

도로 과적차량 자동 단속시스템 도입방안

류승기

한국건설기술연구원

Study on the Automatic Supervision System of Overloading vehicle

Seung-Ki RYU

Korea Institute of Construction Technology(KICT)

Abstract - 도로 과적 차량은 일반 승용차보다 도로를 많이 훼손하여 도로, 교량의 사용 수명을 단축시키고, 유지보수 비용을 상승시키는 원인으로 분석되고 있다. 또한 과적 화물차량은 정상차량에 비해 도로 주행 흐름을 상대적으로 떨어뜨려, 도로 용량을 저하시키며, 소음과 진동의 발생, 배기가스 배출 등 여러 가지 문제를 발생시키는 원인이다. 특히, 도심지에서의 화물차 운행은 선진적인 단속체계가 더욱 필요하다. 현재의 단속시스템은 단속인력과 계측장비를 설치한 고정식의 과적 검문소를 운영하거나 이동식의 단속 검문을 병행하는 방식이다. 그러나 도심지의 경우, 교통정체, 고정식 검문소의 부지 확보 등 현실적으로 단속 업무를 실시하기 어려운 환경이다. 본 논문에서는 현재 운영하는 고정식의 단속시스템을 자동 단속시스템으로 전환시키기 위한 기술적 구성 방안에 대해서 검토하였다.

외국은 WIM(Weigh In Motion) 및 AVI(Automatic Vehicle Identification), CCTV 등을 과적 단속에 활용하면서 인력식의 단속체계를 개선하려고 노력중이며, 단속 효율을 높이기 위해 이동식 단속을 병행하고 있다. 미국 캘리포니아주는 덤프트럭과 벌크 화물차량(Bulk Cargo)의 적재 중량을 관리하기 위하여 공인계중소를 운영 중이고, 여기서 일종의 계중증명서(Weigh Master Certificate)를 발급한다. 이외에 덤프트럭 차량에 부착하여 적재물의 중량을 확인하는 장치가 있다.

1. 서 론

화물차의 적정 적재량을 초과한 과적 화물차량은 조정과 제동 능력이 저하되어 대형 사고로의 위험을 내포하고 있다. 교통사고는 경제협력개발기구(OECD) 가입국가 중에서는 하위 수준이며, 교통사고 연차보고서에 따르면 2004년 자동차 1만 대당 교통사고 사망자는 스웨덴, 스위스, 독일 등이 1~1.5명이지만 한국은 3배가 넘는 4명이고, 이는 인구 10만 명당 교통사고 사망자가 14명 정도인 것이다. 이에 따라 교통사고로 인한 금전적인 피해도 매년 10조원 이상씩 발생하고, 물류비의 증가를 초래하기도 한다.

<표 1> 나라별 단속 시스템 현황

국명	근거 법령	단속 방법	단속 조직	단속 시스템
한국	• 도로법 제54조 (차량운행제한) • 도로법 시행령 제28조의3	• 고정식 검문소 • 이동식 단속반	• 청원경찰 • 공익근무요원 • 기능직 등	WIM, CCTV 운영
미국 (루지아나주)	• 연방도로법 • 육상운송 보조법(주간 고속도로)	• 고정식 검문소 (Stationary Units) • 이동식 단속반 (Portable Units)	• 운행허가부서 • 단속부서 -> 고정식 단속반, 이동식 단속반의 편제, 경찰이 주축	WIM, AVI 시스템 구축 운영
일본	• 도로법 제47조 제①항~제④항	• 고정식 검문소 • 이동식 단속반	• 담당공무원 • 경찰합동근무가 원칙	일부 검문소는 무인으로 운영
독일	• 연방도로법	• 고정식 검문소 • 이동식 단속반	• 연방경찰 전담	WIM, AVI 시스템 구축 운영
영국	-	-	• 수송국 직원 • 무역사무관 • 경찰합동 단속	
이태리	-	-	• 경찰	
호주	-	-	• 경찰	
대만	-	-	• 경찰	차체 부착 측중기 활용
핀란드	-	-	• 경찰	
네덜란드	-	• 고정식 검문소	• 경찰	WIM, CCTV 시스템 운영

2. 본 론

2.1 국내외 단속 업무 현황

우리나라의 과적차량 단속 업무는 진입 유도원이 본선의 화물차량을 육안으로 식별하여 수신호를 통해 협의 차량을 검문소로 진입시키고, 정밀 계측용 별도 차로에 설치된 저속 측중계와 높이 측정기에 의해 중량과 높이 측정을 실시한다. 위반차량이 적발될 경우 자인서와 적발보고서 등의 서류를 작성하여 적발차량 운전자의 자인서를 관할 국토유지건설사무소와 화물운수사업조합, 관할 경찰서, 관할 검찰 등 4개 기관에 송부하고, 적발보고서를 관할 국토유지건설사무소와 관할 검찰에 송부한다. 이후 적발차량의 운전자(또는 화주)는 법원의 최종 판결에 따라서 1년 이하의 징역형이나 벌금형에 처해진다. 중량이나 높이 초과 등 운행제한 위반으로 적발된 화물차의 운전자들은 재계측을 요구하는 경우가 대부분이기 때문에 이에 따른 단속원과의 다툼도 빈번하게 발생하고 있다. 이와 같은 저속 측중계 검문소에서의 단속 업무는 24시간 수행하는 것이 원칙이고, 저속 측중계 등으로 단속이 불가능한 경우에는 이동식 계중기를 이용하여 단속하거나 고정식 검문소의 인원을 이동 단속반으로 배치하는 경우도 있다.

<표 2> 나라별 단속 규정

제한기준	한국	미국	일본	유럽 연합
축하중	10톤	9.1톤 (복축14.5)	10톤	11.5톤
총중량	40톤	36.4톤	36톤	40톤
높이(일부)	4.0미터(4.2미터)	4.0미터	3.8미터	N/A
폭	2.5미터	2.5미터	2.5미터	N/A
길이	16.7미터	18.3미터 (주별 상이)	12미터	N/A

2.2 국내외 단속 시스템 자동화 수준

도로에서 차량의 길이, 폭, 높이 위반 여부를 자동으로 계측하는 시스템은 현재 우리나라에 도입하지 않아 시스템의 안정성, 시스템의 기능성, 시스템 타당성 등을 평가하여야 한다. 과적 단속 자동화를 위해서 차량번호 인식장치를 필수적으로 포함하는데, 이 장치는 경찰의 과속 단속시스템의 기술을 그대로 적용한 것이다. 차량번호 인식장치의 인식 성능은 차량 번호

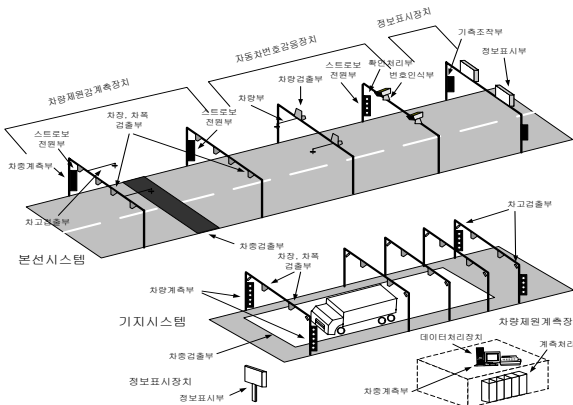
또한 단속 효과를 높이기 위해 수시로 이동 단속반과 연계하여 단속 활동을 전개하는 경우가 많고 특히, 매분기마다 경찰이나 지자체의 단속반과 협동으로 단속을 실시하고 있다.

판의 정보(지역, 숫자, 문자)를 인식하며, 차량의 전면부에 부착되는 번호판을 카메라로 촬영하여 인식 과정을 수행한다. 단, 물리적인 제한 조건을 만족시켜야 인식 가능하므로, 심하게 오염되어 육안으로도 판독이 어려운 경우를 제외하고 번호 인식을 수행한다.

인식 속도는 과속차량이 검지된 후 속도위반 차량에 대한 촬영 및 촬영된 영상에서 번호판 영역을 추출하여 번호를 인식하는 과정이 0.5초 이내로 하며, 오염되지 않은 정상적 번호판을 대상으로 하여, 인식 완료, 부분 인식, 인식 불능 상태로 구분한다. 부분 인식이나 인식 불능인 경우에 대해서는 수작업으로 하되 자동 인식률을 포함하여 인식률은 99% 이상을 요구하고 있다. 인식률은 주야간 육안 식별이 가능한 정상적인 번호판을 기준으로 하므로, 실제로 육안으로도 판독이 어려운 차량이 많은 경우, 단속 자동화의 실효성이 떨어질 우려가 있다.

미국의 오클라호마와 캔사스주는 차량 주행 시 차량내의 태그(tag)와 과적차량 단속 시스템의 AVI가 통신하여 차량의 안전 상태나 면허의 유무를 확인하며, 화물차의 중량은 주행 상태에서 그대로 측정하여, 정차 없이 중량을 측정하여 과적차량을 단속하고 있다. 태그를 부착하지 않은 차량들은 식별이 불가능하지만, 태그를 부착한 차량에 대한 식별력은 높은 편이다. 또한, 운행 제한규정에서 길이, 폭, 높이 등에 대한 단속을 시행하고 있으며, 제원초과 차량단속시스템은 고속으로 주행 중인 차량의 3차원 데이터(길이, 폭, 높이)를 실시간으로 측정하여, 규정 위반 차량의 선별하는 시스템이다. 측정지점을 통과한 제원초과의 차량에 대해서, 과적검문소에 알람 신호를 전송하는 시스템으로 차량 번호인식시스템(AVI), 도로전광표지(VMS)와 연동하여 위반차량을 과적검문소로 유도한다.

일본은 중량측정센서와 화상인식시스템을 연결한 특수차량 자동계측 시스템을 활용하고 있으며, 중량센서는 측정 정확도를 높이기 위해 차선마다 8조의 센서를 설치하였고, 측정 지점에서의 중량 측정치와 카메라 영상을 동시에 수집하여 온라인으로 센터에 전달한다. 또한, 주행 중인 차량의 중량 및 높이, 폭, 길이를 측정하는 특수차량 자동계측 시스템은 본선 상에서 1차 계측하여 위반 혐의가 있을 경우에만 기지시스템(과적검문소)으로 유도하여 정밀 계측하는 시스템이다. 본선(本線) 시스템은 주행 중인 차량의 중량, 높이, 폭, 길이를 측정계와 카메라 등의 계측기기를 통해 측정하며, 제한치를 초과하는 차량에 대해서는 차량의 번호판을 인식하여 도로전광표지와 기지시스템으로 전송한다. 기지(基地) 시스템은 본선시스템에 의해 유도된 차량을 기지(검문소)내에서 정밀 계측함과 동시에 계측 결과를 화물차량 운전자에게 표시해 준다. 일본 역시, 본선시스템 및 기지시스템에 대한 실험을 계속 수행 중이다.



〈그림 1〉 자동 단속 시스템(일본)

일본은 2개의 센서로는 단속 자동화를 하기에 한계가 있다고 판단하여 멀티 어레이 센서를 시험 중이며, 센서 어레이를 등간격과 비등간격으로 설치한 후, 차량진동을 1.5에서 4.5Hz, 속도는 10km/h에서 80km/h로 변화를 주면서 오차율을 측정한 결과, 비 등간격의 센서 어레이가 Static weigh 대비 ±4%이내 오차율을 보이며 우수하다고 평가했다.[1]

유럽도 WAVE 프로그램은 Multiple Sensor(MS) WIM의 실험을 실시하였으며, 정확도를 높이기 위해 개별센서의 정확도, 여러 개의 센서 어레이의 정확도, 보정방법에 초점을 맞추고 있다. 차선당 4~8개의 MS-WIM 센서를 사용하여 정확도를 유지하는 데 적절하다고 하였고, 이때 센서의 종류, 가격, 설치간격, 도로노면 포장상태 등을 고려하여 사용자가 결정하여야 한다. 그리고 단속 자동화는 아직 정착되지 않았지만, 가까운 미래에 전 과정의 완전 단속 자동화를 실현할 것이고, 이를 위해서 MS-WIM의 정확도와 정확도를 유지하는 지속성에 대한 개선을 꾸준히 하여야 한다는 결과를 제시하였다.[2],[3]

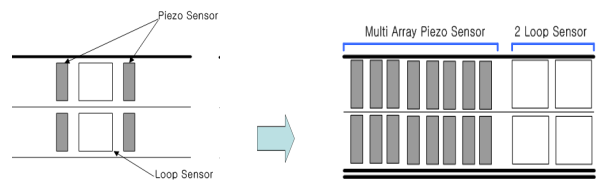
2.3 자동 단속 시스템 구성 제언

자동 단속 시스템은 높은 신뢰성의 현장 계측시설, 현장과 온라인으로

연결된 센터 그리고 전 과정을 소프트웨어로 모니터링하고 실시간 관리하는 정보 전산화가 필요하다. 자동화를 위해서는 앞서 언급한 기술적인 문제를 해결하여야 하며, 동시에 온라인화하기 위한 제도 정비가 선행되어야 한다. 단속 시스템의 자동화는 현행과 같이 단속인력을 상주시키는 단속 검문소 방식에서 무인의 단속 시스템으로 전환할 수 있다. 이를 통해, 과적 검문소의 신설 또는 기존 시설의 운영비를 절감할 수 있고, 단속원과 운전자간의 마찰을 원천적으로 막을 수 있다. 이외에도 단속 업무로 인해 야기되는 본선상의 교통 지체를 최소화하여 교통 흐름을 원활하게 할 수 있다. 자동 단속 시스템을 구성하기 위한 기본 요구 사항은 다음과 같다.

1) 고속 계중장비의 실시간 측정정확도와 성능 유지
 현행의 과적 계중장비는 저속 계중장비와 고속 계중장비를 사용하고 있는데, 무인 운영을 위한 단속 자동화를 위해서는 고속 계중장비의 측정 정확도가 저속 계중장비의 정확도 수준 이상을 유지하여야 한다.

국내에 고속 계중장비는 압력 변화량을 전기적 신호로 변환시키는 피에조 센서 방식으로 차로별로 2개의 피에조와 1개의 루프를 조합하여 운영하고 있다. 2 피에조 1 루프의 고속계중장비로는 자동 단속하기에는 한계가 있으며, 정확도를 높이고 유지하기 위해서는 멀티 어레이 센서를 제안한다. 멀티 어레이 센서는 도로포장면, 센서 성능, 설치예산 등의 제한 여건에 고려하여 4~8개의 센서를 균등 또는 비균등 간격으로 설치하는 것이다.



〈그림 2〉 MS - WIM 구성

2) 차량 검지율 및 번호 인식을 개선

기존의 검문소 전방에 정상 속도로 주행하는 화물차의 중량 측정이 가능한 고속계중장비와 화상 인식시스템을 연계하는 Pre Screening 방식은 과적 혐의가 있는 차량만을 검문소로 유도, 저속 계중장비로 정밀 계측 방식이나, Pre Screening 방식 역시, 단속 검문소를 운영하는 반자동 시스템이다. 앞으로 단속 검문소가 필요 없는 즉, Pre Screening을 발전시킨 자동 단속시스템을 도입하여야 한다. 이때, 과적차량을 검지하여 번호를 인식하는 기술이 필수적인 요소이며, 과적 차량의 번호판을 촬영하여 오류 없이 번호를 인식하는 기술이 필요하다. 이를 위해서는 과적 차량을 추측하는 검지율의 향상이 전제되어야 하는 것으로, 앞서 기술한 고속 계중장비의 실시간 정확도에 의존한다. 이때 멀티 어레이 센서로부터 산출된 중량 값과 루프센서의 차량 길이와 차중 값을 종합적으로 활용하여 번호 촬영 장치를 동작하는 것이 바람직하다. 멀티어레이 센서와 번호 촬영 장치는 계산 시간을 고려하여 적절한 간격으로 설치한다.

3. 결 론

자동 단속시스템은 기존의 인력식에 의한 단속 시스템과 비교해 볼 때, 본선상의 교통 지체의 완화와 도주차량 예방, 단속 업무의 안전성 제고 등과 같은 개선 효과가 있을 뿐만 아니라 궁극적으로는 과적차량 단속의 실효성이 높다고 할 수 있다.

단속 자동 시스템은 기존의 단속 시스템과 비교해 볼 때, 본선상의 교통 지체의 완화와 도주차량 예방, 단속 업무의 안전성 제고 등과 같은 개선 효과가 있을 뿐만 아니라 궁극적으로는 과적차량 단속의 실효성이 높다고 할 수 있다. 또한, 기존의 고정식 검문소를 유지하는 비용을 줄일 수 있을 것이며, 특히 도심지의 경우에는 고정식 검문소를 설치할 만한 도로 부지를 확보하는 데 어려움이 많으므로, 앞으로의 과적 단속 자동화는 추진하여야 할 방향이라고 생각한다. 이와 같은 효과 외에 단속 자동화를 통해 현장의 단속 인원을 줄일 수 있어 인건비 절감을 기대할 수 있다.

[참 고 문 헌]

[1] Estimation of Multiple sensor Weigh In Motion, 4th ICWIM, 2005
 [2] Weigh-in-motion of Axles and Vehicle for Europe, RTD project, LCPC
 [3] WIM Recent developments in Europe, 4th ICWIM, 2005
 [4] 건설부, 운행제한차량 단속요령, 1999.11.2.
 [5] 운행제한(과적)차량 화상인식시스템 설치 지침(안), 2000
 [6] Ueda, Estimation of Multiple sensor weigh in motion, 4th ICWIM
 [7] Jacob, WIM Recent developments in Europe, 4th ICWIM