

# 스마트신호운영시스템 개발



안 계 형 | 도로교통공단 첨단공학연구처  
 고 광 용 | 도로교통공단 첨단공학연구처  
 정 영 제 | 도로교통공단 첨단공학연구처  
 박 순 용 | 도로교통공단 첨단공학연구처

스마트신호운영시스템 개발 프로젝트는 풍부한 교통정보인프라의 활용도를 극대화하기 위한 차세대 기술개발 프로젝트로서, 내비게이션 제공에 한정되었던 교통소통정보를 교통관리에 활용할 수 있는 여행시간 기반 실시간 교통신호 제어기술을 개발하는 것이다. 현재 보급된 실시간 교통신호 제어기술은 루프검지기를 도로에 묻어 그 지점의 차량 통행 정보를 바탕으로 신호시간을 최적화하는 방식이었으나 지점정보가 갖는 한계 때문에 시스템 활용도가 높지 않았다. 스마트신호운영시스템은 기존 구축된 교통정보인프라를 활용하기 때문에 별도의 시설구축이 필요하지 않아 보급비용이 저렴한 장점이 있다. 또한 이 프로젝트에서는 다양한 출처의 교통정보를 통합하고 통행 패턴 자료를 빅데이터로 구축하는 데이터뱅크시스템 및 이를 이용한 교통상황 예측 기술 개발을 동시에 진행하게 된다. 교통상황 예측 기술은 혼잡 발생 예측을 가능하게 하여 예상되는 혼잡에 대한 선제 대응 신호제어기술을 구현하는 핵심 개발 분야이다. 스마트신호운영시스템의 주력 현장제어장치로는 디지털 신호제어기를 사용하게 된다.

## 1. 스마트신호운영시스템 개념

내비게이션을 이용해 본 운전자라면 누구나 교통정보의 효용성에 대해 깊은 공감을 가지고 있을 것이다. 이러한 교통정보는 2000년 이후 지금까지 민·관에서 지속적으로 확충해 온 정보수집 및 관리 인프라 투자에 의해 지구상의 어떤 나라보다 양적·질적으로 완성도가 높은 상태이다. 그럼에도 불구하고 이 정보의 활용은 운전자에게 빠른 길 안내용으로 활용되는 것에 머물러 있고 일부 정책결정에 도움을 주고 있을 뿐이다. 물론 이마저도 외국에 비하면 정보 활용도가 매우 높은 편이라고 할 수 있다. 그러나 궁극적으로 교통정보는 적극적인 교통관리시스템으로 활용될 수 있어야 한다. 다만 아직 세계적으로 교통정보를 교통관리에 활용하는 여러 가지 아이디어와 알고리즘들이 논문수준으로만 제시되고 있는 상황이다.

스마트신호운영시스템은 이와 같이 아직까지 연구 수준에 머물러 있던 소통정보 기반 신호제어알고리즘을 실제 교통신호제어시스템으로 구현하고자 하는 것으로, 세계에서 처음 시도되는 차세대 기술 개발 프로젝트이다. 이 프로젝트에서 목표로 하는 소통정보 기반 신호제어시스템은 그림 1에서 보여주는 바와 같이 검지기(Detector)형 교통정보, 노변수집장치(RSE)형 교통정보, 차량측위정보(GPS)형 교통정보로 구분되는 현존 교통정보 수집 인프라의 통합을 필요로 한다. 현재 수집 주체별로 관리되는 소통정보로는 신호제어에 활용하기에 신뢰성이 미치지 못하기 때문이다. 물론 검지기형 수집시설은 시간이 지날수록 배제될 것은 틀림없지만 제어용 정보가 부족한 현 시점에서는 충분히 활용할 만한 가치가 있다.

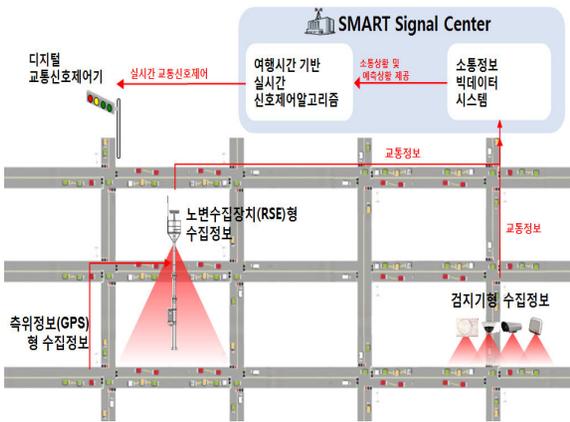


그림 1. 스마트신호운영시스템 구성

이렇게 다양한 출처를 갖는 소통정보들은 하나의 데이터뱅크 안에서 통합되어야 하며, 이 데이터뱅크에서는 현재의 소통정보와 장래의 소통정보를 생산하여 제어시스템에 공급하는 역할을 하게 되고, 제어시스템은 제어 이력을 다시 이 데이터뱅크에 빅데이터로 축적하게 된다. 이 데이터뱅크에서 제공되는 자료로부터 신호교차로의 현재 및 장래의 지체 수준 및 이동류 별 여행속도 지표 등을 가공하여 신호교차로 최적 신호시간계획을 생성하는 신호제어 관제시스템이 동일 센터 내에 위치하게 된다. 그리고 현장에서는 디지털 교통신호제어기가 스마트신호운영시스템의 현장 제어장치 역할을 수행하는 구성으로 목표가 설정되어 있다.

## 2. 연구개발 주요 내용

### 2.1 스마트신호운영시스템 전략 및 전술

스마트신호운영시스템은 교통관리목표를 달성하기 위해 교통정보수집전략, 현재상황제어전략, 소통상황예측전략, 예측상황제어전략, 수요기반제어전략 등 5단계의 단계별 전략을 구상하고 있다. 이러한 전략 구성은 각 단계별 전략의 목표가 달성되어야 다음 단계의 전략이 효과적으로 수행되므로 서로 연관성을 갖고 있어 계층적이라 할 수 있다(그림 2 참조).

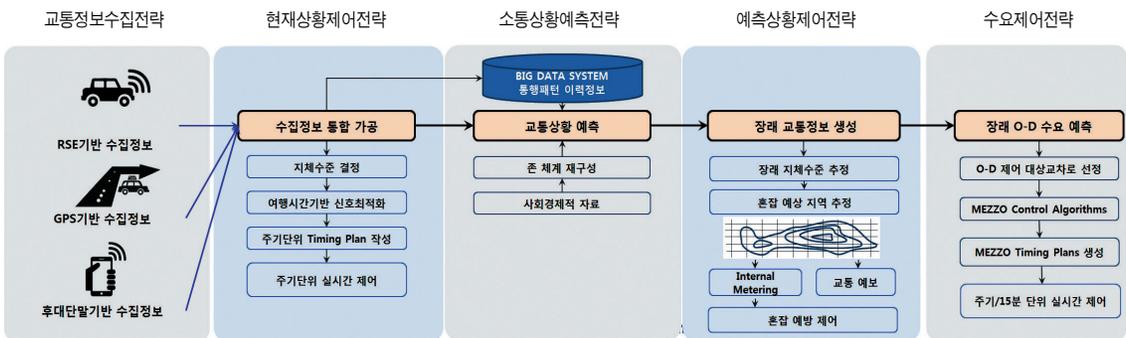


그림 2. 스마트신호운영시스템의 STRATEGIC TACTICAL HIERARCHY

교통정보수집전략은 교통관리를 위한 충분한 신뢰성을 확보하는 것을 목표로 하는 다양한 수집수단을 연계하는 것을 목표로 하고 있다. 만약 이 시스템을 운영하는 도시의 교통정보 수집 인프라가 신호제어를 위한 신뢰성을 확보하지 못할 경우 대안으로서 별도의 휴대단말기 기반 수집장치의 설치가 필요할 수도 있다. 따라서 교통정보수집전략 개발 부문에는 휴대단말기로부터 교통정보를 생성하는 수집시스템 개발을 포함하려고 연구범위를 조정 중에 있다.

RSE기반 수집정보는 현재 운영 중인 UTIS (Urban Traffic Information System) 및 DSRC 비콘시스템 및 민간에서 운영 중인 현장 수집장치 정보를 통합하는 것을 포함하고 있다. RSE기반 수집정보는 인프라 유지 및 운영이 필요한 부분이지만 이미 이러한 운영체계가 구축되어 있기 때문에 스마트신호에서 추가로 비용이 발생하지는 않는다.

GPS기반 수집정보는 언뜻 브랜드택시나 각 자동차회사에서 운영하는 위치기반 서비스로 생각될 수 있으나, 신호제어에 필요한 신뢰성을 확보하기 위해 보다 효과적인 빅데이터 축적을 위해서는 다량의 차량 위치 자료를 필요로 한다는 점에서 다른 접근방법이 필요하다. 그래서 스마트신호운영시스템에서는 다량의 정보가 축적되는 영업용 차량의 실시간 DTG(Digital Tachometer Graph)자료를 핵심 소스로 하여 정보를 수집하게 된다. DTG자료는 관련 법령에 의해 택시나 화물차같은 영업용 차량이 실시간으로 이동 좌표를 GPS로 측정하여 센터에 전송하는 체계로 되어 있어 무궁무진한 가치를 갖고 있으나 그동안 정보 공개가 제대로 이루어지지 않고 활용 분야도 자동차기술 관련 연구분야로 한정되어 있었다. 스마트신호운영시스템에서는 경찰청을 통하여 유관기관과 DTG 정보 사용방안을 추진하고 있으며, 연구차원에서는 자료 분석 및 활용방법을 강구하고 있다.

스마트신호운영시스템의 실제 교통제어전략으로는 현재상황제어전략, 예측상황제어전략, 수요기반 제어전략 등 3가지로 설정되어 있고, 이러한 전략목

표 달성을 위해서는 장래 소통상황예측이 필요하므로 소통상황예측전략이 과제에 포함되어 있다. 소통상황예측전략은 수집정보와 운영정보 이력을 빅데이터시스템으로 구축하여 빅데이터 분석기법과 사회경제적 자료를 통한 교통수요예측기법을 결합함으로써 장래 미시 교통상황을 예측하는 기술을 개발하는 것을 목표로 한다.

현재상황제어전략은 현재 수집된 정보를 기준으로 신호교차로 가로망에 대하여 지체수준을 결정하고, 지체수준을 최소화하기 위한 신호시간 및 연동최적화를 위한 다양한 제어알고리즘을 개발하는 것을 목표로 한다. 그리고 이 알고리즘에 의해 적절한 'Timing Plan'을 생성하여 주기단위 실시간 신호제어를 원격으로 수행하게 된다.

예측상황제어전략의 경우, 혼잡 발생을 예측하고 혼잡 발생 이전에 적극적인 사전 관리 제어를 통하여 혼잡 발생을 늦추거나 발생 강도를 약화시키는 것이 목표이다. 이를 위해 사용하고자 하는 기술적 개념으로 도심 신호교차로 내부미터링(Internal Metering) 기술을 스마트신호운영시스템에 적용할 예정이다. 그리고 이러한 예측 정보는 내비게이션이나 인터넷을 통하여 사전에 교통예보정보로 제공할 수 있게 된다.

마지막으로 수요기반제어전략은 이동류단위의 세밀한 교통제어가 불리하거나 교통수요의 변화를 반영한 신호제어가 더 효과적이라고 판단되는 지역에 한하여 선별적으로 적용하는 Mezzo(거시적 수준과 미시적 수준의 중간 단계)제어기법을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 수요기반제어전략에서는 실시간 신호제어 단위가 반드시 주기단위와 일치하지 않을 수도 있으며, 수요 민감도에 따라 적절한 제어시간 단위가 결정되게 된다.

## 2.2 연구개발 세부과제 구성

스마트신호운영시스템 개발은 통합정보수집체계, 제어시스템개발체계, 시험평가, 법·제도 개선 등 4

개의 세부과제로 구성되어 진행된다. 1세부는 교통 정보수집전략과 교통정보예측전략을 달성하기 위한 과제아이템들로 구성되어 있고, 결과물로서 교통정보 빅데이터시스템을 개발하게 된다. 1세부는 정보의 신뢰성을 담보해야 하기 때문에 스마트신호운영시스템의 성공여부를 결정짓는 가장 중요한 세부과제라고 할 수 있다. 2세부는 소통정보로부터 지체, 여행시간, 통행패턴, 대기길이의 추정 등 갖가지 상태 지표를 추정하고, 이러한 상태지표를 이용하여 최적화된 신호시간을 산출하는 알고리즘을 개발하는 세부과제이다. 2세부에서는 개발 알고리즘을 소프트웨어 시스템으로 구현하는 것 까지를 목표로 한다. 그리고 핵심 연구개발부문과 별도로 현장 제어기능보완을 위해 돌발상황대응 신호제어, 우선신호 알고리즘, e-Call 대응 신호제어 등 기능적 알고리즘을

개발하는 것이 포함되어 있다.

3세부에서는 개발된 스마트신호운영시스템의 현장 시험운영 및 평가가 주요 내용으로 되어 있다. 1세부와 2세부에서 개발된 시스템을 적절한 규모의 네트워크 형태 교차로그룹으로 이루어진 테스트베드에 설치하여 1년 간 운영하게 된다. 운영 과정 중 발견된 알고리즘의 문제점들은 피드백 수정과정을 거쳐 안정화하도록 되어 있다. 4세부는 스마트신호운영시스템의 효과를 최대화하기 위한 신호등 설치기준, 4구신호체계와 국제표준신호체계의 시인성 비교, 신호운영 전문가 양성 제도 등을 다루는 연구항목들로 구성되어 있다.

스마트신호운영시스템에서는 현장제어장치로 디지털 교통신호제어기를 전용으로 활용할 계획이다. 교통과학연구원에서 독립과제로 진행 중인 디지털 교통신호제어기는 현 세대 실시간신호제어시스템인 COSMOS센터와 연동이 가능한 형태로 개발이 진행되고 있다. 향후 디지털 교통신호제어기를 스마트신호운영시스템과 연동하기 위해서는 추가적인 개발이 필요하며, 이 부분은 2세부에 포함되어 있다.



그림 3. 스마트신호운영시스템 프로젝트 세부과제 구성

### 2.3 스마트신호운영시스템 개발 로드맵

현재 스마트신호운영시스템 개발은 2년차 연구가

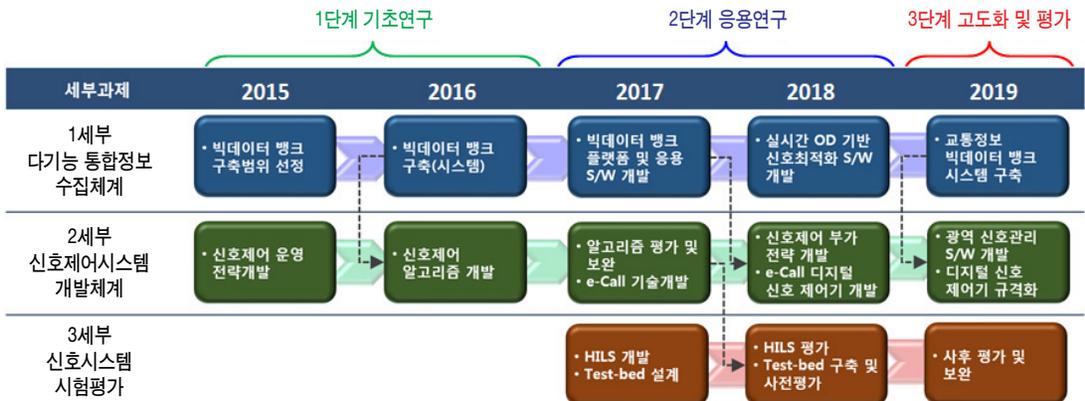


그림 4. 스마트신호운영시스템 개발 로드맵

진행 중에 있으며, 위 과제 구성에서 4세부로 구성되어 있던 법·제도 관련 연구 분야는 1단계 연구에서 종료되었다. 전체 연구 로드맵은 기초연구단계, 응용연구단계, 고도화단계 등 크게 3단계로 로드맵이 작성되어 있다. 기초연구단계는 1~2년차 연구에 해당하며, 알고리즘 개발 등 기초 연구과정으로 진행된다. 응용연구단계는 3~4년차 연구에 해당하며, 기초연구단계에서 산출된 알고리즘을 소프트웨어로 구현하고 하드웨어 시스템까지 개발하는 것을 개발 범위로 한다. 고도화 단계는 마지막 5년차 연구에서 진행되며, 현장 시범운영 및 효과평가 연구를 진행하여 시스템 성능을 고도화하게 된다.

### 3. 기대 효과 및 향후 계획

스마트신호운영시스템은 혼잡비용 10% 절감을 목표로 개발이 진행되고 있다. 이 목표와 별개로 스마트신호운영시스템은 시설 및 교통관리 측면에서 많은 이익을 바라볼 수 있다.

먼저 전 세계적으로 가장 먼저 시도되는 차세대 기술이 우리나라에서 시도되고 있다는 선도성을 들 수 있다. 2세대 실시간 신호제어기술인 COSMOS 시스템이 외국 SCAT시스템을 모방하는 것으로부터 시작했던 전례에 비추어 볼 때, 이제는 우리가 가장 앞선 혁신적 아이디어를 제시할 뿐 아니라 그 구현까지 선도한다는 점에서 국내 신호제어기술의 역사적 전환점을 가져왔다고 볼 수 있다. 물론 대외 홍보가 뒤따라야 하겠지만 대부분 이러한 선도적 기술개발을 선보인 국가의 그 분야 산업 경쟁력이 매우 커

지는 것은 당연한 일일 것이다.

한편 시설측면에서는 실시간 교통관제서비스를 도입하는데 가장 장애가 되었던 물리적 시설비용의 한계를 벗어날 수 있다는 점을 들 수 있다. 과거 실시간 신호제어시스템에서 사용하던 검지기는 도로 수명을 단축하고 고비용의 유지관리비용을 부담해야 했기 때문에 예산과 인력이 빠듯한 중소도시에서는 실시간 제어를 제대로 활용할 수 없었을 뿐 아니라 대도시에서조차 10여년 활용기간 후 단계적 폐쇄가 진행되고 있는 실정이다. 그러나 스마트신호운영시스템은 검지정보가 아닌 교통정보를 사용해서 실시간 제어를 하기 때문에 검지기시설을 필요로 하지 않는다. 이 장점은 지자체 부담을 줄여 시스템 보급 속도를 빠르게 하는 효과를 가져온다.

교통관리측면에서는 지점 교통특성이 가져오는 오류를 극복하고 전체 가로망의 교통상황을 반영한 교차로 신호제어가 이루어진다는 점을 들 수 있다. 지점정보는 작은 특수한 상황이 전체 교통상황을 왜곡하여 결과적으로 신호제어효과를 떨어뜨리게 된다. 여행시간을 주요 파라미터로 사용하면 이러한 지점적 특성들은 전체 소통효과에 녹아들어가 비중 면에서 급격한 변화를 유발하지 않는 장점이 있다.

스마트신호운영시스템은 5년차 연구에서 지자체 제안을 받아 시범운영 도시를 선정한 후 스마트신호관제시스템을 설치하고 운영한 후 민간 기업에 기술 이전을 할 수 있는 기술규격을 발간하게 된다. 이 기술규격은 많은 시스템 제조사를 양성할 수 있도록 하여 더 안정적이고 저렴한 시스템을 선택할 수 있도록 할 계획이다.