

# 에드 혹 네트워크에서 노드의 국부 위치 정보를 이용한 에너지 인식 라우팅 알고리즘

오영준\* · 이강환\*

\*한국기술교육대학교 컴퓨터공학과

## Energy-Aware Routing algorithm using a Localized Positioning method in Ad-hoc network

Young-jun Oh\* · Kang-whan Lee\*

\*Korea University of Technology and Education

E-mail : youngjn@koreatech.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 거리정보에 기반을 두지 않는 방식(range-free)에서 라우팅 에너지 효율성을 고려한 ALPS(Ad hoc network Localized Positioning System) 알고리즘을 제안한다. 관련하여 기존의 대표적인 관련 연구로는 DV-Hop 알고리즘이 있다. 이는 앵커 노드와 앵커 노드사이의 미지 노드들의 거리를 홉 수로 나누어 노드 사이의 거리를 구하고 삼각측량법을 이용하여 노드의 좌표를 계산한다. 하지만 이 경우 앵커 노드와 미지노드 사이의 거리를 홉 수로 나눈 한 홉 거리가 모두 동일하다고 가정하였고, 이에 사용되는 앵커노드간의 평균 거리를 사용하여 노드간의 거리정보를 구하게 되어 각 중계노드는 고정된 경로에서만 거리 정보를 알 수 있다. 본 논문에서 제안되는 ALPS 알고리즘은 계층적 클러스터 단위에 소속된 임의의 노드에 대한 위치정보를 제공하는 방법을 제안한다. 제안된 알고리즘에 따른 위치정보를 사용할 경우 기존의 DV-hop 방식에 따른 노드의 위치정보를 사용한 경우보다 보다 최적화된 에너지 소모를 유지할 수 있는 경로 알고리즘을 최종적으로 제공하는데 연구의 목적이 있다. 본 논문에서는 상기 두 가지 방식의 위치정보에 따른 라우팅에서 소모되는 에너지 관계를 비교하여 보다 최적화된 에너지 경로 알고리즘이 제공되는 결과를 검증하고 보여주고자 한다.

### 키워드

Ad-hoc network, Positioning, Energy-efficient

## I. 서 론

최근 무선 통신 기술의 발전과 다양한 센서노드의 개발로 인해 무선 센서네트워크는 저 전력 저 비용 통신과 더불어 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술, RF 설계 기술의 발전으로 인하여 많은 관심과 연구가 활발히 이루어지고 있다. 무선 센서네트워크란 정보를 수집하기 위해 센서, 무선 전송을 위한 다양한 프로토콜 기반의 무선 송수신 장치, 데이터 처리를 위한 프로세싱 유닛으로 이루어진 네트워크 확장성 자가 설정, 자가 복구, 멀티캐스트 라우팅의 특징을 가지고 있다. 일반적으로 무선 통신 기술에서 각 노드들은 에너지 및 배터리가 한정 되어 있기 때문에 노드의 속성에 대한 자원관리는 매우 중요하다. 또한 불필요한 전송으로 인하여 노드의 수명

이 단축되는 문제가 발생하게 된다. 따라서 에너지 효율 향상을 위한 라우팅 알고리즘과 클러스터링 기법의 연구가 중요한 부분으로 취급되고 있다[1]. 또한 노드의 위치를 측정하여 정보의 탐색과 네트워크의 라우팅 경로를 효율적으로 설정하는 방법이 필요하다.

본 논문에서는 계층적 클러스터 단위에 소속된 임의의 노드에 대한 위치정보를 제공하는 방식의 ALPS(Ad hoc network Localized Positioning System) 알고리즘을 제안한다.

## II. 본 론

본 논문에서는 거리정보에 기반을 두지 않는 방식(range-free)에서 라우팅 에너지 효율성을 고려한 ALPS 알고리즘을 제안하였다. 기존의 위치

측정 방식 중 대표적인 DV(Distance-vector)-hop 알고리즘은 앵커 노드와 앵커 노드 사이의 미지 노드들의 거리를 홉 수로 나누어 노드 사이의 평균적인 거리를 구하고 삼각측량법을 이용하여 노드의 상대 위치정보를 계산하였다[2]. 하지만 DV-hop 알고리즘의 앵커 노드간의 평균 거리를 사용하여 노드간의 거리정보를 구하게 되어 각 중계 노드는 고정된 경로에서만 거리 정보를 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 세 개의 앵커 노드를 이용하는 방식이 두 개의 헤드노드를 이용하여 미지 멤버 노드의 상대 좌표를 측정하는 방법을 제안한다.

본 논문에서 사용되는 노드간의 커버리지( $R_C$ )는 주어진 홉 수( $k$ )와 각 노드의 전송거리( $R_T$ )에 비례하게 되고 이는 다음 식 (1)과 같이 나타내게 된다.[3]

$$R_C = kR_T, (k = 2) \quad (1)$$

상기 수식 (1)은 센서 노드가  $R_C = 2R_T$ 를 충족한다면 두 홉 거리에 있는 노드를 감지하고 서로 연결성이 보장되어 통신할 수 있는 환경을 가지게 된다.

상기 수식의 조건을 바탕으로 노드의 상대 위치 정보를 파악할 수 있다. ALPS 알고리즘은 두 개의 헤드노드로부터 좌표를 알지 못하는 미지 멤버 노드의 상대 좌표를 계산한다.

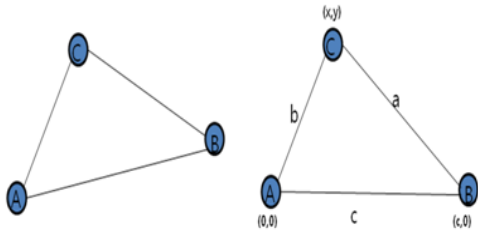


그림 1 ALPS 알고리즘의 구성도

그림 1은 ALPS 알고리즘의 구성도를 보여준다. 노드 A가 기준 노드가 되어 상대 위치 좌표 (0,0)의 값을 갖고 제안한 알고리즘의 시작을 알린다. 시작을 알리는 동시에 노드 B는 노드 A와 같은 선상에 위치하고 있다고 가정한다 따라서 노드 B는 노드 A와의 상대 거리인 c값을 받아 상대 위치 좌표인 (c,0)의 값으로 위치 정보를 알 수 있게 된다. 위와 같이 두 개의 노드의 상대 좌표 값을 가지고 미지 노드인 C의 좌표를 계산하게 되는 방법은 다음 수식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$f(t) = \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{c^2 + b^2 - a^2}{2c} : location_{init} = (0,0) \\ y = \sqrt{b^2 - x^2} \\ 0 : location_{init} = (H_x, H_y) \end{array} \right\} \quad (2)$$

여기서,  $location_{init}$ 은 기준점이 되는 헤드 노드의 좌표의 값이 (0,0)일 경우 상기 수식을 바탕으로 미지 노드의 상대 좌표를 부여하고 그렇지 않

다면 기준점이 되는 노드의 좌표를 (0,0)으로 보정해야 한다. 노드의 좌표를 초기화 하는 방법은 다음 수식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$location_{init}(H_x, H_y) = \lim_{x,y \rightarrow 0} (H_x, H_y) \quad (3)$$

상기 수식 (3)을 바탕으로 기존 노드의 위치 좌표를 반환하고 초기화된 좌표 (0,0)을 부여 받게 된다. 또한 상기 수식을 바탕으로 계층적 라우팅 프로토콜에서 전체 노드의 위치 좌표를 측정하는 방법은 다음 수식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \lim_{i \rightarrow n} \exists (H_{x_i}, H_{y_i}) N(H_{x_i}, H_{y_i}) \\ such\ that\ (x_j, y_j | f(t), j \rightarrow \alpha, j \in N) \end{array} \right\} \quad (4)$$

여기서,  $N(H_{x_i}, H_{y_i})$ 는 네트워크상에 존재하는 헤드 노드들을 의미하며  $\alpha$ 는 멤버 노드의 개수,  $N$ 은 전체 노드의 수이다.  $\exists (H_{x_i}, H_{y_i}) N(H_{x_i}, H_{y_i})$ 는 전체 헤드 노드가  $N(H_{x_i}, H_{y_i})$ 를 만족할 경우에만 수식 (4)가 실행 된다.

그림 2에서 보는 바와 같이 각 클러스터 헤드 노드들을 사용하여 위치 정보를 알지 못하는 노드들의 위치를 상대 좌표를 계산할 수 있다 따라서 전체 네트워크내의 노드들의 위치 정보를 파악할 수 있고 최적 경로의 라우팅 경로를 형성할 수 있다.

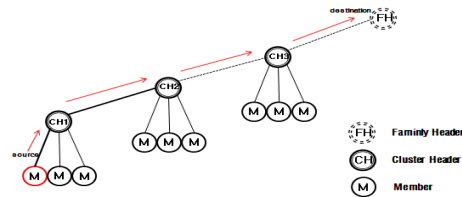


그림 2 계층적 라우팅 프로토콜의 선정 모델 본 논문에서는 각 센서 노드사이의 거리를 측정하는 방법 중 하나로 RSSI(Received Signal Strength Indication)을 사용한다. 수신신호세기를 이용하여 기준점 사이의 거리를 구하는 Friis의 공식은 다음 수식 (5)와 같이 표현할 수 있다[4].

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{\frac{L}{20}} = \frac{c}{4\pi f} 10^{\frac{L}{20}} \quad (5)$$

여기서,  $c$ 는 전파속도,  $f$ 는 주파수를 의미한다. 또한 에너지 효율성에 대한 증명을 하기 위해 LEACH 모델을 사용하여 에너지 소모율을 측정하였다[5]. 수식(6)은 송신 장치가 데이터를 전송할 때 소모되는 에너지량을 의미하고, 수식 (7)은 수신 장치가 데이터를 전송 받을 때 소모되는 에너지량을 의미한다. 수식 (8)의 경우 노드와 노드 사이의 중계노드를 선택함에 있어 상호거리( $d$ )에 대해 걱정 안에 있는 중계 노드를 선택하는 방법이 에너지가 효율적으로 보존 될 수 있다

$$E_{Tx}(l, d) = E_{elec} \times l + E_{amp} \times l \times d^\alpha \quad (6)$$

$$E_{Rx}(l) = E_{elec} \times l \quad (7)$$

$$E_{Tx}(l, d) = E_{elec} \times l + E_{amp} \times l \times f[dist] \quad (8)$$

$$where, f[dist] = d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2\cos\gamma$$

여기서,  $E_{elec}$ 은 전송될 데이터 패킷의 bit당 소모되는 에너지량,  $l$ 은 데이터 패킷의 수,  $E_{amp}$ 는 데이터 패킷 신호를 증폭하기 위해 bit당 소모되는 에너지량,  $d$ 는 거리를 의미한다

### III. 실험 및 분석

제안한 ALPS 알고리즘의 에너지 효율성에 대한 증명을 하기 위해 라우팅 전송경로에 따른 에너지 변화율을 모의실험 하였다 모의실험 환경은 네트워크에서의 좌표를 측정함에 있어 홉 수에 따른 에너지 소모율을 다음 표 1과 같이 모의실험 하였다.

표 1 모의실험 환경

항목	내용
$E_{elec}$	50nJ/bit
$E_{amp}$	10pJ/bit*m <sup>2</sup>
패킷의 크기	1byte
홉 수	1~5 hop
노드의 수	50 EA

그림 3은 DV-hop 알고리즘과 ALPS 알고리즘의 중계노드간의 홉 수에 따른 에너지 소모량 관계를 보여준다. 그림 3에서 보여주는 바와 같이 ALPS 알고리즘을 적용한 경우가 DV-hop 알고리즘 보다 상대 위치 정보를 이용할 경우 에너지 소모량이 효율적임을 볼 수 있다 또한 ALPS 알고리즘은 기존 DV-hop 알고리즘 보다 전송 경로에 있어 홉이 증가 할수록 에너지 소모에 있어 효율적인 결과를 보여주고 있다 따라서 본 논문에서 제안된 알고리즘에 따른 위치 정보를 사용할 경우 기존의 DV-hop 방식에 따른 노드의 위치 정보를 사용한 경우보다 최적화된 에너지 소모를 유지할 수 있을 것이다.

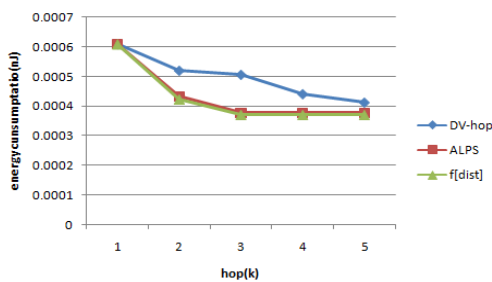


그림 3 계층적 라우팅 경로에 따른 에너지 소모량

### IV. 결 론

본 논문에서는 에드 혹은 네트워크에서의 노드의 위치정보를 결정하는 DV-hop의 문제점을 분석하고, 이를 보완하기 위한 새로운 알고리즘을 제안

하였다.

ALPS 알고리즘은 계층적 클러스터 단위에 소속된 임의의 노드에 대한 위치정보를 제공하는 방법을 사용하였다. 라우팅 경로에 따른 에너지 소모량을 측정하여 비교 분석한 결과 기존 DV-hop 알고리즘보다 본 논문에서 제안한 ALPS 알고리즘의 에너지 소비량이 적어지는 결과를 얻을 수 있었다. 하지만 네트워크 토폴로지 변화에 따라 다른 결과를 보여줄 수 있을 것이고 향후 다른 속성 정보와 함께 비교 분석하는 연구가 필요하다.

### Acknowledgment

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업과 한국기술교육대학교 교육연구진흥비 프로그램의 일부 지원에 의하여 수행된 결과임

### 참고문헌

- [1] I. A. Akyildiz, W. Su, Y. sankarasubramani, and Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Networks" IEEE Communication magazine, Vol. 40, no 8, Aug.2002
- [2] 이병태, 김선우, "Scalable 무선 센서 네트워크를 위한 향상된 DV-Hop 알고리즘", 대한전자공학회하계종합학술대회, 277-278페이지, 2008. 6.
- [3] P. Santi, "Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks", pp.27-36, 2005
- [4] H. T. Friis, "A note on a simple transmission formula," Proc. IRE, pp.254-256, 1946
- [5] Wendi B. Heinzelman, Anantha P. Chandrakasan, Hari Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor networks", Wireless Communications, IEEE Transactions on, vol.1, No.4, p.660, 2002.
- [6] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient routing protocols for wireless microsensor networks," in Proc. 33rd Hawaii Int. Conf. System Sciences (HICSS), Maui, HI, Jan. 2000.
- [7] T. Rappaport, Wireless Communications: Principles & Prac-tice. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1996.
- [8] Soheil Ghiasi, Ankur Srivastava, Xiaojian yang, and Majid Sarrafzadeh "Optimal Energy Aware Clustering in Sensor Networks", sensor 2002, 2, 258-265