

Telematics Scheduling Protocol에 기반한 텔레매틱스 교통안전시스템 성능 평가

김영만* , 박홍재*
*국민대학교 컴퓨터학부

Performance Evaluation for Telematics Safety System Based on Telematics Scheduling Protocol

Young Man Kim* , Hong Jae Park
Kookmin University
E-mail : {ymkim, hjpark0}@kookmin.ac.kr

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 15m 의 공간오차를 가진 GPS 기술을 이용하기 때문에 차량의 정확한 위치정보를 파악하기는 힘들다. 따라서 본 논문에서는 무선 센서노드를 이용해 GPS 보다 정확한 차량의 위치정보와 속도를 감지하고 노드 간 통신 프로토콜로서 Telematics Scheduling Protocol(TSP)[1]을 사용하여 교차로 중앙에 위치한 베이스 스테이션으로 전송하여 교차로에서 발생할 수 있는 차량 충돌을 예측하며 충돌 위험 정보를 교차로에 근접한 자동차에게 알려주는 텔레매틱스 교통안전시스템[1]을 소개한다. 또한 교통안전시스템으로서의 신뢰성과 실시간성을 비교평가하기 위하여 TSP 프로토콜, IEEE 802.11[2]과 802.15.4[3]를 대상으로 네트워크 시뮬레이터 ns-2[4]를 이용하여 시뮬레이션한다.

1. 서론

언제 어디서든 인간의 편의를 도모하고자 하는 유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 시대에 발맞춰 많은 연구들이 이루어지고 있다. 이러한 연구들 중 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 최대 15m정도 발생한다. 그렇기 때문에 자동차가 몇 번째 차선에 있는지 등의 정보는 GPS를 이용하

여 측정하기 불가능하므로 다른 방법을 이용해야 한다.

본 논문에서는 차량의 위치나 속도 정보를 얻기 위해 차량과 노면에 센서 노드를 부착하여 보다 정확하게 차량 정보를 얻도록 하였으며, 교차로에서 교통사고를 예방하기 위하여 충돌을 발생시킬 수 있는 잠재요소인 빠른 속도로 달리는 차량의 속도와 위치를 센싱하여 그 정보를 신뢰성 있고 신속하게 전송 및 수집하도록 하는 Telematics Scheduling Protocol(TSP)을 통해 시시각각 변하는 교통 상황에 대한 정보를 받은 자동차들이 미리 교차로 차량 진입 상황에 대하여 예측할 수 있도록 하여 인명피해를 일으킬 수 있는 교통사고를 사전에 예방할 수 있는 교통안전시스템을 소개한다. 또한 교통안전시스템의 유효성을 검증하기 위하여 NS2 시뮬레이션 도구를 사용하여 그 성능을 평가하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 교통안전시스템 및 TSP 알고리즘을 소개하며, 3장에서는 NS2 시뮬레이션 도구를 사용하여 교차로 차량 충돌 예측 서비스를 제공하는 시스템의 실시간성 및 신뢰성에 대하여 평가한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 연구 방향에 대하여 논한다.

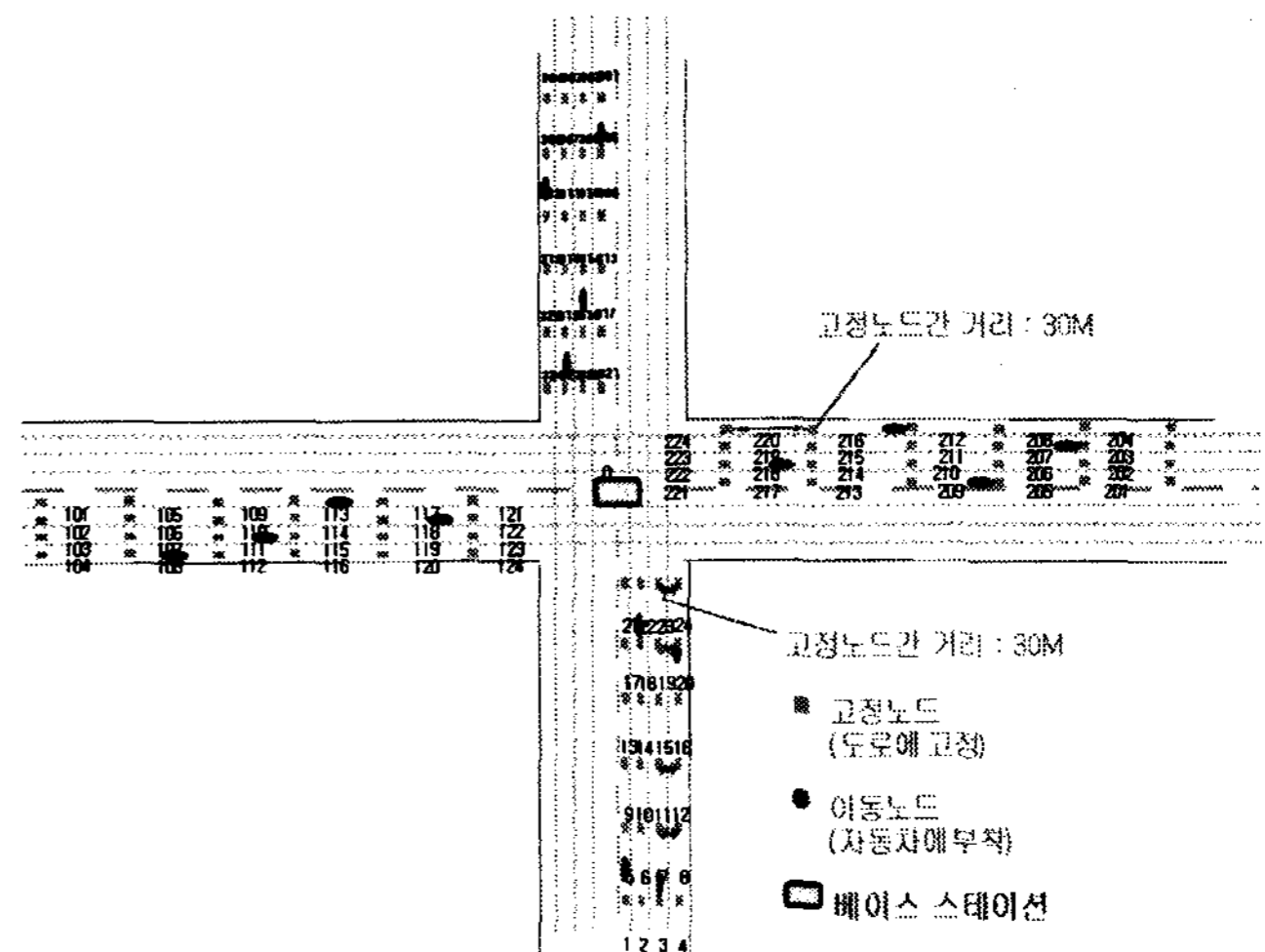
2. 교통안전시스템 및 Telematics Scheduling Protocol(TSP) 개요

무선 센서 네트워크는 통상적으로 특정 지역에 설치된 소형의 센서 노드를 통하여 주변 정보 또는 특정 목적의 정보를 획득하고, 베이스 스테이션에게 이러한 센싱 정보들을 전송하여 수집된 정보를 활용하는 네트워크 환경을 말한다. 본 장에서는 무선 센서 네트워크에 기반한 사거리 교통안전시스템과 이러한 교통안전시스템에서 차량정보들을 전송하는데 있어서 신뢰성과 실시간성을 보장하는 TSP 알고리즘에 대해 소개한다.

2.1. 교통안전시스템

무선 센서네트워크 기반의 사거리 교차로 교통안전시스템은 베이스 스테이션, 고정노드, 이동노드로 구성되며, 시스템의 노드 배치는 (그림 1)과 같다.

이 시스템에서는 교차로 중심에 있는 베이스 스테이션을 향하는 도로의 차선을 따라 센서 노드를 고정 배치시키는데 이 고정노드들이 도로를 지나가는 이동노드 부착 차량으로부터 수집한 차량 정보(속도, 위치, ID등)를 베이스 스테이션까지 전달하는 라우터 역할을 하게 된다.



(그림 1) 사거리 교차로 교통안전시스템 노드배치

본 교통안전시스템의 메시지흐름을 살펴보면, 베이스 스테이션은 일정한 시간마다 교차로 주변차량에 부착된 이동노드와 도로상에 부착된 고정노드들에게 시간 정보를 브로드캐스트하여 시간동기화를 이룬다. 이때 교차로 주변의 차량에 부착된 이동노드들은 자신의 위치 정보와 도로상에 부착된 고정노드들의 위치정보를 이용하여 가장 가까이 설치된 고정노드에게 차량 정보를 전송한다. 고정노드에 전달된 차량정보는 고정된 라우팅 경로를 따라서 교차점 입구의 고정노드들에게 전달되며 최종적으로는 베이스 스테이션에 이르게 된다. 베이스 스테이션은 이렇게하여 수집된 차량정보들을 바탕으로 충돌 예측 검사를 한 후 예상되

는 차량 충돌 정보를 교차로에 근접한 차량들에게 브로드캐스트 함으로써 각 차량은 충돌을 피하기 위한 조치를 취할 수 있게 된다. 즉, 사거리 교차로에 진입하는 차량들은 예상되는 차량 충돌 상황을 미리 파악하여 적절히 대응함으로써 사고 발생 확률을 줄일 수 있게 된다.

2.2. Telematics Scheduling Protocol (TSP)

교차로에서 일어나는 차량충돌을 유효시간 내에서 정확하게 예측하기 위해서는 센서 노드간 데이터 전송에 있어서 신뢰성과 실시간성이 보장되어야 한다. 만약 차량 정보가 일부 분실된다면 교차로의 베이스 스테이션은 올바른 정보 분석을 하지 못하게 되고 불완전한 충돌예측 정보를 주변차량들에게 보내게 된다. 또한 차량 정보가 기준시간 내에 베이스 스테이션까지 전송되지 못한다면 차량 정보가 올바르게 전송되었다 하더라도 사고가 발생한 다음에 뒤늦게 위험을 알리게 되어 의미가 상실된다. 즉, 신뢰성과 실시간성이 결여된 프로토콜은 사거리 교차로 통신에 사용하기가 부적합하다.

본 논문에서는 신뢰성과 실시간성을 제공할 수 있는 TSP 알고리즘을 사용하였다. TSP 알고리즘의 전체 사이클은 일정한 시간마다 시작되는 C2B(Car to Base Station)구간과 잉여 시간의 반복으로 구성된다. 차량에서 베이스 스테이션까지의 데이터 전송기간을 나타내는 C2B는 매 초마다 베이스 스테이션에서 송신되는 브로드캐스트 메시지에 의해서 동기화되어 시작된다. 베이스 스테이션이 일정한 시간마다 주변차량에 부착된 이동노드들에게 브로드캐스트하는 메시지에 의해 이동노드들이 동기화되어 자신과 가장 가까운 위치에 있는 고정노드에게 센싱데이터를 보내는 C2N(Car to Node)단계 이후에 R2R(Row to Row)단계가 이어진다. R2R단계는 차량 정보를 수집한 고정노드들이 베이스 스테이션에 이르기 까지 데이터를 릴레이 하는 단계이다. R2R단계가 완료되면 모든

차량 데이터는 베이스 스테이션에 인접하고 있는 4개의 고정노드에 도착하며 R2B(Row to Base station)단계에서 베이스 스테이션으로 전송 완료된다. 이때 베이스 스테이션은 4개의 독립채널을 교차로의 네 방향 도로로부터 전송되어 오는 데이터들은 다른 방향의 도로 데이터와 충돌하지 않고 베이스 스테이션에 안전하게 도착하게 된다.

3. 교통안전시스템 성능 평가

차량 정보가 TSP 기반 무선 센서 네트워크를 통하여 베이스 스테이션까지 전송되는데 있어서 차량대수가 전송속도 및 수신율에 미치는 영향을 평가하기 위해 (표 1)과 같은 지표를 선정하였다. 또한 TSP의 성능을 객관적으로 비교하기 위하여 비교대상으로 802.11, 802.15.4 프로토콜에 고정 라우팅을 적용하였다.

(표 1) 성능평가 지표

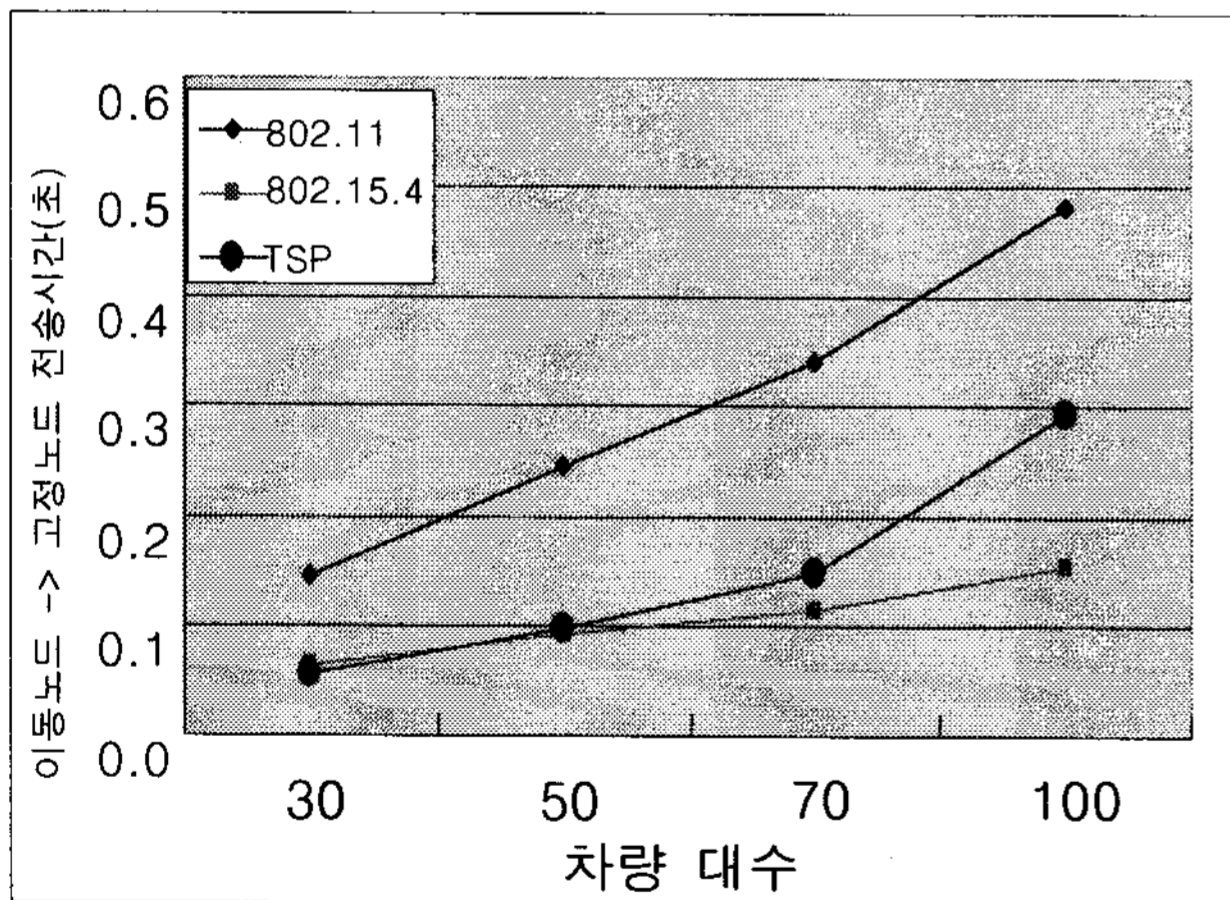
Network area	12m x 180m
MAC protocol	TSP, 802.11, 802.15.4
Routing protocol	Static Routing
Fixed Node Interval	30m
Radio range	40m
Vehicle information size	10 bytes
Bandwidth	250 kbps
Number of nodes	이동노드 : 30, 50, 70, 100 고정노드 : 24 베이스 스테이션 : 1
비고	10회 결과를 평균함

본 논문에서는 차량정보 전송과정을 2단계로 나누어 성능평가를 한다. 첫번째 단계는 자동차에 부착된 자동차의 이동노드가 주변의 고정노드로 데이터를 전송하는 C2N 단계이며, 두번째 단계는 고정노드들간의 데이터 전송을 통해 최종적으로 베이스 스테이션까지 전송하는 R2R & R2B 단계이다.

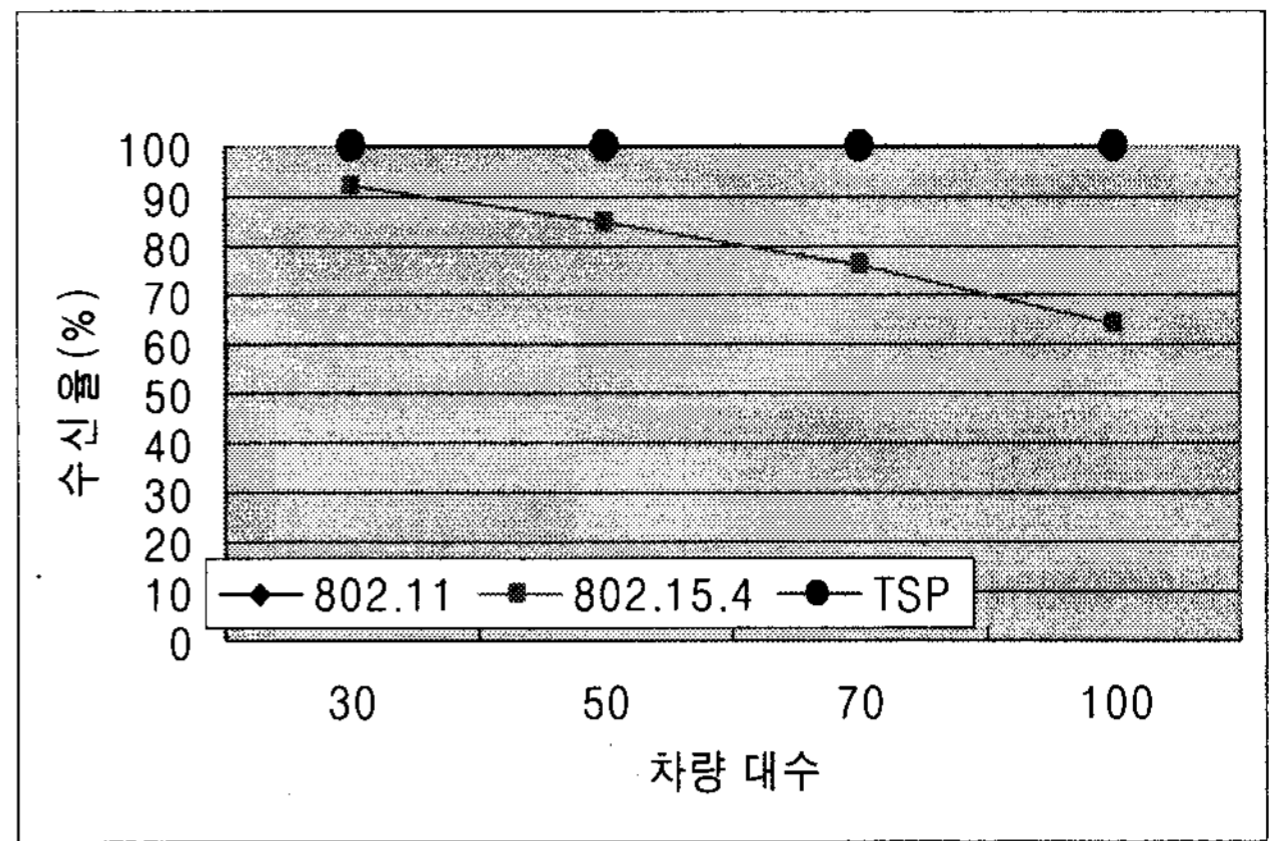
3.1. 자동차 부착 이동노드→고정노드 : C2N단계

(그림2,3)은 각각 이동노드에서 고정노드로 차량 정보를 전송하는데 있어서 차량대수에 따른 전송 시간 및 수신율 변화를 나타낸 그림이다.

802.11을 사용하는 경우, 고정노드는 차량 정보를 100% 수신 하지만 RTS와 CTS 메시지 및 재전송 횟수(7회)의 영향으로 전송시간이 802.15.4에 비해 2배 이상 증가한다. 802.15.4는 다른 프로토콜에 비해 차량정보를 고정노드까지 전달하는 전송 시간이 빠르다. 그 이유는 재전송 횟수가 3회로 제한되어 있고 802.11에서 사용하는 RTS, CTS를 사용하지 않기 때문이다. 그러나 적은 재전송 횟수(3회)로 인해 전송 메시지 충돌에 따른 차량 정보의 drop으로 수신율이 떨어져 차량 100대의 경우 60% 정도의 수신율을 보인다. 반면, TSP 에서는 차량정보를 고정노드로 전달하기 위해 전송 시작시간을 랜덤하게 분산시키고 재전송 횟수를 50회로 늘렸기 때문에 전송시간은 기존 802.15.4보다 늘어났지만 100%의 수신율을 가진다.

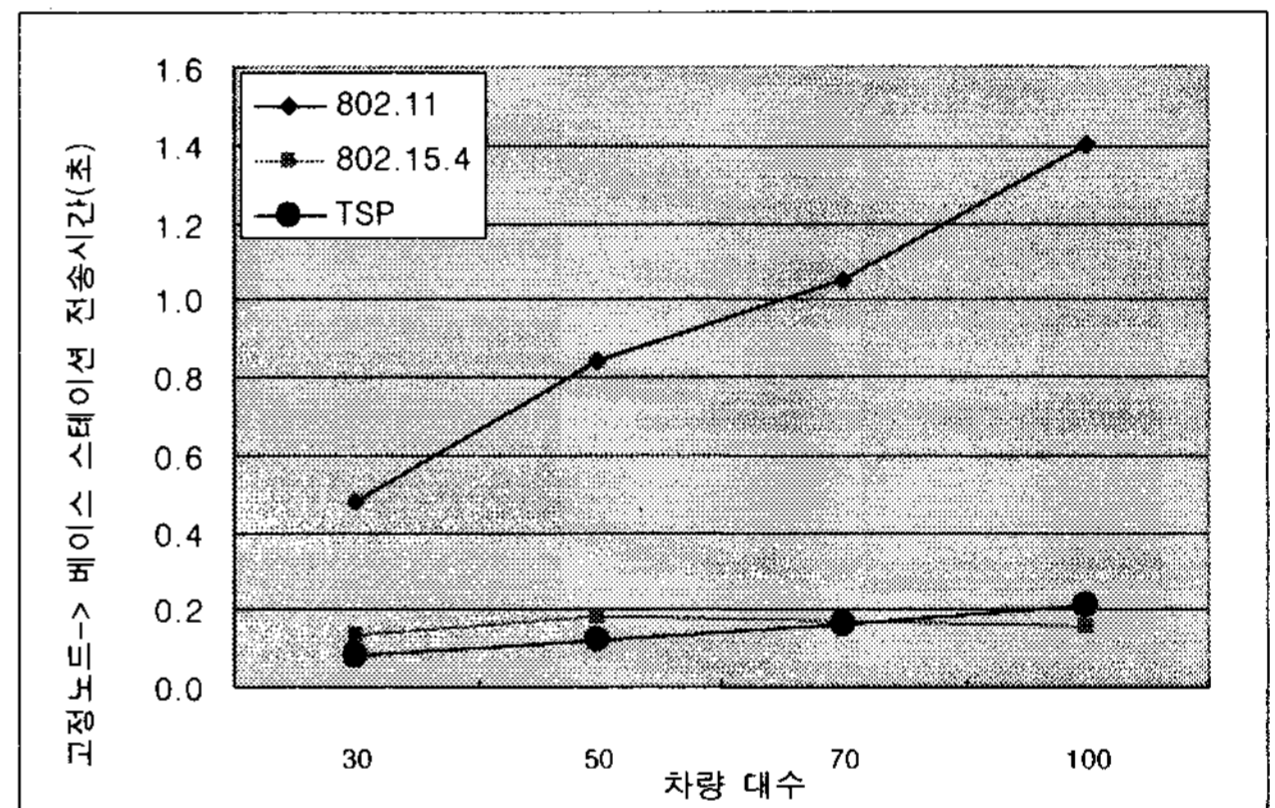


(그림 2) 이동노드에서 고정노드로의 차량대수에 따른 전송시간 비교

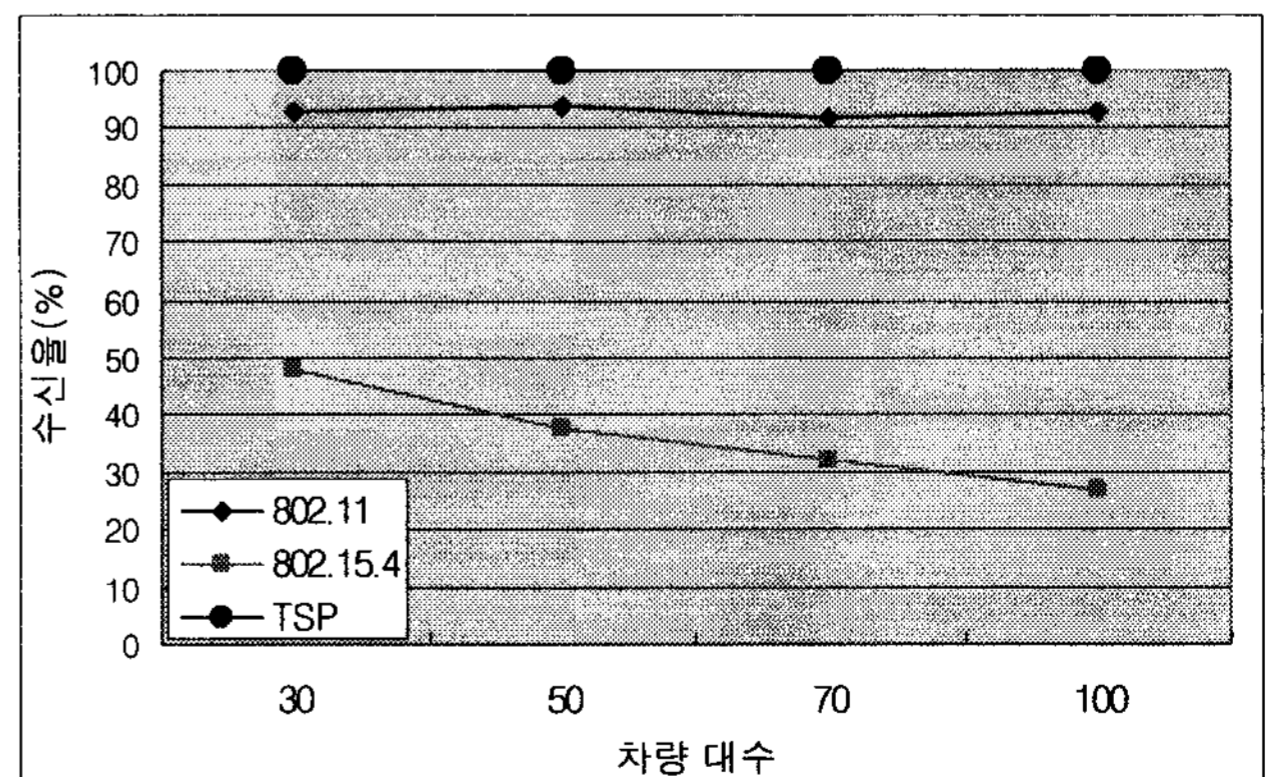


(그림 3) 이동노드에서 고정노드로의 차량대수에 따른 수신율 비교

3.2. 고정노드→베이스 스테이션 : R2R&R2B 단계



(그림 4) 고정노드에서 베이스 스테이션으로의 차량대수에 따른 전송시간 비교



(그림 5) 고정노드에서 베이스 스테이션으로의 차량대수에 따른 수신율 비교

(그림4, 5)는 고정노드에서 베이스 스테이션으로 차량정보를 릴레이 전송하는데 있어서 차량대수에 따른 전송시간 및 수신율의 변화를 나타낸다. 802.11은 차량대수가 증가함에 따라 전송시간이 0.5초에서 1.4초까지 큰 폭으로 증가하였으며, 이는 RTS, CTS의 사용과 높은 재전송 횟수(7회)를 가지기 때문이다. 802.15.4는 차량대수가 증가함에 따라 전송시간이 0.1초에서 0.2초사이의 분포를 보이며, 802.11에 비해 전송시간이 상당히 짧지만 수신율은 평균 50%에도 못 미치는 결과를 보인다. 반면, 제안한 TSP는 전송시간이 0.1초에서 0.2초사이의 분포를 보이고 있어 802.15.4와 비슷하지만, 수신율 면에서는 100%에 이르러 802.15.4보다 월등한 성능을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 텔레매틱스 교통안전시스템 일례로서 사거리 차량충돌 예측 시스템을 소개하였고, 고정라우팅을 사용한 텔레매틱스 사거리 교통 안전 시스템에서 사거리를 향하여 주행하는 자동차의 차량 정보가 사거리 중앙에 있는 베이스 스테이션까지 전달되는데 있어서 IEEE 802.11, 802.15.4, 그리고 TSP의 성능을 비교평가 하기 위하여 시뮬레이션 하였다. 성능평가 결과에 따르면 TSP가 다른 두가지 프로토콜에 비하여 실시간 성과 신뢰성면에서 모두 탁월한 성능을 보였다.

일반적으로 무선 네트워크 상에서는 날씨, 온도 등 여러 가지 간섭조건으로 인해 데이터 전송 중 높은 확률의 에러가 발생할 수 있다. 따라서 향후 이러한 에러율과 도로에 부착된 고정노드 거리간 변화가 성능에 미치는 영향에 대해서 연구할 필요가 있다.

[참고문헌]

[1] 김영만, 엄두섭, 이은규, 이유성, 사거리 교통 안전 시스템을 위한 가변스케줄링 알고리즘,

정보과학회 제32회 추계 학술대회, 2005년 11월.

[2] Pable Brenner, A Technical Tutorial on the IEEE 802.11 Protocol, http://www.sss-mag.com/pdf/802_11_tut.pdf.

[3] The IEEE 802.15.4-2003 standard, <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2003.pdf>.

[4] ns2 Simulation software tool, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.