

무선 애드혹 네트워크에서 다중 경로를 이용한 에너지 인지 라우팅 프로토콜

임용진^o 임화석 오명근 왕호민 홍윤식

인천대학교 컴퓨터공학과

{goat84, genocide00, omkjuly84, nwow, yshong}@incheon.ac.kr

An Energy-aware Routing Protocol Using Multi-path in Wireless Ad-hoc Networks

Yongjin Lim^o Hwaseok Lim Myungkeun Oh Homin Wang Younsik Hong

Department of Computer Science & Engineering, University of Incheon

1. 서론

ad-hoc 네트워크에서 PDA, 노트북, 휴대전화기 등과 같은 노드(또는 이동 단말)는 대부분 배터리를 전력으로 사용하고 있다. 특히 네트워크 기반 멀티미디어 응용이 차지하는 비중이 점차 커지면서 배터리 소모는 증가하는데 반해 이들 기기에 탑재된 배터리의 에너지 밀도는 크게 개선되고 있지 않다[1]. 한편 ad-hoc 네트워크는 다중 홉(multi-hop) 무선 네트워크로 동작해야 하기 때문에 각 노드는 중계기(router)역할을 겸하고 있는데, 이에 소모되는 전력의 양은 상당하다. 또한 노드가 자신의 한정된 용량의 에너지를 모두 소모하고 나면 해당 노드는 더 이상 네트워크에 참여할 수 없게 되어 전체 네트워크가 두 개 이상의 네트워크(sub-network)로 분할되는 문제가 발생한다[1][3].

ad-hoc 네트워크에서 경로 획득을 위한 라우팅 프로토콜 중 AODV(Ad hoc On demand Distance Vector)가 대표적이다[4]. 한편 ad-hoc 네트워크에서는 이동 노드가 갖게 되는 제한적인 특성으로 인해 인접 노드 간 연결 끊어짐 현상(link failure)이 빈번히 발생하고, 출발지 노드에서 목적지 노드까지 새로운 경로를 찾기 위한 경로 재설정 과정이 필요하게 된다. 이러한 잦은 경로 재설정 과정은 AODV에서 경로 설정을 위해 사용하는 제어 메시지 수의 급격한 증가로 인한 오버헤드와 함께 엄청난 에너지 소모를 가중시킨다.

본 논문에서는 네트워크 트래픽 부하를 전체 노드에 균일하게 분포시킴으로써 노드당 평균 에너지 소모율을 일정하게 유지함으로써 전체 네트워크의 생존 시간을 늘릴 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

2. 본론

본 논문에서는 네트워크 계층에서 에너지 소모를 고려한 라우팅 프로토콜에 초점을 맞추고 있다. 이와 관련된 연구는 다양한 형태로 진행되어 왔다[2][5][6]. 이러한 라우팅 프로토콜은 전체 전송 전력을 최소화하는 방식과 에너지 소모가 전체 노드에서 균일하게 이루어지도록 하는 방식으로 나눌 수 있다. 본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능 평가를 위해 기존 AODV 및 에너지 기반 라우팅 프로토콜인 MMBCR 방식과 전체 노드의 에너지 잔량, 네트워크 생존시간 및 데이터 패킷 수신율 등 3가지 평가 항목을 사용해 비교하였다.

경로 설정 과정은 기존의 AODV 경로 설정 과정과 거의 비슷하다. 바뀐 점은 노드의 에너지 잔량을 비교하여 역 경로를 설정하는 부분만이 추가되었다. 노드의 에너지 잔량을 비교하여 노드의 잔량이 크면 역 경로테이블에 추가하여 역 경로를 설정한다. 그리고 목적지 노드는 일정 수까지 수신된 RREQ에 대한 RREP를 발신지 노드로 보낸다. 그 이유는 다중 경로를 설정하기 위함이다. 여기서 RREP 메시지 필드에 추가로 에너지 잔량의 합을 담을 수 있는 Total energy를 추가하여 RREP에 경로 에너지의 합 정보를 추가하였다. 발신지 노드에서 RREP를 받고 RREP에서의 경로상의 에너지 합을 비교하여 순 경로를 결정한다. 추가로 받은 RREP들은 경로테이블에 저장한다. 이는 에너지로 인한 경로 단절이 발생하기 전에 미리 경로를 변경해줌으로써 경로 재설정에 의한 에너지 소비를 줄이고자 함이다.

경로 유지 방법은 AODV 메시지를 추가하여 그 메시지를 통해 경로를 유지하는 것이다. 추가된 메시지는 EEM(Emergence Energy Message)으로 중계 노드의 에너지가 임계값(여기서는 0.1로 설정)이하로 떨어지면 노드의 ID와 에너지 정보를 담아 발신지 노드로 전송한다. EEM을 받은 발신지 노드는 EEM에 들어있는 노드 ID를 확인하고 노드가 포함된 경로를 경로테이블에서 삭제한다. 그리고 발신지 노드는 경로테이블에 존재하는 후보 경로 중에 에너지의 합이 가장 큰 경로를 선택하여 바로 전송을 시작한다.

시뮬레이션방식은 노드 수를 늘려가면서 시간대별로 에너지 잔량을 측정하였다. 어떤 시점에서 전체 노드의 에너지 잔량은 전체 노드의 초기 에너지를 합한 값(비율 100%)에서 전체 노드에서 소모된 에너지를 뺀 값이다. 에너지 소모는 AODV패킷(RREQ, RREP, RERR 등) 전송 및 데이터 패킷 송수신 과정에서 대부분 소모된다. EA-AODV알고리즘은 기존 AODV와 MMBCR방식에 비해 전체 노드의 에너지 잔량이 각각 최대 11% 및 4% 많았다. 특히 노드 개수가 증가할수록 제안한 알고리즘의 에너지 잔량이 MMBCR방식에 비해 증가하였다. 시뮬레이션 종료 직전(298.1초) 전체 노드의 에너지 잔량은 노드 개수가 증가할수록 모든 방식에서 증가한다. 노드 개수가 49개에서 100개로 증가했을 때, 에너지 잔량은 AODV는 57%에서 65%로 8% 증가했으며, EA-AODV역시 68%에서 76%로 8% 증가하였다. 그러나 MMBCR의 경우 67%에서 72%로 5% 증가하는 데 그쳤다.

노드당 평균 에너지 소모율이 균일하게 유지될수록 네트워크 생존시간은 늘어난다. 즉 경로 설정 과정에서 임계 노드를 최대한 배제한 채 비임계 노드를 적극적으로 경로 설정 과정에 포함시킴으로써 트래픽 부하를 고르게 분산시킬 수 있다. 에너지 잔량이 임계값 이하로 떨어진 소수의 노드로 인해 네트워크가 분할되는 것을 최대한 지연시킬 수 있기 때문이다. EA-AODV는 기존 AODV 및 MMBCR 방식에 비해 네트워크의 생존시간이 각각 최대 40% 및 34% 향상되었다. 제안한 방식이 MMBCR에 비해 특히 네트워크 생존시간 측면에서 훨씬 유리함을 알 수 있다.

노드 개수에 따라 ad-hoc네트워크의 각 노드에서 생성되는 AODV제어 메시지(RREQ, RREP 및 RERR 등) 개수와 (목적지 노드에서)수신된 데이터 패킷 개수를 비교하였다. 먼저 경로 설정 과정에서 생성된 AODV제어 메시지 개수를 비교하였다. EA-AODV는 기존 AODV와 MMBCR방식에 비해 각각 최대 20% 및 14%나 적은 개수의 메시지 패킷을 생성하였다. 메시지 패킷 개수에 포함된 RREQ의 경우, 출발지 노드가 경로를 찾기 위해 생성한 RREQ 메시지 및 라우터 역할을 담당하는 중계 노드가 메시지 전달을 위해 생성한 RREQ 전달 메시지를 모두 합친 것이다.

경로 설정을 위한 AODV제어 메시지 차이에도 불구하고 목적지 노드에서의 데이터 패킷 수신율은 3가지 방식이 거의 비슷하다. 노드 개수가 증가함에 따라 네트워크 트래픽 증가로 인해 수신율이 다소 저하되는 점을 제외하면 패킷 수신율은 86~90% 범위에서 유지되며 3가지 방식에서 유의미한 차이는 발생하지 않았다. 그러나 EA-AODV 알고리즘은 노드당 평균 에너지 소모율을 일정하게 유지하기 위해 최소 홉 수를 갖는 경로 설정을 보장하지 않기 때문에 출발지 노드에서 목적지 노드까지 데이터 패킷 전달지연시간은 상대적으로 늘어날 수밖에 없다.

3. 결론

본 논문에서는 정적 토폴로지를 갖는ad-hoc 네트워크에서 전체 네트워크의 생존시간을 늘일 수 있는 수정 AODV라우팅 프로토콜을 제안하였다.

시뮬레이션 시간 300초 경과 후 전체 노드의 에너지 잔량을 비교해 본 결과 본 논문에서 제안한 EA-AODV 알고리즘이 기존 AODV와 MMBCR방식에 비해 각각 최대 11% 및 4% 많았다. 그러나EA-AODV가 기존 AODV 및 MMBCR 방식에 비해 네트워크의 생존시간에선 각각 최대 40% 및 34% 향상되었다. 제안한 방식이 MMBCR에 비해 특히 네트워크 생존시간 측면에서 훨씬 유리함을 알 수 있다. 또한, EA-AODV가 다른 2개의 프로토콜에 비해 AODV 제어 메시지 발생 개수를 최대 20% 감소시킴에도 불구하고 데이터 패킷 수신율에서는 차이가 없음을 확인하였다. 그러나, EA-AODV가 최소 홉 수를 갖는 경로를 보장하지 못하기 때문에 기존 AODV에 비해 상대적으로 데이터 패킷 전달지연시간이 길어지며, 그 차는 노드 개수가 많아질수록 더 벌어졌다. 따라서 본 논문에서 제안한 알고리즘은 낮은 이동성을 갖는ad-hoc 네트워크 환경에서 실시간성이 요구되지 않지만 오랜 기간 네트워크를 유지해야 할 필요성이 있는 응용에 가장 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] C. Siva Ram Murthy and B.S. Manoj, Ad-hoc Wireless Networks Architectures and Protocols, in Chapter 11, Prentice Hall PTR, 2004.
- [2] Audrey Zhou and Hossam Hassanein, "Load-Balanced Wireless Ad hoc Routing", Proc. Canadian Conf. on Electrical and Computer Engineering, Vol.2, pp.1157-1161, 2001.
- [3] C.-K. Toh, "Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad-hoc Networks", IEEE Communication Magazine, pp. 26-37, June 2001.
- [4] C. E. Perkins, E. M. Royer and S. R. Das, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", IETF RFC3561, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>, 2003
- [5] 안상현, 임유진, 김경춘, "에드 혹 네트워크에서 부하 균등을 고려한 라우팅 프로토콜", 정보과학회 논문지, 제30권, 제2호, pp.252-259, 2003.
- [6] 김현호, 김정희, 강용혁, 엄영익, "무선 ad-hoc 네트워크 환경에서 균형화된 에너지 소비를 위한 효율적인 라우팅 알고리즘", 한국통신학회 논문지, 제31권, 제11A호, pp. 1120-1129, 2006.