

# 차량 통신 환경에서 애드혹 네트워크 프로토콜의 성능분석

신성권<sup>1</sup>, 김두용<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>순천향대학교 정보기술공학부, <sup>2</sup>순천향대학교 전기전자공학과

## Performance Analysis of Ad-Hoc Network Protocols under Vehicular Communication Environments

Sung-Kwon Shin<sup>1</sup> and Doo-Yong Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Div. of Information Technology Engineering, SoonChunHyang University

<sup>2</sup>Dept. of Electrical & Electronic Engineering, SoonChunHyang University

**요약** 본 논문에서는 차량 간 통신환경에서 애드혹 무선 네트워크 프로토콜의 성능을 분석한다. 쉘넷 시뮬레이터를 사용하여 고속도로와 도심의 교통상황을 가정하고, 패킷 크기와, 트래픽 종류에 따른 프로토콜의 데이터 처리량과 지연시간을 분석한다. 시뮬레이션을 통해 고속도로 환경에서는 DSR 프로토콜 성능이, 도심 환경에서는 AODV 프로토콜의 성능이 우수한 것을 알 수 있다. 그러므로, 도로 교통 상황에 따라 적당한 애드 혹 네트워크 프로토콜을 선택함으로써, 효율적인 차량 간 통신을 제공하는 것이 필요하다.

**Abstract** In this paper, the performance of ad-hoc wireless network protocols is analyzed under the vehicular communication environments. We estimate the throughput and delay of the protocols with packet sizes and various data traffics in expressways and metropolis by using QualNet simulator. It turns out that the performance of DSR protocol is better in expressways and the performance of AODV works well in metropolitan areas. Therefore, it is necessary that the proper protocols should be selected to provide the better performance according to the vehicular communication environments.

**Key Words** : Ad-Hoc Network Protocols, Performance Analysis

### 1. 서론

우리나라의 자동차 보유대수는 1600만대 정도로, 이는 인구 3명당 1명꼴로 자동차를 보유하고 있음을 의미한다. 이로써 우리나라는 미국, 일본, 독일 및 캐나다 등에 이어 세계 13번째 자동차 보유국으로 부상하게 됐다. 자동차가 대중화됨으로써 인간 생활에 편리함을 주었지만, 이로 인한 교통 혼잡, 교통사고, 공해의 위험 등 부정적인 면도 간과할 수 없는 실정이다. 이로 인해 발생할 수 있는 문제를 해결하기 위해 현재 많은 연구들이 진행되고 있으며, IT 기술을 이용한 교통체계의 관리를 위해 텔레매틱스 기술이 부각되고 있다[1]. 텔레매틱스는 이동통신 서비스, 초고속 인터넷 인프라와 GPS 기술 등 대표적인 첨단 기술의 융합 산업으로서 경제적 파급효과가 다른 어

떤 산업보다 클 것으로 예상된다. 또한 발전된 통신 및 차량 기술을 이용해 운전자와 탑승자에게 다양한 정보를 제공함으로써, 물리적인 공간의 한계를 극복하도록 해 유비쿼터스 시대를 대표할 수 있는 기술 및 서비스가 될 것으로 기대된다[2]. 이를 위해서는 텔레매틱스의 기본 기술 중 하나인 차량 간 통신을 위한 무선 네트워크 기술이 확보되어야 하며, 차량과 차량 사이의 데이터 전송을 위하여 라우팅 알고리즘 관련 연구가 필요하다. 차량 간 통신은 도로상에서 이동 중인 차량들 사이에서 유용한 정보를 제공하는 기술이다. 만약 커브길이나 높은 건물로 인해 시야를 확보할 수 없는 상황에서 선행 차량이 차량 간 통신을 통해 교통상황에 대한 정보를 뒤따라오는 차량에게 신속하게 제공할 수 있다면 교통사고 발생률을 크게 줄일 수 있을 것이다. 차량 간 통신은 노변장치가

\*교신저자 : 김두용(dooykim@sch.ac.kr)

접수일 10년 03월 15일

수정일 (1차 10년 04월 19일, 2차 10년 05월 14일)

게재확정일 10년 06월 18일

필요 없이 차량 간 정보를 주고받을 수 있다는 장점이 있지만 무선 전송 기술을 바탕으로 이루어지기 때문에 무선 도달 거리에 있는 차량들 간의 기술로 한정되어 있다 [3]. 전송 거리가 제한되어 있기 때문에 중간에 있는 차량들이 전송되는 데이터를 받아서 다음 차량에 전달해 주어야 한다. 차량 간 통신은 차량의 고속의 이동성 때문에 경로의 단절이 자주 발생한다. 또한 차량이 빠져나가거나 끼어들었을 때 중간 경로가 바뀌게 된다. 따라서 데이터를 유실 없이 목적지 노드까지 전달하고, 중간 차량의 이동으로 인해 경로가 단절되었을 때 메시지 전송을 위한 다음 차량을 빨리 찾아내기 위한 애드 혹 라우팅 기술이 필요하다[4]. 따라서 본 논문에서는 차량 간 통신을 위한 애드 혹 라우팅 프로토콜 중, 대표적인 테이블 기반 경로 설정 방식인 DSDV 라우팅 프로토콜과 On-demand 방식인 AODV, DSR 라우팅 프로토콜에 대하여, 차량 간 통신이 이루어지는 곳, 즉 고속도로, 건물들이 밀집되어 있는 도심 지역에 대한 시뮬레이션 모델을 작성하고, 라우팅 프로토콜의 성능을 분석 하였다. 차량 간 통신을 할 때, 하나의 라우팅 프로토콜을 사용하는 것이 아니라, 변화하는 도로 상황에 맞는 라우팅 프로토콜을 적용함으로써, 네트워크 성능을 향상 시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시뮬레이션 모델, 3장에서는 시뮬레이션 결과 및 분석을 하고, 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 시뮬레이션 모델

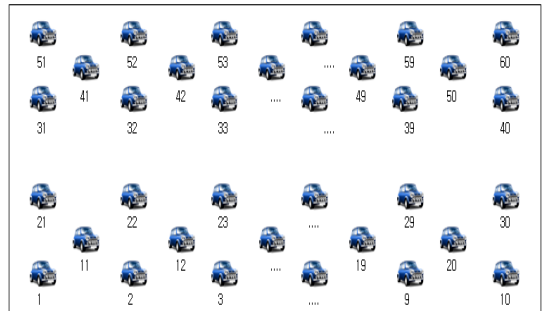
차량 간 통신을 위한 고속도로와 도심 환경의 시뮬레이션 모델을 만들고, 애드 혹 네트워크 프로토콜 중, 대표적인 테이블 기반 경로설정 프로토콜인 DSDV와 요청에 의한 경로설정 프로토콜인 AODV, DSR 프로토콜에 대하여 살펴본다. 시뮬레이션에 사용되는 AODV, DSR, DSDV 라우팅 프로토콜의 파라미터 값은 SNT(Scalable Networks Technologies)[5] 에서 제공하는 네트워크 시뮬레이션 도구인 QualNet 시뮬레이터 버전 4.5을 사용하였다. 물리 계층 프로토콜은 IEEE 802.11b 표준을 사용하였고, 다중 경로 손실 모델은 two-ray 와 도시의 경우, 건물들의 영향을 고려하여 Walfish-Ikegami Propagation 모델을 사용하였다. 네트워크 부하 모델은 CBR, VBR, 그리고 SNT[5]에서 제공하는 트래픽으로써, TCP를 이용하여 클라이언트로부터 서버로 규칙적으로 트래픽을 발생하는 Traffic-Gen을 사용하였으며, 데이터 패킷의 크기는 512 바이트, 1024 바이트, 1500 바이트이다. 표 1은 시뮬레이션에 사용되는 주요 파라미터를 나타낸 것이다.

[표 1] 시뮬레이션에서의 주요 파라미터

|             |                                |
|-------------|--------------------------------|
| 물리 계층 프로토콜  | IEEE 802.11b                   |
| 다중 경로 손실 모델 | Walfish-Ikegami Propagation 모델 |
| 전송 속도       | 6Mbps                          |
| 최대 전송 거리    | 70m                            |
| 라우팅 프로토콜    | AODV, DSR, DSDV                |
| DATA 패킷 크기  | 512byte, 1024byte, 1500byte    |

### 2.1 고속도로 이동성 모델

고속도로 이동성 모델에서 AODV, DSR, DSDV 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 시나리오는 그림 1과 같다. 그림 1과 같이 오른쪽으로 이동하는 3개의 차선, 왼쪽으로 이동하는 3개의 차선으로 총 6차선으로 구성되어 있다. 노드는 총 60개를 사용하였으며, 노드 1번부터 30번까지는 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하고, 노드 31번부터 60번까지는 오른쪽에서 왼쪽으로 이동한다. 시뮬레이션 모델에서, 각 노드들의 속도는 90km/h, 100km/h, 110km/h, 120km/h로 임의 지정하였다. 데이터 전송은 6개를 사용하였으며, 1번에서 10번, 노드 11번에서 20번, 노드 21번에서 30번, 노드 40에서 31번, 노드 50에서 41번 그리고 노드 60번에서 51번으로 이루어진다. 노드 이동간의 거리는 평균 100m이고, 이웃 노드 간의 거리는 평균 3.6m로 설정한다.

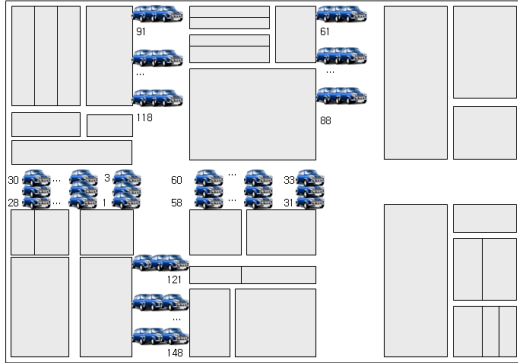


[그림 1] 고속도로 이동성 시뮬레이션 시나리오

### 2.2 도심 이동성 모델

도심 이동성 모델에서 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 시나리오는 그림 2와 같다. 그림 2와 같이 도로는 6차선 도로를, 도로 옆에는 도시의 건물들을 나타내며, 노드는 총 150개의 노드를 사용하였다. 각각의 건물들의 높이는 60m, 70m, 80m, 90m로 임의 지정하였으며, 각 노드들의 속도는 40km/h, 50km/h, 60km/h로 임의 지정하였다. 각 노드들은 시뮬레이션 동안 자신의 차선에 맞게 3차선에 차들은 우회전을 2차선은 직진을 1차선은

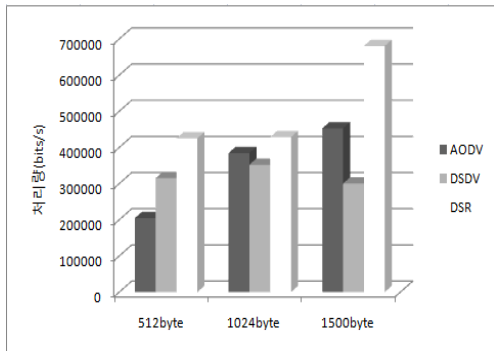
좌회전을, 교차로에서 직진 신호가 아닌 차들은 교차로에서 정차한다. 데이터 전송은 28번에서 1번, 30번에서 3번, 58번에서 31번, 60번에서 33번, 61번에서, 88번, 91번에서 118번, 148번에서 121번으로 이루어진다.



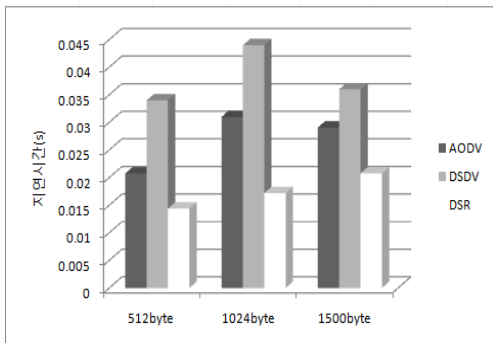
[그림 2] 도심 이동성 시뮬레이션 시나리오

### 3. 시뮬레이션 결과 및 분석

#### 3.1 고속도로 시뮬레이션 결과

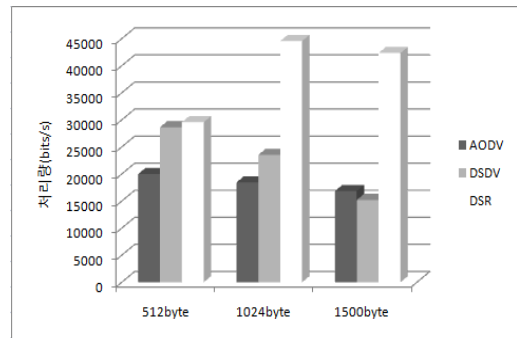


[그림 3] 패킷 크기에 따른 CBR 처리량



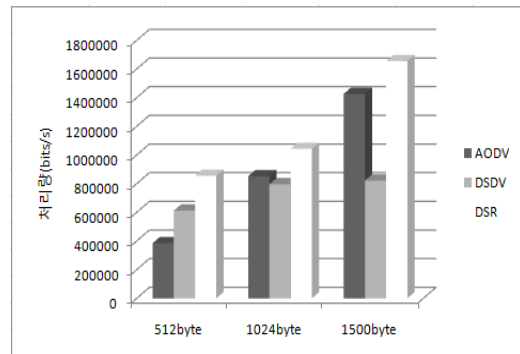
[그림 4] 패킷 크기에 따른 CBR 지연시간

그림 3과 그림 4에서 알 수 있듯이, DSR 라우팅 프로토콜이 AODV와 DSDV보다 높은 처리량을 보이는 것을 알 수 있다. 테이블 기반 경로설정 방식인 DSDV의 경우, 모든 노드로의 루트 정보를 테이블에 유지하고 있어야 하므로, 상대적으로 DSR에 비해 처리량이 떨어지는 것을 알 수 있다. DSR 프로토콜의 경우 패킷을 보낼 때, 먼저 자신의 라우트 캐쉬에 경로가 저장되어 있는지를 살핀다. 만약 만료되지 않은 경로가 존재한다면, 그 경로를 사용하여 패킷을 보낸다[6]. 고속도로의 경우, 이동속도는 빠르지만 도심에 비해 차량 간 경로가 자주 바뀌지 않으므로, 처리량과 지연시간이 다른 프로토콜에 비해 DSR 프로토콜이 우수한 것을 알 수 있다.

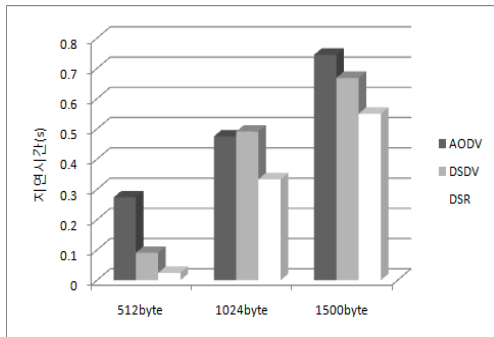


[그림 5] 패킷 크기에 따른 VBR 처리량

그림 5와 그림 6 으로부터, DSR 프로토콜의 처리량이 높은 것을 알 수 있다. 패킷 크기가 512byte일 경우, 3개의 라우터 프로토콜의 처리량이 비슷하지만, 패킷 크기가 커짐에 따라, DSR 프로토콜이 다른 프로토콜에 비해 높은 처리량을 보인다. 이는 고속에서의 VBR 트래픽을 이용 시, DSR 프로토콜이 적합함을 보여준다.



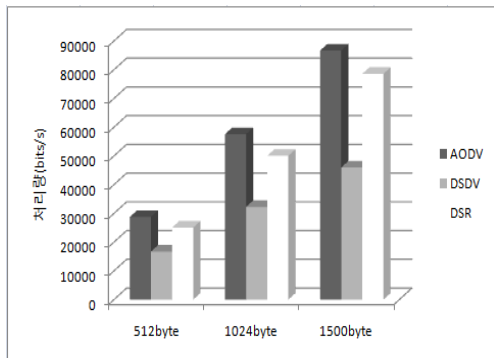
[그림 6] 패킷 크기에 따른 Traffic-Gen 처리량



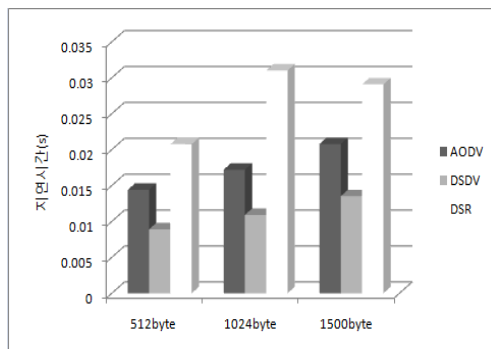
[그림 7] 패킷 사이즈에 따른 Traffic-Gen 지연시간

또한, 그림 7에서도 동일한 결과를 얻었음을 보여준다. 따라서, 고속으로 이동하는 차량 간 통신에선 DSR 프로토콜이 처리량과 지연시간에서 우수한 것을 알 수 있다. 그러므로 테이블 기반 경로 설정 방식인 DSDV는 모든 노드로의 루트 정보를 가지고 있어야 하므로, 이동단말의 이동성이 많은 중대형 이상 규모의 네트워크에서 성능 저하의 원인이 될 수 있다.

### 3.2 도심 시뮬레이션 결과

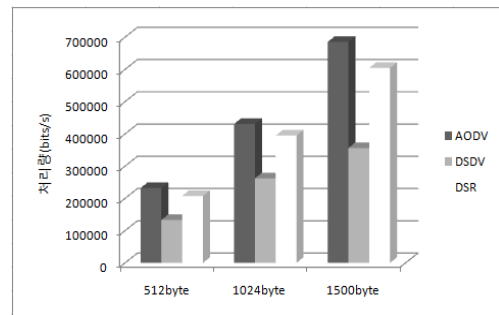


[그림 8] 패킷 사이즈에 따른 CBR 처리량

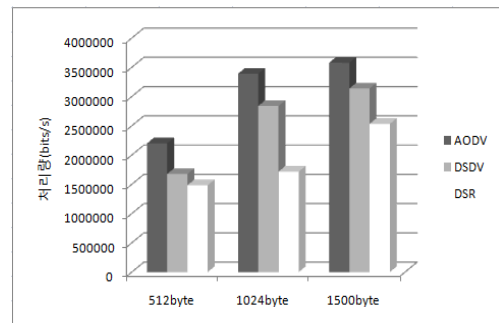


[그림 9] 패킷 사이즈에 따른 CBR 지연시간

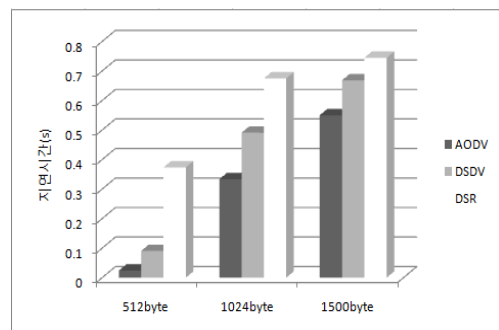
그림 8과 그림 9에서 알 수 있듯이, AODV의 처리량과 지연시간이 상대적으로 우수함을 알 수 있다. 그러나 지연시간은 DSR 프로토콜이 가장 높은 것을 알 수 있다. 이는 도심의 경우 차선의 잦은 변경과 주변 건물들로 인해, DSR 프로토콜에 라우트 캐시의 경로들이 유효한 경로가 아닌 확률이 높다. 이 경우 유효하지 않은 경로를 이용해서 데이터를 전송하기 때문에 자원의 낭비와 높은 지연시간이 발생한다. 반면 AODV 프로토콜의 경우, 루트 내의 특정 링크에서 오류가 발생한 경우 지역적인 루트 재탐색 절차를 수행하기 때문에 DSR 프로토콜에 비해 낮은 지연시간을 보여준다[7].



[그림 10] 패킷 사이즈에 따른 VBR 처리량



[그림 11] 패킷 사이즈에 따른 Traffic-Gen 처리량



[그림 12] 패킷 사이즈에 따른 Traffic-Gen 지연시간

위의 그림에서 나타난바와 같이, 도심 교통 환경에서는 AODV 프로토콜이 우수한 처리량과 낮은 지연시간을 보여 주고 있다. 이와 같이 이동성이 많은 네트워크에서는 제어 메시지로 인하여 네트워크 성능 저하의 원인이 되기 때문에 사용하기에 여러 문제점을 가지고 있다. 그러므로 이와 같은 상황에 대응할 수 있는 추가적인 방안이 프로토콜에 반영되어야 하며, 상황에 따라 알맞은 프로토콜을 선택하는 것이 필요하다.

#### 4. 결론

본 논문은 차량 간 통신을 위한 여러 가지 도로 상황을 가정하여, Ad-Hoc 무선망 라우팅 프로토콜 중에서 테이블 기반 경로설정 프로토콜인 DSDV와 요청에 의한 경로설정 프로토콜인 AODV, DSR에 대한 성능을 쉘넷 네트워크 시뮬레이터를 통해서 분석하였다. 그리고 라우팅 프로토콜을 고속도로와 도시의 두 가지 교통 환경에서 패킷 사이즈와, 트래픽 종류에 따른 처리량과 지연시간을 분석하였다.

테이블 기반 경로 설정 방식인 DSDV 프로토콜은 모든 노드로의 루트 정보를 가지고 있어야 하므로, 이동단말의 이동성이 많은 네트워크에서 성능 저하의 원인이 될 수 있음을 보여주고 있다. 그리고 On-demand 기반 방식인 DSR과 AODV는 이동성 시나리오에서도 DSDV 프로토콜에 비해, 우수한 처리량과 낮은 지연시간을 보여주었다. DSR 프로토콜의 경우, 고속도로 환경에서 상대적으로 다른 프로토콜에 비해 높은 처리량과 낮은 지연시간을 보여주는데, 이는 속도는 빠르지만, 도심에 비해 차량의 이동이 빈번하지 않은 상황에서의 통신에서는 DSR 프로토콜이 적합함을 알 수 있다. DSR 프로토콜의 경우, 패킷을 목적지에 보내고자 할 때, 먼저 자신의 라우터 캐쉬에 경로가 저장되어 있는지를 살피고 만약 만료되지 않은 경로가 존재한다면, 그 경로를 사용하여 패킷을 보내기 때문이다. 하지만, 이동이 빈번한 도심에서는 DSR 프로토콜의 지연시간이 높은 것을 알 수 있다. 이는 DSR 프로토콜의 단점으로, DSR 프로토콜에서는 두 노드간의 통신이 필요할 경우에만 동적으로 경로 발견이 이루어지고, 통신 요청이 있더라도 오직 소스 노드의 라우팅 캐쉬에 목적지 노드까지의 경로 기록이 없을 경우에만 새로운 경로 설정 과정이 진행되기 때문에, DSR 프로토콜의 라우트 캐쉬의 경로들은 이동이 빈번한 도심 교통 환경에서는 유효한 경로가 아닌 확률이 높다. 이 경우 유효하지 않은 경로를 이용해서 데이터를 전송하기 때문에 상대적으로 자원의 낭비와 높은 지연시간이 발생하는 것을

알 수 있다. AODV 프로토콜의 경우, 노드의 이동으로 인해 경로가 단절될 때 경로를 재설정하기 위해 경로 단절이 일어난 상위 노드에서 지역 경로 복구를 수행한다. 따라서 도심 환경과 같이 노드의 이동이 빈번한 곳에서 높은 처리량과 낮은 지연시간을 보여준다.

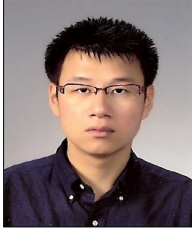
그러므로 차량 간 통신을 위한 라우팅 프로토콜로서, 하나의 라우팅 프로토콜을 계속 사용하는 것이 아니고, 필요할 경우 도로 상황에 맞는 라우팅 프로토콜을 선택함으로써, 보다 더 효율적인 차량 간 통신을 유지할 수 있다. 그리고 에너지 소비량에 근거한 애드혹 라우팅 프로토콜의 성능을 분석하는 것도 앞으로 필요하리라 판단된다.

#### 참고문헌

- [1] Satoshi Matsuda, Hiroyuki Koike, Hiromi Okada, "Vehicular Information Broadcasting Relay Protocol for Inter-Vehicle-Communication", IEEE VTC 2000, pp.2005-2010, 2000.
- [2] 김경호, 한은영, 장정아, 이소연, 최혜옥, "텔레매틱스 표준화 동향", 전자통신동향분석 제 20권 제3호, pp.10-18, 2005.
- [3] 유석대, 조기환, "교통사고 방지를 위한 차량간 통신 기술", 한국통신학회지 제23권 2호, pp.79-90, 2006.
- [4] 이은주 "차량간 통신을 위한 AODV 라우팅 프로토콜 구현", 석사학위논문, 제주대학교 대학원, 2007.
- [5] Scalable Network Technologies, Qualnet simulator version 4.5, <http://www.scalable-networks.com>
- [6] E. M. Royer, C. -K. Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks", IEEE Personal Communications, pp.46-55, 1999.
- [7] C.perkins, E.Belding-Royer and S.Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing", IETF RFC 3561, July, 2003

신 성 권(Sung-Kwon Shin)

[준회원]



- 2010년 2월 : 순천향대학교 정보 기술공학부 (공학사)

<관심분야>

무선통신, 멀티미디어통신

---

김 두 용(Doo-Yong Kim)

[정회원]



- 1983년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
- 1987년 6월 : 미국 플로리다 공과대학 대학원 (공학석사)
- 1991년 12월 : 미국 미주리 주립대학교 대학원 (공학박사)
- 1992년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기전자공학과 교수

<관심분야>

무선통신, 멀티미디어통신, 센서네트워크