
상황인식 기반의 에너지 효율적인 경로 설정 기법 연구

문창민* · 이강환**

*한국기술교육대학교

A study on context-aware and Energy Efficient Routing Protocol for Mobile Ad-hoc Network

Chang-min Mun* · Kang-whan Lee**

*Korea University of Technology and Education

E-mail : heroant@kut.ac.kr, kwlee@kut.ac.kr

요 약

이동 애드혹 네트워크(MANET)는 기반 네트워크 없이 구성되어 분산알고리즘을 통해 상호간 통신을 하게 된다. 이러한 MANET에서는 정적인 네트워크에 비해 토폴로지가 자주 변하고 노드의 에너지가 제한적이므로 이동성을 고려한 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜이 요구된다. 기존에 연구된 RODMRP(Resilient Ontology-based Dynamic Multicast Routing Protocol)는 동적인 네트워크에서도 적응적으로 망 유지를 하는 라우팅 프로토콜이 제안되고 있으나, 제안된 구조에서의 최적화된 계층 깊이에 대해서는 고려하지 않았다. 따라서 본 논문에서는, 상황인식 기반을 활용한 계층적 클러스터링에서 노드의 계층 깊이 제어가 가능한 CACH-RODMRP(RODMRP Context-Awareness Clustering Hierarchy)를 제안한다. 본 논문에서 제안된 CACH-RODMRP는 토폴로지 변경에 대해 상황인식을 기반으로 하여 적응적으로 토폴로지의 계층구조의 깊이에 대한 제어가 가능하여 보다 효율적인 노드의 에너지 관리가 이루어짐을 확인 할 수 있었다.

ABSTRACT

MANET(Mobile Ad-hoc Network) has been proposed as a infrastructure-less network using distributed algorithm for remote environment monitoring and control. The mobility of MANET would make the topology change frequently compared with a static network and a node is resource-constrained. Hence, to improve the routing protocol in MANET, energy efficient routing protocol is required as well as considering the mobility would be needed. In this paper, we extend RODMRP(Resilient Ontology-based Dynamic Multicast Routing Protocol) structure by a modifying the level of cluster. We call this network protocol CACH-RODMRP. Our contribution consists estimating the optimal level of clustering depth with considering node position and reducing the network residual energy. The simulation results of proposal algorithm show that the energy is significantly reduced compared with the previous clustering based routing algorithm for the MANET.

키워드

MANET, hierarchy, clustering, ad-hoc network

1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅은 다양한 분야로 그 응용이 확대되고 있으며 그에 따라 이동 무선 컴퓨팅의 안정성 등을 위한 연구들이 요구되고 진행되고 있다[7]. 특히 유무선 인프라의 도움 없이도 단말기들 간에 스스로 망을 형성하여 노드 간에 통신이 가능하도록 하는 기술인 MANET(Mobile

Ad-hoc Network)은 유비쿼터스 컴퓨팅에 접목되는 기술로서 주목받고 있으며, 라우팅 프로토콜, 주소설정방법, 보안등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 국제 인터넷 표준화 기구(Internet Engineering Task Force)의 MANET 워킹 그룹에서는 라우팅 프로토콜인 DSR, AODV, OLSR, OSPF등의 RFC를 간행했으며, 이를 보완한 라우팅 프로토콜들도 많이 발표되고 있다.

이러한 라우팅 프로토콜은 네트워크 구조적인 관점에서 크게 평면적 프로토콜, 계층적 프로토콜 그리고 위치기반 프로토콜의 세 가지로 구분된다 [1]. 평면 라우팅은 네트워크 전체를 하나의 영역으로 간주하여 모든 노드들이 동등하게 라우팅에 참여할 수 있고 멀티-홉 라우팅을 특징으로 한다. 반면에, 계층적 라우팅은 네트워크를 클러스터링을 기반으로 한 다수의 영역으로 분할하여 각각의 영역 내 특정 노드에 헤드의 역할을 부여하여 라우팅을 수행하도록 한다. 따라서 네트워크의 영역이 크고 노드의 수가 많은 경우에는 전체 영역을 통제하기 위한 평면 라우팅 프로토콜의 부하가 커지기 때문에, 이런 경우에는 계층적 프로토콜이 적합하다. 그리고 위치기반 프로토콜은 목적 노드에 데이터를 전송할 때에 전체 네트워크의 정보를 이용하기보다는 위치정보를 이용하기 때문에 앞선 두 프로토콜보다 더 효율적인 경로선택이 가능하지만 위치정보 획득을 위한 추가 비용이 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 계층적 라우팅 프로토콜에 초점을 맞추고, 기존에 연구된 계층적 라우팅 프로토콜인 RODMRP(Resilient Ontology-based Dynamic Multicast Routing Protocol)[2][3]의 에너지 효율적인 계층의 깊이를 추정하였다.

II. 관련연구

1. 계층적 라우팅 프로토콜

계층 구조를 갖는 라우팅 프로토콜에 대해 많은 연구가 진행되었다. Seema Bandyopadhyay 등은 두 개의 계층구조를 고려하였으며 이 때, 각 계층의 노드들은 포아송 분포를 따라 배치됐다고 가정하였다[6]. 하지만 노드들의 통신 반경은 일정하다고 가정했기 때문에 추정된 에너지 소비량에 오차가 발생한다. J.Sucec 등은 제안하는 라우팅 프로토콜에 대해 계층의 깊이에 따른 컨트롤 오버헤드를 계산하여 프로토콜에 대한 분석을 하였다[4]. 그러나 위의 연구에서는 계층적 구조에 있어 각 노드의 에너지소비에 대한 분석을 하지 않아 제안된 내용이 실제 네트워크 성능에 기여하는 정도를 가늠하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 각 노드의 통신 반경을 제어하여 노드들의 에너지 소비를 계산하고, 계층적 환경에서 이러한 노드를 이용하여 클러스터링을 구성할 때 에너지 효율적인 계층의 깊이를 추정하여 제시하고자 한다.

2. 계층 구조의 에너지 소비량 모델링 기법

Seema Bandyopadhyay 등은 단일 클러스터링 구조에서의 에너지 효율적인 평균 홉 수를 계산하였다. 이를 이용하여 i 개의 계층을 갖는 계층 구조 내에서 소비되는 총 에너지량을 분석하고 계층의 개수가 증가함에 따라 소비되는 에너지를 다음과 같이 추정하였다[6].

$2a \times 2a$ 면적에 균일 공간 포아송 과정에 따라 노드들이 분포하고 있으며, 이 노드들의 개수는 포아송 확률 변수를 따르며 N 과 λA 를 인자로 갖는다. 여기서 A 는 $4a^2$ 이며 n 개의 노드들이 존재한다. 이 때 단위 클러스터의 멤버노드들이 클러스터헤드에 데이터를 전송하는데 소비되는 총 에너지의 합은 식1과 같다.

$$E[C] = E[E[C|N=n]] \quad (1)$$

$$= \lambda A \left[\frac{1-p}{2r\sqrt{p\lambda}} + \frac{0.765pa}{r} \right]$$

여기서 $E[C]$ 는 제안하는 알고리즘에 의해 계산되는 클러스터 내의 총 비용에 대한 기대값, p 는 각 노드에 대해 클러스터헤드가 될 확률, r 은 통신반경을 의미한다. 그러나 상기모델에서는 에너지를 소비 계산할 때 1홉당 1유닛의 에너지 소모를 가정하였고, 경로손실모델을 적용하지 않았기 때문에 정확한 소비량을 계산할 수 없는 단점이 있다.

Heinzelman, W.R. 등은 2계층의 클러스터 구조에서 클러스터헤드의 에너지소모를 여러 노드에 분산시키기 위한 기법인 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering-Hierarchy)를 제안하였다[5]. 즉, 특정 클러스터헤드 노드의 수명단축을 예방함으로써 네트워크 전체 수명을 연장시키는 결과를 낳았고, 이 때 사용한 에너지 소비 모델은 다음과 같다.

$$E_{Tx}(k, d) = E_{elec} \times k + \epsilon_{amp} \times k \times d^2 \quad (2)$$

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} \times k \quad (3)$$

여기서 k 는 전송 비트, d 는 송신기와 수신기 사이의 거리, d_0 는, E_{elec} 는 단말기 회로의 구현에 필요한 에너지량, ϵ_{amp} 는 송신기에서 증폭시 사용되는 에너지량을 의미한다. 그러나 LEACH에서는 3계층 이상의 계층구조에서 에너지 효율에 대한 분석을 하지 않아 프로토콜의 확장성 보장을 하지 못하고 있다.

III. 제안된 상황인식 구조의 CACH-RODMRP

1. 제안된 CACH-RODMRP 에서의 에너지 효율적인 계층 깊이 추정

본 논문에서는 기존 RODMRP의 에너지 효율을 높이기 위해 CACH-RODMRP(Context-Awareness Clustering Hierarchy)를 제안한다. 제안된 알고리즘은 계층의 깊이의 헤드노드 위치에 기반한 에너지 소비량을 예측을 하였다[8]. 제안된 알고리즘에서는 경로손실이 자유경로모델(free-space model : d^2 의 전력손실)을 따른다고 가정하며, 분석에 범위는 특정 최상위 계층 노드 한 개와 그 이하에 속한

노드들로 이뤄진 단위 클러스터이다. 따라서 단위 클러스터 내에서 소비되는 에너지량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{TOTAL} = \sum_{i=2}^L (E_{Ci} + E_{CHi}) \quad (4)$$

여기서 E_{Ci} 는 각 계층의 클러스터에서 소비되는 에너지량이며, E_{CHi} 는 하위 클러스터헤드와 상위 클러스터헤드 사이에서 송수신이 발생할 때 소비되는 에너지이다. 주어진 E_{Ci} 와 E_{CHi} 는 식(1)과 식(2)에 의해서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{Ci} = \lambda A \left[\frac{1-p}{2r\sqrt{p\lambda}} + \frac{0.765pa}{E[r_i]} \right] \times (E_{elec} + \epsilon_{amp}) \quad (5)$$

여기서 $E[r_i]$ 은 i 계층의 클러스터헤드와 멤버간 거리의 평균값을 의미한다.

$$E_{CHi} = r_{Ai} \times E_{Ci} \quad (6)$$

여기서 r_{Ai} 는 i 계층 클러스터헤드의 데이터 압축률을 의미한다.

Algorithm : Optimal Layer Selection(OLS) in CACH-RODMRP

1. Begin OLS
2. Begin Initializing
3. current layer=1
4. current consumed energy =0
5. previous consumed energy =0
6. End Initializing
7. While (Current Layer < #of nodes or differential error > critical value)
9. Begin while
10. estimate the total consumed energy E_{total}
11. calculate differential error between current/previous consumed energy
12. increase Current Layer by 1
13. End while
14. if(Current consumed energy is bigger than previous consumed energy)
15. Optimal Layer = Previous Layer
16. else
17. Optimal Layer = Current Layer
18. End OLS

그림1. 제안된 CACH-RODMRP의 깊이결정알고리즘

식(4)를 이용하여 계층의 깊이를 결정하게 되며 그 과정은 그림1의 의사코드와 같다.

IV. 성능 분석

제안된 알고리즘에 대한 시뮬레이션을 위해 사용된 시나리오는 100mX100m의 네트워크 영역에 30개, 50개, 100개의 노드를 균일하게 분포시킨 후 수행하였다.

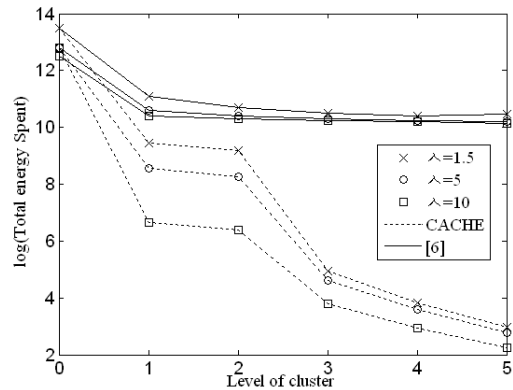


그림2. 계층의 깊이에 따른 에너지 소비량

그림2에서 보는 바와 같이 계층의 깊이가 깊어질수록 에너지 소비량이 감소하는 것을 관찰할 수 있다. CACH-RODMRP 알고리즘에 따라 상대오차의 임계값을 설정하면 비교적 변화량이 적은 3계층을 최적화된 값으로 선택하게 된다. 또한 [6]보다 에너지 소비량이 적은 이유는 모든 노드의 통신반경을 고정하지 않고 통신이 가능한 최솟거리로 할당하였기 때문에 더욱 감소가 되었다.

V. 결론

본 논문에서는 RODMRP의 에너지효율을 향상시키기 위해서 에너지 소비를 최소화하는 계층의 깊이를 결정하였다. 시뮬레이션 결과 계층의 깊이가 깊어질수록 에너지 효율이 향상됨을 확인할 수 있었고, 상대오차의 임계값 수정을 통해 계산량을 줄일 수 있음을 확인했다.

참고문헌

[1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramanian, and E. Cayirci. "Wireless sensor networks: a survey", Computer Networks, 38(4):393-422, April 2002.
 [2] 김순국, 지삼현, 이강환, "상황인식 기반의 RODMRP 추론망 연구", 한국해양정보통신학회 논문지 제11권 제6호(2007년 6월) pp.1214-1221 1226-6981.
 [3] 김순국, 지삼현, 두경민, 이범재, 김영삼, 이

강환, "RODMRP를 위한 진보된 추론 연결 망 구현," 대한전자공학회, Vol. 31, No. 1, 2008, pp. 313-314.

[4]J.Sucec, I. Marsic, "Clustering Overhead for Hierarchical Routing in Mobile Ad Hoc Networks", INFOCOM, pp. 1698--706 vol.3 (2002).

[5]Heinzelman, W.R. Chandrakasan, A. Balakrishnan, H. "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks", System Sciences, 2000, 10 pp. vol.2.

[6]Seema Bandyopadhyay and Edward J. Coyle, "An Energy Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks", INFOCOM 2003, 1713 - 1723 vol.3

[7] 이강환, 두경민, "유비쿼터스 컴퓨팅 시스템을 위한 상황인식 구조에 관한 연구,"한국해양정보통신학회, vol.11,No.1,pp 418-422, 2007.

[8] 문창민, 이강환, "CACH에 의한 상황인식 기반의 분산 클러스터링 기법", 한국해양정보통신학회, vol.13, No.6, pp.1222-1227, 2009.