

무선 메쉬 네트워크에서 최적의 경로 설정을 위한 개선된 AODV 라우팅 프로토콜

Improved AODV Routing Protocol for Optimized Path over Wireless Mesh Network

김유두*, 문일영*

Yu-Doo Kim*, Il-Young Moon*

요 약

무선 네트워크 기술의 급격한 발전으로 유선 인터넷 기반의 서비스가 무선 인터넷에서도 사용되고 있다. 하지만 물리적인 특성만으로는 무선 네트워크의 성능이 유선 네트워크와 대등해 질 수 없다. 따라서 물리적인 특성의 단점을 보완하기 위해 라우팅 프로토콜에 관심을 보여야 한다. 현재의 무선 네트워크의 라우팅 프로토콜은 다른 부분에 비하여 활발히 연구되지 못하고 있다. 이에 본 논문에서는 현재 가장 많이 활용되는 무선 네트워크의 라우팅 프로토콜인 AODV를 분석하여 무선 메쉬 네트워크의 특성에 맞게 개선된 라우팅 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통해 그 성능을 평가하였다.

Abstract

The recent networks are trending toward wireless networks. So wireless internet used to service of wired networks. But wireless networks can't show same performance of wired networks. Therefore, we are must concerned about Routing Protocol for improvement of a weak point of physical feature. But many researchers are not focusing on developing Routing Protocol. In this paper, we improve on AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector) for Wireless Mesh Networks. And it analyzed the result of simulation.

Key words : Ad-hoc, AODV, Mesh Network, Routing Protocol

I. 서 론

언제 어디서나 접속이 가능한 무선네트워크 기술이 발전하면서 기존의 유선 방식의 LAN(wired Local Area Network)환경이 무선 LAN(Wireless Local Area Network) 환경으로 급속히 바뀌어 가고 있다[1]. 이는

무선과 유선의 구축비용과 속도, 품질 등에 큰 차이가 없어지면서 노트북에는 무선 랜 카드가 필수로 장착되고 일반 가정집에서도 무선공유기를 이용하는 등 빠른 보급이 이루어지고 있기 때문이다. 하지만 현재의 무선LAN은 기본망은 유선을 이용하고 구내에서만 무선을 활용하는 형태로의 구축에 그치고 있

* 한국기술교육대학교 정보미디어공학과(Information and Media Engineering, Korea University of Technology and Education)

· 제1저자 (First Author) : 김유두

· 투고일자 : 2008년 7월 01일

· 심사(수정)일자 : 2008년 7월 02일 (수정일자 : 2008년 8월 22일)

· 게재일자 : 2008년 8월 30일

다. 따라서 무선 AP(Access Point)를 설치하기 위해서는 유선 네트워크가 기본적으로 갖추어져 있어야 한다. 이는 무선 AP가 단말과의 통신만 가능 할 뿐 무선 AP 사이의 통신이 불가능하여 발생하는 현상이다. 따라서 무선 AP가 서로 통신을 할 수 있게 된다면 유선망이 전혀 필요 없이 광 대역 무선 네트워크를 구축 할 수 있게 되는데 이를 구현한 것이 무선 메쉬 네트워크 (Wireless Mesh Network)이다.

무선 메쉬 네트워크는 기존의 무선랜이 하나의 액세스 포인트를 중심으로 다수의 컴퓨터가 연결되어, 점대 점 또는 점대 다점 방식으로 네트워크를 구성하는 것과 달리 무선기능을 가진 디바이스들이 서로 통신함으로써 망의 신뢰도를 높이고, 적은 출력을 이용한 확장을 가능하게 하는 무선 네트워크 방식이다[2]. 따라서 무선 메쉬 네트워크는 언제 어디서나 다양한 장비에서 통신이 가능해야 하는 유비쿼터스 환경 구축에 꼭 필요한 기능이다.

현재 무선 메쉬 네트워크를 통한 성능 및 품질 개선을 위한 많은 노력을 하고 있지만 주로 하드웨어적인 관점에서 수신율을 높이기 위한 안테나 기술이나 주파수 등에 치중하여 연구가 이루어지고 있다. 하지만 무선 메쉬 네트워크는 노드(Node)간의 연결 경로가 유선 네트워크와는 달리 동적이고 무한개의 경로가 발생할 수 있기 때문에 이를 효율적으로 제어 할 수 있는 새로운 라우팅(Routing) 기법의 연구가 필요하다.

본 논문에서는 무한의 경로가 발생할 수 있는 무선 네트워크 환경에서 효율적인 라우팅이 이루어 질 수 있도록 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 단점을 보완하여 노드의 이동 중에도 최적의 경로를 설정할 수 있는 라우팅 프로토콜에 대해서 연구하였다.

II. 무선 메쉬 네트워크 라우팅 연구 동향

무선 메쉬 네트워크의 라우팅 프로토콜은 기존의 무선 네트워크 라우팅 프로토콜을 활용하는 것이 주를 이루고 있다. 이에 무선 메쉬 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜에 대한 연구는 활발히 진행되지 못하고 있다. 이 절에서 소개하는 라우팅 프로토콜은 무

선 메쉬 네트워크를 위하여 연구되었지만 그 내용은 대부분 기존의 무선 네트워크 라우팅 프로토콜을 활용하는 수준에 그치고 있다.

- Airtime Routing Metric

Airtime Routing Metric은 IEEE 802.11s 기기간의 정보 처리를 위한 기본적인 Radio-aware 라우팅 프로토콜이다. 이 방식은 각 링크에서 프레임의 전송을 위한 채널 리소스 소비의 합을 반영한다. 따라서 Airtime Link Metric의 최소 합으로 이루어진 경로는 최선의 경로가 된다.

- HWMP(Hybrid Wireless Mesh Protocol)

HWMP는 IEEE 802.11s에서 기본 라우팅 프로토콜로 채택된 라우팅 프로토콜로 Proactive방식과 Reactive방식을 조합한 무선 라우팅 프로토콜이다[3]. 또한 기존의 라우팅 프로토콜은 Layer-3인 네트워크 계층에서 IP를 기반으로 동작하고 있으나 HWMP는 Layer-2 라우팅 방식을 사용하여 오버헤드를 최소화하여 성능 향상을 하였다.

HWMP에서 사용하는 메시지는 기존의 AODV에서 사용한 RREQ, RREP, RERR외에 RANN(Root Announcement)이라는 메시지가 추가되었다. RANN은 메시지를 네트워크에 브로드캐스팅 하는 방식으로 이를 받은 하위 노드들은 AODV에서 같은 방식으로 RREQ와 RREP 메시지를 활용하여 경로를 결정한다.

무선 메쉬 네트워크는 이동성이 거의 없어 Proactive방식에 초점을 두고 있지만 무선 네트워크의 기본 특성인 이동성도 고려되어야 하기 때문에 Reactive방식을 필요로 하는 경우가 있다. 이 때에 HWMP를 통해 Proactive와 Reactive방식을 적절하게 활용할 수 있다.

- RA-OLSR(Radio Aware Optimized Link State Routing)

RA-OLSR 프로토콜은 Proactive 방식으로 최근에 IEEE 802.11s의 표준으로 등록되었다. 이 프로토콜은 RFC 3626의 OLSR 프로토콜의 스펙을 따르고 있으며 IP 주소 대신 MAC 주소를 사용하고, 임의의

라우팅 경로를 통한 작업을 할 수 있게 되어 있다. 또한 RA-OLSR 메쉬에서 메쉬를 지원하지 않는 무선랜의 주소와의 분산을 위한 메커니즘을 정의하고 있다.

III. AODV 라우팅 프로토콜

AODV 라우팅 프로토콜은 데이터 전송 요청이 있을 때 마다 이웃 노드에게 RREQ(Route Request) 메시지를 Broadcasting 하여 목적지를 찾는다[4][5]. 이 메시지를 받은 노드는 RREP(Route Response) 메시지를 호출한 노드에 전송하여 메시지 수신 확인을 한다. 이 과정을 통해 목적지를 찾아 라우팅 경로를 설정한다. 또한 Sequence number를 확인하고 역 경로를 저장하여 루프를 방지한다. 이 방식은 데이터 전송 요청이 있을 때에만 메시지를 발생시키므로 오버헤드가 적지만 목적지를 위한 경로만을 찾을 뿐 최적의 경로를 결정할 수 없는 단점이 있다.

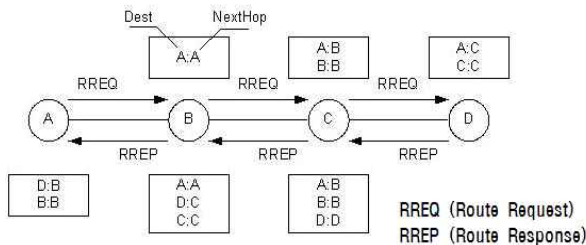


그림 1. AODV 라우팅 프로토콜의 동작
Fig. 1. Process of AODV Routing Protocol

IV. AODV 라우팅 프로토콜의 개선

기존의 AODV 라우팅 프로토콜은 한 번 정해진 라우팅 경로가 물리적인 링크 해제로 인하여 파기되지 않는 한 지속적으로 유지된다. 그 이유는 라우팅 경로가 설정 된 후, 패킷 전송이 성공 할 때마다 라우팅 경로의 lifetime이 계속 업데이트 되면서 링크 해제가 일어나지 않으면 lifetime이 계속 증가하기 때문이다. 따라서 새로운 노드에 의하여 최적의 경로를 설정할 수 있음에도 기존의 경로만을 통해 패킷을 전송함으로써 최적의 경로가 보장되지 않는다.

이에 본 논문에서는 새로운 노드에 의하여 발생 할 수 있는 최적의 라우팅 경로를 설정하도록 기존의 AODV를 개선한 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안하는 라우팅 프로토콜은 lifetime이 한번 설정되면 그 시간이 종료될 때 까지 패킷 전송이 성공하더라도 lifetime을 업데이트 하지 않도록 한다. 따라서 고정된 lifetime값의 주기에 따라 라우팅 경로를 탐색하여 최적의 라우팅 경로를 설정 할 수 있다.

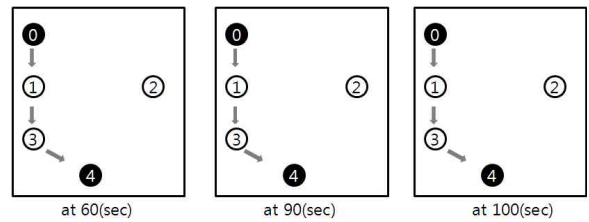


그림 2. 네트워크 형태의 예
Fig. 2. Network topology for example.

그림 2는 제안하는 라우팅 프로토콜을 설명하기 위하여 가상의 네트워크 환경을 구축한 예 이다. 이 환경은 노드의 변화가 전혀 없는 상태에서 노드 0에서 노드 4로 패킷을 전달한다. 아래의 표 1과 표 2에서 노드 0의 라우팅 테이블은 다음과 같이 나타난다.

표 1. AODV 라우팅 테이블

Table 1. Original AODV routing table

Time	Source	DES	Next hop	Hops
60	0	4	1	3
90		0	0	1
		4	1	3
100		4	1	3

표 2. 제안한 프로토콜 라우팅 테이블

Table 2. Proposed AODV routing table

Time	Source	DES	Next hop	Hops
60	0	4	1	3
90		0	0	1
		4	1	3
100		4	1	3

표 1과 표 2에서와 같이 노드의 움직임이 없는 경우에는 기존의 AODV와 제안하는 라우팅 프로토콜의 라우팅 테이블은 차이가 없다. 그 이유는 노드의 변화가 없기 때문에 처음에 설정된 라우팅 경로가 최적의 경로이기 때문이다.

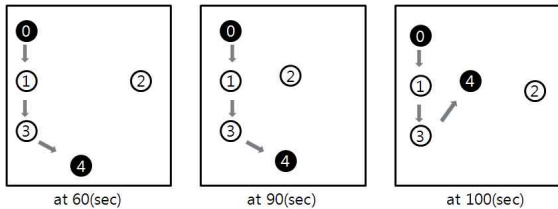


그림 3. 기존의 AODV 의 경로
Figure 3. Routing path of original AODV

표 3. AODV 라우팅 테이블
Table 3. Original AODV routing table

Time	Source	DES	Next hop	Hops
60	0	4	1	3
90		0	0	1
		4	1	3
100		4	1	3

그림 3은 위 환경에서 노드의 움직임이 발생하는 경우의 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 라우팅 경로를 보여주고 있다. 그림 3과 표 3에서 보는 바와 같이 노드의 움직임이 발생하여도 물리적인 링크가 해제되지 않는 범위이기 때문에 기존의 라우팅 경로를 유지 한다.

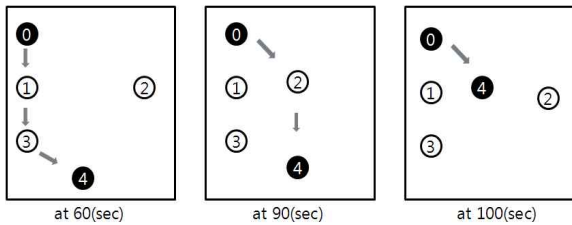


그림 4. 제안한 프로토콜의 경로
Figure 4. Routing path of enhanced AODV

표 4. 제안한 프로토콜의 라우팅 테이블
표 4. Proposed AODV routing table

Time	Source	DES	Next hop	Hops
60	0	4	1	3
90		0	0	1
		4	2	2
100		4	4	1

그림 4와 표 4는 같은 네트워크 상황에서 제안하는 라우팅 프로토콜의 라우팅 경로를 보여주고 있다. 90초와 100초에서 보여주는 바와 같이 기존의 AODV와 다르게 최적의 경로를 재설정 하고 있다.

V. 제안한 프로토콜의 성능 시뮬레이션

제안하는 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 네트워크 시뮬레이션 프로그램인 NS-2를 이용하였다[6][7].

5-1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션 환경은 표 5에서와 같이 구성되어 있다. 시뮬레이션은 130초간 수행 하였으며 지금까지 설명하였던 네트워크 형태인 5개의 무선 노드로 구성되어 있다.

표 5. 시뮬레이션 환경
Table 5. Simulation environment.

Method	Value
channel type	Channel/WirelessChannel
radio-propagation model	Propagation/TwoRayGround
network interface type	Phy/WirelessPhy
MAC type	Mac/802_11
antenna model	Antenna/OmniAntenna
max packet in ifq	50
number of mobilenodes	5
routing protocol	AODV

그림 5에서 보이는 바와 같이 노드 0에서 노드 4로 패킷을 보내는 예제이다. 첫 번째의 노드 변화는 노드 2가 노드 1의 근처로 접근하여 새로운 라우팅 경로가 발생 할 수 있게 하였고, 두 번째로 노드 2가 통신 유효 거리에서 이탈하고 노드 4가 노드 0가까이 이동하도록 되어 있다.

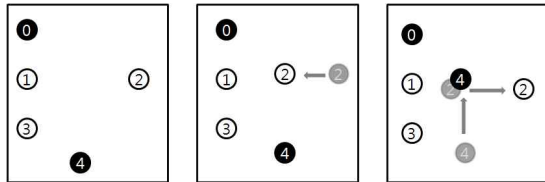


그림 5. 시뮬레이션을 위한 네트워크 토폴로지
Figure 5. Network topology for simulation.

표 6. OTCL 메소드

Table 6. OTCL method.

```

$node_(0) set X_ 100.0
$node_(0) set Y_ 450.0
$node_(0) set Z_ 0.0

$node_(1) set X_ 100.0
$node_(1) set Y_ 300.0
$node_(1) set Z_ 0.0

$node_(2) set X_ 450.0
$node_(2) set Y_ 300.0
$node_(2) set Z_ 0.0

$node_(3) set X_ 100.0
$node_(3) set Y_ 150.0
$node_(3) set Z_ 0.0

$node_(4) set X_ 300.0
$node_(4) set Y_ 100.0
$node_(4) set Z_ 0.0

$ns_ initial_node_pos $node_(0) 10
$ns_ initial_node_pos $node_(1) 10
$ns_ initial_node_pos $node_(2) 10
$ns_ initial_node_pos $node_(3) 10
$ns_ initial_node_pos $node_(4) 10

$ns_ at 40.0 "$node_(2) setdest 250.0 300.0 20"
$ns_ at 60.0 "$node_(2) setdest 450.0 300.0 20"
$ns_ at 80.0 "$node_(4) setdest 150.0 320.0 20"
    
```

표 6은 시뮬레이션을 수행하기 위하여 NS-2에서 구현한 OTCL 명령의 일부를 나타낸다. 이를 통해 각

노드의 위치와 노드의 이동을 위한 시간 설정을 알 수 있다.

5-2 노드들이 정지된 상태에서의 결과

그림 6은 노드가 정지된 상태에서 기존의 AODV와 제안하는 라우팅 프로토콜의 데이터 처리량을 비교한 것이다. 이 결과는 거의 비슷하게 나타났는데, 그 이유는 노드의 이동이 없을 때에는 기존의 AODV의 라우팅 경로도 최적의 경로로 설정되어 있기 때문이다. 또한 25초 부근에서 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능이 일시적으로 하락하는 현상이 나타나는데, 이는 라우팅 경로의 재설정을 위하여 나타나는 것이며 전체적인 성능에는 크게 영향을 미치지 않는다.

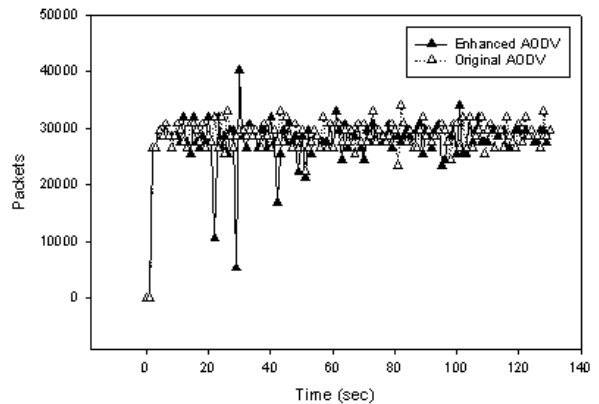


그림 6. 노드가 고정 되었을 때 처리량 비교
Figure 6. Comparison of throughput when fixed nodes.

5-3 노드들이 이동하는 상황에서의 결과

그림 7은 노드가 이동하는 상황에서의 데이터 처리량을 비교한 결과이다. 이 결과는 기존의 AODV보다 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있다. 성능의 차이가 많은 부분이 40~60초와 90~130초 구간인데, 이러한 결과가 나타나는 이유는 이 구간에서 노드의 움직임으로 인해 기존의 경로보다 최적의 경로를 찾아 라우팅 경로를 재설정 해주었기 때문이다.

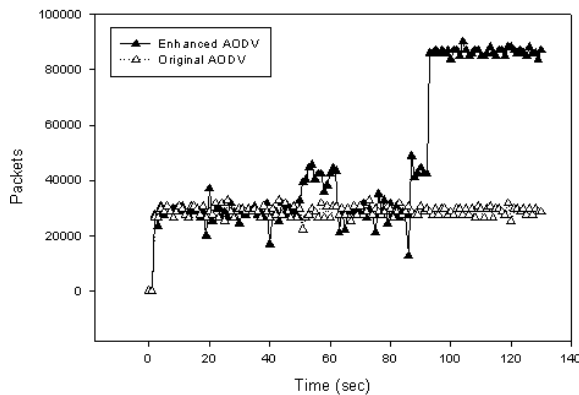


그림 7. 노드가 움직일 때 처리량 비교
Figure 7. Comparison of throughput when moved nodes.

그림 8은 기존의 AODV와 제안하는 라우팅 프로토콜의 라우팅 테이블에서의 lifetime값을 비교한 것이다. 기존의 라우팅 프로토콜의 lifetime값은 기존의 경로가 물리적으로 해제되지 않기 때문에 지속적으로 lifetime값이 증가하고 있음을 보여준다. 반면에 제안하는 라우팅 프로토콜의 lifetime값은 주기적으로 재설정되므로 계단식으로 그래프가 나타난다. 이를 통해 제안하는 라우팅 프로토콜은 최적의 라우팅 경로를 주기적으로 재설정 한다는 것을 알 수 있다.

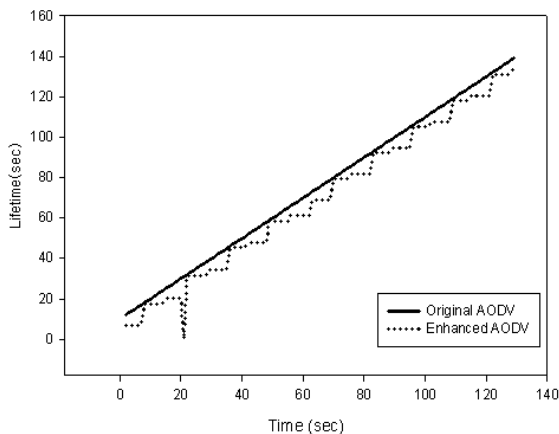


그림 8. 노드가 움직일 때 Lifetime 비교
Figure 8. Comparison of Lifetime when nodes moved.

VI. 결 론

본 논문에서는 AODV의 최적 경로 설정을 위한 개선된 라우팅 프로토콜을 제안하고 NS-2라는 네트워크 시뮬레이터를 통해 그 성능을 시험하였다.

제안한 라우팅 프로토콜은 기존의 AODV에서의 lifetime을 지속적으로 업데이트 하지 않고 고정 값을 사용하여 주기적으로 라우팅 경로를 재설정하여, 노드들의 위치 변화에 따른 최적의 라우팅 경로를 보장한다. 이를 통해 노드의 변화가 발생하는 상황에서 기존의 AODV보다 성능 향상을 꾀할 수 있다. 또한 지속적인 연구를 통해 고정된 시간 주기로 라우팅 경로를 재설정 하지 않고, 효율적인 라우팅 경로 재설정 시간을 결정한다면 더욱 우수한 성능을 낼 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 송경희 외 3, "IEEE 802.11n 차세대무선LAN 기술동향", 한국통신학회, 한국통신학회지 제23권 제6호, pp. 63 ~ 72, 2006. 6.
- [2] Ian Akyildiz, Xudong Wang, Weilin Wang, "Wireless Mesh Networks: A Survey," Elsevier Computer Networks, Vol. 47, No. 4, pp. 445-487, Mar. 2005.
- [3] IEEE P802.11s™/D1.06, Draft amendment to standard IEEE 802.11™: ESS Mesh Networking. IEEE, July 2007, work in progress.
- [4] C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," IETF RFC3561, July 2003.
- [5] Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing. Available at: <http://moment.cs.ucsb.edu/AODV/aodv.html>.
- [6] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [7] Jae Chung and Mark, "NS by Example Claypool", <http://nile.wpi.edu/NS>.

김 유 두 (金裕斗)



2007년 2월 : 한국기술교육대학교 인터넷공학 졸업(공학사)

2007년 3월~현재 : 한국기술교육대학교 대학원 정보미디어공학과 (석사과정)

관심분야 : 무선 네트워크, 라우팅 프로토콜, 모바일 콘텐츠

문 일 영 (文日永)



2000년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사)

2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 졸업(공학석사)

2005년 2월 : 한국항공대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(공학박사)

2004년 ~2005년 : 한국정보문화진흥원 선임연구원

2005년 3월~현재 : 한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부 조교수

관심분야 : 무선 인터넷 응용, 무선 인터넷, 모바일 IP