

Matlab을 이용한 VANET 시뮬레이터 구현

남재현*

Implementation of VANET Simulator using Matlab

Jae-hyun Nam*

Department of Computer Education, Silla University, Busan 46958, Korea

요 약

VANET은 차량간의 통신 기능을 제공하는 MANET 분야 중의 하나이다. 본 논문에서는 차량간의 통신, 차량 움직임 특징을 나타내는 모델과 그리고 실제 차량 움직임 모델을 이용한 VANET 시뮬레이터를 제안한다. VANET은 테스트를 수행하기 위해 트래픽 시뮬레이터와 네트워크 시뮬레이터가 함께 사용되어야 한다. 하지만 시뮬레이터는 단순하고 쉽고 가격적인 면 때문에 트래픽 시뮬레이터보다 선호한다. 본 논문의 목적은 도시 환경 시나리오에 대해 테스트 목적으로 사용될 수 있는 차량 에드혹 네트워크의 시뮬레이션을 구현하는데 있다. 구현된 시뮬레이션 환경은 VANET에서 더 나은 MAC 프로토콜을 디자인하는데 사용될 수 있다. 구현된 시뮬레이션 성능을 평가하기 위해 AODV와 DSDV 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하였다. 성능 비교는 처리율, 패킷 손실, 중단간의 지연을 이용하였다. 성능 비교 결과 DSDV가 AODV보다 처리율, 중단간의 지연, 그리고 패킷 손실에서 성능이 우수함을 보였다.

ABSTRACT

VANET are a special kind of MANET adapted to the communications between vehicles. In this work, we propose the models used for representing the communication among vehicles, vehicles mobility features, and VANET simulator using realistic vehicular mobility models. VANET requires that a traffic and network simulator should be used together to perform this test. But, simulator tool has been preferred over traffic simulation because it simple, easy and cheap. Goal of this paper is to create a simulation of Vehicular Ad-Hoc network for urban scenario which can be used for testing purposes. Such environment can be used while designing better MAC protocols in VANETs. We are evaluating the performance of two routing protocols namely AODV and DSDV. The comparison was based on the throughput, packet loss and end-to-end delay. We found that DSDV has less throughput performance and high routing overhead than AODV. On average end-to-end delay and packet loss, AODV performs better than DSDV.

키워드 : VANET, Matlab, Simulation, Manhattan Mobility Model, AODV, DSDV

Key word : VANET, Matlab, Simulation, Manhattan Mobility Model, AODV, DSDV

Received 20 May 2016, Revised 29 May 2016, Accepted 08 June 2016

* Corresponding Author Jae-hyun Nam(E-mail:jhnam@silla.ac.kr, Tel:+82-51-999-5627)

Department of Computer Education, Silla University, Busan 46958, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.6.1171>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

차량 애드혹 네트워크(Vehicular Ad-hoc NETwork, VANET)은 특정한 영역 내 노드들 간에 무선 통신 기능을 제공하는 모바일 애드혹 네트워크(Mobile Ad-hoc Network, MANET) 분야 중 하나이다. VANET은 차량 안전, 교통 관리 분야에 중요한 영향을 미치기 때문에 지난 수년간 지속적인 연구가 되어 왔다. 서비스 구성 및 제공 형태에 따라 VANET은 차량 대 차량(Vehicle-to-Vehicle, V2V) 통신, 차량과 도로에 있는 네트워크 인프라 구조간(Vehicle-to-RSU, V2R) 통신, RSU 대 RSU(R2R) 통신 3가지로 분류된다. V2V와 V2R은 단일 홉 또는 다중 홉 네트워크 형태의 무선 통신에 기반을 두고 있으며, R2R은 유무선 통신에 기반을 두고 있다. RSU는 VANET에서 차량들은 차량들간 또는 차량과 RSU 사이에 메시지를 교환하기 위해 통신 장비를 장착하고 있다. 그림 1은 VANET 구성도를 보여주고 있다.

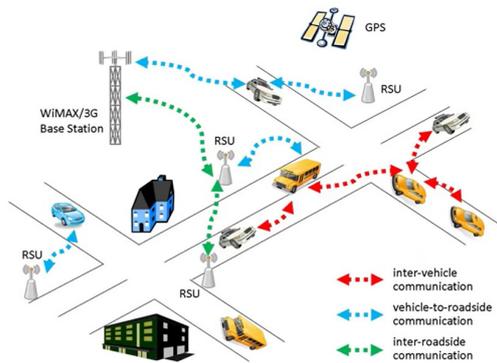


Fig. 1 Vehicular Ad Hoc Network

차량간의 통신에서 IEEE 802.11 기반의 라디오 인터페이스 기술을 이용한다[1]. IEEE 802.11p 그룹에서는 차량간 통신을 위한 새로운 물리계층과 MAC 계층을 정의한다[2]. 표 1은 IEEE 표준 802.11a, 802.11b 와 802.11p를 비교한 것이다. 미국 FCC에서는 V2V 또는 V2R 통신을 위해 주파수 5.850 ~ 5.925GHz 대역을 사용하는 DSRC(Dedicated Short Range Communications) 서비스를 사용하고 있다. 차량과 RSU들은 AP(access point)없이 서로 통신하기 위해 할당된 주파수와 서비스를 사용한다.

Table. 1 Comparison of IEEE 802.11p with 802.11a, 802.11b

Standard	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11p
Modulation	OFDM	DSSS	OFDM
Frequency (GHz)	5.725~5.850	2.400~2.485	5.850~5.925
Bandwidth (MHz)	20	22	10/(20)
No. of Channels /non-overlapping	12/8	14/3	7/7
Max Rate(Mbit/s)	54	11	27/(54)

VANET은 원활한 기능 표현을 위해 트래픽 시뮬레이션과 네트워크 시뮬레이션 두 개의 다른 시뮬레이션을 사용한다. 네트워크 시뮬레이터는 다양한 상황에서 네트워크 프로토콜과 어플리케이션을 평가하기 위해 사용되고, 트래픽 시뮬레이터는 교통 및 트래픽 공학 분야에 사용된다. 많은 트래픽과 네트워크 시뮬레이션은 VANET과 연관된 이슈를 해결하기 위해 사용되었지만 각각 단점을 지니고 있다. 트래픽 시뮬레이션은 실제 도로 환경에서 시뮬레이션을 수행해야 하기 때문에 많은 비용과 시간이 소요되기 때문에 네트워크 시뮬레이션이 선호된다.

본 논문에서는 MATLAB 환경에서 VANET 시뮬레이션을 구현하였다. 본 논문의 목적은 도시 환경 시나리오에 대해 테스트 목적으로 사용될 수 있는 차량 애드혹 네트워크의 시뮬레이션을 구현하는데 있다. 실제 환경과 유사한 데이터를 얻기 위해 Manhattan Mobility Model을 이용하였고, 라우팅 프로토콜로 AODV(Ad-hoc On Demand Distance Vector)와 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)를 이용하였다. 기존의 연구에서 수행한 결과와 비교하기 위해 처리율(throughput), 패킷 손실, 종단간의 지연 값을 가지고 AODV와 DSDV 라우팅 프로토콜 환경에서 수행하였다. 수행 결과 기존 연구와 비슷한 결과를 얻었다.

II. 관련연구

본 절에서는 VANET을 테스트하기 위해 구성된 기존의 시뮬레이터를 나타낸다.

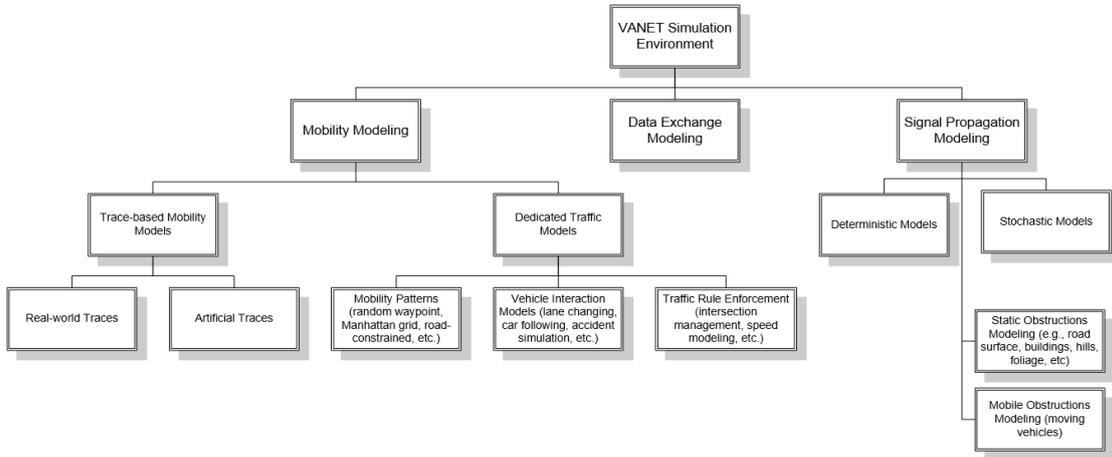


Fig. 2 Structure of VANET simulation environment

GrooveSim은 차량 교통 흐름과 예측을 통해 VANET 성능을 측정하기 위해 C++과 Matlab으로 만들어진 최초의 시뮬레이터이다[3]. 이것은 predetermined, on-road, simulation, hybrid, research 등 5가지 서로 다른 모드로 동작한다. GrooveSim은 네트워크 시뮬레이터가 없기 때문에 네트워크 시뮬레이터를 위한 트레이서를 생성할 수 없다.

NHTSA(National Highway Traffic Safety Application)은 DSRC 표준을 홍보하기 위해 ns-2 환경에서 개발된 시뮬레이터이다[4]. 이것은 VANET 평가 기능을 제공하였고 VANET 성능의 전반적인 인지에 초점을 맞추었다. NHTSA는 요구사항에 따라 구성 변경을 유연하게 할 수 있는 플랫폼을 제공한다.

FleetNet은 차량간 통신과 VANET의 실제 평가 상에서 발견된 문제점을 나타내기 위해 개발된 시뮬레이터이다[5]. 이 시뮬레이터는 라우팅 프로토콜에 기반한 위치 정보를 가지고 어떻게 움직임을 표현하는가에 초점을 맞추었다.

CARLINK는 차량들 간에 무선 트래픽 서비스 플랫폼을 제공하기 위해 개발된 시뮬레이터이다[6]. 차량들은 RSU와 통신하기 위해 무선 트랜시버를 장착하였다. 또한 차량들은 서로 ad-hoc 네트워크를 구성할 수 있다. 베이스 스테이션은 차량의 실시간 데이터를 수집하여 데이터베이스 업데이트를 위해 중앙 장치로 전송한 후 다시 차량으로 전송한다.

Car2Car는 수백 미터 내의 차량들과 ad-hoc 네트워

크를 형성하고 서로 통신을 하기 위해 IEEE 802.11 WLAN 기술을 사용하였다[7]. 라우팅 알고리즘을 통해 차량의 위치와 속도 정보를 얻었다.

CVIS(Cooperative Vehicles and Infrastructure Systems)는 도로의 안정성과 효율성 증대와 도로 안전의 환경적인 충격 완화를 목적으로 개발되었다[8]. 이것은 교통 통제 시스템을 제어하여 다른 경로로 목적지까지 도달할 수 있도록 하였다. CVIS는 V2V와 V2R 통신을 위한 표준을 개발하였고 위성 네비게이션의 사용으로 차량 위치의 정밀도와 동적이면서 정확한 지도를 얻을 수 있었다.

III. VANET 시뮬레이터

VANET의 성능은 실제 도로 환경에서 측정할 수 있지만 비용, 부정확한 결과, 복잡한 환경에서의 프로토콜 평가 등은 부정적인 요소가 된다. 따라서 시뮬레이션을 통해 실제 환경과 유사한 결과를 얻도록 한다. 그림 2는 본 논문에서 구현하고자 하는 VANET 시뮬레이션 환경의 구성도이다[9]. 본 논문에서는 Mobility Modeling과 Data Exchange Modeling을 구현하였다.

VANET은 노드들이 교통법규를 따라야 하고 노드들의 움직임 패턴이 매우 복잡하기 때문에 MANET과는 다르다. VANET 시뮬레이션으로부터 좋은 결과를 얻기 위해서는 실제 ad-hoc 네트워크 통신과 가까운 움직

임 모델(mobility model)을 생성하는 것이 가장 중요하다. 움직임 모델은 ad-hoc 네트워크에서 노드들의 움직임 패턴을 정의하는 규칙들의 집합이다. VANET에서 움직임 모델은 거리, 빌딩, 차량, 차량들의 움직임, 차량들간의 작용과 같은 제약들을 내포하고 있다. 이러한 실제 모델을 생성하는 방법 중의 하나는 트레이스로부터 실제 패턴을 생성 하는 것이다. 하지만 MANET은 아직 완전히 활용할 수 있는 단계가 아니기 때문에 실제 트레이스를 얻는다는 것은 비현실적이다. 따라서 본 논문에서는 어떤 기준에 근거한 움직임 패턴을 생성하는 기존 모델 중의 하나인 Manhattan Mobility Model을 이용한다[10].

도로상의 노드들은 그림 3에서 보여주는 지도상에서만 움직인다. 지도는 다수의 수직, 수평 거리와 각각은 2차선으로 구성된 도시 환경을 나타낸다. 각 거리에 있는 노드들의 방향은 수평 또는 수직 방향만 존재한다.

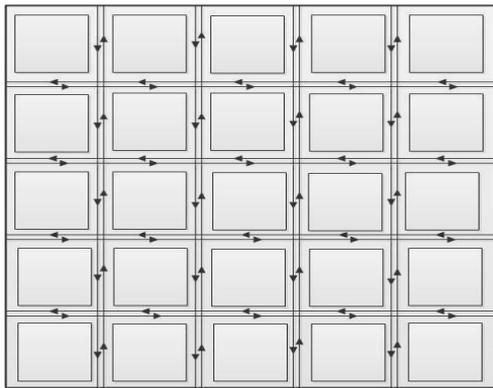


Fig. 3 Map of Manhattan Mobility Model

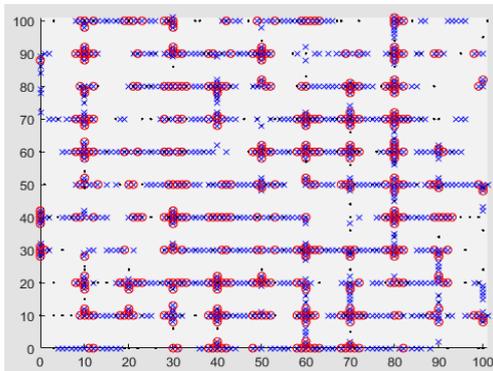


Fig. 4 Urban City Simulation

본 논문에서는 [11]에서 구현한 Urban City 시뮬레이션을 이용하였고 시뮬레이션 결과는 그림 4와 같다. 그림 3과 비교하면 유사한 결과를 보여 주고 있다.

[12]에서는 MANET에서 DSDV와 AODV의 성능을 분석하였다. 분석 결과 DSDV가 AODV보다 낮은 처리율과 라우팅 오버헤드가 크다는 것을 보여준다. 패킷 크기의 변화에 대해서는 DSDV는 큰 영향이 없지만 AODV의 경우 패킷 크기가 작을 경우 더 좋게 나왔다. [13]에서는 AODV와 DSDV의 성능을 종단간의 지연, 처리율, 패킷 손실 등으로 평가하였다. 시뮬레이션 결과 AODV의 성능은 주기적인 정보의 교환에 따라 네트워크가 유지될 경우 최적의 성능을 보여주었다. 본 논문에서는 Data Exchange Modeling으로 DSDV와 AODV를 구현하여 성능을 비교 평가하였다. 그림 5는 Signal Propagation Modeling을 위한 코드이다.

```
function [Pr0, SNR] = recv_phy(tx, rv, rmodel)
    Pr0 = recv_power(tx, rv, rmodel);
    Pr = 0;
    I = find(node(:, 3)>0);
    for i=1:length(I)
        tx1 = I(i);
        if tx1 == rv, continue; end
        if tx1 == tx, continue; end
        Pr = Pr + recv_power(tx1, rv, rmodel);
    end
    N0 = white_noise_variance;
    SNR = db(Pr0/(Pr+N0), 'power');
    return;

function [Pr] = recv_power(tx, rv, rmodel)
    lambda = 3e8 / freq;
    Pt = node(tx, 3);
    Update the position before calculating distance
    and received power;
    d = sqrt((node(tx, 1)-node(rv, 1))^2+
        (node(tx, 2)-node(rv, 2))^2);
    switch rmodel
        case 'friis'
            Pr = friis(Pt, Gt, Gr, lambda, L, d);
        case 'tworay'
            [Pr, crossover_dist] = tworay(Pt, Gt, Gr,
                lambda, L, ht, hr, d);
    end
    return;
```

Fig. 5 Send packet at PHY layer

IV. 성능 평가

본 논문에서 구현한 시뮬레이터의 성능을 분석하기 위해 처리율, 패킷 손실, 종단간 평균 지연시간 등을 사용하였다. 먼저, 처리율은 패킷을 네트워크를 통해 얼마나 빨리 정확하게 전달하는가를 측정하는 것이다. 처리율은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{throughput} = \frac{\text{total amount of data a receiver actually receives from the sender}}{\text{time it takes for receiver to get the last packet}}$$

패킷 손실은 송신측에서 생성된 패킷이 노드의 빠른 움직임, 네트워크 체증 등으로 인해 네트워크에서 손실된 수를 측정한 것이다.

성능측정에 사용된 매개변수는 표 2와 같다.

Table. 2 Simulation Parameters

Parameters	Values
Number of Vehicles	5,10,15,20,25,30
Area	3000*1000m2
Traffic Source	CBR
Packet Size	32 bytes
Mac Layer	IEEE 802.11p
Protocols	AODV,DSDV
Maximum Speed	15 m/s

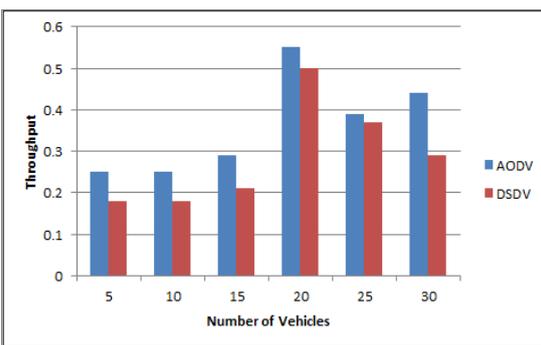


Fig. 6 Throughput versus Number of Vehicles

그림 6, 그림 7, 그리고 그림 8은 AODV와 DSDV를 사용한 VANET 시뮬레이터의 성능을 나타낸 것이다.

성능 평가 결과 [12]과 [13]에서 평가한 결과와 유사하게 세 가지 성능 평가 요소 모두 AODV가 DSDV보다 성능이 좋게 나옴을 알 수 있다.

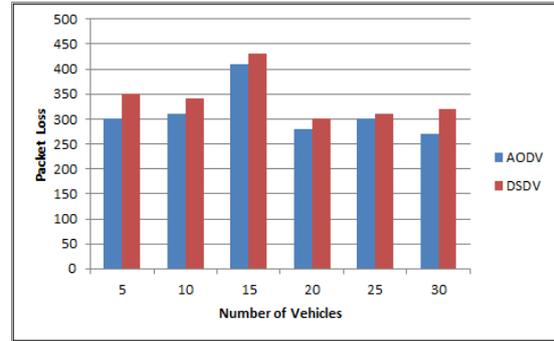


Fig. 7 Packet loss versus Number of Vehicles

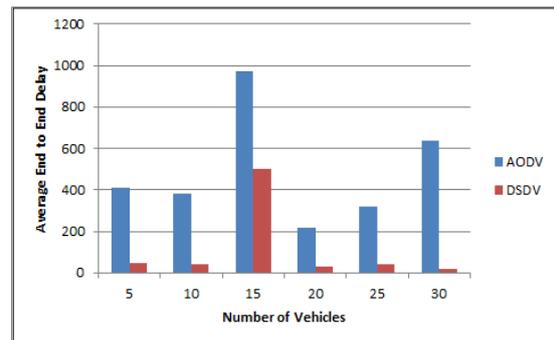


Fig. 8 Average End to End Delay versus Number of Vehicles

V. 결론

본 논문에서는 VANET 시뮬레이터를 구현하였고 Manhattan Mobility Model로 얻어진 차량 움직임 모델을 MATLAB으로 구현된 VANET의 성능을 분석에 이용하였다. VANET 성능을 분석하기 위한 매개변수로 처리율, 패킷 손실율, 그리고 종단간의 평균지연시간 등을 사용하였다. 성능 평가시 3가지 매개변수를 AODV와 DSDV 프로토콜에 적용하여 성능을 비교하였다. 성능 비교 결과 다른 연구 결과와 유사하게 AODV가 DSDV보다 성능이 더 우수하다는 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] M. Wellens, B. Westphal P. Mahonen, "Performance evaluation of IEEE 802.11-based WLANs in vehicular scenarios," in *IEEE Vehicular Technology Conference, VTC*, pp 1167-1171, 2007
- [2] Spring, Status of Project IEEE 802.11p, [Internet]. Available : http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgp_update.htm
- [3] R. Mangharam, D. S. Weller, D. D. Stancil, R. Rajkumar, and J. S. Parikh, "GrooveSim: A topography-accurate simulator for geographic routing in vehicular networks," in *Proceedings of the 2nd ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks*, Cologne, German, pp 59-68, 2005.
- [4] US. Department of Transportation, National Highway Traffic and Safety Administration (NHTSA)(2006), Vehicle safety communications project, [Internet]. Available : www.nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/nrd12/060419-0843/
- [5] A. Festag, H. F_u_ler, H. Hartenstein, A. Sarma and R. Schmitz, "FleetNet: Bringing car to car communication into real world," in *the Proceedings of the Eleventh World Congress on Intelligent Transportation Systems (ITS '04)*, Nagoya, Japan, October, pp 1-8, 2004.
- [6] CARLINK, Wireless Traffic Service Platform for Linking Cars, [Internet]. Available : <http://carlink.lcc.uma.es/software.html>
- [7] CAR2CAR, Car-2-Car Communication Consortium, [Internet]. Available : <http://www.car-to-car.org>
- [8] The internet of vehicle era. Discussion on the key technologies and the development trend of internet of vehicle. [Internet]. Available : <http://www.51telematics.com>
- [9] M. Boban and T. T. V. Vinhoza (2011, January), "Modeling and simulation of vehicular networks: Towards realistic and efficient models," in *Mobile Ad-Hoc Networks: Applications*. [Online]. pp 41-66, Available : <http://www.intechopen.com/books/mobile-ad-hoc-networks-applications/modeling-and-simulation-of-vehicular-networks-towards-realistic-and-efficient-models>
- [10] Abdoulmoumen, M., Dhib, E., Frikha, M., and Chahed, T., "How to Improve the Performance in Delay Tolerant Networks under Manhattan Mobility Model," in *21st Annual IEEE International Symposium on Personal, 2008-2013*, 2010.
- [11] Zeeshan Osmani, Shoaib Khan, Saif Khan, Awij Shaikh, "Ad Hoc Based Vehicular Networking and Computation," *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 5 no 3, pp492-494, May 2016.
- [12] Tuteja, A., Gujral, R., Thalia, S., "Comparative Performance Analysis of DSDV, AODV and DSR Routing Protocols in MANET using NS2," in *International Conference on Advances in Computer Engineering*, pp. 330-333, 2010.
- [13] Ab Rahman, R., Kassim, M., Yahaya Ch. K., and Ismail, M., "Performance Analysis of Routing Protocol in WiMAX Network", *IEEE-ICSET*, pp. 153-157, 2011.



남재현(Jae-Hyun Nam)

1989 부산대학교 컴퓨터공학과(학사)
1992 부산대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
2002 부산대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
1993 ~ 2002 동주대학교 조교수
2002 ~ 현재 신라대학교 컴퓨터교육과 교수
※ 관심분야 : 무선센서네트워크, VANET