

단방향 링크가 있는 무선 애드 혹 네트워크에서 DSR에 기반한 라우팅 프로토콜

Jun-Jie Piao^o 장태무
동국대학교, 컴퓨터공학과
playy@dgu.edu, itm@dongguk.edu

A DSR-based Routing Protocol for Wireless Ad-Hoc Networks with Unidirectional Links

Jun-Jie Piao^o Tae-Mu Chang
Dept. of Computer Engineering, Dongguk University

요 약

이질적인 노드들로 구성된 이동 애드 혹 네트워크는 상이한 전송 능력을 가진 노드들로 구성되는 특성을 가지고 있다. 이런 특성으로 인해, 이질적인 노드들 즉, 높은 전송능력을 가진 노드와 낮은 전송능력을 가진 노드 간에 단방향 링크가 형성된다. 하지만 현재까지 MANET WG에서 제안되어온 애드 혹 라우팅 프로토콜들은 단방향 링크문제를 명확히 해결하지 못하고 있다. 본 논문에서는 기존 DSR 라우팅 프로토콜이 단방향 링크를 지원할 때 생기는 문제점들을 설명하고 이를 극복하기 위한 새로운 라우팅 프로토콜을 제안한다.

1. 서 론

이동 애드 혹 네트워크 기술은 고정 기반망이 없고, 이동 호스트만으로 구성된 독자적인 시스템이다. 이러한 애드 혹 네트워크의 가장 대표적인 응용으로는 재난복구, 탐색 및 구조 작업, 전시 등과 같은 기존 기반망이 파괴된 환경 혹은 기반망이 구축되지 않은 환경이다.

하지만 애드 혹 네트워크 기술의 발전으로 인하여 미래 애드 혹 네트워크의 역할은 많은 변화가 있을 것이다.[1] 대표적인 예로 기존 기반망이 파괴된 상황뿐만 아니라 글로벌 인터넷과 연결이 가능한 무선 랜 기반망과 혼합된 형태를 볼 수 있다. 이러한 무선 랜 기반 애드 혹 네트워크는 상이한 전송 능력을 가진 노드들로 구성되는 특성을 가지며, 이런 특성으로 인해, 이질적인 노드들 즉, 높은 전송파워를 가진 노드와 낮은 전송파워를 가진 노드간에 단방향 링크가 형성된다.

단방향 링크는 라우팅 경로를 단축시키고, 릴레이를 위한 중간 노드의 부담을 줄일 수 있는 중요한 망 자원이다. 현재 MANET(Mobile Ad Hoc NETWORK) WG 에서 제안된 대표적인 라우팅 프로토콜 중에서, AODV는 그 구조상 양방향 링크 상에서만 구동되는 라우팅 프로토콜이고, ZRP도 최근에 와서야 단방향 링크 상에서 구동될 수 있게 확장되었다. 반면에 DSR은 단방향 링크상에서 구동되지만, 다중 flooding 방식을 사용하기 때문에 통신 오버헤드가 너무 높은 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 단방향 링크 존재 시 기존 DSR 방식에서 발생하는 문제점과 이를 극복하기 위한 개선된 DSR 라우팅 프로토콜을 소개하고 실험을 통해 효율성을 제시한다.

2. 관련연구

2.1 이질적인 노드로 구성된 이동 애드 혹 네트워크

[1]에서는 미래 애드 혹 네트워크의 역할을 설명하였고, 무선 랜 기반망과 혼합된 형태의 애드 혹 네트워크를 보여주었다. 이 혼합된 구조는 글로벌 인터넷과 연결하기 위한 AP (access point), AP와 연결하기 위한 Gateway 노드 그리고 일반 이동 노드들이 포함되어 있다. Gateway 노드들은 일반 노드들 보다 물리적인 컴퓨팅 파워와 전력 공급의 안정성 면에서 월등이 뛰어나며, 낮은 이동성을 가지고 있다. 이러한 특성 때문에 Gateway 노드와 일반 노드들 사이에 많은 단방향 링크가 존재한다.

이질적인 노드들로 구성된 애드 혹 네트워크는 이러한 무선 랜 기반망과 혼합된 형태뿐만 아니라, 다른 상황에서도 발생할 수 있다. 예를 들면, 군사분야에서 야전 작전을 수행할 때 병사들 간, 혹은 병사와 탱크 혹은 장갑차 간의 통신이 필요하며, 이러한 통신은 애드 혹 네트워크를 기반으로 이루어진다. 실질적으로 병사들이 휴대하는 통신 장비와 탱크나 장갑차에서 탑재되는 통신장비는 송신 파워나 전력공급에서 많은 차이점이 있다.

2.2 DSR 라우팅 프로토콜

DSR은 요구 기반 방식에 기초하고 있으며 모든 노드는 라우팅 캐쉬를 유지하고 있다. 모든 노드들이 멀티 홉을 이용해서 통신의 요구가 있을 경우에 경로를 설정할 수 있다.

[그림 1]에서는 DSR 라우팅 프로토콜의 동작 과정을 보여주고 있다. 경로 탐색 절차는 패킷 데이터 발생 시

목적지 노드로의 라우팅 정보가 존재하지 않을 경우 라우팅 정보 획득을 위해 RREQ 메시지를 이웃 노드로 브로드캐스팅 한다. RREQ 메시지를 수신한 중간 노드가 목적지 노드로의 경로정보를 가지고 있지 않을 때, 자신의 노드 주소를 RREQ 메시지 헤더에 추가하고 다시 이웃 노드로 브로드캐스팅한다. 목적지 노드가 RREQ를 받으면 RREQ 헤더에 기록된 경로를 추출하여 소스노드로 유니캐스팅 방식으로 전송한다. 중간 노드가 목적지 노드로의 경로정보를 가지고 있을 때, RREQ를 받는 즉시 소스노드로 RREP 메시지를 전송한다.

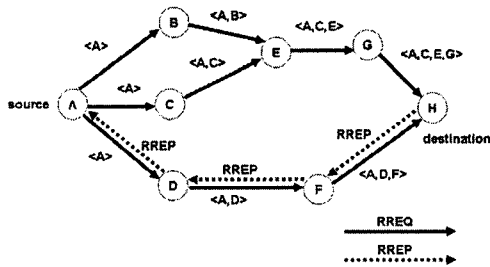


그림 1 DSR 라우팅 프로토콜

유니캐스팅 RREP를 사용하는 초기 DSR는 단방향 링크 발생시 치명적인 단점이 있다. 만약 B→D는 단방향 링크를 형성하고 있고, RREQ는 B에서 D로 전송된다. 목적지 노드가 RREQ를 수신 후 설정된 경로대로 RREP를 보낼 때, D에서는 B로 전송될 수 없는 상황이 발생되어, 경로설정이 이루어지지 않는다. (B는 제한 시간 내에 RREP를 받지 못하면 timeout 된다.)

반대로 단방향 링크를 지원하는 향상된 DSR라우팅 프로토콜은 다음과 같은 단계를 수행 함으로서 위의 문제를 해결한다.

소스 노드는 목적지 노드로 데이터 전송을 시작하기 위하여 RREQ 메시지를 생성하고 브로드캐스팅 한다. 목적지 노드가 RREQ 메시지를 수신하면, RREQ 헤더에 포함되어 있는 경로정보를 RREP 메시지에 복사한다. 그리고 단방향 링크에 따른 문제를 해결하기 위해 소스노드로 향하는 역방향 경로를 재 검색한다. 재 검색하는 방법은 브로드캐스팅 RREP 메시지를 사용한다. 브로드캐스팅 RREP 메시지를 수신한 소스 노드는 RREQ에서 RREP로 복사된 순방향 경로를 통하여 데이터 전송을 시작하고 RREP 헤더에 기록된 역방향 경로를 목적지 노드로 통보한다.

단방향 링크를 지원하는 DSR는 목적지 노드에서 RREQ를 수신하고 다시 소스노드로의 경로 탐색을 시작한다(multiple flooding). 이 방법은 단방향 링크 문제를 해결하지만, multiple flooding 때문에 너무 많은 통신 오버헤드를 발생한다.

3. 제안하는 DSR-based 라우팅 프로토콜

본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜은 유니캐스팅

RREP를 사용하여 DSR 프로토콜의 브로드캐스팅 수를 줄이면서, 빠른 경로설정을 달성하는데 목적을 두고 있다.

3.1 단방향 링크의 발견

애드 혹 네트워크에서 단방향 링크를 발견하는 방법은 주로 두 가지가 있다. 첫 번째 방법은 BlackListing[2] 방법으로, RREP 전송에 실패한 노드가 다음 홉을 “blacklist”에 추가함으로써, 재시도되는 RREQ를 수신하였을 경우 이를 무시하게 된다. 단점으로는 단방향 링크를 활용하지 못하고, 짧은 시간 동안 단방향 링크가 많이 발생할 때 네트워크 연결성에 심각한 영향을 끼칠 수 있다. 두 번째는 Hello 메시지를 이용한 방법이며, AODV나 기타 라우팅 프로토콜에서 사용하는 방법이다.

이질적인 노드들로 구성된 애드 혹 네트워크 환경하에서 단방향 링크가 생길 수 있는 제일 큰 원인은 노드들의 전송범위 차이 때문이다. 본 논문에서 제안한 프로토콜은 기타 상황을 배제하고 단지 노드들의 전송범위의 차이로 생기는 단방향 링크를 해결하고자 한다. 단방향 링크를 발견하는 방법은 아래와 같다.

- ① 전송 범위가 큰 노드들은 (이하 슈퍼 노드라 부른다) 자신의 이웃 노드들의 정보를 유지한다. 슈퍼 노드들은 전역 공급이 안정되어있다고 가정하고, 주기적으로 Hello 메시지를 브로드캐스팅한다.
- ② 일반 노드들이 슈퍼 노드의 Hello 메시지를 수신하면, 유니캐스팅 방식으로 슈퍼 노드로 응답하며, 오버헤드를 최소화 하기 위하여 응답메시지에는 단지 자신의 노드ID만 포함한다.
- ③ 슈퍼 노드는 Hello 메시지를 응답한 일반 노드들의 정보를 저장하고, RREQ 메시지를 브로드캐스팅할 때 저장한 이웃노드들의 리스트를 패킷에 추가하고 전송한다.
- ④ 일반 노드가 슈퍼 노드의 RREQ 메시지를 수신하면, 슈퍼노드의 이웃리스트에 자신이 있는지를 먼저 확인한다. 만약 존재하지 않으면 단방향 링크이고, 반대의 경우이면 양방향 링크이다.

단방향 링크를 발견하기 위하여 RREQ 메시지 헤더에 “Link” 라는 필드를 추가한다. (Link = 0 이면 단방향 링크이고 Link = 1 이면 양방향 링크이다.) [그림 2]는 Link 필드가 추가되는 형태이다. (D→F 링크가 단방향임을 나타낸다.)

Routing path				
Node ID:	A	D	F	H
Link:	1	0	1	1

그림 2 Link 필드의 추가 형태

3.2 경로 탐색

다음은 경로 탐색을 하는 절차이다.

- ① 초기화: 소스노드는 RREQ 메시지를 생성하여 이웃노드로 브로드캐스팅 한다.

② 중간 노드의 RREQ 수신: RREQ를 보낸 노드가 슈퍼노드일 경우.

- 이웃노드 리스트에서 자신이 있는지를 체크한다. 만약 자신의 노드 ID가 존재할 경우 RREQ를 보낸 노드주소의 Link 필드를 1로 세팅하고 계속 브로드캐스팅한다.
- 만약 자신의 노드 ID가 없는 경우 RREQ를 보낸 노드주소의 Link 필드를 0으로 세팅하고 일정시간 동안 전송을 멈추고 다른 경로를 통하여 수신되는 같은 <srcAdd, seqNo> 쌍의 RREQ 메시지가 도착하기를 기다린다. 요구에 맞는 메시지가 수신될 때 기존의 방법대로 무조건 삭제하지 않고, 헤더에 기록된 경로정보를 검색하여 2홉 내로 슈퍼 노드의 ID가 있는지를 체크한다. 2홉 내로 슈퍼 노드가 존재하지 않으면 받은 메시지를 버리고, 반대의 경우 슈퍼 노드로 가는 우회경로를 RREQ헤더에 추가로 저장하고 계속 브로드캐스팅한다. (대부분 단방향 링크에서 역 경로로 2홉을 거치면 도달할 수 있다는 것이 실험결과로 발표되었다. [3] 즉 A→B로의 단방향 링크에서 B→X→A를 거치면 노드 A로 도달할 수 있다는 것이다.)
- RREQ를 보낸 노드가 일반 노드일 경우, 링크 필드를 1로 유지하고 RREQ를 계속 브로드캐스팅한다.

③ 목적지 노드의 RREQ를 수신: 유니캐스팅 방식으로 RREP 메시지를 RREQ 헤더에 저장된 경로대로 송신한다.

- Next-hop의 Link 필드가 1일 경우: 양방향 링크이므로 기존방식대로 RREP 전송
- Next-hop의 Link 필드가 0일 경우: 추가로 저장된 우회경로를 통하여 PPEP 전송

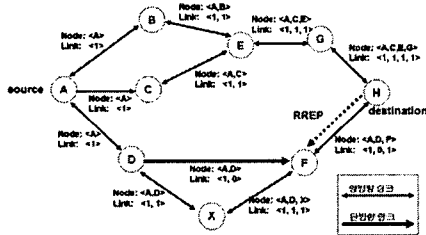


그림 3 RREQ 처리 단계

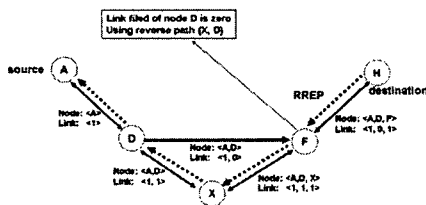


그림 4 RREP 처리단계

[그림 3]과 [그림 4]는 제안하는 프로토콜의 RREQ와 RREP의 처리과정을 간략하게 도시 하였다. 여기서 노드 D는 슈퍼 노드이며 다른 일반 노드들보다 긴 전송범위를

가진다.

3. 시뮬레이션 결과

제안하는 프로토콜은 GloMoSim 시뮬레이터에서 구현하였다. 시뮬레이션 환경은 일반 노드의 전송범위는 슈퍼노드의 60%로 설정하고 random mobility type에서 평균 0~20m/s의 속도로 이동하는 500m * 500m네트워크에서 총 브로드캐스팅 메시지에 대하여 제안한 프로트콜과 DSR를 비교 분석 하였다. [그림 5]

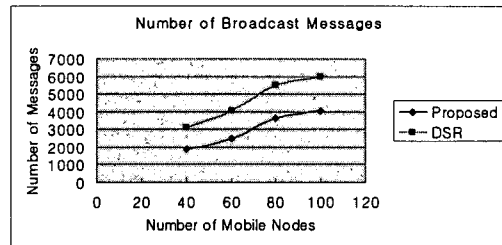


그림 5 Number of Broadcast Messages

[그림 5]와 같이 총 노드 수를 40개부터 20개씩 증가시키면서 실험한 결과, DSR 라우팅 프로토콜 보다 브로드캐스팅 메시지 수가 30%~40% 감소된 것을 확인할 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 앞에서 살펴본 것과 같이 이질적인 노드들로 구성된 네트워크에서 단방향 링크가 발생시 DSR 프로토콜의 multiple flooding으로 인하여 발생하는 전송 오버헤드를 프로토콜의 변경을 통하여 효율적으로 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

제안한 프로토콜은 DSR에서 크게 변동이 필요 없이 쉽게 구현이 되고, 빠른 경로설정을 할 수 있는 장점이 있지만, 아직 까지 슈퍼 노드의 Hello 메시지로 인한 오버헤드가 존재하고, 슈퍼 노드에서 일반 노드로의 단방향 링크만을 감지하는 단점이 있다. 향후 연구과제로 이러한 문제점들을 보완할 필요가 있다.

5. 참고문헌

[1] B.Xu, S. Hischke, B. Walke "The Role of Ad hoc Networking in Future Wireless Communications". In Proc. ICCT, Beijing, 2003;

[2] C.E.Perkins, E.Belding-Royer, S.Das. Adhoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>, July, 2003

[3] Venugopalan Ramasubramanian, Daniel Mosse, " Statistical Analysis of Connectivity in Unidirectional Ad Hoc Networks," ICPP Workshops 2002.