

U-중차량 무인과적단속시스템 구축방안에 대한 연구

A Study on Development of U-Manless Overload Regulation System

조 병 완† 김 도 근* 최 해 윤** 박 정 훈*** 윤 석 민****
Jo, Byung-Wan Kim, Do-Keun Chio, Hae-Yun Park, Jung-Hun Yoon, Suk-Min
(논문접수일 : 2007년 3월 9일 ; 심사종료일 : 2007년 5월 23일)

요 지

과적차량은 도로와 교량의 내구성 감소에 가장 큰 위험요소 중 하나여서 지금까지 이런 문제를 제한하기 위해 과적차량에 대한 단속이 실시되어 왔다. 그러나 기존의 시스템은 많은 문제점을 내포하고 있어서 이에 대한 대처방안이 요구되고 있다. 이러한 이유로 본 논문에서는 기존 문제점 해결과 u-ITS의 구축을 위해 무인화, 무선화 기반의 U-중차량 무인과적단속시스템 구축방안을 제시하며 이를 위해, 시스템 구성방법, USN의 적용, 시스템 제어부와 WCDMA/HSDPA의 설계에 대해 연구하고 WIM 센서의 성능에 대해 검증하였다.

핵심용어 : 유비쿼터스, 센서네트워크, WIM센서, 과적, 단속

Abstract

Overloaded Vehicles are one of biggest of hazard in durability decrease of roads and bridges. Thus, regulation was put in force about overloaded vehicles to reserve this problem. However, existing system had many problems. For these reasons, this paper presents solutions of U-intelligent overload vehicles regulation system based on manless and wireless for fixing of problems of existing system and construction of u-ITS. With this in mind, we studied about composition method of system, applications of USN, design of system controller, WCDMA/ HSDPA and we verified performance of WIM Sensors in this paper.

Keywords : ubiquitous, USN, Weigh-In-Motion(WIM), overload, regulation

1. 서 론

최근 물류산업의 급속한 발전과 함께 적재중량초과차량(이하 과적차량)이 증가하는 추세에 있으며, 이에 따라 과적차량으로 인한 도로, 교량 등의 내하력 감소 및 파손, 차량의 주요 기능 저하로 인한 대형사고 유발, 주행 성능 저하로 인한 교통용량의 저하 등의 문제가 심각한 사회적 문제로 대두되고 있으며 전 세계적으로 이러한 문제의 해결을 위해 정확하고 신속한 처리가 가능한 과적단속시스템의 개발에 몰두하고 있다.

기존 과적단속의 경우 고속도로 톨게이트에 고정식 축중기를 설치하여 정지된 차량에 대해 중량을 측정하거나 과적단

속요원들이 이동식 축중기를 가지고 다니면서 하중을 측정하는 방식으로 진행되어 왔고, 간혹 저속에서 측정이 가능한 WIM(Weigh-In-Motion)센서를 설치하여 과적 여부를 판단해왔으나 기존 방식의 특성상 우회도로, 주변시설 설치로 인한 경제적 손실, 저속상태나 정지 상태에서의 측정에 따른 교통체증 유발, 과적 단속에 투입했던 공익근무요원이 인구 감소로 인해 투입되지 않음에 따른 인건비 발생, 이동식 측정의 경우 부정행위 발생가능성 등 기존 과적단속의 문제점에 대한 대책이 요구되고 있다.

이에 따라 본 연구에서는 기존(김은영 등, 2006; (주)승화이앤씨, 2004) 과적단속의 문제점을 해결하고 과적차량에 의

† 책임저자. 정회원 · 한양대학교 토목공학과 교수
Tel: 02-2220-0327 ; Fax: 02-2292-0321
E-mail: joycon@hanmail.net

* 한양대학교 토목공학과 박사과정

** (주)동일기술공사 부설기술연구소 선임연구원

*** 한양대학교 토목공학과 석사과정

**** 한양대학교 토목공학과 석사과정

• 이 논문에 대한 토론을 2007년 8월 31일까지 본 학회에 보내주시면 2007년 10월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

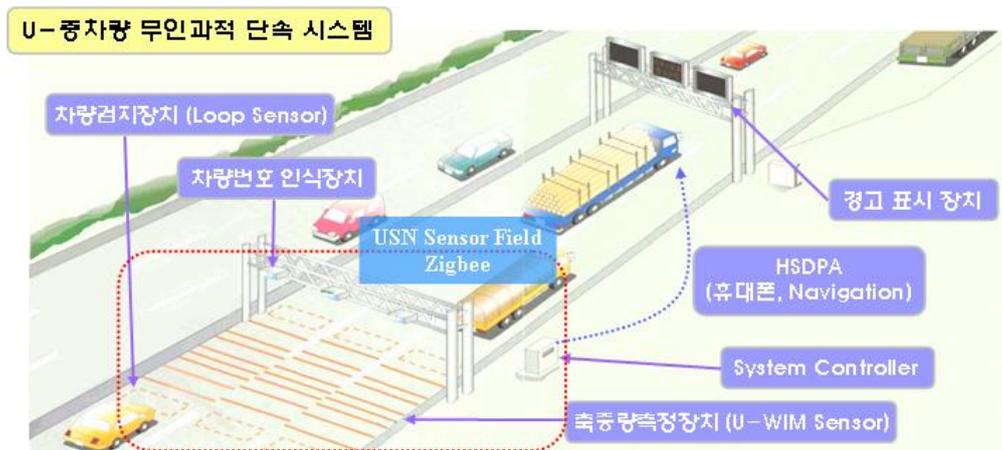


그림 1 U-중차량 무인과적단속시스템

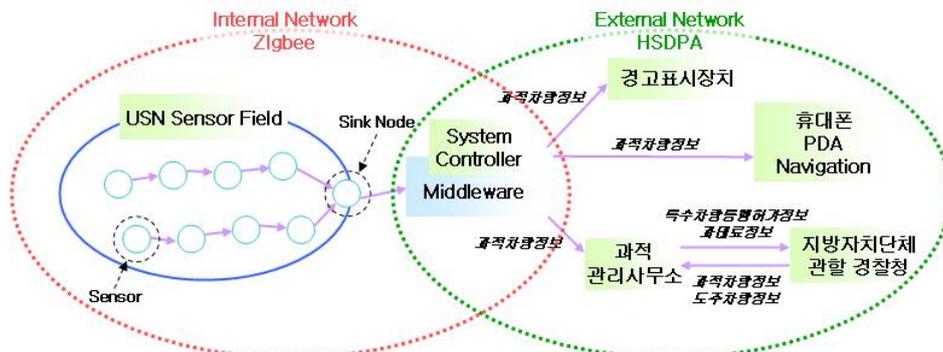


그림 2 U-중차량 무인과적단속시스템 체계도

해 발생하는 문제점을 해결하기 위해 유비쿼터스 기술을 적용한 무인과적단속시스템의 구축방안과 단속 시 활용방안을 제시하였다.

2. U-중차량 무인과적단속시스템의 구성

2.1 전체 시스템의 구성

그림.1에서 보는 바와 같이 본 시스템은 일반도로 등에 설치되어 주행 중에 차량흐름에 영향을 주지 않고 과적여부를 신속하게 판단하여 과적차량, 단속사무소, 관련기관 등에 즉시 정보를 전송하도록 구성되어 있다.

전체 시스템은 USN Sensor Field, System Controller, External Network로 구성되며 USN Sensor Field는 차량의 속도를 측정하고 개별 차량의 통과를 확인하기 위해 설치되는 Loop Sensor와 차량의 축하중 계측을 위한 U-WIM Sensor, 과적차량 번호인식을 위한 차량번호 인식장치로 구성된다.

또한, 시스템 제어부는 USN에서 측정된 정보를 취합하는 Sink Node와 정보를 외부로 보내는 Gateway, 외부 네트워크

와의 프로그램 동기화를 위해 설치되는 Middleware, 외부 네트워크와의 통신을 위해 설치되는 HSDPA/WCDMA Modem으로 구성되며 자료를 외부 네트워크로 전송하여 실시간 확인이 가능하게 하고, 외부 네트워크 중 과적 관리사무소에서는 관할 기관에 단속대상차량의 정보를 전송하여 단속대상차량에 대한 처리여부를 결정하고 처벌집행여부를 결정한다.

2.2 전체 시스템의 체계

그림 2는 U-중차량 무인과적단속시스템의 체계를 나타내는 그림이다. USN을 통하여 여러 센서로부터 측정된 정보들을 하나의 Sink Node에 전송하고 Sink Node에서는 측정된 정보를 System Controller로 전송한다. System Controller에서는 정보를 경고표시장치(VMS)로 전송하여 위반차량에 위반사실을 통보하고, 위반차량의 휴대폰, PDA, Navigation 등에 위반내용을 전송하며, 과적 관리사무소에 과적차량 정보를 통보한다. 과적 관리사무소에서는 관할 지방자치단체나 경찰청 등과 연계하여 위반 사실에 대한 처리 업무를 담당한다.

그림 2의 내부 네트워크(Internal Network)에서의 통신

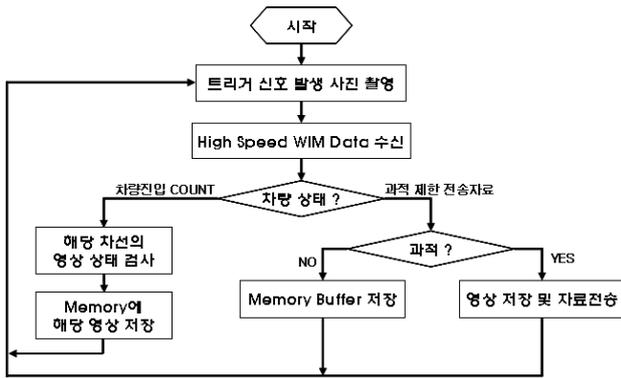


그림 3 시스템 알고리즘

은 근거리 무선통신 기술 중 하나인 Zigbee를 이용하고, 외부 네트워크(External Network)에서의 통신은 3.5세대 무선통신 기술인 HSDPA(High-Speed Downlink Packet Access)를 이용한다(Andrew, 2004).

2.3 과적 시스템 알고리즘

그림 3은 U-중차량 무인과적단속시스템의 알고리즘을 나타낸 그림이다. 기본적으로 과적차량의 판단 순서는 위와 같은 과정에 의해 판단되며, 필요에 따라 운행 허가 차량 등의 정보를 추가하여 처리하는 알고리즘의 변경이 가능하다.

3. USN 구성을 위한 센서의 성능 실험

USN의 구성을 위해 사용될 최적의 WIM Sensor 선정을 위하여 성능, 가격, 설치 편의성 등을 비교하여 2가지 센서를 선정하고 실내실험을 통하여 센서의 신뢰도를 비교 분석하였다(Aktan 등, 2002).

3.1 선정 센서

본 연구에서 사용된 센서는 광섬유의 Micro Strain을 이용한 Fiber Optical 센서와 Plate의 미세변형을 측정하는 방식의 Bending Plate 센서이다.

3.2 Fiber Optical Sensor 실험 및 실험 결과

Fiber Optical Sensor는 미세한 변위제어가 가능한 device를 제작 한 후 그림 4(a)와 같은 x축 인장 테스트기를 이용하여 센서에 압력을 가하는 위치와 접지폭(2.5cm와 10cm)을 변수로 하여 변위-응답에 대한 실험을 하였다. 실험은 그림 4(b)와 같이 테스트기에 광섬유 센서를 끼워 넣은

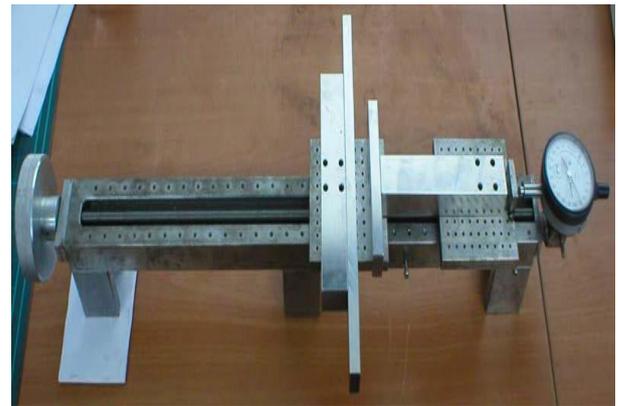


그림 4(a) x축 인장 테스트기

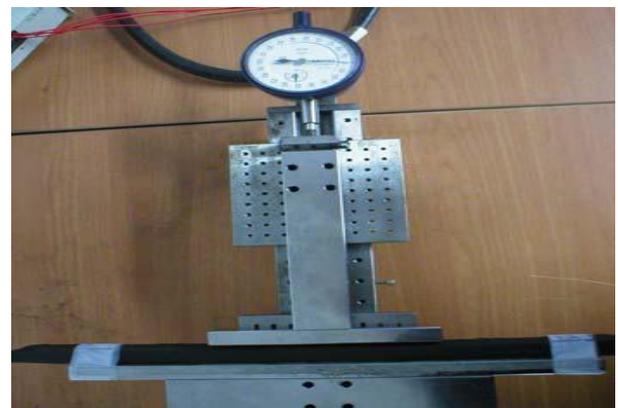


그림 4(b) 광섬유센서의 x축 인장 테스트

후 x축 방향으로 압력을 가하였으며, 압력을 가하는 위치를 다르게 하여 실험 하였다.

그림 5(a)와 같이 동일한 위치에서의 실험 결과는 모두 일치했고 센서의 위치만 변경하여 실험한 결과도 접지폭 10cm의 센서에서는 데이터가 거의 일치하였다. 하지만, 그림 5(b)와 같이 접지폭 2.5cm에서 동일센서의 응답은 차이가 있었고, 동일 위치에 센서를 변경한 결과는 유사했다. 이러한 결과는 광섬유 센서의 경우 원형체에 케이블을 감아서 제작하는 것이기 때문에 접지부에 따라 응답에 오차가 발생된 것으로 판단된다. 결과적으로, 접지폭 2.5cm에서 오차가 발생하였지만, 10cm이상의 경우 오차가 거의 없기 때문에 실제로 20cm이상의 폭을 가지는 타이어의 경우 신뢰도에는 문제가 없을 것으로 판단된다(김호중, 2003).

3.3 Bending Plate Sensor 실험 및 실험 결과

Bending Plate는 센서에 하중을 재하여 실험하였으며, 중량을 5단계로 증가시키면서 단계별로 3회씩 실험을 하여, 평균값과 오차를 계산하였다. 실험장비는 그림 6(a)와 같이 UTM 강도 측정기를 사용하였다.

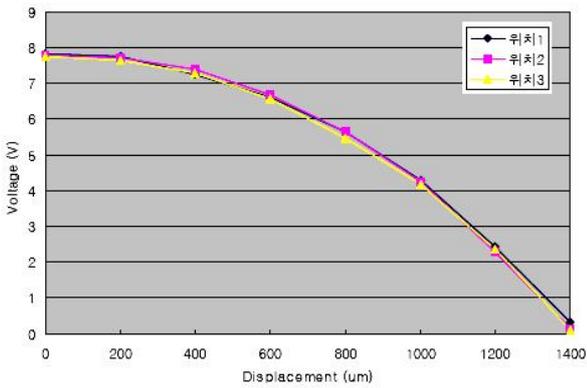


그림 5(a) 위치별 측정값(접지폭 10cm)

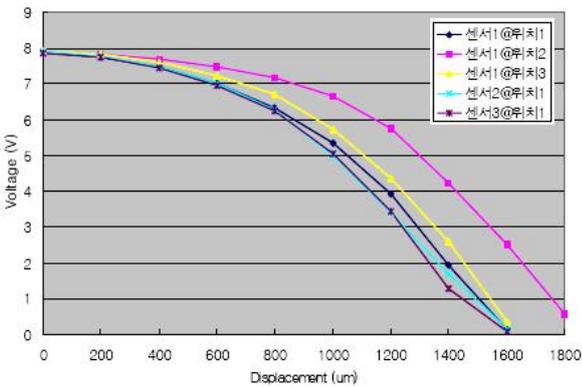


그림 5(b) 센서별, 위치별 측정값(접지폭 2.5cm)



그림 6(a) UTM 강도 측정기



그림 6(b) 센서 데이터 값

표 1 Bending Plate Sensor 테스트 결과

Step	시 험 기 중량(ton/KN)	인디케이터 측정중량 (ton / KN)			오차	
		1차	2차	3차	평균	오차(%)
1	2 (19.613KN)	2.000	1.980	1.980	1.9867	0.67
2	4 (39.227KN)	4.000	3.980	3.980	3.9867	0.33
3	6 (58.840KN)	6.000	5.980	6.000	5.9933	0.11
4	8 (78.453KN)	8.000	7.980	7.980	7.9867	0.17
5	10 (98.067KN)	9.980	9.960	9.960	9.9667	0.33

본 실험은 실내온도 23℃, 습도 64%의 조건에서 실시하였으며 실험 시 전압의 크기는 10V였고, 실험은 중량의 크기를 2, 4, 6, 8, 10ton으로 다르게 하여 단계별 총 3회씩 하였다.

실험 결과 표 1과 같이 2ton의 중량에서는 평균 1.9867로 0.67%의 가장 큰 오차를 나타내었고, 4ton 재하시는 평균 3.9867에 오차 0.33%, 중량 6ton 재하 시, 평균 5.9933으로 오차율 0.11%인 가장 작은 오차율을 보였다. 또한, 8ton 과 10ton 재하 시에도 오차율은 0.17%와 0.33%를 나타냈다. 3회 실험 실시 결과의 경우도 인디케이터의 측정중량이 모두 일치하는 것으로 나타났으며, 오차율은 0.11~0.67%로 1%미만을 나타냈다.

4. 유비쿼터스 플랫폼 설계

기존 과적단속시스템의 문제점을 해결하기 위해서는 유비쿼터스 기술을 과적단속시스템에 적용시켜 무인화, 무선화 시스템을 구축해야 할 필요가 있다. 이를 위해서는 센서에서 측정된 정보를 무선으로 전송하여 위반내용에 대한 정보를 사용자 및 과적차량에 알려줄 수 있는 Wireless 기술과 시스템 설계 기술이 필요하다. 본 시스템은 크게 USN Sensor Field와 System Controller로 구성된다.

4.1 USN Sensor Field

고속으로 이동 중인 차량의 하중을 측정하는 High Speed WIM Sensor와 차량의 통과를 감지하는 Loop Sensor, 영상인식장치 등의 여러 가지 센서를 USN Sensor Field의 구성을 통해 무선화 하는 것이 중요하다.

Ubiquitous Sensor의 경우 그림 8(a)에서 보는 Sensor Node를 그림 8(b)와 같은 WIM Sensor에 장착하여 정보를 무선으로 전송할 수 있다. 이러한 방식으로 여러 개의 센서

를 연동하여 Zigbee, bluetooth 등의 무선통신 기술을 통해 Sensor Field를 구성함으로써 Wireless Sensor Field를 구성한다.

4.2 시스템 제어부 (System Controller)

그림.9는 시스템 제어부를 설명하는 그림이다. 이것은 1차



그림 8(a) Sensor Node



그림 8(b) WIM Sensor

적인 목적을 수행하기 위한 간략도면이며, 실제로 적용 시에는 차량의 중량에 따른 과적여부 판단까지 수행할 수 있는 제어부의 설계가 가능하다.

시스템 제어부에는 USN에서 취합된 정보가 모이는 Sink Node의 역할을 수행하는 Gateway와 센싱 데이터를 가공하는 Data Logger와 외부와의 통신을 가능하게 하는 소프트웨어인 Middleware와 직접적인 데이터를 전송하는 WCDMA 또는 HSDPA와 관련된 Modem이 내장된다.

4.2.1 Gateway

Gateway 및 Middleware설계 기술의 경우 USN Sensor Field에서 취합된 정보를 다른 Sensor Field 또는 다른 네트워크로 전송할 때 정보가 나가는 문(Gate)의 역할을 한다. Gateway의 경우 Sensor Field에서 취합되는 자료가 지나가는 통로인 Sink Node를 통해서도 같은 기능을 하는 것이 가능하다.

4.2.2 Data Logger

센서 측정 데이터의 아날로그 입력을 디지털수로 변환하여 자동적으로 기록하는 장치로서 AD변환기를 통해서 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환한다.

4.2.3 Middleware

Middleware는 두개 이상의 시스템 사이에서 둘 사이를 중재하는 프로그래밍 서비스를 의미하는데 본 시스템의 경우 Middleware를 통해 Sensor Field와 각 응용서비스 간의 동기화를 실시한다.

4.2.4 WCDMA / HSDPA Modem

VMS, 사용자의 휴대폰, PDA, Navigation 및 과적관리사

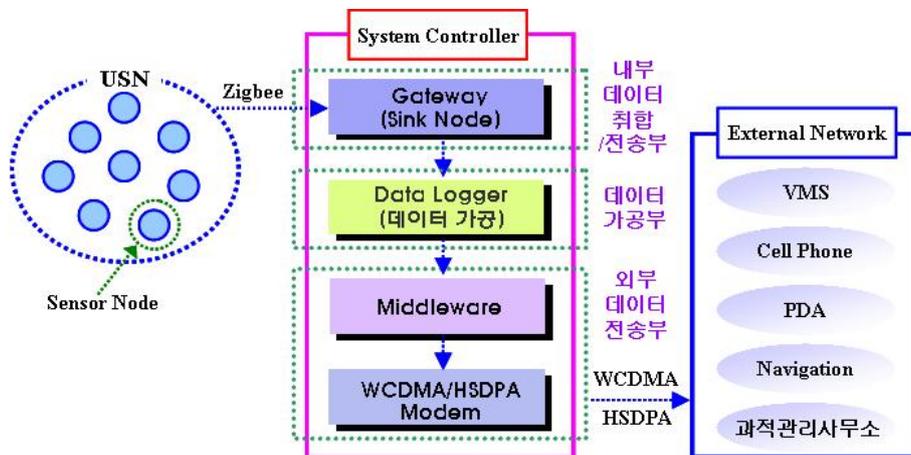


그림9 시스템 제어부 전개도

무소에 과적차량 정보를 전송하기 위한 HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) 기술의 경우 CDMA 기술에 비해 고용량 전송, 빠른 데이터 전송이 가능하며 기지국에 대한 별도의 투자 없이 WCDMA 시스템을 약간만 개량하여 이용이 가능한 장점 등을 가지고 있다. 본 시스템에서는 HSDPA를 이용하여 취합되고 가공된 정보를 과적단속차량 및 관리사무소, 유관기관 등에 전송할 때 빠르고 정확하며 대용량의 정보전송이 가능해지고 무선 인터넷 등을 통한 확인을 가능하게 하여 실시간 내용 확인 서비스를 제공한다.

5. U-중차량 무인과적단속시스템의 적용방안

U-중차량 무인과적단속시스템의 경우 과적차량의 제한이나 단속 같은 여러 가지 목적에 따라 자유로운 운영 방식을 설정할 수 있다.

하나의 소규모 USN으로써 과적차량의 정보를 중앙관제시스템에 송신해주고 다른 지능형 교통체계 ITS (Intelligent Traffic System) 분야와 연계하여 국가적인 교통체계에 적용하는 것이 가능하며, 개별적인 시스템의 운영을 통해 단속 대상차량의 출입을 통제하여 교량과 같은 구조물의 내하력 저하 방지를 위해 사용할 수 있다(심태무, 1998).

이와 같은 U-중차량 무인과적단속시스템의 자유로운 활용성은 국가적인 목적이나 개별적인 목적의 사용이 가능하게 하여 시스템 적용의 효율성을 향상시킬 수 있다.

6. 결 론

지금까지 고속주행 중 무인과적단속시스템 구축을 위한 유비쿼터스 기술의 적용 방안에 대한 연구로서, 각 센서간의 신속하고 정확한 데이터 교환을 위해 USN을 구성했고, 시스템의 호환성 향상을 위해 Gateway, Middleware, WCDMA/HSDPA Modem 등을 적용한 System Controller의 설계 기준을 제시하고 U-중차량 과적단속시스템의 과적 판단 알고리즘을 개발하여 효과적인 과적단속의 판단 기준을 제공했으며 시스템의 적용 가능성과 적용 방안에 대한 연구를 통해 ITS와의 연계성이나 개별적인 사용방법 등을 제시하였고, U-중차량 무인과적단속시스템에 대한 분석을 통해 본 시스템이 기존의 과적단속에 비해 경제적, 사회적으로 훨씬 효율적이고 신속하며 높은 신뢰도를 가지는 시스템인 것이 나타났

고, 시스템의 세부적인 실제 적용방법을 연구한 결과, 유비쿼터스 기술과의 접목이 가능하며 많은 장점이 있는 것을 확인할 수 있었다.

또한, WIM센서에 대한 실험을 통해 Bending Plate, Fiber Optical 센서의 시스템 적용 가능성을 검증한 결과, Fiber Optical Sensor의 경우 하중을 받는 접지폭의 크기를 하중을 가하는 폭보다 상대적으로 크게 하면 WIM으로서 적합한 것으로 나타났고, Bending Plate Sensor의 경우 같은 중량을 3회씩 실험한 결과 1%미만의 오차를 나타내서 시스템에 적용할 WIM센서로서의 가능성을 확인할 수 있었다.

이와 같이 본 시스템을 실제 도로, 교량 등에 적용함으로써 시스템의 무인화를 통한 인건비의 감소, 고성능 센서의 사용과 적절한 알고리즘을 통해 얻어지는 시스템의 신뢰도 향상, 무선화 시스템 구축으로 인한 시스템 설치의 편의성, 기존 과적단속 시스템 활용 기술의 적용을 통한 시스템 설치비 감소, u-ITS체계 확립 등의 편리하고 경제적인 효과들이 얻어질 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가원 건설핵심 기술연구개발 사업의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 한국건설교통기술평가원과 (주)동일기술공사에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김은영, 이정원(2006) 중차량 통행지표 분석 및 과적단속 업무시 활용방안, 서울도시연구 논문, 7(1), pp.75~83.
- 김호중(2003) WIM Data 활용방안에 관한 연구, 석사학위논문, 명지대학교.
- 심태무(1998) Bridge Weigh-In-Motion System을 이용한 중차량의 통행특성에 관한 연구, 석사학위논문, 경희대학교.
- (주)승화이엔씨(2004) 중차량 통행노선 및 시스템 개발, 1, 서울특별시, 한국.
- A. Emin Aktan 등(2002) Monitoring and Safety Evaluation of Existing Concrete Structures, State-of-the-Art Report, USA.
- Andrew P. Nichols(2004) Quality Control Procedures For Weigh-In-Motion Data, Doctor of Philosophy, Purdue Univ.