

Wireless Sensor Network(WSN)을 이용한 Intelligent Transportation System의 연구

A Survey on Intelligent Transportation Systems using Wireless Sensor Networks

곽 동 원
(광운대학교, 석사과정)

박 무 성
(광운대학교, 박사과정)

이 승 형
(광운대학교, 교수)

목 차

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| I. 서론 | 4. Probe vehicle |
| II. Wireless Sensor Network | IV. ITS에의 적용 |
| III. Traffic Sensor | 1. MIT의 Wireless Sensor Node |
| 1. Inductive loop | 2. Fleetnet |
| 2. Magnetic sensor | V. 향후연구방향 |
| 3. 기타 Traffic sensors | |

I. 서론

WSN(Wireless Sensor Network)은 micro-sensor를 이용해서 구축된 무선환경의 네트워크를 말한다. 최근의 네트워크 동향은 유선에서 무선으로 점차적으로 이동해가고 있으며, sensor를 사용해서 인건비를 크게 줄일 수 있는 장점이 있다. ITS(Intelligent Transportation System)는 지능형 운송시스템으로 일반적으로 도로의 자동차에 적용하는 기술로 해외에서는 이미 여러 시도가 진행중이다. ITS에 적용될 수 있는 sensor의 종류는 inductive loop, magnetic sensor, probe vehicle 등이 있다.

최근 미국 MIT에서의 Wireless Sensor Node와 Fleetnet 등의 project에서 sensor network 기술을 ITS에 적용하고 있다. 본 논문은 WSN의 특성을 분석하고 ITS에의 적용 예를 조사하며 향후연구방향을 제시하기 위한 것이다. 이후의 내용은 다음과 같다. II장에서는 WSN의 특성, 요구사항 및 활용분야를 조사, 분석하고 III장에서는 ITS분야 적용을 위한 Traffic Sensor의 종류와 특징을 연구하고 IV장에서는 Sensor들을 ITS에 적용한 사례를 보이며 V장에서 향후연구 방향을 제시한다.

II. Wireless Sensor Network

최근에 WSN(Wireless Sensor Network)에 대한 연구와 개발에 많은 투자가 이루어지고 있다. WSN에

사용되는 sensor들은 크기가 미세하고 통신능력과 저장능력을 지녔다. 이러한 microsensor는 군대에서의 사용과 더불어 건강보조산업에서 건강과 관련된 중요한 정보를 모니터링하며, 농업에서는 지표의 상태와 습한 단계를 결정하는데 도움을 줄 것이며 다른 생태관련 요소를 찾을 수 있게 해주며, 날씨정보수집에도 널리 쓰인다.

WSN은 ad hoc wireless network의 한 형태로 Sensor들은 무선으로 연결되어 있고, 특정 시간에 선택되어진 노드와 정보를 주고 받는다.

음향, 지진, 이미지, 열, 방향, 연기, 온도 sensor를 포함하는 다양한 종류의 sensor들이 존재하며[1], 예를 들어서 Smart Dust[2]가 있다. Smart Dust Project의 가장 큰 목표는 특정 sensor 노드의 크기를 줄이는 것이고, 가능하면 노드를 싼 가격에 쉽게 배치하는 것이 두 번째 목표이다. millimeter-scale의 노드는 감지, 통신, 컴퓨터 하드웨어가 종합하여 sensor 기능대비 통신용량에서 획기적인 성능향상을 보인다.

Sensor Network는 distributed이고 wireless 시스템으로 운용하는 것이 훨씬 유리하다. 그 이유는 우선 모니터링 되고 있는 지역에서 정확한 신호의 위치를 모를 때 distributed sensing은 하나의 sensor만이 사용될 때보다 모니터링 되는 현상에 더 가깝게 sensor를 위치시킬 수 있으므로 SNR(Signal to Noise Ratio)비와 LOS(Line Of Sight)를 향상시킨다. 노드들이 에너지 자원에 유선으로 연결되어 있을 때는 시스템 설계와 동작이 아주 간단하지만 통신과 에너지에 관련된 이미 만들어진 infra가 없기 때문에 범

위가 정해져있지 않은 노드들은 무선통신채널, 지역특성, 유한성, 그리고 상대적으로 적은 에너지 자원에 의존해야만 하므로 새롭게 구축한 network은 wireless 이어야 한다. 그리고 distributed processing이 필요하며, 이유는 무한히 먼 거리에 있는 노드에 정보를 전달하기 위해서는 아주 많은 에너지를 필요로 하므로 가능하면 네트워크 내에서 데이터를 처리해서 전송하는 데이터 양을 최소화해야 한다.

WSN은 다음과 같은 특징을 지녔다. 에너지가 고정적으로 공급되거나 통신범위가 에너지를 고려하는 것이 아니므로 에너지의 효율을 높이는데 초점이 맞추어져야 한다. 시스템이 ad hoc 분포이고, 시스템이 받아들이는 환경조건이 동적이며, 저절로 환경설정 및 재설정이 되어야 한다는 것이다. 이러한 특성을 보완하기 위한 연구방향으로 일반적인 신호를 받아왔던 노드들 사이에서 협력적인 신호처리가 있고, 하드웨어 요소들에게 redundancy를 제공해주는 것과 변화에 따른 정확한 신호처리 등이 있다[3].

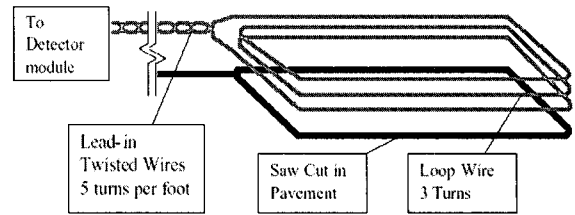
III. Traffic sensor

1. Inductive loop

전류의 흐름을 방해하는 저항성분을 inductance라고 하며, 전선에 전류의 흐름으로 인해서 생기는 자기장이 다른 전선과 쌍을 이루게 될 때 생기는 inductance를 mutual inductance라고 부른다. 자기장은 코일로 감기게 되었을 때 mutual inductance 때문에 한곳으로 모이게 된다. 이런 코일의 응용제품으로 transformer, solenoid, relay 그리고 inductive loop등이 있다. Inductive loop 시스템의 field 요소는 얇은 slot으로 감긴 절연된 하나 또는 그 이상의 loop wire로 구성된다. 그림(1)이 이것을 보여준다[4].

가장 일반적인 traffic sensor는 길에 묻혀진 inductive loop형태이다. 직경이 수 m인 전선의 코일이 땅에 묻혀지고, 길가의 control box에 연결된다. control box는 코일을 통해서 전기신호가 흐르고, 이동하는 자동차는 코일의 inductance를 변화시킨다. 대부분의 장비에서 control box는 traffic 신호를 조절하거나 지나가는 자동차의 숫자를 세는데 쓰이는 신호를 내보낸다. Inductive loop의 코일에 부하가 걸리면 변화가 일어난다. inductive loop는 loop나 임시 코일에 부하가 걸렸을 때 loop 감지기에 변화가 감지되는 방식으로 작동한다. 대개 이런 부하는 자동차가 loop를 지나거나 멈췄을 때 걸린다. 감지기는 inductive loop를 통해서 에너지를 내보내고, loop는 공명주파수로 자

동적으로 조율된다. 자동차가 loop에 들어가면, loop는 부하가 걸리고, inductance는 줄어든다[5].



(그림 1) Inductive loop [4]

2. Magnetic sensor

Traffic은 또한 magnetic sensor로 감지할 수 있다. Magnetic traffic sensor는 Earth's magnetic field내의 장애물을 관측함으로써 움직이는 자동차를 감지한다. magnetic sensor는 기본적으로 검색용으로 쓰이나, 현재 더 많은 사용법들이 개발중이다.[5]

Magnetic sensor를 사용하는 이유는 자동차의 속도, 자기링크, 자동차 감지, 방향결정 등에 적용하기 위해서이다. 이러한 파라미터들은 자기장의 변화나 장애물 등에 의해서 계산된다. 우선 input이 발생되고 magnetic sensor가 field의 변화를 감지하면, output 신호는 sensor 신호를 원하는 파라미터 값으로 변형하기 위해서 약간의 신호처리 과정을 필요로 한다. 이 과정에서 대부분의 응용제품에 적용하는데 어려움을 겪지만 이러한 field 변화효과를 이해하는 것이 파라미터의 감지를 신뢰성 있고 정확하게 한다[6].

3. 기타 traffic sensors

영국의 한 회사에서 도로의 운전자들에게 "Intelligent Road Stubs"을 나누어주는 방법을 사용했다. Stub는 낮 동안 광 전지 셀과 함께 내부 배터리를 충전시키고, 밤에는 LED(Light Emitting Diode)램프를 밝힌다. 그리고 또한 동결상태, 습기가 많은 상태, 안개 낀 상태 등을 감지하고 이 정보를 적외선 통신을 이용해서 전달할 수 있어서 운전자에게 다가온 위험한 상황을 알리기 위해서 색깔을 변화시킴으로써 자동차 정체상황을 줄일 수 있다[5].

가장 일반적인 교통상황 보고서는 비디오 카메라를 이용해서 만들어진다. 관리자가 조정실에 앉아서 카메라의 이미지를 보고, 사고를 확인하며, 여러 도로에 속도상태를 알린다. 이 방법은 가장 이용자가 많은 도로에는 관리자를 두어서 비용이 효율적일 수 있지만 그렇지 않은 도로에는 비용이 비효율적일 수 있다.

4. Probe Vehicles

다른 형태의 traffic sensor 시스템에서는 운행시간을 직접 측정할 수도 있다. 즉, 시내의 특정영역 내에 자동차안에 GPS(Global Positioning System) 추적 가능한 장치를 설치하여서 도로 네트워크를 통해서 장치가 설치된 자동차의 이동을 모니터링 할 수 있다. 그러나 이 접근법은 GPS 추적장치가 설치된 평균적으로 많은 자동차가 필요하다는 단점이 있다[5].

또 다른 보다 실용적인 방법은 U. S. Wireless Corporation's RadioCamera 시스템으로, 각 이동전화의 위치를 계산하기 위해서 범위내의 모든 이동전화타워로 오는 각 이동전화의 도착시간의 차를 이용하여 이동전화지도도를 만들었다. 이 시스템에서는 활성화중인 이동전화를 가진 모든 자동차가 probe vehicle이 된다 [7].

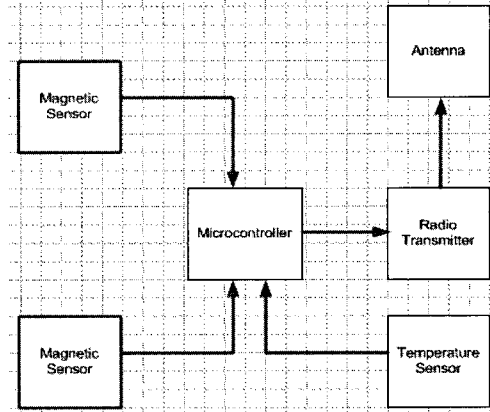
IV. ITS에의 적용

1. Wireless Sensor Node

MIT에서 개발한 무선의 in-road traffic sensor [5]는 작고 가격이 저렴하며 자기기술을 이용해서 지나가는 자동차의 수와 속도를 측정한다. 각 sensor들은 전송범위가 300m인 전기막대에 마운트된 목적지로 데이터를 전송하며, 다시 processing station으로 전달한다. 각 sensor 노드는 적어도 10년 동안 동작할 수 있는 내부의 작은 리튬 건전지를 사용하므로 전력소모가 아주 작다. 그림<2>는 노드의 block diagram이다. 여기에는 magnetic field sensor, temperature sensor, radio transmitter, micro-controller, 리튬 건전지 등이 포함된다.

1) 자동차의 현재위치 파악과 속도측정

Sensor 모듈은 지나가는 자동차에 의해서 생긴 Earth's magnetic field내의 장애물 관측으로 지나가는 자동차를 탐지한다. 지나가는 자동차는 진폭을 생성하므로 자동차를 탐지하기 위해서 시스템은 샘플 자기장의 진폭을 감지한다. 자동차의 속도를 측정하기 위해서, 노드는 진폭을 감지할 때까지 기다렸다가 노드의 앞, 뒤쪽에 두 개의 sensor를 사용해서 2kHz에서 샘플링을 시작한다. Sensor는 기본 값을 통과하기 위해서 나중에 지나게 될 sensor로부터 신호를 기다리고, 이미 지나온 sensor로부터 신호가 기본 값을 통과할 때까지 샘플 숫자를 센다. 이 숫자로부터 미리 지나가는 자동차의 속도를 계산한다.



<그림 2> Node Block Diagram

2) 도로상황 감지

Sensor 패키지가 땅에 직접 설치되었기 때문에 도로가 눈, 얼음, 물로 덮여있는지 등의 도로 상황에 관한 정보를 관측할 수 있다. 이런 감지기법의 문제는 sensor 위쪽 물질의 유전체 또는 절연체 특성 때문에 용량성 sensor를 사용해야 한다는 것이다. 주로 유동적인 탐지에 쓰이는 이 접근방법은 눈, 얼음, 물을 아주 신뢰적으로 탐지해내고, 낮은 비용과 적은 양의 에너지를 소비한다. 또 다른 접근방법은 기온을 관측하는 것이다. 도로 아래 바닥의 기온과 도로 바깥의 온도변화 비율은 sensor 위쪽 물질의 열 용량에 의해서 결정된다.

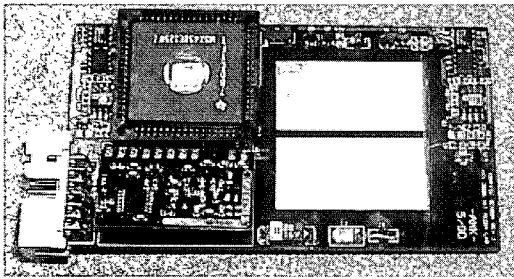
3) Radio Transmission Protocol

각 노드들은 transmitter를 가지고 있지만 receiver는 가지고 있지 않다. receiver의 부족은 무선 프로토콜을 복잡하게 만들지만 여기서 만든 프로토콜은 매우 간단하다. 각 노드는 60초 간격으로 랜덤 하게 time slot을 선택하고 그때 전송을 한다. 만일 랜덤 하게 선택된 전송시간에 도달했을 때 자동차가 현재 위치하고 있음을 탐지했다면, 전송하기 전에 자동차가 지나갈 것을 기다린다. Redundancy와 채널의 사용이 적다면 충돌확률을 줄인다. <그림 3>은 제작된 Node Circuit Board을 보여준다.

2. Fleetnet

Fleetnet 프로젝트[8]의 목표는 자동차 내부에서 통신이 가능하게 하기 위해서 무선 ad hoc 네트워크를 구축하는 것이다. Multi-hop으로 이루어진 자동차간의 통신을 가능하게 함으로써 사용자는 주위의 자동차들로부터 얻은 데이터 정보를 다른 자동차들을 통해서 빨리 전파할 수 있으므로 안전성이 높아지고, 자동차 승객과 네트워크요소들에게 낮은 비용의 통신 옵션들을

제공한다. Fleetnet의 특징은 우선 촌각을 다투는 안전해야하는 정보를 최소의 지연으로 전송하고, 전송하는데 드는 비용이 적으며, 상대적인 위치에 근거한 근접 자동차들의 위치 값을 가지는 것이다. 비용이 높은 centralized 방식의 단점을 극복하기 위해서 Fleetnet에서는 distributed 방식을 사용한다. Fleetnet의 응용으로 긴급상황으로 인한 멈춤을 예로 들 수 있다. 앞쪽의 사고를 반대편 차선을 이용해서 뒤쪽 차들에게 전달함으로써 뒤쪽 차들의 사고를 미리 막을 수 있다.



〈그림 3〉 Node Circuit Board (5)

V. 향후 연구방향

본 논문에서는 WSN의 특성, 요구사항 및 활용분야를 연구했고, ITS 분야 적용을 위한 Traffic Sensor의 종류와 특징을 살펴보았으며, WSN을 ITS에 적용한 사례를 분석했다. 본 논문에서 살펴본 바와 같이, 현재 wireless sensor network 기술을 ITS에 적용하는 것은 매우 초보적인 단계에 있다. MIT의 sensor node는 하나만을 제작하여 차량의 수를 측정하는 실험에만 성공하였을 뿐이며 많은 수의 다양한 기능을 갖는 센서를 설치하여 실질적인 sensor network를 운용하기 위해서는 추가적인 많은 연구와 개발이 요구된다. 또한, Fleetnet의 경우에는 sensor network 보다는 Ad hoc network에 가깝다고 볼 수 있으며 일부 시험차량에만 상대적으로 고가의 장치를 장착하여 시험하는 단계이다. 이를 대다수의 차량에 장착하여 실질적으로 도로교통 개선을 위한 ITS로 활용하기 위해서는 저가의 소형 노드를 개발하여 차량에 장착하여야 한다. 이상에서 언급된 sensor node를 다량 설치하여 효율적인 운용을 하기 위해서는 다음과 같은 원칙에 의거하여 시스템을 개발하고 이를 위한 효율적인 메커니즘과 통신방식을 연구할 필요가 있다. 첫째, ITS에의 응용을 위해서는 대량의 sensor node를 필요로 하므로, 가격이 낮고 에너지 사용량이 적은 노드를 개발하기 위한 통신/제어 회로, 안테나 및 반도체 제조 기술이 연구되어야

한다. 즉, Smart Dust의 경우처럼 모든 회로, 안테나, 축전지 등을 하나의 칩에 시스템으로 집적하여 장착의 용이성 및 노드의 내구성을 높여야 한다. 둘째로, 다수의 노드 간에 대량의 데이터를 분산 및 협동처리할 수 있는 신호처리, 통신 및 네트워크 기술이 연구되어야 한다. 즉, 노드의 데이터를 중앙제어장치에 직접 전송하는 것이 아니라, 각 노드가 데이터를 분산처리하고 Ad hoc networking에 의해 데이터를 전달하도록 하여야 한다. 다음으로는 sensor node를 도로 위와 차량의 양쪽에 장착하여 센싱, 데이터 처리 및 통신의 효율을 높일 수 있는 방안을 연구할 필요가 있다. 현재 WSN 기술은 전 세계적으로 연구가 매우 활발히 진행되고 있는 분야이며, 앞으로 고성능의 효율적인 ITS 구축을 위해 필수적인 기술로 부각될 것이다.

참고문헌

1. C. K. Toh, Ad Hoc Mobile Wireless Networks. Prentice Hall PTR, 2002, pp.30-31.
2. J. Kahn, R. Katz(ACM Fellow) and K. Pister, "Next century challenges: mobile networking for "Smart Dust", ACM, Mobicom, 1999
3. D. Estrin, L. Girod, G. Pottie, and M. Srivastava, "Instrumenting the world with wireless sensor networks", ICASSP, 2001.
4. "Inductive Loop Detectors", Available at <http://www.renoae.com/Newsletters/Dec2001/Dec2001.pdf>
5. A. Knaian, "A Wireless Sensor Network for Smart Roadbeds and Intelligent Transportation System", Jun. 2000. Available at <http://www.dedia.mit.edu/resenv/papers.html>
6. M. Caruso and L. Withanawasam, "Vehicle Detection and Compass Applications using AMR Magnetic Sensors", Available at <http://www.ssec.honeywell.com>
7. "U.S. Wireless Demonstrates Nation's First Wireless E9-1-1 Location System with Continuous Caller Location", Available at <http://nt1.directionsmag.com/>
8. H. Hartenstein, B. Bochow, A. Ebner, M. Lott, M. Radimirsch and D. Vollmer, "Position-Aware Ad Hoc wireless networks for Inter-Vehicle communications: the Fleetnet Project", ACM, MobiHOC, 2001.