

에러율 변화에 따른 텔레매틱스 교통안전시스템의 성능 평가

김영만*, 박홍재*
*국민대학교 컴퓨터학부
e-mail : {ymkim, hjpark0}@kookmin.ac.kr

Performance Evaluation for Telematics Traffic Safety System under Changing Error Rate

Young Man Kim* , Hong Jae Park*
*School of Computer Science, Kookmin University
e-mail : {ymkim, hjpark0}@kookmin.ac.kr

요 약

현재 국내에서는 안전 운전 서비스 및 교통정보 수집체계 구축에 USN 기술을 적용하기 위한 다양한 연구와 시범사업이 추진되고 있다. 텔레매틱스 교통안전시스템[1][2]은 교차로 주변의 도로 위에 무선 센서 노드를 부착하여 무선 센서 노드 위를 지나가는 차량들의 정보(속도, 위치, ID 등)를 수신하여 무선 센서 네트워크를 이용해 교차로 중앙에 위치한 베이스 스테이션으로 전송하고, 베이스 스테이션은 이렇게 실시간으로 수집한 정보를 분석하여 얻은 차량안전 운전정보를 교차로에 접근하는 차량들에게 브로드캐스팅하여 차량충돌을 회피하도록 하는 시스템이다. 본 논문에서 다루는 텔레매틱스 교통안전시스템은 Telematics Scheduling Protocol (TSP)[1]을 무선 센서 노드간 통신 프로토콜로 사용하는데 무선 센서 네트워크 특성상 온도, 날씨 등의 주변환경에 의해 노드간 통신에 있어서 높은 데이터 전송 에러율을 가지고 있다. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크 프로토콜로 TSP 를 사용하는 교통안전시스템에서 무선 데이터 전송 에러율, 교차로를 지나가는 차량의 숫자 그리고 도로 표면에 부착된 고정노드간 거리변화가 성능에 미치는 영향을 파악하기 위하여 네트워크 시뮬레이터 ns-2[3]를 이용해 시뮬레이션한다.

1. 서론

인간과 컴퓨터와 사물이 유기적으로 연계되어 다양하고 편리한 서비스를 제공해 주는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서, 외부 환경의 감지와 제어 기능을 수행하는 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)와 관련된 기술이 최근 활발히 연구되고 있다. 이러한 USN의 일환으로 연구되고 있는 텔레매틱스는 차량 안에서 운전자가 길안내 서비스, 교통 혼잡정보 서비스 등 다양한 서비스를 통해 실시간 교통 정보를 제공받을 수 있게 해준다. 그러나 현재 대부분의 텔레매틱스 서비스는 GPS 를 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 15m 정도 발생한다. 따라서 자동차가 몇 번째 차선에 있는지 등의 정보는 GPS 를 이용하여 측정하기 불가능하므로 다른 방법을 이용해야 한다.

교차로에 진입하는 차량의 위치 및 속도 정보를 얻기 위해 차량과 도로 표면에 센서 노드를 부착하여 보다 정확하게 차량 정보를 얻을 수 있는 USN 기반 텔레매틱스 교통안전시스템에서 사용하는 프로토콜인 Telematics Scheduling Protocol (TSP)[1]는 빠른 속

도로 달리는 차량의 속도와 위치를 센싱하여 그 정보를 신뢰성 있고 신속하게 수집 및 전송되도록 고안된 프로토콜이다.

본 논문에서는 TSP 에 대하여 ns-2 시뮬레이션 도구를 사용하여 에러율, 자동차 수 그리고 고정노드간 거리가 성능에 미치는 영향에 대하여 연구한다.

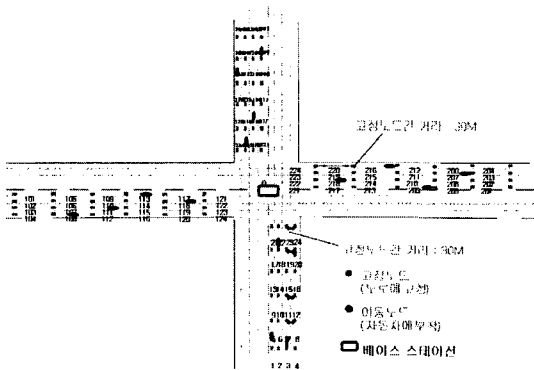
2. 교통안전시스템 및 Telematics Scheduling Protocol(TSP) 개요

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 교통안전시스템에서 차량 정보들을 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 시스템에서 교차로 중심에 위치한 베이스 스테이션을 정점으로 네방향의 차선을 따라 센서 노드를 고정 배치시키는데, 이 고정센서 노드들은 차량에 부착된 이동 센서 노드로부터 수집된 차량 정보(속도, 위치, ID등)를 베이스 스테이션까지 전달하는 라우터 역할을 한다.



(그림 1) 사거리 교차로 교통안전시스템 노드배치

교통안전시스템의 메시지흐름을 살펴보면, 베이스 스테이션은 일정한 시간마다 교차로 주변차량에 부착된 이동노드와 도로상에 부착된 고정노드들에게 시간 정보를 브로드캐스트하여 시간동기화를 이룬다. 이때 교차로 주변에 도달한 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 이렇게 실시간으로 수집된 차량정보들을 바탕으로 충돌 예측 검사를 한 후 예상되는 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 상실된다면 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 이후나 사고방지를 위한 운전조작을 하기에는 너무 늦게 위험을 알리게 되어 차량충돌을 회피할 수 없게 된다. 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)단계를 완료한 후, R2R(Row to Row) 단계가 이어진다. R2R단계는 차량 정보를 수집한 고정노드들이 데이터를 베이스 스테이션에 이르기까지 릴레이 하는 단계이다. R2R단계가 완료되면 모든 차량 데이터는 베이스 스테이션에 인접하여 있는 4개의 고정노드에 도착하며 R2B(Row to Base station)단계에서 베이스 스테이션으로 전송 완료된다. 이때 베이스 스테이션은 4개의 독립채널을 각 방향의 차선에 존재하는 고정노드들에게 할당하여 교차로의 네 방향 도로로부터 오는 데이터들은 다른 방향의 도로 데이터와 충돌하지 않고 베이스 스테이션에 안전하게 도착하게 된다.

3. 교통안전시스템 성능 평가

차량의 위치 및 속도 등의 정보가 TSP 기반의 무선 센서 네트워크를 통하여 베이스 스테이션까지 전송되는데 있어서 에러율과 이동노드의 수 및 고정노드간 거리변화에 따른 전송속도 및 수신율에 미치는 영향을 평가하기 위해 (표 1)과 같은 시뮬레이션 환경 지표를 선정하였다.

(표 1) 성능평가 환경 지표

Network area	12m x 180m
MAC protocol	TSP
Routing protocol	Static Routing
Error rate	0, 5, 10, 30, 50%
Vehicle information size	10 bytes
Bandwidth	250 kbps
Number of nodes	이동노드 : 30, 50, 70, 100 고정노드 : 20, 24, 36, 72, 144 베이스 스테이션 : 1
비고	10 회 결과를 평균함

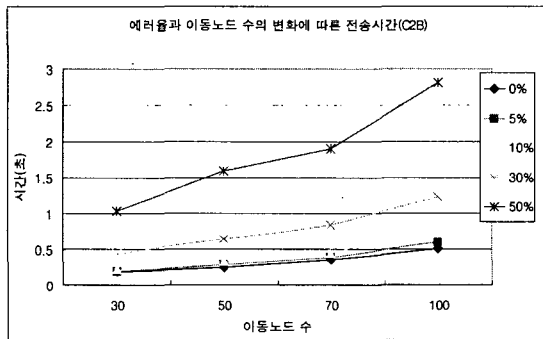
이 장의 구성은 다음과 같다. 3.1 절에서는 고정노드 수를 24 로 고정시킨 상태에서 에러율과 이동노드 수에 따른 성능변화에 대하여 다루며, 3.2 절에서는 이동노드 수를 50 으로 고정시킨 상태에서 에러율과 고정노드간 거리 변화가 성능에 미치는 영향에 대하여 다룬다.

3.1. 에러율과 이동노드 수에 따른 성능변화

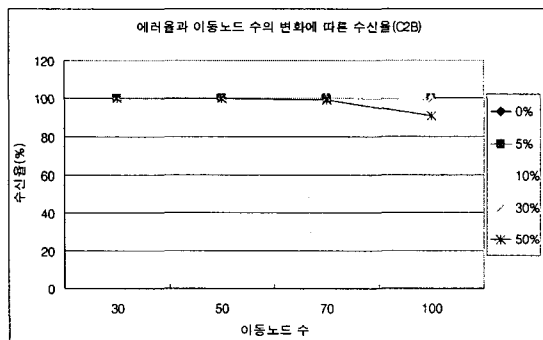
(그림 2,3)은 각각 에러율과 차량대수에 따른 전송 시간과 수신율의 변화를 나타낸 그림이다.

이동노드의 수가 증가함에 따라 전송시간이 증가하는 것을 볼 수 있는데 이것은 이동노드의 수가 많을수록 각 고정노드당 평균 인접차량 대수가 커져서 전송 충돌율이 증가되기 때문이다. 에러율이 30% 이상이면 수신율이 100% 미만으로 떨어지는데 이것은 이동노드에서 고정노드로의 데이터 전송 과정인 C2N 기간 중에 높은 전송 충돌율로 인해 계속적으로 재전송을 하게 되는데 C2N 과정에서 설정한 데이터 재전송 횟수인 50 회를 넘도록 데이터를 전송하지 못하는 경우가 발생하기 때문이다.

R2R 과 R2B 과정에서는 스케줄링에 의해 고정노드간 데이터의 충돌은 일어나지 않지만 에러율을 증가시키게 되면 데이터나 ACK 메시지를 수신하지 못하는 경우가 생긴다. 그러나 하나의 수신노드에서 ACK 메시지 전송 에러가 나더라도 같은 줄에 있는 나머지 3개의 백업 수신 노드에서 ACK 메시지를 전송해줄 수 있기 때문에 100%의 수신율이 보장된다. 결론적으로 에러율이 30% 미만일 경우에는 베이스 스테이션에서 평균 1초 내의 차량데이터 수신이 가능하다.



(그림 2) 에러율과 이동노드 수의 변화에 따른 전송시간



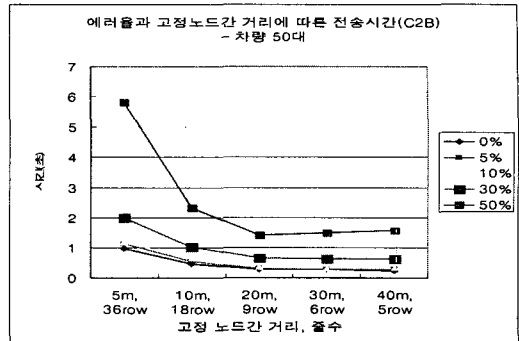
(그림 3) 에러율과 이동노드 수의 변화에 따른 수신율

3.2. 에러율과 고정노드간 거리에 따른 성능변화

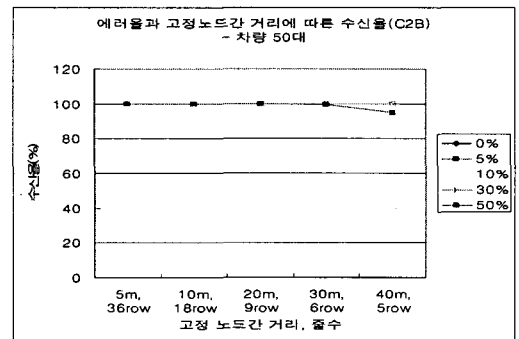
(그림 4,5)는 이동노드의 수를 50 으로 고정시킨 상태에서 다양한 전송 에러율에 대하여 도로 표면에 부착된 고정노드간 거리에 따른 전송시간과 수신율의 변화를 나타낸 그림이다.

고정노드간 거리가 짧아지고 에러율이 높아질수록 수신율과 전송시간의 효율이 떨어지는 것을 확인할 수 있으며, 고정노드간 간격이 30m 이하이고 에러율

이 30% 미만일 경우에는 1 초 이내의 실시간성과 100%의 수신율을 만족시키는 것을 확인할 수 있다.



(그림 4) 에러율과 고정노드간 거리 변화에 따른 전송시간



(그림 5) 에러율과 고정노드간 거리 변화에 따른 수신율

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 교차로 주변의 진입 도로 표면에 무선 센서 노드를 부착하고 노드 간 통신 프로토콜로서 Telematics Scheduling Protocol(TSP)을 사용하여 차량의 위치 및 속도 정보를 교차로 중앙에 위치한 베이스 스테이션으로 전달하고, 수집한 차량정보를 통하여 교차로에서 발생할 수 있는 차량 충돌을 예측하고 충돌 위험 정보를 교차로에 근접한 자동차에게 실시간으로 알려주는 텔레매틱스 교통안전시스템을 소개하였다. 또한 해당 시스템을 대상으로 날씨, 온도 등의 주변환경에 의해 발생할 수 있는 무선 데이터의 전송 에러율, 교차로 진입차량의 수 그리고 도로 표면에 부착된 고정노드간 거리에 따른 성능변화에 대하여 연구하였다.

향후 실제로 도로에 고정노드를 부착하고 이동노드를 차량에 부착하여 고안된 텔레매틱스 교통안전시스템의 유효성을 검증하는 실증실험 작업이 필요하다.

참고문헌

- [1] 김영만, 엄두섭, 이은규, 이유성, "사거리 교통안전 시스템을 위한 가변스케줄링 알고리즘", 정보과학회 제 32 회 추계 학술대회, pp. 364-366, 2005 년 11 월
- [2] 김영만, 엄두섭, 이은규, 이유성, "802.11 기반 텔레매틱스 교통안전 시스템의 성능평가", 정보과학회 제 32 회 추계 학술대회, pp. 634-636, 2005 년 11 월
- [3] ns2 Simulation software tool, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>