

이동 애드혹 네트워크에서 개선된 AODV 라우팅 프로토콜에 관한 연구

- A Study on Advanced AODV Routing protocol in Mobile Ad Hoc Network -

정찬혁*, 오세덕*, 배진승*, 이광배*
김현욱*, 곽승욱**, 하재승**, 문태수**

Abstract

화재나 긴급상황이 발생하였을 때 임시적으로 네트워크를 구성할 수 있는 애드혹 네트워크분야에서 DSR, AODV, TORA, ZRP 라우팅 프로토콜의 연구가 활발하며 이에 대한 여러 가지 개발이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 AODV 라우팅 프로토콜을 이용하여 다양한 네트워크 환경에서 AODV 라우팅 프로토콜의 성능평가와 함께 AODV 라우팅 프로토콜의 문제점을 수정하여 개선하여 실질적인 MANET 통신에서 사용될수 있는 라우팅 프로토콜을 제안한다.

1. 서론

최근 컴퓨터의 메모리나 저장용량등의 하드웨어의 지속적인 기술발전에 의해 노트북 컴퓨터나 PDA와 같이 사용자가 이동중에도 통신을 할 수 있는 이동 단말기들이 계속 발전하고 있다. 하지만 이러한 이동 단말기들은 통신을 하려면 반드시 기지국을 거쳐 다른 사용자와 연결이 되어야 하기 때문에 전쟁지역이나 생산현장 그리고 재난지역 등과 같이 긴박한 상황이나 환경에서 긴급히 네트워크의 연결이 필요로할 때는 통신을 할 수 없는 단점이 있다.

이동 애드혹 네트워크 (Mobile Ad Hoc Network)에서는 이러한 기지국이나 고정된 유선 망 등의 기반구조를 필요로 하지않고 라우팅 기능을 가진 이동 단말기로 구성되었기 때문에 Ad-Hoc 무선망은 병원, 전시장, 생산 현장 등과 같은 긴박한 상황이나 지속적인 망 연결이 필요 없는 환경에서 적용 가능하다. 하지만 이러한 이동 애드혹 망은 무선의 특성상 노드들의 잦은 이동으로 인해 망의 토폴로지가 수시로 변하고, 이에 따른 패킷의 손실이 자주 발생하게 되기 때문에 이러한 환경에 알맞은 라우팅 프로토콜의 개발이 무엇보다도 필요하다.

* 명지대학교 전자공학과

** 명지전문대학 정보통신과

*** 신성대학 정보통신과

본 논문에서는 애드 혹 네트워크에서 사용되는 대표적인 라우팅 프로토콜인 AODV 라우팅 프로토콜을 이용하여 다양한 네트워크 환경에서 AODV 라우팅 프로토콜의 성능평가와 함께 Table-Driven 방식의 단점인 네트워크 부하 방지방법을 제시하여 보다 신속하고 정확한 경로설정 및 경로유지를 통한 불필요한 네트워크 부하를 감소시킬수 있는 방법을 제안하였다.

2. AODV(Ad-Hoc On-Demand Distance Vector) 라우팅 프로토콜

AODV 라우팅 프로토콜의 기반 DSDV 라우팅 프로토콜은 벨먼-포드 알고리즘에 기반한 테이블 구동 방식으로 네트워크 내의 모든 이동노드는 다른 모든 노드에 대한 경로정보를 갖는다. 각 항목은 목적지노드에 의해 표시된 순서번호(sequence number)를 이용하여 라우팅 루프를 방지한다. 또한 테이블의 내용을 계속해서 갱신하기 위해 주기적인 신호를 방송한다. 이러한 주기적인 갱신 메시지의 방송은 전체 망의 부하를 증가시키지만 비교적 소규모의 Ad Hoc 망에서는 효율적으로 동작한다. 그러나 망의 규모가 확대되면 제어 메시지에 의한 부하가 증가되기 때문에 망 부하를 감소시킬 수 있는 새로운 알고리즘이 요구된다.

AODV는 DSDV의 이러한 단점을 향상시키기 위해 고안된 것으로 루프를 제거하기 위해 DSDV에서 사용한 순서번호를 사용하며, 주기적인 방송에 의한 부하를 줄이기 위해 오직 요구가 있을 경우만 경로 설정을 수행한다. 또한 국부적인 Hello 메시지를 이용하여 이웃노드의 정보를 유지하기 때문에 국부적인 연결 관리와 전체 망 토폴로지 관리간의 구별이 요구되며, 또한 이웃하는 두 노드간의 연결은 양방향이라고 가정한다. 국부적 방송에 의한 Hello 메시지는 노드의 국부적 이동에 대해 최적의 응답시간과 새로운 노드 설정 시, 빠른 응답시간을 제공하여 각 노드의 이웃노드 테이블 설정과 갱신을 수행한다. 그러나 링크손실에 따른 국부적 정보갱신은 경로 재설정 의 부하를 증가시킬 수도 있다.

2.1 경로 발견(Route Discovery)

(1) 경로 발견

경로발견은 소스노드가 다른 노드와 통신하고자 할 때, 노드의 라우팅 테이블에 목적지주소가 없을 경우에 초기화된다. 이때, 경로발견은 각 노드의 순서번호(Destination Sequence)와 방송식별자(broadcast id)라는 독립된 두 개의 카운터를 저장하고 있는 RREQ를 이웃 노드에게 전송한다.

방송식별자(Broadcast ID)는 새로운 RREQ가 생성될 때마다 증가한다. 각 이웃노드는 자신이 목적지노드이거나 중간 경로로 목적지노드를 알고 있을 경우, RREP를 소스노드로 보낸다. 만약 목적지노드에 대한 어떠한 정보도 갖고 있지 않다면 홉 수를 하나 증가시키고 다시 RREQ를 이웃노드로 방송한다. 그러나 이러한 방송에 의해서 각 노드는 동일한 RREQ를 수신할 수 있다. 따라서 RREQ 내에 설정된 방송식별자와 소

스주소를 이용해 임의의 노드에 늦게 도착한 중복된 패킷을 제거한다. 또한 역방향 및 순방향 경로 설정을 위해 타임아웃(time-out) 기법을 사용한다.

① 역방향 경로 설정

RREQ가 소스노드에서 목적지노드까지 찾는 동안에 자동적으로 모든 노드는 소스노드로 역방향 경로를 설정한다. 모든 노드는 이 정보를 이용해 수신할 수 있는 이웃노드를 기록하는데, 보다 최신의 정보를 유지하기 위해 두 개의 순서번호(목적지, 소스)를 사용한다. 또한 역방향 경로설정은 적어도 망을 가로지를 수 있을 정도로 충분한 시간동안 진행되어야 한다.

② 순방향 경로 설정

RREQ를 수신한 노드는 먼저 양방향 링크의 여부를 판단한 후, 중간노드인 경우는 자신이 갖고 있는 정보와 RREQ 목적지에 대한 순서번호의 크기를 비교하여 경로설정 여부를 결정한다. 즉, 현재 수신한 RREQ의 순서번호가 더 작은 경우는 이미 수신한 것으로 판단되어 버려지며, 크거나 같을 경우는 정보를 기록하고 다시 방송한다. 이때, 중간노드에서 목적지노드까지의 경로를 발견한 경우, RREP를 생성해 소스노드로 유니캐스트한다. RREP는 소스주소, 목적지주소, 목적지 순서번호, 홉 수, 생존시간(lifetime)의 정보를 포함한다. 최종적으로 목적지노드에 도착한 경우, RREP를 생성하여 소스노드로 전송한다.

순방향 경로는 RREQ에 의해 성립된 경로의 역방향 경로에 따라 RREP가 전송되면서 설정된다. 이때, 각 노드의 정보는 갱신되며, timeout 방식을 이용하여 목적지노드를 찾지 못한 경로를 제거한다. RREP는 RREQ와 마찬가지로 최신의 정보를 유지하기 위하여 목적지 순서번호를 비교하며, 추가적으로 홉 수를 이용해 최단경로를 설정한다.

최초의 RREP를 수신한 소스노드는 데이터 전송을 개시한다. 만약, 더 좋은 경로를 발견하면 라우팅 정보를 갱신할 수 있다. 이 방식은 최신의 라우팅 정보를 빠르게 갱신할 수 있을 뿐만 아니라, RREP의 수를 감소시켜 망 전체의 부하를 감소시킨다.

(2) 라우팅 테이블 관리

소스와 목적지 순서번호와 함께 추가적인 정보를 라우팅 테이블 내에 관리한다. 관리를 위한 방식은 소위 soft-state로 불리는 역방향 경로설정을 위한 경로요청 만료 타이머로 목적지노드까지의 경로를 확보하지 못한 노드의 정보를 삭제하는데 사용된다. 이때, 만료시간은 Ad Hoc 망의 크기에 의존한다. 또한 캐쉬 타임아웃 기법을 이용하여 유효하지 않은 경로를 제거한다. 목적지노드까지의 경로연결이 파손된 것을 감지하기 위하여 각 노드는 가장 최신의 활성 타임아웃 주기 내에 목적지노드를 향해 적어도 하나의 패킷을 발생하거나 증계하고 있다면 활성 이웃노드로 간주해 그 주소를 유지한다. 소스노드부터 목적지노드까지의 이러한 경로를 활성경로라고 한다. 각 노드의 라우팅 테이블은 목적지, 다음 홉(next hop), 홉 수, 목적지에 대한 순서번호, 활성 이

웃노드, 만료시간에 대한 정보를 포함한다.

새로운 경로가 이동노드에게 제공된다면, 이동노드는 목적지노드에 대한 기존의 순서번호를 비교하여, 더 큰 수를 선택한다. 이때, 현재의 값과 기존의 값이 서로 같다면, 목적지노드까지의 홉 수가 적은 것을 선택한다.

2.2 경로 유지(Route maintenance)

AODV 라우팅 프로토콜에서의 생성된 경로의 유지와 노드의 테이블 관리는 일정시간 간격마다 전송되는 헬로우 메시지를 통해 이루어진다. 네트워크 상에 노드는 일정시간마다 전송되는 헬로우 메시지의 수신을 통해 현재 자신의 이웃노드에 있는 노드를 자신의 라우팅 테이블에 있는 이웃노드 리스트로 기록을 한다. 한편 기록된 이웃노드 리스트는 역시 일정시간마다 수신되어지는 헬로우 메시지에 의해 유효여부를 결정하게 된다. 일정한 시간안에 헬로우 메시지가 수신이 되어진다면 자신의 이웃노드로의 경로가 유효하다는 것을 의미하게 되고 반대로 일정시간안에 헬로우 메시지가 수신이 안된다면 이웃노드로의 경로가 유효하지 않다는 것을 의미하게 된다. 이러한 헬로우 메시지를 통한 노드의 이웃노드 리스트 관리가 노드와 노드사이의 경로가 양방향이라는 가정하에 이루어지기 때문에 단방향 환경이 발생하게 될 경우에는 경로유지 뿐만 아니라 이웃노드 리스트를 관리할 수가 없게된다는 점이 있다. 한편 일정 시간안에 헬로우 메시지를 경로상의 이웃노드로부터 전송받지 못한 노드는 경로 에러메시지인 RERR를 소스노드로 유니캐스트 하여 에러발생상황을 알리게 된다.

2.3. 제안한 AODV 라우팅 프로토콜

제안한 라우팅 프로토콜은 기존의 라우팅 프로토콜의 문제점을 다음과 같이 크게 3가지로 분류하여 개선하였다.

첫째 기존의 AODV 라우팅 프로토콜의 특징은 Table-Driven 방식기반이었기 때문에 라우팅 정보의 변화를 알리기 위해 노드와 노드사이에 주기적으로 헬로우 메시지를 전송함으로써 불필요한 네트워크 부하의 증가를 불러 일으켰다. 이러한 주기적으로 전송되어지는 헬로우 메시지는 일반 데이터 패킷보다 IFQ에서 전송되어지는 순서가 높기 때문에 데이터 패킷을 송수신하는데 있어 헬로우 패킷의 증가는 그만큼 데이터 패킷의 지연을 가져다 주게되었다.

둘째 경로 설정시에 중간노드에서는 목적지 노드에 대한 정보가 자신의 라우팅 테이블에 저장되어져있다면 곧바로 경로상의 소스노드로 RREP 메시지를 전송하게 되는데 이러한 특징으로 인해 전체 노드로 전송되어지는 RREP 패킷의 부하가 증가되어 전체 네트워크의 성능에 영향을 미치게 된다. 실제로 그림 2에서처럼 중간 노드에서 경로상의 소스노드로 RREP 메시지를 전송하는 도중에 노드의 이동으로 인해 경로상에 에러가 발생한 경우에 이러한 중간노드에서의 Route Reply 는 오히려 부하증가만 증가시키게 된다.

셋째 일정한 시간안에 헬로우 메시지를 수신하지 못한 경로상의 노드는 경로상에 에러를 알리는 RREP 메시지를 생성하여 소스노드에게 역방향 경로를 이용하여 유니캐스트로 전송한다. 하지만 노드의 이동이 빈번한 이동 애드 혹 네트워크에서는 에러를 판단한 노드에서 소스노드로 가게되는 역방향경로 조차 경로에 에러가 발생할수 있기 때문에 에러메시지가 소스노드로 제대로 전송되지 않은 상황이 발생하게 되어 재 경로 설정이 이루어지기 까지에는 많은 양의 데이터 패킷의 손실이 이루어지게되었다. 제안한 라우팅 프로토콜은 경로상의 에러가 발생하였을 에러패킷을 이동 애드 혹 네트워크의 전체 노드로 브로드 캐스트하여 소스노드가 보다 빨리 경로상의 변화정보를 반영하여 경로를 재설정하게 하였다. 또한 헬로우 패킷의 우선순위를 고려하여 RREP 부하로 생성되는 네트워크 부하를 줄임과 동시에 보다 정확하고 신속한 경로설정을 함으로써 전체 네트워크의 성능 향상을 이룰수 있는 개선된 AODV 라우팅 프로토콜을 제시하였다.

3. 실험 및 결과

본 논문에서는 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 제안한 알고리즘을 코드로 구현하여 시뮬레이션하였다. 하드웨어로는 700MHz 펜티엄 III, 128MB RAM, 20GB 하드디스크를 갖춘 PC를 사용하였다.

3.1 구성 및 평가방식

1) 중간 노드에서 RREP 메시지 전송하지 않고 곧바로 RREQ를 목적지까지 전송하는 경우

그래프에서 M_R_R 은(Middle node Route Reply) 의약자로서 중간노드에서 경로 응답메시지를 전송한경우이며 M_R_N 은(Middle node Route Reply NO)의 약자로서 중간노드에서 경로 응답메시지를 전송하지 않은 경우를 의미한다.

그림 1은 노드 정지 시간에 따른 데이터 수신율을 나타내고 있다. 전체적으로 제안한 알고리즘과 기존 알고리즘을 비교해볼 때 데이터 수신율에서는 거의 차이가 없다고 볼 수 있다. 노드 정지시간이 30, 300, 600 인 경우에는 중간노드에서 경로 응답메시지를 생성하지 않았을 경우의 데이터 수신율을 메시지를 생성하였을 때 보다 약간 높게 얻을 수 있었다. 노드 정지시간 900을 비교해볼 때 기존의 알고리즘과 제안한 알고리즘에서의 데이터 수신율의 차이가 없는 것으로 보아 노드의 이동이 적은 환경인 경우에 불필요하게 중간 노드에서 RREP 메시지를 생성하여 소스노드에게 전송하면 경로 설정시간은 단축될 수는 있지만 그림 2와 3에서 보듯이 이에 따른 부하패킷(RREQ, RREP) 패킷이 증가되어 네트워크의 성능에 영향을 미치게 된다. 그림 3에서 살펴보면 중간노드에서 RREP 패킷을 생성하지 않았을 때 감소되는 패킷의 양을 살펴볼 때 실제로 이동 애드혹 네트워크에서 RREP 패킷이 네트워크 부하에 많은 영향을 줄수 있으며 제안한 알고리즘으로 이에 대한 부하를 어느정도 줄일 수 있다는 것을 보여주고 있다.

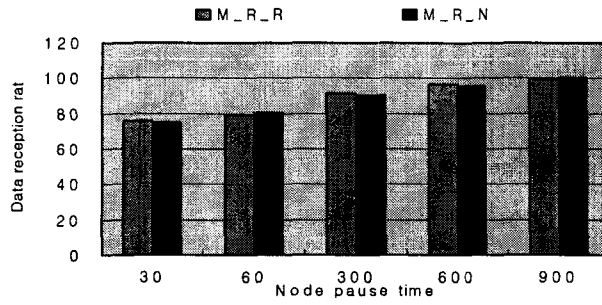
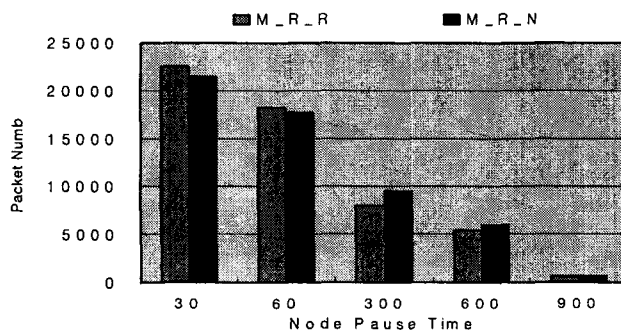
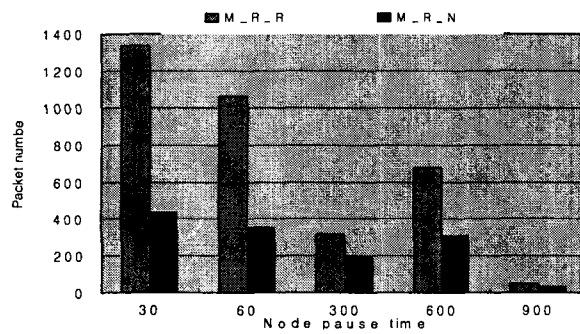


그림 1 . 데이터 수신율
Fig 1 . Data reception rate

-부하패킷(RREQ)



-부하패킷(RREP)



4. 결론

AODV 라우팅 프로토콜의 문제점을 개선한 제안한 라우팅 프로토콜은 Table-Driven 방식의 단점인 경로상의 경로 정보의 변화를 이웃노드에게 알려주기 위해 주기적으로 전송함 발생하는 부하패킷을 고려하여 네트워크 부하를 줄임과 동시에 경로 에러가 발견되었을 때 보다 정확하고 빠르게 경로 에러를 전달함으로써 데이터 패킷의 손실을 줄일수 있었다. 노드의 이동이 빈번한 이동 애드혹 네트워크에서 제안한 알고리즘은 실제적인 무선환경에서 동작하는 MANET 통신 시스템을 구현하기 위한 라우팅 프로토콜로 적용될 수 있음을 검증하였다.

5. 참고문헌

- [1] Tony Larsson, and Nicklas Hedman, "Routing Protocols in Wireless Ad-hoc Networks : A Simulation Study," Master's thesis, Lulea University of Technology, Stockholm, 1998.
- [2] R. Pandya, and et al., "IMT-2000 standard: Network aspects," IEEE Pers. Commun., pp.20-29, Aug, 1997.