

이동 애드혹 네트워크를 위한 QoS 라우팅 프로토콜

김중선^o 조인휘 박용진

한양대학교 전자통신컴퓨터공학과

jskim@hyuee.hanyang.ac.kr^o iwjoe@hanyang.ac.kr park@nclab.hanyang.ac.kr

QoS Routing Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks

Jongsun Kim^o Inwhee Joe Yongjin Park

Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

요 약

본 논문의 목표는 TDMA기반의 이동 애드혹 네트워크에서 AODV 라우팅 프로토콜을 이용해서 QoS를 제공하는 것이다. 우리가 제공하려는 QoS는 중단간에 있어서 각 Flow에 대해 연속적이고도 충분한 대역폭을 보장하는 것이다. TDMA에서 대역폭은 time slot으로 다루어지며 각 노드는 전체 N개의 time slot으로 이루어진 frame단위로 전송을 한다. 본 논문에서는 Hello message와 수정된 AODV 프로토콜을 이용해서 이러한 time slot을 관리함으로써 최대한의 QoS를 보장할 수 있는 기법을 제안한다.

1. 서 론

이동 Ad-hoc 네트워크는 고정된 하부 구조 없이 무선 이동 노드들로 구성되기 때문에 각 노드들은 유선망의 라우터 기능을 수행해야 한다. 또한 모든 노드들은 이동성을 가지고 있기 때문에 시간에 따라 네트워크 토폴로지가 동적으로 변화하고 배터리 유지에 따른 데이터 전송 환경이 제한되며 낮은 대역폭과 높은 에러율을 가지고 있다.

이러한 제약 조건에도 불구하고 애드 혹 네트워크는 재난 구조, 전장터 및 전시장 등과 같은 특수 목적뿐 아니라 하부구조가 없는 일반적인 장소에서 유용하게 사용될 수 있다.

하지만 Ad-hoc 네트워크의 특성상 서비스 품질(QoS)에 대해선 많은 문제점이 존재하기 때문에 이에 대해 많은 연구들이 진행되어 왔다. 본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크의 대표적인 라우팅 프로토콜 중 하나인 AODV 프로토콜을 TDMA 기반에 변형 결합시켜 Time slot 관리를 통해 QoS를 보장한다. Hello 메시지를 이용하여 각 이동 노드들의 Time slot 사용 정보를 이웃 노드들과 공유하고, AODV 프로토콜의 각 메시지를 이용해, 데이터 전송에 있어서 적절하게 slot을 할당한다. 각 데이터 flow에 대해 요구되는 대역폭 만큼 slot을 할당함으로써 낭비되는 자원을 최소화 하면서 QoS를 보장할 수 있다.

AODV는 애드 혹 네트워크에서 가장 대표적인 요구기반(on demand) 라우팅 프로토콜로서 애드 혹 네트워크 내의 모든 노드들은 데이터 전달이 있는 라우팅 경로 정보만을 라우팅 테이블에 유지 및 관리한다. RREQ (Route Request), RREP (Route Reply), RERR (Route Error), RREPACK (Route Reply Acknowledgement)의 4가지 메시지 타입을 이용 데이터 전달이 필요한 소스 노드는 목적지 노드까지의 최단 경로를 라우팅 경로 탐색 과정을 통해 찾아낸다.

본 논문은 다음과 같은 순서로 구성된다. 2장에서는 기존의 AODV 프로토콜에 대해 간략히 설명한다. 3장에서는 본 논문

에서 제안하는 QoS 라우팅 프로토콜을 설명한다. 4장에서는 제안한 프로토콜을 시뮬레이션을 통해 성능을 평가한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문에 대한 결론과 향후 연구에 대해서 설명한다.

2. 대역폭 계산 및 Time slot 할당

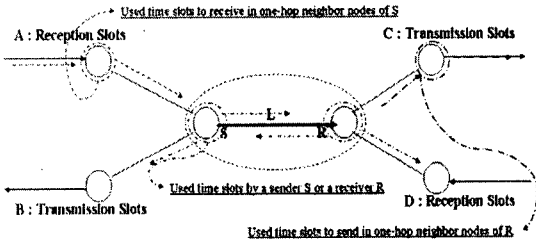
2.1 기본 전제 사항

우리가 구현하는 QoS 라우팅 프로토콜은 MAC 계층이 TDMA 방식을 기반으로 한다고 가정을 한다. 그러므로 각 노드간의 링크의 Bandwidth는 Time slot으로 다루어 질 것이며 각 노드는 전체 N Time slot동안 데이터를 전송할 수 있다. 또한 전체 네트워크는 동기화 되어 있다고 가정한다. 이때 우리가 제공할 QoS는 송신자에서 수신자 까지의 연속적인 대역폭을 보장하는 것이다.

2.2 링크 대역폭과 경로 대역폭

Time slot을 관리하는 방법을 언급하기 전에 먼저 링크 대역폭과 경로 대역폭 두 가지 개념에 대해 설명하겠다. 링크 대역폭은 한 노드와 그 이웃 노드간의 링크에서 사용가능한 즉 사용되고 있지 않은 Time slot을 의미한다. 또한 경로 대역폭은 송신자부터 수신자까지의 경로상의 링크에서 사용가능한 전체 Time slot을 의미한다. 결국 경로 대역폭은 송신자로부터 수신자까지의 경로상에 존재하는 링크 대역폭의 집합이라 할 수 있다. 그러므로 QoS를 보장하는 경로를 결정하기 위해서는 검색한 경로상의 링크 대역폭의 정보를 수집, 경로 대역폭을 구하여 경로상에 QoS를 보장할 수 있도록 적절한 경로 대역폭을 선택할 수 있어야 한다. 링크 대역폭은 <그림 1>과 같이 구할 수 있다. 즉 노드 S와 노드 R간의 링크간의 전체 대역폭으로 표현되는 Time slot들 중에서 노드 S와 노드 R이 송신 또는 수신 목적으로 사용중이거나 사용을 위해 예약한 slot을 뺀다. 또한 (i)노드 S의 이웃노드들이 수신 목적으로 사용중이거나

사용하기 위해 예약된 slot을 빼며 (ii)노드 R의 이웃노드들이 송신 목적으로 사용중이거나 사용하기 위해 예약된 slot을 뺀 나머지가 링크 대역폭이다.

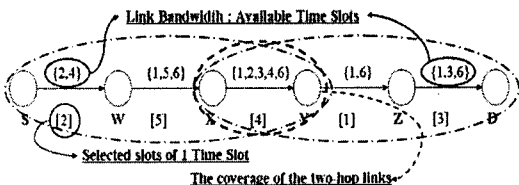


<그림 1> 링크 대역폭의 계산

(i)과 (ii)는 송신 노드가 송신을 하거나 수신노드가 수신을 하기 위해 정한 Time slot을 이웃 노드가 이미 사용하거나 사용하려 한다면 전송에 충돌이 발생하기 때문에 제외되어야 한다. 이러한 송신 노드와 수신 노드간의 링크 대역폭은 송신 노드에서 계산되어야 하며 이를 위해 송신 노드는 적어도 수신 노드의 이웃노드 즉 2 Hop 까지의 모든 노드들의 Time slot 이용 상황을 알고 있어야 한다. 이를 위해 우리는 Hello 메시지를 이용하였다.

2.3 Time Slot 할당

노드 S에서 노드 R로 데이터를 전송해야 할 경우 노드 S는 노드 R까지의 데이터를 전송할 경로를 찾기 위해 RREQ 메시지를 생성, 브로드캐스팅한다. 이 RREQ 메시지는 노드 S의 이웃노드, 그리고 그 다음 노드 등 노드 R까지 브로드캐스팅방식에 의해 전송이 되며 전송간에 요구되는 QoS를 보장할 수 있는 경로를 찾기 위해 중간 노드의 링크 대역폭을 RREQ 메시지에 기록하며 노드 R로 브로드캐스팅된다. 노드 R에 RREQ 메시지가 도착했을때 RREQ 메시지에는 전체 경로에 대한 링크 대역폭이 기록되어 있으며 이 정보가 바로 경로 대역폭이라 할 수 있다. 노드 S는 이 경로 대역폭 정보를 이용, 노드 S에서 노드 R까지의 경로에 대해 요구되는 QoS를 보장할 수 있도록 각 링크 대역폭을 할당 가능여부를 확인할 수 있으며 그 방법은 다음 <그림 2>와 같다.



<그림 2> QoS를 위한 Time slot 할당

위 <그림 2>에서 QoS 보장을 위해 요구되는 대역폭은 1 Time slot이다. 전체 경로 노드 S로 부터 노드 D까지의 각각의 링크 대역폭을 알고 있으며 이것이 바로 경로 대역폭이다.

노드 X와 노드 Y간의 링크(X~Y)에서 적절한 Time slot을 할당할때 이미 선행하는 경로, 즉 링크(S~W)와 링크(W~X)에 Time slot을 할당한 상태이다. 이때 Hello 메시지를 이용해서 2 Hop내의 링크 대역폭을 이미 알고 있기 때문에 이미 할당한 Time slot과 충돌하지 않으면서도 나중에 Time slot을 할당해야 할 링크의 링크 대역폭을 피하는 방향으로 (X~Y)링크의 Time slot을 선택할 수 있다.

3. QoS 라우팅 프로토콜

3.1 Hello Message

Hello 메시지는 노드의 이웃노드 즉 1 Hop까지의 모든 노드들에게 브로드캐스팅 된다. 브로드캐스팅 되는 Hello 메시지는 그 노드의 Time slot 사용 상황의 정보와 그 전까지의 수신한 Hello 메시지를 통해 수집한 1 Hop범위의 이웃 노드의 Time slot 사용 상황 정보가 포함되며 이러한 정보들은 각 정보에 대한 Sequence Number를 통해 가장 최신의 정보로 가려진다. 이렇게 Hello 메시지를 브로드캐스팅 하고 또한 이웃 노드들로부터 Hello 메시지를 수신함으로써 각 노드는 이웃 노드의 Time slot 상태 정보 뿐만이 아니라 그 이웃 노드의 이웃 노드 즉 2-Hop 거리내 노드들의 Time slot 상태 정보를 수집할 수 있다. 각 노드는 이러한 정보를 이용하여 앞에서 설명한 링크 대역폭 계산을 통해 주위 이웃 노드들간의 링크 대역폭을 계산할 수 있다. Hello 메시지의 형식은 <표 1>과 같다.

Type	Reserved	Node Count (n)
Source IP Address		
Source Sequence Number		
Variable Time Slot Information		
Neighbor node IP Address (1)		
Variable Time Slot Information (1)		
...		
Neighbor node IP Address (n)		
Variable Time Slot Information (n)		

<표 1> Hello Message Format

3.2 대역폭 예약 방식

앞에서 설명한 것처럼 데이터 전송을 위해서 데이터를 전송하려는 노드는 RREQ 메시지를 브로드캐스팅 하고 전송된 RREQ 메시지는 목적지 노드로 전송 되어 지면서 중간 노드에서 각 노드마다 Hello 메시지를 통해 구해진 링크 대역폭 정보를 RREQ 메시지에 추가해 가면서 전송 되어 진다. 이런 방법으로 RREQ 메시지가 목적지 노드에 도착하면 목적지 노드는 RREQ 메시지에 포함된 경로에 대한 모든 노드들의 링크 대역폭 정보, 즉 경로 대역폭 정보를 이용하여 QoS를 보장할 수 있도록 Time slot을 할당하게 되고 할당이 완료 되면 RREP 메시지를 생성 할당된 정보를 메시지에 포함시킨다. 이 RREP 메시지를 데이터를 전송하는데 이용될 경로의 역방향으로 소스 노드로 전송한다. 전송간에 각 중간 노드에선 데이터 전송시 사용될 Time slot들을 예약하게 되고 RREP 메시지가 소스 노드에 도

착하면 소스 노드는 그 경로에 따라 데이터를 전송하게 된다. 만일 수신된 RREQ 메시지로 QoS를 보장할 수 있는 경로를 설정하지 못했다면 그 RREQ 메시지는 삭제되며 그 다음에 수신된 RREQ 메시지를 이용 다시 경로를 구하게 된다.

이를 위해 RREQ 메시지와 RREP 메시지를 다음의 <표 2>, <표 3>과 같이 수정하였다. 이와 같은 방식으로 송신 노드로부터 수신 노드까지의 경로를 검색하고 QoS를 보장할 수 있는지를 확인하여 QoS를 보장할 수 있는 경로를 선택, 데이터 전송을 위해 예약한다.

Type	R	R	Reserved	Flx Length	Hop count
Destination IP Address					
Destination Sequence Number					
Source IP Address					
Lifetime					
Selected Bitmap (Slot)					
...					
...					

<표 3> 수정된 Route Reply Message (RREP)

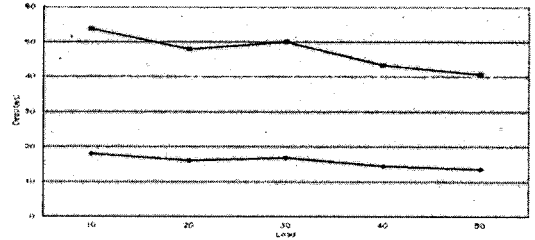
Type	J	R	G	D	U	R	Reserved	Hopcount
RREQ ID								
Destination IP Address								
Destination Sequence Number								
Originator IP Address								
Originator Sequence Number								
IP Address								
Link Bandwidth Information								
Next IP Address...								
Next Link Bandwidth Information...								

<표 2> 수정된 Route Request Message (RREQ)

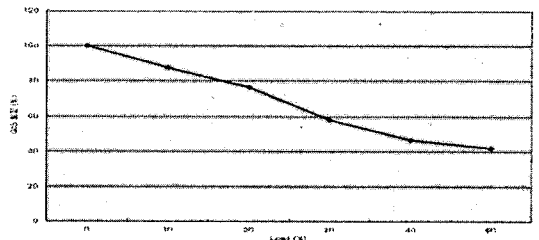
4. 성능 평가

다음 <그림 3>과 <그림 4>는 디자인한 프로토콜을 이용, 시뮬레이션한 결과를 보여준다. 실험은 자체 제작한 시뮬레이션 툴을 이용하였다. 시뮬레이션 툴은 랜덤한 방식으로 이동 노드들을 생성하고 각 노드들에게 랜덤하게 Load들을 부여한다. 이때 랜덤하게 소스 노드와 목적지 노드를 선택하여 디자인한 프로토콜로 QoS 라우팅이 성공하는 지를 확인하는 한다. 기준 파라미터로 노드는 20개, X축 최대범위 100m, Y축 최대범위 100m, 각 노드의 radio range는 30m, 그리고 1 Time frame의 slot 총 수는 20개로 정하였다. <그림 3>은 네트워크에 주어진 Load에 따라 QoS 요구를 보장할 수 있는 QoS 보장 성공률을 측정하였다. 또한 <그림 4>는 네트워크에 주어진 Load에 따라 데이터 전송시 발생하는 지연 시간을 측정하였다. 이는 Voice 데이터와 Video 데이터로 나누어 측정하였다. <그림 3>의 결과 그래프는 네트워크 내의 Load가 많아짐에 따라 QoS를 보장할 수 있는 가능성 줄어들고 있음을 보여주는데 Load가 많아지더라도 상당한 QoS 보장률을 보여준다. 또한 <그림 4>의 결과 그래프는 네트워크 내의 Load가 많아지더라

도 데이터 전송시 발생하는 지연시간에는 별 다른 영향을 주지 않음을 보여준다. 이는 우리가 제안하는 프로토콜이 Time slot 관리를 통해 데이터 전송시 Time slot을 최적으로 할당하기 때문이다. 즉 노드의 radio range내에서 데이터 전송시, 충돌이 발생하지 않는 한도내에서 사용 가능한 대역폭을 계산할 수 있기 때문에 대역폭 할당에 있어서 효율성을 높일 수 있으며 그렇기 때문에 QoS를 보장할 수 있는 가능성이 증가한다.



<그림 4> Load에 따른 데이터 전송 Delay



<그림 3> Load에 따른 QoS 보장 성공률

5. 결론

본 논문에서는 이동 애드혹 네트워크 환경하에서 데이터 전송간에 요구되는 QoS를 보장할 수 있는 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 링크간의 대역폭을 의미하는 Time slot들을 적절히 관리함으로써 최소한의 자원으로 QoS를 최대한 보장할 수 있는 것이 이 QoS 라우팅 프로토콜의 특징이자 장점이다. 다만 각 노드간 정보를 주고 받기 위한 Hello 메시지가 과도하면 전체 네트워크에 많은 부담을 줄 수 있다는 단점이 있으며 향후 연구에서는 이를 수정 향상시켜 네트워크내에 주어지는 오버헤드를 최소화 하도록 할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] C.E. Perkins, E.M. Royer, "Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV) Routing", RFC3561
- [2] Chenxi Zhu and M. Scott Corson, "QoS routing for mobile ad hoc networks", IEEE INFOCOM 2002
- [3] Chunhung Richard Lin, Jain-Shing Liu, "QoS Routing in Ad Hoc Wireless Networks", IEEE Communication AUGUST 1999
- [4] Stefano Basagni, Marco Conti, Silvia Giordano, Ivan Stojmenovic, "Mobile Ad hoc networking" Wiley Interscience