

무선망에서 소비 전력을 절약하는 라우팅 기법

(A Power Saving Routing Scheme in Wireless Networks)

최종무[†] 김재훈^{**} 고영배^{***}
(Jong-Mu Choi) (Jai-Hoon Kim) (Young-Bae Ko)

요약 무선 통신과 하드웨어 설계기술의 발전으로 사용자가 휴대용 장치를 사용하여, 그들의 물리적인 위치에 상관없이 통신을 할 수 있는 이동 컴퓨팅이라는 새로운 패러다임이 생겨났다. 이러한 이동 단말기를 이용한 이동 컴퓨팅은 비연결성, 낮은 대역, 높은 대역의 가변성, 이질망과의 연결, 보안성, 저 전력, 작은 저장공간등의 제약성을 가지고 있다. 이러한 제약중의 하나인 전원장치의 부족을 극복하기 위하여 두 노드간의 거리에 따라 송신전력을 조정하는 방식인 전력 조절 라우팅 기법(Power Adaption Routing Scheme)이 사용된다. 기존 알고리즘에서는 라우팅 경로를 찾기 위해 소비 전력만을 고려하여 다음 노드를 선택하기 때문에, 최종 목적노드로 최단 거리를 많이 이탈할 수 있고, 또한 전력 소비를 최소화 하기 위한 라우팅에 참여해야 하는 최적의 노드 수 보다 많은 노드가 라우팅에 참여하여 소비 전력의 낭비를 가져온다. 본 논문에서는 이러한 기존 저전력 소비 라우팅 알고리즘의 단점을 보완하여 라우팅 목적 노드로의 점진적인 근접성과 최적의 라우팅 참여 노드 수를 동시에 고려한 새로운 저전력 알고리즘을 제안하고 성능을 분석하였다.

키워드: 무선 네트워크, 전력, 라우팅

Abstract Advances in wireless networking technology has engendered a new paradigm of computing, called mobile computing, in which users carrying portable devices have access to a shared infrastructure independent of their physical locations. Wireless communication has some restraints such as disconnection, low bandwidth, a variation of available bandwidth, network heterogeneity, security risk, small storage, and low power. Power adaptation routing scheme overcome the shortage of power by adjusting the output power, was proposed. Existing power saving routing algorithm has some minor effect such as seceding from shortest path to minimize the power consumption, and number of nodes that participate in routing than optimal because it select a next node with considering only consuming power. This paper supplements the weak point in the existing power saving routing algorithm as considering the gradual approach to final destination and the number of optimal nodes that participate in routing

Key words: Wireless Networks, Power Saving, Routing

1. 서론

무선 네트워크 환경에서 적절한 경로를 찾기 위한 라우

팅 알고리즘에 관한 많은 연구가 있었다[1][2][3][4][5]. 대부분의 기존 라우팅 알고리즘은 중간에 거쳐야 할 노드의 수나 지연을 최소화하는 방법으로 경로를 선택하였다. 이런 최단거리 알고리즘은 에너지 소비를 최소화해야만 하는 환경에서는 적합하지 않다. 이에 따라 단말기의 소비전력이 건전지에 의해 결정되는 무선 환경에서 소비전력을 효율적으로 줄이기 위한 기법이 중요한 위치를 차지하고, 최근에는 전력을 줄이기 위한 라우팅 알고리즘들이 제안되었다[6][7][8]. 이런 알고리즘은 송신 출력을 줄여서 전파가 도달할 수 있는 반경을 줄이는 방법을 기반으

* 본 논문은 2002년도 한국학술진흥재단 신진교수연구과제지원사업의 지원에 의하여 연구 되었음(KRF-2002-003-D00262)

† 학생회원 : 아주대학교 정보통신전문대학원
zootman@dmc.ajou.ac.kr

** 정 회원 : 아주대학교 정보통신전문대학원 교수
jaikim@ajou.ac.kr

*** 정 회원 : 아주대학교 정보통신컴퓨터공학부 교수
youngko@ajou.ac.kr

논문접수 : 2002년 8월 27일

심사완료 : 2002년 12월 31일

로 연구가 진행되어왔다. 즉 무선환경에서 송출에 따르는 소비전력은 두 송수신 단말간 거리의 상수승에 비례한다는 성질 때문에 기존의 알고리즘들은 중간에 노드를 거치는 방법으로 전송거리를 작게 하여 송신하는 방법을 사용하여 소비전력을 절약할 수 있다. 그러나 기존의 라우팅 알고리즘에서는[8] 소비전력을 줄이기 위한 최적의 노드 수를 중심으로 알고리즘이 실행되는 것이 아니라, 기대되는 소비전력을 최소화하기 위한 중간노드를 거쳐 목적노드를 찾을 때까지 알고리즘을 수행하여 많은 노드들이 라우팅에 참여할 우려가 있으며 목적 노드로 가는 최단 거리를 이탈할 수 있어 소비전력상의 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 무선환경에서 거리에 따른 소비 전력 모델인 RM-Model[9]과 HCB -Model[10]에 근간을 둔 전력 조절 알고리즘[8] 대해 알아보고, 이 알고리즘이 가지는 단점과, 보완할 수 있도록 라우팅 경로를 설정할 때 방향성을 가지는 알고리즘을 제시하고, 송신 노드로부터 목적 노드까지 사용되는 소비 전력과 라우팅 성공률 측면에서 기존 알고리즘과 성능을 비교 분석하였다.

2. 기존 저전력 라우팅 알고리즘

2.1 소비전력 모델 및 라우팅 알고리즘

무선환경에서 두 노드간의 거리와 소비전력에 관한 모델은 RM-model과 HCB-model 등에서 볼 수 있다.

거리가 d 인 두 노드간에 소비된 소비전력의 일반 모델은 식 (1)과 같다[9].

$$u(r) = ar^a + c \quad (1)$$

(a, a, c : 송수신 이외에 소모된 전력 및 무선환경의 성질을 나타내기 위한 상수)

Rodolphu와 Meng의 논문에서는[9] 실험을 통하여 식 (1)을 식 (2)와 같이 표현하였으며, RM-model이라 부른다.

$$u(d) = d^4 + 2 \times 10^8 \quad (2)$$

Heizelman, Shandraksan과 Balakrishnan의 논문에서는[10] 무선 데이터 1 bit를 송수신하기 위해서 단말의 회로에서는 $E_{elec} = 50 \text{ nJ/bit}$ 를 소비하며, 거리가 d 인 두 노드간의 에너지 송출에 따르는 에너지 소비가 거리 (d)의 제곱에 비례한다고 하면, 송신 측의 에너지는 $E_{amp} \cdot d^2$ ($E_{amp} = 100 \text{ tJ/bit/m}^2$)을 소비한다. 따라서 거리가 d 인 두 노드간에 1 bit 데이터를 전송하려면, 송신 측에서는 $E_{elec} + E_{amp} \cdot d^2$ 그리고 수신 측에서는 E_{elec} 만큼의 전력이 소비된다. 두 식을 정상화(normalize)하기

위하여 E_{amp} 로 나누면 $T = E + d^2$ (송신측)라는 식과 $P = E$ (수신측)라는 식으로 표현할 수 있고, E 는 식 (3)와 같다.

$$E = E_{elec}/E_{amp} = (50 \text{ nJ/bit})/(100 \text{ tJ/bit/m}^2) = 500 \text{ m}^2 \quad (3)$$

따라서 전체 송수신에 필요한 전력은 식 (4)와 같으며, HCB-Model이라 한다[10].

$$u(d) = T + P = 2E + d^2 \quad (4)$$

I. Stojmenovic와 Xu Lin의 논문[8]에서는 송신 노드(S)와 목적 노드(D)간의 거리(d)가 $d \leq (c/a(1-2^{1-a}))^{1/a}$ 일 경우에는 직접 전송을 하는 것이 최소의 전력량으로 보낼 수 있는 방법이며, 그렇지 않은 환경 즉 송신노드와 목적 노드간의 거리가 $d > (c/a(1-2^{1-a}))^{1/a}$ 인 경우에는 그림 1에서 보는 바와 같이 두 노드 사이를 n 개의 등분으로 나누어($n = d(a(a-1)/c)^{1/a}$ 에 가까운 정수의 값), 각 등분점에 위치한 노드를 통하여 전달하는 방법이 소비전력을 최소화 할 수 있는 방법이며, 이 기법을 통하여 얻은 전력 소비량은 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$u(d) = dc \left(a \frac{a-1}{c} \right)^{\frac{1}{a}} + da \left(a \frac{a-1}{c} \right)^{\frac{1-a}{a}} \quad (5)$$

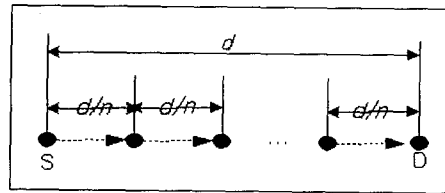


그림 1 n등분하여 전송하는 방법

기존 연구에서는 위의 식을 이용하여 다음과 같은 전력소비를 절약하는 알고리즘을 제안하였다.

송신노드(S)에서 목적노드(D)로 데이터를 전송하기 위하여 중간노드(B)를 거쳐 전송하고자 할 때 기대되는 소비전력을 최소화하는 중간노드(B)를 선택하는 것이 중요하다. 아래 그림 2와 같이 노드 S, D, B가 존재하고, $r = |SB|$, $s = |BD|$, $d = |SD|$ 라 한다.

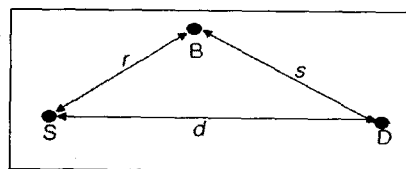


그림 2 노드간의 거리 관계

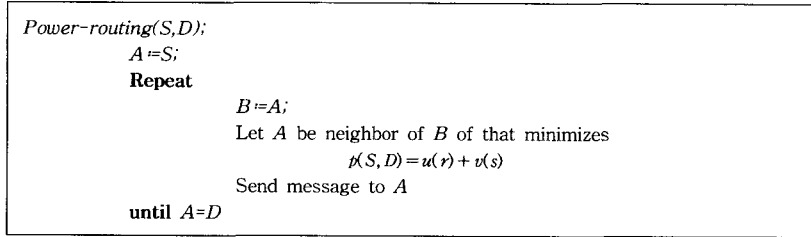


그림 3 Power Aware 알고리즘

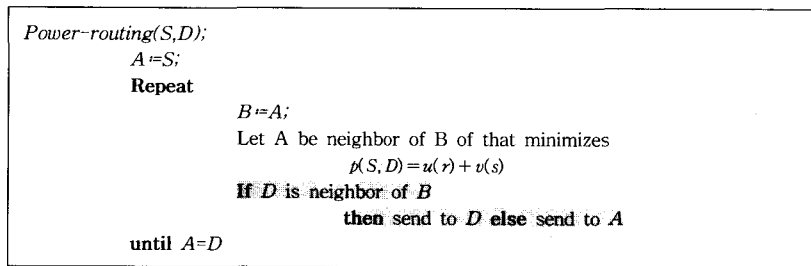


그림 4 고리가 형성되는 것을 방지하는 알고리즘

노드 S와 노드 B간의 전송에 필요한 소비 전력은 $u(r)=ar^a+c$ 이고, B와 D간에 소비전력을 최소화하기 위한 중간 노드들이 있다고 가정하면 기대되는 최소 소비 전력은 식 (6)과 같이 예측할 수 있다.

$$v(s) = sc \left(a \frac{a-1}{c} \right)^{\frac{1}{a}} + sa \left(a \frac{a-1}{c} \right)^{\frac{1-a}{a}} \quad (6)$$

HCB 모델에서 $a=2$ 라 가정하면 식 (7)과 같이 표현된다.

$$v(s) = 2s(ac)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

따라서 식 (8)의 값을 최소화하는 이웃 노드(B)를 선택하여 소비 전력을 최소화할 수 있다.

$$f(S,D) = u(r) + v(s) \quad (8)$$

그림 3은 알고리즘을 나타낸다.

이웃에 목적노드가 있을 경우에는 즉시 목적노드로 전달하여 라우팅이 고리(loop)를 형성하면서 도는 것을 방지 할 수 있으며, 알고리즘은 그림 4와 같다.

2.2 기존 알고리즘에 고려되지 않은 사항

기존 알고리즘에서는 라우팅에 참여할 노드와 목적 노드 사이에 위치한 노드들이 전력 소비를 최소화 할 수 있도록 원하는 중간지점에 이상적으로 분포하였다는 가정으로 중간 노드를 선택하기 때문에 식 (9)에서 보는 바와 같이 중간 노드와 목적노드간의 소비 전력을 $v(s)$ 로 예상하였다.

$$f(S,D) = u(r) + v(s) = 2E + r^2 + 2s(ac)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

즉 그림 2에서 r 에 대하여는 제곱 승에 비례 증가하며, d 에 대해서는 상수 배로 증가하는 요소가 작용한다. 따라서 그림 5와 같이 r 값이 r' 값에 비하여 상대적으로 작을 경우에는 B'를 선택하여 목적 노드로부터 거리 상으로 더 멀어지며 라우팅이 목적노드를 향하여 점진적으로 가까워지는 접근성을 잃을 수 있다.

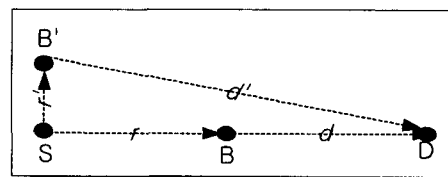


그림 5 다음 노드의 선택

또한 알고리즘의 종료는 목적 노드를 찾을 때까지 패킷이 계속 전달되므로 소비 전력을 절약하기 위해 라우팅에 참여하는 최적의 노드 수보다 많은 노드들이 전송에 참여 할 수도 있으며, 고리(loop)가 형성되는 것을 방지하기 위하여 이웃노드에 목적노드가 존재하면 즉시 목적노드로 전달하여 최적의 등분 값을 지킬 수 없다. 즉 기존 알고리즘은 이러한 점을 고려하지 않음으로서 소비 전력의 증가를 가져올 수 있다.

3. 제안 알고리즘

본 논문에서는 기존 알고리즘에서 라우팅 경로가 송신노드 중심으로 기대되는 소비전력을 최소화하기 때문에 목적노드로 접근성을 가지지 못하고, 전송에 참여하는 노드의 수가 증가되는 문제점을 해결하기 위해 목적지 중심의 라우팅 경로를 제안하였다.

기존 알고리즘에서 고려되지 않은 사항을 위해 제안 알고리즘은 다음과 같은 특징을 가진다.

- 기존 알고리즘에서는 현재 노드의 이웃 노드를 모두 평가하였으나, 제안 알고리즘에서는 목적 노드와의 거리 관계를 계산하여 후보 노드를 선택한 후 평가함으로써 계산량을 줄일 수 있고 목적노드로의 접근성을 가질 수 있도록 하였다.
- 기존 알고리즘에서는 다음 노드가 목적 노드가 될 때까지 알고리즘이 반복되었으나, 제안 알고리즘에서는 최적의 n등분 값만큼만 반복하도록 하였다.

제안 알고리즘의 기본적인 원리는 다음과 같다.

그림 6과 같이 송신 노드(source)와 목적 노드(dest) 간의 거리가 d 라고 할 때, 소비 전력을 줄이기 위한 최적의 n 값을 구한 후 송신 노드와 목적 노드 사이의 거리를 n 등분 한 후 송신을 하고자 하는 노드는 이웃 노드 중에서 목적 노드를 중심으로 그려진 원에 가까운 노드들을 ($\frac{d}{n} - \frac{d}{2n}$ 에서 $\frac{d}{n} + \frac{d}{2n}$ 사이에 위치한 노드) 후보 노드로 선택한 후 후보 노드들 중에서 중간노드로 하였을 때 기대되는 소비전력이 최소인 노드를 다음 노드로 선택하는 알고리즘이다.

제안 알고리즘에서는 목적 노드와의 남은 거리를 중

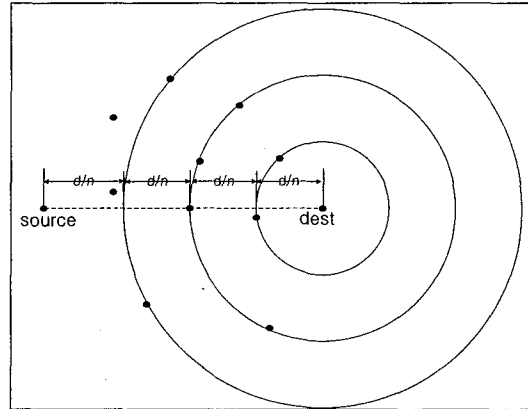


그림 6 목적노드 중심의 라우팅 알고리즘

심으로 해서 다음 노드를 선택하기 때문에 라우팅을 하면서 목적 노드와의 거리를 점진적으로 줄일 수 있기 때문에, 기존 알고리즘에서 고려되지 않았던 접근성 문제와 라우팅에 참여할 노드의 수를 최적으로 조정할 수 있다. 그림 7은 제안된 알고리즘을 나타낸다.

제안 알고리즘의 동작원리는 다음의 그림 8~10에 나타나 있다.

초기 송신 노드(source)와 목적 노드(dest) 사이에 소비 전력을 최소화하기 위해 참여해야 하는 최적의 중간 노드의 수가 3개($n=4$)라고 가정하고, 그림 8에서 목적 노드로부터 $\frac{3}{4}d$ 되는 지점에 가까운 이웃 노드들($\frac{3}{4}d - \frac{1}{8}d$ 와 $\frac{3}{4}d + \frac{1}{8}d$ 사이에 위치한 노드들)을 후보 노드로 선택한 후 평가를 통하여 전력을 최소화할 수 있는 노드를

```

목적지 중심의 라우팅 알고리즘(S,D)
S = Source node
D = Destination node
d = Distance from source to destination
N = Optimal division
B = Next node
Ci = Set of candidate nodes

i ← 1 ;
do
    if ( Neighbor of the S is located interval from  $\frac{d}{N}(N-i) - \frac{d}{2N}$  to  $\frac{d}{N}(N-i) + \frac{d}{2N}$  )
        Ci includes neighbor of the S ;
        Selects the B among the Ci that minimizes the  $\rho(S,D)=u(r)+u(s)$  ;
        i ← i+1 ;
        S ← B ;
while ( i ≤ N )
    
```

그림 7 제안 알고리즘

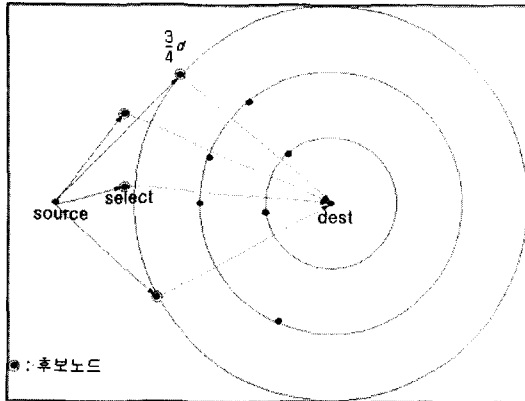


그림 8 제안 알고리즘 동작원리 1단계

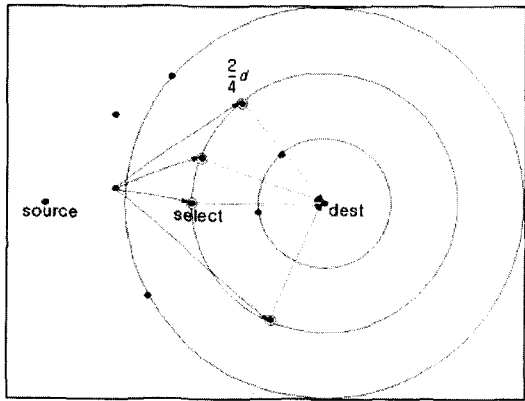


그림 9 제안 알고리즘 동작원리 2단계

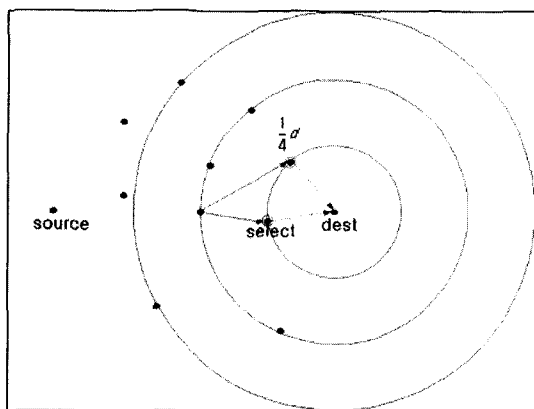


그림 10 제안 알고리즘 동작원리 3단계

택한다. 그림 9와 그림 10에서도 마찬가지로 다음

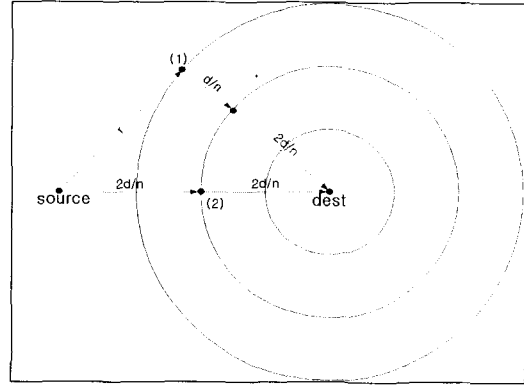


그림 11 후보노드가 송출노드로부터 멀어질 때

노드를 선택한다. 즉 하나의 노드를 선택할 때마다 목적 노드와의 거리가 평균 $d/4$ 만큼 줄어들기 때문에 4번 반복을 통하여 목적 노드에 도착할 수 있다.

그림 11과 같이 (1)번 노드가 너무 송신노드에서 멀리 떨어져 있을 때는 한 단계를 더 넘어서 (2)번 노드를 선택하는 것이 더 적절한 경우도 있다. 이런 경우를 고려해서, 선택된 노드가 $u(r) + u(d/n) > u(2d/n)$ 를 만족하면 (2)번 노드를 선택하는 알고리즘을 추가하였다.

위의 고려사항을 추가한 알고리즘은 그림 12와 같다.

그림 13과 같이 송신 노드와 목적 노드 사이에 선택할 후보 노드가 없을 경우에는 $p(S, D) = u(r) + u(s)$ 가 최소 값을 가지는 이웃 노드를 찾은 후 알고리즘을 다시 실행하도록 한 알고리즘은 그림 14와 같다.

4. 성능분석

제안된 소비전력 라우팅 알고리즘의 성능을 기존 알고리즘(Power-Aware Localized Routing)과의 소비전력, 선택되는 노드들의 계산량, 라우팅 성공률의 성능을 비교 분석하기 위하여 다음의 세 가지 측면을 고려하여 시뮬레이션을 실행하였다.

- 노드의 수의 변화에 따른 성능의 비교
- 거리 변화에 따른 성능의 비교
- 노드에서 보낼 수 있는 최대송출 거리의 변화 따른 성능의 비교

시뮬레이션은 무선망 환경에서 노드의 위치는 무작위로 결정되며, 다음의 상황을 가정하였다.

- 각 노드들은 GPS를 이용하여 자신의 위치 및 다른 노드의 위치를 알고 노드들 간의 거리를 계산할 수 있다.
- 모든 노드의 최대 송출 거리는 동일하다.
- 각각의 노드들간의 위치상의 높이(고도)는 동일하다.

```

목적지중심의 라우팅 알고리즘(S,D)
S = Source node
D = Destination node
d = Distance from source to destination
N = Optimal division
B = Next node
Ci = Set of candidate nodes

i ← 1 ;
do
    if ( Neighbor of the S is located interval from  $\frac{d}{N}(N-i) - \frac{d}{2N}$  to  $\frac{d}{N}(N-i) + \frac{d}{2N}$ 
        and satisfies the equality  $u(r) + u(d/N) = u(2d/N)$  )
        Ci include neighbor of the S ;
    if (Ci != NULL)
        Select the B among the Ci that minimizes the  $\mu(S,D) = u(r) + u(s)$  ;
    else
        Select B near  $d - \frac{i+1}{N} \times d$  that minimizes  $\mu(S,D) = u(r) + u(s)$  ;
        i ← i+1 ;
    i ← i+1 ;
    S ← B ;
while (i ≤ N)
    
```

그림 12 제안 알고리즘 개선(I)

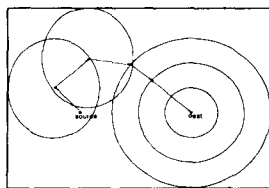


그림 13 후보노드가 없을 때

4.1 노드의 수의 변화에 따른 성능의 비교

무선망 환경에서 250×250인 정사각형에 송신 노드와 목적 노드간의 거리를 177로 노드의 최대 송출거리를 100으로 고정 한 후, 무작위로 위치가 결정된 노드의 수를 변화하면서 시뮬레이션을 각 경우 당 100회씩 반복 실행하였다.

소비전력을 최소화하기 위해 거쳐야 할 노드의 수는 5개

```

목적지중심의 라우팅 알고리즘(S,D)
S = Source node
D = Destination node
d = Distance from source to destination
N = Optimal division
B = Next node
Ci = Set of candidate nodes

i ← 1 ;
do
    if ( Neighbor of the S is located interval from  $\frac{d}{N}(N-i) - \frac{d}{2N}$  to  $\frac{d}{N}(N-i) + \frac{d}{2N}$ 
        and satisfies the equality  $u(r) + u(d/N) \leq u(2d/N)$  )
        Ci include neighbor of the S ;
    if (Ci != NULL)
        Selects the B among the Ci that minimizes the  $\mu(S,D) = u(r) + u(s)$  ;
    else
        Selects B near  $d - \frac{i+1}{N} \times d$  that minimizes  $\mu(S,D) = u(r) + u(s)$  ;
        i ← i+1 ;
    i ← i+1 ;
    if (B = NULL)
        Selects the B among neighbor of S that minimizes  $\mu(S,D) = u(r) + u(s)$ ;
        Recalculate optimal N ;
        i ← i ;
    S ← B ;
while (i ≤ N)
    
```

그림 14 제안 알고리즘 개선(II)

표 1 노드의 수의 증가에 따른 소비 전력 및 참여 노드 수

노드수		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
기존 알고리즘	소비전력	16482	15403	14790	14681	14877	14533	14475	14506	14372	14454
	평가에 사용된 노드 수	31.1	68.9	104.8	140.2	173.4	223.1	256.4	294.6	330.0	356.0
	라우팅 성공률	49	85	93	97	98	98	99	100	100	98
제안 알고리즘	소비전력	18347	1339	11890	10813	10342	9832	9605	9470	9398	9186
	평가에 사용된 노드 수	9.7	15.1	22.0	28.5	35.4	42.6	50.3	57	64.1	70.4
	라우팅 성공률	71	94	100	100	100	100	100	100	100	100

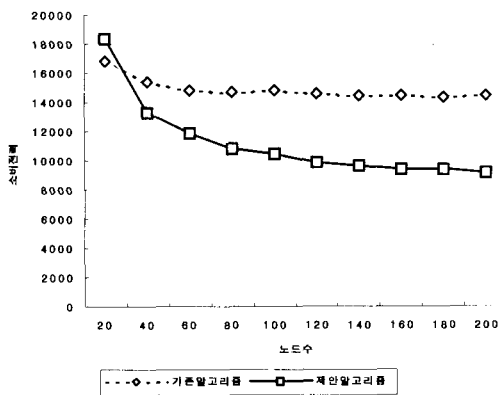


그림 15 노드수의 변화에 따른 소비전력

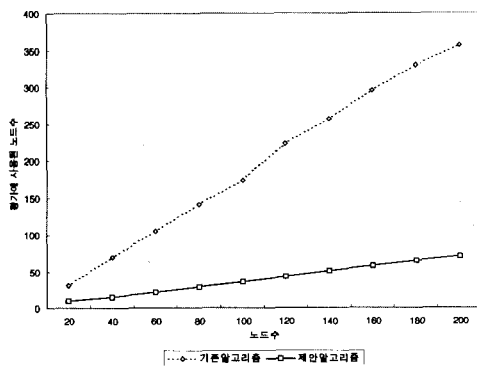


그림 16 노드수의 변화에 따른 평가에 사용된 노드수

가 되며, 반복 실행 평균 결과는 아래의 표 1과 같으며, 그림 15~17은 각각의 성능을 그래프로 표현한 것이다.

그림 15는 노드의 수의 변화에 따른 소비전력을 나타낸 그래프로 노드의 수가 20개일 때는 제안 알고리즘은 후보 노드를 찾을 수 있는 확률이 낮아 기존 알고리즘보다 많은 소비 전력이 사용되지만, 노드의 수가 40개 이상이 되면 제안 알고리즘의 소비 전력 측면에서 더 좋은 성능을 나타내고 있다. 즉 노드의 밀도가 높아 질

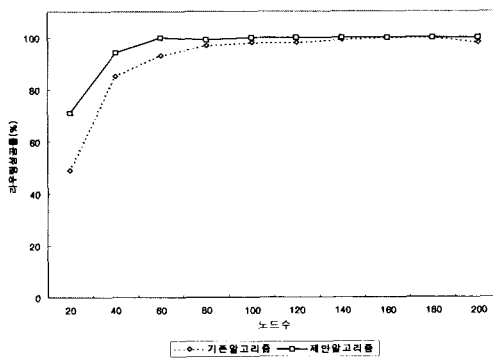


그림 17 노드수의 변화에 따른 라우팅 성공률

경우 최적의 등분값 위치에 노드가 존재할 확률이 높아 지면서 제안 알고리즘은 소비전력을 절약할 수 있다.

그림 16은 노드의 수의 변화에 따른 라우팅을 하기 위해 평가하는 노드의 수를 나타낸 그래프로 제안알고리즘은 후보 노드를 선택하여 평가에 사용된 노드의 수를 줄임으로서 기존 알고리즘 보다 계산량을 줄일 수 있다.

그림 17은 노드의 수의 변화에 따른 라우팅 성공률을 나타낸 것으로 제안 알고리즘의 경우 노드의 수가 40개 이상이 되면 90%이상의 성공률을 보이며, 60개 이상이 되면 100%의 라우팅 성공률을 일정하게 유지하며, 또한 목적 노드로의 점진적인 접근성을 보장하여 기존알고리즘보다 라우팅 성공률 측면에서 좋은 성능을 나타낸다.

4.2 거리 변화에 따른 성능의 비교

송신노드와 목적노드의 거리를 증가시켜 최적의 등분값을 변화시켰다. 100×100 지역 내 존재하는 노드의 수는 8개의 밀도로 노드의 최대 송출거리를 100으로 고정 한 후 노드들의 위치는 무작위로 결정하였다. 송신노드와 목적노드간의 거리를 달리하여 최적의 등분값을 변화시키면서 100회 반복 실행한 시뮬레이션의 평균 결과는 표 2와 같으며, 그림 18~20은 각각의 성능을 그래프로 나타낸 것이다.

표 2 송신 노드와 목적노드간의 거리에 따른 참여 소비 전력 및 참여 노드 수

최적의 등분 값		3	4	5	6	7	8
기존 알고리즘	소비전력	9775	12385	15132	17879	20770	23432
	평가에 사용된 노드 수	24.0	54.8	85.2	113.0	145.8	170.1
	라우팅 성공률	91	91	82	82	83	81
제안 알고리즘	소비전력	6734	9657	12693	15956	18981	21643
	평가에 사용된 노드 수	7.2	12.8	18.6	22.33	28.3	34.1
	라우팅 성공률	98	97	97	97	98	96

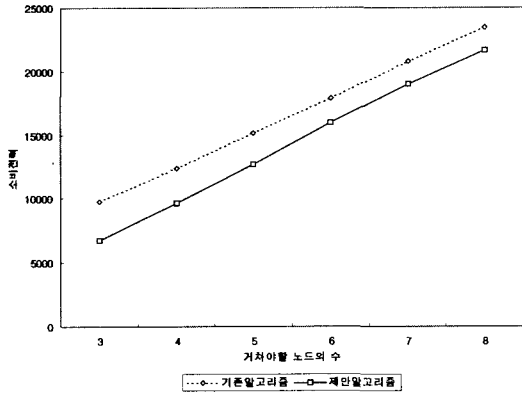


그림 18 최적의 등분 값의 변화에 따른 소비전력

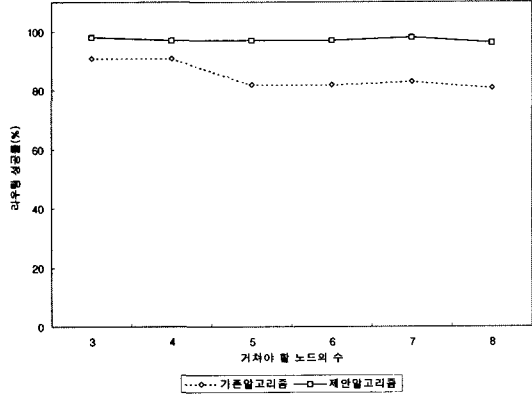


그림 20 최적의 등분 값 변화에 따른 라우팅 성공률

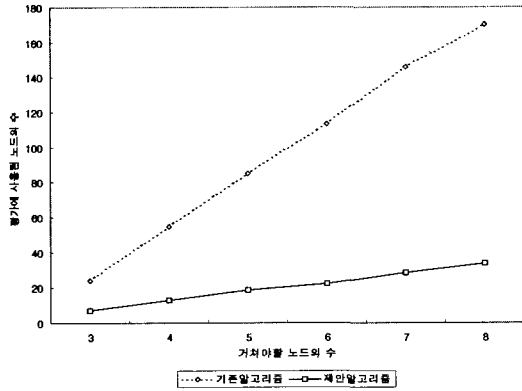


그림 19 최적의 등분 값 변화에 따른 평가에 사용된 노드의 수

그림 18은 최적의 등분 값의 변화에 따른 소비전력을 나타낸 그래프로 노드의 밀도를 일정하게 유지하면서 최적의 등분 값을 변화시키면 소비전력이 일정하게 증가한다. 그러나 노드의 밀도가 일정하면 기존알고리즘에 대한 제안 알고리즘의 소비전력 측면에서의 성능에는 최적의 등분 값의 증가에 따른 영향은 미치지 않지만 기존 알고리즘은 앞으로 존재한 노드의 위치를 이상

적으로 가정하여 기대되는 최소의 소비전력을 기준으로 다음 노드를 결정하였지만 다음노드가 목적지 방향에 위치하지 않을 경우 경로의 길이가 늘어나는 문제가 있어서 목적지 지향의 특성을 가지는 제안알고리즘보다 좋은 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. 그림 19는 최적의 등분 값의 변화에 따른 라우팅을 하기 위해 평가하는 노드의 수를 나타낸 그래프로 제안알고리즘은 후보 노드를 선택하여 평가하여, 기존알고리즘보다 최적의 등분 값이 증가할 수록 계산량의 측면에서 좋은 성능을 나타낸다. 그림 20은 최적의 등분 값의 변화에 따른 라우팅 성공률을 나타낸 것으로 노드의 밀도가 일정하게 유지되면 제안 알고리즘은 기존 알고리즘에 비하여 라우팅 성공률도 일정하게 유지하며 안정성을 보인다.

4.3 노드에서 보낼 수 있는 최대 송출 거리의 변화에 따른 성능의 비교

노드에서 최대로 송출할 수 있는 거리가 변화하면 기존 알고리즘과 제안 알고리즘에서 다음 노드를 선택할 수 있는 후보 노드 수에 변화가 올 수 있다. 무선망 환경에서 250×250인 정사각형에 무작위로 위치가 결정된 노드의 수를 50개로 송신 노드와 목적 노드간의 거리를 177로 고정 한 후 각각의 노드가 가지는 최대 송출 거리를 변화시키면서 시뮬레이션을 100회 반복 실행해 보

표 3 노드가 가지는 최대 송출 거리에 따른 소비 전력의 비교

최대송출거리		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
기존 알고리즘	소비전력	14561	13579	13720	13527	14012	14392	15266	16191	17110	18328
	평가에 사용된 노드 수	33.3	36.4	46.3	52.4	65.8	78.1	85.3	89.3	92.6	96.8
	라우팅 성공률	12	53	67	81	91	92	89	91	94	96
제안 알고리즘	소비전력	13667	13422	13174	12976	12528	12286	12078	12030	12134	12082
	평가에 사용된 노드 수	13.0	10.6	13.2	12.3	15.0	17.2	18.4	20.9	22.1	23.7
	라우팅 성공률	18	62	80	91	97	97	98	99	100	100

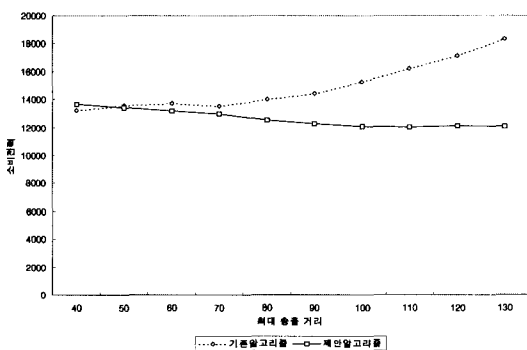


그림 21 최대 송출거리에 따른 소비 전력

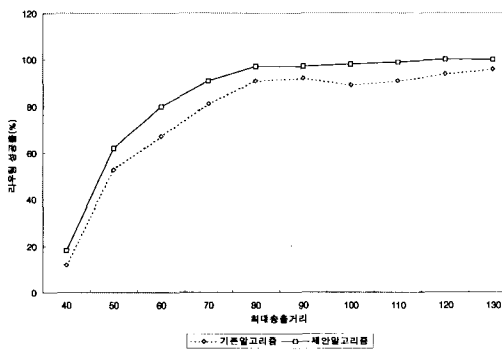


그림 23 최대 송출거리에 따른 라우팅 성공률

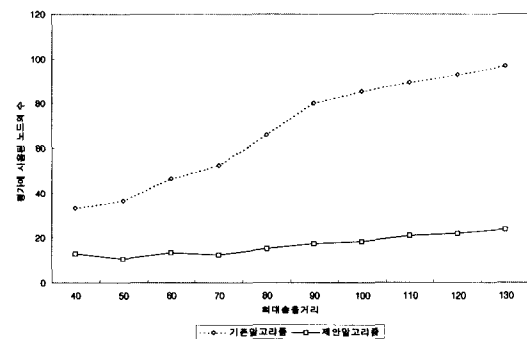


그림 22 최대 송출거리에 따른 평가에 사용된 노드의 수

았다. 시뮬레이션의 평균 실행 결과는 표 3과 같으며, 각각의 성능에 대한 그래프는 그림 21~23과 같다.

그림 21에서 노드가 가지는 최대 송출거리가 40이하 일 때는 후보노드를 결정하지 못한 경우가 발생하여, 라우팅에 참여하는 노드의 수의 증가로 기존 알고리즘보다 소비 전력의 측면에서 비효율적이었으나 노드가 가지는 최대 송출 거리가 증가할수록 제안 알고리즘은 적절한 후보 노드를 선택할 수 있는 폭이 넓어져서 소비 전력이 감소하고, 라우팅 성공률이 증가한다. 그러나 기존 알고리즘은 고리가 형성되는 것을 방지하기 위해 최종 목적 노드가 이웃 노드에 존재하면 최종 목적 노

드로 직접 전달하기 때문에 노드가 가지는 최대 송출 거리가 증가할수록 이웃 노드에 최종 목적 노드가 위치할 확률이 높아져서, 소비 전력이 증가하는 현상이 나타난다.

5. 결론

무선 환경에서는 단말들의 이동성에 따른 배터리의 사용으로 인한 소비 전력을 줄이는 것이 중요하다. 본 논문에서는 소비 전력을 절약하기 위한 알고리즘을 제안하고, 기존 알고리즘[8]과 성능을 비교 분석하였다.

기존 알고리즘에서는 송신하기 위해 다음 노드를 선택할 때 송신 전력만을 기준으로 선택하기 때문에 목적 노드로 가는 근접성을 이탈할 수 있으며, 최적의 노드 수를 중심으로 알고리즘이 실행되는 것이 아니라 목적 노드를 찾을 때까지 알고리즘을 수행하기 때문에 많은 노드들이 라우팅에 참여하여 소비 전력의 낭비를 가져올 수 있다. 본 논문에서는 이런 점을 고려하여 목적 노드와의 거리를 중심으로 라우팅하는 알고리즘을 제안하였다. 성능 분석의 결과 제안 알고리즘은 대부분의 경우 기존 알고리즘보다 소비 전력, 평가 노드의 계산량, 라우팅 성공률 측면에서 우수한 성능을 보이나, 노드의 밀도가 적은 경우 간혹 후보노드를 결정하지 못 하여 기존 알고리즘에 비해 소비전력 측면에서 성능이 비슷하

거나 약간 떨어질 수 있음을 알 수 있다.

제안 알고리즘은 무선망이 노드들이 듥성 듥성 (sparse) 위치한 경우에는 기존 알고리즘에 비하여 비슷한 성능을 보이나, 최적에 가까운 위치에 노드들이 위치할수록 소비 전력 측면에서 우수한 성능을 보이며, 기존 알고리즘에 비해 라우팅이 목적노드로 가는 점진적인 접근성을 보장한다. 또한, 라우팅에 참여할 수 있는 노드 수를 제한할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] E. M. 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, Apr. 1999.
- [2] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," *ACM Computer Comm. Review*, pp. 234-44, Oct. 1994.
- [3] J. Broch, D. B. Johnson, and D. A. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," *IETF Internet draft*, draft-ietfmanet-dsr-01.txt, Dec. 1998.
- [4] C. E. Perkins, and E. M. Royer, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," *Proc. 2nd IEEE Workshop Mobile Comp. Sys. and Apps.*, pp.190-100, Feb. 1999.
- [5] J.H. Chang and L. Tassiulas, "Energy Conserving Routing in Wireless Ad-Hoc Networks," *Proc. 19th Joint Conference IEEE Computer and Communications Societies, INFOCOM*, Mar. 2000.
- [6] Kentaro Tsudaka, Masanobu Kawahara, Akira Matumoto, and Hiromi Okada, "Power control routing for multihop wireless ad hoc network," *Proc. IEEE GLOBECOM 2001*, pp 2819-2824, Nov. 2001.
- [7] Javier Gomez, Andrew T. Campbell, Mahmoud Naghshineh, and Chatschik Bisdikian, "PARO: Supporting Dynamic Power Controlled Routing in Wireless Ad Hoc Networks," *ACM/Kluwer Journal on Wireless Network(WINET)*, 2003.(to be published)
- [8] I. Stojmenovic and Xu Lin, "Power-Aware Localized Routing in Wireless Networks," *IEEE Transaction on parallel and distributed system*, Vol. 12, No. 11, pp 1122-1133, Nov. 2001.
- [9] V. Rodoplu and T. H. Meng, "Minimum Energy Mobile Wireless Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 17, No. 8, pp. 1333-1344, Aug. 1999.
- [10] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-efficient Communication

Protocol for Wireless Microsensor Networks," *IEEE Proceeding of the Hawaii Int'l Conf. System Science*, Jan. 2000.



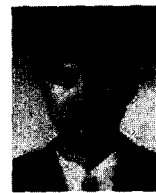
최 중 무

2002년 아주대학교, 정보 및 컴퓨터 공학부(공학사). 2002년 아주대학교 정보통신전문대학원(석사과정). 관심분야는 분산시스템, 이동컴퓨팅, VoIP



김 재 훈

1984년 서울대학교 제어계측공학과(공학사). 1993년 Indiana University Computer Science(석사). 1997년 Texas A&M University Computer Science(공학박사) 1984년~1991년 대우통신(주) 컴퓨터연구실 팀장. 1995년~1997년 Texas A&M University Graduate Assistant. 1997년~1998년 삼성전자(주) 컴퓨터시스템 개발팀 수석연구원. 1998년~현재 아주대학교 정보통신전문대학원 부교수. 관심분야는 분산시스템, 이동컴퓨팅, 실시간 시스템



고 영 배

1991년 아주대학교 전자계산학과(공학사) 1995년 아주대학교 경영정보학과(경영학석사). 2000년 Texas A&M University Computer Science(공학박사). 1995년~1996년 대우(주) 경영연구소 연구원. 1997년~2000년 Texas A&M University Graduate Research Assistant. 2000년~2002년 IBM T. J Watson Research Center 전임연구원. 2002년~현재 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부 조교수. 관심분야는 이동 컴퓨팅, 이동 Ad Hoc 네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅