

AODV 라우팅 프로토콜의 개요와 발전방향

구본준^o 김기천
건국대학교 정보통신대학
{bonjun76^o, kckim}@konkuk.ac.kr

Bonjun Koo^o Kichun Kim
Information and Communication of Konkuk University

요 약

Ad-Hoc On demand Distance Vector(AODV) routing 프로토콜은 현재 많은 관심을 받고 있는 ad-hoc 네트워크에서 사용되기 위해 설계되었다. AODV는 이동성, 링크양의 감소, 무선 미디어의 다양하고 불특정한 신호 범위를 다루기 위해 많은 기능들을 내장하고 있다. AODV는 처음 디자인된 이후에 성능, 견고성 등에서 많은 발전을 하였다. 하지만, 계속된 개선을 위해 많은 방면에서 연구할 수 있다. 이 논문은 AODV의 개요와 성능을 향상시키는 추가적인 기능들을 기술한다. 또한 미래 증진을 위해 목표로 할 수 있는 영역들을 제시함으로써 AODV의 계속된 발전을 위한 방향을 제시한다.

1. 서 론

ad-hoc 네트워크는 기지국과 같은 고정적인 통신 인프라의 도움 없이 이동성을 갖는 무선단말기만으로 구성되는 네트워크이다. 또한 기존의 통신망과는 전혀 다른 환경으로 데이터 전송을 위해 모든 노드들이 호스트의 역할뿐만 아니라 라우터의 역할도 수행해야 한다.

ad-hoc 네트워크의 특징으로 노드의 이동성에 따른 네트워크 토폴로지의 동적인 변화를 들 수 있다. 이러한 새로운 네트워크 환경에, 기존 유선망에서 사용되던 라우팅 프로토콜을 그대로 적용하기에는 여러 어려운 점들이 있기 때문에 ad-hoc 네트워크 환경에 맞는 라우팅 프로토콜의 연구가 활발히 진행되었다. ad-hoc On demand Distance Vector (AODV) 라우팅 프로토콜은 1997년 가을에 IETF internet draft에서 처음 제안되었다. 첫번째 버전 이후, AODV는 특별한 방대한 네트워크 망과 환경에서 경로 발견과 유지를 위한 특정한 ad-hoc network 라우팅 프로토콜로 발전되어 왔다. ad-hoc 네트워크의 지식과 이해가 커짐에 따라 기본 프로토콜 부분과 특정 환경에서의 성능향상을 위한 확장으로 AODV의 성능 또한 증가하였다. 이 논문에서, AODV의 성능을 개선하는 방안과 기본적인 프로토콜의 작동을 기술한다. 또한, AODV의 계속된 발전을 위한 향후 방향을 제시한다.

2. ad-hoc 네트워크의 특성

무선네트워크는 기존 통신 환경의 사용 여부에 따라서

다음 두 가지로 분류할 수 있다. 이동단말 들이 유선환경의 기반 한 기지국이나 AP를 중심으로 구성되는 Infrastructured 네트워크와 기지국이나 AP 도움 없이 순수하게 이동단말 들로 구성된 Infrastructureless 네트워크로 분류할 수 있다.

Infrastructured 네트워크는 우리가 현재 많이 접하고 있는 이동전화망이나 Wireless Lan과 같은 경우에서 볼 수 있다. 이동전화망 혹은 Wireless Lan과 같은 경우는 유선으로 연결된 기지국이나, 인터넷의 기간망 혹은 서버와 연결된 AP를 통해서만 데이터의 송수신과 같은 통신이 이루어 질 수 있다. 이 때 이동전화망과 Wireless Lan과 같은 Infrastructured 네트워크는 기존의 설치된 유선인프라(기지국, AP)의 도움 없이는 무선통신을 통한 정보교환을 할 수 없다.

Infrastructureless 네트워크는 통상적으로 ad-hoc 네트워크라는 명칭으로 불리우고 있다. ad-hoc 네트워크는 Infrastructured 네트워크와는 달리 중앙집중화된 관리를 토대로 하는 기지국과 AP의 도움 없이 이동단말 간의 통신을 수행한다. ad-hoc 네트워크는 라우팅, 데이터의 송수신 등 모든 통신절차를 이동단말들 자신들이 수행한다. 이동단말 들은 자신이 라우터의 역할, 서버의 역할 등 다중적인 역할을 담당해야 한다.

ad-hoc 네트워크는 기간망 네트워크의 서버나 다른 이동단말로의 연결을 제공하기 위한 고정된 제어 장치를 갖고 있지 않고, 데이터 패킷을 라우팅하는 별도의 라우

터가 존재하는 것이 아니라 각각의 이동단말이 라우터에서 임무도 수행한다.

3. AODV 라우팅 프로토콜

3.1 개요

AODV 라우팅 프로토콜은 1999년에 노키아 리서치 센터에 C. Perkins에 의해 제안된 방안이다. 이 라우팅 프로토콜은 기본적으로 Table-driven 알고리즘 중 하나인 DSDV와 On-demand 알고리즘의 DSR의 장점을 취합하고 문제점을 해결한 프로토콜이다.

3.2 AODV 라우팅 패킷과 테이블

AODV는 DSR과 비슷한 동작을 갖는다. AODV에서 사용되는 패킷도 DSR에서 사용되는 라우팅 패킷과 같다. AODV에서 라우팅을 위해 사용되는 패킷은 RREQ, RREP, RERR 패킷이 사용된다.

- RREQ (Route Request)

RREQ 패킷은 데이터를 전송할 이동단말이 자신의 라우팅 테이블에 저장된 경로 중 해당 목적지 이동단말까지의 경로가 없거나, 유효하지 않을 경우에 경로를 획득하는데 사용하는 패킷이다.

- RREP (Route Reply)

RREQ를 수신한 중간노드가 목적지 노드까지의 유효한 경로가 있을 경우나, 수신 노드가 해당 목적지 노드일 경우 RREQ에 대한 응답으로 사용되는 패킷이다.

- RERR(Route Error)

RREP 패킷은 경로관리시 사용되는 패킷으로, 어떤 노드간의 경로를 사용할 수 없게 되었을 때 혹은 이동단말의 이동/장비고장으로 통신이 불가능하게 되었을 때 해당 경로를 사용하지 못하도록 관련 이동단말에게 경로정보를 알린다.

- 라우팅 테이블

AODV가 DSR과 DSDV에 비해서 다른 점중에 하나가 라우팅 테이블을 유지/관리 하는 방법이다. DSR은 라우트 캐쉬를 유지한다.

이 라우트 캐쉬에 정보는 일정한 시간을 가지고 갱신되는 것이 아니라, 라우트 캐쉬에 제한된 저장 경로 수 이상으로 경로정보가 들어올 때만 새로이 갱신된다. 이것은 이동단말의 이동성을 충분히 만족 시킬 수는 없다. DSDV는 라우팅 테이블에 경로정보를 유지하는데 있어서 네트워크내의 모든 이동단말에 대해서 유지한다.

4. 최적화 방안

- 경로 발견 오버헤드 감소

노드들이 많은 밀집지역의 네트워크에서 경로 발견을 시도가 많아지게 되면 모바일 노드들의 처리능력과 밴드위스에 의해 통신망의 전체적인 성능이 저하될 수도 있다.

이러한 충돌을 줄이기 위해, expanding ring search 알고리즘을 사용하여 RREQ의 전송을 제한할 수 있다.

목적지 노드는 중간노드에서 RREP를 발생시킬 수도 있고, 많은 목적지 노드는 네트워크의 중간에 위치할 가능성이 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 IP헤더에 TTL을 이용하여 출발지 노드로부터 가까운 지역으로부터 점차로 넓은 지역으로 확대해가면서 RREQ를 전송하는 것이다. 이러한 Expanding Ring Search 알고리즘은 AODV에서 더욱 중요한 역할을 담당하고 있다. AODV를 분석해보면 AODV가 발생하는 패킷의 종류는 대부분 RREQ 패킷이다. 이것은 DSR과 달리 Source Routing을 사용하지 않음으로써 많은 RREQ를 발생한다. 심지어는 AODV가 발생시키는 RREQ의 개수가 DSR이 발생시키는 모든 라우팅 패킷보다 많다는 것이다. 그러므로 AODV에서 Expanding Ring Search 알고리즘을 이용하여 불필요한 RREQ를 발생시키지 않는다면 성능향상에 많은 영향을 줄 수 있을 것이다.

- 적절한 시점에서의 경로 수정

작동중인 경로에서 링크가 깨지게 되면 전송중인 노드는 소스 노드에 루트 에러(RERR)메시지를 보낸다. 소스 노드가 RERR을 받을 때까지, 경로가 깨졌다는 것을 모르기 때문에 데이터 패킷을 계속 보내진다. 만약 UDP로 전송 중이었다면, 데이터 패킷은 재전송되지 않고 상실될 것이다. 잃어버린 데이터 패킷은 경로의 길이가 길수록 증가한다. 이렇게 잃어버린 패킷의 수를 줄이기 위해 RERR을 발생시키는 대신 local repair을 수행할 수 있다. local repair을 하는 동안, 중간 노드는 목적지에 RREQ를 보냄으로서 링크를 연결하는 시도를 한다.

- Gratuitous Route Replies

TCP와 같이 양방향 통신에 유용한 방법으로 목적지까지의 경로 발견 대신 중간 노드가 소스에서 목적지 노드에 gratuitous RREP를 보낸다.

5. 추가된 기능

- Uni-directional Environment

만약 단방향성 링크가 존재하면 경로 발견은 에러를 발생한다. RREP는 유니캐스트의 반대방향을 갈 수 없다. 노드가 다른 노드로부터 온 것일지라도 중복된 RREQ는 버리게 되기 때문에 다른 경로들은 무시된다. 따라서 RREP에 "acknowledgment require" 비트를 정해서 정해진 간격에 RREP-ACK가 없으면 노드를 블랙리스트에 올린다.

- Path accumulation

DSR 프로토콜과 비슷한 메커니즘으로 경로에 대한 정보는 RREQ와 RREP에 누적시킨다. 새로운 경로가 자주 필요한 경우에 아주 유용한 방법이다.

- 향상된 Broadcast

향상된 broadcast 기술은 전체적인 성능을 향상시킨다. ad-hoc 네트워크에서 broadcast가 다른 모든 노드들에 도달할 수 있도록 노드들의 서브 집합을 구성한다. 권한 있는 집합에 있는 노드들에 의해서만 중계하도록 제한함으로써 더 적은 broadcast를 할 수 있게 한다.

- 다중경로 라우팅

링크 실패에 대한 견고함을 증가시키기 위해, 목적지마다 다음 홉을 저장할 수 있게 한다. 이렇게 하여, 현재 사용된 다음 홉에 대한 링크가 깨진다고 해도, 교체 경로는 이미 라우팅 테이블을 통해 준비되게 된다. AOMDV는 다중경로를 지원하기 위한 AODV에 대한 확장프로토콜이다. 이것은 소스와 목적지 사이의 link-disjoint 경로를 발견한다. RREQ는 소스 노드의 이웃 노드를 표시하여 기록한다.

- Multicast

각각의 멀티캐스트 그룹은 그룹의 시퀀스 번호를 추가화하고 유지하기 위한 그룹리더가 있다. 이 시퀀스 번호는 멀티캐스트 트리의 라우팅 루프를 막아주고 라우팅 정보를 새롭게 하는데 목적이 있다. 멀티캐스트 AODV는 unicast AODV와 같은 RREQ와 RREP 발견 주기를 사용한다. 멀티캐스트 트리에 속한 노드만이 그룹에 속하려고 하는 노드에 RREP를 응답할 수 있다. MACT(Multicast Activation)은 소스 노드가 선택한 길을 통해서 보내어진다.

- 다중 인터페이스

다중 인터페이스는 AODV 프로토콜에서 잘 작동한다. 다중 인터페이스는 다른 전송 매체들을 지원할 수 있다. 일반적으로 ad-hoc 호스트 경로는 인터넷 계층의 경로 테이블에 들어갈 수 없다. 인터넷에 결합된 네트워크 인터페이스를 가진 모바일 노드들은 ad-hoc 네트워크에서 인터넷 게이트웨이의 역할을 할 수 있다. 각 인터넷 게이트웨이 노드들은 특정 구성과 관리가 필요하다.

- IPv6를 위한 AODV

IPv6은 IPv4의 주소의 한계를 해결하였다. AODV6은 AODV4와 거의 동일하게 작동한다. IPv4에서는 노드들은 중복된 메시지를 보내지 않기 위해 IP 헤더의 identification과 fragment 필드를 이용하지만, IPv6은 IPv4처럼 IP 헤더에서 identification과 fragment 필드를 지원하지 않고 이 기능을 위해 확장필드를 필요로 한다.

6. 향후의 AODV의 기능

AODV는 계속해서 발전해왔기 때문에, 더 나은 기능들을 포함하게 될 것이다. 보안에 대한 것과, 인터넷을 전대역적인 연결성과, 서비스 발견, QoS 등의 기능이 앞으로 내장될 것으로 예상된다.

- 보안

ad-hoc 네트워크는 무선 전송 매체와 멀티홉의 특성으로 인해 보안에 대한 취약이 문제가 된다. 악의적인 노드는 쉽게 경로 메시지에 대한 필드를 쉽게 수정할 수 있다. (예를 들어 목적지 노드 RREP의 시퀀스 넘버 설정). SAODV는 AODV 제어 메시지에 non-mutable 필드를 보호하기 위해 pub-key 암호화를 이용하고 있다. non-mutable 필드는 노드의 private 키에 의해 설정된다. mutable 필드, 즉 홉카운트는 hash 체인에 의해 보호 된다.

- 인터넷 연결성

만약 하나의 노드가 인터넷에 연결가능하다면, 그 노드는 인터넷에 접속되는 노드는 인터넷 게이트웨이가 되고, ad-hoc 네트워크에 속한 모든 노드는 인터넷 연결에 영향을 받는다. 인터넷 게이트웨이는 ad-hoc 네트워크와 인터넷 사이에 라우팅을 지원하게 된다. 서비스 발견 프로토콜처럼, 인터넷으로 패킷을 보내기 위해 ad-hoc 네트워크 노드는 게이트웨이의 주소를 알아야한다. 게이트웨이를 찾기를 원하는 노드는 라우터에 간청메시지를 발생시킬 것이다. 인터넷 게이트웨이는 자신의 IP 주소를 포함한 라우터 광고를 보낸다. 인터넷으로부터 데이터를 수신하기 위해서는 ad-hoc 노드들은 게이트웨이에 관련된 정확한 prefix를 가지고 있어야 하고, IP 주소의 라우팅 prefix에 포함된 자신의 접속 지점을 나타내어야 한다.

- 서비스 발견

서비스 발견은 AODV에서 기본 경로 발견 기능의 확장으로 구현될 수 있다. SREQ와 SREP는 서비스 발견을 위해 확장된 것이다. SREQ는 서비스 설명을 포함하고, SREP는 서버의 IP를 포함한다. 현재, 서비스 설명의 규격이 정해지지 않았지만, DNS 이름, SLP(Service Location Protocol) 템플릿, 포트 번호, UPnP 등의 규격이 있다.

- QoS

ad-hoc 네트워크에서 QoS를 지원하는 것은 상당히 어렵다. AODV에서 제약을 표현하기 위해 새로운 QoS 확장을 추가하고 기본 경로 발견과 비슷한 방법을 사용한다. QoS 확장에 알려진 QoS 제약을 만족한다면 노드는 메시지 전송이 허락된다. AODV에서 capacity requirement, delay bound 두 개의 QoS 제약이 고려되고 있다.

7. 결 론

AODV 프로토콜은 여러 연구소와 단체에 의해 연구되고 있다. 약간의 유용한 최적화를 통해 기본 프로토콜 메커니즘을 확장할 수 있다. 이것은 AODV 프로토콜의 범위와 성능을 향상시킬 수 있는 많은 특징들을 추가할 수 있게 한다. 프로토콜 모듈화와 재구성성의 과정을 통해 더 나은 기능들이 쉽게 추가될 수 있을 것이다.