

Mobile Ad Hoc 네트워크에서 다중경로 라우팅

정태환^o 안순신
고려대학교 전자컴퓨터공학과
{thjung^o, sunshin}@dsys.korea.ac.kr

Multipath Routing in Mobile Ad hoc networks

Taehwan Jung^o Sunshin An
Dept. of Electronics and Computer Eng, Korea University

요 약

Mobile Ad hoc network에서 이동 노드들의 안정적이고 신뢰성이 높은 데이터 전송을 하기 위해서 multipath routing을 통하여 소스 목적지 노드간에 다중 경로를 구하고 기존의 라우팅 방법과 비교해 본다. 또한 다중 경로를 활용하는 방법과 경로구간의 링크 다운 시에 보다 빠른 복원을 할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

모바일 노드들의 이동성과 낮은 대역폭으로 인한 데이터 손실을 줄이는 방법으로 데이터 트래픽을 다중 경로에 분산시키는 Traffic Load Balancing 방법과 데이터 전송 중에 발생하는 링크 다운 시에 새로운 경로를 찾는 메커니즘이 아닌 중간 경로에서 기존에 유효한 경로를 이용하는 Local recovery 방법을 소개하고자 한다.

1. 서론

Mobile Ad Hoc network은 다른 외부의 도움없이 노드들간의 자체적인 망을 이용하여 통신이 되는 네트워크이다.

노드들은 자체적으로 라우팅 기능을 갖고 있으며, 이러한 라우팅을 하는 알고리즘으로서 IETF(Internet Task Force)에서는 AODV, DSR, OLSR, TBRPF등 여러 라우팅 알고리즘을 제안하고 있다. Ad hoc network에서는 On-demand방식의 DSR[2]과 AODV[1]이 우수한 특성을 나타내는 대표적인 알고리즘으로 알려져 있다.

본 논문에서는 AODV(Ad hoc On demand Distance Vector)에 기반을 둔 disjoint multipath 라우팅 알고리즘을 이용해 multipath를 찾고 이를 이용하여 안정성과 신뢰성을 높일 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

본 논문 2장에서는 관련연구와 3장에서는 disjoint multipath를 찾는 라우팅 알고리즘과 4장에서는 효율성과 안정성을 높이는 Traffic Load Balancing과 Local Recovery 대해 기술하고, 5장에서는 본 논문에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구 및 배경

IETF에서 RFC와 DRAFT로 제안 되어 있는 많은 라우팅과 여러 연구에서 제안되는 Ad hoc routing 알고리즘은 크게 Proactive방식과 Reactive방식으로

구분 될 수 있다.

Proactive방식은 데이터 전송전에 미리 경로를 찾는 방식이고, Reactive방식은 데이터 전송 요청이 있을 경우에 경로 탐색을 하는 방식을 말한다. Ad hoc network에서는 노드들의 이동성으로 인하여 기존에 설정된 경로가 데이터 전송시점에 유효하지 않은 경우가 발생한다. 따라서 많은 연구들에서 네트워크 토폴로지에 따라서 달라지지만, Reactive방식의 On-demand 라우팅인 AODV와 DSR이 성능면에서 좋게 평가 되어있다.[4]

DSR 라우팅은 소스 라우팅으로써 패킷 헤더속에 경로의 정보를 담고 경로를 찾기 때문에 작은 노드의 네트워크에서는 성능이 좋지만 노드 수가 많은 토폴로지에서는 오버헤드가 증가하는 단점이 있다.

AODV 라우팅은 Distance-Vector방식에 기반을 두고 있어 경로 탐색이 쉽고, 경로 탐색 시에 목적지 노드에서 unicast Reply를 사용함으로써 루프를 방지하고, 오버헤드를 줄이는 장점을 갖고 있지만, 소스 목적지 노드간에 단 하나의 경로만 설정함으로써 경로 종간의 링크가 장애나 단절될 시에는 다시 Route discovery mechanism을 통해 경로를 찾아야 하는 단점과 여러 경로를 선택하는 메커니즘이 없는 단점이 있다.[3]

이에 본 논문에서는 Mobile Ad hoc network에서 AODV에 기반을 둔 disjoint multipath routing을 통해 multipath를 구하고 이 라우팅을 통하여 구한 경로 정보를 활용하여 안정성과 효율성을 높이는 Traffic Load Balancing과 Local Recovery의 방법을 제안하고자 한다.

3. DMR(Disjoint Multipath Routing) 알고리즘

Disjoint Multipath Routing 알고리즘의 기본은 소스 목적 노드간에 다중 경로를 설정함으로써 Ad hoc network환경에서 잦은 이동성으로 인하여 단절되는 경로를 대체 경로로 사용함으로써 빠른 복구와 데이터 손실을 줄이는데 있다.

경로 탐색을 위해 소스 노드는 경로탐색을 위해서 Route Request를 Broadcast하고 중간 노드들은 예비 다중경로에 대해서 sequence number가 큰 순서, hop cnt가 작은 순서로 우선 순위를 두어 비교하며 예비 경로를 라우팅 테이블에 기록한다. 다중 경로 수를 무한정 늘리면 오버헤드가 증가하므로 2~3개로 수를 줄여 오버헤드를 줄이면서 multipath를 찾는다. 목적지 노드에서는 중간노드에서 오는 Route Request를 받고 경로 정보를 기록하고 새로운 sequence number를 부여하여 소스를 향하여 unicast로 Route Reply를 보낸다. 이 때 같은 소스 노드로 보내는 다중경로의 Reply는 같은 sequence number를 사용하여 보낸다. 그러면 소스 목적지 노드간에 여러 개의 경로가 설정이 된다.

데이터 전송 중 다중 경로 중 일부 링크가 단절이 되면 나머지 경로를 사용함으로써 데이터 손실을 줄이고, 전송 효율을 높일 수 있다. 다중 경로 모두가 손실 되면 그때 다시 Route discovery mechanism을 사용하게 된다.

DMR 알고리즘에 대한 기본 동작 pseudo code는 [표1]에 나와 있다.

[표1 DMR(Disjoint Multipath Routing) 알고리즘]

```

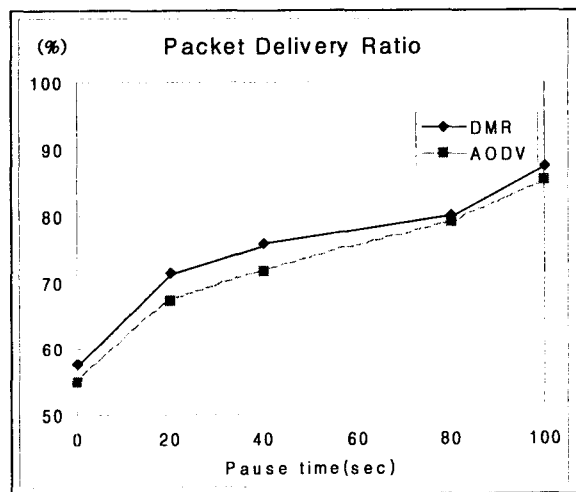
Assign : initial RREQ, RREP message seq num=0

Source node
Route Request(RREQ)

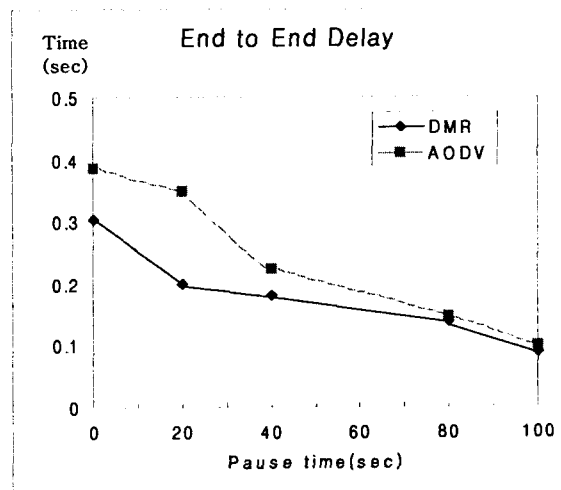
Intermediated node
If recvd RREQ and (recvd seq num >= previous seq num)
  If recvd RREQ hop cnt < previous RREQ hop cnt
    send RREQ
  Elsif recvd RREQ hop cnt = previous RREQ hop cnt
    send RREQ
  Elsif recvd RREQ hop cnt > previous RREQ hop cnt
    discard RREQ
Endif
Endif

Destination node
If recvd RREQ and (recvd seq num >= previous seq num)
  If recvd RREQ hop cnt < previous RREQ hop cnt
    send RREP
  Elsif recvd RREQ hop cnt = previous RREQ hop cnt
    send RREP
  Elsif recvd RREQ hop cnt > previous RREQ hop cnt
    discard RREQ
Endif
Endif
    
```

아래의 그림은 기존 라우팅 방법과 Multipath Routing을 NS2로 시뮬레이션 한 결과이다. 시뮬레이션 조건은 노드수 50, 17 CBR source, 5m/s의 속도, 거리 700m x 1500m 에 이동 노드는 random하게 움직이며 pause time을 0~100초까지 변화를 주면서 시험하였고, AODV와 본 논문에서 제안하는 DMR의 Performance를 비교하였다. [그림1]은 Packet Delivery Ratio를 나타낸다. DMR 알고리즘이 AODV보다 packet delivery가 좋음을 알 수 있다. 그 이유는 링크 단절 시 새로운 경로를 찾는 시간을 줄여 대체 경로를 통해 보내기 때문에 packet drop이나 timeout을 줄이기 때문이다. [그림2]는 End to End Delay를 나타내고, 링크 단절 시에 Queue에 쌓이는 시간을 대체경로를 사용함으로써 줄이기 때문에 AODV보다 DMR이 더 작은 delay값을 나타낸다.



[그림1. Packet Delivery Ratio, node=50]

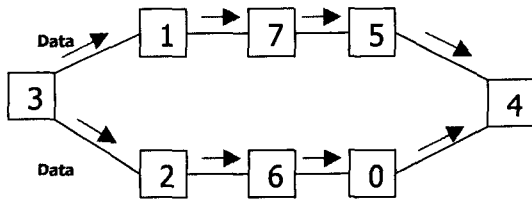


[그림2. End to End Delay, node=50]

4. Traffic Load Balancing과 Local Recovery

4.1 Traffic Load Balancing

Traffic Load Balancing은 Multipath Routing을 통하여 구한 소스와 목적지 노드사이의 다중 경로에 데이터를 분산시켜 보내는 방법이다. 이 방법을 사용하면 Ad hoc network에서처럼 낮은 대역폭의 링크 환경에서 보다 효율적으로 네트워크를 사용할 수 있고, 한 링크에 장애가 발생하더라도 장애 발생 경로로 보내던 트래픽을 나머지 다른 경로를 통하여 데이터를 보냄으로써 데이터 손실을 줄이고 빠른 복구를 할 수 있는 장점이 있다.



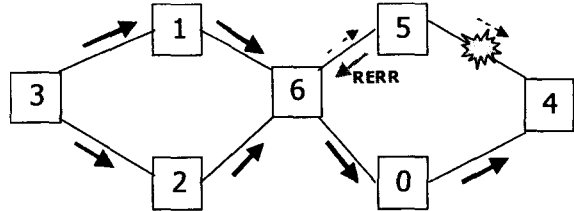
[그림3. Traffic Load Balancing]

[그림3]은 Traffic Load Balancing에 대한 그림을 나타낸다. 소스 노드3에서 목적지 노드4까지 두개의 경로를 통해서 데이터 전송이 되어진다. 기존 multipath routing은 Main Path에 데이터를 보내다가 링크 단절이 되면 Alternative Path로 데이터 트래픽을 전환하지만, Traffic Load Balancing에서는 소스노드에서 여러 경로를 통하여 데이터를 보낸다. 이때 데이터를 보내는 방법은 Round Robin방식을 사용하여 분배하여 보내게 된다. 만약에 다중 경로 중에 한 경로의 링크나 장애가 발생하면 나머지 경로를 통하여 데이터를 전송하게 된다. 그리고 모든 경로가 없어 졌을 때에만 Route discovery mechanism에 들어 간다.

4.2 Local Recovery

Local Recovery는 링크에 장애가 발생했을 때 빠른 복구를 하는 방법이다. 여러 개의 경로를 통해서 데이터 트래픽이 분산 되어 보내질 때 설정된 경로 구성에 따라서 Link disjoint 노드가 있을 경우에 사용하는 방법이다. Link disjoint 노드는 다중 경로가 한 노드를 통해서 지나가는 노드를 말한다. Link disjoint노드가 있는 토폴로지 구성에서 한 경로에 링크 단절이나 장애가 발생하고 그 발생된 지점이 Link disjoint 노드이후에 있는 노드인 경우에 링크 단절을 감지한 노드가 보내는 에러 메시지를 소스 노드까지 보내는 대신에 중간에 있는 Link disjoint 노드에서 데이터를 전환하여 보내는 방법이다. 이 방법을 사용하면 기존에 유효한 경로를 그대로 사용할 수 있는 장점이 있다. 아래 그림은 Local Recovery를 나타내는

그림이다. 경로 3-2-6-0-4와 3-1-6-5-4로 보내던 트래픽이 5-4 경로에서 링크 단절이 생기면 Link disjoint 노드인 노드6은 에러 메시지 RERR를 받고 소스노드로 에러 메시지를 보내지 않고 바로 트래픽을 전환하여 경로 6-0-4를 통하여 보내게 된다. 에러 메시지가 소스노드에 도달하기 전에 트래픽은 바로 목적지 노드로 전달되며 데이터 손실은 줄어들고 빠른 복구가 가능하다.



[그림4. Local Recovery]

5. 결론 및 향후 과제

DMR은 소스 목적지 노드간에 다중 경로를 설정하는 알고리즘으로서 Ad hoc network처럼 이동노드로 인하여 토폴로지가 자주 변하고, 낮은 대역폭인 네트워크에서 안정성과 효율성을 증대 시킬 수 있는 라우팅 방법이다. 이렇게 구해진 multipath를 이용하면 다양한 어플리케이션에 적용이 가능하다.

Traffic Load Balancing은 구해진 다중경로에 데이터를 분산 시킴으로써 모바일 링크의 활용도를 높이고, 링크 장애 시에도 장애가 생긴 경로의 트래픽을 정상적인 경로를 통해 전달 함으로서 데이터 손실을 줄이고 효율을 증가 시키면서 데이터 전달 할 수 있다. Local recovery는 기존에 유효한 노드들은 그대로 사용을 하기 때문에 Route discovery하는 mechanism을 줄임으로서 효율을 높일 수 있다.

향후과제로는 multipath를 활용하여 QoS를 높이는 방법과 소스라우팅을 이용한 multipath방법과 비교를 해보려고 한다.

6. 참고문헌

[1] AODV RFC3561: IETF
 [2] DSR Routing draft-ietf-manet-dsr-9.txt: IETF
 [3] C.K.Toh Ad Hoc Mobile Wireless Networks protocol and Systems 2002
 [4] Das, C. Perkins Performance comparison of on demand routing protocols in ad hoc network