
MANETs의 AODV기반 향상된 견고한 라우팅 프로토콜

김관웅*, 배성환**, 김대익***

An Enhanced Robust Routing Protocol in AODV over MANETs
Kwan-Woong Kim*, Sung-Hwan Bae**, Dae-Ik Kim***

요 약

노드의 이동성과 한정된 배터리 용량으로 무선애드혹 네트워크에서는 종종 경로 단절이나 패킷 손실이 발생한다. 본 논문에서는 수신 신호 세기의 변화를 측정함으로써 경로 단절 확률과 패킷손실을 줄일 수 있는 AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector routing)에 기반을 둔 향상된 라우팅 프로토콜을 제안한다. 라우팅을 결정하기 위해 노드 이동성과 경로의 홉으로 이루어진 새로운 측정 함수를 사용하고, 데이터 전송 중 노드의 움직임에 의한 경로의 단절을 방지하기 위해 새로운 경로 관리 기법을 소개한다. 이웃 노드의 움직임을 감지되면, 경로가 단절되기 전에 라우팅 에이전트는 다음 홉 노드를 이웃노드로 변경한다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안한 라우팅 기법의 성능이 기존의 AODV 방식보다 우수함을 보인다.

ABSTRACT

In Mobile Ad-hoc Network, link failure and packet loss may occur frequently due to its nature of mobility and limited battery life. In this paper, an enhanced robust routing protocol based on AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector routing) by monitoring variation of receiving signal strength is proposed. New metric function that consists of node mobility and hops of path is used for routing decision. For preventing route failure by node movement during data transmission, a new route maintenance is presented. If the node movement is detected, the routing agent switches local path to its neighbor node. Simulation results show that the performance of the proposed routing scheme is superior to previous AODV protocol.

키워드

MANETs, Routing Protocol, Route Discovery, Route Maintenance, Node Mobility function

1. 서 론

이동성 및 제한된 배터리 성능, 한정된 대역폭과 같은 MANETs의 특징으로 인해 패킷 전송 경로는 자주 끊어질 수 있으며, 이는 네트워크의 전체적인 성능을 감소시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해 패킷 전송 경로의 설정 관리를 담당하는 무선 라우팅 프로토콜에서 이동성에 대

한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

그러나 지금까지의 대부분의 연구는 MANETs에 속한 모든 노드들이 GPS (Global Positioning System)와 같은 위치 인식 장치를 장착하고 있다는 가정을 하였고, 이는 모든 노드들이 이동성 검출을 위해 필요로 하는 모든 정보를 갖도록 하였다. 그러나 일반적으로 GPS는 실내에서 사용 불가능하고, 추가 전력 소모 및 생산단가 증

* 원광대학교
*** 전남대학교

** 한려대학교
접수일자 : 2009. 01. 15

가 등의 이유로 배터리로 구동되는 초소형 통신 장치에는 적합하지 않은 제약사항이 있다[1].

Tom Goff는 AODV와 DSR을 향상시킨 preemptive-routing 프로토콜을 제안하였다 [2]. 이 프로토콜은 노드 이동성에 의해 링크가 끊어지기 전에 경로를 재탐색하기 위한 결정을 하기 위해 수신 신호 전력을 측정한다. 경로를 회복시켜주는 방식은 셀룰러 네트워크의 핸드오프(hand-off) 방식과 유사하다. GPS를 사용하지 않은 또 다른 방식으로는 신호 대 잡음비(SNR)를 측정하여 전송 노드가 접근하는지 또는 멀어지는지를 해당 노드에게 알려주는 것이 있다. 기존에 제안된 모든 방안들은 오직 한 노드만을 고려한 협소적인 방안이며, 전체적인 경로를 해결하기 위한 방안이 제시되지 못한 문제점을 갖고 있다.

본 논문에서는 노드 이동성을 고려한 향상된 라우팅 프로토콜을 제안하며, 노드의 움직임으로 링크가 단절되기 전에 경로가 이웃 노드로 전환되는 셀룰러 네트워크의 핸드오프 방식에 기반을 둔 새로운 경로 관리 기법을 소개한다. 2장에서는 AODV에 기반을 둔 새로운 라우팅 프로토콜과 LRC 경로 관리 기법을 제안한다. 3장에서는 NS2 시뮬레이션을 통한 성능 평가 결과를 논의하고, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 본 론

무선 네트워크에서 두 노드 사이의 거리는 수신 노드가 받는 신호 세기 RxP 와 반비례 한다 [8]. RxP 가 낮아지면 송신노드는 멀어지고, 반대로 RxP 가 증가하면 송신노드는 접근하고 있음을 의미한다. 노드 B의 움직임에 따른 거리와 수신 신호 전력과의 관계를 그림 1에 보여주고 있다. 노드 B는 속도 v 로 $p1$ 에서 $p2$ 로 움직이고 있으며, 이에 따라 노드 A에서의 수신신호 전력은 $RxP1$ 에서 $RxP2$ 로 변화된다. 따라서 RxP 의 변화를 측정함으로써 노드 이동성을 얻어낼 수 있다.

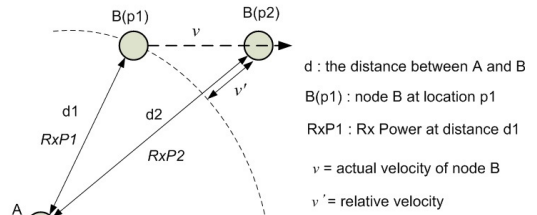


그림 1. 노드의 이동성에 따른 수신신호 전력 RxP 와 거리와의 관계.

Fig. 1. The relationship between RxP and distance according to node mobility.

그림 1로부터 식 (1)을 유도할 수 있다.

$$M = \frac{d(t_1) - d(t_0)}{t_1 - t_0} \approx \frac{v'}{k}$$

$$\text{where } d(t) = RxP(t)^{-\frac{1}{n}} \tag{1}$$

여기에서 k 는 라디오 채널 조건이며, 시뮬레이션에서 적용할 two-ray ground 모델에서 n 은 일반적으로 4가 된다. M 이 양수이면 두 노드가 서로 멀어지는 것을 의미하고, M 이 '0'이면 두 노드가 움직이지 않거나 또는 같은 속력을 갖고 같은 방향으로 동시에 움직이는 것을 의미한다. 또한 M 이 음수이면 두 노드가 서로 가까워짐을 의미한다. 식 (1)로부터 함수 M 은 상대속도 v' 과 채널 조건 k 에 따라 결정됨을 알 수 있다.

2.1. 경로 탐색

제안한 라우팅 프로토콜은 경로 탐색 동안 낮은 이동성을 갖는 경로를 찾으려는 시도를 한다. 경로요청 (RREQ: route request) 패킷을 플로딩(flooding)할 경우에는 노드의 이동성 정보를 저장하기 위해 4바이트 M 필드가 RREQ 헤더에 필요하다. 각 노드는 최상의 경로를 검색하기 위해 홉 카운트를 고려하여 다중 경로 중에서 가장 적은 M 을 갖는 경로를 선택한다. 경로 탐색 절차에서 경로 요청 노드는 RREQ 패킷의 M 필드를 '0'으로 세팅한다. 중간 노드들 중에서 노드

j 가 RREQ 패킷을 노드 i 로부터 수신하면, 노드 j 는 식 (2)와 같이 최대 M 값을 찾아 RREQ 패킷의 M 을 갱신한다.

$$M_{RREQ} = \max(M_{RREQ}, M(i)) \quad (2)$$

여기에서 $M(i)$ 는 식 (1)로 계산한 노드 j 와 i 사이의 mobility cost function이고, M_{RREQ} 는 RREQ 패킷의 mobility cost function이다.

또한 경로 정보를 갱신하기 위해 식 (3)의 route cost function R_{cost} 를 사용한다. 한 노드가 RREQ 패킷을 수신할 때마다 라우팅 에이전트는 RREQ 패킷의 새로운 경로를 위한 경로 엔트리를 갱신하기 위해 route cost function을 계산한다.

$$R_{cost} = h_{RREQ} - h_{RT} + F_m \quad (3)$$

여기에서 h_{RREQ} 는 RREQ 패킷의 홉 카운트이고, h_{RT} 는 현재 경로 정보의 홉 카운트이다. 그리고 F_m 은 식 (4)와 같이 정의되는 상대적 mobility cost function이다.

$$F_m = k \frac{M_{RREQ} - M_{RT}}{M_{RREQ} + M_{RT}}, \text{ if } M_{RREQ} + M_{RT} \neq 0$$

$$F_m = 0, \text{ otherwise} \quad (4)$$

여기에서 M_{RT} 는 노드의 라우팅 테이블에 저장된 경로의 mobility cost function이다. 식 (4)에서 F_m 의 범위는 $-k$ 에서 k 이고, 본 논문에서는 k 를 2로 설정하였다. 한 노드가 RREQ 패킷을 수신하면 R_{cost} 를 계산하여 그 값이 0보다 작으면 경로 정보는 새로운 경로로 갱신된다. 그러므로 $[h, h+k]$ 범위에서 작은 이동성을 갖는 경로가 선택된다. 여기에서 h 는 h_{RT} 와 h_{RREQ} 중에서 최소값이다.

목적지 노드의 동작

목적지 노드가 첫 번째 경로 요청 패킷을 수신할 때 라우팅 에이전트는 임의의 시간으로 타이머를 세팅하고 다른 경로들로부터 또 다른 경로

요청 패킷을 기다리기 위해 타이머를 동작시킨다. 따라서 목적지 노드는 다중 경로 중에서 최선의 경로를 선택할 수 있다. 타이머의 시간이 만기되면 목적지 노드는 송신 노드에 즉시 경로 응답 메시지 (RREP)를 보낸다.

2.2. 경로 관리

본 논문에서는 노드 이동성에 의해 발생하는 경로 단절을 방지해 주고, 패킷을 전송하는 동안 라우팅 프로토콜의 효율성을 개선시키는데 초점을 맞췄다. 이러한 목적을 달성하기 위해 라우팅 프로토콜은 움직이는 노드로부터 대체 가능한 노드로 로컬 경로를 바꿔줄 수 있는 능력이 있어야 한다. LRC에 대한 기본 개념은 기존에 연구 발표한 [3]에 기반을 두고 있다. 표 1은 LRC 프로세스의 의사 코드를 보여준다.

표 1. LRC 프로세스의 의사 코드
Table 1. Pseudo code of LRC process

```

On_Receive_DATApacket(pkt){
    Next_ip = rtable(pkt->destip);
    Prev_ip = rtable(pkt->srcip);
    M_prev = Get_Mfunc(Next_ip);
    M_next = Get_Mfunc(Prev_ip);
    forwards pkt to nexthop
// check condition
    If(rxP < rxPTh && M_prev > 0 &&
    M_next == 0)
    {
        Broadcasts HELP;
    }
On_receive_HELP(Help_pkt) {
    If(Help_pkt->next_hopip is myneighbor &&
    Help_pkt->prev_hopip is myneighbor) {
        M_prev = GetMfunc(Help_pkt->prev_hopip);
        M_next = GetMfunc(Help_pkt->next_hopip);
        If(M_prev == 0.0 && M_next == 0.0){
            update_rtable(Help_pkt);
            send LRCN to Help_pkt->prev_hopip;
        }
    }
    /* previous hop node receives Help msg. */
    Else if(Help_pkt->prev_hop == node_ip){

```

```

        // set timer for wait LRCN msg.
        Set_LRCN_timer(Help_pkt->destip);
    }
}
On_receive_LRCN(LRCN_pkt) {
    next_hopip = rtable(LRCN_pkt->destip);
    M_next = GetMfunc(nexthopip);
    If (M_next > LRCN_pkt->M){
        Cancel_LRCN_timer();
        update_rtable(LRCN); // change next_hop
ip
    }
}
On_LRCN_timer_expire(dest_ip){
    Local_route_repair(dest_ip);
}
}
    
```

III. 성능평가

3.1. 시뮬레이션 구성

제안한 라우팅 프로토콜은 AODV 프로토콜을 기반으로 기능을 개선하였으므로 그 성능을 평가하기 위해 AODV와 비교 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위해 NS2 시뮬레이터를 사용하였으며 [4], ad hoc 네트워크 모델은 1.0km×1.0km 영역에 100개의 이동 노드들로 구성되었고 노드들의 초기 위치는 무작위 방식으로 발생된다. 각 노드는 IEEE802.11 MAC 프로토콜을 사용하였고, 채널 모델은 무선 채널/무선 물리 전송 모델을 이용하였다. 라디오 전송 모델로 two-ray ground 모델을 사용하였으며, 무선 노드의 전송 범위와 간섭 범위는 250m와 550m로 설정하였다. 트래픽 소스는 CBR (Constant Bit Rate)이고, 15 개의 CBR 소스는 0.1 초마다 512 바이트 크기의 UDP (User Datagram Protocol) 패킷을 발생시킨다. 각 실험에서 시뮬레이션 시간은 200 초로 설정하였고, 노드의 최대 속력은 5m/sec~20m/sec 사이에서 변화된다. 편중된 난수 발생을 피하기 위해 같은 구성 조건에서 10번의 시뮬레이션을 수행하였다.

3.2. 시뮬레이션 결과 및 토의

시뮬레이션은 기존의 AODV, AODV+LRC, 제안한 프로토콜, 그리고 제안한 프로토콜+LRC에 대해 수행하였다.

그림 2에서는 노드의 최대 속력에 따른 경로 메시지의 오버헤드 비율에 대한 시뮬레이션 결과를 보였고, 그림 3은 경로 탐색의 개수를 보여주고 있다. 제안한 라우팅 알고리즘과 LRC는 기존의 AODV와 비교하여 라우팅 메시지의 오버헤드와 경로 탐색의 개수를 급격하게 줄여주었음을 확인할 수 있다.

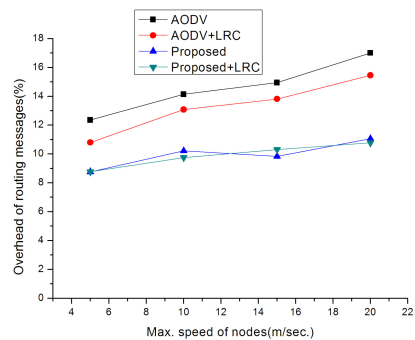


그림 2. 경로 메시지의 오버헤드 비율.
Fig. 2. Overhead ratio of routing messages.

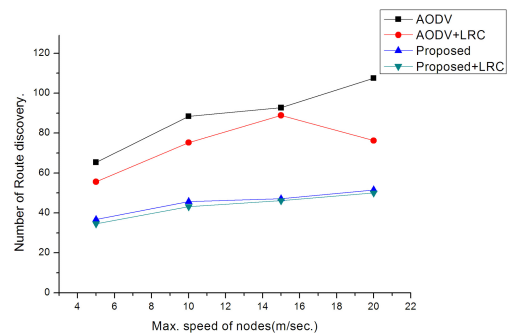


그림 3. 경로 탐색의 개수.
Fig. 3. Number of routing discovery.

더욱이 기존의 AODV 방식에 LRC를 혼합한 방식은 AODV 방식만을 적용한 경우에 비해 더 좋은 성능을 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안한 LRC가 노드의 움직임에 의해 야기

되는 경로 실패율을 감소시켜주고 경로 탐색의 유연성을 제공하는 효과를 검증할 수 있다. 그림 4와 그림 5에서는 end-to-end 패킷 전달율과 수신측에서의 평균 손실 패킷 수에 대한 시뮬레이션 결과를 비교해 보여주고 있다. 노드의 최대 속력이 증가할수록, 네트워크 내에서 끊어진 경로에 의해 전달되지 못하는 패킷의 개수도 증가한다. 모든 이동성 조건에서 제안한 방식이 패킷 전달율을 개선시켰으며, 손실 패킷 수를 줄여줄 수 있음을 확인할 수 있다.

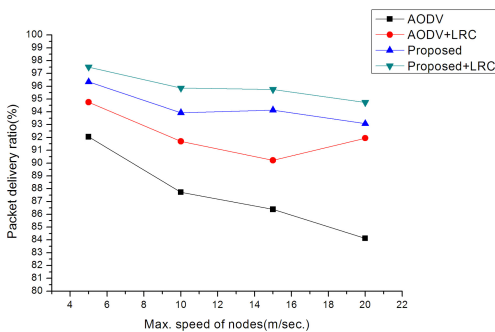


그림 4. 패킷 전달율.
Fig. 4. Delivery ratio of packets.

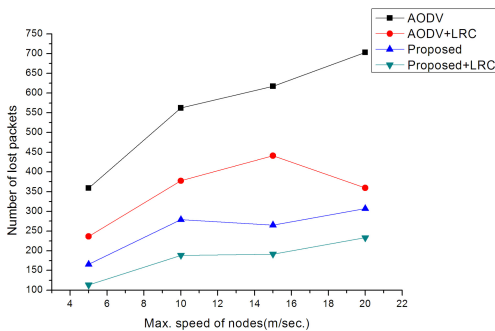


그림 5. 평균 손실 패킷 수.
Fig. 5. Average number of lost packets.

V. 결 론

Ad hoc 네트워크의 토폴로지는 노드의 이동성으로 인해 자주 변화된다. 즉, 노드들이 각 연결

범위들 사이에서 이동함으로써 존재했던 연결이 끊어지고 새로운 연결이 설정된다.

본 논문에서는 수신 신호 전력의 변화를 이용하여 신뢰성이 가장 높은 경로를 검색할 수 있는 새로운 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 경로 검색 단계에서는 노드의 이동성뿐만 아니라 경로의 홉을 고려하였다. 또한 경로 관리를 향상시키기 위해 LRC 프로세스를 제안하였다. LRC는 차위 홉 노드가 전송범위를 벗어나기 전에 이웃 노드들 중에 사용 가능한 노드를 차위 홉 노드로 변환시켜 네트워크 연결이 지속될 수 있게 해준다.

시뮬레이션을 통해 제안한 기법이 경로의 단절과 경로 메시지의 오버헤드를 감소시켜주고 end-to-end 패킷 전송율을 높여줌으로써 제안한 알고리즘의 우수성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] E. D. Kaplan, Understanding GPS: Principles and Applications, Artech House, Boston, MA, 1996.
- [2] Tom Goff, Nael B, et al. "Preemptive Routing in Ad-hoc Networks," ACM SICMOBILE, pp. 43 - 52, Jun. 2001.
- [3] 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.
- [4] Network Simulator: NS2.28 available via website <http://www.isi.edu/nsnam/ns>

저 자 소 개

김 관 웅(Kwan-Woong Kim)

1996년 전북대학교 전자공학과 졸업(학사)
1998년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
2002년 8월 전북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
2002년 8월 - 2004년 8월 한국표준과학연구원
Post-doc.
2004년 9월 - 2005년 8월 Post-doc, University of
Haute Alsace
2006년 3월 - 현재 원광대학교 전기전자정보공학
부 교수
※관심분야 : Resouce management, Mobile
Ad-hoc network

배 성 환(Sung-Hwan Bae)

1993년 전북대학교 전자공학과 졸업(학사)
1995년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
2000년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
2000년 - 현재 한려대학교 멀티미디어정보통신학
과 교수
※관심분야 : ASIC 테스트, 통신시스템 설계

김 대 익(Dae-ik Kim)

1991년 전북대학교 전자공학과 졸업(학사)
1993년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1996년 전북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
2002년 - 현재 전남대학교 공학대학 전기전자통신
컴퓨터공학부 교수
2006년 7월 - 2007년 6월 미국 오레건주립대학 교
환교수
※관심분야 : Ad hoc network, 저전력 VLSI 설계,
데이터변환기