

Ad Hoc Network에서 Qos를 향상시키기 위한 Disjoint Multipath 라우팅과 트래픽 분산 알고리즘

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

Disjoint Multipath Routing and Traffic Partitioning Algorithm for Qos in the Ad hoc network

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

요 약

Ad hoc Network에서 효율적인 데이터 트래픽의 전송을 위하여 AODV 라우팅 알고리즘을 보완한 DM-AODV(Disjoint Multipath AODV)와 이를 활용하여 Qos를 높인 트래픽 분산 알고리즘인 TPA(Traffic Partitioning Algorithm)를 제안한다.

첫째, dynamic한 Ad hoc network환경에서 사용될 수 있는 DM-AODV를 사용하여 중복 노드가 없는 multipath들과 그 경로 각각의 최소 대역폭(bandwidth)을 구하고 둘째, 소스 노드에 들어오는 트래픽의 요구 대역폭과 TPA를 사용하여, 네트워크가 정상 일 때 전달 될 main path들과 네트워크 장애 시 할당 될 alternative path들에 들어오는 트래픽을 dynamic하게 분산 시킴으로써, 어플리케이션이 요구하는 높은 대역폭의 트래픽 수용 가능성을 높이고, 들어오는 트래픽의 안정적인 대역폭 보장과 속도의 향상, 폭주(congestion)의 감소 효과를 나타낸다. 또한 Main path에 장애 발생시, 미리 계산된 alternative path에 트래픽을 전송 함으로서 들어오는 패킷의 손실을 최소화한다. 본 논문에서는 Ad hoc network에서의 QoS를 높이는 두 알고리즘을 소개하고, 동작 원리를 알아본다.

1. 서론

Ad Hoc network은 Mobile환경에서 Base Station이나 다른 라우터의 도움 없이 이동 노드들끼리 상호간에 통신이 이루어 지는 네트워크로, 노드들의 잦은 이동성과 낮은 통신 대역폭으로 인한 제약으로 QoS가 더욱 요구 되는 네트워크이다.

Ad hoc에서 사용되는 DSR, AODV, DSDV등의 주요 라우팅 알고리즘들은 IETF에서 현재 Draft 상태로 제안 되어 있지만 아직 많은 단점들을 갖고 있고, Qos를 제공하기 위한 많은 제안들이 되고 있지만, 아직 Qos를 제공하기에는 부족한 부분들이 많이 있다.

Ad hoc network는 노드들의 이동성으로 네트워크 토폴로지가 수시로 변화하기 때문에, 데이터 트래픽을 위한 좀더 dynamic한 라우팅 알고리즘이 요구되고 있다. Multipath 라우팅은 single path 라우팅에 비하여 소스 목적지 노드간에 여러 개의 라우팅 경로가 설정 되기 때문에, 좀더 dynamic한 환경의 네트워크에 효율적으로 대처할 수가 있고, 일부 네트워크 장애 시에도 새로운 경로설정 대신에 미리 설정된 예비 경로로 데이터 트래픽을 전달함으로써 패킷 손실을 최소로 줄일 수 있다.

본 논문 2장에서는 관련연구와 3장에서는 disjoint multipath를 찾는 DM-AODV 라우팅 알고리즘과 4장에서는 DM-AODV를 활용한 TPA와 경로에 대한 트래픽 할당

에 대해 기술하고, 5장에서는 본 논문에서 제안된 알고리즘의 결론을 맺는다.

2. 관련 연구 및 배경

현재 IETF에서 제안하고 있는 Ad hoc 라우팅 알고리즘인 AODV는 on-demand방식으로 선택된 경로에 있는 노드들 간에만 라우팅 정보를 교환하기 때문에, broadcast 패킷 수를 줄일 수 있고, 네트워크 장애 시에 장애가 난 노드를 이웃 노드들에게 전파 시키는 장점이 있지만, 네트워크 장애 시에 RERR 메시지가 소스 노드에 도착했을 때 다시 route discovery mechanism을 사용하여 경로를 탐색해야 하는 단점이 있다[1][3]. DSDV는 multipath 구현이 가능하지만, 링크 장애 시에 RERR 메시지를 단지 역 경로로만 보내는 단점이 있다[2]. Disjoint multipath routing은 소스 목적지 노드간에 중복 노드가 없이 여러 개의 경로를 설정하는 방법으로 Ad hoc network처럼 이동성이 잦은 네트워크 토폴로지에 효율적으로 사용 될 수 있고, TPA를 사용하여 트래픽을 분산 시킴으로써 링크를 효율적으로 사용하고, Qos를 향상시킬 수 있다.

3. Disjoint Multipath AODV(DM-AODV)라우팅 알고리즘
[표 1. DM-AODV 알고리즘]

```

Given : min available BW to the each node
Assign : initial RREQ, RREP previous seq num=0
Source node
If rcv RREQ and (rcvd seq num >= previous seq num)
    update min available BW
    record each next hop, seq num, min available BW
Elsif rcv RREP and (rcvd seq num < previous seq num)
    discard RREP
End if
Intermediated node
If rcv RREP and (rcvd seq num >= previous seq num)
    If rcvd RREP hop cnt < previous RREP hop cnt
        send RREP
            with updated min available BW toward the source
    Elsif rcvd RREP hop cnt = previous RREP hop cnt
        If rcvd RREP min avail BW > previous RREP min avail BW
            send RREP
                with updated min available BW toward the source
        Elsif rcvd RREP hop cnt > previous RREP hop cnt
            discard RREP
    Endif
Endif
Destination node
If rcv RREQ and (rcvd seq num >= previous seq num)
    send RREP included min available BW toward the source
Elsif rcv RREQ and (rcvd seq num < previous seq num)
    discard RREQ
End if
    
```

AODV 라우팅의 소스 노드는 RREQ 요청 메시지를 broadcast하고, 중간 노드들은 목적지 노드에 대한 라우팅 정보가 있으면 RREP로 응답 메시지를 보내고 목적지 노드에 대한 routing 정보가 없으면 다시 broadcast 한다. RREQ 메시지가 목적지 노드에 도착하면 첫 번째 도착한 RREQ 메시지에 대해서만, RREQ 메시지를 받은 역 경로를 이용하여 소스 노드 쪽으로 RREP 메시지를 보낸다. 목적지 노드에서는 첫 번째 이후에 도착한 RREQ 메시지는 패기 시킨다. 현재의 AODV 라우팅에서는 따라서 소스 목적지 노드간에 단 하나의 경로만이 설정된다.

표 1 DM-AODV 알고리즘은 각 노드의 최소 이용 가능한 대역폭은 어플리케이션에서 주어졌다고 가정하고, RREQ, RREP의 previous seq num 초기값은 0으로 할당한다. 목적지 노드는 첫 번째 이후에 들어오는 RREQ 메시지에 대해서도 RREQ를 받은 역 경로로 최소 이용 가능한 대역폭을 RREP 헤더의 reserved field에 포함시켜 RREP 응답 메시지를 보내서 소스 목적지 노드간에 여러 개의 disjoint multipath가 생기게 한다.

중간 노드에서는 disjoint path를 생성하는 부분으로 목적지 노드로부터 전달된 RREP 메시지의 sequence number가 기존 sequence number보다 크거나 같은지를 판단하고, hop counter가 기존보다 작은 경우 또는 같은 경우에 최소 이용 가능한 대역폭이 큰 경우에 받은 RREP의 최소 이용 가능한 대역폭과 자신 노드의 값과 비교하여 최소값으로 갱신하여 RREP를 전달하고, 나머지 경우는 패기 시킨다.

소스 노드에서는 중간 노드로부터 보내진 여러 개의

RREP에 자신의 최소 이용 가능한 대역폭을 갱신하면 이웃노드, sequence number, 최소 이용 가능한 대역폭의 정보를 캐시에 갖게 된다. 이 정보가 소스 목적지 노드간에 disjoint multipath와 최소 이용 가능한 대역폭이 된다. 중요한 데이터 트래픽은 경로의 대역폭을 예약해 두고, 정상운용 시에는 best effort 서비스등으로 활용하고, 네트워크 장애 시에는 데이터 트래픽을 예약된 대역폭의 경로로 전환하여 해당 데이터 트래픽의 Qos를 보장한다.

4. TPA(Traffic Partitioning Algorithm) 알고리즘

TPA는 Ad hoc network에서 call admission ratio, packet delivery를 향상시키는 알고리즘으로, 소스 노드에 들어온 트래픽의 요구된 대역폭을 파악한 뒤 DM-AODV 라우팅에서 탐색된 Disjoint Multipath을 활용하여 소스 노드에 요청된 트래픽 요구에 따라서 들어오는 트래픽을 여러 multipath에 나누어 보내는 알고리즘이다. 이 알고리즘을 사용하여 main path와 alternative path가 설정이 되며, 네트워크 장애 발생시에 소스 노드가 RERR 메시지를 받으면 미리 설정된 alternative path로 트래픽을 전환하여 패킷 손실을 최소한으로 줄일 수 있다

4.1 기본개념

[표 2. TPA 알고리즘]

```

Step 1 : Given:
Disjoint Multipaths, min available BW to the each path
makes the table (Pn, BW) form the P1, P2, P3..
with the large min available BW's order
Computes Σ (Pn BW) : Input traffic's demand bandwidth(InT dBW)
Step 2 : Traffic Partition & path assign:
If InT dBW ≤ Σ (Pn BW) then
    if n(InT dBW ≤ Pn BW) ≤ 2
        Main path → assign to the path P1
        Alternative path → assign to the path P2
    else if n(InT dBW ≤ Pn BW) = 1 then
        Main path → assign to the path P1
        Alternative path:
        If ( InT dBW ≤ (Σ (Pn BW) - (P1 BW)) ) then
            assign to the paths until
            (InT dBW ≤ (Σ (Pn BW) - (P1 BW))satisfied
            traffic partition rule: proportional to the Pn's BW
        end if
    else n(InT dBW ≤ Pn BW) = 0 then
        Main path :
        assign to the paths until (InT dBW ≤ Σ (Pn BW)) satisfied
        traffic partition rule: proportional to the Pn's BW
        Alternative path:
        If InT dBW ≤ (Σ (Pn BW) - Σ (main paths Pn BW))
            assign to the paths until
            InT dBW ≤ (Σ (Pn BW) - Σ (main paths Pn BW)) satisfied
            traffic partition rule: proportional to the Pn's BW
        end if
    Else
        it is impossible to accommodate for the input traffic dBW
    Endif
Endif
    
```

표 2 TPA을 설명하면, DM-AODV을 이용하여 구해진 disjoint 경로들과 최소 이용 가능한 대역폭을 사용한다. Step1, disjoint multipath들과 각 경로에 해당하는 이용

가능한 링크 대역폭(P_n BW)이 주어지면, 가장 큰 이용 가능한 대역폭을 가진 경로를 P1으로 하여 P_n 까지 테이블을 작성하고, 모든 경로들의 대역폭 총합계를 구한다. 그리고 Ad Hoc network의 소스 노드에 들어오는 트래픽 요구 대역폭(InT dBW)을 파악한다.

Step2, 우선 들어오는 트래픽의 수용여부를 검사한다. 소스 노드에서는 step1에서 구한 모든 경로들의 대역폭 총합계가 들어오는 트래픽의 요구되는 대역폭보다 더 크거나 같으면, 적어도 main path를 구성할 수 있고, 그렇지 않고 작다면 들어오는 트래픽을 수용할 수 없다. 소스 노드에서는 disjoint multipath들 중에서 들어오는 트래픽의 요구되는 대역폭보다 더 큰 대역폭을 가진 경로가 몇 개나 있는지 테이블을 검사한다. 경우의 수는 3가지로 2개 이상이거나 1개이거나, 한 개도 존재하지 않는 경우로 나누어진다.

만약, 2개 이상이면 최대 대역폭을 가진 경로 P1을 main path로 할당하고, 두 번째 대역폭을 가진 경로 P2를 alternative path로 할당한다.

만약, 1개이면 최대 대역폭을 가진 경로 P1을 main path로 할당하고, alternative path를 생성할 수 있는지를 검사한다. 모든 경로들의 대역폭 총합계에서 경로 P1에 할당된 대역폭을 뺀 대역폭이 소스 노드에 들어오는 트래픽의 요구되는 대역폭보다 크거나 같으면 alternative path를 생성할 수 있고, 작으면 alternative path를 생성할 수 없다. alternative path는 두 번째 대역폭을 가진 경로 P2부터 그 다음 작은 대역폭을 가진 경로들을 차례로 합산해 가며 소스 노드에 들어오는 트래픽의 대역폭을 수용하는 경로까지를 찾아, alternative path로 할당한다. 이때, alternative path상에 소스 노드에 들어오는 트래픽을 나누는 분할비율은 소스 노드 테이블의 각 경로에 설정된 이용 가능한 대역폭 비율대로 할당 되도록 한다.

만약, 0개이면 최대 대역폭을 가진 경로 P1부터 그 다음 작은 대역폭을 가진 경로들을 차례로 합산해가며 소스 노드에 들어오는 트래픽을 수용하는 경로까지를 찾아 main path로 할당한다.

그 다음 alternative path를 생성할 수 있는지를 검사한다. 모든 경로들의 대역폭 총합계에서 main path에 할당된 경로들의 대역폭을 뺀 대역폭이 들어오는 트래픽의 요구되는 대역폭보다 크거나 같으면 alternative path를 생성할 수 있고, 작으면 alternative path를 생성할 수 없다. alternative path는 main path에 할당된 경로들을 제외한 다음 경로부터 그 다음 작은 대역폭을 가진 경로들까지 차례로 합산해 가며 소스 노드에 들어오는 트래픽의 대역폭을 수용하는 경로까지를 alternative path로 할당한다. 이때, main path와 alternative path상에 소스 노드에 들어오는 트래픽을 나누는 분할비율은 소스 노드 테이블의 각 경로에 설정된 이용 가능한 대역폭 비율대로 할당 되도록 한다.

4.2 TPA 예시

TPA를 Ad hoc network 토폴로지를 설정하여 예를 들어 보이도록 한다.

[표3. Disjoint Multipath min available BW]

Path n	Min available BW
P1	9Mbps
P2	8Mbps
P3	7Mbps
P4	6Mbps
P5	5Mbps
ΣP_n	35Mbps

표3은 각 경로에 할당된 최소 이용 가능한 대역폭과 모든 경로의 대역폭의 총합계를 나타낸다.

[표4. Traffic Partition]

$n(\text{InT BW} \leq P_n \text{ BW})$	InT BW	Main Path (partition ratio)	Alternative path (partition ratio)
2 이상	8Mbps	P1(1)	P2(1)
1	9Mbps	P1(1)	P2(8/15), P3(7/15)
0	15Mbps	P1(9/17), P2(8/17)	P3(7/18), P4(6/18), P5(5/18)
0	40Mbps	-	-

표4는 TPA를 사용하여 소스 노드에 들어오는 트래픽의 대역폭 요구가 각각 (8,9,15,40)Mbps일 때 main path와 alternative path에 설정된 경로 할당을 나타내는데, 괄호 안의 수치는 경로의 이용 가능한 대역폭에 따라 분할된 트래픽 비율을 나타낸다. 계산은 4.1절의 설명에 따른다. 위의 예시에서는 TPA를 사용하여 single path에서는 수용할 수 없는 15Mbps의 트래픽 수용이 가능하고, 링크를 효율적으로 사용하고 대역폭을 보장으로 Qos를 높인다. . .

5. 결론 및 향후 과제

Disjoint Multipath Routing인 DM-AODV는 소스 목적지 노드간에 여러 개의 경로를 설정함으로써 Ad hoc network처럼 이동성이 많은 네트워크에서, 좀 더 dynamic하게 데이터 트래픽을 전송할 수 있다. 또한 DM-AODV를 통해 찾은 multipath와 최소 이용 가능한 대역폭을 활용한 TPA는 single path에 비하여 트래픽을 multipath에 나누어 보냄으로써, 네트워크의 link utilization을 높이고, 어플리케이션에서 요구하는 높은 대역폭의 데이터 트래픽이나, burst한 트래픽의 수용 가능성을 높이고, 또한 이동성이나 네트워크 장애 발생시 alternative path로 데이터 트래픽을 빠르게 전환함으로써, 패킷 손실을 줄이는 효과를 나타낸다. 따라서 DM-AODV와 TPA는 Ad hoc network환경에서 QoS를 증가시키는 알고리즘이라고 할 수 있다.

향후 과제로는 DM-AODV알고리즘에서 QoS 요소로서 최소 이용 가능한 대역폭 말고, 신호의 세기, Delay, 남은 전원용량으로 활용하거나, 이들의 조합을 통한 기준을 이용한 경로 설정을 이용하면, 좀더 효율적이고 ad hoc 환경에 맞는 경로를 찾아 서비스 이용이 가능할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] AODV Routing draft-ietf-manet-aodv-12.txt : IETF
- [2] DSR Routing draft-ietf-manet-dsr-7.txt : IETF
- [3] C.K.Toh Ad Hoc Mobile Wireless Networks protocol and Systems 2002