

과적차량 방지를 위한 유비쿼터스도로에 관한 연구

A Study on Ubiquitous Road for Prevention of the Overweight Vehicles

조 병 완† 윤 광 원* 박 정 훈** 김 현***
Jo, Byung-Wan Yoon, Kwang-won Park, Jung-Hoon Kim, Heoun
(논문접수일 : 2008년 6월 5일 ; 심사종료일 : 2008년 6월 18일)

요 지

과적차량은 도로 및 교량 구조물과 도로 횡단 시설물 등에 손상요인으로 작용하므로 시설물의 내구성을 단축시켜 이에 따른 유지보수 비용을 증가시킨다. 기존의 단속 시스템은 많은 문제점을 내포하고 있어서 이에 대한 대처방안이 요구되고 있다. 이에 따라, 본 논문에서는 주행중인 과적차량의 지능형 무인과적 단속 시스템 개발을 위하여 유비쿼터스 센서네트워크 시스템을 구성하고, 무선통신프로토콜을 통한 실내성능실험으로 축중 WIM센서 선정, 하중 및 온도에 따른 변수, 자율 공간 송수신 거리 실험을 통해 U-도로 과적차량 무인관리 시스템의 가능성을 검토하였다. 그리고 고속 주행 상태에서 차량의 하중 측정이 가능한 High Speed WIM Sensor의 성능에 대해 검증하였다. 또한 USN구성을 위한 센서의 무선화 테스트를 실시하였다. 본 연구에서 실시한 실험은 기본적으로 고속 WIM센서와 함께 USN의 구성과 Internal/External Network의 완전 무인, 무선화 시스템을 통한 사용자 중심의 시스템을 구축하는 것이 최종 목적이므로 향후 WCDMA/HSDPA를 이용한 External Network의 구성과 실제 과적 단속 적용을 위하여 Test Bed를 통한 실험이 실시되어야 할 것이다.

핵심용어 : 유비쿼터스, USN, 웹 센서, 과적, 현장실험, 밴딩플레이트 센서

Abstract

Overload vehicles operate damage to road, bridge, and then increasing in maintenance and repair cost because structures are reduced durability. The existing regulation systems have many problems and need coping measure. Therefore, this paper organized Ubiquitous sensor network system for development of intelligent auto overload vehicle regulation system about high speed vehicles, also axial load WIM sensor was selected by indoor experiment through wireless protocol. And we examined possibility U-load auto overload vehicle regulation system through experiment of the transmission and reception distance. If this system will apply to road and bridge, might be effective for economy and convenience through establishment of U-IT system. And high speed vehicle that was amalgamate IT technology and existing overload regulation problems, also tested wireless sensor for USN organization. This experiment aim to organize system interface for user through perfection man-less, wireless system of Internal/External Network from high speed WIN sensor with USN organization. Accordingly, it is necessary experimentation through Test Bed for constitution External network and application of actually regulations using WCDMA/HSDPA.

Keywords : ubiquitous, USN, weigh-in-motion(WIM), overload, field test, bending plate sensor

1. 서 론

최근 도시기반시설과 관련된 각종 재해가 빈발하면서 도시 기반시설의 유지관리에 대한 관심이 증가하고 있다. 과적차

량은 도로 및 교량 구조물과 도로 횡단 시설물 등에 손상요인으로 작용하므로 시설물의 내구성을 단축시켜 이에 따른 유지보수 비용을 증가시킨다. 특히 과중한 무게로 인하여 조종 및 제동 능력이 떨어지므로 해당도로의 용량을 저하시키

† 책임저자, 정회원 · 한양대학교 토목공학과 교수
Tel: 011-290-0327 ; Fax: 02-2292-0321
E-mail: joycon@hanmail.net

* 교신저자, 학생회원 · 한양대학교 토목공학과 석사과정

** 학생회원 · 한양대학교 토목공학과 박사과정

*** 학생회원 · 한양대학교 토목공학과 석사과정

• 이 논문에 대한 토론을 2008년 8월 31일까지 본 학회에 보내주시면 2008년 10월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

며, 운행 시 소음과 진동의 유발, 배기가스 배출 등은 도로환경악화의 요인으로 작용한다. 전 세계적으로 이러한 문제의 해결을 위해 정확하고 신속한 처리가 가능한 중차량 시스템의 개발에 몰두하고 있는 실정이다. 특히 선진국의 경우 도로에 설치하는 축 중량 계측시스템이나 이동식 단속시스템의 한계를 인식하고 이에 대한 새로운 접근방법을 모색하고 있다.

이에 따라, 본 논문에서는 주행중인 과적차량의 지능형 무인과적 단속 시스템 개발을 위하여 유비쿼터스 센서네트워크 시스템을 구성하고, 실내성능실험으로 축중 WIM센서 선정, 하중 및 온도에 따른 변수, 자율공간 송수신 거리 실험을 통해 U-도로 과적차량 무인관리 시스템의 가능성을 검토하였다.

2. 과적단속 현황

현재 시행되고 있는 과적 관리시스템은 차량의 과적관련 정보를 얻기 위하여 정적인 측정, 즉 차량을 일정한 장소(계량소)에까지 유도하고 정지시킨 후 각 축 중량을 측정하고 있다. 기존단속의 경우 그림 1과 같이 단속초소안에 매시간 상주인원이 배치되어야 하며, 과적이거나 판단된 차량은 인력을 통하여 우회도로로 유도해야 하는 문제점을 지니고 있다.

이 경우는 측정인원, 장소가 필요하고 시간이 소요되며 위치가 노출되는 단점이 있으며, 혼입율과 차간거리 등의 교통 관련 정보는 수집되지 않고, 운행차량 측에서 보면 정상적인 운행경로에서 벗어남으로서 시간 및 경비를 낭비하게 된다. 따라서 공용중인 도로상에서 주행 중인 차량의 하중 및 주행 정보를 측정하고자 하는 필요성이 제기 되었다.

3. U-도로 과적차량 무인관리 시스템

국가주요 사회기반 시설인 도로와 교량은 국가경제발전의 동맥으로서 보다 정밀하고 신속한 안전성 검증을 위하여 침

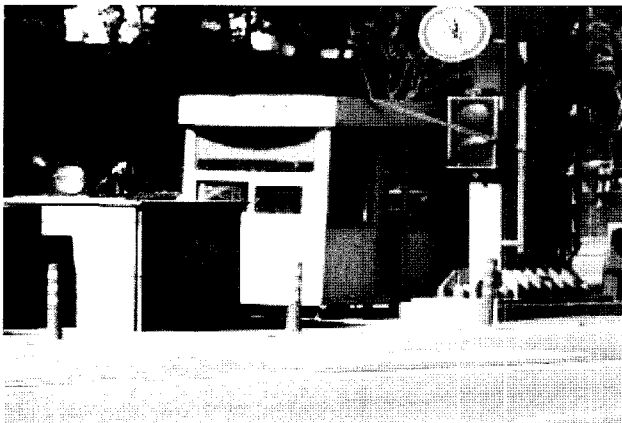


그림 1. 기존 과적차량 관리시스템

단 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)기술을 이용한 U-지능형 도로와 교량의 컨셉이 정립되고 있는 실정이다. 본 논문은 도로와 교량의 주요파손·결함요인중 하나인 과적차량에 대해 지능적으로 대처하는 U-도로 과적차량 관리시스템에 대한 것으로 구성은 다음과 같다.

3.1 시스템의 구성

일반 도로에 설치될 U-도로 과적차량 무인관리시스템(그림 2)을 구성하기 위하여, 고속주행 중에서도 과적여부를 신속하게 판단하고 차량흐름에 영향을 주지 않을 뿐 아니라 과적차량, 관리사무소, 관련기관에 HSDPA, 경고표시장치 등을 통해 과적정보를 전송하는 시스템이 구현되어야 한다. 전체 시스템은 USN Sensor Field, System External Network로 구성된다. 차량이 USN Sensor Field에 설치된 Loop Sensor를 통과하면 영상처리장치에서 해당 차량의 영상을 촬영하게 되고, 뒤이어 High Speed WIM Sensor에서는 차량의 하중을 측정하여 System Controller에 데이터를 전송한다. System Controller에서는 두 가지 종류의 데이터를 전송받아 정보를 처리하게 되는데, 첫 번째로 차량의 진입 데이터를 전송받아 차량을 한 대씩 분류하고 진입을 카운트하게 된다. 그리고 해당 차선의 영상상태를 검사하고 System의 메모리에 해당 영상을 저장한 후, 다음 차량의 통과 감지를 실시하게 된다.

두 번째로 System Controller에서는 차량의 하중데이터를 전송받게 되고 건설교통부에서 운영하는 자동차관리전산망을 이용하여 차량의 축조작 여부를 검토하고 해당 될 경우는 영상을 저장하여 관리사무소에 전송하고 해당되지 않을 경우 차량의 과적여부를 판단하게 된다. 과적이 아니라고 판단되면 데이터를 Memory Buffer에 저장하게 되고, 과적일 경우 해당 차량의 영상을 저장한 후 관리사무소와 해당 차량의 차주에게 휴대폰 SMS 메시지를 전송하며, 도로전광판에 과적내용을 출력한다. 그 이후 해당 U-도로 과적차량 무인관리시스템을 담당하는 인근의 과적관리사무소에서 과적된 화

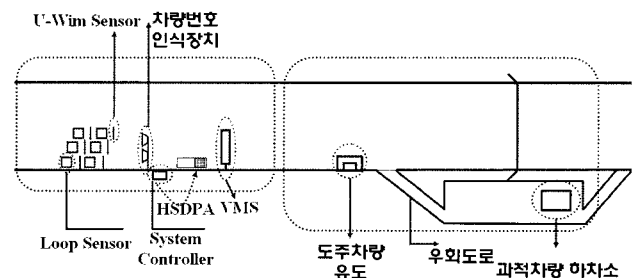


그림 2 U-도로 과적차량 무인관리 시스템

물의 하차를 실시하고 차량의 사법처리를 실시한다.

기본적으로 U-도로 과적차량 무인관리시스템의 판단 순서는 위와 같은 과정에 의해 판단되며, 필요에 따라 운행허가 차량 등의 정보를 추가하여 처리하는 알고리즘의 변경이 가능하다.

4. Wim 센서 실내 성능 실험

U-도로 과적차량 무인관리시스템은 주행중인 모든 차량에 대한 하중을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 무인으로 과적차량을 판단하여 정보를 관리사무소, 운전자, VMS등으로 전송하는 지능형 시스템이므로 우선적으로 신속하고 정확한 WIM 센서와 무선 시스템의 개발이 이루어져야 한다.

Bending Plate Type Sensor는 하중에 의해 발생하는 변형률을 측정하고 이를 전기적 신호로 변환하여 출력하는 방식의 센서이다. 우선 센서의 정적하중 실험을 통하여 안정적인 오차율을 확인하였고 온도저항성실험을 통한 내구성 확인 및 현장실험을 실시한후 최종적으로 U-도로 과적차량 무인관리 시스템에 적용될 것이다.

4.1 온도 저항성 실험

본 연구에서 사용할 Bending Plate Type Sensor에 대한 적용성 검토와 신뢰도 확보를 위하여 하중 변수 이외에 온도 변수를 추가하여 계절별 온도 변화에 대한 저항성 실험을 실시하였다. 그림 3의 시험기를 사용하여 -10℃, -5℃, 0℃, 10℃, 20℃, 30℃, 50℃의 7단계로 온도를 변화시켜 실험하였으며, 하중은 총 5단계로 나누어 2Ton부터 10Ton까지 단계별로 2Ton씩 증가시키면서 재하하였다. 실험실의 습도는 37%였으며, 온도별로 3회 측정을 실시하여 실험의 정확도를 확보하였다. 그림 3은 각각 Burning & Cold Test

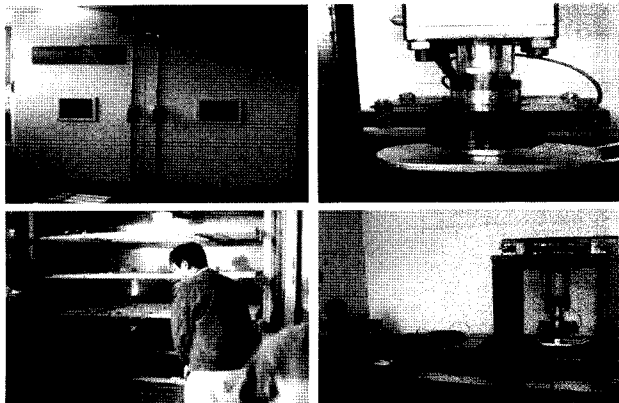


그림 3 온도 저항성 실험

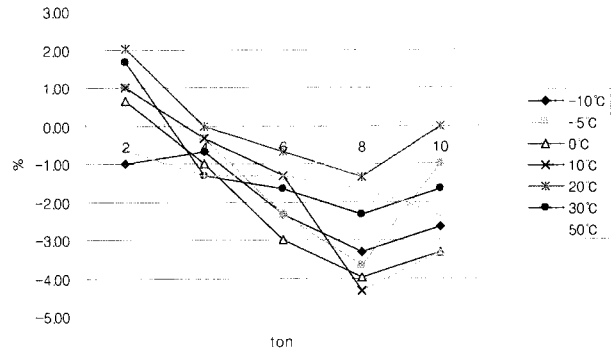


그림 4 온도별 측정데이터

Chamber의 내부와 하중 재하 장면을 나타낸 사진이다.

온도별 측정데이터를 도표로 나타낸 그림 4를 보면, Bending Plate Type Sensor의 온도 저항성 실험을 실시한 결과, 상온에서 센서를 사용할 경우 계절 변화나 기후 변화에 따른 온도 변화에 대한 저항성은 충분한 것으로 판단된다.

4.2 Wireless Sensor Node 성능실험

본 연구에서 사용할 Bending Plate Type Sensor에 무선 센서 노드를 적용하여 센서를 무선화하기 위하여 현장실험을 실시하기 전에 센서 노드와 Bending Plate Sensor의 호환 가능성을 간단한 실내 테스트를 통하여 실험해보았다.

그림 5와 같이 Bending Plate에 무선 센서노드를 연결한다. 상기와 같이 센서를 무선화 시킨 후 연구원이 Bending Plate Sensor 위에 올라가 하중을 주었고 데이터로거의 무선 데이터 취득을 시도해 보았다.

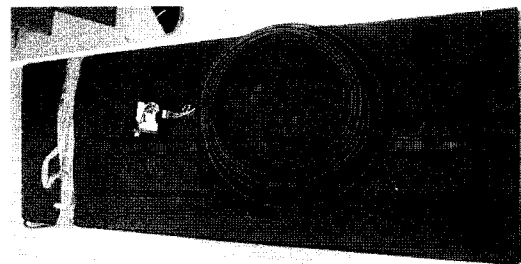


그림 5 Bending Plate 무선화 실험

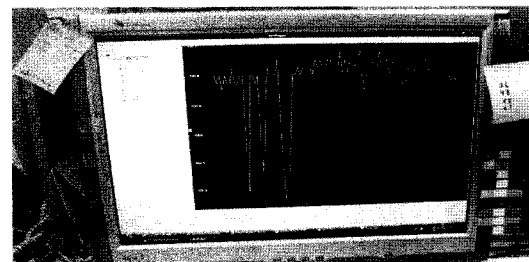


그림 6 무선화 실험 결과

센서의 데이터를 취득한 결과, Calibration Machine이 아닌 사람의 체중을 통한 하중 제어여서 신호의 세기가 작았지만 무선 센서 노드의 적용 가능성에는 문제가 없는 것을 확인할 수 있었다.

4.3 실내 실험 결과 평가

본 연구에서는 U-중차량 과적관리시스템의 구축을 위한 기초단계로서의 실내실험을 수행하였다. 실험에 사용할 센서 노드와 수신기, Basic Program 등의 기초 구성 요소를 선정하였고, 본 연구의 목적인 고속 주행 중에서의 차량 하중 측정을 위해 선정된 Bending Plate Sensor에 대하여 하중을 변수로 하여 실내 실험을 진행한 결과, 본 연구에 사용하기 위하여 충분한 정확도를 확보한 것으로 판단되었으며, 계절별 온도변화 및 기후변화에 대한 저항성을 확보하기 위해 온도 저항성 실험을 실시하여 온도 변수에 대한 신뢰성을 확보하였다. 상기와 같은 실내 실험을 통해 Bending Plate Sensor의 성능을 확인하고 본 연구에 적용할 센서로 채택하였다.

또한, 선정된 Bending Plate Sensor의 측정 데이터를 무선으로 취득하기 위해 무선 센서 노드를 선정하여 자유공간 송수신거리 실험을 실시한 결과, 300m이상의 거리에서도 충분한 통신품질이 나타나는 것을 확인하였다. 또한 Bending Plate Sensor와의 호환성 여부를 검증하기 위하여 간단한 실내 실험을 실시한 결과, 무선으로 측정 데이터를 전송받는 데에는 문제가 없는 것으로 판단되었다.

5. 현장실험

5.1 현장 실험 방법

그림 7은 경기도 여주에 위치한 과적단속초소이다. 본 연구에서 제안하는 U-중차량 과적관리시스템의 현장 실험을 위해 15ton 덤프트럭을 임대하여 모래를 적재한 후, 실험을 실시하였다.

우선 기존에 설치되어 있던 Low Speed WIM Sensor를 제거하고 High Speed WIM Sensor를 설치하였다. H사에서 개발한 High Speed WIM Sensor는 기존에 설치되어 있던 캐나다 IRD사의 센서와 크기와 형태가 동일하기 때문에 기존에 설치되어 있는 틀에서 Low Speed WIM Sensor만을 제거한 후 고속 주행용 WIM Sensor를 설치하였다. WIM Sensor의 설치를 위한 틀의 깊이는 약 20cm 정도이며 여기에 Bending Plate Sensor의 변형을 발생을 위하여

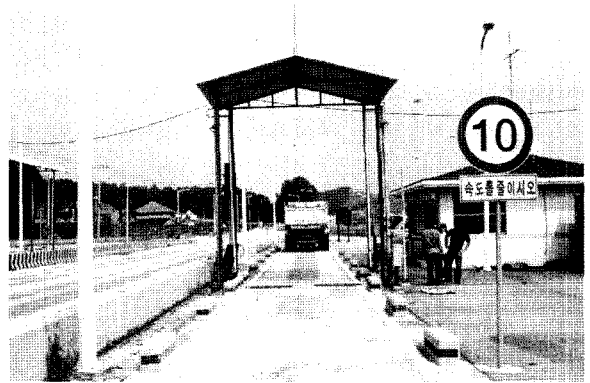


그림 7 실험 현장 전경



그림 8 High Speed WIM 설치



그림 9 이동하중 측정

양단에 지지대를 설치한다. 지지대 위에 센서를 올려놓은 후, 센서를 고정시키고 주위에 에폭시 등의 재료를 사용하여 차량의 서스펜션이 발생하지 않도록 기존 도로의 높이와 동일하게 타설한다.

그림 9와 같이 덤프트럭을 출발시켜 센서 위를 지나갈 때의 하중을 측정하였다. 이번 실험은 차량의 속도를 변수로 하여 약 10Km/h에서 50Km/h이상까지의 속도에서의 하중 측정 능력을 확인하였다. 본 실험에서 사용된 덤프트럭의 총 중량은 24.25ton이었으며, 단속초소의 실험구간이 짧아서 80Km/h이상의 속도는 낼 수가 없었다. 센서는 차선 당 2개

가 설치되며 차량의 축 하중을 측정하고 차량 한 대의 모든 축 하중을 계산하여 총 하중을 산출한다. 도로교통법 상 차량의 과적기준은 축 하중 10ton이상, 총 하중 40ton이상이면 적발이 되는 것으로 명시되어 있으나, 실제 단속에서는 정확한 하중 측정에 무리가 있어 10%의 경감을 고려한 축 하중 11ton 이상, 총 하중 44ton이상인 경우에만 단속을 실시하고 있다.

5.2 유선시스템 성능 실험

유선시스템 실험을 위하여 그림 10과 같이 데이터 취득 프로그램을 세팅하였다. 기존에 사용되던 프로그램이 이미 상용화가 되어있어서 센서에서 측정된 데이터의 전압을 하중으로 변환하여 화면상에 표시한다.



그림 10 유선시스템 데이터 취득

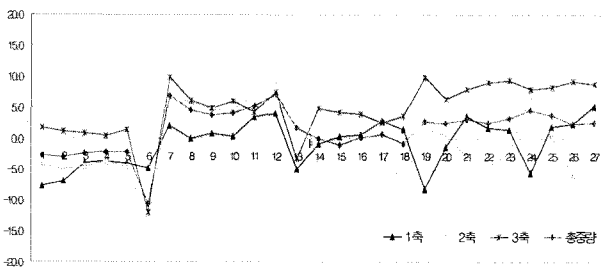


그림 11 1차 Calibration Data 오차율(%)

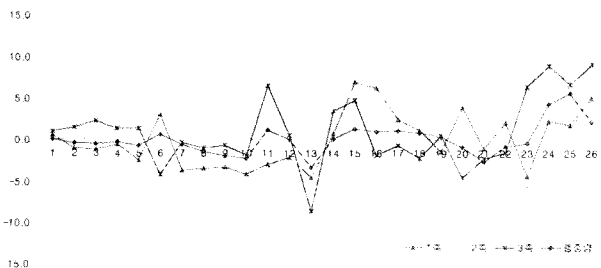


그림 12 2차 Calibration Data 오차율(%)

본 실험은 2회 실시되었으며 실험 시 차량의 속도는 대략 10Km/h, 30Km/h, 50Km/h 속도에서 각 4~5회 정도 실시하였다. 본 실험에 사용된 차량은 총 3축으로 이루어져 있으며 1축의 하중은 6ton, 2축의 하중은 9.15ton, 3축의 하중은 9.10ton이며, 총 하중은 24.25ton이었다. 2회의 실험 중 1차 실험은 유선으로 연결되어 있는 자동 계측 시스템을 이용하여 시스템의 Calibration을 실시한 후, 차량을 속도별로 이동시켜 하중을 측정된 데이터이다. 평균 데이터를 보면 1축 하중은 5.96ton, 2축 하중은 9.08ton, 3축 하중은 9.56ton, 총 중량은 24.60ton으로 나타났으며, 총 중량의 오차는 1.44%로 나타났다. 또한, 시속 60Km/h 정도의 고속에서 측정된 데이터의 오차는 2.4~4.5% 정도로 실제 과적 단속 시 사용하는 10%의 경감을 고려한다면 충분히 적용이 가능할 것으로 판단된다.

그림 11은 1차 실험 데이터에 나타난 축 하중의 오차와 총 하중의 오차를 그래프(가로축:속도, 세로축:오차)로 나타낸 그림이다. 그래프를 보면 고속 상태보다 20Km/h~30Km/h의 저속 상태에서의 데이터가 더 불안정한 것을 볼 수 있는데, 이것은 1차 실험에서 시스템의 Calibration이 충분하지 않아서 나타난 현상으로 판단된다. 하지만 1~2개의 데이터를 제외하고는 모든 데이터가 10%이내의 오차를 보여 비교적 안정적인 것으로 나타났다.

2차 실험은 1차 실험과 동일한 조건에서 실시하였다. 센서 설치 부분을 통과할 때의 속도는 정확하게 맞추는 것이 불가능하여 기존 계획했던 속도에서 약 ± 2 Km/h이내의 속도를 통해 센서의 하중 측정 능력을 확인했다. 2차 실험에서 1축 하중의 평균은 6.01ton, 2축 하중의 평균은 9.07ton, 3축 하중의 평균은 9.20ton, 총 하중의 평균은 24.28ton으로 나타났으며, 1축 하중의 오차는 0.13%, 2축 하중의 오차는 -0.90%, 3축 하중의 오차는 1.14%, 총 중량 오차는 0.12%로 나타났다. 시스템에 더 정확한 보정을 실시한 결과 1차 실험에 비해서 더 정확한 데이터를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

또한, 그림 12를 보면 1차 실험의 그래프에 비하여 훨씬 안정적인 변동을 보여주고 있으며 총 중량의 오차는 5%이내의 안정적인 데이터를 확보하는 것을 볼 수 있다.

본 실험에서는 Bending Plate Sensor를 사용할 경우, 고속 상태에서도 충분한 신뢰도를 확보할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 부수적인 구성요소의 설치가 불가피하고 단속인원이 상주해야 하는 등의 문제점이 존재하기 때문에 이에 대한 해결 방안으로서 무선화 실험을 실시하였다.

5.3 무선시스템 성능 실험

유선센서 성능실험을 통해 Bending Plate Sensor의 고속 주행 상태 하중 측정능력을 검증한 후, 무선 센서 노드를 적용하여 무선화를 실시하였다. 그림 13의 무선 센서노드를 Bending Plate Sensor와 연결하여 센서의 전기 신호를 무선으로 전송하기 위한 준비를 하고 그림 14처럼 컴퓨터에 수신기를 접속하여 Anylogger 프로그램을 통해 센서로부터 들어오는 전압 데이터를 수신하도록 세팅을 실시하였다. 유선 센서 시스템과 모든 조건을 동일하게 유지하고 약 50m의 거리에서 무선 센서 노드를 통해 들어오는 정보를 수집하였다. 차량의 속도는 유선센서와 동일하게 10Km/h, 30Km/h, 50Km/h의 5가지의 경우를 측정하였다. Bending Plate Sensor는 1차선에 2개씩 설치가 되므로 센서 노드를 좌우측에 1개씩 설치하여 결과를 계산하였다. 센서 위에 차량을 올려놓은 상태에서 Strain을 측정된 결과 1축의 변형률은 -136.948, 2축은 -232.128, 3축은 -243였으며, 총 하중에 대한 전압은 -612.076이었다.

5가지의 속도를 각 3회씩 실험하였으며 데이터가 음수로 나타나는 이유는 차량의 통과에 의해 변형이 지면 방향으로 발생하기 때문이다. 그림 15는 축 별 오차와 총 중량에 의한 변형률의 오차를 표시한 그래프이다. 보는 바와 같이 1~3축의 경우 오차 범위가 ±10%이내인 것으로 나타났으며, 총 중

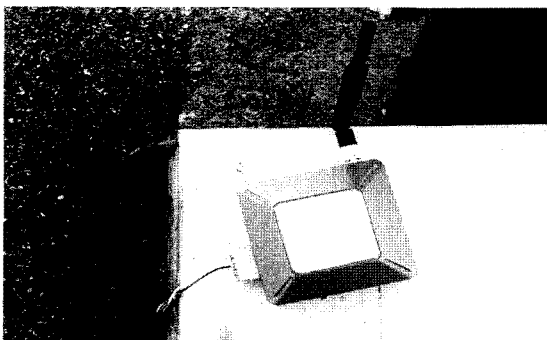


그림 13 무선데이터로거 연결



그림 14 수신기 연결

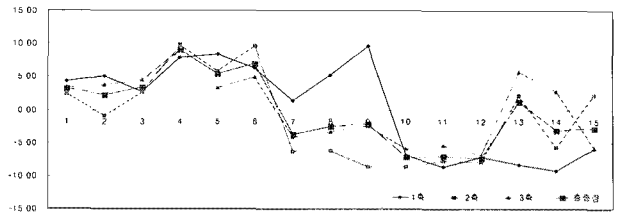


그림 15 무선 시스템 오차율 (전압 데이터)

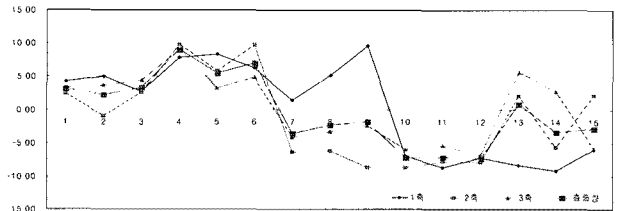


그림 16 무선 시스템 오차율 (하중 변환)

량에 의한 오차의 경우 대부분 5%이내의 안정적인 데이터를 보여주었다. 본 실험의 경우, 무선 센서 노드의 Calibration을 마치지 않은 상태에서 실시되어 변형률이 1ton당 -22.82 ~ -26.70의 변화를 보여주었다. 실제로 본 실험에서 사용된 High Speed Bending Plate Sensor의 경우 1ton당 센서의 고유 material properties와 변형률의 관계식에 의해 -24.5의 변형률을 보여주므로 센서 노드와 Bending Plate Sensor의 Calibration을 통하여 하중에 대한 보정을 실시하면 문제가 해결될 것으로 판단된다.

그림 16은 기존 Bending Plate Sensor를 이용한 WIM System에 적용되는 식을 이용하여 변형률 신호를 하중으로 바꾼 것이다. 오차는 기존 변형률 값의 경우와 동일하며 전체적으로 10%이내의 안정적인 흐름을 보여주고 있다.

5.4 유·무선시스템 성능 평가

전체적으로 두 경우 모두 오차율 10%이내의 안정적인 변화를 보여주고 있으며, 총 하중의 경우 오차율이 대부분 ±5% 이내로 나타나 실제 U-중차량 과적관리시스템을 구축할 경우 무선화 시스템을 사용해도 시스템의 안정성에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 두 가지의 데이터가 약간은 다른 양상을 보이고 있지만 이것은 차량의 속도를 일정하게 유지할 수가 없는 문제와 도로의 진동 영향, Calibration의 차이 등 많은 변수가 존재하고 있어서 나타난 문제점으로서, 실제로 무선 센서 노드를 적용할 경우에는 무선 시스템에 적합한 보정을 실시하여 해결할 수 있다.

본 실험에서는 센서의 현장 실험을 통해 무선 시스템의 장단점을 파악하고 해결방안을 모색하였으며, 실제 U-중차량

과적관리시스템에 적용 시 데이터의 신뢰도에 문제점이 없다는 것을 확인할 수 있었다.

6. 결 론

본 연구에서는 유비쿼터스 첨단 정보기술의 발달에 발맞추어 USN기술을 이용하여 과적차량을 실시간으로 단속하는 유비쿼터스 교량 및 도로를 위한 U-중차량 무인과적관리시스템의 구축을 위한 연구를 진행하였으며 결론은 다음과 같다.

1. 전체 시스템은 USN Sensor Field, System Controller, External Network로 구성된다. 여러 센서로부터 측정된 정보들을 USN을 통하여 하나의 Sink Node에 전송하고 측정된 정보를 System Controller로 전송한다. System Controller에서는 위반차량의 휴대폰, PDA, Navigation 과 도로전광표지(VMS : Variable Message System)등에 위반내용을 전송하여 위반사실을 통보한다.

2. Bending Plate Type Sensor의 신뢰도 확보를 위하여 온도 변화에 대한 저항성 실험을 실시하였고 -10℃, -5℃, 0℃, 10℃, 20℃, 30℃, 50℃의 7단계로 온도를 변화시켜 중량을 측정 비교하여 얻은 오차는 2%, 1.67%, 2.4%, 2.06%, 0.8%, 1.73%, 1.46%로 총 평균 1.73%의 낮은 오차율을 보여주었다. 본 실험결과 상온에서 센서를 사용할 경우 계절 변화나 기후 변화에 따른 온도 변화에 대한 저항성은 충분한 것으로 판단된다.

3. 무선 센서 노드의 자유공간 송수신 거리를 실험결과, 자유공간거리 120m에서의 통신품질은 86%, 300m에서의 통신품질은 56%로서 50%이상인 경우 데이터손실이 없다는 센서 성능에 기초하여 문제점이 없다는 것을 확인하였다. 또한 Bending Plate Type Sensor와의 호환 가능성을 위해 센서의 무선 데이터 취득을 시도해 보았고 신호의 정확한 취득이 이루어짐으로서 무선 센서 노드의 적용 가능성에는 문제가 없는 것을 확인할 수 있었다.

4. 본 연구에서 제안하는 U-중차량 과적관리시스템의 고속WIM센서 성능 확인을 위하여 10Km/h에서 600Km/h까지 차량의 속도를 변수로 하여 WIM하중 측정 능력을 실험한 결과 총 중량의 오차는 1.44%, 2차 실험에서는 총 중량 0.12%의 오차로 나타났다. 시스템에 보정을 실시한 결과 1차 실험에 비해서 더 정확한 데이터를 얻을 수 있었고 고속 상태에서도 충분한 신뢰도를 확보할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

5. 무선화 실험을 실시하였다. Strain을 측정 한 결과 1축의 변형률은 -136.948, 2축은 -232.128, 3축은 -243였으며, 총 하중에 대한 전압은 -612.076이었다. 변형률 신호를

하중으로 바꾼 결과 1~3축의 경우 오차 범위가 $\pm 10\%$ 이내인 것으로 나타났으며, 총 중량에 의한 오차의 경우 대부분 5%이내의 안정 적인 데이터를 보여주며 무선 센서 노드를 적용한 USN 구축 가능성을 확인할 수 있었다.

6. 전체 시스템의 구축 가능성을 확인하기 위하여 VMS, 과적관리사무소로의 데이터 전송 가능성을 실험하였다. VMS와 과적관리사무소 모두 원거리에서의 데이터 전송이 가능한 것을 확인하였고, 전체 시스템 구성 시, USN Sensor Field와 Internal Network의 구축 가능성을 발견할 수 있었다.

7. 본 연구에서 실시한 실험은 기본적으로 Pilot Test를 목적으로 실시되었으며 U-중차량 무인과적관리시스템은 고속 WIM센서와 함께 USN의 구성과 Internal/External Network의 완전 무인, 무선화 시스템을 통한 사용자 중심의 시스템을 구축하는 것이 최종 목적이므로 향후 WCDMA/HSDPA를 이용한 External Network의 구성과 실제 과적 단속 적용을 위하여 Test Bed를 통한 실험이 실시되어야 할 것이다. 또한 설치의 편의성 증진과 비용 절감을 위하여 기존 도로에 매설하는 방식이 아닌 USN Sensor Node를 진동 등의 방식을 통하여 직접적으로 통신하는 Sensor의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- 김은영, 이정원 (2006) 중차량 통행지표 분석 및 과적단속 업무시 활용방안, 서울도시연구학회, 7(1), pp.75~83.
- 김정미, 정필운 u-City로 바라보는 미래도시의 모습과 전망, 한국전산원 u-전략팀.
- 김호중 (2003) WIM Data 활용방안에 관한 연구, 석사학위논문, 명지대학교.
- 심태무 (1998) Bridge Weigh-In-Motion System을 이용한 중차량의 통행특성에 관한 연구, 석사학위논문, 경희대학교.
- 승하이연씨 (2004) 중차량 통행노선 및 시스템 개발, 1, 서울특별시, 대한민국.
- 오정연 (2005) 국내 유비쿼터스 현황 분석, 한국전산원.
- 조병완 등 (2007) U-중차량 무인과적단속시스템 구축방안에 대한 연구, 한국전산구조공학회 논문집, 3, pp.387~392.
- 정창택 (2004) 유비쿼터스 IT 창조경영, MJ미디어, p.15.
- 한국전산원 (2004) 유비쿼터스 환경구축에 대한 국내외 동향

분석.

한국도로공사 도로교통기술원 (2005) 도로 운행제한 차량 단속체계 개선방안 연구, 한국도로공사.

A. Emin Aktan (2002) 등, Monitoring and Safety Evaluation of Existing Concrete Structures, State-

of-the-Art Report.

Andrew P. Nichols (2004), Quality Control Procedures for Weigh-In-Motion Data, Purdue Univ.

Mark Weiser (1981) The computer for the twenty-first century, Scientific American, pp.94~100.