

# 차량검지를 위한 무선 자기센서 네트워크 프로토콜

유재준\*, 김도현\*, 박종현\*

\*친환경차량 IT 연구팀, 자동차/조선 IT 융합연구부, 한국전자통신연구원  
e-mail : {jjryu, dohyun, jhp}@etri.re.kr

## Wireless Magnetic Sensor Network Protocol for Vehicle Detection

JaeJun Yoo\*, DoHyun Kim \*, JongHyun Park \*

\*Green Vehicle IT Research Team, Vehicle/Ship IT Convergence Department, ETRI

### 요 약

임의의 공간에 쉽게 설치하여 활용할 수 있는 센서 기술이 발달함에 따라 ITS (Intelligent Transport System) 분야에서도 여러 형태의 센서를 활용하여 차량을 검지하기 위한 연구가 진행되고 있다. 그러한 센서의 대표적인 예는 차량의 이동에 의해 발생하는 지구 자기장의 변화를 파악하여 차량을 검지하는 자기 센서라 할 수 있다.

본 논문에서는 차량 검지를 위해 구축되는 자기 센서 기반 무선 센서 네트워크 시스템에서 정의될 수 있는 응용 서비스 프로토콜을 제안 및 설계 한다. 이러한 응용 서비스 프로토콜에 포함되는 정보들은 크게 차량 검지 정보의 전달, 자기 센서 및 센서 네트워크의 상태정보 전달 및 이들에 대한 관리와 관련된 정보들로써 나뉘어 질 수 있다. 본 논문에서 설명되는 자기 센서 네트워크의 응용 프로토콜은 차량 검지 시스템에 구현되어 실제 테스트베드에 적용되었다.

### 1. 서론

자기 센서노드는 최근 ITS (Intelligent Transport System) 분야에서, 효율적인 차량검지를 위해 활발히 연구되고 있는 주제이다[1,2]. 자기 센서노드는 차량의 이동에 의해 발생하는 지구 자기장의 변화를 감지하여 차량의 존재여부를 판단한다[3]. 이러한 자기 센서노드는 ITS 와 관련된 기존의 시스템들에 비해 저렴하고 설치가 쉬워 도로 상의 차량 이동에 대한 더 많은 정보를 획득할 수 있으며, 이를 기반으로, 관련 ITS 서비스는 질적인 측면과 다양성의 측면에서 보다 풍부해 질 수 있다.

본 논문에서는 차량 검지를 위해 자기 센서노드를 기반으로 구축되는 무선 센서 네트워크 시스템의 응용 프로토콜을 설계한다. 본 논문에서 설계되는 응용 프로토콜은 차량검지를 위해 구현된 무선 자기 센서 네트워크에 실제 구현되고, 테스트베드 지역에 실제 적용되어, 그 유효성이 확인되었다 할 수 있다.

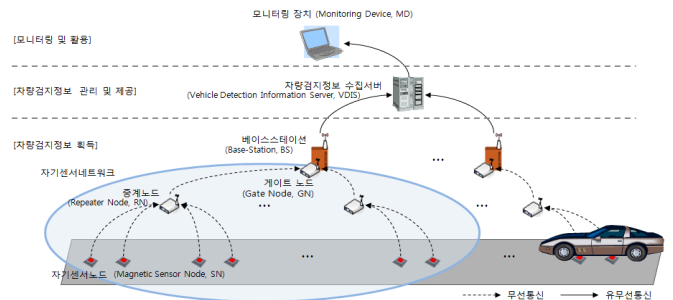
본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 차량 검지를 위한 자기 센서노드 기반의 무선 센서네트워크 시스템에 대한 개요를 설명하고, 제 3 장에서는 해당 시스템에서 구현된 응용 프로토콜에 대해 설명한다. 제 4 장에서는 실제로 설계된 무선 센서 네트워크가 적용된 테스트베드에 대해 간략히 설명하고, 제 5 장에서는 결론을 맺는다.

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발과제의 일환으로 수행되었음. [10035249, uTSD(Traffic Surveillance and Detection) 기술개발]

### 2. 자기 센서노드 기반 무선 센서 네트워크

차량 검지를 위한 자기 센서노드 기반 무선 센서네트워크는 크게 지구 자기장의 변화를 분석하여 차량의 존재여부를 판단하는 자기 센서노드, 자기 센서노드에서 판단된 차량 존재 정보를 이용하여 차량의 속도를 계산하고, 센서 네트워크의 전반을 관리하는 베이스스테이션, 자기 센서노드와 베이스스테이션 사이에서 검지정보를 중계하고, 자기 센서 네트워크의 시각 동기화 등을 관리하는 중간 릴레이노드들로 구성된다.

이 외에, 부수적으로 각 도로 지점에 설치된 베이스스테이션들로부터 정보를 전달받아 저장 및 관리하는 차량검지정보 수집 서버 및 이로부터 정보를 조회할 수 있도록 하는 모니터링 장치 등이 존재할 수 있다. 아래의 그림 1 은 차량 검지를 위해 구성될 수 있는 자기 센서노드 기반 무선 센서네트워크 시스템의 구성을 보인다.



(그림 1) 차량 검지를 위한 자기 센서노드 기반 무선 센서 네트워크 시스템 구성

위의 그림에서 보이는 무선 센서 네트워크 시스템의 구성 및 각 구성요소의 기능들은 하나의 가능한 예로써, 각 도로의 상황 및 구성 요소의 기능적 구분에 따라 변경되는 구조가 가능하다. 예를 들면, 이동하는 차량의 속도를 계산하는 것은 베이스스테이션 뿐만 아니라, 검지 정보를 전달하는 중간 릴레이 노드에서도 가능하며, 이러한 경우 릴레이노드는 충분한 H/W 자원을 갖추고 있어야 한다.

본 논문과 관련하여 설계 및 구현되었던 자기 센서 네트워크는 중간 릴레이노드를 보다 세분화하여, 자기 센서노드로부터 차량 검지정보를 상위 노드로 전달하는 독립형 릴레이노드, 자기 센서노드 및 독립형 릴레이노드들로부터 정보를 전달받아 베이스스테이션으로 전달하는 연동형 릴레이노드로 구분하였다. 이는 각 릴레이 노드의 위치에 따라 기본적으로 제공해야 하는 기능들이 달라 이를 편하게 구분하기 위함이었다. 베이스스테이션과 직접 통신을 하는 연동형 릴레이노드는 RS232 기반의 Serial 통신을 기반으로 베이스스테이션과 연동된다.

**3. 응용 프로토콜의 설계**

본 장에서는 위에서 설명된 자기 센서노드 기반 차량검지 시스템에서 차량검지 정보의 전달 및 전체 네트워크 시스템의 관리 등을 위해 설계된 응용 프로토콜의 명세에 대해 설명한다.

센서 네트워크가 전달하는 정보의 종류 및 설치 환경의 차이 등에 따라 해당 센서 네트워크 내부의 응용 프로토콜과 센서 네트워크 외부와의 응용 프로토콜은 같게 설계될 수도 혹은 다르게 설계될 수도 있을 것이다.

<표 1> 응용 프로토콜 패킷의 구조

이름	크기 (Byte)	고정값	설명
STX	1	0xAA	패킷의 시작을 알리는 바이트
LEN	1	-	패킷의 유효길이(LEN ~ CHKSUM) 값
MTYPE	1	-	패킷 타입. 세부 명세는 본 문서 이하를 참조
(Payload)	0 ~ (N-4)	-	Payload. 패킷 타입 (MTYPE)에 따라 실제 내용 및 구조가 달라짐. 최대 (N-4) 바이트까지 가능하며, N은 하나의 MAC 패킷에서 Payload로 제공 가능한 길이를 의미함. (N은 약 110여 바이트의 길이임)
CHKSUM	1	-	패킷의 전송에러 체크를 위한 필드로써, LEN 필드부터 Payload 필드까지의 바이트 단위에 대한 XOR

본 논문에서 설계된 차량검지를 위한 센서 네트워크의 응용 프로토콜은 시스템의 단순화 등을 위해 센서 네트워크 내부 및 외부의 구분 없이 비슷하게 (일부 정보 제외) 설계되었으며, 이로 인해 아래의 응용 프로토콜 설명은 연동형 릴레이노드와 베이스스테이션의 통신을 위주로 정리하였다.

베이스스테이션과 연동형 릴레이노드간 사이에서 전달되는 패킷 포맷은 기본적으로 표 1과 같은 형식을 가진다.

베이스스테이션과 연동형 릴레이노드간 사이에서 전달되는 패킷의 그룹에는 아래와 같은 종류가 있다.

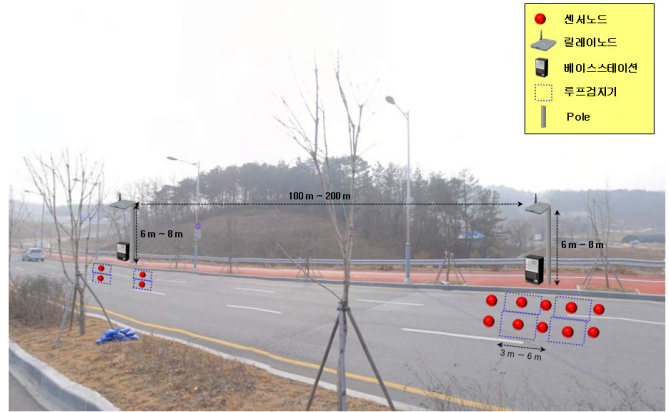
- DATA 그룹  
차량의 검지정보를 전달하는 패킷
- MGMT 그룹  
센서노드 및 릴레이노드의 상태 및 정보를 전달하기 위한 패킷
- CTRL 그룹  
베이스스테이션에서 센서노드 및 릴레이노드로 특정 정보 및 명령을 전달하기 위한 패킷
- INTER 그룹  
센서네트워크 내부에서의 정보교환을 목적으로 하는 패킷을 의미하며, 센서네트워크 외부(베이스스테이션 포함)로는 패킷이 전달되지 않음.

아래의 표 2는 위의 각 패킷 그룹에 속하는 세부 패킷에 대한 정보를 정리한다.

<표 2> 그룹 별 세부 패킷 목록

패킷 그룹	패킷 타입 MTYPE	패킷이름	설명
DATA	0x10	D_ONOFF	차량의 존재여부 (ON/OFF) 정보를 전달함
MGMT	0x20	M_TIME	연동형 릴레이노드에서 Clock Tick 정보를 전달함
	0x21	M_BAT	릴레이 노드의 Child 노드들에 대한 BAT 정보를 전달함
	0x22	M_LQI	릴레이 노드의 Child 노드들에 대한 LQI 정보를 전달함
	0x23	M_STATUS	노드의 상태 및 에러정보를 전달함
	0x24	M_PARAM	노드의 내부 파라미터 값을 전달함 (*)
	0x25	M_VERSION	노드 SW의 버전 번호를 전달함 (*)
CTRL	0x30	C_SETBL	센서노드로 하여금 베이스라인(BL)을 설정하도록 함
	0x31	C_SCALIB	센서노드의 캘리브레이션 작업을 수행함 (*)
	0x32	C_SSTART	센서노드의 차량검지를 위한 샘플링을 시작하도록 함

	0x33	C_SETPARAM	노드의 내부 파라미터를 주어진 값으로 설정함 (*)
	0x34	C_GETPARAM	노드의 내부 파라미터를 요구함 (*)
	0x35	C_RESET	노드를 재시작함
	0x36	C_GETVER	노드의 SW 버전 값을 요구함 (*)
	0x37	C_GETTIME	센서네트워크 내 시각 (tick)을 요청함.
	0x38	C_ECHO	대상 노드가 응답하는지 확인을 요청함
INTER	0xF0	I_BAT	노드의 BAT 정보를 전달함



(그림 2) 대전 테스트베드의 차량검지 시스템 설치

위의 세부 패킷 중, 센서 네트워크에서 전달되는 가장 중요한 정보인 차량의 검지정보를 전달하는 패킷의 세부 포맷에 대해 정리하면 아래의 표 3 과 같다.

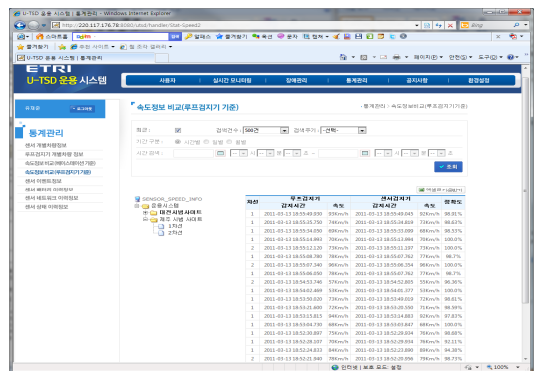
<표 3> 차량검지정보의 전달을 위한 패킷명세

이름	크기 (Byte)	고정값	설명
STX	1	0xAA	패킷의 시작을 알리는 바이트
LEN	1	0x10	D_ONOFF 패킷의 길이
MTYPE	1	0x0A	패킷 타입 (D_ONOFF)
SADDR	1	-	차량의 존재 여부를 판단한 U-TSD 센서노드의 ID
ONOFF	1	-	차량의 존재 여부 값 및 관련 정보
TIME	4	-	차량의 존재 여부를 판단한 시각
SEQNO	1	-	차량의 존재 여부 판단에 대한 시퀀스 번호 (ON 및 OFF 정보에 대해 별도의 시퀀스 번호가 부여)
CHKSUM	1	-	패킷의 전송에러 체크를 위한 필드

이 외의 패킷에 대한 명세는 논문의 지면 관계상, 소개하지 않도록 한다.

#### 4. 테스트베드로의 적용

제 2 장 및 제 3 장에서 소개된 자기 센서노드 기반의 차량검지 시스템 및 해당 시스템에서 구현된 응용 프로토콜은 대전에 설치된 테스트베드에 실제 적용되어, 그 유효함을 직접 보였다. 아래의 그림은 대전에 구축되어 있는 테스트베드와, 해당 테스트베드로부터 수집되는 차량검지정보를 외부 모니터링 페이지에서 본 결과를 보인다.



(그림 3) 대전 테스트베드로부터 수집되는 차량 검지정보

#### 5. 결론

본 논문에서는 차량검지를 위해 자기 센서노드를 기반으로 무선 센서 네트워크 시스템을 설계하고, 해당 센서 네트워크 시스템에서 차량검지 정보를 상호 교환하기 위한 응용 프로토콜을 제안하였다. 본 논문을 통해 제안된 프로토콜은 실제 테스트베드에 적용되어 그 유효성을 보였다.

향후 연구로써, 차량 검지를 위한 센서 네트워크의 성능적 측면에 대한 분석 및 평가와, 차량검지의 정확도를 향상시키기 위한 자기 센서노드의 신호처리 방법 및 에러 보정 방법 등에 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.