

# IEEE 802.15.4 기반 텔레매틱스 교통안전시스템 성능 평가

김영만<sup>0\*</sup>, 엄두섭<sup>\*\*</sup>, 김민수<sup>\*\*\*</sup>, 김환식<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>국민대학교 컴퓨터학부

<sup>\*\*</sup>고려대학교 전자컴퓨터공학과

<sup>\*\*\*</sup>ETRI 텔레매틱스 USN 연구단

e-mail : [ymkim@kookmin.ac.kr](mailto:ymkim@kookmin.ac.kr)<sup>0</sup>, [eomds@korea.ac.kr](mailto:eomds@korea.ac.kr),  
[minsoo@etri.re.kr](mailto:minsoo@etri.re.kr), [ete012@kookmin.ac.kr](mailto:ete012@kookmin.ac.kr)

## Performance Evaluation for IEEE 802.15.4 Based Telematics Transportation Safety System

Young Man Kim<sup>0\*</sup>, Doo Seop Eom<sup>\*\*</sup>, Minsoo Kim<sup>\*\*\*</sup>, Hwan Sik Kim<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>School of Computer Science, Kookmin University

<sup>\*\*</sup>Dept. of Electronics and Computer Engineering, Korea University

<sup>\*\*\*</sup>Telematics and USN Research Division, ETRI

### 요 약

최근 차량에 설치된 단말기를 통해 길안내 서비스, 교통정보 서비스 등 다양한 정보를 제공하는 텔레매틱스 서비스가 활발하게 연구되고 있다. 하지만 현재 대다수의 텔레매틱스 서비스는 최대 15m의 공간 오차를 가진 GPS 기술을 이용하기 때문에 차량의 정확한 위치정보를 파악하기는 힘들다. 따라서 본 연구에서는 무선 센서 노드를 이용해 GPS보다 정확한 차량의 위치정보와 속도를 감지해 교차로에서 발생할 수 있는 차량 충돌을 예측하고 충돌 위험 정보를 교차로에 근접한 자동차에게 알려주는 텔레매틱스 교통안전시스템을 구성하고 노드 간 통신 프로토콜로서 IEEE 802.15.4[1]를 채택한 후 고정 라우팅 방식으로 차량정보를 베이스 스테이션까지 보내어 교차로 주변차량 전체에 브로드캐스트하는 방식을 취하도록 한다. 빠르게 이동하는 차량의 특성상 교차로 차량 충돌 방지 서비스 구현에 있어서 높은 실시간성과 신뢰성을 갖춘 프로토콜이 요구된다. 따라서 본 차량 충돌 예측을 위한 교통안전시스템의 신뢰성과 실시간성을 평가하기 위하여 Network Simulator 2 (NS/2)[2]를 이용하여 시뮬레이션 한다.

### 1. 서론

언제 어디서든 인간의 편의를 도모하고자 하는 유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 시대에 발맞춰 많은 연구들이 이루어지고 있다. 텔레커뮤니케이션과 인포매틱스의 합성어인 텔레매틱스는 차량 안에서도 운전자가 여러 실시간 교통 정보를 얻을 수 있는 USN 서비스 응용분야의 한 영역을 차지한다. 텔레매틱스 서비스로서 길안내 서비스, 교통정보 서비스 등 다양한 서비스가 제공되고 있으나 현재 대부분의 텔레매틱스 서비스는 GPS를 이용해서 차량의 위치나 속도를 파악하기 때문에 건물이 많은 지역이나 지하터널 등에서는 정확한 위치 파악을 할 수 없고 주변 환경이 좋더라도 GPS 특성상 오차 범위가 최

대 15m정도 발생한다. 그렇기 때문에 자동차가 몇 번째 차선에 있는지 등의 정보는 GPS를 이용하여 측정하기 불가능하므로 다른 방법을 이용해야 한다. 그래서 본 논문에서는 차량의 위치나 속도 정보를 얻기 위해 차량과 노드에 센서 노드를 부착해서 보다 정확한 차량 정보를 얻도록 한다. 교차로에서 교통사고를 예방하기 위하여 충돌을 발생시킬 수 있는 잠재요소인 빠른 속도로 달리는 차량의 속도와 위치를 센싱하여 그 정보를 신뢰성 있고 신속하게 수집한 후 주변 차량에게 실시간 전송하는 시스템의 유효성을 검증해보기 위하여 센서노드 간 통신을 위하여 IEEE 802.15.4 프로토콜을 채용한 시스템을 설계한 후에 그 성능을 평가하고자 한다. 이러한 정보를

받은 자동차들은 미리 교차로 차량 진입 상황에 대하여 예측할 수 있어 사고를 사전에 예방할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 센서 네트워크를 이용한 텔레매틱스 서비스에 관한 최근의 연구들을 소개한다. 3장에서는 교차로 차량 충돌 예측을 위한 교통안전시스템에 대하여 설계한다. 4장에서는 NS2 시뮬레이션 도구를 사용하여 교차로 차량 충돌 예측 서비스를 제공하는 시스템의 실시간성 및 신뢰성에 대하여 평가한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 연구 방향에 대하여 논한다.

**2. 연구 동향**

Life Warning System(LIWAS) [3]은 차량이 도로면의 상태(마름, 젖음, 눈덮임 또는 빙판)를 센싱하여 그 정보를 차량 간의 정보전달을 통하여 이 도로를 통과하게 되는 차량에게 빠르고 신뢰성 있게 전달해주는 실험적인 시스템이다. 2003년에 시작된 이 연구는 차량에 부착된 센서 노드가 노면의 상태를 센싱하며 MAC 프로토콜로 802.11을 사용한다. 또한 라우팅 프로토콜로 다섯 가지의 Zone Flooding Protocol 을 사용하여 신뢰성과 실시간성에 대한 프로토콜별 성능을 비교 평가한다.

2003년에 Ohio State University에서 시작한 OKI Project[4]는 교차로에서 차량의 좌회전 및 우회전 시 시야를 가리게 되는 차량 때문에 일어날 수 있는 충돌을 예측하여 차량에 경고 메시지를 전달하는 시스템 시뮬레이션 프로젝트이다. 802.11과 DOLPHIN 프로토콜을 사용하여 데이터 전달의 실시간성과 신뢰성을 향상시키고 있다.

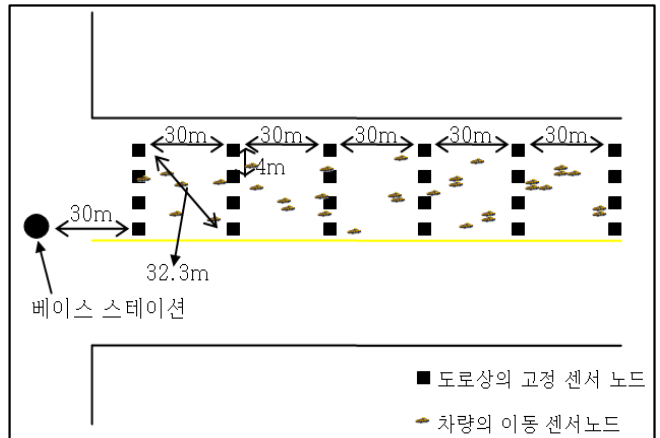
**3. 교차로 차량 충돌 예측을 위한 교통안전 시스템 설계**

센서 네트워크는 통상적으로 특정 지역에 센서 노드들을 설치하여 주변 환경 정보 또는 특정 이벤트에 관한 정보를 수집하고, 베이스 스테이션에게 이 정보를 전송하여 수집된 정보를 활용하는 서비스 환경을 말한다. 또한 사용자는 원격지에서 베이스 스테이션이 소유하고 있는 실시간 정보를 활용할 수 있다.

이러한 무선 센서 네트워크 기술을 바탕으로 사거리 교차로에 진입하는 자동차에게 사거리 주변의 교통상황을 미리 알려주어 미연에 사고를 예방하는 시스템을 구성해 볼 수 있다. 즉, 사거리 주변 도로 위에 고정 센서 노드를 배치하여 차량에 설치된 노드로부터 차량의 속도와 위치에 관한 정보를 수집하

고, 수집된 정보는 도로에 설치된 센서 노드들 간의 무선 통신에 의해서 사거리 중심에 있는 베이스 스테이션에 전달된다. 베이스 스테이션은 이렇게 수집된 사거리 주변 차량의 속도와 위치 정보를 바탕으로 차량 충돌의 가능성을 예측하고 사거리에 진입하는 차량들에게 이 정보를 브로드캐스트한다. 따라서 교차로로 진입하는 차량들은 충돌 요소를 미리 감지하여 적절히 대응함으로써 사고 발생 확률을 줄일 수 있다.

그림 1에서와 같이 교차로 진입도로에 차선을 따라 베이스 스테이션에 이르기까지 고정 센서 노드들을 배치시킨다. 차량 노드는 가장 가까운 위치의 고정 센서 노드에게 차량 데이터를 전달하고 고정 센서 노드는 차선을 따라 베이스 스테이션까지 차량 데이터를 전달한다. 이와 같이 베이스 스테이션에서는 4개의 차선에서 전송되는 차량정보들을 수집한다. 이 때 차량 정보가 도로에 설치된 센서 노드 열을 따라 베이스 스테이션까지 도달하는데 걸리는 시간을 최대 1초로 갖는 시스템을 목표로 하여 설계한 후 시뮬레이션을 통하여 실제 성능에 대하여 분석 및 평가한다.



(그림 1) 센서노드와 베이스 스테이션 배치도

**4. 시스템 성능 평가**

차량 정보가 802.15.4 기반 센서 네트워크를 통하여 베이스 스테이션까지 전송되는데 있어서 전송속도 및 수신율을 평가하기 위해 시뮬레이션을 해야 하는데 라우팅 프로토콜로써 AODV를 사용할 경우 라우팅 경로를 찾는 과정에서 많은 시간을 소비하므로 실시간 교통안전시스템에서 요구되는 데이터 전송시간인 최대 1초를 만족시킬 수 없다. 따라서 본 논문에서는 차선을 따라 배치된 노드 열로 라우팅 경로를 고정시키고 노드의 MAC 주소를 찾기 위한 ARP request, reply과정을 제거하기위해 ARP table 또한 고정시켜 시뮬레이션을 진행하였다. 표 1은 NS2

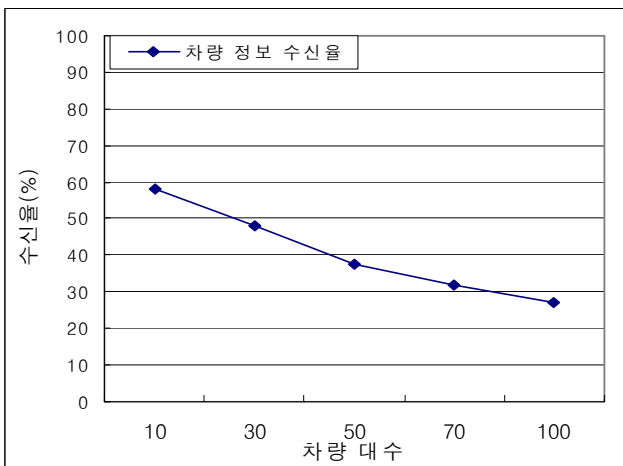
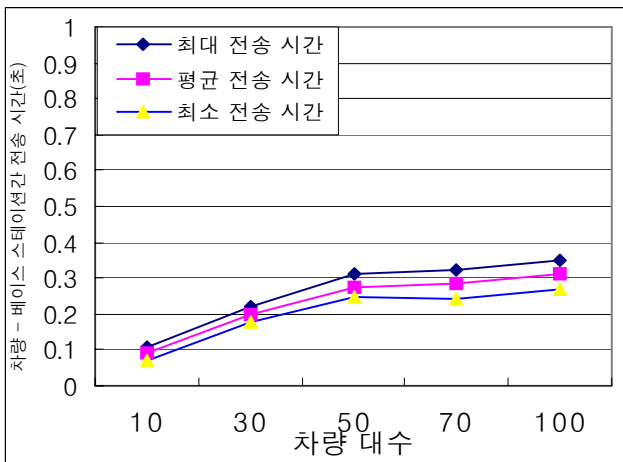
시뮬레이션에서 설정된 파라미터를 보여준다.

Network area	12m x 180m
MAC protocol	IEEE 802.15.4
Routing protocol	Static Routing
Radio range	40 m
Vehicle information size	10 bytes
Bandwidth	250 kbps
Number of nodes	차량 노드 : 10, 30, 50, 70, 100 고정 센서 노드 : 24 Base node : 1
Maximum speed of car node	100 km/h
Vehicle information generation interval	5.0 seconds

<표 1> NS2 시뮬레이션 파라미터

본 논문에서 실험한 시뮬레이션 시나리오는 다음과 같이 3가지 상황으로 나누어진다.

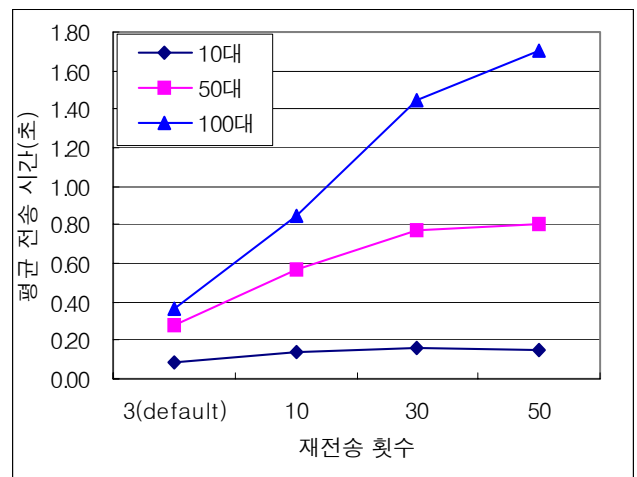
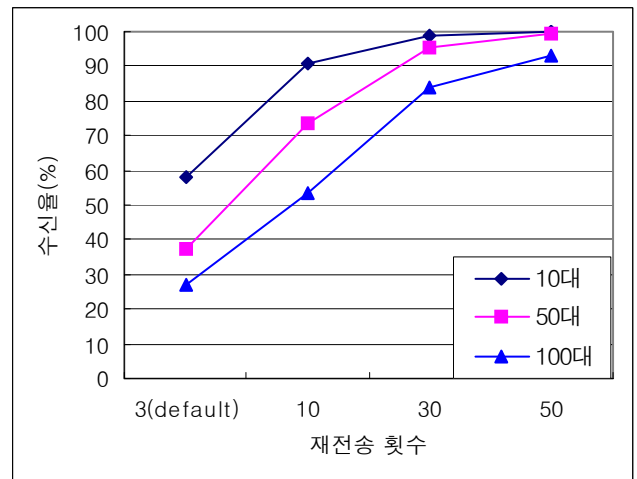
4-1. 차량 대수에 따른 성능변화



(그림 2) 차량 대수에 따른 차량-베이스 스테이션 간 전송시간과 수신율의 변화  
그림 2의 그래프를 보면 차량 대수가 늘어나더라도

도 차량 - 베이스 스테이션 간 최대 전송 속도는 최대 0.4초를 넘지 않는 것을 볼 수 있다. 이것은 미리 라우팅 경로와 MAC 주소를 설정하여 라우팅 경로나 하드웨어 주소를 찾는데 따른 메시지 오버헤드를 제거함으로써 차량정보만이 전송되는데 대한 예상 결과이다. 하지만 그림 2의 그래프에서 보이는 결과처럼 베이스 스테이션에서의 차량정보 수신율은 최대 60%에 불과한데, 이는 802.15.4 특성상 데이터 전송에 있어서 RTS/CTS 제어 메시지를 사용하지 않아 메시지 전달은 신속하지만 그만큼 전송 충돌률이 상승하며 동일 메시지가 3회 연속 충돌 발생 시 그 메시지는 분실되기 때문이다.

4-2. 802.15.4 프로토콜 재전송 횟수에 따른 성능 변화

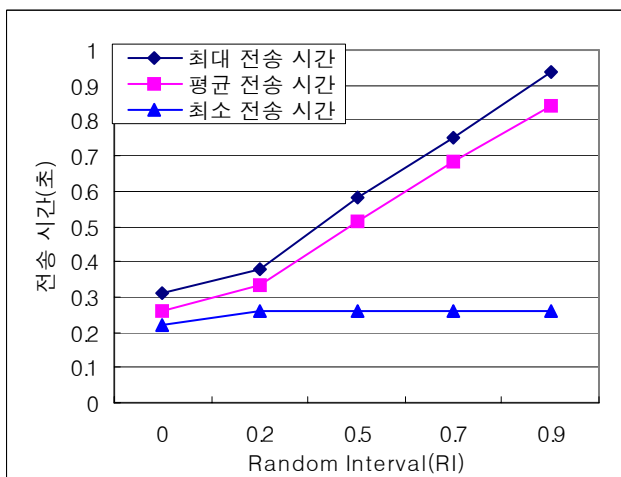
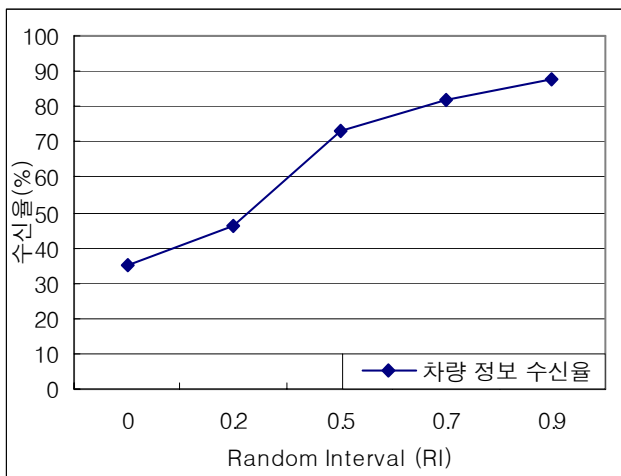


(그림 3) 802.15.4 프로토콜 상황 변수인 재전송 횟수 변경에 따른 전송시간과 수신율 변화

첫 번째 실험 결과 802.15.4를 사용하는 경우 전송시간이 1초 이내로 확실히 완결되는 반면 수신율이 지나치게 줄어들기 때문에 두 번째 실험에서는

데이터의 재전송 횟수를 늘려가면서 실험하였다. 실험 결과를 보여주는 그림 3의 전송시간 그래프를 보면 재전송 횟수가 늘어날수록 수신율이 100%에 가까워지는 것을 볼 수 있다. 그 반면에 재전송 횟수가 많아질수록 전송시간은 늘어나게 되고 교차로 차량 충돌 예방 시스템에서 요구하는 1초 내의 응답시간을 만족시키지 못하는 것을 확인 할 수 있다. 이 두 결과를 보면 재전송 횟수를 늘리지 않고 데이터 충돌을 없애는 다른 방법이 필요함을 알 수 있다.

#### 4-3. Random Interval(RI)에 따른 성능 변화



(그림 4) Random Interval(RI) 값에 따른 전송시간과 수신율 변화

세 번째 실험은 메시지 전송 충돌을 줄이기 위한 방안으로 차량 50대에 부착된 센서 노드들이 동시에 데이터 전송을 시작하기 때문에 충돌율이 높아지는 것을 줄이고자 각각의 차량은 정보를 전송하는데 있어서 Random 한 Interval을 두어서 전송 시작 시간을 분산시켜 전송을 시작하였을 경우에 대한 결과를

보여주는 그래프이다. 그림 4에서 보는 것처럼 Interval 간격을 늘렸을 때 수신율이 증가되는 것을 볼 수 있다. 그 반면, Interval을 증가 시킬수록 전송시간이 늘어나는 것을 볼 수 있다.

#### 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 사거리로 진입하고자 하는 자동차에서 사거리 중앙에 있는 베이스 스테이션까지 차량 정보 데이터를 전송하기 위해 라우팅 테이블과 ARP 테이블을 고정시키고 802.15.4 프로토콜을 채용한 교통안전시스템에 대하여 차량 정보 수신율과 전송시간에 관한 성능을 평가해 보았다.

라우팅 경로를 미리 설정하지 않으면 처음에 라우팅 경로를 찾기 위한 오버헤드가 크고 MAC 주소를 찾기 위한 ARP request, reply 과정으로 인한 네트워크 초기화 시간이 길어진다. 라우팅 경로를 고정하여 데이터 전송 시간을 많이 줄였지만 여전히 텔레매틱스 서비스에서 만족할 만한 데이터 전달률을 얻을 수 없다. 이 점을 해결하기 위해 재전송 횟수를 늘이거나 Random Interval 값을 변경시켜 실험을 하였다. 두 실험의 경우 수신율은 증가된 반면 전송시간 또한 늘어나기 때문에 텔레매틱스 시스템에 적용하기에는 아직 문제점이 남아 있다. 따라서 텔레매틱스 교통안전시스템 성능 평가의 지표가 되는 데이터 전달의 신뢰성과 실시간성을 만족시키기 위해 스케줄링 방식을 사용한 차량 데이터 전달 프로토콜이 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] The IEEE 802.15.4-2003 standard, <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2003.pdf>
- [2] ns2 Simulation software tool, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [3] Lars M. Kristensen and Kenneth-Daniel Nielsen, "On the Application of Zone Flooding in a Traffic Warning System", Department of Computer Science, University of Aarhus, Denmark, November 2004.
- [4] The Ohio State University, "Intersection Collision Warning System : Progress Report", 12/15/2003.