군집단 지능 알고리즘 기반의 정보 속성을 고려한 애드 혹 네트워크 라우팅

(Swarm Intelligence Based Data Dependant Routing Algorithm for Ad hoc Network)

허 선 회 † 장 형 수 ††

(Seon Hoe Heo) (Hyeong Soo Chang)

요 약 본 논문에서는 동적 애드 혹 네트워크(MANET)상에서 효율적인 라우팅을 위해 대표적인 군집단지능 알고리즘인 Ant Colony Optimization 알고리즘에 기반을 둔 정보 속성을 고려한 Data Dependent Swarm Intelligence Routing Algorithm(DSRA)을 제안한다. 제안된 알고리즘은 정보를 *Realtime* 정보와 *Non-Realtime* 정보로 분류하여 이 두 가지 속성에 의존적인 전송 알고리즘을 적용함으로써 첫째, *Realtime* 정보의 지연시간을 감소시켜 보다 효율적인 라우팅 경로를 구성하고 둘째, *Non-Realtime* 정보와 *Realtime* 정보의 경로 분산 효과를 통해 전체적인 네트워크의 lifetime을 증대시킨다. AODV[1], DSR[2], AntHocNet[3]과 비교를 통해 지연시간과 lifetime 모두에서 DSRA가 더 나은 성능을 보인다는 것을 실험적으로 확인한다.

키워드 : MANET, 정보 속성을 고려한 라우팅, 군집단 지능

Abstract In this paper, we propose a Data Dependant Swarm Intelligence Routing Algorithm(DSRA) based on "ant colony optimization" to improve routing performance in Mobile Ad hoc Network(MANET). DSRA generates a different routing path depending on data's characteristics: *Realtime* and *Non-Realtime*. DSRA achieves a reduced delay for *Realtime* data and an enhanced network lifetime from a decentralized path selection for *Non-Realtime* data. We demonstrate these results by an experimental study comparing with AODV, DSR and AntHocNet.

Key words : MANET, Data dependent routing, swarm intelligence

· 이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-313-C00090)
· 이 논문은 제34회 추계학술대회에서 '군집단 지능 알고리즘 기반의 정보 속성을 고려한 애드 혹 네트워크 라우팅'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 학생회원 : 서강대학교 컴퓨터공학과
kissiskiss@sogang.ac.kr
†† 정 회 원 : 서강대학교 컴퓨터공학과 교수
hschang@sogang.ac.kr

논문접수 : 2007년 12월 14일
심사완료 : 2008년 4월 24일

Copyright@2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제14권 제5호(2008.7)

1. 서 론

MANET[4]에서는 노드의 이동성으로 인해 잦은 위상변화가 발생하는 점과 전체 네트워크 정보의 중앙 집중적인 처리가 불가능한 점으로 인해 라우팅을 위한 효율적인 경로 설정이 선행되어야 한다.

MANET 상에서 전달되는 정보는 크게 *Realtime* 정보와 *Non-Realtime* 정보로 구분할 수 있는데 *Realtime* 정보는 source 노드에서 destination 노드까지 정보를 전달하는 과정에서 발생하는 지연시간(delay)에 민감한 정보로 *Non-Realtime* 정보와 구별된다. 일반적으로 이러한 속성에 독립적으로 작용하는 알고리즘들은 성능이 좋은 노드로 정보 전달이 집중되어 정보 전달의 지연시간이 증가하고 사용된 노드의 에너지를 집중적으로 소비하여 전체적인 네트워크의 lifetime을 감소시키는 문제점[5]을 만든다. DSRA는 *Realtime* 정보와 *Non-Realtime* 정보의 구분을 통해 *Realtime* 정보는 지연시간이 최소화되는 경로를 선택하도록 설정하고 *Non-Realtime* 정보는 네트워크의 에너지 균형을 유지하는 경로를 선택하도록 설정함으로써 이러한 문제를 해결하였다. 이러한 정보 속성에 의존적인 경로 설정을 위해 DSRA는 Ant-Based Routing Algorithm[3]을 사용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 논문에서 풀고자하는 문제를 정의하고 3장에서는 DSRA 알고리즘의 구체적인 동작방식을 설명한다. 그리고 4장에서는 실험 결과를 마지막 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후 과제를 제시한다.

2. 문제 정의

본 논문에서는 MANET 상에서 정보의 속성을 고려한 노드간의 효율적인 경로 설정을 통해 네트워크의 lifetime을 유지하면서 정보 전송률을 극대화하는 문제를 풀고자 한다. 이를 다음과 같이 정의 할 수 있다.

2.1 Network Model

무선 노드들의 집합 $V=\{v_1, v_2, \cdots, v_k\}$을 구성하는 노드 v_k는 에너지 소비량(power consumption)정보 $pc(v_k)$

을 가지며 이는 현재 노드에 남아있는 에너지양을 나타낸다.

각각의 무선 노드 v_k은 좌표 (x, y), $x, y \in R$을 가지는 모델 환경 $A \in R^2$ 안에서 Random Waypoint Model (RWM)[6]에 따라 이동한다.

RWM을 따르는 노드들의 집합 $V=\{v_1, v_2, ..., v_k\}$와 이들의 연결에 의해 생성되는 간선들의 집합 $E=\{e_1, e_2, ..., e_k\}$으로 구성될 수 있는 모든 가능한 그래프 $G=(V,E)$의 무한 집합을 $Z=\{G_1, G_2, G_3, ...\}$로 정의한다. 이때 *initial time* t에 생성된 그래프를 G_1이라고 하면 그래프 G_1은 t가 증가함에 따라 $G_1 \rightarrow G_2 \rightarrow G_3 \rightarrow ... \rightarrow G_t \rightarrow ...$의 확률과정(random process)을 구성한다.

그래프 G_t 상에 존재하는 임의의 source 노드 $v_s \in V$와 destination 노드 $v_d \in V$을 연결하는 이웃노드들의 집합은 $PATH_t^{G_t}(v_s, v_d)=\{v_s, v_i, v_j, ..., v_k, v_d\}$이며 이때 $v_i, v_j, ..., v_k$는 $PATH_t^{G_t}(v_s, v_d)$의 중간노드이고 $hcnt(PATH_t^{G_t}(v_s, v_d))=|PATH_t^{G_t}(v_s, v_d)|-2$는 중간노드의 수이다. 이때 시간 t_s에 노드 v_s에서 정보를 전달하여 시간 t_d에 노드 v_d로 도착함으로써 발생되는 $delay(G_t, PATH_t^{G_t}(v_s, v_d))=t_d-t_s$는 지연시간(delay)으로 정의한다. 한편 $PATH_t^{G_t}(v_s, v_d)$을 구성하는 각 노드의 에너지 소비량 $pc(v_k)$의 총 합

$power(PATH_t^{G_t}(v_s, v_d))=\sum pc(v_k) \quad v_k \in PATH_t^{G_t}(v_s, v_d)$

은 경로를 이루는 노드들이 얼마나 많은 에너지를 갖고 있는가를 나타낸다.

2.2 Data Tolerance Factor

Delay tolerance factor $DT \in \{0, 1\}$는 전송 지연시간에 민감한 *Realtime* 정보인 경우 $DT=0$으로 설정하며 전송 지연시간에 제약을 받지 않는 *Non-Realtime* 정보는 $DT=1$로 설정한다.

2.3 Problem Setup

본 논문에서 풀고자 하는 문제를 다음과 같이 정형화 할 수 있다.

> RWM을 따르는 노드 $V=\{v_1, v_2, ..., v_k\}$의 연결에 의해 생성되는 간선 $E=\{e_1, e_2, ..., e_k\}$으로 구성될 수 있는 모든 가능한 그래프 $G=(V,E)$의 무한 집합 $Z=\{G_1, G_2, G_3, ...\}$이 시간 t가 증가함에 따라 구성하는 $G_1 \rightarrow G_2 \rightarrow G_3 \rightarrow ... \rightarrow G_t \rightarrow ...$의 확률과정에서 $\Phi(t, G_t)$가 (t, G_t)상에 존재하는 노드 v_s에서 노드 v_d로의 $PATH_t^{G_t}(v_s, v_d)$을 찾아주는 알고리즘이라고 정의하면 집합 Z의 각 그래프 상에서 노드 v_s에서 노드 v_d로의 정보 전송을 위한 평균지연시간 $average-\nabla ay(Z)$는 다음과 같이 정의할 수 있다.
>
> $$average-\nabla ay(Z)=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\sum_{t=0}^{T}\nabla ay(G_t, \Phi(t, G_t))$$
>
> 또한 집합 Z의 각 그래프 상에서 노드 v_s에서 노드 v_d로의 정보 전송을 위한 평균에너지소비량 $average-power(Z)$는 다음과 같이 정의할 수 있다.
>
> $$average-power(Z)=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\sum_{t=0}^{T}power(G_t, \Phi(t, G_t))$$
>
> 이 때 $DT=0$인 *Realtime* 정보는 $\min average-\nabla ay(Z)$ 값을 근사하는 $\Phi(t, G_t)$을 찾고, $DT=1$인 *Non-Realtime* 정보는 $\max average-power(Z)$을 근사하는 $\Phi(t, G_t)$을 찾는다.

무한 집합 $Z=\{G_1, G_2, G_3, ...\}$에서 최소 평균 지연시간 $average-delay(Z)$을 갖는 $\Phi(t, G)$와 최대평균에너지소비량 $\max average-power(Z)$을 갖는 $\Phi(t, G)$을 찾는 것은 불가능 하다. 본 논문에서는 이를 근사하는 $\Phi(t, G)$을 구하는 동적경로설정 알고리즘(dynamic path setup algorithm)을 제안한다. 이를 위해 Ant Colony Optimization을 이용한 heuristic algorithm인 DSRA를 제안한다.

3. Data Dependent Swarm Intelligence Routing Algorithm(DSRA)

DSRA는 MANET 상에서의 효율적인 라우팅 경로 설정을 위해 정보를 *Realtime*과 *Non-Realtime*으로 구분하여 정보 속성에 의존적인 알고리즘 과정을 적용한다.

3.1 알고리즘 Description

노드들은 그림 1과 같이 1-hop 거리에 있는 이웃 노드에 대해 *Neighbor Searching*을 주기적으로 실행하여 생성되거나 소멸된 이웃노드의 정보와 각 노드의 에너지정보를 업데이트하여 저장한다. 모든 노드들이 이 과정을 분산적으로 실행함으로써 전체적인 네트워크 위상을 일차적으로 형성한다.

임의의 source 노드 v_s에서 보내고자 하는 정보가 발생하면 우선 v_s는 목적지 table에 destination 노드 v_d

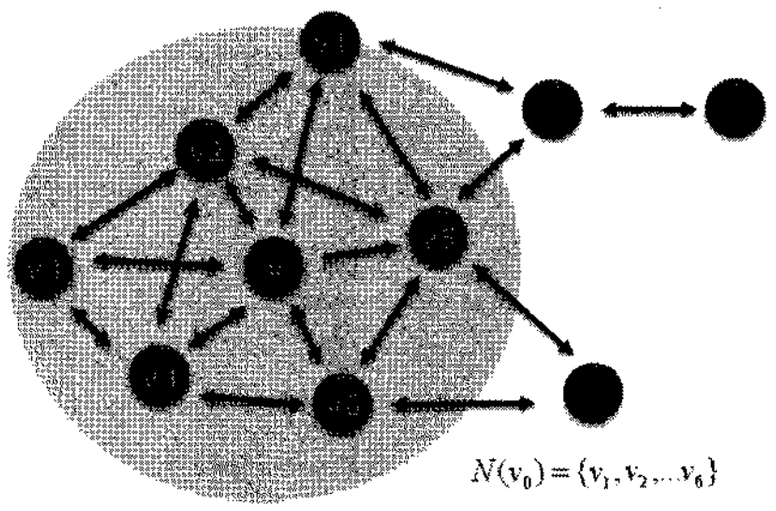

그림 1 1-hop Neighbor Searching

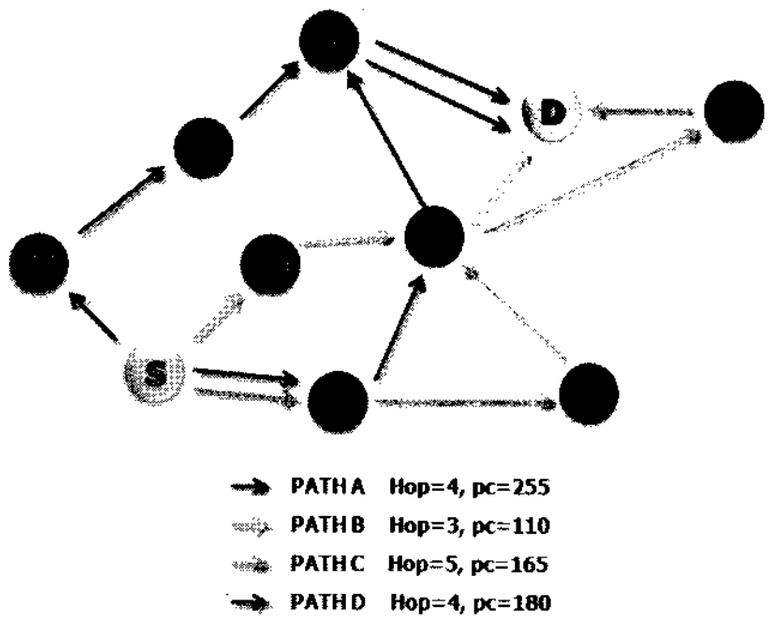

그림 2 *Forward Ant*를 이용한 경로 설정

가 이전의 경로 설정 과정을 통해 저장되었는지 확인한 후 정보가 있을 경우 그 경로를 이용하고 정보가 없을 경우 그림 2와 같이 *Forward Ant*를 v_d로 전송함으로써 경로 설정을 실시한다.

Forward Ant a_k가 노드 v_i에서 다음 중간노드로 v_j을 선택하는 확률 $pb^k_{v_iv_j}$은 노드 v_j의 에너지 소비량 정보 $pc(v_j)$와 간선 $e(v_i, v_j)$상에 놓인 *pheromone* $\tau_{v_iv_j}$ 값에 영향을 받는다. 이 때 보내고자 하는 정보의 속성을 고려하여 두 값의 가중치를 결정하게 된다. $pc_{initial}$가 노드의 초기 에너지이고 $Npc(v_i)$가 현재 남아있는 에너지의 비율이라고 하면 $Npc(v_i)$는

$$Npc(v_i) = (pc_{initial} - pc(v_i))/pc(v_i), \quad pc_{initial} \in N$$

과 같이 정의할 수 있는데 이를 바탕으로 보내고자 하는 정보가 *Non-Realtime*($DT=1$) 정보인 경우 경로 선택 확률 $pb^k_{v_iv_j}$는

$$pb^k_{v_iv_j} = \begin{cases} \dfrac{(\tau_{v_iv_j})^2\, Npc(v_j)}{\sum (\tau_{v_iv_k})^2\, Npc(v_k)}, & \text{if } v_k \in N(v_i) \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

식을 이용하여 얻는다. 이를 통해 *Non-Realtime* 정보는 *pheromone* 값보다 $pc(v_j)$에 더 큰 가중치를 부여함으로 주어진 그래프 상에서 더 많은 에너지를 가지고 있는 노드를 다음 노드로 선택할 확률을 증가시킨다. 반면 *Realtime* 정보의 경로 선택 확률 $pb^k_{v_iv_j}$는

$$pb^k_{v_iv_j} = \begin{cases} \dfrac{\tau_{v_iv_j}\,(Npc(v_j))^2}{\sum \tau_{v_iv_k}\,(Npc(v_k))^2}, & \text{if } v_k \in N(v_i) \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

식을 이용하여 얻어진다. *Realtime* 정보는 다음 노드의 에너지 소비량 정보 $pc(v_j)$ 보다는 업데이트된 *pheromone* $\tau_{v_iv_j}$ 정보에 더 큰 가중치를 부여함으로 $hcnt_{a_k}$을 최소화하는 경로를 경험적으로 선택하게 되며 이를 통해 주어진 그래프 상에서 정보 전송 지연시간을 최소화하는 경로를 근사할 수 있다.

목적에 도착한 *Forward Ant*는 경로 설정을 위해 성능을 평가받고 가장 성능이 좋은 경로를 선택하게 된다. 경로의 선택은 정보의 속성을 고려하여 결정하는데 보내고자 하는 정보가 *Non-Realtime*($DT=1$) 정보인 경우

$$power(PATH_{a_k}(v_s, v_d)) = \sum pc(v_k)$$

식을 이용해 $power(PATH_{a_k}(v_s, v_d))$가 가장 작은 $PATH_{a_k}$을 정보 전송 경로로 선택한다. 반면에 $DT=0$인 *Realtime* 정보의 경우 *Forward Ant*가 만든 경로의 *hcnt* 정보를 이용해 $hcnt(PATH_{a_k}(v_s, v_d))$가 가장 작은 $PATH_{a_k}$을 정보 전송 경로로 선택한다.

각 노드의 숫자는 노드의 남은 에너지양(pc)을 나타내며 hop은 경로 상의 *hopcounter* 이다. 모두 4개의 경로가 만들어졌고 *pheromone* 정보를 생략한다면 *Realtime* 정보는 *hop*수가 가장 적은 path B를 선택하여 정보를 전송하고 *Non-Realtime* 정보는 pc의 합이 가장 큰 path A를 선택하여 정보를 전달한다.

Destination 노드는 *Backward Ant*를 이용해 *Forward Ant*가 만든 경로를 역이동하며 *pheromone* 업데이트 후 경로 설정을 종료한다. *Pheromone* 업데이트는 *Realtime* 기반의 정보이며 가장 성능이 좋은 경로만 실시하게 되는데 그림 2의 예에서 모든 path가 *Realtime* 정보의 경로라고 가정하면 path B가 가장 성능이 좋으므로 그림 3과 같은 경로로 *Backward Ant*를 보낸다.

Pheromone 업데이트는 기존의 ACO 알고리즘이 사용하는 업데이트 식인

$$\tau_{v_iv_j} = \rho \times \tau_{v_iv_j} + (1-\rho)\Delta\tau_{v_iv_j}$$

을 사용하였다. 이때, ρ는 evaporation factor로 *pheromone*의 증발비율을 나타내며 과거의 경험적 *pheromone* 양과 현 시점의 *pheromone* 양의 관계를 표현한다. $\Delta\tau_{v_iv_j}$ 현 시점의 *pheromone* 변화량으로 *Forward Ant*에 의해 생성된 경로를 구성하는 중간 노드들의 $hcnt_{a_k}$의 역수로 설정하였다.

$$\Delta\tau_{v_iv_j} = \begin{cases} \dfrac{1}{hcnt_{a_k}}, & \text{if } a_k \text{ uses } e(v_i, v_j) \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

위 두 식을 통해 경로설정에 관여하지 않은 간선 $e(v_i, v_j)$는 *pheromone*의 양이 줄어들지만 빈번이 사용되는 $e(v_i, v_j)$는 *pheromone*의 양이 증가하게 되며 이러한 과정의 반복을 통해 얻어진 *pheromone* 정보를 이용한 $pb^k_{v_iv_j}$을 통해 각 노드는 임의의 destination 노드 v_d로의 정보 전송 경로를 찾기 위한 Random Search 과정을 점차적으로 줄이고 *pheromone* 정보의 이용이

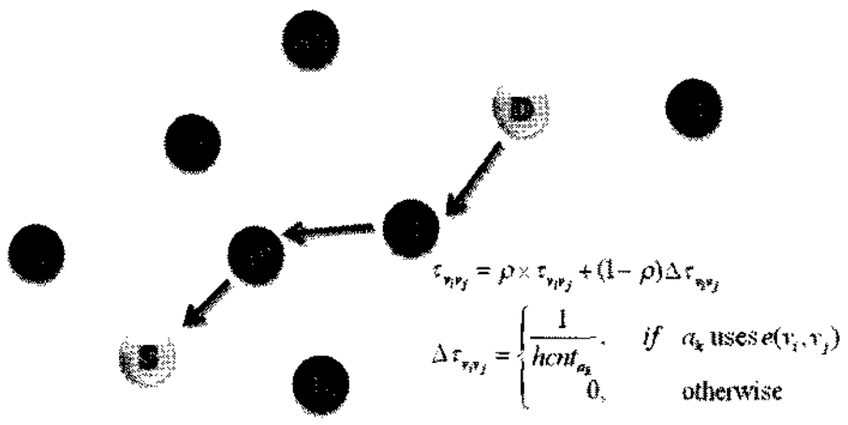

그림 3 *Backward Ant*는 *Forward Ant*가 만든 경로를 역순으로 이동하면서 각 edge 상의 *pheromone* 업데이트를 실시한다.

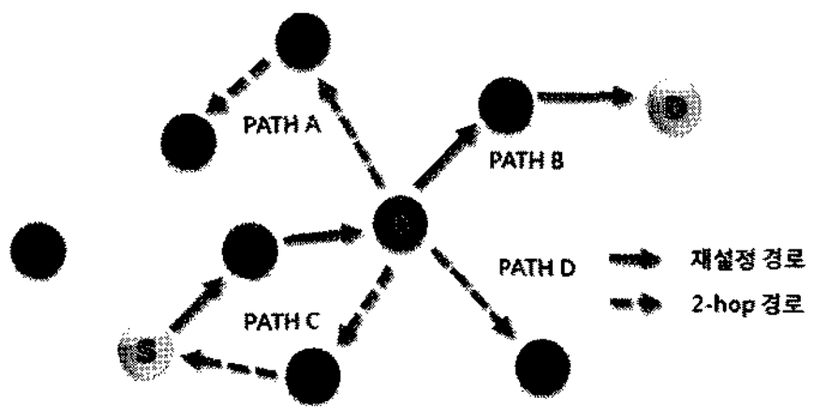

그림 5 노드 B가 가지고 있는 지역경로 중 가장 성능이 좋은 path B가 destination 노드로 가는 경로로 재설정된다.

점차적으로 증가하여 불필요한 대역폭의 사용과 지연시간을 줄여주게 된다.

경로 설정이 완료되면 실제 정보 전송이 시작되는데 *Realtime* 정보의 경우 노드의 소멸에 의한 지연시간을 줄이기 위해 지역 정보 재설정 과정을 실행한다.

3.2 지역 경로 재설정

라우팅 알고리즘들은 이웃노드와의 연결이 변화하였을 때 직접 통신 가능한 이웃노드에게만 자신의 관련 정보를 전달하며 각 노드는 이웃노드의 정보를 통해 간접적으로 자신의 라우팅 table 정보를 수정하게 되는데 [1-3] 이는 여러 노드에 대한 라우팅 정보를 하나의 패킷으로 처리하므로 경로 설정을 위한 대역폭의 소모는 작지만 충분히 업데이트 된 정보를 얻을 수 없다[7]. 일반적인 라우팅 알고리즘은 특정 노드가 정보 전달 중 네트워크상에서 소멸되게 되면 다른 경로를 설정하기위해 지역 경로 재설정(local path repair)을 실행하기 위한 지연시간(delay)을 갖게 되는데 DSRA에서는 이를 개선하였다.

Realtime 정보는 지연시간(delay)에 민감하기 때문에 특정 노드가 소멸되면 빠른 경로 재설정이 필요하다. 이를 위해 전송 경로에 속한 각 노드들은 *Forward Ant*와 *Backward Ant*을 자신과 2-hop 거리에 있는 노드와 실행함으로써 특정 노드가 소멸되었을 경우 대체하기 위한 추가적인 path를 유지하게 된다. 이를 통해 특정 노드가 소멸되어도 지연시간을 최소화하면서 정보를 전달하게 된다. *Non-Realtime* 정보는 지연시간에 큰 영향을 받지 않기 때문에 위와 같은 지역 경로 재설정이 필요하지 않다.

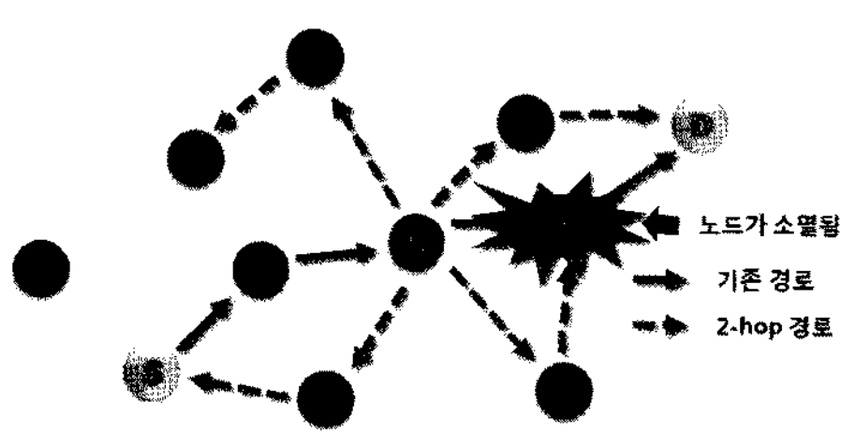

그림 4 노드 B는 노드A의 소멸 전부터 지역경로설정을 통해 2-hop경로를 탐색한다. 노드 A가 소멸되면 지역 경로들 중 destination 노드로 전송 가능한 경로들의 성능을 평가한다.

4. 실험 및 토의

본 논문에서 제안한 DSRA의 성능을 평가하기 위해 MANET상에서의 라우팅 알고리즘들이 표준으로 비교하는 AODV[1]와 DSR[2]을 비교하였고 ACO를 이용한 swarm intelligence 알고리즘 중 뛰어난 성능을 보이는 AntHocNet[3]와 비교했다.

실험에서 비교한 것은 크게 두 가지로 노드의 에너지 소모량과 정보의 전송률이며 모두 50회의 실험을 수행한 후 결과의 평균을 정리하였다. 이때 정보는 source 노드에서 생성되어 destination 노드로 전달되는 방식으로 실험하였다.

4.1 에너지 소모량

노드 $V=\{v_1, v_2, ..., v_k\}$는 정보를 전달할 때 에너지를 소비한다. 네트워크의 에너지 소모량의 총합은 네트워크를 구성하는 각 노드들의 에너지 소비량의 합이다.

$$pc_{total}(V) = \sum_{i=1}^{k} pc(v_i), \quad k=|V|, \qquad 0 \le pc(v_i) \le 10000$$

표 1은 각각의 알고리즘을 이용한 전송과정에서 시간에 따른 에너지 변화량을 표시한 것이다. AntHocNet과 DSRA의 경우 실험 초반에는 경로설정 과정에서 빈번한 확률적 경로설정 과정에 의해 AODV, DSR에 비해 좋지 않은 성능을 나타낸다. 하지만 시간이 지나면서 경로 정보의 누적에 의해 확률적 경로설정(*Forward Ant* 및 *Backward Ant*에 의한 경로설정) 과정이 줄어들기 때문에 점점 성능이 개선되었다. 최종시점(900초)에서 DSRA의 남은 에너지양이 다른 알고리즘보다 평균적으로 높음을 알 수 있고 이를 통해 DSRA가 다른 알고리즘보다 더 적은 에너지를 소모함을 확인할 수 있다.

4.2 정보 전송률

정보 전송률은 *Realtime* 정보와 *Non-Realtime* 정보

표 1 네트워크의 에너지 변화량

time	AODV	DSR	AntHocNet	DSRA
0	50000	50000	50000	50000
100	46215	46598	44053	44156
200	40542	41211	39607	39687
300	35671	36016	33416	33559
400	31086	31598	29468	29053
500	26459	26785	25673	25588
600	21593	22036	23051	23310
700	16897	17369	17893	18154
800	11545	12894	13217	13976
900	6899	7999	8976	9349

를 구분하여 실험하였다.

Non-Realtime 정보의 전송률은 전송의 안정성을 측정하게 된다. 만약 source 노드에서 생성된 정보가 destination 노드에 도착되는 비율이 높지 않다면 알고리즘의 안정성이 낮아지게 된다. 표 2는 *Non-Realtime* 정보의 전송 실험 결과를 그래프로 나타낸 것으로 DSRA이 다른 알고리즘과 비슷한 결과를 나타내며 안정적인 알고리즘임을 보여준다.

Realtime 정보의 전송률은 source 노드에서 생성된 정보가 destination에 도착하는데 걸리는 평균 지연시간을 측정하였다. 실험과정에서 일부 노드는 에너지를 모두 소모하고 소멸되거나 확률에 의해 소멸되었다. 이 과정에서 DSRA는 지역 정보 재설정 과정을 통해 이를 효과적으로 대처하는데 이는 결과를 통해 잘 드러난다. 다른 알고리즘은 시간이 지나면서 성능이 나빠지거나(AODV) 지연시간에 큰 변화가 없는데(DSR) 반해 ACO 기반의 AntHocNet과 DSRA는 시간이 지나면서 경로 정보가 축적됨에 따라 지연시간을 감소시키고 더 나은 성능을 가지게 되었다. 특히 제안된 DSRA는 AntHocNet의 지역 경로 재설정방식을 개선함으로써 시간이 지나면서 AntHocNet보다 더 나은 성능을 보였다. 그림 6은 *Realtime* 정보의 전송 실험결과를 그래프로 나타낸 것이다.

표 2 Non-Realtime 정보의 전송률

time	AODV	DSR	AntHocNet	DSRA
0	98	100	98	98
100	97	100	99	97
200	98	99	98	98
300	99	99	99	97
400	100	99	99	97
500	99	100	100	98
600	100	99	98	100
700	99	100	98	98
800	100	99	100	99
900	98	100	97	100

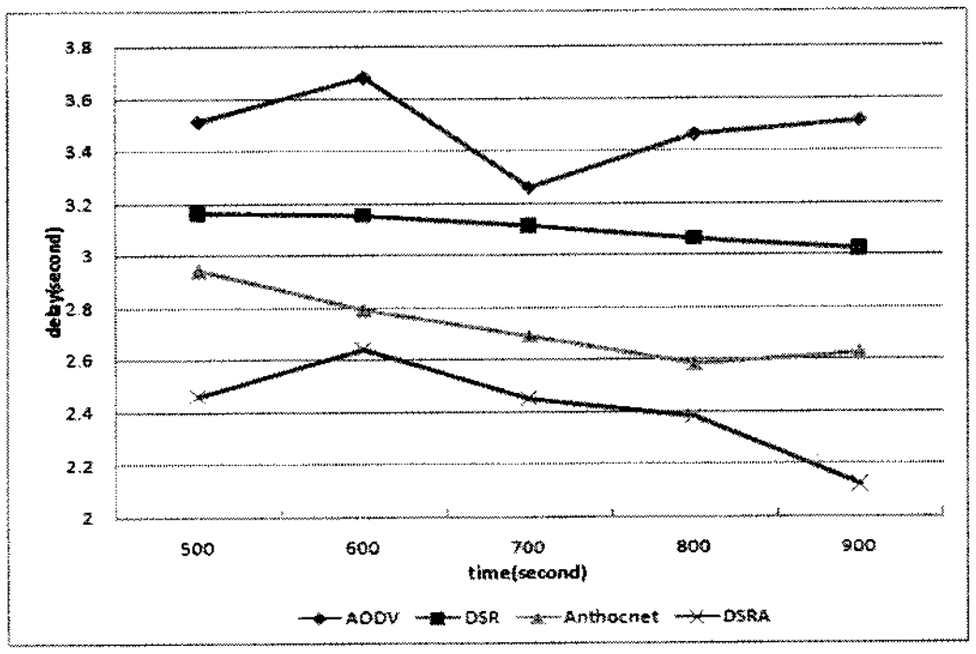

그림 6 Realtime 정보의 지연시간

6. 결론 및 향후 과제

본 논문에서 제안한 DSRA 알고리즘이 MANET 환경에서 기존의 Swarm Intelligence 알고리즘인 ACO를 이용한 AntHocNet 알고리즘 및 AODV, DSR 알고리즘과 비교해 더 나은 성능을 낸다는 것을 실험을 통해 확인하였다. 본 논문에서는 정보의 속성을 *Realtime*과 *Non-Realtime*으로 단순히 구별하였지만 향후 이를 확대하여 세분화된 구분을 통해 보다 효율적인 알고리즘을 제안할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] Ian D. Chakeres, Elizabeth M and Belding-Royer, "AODV Routing Protocol Implementation Design," *Distributed computing Systems Workshops*, pp. 689-703, 2004.

[2] David B. Johnson, David A. Maltz, and Josh Broch. "DSR The Dynamic Source Routing Protocol for Multihop Wireless Ad Hoc Networks," *In Ad Hoc Networking*, Addison-Wesley, 2001.

[3] Gianni Di Caro, Frederick Ducatelle, and Luca Maria Gambardella, "AntHocNet: An Ant-Based Hybrid Routing Algorithm for Mobile Ad Hoc Networks," *Parallel Problem Solving from Nature*, 2004.

[4] Elizabeth Royer and C-K Toh, "A Review of current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks," *IEEE Personal communications*, Vol.6, pp.46-55, 1999.

[5] Younghwan Yoo, Sanghyun Ahn, "A simple load-balancing approach in cheat-proof ad hoc networks," *GLOBECOM IEEE*, vol.6, pp.3573-3577, 2004.

[6] Bettstetter, C., Resta, G., and Santi, P., "The node distribution of the random waypoint mobility model for wireless ad hoc networks," *Mobile Computing IEEE Transactions,* vol.2, pp.257-269, 2003.

[7] Se-young Lee, Hyeong Soo Chang, "Durable Distance Vector Multicasting Protocol for Mobile Ad hoc Networks," *Networking, Sensing and Control, 2006. IEEE International Conference*, pp.6-11, 2006.