

이동 임시 무선망에서의 효율적인 다중 홉 클러스터 라우팅 프로토콜

이현철⁰ 김시관
금오공과대학교 소프트웨어공학과
{lhc33⁰, sgkim@se.kumoh.ac.kr}

An Efficient Multi-Hop Cluster Routing Protocol in Mobile Ad hoc Network

Hyun-Chul LEE⁰ Si-Gwan Kim
Dept. of Software Engineering, Kumoh National Institute of Technology

요 약

이동 임시 무선망은 잦은 망 구성의 변화, 라우터의 수, 제한된 사용 자원 등 기존 유선 네트워크와는 다른 특성들을 가지게 된다. 따라서 기존의 유선 네트워크에서 사용하던 라우팅 프로토콜들을 이동 임시 무선망에 그대로 적용시킨다면 많은 문제점들이 발생하게 된다. 본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜은 이동 임시 무선망의 특성을 고려하여, 네트워크 내의 이동 호스트를 멀티 홉을 갖는 클러스터로 묶고, 클러스터 헤드로 하여금 자신의 멤버 호스트들과 이웃 클러스터들의 헤드 정보를 유지하게 하여, 경로 설정에 대한 요구가 있을 때에 적은 지연 시간과 적은 패킷으로 목적지까지의 최단 경로를 설정할 수 있도록 한다. 또한 경로 설정과 데이터 전송 모두가 클러스터 헤드를 이용한다. 이러한 경우 모든 데이터와 경로 설정 시 발생하는 패킷들이 클러스터 헤드로 집중되어 네트워크 부하가 발생하게 되는데 본 제안에서는 네트워크의 부하를 줄이기 위하여 후보 클러스터 헤드를 이용하는 방법을 제시한다.

1. 서 론

이동 임시 무선망(Mobile Ad-hoc Network)은 유선 네트워크에 비해 상대적으로 라우터의 개수가 많고 이동 호스트들의 이동으로 인하여 잦은 위상 변경으로 네트워크 토폴로지가 동적으로 변하는 특성을 갖는다. 또한 무선 통신의 특성인 저 대역폭과 통신의 잦은 끊김이 발생하고 제한된 사용 자원 등으로 많은 제약이 존재한다. 따라서 기존의 유선 네트워크에서 사용된 프로토콜을 그대로 사용할 수 없다. 이러한 특성들은 이동 임시 무선망 환경을 위한 라우팅 프로토콜 설계 시에 반드시 고려되어야 할 중요한 요소들이다[4]. 이동 임시 무선망 환경 특성 중 이동 호스트들의 잦은 이동으로 인한 동적으로 변하는 문제점에 대해 이동 호스트들을 그룹화 하는 클러스터 구성을 이용하여 경로 설정 과정에서 발생하는 네트워크 오버헤드를 최소화해서 문제점을 해결하였다[1,2]. 클러스터링을 통하여 클러스터 헤드와 멤버를 갖는 클러스터를 구성하고 클러스터가 형성되면 클러스터 헤드는 멤버와 이웃 클러스터 헤드로의 라우팅 정보를 유지하며 후에 경로 결정 시 사용한다. 이러한 방법을 제안하고 있는 라우팅 프로토콜로는 CBRP[3], MHCR[4] 등이 있다. 본 논문에서는 이러한 클러스터링을 통하여 경로 설정과 유지를 함으로써 이동 임시 무선망에서의 호스트들의 잦은 이동으로 인한 네트워크 오버헤드와 지연시간을 해결하는 방법에 대해서 기존의 관련 연구를 소개하며 효율적인 클러스터 라우팅 프로토콜을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 소개하고 3장에서는 개선된 MHCR 프로토콜의 경로 설정 방법 및 알고리즘에 대해서 설명한다. 4장에서는 제안 방법과 기존의 MHCR과 비교하고, 5장에서 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 이동 임시 무선망 라우팅 프로토콜

이동 임시 무선망 환경에서 라우팅 프로토콜은 크게 순향적(proactive) 설정 방식과 반응적(reactive) 설정 방식, 순향적 설정과 반응적 설정 방식을 혼합하여 사용한 방식으로 분류한다[7,8].

순향적 설정 방식은 각 이동 호스트가 주기적으로 방송하여 경로 정보를 항상 유지하고 있기 때문에 경로 정보가 필요할 때 즉시 사용할 수 있다. 하지만 항상 경로 정보를 유지하여야 하기 때문에 많은 네트워크 트래픽을 발생시킨다. 반면에, 반응적 설정 방식은 목적 호스트에 대한 경로 설정이 요구될 때 경로 설정 절차를 수행한다. 따라서 순향적 설정 방식보다 상대적으로 적은 네트워크 트래픽이 일어난다. 그러나 경로 설정 과정에서 경로 설정 지연 시간이 발생된다[6,8].

혼합 방식은 순향적 설정 방식의 문제점과 반응적 설정 방식의 문제를 해결하기 위하여 혼합한 형태로서 임의의 홉 거리만큼 이웃 호스트에 대한 라우팅 정보를 유지하며, 그 이외의 호스트에 대해서는 경로 설정 절차를 수행한다. 혼합 방식을 사용함으로써 경로 설정 과정에서의 지연시간과 네트워크 오버헤드를 줄일 수 있다. 혼합 방식을 사용하는 라우팅 프로토콜로는 CBRP[3], MHCR[4] 등이 있다.

2.2 CBRP(Cluster Based Routing Protocol)[3]

혼합 방식의 대표적인 라우팅 프로토콜인 CBRP는 클러스터링을 통하여 클러스터 헤드와 멤버를 갖는 클러스터를 구성한다. 지역적으로 인접한 호스트들 사이에서 자신과 이웃한 호스트들과의 우선 순위를 따져 클러스터 헤드를 선출하고 멤버를

구성한다. 이렇게 클러스터가 형성되면 클러스터 헤드는 자신의 멤버와 이웃 클러스터의 헤드에 대한 정보를 유지한다. 목적지에 대한 라우팅 정보가 필요한 호스트는 자신의 헤드에게 정보를 요구한다. 정보 요청을 받은 클러스터 헤드는 먼저 자신의 멤버에 목적지 호스트가 있는지 조사하고, 없는 경우에 이웃 클러스터 헤드에게 경로 요청 패킷을 전송한다. 이웃 클러스터 헤드로부터 경로 요청을 받은 클러스터 헤드는 자신의 멤버 중에 목적지 호스트가 있는지 조사하고, 만약 있으면 소스 라우트 정보를 생성하여 경로 요청을 한 호스트로 소스 라우트 정보를 제공한다.

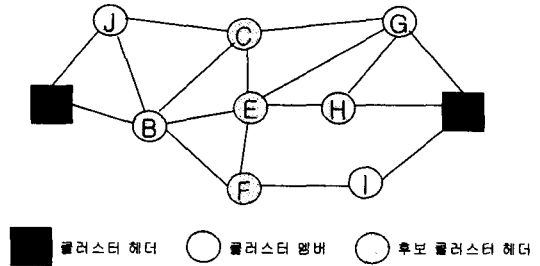


그림 1 클러스터 구성

2.3 MHCR(Multi-Hop Cluster Routing Protocol)[4]

MHCR은 혼합 방식으로서 CBRP와 같은 클러스터에 기반을 두고 있다. 기존의 CBRP에서는 클러스터를 형성하기 위하여 고정된 1홉의 거리를 사용하고 있지만 MHCR은 동적으로 변화하는 이동 임시 무선망에 잘 적용하기 위하여 고정된 홉의 거리 대신 크기가 동적으로 변경될 수 있는 멀티 홉 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜이다. 또한 각 클러스터간의 연결을 위해 브릿지 호스트를 선출하여 클러스터 헤드간의 경로 정보와 최소 경로를 제공함으로써 클러스터 헤드간의 최소 경로를 제공한다.

그림 1에서와 같이 C, E, F는 A가 클러스터 헤드인 클러스터에 속하는 클러스터 멤버이며 또한 K가 클러스터 헤드인 클러스터에 속하는 클러스터 멤버이다. 이러한 호스트들 중에서 같은 홉의 크기를 가지는 호스트가 후보 클러스터 멤버가 된다. 후보 클러스터 멤버는 경로 설정 시에 클러스터 헤드간의 패킷 전송 및 네트워크에 부하가 걸릴 경우 다른 후보 호스트가 클러스터 멤버가 되어 최소 경로를 제공하는 기능을 한다.

MHCR에서의 CFP(Cluster Formation Packet) 패킷을 따르거나 브릿지 호스트를 위한 확장 패킷이 없이 CFP 패킷에 추가적인 정보를 지니는 필드를 가진다.

3. 효율적인 다중 홉 클러스터 라우팅 프로토콜

기존의 MHCR 프로토콜은 네트워크 내의 불필요한 패킷 발생을 줄이기 위해 클러스터 형성 시 클러스터간의 연결을 위해 브릿지 호스트를 선출하고 클러스터 헤드간의 정보와 최소 경로를 제공하는 패킷을 가지며, 각 호스트를 기준으로 클러스터 크기만큼의 인접 호스트에 대해서는 클러스터 헤드를 이용하지 않고 데이터를 전송할 수 있게 하였다. 따라서 네트워크의 부하가 집중되는 클러스터 헤드의 사용을 분산시켰으나, 그렇게 하기 위해서 사용된 불필요한 패킷과 클러스터 헤드의 기능을 충분히 발휘하지 못했다. 따라서 본 논문에서는 클러스터 헤드에 기능을 추가하여 새로운 패킷을 생성하지 않고 효율적으로 클러스터 라우팅을 하였다.

Type	PV	S	SQ	Dest ID	Hop	HE	Extension
------	----	---	----	---------	-----	----	-----------

그림 2 CFP 패킷의 형식

클러스터를 구성하기 전의 호스트들은 CFP 패킷의 S(State) 필드 값이 0이며, 클러스터 헤드는 1, 클러스터 멤버는 2이다. PV(Priority Value)는 호스트의 우선 순위를 나타내며, SQ(Sequence)는 패킷의 일련 번호, Dest ID는 패킷을 발생한 호스트, Hop은 클러스터의 크기, HE(Head Extension)는 후보 클러스터 멤버를 나타낸다. 후보 클러스터 멤버의 값은 호스트의 우선 순위를 따져 우선 순위가 높은 호스트가 0의 값을 가지며 임시 클러스터 헤드가 된다. 클러스터 구성이 끝나면 각 호스트는 이동 임시 무선망 내에 경로 정보를 획득하기 위한 경로 설정 작업을 수행한다.

3.1 클러스터 구성

본 논문에서는 초기 클러스터를 구성 시 MHCR에서 클러스터링 구성 방법을 이용하여 클러스터를 구성한다. 다음은 클러스터를 구성 방법이다.

각 호스트는 자신의 이동성을 바탕으로 우선 순위를 결정한다. 같은 클러스터의 크기의 거리에 있는 호스트 중에서 우선 순위가 높은 호스트가 있는지 따져서 우선 순위가 가장 높은 호스트가 같은 클러스터 크기의 호스트들 중에서 클러스터 헤드가 되고 나머지 호스트들은 멤버 호스트가 된다. MHCR에서는 클러스터가 구성되면 클러스터와 클러스터를 연결해 주는 브릿지 호스트를 선출한다. 브릿지 호스트를 선출하는 이유는 클러스터 헤드간의 데이터 전송통로로 사용하며 오버헤드를 줄이고 최소 경로를 유지하기 위해서이다. 그러나 브릿지 호스트를 선출하기 위해서 CFP 패킷에 BE(Bridge Extension)를 확장한 또 다른 패킷을 생성해야 한다. 오버헤드를 줄이기 위하여 클러스터 구성 시 임의의 한 호스트가 두 개 이상의 클러스터의 같은 홉 거리를 가지고 클러스터 헤드를 가질 경우 그 호스트는 후보 클러스터 헤드가 된다.

3.2 경로 설정

클러스터내의 모든 정보 전달은 클러스터 헤드를 통해 이루어진다. 하지만 클러스터 정보만 가지고는 클러스터 호스트들에 대한 경로를 작성할 수 없다. 따라서 각 호스트들은 패킷이 클러스터 헤드를 통해 거쳐 온 정보를 라우팅 테이블에 작성을 한다. MHCR에서의 경로 설정 패킷과 각 이동 호스트가 유지하는 테이블들이 그러하다. 그러나 제안하는 방법에서는 클러스터 헤드를 통해서 정보를 주고받기에 조금 다르다

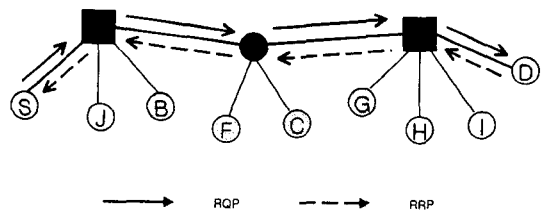


그림 3 경로 설정 과정

그림 3과 같이 경로 정보가 필요한 송신 호스트(S)가 클러스터 헤드에게 목적지 호스트(D)의 경로를 요청한다. 요청을 받은 클러스터 헤드는 자신의 클러스터에서 목적지 호스트가 있는지 조사를 한다. 만약 목적지 호스트가 없으면 RQP(Route Query Packet)를 생성하여 이웃 클러스터 헤드로 전송을 한다. 그러기 위해서 임시 클러스터 헤드로 RQP를 전송 한다. RQP의 정보는 클러스터 헤드가 추가로 유지하는 테이블에 저장되며, 목적지 호스트가 응답 패킷을 보낼 때 사용된다. RQP를 수신한 목적지 호스트나 목적지에 대한 경로 정보를 가지고 있는 클러스터 헤드는 RRP(Route Reply Packet)를 송신 호스트로 보낸다.

MHCR 프로토콜에서는 경로 발견으로 설정된 경로가 최적의 경로가 아닐 수 있기 때문에 CFP 패킷에 OE (Optimization Extension)를 확장한 패킷을 이용하여 경로 최적화 작업을 하나 본 제안에서는 초기 경로 설정이 최적의 경로이기 때문에 경로 최적화 작업을 할 필요가 없다.

3.3 경로 유지

경로를 설정하는 도중이나 끝난 후에도 이동 호스트의 특성 상 계속 변하게 된다. 이러한 경우 경로 유지 방법이 필요하다. MHCR프로토콜에서 제안한 경로 유지 방법을 따르나 데이터의 전송이 클러스터 헤드를 이용하므로 클러스터 헤드가 부하가 걸렸을 때 경로 유지하는 방법을 설명한다.

그림 3에서 S가 D로 데이터를 전송하고 있고 J호스트가 H노드로 데이터를 보낼 때 클러스터와 클러스터 사이에 구성되어진 임의의 클러스터 헤드 E는 네트워크 부하가 많이 걸린다. 따라서 네트워크 부하를 나타내는 임계값을 넘는 경우 다른 후보 클러스터 헤드가 클러스터 헤드가 되어 경로 설정을 한다. 그림 3에서 후보 클러스터 헤드인 C와 F중에서 CFP패킷의 PV와 HE 필드의 값을 따져 우선 순위가 높은 후보 클러스터 헤드가 클러스터 헤드가 된다. 초기 경로 설정 과정에서의 경로가 S -> A -> E -> K -> D 로 경로가 발견되어 데이터가 전송되고 또 다른 호스트가 원하는 목적지 호스트 경로를 요청하여 클러스터 헤드 A 나 K에게 패킷을 발생하게 되는데 수많은 호스트들이 이러한 패킷을 요청하거나 데이터를 전송을 하면 클러스터 헤드에게 집중적으로 부하가 많이 발생하게 된다. 이 때 이미 사용중인 임시 클러스터 헤드 E에 네트워크 부하값이 임계값을 초과하면 다른 F, C인 후보 클러스터 헤드가 우선 순위를 따져 임시 클러스터 헤드가 된다. 이러한 경로 유지는 이동 호스트들의 이동이 지역에 기반하여 이동하기 때문에 새로운 경로 설정 보다 적은 네트워크 오버헤드를 발생시키게 된다.

4. 제안 방법과 MHCR 프로토콜의 비교

MHCR 프로토콜을 사용하는 클러스터 라우팅 방법은 클러스터 형성 시 클러스터 헤드와 멤버 그리고 브릿지 호스트를 선출하여 클러스터 헤드간의 패킷 전송을 하여 네트워크 내에 불필요한 패킷 발생을 억제하고 최소 경로를 제공한다. MHCR에서처럼 브릿지 호스트를 선출하기 위하여 CFP+BE 패킷을 생성하는 방법에 대하여 본 제안에서는 패킷을 새로 생성하는 것이 아니라 기존 클러스터 구성을 위하여 사용된 CFP 패킷에 추가 필드를 사용하였다. 그리고 데이터의 전송은 경로를 발견하기 위하여 클러스터 헤드를 이용하고 최적화된 경로를 찾지만 MHCR에서의 경로 설정과 다르게 클러스터 헤드를 이용하므로 CFP+OE 패킷을 쓰지 않았고 임시 클러스터 헤드를 사용함으로써 후보와 임시 클러스터 헤드에 테이블

(NCHT, RRHT)가 추가되고 모든 호스트의 테이블에서 OT (Optimization Table)가 삭제되는데 결과적으로 전체 테이블이 감소하는 효과가 생긴다. 이처럼 경로 설정과 데이터 전송 모두가 클러스터 헤드를 이용하는 경우 모든 데이터와 경로 설정 시 발생하는 패킷들이 클러스터 헤드로 집중되어 네트워크 부하가 발생하게 되는데 본 제안에서는 네트워크의 부하를 줄이기 위하여 후보 클러스터 헤드를 이용한다.

네트워크 부하가 임계값을 초과하는 경우에 새로운 경로 설정이 필요한데, 후보 클러스터 헤드 중에서 CFP의 PV와 HE 필드값을 따져 우선 순위가 높은 호스트가 임시 클러스터 헤드가 된다. 이렇게 한 곳으로 치우치는 데이터 전송과 패킷 발생을 분산하면 이동 임시 무선망의 라우팅에서 발생하는 오버헤드와 지연시간에 능동적으로 대처할 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서 제안한 방법은 기존의 MHCR 프로토콜에서 경로 설정 후 최적화된 경로를 찾는 문제에서 좀 더 지연시간을 줄이고 네트워크 오버헤드를 줄이기 위한 방법을 제시하였다. 또한 불필요한 패킷 발생을 줄이고 클러스터 헤드로 하여금 경로 설정 및 데이터 전송에 기능을 전담하여 문제를 해결하였다. 향후 과제로서 시뮬레이션을 통해 기존의 제안된 여러 알고리즘과 라우팅 오버헤드에 관한 성능 분석을 예정하고 있다.

[참고 문헌]

- [1] Raghupathy Sivakumar, Prasun Sinha, Vacuvur Bharghavan, "CEDAR: a Core-Extraction Distributed Ad hoc Routing algorithm" IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol 17, No 8, Aug. 1999
- [2] P. Krishna, N. H. Vadiya, M. Chatterjee, D. K. Pradhan, "A Cluster-based Approach for Routing in Dynamic Networks" ACM SICCOMM Computer Communication Review, 49, pp. 49-64, 1997
- [3] M. Jiang, J. Li, and Y. C. Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP) Functional Specification" Internet Draft, Aug. 1999
- [4] 전형국, 김문정, 엄영익, "무선 애드-혹 네트워크를 위한 다중-홉 클러스터 라우팅 프로토콜", 한국정보과학회 논문지 I, VOL.28 NO.02 pp. 0183~0195, 2001
- [5] 왕기철, 이문근, 조기환, "Ad hoc 네트워크 상에서의 효율적인 클러스터 기반 라우팅", 정보과학회 2001년 추계학술대회, VOL.28 NO.02 pp. 0748-0750, 2001
- [6] C-K Toh "Ad Hoc Mobile Wireless Networks" Prentice Hall PTR 2002.
- [7] Charles E. Perkins "AD HOC NETWORKING" Addison Wesley 2000.
- [8] Elizabeth M. Royer & Chai-Keong Toh "A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks" IEEE personal Communications Apr. 1999.