

무선센서네트워크에서 전파범위를 기반으로 한 다단계 라우팅 프로토콜

정희원 김 석 매*, 이 영 진**, 이 충 세****

A Multi-Level Routing Protocol Based on Fixed Radio Wave Radius in Wireless Sensor Network

Shi-Mei Jin*, Yong-Zhen Li**, Chung-Sei Rhee****^o *Regular Members*

요 약

최근 무선 센서 네트워크(WSN : Wireless Sensor Network)의 에너지 효율성을 높이기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나 지금까지 제안된 기법들은 일반 센서노드에서 싱크노드로의 직접통신이나 인접 센서노드 간에 발송에너지를 발송거리에 따라 능동조절 가능 등 가정들을 기반으로 하고 있어 이런 기법들은 실제 실현하기 어렵다. 이 논문에서는 모든 센서 노드들은 일정한 전파범위와 데이터 전송률이 유지한다고 가정을 기반으로 다단계 라우팅 기법을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 제안기법이 기존기법보다 에너지 효율이 향상되었고 또한 실제 무선센서네트워크 적용하기 용이함을 입증하였다.

Key Words : WSN, Routing Protocol, Radio Wave Radius, Energy Efficiency, Multi-Leveling

ABSTRACT

Recently, in order to improve the energy efficiency of WSN(Wireless Sensor Network), widely research have been carried on. But, up to the present, Majority of methods are based on direct communication between CH(cluster head) and sink node, and based on the assumption that node can regulate signal energy actively according to the distance between nodes. So it's hard to implement those methods. Based on the theory that node has fixed radio wave radius, this paper present a multi leveling routing protocol. According to the simulation of the presented protocol, we have proved the energy saving efficiency and the implementation in real WSN.

I. 서 론

무선 센서 네트워크(WSN : Wireless Sensor Network) 기술은 정보통신기술 발달로 소형, 저가, 저전력의 센서 노드들이 개발되어 왔다. 무선 센서 네트워크는 초기에 군사적인 목적으로 연구되었으

나, 최근에는 환경/생태 감시 분야는 물론, 에너지 관리 분야, 물류/재고 관리 분야, 전투 지역 관리 분야 및 의료 모니터링 등 다양한 분야에 걸쳐 연구가 진행되고 있다^[1]. 무선 센서 네트워크에서 소수노드들의 에너지 고갈로 인한 문제점을 극복하기 위해서는 집중된 에너지 소비를 네트워크 전체에

※ 이 연구는 2008년도 충북대학교 학술지원에 의해 연구가 이루어짐

* 충북대학교 전자계산학과 알고리즘 연구실 (kimsm@chungbuk.ac.kr)

** 중국연변대학교 공학원 컴퓨터과학 및 기술학학 (lyz2008@ybu.edu.cn)

*** 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 (cscrhee@chungbuk.ac.kr)(^o: 교신저자)

논문번호: KICS2008-07-056, 접수일자: 2008년 7월 1일, 최종논문접수일자 2008년 7월 31일

분산시켜 전체 네트워크의 수명을 연장시키는 방향으로 설계되어야 한다²⁾.

최근까지의 연구된 기법들은 에너지 효율성을 높이기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나 기존 대부분 기법들은 실제 센서네트워크 구축에 적용한 사례가 드물다. 그 원인은 센서노드의 성능을 이상화 시켜 얻은 결과라고 본다. 예를 들면 무선센서 네트워크 기술에서 가장 대표적인 LEACH 기법은 수집 및 통합된 데이터가 싱크 노드와 직접 통신이 이루어진다고 가정하였고 또한 센서노드들이 이웃노드들의 거리에 따라 능동적으로 발송에너지 조절이 가능하다고 한다. 따라서 무선센서 네트워크를 실제에 적용하려면 단순 네트워크 기술만 고려해야 할 뿐만 아니라 전파공학기술의 제약사항도 고려해야 한다.

전파공학 측면에서 하드웨어구조가 변하지 않을 경우 센서노드들은 정격전력에서 동작하고 이때 일정한 에너지 소비를 유지하며 전파범위도 일정한 수치를 유지된다고 할 수 있다¹⁰⁾. 이 논문에서는 기존 연구 기법들의 장·단점을 비교 분석하고 그 기법들의 실제 적용에 있어서의 문제점을 해결할 수 있는 싱크 노드 중심으로 한 다 단계 및 노드의 잔존 에너지를 고려한 라우팅 프로토콜을 제시한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존 연구에서 대표적인 무선 센서 네트워크의 라우팅 기법에 대하여 분석한다. III장에서는 실제 적용이 가능하며 또한 기존 기법에 비하여 에너지 효율성을 향상된 싱크 노드 중심으로 한 다단계 라우팅 프로토콜을 제시하고, IV장에서는 제안 프로토콜에 대한 효율성에 대하여 분석·평가한다. 그리고 V장에서는 제안기법을 정리하고 향후 연구를 제시하고 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 무선 센서 네트워크

무선 센서 네트워크는 많은 제약 사항을 가진다. 낮은 컴퓨팅 파워는 물론, 적은 저장 장치, 좁은 네트워크 대역폭, 아주 적은 배터리의 전력 등의 제약 사항을 가지며 이는 센서 네트워크를 연구하는데 있어 가장 큰 걸림돌이다. 무선 센서 네트워크에서는 그림 1과 같이 단일 혹은 소수의 싱크 노드는 일반 노드에 비해 성능이 높으며 주로 외부의 네트워크와 연결되어 센서 네트워크에서 수집된 정보들을 외부로 제공하여 주는 역할을 수행하고, 센서 노

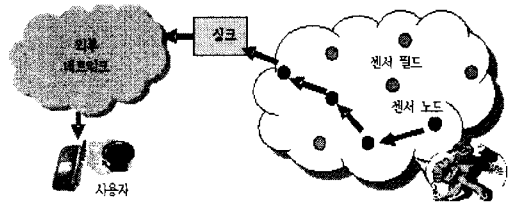


그림 1. 무선 센서 네트워크 구조

드는 탐지된 데이터를 수집하고, 수집된 데이터와 주변 센서 노드로부터 전송된 데이터를 싱크 노드로 전송 및 중계하는 역할을 수행한다.

2.2 무선 센서 네트워크의 라우팅 프로토콜

무선 센서 네트워크 라우팅은 무선 센서 네트워크에서 센서 노드들의 정보를 목적지 노드까지 효율적으로 전달하기 위한 경로 설정 기술로서 네트워크의 확장성과 낮은 전력을 이용한 효율적인 통신을 위하여 많은 기법들이 제안되었다. 무선센서네트워크 라우팅 기법은 네트워크 구조에 따라 평면 라우팅, 계층적 라우팅, 위치 기반 라우팅으로 분류한다¹¹⁾.

2.2.1 평면 네트워크 라우팅

평면 네트워크에서 노드들은 서로 동일한 역할을 부여받아 강시 작업을 수행한다. 노드들은 데이터 중심 라우팅을 수행하며 특정 지역에 질의를 보내고 선택 지역에 위치한 센서들로부터 데이터를 수신 받는 데이터 협상을 통해 에너지를 저장한다. 평면 네트워크 라우팅의 대표적인 예는 Directed Diffusion 기법, SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation) 기법 등이 있다.

(1) Directed diffusion은 싱크의 질의 방송에 기반을 둔 데이터 중심적 라우팅 기법으로 질의 유포 및 처리 응용에 적합한 특성을 가진다³⁾. 따라서 Directed diffusion은 노드가 일정 기간 동안 지속성 데이터를 요구하는 질의에 적합하지만 경로를 단지 한번만 사용하는 형태의 질의에는 적합하지 않다.

(2) SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation)¹⁴⁾기법은 협상과 자원 적용에 의해 플러딩기법에서 데이터중복 문제점을 해결하기 위해 설계된 것으로, 센서 노드가 데이터에 대해 광고하고, 싱크로부터 요청을 기다리는 형태의 데이터 중심적 라우팅 기법이다. 이는 센서 노드가 데이터를 방송하는 대신 센서 데이터를 기술하는 메타 데이터를 전송하여 보다 효율적으로 동작하고 에너지를 보존하도록 한다.

2.2.1 계층적 네트워크 라우팅

계층적 라우팅 프로토콜은 클러스터라는 작은 영역들로 센서 네트워크가 분할되고, 각 클러스터에는 클러스터 헤더가 존재하여 클러스터 멤버로부터 데이터를 수집하고 이를 모아서 목적지노드에 전달하는 라우팅기술이다.

(1) LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)에서는 네트워크에서 인접한 센서노드들의 데이터 유사성 특성으로 인한 정보의 중복 전달로 낭비되는 에너지를 줄이기 위해 클러스터 헤드는 데이터 병합(data aggregation)을 수행한다^{15,6)}. LEACH는 데이터 병합을 수행한 다음 싱크 노드로 직접 전송하여 에너지 소비가 큰 클러스터 헤드를 라운드(round)라는 시간 단위 마다 균등하게 교체하여 네트워크 수명을 연장한다.

LEACH기법에서 클러스터 헤드 선출 시 센서 노드의 잔여 에너지에 대한 고려가 없기 때문에 특정 센서 노드의 에너지가 고갈되는 경우가 많다. 그리하여 센서 노드의 잔여에너지를 고려한 클러스터 헤드를 선출하는 임계값에 가중치를 주는 LEACH-Centralized 기법이 제안되었다.

(2) TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)¹⁷⁾은 주기적으로 네트워크의 상태를 파악하는 사전적(proactive) 센서 네트워크 특성을 가진 LEACH와 달리 센서 노드들이 연속적으로 환경을 감지하여, 감지된 속성 값의 갑작스런 변화에 즉시 반응하는 반응적 센서 네트워크에 적합하다. 그러나 감지된 데이터의 값이 임계치에 도달하지 않는 경우 네트워크로부터 데이터를 얻어낼 수가 없고 또한 네트워크의 상태를 실시간으로 판단할 수 없는 등 문제점이 있다.

(3) APTEEN(Adaptive Periodic Threshold - sensitive Energy Efficient Sensor Network Protocol)¹⁸⁾은 사전적 센서 네트워크와 반응적 센서 네트워크의 단점을 최소화하면서 둘의 장점을 통합하는 하이브리드 네트워크를 제공하는 기법이다. APTEEN은 TEEN의 단점을 개선하였지만 임계치 기능과 카운트 시간을 구현하는데 부가적인 비용이 요구되는 단점이 있다.

(4) PEGASIS(Power-Efficient GATHERing in Sensor Information Systems)¹⁹⁾는 LEACH의 클러스터 구성과 데이터 전송 방법을 개선하여 인접 노드와 하나의 연쇄를 구성하면서 에너지 소모를 줄일 수 있도록 제안하였다. PEGASIS 알고리즘의 노드는

임의의 노드에서 시작하여 그리드 알고리즘을 이용하여 인접 노드와 하나의 체인을 구성한 후 자신의 데이터를 인접 노드에게 전송한다. 전송된 데이터를 수신한 노드는 자신의 데이터와 수신한 데이터를 병합하여 다시 인접 노드에게 전송하는 과정을 반복한다. 그러나 PEGASIS는 네트워크가 확장됐을 때 단일 체인으로 데이터를 전달하기에는 전송 지연이 발생되고 체인 중간에 노드가 오류를 발생할 경우 대처하기 어렵다는 단점이 있다.

III. 제안하는 무선 센서 네트워크 라우팅 기법

이 논문에서는 모든 센서 노드들은 일정한 전파범위를 유지된다는 가정을 기반으로 전파범위를 기반의 다단계 라우팅 기법을 제안한다.

제안 기법은 레벨 초기화단계, 클러스터링 단계, 데이터 전송단계로 분류할 수 있다. 초기화 단계에서는 싱크 노드를 시작으로 다단계를 거쳐 interest 메시지 방송하여 네트워크의 모든 노드들이 자신의 속성정보와 전파범위내의 노드들의 속성정보로 라우팅테이블을 만드는 단계이다. 클러스터링 단계에서는 지정개수의 헤드노드를 중심으로 클러스터를 형성하는 단계이며 데이터 전송단계는 노드에서 수집된 데이터를 자신이 소속된 클러스터헤더에 전송하여 데이터 병합과정을 거쳐 병합된 데이터를 라우팅알고리즘을 이용하여 싱크 노드까지 전송하는 단계이다.

3.1 노드속성정보 초기화

노드속성정보 초기화는 네트워크를 구성하는 모든 노드들은 싱크 노드로부터 시작하여 마지막 노드까지 전파범위내의 노드들의 속성정보(표 1.참조)를 기반으로 라우팅테이블을 만드는 과정이다.

표 1. 라우팅테이블의 속성정보 설명

속성필드 정보	설 명
N_ID	유일한 노드 식별자
Level	노드가 interest 메시지를 받은 최소레벨 값
CH_ID	클러스터헤더노드의 ID 자신일 경우 Null값
PS	노드 간 거리 값
Link	전파범위내의 노드 수
E_residue	노드의 잔여 에너지 값

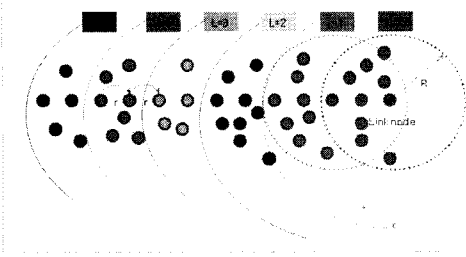


그림 2. 라우팅테이블 생성과정

노드속성정보 초기화는 그림 2에서와 같이 다음과 같은 과정을 통하여 초기화 된다. 그림 2에서 대문자 R은 노드들의 전파범위의 반지름이며 소문자 r은 네트워크를 구성한 인접 노드들 간의 평균 간격이다.

- (1) 처음단계는 싱크 노드에서 일반노드들의 지정된 전파범위(R)를 기반으로 interest메시지(노드 식별자, 레벨정보 잔여에너지 등) R를 반지름으로 한 원안의 모든 노드에 방송한다. 싱크 노드에서 interest메시지를 받은 노드들은 레벨 값이 0으로 값을 가지게 된다.
- (2) 레벨이 0으로 설정된 노드들은 이어서 2단계 interest메시지를 방송한다. 그때 처음 interest메시지를 받은 노드들은 레벨 값을 1로 설정하고 다시 자신의 interest메시지 새로 작성한다. 이미 레벨이 설정된 후 레벨 값은 유지되며 받은 interest메시지를 기반으로 라우팅테이블을 작성한다.
- (3) 위와 같은 방법으로 점진적으로 interest메시지를 방송하여 전체네트워크의 노드들은 레벨 값 및 라우팅테이블이 초기화가 된다.

3.2 네트워크 클러스터링

이 논문에서 클러스터 헤드 선정은 센서 필드에 단일 센서 노드를 분포시킨 후 일정 비율 값만큼 클러스터 헤드를 선출하도록 한다. 즉, 모든 센서들은 클러스터 헤더가 되는 일정한 확률 p값을 가지고 있으며, 각 센서들이 0과 1사이 임의의 수를 선택하여 확률 p값보다 작거나 같다면 자신을 클러스터 헤더로 선출한다. 즉 Leach 기법에서 클러스터 헤드 선출방법과 같은 방법을 사용한다.

전체 센서네트워크에 만일 센서노드의 수가 N개 이라면, 평균적으로 pN개의 클러스터 헤더가 선출된다. 센서 노드가 위의 과정에 의해 클러스터 헤더로 선출된 후, 자신이 클러스터 헤드임을 알리는 메시지를 통신 범위 내에 있는 센서 노드들에게 브로

드캐스팅 한다. 메시지를 받은 센서 노드들은 자신의 클러스터 헤드 여부를 확인하고, 클러스터 헤드가 아니라면 가장 가까운 클러스터 헤드의 클러스터 멤버가 된다.

예외적으로 자신이 클러스터 헤드도 아니며, 어떠한 클러스터에도 속해있지 않은 센서는 비연결 클러스터 헤드가 된다. 또한, 클러스터 헤더로 선출되었다 하더라도 자신의 통신 범위 내에 있는 센서 노드를 통해 병합된 데이터를 싱크 노드로 전송할 수 없으면 비연결 클러스터 헤더가 된다. 이러한 비연결 클러스터 헤더는 수집된 데이터를 싱크 노드까지 전송할 수 없으므로, 비연결 클러스터 헤더의 에너지 소비량은 0으로 간주한다.

3.3 데이터 전송단계

제안기법에서 데이터전송은 클러스터 헤더로 부터 데이터의 목적지인 싱크 노드까지의 인터과정의 데이터 전송을 위한 라우팅과정만 고려하였으며 인트라과정에서 멤버노드에서 클러스터 헤더까지의 데이터 전송은 기존 멀티 홉 Leach 기법을 따른다.

데이터전송은 클러스터 헤더에서 병합된 데이터를 초기화과정에서 생성된 라우팅테이블 정보를 이용하여 데이터 전송이 이루어진다. 구체적으로 보면 제안기법에서는 표 2에서와 같이 데이터 패킷을 만들고 노드에 저장된 라우팅테이블을 기반으로 그림 3에서와 같이 다음 과정을 거쳐 데이터를 싱크 노드로 전송한다.

- (1) 우선 클러스터 헤더에서 자신의 속성정보로 데이터 패킷의 해당 헤더(NID, Level, E_residue, Link, CHID)정보를 갱신하고 저장된 라우팅테이블에서 데이터를 중계할 다음 노드를 선정한다.
- (2) 다음 노드를 선정기준은 우선 Level정보가 작

표 2. 데이터 패킷 구조

NID	Level	E_residue	Link	CHID	S_ID	D_ID	Data
-----	-------	-----------	------	------	------	------	------

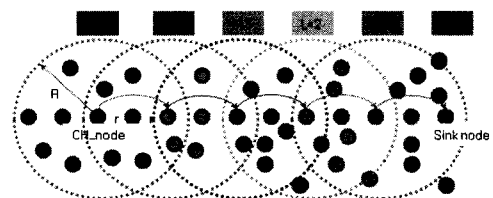


그림 3. 데이터 패킷 전송과정

은 노드를 선택하고 같은 Level의 노드가 여러 이면 다시 잔여에너지 E_residue값이 가장 큰 정보를 선택하고 만일 잔여에너지 값도 동일한 노드가 존재하면 노드간 거리가 짧은 즉 PS값이 작은 노드를 선택한다.

- (3) 위의 다음 노드 선정된 후 자신의 속성정보로 데이터패킷의 해당 헤더(NID, Level, E_residue, Link, CHID)정보를 갱신하고 다음 중계노드로 데이터 패킷을 유니캐스팅 한다.
- (4) 데이터 패킷을 받은 노드는 (2)와 (3)과정을 반복하여 Level 값이 0인 노드까지 전송하게 된다.
- (5) Level 값이 0인 노드에서는 데이터 패킷을 직접 싱크 노드에 전송하여 데이터 전송은 종료 된다.

IV. 실험 및 성능 평가

4.1 시뮬레이션 환경설정

이 논문에서는 제안 기법의 계층적 센서 네트워크에 대한 성능을 평가하기 위하여 C++프로그램을 작성하여 멀티 홉 방식의 LEACH기법과 비교평가를 하였다. 실험에서 설정된 센서 필드의 크기는 100m×100m이며 센서 노드의 개수는 100개에서 1000까지 변화시켜 에너지 성능을 평가하였다. 각 노드는 동일한 초기에너지와 매번 데이터를 전송하는데 동일한 에너지를 소모하며 전파범위가 일정하다고 가정한다. 따라서 에너지 소모량은 데이터발송차수와 정비례관계를 가지며 만일 매번 데이터발송에 소모되는 에너지양을 1 unit으로 가정하면 데이터의 발송차수로 소모되는 에너지양을 대체할 수 있다. 그리고 실험에서는 데이터 수신에서 소모되는 에너지양은 발신 때에 소모되는 에너지양에 비하여 매우 적기 때문에 무시하였다.

4.2 실험결과 분석

센서 노드에서 매번 데이터발송 할 때마다 일정한 에너지 소비를 유지하기 때문에 데이터중계홉수로 매번 에너지 소비량을 대체할 수 있다. 그림 4는 센서네트워크의 노드의 밀도에 따른 데이터 패킷 중계 총 홉수의 변화를 보여주고 있다. 그림에서 보여주는 것은 제안 모델은 노드의 밀도의 영향을 적게 받는다는 것을 알 수 있으며 또한 데이터 패킷 전송회수를 크게 줄이어 에너지 효율이 향상되었음을 알 수 있다.

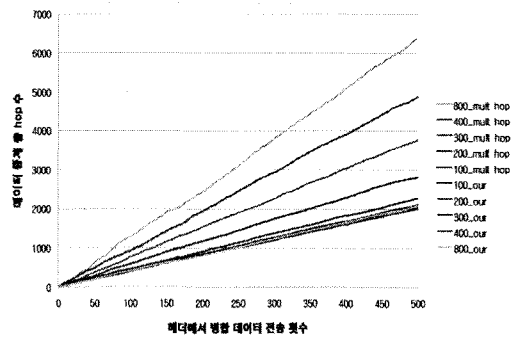


그림 4. 네트워크 노드 밀도에 따른 총 hop수의 변화

기존 멀티 홉 기법에서는 노드 밀도가 클수록 에너지 효율이 현저히 떨어지는 것을 알 수 있다. 그 원인은 멀티 홉 기법에서 패킷전송은 전송범위 내에서 여러 노드를 거치게 하여 에너지 중복 소모가 발생하였기 때문이다.

V. 결론

무선통신기술이 발달로 센서네트워크도 무선방식으로 전환하면서 무선센서네트워크에 대한 하드웨어 및 소프트웨어 기술로 분류되어 많은 연구가 수행되고 있다. 그러나 기존 소프트웨어분야에서의 대부분 연구는 이상화한 환경설정을 기반으로 실제 무선센서네트워크의 실현이 어렵다. 예를 들면 장 대표적이 계층적 라우팅기법인 Leach기법은 클러스터 헤더에서 싱크 노드까지 데이터를 직접 전송이 이루어진다고 가정하고 있으며 또 그 후에 제안된 많은 멀티 홉 방식을 이용한 라우팅 기법들은 일반노드가 지능을 갖고 있어 지정거리에 맞춰 발송에너지를 제어 가능하다고 가정한다. 이런 가정은 노드의 제한된 성능을 무시하고 이상화한 결과로 볼 수 있다.

이 논문에서는 기존의 무선센서네트워크 라우팅 기법들을 분석하고 그 기법들이 실제 무선센서네트워크의 구축과 실현에 있어서의 문제점을 제시하고 이 문제 해결을 위한 싱크 노드를 중심으로 한 다단계 라우팅기법을 제시하였다. 제안기법은 노드들의 전파범위를 기반으로 네트워크 에너지 소모량을 예측하여 에너지 소비의 최적화가 가능하며 또한 실제 무선센서네트워크 구축과 실현에 활용이 가능하다. 또한 제안 기법에 시뮬레이션을 통하여 기존 기법과의 성능분석을 통하여 제안기법의 가시적의 성능향상과 실제 무선센서네트워크에서의 실현 가능성을 입증하였다.

참 고 문 헌

[1] V. Loscri, S. Marano, G. Morabito, "A Two-Levels Hierarchy for Low-Energy Adaptative Clustering Hierarchy (TL-LEACH)." Proceedings "VTC2005", Dallas (USA), pp.1809-1813, Sept., 2005.

[2] L. Ying, Y. Haibin, "Energy Adaptive Cluster-Head Selection for Wireless Sensor Networks," Proceedings of the Sixth International Conference on Parallel and Distributed Computing Applications and Technologies, p.634-638, December, 05-08, 2005.

[3] C. Intanagonwiwat et al., "Directed diffusion for wireless sensor networking," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.11, No.1, pp.2-16, Feb., 2003.

[4] J. Kulik, W. R. Heinzelman, H. Balakrishnan, "Negotiation-Based Protocols for Disseminating Information in Wireless Sensor Networks," Wireless Networks, Vol.8, No.2/3, pp.169-185, 2002.

[5] W. B. Heinzelman, "Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks," Ph.D. dissertation, Mass. Inst. Tech., Cambridge, 2000.

[6] W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks," Wireless Comm. IEEE, Vol.1, No.4, pp.660-670, 2002.

[7] A. Manjeshwar, D.P. Agrawal, "TEEN : A routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks" Parallel and Distributed Processing Symposium., Proc. 15th International 23-27 Apr., 2001 pp.2009-2015.

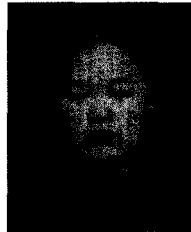
[8] A. Manjeshwar, D.P. Agrawal, "APTEEN : A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks" Parallel and Distributed Processing Symposium., Proceedings International, IPDPS Apr., 2002 pp.195-202.

[9] S. Lindsey; C.S. Raghavendra "PEGASIS : Power Efficient Gathering in Sensor Information Systems" Aerospace Conference Proc.2002. IEEE Vol.3, pp.1125-1130. 2002.

[10] Jin-Chul Choi, Chae-Woo Lee "Modeling of the Cluster-based Multi-hop Sensor Networks," Journal of IEEK, Vol.43 No.1 pp.57-71, 2006

김 석 매 (Shi-Mei Jin)

정회원



2004년 8월 충북대학교 전자계산
학 이학석사
2004년 9월~현재 충북대학교 전
자계산학과 박사수료
<관심분야> M-Commerce, 정보
보호, 알고리즘

이 영 진 (Yong-Zhen Li)

정회원



1997년 6월 중국 연변대학교
물리학과 이학석사
2007년 2월 충북대학교 전자계
산학과 이학박사
2008년 3월~현재 중국 연변대학
교 공학원 컴퓨터과학 및 기술
학과 교수

<관심분야> 정보보호, 네트워크 보안, 프라이버시

이 충 세 (Chung-Sei Rhee)

정회원



1989년 University of South
Carolina, 전산학 박사
University of North Dakota 전산
학과 조교수
1991년~현재 충북대학교 전기전
자컴퓨터공학부 교수
<관심분야> 결합허용, 알고리즘

및 전문가 시스템, 정보보안