

자기 센서 노드 기반 차량 검지 및 속도 계산 알고리즘 설계 및 구현

유재준[○], 김도현, 박종현

친환경차량 IT 연구팀, 한국전자통신연구원

{jjryu, dohyun, [jhpark](mailto:jhpark@etri.re.kr)}@etri.re.kr

Design and Implementation of Auto-Mobile Detection and Speed Calculation Algorithm using Magnetic Sensor Node

JaeJun Yoo[○], DoHyun Kim, JongHyun Park

Green-Automobile IT Research Team, ETRI

요 약

차량 이동으로 인해 변화하는 지구 자기장을 감지하여 차량을 검지하고, 이를 기반으로 속도를 계산하는 자기 센서노드가 활발히 연구됨으로 인해, 텔레매틱스 및 ITS (Intelligent Transportation Systems) 분야로서의 그 응용분야가 급속히 확대되고 있다. 본 논문에서는 자기 센서를 이용하여 차량 검지 및 속도 계산을 위한 센서 네트워크의 구성과 그에 따른 차량 검지 및 속도 계산 알고리즘을 설계 및 구현한다. 이를 위해, 센서 네트워크 및 각 알고리즘에서 고려해야 하는 것들을 정리하고, 이들을 고려한 방법을 구현하며, 시뮬레이션을 이용하여 평가함으로써 설계의 유용함을 보인다.

1. 서 론

다양한 센서 노드 및 관련 기술이 발달함에 따라 여러 형태의 센서 노드가 기존의 시스템 및 서비스와 결합 및 활용되는 연구개발이 점차 활발해 지고 있다. 텔레매틱스 및 ITS (Intelligent Transportation Systems)과 관련하여는 그러한 흐름의 하나로써, 자기 센서를 이용하여 차량의 존재여부를 검지하고 속도를 계산하는 센서 네트워크에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다 [1][2][3].

이러한 자기 센서 노드 기반 차량 검지 및 속도 계산과 관련하여 여러 관련 연구가 진행되고 논문들이 발표되고 있으나, 많은 부분이 실제 제공하고자 하는 서비스와 관련하여 설명되고 있어 해당 센서 네트워크의 설계 시에 고려해야 하는 점들이 잘 정리되고 있지는 않다.

이에 본 논문에서는 자기 센서를 이용하여 차량 검지 및 속도 계산을 위한 시스템을 구축할 때 센서 네트워크 및 각 알고리즘에서 고려해야 하는 것들을 정리하고, 이들을 고려한 방법을 구현하며, 시뮬레이션을 이용하여 평가함으로써 진행된 설계의 유용함을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 관련 연구를 정리하고, 제 3장에서는 본 논문을 통해 구현되는 자기 센서 노드 기반 차량 검지 시스템의 구조를 설명하며, 제 4장에서는 설계된 차량 검지 및 속도 계산 알고리즘에 대해 설명한다. 제 5장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구에 대해 언급한다

2. 관련 연구

센서 네트워크를 이용한 ITS 분야의 연구로 미국 UCLA 대학에서는 주차장과 같은 특정 지역 내에 센서를 설치하여 차량 안전 관련 서비스를 위한 연구를 수행하였고, MIT 대학에서는 'uAMPS' 프로젝트에서 개발한 마이크로 센서노드를 이용하여 차량의 속도 및 방향 등의 정보를 수집하는 연구를 진행하였으며, 미국 남가주 대학에서는 'I-LENSE'라는 프로젝트를 통해서 센서 네트워크를 이용한 도로 내 차량의 통행정보를 수집하는 연구를 진행하였다. 이외에도 캘리포니아 PATH (Partners for Advanced Transit and Highways) 프로젝트에서 발생하는 충돌 사고를 유발시키는 요인을 규명하고, 미 연방 교통부(DOT)에서 노변 센서와 차량 센서를 이용한 교차로 판단 지원 및 교차로 충돌 방지 시스템 (CICAS, Cooperative Intersection Collision Avoidance Systems) 개발 사업을 추진하고 있다.

자기 센서 노드를 이용한 교통 감시 시스템의 연구 개발은 미국의 버클리 대학이 활발하게 진행하고 있으며, 버클리 대학은 이를 통해서 자기 센서 노드를 이용한 무선 네트워크를 구성하고, 교통정보를 모니터링을 하고자 하였다. 이를 위해 자기 센서 노드의 프로토타입과 그에 따른 차량 및 속도 검출 알고리즘을 설계하였다. 버클리 대학의 차량 검지 및 속도 검출 알고리즘은 문턱치 (threshold) 기반의 차량 검지와 Finite State Machine 기반의 차량의 속도 검출을 그 주 내용으로 하고 있다.

3. 자기 센서노드 기반 차량 감지 시스템

3.1 개념

자기 센서 노드를 이용하여 차량을 감지하는 원리는 그림 1(a)와 같이 차량의 이동으로 인해 변화되는 지자기장 주위의 지자기장의 변화를 감지하는 것이다. 지자기장의 변화를 감지함으로써 차량의 존재 여부, 즉, 차량을 감지할 수 있으며, 이를 이용하여 특정 지점의 통행량, 점유율 등을 계산할 수 있다. 또한 여러 센서를 이용하는 경우 센서 사이의 거리와 각 센서에서 차량이 감지되는 시간차를 이용하여 차량의 속도를 계산할 수 있다. 그림 1(b)는 이러한 자기 센서 노드 기반 차량 속도 검출 시스템의 한 예를 보인다.

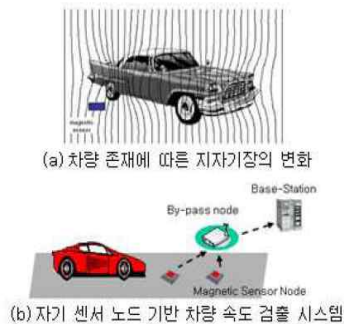


그림 1. 지자기장의 변화와 이를 이용한 차량 감지

3.2 자기 센서노드 기반 차량 감지 시스템의 고려사항

차량 감지 및 속도 계산을 위한 시스템의 구조는 센서 네트워크를 구성하는 자기 센서, 차량 감지 결과의 전달 방법, 감지 결과를 활용한 차량 속도의 계산 위치 등에 따라 달라진다. 차량 속도 계산 시스템 설계 시 고려 및 결정해야 하는 점들을 정리하면 아래와 같다.

표 1. 자기 센서 노드 기반 차량 감지 시스템의 고려사항

항목	설명
센서노드 사양	지자기 센서, CPU, Memory 및 RF Chip, Power Amplifier 등의 사양에 따라 센서노드의 자기 센서 노드 샘플링 주기, 자기 신호 처리 및 통신 횟수(주기) 및 거리가 영향을 받음. 하나의 센서 노드가 둘 이상의 지자기 센서를 부착하는 경우, 하나의 센서 노드에서 차량 속도 계산을 자체 계산할 수 도 있음. 사양에 따라 자기 센서 노드의 크기, 패키징 방법, 노드의 가격, 설치 방법 등이 영향 받음.
자기신호 획득주기	자기 신호 샘플링 주기의 설정. 이는 지자기 센서의 사양(1축 혹은 3축 등), TDMA 및 CSMA/CA등 자기 센서 노드와 외부와의 통신 방법, 및 자기 센서 노드의 H/W 사양 (CPU

	속도 및 Memory 크기 등)에 의해 영향 받음.
자기신호 처리(차량 감지) 및 차량속도 계산방법	획득된 자기 신호를 처리하여 차량의 존재 여부를 판단하고, 이를 기반으로 차량의 속도를 계산 하는 방법으로써, 차량 감지 방법으로는 문턱치 (threshold) 기반 판단, 기울기 (gradient) 기반 방법 등 다양한 방법 등이 있고, 차량의 속도를 계산하는 방법으로는 Finite State Machine 기반 방법이 있음. 이는 자기 센서 노드의 사양 및 센서 네트워크 내의 통신 방법, 센서 네트워크의 구성 방법 등에 의해 영향 받음.
센서 노드의 외부 전송 데이터 및 정보	자기 센서 노드가 획득한 데이터 및 처리한 정보를 어느 수준으로 외부로 전송할 것인가 하는 것으로써, 샘플링 한 모든 정보를 전달하는 방법, 이를 압축 및 요약하여 전달하는 방법, 혹은 센서 노드 자체에서 차량 존재 여부를 자체 처리하여 감지 정보만 전달하는 방법이 있을 수 있음. 이는 자기 센서 노드의 사양, 센서 네트워크 내의 통신 방법 및 차량 감지와 관련하여 요구되는 정확도, 실시간 정도 등에 의해 영향 받음
자기 신호 처리 (차량감지) 및 차량 속도 계산의 위치	자기 센서노드에서 획득된 지자기 샘플링 정보를 이용하여 차량의 존재 여부를 감지하고, 이를 기반으로 차량의 속도를 계산하는 주체를 결정하는 것으로써, 자기 센서노드, By-Pass 노드 및 Base-Station 이 그 주체가 될 수 있음. 이는 자기 센서 노드의 H/W 사양, 센서노드의 외부 전송 데이터 방법, 센서 네트워크의 통신 방법, 센서 네트워크의 설치 방법 등에 의해 영향 받음.
센서 노드의 외부 통신방법	다수의 자기 센서들이 설치되어 있는 환경에서 각 센서 노드에서 획득된 데이터 및 정보를 외부로 전달하는 통신 방법으로써, 각 센서 노드들이 고유의 전송시간을 가지는 TDMA 기법 및 경쟁을 기반으로 전송하는 CSMA-CA 기법이 있음. 통신 방법에 따라 자기 센서 네트워크의 구조, 차량감지 알고리즘, 속도계산 알고리즘, 자기신호 샘플링 주기 등이 영향 받음.
센서 네트워크 통신구조	자기 센서 노드가 획득한 데이터 및 처리한 정보를 외부의 어느 곳으로 전송하는가에 대한 것으로써, 센서 네트워크 내의 다른 자기 센서 노드, By-Pass 노드, 및 Base-Station 등이 그 대상이 될 수 있음. 이는 센서 네트워크에서 채택하고 있는 통신 방법과 각 구성요소의 기능에 의해 영향 받음.
자기 센서	자기 센서 네트워크를 구성하는 자기 센서

네트워크 배치 방법	노드, By-Pass 노드 및 Base-Station의 배치를 결정하는 것임. 이는 센서 노드의 사양 (특히 RF 관련), 센서 네트워크에서 채택하는 통신 방법, 및 제공하고자 하는 서비스에 대한 명세 등에 의해 영향 받음.
------------	---

위 표에서 정리된 주요 고려 사항들은 그 선택에 따라 모두 장단점이 있으며 서로 밀접한 관계를 가지고 있다. 그러므로, 각 항목에 대한 개별적 판단되기 보다는 차량 감지 및 속도 계산 기능에 대한 정확한 요구사항 (요구되는 최소 정확도, 실시간성, 관련 서비스 등)과 센서 네트워크를 구축할 수 있는 비용 및 시간적 요소를 고려하여 종합적으로 판단되어야 할 것이다.

3.3 설계된 차량 감지 및 속도 계산 시스템

위 3.2의 고려사항들을 기반으로, 본 논문에서 차량 감지 및 속도계산을 위해 소요되는 비용, 자기 센서노드의 사양 등에 따른 센서 네트워크 내의 통신 방법 등을 고려하여 설계한 자기 센서 네트워크에 대한 요약은 아래와 같다.

표 2. 자기 센서 네트워크 H/W 및 S/W 요약설명

항목	설명
센서노드 사양	<ul style="list-style-type: none"> • CPU: ATmega128[4] • RF Chip: CC2420[5] • Magnetic Sensor: HMC1021 [6] • 10dB Power Amplifier
자기신호 획득방법	5ms 단위로 지자기 값을 샘플링 하며, 샘플링 값의 버퍼로써 256KB를 사용함.
자기신호 처리 및 차량속도 계산방법	차량 감지를 위해 문턱치 (threshold) 및 기울기 (gradient) 방법과 State Transition 기반 방법을 병행하여 사용하며, 차량 속도 계산을 위해 Finite State Machine 기반 방법을 사용함. 보다 구체적인 방법은 아래의 4장을 참조.
센서노드의 외부 전송 데이터 및 정보	자기 센서 노드에서 획득된 샘플링 데이터를 처리하여, 차량 감지 정보를 감지 시간과 함께 By-Pass 노드로 전송함.
자기신호 처리 및 차량속도 계산 위치	차량 감지를 위한 자기 신호의 처리는 자기 센서 노드에서 수행하고, 각 센서 노드로부터 전달되는 차량 감지 정보를 By-Pass 노드가 수신 받아 이를 기반으로 차량 속도를 계산함.
센서노드의 외부 통신방법	데이터 전송의 충돌을 가능한 방지하기 위해 TDMA 기법의 통신 방법을 사용함.

센서 네트워크 통신 구조	자기 센서 노드는 TDMA 기법으로 By-Pass 노드로 데이터를 전송하고, By-Pass 노드는 자기 센서노드로부터 전송된 데이터를 처리하여 처리 결과를 Base-Station 으로 전달함. 이들은 전체적으로 Base-Station이 Root에 있는 Tree 구조를 가짐.
자기 센서 네트워크 배치방법	자기 센서 노드는 노면에, By-Pass 노드는 노변에, Base-Station은 서비스 장소 인근에 설치하되, 이들은 무선통신을 이용하여 데이터를 전송 하므로, 통신가능 반경에 모두 위치하도록 함. 또한, B차량의 진행 방향을 고려할 때 자기 센서 노드는 By-Pass 노드보다 더 가까운(후방)에 설치되도록 함. 이는 통신 상의 LOS (Line Of Sight) 문제를 최소화 시키기 위함임.

아래의 그림 2는 위의 요소 중, 설계된 자기 센서 노드, By-Pass 노드 및 Base-Station의 모습을 보인다.



(a) 자기 센서 노드 H/W (b) By-Pass 노드 H/W

Item	Description
CPU	ATMEL128 ATmega128 (PIC Core)
Memory Controller	256-Kbit ATmega128 (PIC Core)
Memory Module	ATMEL128 ATmega128 (PIC Core)
Memory	ATMEL128 ATmega128 (PIC Core)
Power IC	ATMEL128 ATmega128 (PIC Core)
Microcontroller	ATMEL128 ATmega128 (PIC Core)
Storage Device	ATMEL128 ATmega128 (PIC Core)
Hardware Configuration	ATMEL128 ATmega128 (PIC Core)
Operating System	ATMEL128 ATmega128 (PIC Core)

(c) Base-Station 사양 및 H/W

그림 2. 자기센서노드, By-Pass노드 및 Base-Station의 외관

정리하면, 본 논문을 통하여 설계된, 차량 감지 및 속도 계산을 위한 자기 센서 네트워크는 아래와 같은 특징을 가진다.

- 설계된 자기 센서 노드는 하나의 지자기 센서를 포함하며, 5ms 단위로 지자기 값을 샘플링 하여 분석, 차량의 존재 여부(감지)를 판단함
- 자기 센서 노드는 차량의 존재가 감지되면 감지 유무, 감지 시간, 에러 정보 및 통신 일련 번호 등을 기 설정되어 있는 By-Pass 노드로 전달함. 이를 위해 자기 센서 네트워크 내의 모든 자기 센서 노드, By-Pass 노드는 TDMA 기법을 기반으로 통신하고, 이를 위해 Base-Station이 주도하는 시각 동기화 기법을 사용함.
- By-Pass 노드는 자기 센서 노드로부터 전달된 차량

검지 정보를 이용하여, 주어진 알고리즘에 따라 차량의 속도를 계산하고, 속도가 정상적으로 계산되는 경우, 계산된 속도 값, 차량 통과 시간, 예러 정보 및 통신 일련 번호 등을 Base-Station으로 전달함.

이러한 자기 센서 노드 기반 차량 속도 계산 시스템은 기본적으로 그림 1(b)와 같은 구조를 가진다.

4. 차량 검지 및 속도 계산 알고리즘

본 장에서는 3장에서 소개된 자기 센서 기반의 차량 검지 및 속도 계산 시스템에서 사용한 차량 검지 및 속도 계산 알고리즘의 상세 부분에 대해서 설명한다.

4.1 자기 신호 데이터

아래의 그림 3은 일반 승용차가 이동한 경우 발생하는 지자기장의 변화를 자기 센서 노드에서 샘플링 하여 그래프로써 표현한 것이다. 차량 이동에 의한 자기 신호의 변화는 차량의 종류, 차량의 속도 및 주변 환경(도로의 경사 정도 등)등에 의해 다르게 나타날 수 있다

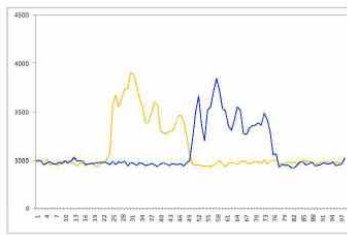


그림 3. 승용차 이동에 따른 자기 신호 파형의 변화

4.2 차량 검지 알고리즘

4.1절에서 보여진 바와 같은 자기 신호를 처리하여 차량의 존재 여부를 판단하기 위해서 아래의 표와 같은 방법 및 이들의 혼합방법이 고려될 수 있다. 아래의 각 방법들을 각기 장단점을 가진다.

표 3. 차량 검지 알고리즘

방법	설명
문턱치 기반 차량 검지	샘플링 된 자기 신호의 값이 특정 문턱치 값(threshold)이 넘으면 차량이 진입했다고 판단함
기울기 기반 차량 검지	연속적인 자기 신호의 변화 량이 특정 값(threshold) 이상을 넘으면 차량이 진입했다고 판단함. 샘플링 된 자기 신호 값의 크기를 의미하는 문턱치 기반 차량 검출 방법에서의 문턱치 값과는 달리 본 방법에서의

	특정 값(threshold)은 자기 신호가 변화하는 양에 대한 값임
특징점 기반 차량 검지	연속적 자기 신호의 변화에 있어 자기 신호의 최대값지점 (local maximum) 혹은 최소값 지점 (local minimum)을 찾아 차량의 진입 시점을 판단하는 방법.
혼합 기반 차량 검지	위 방법들을 둘 이상 혼합하여 모두 만족시키는 경우에 차량의 진입 시점을 판단하는 방법.

위의 각 차량 검지 방법들과 더불어 샘플링 된 자기 신호에 존재하는 잡음(noise)을 제거하기 위해 샘플링 주기를 조절하는 방법, 몇 개의 샘플링 값을 평균 혹은 가중평균 하는 방법 등이 사용된다. 또한, 차량이 없는 경우의 자기 신호 값(Baseline)이 온도 및 습도에 의해 변화되는 특성이 있으므로, 이를 보정하기 위한 주기적 업데이트 방법이 사용된다.

본 논문에서는 차량 검지를 위해, 자기 센서로부터 샘플링 된 값 N(일종의 파라미터 값으로써, 상황에 따른 최적화를 위해 사용됨)개를 평균하고, 이 값에 대해 위의 문턱치 기반 방법 및 기울기 기반 방법을 혼합하여 사용한다. 또한, 이를 구현하는 과정에 있어 아래의 그림 4와 같은 상태 전이 다이어그램(state transition diagram)을 사용한다.

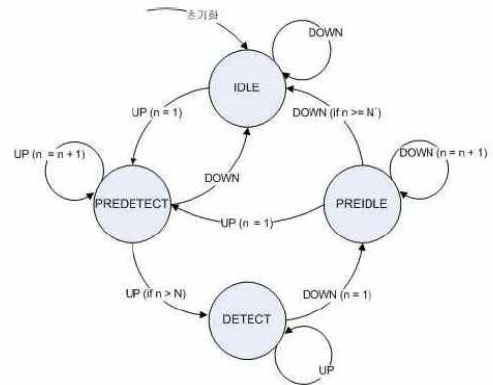


그림 4. 차량 검지를 위한 상태 전이 다이어그램

위의 그림 5에서 사용되는 이벤트 및 상태(state)에 대한 설명은 아래 표와 같다.

표 4. 차량 검지를 위한 상태 전이 다이어그램 구성요소

이벤트 및 상태	설명
UP	자기 신호가 특정 문턱치 값(threshold) 이상이거나, 특정 기울기 값 이상으로 변화하는 경우 발생하는 이벤트
DOWN	자기 신호가 특정 문턱치 값(threshold) 이하이거나, 특정 기울기 값 이하로 변화하는 경우 발생하는 이벤트

IDLE	차량이 없다고 판단되는 상태
PREDETECT	차량의 진입이 금지되기 시작하는 상태로써, IDLE 상태에서 UP 이벤트가 발생하는 경우임. PREDETECT 상태에서 UP 이벤트가 반복적으로 발생하는 경우, DETECT 상태로 전이되며, DETECT 상태로 전이하기 위한 UP 이벤트의 반복 횟수(N)는 알고리즘의 파라미터로써 설정됨. 이는 차량검지를 위한 알고리즘의 민감도와 관련됨.
DETECT	차량이 금지된 상태로써, UP 이벤트가 연속적으로 N번 발생하는 경우임. DETECT 상태가 되면 자기 센서노드는 무선 통신을 이용하여 차량의 진입이 금지되었음을 By-Pass 노드에게 알림. DETECT 상태에서 DOWN 이벤트가 발생하면 PREIDLE 상태로 전이함.
PREIDLE	차량의 진출이 금지되기 시작하는 상태로써, DETECT 상태에서 DOWN 이벤트가 발생하는 경우임. PREDETECT 상태의 경우와 마찬가지로, PREIDLE 상태에서 DOWN 이벤트가 반복적으로 발생하는 경우, IDLE 상태로 전이되며, IDLE 상태로 전이하기 위한 DOWN 이벤트의 반복 횟수(N')는 알고리즘의 파라미터로써 설정됨. 이는 차량검지를 위한 알고리즘의 민감도와 관련됨. PREIDLE 상태에서 IDLE 상태로 전이될 때, 자기 센서노드는 무선 통신을 이용하여 차량의 진출이 금지되었음을 By-Pass 노드에게 알림.

위의 표에서 설명된 바와 같이, 자기 센서노드의 상태가 PREDETECT 상태에서 DETECT 상태로 전이될 때 차량의 진입이 금지되고, PREIDLE 상태에서 IDLE 상태로 전이될 때 차량의 진출이 금지된다. 이러한 차량의 진입 및 진출과 관련하여 자기 센서노드로부터 By-Pass 노드로 전달되는 정보는 아래와 같다.

표 5. 자기 센서 노드로부터 By-Pass 노드로의 전달 정보

정보	Byte수	설명
Node ID	4	차량의 진출입을 금지한 자기 센서 노드의 ID
ON/OFF	1	차량이 진입(ON) 했는지, 진출(OFF) 했는지의 여부
Time	4	차량의 진입 및 진출이 금지된 시간으로써, 자기 센서노드의 Timer 값
SeqNo	2	통신 횟수를 확인하기 위한 통신

		일련번호
Error	1	에러 코드 값
CRC	1	통신 에러를 점검하기 위한 CRC값

4.3 차량 속도 계산 알고리즘

4.2에서 언급된 자기 센서노드로부터 전달된 차량의 진입(ON) 및 진출(OFF)에 대한 금지정보는 By-Pass 노드에서 차량의 속도를 계산하기 위해 사용된다. 이때의 속도 계산은 센서 노드들이 설치될 때 고정되는 센서 노드들의 거리 값과 차량의 진출입 금지 시간 차이를 이용하여 진행된다.

여기에서 비록 무선 통신의 전송 성공률을 위하여 자기 센서 네트워크가 TDMA 기반의 통신 방법을 이용하기는 하지만, 소수나마 손실되는 차량 진출입 정보가 있을 수 있으므로 By-Pass 노드로 성공적으로 전송되는 차량 진입(ON) 및 진출(OFF) 금지 정보에 대해 아래 표와 같은 방법으로 차량의 속도를 계산한다.

표 6. 차량 속도 계산 방법

전방 후방 센서	ON/OFF 모두 수신	ON만 수신	OFF만 수신	ON/OFF 모두 수신
ON/OFF 모두 수신	계산 불가	계산 불가	계산 불가	계산 불가
ON만 수신	계산 불가	ON 만으로 계산	계산 불가	ON 만으로 계산
OFF만 수신	계산 불가	계산 불가	OFF 만으로 계산	OFF 만으로 계산
ON/OFF 모두 수신	계산 불가	ON 만으로 계산	OFF 만으로 계산	ON/OFF로 계산 후 평균치 활용

By-Pass 노드가 수신한 차량 진입(ON) 및 차량 진출(OFF) 금지 정보에 대해 위의 표에서와 같은 속도계산 방법을 사용하기 위해서는, 일부 소수 정보가 손실되더라도 전달되는 차량 진출입 정보들이 하나의 특정 차량에 대한 것임을 매핑 해야만 하는데, 이는 차량 진출입 정보와 같이 전달되는 금지 시간 정보를 활용하여 두 자기 센서 노드로부터 전달되는 정보의 금지 시간 정보 시간순위를 확인함으로써 진행한다.

By-Pass 노드에서는 위의 속도 계산 외에, 차량 속도와 관련된 여러 데이터 처리를 추가할 수 있는데 예를 들어, 산출될 수 있는 최저/최대 속도의 설정, 속도 계산 History를 유지 및 참조함으로 인한 속도의

보정 등이 가능하다.

4.5 차량 검지 및 속도 계산 시뮬레이션

위의 4.2 및 4.3을 통해 설계된 차량 검지 및 속도 계산 알고리즘을 사전에 검증하기 위해, 본 논문에서는 아래와 같은 구조를 가지는 시뮬레이션 프로그램을 설계 및 구현하였으며, 이를 이용하여 주어진 알고리즘의 정확도를 사전에 평가해 볼 수 있도록 하였다. 아래의 그림의 프로그램은 Microsoft Windows 환경에서 MATLAB 6.0을 이용하여 구현되었다.

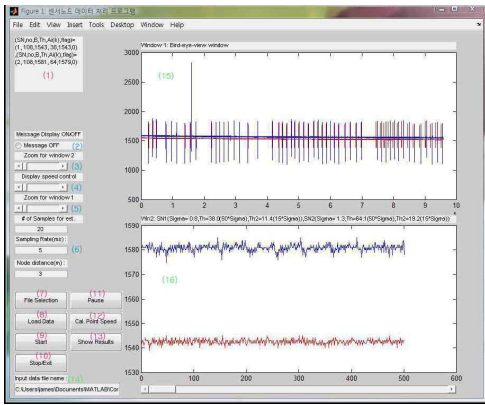


그림 5. 차량검지 및 속도계산 알고리즘 시뮬레이션

표 7. 차량 검지 및 속도 계산 시뮬레이션 사용자 인터페이스

번호	구성이름	설명
(1)	상태표시	현재 검출 중인 데이터의 순번과 데이터 값, 베이스 라인 값, 문턱치 (threshold) 값, 그리고 센서 값이 주어진 문턱치 값을 넘는지의 여부에 대한 플래그 표시
(2)	메시지 표시 설정	차량 진입 진출 시에 표시되는 팝업창의 표시 여부를 설정
(3)	현재 데이터 줌 설정	현재 데이터 뷰(16)의 줌 레벨을 설정
(4)	디스플레이 속도조절	자기 신호 값을 디스플레이 하는 속도를 조절
(5)	전체 데이터 줌 설정	전체 데이터 뷰(15)의 줌 레벨을 설정
(6)	파라미터 설정	자기 신호 데이터와 관련된 파라미터 (샘플링 개수, 샘플링 시간단위, 센서 노드 거리 등)를 설정
(7)	파일선택	시뮬레이션 할 자기 신호 데이터 파일을 선택
(8)	로딩	선택된 파일의 자기 신호를 로딩
(9)	시작	로딩된 자기 신호 데이터를 실제 샘플링 및 취득되는 것처럼

		시뮬레이션을 시작
(10)	정지/종료	시뮬레이션 종료 및 프로그램 종료
(11)	중지	시뮬레이션 일시 중지
(12)	속도계산	미리 설정된 알고리즘에 따른 차량 진출입 지점 인식 및 속도계산
(13)	결과표출	인식된 차량 진출입 지점 및 속도계산 결과 출력
(14)	파일경로 창	현재 로딩되어 시뮬레이션 되고 있는 파일 이름 및 경로를 표출
(15)	현재 데이터	현재 로딩되어 시뮬레이션 되고 있는 파일 이름 및 경로를 표출
(16)	전체 데이터	현재까지 샘플링 된 모든 자기 신호 데이터를 그래프로 표출

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 자기 센서노드를 기반으로 차량의 존재 여부를 검지하고 차량 속도를 계산하는 시스템을 설계 및 구현하였다. 이를 위해, 자기 센서 기반 차량 검지 센서 네트워크 설계 시 고려해야 하는 사항과, 차량 검지 및 속도 계산 알고리즘을 설계할 때 고려해야 하는 사항을 정리하였고, 이를 시뮬레이션 할 수 있는 프로그램을 구현하여 실제 자기 센서 네트워크가 설치되기 전에 사전에 평가해 볼 수 있도록 하였다.

본 논문에 이은 향후 연구로써, 고속도로, 국도, 시내도로 등과 같은 다양한 환경에서의 실제 설치 및 평가와 알고리즘의 실시간 평가를 실행해 볼 수 있는 환경 구축에 대한 연구가 진행될 예정이다.

참고문헌

[1] Cheung, S. Y., Ergen, S. C., and Varaiya, P., "Traffic surveillance with wireless magnetic sensors," Proc. 12th ITS World Congress, San Francisco, Nov. 2005.

[2] Kanian, A.N., "A wireless sensor network for smart roadbeds and intelligent transportation systems," M.Eng. Thesis, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, June 2000.

[3] Chueng, S. Y., Coleri, S., Dundar, B., Ganesh, S., Tan, C. W., and Varaiya, P., "Traffic Measurement and Vehicle Classification with a Single Magnetic Sensor," Journal of Transportation Research Board, Feb 2005.

[4] http://www.atmel.com/dyn/products/param_table.asp?family_id=607&OrderBy=part_no&Direction=ASC

[5] <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2420.html>

[6] http://www.ssec.honeywell.com/magnetic/datasheets/hmc1001-2_1021-2.pdf