

Analysis of Link Stability Based on Zone Master for Wireless Networks

Zheng-Zhu Wen[†] · Jeong-Ho Kim^{**}

ABSTRACT

Due to frequent topology changes in wireless networks, inter-node link disconnection and path re-establishment occur, causing problems such as overloading control messages in the network. In this paper, to solve the problems such as link disconnection and control message overload, we perform path setup in three steps of the neighbor node discovery process, the route discovery process, and the route management process in the wireless network environment. The link stability value is calculated using the information of the routing table. Then, when the zone master monitors the calculated link value and becomes less than the threshold value, it predicts the link disconnection and performs the path reset to the corresponding transmitting and receiving node. The proposed scheme shows a performance improvement over the existing OLSR protocol in terms of data throughput, average path setup time, and data throughput depending on the speed of the mobile node as the number of mobile nodes changes

Keywords : Link Disconnection, Zone Master, Link Stability

무선네트워크에서 존 마스터 기반의 링크 안정성 해석

문정수[†] · 김정호^{**}

요약

무선 네트워크에서 토폴로지의 빈번한 변화로 노드 간 링크 단절과 경로재설정이 발생하여 네트워크 내에 제어메시지 과부하와 같은 문제점들이 발생한다. 본 연구에서는 링크 단절과 제어 메시지 과부하와 같은 문제점을 해결하기 위하여 무선 네트워크 환경에서 주변 노드 탐색과정, 경로 탐색과정, 경로 관리과정의 3단계로 경로 설정을 수행하고 경로 관리 과정에서 존 마스터가 수집한 라우팅 테이블의 정보를 이용하여 링크 안정성 값을 산출한다. 그리고 산출된 링크 값을 존 마스터가 모니터링 하여 임계 값 이하로 되면 링크 단절로 예측하고 해당 송수신 노드에게 경로 재설정을 수행하게 된다. 제안한 기법은 이동 노드 수 변화에 따른 데이터 처리량, 평균 경로 설정 시간 및 이동 노드의 속도 변화에 따른 데이터 처리량에서 기존의 OLSR 프로토콜보다 성능 향상을 나타내었다.

키워드 : 링크 단절, 존 마스터, 링크 안정성

1. 서론

무선 네트워크에서 단말들의 이동성에 의하여 토폴로지 구조가 빈번하게 변하고 이로 인하여 노드간의 링크 단절과 경로 재설정이 발생하여 네트워크 내에 제어 메시지 과부하가 생성된다. 따라서 송신자와 수신자 간의 전송 경로를 효과적으로 제어할 수 있는 라우팅 설정이 요구된다. 또한 트래픽 전송 시 이에 대한 데이터 처리량, 지연, 손실 등에 대한 안전성 기능을 충족시킬 수 있는 설계가 요구된다[1].

이에 무선 네트워크에서 라우팅 제어 메시지 갱신 방법에 따라 Proactive, Reactive, Hybrid 방식의 라우팅 프로토콜들

이 연구가 되고 있다. Proactive 방식은 주기적으로 Hello 메시지를 주고받아 토폴로지 변화가 발생할 때마다 라우팅 테이블을 갱신하는 방식이다. 하지만 Proactive 방식은 노드수가 많아지거나 망의 규모가 커질수록 각 노드의 라우팅 테이블 수량과 주기적인 메시지가 많아지기 때문에 효율적이지 못하다. Reactive 방식은 트래픽이 발생하는 시점에서 라우팅 제어 메시지를 주고받아 라우팅 테이블을 생성하는 방식이다. 이는 유지하는 라우팅 테이블 수량이 적고 주기적인 메시지가 적으므로 Proactive 방식에 비해 대규모 망에 적합하다. 그러나 경로탐색 과정에 지연이 발생하는 단점이 있다. Hybrid 방식은 Proactive와 Reactive 방식을 혼합하여 사용하는 라우팅 방식으로 대표적인 프로토콜로 ZRP (Zone Routing Protocol)가 있다. 이는 존 단위로 Proactive 방식의 오버헤드 메시지를 제한하며, BRP (Border Resolution Protocol)를 통해 Reactive 방식의 오버헤드 메시지를 줄인다. 하지만 연산 양이 많으며 경로탐색 과정에 RREQ (Route Request)가 망 전체로 퍼져 나가는 문제점을 해결하지 못한다[2].

※ 이 논문은 2018년도 한국정보처리학회 춘계학술발표대회에서 '존 마스터 기반의 무선네트워크에서 링크 안정성 해석'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것이다.

† 준회원 : 중국 연변대학교 전자공학과 강사

** 종신회원 : 한밭대학교 정보통신·컴퓨터공학부 교수

Manuscript Received : July 6, 2018

Accepted : July 26, 2018

* Corresponding Author : Jeong-Ho Kim(jhkim@hanbat.ac.kr)

본 연구는 링크 단절, 링크 재설정, 트래픽의 과부하를 해결하기 위하여 존 마스터 기반의 라우팅 설정 기법을 제안하여 경로의 전송지체를 해석하였다. 본 기법은 주변 노드 탐색, 경로 탐색, 경로 관리의 3단계로 경로 설정을 수행하고 주변 노드 탐색 과정에서 노드들의 유동 라우팅 테이블 정보를 수집하였다. 또한 경로 관리 과정에서 존 마스터가 수집한 유동 라우팅 테이블의 정보를 이용하여 링크 안정성 값을 산출하였다. 그리고 계산된 링크 안정성 값을 모니터링 하여 임계 값 이하로 되면 링크 단절로 예측하고 해당 송수신 노드에게 경로 재설정을 수행하였다[3, 4].

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 존 마스터 기반의 네트워크와 관련된 기술에 대하여 기술하고, 3장에서는 존 마스터 기반의 라우팅 설정 과정과 안정성 기법을 제안한다. 4장에서는 제안한 기법에 대한 모의실험과 성능비교를 수행하고, 5장에서는 결론과 향후 연구를 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 무선 네트워크 라우팅 프로토콜

무선 네트워크 라우팅 프로토콜은 망의 특성과 요구 사항에 따라 다음과 같이 세 가지 특징을 가진다. 다음 Fig. 1은 무선 네트워크 라우팅 프로토콜 분류를 나타낸다[5].

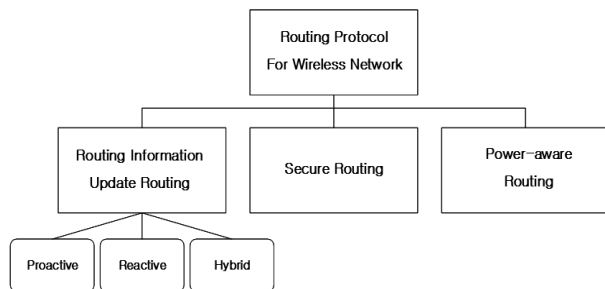


Fig. 1. Wireless Network Routing Protocol Classification

무선 네트워크는 토폴로지의 빈번한 변화로 경로 정보의 관리가 복잡하기 때문에 라우팅 제어 메시지 갱신 방법에 따라서 Proactive, Reactive, Hybrid 방식의 세 가지로 구분된다. Proactive 방식은 주기적으로 Hello 메시지를 주고받거나 토폴로지 변화가 발생할 때마다 라우팅 테이블을 갱신하여 패킷 발생 시 지연 없이 최적의 경로를 통해서 라우팅 하는 방식이다. Proactive 방식의 대표적인 것은 OLSR (Optimized Link State Routing) 프로토콜이 있다. Reactive 방식은 트래픽이 발생하는 시점에서 라우팅 제어 메시지를 주고받아 테이블을 생성하여 라우팅 제어 메시지에 대한 부하를 줄일 수 있다. Reactive 방식은 DYMO (Dynamic MANET On-demand) 프로토콜이 있다. Hybrid 방식은 Proactive와 Reactive 방식을 혼합하여 사용하는 방식으로 대표적인 프로토콜로 ZRP(Zone Routing Protocol) 프로토콜이 있다.

2.2 존 마스터 기반의 무선 네트워크

이동 노드가 무선 네트워크 환경으로 이동할 경우 다양한 라우팅 프로토콜이 설치되어 있지 않은 노드는 지속적인 통신을 진행 할 수가 없으므로 네트워크 상황에 따라 통신할 수 있도록 네트워크 설정을 바꾸어 주어야 한다[6].

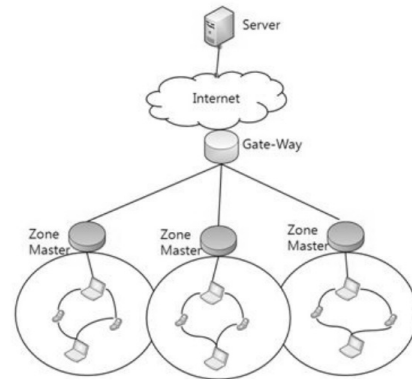


Fig. 2. Zone Master-based Wireless Network Structure

Fig. 2는 존 마스터 기반의 무선 네트워크 구조를 나타낸다. 존 마스터 기반의 무선 네트워크는 이와 같은 문제점이 나타날 경우 이동 노드의 라우팅 테이블 정보를 활용하여 사용자에게 최적의 네트워크 서비스를 제공하기 위하여 연구되고 있는 기술로서 존 마스터를 중심으로 구성되는 존 기반의 무선 네트워크이다. 존 마스터 기반의 네트워크는 중앙 제어 노드로 존 마스터와 이에 연결된 이동 노드들로 구성되었고 존 마스터에 의해 관리되는 서비스 지역을 존이라고 한다. 존 마스터는 존을 구성하기 위해 전력 공급이 충분히 보장되어야 하며, 라우팅 테이블의 관리 및 업데이트를 위해 높은 데이터 처리 능력을 보장 받아야 한다[7].

3. 존 마스터 기반의 링크 안정성 기법

본 연구에서는 존 마스터 기반의 링크 안정성 기법을 라우팅 설정 과정을 3단계로 설계하고 경로 관리 과정에서 링크 안정성 기법을 적용하여 설계하였다.

3.1 존 마스터 기반의 라우팅 설정 기법

존 마스터 기반의 라우팅 설정 과정은 주변 노드 탐색, 경로 탐색과 경로 관리의 3단계로 설계하였다.

1) 주변 노드 탐색 과정

주변 노드 탐색 과정은 임의의 노드들에 대해 해당 노드와 존 마스터까지의 홉 수를 측정함으로써 수행된다. 이는 라우팅 테이블 정보를 통해 네트워크를 구성하는 이동 노드와 존 마스터 사이의 거리를 측정하는 과정이다[8].

존 마스터 기반의 라우팅 프로토콜에서 홉 수는 이동 노드와 존 마스터 사이의 거리를 측정하는 기준점으로 사용된다. 먼저 네트워크 구성을 위해 존 마스터는 자신의 홉 수 정보를 0으로 설정하고, 각 이동 노드들의 홉 수를 알기 위해 주

기적으로 HOP_Request 메시지를 주변 노드들에게 브로드캐스트 방식으로 전송한다. 이 메시지를 받은 이동 노드는 자신의 홉 수를 1로 설정하고 Hop_Reply 메시지를 존 마스터에게 전송한다. 홉 수가 1로 설정된 이동 노드들은 주변의 이동 노드의 홉 수 설정을 위해 다시 Hop_Request 메시지를 전송하고 홉 수가 정해지지 않은 이동 노드는 이 메시지를 받고 자신의 홉 수를 2로 설정한다. 이러한 과정은 계속 반복 수행 되어 존 내부의 모든 이동 노드에 홉 수가 설정 될 때까지 반복한다. Fig. 3은 이러한 주변 노드탐색 과정을 나타내고 있다.

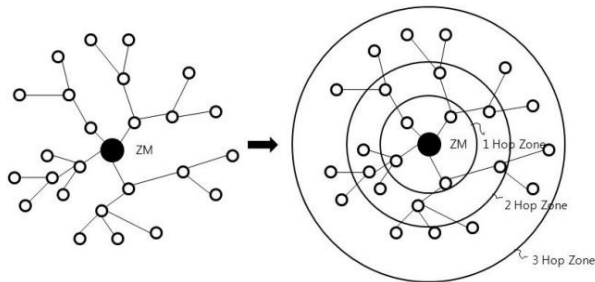


Fig. 3. Peripheral Node Search Process

존 마스터는 노드 탐색 과정을 통하여 존 내부의 모든 이동 노드들의 라우팅 테이블을 Table 1과 같이 유지하고 관리한다. 라우팅 테이블에는 각 노드의 지리적 위치(Geographical location), 이동 속도(Moving Speed)와 방향(Moving Direction), 링크 안정성 값(LS value) 등과 같은 정보들이 있다. 라우팅 테이블의 정보는존 마스터가 최적화된 경로 설정을 수행하기 위한 중요한 요소이기 때문에 주기적으로 이루어지며, 이동 노드의 변화가 발생할 때에도 수행된다.

Table 1. Routing Table Information

Neighbor routing table of node N			
Node ID			
Hop			
Geographical Location			
Moving Speed			
Moving Direction			
Neighbor Node	Node ID	Hop	LS value
A	203.230.102.65	3	0.025
B	203.230.102.145	3	0.027
C	203.230.102.146	3	0.032
D	203.230.102.45	1	0.029

2) 경로 탐색 과정

본 연구에서 설계한 경로 탐색 과정은 Fig. 4와 같이 설계하였다.

경로 탐색 과정은 송신 노드로부터 수신 노드까지의 최적의 경로를 탐색하기 위해 수행된다. 이러한 최적의 경로 설정은 존 마스터를 통해 탐색되는데 먼저 송신 노드가 데이터를 전송하고자 할 때 라우팅 테이블 정보를 사용하여 존 마스터에게 경로 탐색 요청 메시지인 RREQ를 전송한다. RREQ 메시지를

받은 존 마스터는 해당 노드가 요청한 최적의 경로 설정을 위해 유동 라우팅 테이블에 따른 토폴로지를 유지해야 한다. 이는 주기적이며 토폴로지의 변화가 생겼다는 정보를 수신할 때마다 이루어진다. 따라서 경로 탐색 과정을 거쳐 송신 노드부터 수신 노드까지의 새로운 경로가 설정되면 존 마스터는 송신 노드에게 전송 경로가 담긴 RREP 메시지를 전송한다. RREP 메시지를 받은 송신 노드는 메시지내의 전송 경로를 통해 데이터를 전송하게 된다[9].

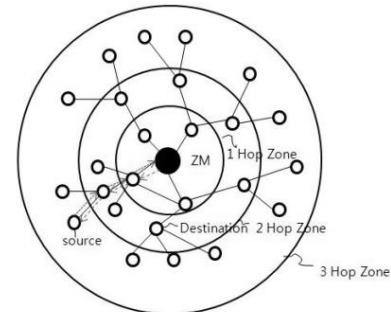


Fig. 4. Route Search Process

3) 경로 관리 과정

경로 관리 과정은 Fig. 5와 같이 설계하였다. 네트워크 토폴로지에서 존 마스터는 송신 노드 A에게 수신 노드 E까지의 최적의 경로(A-> B-> C-> D-> E)를 RREP 메시지를 통해 통보한다. 만약 데이터 전송 도중에 이동 노드들의 이동 속도와 방향을 예측하여 D노드의 링크가 끊어질 것을 미리 예측하게 된다면 존 마스터는 D노드의 링크가 끊어지기 전에 송신 노드 A에게 새로운 경로(A-> B-> C->F-> E)정보를 알려주어 데이터 전송이 끊임없이 계속될 수 있도록 한다.

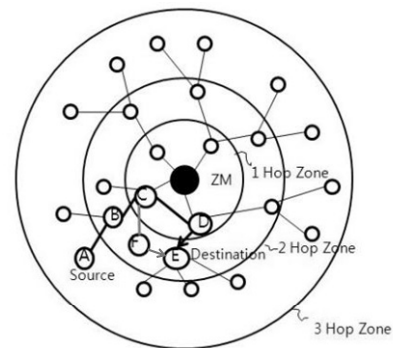


Fig. 5. Route Management Process

경로 관리 과정에서 링크의 단절을 예측하는 알고리즘을 사용하는데 이는 경로가 재설정 되는 시간을 줄이기 위해 사용된다. 존 마스터는 링크의 안정성을 위해 주변 노드 탐색 과정에서 링크의 안정성을 위한 LS 값을 모니터링 하게 된다 [10]. 만약 LS 값이 임계 값 이하로 떨어지게 되면 링크가 끊어질 것으로 예측한다. 그러면 해당 노드는 RERR 메시지를

전송하고 RERR 메시지를 받은 송신 노드는 현재의 전송 경로를 유지한 채 새로운 경로를 재탐색한다. 이후 경로 재탐색이 완료되면 송신 노드는 이전 경로를 해제하고 새로운 전송 경로를 통해 데이터를 전송한다. 따라서 데이터의 안정적인 전송이 지속적으로 유지된다.

3.2 존 마스터 기반의 링크 안정성 기법

링크 안정성 기법은 존 마스터 기반의 라우팅 경로 설정 과정 중 경로 관리 과정에 사용된다. 무선 네트워크에서 링크 안정성을 판단하기 위해 Hello 메시지와 같은 노드 사이에 주기적으로 주고받는 메시지를 통해 수신 신호 세기를 측정한다. 무선 네트워크 환경에서의 수신 신호 세기는 Equation (1)과 같이 계산한다.

$$Pr[t] = Ps[t] + Pn[t] \quad (1)$$

여기서 $Ps[t]$ 는 노드간 거리에 따른 신호 세기를 나타내고, $Pn[t]$ 는 무선 채널 환경에 따른 잡음 세기를 나타낸다. 또한 Equation (1)에서 사용된 수신 신호 세기 $Ps[t]$ 는 Equation (2)와 같이 계산한다.

$$Ps[t] = \frac{Vt \cdot Gt \cdot Ht^2 \cdot Gr \cdot Hr^2}{d^4 \cdot L} \quad (2)$$

Equation (2)에서 d 는 전송 거리를 나타내며 이는 균일한 분포를 가진 랜덤 변수이다. Table 2는 사용된 파라미터들을 나타낸다.

Table 2. Parameters Used for Received Signal Strength

Parameter	Definition
t	Transmitter
r	Receiver
V	Power
G	Antenna Gain
H	Antenna Height
d	Distance
L	Power Loss

각 노드는 수신 신호 세기 $Pr[t]$ 를 바탕으로 평균 수신 신호 세기 $Vr_{avg}[t]$ 와 평균 수신 신호 세기의 편차 $Vr_{dev}[t]$ 를 활용하여 하나의 정량화된 링크 안정성 값 $LS[t]$ 를 산출한다. 존 마스터는 유동 라우팅 테이블의 LS 필드 값을 모니터링 하고 $LS[t]$ 값이 임계 값 이하로 떨어지게 되면 링크가 단절 될 것으로 예측한다. 링크 안정성 값 $LS[t]$ 는 시간의 변화에 따라 Equation (3)과 같이 표시할 수 있다.

$$LS[t] = Vr_{avg}[t] - \alpha \times Vr_{dev}[t] \quad (3)$$

여기서 $Vr_{avg}[t]$ 는 평균 수신 신호 세기를 의미하고 $Vr_{dev}[t]$ 는 평균 수신 신호세의 편차(deviation)를 나타낸다. Equation (3)에서 정의된 평균 수신 신호 세기 $Vr_{avg}[t]$ 는 주기적으로 전송

되는 메시지의 수신 신호 세기 $Pr[t]$ 를 사용하여 Equation (4)와 같이 가중치 평균 기법을 통해 표시된다.

$$\begin{cases} Vr_{avg}[t] = (1 - \beta) \times Vr_{avg}[t - 1] + \beta \times Pr[t] \\ 0 < \beta < 1 \end{cases} \quad (4)$$

그리고 평균 수신 신호의 편차는 Equation (5)와 같이 표시된다.

$$\begin{cases} Vr_{dev}[t] = (1 - \gamma) \times Vr_{dev}[t - 1] + \gamma \times Pr[t] - Vr_{avg}[t] \\ 0 < \gamma < 1 \end{cases} \quad (5)$$

4. 모의실험 및 성능해석

4.1 모의실험 환경

본 연구에서 제안하는 존 마스터 기반의 라우팅 설정과 링크 안정성의 성능을 평가하기 위하여 OPNET과 C 기반의 모의실험을 수행하였다.

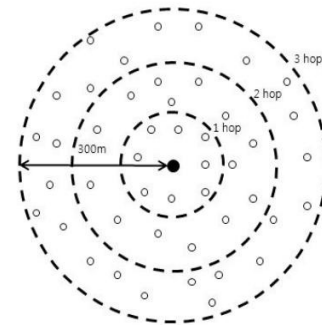


Fig. 6. Network Topology of Simulation Environment

존 마스터는 Fig. 6과 같이 네트워크 중심에 위치하고 있으며 네트워크 크기를 반경 300m의 영역으로 정하고 노드 수는 10개에서 70개까지 매번 10개씩 늘여가며 임의로 네트워크 안에 위치하도록 하였다. 그리고 홉 수는 최대 3홉 까지 설정하였다. 실험에서 사용된 관련 파라미터는 Table 3과 같다.

모의실험을 통한 비교는 OLSR 프로토콜과 본 연구에서 제안한 존 마스터 기반의 라우팅 설정 기법을 비교하였다. OLSR 프로토콜은 Proactive 기반의 라우팅 프로토콜로서 데이터 전송이 생성될 때에 경로 설정을 수행하는 기법이다. 이는 Link State Routing 기법에 MPR을 적용하여 경로 설정

Table 3. Simulation Parameters

Parameter	Set Value
Number of Nodes	10-70
Hop Count	1-3
Link Band width[Mbps]	1
Packet Size[Byte]	100
Mobility[Km/h]	0-25
Simulation Time[Sec]	100, 300
Network Size[m]	Radius 300

과정에서 MPR로 선정된 노드만이 제어 메시지를 재전송할 수 있게 하여 전체 네트워크에 브로드캐스팅 되는 연결 상태 확인 메시지를 최소화 하였다[11]. 이러한 Proactive 기반의 라우팅 프로토콜은 네트워크상의 모든 노드가 최신의 라우팅 정보를 가지고 있기 때문에 데이터 전송이 필요 한 경우 경로 설정과정에서 지연을 최소화하여 데이터를 전송할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 각 노드가 라우팅 정보 관리를 위해 지속적으로 제어 메시지를 전체 네트워크로 전달하기 때문에, 제어 메시지의 오버헤드가 크고 이에 따른 대역폭 사용이 증가 하게 된다[12]. 본 연구에서는 제안한 존 마스터 기반의 라우팅 설정 기법과 OLSR 프로토콜을 이동 노드 수와 노드의 이동 속도 변화에 따른 데이터 전송률과 트래픽 손실에 대하여 비교 해석하였다.

4.2 모의실험 성능해석

수신 신호 세기는 노드의 거리와 잡음 세기에 큰 영향을 받기 때문에 단순히 평균 수신 신호 세기를 통해 무선 링크의 안정성을 판단하는 것은 심각한 오차를 가져올 수 있다. 본 연구에서 노드 사이의 거리에 따른 영향을 분석하기 위해 잡음 세기와 다른 요소들은 고정 값을 사용하였으며 노드사이의 거리만 0-300m의 변수로 사용하여 시뮬레이션 시간은 100초로 하였다. 시뮬레이션 결과 노드가 임의의 방향으로 이동하게 되면 수신 신호 세기는 노드의 이동에 따라 변하는 것을 알 수 있었다. 또한 잡음 세기에 따른 수신 신호 세기를 분석하기 위하여 본 연구에서는 잡음 세기만을 변화 시키고 다른 요소들은 고정 값을 사용하는 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 SNR(Signal to Noise Ratio) 값이 작을수록 수신 신호 세기가 급격하게 변화되었다. 이는 링크 안정성 값을 수신 신호 세기만을 이용하여 계산할 경우 노드간의 거리와 잡음의 세기가 변화되는 무선 환경에서는 설정된 무선 링크가 빈번히 끊어져 라우팅 성능 저하를 초래할 수 있다. 이에 본 연구에서는 수신 신호 세기와 수신 신호 세기의 변화 추이를 고려한 수신 신호 세기 편차를 사용하여 링크 안정성 정보를 계산하고 이를 통해 안정적인 전송 경로를 선택한다.

Fig. 7은 이동 노드 수의 변화에 따른 데이터 처리량을 나타내고 있다. 존 마스터 기반의 라우팅 설정 기법을 사용할 경우 OLSR 라우팅 기법보다 230Kbps 높은 데이터 처리량을 보이고 있다. 이는 최적의 전송 경로 설정과 링크 단절 예측 알고리즘을 통해 경로 재설정 시간을 줄여 데이터를 보다 많이 처리할 수 있기 때문이다.

Fig. 8은 네트워크 토폴로지내의 이동 노드수를 증가 시켰을 경우 경로 설정 지연 시간을 나타내고 있다. 제안한 기법은 OLSR 라우팅 기법보다 경로 설정 지연 시간이 적게 소요되는 것을 알 수가 있다. 이는 존 마스터가 유동 라우팅 테이블의 LS 필드값을 모니터링 하고 LS[t] 값이 임계 값 이하로 떨어지게 되면 링크가 단절 될 것으로 예측하여 해당 노드에 새로운 경로를 설정해 주기 때문이다. 실험 결과 존 마스터 기반의 라우팅 설정 기법은 기존의 OLSR 라우팅 기법보다 경로 설정 시간에서 65ms의 성능 개선을 나타내었다.

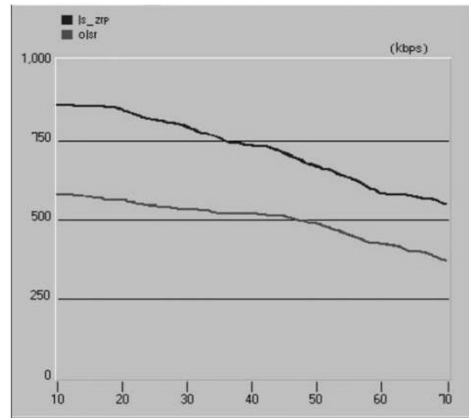


Fig. 7. Data Throughput as The Number of Nodes Changes

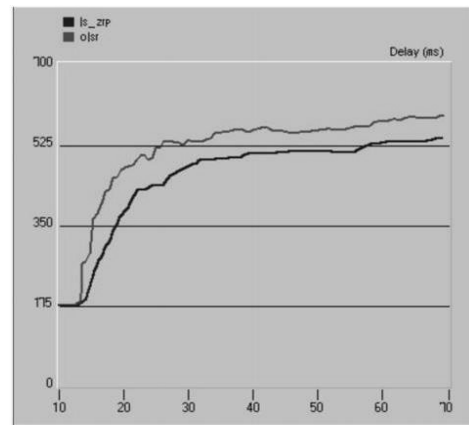


Fig. 8. Average Path Setting Time According to The Change of The Number of Nodes

Fig. 9는 노드의 이동 속도의 변화에 따른 데이터 처리량을 나타내고 있다. 저속 환경에서 두 가지 기법은 성능 차이를 크게 보이지 않았다. 하지만 노드의 이동 속도가 증가할수록 존 마스터 기반의 라우팅 설정 기법은 OLSR 라우팅 기법보다 145Kbps의 성능 개선을 나타내었다.

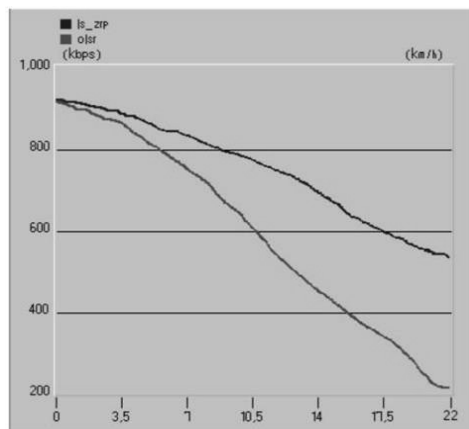


Fig. 9. Data Throughput According to The Speed Change of Mobile Node

5. 결 론

무선 네트워크에서 토폴로지의 빈번한 변화로 하여 경로 링크 단절, 경로 재설정, 제어 메시지 과부하 등과 같은 문제점들이 발생한다. 이러한 무선 네트워크 환경에서 데이터 전송 경로의 신뢰성과 안정성에 대한 요구가 증가하고 통신 서비스를 충족시키는 기법들이 요구되고 있다.

본 연구에서는 성능평가 요소로 제안하는 존 마스터 기반의 링크 안정성 기법과 기존의 OLSR 프로토콜을 비교하여 평가하였다. 존 마스터 기반의 라우팅 설정 기법에서 주변노드 탐색 과정, 경로 탐색 과정, 경로 관리 과정의 3단계로 라우팅 경로를 설계하였다. 그리고 경로 관리 과정에서 링크 안정성에 대한 기법을 제안하여 존 마스터가 존 내부 노드의 평균 수신 신호 세기 $V_{r_{avg}}[t]$ 와 평균 수신 신호 세기의 편차 $V_{r_{dev}}[t]$ 를 활용하여 하나의 정량화된 링크 안정성 값 $LS[t]$ 를 산출하였다. 따라서 존 마스터는 $LS[t]$ 값을 모니터링 하여 경로 관리 과정에서 전체 망을 보조하고 관리하며 링크 단절을 줄이고 경로 재설정 시간을 단축할 수 있음을 알 수 있었다. 모의실험 결과 이동 노드 수에 따른 데이터 처리량은 약 34%의 성능이 개선되었고, 평균 경로 설정 시간은 약 8%의 성능 향상을 나타내었다. 또한 이동 노드의 속도 변화에 따른 데이터 처리량은 약 23%의 성능이 개선되었다. 본 연구에서 사용하는 평균 수신 신호 편차를 계산하는 과정에서 잡음의 영향을 받은 수신 신호를 사용하게 되는데 향후 잡음에 대한 수신신호 추이를 정량화하는 기법에 대한 연구가 요구된다.

References

[1] K. Namhi, P. Ilkyun, and K. yonghan, "Ubiquitous zone networking technologies for multi-hop based wireless communications," IWSOS 2006, LNCS 4124, Sept. 2006.

[2] Jaeduck Choi, Hyosun Roh, Southwan Jung, and Younghan Kim, "Routing Configuration Scheme of Ad hoc Node Using Smart Packet in Heterogeneous Routing Domains," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.31, No.9B, pp.803-810, 2006.

[3] Qingyang Song, Zhaolong Ning, Shiqiang Wang, and Abbas Jamalipour, "Link stability estimation based on link connectivity changes in mobile ad-hoc networks," *Journal of Network and Computer Applications*, Vol.35, Issue 6, pp. 2051-2058, Nov. 2012.

[4] Seyoung Lim, Hun Kim, and Myungsik Yoo, "Routing Algorithm based on Link Stability for Ad Hoc Wireless Networks," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.31, No.7B, pp.652-659, 2006.

[5] C. Siva Ram Murthy and B. S. Manoj, "Ad-hoc Wireless Networks Architectures and Protocols," Prentice Hall PTR, New Jersey, 2004.

[6] Jungnam Kwak, Namhi Kang, and Younghan Kim, "Networking between Heterogeneous Ad-Hoc Routing Protocol Nodes," *Korea Information Science Society*, Vol.32,

No.2, pp.409-411, 2005.

[7] Shadi S. Basurra, Marina De Vos, Julian Padget, Yusheng Ji, and Simon Armour, "Energy efficient zone based routing protocol for MANETs," *Ad Hoc Networks*, Vol.25, Part A, pp.16-37, Feb. 2015.

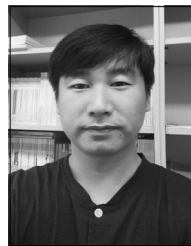
[8] Preetha Thulasiraman, and Kevin A. White, "Topology control of tactical wireless sensor networks using energy efficient zone routing," *Digital Communications and Networks*, Vol.2, Issue 1, pp.1-14, Feb. 2016.

[9] Ali Moussaoui, Fouzi Semchedine, and Abdallah Boukerram, "A link-state QoS routing protocol based on link stability for Mobile Ad hoc Networks," *Journal of Network and Computer Applications*, Vol.39, pp.117-125, Mar. 2014.

[10] Gaurav Singal, Vijay Laxmi, M. S. Gaur, Swati Todi, and Riti Kushwaha, "Multi-constraints link stable multicast routing protocol in MANETs," *Ad Hoc Networks*, Vol.63, pp.115-128, Aug. 2017.

[11] Huda AlAamri, Mehran Abolhasan, Daniel Franklin, and Justin Lipman, "Optimised relay selection for route discovery in reactive routing," *Ad Hoc Networks*, Vol.11, Issue 1, pp.70-88, 2013.

[12] Gao Yu, Zeng Huashen, and Zhang Hong, "Improvement of multipath routing algorithm based on OLSR and source routing," *Journal of Southwest Jiaotong University*, Vol.45, No.3, pp.424-429, 2010.



문 정 수

<https://orcid.org/0000-0002-6810-8486>

e-mail : zzwen@ybu.edu.cn

2007년 중국 연변대학교 전자공학과
(공학사)

2010년 한밭대학교 컴퓨터공학과(공학석사)

2018년 한밭대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

2019년~현 재 중국 연변대학교 전자공학과 강사

관심분야 : 데이터통신, 통신서비스, 컴퓨터네트워크, IoT



김 정 호

<https://orcid.org/0000-0002-9050-7013>

e-mail : jhkim@hanbat.ac.kr

1980년 경북대학교 전자공학과(공학사)

1983년 경북대학교 전자공학과(공학석사)

1994년 단국대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

1983년~1996년 한국전자통신연구소
책임연구원 실장

1989년 정보처리기술사

1990년 공업계측제어기술사

1991년 정보통신기술사

1996년~현 재 한밭대학교 정보통신·컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 네트워크와 데이터통신, 정보보호, 통신서비스