

## MANET 환경에서 QoS를 지원하는 Ad Hoc 라우팅 프로토콜

최태순, 이재석, 석정봉  
연세대학교

todd0427@hanmail.net, ljsjjang@hanmail.net, jbsuk@dragon.yonsei.ac.kr

### QoS aware Ad Hoc routing protocol in MANET

Taesoon Choi, Jaesuk Lee, Jungbong Suk  
Yonsei University

#### 요 약

본 논문에서는 Ad Hoc 네트워크와 Ad Hoc 라우팅 프로토콜 중에 대표적인 On-demand 방식인 AODV(Ad Hoc On-demand Distance Vector) 라우팅 프로토콜에 대해 알아본다. 본 연구의 목표는 멀티미디어 데이터를 위한 QoS를 지원하는 새로운 라우팅 알고리즘을 제안하고, 네트워크 시뮬레이터에 구현하여 다양한 실험환경에서 제안한 라우팅 알고리즘에 대한 성능평가를 수행하는 것이다.

#### 1. 서 론

본 논문에서는 Ad Hoc 네트워크와 Ad Hoc 라우팅 프로토콜의 On-demand 방식 중에서 대표적인 AODV(Ad Hoc On-demand Distance Vector; 이하 AODV) 라우팅 프로토콜에 대해 알아본다. 그 후 본 논문에서 제안하는 QoS를 지원하는 AODV 라우팅 알고리즘에 대해 살펴보고, 각 실험환경에 따른 알고리즘의 성능평가를 수행하여 알고리즘이 QoS를 효과적으로 지원 하는지 확인한다.

#### 2. 이동 Ad Hoc 네트워크와 AODV 라우팅 프로토콜

이동 Ad Hoc 네트워크는 기지국(Base Station) 혹은 AP(Access Point)에 의한 중앙 집중화된 관리나 표준화된 지원 서비스 없이 임시 망을 구성하는 무선 이동 단말들의 집합이다. 각 노드는 이동 노드와 네트워크 내의 다른 노드를 대신하여 데이터를 전송해주는 라우터의 역할을 동시에 수행한다. 단말들이 효과적으로 통신하기 위해서는 Ad Hoc 네트워크 자체의 라우팅 프로토콜이 존재한다. 이동 Ad Hoc 라우팅 프로토콜은 보통 라우팅 테이블을 유지하고 업데이트 하는 방법에 따라 Proactive(Table-driven) 방식과 Reactive(On-demand) 방식으로 구분된다[1].

그 중 AODV 라우팅 프로토콜은 대표적인 On-demand 방식의 Ad Hoc 라우팅 프로토콜로서 1999년에 노키아 리서치 센터(NOKIA Research Center)의 C. Perkins에 의해 제안되었다. AODV는 이동환경에서 동적인 연결에 적합하며, 프로세싱 오버헤드와 메모리 오버헤드, 네트워크 이용률이 낮은 특성으로 소스 노드와 목적지 노드의 라우팅을 결정한다[2].

#### 3. 제안한 AODV 라우팅 프로토콜

본 장에서는 QoS를 지원하는 AODV 라우팅 알고리즘을 제안한다. 먼저 초기에 소스 노드가 데이터를 보내고자 할 때 경로가 없는 경우 데이터를 보내기 위해서 경로를 설정하는 단계부터 설명한다.

기존의 AODV는 데이터를 전송할 필요가 있을 때 자신의 라우팅 테이블을 검색한 후 목적지 노드까지 경로가 있는지를 확인한다. 만약 경로가 있다면 LifeTime을 체크하여 유효시간이면 데이터를 전송하고 유효시간이 아니면 RREQ 메시지를 플래딩 하였다. 목적지까지의 경로가 없을 경우에도 RREQ 메시지를 플래딩 하였다. 그러나 본 논문에서 제안한 라우팅 프로토콜은 QoS 서비스를 지원하기 위해서 소스에서 데이터를 전송할 필요가 있을 때 라우팅 테이블을 검색하여 목적지까지의 경로가 없을 경우 기존과는 다른 종류의 RREQ 메시지를 플래딩 한다. 소스 노드가 데이터 전송을 위해 필요로 하는 대역폭 정보를 실어 보낼 수 있는 QoS-RREQ를 주변 노드로 플래딩 한다.

소스노드에서 QoS-RREQ를 플래딩 하는 과정에서 소스노드는 Packet size와 Packet generating rate를 곱하여 소스노드가 필요한 대역폭 값을 계산한다. 그리고 필요한 대역폭 값과 Ad Hoc 네트워크에서 제공 가능한 2MB에서 자신이 현재 서비스해주고 있는 커백션을 뺀 값과 비교하여 필요한 대역폭 값이 더 작은 경우에는 QoS-RREQ의 Bandwidth 필드에 실어 보낸다. 더 큰 경우에는 packet rate를 조정하여 트래픽을 줄인 후에 다시 전송을 시도한다.

중간 노드나 목적지 노드에서 QoS-RREQ 메시지를 받았을 경우에 먼저 자신이 목적지 노드인지를 판단한다. 만약 목적지 노드이면 소스노드에서 요구하는 대역폭과 자신이 제공할 수 있는 대역폭을 비교하여 자신이

제공할 수 있는 대역폭이 더 큰 경우에는 RREP 메시지를 소스 노드로 유니캐스팅(Unicasting) 하고, 작은 경우에는 QoS-RREQ 메시지를 폐기하여 더 이상 불필요하게 RREQ 패킷이 주변노드로 전달되는 것을 방지한다. 자신이 목적지 노드가 아니라면 전과 마찬가지로 소스노드에서 요구하는 대역폭과 자신이 제공할 수 있는 대역폭을 비교하여 자신이 제공할 수 있는 대역폭이 더 큰 경우에는 주변으로 QoS-RREQ 메시지를 플러딩하여 경로 설정에 참여하고, 작은 경우에는 QoS-RREQ 메시지를 폐기한다.

AODV 라우팅 프로토콜이 QoS를 지원하기 위해서 경로설정 과정에서 자원값을 각 노드의 라우팅 테이블에 저장해야 한다. 기존 라우팅 테이블에 추가되는 필드는 현재 노드의 허용 가능한 자원 대역폭을 저장할 자원값 필드, FLOW의 값을 저장하는 필드 등이다. Node Available Bandwidth 필드에는 현재 노드의 허용 가능한 대역폭 값을 저장하며 QoS-RREQ를 받고 자신의 대역폭 값과 소스가 요구하는 대역폭 값을 비교할 때 자신의 사용 가능한 대역폭 값을 업데이트 한다. 노드의 가용한 자원값은 노드가 제공하는 최대 대역폭 2MB에서 노드가 관리해주는 해당 플로우들의 자원영역의 총 합을 뺀 값으로 허용 가능한 자원값을 의미한다. 그림 1은 QoS를 지원하는 라우팅 테이블의 구조를 나타낸다.

Source	Destination	
Route Reusttable		R time Field
Neighbor node list table		nb time Field
Hop Count		
Source Sequence Number		
Routing Table Time Out Field		
Routing Flag		
Node Available Bandwidth		
FLOW	ID	
	Source	
	Destination	
	Bandwidth	

그림 1. QoS를 지원하는 라우팅 테이블의 구조

현재 AODV 라우팅 프로토콜은 최선형 서비스만을 지원하기 때문에 멀티미디어 서비스를 지원하는데 적합하지 않다. 본 논문에서 제안하는 QoS를 지원하는 AODV 라우팅 프로토콜은 대역폭을 고려한 경로 설정으로 멀티미디어 서비스를 효과적으로 지원할 수 있다. 기존의 최단 경로와는 다르게 유용한 자원을 고려하여 최단 경로를 설정하기 때문에 자원을 효율적으로 사용하여 원활한 데이터 송·수신을 지원한다. 그리고 AODV 라우팅 프로토콜은 불필요한 RREQ 메시지를 많이 발생시켜 네트워크의 부하를 많이 증가시키고 자원을 낭비하는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서 제안한 알고리즘으로 중간 노드가 자신의 대역폭 값과 RREQ의 대역폭 값을 비교하여 자신이 작은 경우 RREQ 메시지를 폐기함으로써 불필요한 RREQ 메시지와 이에 대한 응답으로 발생하는 RREP 메시지를 발생시키는 것을 막아 네트워크의 부하가 커지는 것을 사전에 방지할 수 있다. 이것은 대역폭이 제한적인 Ad Hoc 네트워크에서 자원을 효과적으로 사용할 수 있는 방법이 될 수 있다.

4. 모의실험 및 성능평가

4.1 실험 환경

본 장에서는 NS2(Network Simulator 2) 시뮬레이터를 이용하여 QoS를 지원하는 AODV 라우팅 프로토콜이 실제로 QoS 서비스를 효과적으로 지원할 수 있는지 확인한다. 논문에서 제안한 라우팅 알고리즘을 C++ 코드로 구현하여 NS2 시뮬레이터에 적용하였다.

4.2 실험 환경 시나리오

본 실험에서 설정한 네트워크의 크기는 1200x300m이다. 각 노드가 공유하는 최대 대역폭은 2MB로써 반경 250m 이내의 노드에 전파의 영향을 미치게 되며, 노드가 움직이는 속도는 20m/s이다. 각 노드가 주변 노드에 보내는 헬로우 메시지의 간격은 2.0s이다. 시뮬레이션에 참여하는 노드는 50개이고, 최대 커넥션 수는 30개이다. 실험시간은 900s이며, 노드가 정지하는 시간을 0s부터 900s까지 다양하게 하였다. 각 노드에는 1초에 512byte 크기의 4개 패킷과 380byte 크기의 30개의 패킷이 다양한 형태로 CBR(Constant Bit Rate) 방식으로 공급된다.

4.3 이동패턴 파일과 통신패턴 파일

성능평가를 위해 이동패턴은 이동 노드의 정지시간이 0s부터 900s까지 다양하게 설정하였다. 통신패턴 파일의 경우 같은 크기의 패킷으로 통신이 이루어지는 이상적인 환경보다는 좀더 실제 환경과 유사하게 설정하기 위해서 CMU's TCP/CBR Traffic Generator Script에서 기본적으로 생성하는 512byte 크기의 트래픽과 멀티미디어형 데이터 트래픽을 여러 가지 경우로 조합하여 생성하였다.

본 모의실험에서 제시한 멀티미디어 트래픽은 음성을 포함하지 않은 비디오 컨퍼런스(Video Conference)형 데이터로서 가로 88 픽셀, 세로 72 픽셀 크기로 초당 30 프레임의 전송율을 가지고 있고, MPEG4의 형태로 압축율은 1/50이다.

표 1 모의실험에 사용되는 데이터

	Video Conference Multimedia data	NS2 CBR traffic generator 기본값
Packet size [byte/packet]	380	512
Packet generating rate(packet/sec)	30.00	4.00
Inter arrival time [ms]	33.00	250.00
Bandwidth [KByte/sec]	11.40	2.048

5. 실험 결과

5.1 여러 경우의 트래픽에 대한 모의실험

첫 번째 모의실험에서는 이동 노드의 정지시간이 300s일 때 여러 경우의 트래픽에 대해 QoS 알고리즘을 적용하기 전과 후에 대하여 모의실험을 진행하였다. 모의실험을 통해 전체의 send 패킷의 수와 receive 패킷의

수를 카운트하여 전체 데이터 수신율을 계산하였다.

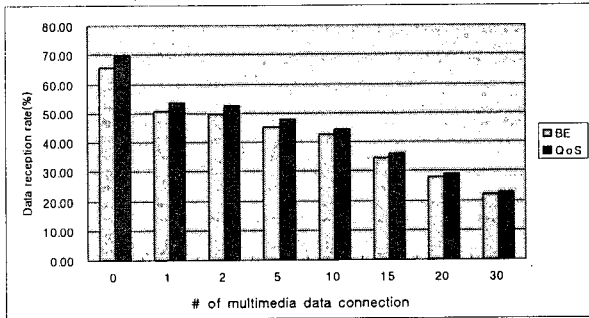


그림 2. 멀티미디어 데이터 연결에 따른 모의실험 결과

그림 2에서 그래프의 가로축은 멀티미디어 데이터 연결이고 그래프의 세로축은 전체 데이터 수신율이다. 멀티미디어 데이터 연결 0개에서 30개로 증가할수록 점차 전체 데이터 수신율이 감소한다. 왼쪽의 그래프는 최선형 서비스를 지원하는 라우팅 프로토콜이고 오른쪽은 QoS 알고리즘을 적용한 QoS 서비스를 지원하는 라우팅 프로토콜이다. 데이터 수신율은 최대 6.59%, 최소 3.51% 향상되었고, 멀티미디어 데이터 연결이 많아질수록 향상율이 감소하였다. 이것은 멀티미디어 트래픽이 많아질수록 QoS 알고리즘과 최선형 서비스와 차이가 줄어들어다는 것을 의미한다.

5.2 이동 노드의 정지시간에 따른 모의실험

그림 3은 512byte 크기의 연결이 20개, 380byte 크기의 연결이 10개일 경우 이동 노드의 정지시간에 따른 모의실험 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

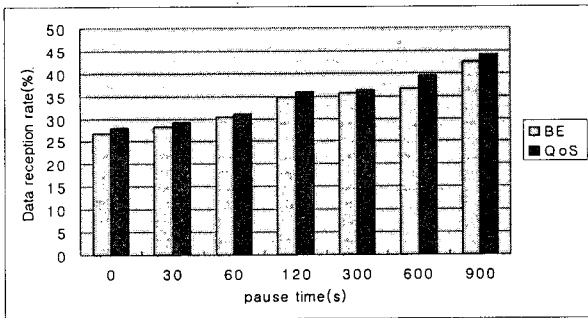


그림 3. 이동 노드의 정지시간에 따른 모의실험 결과

그림 3에서 왼쪽의 그래프는 최선형 서비스를 지원하는 라우팅 프로토콜이고 오른쪽은 QoS 알고리즘을 적용한 QoS 서비스를 지원하는 라우팅 프로토콜이다. 그래프에서 정지시간이 0s부터 900s로 증가할수록 전체 데이터 수신율도 함께 증가하는 것을 확인할 수 있다. 전체적으로 최선형 서비스보다 QoS 서비스를 지원하는 라우팅 프로토콜의 데이터 수신율이 높은 것을 확인할 수 있다. 데이터 수신율은 최대 7.89%, 최소 3.67% 향상되

었고, 이 모의실험에서 향상율은 정지시간에 관련 없이 증가하였다.

5.3 AODV의 네트워크 오버헤드 비교

그림 4는 위의 모의실험에서 확인한 네트워크 오버헤드의 비교 결과이다. 본 모의실험에서 정의한 네트워크 오버헤드는 RREQ 메시지, RREP 메시지, RERR 메시지의 합으로 정의하였다.

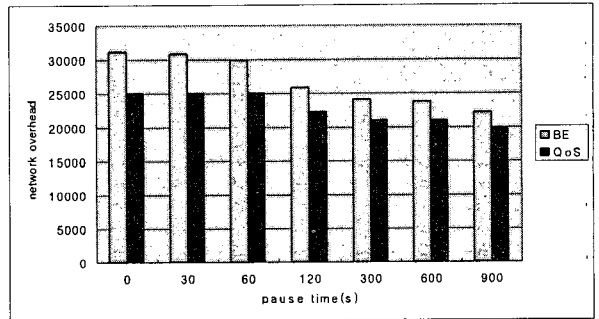


그림 4. AODV의 네트워크 오버헤드 비교 결과

그림 4에서 최선형 서비스와 QoS 서비스의 경우를 비교해보면 QoS 서비스를 지원할 경우 최선형 서비스보다 전체적으로 적은 제어 메시지가 발생하는 것을 확인할 수 있고, 최대 19.60%, 최소 10.95% 감소하였다. 이것은 중간 노드에서 대역폭에 따라 RREQ를 폐기하기 때문이다. 최선형 서비스와 QoS 서비스의 제어 메시지 감소율을 확인해보면 이동 노드의 움직임이 많은 정지시간이 0s일 경우에 가장 큰 감소를 보였다. 따라서 본 논문에서 제시한 QoS 알고리즘은 움직임이 많은 환경에서 효과적이라고 생각할 수 있다. 반면 움직임이 없는 정지시간이 900s일 경우에는 크게 줄어들지 않았다.

6. 결론

본 논문에서는 QoS를 지원하는 AODV 라우팅 알고리즘을 제안하였다. 모의실험을 통해 대역폭을 고려하여 경로를 설정하는 알고리즘이 멀티미디어 서비스를 효과적으로 지원할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 대역폭에 따라 경로를 설정함으로써 경로설정에 참여하는 노드의 수를 감소시키고 그 만큼 자원의 낭비를 막을 수 있다. 또한 중간 노드에서 대역폭에 따라 RREQ 메시지를 폐기함으로써 자원의 효율적인 사용이 가능하기 때문에 유선 네트워크에 비해서 대역폭에 많은 제한을 받는 Ad Hoc 네트워크에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘이 네트워크의 오버헤드를 감소시키는 효율적이라고 할 수 있다.

[1] Charles E. Perkins, "AD HOC NETWORKING", Addison Wesley, pp. 3-4, 2002.  
 [2] AODV Internet RFC documents, "http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt", pp.1-2, July 2003