

멀티미디어 Ad-hoc 네트워크에서의 전력인지 QoS 라우팅

김윤도[†], 서경룡^{**}

요 약

Ad-hoc 네트워크를 구성하는 정보단말노드의 가용전력은 노드의 크기나 무게 등의 제약에 따라 제한을 받게 되는데 이는 네트워크에서의 심각한 제약조건이 된다. 따라서 노드간의 전송경로를 구성할 때 효율적인 전력소비를 고려할 수 있도록 노드의 전력조건을 고려하여야 한다. 본 논문에서는 멀티미디어 데이터 전송에 필요한 대역폭 요구조건을 만족하면서 소스노드로부터 목적노드까지의 전송에 필요로 하는 전력소비를 최소화 하는 QoS 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안된 라우팅 방식의 성능을 시뮬레이션으로 평가하여 노드의 전력소모를 줄이고 네트워크 수명 이 기존의 QoS 라우팅에 비교하여 개선되었음을 확인하였다.

A Power Aware QoS Routing in Multimedia Ad-hoc Networks

Yoondo Kim[†], Kyungryong Seo^{**}

ABSTRACT

In the Ad-hoc networks, the limitation on the availability of power for operation is a significant bottleneck, given the requirements of portability, weight, and size of mobile devices. Hence, the use of routing metrics that consider the capabilities of the power sources of the network nodes contributes to the efficient utilization of energy. This paper presents a QoS routing protocol that minimize the power consumed by a packet in traversing from source node to the destination node. Results obtained of simulation show that, with our approach we can reduce the power consumption of nodes and increases the life time of the network.

Key words: Ad-hoc networks(Ad-Hoc 네트워크), QoS routing(QoS라우팅), Power Aware(전력인지)

1. 서 론

기존의 무선통신네트워크는 고정된 네트워크에 중앙집중식 제어를 통하여 무선단말 장치간의 통신 서비스를 제공하였다. 하지만 Ad-hoc 네트워크(MANETs)는 이동 가능한 무선단말장치들이 고정 네트워크의 도움 없이 무선통신으로 동적네트워크를 구성하여 견고하고 유연한 통신서비스를 제공한다. 이러한 특징으로 Ad-hoc 네트워크는 인프라 네트워크를 구축하기 힘든 환경이나 한시적으로 네트워크를 구성해야할 필요가 있을 때 저비용으로 쉽게

네트워크를 구축할 수 있는 장점이 있다[1-3]. 이 에 따라 블루투스나 Piconet, HoneRF network[4-6] 등이 상업적으로 개발되어 그 영역을 넓혀가고 있다.

네트워크를 구성하는 각 무선단말장치는 배터리를 전원으로 사용하고 제한된 통신범위를 가진 전파를 활용하여 단말 상호간 통신을 수행한다. 따라서 직접적인 통신을 수행할 수 없는 먼 거리의 단말과는 중간에 다른 단말장치들을 경유하여 데이터를 교환하게 되고 특정비용을 최소화 하는 경로를 구하는 라우팅 방법이 필요하게 된다.

기술의 발전으로 이동단말장치의 성능은 크게 좋

※ 교신저자(Corresponding Author): 서경룡, 주소: 부산광역시 남구 대연3동 599-1(608-737), 전화: 051)629-6254, FAX: 051)620-6210, E-mail: krseo@pknu.ac.kr
접수일: 2009년 5월 7일, 수정일: 2009년 7월 13일

완료일: 2009년 10월 6일

[†] 정회원, 부경대학교 컴퓨터공학과
(E-mail: win2003@korea.com)

^{**} 종신회원, 부경대학교 컴퓨터공학과 교수

아졌으며 전송을 요하는 데이터도 다양해져 왔다. 소량의 문자나 수자 데이터를 전송하던 시스템에서 음성이나 영상데이터를 취급하게 되고 이러한 멀티미디어 데이터를 전송할 경우 기존의 라우팅방식이 적합하지 못한 것은 자명하다. 통상적으로 멀티미디어 데이터는 데이터전송에 특정한 통신품질이 필요하고 이를 QoS(Quality of Service) 전송이라 한다 [7-13]. 멀티미디어 전송을 위한 QoS 로는 크게 전송 지연과 대역폭이 있는데 두가지 모두를 고려한 라우팅문제는 NP-complete 문제로 알려져 있다 [11-13].

Ad-hoc 네트워크의 노드들은 일반적으로 배터리를 전원으로 사용한다. 배터리의 전력이 소모된 노드는 더 이상 전송에 관여하지 못하며 경우에 따라 네트워크의 구성이 불가능하거나 네트워크가 단절될 수도 있다.

일정한 크기의 데이터를 전송하는데 소요되는 전력은 데이터의 크기뿐 아니라 데이터를 수신하는 단말과의 거리에 따라 크게 달라진다. 따라서 노드들의 전력관리는 Ad-hoc 네트워크에서는 매우 중요한 문제이며 네트워크의 수명을 연장할 수 있도록 라우팅에도 전력소비문제를 고려하여야 한다 [14-18].

MMBCR(min-max battery cost routing) [17] 은 잔존 에너지가 작은 노드는 배제하고 잔존 에너지가 큰 노드를 선택하여 경로를 구성하여 전체 노드의 에너지 소비 균형을 이루어 시스템의 수명을 연장하는 방식을 택하고 있으며, [18] 은 물리적 계층과 MAC 계층의 특성을 활용하여 노드의 전력소비가 데이터를 전송할 때와 수신할 때 또는 대기상태의 에너지 소비가 서로 다른 점을 활용하여 이를 적절히 스케줄링하여 에너지 소비를 줄이는 방식을 사용한다.

본 논문에서는 멀티미디어 전송에 적합하도록 최종 구성된 경로의 전력소비가 최소화될 수 있도록 하는 QoS 라우팅 방식을 제안한다. 노드에서 다른 노드로 단위 데이터를 전송할 때 노드간의 거리는 소비전력과 매우 밀접한 관계를 가진다. 통상 소비전력은 거리의 n (보통 2~4)승에 비례하게 되는데 경로 선정 시 거리가 가까운 노드를 선택하게 되면 전력소비가 감소할 수 있다.

제안된 라우팅방식은 On-demand 방식을 채택하여 주어진 QoS조건을 만족하면서 전력소비를 최소화 하는 경로를 탐색한다. 이때 사용되는 QoS 로는 대역폭을 사용한다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련연구와 네트워크 모델에 대하여 설명하고 3장에서 제안된 라우팅 알고리즘을 상세히 설명한다. 또한 알고리즘의 성능평가 모델과 성능평가 결과는 4장에 정리하였고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 QoS 라우팅

Ad-hoc 네트워크 시스템은 V 노드와 이들을 연결하는 E 링크로 모델링 되고 노드 V_i 와 노드 V_j 는 링크 $(i, j) \in E$ 를 통하여 통신을 수행한다.

네트워크시스템에서의 QoS 라우팅은 RFC 2386 [10]에서 근원지에서 목적지까지 패킷을 전송할 때 네트워크가 제공해야할 서비스, 종단간의 전송지연, 지터, 대역폭, 패킷손실률 등의 집합으로 규정되어 있다.

경로가 설정되면 그 경로를 통하여 데이터 전송이 이루어지고 네트워크의 자원을 소비하게 되는데 이를 정량화 하기 위하여 네트워크 모델에 따라 다양한 메트릭을 사용하게 된다. 본 논문에서는 QoS 라우팅을 위하여 경로의 링크와 노드의 메트릭을 다음과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} metric(i, j) &= \langle W(i, j), \delta(i, j) \rangle \\ metric_{V_i} &= \langle CPU_i, \delta_i^e \rangle \end{aligned}$$

여기서 $W(i, j)$ 는 링크 (i, j) 의 대역폭을 $\delta(i, j)$ 는 링크 (i, j) 의 전달 지연을 나타내고 CPU_i 는 노드 V_i 의 계산능력을 δ_i^e 는 노드 V_i 의 전달 지연을 표시한다. 동일한 노드를 사용하는 경우 전달지연은 경로의 HOP에 비례한다.

네트워크에 자원이 풍부하다면 당연히 만족할 만한 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 하지만 이미 구성된 통신경로에 제공된 네트워크 자원은 전송이 끝날 때 까지 점유되어 다른 통신경로에 제공되지 못한다.

그림 1은 간단한 Ad-hoc 네트워크의 예를 보이고 있는데 소스노드 1에서 목적노드 5까지 데이터를 전송할 때 경로[1→2→3→5]는 대역폭이 2인 조건을 만족하는 경로이며 HOP은 3이다.

만약 경로[1→2→3→5]로 대역폭 1을 만족하는 경로를 설정하였다면 소스노드 1이고 목적노드 4인 대역폭요구조건이 2인 경로 [1→2→4]가 동시에 구성

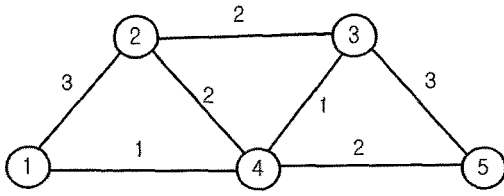


그림 1. 고정대역폭을 가진 Ad-hoc 네트워크.

될 수 있다.

멀티미디어 전송에 필요한 QoS 는 상기의 대역폭과 전달지연이 가장 중요하며 이를 고려한 많은 연구가 있어왔다.

AODV(Ad-Hoc On-demand Distance Vector)은 Ad-Hoc 네트워크에서의 on-demand 라우팅 방법으로 잘 알려져 있어 이를 확장하여 QoS 라우팅에서 활용하고 이를 QAODV 라고 한다[9]. QAODV에서는 HELLO 메시지로 주변에 노드의 존재를 알려 라우팅에 참석할 수 있으며 RREQ 메시지를 사용하여 경로를 요청하며 이에 대한 응답으로 RREP를 사용한다. 이때 RREQ에는 경로에 필요한 QoS 조건을 포함하며 RREQ를 수신한 노드는 QoS를 만족하지 못하면 응답을 하지 않으며 QoS 조건이 유지되면 라우팅 알고리즘에 따라 경로탐색을 계속한다.

라우팅 알고리즘이 효율적이지 못하게 되면 RREP와 RREQ 메시지의 수가 매우 많아지게 되고 경로탐색에 시간이 필요할 뿐 아니라 전원 같은 자원의 소모도 크게 된다. 또한 NP-complete 문제의 경우에는 좋은 알고리즘을 사용한다 하더라도 이러한 문제를 회피할 수 없다.

2.2 전력인지 라우팅

각 노드는 배터리 전원을 사용하고 있으며 데이터 전송과 연산을 수행하며 전력을 소비한다. 배터리 전력을 모두 소모한 노드는 동작불능상태가 되고 이러한 노드가 포함된 전송경로는 더 이상 사용할 수 없다.

QAODV에서는 QoS 경로구성에 전력소비문제를 고려하지 않는다. 따라서 전력사용을 고려한 경로 설정 알고리즘이 필요하며 이 경우 알고리즘은 노드의 전력사용이 최소화 하여야 할 뿐 아니라 각 노드의 전력사용도 균등하게 하여 최후에 까지 네트워크가 유지 될 수 있어야 한다.

노드 V_i 가 링크 (i,j) 를 통하여 V_j 에 k bit의 데이터

를 전송할 경우 노드 V_i 는 송신전력 $e_T(i,k)$ 를 V_j 는 수신 전력을 $e_R(j,k)$ 를 소모하게 되는데 두 노드간의 거리를 d_{ij} 라 하면 각각은 식(1)로 표시된다[14].

$$\begin{aligned} e_T(i,k) &= e_{TX} \cdot k + e_{AMP} \cdot k \cdot d_{ij}^n \\ e_R(j,k) &= e_{RX} \cdot k \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 e_{TX} , e_{RX} 는 각각 전송 에너지 손실과 수신 에너지 손실을 나타내고 e_{AMP} 는 전파 방출 에너지 손실을 표시하며 n 은 상수로 주변상황에 따라 2에서 4의 값을 가진다.

식 (1)로부터 노드 V_i 가 노드 V_j 로 링크 (i,j) 를 통하여 단위데이터를 전송하는데 필요한 에너지는 $e(i,j) = e_T(i,1) + e_R(j,1)$ 로 됨을 알 수 있다.

소스노드 V_s 에서 목적노드 V_d 까지 경로를 π_{ds} 라고 하면 π_{ds} 를 경유할 때 전체 소비전력 $E(\pi_{ds})$ 은 식 (2) 로 표시된다.

$$E(\pi_{ds}) = \sum_{(i,j) \in \pi_{ds}} e(i,j) \quad (2)$$

본 논문에서는 $E(\pi_{ds})$ 를 고려한 QoS 라우팅을 다루고 있으며 이 문제를 다음과 같이 정의한다.

Power aware QoS routing problem:

Ad-hoc 네트워크에서 소스노드를 V_s 목적노드를 V_d 라 할 때 주어진 QoS조건을 만족하면서 $E(\pi_{ds})$ 가 최소인 경로 π_{ds} 를 찾는다.

본 논문에서는 QoS 조건으로 대역폭만을 고려하였다. 전달지연은 실시간 멀티미디어 전송에 매우 중요한 조건이지만 앞에서 설명한 대로 이 문제는 NP-complete로 분류되어 경로탐색과 경로설정에 과도한 패킷전송이 필요하게 되며 탐색시간도 오래 걸리게 된다.

3. 라우팅 알고리즘

제안한 라우팅 프로토콜의 기본 구성은 QAODV 라우팅과 유사한 방식으로 경로탐색과 경로설정을 위하여 RREQ와 RREP패킷을 사용한다.

3.1 경로탐색

소스노드 V_s 는 요구 대역폭 W , 전력 $e(s,s)=0$ 목

적노드 V_i 를 포함한 RREQ를 인접노드에 브로드캐스트 한다. 노드 V_i 로부터 RREQ를 수신한 노드 V_j 는 QoS 조건인 대역폭을 만족하지 않으면 RREQ를 무시하고 대역폭조건을 만족하는 경우에는 현재까지 구성된 경로의 소비전력을 계산하고 이 값이 다른 RREQ의 요청에 의해 계산된 소비전력보다 적을 경우에 이 값을 e_{π_s} 로 저장하고 이를 RREQ에 포함하여 다시 주변노드에 브로드캐스트 한다.

V_j 가 목적노드일 때는 전체경로의 소비전력이 표시된 RREQ를 수신하게 되고 현재까지 전송한 RREP에 포함시킨 전력보다 작은 경우 V_i 에 경로소비전력을 포함시켜 RREP를 전송한다.

상세한 경로탐색 알고리즘은 그림 2에 기술하였다.

노드 V_k 로부터 RREP를 수신한 노드 V_j 는 그림 3의 경로설정 프로시저를 수행한다.

```

1. if ( $V_i \neq V_d$ ) { //중간노드 초기값,  $e_{\pi_s} = \infty$ 
2.   if ( $W(i,j) < W$ ) then discard RREQ ;
3.   else {
4.      $e(s,j) = e(s,i) + e_T(i,j) + e_R(i,j)$ ;
5.     if ( $e_{\pi_s} < e(s,j)$ ) {
6.        $e_{\pi_s} = e(s,j)$ ;
7.       broadcast RREQ(s,j);
8.     }
9.   }
10.  else
11.    discard RREQ ;
12. }
13. else { // 목적노드 초기값,  $e_M(s,d) = \infty$ 
14.    $e(s,d) = e(s,i) + e_T(i,d) + e_R(i,d)$ ;
15.   if ( $e_M(s,d) < e(s,d)$ ) {
16.      $e_M(s,d) = e(s,d)$ ;
17.     send RREP to  $V_i$  with  $e_M(s,d)$ ;
18.   }
19. }
```

그림 2. 경로탐색알고리즘

```

1. if ( $e_{\pi} < e_M(s,d)$ ) { //초기값  $e_{\pi_r} = \infty$ 
2.    $e_{\pi_r} = e_M(s,d)$ ;
3.   add  $V_k$  to routing table with  $e_{\pi}$ ;
4.   if ( $V_j \neq V_s$ ) { // 중간노드
5.     send RREP to  $V_i$  with  $e_M(s,d)$ ;
6.   }
7. }
8. else
9.   discard RREP ;
```

그림 3. 경로설정 알고리즘

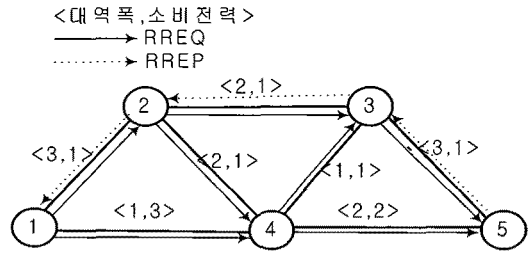


그림 4. Ad-hoc 네트워크에서의 경로설정

제안한 라우팅 프로토콜을 사용하여 경로를 설정하는 과정을 그림 4를 참조하여 설명한다.

그림 4의 링크에 표시된 튜플 <대역폭, 소비전력>은 각각 링크의 대역폭과 단위패킷을 전송할 때 소비되는 전력량을 표시한다. 소비되는 전력량은 송신하는 노드에서 소모되는 것으로 한다.

설명을 간단히 하기 위하여 요구하는 경로의 요구 대역폭을 1로 하였고 노드 1이 소스이고 노드 5는 목적노드이다.

노드2와 4는 각각 소스노드1로부터 RREQ를 수신한다. 이때 노드 2는 목적노드가 아니고 $e_{\pi_s} = \infty$ 이므로 $e_{\pi_s} = 1$ 로 하고 RREQ를 노드3과 노드4에 전송한다. 노드 4는 노드 2로 수신한 RREQ를 통하여 소비전력이 2 이므로 노드1로 수신한 RREQ는 무시하고 $e_{\pi_s} = 2$ 로 설정한 후 노드 5로 RREQ를 전송한다. 노드3은 노드4가 전송한 RREQ를 수신하지만 1→4→3 경로보다 1→2→3 경로가 전력이 적으므로 이를 무시하고 노드2로부터 수신한 RREQ로 경로전력을 계산하여 e_{π_s} 를 3으로 갱신한 후 RREQ를 노드5로 전송한다.

목적노드5는 노드3과 노드 4로부터 RREQ를 수신하게 되는데 만약 노드3으로부터 먼저 RREQ를 수신한 경우는 경로 1→2→3→5의 소비전력이 경로1→2→4→5의 소비전력보다 작으므로 해당 RREQ를 무시한다. 반대로 노드 4로부터 RREQ를 먼저 수신하였으면 이에 대한 RREP를 노드 4에 전송하고 이를 통하여 경로1→2→4→5가 완성된다. 하지만 노드3에 의한 RREP에 따라 소비전력이 더 작은 경로 1→2→4→5가 최종적으로 결정된다.

이와 같이 제안한 프로토콜은 경로소비전력이 작은, 즉 거리가 짧은 노드의 RREQ가 빨리 전파되면 다른 경로를 통한 RREQ는 무시되어 RREQ나 목적노드로부터 수신하는 RREP의 발생을 억제하는 것

을 알 수 있다.

전력소비를 고려하지 않은 경로설정 알고리즘은 완성된 경로내의 노드에 장애가 발생하면 장애복구 알고리즘을 도입하여 주변의 노드를 통한 우회경로를 설정하기도 하는데 전력소비를 최소화 하는 본 연구에서는 우회경로는 최소전력 소비를 보장할 수 없어 장애발생시 새로운 경로를 설정하여야 한다.

4. 성능평가

본 논문에서는 500m×500m의 이차원 평면에 100개의 노드를 무작위로 배치하여 성능평가를 수행하였다. 각 노드의 통신반경은 50m로 설정하였는데 이는 하나의 노드 통신반경에 3.5 개 정도의 노드가 존재하는 밀도로 2-3개의 통신 가능한 이웃노드가 있는 것을 의미한다.

프로토콜의 동작은 Linux 시스템에서 ns-2를 사용하여 검증하였으며 패킷전송 성공률을 측정하였다 하지만 에너지 소비와 관련된 지표는 동일한 조건에서 C로 프로그래밍하여 각 노드의 전력 상태를 조사하였다.

각 노드의 초기 전력을 100으로 두고 10m인접한 각 노드간의 단위패킷의 전송에너지가 1이 되도록 상수를 조절하였으며 d 거리 떨어진 노드간의 전송 전력은 n 을 3으로 하여 식(1)로 계산하였다.

실험은 300m이상 떨어진 노드가 소스와 목적노드가 되도록 선정하여 경로를 설정하고 단위패킷을 전송하여 에너지를 소모하는 것으로 하여 경로설정을 반복적으로 수행 하여 성능평가를 수행 하였다.

패킷전송 성공률은 경로가 형성되지 않았거나 경로가 형성되었다 하더라도 전송 중에 전력을 모두 소비한 노드가 발생하면 패킷전송이 실패하게 되므로 Ad-hoc 라우팅에서 매우 중요한 지표가 된다.

그림 5는 경로설정을 반복하였을 때 패킷전송 성공률을 표시 하였는데 전력인지방식을 사용하지 않은 경우와 비교하여 제안된 프로토콜의 우수함을 보여준다.

기존의 QAODV에서는 전력문제를 고려하지 않아서 경로의 설정이 반복될수록 전력을 모두 소비한 노드의 증가로 네트워크에서 단절현상이 발생하여 패킷전송 성공률이 감소하게 된다. 하지만 제안된 방법은 전력문제를 고려하기 때문에 각 노드는 상대적

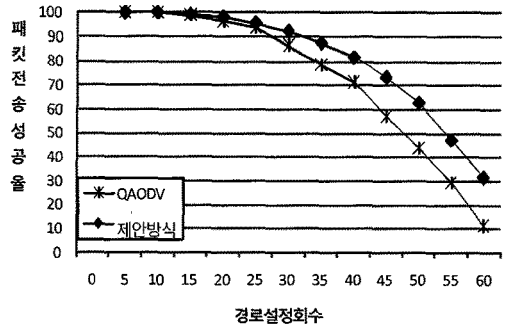


그림 5. 경로설정에 따른 패킷전송 성공률.

으로 수명이 증가하여 네트워크가 단절되는 경우가 줄어들게 되어 경로설정 횟수가 50을 넘어가게 되면 30% 이상 높은 확률로 경로 설정을 할 수 있음을 알 수 있다.

그림 6을 통하여 경로 설정횟수와 시스템의 잔존 전력의 상관관계를 확인할 수 있다.

실험 결과에서 설정경로당 소비되는 전력에 큰 차이가 발생함을 볼 수 있는데 60번의 경로설정이 경과된 후 QAODV의 경우 시스템의 전체전력은 35%정도 남게 되고 경로 설정 확률은 10% 정도밖에 되지 않는다. 하지만 제안된 프로토콜은 약50%의 전력을 남기고 있으며 그 결과 30%를 넘어서는 패킷전송 성공률을 보인다.

하지만 제안된 프로토콜은 소비전력을 최소화하기 위하여 노드간 거리가 짧은 노드를 통한 우회경로를 선택하는 경향이 있으므로 설정경로의 HOP 이 커지게 된다. 이는 제안된 방식의 단점으로 볼 수 있다.

이에 대한 실험 결과를 그림 7에 보이는데 초기에는 기존의 QAODV가 평균 6의 경로를 설정하는데 비하여 제안된 방식은 10이 넘는 경로를 구성한다.

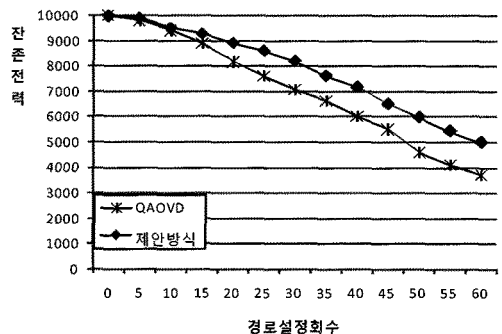


그림 6. 경로설정에 따른 시스템 잔존전력

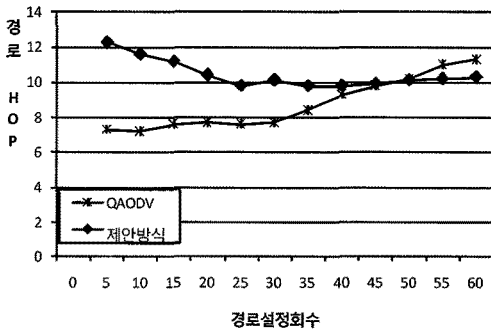


그림 7. 설정경로의 평균 HOP.

이 결과는 식(1)에서 유도된 결과이다.

경로설정이 반복되어 45회를 넘어가는 시점에서는 다른 현상을 보이는데 QAODV의 경우는 경로설정이 가능한 노드가 전력소모로 인하여 사용불능 상태가 되고 우회경로를 선택하여야만 경로설정이 가능하기 때문에 경로의 HOP 이 길어지는 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서는 멀티미디어 Ad-hoc 네트워크에 적용할 수 있는 전력인지 QoS 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 제안된 방식은 멀티미디어 전송에 필요한 대역폭을 확보하면서 전송에 필요한 전력을 최소화 할 수 있는 경로를 확보한다.

제안된 방식에 대하여 성능평가를 수행하여 기존의 QAODV 방식에 비하여 전체시스템의 전력소비를 줄여서 전력소모에 의하여 발생하는 네트워크 단절현상을 개선하여 전송성공율을 높이는 것을 확인하였다.

단 전력문제만을 고려하여 선정된 경로의 HOP 이 커지게 되는데 이로 인하여 멀티미디어 네트워크의 중요한 전송품질인 전송지연을 나쁘게 하는데 이에 대한 추후 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] C. Perkins and E.M. Royer, "Ad hoc On-Demand distance vector routing," Proceedings of IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100, Feb.

1999.
 [2] C. Perkins, E.M. Royer, and S. Das, "Ad hoc on-demand distance vector(AODV) routing," IETF RFC 3561, July 2003.
 [3] V. Vidhyashnker, B. S. Manjo, and C. Siva Ram Murthy, "Slot Allocation Scheme for Delay-sensitive Traffic Support in Asynchronous Wireless Mesh Networks," Proc. of HiPC 2003, LNCS 2912, pp. 333-342, Dec. 2003.
 [4] C. Bisdikian, An Overview of Bluetooth Wireless Technology, *IEEE Communication Mag.*, pp. 86-94, Dec. 2001,
 [5] F. Bennett, D. Clarke, J.B. Evans, A. Hopper, A. Jones, and D. Leask, "Piconet:Embedded Mobile Networking," *IEEE Personal Communication*, pp. 8-15, Oct. 1977.
 [6] K.J. Negus, J. Waters, J. Tourrilhes, C. Romans, J. Lansford, and S. Hui, "HomeRF and SWAP: Wireless Networking for the Connected Home," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing Communication Rev.*, pp. 28-37, Oct. 1998.
 [7] C.R. Lin and M. Gerla, "Real-Time Support in Multi-hop Wireless Networks," *ACM/Baltzer Wireless Networks Journal*, Vol.5, No.2, pp. 125-135, Mar. 1999.
 [8] I. Chlamtac, M. Conti, and J.J.N. Liu, "Mobile ad hoc networking:Imperatives and challenges," *Ad Hoc Networks*, Vol.1, No.1, pp. 13-64. July 2003.
 [9] C. Perkins, E. M. Royer, and S. R. Das, "Quality of Service for Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing," draft-ietf-manet-aodvqos-00.txt, 2000.
 [10] E. Crawley, R. Nair, B.Rajagopalan, and H. Sandick, A Framework for QoQ-based Routing in the Internet, RFC 2386, <http://www.ietf.org/rfc/rfc.2386.txt>, Aug 1998.
 [11] Qi Xue and Aura Ganz, "Ad hoc QoS on-demand routing(AQOR) in mobile ad hoc networks," *J. of Parallel and Dist. Computing*,

63 pp. 154-165, 2003.

[12] H. Gharavi and K. Ban, "Multihop Sensor Network Design for Wideband Communications," THE PROCEEDINGS OF THE IEEE, Vol.91, No.8, pp. 1221-1234. Aug. 2003.

[13] Abolfazl Toroghi Haghghat and Omid Jafarzadeh Khoshroidi, "Stable QoS Routing by AODV protocol," *SoftCOM2007*. pp. 1-5, Sept. 2007.

[14] A. Misra and S. Banerjee, "MRPC: Maximizing Network Lifetime for reliable routing in Wireless Environments," Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference, pp. 800-806, 2002.

[15] M. Cagalj, J. Phubaux and C. Enz, "Minimum-Energy Broadcast in All-Wireless Networks: NP-Completeness and Distribution Issues," Proc. of Mobile Computing and Networking (Mobicom), Sep. 2002.

[16] Natarajan Meghanathan, "On-Demand Maximum Battery Life Routing with Power Sensitive Power Control in Ad Hoc Networks," ICNICONSMCL, 2006.

[17] S. Singh, M. Woo, and C. Raghavendra, "Power-Aware Routing in Mobile Ad Hoc Networks," Proc. MobiCom '98, Dallas, TX, Oct. 1998.

[18] A. Safwat, H. Hassanein, and H. Mouftah, "Energy-Aware routing in Wireless Mobile Ad Hoc Networks," Proc. of the International Conference on Wireless Networks 2002, 2002.



김 윤 도

2003년 2월 한국방송통신대학교
컴퓨터과학과 학사
2005년 8월 부산대학교 산업대학
원 전산학과 석사
2006년 3월~현재 부경대학교 컴
퓨터공학과 박사과정

관심분야 : Ad-Hoc 네트워크, QoS라우팅



서 경 룡

1983년 2월 부산대학교 전기기
계공학과 공학사
1990년 2월 한국과학기술원 전
기 및 전자공학과 석사
1995년 8월 한국과학기술원 전
기 및 전자공학과 박사
1991년 10월~현재 부경대학교
컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 분산시스템, 컴퓨터 네트워크