이동 임시무선망에서의 효율적인 다중 홉 클러스터 라우팅 프로토콜†

(An Efficient Multi-Hop Cluster Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Network)

김 시 관*
(Si-Gwan Kim)

요 약 Ad Hoc 네트워크는 잦은 망 구성의 변화, 라우터의 수, 제한된 사용 자원 등 기존 유선 네트워크와는 다른 특성들을 가지게 된다. 따라서 기존의 유선 네트워크에서 사용하던 라우팅 프로토콜들을 Ad Hoc 네트워크에 그대로 적용시킨다면 많은 문제점들이 발생하게 된다. 본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜은 Ad Hoc 네트워크의 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.

핵심주제어 : Ad Hoc 네트워크, 라우팅 알고리즘

Abstract An ad hoc wireless networks forms temporary network without the aid of fixed networks or centralized administration with a collection of wireless mobile hosts. In this case, it is necessary for one mobile host to enlist the aid of other hosts in forwarding a packet to its destination. This paper presents an efficient cluster-based routing protocol scheme for ad hoc networks. The cluster is used for path setup and data delivery. Our cluster-based routing algorithm is designed for the improvement of the load balance. Our simulation results show the improved performance for low mobility networks comparing with the previous works.

Key Words : Ad Hoc Network, Routing Algorithm

1. 서 론

Ad Hoc 네트워크는 무선 인터페이스를 사용하여 이동 노드들간에 peer-to-peer 통신이 가능하다. Ad Hoc 네트워크는 유선 네트워크에 비해 다음과 같은 특성을 가지고 있다. 첫째, 노드의 이동에 따라 네트워크 토폴로지가 동적으로 변화한다. 네트워크 토폴로지의 변화는 빈번한 루트 정보의 갱신을 야기시켜 루트 정보의 관리를 복잡하게 하며, 이를 위한 라우팅 제어 메시지는 네트워크의 오버헤드로서 작용한다. 둘째, 이동 노드들은

† 본 연구는 금오공과대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구된 논문입니다.
* 금오공과대학교 컴퓨터공학부

무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신한다. 무선 인터페이스는 기본적으로 전송 대역폭 및 전송 거리상의 제약이 있다. 따라서, 원거리 노드들 간의 통신을 위해서는 멀티-홉 통신이 필수적이다. 멀티-홉 통신을 위해 각 노드는 호스트 기능 외에 라우팅 기능도 포함한다. 셋째, 이동 노드들은 제한된 용량의 배터리를 사용하기 때문에 에너지 사용에 있어 제약이 크다. 따라서, 배터리 상태를 고려한 통신이 필요하다. 넷째, 이동 노드들은 무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신하고 있으며, 모든 노드들이 라우팅 기능을 가지고 있기 때문에 보안 상으로 매우 취약하다. 특히, 브로드캐스팅되는 라우팅 제어 메시지는 해킹의 위험이 크다.

이와 같은 문제점으로 인하여 Ad Hoc 네트워크는 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 Ad Hoc 네트워크 환경을 위한 라우팅 프로토콜 설계 시에 반드시 고려되어야 할 중요한 요소들이다[1].

Ad Hoc 네트워크 환경 특성 중 이동 호스트들의 잦은 이동으로 인한 동적으로 변하는 문제점에 대해 이동 호스트들을 그룹화 하는 클러스터 구성을 이용하여 경로 설정 과정에서 발생되는 네트워크 오버헤드를 최소화해서 문제점을 해결하였다[2,3]. 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[2], MHCR[1] 등이 있다. 본 논문에서는 이러한 클러스터링을 통하여 경로 설정과 유지를 함으로써 Ad Hoc 네트워크에서의 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 시뮬레이션을 통하여 제안 방법과 기존의 MHCR과 비교 분석을 하고, 5장에서 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 Ad Hoc 네트워크 라우팅 프로토콜

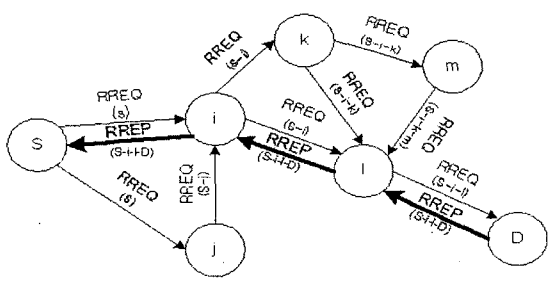
Ad Hoc 네트워크 환경에서 라우팅 프로토콜은 크게 순향적(proactive) 설정 방식과 반응적(reactive) 설정 방식, 순향적 설정과 반응적 설정 방식을 혼합하여 사용한 방식으로 분류한다[3,4,5,7,8].

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[2], MHCR[1] 등이 있다.

Destination Sequenced Distance Vector (DSDV)[10]는 순향적 설정 방식의 일종으로 유선 네트워크에서 사용되고 있는 Bellman-Ford 라우팅 방식에 기초하고 있으며, 목적지 순차 번호(destination sequence number)를 사용하여 토폴로지 변화에 의한 라우팅 루프의 발생을 방지하고 있다. 각 노드는 다른 모든 노드로의 루트 정보를 라우팅 테이블에 유지하고 있다. 라우팅 테이블의 갱신은 full dump와 incremental dump 형태로 이루어진다. Full dump는 노드 자신이 가진

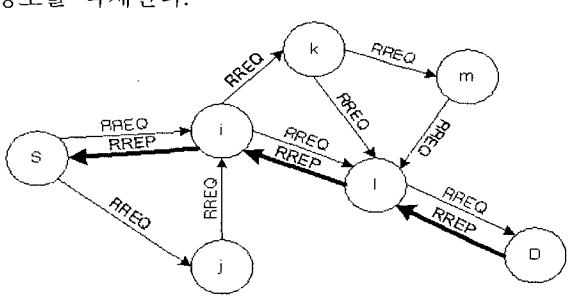
모든 라우팅 정보를 다른 노드로 브로드캐스팅하는 방식으로서, 갱신할 라우팅 정보가 많을 경우에 사용한다. 반면에 incremental dump는 라우팅 정보의 변경이 있을 경우에 새로 변경된 라우팅 정보만을 브로드캐스팅하는 방식이다. 각 노드가 유지하고 있는 루트 정보는 [destination address, metric, sequence number, next hop]의 형태를 가지고 있으며, 이중에서 [destination address, metric, sequence number] 정보는 full/incremental dump를 통해 이웃 노드로 브로드캐스팅된다. 순차 번호는 새로운 라우팅 정보의 생성 또는 갱신 시에 증가된다.



<그림 1> DSR 루트 탐색 절차

Dynamic Source Routing(DSR)은 반응적 설정 방식의 일종으로 소스 라우팅 방식에 기초하고 있으며 모든 노드는 경로 캐쉬를 유지하고 있다. DSR 라우팅 방식은 경로 탐색 절차와 경로 관리 절차로 이루어진다. 경로 탐색 절차는 패킷 데이터 발생 시 목적 노드로의 경로 정보가 존재하지 않을 경우 경로 정보 획득을 위해 Route Request (RREQ) 메시지를 이웃 노드로 브로드캐스팅한다. RREQ 메시지를 수신한 중간 노드가 목적 노드로의 경로 정보를 경로 캐쉬에 가지고 있지 않을 경우 자신의 주소를 RREQ에 추가하여 이웃 노드로 다시 브로드캐스팅한다. RREQ 메시지를 수신한 중간 노드가 목적 노드로의 경로 정보를 루트 캐쉬에 저장하고 있을 경우, 목적 노드로의 루트 정보를 RREP 메시지에 추가하여 소스 노드로 전달한다. 루트 상의 링크 오류 발생시 Route Error(RERR) 메시지를 생성하여 소스 노드로 전달한다. RERR을 수신한 노드는 자신의 경로 캐쉬에서 해당 오류 발생 링크 정보를 삭제하며, 다른 우회 경로가 있을 경우 이를 이용하여 데이터 전달을 계속하며, 그렇지 않을 경우 RERR 메시지를 소스 노드로 전달한다.

Ad hoc On-demand Distance Vector(AODV)는 DSDV와 같이 목적지 순차 번호를 사용하여 라우팅 루프를 방지하며, DSR과 유사한 경로 탐색 절차를 사용한다. 루트 탐색이 필요한 경우 RREQ 메시지가 생성되어 이웃 노드로 브로드 캐스팅되며, 목적 노드로의 경로 정보를 가진 중간 노드 또는 목적 노드가 RREQ 메시지를 수신하면 RREP 메시지로서 응답한다. 중간 노드가 목적 노드로의 경로 정보를 가지고 있지 않을 경우 RREQ 메시지를 이웃 노드로 다시 브로드캐스팅한다. RREP 메시지는 RREQ 메시지가 전달된 루트의 반대 방향으로 유니캐스팅된다. RREQ 메시지를 수신한 노드는 역방향 경로 정보를 생성하여 저장하며 RREP 메시지를 수신한 노드는 순방향 루트 정보를 생성하여 저장한다. 하나의 노드가 동일한 RREQ 메시지를 중복적으로 수신한 경우 최초로 수신된 것만 사용한다. 루트 내의 특정 링크에서 오류가 발생한 경우 지역적인 경로 재탐색 절차를 수행하거나, 또는 RERR 메시지가 생성 소스 노드로 전달하여 소스 노드로 하여금 경로 재탐색 절차를 시작하게 한다. RERR을 수신한 노드는 오류가 발생한 링크와 관련된 경로 정보를 삭제한다.



<그림 2> AODV 루트 탐색 절차

한편, Zone Routing Protocol(ZRP)[11, 12]는 순향적 방식과 반응적 방식을 혼합한 라우팅 방식으로서 각 노드는 미리 정의된 범위의 라우팅 영역(zone)을 가진다. 라우팅 영역의 크기는 홉 수를 기준으로 정의된다. 동일 영역 내에서의 라우팅 정보의 관리는 proactive 라우팅 방식에 기초한 Intrazone Routing Protocol(IARP)에 의해서 수행된다. 외부 영역에 속한 노드로의 루트 정보의 탐색은 reactive 라우팅 방식에 기초한 Interzone Routing Protocol(IERP)에 의해서 수행된다. 그리

고 IERP 메시지의 효율적인 브로드캐스팅을 위해 Bordercasting Routing Protocol (BRP)이 사용된다.

혼합 방식의 대표적인 라우팅 프로토콜인 CBRP(Cluster Based Routing Protocol)[2]는 클러스터링을 통하여 클러스터 헤드와 멤버를 갖는 클러스터를 구성한다. 지역적으로 인접한 호스트들 사이에서 자신과 이웃한 호스트들과의 우선순위를 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.

MHCR(Multi-Hop Cluster Routing Protocol)[1]은 혼합 방식으로서 CBRP와 같은 클러스터에 기반을 두고 있다. 기존의 CBRP에서는 클러스터를 형성하기 위하여 고정된 1홉의 거리를 사용하고 있지만 MHCR은 동적으로 변화하는 Ad Hoc 네트워크에 잘 적응하기 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.

기존의 MHCR 프로토콜은 네트워크 내의 불필요한 패킷 발생을 줄이기 위해 클러스터 형성 시 클러스터간의 연결을 위해 브릿지 호스트를 결정하고 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 분산시켜 주는 효과를 가지지만 불필요한 패킷의 발생되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 클러스터 헤드에 기능을 추가하여 새로운 패킷을 생성하지 않고 효율적으로 라우팅할 수 있는 기법을 다음절에서 제안한다.

3. 효율적인 다중 홉 클러스터 라우팅 프로토콜

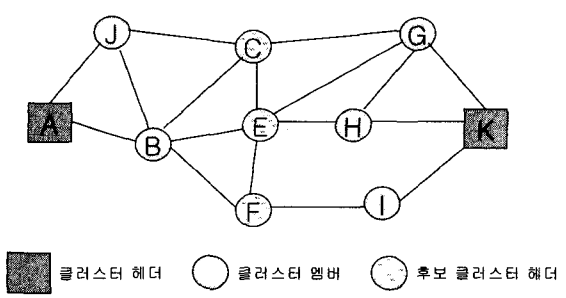
MHCR 프로토콜을 사용하는 클러스터 라우팅 방법은 클러스터 형성 시 클러스터 헤드와 멤버 그리고 브릿지 호스트를 선출하며 클러스터 헤드간의 패킷 전송을 통하여 네트워크 내에 불필요한 패킷 발생을 억제하고 또한 최소 경로를 제공한다. 제안 알고리즘은 MHCR에서처럼 브릿지 호스트를 선출하기 위하여 CFP+BE 패킷을 생성하는 것이 아니라 클러스터 형성을 위하여 사용된 CFP 패킷에 추가 필드를 사용함으로써 패킷의 수를 줄였다. 그리고 데이터의 전송은 경로를 발견하기 위하여 클러스터 헤드를 이용하고 최적화된 경로를 찾지만 MHCR에서의 경로 설정과 다르게 클러스터 헤드를 이용하고, CFP+OE 패킷을 사용하지 않고 임시 클러스터 헤드를 사용하며 후보와 임시 클러스터 헤드에 NCHT 및 RRHT 테이블이 추가되고 모든 호스트의 테이블 중 OT(Optimization Table)가 불필요하게 되어 결과적으로 전체 테이블이 감소하는 효과가 생긴다.

경로 설정과 데이터 전송 모두가 클러스터 헤드를 이용하는 경우 모든 데이터와 경로 설정 시 발생하는 패킷들이 클러스터 헤드로 집중되어 네트워크 부하가 발생하게 된다. 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 함으로써 한 곳으로 치우치는 데이터 전송과 패킷 발생을 분산하면 Ad Hoc 네트워크의 라우팅에서 발생하는 오버헤드와 지연시간에 능동적으로 대처할 수 있다. 제안하는 클러스터 라우팅 알고리즘은 클러스터의 구성, 경로 설정, 경로 변경으로 구성되어 있다.

3.1 클러스터 구성

본 논문에서는 초기 클러스터 구성 시 MHCR에서의 클러스터링 구성 방법이 기본이 되어 클러스터를 구성한다. 다음은 본 논문에서 제안하는 알고리즘에서의 클러스터를 구성 방법이다.

각 호스트는 자신의 이동성을 바탕으로 우선순위를 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. 클러스터가 구성되면 클러스터와 클러스터를 연결해 주는 브릿지 호스트를 결정한다. 브릿지 호스트를 선출하는 이유는 클러스터 헤드간의 데이터 전송통로로 사용하며 오버헤드를 줄이고 최소 경로를 유지하기 위해서이다. 그러나 브릿지 호스트를 선출하기 위해서 CFP(Cluster Formation Packet) 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.



<그림 3> 클러스터 구성

그림 3에서와 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.

Type	PV	S	SQ	Dest ID	Hop	HE	Extension

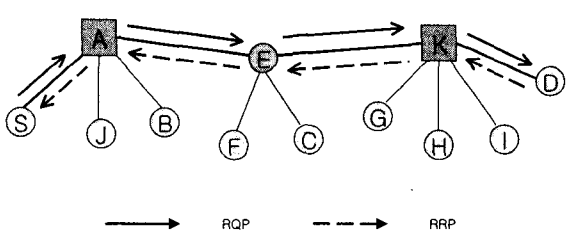
<그림 4> CFP 패킷의 형식

CFP 패킷은 브릿지 호스트를 위한 확장 패킷이 없이 CFP 패킷에 추가적인 정보를 지니는 필드를 가지며 그 형식은 그림 4와 같다.

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 Ad Hoc 네트워크 내에 경로 정보를 획득하기 위한 경로 설정 작업을 수행한다.

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.



<그림 5> 경로 설정 과정

그림 5와 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. 본 제안 알고리즘에서는 MHCR 프로토콜과는 달리 초기 경로 설정이 최적의 경로이기 때문에 경로 최적화 작업을 할 필요가 없다.

3.3 경로 변경

경로를 설정하는 도중이나 끝난 후에도 이동 호스트의 특성상 계속 변하게 된다. 이러한 경우 경로 변경이 필요하다. 경로 변경 방법은 다음과 같이 데이터의 전송이 클러스터 헤드를 이용함으로 클러스터 헤드가 부하가 걸렸을 때의 경우를 통하여 설명한다.

그림 5에서 S가 D로 데이터를 전송하고 있고 J 호스트가 H노드로 데이터를 보낼 때 클러스터와 클러스터 사이에 구성되어진 임의 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 5에서 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. 임시 클러스터 헤드를 사용함으로써 새로운 경로 설정하는 기존의 기법보다 적은 네트워크 오버헤드를 발생시키게 된다.

4. 시뮬레이션

시뮬레이션은 UCLA에서 개발된 이벤트 구동식의 패킷 수준의 시뮬레이터인 Maisie [9]를 사용하였다. 채널의 대역폭은 1.5 Mbits/sec, 이동 노드의 수는 50개이며 이동 범위는 100m x 100m, 데이터 패킷의 길이는 512 바이트이며 평균 도착 시간 간격은 지수 분포라고 가정한다. 각 노드는 랜덤하게 새로운 위치를 선택하며 정지 시간(pause time)만큼 쉬었다가 다른 랜덤한 곳으로 이동하는 특성을 가정한다.

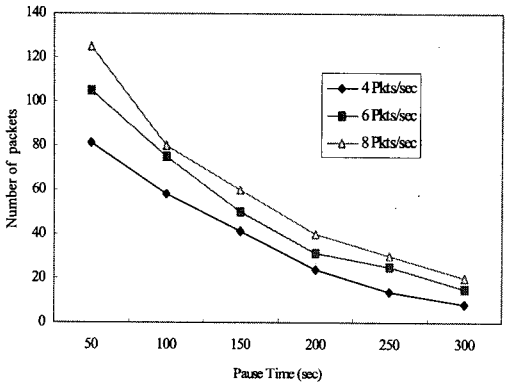
그림 6은 클러스터를 형성하기 위한 발생되는 CFP 패킷의 수에 대한 실험을 행한 결과이다. 주어진 시간당 데이터 패킷의 수는 4, 6, 8 packets/sec로 실험을 행하였으며 노드 이동성이 활발할수록(즉, pause time이 작으면 작을수록) 생성되는 CFP 패킷이 증가함을 알 수 있다.

그림 7에서는 노드의 이동성에 따라 생성된 패킷이 목적지 노드에 도달하는 비율을 측정한 것이다. 기존의 알고리즘 MHCR(그림에서 MHCR로 표기)과 제안된 알고리즘(OURS로 표기)의 성능을 비교하였으며 노드의 이동성이 낮을수록 제안 알고리즘의 성능이 우수함을 보이는 것을 알 수 있다. 그러나, 정지 시간이 어느 정도 이하일 때, 즉, 이동성이 높은 경우는 제안 알고리즘의 성능이 오히려 낮아짐을 알 수 있다.

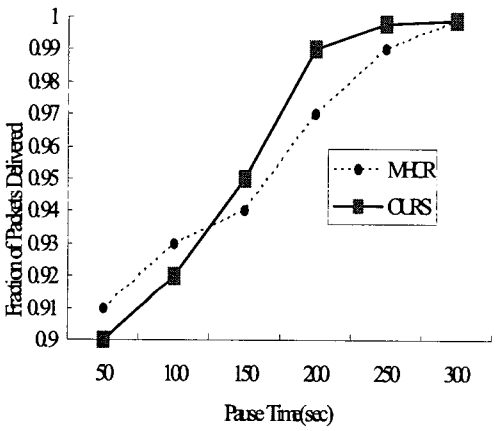
그림 8에서는 노드의 이동성에 따라 생성된 패킷이 목적지 노드에 도달할 때까지의 지연 시간을 측정한 것이다. 앞의 실험에서와 같이 노드의 이동성이 낮을수록 지연 시간이 짧아 제안 알고리즘의 성능이 우수함을 보이는 것을 알 수 있다. 그러나, 정지 시간이 어느 정도 이하일 때, 즉, 이동성이 높은 경우는 제안 알고리즘의 성능이 오히려 낮아짐을 알 수 있다.

5. 결 론

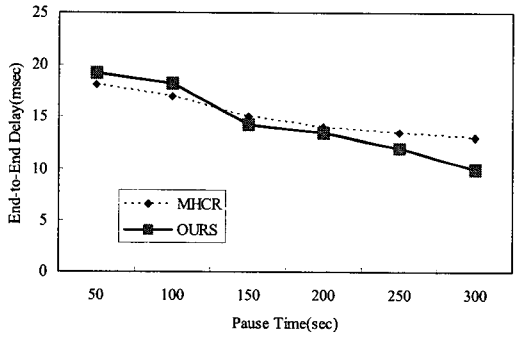
본 논문에서 제안한 방법은 기존의 MHCR 프로토콜에서 경로 설정 후 최적화 된 경로를 찾는 문제에서 좀 더 지연시간을 줄이고 네트워크 오버헤드를 줄이기 위한 방법을 제시하였다. 또한 불필요한 패킷 발생을 줄이고 클러스터 헤드로 하여금 경로 설정 및 데이터 전송에 기능을 전담



<그림 6> 정지시간에 따른 CFP의 생성 수



<그림 7> 정지 시간에 따른 패킷의 전달 비율



<그림 8> 정지 시간에 따른 패킷의 지연 시간

하여 문제를 해결하였다.

제안된 알고리즘은 네트워크 내의 이동 노드를 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 하였다. 또한 경로 설정과 데이터 전송 모두가 클러스터 헤드를 이용하였다. 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 제시하였다. 시뮬레이션을 통하여 지존의 알고리즘과 성능 분석을 통하여 이동성이 낮은 응용에서는 제안된 알고리즘이 우수함을 보였다.

참 고 문 헌

[1] 전형국, 김문정, 엄영익, "무선 애드-혹 네트워크를 위한 다중-홉 클러스터 라우팅 프로토콜", 한국정보과학회 논문지 I, VOL.28 NO.02 pp. 0183~0195, 2001.

[2] M. Jiang, J. Li, and Y. C, Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP) Functional Specification" Internet Draft, Aug. 1999.

[3] Raghupathy Sivakumar, Prasun Sinha, Vaduvur Bharghavan, "CEDAR: a Core-Extraction Distributed Ad hoc Routing algorithm" IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol 17, No 8, Aug. 1999.

[4] 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.

[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.
[9] R. Bagrodia, and W. Liao. Maisie : A language for design of efficient discrete event simulation computer networks. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Apr. 1994.
[10] C. E. Perkins & P. Bhagwat "Highly Dynamic Destination Sequenced Distance Vector Routing(DSDV) for Mobile Computers" Computer communications Review, 1994.
[11] Z.J. Haas and M.R. Pearlman "The Interzone Routing Protocol(IERP) for Ad Hoc Networks" http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietfmanet-zone-ierp-00.txt, IETF Internet draft, 1.2001, Work in progress.
[12] Z.J. Haas and M.R. Pearlman "The Intrazone Routing Protocol(IARP) for Ad Hoc Networks" http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietfmanet-zone-iarp-00.txt, IETF Internet draft, 1.2001, Work in progress.

김 시 관 (Si-Gwan Kim)

- 1982년 2월 경북대학교 공과대학 학사
- 1984년 2월 한국과학기술원 전산학과 석사
- 2000년 한국과학기술원 전산학과 박사
- 1984년~1995년 삼성전자, LG정보통신
- 2002년~현재 금오공대 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야 : 컴퓨터구조, 병렬처리, 이동컴퓨팅등