

# 무선 센서 네트워크에서 에너지 잔량과 신호세기를 이용한 데이터 전송 프로토콜

## A Proactive Dissemination Protocol using Residual Energy and Signal Strength for WSNs

박수연\*  
Sooyeon Park

김문성\*\*  
Moonseong Kim

정의훈\*\*\*  
Euihoon Jeong

방영철\*\*\*\*  
Young-Cheol Bang

### 요약

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 저전력 소모와 전송 지연 시간을 고려하여 수집한 데이터를 전체 네트워크에 살포하는 프로액티브 데이터 전송 프로토콜을 제안한다. 현재 잘 알려진 SPMS(Shortest Path Mined SPIN)에서는 에너지 소비를 줄이기 위해 벨만 포드 알고리즘을 이용하여 최단 경로 라우팅 테이블을 형성하고 멀티 홉 경로로 데이터를 전송한다. 그러나 이것은 라우팅 테이블 생성과 유지를 위한 메모리 소비를 발생 시키고, 벨만 포드의 수행 시 에너지 소비뿐 아니라 많은 트래픽을 발생시키는 문제가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 새로운 프로액티브 전송 프로토콜 RRESS(a proactive dissemination protocol using Residual Energy and Signal Strength) 을 제안한다. 시뮬레이션 결과를 통해 SPMS에 비해 RRESS의 컨트롤 메시지수는 약 84%의 성능 향상을 보이며, 최단 경로를 사용하는 SPMS와 지연시간 면에서는 유사하였다.

### ABSTRACT

In this paper, a data dissemination protocol that transmits data collected for Wireless Sensor Networks (WSNs) is newly proposed, and the proposed proactive protocol takes into account energy consumption minimized and delay time disseminated. The well-known SPMS (Shortest Path Mined SPIN) forms the shortest path-based routing table obtained by Bellman Ford Algorithm (BFA) and disseminates data using a multi-hop path in order to minimize energy consumption. The mentioned properties of SPMS cause memory burden to create and maintain the routing tables. In addition, whenever BFA is executed, it is necessary to suffer from the energy consumption and traffic occurred. In order to overcome this problem, a proactive dissemination protocol using Residual Energy and Signal Strength, called RRESS, is proposed in this paper. Simulation results show that RRESS outperforms SPMS up to 84% in terms of the number of traffic messages and the transmitted delay time of RRESS is similar to that of SPMS using the shortest path.

☞ KeyWords : Wireless Sensor Networks, Proactive Data Dissemination Protocol, Flooding, SPIN, SPMS

## 1. 소개

무선 센서 네트워크(WSNs: Wireless Sensor

\* 정 회 원 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
anisoo@kpu.ac.kr

\*\* 정 회 원 : 특허청 정보통신심사국 심사관(사무관)  
moonseong@kipo.go.kr

\*\*\* 정 회 원 : 한국산업기술대학 컴퓨터공학과 교수  
ehjeong@kpu.ac.kr

\*\*\*\* 정 회 원 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 교수  
ybang@kpu.ac.kr

[2010/04/12 투고 - 2010/04/14 심사 - 2010/07/06 심사완료]

Networks)는 스마트홈, 유비쿼터스, 국방에서 중요한 기술로 주위 환경을 정확하게 관찰하기 위해 센서 노드들은 초기에 적절하게 배치되어야 한다[1]. 또한, 무선 센서 네트워크는 광범위하게 분포되어 있는 수많은 센서 노드들로 구성되어 있으며, 이들 센서 노드들은 데이터를 정확하게 수집하고 효율적으로 전달을 해야 하므로 무선 센서 네트워크에서 데이터 전송은 중요한 문제이다[2].

무선 센서 네트워크에서 데이터 전송을 위한 대표적인 프로토콜로는 Flooding 방식과

SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation)이 있다[3]. Flooding 방식은 노드가 데이터를 수신하면 이웃한 모든 노드들에게 수집한 데이터를 전송 하는 가장 간단한 프로토콜이다. 그러나 Flooding 방식은 데이터의 빠른 전송은 보장하지만 데이터의 중복전송으로 인한 에너지 소비가 발생하는 문제가 있다. 따라서 SPIN에서는 데이터 중복 전송 문제를 해결하기 위하여 메타 데이터를 이용하여 이웃 노드들과의 정보 교환 후에 데이터 전송이 이루어진다. 그러나 SPIN에서는 노드의 에너지를 고려하지 않고, 모든 데이터를 동일한 전력크기로 전송하기 때문에 각 노드에서의 에너지 소모가 커진다.

데이터 전송 시 센서노드간 거리가 멀수록 에너지 소비는 지수 적으로 증가 하므로 SPMS(Shortest Path Minded SPIN[4])는 멀티 홉을 이용하여 데이터를 전송함으로써 에너지의 소비를 줄였다. SPMS는 라우팅 테이블을 생성하고 유지해야 하므로 최대반경으로 정의한 존(zone) 내부에 대해서만 라우팅 테이블을 유지한다[5]. 각 노드는 분산적인 벨만 포드 알고리즘(BFA: Bellman-Ford Algorithm)을 이용하여 최단경로로 이루어진 라우팅 테이블을 생성한다. 그러나 SPMS는 최단경로를 통해 데이터를 전송하지만 최단 경로 상에 있는 노드에 결함이 발생 하게 되면, 더 이상 최단경로를 이용할 수 없는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서 대체 노드로 PRONE과 SCONE을 이용한다. 만일 노드가 데이터를 전송 받지 못하면 먼저 PRONE에게 데이터를 요청하고, 만약 PRONE으로부터 데이터를 전송 받지 못하면, SCONE에게 데이터를 요청한다. 또한 SCONE으로부터 데이터를 전송 받지 못하면, 마지막으로 소스 노드에게 직접 데이터를 요청한다. 그러나 SPMS는 라우팅 테이블을 관리하기 위해 많은 메모리 소비와 제어 패킷이 발생하는 문제가 존재한다.

본 논문에서는, 무선 센서 네트워크에서 라우팅 테이블의 생성 없이 각 노드들의 에너지 잔량

과 전파세기를 고려하여 데이터를 전송하는 프로토콜 RESS(a proactive dissemination protocol using Residual Energy and Signal Strength) 를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 RESS의 구성요소 및 동작 과정을, 3장에서는 성능평가를 보이고, 마지막으로 4장에서는 논문의 결론을 제시한다.

## 2. RESS

SPMS에서는 벨만 포드에 의해 많은 트래픽과 지연시간이 발생하며, 라우팅 테이블 생성과 유지를 위한 메모리 소비와 같은 비용이 많이 발생한다. 본 논문에서는 에너지 잔량과 신호 세기를 이용한 프로토콜 RESS를 제안한다. 제안한 RESS는 라우팅 테이블 생성 없이 낮은 에너지 소비와 전송지연시간을 고려한다.

### 2.1 구성요소

RESS에는 세 개의 메시지 타입, ADV, REQ, ACK와 두개의 타이머,  $T_{Adv}$ ,  $T_{Data}$ 가 있다. 각 센서 노드들은 SPMS와 유사하게 PRONE과 SCONE, 두 개의 노드 정보를 유지한다\*. 다음은 각 메시지와 타이머에 대한 자세한 설명 이다.

#### (1) ADV

전송할 데이터를 가지고 있는 노드가 ADV 광고 메시지를 브로드캐스팅 한다. ADV 메시지가 전송 될 때, 노드의 에너지 잔량이 포함된다. 소스 노드를 제외한 중간에 있는 노드들은 자신의 에너지 잔량과 최근에 REQ 메시지의 목적지로 사용되었던 SCONE 또는 PRONE의 에너지 잔량을 포함하여 ADV를 전송 한다.

\* 실질적인 차이는, SPMS는 최우선으로 전송해야 하는 노드, PRONE, SCONE의 정보를 유지하는 것이며, RESS는 최우선으로 전송해야 하는 노드로서 PRONE, 대체 노드로서 SCONE을 이용한다.

## (2) REQ

REQ 메시지는 이웃노드에게 데이터를 요청하기 위해 사용한다.

## (3) ACK

만약 이웃 노드로부터 REQ 메시지를 수신하면, ACK 메시지를 REQ 메시지를 전송한 노드에게 먼저 전송한다. 그 다음 이어서 모든 데이터가 연속적으로 전송되기 시작 한다. ACK 메시지가 전송 될 때, 자신의 에너지 잔량을 포함하여 전송한다.

(4)  $T_{Adv}^X$ 

노드 X는 이웃 노드로부터 ADV 메시지를 수신한 후에, X는 REQ 메시지를 전송하는 대신에 타이머  $T_{Adv}^X$ 를 설정한다. 타이머  $T_{Adv}^X$ 는 가능한 최단 경로를 이용하여 데이터 확산이 이루어지도록 하기 위하여, ADV 수신 신호세기에 반비례하여 설정 한다. 만약 노드 X가 타이머  $T_{Adv}^X$ 가 종료되기 전까지 다른 노드가 전송한 REQ를 감지할 수 없다면, 노드 X는 REQ를 PRONE에게 전송한다. 만약 노드 Y가 타이머  $T_{Adv}^X$ 가 종료되기 전에 다른 노드가 REQ를 전송하는 것을 감지하게 되면, 타이머  $T_{Adv}^X$ 는 중단된다.

(5)  $T_{Data}$ 

타이머  $T_{Data}$ 는 REQ를 전송할 때 설정하며, 요청한 데이터의 수신을 보장하기 위하여 데이터를 수신할 수 있는 최대의 시간으로 정의할 수 있다. 이 값은 모든 노드가 동일한 값으로 설정할 수 있다. 만약 요청한 데이터를  $T_{Data}$ 가 종료될 때까지 수신 하지 못한다면, REQ를 SCONE에게 재전송하고  $T_{Data}$ 를 재설정한다. 그렇지 않다면 (즉, 데이터를 수신한다면)  $T_{Data}$ 는 자동으로 감소되어 종료된다.

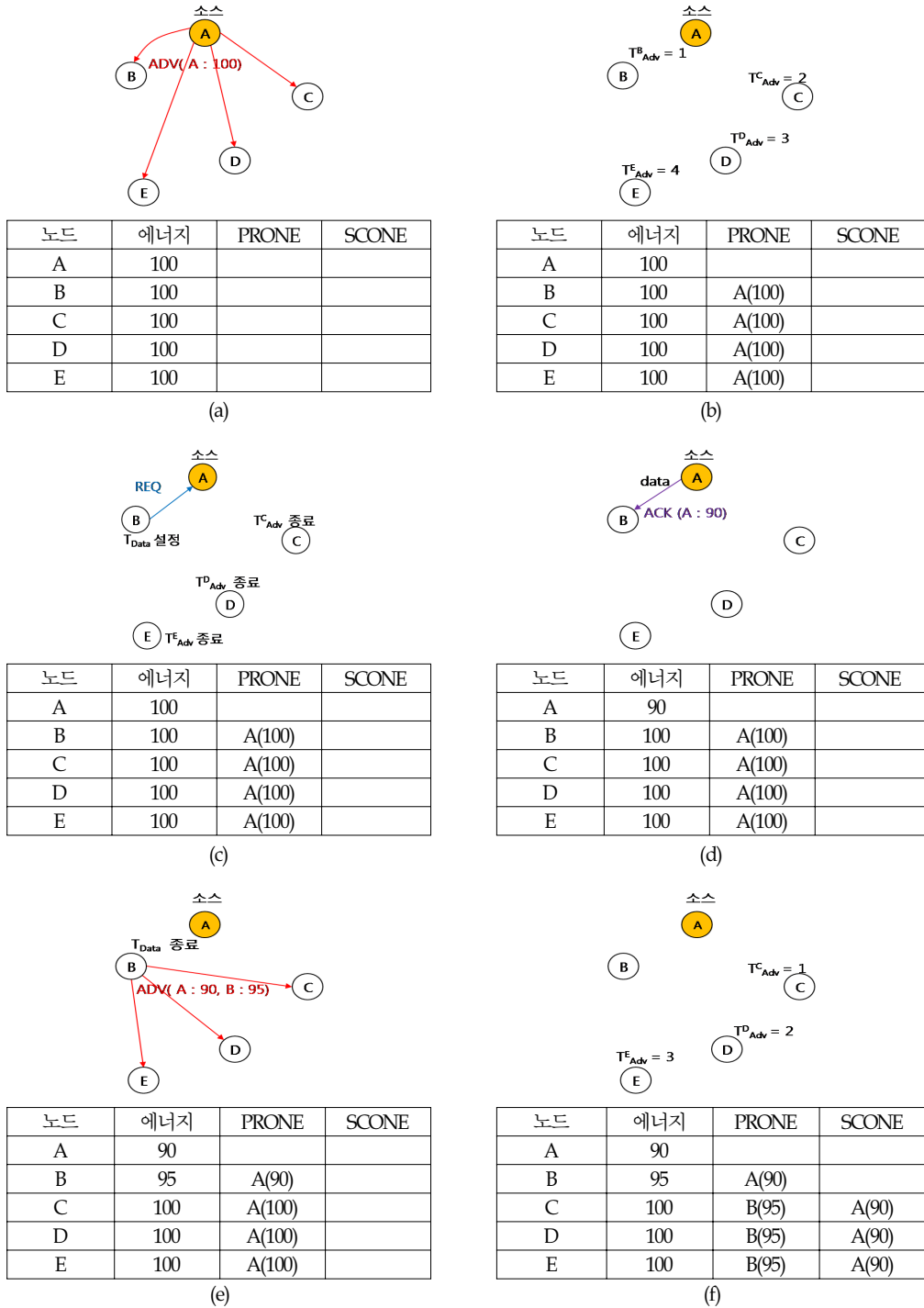
## (6) PRONE과 SCONE

ADV와 ACK를 수신 할 때 마다 메시지에 포함되어 있는 에너지 잔량과 PRONE과 SCONE의 에너지 잔량을 비교한다. 이들 중 가장 큰 에너지 잔량을 가지고 있는 노드가 PRONE이 되고, 그 다음 많은 에너지 잔량을 가지고 있는 노드가 SCONE이 된다. 만약 자신의  $T_{Adv}$ 가 종료될 때까지 다른 노드가 REQ를 전송하는 것을 감지하지 않으면, REQ를 PRONE에게 전송하고,  $T_{Data}$ 를 설정한다. 만약 PRONE으로부터 ACK를 수신하지 못하면, REQ를 SCONE에게 전송하고  $T_{Data}$ 를 재설정한다.

## 2.2 동작과정

그림 1는 RESS의 자세한 동작 과정을 나타내는 것으로, 단계별 자세한 설명은 다음과 같다.

- (1) 그림 1의 (a)에서 소스노드 A가 자신의 에너지 잔량을 포함한 광고 메시지 ADV를 브로드캐스팅 한다. 여기서 표의 에너지는 초기 에너지를 의미한다.
- (2) A로부터 ADV를 수신한 B, C, D, E는 그림 1의 (b)와 같이 수신 신호 세기에 따라 타이머  $T_{Adv}$ 를 설정하고, PRONE으로 A의 에너지 잔량과 함께 A를 등록한다. PRONE의 열에서 A(100)은 PRONE노드는 A이고 A의 에너지 잔량은 100이라는 것을 나타낸다.
- (3) 그림 1의 (c)에서 B의 타이머  $T_{Adv}^B$ 가 감소되며 종료될 때까지 다른 노드가 전송한 REQ를 감지 못했기 때문에, B는 PRONE인 A에게 REQ를 전송하고 타이머  $T_{Data}$ 를 동시에 설정한다. 이때, B가 전송한 REQ를 감지한 C, D, E는 현재 감소되고 있는 자신들의 타이머  $T_{Adv}$ 를 중단시킨다.
- (4) 그림 1의 (d)와 같이 A는 자신의 에너지 잔량을 포함하고 있는 ACK를 REQ를 전송한 B에게 전송한 후, 이어서 모든 데이터를 연속하여 B에게 전송한다.



(그림 1) RESS의 동작 과정

- (5) 그림 1 (e)와 같이 B는 A로부터 ACK를 수신하였기 때문에 타이머  $T_{Data}$ 를 중단 시킨다. 이때, B는 PRONE인 A의 에너지 잔량 정보를 갱신하고, B는 (1)번에서 언급했듯이, 자신의 에너지 잔량과 수신한 A의 에너지 잔량을 포함한 ADV를 브로드캐스팅 한다. 만약, 타이머  $T_{Data}$ 가 종료될 때까지 A로부터 ACK를 수신 하지 못하면, PRONE 대신 SCONE에게 REQ를 전송하고, 다시 타이머  $T_{Data}$ 를 재설정한다.
- (6) 그림 1의 (f)와 같이 B로부터 ADV를 수신한 C, D, E는 (2)번과 동일하게 타이머  $T_{Adv}$ 를 신호세기에 따라 설정한다. 그리고 ADV에 있는 B의 이전 노드인 A의 에너지 잔량과 B의 에너지 잔량을 PRONE과 SCONE의 에너지 잔량과 비교한다. 이들 네 개의 에너지 잔량 중 가장 큰 값을 가지는 노드가 PRONE이 되고, 그다음 큰 값을 갖는 노드가 SCONE이 된다.

수집한 데이터는 위에서 언급한 동작을 반복하여 에너지 잔량과 신호세기를 기반으로 모든 노드에게 전송된다.

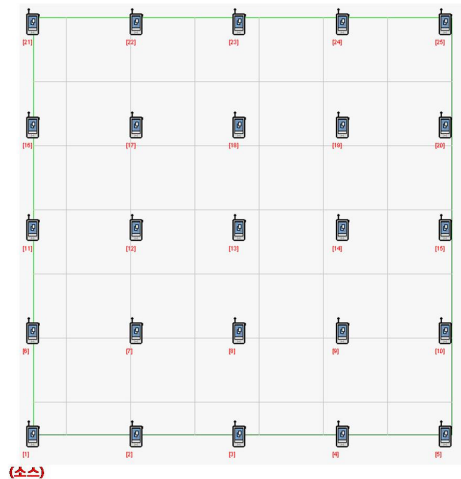
### 3. 성능평가

본 논문에서는 RESS의 성능을 평가하기 위하여 쉘넷(Qualnet) v4.5[6]를 사용하여 구현하였다. 표 1은 시뮬레이션 환경에서 사용된 주요한 파라미터 값을 나타낸다. 그림 2는 150m x 150m 영역에 그리드 형태의 25개 노드로 구성된 네트워크를 나타낸다. 영역의 왼쪽 하단에 있는 노드가 이벤트를 발생하는 노드(소스 노드)이다. 모든 노드의 초기 에너지는 1,200 mJoule이며, 에너지 모델은 MICA2 or MICA2DOT, 배터리 모델은 Simple Linear model, Radio Type은 IEEE 802.11b Radio, 벨만 포드에서 라우팅 테이블 생성을 위한 비용으로 거리를 사용하였으며, 데이터는 1,000개를 연속적으로 생성하여 전송하였다. RESS를 SPMS

와 네트워크를 구성하는 전체 노드의 수에 따라 송수신된 컨트롤 메시지의 수, 지연시간을 비교하였다.

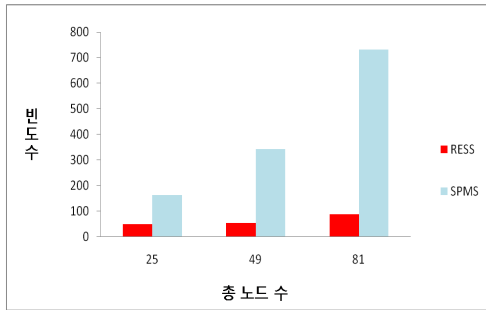
(표 1) 시뮬레이션 환경

네트워크 크기	150m x 150m
초기노드 에너지	1200 mJoule
에너지 모델	MICA2 or MICA2DOT
배터리 모델	Simple Linear Model
라디오 타입	IEEE 802.11b Radio
데이터 패킷	512bytes
벨만포드 비용	거리(Distance)
생성되는 데이터 수	1,000 개



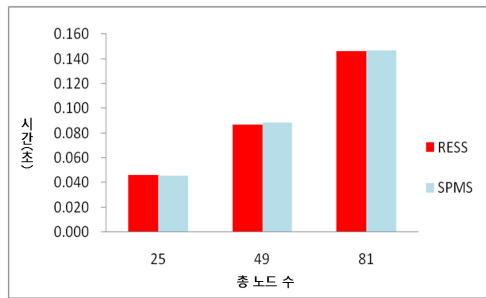
(그림 2) 25개 노드로 구성된 네트워크 예 (소스:1)

그림 3은 무선 센서 네트워크를 구성하는 전체 노드의 수에 따라 송수신된 전체 컨트롤 메시지 수의 평균을 나타낸다. 이 값은 무선 센서 네트워크에서의 노드에서 송수신 되는 컨트롤 메시지의 빈도수를 의미 한다. SPMS에서는 벨만포드 알고리즘으로 인하여 많은 컨트롤 패킷이 발생한다. 그러나 RESS는 벨만 포드 알고리즘의 고려가 없으므로 (즉, 라우팅 테이블의 유지가 없음) SPMS와 비교했을 때 컨트롤 메시지의 수의 효율성은 84% 증가 하였다.



(그림 3) 송수신 된 총 컨트롤 메시지의 평균

마지막으로 그림 4는 네트워크 전체에 데이터를 전송하는데 소비된 평균지연시간을 나타낸다. 최단 경로를 기반으로 한 SPMS의 지연시간은 에너지 잔량과 신호세기를 고려한 RESS와 비슷한 것을 알 수 있다.



(그림 4) 네트워크 전체에 데이터를 전송하는데 소비되는 평균 지연 시간

#### 4. 결론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 에너지 잔량과 신호세기를 고려한 프로액티브 전송 프로토콜 RESS를 제안하였다. SPMS가 벨만 포드 알고리즘(BFA)을 사용하여 최단 경로를 고려하였지만, SPMS의 지연시간은 RESS의 지연시간과 비슷하다. 또한 SPMS는 벨만 포드 알고리즘으로 생성된 라우팅 테이블을 유지하기 위해 많은 메모리 소비가 발생한다. 그러나 RESS는 라우팅 테이블을 사용하지 않기 때문에 메모리 소비가 발

생하지 않는다. 더욱이 SPMS는 라우팅 테이블을 관리해야 하기 때문에 많은 컨트롤 패킷이 발생하나, RESS는 SPMS보다 메시지의 수를 84% 감소 시켰다.

### ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the IT R&D program of MKE/KEIT (KI002164, On the development of Sensing based Emotive Service Mobile Handheld Devices). Dr. Kim and Prof. Bang are the corresponding authors.

### 참고 문헌

- [1] W. Choi and S. K. Das, "A Novel Framework for Energy - Conserving Data Gathering in Wireless Sensor Networks," IEEE INFOCOM 05, vol. 3, pp. 1985-1996, March 2005.
- [2] M. Kim, M. W. Mutka, S.-H. Cho, and H. Choo, "A Dissemination Protocol to Guarantee Data Accessibility within N-hops for Wireless Sensor Networks," IEEE Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-42), pp. 1-8, January 2009.
- [3] W. R. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," ACM/IEEE MOBICOM 99, August 1999.
- [4] G. Khanna, S. Bagchi, and Y.-S. Wu, "Fault Tolerant Energy Aware Data Dissemination Protocol in Sensor Networks," IEEE Dependable Systems and Networks (DSN), pp. 739-748, 2004.
- [5] Z. J. Haas and M. R. Pearlman, "The performance of query control schemes for the zone routing protocol," IEEE/ACM Transactions

on Networking, vol. 9, no. 4, pp. 427-438,  
August 2001.

[6] Scalable Network Technologies web site,  
<http://www.scalable-networks.com>

## ● 저 자 소개 ●



### 박 수 연(Sooyeon Park)

2004년 2월 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)  
2007년 2월 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사)  
2007년 10월 ~ 현재 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
관심분야 : 유/무선 라우팅 프로토콜, 센서네트워크  
E-mail : anisoo@kpu.ac.kr



### 김 문 성(Moonseong Kim)

2007년 2월 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)  
2007년 3월 ~ 2008년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 연구교수  
2007년 12월 ~ 2009년 10월 Visiting Research Associate, Michigan State University, USA  
2009년 10월 ~ 현재 특허청 정보통신심사국 심사관(사무관)  
관심분야 : 라우팅 프로토콜, 모바일 컴퓨팅, 센서네트워크  
E-mail : moonseong@kipo.go.kr



### 정 의 훈(Euihoon Jeong)

1991년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)  
1994년 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)  
2000년 한국과학기술원 전산학과 졸업(박사)  
2003년 9월 ~ 현재 한국산업기술대학 컴퓨터공학과 교수  
관심분야 : 이동통신 및 센서 네트워크 프로토콜  
E-mail : ehjeong@kpu.ac.kr



### 방 영 철(Young-Cheol Bang)

1994년 The University of Oklahoma, USA 전산학 졸업(학사)  
1997년 The University of Oklahoma, USA 전산학 졸업(석사)  
2000년 The University of Oklahoma, USA 전산학 졸업(박사)  
2000년 ~ 2002년 한국전자통신연구원 선임연구원  
2002년 ~ 현재 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 교수  
관심분야 : 유/무선 라우팅 프로토콜, 홈네트워크, 멀티미디어 전송, 차세대 영상시스템  
E-mail : ybang@kpu.ac.kr