

# 애드 혹 네트워크에서의 연결 신뢰성 향상 라우팅 프로토콜

## Routing Protocol for Link Reliability Improvement in ad hoc network

서 순 영\*  
Seo, Soon\_young

구 용 완\*\*  
Koo, yong\_wan

### 요 약

모바일 노드의 급성장과 무선 통신 기술의 향상에 따라 기존 기반시설과 무관하게 모바일 노드들만의 네트워크 형성이 가능해졌다. 이를 애드 혹 네트워크라 하며 모바일 노드들의 이동에 의한 연결 단절이 잦은 네트워크의 특성상 활성 연결에 대한 신뢰성을 향상할 필요성이 대두되었다. 이에 애드 혹 네트워크에서 단절 예측 기술을 도입하여 연결 신뢰성을 향상시켜 안전하게 데이터를 전송할 수 있는 라우팅 프로토콜을 제안하고, 모의실험을 통해 그 성능을 분석한다.

### Abstract

According to the development of a mobile node and the increase of number of its users, the demands for connecting to the networks beyond the spaces through the existing wire or wireless communications have abruptly been increasing, which not only allows the ad hoc networks to be developed actively but also makes us consider the routing policy to transfer data safely.

In this thesis, the routing protocol to send data stably by improving the route stability in the ad hoc networks is proposed, and its performance is analyzed through the simulations.

☞ Keyword : 애드 혹 네트워크, 라우팅 프로토콜, 무선 통신

## 1. 서 론

지금까지의 모바일 노드 기술과 인터넷의 발전 및 무선 통신의 기술의 향상으로 말미암아 모바일 노드의 보급이 급속히 증가되었다. 모바일 노드 사용자들은 어느 곳에서든지 원하는 서비스를 지속적으로 제공받기 위한 기술들을 요구하고 있다. 모바일 노드 사용자의 다양한 요구를 만족시킬 수 있는 이동 네트워크 기술로는 셀룰러 네트워크(Cellular Network)와 애드 혹 네트워크(Ad Hoc Network)가 있다. 셀룰러 네트워크란 무선 데이터 통신의 전통적인 방식으로 셀룰러 인프라스

트럭처를 이용하는 네트워크 기술이며, 인프라스 트럭처없이 무선 네트워크를 사용하는 네트워크 기술을 애드 혹 네트워크라고 한다. 애드 혹 네트워크는 전쟁터 또는 재해 지역과 같은 인프라스 트럭처가 존재하지 않거나 파괴되어진 경우, 또는 통신 대역의 효율적 사용을 위해 지역적으로 임시망을 구성하여 통신하는 방법을 일컫는다[1].

애드 혹 네트워크에서의 가장 관심이 많은 연구 중의 하나는 효율적인 라우팅과 연관된 것이다. 왜냐하면 애드 혹 네트워크에서의 라우팅은 모바일 노드들의 이동성과 전력 문제 등으로 인해 잦은 연결 단절이 불가피한 문제이기 때문이다[2]. 연결 단절로 인한 경로 재설정 과정은 무선 자원과 전력을 낭비하게 되어, QoS와 네트워크 성능 저하에 영향을 미친다. 따라서 이러한 경로 재설정 과정을 줄이기 위한 여러 방안들이 제

\* 정 회 원 : 수원대학교 대학원 전자계산학과(박사)  
syseo@suwon.ac.kr

\*\* 중신회원 : 수원대학교 IT대학장, 컴퓨터학과 교수  
ywkoo@suwon.ac.kr

[2006/05/18 투고 - 2006/07/03 심사 - 2006/08/04 심사완료]

안되고 있다[3][4].

이에 따라 본 논문에서는 에드 혹은 네트워크에서 모바일 노드의 빈번한 이동에 의해 발생하는 연결 단절을 최소화하여 연결의 신뢰성을 향상할 수 있는 방안을 제안하고 그 성능을 시뮬레이션을 통하여 분석하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장에서는 본 연구를 하게 된 배경과 연구 목적을 밝히고, 2장은 에드 혹은 네트워크에서 이용되고 있는 AODV 라우팅 프로토콜(Ad hoc On demand Distance Vector Routing Protocol)들에 대해 살펴본다. 3장은 연결 신뢰성을 향상시키기 위한 라우팅 프로토콜을 제안하고 4장에서는 제안한 라우팅 프로토콜에 대한 성능을 비교 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 밝힌다.

## 2. AODV 라우팅 프로토콜

AODV는 C. E. Perkins에 의해 제안되어 2003년에 IETF에 의해 표준화되었다[5]. DSDV(Destination-Sequenced Distance-Vector)[6]를 Reactive 라우팅 프로토콜에 적용하기 위해 제안된 방법으로 proactive 라우팅 프로토콜 중 DSDV의 장점과 reactive 라우팅 프로토콜 중 DSR의 장점을 결합한 형태이다. 또한, AODV는 순전한 on-demand 방식으로써 이웃 모바일 노드가 서로 다른 두 모바일 노드간의 연결성을 관리하기 위해 중간 모바일 노드으로써의 서비스를 요청받지 않는 한, 경로 정보를 탐색하거나 유지하지 않는다[7].

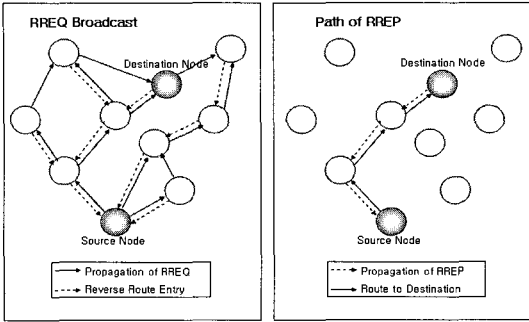
AODV는 경로 획득 절차에 따라 얻어진 경로만을 일정 시간동안만 유지함으로써 기존 DSDV의 단점을 극복하였으며 일련번호를 사용하여 라우팅 루프를 방지하였다. 또한 경로 탐색 과정을 통해서 일시적으로 유지되는 DSDV와 비슷한 라우팅 테이블을 구성하는 방법을 사용하여 DSR에 비해서 자원의 낭비를 막을 수 있는 장점을 가지고 있고, 사용가능한 경로만을 일시적으로 유지하기 때문에 모든 모바일 노드들에 대한 경로를 유

지해야하는 오버헤드가 불필요하다.

AODV 라우팅 프로토콜의 동작 과정에는 경로 탐색 과정(Route Discovery)과 경로 복구 과정(Local Route Repair)이 있다.

경로 탐색 과정은 다음과 같이 진행된다. AODV에서 전송할 데이터를 갖고 있는 모바일 노드 즉 소스 모바일 노드는 우선 자신이 보유하고 있는 라우팅 테이블에 관리되고 있는 경로 정보를 살펴본다. 이때 해당 목적지 모바일 노드까지의 경로가 존재한다면, 그 목적지 모바일 노드까지 경로의 Lifetime을 확인하고, 유효 시간이 만료되지 않았다면 경로 정보가 유효한 것으로 인정하여 해당 경로를 통해서 데이터를 전송한다. 그러나 만약 해당 경로 정보의 Lifetime이 만료되었거나 경로 정보가 존재하지 않는다면, 경로 탐색 과정이 필요하게 된다. 이러한 경우에 소스 모바일 노드는 RREQ 메시지를 생성하여 이웃 모바일 노드들로 브로드캐스트한다. 목적지 모바일 노드까지의 경로 정보를 가진 중간 모바일 노드 또는 목적지 모바일 노드가 브로드캐스트된 RREQ 메시지를 수신하면 이에 응답하기 위해 RREP 메시지를 전송한다. RREQ를 수신한 중간 모바일 노드가 목적지 모바일 노드로의 경로 정보를 가지고 있지 않을 경우에는 RREQ 메시지를 이웃 모바일 노드들로 다시 브로드캐스트한다. RREQ 메시지의 응답으로 전달되는 RREP 메시지는 RREQ 메시지가 전달된 경로의 반대 방향으로 유니캐스트된다. (그림 1)은 AODV 라우팅 프로토콜의 경로 탐색 과정에서 RREQ 메시지와 RREP 메시지의 전파 과정을 보여준다.

일단 경로를 찾은 뒤에는 데이터 전송을 하게 되는데, 모바일 노드의 빈번한 이동으로 인해, 또는 모바일 노드의 남은 전력량 등의 이유로 경로 상에 오류가 발생할 수 있다. 이때에 지역적인 경로 복구 과정을 시작한다. 경로내의 특정 링크에서 단절이 발생한 경우 경로상의 단절을 인지한 중간 모바일 노드가 목적지 모바일 노드까지의 경로를 지역적으로 재탐색하여 경로를 복구한다.



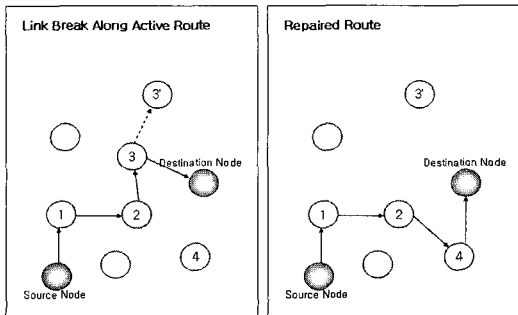
(그림 1) AODV 라우팅 프로토콜의 경로 탐색 과정

(그림 2)는 모바일 노드 3의 이동에 의해 연결 단절이 발생했을 때, 지역적인 복구를 수행하는 AODV 라우팅 프로토콜의 한 과정을 나타내고 있다.

그러나 이러한 지역적인 경로 복구 과정이 실패할 경우에는 RERR 메시지를 소스 모바일 노드로 전달하여 소스 모바일 노드가 경로 탐색 절차를 재실행하게 한다. 이때 RERR 메시지를 수신한 모바일 노드는 단절이 발생한 링크와 관련된 경로 정보를 삭제하여 이후로 잘못된 경로 정보로 인한 문제가 없도록 처리한다.

### 3. 연결 신뢰성 향상을 위한 라우팅 프로토콜

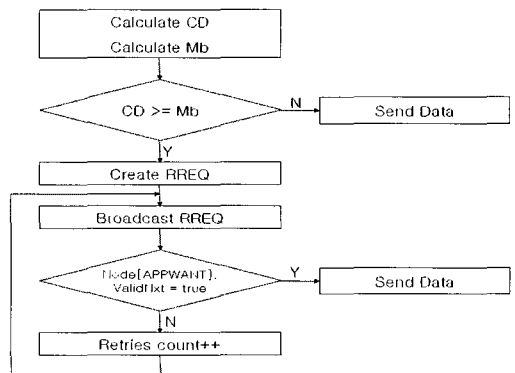
기존의 AODV 라우팅 프로토콜과 달리 모바일 노드들의 이동에 따라 각 모바일 노드가 전송할 수 있는 범위 외부로 이동하려 할 때 경로를 재



(그림 2) AODV의 지역 복구 과정

설정하는 경로 복구 과정이 필요함을 인식하고 지역적인 경로 복구 과정을 수행하도록 한다. 즉 데이터를 전송하기 위한 중간 이웃 노드가 그 전송 범위를 벗어나기 전에 미리 단절을 예측하여 경로 복구 과정을 요청하는 메시지를 전송하고 지역적인 경로 복구 과정을 실행하여 경로가 끊어지는 것을 방지하는 것이다. 이로써 활성 연결의 단절을 사전에 방지함으로써 단절시 발생하는 재설정에 의한 연결 지연 시간을 줄여줄 수 있다. 이때 연결 단절이 예측되는 모바일 노드는 인접한 모바일 노드로 자신의 이동으로 인한 단절 예측 상황을 알려서 경로의 단절을 예방한다. 본 논문에서 제안하는 연결 신뢰성 향상을 위한 경로 복구 기법을 적용한 S-AODV 라우팅 프로토콜 (Stability-AODV routing protocol)을 간략히 나타낸 순서도를 (그림 3)에서 나타내고 있다. 중계 모바일 노드가 두 모바일 노드간을 중계할 수 있는 범위의 한계 영역을 임계영역(Critical Domain)으로 지정한다. 중계 모바일 노드가 전송할 수 있는 거리 값을 비교하여 임계영역 값이 클 경우에는 기존의 경로대로 패킷을 전송한다. 만약, 그 반대의 경우에는 경로 단절이 예측되는 상황이므로 단절 상위 모바일 노드는 RREQ 제어 메시지를 생성하고 전송함으로써 경로 복구 과정을 수행하게 된다.

연결 단절을 예측하기 위해 중계 모바일 노드 B가 전송할 수 있는 범위를 계산할 필요가 있다.



(그림 3) 연결 신뢰성 향상을 위한 프로토콜

중계 모바일 노드 B의 순방향 전송 영역과 역방향 전송 영역을 구한다. 모바일 노드 B의 순방향 전송 영역은 모바일 노드 A의 전송 영역의 반지름과 모바일 노드 A와 B의 물리적 거리의 차로 구할 수 있다. 유사한 방식으로 모바일 노드 B의 역방향 전송 영역은 모바일 노드 C의 전송 영역의 반지름과 모바일 노드 B와 C의 물리적 거리의 차로 구한다. 이를 위한 수식은 다음과 같다.

$$F_{bounds} = r_A - d_{AB} \quad (1)$$

$$B_{bounds} = r_C - d_{BC} \quad (2)$$

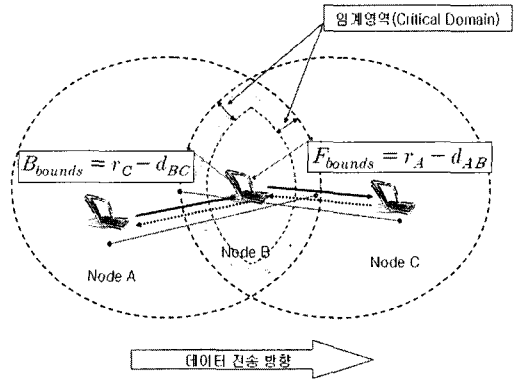
식 (1)의  $F_{bounds}$ 는 순방향 전송 영역을 의미하며,  $r_A$ 는 모바일 노드 A의 전송 영역의 반지름이고,  $d_{AB}$ 는 모바일 노드 A와 B의 거리이다. 식 (2)의  $B_{bounds}$ 는 역방향 전송 영역을 의미하여,  $r_C$ 는 모바일 노드 C의 전송 영역의 반지름이고,  $d_{BC}$ 는 모바일 노드 B와 C의 거리이다. 임계영역(Critical Domain)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$t_{rep} = (t_{total}/hop_{total}) \cdot hop_{bounds} \quad (3)$$

$$d_{cd} = t_{rep} \cdot v_{node} \quad (4)$$

식 (3)과 식 (4)에서 하나의 홉을 복구하는데 걸리는 평균 시간과 모바일 노드의 이동 속도에 의해 임계영역  $d_{cd}$ 를 구한다. 위 식(1)과 식(2) 중 작은 값과 식(4)의 값을 비교하여 임계영역 값이 클 때를 단절 예상 시점으로 본다. 계산에 의한 결과가 단절 예상을 의미한다면 모바일 노드 B는 모바일 노드 A로 단절 예상 메시지를 전송함으로써 경로 복구 과정을 시작하게 한다. 단절 예상 메시지를 수신한 모바일 노드 A는 이웃 모바일 노드로 RREQ 제어 메시지를 브로드캐스팅함으로써 경로 복구 과정을 수행한다.

상기한 식들이 적용된 상황을 그림으로 나타낸 (그림 4)는 제안하는 경로의 단절을 예측하여 경로의 안정성을 보장하기 위한 조건들을 나타내고

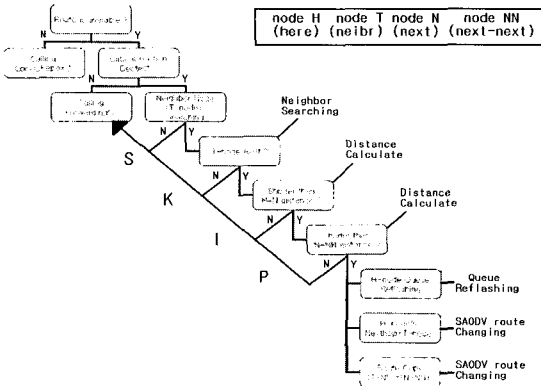


(그림 4) 단절 예측을 위한 과정

있다. 모바일 노드 A에서 모바일 노드 C로의 전송 과정에 있어서 모바일 노드 B는 중계 노드 역할을 한다. 모바일 노드 B가 나머지 두 노드들 사이에서 중계 역할을 할 수 없는 상황이 되는 위치를 임계영역으로 지정하여 모바일 노드 B가 포위당하거나 백워딩할 수 있는 범위와 임계영역 범위를 비교하여 임계영역이 전송 가능 범위를 벗어나게 되는 시점이 감지될 때를 경로 단절이 발생할 가능성이 있는 시점으로 인식한다.

(그림 5)는 활성 연결의 단절을 예측하여 데이터 패킷 전송의 안정성을 높이며 단절로 인한 지연 시간을 줄이는 연결 신뢰성 향상을 위한 라우팅 프로토콜의 알고리즘을 보여 준다. 경로 단절이 예측되는 상황이 감지되었을 때, 이웃 노드들을 검색하여 이웃 노드와의 거리를 측정하여 이전 활성 경로 상에 있던 이웃 노드의 경로 정보를 참조할 수 있도록 경로 정보를 수정한다. 이러한 과정을 거침으로써 모바일 노드의 상황에 따라 경로 단절이 발생하는 경우를 미리 예측하고 새로운 경로를 재설정함으로써 연결의 신뢰성을 높일 수 있다.

이러한 방식은 가장 가까이 위치하고 있는 모바일 노드를 다음 중계 노드로 결정함으로써 경로 재설정시 발생하는 메시지 패킷으로 인한 오버헤드를 줄일 수 있다. 또한, 단절이 발생하기 전에 단절 예상 노드로부터 이미 데이터 패킷을



(그림 5) 연결 신뢰성 향상 라우팅 프로토콜 알고리즘

전송받은 상태이므로 연결 지연으로 인한 패킷 손실을 줄일 수 있을 것이다. 더욱이 연결 단절로 인한 패킷 손실로 인해 다시 소스 모바일 노드로 데이터 전송을 요청하는 과정을 줄여서 실시간 데이터 전송에 유리할 것이다.

#### 4. 성능평가

본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능을 실험하기 위하여 운영체제는 RedHat Linux 9를 사용하였으며, 시뮬레이션 툴로서는 미국 버클리 대학에서 개발한 Network Simulator-2의 버전 NS-2.8[8][9]을 이용하였다.

연결 신뢰성 향상을 위한 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 환경은 (표 1)과 같다. 본 모의실험을 위해서 두 가지 실험을 실시하였는데 그 기준은 노드의 수를 각각 25개와 40개로 설정하였다.

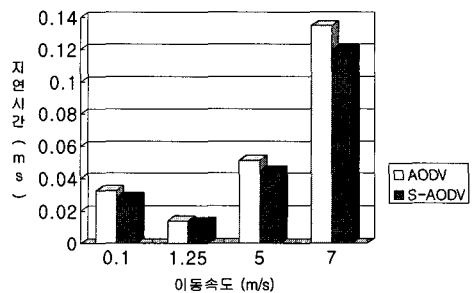
본 논문에서 제안한 연결 신뢰성 향상을 위한 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 기존의 AODV 라우팅 프로토콜을 비교 대상으로 선정하였다. 이동 노드의 이동 속도 증가에 따른 평균 패킷 전달 지연 시간을 측정된 결과를 (그림 6)에서 나타내고 있다. 이는 패킷이 목적지로 보내진 시간과 목적지에 도착한 시간과의 차이를 전송된 패킷의 전체량에 비교하여 계산하였다. 즉, (패킷  $p_i$ 가 목적지에 도달한 시간-패킷  $p_i$ 를 목적지로

(표 1) 성능평가를 위한 환경 설정

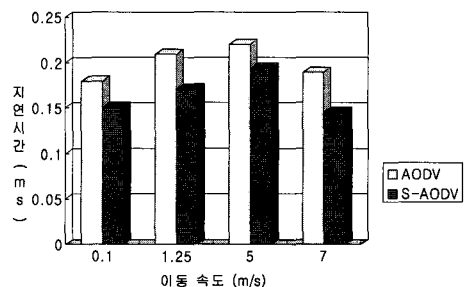
(a) 실험 1을 위한 파라미터 (b) 실험 2를 위한 파라미터

파라미터	값	파라미터	값
네트워크 크기	700×700(m)	네트워크 크기	700×700(m)
이동 단말기의 수	25개	이동 단말기의 수	40개
전송거리	250m	전송거리	250m
실험시간	300sec	실험시간	300sec
이동 단말기의 평균 이동 속도	0.1, 1.25, 5, 7(m/s)	이동 단말기의 평균 이동 속도	0.1, 1.25, 5, 7(m/s)

보낸 시간)의 총합 / 전송된 전체 패킷의 수에 의해 평균 지연 시간을 구하였다. 그 결과 이동 노드의 평균 이동 속도가 증가함에 따라서 전체적으로 지연 시간이 증가하는 경향을 보였다. 그러나 기존의 방식과 비교했을 때, 본 논문에서 제안한 라우팅 프로토콜에 의한 경로 복구시 지연 시간이 다소 감소함을 보였으며, 속도가 증가하더라도 평균 지연 시간은 여전히 감소되는 상태를 유지하는 성능을 보였다.

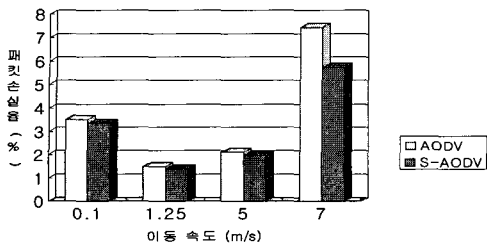


(a) 실험 1

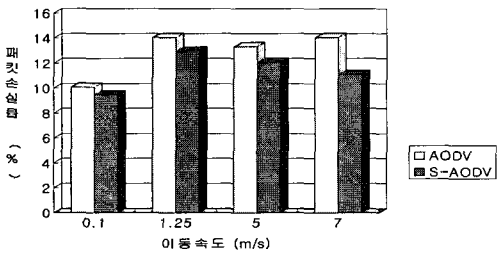


(b) 실험 2

(그림 6) 이동 속도에 따른 지연 시간



(a) 실험 1



(b) 실험 2

(그림 7) 이동 속도에 따른 패킷 손실률

제안한 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위해서 평균 속도 증가에 따른 패킷 손실률을 측정하였다. 이는 전송된 전체 패킷의 양에 대한 손실된 패킷의 양이 비율로 계산하였다. (그림 7)은 평균 이동 속도의 증가에 따른 패킷 손실률을 측정된 결과를 보이고 있다. 느리게 이동하는 이동 노드의 경우에는 기존의 AODV 라우팅 프로토콜 방식과 비교하여 다소간의 패킷 손실이 감소하였으나 이동 속도가 빠른 경우에는 25%~30% 정도로 패킷 손실이 감소함을 보였다. AODV 라우팅 프로토콜에서는 단절이 발생되었을 때 경로 복구 작업을 수행함으로써 빠른 이동으로 인한 잦은 단절로 경로 복구 작업의 실패 등으로 인한 패킷의 손실을 사전에 방지함으로써 기존의 방식보다 향상된 성능 개선을 보였다.

## 5. 결론

애드 혹 네트워크의 특성으로 인한 연결 단절과 연결 재설정시의 지연은 불가피한 상황이다.

따라서 이에 대한 여러 가지 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 이동성이 활발한 노드들에 대한 경로 복구 과정으로 인한 지연 시간을 줄이기 위해, 단절 예측 기법을 도입하여 연결 단절을 사전에 방지하는 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 제안한 라우팅 프로토콜은 연결의 단절을 예측하여 경로 복구과정을 수행함으로써 연결 신뢰성을 향상시킬 수 있었다. 제안한 방법이 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 장점을 살리면서, 연결 단절로 인한 경로 복구시 지연 시간을 줄임과 동시에 패킷 손실 감소 효과를 가진다는 것을 시뮬레이션을 통하여 보였다. 특히 이동 속도가 빠른 경우에 탁월한 성능을 보임으로써 모바일 노드의 이동 속도가 빠른 특성을 갖는 네트워크 구조에 적합한 것으로 보인다.

## 참고 문헌

- [1] <http://www.ietf.org/>, IETF MANET Working Group.
- [2] Shree Murthy, J. J. Garcia-Luna Aceyer, "A Routing Protocol for Packet Radio Networks", ACM International Conference on Mobile Computing and Networking MOBICOM;95 pp. 86-95, November 1995
- [3] Corson, Scott S., Macker, J., "Mobile Ad Hoc Networking(MANET) : Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," RFC 2501, January 1999
- [4] E. M Yoter and C. K. toh, "A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless network," IEEE Pers. Commun. Mag., no. 2, pp. 46-55, Apr. 1999
- [5] C. Perkins E. Belding-Royer, S. Das, "Ad-Hoc Demand Distance Vector(AODV) Routing", network Working group RFC 3561, 2003

- [6] Perkins, C. E. and Ghagwat, P. "High Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," ACM SIGCOMM, vol.24, no.4, October 1994
- [7] Elizabeth M. Royer, "Routing in Ad Hoc Mobile Networks : On-Demand and Hierarchical Strategies", Uni. of California Ph. D, 2000
- [8] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, "The Network Simulator ns-2", Feb 2003
- [9] The VINT Project, "The NS Manual", 2002

### ● 저자 소개 ●



#### 서 순 영

1989년 계명대학교 전자계산학과 졸업(학사)  
2001년 수원대학교 대학원 전자계산학전공 졸업(석사)  
2001년~현재 수원대학교 대학원 전자계산학과(박사)  
관심분야 : 분산 및 운영체제, 시스템네트워크 관리, 무선 통신 등  
E-mail : syseo@suwon.ac.kr



#### 구 용 완

1976년 중앙대학교 전자계산학과 졸업(학사)  
1980년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)  
1988년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업(박사)  
1983년~현재 수원대학교 IT대학장, 컴퓨터학과 교수  
관심분야 : 분산 및 운영체제, 실시간 시스템, 시스템네트워크 관리, 멀티미디어, 인터넷 등  
E-mail : ywkoo@suwon.ac.kr