

근접성과 이동성에 기초한 Ad Hoc망의 경로안정도

안 성 범, 안 홍 영

홍익대학교 과학기술대학 전자전기컴퓨터공학부
전화 : 041-860-2392 / 핸드폰 : 019-250-8737

Route Stability of Mobile Ad Hoc Network Based on Proximity and Mobility

Sung Bum Ahn, Hong Young Ahn

School of Electronic, Electrical, Computer Engineering, Hongik University
E-mail : winner99@hanmail.net

Abstract

Due to the highly dynamic topology and absence of any fixed infrastructure, stability of selected path in Ad Hoc Networks is of prime importance. The frequent route failure and high control overhead in routing protocol consumes system resources and lead to degraded system performance. In this paper we present route stability metrics reflecting relative position and velocity of nodes, which help determine a stable route.

I. 서론

이동 Ad Hoc망(MANET)은 라우터와 호스트 기능을 동시에 수행하는 모바일 노드들이 무선 링크로 연결된 자율시스템이다. 이러한 망은 통신기반 설비의 설치가 필요없는 재빠르고 손쉬운 망구성, 중앙통제가 필요없는 자율적 구성, 전력 및 전송 조건 변화에 대한 적응성, 부하의 적절한 분배등의 장점으로 말미암아 미래의 통신망으로 많은 주목을 받고 있다. 이런 장점에도 불구하고 Ad Hoc망의 노드들은 임의의 패턴과 속도로 이동하므로 망 구조가 예측할 수 없이 빠르게 변화하여 양방향 혹은 단방향 링크가 새로이 생

성되기도 하고 소멸되기도 하므로 효율적 경로 배정은 복잡하고 어려운 작업이며 망에서의 QoS를 결정짓는 핵심적인 문제이다. 또한 무선링크는 다중접근, 페이딩, 간섭등으로 인하여 주어진 대역폭이 제공하는 최대 전송 속도보다 성능이 더욱 떨어지는 단점도 있다.

데이터 전송중의 잦은 경로붕괴는 경로 재발견을 위한 제어패킷들의 범람으로 시스템 자원을 소모하고 궁극적으로 망 전체 시스템의 성능저하를 야기한다. 따라서 초기의 경로 설정이 대단히 중요하고 결정 과정에서 경로의 안정도를 고려해야한다. Ad-Hoc망에서는 노드의 이동성 때문에 최단 경로가 반드시 최적의 경로가 되지는 않는다. 오히려 최단 경로는 링크의 평균 길이가 길어져 링크 붕괴의 가능성이 훨씬 더 커질 수 있다.

본 논문에서는 노드간의 근접성과 노드간의 상대속도와 상대위치를 이용한 경로붕괴 예측시간에 기초한 경로 안정도 메트릭을 제시하고, 이에 기반한 새로운 AODV Routing Protocol을 구현하여 성능 개선을 모의실험을 통하여 확인한다.

II. Ad Hoc 망의 경로 안정도

MANET에서의 Routing Protocol은 주기적으로 라우팅 정보를 교환, 갱신하는 proactive 방식과, source의 필요에 따라 경로가 설정되는 reactive 방식, 이들의 절충방식이 있다. 기존의 Routing Protocol들인

DSR, DSDV, AODV들은 노드의 이동성을 고려하지 않은, 따라서 경로 안정도를 고려하지 않은 프로토콜 들인 반면, ABR (Associativity Based Routing)은 연속적인 틱 수로, SSA(Signal Stability based Adaptive Routing)는 신호세기에 따른 경로 안정도를 고려한 프로토콜들이다.

Dube 등이[5] 제한한 SSA는 링크의 안정도를 추정하는데 신호의 세기를 사용하였다. 강한 신호는 근접성을 나타내며 안정된 링크를 의미한다. SSA는 강한 링크들로 구성된 경로를 먼저 탐색하고 약한 링크는 나중에 탐색하는 이중구조로 되어있다.

Toh 등이[4] 제안한 ABR은 주기적으로 주고받는 파일럿 신호를 받은 횟수로 링크의 안정도를 결정한다. ABR 라우팅 프로토콜의 기본적인 생각은 Ad Hoc 망에서 오래 지속되는 경로를 사용하는 것이다. 오래 지속되는 경로는 이동성이 적은 노드들로 이루어진 경로이기 때문에 지속적으로 유지될 가능성이 크다. ABR에서는 강한 링크가 많이 포함된 경로를 찾기 위해 모든 가능한 경로를 탐색한다.

An 등은[1] 노드의 이동성을 국부적 운동성에 따른 엔트로피로 다음과 같이 표현하였다.

$$H_m(t, \nabla t) = \frac{- \sum_{k \in F_m} P_k(t, \nabla t) \log P_k(t, \nabla t)}{\log C(F_m)}$$

$$P_k(t, \nabla t) = a_{m,k} / \sum_{i \in F_m} a_{m,i}$$

$$a_{m,n} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |v(m, n, t_i)|$$

여기서 $a_{m,n}$ 은 노드 m, n 사이의 일정기간동안 상대 속도 평균이다. 경로 안정도 메트릭으로 H_m 의 합이나, 가장약한 링크의 엔트로피를 메트릭으로 사용하였다.

$$R_s = \min_{i=[1,2,..M]} [H_i(t, \nabla t)]$$

본 논문에서는 모바일 노드들이 GPS나 기타 위치센서로부터 자기위치나 속도를 알고 있거나 계산할 수 있다고 가정한다. 두 이웃한 노드 사이의 링크 안정도는 거리의 제곱에 반비례한다(신호의 세기가 거리의 제곱에 반비례하므로).

근접성 기반 경로 안정도 메트릭은 다음과 같다.

$$P_s = K \sum_{i=1}^N \frac{1}{l_i^2}$$

여기서 l_i 는 각 링크의 거리이고 K 는 링크붕괴 예측 메트릭과의 가중치를 고려한 스케일 항이다.

두 노드 사이의 상대위치와 상대속도를 고려한 이동성메트릭은 다음과 같이 구한다. 두 노드의 위치벡터를 \vec{p}_1, \vec{p}_2 , 속도벡터를 \vec{v}_1, \vec{v}_2 , 라 하면, 상대위치 벡터와 상대 속도 벡터의 내적 $S = (\vec{P}_2 - \vec{P}_1) \cdot (\vec{v}_1 - \vec{v}_2)$ 의 부호는 두 노드의 운동이 상대적으로 서로 접근하는지 혹은 멀어지는지를 나타내고 S를 $|\vec{P}_2 - \vec{P}_1|$ 로 나눈값은 그 운동정도를 나타낸다. 내적의 부호가 "+"면 두 노드는 서로 접근하는 중이며, 부호가 "-"면 서로 멀어지는 중이다.

벡터들을 성분으로 나타내면 링크 붕괴 예측 시간은 다음과 같다.

$$M_s = TimeLeft = \frac{A + \sqrt{|\vec{d}_y|^2 \cdot r - B^2}}{|\vec{d}_y|^2}$$

여기서 r 은 전파 전송범위고,

$$A = -(dv_x \cdot d_x + dv_y \cdot d_y)$$

$$B = dv_x \cdot d_y - dv_y \cdot d_x \text{ 이다.}$$

본 논문에서는 정규화를 거친 P_s 와 M_s 두 메트릭의 선형결합

$$T_s = (1 - \alpha) P_s + \alpha M_s$$

을 경로 메트릭으로 하여 AODV Routing Protocol의 성능 개선을 Simulation 한다. 경로 발견 과정에서 중간 노드들은 그때까지의 부분 안정도 메트릭을 계산해서 RREQ 패킷의 적절한 필드에 삽입한 후 다음노드로의 전달을 위해 브로드캐스팅 한다.

본 논문에서는 경로설정 당시의 위치정보와 속도정보만을 이용하여 안정도 메트릭을 계산하지만 위치와 속도들의 히스토리를 이용하면 경로 안정성에 신뢰성을 더하리라 생각된다.

주요한 성능평가 항목으로는 평균 경로 지속시간, 종점에서 종점까지 평균지연, 소스에서 발생된 패킷

수와 목적지에 도착한 패킷 수의 비인 패킷전달비, 총 패킷 수와 제어 패킷 수의 비인 라우팅 프로토콜 오버헤드 등이 있다.

III. 경로안정도를 고려한 AODV 구현

AODV는 DSDV와 같이 목적지 순차 번호를 사용하여 라우팅 루프를 방지하며, DSR과 유사한 루트탐색 절차를 사용하는 두 프로토콜의 장점을 결합한 프로토콜이다. AODV에서는 경로가 한번 설정되면 경로상의 노드들은 경로를 경로 테이블에 활성경로로 존재하는 동안뿐 아니라 그 이후에도 일정시간 보관한다.

현재 NS-2에 구현된 AODV 프로토콜은 목적지에 먼저 도착한 RREQ 패킷이 거처간 경로가 최종경로가 되는 선착순 방식이다. 거처는 hop수가 적은 경로가 발견되면 그 경로를 선호하게 된다. 노드의 이동성 때문에 Ad-Hoc망에서는 최단 경로가 반드시 최적의 경로가 되지는 않는다. 오히려 최단 경로는 링크의 평균 길이가 길어져 링크 붕괴의 가능성이 훨씬 더 커질 수 있다. 따라서 경로의 안정도를 고려해야 한다.

AODV는 전송할 데이터가 발생하면 목적지가 자신의 라우팅 테이블에 존재하는지를 검색한다. 목적지의 유효성을 알려주는 생존시간이 아직 남았다면 해당 경로를 통해 데이터를 전송한다.

목적지가 테이블에 없거나 생존시간이 다했다면 경로 발견 절차를 수행한다. 출발지 노드는 RREQ를 플러딩을 통해서 망 전체로 전파하며, 소스 주소와 RREQ ID를 사용하여 루프를 방지한다. 이 때 과도한 제어 트래픽 발생을 방지하기 위해 TTL을 이용한 Ring Search를 수행한다.

본 논문에서는 RREQ 패킷에 근접성 메트릭과 링크가 얼마나 오래 지속될지를 나타내는 링크 지속 예측 시간을 포함하여 전송한다. RREQ 패킷을 수신한 중간 노드는 다음의 경우에는 RREQ 패킷을 폐기한다.

- ① 근접성이 한계 이상이면서 두 노드가 서로 멀어지고 있는 경우
- ② 링크의 지속 예측 시간이 설정된 한계 시간 이하인 경우

위의 두 경우가 아니면 중간노드는 근접성 메트릭 Dist_Metric과 경로붕괴 예측 메트릭 TimeLeft_Metric을 현재의 링크를 포함하는 평균값으로 갱신하여 RREQ를 브로드캐스팅 한다. 목적지 노드가 RREQ를 수신하면 전체 경로의 메트릭을 다음과 같이 계산한다.

$$\text{Total_Metric} = (1 - \alpha) * \text{Dist_Metric} + \alpha * \text{TimeLeft_Metric}$$

여기서 α 는 두 안정도 메트릭의 상대적 가중치를 나타낸다.

RREQ를 수신한 목적지 노드는 응답 패킷 RREP를 즉시 전송하지 않고 Metric_Timeout 동안 수신된 RREQ 중 Total_Metric이 가장 좋은 경로를 선택하여 RREP 패킷을 유니캐스팅으로 전송한다.

본 연구의 목적이 경로 안정도를 측정하는 것이므로 목적지까지의 경로를 가진 중간 노드에서 RREP를 발생하는 기능을 없애고(Gratuitous RREP), RREQ가 반드시 목적지까지 도착하도록 하였다.

IV. 시뮬레이션 및 고찰

NS v2.26을 사용하여 Ad Hoc 네트워크에서의 경로 안정도에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 노드들의 이동 범위는 가로·세로 1000M 썩이다. 노드들의 이동 패턴은 10개의 노드들이 최대속도가 2 m/s, 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s, 20 m/s 일 때 5가지의 시나리오로 움직이는 것을 생성하였다. 각 노드의 수신 가능 범위는 기본값으로 주어져 있는 반경 250M를 사용하였다. 노드들 사이의 트래픽 연결은 NS2의 cbrgen을 사용해서 생성하였으며, 분석의 편의를 위해 가급적 멀리 떨어진 두 노드 사이에만 CBR형식의 트래픽을 UDP 전송하는 시나리오들로 구성하였다.

시뮬레이션에서 노드들의 이동성 시나리오는 NS2에 있는 setdest를 사용해서 random waypoint 이동성 시나리오를 생성하였다.

아래의 테이블 1은 시뮬레이션 환경 변수를 정리해 놓은 것이다.

< Table1 : 시뮬레이션 환경 변수 >

Parameter	Value
총 시뮬레이션 시간	400초
노드의 수	10개
시뮬레이션 범위	1000m x 1000m
노드의 이동속도	2~20m/s
송수신 가능거리	250m
트래픽 형식	cbr

시뮬레이션에서 사용한 α 는 0.8이다. Table 2는 최대속도에 따른 평균 경로 지속시간을 기존의 AODV와 경로 안정도를 고려한 AODV 구현과의 성능비교를 보여준다. 안정도를 고려한 경로배정이 더 나은 성능을 보이는 추세를 알 수 있다. 5 m/s의 경우 초기 연결 패턴은 다른 것과 같았으나 시간이 갈수록 노드들의 운동방향이 연결상태가 좋아지는 쪽으로 움직였다. NS-2에서의 트레이스 파일 분석의 어려움 때문에 시뮬레이션 시간을 400초로 제한했는데 더 다양한 이동성 패턴과, 트래픽 패턴, 더 많은 노드수에 대한 긴 시간동안의 시뮬레이션이 필요하다고 생각된다.

< Table2 평균 경로 지속시간(sec) >

	2 m/s	5 m/s	10m/s	15m/s	20m/s
기존 AODV	22.99	20.61	7.32	6.31	4.26
안정도 AODV	24.37	21.43	8.25	7.62	5.44

Table 3은 UDP 연결된 두 노드 사이의 데이터 패킷의 평균지연 시간을 보여준다. 이동성이 증가함에 따라 패킷들의 평균지연이 늘어남을 알 수 있다.

< Table3 두노드간 평균 지연시간(sec) >

	2 m/s	5 m/s	10m/s	15m/s	20m/s
기존 AODV	0.018	0.045	0.376	0.924	1.369
안정도 AODV	0.013	0.036	0.283	0.731	0.928

V. 결론

Ad Hoc망의 노드들은 임의의 패턴과 속도로 이동하므로 망 구조가 예측할 수 없이 빠르게 변화하여 오랜 기간 지속될 경로를 찾는 것이 대단히 어렵다. Ad Hoc망에서는 노드의 이동성 때문에 최단 경로가 반드시 최적의 경로가 되지는 않는다. 오히려 최단 경로는 링크의 평균 길이가 길어져 링크 붕괴의 가능성이 훨씬 더 커질 수 있다.

본 논문에서는 노드간의 근접성과 노드간의 상대속도와 상대위치를 이용한 경로붕괴 예측시간에 기초한 경로 안정도 메트릭을 제시하고, 이에 기반한 새로운 AODV Routing Protocol을 구현하여 성능 개선을 모

의실험을 통하여 확인하였다. 여기서 사용한 AODV 구현은 경로설정 당시의 위치정보와 속도 정보만을 이용하여 안정도 메트릭을 계산하지만 위치와 속도들의 히스토리를 이용하면 더 나은 결과를 얻으리라 생각된다. 제안된 안정도 메트릭에 대한 정확한 성능평가를 위해서는 더 다양한 이동성 패턴과, 트래픽 패턴, 더 많은 노드수에 대한 긴 시간동안의 시뮬레이션이 필요하다고 생각된다.

참고문헌

- [1] B. An, S. Papavassiliou, "An entropy-based model for supporting and evaluating route stability in mobile ad hoc wireless networks", Communications Letters, IEEE, Vol. 6 Issue: 8, Aug. 2002, pp. 328 -330
- [2] J. Broch, D.A Maltz, D.B. Johnson, Y.-C.Hu, and J. Jetcheva, "A performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols", Proceedings fo ACM/IEEE Mobicom'98, Dallas, TX, pp.85-97
- [3] B. Manoj, R. Ananthapadmanabha, C. Murthy, "Link life based routing protocol for ad hoc wireless networks", Proc. 10th Int. Conf. Computer Comm. Networks, 2001. on, 15-17 Oct. 2001
- [4] C-K. Toh, "Associativity-Based Routing for Ad-Hoc Mobile Network," Wireless Personal Comm, vol 4, no2, Mar. 1977. pp. 1-36.
- [5] R. Dube, C. Rais, K. Wang, S. Tripathi, "Signal Stability Based Adaptive Routing(SSA) for Ad Hoc Mobile Networks," IEEE Personal Comm, Feb. 1997.