

IEEE 802.11기반 텔레매틱스 교차로 교통안전시스템

김영만* , 박홍재*
*국민대학교 컴퓨터학부

IEEE 802.11-based Telematics Intersection Traffic Safety System

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

요 약

언제 어디서든 인간의 편의를 도모하고자 하는 유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 시대에 발맞춰 많은 연구들이 이루어지고 있다. 이러한 연구들 중 차량에 설치된 단말기를 통해 길안내 서비스, 교통정보 서비스 등 다양한 정보를 제공하는 텔레매틱스 서비스가 활발하게 연구되고 있다.

텔레매틱스 서비스의 일환으로 교차로에서 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하기 위하여 교차로로 접근하는 차량의 위치 및 속도 등의 차량정보를 교차로 중앙에 위치한 베이스 스테이션으로 전송하기 위해 IEEE 802.11 프로토콜[1]을 사용하였을 때, 도심 지역에 위치한 교차로의 경우 신속하고 정확하게 전송되어야 하는 차량 정보들이 교차로 주변의 빌딩숲에 가려진 두개 이상의 노드가 거의 동시에 송신을 하는 경우 충돌로 인하여 베이스 스테이션에서 수신 에러가 발생하게 된다. 본 논문에서는 IEEE 802.11 프로토콜을 통해 차량 정보를 베이스 스테이션으로 전송할 때 교차로 주변 빌딩이 성능에 미치는 영향을 파악하기 위하여 NS2[2] 시뮬레이션 도구를 사용하여 성능을 평가하고자 한다.

1. 서론

텔레매틱스(Telematics)란 텔레커뮤니케이션(telecommunication)과 인포매틱스(informatics)의 합성어로, 자동차 안에서 이메일을 주고받고, 인터넷을 통해 각종 정보도 검색할 수 있는 오토(auto) PC를 이용한다는 점에서 '오토모티브 텔레매틱스' 라고도 부른다. 운전자가 무선 네트워크를 통해 차량을 원격 진단하고, 무선모뎀을 장착한 오토 PC로

교통 및 생활 정보, 긴급구난 등 각종 정보를 이용할 수 있으며, 사무실과 친구들에게 전화 메시지를 전할 수 있음은 물론, 음성 이메일을 주고받을 수도 있고, 오디오북을 다운받을 수도 있다. 이러한 텔레매틱스의 다양한 응용분야 중 교차로에서 일어날 수 있는 차량 충돌을 피하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다.

교차로에 진입하는 차량이 전송한 차량 위치정

보 및 속도 등의 차량 정보를 담은 메시지를 IEEE 802.11 무선 프로토콜을 사용하여 교차로 중앙에 위치한 베이스 스테이션으로 전송한다고 가정하자. 이때 차량노드는 데이터를 전송하기 위해 RTS 메시지를 베이스 스테이션으로 송신하게 되는데, 송신한 RTS 메시지와 교차로 주변의 빌딩에 가려 다른 방향의 차도에서 교차로로 진입하는 차량의 RTS 메시지 간의 충돌로 인하여 차량정보 데이터 전송이 지연된다. 이로 인하여 베이스 스테이션에서 차량정보가 유효시간에 수집되지 못해 신속한 충돌예측을 하지 못하게 되어 최악의 경우 대형사고가 발생하는 상황이 발생할 수 있다.

본 논문에서는 빌딩으로 둘러 쌓인 도심 속에 위치한 교차로에서 차량 충돌을 피하기 위한 시스템이 가질 수 있는 문제점을 알아내기 위하여 NS2 시뮬레이션 도구를 사용하여 성능을 측정하고 그 결과를 이용하여 IEEE 802.11 기반 교통안전시스템에 대하여 성능평가 하고자 한다.

2. 관련 연구

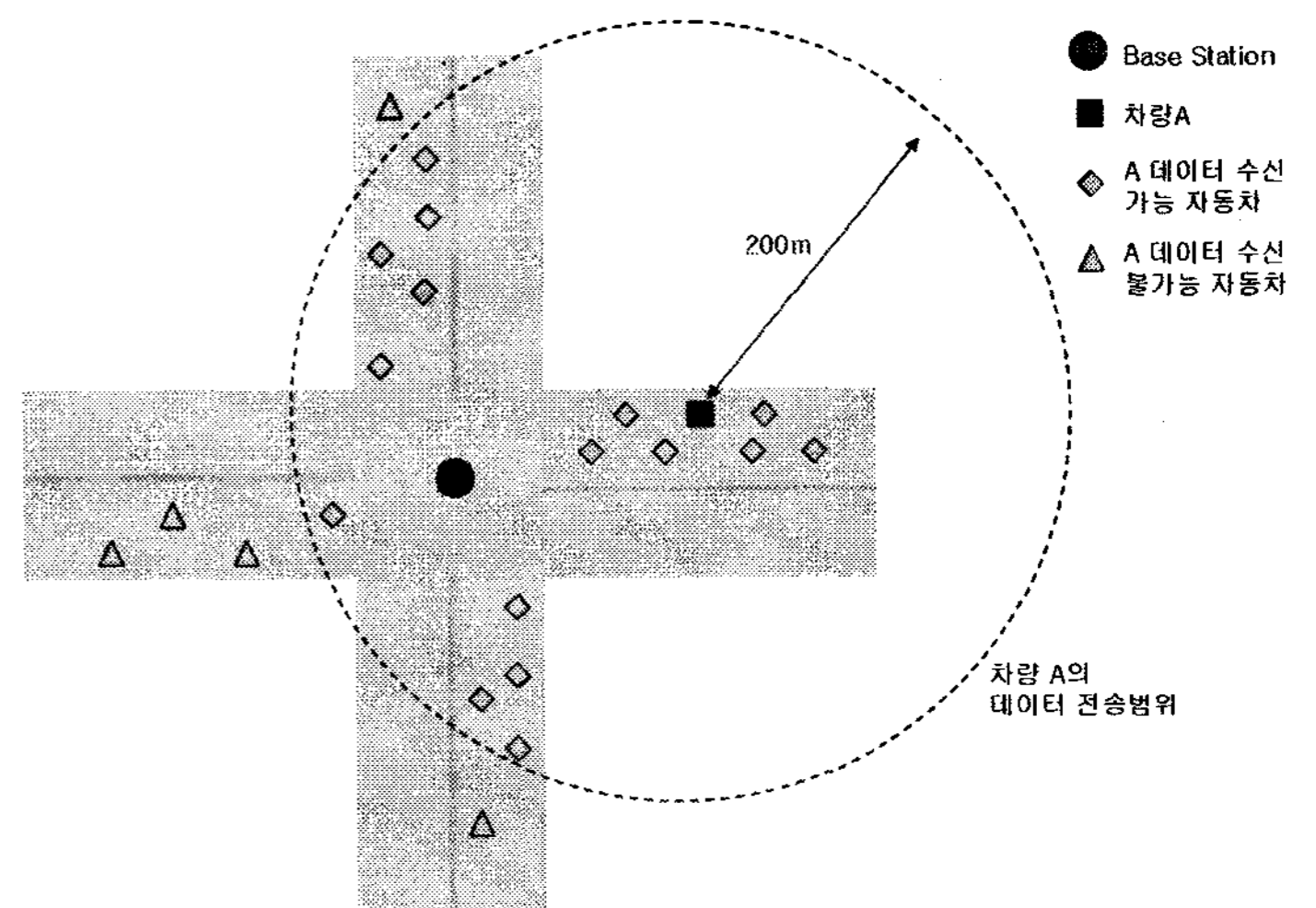
Life Warning System(LIWAS) [3]은 차량이 도로면의 상태(마름, 젖음, 눈덮임 또는 빙판)를 센싱하여 그 정보를 차량간의 정보전달을 통하여 이 도로를 통과하게 되는 차량에게 빠르고 신뢰성 있게 전달해주는 실험적인 시스템이다. 2003년에 시작된 이 연구는 차량에 부착된 센서 노드가 노면의 상태를 센싱하며 MAC protocol로 IEEE 802.11을 사용한다. 또한 Routing Protocol로는 다섯 가지의 Zone Flooding Protocol을 사용하여 각각의 프로토콜에 대해 신뢰성과 실시간성을 평가한다.

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. IEEE 802.11과 DOLPHIN 프로토콜을 사용하여 데이터 전달의 실시간성과 신뢰성을 향상시키고 있다.

3. 교차로 교통안전시스템

교차로에서 일어나는 차량충돌을 정확하게 예측하기 위해서는 무선 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 베이스 스테이션까지 기준시간 내에 전송되지 못한다면 차량 정보가 올바르게 전송되었다 하더라도 사고가 발생한 다음에 뒤늦게 위험을 알리게 되어 의미가 상실된다. 다음 각 절에서는 신뢰성과 실시간성을 갖추어야 하는 교차로 교통안전시스템에서 IEEE 802.11 프로토콜을 사용하여 차량정보를 교차로 중앙의 베이스 스테이션으로 전달하였을 때 성능에 영향을 미칠 수 있는 요건인 교차로 주변의 빌딩 유무에 따라 발생할 수 있는 상황에 대하여 설명한다.

3.1. 빌딩이 없을 경우



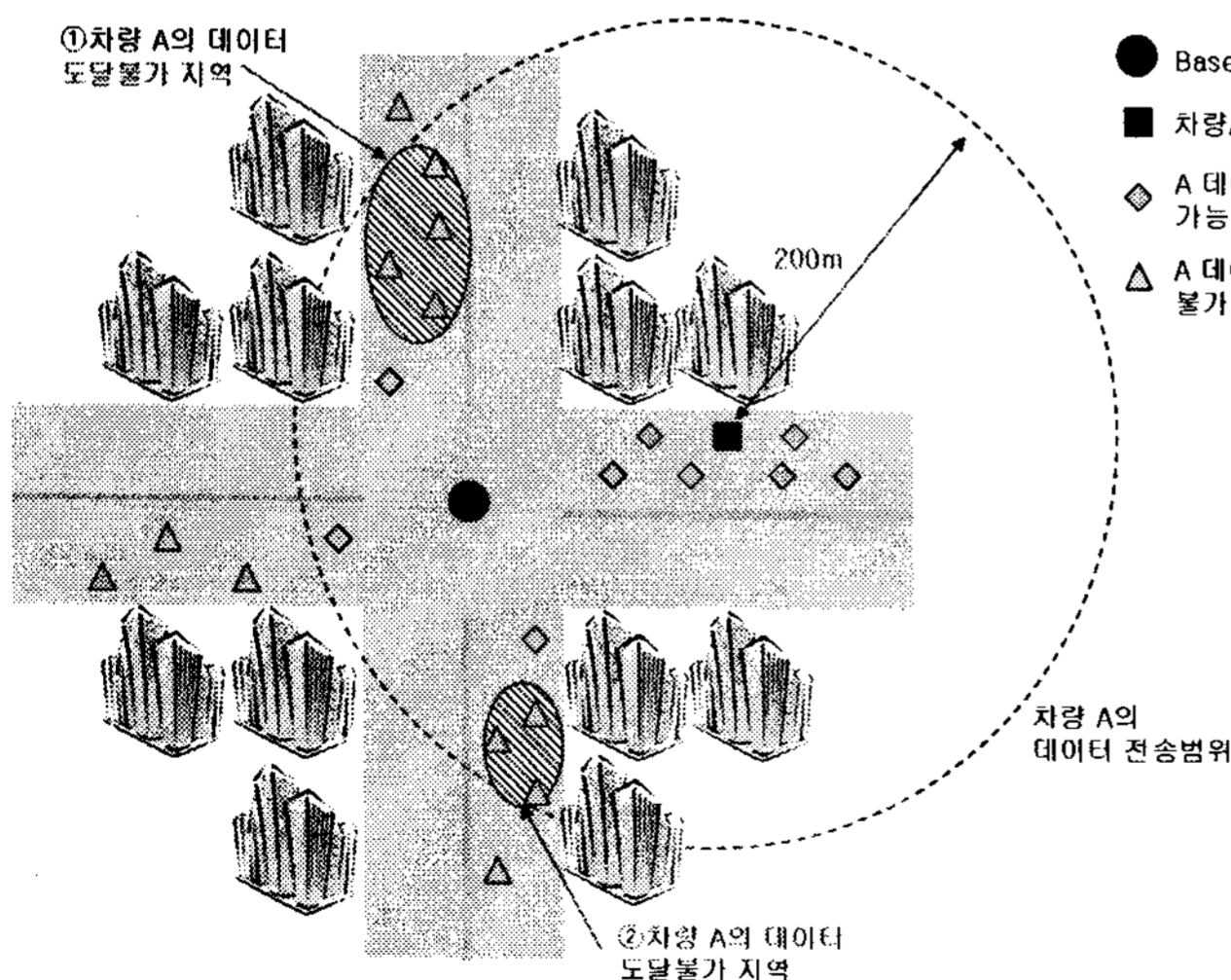
(그림 1) 교차로 주변에 빌딩이 없는 경우

IEEE 802.11 MAC 프로토콜의 경우 Hidden Station, Exposed Station 등의 문제점을 해결하기 위해 RTS-CTS-DATA-ACK의 순서로 데이터를 전송한다. (그림 1)과 같이 베이스 스테이션과 차량노드들이 배치된 상태에서 노드간 통신을 위하여

IEEE 802.11을 사용하였을 때 데이터 전송 과정을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 차량노드 A가 위치 및 속도 정보 데이터를 베이스 스테이션으로 전송하기 위해 RTS 메시지를 전송한다. 이때 차량노드 A의 전송범위 내에 위치한 차량노드들은 차량노드 A가 송신한 RTS 메시지를 수신하여 NAV(Network Allocation Vector) 상태에 진입하게 되고 차량노드 A와 베이스 스테이션간의 RTS-CTS-DATA-ACK 데이터 흐름을 방해하지 않게 되어 차량노드 A의 정보가 무사히 베이스 스테이션으로 도달하게 된다. 이러한 방식으로 교차로 영역에 진입한 차량들의 차량정보가 무사히 베이스 스테이션으로 전송되어 충돌 예측 정보를 각 차량들에게 전송함으로써 교차로에서의 사고를 방지할 수 있게 된다.

그러나 이러한 상황은 교차로 주변에 무선 데이터 통신을 방해할 수 있는 빌딩이 없는 경우로 인적이 없는 지역의 교차로에만 적용된다. 즉, 고층 빌딩이 도로 주변을 따라 늘어서 있는 도심지역의 교차로에서는 적용되지 않는다.

3.2. 빌딩이 있을 경우



(그림 2) 교차로 주변에 빌딩이 있는 경우

일반적인 도심에서의 교차로 주변은 (그림2)와 같이 고층 빌딩으로 둘러 쌓여있다. 이러한 상황

에서는 무선 전파의 특성상 전송거리가 크게 줄어들게 되어 성능에 영향을 미치게 된다.

(그림 2)에서 차량노드 A가 위치 및 속도 정보를 베이스 스테이션으로 전송하고자 할 때 데이터 전송과정을 살펴보면, 먼저 차량노드 A가 차량정보 데이터를 베이스 스테이션으로 전송하기 위해 RTS 메시지를 전송한다. 차량노드 A의 전송범위 내에 위치한 차량노드들은 차량노드 A가 송신한 RTS 메시지를 수신하여 NAV(Network Allocation Vector) 상태에 진입하게 되는데, 이때 ①과 ② 지역에 위치한 차량노드들은 빌딩에 가려 차량노드 A가 송신한 RTS 메시지를 수신받지 못하게 된다. 이로 인해, 차량 A와 베이스 스테이션간의 RTS-CTS-DATA-ACK 데이터 전송 주기 중에 ①과 ② 지역에 위치한 차량노드들이 자신의 차량 정보를 베이스 스테이션으로 전송하기 위해 RTS 메시지를 전송하게 되면 베이스 스테이션에서는 차량노드 A가 전송하는 RTS 메시지와 ①과 ② 지역에 위치한 차량노드들이 송신하는 RTS 메시지 간의 충돌이 일어나 전송 실패가 발생한다.

4. 성능평가

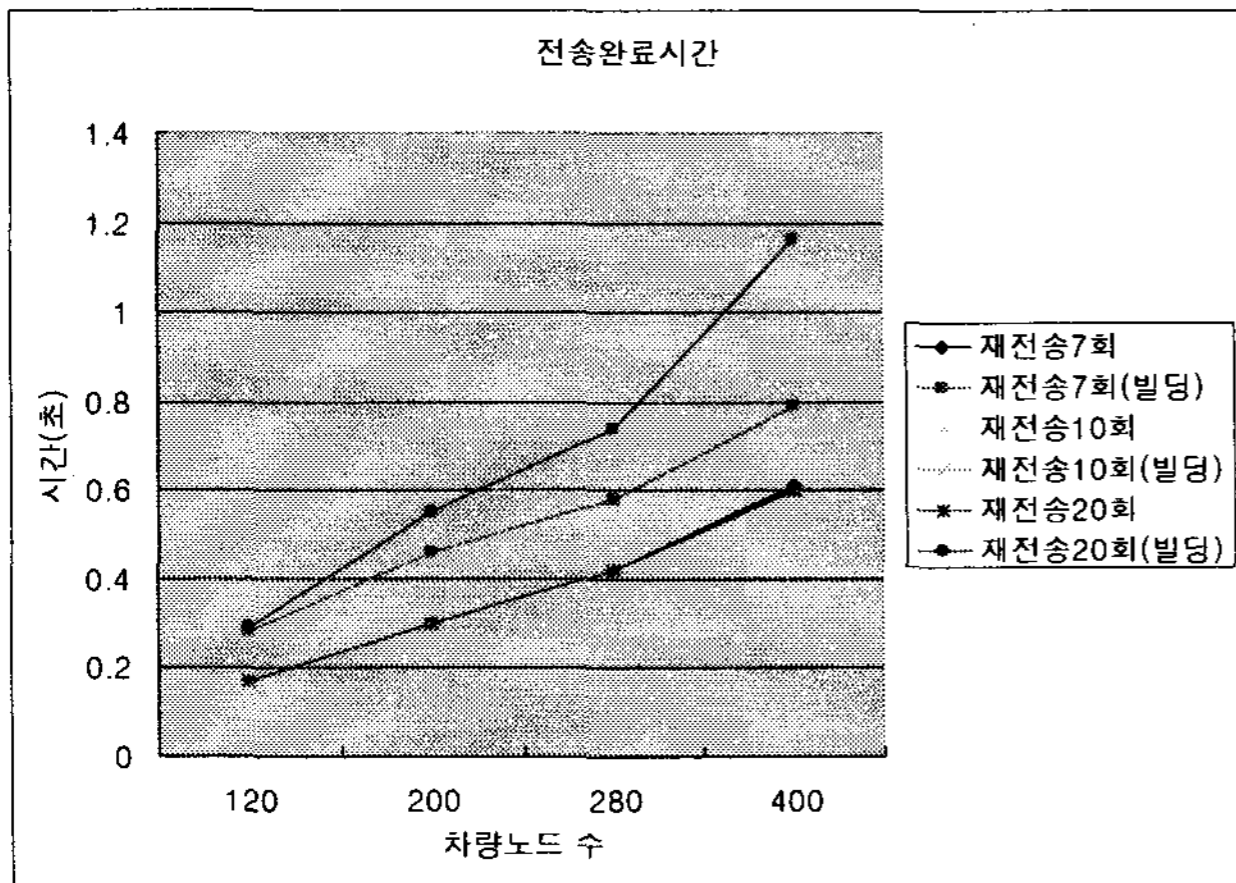
교차로에서 빌딩이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 두 경우간의 성능차를 연구하기 위해 교차로 주변에 위치한 모든 차량 정보들을 베이스 스테이션으로 전송완료 하기까지의 시간과 수신을 그리고 베이스 스테이션에서의 충돌횟수에 대하여 (표 1)과 같은 성능평가 지표 상황하에서 시뮬레이션 한다.

(표 1) 성능평가 지표

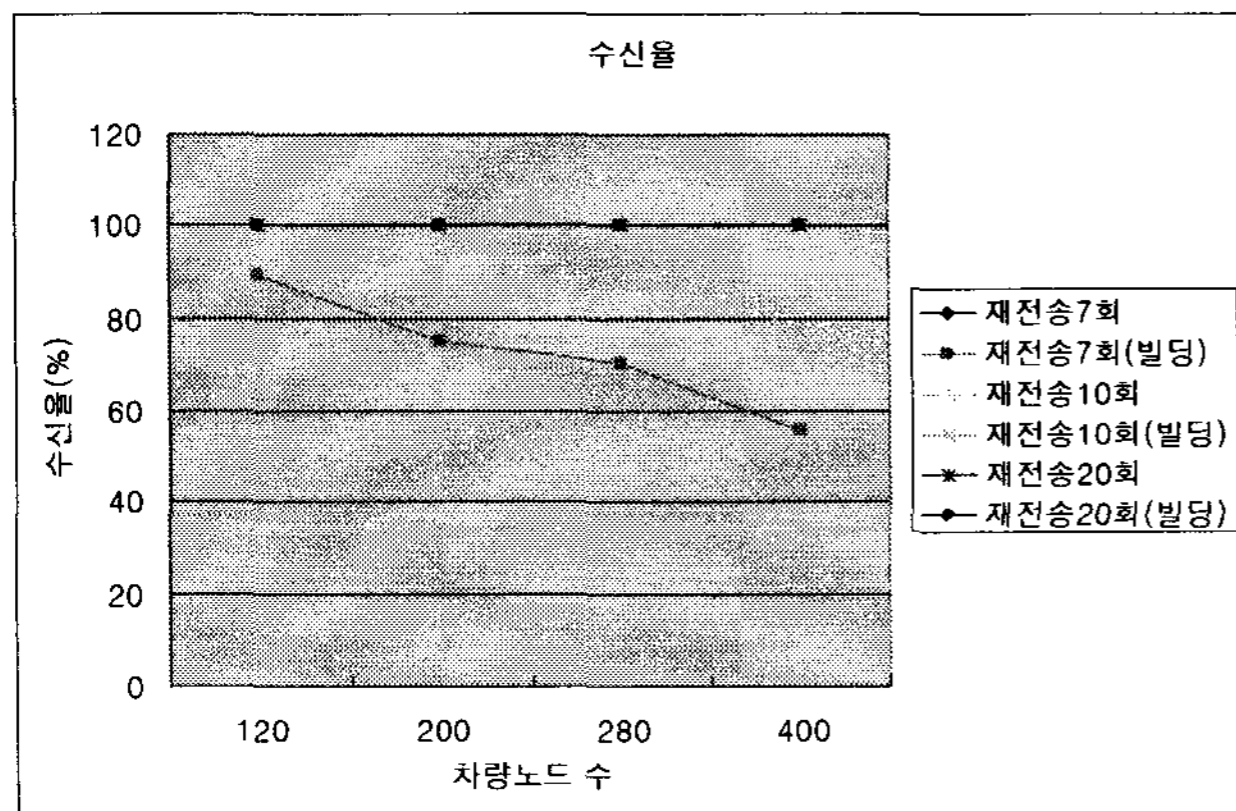
Network area	200m x 200m
MAC protocol	IEEE 802.11
Bandwidth	55 Mbps
Radio range	200m
Vehicle information size	10 bytes
Number of Retransmit	7, 10, 20회
Number of nodes	차량 노드 : 120, 200, 280, 400 베이스 스테이션 : 1
비 고	10회 결과를 평균함

4.1. 성능평가 결과

(그림 3, 4, 5)는 교차로 네 방향의 도로에 대해 120대에서 400대까지 차량노드 수를 증가시켜 가면서 빌딩이 있을 경우와 없을 경우를 나누어 전송완료 시간, 수신율 그리고 충돌횟수를 측정하였다.



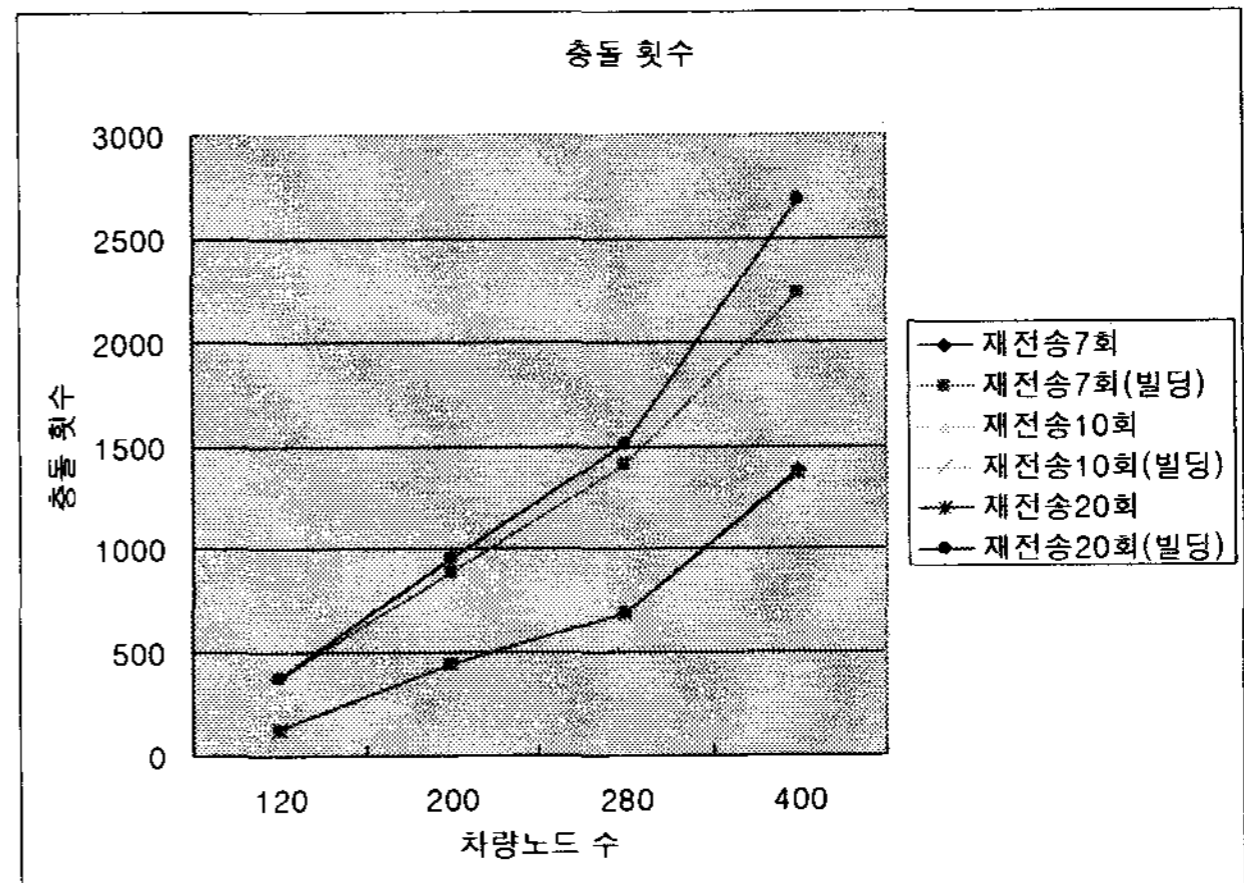
(그림 3) 차량노드 수 변화에 따른 전송완료 시간



(그림 4) 차량노드 수 변화에 따른 수신율

차량노드가 400대이고 교차로 주변에 빌딩이 있는 경우 전송완료 시간은 0.8초 이상으로 측정되었으며, 이는 빌딩이 없을 경우인 0.6초 보다 0.2초 이상 지연되었음을 의미한다. 빌딩이 있을 경우 교차로 주변에 위치한 차량들로부터 전송된 차량정보들에 대한 베이스 스테이션에서의 수신율은 재전송 횟수를 20회 미만으로 제한하였을 때 100% 미만으로 측정되었다. 전송완료 시간의 증가와 수신율 저하의 원인은 교차로 주변에 빌딩이

존재할 경우 3장에서 예측한 것처럼 무선 데이터가 빌딩으로 인해 충돌이 일어나는 확률이 증가되는 상황이 발생하게 되어 (그림 5)에서 나타난 바와 같이 베이스 스테이션에서의 데이터 충돌횟수 증가로 이어지게 된다. 이러한 충돌횟수의 증가로 인해 차량노드들은 지속적으로 베이스 스테이션으로 차량정보 데이터의 재전송을 시도하게 되어 전송완료 시간이 증가되며 재전송 횟수가 20회 미만일 경우 100%의 수신율을 기록하지 못하게 된다.



(그림 5) 차량노드 수 변화에 따른 충돌 횟수

5. 결론

본 논문에서는 교차로에서 시시각각 변하는 차량정보를 교차로 중앙에 위치한 베이스 스테이션에서 수집하는 형태의 IEEE 802.11 기반 교통안전시스템에 대하여 교차로 주변에 빌딩이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 성능평가를 실시하였다. 성능평가 결과에 의하면 교차로 주변에 빌딩이 있는 경우, 빌딩이 없는 경우와 비교하여 차량정보 전송시 실시간성과 신뢰성에 있어 상당한 성능저하가 발생하는 것을 확인하였다.

교차로 교통안전시스템에서의 차량정보 데이터의 전송완료 시간의 지연 및 수신율 저하는 최악의 경우 대형사고로 이어지게 되며 인명피해를 가져오게 된다. 따라서 도심 지역에 위치한 교차로에 적합한 교통안전시스템의 설계 및 새로운 프로토콜에 대한 연구가 필요하다.

[참고문헌]

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