

무선 센서 네트워크 기반의 실시간 차량 안전 시스템 설계 및 구현

Design and Implementation of Real-Time Vehicle Safety System based on Wireless Sensor Network

홍유식^{*}, 이채우^{**}, 장이채^{***}

You-Sik Hong, Chae-Woo Lee, L.C. Chang

^{*}상지대학교 컴퓨터정보공학부, ^{**}아주대학교 전자공학과, ^{***}건국대학교 컴퓨터공학부

요 약

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)는 차세대 IT 기술로서 소형, 저가, 저전력을 필요로 하며, 외부 환경의 모니터링과 제어기능을 수행할 수 있다. 이것은 소형 장치 안에 마이크로프로세서, 각종 센서, 액추에이터, 유·무선 통신 장치를 내장하는 수백 혹은 수천 개의 센서 노드로 구성된다. 본 논문에서는 이러한 센서 네트워크를 이용하여 기상 악천 후 속에서 차량 및 도로 상황 정보를 실시간으로 미리 획득하고 분석하여 운전자에게 미리 도로의 안전속도를 통보할 수 있는 실시간 차량 안전속도 서비스 시스템을 설계하고 구현된 결과를 보여 주고자 한다. 본 시스템은 노면의 종류 및 기상 상태 등에 대한 정보를 수집하여 이를 바탕으로 운전자에게 안전 속도를 알려줌으로써 교통사고를 효과적으로 예방할 수 있는 방법을 제공할 수 있다.

키워드 : 스키드마크, 교통사고, PDA, USN

1. 서 론

텔레매틱스(Telematics)는 차량의 위치 정보와 무선 이동 통신망을 이용하여 차량을 안전하고 편리하게 이용하기 위한 방안을 제공하는 서비스를 말한다. 텔레매틱스의 경우 차량과 위치정보를 이용한다는 측면에서 위치정보를 제공하거나, 차량의 각종 상태를 제어하는데 사용될 수 있는 RFID/USN기술이 적용될 가능성이 매우 높으며, 현재 국내외적으로 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 기술 개발 초기에는 텔레매틱스 서비스를 위한 핵심 서버 플랫폼 및 텔레매틱스 인프라 구축 기술의 개발에 중점을 두었다. 하지만 최근에는 RFID/USN, Wibro, DMB 등과의 기술 융합을 통한 서비스 고도화에 중점을 두고 있는 상황이므로 이러한 기술간의 융합은 지속적으로 확대될 전망이다[1-3].

텔레매틱스는 자동차 탑승자들에게 경로안내, 교통정보제공, 긴급구난 정보 등 안전 및 편의 서비스와 인터넷, 영화, 게임 등 생활 및 부가정보들을 제공하는 서비스 활동을 할 수 있다. 그러나 이와 같은 텔레매틱스의 광범위한 응용 분야에도 불구하고 현재 전세계 판매차량의 4% 정도에만 텔레매틱스 시스템이 보급되어 있다. 이에겐 기술적, 경제적, 사회·문화적 요인 등 다양한 요인들이 있지만, 인프라 측면에서 셀룰러 통신 방식 사용에 의한 과도한 통신비용 지출, 고가의 단말기, GPS수신기의 위치 오차 등이 텔레매틱스 보급의 주된 걸림돌이라 할 수 있다.

텔레매틱스 서비스 활성화에 또 다른 걸림돌 중에 하나는 노면 상태 정보, 주행 환경 정보 및 경고 등의 각종 센싱 정보가 텔레매틱스 단말기에 적절히 활용되지 못하는 점을 들 수 있다. 최근 USN인프라 기술의 급격한 발전과 더불어 텔레매틱스 분야에서도 USN 기술을 융합한 u-Car 또는 u-Transportation 기술 개발이 활발히 진행되고 있다[4-5]. 이러한 기술은 도로 환경, 교통 시설물, 그리고 차량에 센서 노드 또는 RFID 태그를 부착하여 차량 및 도로 주변 환경 정보를 실시간으로 획득하고 분석함으로써 안전 운행에 도움을 주고, 외부로 연계하거나 운전자 등에게 알리는 서비스를 수행하게 된다[6-7].

본 논문에서는 무선 센서 네트워크 기반의 실시간 차량 안전 시스템을 설계하고 구현된 결과를 보여 주고자 한다. 이를 위해 차량 및 도로 상황 정보를 실시간으로 미리 획득하고 분석하여 운전자에게 제공할 수 있는 무선 센서 네트워크 기반의 센서 노드, 센서 게이트웨이, 그리고 서비스 시스템을 개발한다. 본 시스템은 노면의 종류 및 기상 상태 등에 대한 정보를 수집하여 이를 바탕으로 운전자에게 안전 속도를 알려주는 서비스를 제공한다[8-10].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에 관련연구, 3장에 센서 네트워크 기반의 차량 안전속도 조절 시나리오를 제시한다. 4장에서는 본 논문에서 구현된 센서 네트워크를 이용한 차량 안전 시스템에 대해 설명하고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구로 마무리한다.

2. 교통사고 예방 시스템

무선 센서 네트워크 (Wireless Sensor Network)는 유비쿼터스 시대의 선망적인 기술로서 소형, 저가, 저전력을 필요로 하며, 외부 환경의 모니터링과 제어기능을 수행할 수 있다[1-2]. 이것은 소형 장치 안에 마이크로프로세서, 각종 센서, 액추에이터, 유·무선 통신 장치를 내장하는 수백 혹은 수천 개의 센서 노드로 구성된다. 그리고 자동 구성 기능을 가지며, 네트워크의 유지·보수를 위해 최소의 사용자의 도움을 필요로 하는 지능형 센서에 기반을 둔 원격 모니터링 분산형 네트워크를 지향하고 있다.

RFID(Radio Frequency Identification) 시스템은 리더(Reader)와 태그(Tag), 그리고 서버로 구성된다. 태그는 태그 내부에 독립된 전원이 존재하는지 여부에 따라 능동(Active) 태그와 수동(Passive) 태그로 나뉜다. 능동태그는 독립된 전원을 가지고 있으므로 리더와의 인식거리를 늘리고, 리더의 전력 손실을 줄일 수 있다는 장점이 있으나, 수동 태그에 비하여 고가이며 사용기간에 제한이 있다는 단점이 있다. 이에 비해 수동태그는 리더와의 인식 거리가 짧지만, 반영구적으로 사용할 수 있으며 가격이 저렴하므로 RFID/USN 시스템에서 널리 사용되고 있다. CarTel 시스템은 차량들의 위치 정보를 이용하여 교통 상황 모니터링 및 경로 안내 같은 서비스를 제공할 수 있다. 또한 부가적으로 대기 상태나 기온 등과 같은 환경 정보나 노면 상태 및 교량 안전도에 관한 데이터를 수집하여 교통 및 환경 모니터링 시스템으로 진화될 것으로 예측된다.

Harvard 대학에서 진행 중인 CitySense 프로젝트는 CarTel 프로젝트와는 달리 운행 중인 차량이 아닌 도심 곳곳에 고정형 센서들을 설치하고, 그 주변의 교통 관련 정보를 수집하도록 하였다. 특히 CitySense 프로젝트는 도시의 가로등에 센서 노드를 설치함으로써 배터리 제약을 받는 센서 네트워크의 문제점을 해결할 수 있었다[6]. CitySense 프로젝트는 아직 초기 단계로서, 직접적인 교통 애플리케이션 제공을 목표로 하고 있지는 않지만, 발전 가능성은 충분하다.

3. 차량 안전 시스템의 통행속도 계산방법

실시간 차량안전 서비스는 차량에 관련된 정보를 수집하여 안전운행에 도움을 주고, 외부로 연계하거나 운전자 등에게 알리는 서비스 등을 수행하게 된다. 차량 운행관련 블랙박스, 운전자 습관관리, 제어 관리 등에 zigbee, bluetooth, UWB 등이 도입되고, 차량내부 디바이스간 정보처리, 차량과 차량간 통신, 차량과 외부(센터, 도로정보수집장치)와의 정보 전달 서비스를 수행하게 된다. 운전자에게 정보를 직접 전달하는 서비스에서는 도로 노면상태, 기후 등에 대한 정보 전달 서비스와 졸음운전, 레이저를 이용한 장애물 측정 등이 활용되기도 한다. 이와 같은 실시간 차량안전 서비스를 운전자에게 제공하기 위하여 노면 및 기상 상태에 따라 차량 안전속도를

계산하여 본 시스템에 적용한다. 다음은 노면 및 기상 상태에 따라 차량 안전속도를 계산하는 방법이다. 일반도로의 경우엔 속도계에 표시되는 수치에서 15를 뺀 수치에 미터 단위를 붙인 정도의 거리를 유지하고 시속 80 Km 이상이거나 고속도로를 주행할 때는 주행 속도의 수치를 그대로 미터로 바꾸어 나타낸 수치 정도를 안전거리로 유지하는 것이 적당하다. 안전거리다음과 같이 계산하고 표 1은 속력과 제동거리의 관계에 대한 표를 나타낸다.

$$\begin{aligned} & \text{속도} \geq 80; \text{안전거리} = \text{속도} \\ & \text{속도} < 80; \text{안전거리} = \text{속도} - 15 \\ & \text{안전거리} = \text{공주거리} + \text{제동거리} \\ & \text{공주거리} = \text{속도} \times \text{반응시간}(0.7s) \\ & \text{제동거리(스키드마크)} = \text{안전거리} - \text{공주거리} \\ & \text{제동거리 } S_2 = V_0t + \frac{1}{2}at^2 \\ & \text{또는 } 2aS_2 = V_2^2 - V_0^2 \\ & \text{시간 } t \text{를 알 수 없기 때문에 두 번째 식을} \\ & \text{사용하면} \\ & S_2 = (V^2 - V_0^2)/2a \end{aligned}$$

48km 이하로 저속 운행을 할 경우는 마찰계수가 비슷하다. 하지만 48km 이상 고속으로 주행했을 시는 콘크리트 도로에서 먼저 정지(마찰계수가 높음)하게되며, 이는 마찰계수가 높을수록 자동차가 브레이크 작동 시 먼저 서게 됨을 말한다[4].

Table1. Safety speed considering road condition
표 1. 도로조건을 고려한 안전속도

제동거리(m)		자동차의 속력
건조한 도로	젖은 도로	
16.2	21.6	48
28.9	38.4	64
45.0	60.0	80
64.8	86.4	96
88.2	117.6	112

표 2. 날씨조건을 고려한 안전속도
Table 2 Safety speed considering weather condition

교차로 구간	교차로 상황	날씨 조건	표지판속도비교	
			지능형 표지판	기존 표지판
도로 형태	교차로 형태	기상 상태	지능형 표지판	기존 표지판
4차선	정상	정상	80	80
6차선	정상	정상	72	100
4차선	내리막	약한비	55	80
8차선	오르막	비	56	70
6차선	내리막	눈	48	80

스키드 마크의 속력을 계산하는 근거는 에너지 보존의 법칙과 속도 가속도 이론에 의해서이다. 그러나 스키드 마크의 시작점은 사람의 눈으로 식별하기 어려운 흔적을 남기면서 형성되므로 실제 나타난 흔적만을 계산하면 실제 속도보다 적은 수치의 속력이 산출됨을 유의해야 한다. 또한 스키드 마크의 방향에 따라 사고차량 진행 방향을 추정할 수 있는데 11시, 1시 방향의 경우는 진로변경으로 추정한다. 12시 방향으로 스키드 마크가 난 경우는 곧바로 진행한 것으로 추정하고 12시 방향으로 진행하다 좌, 우로 급변한 경우는 급제동하며 피하는 중 사고가 난 것으로 간주한다[8].

$$\text{속력} = \sqrt{254 \times s \times f \times \text{차종} \pm \text{도로경사}}$$

s: 스키드 마크
f: 마찰계수

일반도로와 고속도로에서의 제한속도는 다음과 같다. 단, 1.5톤 초과 화물차나 특수차, 건설기계 등은 80 Km/h를 초과할 수 없다. 표 2에서는 날씨 조건 및 교차로상황을 고려한 최적의 안전속도를 산출하는 과정을 보여준다. 본 논문에서는 4차선 도로에서 80 km/hour을 안전속도로 가정하고, 교차로 형태(오르막, 내리막), 차선 수(2차선, 4차선, 6차선, 8차선) 및 날씨조건을 고려해서 최적의 안전속도를 산출하였다. 표 3에서 보이는 바와 같이 모의실험 결과, 습도 센서 및 온도센서로 도로상황을 자동 탐지 하여 비, 눈이 오는 경우 안전속도를 20% 이상 감속하는 것을 보여준다. 특히 비가 많이 오는 경우 최고 50% 감속을 한 40 km/hour을 안전 속도로 감속하여 교통사고를 방지 할 수 있는 과정을 보여준다. 뿐만 아니라, 같은 양의 비가 약하게 내릴 때에는 30% 감속을 하여 56 km/hour를 안전속도로 적용하는 과정을 보여준다. 기존의 안전속도 표지판은 비 혹은 눈이 올 경우, 80 Km/hour 이다 하지만 본 논문에서는 날씨조건을 감지하여 최적의 안전속도를 산출할 수 있도록 모의실험 하였다.

3. 센서 네트워크 기반의 차량 안전속도

그림 2는 센서 네트워크를 활용한 차량 안전 시스템이 적용된 시나리오를 나타낸다. 그림 6에서 보이는 바와 같이, 센서 네트워크를 형성하고 있는 수많은 센서 노드들은 도로 위 곳곳에 배치되어 그곳에서 발생하는 기상상태(안개)를 주기적으로 수집한다. 이 때 각 센서 노드들은 지그비 (ZigBee)와 같은 저속통신 프로토콜을 이용하여 통신하며 사람의 손을 거치지 않고, 서로 간의 협업을 통하여 자율적으로 네트워크를 형성한다. 여기서 사용되는 지그비는 IEEE 802.15.4의 PHY/MAC 계층을 기반으로 저비용, 초저전력을 목표로 하는 무선통신 프로토콜중의 하나로서 근거리 저속 무선통신의 표준으로 자리 잡아왔다[8-10]. 위의 참여과정을 통하여 센서 네트워크 형성 후 수집된 기상 정보는

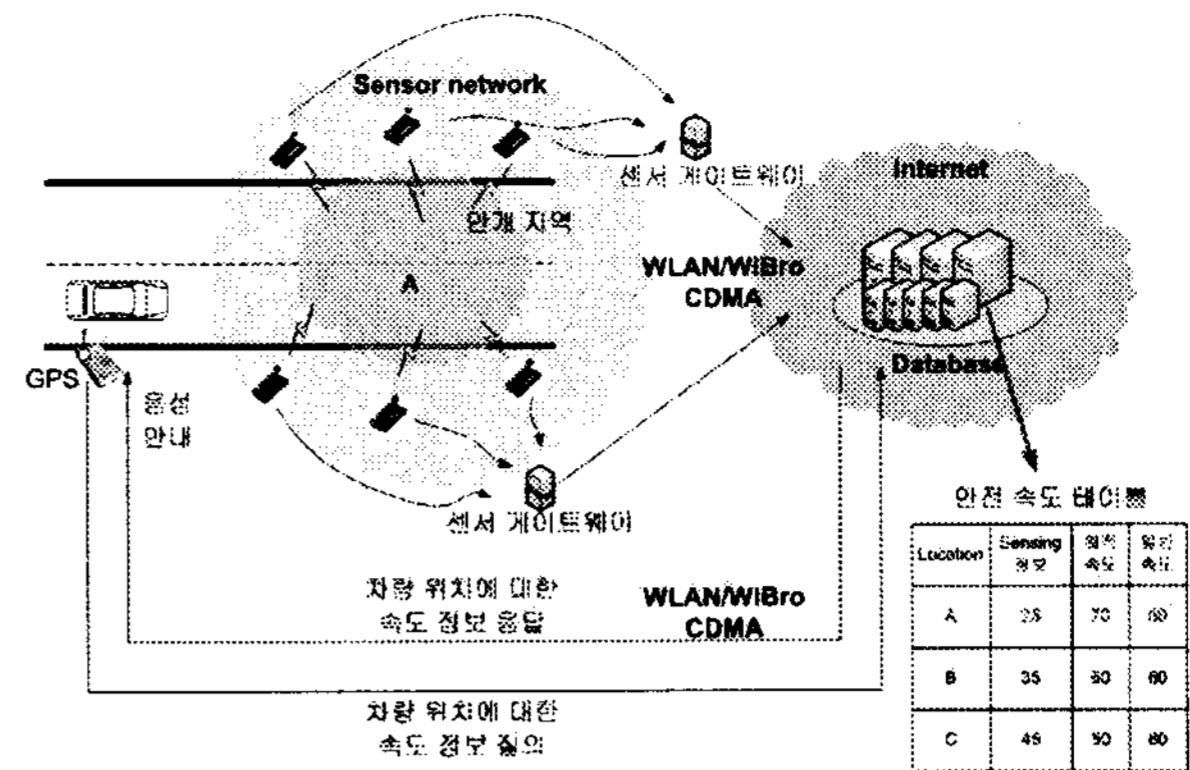


그림 2. 센서 네트워크를 이용한 차량 안전속도
Fig. 2 Vehicle Safety speed using sensor network

WLAN/WiBro 혹은 CDMA 망을 통해 인터넷에 접속 가능한 센서 게이트웨이를 거쳐서 웹 기반 데이터베이스에 저장된다. 데이터베이스에서는 수집된 정보를 바탕으로 본 논문의 속도계산 방법을 적용하여 해당지역의 기상상태에 알맞은 최적 통행 속도 산출한다. 산출된 속도는 해당지역, 수집된 기상 정보와 함께 맵핑 테이블을 구성한다. 이 때 운전자는 해당지역의 최적 속도를 알기 위하여 인터넷에 접속가능하고 GPS가 장착된 모바일 디바이스(예: PDA, 노트북, 휴대폰)를 가지고 현재 차량의 위치 확인 후, 위치 정보가 포함된 속도 질의 메시지를 웹 데이터베이스에 전송한다. 데이터베이스는 운전자로부터 받은 속도 질의 메시지를 확인하여 그 속에 포함된 위치 정보에 맵핑되는 속도를 다시 운전자에게 전송한다. 데이터베이스로부터 받은 해당 지역의 최적 속도 메시지는 음성 안내로 변환되어 운전자에게 최종 통보된다. 운전자는 이를 듣고 차량 속도를 조절하여 악천 후 기후로부터 교통사고를 예방할 수 있다.

4. 센서 네트워크를 이용한 차량 안전 시스템

논문에서 구현된 시스템은 크게 두 파트로 구성된다. 첫 번째 센서 게이트웨이를 포함하는 센서 네트워크 파트, 두 번째 도로별 상황을 표현하는 차량 모니터링 시스템이다. 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드는 한정된 에너지 자원, 제한된 연산 처리능력, 소용량의 메모리를 가지고 있기 때문에 최소 사양의 하드웨어 사양을 갖는다. 이러한 센서 노드의 제한된 자원을 효율적으로 사용하고 극복하기 위해서 센서 노드의 시스템을 관리·제어할 수 있는 TinyOS와 같은 초경량 운영체제가 필요하다. TinyOS는 UC 버클리에서 개발된 컴포넌트 기반 내장형 운영 체제로 이벤트 기반의 멀티태스킹이 가능하다. 그림 8에 센서 노드의 각 모듈별 구조를 나타내었다. 센서 노드의 각 모듈별 기능은 다음과 같다. Sensing Data Collection 모듈은 도로에서 측정된 교통신호를 수집하며, 센서그리드 게이트웨이로부터 명령 Query를 받아 분석하고 그에 응답할 수 있는 Command Query analysis /response 모듈, 주변 필드로부터 온도,

습도, 조도와 같은 환경 변수들을 센싱하여 분석하는 Sensing analysis 모듈, 센서 노드의 센싱 주기와 같은 기능을 제어하고 관리하는 Sensor Node Management 모듈, 센서 노드의 역할 (센싱 노드, 릴레이 노드)을 결정하는 Sensor Object 모듈이 있다. 본 논문에 사용된 시스템은 Intel 계열의 Core 2 Duo Alendale E6300, 2MB L2 Cache, 2GB DDR SDRAM PC5300 등으로 구성되어 있다. 그림 3은 차량 종류 및 도로 선택 후, 해당 도로명, 기상 상태, 노면 상태 및 도로 경사를 입력하여 해당 도로의 최적 안전속도를 산출하는 차량 모니터링 시스템의 UI (User Interface)를 나타낸다. 그림 4는 차량 최적 안전속도 산출 시스템은 사용자가 입력한 차량 종류 및 도로 명세를 받아들여 ODBC 데이터베이스로부터 해당 데이터를 읽어와 화면에 출력하고 최적 안전속도를 산출하는 과정을 보여 주고있다.

도로명	날씨	노면 상태	도로 경사	최적 안전속도
고속도로	맑음	노면 건조	0%	55.0
고속도로	흐림	노면 건조	0%	55.0
고속도로	비	노면 젖음	0%	55.0
고속도로	눈	노면 얼음	0%	55.0
일반도로	맑음	노면 건조	0%	55.0
일반도로	흐림	노면 건조	0%	55.0
일반도로	비	노면 젖음	0%	55.0
일반도로	눈	노면 얼음	0%	55.0

그림 3. 최적 안전속도
Fig 3. Optimal safety speed

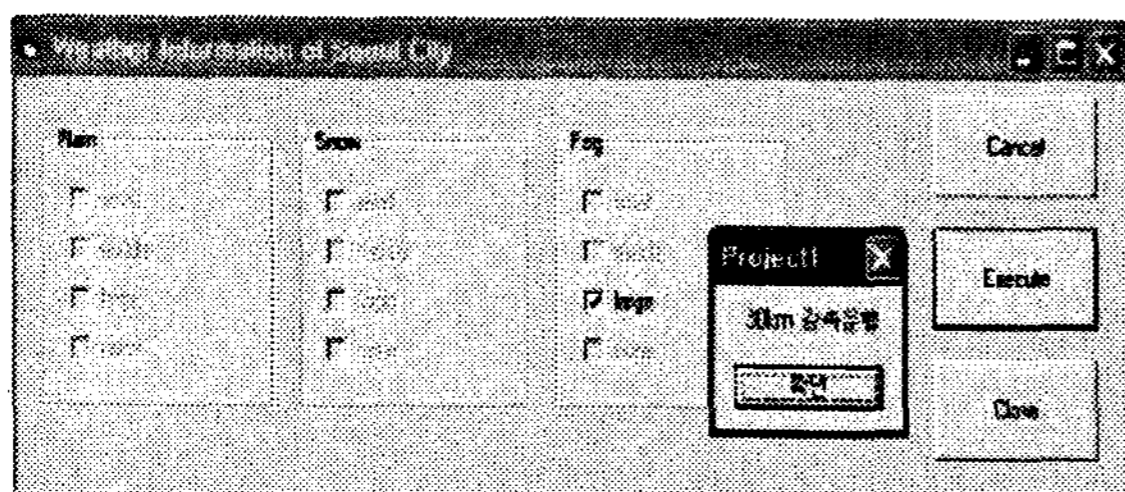


그림 4. 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation result

5. 결론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크 기반의 실시간 차량 안전 시스템을 설계하고 구현된 결과를 제시하였다. 제시된 결과물로는 차량 및 도로 상황 정보를 실시간으로 미리 획득하고 분석하여 운전자에게 제공할 수 있는 센서 네트워크 기반의 센서 노드, 센서 게이트웨이, 그리고 차량 안전속도 제공 시스템이다. 본 시스템은 노면의 종류 및 기상 상태 등에 대한 정보를 수집하여 이를 바탕으로 운전자에게 안전 속도를 알려주는 서비스를 제공하였다.

본 논문은 센서 네트워크로부터 수집된 기상 정보를 활용하여 데이터의 전달과 속도 계산에 초점을

을 맞추었다. 개선된 계산방법은 기상정보와 도로의 상태 정보를 안전속도 계산에 반영하여 사용되었다. 기존 교통 시스템은 강한 비와 눈이 내리는 악천후 상황에서 운전자에게 단순히 교통속도 표지판 제한 속도에 명시된 속도를 보여준다. 하지만 본 논문에서 구현된 시스템은 기상상태에 따라 지역에 맞는 속도를 산출하여 악천 후 기상 조건 하에서 운전자에게 안전 속도를 통보해줌으로써 교통사고를 예방할 수 있는 방법을 제공하였다. 더불어 운전자에게 감속운전 하라는 문자메시지만을 전달하는 것이 아니라 감속 수치를 차량에 나타내어 기존보다 운전자들에게 직관적인 정보를 제공한다.

앞으로 개선되어야 할 사항은 정보량 증가 시 보다 많은 데이터를 빠르고 효율적으로 다루기 위해 현재보다 더 효과적인 데이터베이스 관리 기법이 요구된다.

감사의 글

본 논문은 2007년도 건설교통부연구과제: 건설교통 기술연구개발사업:(과제번호05-기반구축B02)로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] IF Akyildiz, W Su, Y Sankarasubramaniam, E Cayirci, "A survey on Sensor networks," Communications Magazine, IEEE, Aug. 2002.
- [2] Holger Karl, Andreas Willig, "A short survey of wireless sensor networks," TKN Technical Report TCK-03-018, Oct. 2003.
- [3] 이재근, 송석현, 이용진, 김연진, 정부만, "USN 현장시험 연구 추진 현황 및 의의," 한국통신학회지 (정보통신) 제23권 제12호, 2006. 12
- [4] 장병준, 이윤덕, "RFID/USN 기술의 텔레매틱스 활용 방안," IITA 주간 기술 동향 통권 1180호, 2005. 1
- [5] CarTel: <http://cartel.csil.mit.edu/>
- [6] CitySense: <http://citysense.net/>
- [7] 진희채, 한은영, "텔레매틱스 서비스 발전 방향 및 관련 산업 동향," 전자공학회지 제33권제 10호, 2006. 10
- [8] 박래호, 교통사고분석감정원(www.car-sago.co.kr)
- [9] ZigBee Specification, ZigBee Alliance Std., 2005. [Online]. Available: <http://www.zigbee.org>
- [10] Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), IEEE Std. 802.15.4, 2003.
- [11] <http://www.tinyos.net>
- [12] W. B. Heinzelman, A. L. Murphy, H. S. Carvalho, and M. A. Perillo, "Middleware to Support Sensor Network Applications", IEEE Network, Vol.18, No.1, pp.6-14, Jan. 2004.