

# Ad hoc 네트워크 상에서의 효율적인 클러스터 기반 라우팅

왕기철<sup>0</sup>, 이문근, 조기환  
전북대학교 컴퓨터학과  
{gcwang, mklee, ghcho}@cs.chonbuk.ac.kr

## An Efficient Cluster-based Routing in Mobile Ad hoc networks

Gi-Cheol Wang<sup>0</sup>, Moon-Kun Lee, Gi-Hwan Cho  
Dept. of Computer Science, Chonbuk University

### 요 약

Ad hoc 네트워크에서 클러스터링은 여러 채널을 효율적으로 사용 가능하게 하고 제어메시지의 교환부하를 감소시키며, 이동성 관리를 용이하게 하는 이점이 있다. 그러나 대부분의 클러스터 기반 Ad hoc 라우팅 연구에서 클러스터의 생성과 유지에만 초점을 맞추고 있고, 클러스터 구조를 이용하는 경우에는 많은 채널을 소비하고 클러스터 재구성시간이 심각하게 길어진다. 이에 본 논문은 클러스터 구조를 이용하여 클러스터 정보가 모든 네트워크에 한번만 전달되도록 해서 경로를 설정하는 방법을 제안한다. 이 방법은 또한 클러스터 정보가 전달되는 도중의 경로단절 시, 빠르게 대체경로를 획득한다.

### 1. 서 론

Ad hoc 네트워크는 재난상황에서 그리고 전쟁터와 같은 곳에서 유선 기반구조를 이용하지 않고 주변 이동 호스트들의 도움을 받아 정보서비스 및 상호통신을 가능케 한다. Ad hoc 네트워크는 잦은 연결단절, 양방향 신호전달의 상이성, 그리고 이동으로 인한 잦은 위상변경으로 인해 기존의 유선 라우팅 프로토콜을 그대로 사용할 수 없다. 따라서 Ad hoc 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

Ad hoc 네트워크에서 이동호스트들을 그룹으로 묶어 관리하면 그룹단위로 채널을 관리할 수 있고, 제어메시지의 교환부하 감소 및 이동성 관리가 용이해진다[5]. 이렇게 이동 호스트들을 그룹화 하는 것을 클러스터 구성이라 한다. 클러스터 구조는 일반적으로 클러스터 헤드가 모든 멤버들이 상호 연결되어 있다. 따라서 클러스터 헤드가 데이터를 방송하면 모든 노드들이 그 데이터를 동시에 수신할 수 있다. 따라서 이러한 특성을 이용하면 경로정보를 전체 네트워크에 신속하게 전달할 수 있다.

본 논문은 클러스터 구조를 이용하는 신속하고 경로정보의 교환부하를 줄이는 경로설정 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 클러스터 구조의 유지와 클러스터 기반 라우팅에 관한 기존 연구들의 특성과 문제점을 간단히 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 클러스터 기반의 라우팅 방법을 소개한다. 4장에서는 기존의 방법과 비교 및 분석을 하고 5장에서는 결론을 내린다.

### 2. 관련 연구

클러스터링은 앞서 기술한 장점을 지녔지만, 라우팅 정보 외에 클러스터 구조의 유지를 위한 추가적인 제어메시지 교환을 해야한다. 그리고 대부분의 기존 연구들은 이러한 클러스터 구조의 생성과 유지에 초점을 맞추었다.

CGSR[5]에서는 이웃노드들 간에 ID와 차수(degree)를 교환

함으로써 클러스터를 생성하는 방법을 제안하였다. 또한 CGSR은 클러스터 헤드와 게이트웨이 가 번갈아 데이터를 전달하므로 실시간 데이터의 전송에 적합하다. 그러나 CGSR은 클러스터 헤드가 클러스터 구성 과 전송권한을 조정하므로 클러스터 헤드의 부하가 심하다.

MCP[4]는 CGSR과 마찬가지로 ID를 이용하여 클러스터를 형성하지만 클러스터 헤드가 존재하지 않는 특성이 있다. 그리고 CGSR보다는 진보된 클러스터 구조 유지전략을 사용한다.

Adaptive Clustering[2]은 완전히 분산된 방법으로 모든 클러스터가 겹쳐지지 않게 클러스터를 구성하지만 경로설정 에 DSDV를 이용한다.

위의 연구들은 모두 클러스터 구조의 이점을 경로설정 에 이용하지 않는다. 반면에 CBR[1]은 클러스터 내에서 모든 노드들이 직접 통신하도록 클러스터를 구성한다. 이러한 클러스터 내부 정보는 전체 네트워크에 전파되고, 각 노드는 이 정보를 기초로 라우팅 테이블을 구축한다. 그러나 CBR은 많은 클러스터를 형성하므로 많은 채널을 소비하게 된다. 더구나 이동에 따른 클러스터의 재구성을 위한 시간이 심각하게 길어진다.

이에 본 논문에서는 Adaptive Clustering 방법으로 클러스터를 구성한다. 클러스터 내부정보의 전달은 클러스터 헤드와 클러스터 경계노드가 수행한다. 전달되는 경로가 이 정보와 더불어 전달되므로 수신노드들은 이들을 기초로 라우팅 테이블을 작성한다.

### 3. 클러스터 기반의 효율적인 라우팅 프로토콜

제안하는 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜은 크게 클러스터 구성과 경로 설정, 그리고 경로 유지로 나눌수 있다. 먼저 초기의 네트워크를 Adaptive Clustering 방법에 따라 몇 개의 노드씩 묶어서 클러스터로 형성한다. 그리고 클러스터내의 연결정보를 이 클러스터 구조를 이용해서 신속하게 모든 노드들에게 전파한다. 네트워크내의 각 노드들은 이 정보와 정보가 거처온 경로를 통해 라우팅 테이블을 작성한다. 만일 도중의 경로가 이동으로 소실되었을 경우에는 자신의 이웃노드에게 질의패킷을 flooding 하여 대체경로를 획득하고 라우팅 테이블을 수정한다. 또한 질의노드는 경로소실로 인해 영향을 받는 모든 노

\* 본 연구는 한국과학재단 특장기초 (199-2-303-003-3) 지원으로 수행 되었음

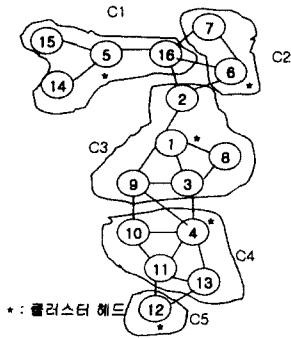
드들에게 대체경로를 전파한다. 프로토콜에 대한 세부 사항은 다음과 같다.

3.1. 클러스터 구성

본 논문에서는 Adaptive Clustering 방법을 차용하여 클러스터를 구성한다. 다음은 Adaptive Clustering 방법을 약술한 것이다.

- (1) 자신의 ID가 이웃노드의 ID보다 작으면 자신을 클러스터 헤드로 선언하고 이를 이웃노드들에게 방송한다.
- (2) 방송을 청취한 노드들은 그 클러스터에 가입하고 자신이 그 클러스터에 가입하였음을 이웃노드들에게 알린다.
- (3) 이웃노드들은 그 노드를 제외하고 자신의 ID가 가장 작으면 자신을 클러스터 헤드로 선언하고 이를 방송한다.
- (4) (2)부터 (3)을 반복한다.

[그림 1]은 본 논문에서 모델로 삼을 네트워크를 Adaptive Clustering 방법으로 클러스터 구성한 결과이다.



[그림 1] 네트워크의 클러스터링

3.2. 경로 설정

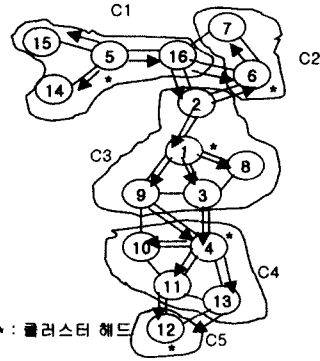
3.2.1. 클러스터 내부정보 전달

제안된 방법에서 클러스터내의 모든 정보전달은 클러스터 헤드를 통해 이루어진다. 또한 인접 클러스터간의 정보전달은 인접 클러스터와 연결된 경계노드에 의해 이루어진다. 정보전달의 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) 클러스터가 구성된 후 클러스터 헤드는 클러스터 내부 정보를 자신의 멤버들에게 전달한다.
- (2) 인접 클러스터와 연결된 멤버들은 이 정보를 인접 클러스터에 전달한다.
- (3) 인접 클러스터로부터 정보를 받은 노드들은 이를 인접 클러스터와 클러스터 헤드 또는 멤버들에게 전달한다.
- (4) (2)와 (3)을 반복한다.

단계 (2)에서 인접 클러스터의 헤드와 보통노드에 모두 연결된 경우, 오로지 헤드에게만 전달한다. 이것은 다중 연결시 정보의 전달 부하를 줄이기 위해서다. 그리고 정보를 수신한 노드는 송신한 노드에게 결코 재전송하지 않는다. [그림 2]는 클러스터 헤드로부터 클러스터 내부정보가 전체 네트워크에 전달

되는 과정을 보인다.



[그림 2] 클러스터 헤드의 정보전달 과정

3.2.2. 경로 설정

클러스터 내부정보만 가지고는 그 클러스터의 노드들에 대한 경로를 작성할 수 없다. 따라서 각 노드들은 자신의 ID를 패킷에 기록하여, 클러스터 정보가 도중에 거처온 경로를 알수 있도록 한다. 모든 노드들은 자신이 받은 정보와 그 정보가 거처온 경로를 통해 라우팅 테이블을 작성한다. 이때 자신의 이웃 정보를 이용하여 최단경로를 구성한다. 클러스터 구조에 따라서는 이미 정보를 수신한 클러스터에 정보가 다시 역류하는 경우도 있다. 따라서 정보가 클러스터 헤드를 지날 때 클러스터의 ID를 기록해서 중복수신을 막도록 한다. [그림 3]은 클러스터 헤드에서 전파되는 경로설정패킷의 구조를 보여준다.

클러스터헤드의 ID	클러스터 내부정보	거처온 경로 리스트	거처온 클러스터 리스트
------------	-----------	------------	--------------

[그림 3] 경로설정 패킷의 구조

각 노드에서 다른 경로로부터 같은 정보를 수신하는 경우, 각각의 경로에 대해 사용과 폐기여부를 결정해야 한다. 사용여부를 결정하는 방법은 다음과 같다.

- (1) 짧은 길이의 경로가 사용되고, 다른 하나는 폐기된다.
- (2) 각각의 경로의 길이가 같다면, 먼저 도착한 것을 사용하고 나중에 도착한 것은 폐기한다

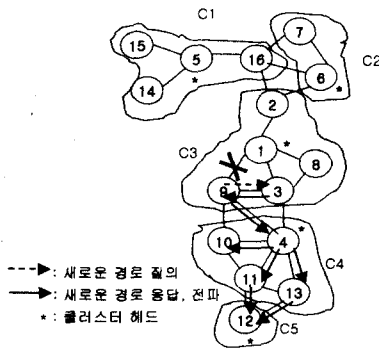
예를 들어 [그림 2]에서 노드 4는 노드 9와 노드 3으로부터 각각 클러스터 C3의 정보를 수신하게 된다. 이때 9로부터의 정보를 먼저 수신한다면, 4에서 8까지의 경로는 "4-9-1-8"이 되고 2까지의 경로는 "4-9-1-2"가 된다. 이후 3으로부터 경로 "1-3-4"를 수신하면, 클러스터 C3의 정보를 통해 노드 3과 8이 직접 연결되어 있음을 알게된다. 따라서 노드 8까지의 경로는 "4-3-8"이 되므로, 이 경로를 사용하게 된다. 그리고 라우팅 테이블은 "홉수 2, 다음 노드 3"으로 수정된다. 그러나 2까지의 경로는 "4-3-1-2"로 길이가 같게 되므로 기존의 것을 그대로 사용한다.

3.3. 경로 유지

경로를 설정하는 도중 혹은 설정이 끝난 후에도 노드의 이동으로 인해 도중의 경로가 단절되는 경우가 있다. 이때 링크가

단절된 노드를 중간노드로 하는 경로들이 모두 수정되어야 한다. 링크의 단절을 인지한 노드는 대체 경로를 얻기 위한 알고리즘을 수행한다. 대체경로 획득 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) 모든 이웃노드에게 필요한 노드들의 라우팅 목록을 가지고 있는지 자신의 ID를 붙여 질의패킷을 flooding한다.
- (2) 질의를 수신한 노드는 자신의 라우팅 테이블에 질의한 목록이 있으면, 다음을 수행한다.
  - (2.1) 임의의 항목에 대한 다음 노드가 질의패킷에 마지막으로 기록된 ID이거나 질의 노드의 이웃이면 자신의 ID를 붙여서 다시 질의 패킷을 flooding한다.
  - (2.2) (2.1)을 모든 항목에 대해 수행한다.
  - (2.3) 질의한 노드에게 대체경로와 자신의 ID를 첨부하여 응답한 후에 알고리즘을 종료한다.
- (3) (2)를 반복한다.



[그림 4] 경로 단절시의 경로 응답

응답을 받은 질의노드는 라우팅 테이블을 수정한 후에, 이 경로를 전파해서 소실경로에 의해 영향을 받는 모든 노드들에게 전파한다. 대체경로의 전파는 경로의 설정 때처럼 클러스터 구조를 통해서 신속하게 이루어진다. 각 노드는 전파된 경로정보와 이 정보가 거처온 경로를 통해 새로운 경로를 설정한다. [그림 5]의 (a)와 (b)는 질의 패킷과 질의 응답 패킷의 구조이다.

질의노드의 ID	순서 번호	질의노드의 이웃노드ID 리스트	경로요구 목록	거처온 경로의 리스트
----------	-------	------------------	---------	-------------

(a) 질의 패킷 구조

응답노드의 ID	새로운 경로 목록	역경로 리스트
----------	-----------	---------

(b) 질의 응답 패킷 구조

[그림 5] 질의 및 응답 패킷구조

#### 4. 비교분석

[표 1]에서는 본 논문에서 제안한 방법과 CGSR, Adaptive Clustering, 그리고 CBR을 비교한다. 이때 경로가 설정된 후에 임의의 노드가 이동해서 다른 노드들과 연결되었을 경우를 가

정한다. 그리고 CBR은 클러스터 구성이 라우팅과 직결되므로, 모든 항목에 클러스터 구성을 포함하여 비교한다. [표 1]에서 시간 복잡도는 위상변화 후에 네트워크 전체 노드의 경로정보가 일치되는데 걸리는 시간이다. 또한 통신 복잡도는 네트워크 전체노드의 경로정보가 일치되기 위해 교환되는 메시지 수이다. 복잡도의 파라미터들은 다음과 같다.

- N: 네트워크에서 노드들의 수.
- E: 네트워크에서 전체 링크들의 수.
- d: 두 노드사이의 최단경로 중 가장 길이가 긴 것의 길이.
- D: 임의의 노드의 최대차수.
- B: 게이트웨이 노드들의 수.
- L: 인접 클러스터간의 연결 수.

[표 1] 프로토콜 비교

프로토콜	시간 복잡도	통신 복잡도
CGSR[4]	$O(D+1+N)$	$O(2E+2D)$
Adaptive[2]	$O(D+1+N)$	$O(2E+2D)$
CBR[1]	$O(D^3+d)$	$O(B+5D)$
제안 프로토콜	$O(D+d)$	$O(L+3D)$

CGSR과 Adaptive Clustering 방법은 클러스터 구성을 위한 시간과 메시지 교환이 거의 같다. 그리고 둘 다 DSDV를 기본으로 사용하므로 경로설정을 위한 시간과 메시지교환도 같다. 반면에 CBR은 클러스터 구성에 많은 시간을 소모하고 메시지 교환부하를 발생시킨다. L은 B보다 약간 크거나 같기 때문에 본 논문에서 제안하는 방법은 기존의 방법에 비해 시간 복잡도와 통신 복잡도 면에서 우수하다고 볼 수 있다.

#### 5. 결 론

본 논문에서는 클러스터 기반의 Ad hoc 네트워크에서, 클러스터 구조를 이용하여 각각의 클러스터 내부정보를 한번만 전달하고, 정보의 도달경로를 기록하는 방법으로 경로를 설정할 수 있는 방법을 제안하였다. 이 방법에서 클러스터와 클러스터 경계노드가 교대로 클러스터 내부정보를 전달하므로, 클러스터 내부정보는 전체 네트워크에 신속하게 전파된다. 또한 클러스터 내부의 연결정보가 거처온 도중의 경로가 단절되었을 때, 근접 노드들에게 질의함으로써 빠르게 대체경로를 얻을 수 있다. 그러나 새로운 경로에 대한 질의패킷은 모든 인접노드에게 flooding 되므로, 불필요한 메시지의 교환을 줄이고 빠르게 질의패킷에 응답할수 있는 방법에 대한 연구가 진행중이다.

#### 6. 참고문헌

- [1] P. Krishna, N. H. Vadiya, M. Chatterjee, D. K. Pradhan, "A Cluster-based Approach for Routing in Dynamic Networks," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 49, pp. 49-64, 1997
- [2] C. R. Lin, M. Gerla, "Adaptive Clustering for Mobile Wireless Networks," *IEEE JSAC*, 15(3), pp.1265-1275, 1997
- [3] K. Liu, Jiandong Li, K. Mukumoto, A. Fukuda, "Adaptive Control Protocol in Mobile Wireless Ad Hoc Networks," *APCCAS 2000*, 2000, pp. 13-17
- [4] C. Chiang, H. Wu, W. Liu, M. Gerla, "Routing in Clustered Multihop, Mobile Wireless Networks with Fading Channel(CGSR)," *Proc. of IEEE SICON'97*, 1997, pp. 192-211