

---

# 에드 혹 네트워크에서 노드의 국부 위치 정보를 이용한 최적 계층적 클러스터링 경로 라우팅 알고리즘

오영준\* · 이강환\*\*

Localized Positioning method for Optimal path Hierarchical clustering algorithm  
in Ad hoc network

Young-jun Oh\* · Knag-whan Lee\*\*

---

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업과 한국기술교육대학교  
교육연구진흥비 지원에 의하여 수행된 결과임

---

## 요 약

본 논문에서는 노드의 위치정보를 측정함에 있어 거리정보에 기반을 두지 않은 방식(range-free)에서의 라우팅 에너지 효율성을 개선한 ALPS(Ad hoc network Localized Positioning System) 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안되는 ALPS 알고리즘은 계층적 클러스터 단위에 소속된 임의의 노드에 대한 위치정보를 RSSI(Received signal strength indication)에 의해 상대적 위치정보를 제공하는 방법이다. 제안된 알고리즘에 따른 위치정보를 사용 할 경우 기존의 DV-hop 방식에 따른 노드의 평균 위치정보를 사용한 경우보다 계층적 좌표 방식에 의한 제안된 방식이 보다 최적화된 에너지 소모를 유지할 수 있는 경로 알고리즘을 제공하게 된다. 제공된 알고리즘의 성능 분석을 위해 본 논문에서는 상기 두 가지 방식의 위치정보에 따른 라우팅에서 소모되는 에너지 관계를 비교 하였고, 이로부터 보다 최적화된 에너지 경로 관리가 되는 결과를 보여주었다.

## ABSTRACT

We proposed the energy-efficient routing algorithm ALPS (Ad hoc network Localized Positioning System) algorithm that is range-free based on the distance information. The routing coordinate method of ALPS algorithm consists of hierarchical cluster routing that provides immediately relative coordinate location using RSSI(Received Signal Strength Indication) information. Existing conventional DV-hop algorithm also to manage based on normalized the range free method, the proposed hierarchical cluster routing algorithm simulation results show more optimized energy consumption sustainable path routing technique to improve the network management.

## 키워드

에드 혹 네트워크, 비거리 정보, 에너지 효율성

## Key word

Ad-hoc network, range-free information, Energy-conservation

---

\* 정회원 : 한국기술교육대학교 첨단기술연구소

\*\* 중신회원 : 한국기술교육대학교(교신저자, kwlee@koreatech.ac.kr)

접수일자 : 2012. 10. 05

심사완료일자 : 2012. 10. 25

**Open Access** <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.11.2550>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. 서 론

최근 무선 통신 기술의 발전과 다양한 센서노드의 개발로 인해 무선 센서 네트워크는 저전력, 저 비용 통신 기술과 더불어 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술, RF 기술의 발전으로 인하여 더욱 많은 연구가 이루어지고 있다. 무선 센서 네트워크란 정보를 수집하기 위해 센서, 무선 전송을 위한 다양한 프로토콜 기반의 무선 송수신장치, 데이터 처리를 위한 프로세싱 유닛으로 이루어진 것으로 네트워크 확장성, 자가 설정, 자가 복구, 멀티 캐스트 라우팅의 특징을 지니고 있다. 또한 재해, 재난 상황 감시 및 군사적 용도로써 임시적 망을 형성하는 목적을 바탕으로 고안 되었으나, 언제 어디서나 자율적으로 망을 형성하는 특성으로 인하여 유비쿼터스 네트워크 실현을 위한 기반으로 연구가 확대되고 있다.

일반적으로 무선 센서 네트워크는 전원, 메모리 등이 한정되어 있고 무선이라는 특성상 데이터 에러의 발생률이 높은 환경에서 동작하게 된다. 따라서 라우팅 스케줄링 등 여러 가지 기법들을 이용하여 네트워크의 수명을 연장시키고 데이터의 신뢰성을 증가시키기 위해 다양한 연구가 계속 되고 있다.

무선 센서 네트워크 라우팅 방식은 모든 센서 노드가 센싱한 데이터를 기지국으로 보내는 평면적 라우팅 방식과 센서 노드들의 클러스터를 형성하여 클러스터 내의 센서 노드가 센싱한 데이터를 클러스터 헤드 노드가 취합 후 기지국으로 전달하는 계층적 클러스터링 방식으로 구분할 수 있다. 이 경우 만일 헤드 노드가 방전되거나 환경이 열악한 지형에서 노드 동작이 불능 상태가 되었을 경우 헤드로부터 보존된 경로가 단절 되어 원활한 통신을 할 수 없게 된다. 그러므로 위와 같은 상황이 발생할 경우 최대한 빨리 라우팅 경로를 복구 시켜주어 정상적인 라우팅이 될 수 있도록 새로운 헤드 노드를 선출하여 전체 네트워크의 수명을 연장 시켜주는 방안이 필수적이다[1].

본 논문에서는 계층적 클러스터 단위에 소속된 임의의 노드에 대한 위치 정보를 제공하는 방식의 ALPS 알고리즘에 따라 에너지 보존적인 최적 경로 라우팅 방법을 제안한다.

## II. 관련 연구

## 2.1. DV(Distance Vector) -hop

DV-hop은 앵커의 전송범위가 분포된 모든 노드들에 미치지 못하는 상황에서 멀티 홉(multi-hop)기법의 라우팅 전송과 삼각측량을 조합하여 위치를 측정하는 알고리즘이다. 앵커는 자신의 위치정보가 포함된 비컨신호를 브로드캐스팅하고 비컨 신호를 수신한 노드들은 최소의 홉 수를 갖는 정보만을 릴레이 함으로써 각 노드들은 앵커로부터의 최단 루트를 통한 홉 수 정보를 알게 된다. 이후 앵커는 다른 앵커와 교환한 거리 정보와 홉 수 정보를 이용하여 평균적인 한 홉 거리를 계산한다. 이렇게 세 개 이상의 앵커 노드들로부터 정보를 수신한 노드는 각각의 홉 수를 거리로 환산하여 삼각측량법을 이용하여 위치를 측정하게 된다. 하지만 앵커 노드와 미지 노드 사이의 거리를 홉 수로 나눈 한 홉의 거리가 모두 동일하다고 가정하였고 앵커 노드간의 평균거리를 사용하여 노드간의 거리정보를 구하게 되어 각 중계 노드는 고정된 경로에서만 거리 정보를 알 수 있다 [2][3][4].

## 2.2. LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

LEACH는 클러스터 기반 라우팅 기법으로 클러스터에 포함된 모든 센서 노드가 클러스터 헤드로 데이터를 전송한다. 헤드는 데이터 병합(data aggregation)을 통해 수집된 데이터를 모아서 싱크 노드로 전송한다. 이 방식의 특징은 네트워크 생존시간을 최대화하기 위해 에너지 소모가 높은 클러스터 헤드를 라운드(round)라는 시간 단위마다 확률적으로 선택한다. 각 라운드는 클러스터 헤드와 클러스터를 구성하는 단계인 set-up과 TDMA schedule에 따라 데이터의 전송이 이루어지는 단계인 steady-state로 구성된다. LEACH에서는 클러스터 내의 노드들이 단지 확률적으로 헤드로 선정되기 때문에 에너지 효율적이지 못할 수 있다. 또한 클러스터 헤드 노드와 베이스스테이션의 거리가 원거리에 위치할 경우 에너지 소모율이 높아지기 때문에 비효율적인 방식이다[5].

### III. 제안 방식

#### 3.1. 제안하는 알고리즘에서 노드의 위치 측정 방법

본 논문에서는 거리정보에 기반을 두지 않는 방식 (range-free)에서 라우팅 에너지 효율성을 고려한 ALPS 알고리즘을 제안하였다. 기존의 위치측정 방식 중 대표적인 DV(Distance vector)-hop 알고리즘은 앵커 노드와 앵커 노드 사이의 미지 노드들의 거리를 홉 수로 나누어 노드 사이의 평균적인 거리를 구하고 삼각 측량법을 이용하여 노드의 상대 위치정보를 계산하였다[2][3][4].

하지만 DV-hop 알고리즘의 경우 앵커 노드와 미지 노드 사이의 거리를 홉 수로 나눈 한 홉의 거리가 모두 동일하다고 가정하였다. 또한 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 아닌 RSSI(Received Signal Strength Indication)값을 거리 환산 식을 이용하여 변환한 거리 정보를 바탕으로 두 개의 앵커노드를 이용하여 미지 노드의 상대 좌표를 측정하는 방법을 제안하였다[4]. 앵커 노드를 두 개를 사용함으로써 계산 처리 과정 및 시간이 줄어들고 두 개의 앵커 노드를 사용하여 좌표를 측정하기 때문에 노드의 에너지 소모율 역시 줄어드는 효과를 얻을 수 있다. 또한 노드의 상대 위치 정보를 바탕으로 최적의 라우팅 경로를 확보함으로써 전체 네트워크의 라이프 타임을 향상시킬 수 있다.

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[6][7].

$$R_C = kR_T, (k = 2) \tag{1}$$

상기 수식 (1)은 예를 들어, 센서 노드가  $R_C = 2R_T$ 를 충족한다면 두 홉 거리에 있는 노드를 감지하고 서로 연결성이 보장되어 통신할 수 있는 환경을 가지게 된다. 따라서 수식 (1)을 이용하여 각 노드가 삼각함수를 만족하는  $k$ 값 범위내에서 좌표를 측정하게 된다.

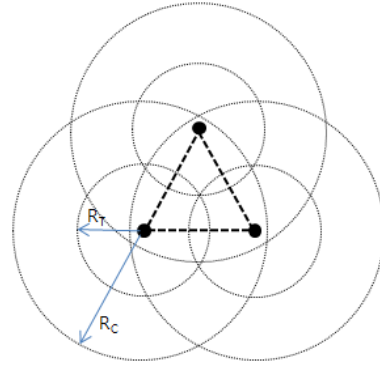


그림 1. k-coverage 구성도  
Fig. 1 Composition of k-coverage

상기 수식의 조건을 바탕으로 노드의 상대 위치 정보를 파악할 수 있다. 기존 위치 측정 알고리즘은 세 개 이상의 앵커 노드의 좌표를 이용하여 삼각 측량법으로 위치를 계산하였다. ALPS 알고리즘은 두 개의 앵커 노드 (A-노드와 B-노드)로부터 좌표를 알지 못하는 미지의 C-노드의 상대 좌표를 재계산 한다. 여기서 재계산된 노드의 상대 좌표값은 단지 경로 설정에 있어 에너지의 효율성을 판단하는데 사용하게 됨으로 정확한 물리적 위치 조건을 요구하지 않는 경우에 한정하는 것이다.

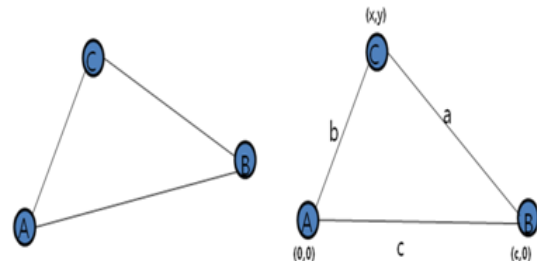


그림 2. ALPS 알고리즘의 구성도  
Fig. 2 Composition of ALPS algorithm

그림 2는 제안된 ALPS 알고리즘에 따른 상대좌표의 구성도를 보여준다. 그림 2와 같이 노드 A와 B가 있고, 좌표를 알고자 하는 미지 노드 C가 있을 경우 노드와 노드의 사이의 정보를 환산된 RSSI에 의한 절대 거리 정보를 a, b, c로 정의 한다. 따라서 위에서 정의한바와 같이 노드 C의 상대 위치 좌표를 구하는 방법은 다음과 같다[8].

주어진 앵커 헤드노드 A가 기준 노드가 되어 상대 위치 좌표 (0,0)의 값으로 설정하고 이로부터 제안한 알고리즘의 시작을 알린다. 시작을 알리는 동시에 노드 B는 노드 A와 같은 동일 선상에 위치하고 있다고 가정한다. 따라서 앵커 헤드노드 B는 앵커 헤드노드 A와 의 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.

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

여기서,  $location_{mit}$ 은 기준점이 되는 헤드 노드의 좌표의 값이 (0,0)일 경우 상기 수식을 바탕으로 미지 노드의 상대 좌표를 부여하고, 그렇지 않다면 기준점이 되는 노드의 좌표를 (0,0)으로 보정해야 한다. 노드의 좌표를 초기화 하는 방법은 다음 수식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

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

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 측정 하는 방법은 다음 수식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \lim_{i \rightarrow n} \exists (H_{x_i}, H_{y_j}) H_N(L(H_{x_i}, H_{y_j})) | Node \\ such\ that\ (x_j, y_j) | L(x, y), \\ L(M_{x(i+x_i)}, M_{y(i+y_j)}) | Node \end{array} \right\} \quad (4)$$

여기서,  $H_N(L(H_{x_i}, H_{y_j}))$ 는 네트워크상에 존재하는 헤드 노드들을 의미하며,  $M_x$ 와  $M_y$ 는 멤버 노드를 의미한다. 상기 수식 4에 의하여 헤드 노드들의 주변에 존재하는 멤버 노드들의 위치 좌표를 측정할 수 있다.

상기 수식 (4)를 바탕으로 계층적 라우팅 프로토콜에서의 제안된 알고리즘을 이용하여 노드의 상대 좌표를 부여함으로써 위치 정보를 표현할 수 있다. 그림 3은 계층적 라우팅 프로토콜에서의 ALPS 알고리즘을 보여주고 있다.

그림 3에서 보는 바와 같이 각 클러스터 헤드 노드들을 사용하여 위치 정보를 알지 못하는 노드들의 위치를 상대 좌표를 계산할 수 있다. 따라서 그림 3과 같은 방법으로 각 미지 노드들을 추적함으로써 전체 네트워크내의 노드들의 위치 정보를 파악할 수 있고 최적 경로의 라우팅 경로를 형성할 수 있다.

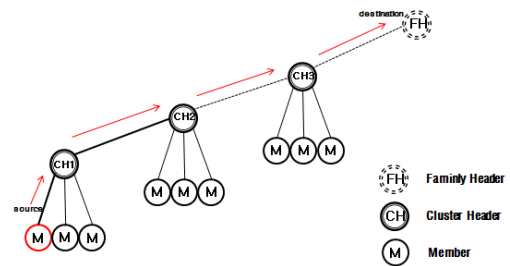


그림 3. 계층적 라우팅 프로토콜의 선형 모델  
Fig. 3 The linear model of hierarchical routing protocol

### 3.2. 제안하는 ALPS 알고리즘에서 에너지 소모율 측정 방법

본 논문에서는 노드간 다양한 속성정보 중 노드간 거리의 상대 각도 정보를 사용하여 중계 노드를 선택 선출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 노드의 전송 경로에 있어 중계 노드를 선택할 때 최적의 효율적인 에너지 보존 경로를 가지는 중계 노드를 선택하여 전체 노드의 수명 및 네트워크의 관리를 향상시키기 위한 기법이다.

이러한 헤드 노드를 선택하는 방법은 제안된 ALPS 알고리즘에 따른 위치 정보를 활용하여 설명한다.

그림 4는 소스노드 u가 목적 노드인 v까지 통신 할 때, 멀티 홉으로 통신하는 방법이 에너지 효율적인 통신 방법인지 보여주기 위한 설명이다.

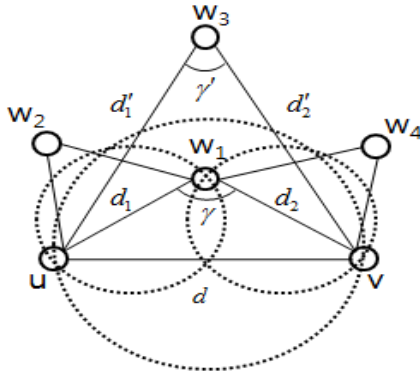


그림 4. 유효경로에 따른 중계 노드 선출 모델  
Fig. 4 The relay node elected model for available path

소스노드인  $u$ 와 목적노드인  $v$ 의 상호 거리( $d$ )의 직경에 대해 이웃 중계 후보노드( $w_{1...4}$ )가 있을 경우로 가정한다.  $w_{2...4}$ 과 같이 소스노드인  $u$ 와 목적노드인  $v$ 의 상호거리( $d$ )에 대해 직경 밖에 있다면 멀티 홉으로 통신하는 방법보다 소스노드와 목적 노드간 직접 전송하는 방법이 아래 수식(5)에 의해 에너지가 효율적으로 보존될 수 있다. 반면에 식(6)의 경우 중계노드인  $w_1$ 이 소스노드인  $u$ 와 목적노드인  $v$ 의 상호거리( $d$ )에 대해 직경 안에 있다면 직접 전송하는 방법보다 소스노드와 목적 노드간 멀티 홉으로 통신하는 방법이 에너지가 상호거리( $d$ )에 대해 전송 에너지가 보다 효율적으로 보존될 수 있다[6].

$$d^2 = d_1^2 + d_2^2 + 2d_1d_2\cos\gamma'$$

Case by Inter Cluster Head Node ( $0 \leq \gamma' < \frac{\pi}{2}$ ) (5)

$$d^2 = d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2\cos\gamma$$

Case by Intra Cluster Head Node ( $\frac{\pi}{2} \leq \gamma \leq \pi$ ) (6)

여기서 각 노드의 전송 에너지( $E_{Tx}$ )는 소스노드인  $u$ 와 목적 노드인  $v$ 의 상호 거리( $d$ )에 따라 수식(7)과 같이 나타낼 수 있다. 또한 수식(7)은 중계 노드( $w$ )의 위치에 따라 각 노드의 에너지 소모를 아래의 수식(8)과 같이 해석할 수 있다. 수식(8)은 소스노드인  $u$ 와 목적노드인  $v$

의 상호거리( $d$ )에 따라 직접 전송 방법을 의미하고 식(9)의 경우 소스노드인  $u$ 와 목적노드인  $v$ 의 직경 안에 중계노드  $w_1$ 을 거쳐 멀티 홉( $d_1+d_2$ ) 통신 하는 방법을 의미한다. 또한 수식(10)과 같은 경우 소스노드인  $u$ 와 목적노드인  $v$ 의 중계노드  $w_{2...4}$ 가 직경 밖에 위치하고 있는 경우를 의미 하게 된다. 식 (11)의 경우 데이터를 수신시 사용된 에너지의 총 소모량을 의미한다.

$$E_{total}(l,d) = E_{Tx}(l,d) + E_{Rx}(l) \quad (7)$$

$$E_{Tx}(l,d) = E_{Tx-elec}(l) + E_{Tx-amp}(l,d) = lE_{elec} + l\epsilon_{fs}d^2 \quad (8)$$

for Directly Transmission

$$= lE_{elec} + l\epsilon_{fs}(d_1^2 + d_2^2 - 2d_1d_2\cos\gamma) \quad (9)$$

for Intra Cluster ( $w$ ) Transmission

$$= lE_{elec} + l\epsilon_{fs}(d_1^2 + d_2^2 + 2d_1d_2\cos\gamma) \quad (10)$$

for InterCluster ( $w$ ) Transmission

$$E_{Rx}(l) = E_{Rx-elec}(l) = lE_{elec} \quad (11)$$

여기서,  $E_{elec}$ 은 전송될 데이터 패킷의 bit당 소모되는 에너지량,  $l$ 은 전송 데이터 패킷의 비트수,  $\epsilon_{fs}$ 는 거리( $d$ )에 따른 전송 손실율로 전송의 거리에 따른 자유공간 전송손실율과 다중 전송경로에 따른 전송 손실율로 각각  $10\text{pJ/bit/m}^2$  또는  $0.0013\text{pJ/bit/m}^4$ 로 실험결과를 적용한다[5]. 여기서  $d$ 는 소스노드인  $u$ 와 목적노드인  $v$ 의 노드간 상호 거리,  $\gamma$ 는 소스노드인  $u$ 와 목적노드인  $v$ 의 중계노드( $w$ )의 위치에 따른 각도( $\gamma$ )를 의미한다.

#### IV. 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  
Table. 1 Simulation environment

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

그림 5는 DV-hop 알고리즘과 ALPS 알고리즘의 좌표 측정에 있어 소모되는 에너지량을 비교 분석한 결과이다. 또한 그림 6은 DV-hop과 ALPS 알고리즘의 계층적 라우팅 경로에 따른 에너지 소모량을 비교 분석한 결과를 보여준다. 그림 5와 6에서 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 위치정보를 사용한 경우보다 최적화된 에너지 소모를 유지할 수 있을 것이다.

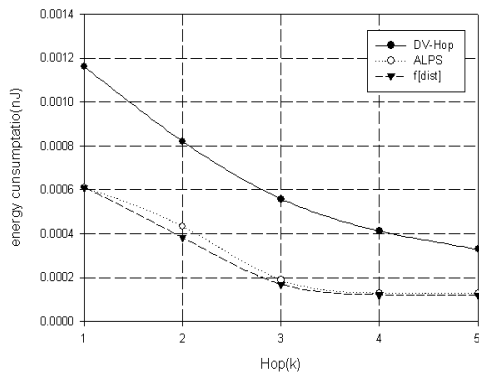


그림 5. 노드 좌표 측정에 따른 에너지 소모량  
Fig. 5 Energy consumption for nodes coordinate measuring.

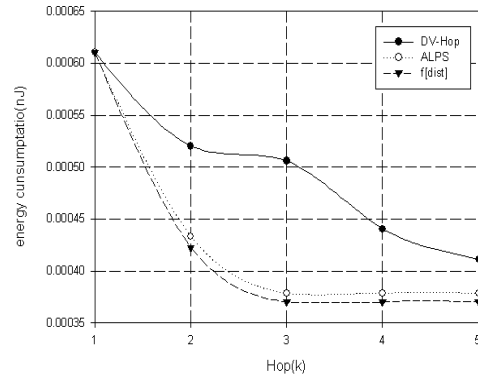


그림 6. 계층적 라우팅 경로에 따른 에너지 소모량  
Fig. 6 energy consumption for Hierarchical routing path.

## V. 결 론

본 논문에서는 에드 혹 네트워크에서의 노드의 위치 정보를 결정하는 DV-hop의 문제점을 분석하고, 이를 보완하기 위한 새로운 알고리즘을 제안 하였다. 본 논문에서 제안한 ALPS 알고리즘은 계층적 클러스터 구조에서 노드의 위치 정보를 상대 좌표로 부여함에 따라 최적화된 에너지 소모를 유지할 수 있는 경로 알고리즘을 최종적으로 제공하는 방법이다. ALPS 알고리즘은 두 개의 앵커 헤드 노드를 이용하여 미지노드의 위치를 상대좌표로 부여하는 방법이다. 또한 노드의 위치 정보를 이용하여 최적의 에너지 효율적인 라우팅 경로를 확보하여 전체 네트워크의 라이프 타임을 높일 수 있는 방법을 제안하였다. 따라서 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. 또한 노드의 위치 정보를 부여할 경우 소모되는 에너지량을 비교 분석한 결과 기존 DV-hop 알고리즘 보다 ALPS 알고리즘의 에너지 소모량이 적어지는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 센서 네트워크에서 가장 중요한 이슈인 에너지 효율측면에서 높은 결과를 보여줄 수 있을 것으로 기대한다. 하지만 네트워크 토폴로지 변화에 따라 다른 결과를 보여줄 수 있을 것이고 향후 다른 속성 정보와 함께 비교 분석하는 연구가 필요하다.

감사의 글

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

참고문헌

[ 1 ] I. A. Akyildiz, W. Su, Y. sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, " A Survey on Sensor Networks" IEEE Communication magazine, Vol. 40, no 8, pp. 102-114, 2002.

[ 2 ] D. Niculescu and B. Nat., "Ad hoc positioning system,". Global Communications Conference, IEEE, pp. 2926 - 2931, 2001.

[ 3 ] Wei-Wei Ji and Zhong Liu., "An improvement of DV-Hop algorithm in wireless sensor networks.Wireless Communications," Networking and Mobile Computing, pp, 22 - 24, 2006.

[ 4 ] Xie Chuan, "Research on Improved DV-HOP Localization Algorithm Based on Weighted Least Square Method," IEEE International Symposium, pp. 21-22, 2008.

[ 5 ] Wendi B. Heinzelman, Anantha P. Chandrakasan, Hari Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor networks," Wireless Communications, IEEE Transactions, vol.1, no.4, pp. 660-670, 2002.

[ 6 ] P. Santi, "Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks," pp.27-36, 2005

[ 7 ] Wei Feng, Jaafar M. H. Elmirghani, "Energy Efficiency in the Cluster-based Linear Ad-hoc Wireless networks," International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, pp. 15-18, 2009.

[ 8 ] H. T. Friis, "A note on a simple transmission formula," Proc. IRE, pp.254-256, 1946.

[ 9 ] T. Rappaport, Wireless Communications: Principles

& Prac-tice. Englewood Cliff s, NJ: Prentice-Hall, 1996.

[10] Soheil Ghiasi, Ankur Srivastava, Xiaojian yang, and Majid Sarrafzadeh, "Optimal Energy Aware Clustering in Sensor Networks", Sensors 2, no. 7, pp. 258-269, 2002.

[11] S. Capkun, M. Hamdi and J.P. Hubaux, "GPS-free positioning in mobile Ad-Hoc networks," Hawaii International Conference On System Sciences, 2001.

저자소개

오영준(Young-jun Oh)



2009년 나사렛대학교  
정보통신학과 학사  
2011년 한국기술교육대학교  
전기전자공학과 공학 석사

2011년~ 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
※관심분야: Ubiquitous computing, WSN, Ad-hoc network, 차세대이동통신기술, Wireless SoC

이강환(Kang-whan Lee)



1983년 한양대학교 전자공학과 학사  
1989년 중앙대학교 전자공학 석사  
1989년 한국전자통신연구원  
선임연구원

2002년 중앙대학교 전자공학 박사  
2004년 특허청 서기관  
2005년~ 한국기술교육대학교 정보기술공학부 교수  
※관심분야: WSN, Ad-hoc network, 차세대이동통신 기술, Wireless SoC