

# 무선 Ad-hoc 네트워크에서 노드 이동을 고려한 견고한 경로 관리 기법

정희원 김관웅\*, 배성환\*\*, 종신회원 김대익\*\*\*

## A Robust Route Maintenance Scheme Considering Node Mobility in Wireless Ad-hoc Networks

Kwan-woong Kim\*, Sung-hwan Bae\*\* *Regular Members*, Dae-ik Kim\*\*\* *Lifelong Member*

### 요약

무선 Ad-hoc 네트워크는 이동 노드로 구성되는 동적 네트워크이다. 일반적으로 Ad-hoc 네트워크에서 노드는 랩탑, PDA, 모바일 폰 등과 같은 장치로 블루투스나 IEEE 802.11(위피) 네트워크 인터페이스의 특징을 가지고 분산방식으로 통신을 한다. 이러한 Ad-hoc 네트워크의 특성에 기인한 이동성은 라우팅 프로토콜 디자인에 중요한 특징적 요소가 된다. 본 논문에서는 토폴로지 변화에 잘 적응하는 향상된 경로 관리 기법을 제안한다. 제안된 알고리즘에 주된 특징은 경로 실패를 방지하기 위해서 링크 단절 전에 다음-홉 노드를 대체 이웃 노드에 스위칭 하는 방식이다. NS2를 이용한 무선 Ad-hoc 네트워크의 다양한 환경에서 시뮬레이션을 수행한 결과 제안된 알고리즘 성능이 기존의 AODV 프로토콜에 비교하여 향상되었음을 보인다.

**Key Words** : Wireless Ad-hoc Networks; Routing Protocols; Mobility; AODV

### ABSTRACT

Wireless Ad-hoc networks are dynamic networks that consist of mobile nodes. Nodes in Ad-hoc networks are usually laptops, PDAs or mobile phones. These devices feature Bluetooth and/or IEEE 802.11 (WiFi) network interfaces and communicate in a decentralized manner. Due to characteristics of Ad-hoc networks, Mobility is a key feature of routing protocol design. In this paper, we present an enhanced routing maintenance scheme that cope with topology changes pre-actively. The key feature of the proposed scheme is to switch next-hop node to alternative neighbor node before link breakage for preventing route failure. From extensive experiments by using NS2, the performance of the proposed scheme has been improved by comparison to AODV protocol.

### 1. 서론

무선 Ad-hoc 네트워크는 스스로 구성되어 지면서 동적으로 변화되는 다중-홉 네트워크이다<sup>1), 2)</sup>. Ad-hoc 네트워크에서 모든 이동 노드는 기존의 통신 인프라나 중앙제어장치를 통하지 않고 서로 통신을 할 수 있어 센서 네트워크, 재난 복구, 구조

현장 등과 같은 많은 응용분야에 유용하다.

무선 환경에서 노드는 신호 품질의 변화나 노드 이동성에 의한 네트워크 토폴로지의 변형에도 네트워크가 견고 할 수 있도록 스스로를 구성하는 책임을 가진다. 무선 Ad-hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜은 기존 유선 네트워크의 라우팅 프로토콜과 비교해서 잦은 토폴로지 변화에도 적절한 대응을 하면서

\* 원광대학교 전기전자정보공학부 (watchbear@wonkwang.ac.kr), \*\* 한려대학교 멀티미디어정보통신공학과 (shbae@hanlyo.ac.kr)

\*\*\* 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부 (daeik@chonnam.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-11-513, 접수일자 : 2008년 11월 20일, 최종논문접수일자 : 2009년 3월 11일

목적지 까지 최적 경로를 계산해야한다. 또한 일반적으로 제한된 대역폭과 배터리 전원을 가지기 때문에 라우팅 프로토콜은 적은 제어 오버헤드를 가져야한다. 반응적(reactive) 또는 요구 기반(on-demand) 라우팅 프로토콜은 이러한 이유로 개발되었다.

요구 기반 라우팅 프로토콜은 경로가 요구되어질 때만 경로 검색 절차를 수행하며, DSR(Dynamic Source Routing), AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing)[3], LMR(Lightweight Mobile Routing), TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm), ABR (Associativity-Based Routing)<sup>[4]</sup>, SSR(Signal Stability Routing)<sup>[5]</sup> 등은 요구 기반 라우팅 기법으로 분류된다.

테이블 관리 방식(Table-driven) 프로토콜은 네트워크 내의 루트를 지속적으로 갱신하여 패킷을 전송할 때 경로를 미리 알고 있어서 바로 사용할 수 있으며, DSDV(Destination-Sequence Distance Vector), WRP(Wireless Routing Protocol), CGSR(Clusterhead Gateway Switch Routing)<sup>[5]</sup> 등이 있다.

무선 Ad-hoc 네트워크의 노드는 자유롭고 예측 불가능하게 이동하기 때문에 패킷이 목적지를 순회하는 경로에서 자주 링크 실패가 일어날 수 있는데, 이러한 노드 이동성에 의한 링크 단절은 전반적인 성능을 저하시킬 수 있다. Tom Goff는 AODV와 DSR의 향상된 버전인 선점 라우팅(Preemptive-Routing) 프로토콜을 제안했다<sup>[6]</sup>. 선점 라우팅 프로토콜은 노드 이동성에 의한 링크 단절이 발생되기 전에 재경로의 설정이 가능한지를 결정하기 위해서 수신되는 신호의 파워를 측정한다. 이러한 경로 회복은 셀룰러 네트워크의 핸드 오프(Hand-off)와 유사하다.

다중 경로나 보조 경로(Backup routes)를 가지는 요구 기반 프로토콜이 Ad-hoc 네트워크의 성능 향상을 위하여 제안되었다. AODV 기반 보조 라우팅(AODV-Backup Routing) 기법은 그물형(Mesh) 구조를 구성하고, 다중 우회 경로를 제공함으로써 AODV 라우팅 프로토콜을 개선한다. AODV 기반 보조 라우팅 알고리즘에서는 다량의 제어 메시지를 전송하지 않고 AODV의 경로 응답 메시지(RREP)를 사용하여 그물형-다중 경로를 설정한다<sup>[7, 8]</sup>.

본 논문에서는 노드 이동성을 고려하여 AODV에 기반을 둔 새로운 경로 관리 기법을 제안한다.

논문의 구성은 2장에서 관련된 기존 연구와 배경을 살펴보고 AODV에 기반을 둔 혁신적인 경로 관리 기법을 제안한다. 3장에서는 컴퓨터 시뮬레이션

을 통해 기존의 방식과 제안된 기법의 성능을 비교 분석한다. 마지막으로 4장에서 결론을 논한다.

## II. 경로 관리 기법

### 2.1 관련연구

라우팅 프로토콜에서 경로 관리는 경로 설정 유지와 링크 단절 발견에 중요한 역할을 한다. AODV에서 로컬 경로 복구 알고리즘은 빠른 경로 회복에 사용될 수 있다<sup>[3, 9]</sup>. 그러나 대부분의 경로 알고리즘은 링크 단절이 발생하기 전에 경로를 회복하는 능력이 부족하다.

따라서 본 논문에서는 노드 이동성에 의해 발생한 경로 실패를 방지하고, 패킷이 전진하는 동안 라우팅 프로토콜의 효율을 향상시켜 주는 경로 관리에 초점을 맞춘다. 본 논문의 접근 방식은 기존의 이동성을 지원하는 라우팅 프로토콜과는 상당히 다른 것으로 라우팅 프로토콜은 이동 노드로부터 대체 노드의 로컬 경로 변경을 할 수 있는 능력을 가져야 한다. 제안된 기법의 기본적인 아이디어는<sup>[10]</sup>에 기반을 두었다.

무선 네트워크에서 두 노드사이의 거리는 수신기에서 수신하는 신호 세기(RxP)에 반비례한다<sup>[11]</sup>. 따라서 RxP가 낮아진다면 전송 노드는 더 멀리 이동하고, RxP가 증가된다면 전송노드는 가까이 이동하는 것을 알 수 있다. 이전 연구에서 RxP 변화를 측정함으로써 두 노드의 상대 속도를 측정하는 방법을 제안했다<sup>[11]</sup>.

그러나 상대 속도를 측정하기 전에 두 노드 사이의 거리를 알고 있어야 한다. RxP로부터 거리를 추출하는 일은 쉽지 않는데 이는 RxP가 전송 전력, 안테나 이득, 채널 손실 계수 등의 여러 인자로 구성되기 때문에 노드는 충분한 정보를 얻을 수 없다<sup>[11]</sup>. 제안된 알고리즘에서는 노드 움직임을 검출하기 위해서 수식 (1)과 같은 수신 신호 변화함수 V를 사용한다.

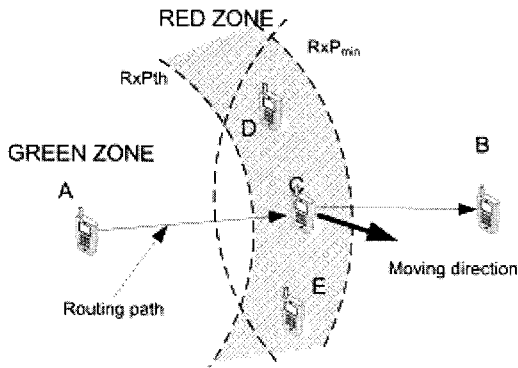
$$V = RxP(t_1) - RxP(t_0) \tag{1}$$

여기서 함수 V가 음의 값이면 두 이웃하는 노드는 점점 멀어짐을 나타내고, 함수 V의 값이 0일 경우에는 두 노드는 움직이지 않거나 같은 속도로 같은 방향으로 이동함을 나타낸다. V가 양의 값이면 이웃하는 두 노드는 점점 가깝게 이동한다.

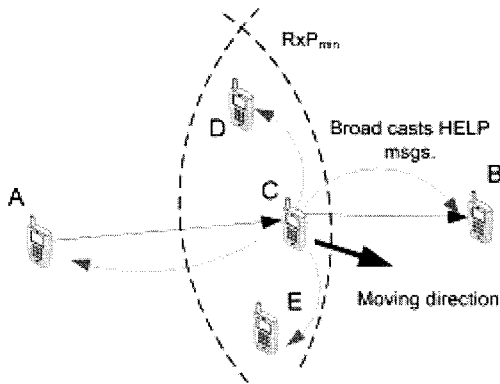
2.2 제안된 기법의 프로세스

제안된 기법에서 전송범위는 그림 1에 보인바와 같이 2개의 구역(GREEN ZONE, RED ZONE)으로 나누어진다. 다음-홉 노드가 GREEN ZONE에 위치하면 데이터 통신을 하는데 있어서 안전한 상태에 있는 것으로 가정된다. 만약 노드가 RED ZONE에 위치하면 제안된 기법은 경로 재구성성을 위해서 구동될 수 있다.

그림 1에는 제안된 기법의 첫 번째 단계를 나타낸 것으로 중간 노드 C가 이전-홉 노드 A로부터 데이터 패킷을 수신하면, 수신 신호 파워(RxP)와 신호 세기 변화함수(V)를 모니터링 한다. 만약 RxP가 RxPth 보다 작고 V(A)가 0보다 크다면 이동이 감지된 것으로 이 때 노드는 이웃 노드 중에서 대체



(a) node C is moving and detect signal power falling during forwarding packets from A to B



(b) node C broadcasts HELP messages to it's one-hop neighbor for Local Route Change

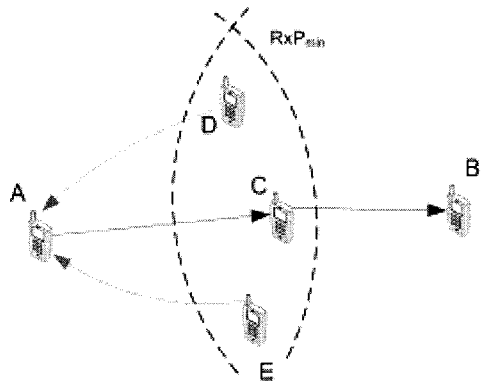
그림 1. 제안된 기법의 예 : 1-홉 거리의 이웃노드에 HELP 메시지를 방송

노드를 찾기 위한 로컬 경로 변경 프로세스를 실행한다. 대체 노드를 찾기 위해서 노드는 하나의 홉 거리에 있는 이웃 노드에 HELP 메시지를 방송한다. RxPth는 RED ZONE을 위한 수신 전력 임계치를 나타내고 수식 (2)과 같이 정의된다.

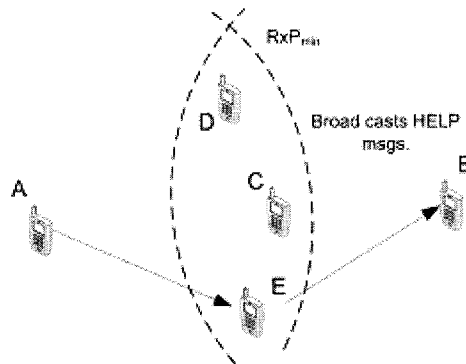
$$RxP_{th} = K \times RxP_{min} \quad (2)$$

여기서 RxPmin은 네트워크 인터페이스 장비가 수신 가능한 최소 전력(즉  $3.65 \times 10^{-10}$  Watts in 802.11b[12])이고 K는 상수로 5이다.

곧이어 하나의 노드는 이전 노드 A와 다음-홉 노드 B가 이웃한다는 조건에서 HELP 패킷을 수신한다. 만약 신호 변화 V(A)의 값이 0이면 노드 자신이 노드 C의 대체 노드가 될 수 있다. 그렇지 않으면 HELP 메시지는 무시된다. 대체 노드는 HELP 메시지를 가지고 경로 정보를 갱신하고



(C) Node A waiting for LRCN messages: node D, E send LRCN messages to node A



(D) Node A select node E to next hop and forwards next packet to node E thus routing path partially changed

그림 2. 제안된 기법의 예 : 이전 홉 노드 A는 LRCN 메시지를 수신하고 다음-홉 노드를 E 노드로 변경

HELP 메시지의 이전 노드에 LRCN(Local Route Change Notification)을 보낸다. 또한 이전-홉 노드 A는 다음-홉 노드 C로부터 HELP 메시지를 수신할 수도 있다.

그림 2와 같이 노드 A는 LRCN 메시지를 기다리는 동안 타이머를 세팅한다. LRCN 메시지를 수신하면 이전 홉 노드는 타이머를 취소하고 다음-홉 노드 주소 C를 LRCN의 근원지 주소 E로 갱신한다. 타이머가 소멸하게 되면 노드는 목적지 경로를 재설정하기 위한 로컬 경로 복구 프로세스<sup>[3]</sup>을 시작한다. 제안된 기법의 예를 그림 1과 그림 2에 보인다.

제안된 기법의 새로운 메시지 포맷은 그림 3과 같이 정의하였다. V 필드는 32 비트 부동소수점 값이다.

제안된 기법의 처리 절차는 표 1의 의사코드와 같다. 불필요한 HELP가 방송되는 것을 피하기 위해서

표 1. 제안된 기법의 의사코드

**Procedure of receiving DATA packet from node i**

```

Compute V(i) by equation 1;
Forwarding DATA packet to the next hop;
If (RxP is less than RxPth and V < 0) {
    broadcasts HELP packet with previous node and next-hop node;
}
End if
    
```

**Procedure of receiving HELP msg from node j**

```

If(prev-hop node is not me and next-hop node is not me)
    If (V(j) == 0 and both next-hop field and previous node field in HELP msg are my neighbor){
        Updates routing table with information of HELP.
        Send LRCN msg to prev-hop node of HELP msg.
    }
}
Else if (prev-hop field in HELP msg is my address){
    Launch LRCN timer for waiting LRCN msg.
}
    
```

**Procedure of receiving LRCN msg from node k**

```

If (destination address of LRCN is exist in routing table){
    Updates next-hop address of route entry with alternative address of LRCN message.
    Cancels LRCN timer
}
    
```

**Procedure of LRCN timer expired**

```

Launch local route repair
    
```

Type	Reserved	Hop Count
Prev-hop IP Address (32bits)		
Next-hop IP Address (32bits)		
Destination IP Address (32bits)		
Destination Sequence Number (32bits)		
V (32bits)		

(a) HELP message

Type	Reserved	Hop Count
Alternative node IP Address (32bits)		
Destination IP Address (32bits)		
V (32bits)		

(b) LRCN message

그림 3. 제안된 기법의 새로운 메시지 포맷

노드는 루트 엔트리 Precursor의 플래그를 1로 세팅한다. 이것은 HELP가 기존에 보내졌음을 나타낸다. Precursor 목록은 최종 목적지에 도착하기 위해서 같은 경로를 공유하는 노드들의 집합이다<sup>[3]</sup>. Precursor의 플래그는 경로가 갱신될 때 초기화 된다.

### III. 성능 평가

제안된 라우팅 프로토콜의 평가를 위해 NS2 시뮬레이터<sup>[13]</sup>을 이용하여 다양한 무선 Ad-hoc 네트

워크 환경에서 기존의 AODV 라우팅 프로토콜과 성능을 비교하였다. 시뮬레이션을 위해 사용된 네트워크 모델은 1.0 km × 1.0 km 구역에 100 개의 모바일 노드로 구성된다.

노드들의 초기 위치와 CBR/UDP 트래픽을 생성하기 위한 노드 쌍들은 랜덤하게 선택된다. 무선 채널 대역폭은 2 Mbps이다. 각 노드는 IEEE 802.11 MAC 프로토콜을 사용하고 채널 모델은 Wireless channel/Wireless Physical propagation 모델을 이용한다. Two-Ray Ground 모델은 라디오 전파 모델을 위해서 사용되었고 이동 노드의 전송 범위와 간섭 범위는 각각 250 m와 550 m로 설정하였다.

트래픽 소스는 CBR(Constant Bit Rate)이고 15개의 CBR 소스가 매 0.1초마다 UDP 패킷을 생성한다. UDP 패킷의 크기는 512 바이트이다. 시뮬레이션 시간은 200 초에 세팅된다. 노드의 평균 정지 시간은 10 초이고, 최대 속도는 5 m/sec에서 20 m/sec까지 변화한다. 랜덤 수 발생이 비어스 되는 것을 방지하기 위해서 10 회의 시뮬레이션을 같은 환경조건 아래 수행하였다. 표 2는 NS2에서 에너지 모델의 파라미터를 보인다.

그림 4와 그림 5는 각각 종단 간 패킷 전송률과 손실된 패킷의 수를 보여준다. 노드의 최대 속도가 증가함에 따라 더 많은 수의 패킷이 깨진 경로(broken path)에 의해서 네트워크에서 드롭되었다. AODV의 경우에 패킷 전송률은 높은 이동성에서 상당히 떨어졌으나 제안된 알고리즘은 90% 이상의 전송 성공률을 유지하였다.

모든 경우에서 제안된 기법이 우수한 성능을 보인다. 이러한 성능향상의 주된 이유는 제안된 기법이 다음-홉 노드가 전송범위 밖으로 이동하기 전에 대체 노드로 경로를 변경할 수 있었기 때문에 높은 이동성 환경에서 더 효율적으로 패킷 손실과 경로 실패를 감소할 수 있기 때문이다. 실험 결과로부터 제안된 기법과 결합된 AODV는 전반적인 성능향상과 경로 발견의 효율성에 상당한 긍정적인 결과를 줄 수 있다.

표 2. NS2에서 에너지 모델의 파라미터

Attribute	Description	Value
-initial Energy	Given energy for each node	200 Joules
-Grx, Gtx	Antenna Gain	1
-txPower	Transmitting power in Watt	281.8mW

그림 6과 그림 7에는 제어메시지 오버헤드와 경로 설정 횟수의 성능비교를 보인다. 모든 경우에서 제안된 기법이 적용된 AODV가 기존의 AODV와 비교해서 제어 메시지 오버헤드와 경로 설정 횟수가 감소하였다. 이는 경로 설정 후의 로컬 경로 변경이 효율적으로 경로 재설정

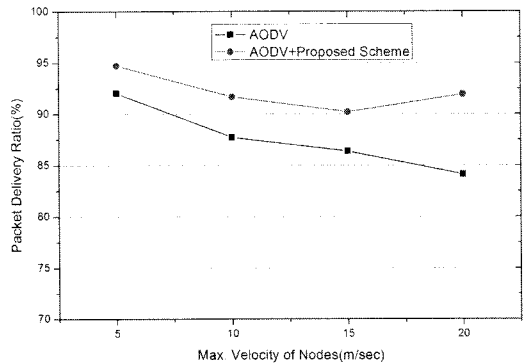


그림 4. 패킷 전송률

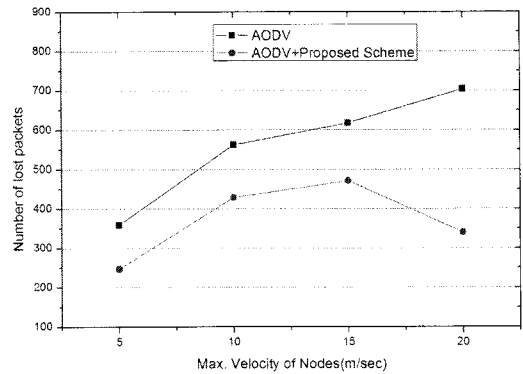


그림 5. 손실 패킷의 수

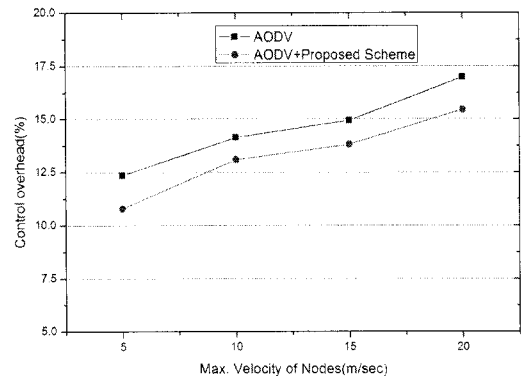


그림 6. 제어 오버헤드의 비교

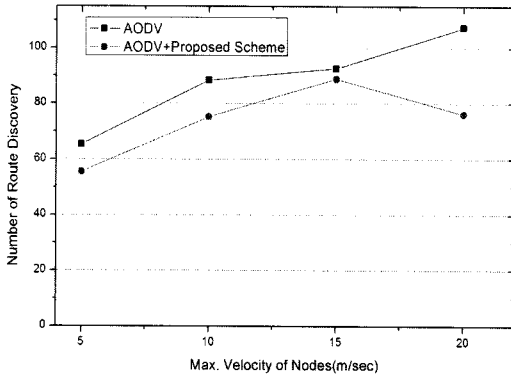


그림 7. 경로 발견의 수

확률과 제어메시지 오버헤드를 감소 시켰음을 나타낸다.

시뮬레이션 결과 제안된 기법이 다양한 관점에서 기존 AODV 보다도 성능이 우수함을 나타냈다. 본 논문에서 제안된 기술을 사용하여 다중 홉 Ad-hoc 네트워크에서 재경로 발견의 수를 감소시킬 수 있고 또한 종단 간 전송 효율을 향상시킬 수 있다.

#### IV. 결 론

이동 무선네트워크의 특성상, 경로들은 여러 가지 원인에 의해 종종 끊길 수 있다. 단절된 경로의 발견과 경로 재설정 비용은 상당히 높기 때문에 노드의 이동성에 의한 성능 저하를 극복하기 위한 방법은 라우팅 프로토콜 설계에서 주된 연구 주제이다. 본 논문에서는 수신 신호 변화 함수를 이용하는 AODV를 위한 새로운 경로 관리 기법을 제안하였다. 제안된 기법의 특징은 다음-홉 노드가 전송범위 밖으로 이동하기 전에 다음-홉 노드를 유용한 이웃노드 중에 하나로 전환하는 능력이다. 성능평가를 위해서 부가적인 메시지가 정의되고 제안된 기법이 NS2 네트워크 시뮬레이터에 구현되었다. 시뮬레이션 결과로부터 제안된 기법이 기존의 AODV와 비교할 때 절단 경로와 제어 메시지의 오버헤드를 감소 시켰고 종단 간 패킷 전송률을 향상 시켰다.

#### 참 고 문 헌

[1] C. E. Perkins, Ad Hoc Networking, Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ, USA, Jan 2001.

[2] <http://www.ietf.org/>, IETF MANET Working Group.

[3] C. E. Perkins, E. M. Royer and S. R. Das, "Ad-hoc on demand distance vector routing," IETF RFC3561, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>, 2003.

[4] C. K. Toh, "Associativity Based Routing for Ad Hoc Mobile Networks," Wireless Pers. Commun. J., Special Issue on Mobile Networking and Computing Systems, vol. 4, no. 2, Mar. 1997

[5] Elizageth M. Royer & Chai-Keong Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks," IEEE personal Communications, Apr. 1999.

[6] Tom Goff, Nael B, et al. "Preemptive Routing in Ad-hoc Networks," ACM SICMOBILE, pp. 43 - 52, June, 2001.

[7] S.J. Lee, M. Gerla, "AODV-BR: Backup routing in Ad Hoc networks," Proceedings of IEEE WCNC 2000. Chicago, IL, (2000).

[8] Y.-H. Wang, C.-C. Chuang, C.-P. Hsu and C.M. Chung, "Ad hoc on demand routing protocol setup with backup routes", Proceedings of ITRE 2003. International Conference on Information Technology Research and Education, 2003, August 2003, pp. 137 - 141.

[9] Ki-Hyung KIM, Hyun-Gon SEO, "The Effects of Local Repair Schemes in AODV-Based Ad Hoc Networks," IEICE Transactions on Communications, Vol.E87-B No.9 pp.2458-2466, Oct. 2004.

[10] M. Brahma, K. W. Kim, A. Abouaissa and P. Lorenz, "A Load-Balancing and Push-Out Scheme for Supporting QoS in MANETs", Telecommunication Systems Journal, Vol. 30, No.1-3, pp. 161-175, Dec. 2005.

[11] J. B. Anderson, T.S. Rappaport, and S. Yoshida. "Propagation Measurements and Models for Wireless Communications Channels," IEEE Communication Magazine, 33(1): 42-49, Jan. 1995.

[12] Wave LAN/PCMCIA Card User's Guide - Lucent Technologies

[13] Network Simulator: NS2.29 available via website <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

