
MANET환경에서 AODV 기반 에너지 평균값을 적용한 네트워크 수명연장 프로토콜의 성능평가

김진만*.장종욱**

Performance Evaluation of the AODV-Based Extended Network Lifetime Protocol Using the
Energy Mean Value over MANET

Jin-Man Kim* · Jong-Wook Jang**

이 논문은 2005년도 한국산업기술재단 『지역혁신인력양성사업』 연구비를 지원 받았음.

요 약

유선망과 기지국을 가지고 있지 않은 이동 노드들만으로 구성되어 있는 Ad-hoc 네트워크는 여러 가지 제약을 가지고 있다. 그 중에서 가장 큰 제약이 배터리에 저장된 한정된 에너지에 의존한다는 것이다. Ad-hoc 네트워크에 참여하는 노드 중 특정 모바일 노드가 배터리의 에너지를 모두 소비하게 되면 그 노드는 더 이상 네트워크에 참여할 수 없게 된다. 이렇게 에너지를 모두 소비한 노드들이 증가하게 되면 네트워크는 두 개 이상으로 나뉘지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 노드의 에너지소비절약 뿐만 아니라 네트워크 전체 수명연장을 위한 연구가 많이 이루어지고 있다.

본 논문에서는 이동 Ad-hoc 네트워크의 라우팅 프로토콜인 AODV를 개선하여 각 노드의 에너지를 고려하고, 평균값 에너지를 이용하여 전체 네트워크의 수명연장을 위한 연구를 하였다. NS-2(Network Simulator 2) 시뮬레이터를 이용한 성능평가를 통하여 제안된 AODV 프로토콜(New-AODV)이 더 향상된 네트워크 수명을 가진다는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

An Ad-hoc network which do not use wired and base station system is composed the group of mobile and wireless nodes. That is various type of restriction. The biggest restriction is depend on the confined energy of battery. The network is divide more than two, if one of nodes consumed all energy that node can no longer participate to network: In recent years, the many number of studies research not only energy saving but also the networks lifetime extension which is to solve this problem.

In this paper, we examine a AODV routing protocol which is modified to improve networks lifetime in mobile ad-hoc network. The one of improvement for AODV protocol is maximize the networks lifetime as apply Energy Mean Value algorithm which considerate node energy. We show the effectiveness for modified AODV(New-AODV) compared with AODV using NS-2(Network Simulator 2) the various performance metrics.

키워드

Energy Consumption, Networks Lifetime, Ad Hoc Network, AODV

* 동의대학교 컴퓨터공학과 박사과정
** 동의대학교 컴퓨터공학과 부교수(Corresponding Author)

I. 서 론

Ad-hoc 네트워크는 일반적인 무선 통신망과 같은 고정된 기지국이나 액세스 포인트(Access Point)의 도움 없이 각 이동 노드들이 기지국이나 라우터의 역할을 대신하여 네트워크를 구성하고 통신을 하게 하는 통신망이다. 따라서 Ad-hoc 네트워크는 동적으로 변하는 망 토폴로지에서 망을 구성하고 단말기간의 통신을 가능하게 할 수 있어 천재지변과 같은 재해 또는 재난으로 인해 기간망을 사용할 수 없는 경우나 전쟁 중의 군용 통신 등과 같이 극한 상황에서도 통신을 가능하게 하는 장점을 가진 통신망이다[1].

일반적인 무선 통신망은 고정된 기지국과 같은 기반시설이 필요한 망 위주로 발전되어 왔기 때문에 기반 망 설비가 없거나 이동 노드가 기지국과 거리가 멀어 통신이 불가능할 경우가 있을 수 있다. 이때 Ad-hoc 네트워크는 선택적으로 망을 구성하여 사용될 수 있다.

Ad-hoc 네트워크는 기지국 중심의 통신을 하지 않기 때문에 망에 참여하는 각 이동 노드들은 매우 중요한 역할을 담당하게 된다. 즉 단말 노드의 역할과 무선 중계국과 같이 라우터 역할을 동시에 담당하게 된다. 이러한 Ad-hoc 네트워크는 많은 제약사항을 가지고 있다. 그 중 가장 큰 제약은 각 이동단말 노드가 배터리에 저장된 한정된 용량의 에너지에 의해 동작한다는 것이다. 이것은 네트워크에 참여하고 있는 어떤 이동 노드가 에너지를 모두 소비하게 되면 더 이상 네트워크에 참여하지 못함을 의미한다. 이렇게 자신의 에너지를 모두 소비한 이동 노드가 증가하게 되면 네트워크가 두 개 이상의 서브 네트워크로 나뉘게 되고 결국 통신은 불가능하게 될 것이다. 따라서 각 이동 노드가 가진 한정된 에너지를 어떻게 더 효율적으로 소비하느냐의 문제는 매우 중요한 요소가 된다.

현재까지의 Ad-hoc 네트워크에서의 에너지 소비와 관련된 연구는 크게 이동 노드에서 소비되는 에너지를 절약하기 위한 링크계층에서의 접근과 에너지의 소비가 효율적으로 이루어지도록 하기 위한 네트워크 계층에서의 접근으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 네트워크 계층에서의 접근으로 Ad-hoc 네트워크의 On-demand 라우팅 프로토콜인 AODV에 각 이동 노드의 에너지를 고려하고 네트워크에 참여하는 모든 노드의 평균 에너지 값을 계산하여 이를 이용한 전체 네트

워크의 수명을 연장시킬 수 있는 방법을 연구한다.

본 논문의 2장에서는 Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜 중 On-demand 라우팅 프로토콜들을 살펴보고, 3장에서는 이동 노드의 에너지 평균값을 고려한 AODV에 대하여 설명한다. 4장에서는 NS-2 Simulator[2]를 이용하여 기존의 AODV와 개선된 AODV의 네트워크 수명연장에 대한 시뮬레이션을 통한 성능을 비교 분석하고, 5장에서 결론 및 향후 연구방향에 대해 기술한다.

II. 관련연구

2.1 Ad-hoc 네트워크 On-demand 라우팅 프로토콜

이 장에서는 Ad-hoc 네트워크에서 데이터 전송 요구가 있을 때 경로 획득 절차를 수행하여, 획득된 경로 정보만을 유지하며 데이터를 전송하는 On-Demand 방식의 라우팅 프로토콜에 대해 알아본다.

DSR(Dynamic Source Routing)은 Ad-hoc 네트워크에서 이동 노드의 빠른 이동성을 고려하여 카네기 멜론 대학의 Monarch(Mobile Networking Architecture)에 의해 제안된 방법이다[3]. 모든 이동 노드는 데이터 전송요구가 있을 때에만 경로 검색을 시작하고, 라우팅 테이블과 같은 역할을 하는 라우트 캐쉬(route cache)를 유지한다. 이 라우트 캐쉬는 출발지 노드로부터 도착지 노드까지의 전체 경로를 저장하며, 새로운 경로를 알게 되면 업데이트된다. 이러한 DSR 프로토콜은 소스 노드에서 목적지 노드까지의 전체 경로에 대한 정보를 데이터 패킷에 기록하여 전송하는 소스 라우팅이므로 오버헤드가 크다. 노드가 다른 여러 경로의 중간 노드로 사용되면 이 노드에서 관리하는 캐쉬의 크기가 커지게 되어 많은 메모리를 요구하게 된다. 또한 노드의 이동과 시간의 경과에 따라 갱신하지 못한 라우트 캐쉬 정보를 가질 수 있고, 이러한 상태에서 소스 라우팅이 이루어지면, 데이터를 올바르게 전달할 수 없어 자원의 낭비, 경로 재획득 시간의 증가, TCP 성능의 저하 등을 초래 할 수 있다.

AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector)[4] 라우팅 프로토콜은 1999년 C.Perkins에 의해 제안된 방법이다. 경로 탐색은 필요시마다 탐색하고, 필요한 때만 유지되며, 순서 번호의 사용을 통해 loop-free가 실현된다. 모든 노드는 이웃노드의 위치에 변화가 있을 때마

다 증가하는 순서 번호를 보유하며, 이 순서 번호는 경로 탐색이 수행될 때마다 가장 최근의 경로가 선택될 수 있게 한다. AODV 라우팅 프로토콜은 DSR과 비슷한 경로탐색 방법을 사용하지만 라우팅 테이블을 유지/관리하는 방법이 다르다. DSR은 전체 경로의 라우트 캐쉬를 유지하지만 AODV는 경로를 저장하기 위하여 경로 테이블을 사용하며, 경로 테이블에는 목적지 순서 번호, 목적지와 다음 홉의 주소가 저장되어 있다. 노드는 각 목적지에 대한 'precursor' 노드의 목록을 보유한다. 이 목록은 링크가 끊어졌을 때 경로를 유지·보수하기 위해 보유하며, 유효시간이 있어 만일 한 경로가 그 자신의 유효시간 내에 사용되지 않는다면 그 경로는 효력을 상실하게 된다. 이렇게 경로정보에 대한 유효 여부를 결정한다.

AODV 라우팅은 기본적으로 각 노드에서 간단한 라우팅 테이블을 사용하여 경로를 유지한다. AODV에서 라우팅 테이블을 운영하기 위하여 주기적으로 메시지를 교환한다. 이는 이동 Ad-hoc 네트워크 내의 트래픽을 유발하므로 그 망 내에서 사용할 수 있는 대역폭을 전체적으로 감소시키는 단점이 된다. 그렇지만 AODV는 통신을 원하는 노드들 사이에 빠르고 효과적인 경로의 구성을 제공하고 최소한의 제어정보 발생과 최소한의 경로탐색 지연시간을 가지는 통신환경을 이동 노드들 사이에 제공하는 것을 목적으로 한다.

III. 평균값 에너지를 이용한 제안된 AODV

AODV 프로토콜은 DSR 프로토콜과 비슷한 과정을 통하여 경로를 설정한다. 곧, 경로 탐색 과정에서 RREQ(Route Request)와 RREP(Route Reply) 제어 메시지를 통하여 경로를 설정하게 된다. AODV는 RREQ 메시지를 플래딩 할 때 각 이동 노드가 자신의 라우팅 테이블에 RREQ 메시지를 전달한 노드로 향하는 역 경로(Reverse Path) 설정하고, RREQ 메시지가 목적지 노드에 도착하면 생성된 역 경로를 통해서 RREP 메시지를 전송해서 순 경로(Forward Path)가 설정되도록 하는 방법을 사용한다.

본 논문에서는 On-demand 라우팅 프로토콜인 AODV를 기반으로 Ad-hoc 네트워크의 가장 큰 제약 중 하나인 이동 노드의 한정된 배터리의 에너지를 효

율적으로 소모하여 전체 네트워크의 수명을 연장하기 위한 방법을 연구하였다. 기존의 AODV는 각 노드의 에너지상태는 전혀 고려하지 않고, 기본적인 AODV 경로설정 방법에 따라 경로를 설정하게 된다. 이때, 어떤 특정 노드가 여러 많은 경로에 참여하게 되면 노드가 가지고 있는 배터리의 에너지는 급격하게 소모가 된다. 그러면 그 노드는 네트워크에 참여하지 못하게 된다. 이렇게 네트워크에서 에너지 소비가 특정 노드에 집중되는 것을 줄이고, 전체 노드에 분배하여 네트워크의 수명을 연장하기 위해서는 각 노드의 에너지 상태뿐만 아니라 전체 네트워크의 에너지 상태 또한 고려해야 할 것이다. 이점에 착안하여 기본적인 AODV 프로토콜의 경로설정 방법에서 RREQ 메시지 전달을 노드의 에너지 상태와 전체 노드의 평균에너지를 이용하여 RREQ 플래딩을 지연시키는 방법을 통하여 전체 네트워크의 수명 시간을 연장시키도록 하였다.

IV. 성능평가

시뮬레이션은 NS-2를 이용하여 성능평가를 하였다. 시뮬레이션을 위해 Ad-hoc 네트워크 모델은 CMU (Carnegie Mellon University)의 Monarch Research Group에서 NS-2 시뮬레이터를 위해서 개발한 모델을 이용하였다. Ad-hoc 네트워크에서 사용되는 매체는 무선 (Wireless Channel, Wireless Physical)로 설정하고 전파 방식(Propagation Model)은 Two-ray Ground reflection 모델을 사용한다. 큐잉 모델은 RREQ, RREP와 같은 제어 패킷을 우선적으로 처리하도록 하기 위해서 드롭-테일 큐(Drop-Tail Queue)에 기반 한 우선순위 큐(Priority Queue)를 사용하고, 큐잉 되는 패킷의 수는 50개로 설정하였다. MAC 프로토콜은 802.11로 설정하였다.

4.1 시뮬레이션 모델

네트워크 영역을 800m x 800m 내에서 49개의 이동 노드가 랜덤하게 분포 되도록 배치하였고, 각 이동 노드가 시간에 따라서 랜덤하게 이동하도록 설정하여 동적으로 토폴로지가 변화하도록 하였다.

출발지 노드에서 목적지 노드로 발생하는 트래픽은 UDP 프로토콜에 기반 한 CBR (Constant Bit Rate) 트

래픽이 발생 되도록 하였다. 발생하는 패킷은 512byte로 설정하고, 초당 100개 발생되도록 하였다. 이동 노드의 에너지 모델은 각 노드의 배터리에 저장된 초기 에너지를 10 줄(Joules)로 설정하고, 패킷을 전송할 때는 600m/W (Watts)가 소비되도록 하고, 패킷을 수신할 때는 300m/W가 소비되도록 설정하였다[5].

시뮬레이션 시간은 61초 동안 진행하고, 기존의 AODV(Original-AODV) 프로토콜과 평균값 에너지를 이용한 개선된 AODV(New-AODV) 프로토콜의 전체 네트워크 수명 시간을 비교 측정하였다.

성능평가를 위하여 두 가지 시뮬레이션 모델을 이용하였다.

4.1.1 첫 번째 시뮬레이션 모델

트래픽 모델은 (1, 47), (13, 35), (21, 27), (41, 7), (43, 5), (45, 3) 로 총 6개의 링크가 설정되도록 하였다. 이때, 링크는 (출발지 노드, 목적지 노드)로 표현되었다. 시뮬레이션 이동모델은 정지시간(pause time)은 5.00(s) 최대 이동속도 20m/s를 적용하였다.

NS-2 시뮬레이터의 AODV 프로토콜은 RREQ 메시지 지연시간이 기본적으로 "0.01 * Random::uniform()"의 임의의 값으로써 고정되어 있지 않다. 성능평가를 위해서 세 가지 경우에 대해서 분석하였다. 첫 번째는 Original AODV 프로토콜을 그대로 사용하고 65초 동안 10초 단위로 전체 네트워크에서 에너지를 모두 소비한 노드의 수를 측정하였다. 두 번째는 Original AODV 프로토콜의 RREQ 지연시간 값을 "0.02"로 고정시켜서 첫 번째 방법과 동일하게 측정하였다.(여기서, 이를 Old AODV라 명칭 하겠다.) 마지막으로 Original AODV 프로토콜에 각 노드의 에너지 상태와 전체 네트워크 에너지 평균값을 고려하여 단순하게 현재 노드의 에너지 상태가 전체 네트워크 에너지 상태의 평균 이상이면 RREQ 지연시간을 줄이고("0.05"로 설정), 현재 노드의 에너지 상태가 전체 네트워크 에너지 상태의 평균 미만이면 RREQ 지연시간을 늘이는("0.50"으로 설정) 방법으로 측정 하였다.(여기서, 이를 New AODV라 명칭 하겠다.) 그림 1은 세 가지 경우에 대한 측정 시간대별 에너지를 모두 소비한 노드의 수를 나타내고 있다.

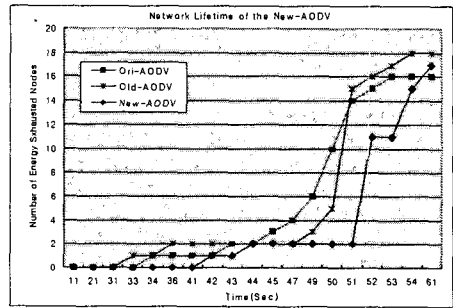


그림 1. New AODV의 네트워크 활동시간 비교
Fig. 1 Network Lifetime of the New-AODV

그림 1의 결과를 보면 Original AODV가 RREQ 지연시간을 "0.01"로 고정시킨 Old AODV 보다 더 성능이 좋긴 하지만, 노드의 에너지 상태와 전체 네트워크의 평균에너지를 고려한 New AODV가 Original AODV에 비해 10초 정도 더 오랜 시간 네트워크의 수명이 연장된 것을 알 수 있다.

4.1.2 두 번째 시뮬레이션 모델

첫 번째 시뮬레이션을 토대로 New-AODV 프로토콜의 네트워크 활동시간을 비교한다. 보다 많은 트래픽과 전체 네트워크의 전체 노드들이 모두 한 번 이상 트래픽을 발생시키도록 링크를 구성 하고, 시뮬레이션 이동모델 정지시간(pause time) 5.0(s)에 최대 이동속도 2m/s, 10m/s, 20m/s 에 따른 기존의 AODV와 New-AODV과의 전체 네트워크 수명을 비교 하였다. 그림 2는 다양한 이동속도에 따른 New-AODV의 네트워크 활동시간을 보여주고 있다.

각 이동속도에 따른 AODV와 New-AODV의 전체네트워크 수명 시간을 평가한 결과는 그림 2를 통해 알 수 있다.

그림 2(a)는 최대 이동속도 2m/s일 때 New-AODV와 기존의 AODV의 네트워크 활동시간을 비교하였다.

이 경우 기존의 AODV는 시뮬레이션 시간 45초에서 경로에 참여하는 18개의 노드들이 에너지를 모두 소모하게 되어 네트워크가 분리됨으로 더 이상 패킷을 전송하지 못하는 상태가 되는 것을 보여주고, New-AODV는 시뮬레이션 시간 61초까지 네트워크가 분리되지 않고 지속적으로 활동하고 있음을 보여준다.

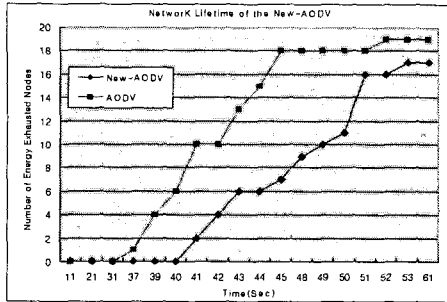


그림 2(a). 최대 이동속도 2m/s 일때 New-AODV의 네트워크 활동시간

Fig. 2(a) Network Lifetime of New-AODV under Maximum Speed 2m/s

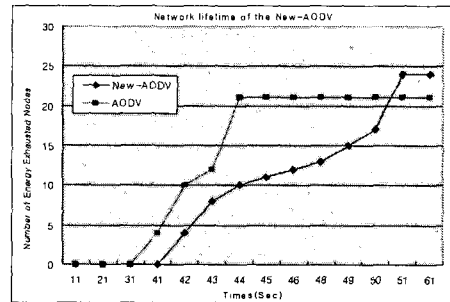


그림 2(c). 최대 이동속도 20m/s 일때 New-AODV의 네트워크 활동시간

Fig. 2(c) Network Lifetime of New-AODV under Maximum Speed 20m/s

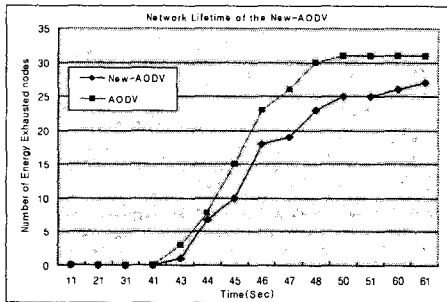


그림 2(b). 최대 이동속도 10m/s 일때 New-AODV의 네트워크 활동시간

Fig. 2(b) Network Lifetime of New-AODV under Maximum Speed 10m/s

그림 2(b)는 최대 이동속도 10 m/s일 때 New-AODV와 기존의 AODV의 네트워크 활동시간을 비교하였다. 이 경우도 그림 2(a)와 같이 New-AODV 기존의 AODV에 비해 더 오랜 시간동안 네트워크가 활동하고 있음을 보여 준다.

특별히, 그림 2(c)를 살펴보면 기존의 AODV는 44초 이후 21개의 노드들이 에너지를 모두 소비하여 더 이상 네트워크에 참여하지 못하고 더 이상 네트워크가 활동하지 못하는 상태가 됨을 알 수 있는 반면, New-AODV는 51초 까지 완전한 곡선을 그리며 에너지를 모두 소비한 노드들이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 New-AODV가 노드들의 에너지 소모를 전체 네트워크에 균등하게 분해시키며 네트워크 수명을 기존 AODV에 비해 10초가량 더 연장한 것을 알 수 있다. 이는 전체 시뮬레이션 시간 60초에서 10초는 전체 네트워크 수명의 16.7%의 성능향상을 의미하게 된다.

이러한 결과를 바탕으로 우리는 네트워크 전체 에너지 평균값을 적용한 개선된 AODV(New-AODV)가 전체 네트워크 수명연장에 효율적임을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 현재 RFC3561[6]인 AODV 프로토콜에 대하여 NS-2 시뮬레이터를 이용하여 Ad-hoc 네트워크 환경에서 전체 네트워크 수명연장에 관한 연구를 하였다. 여기서 기존의 AODV 프로토콜에 현재 노드의 에너지 상태와 전체 네트워크의 평균에너지 상태에 따른 RREQ 메시지 지연시간을 조정함으로써 전체 네트워크의 수명을 연장하고자 하였다. 결과적으로 Ad-hoc 네트워크는 그 특성상 이동 노드의 각각이 매우 중요한 역할을 하며, 특히 각 노드의 에너지 상태는 전체 네트워크의 수명에 중요한 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

향후 연구로는 Cross-Layer를 지원하는 에너지 절약형 라우팅 프로토콜에 관하여 연구 하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 산업기술재단 『지역혁신인력양성사업』 지원본부의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] 권혜연, 신재욱, 이병복, 최지혁, 남상우, 임선배, "이동 Ad Hoc 네트워크 기술 동향", 전자통신동향 분석, 제 18권, 제 2호, 2003년 4월.
- [2] ISI "The Network Simulator : ns-2" <http://www.isi.edu/nanam/ns/>, University of Southern California.
- [3] Johnson, D., Maltz, D., "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks," Mobile Computing, Chapter 5, pp. 153-181, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [4] Charles E. Perkins and Elizabeth M. Royer. "Ad hoc On-demand Distance Vector Routing." Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, New Orleans, LA, pp. 90-100, February 1999.
- [5] 박상현, "AODV-based routing protocol in mobile ad-hoc networks considering energy consumption and path of mobile nodes." 서강대학교 대학원, 2004.
- [6] RFC3561, "Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV) Routing." July 2003.

저자약력

김진만(Jin-Man Kim)



2002 동의대학교 컴퓨터공학과 졸업
 2004 동의대학교 컴퓨터공학과 졸업 (석사)
 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 재학중 (박사과정)

※ 관심분야 : 애드 혹 네트워크, 센서 네트워크 저전력 Cross-layer 프로토콜

장종욱(Jong-Wook Jang)



1987.2~1995.1 ETRI
 1995.2 부산대학교 컴퓨터공학과 박사 취득
 1995.3 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 부교수

1995.1-2000.2 미주리주립대 포스트닥
 ※ 관심분야 : E-PON, 이동 MAC 프로토콜, 저전력 Cross-layer 프로토콜, RFID-미들웨어