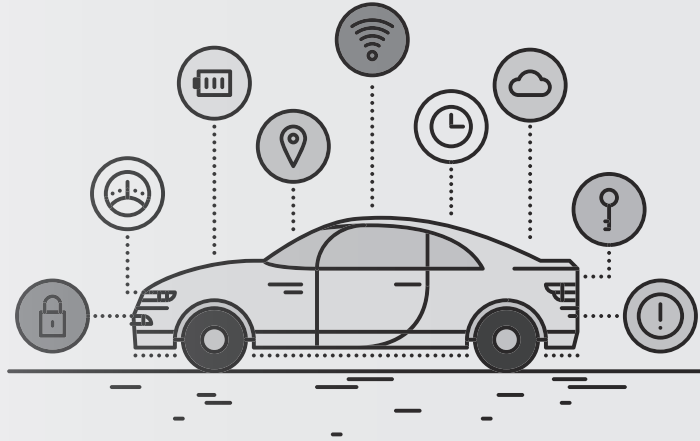


스마트 신호제어시스템 개발 현황과 교차로의 미래



고광용 도로교통공단 책임연구원

1. 머리말

첨단기술을 많이 활용하는 ITS 산업과 대조적으로 그동안 신호제어시스템은 산업전산분야로 인식되어 왔으며, 기술발전의 흐름상 최신의 정보통신 기술 흐름보다는 항상 한두 단계 뒤쳐지는 고리타분한 기술을 사용하는, 첨단적이라기보다 전통적인 산업분야로 인식되어 온 것이 사실이다. 왜냐하면, 제어라고 하는 것이 안정성을 최우선으로 추구하면서 오랫동안 사용해 온 검증된 기술 위주로 구현되는 이유도 있고, 또 한편으로는 모바일 IT기술처럼 엄청난 소비자를 갖고 있지 못하기 때문에 첨단성이 떨어져 값이 싸진 기술을 선호하기 때문이기도 할 것이다. 단적인 예를 들면 기가 와이파이나 모바일 IP-TV 서비스가 가능할 정도의 고속 LTE통신이 도입된 지 수년이 지나가는 마당에도 아직 2400bps의 아날로그 모뎀을 사용하는 시스템이 교통신호제어 시스템이다.

그러면서도 첨단 ITS 서비스를 구현하는 데 있어 교통신호제어시스템은 기능적 핵심을 차지하고 있기 때문에 매우 아이러니한 이중성을 갖고 있기도 하다. 이러한 기술적 불일치는 신호제어시스템이 타 ITS 서비스 요소기술과 융합하는 데 있어 장애가 되고 있으며, 구식 기술을 사용하면서 불가결하게 수반되는 소모적인 유지관리비용은 기능적 고도화를 이루는데 발목을 잡기도 한다. 예를 들면, 막대한 스마트폰 사용자가 우선인 통신사에게는 아날로그 유선망의 관리는 전혀 관심 밖이어서 유지관리 사각 지역에 놓이게 됨에 따라 허다하게 온라인 신호제어가 무력화되기 일쑤이다. 또한, 전통적 기술인 루프검지기 사용은 도로 수명 단축은 물론 잦은 단선 장애로 인한 복구비용 증가로 지자체의 운영부담이 가중되고 있다. 이러한 기술적 불일치 요인들은 대부분 도시에서 실시간 교통신호제어를 포기하고 전

근대적인 고정시간신호제어로 회귀하고 있는 주요 원인으로 작용하고 있으며, 첨단기술을 이용한 고품질 교통신호제어서비스를 국민에게 제공할 수 있는 여건을 가로막고 있다.

따라서 현재 교통신호제어시스템이 첨단 ITS 분야에서의 기능적 핵심으로 제 역할을 하기 위해서는 기술적 불일치를 극복하거나 타 서비스와의 융합을 통해 발목을 잡는 요인들을 뛰어넘는 새로운 제어 기법들을 개발하여야 할 필요가 있다.

2. 스마트신호시스템 개발 배경

2.1 ITS와 교통신호제어시스템

ITS는 전자, 제어, 정보, 통신기술을 활용하여 현재 설치된 도로시설의 효율성을 최대화시켜 도로건설을 대체하고자 하는 교통관리, 교통정보, 화물관리, 차량과 도로 지능화 기술들을 통칭하는 용어이다. 이 중에서도 ITS의 기본 취지인 효율성 최대화를 위해서는 교통관리기술의 첨단화가 가장 파급효과가 클 수밖에 없다. 예를 들면, 교통정보가 매우 정확하게 수집되어 실시간으로 차량에 전달되는 이상적인 첨단 교통정보시스템이 운영된다 하여도 교차로에서 신호를 제때 받지 못하면 도로 효율성은 좋아졌다고 볼 수 없는 것과 같다. 이와 같이 교통관리기술의 핵심은 실시간 교통신호제어시스템인 것이다.

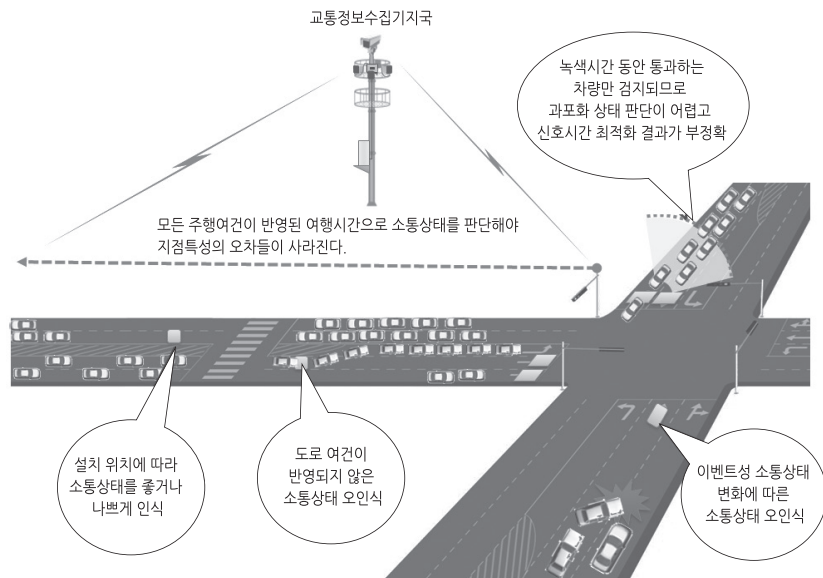
이렇게 신호시스템의 역할이 중요한 도시부에서의 교통관리 주체는 지자체의 위임을 받은 경찰이다. 그런데 국토교통부 같은 중앙부처와 달리 경찰청의 기관 특성상 관련 기술의 연구개발비용을 직접 확보하여 시행하는 체계가 불가능하게 되어 있다. 그래서 그동안 주로 서울시와 같은 대도시 지방정부에서 힘들게 예산을 확보하여 관련 기술개발이 진행되어 오다 보니 충분한 연구개발 비용이 확보되기

어려울 뿐 아니라 연구 사업이 일회성 연구용역으로 그치고 국가연구개발사업처럼 지속성을 띄기 어려웠다. 그와는 반대로 다른 ITS 분야는 교통체계효율화법에 의해 국토교통부 또는 산업자원부 등 중앙부처에서 지속적으로 연구개발 예산을 확보하여 많은 발전을 이루어냈다. 이런 차이가 10여 년 이상 지속되다보니 현재 신호제어시스템은 1990년대 말 개발된 구식 기술을 활용하는 시스템의 틀을 벗어나지 못하고 지나친 유지관리비용 부담으로 활용도가 점점 떨어져, 급기야는 대부분의 도시에서 실시간 교통신호제어를 포기하고 전근대적인 시간대별 고정신호제어를 사용하고 있다. 즉, 다른 ITS 분야가 아무리 첨단화된다고 하더라도 핵심 역할을 담당하고 있는 신호제어시스템과는 연계조차 되지 않은 채 고정시간식 교통관리가 이루어지므로 ITS 기술개발 효과가 반감되는 것이다.

2.2 루프검지체계 기반 알고리즘의 문제점

한편 신호제어알고리즘 효과 측면에서도 루프검지기가 갖는 치명적인 문제점이 있다. 바로 설치지점의 부분적 특성만 검지한다는 점이다. 이 경우 돌발상황이나 횡단보도와 같은 시설물에 의한 정보의 왜곡, 정지선에서의 과포화 상태 판단의 왜곡 등이 발생해 실시간 제어 효과를 감소시키는 원인이 된다. 이런 정보의 왜곡을 피하기 위해서는 설치 지점 수를 매우 많이 늘려야 하기 때문에 과도한 시설을 필요로 하게 되는 단점이 있다.

이러한 문제점은 주행구간 내의 모든 영향요소가 반영된 교차로와 교차로 구간의 차량 여행시간을 측정함으로써 극복할 수 있다. 즉 구간소통정보를 핵심 입력변수로 하는 실시간 신호제어알고리즘을 도입함으로써 구식 기술의 한계성을 벗어날 수 있는 것이다.



[그림 1] 루프검지체계의 문제점과 구간소통정보 기반 제어시스템의 필요성

2.3 스마트신호시스템 연구사업 목표

전술한 바와 같이 ITS에서의 기능적 핵심인 실시간 교통신호제어시스템은 타 분야의 기술 개발 투자에 비해 상대적 악조건에 놓여있던 탓에 발전 속도가 느릴 수밖에 없었다. 이러한 기술 발전의 차이는 특히 신호가 중요한 도시부의 ITS 시스템 구축 효과를 반감시켰으며, 이를 해결하기 위해서는 연구개발 체계에 있어서 개선이 필요한 상황이었다.

경찰청은 이러한 문제점을 인식하고, 그간의 연구 개발 재원 확보를 지자체에 의존하면서 발생하는 문제점을 근본적으로 개선하는 것은 물론 구식 기술을 사용하는 고비용 시스템을 첨단화시키기 위해 경찰청이 직접 국가과학기술연구체계를 통한 국가 연구개발예산 신청을 추진하게 되었다.

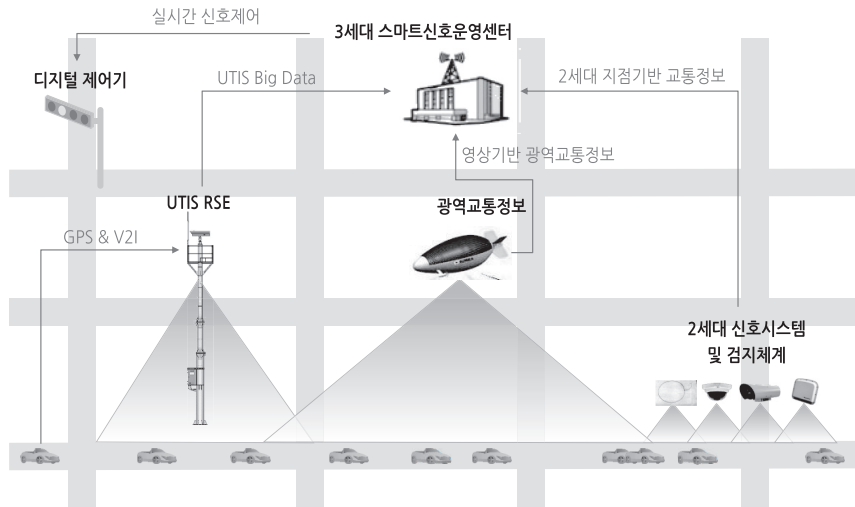
경찰청은 정부의 사회문제해결을 위한 10대 연구 과제에 교통문제해결과제를 포함시키고, 교통문제를 해결하기 위한 구체적 연구개발 계획을 제시하여 예산을 신청하였다. 계획은 첨단화된 타 ITS 분야

즉 교통정보체계와 연동하여 실시간 신호를 제어하는 기술을 개발함으로써 루프시스템을 특징으로 하는 구식기술에 대한 의존성을 탈피하는 것은 물론, 교통정보와 교통관리를 연계시켜 ITS 서비스 간 연계 효과를 최대화시키고자 하는 목표를 제시하였다. 계획은 국가과학기술심의회위원회의 승인을 받아 경찰청 최초로 국가연구개발체계의 예산지원을 받는 신호제어시스템 연구가 시작되었으며, 5단계(2015년~2019년) 일정으로 2015년 중반기부터 시작되었다.

3. 스마트신호시스템 주요 개발 내용

3.1 스마트신호시스템 개요

현재 신호시스템은 아날로그식 루프검지기와 아날로그식 신호등 출력 제어, 아날로그 회선을 이용한 모뎀 통신 등 구식 기술 위주로 구성되어 있다. 스마트신호시스템은 이러한 구식 기술요소로부터



[그림 2] 스마트신호제어시스템 운영환경 개념도

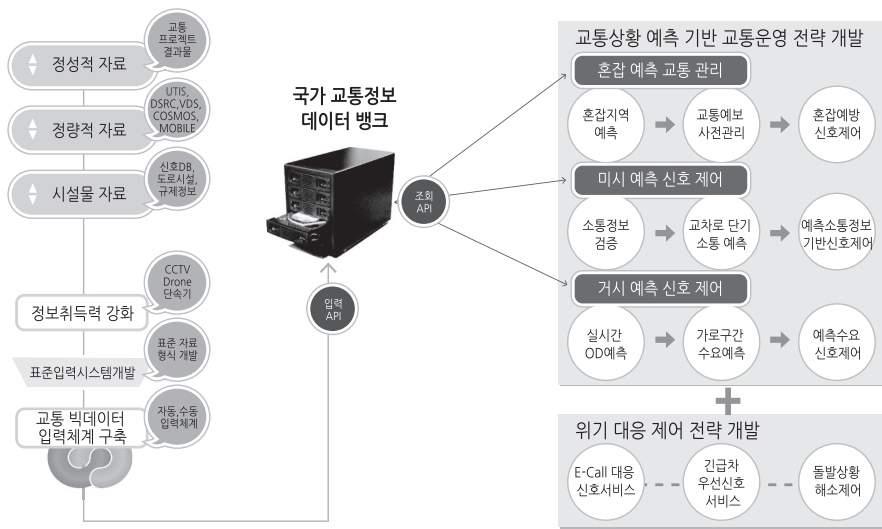
탈피하기 위해 루프검지기 대신 ITS 기반시설로 구축된 민간 및 공공 교통정보를 연계 활용하고 디지털식 신호제어기를 도입하며 LTE 기반의 이동통신망을 주력 통신수단으로 사용하는 것을 목표로 하고 있다.

다만, 통신기술과 신호등 제어기술은 도로교통공단에서 디지털 교통신호제어기 개발 연구과제로 독립적으로 진행되고 있는 부분이어서, 실제 스마트 신호시스템 개발 과제에서는 루프검지기 기반으로 구성되어 있는 신호시간 산정 알고리즘을 소통정보 기반 알고리즘으로 전환하는 알고리즘 연구과제들뿐 아니라 이를 적용한 센터시스템의 구현 및 검증 분야인 개발과제들로 구성되어 진행되고 있다. 알고리즘 분야는 주로 교통공학 분야 전문가들이 참여하고, 시스템 구현 및 검증 분야는 신호제어 분야 산업체가 참여하고 있다.

알고리즘 분야는 교통소통정보의 정확성에 따라 제어 효율성이 크게 차이가 나기 때문에 교통소통정보의 질을 확보하기 위한 대규모 교통소통정보의 취합과 예측을 위한 데이터뱅크 구축 과제가 큰

비중을 차지하고 있다. 데이터뱅크는 현존하는 다수의 민간 및 공공의 교통정보체계를 연계 통합하고, 지자체의 시설정보를 연동하여 현재의 교통소통정보 정확도를 최대화하고, 이를 기반으로 교통공학적 OD 예측 기술을 접목하여 장래의 교통상황 변화를 고려한 교통소통상태 예측을 수행한다. 그리고 전통적인 미시적 신호제어분야에서는 루프검지기의 포화도 정보 대신 데이터뱅크의 교통소통정보를 활용하게 된다. 혼잡 해소 전략을 위해서는 현재 교통소통정보를 이용한 신호시간 최적화 옵션을 준비하고, 혼잡방지 전략을 위해서는 장래의 예측된 교통소통정보를 이용한 신호시간 최적화를 통하여 선제적으로 신호용량을 증가시키는 예측기반 신호제어를 수행한다.

한편 교통정보 데이터뱅크는 가장 중요한 소통정보 확보를 위해 공공교통정보인 UTIS와 ATMS 센터를 연계하고, CCTV 등 기존 인프라를 통해 교통정보를 추가 확보하기 위한 동영상 기반 교통정보 수집 엔진 개발 및 이동식 교통정보수집 비행체 개발 등이 동시에 진행되어 다각적으로 교통정보를 확충하는



[그림 3] 스마트신호시스템 연구개발 구성요소 및 연관성

노력을 병행하게 된다.

3.2 스마트신호시스템 연구과제 구성

스마트신호시스템 연구개발 사업은 교통정보 취득력 강화(1세부) 및 스마트신호제어시스템 개발(2세부), 시스템 구현 및 검증을 위한 시험평가(3세부), 제도 보완 및 전문 인력 양성(4세부) 등 4부분으로 구성되어 있다. 이 중에서 제도보완 및 전문 인력 양성은 연구개발분야와는 거리가 있어 소개를 생략하도록 한다.

먼저 1세부 교통정보 취득력 강화부문은 기존의 교통정보를 통합하고 장래를 예측하는 데이터뱅크 구축부문이 핵심과제로 진행되며, 기존 정보수집체계만으로 부족한 부분을 보충하기 위한 보조 교통정보 수집기술을 개발하는 부분이 추가적으로 구성되어 있다. 데이터뱅크 구축 과제에는 데이터뱅크 연계를 위한 입출력 API 개발과 OD 기반 교통정보 예측기술 개발이 주요 연구내용이다. 그리고 보조 교통정보 수집기술 개발에는 광범위하게 설치되어

있는 각종 영상 수집 장비로부터 부족한 교통정보를 추출할 수 있는 범용 동영상 기반 교통정보추출 엔진 개발이 핵심과제로 구성되어 있고, 응용과제로서 이 엔진을 이용한 교통정보 수집 CCTV 및 교통정보 수집 이동비행체 개발이 포함되어 있다.

다음으로 2세부 스마트신호제어시스템 개발 부문에는 교통소통정보로부터 신호시간을 최적화하는 각종 알고리즘을 연구하고 위기 대응력을 강화하기 위한 제어기술 개발이 핵심내용으로 구성되어 있다. 위기대응력 강화를 위한 연구과제에는 E-Call 상황에서 상황 전파와 상황 해소를 위한 신호제어기술 개발, 긴급자동차의 우선 통과를 지원하는 신호제어 시스템의 개발, 돌발상황에서 효과적인 우회 제어를 수행하는 신호제어기법 개발 등이 포함되어 있다.

마지막으로 3세부에는 2세부에서 개발된 알고리즘과 기능들을 하나의 제어시스템으로 구현하고 테스트베드 운영을 통하여 검증하는 산업체 위주의 실행과제가 포함되어 있다.

3.3 기대효과

스마트신호제어시스템은 실시간신호제어를 위해 검지기를 설치할 필요가 없으므로 각 지방정부에서 쉽게 도입할 수 있게 되어 활용도가 매우 높다. 또한, 효율성 면에서도 도로의 모든 여건이 반영된 소통정보를 기반으로 신호최적화를 수행하므로 현재 시스템보다 좋은 성능을 발휘하여 현재 방식의 실시간신호제어보다 10% 이상의 여행시간 감소 효과가 기대된다. 이러한 교통운영 측면 외에도 산업적 측면에서 뚜렷한 이익이 있다. 먼저 세계에서 가장 처음으로 소통정보기반 신호제어시스템을 구현한다는 점이다. 이것은 우리나라가 강력한 ITS 및 IT 환경을 구축한 덕택이기도 하지만 중요한 건 다른 어느 나라보다 일찍 여행시간 기반 제어솔루션을 확보하여 수출경쟁력을 확보할 수 있다는 것이다. 또한 교통정보시스템 측면에서, 국가적으로 공공과 민간에서 많은 교통정보 수집 인프라를 구축해왔지만, 실제 운전자 제공 외에는 투자 대비 활용도가 낮았던 단점이 있었다. 스마트신호제어시스템은 기 구축 교통정보 인프라의 활용도를 매우 높여 사회적 비용절감으로 성과를 낼 수 있게 될 것이다.

4. 미래의 교차로 모습

최첨단 IT 기업인 구글을 필두로 지금 전 세계적으로 자율주행자동차 개발 붐이 일고 있다. 그리고 연속류 환경에서는 어느 정도 장시간의 자율주행이 가능한 수준으로 발전하고 있다. 그렇다면 과연 시내도로에서도 자율주행이 가능할까? 전문가이든 비전문가이든 아마 대부분의 사람들은 쉽게 답하지 못할 것이다. 시내 자율 주행에는 정말 많은 고민과 시행착오가 있어야 한다는 것을 누구나 예측할 수 있다. 하물며 사람도 그걸 못해서 이렇게 하루가 멀다

하고 교통사고를 내는 것이 아닌가? 그중에서도 교차로에서의 교통사고가 가장 많은 비중을 차지하는 이유가 바로 공식적인 운전 연습으로 해결할 수 없는 너무나 많은 휴먼 팩터와 경험적 요소가 많기 때문이다. 또 아무리 발전한다 하여도 자율주행기능이 갖추어진 차량을 운전하는 사람이 시내도로에서 자율주행모드로 놓고 맘 편하게 잠을 잘 수 있을 만큼 답이 클까?

자율주행차량이 시내도로에서 자율주행을 하기 위해서는 차량 혼자서는 불가능하며 주변 시설물의 도움이 있어야 하리라는 것을 쉽게 예측할 수 있다. 그중 가장 중요한 것이 신호시스템일 것이다. 자율주행차량이 대부분인 사회에서는 신호제어가 현재와 많이 비슷하기는 하겠지만, 차량이 적을 때는 신호의 순서가 필요치 않게 될 것이다. 즉 자율주행차량과의 의사소통을 통해 신호기는 가장 빠르게 통과하는 순서대로 신호를 부여할 것이다. 차량이 많아지게 되면 가장 효율적으로 뭉쳐서 보낼 수 있는 신호시간과 순서를 결정하기 위하여 차량들과 의사소통을 진행할 것이다. 즉 미래에는 신호기와 차량의 의사소통이 매우 중요해지고, 그 의사소통에 의해 모든 신호가 결정될 것이다.


5. 맺음말

스마트신호제어시스템은 1990년대 기술에 머물러있는 실시간 신호제어시스템을 2020년 수준으로 변화시키는 것을 목표로 하고 있다. 이 시스템은 전기·전자·정보·통신 기술의 첨단화 및 교통정보 인프라와의 연계를 통해서 교통소통정보를 이용한 실시간 교통신호 최적화를 구현하는 신호제어서비스이다.

외국의 경우, 논문 수준에서 교통소통정보로부

터 신호시간을 최적화하는 기법들에 대한 아이디어가 소수 나타나고 있는 수준이나 우리나라는 충분한 기반환경이 구축되어 있기 때문에 시스템 구현단계로 진행하고 있고, 또 한국이기 때문에 가능한 상황일 것이다.

이 시스템의 성패는 교통정보의 정확도에 좌우될 것으로 바라보는 시각이 많다. 현실적으로 신호제어에 활용하는 수준의 교통정보가 되려면 현재보다 3~4배 수준의 프루브 수집률이 확보되어야 하지만 그러기 위해서는 또 천문학적 규모의 투자가 이루어져야 할 수도 있다. 이것을 해결하기 위해서는

개별적으로 구축된 각종 교통정보 수집 주체들이 국가적 이익을 위해 공공의 목적으로 정보를 공유해주는 양보가 필요하다. 이 문제가 스마트 신호제어 시스템 사업의 성공 열쇠가 될 것이다. 

[참고문헌]

- [1] 사회문제해결 10대과제(공동기획연구결과(안))
(국토교통부·경찰청, 2014. 6)
- [2] 교통정보 빅데이터를 활용한 스마트 신호운영 알고리즘 개발
(도로교통공단, 2014. 12)



스펙트럼 면허권자가 이용하는 주파수 범위와 이용 지역.
주파수를 할당할 때 스펙트럼 면허권자가 사용할 수 있는 주파수의 범위와 이용 지역을 명시한다. 사용 주파수와 이용 지역을 포함하는 공간을 스펙트럼 공간이라고 한다. 스펙트럼 자유화가 늘어남에 따라 스펙트럼 공간은 점차 중요해진다. 이를 토대로 인접 대역이나 인접 지역을 이용하는 스펙트럼 면허권자 사이에 간섭의 허용 범위 등을 협상하고 조정하여 사용한다.