

논문 2008-45TC-7-9

무선 Ad Hoc 네트워크를 위한 위치정보 기반 에너지 고려 라우팅 프로토콜

(Power Aware Greedy Perimeter Stateless Routing Protocol for
Wireless Ad Hoc Network)

이 병 건*, 윤 원 식*

(Byunggeon Lee and Wonsik Yoon)

요 약

본 논문에서는 무선 ad hoc 네트워크를 위한 위치정보 기반 에너지 고려 라우팅 프로토콜을 제안한다. 기존의 Greedy Perimeter Stateless Routing(GPSR)에서는 특정 노드에 트래픽이 부과되어 그 노드의 배터리 소모가 커지는 문제와 void 상황에 대한 문제점이 있다. 이를 해결하기 위한 방안으로 본 논문에서 제안한 Power Aware Greedy Perimeter Stateless Routing(PAGPSR) 프로토콜은 목적지까지 경로 설정 시 에너지 정보와 위치기반 정보를 기반으로 경로를 설정하여 기존 GPSR에서의 문제점을 해결하였다. 본 논문은 다음 홉을 설정할 때에 두 가지 사항 즉, 에너지 잔량과 목적지까지의 거리를 고려하여 다음 홉을 설정하게 되고 void 상황에 직면하였을 때에 제안하는 Limited-Flooding 방식을 택하여 다음 홉을 설정한다. 제안한 프로토콜의 성능을 평가하기 위하여 본 논문에서는 ns-2를 사용하였으며, 성능 분석을 통해 GPSR과 비교하여 네트워크 수명이 향상된 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we have proposed a power aware location based routing protocol for wireless ad hoc network. The existing greedy perimeter stateless routing (GPSR) has some problems which are certain node overloaded and void situation. The proposed power aware greedy perimeter stateless routing (PAGPSR) protocol gives a solution for these problems in GPSR. PAGPSR uses power aware and geographically informed neighbor selection to route a packet towards the destination. It also gives a solution for the fundamental problem in geographical routing called communication void. It considers residual energy of battery and distance to the destination for the next hop node selection. When it encounters a void, it starts limited-flooding to select next hop node. To evaluate the performance of our protocol we simulated PAGPSR in ns-2. Our simulation results show that our protocol achieves longer network lifetime compared with greedy perimeter stateless routing (GPSR).

Keywords : power aware routing, ad hoc network, geographic routing, limited flooding

I. 서 론

유선 통신에서와는 달리 기반 시설이 없는 환경에 설치된 무선 ad hoc 네트워크가 고품질의 서비스를 제공하려면 제한된 자원을 얼마나 효과적으로 사용하는가가 중요한 고려사항이 된다. 본 논문에서는 이러한 단말기들의 한정된 에너지를 효율적으로 사용하기 위

하여 네트워크 수명(Network Life Time)에 초점을 맞춰 각 단말들의 에너지 소모를 고려하면서 목적지까지의 최단 거리 역시 고려할 수 있는 라우팅 프로토콜을 제안한다.

기존 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)^[1] 프로토콜에서 greedy forwarding은 항상 목적지에 가까운 노드만을 다음 홉으로 설정하기 때문에, 어느 특정 노드의 에너지 소모가 커지는 경향이 있다. 또한, greedy forwarding은 노드들의 밀도가 높은 네트워크 내에서는 작동하는데 문제가 없지만 노드들의 밀도가

* 정회원, 아주대학교 전자공학부
(Ajou University)

접수일자: 2007년12월27일, 수정완료일: 2008년7월18일

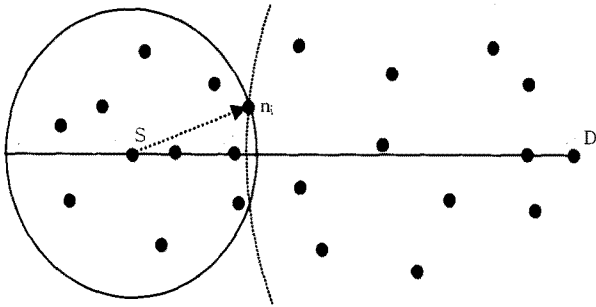


그림 1. Greedy forwarding
Fig. 1. Greedy forwarding.

낮은 네트워크나 void 상황에서는 작동할 수 없는 문제점이 있다. Void 상황은 어느 노드가 목적지까지 자기 자신보다 더 가까운 노드가 없는 상황을 의미한다.

Ad hoc 네트워크에서는 네트워크 수명을 최대화하기 위하여 각 단말들의 제한된 에너지를 효율적으로 사용해야 한다. Greedy forwarding에서는 항상 다음 홉으로 목적지까지 가장 가까운 노드를 선택하기 때문에 어느 특정 노드에 트래픽이 집중되어 그 특정 노드의 배터리가 빨리 소모되는 결과를 불러오게 된다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 본 논문에서는 다음 홉 설정 시에 cost function을 부여하여 특정 노드의 배터리가 빨리 소모되는 현상을 개선하였다.

한편 MANET을 위한 위치 기반 라우팅 프로토콜들^[1~3]이 제안되었다. B. Karp와 H. T. Kung이 제안한 Greedy Perimeter Stateless Routing(GPSR)^[1] 프로토콜은 planner graph를 기반으로 한 Face-2 알고리즘^[4]과 비슷하다. Greedy forwarding을 수행하다 void 상황에 직면하게 되면 recovery mode를 작동하고 다시 void 상황이 끝나게 되면 greedy forwarding을 수행하게 된다. Void 상황을 해결하기 위하여 기존 GPSR에서는 planar graph를 수행하는데 이는 특정 노드로 트래픽이 부과되어 그 노드의 배터리 소모를 야기하게 된다.

본 논문에서는 void 상황을 극복하면서도 특정 노드의 배터리 소모를 해결하기 위하여 limited-flooding을 제안한다. 또한, 이 제안된 방법은 기존 flooding에 비해 전체 네트워크 내에서의 전력 소비를 낮출 수 있다. 본 논문에서 제안하는 Power Aware Greedy Perimeter Stateless Routing(PAGPSR) 프로토콜은 성능평가를 통해 기존 GPSR에서의 greedy forwarding보다 네트워크 수명을 연장할 수 있음을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 제안하는 프로토콜에 대해 자세히 설명하고 III장에서는 성능 평가를 하며 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. Power Aware Greedy Perimeter Stateless Routing Protocol

본 논문에서 제안하는 Power Aware Greedy Perimeter Stateless Routing(PAGPSR) 프로토콜에서 각 노드들은 한 홉 떨어진 노드들의 위치 정보를 포함한 neighbor table을 갖고 있다.

본 논문에서는 2 단계에 걸친 라우팅 프로토콜을 제안한다.

ID	Position	Residual Energy	Speed	TTL
----	----------	-----------------	-------	-----

그림 2. Neighbor table
Fig. 2. Neighbor table.

1. Scheme-1

(Energy Aware Greedy Forwarding Scheme)

그림 3의 scheme-1에서는 다음 홉을 선택할 시에 각 노드의 에너지 잔량을 고려하였다^[5~6]. 이 논문에서 제안하는 scheme-1 방식을 Energy Aware Greedy Forwarding Scheme(EAGF)이라 명명한다. EAGF 방식은 목적지 D에 좀 더 가까운 노드를 다음 홉으로 설정하는 것과 에너지 잔량이 많은 노드를 다음 홉으로 설정하는 것, 이 두 가지 측면을 모두 고려한다.

앞에서 언급한 바와 같이 greedy forwarding에서는 목적지에 가장 근접한 노드를 다음 홉으로 선택하게 되는데 이는 특정 노드의 에너지 소모를 극심하게 할 수 있다. 즉, 특정 노드의 에너지를 빠른 시간 안에 고갈되

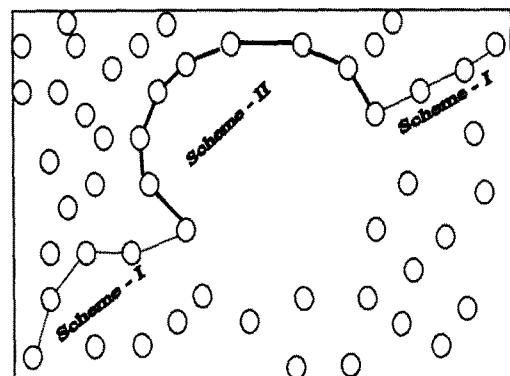


그림 3. Scheme-1(Energy Aware Greedy Forwarding Scheme)과 Scheme-2(Limited-Flooding Scheme)
Fig. 3. Scheme-1(Energy Aware Greedy Forwarding Scheme), Scheme-2(Limited-Flooding Scheme).

게 하는데 이는 곧 네트워크를 단절되게 하거나 데이터 전송에 있어서 장애를 일으키게 된다.

본 논문에서는 네트워크의 수명을 최대화하기 위하여 cost function을 제안하였는데 이는 다음 홉의 에너지 잔량뿐 아니라 목적지까지의 거리를 고려하기 위함이다.

$$Cost(n_i, n_{i+1}) = \frac{L(n_{i+1}, d)^\beta}{R_{n_{i+1}}^\alpha} \quad (1)$$

식 (1)에서 $L(n_{i+1}, d)$ 는 n_{i+1} 에서 목적지 d 까지의 거리를 의미하고, $R_{n_{i+1}}$ 은 노드 n_{i+1} 의 에너지 잔량을 나타낸다. α 와 β 는 weighting factor를 나타낸다. 식(1)에서 구하여진 최솟값을 갖는 노드가 다음 홉으로 선택되어진다.

또한, 식 (2)에서와 같이 노드 n_i 에서 cost 값이 threshold σ 에 다다르게 되면 경로를 바꾸기 위하여 Route Repair Message(RRM)을 보내게 된다.

$$C_{in} - C_{i0} \geq \sigma \quad (2)$$

C_{i0} 는 어느 한 노드의 초기 cost값을 나타내며, C_{in} 은 그 노드의 시간이 경과 후의 cost값을 의미한다. 노드는 보조 경로를 찾을 때까지 존재하는 경로를 계속하여 사용하고 보조 경로를 찾지 못할 경우에는 그 노드의 에너지가 고갈될 때까지 사용하던 경로만을 사용하게 된다.

EAGF의 Pseudo code는 다음과 같다.

```

Extended_Greedy_Forward(packet)
best_next_node=Current_node_ID
best_cost=[euclidean_distance(current_node,
dest_node)^\beta]/(current_node_residual_energy)^\alpha
for each (neighbor_ID,neighbor_position) in
neighbor_table do
cost=[euclidean_distance(neighbor_position,
dest_node_position)^\beta]
/(neighbor_node_residual_energy)^\alpha

if neighbor_ID==dest_node_ID
or
cost<best_cost
then

```

```

best_next_node=neighbor_ID
best_cost=cost
if neighbor_address==dest_node_ID
then break
if best_next_node==current_node_ID
then return(EAGF failure)
else forward packet to best_next_node
return(EAGF success)

```

이러한 절차는 void 상황을 만나게 되면 더 이상 진행할 수 없게 된다. 다음 절에서 void 상황을 극복하면서 에너지를 효율적으로 소비할 수 있는 경로 설정 방법인 limited-flooding 방법을 제안하였는데 이는 정상적인 상황(voidless)으로 돌아오면 다시 EAGF 방식을 택하게 된다.

2. Scheme-2(Limited-Flooding Scheme)

EAGF은 일반적인 상황에서는 잘 작동하나 sender와 목적지 사이에서 void 상황에 처하게 되면 작동할 수 없게 된다. 앞에서 언급하였듯이, GPSR에서는 이러한 void 상황을 극복하기 위하여 planner graph 모드 방식을 택하였는데 이러한 방법에는 특정 노드에 트래픽이 부과되어 특정 노드의 빠른 에너지 소비를 유발하였다. 이는 곧 네트워크의 단절이라는 결과를 초래할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 limited-flooding 방법은 이러한 문제점들에 대한 해결책을 제시하였다.

일반적인 flooding과 비교하여, limited-flooding은 네트워크 전체에서의 power 소모를 줄일 수 있어 네트워크의 수명을 연장할 수 있다. Void 상황에 직면하게 되면, 제안하는 방식은 네트워크 전체에 flooding 하는 것이 아니라 hop count N_{HC} 로 설정하여 제한된 flooding을 하는 것이다. 이는 일반적인 flooding에 비하여 전체 네트워크내의 트래픽을 줄일 수 있으며 이는 곧 전체 네트워크내의 에너지 소모를 줄일 수 있게 됨을 뜻한다.

N_{HC} hops 으로 flooding을 한 후, void 노드는 route reply message를 t 시간 동안 기다린다. Void 노드보다 목적지에 가까운 노드들로부터 route reply message를 받게 되면 식 (3)을 통해 cost 값 중에 제일 작은 cost 값을 갖는 경로를 선택하게 된다.

$$C_a = \sum_{i=1}^{N_{HC}} C_i \quad (3)$$

C_a 는 cost 값의 가중 합을 의미하고, C_i 는 노드 i 의 cost 값을 의미한다. Void 노드로 부터 목적지까지 경로 중 세 번째 노드가 목적지까지 void 노드보다 더 멀리 떨어져 있다면 이 노드는 route reply message를 보내지 않게 된다. 만약에, void 노드가 일정 시간 t 안에 route reply message를 받지 못하는 경우에는 void 노드는 다시 flooding을 하게 되는데 이때에는 route reply message를 받을 때까지 hop count를 하나씩 증가시켜 flooding을 실행하게 된다.

III. 성능 평가

제안하는 라우팅 프로토콜의 성능을 확인하기 위하여 ns-2 시뮬레이터를 사용하여 실험을 수행하였다.

실험은 $1000 \times 1000(m^2)$ 의 평면 공간에 50개의 노드가 있는 경우로 수행하였다. 각 노드의 전송 범위는 100m로 설정하였다. 또한 실험은 8000s 동안 진행하였으며 각 노드의 초기 에너지는 1000J로 설정하였다. Transmission power는 1.6 W로, receiving power는 1.3W로, idle power는 0.1W로 각 설정하였다. N_{NC} 는 3을 사용하였다.

본 논문에서 중점을 둔 사항은 네트워크 수명 시간이다. 이를 위하여 GPSR과 시간이 흐름에 따라 네트워크를 탈퇴하는 노드들의 수를 비교해 보았다. 네트워크를 탈퇴하는 경우는 각 노드의 배터리 잔량 에너지를 모두 소모하였을 경우이다.

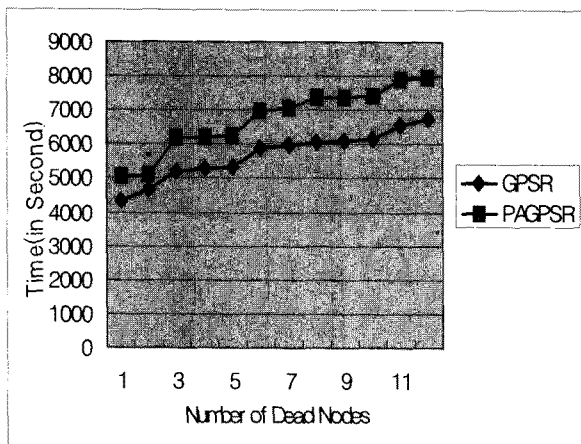


그림 4. Dead Nodes의 수
Fig. 4. Number of Dead Nodes vs Time(s).

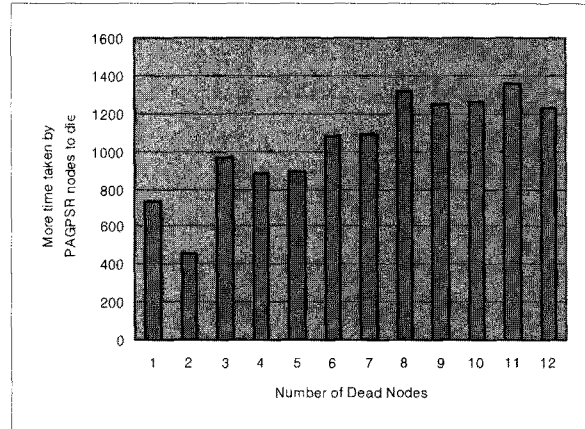


그림 5. PAGPSR에서 노드가 네트워크 탈퇴까지 더 걸린 시간

Fig. 5. Number of Dead Nodes vs More time taken by PAGPSR nodes to die.

그림 4와 그림 5는 노드들이 네트워크를 탈퇴하는데 걸리는 시간을 비교한 그래프이다. 그림 4에서 확연히 볼 수 있듯이 제안된 PAGPSR은 기존의 GPSR에 비하여 노드들이 네트워크를 탈퇴하는 시간이 길다. 첫 번째 노드가 탈퇴할 때 까지 걸린 시간은 GPSR이 4353초 인데 비해 제안된 PAGPSR은 5083초로 730초 가량 노드의 네트워크 탈퇴 시간이 길어진 것을 확인할 수 있었다. 이는 네트워크를 탈퇴하는 노드의 수가 증가함에 따라 그 시간 차이가 더 벌어지게 되는 것 역시 확인할 수 있었다. 즉, GPSR에서 첫 번째 노드의 네트워크 탈퇴는 PAGPSR에서 보다 16.8% 빨리 이루어졌고 6번째 노드의 탈퇴는 18.3% 빨리 이루어졌으며, 8번째 노드의 탈퇴는 21.7%나 빨리 이루어졌다.

일반적인 네트워크 life time에 중점을 둔 라우팅 프로토콜들은 데이터 전송에 있어 큰 delay를 발생시키는

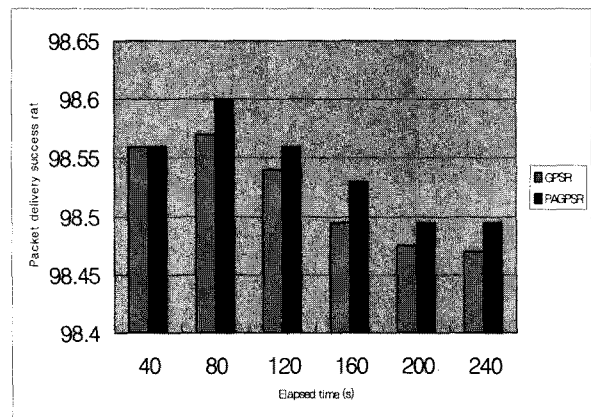


그림 6. Elapsed time 대비 Packet delivery success rate
Fig. 6. Elapsed time vs Packet delivery success rate.

데 제안된 PAGPSR에서는 노드에 부과되는 트래픽을 고려하며 목적지까지의 최단 경로 또한 고려함으로써 네트워크의 life time을 고려하지 않은 GPSR이 초기에 98%이상의 packet delivery success rate을 나타낼 때 제안된 PAGPSR은 GPSR에 비하여 시간이 지남에 따라 네트워크를 탈퇴하는 노드의 수를 낮춤으로써 높은 packet delivery success rate을 보일 수 있었다. 이는 곧 life time에만 중점을 뒀던 delay를 크게 만드는 비효율적인 프로토콜이 아니라 life time과 packet delivery success rate을 같이 고려한 효율적인 프로토콜임을 확인할 수 있었다.

Void가 없는 경우에 GPSR은 greedy forwarding을 수행한다. Greedy forwarding은 다음 홉을 설정할 때에 항상 목적지까지 최단 거리인 노드를 선택하게 되는데 이는 같은 경로를 계속 하여 사용할 경우 특정 노드의 심한 배터리 소모를 야기하게 된다. 제안된 PAGPSR에서는 GPSR에서와 같은 경로를 선택할 수도 있지만 노드의 배터리 잔량과 목적지까지의 거리 두 가지를 고려하여 경로를 바꾸게 된다. PAGPSR의 주된 목적은 제안된 cost function에 따라 네트워크가 형성된 후 초기에 분리되는 것을 막고 네트워크의 수명을 늘리는 것에 있다. 즉, PAGPSR은 최단 경로뿐만 아닌 배터리 잔량 또한 고려한 후의 경로 선택과정으로 packet delivery success rate면에서도 안정된 결과를 얻을 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 GPSR의 greedy forwarding 방식에 power aware를 가능하게 하는 방법을 제안하였다. 네트워크의 단절을 막으며 네트워크의 수명 시간을 최대화하면서도 최단거리를 고려할 수 있는 제안한 PAGPSR은 시뮬레이션에서 확인할 수 있었듯이 기존의 GPSR보다 네트워크 내의 노드들의 배터리를 효율적으로 분배하여 사용하여 네트워크 전체의 life time을 증대할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] B. Karp and H.T. Kung. "GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks," In ACM MOBICOM, Boston, MA, 42 August 2000.
- [2] P. Bose, P. Morin, I. Stojmenovic, and J. Urrutia, "Routing with guaranteed delivery in ad hoc

wireless networks," Wireless Networks, pp. 609-616, 2001.

- [3] F. Kuhn, R. Wattenhofer, Y. Zhang, and A. Zollinger, "Geometric ad-hoc routing: Of theory and practice," In Proceedings of PODC 2003, pp. 63-72, July 2003.
- [4] B. Leong, S. Mitra, and B. Liskov. "Path vector face routing: Geographic routing with local face information," In Proceedings of ICNP 2005, pp. 147-158, November 2005.
- [5] M. Maleki, K. Dantu, and M. Pedram, "Power-aware source routing protocol for mobile ad hoc networks," Proc. of Symp. on Low Power Electronics and Design, pp. 72-75, August 2002.
- [6] Y. Yu, D. Estrin, and R. Govindan, "Geographical and Energy-Aware Routing: A recursive data dissemination protocol for wireless sensor networks," Technical Report Computer Science Department Technical Report UCLA/CSD-TR-01-0023, UCLA, May 2002.

저 자 소 개

이 병 건(정회원)

2006년 아주대학교 전자공학부 학사 졸업.
2008년 아주대학교 전자공학과 석사 졸업.
<주관심분야 : 이동통신, 무선네트워크>



윤 원 식(정회원)

1984년 서울대학교 제어계측 공학과 학사 졸업.
1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 졸업.
1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 졸업.

1991년 금성전기 선임연구원

1994년 금성정밀 책임연구원

2001년 콘텔라 CTO

1994년~현재 아주대학교 전자공학부 교수

<주관심분야 : 이동통신, 무선네트워크>