

MANET에서 군집지능을 이용한 라우팅 방안

종신회원 우미애*, 준회원 Ngo Huu Dong*, 노우종*

A Routing Method Using Swarm Intelligence in MANETs

Miae Woo* *Lifelong Member*, Ngo Huu Dong*, Woo-Jong Roh* *Associate Members*

요약

군집지능은 단순한 개체들이 팀을 이루어 간단, 단순한 행동을 조합하여 복잡하고 의미있는 과제를 수행하는 것을 말한다. 네트워크 라우팅 분야에서도 이러한 군집지능을 이용한 연구가 수행되어 왔다. 특히 동적 토폴로지에서 지역적 정보를 이용한 경로 설정이 필요한 이동 애드혹 네트워크 (mobile ad-hoc network: MANET)에서의 라우팅은 군집지능의 한 응용분야로 알려져 있다. 본 논문에서는 MANET에서 개미의 군집지능을 이용한 라우팅 방안을 제안한다. 제안 방안은 효율적인 개미 관리를 통하여 오버헤드를 줄이고, 경로 설정시간을 단축하는 것을 목표로 설정하였다. 모의실험 결과, 제안 방안은 패킷 전송율의 성능은 유지하면서 경로 설정시간, 중단간 지연, 오버헤드에서는 향상된 성능을 보여주었다.

Key Words : Mobile ad-hoc network, Swarm intelligence, Ant colony optimization, Routing

ABSTRACT

Swarm intelligence refers that a large group of simple and unsophisticated entities work together to achieve complex and significant tasks. Researches using such swarm intelligence has been performed in the network routing area. Especially, it has been well known that routing in mobile ad-hoc networks whose features are dynamic topology and routing based on the local information is one of the applications of swarm intelligence. In this paper, we propose an ant-based routing method for MANET. The proposed method sets its goals to reduce overheads by managing ants efficiently, and to reduce route set up time. The results obtained from simulations proved that the proposed method provides shorter path set-up time and end-to-end delay and less overhead while providing comparable packet delivery ratio.

I. 서론

자연에 존재하는 군집 (swarm)은 작은 곤충들의 큰 집단을 의미한다. 군집은 자신의 환경이나 다른 개체들과 상호작용을 하는 단순한 개체로 이루어진다. 하나의 팀으로써 복잡한 행동양식이나 의미 있는 결과를 성취할 수 있는 능력은 간단하고 단순한 행동의 조합으로 이루어지는 데, 이를 군집지능 (swarm intelligence)이라고 한다. 군집지능 모델은 전자, 컴

퓨터 공학의 여러 분야에서 복잡한 문제를 해결하는 방안으로 사용되고 있다¹⁾. 개미나 벌과 같이 사회생활을 하는 곤충을 모델로 삼는 이 기법은, 개미의 군집행동을 모델로 하여 주어진 문제를 최적화하여 분산처리하는 방법으로, 통칭하여 개미집단 최적화 (ant colony optimization: ACO) 라고 한다. 생물학적으로 한 마리의 개미는 단순한 생명체이지만, 군집으로 집을 짓고 먹이를 찾는 등 유용한 작업을 수행한다. 특히 먹이를 찾는 과정에서 개미는 먹이가 있는 곳으로

* 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 08B3-B2-10M 과제로 지원으로 수행되었습니다.

* 세종대학교 정보통신공학과 (mawoo@sejong.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-10-485, 접수일자 : 2007년 10월 30일, 최종논문접수일자 : 2008년 6월 18일

가는 경로를 발견하면, 그 정보를 페로몬을 사용하여 간접적으로 다른 개미에게 전달한다. 이 때, 여러 경로 중 최단경로에 쌓이는 페로몬 양이 증가함에 따라 최적경로를 다른 개미들과 공유할 수 있다. 이러한 방안이 최근 네트워크의 라우팅 문제를 해결하는 방안의 하나로 다양한 연구가 진행되고 있다¹⁻³⁾. 라우팅에서는 개미가 페로몬을 쌓는 행위를 에이전트로 구현된 인공개미가 라우팅 테이블의 페로몬 값을 갱신하는 행위로 모방한다²⁻⁴⁾. 페로몬 값은 개미의 이동 시간, 큐 길이 등 여러 가지 요소를 고려하여 정할 수 있다.

ACO 라우팅 방식은 이웃 노드의 라우팅 정보에 관계없이 경로를 설정할 수 있고, 동적 네트워크 토폴로지에 적응적이며, 링크 품질에 관한 결정과정을 개선할 수 있고, 다중경로지원이 가능하여 MANET에 적합하다⁵⁾. MANET에 적용된 기존의 ACO 라우팅 방안들에는 Accelerated Ants Routing (AAR)⁶⁾, Ant-AODV⁷⁾, Ant-Colony-Based Routing Algorithm (ARA)⁵⁾, Probabilistic Emergent Routing Algorithm (PERA)⁸⁾, AntHocNet⁹⁾, 무선 링크의 특성을 단방향으로 설정하여 AntHocNet을 적용한 방안¹⁰⁾ 등이 있다. 이들 중 AntHocNet은 반응적 (reactive) 방식과 능동적 (proactive) 방식을 모두 이용한 방식으로, 다중 경로 설정이 가능하다. AntHocNet은 AODV보다 높은 패킷 전송율을 보이거나 라우팅 오버헤드가 AODV 보다 2~3배 정도 높았다⁹⁾. 이에 본 논문에서는 AntHocNet의 단점을 극복하기 위하여 오버헤드를 줄이고, MANET 라우팅 프로토콜이 갖아야 하는 바람직한 특성 중 하나인 빠른 경로 수립^{12,11)}을 목표로 군집지능을 사용한 라우팅 방안 (swarm intelligence routing: SIR)을 제안한다. 모의실험을 통하여 SIR의 성능을 분석한 결과, 목표로 한 오버헤드 감소 및 빠른 경로 수립을 달성함을 볼 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II절에서는 제안한 방안을 설명하고, 제안한 방안의 성능을 모의실험을 통하여 분석한 결과를 III절에서 제시한다. 마지막으로 IV절에서 결론을 도출한다.

II. 제안 방안

제안 방안 SIR은 군집지능을 사용하는 ACO 라우팅 알고리즘의 일환으로 다중경로를 제공하고 반응적 요소와 능동적 요소를 모두 가지고 있는 AntHocNet을 기반으로 한다. SIR은 일반적인 ACO

라우팅 알고리즘과 마찬가지로 경로 설정 단계, 경로 유지 단계, 경로 장애 시 복구 단계, 데이터 전송 단계로 이루어진다. 이러한 단계 중 라우팅에 관한 반응적 요소에 해당하는 단계는 경로 설정 단계, 경로 장애 시 복구 단계이고, 능동적 요소는 경로 유지 단계이다. 상위 계층으로부터 데이터 전송 요청이 오면 SIR은 반응적으로 목적지까지 경로를 탐색하는 경로 설정 단계를 수행한다. 경로 유지 단계는 데이터 전송 단계에서 이루어지는 제어단계로 데이터 전송에 사용되는 각 경로들의 상태를 능동적으로 관찰, 유지, 개선하는 단계다. 경로 장애가 발생하거나 장애 발생이 의심되는 경우에는, 지역적 경로 복구나 해당 경로에 대한 경고를 하여 경로를 최선의 상태로 유지한다.

SIR은 경로 유지 단계, 경로 장애 시 복구 단계, 데이터 전송 단계에서 행해지는 부분은 AntHocNet⁹⁾의 방법을 그대로 사용한다. 그러나 경로 설정 단계에서 오버헤드 감소 및 빠른 경로 설정을 위하여 중간 노드에서 동일한 개미가 반복적으로 전송되는 것을 막고, 경로설정예에 필요한 backward ant (BA)를 보낼 수 있게 하며, 각 노드에서 라우팅 테이블의 항목 수를 제한하는 등 다양한 기법을 도입한다.

2.1 페로몬 계산 방식

페로몬 값은 경로의 좋고 나쁨을 판단하는 데 사용되는 데, 제안하는 SIR에서는 이동시간과 홉 수를 사용하여 계산한다. 노드 i 에서 목적지 d 까지 경로의 현재 페로몬 값 R_d^i 는 아래 식과 같다.

$$R_d^i = \left(\frac{T_d^i + h T_{hop}}{2} \right)^{-1} \quad (1)$$

식 (1)에서 T_d^i 는 i 에서 d 까지 패킷이 이동하는 데 걸리는 시간의 추정치이고, h 는 홉 수, T_{hop} 은 한 홉을 이동하는 데 걸리는 시간이다. T_d^i 는 각 노드에서 다음 홉 노드까지 가는 데 걸리는 시간의 지역적 추정치의 합으로 구한다. 즉,

$$T_d^i = \sum_{j=i}^{d-1} T_{j+1}^j. \quad (2)$$

T_{j+1}^j 는 노드 j 에서 $j+1$ 로 한 패킷을 보내는데 걸리는 시간의 추정치로서, 한 패킷이 MAC 계층에 도착해서 전송이 완료될 때 까지 소요되는 평균 시간인 T_{mac}^j 와 MAC 계층에서 전송하려고 큐에 저장하

고 있는 패킷의 수 Q_{mac}^j 의 곱이다.

$$T_{j+1}^j = (Q_{mac}^j + 1) T_{mac}^j \quad (3)$$

노드 j 에서 한 패킷을 전송하는 데 현재 t_{mac}^j 시간이 걸리면 아래 식과 같이 T_{mac}^j 을 갱신한다.

$$T_{mac}^j = \alpha T_{mac}^j + (1 - \alpha) t_{mac}^j, \alpha \in [0, 1] \quad (4)$$

노드 i 에서 d 로 가는 경로로 이웃노드 n 을 사용하는 경우에 대한 라우팅 테이블의 페로몬 값 G_{nd}^i 는 이전에 저장된 페로몬 값과 현재 계산된 페로몬 값인 R_d^i 값에 가중치를 주어 계산한다.

$$G_{nd}^i = \gamma C_{nd}^i + (1 - \gamma) R_d^i, \gamma \in [0, 1] \quad (5)$$

2.2 경로 설정 단계에서 RFA 발생 및 처리

경로 설정 단계는 소스 노드 s 가 목적지 노드 d 로 데이터를 전송하려고 하나 d 에 대한 라우팅 정보가 없을 때 실행된다. 경로 설정을 위하여 s 는 reactive forward ant (RFA)를 d 를 목적으로 설정하여 브로드캐스트하고, d 와 경유 노드들은 RFA에 대한 응답으로 reactive backward ant (RBA)를 보내 s 와 d 간의 경로를 설정한다.

RFA에는 소스와 목적지 주소, 생성번호, 이동시간, 방문한 노드의 리스트 P , 방문한 노드의 수, 중간노드에서의 RBA 생성여부를 나타내는 RBA flag가 기록된다. 생성번호는 동일한 소스 노드에서 전송한 서로 다른 RFA를 구분하는 데 사용된다. 동일한 목적으로 생성된 RFA들은 (소스 주소, 목적지 주소, 생성번호)가 같고, 이러한 개미들을 동일세대 개미라고 지칭한다. 이동시간, P , 방문한 노드의 수, RBA flag는 RFA가 노드 간 전달될 때 그 내용이 갱신된다.

RFA를 수신한 경유 노드 i 는 먼저 d 에 대한 라우팅 정보가 라우팅 테이블에 있는 지 검사한다. 만일 라우팅 테이블에 d 에 대한 정보가 없으면, RFA에 있는 (소스 주소, 목적지 주소, 생성번호, 이동시간, P) 값을 라우팅 테이블에 저장한다. 또한 RFA안의 정보 중 P 에 자신을 추가하고, 방문한 노드의 수를 증가시킨 후 RFA를 브로드캐스트 한다. 만일 라우팅 정보를 가지고 있으면, 수신한 RFA 안의 정보를 갱신한 후, 라우팅 테이블에 있는 페로몬 값에 따라 확률적으로 다음 홉을 선택하여 유니캐스트로 전송한다. 노드 i 가 다음 노드 n 을 선택할 확

률 P_{nd}^i 는 다음 식과 같다.

$$P_{nd}^i = \frac{C_{nd}^i}{\sum_{j \in N_d^i} C_{jd}^i} \quad (6)$$

여기에서 N_d^i 는 d 로 향하는 경로를 알고 있는 노드 i 의 이웃노드의 집합이다.

경유 노드 i 에서는 수신한 RFA와 동일세대 개미 정보가 라우팅 테이블에 있으면 RFA를 폐기한다. 그럼으로써, 늦은 경로로 전달된 개미를 제거하여 좋은 경로만을 선택하게 하고, RFA로 인한 오버헤드를 줄인다. 목적지 노드 d 에서는 다중 경로를 형성하기 위하여 동일세대 개미를 최대 a_{max} 개 받아들인다. 또한 지금 도착한 개미의 이동시간이 다음 조건을 만족시킬 때만 받아들인다.

$$trip_time \leq fastest_trip_time \cdot a, a \geq 1 \quad (7)$$

식 (7)에서 *fastest_trip_time*은 d 에 제일 먼저 도착한 동일세대 RFA의 이동 시간이다. 따라서 나중에 도착하는 RFA는 제일 먼저 도착한 RFA의 이동시간의 a 배수 시간 안에 도착한 경우에만 처리된다.

2.3 경로 설정 단계에서 RBA 발생 및 처리

RFA를 수신한 목적지 노드나 경유노드는 RBA를 소스 노드 s 로 전송할 수 있다. 이 때, RFA는 방문한 노드 리스트 P 를 RBA에게 건네주고 RBA는 P 를 거꾸로 탐색하며 s 로 간다.

경유 노드 i 에서 RBA를 생성하여 s 에게 보내기 위해서는 아래 세 가지 조건을 만족시켜야 한다.

- 1) i 에 도달한 RFA에 대해서 ($s - i$) 사이의 이전 경유노드에서 RBA를 보낸 적이 없어야 한다. 이 사항은 RFA의 RBA flag를 검사하여 판단한다.
- 2) i 에 있는 d 로의 페로몬 값이 최신 값이어야 한다. 해당 페로몬 값의 갱신 시간이 t_u 고 RFA 도착시간이 t_a 이면, 그 두 시간의 차이가 임계치인 t_δ 보다 크지 않아야 한다. 즉, $t_a - t_u \leq t_\delta$.
- 3) s 에서 d 까지의 경로에서 i 의 위치가 적정한 범위에 있어야 한다. s 로부터 i 까지의 홉 수가 h_{max} 를 넘으면 안 되고, i 로부터 d 까지의 홉 수가 h_{min} 보다 작아서는 안 된다.

조건 1)은 s 에서 d 까지의 특정 경로 상에서는 동일 RFA에 대하여 단 하나만의 RBA를 경유노드가 생성하도록 제한하여 오버헤드를 줄이려고 도입하였다. 조건 2)는 오래된 라우팅 정보를 사용한 RBA

생성을 막기 위하여 도입하였다.

위의 조건을 만족하는 경우 i 는 RBA를 생성하여 s 로 전송한다. RBA에는 목적지 노드 d 에서 생성된 것인지, 경유 노드에서 생성된 것인지를 표시할 수 있는 식별자가 있어, 경유 노드에서 생성한 RBA인 경우에는 식별자의 값을 0으로 설정한다.

RBA는 방문한 노드 리스트 P 를 따라서 d 로 가는 경우에 대한 페로몬 값을 계산하여 현 노드의 라우팅 테이블의 페로몬 값을 갱신한다. 또한 P 에 있는 현 노드로부터 d 로의 경로 상에 있는 모든 경유 노드에 대한 라우팅 테이블 정보도 갱신한다.

2.4 라우팅 테이블 관리

SIR에서는 라우팅 테이블의 크기를 제어하기 위하여 특정 노드에 대한 경로 항목 수를 제한한다. 특정 ($s - d$) 쌍에 대한 경로의 신뢰성과 페로몬 값의 정확성은 목적지 d 가 보낸 BA에서 제공하는 값이 가장 높다. 따라서 라우팅 테이블의 항목을 제한할 때 d 가 보낸 BA에 높은 우선순위를 부여한다. 이를 위해 앞에서 언급한 바와 같이 BA에는 목적지 노드 d 에서 생성한 것인지를 구별할 수 있는 식별자를 두었다. 이러한 규칙을 적용하여 다음과 같이 라우팅 테이블의 항목을 관리한다.

- 1) 다음 홉 노드가 d 인 경우: 현재 도착한 BA의 정보를 사용하여 페로몬 값을 갱신하고, 갱신 시간도 현재 시간으로 수정한다. d 가 보낸 BA 여부를 기록한다.
- 2) 다음 홉 노드가 d 가 아닌 경우:
 - (1) 라우팅 테이블의 경로 정보가 최대 허용 개수 r_{max} 보다 적은 경우: BA 정보를 사용하여 새로운 항목을 추가하고 d 가 보낸 BA 여부를 기록한다.
 - (2) 라우팅 테이블의 경로 정보가 최대 허용 개수 r_{max} 만큼 존재하는 경우:
 - ① 현재 수신한 BA를 d 가 보낸 경우: d 가 보내지 않은 BA가 갱신한 항목 중 갱신 시간이 가장 오래된 항목을 삭제하고 새로운 항목을 추가한다. 모두 d 가 보낸 BA가 갱신한 것이면 그 중 가장 오래된 항목을 현재의 정보로 대체한다.
 - ② 현재 수신한 BA를 경유 노드가 보낸 경우: 경유 노드가 보낸 BA에 의해 갱신된 항목 중 갱신 시간이 가장 오래된 항목을 삭제하고 새로운 항목을 추가한다.

III. 모의실험 및 성능 분석

3.1 모의실험 환경

SIR의 성능을 분석하기 위하여 Qualnet을 사용하여 모의실험을 하였다. $3000 \times 1000 \text{ m}^2$ 의 영역에 100개의 이동 노드들을 임의의 위치에 배치하여 300초 동안 실험을 진행하였다. 100개의 노드 중 20개의 노드를 CBR 트래픽 소스로 불특정하게 선택하였다. 각 소스는 트래픽의 목적지 노드를 임의로 하나 선택하여 0초부터 60초 사이의 임의의 지연 후 64 바이트 크기의 패킷을 초당 1개씩 발생하도록 설정하였다. 한번 시작된 CBR 트래픽 전송은 모의실험이 끝날 때 까지 지속하였다.

물리적 계층에서는 two-ray 신호 전파 환경을 사용하였다. 각 노드의 전송 반경은 300 미터, 전송율은 2 Mbps로 설정하였다. MAC 프로토콜은 802.11b를 사용하였다. 이동 노드의 이동성 모델로는 random way point 모델을 사용하였다. Random way point 모델을 규정하는 파라미터에는 정지시간 (pause time)과 최대이동속도가 있는데, 모의실험에서 정지시간은 0, 30, 60, 120, 300초를, 최대이동속도는 1 m/sec와 20 m/sec를 사용하였다. 노드는 먼저 자신이 이동하고자 하는 목적지 좌표를 랜덤하게 정하고, [0, 최대이동속도] 구간에서 유니폼 랜덤 변수로 불특정하게 이동속도를 선택하여 목적지 좌표로 이동한다. 그 후 정해진 정지시간만큼 그 자리에 머문 후 다음 이동 목적지 좌표를 선택하여 이동한다.

모의실험에서 사용한 파라미터 값은 표 1과 같다.

표 1. 모의실험 파라미터.

Parameter	Value
r_{max}	3
t_{δ}	10 sec
h_{max}	10
h_{min}	5
a_{max}	3
a	2
α, γ	0.7

3.2 성능분석

SIR의 성능을 측정하기 위한 지표로 반응적 경로 설정시간, 패킷 전송율, 중단간 지연, 평균 forward ant (FA) 수, 평균 BA 수, loop을 형성하는 개미의 평균 개수를 사용하였다.

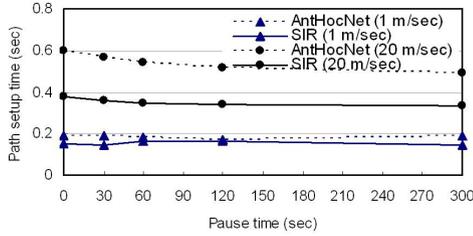


그림 1. 경로 설정 시간

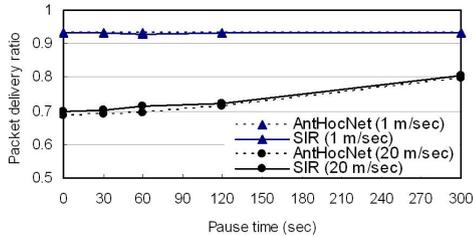


그림 2. 패킷 전송율

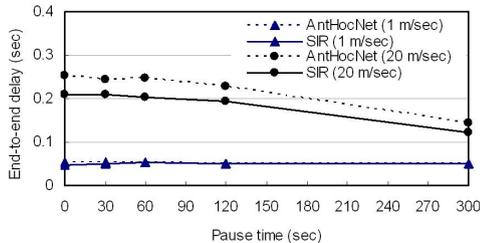


그림 3. 종단간 지연

반응적 경로 설정시간은 소스 노드에서 RFA를 보낸 후, 가장 빨리 도착한 RBA를 수신하는 데 까지 걸리는 시간이다. 측정 결과는 그림 1에서 볼 수 있듯이, SIR이 AntHocNet에 비하여 경로 설정 시간을 상당히 단축하였다. 노드의 최대이동속도가 1 m/sec인 경우에는 약 16.6%, 20 m/sec인 경우에는 약 35.2%의 경로 설정시간 단축을 기록하였고, 특히 노드의 이동성이 높은 경우 개선효과가 컸다. 따라서 SIR에서 제안한 경유노드에서 유효한 라우팅 정보를 사용하여 RBA를 생성하는 방식이 경로 설정 단계에서의 지연을 상당히 줄일 수 있음이 입증되었다.

패킷 전송율은 전체 전송된 데이터 패킷 중 목적지에 성공적으로 전달된 데이터 패킷의 비율이다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 패킷 전송율은 SIR과 AntHocNet이 거의 비슷했다. 노드의 최대이동속도가 1 m/sec인 경우는 평균적으로 AntHocNet이 약

0.1% 높은 패킷 전송율을 보였으나, 최대이동속도가 20 m/sec인 경우에는 SIR이 1.6% 높았다. 이 결과로, 정보의 유효성에 근거하여 경유노드를 이용한 빠른 경로설정이 패킷 전송율을 크게 악화시키지 않음을 확인할 수 있었다.

종단간 지연은 소스에서 목적지까지 패킷이 전달되는 데 걸리는 시간을 측정한 값이다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 노드의 최대이동속도가 1 m/sec인 경우에는 약 3.3%, 20 m/sec인 경우에는 약 16% 빠르게 SIR이 데이터를 전달하였다. SIR을 사용하면 BA가 현 위치의 노드로부터 목적지 노드 사이에 있는 모든 경유노드에 대한 페로몬 값도 갱신하여 라우팅 테이블의 페로몬 갱신 빈도가 AntHocNet보다 높다. 따라서 보다 최신의 라우팅 정보에 의거하여 데이터가 목적지에 전달될 수 있기 때문에 이러한 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 갱신 방법의 효과가 특히 노드의 이동성이 높을 때 두드러지게 나타났다. 또한 SIR은 라우팅 테이블에서 다중 경로의 수를 제한하여, 페로몬 값이 높은 경로들만이 유지되고, 상대적으로 좋은 경로를 통하여 데이터를 전송할 확률이 높아지게 된다.

평균 FA 수는 네트워크에서 각각의 노드가 생성 후 전송, 혹은 전달하는 FA의 수를 평균한 값이다. 이때 소스와 경유지의 노드가 유니캐스트나 브로드캐스트하는 FA를 각각 계상한다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 SIR은 경유 노드에서 지연이 긴 경로를 통하여 전달되는 FA를 효과적으로 차단하여 전체 시스템 상에서 전달되는 FA 수를 상당히 감소시킬 수 있다. 노드의 최대이동속도가 1 m/sec인 경우에는 SIR을 사용한 경우가 AntHocNet에 비하여 FA 수가 약 41.4% 적었다. 노드의 최대이동속도가 20 m/sec인 경우에는 이러한 개선효과가 더 높아져서 SIR가 발생한 FA 수가 약 62.0% 적었다.

평균 BA 수는 평균 FA 수와 마찬가지로 네트워크에서 각각의 노드가 생성 후 전송, 혹은 전달하는 BA의 수를 평균한 값이다. 평균 BA 수도 그림 5에서 볼 수 있듯이 SIR이 더 적다. 이 경우 개선도는 노드의 최대이동속도가 1 m/sec인 경우에는 12.7%, 20 m/sec인 경우에는 26.3% 이다. 평균 FA 수와 비교하면 낮은 개선도지만, 이는 AntHocNet에서도 BA를 생성하는 데에는 어느 정도의 제어 메커니즘이 있고, BA의 경우 소스 노드로 전달될 때 유니캐스트로 FA의 경로를 되짚어 가기 때문이다. 그러나 SIR에서는 경유 노드에서도 BA를 생성할 수 있다는 점을 고려하면 BA의 수에서도 상당한

오버헤드 개선효과를 본다고 할 수 있다.

Loop을 형성하는 개미의 평균 개수는 개미가 이전에 경유하였던 노드로 다시 돌아가 loop을 형성하는 개미 수의 평균값으로, 결과는 그림 6과 같다. 노드의 최대이동속도가 20 m/sec인 경우에는 SIR에서 발생한 looping 개미의 수가 AntHocNet 경우의 26% 밖에 안 되고, 1 m/sec인 경우에는 31% 정도였다. 따라서 노드의 이동성과 관계없이 SIR은 AntHocNet에 비하여 효과적으로 개미들이 loop 형성을 방지함을 알 수 있다.

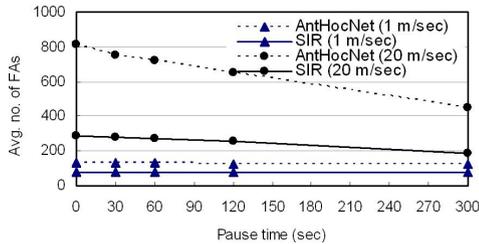


그림 4. 평균 FA 수

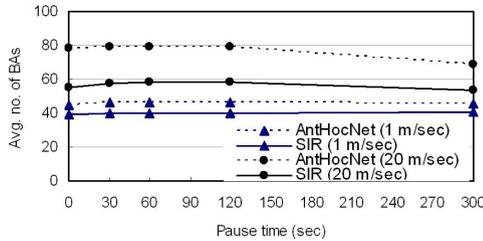


그림 5. 평균 BA 수

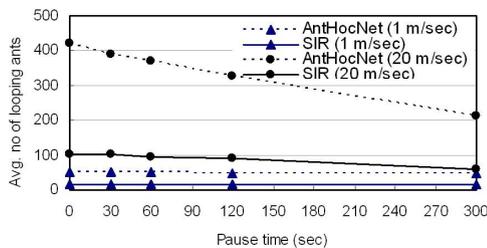


그림 6. Loop을 형성하는 개미의 평균 개수

IV. 결 론

본 논문에서는 군집지능을 이용한 라우팅 방식을 MANET에 적용한 라우팅 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 인공 개미를 사용한 ACO 알고

리즘으로서, AntHocNet에 비해 개미로 인한 오버헤드를 줄이면서 좀 더 빠른 경로설정을 목적으로 하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 경유 노드에서 FA 전달을 적절하게 제어하고, 라우팅 정보를 사용하여 BA를 생성하여 빠른 경로설정을 가능케 하였다. 또한 하나의 BA로 다양한 경로에 대한 페로몬 값을 갱신하게 함으로써 이동성에 의해 동적인 네트워크 토폴로지의 상태를 좀 더 빈번하게 갱신하게 하여 적은 오버헤드로 전송율에 대한 성능을 유지하면서 빠른 경로설정을 가능케 하였다.

참 고 문 헌

- [1] M. G. Hinchey, R. Sterritt, and C. Rouff, "Swarms and Swarm Intelligence," *IEEE Computer*, Vol.40, No.4, pp.111-113, April 2007.
- [2] C-K. Toh, "Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad Hoc Networks," *IEEE Communications Magazine*, pp.2-11, June 2001.
- [3] K. M. Sim and W. H. Sun, "Ant Colony Optimization for Routing and Load-Balancing: Survey and New Directions," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, Vol.33, No.5, pp.560-572, Sep. 2003.
- [4] G. D. Caro and M. Dorigo, "AntNet: Distributed stigmergetic control for communications networks," *J. Artif. Intell. Res.*, Vol.9, pp.317-365, 1998.
- [5] M. Güneş, U. Sorges, and I. Bouazzi, "ARA-the ant-colony based routing algorithm for MANETs," *Proc. of IWAHN 2002*, pp.79-85, August 2002.
- [6] H. Matsuo and K. Mori, "Accelerated Ants Routing in Dynamic Networks," *Proc. Intl. Conf. on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking & Parallel/Distributed Computing*, pp.333-339, 2001.
- [7] S. Marwaha, C. K. Tham, and D. Srinivasan, "Mobile agents based routing protocol for mobile ad hoc networks," *Proc. of IEEE ICON*, pp.27-30, August 2002.

- [8] J. S. Baras and H. Mehta, "A Probabilistic Emergent Routing Algorithm for Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. of WiOpt03*, 2003.
- [9] G. Di Caro, F. Ducatelle, and L. M. Gambardella, "AntHocNet: An Adaptive Nature-Inspired Algorithm for Routing in Mobile Ad Hoc Networks," Tech. Rep. No.IDSIA-27-04-2004, *IDSIA/USI-SUPSI*, Sep. 2004.
- [10] T. Maekawa, et. al. "An Ant-based Routing Protocol using Unidirectional Links for Heterogeneous Mobile Ad-Hoc Networks," *Proc. of ICWMC '06*, pp.43-43, July 2006.
- [11] C. S. R. Murthy and B. S. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols," *Prentice Hall*, 2004.

우 미 애 (Miae Woo)

중신회원



1985년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업

1991년 12월 미국 Purdue 대학교 전기컴퓨터공학과 석사

1995년 12월 미국 Purdue 대학교 전기컴퓨터공학과 박사

1985년~1989년 DACOM 연구원

1996년~1998년 삼성전자(주) 수석연구원

1998년~현재 세종대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야> 네트워크 구조 및 프로토콜, 이동 네트워크

Ngo Huu Dung

준회원



2005년 2월 베트남 Danang University of Technology 전자정보공학과 졸업

2007년 8월 세종대학교 정보통신공학과 석사

2007년 9월~현재 Meditech 연구원

<관심분야> MANET

노 우 종 (Woo-Jong Roh)

준회원



2007년 8월 세종대학교 정보통신공학과 졸업

2007년 9월~현재 세종대학교 정보통신공학과 석사과정

<관심분야> Ad-Hoc Network