

모바일 애드 혹 네트워크를 위한 이중 채널 AODV 라우팅 프로토콜

유대훈^o* 조원근* 최웅철* 정광수** 이승형**
광운대학교 컴퓨터과학과* 광운대학교 전자정보공학부**
{yo2dh^o, falltrap}@cs.kw.ac.kr, wchoi@daisy.kw.ac.kr, {kchung, rhee}@kw.ac.kr

A Dual-Channel AODV Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks

DaeHun Yoo^o* WonGeun Jo* WoongChul Choi* SeungHyong Rhee** KwangSue Chung**
Department of Computer Science, KwangWoon University*
Department of Electronics Engineering, KwangWoon University**

요 약

모바일 애드 혹 네트워크에서 많은 라우팅 프로토콜들이 연구되어지고 있다. 연구된 프로토콜 가운데 널리 쓰이고 있는 AODV는 On-Demand 방식으로써, 필요에 따라 라우팅 정보를 얻기 위한 메커니즘을 사용한다. 여기서 라우팅 정보를 얻은 이후에 링크 상태를 점검하기 위해서, Table-Driven 방식과 비슷하게 주기적으로 메시지를 전송함으로써 링크가 끊어질 경우의 상황을 인지 할 수 있도록 한다. 비록 On-Demand라 할지라도 주변에 노드들이 많으면, 라우팅의 유지를 위해 주기적으로 전송하는 패킷과 요구에 따른 라우팅 패킷으로 데이터를 전송하기 위한 대역폭에 영향을 줄 수 있다. 그래서 본 논문에서는 데이터를 전송하기 위한 채널과 제어/라우팅 정보를 교환하는 채널로 나누고 데이터를 전송하는데 있어서 신뢰성 있고 일정한 대역폭의 사용량을 줄 수 있는 방법을 제안한다.

1. 서 론

모바일 애드 혹 네트워크에서는 라우팅 프로토콜에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 모바일 애드 혹 네트워크(MANET)는 기존 기지국과 같은 기반 시설을 사용하지 않고 이동성을 가진 노드들이 임시로 구성된 무선 네트워크이다[1]. 각 노드들은 전송 범위 안에 있지 않고 분산되어 있을 수 있기 때문에 멀티 홉 방식으로 전송할 필요가 있다. 여기서 유선 네트워크에서와 같이 기반 구조(Infrastructure)가 없는 모바일 애드 혹 네트워크는 각 노드들이 라우터의 역할을 해야 한다. 기존에 나와 있는 라우팅 프로토콜은 라우팅 정보를 갱신하는 방법에 따라 Table-Driven(Proactive) 방식과 On-Demand(Reactive) 방식으로 구분된다[2].

Table-Driven 라우팅 방식은 주기적으로 주변 노드들의 정보를 주고받으며, 라우팅 테이블을 만들고 링크 상태를 점검한다. 이 방식은 전체의 네트워크 정보를 각 노드가 모두 가지고 있으므로, 중간 노드에 대한 접속이 끊기는 경우 대체 경로를 찾을 수 있고 전송할 데이터가 있을 경우 빠른 전송 시도를 할 수 있는 장점이 있다. 하지만 네트워크 크기가 큰 경우에는 라우팅 정보를 저장하기 위한 메모리 문제가 발생 할 수 있고, 전송 양

또한 커지기 때문에 대역폭의 낭비를 초래할 수 있는 단점이 있다.

On-Demand 라우팅 방식은 노드에서 데이터의 전송이 필요한 경우에 목적지 노드까지의 경로를 탐색한다. 그리고 탐색된 경로에 한해서만 관리를 한다. 이 방식은 필요에 따라서 라우팅 정보를 얻기 때문에, Table-Driven 라우팅 방식과 비교해서 전송 시도가 느린 단점이 있다. 하지만 탐색된 경로에 대해서만 관리를 하기 때문에, 네트워크 확장성에 있어서 메모리 문제나 대역폭의 낭비를 줄일 수 있는 장점이 있다.

여기서 On-Demand 라우팅 방식은 각 프로토콜에 따라 탐색된 경로를 관리하는 방법에 있어서 차이가 있다. 그 중 AODV는 탐색된 경로의 중간 노드가 링크 상태를 점검하기 위해 주기적으로 Hello 메시지를 전송한다[3]. 이것은 대역폭의 낭비를 가져올 수 있다. 물론, Table-Driven 라우팅 방식과 같이 데이터의 양이 크지는 않다. 하지만, 주변에 노드들이 많고 밀집된 곳에서는 데이터를 전송하기 위한 대역폭을 감소시키는 문제가 발생 할 수 있다. 그리고 라우팅 정보가 필요한 노드는 주변 노드가 데이터를 전송하고 있는 도중에는 Exposed Terminal 문제가 발생하기 때문에 라우팅 관련 패킷을 전송 하지 못하는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 언급한 문제들을 해결하기 위해 이중 채널 AODV 라우팅 프로토콜을 제안 한다. 그리고 나눠진 채널을 효율적으로 사용하기 위해서 802.11 MAC의 문제점을 해결할 수 있는 메커니즘을 추가하였다. 2장에서는 관련 연구에 대해 알아보고, 3장에서는 문제점을

* 본 연구는 한국과학재단 특장기초연구 [R01 - 2002 - 000 - 10934 -0 (2005)]의 지원에 의해 수행되었음.

인지한 후 문제를 해결하기 위한 방안을 제안한다. 4장에서는 결론을 도출하고 향후 연구 과제에 대해서 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 IEEE 802.11 MAC

IEEE 802.11은 무선 매체 접근을 위해 사용되며, PCF(Point Coordination Function)과 DCF(Distributed Coordination Function)로 구분된다. 본 논문에서는 제안된 방식에 사용된 분산 제어 기법인 DCF의 핸드셰이킹 메커니즘 과정만을 간략히 설명한다.

노드가 전송할 DATA가 있을 때, DIFS(DCF Interframe Space)만큼 지연하고 매체가 사용되지 않으면, 송신 노드가 RTS(Request To Send)를 전송한다. 그리고 수신 노드는 RTS를 전송 받은 후, 자신에게 해당하는 것이면 SIFS(Short Interframe Space)만큼 지연한 후 송신 노드에게 CTS(Clear To Send)를 전송한다. 그리고 송신 노드는 CTS를 받은 후 SIFS만큼 지연 후에 DATA를 전송하게 되고, 수신 노드는 DATA를 정상적으로 받은 후에 SIFS만큼 지연 후 ACK를 전송하게 된다. 여기서 RTS-CTS-DATA-ACK까지 통신이 성공적으로 이루어지는 지연시간을 NAV(Network Allocation Vector)라고 한다. RTS에는 송신 노드 주변 노드들에게 NAV를 설정할 수 있는 값이 있으며, CTS는 수신 노드 주변 노드들에게 NAV를 설정할 수 있는 값이 존재한다. NAV가 설정된 노드들은 이 시간만큼 전송을 지연하게 한다. 또한 받은 패킷을 해석할 수 없고 반송파 감지되는 범위에 있는 노드들은 EIFS(Extended Interframe Space)동안 NAV를 설정한다.

2.2 Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV)

AODV에서 사용하는 메시지 타입은 RREQ(Route Request), RREP(Route Reply), RERR(Route Error), RERR-ACK(Route Reply Acknowledge)등 이렇게 4가지가 있다.

데이터의 전송이 필요할 때, 목적지 노드의 라우팅 정보가 송신 노드의 라우팅 테이블 안에 없을 경우 RREQ 패킷을 플래딩(flooding)한다. 이 패킷 안에는 발신지와 목적지에 대한 IP 주소와 시퀀스 번호(Sequence Number), 전체 경로의 홉(Hop) 카운트 등을 포함한다. 이것을 수신한 노드는 자신이 해당 목적지 노드이거나 목적지까지의 사용가능한 라우팅 정보가 있을 경우에 RREP 패킷을 송신 노드로 유니캐스트 한다. 이 경우가 아니라면 자신의 라우팅 테이블에 등록한 후 홉 카운트를 증가시켜서 다시 이 패킷을 플래딩한다. 이때 RREQ의 IP 주소와 시퀀스 번호를 비교하여 처리했던 것이면 폐기한다.

목적지 노드까지 경로가 설정되면, 일정 시간동안만 유효성을 인정하는데, 정해진 시간동안 사용하지 않으면, 그 경로를 삭제하며 계속 사용하는 경우는 Hello 메시지를 (RREP에서 TTL=1로 설정) 주기적으로 전송하여 링

크 상태를 점검하게 된다. 특정 시간동안 Hello 메시지를 받지 못하면 링크 상태가 끊어졌다고 판단하고 이 경우에는 RREQ를 통보하거나 경로 복구에 필요한 메커니즘을 수행하게 된다.

2.3 A Dual-Channel MAC Protocol (DUCHA)

선형 연구된 DBMTA에서 확실한 DATA 전송의 신뢰성을 가지게 하기 위해 수정되었다[4]. DUCHA는 제어 패킷과 Busy Tone를 전송하는데 사용하는 제어 채널과 데이터를 전송하는데 사용하는 데이터 채널로 구분한다[5]. 그림 1과 같이 데이터를 전송하기 위해 송신 노드와 수신 노드는 제어 채널을 통해 RTS와 CTS를 주고받은 후, 송신 노드는 데이터 채널을 통해 데이터 프레임을 전송한다. 수신 노드는 DATA를 받는 동안 제어 채널로 Busy Tone를 전송하게 되고, 정상적으로 데이터를 받지 못하면, NACK 기간 동안 Busy Tone를 더 전송하게 된다. 데이터를 전송하는 동안 주변노드는 Exposed Terminal 문제가 발생하게 되지만, 이것을 알지 못하는 전송 범위 밖의 노드들은 전송 시도를 위해 RTS를 전송하게 된다. 기존 802.11 MAC에서는 데이터를 송신 하는 노드가 충돌이 나기 때문에 RTS에 대한 응답을 못하게 되고, 그 노드는 RTS를 재시도하는 문제가 발생한다. DUCHA는 이 문제를 해결하기 위해 DATA 전송 기간이 CTS를 보낼 정도의 기간이 된다면, NCTS를 전송함으로써 RTS 재전송으로 인한 대역폭 낭비를 막는다.

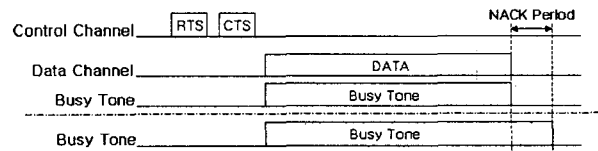


그림 1. DUCHA에서의 패킷 전송

3. 제안된 방법

3.1 문제점 인지

기존의 방식은 라우팅 정보와 데이터 전송을 같은 채널에서 사용한다. 이 경우 다음과 같은 문제점들을 생각할 수 있다.

첫 번째로 데이터 전송을 하는 동안 주변노드의 Exposed Terminal 문제의 발생이다. 데이터의 전송 기간은 가장 큰 시간을 차지하며, 이 시간 동안 기존의 라우팅에 대한 링크 상태를 점검하고, 새로운 라우팅 정보를 얻는 것은 불가능 하다.

두 번째로 데이터 전송의 신뢰성이다. DUCHA에서 언급했던 것처럼 패킷을 해석할 수 없는 반송파 감지지역에 있는 노드들이 RTS 전송을 시도했을 때 데이터 패킷이 충돌이 나는 문제다: Hidden Terminal 이거나 새로운 노드의 출현 등으로 발생할 수 있다.

세 번째 문제는 수신자 블록킹(blocking) 문제이다. 그림 2와 같이 노드 A와 노드 B에게 데이터를 전송하고 있는 상태에서, 노드 C는 노드 D에게 RTS를 전송 받는다. 이 경우 노드 C는 Exposed Terminal 문제를 가지게

되며, 노드 A의 DATA 충돌 문제 때문에 노드 C는 CTS를 전송하지 못한다. 이 경우 노드 D는 정상적으로 전송했음에도 불구하고, 백 오프를 증가하고 RTS를 재시도하게 된다.

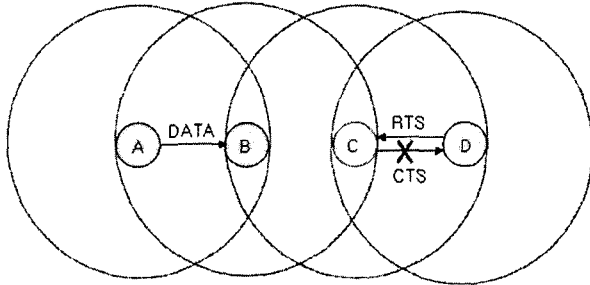


그림 2. 노드 A에서 노드 B로 데이터를 전송하는 상태에서 노드 D가 노드 C에게 RTS를 전송하는 경우

3.2 해결 방법 제안

위에서 언급한 문제점들을 먼저 해결하기 위해 선행 연구된 DUCHA의 방식처럼 채널을 나누고 이것을 수정하였다. 먼저, DUCHA의 방식에서 사용한 Busy Tone를 없애고 제어 채널에 라우팅 관련 패킷을 전송하고, 데이터 채널에는 데이터와 ACK를 전송한다. 그리고 컨트롤 채널에서는 RTS, CTS, 라우팅 관련 패킷을 전송한다.

첫 번째 문제점은 제안된 방법에서 제시한 데이터 채널과 라우팅 전송 채널을 다르게 등으로써 해결하였다. 그림 3과 같이 노드 A는 노드 B에게 데이터 전송을 위해 제어 채널로 RTS를 전송한다. 노드 B는 RTS를 정상적으로 수신하였으면 제어 채널로 노드 A에게 CTS를 전송한다. 여기서 노드 C는 노드 B 주변에 있으며, 노드 B에서 전송한 CTS를 통해 DATA 전송 시간을 인지한다. CTS를 수신한 노드 A는 노드 B에게 데이터를 전송하고 DATA를 정상적으로 수신한 경우 노드 B는 ACK를 전송한다. 이 때, 노드 D는 노드 A와 노드 B 주변에 없는 노드로써 노드 C만이 전송 범위 안에 있다. 노드 D는 라우팅 정보가 필요하여 노드 C에게 RREQ 패킷을 전송하게 되고, RREQ를 수신한 노드 C는 노드 D에게 RREP를 전송한다. 이렇게 함으로써 데이터를 전송하는 노드로부터 발생하는 Exposed Terminal 문제를 해결할 수 있다.

두 번째 문제점은 제어 패킷과 데이터를 서로 다른 채널로 등으로써 해결한다. DUCHA에서와 같이 Busy Tone는 전송할 수가 없기 때문에, 완전히 Hidden Terminal 문제를 해결할 수는 없다. 하지만 Hidden Terminal 문제가 발생하는 노드는 데이터를 전송하기 위해 RTS를 먼저 전송해야만 한다. 이것은 제어 채널에서만 일어나는 문제이기 때문에 데이터의 충돌 문제를 최소화 시킬 수 있다.

세 번째 문제점은 DUCHA에서 사용한 방법으로 해결한다. 그림 2를 다시 한번 살펴보면 노드 A와 노드 B가 서로 통신 중임을 모르는 노드 D는 노드 C에게 데이터를 전송하기 위해 RTS를 전송한다. 기존의 802.11 MAC에서는 노드 D에 대한 응답을 할 수 없으나, 제안된 방식은 채널이 다르므로, 노드 D에게 NCTS를 전송함으로

써 DATA의 종료 시간을 통보한다. NCTS를 수신한 노드 D는 수신 받은 종료 시간까지 노드 C에게 RTS 재전송 시도를 하지 않게 됨으로써 백 오프 증가에 따른 지연과 패킷 낭비를 하지 않게 된다.

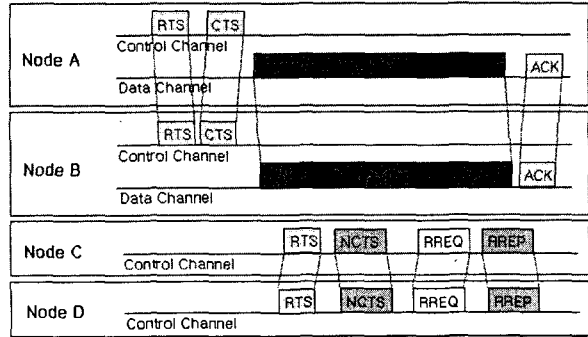


그림 3. 제안된 방법의 패킷 전송

4. 결론 및 향후 과제

MANET에서 라우팅과 제어 패킷을 전송하기 위한 채널을 따로 두고, 그것에 따른 영향들에 대해서 살펴보았다. 데이터의 멀티 홉 전송을 위해서 라우팅 정보는 주기적으로는 이벤트 방식으로든 수많은 갱신이 필요하다. 라우팅 관련 패킷으로 데이터 전송에 영향을 주지 않게 하기 위해 채널을 나누고, 나뉜 채널을 더욱 효율적으로 사용하기 위해서 DUCHA의 방식을 응용하였다. 현재 제안된 방식을 NS2로 시뮬레이션 할 수 있도록 진행 중에 있다.

향후 과제로 현재 NS2로 시뮬레이션 할 수 있도록 진행하는 것을 마무리 하여 성능 평가를 통한 타당성을 검증하고 QoS 정보를 전송 할 수 있도록 확장 할 수 있는 방안을 연구할 예정이다.

5. 참고문헌

- [1] IETF MANET Working Group, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [2] E. Royer and C. Toh, "A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks," *IEEE Personal Communications*, pp.45-55, 1999.
- [3] C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das, "Ad-Hoc On-demand Distance Vector(AODV) Routing," *IETF RFC 3561*, 2003.
- [4] J. Deng and Z. J. Haas, "Dual Busy Tone Multiple Access (DBTMA): A New Medium Access Control for Packet Radio Networks," *Proceedings of IEEE ICUPC 1998*, pp. 973-977, 1998.
- [5] H. Zhai, J. Wang, Y. Fang and D. Wu, "A Dual-Channel MAC Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," *GlobeCom Workshops 2004*, pp.27-32, 2004