

MANET에서 향상된 경로 관리를 사용한 개미 기반 라우팅 방안

중신회원 우 미 애*

An Ant-based Routing Method using Enhanced Path Maintenance for MANETs

Miae Woo* *Lifelong Member*

요 약

개미 기반 라우팅 방안은 개미집단 최적화 알고리즘의 한 부류로, 자연에서 서식하는 개미의 행동양식을 라우팅에 적용한 방안이다. 이동 애드혹 네트워크는 토폴로지가 동적으로 변하므로 경로 설정이 지역적 정보에 기반을 둘 필요가 있다. 따라서 이동 애드혹 네트워크에서의 라우팅은 개미집단 최적화의 한 응용분야로 알려져 있다. 본 논문에서는 이동 애드혹 네트워크에 적용한 개미 기반 라우팅 알고리즘인 SIR (swarm intelligence routing)에 경로선택과 링크 장애 시 처리 방법을 개선한 방안인 EPMAR (ant-based routing method using enhanced path maintenance)을 제안하고, 그 성능을 AntHocNet 및 SIR과 비교, 분석하였다. 분석 결과, 제안한 방안이 AntHocNet이나 SIR보다 패킷 전달율은 높고, 치명적 경로 장애가 더 적게 발생함을 입증하였다.

Key Words : Routing, Ad-hoc Networks, Algorithm, Optimization, Swarm Intelligence

ABSTRACT

Ant-based routing methods belong to a class of ant colony optimization algorithms which apply the behavior of ants in nature to routing mechanism. Since the topology of mobile ad-hoc network(MANET) changes dynamically, it is needed to establish paths based on the local information. Subsequently, it is known that routing in MANET is one of applications of ant colony optimization. In this paper, we propose a routing method, namely EPMAR, which enhances SIR in terms of route selection method and the process upon link failure. The performance of the proposed method is compared with those of AntHocNet and SIR. Based on the analysis, it is proved that the proposed method provided higher packet delivery ratio and less critical link failure than AntHocNet and SIR.

I. 서론

개미 (ant) 기반 라우팅 방안은 자연에서 서식하는 개미의 행동양식에서 영감을 얻은 라우팅 방안으로 군집 지능 (swarm intelligence)^[1] 모델을 라우팅에 적용한 것이다. 개미의 군집행동을 모델로 하여 주어진

문제를 최적화하여 분산 처리하는 방법을 개미집단 최적화 (ant colony optimization: ACO) 라고 한다^[2]. 개미는 먹이를 갖고 개미집으로 되돌아오는 경로에 화학물질인 페로몬을 놓아 개미집에서 먹이 위치로 가는 경로를 같은 집단의 다른 개미들과 공유한다. 이후 먹이를 구하러 나가는 개미들은 페로몬이 많이 축

※ 이 논문은 2008년도 세종대학교 교내연구비 지원에 의한 논문임

* 세종대학교 정보통신공학과 (mawoo@sejong.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-05-226, 접수일자 : 2010년 5월 25일, 최종논문접수일자 : 2010년 9월 10일

적된 경로를 따라가 먹이를 찾고, 먹이를 갖고 개미집으로 되돌아오는 경로에 자신의 페로몬을 더한다. 결국 개미집과 먹이 사이의 최단거리 경로에 가장 많은 페로몬이 축적되어, 최단거리 경로를 더 많은 개미들이 먹이활동에 사용하게 된다. 이러한 문제 해결 방법이 네트워크 라우팅 문제에 사용되어 왔다. 라우팅에 ACO 방안을 적용할 때, 에이전트로 구성된 인공개미는 네트워크 노드들을 이동하며 목적지로의 경로를 찾고, 라우팅 테이블에 페로몬 값을 갱신한다^{2,3)}. 라우팅에 사용하는 페로몬 값은 개미의 이동시간, 각 노드에서의 큐 길이 등 여러 가지 요소를 복합적으로 사용하여 정한다. 일반적으로 ACO 라우팅 알고리즘은 경로 설정 단계, 데이터 전송 단계, 경로 유지 단계, 경로 장애 시 복구 단계로 이루어진다.

개미 기반 라우팅 방식은 이웃 노드의 라우팅 정보에 관계없이 지역적 정보로만 경로를 설정할 수 있고 동적으로 변하는 토폴로지에 대한 적응성이 뛰어나고 다중 경로를 지원하는 특징이 있다⁴⁾. 이러한 특징 때문에 개미 기반 라우팅 방식이 이동 애드혹 네트워크(MANET)에 적합하다.

MANET에서의 라우팅에 개미 기반 기법을 사용하면 여러 가지 라우팅 방안들이 기존에 제안되었다. 이들 중 AntHocNet⁵⁾은 경로를 설정할 때에는 반응적 개미를 사용하고, 경로를 유지할 때에는 능동적 개미를 사용하며 다중경로를 제공하는 방식이다. AntHocNet은 AODV보다 높은 패킷 전송율을 보였고⁵⁾, 현실적인 도시 환경에서의 성능도 좋았다⁶⁾. 그러나 라우팅 오버헤드가 AODV 보다 2~3배 정도 높은 단점이 있다. Swarm Intelligence Routing (SIR)⁷⁾은 AntHocNet의 단점을 극복하기 위하여 경로 설정 단계에 반응적 개미를 좀 더 엄격하게 관리하여 오버헤드를 줄이고, 경유노드에서도 경로설정을 위한 개미를 보낼 수 있게 하여 경로설정시간을 단축하였으며, 라우팅 테이블 크기를 적절하게 유지하는 방법을 도입하였다.

본 논문에서는 SIR에서 수정하지 않은 AntHocNet의 데이터 전송 단계와 경로 장애 시 복구 단계를 개선한 향상된 경로 관리를 사용하는 개미 기반 라우팅 방안인 EPMAR (ant-based routing method using enhanced path maintenance)을 제안한다. EPMAR은 이동노드의 이동성으로 인하여 빈번히 발생하는 링크 장애를 기존의 AntHocNet이나 SIR이 효과적으로 관리, 대처하지 못하기 때문에 이를 개선하고, 최적의 경로를 사용하여 좀 더 좋은 성능을 갖는 라우팅 방안을 제공하고자 한다. 모의실험 결과 본 논문에서 제안한 EPMAR이 AntHocNet이나 SIR보다 패킷 전달율이

높았고 치명적 링크 장애도 덜 발생함을 볼 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 제안하는 EPMAR의 동작 방식을 설명한다. 3절에서는 모의 실험 환경과 결과에 대한 성능분석을 한다. 마지막으로 4절에서 결론을 도출한다.

II. 제안하는 라우팅 방식

제안하는 EPMAR은 다중경로를 제공하고 반응적 요소와 능동적 요소를 모두 가지고 있는 SIR⁷⁾에 기반을 두고, 데이터 전송 단계와 경로 장애 시 복구 단계의 과정을 개선하는 라우팅 방식이다. 각 단계에서의 과정은 아래와 같다.

2.1 경로 설정 단계

경로 설정 단계에서 소스 (source)가 목적지 (destination)로 데이터를 전송하려는 데 라우팅 테이블에 해당 경로정보가 없으면 RFA(reactive forward ant)를 브로드캐스트한다. RFA에는 소스와 목적지 주소, 발생번호, 여행시간, 방문한 노드수, 방문한 노드의 리스트, 목적지 노드의 RBA (reactive backward ant) 플래그 영역이 있다. RFA를 수신한 노드는 목적지로 가는 경로가 라우팅 테이블에 있으면 유니캐스트로, 경로가 없으면 브로드캐스트로 RFA를 전달한다. 이렇게 전달되는 RFA들은 소스가 발생한 RFA와 동일한 소스와 목적지 주소, 발생번호를 갖으며, 이러한 RFA를 동일세대라고 부른다. 경유노드에서는 동일세대 RFA들 중 처음 수신한 RFA만 전달한다. 경유노드는 라우팅 테이블이 있는 목적지 정보가 최근 정보이고, 이전 경유노드에서 RBA를 전송한 적이 없고, 현 경유노드가 소스-목적지 경로 상에서의 위치가 적절한 범주에 속하면 RBA를 생성하여 소스로 보낸다.

목적지 노드는 동일세대 RFA를 여러 개 수신하면, 일정 여행시간 범주에 드는 RFA에 대해서만 응답으로 RBA를 생성하여 소스로 보내 다중경로를 설정한다.

RBA는 RFA에 있던 방문한 노드의 리스트에 기록된 노드들을 역으로 추적하며 소스로 간다. RBA는 한 홉씩 전달될 때 마다, 도착한 노드의 라우팅 테이블에 목적지 및 목적지까지 가는 데 경유하는 모든 노드들에 관한 라우팅 정보를 기록, 갱신한다. 또한 라우팅 테이블의 크기를 적절히 제어하기 위하여 동일 목적지로의 라우팅 항목 수에 제한을 둔다⁷⁾.

2.2 데이터 전송 단계

경로 설정 단계가 완료되면 데이터 전송이 시작된

다. AntHocNet이나 SIR에서는 데이터 패킷을 전송할 다음 홉을 라우팅 테이블에 존재하는 다중 경로의 페로몬 값에 따라 확률적으로 정하여 부하 분산 효과를 추구한다. 그러나 MANET 환경에서는 노드가 이동하여 경로 장애가 빈번하게 발생하므로 부하 분산 효과가 데이터 전송 효율에 미치는 영향은 확신할 수 없고, 낮은 페로몬 값을 갖는 경로의 불확실성은 높다.

이에 EPMAR에서는 라우팅 테이블에 존재하는 다중 경로 중 가장 높은 페로몬 값을 갖는 경로를 선택한다. G_{nd}^i 를 노드 i 의 페로몬 테이블 T^i 에서 목적지 d 로의 경로 중 이웃 노드 n 을 통하여 가는 경우에 대한 페로몬 값이라고 하자. 또한 N_d^i 를 노드 i 에서 목적지 d 로 가는 라우팅 테이블에 존재하는 경로들이 사용하는 이웃 노드들의 집합이라고 하자. 이때 데이터는 높은 페로몬 값을 갖는 경로를 선택하여 전송 혹은 전달된다. 즉, 선택되는 경로의 이웃노드 n 에 대한 페로몬 값은 다음 조건을 만족시켜야 한다.

$$\max_{n \in N_d^i} \{G_{nd}^i\}$$

2.3 경로 유지 단계

데이터 전송 단계 중에 소스 노드는 데이터 패킷 전송 중간에 데이터 전송율에 비례하여 PFA (proactive forward ant)를 목적지로 보낸다. PFA는 일반적으로 유니캐스트로 다음 홉을 확률적으로 선택하여 전송하며, 낮은 확률로 브로드캐스트를 하기도 한다. 이러한 과정을 통하여 기존에 설정된 경로의 페로몬 값을 최신 값으로 갱신할 수도 있고, 좀 더 나은 경로나 대체 경로를 확보할 수도 있다. 단, 소스에서 목적지까지 가는 동안 브로드캐스트 횟수는 일정 수 이하로 제한하여 PFA로 인한 제어 메시지가 많아지는 것을 방지한다⁵⁾. PFA를 수신하면 목적지는 BA (backward ant)를 생성하여 소스로 보낸다.

2.4 경로 장애 시 복구 단계

본 논문에서 경로 장애는 AntHocNet이나 SIR과 같이 두 가지 현상으로 판단한다. 우선 노드가 이웃 노드로부터 일정시간동안 hello 메시지를 받지 못하면 링크가 단절되었다고 판단한다. 또한 이웃노드로 데이터 패킷을 전달할 수 없으면, 즉 링크 계층에서 몇 회 전송하였으나 응답을 받지 못하는 경우도 경로 장애로 인식한다.

경로 장애가 발생하면 해당 링크를 라우팅 테이블에서 제거하고, 링크장애통지 (link failure notification) 메시지를 브로드캐스트한다. 링크장애통지 메시지를

받은 노드는 링크장애통지 메시지를 보낸 노드를 이웃노드로 하는 라우팅 테이블 항목을 제거하고, 만일 제거된 경로가 가장 좋은 경로였거나 유일한 경로인 경우에는 링크장애통지 메시지를 브로드캐스트한다. 경로 장애가 발생한 링크가 라우팅 테이블 상에서 목적지로 가는 유일한 경로인 경우에는 데이터 패킷을 목적지로 보낼 수 없기 때문에 이를 치명적 경로 장애라고 한다.

데이터 패킷 전달에 실패한 경로 장애가 치명적 경로 장애인 경우에는 자체적으로 경로를 복구하기 위하여 FRRA (forward route repair ant)를 전송한다. FRRA는 일반적인 FA (forward ant)보다 TTL (time to live) 값을 작게 설정하고, 타이머를 동작시켜 일정 시간 안에 BRRA (backward route repair ant)가 수신되지 않으면 경로복구가 실패한 것으로 판단한다.

이러한 절차를 따르면, 만일 경우 노드에 목적지로 가는 다른 경로가 존재한다면 링크장애통지 메시지는 그 경우 노드를 끝으로 소멸된다. 따라서 데이터를 전송한 소스 노드는 경로 중간에서 발생한 경로 변경 상황을 모르고, 결과적으로 정확하지 않은 페로몬 값에 의거하여 일정기간 경로를 선택하게 된다. 또한 AntHocNet과 SIR에서 FRRA를 통하여 경로가 복구되는 비율이 상당히 낮음을 실험을 통하여 파악하고 있었다.

이에 EPMAR에서는 AntHocNet과 SIR에서 사용하는 경로 장애 시 복구단계에서 사용하는 절차에 더하여 데이터 패킷 전송의 실패로 인한 경로 장애의 경우 데이터 패킷의 소스 노드로 유니캐스트 링크장애 (unicast link failure) 메시지를 보낸다. 이 메시지는 유니캐스트로 소스까지 전송되어 제어 메시지 오버헤드를 크게 증가시키지 않는다. 유니캐스트 링크장애 메시지를 수신하는 소스 노드는 앞서 선택한 가장 높은 페로몬 값을 갖는 경로에 장애가 발생했음을 파악할 수 있다. 따라서 소스 노드는 경로에 대한 최신 페로몬 값을 파악하기 위하여 해당 목적지로 PFA를 발송한다. PFA의 동작 방식은 경로 유지 단계와 동일하다. 이렇게 함으로써 소스 노드는 경로에 대하여 현재 시점의 페로몬 값을 알아낼 수 있고, 다음 데이터 패킷 전송 시 최고의 페로몬 값을 갖는 경로를 선택하여 데이터 전송을 계속할 수 있다.

III. 성능분석

3.1 모의실험 환경

EPMAR의 성능을 분석하기 위하여 Qualnet을 사

용하여 300초 동안 모의실험을 하였다. 100개의 이동 노드들을 $3000 \times 1000 \text{ m}^2$ 의 영역에 임의로 배치하고, 그 중 30개 노드를 CBR (constant bit rate) 트래픽 소스로 랜덤하게 선택하였다. 각 소스는 트래픽의 목적지를 임의로 하나 선택하여 0초부터 60초 사이의 임의의 시간 지연 후 64 바이트 크기의 패킷을 초당 1개씩 전송하고, 한번 시작된 CBR 트래픽 전송은 모의실험이 끝날 때 까지 지속하도록 설정하였다.

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 사용하였다⁸⁾. Random way point 모델을 규정하는 파라미터에는 정지시간 (pause time)과 최대이동속도가 있는데, 노드들의 이동성을 여러 가지 패턴으로 분석하기 위하여 모의실험에서 정지시간은 0, 30, 60, 120, 300초의 다섯 가지 경우를, 최대이동속도는 1 m/sec와 20 m/sec의 두 가지 경우를 사용하였다⁹⁾. 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.

3.2 실험결과 분석

EPMAR의 성능을 SIR 및 AntHocNet과 비교, 측정하기 위한 지표로 패킷 전달율, 치명적 경로 장애 발생 횟수, 노드 당 전송한 제어 메시지 수, 생성된 FA 수를 사용하여 모의실험 결과를 비교 분석하였다. 일반적으로 성능 지표로 사용되는 경로 설정 시간의 경우 EPMAR이 SIR과 동일한 경로설정 단계를 사용하였으므로 본 논문에서는 분석하지 않았다.

그림 1은 평균 패킷 전달율을 보여준다. 그림에서

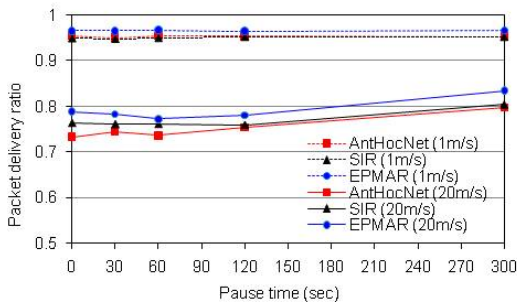


그림 1. 패킷 전달율

볼 수 있듯이 노드의 이동성, 즉 최대이동속도와 정지 시간에 관계없이 제안한 라우팅 방안인 EPMAR이 가장 높은 패킷 전달율을 제공하였다. EPMAR은 최대이동속도가 1 m/sec인 경우 AntHocNet이나 SIR에 비하여 약 1.5% 높은 패킷 전달율을 기록하였고, 최대이동속도가 20 m/sec로 이동성이 높아짐에 따라 AntHocNet보다는 5.1%, SIR 보다는 2.8% 높은 패킷 전달율을 보였다.

모의실험 진행 중에 발생한 치명적 경로 장애 횟수의 결과는 그림 2에 있다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 EPMAR를 사용한 경우에 치명적 경로 장애가 가장 적게 발생하였다. 특히 노드의 이동성이 큰 경우, 즉 최대이동속도가 20 m/sec이고 정지시간이 0 초여서 노드가 지속적으로 움직이는 경우에 EPMAR은 AntHocNet보다는 약 35%, SIR에 비해서는 약 21%의 치명적 경로 장애가 감소함을 볼 수 있었다. 최대이동속도가 줄어들거나 정지시간이 길어져서 노드의 이동성이 감소함에 따라 모든 방안에서 치명적 경로 장애 발생 횟수가 감소함도 확인할 수 있다.

패킷 전달율과 치명적 경로 장애 발생 횟수의 결과를 통하여 제안한 EPMAR에서 의도한 결과를 얻었음이 증명되었다. 즉, 최고의 페로몬 값을 갖는 경로를 선택함으로써 가장 좋은 경로로 패킷을 전송하여 패킷 전달율을 높였고, 경로 장애 시 소스로 유니캐스트 경로장애 메시지를 보내서 장애 상황을 알려줌으로써 추가적인 경로 장애가 발생하지 않도록 하였다.

전체 시스템에서 경로 설정 및 유지에 필요한 제어 메시지에는 경로 설정 단계에서의 RFA와 RBA, 경로 유지 단계에서의 PFA와 BA, 경로 장애 시 복구 단계에서의 링크장애통지 메시지, FRRA, BRRA 등의 제어 메시지가 필요하다. 특히 제안한 EPMAR에서는 유니캐스트 링크장애 메시지라는 새로운 제어 메시지를 추가로 도입하였다. 유니캐스트 링크장애 메시지

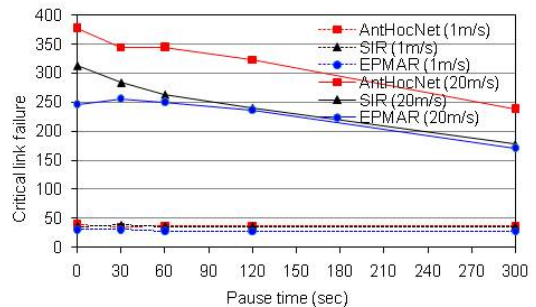


그림 2. 치명적 경로 장애 발생 횟수

수신 시 소스에서는 PFA를 전송하여 BA를 목적지에 서 응답으로 전송하여야 하므로, EPMAR에서 경로를 설정, 유지하기 위한 제어 메시지로 인한 오버헤드는 SIR보다 증가하게 된다. 그림 3은 이러한 제어 메시지로 인한 오버헤드를 보여준다. 경로를 설정하거나 유지하기 위하여 FA들은 타입에 따라서 브로드캐스트 혹은 유니캐스트로 경우노드들을 거쳐 목적지까지 전달된다. 그림 3에서 보여주는 제어 메시지 수는 제어 메시지들을 시스템 안의 노드들이 생성한 수와 목적지에 도달할 때까지 경우 노드에서 전달한 횟수의 합을 전체 노드 수로 나눈 값이다. 노드의 최대이동속도가 1 m/sec인 경우 EPMAR에서의 노드 당 전달한 제어 메시지 수는 SIR보다 13% 많았으나 오버헤드 자체가 큰 값은 아니었다. 한편 AntHocNet과 비교했을 때는 26% 정도 적었다. 하지만 노드의 최대이동속도가 20 m/sec로 증가하면 SIR과의 차이는 3%로 줄어들고, AntHocNet의 제어 메시지 오버헤드의 35% 밖에 되지 않았다. EPMAR에서의 오버헤드가 증가한 원인은 생성, 전달된 BA의 수가 SIR보다 많은 데에 기인하는 데, 이는 경로 장애 발생 시 EPMAR에서는 소스에서 PFA를 사용하여 경로의 페로몬 값을 재확인하는 과정에서 대응하는 BA가 발생하기 때문이다.

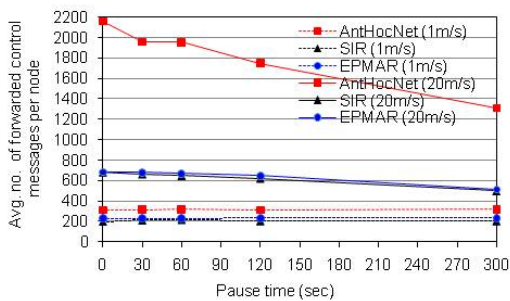


그림 3. 노드 당 전송한 제어 메시지 수

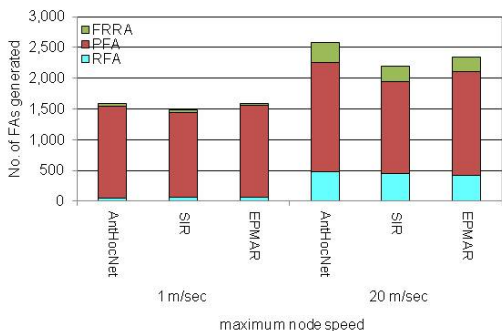


그림 4. 생성된 FA 수

그림 4는 모의실험 기간 동안 시스템에서 생성된 FA의 수를 보여준다. 산정된 FA에는 RFA, PFA, FRRA가 포함되었다. 그림에서 볼 수 있듯이 생성되는 FA들의 수는 라우팅 방식별로 큰 차이는 없으나, 제안한 방식인 EPMAR가 SIR보다 PFA의 경우는 노드의 최대이동속도에 따라 약 7~13% 정도 많이 생성되었다. 그러나 FRRA는 7~20% 정도, RFA는 6~12% 정도 적게 생성되어, 치명적인 경로 장애 발생이 감소함에 따라 FRRA가 줄어들었고 따라서 데이터 전송 중에 경로를 재설정하기 위한 RFA 발생도 감소하였음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 개미집단 최적화 알고리즘을 이용한 라우팅 방식을 MANET에 적용한 SIR을 개선한 EPMAR를 제안하였다. 제안한 방식은 페로몬 값에 의거하여 최선의 경로로 데이터를 전송하고, 경로 장애 시 소스 노드에 장애 발생을 알려주어 경로에 대한 페로몬을 갱신할 수 있도록 하여 보다 안정적인 데이터 전송이 가능하도록 하였다. 모의실험 결과 제안한 방안이 제어 메시지의 오버헤드는 SIR보다 약간 증가했지만, 안정적인 경로를 바탕으로 AntHocNet이나 SIR보다 높은 데이터 전달율을 기록하였고, 치명적인 경로 장애 발생빈도는 낮춤을 확인할 수 있었다.

제안한 EPMAR 방식은 최적의 경로만을 데이터 전송에 사용함으로써 AntHocNet이나 SIR에서 제공하던 부하분산의 효과를 누릴 수 없다. 따라서 최적 경로 상의 노드들의 에너지 소모가 많아질 우려가 있다. 이에 에너지의 효율을 고려한 라우팅 방안을 추후에 연구할 예정이다.

참고 문헌

- [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] 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*, Vol.33, No.5, pp. 560-572, Sep. 2003.
- [3] G. D. Caro and M. Dorigo, "AntNet: Distributed stigmergetic control for communi-

cations networks,” *J. Artif. Intell. Res.*, Vol. 9, pp.317-365, 1998.

- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] F. Ducatelle, G. Di Caro and L. M. Gambardella, “An Evaluation of Two Swarm Intelligence MANET Routing Algorithms in an Urban Environment,” *Proc. of IEEE Swarm Intelligence Symposium*, Sep. 2008.
- [7] 우미애, Ngo Huu Dong, 노우중, “MANET에서 군집지능을 이용한 라우팅 방안,” *한국통신학회 논문지*, 제33권 7호, pp.550-556, 2008. 7.
- [8] M. S. Corson and A. Ephremides, “A Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks,” *Wireless Networks*, Vol.1, No.1, pp.61-81, Feb. 1995.
- [9] J. Broch, D. Maltz, D. Johnson, Y. Hu and J. Jetcheva, “A Performance Comparison of Multi- Hop Ad Hoc Network Routing Protocols,” *Proc. MobiCom'98*, October 25-30, 1998.

우 미 애 (Miae Woo)

중신회원



1985년 2월 연세대학교 전자공학과

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