

에드 혹은 무선 네트워크에서의 링크 안정성 기반 라우팅 알고리즘

준회원 임세영*, 김훈*, 종신회원 유명식*

Routing Algorithm based on Link Stability for Ad Hoc Wireless Networks

Seyoung Lim*, Hun Kim* Associate Members, Myungsik Yoo* Lifelong Members

요약

에드 혹은 네트워크에서 라우팅 알고리즘은 매우 중요한 연구 분야중의 하나이다. 기존의 라우팅 알고리즘은 현재의 네트워크 토폴로지 상황만을 고려하여 라우팅 경로를 설정하기 때문에 안정적인 라우팅 경로를 설정하는데 많은 어려움이 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 수신 신호 세기를 이용하여 라우팅을 수행하는 알고리즘들이 제안되었지만, 이들은 평균 수신 신호 세기만을 고려하였기 때문에 라우팅 프로토콜의 성능 향상에는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 평균 수신 신호 세기와 수신 신호 세기의 변화를 고려한 링크 안정성 기반의 라우팅 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 다양한 환경에서의 모의실험을 수행하였으며, 그 결과 기존의 알고리즘보다 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

Key Words : Ad-hoc Network, Routing Algorithm, Link Stability, Received Signal Power

ABSTRACT

The routing algorithm is one of the key research areas in ad hoc networks. The most of existing routing algorithms depends on current availability of wireless link when finding the feasible path. Dependence on current information may mislead to a fragile communication path. Some routing approaches that take statistical average on received signal power enhance the possibility to find the most stable path, but have limitation on considering only the average power level. In this paper, we propose routing algorithm based on link stability for ad hoc network. The proposed algorithm not only takes statistical average, but also traces the degree of variations in received signal power. The simulation results support that the proposed algorithm is more likely to find the most stable path under the severe communication environment.

I. 서론

에드 혹은 네트워크는 기존의 유선이나 셀룰러 네트워크와는 달리 네트워크를 관리, 유지하는 기반시설 없이 이동 노드들간에 자율적으로 구성되는 네

트워크로서 자율성과 융통성이 매우 높은 구조를 가지고 있다. 이러한 구조적 특징을 가지는 에드 혹은 네트워크는 재해, 재난 지역이나 전쟁터와 같이 기존의 네트워크 기반 시설을 사용할 수 없는 환경에서 사용할 수 있으며, 네트워크의 자율적인 구성과

※ 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스 컴퓨팅 및 네트워크 원천기반기술 개발사업의 지원에 의한 것임.

※ 2006년도 JCCI 우수논문으로 선정되었습니다.

* 송실대학교 정보통신전자공학부 ({site30, beoned, myoo}@ssu.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-05-251, 접수일자 : 2006년 5월 19일, 최종게재논문통보일자 : 2006년 7월 19일

노드의 이동성을 지원하여 미래의 유비쿼터스 환경에서 사용할 수 있는 기술이다. 하지만, 에드 혹은 네트워크는 노드의 잦은 이동과 무선 채널의 높은 전송 오류로 인해 안정적인 데이터 통신이 지속적으로 이루어지기 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 에드 혹은 네트워크에서 보다 안정적인 데이터 통신을 위한 라우팅 알고리즘 연구가 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 에드 혹은 네트워크를 위한 라우팅 알고리즘은 IETF의 MANET 워킹 그룹을 중심으로 표준화가 진행되고 있으며, 노드간 라우팅 정보를 교환하는 방식에 따라 요구 기반 방식과 테이블 방식으로 구분된다^[1].

기존에 제안되었던 AODV^[2], DYMO^[3], OLSR^[4], DSDV^[5] 등과 같은 라우팅 알고리즘은 노드들이 교환하는 라우팅 메시지에 의해 라우팅 테이블을 관리하고, 이를 통해 라우팅 경로를 설정한다. 이러한 라우팅 경로 설정 방식은 노드의 이동성이나, 무선 링크의 상태 등을 고려하지 않고 단지 메시지의 전송 여부를 통해 라우팅 경로를 설정하기 때문에 네트워크 토폴로지의 급격한 변화에 대응하지 못한다. 이는 라우팅 경로의 안정성을 저하시켜 네트워크 전체의 성능을 저하시키는 주요 요인이 된다. 이러한 기존 라우팅 알고리즘의 문제점을 해결하기 위해서 ABR^[6], SSA^[7], FORP^[8], RABR^[9]과 같이 수신 신호 세기 측정을 통한 안정된 경로를 찾는 라우팅 알고리즘들이 제안되었다. 먼저 ABR 라우팅 알고리즘은 인접노드로부터 수신되는 메시지의 수를 기반으로 링크의 안정성을 판단하는 알고리즘이며, SSA 라우팅 알고리즘은 노드들이 교환하는 메시지의 평균 수신 신호 세기를 활용해 링크의 안정성을 판단하는 알고리즘이다. ABR과 SSA 라우팅 알고리즘은 평균 수신 신호 세기의 레벨에 따라 링크의 상태를 판단하는 대표적인 라우팅 알고리즘이다. 또한, FORP 라우팅 알고리즘은 ABR이나 SSA와 달리 노드의 현재 위치, 이동 방향, 전송 거리등을 바탕으로 링크의 유지 시간을 예측하는 알고리즘으로, GPS 정보를 필요로 한다는 제한 조건을 가지고 있다. RABR 라우팅 알고리즘은 수신 신호 세기를 통해 노드간 거리를 판단하여 링크의 유지 시간을 예측하는 알고리즘이다.

앞서 설명한 라우팅 알고리즘들은 노드의 이동이나, 무선 채널 상태에 따른 수신 신호 세기의 변화를 고려하지 않고 라우팅 경로를 설정하기 때문에 미래의 불안정한 링크를 라우팅 경로로 설정할 확률이 높다. 예를 들어, 무선 링크가 평균적으로 높

은 수신 신호 세기를 가지고 있지만 수신 신호 세기의 변화폭이 크다면 쉽게 끊어질 수 있는 불안정한 링크인 것이다. 즉, 단순히 수신 신호 세기의 평균을 사용하여 링크의 안정성을 판단한다면 미래의 링크 상태 변화를 예측하지 못해 불안정한 링크를 라우팅 경로로 설정할 수 있는 것이다. 따라서 수신 신호 세기의 변화를 고려하는 것은 안정된 라우팅 경로를 설정하는데 있어 매우 중요한 요소이다.

본 논문에서는 기존의 라우팅 알고리즘들이 간과했던 수신 신호 세기의 변화를 고려한 링크 안정성 기반의 새로운 라우팅 알고리즘을 제안한다. 제안하는 라우팅 알고리즘은 수신 신호 세기의 평균과 변화폭을 고려하여 링크의 안정성을 판단하며, 이를 통해 설정된 라우팅 경로의 끊김을 예측한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 무선 환경에서의 수신 신호 세기 모델을 설명하며, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 링크 안정성 기반의 라우팅 알고리즘의 주요 구성과 역할에 대해서 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능을 분석하기 위한 모의실험 환경과 이를 통해 도출된 결과를 분석하며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 무선 환경에서 수신 신호 세기 모델

일반적으로 무선 네트워크 환경에서는 링크의 안정성을 판단하기 위해 Hello 메시지와 같은 노드 사이에 주기적으로 주고받는 메시지를 통해 수신 신호 세기를 측정한다. 이러한 무선 네트워크 환경에서의 수신 신호 세기는 수식 1과 같이 계산된다.

$$Pr = Ps + Pn \quad (1)$$

이때, Ps 는 노드간 거리에 따른 신호 세기를 나타내며, Pn 은 무선 채널 환경에 따른 잡음 세기를 나타낸다.

한편, 수식 1에서 사용된 신호 세기 Ps 는 수식 2와 같이 계산되며, 표 1은 수식 1과 2에서 사용된 파라미터들을 정의하고 있다.

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

앞서 살펴본 신호 세기 Ps 의 계산 과정 중, d 는 전송 거리를 나타내며 균일한 분포를 가진 랜덤 변

표 1. 수신 신호 세기의 수식 파라미터

Parameter	Definition
t	Transmitter
r	Receiver
P	Power
G	Antenna Gain
H	Antenna Height
d	Distance
L	Power Loss
\bar{P}_s	Average of P_s
a_n	\bar{P}_s / SNR

수이다. 수식 2를 통해 유추할 수 있듯이 노드간 거리는 신호 세기에 가장 직접적인 영향을 끼친다.

수식 1에서 잡음 세기를 나타내는 P_n 은 White Gaussian Noise 모델을 따르며, 수식 3과 같이 계산된다.

$$f_N(n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_n^2}} e^{-\frac{(n-a_n)^2}{2\sigma_n^2}} \quad (3)$$

수식 2를 이용하여 노드 사이의 거리 변화와 수신 신호 세기와의 관계를 분석한 결과, 그림 1과 같은 수신 신호 세기 변화 추이를 얻을 수 있었다. 이때, 노드 사이의 거리에 따른 영향을 분석하기 위해 잡음 세기를 비롯한 다른 요소들은 고정하였으며, 노드 사이의 거리만을 변화하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 수신 신호 세기는 임의로 변경되는 노드 사이의 거리에 매우 큰 영향을 받음을 확인할 수 있었다. 즉, 노드가 임의의 방향으로 이동하게 되면 수신 신호 세기는 노드의 이동에 따라 변화된다는 것을 알 수 있다.

그림 2는 잡음 세기가 수신 신호 세기에 미치는 영향을 분석하기 위해 신호 세기를 비롯한 다른 요소들을 고정시키고, 잡음 세기만을 변화시켜 수신 신호 세기에 대한 변화 추이를 살펴본 결과이다. 그림에서와 같이 잡음 세기를 나타내는 SNR(Signal to Noise Ratio)이 낮아수록 수신 신호 세기가 급격하게 변화함을 알 수 있다. 즉, 무선 네트워크를 기반으로 하는 애드 혹 무선 네트워크에서도 노드의 이동성과 잡음 세기가 무선 링크의 안정성에 매우 중요한 요소로 고려되어야 한다는 것을 알 수 있다. 따라서 라우팅 알고리즘을 설계할 때, 무선 링크의 안정성에 직접적인 영향을 끼치는 수신 신호 세기를 반드시 고려해야 하며, 이를 간과할 경우 설정된 무선 링크가 빈번히 끊어져 심각한 라우팅 성능 저하를 초래할 수 있다.

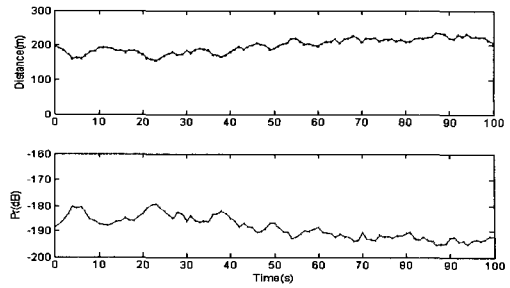


그림 1. 노드간 거리 변화에 따른 수신 신호 세기 변화 추이

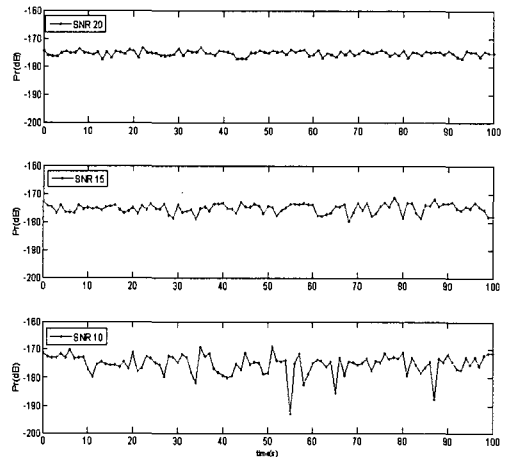


그림 2. 잡음 세기(SNR)에 따른 수신 신호 세기 변화 추이

Ⅲ. 링크 안정성 기반 라우팅 알고리즘 (Routing algorithm based on Link Stability)

2장에서 설명하였듯이, 수신 신호 세기는 노드의 이동성을 반영한 노드간 거리와 무선 채널 환경을 반영한 잡음 세기에 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 이를 바탕으로, 링크 안정성 기반의 라우팅 알고리즘은 수신 신호 세기의 특징을 반영하여 링크 상태를 판단하고 경로 탐색과 유지 과정에 사용함으로써 노드의 이동성과 채널 환경을 고려한 라우팅을 수행할 수 있다.

3.1 링크 안정성 라우팅 프로토콜

본 논문에서 제안하는 링크 안정성 기반의 라우팅 알고리즘은 안정적인 통신 경로를 설정하기 위해 다음과 같이 링크 안정성 정량화 과정, 경로 탐색 과정과 경로 유지 과정의 3개의 과정으로 이루어진다.

3.1.1 링크 안정성 정량화 과정

링크 안정성 정량화 과정의 목적은 수신 신호 세기를 통해 링크 안정성 정도를 수치화하는데 있다. 이러한 링크 안정성 정량화 과정에서 각 이동 노드는 주변 노드와의 주기적인 메시지 교환을 통해 수신 신호 세기를 측정한다. 측정된 수신 신호 세기를 통해 해당 무선 링크의 안정성을 나타내는 LS (Link Stability)를 계산한다. 이러한 LS 정보는 안정적인 경로 탐색을 위해 사용되며, LS의 수치화 과정은 3.2에서 자세히 설명한다.

3.1.2 경로 탐색 과정

경로 탐색 과정의 목적은 송신 노드에서 수신 노드까지의 가장 안정된 경로를 찾는 데 있다. 이러한 경로 탐색 과정을 수행하기 위해 송신 노드는 자신의 주변에 존재하는 모든 노드들에게 수신 노드의 정보가 담긴 RREQ(Route Request) 메시지를 브로드캐스트 방식으로 전송한다. 이때 RREQ 메시지는 링크 안정성을 판단하는 LS 필드를 포함하고 있어 수신 노드까지의 링크 안정성 정보를 기록하게 된다. RREQ 메시지를 받은 중간 노드들은 자신이 가지고 있는 LS 값이 전송 받은 RREQ 메시지내의 LS 값보다 작다면 RREQ 메시지의 LS 값으로 갱신하고, 크거나 같다면 갱신하지 않는다.

이러한 과정을 통해 수신 노드는 다수의 경로로부터 전송 받은 LS 값을 비교하고, 그 중 가장 높은 LS 값을 가진 경로를 선택한다. 이렇게 설정된 전송 경로 정보는 RREP(Route Reply) 메시지 내에 포함되고, 설정된 경로를 통해 송신 노드에게 전송된다. 이후 RREP 메시지를 받은 송신 노드는 해당 경로를 통해 데이터를 전송하게 된다.

3.1.3 경로 유지 과정

경로 유지 과정의 목적은 전송 중인 경로가 지속적으로 유지될 수 있도록 보장하는데 있다. 이를 위해 링크의 끊어짐을 예측하는 알고리즘과 끊어진 링크를 재설정하는 알고리즘을 수행한다.

링크의 끊어짐을 예측하는 알고리즘은 링크의 끊어짐을 예측하여 경로가 재설정 되는 시간을 줄이기 위해 사용된다. 이를 위해, 앞서 언급한 링크 안정성 정량화 과정에서 LS값을 모니터링 하게 되고, LS값이 임계치 이하로 떨어지게 되면 링크가 끊어질 것으로 예측한다. 링크의 끊어짐이 예측되면, 해당 노드는 송신 노드로 RERR(Route Error) 메시지를 전송한다. 만약 송신 노드가 RERR 메시지를 수

신 받게 되면 현재의 전송 경로를 유지한 채 새로운 전송 경로를 재탐색한다. 이후 경로의 재탐색이 완료되면 송신 노드는 이전 경로를 해제하고 새로운 전송 경로를 통해 데이터를 전송한다. 따라서 보다 안정적인 데이터 전송이 지속적으로 유지된다.

3.2 LS(Link Stability)

LS 정보는 링크 안정성 기반의 라우팅 알고리즘에서 라우팅 경로를 설정하는데 가장 중요한 요소이다. LS 정보는 경로 탐색 및 경로 유지 과정에 사용되는데, 각 노드는 수신 신호 세기를 바탕으로 평균 수신 신호 세기와 평균 수신 신호 세기의 편차를 활용하여 하나의 정량화된 LS 값을 산출한다.

이러한 LS 값은 시간의 변화에 따라 수식 4와 같이 계산되는데, 이때 Pr_{avg} 는 평균 수신 신호 세기를 의미하고, Pr_{dev} 는 평균 수신 신호 세기의 편차를 나타낸다. 또한 α 는 Pr_{dev} 에 대한 반영 정도를 결정하는 요소이다.

$$LS[t] = Pr_{avg}[t] - \alpha \times Pr_{dev}[t] \quad (4)$$

수식 4에서 정의된 평균 수신 신호 세기 Pr_{avg} 는 주기적으로 전송되는 메시지의 수신 신호 세기 $Pr[t]$ 를 사용하여 수식 5와 같이 가중치 평균 방식을 통해 산출된다.

$$Pr_{avg}[t] = (1 - \beta) \times Pr_{avg}[t-1] + \beta \times Pr[t] \quad (5)$$

또한, 평균 수신 신호 세기의 편차를 나타내는 Pr_{dev} 는 수식 6과 같이 계산된다. 이때 β 와 γ 는 0과 1 사이에 존재하는 값이다.

$$Pr_{dev}[t] = (1 - \gamma) \times Pr_{dev}[t-1] + \gamma \times |Pr[t] - Pr_{avg}[t]| \quad (6)$$

3.3 LS 정보에 대한 α 값의 영향

일반적으로 무선 링크의 평균 수신 신호 세기가 크다면 쉽게 끊어지지 않는 강인한 링크로 판단할 수 있다. 하지만 앞서 설명했듯이 수신 신호 세기는 노드의 이동과 잡음 세기에 큰 영향을 받기 때문에 단순히 평균 수신 신호 세기를 통해 무선 링크의 안정성을 판단하는 것은 올바른 링크 판단의 기준이 아니다. 예를 들어, 전송 경로를 설정하는 시점에서 순간적으로 증폭된 수신 신호 세기를 가진 링크를 안정된 링크로 판단하여 데이터를 전송할 경우 높은 수신 신호 세기를 가졌음에도 수신 신호 세기의 급격한 변화로 인해 해당 링크가 끊어질 확

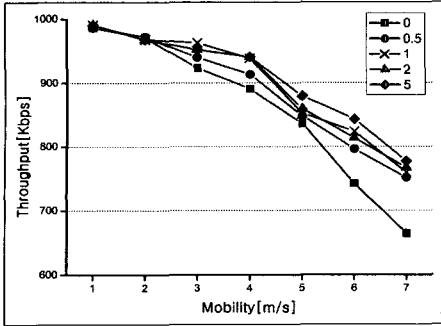


그림 3. α 값의 변화에 따른 데이터 전송률

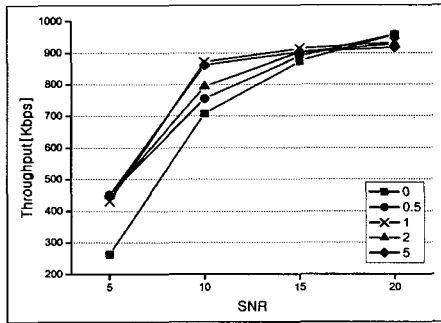


그림 4. α 값의 변화에 따른 패킷 손실률

률이 매우 높다. 이러한 방법은 기존의 라우팅 알고리즘에 사용된 수신 신호 세기를 통한 라우팅 경로 설정의 한계점으로 판단된다. 하지만 본 논문에서는 수신 신호 세기와 수신 신호 세기의 변화 추이를 고려한 수신 신호 세기 편차를 고려하여 LS 정보를 계산하고, 이를 통해 안정적인 전송 경로를 선택한다. 이러한 안정적인 전송 경로를 위해 수신 신호 세기 편차를 LS 정보에 반영하는 중요 모수인 α 값에 대한 성능 평가가 요구된다.

그림 3과 4는 본 논문에서 제안하는 링크 안정성 기반의 라우팅 프로토콜에 사용되는 α 값에 대한 성능을 분석한 것이다. 먼저 그림 3은 이동 노드의 이동 속도 변화에 따른 α 값의 설정과 그에 따른 전송률을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 노드의 이동 속도가 증가할 경우 높은 α 값을 사용하는 것이 보다 많은 데이터를 전송할 수 있다. 그림 4는 SNR 값의 변화에 따른 α 값의 설정과 그에 따른 전송률을 분석한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 SNR 값이 작을수록 높은 α 값이 더 좋은 성능을 보였으며, SNR 높아지면 α 값의 성능 차이가 크지 않은 것을 볼 수 있다. 이러한 α 값에 대한 성능 분석 결과, 고정된 α 값을 사용하는 것이 아니라 무선

채널 환경에 따라 유동적으로 변화되는 α 값을 적용하는 것이 라우팅 프로토콜의 성능을 향상시키는데 도움이 되는 것으로 판단된다.

IV. 모의실험

4.1 모의실험 환경

본 논문에서 제안하는 링크 안정성 기반의 라우팅 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 C++ 기반의 모의실험을 수행하였다. 또한 보다 다양한 상황에서의 성능을 평가하기 위해 그림 5와 같은 4가지의 무선 네트워크 환경을 구성하였다. 먼저 A와 같은 무선 네트워크 환경은 모든 무선 채널들이 고정된 SNR 값을 가지고 있는 반면 B, C, D와 같은 무선 네트워크 환경은 불규칙적인 SNR 값을 갖는다. 환경 B는 모든 지역에 따라 불규칙적인 SNR 값을 가지도록 구성하였으며, 환경 C와 D는 특정 지역과 연관된 SNR 값을 가지도록 구성하였다. 특히 환경 C는 특정 지역을 중심으로 높은 SNR 값이 분포되도록 구성하였으며, 환경 D는 특정 지역을 중심으로 낮은 SNR 값이 분포되도록 구성하였다. 또한,

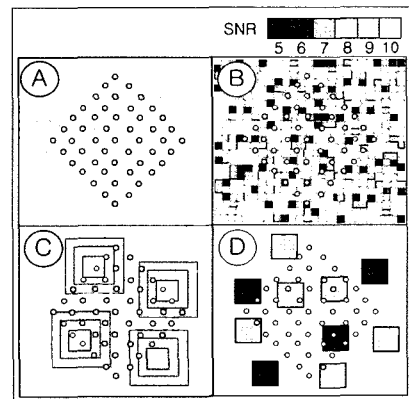


그림 5. 다양한 모의실험을 위한 네트워크 환경

표 2. 시뮬레이션 환경 파라미터

Parameter	Definition
Network Size [Km] (height, width)	(3, 3)
SNR Zone Size [m] (height, width)	(100,100)
Node Mobility [m/s]	0 - 7
Node Direction [degree]	0 - 360
SNR Range [dB]	10 -20
Number of Nodes	50
Link Bandwidth [Mbps]	1
Threshold of Pr for AODV-SS [dB]	-184.5(=170m)
Threshold of Pr for Prediction of Link Breakage [dB]	-197.83(=250m)

무선 네트워크 환경을 구성하기 위해 표 2와 같은 모의실험 관련 파라미터를 사용하였다.

본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능을 분석하기 위해 AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector) 프로토콜에 SSA 라우팅 알고리즘을 적용한 AODV-SS와 링크 안정성 기반의 라우팅 알고리즘을 적용한 AODV-LS를 비교하였다. 이러한 환경을 기반으로 잡음 세기(SNR) 변화에 따른 무선 링크 상태와 노드의 이동 속도 변화를 토대로 각 라우팅 프로토콜별 데이터 전송률과 패킷 손실률을 비교 분석하였다.

4.2 모의실험 결과 및 분석

그림 6과 7은 링크 안정성 기반의 라우팅 알고리즘을 그림 5에서 제시한 다양한 시뮬레이션 환경에 적용하여 노드의 이동성에 따른 각 네트워크 환경별 데이터 전송률과 패킷 손실률을 나타내고 있다.

먼저 그림 6의 경우 SNR이 고정되어 있어, 무선 채널의 변화가 전혀 없는 환경 A의 링크 안정성 기반의 라우팅 알고리즘의 성능이 높은 성능 향상을 보이지 않지만, 매우 불안정한 네트워크 환경을 가진 환경 B, C, D 에서는 높은 성능 향상을 기대할

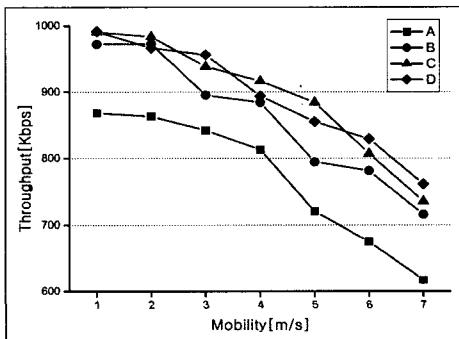


그림 6. 다양한 환경 변화에 따른 데이터 전송률

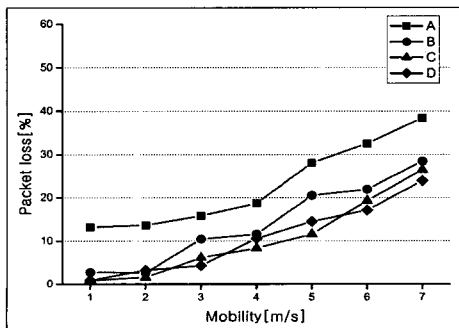


그림 7. 다양한 채널 환경 변화에 따른 패킷 손실률

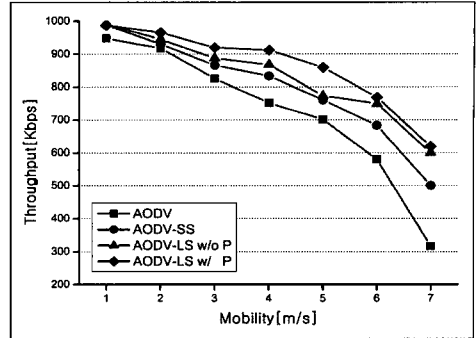


그림 8. 노드의 이동 속도 변화에 따른 데이터 전송률

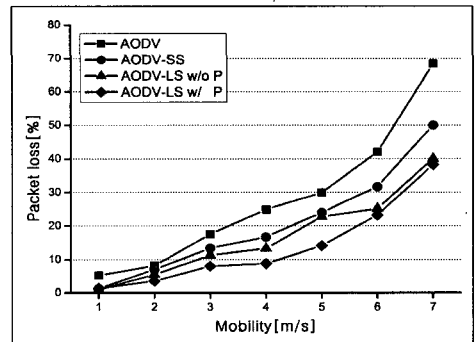


그림 9. 노드의 이동 속도 변화에 따른 패킷 손실률

수 있다. 또한 그림 7에서도 볼 수 있듯이 패킷 손실률에 대한 성능 또한 같은 맥락으로 설명될 수 있다.

그림 8과 9는 동일한 채널 환경에서 노드의 이동 속도 변화에 따른 각 라우팅 알고리즘별 데이터 전송률과 패킷 손실률을 분석한 것이다. 그림 8에서 볼 수 있듯이 AODV-LS 라우팅 알고리즘은 다른 라우팅 알고리즘에 비해 노드의 이동 속도가 증가 하여도 타 라우팅 알고리즘에 비해 안정된 데이터 전송률을 보였다. 또한 링크 끊김 예측 알고리즘을 사용하였을 경우 (AODV-LS w/ P), 링크 끊김 예측 알고리즘을 사용하지 않았을 경우 (AODV-LS w/o P) 보다 향상된 성능을 확인할 수 있었다. 그림 9는 그림 8과 같은 환경에서 각 방식별 패킷 손실률을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 AODV-LS 라우팅 알고리즘이 AODV, AODV-SS 라우팅 알고리즘에 비해 전체적으로 낮은 패킷 손실률을 나타내고 있다.

그림 10과 11은 각 노드의 이동 속도를 고정된 상태에서 SNR의 변화에 따른 각 라우팅 알고리즘별 데이터 전송률과 패킷 손실률을 나타낸 것이다.

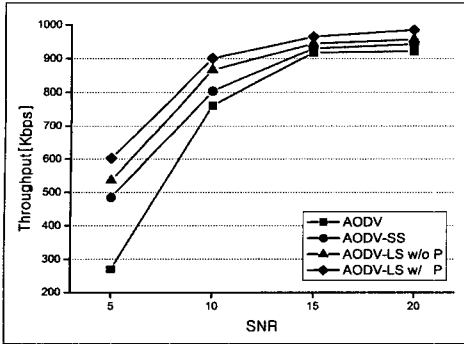


그림 10. 채널 환경 변화에 따른 데이터 전송률

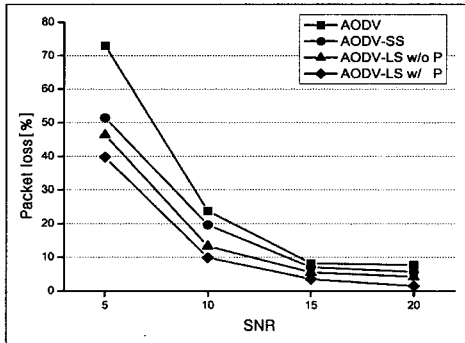


그림 11. 채널 환경 변화에 따른 패킷 손실률

그림 10에서 볼 수 있듯이 SNR이 낮아 채널 환경이 불안정해 질 경우 AODV와 AODV-SS 라우팅 프로토콜이 가장 낮은 전송률을 보이는 반면 AODV-LS 라우팅 프로토콜은 상대적으로 매우 높은 데이터 전송률을 보이고 있다. 한편, SNR이 증가할수록 AODV-LS 라우팅 프로토콜과 타 라우팅 프로토콜과의 성능 차이는 크지 않는데, 이는 SNR이 커지면 채널 환경이 매우 좋아지기 때문에 전송 경로의 끊김이 거의 발생하지 않아 대부분의 무선 채널 환경이 매우 안정적으로 유지되기 때문이다.

그림 11은 각 라우팅 알고리즘별 패킷 손실률을 나타내고 있는데, SNR 값이 작아 채널 환경이 불안정할 경우에도 AODV-LS 라우팅 프로토콜을 사용할 경우 타 라우팅 프로토콜에 비해 매우 높은 성능 향상을 기대할 수 있다. 하지만 SNR이 증가할수록 채널 환경이 안정적으로 유지되기 때문에 각 라우팅 알고리즘별 성능 차이는 크지 않은 것으로 판단된다.

V. 결론

현재 애드 혹 네트워크에서 안정적인 전송 경로

탐색을 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 기존의 안정적인 전송 경로 탐색을 위한 라우팅 프로토콜들은 단순히 수신 신호 세기만을 고려하여 전송 경로를 선택하였다. 이는 급격한 수신 신호 세기의 변화를 고려하지 않았으며, 그 결과 전송 경로의 빈번한 끊김을 야기하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 수신 신호 세기를 고려함과 동시에 수신 신호 세기의 변화 즉, 수신 신호 세기의 편차를 고려한 링크 안정성 기반의 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 모의실험 결과를 토대로 노드의 이동속도 증가와 불안정한 무선 채널 환경에서도 높은 데이터 전송률과 낮은 패킷 손실률을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 토대로 노드의 급격한 변화로 인해 네트워크 토폴로지의 유지가 어려운 애드 혹 네트워크 환경에서 보다 안정적인 전송 경로를 지원이 가능함을 증명하였다.

참고 문헌

- [1] C. Murthy and B. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks : Architectures and Protocols," *Prentice Hall*, 2004.
- [2] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," *Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp. 90-100, Feb. 1999.
- [3] I. Chakeres and C. Perkins, "Dynamic MANET On-demand (DYMO) Routing : draft-ietf-manet-dymo-04," *IETF MANET Working Group*, Mar. 2006.
- [4] T. H. Clausen, G. Hansen, L. Christensen and G. Behrmann, "The Optimized Link State Routing (OLSR) Protocol, Evaluation Through Experiments and Simulation," *Proceedings of IEEE Symposium on Wireless Personal Mobile Communications*, Sep. 2001.
- [5] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination Sequenced Distance-Vector (DSDV) Routing for Mobile Computers," *Proceedings of ACM SIGCOMM*, pp. 234-244, Aug. 1994.
- [6] C. K. Toh, "Associativity-Based Routing (ABR) for Ad Hoc Mobile Networks," *Wireless Personal Communications*, Vol. 4, No. 2, pp. 1-36, Mar. 1997.

- [7] R. Dube, C. D. Rais, K. Y. Wang and S. K. Tripathi, "Signal Stability-Based Adaptive (SSA) Routing for Ad Hoc Mobile Networks," *IEEE Personal Communications Magazine*, pp. 36-45, Feb. 1997.
- [8] W. Su and M. Gerla, "IPv6 Flow Handoff in Ad Hoc Wireless Networks Using Mobility Prediction," *Proceedings of IEEE GLOBECOM*, pp. 271-275, Dec. 1999.
- [9] S. Agarwal, A. Ahuja, J. P. Singh and R. Shorey, "Route-Life Time Assessment Based Routing (RABR) Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks," *Proceedings of IEEE International Conference on Communications*, Vol. 3, pp. 1697-1701, Jun. 2000.

임 세 영 (Seyoung Lim)

준회원

2005년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사
 2005년 3월~현재 숭실대학교 정보통신공학과 석사과정
 <관심분야> Ad-hoc Wireless Networks, QoS



김 훈 (Hun Kim)

준회원



2006년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사
 2006년 3월~현재 숭실대학교 정보통신공학과 석사과정
 <관심분야> Ad-hoc Wireless Networks, QoS

유 명 식 (Myungsik Yoo)

종신회원



1989년 2월 고려대학교 전자전산공학과 학사
 1991년 2월 고려대학교 전자공학과 석사
 2000년 6월 SUNY at Buffalo Dept. of EE 박사
 2000년 9월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 조교수

<관심분야> Optical Network, Optical Access Network, OBS, Wireless MAC protocol, Ad-hoc routing protocol