

# 무선센서네트워크에서 저-재전송율을 위한 AODV 경로 재설정 방법

정희원 손남례\*, 정민아\*\*°, 이성로\*\*\*

## An AODV Re-route Methods for Low-Retransmission in Wireless Sensor Networks

Nam-rye Son\*, Min-A Jung\*\*°, Sung-ro Lee\*\*\* *Regular Members*

### 요약

최근 AODV 라우팅 프로토콜은 무선센서네트워크에서 노드 간에 데이터 전송방식을 추구하므로 요구기반방식 중 가장 널리 사용되고 있다. AODV는 활성화 경로(activity route)만 라우팅 테이블을 유지하기 때문에 라우팅 패킷의 오버헤드가 적고, 경로 단절시 경로 복구를 재설정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 경로 복구를 위해 네트워크 대역폭의 낭비가 과다하고, 경로 복구 시간이 오래 걸린다는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 AODV기반 무선센서네트워크 환경에서 경로 단절이 발생한 경우에 저-재전송을 위한 효율적인 경로 복구 방법을 제안한다. 제안한 방법은 지역경로복구의 영역을 확대하고, 확대된 지역경로복구 영역을 제한하기 위하여 노드간의 거리, 에너지량을 고려하여 RREQ 메시지의 개수를 제한하여 경로를 효율적으로 복구한다. 실험결과, 제안한 AODV 방법은 기존 방법보다 패킷 폐기율이 15.43% 감소하고, 경로 재설정시 지연시간은 평균적으로 0.20sec 단축되었다.

**Key Words** : 무선센서네트워크, AODV, 경로복구, RREQ, RREP

### ABSTRACT

Recently, AODV routing protocol which one of the table driven method for the purpose data transmission between nodes has been broadly used in mobile wireless sensor networks. An existing AODV has a little overhead of routing packets because of keeping the routing table for activity route and re-routes to recovery the routes in route discontinuation. However that has faults in that excesses useless of the network bandwidth to recovery the route and takes a lone time to recovery the route. This paper proposes an efficient route recovery method for AODV based on wireless sensor networks in connection breaks. The proposed method. The propose method controls the number of RREQ message considering the energy's node and distance between nodes to restrict the flooding range of RREQ message while expanding the range of local repair. In test results, the proposed method are compared to existing method, the number of drops decrease 15.43% and the delay time for re-route decrease 0.20sec.

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소지원사업으로 수행된 연구임(2009-0093828)

※ 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. D00280)

\* 목포대학교 정보산업연구소(nrson72@gmail.com), \*\*목포대학교 컴퓨터공학과 (majung@mokpo.ac.kr), (° : 교신저자),

\*\*\* 목포대학교 정보전자공학전공 (srlee@mokpo.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-03-094, 접수일자 : 2010년 3월 8일, 논문최종접수일자 : 2010년 8월 23일

## I. 서론

최근 무선 네트워크 기술이 빠르게 향상됨으로 이동 무선 컴퓨팅에 대한 응용 범위와 빈도가 급격히 증가하고 있다. 현재 사용되어지고 있는 무선 네트워크는 두 가지로 분류된다. 첫째, 기지국이나 AP(Access Point)가 관리하는 영역 안에서 형성되는 네트워크이다. 둘째, 기존에 설치된 유선망의 도움없이 이동단말기기로 구성된 애드-혹 네트워크(Ad-hoc network)이다<sup>[1,2]</sup>. 애드-혹 네트워크는 미리 설치된 장비없이 임의로 형성된 네트워크로써 기존 유선망을 사용할 수 없는 경우 즉, 홍수 및 화재 등의 긴급사태 발생시 사용된다. 이러한 네트워크를 구성하기 위해서는 이동 단말기 간에 데이터를 전송할 수 있어야하고 이동 단말기는 라우터 기능을 수행해야한다. 이런 애드-혹 라우팅 프로토콜은 테이블구동기반(table\_driven)방식과 요구기반(on demand) 방식 그리고 이 두 가지를 혼합한 하이브리드(hybrid) 라우팅 방식이 있다. 요구기반 라우팅 프로토콜은 DSR(Dynamic Source Routing)<sup>[3]</sup>, AODV(Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing)<sup>[4]</sup>, ABR(Associativity Based Routing)<sup>[5]</sup>, TORA(Temporally Ordered Protocol)<sup>[6]</sup> 등이 있고, 테이블구동 라우팅 프로토콜은 DSDV(Destination Sequence Distance Vector)<sup>[7]</sup>, WRP(Wireless Routing Protocol)<sup>[8]</sup> 등이 있다. 그리고 하이브리드 방식은 ZRP(Zone Routing Protocol)<sup>[9]</sup> 등이 있다.

요구기반 라우팅 프로토콜의 대표적인 방법인 AODV는 소스노드가 데이터 전송이 필요할 때에만 목적지노드까지 라우팅 경로를 찾게 되는데 이 과정을 라우팅 경로 탐색(route discovery)이라고 한다. 일단 경로를 찾게 되면 데이터 전송이 일어나게 되는데 이때 노드들은 불규칙한 이동으로 위상(topology)변화에 민감하게 대응하지 못하고, 간섭(interference) 및 다중경로 페이징(multipath fading) 등과 같은 무선센서네트워크 환경 특성에 의해 라우팅 경로가 단절된다. 일단 경로가 단절되면 지역 경로복구 및 처음부터 경로를 탐색하는 방법을 수행한다. 이러한 경로 단절 문제는 애드-혹 네트워크에서 데이터 전송지연을 초래하여 서비스 품질을 저하한다. 또한 경로복구 수행 중 과도한 AODV 메시지의 브로드캐스팅은 방송폭풍문제(broadcast storm problem)를 초래한다<sup>[11]</sup>.

현재 AODV의 경로 복구 방법은 2가지 방법으로 구현되어있다. 첫째, 경로가 단절된 노드가 목적

지노드로부터 가까운 곳에서 발생되면 지역경로복구(local repair)를 통해 경로를 복구한다. 경로가 단절된 노드가 목적지노드로부터 가깝기 때문에 경로를 소스노드부터 목적지노드까지 재설정할 필요가 없으므로 지연시간을 단축 할 수 있고, RREQ 메시지의 플러딩 범위를 줄여서 RREQ 메시지의 개수를 줄일 수 있기 때문이다. 둘째, 경로가 단절된 노드가 소스노드에 가까우면 단절 상위노드는 RERR메시지를 이용하여 소스노드에게 통보하고 소스노드는 이에 상응하는 새로운 경로 탐색 과정을 시작한다. 이때 경로가 단절된 노드부터 목적지노드까지의 모든 패킷은 폐기(drop)된다. 따라서 경로가 단절된 경우, 두 번째 방법은 새로운 경로를 처음부터 다시 탐색해야하므로 지연시간이 길어지는 단점과 모든 패킷을 폐기함으로써 기존 노드의 정보(RREQ ID, 목적지 IP 주소, 목적지 시퀀스 번호, 소스 IP 주소, 소스 시퀀스 번호 등)를 손실하는 최대의 단점을 가지고 있다. 따라서 제안한 AODV 방법은 첫 번째 방법인 지역경로복구의 범위를 확대하고, 확대된 지역 경로복구범위를 제한하기 위하여 RREQ 메시지의 플러딩 범위를 제한한다. 이때 RREQ 메시지의 플러딩 범위는 노드간의 거리 및 잔여 에너지량을 고려하여 ERS(Rxpaning Ring Search)를 제어하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 AODV의 경로설정과정, 경로유지 및 복구에 대하여 설명하고, 3장에서는 기존방법에 대한 문제점을 제시하고 개선된 방법을 제안한다. 4장에서는 ns-2 시뮬레이션을 이용하여 기존 및 제안한 AODV 방법에 대하여 성능을 분석한다. 그리고 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

### 2.1 AODV 경로설정과정

AODV의 경로 설정 절차는 전달할 데이터가 처음 발생한 소스노드와 활성 경로를 통해 데이터를 전송하던 중 링크 단절이 발생하여 경로 복구를 수행하는 중간노드에 의해 시작될 수 있으며, 이들 노드들은 RREQ 메시지를 무선네트워크 내에 플러딩한다<sup>[10]</sup>. 그림 1(a)은 RREQ가 플러딩 되는 과정이며, 그림 2(a)는 RREQ 메시지 포맷이다. 소스노드 S 가 목적지노드 D에게 보낼 데이터가 발생하면 자신의 시퀀스 번호를 1 증가시킨 후, RREQ를 이웃 노드들에게 브로드캐스트한다. RREQ 메시지를

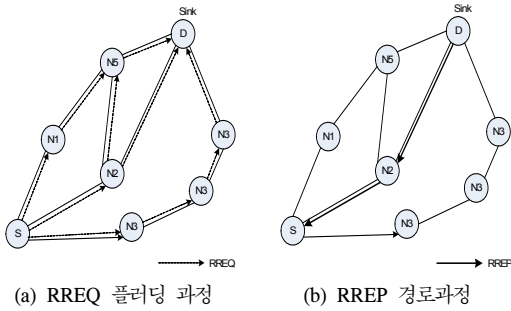


그림 1. AODV의 RREQ와 RREP

수신한 노드들은 자신이 목적지노드가 아니고 라우팅 테이블에 목적지노드에 대한 정보가 있는 경우와 RREQ의 목적지 시퀀스 번호보다 라우팅 테이블의 목적지 시퀀스 번호가 더 크면, 즉 자신의 정보가 더 최신 정보일 경우에만 RREP를 응답한다.

만약 자신이 목적지노드가 아니고 라우팅 테이블에 목적지노드에 대한 정보가 없거나 더 작은 목적지 시퀀스 번호의 목적지 정보를 가지고 있을 경우, 소스 노드까지의 역 경로(reverse route)를 라우팅 테이블에 저장하고 홉 수를 1 증가 하여 이웃 노드들에게 다시 브로드캐스트한다. 그림 1(b)은 목적지 노드 D가 RREQ를 수신한 경우 목적지 시퀀스 번호를 1 증가하고, 도착한 RREQ에 있는 홉 수 값을 RREP에 복사하여 역 경로를 따라 소스 노드에게 유니캐스트로 전달하여 경로를 설정하는 과정을 나타낸다. 이때 그림 2(b)는 RREP 메시지 포맷이다.

Type	J	R	G	D	J	Reserved	Hopcount
RREQID							
DestinationIPAdress							
DestinationSequenceNumber							
OriginatorIPAdress							
OriginatorSequenceNumber							

Type	RA	Reserved	PrefixSize	Hopcount
DestinationIPAdress				
DestinationSequenceNumber				
OriginatorIPAdress				
Lifetime				

(a) RREQ message format (b) RREP message format

그림 2. RREQ 및 RREP 메시지 형태

### 2.2 AODV의 경로 유지 및 경로 복구

2.1절에서 설명한 AODV 경로 탐색 과정을 통해 생성된 경로는 데이터 전송 중에는 경로가 유지되어야 한다. 그러나 노드의 경로 이동 및 고장 등으로 인하여 경로 중간에서 단절(connection break)이 발생한 경우, 현재 AODV 경로를 복구하기 위하여

경로 단절을 발견한 단절 상위 노드(upstream node)는 그림 3과 같이 두 가지 중 한 가지 방식으로 처리를 한다.

첫째, 경로가 단절된 노드가 목적지노드로부터 가까운 곳에서 생겼다면(즉, forward\_num이 re\_hop보다 클 경우), 지역 경로 복구(local repair)를 통해 경로를 복구한다. 그 이유는 그림 4와 같이 경로가 단절된 노드가 목적지노드로부터 가깝기 때문에 경로를 소스노드부터 목적지노드까지 재설정할 필요가 없으므로 지연시간을 단축 할 수 있고, RREQ 메시지의 플러딩 범위를 줄여서 RREQ 메시지의 개수를 줄일 수 있기 때문이다.

둘째, 경로가 단절된 노드가 소스노드에 가까우면(즉, forward\_num이 re\_hop보다 작은 경우), 단절 상위노드는 RERR 메시지를 이용하여 소스노드에게 통보(notify)하고 소스노드는 이에 대응하여 새롭게 경로 탐색 과정을 시작하게 된다. 이때 경로가 단절된 노드부터 목적지노드까지의 모든 패킷은 폐기(drop)된다. 따라서 경로가 단절된 경우, 기존 AODV 방법은 새로운 경로를 탐색해야하므로 지연 시간이 길어지는 단점과 모든 패킷을 폐기함으로써 기존 노드의 정보를 손실하는 최대의 단점을 가지고 있다.

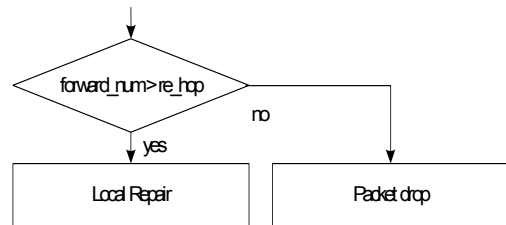


그림 3. 경로유지 및 복구 방법

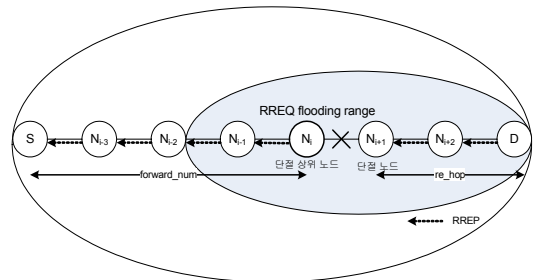


그림 4. 지역 경로 복구 방법

### 2.3 AODV의 ERS 알고리즘

AODV의 경로 획득 단계는 송신노드를 중심으로 패킷전송범위를 점진적으로 확대해가는 핸드셰이크(handshake) 방식을 채택하고 있다. AODV에서 노드의 이동속도 증가에 따른 제어패킷 및 데이터 패킷 변동결과를 보면, 데이터 패킷 송수신은 노드의 이동속도와 거의 무관한 반면 노드의 이동속도가 빨라질수록 경로 획득을 위한 제어패킷 수가 급격히 증가한다. 즉, 제어 패킷수 증가는 경로 획득 과정을 지연시킬 뿐만 아니라, 무선 대역폭 감소 및 노드의 에너지 소모율 증가로 인해 무선네트워크의 성능 저하를 초래한다. 따라서 AODV 라우팅 프로토콜은 불필요한 RREQ전송을 제한하기 위하여 ERS 알고리즘을 사용한다<sup>[4]</sup>. ERS 알고리즘은 전체 네트워크에 RREQ 패킷을 플러딩하는 대신 TTL(time to live) 값을 이용해 점진적으로 탐색범위(search ring)를 확장시켜가며 목적지노드를 찾는 방법이다. 이때 RREP 패킷 수신을 위한 타임아웃시간( $REQ_{timeout}$ )은 아래 식(1)과 같다.

$$REQ_{timeout} = 2 \times TTL \times PerHopTime(rt) \quad (1)$$

식(1)에서  $PerHopTime(rt)$ 는 라우터 요청(rt)에 따른 홉 당 평균 라운드 트립(round trip) 시간으로 식(2)과 같이 노드 간의 최대 전송지연시간이고, NTT(Node Traversal Time)라고 한다. 이때  $HOP_{count}$ 는 소스노드에서 목적지노드까지의 홉수이고,  $Current_{time}$ 는 RREP를 수신한 출발지 노드의 현재시간,  $RT_{stamp}$ 는 수신한 RREP에 담긴 전송 당시의 RREQ 시간이다.

$$NTT = PerHopTime(rt) = \sum \frac{Current_{time} - RT_{stamp}}{Hop_{count}} \quad (2)$$

만약 소스노드가 타임아웃시간동안 RREP 패킷을 수신하지 못한다면 최종적으로 목적지노드가 네트워크상에 존재하지 않는다고 판단하고 경로탐색을 중단하고, 처음부터 경로를 재설정해야한다.

### III. 제안한 방법

본 논문에서는 기존 AODV 경로복구 알고리즘이 효율적으로 경로를 복구하는지 실험을 하였다. 이때 실험환경은 4장에서 설명한 실험환경과 같고, forward\_

num과 re\_hop의 관계는 그림 5와 같다. 그림 5에서 보듯이 1인 경우는 forward\_num이 re\_hop보다 큰 경우이고, 2인 경우는 forward\_num과 re\_hop이 같은 경우이고, 3인 경우는 forward\_num이 re\_hop보다 작은 경우이다. 실험 노드 수 증가에 따른 기존 AODV 경로 상에 에러가 발생한 위치를 분석하면, 1인 경우에는 평균적으로 2%, 2인 경우에는 평균적으로 12%, 3인 경우에는 평균적으로 84%이다. 즉, 기존 AODV 경로 상에 에러가 발생한 경우, 2와 3인 경우가 대부분 발생하므로 경로가 단절되면 처음부터 소스노드부터 경로를 탐색해야하므로 지연시간이 길어지는 단점과 모든 패킷은 폐기되므로 기존 노드의 정보를 손실하는 단점을 가지게 된다. 그리고 1인 경우에는 평균적으로 2%이므로 드물게 지역경로복구방법이 수행된다.

이런 문제점을 해결하기 위하여 1과 2인 경우, 즉 지역경로복구영역을 확장하여 모든 패킷은 폐기할 필요가 없어서 기존에 연결된 노드들의 정보를 손실할 필요가 없다. 이때 지역경로복구영역이 확장되므로 RREQ 메시지의 플러딩 범위도 역시 확대된다. 따라서 그림 6과 같이 노드간의 거리에 따른 신호강도와 노드의 잔여 에너지를 고려하여 RREQ 메시지 플러딩을 제어하는 새로운 ERS 알고리즘을 제안한다.

이때, RREQ 메시지가 목적지노드로 전송중이거나 도착한 이후에도 센서노드들의 경로 이동 및 고장으로 인하여 본 논문에서는 ERS 알고리즘을 수

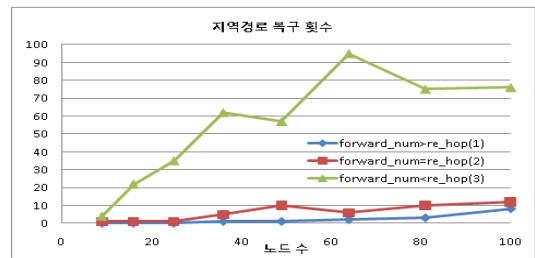


그림 5. 지역경로복구 횟수

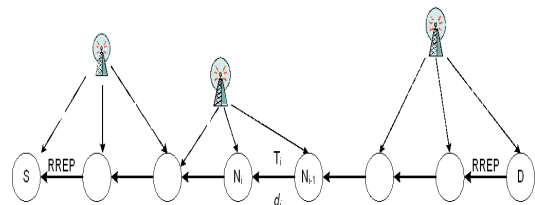


그림 6. 노드와 임의의 radio propagation 위치

정할 때 RREQ보다는 재전송과 시간적으로 가까운 RREP의 전송시간을 이용하여  $NTT(NTT_P)$ 를 제안한다. 이때 제안한  $NTT(NTT_P)$ 는 다음과 같이 노드의 에너지량 측정 방법과 노드간의 거리에 따른 신호강도를 계산한다. 그리고 제안한  $NTT(NTT_P)$ 는 식(1)과 같이 최종적으로 RREP 메시지 수신을 위한 타임아웃시간( $REQ_{timeout}$ )에 적용한다.

### 3.1 노드의 에너지량 측정

소스노드는 RREQ를 인접 센서노드에게 최대 송신 전력( $E_{max}$ )으로 브로드캐스팅한다. RREQ 메시지를 받은 인접 센서노드는 식(3)의 방법으로 최소 송신 전력( $E_{min}$ )을 계산해서 라우팅 테이블에 저장한다. 본 논문에서  $E_{min}$ 은 송신 전력의 최소 잔여 에너지량으로 어떤 센서노드가 송신한 신호를 수신 센서노드에서 정상적으로 받아들여지기 위한 송신전력의 최소 한계 값을 말한다. 그리고  $E_r$ 은 수신 센서노드가 수신한 신호의 전력 세기이고,  $R_{thresh}$ 는 수신 노드에서 요구하는 수신 신호전력의 최소 한계 값이다.

$$E_{min} = \frac{E_{max}}{E_r} \times R_{thresh} \quad (3)$$

### 3.2 신호강도계산

노드간의 거리가 증가할수록 신호강도의 성능은 약해지고, 반면에 노드의 거리가 가까울수록 신호강도의 성능은 우수하다. 따라서 RREP 메시지를 수신한 소스노드는 자신과 RREP을 수신한 노드 간의 거리( $d_i$ )를 아래 식(4)과 같이 신호강도를 이용하여 계산한다. 이때 신호강도는 무선센서네트워크에서 널리 사용하는 two-ray reflection model을 사용한다.

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{d_i^4 L} \quad (4)$$

식(4)에서  $P_t$ 는 전송된 신호강도이고,  $h_t$ 와  $h_r$ 는 안테나로부터 전송 및 수신기의 높이이고,  $G_t$ 와  $G_r$ 는 각각 송수신기의 안테나 증폭 값이고,  $L$ 는 시스템 손실 값이다. 본 논문에서는 각각  $G_t$ ,  $G_r$ ,  $L$ 는 1로 설정하여 실험하였다. 또한 무선센서노드의 최하위 계층인 물리적인 계층에서 신호강도가 수신

임계값보다 작을 경우, 패킷은 에러를 표기하고 MAC 계층에서 폐기된다. 따라서 two-ray reflection model을 사용함으로써 물리적인 계층에서 발생할 수 있는 에러율을 최소화 하였다.

### 3.3 제안한 NTT

왕복지연시간은 거리에 비례하고 에너지는 반비례하므로 식(5)과 같이 RREQ를 수신한 송신노드의 최소 에너지량( $E_{min}$ )과 노드 간의 거리( $d_i$ )에 대한 신호강도( $P_r$ )를 이용하여  $NTT_P$ 를 제안한다.

$$NTT_P = \sum \left( \frac{Current_{time} - RT_{stamp}}{Hop_{count}} \times \frac{P_r}{E_{min}} \times \alpha \right) \quad (5)$$

또한, 식(5)에서 사용한  $\alpha$ 는 본 논문에서 사용한 가중치로 노드의 개수가 작거나 노드를 임의로 배치하였을 때 0.25로 사용하였고, 반면에 노드의 개수가 많을 때는  $\alpha$ 는 0.5로 실험하였다.

### 3.4 제안한 ERS 알고리즘

이 단계에서는 앞 단계에서 제안한  $NTT(NTT_P)$ 를 식(6)과 같이 RREP 패킷 수신을 위한 타임아웃 시간을 결정한다.

$$REQ_{timeout} = 2 \times TTL \times NTT_P \quad (6)$$

따라서 본 논문에서는 지역경로복구영역을 확장함으로써 확장된 RREQ 메시지 플러딩 범위를 식(6)과 같이 제어하여 패킷간의 지연시간 및 노드의 에너지 소모를 감소하였다.

## IV. 실험환경 및 결과

본 논문에서 제안한 방법을 성능 평가하기 시뮬레이터는 미국 버클리 대학에서 개발한 ns-2.34를 사용하였다<sup>[12]</sup>. 모의실험 환경은 잡음유입이 없는 이상적인 환경에서 모든 센서노드들이 양방향 링크에 전방향 송수신과 불규칙 수신 모드를 사용하여 무선센서네트워크 환경을 설계하였다. 다음 표 1은 실험환경에서 사용한 주요 파라메타이다. 네트워크의 전체크기는 100m×100m이고, 실험 노드의 개수는 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100개 이다. 이때 radio propagation는 two-ray ground reflection model를

표 1. 시물레이션에서 사용되는 주요 파라미터

분류	내용
ns-2 버전	2.34
MAC 계층 프로토콜	802.15.4 MAC
네트워크 대역폭	250Kbps
Grid 간격	100m×100m
노드간 거리	5m
전송거리	15m
Hop size	3m
초기에너지 값	1J
rxPower	0.3J
txPower	0.3J
성능 측정 지표	평균수신율, 평균지연시간, 평균 잔여에너지량, RREQ, RREP, DROP 패킷수, NRTE

사용하였고, 사용한 안테나는 네트워크 범위 내에 14개를 랜덤하게 배치하였고, MAC는 MAC과 PHY 계층에 대한 표준으로 저속의 통신대역과 저전력을 목표로 하는 IEEE 802.15.4 MAC를 사용하였다.

또한 각 노드의 전송 범위는 15m, 네트워크의 대역폭은 250Kbps으로 설정하여, 소스노드와 목적지 노드를 UDP(user datagram protocol)로 연결하여 CBR(constant bit rate) 트래픽 모델을 사용하여 30초 동안 시물레이션 하였다. 이때 시물레이션은 총 30초로 이루어져있으면 트래픽은 2초부터 발생하여 17초에 정지한다. 그리고 발생하는 패킷 사이즈는 20바이트이고, 0.30초 간격으로 패킷을 발생한다. 다음은 제안한 방법을 평가하기 위하여 센서노드는 그림 7(a)과 같이 10x10격자로 고정하여 실험

하였고, 그림 7(b)은 센서노드에 에러가 발생하였을 때 경로를 재설정하는 과정이다.

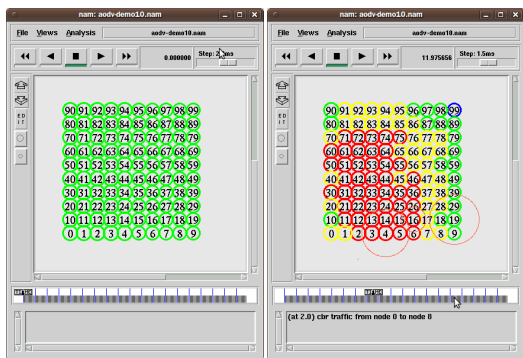
기존 AODV 라우팅 프로토콜은 CMU에서 개발한 코드이고<sup>[12]</sup>, 제안한 AODV 라우팅 프로토콜은 기존 AODV 라우팅 프로토콜을 수정하였다. 제안한 AODV 라우팅 프로토콜의 성능을 측정하기 위하여 그림 8과 같이 전체 노드간의 데이터 평균수신율, 평균지연시간과 평균잔여에너지량을 비교하였다.

평균패킷수신율( $P_{avg-recv}$ )은 소스노드가 목적지노드로 보낸 패킷에 대한 패킷 수로 식(6)와 같다. 식(6)에서  $P_{total\_sen}$ 는 총 전송한 데이터 패킷이고,  $P_{rev}$ 는 도착한 패킷수이다.

$$P_{avg-recv} = \frac{P_{rev}}{P_{total\_sen}} \times 100 \quad (6)$$

평균패킷수신율에 대한 실험결과, 기존 및 제안한 AODV방법은 노드수의 증가에 따라 평균수신율은 감소하였다. 그러나 제안한 AODV방법은 기존 AODV 방법보다 평균적으로 4.19% 우위에 있었다. 평균지연시간은 소스노드가 목적지노드까지 데이터를 보내기 위한 경로탐색과정과 지역경로복구과정에서 발생하는 시간지연도 포함하고 있다. 평균지연시간에 대한 실험결과, 제안한 AODV방법은 기존 AODV방법보다 평균적으로 0.20sec 감소함을 보였다. 평균잔여에너지량은 활성화된 노드들의 남은 에너지량을 평균한 값이다. 평균잔여에너지량에 대한 실험결과, 기존 및 제안한 AODV방법의 평균잔여에너지량은 노드의 개수 증가에 따라 증가함을 보이고 있다. 이것은 노드수가 적은 경우에는 모든 노드들이 참여하기 때문에 평균잔여에너지량이 감소하지만, 노드수가 증가하면 모든 노드들이 경로설정에 참여하지 않기 때문에 증가한 것으로 보인다.

또한 본 논문에서는 패킷 전송율을 비교하기 위하여 그림 9와 같이 RREQ, RREP 및 DROP 패킷 수를 기존 AODV방법과 제안한 AODV방법을 비교하였다. RREQ 패킷 생성수를 비교하면 제안한 AODV방법은 기존 AODV방법에 비해 노드수의 증가에 따라 평균적으로 18% 감소하였다. RREP 패킷 생성 수는 노드 수의 증가에 따라 평균적으로 20.38% 감소하였다. 그리고 DROP 패킷 수는 평균적으로 15.43% 감소하였다. 실험결과에서, 기존 AODV 방법에 비하여 제안한 AODV 방법이 전체적으로 RREQ, RREP, DROP 패킷 수가 감소하여



(a) 10x10 격자 (b) 경로 재설정 과정

그림 7. 센서노드의 시물레이션 작동 과정

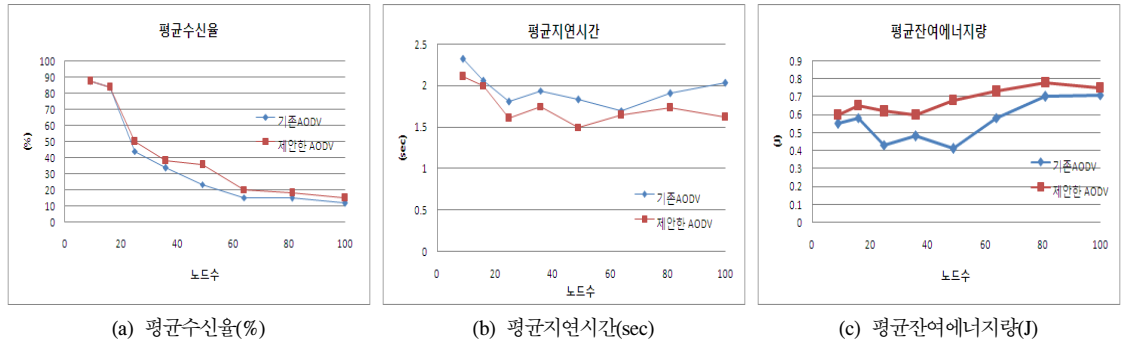


그림 8. 노드수의 증가에 따른 평균수신율, 평균지연시간, 평균잔여에너지량

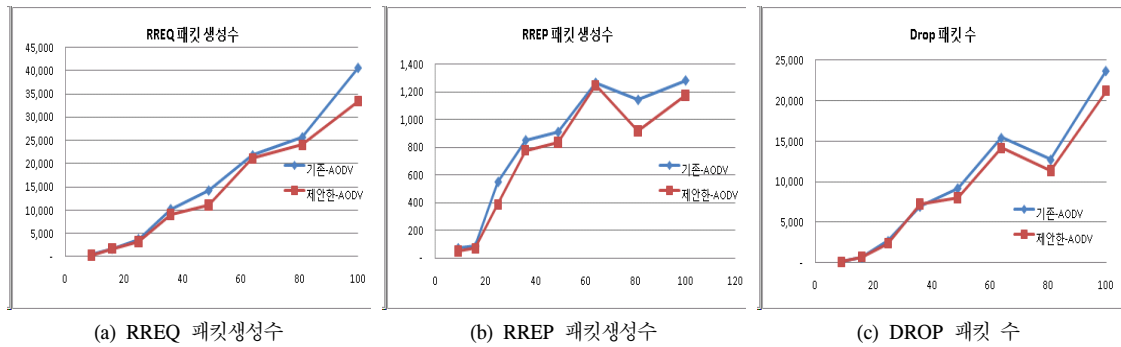


그림 9. 센서노드의 RREQ, RREP, DROP 패킷수

향상된 성능을 보이고 있다. 또한 그림 10과 같이 활성화된 경로가 존재하지 않을 경우 모든 패킷을 폐기하는 NRTE(DROP\_RTR\_NO\_ROUTE)의 비율 역시 제안한 AODV방법이 기존 AODV방법보다 20.69% 감소하였다. 이는 무선센서네트워크에서 노드의 경로 이동 및 고장으로 인한 위상변화에 효과적으로 적응하고, 경로단절이 발생되더라도 효율적으로 복구함을 보이고 있다.

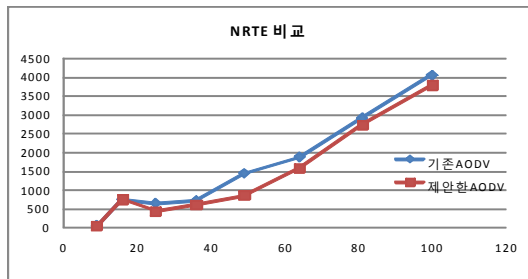


그림 10. NRTE 비교

### V. 결 론

본 논문에서는 AODV기반 무선센서네트워크에서

경로 단절시, 저-재전송을 위한 효율적인 경로 복구 방법을 제안한다. 제안한 방법은 기존방법에 비하여 지역경로복구의 영역을 확대하고, 확대된 지역경로 복구영역을 제한하기 위하여 노드간의 거리 및 잔여 에너지를 고려하여 RREQ 메시지의 플러딩 범위를 제어한다. 실험결과, 제안한 방법은 기존 AODV방법보다 전체적으로 RREQ, RREP, DROP 패킷 수를 작게 생성하였고, 패킷수신율 증가와 평균지연시간 단축 그리고 노드의 에너지 소비를 감소함으로써 경로를 효율적으로 복구하여 무선센서네트워크 서비스 품질을 향상시켰다.

### 참 고 문 헌

- [1] 권혜연, 신재욱, 이병복, 최지혁, 남상우, 임선배, “이동 Ad-hoc 네트워크 기술동향,” 전자통신동향분석, 제18권, 제2호, 2003
- [2] 권혜연, 신재욱, 이병복, 최지혁, 남상우, “이동 Ad-hoc 네트워크 서비스” 전자통신동향분석, 제18권, 제4호, 2003
- [3] Y. C. Hu, “The Dynamic Source Routing

Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4,” IETF RFC 4728, 2007.

[4] C.Perkins, E.Belding-Royer and S.Das, “Ad-hoc On-demand Distance Vector (AODV) Routing,” IETF RTC 3561, 2003.

[5] C.K. Toh, “Associativity based Routing for Ad-hoc Mobile Networks,” University of Cambridge Computer Laboratory Cambridge CB2 3QG, UK, Prentice Hall PTR, pp.79-95, Vol., 1999

[6] V. D. Park and M. S. Corson, “A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks,” IEEE INFOCOM '97 Sixteenth Annual Joint Conference of IEEE Computer and Communications Societies Proceedings IEEE, Vol.3, pp.1405-1413, 1997

[7] C. E. Perkins and P. Bhagwat, “Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing(DSDV) for Mobile Computers,” Preceedings of ACM SIGCOMM, pp.234-244, 1994.

[8] S. Murthy and J. J. Garcia-Luna-Aceves, “An Efficient Routing Protocol for Wireless Networks,” ACM Mobile Networks and Applications Journal, Special issue on Routing in Mobile Communication Networks, pp.183-197, Oct. 1996

[9] Zone Routing Protocol(ZRP), <http://www.tct.hut.fi/opetus/s38030/k02/Papers/08-Nicklas.pdf>

[10] C.E.Perkins, “Ad-Hoc Networking,” Addison Wesley, 2001

[11] S.NI, Y.Tseng and J.Sheu, “The broadcast storm problem in a mobile ad-hoc network,” in proceedings of MOBICOM 1999

[12] ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>

손 남 레 (Nam-rye Son)

정회원



1996년 2월 호남대학교 컴퓨터공학과 이학사

2000년 2월 전남대학교 대학원 산학과 이학석사

2005년 2월 전남대학교 대학원 산학과 이학박사

2007년 3월~2009년 2월 호남대학교 인터넷소프트웨어학과 전임강사

2009년 11월~현재 목포대학교 정보산업연구소 연구교수

<관심분야> 비디오 코딩, IPTV, e-learning, 방송통신융합기술, 임베디드시스템

정 민 아 (Min-A Jung)

정회원



1992년 2월 전남대학교 전산통계학과

1994년 2월 전남대학교 전산통계학과 석사

2002년 2월 전남대학교 전산통계학과 박사

2005년 3월~현재 목포대학교 컴퓨터교육과 조교수

<관심분야> 데이터베이스/데이터마이닝, 생체인식시스템, 무선통신응용분야(RFID, USN, 텔레메틱스), 임베디드시스템

이 성 로 (Seong-ro Lee)

정회원



1987년 2월 고려대학교 전자공학과

1990년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사

1996년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사

2005년 3월~현재 목포대학교 정보공학부 정보공학전공 부교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레메틱스응용분야, 임베디드시스템, 생체인식시스템