
PCBRP : 모바일 애드혹 네트워크에서 클러스터 쌍을 이용한 효율적인 Cluster-Based Routing Protocol

김창진* · 김우완** · 장상동***

경남대학교

PCBRP : Improved Paired Cluster-Based Routing Protocol in The Mobile Ad-Hoc Network

ChangJin Kim* · Wu Woan Kim** · Sangdong Jang***

Kyungnam University

E-mail : kcjin00@naver.com · wukim@kyungnam.ac.kr · angong@kyungnam.ac.kr

요 약

모바일 애드혹 네트워크(MANET: Mobile Ad-hoc NETwork)에서는 노드의 잦은 이동으로 네트워크 토폴로지 변화가 역동적으로 변하는 특성을 가지고 있다 따라서 네트워크의 변화에 효과적으로 대응 할 수 있는 안정성이 우수한 라우팅 경로 설정 프로토콜이 필요하다 더구나 하이브리드 방식인 기존의 클러스터 기반 라우팅 프로토콜(CBRP: Cluster Based Routing Protocol)은 클러스터 헤더의 재 설정으로 인한 라우팅의 지연을 가지며 또한 한 홉의 반경만으로 이루어지는 라우팅 테이블을 가진다.

본 논문에서 제안하는 PCBRP는 기존의 CBRP의 클러스터를 한 쌍의 페어로 묶어 기존의 클러스터 보다 반경이 큰 페어 클러스터를 만들어 한 쌍의 클러스터 헤더가 멤버 노드를 관리하고 운용하게 한다. PCBRP는 페어 클러스터의 내부를 라우팅 할때 경로요청으로 인한 지연을 감소시킨다 따라서 네트워크의 전체 지연 패킷 전달률의 측면에서 개선된 성능을 보여준다

ABSTRACT

In MANET, frequent movement of nodes causes the dynamic network topology changes. Therefore the routing protocol, which is very stable to effectively respond the changes of the network changes, is required. Moreover, the existing cluster-based routing protocol, that is the hybrid approach, has routing delay due to the re-electing of the cluster header. In addition, the routing table of CBRP has all only one hop distant neighbor nodes.

PCBRP, proposed in this paper, ties two clusters in one pair of clusters to make longer radius. Then the pair of the cluster headers manages and operates corresponding member nodes. When they route nodes in the paired cluster internally, PCBRP reduces the delay by requesting a route. Therefore PCBRP shows improved total delay of the network and improved performance of packet transmitting rate.

키워드

MANET, CBRP, Pair, Routing

I. 서 론

네트워크 기술의 급속한 발전으로 인해 기반 구조 중심의 네트워크로부터 기반 구조가 없는 단말기 중심의 네트워크 혼합형태의 네트워크에 이르기까지 다양한 형태의 네트워크가 등장하고 있다. 무선 모바일 애드혹 네트워크 (Mobile

Ad-Hoc NETwork : MANET)는 기지국이나 AP(access point)와 같은 중계기가 없이 이동 노드들 간에 자체적으로 네트워크를 구성한다. MANET는 노드의 예측 불가능한 이동성으로 인한 네트워크 토폴로지가 역동적으로 변하는 특성이 있다.

애드혹 네트워크에서 라우팅 경로 설정 프로토콜은 크게 Table-driven 방식의 proactive 경로 설정 방법, On-demand 방식의 reactive 경로 설정 방법, 그리고 혼합 형태인 Hybrid 방법으로 분류된다. proactive 라우팅 방식에서는 경로 요청에

* 경남대학교 첨단공학과 석사과정

** 경남대학교 컴퓨터공학과 교수

*** 경남대학교 컴퓨터공학과 조교수

관계없이 주기적으로 또는 네트워크 토폴로지가 변화할 때 라우팅 정보를 브로드캐스팅 하여 모든 노드가 항상 최신의 라우팅 정보를 유지하는 방식이다. 대표적인 라우팅 방식은 DSDV[1]이다.

Reactive 라우팅 방식은 일반적으로 소스 시작의 경로 탐색 절차를 사용한다. 경로 요청이 시작되면 경로 요청(Route request) 메시지를 플러딩하고 경로 탐색 절차를 시작한 후 경로 응답(Route reply) 메시지를 수신 받아 경로 설정을 한다. 대표적인 라우팅 방식은 AODV[2]이다.

혼합 방식은 proactive 라우팅 방식과 reactive 라우팅 방식의 혼합 형태로 각 노드가 사전에 임의의 홉 거리만큼 이웃 노드의 라우팅 정보를 유지하고 홉 거리를 넘어서는 호스트에 대해서만 경로 설정 절차를 요구하는 설정방식이다. 대표적인 혼합 방식 라우팅 프로토콜은 CBRP[3]이다.

특히 CBRP는 클러스터를 이용하여 효과적인 라우팅을 제안하고 있다. CBRP에서는 경로 설정 및 라우팅을 클러스터 헤더가 제어한다. 따라서 효율적인 헤더 선출 및 관리가 선행되어야 할 중요한 문제이다[4][5]. 본 논문에서 제안하는 PCBRP는 클러스터를 pair로 묶어 CBRP방식의 효율을 향상 시킨다.

II. 관련연구

2.1 CBRP

CBRP에서 네트워크의 모든 노드들은 멤버 노드, 헤더 노드 그리고 게이트웨이 노드로 이루어진 클러스터로 구성된다. 클러스터는 헤더 노드를 기준으로 한 홉 떨어진 노드들로 이루어진다. 헤더 노드는 클러스터의 중심이고 클러스터의 모든 노드를 관리 운영하며 라우팅을 한다. 게이트웨이 노드는 두 개 이상의 클러스터와 접하고 있는 노드이며 인접 클러스터를 연결하는 역할을 한다. 멤버 노드는 클러스터에 속하면서 헤더 노드와 게이트웨이 노드가 아닌 노드를 말한다.

CBRP의 라우팅은 크게 인터 클러스터 라우팅과 인트라 클러스터 라우팅으로 나눌 수 있다. 인터 클러스터 라우팅은 소스 노드와 목적지 노드가 동일 클러스터 내에 있는 경우로 클러스터 내부에서 라우팅을 하는 것을 말한다. 이 경우에는 헤더 노드가 목적지 노드의 경로를 미리 알고 있다. 따라서 소스 노드가 경로 요청 시 헤더 노드는 멤버 테이블의 정보를 이용하여 소스 노드와 목적지 노드 간의 경로를 설정한다. 인트라 클러스터는 소스 노드와 목적지 노드가 다른 클러스터에 있는 경우로 클러스터 간의 라우팅을 하는 것을 말한다. 이 경우 소스 노드가 헤더 노드에 경로를 요청하면 헤더 노드는 RREQ 메시지를 게이트웨이 노드를 통해 인접 클러스터의 헤더 노드에게 플러딩한다. RREQ 메시지를 수신한 헤더 노드는 자신의 클러스터에 목적지 노드가 존재하는지 검색한 뒤, 목적지 노드가 존재하지 않

으면 기존의 방법과 동일하게 RREQ 메시지를 게이트웨이 노드를 통해 인접 클러스터의 헤더 노드로 플러딩한다. 목적지 노드가 존재하면 목적지 노드의 클러스터 헤더 노드는 소스 노드를 관리하는 헤더 노드에게 RREP 메시지를 유니캐스트한다.

CBRP는 노드들을 클러스터로 나누어 클러스터 내 헤더 노드를 두고 노드들을 관리 운영함으로써 다른 MANET의 라우팅 프로토콜에 비해 경로 설정에 소요되는 트래픽을 효과적으로 줄이고 라우팅의 성능을 향상시킨다. 하지만 모든 노드들의 관리 운영을 헤더 노드에 의존함으로써 헤더 노드가 클러스터 밖으로 이동하거나 이상이 발생할 때 새로운 헤더 노드를 선출하는데 너무 많은 비용이 든다.

III. 제안 프로토콜

제안 프로토콜에서는 기존의 CBRP를 기반으로 두 클러스터를 페어로 묶어 기존의 클러스터보다 큰 클러스터를 만든다. 다시 말해, 인접한 두 클러스터를 하나의 페어 클러스터로 만든다. 이때 본 논문에서는 설명의 편의를 위해 페어 클러스터들에서 자신의 클러스터를 C_m , 다른 하나의 클러스터를 C_p 라고 정한다. 각 클러스터는 헤더 노드를 가지므로 페어 클러스터는 C_m 의 헤더 노드와 C_p 의 헤더 노드를 가진다. 페어 클러스터의 헤더 노드들은 클러스터 정보를 공유한다. 즉 페어 클러스터의 각 헤더 노드는 두 개의 멤버 테이블을 가진다. 하나는 C_m 의 멤버 정보이고, 다른 하나는 C_p 멤버 정보이다. 기본적으로 클러스터 내부 라우팅은 기존의 CBRP와 동일하다.

3.1 인터 페어 클러스터 라우팅

기존 CBRP에서 인터 클러스터 라우팅은 proactive 라우팅 방식으로 멤버 노드들을 라우팅한다. 즉, 헤더 노드가 멤버 노드들에 대한 경로 테이블을 가지고 있고 경로 정보를 이용하여 라우팅을 한다. 인접 클러스터로 라우팅을 하는 경우에도 제어 메시지를 이용한 경로 설정이 필요하게 된다. 제안 프로토콜은 인접한 하나의 클러스터와 페어를 맺어, 페어 클러스터 간에는 proactive 방법을 사용하여 제어 메시지를 감소시킨다.

그림 1은 기존 CBRP의 인접 클러스터로 라우팅하기 위한 경로설정 방법에서 RREQ 메시지의 흐름을 보여준다. 소스 노드가 클러스터 B에 속해 있고, 목적지 노드가 클러스터 A에 속해 있는 경우이다. 소스 노드가 경로 설정을 위해 자신의 클러스터 헤더 노드에게 RREQ 메시지를 전송한다. 헤더 노드는 자신의 클러스터 B에 목적지 노드가 없는 것을 확인한다. 헤더 노드는 인접 클러스터에게 RREQ 메시지를 플러딩 하기 위해 게이

트웨이 노드에게 RREQ 메시지를 포워딩한다. RREQ 메시지를 수신한 게이트웨이 노드는 인접 클러스터 A, C, E로 RREQ 메시지를 플러딩한다. 이러한 과정을 임의의 RREQ 메시지의 최대 제한 홉 수($RREQ_{max}$)까지 반복한다. $RREQ_{max}$ 는 RREQ 메시지의 과도한 트래픽을 방지하고 루프 프리를 위한 최대 전송 거리이며 각 헤더 노드에서 카운트를 한다. 이러한 과정 중 목적지 노드가 있는 클러스터 A의 헤더 노드가 RREQ 메시지를 수신하게 되면 소스 노드에게 RREP 메시지를 유니캐스트 한다. 인접 클러스터가 많을수록 RREQ 메시지의 플러딩은 많아지고 그에 따른 트래픽이 발생하게 된다.

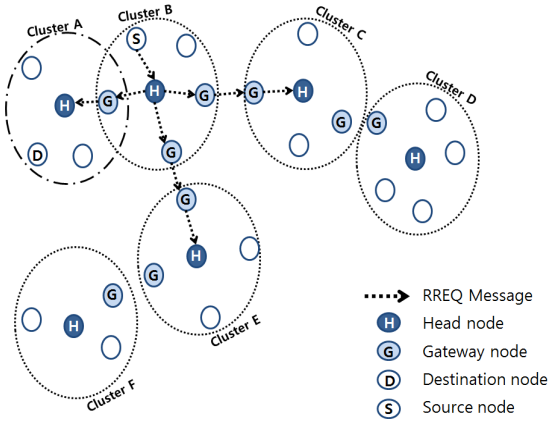


그림 1. CBRP에서 RREQ 흐름(인접클러스터인 경우)

여기서 인접 클러스터의 개수가 C_{adj} 일 때, 경로 설정에 필요한 RREQ 메시지의 트래픽양은 수식 (1)과 같다.

$$C_{adj} + \sum_{i=1}^{RREQ_{max}} C_{adj} \times (i-1) \times (C_{adj}-1) \dots\dots(1)$$

그림 2는 PCBRP에서 페어 클러스터에서의 라우팅을 위한 경로설정 방법을 보여준다 클러스터 ID와 소스 노드, 목적지 노드의 위치는 그림 1과 동일하다. 또한 소스 노드와 목적지 노드가 같은 페어 클러스터 A에 속해 있는 경우이다. 소스 노드는 경로 요청을 위해 헤더 노드에게 RREQ 메시지를 전송한다. PCBRP의 헤더 노드들은 서로 멤버 경로 정보를 공유하고 있다. 따라서 C_m 의 헤더 노드는 C_p 의 멤버 경로 정보를 알고 있으므로 C_m 의 헤더 노드는 RREQ 메시지를 수신하는 즉시 공유한 멤버 경로 정보를 이용하여 목적지 노드의 경로를 확인한다 다음으로 C_m 의 헤더 노드는 RREP 메시지를 소스 노드에게 유니캐스트 한다.

이 경우 C_m 의 헤더 노드는 RREQ 메시지를 인접 클러스터로 플러딩 하지 않으므로 기존의 CBRP에 비해 제어 메시지 트래픽이 감소하게 된다.

다. 이때 C_{adj} 와 $RREQ_{max}$ 에 관계없이 한번의 RREQ 메시지 전송으로 경로 설정이 가능하다

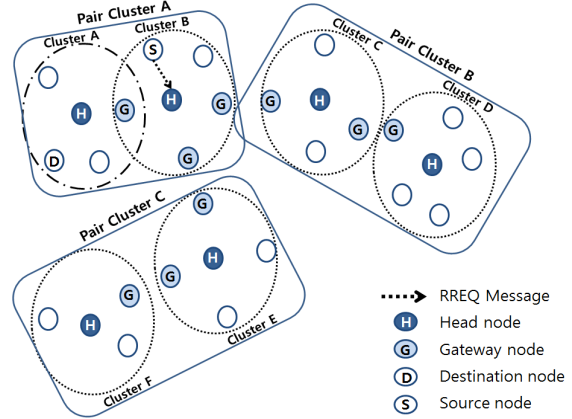


그림 2. PCBRP에서 RREQ 흐름(인접클러스터인 경우)

3.2 인트라 페어 클러스터 라우팅

기존 CBRP에서 인트라 클러스터 라우팅은 reactive 라우팅 방식으로 멤버 노드들을 라우팅한다. 이때 수식 (1)과 같이 C_{adj} 와 $RREQ_{max}$ 에 비례하여 많은 제어 메시지의 트래픽이 발생한다 제안한 PCBRP에서는 클러스터를 인접 클러스터와 페어를 맺어, C_p 의 멤버 정보를 활용하여 기존의 CBRP에 비해 제어 메시지의 트래픽이 감소한다.

그림 3은 기존의 CBRP에서 목적지 노드와 소스 노드가 동일한 클러스터 소속이 아니면서 인접 클러스터도 아닌 경우의 라우팅을 위한 경로 설정 방법에 사용되는 RREQ 메시지 흐름을 보여 준다. 소스 노드가 클러스터 B에 속해 있고 목적지 노드가 클러스터 D에 속해있는 경우이다. 소스 노드가 경로 설정을 위해 클러스터 B의 헤더 노드에게 RREQ 메시지를 전송한다. 헤더 노드는 자신의 클러스터에서 목적지 노드를 검색하여 목적지 노드가 자신의 클러스터에 없음을 확인한다 헤더 노드는 인접 클러스터에게 RREQ 메시지를 플러딩 하기 위해 게이트웨이 노드에게 RREQ 메시지를 포워딩한다. RREQ 메시지를 수신한 트웨이 노드는 각 인접 클러스터 A, C, E로 RREQ 메시지를 플러딩한다. 이러한 과정을 임의의 $RREQ_{max}$ 까지 반복한다. 목적지 노드가 없는 클러스터는 $RREQ_{max}$ 까지 반복하며 제어 메시지의 트래픽이 발생한다. 목적지 노드가 있는 클러스터 D의 헤더 노드가 RREQ 메시지를 수신하게 되면 소스 노드를 향해 RREP 메시지를 유니캐스트 한다. 기존 CBRP에서는 그림 1과 같이 인접 클러스터의 경로 설정 과정과 한 클러스터 이상 떨어져 있는 경우의 경로 설정 과정이 거의 동일하다.

CBRP에서 인트라 페어 클러스터 라우팅과 인트라 페어 클러스터 라우팅은 기존 CBRP의 인트라

클러스터 라우팅 과정과 동일하다 따라서 CBRP에서 두 클러스터 이상 떨어진 경우 경로 설정을 위한 RREQ 메시지의 트래픽양은 수식 (1)과 동일하다.

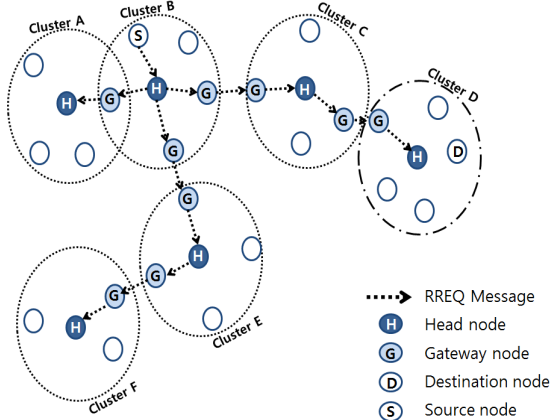


그림 3. CBRP에서 RREQ 흐름
(두 클러스터 이상 떨어진 경우)

그림 4는 PCBRP에서 소스 노드와 목적지 노드가 동일한 클러스터가 아니면서 인접 클러스터가 아닌 경우의 라우팅을 위한 경로 설정 방법에서 RREQ 메시지 흐름을 보여준다. 소스 노드는 페어 클러스터 A에 속해 있고 목적지 노드는 페어 클러스터 B에 속해있는 경우이다. 소스 노드가 경로 설정을 위해 페어 클러스터 A에 속해 있는 C_m 의 헤더 노드에게 RREQ 메시지를 전송한다. C_m 의 헤더 노드는 C_m 과 C_p 의 멤버 정보에서 목적지 노드의 정보를 검색하여 목적지 노드가 자신의 페어 클러스터에 없음을 확인한다. C_m 의 헤더 노드는 기존의 CBRP와 마찬가지로 인접 페어 클러스터에게 RREQ 메시지를 플러딩 하기 위해 게이트웨이 노드에게 RREQ 메시지를 포워딩한다. RREQ 메시지를 수신한 클러스터 C의 헤더 노드는 페어 클러스터의 C_p 멤버 정보에서 목적지 노드를 확인하고 소스 노드를 향해 RREP 메시지를 유니캐스트 한다. PCBRP는 각 페어 클러스터의 헤더들은 기존의 CBRP에 비해 많은 멤버 정보를 가지고 있어 목적지 노드를 더 빠르게 찾을 수 있다. 또한 목적지 노드를 빠르게 찾으므로 그에 비해 제어 메시지의 양이 감소한다.

PCBRP는 모든 클러스터들이 페어로 묶여 있기 때문에 모든 RREQ 메시지가 $RREQ_{max}$ 까지 플러딩 되지 않는다. 또한 페어 클러스터는 멤버 정보를 공유하고 있어 모든 인접 클러스터에게 RREQ 메시지를 플러딩하지 않는다. 따라서 PCBRP에서는 수식 (1)에서의 $RREQ_{max}$ 와 C_{adj} 보다 적은 수치가 들어가고 기존의 CBRP에 비해 경로 설정을 위한 RREQ 메시지의 트래픽이 줄어든다.

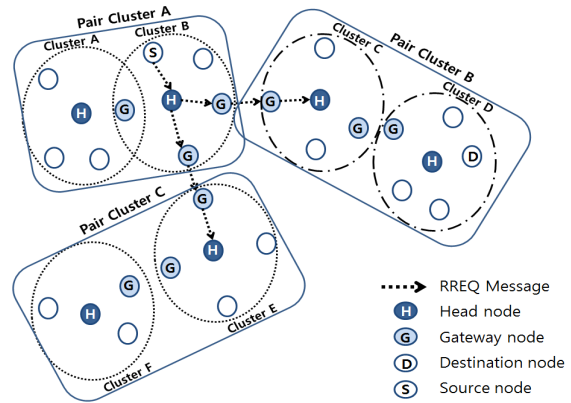


그림 4. PCBRP에서 RREQ 흐름
(두 클러스터 이상 떨어진 경우)

IV. 결론

본 논문에서는 기존의 CBRP에서 페어 개념을 사용하여 CBRP보다 향상된 PCBRP를 제안한다. PCBRP는 클러스터를 한 쌍의 페어로 묶어 기존의 클러스터 보다 반경이 큰 페어 클러스터를 만들어, 한 쌍의 클러스터 헤더가 멤버 노드를 관리 운용 한다. CBRP는 인접 클러스터의 경로 설정으로 인한 경로 설정 지연과 제어 메시지의 트래픽이 발생하는데 PCBRP는 인접 클러스터로 이루어진 페어 클러스터의 내부를 proactive 라우팅 방식을 사용하여 경로 요청으로 인한 지연 감소와 제어 메시지의 트래픽을 감소시킨다 따라서 PCBRP는 네트워크의 전체 지연, 제어 트래픽 감소의 측면에서 성능이 향상된다.

참고문헌

- [1] Perkins CE, Bhagwat P, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing(DSDV) for Mobile Computers," In proceedings of ACM Sigcomm, 1994.
- [2] C.E. Perkins, E.M. Royer, S. DAS., "Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing", RFC3651[S], July 2003.
- [3] M. Jiang, J. Li, Y.C Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP)", Internet Draft draft-ietf-manet-cbrp-spec-01.txt, Aug. 1999.
- [4] K. Tutschku and P. Tran-Gia, "Spatial Traffic Estimation and Characterization for Mobile Communication Network Design", IEEE Journal of Selected Areas Communications, Vol. 15, pp.804-811, June 1998.
- [5] M. Chatterjee, S. K. Sas, D. Turqut, "An on-demand weighted clustering algorithm(WCA) for Ad Hoc Networks", In proc. of IEEE GLOBECOM, pp. 1697-1701, 2000.