

## 서울시 불법주차무인단속시스템 구축 사례



이경순



김지홍

### 1. 서론(도입배경)

오늘날 대도시의 교통문제는 세계 대부분의 국가들이 가지고 있는 공통적인 숙제이다.

전통적으로 대도시의 교통문제를 언급 할 때에 승차난, 소통난, 주차난으로 분류하고 그에 따른 대책을 수립하는 방향으로 정책을 수립해 왔다. 대규모 지하철 확충, 신교통수단 개발 등 대중교통수단에 대한 양적 질적 서비스의 증가는 승차난을 완화하였으며, 도로확충을 위한 대규모의 투자로 지역간 이동성을 보장하기 위한 노력을 해 오고 있으며 교통체계개선사업과 각종 승용차 수요관리 정책 등으로 도시의 소통난을 완화하는데 기여하고 있다.

그러나 주차문제는 시원스럽게 해결할 수 없는 문제이다. 주차문제는 주차시설의 부족과 함께 사회적 문제로 대두되는 것이 불법주차문제이다. 주차질서를 확립하고 간선도로의 소통효율을 높이기 위해서는 주차시설의 확충과 병행하여 주차단속이 반드시 필요하다.

서울시와 자치구는 1990년부터 불법주차단속요원을 채용하여 불법주차에 대한 지속적인 단속을 시행해 오고 있다. 그러나 인력에 불법주차 단속은 단속할 때 잠시 효과가 있을 뿐 도로기능을 유지하기 위한 지속적인 단

속효과를 기대하기는 어려운 실정이다.

이러한 문제점을 극복하기 위하여 2004년7월 도로교통법 시행령(제71조의3 제2항)이 개정 되면서 무인단속장비를 이용한 단속을 실시할 수 있는 법적근거가 마련되었다.

## II. 사업추진 과정

### 1. 시범사업

#### 1) 업체선정

무인단속시스템은 과속단속을 위한 과속단속 위반 무인단속시스템과 버스전용차로 위반 단속을 위한 무인단속 시스템으로 크게 나누어 이미 실용화되어 운영되고 있었다. 그러나 불법주차단속을 위한 무인단속시스템은 종로구에서 수동운영방식으로 설치하여 대학로, 인사동 등 4개 지점에서 시범 운영 중에 있었다.

시범운영 중인 곳은 운영요원에 의한 수동조작에 의해서 CCTV카메라를 움직여 차량을 검지하고 줌 카메라로 번호판을 줌인한 후 운영요원이 카메라를 통해서 차량번호를 읽어서 수동으로 번호를 입력한 후 위반차량을 적발하는 방식이었다. 이렇게 적발된 차량은 차량번호에 의한 과태료 부과를 위해서 차량번호검색을 위한 부서로 이관하고 해당부서에서는 수동으로 차량번호를 조회하여 주소를 입력한 후 과태료를 부과하는 방식으로 무인단속 시스템 운영으로는 아주 초보적인 운영수준이었다.

또한 CCTV 등 무인단속 업체는 불법주차단속을 위한 무인단속시스템에 대한 방법론이나 기술개발이 전혀 이루어지지 않고 있는 실정이었다.

수동단속으로 운영하기에는 운영인력요원의 투입 등으로 현장단속에 버금가는 인력이 소요되고 운영요원의 행태에 따라서 인력에 의한 단속의 문제점을 극복하기에는 어려움이 많아서 무인단속시스템을 자동화할 필요성이 강력하게 대두되었다.

서울시의 불법주정차무인단속시스템 구축사업 발표에 따라 관련업계의 관심은 지대했으나 업계의 자동화에 대한 이해와 기술수준은 서울시의 요구

수준에 미치는 못하는 수준이었다.

무인단속 시스템조합을 통하여 자동화에 대한 가능성을 검토하고 관련업체에 공문을 시행하여 자동화에 대한 기술적 수준을 평가하기 위하여 위원회를 구성하고 1차로 희망업체 18개 기관을 직접 방문하여 보유기술에 대한 평가와 가능성을 평가하였다.

불법 주차단속 시스템의 가장 핵심적인 기술인 불법주차 차량에 대한 검지기능, 인식기능을 위주로 기술적 수준을 평가하였으나 실용화하기에는 여러 가지 부족한 점이 많았으며, 다소간의 가능성을 파악할 수 있는 정도였다. 1차 방문평가 후 선정된 7개 업체를 대상으로 2차평가를 실시하였으나 업체들이 구현한 기술수준으로는 전 시스템의 자동화 구축을 실용화 하기에는 어려움이 있어서 시범사업 32개 지점 중 5지점에 대한 자동무인단속시스템 구축을 시행하기로 결정하였다.

기술평가 당시 관련업체들이 보유하고 있는 단속기법에는 주로 프리셋 기법, 레이저 검지, 영상검지, Motion detection 등의 방법이었다.

## 2) 설치지점 선정

시범사업 추진 당시 서울시는 서울시 교통체계 개편사업으로 대중교통 체계개편을 위한 버스중앙차로 설치사업이 추진되고 있었으며 시청앞 광장 조성, 세종, 태평로 교통개선사업 등 도심체계 개편사업을 추진하고 있었다. 따라서 설치지점은 버스중앙차로 설치구간과 도심과 도심이 연계되는 주요 간선도로를 대상으로 32개소를 선정하였다.

## 3) 시스템 구축방향

불법주차단속은 위반차량에 대한 과태료가 부과되며, 도로교통법 시행령 제71조의3(권한위임에 따른 업무감독 등)에 의거 과태료부과권자는 자치구청장으로 되어 있다. 따라서 서울시에서는 위반차량에 대한 적발과 관련 자료를 해당 자치구로 이관하여 구청장으로 하여금 과태료를 부과하도록 하는 방향으로 시스템을 구성하였다. 따라서 25개 자치구에 대한 단속지침 및 과태료부과절차에 대한 표준화된 시스템 운영이 필요함에 따라 25개 자

치구와 협의 및 의견수렴을 거친 후 추진방향을 결정하였다.

첫째, 대중교통 중심의 서울교통시스템 개편에 따라 불법주정차 차량에 대한 대대적인 기획단속을 위하여 자치구의 단속기능을 본청으로 확대하여 인력단속의 한계로 되풀이 되는 불법주정차 문제를 해소하고 둘째, 불법주정차 상습취약지구에 대한 지속적인 감시와 시민 교통문화의식 개혁을 위한 무인단속으로 불법주정차 실시간 단속체계를 구축하며 셋째, 첨단장비 활용으로 주차위반 단속의 과학화를 통하여 불법주정차의 검지에서부터 과태료부과 징수 및 체납관리를 전자동화를 위한 방향을 설정하였다.

## 2. 기본계획 및 실시설계

불법주차단속 시스템구축 시범사업 추진 후 사업의 확대를 위하여 기본 및 실시설계 용역을 시행하였다. 이는 개정·시행된 도로교통법에 의거하여 불법주정차 무인단속 시스템 설치계획을 수립하고 이에 적정한 시스템의 설치위치 선정의 근거를 마련하고 불법주정차 무인단속시스템 연차별 사업계획과 기본 및 실시설계를 완료하여 자치구와 서울시의 확대사업을 본격적으로 실시할 수 있도록 하였다. 기본 및 실시설계 결과 불법주정차 무인단속 시스템 설치지점에 대한 선정기준이 마련되었으며 시스템 사양에 대한 검토, 시범사업에 대한 모니터링 및 평가를 실시하였다.

또한 서울시는 30억원 이상의 사업에 대해서는 투자심사를 득하여야 사업을 추진할 수 있다. 따라서 시범사업 추진, 기본계획 및 실시설계 보고서, 시범사업 운영결과를 토대로 연차별 계속사업을 수행할 수 있도록 투자심사를 통과하였으며 지속적인 예산확보와 사업추진을 위한 교두보를 마련하게 되었다.

## 3. 확대사업 시행

기본 및 실시설계가 완료되고 예산이 확보됨에 따라 확대사업이 본격적으로 실시되었다.

중앙버스전용차로 및 가로변 전용차로와 상습불법주정차 구역을 중심으로 50개 지점에 대한 설치사업을 추진하였으며, 지점의 특성에 따라서 자동단속 15, 반자동단속 35개소로 선정하였다.

또한 시범사업 운영결과를 반영하여 문제점을 대폭 개선하였다. 시범사업 당시에 1명의 운영요원이 4개지점에 대한 원격단속을 실시하였고 운영요원이 일정시간 경과 후 동일지점의 차량에 대한 영상을 취득하여 단속을 확정하는 수동운영방식이었다.

그러나 확대사업을 통하여 통신방식의 개선, 신속한 원격단속을 위한 좌표근접위치추적방식의 개발로 10개 지점에 대한 운영이 가능하게 되었으며 원격영상을 운영요원이 원클릭으로 번호판인식과 일정시간 후 단속확정까지 자동으로 시행되도록 수동단속시스템을 반자동시스템으로 기능을 개선하였으며 자동단속시스템에 대한 검지율과 인식율을 개선하였다.

또한 센터의 운영단말에서 사진 획득이 어려운 경우 단속요원에게 SMS 메시지를 전송하여 신속한 현장처리가 가능하도록 SMS전송기능을 추가하였다.

가로변 버스전용차로의 경우 불법주차위반과 버스전용차로위반에 대한 기능을 동시에 구현하기 위하여 동일지점에 루프검지기, 영상검지, AVI 를 통한 버스전용차로 위반 단속 및 불법주차 단속이 동시에 가능하도록 구현하였다.

필요시에 교통량 조사 자료 취득 등 교통정보수집을 위하여 프레임조정이 가능한 동영상저장 단말제어 기능과 단속 동영상 저장 기능을 추가하여 필요시 민원에 대한 단속 근거로 활용할 수 있도록 각 사이트별, 요일별, 시간대별로 저장이 가능하며 단속 동영상은 필요시 조회, 수정, 삭제가 가능하도록 구성하였다.

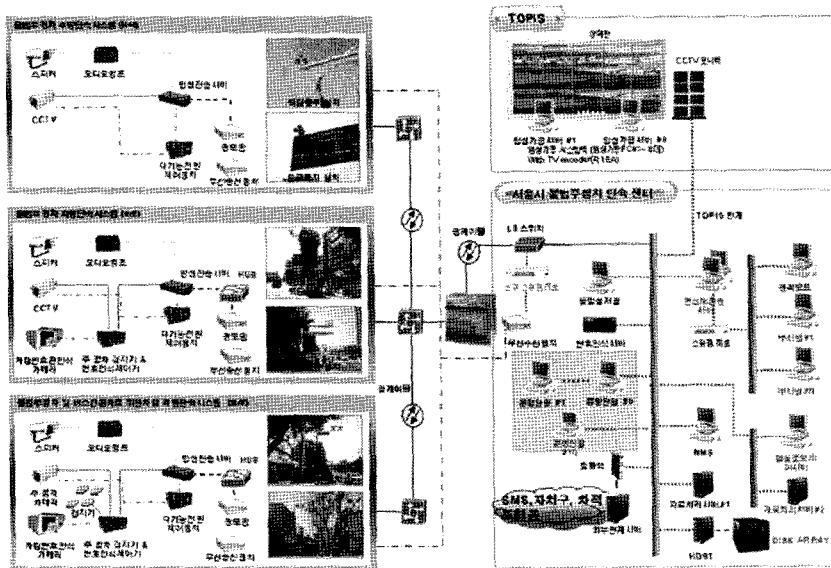
CCTV 실시간 영상을 활용하기 위하여 교통관리센터(Seoul TOPIS)와 연계하여 상황관리시스템으로 활용하며 원격지(본관/별관/청계천본부 등) 상황관리시스템으로 활용이 가능하도록 관리자용 모니터링 시스템과 통계 분석 기능을 대폭 강화하였다.

### Ⅲ. 무인단속시스템 구축내용

#### 1. 시스템 구성

불법주차무인단속시스템은 수동/반자동시스템, 자동시스템으로 구분되어 운영되고 있으며 시스템 구성은 현장부와 센터부로 나누어진다.

현장부는 스피커 및 오디오 앰프, CCTV, 차량번호 인식카메라, 위반차량검지기 및 번호인식 제어기, 영상전송 서버, 다기능 전원제어장치, 무선송신장치 등으로 구성되며, 센터부는 운영단말기, 번호인식서버, 자료처리서버, 동영상저장서버 및 DB 메인서버와 자치구와 연계를 위한 외부 연계서버와 현장시스템 관리를 위한 NMS로 구성된다. 시범사업 당시에는 불법주차 단속을 위한 단일시스템 기능으로 구축되었으나 Seoul TOPIS의 구축에 따라 불법주차단속 시스템 기능외에 교통상황모니터링 등 Seoul TOPIS의 통합시스템 구현에 따라 멀티시스템으로서의 기능을 제공하고 있다.



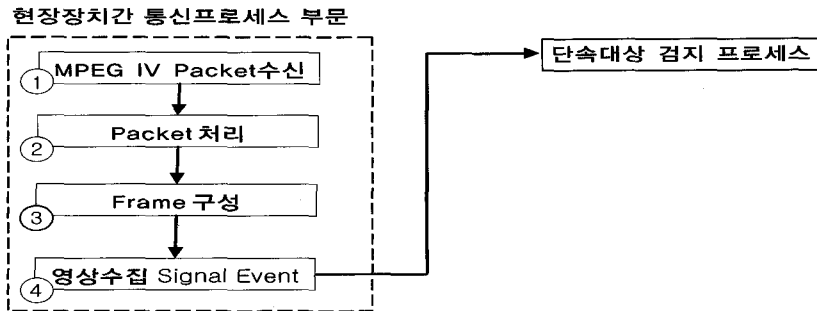
〈그림 1〉 불법주정차무인단속시스템 구성도

## 2. 단속기법

### 1) 불법 주정차 단속을 위한 검출방법

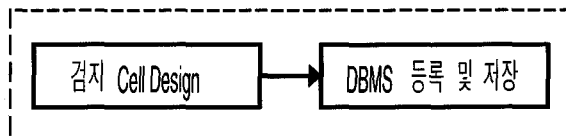
불법주정차 단속 시스템에서의 영상처리 과정은 현장장치 간 통신에 의한 현장 이미지를 구성하는 현장장치 간 통신 프로세스부문과 현장 영상을

기초로 하여 단속 대상 차량을 검출하는 영상검지 프로세스 부문 및 단속영역을 설정하는 사용자 인터페이스 부문으로 구분된다.



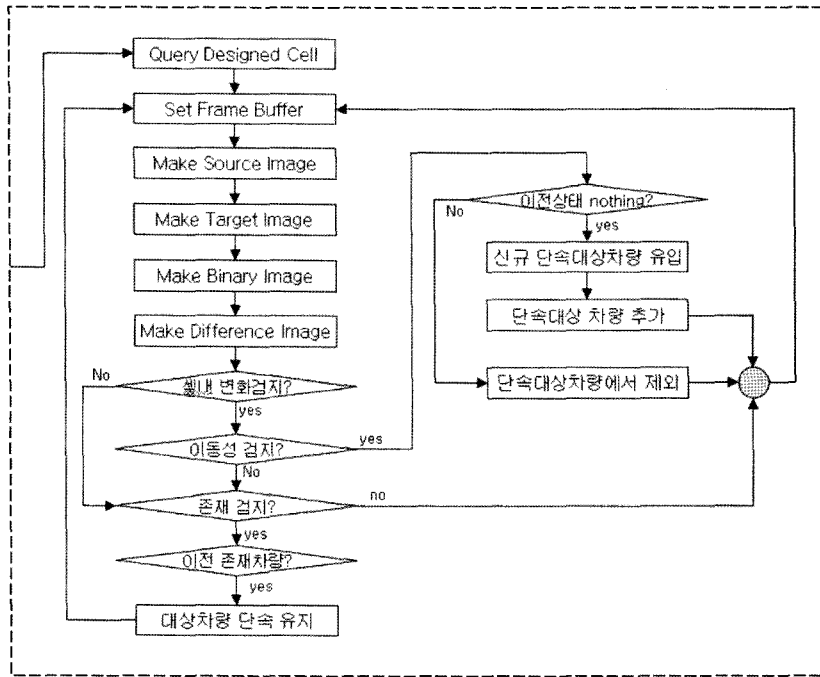
〈그림 2〉 현장장치간 통신 프로세스

현장장치는 CCD카메라로부터 수집되는 영상을 MPEG-IV형식의 파일로 패킷전송하므로 이를 TCP/IP로 수신하여 단위 패킷을 처리하여 하나의 영상을 프레임으로 구성한다. 하나의 프레임을 구성하는 모든 패킷을 수신하여 하나의 독립된 Image Frame의 구성이 완료되면 구성된 프레임을 메모리버퍼에 저장하고, 통신프로세스는 프레임 구성완료 이벤트 신호를 Broadcasting하여 다른 프로세스들이 영상처리 및 기타 처리를 할 수 있도록 통보한다.



〈그림 3〉 검지영역 설정 User Interface 부문

검지영역 설정 부문은 사용자가 단속 대상 영역을 영상분석을 통하여 분석하고 그에 따라 현장장치를 제어하기 위한 사용자 인터페이스에 해당한다. 사용자가 정의한 영역의 설정은 DBMS에 등록 및 저장되며, 영상분석 프로세스에서 필요시 DBMS로부터 조회하여 관련정보를 이용한다.



〈그림 4〉 단속대상차량 검지 프로세스

단속대상 차량 검지 프로세스는 사용자가 설정한 검지영역 설정을 토대로 시작된다. 현장으로부터 수집된 패킷단위의 영상정보를 Frame으로 구성한 다음 각 영상정보는 사전에 정의된 메모리 버퍼에 저장된다.

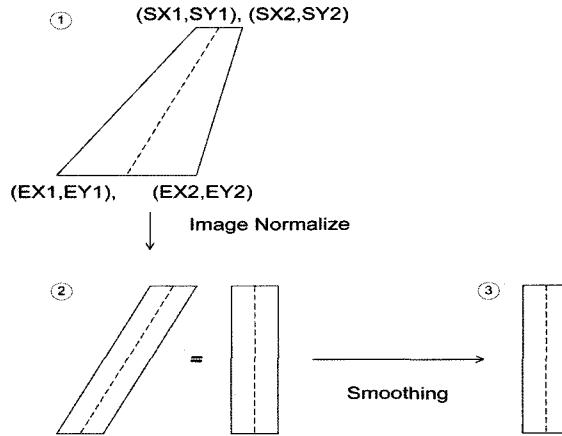
각 메모리 버퍼는 각 프레임당 시간적 차이를 구분할 수 있도록 일정한 메모리 크기에 따라 저장되며, 현재의 영상을 Source Image로 정의하고 이전 상태의 저장된 영상을 Target Image로 정의된다. 각 Source Image는 Kittler 알고리즘에 의한 최적화된 이진화처리가 수행된다. 차량의 이동성을 결정하기 위하여 Source Image와 Target Image간의 영상 프레임의 차를 통하여 이동성 여부를 결정하게 된다.

각 차량의 존재 여부 및 이동성을 위한 기초적인 영상처리가 수행되며, 이를 통하여 차량의 존재여부 및 이동성을 최종 판단하고 신규단속 대상 여부의 차량인지 혹은 기 존재차량으로서 이동성이 검출되어 단속 대상에서 제외하여야 하는 차량인지를 결정하게 된다.



## 2) 영상의 전처리(Preprocessing)

차량의 검지 및 추적을 용이하게 할 수 있도록 Grabbing한 영상을 가공하는 절차가 영상의 전처리(Preprocessing)과정이다.



〈그림 5〉 영상의 전처리 절차

Monitor상에 표현되는 도로의 영상은 원근으로 인하여 ①과 같은 형태로 나타난다. ①의  $(SX, SY)$  및  $(EX, EY)$ 는 각각 검지영역의 시작점과 끝나는 점을 나타낸다. Matching을 하기 위하여 사다리꼴의 형태를 하고 있는 영상 ①을 검지영역의 시작점을 기준으로 하여 ②와 같은 형태로 정규화(Normalize)를 한다.

이러한 영상자료의 전처리는 다양한 Gray Level에 대한 자료를 표준화 함으로서 일률적이며, 효과적인 특징 추출을 위한 전처리과정이 될 수 있다. 이는 결국 설정된 추적구간의 영상을 축소하는 크기변환의 전처리과정에 해당한다. 이에 대한 관계식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Do While } i=1 \text{ to } i=EX2-EX1 \\
 & id = \frac{i}{(EX2-EX1)} \times (SX2-SX1) \\
 & \gamma = \gamma + \frac{(Ki+1)}{(i-1)} \\
 & \text{End While}
 \end{aligned} \tag{1}$$

②의 형태로 Normalize된 영상은 잡음(Noise)의 제거를 위한 평활화(Smoothing)를 한다. 평활화는 세로방향으로 3개의 Pixel을 평균내는 방식으로 진행되었다(식(2)).

$$\overline{I_{ij}^n} = Average( \hat{I}_{(i,j-1)}^n, \hat{I}_{(i,j)}^n, \hat{I}_{(i,j+1)}^n ) \quad (2)$$

### 3) 차량의 검지(Detection)

차량의 정확한 추적을 위해서는 추적을 시작하는 시점이 우선적으로 결정되어야 한다. 차량의 검지는 차량이 검지영역에 진입하는 것을 지속적으로 검색하여, 검색 구간 내에서의 모든 차량들을 동시에 추적할 수 있다. 본 연구에서 추적할 수 있는 총 차량의 수는 설정하는 추적구간의 크기에 따라 다르지만 다음의 기본식에 의하여 간접적으로 산출될 수 있다.

$$Max\_Veh = \frac{Image\_Length}{Veh\_Space} + 1 \quad (3)$$

*Max\_Veh* : 총 추적 가능차량,

*Image\_Length* : 차량의 실제 길이,

*Veh\_Space* : 차량한대의 길이(6.33)

따라서 차량의 검지는 식(3)에 의해서 산출되는 차량수가 추적중에 있을 경우에는 추적구간에 모든 차량이 정지중에 있는 상황으로 더 이상 차량의 검지를 하지 않는다.

차량의 진입여부는 식(4)로 결정한다.

$$\left| \sum_{i=1}^{PB_y} \sum_{j=1}^{PB_x} I_{ij}^n - \sum_{i=1}^{PB_y} \sum_{j=1}^{PB_x} I_{ij}^{n-1} \right| > Threshold \quad (4)$$

차량이 일단 검지되면 추적을 시작하게 된다. 그런데, 영상자체의 위상차 및 Occlusion 등으로 인하여 차량이 균을 이뤄서 검지영역에 진입하는 경

우 개별차량을 정확하게 구분하는 것이 어렵게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 차량검출을 위한 유효영역을 규정하였으며, 가장 나중에 추적을 시작한 차량의 추적점이 유효영역을 통과하여야만 다음차량의 검지를 허용한다. 그러므로, 검지영역의 시작점에서 차량 1대 정도에 해당하는 유효검지영역을 설정하도록 하였다. 이러한 유효검지영역의 설정은 승용차를 기준으로 설정된 범위이다.

#### **IV. 결론(발전방향)**

불법주차단속시스템의 기술적 수준은 아직 초보적인 수준에 머무르고 있다고 볼 수 있다. 인력에 의한 단속의 한계를 극복하고 단속의 지속성과 형평성을 확보하기 위한 수단으로 무인단속시스템 구축을 지향하고 있으나 지자체 등 관련기관에서 쉽게 도입하기에는 아직 어려움이 많은 실정이다. 자동검지에 대한 기술적 수준과 평가, 표준화가 적절하게 이루어지지 않아서 기관마다 기술적 수준을 평가하기 위하여 BMT를 시행하고 있는 실정이다. 또한 카메라 한대로 인식할 수 있는 거리는 단방향으로 100미터 이내이며 양방향 150~200미터에 불과하다. 운영요원을 최소화 할 수 있는 전자동 시스템 구축이 실현되고 신뢰성과 안전성을 확보하기 위해서는 더욱 수준 높은 기술개발이 필요하다.

또한 저비용 고효율 시스템을 구축하기 위해서는 통신비용에 대한 부담을 줄이는 방법이 모색되어야 하며 무선을 이용한 단속시스템을 구현 등 다양한 통신방법의 적용을 위해서 더욱 많은 연구개발을 시도할 필요성이 있다고 본다. 특히 현장시스템의 이동성을 확보하고 유용성있는 통신방법을 적용한 전자동시스템을 구현한다면 세계적으로 경쟁력을 확보할 수 있는 분야라고 생각한다.