

무선 애드혹 센서 네트워크 환경에서 무-굴곡 최소 경계 다각형을 이용한 최단경로 네트워크-홀 회피 라우팅

성동욱^o 김미경 유재수
충북대학교 정보통신공학과

seong.do@gmail.com, kimmi@netdb.cbnu.ac.kr, yjs@chungbuk.ac.kr

Shortest Path Network-hole Detour Routing using Waveless Minimum Boundary Polygon in Wireless Ad-hoc Sensor Networks

Dongook Seong^o Mikyoung Kim Jaesoo Yoo

Dept. of Information and Communication Engineering, Chungbuk National University

현재 센서 네트워크를 통해 수집한 환경정보를 이용하는 다양한 응용에 대한 연구가 이루어지고 있다. 라우팅 기술은 수집된 환경정보를 원하는 지점까지 전송하기 위한 센서 네트워크 응용에서 필수적인 기술이다. 센서 네트워크 환경의 빈번하게 변화하는 토폴로지를 고려해 네트워크의 상태정보(예, 라우팅 테이블)를 유지하지 않고, 출발지와 목적지의 좌표만을 이용해서 데이터 전송이 가능한 무상태 라우팅 기법이 제안되었다. 이러한 분야에서 여러 요인(센서 노드 결함, 외부 노이즈, 토폴로지 변화 등)으로 인해 발생하는 네트워크-홀(Network-hole)을 효과적으로 우회하는 기법의 연구는 무상태 라우팅 기법에서 핵심연구 분야이다[1]. 본 논문에서는 무-굴곡 최소 경계 다각형(WMBP: Waveless Minimum Boundary Polygon)라는 개념을 제안하고, 이를 이용하여 기존의 무상태 라우팅 기법들에 비해 가장 최단 거리로 회피하여 라우팅 하는 기법에 대해 제안한다.

무선 애드혹 센서 네트워크를 위한 다양한 무상태 라우팅 기법에 대한 연구들이 진행되었다. GFG, GPSR, GOAFR, SLGF[2] 는 최근에 제안된 무상태 라우팅의 대표적인 연구들이다. GFG, GPSR, GOAFR 기법은 그리디 포워딩 방식을 이용하는 대표적인 기법들이다. 그리디 포워딩은 데이터 송신지 노드의 1-홉 이내의 이웃노드들 중에 자신보다 목적지에 지리적으로 가장 가까운 노드에게 데이터를 전달하고, 데이터를 전달 받은 노드는 또다시 같은 과정을 반복한다. 이와 같은 과정을 데이터가 목적지 위치까지 도달할 때까지 반복함으로써 각 노드들에서 라우팅 테이블 정보를 유지하지 않고도 데이터 라우팅이 가능하다. 그리디 포워딩 기법은 데이터를 전송하는 도중 네트워크-홀에 의해 전송이 차단되었을 때 오른손 법칙(right-hand rule)을 기반으로 한 네트워크-홀 우회 전략을 제안하고 있다. 이러한 우회 라우팅 전략은 네트워크-홀의 발생 형태에 따라 우회 경로의 거리가 차별적을 나타내는데 우회경로 탐지 실패로 인한 우회경로 재 탐색과 비효율적인 네트워크-홀 우회 방향 설정으로 인해 최악의 경우 데이터 송신지와 목적지 간의 거리의 수 배에 달하는 거리를 우회하는 상황이 발생할 수 있다. SLGF는 기존의 그리디 포워딩 전략을 더욱 개선시킨 기법이다. 이 기법은 네트워크-홀 주변의 노드들에 영역에 네트워크-홀에 의한 불안전 지역 정보를 유지시켜 해당 네트워크-홀을 가로지를 가능성이 있는 라우팅 패킷들을 안전 지역으로 우회시킨다. 이를 통해 기존 기법들이 가지는 문제점은 해결하지만 네트워크-홀의 위치와 형태에 따라 네트워크-홀의 정보를 유지해야 하는 주변 노드들의 영역이 일정하지 않고, 최악의 경우 네트워크-홀의 몇 배에 달하는 영역까지 네트워크-홀에 대한 정보를 배포시켜야 하는 문제점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 SLGF에서 제안하는 방식으로 선정된 네트워크-홀의 정보 기반 우회 경로는 불필요하게 먼 경로로 우회시키는 현상을 야기시킨다.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 네트워크-홀이 발생하였을 때 만들 수 있는 가장 최단경로를 설정하는 방법을 나타낸다. 데이터 발생지와 목적지간의 가상의 직선을 긋고, 해당 직선에서 네트워크-홀의 가장 떨어진 외곽 지점인 P1과 P2를 산출할 수 있다. 산출된 두 지점 P1 과 P2 중에 가상의 선에 가까운 P1 지점을 라우팅 경유지점으로 선정하여 최단 우회 경로를 설정할 수 있다. 데이터 라우팅 시 데이터 발생지에서는 최종 목적지를 향해 그리디 라우팅을 수행하는 것이 아니라 경유 지점 P1을 가상 목적지로 설정하여 라우팅을 수행하고, 해당 지점에 도달하였을 때 최종 목적지의 좌표로 라우팅 하여 네트워크-홀을 우회하는 최단 경로 라우팅이 가능하다. 하지만 그림 2와 같이 네트워크-홀의 형태가 복잡해질 경우 네트워크-홀의 굴곡에 의해 라우팅 실패가 발생한다. 그림 2에서 최초 경유지점을 (x_{p1}, y_{p1}) 으로 라우팅 할 경우 (x_{p3}, y_{p3}) 지점의 굴곡에 의해 직선 라우팅이 차단된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 장에서는 무-굴곡 최소 경계 다각형(WMBP)의 개념을 제안한다.

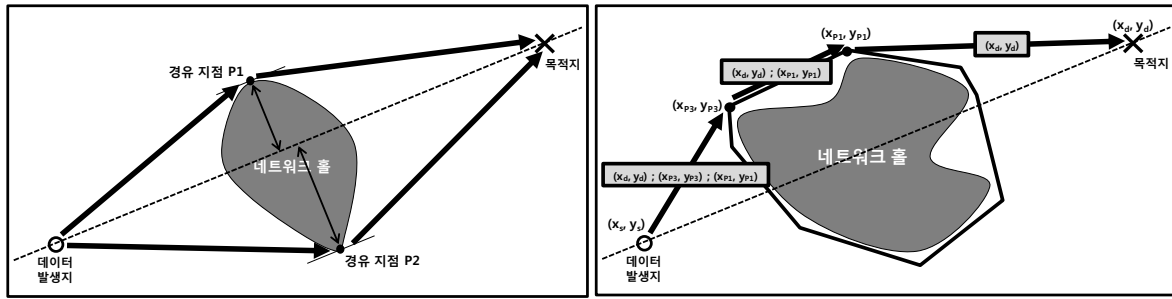


그림 1 최단 네트워크-홀 우회 경로를 위한 경유 지점 그림 2 WMBP 를 이용한 최단경로 네트워크-홀 회피 라우팅

그림 2는 제안하는 WMBP를 이용한 네트워크-홀 회피 라우팅의 모습을 보여준다. 최초 데이터 노드에서는 WMBP 정보를 바탕으로 경유 지점의 좌표 정보들을 포함하여 발송 패킷을 생성한다. 발송된 패킷은 첫 번째 경유 좌표인 (x_{P3}, y_{P3}) 로 그리디 라우팅 되고, 해당 지점에 도달하게 되면 도착한 경유 좌표의 정보를 제거하고, 다음 경유 좌표인 (x_{P1}, y_{P1}) 로 그리디 라우팅 한다. 모든 경유 지점을 거치게 되면 패킷 상에 경유 좌표 정보는 모두 제거되고, 최종 목적지의 좌표만이 남게 된다. 이러한 방식으로 최단거리로 네트워크-홀을 우회하는 라우팅이 가능하다.

그림 3은 본 논문에서 제안하는 인-네트워크 최소 경계 다각형(MBP)의 생성 과정을 나타낸다. MBP는 네트워크-홀의 경계에 위치한 스택(Stack) 노드들을 기반으로 생성된다. 그림에서 n1~n7노드는 네트워크-홀 경계에 위치한 스택 노드이고, n1 노드가 랜덤 대기여 의해 선정된 트리거 노드이다. n1은 자신의 좌표 정보를 n2로 전달하고, n2는 자신의 좌표를 이용하여 가상 폴리라인 p_1 을 생성한다. 생성된 가상 폴리라인의 선형 방정식 계수인 (c_a, c_b) 를 다음 스택 노드인 n3로 전달한다. n3는 전달받은 (c_a, c_b) 를 이용해 자신의 위 치와 p_1 과의 거리를 계산하고, 거리 $dist(n3, p_1)$ 가 폴리곤 계수 β 보다 작으므로 n4에게 (c_a, c_b) 를 그대로 전달한다. n5까지 거리비교/전달하는 일련의 과정을 반복하고, n6에 메시지가 도달하게 되면 n6은 p_1 과의 거리 $dist(n6, p_1)$ 가 β 보다 크다. 따라서 n6은 자신이 트리거 노드가 되어 새로운 가상 폴리라인 p_2 를 생성한다. 최종적으로 생성된 폴리라인들의 교차점들을 이용하여 네트워크-홀을 포함하는 최소 경계 다각형을 생성할 수 있다. 만들어진 MBP에서 굴곡이 발생한 부분의 교차점을 제거하여 최종 WMBP를 생성한다. 특정 네트워크-홀과 접치는 라우팅 패킷이 발생하면 해당 홀의 WMBP 정보를 이용하여 우회할 수 있다. 제안하는 기법에서는 WMBP 정보 배포비용을 줄이기 위하여 네트워크-홀 영향 영역의 가장자리(CEA: Circumference of Effect Area)를 정의하고, 해당 노드들에게만 폴리곤 정보를 유지시킨다.

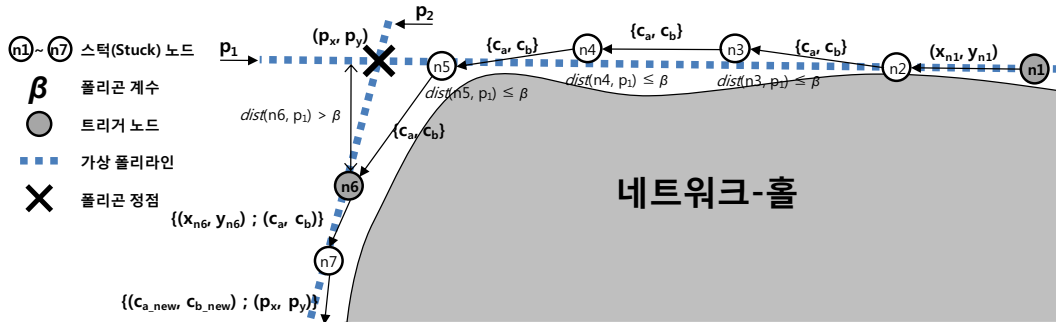


그림 3 인-네트워크 최소 경계 다각형 생성

제안하는 기법의 우수성을 보이기 위해 기존 SLGF라우팅 기법과 시뮬레이션을 통해 성능을 비교 평가 하였다. 네트워크-홀의 크기를 변화시켜가며 소모된 에너지량을 비교한 결과, 약 30%가량 데이터 라우팅 비용이 감소하는 것을 확인하였다.

참고 논문

[1] K. Liu, N. Abu-Ghazaleh, and K. Kang, "Location verification and trust management for resilient geographic routing," Journal of Parallel and Distributed Computing, Vol. 67, No. 2, pp. 215-228, 2007.
 [2] Z. Jiang, J. Ma, W. Lou, and J. Wu, "An Information Model for Geographic Greedy Forwarding in Wireless Ad-hoc Sensor Networks", Proc. of the IEEE INFOCOM'08, 2008.