

논문 2004-41CI-3-5

이동 에드-혹 네트워크에서 조합 가중치 클러스터링 알고리즘에 의한 클러스터 그룹 멀티캐스트

(Cluster Group Multicast by Weighted Clustering Algorithm in Mobile Ad-hoc Networks)

박 양 재*, 이 정 현**

(Park Yang-Jae and Lee Jeong-Hyun)

요 약

본 논문에서는 이동 에드-혹 네트워크에서 조합가중치 클러스터링 알고리즘을 적용하여 강건하고 신뢰성 있는 클러스터 기반의 그룹 멀티캐스트 방식을 제안한다. 에드-혹 네트워크는 고정된 통신 하부 구조의 도움 없이 이동 단말기로만 구성된 무선 네트워크이다. 제한된 대역폭과 높은 이동성으로 인하여 에드-혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 강건하고, 간단하면서도 에너지 소비를 최소화하여야 한다. WCGM(Weighted Cluster Group Multicast) 방식은 조합 가중치 다중 클러스터 기반 구조를 이용하고 기존의 FGMP(Forwarding Group Multicast Protocol) 방식의 장점인 제한적인 플러딩에 의한 데이터 전달 방식은 유지하면서 클러스터 헤드 선출 시 조합가중치를 적용한다. 이것은 안정적이며 강건한 데이터 전달 구조를 가지기 때문에 데이터 전달 구조를 유지하기 위한 오버헤드(Overhead)와 데이터 전달을 위한 오버헤드를 모두 줄이는 효과를 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

Abstract

In this paper we propose Clustered Group Multicast by Clustering Algorithm in Wireless Mobile Ad-hoc Network. The proposed scheme applies to Weighted Cluster Algorithm. Ad-hoc network is a collection of wireless mobile hosts forming a temporary network without the aid of any centralized administration or reliable support services such as wired network and base station. In ad hoc network routing protocol because of limited bandwidth and high mobility robust, simple and energy consume minimal. WCGM method uses a base structure founded on combination weighted value and applies combination weight value to cluster header keeping data transmission by scoped flooding, which is the advantage of the exiting FGMP method. Because this method has safe and reliable data transmission, it shows the effect to decrease both overhead to preserve transmission structure and overhead for data transmission.

Keywords : Ad hoc, Multicast, Cluster Group

I. 서 론

무선 이동 네트워크는 기지국과 같은 고정장치나 중앙 집중식 기존의 이동통신 서비스와 특수한 환경에서 기지국과 같은 고정장치나 집중식 통제 없이 일시적인

통신망이 형성되는 MANET(Mobile Ad hoc Network) 그리고 두 가지 방식을 혼합한 하이브리드 무선 네트워크까지 다양한 형태로 발전하고 있다^[1]. 따라서 노드의 무선전파범위의 제약으로 인해 무선 도메인에서의 경로는 다중 홉으로 구성된다. 또한 노드들이 임의로 예측할 수 없이 이동하므로 네트워크의 위상이 동적으로 빈번하게 변화한다는 특성을 가지며, 고정 네트워크에 비하여 가용 할 대역폭과 전력 양의 제약이 크다.

무선 에드-혹 네트워크의 전형적인 응용분야는 재난복구, 전쟁, 응급구조 및 탐색작업 등과 같은 위급상황에서

* 정회원, 가천길대학 전산정보처리과
(Dept. of Computer Information Processing, Gachon-gil College)

** 정회원, 인하대학교 공과대학 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Engineering, Inha University)
접수일자: 2003년2월10일, 수정완료일: 2004년4월7일

대원들 간의 통신 혹은 콘서트나 컨퍼런스 와 같은 모임에서 구성원 간의 통신 등을 들 수 있는데, 이와 같은 경우의 통신은 대부분 구성원간의 공동작업을 수행하는 것이 목적이므로 브로드캐스트 또는 다중점-대-다중점 형태의 통신이 필요할 경우가 많다. 또한 에드-혹 네트워크는 물리적으로 브로드캐스트에 의해 전송이 이루어지기 때문에, 브로드캐스트 형태의 통신을 효율적으로 지원하기에 매우 적합한 네트워크이다. 이전 연구에서는 에드-혹 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜 연구에서 유니캐스트와는 별도로 에드-혹 네트워크의 브로드캐스트 능력을 활용할 수 있는 브로드캐스트 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 진행되어 왔다^[2].

II. 에드 혹 네트워크의 라우팅 방식

무선 에드-혹 네트워크의 라우팅 방식은 경로를 결정하는 시기에 따라 순향적(Proactive) 라우팅 방식과 반응적(Reactive) 라우팅 방식, 혼합(Hybrid)방식으로 분류할 수 있다. 순향적 라우팅 방식은 주기적으로 네트워크 정보를 수집하여 모든 목적지에 대한 경로를 미리 결정해 두는 방식이다.

순향적 라우팅 방식은 미리 경로가 결정되어 있으므로 즉시 패킷을 전송 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 무선 에드-혹 네트워크를 위한 순향적 라우팅 방식으로는 DBF^[2], DSDV^[3], WRP^[2]이 있다.

본 논문에서는 조합가중치 클러스터링 알고리즘을 적용하여 강건한 클러스터 그룹 멀티캐스트 방식을 제안한다.

WCGM방식은 조합 가중치 다중 클러스터 기반 구조를 이용한다. 기존의 FGMP(Forwarding Group Multicast Protocol)^[4]방식의 장점인 제한적인 플러딩에 의한 데이터 전달방식은 유지하면서 클러스터 헤드를 조합가중치를 두어선출함으로써 보다 안정적이며 강건한 데이터 전달 구조를 설정하여 데이터 전달 구조를 유지하기 위한 오버헤드와 데이터 전달을 위한 오버헤드를 모두 줄이는 방안을 제안한다.

가. 트리기반 라우팅 방식

멀티캐스트의 트리 구성 방식은 플러딩(Flooding)과 확장(Spanning) 트리를 생성하며, 트리를 생성하는 방식에는 송신자 기반 트리와 공유 트리로 분류된다. 송신자 기반의 트리는 플러딩과 삭제(Prune)기법으로 트리를 생성한다.

이 방식은 송신자와 수신자 사이에 하나의 유일한 경로만을 제공하기 때문에 네트워크 위상이 빈번히 변하는 에드-혹 네트워크에서는 경로가 단절되는 점, 플러딩과 삭제기법을 사용함으로써 대역폭을 낭비하는 점 그리고 브로드캐스트의 규모가 커질 경우에 브로드캐스트 그룹마다 또는 송신자마다 트리를 구축해야 하는 문제점이 있다.

나. 메쉬기반 라우팅 방식

송신자와 수신자 사이의 다수의 경로를 제공한다. 따라서 링크가 단절되더라도 다른 우회 경로를 사용하여 견고성이 높다는 장점을 가지고 있다. 메쉬 기반 라우팅방식이 트리 기반 방식보다 네트워크의 위상 변화에 더욱 견고한 것으로 밝혀졌다.

III. 조합 가중치 클러스터 그룹 멀티캐스트 방식

WCGM(Weighted Cluster Group Multicast)방식은 기본적으로 사전 결정 방식 프로토콜인 FGMP(Forwarding Multicast Group Protocol)와 같이 제한적인 플러딩에 의하여 데이터를 전달한다. 제한적인 플러딩이란 데이터 전달이 플러딩에 의해 이루어지며 네트워크를 구성하는 노드들 가운데 일부만이 플러딩에 참여하는 것을 의미한다.

기존의 유선 네트워크에서의 멀티캐스팅은 멀티캐스트 {소스, 그룹}쌍에 대한 최단경로 트리를 유지하여야만 한다. 그러나, WCGM에서는 포워딩 멀티캐스트 데이터그램의 전달을 담당하는 포워딩 노드(Forwarding Node)들의 집합에 의해서 전달한다. 이 노드들의 연결경로가 멀티캐스트 백본(Multicast Backbone)이다. 백본은 연결된 모든 노드의 상태를 관리하지 않고, 클러스터헤드들을 통하여 해당 그룹에 전달된다. WCGM에서는 멀티캐스트 전송이 오직 백본을 거쳐서 전달되어지는 것이 허용되기 때문이다. WCGM에서는 네트워크의 멀티캐스트 전송의 영향을 감소시키기 위하여 백본에 접속할 수 있는 노드의 수를 제한한다. 무선 이동 에드-혹 네트워크에서는 대역폭이 상당히 제한되어 있기 때문에 전송부하를 감소시키는 것이 매우 중요하다. 멀티캐스트에서는 두 종류의 전송부하가 발생되는데, 그룹의 생성과 제거, 가입자 노드들이 그룹에 가입과 탈퇴 시 발생하는 멀티캐스트 그룹 관리 전송과 멀티캐스트 데이터그램이다. 제안하는 WCGM에서는 이와 같은 두 가지 전송부하를 효율적으로 감소시키기 위하여 선전 대행자(Advertising

agent)^[5]를 사용하였으며, 멀티캐스트 백본의 사용하였다.

1. 선전 대행자

가입자의 정보를 소스에게 알리는 방법에는 두 가지가 있다. 첫째는 가입자가 결합요청을 선전하는 수신자 선전(Receiver Advertising)이며, 이 방법은 모든 가입자가 결합요청을 플로딩하기 때문에 그룹관리 전송에 큰 오버헤드를 일으킨다. 선전 대행자 수가 가입자의 수보다 적다면 플로딩 오버헤드는 많이 감소될 것이다. 선전 대행자는 가입자들에게 멀티캐스트 데이터그램을 전송해야 한다. <그림 1>은 선전 대행자의 동작이다. 멀티캐스트 그룹에 결합하기 위하여 가입자들은 스스로 선전 대행자에게 그룹 구성원으로 알려지도록 하기 위하여 주기적으로 데이터 요청 메시지를 발송한다.

새로운 데이터 요청을 듣자마자 선전 대행자는 새로운 예약자를 위하여 타이머를 설정한다. 시간 종료가 발생하면 예약자는 멀티캐스트 그룹을 떠난다고 가정한다. 선전 대행자가 어떠한 데이터 요청 메시지(즉, 그것의 클러스터 안에 있는 모든 예약자들은 그룹을 떠나거나 다른 클러스터로 움직이거나 없어질 수 있다)도 더 이상 받아들이지 않는다면 그것은 정상적인 클러스터헤드가 된다. 시간종료 구조를 이용함에 의하여 소스가 시간 안에 선전 대행자로부터 결합 메시지를 듣지 못한다면 선전 통보 대행자는 멀티캐스트 그룹을 떠난다고 가정하며 더 이상 어떠한 멀티캐스트 데이터그램도 받지 않는다.

선전 대행자는 주기적으로 멀티캐스트 그룹을 결합하기 위한 예약자 대표로서 그 자신을 선전하고 멀티캐스트 데이터그램의 도착을 기다린다. 데이터그램을 받자마자 그것은 무선 채널을 통하여 데이터그램을 퍼뜨린다. 지역 예약자들과 선전 대행자(즉, 클러스터헤드) 사이의 한 개의 홉 거리와 무선 채널의 방송 특징 때문에 모든 지역 예약자들은 동시에 데이터그램을 받는다. 대행자에서 예약자까지 다수의 유니캐스트 대신에 지연이 거의 없고 중복도 없다.

제안하는 WCGM은 크게 클러스터 구성과 경로설정, 그리고 경로유지로 분류할 수 있다. 먼저 초기의 네트워크를 조합가중치 알고리즘에 의하여 조합가중치가 가장 작은 값을 갖는 노드를 클러스터헤드로 선출한 후 이를 중심으로 클러스터를 구성한다. 클러스터 내의 정보는 이 클러스터헤드들 사이의 연결정보, 멀티캐스트 백본을 이용해서 신속하게 모든 멤버들에게 전파한다. 네트워크



그림 1. 선전 대행자의 동작
Fig. 1. Operations of advertising agent.

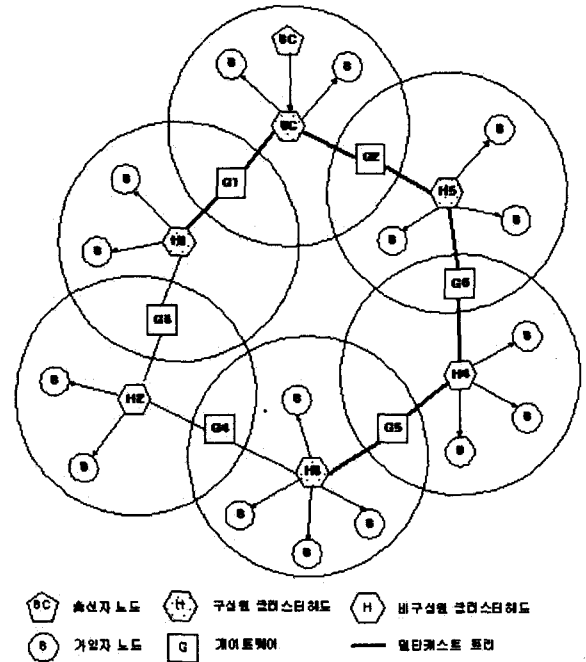


그림 2. 시스템 모델
Fig. 2. System Model.

내의 모든 노드들은 클러스터헤드 들간의 연결정보와 거쳐온 경로를 이용하여 라우팅 테이블을 작성한다. 만일 에드-혹 네트워크 특성상 노드의 이동으로 인하여 경로가 소실되었을 때는 자신의 이웃노드에게 질의패킷을 플러딩하여 대체경로를 획득한 후 라우팅 테이블의 경로를 수정한다. 그리고 질의노드는 경로 소실로 인하여 영향을 받은 모든 노드들에게 대체경로를 전파한다.

2. 시스템 모델

본 논문에서 사용하는 시스템 모델은 <그림 2>와 같이 FGMP의 데이터 전달 구조를 유지하기 위해서 네트워크 내의 각 노드들은 브로드캐스트에 참여 하고 있는 멤버노드와 비 멤버 노드로 구별된다. 송신자 노드가 포함된 노드들 중에서 조합가중치가 가장 작은 값을 갖는 노드를 클러스터 헤드로 선출하여 클러스터를 형성하게 된다. 형성된 클러스터와 클러스터들 사이를 연결하는 게이트웨이 노드를 경로로 하는 백본 트리를 구성한다. 기본적으로 1: N 통신을 위해 설계되었으며, 회의용 응용보다는 방송용 브로드캐스트 응용들을 기준으로 하였다.

대역폭의 효율적인 이용을 위해 멤버 노드들간의 트리 구성보다는 비멤버 노드를 포함한 구성을 선택한다. 따라서 네트워크 내의 모든 노드들은 브로드캐스트 라우팅을 지원한다고 가정한다.

이전 연구에서 에드-혹 네트워크에서 라우팅 경로 선택의 기준으로는 홉 카운트나 노드의 ID를 주로 사용하였다^[20]. 이와 같은 방법들은 경로 선택의 용이성이나 신속성을 제공할 수 있으나, 무선 매체의 특성 상, 노드들의 빈번한 이동으로 인하여 라우팅 경로의 재설정에 더 많은 패킷 전송 지연 오버헤드가 발생될 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 조합가중치 클러스터링 알고리즘에 의한 클러스터 그룹 멀티캐스트 경로 설정 방안을 제안한다.

가. 클러스터 헤드 선출 방법

본 논문에서는 이상적인 위치계수, 이동성(노드의 평균이동 속도), 전송 전력(이웃 클러스터헤드들 사이의 거리 합), 배터리 파워(클러스터헤드로서 동작 시간)들의 시스템 파라미터들을 고려한 조합된 가중치를 사용한다.

모든 노드들을 처리할 수 있는 최소 개수의 클러스터 헤드를 선택하는 과정이다.

(1)노드 자신의 조합가중치가 이웃 노드의 조합가중치보다 작으면 자신을 클러스터 헤드로 선언하고 이를 이웃 노드에게 방송한다.

(2)이 방송을 청취한 노드들은 그 클러스터에 조인(Join)하고 자신이 해당 클러스터에 조인 되었음을 이웃 노드들에게 알린다.

(3)이웃 노드들은 그 노드를 제외하고 자신의 조합가중치가 가장 작으면 자신을 클러스터 헤드로 선언하고 이를 방송한다.

(4) (2)부터 (3)을 반복한다.

나. 가중치 클러스터링 알고리즘^[6]

가중치 클러스터링은 시스템이 활성화될 때와 현재의 도미넌트 셋이 전체 노드들을 포함할 수 없을 때 호출된다. 이 과정의 출력은 도미넌트 셋이 된다. 다음은 가중치 클러스터링 알고리즘의 수행 순서이다.

단계 1 : 각 노드 v 의 이웃노드를 찾는다. (즉, 모든 노드에서 전송 범위 내의 노드들을 찾아 그 개수인 노드 연결성(degree) dv 를 부여한다.

$$d_v = |N(v)| = \sum_{v' \in v, v \in v'} dist(v, v') < tx_{max} \quad (1)$$

단계 2 : 각 노드 v 에 대하여, 노드의 연결성 차 Δv 를 계산한다.

$$\Delta v = |d_v - \delta| \quad (2)$$

단계 3 : 각 노드 v 에 대하여 그 이웃 노드들과의 거리 합 D_v 를 계산한다. D_v 에 대한 값은 임의로 선택되어지며, 주로 에너지 소모와 관계가 있다.

$$D_v = \sum_{v' \in N(v)} dist(v, v') \quad (3)$$

단계 4 : 현재 시간 T 까지 모든 노드에 대하여 진행중인 평균 속도를 계산한다. 이것은 이동성의 척도를 제공하고 M_v 에 의하여 표시된다. 노드들이 보다 적은 이동성을 가진 노드가 클러스터헤드가 되는 좋은 선택이다. 시간 t 에서 노드 v 의 좌표는 (X_t, Y_t) 이고 시간 $(t-1)$ 에서의 좌표는 (X_{t-1}, Y_{t-1}) 이다.

$$M_v = \frac{1}{T} \sqrt{(X_t - X_{t-1})^2 + (Y_t - Y_{t-1})^2} \quad (4)$$

단계 5 : 한 노드 v 가 클러스터 헤드로서 동작하는 동안의 누적되는 시간 P_v 를 계산한다.

단계 6 : 각 노드 v 에 대하여 조합된 가중치 W_v 를 계산한다.

$$W_v = w_1 \Delta v + w_2 D_v + w_3 M_v + w_4 P_v \quad (5)$$

각 노드 v 에서 가장 작은 조합 가중치 W_v 를 가진 노드가 클러스터 헤드가 된다. w_1, w_2, w_3, w_4 는 시스템 파라미터에 대응하는 가중치로 이들 계수의 합은 1이다.

단계 7 : 클러스터 헤드로서 가장 작은 값 W_v 를 가진 노드를 선택한다. 선택된 클러스터헤드의 모든 이웃 노드들은 더 이상 클러스터 헤드의 선출 과정에 참여하지 않는다.

단계 8 : 아직 클러스터 헤드로서 선택되지 않은 노드로 남아 있거나, 클러스터로 할당되어져 있는 동안 단계 2에서 단계 7 과정을 반복한다.

다. 경로설정 방식

본 논문에서는 클러스터 내의 모든 정보전달은 클러스터헤드를 통하여 이루어지며 이상적인 노드 연결성(위치

계수), 이동성(노드의 평균이동 속도), 전송 전력(이웃 클러스터헤드들 사이의 거리 합), 배터리 파워(클러스터헤드로서 동작 시간)들의 시스템 파라미터들을 고려한 조합된 가중치를 사용하여 클러스터 헤드를 선택함으로써 안정적이고 강건한 데이터 전달 경로를 설정한 후 브로드캐스트 그룹의 멤버들 모두가 데이터 전달 플러딩 하는 것이 아니라 클러스터 헤드 대표로 데이터 전달 플러딩 한다.

각 클러스터에는 국부적으로 클러스터 내에서의 전송을 조정하는 하나의 클러스터 헤드가 있고, 인접한 클러스터 간에는 두 클러스터 모두에 속해 있는 게이트웨이 노드가 있다. 클러스터 헤드는 클러스터 내의 다른 모든 클러스터 멤버로부터 한 홉(Hop) 거리에 있고, 모든 멤버들은 양방향 링크로 클러스터 헤드와 연결되어 있다. 정보전달 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) 클러스터 형성 후 클러스터 헤드가 자신의 클러스터 내의 멤버들에게 정보를 전달하는 책임을 진다.
- (2) 인접 클러스터와 연결된 멤버들은 이 정보를 인접 클러스터에게 전달한다.
- (3) 이 정보를 수신한 노드들은 인접 클러스터, 클러스터 헤드 그리고 멤버들에게 전달한다.
- (4) (2)와 (3)을 반복한다.

(2)에서 인접 클러스터의 헤드와 보통 노드에 모두 연결되는 경우, 데이터 전달은 오직 클러스터 헤드에 의해서만 전달된다. 이것은 다중 연결 시 정보의 전달 오버헤드를 감소시키기 위함이다. 그리고 정보를 한번 수신한 노드는 송신한 노드에게 다시 재전송하지 않는다.

데이터 전달을 담당하는 클러스터 헤드 수가 브로드캐스트 그룹의 멤버 수에 비하여 적으므로 전달 구조 유지를 위한 정기적인 데이터 전달 플러딩 오버헤드가 감소하며, 이들 두 값의 비율이 적어질수록 이와 같은 전달 구조 유지를 위한 오버헤드 감소 효과는 더욱 커지게 된다.

에드-홉 네트워크에서는 클러스터 내부 정보만을 가지고는 노드들에 대한 경로를 작성할 수 없다. 따라서 모든 노드들은 자신의 ID와 조합가중치 값, 거처온 경로와 같이 자신이 수신한 정보와 그 정보가 거처온 경로를 라우팅 테이블에 기록한다. 이 라우팅 테이블에서 자신의 이웃정보를 이용하여 최단경로를 구성한다. 정보전달의 중복을 피하기 위해서 정보가 클러스터 헤드를 지날 때 클러스터 ID를 기록한다. <그림 3>은 경로

Ver	Type	Q	Seq_Num	Neig_Head_ID	Sour_ID	Dest_ID
Source Address						
Multicast Address						
Previous Node ID				Previous Parents ID		

그림 3. 경로 질의 패킷의 구조
Fig. 3. Structure of route request packet.

Ver	Type	Seq_Num	Neig_Head_ID	Sour_ID	Hop_CNT
Source Address					
Multicast Address					
Previous Node ID			Previous Parents ID		

그림 4. 경로 응답 패킷의 구조
Fig. 4. Structure of route reply packet.

질의 패킷의 구조이다.

모든 노드에서 다른 경로로부터 같은 정보를 수신하는 경우에 짧은 길이의 경로는 사용되고 나머지 경로는 폐기하며, 같은 경로의 길이라면 먼저 도착한 경로는 사용하고 후에 도착한 경로는 폐기한다.

라. 경로유지 방식

노드의 이동으로 인하여 경로를 설정 중이나 후에 경로가 단절되는 경우에 단절된 노드를 중간 노드로 하는 경로들은 모두 수정되어야 한다. 링크의 단절을 인지한 노드는 대체경로를 얻기 위하여 다음과 같은 대체경로 획득 알고리즘을 사용한다.

- (1) 모든 이웃노드에게 필요한 노드들의 라우팅 목록을 가지고 있는지 자신의 ID를 붙여 질의패킷을 플러딩한다.
- (2) 질의를 수신한 노드는 자신의 라우팅 테이블에 질의한 목록이 있으면 임의의 노드에 대해서 다음 노드가 질의 패킷에 마지막으로 기록된 ID이거나 질의 노드의 이웃이면 자신의 ID를 붙여서 다시 질의 패킷을 플러딩한다.
- (3) 모든 노드에 대하여 수행한다.

응답을 받은 질의노드는 라우팅 테이블을 수정한 후에, 이 경로를 전파해서 소실경로에 의해서 영향을 받은 모든 노드들에게 전파한다. 대체경로의 전파는 경로의 설정 때처럼 클러스터 구조를 통하여 빠르게 이루어진다. 각 노드는 전파된 경로정보와 이 정보가 거처온 경로를 통해 새로운 경로를 설정한다. <그림 4>는 경로 응답 패킷의 구조이다.

경로 질의 패킷과 경로 응답 패킷은 경로설정을 위해서 사용되는 패킷으로서 질의 패킷의 용도는 송신 노드가 경로요청을 하기 위하여 사용하고, 경로 응답 패킷은 중간 노드나 목적지 노드에 대한 경로 정보를 알려주기 위하여 사용된다.

III. 실험 및 결과

시뮬레이션 환경은 MS-Windows 2000 Server/MS-Visual C++6.0 환경에서 Global Mobile Simulation (Glomosim) 라이브러리를 사용한다. Glomosim 라이브러리는 UCLA에서 무선 네트워크 시뮬레이션을 위하여 개발한 도구로서 라이브러리 기반으로 순차적이고 병렬 처리가 가능하며 여러 개의 라이브러리 모듈로 구성되어 있어서 특정 통신 프로토콜의 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 이 라이브러리는 C언어 기반 병렬 시뮬레이터 언어인 PARSEC으로 개발되었다^[7]. 그러므로 새로운 프로토콜과 모듈들은 PARSEC을 사용하여 프로그램 되거나 수정하여 사용할 수 있다.

Glomosim^[7]에서는 각 계층마다 기존의 여러 네트워크 프로토콜들이 라이브러리로 구현되어 있으며 에드-혹 네트워크와 같이 이동 노드의 위치가 빈번히 변하고 라우팅이 여러 홉을 경유하는 환경에 대하여 계층적으로 사용자 정의에 따라 구현하도록 되어있다. 본 시뮬레이션에서는 Physical Layer 모델은 Free space propagation 모델을 사용하였으며, Data-Link Layer의 모델로는 IEEE 802.11 MAC DCF(Distributed Coordination Function), Network Layer의 모델로는 IP프로토콜을 사용한다.

가. 시뮬레이션 모델

실험 지역은 1000 x 1000m이며 이동 노드는 50개를 랜덤 하게 분포하게 하였다. 각 노드의 무선 전파범위는 250m이며, 채널의 대역폭은 2Mbps이다^[8]. 시뮬레이션 시간은 600초, 패킷의 크기는 데이터가 10Kbit, 라우팅 테이블은 2Kbit, 제어 패킷은 500bit이며 트래픽은 패킷은 CBR(Constant Bit Rate)소스로 512byte이다. 송신자는 브로드캐스트 멤버들 중에서 임의로 선택된다. 멤버 노드들은 시뮬레이션 초기의 브로드캐스트 세션에서는 조인되며 멤버로서 유지된다.

나. 성능평가 실험

본 논문에서 제안한 조합가중치 클러스터링 그룹 멀티

캐스트의 성능을 평가하기 위하여 기존의 다른 방식과 다음 사항을 비교분석하였다.

(1)평균 데이터 패킷 전송률(Avg) : 송신자로부터 수신자에게 전송된 패킷의 평균수를 의미하며, 프로토콜의 유효정도를 나타낸다.

$$Avg = \frac{\sum_{i=1}^n (R_1, R_2, R_3, \dots, R_n)}{\frac{R_n}{S_n}} \quad (6)$$

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$: 각 수신자가 수신한 패킷 수

R_n : 수신자 수

S_n : 송신자가 송신한 패킷 수

(2)제어 패킷의 수 : 하나의 데이터 패킷을 수신자에게 성공적으로 전송하기 위하여 발생하는 제어 패킷의 수를 의미하며, 데이터 패킷당 발생한 제어 패킷의 수(Succ)는 시뮬레이션 동안 각각의 멀티캐스트를 위해 발생한 제어 패킷의 수를 합하여 수신자에게 성공적으로 전송된 패킷으로 나누어 계산하였다. 에드-혹 네트워크의 특징인 제한된 채널용량의 한계로 인하여 많이 발생되면 성능의 저하원인이 된다.

$$S_{ucc} = \frac{C_n}{\sum_{i=1}^n (R_1, R_2, R_3, \dots, R_n)} \quad (7)$$

(3)전체 오버헤드(Ovh) : 즉 전체 네트워크에서 멀티캐스트 시에 발생된 전체 제어 패킷 수(Cn)와 전체 데이터 패킷 수(Sn)의 합으로 측정하였다.

$$Ovh = C_n + S_n \quad (8)$$

이동성의 변화에 따른 경로 평균 데이터 패킷 전송률, 제어 패킷의 수, 전체 오버헤드를 다른 방식과 비교하였다.

제안한 WCGM에서 w_1 은 위치계수이며 가중치는 0.8, w_2 는 이동성의 척도인 연속적인 노드의 속도 평균의 가중치는 0.1, w_3 는 이웃 클러스터 헤드들과의 거리의 합(송신자로부터 홉 카운트)은 0.05, w_4 는 클러스터 헤드로서의 동작 시간에 대한 가중치를 0.05로 설정하였다. $w_1 + w_2 = 0.9$ 로 가정하고 w_1 의 위치계수 가중치를 0.5, 0.6, 0.7, 0.8인 경우의 이동속도 변화에 대한 패킷 처리율(패킷 수)과 각 가중치에서 이동

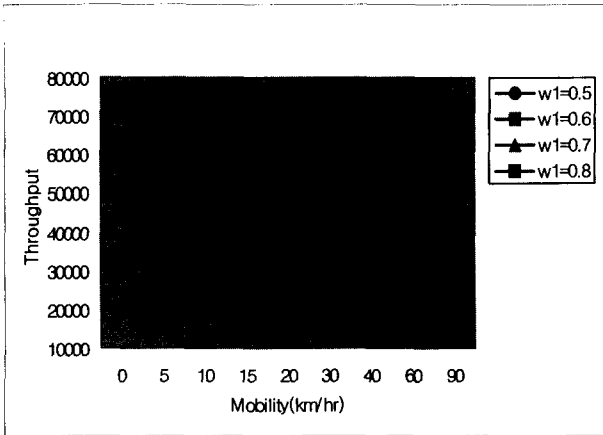


그림 5. 위치계수별 이동속도에 따른 처리률
Fig. 5. Position factors per throughput according to mobility.

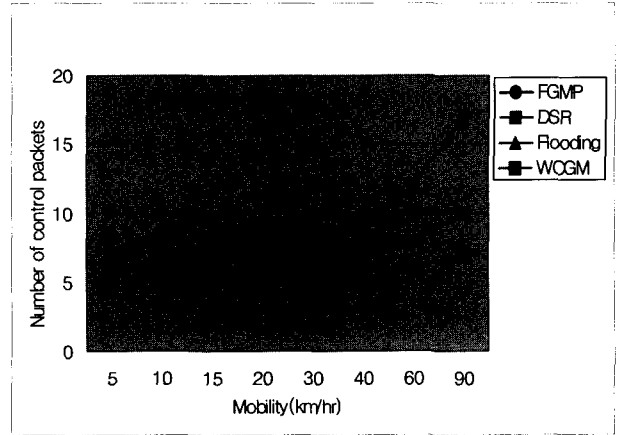


그림 7. 제어 패킷의 수
Fig. 7. Number of control packet.

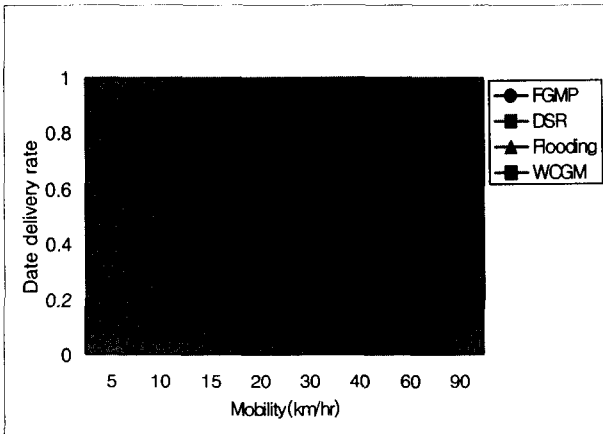


그림 6. 데이터 패킷 전송률
Fig. 6. Date packet transfer ratio.

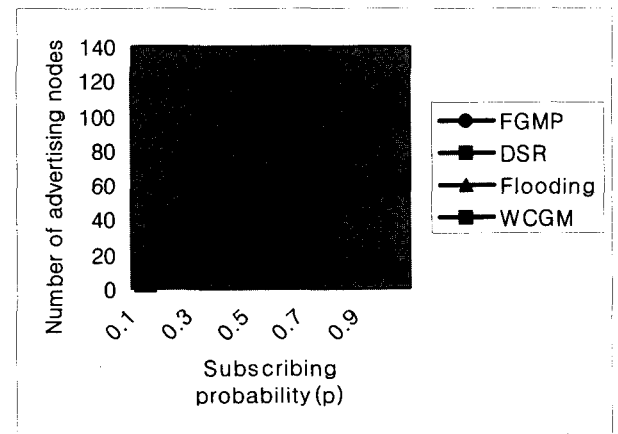


그림 8. 선전 오버헤드
Fig. 8. Advertising overhead.

속도가 증가함으로 인한 성능 평가를 하였다. 그 결과 위치계수의 가중치가 0.8일 때 가장 좋은성능을 <그림 5>와 같이 나타내어 다른 방식과 비교 시 WCGM의 가중치를 0.8로 설정하였다.

<그림 6>은 이동속도의 변화에 대한 평균 데이터 패킷 전송률 비교 하였다. 이 결과 이동 속도가 증가 할수록 다른 방식보다 평균 데이터 패킷 전송률이 향상되었음을 알 수 있다. 조인(Join) 질의를 플러딩하는 조인 구간이 3 초로 하였을 때를 각 방식을 노드의 이동성에 따라 데이터 패킷 전송률을 비교하였다.

<그림 7>은 하나의 데이터 패킷을 수신자에게 성공적으로 전송하기 위하여 발생하는 제어 패킷의 수를 비교하였다. 특히 FGMP의 경우 이동속도가 60km이상이 되면 제어 패킷의 수가 현저히 증가하여 목적지까지 도달하는 데이터 패킷의 수가 감소하게된다. 그러나 WCGM은 이동속도의 변화에 대하여 제어 패킷의 수가 적으면서 일정함을 알 수 있다. <그림 8>은 에드 후 네트워크에서 발

생한 선전 오버헤드의 패킷 수를 측정하여 비교하였다. 선전 오버헤드는 WCGM이 얼마나 많은 오버헤드가 감소되어지는지 평가하기 위하여 선전 이득 B_{adv} 을 다음과 같이 정의한다.

어떤 구조의 결합 선전 오버헤드가 $Scheme_{adv}$ 이고 WCGM의 선전이득이 $WCGM_{adv}$ 이라면 B_{adv} 는 식 9 와 같이 나타내어진다.

$$B_{adv} = \frac{Scheme_{adv}}{WCGM_{adv}} \tag{9}$$

예를 들면, FGMP 와 WCGM을 비교한다면 식 10 과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_{adv} = \frac{FGMP_{adv}}{WCGM_{adv}} \tag{10}$$

시스템에 n 개의 노드가 있고 그것들이 m 개의 클러스터로 분할되어진다고 가정한다. 노드 i 는 하나의 멀

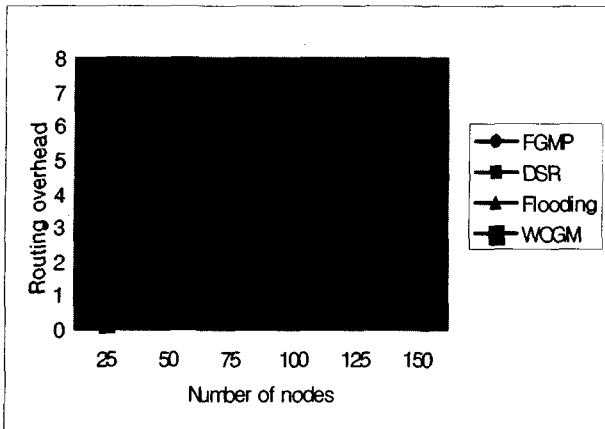


그림 9. 라우팅 오버헤드
Fig. 9. Routing overhead.

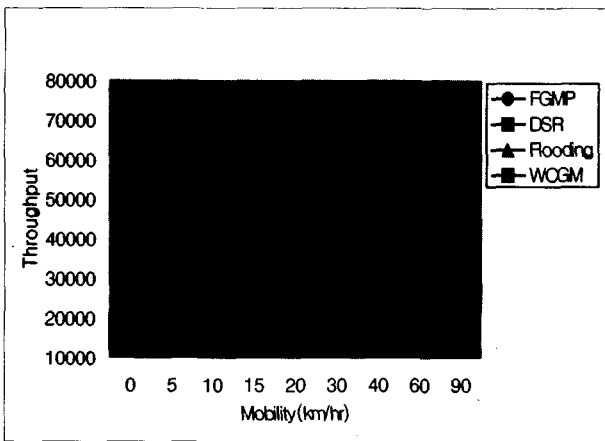


그림 10. 이동성의 변화에 대한 처리율
Fig. 10. Packet throughput ratio according to mobility.

티캐스트 그룹을 예약하기 위하여 예약 확률 p_i 를 가지고 있다. 각각의 가입자는 결합-요청 메시지를 플로딩하여 멀티캐스트 그룹을 결합해야만 한다.

선전 대행자가 없는 구조(FGMP)에 대하여 선전 노드의 수는 가입자들의 수는 식 11과 같다.

$$\sum_{i=0}^n p_i \tag{11}$$

반면에, WCGM에서의 선전 노드는 선전 대행자의 수이다. c_{bj} 가 클러스터 j 의 예약 확률 이라고 정의한다. 즉, c_{bj} 는 클러스터 j 에서 최소 가입자의 확률이다. 그래서, 클러스터 j 에서 노드들의 집합은 식 12와 같다.

$$c_{bj} \approx 1 - \prod_{i \in c_j} (1 - p_i) \tag{12}$$

WCGM에서 선전 노드의 수(즉, 선전 대행자의 수)는

$$\sum_{i=0}^m cp_i \text{이다.}$$

<그림 9>는 노드 간의 신호의 세기가 기준 이하이면 경로가 유지 되더라도 작은 대역폭 때문에 패킷 전송 실패 및 지연 오버헤드가 크게 발생되며, 이웃 노드들과의 거리 합(송신자로부터 홉 카운트)이 커지면 두 노드 간의 전송 경로의 실패 확률이 높아지게 된다. 결과는 <그림 8>과 같다.

<그림 10>은 이동성의 척도인 노드의 속도 평균이 커질수록 경로 재설정과 재전송 횟수가 증가하게 되며, 클러스터 헤드로서 동작 시간이 클수록 안정적인 경로가 유지된다. 이와 같이 네 가지 요소를 복합적으로 이용하여 안정적인 경로를 선택하여 패킷처리율이 향상됨을 나타내었다

IV. 결론

제안한 방식에서는 데이터 전달을 담당하는 클러스터 헤드 수가 멀티캐스트 그룹의 멤버 수에 비하여 적으므로 멀티캐스트 데이터그램을 전달하는 구조 유지를 위한 정기적인 데이터 전달 플러딩 오버헤드가 감소하며, 이들 두 값의 비율이 적어질수록 이와 같은 전달 구조 유지를 위한 오버헤드 감소 효과는 더욱 커지게 된다. WCGM은 조합가중치 알고리즘에 의한 경로 설정 방식으로 조합가중치를 메트릭으로 선정함으로써 보다 안정적인 경로를 선택하게 하며 결과적으로 이동속도 변화에 따른 데이터 패킷 전송률과 제어패킷 수, 선전 오버헤드, 라우팅 오버헤드, 패킷처리율에서 우수한 성능을 시뮬레이션을 통하여 확인할 수 있었으며, 특히 WCGM에서는 데이터 전달 구조도 클러스터 헤드와 게이트웨이로만 구성되는 멀티캐스트 백본을 사용함으로써 멀티캐스트의 전달을 담당하는 노드의 수를 줄일 수 있었다.

참고 문헌

- [1] C-K Toh, " Wireless ATM and AD-HOC networks," Kluwer Academic Publishers. 1996.
- [2] D.Bertsekas, and R. Gallager, *Data Network*, pp.404-410, Second Ed., Prentice Hall, Inc., 1992.
- [3] Charles E. Perkins and Bhagwat, " Highly dynamic destination sequenced distance-vector routing(DSDV)for Mobile Computers, " ACM SIGCOMM, Oct., 1994.
- [4] C. C. Chiang, M. Gerla, and L. Zhang,

"Forwarding Group Multicast Protocol(FGMP) for Multihop, Mobile Wireless Networks," Baltzer Cluster Computing, Vol. 1, No.2, 1998.

[5] Chunhung Richard Lin and Shiang-Wei Chao, " A Multicast Routing Protocol for Multihop Wireless Networks," Globecom 99, 1999.

[6] M. Chatterjee, SK. Das, and D. Turgut, " An On-Demand Weighted Clustering Algorithm (WCA) for Mobile Ad Hoc Networks, " In Proc. of the IEEE GLOBECOM, 2000.

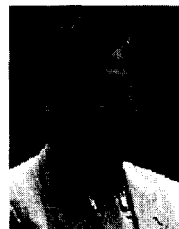
[7] UCLA Computer Science Department Parallel Computing Laboratory and Wireless Adaptive Mobility Laboratory, Glomosim : "A Scalable Simulation Environment for Wireless and Wired Network Systems," .

[8] S. Lee, W. Su, J. Hsu, M. Gerl, and R. Bagrodia, " A performance comparison study of ad hoc wireless multicast protocols, " INFOCOM 2000, Mar., 2000.

저 자 소 개



박 양 재(정회원)
 1999년 인하대학교 공과대학 전자공학과(공학사).
 1990년 인하대학교 대학원 정보공학과(공학석사).
 2003년 인하대학교 대학원 전자계산공학과(공학박사).
 1984년~1985년 주식회사 서통 전자사업부.
 1985년~1993년 인하공업전문대학 전자과 조교.
 2001년~2002년 주식회사 이메디피아 원격의료 연구소 연구소장.
 1993년~현재 가천길대학 전산정보처리과 교수
 <주관심분야: 이동통신, HCI, 음성신호처리>



이 정 현(정회원)
 1977년 인하대학교 공과대학 전자공학과(공학사).
 1980년 인하대학교 대학원 전자공학과(공학석사).
 1988년 인하대학교 대학원 전자공학과(공학박사).
 1979년~1981년 한국전자기술연구소 시스템 연구원.
 1984년~1989년 경기대학교 교수.
 1989년~현재 인하대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수.
 <주관심분야:이동통신, HCI, 음성신호처리>

