

제한된 broadcast 메커니즘을 이용한 네트워크 효율성에 관한 연구

양환석*, 이용기*, 정종필**
*조선대학교 전산통계학과
**순천청암대학 컴퓨터정보학부

A Study on Network Efficiency using Limited Broadcast Mechanism for Ad hoc Network

Hwan-Seok Yang*, Woong-Ki Lee*, Jong-Pil Jeong**
*Dept. of Computer Science and Statistics, Chosun University
**School of Computer Information, Suncheon Cheongam College
E-mail : badhack@shinbiro.com, wglee@chosun.ac.kr, jp5678@hotmail.com

요 약

Ad hoc network는 무선 노드들의 집합으로서 어떤 인프라스트럭처 도움 없이 그들 서로가 multi-hop 경로를 통해 통신한다. 네트워크를 구성하는 노드들의 움직임이 빈번히 발생하기 때문에 클러스터간 노드들의 재가입이 계속되므로 네트워크의 안정성을 유지하기 어렵다. 그러므로 최대한 네트워크 토폴로지의 안정성을 유지하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 ad hoc network를 구성하는 노드들을 클러스터로 형성한 후 제한된 broadcast 메커니즘을 이용하여 네트워크의 제어 메시지 flooding 수를 줄이는 효율적인 라우팅 방법을 제안한다.

1. 서론

Ad hoc 네트워크는 고정된 유선망을 가지지 않고 이동 노드들만으로 구성된 네트워크로서 유선망을 구축하기 힘들거나 단기간 동안만 사용하는 경우에 적합하다. Ad hoc network는 중앙식 관리나 기지국이나 access point 같은 고정된 네트워크 인프라스트럭처가 필요하지 않고 필요할 때 빠르고 낮은 비용으로 구성할 수 있다. 이러한 특징 때문에 ad hoc network는 긴급 구조 상황, 전쟁 상황, 법 집행 과정, 상업용과 교육용 그리고 유선 컴퓨팅이 불가능한 경우에 이용되고 있다[1].

Ad hoc network에서 네트워크 안에 존재하는 노드들은 제한된 무선 전송 범위 때문에 서로에게 패킷 전송을 도와준다. 어떤 송신 노드로부터 목적 노드까지의 네트워크 경로는 송신자부터 목적지까지의 multi-hop 경로를 생성하기 위해 패킷을 전달해주는 많은 중간 노드가 필요하다. Ad hoc network에서 라우팅 프로토콜의 역할은 multi-hop 경로를 중간 노드들이 알 수 있도록 해주는 것이다. 네트워크 안에 있

는 노드들은 움직임이 빈번히 발생하고 무선 전송 여건이 수시로 변화하기 때문에 라우팅 프로토콜은 이러한 변화에 대응해야만 하고 연결을 유지하기 위해 새로운 경로를 알아야만 한다. 한 개 이상의 경로를 형성하는 노드가 다른 곳으로 이동함으로써 해당 경로를 무효화하기 때문에 통신연결이 매우 취약하다 [2]. 모든 응용에 앞서 ad hoc network의 기본이 되는 클러스터링을 다룬다. 어떤 노드를 클러스터 리더로 결정하느냐에 따라 전체 네트워크의 토폴로지가 결정되고 네트워크의 성능을 좌우하게 되므로 효과적인 클러스터링 알고리즘이 필요하게 된다. 이동 노드들은 이동에 따른 경로의 계산이나 수정에 대한 많은 시간을 소비하거나 자신의 클러스터 리더와의 연결이 끊겨서는 안 된다. 따라서 잘 정의된 클러스터링 및 라우팅 기법이 필요하다[3]. 노드들의 이동성 때문에 네트워크를 나눈 클러스터들 사이에서 자유롭게 탈퇴하거나 등록함으로써 네트워크의 안정성이 떨어질 수밖에 없다.

현재까지의 클러스터링에 관한 연구에는 노드들간의

연결성이 가장 좋은 위치의 노드를 클러스터 리더로 선택하는 Highest-Degree Heuristic, 이동속도가 가장 낮은 노드를 클러스터 리더로 선택하는 Node-weight Heuristic 그리고 조합 가중치 클러스터링 알고리즘 등이 있다. 이 알고리즘은 여러 가지 시스템 요소들에 가중치를 주어 가장 가중치가 작은 노드를 클러스터 리더로 선택하는 방법이다.

본 논문에서는 ad hoc network를 구성하는 노드들은 클러스터로 형성한 후 네트워크상의 제어 메시지의 flooding을 줄이기 위하여 제한된 broadcast 메커니즘을 이용하는 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 ad hoc network에서의 클러스터링에 관한 기존연구에 대하여 설명하고, 3장에서는 제안한 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안한 방법의 성능을 평가하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

Ad hoc network를 구성하는 노드들을 클러스터로 분할하고 각각의 클러스터를 책임질 리더를 선정하는 것을 클러스터링이라 한다. 클러스터 리더는 스케줄링 결정, 타임 슬롯과 코드들의 공간적 재사용 강화, 가상 경로의 지원 등의 역할을 수행한다. 클러스터 리더가 많아진다면 그만큼 대역폭을 많이 사용하게 된다는 것이고 이는 전체 노드에 전력 사용도 커지게 된다. 그러나 노드들 간의 통신의 신뢰성은 높아질 것이다. 그러나 클러스터 리더의 수가 줄어들면 노드들의 계속된 이동으로 인해 토폴로지가 불안해지기 쉽고 연결이 끊어지는 현상이 발생할 확률이 높게된다.

2.1 Highest-Degree Heuristic

네트워크를 구성하는 노드들 중에 연결성이 가장 좋은 노드를 클러스터 리더로 선정하는 알고리즘이다. 각각의 노드들은 다른 노드들과의 거리에 근거해 자신의 전송 범위 안에 놓인 노드들의 개수를 계산한다. 이 알고리즘은 클러스터 리더의 업데이트 횟수는 적은 반면에 각 클러스터는 각각의 멤버들 간에 공유되는 자원들을 할당받으므로 노드들의 수가 늘어날수록 클러스터 리더의 처리량이 늘어나게 된다. 따라서 시스템의 성능도 떨어진다.

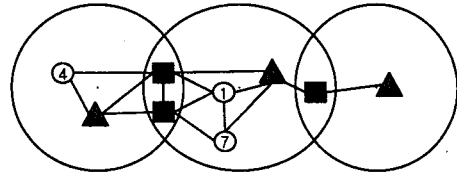


그림 1. Highest-Degree Heuristic

위 그림 1에서 사각형으로 표시된 노드가 클러스터 리더이고, 원은 일반 노드 그리고 삼각형으로 표시된 노드가 게이트웨이이다.

2.2 Lowest-ID Heuristic

모든 노드들이 자신만의 고유한 번호를 부여받고, 그중 가장 작은 노드번호를 가진 노드를 클러스터 리더로 결정하는 알고리즘이다. 만약 클러스터 리더 노드가 클러스터밖으로 이동을 할 경우 그 다음 작은 번호를 가진 노드가 클러스터 리더가 되는 간단한 알고리즘이다. 이 알고리즘은 간단하고 계산량이 적은 장점이 있지만 작은 노드번호를 가지고 있는 노드가 클러스터 리더가 될 확률이 높기 때문에 전체 노드간에 부하를 균일하게 배분할 수 없고 노드들에게 부하가 많이 걸려 배터리 소모량이 많다는 단점을 가지고 있다.

2.3 Node-Weighted Heuristic

이동이 활발한 노드는 클러스터 리더로 적합하지 않다. 왜냐하면 그만큼 자주 업데이트가 필요하기 때문이다. 따라서 이동성이 적을수록 클러스터 리더로서 적합할 것이다. 이동성이 적을수록 큰 가중치를 할당하게 된다[4]. 노드 가중치가 가장 높은 노드가 클러스터 리더가 되며 가중치가 같을 때는 더 작은 노드번호를 가진 노드가 클러스터 리더가 된다. 이 알고리즘은 다른 알고리즘에 비해 업데이트 횟수가 비교적 적지만 노드 가중치가 계속 달라지므로 계속해서 주기적으로 가중치 값을 계산해야 하는 단점을 가지고 있다. 따라서 클러스터 리더의 계산 비용이 많이 들고 노드 연결성이나 전력제어와 같은 시스템 파라미터들에 대한 고려가 없는 것이 단점이다[5].

3. 제안한 방법

본 논문에서는 ad hoc network를 구성하는 노드들을 클러스터 형태로 구성한다. 그리고 클러스터 리더의 오버헤드를 줄이기 위해 제한된 broadcast 메커니

음을 이용하였다. 클러스터 리더와 게이트웨이와의 거리는 1-hop 떨어져있고, 두 개의 클러스터는 그들 사이의 여러 개의 게이트웨이를 가질 수 있다. 그리고 노드들은 두 개의 클러스터 사이에서 joint 게이트웨이로서의 역할을 할 수 있다. 또한 각 노드는 다른 클러스터의 구성원이 될 수 있고 두 개의 노드는 직접 통신할 수도 있다. 그림 2는 게이트웨이와 joint 게이트웨이의 차이점을 보여주고 있다.

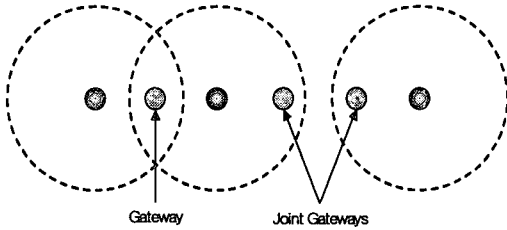


그림 2. 클러스터 게이트웨이

노드들은 자신의 상태에 따라서 한 개 또는 두 개의 클러스터링 테이블을 유지한다. 노드 테이블은 다음과 같은 필드로 구성된다.

Node IP Address	Cluster Leaders
-----------------	-----------------

노드가 게이트웨이인 경우에는 클러스터 리더의 필드는 각 클러스터 리더의 IP 주소를 포함하고 있으며, 만약 그렇지 않다면 이 필드는 비어있게 된다. 그리고 neighbor 테이블은 다음과 같은 필드로 이루어져 있다.

Cluster Leader IP Address	Gateways
IP Gateway	Flags

클러스터의 형태는 각 노드의 주기적인 beaconing을 통하여 초기화되고 유지된다. 노드가 처음으로 초기화될 때 자신의 존재를 알리기 위해 Hello 메시지를 방송하고 이웃하는 클러스터 리더를 찾는다. Hello 메시지는 다음과 같이 구성된다.

Flags	Source_Addr	Source_Status	CLdr1_List	CLdr2_List
-------	-------------	---------------	------------	------------

초기의 Hello 메시지를 송신한 후에 노드들은 클러스터 리더로부터 Hello 메시지의 응답이 올 때까지 타이머를 설정한다. 만약에 어떤 Hello 메시지에 대하여 응답을 수신한다면 노드는 자신의 클러스터 리더 테이블에 클러스터 리더의 정보를 저장한다. 초기화 기간 내에 만약에 노드가 하나의 클러스터 리더로부터

메시지를 수신한다면 이것은 ordinary node가 되며 클러스터의 멤버가 된다. 만약에 하나 이상의 클러스터 리더로부터 메시지를 수신한다면 이것은 다른 클러스터를 위한 게이트웨이가 된다. 그러나 어떤 클러스터 리더로부터 메시지를 수신하지 못한다면 그 자신이 클러스터 리더가 된다.

3.1 제한된 broadcast 메커니즘

경로 설정의 강건함을 증가시키기 위하여, 클러스터링의 주요 장점중의 하나는 네트워크상의 제어 메시지(AODV의 RREQ와 같은)의 flooding을 줄일 수 있다는 것이다. 클러스터 리더가 rebroadcast를 위해 보다 큰 TTL을 갖는 패킷을 broadcast를 할 때, 만약에 패킷을 전송하기도 전에 클러스터 리더에 도달할 수 있다면 게이트웨이는 단지 패킷을 rebroadcast한다.

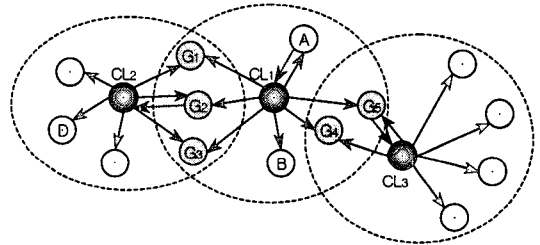


그림 3. 제한된 broadcast

위 그림에서 노드 A가 어떤 목적지 노드 D에 경로를 찾았다고 가정하자. 패킷에 부가된 헤더를 제외하고 노드 A는 RREQ 메시지를 방송할 것이다. 이러한 헤더에는 노드 A가 직접적으로 도달할 수 있는 클러스터 리더의 목록들이다. 이와 같은 경우에 CL1이 여기에 해당된다. 클러스터 리더 CL1이 패킷을 수신했을 때, 패킷을 처리하고, 패킷을 rebroadcast 한다. non-클러스터 리더가 노드 A 또는 클러스터 리더 CL1로부터 패킷을 수신했을 때, 패킷 헤더 내에 포함되어 있는 목록에 대하여 직접적으로 도달할 수 있는지 클러스터 리더의 목록을 검사한다. 클러스터 리더에 의해 rebroadcast된 경우에 이러한 목록들은 비어 있다. 만약에 패킷 헤더의 목록에 존재하지 않은 최소한 하나 이상의 클러스터 리더에 도달할 수 있는 패킷을 수신하였다면, 패킷은 버퍼에 저장되고, random timer가 설정된다. 이 시간 동안에, 다른 노드에 의해 rebroadcast된 패킷을 주시한다. 만약에 또 다른 노드에 의해 rebroadcast된 패킷을 수신한다면, 패킷과 함께 저장된 자신의 목록과 클러스터 리더의 패킷의 목록을 검사한다. 만약에 자신이 가지고 있는 클러스터

리더가 패킷 헤더의 목록에 있다면, 이러한 클러스터 리더는 rebroadcast된 패킷을 수신한 것으로 표시한다. 노드의 타이머가 죽게될 때, 각 클러스터 리더가 이미 패킷을 수신하였는지를 결정하기 위해 재전송 리스트를 검사한다. 만약에 어떠한 클러스터 리더도 패킷을 아직 수신하지 않았다면, 노드는 패킷을 재전송한다. 그리고 모든 클러스터 리더의 식별자를 패킷 헤더 내에 포함한다. 반면에 만약에 모든 클러스터 리더가 이미 패킷을 수신하였다면, 노드는 패킷을 삭제한다. 게이트웨이가 패킷을 처리하지 않는다는 것을 주목하고 게이트웨이는 단지 패킷에 재전송이 필요한지 그렇지 않은지를 결정한다.

이와 같은 방식으로 나머지 broadcast는 멈추게 된다. 따라서 flooding의 충격은 상당히 줄어들게 된다. 제한된 broadcast 메커니즘이 없는 네트워크에서 노드 A는 RREQ를 방송할 것이다. 그리고 이것의 전송 반경 내에 있는 모든 노드는 네트워크 내에 존재하는 모든 노드에게 패킷이 방송될 때까지 이것을 rebroadcast할 것이다. 그러므로 제한된 broadcast 메커니즘은 하나의 원래 방송에 의해 야기된 나머지 broadcast의 수를 상당히 줄일 수 있다.

4. 실험 및 결과

이 장에서는 본 논문에서 제안한 ad hoc network를 클러스터로 형성한 후 제한된 broadcast 메커니즘을 이용한 방법에 대해 ns-2 시뮬레이터를 이용하여 성능을 평가하였다. 성능 평가의 목표는 데이터 패킷의 전송량과 클러스터당 flooding 패킷의 수에 대한 성능 평가이다.

50개의 노드가 300m×300m 크기의 지역 내에서 랜덤하게 지역을 이동하게 하였다. 그리고 클러스터는 1초마다 재생성되며 각 시뮬레이션에는 150초의 시간이 주어졌다.

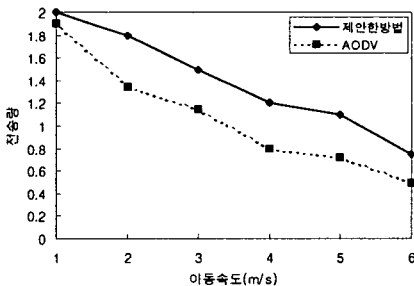


그림 4. 노드가 10개인 경우 패킷 전송량

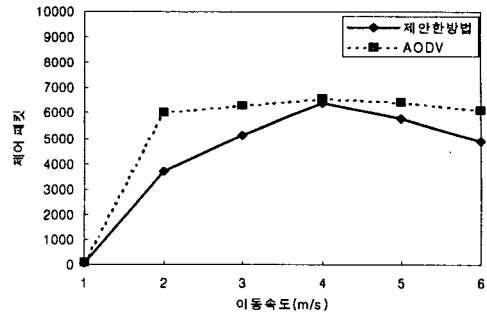


그림 5. 노드가 50개인 경우 제어 패킷 전송량

5. 결론

본 논문에서는 ad hoc network를 구성하는 노드들을 클러스터로 구성을 한 후 클러스터 리더의 부하를 최소화하기 위해 하여 제한된 broadcast 메커니즘을 이용하여 네트워크 전역의 제어 메시지의 flooding을 줄일 수 있었다.

향후 연구로는 네트워크의 변화되는 형태에 따라서 클러스터의 계층의 깊이를 동적으로 적응시킬 수 있는 방법에 대해 연구되어야 할 것이다.

[참고문헌]

- [1] C. K. Toh, "Ad Hoc Network Wireless Networks," Protocols and System, Prentice Hall PTR, 2002.
- [2] C. C. Chiang, M. H. Wu. Routing in Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks with Fading Channel. In Proceedings of IEEE Singapore International Conference on Networks, pp. 197-211, April 1997.
- [3] Mainak Chatterjee, Sajal K. Das and Damla Trugut, "An On-Demand Weighted Clustering Algorithm(WCA) for ad hoc networks," IEEE GLOBECOM. pp. 1697-1701, 2000.
- [4] S. Basagni, I. Chlamtac, and A. Farago, "A Generalized Clustering Algorithm for Peer-to-Peer Networks," Workshop on Algorithmic Aspects of Communication ICALP Bologna, Italy, July 1997.
- [5] S. Basagni, "Distributed Clustering for Ad Hoc Networks," International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks, pp. 310-315, Perth, June 1999.