MANET(Mobile Ad-hoc NETwork)에서의 효율적인 데이터 전송을 위한 경로선택기법

차현종, 한인성, 유황빈
광운대학교 컴퓨터과학과
e-mail : chj826@kw.ac.kr

A Route Selection Method for Transmitting Data in MANET(Mobile Ad-hoc NETwork)

Hyun-jong Cha, In-sung Han, Hwang-bin Ryou
Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University

요 약

초기의 Ad-hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜들은 Table-driven 알고리즘이 대두되었으나, 많은 문제점으로 이동단말의 이동성을 지원하는 On-demand 방식의 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 진행되었다. 최근에는 On-demand 와 Table-driven 의 장점을 반영한 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector)가 널리 이용되고 있다. 그러나 AODV 의 장점에도 불구하고 아직까지 AODV 는 노드들의 잦은 이동으로 Ad-hoc 네트워크에 많은 라우팅 패킷을 발생시켜 전체적인 네트워크의 성능 면에서 많은 약점을 보이고 있다.

본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크를 구성하는 노드들 사이의 링크에 대한 신뢰성을 위해 노드의 이동경로예측을 기반으로 하는 새로운 경로설정 및 유지기법을 제안한다. 제안하는 기법은 AOMDV 를 기반으로 노드의 위치와 이동 정보로 이동되는 방향과 위치를 예측하여 보다 안정적인 경로를 선택할 수 있는 기회를 제공하는 라우팅 기법이다. 또한 AOMDV 로 다중경로를 보유하여 데이터의 종류와 특성에 적합한 최적의 경로선택으로 불필요한 경로설정 메시지의 오버헤드를 줄인다.

1. 서론

Ad-hoc 네트워크는 기지국 혹은 AP(Access Point)에 의한 중앙 집중화 된 관리나 표준화된 지원 서비스 없이 임시 망을 구성하는 무선 이동단말들의 집합으로, 그 특성상 기존의 기반 시설을 이용할 수 없는 환경에 적용하는 것으로 인식되어 왔다. 이러한 이유로 Ad-hoc 네트워크에 관한 연구는 주로 군사용이나 대체(Backup) 네트워크용으로써 활용할 수 있는 방향으로 연구가 진행되어 왔다. 그러나 인터넷의 급속한 성장에 따라서 IP(Internet protocol)에 이동성을 부여하기 위해서 Mobile IP 와 같은 많은 연구가 진행되고 있다. 또한 이와 같이 IP 에 이동성을 지원하기 위한 지역 근거리 망으로서 Ad-hoc 네트워크가 새로이 각광 받기 시작했다[1.2.3].

최근에는 IP 에 Ad-hoc 네트워크를 지원하기 위한 연구가 국제 인터넷 표준 제정 기구인 IETF 를 중심으로 진행되고 있다. 이러한 연구를 위해서 IETF 에는 새로운 MANET WG(Mobile Ad-hoc NETwork Working Group)이 결성되어 IP 기반 위에서 Ad-hoc 네트워크를 지원하기 위한 라우팅 프로토콜로서 다수의 RFC 와 Internet draft 가 제출되어 표준화가 진행되고 있다.

1970 년대에 DARPA 에 의해서 Ad-hoc 네트워크가 시작된 이후로, Ad-hoc 네트워크를 위한 다양한 라우팅 프로토콜들이 제안되었다. 초기에 Ad-hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜들은 Table-driven 알고리즘이 대두되었다. 그러나, 많은 문제점으로 이동단말의 이동성을 지원 하는 On-demand 방식의 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 이후로 진행되었으며 최근에는 On-demand 와 Table-driven 의 장점을 반영한 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector[4])가 널리 이용되고 있다. 그럼에도 불구하고 AODV 는 노드들의 잦은 이동으로 Ad-hoc 네트워크에 많은 라우팅 패킷을 발생시켜 전체적인 네트워크의 성능저하를 가지고 있다[5,6,7].

본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크를 구성하는 노드들 사이의 링크에 대한 신뢰성을 위해 노드의 이동경로 예측을 기반으로 한 새로운 경로설정 및 유지기법을 제안한다. 제안하는 기법은 AOMDV[8]를 기반으로 노드의 위치와 이동 정보로 이동되는 방향과 위치를 예측하여 보다 안정적인 경로를 선택할 수 있는 기회를 제공하는 라우팅 기법이다. 또한 AOMDV 로 목적지 노드와 통신이 가능한 다중경로를 보유하여 데이

터의 종류와 특성에 적합한 최적의 경로선택을 위한 메커니즘을 제공으로 불필요한 경로설정 메시지의 오버헤드를 줄인다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 1 장 서론에 이어 2 장에서는 제안 기법과 관련된 기술들을 설명하고, 3 장에서는 제안 기법을 위한 라우팅 테이블의 구조와 동작과정에 대해 설명한다. 4 장에서는 본 논문의 실험결과에 대한 전체적인 평가와 고찰로 결론을 맺는다.

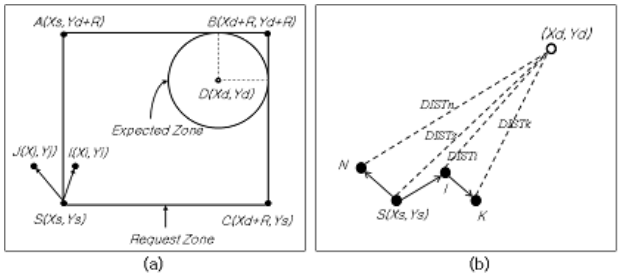
2. 관련연구

2.1 LAR

LAR(Location-Aided Routing[9])은 GPS 를 통해 얻은 위치 정보를 이용하여 중간에서 경로 요청 메시지를 전달하는 이웃 노드의 수를 제한함으로써 불필요한 브로드캐스팅 메시지의 전송을 줄이고자 하는 Ad-hoc 네트워크 라우팅 기법이다. 데이터 전송경로를 찾는 노드의 입장에서 목적지 노드가 위치할 것으로 예상되는 예상영역(Expected Zone)을 찾아내어 이를 근거로 경로 요청 메시지의 전파 범위인 요구영역(Request Zone)을 결정한다. 일반적으로 목적지 노드의 이동성에 대한 많은 정보를 가질수록 예측영역은 작아진다. 이러한 예상영역을 근거로 요구영역을 정의하는데 요구영역의 멤버쉽 결정 알고리즘에 따라 LARS (LAR scheme) 1 과 2 로 나누어진다.

LARS 1 은 (그림 1)의 (a)와 같이 요구영역을 4 개의 모서리를 가진 사각형으로 정의한다. 노드 S 의 노드 D 에 대한 예상영역의 중심은 노드 D 의 좌표인 (Xd, Yd)가 된다. 이때의 요구영역은 노드 S 와 노드 D 에 대한 예상영역을 모두 포함한 X 와 Y 축으로 표현되는 사각형이다. 노드 S 가 노드 D 의 경로를 알고자 할 때, 노드 S 는 경로 요청 메시지에 요구영역에 대한 좌표를 포함한다. 경로 요청 메시지를 수신한 중간 노드는 자신이 경로 요청 메시지 내에 포함된 좌표의 4 개 모서리 안에 들어 있을 때만 메시지를 포워딩한다.

반면, LARS 2 는 (그림 1)의 (b)와 같이 노드 S 가 자신의 위치와 시간 t0 에서의 노드 D 의 좌표 (Xd, Yd)에 대한 거리 차 (DISTs)를 계산하여 이를 경로 요청 메시지에 포함한다. 이 경로 요청 메시지를 받은 노드 i 는 좌표 (Xd, Yd)와 자신의 좌표와의 거리차 DISTi 를 계산하여 임의의 δ에 대해 DISTs+δ>= DISTi 를 만족하는 경우에만 경로 요청 메시지 내에 있는 DISTs 를 DISTi 로 바꾸어 포워딩하고 그렇지 않으면 이를 무시한다.



(그림 1) LAR 1 과 LAR 2

노드의 빠른 이동성에 따라서 목적지 노드가 요구영역에서 벗어날 경우가 발생할 수도 있고, 목적지 노드의 이동성이 없을 경우 요구영역이 현격히 줄어들어 경로의 안정성에 문제가 발행할 수 있는 단점이 있다.

2.2 ABR

ABR(Associativity-Based Routing[10]) 의 핵심은 Ad-hoc 네트워크에서 오래 지속되는 경로를 사용하는 것이다. 오래 지속되는 경로는 이동성이 적은 이동 노드들로 이루어진 경로이기 때문에 계속적으로 유지할 가능성이 크고 경로 재설정 가능성이 적으므로 높은 효율을 기대할 수 있다. 또한 오래 지속되는 경로 하나만을 관리하기 때문에 패킷 중복을 피할 수 있다. 그러나 ABR 프로토콜의 각 노드는 정기적으로 자신의 존재를 알리는 신호(beacon)를 만들어 브로드캐스트 해야 한다. 이를 수신한 노드는 관련 테이블을 갱신한다. 그러므로 정확한 이동 노드의 시·공간 및 연결 상태를 반영하기 위해 신호간격(beacon interval)은 짧아야하며 이것은 추가적인 전력 소모를 필요로 하는 원인이 된다.

2.3 AOMDV

AOMDV(Ad-hoc On-demand Multipath Distance Vector[8])는 경로상의 루프가 없고 링크가 겹침이 없는 경로들을 계산하기 위한 AODV 프로토콜의 확장이다. 특히 다중 경로를 유지함으로써 로드 분산(load balance), 내고장성(fault-tolerance)을 제공한다. 로드 분산은 다중 경로를 통해 데이터를 분산함으로써 혼잡이나 병목현상을 줄일 수 있다. 내고장성 측면에서 다중 경로 라우팅은 경로의 탄력성을 제공할 수 있다. 다중 경로의 유지를 위해 각 목적지에 해당하는 라우팅 경로들은 해당 홉 카운트를 가진 다음 홉들의 리스트를 포함하게 된다. 다음 홉들은 같은 일련번호를 가지게 된다. 각 목적지에 대해 노드들은 모든 경로의 최대 홉 카운트로 정의된 홉 카운트를 유지한다. 이것은 목적지를 찾기 위한 루트 탐색 메시지에 사용된다.

경로내의 루프를 방지하기 위해 노드는 목적지에 대한 전송된 홉 카운트보다 적은 홉을 가지고 있는 경우에만 목적지에 대한 경로로 인정한다. 전송된 홉 카운트가 현재보다 큰 일련번호를 가진다면 다음 홉 리스트와 전송된 홉 카운트는 재 초기화된다.

겹침이 없는 경로를 구별하기 위해서 각 노드는 중복된 RREQ 들을 즉시 거절하지 않는다. 노드들은 중복된 RREQ 들을 브로드캐스트 할 수 없기 때문에 송신자의 다른 이웃에서 전송된 중간 노드에 도착하는 두 개의 RREQ 는 같은 노드를 다시 전송하지 않는다. 다수의 겹침이 없는 경로를 찾기 위해 목적지는 중복된 RREQ 들을 전송하고, RREP 의 첫 번째 홉에서 겹침이 없음을 보장하기 위해 유일한 이웃들로부터 도착하는 RREQ 들에 대해서만 반응한다. 첫 번째 홉 이후의 RREP 들은 노드 비겹침과 링크 비겹침인 역경로로 전송된다. 각 RREQ 와 RREP 는 전송 과정 중에서 중간에 만날 수 있으나 목적지로의 다른 역방향

경로를 선택하게 된다. [7,8,9].

3. 제안기법

본 논문에서 제안하는 노드 이동성 예측 라우팅기법은 AOMDV 를 기반으로 동작하며, 위치노드에서의 신호로 얻은 정보를 통해 이동성이 적은 노드를 연결노드로 선택함으로써 안정적인 최단경로를 결정하는 라우팅 기법이다. 또한 다중경로를 보유할 수 있기 때문에 전송할 데이터의 특성에 따라 경로선택을 할 수 있어 Ad-hoc 네트워크의 데이터 전송률을 높일 수 있는 장점을 갖는다. 본 절에서는 노드 이동성 예측 라우팅기법의 동작과 라우팅 프로토콜의 구조와 이동성이 적은 노드를 연결노드로 선택하는 알고리즘을 기술한다. 또한 이러한 기술을 통해 안정적인 경로를 발견하고 데이터 특징에 따른 패킷 전송방법과 링크 손실이 발생하였을 경우 경로의 유지방법에 대해서도 기술한다.

3.1 기존 라우팅기법의 문제점

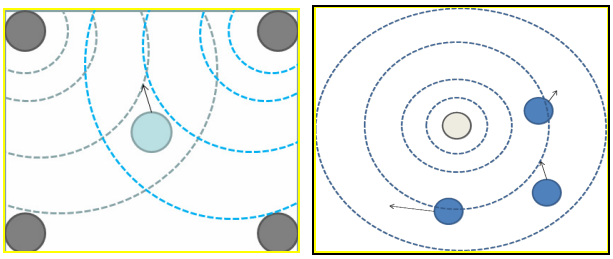
본 논문에서 제안한 라우팅 기법은 노드의 이동 예측을 통해 라우팅 경로의 최대 유효시간을 유지할 수 있어 AODV 의 라우팅 기법보다 안정적인 경로를 최대한 유지할 수 있는 장점을 갖는다. AODV 는 홉 수로 가장 빠른 응답을 보내온 경로를 라우팅 경로로 결정하지만, 경로에 이동성이 많은 노드를 포함할 경우 비효율적으로 라우팅 경로 재설정을 해야 하므로 Ad-hoc 네트워크의 오버헤드가 증가하게 된다.

반면, 노드 이동성 예측 라우팅 기법은 안정적인 라우팅 경로를 선택하는 것을 주요 목표로 하기 때문에 최단경로 선택을 목적으로 하는 AODV 라우팅 기법과는 동작구조가 다르다. 본 장에서는 노드의 이동성 확률계산과 동작 메커니즘 기술을 위해 다음과 같은 가정을 한다.

첫째, 라우팅 경로 탐색기법은 보조경로를 위해 AOMDV 프로토콜을 기반으로 동작하며, 각 노드는 UID(Unique Identifier)정보를 갖는다. 둘째, Ad-hoc 네트워크 구성 노드들 사이에는 연결링크가 존재하며 링크들은 양방향 통신이 가능하다. 셋째, 각 노드들은 모서리 노드의 신호로 얻은 정보를 수신하여 자신의 위치정보를 확인할 수 있으며 속도와 방향은 일정하다.

3.2 노드의 이동성 계산

노드의 이동성 계산은 (그림 2)과 같이 한 영역의 각 모서리에 위치신호를 보내는 노드가 존재하며, 각 노드는 각 지점에서 보내온 노드의 신호를 수신하여 자신의 위치를 계산한다. 신호를 보내는 노드는 일정 주기마다 신호를 보내고, 각 노드는 주기마다 받은 신호로 자신의 이동 방향과 속도를 측정할 수 있다. 자신의 이동속도와 방향이 계산된 노드는 주위의 노드의 정보를 얻기 위해 자신의 위치와 속도, 방향 정보가 포함된 정보를 브로드캐스트한다.

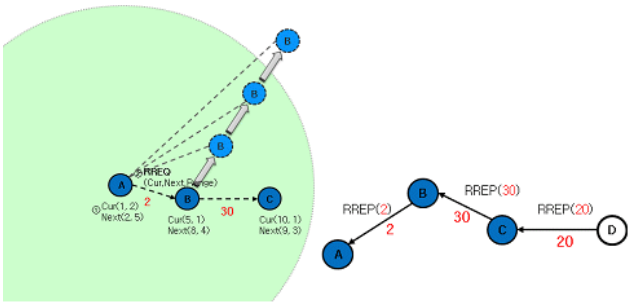


(그림 2) 각 노드의 이동성 계산

각 노드는 수신된 신호로 자신의 대역폭 범위 내에 있는 노드를 대상으로 링크의 만료시간(LET: Link Expiration Time)을 계산한다. 계산된 링크의 만료시간은 버퍼에 라우팅테이블의 형태로 저장하고 있다.

3.3 경로 발견

이와 같은 가정을 기반으로 본 논문에서 제안하는 라우팅 기법은 (그림 3)와 같은 단계로 동작되어 Ad-hoc 네트워크를 보다 안정적이고 효율적인 네트워크로 발전시킬 수 있다.



(그림 3) 노드의 위치정보를 이용한 라우팅 기법

① 각 노드는 지속적인 신호수신을 통해 자신의 위치좌표, 이동속도 및 이동 방향의 정보를 확인한다. 각 노드는 수신된 정보를 기반으로 자신이 이동되는 위치의 예측이 가능하다.

② 출발지 노드는 경로발견을 위해 RREQ 패킷에 자신의 위치와 전송범위의 정보를 확장필드에 추가한 후 이웃노드로 브로드캐스트 한다.

③ RREQ 패킷을 받은 중간노드는 이웃 노드의 위치정보와 전송 범위를 자신의 정보로 변경하여 다음 중간노드로 전달한다. 정보를 수신한 이웃노드들은 자신과의 위치거리를 측정하고 측정된 거리는 앞으로 벌어지는 이웃 노드와의 간격에 대한 증감을 알 수 있다. 전송 범위 내에서의 최대 경로유효시간을 간격의 증감 값으로 알아낸다.

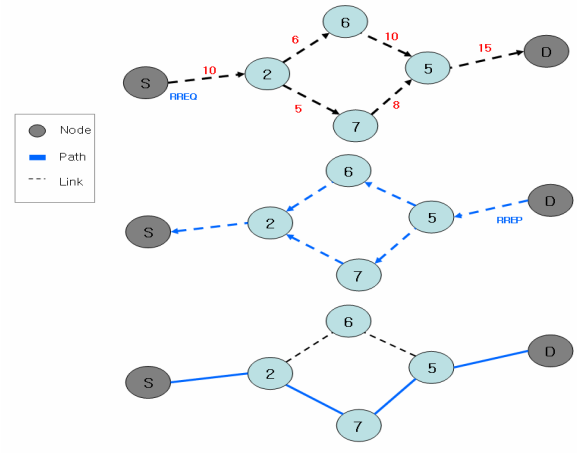
④ RREQ 패킷이 목적지 노드에 도착한 후 RREP 패킷을 다시 시작 노드로 보낼 때, 경로상의 중간 노드들이 자신의 현재 라우팅 테이블에 있는 역경로 대상인 노드와의 최대 경로 유효시간을 RREP 패킷의 Minimum of Effective Time 의 값과 비교하여 작은 값을 RREP 에 넣어 다음 노드로 전송한다.

⑤ RREP 패킷을 받은 출발지 노드는 정해진 경로로 데이터를 전송한다.

⑥ 새로운 RREP 패킷들이 시작 노드에 도착할 경우

전송할 데이터의 속성을 보고 지속적인 전송을 요하는 데이터라면, Minimum of Effective Time 값을 비교하여 가장 큰 경로순서로 주경로를 정해 사용한다. 그렇지 않고 한 두 번의 빠른 전송이 필요하다면 Hopcount 값이 가장 적은 순서로 경로를 선택하여 데이터를 전송한다.

⑦ 기존의 전송하고 있던 경로가 단절될 경우에는 남은 경로에서 주경로를 정해서 데이터를 전송한다.



(그림 4) 제안 라우팅 알고리즘

(그림 4)으로 예를 들면, 출발지 노드 S 는 목적지 노드 D 에게 LET 가 포함된 RREQ 를 보낸다. 중간노드인 2,6,7,5 는 자신의 ID 와 LET 를 포함하여 전송한다. 그러므로 노드 D 에는 두 개의 RREQ 가 도착한다.

하나는 LETs=(10,6,10,15)와 경로 (S,2,6,5,D)를 포함하고, 다른 하나는 LETs=(10,5,8,15)와 경로(S,2,7,5,D)가 포함된다.

RET 는 LETs 중에서 최소값으로 정하여 큰 RET 를 갖는 경로를 찾는다. 두 경로 중에서 찾은 경로의 RET 는 6 이기 때문에 경로(S,2,6,5,D)가 더 안정된 경로이다.

3.4 경로 유지

제안 기법에서 경로 유지는 AOMDV 의 기법을 사용한다. 하지만 경로 유지에 경로의 안정성을 고려하기 위해 노드 이동성에 기반을 둔 에러 패킷 전송 기법을 추가하였다.

각 노드의 경로유효시간에 따라 RERR 을 발생시켜 링크의 사용불가상태를 관련 노드에게 전달하여 경로를 관리함으로써 데이터를 전송할 노드는 불필요한 경로 탐색을 반복하지 않아도 된다. 각 노드의 경로유효시간에 따른 RERR 패킷을 발생하는 조건은 자신의 경로유효시간에서 일정한 임계시간이다. 임계시간은 선택된 경로가 데이터를 전송하는 중 경로가 단절되는 시간을 예측하여 대체경로로 전환을 하기 위한 시간이다. 임계시간을 아래의 수식과 같이 구할 수 있다.

$$T_{rep} = T_{tot} + T_{source} + 2$$

4. 결론

본 논문에서는 AOMDV 에서 이웃노드와의 경로유효시간을 구하였다. 경로유효시간은 노드의 이동성을 고려하여 이웃노드가 전송범위에서 벗어날 때까지의 시간이다. 본 논문에서는 사용가능한 다중경로를 확보한 후 이를 동적으로 선택하는 기법을 제안하였다. 또한 각 노드의 경로유효시간이 임계시간에 다다랐을 경우 에러 패킷을 발생시켜 안정성을 보장하는 기법을 도입하였다. 연구결과 이러한 이동성을 고려한 기법개선이 Ad-hoc 네트워크에서의 성능에 중요한 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

향후 연구과제로 본 논문에서 각 노드의 이동 속도와 이동방향이 임의적으로 변경되는 환경을 고려하는 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있다. 또한 각 노드의 경로유효시간이 임계시간에 다다랐을 때 RERR 패킷이 발생되는 환경에 대한 좀 더 깊이 있는 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] Charles E. Perkins, editor. IP mobility support Internet Draft, August 1995, Work in progress

[2] Andrew S. Tanenbaum, "Computer Networks," Prentice-Hell International Inc., Third Edition, pp.345-374, 1996.

[3] S. Corson, J. Macker, S. Batsell, "Architectural Considerrations for Mobile Mesh Networking," http://tonnant.itd.nrl.navy.mil/mmnet/mmnetRFC.txt, May 1996.

[4] C. Perkins and E. Royer, “Ad-hoc on-demand distance vector routing”, In Pro. Of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing System and Applications, pp. 90-100, February 1999.

[5] S. Corson, J. Macker, "Mobile ad hoc Networking(MANET)," Internet Draft, Oct. 1998.

[6] Charles E. Perkins, "Mobile Ad Hoc Networking Terminology," Internet Draft, Nov. 1998.

[7] C.E Perkins and P.Bhagwat, "Routing over Multi-hop Wireless Network of Mobile Computers, "SIGCOMM'94 : Computer Communications Review, pp.234-244, Oct., 1994.

[8] Mahesh K. Marina Samir R. Das, “On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks,” In IEEE ICNP 2001, pp. 14-23.

[9] Y.-B. Ko and N. H. Vaidya. “Location-aided routing(LAR) in mobile ad hoc networks”, Wireless Networks, Volume 6, Issue 4, In ACM/IEEE Int, pp.307-321, Jully 2000.

[10] C. K. Toh, “Associativity-Based Routing(ABR) for Ad Hoc Mobile Networks,” Wireless Personal Communications, Vol. 4, No. 2, pp.1-36, Mar. 1997.

[11] 김중태 , 모상만 , 정일용, “무선 Ad-hoc 네트워크에서의 AODV 기반 최대 비 중첩 다중경로 라우팅 프로토콜” , 한국정보처리학회, 정보처리학회 논문지 C,12 권, 3 호, pp. 429-436, 2005. 8.

[12] 김기일, 김상하, “MANET 에서의 다중 경로 라우팅 프로토콜 연구 동향” , 충남대학교, 정보기술 논문지,2004. 6.