

## 무선 센서 네트워크의 에너지 효율성을 고려한 MP-DD 라우팅 알고리즘

장윤식\*, 박남규\*, 오충식\*, 최승권\*, 이창조\*\*, 조용환\*

### Improved MP-DD Routing Algorithm Considering Energy Efficiency in Wireless Sensor Networks

Yoon-Sik Jang\*, Nam-Kyu Park\*, Chung-sik Oh\*, Seung-kwon Choi\*,  
Chang-Jo Lee\*\*, Yong-hwan Cho\*

#### 요약

본 논문은 무선 센서네트워크에서 사용할 수 있는 효율적인 라우팅 방법인 MP-DD (MultiPath-Direct Diffusion) 알고리즘을 제안한다. 기존의 DD(Directed Diffusion)에서는 하나의 경로만을 강화하여 사용하는 것과 달리 제안한 알고리즘은 다중 경로를 강화하면서, 해당 경로에 놓여 있는 센서 노드의 남은 에너지 등급을 고려하여 에너지 레벨이 높은 경로에 따라 가중치를 부여하고, 몇 개의 다중경로를 이용하여 사용함으로써 에너지 소모를 감소시키고 동시에 네트워크에 전체적으로 에너지를 골고루 사용하게 할 수 있다. 시뮬레이션 결과에서는 이러한 무선 센서 네트워크를 위한 단순한 라우팅 방법의 가능성을 증명하였다.

#### Abstract

This paper proposes efficient routing scheme named MP-DD(MultiPath-Direct Diffusion) which is simple enough to be applicable to the wireless sensor networks. Conventional DD uses only one optimal path, therefore it consumes more energy of specific nodes. MP-DD uses multiple path and has a information of hop upstream node in the direction of the base-station is determined which are obtainable via the process of self-organization of the network. Simulation results show the feasibility of the simple routing schemes for the sensor networks.

▶ Keyword : Wireless sensor network, Directed Diffusion, MP-DD, Routing

• 제1저자 : 장윤식    교신저자 : 조용환

• 투고일 : 2009. 05. 20, 심사일 : 2009. 06. 02, 게재확정일 : 2009. 07. 24.

\* 충북대학교 컴퓨터공학과    \*\* 우송대학교 게임멀티미디어학과

## 1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심적인 기술 중의 하나인 센서 네트워크로서 센서들은 사물이나 사람 몸속에 포함/삽입되어 환경의 변화를 감지하고 이에 맞는 작동을 하게 된다. 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드들은 무선 환경에서 작동하게 되며, 그 크기가 매우 작다. 또한, 센서 네트워크의 많은 응용에서 센서 노드의 에너지원인 배터리의 충전이 불가능한 경우가 많기 때문에 센서 노드의 수명은 센서 노드의 배터리 수명과 같다 [1,2].

한편, 무선 센서망을 효과적으로 실현하기 위해서는 센서 노드들의 수명을 최대한 연장하기 위해 센서들 자체의 전체 프로토콜이 에너지 효율적으로 설계되어야 하고, 무선 센서망의 특성상 이벤트가 간헐적이고 지역적으로 집중해서 발생하기 때문에, 기존의 프로토콜과는 달리 이러한 것들을 관리하기 위한 효율적인 에너지 관리 프로토콜이 우선적으로 필요하다[3,4].

이러한 중요성에 따라 무선 센서 네트워크에서 사용될 수 있는 다양한 라우팅 알고리즘들이 개발되었다. 대표적인 것으로는 그라디언트 등의 메트릭에 기반한 최적 경로 선택 방법이 있다[5]. EAR(Energy-Aware Routing)은 경로와 연관된 에너지 비용을 함께 고려하여 가능한 경로를 찾는 방법이다 [6]. 이외에도 최근에는 다중경로 방법들에 대하여 선형 프로그래밍 문제로 분석한 연구도 볼 수 있다[7].

이에 따라 본 논문은 무선 센서망의 생존성 강화를 위한 개선된 라우팅 기법을 제안한다. 기존의 DD(Direct Diffusion)는 최적의 경로를 선정하고 이 경로만 사용하여 에너지 효율은 높일 수 있으나 망 생존시간이 길지 않은 단점을 가지게 된다. 본 논문에서는 망 생존시간을 증대할 수 있는 가중치 기반의 MP-DD (MultiPath-Direct Diffusion) 라우팅 알고리즘을 제안한다.

## II. Directed Diffusion(DD)

DD는 기존 센서 네트워크 라우팅 알고리즘의 하나로 세 가지 단계를 거쳐 센싱된 데이터를 전송하게 된다[5]. 첫째 단계는 그림 1 (a)와 같이 정보를 수집하는 노드가 수집하고자 하는 센싱 정보 인터레스트(interest : 특성)를 망 전체의 센서 노드들에게 방송 형태로 전달하는 단계이다. 인터레스트를 전송할 때는 플러딩 알고리즘을 사용하여 망 전체로 방송되거나, 원하는 특정 센서 노드 방향으로 전송된다.

둘째 단계는 그림 1 (b)와 같이 인터레스트를 전달하는 중간 노드들이 인터레스트를 전송한 직전 노드의 정보를 자신의 라우팅 정보인 그라디언트(gradient)로 저장하는 단계이다. 이 그라디언트는 추후에 센싱 데이터를 전송할 때 정보 수집 노드를 향하여 올바르게 전송할 수 있도록 하는 라우팅 정보 역할을 한다. 이러한 과정을 거쳐 인터레스트가 센싱 노드에게 까지 전달되고 센싱 노드로부터 정보 수집 노드까지 다중의 경로가 생성된다.

셋째 단계는 센서 노드가 센싱한 데이터를 다중 경로로 전송하게 되면 정보 수집 노드가 가장 먼저 도착한 센싱 데이터를 보고 가장 좋은 경로를 선택하여 계속적으로 사용하기 위해서 그림 1 (c)와 같이 해당 경로를 주로 사용할 수 있도록 하는 경로 강화(reinforcement) 단계이다.

이 단계를 거치고 나면 생성된 다중 경로 중에서 에너지를 가장 적게 소모하는 최적 경로만이 데이터를 전송하게 되고 나머지 경로는 사용하지 않게된다. 이러한 방법으로 DD 알고리즘은 센서 노드로부터 정보 수집 노드까지 가장 적은 에너지를 사용하는 경로를 사용함으로써 에너지 효율적인 라우팅 알고리즘을 구현하게 된다.

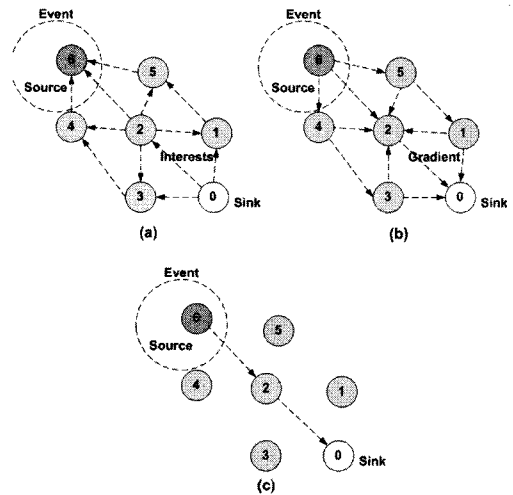


그림 1. Directed Diffusion 알고리즘 동작 과정  
Fig. 1. Operation of Direct Diffusion Algorithm

## III. 가중치 기반 MP-DD 라우팅 알고리즘

앞에서 설명한 바와 같이 무선 센서 네트워크에서는 제한된 에너지 자원을 가지고 동작하므로 에너지 소모를 최소화하고 균등하게 하는 것이 매우 중요한 요인이 된다. 또한 한 노

드의 에너지가 고갈될 경우 대체 경로를 찾는 방법이 필요하게 된다. 이에 따라 본 장에서는 무선 센서 네트워크를 위해 생존성을 강화시킨 라우팅을 구성할 수 있는 알고리즘을 제시한다.

### 3.1 가중치 기반 알고리즘

개선된 알고리즘은 DD(Directed Diffusion)에서 하나의 경로만을 강화하는 것과 달리 다중 경로를 강화하면서, 해당 경로에 놓여 있는 센서 노드의 남은 에너지 등급을 고려하여 에너지 레벨이 높은 경로에 따라 가중치를 부여하고, 이를 돌아가면서 선택하게 함으로써 에너지를 적게 사용함과 동시에 네트워크에 전체적으로 에너지를 골고루 사용하게 하는 것이다. 이를 통해 망의 신뢰성과 생존 시간을 크게 개선할 수 있다.

그림 2는 알고리즘에 대한 절차를 나타낸다. 첫 번째 단계는 정보를 수집하는 관리 노드가 수집하고자 하는 센싱 정보 특성(interest)을 망 전체의 센서 노드들에게 방송 형태로 전달하는 광고 메시지 전달 단계이다. 광고 메시지를 전송할 때는 제한적인 flooding 알고리즘을 사용하여 망 전체로 전송되며 홉 수에 따라 이웃 테이블에 저장하거나, 저장하지 않게 된다. 둘째 단계는 광고 메시지를 전달하는 중간 노드들이 메시지를 전송한 직전 노드의 정보를 자신의 라우팅 정보인 그라디언트로 저장하는 단계이다. 이 그라디언트는 추후에 센싱 데이터를 전송할 때 정보 수집 노드를 향하여 올바르게 전송할 수 있도록 하는 라우팅 정보 역할을 한다.

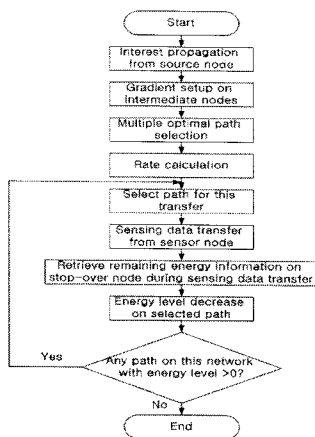


그림 2. 개선된 MP-DD 라우팅 알고리즘 절차  
Fig. 2. Procedure of Enhanced MP-DD Routing Algorithm

이러한 과정을 거쳐 광고 메시지가 센싱 노드에게까지 전달되고 센싱 노드로부터 정보 수집 노드까지 다중의 경로가

생성된다. 셋째 단계는 이와 같이 생성된 다중 경로 중에서 가장 적합한 정보를 선택하는 경로 강화 단계이다. DD 알고리즘에서는 센싱 노드가 센싱한 데이터를 다중 경로로 전송하게 되면 정보 수집 노드가 가장 먼저 도착한 경로를 주로 사용할 수 있도록 해당 경로를 강화 하지만, 본 알고리즘에서는 센싱 데이터가 수신된 다중 경로 중에서 무조건 가장 먼저 도착한 경로를 강화하는 것이 아니라, 각각의 경로의 노드가 가지고 있는 남아 있는 에너지의 에너지 등급을 고려하여 가장 높은 에너지 등급을 가지고 있으며 관리 노드로부터 홉 수가 작은 경로들을 다수 선택하여 강화한다. 이를 위해서 센싱된 데이터를 정보 수집 후 모두 전송할 때에 각 패킷을 전달 경로 내의 각 노드의 남아있는 에너지 레벨의 최소값을 계속적으로 갱신하면서 각 노드들 통과하여 정보 수집 노드에게 까지 전달된다. 정보 수집 노드에서는 이러한 다중 경로 중에서 최대 잔류에너지 등급을 가진 경로그룹을 선택하고 이 그룹 중에서 에너지 잔량에 따른 가중치 기반의 방법으로 경로를 선택하여 사용하게 된다.

이러한 경로 선택 과정이 DD와는 달리 하나의 최적 경로를 먼저 사용하도록 함으로써 DD처럼 한 경로의 에너지가 모두 고갈되는 현상은 발생하지 않게 된다. 다시 말해 한 경로가 지속적으로 사용되고 나면 에너지 레벨이 낮아지게 되고 이 경로상의 노드들만 에너지 소모가 많아지게 된다. 이를 다수의 경로로 분산시켜 사용하게 되면 전체적으로 고른 에너지 소비를 보이게 되는 효과를 가져 올 수 있다. 따라서 망의 많은 노드가 살아서 동작하여 망 신뢰성이 높아지게 되고, 전체적으로 망의 수명이 크게 높아지게 된다. 넷째로 선택한 경로의 계속적인 사용으로 잔류 에너지 레벨이 변화하면 새로운 경로를 강화하기 위하여, 잔류 에너지 등급이 보다 큰 경로가 있는지 조사하고 있을 경우에는 위에서 설명한 셋째 단계를 반복적으로 실행하고, 잔류 에너지 등급이 0보다 큰 경로가 없는 경우에는 센서 네트워크의 모든 경로가 단절된 것으로 판단한다.

또한 본 논문에서는 패킷의 데드라인을 고려하였다. 만일 데드라인이 지난 패킷이라면 이는 도착해야 이미 쓸모없는 정보이므로 확인되는 즉시 노드에서 삭제하여 불필요한 에너지 소모를 줄이도록 한다.

### 3.2 가중치 기반 라우팅 프로토콜

소스가 일치하는 타겟을 탐지하면 관리 노드로 향하는 여러 개의 경로를 찾을 수 있다. 관리 노드가 여러 경로에 대한 정보를 받으면 DD에서는 이 중 최적의 경로를 강화하여 지속적으로 사용한다. 경로 강화는 일반적으로 한 노드가 하나의

이웃만을 선택하는 과정이며 이 경로는 실제 데이터 전송을 위해 사용된다.

일반적으로 DD의 동작은 데이터 기반의 지역적 규칙으로 이루어진다. 즉, 경로 강화는 데이터 전송율이 가장 좋은 경로를 택할 수도 있고 지연이 가장 낮은 경로를 선택할 수도 있다. 이 경로는 후에 다시 광고 메시지를 전송 받았을 때 더 좋은 성능을 보이는 이웃이 나타날 경우 변경될 수 있다.

제안하는 MP-DD에서는 노드의 특성은 모두 유사하다고 가정하고 가장 적은 홉 수를 가지는 경로를 최적의 노드로 선택하였다. 그리고 이와 같은 홉 수, 또는 이보다 많은 홉 수를 가지더라도 다수의 경로에 대한 엔트리를 가지도록 구성하였다. 그리고 각 노드에서 경로의 선택은 가중치 기반의 방법을 사용하여 결정하도록 하였다. 결국 경로 구성은 DD를 활용하였으나 데이터 전송은 가중치 기반의 라우팅 방법으로 여러 노드 중 하나를 선택하여 사용하는 특징을 가지게 된다.

일반적으로 센서네트워크에서 모든 데이터는 관리노드 방향으로의 전송이 이루어진다.

각 노드는 자신의 에너지 정보를 이웃 노드에게 주기적으로 또는 임계 값 만큼의 변화가 감지될 때 통보함으로써, 상황의 변화에 따르는 라우팅 갱신이 이루어지도록 정보교환을 한다. 이러한 정보를 이용하면 임의의 이웃 노드가 갖는 에너지 잔량을 쉽게 알 수 있다.

가중치 기반 순차 노드 선택에서는 여러 개의 부모 노드 중 에너지 잔량이 가장 작은 노드부터 가중치를 부과하게 된다. 즉, 노드  $i$ 의 에너지 잔량이 가장 작고 노드  $j$ 의 에너지 잔량은  $i$ 보다 클 경우 가중치는 1, 2로 주어질 수 있다. 가중치 기반 순차 노드 선택은 본 논문에서 새롭게 제안하는 방법으로, 여러 개의 부모 노드에 대하여 가중치 정보를 보관하고 이에 따라 메시지를 전송한다면 실제 전송시 다음 노드에 대한 계산이 필요 없게 되며 구현이 단순한 장점을 가지게 된다.

각 연결  $i$ 에 가중치  $w_i$ 를 지정하고 매번 반복 구간마다  $w_i$ 에 해당하는 서비스를  $i$ 에 제공한다. 이때 할당되는 메시지 개수의 총합과 각 연결 채널  $C_i$ 에 대해 다음의 식이 성립한다. 여기서  $C_i$ 는 연결  $i$ 의 용량을 나타낸다.

$$\sum_{i=1}^N x_i = T \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = C \dots\dots\dots \text{식 (2)}$$

여기서  $x_i$ 는  $C_i$ 에 할당되는 메시지 개수,  $T$ 는 전체 메시지 개수,  $w_i$ 는 연결  $C_i$ 의 가중치,  $C$ 는 채널 용량의 총합이다. 각  $C_i$ 에 할당되는 메시지 개수  $x_i$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$x_i = T \frac{w_i}{C} \dots\dots\dots \text{식 (3)}$$

이와 같은 방식은 에너지 잔량에 따라 미리 정해진 가중치를 변수로 활용하므로 에너지 효율성을 높이고 계산량이 작은 효과를 기대할 수 있게 된다.

## IV. 실험 및 결과 분석

### 4.1 실험

망의 초기화는, 각 노드로부터의 한 홉에 그치는 지역적 광고 메시지를 기반으로 모든 노드가 자신의 홉 깊이를 인지하는 자가 구성 방식으로 수행된다. 각 센서노드는 최대 4개까지의 메시지 버퍼링 영역을 확보하고 있으며, 충돌 또는 버퍼의 용량 한계를 넘어 폐기되는 패킷, 타이머가 0가 되어 폐기되는 패킷을 손실된 값으로 간주하였다. 모든 노드는, 자신의 통신 거리 안의 노드 중 부모노드 군에 속하는 노드들만을 이웃 테이블에 등록하여, 데이터 메시지의 전송을 위한 부모노드 선택에 활용한다. 또한, 다른 노드로부터의 데이터 메시지 수신 시 취득할 수 있는 정보를 이용하여, 추후 해당 노드로 요청메시지를 중계할 경우를 대비한 별도의 요청테이블을 설정, 관리한다. 무선 대역폭은 100kbps로 설정하였다.

시뮬레이션은 NS simulator에서 구현되었으며 전체 네트워크의 크기는 실험의 종류에 따라 가변적으로 가정하였으며, 이 영역 안에서 센서 노드들은 무작위로 분포한다. 그 외의 파라미터는 [8]을 참조하였으며 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
Table 1. Simulation Parameters

시뮬레이션 파라미터	값
센싱 영역	60m, 60m ~ 210m, 210m
인터페이스 대기행렬 크기	50
센서 노드의 수	50, 100
노드의 전송 거리	30.5m
패킷의 크기	64 byte
센싱 이벤트의 발생 분포	포이송 프로세스
전체 센싱 이벤트의 발생률	10~ 40
데이터의 데드라인	0.3초
시뮬레이션 실행 시간	30초

### 4.2 결과 분석

본 절에서는 제안한 라우팅 방법의 성능을 시뮬레이션을 통해 분석하여 보았다. 실험 중 에너지 잔량이 0 이 되는 노

드의 발생 시점을 "네트워크 수명"으로 정의하며 성능 평가에 중요한 항목 중 하나이다.

각 노드별 에너지 소모량의 비교를 위해, 관리 노드로부터 홉 깊이가 같은 노드들이 네트워크 수명 시점에서 갖는 에너지 잔량의 평균값을 홉별로 그림 3에 도시하여 DD와 성능을 비교하였다.

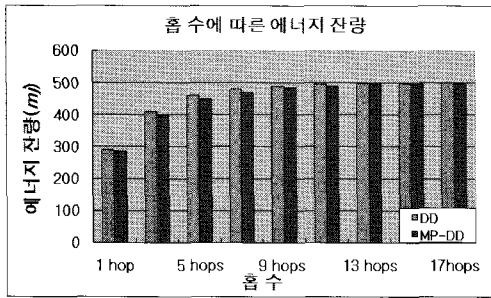


그림 3. 홉 깊이별 잔여 에너지 평균 값(단위: mj)  
Fig. 3. Average Residual Energy Level for Hop distance(mj)

그림 3에서 확인할 수 있는 것은, 관리노드에 가까울수록 에너지 소모량이 증가한다는 점이다. 이는, 관리노드로 데이터의 전송이 집중되는 센서네트워크의 전형적인 특징이며, 지수적인 증가를 보이게 된다.

다음은 제안한 가중치 기반 MP-DD 기법의 공평성 지수와 네트워크 생존 시간을 나타내었다. 이는 기존의 DD(5), EAR(6)과 비교하여 나타내었다. 여기서 공평성 지수란 노드들이 얼마나 공평하게 에너지를 소비하고 있는가를 나타내는 척도로 사용된다. 공평성 지수는 다음과 같이 정의된다.

$$fairness\ index\ F = \left( \sum_{k \in all} E_k \right)^2 / \left( n \sum_{k \in all} E_k^2 \right) \dots\dots\dots \text{식(4)}$$

여기서  $E_k$ 는 에너지 잔량을 나타낸다. 그림 4에서 알 수 있는 것은 DD의 경우 최단 경로상에 있는 노드들은 빠른 시간에 에너지 소모가 큰 것을 볼 수 있고 에너지 양에 있어 극적인 대비를 보이는 특징이 있다. 이는 DD의 큰 단점으로 한번 경로를 지정하게 되면 이 경로가 계속해서 사용되기 때문이다. 또한 한 노드의 최단 경로는 인접한 다른 노드의 최단 경로가 될 확률이 크므로 많은 양의 에너지가 단 시간에 소비되는 단점을 가지게 된다.

개선된 MP-DD는 경로를 4개 가질 수 있다고 가정하였으며 이를 가중치에 따라 순차적으로 사용하도록 하였다. 비교

결과 공평성 지수에서 높은 수치를 보여 DD, EAR보다 고르게 에너지를 소모함을 볼 수 있다.

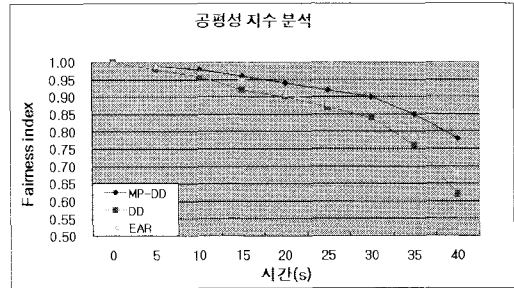


그림 4. MP-DD 라우팅 알고리즘의 공평성 지수 분석  
Fig. 4. Fairness Index of MP-DD Routing Algorithm

제안한 가중치 기반의 라우팅 MP-DD 알고리즘은 공평성 지수에서 비교적 고른 모습을 보이고 있다. 이는 제안한 알고리즘들이 모두 편향된 노드의 에너지를 사용하지 않고 고른 에너지 사용을 위해 최적화되었기 때문이다.

그림 5는 생존 시간에 대하여 DD, EAR과 비교한 결과이다. MP-DD는 에너지를 고르게 소모하므로 생존시간이 DD보다 평균 120%정도, EAR보다 40% 정도 더 증가하게 됨을 볼 수 있다.

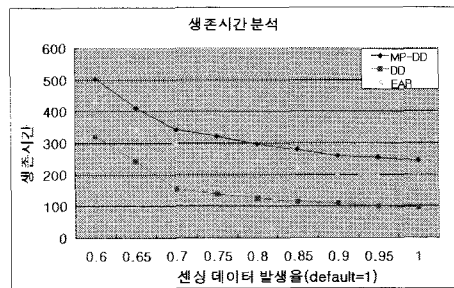


그림 5. MP-DD 라우팅 알고리즘의 생존 시간 분석  
Fig. 5. Lifetime Analysis of MP-DD Routing Algorithm

그림 6은 패킷에 테드라인을 주었을 경우 DD와 가중치 기반 MP-DD 라우팅 알고리즘에서 네트워크의 생존 시간을 나타낸 것이다.

네트워크 생존 시간은 제안한 기법에서는 종료시한이 지난 패킷에 대해서는 더 이상 전송을 하지 않고 중간 노드에서 폐기 시키므로 더 이상의 불필요한 에너지 소모를 유도하지 않는다. 따라서 제안한 기법이 더 많은 잔존 에너지 양을 보이며 네트워크 생존 시간에 있어서도 우수한 성능을 보이게 된

다. DD는 하나의 경로를 계속 이용하므로 이 경로상의 노드들은 빠른 시간내에 에너지를 모두 소모하게 된다. 이에 반해 제안한 기법은 고른 에너지 소비를 보이고, 불필요한 패킷을 미리 제거하여 에너지를 절약하므로 네트워크 생존 시간이 증대됨을 알 수 있다.

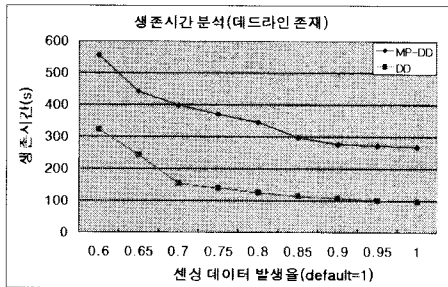


그림 6. 데드라인이 있을 경우 생존시간 분석  
Fig. 6. Lifetime Analysis in case of Deadline Exists

다음은 MP-DD로 구성시 최종 선택 경로의 개수에 따른 생존 시간을 나타내었다. 여기서 DD는 하나의 경로만을 사용하였으며 MP-DD는 8개까지의 경로에 대하여 실험을 수행하였다. 최종 경로가 하나인 경우 DD와 같은 결과를 보여주게 된다. 선택 가능한 경로의 수가 많아질 경우 에너지 소모가 공평하게 분배되는 것을 알 수 있으나 노드의 메모리에 각각 저장해야 할 경로의 양도 많아지게 되므로 적절한 경로의 개수를 지정해 주는 것이 바람직할 것이다. 본 논문의 실험환경에서는 4개 정도의 경로를 사용하는 것이 효과적임을 보인다.

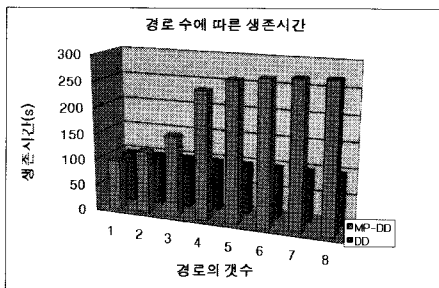


그림 7. 경로 개수에 따른 생존 시간  
Fig. 7. Lifetime according to the Path Number

## V. 결론

근래 들어 유비쿼터스 환경의 중요성이 널리 알려짐에 따라 센서 네트워크에 대한 관심도 증대되었다. 이에 따라 센서

네트워크와 관련된 많은 선행 연구들이 있었으며 센서 네트워크에서는 시간 제약과 에너지 제약은 가장 중요한 연구 이슈로 다루어지고 있다.

본 논문에서는, 센서네트워크의 에너지를 공평하고 효율적으로 사용할 수 있는 라우팅 알고리즘에 대한 연구를 수행하였다. 여기서는 이웃 노드들의 에너지 상황을 인지하여 가중치를 기반으로 여러 개의 최적에 가까운 경로들 중에서 하나를 선택하여 사용하는 동적인 라우팅 방안을 연구하였으며, 이러한 특성을 갖는 가중치 기반의 MP-DD 라우팅 알고리즘을 제안, 그 성능을 기존의 DD와 비교 관측하였다.

MP-DD는 DD와 같이 하나의 경로에만 메시지가 집중됨으로써 유발되는 경로상 노드의 조기 에너지 고갈을 방지할 수 있으며, 임의의 값 이하의 에너지 잔량을 갖는 노드가 발생할 경우 이 경로는 폐쇄하고 노드는 센싱정보 수집의 기능만을 유지하도록 하였다. 또한 한 노드에 대하여 이러한 문제가 발생할 경우 우회경로 탐색을 통해 대체 경로를 이용하도록 하였다.

시뮬레이션 결과 가중치 기반의 MP-DD는 기존의 DD, EAR 등의 라우팅 방법들에 비해 네트워크 생존 시간과 에너지 소모의 공평성을 증대시킬 수 있음을 보였다.

센서네트워크는 응용에 의존적인 특성을 가지므로, 범용 최적화된 라우팅 알고리즘의 구현보다는 적용 환경별 고유 특성에 적합한 형태의 다양한 라우팅과 스케줄링 알고리즘이 요구되어질 것으로 예상되며, 본 연구에서와 같이 구현이 간단한 특성을 유지하면서, 다양한 형태로 구현되는 라우팅 알고리즘들에 대한 특성 분석이 면밀히 이루어져, 목적별로 적합한 알고리즘의 선택이 유연하게 이루어질 수 있도록 하는 지속적인 노력이 필요할 것으로 예측된다.

## 참고문헌

- [1] L. Zhong, R. Shah, C. Guo, and J. Rabaey, "An ultra low power and distributed access protocol for broadband wireless sensor networks", IEEE Broadband Wireless Summit, May 2001.
- [2] A. Woo and D. Culler, "A transmission control scheme for media access in sensor networks," in Proc. of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Rome, pp. 221-235, July 2001.
- [3] 김성철, 김동민, "무선 센서 네트워크에서 네트워크 성능을 향상시키는 하이브리드 MAC 프로토콜," 한국컴퓨터

정보학회 논문지, 제13권, 제2호, 177-183쪽, 2008년 3월.

- [4] 김동민, 김성철, "무선 센서네트워크에서 주기적인 트래픽의 효율적인 모니터링을 위한 MAC 프로토콜," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제13권, 제7호, 157-164쪽, 2008년 12월.
- [5] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, J. Heidemann, and F. Silva, "Directed diffusion for wireless sensor networking," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 11, no. 1, pp. 2-16, Feb. 2003.
- [6] R. C. Shah and J. M. Rabaey, "Energy Aware Routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks," in Proc. in WCNC2002, Orlando, FL. Mar. 2002.
- [7] S.Mao, S.Panwar, and Y.Hou, "On optimal traffic partitioning for multipath transport," in Proc. of IEEE INFOCOM'05, Miami, FL., pp 2325-2336, March 2005.
- [8] J. Hill, R. Szewczyk, A. Woo, S. Hollar, D. Culler, and K. Pister. "System Architecture Directions for Network Sensor," in Proc. of ASPLOS. 2000.



#### 오충식

2004: 충북대학교 전자계산학과 이학 석사

2007 - 현재: 충북대학교 컴퓨터공학 공학박사 수료

2005 - 현재: 한국과학기술정보연구원 선임연구원

관심분야: 정보보호, 유비쿼터스

#### 최승권

2001: 충북대학교 컴퓨터공학과 공학 박사

2009 - 현재: 네츠리서치엔지니어링 연구소장

2009 - 현재: 충북대학교 전자정보대학 겸임교수

관심분야: 멀티미디어 콘텐츠, 게임디자인, 유비쿼터스 네트워크



#### 이창조

1991: 인하대학교 컴퓨터과학전공 석사

1996: 인하대학교 컴퓨터과학전공 박사

1990 - 1994: 한국전자통신연구원/시스템공학연구소(KIST/SERI) 소프트웨어공학연구부 선임연구원

1979 - 현재: 우송대학교 게임 멀티미디어학과 교수

관심분야: 게임콘텐츠, 디지털콘텐츠융합기술

### 저자 소개



#### 장윤식

1998: 광운대학교 전자공학과 공학석사

2006: 충북대학교 컴퓨터공학과 박사.

1996 - 현재: SK텔링크 교문

관심분야: 인터넷 전화, IMS



#### 박남규

2004: 충북대학교 전기전산공학과 공학석사

2007 - 현재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 박사과정

2000 - 현재 : 충북대학교 전산정보원 조교

관심분야: 디지털방송, 모바일컴퓨팅, 유비쿼터스



#### 조용환

1989: 고려대학교 이학박사

2005 - 현재: 충북대학교 전자정보대학 교수

현재 : (사)엔터테인먼트산업학회 수석 부회장

관심분야: U-healthcare, 유비쿼터스 컴퓨팅, 멀티미디어통신