# WMSN에서 QoS 지원을 위한 다중 경로 라우팅 기법

배시영* · 이성근** · 박경욱***

## Multipath Routing Method for QoS Support in WMSNs

Si-Yeong Bae* · Sung-Keun Lee** · Kyoung-Wook Park***

요 약

WMSNs에서 에너지 효율적인 사용과 전체 네트워크 수명의 연장 이외에도 물체 추적과 데이터 수집과 같이 실시간 데이터 처리를 위해 QoS지원이 필수적이다. 본 논문에서는 싱크 노드까지의 거리, 노드의 에너지 잔량 및 링크 품질을 고려한 다중 경로 라우팅 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 높은 품질의 링크로 구성된 다중 경로 설정을 제공함으로써 에너지 소모가 집중되는 현상과 이로 인해 경로가 재구성되는 것을 방지한다. 또한 패킷의 특성을 고려하여 트래픽 패턴에 따라 서비스 품질 패턴과 서비스 품질 레벨을 지정하여 QoS 보장에 대한 서비스 차별화를 지원한다.

ABSTRACT

Aside from the issues like energy saving and maximizing network lifetime. WMSN has another issue to deal with: support of quality of service(QoS) which is required especially for handling real-time data such as object tracking and data gathering. This paper proposes a multipath routing algorithm considering the distance to sink node, energy level and link quality of neighbour nodes. Proposed algorithm supports multipath routing path with high quality links. Hence it helps to reduce a power consumption concentration that happens in particular set of nodes along the frequently selected route. It also specifies a service quality pattern and a service quality level depending on traffic pattern. By doing this, the proposed algorithm can realize a differentiated service with QoS guaranteed data transmission.

키워드

QoS, 다중경로라우팅, 무선 멀티미디어 센서 네트워크, 링크 품질, 에너지 효율성

QoS, Multi-path routing, WMSN, Link Quality, Energy Efficiency

## Ⅰ. 서 론

최근 CMOS 이미지 센서나 마이크로폰과 같이 멀티미디어 데이터를 수집할 수 있는 모듈들이 개발되고 값싼 하드웨어가 널리 보급되면서 무선 멀티미디어 센서 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 멀티미디어 데이터를 센싱하고 저장, 전송해야 하기 때문에 높은 계산능력과 대량의 데이터 전송이 필요하게 된다. 그러므로 제한된 배터리 용량을 가지고 있는 네트워크에서 기존의 무선 센서 네트워크와 동일하게 처리하기는 한계가 있다[2].

에너지 효율적인 사용과 전체 네트워크 수명의 연

* 순천대학교 컴퓨터과학과(bsy233@sunchon.ac.kr) ** 교신저자 : 순천대학교 멀티미디어공학과(sklee@sunchon.ac.kr)
*** 전남대학교 문화콘텐츠학부(zergadiss73@chonnam.ac.kr)
접수일자 : 2012. 12. 05 심사(수정)일자 : 2013. 02. 20 게재확정일자 : 2013. 03. 22

장 이외에도 WMSN(Wireless Multimedia Sensor Network)에서 다루어져야 할 문제는 서비스의 질(QoS : Quality of service) 지원이다. 특히 물체추적(object tracking)과 데이터 수집(data gathering)과 같이 실시간 데이터 처리를 위해서 QoS 지원을 필요로 한다. 그러나 무선 센서 네트워크에서 실시간 혹은 신뢰성 있는 전송을 요구하는 서비스들에 대하여 차별화된 지원을 하기 위해서는 여러 가지 해결해야 할 문제점들이 있다. 즉, 무선 채널이 비신뢰적이며 예측 불가능 하다는 것, 노드들이 제한된 에너지만을 가지고 동작하므로 재충전하기 어렵다는 것, 마지막으로 네트워크 토폴로지가 자주 변한다는 것들이다. 이로 인하여 IEEE 802.11과 같은 기존 무선 네트워크에서 제안되었던 QoS 지원 프로토콜이 그대로 WMSN에 적용할 수 없다. 무선 센서 네트워크에서 QoS 지원 문제와 에너지의 효율적인 사용은 일반적으로 분리된 문제로 취급되었다[3][4].

본 논문은 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 QoS을 보장하기 위하여 Cross-layer 기반 다중 경로 라우팅 알고리즘을 제안한다. 제안된 라우팅 알고리즘은 트래픽 패턴에 따라 서비스 품질 패턴과 서비스 품질 레벨을 지정하여 QoS 보장에 대한 서비스 차별화를 지원한다. 또한 높은 품질의 링크로 구성된 다중 경로 설정을 제공함으로써 에너지 소모가 집중되는 현상과 이로 인해 경로가 재구성되는 것을 방지하여 패킷 전송율을 높이고 패킷 손실율, 지연시간을 감소시켜 센서 네트워크의 신뢰성을 증대시킨다.

본 논문은 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련된 연구에 대해 기술하고, 3장에서는 다중 경로 라우팅 기법을 제안한다. 4장은 제안한 알고리즘에 대한 검증 및 결과 분석을 수행하며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

Cross-layer 프로토콜은 기존에 사용 되어진 OSI 7 계층들을 네트워크의 효율성을 고려하여 하나의 스택(stack)으로 구성하는 기법이다. 무선 센서 네트워크에서 Cross-layer 기법을 적용하기 위해 연구되고 있는 계층은 MAC과 PHY, MAC과 라우팅, Transport와 PHY 그리고 3-Layer의 병합이며 이중, Zigbee Alliance와 IEEE 802.15.4의 호환성 문제 해결을 위한 MAC과 라우팅 프로토콜을 하나로 구성한 프로토콜 스택에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[5].

경로 선택 시에 LQI(Link Quality Indicator)를 사용하는 라우팅 기법으로는 On-demand 방식의 MinLQI와 Table-driven 방식의 MultiHopLQI 등이 있다. MinLQI는 경로의 모든 링크 중 최소 LQI 값을 전체 경로의 메트릭으로 지정하고, 경로 설정 시에 이 메트릭 값이 가장 큰 경로를 선택한다. 이에 반해 MultiHopLQI는 싱크 노드로부터 자신까지의 모든 링크들의 LQI를 합산하여 경로 선택의 메트릭 값으로 사용한다. 이러한 라우팅 기법들은 LQI를 이용하여 높은 품질의 링크로 구성된 경로를 선택하게 함으로써 전송에 대한 신뢰성은 높아지지만, 전송 품질이 좋은 많은 수들의 링크들로 경로가 구성되어 전체적인 네트워크의 에너지 소모가 커질 수 있고, 잔여 에너지가 적은 노드들이 경로에 포함될 수 있기 때문에 네트워크의 생존 시간이 단축되는 단점을 가질 수 있다.

## III. Cross-Layer QoS Architecture with Multipath Routing

### 3. 1 QoS 보장을 위한 프레임워크

#### A. Cross-layer 아키텍처

먼저 WMSN에서 데이터 수집의 극대화, 지연의 최소화 그리고 전체 네트워크의 에너지 효율성을 위한 Cross-layer 아키텍처를 제안한다. 제안한 아키텍처는 그림 1과 같이 각 레이어의 중요한 정보를 공유 데이터베이스에 저장하여 다른 레이어가 필요한 정보에 접근할 수 있도록 한다. 공유 데이터베이스를 사용하여 Cross-layer 상호 작용을 활성화하고 QoS 요구사항 및 물리적 채널 조건, MAC layer feedback등 네트워크 상황 정보를 얻기 위한 불필요한 통신 오버헤드를 줄인다.

#### B. 트래픽 분류 및 조절 기능

본 논문은 전송하려는 패킷이 속하는 어플리케이션의 분류에 따른 특성을 고려한다. 패킷 특성을 고려하

는 이유는 패킷이 속한 어플리케이션 서비스에 따라 센서 네트워크에서 전송될 데이터의 QoS 요구사항을 인지하여 실시간 멀티미디어 트래픽 혹은 미리 정해진 필드 모니터링과 같은 데이터의 우선순위가 높은 데이터를 빠르게 전송함으로써 QoS 보장을 위한 서비스 차별화를 지원 할 수 있기 때문이다.

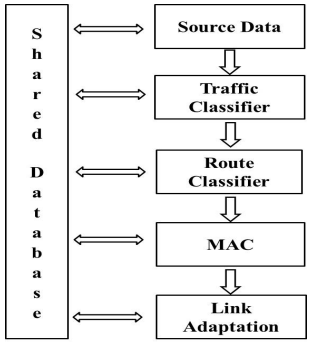


그림 1. 크로스 레이어 아키텍처
Fig. 1 Cross-layer architecture

무선 멀티미디어 센서 네트워크 환경에서는 다음과 같은 서로 다른 특성을 갖는 4가지 종류의 트래픽이 존재한다.

- periodic monitoring traffic
- event driven traffic
- multimedia traffic
- query-based traffic

Periodic monitoring traffic은 온도나 습도 등의 주변 환경 정보를 일정한 시간 간격으로 모니터링하여 싱크 노드로 전달하는 트래픽이다.

Event driven traffic 은 센서 노드가 감지하는 영역에서 산불 발생 상황 감지 또는 침입 감지와 같은 긴급한 상황이 발생한 경우 이를 싱크 노드로 신속히 전달해야 하는 특성이 있다.

Multimedia traffc은 CCTV의 동영상이나 사운드 캡쳐 장치에서 획득한 소리 정보를 연속적으로 전달하는 데이터로서, 키프레임에 해당하는 데이터에 높은 서비스 품질을 요구하고, 기타 보조 프레임은 상대적으로 낮은 서비스 품질 레벨 요구하는 특성이 있다.

Query-based traffic 은 싱크 노드로부터 질의가 발생하여 해당 센서 노드 가 이에 대한 응답을 수행하는 데이터로서, 싱크 노드에 의해서 응답 데이터의 서비스 품질이 지정되는 특징이 있다.

패킷의 우선순위는 소스 노드에서 해당 패킷이 전달하는 트래픽 패턴과 데이터 내용에 따라 서비스 품질 패턴과 서비스 품질 레벨로 지정하여 전송한다. 이 부분은 패킷 마킹 알고리즘[6]을 기반으로 하였다. 서비스 품질 패턴은 에너지 효율성, 지연 민감형, 신뢰성, 전송률 등 4 가지로 구별되며 이를 지원하기 위한 서비스 품질 레벨을 Green, Yellow, Red의 3단계로 분류한다. 이러한 서비스 품질 레벨은 패킷 내의 Priority Field에 저장되어 싱크 노드로 전송된다. 이 때 Green 은 중요성이 가장 높은 패킷을 의미하며 Red 가 중요성이 가장 낮은 패킷을 의미한다. 또한, 각 패킷의 우선순위를 나타내는 Priority Field를 사용한다. Green 패킷은 가장 우선적으로 전송을 보장한다. Red 패킷은 우선순위에서 가장 낮으며, 패킷이 손실되어도 싱크 노드에서 도착 패킷들을 조합하여 기존 데이터 복원시에 큰 영향을 미치지 않는다. Yellow 패킷은 Green과 Red의 중간 정도의 중요도를 갖는다.

### C. Multipath Routing

소스 노드는 마킹한 Priority Field에 따라 경로를 설정한다. 기존 프로토콜과 같이 최단경로만으로 패킷들을 전송한다면 최단경로 안의 노드로만 패킷들이 몰리게 된다. 그리고, 그 외의 최단경로에 들어가지 않은 노드들은 많은 자원이 대기상태에 있게 되어 에너지 효율성이 떨어진다. 또한, 네트워크의 수명이 짧아지고 노드 장애가 발생하여 네트워크가 차단되어 통신을 하지 못 하는 심각한 상황이 발생할 가능성이 매우 높아져 신뢰성의 감소를 가져오게 된다. 제안한 다중 경로 알고리즘은 Green 패킷은 최단거리와 높은 링크 품질의 경로를 설정하여 전송하고, Red 패킷은 노드의 에너지 레벨을 최우선으로 고려하여 경로를 설정한다. Green과 Red의 중간단계인 Yellow 패킷은 중간거리와 중간 수준의 링크 품질 경로를 설정하여 전송한다.

## 3.2 다중 경로 라우팅 알고리즘 제안

WSN의 네트워크 상태는 매우 빈번하게 변화한다. 그래서 네트워크 내의 모든 이동 노드는 주기적으로 라우팅 정보를 다른 이동 노드에게 전달하고, 라우팅

경로의 변경 시에도 다시 자신의 라우팅 정보를 전달한다. 이동 단말들에 대한 라우팅 정보를 라우팅 테이블에 지속적으로 유지하기 위해 기존 라우팅 기법들은 많은 오버헤드 트래픽을 전송한다. 따라서 에너지 효율성이 떨어지고, 전체 네트워크 수명을 단축시키는 원인이 된다. 센서 노드에서 관리하는 라우팅 테이블은 전체 노드에 대한 정보가 아니라 싱크 노드를 향하는 경로만 포함하여도 동작 가능하며, 추가적으로 인접한 이웃 센서 노드들의 정보까지 포함한다면 다양한 기능을 수행하는데 유용하게 활용할 수 있다. 제안하는 라우팅 기법은 싱크 노드에서 주기적으로 전송되는 브로드캐스트 메시지를 이용하여 라우팅 테이블을 구축하는 에너지 효율적인 라우팅 테이블 구축 기법[7][8]을 이용한다. 표 1은 라우팅을 위한 브로드캐스팅 메시지의 세부 필드를 나타낸다.

표 1. 브로드캐스팅 메시지 세부 필드
Table 1. Fields of broadcasting message for routing

| 필드 | 의미 |
|---|---|
| ID | 브로드 캐스트 메시지 식별자 |
| Flag | 최초 라우팅 구축 메시지, 라우팅 테이블 변경 요구 메시지 또는 일반 브로드캐스팅 메시지임을 나타냄 |
| Node ID | 발신 노드 식별자 |
| Location Information | 발신 노드 위치정보 |
| Hops to Sink | 싱크 노드까지의 홉 카운트 |
| Energy level | 발신 노드의 에너지 잔량 |
| Path Costs | 패킷 우선순위별(Green, Yellow, Red) 싱크 노드까지의 경로 비용 |

본 논문에서 제안한 라우팅 테이블의 세부 필드는 다음과 같다. Priority는 Green, Yellow, Red의 3단계로 나뉜다. Next Node는 센싱 데이터를 수신 할 노드를 의미한다. 홉 카운트는 싱크로부터 홉 수를 의미한다. 에너지 잔량은 센싱 데이터를 수신 할 노드의 잔여 에너지를 의미한다. 위치 정보는 센싱 데이터를 수신 할 노드의 위치를 의미한다. Path Cost는 패킷 우선순위별 싱크 노드까지의 경로비용들을 의미한다.

네트워크는 조밀하다고 가정하고 두 노드 사이에는 여러 경로를 가진다고 가정한다. 노드 $a$가 우선순위가 $pri$인 패킷을 싱크노드까지 전송하기 위해 다음 노드 $b$를 선택하는 경로 비용 은 다음 식 1과 같다.

$$C_a^{pri} = \min_{b \in N_a} \left\{ \alpha_{pri} \left( \frac{d_{by}+1}{d_{ay}+1} - 0.5 \right) \times \beta_{pri} \left( 1 - \frac{LQI_b}{256} \right) \times \gamma_{pri} \left( 1 - \frac{e_b^{res}}{e_b^{init}} \right) + C_b^{pri} \right\} \quad (1)$$

여기서 $pri \in$ {Green, Yellow, Red}으로 전송할 패킷의 우선순위 마크를 나타내며 $N_a$는 노드 $a$의 이웃 노드들의 집합이고 $d_{ay}$는 노드 $a$와 싱크 $y$사이의 홉 거리, $d_{by}$는 노드 $b$와 싱크 $y$사이의 홉 거리이다. $e_b^{init}$은 노드 $b$의 초기 에너지 레벨이며, $e_b^{res}$는 노드 $b$의 에너지 잔량이다. $LQI_b$는 노드 $b$의 링크 품질 값으로 0~255의 값을 갖는다. $\left( \frac{d_{by}+1}{d_{ay}+1} - 0.5 \right)$, $\left( 1 - \frac{LQI_b}{256} \right)$ 그리고 $\left( 1 - \frac{e_b^{res}}{e_b^{init}} \right)$은 0~1사이의 값을 가지며, 각각 홉 거리, 링크 품질, 에너지 잔량에 따른 비용을 의미한다.

$\alpha_{pri}$, $\beta_{pri}$ 그리고 $\gamma_{pri}$는 가중치 값으로 패킷의 우선순위에 따라 다른 값을 지정한다. Green 패킷은 우선순위가 가장 높으므로 에너지 잔량보다는 홉 카운트와 링크 품질을 우선해야 하며 홉 카운트가 같은 경우는 링크 품질이 높은 노드를 선택하도록 한다. 따라서 $\alpha_{Green}$와 $\beta_{green}$은 적은 값을 부여하고 $\gamma_{Green}$은 보다 큰 값으로 설정한다. Yellow 패킷은 중간 단계의 우선순위를 지니며, 홉 카운트, 링크 품질, 그리고 에너지 잔량이 비슷한 수준으로 고려하여 값을 설정한다. 마지막으로 Red 패킷은 우선순위가 가장 낮으므로 홉 카운트와 링크 품질보다는 에너지 잔량을 고려하여 에너지 소모를 최소화하도록 $\gamma_{Red}$는 작은 값을 할당하고 $\alpha_{Red}$와 $\beta_{Red}$는 큰 값을 설정한다.

## Ⅳ. 검증 및 결과 분석

그림 2는 검증 및 결과 분석을 위한 센서네트워크 구성도이다. 검증을 위해 사용된 25개의 노드는 5x5 그리드 형태를 갖는다. 각 노드는 패킷을 상하좌우 방

향에 인접한 노드로 전송한다. 라우팅 테이블 갱신을 위한 브로드캐스팅 메시지는 싱크에서 전송된다. 인접 노드가 2개일 경우, 노드의 수신 대기 타이머가 완료되면 테이블을 갱신한다.

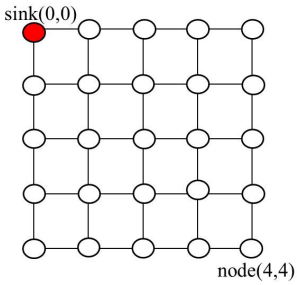


그림 2. 노드 배치
Fig. 2 Configuration of nodes

표 2는 라우팅 테이블을 나타낸다. 우선순위는 Priority Field를 참조하였다. 다음 노드 선택을 위해 식 1을 이용하여 각 이웃 노드의 최소 경로비용을 구하고, 패킷 우선순위별로 가장 적은 경로비용을 가지는 이웃 노드 하나를 선택한다. 시뮬레이션 결과 Green 패킷은 최단거리의 높은 품질의 링크로 전송함으로써 패킷 손실율과 delay가 줄어들어 신뢰성 있는 전송을 하게 된다. Red 패킷은 최단거리와 높은 품질의 링크를 고려하지 않으므로 패킷 손실이나 delay가 많을 것으로 생각할 수 있지만, 에너지 잔량을 우선으로 하기 때문에 중간에 손실되는 패킷의 수가 적어서 신뢰성 면에서도 효과적이다. Green과 Red패킷의 중간 경로를 사용하는 Yellow 패킷도 자원 활용에 더욱 여유가 있게 되어 전체적으로 전송률이 향상되게 된다. 제안된 다중 경로 라우팅 알고리즘은 패킷 우선순위별 최소경로비용으로 이웃 노드를 선택하기 때문에 패킷의 QoS보장에 대한 서비스 차별화와 에너지 효율적인 라우팅 서비스를 지원 할 수 있다.

표 2. 라우팅 테이블
Table 2. Routing table

| 노드 (position) | 이웃 노드 | Hops | Energy level | LQI | Path Costs | | 이웃노드 경로비용 | | Next Node |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Node (0,4) | Node(0,3) | 3 | 0.55 | 85 | G | 0.327 | G | 0.507 | Green (0,3) Yellow (0,3) Red (1,4) |
| | | | | | Y | 0.492 | Y | 0.796 | |
| | | | | | R | 0.624 | R | 0.985 | |
| | Node(1,4) | 5 | 0.90 | 100 | G | 0.502 | G | 0.587 | |
| | | | | | Y | 0.702 | Y | 0.846 | |
| | | | | | R | 0.812 | R | 0.983 | |
| Node (3,4) | Node(2,4) | 6 | 0.60 | 108 | G | 0.625 | G | 0.798 | Green (2,4) Yellow (3,3) Red (4,4) |
| | | | | | Y | 0.844 | Y | 1.137 | |
| | | | | | R | 1.044 | R | 1.391 | |
| | Node(3,3) | 6 | 0.65 | 80 | G | 0.655 | G | 0.835 | |
| | | | | | Y | 0.809 | Y | 1.114 | |
| | | | | | R | 1.042 | R | 1.403 | |
| | Node(4,4) | 8 | 0.92 | 80 | G | 0.896 | G | 0.965 | |
| | | | | | Y | 1.142 | Y | 1.258 | |
| | | | | | R | 1.247 | R | 1.385 | |
| Node (4,3) | Node(3,3) | 6 | 0.65 | 90 | G | 0.655 | G | 0.825 | Green (3,3) Yellow (3,3) Red (4,4) |
| | | | | | Y | 0.809 | Y | 1.096 | |
| | | | | | R | 1.042 | R | 1.382 | |
| | Node(4,2) | 6 | 0.70 | 80 | G | 0.672 | G | 0.827 | |
| | | | | | Y | 0.843 | Y | 1.104 | |
| | | | | | R | 1.084 | R | 1.393 | |
| | Node(4,4) | 8 | 0.92 | 85 | G | 0.896 | G | 0.963 | |
| | | | | | Y | 1.142 | Y | 1.255 | |
| | | | | | R | 1.247 | R | 1.381 | |

## V. 결 론

본 논문은 전송하려는 패킷이 속하는 application의 분류에 따른 특성을 고려하여 데이터의 우선순위가 높은 데이터를 빠르게 전송함으로써 QoS 보장을 위한 서비스 차별화를 지원 할 수 있다. 그리고, 공유 데이터베이스를 사용하여 Cross-layer 상호 작용을 활성화하고 QoS 요구사항 및 물리적 채널 조건, MAC layer feedback등 네트워크 상황 정보를 얻기 위한 불 필요한 통신 오버헤드를 줄인다. 소스 노드에서는 마킹한 Priority에 따라 싱크까지의 홉의 수, 이웃 노드의 에너지 잔량에 대한 정보, 링크 품질을 파악 할 수 있는 LQI값을 참조하여 다중 경로 설정을 한다. 높은 품질의 링크로 구성된 다중 경로 설정으로 에너지 소모가 집중되는 현상과 이로 인해 경로가 재구성되는 것을 방지하여 패킷 전송율을 높이고 패킷 손실율, 지연시간을 감소시켜 센서 네트워크의 신뢰성을 증대 시킬 수 있다.

**감사의 글**

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012-0004525)

## 참고 문헌

[1] I. F. Akyildiz, T. Melodia, and K. R. Chowdhury, “A survey on wireless multimedia sensor networks,” Computer Net., Vol. 51, No. 4, pp. 921-960, 2007.

[2] 김정혜, 이성근, 고진광, 박재성, “WSN에서 주기적 트래픽 처리를 위한 트래픽 제어 알고리즘”, 한국전자통신학회논문지, 5권, 1호, pp. 44-50, 2010.

[3] 김성훈, 오원근, 이성근, “USN에서 에너지 효율성과 지연을 위한 MAC 프로토콜”, 한국전자통신학회추계학술지, 2권, 2호, pp. 87-90, 2008.

[4] 오원근, 이성근, “USN에서 에너지 효율성과 지연을 위한 MAC 프로토콜”, 한국전자통신학회논문지, 4권, 1호, pp. 20-24, 2009.

[5] T. Melodia and I.F. Akyildiz, “Cross-layer QoS-Aware Communication for Ultra Wide Band Wireless Multimedia Sensor Networks,” IEEE J. of Sel. Areas in Comm., Vol. 28, No. 5, pp. 653-663, 2010.

[6] 김정혜, 이성근, 고진광, 정창렬 “WMSN에서 QoS 보장을 위한 마킹 알고리즘”, 한국전자통신학회논문지, 5권, 2호, pp. 193-204, 2010.

[7] 장용재, 이성근, “WSN에서 에너지 효율적인 라우팅 알고리즘,” 한국전자통신학회추계종합학술대회, 4권, 2호, pp. 401-404, 2010.

[8] Yong-Jae Jang, Si-Yeong Bae and Sung-Keun Lee, “An Energy-Efficient Routing Algorithm in Wireless Sensor Networks”, Future Generation Information Technology, LNCS Vol. 7105, pp. 183-189, 2011.

## 저자 소개

**배시영(Si-Yeong Bae)**

2008년 한국외국어대학교 컴퓨터교육학과 졸업(교육학석사)

2009년~현재 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과(박사과정)

※ 관심분야 : 무선센서네트워크, 데이터베이스

**이성근(Sung-Keun Lee)**

1985년 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1987년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2004년~2005년 : UC Davis 컴퓨터과학과 방문교수

1997년~현재 순천대학교 멀티미디어공학과 교수

※ 관심분야 : 에너지 효율적인 이더넷, WSN, 멀티미디어 통신, 인터넷 QoS

**박경욱(Kyoung-Wook Park)**

1999년 8월 전남대학교 전산통계학과(이학석사)

2004년 8월 전남대학교 전산학과(이학박사)

※ 관심분야 : 병렬 및 분산처리, 알고리즘