

무선 전송환경의 링크품질을 고려한 개선된 AODV 라우팅프로토콜

이태훈^{1*} · 전승우² · 김영호³

Improved AODV Routing Protocol Considering the Link Quality of Wireless Transmission Environments

Tae-Hoon Lee^{1*} · Sung-Woo Jeon² · Young-Ho Kim³

^{1*}Department of Network Centric Warfare, Ajou University, Suwon 16499, Korea

²Department of Computer Engineering, University of Illinois, Urbana IL 61801 U.S.A

³KIDA(Korea Institute for Defense Analyses) & Adjunct Professor of Ajou University, Suwon 16499, Korea

요 약

오늘날 MANET에 대한 관심의 증대와 더불어 효율적인 MANET 라우팅프로토콜에 대한 연구가 활발히 진행중에 있다. 본 논문은 전술적 MANET 환경에서 Topology의 빈번한 변화와 제한적 무선환경에 적용된 라우팅 프로토콜을 개선하기 위해, 기존의 AODV라우팅 경로설정과정에서 Hop-Count만을 참조하던 방식에서 각 구간의 채널용량을 참조하는 LQA-AODV를 제안하였다. 제안된 LQA-AODV는 기존의 AODV라우팅프로토콜의 경로탐색과정에서 발생하는 RREQ메시지 포맷에 채널용량에 대한 Cost값을 추가하고 경로설정 시 구간별 누적 Cost값을 비교하여 경로를 설정하도록 하였다. 성능검증을 위해 NS2.35를 사용하였으며, 전술무선환경이 반영하기 위해 Link-Quality모델을 적용하였다. 시뮬레이션은 LQA-AODV와 기존의 AODV를 비교분석하였으며, 그 결과 Packet Delivery Ratio와 End-to-End Delay 측면에서 성능이 일부 개선된 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

As interest in MANET is increasing nowadays, research upon an efficient MANET routing protocol is actively under way. A LQA(Link Quality Aware)-AODV routing protocol to deal with frequent changes of topology and wireless link variations under tactical operating conditions is proposed in this paper. The suggested LQA-AODV takes into account the channel capacity of each hop during the route request process of the traditional AODV protocol. In detail, LQA-AODV adds a channel capacity cost value to the RREQ message format that occurs during the routing process of the existing AODV Routing Protocol causing the accumulated channel capacity cost values of each sections to be compared before establishing a route. To verify the performance of LQA-AODV, NS2.35 was utilized and the Link-Quality Model was applied in order to reflect the tactical wireless environment. The simulation compares and analyzes LQA-AODV and the existing AODV, showing a large improvement over the traditional AODV in regards to the Packet Delivery Ratio, and End-to-End Delay.

키워드 : MANET(Mobile Ad-Hoc Network), AODV(Ad Hoc On Demand Vector Routing), Link Quality, NS2

Key word : MANET(Mobile Ad-Hoc Network), AODV(Ad Hoc On Demand Vector Routing), Link Quality, NS2

Received 06 June 2016, Revised 21 September 2016, Accepted 27 September 2016

* Corresponding Author Tan-Hoon Lee(E-mail:leetaehoon@naver.com, Tel: +82-70-8229-5322)

Department of Network Centric Warfare, Ajou University, Suwon 16499, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2016.20.10.1903>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

오늘날 정보통신기술의 발전과 더불어 사용자의 정보통신에 대한 수요와 관심 역시 증대됨에 따라 더 많은 정보, 더 좋은 품질의 정보가 요구되고 있다. 이는 비단 상용만이 아니라 군사용 또는 기간용으로 그 가치와 활용성이 증대되고 있다. 뿐만 아니라 특정 장소, 시간에서만 활용되던 정보들이 언제, 어디서나 사용하고자하는 사용자들의 요구가 급증됨에 따라 정보통신의 인프라에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 정보통신 인프라에 대한 연구 중 MANET(Mobile Ad Hoc Network)는 별도의 인프라가 존재하는 것이 아니라 단말기 스스로가 호스트와 라우터의 역할을 수행하는 구조로 다양한 분야에서 연구되고 있으며, 우리軍 또한 전술정보통신체계(TICN : Tactical Information Communication Network)에서 MANET을 적용하고 있다.

그러나 Topology의 변화가 빈번하게 발생하는 전술적 MANET환경에서는 Proactive 방식보다는 Reactive 방식이 적합한 것으로 평가받고 있으며, 라우팅 프로토콜로는 AODV(Ad Hoc On Demand Vector Routing)가 일반적으로 안정적이며 우수한 것으로 기존 연구들을 통해 확인할 수 있었다[1-3].

AODV 라우팅프로토콜의 기본 동작원리는 연결요청이 발생하면 Source노드에서 경로를 탐색하고 Destination노드까지 가장 작은 Hop-count를 가지는 경로를 설정하고 매 연결요청이 발생할 때마다 이러한 경로탐색 및 설정과정을 반복한다. 그러나 이때 전술적 MANET환경의 Topology의 빈번한 변화와 제한적 무선환경 등의 Link-Quality 요소를 전혀 반영하지 점에 대한 개선이 필요하였다.

본 논문에서는 AODV라우팅프로토콜의 경로탐색과정에서 발생하는 RREQ메시지 포맷과 단순한 Hop-Count에 의한 경로설정 방식에서 구간별 채널용량을 고려하여 경로설정이 가능하도록 개선한 LQA-AODV(Link Quality Aware AODV)를 제안하였으며, 성능평가를 위해 기존의 AODV와 개선된 LQA-AODV를 비교 분석하였다.

II. MANET과 AODV 라우팅

2.1. MANET(Mobile Ad Hoc Network)의 분류

MANET은 단말기가 스스로가 라우터의 역할까지 수행되어야 하기 때문에, 라우팅프로토콜과 관련하여 많은 연구들이 수행되어 왔으며, 그림 1과 같이 일반적으로 Proactive(Table-Driven), Reactive(On-Demand) 그리고 Hybrid 방식으로 구분할 수 있다[4,5]

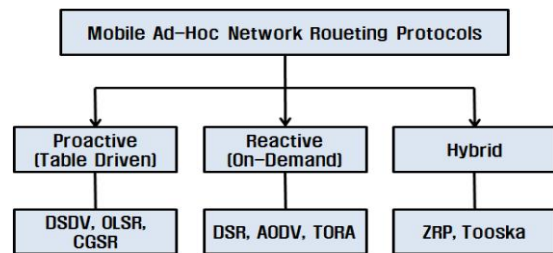


Fig. 1 Classification of MANET Routing Protocols

먼저 Proactive방식은 주변 노드들의 라우팅테이블을 이용하여 라우팅경로를 설정하는 방식으로 별도의 경로설정 절차가 필요없다는 장점과 라우팅테이블을 항상 최신화 하기위해 주기적으로 라우팅 정보를 교환하는 단점이 있으며, 대표적인 라우팅 프로토콜로는 DSDV, OLSR 그리고 CGSR 등이 있다. Reactive방식은 데이터전송 소요가 발생할 경우에만 라우팅 경로를 설정하고 전송하는 방식으로 Topology의 변화가 많이 발생하는 네트워크 구조에서는 오버헤드를 줄일 수 있는 장점과 네트워크의 상태를 고려한 라우팅을 하지 못하는 단점이 있으며, 대표적인 라우팅 프로토콜로는 DSR, AODV, TORA 등이 있다. Hybrid방식은 앞서 언급한 Proactive방식의 장점과 Reactive방식의 장점을 접목한 방식으로 대표적인 라우팅 프로토콜로는 ZRP, Tooska 등이 있다.

2.2. AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)

AODV는 Reactive방식의 라우팅프로토콜로 데이터를 전송하기 위해 먼저 Source노드가 이웃노드들에게 RREQ(Ruote Request) 메시지를 Broadcast하고 이웃노드는 또 다른 이웃노드들에게 RREQ메시지를 Broadcast하면서 Destination노드까지 경로를 탐색하며 이때 수집된 경로들은 가장 작은 Hop-cont를 가진 경로

들로 최신화하여 유지된다. Destination노드 또는 최종 경로까지 알고 있는 중간 노드에서는 설정된 경로의 역순으로 RREP(Route Reply)메시지를 Unicast하고 RREP메시지를 수신한 Source노드에서는 설정된 경로를 통해 데이터를 전송하게 된다.

일반적인 MANET환경에서의 라우팅 프로토콜에 관련된 연구들을 확인한 결과 Reactive방식이 Proactive방식 보다 전반적으로 우수한 것으로 확인되었으며, 그 중 AODV가 가장 안정적이고 우수하다는 연구결과를 확인하였다[2,3,6,7]. 그러나 AODV를 포함한 Reactive 방식의 라우팅프로토콜은 경로탐색 및 설정 과정에서 무선링크의 상태를 확인하지 않고 최소 Hop Count만을 반영하기 때문에 선택된 경로가 항상 최선의 선택이 아닐 수 있다는 것을 기존 연구를 통해 확인할 수 있었다[8].

본 논문에서는 이러한 Reactive방식의 문제점을 보완하여 경로탐색 및 설정 과정에서 기존의 최소 Hop Count 뿐만아니라 실제 무선링크 상태를 추가로 확인할 수 있도록 AODV라우팅 프로토콜을 개선하였다

III. 제안된 알고리즘

3.1. LQA-AODV 라우팅

전술적 MANET환경은 Topology의 빈번한 변화와 함께 지형적요소와 간섭 및 재밍(Jamming) 등으로 매우 복잡하고 제한적 무선환경의 특징을 가지고 있다.

이러한 무선환경 등의 Link-Quality 요소들을 반영하고자 본 논문에서는 기존 AODV 라우팅 프로토콜에서 경로탐색 및 설정과정에서 단순한 Hop count만을 참조하는 것이 아닌 실질적인 무선링크 상태인 채널용량(Channel capacity)을 참조 할 수 있도록 반영하였다.

3.1.1. LQA-AODV 경로탐색 및 설정

AODV는 경로탐색 및 설정 과정에서 Source노드가 이웃노드들에 RREQ메시지를 Broadcast하고 이 과정을 반복하며, Destination노드 또는 Destination까지의 경로를 알고 있는 중간노드는 RREP메시지를 Unicast하는데 LQA-AODV는 이때 Hop count만을 참조하여 경로설정을 하는 것이 아니라 아래의 식 (1) 채널용량을 참조하는 방식으로 적용하였다.

$$C = W \log_2(1 + SNR) \quad (1)$$

식(1)에서 W는 대역폭을 SNR(Signal-to-Noise Ratio)은 신호대잡음비를 나타낸다. SNR은 P_s/P_n 로도 표현되며, P_s 는 신호전력을 P_n 노이즈 전력을 의미한다. 경로탐색 및 설정 간 발생하는 채널용량을 비교하기 위하여 RREQ와 RREP메시지 패킷에 각각 16bit의 $C Cost_n$ 패킷을 그림 2, 3과 같이 추가 하였다.

0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
Type		J	R	G	D	U	Reserved					Hop Count											
RREQ ID																							
Destination IP Address																							
Destination Sequence Number																							
Originator IP Address																							
Originator Sequence Number																							
C Cost _n																							

Fig. 2 RREQ Format of LQA-AODV

0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
Type		R A		Reserved					Prefix Sz		Hop Count												
Destination IP Address																							
Destination Sequence Number																							
Originator IP Address																							
Lifetime																							
C Cost _n																							

Fig. 3. RREP Format of LQA-AODV

경로탐색 및 설정 과정에서 Destination노드까지의 발생하는 총 경로비용에 단순히 채널용량의 평균값을 적용할 경우 전술적 MANET환경의 특징으로 불가피하게 이산데이터(Discrete data)가 생성되어 정확한 총 경로비용 산출을 제한되었다. 이를 대체하고자 총 경로비용은 Cost Function을 적용하였으며, Cost Function은 OSPF 라우팅 프로토콜의 Matric(cost)를 기준으로 식 (2)와 같이 적용하였다.

$$Cost = \frac{Reference\ Bandwidth}{Channel\ Capacity} \quad (2)$$

식(2)의 Reference Bandwidth는 본 논문에서는 전술적 MANET환경을 고려하여 4096Kbps를 적용하며, Cost 값 적용시 소수점 이하자리는 절하되고 최소값은 1미만인 경우 1로 적용하였다. $CCost_n$ 은 Source노드로부터 Destination노드까지의 총 경로비용을 식 (3)과 같이 적용되하였으며, Source노드부터 Destination노드까지의 모든 경로의 Cost 누적을 의미한다.

$$CCost_n = Cost_1 + Cost_2 + \dots + Cost_n \quad (3)$$

식(3)의 $Cost_1$ 은 첫 번째 경로의 비용, $Cost_2$ 두 번째 경로비용을 $Cost_n$ 은 n-Hop의 경로비용을 의미한다.

3.1.2. LQA-AODV 라우팅 알고리즘

LQA-AODV의 경로탐색 및 설정과정은 Source노드에서 이웃노드들에게 RREQ메시지를 Broadcast하고 처음으로 RREQ메시지를 수신한 이웃노드들은 그림 4와 같이 경로에서 발생한 Cost를 RREQ메시지에 최신화하여 다른 이웃노드들에게 RREQ메시지를 Broadcast하고 Destination노드 또는 Destination노드의 경로를 알고 있는 노드까지 이러한 과정을 반복한다. 이때 중간노드에서는 RREQ메시지들 중 $CCost$ 값이 가장 작은 경로로 최신화 유지하며, Destination노드 또는

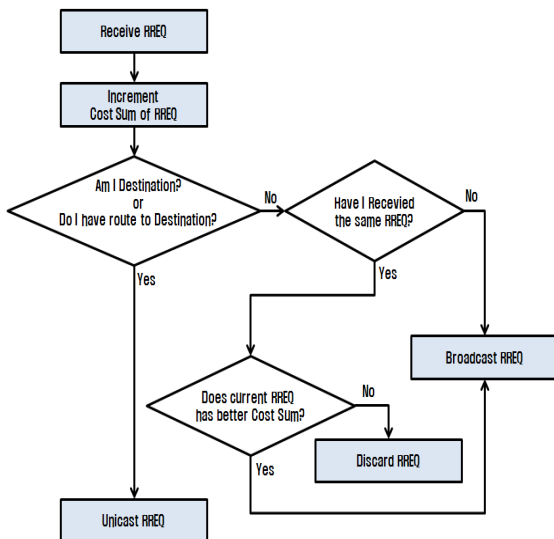


Fig. 4 RREQ Processing in LQA-AODV

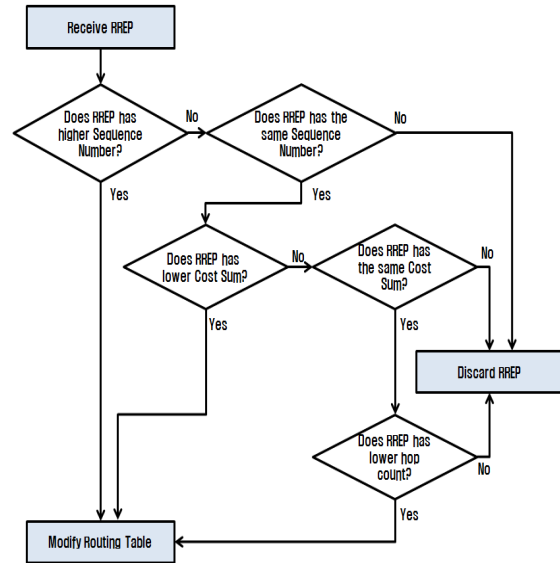


Fig. 5 RREP Processing in LQA-AODV

Destination노드의 경로를 알고 있는 노드에서는 그림 5와 같이 수신된 경로들 중 $CCost$ 값이 가장 작은 경로로 RREP메시지를 Unicast하고 Source노드까지 $CCost$ 값을 비교하여 경로를 최종 설정한다. 만일 경로탐색 및 설정과정에서 동일한 $CCost$ 값이 존재할 경우 최소 Hop count를 가진 경로를 설정한다.

IV. Simulation 및 성능비교

4.1. 시뮬레이션 파라메타 및 환경

LQA-AODV를 평가하기 위하여, 시뮬레이션은 NS2.35[9]를 활용하여 기존 AODV와 LQA-AODV를 비교하였으며, 시뮬레이션 환경은 표 1과 같은 조건으로 비교하였다. 시뮬레이션 환경은 네트워크는 600m X 600m이고, 노드의 수는 전투제대의 규모를 고려하여 20개로 설정하였다.

이동성은 Bonnmotion-2.1[10]을 이용하여 10m/s의 속도로 Random Way Point방식으로 모빌리티를 설정하였고 Transmission Rate은 5, 10, 15, 20, 25, 30 pkts/sec로 Packet Size는 64, 128, 256, 512, 1024 Bytes로 반영하였다. 각 노드는 IEEE 802. 11을 적용하고 기존 AODV와 LQA-AODV를 전술 MANET 환경과 묘사하기 위해 Link-Qualty 에러모델을 적용하였다[11].

Table. 1 Simulation Parameters

Mobility	
Number of Nodes	20
Map Size	600m X 600m
Mobility Model	Random Way point
Speed	10 m/s
Simulation Time	200s
Traffic	
Traffic Type	Constant Bit Rate
Transmission Rate	5, 10, 15, 20, 25, 30 pkts/sec
# of connections	5
Packet Size	64, 128, 256, 512, 1024 Bytes
Routing Protocol	
Protocols	AODV, LQA-AODV
MAC layer protocol	
MAC protocol	IEEE 802.11

Link-Quality 에러모델은 기존의 Errorless 모델에서 수신 가능한 신호세기를 Friis Transmission Equation 으로 계산하여 기존의 수신 신호세기 P_r 의 구간을 기존 모델에서는 임계값 $3.652e-10$ 보다 작은 경우는 패킷수신 실패, 이상인 경우 100% 성공으로 처리되었으나 수신성공 단계가 전송실패, 50, 60, 70, 80, 90, 100%로 차등화 적용되었다.

시뮬레이션은 이산데이터의 영향을 최소화하기 위하여 아래 그림 6과 같은 방식으로 시뮬레이션을 100회를 반복 시행 후 평균값을 적용하였다.

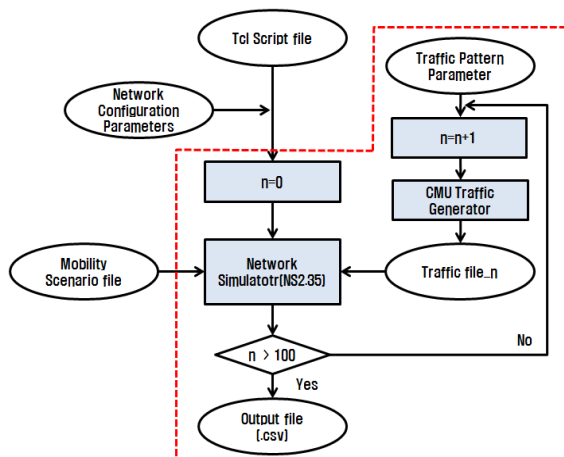


Fig. 6 Flow diagram for running Network simulator

4.2. 시뮬레이션결과 및 분석

시뮬레이션 결과는 AODV와 LQA-AODV를 Packet delivery Ratio와 End to End Delay를 비교하였으며, Transmission Rate와 Packet Size를 관점으로 차트화하여 비교하였다.

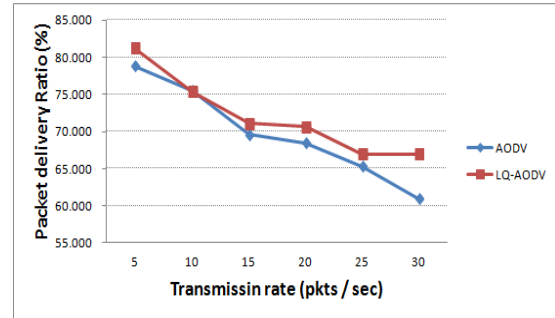


Fig. 7 Packet delivery Ratio (at Packet Size 128 Byte)

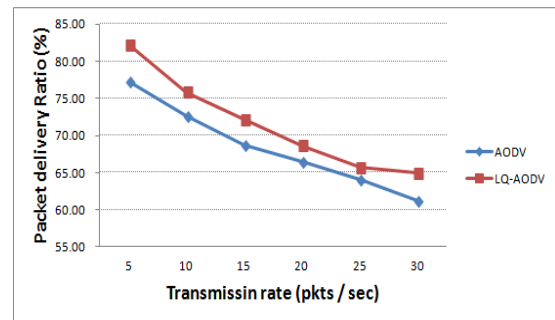


Fig. 8 Packet delivery Ratio (at Packet Size 256 Byte)

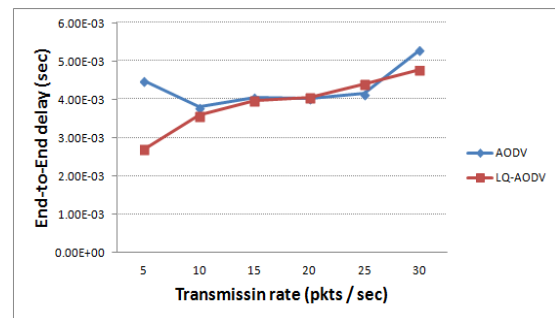


Fig. 9 End-to-End delay (at Packet Size 128 Byte)

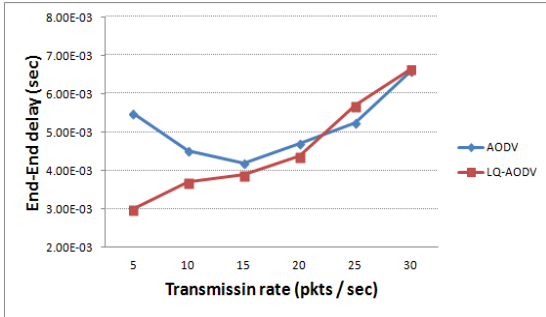


Fig. 10 End-to-End delay (at Packet Size 256 Byte)

그림 7~8는 Packet Size가 128, 256 Byte인 경우 Packet delivery Ratio 관점에서 LQA-AODV와 AODV 확인한 결과 Packet delivery Ratio는 LQA-AODV가 AODV보다 전반적으로 양호하였으며, 그림 9~10는 End-to-End delay 관점에서 확인한 결과로 End-to-End delay는 Transmission Rate이 20 pkts/sec이상인 경우에서 일부 AODV가 우수한 결과도 있었으나 전반적으로 LQA-AODV가 우수한 성능을 보였다.

Table. 2 Advantage of LQA-AODV's Packet delivery Ratio (at Packet Size 128 Byte)

Transmissin Rate	AODV	LQ-AODV	Advantage of LQA-AODV
5 pkts/sec	78.83 %	81.25 %	2.42 %
10 pkts/sec	75.47 %	75.32 %	-0.15 %
15 pkts/sec	69.58 %	71.09 %	1.51 %
20 pkts/sec	68.51 %	70.63 %	2.12 %
25pkts/sec	65.28 %	66.94 %	1.66 %
30pkts/sec	60.94 %	66.95 %	6.01 %
Average	69.77 %	72.03 %	2.26 %

Table. 3 Advantage of LQA-AODV's Packet delivery Ratio (at Packet Size 256 Byte)

Transmissin Rate	AODV	LQ-AODV	Advantage of LQA-AODV
5 pkts/sec	77.29 %	82.23 %	4.94 %
10 pkts/sec	72.59 %	75.87 %	3.28 %
15 pkts/sec	68.71 %	72.19 %	3.48 %
20 pkts/sec	66.55 %	68.64 %	2.09 %
25pkts/sec	64.06 %	65.66 %	1.60 %
30pkts/sec	61.16 %	65.01 %	3.85 %
Average	68.39 %	71.60 %	3.21 %

Table. 4 Advantage of LQA-AODV's End-to-End delay (at Packet Size 128 Byte)

Transmissin Rate	AODV	LQ-AODV	Advantage of LQA-AODV
5 pkts/sec	4.50E-03 sec	2.71E-03 sec	-66.09 %
10 pkts/sec	3.81E-03 sec	3.58E-03 sec	-6.30 %
15 pkts/sec	4.06E-03 sec	3.97E-03 sec	-2.35 %
20 pkts/sec	4.04E-03 sec	4.05E-03 sec	0.39 %
25pkts/sec	4.16E-03 sec	4.40E-03 sec	5.44 %
30pkts/sec	5.30E-03 sec	4.78E-03 sec	-11.06 %
Average	4.31E-03 sec	3.91E-03 sec	-10.14 %

Table 5. Advantage of LQA-AODV's End-to-End delay (at Packet Size 256 Byte)

Transmissin Rate	AODV	LQ-AODV	Advantage of LQA-AODV
5 pkts/sec	5.48E-03 sec	2.99E-03 sec	-83.38 %
10 pkts/sec	4.52E-03 sec	3.71E-03 sec	-21.94 %
15 pkts/sec	4.20E-03 sec	3.90E-03 sec	-7.84 %
20 pkts/sec	4.71E-03 sec	4.37E-03 sec	-7.65 %
25pkts/sec	5.24E-03 sec	5.70E-03 sec	7.94 %
30pkts/sec	6.59E-03 sec	6.65E-03 sec	0.97 %
Average	5.12E-03 sec	4.55E-03 sec	-12.55 %

표 2, 3은 그림 7~8의 Packet delivery Ratio를 수치적으로 비교하였으며, Packet Size가 각각 128, 256 Byte인 경우 LQA-AODV가 기본 AODV에 비해 각각 2.26, 3.20%가 향상된 것을 확인 할 수 있었으며, 그림 9~10의 End-to-End delay는 표 4, 5와 같이 Packet Size가 각각 128, 256 Byte인 경우 10.14(3.97E-04), 12.55(5.72E-04)%가 이 감소하였다.

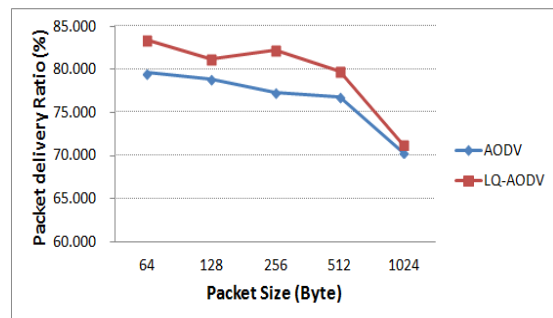


Fig. 11 Packet delivery Ratio (at Transmission Rate 5 pkts/sec)

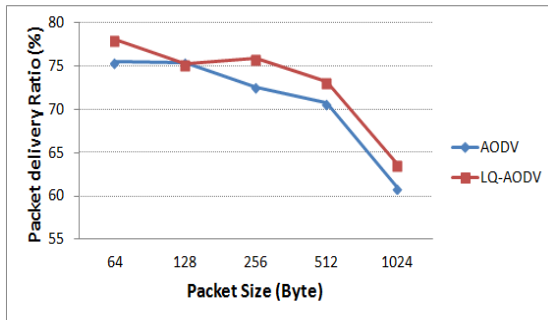


Fig. 12 Packet delivery Ratio (at Transmission Rate 10 pkts/sec)

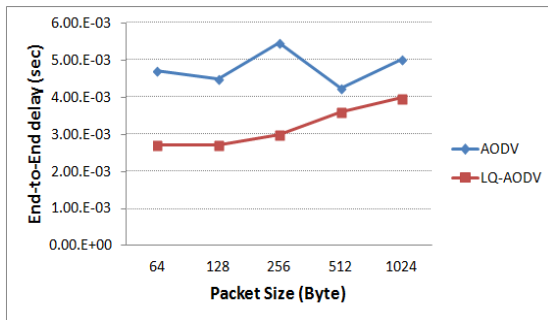


Fig. 13 End-to-End delay (at Transmission Rate 5 pkts/sec)

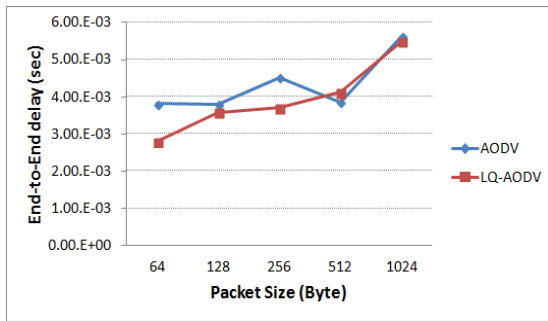


Fig. 14 End-to-End delay (at Transmission Rate 10 pkts/sec)

그림 11~14는 Transmission Rate가 5, 10 pkts/sec 일 경우 Packet Size 별 확인한 결과 동일하게 LQ-AODV가 Packet delivery Ratio와 End-to-End delay 전반적으로 양호한 것을 재확인 할 수 있었다.

Table. 6 Advantage of LQA-AODV's Packet delivery Ratio (at Transmission Rate 5 pkts/sec)

Transmissin Rate	AODV	LQ-AODV	Advantage of LQA-AODV
64 Byte	79.60 %	83.46 %	3.87 %
128 Byte	78.83 %	81.25 %	2.42 %
256 Byte	77.29 %	82.23 %	4.94 %
512 Byte	76.81 %	79.74 %	2.93 %
1024 Byte	70.39 %	71.27 %	0.88 %
Average	76.58 %	79.59 %	3.01 %

Table. 7 Advantage of LQA-AODV's Packet delivery Ratio (at Transmission Rate 10 pkts/sec)

Transmissin Rate	AODV	LQ-AODV	Advantage of LQA-AODV
64 Byte	75.55 %	78.16 %	2.61 %
128 Byte	75.47 %	75.32 %	-0.15 %
256 Byte	72.59 %	75.87 %	3.28 %
512 Byte	70.72 %	73.21 %	2.49 %
1024 Byte	60.97 %	63.64 %	2.67 %
Average	71.06 %	73.24 %	2.18 %

Table. 8 Advantage of LQA-AODV's End-to-End delay (at Transmission Rate 5 pkts/sec)

Transmissin Rate	AODV	LQ-AODV	Advantage of LQA-AODV
64 Byte	4.71 msec	2.72 msec	-73.36 %
128 Byte	4.50 msec	2.71 msec	-66.09 %
256 Byte	5.48 msec	2.99 msec	-83.38 %
512 Byte	4.23 msec	3.62 msec	-17.03 %
1024 Byte	5.03 msec	3.98 msec	-26.36 %
Average	4.79 msec	3.20 msec	-49.59 %

Table. 9. Advantage of LQA-AODV's End-to-End delay (at Transmission Rate 5 pkts/sec)

Transmissin Rate	AODV	LQ-AODV	Advantage of LQA-AODV
64 Byte	3.81 msec	2.79 msec	-36.76 %
128 Byte	3.81 msec	3.58 msec	-6.30 %
256 Byte	4.52 msec	3.71 msec	-21.94 %
512 Byte	3.86 msec	4.12 msec	6.41 %
1024 Byte	5.62 msec	5.49 msec	-2.51 %
Average	4.32 msec	3.94 msec	-9.84 %

표 6~9에서 LQA-AODV의 성능을 재확인한 결과 Transmission Rate가 각각 5, 10 pkts/sec 일 때, Packet delivery Ratio에서 LQA-AODV가 AODV보다 3.01, 2.18%의 우수한 성능을 보였으며, End-to-End delay에서도 역시 각각 49.59%(0.159 msec), 9.84(0.387 msec)%가 이 감소하여 전반적인 LQA-AODV가 기존 AODV에 비해 성능이 다소 향상된 것을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

전술적 MANET 환경에서 Topology의 빈번한 변화와 제한적 무선환경에 적응된 라우팅 프로토콜로 개선하고자 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 경로탐색 및 설정과정에서 단순한 Hop count만을 참조하는 것이 아닌 실질적인 무선링크 상태인 채널용량을 참조할 수 있도록 반영한 LQA-AODV를 제안하였다. LQA-AODV의 성능을 검증하기 위해 NS2.35를 이용하여, Link-Quality 모델(Error 모델)을 적용하고 기존의 AODV와 개선된 LQA-AODV를 Packet Delivery Ratio와 End-to-End Delay 측면에서 비교한 결과 성능이 일부 향상된 것을 확인하였다. 이번 연구를 통해 Reactive 방식의 라우팅 프로토콜의 경로설정을 단순한 Hop-count를 참조하는 것에서 Link-Quality 요소 일부를 반영하는 것은 성공적이었다.

그러나 전술적 MANET 환경에서의 통계학적 Topology의 변화도와 제한적 무선환경에 대한 실질적 묘사 등은 반영되지 못하였다. 앞으로 전술적 MANET 환경에서 Topology의 변화도와 Link Quality 표준화를 위하여 실험적·통계학적 노력과 더불어 적응화되고 안정화된 라우팅프로토콜에 대한 연구도 함께 병행되어야 할 것이다.

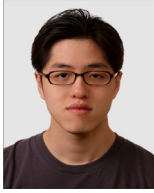
REFERENCES

- [1] C. Perkins and E. Royer, *Ad Hoc On-Demand Vector Routing.*, Addison-Wesley Professional, Boston, U.S.A, 2001.
- [2] A. Shrestha and F. Tekiner, "On MANET routing protocols for mobility and scalability," in *Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies, 2009 International Conference on IEEE*, pp. 451-456, Higashi Hiroshima, Japan, Dec. 2009.
- [3] P. Kuppusamy, K. Thirunavukkarasu, and B. Kalaavathi, "A study and comparison of OLSR, AODV and TORA routing protocols in ad hoc networks," in *Electronics Computer Technology (ICECT), 2011 3rd International Conference on IEEE*, pp. 143-147, Kanyakumari, India, Apr. 2011.
- [4] C. E. Perkins, *Ad hoc networking*, Addison -Wesley Professional, Boston, U.S.A, 2008.
- [5] C-K Toh, *Ad hoc Mobile Wireless Network : Protocols and systems*, Prentice Hall PTR, New Jersey, U.S.A.2002.
- [6] X. Zhang, Y. Wang, J.-G. Ki, and K.-T. Lee, "Analysis of MANET protocols using OPNET," *International Journal of Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 9, no. 4, pp. 87-97, Aug. 2009.
- [7] S. Ahn, Standardization Trends for IETF MANET working group(2004.10) [Internet] Available : http://www.tta.or.kr/data/weekly_view.jsp?news_id=867.
- [8] Douglas S. De Couto, Daniel Aguayo, "A High-Throughput Path Metric for Multi-Hop Wireless Routing," *International Journal of Wireless Networks*, pp. 412-434, Nov. 2005.
- [9] NS-2.35 [Internet] Available : <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [10] BonnMotion-2.1a [Internet] Available : <http://sys.cs.uos.de/bonnmotion>
- [11] T-H Lee, S-W Jeon and Y-H Kim, "Performance Comparison of AODV, DSR and OLSR by Link Quality," *International Journal of Korean Institute of Information Technology*, vol.14, no.1, pp. 99-105, Jan. 2016



이태훈(Tae-Hoon Lee)

2003년 3월 : 육군3사관학교 전산정보처리학(공학사)
2011년 8월 : 아주대학교 정보통신대학전공(석사)
2014년 3월 : 아주대학교 NCW학과 박사과정수료
※관심분야 : Wireless Network, Ad-Hoc Routing, Network, Network control



전승우(Sung-Woo Jeon)

2012년 8월~현재 : Univ. of Illinois, 컴퓨터공학 재학중
※관심분야 : Computer Engineering



김영호(Young-Ho Kim)

1983년 : 육군사관학교 물리학(공학사)
1988년 CREOL, Univ. Central Florida, 전자공학(석사)
1997년 ARRI, Univ. of Texas, Arlington, 전자공학(박사)
1999년 Who's Who in the World 2000 등재
2000년 Who's Who in Science and Engineering 2001 등재
2000년 현재 한국국방연구원 획득연구센터 근무
2000년 현재 아주대학교 정보통신대학원 겸임교수
※관심분야 : C2/전술통신체계 획득분석, MANET 프로토콜, 로봇제어, 인공지능