

군 전술정보통신체계에서 클러스터 구조에 대한 연구

이명노* · 유재영**

*명지대학교 · **광운대학교

A Study on a Clustering for Military Tactical Information Communication Network

Myung-noh Lee* · Jae-young Yoo**

*Myongji University · **Kwangwoon University

E-mail : kma6454@nate.com

요 약

다수의 이동 가입자 단말들을 고정된 기지국이 관리하는 인프라 구조를 갖는 이동통신망과는 달리 미래 군 전술정보통신체계에서는 네트워크를 관리하는 중심 단말기가 존재하지 않고 모든 이동 단말기가 독립적인 형태로 존재하며 사전에 특정한 네트워크에 속하거나 액세스 포인트를 갖지 않는 특징을 가지고 있다. 이러한 비교적 작은 규모의 Ad-hoc 네트워크에 대해서는 특정한 크기로 메시지 크기가 제한되는 경우에서만 클러스터 구조가 보다 큰 효율성을 보장할 것으로 예상되며, 군 전술정보통신체계를 위한 클러스터 구조에 대한 연구를 통하여 네트워크의 효율성을 최대로 활용할 수 있도록 적응형 클러스터 형성 알고리즘의 개발이 반드시 필요함을 알 수 있다.

ABSTRACT

A military tactical information communication network uses no base station and all mobile terminal are independent while mobile networks use an infra structure that a fixed base station supports many mobile terminals. A clustering system is more efficient than the existing one in small Ad-hoc network using a limited message size. The development of an adaptive clustering algorithm is necessary to maximize the network efficiency via a study on a clustering for military tactical information communication network.

키워드

클러스터, Ad-hoc, 전술정보통신체계

I. 서 론

오늘날의 상용 정보통신은 고속 패킷교환 및 광대역 전송기술의 발전과 각종 첨단기술의 발전에 힘입어 이동가입자에게도 광대역 멀티미디어 서비스 지원이 가능해졌다.

향후 예측되는 차세대 상용 이동 통신시스템 및 군 전술정보통신체계에서 전술이동망의 네트워크 환경이 무선 Ad-hoc 네트워크임을 감안할 때 기존의 통신 인프라를 기반으로 하는 네트워크와는 다른 Ad-hoc 네트워크 환경 하에서의 최적의 프로토콜 알고리즘에 대한 개발은 반드시

필수적이다.

II. 클러스터 기반 라우팅

클러스터링이란 전체 네트워크 노드들을 각각의 세부 그룹으로 나누는 방법이라고 말할 수 있으며, 이때 세부 그룹들을 클러스터라고 하고 클러스터 내부의 노드들은 일정 수준의 멀티 홉 내에 존재하게 된다[1]. 클러스터 라우팅 방식의 가장 큰 특징은 라우팅 정보의 오버헤드를 줄일 수 있다는 점과 제어 채널을 시간, 주파수, 확산코드

등을 이용하여 효과적으로 재사용할 수 있다는 것이다. 이동 노드들은 각각의 클러스터라고 하는 그룹을 이루고 하나의 클러스터에는 클러스터 헤드를 두어 부호 분리, 채널 접근, 라우팅, 대역폭 할당 등의 통제가 가능해진다. 클러스터링 기술은 규모가 큰 네트워크에서 계층구조를 형성하기 위하여 발전되어 왔으며, 클러스터 내부에 어떠한 토폴로지 변화가 일어나도 클러스터 내에서 통제가 가능하므로 클러스터 외부로의 불필요한 라우팅 정보를 줄일 수 있다.

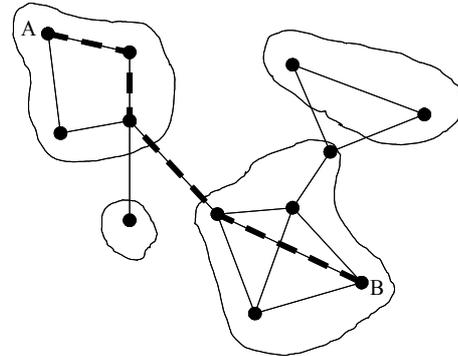
이동 네트워크에서의 클러스터 라우팅 절차는 일반적으로 다음과 같다. 송신 노드가 포함된 클러스터의 외부에 있는 목적지 노드에 전달되어야 하는 패킷들은 최초 클러스터 내부의 라우팅 절차에 의해 내부에서 경로가 설정되며, 클러스터 외부에서는 클러스터들 간의 라우팅 알고리즘에 의해 목적지 노드가 포함된 클러스터로 전달되어진다. 목적지 노드가 포함된 클러스터 내부에서는 또다시 내부 라우팅 알고리즘에 의해 목적지 노드에 전달되어진다. 클러스터 내부의 라우팅 알고리즘과 클러스터들 간의 라우팅 알고리즘은 같은 방식일 필요가 없다. 클러스터가 형성되는 과정은 두 단계로 나누어지는데 먼저 클러스터 헤더가 정해지고 그 다음 클러스터 헤더를 중심으로 노드들이 모여 클러스터를 이루는 것이다. 하나의 노드가 클러스터의 구성원이 된다는 것은 기존에 클러스터에 포함되어 있지 않았거나 다른 클러스터에서 이동하여 새롭게 포함되어진다는 것을 의미한다.

클러스터 헤더는 기존 유선 네트워크에서의 지국처럼 특별한 하드웨어 장치를 가지고 있는 것이 아니라 일반 이동 노드들과 동일하며 어떠한 이동 노드들도 클러스터 헤더가 될 수 있다. 그러나 일반 이동 노드에서 클러스터 헤더로 선정이 되면 추가적인 일을 더 수행해야 한다는 것은 사실이다[2]. 클러스터 헤더에 추가적인 일이 많아질수록 데이터 패킷의 병목현상이 일어날 수 있어서 클러스터 헤더 없이 클러스터 라우팅 알고리즘이 제안되기도 하였다.

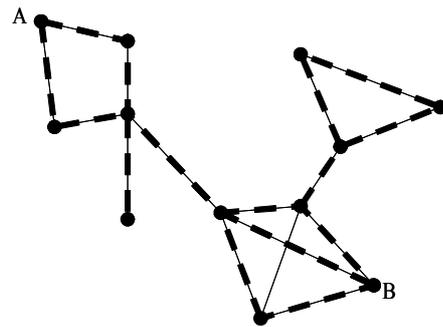
클러스터 라우팅은 크게 클러스터 내부 라우팅과 외부 라우팅으로 나누어진다. 클러스터 외곽에 위치한 노드들은 경로 설정의 역할을 수행하는데 해당 클러스터 ID와 클러스터 멤버들을 연결된 클러스터들에게 전달한다. 이때 클러스터간의 거리 정보에 해당하는 홉 수에 대한 정보도 포함되어진다. 이러한 클러스터 정보를 받는 외곽 노드에서는 홉 수를 증가시키고 내부 테이블들을 업데이트하여 다른 노드들에게 또다시 전달한다. 이러한 방식으로 모든 노드들에게 라우팅 정보들이 전달되어진다. 경로 요청 메시지가 송신 노드에 전달되면 먼저 목적지 노드가 어떤 클러스터에 속해 있는지 클러스터 테이블을 통해 확인하고, 확인이 끝나면 라우팅 테이블에 의해 인접 노드로 메시지가 전달되어진다.

다음 그림 1에서도 알 수 있듯이 클러스터가

적용된 (가)에서는 송신 노드 A로부터 목적지 노드 B로 메시지가 전달되는데 있어 클러스터 외곽 노드로만 전송되고 클러스터 내부에서도 라우팅 테이블에 의해 정해진 경로로만 메시지가 전달되어진다. 그러나 (나)에서는 클러스터 개념이 적용되지 않아 전통적인 플러딩 방식으로 모든 노드들에게 메시지가 전달되어지는 모습을 볼 수 있다.



(가) 클러스터 방식



(나) 플러딩 방식

그림 1. 메시지 전달 방식

클러스터 라우팅은 앞서서도 언급하였듯이 라우팅 정보의 오버헤드를 줄일 수 있다는 것이 가장 큰 특징이다. 클러스터 헤더를 통한 동작 관리가 쉽고 큰 네트워크로의 확장도 가능하며 관리하기도 용이해진다. 제어 채널을 시간, 주파수, 확산코드 등을 이용하여 효과적으로 재사용할 수 있다는 것 또한 클러스터 라우팅의 장점이다. 하지만 클러스터 헤더가 자주 바뀌면 이동 노드들이 목적지 노드에 데이터를 전송하는데 소요되는 시간보다 클러스터 헤더를 찾는 데 걸리는 시간이 더 많아져 성능이 저하될 수 있다는 것과 클러스터 헤더의 역할이 클러스터내의 다른 일반 노드들보다 중요하고 추가적인 일을 더 수행해야 할 때도 불구하고 하드웨어적으로 동일하여 효과적인 성능을 기대하기가 어렵다. 그 뿐만 아니라 클러스터 헤더와 같은 중요한 노드들에 문제가 발생하면 전체 네트워크에 미치는 영향이 매우 크다는 것도 단점이 될 수 있다.

III. Ad-hoc 네트워크에서의 클러스터 구조

다수의 이동 가입자 단말들을 고정된 기지국이 관리하는 인프라 구조를 갖는 이동통신망과는 달리 미래 군 전술정보통신체계에서는 네트워크를 관리하는 중심 단말기가 존재하지 않고 모든 이동 단말기가 독립적인 형태로 존재하며 사전에 특정한 네트워크에 속하거나 액세스 포인트를 갖지 않는 특징을 가지고 있다. 또한 Ad-hoc망에서의 이동 단말기들은 매우 높은 이동도를 갖는 것을 특징으로 하므로 네트워크 토폴로지가 시간변화에 따라 매우 동적으로 변화하는 특성을 아울러 가지고 있다. Ad-hoc 네트워크의 규모를 어떻게 정의하느냐에 따라 달라질 수도 있지만, 통상 네트워크내의 이동 단말기의 분포는 서비스 지역 내에 비교적 넓게 분포되어 있어 특정 근원지 단말기로부터 목적지 단말기까지의 거리가 각각 단말기의 무선통달거리 밖에 존재하므로 데이터 전송은 근원지로부터 목적지에 이르기까지 동일 네트워크 내에 존재하는 여타의 단말기들에 의해 중계되어지는 것이 보편적이다. 이와 같이, 근원지로부터 목적지까지의 데이터 전송이 다수의 다른 단말기들의 중계에 의해서 이루어지는 네트워크를 다중-홉(multi-hop) Ad-hoc망이라 하고, 일반적인 Ad-hoc망의 경우 대부분 다중-홉을 가정한다.

다중-홉 Ad-hoc망은 근원지로부터 목적지까지의 데이터 전송이 이루어질 때, 경로배정(routing) 및 자원할당(resource allocation)과 같은 네트워크 관리가 고정 및 반고정 인프라 망과는 달리 매우 어려운 것으로 알려져 있으며 이에 대한 활발한 연구가 진행 중이다. 현재까지 알려진 바로는 보다 효율적인 네트워크 관리를 위해서는 Ad-hoc망을 클러스터 구조 형태로 구성한 뒤 경로배정이나 자원할당을 실시하는 것이 보다 나을 것이라는 것이 대다수의 의견을 차지하고 있으며, 이는 클러스터 구조에서의 네트워크 관리가 첫째 공간적인 자원 재사용, 둘째 계층적 네트워크 토폴로지 변화의 용이한 업데이트, 그리고 경로배정시 보다 작은 오버헤드 보장이 된다는 세 가지 이점으로 인하여 더욱 더 관심을 끄는 이유이기도 하다[3]. 그러나 이와 같은 Ad-hoc망에서의 클러스터 구조는 통상 대규모 혹은 다수의 단말기가 밀집된 서비스 영역에서는 효율성이 보장되나 모든 조건에서도 항상 최상의 네트워크 관리를 보장한다고 말하기는 어렵다고도 볼 수 있으며, 특히 규모가 작으면서 단말기의 밀도가 높지 않은 Ad-hoc망에서의 효율성 분석에 대한 연구는 현재까지 진행된 바가 적다.

일반적으로 Ad-hoc망의 클러스터 구조에서의 경로배정은 클러스터내의 단말기들 간에 이루어지는 인트라-클러스터(intra-cluster) 경로배정과 서로 다른 클러스터 간에 이루어지는 인터-클러스

터(inter-cluster) 경로배정 절차에 의해서 이루어진다. 즉, 전달되어야 할 데이터 패킷이 근원지 노드가 속해있는 클러스터 밖의 다른 클러스터에 속해있는 노드로 전송되어지는 경우는, 먼저 근원지 노드가 속해있는 클러스터 내에서 일정한 내부 경로배정 절차에 따라 경로가 배정된 후에 목적지 노드가 속해있는 클러스터까지의 경로배정이 인터-클러스터 경로배정 절차에 의해서 수행이 되고 최종적으로 목적지 노드가 있는 클러스터 내에서의 인트라-클러스터 경로배정 절차에 의해 목적지 노드까지 경로가 배정되어진다.

이와 같은 경로배정 절차의 복잡성과 경로배정에 따른 오버헤드 트래픽의 양은 클러스터가 어떻게 형성되어 있으며, 각각의 클러스터 내에 클러스터 헤더를 구성하고 있느냐 있지 않느냐에 따라서 달라진다. 클러스터를 신속하고 효율적으로 형성하며 매 시간변화에 따라 동적으로 변화하는 토폴로지에 능동적으로 적응하면서 경로배정에 보다 효율성이 높은 클러스터 형성 알고리즘에 관한 연구가 진행 중인데, 이는 Ad-hoc망에서의 보다 효율성 높은 경로배정을 위해서는 클러스터 형성이 필수적이고, 결국은 클러스터 형성 및 유지에 소요되는 오버헤드 트래픽의 양을 감소시켜야 한다는 데서 비롯되었다고 볼 수 있다.

최근 들어서는 여러 개의 클러스터 형성 알고리즘들 중 MAC계층에서의 절차를 기반으로 한 클러스터 형성 프로토콜인 ABCP(Access-Based Clustering Protocol)가 제안되어 형성의 신속성과 단말기의 빈번한 이동도에 따른 네트워크 토폴로지의 변화에 능동적인 업데이트를 제공하는 장점들로 인하여 그 효율성을 주목받고 있다[4]. ABCP에서는 매 클러스터내에 헤더가 존재하며 헤더는 일반적인 노드들 중에서 매체접근 제어 과정 중 선발되어진다. 클러스터내의 일반 클라이언트 노드들은 클러스터 헤더와 항상 단일-홉 거리 내에 존재하게 되는데, 이는 MAC과정 중 매체접근에 최초로 성공한 노드가 헤더가 되고 단일-홉 이내의 여타의 노드들은 이 헤더의 클라이언트로 등록되어지는 클러스터 형성 절차를 따른다. 따라서 ABCP에 의해 형성된 클러스터 내에서의 인트라-클러스터 경로배정은 매우 간단한 형태, 즉 클라이언트와 헤더간의 직접 연결이 됨을 쉽게 알 수 있다. 그리고 이와 같은 간단한 형태의 인트라-경로배정은 결국 경로배정에서 헤더들간의 경로배정만을 고려하면 되므로 전반적으로 경로배정 절차를 용이하게 하는 이점이 있으며, 이러한 이점은 전체의 Ad-hoc망내에서 다수의 클라이언트 노드를 가진 소수의 클러스터 구조에 대해서는 더욱 더 부각됨을 알 수 있다. 더욱이 이러한 경로배정 방식은 클러스터 구조가 없는 단순한 노드 수준에서의 경로배정 방식에 비해 높은 효율성을 예측할 수가 있다. 그러나 일반적으로 큰 규모의 Ad-hoc 네트워크에서는 앞서와 같은 경우를 쉽게 예측할 수 있으나 비교적 규모가 작은 Ad-hoc망에서는 동일한 상황을 기대하기가 쉽

않으며, 특히 이동 단말기의 분포가 매우 드문 경우는 작은 규모의 다수의 클러스터 상황을 연출하게 되어 노드 수준에서의 경로배정 방식보다 결코 효율적이라고 할 수 없다.

IV. 결 론

IT기술의 발전으로 인해 군 정보통신체계 역시 급속한 발전을 거듭하고 있으며, 특히 전세계적으로 미래전을 대비하여 NCW 능력을 구현하기 위해 엄청난 노력들이 진행되고 있다. 첨단 무기체계 및 C4I체계를 기반으로 하여 전쟁의 패러다임조차도 변화되고 있는 고도화된 NCW 환경에서, 그 핵심인 무선 네트워크 체계의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다.

클러스터 구조의 효율성은 서비스 지역 내의 이동 단말기 노드의 밀도에 의해 크게 좌우되며, 특히 네트워크 내에 형성되는 클러스터의 개수와 밀접하게 연관되어 있다. 또한 데이터 메시지의 길이와 경로탐색 메시지의 길이의 비율도 클러스터 구조의 효율성을 가름하는 중요한 요소가 된다. 비교적 작은 규모의 Ad-hoc 네트워크에 대해서는 특정한 크기로 메시지 크기가 제한되는 경우에서만 클러스터 구조가 보다 큰 효율성을 보장할 것으로 예상된다. 클러스터 구조의 효율성은 네트워크 내에 형성되는 클러스터 헤더의 개수와 밀접한 관련성이 있는데 일반적으로 헤더가 적을수록 효율성은 증가할 것이다. 따라서 군 전술정보통신체계를 위한 클러스터 구조의 효율성을 최대한으로 활용하기 위해서는 가능한 클러스터 헤더를 적게 갖도록 하는 적응형 클러스터 형성 알고리즘 개발이 반드시 필요함을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] M. Gerla and J. T. C. Tsai, "Multicluster, Mobile, Multimedia Radio Network", *Journal of Wireless Networks*, vol. 1, pp. 255~265, July 1995.
- [2] P. Krishna, N. H. Vaidya, M. Chatterjee and D. K. Pradhan, "A Cluster-based Approach for Routing in Dynamic Networks", *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 27, pp. 49~65, March 1997.
- [3] J. Gronkvist, "Traffic controlled spatial reuse TDMA in multi-hop radio networks", *Proc. IEEE PIMRC'98*, vol. 3, pp. 1203~1207, Sept. 1998.
- [4] T. C. Hou and T. J. Tsai, "An Access-Based Clustering Protocol for Multihop Wireless Ad Hoc Networks", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 19, pp. 1201~1210, July 2001.