

노드 이동의 지역성을 고려한 AODV 라우팅 방법의 향상

유석대⁰, 이문근, 조기환

전북대학교 전산통계학과

{sdyu⁰, mklee, ghcho}@cs.chonbuk.ac.kr

An Improved AODV Routing Mechanism with Node Movement Locality

SukDea Yu⁰, Moonkun Lee, GiHwan Cho

Dept. of Computer Science, Chonbuk University

요 약

노드들끼리 네트워크를 구성하는 ad-hoc네트워크에서는 네트워크 위상 관리를 위한 기본 골격을 가지고 있지 않기 때문에, 노드들의 이동에 의한 위상변화에 따른 잦은 경로 끊김 현상이 발생하거나 불필요하게 길어지는 경로가 형성된다. 본 논문에서는 AODV 라우팅 경로상에서 임의 경로에서 끊김이 발생했을 때, 이를 점진적으로 복구하는 방법을 제시한다. 또한 필요이상으로 경로가 길어지는 것을 방지하기 위하여 노드들 이동의 지역성을 고려한 경로 관리 방법을 수정을 통하여 AODV 라우팅 알고리즘의 성능을 향상시킨다.

1. 서 론

Ad-hoc네트워크는 네트워크 위상 관리를 위하여 어떠한 administrator의 관여 없이 이동 노드들끼리 네트워크를 구성하는 자치적 네트워크이다[1]. 그렇기 때문에 기존에 인터넷을 기반으로 만들어진 라우팅 알고리즘을 그대로 적용할 수는 없다. 이 때문에 ad-hoc 네트워크를 위한 라우팅 방법론들은 다양한 측면에서 접근되고 있다.

Ad-hoc네트워크를 위한 라우팅 알고리즘으로는 크게는 테이블 기반(table driven) 라우팅 방법론과 요청 기반(on demand) 라우팅 방법론으로 나뉘어진다[1]. 테이블 기반 라우팅 방법론은 테이블을 기반으로 하고 있어서, 임의의 시점에 한 노드가 다른 노드로 데이터를 전송하기 위해서 자신이 곧바로 경로를 설정한다. 데이터 전송시 경로 설정을 위한 부가적인 과정이 필요하지 않기 때문에 빠른 전송 시작의 효과를 가져올 수 있으나 테이블 내부의 경로 값의 유효성을 위하여 주기적인 경로 갱신 메시지를 교환해야하기 때문에 제어 메시지의 전송이 많고, 네트워크 위상 구조 변경에 따른 정보 전파가 매우 느리다. 요청 기반 라우팅 방법론은 임의의 시점에 한 노드가 다른 노드로 데이터 전송을 원할 때만 경로를 설정한다. 그렇기 때문에 경로 설정을 위한 부가적인 과정이 데이터 전송 전에 필요하기 때문에 전송을 위한 지연이 많이 있게된다[1]. Ad-hoc 네트워크의 확장성을 고려할 때, 요청 기반 라우팅 방법론이 더욱 적절하다.

ietf의 ad-hoc 네트워크 워킹그룹(MANET)에서는 요청 기반 라우팅 방법론인 AODV(Ad-hoc On Demand Distance Vector)를 표준으로 선정하여 개선 작업을 수행하고 있다. AODV에서는 설정된 라우트 관리를 위해서 기본적으로 지역적 경로 수정 방법을 사용하고 있다. 경로 끊김이 발생하면 해당 노드에서 목적지 노드로 새로운 경로를 설정하여 현재까지 유효한 경로를 유지하며 목적지로의 재설정을 통하여 경로를 복구하고있다[2,3].

* 본 연구는 한국과학재단 특정기초 (1999-2-303-003-3) 지원으로 수행 되었음

하지만 경로 복구를 위하여 끊김이 발생한 노드로부터 경로 재설정은 네트워크에 과도한 부담을 준다. MANET에서는 이러한 부담을 줄이기 위해서 끊김을 인식한 노드에서 경로 재설정을 위한 메시지 flooding 흡수의 제한을 두어 네트워크 부하를 줄이려 했으나[3] 필요 영역이상으로 경로설정 메시지가 전송된다. 또한 흡과 흡 사이의 전송 방법론의 고유의 특성상 한번 설정된 경로는 유효한 기간동안 계속적으로 유지되기 때문에 더 짧은 경로가 발생했을 때에도 기존에 설정된 경로를 통하여 전송이 이루어진다.

본 논문에서는 경로 끊김 현상이 발생했을 때, AODV에서보다 더 짧은 TTL을 가지는 경로 재설정 메시지를 이용하여 지역적 이동에 따른 경로 끊김 현상의 처리를 점진적으로 수행하여 신속하게 처리하도록 하였다. 또한 짧아지는 경로가 발생시 이것을 적용적으로 줄일 수 있는 방법을 제시한다.

논문의 2장에서는 Ad-hoc 네트워크에서 노드의 이동에 따른 링크 복구의 알고리즘들을 살펴보고, 3장에서는 AODV에서 라우트 설정 방법과 라우트 관리 방법에 대하여 기술한다. 4장에서는 AODV라우팅 알고리즘을 개선하기 위한 방법을 제시하고 있으며, 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

경로의 지역적 복구를 위한 방법론은 크게 TORA(Temporary Ordered Routing Algorithm)에서 지역적 경로 복구와 AODV에서 경로 재설정에 의한 지역적 경로 복구 방법이 있다.

2.1 TORA에서 지역적 경로 복구[4]

TORA는 대규모의 ad-hoc네트워크에서 한번 설정된 경로를 중간 노드들이 능동적으로 경로를 재설정하여 경로를 유지시키는 알고리즘이다. 최초 경로 설정시 목적지의 값을 '0'으로 하는 "높이"값을 가지게 되고 이러한 높이 값의 조정을 통하여 스스로부터 목적지까지의 경로가 설정된다. 최악의 경우 네트워크가 조각나는 상황에서도 독자적으로 라우팅 프로토콜이 동작하게 된다. TORA에서는 경로 복구를 위하여 높이 값 조정을 통하여 하향 링크로의 경로를 재설정 한다. 하지만 TORA

는 한 목적지에 대하여 다중의 경로를 유지해야하고 경로 끊김이 발생시 이에 영향을 받는 노드의 수가 많게된다.

2.2 AODV에서 경로 재설정에 의한 링크 복구[2,3]

일반적인 경로 끊김이 발생했을 때에 AODV에서는 최초 경로 설정하는 방법과 같은 방법을 사용하여 끊긴 지점에서 RERR(Route Error)메시지를 사용하여 소스 노드에 알린다. 이때 중계 노드들은 RERR메시지를 소스로 전송하면서 목적지 노드로의 경로를 무효화시킨다. RERR을 받은 소스 노드는 목적지로 경로를 재설정하기 위하여 경로 탐색 질의를 다시 수행하여 해당 경로를 복구하고 메시지 재전송을 시작한다.

3. AODV[2,3]

테이블 기반의 방법론인 DSDV(Destination-Sequenced Distance Vector) 알고리즘을 요청 방식으로 수정한 거리 기반 알고리즘이다. 소스가 목적지 노드와 통신을 원할 때, 경로 탐색 과정을 수행하여 임시의 경로를 생성시키고, 생성된 경로를 통하여 전송이 이루어진다.

3.1 RREQ(Route REQuests) : 경로 탐색 질의

소스노드가 목적지 노드로 데이터 전송이 필요시에 수행된다. 소스노드는 자신의 sequence번호, 목적지 노드의 최종 알려진 sequence번호, 그리고 브로드캐스트 ID를 한 단위 증가시키고 경로 탐색 질의(RREQ)를 생성한다. RREQ메시지는 네트워크 전체에 flooding되는 것을 방지하기 위하여 TTL(Time To Live)값을 조정하여 전송한다.

RREQ를 받은 중계노드들은 우선 소스의 IP 주소와 브로드캐스트 ID를 가지고 이미 받은 것인지를 검사하여 이미 받은 것일 경우 무시하고, 그렇지 않을 경우 RREQ메시지 처리를 위한 과정을 수행한다. RREQ내부에 포함된 목적지 노드에 대한 유효한 경로가 테이블 내부에 존재하는지 여부를 검사하고, 유효한 값을 가지고 있지 않을 경우, IP 헤더 부분에 자신의 IP 주소를 넣고 다시 브로드캐스팅 한다. 이때 목적지 노드의 sequence번호를 자신이 가지고 있는 목적지에 대한 최대 값으로 바꾼다. 테이블 내부에 유효한 경로 값이 존재하면 목적지에 대한 sequence번호를 비교한다. 만약 자신이 가지고 있는 값이 더 작다면 다시 브로드캐스팅한다.

3.2 RREP(Route REPlies) : 경로 설정

한 노드가 RREQ를 받았을 때, 해당 목적지로 가는 유효한 경로 값이 테이블에 있거나 자신이 목적지 일 때, RREP메시지를 생성하고 RREQ에 응답한다. RREQ메시지 내의 소스와 목적지 IP주소를 복사하고, 생성된 RREP메시지는 소스노드로 유니캐스트된다. 이때 목적지 자신이 응답하는 경우에는 자신의 최종 sequence번호를 기록하고 홉 카운터를 '0'으로 초기화한 후에 전송한다. 중간 노드들이 캐시에 목적지에 대한 유효한 라우트 값을 가지고 있어 응답하는 경우에는, 자신이 가지고 있는 최종 sequence번호와 자신으로부터 목적지로의 홉 수를 기록하여 응답한다.

이렇게 만들어진 RREP가 소스로 유니캐스트 되면서 경로가 설정된다. RREP를 받는 중계노드들은 목적지 sequence번호를 비교하여, 테이블 내의 값을 갱신하고 홉 카운터를 하나 증가하여 다시 소스 쪽으로 포워딩한다. 소스노드가 RREP를 받으면 목적지로의 경로가 완전하게 설정된다.

3.3 경로 끊김의 지역성을 이용한 경로 복구

전송 중 경로 끊김이 발생하였으나 최종 기록된 목적지 노드

가 약 10홉 이내의 거리에 있을 경우 지역적 링크 복구를 수행한다. 링크 끊김이 발생하면 해당 노드에서 목적지 노드를 찾는 RREQ를 생성하여 목적지 sequence값을 증가시키고, TTL값을 조정하여 브로드캐스트 한다. 설정하는 TTL값은 현재 노드에서 기존에 알려진 목적지까지의 홉 수와 소스까지 홉 수 중 큰 값에 2 홉을 증가시켜 설정한다.

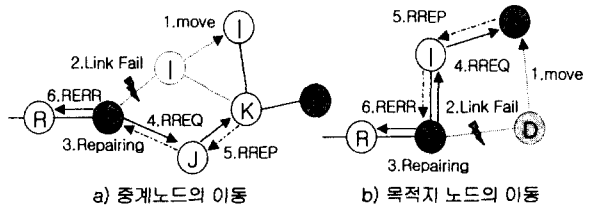
경로 끊김이 발생하여 RREQ를 전송한 노드가 RREP를 받았을 경우, RERR메시지의 no delete flag를 설정하고 소스로 보낸다. 이때 기존에 유효한 경로상의 노드들은 목적지로의 경로 값을 무효화시키지 않고 timeout값을 늘려준다. RERR메시지를 받은 소스는 drop된 데이터 재전송을 수행한다.

4. AODV라우팅 방법 향상

본 논문에서는 노드의 지역적 이동에 따른 경로 끊김이 발생하였을 때, 더 빠르게 적응하기 위한 AODV라우팅 방법을 제시하고, 그런 이동성 때문에 필요이상 길어진 경로를 능동적으로 줄이는 방법을 제시한다.

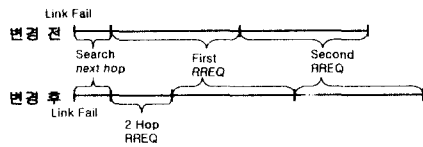
4.1 RREQ에서 TTL값의 점진적 증가에 의한 경로 복구

임의의 시점에 경로상의 인접 두 노드가 동시에 이동하지 않는다 가정하면, 경로의 끊김 현상은 일시에 2 홉의 거리 이내에서 발생한다. 이러한 상황에서 개선된 방법에서는 기존의 방법을 적용하기 전에 점차적으로 RREQ의 전송 범위를 늘리는 방법을 적용함으로써 짧은 시간에 2 홉 거리의 RREQ를 전송하여 경로 복구를 먼저 수행한다. 그리하여 최대한 불필요한 RREQ메시지의 전파를 막고, 빠른 경로 복구를 수행한다. 지역적 경로 끊김을 복구하기 위하여 2 홉의 거리는 일반적인 노드들의 이동성을 고려한 수치이다. 그렇기 때문에 AODV에서도 노드의 이동에 따른 경로 홉 수의 증가치를 2로 설정하고있다.



[그림 1] 2 홉의 RREQ를 이용한 경로 복구

[그림 1]의 a)에서와 같이 중계 노드에서 노드 I의 이동에 따른 경로 끊김이 발생하였을 때, LF노드는 2 홉의 RREQ를 전송하고 2홉의 거리에서 노드 K는 RREP를 통해 응답하게된다. K로부터 응답을 받은 LF노드는 소스로 RERR메시지를 보내고 경로를 복구한다. [그림 1]의 b)는 목적지 노드의 이동 때문에 발생한 경로 끊김을 복구하는 과정이다. 중계 노드뿐만 아니라 목적지 노드의 지역적 이동시에도 같은 결과가 발생한다.



[그림 2] 링크 복구를 위한 처리과정 비교

기존의 AODV에서 지역적 경로 복구를 위한 수행과정과 수정된 수행과정을 비교하면 [그림 2]와 같다. 기본적인 경로 복구를 수행하기 전에 점진적으로 홉 수를 증가하는 정책을 적용한다.

기존의 경로 복구 방법과 비교하면, 일반적인 경로 복구를 위한 RREQ메시지 전송 전에 근접 이동에 따른 경로 복구를 위한 2 홉의 RREQ를 짧은 시간에 처리하고, 이에 응답이 없을 경우 근접이동이 아닌 형태로 간주하고 메시지의 전달 영역을 넓혀 다시 기존의 방법을 그대로 적용한다.

4.2 Hello메시지를 이용한 적응적 경로 축소

AODV에서는 이웃노드와의 링크를 유지하기 위하여 주기적으로 1홉의 TTL을 갖는 Hello메시지를 발생시킨다. 기존의 방법에서는 RREP메시지 형식을 이용하여 이웃노드에 자신의 링크 상태를 알렸다. 이러한 Hello메시지를 [그림 3]과 같이 재정의하여 추가적인 정보를 같이 보냄으로서 능동적인 경로 감소 과정을 수행할 수 있다.

0	7	15	23	31
Type	Reserved	Length	HopCount	
The Node's IP address				
The Node's Sequence #				
Lifetime				
Destination1 IP address				
Destination1 Sequence #				
Destination1 Hop Count				

- Type : 5
- Length : Octet 단위의 메시지 길이
- Hopcount : 0
- The Node's IP address : 자신의 IP주소
- The Node's Sequence Number : 자신의 최종 Sequence 번호
- Lifetime : Hello 메시지 최대 간격
- Destination1 IP address : 유효한 경로 1의 목적지 IP주소
- Destination1 Sequence Number : 유효한 경로 1의 최종 sequence 값
- Destination1 Hop Count : 자신으로부터 목적지까지의 홉 수

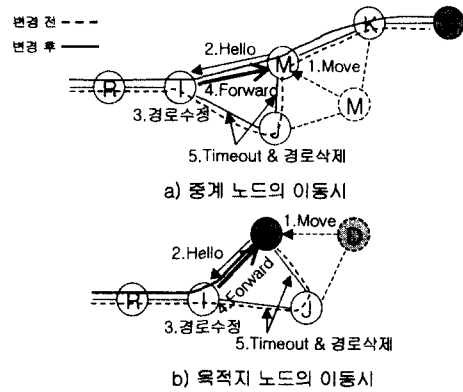
[그림 3] Hello 메시지 형식

경로 변경을 위해 필요한 정보는 목적지의 IP주소와 목적지의 sequence 번호 그리고 해당 노드로부터 목적지까지의 거리 값이 필요하다. 자신의 테이블 내에 포함된 현재 유효한 경로들에 대해서만 추가한다. 자신이 유효한 경로를 가지고 있지 않을 경우에는 목적지에 대한 정보를 포함하지 않고, 현재 유효한 경로가 여러 개일 경우 복수개의 목적지를 포함 할 수 있다.

Hello메시지를 받은 이웃노드들은 링크의 상태뿐 만 아니라 자신이 가지고 있는 유효한 목적지 노드에 대한 값을 포함하고 있는지를 검사한다. 자신의 테이블에 포함된 목적지의 sequence번호와 비교하여 더 높은 값일 경우 해당 엔트리 값을 갱신한다. 그러나 sequence값이 같은 경우나 낮은 경우 홉 수를 비교하여 기존에 가지고 있는 노드의 값보다 보다 낮을 경우 테이블에 있는 경로를 수정하여 다음 메시지 전송에 반영한다. 테이블이 수정된 후에 데이터는 수정된 다음 노드로 전송되어 기존에 설정된 경로는 timeout 시간동안 사용되지 않아 어떠한 추가적인 과정 없이 자동으로 삭제된다[3].

[그림 4]의 a)에서 보듯이 노드 I는 실제로 노드 M과 직접 전송이 가능하나 기존에 I→J→M의 경로가 설정되어 있기 때문에 목적지 D로 향하는 메시지를 K를 거쳐 전송하게 된다. 또한 [그림 4]의 b)에서와 같이 목적지 노드가 이동하여 I노드와 직접 전송이 가능하나 미리 설정된 경로 I→J→D를 통해서 메시지가 전송된다. 이와 같이 노드들의 이동에 따른 네트워크 위상의 변화에도 불구하고 홉 대 홉 전송의 특성상 기존의 경로를 통해서 그대로 전송이 이루어진다. 노드 I는 현재 경로 값이 유효하기 때문에 좁아진 경로에 대한 정보를 얻을 수 있는 방법이 현재의 방법론에는 부재한 상태이다.

[그림 4]의 a)에서 중간노드 M이 이동하여 노드 I와 직접 통신이 가능한 위치가 되었고, Hello메시지의 다음 주기가 되었을 때, 목적지 노드 D에 관련된 유효한 경로 값을 포함한 Hello메시지를 발송하게 된다. 이 메시지를 받은 노드 I는 자신의 테이블 내부에 포함된 목적지 D로의 경로와 비교하게 되고 노드 J보다 M이 더욱 적은 경로 수를 가지고 있다는 것을 알고 자신의 테이블 엔트리 값을 수정한다.



[그림 4] 노드의 로컬 이동에 따른 경로 축소

[그림 4]의 b)에서 보듯이 목적지 노드가 이동하여도 중계노드의 이동과 마찬가지로 노드 D가 이동하여 노드 I와 직접 통신이 가능해진 경우 다음 주기에 Hello메시지에 자신의 유효한 경로에 대한 정보를 전송하고, 노드 I는 능동적으로 경로를 수정한다.

Ad-hoc 네트워크에서 노드들의 이동에 따른 네트워크 위상 변화가 발생하여 더욱 짧아진 경로가 발생하였을 때, Hello 메시지에 추가적인 정보를 실어 보냄으로서, 추가적인 메시지 전송이나 제어메시지 없이 적응적으로 경로 수정 가능해진다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 AODV에서 노드들의 지역적 근접 이동에 따른 경로 끊김 발생하였을 때, 더욱 빠르게 복구하고 네트워크에 제어메시지 전송을 최소화하기 위하여 점진적 범위를 증가하는 RREQ메시지로 경로 복구를 수행하는 방법을 제시하였다. 또한 네트워크 위상의 변화로 인해 더욱 짧은 경로가 가능해졌을 때 Hello메시지를 이용하여 능동적으로 경로 변경하도록 하기 위하여 Hello 메시지를 재정의 하고, 이를 이용하여 능동적으로 경로를 조정하는 방법을 제시하였다.

향후 연구 사항으로서는 제시한 방법을 기존의 AODV와 비교 시뮬레이션 수행이 필요하다. 또한 경로 끊김이 발생하는 빈도수에 간해서 자주 경로 끊김이 발생할 경우, 이를 불안정한 경로로 설정하여 차후 경로 설정시 이 경로를 배제하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] E. M. Royer, C-K Toh, "A Review Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks," *IEEE Personal Communications* 6 (2), pp 46-55, 1999
- [2] C. E. Perkins, E. M. Royer, "Ad-hoc On Demand Distance Vector Routing," *Proc. 2nd IEEE WMCSA*, 1999
- [3] C. E. Perkins, E. M. Royer, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," *draft-ietf-manet-aodv-08.txt*, Mar 2001
- [4] V. D. Park, M. S. Corson, "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks," *Proc. IEEE INFOCOM'97*, 1997