

무선 애드혹 네트워크에서 2-level 트리 기반의 클러스터 라우팅 프로토콜

이영준*, 김성천*

*서강대학교 컴퓨터공학과

e-mail : keiilyj@hotmail.com, ksc@sogang.ac.kr

An Cluster Routing Protocol Based on 2-level Tree for Wireless Ad Hoc Networks

Young-Jun Lee*, Sung-chun Kim*

*Dept of Computer Science & Engineering, Sogang University

요 약

애드 혹 네트워크는 Access Point 나 기지국과 같은 기반 구조 없이 이동 노드들로만 구성되는 자율적이고 독립적인 네트워크이다. 각각의 노드들은 이동성을 가지기 때문에 이들로 이루어진 네트워크는 다양한 형태를 이루게 되며, 이들은 무선 자원과 에너지 상의 제약을 가지기 때문에 클러스터 형성과 유지 및 관리를 통해 네트워크의 안정성을 향상시키는 알고리즘이 필요하다.

애드 혹 네트워크 환경의 클러스터링 기법에서 클러스터 헤드는 호스트의 기능을 수행함과 동시에 라우팅 기능을 담당하는 라우터의 역할까지 수행한다. 따라서 클러스터 헤드의 에너지 고갈이나 부재는 클러스터를 붕괴시키고, 전체 네트워크의 통신을 어렵게 하며, 나아가서는 네트워크의 수명을 단축시킨다. 결국 클러스터 헤드의 효율적인 관리는 전반적인 네트워크의 성능을 결정짓는 핵심이라고 볼 수 있다. 때문에 본 논문에서는 무선 애드 혹 네트워크 환경에서 2-Level 트리 기반의 클러스터 라우팅 프로토콜을 제시한다. 본 논문에서는 클러스터 헤드와 이웃 노드들의 유지 및 관리를 통해 전체적인 네트워크의 throughput 을 향상 시키는 클러스터 알고리즘을 제안하였다. 또한 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안한 알고리즘이 목적에 맞게 동작하는지 확인할 수 있었다.

1. 서론

과거 네트워크는 물리적 회선을 이용한 유선 네트워크 기반의 연구를 통하여 각 노드간의 통신을 수행하였다. 하지만 시대가 흐름에 따라 통신환경이 유선 네트워크에서 무선 네트워크 기반의 통신으로 이동하였으며 그에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

특히 clustering routing 기법은 무선 네트워크 환경에서의 한계였던 에너지 소모 문제를 보완하는 기법으로서 각광받고 있다. 또한 현재 클러스터 연구에서는 클러스터 헤드의 상태에 따른 클러스터 붕괴를 효과적으로 차단하는 문제가 중요한 사항으로 부각되고 있다.

Ad Hoc 네트워크 환경에서 클러스터링 기법은 클러스터 헤드가 호스트의 기능을 수행함과 동시에 라우팅 기능을 담당하는 라우터의 역할까지 수행한다. 따라서 클러스터 헤드의 에너지 고갈이나 부재는 클러스터를 붕괴시키고, 전체 네트워크의 통신을 어렵게 하며, 나아가서는 네트워크의 수명을 단축시킨다. 결국 클러스터 헤드의 효율적인 관리는 전반적인 네트워크의 성능을 결정짓는 핵심이다.[1, 2]

또한 최근에는 RAID 시스템을 활용한 클러스터의 안정적인 유지/관리에 관심이 집중되고 있다. RAID 시스템을 활용하여 클러스터의 안정성을 향상시키게 되면 기존에 생성된 클러스터의 변경이 적어질 뿐만 아니라 이전에 저장된 정보들의 재사용이 가능하기 때문에 클러스터 유지에 소모되는 에너지가 적어지게 되고, 이는 곧 전반적인 네트워크의 성능 향상을 가져오게 된다.[3]

기존 무선 Ad Hoc 네트워크에서 안정성을 강화한 클러스터링 기법이 갖는 가장 큰 문제점은 클러스터 헤드의 정보를 해당 클러스터에 속한 모든 노드들에게 복사하여 백업시킨다는 점이다. 이런 단순한 백업 작업은 불필요한 네트워크의 혼잡야기와 자원의 소모를 발생시킨다. 하지만 2-level 트리 기반 클러스터링 기법을 이용하면 데이터 백업이 용이할 뿐만 아니라, 빈번한 네트워크 토폴로지의 변화에도 쉽게 적응할 수 있으며, 오버헤드를 최소화 할 수 있다.

본 논문에서는 클러스터의 안정성 향상을 위해 RAID 시스템을 이용하지 않고 1-level 에 존재하는

Sub-Cluster-Head 를 이용하여 클러스터 헤드의 정보를 백업하고 해당 클러스터의 통신 작업을 분담함으로써 균등한 에너지 소모를 통해 전반적인 네트워크의 생존 시간을 향상시키는 클러스터링 기법을 제안한다.

2. 2-level Tree 기반의 Clustering 라우팅 프로토콜

본 논문의 제안 기법에서는 2-level 기반의 클러스터를 이용하여 라우팅을 수행하게 된다. 단일 level 을 이용한 클러스터를 구성할 경우 네트워크의 변화에 능동적으로 대처 할 수 있다는 장점이 존재하지만 네트워크 내에 존재하는 클러스터의 개수가 증가하기 때문에 그만큼 클러스터 헤드의 숫자가 증가하게 된다.

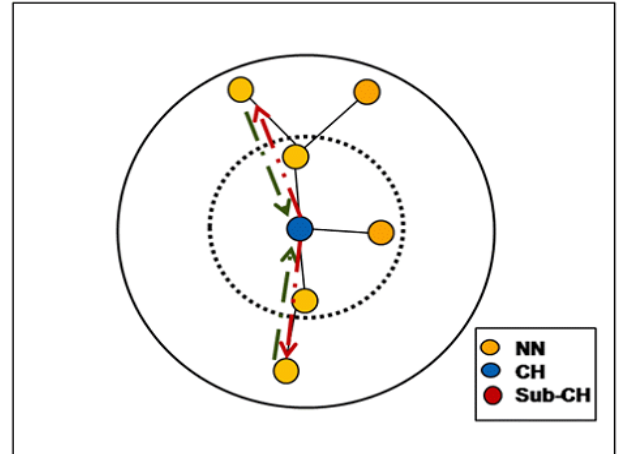
클러스터 헤드는 클러스터 멤버들의 주소 및 위치 정보 저장, 라우팅 패스 설정 등의 추가적인 작업을 수행하기 때문에 일반 클러스터 멤버 노드에 비해 에너지 소모가 크다. 따라서 클러스터 헤드 수의 증가는 곧 에너지 소비 증가를 의미하고 이는 전반적인 네트워크의 생존 시간이 줄어드는 것을 의미한다. 하지만 2-level 기반의 클러스터를 이용할 경우 클러스터 헤드의 숫자가 적어지기 때문에 네트워크의 생존 시간이 증가하게 된다.

2.1 2-level Tree 기반의 계층적 Cluster 구성

초기 네트워크 구성시 모든 노드들은 동일한 에너지를 갖고 시작하기 때문에 가장 작은 ID 를 갖는 순으로 클러스터 헤드를 선정하는 Lowest ID 기법[4]을 이용하여 클러스터 헤드를 선정한다. 클러스터 헤드로 선정된 노드는 자신의 상태가 클러스터 헤드로 변경되었음을 알리는 CREQ(Cluster-Head REQuest) 패킷을 1-hop 거리로 브로드캐스트 한다. 해당 패킷에는 클러스터 헤드의 주소(ID)와 에너지양, 이웃 노드의 개수, 클러스터 ID 정보가 저장되어 있다.

CREQ 를 수신한 노드는 자신의 level 을 1-level 로 변경하고 해당 패킷에 포함된 정보를 저장한다. 그리고 자신의 주소(ID)가 추가된 NREQ (Neighbor REQuest) 패킷을 1-hop 거리로 브로드캐스트 한다. 만약 이전에 수신한 CREQ 패킷이 존재한다면 비교하여 이웃 노드의 개수가 더 많은 패킷을 저장하고 나머지를 버린다. NREQ 패킷을 수신한 1-level 이 아닌 노드는 해당 패킷에 저장된 정보를 저장하고 자신의 level 을 2-level 로 변경한다.

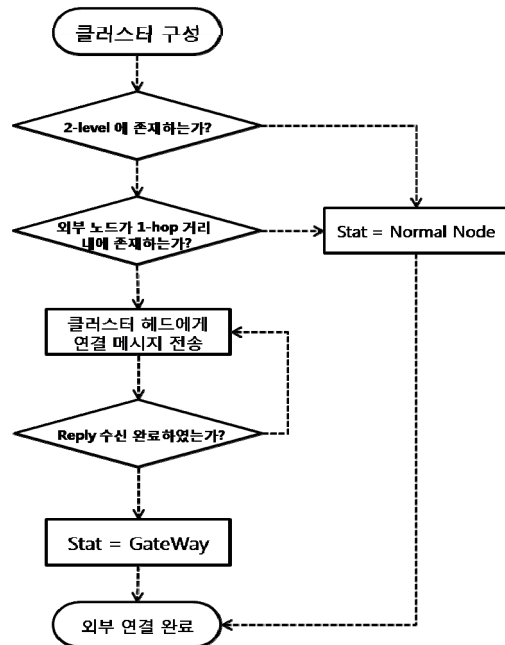
이후 NREQ 의 송신자에게 RREP 패킷을 전송한다. RREP 패킷을 수신한 1-level 노드는 RREP 를 송신한 2-level 노드까지의 경로를 저장하고 클러스터 헤드에게 RREP 를 송신한다. 만약 1-level 노드가 일정시간 동안 RREP 를 수신하지 못할 경우 자신이 RREP 패킷을 생성하여 클러스터 헤드에게 전송한다.



(그림 1) 2-level Tree 기반의 클러스터 구성

2.2 Gateway 를 이용한 Cluster 간의 연결

클러스터 구성이 완료되면 2-level 에 존재하는 노드들은 1-hop 거리 내에 자신의 클러스터에 속하지 않은 다른 클러스터 멤버 노드들이 존재하는지 Hello Message 를 전송하여 확인한다. 다른 클러스터 멤버 노드가 존재하는 경우 해당 노드와 연결을 완료하고 해당 노드의 주소와 자신이 외부 노드와 연결되었음을 알리는 기호(Flag)를 저장한 NACK(Node ACKnowledgment) 패킷을 자신이 속해있는 클러스터의 클러스터 헤드에게 전송한다. 이에 대한 Reply 가 수신되면 해당 2-level 노드는 자신의 상태를 게이트웨이(GW)로 변경하고 클러스터 외부와 통신하는 통로로서의 역할을 수행한다. (그림 2)는 클러스터 간의 연결을 보여주고 있다.



(그림 2) 게이트웨이 노드를 통한 클러스터 간의 연결

2.3 Super-Cluster Head 의 Traffic Control

Super-cluster 내에 존재하는 cluster 들이 자신이 가지고 있는 routing table 정보를 동시에 super-cluster head(SH)에게 전송하게 되면 패킷이 한꺼번에 몰려 트래픽이 증가할 수 있다. 이런 트래픽 증가는 멤버 클러스터들과의 정상적인 통신을 방해하고 대역폭 초과로 인해 해당 노드로 향하는 패킷이 유실되어 전반적인 네트워크의 성능을 감소시킬 수 있다. 따라서, 패킷 집중으로 발생하는 트래픽을 방지하기 위해 Super Cluster Head 와 연결되어 있는 Sub-Cluster Head 를 이용하여 트래픽 관리를 수행한다.

Sub-Cluster Head 를 통해 트래픽을 관리하게 되면 Super-Cluster Head 의 부담을 덜어줄 뿐만 아니라 균등한 에너지 소모를 이끌 수 있다. 또한 Super-Cluster Head 로 향하는 데이터들을 중간에 저장함으로써 Super-Cluster Head 의 DB 를 백업하는 효과도 얻을 수 있다.

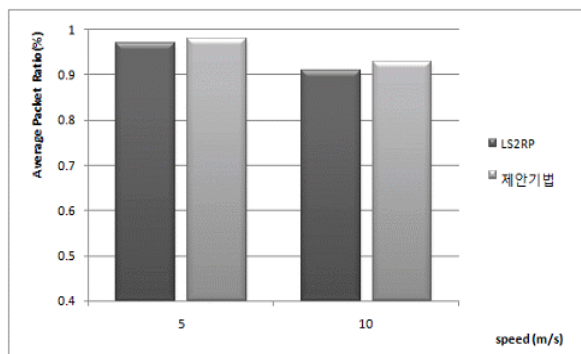
3. 실험

실험은 NS-2 시뮬레이터를 통해 수행하였다.

[표 1] 시뮬레이션 환경

Simulation Area	100m * 100m
Simulation Time	100 sec
Number of Node	50
Node-Placement	Randomly
Mobility	Randomly
Node-Speed	5,10 m/s
Node-Pause-Time	0,5,10,15,20 sec
MAC-Protocol	IEEE 802.11
Radio-Frequency	2.4 GHz
Initial Energy	5J
Transmit / Receive Power Drain	0.071 W + 10 * Transmission Power / 0.051 W
Idle Power Drain	0.027 W

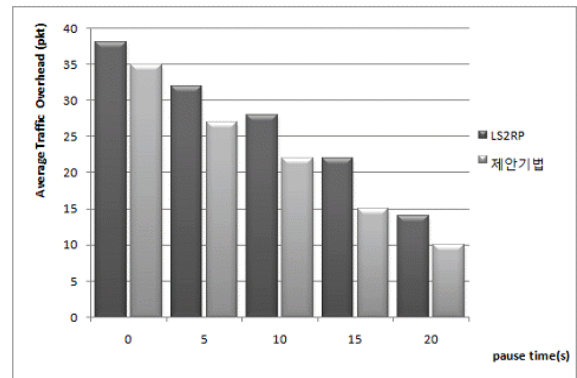
3.1 평균 패킷 전송률을 통한 성능 비교



(그림 3) 속도에 따른 평균 패킷 전송률

제안 기법은 Sub-Cluster Head 를 이용한 클러스터 헤드의 DB 백업을 수행함으로써 클러스터 헤드가 해당 클러스터에서 벗어나거나 에너지가 고갈되어 작동을 못하는 상황에 대해 대처하였다. 그 결과 제안 기법이 LS2RP 보다 평균 패킷 전송률에서 3.6% 성능 향상을 보였다.

3.2 이동주기에 따른 Super-Cluster Head 의 Traffic 비교



(그림 4) 이동주기에 따른 Super-Cluster Head 의 Traffic

제안 기법은 Super-Cluster Head 가 담당하는 라우팅 테이블 정보 수집, 관리 및 회신 작업을 Sub-Cluster Head 에게 분담시킴으로써 특정 네트워크에서 트래픽이 증가하는 현상을 방지하였다. 특히 패킷의 크기나 내부 라우팅 정보의 변화에 따라 패킷의 결함, 수정 작업을 수행함으로써 불필요한 패킷이 Super-Cluster Head 에게 전송되는 것을 차단하였다. 제안 기법은 LS2RP 보다 Super-Cluster Head 에서 발생하는 트래픽의 양에서 19%의 성능 향상을 보였다.

4. 결과

본 논문에서는 무선 애드 혹 네트워크 환경에서 에너지 효율적인 2-Level 트리 기반의 클러스터 라우팅 프로토콜을 제시하였다. 클러스터 헤드는 Sub-Cluster Head 를 통해 데이터 백업을 수행하고, Sub-Cluster Head 는 패킷의 수정, 결함과 Super-Cluster Head 의 업무를 분담을 통해 발생하는 트래픽의 양을 감소시킨다. NS-2 를 이용하여 제안 기법과 LS2RP 의 성능 비교를 수행한 결과 네트워크 유지시간과 데이터 전송 성공률, 트래픽에 대해 모두 좋은 성능을 기록한다는 것을 확인하였다. 네트워크 유지시간에 대해서 제안 기법이 LS2RP 보다 13%의 성능 향상을 보여준다. 균등한 에너지 소모를 고려한 제안 기법의 정책은 특정 노드의 에너지 소모를 막아 네트워크의 유지 시간을 향상시켰다. Super-Cluster Head 의 트래픽에 대해서 제안 기법이 LS2RP 보다 평균 19%의 성능 향상을 보임을 알 수 있었다.

Acknowledgments

이 논문은 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010-0016618)

in Ad Hoc Networks," in Proc. of World Congress on Software Engineering, pp.509-512,2009

- [12] Huda Al Amri, Mehran Abolhasan and Tadeusz Wysocki, "Scalability of MANET routing protocols for heterogeneous and homogenous networks," in Trans. on Computers and Electrical Engineering, pp.1-14, 2009

참고문헌

- [1] JANE Y. YU, and PETER H. J. CHONG, "SURVEY OF CLUSTERING SCHEMES FOR MOBILE AD HOC NETWORKS," in IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS, Vol.7, NO.1, pp.32-48, 2005.
- [2] Abolfazle Akbari, Ali Khosrozadeh, and Naser Lasemi, "Clustering Algorithms in Mobile Ad Hoc Networks," in Proc. of Fourth International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology, pp.1509-1513, 2009.
- [3] Nabil TABBANE,"LS2RP: Link-State RAID Routing Protocol," in Proc. of Eight International Conference on Networks, pp.99-105, 2009
- [4] A. Ephermides, J. E. Wieselthier and D. J. Baker, "A Design Concept for Reliable Mobile Radio Networks with Frequency Hopping Signaling," in Proc. of IEEE, Vol. 75, pp.56-73, 1987
- [5] Charles E. Perkins,"AD HOC NETWORKING, " Addison-Wesley, 2001.
- [6] M. Jiang, J. Li, and Y. C. Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP) Function Specification," in Internet Draft draft-ietf-manet-cbrp-spec-00.txt, August, 1998.
- [7] E. Gafni and D. Bertsekas, "Distributed Algorithms for Generating Loop-Free Routes in Networks with frequently changing topology," in IEEE Trans. Communications, January, 1981.
- [8] Mainak Chatterjee, and Sajal K. DAS, "WCA: A Weighted Clustering Algorithm for mobile Ad Hoc Networks," Cluster Computing, Vol.5 No.2, pp.193-204, Apr, 2002.
- [9] M. Chatterjee, and et al.,"An On-Demand Weighted Clustering Algorithm for Ad hoc networks," in proc. of IEEE Globecom, pp.1697-1701, Dec, 2000.
- [10] Wonchang choi and Miae Woo,"A Distributed weighted Clustering Algorithm for mobile Ad Hoc Networks," AICT, In proc. of IEEE Computer Society, Feb, 2006.
- [11] Zhang Junna, Yuan Peiyan and Liu Ping, "Research and Simulations of Cluster Routing Protocols