

# 이동 Ad Hoc 네트워크 환경에서 사전 활성화 라우팅 선택과 관리유지 알고리즘

조영주<sup>†</sup>, 정일용<sup>\*\*</sup>

## 요 약

기존에 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 대표적인 DSR과 AODV 프로토콜 라우팅 알고리즘은 단지 경로의 손실이 발생할 경우에만 경로 발견을 시작하며, 단절된 경로를 발견하고 새로운 경로 확립하는데 막대한 경비와 시간이 소요된다. 본 논문에서는 기존의 대표적인 DSR과 AODV 프로토콜 라우팅 알고리즘에서 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘의 추가시키는 측면을 연구한다. 본 연구의 핵심 아이디어는 수신되는 패킷의 신호파워 세기가 손실되기 전의 최적 임계치 신호파워 세기까지 근접하게 되면 경로는 손실될 경향이 높다고 간주하는 것과 수신되는 패킷의 신호파워 세기가 최적 임계치 이하로 떨어졌을 경우, 사전경고 패킷을 발생시키는 것이다. 사전경고 패킷을 발생 후에, 송신 노드는 계속적으로 패킷이 전송하는 동안 사전에 경로 발견을 시작하기 때문에, 모든 경로의 단절에 대한 잠재적인 가능성을 피할 수 있다. 성능평가 결과에 의하면, 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘은 기존의 DSR과 AODV 프로토콜보다 패킷 전달율과 평균 지연시간 그리고 오버헤드 측면에서 성능이 우수한 경향을 나타낸다.

## Pro-active Routing Selection and Maintenance Algorithms for Mobile Ad Hoc Network Environments

Young-Joo Cho<sup>†</sup>, Il-Yong Chung<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

The conventional on-demand mobile ad hoc routing algorithms (DSR and AODV) initiate route discovery only after a path breaks, incurring a significant cost and time in detecting the disconnection and establishing a new route. In this theory, we investigate adding proposed pro-active route selection and maintenance to the conventional on-demand mobile ad hoc routing algorithms(DSR and AODV). The key idea is to be only considered likely to be a path break when the received packet power becomes close to the minimum critical power and to be generated the forewarning packet when the signal power of a received packet drops below a optimal threshold value. After generated the forewarning packet, the source node can initiate rout discovery in advance; potentially avoiding the disconnection altogether. Our extensive simulation study shows that the proposed advance-active route selection and maintenance algorithms outperforms the conventional on-demand routing protocol based on DSR and AODV in terms of packet delivery ratio, packet latency and overhead.

**Key words:** Mobile Ad Hoc Network(이동 Ad Hoc 네트워크), Routing Protocol(라우팅 프로토콜), DSR, AODV

※ 교신저자(Corresponding Author) : 정일용, 주소 : 광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교(501-759), 전화 : 011-9666-6470, FAX : 062)230-7712, E-mail : iyc@chosun.ac.kr  
접수일 : 2005년 12월 28일, 완료일 : 2006년 2월 14일

<sup>†</sup> 준회원, 조선대학교 컴퓨터공학부  
(E-mail : csjyj@chosun.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> 종신회원, 조선대학교 컴퓨터공학부 교수/BK핵심사업팀 연구원

## 1. 서 론

이동 Ad Hoc 네트워크(Mobile ad hoc network)[1-3]은 기존의 기지국이 유선 네트워크에 연결된 형태의 통신 인프라 기반과는 달리 모든 단말기가 이동하는 환경에서 서로 직접적인 무선 전송 범위에 위치하지 않은 노드간의 원활한 데이터 전송을 위해 다중 홉 무선 링크로 구성되어 여러 개의 중간 단말기들의 데이터 포워딩/경로설정(Forwarding/Routing)에 의존하게 되는 새로운 형태의 네트워크이다. 이동 Ad Hoc 네트워크에 관한 연구는 인터넷 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 MANET 작업반 (Mobile Ad hoc Networks Working Group) [4]를 통해 표준화 활동을 활발히 진행 중에 있으며 주로 라우팅 프로토콜에 관한 표준을 정하고 있다.

기존에 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 라우팅 알고리즘(Ad Hoc On-demand Routing Algorithms) [5-9]는 단지 경로의 손실이 발생할 경우에만 경로 발견을 시작하며, 단절된 경로를 발견하고 새로운 경로 확립하기까지는 막대한 경비와 시간이 소요된다. 본 논문에서는 기존의 On-demand 방식의 Ad Hoc 라우팅 프로토콜의 대표적인 DSR과 AODV 프로토콜에 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘의 추가시키는 측면을 연구한다. 본 연구의 핵심 아이디어는 수신되는 패킷의 신호파워 세기가 손실되기 전의 최적 임계치 신호파워 세기까지 근접하게 되면 경로는 손실될 가능성이 높다고 간주하는 것과 수신되는 패킷의 신호파워 세기가 최적 임계치 이하로 떨어졌을 경우, 사전경고 패킷(forewarning packet)을 발생하는 것이다. 다시 말해서, 경로가 손실되는 가능성이 높은 경우, 단절되기 전 노드가 이웃 노드 및 송신 노드에 게 알리기 위해서 사전경고 패킷을 전송한다. 그런 후에, 송신 노드는 기존의 경로로 계속적으로 데이터를 전송하는 동안 사전에 다른 경로 발견을 시작하기 때문에, 모든 경로의 단절에 대한 잠재적인 가능성을 피할 수 있다. 기존의 On-demand 방식의 Ad Hoc 라우팅 프로토콜의 대표적인 DSR과 AODV 프로토콜에 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리 유지 알고리즘을 추가시킨 실험 결과, 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘이 DSR(Dynamic Source Routing)[10]과 AODV(Ad Hoc

On-Demand Distance Vector Routing)[11] 라우팅 프로토콜에 비해 높은 신뢰성과 우수한 견고성을 갖는 경로를 제공할 뿐만 아니라 손실이 발생하는 경로들의 수는 현저하게 감소한다. 대부분 패킷지연(Packet latency)도 계속 감소한다. 성능평가 결과에 의하면, 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘은 기존의 DSR과 AODV 프로토콜보다 패킷 전달율과 평균 지연시간 그리고 패킷의 오버헤드 측면에서 성능이 우수한 경향을 나타낸다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 이어지는 2절에서는 기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 라우팅 알고리즘의 문제점을 분석하고 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택 및 관리유지 알고리즘의 사전경고 패킷 발생, 경로 발견, 경로 관리유지 같은 프로토콜 동작을 기술한다. 제 3절에서는 성능 평가를 위한 시뮬레이션 환경과 결과에 대하여 논한다. 마지막 4절에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

## 2. 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘

이 절에서는 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘의 동작과 특징에 대하여 기술한다. 우선, 기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 라우팅 알고리즘의 문제점을 분석해 본다. 그리고 노드고장 및 링크손상 인한 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘의 사전경고 패킷을 발생하는 절차를 기술하며, 사전 경로 발견 절차 및 발견된 경로를 따라 데이터 패킷을 전송하는 방법을 기술한다.

### 2.1 기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 라우팅 알고리즘 문제점

기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 대표적인 DSR과 AODV 프로토콜 라우팅 알고리즘이 있다. DSR 프로토콜의 모든 이동 노드는 라우팅 테이블과 같은 역할을 하는 라우트 캐쉬를 유지한다. 또한 DSR 프로토콜은 경로를 탐색하고 경로를 관리하며 경로를 획득하는데 RREQ(Route Request), RREP

(Route Reply), RERR(Route Error) 패킷을 사용된다. AODV 프로토콜은 DSR과 비슷하게 동작하며 경로를 탐색하고 관리하는데 역시 RREQ, RREP, RERR 패킷을 사용하는 것도 매우 유사하다.

그러나 기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 대표적인 DSR과 AODV 프로토콜 라우팅 알고리즘에서 노드고장 및 링크손상은 사용 중인 라우팅 경로의 손상을 초래할 수 있다. 특히 이동 Ad Hoc 네트워크에서는 노드 이동성으로 인해 네트워크 링크가 손상되는 경향이 많이 발생한다. 이렇게 링크 손상이 일어나면, 손상된 링크의 전방 노드(송신 노드 방향의 다음 노드)는 라우팅 테이블에서 링크 손상으로 도달할 수 없는 모든 수신 노드 정보를 무효화시킨다. 그런 후, 손실된 수신 노드 정보를 포함한 RERR 패킷을 생성하여 송신 노드로 향하는 노드에게 전송한다. 만약 손상 링크를 이용했던 이전 노드들이 다 수라면, RERR 패킷을 브로드 캐스트 한다. RERR 패킷을 수신한 송신 노드는 해당 수신 노드로의 경로가 여전히 필요할 경우에 한해 경로 발견을 재 시작한다[16]. 다시 말해서, 기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 라우팅 알고리즘은 노드 고장 및 링크 파손 인해 경로의 손실이 발생한 경우, 데이터 전송을 일시 정지하고 RERR 패킷을 송신 노드에게 보내고, 다시 경로 발견을 재시작하여 경로를 설정한다. 여기서 기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 라우팅 알고리즘은 데이터 전송의 일시 정지, 새로운 경로 발견과 확립하기까지의 막대한 회복시간과 경비가 소요됨으로써, 효율성과 저비용 구현을 위하여 경로 선택 알고리즘의 취약성을 볼 수 있다. 특히 노드의 수가 많을수록 그 현상은 두드러지게 나타날 것이다.

## 2.2 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘

본 논문에서는 기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 라우팅 알고리즘에서 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘의 추가시키는 측면을 연구한다. 본 연구의 핵심 아이디어는 수신되는 패킷의 신호파워 세기가 손실되기 전의 최적의 임계치 신호파워 세기까지 근접하게 되면 경로는 손실될 경향이 높다고 간주하는 것과 수신되는 패킷의 신호파워 세기가 최적의 임계

치 이하로 떨어졌을 경우, 사전경고 패킷을 발생시키는 것이다. 다시 말해서, 경로가 손실되는 가능성이 있는 경우, 단절되기 쉬운 이웃 노드가 송신 노드에게 알리기 위해서 사전경고 패킷을 전송한다. 그런 후에, 송신 노드는 계속적으로 패킷이 전송하는 동안 사전에 경로 탐색을 시작하기 때문에, 모든 경로의 단절에 대한 잠재적인 가능성을 피할 수 있다. 또한, 제안하는 견고한 On-demand 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘은 현재의 경로가 실제로 손실되기 전 경로 탐색이 시작되기 때문에 대체한 경로를 탐색하는데 소요되는 비용은 감소된다. 이는 지연 시간이 감소됨을 기대할 수 있다.

### 2.2.1 신호파워 세기 측정과 임계치 설정

제안하는 견고한 On-demand 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘 설계의 중요한 구성요소는 경로의 품질이 더 이상 사용할 수 없는 경우를 결정하는 것인 것이다. 통상적으로 경로의 품질은 신호파워 세기, 경로의 나이, 홉(Hop)의 수, 충돌 발생률 등에 의해 결정된다. 본 논문에서는 노드에 수신되는 패킷의 신호파워 세기로 경로의 품질은 결정하는 것으로 가정한다. 또한, 이동 Ad Hoc 네트워크의 전형적인 시나리오에서는 노드 고장 및 링크 손실로 인해 대부분의 경로가 손실되기 때문에 신호파워 세기는 각각의 노드에 도달하는 능력을 가장 직접적인 측정 방법임으로 본 논문의 핵심이 된다.

제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘에서 노드 속도와 위치에 따라 패킷 송신 파워 세기가 달라지기 때문에 손실되기 전, 노드에 수신되는 패킷의 신호파워 세기 최적의 임계치 설정하는 것이 본 알고리즘의 효율성 측면에서 가장 중요하다. 신호파워 세기의 최적 임계치를 너무 낮게 설정하면 경로 손실이 발생하기 전 대체한 경로를 발견하기 위해서 충분한 회복시간이 될 수 없다. 또한, 신호파워 세기의 최적 임계치를 너무 높게 설정하면 경로가 단절이 되지 않았음에도 불구하고 새로운 경로 발견으로 인한 차질 불필요한 오버헤드를 발생시켜 지연시간을 증가시킨다. 본 논문에서 적절한 신호파워 세기 최적 임계치를 설정하기 위해서 다수의 시뮬레이션을 실시하였다.

우리는 Lucent사의 IEEE 802.11 호환 WaveLAN-II[12]의 ISM 밴드에서, 이동 Ad Hoc 네트워크 On-demand 방식의 프로토콜에서는 인접 노드 정보

를 획득하기 위해서 네트워크 내에 있는 모든 노드들이 어떤 일정한 주기 T로 주변 노드들에게 자신의 존재를 알리는 hello 패킷, 수신 노드까지 경로를 탐색하는 RREQ 패킷, 경로 획득을 알리는 RREP 패킷, 경로 손실로 인해 관리유지 역할을 하는 RERR 패킷, 데이터 전송을 알리는 Ack 패킷에 각각의 신호파워 세기를 측정하는 모듈을 추가시켜 시뮬레이션을 실시한다.

전형적으로 이동 Ad Hoc 네트워크 시나리오에서는 노드의 최대 속력을 20 m/sec, 회복시간을 0.1 sec 로 가정한다. 이 환경에서 본 연구는 임의의 한 노드를 선택하고 그 노드에 수신되는 패킷의 신호파워 세기 측정한다. 그런 후, 각각의 패킷에 따른 신호 세기의 수치를 수렴 후, 패킷이 노드 고장 및 링크 파손이 일어나기 전후의 패킷의 신호파워 세기의 수치를 분석할 수 있다. 또한 수신되는 노드의 신호파워 세기는 아래와 같다.

$$P_r = P_o / r^n \tag{1}$$

$P_o$ 은 이전 노드가 전송하는 신호파워 세기,  $P_r$ 은 거리와 이전노드의 신호파워세기를 적용하여 계산된 현재노드의 신호파워 세기,  $r$ 은 이전노드와 측정하고 있는 노드간 거리,  $n$ 은 이전노드의 degree로 가정한다.

본 연구에서는 노드의 사전 경로 탐색을 위한 충분한 시간을 고려한다. 패킷의 노드 고장 및 링크 파손이 일어나기 전의 수신되는 신호파워 평균치를 신호파워 세기 최적의 임계치로 두어 시뮬레이션을 실시하는 경우 데이터 최적의 값이 나오게 되며, 각 노드의 경로 발견을 하는데 최적의 시간이 되는데, 신호파워 세기 최적의 임계치( $\delta$ )는

$$\delta = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{(m-1)} + P_m}{m} = \frac{\sum_{k=1}^m P_k}{m} \tag{2}$$

로 설정하는 것을 가정한다. 여기서  $m$ 은 임계치를 측정하는 노드에게 연결된 노드의 수를 의미한다.

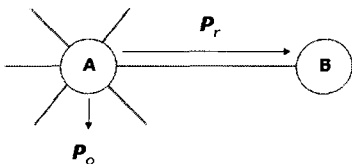


그림 1. 거리에 따라 수신되는 패킷의 신호파워

수신한 노드는 신호파워 세기가 최적 임계치 이하로 떨어지기 전에, 단절되기 쉬움을 이웃 노드와 송신 노드에게 알리기 위해서 사전경고 패킷을 발생시킨다.

### 2.2.2 사전경고 패킷 발생

사전경고 패킷은 수신되는 패킷의 신호파워 세기가 최적의 한계치 이하로 떨어졌을 경우에만 발생한다. 기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 대표적인 DSR과 AODV 프로토콜 라우팅 알고리즘에서 노드 고장 및 링크 손상이 발생하면, 손상된 링크의 송신 노드 방향의 다음 노드의 라우팅 테이블에서 링크 손상으로 도달할 수 없는 모든 수신 노드 정보를 무효화 시키고 데이터 전송을 일시 정지한다. 그런 후에, 손실된 수신 노드 정보를 포함한 RERR 패킷을 생성하여 송신 노드로 향하는 노드에게 RERR 패킷을 브로드 캐스트 한다. RERR 패킷을 수신한 송신 노드는 해당 수신 노드로의 경로가 여전히 필요한 경우에 한해 경로 발견을 재시작한다.

그러나 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘 설계의 또 다른 중요한 구성 요소는 수신되는 패킷의 신호파워 세기가 최적의 임계치 신호파워 세기에 근접하게 되면 경로는 손실될 경향이 높다고 간주하고 패킷을 수신한 노드는 신호파워 세기가 최적 임계치 이하로 떨어지기 전에, 단절되기 쉬움을 이웃 노드와 송신 노드에게 알리기 위해서 사전경고 패킷을 발생시킨다.

### 2.2.3 경로 발견 및 유지 관리

송신 노드가 사전경고 패킷을 받게 되면, 경로 발견과 경로 관리유지 측면에서 보면 기존의 On-demand 방식의 라우팅 알고리즘과 유사하다. 만약, 경로가 존재하지 않는다면 송신 노드는 RREQ 패킷을 플래딩 방법으로 주변노드에게 전송한다. 이 RREQ 패킷을 수신한 주변 노드는 자신의 라우트 캐쉬나 테이블을 검색하여 수신 노드까지의 경로가 존재하면 라우트 캐쉬나 테이블에 존재하는 수신 노드까지의 경로를 추가하여 송신 노드에게 RREP 패킷을 전송하고 경로가 존재하지 않는다면 RREQ 패킷에 자신의 주소를 추가나 저장 후에 다음노드로 전달한다. 이러한 절차를 반복하여 최종적으로 수신노드가 RREQ 패킷을 수신하면 더 이상 RREQ 패킷을 전송하지 않고 지금까지 측정된 경로를 추가하여 송신 노드에게 획득된 경로를 이용하여 RREP 패킷을 전

알고리즘 :

1.  $p_m$  : 노드에 수신되는 신호파워 세기  
 $m$  : 임계치를 측정하는 노드에게 연결된 노드의 수,  
 $F_p$  : 사전경고 패킷  $\delta$  : 신호세기 임계치,  
 $R_n$  : 새로운 경로,  $R_o$  : 기존의 경로
2. 패킷의 노드 고장 및 링크 파손이 일어나기 전의 수신되는 파워 평균 최고치를 신호세기 임계치로 가정할 때, 임계치는

$$\delta = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{(m-1)} + P_m}{m} = \frac{\sum_{k=1}^m P_k}{m}$$

로 선택한다.

3.  $\delta$ 는  $p_r \leq \delta$  일 때, 사전경고 패킷  $F_p$ 를 송신 노드 방향으로 발생시킨다.
4. 사전경고 패킷  $F_p$ 이 수신된 송신노드는 경로발견을 재시작하며 새로운 경로  $R_n$ 를 발견 후, 기존의 경로  $R_o$ 에서 새로운 경로  $R_n$ 으로 경로를 재설정한다.
5. 새로운 경로  $R_n$ 으로 경로에 따라 데이터 전송을 계속한다.

송한다. RREP 패킷을 수신한 송신노드는 노드 고장 및 링크 손상이 발생하기 전에 새로운 경로로 교환하여 데이터를 전송한다. 송신 노드는 계속적으로 패킷이 전송하는 동안 사전에 경로 발견을 시작하기 때문에, 모든 경로의 단절에 대한 잠재적인 가능성을 피수 있다. 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘은 현재의 경로가 실제로 손실되기 전 경로 발견이 시작되기 때문에 대체한 경로를 탐색하는데 소요되는 비용과 지연 시간 모두 감소시킬 수 있다.

### 3. 성능 평가

본 절에서는 네트워크 시뮬레이션을 통하여 On-demand 방식의 대표적인 프로토콜인 DSR과 AODV 프로토콜을 기준으로 제안하는 사전 활성화 라우팅 경로 선택과 관리유지 알고리즘의 적용을 통해 성능을 평가하고 비교 분석한다.

#### 3.1 시뮬레이션 환경

본 시뮬레이션 연구는 이산 사건 시뮬레이터인 ns-2 (network simulator 2)[13-14]을 기반으로 성능을 측정한다. 시뮬레이션에 사용한 ns-2의 버전은 ns-2.26이며, 제안하는 프로토콜의 구현은 ns-2 CMU 확장판

[15]에 포함된 DSR과 AODV에 기반을 두고 있다. 시뮬레이션 플랫폼 상에서 DSR과 AODV 라우팅 프로토콜을 이용하여 제안하는 프로토콜을 구현하였다.

본 시뮬레이션은  $1000 \times 1000m^2$ 의 정방형 영역 상에서 움직이는 이동 노드들을 대상으로 수행된다. 250m의 무선 전송 범위와 자유공간 전파 채널을 가정한다. 2 Mbps의 데이터 전송률을 가지며, 각 시뮬레이션은 300초 동안 수행된다. CBR 소스는 초당 4개의 패킷을 전송하며, 데이터 페이로드는 512 바이트이다. 이동 노드들은 random waypoint model에 따라 불규칙하게 임의로 움직인다고 가정한다. 최대 노드 속도와 일정정지 시간의 두 파라미터는 이동 노드의 이동 패턴을 결정한다. 각 노드는 시뮬레이션 영역 내에서 임의로 선택한 목적지까지 임의로 선택한 속도로 이동한다. 이동 속도는 0에서 최대 속도까지 균일하게 분포되며, 최대 속도는 20 m/sec로 설정한다. 노드가 목적지에 도착하면, 일정정지 시간(1 sec)동안 머무른 후에 위와 같은 방법으로 다시 이동한다[16]. 본 시뮬레이션 연구에서는 이동 애드혹 네트워크에서 라우팅 프로토콜을 측정하는데 광범위하게 사용되고 있는 다음과 같은 3가지의 성능 척도를 집중적으로 평가한다.

- **패킷 전달율** - 송신 노드가 전송한 전체 데이터 패킷 중에서 수신 노드에게 성공적으로 전달된 데이터 패킷 수의 비율
- **패킷 지연시간** - 경로 발견 동안의 버퍼링, 인터페이스에서의 큐잉 지연, MAC 계층에서의 재전송 지연, 전파 지연 및 전송 시간 등에 의해 유발되는 모든 가능한 지연 시간을 포함하는 패킷 지연시간의 평균
- **라우팅 오버헤드** - 초당 전송되는 전체 라우팅 패킷의 수(즉, hello, RREQ, RREP, RERR 및 forewarning packet의 수)로서 각각의 홉 전송을 하나의 전송으로 계산한 값

3가지의 성능 척도를 측정하기 위하여 평균 노드 속도, 연결의 수 그리고 노드의 수와 같은 3가지 시뮬레이션 인자를 의미 있는 범위에서 변화시킨다. 즉, 평균 노드 속도는 0~20 m/sec, 연결의 수는 2~12, 노드의 수는 10~100으로 적용한다. 한 가지 시뮬레이션 인자를 변화시키는 동안에 나머지 인자들은 고정되는데, 평균 노드 속도는 4 m/sec, 연결의 수는 10, 노드의 수는 50의 고정값을 갖는다. 연결의 수는 세션의 수라고 부르며, 노드의 수는 주어진 네트워크

영역에서의 노드 밀도를 의미한다.

### 3.2 시뮬레이션 결과 및 분석

본 절에서는 시뮬레이션 결과를 제시하고, 제안하는 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘의 성능을 AODV 및 DSR과 비교분석한다. 제안하는 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘을 FDSR(Forewarning DSR)과 FAODV(Forewarning AODV)로 표시한다. 또한 사전경고 패킷을 FWP(Forewarning Packet)으로 표시한다.

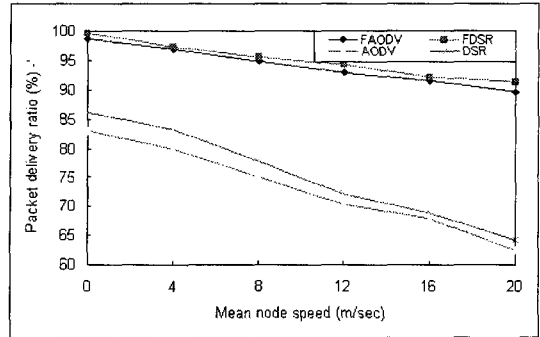
#### 패킷 전달율

그림 2는 평균 노드 속도, 연결의 수, 노드의 수 등의 변화에 따른 DSR, AODV 그리고 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘 FDSR과 FAODV의 패킷 전달율을 나타낸다.

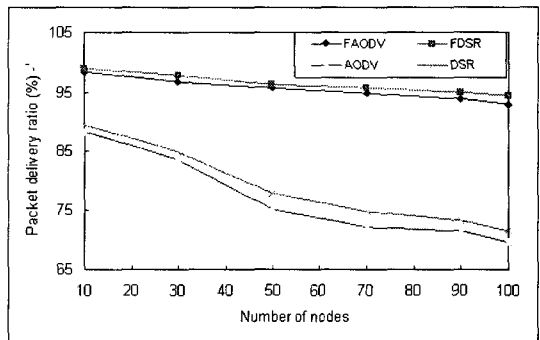
3가지 시뮬레이션 인자 모두에 대하여, FDSR과 FAODV는 DSR과 AODV보다 각각 3% 및 27%까지 성능이 우수하다. FDSR과 FAODV는 DSR과 AODV보다 높은 패킷 전달율을 갖는다. 특히, 송신 노드는 노드 고장 및 링크 손상이 발생하기 전에 재탐색 경로로 경로를 사전에 교환하기 때문에 데이터나 링크 손실이 없고 DSR과 AODV보다 높은 패킷 전달율을 가지게 된다. 다시 말해서, 송신 노드는 계속적으로 패킷이 전송하는 동안 사전에 경로발견을 시작하기 때문에, 모든 경로의 단절에 대한 잠재적인 가능성을 피할 수 있다. 평균 노드 속도, 연결의 수, 노드의 수 중 어느 하나라도 증가하면 4개의 프로토콜 모두에 대하여 패킷 전달율이 감소하는 경향이 보인다. 이는 높은 노드 이동성이 더욱 빈번한 링크 손상을 초래함으로써 많은 패킷이 버려질 수 있기 때문이다. 더불어서 연결의 수가 많고, 노드의 수가 많으면 신호 세기의 트래픽 간섭이 더 많이 발생하여 링크 손상 가능성이 증가한다.

#### 평균 패킷 지연시간

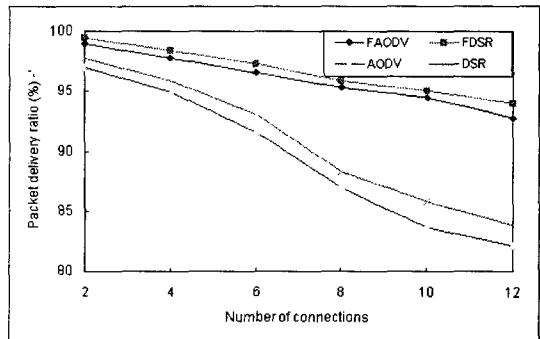
그림 3은 평균 노드 속도, 연결의 수, 노드의 수 등이 변화에 따른 DSR, AODV 그리고 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘 FDSR과 FAODV의 평균 지연시간을 나타낸다.



(a)



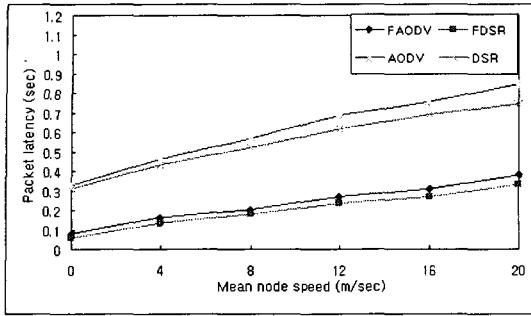
(b)



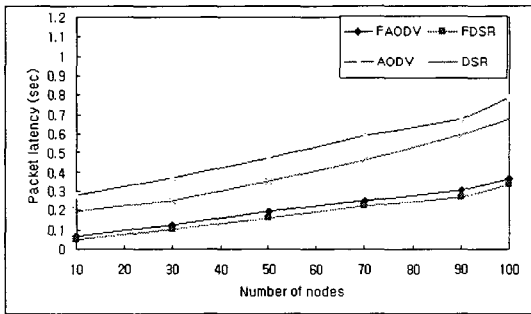
(c)

그림 2. 패킷 전달율 : (a) 평균 노드 속도의 변화, (b) 노드 수의 변화, (c) 연결수의 변화

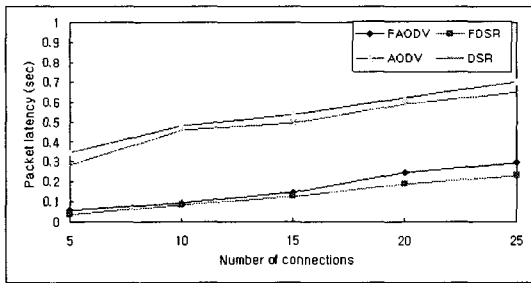
3가지 시뮬레이션 인자 모두에 대하여, FDSR과 FAODV는 DSR과 AODV보다 더 짧은 지연시간을 갖는다. 제안하는 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘 FDSR과 FAODV는 DSR과 AODV보다 각각 13% 및 49%까지 더 짧은 평균 지연시간을 갖는다. 게다가, FDSR과 FAODV는 3가지 시뮬레이션 인자 모두에 대해서 DSR과 AODV보다 짧은 지연시간을 갖으며, 평균 노드 속도, 연결의 수, 노드의 수 등이 증가함에 따라서 그 차이가 더욱 커진다. 즉,



(a)



(b)



(c)

그림 3. 평균 패킷 지연시간 : (a) 평균 노드 속도의 변화, (b) 노드 수의 변화, (c) 연결 수의 변화

FDSR과 FAODV는 높은 노드 이동성, 많은 세션(연결) 수, 높은 노드 밀도 등과 같은 열악한 운용 환경에서도 DSR와 AODV보다 더 견고하다고 할 수 있다. 평균 노드 속도, 연결의 수, 노드의 수 중 어느 하나라도 증가하면 4개의 프로토콜 모두에 대하여 평균 지연시간이 증가하는 경향이 보인다.

라우팅오버헤드

그림 4는 평균 노드 속도의 변화에 따른 DSR, AODV 그리고 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘 FDSR과 FAODV의 라우팅 오버헤드를 나타낸다.

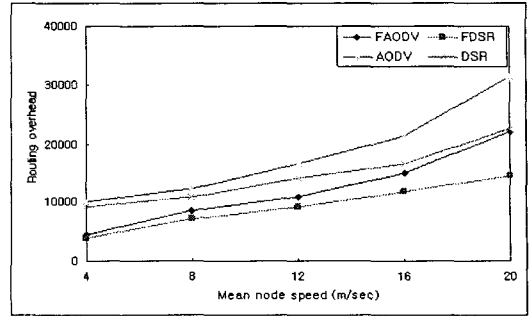


그림 4. 라우팅 오버헤드 : 평균 노드 속도의 변화

라우팅 오버헤드는 라우팅 경로를 형성하는 과정에서 소요되는 라우팅 수준에서의 오버헤드를 지칭한다.

본 논문에서는 초당 전송되는 전체 라우팅 패킷의 수(즉, hello, RREQ, RREP, RERR 및 forewarning packet의 수)로서 각각의 홉 전송을 하나의 전송으로 계산한 값으로 정의한다. 평균 노드 속도의 변화 대하여, FDSR과 FAODV는 DSR과 AODV보다 작은 라우팅 오버헤드를 갖는다. 제안하는 FDSR과 FAODV는 DSR과 AODV보다 각각 44% 및 70%까지 작은 라우팅 오버헤드를 갖는다. 더욱이, FDSR과 FAODV는 평균 노드 속도의 변화에 대해서 DSR과 AODV보다 작은 라우팅 오버헤드를 가지며, 노드가 증가함에 따라서 그 차이가 더욱 커진다. 또한 노드의 평균 속도가 증가함에 따라, RERR의 값이 커지는 것은 신호 세기의 트래픽 간섭이 시뮬레이션의 시나리오에 따라 많이 발생하여 링크 손상 가능성이 증가한다. FDSR과 FAODV는 높은 노드 이동성, 많은 세션(연결) 수 및 높은 노드 밀도 등과 같은 열악한 운용 환경에서도 DSR과 AODV보다 더 작은 라우팅 오버헤드를 갖는다. 평균 노드 속도, 연결의 수, 노드의 수 중 어느 하나라도 증가하면 4개의 프로토콜 모두에 대하여 라우팅 오버헤드가 증가하는 경향이 보인다.

4. 결론

기존의 이동 Ad Hoc 네트워크 On-demand 방식의 라우팅 알고리즘에서 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘의 추가시키는 측면을 연구하였다. 본 연구의 핵심 아이디어는 수신되는 패킷의 신호파워 세기가

손실되기 전의 최적의 임계치 신호파워 세기까지 근접하게 되면 경로는 손실될 경향이 높다고 간주하는 것과 수신되는 패킷의 신호파워 세기가 최적 임계치 이하로 떨어 졌을 경우, 사전경고 패킷을 발생하는 것이다. 기존의 이동 Ad Hoc On-demand 방식의 라우팅 프로토콜 중 대표적인 DSR과 AODV 프로토콜에 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리 유지 알고리즘을 추가시킨 실험 결과, DSR과 AODV 라우팅 프로토콜에 비해 높은 신뢰성과 우수한 견고성을 갖는 경로를 제공할 뿐만 아니라 손실이 발생하는 경로들의 수는 현저하게 감소했다. 다시 말해서, 제안하는 견고한 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 알고리즘은 기존의 DSR과 AODV 프로토콜보다 패킷 전달율, 평균 지연시간 그리고 오버헤드 측면에서 성능이 우수한 경향을 나타낸다. 향후의 연구 과제는 제안하는 On-demand 방식의 사전 활성화 경로 선택과 관리유지 라우팅 알고리즘이 높은 노드 밀도에서 신호 세기의 트래픽 간섭으로 인해 링크 손상이 증가되는 부분을 보완하는 것과 DSR, AODV 이외의 프로토콜에 적용하여 보다 견고하고 확장성이 뛰어난 라우팅 경로를 제공함을 보여줌으로써 프로토콜의 신뢰성을 높이는 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] C. Perkins, *Ad Hoc Networking*, Addison-Wesley, New York, NY., 2001.
- [2] C. Toh, *Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols and Systems*, Prentice Hall PTR, 2002.
- [3] M. Scott, P. Macker and H. Cirinclone, "Internet-based Mobile Ad Hoc Networking," *In Proc. of the IEEE Internet Computing archive*, Vol. 3, No. 4, pp. 63-70, 1999.
- [4] Internet Engineering Task Force (IETF) Mobile Ad Hoc Networks (MANET) Working Group Charter. <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>. 2000.
- [5] J. Broch, D. Maltz, D. Johnson, Y. Hu, and J. Jetcheva, "A Performance Comparison of Multi-hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols," *In Proc. of IEEE Personal Communications*, Vol. 4, pp. 85-97, 1998.
- [6] E. Royer and C. Toh, "A Reivew of Curnnet Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks," *In Proc. of the IEEE Personal Communications*, Vol. 6, No. 2, pp. 46-55, 1999.
- [7] R. Das, R. Castaneda, J. Yan, and R. Sengupta, "Comparative Performance Evaluation of Routing Protocols for Mobile, Ad hoc," *In Proc. of the International Conference on Computer Communications and Networks*, pp. 153, 1998.
- [8] S. Lee, M. Gerla, and C. Toh, "A Simulation Study of Table-Driven and On-Demand Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1748, pp. 45-59, 1999.
- [9] D. Maltz, J. Broch, J. Jetcheva, and D. Johnson, "The Effects of On-Demand Behavior in Routing Protocols for Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks," *In Proc. of the IEEE J. Selected Areas in Communications*, Vol. 17, pp. 1439-1453, 1999.
- [10] D. Johnson, D. Maltz, Y. Hu, and J. Jetcheva, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad hoc Networks," *Internet Engineering Task Force (IETF) Mobile Ad Hoc Networks (MANET) draft-ietf-manet-dsr-05.txt*, 2001.
- [11] E. Perkins, M. Royer, and R. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," *Internet Engineering Task Force (IETF) Mobile Ad Hoc Networks (MANET) draft-ietf-manet-aodv-13.txt*, 2003.
- [12] A. Kamerman and L. Monteban, *WaveLAN-II: A High- Performance Wireless LAN for the Unlicensed Band*, Bell Labs Technical Journal, 1997.
- [13] The Network Simulator ns-2 : <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [14] UCB/LBNL/VINT Network Simulator, website <http://www-mash.CS.Berkeley.EDU/ns>.
- [15] NS-2 with Wireless and Mobility Extensions



CMU Monarch Project : <http://www.monarch>.

[16] 김중태, 모상만, 정일용, “모바일 애드혹 네트워크에서의 AODV 기반 최대 비중첩 다중경로 라우팅 프로토콜,” 정보처리학회논문지, 제12-C 권, 제3호, pp. 429-436, 2005.



조영주

1990년 광주대학교 전자계산학과 졸업(공학사)

1996년 LG-EDS 연구원

1999년 조선대학교 교육대학원 전자계산교육학과 졸업 (교육학석사)

1999년~현재 광주대학교 외래교수

1999년~현재 조선대학교 외래교수 및 겸임교수

2001년~현재 서강정보대학교 외래교수 및 겸임교수

2002년~현재 조선대학교 일반대학원 전자계산학과 박사과정 수료

관심분야: 네트워크 보안, 전자상거래, 라우팅 프로토콜, 모바일 애드혹 네트워크



정일용

1983년 한양대학교 공과대학 졸업(공학사)

1987년 City University of New York 전산학과(전산학석사)

1991년 City University of New York 전산학과(전산학박

사)

1991년~94년 한국전자통신연구소 선임연구원

1994년~현재 조선대학교 컴퓨터공학부 교수

관심분야: 네트워크 보안, 전자상거래, 분산시스템 관리, 코딩이론, 병렬 알고리즘, 모바일 네트워크