

RREQ 전송 순서 제어를 통한 AODV 성능 개선 기법

이예은, 김기일*
 충남대학교 컴퓨터공학과
 yeyettt@naver.com, kikim@cnu.ac.kr*

RREQ Transmission Order Control Techniques for AODV Performance Improvement

Ye-Eun Lee and Ki-Il Kim
 Dept. of Computer Science and Engineering, Chungnam National University

요 약

경로 탐색을 위해 RREQ 패킷을 절대적으로 플러딩하는 방식에 따라 높은 채널 경합 및 과도한 패킷 충돌이 발생하는 AODV의 문제점을 해결하기 위해 제어 패킷을 감소시키려는 여러 방법들이 제안되었다. 이러한 기법들은 주 경로에 포함되는 노드 수를 제한함으로써 전반적인 제어 패킷의 발생을 감소시켰으나 경로가 유사한 경우 전송되는 중복된 제어 패킷에 의한 오버헤드 상승 문제는 고려하지 않았다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 목적지와의 거리에 따라 RREQ의 전송 순서를 동적으로 조정하는 기법을 제안한다. 제안된 방법은 시뮬레이션을 통하여 성능을 평가하였다.

1. 서론

이동 애드혹 네트워크(Mobile Ad hoc NETwork)는 고정된 infrastructure가 없는 환경에서 디바이스끼리 연결해서 이용하는 통신망이다. 즉, 무선 연결을 통해 연결된 노드들에 의해 동적으로 생성된다. 이러한 네트워크의 제어는 네트워크의 모든 모바일 노드에 분산되며 노드의 이동성으로 인해 링크가 끊어지고 토폴로지가 반복적으로 변경된다는 특징이 있다.

Ad hoc On-demand Distance Vector(AODV)[1]는 동적 반응형 다중 홉 라우팅 프로토콜로써 MANET의 반응형 라우팅 프로토콜 중 하나이다. AODV는 소스 노드에서 목적지로 보낼 데이터가 있을 때마다 목적지까지의 경로를 찾기 위해 경로 탐색을 시작한다. AODV는 소스 노드에서 목적지 노드까지 브로드캐스트 방식으로 Route Request(RREQ) 패킷을 전송하여 목적지까지의 경로를 요청하고, 목적지 노드 또는 중간 노드에서 소스 노드로 Route Respond(RREP) 패킷을 전송한다. 소스 노드가 여러 응답을 받으면 홉 수가 가장 적은 경로를 선택하고 출발지에서 목적지까지의 경로를 생성한다.

AODV는 토폴로지 변화에 대응하여 빠른 경로 재설정 가능성이 가능한 장점이 있으나, 노드의 이동이 잦거나 네트워크를 구성하는 노드의 수가 증가할수록 경로 유지를 위한 제어 패킷 수가 함께 증가하는 단점이 존재한다. 또한, AODV는 제어 패킷을 절대적으로 플러딩하는 방식으로 처리하기 때문에 노드의 이동이

빈번한 네트워크에서 제어 패킷의 손실이 증가하는 문제가 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 목적지까지의 경로에 포함되는 노드를 줄여 전체적인 제어 패킷을 감소시키는 방법[2], [3], [4], [5]이 제안되었다. 이러한 기법들은 경로 구성에 필요한 노드의 수를 제한함으로써 전반적인 제어 패킷의 감소는 보장할 수 있었지만 수신한 제어 패킷을 반드시 포워딩하는 브로드캐스팅 기법의 한계로 인해 유사한 경로를 반복적으로 탐색하는 RREQ 패킷의 불필요한 전송을 방지하지 못하는 제약이 존재한다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 RREQ 패킷 전송 순서를 제어하여 전체 토폴로지를 우선적으로 발견하는 기술을 제안한다. 제안하는 기법은 목적지와의 거리에 따라 RREQ의 전송 순서를 동적으로 조정함으로써 불필요한 RREQ 패킷 전송을 감소시켜 제어 오버헤드를 줄이는 결과를 보인다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 관련된 연구에 대해서 논의하고 3 장에서는 RDRS-AODV 프로토콜 메커니즘을 제시한다. 시뮬레이션 설정과 그 결과는 4 장에서 제시되고 5 장에서는 논문을 마무리한다.

2. 관련 연구

AODV 는 반응형 라우팅 프로토콜로 노드가 전송할 데이터가 있는 경우에만 경로를 요청한다. AODV 는 세 가지 기본 제어 패킷인 RREQ, RREP, Route Error (RERR)을 사용하여 경로를 생성 및 유지한다.

노드가 데이터를 전송하려고 할 때 RREQ 패킷을 플러딩하여 경로 탐색 프로세스를 시작한다. RREQ 패킷은 목적지를 찾을 때까지 수신된 모든 노드에 의해 전달되며 중간 노드에 출발 노드까지의 경로를 알린다. RREQ 가 목적지에 도달하면 목적지는 RREQ 에 의해 발견된 역 경로를 따르는 RREP 패킷을 보낸다. 경로의 끊어짐과 같은 오류가 발생하는 경우 RERR 패킷을 전송하여 경로를 유지할 수 있게 된다.

이러한 제어 패킷들은 선입선출 방식으로 처리되는 메커니즘을 가지고 있다. 하지만 제어 패킷을 무조건적으로 플러딩하는 과정에서 제어 오버헤드가 높아지게 되는 현상이 발생한다. 이러한 문제점들을 보완하기 위해 AODV 라우팅 알고리즘을 기반으로 한 많은 연구들이 이루어지고 있다.

[2]는 GPS 가 장착된 노드의 위치 정보를 AODV 의 경로 설정에 사용하는 방법을 제시했다. 노드의 라우팅 테이블에 있는 GPS 정보를 경로를 설정하는데 사용하여 경로 설정 프로세스 동안 영역에서 벗어난 노드 수를 줄인다. 궁극적으로 소스 노드에서 목적지까지의 경로를 형성하는 동안 발생하는 제어 패킷의 수를 줄이게 된다.

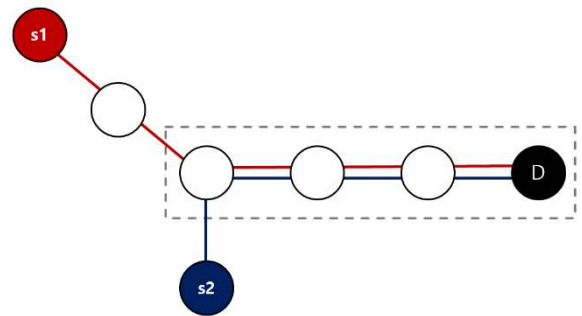
[3] 은 라우팅 단계에서 링크 가용성에 대한 무지로 인해 발생하는 라우팅 프로토콜의 비효율성을 줄이기 위해 제어 패킷의 라우팅 과정에서 수행되는 링크 가용성 예측 기법을 제시했다. 수신 신호 강도에 따라 노드의 전송 범위 영역을 조절하여, 제어 패킷의 전송을 관리한다. 이는 라우팅 단계에서 링크 상태를 통해 보다 안정적인 경로를 찾게 하여 네트워크 성능을 향상시킨다.

[4] 는 처리 중인 트래픽을 기반으로 우선순위가 높은 이웃을 선택하여 경로를 유지하는 P-AODV 를 제시한다. 업 스트림 노드가 우선순위 값이 높은 이웃에게만 RREQ 패킷을 보낼 수 있는 CRD(Controlled Re-Route Discovery) 프로세스를 적용하여 제어 패킷의 전송을 줄였다. 따라서 경로 구성에 있어 제어 패킷으로 인한 오버헤드를 피할 수 있게 했다.

[5] 는 확률적 브로드캐스팅 방법을 사용하여 라우팅 오버헤드를 줄이는 방안을 제공한다. 이는 모든 노드가 이웃에서 사용 가능한 노드 밀도에 의해 결정되는 확률 'p'로 RREQ 패킷을 브로드캐스팅 하게 된다. 따라서 경로 탐색을 위한 플러딩 방식으로부터 온 높은 채널 경합, 중복 재전송 및 과도한 충돌 문제를 해결할 수 있다.

3. 긴 경로 우선 RREQ 패킷 전송 메커니즘

AODV 는 수신한 제어 패킷을 반드시 포워딩하는 브로드캐스팅 메커니즘을 사용한다. 따라서 RREQ 패킷을 절대적으로 플러딩하는 방식은 목적지까지의 경로가 유사한 트래픽이 존재할 경우 중복되는 경로를 따라 각각의 트래픽마다 RREQ 패킷을 전송한다. 즉, 동일한 경로를 탐색하기 위해 여러 개의 RREQ 패킷을 전송하는 현상이 발생한다. 중복된 제어 패킷 전송은 제어 오버헤드를 증가시켜 대역폭을 낭비하게 하고 결과적으로 데이터 전송 지연을 발생시킬 수 있다. 또한 불필요한 패킷 전송으로 인한 경로 구축 시간 지연 문제 또한 나타날 수 있다.



(그림 1) 유사한 경로가 발생하는 경우

따라서 해당 문제를 해결하기 위해 전체 토폴로지를 우선적으로 발견하게 하는 RREQ 패킷 전송 순서를 제어하는 방법인 Long Hop - based AODV(LH-AODV)를 제시한다. (그림 1)과 같이 목적지는 같지만 서로 다른 소스 노드에서 발생한 트래픽은 경로가 유사할 가능성이 높다. 따라서 동일한 목적지를 가지는 서로 다른 트래픽이 존재하는 경우 목적지까지의 거리가 긴 경로 먼저 탐색하게 한다. 이에 따르면 상대적으로 거리가 짧은 경로는 중복된 경로를 제외한 경우에만 RREQ 패킷을 전송하게 되어 불필요한 패킷 전송을 줄일 수 있다.

본 논문에서 제안한 긴 경로 우선 RREQ 패킷 전송 메커니즘은 Threshold 를 설정하여 이를 초과하는 길이를 가진 경로는 RREQ 패킷을 즉시 전송하게 하여 거리가 긴 경로를 우선적으로 탐색하게 하였다. Threshold 보다 거리가 짧은 경로는 RREQ 패킷 전송을 늦추기 위해 일정 시간의 delay 를 부여하였고 장거리 경로의 RREQ 패킷 전송이 끝난 직후 경로를 탐색하게 하였다.

4. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서 제안한 중복된 RREQ 패킷 전송 감소 방법인 LH-AODV 가 기존의 AODV 와 비교했을 때 더 나은 성능을 발휘하는지 확인하기 위해 무선 네트워크를 위해 만들어진 Network Simulator 3(NS-3)를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

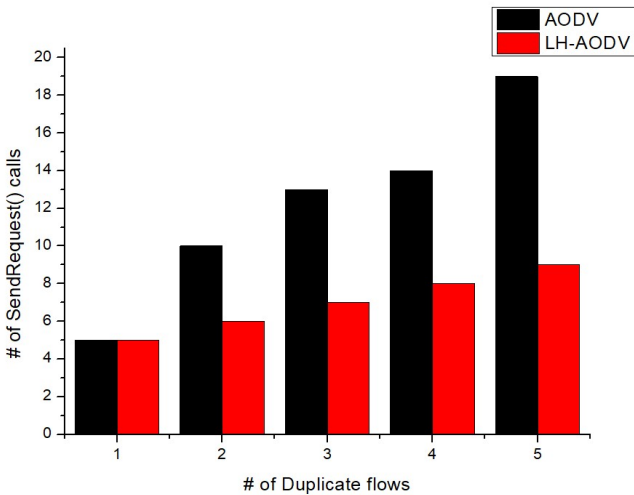
표 1 은 시뮬레이션 환경을 설정하는 데 사용된 매개변수를 보여준다.

<표 1> 시뮬레이션 환경 및 매개변수

매개변수	값
시뮬레이션 시간	100 s
시뮬레이터	NS-3(3.33)
채널 종류	Wireless Channel
노드 수	30
Threshold	최장 경로 거리/2
전송 프로토콜	UDP
패킷 크기	512(bytes)
라우팅 프로토콜	AODV, LH-AODV

시뮬레이션은 무선 네트워크의 실제 응용 프로그램을 상징하기 위해 가장 일반적인 규모의 네트워크 환경에서 수행했다. 30 개의 노드는 중간 규모의 네트워크를 의미한다.

30개의 노드는 50m 간격으로 10개씩 하나의 행에 분포되어 있다. 소스 노드는 1 개에서 5 개까지 존재하며 이는 중첩되는 흐름의 수와 같다. Threshold 는 가장 긴 경로의 중간 값으로 설정했으며 여러 경로는 일부 중복된 경로를 가지고 있으며 소스 노드는 동시에 트래픽을 발생시킨다. 각각의 트래픽은 목적지까지의 거리가 서로 다르게 설정되었다. 실험은 중첩된 트래픽 수에 따라 RREQ 패킷이 전송되는 SendRequest() 함수의 호출 횟수를 비교하였다.



(그림 2) 중복된 흐름 수에 따른 RREQ 전송 횟수

<표 2> 중복된 흐름 수에 따른 RREQ 전송 횟수 감소 비율

중복된 흐름 수	RREQ 패킷 전송 횟수 감소 비율(%)
1	0
2	40
3	46.2
4	42.9
5	52.6

실험 결과 두 프로토콜의 패킷 전송률은 동일했으며 (그림 2)에 따르면 유사한 경로를 가진 흐름이 증가할수록 LH-AODV 는 기존의 AODV 보다 SendRequest() 함수를 호출하는 횟수가 감소함을 보였다. 또한 (표 2)에 따르면 중복된 경로가 포함된 흐름이 증가할수록 RREQ 패킷 전송 감소 비율이 증가함을 보였다. AODV 는 어떠한 제어도 없이 요청된 RREQ 패킷을 브로드캐스트 방식으로 플러딩하기 때문에 유사한 경로를 가진 여러 개의 트래픽을 전송할 경우 트래픽에서 필요로 하는 경로만큼의 RREQ 패킷을 전송하게 된다. 또한 짧은 경로를 연달아서 탐색함에 따라 지역적 규모의 토폴로지만 파악하게 되어 RREQ 패킷을 경로 수마다 전송하게 된다. 따라서 전송하는 트래픽의 수가 많아질수록 SendRequest() 함수 호출이 증가함을 보인다. 이에 반해 LH-AODV 는 유사한 경로가 있을 경우 중복된 경로가 가장 많이 포함된 긴 경로를 우선적으로 탐색한다. 따라서 전체적인 토폴로지를 알 수 있게 된다. 이는 최장 경로 탐색 이후 발생하는 트래픽은 라우팅 테이블에 중복된 경로 정보를 저장하게 되므로 이미 존재하는 경로에 대한 탐색을 방지하여 RREQ 패킷의 중복 전송을 제한한다. 따라서 SendRequest() 함수 호출 횟수가 AODV 에 비해 감소된다.

5. 결론

본 논문에서는 AODV 프로토콜의 제어 패킷을 반드시 포워딩하는 브로드캐스팅 기법으로 인해 발생하는 무분별한 RREQ 패킷 전송 문제를 개선하기 위한 제어 패킷 관리 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 유사한 경로가 존재하는 여러 트래픽이 존재하는 경우 목적지까지의 거리가 긴 트래픽의 경로를 우선적으로 탐색하게 하여 전체적인 토폴로지를 먼저 발견하게 하였다. 제안한 패킷 관리 방법은 ns-3 네트워크 시뮬레이터를 이용해 실험했으며 분석 결과 제안된 방법은 불필요한 RREQ 패킷을 전송하지 않음을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 LH-AODV 방식은 동일한 경로를 요청하는 RREQ 패킷 전송 횟수의 감소를 통해 경로 구축 속도를 증가시키고 불필요한 제어 패킷 전송을 방지하여 제어 오버헤드를 줄이는 효과가 있을 것이라고 기대한다. 추후 고정된 네트워크 환경뿐만 아니라 노드에 이동성을 추가한 실제적인 네트워크 환경에 대한 실험을 통해 제안된 방법에 대한 검증할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2021 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2019-0-01343)

참고문헌

[1] C.E. Perkins and E.M. Royer, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and

- Applications, New Orleans, LA, USA ,1999.
- [2] B.M. Parmar and K.G. Maradia, "GPS-Aided AODV Routing Protocol for MANET," Proceedings of Optical and Wireless Technologies, Singapore, 2018, pp.585-598.
 - [3] S.R. Malwe, N. Taneja and G.P. Biswas, "Enhancement of DSR and AODV Protocols Using Link Availability Prediction," Wireless Personal Communications, pp. 4457-4466, 2017.
 - [4] D.K. Sharma, A.N. Patra and C. Kumar, "P-AODV: A Priority Based Route Maintenance Process in Mobile Ad Hoc Networks," Wireless Personal Communications, pp.4381-4402, 2017.
 - [5] Z. Bilgin and B. Khan, "A Dynamic Route Optimization Mechanism for AODV in MANETs," Proceedings of IEEE International Conference on Communications, Cape Town, South Africa, 2010.