운행관리
		위치기반 교통정보제공		WAVE 통행료 징수	버스운행관리
수집	데이터	차량위치 정보	급감속 등 상태정보	통과 톨게이트, 차량 정보	버스 운행정보
	위치	전구간	전구간	톨게이트	버스 경로
가공		속도, 통행시간, 소통상태	위험정도에 따라 돌발상황 판단	부과요금	위반 운행 검출
제공	정보	소통상태, 통행시간	돌발상황 정보	부과요금 징수여부	버스 운행위반 경고
	위치	수집 위치 상류부까지 제공 필요		수집위치	수집위치 해당차량

서비스그룹/ 서비스 명		이벤트 정보			
		도로위험 구간 정보제공	노면 기상 상태 정보제공	도로작업구간 주행지원	교차로 신호위반 위험경고
수집	데이터	급커브, 낙하물, 역주행	안개, 결빙, 수막	공사, 청소, 작업 정보	교차로 신호현시
	위치	위험구간	위험구간	공사구간	교차로
가공		위험요인 정보생성	위험요인 정보생성	도로작업 정보생성	신호위반 판단
제공	정보	구간위험 정보	주의운전 정보	도로작업 정보제공	신호위반 위험경고
	위치	수집 위치 상류부까지 제공 필요			수집위치의 해당차량

(표계속)

운영단계/ 속성		서비스그룹/ 서비스 명	이벤트 정보		
			스쿨존 속도제어	보행자 충돌방지 경고	우회전 안전운행 지원
수집	데이터	차량속도	횡단보도에 보행자 또는 자전거 유무	교차로 접근차량	옐로우버스 정차
	위치	스쿨존 및 실버존	횡단보도	교차로	통학버스 정차위치
가공		제한속도	상충위험 판단	충돌예측	별도의 가공절차 없음
제공	정보	스쿨존 및 실버존 제한속도	횡단보도에 보행자 또는 자전거 유무	충돌경고	옐로우버스 정차
	위치	수집위치에서만 제공			

운영단계/ 속성		서비스그룹/ 서비스 명	이벤트 정보		
			차량충돌방지지원	긴급차량접근경고	차량긴급상황경고
수집	데이터	전방차량사고, 급정거, 급감속	소방차, 구급차 접근여부	사고상황	
	위치	전구간	전구간	전구간	
가공		별도의 가공절차 없음	별도의 가공절차 없음	별도의 가공절차 없음	
제공	정보	전방차량사고, 급정거, 급감속	소방차, 구급차 접근여부	고장, 사고 등 위험상황	
	위치	수집위치에서만 제공			

자료: 저자 작성.

## (2) 기존 ITS와 C-ITS의 관계 정립

기존 ITS와 C-ITS 서비스 간의 관계는 아래와 같이 ‘연계 및 통합’, ‘보완 및 대체’, ‘신규 도입’의 세 가지 유형을 취할 수 있다.

- 연계 및 통합 : 신-구 인프라를 연계 운영하여 시너지 창출이 가능한 경우
- 보완 및 대체 : 기존 인프라의 한계로 인해 그동안 미진했던 기존 ITS 서비스의 수준을 신규 C-ITS 인프라를 활용하여 개선할 수 있는 경우
- 신규 도입 : 기존 ITS 운영개념과 연계되기 힘든 신규 C-ITS 서비스에 해당됨

예를 들면, 'C-ITS 위치기반 교통정보제공 서비스'는 '기존 ITS의 교통정보제공 서비스'와 '연계·통합'하여 시너지 창출이 필요하고, 이를 위해 신·구 인프라의 연계 운영이 요구된다. 한편 기존 ITS의 '돌발 상황 관리'와 '버스 운행관리 서비스'는 정보수집 인프라의 부재로 그 운영이 미흡했으나, C-ITS 환경의 관련 서비스로 '보완 및 대체'가 가능해졌다. 다시 말해 신규 C-ITS 인프라의 활용을 통해 기존 ITS 서비스의 수준을 향상시킬 수 있게 되었다.

C-ITS 기술을 활용하여 'Wave 통행료 자동징수체계'를 전면적으로 도입할지, 아니면 '기존 DSRC 기반의 자동징수체계'를 그대로 유지하면서 신규 인프라를 점차적으로 도입할 지를 결정하기 위해서는 두 기술 대안의 성능 및 유지관리 특성 등을 비교 분석하는 것이 필요하다. 하지만, 요금징수 관련 서비스는 이러한 기술적인 비교 분석 이외에도 정책적인 의사결정이 필수적인 사안이다. 요금징수는 해당 도로 관리기관의 재정수입과 직결되므로, 요금징수 위반을 최소화할 수 있는 대안이 선택될 가능성이 높기 때문이다. 이를 감안하여 요금징수 서비스와 관련된 구체적인 요구사항 파악은 본 사례분석에서 제외한다.

C-ITS 환경에서 새롭게 도입된 신규 서비스들로 '교차로 신호위반 위험경고', '스쿨존 속도제어', '보행자 충돌방지 경고', '우회전 안전운행 지원', '옐로우버스 운행 안내', '차량추돌 방지 지원', '긴급차량 접근경고', '차량 긴급상황 경고'가 있으며, 이들 중 상당수의 서비스는 실시간 대응능력을 높이기 위해 차량 및 도로 인프라에서 수집된 정보를 별도의 가공 없이 즉각적으로 제공할 필요가 있다.

위에 논의된 기존 ITS와 C-ITS 서비스 간 관계정립의 내용은 <표 4-4>에 요약적으로 제시하였다.<sup>30)</sup>

---

30) 이 표는 C-ITS 시범사업 서비스를 기준으로 기존 ITS와 C-ITS의 관계를 정립한 것이기 때문에 이 표에 포함되지 않는 기존 ITS 서비스 (예: 버스도착 안내, 교통신호제어 등)도 존재함

표 4-4 기존 ITS와 C-ITS의 관계 정립

서비스 그룹		C-ITS 서비스		기존 ITS	구분
기본정보제공		위치기반 교통정보제공 서비스	↔	교통정보제공 서비스	연계 및 통합
이벤트 정보 제공	V2I I2V	도로위험구간 정보제공 서비스	↔	돌발상황관리 서비스	보완 및 대체
		노면상태 기상상태 정보제공 서비스			
		도로작업구간 주행지원 서비스			
	V2V V2X	교차로 신호위반 위험 경고 서비스	↔	관련되는 기존 서비스 존재하지 않음	신규 도입
		스쿨존 속도제어 서비스			
		보행자 충돌방지 경고 서비스			
		우회전 안전운행 지원 서비스			
		옐로우버스 운행안내 서비스			
		차량추돌 방지 지원 서비스			
		긴급차량 접근 경고 서비스			
차량 긴급상황 경고 서비스					
요금징수	Wave 통행료 징수 서비스	↔	자동요금징수 서비스	보완 및 대체에 관한 정책적 의사결정이 필수적임	
버스운행관리	버스운행관리 서비스	↔	버스운행관리 서비스	보완 및 대체	

자료: 국토교통부 공청회 자료(2013) 및 대전광역시(2015a)를 참고하여 저자 작성.

### (3) 기존 ITS와 C-ITS의 관계를 고려한 S/W 측면의 관리 요구사항

앞에서 기존 ITS와 C-ITS의 관계정립을 통해 기존 ITS 서비스 중 ‘교통정보제공 서비스’, ‘돌발상황관리 서비스’, ‘버스운행관리 서비스’가 첨단도로인프라 관리 측면에서 중점 분석 대상으로 선정되었다. 이렇게 선정된 각 서비스별로 첨단도로인프라의 소프트웨어 측면의 요구사항을 검토한 결과는 아래와 같이 요약된다.

‘교통정보제공 서비스’는 기존 ITS와 C-ITS 인프라를 연계·통합함으로써 개선될 전망이다. 이러한 신-구 인프라 연계를 위해서는 C-ITS 환경에서 수집되는 차량 위치기반의 기본정보를 제공하는 전략과 더불어 이를 위한 가공프로세스가 요구된다. 또한, C-ITS 환경에서 수집되는 방대한 양의 차량 상태정보를 가공하여 활용하는 방안이 마련되어야 한다.

기존의 ‘ITS 기본정보 수집 체계’가 ‘C-ITS의 차량 위치기반 수집체계’로 전환되

는 과도기에서 첨단도로인프라의 유지관리에 관한 의사결정은 엄밀한 기술 검토와 정책 수요분석을 기반으로 이루어져야 한다. 예를 들면, 기존의 교통정보 수집 장비인 VDS는 교통량 전수조사에 활용된다는 점에서 C-ITS 기반의 정보수집으로 대체할 수 없는 기술 특성을 갖고 있다는 것을 감안해야 한다. 이용자에게 단순히 속도 정보만을 제공하는 것이 아니라, 병목 현상을 시·공간적으로 예측하여 교통 혼잡을 관리하기 위해서는 교통량에 대한 정보가 필수적이기 때문이다. 따라서 VDS를 신규 C-ITS 인프라로 대체하는 의사결정에는 철저한 비교우위 검토뿐만 아니라 신중한 정책적 판단이 요구된다. 한편 기존의 교통정보 제공 장비인 VMS의 경우는 기능 및 경제적 관점에서만 보면 C-ITS 장비(차량탐재 장치, 핸드폰 애플리케이션 등)로 대체하는 것이 바람직하다. 하지만 이 경우도 고령 운전자나 저소득층 등의 교통 약자를 위해서 안전 취약 구간 또는 네트워크 결절점 등 전략적으로 중요한 위치에는 차량단말기를 통한 정보제공과 VMS의 운영을 병행할 필요가 있다.

한편 C-ITS의 정보수집 인프라를 통해 버스 운행 위반 관련 데이터 수집이 가능하게 되어, 기존 ITS에서 유명무실했던 ‘버스 운행관리 서비스’가 C-ITS로 인해 본격화될 것으로 전망된다. 이를 지원하기 위해 ‘운행 위반을 판단하는 가공 프로세스’가 추가로 필요하다. 또한 ‘버스운행관리 서비스’를 위한 축적된 자료는 버스정책 개선에도 활용될 필요가 있으며, 이를 위해 ‘표준 노드·링크체계’로의 맵핑, 관련 데이터베이스 구축, 분석환경 조성 등의 조치가 필요하다.

기존 ITS에서의 ‘돌발상황관리’ 서비스는 외부 정보를 CCTV로 확인하고 대응하는 것 외에는 별다른 역할이 없었다. 반면에 C-ITS 환경에서는 신규로 구축되는 수집 인프라를 통해 돌발상황 정보를 자동적으로 수집할 수 있게 됨으로써 기존 서비스의 향상이 예상된다. 이와 관련하여 돌발상황을 판단하고, 돌발상황의 규모, 성격, 위치 등에 따라 돌발상황 정보제공의 시·공간적 범위를 결정하는 프로세스가 필요하다. 또한 이러한 정보 가공 및 제공을 위해 표준 노드·링크체계로의 맵핑, 관련 데이터베이스 구축이 필요하다. 더 나아가 이와 관련된 첨단도로인프라 관리의 요구사항을 분석함에 있어, 해당 빅데이터를 도로교통정책에 활용하기 위한 검토도 필요하다.

위에서 논의한 각 ITS 서비스별로 교통정보 수집, 가공 및 제공 단계에 소프트웨어 측면의 관리 요구사항을 <표 4-5>에 요약하였다.

표 4-5 기존 ITS와 C-ITS의 관계를 고려한 S/W 측면의 관리 요구사항

운영 단계	서비스	교통정보제공	버스운행관리	돌발상황관리
수집		<ul style="list-style-type: none"> <li>C-ITS 노변기지국 위치와 대전시 표준 노드·링크체계에 맵핑</li> <li>기본정보 및 순간속도 정보를 표준 노드·링크에 맵핑하는 방법이 필요함</li> <li>차량 상태정보를 별도의 데이터베이스로 구축할 필요가 있으며 이를 위한 표준 노드·링크 맵핑이 필요함</li> <li>기존의 수집인프라와 C-ITS 환경의 수집인프라의 보완·대체관계에 대한 분석이 필요함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현재는 각 버스에 별도의 센서가 없고, GPS 데이터의 오차문제가·감속과 관련한 상세 자료를 쓰지 않고 있음</li> <li>아직까지는 운행위반에 대한 별도의 서비스가 없는데, C-ITS의 차량과 노변 인프라 간 통신을 통해 시행 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대규모 이벤트 등 스케줄된 돌발상황 정보 수집</li> <li>사고 및 기상 부문 등 외부 정보와의 연계</li> <li>C-ITS 수집데이터 활용</li> </ul>
가공		<ul style="list-style-type: none"> <li>현재의 가공프로세스에 통합 및 융합하기 위한 프로세스, 데이터베이스, 표준 노드·링크체계 맵핑이 요구됨</li> <li>민간 자료의 활용 시, 해당 자료의 검증 및 보정이 요구됨</li> <li>C-ITS에서 수집되는 차량상태정보 활용방안 강구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>버스 운행위반 상태 수집 정보를 가공 및 집계하여, 버스준공영제 시행의 기초자료로 쓰는 등 정책적으로 활용하기 위한 데이터베이스 구축·운영 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>돌발 CCTV 확인</li> <li>표준 노드·링크에 맵핑 후 데이터베이스에 저장</li> <li>돌발상황 종료 여부 확인</li> <li>돌발정보의 특성 및 정보의 시·공간적 범위를 고려한 가공프로세스 필요</li> </ul>
제공		<ul style="list-style-type: none"> <li>정책적 요구에 따라 VMS와 V2I 운영 병행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자체 단말기에 경고메시지를 표출하고, 해당 정보를 센터로 전송하는 형태</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VMS 제공</li> <li>V2I 제공 (Virtual VMS)</li> <li>미디어/앱 제공</li> </ul>

자료: 저자 작성.

#### (4) 기존 ITS와 C-ITS의 관계를 고려한 H/W 측면의 관리 요구사항

앞에서 기존 ITS와 C-ITS의 관계를 ‘연계 및 통합’, ‘보완 및 대체’, 그리고 ‘신규 도입’으로 구분한 바 있다. ‘연계 및 통합’에 해당하는 기존 ITS 서비스는 ‘교통정보 제공’이며, ‘보완 및 대체’에 해당하는 기존 ITS 서비스는 ‘돌발상황관리’, ‘버스운행 관리’이다.<sup>31)</sup> 한편 기존의 ITS 서비스와 무관하게 신규로 도입되는 C-ITS 서비스는

31) 기존의 ‘교통정보제공’은 C-ITS의 ‘위치기반 교통정보제공’과 연계 및 통합관계에 있고, 기존의 ‘돌발상황관리’는 C-ITS의 ‘도로위험구간 정보제공’, ‘노면 및 기상상태 정보제공’, ‘도로작업구간 주행지원’과 보완 및 대체 관계에 있으며, 기존의 ‘버스운행관리’는 동일 명칭의 C-ITS 서비스와 보완·대체 관계에 있음

‘교차로 신호위반 위험경고’, ‘스쿨존 속도제어’, ‘보행자 충돌방지 경고’, ‘우회전 안전운행지원’, ‘엘로우버스은행 안내’, ‘차량추돌방지 지원’, ‘긴급차량 접근경고’, ‘차량 긴급상황 경고’이다. 그 밖에도 C-ITS 시범 서비스와의 연계가 어려운 기존 ITS 서비스로 ‘버스도착안내’, ‘교통신호제어’, ‘교통데이터웨어하우스’가 있다.

위에 열거한 서비스들이 기존 ITS에서 C-ITS로 넘어가는 과도기에 제공될 전망이므로, 이 서비스들에 대한 하드웨어 측면의 관리 요구사항을 파악할 필요가 있다. 이러한 요구사항 파악에 있어, 관련 인프라가 운영되는 단계를 ‘정보 수집’, ‘정보 가공 및 분석’, ‘정보 제공 및 제어’로 구분할 수 있다. ‘정보 수집’ 또는 ‘정보 제공 및 제어’ 단계에서 활용되는 주요 인프라는 현장장비와 통신장비이며, ‘정보 가공 및 분석’ 단계에서는 교통관리센터 장비, 가공프로세스, 데이터베이스, 표준 노드·링크체계가 주요 인프라로 사용된다.

위에서 열거한 각 서비스에 대해서 기존 ITS와 C-ITS의 관계를 고려한 하드웨어 측면의 관리 요구사항은 <표 4-6>과 같이 요약된다. 예를 들면, 기존 ITS와 C-ITS의 ‘연계 및 통합’ 관계에 있는 교통정보제공 서비스를 상정해보자. 이 서비스에서 ‘정보 수집’ 단계에서는 현장장비에 대해 수집을 모니터링, 통신장비에 대해 통신지연 관리 등이 주요 요구사항으로 대두된다. 한편 ‘정보 가공 및 분석’ 단계에서는 센터장비에 대해 시스템 부하관리, 가공프로세스와 관련해서는 데이터 퓨전 프로세스, 차량 위치 기반의 상태정보 가공이 요구된다. 마지막으로 이 서비스의 ‘정보 제공 및 제어’ 단계에서는 현장장비에 대해 VMS 관리, 통신장비에 대해서는 I2V 관련 장비에 대한 관리가 요구된다.

**표 4-6 기존 ITS와 C-ITS의 관계를 고려한 H/W 측면의 관리 요구사항**

운영단계/ 관련 인프라		서비스 그룹/ 서비스 명	연계 및 통합		보완 및 대체	
			교통정보제공	돌발상황관리	버스운행관리	
정보 수집	현장장비	수집율 모니터링	-	차량센서 정확도 관리		
	통신장비	통신지연 관리	통신지연 관리	-		
정보 가공 및 분석	센터장비	시스템 부하 관리	-	-		
	가공프로세스	데이터 퓨전프로세스, 차량위치 기반 상태정보가공	돌발상황 정보제공범위 결정프로세스	버스운행위반 판단		
	데이터베이스	퓨전정보 저장 상태정보 저장	돌발상황정보 저장	위반 정보 저장		
	노드·링크체계	C-ITS 수집·가공 정보의 맵핑을 위한 가공	돌발상황정보를 맵핑하기위한 가공	위반정보를 맵핑하기위한가공		
정보 제공 및 대응	현장장비	VMS 관리	VMS 관리	-		
	통신장비	I2V 장비 관리	I2V 장비 관리	-		

운영단계/ 관련 인프라		서비스 그룹/ 서비스 명	신규 도입 C-ITS 서비스			
			교차로 신호위반 위험 경고	스쿨존 속도제어	보행자 충돌방지 경고서비스	우회전 안전운행 지원
정보 수집	현장장비		N/A			
	통신장비		V2I(차량→인프라) 통신지연관리			
정보 가공 및 분석	센터장비		-			
	가공프로세스	신호위반 판단 프로세스	제한속도위반 판단 프로세스	보행자 및 자전거 충돌 가능성 판단 프로세스	교차로에서의 충돌가능성 판단 프로세스	
	데이터베이스	정보 및 경고 제공에 대한 이벤트 발생 기록				
	노드·링크체계	정보 및 경고 제공에 대한 이벤트 발생 기록의 맵핑				
정보 제공 및 대응	현장장비		N/A			
	통신장비		I2V(인프라→차량) 통신지연관리			

(표계속)

서비스 그룹/ 서비스 명		신규 도입 C-ITS 서비스			
		엘로우버스 운행안내	차량추돌 방지 지원	긴급차량 접근 경고	차량 긴급상황 경고
정보 수집	현장장비	N/A			
	통신장비	V2V(차량↔차량), V2X(차량↔보행자) 통신지연관리			
정보 가공 및 분석	센터장비	N/A			
	가공프로세스	N/A			
	데이터베이스	N/A			
	노드·링크체계	N/A			
정보 제공 및 대응	현장장비	N/A			
	통신장비	V2V(차량↔차량), V2X(차량↔보행자) 통신지연관리			

서비스 그룹/ 서비스 명		C-ITS와의 연계가 어려운 기존 ITS 서비스		
		버스도착안내	교통신호제어	교통데이터웨어하우스
정보 수집	현장장비	수집율 모니터링	-	N/A
	통신장비	중복데이터 관리	-	N/A
정보 가공 및 분석	센터장비	시스템부하 관리	-	시스템부하 관리
	가공프로세스	가공정보 정확도 분석	돌발정보와 연계한 신호시간 조정	교통소통정보와 돌발상황정보 또는 버스위반정보 등의 연계분석
	데이터베이스	-	돌발상황으로 인해 조정된 신호시간 저장	교통소통정보, 돌발상황정보, 버스위반정보 등을 이용한 다차원 모델링
	노드·링크체계	-	-	-
정보 제공 및 대응	현장장비	도착정보 정확도 모니터링	-	N/A
	통신장비	-	-	N/A

자료: 저자 작성.

#### 4) 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리 체계 개선 방안

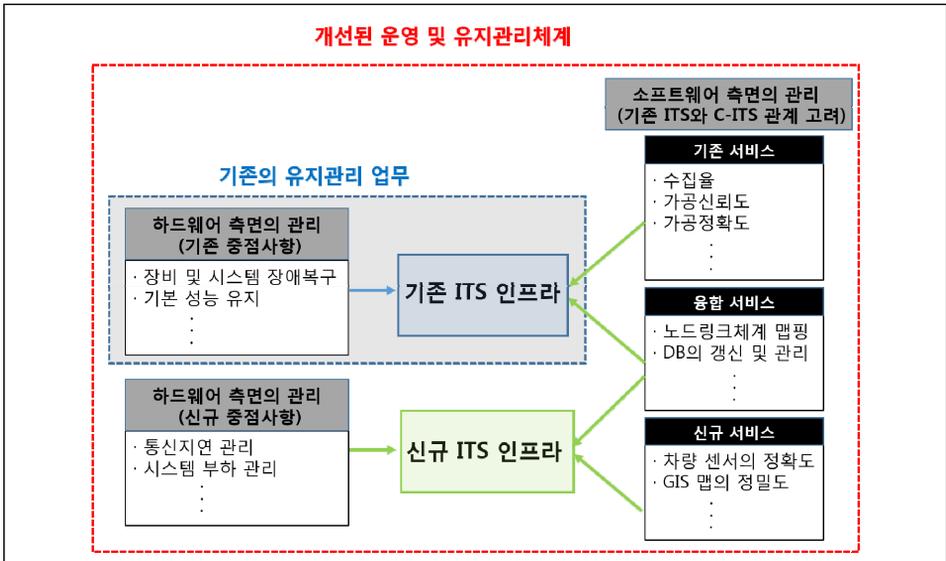
기존에는 첨단도로인프라의 유지관리가 해당 장비 및 시스템의 장애에 대처하고, 그 성능을 일정 수준으로 유지하는 데 중점을 두었다. 하지만 ITS 서비스의 질적 수준에 대한 고려는 상대적으로 미흡했다. 뿐만 아니라, 기존의 운영 및 유지관리 체계에서

는 ITS 패러다임 변화에 따른 신규 요구사항을 중·장기적인 안목에서 검토하는 과정이 배제되어 있었다. 이러한 현황을 감안하여 본 사례분석의 요구사항 검토를 통해 도출한 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리 체계의 개선방안은 다음의 두 가지로 요약할 수 있다(〈그림 4-6〉 참조).

첫째, ITS 서비스의 질을 확보하기 위한 평가 (예: 수집율, 가공 신뢰도 등)를 기존의 유지관리체계에 추가함으로써 운영과 유지관리의 연계를 도모해야 한다. 이런 맥락에서 기존 서비스 이외에도 ITS의 진화로 인해 새롭게 추진되는 융합서비스 또는 신규 서비스도 함께 고려하여 관련 인프라의 유지관리를 수행해야 한다.

둘째, ITS의 진화로 인해 신규 인프라가 등장함에 따라 하드웨어 측면에서 신규로 등장한 요구사항 (예: 통신지연 관리, 시스템 부하관리 등)을 추가적으로 유지관리에 반영해야 한다.

**그림 4-6** 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리 체계의 개선방안



자료: 저자 작성.

위에서 제시한 운영 및 유지관리 체계 개선 방안을 지원하기 위해서는 첨단도로인프라의 하드웨어 측면의 평가뿐만 아니라 소프트웨어 측면의 평가를 확대할 필요가 있다. 이런 맥락에서 하드웨어 측면의 자산은 현장, 센터 및 통신 장비로 구분할 수 있으며, 소프트웨어 측면의 자산은 가공프로세스, 데이터베이스, 표준 노드·링크체계, GIS 맵, 기초데이터로 구분할 수 있다. 또한 <표 4-7>에서 제시한 바와 같이 각각의 자산항목에 대해서 관련 평가지표를 도입할 수 있다. 이러한 평가지표에 대한 구체적인 산정방법 및 적용 방안에 대해서는 후속연구가 요구된다.

**표 4-7 운영 및 유지관리 체계 개선을 지원하기 위한 평가지표 (예시)**

자산속성		자산항목	평가지표	
H/W 측면의 자산	현장	기존 ITS 정보수집 장비	VDS 수집율, 정확도, 장애율	
			RSE 수집율, 정확도, 장애율	
		기존 ITS 정보수집 장비	VMS 정확도	
		C-ITS 정보수집 및 제공 장비	V2I시스템을 위한 근거리 통신장비	통신성공율, 통신지연, 정확도
		센터	센터장비	시스템 부하
		통신	통신장비	통신지연, 통신장애
S/W 측면의 자산		가공프로세스	장애율, 실시간성공율	
		데이터베이스	시스템 부하	
		표준 노드·링크체계	현행화	
		GIS 맵	정밀도	
		기초데이터	신뢰도	

자료: 저자 작성.

CHAPTER 5

# 첨단도로인프라 관리를 위한 정책방안

01 국가 차원의 핵심 추진방안	75
02 추진 주체별 기반조성 방안	78
03 민-관 협력 지원방안	80



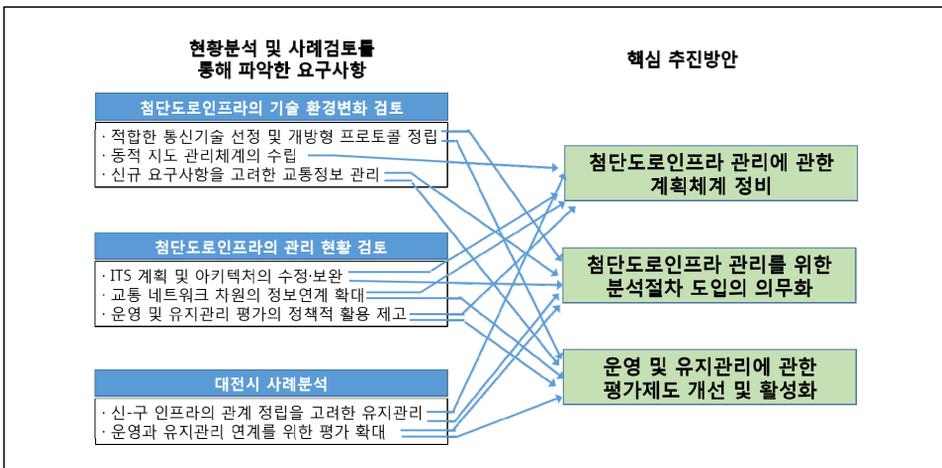
# 첨단도로인프라 관리를 위한 정책방안

본 장에서는 첨단도로인프라의 전략적 관리에 관한 국가 차원의 핵심 추진방안을 제시한다. 이 추진방안은 ITS 패러다임 변화에 대한 요구사항, 첨단도로인프라 관리의 현황 검토를 통한 시사점, 사례분석을 통해 도출한 운영 및 유지관리체계 개선 방안을 종합적으로 고려하여 도출하였다. 또한 이 핵심 추진방안을 지원하기 위한 추진 주체별 기반조성 방안, 민-관 협력 지원 방안도 제시한다.

## 1. 국가 차원의 핵심 추진방안

첨단도로인프라의 관리를 위한 국가 차원의 핵심 추진방안을 본 연구의 현황 검토 및 사례 분석을 통해 파악한 요구사항을 바탕으로 <그림 5-1>과 같이 도출하였다. 각각의 추진방안에 대한 세부적인 내용은 아래에 제시하였다.

그림 5-1 첨단도로인프라의 전략적 관리 핵심 추진방안 도출

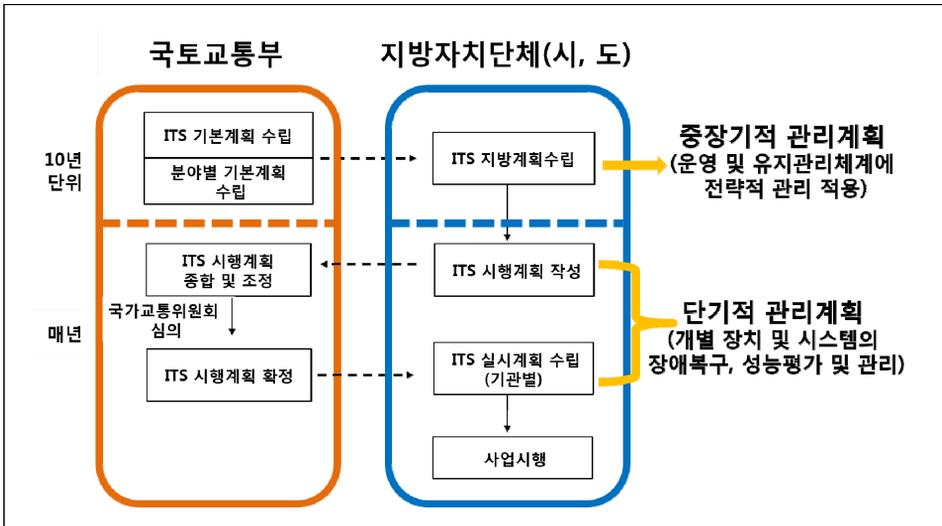


자료: 저자 작성.

## 1) 첨단도로인프라 관리에 관한 계획체계 정비

첨단도로인프라에 대한 기존의 운영 및 유지관리 업무도 지속되어야 하지만, 이와 병행하여 중·장기적 안목의 인프라 관리가 시행되어야 한다. 이를 위해서 본 연구에서 제시한 바와 같이 전략적 관리의 원칙 및 분석절차를 적용할 필요가 있다. 이와 관련하여 기존 ITS 사업 절차를 수용한다는 전제하에 첨단도로인프라의 관리계획을 <그림 5-2>와 같은 방식으로 이원화하여 도입할 수 있다. 즉, 10년 마다 수립되는 ITS 지방 계획<sup>32)</sup>는 해당 지자체의 첨단도로인프라 운영 및 유지관리체계에 전략적 관리를 포함 하도록 한다. 반면에 매년 수립되는 ITS 시행계획 및 실시계획은 기본적으로 단기적인 관리에 집중하여 해당 인프라의 장애복구 및 부품 대체 등에 관한 세부내용을 다루게 한다.

그림 5-2 첨단도로인프라 관리를 위한 계획체계 정비 방안



자료: 저자 작성.

32) 3장의 현황 검토에서 살펴본 바와 같이 현재의 ITS 지방계획은 첨단도로인프라의 신규 구축 및 운영을 주로 다루고, 유지관리에 대한 중장기적 전략에 대한 내용이 미흡함

## 2) 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 도입의 의무화

기존에는 첨단도로인프라의 운영 및 유지관리 체계의 개선을 다루는 전략적 관리를 지원하기 위한 분석이 거의 없었다. 따라서 본 연구에서 사례로서 제시한 것과 같은 분석절차를 지침으로 정립하여 제도화하는 것이 필요하다. 예를 들면, ITS 지방계획 수립에 대한 법조항<sup>33)</sup>에 ‘첨단도로인프라의 전략적 관리를 위한 분석지침’(가칭)을 따를 것을 의무화하는 것을 고려할 수 있다. 또한 이러한 분석절차가 제도화되기 위해서는 전문 인력의 확보가 중요하다. 관련 분석을 수행하기 위해서는 첨단도로인프라의 운영 및 관리에 대한 경험뿐만 아니라 기존의 ITS 및 C-ITS 아키텍처 및 관련 애플리케이션의 운영개념에 대한 정확한 이해가 요구되기 때문이다. 이런 점을 감안하여 ITS 담당공무원 및 실무자를 대상으로 첨단도로인프라 관리에 관한 체계적인 커리큘럼을 만들어서 직무교육에 포함시킬 필요가 있다.

## 3) 운영 및 유지관리의 연계를 위한 평가체계 개선 및 활성화

기존에도 교통관리센터를 중심으로 첨단도로인프라의 운영·관리에 대한 평가가 이루어져 왔다. 하지만 해당 평가결과가 다양한 성능지표를 통해 정량화되어 데이터베이스로 저장·관리되지 못한 한계가 있었다. 첨단도로인프라의 전략적 관리는 새로운 기술적 요구사항을 반영해야할 뿐만 아니라 기존의 운영·관리에 대한 면밀한 점검에 기반을 두어야 하므로 운영·관리의 평가가 정례화 되어야 한다. 더 나아가 관련 이력 자료를 해당 인프라 관리 정책에 활용될 수 있도록 데이터베이스를 구축·운영해야한다. 이러한 평가체계의 도입은 그 초기에는 평가의 대상이 되는 관리기관에게는 부담으로 작용하겠지만, 장기적으로는 대상 기관이 운영 및 유지관리체계를 개선하여 업무 효율성을 높이는 데 도움이 될 것이다. 이와 같이 운영 및 유지관리 연계를 위한 평가체계를 활성화하기 위해서 평가에 소요되는 비용을 해당 ITS 사업 예산에 포함시킬 필요가 있다.

33) 「국가통합교통체계효율화법」(국토교통부, 2016)의 제74조(지방자치단체의 지능형교통체계계획 수립 등)

## 2. 추진 주체별 기반조성 방안

### 1) 중앙정부 차원

#### (1) ITS 진화를 고려한 국가 ITS 아키텍처의 수정·보완 및 활용 지원

ITS 아키텍처는 ITS 서비스를 계획하고, 관련 시스템 및 인프라를 구축하기 위한 설계도의 역할을 수행하므로, 서비스의 요구사항 변화에 따라 그 내용을 지속적으로 갱신해야 한다. 이런 맥락에서 ITS의 패러다임 변화에 부응하여 기존 ITS와 C-ITS의 상호 관계를 정립하기 위해서는 C-ITS의 애플리케이션에 대한 참조 아키텍처 (예: 미국 연방교통부의 CVRIA<sup>34</sup>)가 마련되어야 한다. 더 나아가 이와 같이 새롭게 정의되는 아키텍처와 기존의 ITS 아키텍처의 연계 및 통합을 위한 수정·보완이 필요하다.

한편 지자체마다 첨단도로인프라 관리에 대한 이해관계가 다를 수 있고, 민간과 공공 부문이 ITS 서비스를 제공하는 데 있어 추구하는 가치에 차이가 존재할 수 있다. 이를 감안하여 ITS 아키텍처를 매개로 기관 간 협력에 지원해야 한다. 예를 들면 ‘첨단도로인프라 관리를 위한 ITS 아키텍처의 활용지침’ (가칭)을 마련하고, 이를 적용하는 지자체 및 관련 기관에게는 인센티브를 제공하는 방안을 도입할 필요가 있다.

#### (2) C-ITS 및 차량-도로 자동화 서비스를 위한 정보교환 기준의 수정·보완

C-ITS 및 차량-도로 자동화의 기술적 요구사항을 반영하기 위해서는 차량 간 또는 차량과 인프라 간 정보 교환에 대한 국가 기준이 정립되어야 한다. 이를 위해서 관련 시범사업을 통해 정보교환 기준에 대한 초안을 마련하여 검증하는 과정이 필요하다. 또한 새롭게 정의되는 교통정보 교환 기준은 기존의 「기본교통정보 교환 기술기준」(국토교통부, 2012), 「지능형교통체계 표준 노드·링크 구축기준」(국토교통부, 2015c)과의 연계·통합이 요구된다. 이와 관련하여 본 연구에서 사례로 제시한 것과 같은 요구사항 분석결과는 기존의 기술기준을 수정·보완하거나 새로운 기술기준을 마련하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

34) 상세내용은 ITS Joint Program Office의 C-ITS 아키텍처 웹사이트 (2016년 12월 접속) 참조

### (3) 자율주행 시대를 위한 지도정보와 교통정보의 통합 관리체계 정립

기존의 수치지도에 대한 오차한도를 차로 폭 이내로 감소시키고, 이와 같이 개선된 정밀지도와 교통소통, 유고상황 등의 동적정보를 연계할 수 있는 데이터베이스의 구축이 요구된다. 또한 이를 지원하기 위한 운영 및 유지관리 체계도 필요하다. 현재 국내 공공부문에서 지도정보와 교통정보를 관리하는 기관이 상이한데 C-ITS 또는 ‘차량-도로 자동화’의 서비스를 효과적으로 제공하기 위해서는 차량 위치 기반으로 이 두 정보를 연계 및 통합하는 관리 체계가 요구된다. 이와 관련하여 정적인 지리 정보와 동적인 교통정보가 효과적으로 융합되기 위해서는 Local Dynamic Map(LDM)과 같은 기술 플랫폼뿐만 아니라 관련 기관들의 역할 정립 및 기관 간 협력체계가 필요하다. 이를 위해 중앙정부 주도로 관련 기관 및 이해관계자들로 부터 ‘지도정보와 교통정보의 통합 관리’에 대해 의견수렴과 합의를 도출하는 과정이 선행되어야 한다.

### (4) 첨단도로인프라의 전략적 관리를 위한 홍보 및 인센티브제 도입

C-ITS 및 차량-도로 자동화의 시범사업에서 ‘첨단도로인프라의 전략적 관리를 위한 분석지침(가칭)’을 수립·적용하여 그 사회적 편익을 홍보할 필요가 있다. 이와 관련하여 지자체 ITS 사업이라도 중앙정부의 재정 투자가 이루어지는 사업에 대해서는 이 분석지침의 적용을 권장하는 인센티브제를 도입하는 것이 필요하다. 예를 들면, 이 분석지침에 따라 계획된 지자체 ITS 사업의 경우 중앙정부의 예산 배분 시 가산점을 주는 방식을 고려할 수 있다.

## 2) 지자체 차원

### (1) ITS 지방계획에서 운영·관리 전략 강화

해당 지자체는 ITS 지방계획 수립에 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차를 도입하기 위해 힘써야 한다. 이를 위해서는 중앙정부가 주도하게 될 ‘첨단도로인프라의 전략적 관리를 위한 분석지침(가칭)’ 작성에 참여하여 지자체의 요구사항을 적극적으로 개진하여야 한다. 더 나아가 이렇게 수립되는 지침을 ITS 지방계획 수립에 적용하기 위한 예산확보에 힘쓰고, 지침의 효용성에 대한 홍보에 협력해야 한다.

## (2) 첨단도로인프라의 관리 인력의 양적 확충 및 전문성 확보

변화하는 기술 환경에 부응하여 중·장기적인 관리의 요구사항을 분석하고, 이에 대한 대응책을 검토할 수 있는 전문 인력의 확충이 요구된다. 지금까지 첨단 도로인프라의 운영 및 유지관리는 물리적, 시스템적 자산을 중심으로 이루어져왔다. 하지만 첨단 도로인프라에 대한 전략적 관리가 도입되려면, 물리적, 시스템적 자산을 운영하고 관리하는 지자체 담당 인력이 수적으로 충분한지, 각 담당자가 충분한 전문성을 갖고 있는지를 점검하고, 관련 전문교육을 강화해야할 필요가 있다.

## (3) 첨단도로인프라의 운영·관리 평가제도 개선

첨단도로인프라의 유지관리와 ITS 서비스 운영을 통합적으로 모니터링할 수 있는 다양한 지표의 도입 및 평가를 제도화할 필요가 있다. 특히, 교통관리센터의 운영·관리에 대한 평가를 세분화 및 다양화하여 ‘도로 관리자 측면’ 뿐만 아니라 ‘ITS 서비스 이용자의 관점’을 대변하는 평가지표를 산정하고, 그 이력자료를 데이터베이스화하여 해당 지자체의 첨단도로인프라 관리의 중·장기 전략을 수립하기 위한 기초자료로 활용할 필요가 있다.

# 3. 민-관 협력 지원방안

## 1) C-ITS 및 자율주행의 도입에 대비한 교통관리센터의 역할정립

방대한 양의 정보 처리 및 빈번한 소프트웨어의 업데이트의 요구를 감안하여 ‘공공 부문이 운영·관리의 대부분을 책임지는 기존의 체계’에서 ‘교통정보 수집, 가공 및 제공에 대한 민간 부문의 전문성 및 인프라를 폭넓게 활용하는 체계’로 전환되어야 한다. 특히 교통관리센터와 연계된 정보 수집 및 제공 주체들의 수가 증가하고, 이들의 이해관계가 다양화되는 환경 변화를 감안하여 교통관리센터의 업무 매뉴얼이 새롭게 정립되어야 한다.

## 2) 민간 정보의 비즈니스 모델 구축 및 공공성 확보 지원

민간 기업은 이윤 창출의 가능성이 높은 분야에 적극적으로 투자한다는 점을 감안하여, 민간 기업이 C-ITS 또는 차량-도로 자동화 기반의 비즈니스 모델을 구축하는 것에 대한 공공 부문의 지원이 필요하다. 예를 들면, 공유자동차의 자동 주차서비스를 지원하기 위한 첨단도로인프라의 구축을 지원하는 것을 고려할 수 있다. 또한 민간의 첨단도로인프라를 기반으로 하여 수집, 가공 및 제공되는 교통정보는 어느 수준의 공공성이 확보 되어야 하므로, 공공 부문의 관리기관이 주도하여 민간 교통정보의 신뢰성 및 형평성 측면의 평가를 수행하는 제도를 정착시켜야 한다.



# 결론

01 요약 및 시사점	85
02 연구의 한계 및 향후 연구과제	86



본 장에서는 첨단도로인프라 관리에 관한 주요 연구결과 및 시사점을 요약하여 제시하고, 본 연구의 한계와 이를 감안한 후속 연구 과제를 논의한다.

## 1. 요약 및 시사점

국내 ITS 인프라의 운영 및 유지관리는 개별 장비 또는 시스템에 대한 성능점검, 장애복구 등 기본적인 업무에 한정되어 수행되어 왔다. 본 연구는 이러한 현황을 감안하여 ITS의 패러다임 변화에 전략적으로 대응하기 위한 첨단도로인프라 관리의 원칙 및 분석절차를 수립하고, 이를 대전광역시의 ITS 인프라를 대상으로 적용하였다. 또한 첨단도로인프라에 대한 전략적 관리의 도입 및 활성화를 지원하기 위한 정책방안도 함께 제시하였다.

첨단도로인프라의 전략적 관리원칙은 주요 선진국에서 관련 인프라 관리의 개선을 위해 채택한 개념 및 절차를 참조하여 도출되었다. 이렇게 도출된 원칙은 ‘운영과 유지관리의 연계’, ‘신-구 인프라의 관계정립’, ‘운영·유지관리 평가 및 해당 평가 결과의 정책적 활용’, ‘단계적 유지관리 계획수립’이다. 이 원칙들을 적용하기 위한 분석절차<sup>35)</sup>는 크게 ‘운영과 유지관리의 연계를 위한 요구사항 분석’과 ‘기존 ITS와 C-ITS의 관계정립을 위한 첨단도로인프라 요구사항 분석’을 위한 모듈로 구성된다.

첨단도로인프라 관리의 분석절차를 대전시 ITS 인프라를 대상으로 적용하여 ① 하드웨어 측면에서 중요도가 높아진 신규 요구사항을 추가적으로 반영하여 유지관리를

35) 전략적 관리 원칙 중 ‘단계적 유지관리 계획 수립’은 C-ITS 및 차량-도로 자동화를 도입하기 위한 신규 인프라의 구축과 밀접하게 연관되어 있는데, 현 시점에는 이와 관련한 기술 사양 및 생애주기 비용 등을 정확히 예측하기에 한계가 있어서 본 연구의 분석절차에서는 포함시키지 않았음

수행하고, ② ITS 서비스의 질을 확보하기 위한 평가 제도를 기존의 유지관리체계에 통합함으로써 운영과 유지관리를 연계하며, ③ 기존 서비스 이외에도 C-ITS 도입에 따른 융합 또는 신규서비스에 대해서도 소프트웨어 측면의 관리를 수행해야한다는 시사점을 도출하였다.

끝으로 본 연구의 현황검토 및 사례분석에서 얻은 요구사항들을 바탕으로 ‘첨단도로 인프라 관리에 관한 계획체계 정비’, ‘첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 도입의 의무화’, ‘운영 및 유지관리에 관한 평가제도 개선 및 활성화’에 대한 정책방안을 제시하였다. 또한 이러한 정책방안의 효과적인 추진을 위해 중앙정부, 지자체, 민·관 협력 차원에서 요구되는 기반조성 방안도 함께 논의하였다.

## 2. 연구의 한계 및 향후 연구과제

본문에서 언급한 바와 같이, 자율주행과 직접적으로 관련된 ‘차량-도로 자동화’를 상정함에 있어 도로 인프라가 어떤 역할을 담당해야하는 지에 대한 불확실성이 아직 높은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 ‘차량-도로 자동화’와 기존 ITS의 관계는 구체적으로 분석하지 못했다. 또한, ITS의 진화에 따른 요구사항 분석에 있어서도 C-ITS 운영개념을 파악하기 위해 엄밀한 아키텍처가 아닌 개략적인 서비스 규격서를 참조하였다. 이러한 한계를 감안하여 향후에 ‘차량-도로 자동화’의 서비스 운영개념이 더 명확해지고, C-ITS에 대한 국가 아키텍처가 확립된 시점에서, 보다 공신력 있는 근거 자료를 활용하여 본 연구의 분석을 수정·보완할 필요가 있다.

본 연구는 ‘첨단도로인프라 관리의 중·장기적 전략도출을 위한 분석지침(가칭)’을 수립하는 것을 주요 정책방안의 하나로 제시하였다. 하지만, 본 연구를 통해 수립된 분석절차가 이러한 공식적인 분석지침에 부합하는 수준의 내용적 포괄성 또는 실무적 용이성을 갖추고 있는지에 대한 충분한 검증이 이루어지지 않았다. 이러한 한계를 고려하여 중앙정부 주도로 충분한 예산과 시간을 투자하여 첨단도로인프라 관리의 분석절차를 정립할 필요가 있다. 또한 이렇게 정립된 분석절차는 지자체의 ITS 인프라 운영 및 유지관리에 종사하는 공무원 및 실무자들의 폭넓은 의견 수렴을 통해 추가적인 수정·보완을 거쳐야 할 것이다.

## 참고문헌

REFERENCE

### 【인용문헌】

- 강경표, 홍길성, 이재홍, 조순기, 정희빈, 김정빈. 2013. C-ITS 기술동향 조사 및 국내 도입방안 연구. 세종시: 한국교통연구원·한국지능형교통체계협회.
- 경봉권소사업. 2015. 세종-대전 첨단교통관리시스템(ATMS) 구축사업 확정설계서 (대전).
- 국가경쟁력강화위원회. 2012. ITS발전전략.
- 국토교통부. 2010. 자동차·도로 교통 분야 국가 ITS 아키텍처 2.0. 세종시: 국토교통부.
- 국토교통부. 2012. 기본교통정보 교환 기술기준. 세종시: 국토교통부.
- 국토교통부. 2013. “교통사고 예방을 위한 차세대 ITS 도입방안” 공청회 자료. 세종시: 국토교통부.
- 국토교통부. 2014. 도로업무편람. 세종시: 국토교통부.
- 국토교통부. 2015a. 자동차·도로교통 분야 ITS 사업시행지침. 세종시: 국토교통부.
- 국토교통부. 2015b. 자동차·도로교통 분야 ITS 성능평가기준. 세종시: 국토교통부.
- 국토교통부. 2015c. 지능형교통체계 표준 노드·링크 구축기준. 세종시: 국토교통부.
- 국토교통부. 2015d. 「차세대 ITS(C-ITS) 시범사업」 실시계획 고시. 세종시: 국토교통부.
- 국토교통부 자동차관리관. 2015. 자율주행차 상용화 지원방안 추진 로드맵. 세종시:

국토교통부.

- 국토교통부. 2016. 「국가통합교통체계효율화법」(법률 제 14480호, 시행 2016. 12. 27.)
- 대전광역시. 2015a. 대전광역시 지능형교통체계(ITS) 지방계획.
- 대전광역시. 2015b. 2016년 ITS 센터 및 현장장비 유지보수용역.
- 대전광역시. 2016. 교통정보 DB 통합관리를 위한 대전시 내부자료.
- 박상조, 양륜호. 2010. 한국의 지능형교통체계. 세종시: 국토교통부·한국교통연구원.
- 박상조. 2014. ITS 운영 진단·평가 방안 연구. 세종시: 한국교통연구원.
- 배명환. 2014. ITS 성능평가 개론 (발표자료). 경기도: 한국지능형교통체계협회.
- 변상철, 윤여환, 김수현, 한상욱, 김민현, 강경표, 김상곤, 이재홍, 홍길성, 홍은주, 황태현, 류정미. 2013. ITS 검지체계 개선을 통한 국도 ITS 선진화 방안 연구. 경기도: 한국건설기술연구원·한국교통연구원·한국지능형교통체계협회.
- 일본 첨단정보교통네트워크 사회추진전략본부. 2015. 관민 ITS 구상·로드맵.
- 이승환, 오동섭, 정민철, 윤준영, 강연수, 정경민, 김범일, 유경수. 2015. 도로부문 지능형교통체계 설계편람 수립연구(Ⅱ). 경기도: 한국지능형교통체계협회·한국교통연구원.
- 임성한, 이향미, 고요한, 하정아, 강상철, 박천길, 박준양, 차갑상, 이호원. 2013. 통합교통관리를 위한 교통정보 연계 및 제공체계 개선 연구. 경기도: 한국건설기술연구원·지앤티솔루션.
- 채원주, 함재홍, 성경수, 정은하, 최진호, 이승환, 오동섭, 배명환, 정민철, 윤준영. 2014. ITS 현장 시설물 관리 시스템 구축 및 활용 방안 연구. 경기도: 네이비스시스템·한국지능형교통체계협회.
- 한국지능형교통체계협회. 2014. 2013년 ITS 백서. 경기도: 한국지능형교통체계협회.
- 한국지능형교통체계협회. 2015a. 대전광역시 ITS 지방계획수립 용역 최종보고서. 경기도: 한국지능형교통체계협회.

- 한국지능형교통체계협회. 2015b. ITS 표준 실무를 위한 기본교육. 경기도: 한국지능형교통체계협회.
- 한국지능형교통체계협회. 2015c. 차세대 ITS 서비스 정의서(안). 경기도: 한국지능형교통체계협회.
- Adams, T. M., Bittner, J., Hidayat, D. 2008. *Traffic Operations Asset Management Systems Part 1: Study Findings*. Midwest Regional University Transportation Center, University of Wisconsin-Madison.
- Anderson, James M., Nidhi Kalra, Karlyn D. Stanley, Paul Sorensen, Constantine Samaras and Oluwatobi A. Oluwatola. 2014. *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.
- Bennett, P, Han, C., Green, D., Gaffney, J. 2013. *Emerging Digital Mapping Requirements for C-ITS*. Sydney: Austroads.
- Burgess, L., McGurrin, M. 2013. *Traffic Management Centers in a Connected Vehicle Environment (Task 3): Future of TMCs in a Connected Vehicle Environment*. CTS Pooled Fund Study, University of Virginia.
- Cambridge Systematics. 2004. *FHWA Asset Management Position paper*. Office of Asset Management, Federal Highway Administration.
- C-ITS Platform. European Commission 웹사이트  
[https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en). [access Dec. 15, 2016.]
- Dopart, K. 2015. *U.S. DOT Automation Program*. Automated Vehicles Symposium. July 20-24. Ann Arbor, Michigan.
- ERTICO. 2013. *Regulatory Needs and Solutions for Deployment of Vehicle and Road Automation (Draft1)*. Vehicle and Road Automation Project.

- ERTRAC. 2015. *Automated Driving Roadmap*. Brussels: European Road Transport Research Advisory Council.
- European Commission. EU FP 6 관련 웹사이트.  
[https://ec.europa.eu/research/fp6/index\\_en.cfm](https://ec.europa.eu/research/fp6/index_en.cfm) [Access Dec. 15. 2016]
- FHWA. 1999. *Asset Management Primer*. Federal Highway Administration.
- FHWA. 2005. *Identification of Operation Assets*. FHWA-HOP-05-056.
- FHWA. 2007. *System Engineering for Intelligent Transportation Systems*. FHWA-HOP-07-069.
- FHWA. 2009. *Asset Management Data Collection for Supporting Decision Processes*
- FHWA. 2012. *Methodologies to Measure and Quantify Transportation Management Center Benefits: Final Synthesis Report*. FHWA-HRT-12-054.
- FHWA. 2013a. *Vehicle-to-Infrastructure(V2I) Safety Applications: Concept of Operations Documents, Final Report*. FHWA-JPO-13-060.
- FHWA. 2013b. *Vehicle Information Exchange Needs for Mobility Applications Version 3.0. Revised Report*. FHWA-JPO-13-065.
- FHWA. 2014. 2015 *FHWA Vehicle to Infrastructure Deployment Guidance and Products (V2I guidance draft v9a)*. Federal Highway Administration.
- FHWA. 용어정의 웹사이트.  
<http://www.ops.fhwa.dot.gov/plan4ops/glossary.htm#m> [access Dec. 15, 2016.]
- Gay, K. 2014. *Connected and Automated Vehicle Research in the United States*. United Nations Economic Committee for Europe.
- Green, D., Farber F., Levasseur, M. 2014. *C-ITS Interoperability with Existing ITS Infrastructure*. Sydney: Austroads.

- Hendrickson, C., Biehler, A., Mashayekh, Y. 2014. *Connected and Autonomous Vehicles 2040 Vision*. Pennsylvania Department of Transportation.
- ITS Joint Program Office. C-ITS 아키텍처 웹사이트.  
<http://local.iteris.com/cvria/> [access Dec. 15, 2016.]
- McKinsey&Company. 2016. *Advanced Driver-Assistance Systems: Challenges and Opportunities Ahead*.
- National ITS Architecture Team. 2015. *A Primer on the Connected Vehicle Environment*.
- NHTSA. 2013. *Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles*. Washington DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- NHTSA. 2014. *Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application*. Washington DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- Rojo, F., Roy, R., Sheha, E. 2009. *Obsolescence Management for Long-life Contracts: State of the Art and Future Trends*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Volume 49.
- SAE. 2014. *Automated Driving: Levels of Driving Automation are Defined in New SAE International Standard J3016*. Society of Automotive Engineers.
- SAFESPOT. 2008. *Local Dynamic Map Specification*. SAFESPOT Sub-Project 3 Deliverable.
- 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.
- U.S. DOT. 2011. *Core System Concept of Operations*. US Department of

Transportation, Research and Innovative Technology Administration, ITS Joint Program Office.

U.S. DOT. 2013. *Data Capture for Performance and Mobility Measures Reference Manual*, FHWA-JPO-13-055.

U.S. DOT. 2014. *National Connected Vehicle Field Infrastructure Footprint Analysis*. FHWA-JPO-14-125.

### 【관련문헌】

강경표, 김범일, 김현미, 유경수, 이상협, 김종식, 윤태관. 2010. 도시부 간선도로 교통정보 수집·제공 방안 연구. 세종시: 한국교통연구원·한국건설기술연구원

Csuzi I., Csuzi B.I. 2015. *Obsolescence Analysis of Maintenance and Operation of Public Transport Systems*. Case study: Tramway of Oradea. Journal of sustainable energy vol. 6, no. 4.

FHWA. 2004. *Elements of a Comprehensive Signals Asset Management System*. FHWA-HOP-05-006.

Kluger, R. Smith, B. L. 2013. *Next Generation Traffic Management Centers*. University of Virginia, Center for Transportation Studies.

Ozbay, K., Ozguven, E. E., Sertel, T., Bourne, T., Aboobaker, N., Littleton, B., & Caglar, K. 2009. *Manual of Guidelines for Inspection and Maintenance of Intelligent Transportation Systems*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2129, 90-100.



## SUMMARY

### **A Study on Strategic Management of Advanced Highway Infrastructure to Prepare for the Era of Automated Driving**

Kwangho Kim, Sungho Oh , Backjin Lee, Jongil Park

The deployment of Intelligent Transportation Systems (ITS) in South Korea has accumulated Advanced Highway Infrastructure (AHI) such as vehicle detectors and communication facilities. The domestic AHI has been managed by local governments or road management authorities to provide ITS services of high quality. As the existing infrastructure becomes obsolete with the emergence of new technologies related to ITS, strategies of longer-term perspectives need to be introduced in the management of AHI.

The existing ITS is expected to evolve into C-ITS through increased cooperation between operating objects. To further, advanced countries such as U.S. and Japan have invested in integrating C-ITS infrastructure with vehicle-automation systems to realize the operations of cooperative automated driving. These changes in the ITS paradigm will cause new requirements of AHI related to the collection, processing and provision of traffic information.

For example, the data storages used for traffic management centers need to be expanded and the security of information and communication should be strengthened.

In light of the above this study is intended to investigate newly emerged requirements for AHI by targeting transition periods of the ITS paradigm. In this regard, two main issues are raised in the context of AHI management. One is to investigate the ways to coordinate existing infrastructure with newly introduced C-ITS infrastructure for upgraded or integrated ITS services. The other issue is either to enhance the function of existing AHI or to develop new AHI for the operations of cooperative automated driving. This study puts more focus on the former issue by considering that the role of road infrastructure has been more clearly defined for C-ITS than for cooperative automated driving.

Domestic practices of AHI management turns out to be focused on the prevention or repair of malfunctioning facilities. These maintenance activities of short-term horizon, however, are not sufficient in responding to the changes in the ITS paradigm. To meet the needs of the changing ITS paradigm, the existing tasks related to operations and maintenance of AHI need to be complemented by strategic management to inspect, plan, and revise the overall system of operations and maintenance with longer-term perspectives.

Strategic management of AHI has been rarely implemented in the domestic practices. On the other hand, advanced countries such as U.S. and EU members make efforts to strategically manage AHI by employing asset management frameworks or by mitigating the obsolescence of subject assets in preventive ways. By referring these foreign examples, the present study established a procedure to analyze the requirements of AHI management and then implemented the procedure on the ITS infrastructure of a metropolitan

city, Daejeon. This implementation reveals that (i) hardware requirement such as the control of communication delays or system loads should be addressed in the maintenance management, (ii) operations of AHI need to be linked to its maintenance by incorporating proper evaluation schemes into the existing practices and (iii) infrastructure management in the perspective of software should be introduced for integrated or emerging services enabled by the deployment of C-ITS as well as for existing ITS services.

Finally, this study suggests policy alternatives regarding ‘the improvement of the existing planning framework to facilitate the management of AHI’, ‘the legalization of applying an analytic procedure to AHI management’, and ‘the enhancement and facilitation of evaluating the operations and maintenance related to AHI.’ These alternatives can be supported by diverse strategies with the championship of central and local governments as well as through the collaboration of public-private partnerships.



## 1. C-ITS의 기술요소 및 애플리케이션

### 1) V2V (차량 간 통신) 기반 안전 애플리케이션<sup>36)</sup>

- V2V 통신은 잠재적 충돌에 대한 경고를 운전자들에게 제공하기 위한 시스템으로 ADAS에 내재된 안전상의 취약점을 보완하는 데 활용될 수 있음
  - 이를 위해 유럽 및 미국 등지에서 근거리 전용통신인 DSRC에 기반을 둔 안전 서비스의 개발 및 실증이 활발히 이루어짐
- V2V 통신을 기반으로 하여 안전성을 향상시키기 위한 애플리케이션의 대표적인 예는 아래 표와 같음

**표 A1** V2V 통신이 필요한 안전 애플리케이션 (예시)

V2V 안전 애플리케이션	업무 내용
교차로에서의 이동 지원 (Intersection Movement Assist)	대상차량이 교차로에서 다른 차량과 충돌할 확률이 큰 경우에 교차로에 진입할 시점에서 운전자에게 경고 제공
좌회전 지원 (Left Turn Assist)	대상차량이 교차로에 진입할 때 반대편 쪽에서 차량이 접근해오는 경우 좌회전을 금지하는 경고 제공
긴급 전자 제동등 (Emergency Electronic Brake Light)	대상차량의 전방에 있으나 바로 앞은 아닌 곳에 위치한 V2V장착 차량이 급감속한 경우, 대상차량의 운전자에게 경고를 제공할 수 할 수 있으며, 약천후 등으로 시야가 가려진 상황에도 유용함

자료: NHTSA(2014)를 참고하여 저자 작성.

36) Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application(NHTSA, 2014)의 관련내용 요약·정리

- 차량 탑재 장치 (on-board device) 또는 스마트폰 등의 분리형 장치 (aftermarket device)를 통한 V2V 통신이 성공적으로 수행되기 위해서는 대상 장치들이 동일한 언어를 사용할 수 있도록 통신 메시지의 표준화가 필요함
- 기본안전메시지 (Basic Safety Message: BSM)는 Society of Automotive Engineer (SAE) 표준 J2735, 근거리 전용 통신 메시지 집합 사전에서 정의된 메시지 집합 중의 하나임
  - BSM은 두 부분으로 나뉘는데, Part I은 모든 BSM 메시지에 보내지고, Part II는 선택적으로 보내지는 메시지 집합임

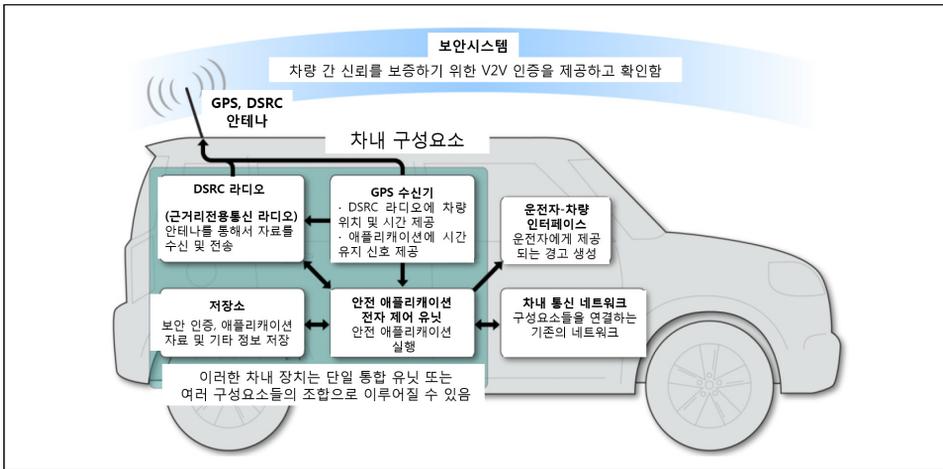
**표 A2 BSM Part I의 내용**

- 위치
  - 위도(latitude)
  - 고도(elevation)
  - 종방향 위치(longitude)
  - 위치 정확성(positional accuracy)
- 움직임
  - 변속 및 속도 (transmission and speed)
    - 변속 상태 (transmission state)
    - 속도 (speed)
  - 주행방향(heading)
  - 조향 휠 각도 (steering wheel angle)
  - 가속도 집합 (acceleration set)
    - 종방향 가속도 (longitudinal acceleration)
    - 횡방향 가속도 (lateral acceleration)
    - 수직 가속도 (vertical acceleration)
    - 기울어짐 비율 (yaw rate)
- 브레이크 시스템 상태
  - 브레이크 작동 상태 (brake applied status)
  - 브레이크 상태 이용 불능 (brake status not available)
  - 견인력 제어 상태 (traction control status)
  - 잠김 방지 브레이크 상태 (antilock brake status)
  - 안전성 제어 상태 (stability control status)
  - 브레이크 부스트 작동 (brake boost applied)
  - 부가 브레이크 상태 (auxiliary brake status)
- 차량 크기 (vehicle size)
  - 차량 폭 (vehicle width)
  - 차량 길이 (vehicle length)

자료: NHTSA. 2014. Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application. p75.

- V2V 통신시스템은 차량에 위치한 구성요소와 도로를 따라 설치된 구성요소로 이루어짐
  - 차량 구성요소로 DSRC 라디오, GPS 수신기, 운전자-차량 인터페이스 등이 요구됨 (<그림 A1> 참조)
  - 도로 구성요소로 보안 업데이트 및 보안 관리 시스템과의 통신을 위한 도로 장치(Roadside Equipment: RSE)가 요구됨

**그림 A1** V2V 시스템의 차량 내 구성요소들



출처: NHTSA. 2014. Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application. p68.

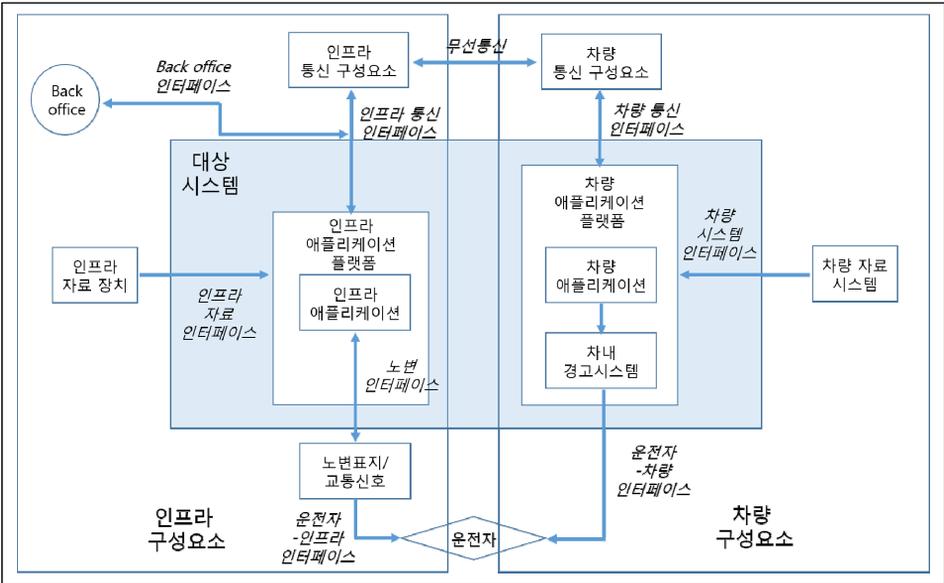
## 2) V2I (차량-인프라 통신) 기반의 안전 애플리케이션<sup>37)</sup>

- V2I 통신시스템은 차량과 도로 인프라 간 자료 교환을 통해 안전뿐만 아니라 이동성 및 환경 개선을 목표로 하고, 보안 관련 RSE 뿐만 아니라 추가적인 RSE (도로 기상 시스템, 교통 신호 등 인프라 관련 구성요소)가 요구됨
- V2I 안전 애플리케이션은 차량과 인프라 애플리케이션 플랫폼을 통해 구현됨 (<그림 A2> 참조)

37) Vehicle-to-Infrastructure(V2I) Safety Applications: Concept of Operations Documents (FHWA, 2013a)의 관련 내용을 요약·정리

- 차량 애플리케이션 플랫폼은 차량 탑재 진단도구 (Onboard Diagnostics: OBD2) 네트워크와 제어기 영역 네트워크 (Controller Area Network: CAN) 을 통해서 센서 자료를 수집함
- 도로 애플리케이션 플랫폼은 신호 현시, 도로 기상 정보 등을 수집함

**그림 A2** V2I 안전 애플리케이션에 대한 기본 틀



출처: FHWA. 2013a. Vehicle-to-Infrastructure(V2I) Safety Applications: Concept of Operations Documents. p4.

- o V2I에 기반을 둔 안전 애플리케이션의 예는 <표 A3>과 같으며, 위에 제시된 기본 틀을 기반으로 해당 애플리케이션의 운영개념에 맞게 그 구성요소가 정해짐

**표 A3 V2I 기반의 안전 애플리케이션 (예시)**

V2I 안전 애플리케이션	내용
정지표지 위반 경고 (Stop Sign Violation Warning: SSSVM)	운전자가 다가올 정지 표지를 위반할 수 있다는 경고 서비스를 현재 차량 속도 및 정지 표지까지의 거리에 근거하여 제공함
철도 건널목 위반 경고 (Railroad Crossing Violation Warning: RCVW)	철도 건널목에서 철도 차량의 교차 및 접근에 대비하여 정지하라는 경고를 제공
지점 기상 정보 경고 (Spot Weather Information Warning: SWIW)	운전자에게 악천후 (예: 안개, 바람, 도로 표면 상황 악화 등)에 관한 경고를 제공하기 위한 독립적인 기상 시스템을 사용함
초과규격 차량 경고 (Oversize Vehicle Warning: OWW)	시야확보가 어려운 구간 (예: 터널 및 교량)에 근접했을 때 초과 규격 차량 (높이, 폭, 길이 기준)이 존재하면, 이를 운전자에게 경고함
감속 구간 경고 (Reduced Speed Zone Warning: RSZW)	감속구간 (예: 학교 구간, 작업구간 등)에서의 속도제한 및 기하구조 변화를 감안하여 대상 차량의 속도가 높을 때 해당 운전자에게 경고함

자료: FHWA(2013a)를 참고하여 저자 작성.

### 3) 이동성(mobility) 개선을 위한 C-ITS 애플리케이션<sup>38)</sup>

- 위에서 언급한 안전 개선을 위한 C-ITS 애플리케이션 이외에도 <표 A4>에서 제시한 바와 같이 이동성 및 도로 기상과 관련된 C-ITS의 적용분야가 있음
- 상당수의 이동성 애플리케이션은 대상 자료가 교통관리시스템 등으로 전송될 것을 요구하나, 갱신 빈도는 안전 애플리케이션의 빈도 (예: 초당 10회) 보다 훨씬 낮을 수 있음
- C-ITS의 이동성 애플리케이션을 위해서도 메시지 집합이 규정될 필요가 있으며, 이와 관련하여 FHWA(2013b)은 이동성 애플리케이션을 위한 BSM의 활용 가능성, 추가적인 메시지 집합이 필요한 지의 여부 등을 검토함

38) Vehicle Information Exchange Needs for Mobility Applications Version 3.0.(FHWA, 2013b)의 관련내용을 요약·정리

**표 A4** 이동성 및 도로 기상 관련 C-ITS application

<p>Enable ATIS: 첨단 통행 정보 시스템 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ATIS: 다수단 실시간 통행 정보</li> <li>• S-Park: 스마트 park and ride</li> <li>• T-MAP: 전역 지도 애플리케이션</li> <li>• WX-INFO: 실시간 경로별 기상 정보</li> </ul>	<p>M-ISIG: 다수단 지능형 교통신호 시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• FSP: 화물 우선 신호</li> <li>• I-SIG: 지능형 교통신호 시스템</li> <li>• PEDI-SIG: 보행자 신호 시스템</li> <li>• PREEMPT: 위급 차량 근접 경고</li> <li>• TSP: 대중교통 우선 신호</li> </ul>
<p>FRATIS: 첨단 화물 통행 정보 시스템</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DR-OPT: 운송 최적화</li> <li>• F-ATIS: 화물 실시간 통행 정보 (성능 모니터링포함)</li> <li>• F-DRG: 화물 동적 경로 안내</li> </ul>	<p>R.E.S.C.U.M.E.: 위급 상황 대응 및 통신, 대피</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EVAC: 위급상황 통신 및 대피</li> <li>• INC-ZONE: 유고 발생지 작업 구간 경고</li> <li>• AACN-RELAY: 첨단 자동 충돌 공지 시스템</li> <li>• RESP-STG: 위급상황 대응자들을 위한 유고발생지 도착전 경고 및 안내</li> </ul>
<p>IDTO: 통합 동적 대중교통 운영</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• D-RIDE: 동적 합승(ridesharing)</li> <li>• T-CONNECT: 연결성 보호</li> <li>• T-DISP: 동적 대중교통 운영</li> </ul>	<p>도로 기상 애플리케이션</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유지보수 및 차량 관리 시스템을 위한 정보</li> <li>• 기상에 반응하는 교통관리를 위한 가변 속도 제한</li> </ul>
<p>INFLO: 통합 네트워크 흐름 최적화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CACC: 협력적 감응식 크루즈 제어</li> <li>• Q-WARN: 대기행렬 경고</li> <li>• RAMP: 차세대 램프미터링 시스템</li> <li>• SPD-HARM: 동적 속도 조화(harmonization)</li> </ul>	

출처: FHWA. 2013b. Vehicle Information Exchange Needs for Mobility Applications Version 3.0. p2.

- 이동성과 관련한 메시지 집합은 셀룰러와 같은 무선통신을 활용하여 낮은 갱신 속도로 인프라 시스템으로 지속적으로 전송되거나 차내 단말기에 일정 분량 단위로 저장되었다가 해당 시점에서 한꺼번에 인프라 시스템에 전송될 수 있음
- 이동성 애플리케이션 별로 요구되는 DSRC의 구축 수준이 달라질 수 있음
  - 예를 들면, 우선순위가 높은 구간에서 제한적으로 제공되는 대기행렬 경고는 DSRC 노변 장치를 부분적으로 구축하여 제공할 수 있는 반면에, ATIS는 DSRC 노변 장치를 해당 지역에 폭넓게 구축함으로써 구현될 수 있음

#### 4) C-ITS를 위한 전자도로지도 기술요소 및 현황<sup>39)</sup>

- C-ITS를 위한 전자도로지도의 자료 제공을 위해서 아래의 기술요소가 요구됨

39) Emerging Digital Mapping Requirements for C-ITS (Bennett 외, 2013)의 관련내용을 요약·정리

## □ 지도 자료 수집 방법 및 사업 절차

- 현재 가장 널리 쓰이는 방법은 differential GPS 장비, 카메라, LIDAR 등을 탑재한 차량을 운행시켜서 도로 자료를 수집하는 것임
  - 전자지도에 도로 환경 변화를 효과적으로 반영하기 위한 사업절차가 요구됨 (예를 들면, 속도 제한구역을 결정·관리하는 도로 관리기관이 지도 정보수집과 관련해서도 속도 제한 구역에 대한 자료 제공자로서의 기능을 수행해야함)

## □ 위치 참조 (Location Reference)

- 도로 기하구조 및 세부내역 자료가 전자지도에 도시될 수 있도록 지리좌표로 참조 가능해야 함
  - 위치가 참조되어야 할 자료는 ① 도로 네트워크의 지리정보 (노드와 링크로 표현됨), ② 도로의 지리 공간적 특성 정보, ③ 개별 지리 공간 정보 (예: 표지, 교통 신호등 등), ④ 선형 참조시스템(해당 도로의 특정 참조지점에서 선형적으로 얼마나 떨어져있는 지를 통해 위치 파악)과 연계된 속성으로 구분됨

## □ 자료 형식(format) 및 저장소(storage)

- C-ITS 및 차량자동화 애플리케이션을 지원하기 위한 도로 기하구조 및 세부내역 자료는 각 차량의 탑재된 정보처리가 읽어 들여 사용할 수 있으며, 효율적으로 전송 및 갱신될 수 있는 형식을 갖춰야 함

## □ 자료 전달 구조 및 프로토콜

- C-ITS 및 차량자동화 애플리케이션을 위해서는 고정밀 지도 자료가 요구되므로 이를 충족시키기 위한 지도 자료 전송 구조 및 프로토콜에 대한 규정이 필요함
  - 예를 들면, ISO 24099 (네비케이션 자료 전송 구조 및 프로토콜)은 ITS 애플리케이션을 위해 서비스 센터로부터 차량 시스템으로의 지도 자료 전송 및 갱신에 사용되는 자료구조 및 프로토콜을 규정함

□ Application Programming Interface (API)

- 지도 데이터베이스에서 획득되는 자료를 규정하고, 데이터베이스 접근 인터페이스를 규정할 필요가 있음
  - 예를 들면, ISO 17267(지능형교통체계-네비게이션시스템-API)는 측위, 경로 계획, 경로 안내, 지도 표출, 관심지점 정보 접근 등의 기능적 범주를 규정
- LDM은 C-ITS를 위한 전자지도 데이터베이스의 상위 수준에 구축되어, 전자지도 API를 규정하기 위한 기반으로 활용될 수 있음
- 차량자동화 및 C-ITS의 요구사항을 만족시키기 위해서 새로 등장하거나 개발 중인 전자지도 (Digital Mapping) 기술은 <표 A5>와 같음

**표 A5 전자지도 관련 신기술**

전자지도 관련 신기술	관련 설명
정밀지도 (Enhanced Maps: eMap)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ eMaps은 C-ITS 안전 애플리케이션 및 ADAS의 요구사항을 만족하기 위한 공간정보의 완결성 및 정확성이 향상된 지도임</li> <li>○ eMaps은 각 차로를 clothoids(일정하게 증가하는 곡률을 갖는 구간)으로 기술함으로써 1m 이내의 정확도를 확보함</li> </ul>
지도매칭시스템(Map Matching System: MMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지도 매칭은 GPS로 측정된 차량의 절대위치와 도로 네트워크 지도상의 상대적 위치를 매칭하는 절차임</li> <li>○ MMS는 GNSS기반의 측위시스템이 대상 차량의 차로 또는 차로 내의 위치를 정확하게 파악하는 것을 지원하기 위해 활용될 수 있음</li> </ul>
Local Dynamic Map (LDM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ LDM은 전자지도 데이터베이스 위에 운영되는 동적 공간자료 저장소로, 대상 객체의 종류 및 위치와 기타 특성 (궤적, 위험물 감지등)의 저장, 갱신뿐만 아니라 정보 처리 및 상황 분석을 가능하게 함</li> <li>○ LDM은 차량이나 인프라가 주변 환경에 대해 갖고 있는 지식을 정적 자료와 센서 자료를 기반으로 하여 동적으로 갱신함</li> </ul>
참조트랙 접근법 (Reference Track Approach)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 참조트랙 접근법은 교차로나 그 근방에서 가까운 미래 시점에 실현되는 대상 차량의 경로를 기술하기 위해 지도 자료를 사용함</li> <li>○ 참조트랙 접근법은 어떤 특정 교차로에 연결된 하나의 도로 요소 및 차로와 그 교차로에 연결된 다른 도로 요소 및 차로를 연결함</li> </ul>
자체생성 교통정보시스템 (Self-Organizing Traffic Information Systems: SOTIS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ SOTIS는 각 차량이 GNSS를 기반으로 도로상에 자신의 위치를 추적함으로써 자체적으로 차내 지도를 개발하는 시스템임                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차량들이 해당 격자(grid)에 속하는 수평선 및 수직선과 교차할 때 마다 지리 참조 지점(Geo Reference Point: GRP)을 생성하고, 이렇게 생성된 GRP가 이웃한 GRP와 연결하여 지리 참조선(Geo Reference Edge: GRE)을 결정한 후에, 이 GRE에 통행시간, 도로 조건 등의 추가 정보를 연계함</li> </ul> </li> </ul>

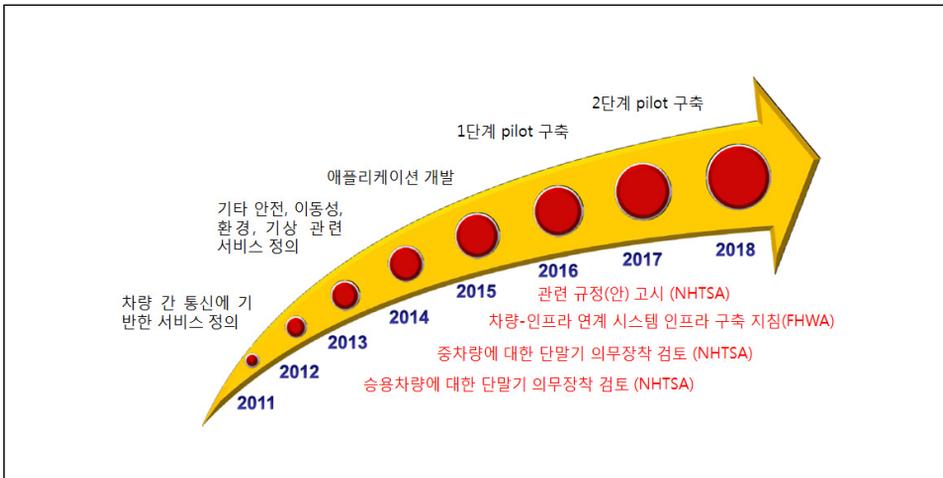
자료: Bennett 외(2013)를 참조하여 저자 작성.

## 2. C-ITS 및 차량-도로 자동화 추진 동향

### 1) C-ITS 추진 동향

- 주요 선진국에서는 교통 이동성 및 안전 향상을 목표로 C-ITS의 인프라 구축에 적극적으로 투자하고 있으나 아직까지는 연구개발 및 시범사업을 통해 기술 표준을 수립하고, C-ITS의 사회적 편익을 검증하고 있는 단계임
  - C-ITS를 주도하게 될 통신 기술이 DSRC가 될지 아니면 셀룰러가 될지 아직 불확실성이 높고, C-ITS를 위한 차량 단말기의 보급도 아직은 미미함
- 미국은 <그림 A3>에서 제시한 바와 같이 Connected Vehicle 연구 프로그램을 통해 C-ITS 인프라를 구축해옴
  - 미 국가도로교통안전청(National Highway Traffic Safety Administration: NHTSA)은 새로 출시되는 차량에 대해 ‘V2V(차량 간 통신) 단말기’를 의무적으로 장착하는 정책을 2013년부터 본격적으로 검토해옴 (NHTSA, 2013)
  - 통신 지연(latency)에 대한 요구사항이 낮은 일부의 이동성 애플리케이션은 DSRC 통신뿐만 아니라 셀룰러 통신을 통해 적용할 계획임

그림 A3 Connected Vehicle 추진개요



출처: Gay, K. 2014. Connected and Automated Vehicle Research in the United States. p13.

- 미국에서는 ‘Connected Vehicle’ 프로그램 시행 전에도 VII(2002~2009), IntelliDrive(2009~2011), SafetyPilot(2011~2013)과 같은 프로그램을 통해, 차량-차량, 차량-인프라 통신기술 개발, 차량 안전서비스 개발 및 표준화, 현장 시험 등을 수행하였음
- 미 연방도로청(Federal Highway Administration: FHWA)은 C-ITS의 기반조성을 위해 「차량-인프라 연계시스템 (V2I) 구축 지침(안)」을 발표함 (FHWA, 2014)
  - 이 지침은 <표 A6>에 제시한 바와 같이 ‘V2I 인프라 구축에 관한 계획’, ‘상호호환성 확보’, ‘기존 인프라의 활용’, ‘하드웨어/소프트웨어 인증’ 등에 관한 사안들을 다룸

**표 A6 C-ITS 인프라 구축과 관련된 기술 및 정책 이슈**

주요 이슈	관련 내용
ITS 장비의 호환성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초기 구축단계에서 C-ITS 인프라는 기존의 ITS 장비 (예, 가변 표지판, CCTV 카메라, 차량 검지기 스테이션)가 운영되는 구간을 중심으로 구축되는 것이 유리함</li> <li>• 새로운 ITS 장비, 교통 신호제어기의 구매 및 설치 시에 C-ITS의 통신 요구사항 및 표준을 고려할 필요가 있음</li> </ul>
기 구축된 ITS 장비의 유지·보수 및 대체 계획의 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C-ITS 적용을 위해 필요한 기능, 영향을 받는 장치의 개수, 해당 장비의 수명 및 생애주기비용, 장비를 교체하기 위한 절차 등을 고려할 필요가 있음</li> </ul>
하드웨어/소프트웨어 장비 인증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다양한 C-ITS 장비 (예, 차량 인지 장비, 노변 장치)에 대한 검사 및 인증 제도가 필요함</li> </ul>
민-관 파트너십	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미 연방 교통부가 연방지원 자금을 활용하여 민간 구축업체와의 장기 계약을 맺는 것이 허용되는데, 이와 같은 제도를 활용하여 C-ITS를 위한 민-관 파트너십을 구축할 수 있음</li> <li>• 서비스 이용료 및 광고 등 민간사업자가 수익을 창출할 수 있는 사업모델이 개발되어야 함</li> </ul>

자료: FHWA(2014)를 참조하여 저자 작성.

- 유럽의 C-ITS는 유럽위원회(European Commission)의 연구개발프로그램인 Framework programmes (FP) 6을 통해서 본격적으로 추진되었으며, 이를 통해 수행된 주요 프로젝트의 내용은 <표 A7>에 요약됨

**표 A7** FP 6의 주요 프로젝트

프로젝트	주요 내용
CVIS (2007~2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량-차량 또는 차량-인프라 통신에 요구되는 기술들을 설계, 개발 및 테스트하는 것을 목적으로 함</li> <li>실시간 도로 교통 정보에 기반을 둔 신규 적용서비스를 도출함</li> </ul>
SAFESPOT (2006~2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>협력형 시스템을 사용하여 도로 안전을 향상하는 것을 목적으로 함</li> <li>(i) 잠재적인 위험 상황을 사전에 감지하고, (ii) 운전자의 주변 환경에 대한 시·공간적 인지 범위를 확장하고, (iii) 운전자의 안전 확보를 위해 돌발상황을 회피할 수 있도록 경고를 제공하는 '안전 한계지원(Safety Margin Assistant)'을 규정함</li> </ul>
COOPERS (2006~2009)	<ul style="list-style-type: none"> <li>주요 목적은 대상 도로 구간에서 직접적이고, 시기적절한 차량-인프라 통신을 제공하여 도로 안전을 향상시키는 데 있음</li> <li>'협력적인 교통관리'를 위한 장기 목표달성을 위해 도로 인프라에 혁신적인 텔레매틱스를 적용하는 것에 중점을 둠</li> </ul>

출처: European Commission의 EU FP 6 관련 웹사이트 (2016년 12월 접속)을 참조하여 저자 작성.

- C-ITS 관련된 FP7의 대표적인 프로젝트는 DRIVE C2X 이며 아래와 같은 목표를 달성하기 위해 2011년부터 2014년까지 수행됨
  - C-ITS에 관한 유럽 차원의 현장 운영 테스트 환경 조성
  - C-ITS의 영향 분석, 기술 평가 및 사용자 수용성 제고
  - 협력 운행 (cooperative driving)의 증진
  
- 유럽에서는 C-ITS 인프라 구축을 활성화하기 위해 유럽위원회(European Commission) 주관으로 C-ITS platform이 구성됨
  - C-ITS platform은 정부 당국, 자동차 제조회사, 부품 공급업체, 서비스 제공자, 통신회사 등 핵심 관계자들을 참여시켜서 유럽의 C-ITS 구축에 관한 비전 달성에 기여하도록 함
  - C-ITS platform은 10개의 Working Group으로 구성되며 각 그룹은 해당 주제에 대해 심도 있는 논의를 수행하고, 그 결과를 문서화함 (<표 A8> 참조)

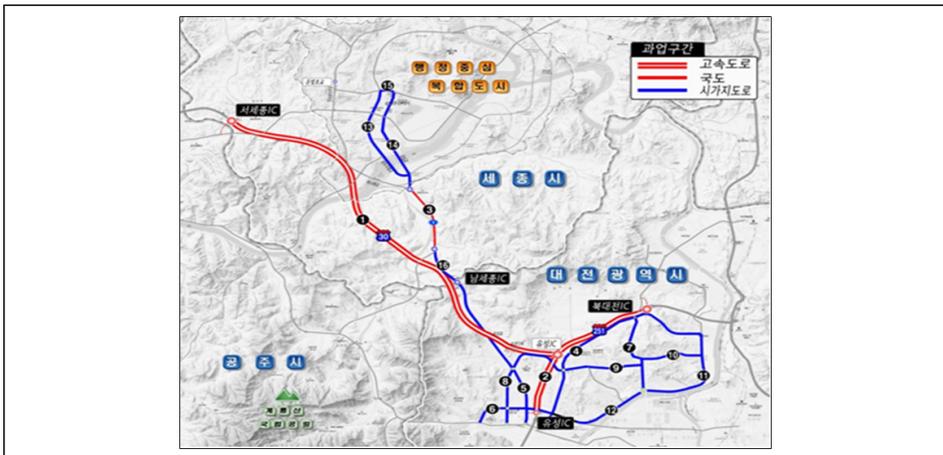
**표 A8** C-ITS platform의 구성 Working Group 및 목적

Working Group	목적
WG1: 비용 편익 분석	• 유럽의 도로 교통에 C-ITS를 도입으로 인해 발생하는 비용 및 편익 분석
WG2: 사업 사례 및 모형	• C-ITS 구축을 위한 사업 수행 및 모형 개발에 따르는 장애요인 검토 및 해결 방안 모색
WG3: 법적 이슈	• C-ITS 구축으로 인한 법적 책임 소재 이슈를 파악하고, 관련법에 대한 시사점 도출
WG4: 자료·사생활 보호	• C-ITS의 맥락에서 자료 및 사생활 보호와 관련된 이슈 분석 및 대응 방안 모색
WG5: 보안 및 인증	• 안전한 C-ITS 구축을 지원하기 위한 보안 문제 모색
WG6: 기술이슈	• 차량의 자료 및 자원 접근, 통신 혼잡에 대응한 분산 관리, 상이한 기술의 연계 통신 및 주파수 할당 이슈 모색
WG7: 표준화	• C-ITS의 표준화 현황 검토 및 추가 요구사항 파악
WG8: 대중 수용성	• 새로운 기술 및 인프라의 편익이 비용보다 높다는 것을 홍보하고, 이용자들의 두려움을 완화하는 방안 모색
WG9: 시행 이슈	• 유럽의 C-ITS 도입과 관련한 실제적인 이슈 논의
WG10: 국제 협력	• 국제 협력을 통해 유럽의 C-ITS 도입의 편익 창출 모색

출처: European Commission의 C-ITS Platform 웹사이트(2016년 12월 접속)를 참고하여 저자 작성.

- 국내에서는 2013년도에 ‘차세대 ITS(C-ITS) 도입’이 국정과제로 선정됨으로써, <그림 A4>와 같이 대전시와 세종시 부근 고속도로, 국도, 시가지도로를 중심으로 2014년부터 C-ITS 시범사업이 추진됨 (국토교통부, 2015d)

**그림 A4** C-ITS 시범사업 대상 구간



출처: 국토교통부, 2015d. 「차세대 ITS(C-ITS) 시범사업」 실시계획 고시. p2.

- 강경표 외 (2013)는 C-ITS의 시범사업 추진에 필요한 적용서비스를 도출하고, 선정된 적용서비스의 규격(안)을 도출함
- 국토교통부는 C-ITS 도입에 관한 공청회에서 ‘차량 추돌 방지 지원’ 등 15개의 C-ITS 애플리케이션을 우선 추진 대상으로 제시함 (<표 A9> 참조)

**표 A9 C-ITS 시범사업의 대상 애플리케이션**

번호	애플리케이션	분류	우선 순위	통신방식			적용지역		
				V2I*	V2V**	V2P***	고속도로	국도	시가지
01	차량 추돌 방지 지원	안전	2	○	○	X	○	○	○
02	도로 위험 구간 주행 지원	안전	2	○	○	X	○	○	○
03	노면 상태·기상 정보 제공 지원	안전	2	○	X	X	○	○	○
04	도로 작업 구간 주행 지원	안전	2	○	○	X	○	○	○
09	교차로 충돌사고 예방 지원	안전	3	○	○	X	X	○	○
10	신호 정보 제공 지원	안전, 효율	2	○	○	X	X	○	○
11	옐로우 버스 운행 안내	안전	3	○	○	X	X	○	○
12	스쿨존, 실버존 경고	안전	3	○	X	X	X	○	○
13	교통 약자 충돌 방지 지원	안전	3	○	X	○	X	○	○
14	위급상황 통보 지원	안전	2	○	○	X	○	○	○
15	긴급차량 통행우선권 지원	안전	2	○	○	X	○	○	○
17	위치기반 차량데이터 수집	효율	1	○	○	X	○	○	○
18	위치기반 교통정보 제공	편리	1	○	○	X	○	○	○
20	스마트 통행료 징수	효율, 환경	1	○	X	X	○	X	X
22	대중교통 관리 지원	효율	3	○	X	X	○	○	○

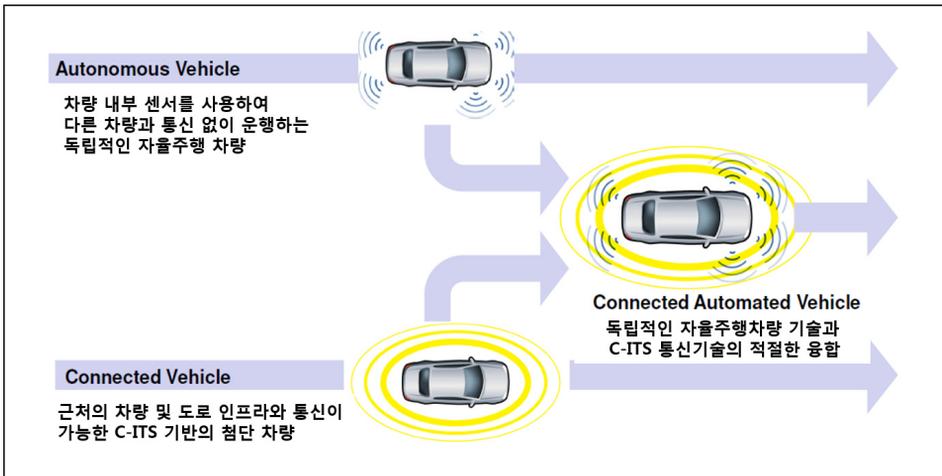
\* V2I : Vehicle to Infrastructure (차량 대 인프라)/ V2V : Vehicle to Vehicle (차량 대 차량)  
V2P : Vehicle to Pedestrian (차량 대 보행자)

출처 : 국토교통부. 2013. “교통사고 예방을 위한 차세대 ITS 도입방안” 공청회 자료.

## 2) 차량-도로 자동화 추진동향

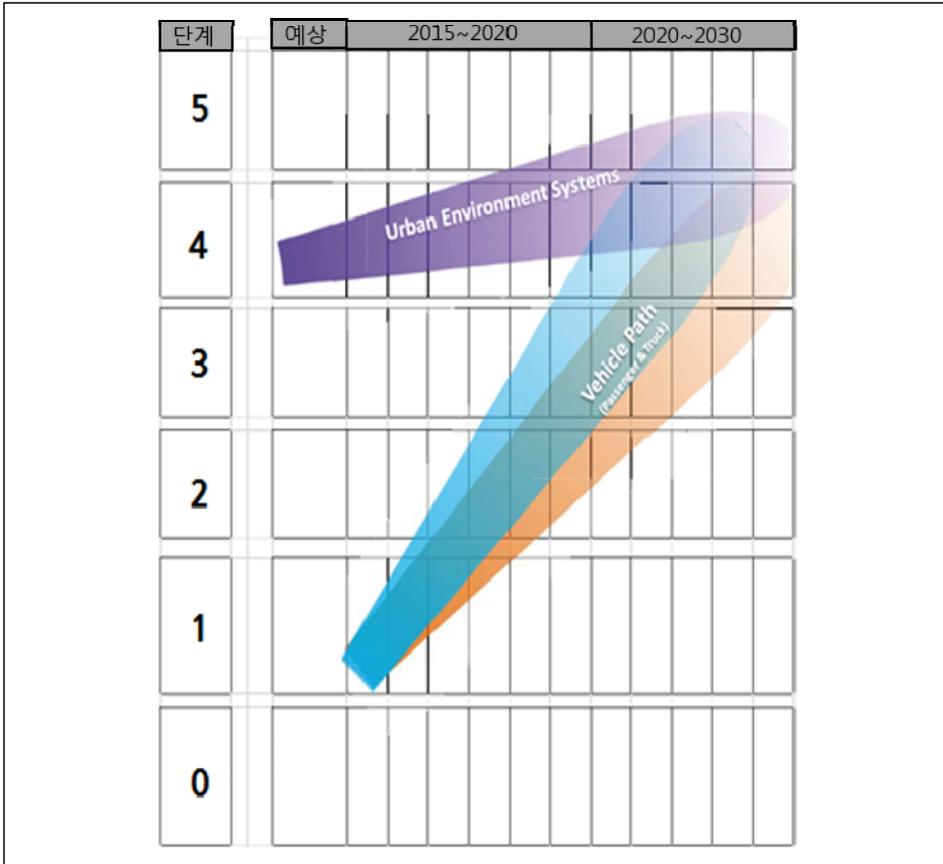
- 주요 선진국들은 C-ITS 연구개발프로그램을 통해 축적한 경험과 인프라를 활용하여 협력형 시스템인 ‘차량-도로 자동화’를 추진함으로써 차량자동화 기술에만 의존하는 자율형 차량 (Autonomous Vehicle)의 운영에 내재된 안전상의 취약점을 보완하고자 함
- 미국은 Connected Vehicle 프로그램을 통해 축적된 ‘C-ITS 인프라 기술’을 ‘독립적인 자율주행차량 기술’과 연계하여 ‘차량-도로 자동화’의 도입을 추진함 (〈그림 A5〉 참조)
- 유럽의 차량-도로 자동화에 대한 시스템 구축 방향은 〈그림 A6〉와 같이 차량의 자동화 기술을 점진적으로 향상시키는 ‘Vehicle Path’와 도시 환경에서 높은 수준의 자율주행을 구현하는 ‘Urban Environment Systems’로 대별됨
  - 전자의 구축방향은 제한된 자율주행서비스를 광범위하게 제공하는 반면, 후자는 고급의 자율주행서비스를 한정된 지역에서 제공하는 전략임

그림 A5 미국의 차량-도로 자동화 추진 방향



출처: Kevin Dopart. 2015. U.S. DOT Automation Program. p10.

그림 A6 유럽의 차량-도로 자동화 추진 방향

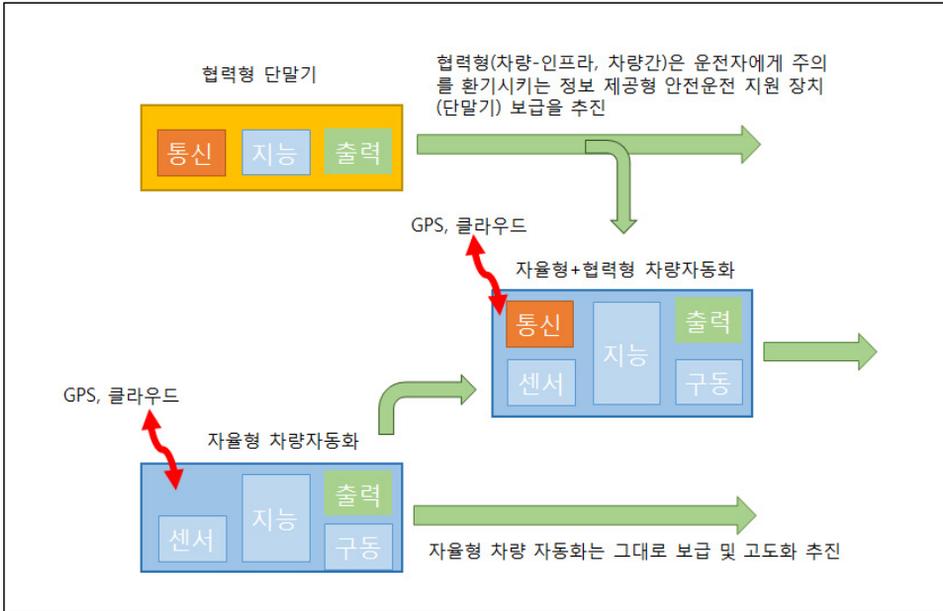


출처: ERTRAC. 2015. Automated Driving Roadmap. p.7.

○ 일본 정부는 ‘관민 ITS 구상·로드맵 2015’을 수립하여 <그림 A7>에서 보는 바와 같이 ‘자율형 차량자동화의 고도화’, ‘협력형 단말기의 보급’, ‘자율형 차량자동화와 협력형 통신 모듈의 통합’을 단계적으로 시행하는 자율주행 추진 전략을 제시함

- 자율형 차량자동화 기술은 민간 기업을 중심으로 개발됨
- 협력형 통신기술기반의 교통정보시스템, 안전 운전 지원시스템, 전자 이용요금 징수시스템 등의 운영을 지원하기 위한 인프라를 국가 주도로 조성함

그림 A7 일본의 차량-도로 자동화 추진방향



출처: 일본 첨단정보교통네트워크 사회추진전략본부, 2015. 관민 ITS 구상·로드맵, p21.

- 국내에서는 2015년 3월에 관계부처 합동으로 「미래성장동력 종합실천계획(안)」을 작성하였으며, 스마트 자동차를 미래 주력 산업의 하나로 선정함
- 정부는 범부처 협력을 통해 자율주행차의 시험운행 및 상용화를 지원하기 위해서 규제개선 및 제도정비, 자율주행 기술개발 지원, 자율주행 지원 인프라 확충을 추진할 계획임
- 국토교통부는 C-ITS 인프라의 개선을 자율주행 상용화의 주요 추진전략으로 선정하여 ‘정밀도로지도’, ‘GPS 정확도 개선’, ‘도로 인프라 개선’에 투자할 계획임 (<그림 A8>의 ‘지원인프라 확충’ 부분 참조)

그림 A8 자율주행차 상용화 추진 로드맵(안)



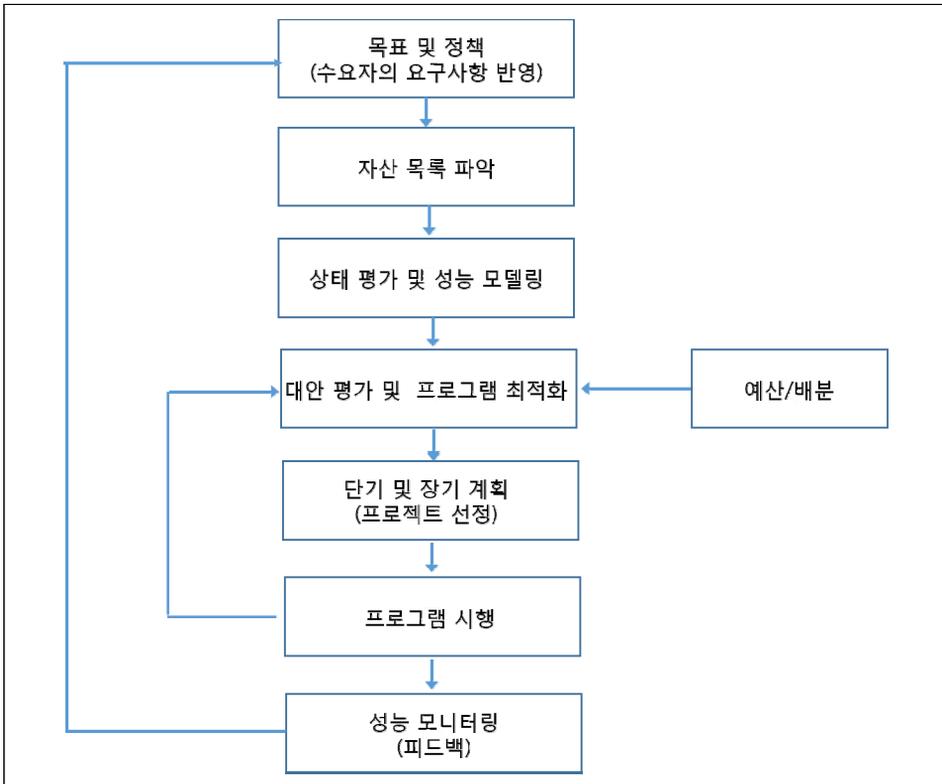
출처: 국토교통부 자동차관리관. 2015. 자율주행차 상용화 지원방안 추진 로드맵. p12.

### 3. 첨단도로인프라 관리의 선진화 개념 및 사례

#### 1) 도로교통 운영 인프라에 대한 자산관리 개념의 적용

- 미국 등 주요 선진국은 1990년 후반 이래로 교량, 포장 등 일반적인 도로 시설물에 대한 자산 관리(asset management)를 시행해오고 있음
- 도로 인프라를 위한 자산관리는 일반적으로 <그림 A9>에 제시된 절차를 통해 <표 A10>에 제시된 원칙에 입각하여 수행됨

**그림 A9** 도로 자산관리를 위한 일반적인 절차



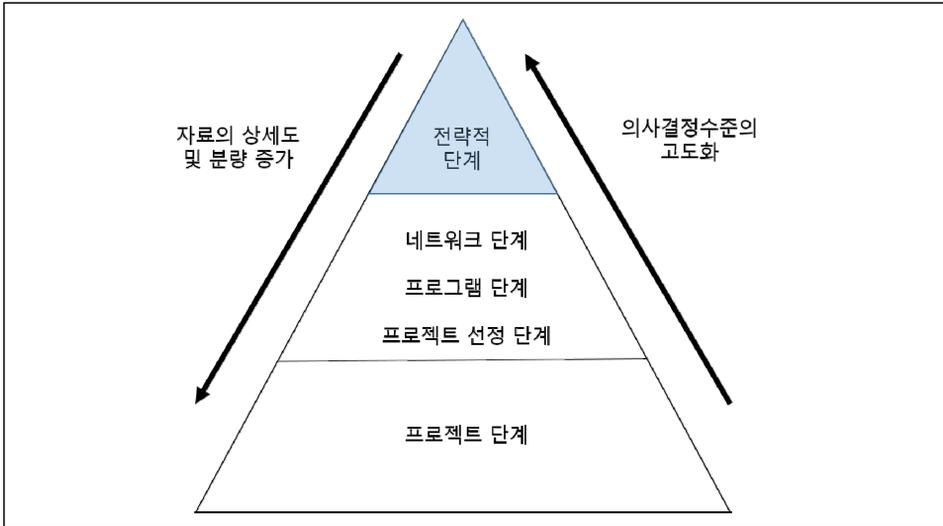
출처: FHWA. 2009. Asset Management Data Collection for Supporting Decision Processes. p16.

**표 A10** 자산관리의 주요 원칙

원칙	내용
정책에 의해 유도됨	• 자원 할당에 관한 의사결정은 잘 정의된 정책 목표에 근거함
성능에 기반	• 정책 목표는 시스템 성능지표들로 구체화되며, 이 지표들은 일상적 및 전략적 관리를 위해 사용됨
대안 및 비교우위 분석	• 자원 할당에 관한 의사결정은 각 투자 범주 (예: 예방적 유지보수, 복구, 용량 확충, 운영 등)안에서 또는 여러 투자 범주에 걸쳐서 대상 자원의 할당이 관련 정책목표 달성에 어떻게 기여할 것인지 에 관한 분석에 기반을 둠
질적 정보에 기반을 둔 의사결정	• 대안 분석은 신뢰성 있는 현행 자료를 사용하여 수행되어야 하며, 이러한 자료는 특정 기능 (예: 포장관리, 교통 모니터링)에 적용되거나, 더 통합적인 관점을 반영하기 위해 사용됨
투명성 확보 및 피드백 제공을 위한 모니터링	• 성능 결과는 영향 및 효과분석을 위해 모니터링 및 보고되며, 실제 성능에 대한 피드백은 대상 기관의 목표 조정, 자원 할당에 관한 의사결정에 영향을 줌

자료: Cambridge Systematics(2004)를 참조하여 저자 작성.

- 자산관리를 위한 의사결정단계는 <그림 A10>과 같이 자료의 상세도 및 분량, 의 사결정의 수준에 따라 전략적 단계, 네트워크 단계, 프로그램 단계, 프로젝트 선정단계, 프로젝트 단계로 구분됨 (FHWA, 2009)
  - 전략적 단계는 자원 할당 및 활용에 대한 일반적인 의사결정을 다룸
  - 네트워크 단계는 전반적인 예산 할당 및 교통계획을 주로 다룸
  - 프로그램 단계는 조치 및 할당에 대한 네트워크 차원의 프로그램 작성을 다루며, 자원 할당을 시스템 차원에서 최적화하기 위한 의사결정을 다룸
  - 프로젝트 선정 단계는 프로젝트 및 프로젝트 그룹들에 대한 자원 할당에 대한 의사 결정을 다룸
  - 프로젝트 단계는 교통수단, 자산별 및 지리적으로 할당된 프로젝트에 대한 의 사결정 및 분석을 다룸



출처: FHWA. 2009. Asset Management Data Collection for Supporting Decision Processes. p20.

- 최근에는 미 연방 교통부를 중심으로 자산 관리의 개념을 도로 운영 및 안전과 관련한 자산에 대해서도 적용하기 시작함
  - Adams 외 (2008)는 미 전역의 주요 교통관리센터를 대상으로 각각의 ITS 장비 및 시스템에 대해서 <표 A11>의 운영적 절차 및 분석적 절차 중 어떤 항목이 수행되는 지를 파악함
- ‘도로교통 운영 자산을 관리하는 것’과 ‘도로교통 운영에 자산 관리(asset management)를 적용하는 것’은 차별화 됨 (Cambridge Systematics, 2004)
  - ‘도로교통 운영에 자산 관리를 적용하는 것’은 “운영자산에 투자함으로써 어떤 목표를 달성할 것인가? ”, “어떻게 하면 서비스의 성능을 향상시킬 수 있는가?”와 같은 시스템 차원의 폭넓은 접근방식이 필요함

**표 A11 도로교통운영 자산관리의 수행 절차별 세부항목**

구분	세부 항목
운영적 절차	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유지보수 및 대체에 관한 예산 계획</li> <li>• 통신 네트워크 관리</li> <li>• 담당 인력</li> <li>• 구매 의사 결정</li> <li>• 유지보수 및 대체에 대한 일정</li> <li>• 문서화된 지침</li> </ul>
분석적 절차	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인력 수요 추정</li> <li>• 현장 장비 목록</li> <li>• 유지보수 기록 및 관리</li> <li>• 결함에 대한 평가</li> <li>• 생애주기비용 분석 수행</li> <li>• 성능 모니터링</li> <li>• 여분의 부품에 대한 목록</li> </ul>

자료: Adams 외(2008)를 참조하여 저자 작성.

○ 미 연방 도로청 (FHWA)은 앞에서 언급한 자산관리의 개념을 도로교통 운영분야에 적용함에 있어, <표 A12>에서 제시한 세부 운영 프로그램들을 기준으로 (여러 프로그램에 걸쳐서 또는 특정 프로그램 내에서) 대안 분석을 수행할 것을 제안함

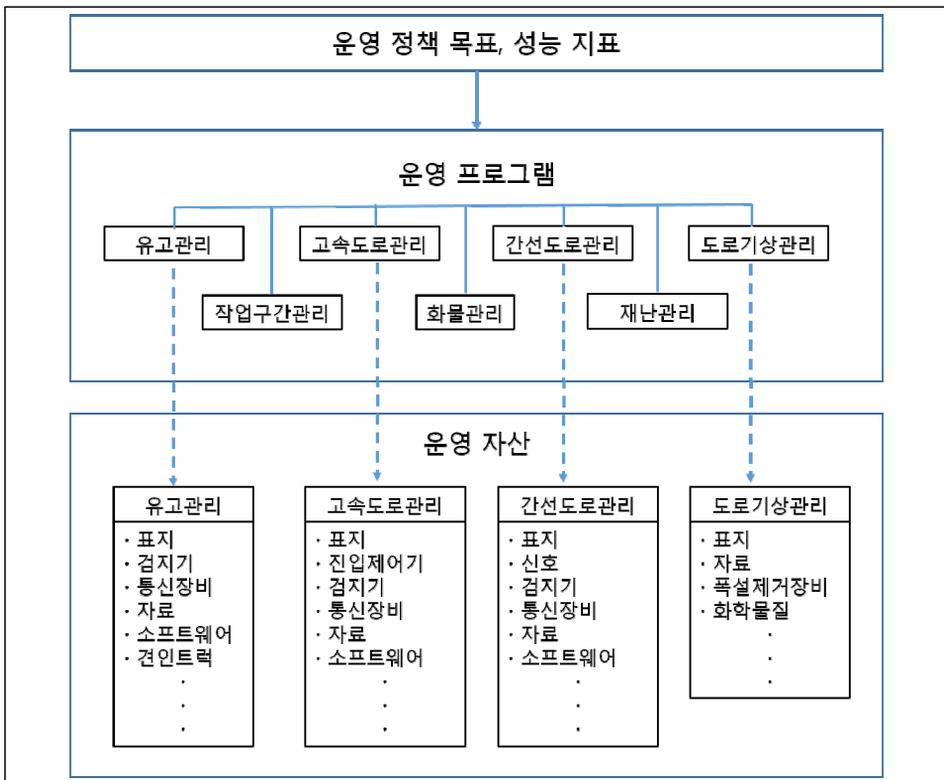
**표 A12 세부 운영 프로그램의 종류 및 내용**

세부 운영 프로그램	내용
간선도로 관리 (Arterial Management)	교통신호시스템의 구축, 주기 및 현시 운영을 중심으로 간선도로의 교통류 모니터링 및 관리
고속도로 관리 (Freeway Management)	교통 모니터링, 정보제공, 전자요금징수 등을 포함한 고속도로 교통 운영을 관리
교통 유고 관리 (Traffic Incident Management)	교통 유고를 감지, 대응 및 해소하며, 교통 용량을 급격 안전하고 신속히 복구하기 위한 계획적 및 협력적 프로그램 절차를 포함함
도로 기상 관리 (Road Weather Management)	현재 또는 예측된 기상 및 도로조건에 관한 정보를 제공함으로써 관련 의사결정자가 적절한 유지보수, 교통관리, 교통정보 제공 등을 할 수 있도록 지원함
작업 구간 관리 (Work Zone Management)	작업 구간과 관련된 이용자 지체를 최소화하고, 작업 인부 및 도로 이용자 모두의 안전을 확보하기 위한 전략을 다룸
재난 관리 (Emergency Management)	재난관리는 자연 재해, 테러 등을 포함한 재난 상황 시에 교통 네트워크가 효과적으로 운영되도록 지원함
화물 관리 (Freight Management)	효과적이고, 안전하고, 보안이 유지되는 화물 교통시스템을 제공하기 위한 전략을 다룸

자료: Cambridge Systematics(2004)을 참조하여 저자 작성.

- 도로교통 운영의 특성상 하나의 운영 프로그램에 대해서도 여러 관리 주체가 개입되는 경우가 빈번하므로, 자원 할당을 위한 대안 간 비교우위 파악이 어려움
  - 예를 들면, 도로 축의 운영에 여러 관리기관이 관여하는 경우가 있을 수 있는데, 해당 축의 운영 목표를 효과적으로 달성하기 위해서는 관련 기관들의 협력에 기반을 둔 자산관리가 중요함
- 여러 운영 프로그램에 걸쳐서 자원 할당을 위한 대안 분석을 수행하는 경우는 동일한 운영 자산이 여러 프로그램에 걸쳐서 활용되는 경우가 있기 때문에 자산관리를 위한 비교우위 검토가 쉽지 않음
  - 예를 들면, <그림 A11>에서 보는 바와 같이 동일한 검지기가 여러 운영 프로그램의 시행을 목적으로 동시에 활용될 수 있음

**그림 A11** 운영 프로그램 및 관련 자산

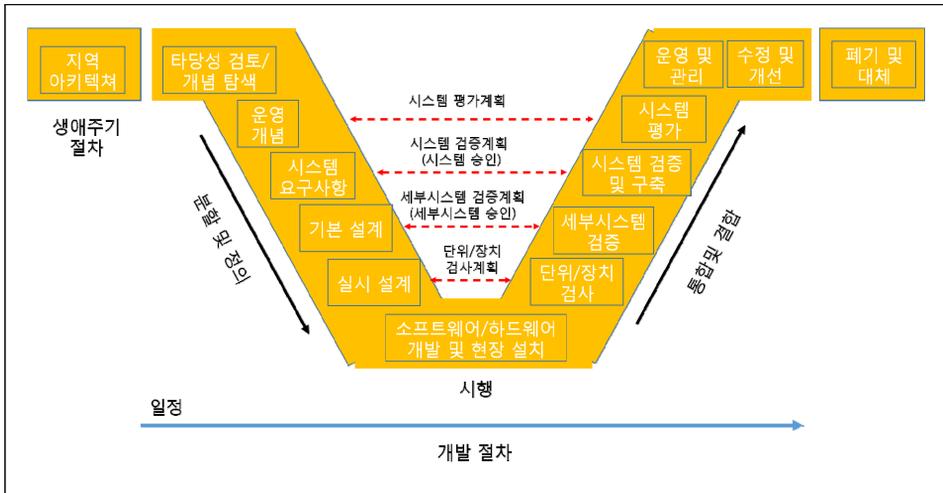


출처: Cambridge Systematics, 2004. FHWA Asset Management Position Paper. p17.

## 2) 시스템공학 분석절차

- 시스템공학은 성공적인 시스템을 구현하기 위한 프로젝트 관리를 지원하는 체계적인 절차이자 도구로 미국에서 ITS 프로젝트 관리를 위해 폭넓게 활용됨
  - ITS 프로젝트는 다양한 기술을 사용하고, 시스템 내 또는 시스템 간 정보교환이 빈번하게 필요하므로 체계적인 관리가 요구됨
- 시스템공학 분석 절차는 ‘분할 및 정의’, ‘시행’, ‘통합 및 결합’으로 구분되며, 효과적인 프로젝트 관리를 위해서는 이 세 부분이 유기적으로 연계되어야 함
  - <그림 A12>에서 보는 바와 같이 시스템의 평가 및 검증을 통해 ‘분할 및 정의’의 활동과 ‘통합 및 결합’의 활동이 상호 연계됨
- 시스템공학 분석 절차의 단계별 수행내용은 <표 A13>과 같음

**그림 A1** 시스템공학 분석 절차



출처: FHWA. 2007. System Engineering for Intelligent Transportation Systems. p11.

**표 A13 시스템공학 분석의 단계별 수행 내용**

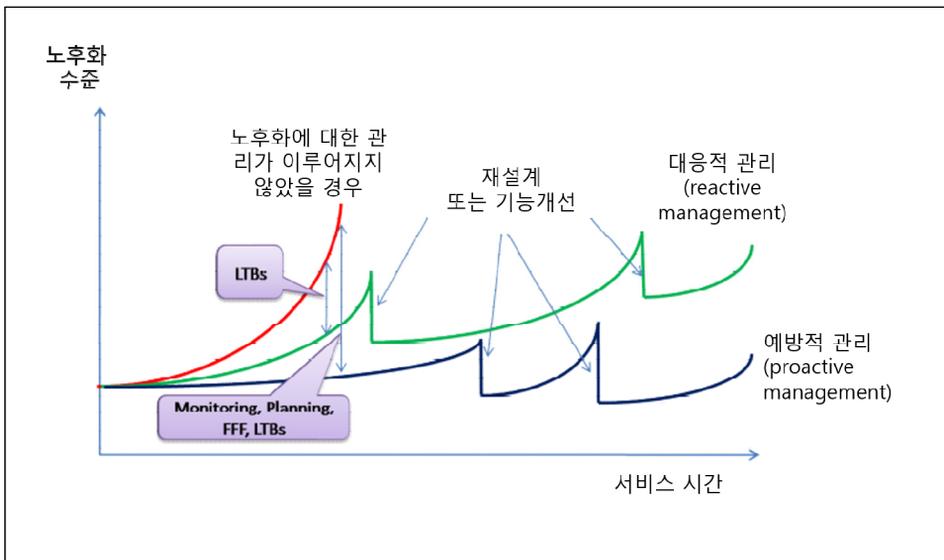
분석 단계	수행 내용
지역 아키텍처	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대상 지역의 비전 및 시스템 통합을 검토하면서 프로젝트 규모 규정</li> <li>• ITS 프로젝트들 간 일관성을 개선하고 단계적인 시행 전략 파악</li> <li>• 계획과 프로젝트 개발 간 연계 개선</li> </ul>
타당성검토/개념탐색	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비용-효과적인 개념을 파악하고 선정 이유와 함께 대안 개념을 문서화함</li> <li>• 프로젝트의 시행 가능성을 검증하고 위험요소(risk) 파악</li> <li>• 관리 당국의 참여 및 프로젝트 승인을 유도함</li> </ul>
운영개념	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자의 수요(needs) 및 시스템 기능을 프로젝트 이해당사들이 이해할 수 있도록 상위 수준에서 파악함</li> <li>• 시스템 이해당사자들의 상호관계, 각자의 역할 및 책임에 대한 합의도출</li> <li>• 시스템의 주제, 대상, 목적, 장소 및 방식 등에 관해 소유자, 운영자, 유지관리자 및 개발자들의 이해를 공유</li> <li>• 핵심 성능지표에 대한 합의 도출 및 프로젝트 개발 종료 시 시스템을 어떻게 평가할지에 대한 기본계획 수립</li> </ul>
시스템 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이해당사자들의 수요(needs)를 충족하기 위한 시스템 요구사항(requirement) 개발</li> </ul>
기본설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템 요구사항을 충족시키고, 핵심 인터페이스를 규정하고, 개발 및 통합, 그리고 향후의 유지관리와 개선을 활성화하기 위한 상위 수준의 설계</li> </ul>
실시설계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하드웨어 및 소프트웨어의 개발 및 시장에서 판매되는 장치구매를 지원하기 위한 상세한 설계사양 개발</li> </ul>
소프트웨어/하드웨어개발 및 현장 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설계사양 및 요구사항을 최소 결함으로 충족시키는 하드웨어 및 소프트웨어 구성요소를 개발/구매</li> </ul>
단위/장치 검사	
세부시스템 검증	
시스템검증 및 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대상 시스템을 운영 환경에 설치하여 검증 수행 후 운영</li> </ul>
시스템 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설치된 시스템이 사용자의 수요를 충족하고 의도된 목적대로 효과적으로 운영되는 지 평가</li> </ul>
운영 및 관리 수정 및 개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템을 운영 생애 주기 동안 사용 및 유지관리 함</li> </ul>
폐기 및 대체	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템을 운영으로부터 벗어나게 해서 적절히 종료하거나 서비스 전환</li> <li>• 퇴출 시스템을 적절히 처분</li> </ul>

자료: FHWA(2007)을 참조하여 저자 작성.

### 3) 첨단장비 및 시설의 노후화 관리 (Obsolescence Management)

- 전자·통신 등 첨단 장비 및 시설의 노후화에 대한 관리가 제조업, 국방 산업 등에서 적용되고 있음
  - 기존 자산의 노후화가 물리적인 성능 저하뿐만 아니라 경제성 및 기술적 성능이 상대적으로 우수한 시스템·장비·제품이 등장 하거나, 대상 부품 재고의 부족으로 유지보수가 어려워지는 등의 이유로 발생함
- 시스템·장비·제품에 대한 생애 주기(life cycle)를 개념(concept), 평가(assessment), 개발(development), 제조(manufacturing), 서비스에 활용(in-service), 폐기(disposal)로 구분함
- 시스템·장비·제품의 노후화로 인한 문제는 대상 자산이 서비스에 활용되는 시기뿐만 아니라 생애 주기 전반에서 나타날 수 있기 때문에 초기부터 노후화에 대한 예방적 관리가 필요함 (<그림 A13> 참조)

**그림 A13** 첨단 자산의 노후화 관리 필요성



출처: Rojo외. 2009. Obsolescence Management for Long-life Contracts: State of the Art and Future Trends. p12.

- 재설계 또는 기능개선을 통해 지속적인 노후화 및 그로 인한 막대한 비용증가를 관리할 수 있음
  - 노후화에 대한 관리는 대응적 관리(reactive management)와 예방적 관리(proactive management)로 구분되며, 생애주기의 초기 단계에서부터 예방적 관리를 수행하면 나머지 시기에서 발생할 수 있는 유지보수 비용을 상대적으로 많이 감소시킬 수 있음
  - 노후화에 대한 설계, 계획, 기술지도, 모니터링 등의 방안이 예방적 관리를 위해 적용됨
- 자산의 노후화를 해결하거나 그 가능성을 줄이기 위해 적용되는 방안 및 해당 내용은 <표 A14>에 제시됨

**표 A14 노후화에 대한 관리 방안**

노후화 관리 방안	내용
수명을 고려한 구매 (Life-time Buy: LTB)	시스템의 예상 수명 동안의 요구사항을 고려하여 구성요소를 충분히 많이 구매하여 보관함
제공업체와의 파트너십 협약체결	전자·통신 장비 등의 구성요소가 시중에 판매되는 제품(Commercial off-the shelf: COTS)일 경우, 그 노후화가 빠른 속도로 진행되는 경향이 있으므로, 제공업체와 파트너십을 맺어서 핵심적인 구성요소에 대한 지속적인 지원 및 조달을 보증 받음
노후화에 대비한 설계 (Design for Obsolescence)	개방형 시스템 아키텍처 및 모듈화 도입, 설계의 표준화 확대 등을 통해 프로젝트의 시작단계에서 부터 노후화의 가능성을 낮춤
기술지도 (Technology Roadmapping)	기술지도는 기술 대안들의 파악, 평가, 선택을 가능하게 함으로써 기술적인 개선 요구사항 분석을 통해 기술 투자 의사결정을 지원함
모니터링	대상 자산의 상태 정보를 제공하고, 각 자산이 언제 노후화될지에 대한 예측을 도와주는 모니터링 도구를 사용함
노후화에 대한 관리계획	원천 장비 제조업체(Original Equipment Manufacturer: OEM)들이 서비스/제품/장비의 생애주기 동안에 노후화에 대한 문제를 어떻게 해결할 지에 대한 계획을 문서함
형태, 적합성, 기능 대체 (Form Fit Function Replacement: FFF)	FFF는 ① 추가적인 수정 없이 기능 및 기술적으로 호환될 수 있는 동등한 (equivalent) 구성요소를 사용하거나 ② 질, 신뢰성 등의 이유로 정해진 사양보다 성능이 낮은 구성요소로 대체함

자료: Rojo외(2009)를 참조하여 저자 작성.

#### 4) 교통관리센터 운영·관리에 대한 평가의 정량화 및 다양화

- 교통관리센터는 일반적으로 ITS 현장장비에 대한 운영관리, 고속도로 관리, 신호 시스템 관리, 유고 관리, 축 관리 등을 담당함
- 교통관리센터의 운영·관리 활동에 대한 평가는 교통관리센터가 운영전략을 개발하고, 운영계획을 세우거나 투자 의사결정을 하는 데 활용될 수 있음 (FHWA, 2012)
- U. S. DOT. (2013)는 대상 교통관리센터의 운영·관리 및 관련 서비스 활동을 평가하기 위한 성능지표를 <표 A15>에서 제시한 바와 같이 크게 네 가지 범주로 구분함

**표 A15** 교통관리센터의 성능지표 구분

구분	내용
교통관리센터 운영 (Traffic Management Center Operations)	교통관리센터 운영 성능지표는 교통관리센터의 운영과 관련된 활동 및 자산 (장치개수, 지리적 포괄범위, 장치 및 서비스 이용수준, 운영 상태, 인력 성능 및 보유, 특별 이벤트 대응 활동)에 대한 통계에 중점을 둠
유고 대응 (Incident Response)	유고 대응 성능지표는 교통 유고 통계 (예: 장소, 갯수, 종류, 심각도), 유고 이벤트 소요시간, 안전 서비스 순찰대의 활동 관련 통계 및 기타 유고 대응주체 및 서비스에 대한 통계를 다룸
시스템 이동성 (System Mobility)	시스템 이동성 관련 지표는 얼마나 많은 사람들이나 차량이 대상시스템을 이용하며, 그들이 겪는 지체는 얼마인가를 기술함
연계를 통한 지표 (Cross-cutting Measures)	연계를 통한 지표는 여러 범주에 걸쳐 있는 지표를 결합한 자료를 사용하거나 경우에 따라 외부 자료를 활용하는 경우에 해당되며, 교통관리센터의 활동의 효과에 대한 평가에 활용됨

자료: US. DOT.(2013)를 참조하여 저자작성.

- 교통관리센터의 운영에 속하는 성능지표는 첨단 도로 인프라의 관리와 직접적으로 관련되며, ① ITS 인프라 및 통행 정보 서비스, ② 교통관리센터 운영 책임, ③ 교통관리센터 인력 성능, ④ 특별 운영의 네 가지 범주로 구분할 수 있음 (<표 A16> 참조)

**표 A16** 교통관리센터 운영에 관한 성능지표의 범주

성능지표 범주	내용
ITS 인프라 및 통행정보 서비스	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통관리센터와 연계된 인프라의 규모를 파악하기 위한 '인프라의 포괄 범위 지표'와 장치 및 서비스의 실제 성능을 평가하기 위한 '인프라 성능 지표'로 구분됨</li> <li>• 인프라 성능 지표의 예로 'ITS 장치-운영상태' 및 'ITS 장치-신뢰성' 이 사용됨</li> <li>• 'ITS 장치-운영상태' 성능지표는 개별적인 ITS 장치가 잘 운영되고 있는 지를 지속적으로 점검하고, 추가적인 유지보수가 필요한지를 파악하는 데 도움을 주며,</li> <li>• 'ITS 장치-신뢰성' 성능지표는 대상 관리기관이 얼마나 예방적 유지보수를 잘 수행하는 지를 가능하게 해줌</li> </ul>
교통관리센터 운영 책임 (operational responsibilities)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통관리센터의 인력 운용 수준을 검토하고, 특정 인력의 성능을 점검하는데 활용될 수 있음</li> <li>• 예를 들면, 특정 유고상황의 발생빈도 등의 운영상황 점검은 현행 인력 수준이 교통관리센터의 작업 의무 이행에 부합하는 지를 파악하여 인력 충원 또는 감원의 정당성을 부여하기 위한 근거가 됨</li> </ul>
교통관리센터 인력 성능 (staff performance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '인력 성능목표(target)'를 설정하여 이를 달성하도록 인력의 효율성을 지속적으로 점검하는 데 필요함</li> </ul>
특별 운영 (specialized operations)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 특별 운영에 대한 성능 지표는 새로운 기술을 테스트 및 평가하기 위한 목적으로 사용됨</li> </ul>

자료: US. DOT.(2013)를 참조하여 저자작성.

## 4. 대전광역시 ITS 구축 및 운영·관리 현황

### 1) ITS 서비스 현황 및 계획

- 대전광역시는 ITS 서비스 4개 분야 13개를 운영하고 있음(<표 A17> 참조)
- 대전광역시의 사업추진 및 시스템 구축을 고려한 장래 신규 서비스는 7개로 선정하였음(<표 A18> 참조)

**표 A17** 대전광역시 ITS 서비스 현황

서비스 분야	서비스
교통관리	교통정보 교통신호제어 돌발상황관리 도시고속도로 관리 신호위반 단속 속도위반 단속 버스전용차로 단속 불법주차 단속
교통정보 유통	기본교통정보 교통정보연계
대중교통	시내버스 정보제공
전자지불 (민자)	천변고속도로 자동요금징수 대중교통 요금징수

자료: 한국지능형교통체계협회 (2015a)를 참조하여 저자 작성.

**표 A18** 장래 대전광역시 ITS 서비스 계획

서비스 분야	서비스	단위 서비스
교통관리	교통류제어	우선처리신호제어
	교통행정지원	도로시설관리지원 교통수요관리지원
교통정보 유통	교통자료관리·활용지원	교통행정의사결정지원
부가교통 정보제공	통행중 여행정보제공	보행자, 자전거이용자여행정보 제공
지능형차량·도로분야	안전운전차량	위험운전예방 보행자보호

자료: 한국지능형교통체계협회 (2015a)를 참조하여 저자 작성.

## 2) 시스템 구축 현황

- <표 A19>는 대전광역시의 지능형교통체계(ITS) 시스템의 구축 현황을 나타냄
  - 2016년 9월 기준 RSE 405개소, VDS 48개소, VMS 51개소(도시고속화 포함)가 설치됨

**표 A19 대전광역시 ITS 시스템 구축 현황**

구 분	시 스템	구 축 현 황	운 영 주 체
교통관리	교통정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DSRC-RSE(노변기지국) : 405개소</li> <li>• VMS(도로전광표지) : 48개소</li> <li>• VDS(차량검지기) : 120개소</li> <li>• 버스TRS통신단말기 : 982대 (옥천버스 4대 별도)</li> </ul>	시
	교통신호제어	• 온라인 : 1,094개소(표준 280, 전자 814)	경찰청
	돌발상황관리	• CCTV : 50개소	경찰청
	도시고속도로 관리	• CCTV : 4개소	경찰청
		• VMS(도로전광표지) : 3개소	시 별도관리
	신호위반 단속	• 단속카메라 : 75개소(다기능)	경찰청
	속도위반 단속	• 단속카메라 : 43개소	
	버스전용차로 단속	• 단속카메라 : 27개소(이동식 50, 버스 45, 스타렉스 5)	시
불법주차 단속	• 단속카메라 : 28개소	구청	
교통정보 유통	기본 교통정보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유·무선 인터넷</li> <li>• TBN 교통방송(CCTV 54대 연결)</li> </ul>	시 경찰청
	교통정보연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국토부·경찰청(교통정보센터)</li> <li>• 4개포털사(다음,네이버,SKP,KT)</li> </ul>	시
대중교통	시내버스 정보제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정류장 안내단말기 : 888개소</li> <li>• 버스내 LED 전광판 : 965대</li> <li>• 버스내 통합 단말기 : 982대(시내버스 965 대+마을버스 17대)</li> </ul>	시
전자지불 (민자)	천변고속도로 자동요금징수	• 요금징수대 : 2개소	천변 고속 화도 로 (주)
	대중교통 요금징수	• 교통카드시스템 : 1식	하나은행

출처: 대전광역시, 2016. 교통정보 DB 통합관리를 위한 대전시 내부자료.

### 3) 시스템 유지관리 현황

#### □ 개요

- ITS는 운영과 유지관리를 분리하여, 운영은 대전시 자체적으로 직접 수행하고 유지관리는 외부업체에 용역을 발주하여 위탁하는 형태로 운영함.
- 유지관리는 ITS 현장시설 유지관리, ITS 센터시설 유지관리, 문서 기록·관리 업무로 분류됨
  - ITS 현장시설 유지관리는 ITS 현장시설에 대한 안전관리와 유지보수 업무를 포함함
  - ITS 센터시설 유지관리는 ITS 시스템의 구성요소에 대한 예방점검, 운영상태 관리를 통한 장애감지 및 장애처리 업무를 말함
  - 문서기록·관리 업무는 유지관리 업무에 대한 업무일지 및 이력 데이터베이스의 기록·관리 업무를 말함
  - ITS 유지관리 및 장애관리 업무에 따른 지침규정은 ITS 업무매뉴얼 (운영관리편)을 근거로 하여 유지관리 및 장애관리 업무에 대한 사항을 제시함

**표 A20** 유지관리 업무 구분

구분	규정조항
ITS 현장시설 안전관리	제36조(안전관리담당자의 지정과 업무) 제37조(ITS 시설 안전관리)
ITS 현장시설 유지보수	제42조(ITS 복원체계 및 절차)
ITS 센터시설 유지관리	장애처리(제43조 ITS 긴급복구 조치)

출처: 한국지능형교통체계협회. 2015a. 대전광역시 ITS 지방계획수립 용역 최종보고서

- 대전광역시 ITS 유지관리 주요 목표는 다음과 같음
  - 시스템의 사전관리를 통해 장애 및 오류 방지
  - 장애발생을 대비하여 상시근무 인력 투입 및 대응방안 구축
  - 장애조치 후 철저한 원인분석 및 조치사항 문서화

## □ 유지관리 절차

- 주관기관(대전광역시청)과 유지보수 업체가 공동으로 운영하는 헬프데스크 (Help Desk)를 통해 ITS 인프라의 장애발생에 따른 접수 및 처리를 신속하게 처리할 수 있도록 함
- 시스템 운영자 및 점검요원은 유지보수 요청항목에 대한 내용, 처리기한 및 사안의 경중 등에 관한 유지보수 요청서를 사용자 지원창구에 전화, 전자메일, 팩스 등으로 신청함
- 사용자 지원창구는 유지보수 요청서를 접수하여 이를 유지보수 전담요원에게 이전 달하여 유지보수체계가 가동될 수 있도록 함
- 유지보수 처리 절차는 다음과 같음
  - 장애상태에 대한 접수 및 상태파악
  - 장애판단 시 자체처리가 가능한 사항에 대하여는 자체 유지보수 처리
  - 자체 처리 불가능시 하자/유지보수 범위 판단
  - 하자보수/무상/유상유지보수 수행 및 조치결과 승인 및 기록

## □ 유지관리 업무 범위

- 유지 관리를 위한 시스템의 주요 유지보수 항목 및 지원 범위는 <표 A21>과 같음

## □ 현장설비 유지관리 업무

- 현장장비의 경우 유지보수 대상 장비의 24시간 365일 안정적인 운영 및 장애예방을 위해 3개월에 1회씩 정기점검을 실시하여야 함. 단, 교통카드통합단말기, 보안장비(VPN)는 비정기적인 점검을 실시함
- 현장 장애발생시 신속한 복구를 위해 현장직원 1인당 차량, 예비 장비, 공구를 확보하며, 현장순찰을 통해 장비에 대한 체크리스트를 작성함

**표 A21** 유지보수의 업무범위

구분	주요 유지보수 항목	지원범위
서비스 운영	운영 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> <li>문제점 및 개선사항 처리</li> <li>시설물과의 연계 및 안정성 확보</li> <li>개발 및 테스트 환경 별도 구성</li> </ul>
시스템 관리	하드웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>각 서버 가용성 및 성능 모니터링</li> <li>전문 벤더기술지원조직 활용</li> </ul>
	소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>안정성이 입증된 최신성 구성</li> <li>상시 유지하기 위한 상시 패치</li> </ul>
	네트워크 장비	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비상태 원격점검</li> <li>정기/비정기 점검 실시</li> </ul>
시설물 관리	교통/방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>CCTV, 방법 등 영상화질 점검 및 보수</li> <li>원인분석 및 장애 처리 방안</li> </ul>
	환경/시설물 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비의 모듈 압력계 측정장비 불량 시 수리 및 교체</li> </ul>
	정보제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>정보제공 시스템 상태점검 및 정기 검사</li> </ul>
	운영 프로그램	<ul style="list-style-type: none"> <li>NMS(Network Management System)를 통한 원격상태 감시</li> <li>상황판 영상 응답시간 확인 및 필요 시 수리 및 부품교체</li> </ul>

출처: 경봉컨소시엄. 2015. 세종-대전 첨단교통관리시스템(ATMS) 구축사업 확정설계서(대전).

**표 A22** 현장설비 점검일지 내역

구분	내용
점검사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>점검일시, 점검구분, 점검자, 점검장소</li> </ul>
이상여부	<ul style="list-style-type: none"> <li>이상발견일시, 이상발견자, 이상내용, 관련기관</li> </ul>
조치사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>조치일시, 조치자, 이상원인, 조치내용 및 조치경과시간</li> </ul>

출처: 한국지능형교통체계협회. 2015a. 대전광역시 ITS 지방계획수립 운영 최종보고서.

**표 A23** 현장장비 유지관리 주요 업무

구분	내용
버스안내단말기 (BIT)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안내단말기 작동 이상 유무 점검 및 보수</li> <li>• 부품 교체 및 배선정리</li> <li>• 누수로 인한 안내단말기 손상에 대한 예방 조치</li> <li>• 안내단말기 함체 내·외부 청결 상태 점검 및 조치</li> <li>• 장애예방을 위해 3개월에 1회씩 정기점검 실시</li> <li>• 일일 장애 접수 및 처리결과 보고</li> <li>• 버스안내단말기 이전 설치 지원</li> </ul>
도로전광표지판 (VMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VMS 작동 이상 유무 점검 및 보수, 교체 (감시용 카메라 등)</li> <li>• VMS 모듈상태 점검 및 교체(수시)</li> <li>• VMS 전원부, 제어부 및 통신상태 점검 및 장애발생시 조치</li> <li>• 장애예방을 위해 3개월에 1회씩 정기점검 실시</li> <li>• 일일 장애 접수 및 처리결과 보고</li> </ul>
도로 장치 (RSE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RSE 작동 이상 유무 점검 및 보수, 교체</li> <li>• 파워 모듈 및 통신 모듈 상태 점검 및 교체(필요시 검지영역 조정)</li> <li>• 장애예방을 위해 3개월에 1회씩 정기점검 실시</li> <li>• 일일 장애 접수 및 처리결과 보고</li> </ul>
차량영상검지기 (VDS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VDS 작동 이상 유무 점검 및 보수, 교체</li> <li>• 검지영역 설정 및 파라메타 확인(필요시 튜닝)</li> <li>• 성능 및 신뢰도를 위한 현장조사 실시</li> <li>• 제어기 상태 및 통신상태(Log) 확인</li> <li>• 장애예방을 위해 3개월에 1회씩 정기점검 실시</li> <li>• 일일 장애 접수 및 처리결과 보고</li> </ul>
교통카드 통합단말기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통카드 통합단말기 점검 및 보수, 교체</li> <li>• 단말기 상태 모니터링 (통신지연 시간 등) 및 조치</li> <li>• 장애 원인 분석을 통해 개선방안 제시</li> <li>• 차량단말기 F/W 업데이트 및 기능개선</li> <li>• 차량단말기 기초정보(변경정보포함) 입력 및 F/W설정 상태 점검·수정</li> <li>• 차량 대·폐차에 따른 단말기 이설 및 철거</li> <li>• 일일 장애 접수 및 처리결과 보고</li> </ul>
보안장비 (VPN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보안장비(VPN) 점검 및 보수, 교체</li> <li>• H/W 성능 관리 및 이력 유지                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작동 상태 확인 및 모니터링(CPU 및 LOG 확인)</li> <li>- 장애처리(수시)</li> </ul> </li> </ul>

출처: 대전광역시. 2015b. 2016년 ITS 센터 및 현장장비 유지보수용역.

경봉컨소시엄. 2015. 세종-대전 첨단교통관리시스템(ATMS) 구축사업 확정설계서(대전).

□ 센터(정보)시스템 유지관리 업무

- 지능형교통체계(ITS) 센터(정보) 시스템의 안정적 운영 및 유지관리를 함으로써 효율적인 운영체계 구축을 목적으로 함
  - 센터 시스템 전문 인력의 상주로 사전점검, 신속 정확한 사후조치, 정보자원 운영을 위한 최적 환경 구축을 통해 사용자에게 최적의 서비스 제공

**표 A24** 센터(정보)시스템 유지관리 주요 업무

구분	업무 내역
하드웨어 (서버/저장장치)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H/W 성능 및 유지관리(서버, 스토리지 등)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작동상태 확인, O/S 패치</li> <li>- 전문 분석 툴에 의한 서버 자원 관리</li> <li>- 사전예방점검</li> </ul> </li> <li>• H/W 장애조치 및 이력관리</li> <li>• 정보시스템 개선 및 재설치 등 환경변화에 따른 서버 작업 지원</li> <li>• 시스템 개선사항에 대한 분석 보고</li> </ul>
상용 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 백업 S/W, WebtoB 등 상용 S/W(데이터웨어하우스포함) 패치 및 성능관리 (장애조치 포함)</li> </ul>
응용 소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통정보시스템(교통정보 수집·가공·제공) 수정·갱신 및 유지관리</li> <li>• ITS 홈페이지(시민모니터단 홈페이지 포함) 수정·갱신 및 유지관리</li> <li>• 버스안내시스템(단말기 프로그램 포함) 수정·갱신 및 유지관리</li> <li>• 운영지원 관리시스템 수정·갱신 및 유지관리</li> </ul>
DBMS (데이터베이스 관리시스템)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DBMS 성능 및 장애 관리                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요시 튜닝 및 패치작업 실시</li> <li>- 증감 추이분석, 가용 용량 확인 및 예측관리</li> </ul> </li> <li>• 데이터의 품질관리 (DW데이터와의 교차 비교 관리)</li> <li>• DB 테이블 목록 유지관리</li> <li>• DB 백업 및 복구 관리</li> </ul>
기반데이터 (기초정보)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 버스 노선 기초정보(버스 노드링크) 수정/갱신 및 유지관리</li> <li>• 교통정보 기초정보(RSE 노드링크) 기초정보 수정/갱신 및 유지관리</li> </ul>
네트워크 및 정보보안 (방화벽)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H/W 성능 관리 및 이력 유지 (F/W, L4, 백본 등)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작동 상태 확인 및 모니터링(CPU 및 LOG 확인)</li> <li>- 사전 예방 점검 및 장애처리(수시)</li> </ul> </li> <li>• 성능 향상 및 장애 예방을 위한 활동 및 대안 제시</li> <li>• 네트워크 장비의 현황 유지 및 업데이트</li> <li>• 정보시스템의 재설치, 재배치, 재구성 수행·지원</li> </ul>
기 타	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 향온항습기, 상황판시스템, 출입자통제시스템에 대한 유지보수</li> <li>• 정류장 QR코드 부착관리</li> </ul>

출처: 대전광역시. 2015b. 2016년 ITS 센터 및 현장장비 유지보수용역.

□ 통신설비 유지관리 업무

- 월 1회의 정기점검과 수시점검 또는 기술지원을 실시하며, 장애발생시 2시간 이내에 도착하여 지원함을 원칙으로 함
- 24시간 비상연락망체계 가동으로 상시 복구체제를 확립하여 시스템 장애 발생 시 신속한 장애복구 조치로 시스템 운영에 지장이 없도록 함
- 통신설비에는 광통신, 전용회선, 네트워크 등의 통신관련 시스템이 있으며, 이에 대한 유지관리 방안은 <표 A25>와 같음

표 A25 통신설비 유지관리 방안	
구분	내용
광통신	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 케이블 고유번호, 신호입력 기기번호, 신호출력 기기번호 등에 대한 이력카드 작성 및 부착</li> <li>• 광 송수신기 LED 신호상태 확인</li> </ul>
전용회선	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모뎀 LED확인을 통한 전용회선의 이상 유무 확인</li> <li>• 응용프로그램에서 자동으로 수행하는 선로상태 및 모뎀 LED상태 점검</li> </ul>
네트워크	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 망관리시스템 구축을 통한 네트워크 상태 및 트래픽 모니터링을 통한 장애예방 및 최적의 성능 유지</li> </ul>
점검항목	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광 비디오 / 데이터 수신기, 광분배함, 집합형 모뎀, 라우터, 스위칭허브, 멀티포트 등</li> </ul>

출처: 한국지능형교통체계협회. 2015a. 대전광역시 ITS 지방계획수립 용역 최종보고서

## 5. 약어 목록

ADAS	Advanced Driving Assistance Systems	첨단운전지원시스템
API	Application Programming Interface	응용프로그램 인터페이스
ATIS	Advanced Transportation Information Systems	첨단교통정보시스템
ATMS	Advanced Traffic Management System	첨단교통관리시스템
AVC	Automatic Vehicle Classification	자동차종분류장치
AVI	Automatic Vehicle Identification	자동차량인식장치
BIS	Bus Information System	버스정보시스템
BIT	Bus Information Terminal	버스안내터미널
BMS	Bus Management System	버스운행관리시스템
BSM	Basic Safety Message	기본 안전 메시지
CALM	Communications Access for Land Mobiles	육상 이동체에 대한 통신 접근
CAM	Cooperative Awareness Messages	협력적 인지 메시지
CAN	Controller Area Network	제어기 영역 네트워크
CCTV	Closed Circuit Television	폐쇄회로 TV
C-ITS	Cooperative Intelligent Transportation Systems	협력적 지능형교통체계
CVRIA	Connected Vehicle Reference Implementation Architecture	미국 C-ITS 아키텍처
DENM	Decentralized Environment Notification Messages	분산형 환경 경고 메시지
DSRC	Dedicated Short Range Communication	근거리 전용 통신
eMap	Enhanced Map	정밀지도
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	유럽 통신 표준 기구
FFF	Form Fit Function Replacement	형태·적합성·기능대체
FHWA	Federal Highway Administration	미국 연방도로청
FTMS	Freeway Traffic Management System	고속도로 교통관리시스템
GIS	Geographic Information System	지리정보시스템
GNSS	Global Navigation Satellite System	전역 항법 위성 시스템

GPS	Global Positioning System	전역 측위 시스템
INS	Inertial Navigation Systems	관성 항법 시스템
IPv6	Internet Protocol version 6	인터넷 프로토콜 버전 6
ISO	International Organization for Standardization	국제 표준기구
ITS	Intelligent Transportation Systems	지능형교통체계
LDM	Local Dynamic Map	동적 공간데이터 저장소
LIDAR	Light Detection and Ranging	광(光) 검지 및 분류
LTB	Life-time Buy	수명을 고려한 구매
MMS	Map Matching System	지도 매칭 시스템
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration	미국 국가도로교통안전청
OBD	Onboard Diagnostics	차량 탑재 진단도구
PKI	Public Key Infrastructure	공공키 인프라
RADAR	Radio Detection and Ranging	라디오 검지 및 분류
RSE	Road Side Equipment	도로 장치
RTA	Reference Track Approach	참조 트랙 접근법
SAE	Society of Automotive Engineer	자동차 공학 협회
SCMS	Security Management Systems	보안관리시스템
SOTIS	Self-Organizing Traffic Information Systems	자체 생성 교통정보 시스템
SPaT	Signal Phase and Timing	신호 현시 및 주기
U.S. DOT	U.S. Department of Transportation	미국 연방교통부
UTIS	Urban Traffic Information System	도시교통정보시스템
V2I	Vehicle to Infrastructure Communications	차량과 인프라 간 통신
V2P	Vehicle to Pedestrian Communications	차량과 보행자 간 통신
V2V	Vehicle to Vehicle Communications	차량 간 통신
VDS	Vehicle Detection System	차량검지시스템
VMS	Variable Message Sign	가변정보표지
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments	차량 환경의 무선통신 접근

기본 16-10

## 자율주행시대를 대비한 첨단도로인프라의 전략적 관리 방안 연구

연구진 김광호, 오성호, 이백진, 박종일

발행인 김동주

발행처 국토연구원

출판등록

인쇄 2016년 12월 31일

발행 2016년 12월 31일

주소 경기도 안양시 동안구 시민대로 254

전화 031-380-0114

팩스 031-380-0470

가격 7,000원

---

ISBN 979-11-5898-133-4

한국연구재단 연구분야 분류코드 B240100

홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2016, 국토연구원

---

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체와 한국출판인회의에서 제공한 Kopub돋움체가 적용되어 있습니다.

# 자율주행시대를 대비한 첨단도로인프라의 전략적 관리 방안 연구 : 운영 및 유지관리체계를 중심으로



- 제1장 서론
- 제2장 첨단도로인프라의 기술환경 변화
- 제3장 첨단도로인프라 관리의 개념 및 현황
- 제4장 첨단도로인프라 관리를 위한 분석절차 수립 및 적용
- 제5장 첨단도로인프라 관리를 위한 정책방안
- 제6장 결론



국토연구원  
KRIHS

14067 경기도 안양시 동안구 시민대로 254  
전화. 031.380.0114 팩스. 031.380.0470

