
WPAN 기반의 WSN 환경에서 저전력 송신을 위한 센서 프레임워크 설계

김용태* · 정윤수**

A Design of Sensor Framework for Low-Power Transmission
in the WSN Environment based on WPAN

Yong-Tae Kim* · Yoon-Su Jeong**

이 논문은 2010년 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음

요 약

기존의 RF 통신 기반의 WPAN 환경에서는 센서에 대한 시스템 초기화시 송신 전력의 출력값을 설정하고 고정적으로 송신하므로 과도한 송신 전력에 의한 배터리 수명의 저하와 센서간의 간섭 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제의 해결을 위하여 각각의 센서들이 자신의 수신 세기(RSSI)에 따라 상대에 대한 송신 전력을 적절히 제어하여 전력 소모를 감소하는 저전력 송신 방법 및 프레임워크를 제안한다. 제안 시스템은 센서 네트워크 내에서 주변 센서의 송신 강도에 의해 연결된 센서의 수신 세기에 따라 송신 전력을 적절히 제어하여 전력 소모를 감소하는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 프레임워크는 신호 수신 모듈, 신호 송신 모듈, 송신 전력 탐색 모듈, 송신 전력 관리 모듈 그리고 데이터 송신 모듈을 포함한다.

ABSTRACT

In the existing RF communication based WPAN environment, a lowering of battery span and interference problem among sensors occur because the value of output is set and transmitted steadily when the system on sensor is initialized. Therefore, this paper proposes a framework and a transmit method with low power which decreases the electricity consumption by properly controlling transmit power of opponent by received signal strength indicator(RSSI) of each sensor. The system proposes a power-lowering method by controlling transmit power properly by the transmit intensity of the connected sensor after being affected by the transmit intensity of surrounded sensor. The framework that is proposed in this paper includes data transmit module, transmit power manager module, transmit power searching module, signal transmit module, and signal receiving module.

키워드

WPAN, RSSI, 무선 센서 네트워크, 전력 소모, 지그비

Key word

WPAN, RSSI, Wireless Sensor Network, Power Consumption, Zigbee

* 정희원 : 한남대학교 멀티미디어학부 교수
** 정희원 : 충북대학교 전자계산학과 네트워크 보안연구실
(교신저자, bukmunro@gmail.com)

접수일자 : 2010. 11. 19
심사완료일자 : 2010. 12. 15

I. 서 론

최근의 컴퓨터 관련 기술과 정보 통신 기술의 발전으로 무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Network)는 센서, CPU, 메모리와 무선 송수신기 등이 통합되어 더욱 강력하고 스마트하며 확대를 용이하게 한다. 무선 센서 네트워크는 다양한 센서 노드에서 수집한 정보를 무선으로 전송이 가능하며, 배터리를 통하여 전력을 공급받고 획득하는 통합 센서 장치로 구성된다. 또한 데이터 처리 능력과 단거리 무선 통신이 가능한 특징을 가지고 있다[1].

미래의 유비쿼터스 사회의 기본적인 통신 기법은 단거리의 개인 통신 네트워크를 무선으로 구현하는 WPAN(Wireless Personal Area Network)에 의해 범용화가 예측된다. 따라서 WPAN은 네트워크를 구성하는 센서의 전원을 소형의 배터리를 사용하여 수개월 또는 수년 동안 수명을 보장하기 위해 센서 각각의 소비 전력을 감소시키는 기법들이 요구된다.

기존의 RF(Radio Frequency) 통신 기법을 이용하는 다양한 WPAN의 센서들은 시스템 초기화시 송신 전력의 출력값을 설정하고 고정적으로 설정된 출력값으로 송신하는 방법을 사용한다[2]. 각각의 센서들은 상대 센서의 위치나 수신 세기에 따라 낮은 송신 전력에 의해 정상적으로 데이터 수신이 가능함에도 불구하고 필요 이상의 송신 전력을 사용하여 송신한다. 따라서 과도한 송신 전력의 사용으로 인하여 배터리의 수명이 저하되고 다른 센서들과 많은 간섭을 일으키는 문제점이 존재한다. 따라서 본 논문은 기존의 문제 해결을 위하여 센서들이 각각의 수신 세기에 따라 송신 전력을 적절히 제어하여 전력 소모를 감소하는 저전력 송신 방법 및 장치를 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성한다. 2장은 무선 센서 네트워크의 개요와 에너지 효율성을 향상시킨 기법에 대하여 분석한다. 3장에서는 무선 센서 네트워크의 에너지 효율성을 극대화하면서 네트워크 확장성을 보장하는 기법을 제안하고, 4장은 본 논문에서 제안한 프레임워크의 효율성에 대하여 분석·평가한다. 마지막으로 5장에서 결론과 연관된 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

II. 관련 연구

2.1 무선 센서 네트워크의 개요

초기 무선 센서 네트워크의 응용 분야는 군사용의 감시와 추적 등이 목적이었으나, 최근에는 환경/생태 감시 분야, 에너지 관리 분야, 재고 관리 분야, 전투 지역 관리 분야 및 의료 모니터링 분야 등 광범위하며, 이들 분야에서 무선 센서 네트워크에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다[3].

무선 센서 네트워크에서 다양한 이질적인 센서들은 일정한 영역에 임의로 분산 배치되며, 인접한 노드들이 유사한 정보를 감지하는 특성에 의해 센서의 동작이 실패하거나 정지되는 경우에도 네트워크의 전체적인 동작에는 영향을 미치지 않는 특성이 있다. 그리고 무선 센서 네트워크는 무선 매체의 저속, 오류가 심한 전송 특성, 제한된 전원 공급 및 센서 노드의 임의 배치로 인한 교체 불가능 등의 문제점을 가진다[4].

무선 센서 네트워크에 대한 기존의 연구 기법은 노드의 이동성과 네트워크 구성에 초점을 맞추어졌고, 센서 노드의 에너지 효율성 증가를 위하여 MAC(Multiple Access Control) 프로토콜과 라우팅 프로토콜 중심으로 제안되었다[1, 5]. 무선 센서 네트워크는 센서 노드들의 협력 시스템이므로, 에너지 효율성을 위해서는 MAC 프로토콜과 라우팅 프로토콜의 설계 시에 센서 네트워크를 구성하고 있는 각각의 노드들의 수명 연장은 물론 많은 노드들로 구성된 네트워크 전체의 수명 연장 및 네트워크의 확장성을 극대화하기 위한 기법이 필요하다. 특히 에너지 효율성을 극대화하기 위해서는 멀티 홉 안에 존재하는 센서 노드들이 자발적으로 클러스터링에 참여하여 클러스터 헤드가 센서 노드들의 에너지를 효율적으로 관리할 수 있는 클러스터링 방법과 중간 노드 역할을 하는 클러스터 헤드가 백본 역할을 하도록 하여 베이스스테이션까지 전달해야 하는 데이터를 최소의 송·수신 에너지를 가지고 전달할 수 있는 멀티 홉 라우팅 방법 측면에서 서로 상호 보완적으로 에너지를 관리함으로써 확장성을 보장해야 한다.

이러한 무선 센서 네트워크의 문제점을 극복하기 위해서는 각각의 센서 노드에게 집중된 에너지 소비를 감소시켜 전체 네트워크의 수명을 연장하는 방향으로 설계되어야 하며, 동시에 센서 네트워크의 동적인 변화에

빠르게 대응하여 수집된 정보를 안전하게 전달할 수 있는 방안이 필요하다.

2.2 무선 데이터 통신 기술의 개요

좁은 범위의 무선 데이터 통신 기술은 IEEE 802.15 WPAN과 IEEE 802.11 WLAN 기술이 존재한다. 무선 시설망인 WPAN은 수십m 떨어진 컴퓨터와 주변기기, 휴대폰, 가전제품 등을 무선으로 연결하여 센서들 간의 통신을 지원하는 것으로 무선랜, 지그비(Zigbee), 블루투스(Bluetooth), 초광대역 무선 통신(UWB: Ultra Wide Band) 등과 같은 무선 통신 방식을 이용한다.

WPAN과 WLAN의 유사점과 차이점은 다음의 표 1과 같다[6, 7].

표 1. WPAN과 WLAN의 특성
Table 1. Characteristics of WPAN and WLAN

	WPAN	WLAN
사용 범위	저전력 이동성 장치	휴대용 클라이언트 장치
전력 레벨	1mW의 송신 전력, 배터리에 의해 운용, 낮은 전력 소비	100mW의 송신 전력, 콘센트로부터 전력 공급, 과도한 전력 소비
적용 범위	10m 이내의 범위	100m이내, 고정된 장소에 적용
장치의 구성	다양한 타입의 구성	한 가지 타입으로 구성
매체의 제어	동기화가 가능한 장치, 작은 영역을 커버, 충돌을 경감시키는 구조	비동기 장치 넓은 영역에 분포, 매체 접근을 위한 충돌 회피 메커니즘 필요, CSMA/CA 효과적인 프로토콜
네트워크의 수명 (지속시간)	ad-hoc 형식, 네트워크 생성 및 장치들 간 연결 확립 신속, 짧은 시간동안 존재	네트워크 구성 장치들과 무관, 대규모 네트워크 운영 가능, 유선 LAN의 무선 확장 형태

무선랜(WLAN)은 보안성이 뛰어난 반면 프로토콜 규격이 복잡하고, 불필요한 신호에 대한 전파 간섭이 심하며, 소비 전력이 커서 배터리를 자주 교환해야하는 불편함이 있다. 기존의 블루투스, WiFi, IrDA 등을 사용하는 WPAN은 기술이 고가이며, 전력소모 문제 등으로 시장 활성화가 부진한 상황에서 ZigBee는 단순한 기능의 저기능성 센서 네트워크를 가능하게 하기 때문에 ZigBee 기술을 USN 구축을 위한 기본 네트워크인 무선 센서 네

트워크를 구현하기 위한 기술로 채택하였다[8].

WPAN의 주요 과제 중 하나는 일반적인 전원을 사용하지 않고 소형 배터리로 온도, 습도, 진동, 조도 등을 감지하는 각종 센서와 검침기 및 원격제어/감시 모듈 등의 센서들을 구동하는 것이다. 지그비 무선 통신은 전송 신호 즉, 데이터 그리고 제어 신호의 도달거리가 짧으며, 데이터 용량이 작고 저전력 구동이 가능하다. 또한, 통화 간섭이 적고, WPAN가 형성된 영역 내에서는 자동적으로 동기화되기 때문에 편의성이 제공된다.

2.3 WPAN 네트워크의 구성

WPAN은 지그비 네트워크를 나타낸 것으로 코디네이터(Coordinator), 라우터(Router), 종단 센서(ED)가 일정한 영역(CELL)에서 필요한 위치에 설치되어 메쉬(Mesh) 형태의 무선 통신 네트워크를 구성한다. WPAN은 코디네이터와, 코디네이터의 관리하에 무선 통신이 이루어지는 다수의 라우터와 다수의 종단 센서로 구성된다[9]. 다음의 그림 1의 WPAN은 지그비 네트워크를 나타낸다.

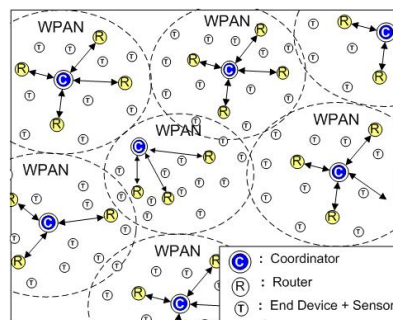


그림 1. 지그비 네트워크 형태의 WPAN 구성
Fig. 1 WPAN Configuration of ZigBee Network Form

코디네이터는 WPAN을 구성하는 다수의 라우터와 종단 센서의 정보를 저장하고, 저장된 정보를 이용하여 센서들을 관리한다. 라우터는 코디네이터와 종단 센서의 데이터 통신과 종단 센서들 사이의 데이터 통신을 중계한다. 종단 센서는 코디네이터로 직접 접속을 요청하거나, 라우터를 경유하여 네트워크 접속을 요청한다. 그리고 코디네이터를 통해 네트워크에 접속되면 코디네이터 또는 라우터를 경유하여 다른 종단 센서와 데이터 패킷을 송수신한다.

III. 저전력 송신 프레임워크의 설계 및 구현

본 논문은 기존의 RF 통신 기반의 WPAN 환경에서 과도한 송신 전력에 의한 배터리 수명의 저하와 센서간의 간섭이 발생하는 문제 해결을 위하여 각 센서들의 수신 세기에 따라 송신 전력을 적절히 제어하여 전력 소모를 감소하는 무선 네트워크의 저전력 송신 방법 및 장치를 제공한다.

3.1 저전력 송신을 위한 센서 프레임워크 설계

본 논문의 제안 시스템에서는 WPAN을 구성하는 코디네이터, 라우터 그리고 종단 센서와 같은 각각의 센서가 전파 환경, 수신 세기(RSSI: Received Signal Strength Indication), 전송 거리에 따라 송신 출력을 적절하게 설정하여 데이터의 송신이 가능하다. 이에 따라 각각의 디바이스는 데이터 송신시 불필요한 전력 소모를 방지하여 전력 소비를 감소한다. 무선 센서 네트워크 환경에서 저전력 송신을 위해 본 논문의 제안 시스템은 신호 수신 모듈, 신호 송신 모듈, 송신 전력 탐색 모듈, 송신 전력 관리 모듈 그리고 데이터 송신 모듈로 구성한다. 다음의 그림 2는 제안 시스템의 저전력 송신 프레임워크의 구성 요소를 나타낸다.

신호 수신 모듈은 안테나에 수신된 신호 처리를 담당하고, 신호 송신 모듈은 신호 송신을 위한 데이터를 변환하고, 송신 전력 탐색 모듈은 네트워크를 관리하는 코디네이터가 상대 센서로부터의 수신 신호 세기를 이용하여 상대 센서에 대한 송신 전력을 탐색하고, 송신 전력 관리 모듈은 상대 센서에 대한 송신 전력을 결정하여 송신 전력 관리 테이블에 등록하고, 데이터 송신 모듈은 등록된 송신 전력을 이용하여 상대 센서로 원하는 데이터를 송신한다.

3.2 신호 수신 장치의 설계

신호 수신 장치는 안테나를 통해 수신된 신호를 증폭하고 수신 신호 처리기에 의해 주파수 하향 변환과 수신기의 신호 처리 범위 안에서 자동 이득 조절을 수행한다. 그리고 아날로그/디지털 변환기에 의해 디지털 데이터로 변환하고, 아날로그/디지털 변환기에 의해 발생하는 각각의 I 채널 및 Q 채널의 수신 데이터를 디지털 중간 주파수 채널 필터에 의해 필터링하여 주파수 옵셋 보상

부와 RSSI 발생부로 출력한다.

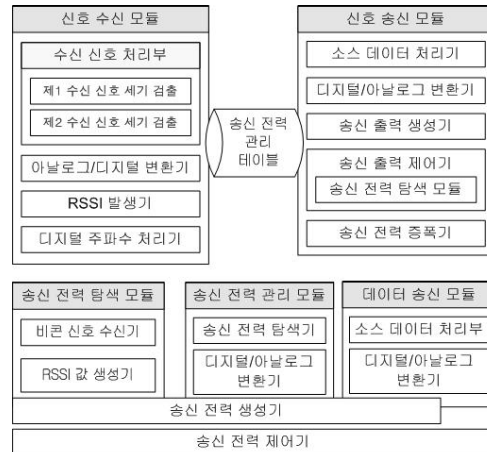


그림 2. 저전력 송신 프레임워크의 구성 요소
Fig. 2 Components of the Low Power Transmission Framework

주파수 옵셋 보상부는 수신 성능 유지를 위하여 수신 데이터에 대한 주파수 편차를 보상하여 출력한다. RSSI 발생부는 디지털 중간 주파수 채널 필터에 의해서 필터링한 채널의 수신 데이터에 대한 RSSI 값을 산출하고 산출된 RSSI 값을 레지스터에 저장한다. 그리고 RSSI 발생부는 저장된 RSSI 값을 송신 전력 제어기로 출력하고, 송신 전력 제어기에 의해 수신 신호의 RSSI 값을 기반으로 전력 증폭기의 이득을 결정하여 송신 전력을 적절히 조정한다. 송신 출력 제어기는 수신기로부터의 RSSI 신호에 따라 송신 전력을 설정하고 전력 증폭기의 이득을 적절하게 조정하므로 과도한 송신 전력의 낭비를 방지한다.

3.3 데이터 송신 장치의 설계

데이터 송신 장치는 신호 송신을 위한 데이터가 송신 버퍼에 입력되면 소스 데이터 변환기에 의해 소스 데이터를 4비트 심볼 단위로 맵핑하여 IEEE 802.15.4의 PN 코드에 의해 32비트 시퀀스로 확산한다. 그리고 32비트 시퀀스 신호를 홀수, 짝수 칩 인덱스에 따라 I(In Phase) 채널과 Q(Quadrature Phase) 채널로 분리한다. 각각의 I 채널과 Q 채널 펄스 신호는 IEEE 802.15.4의 하프 사인(Half Sine) 펄스로 성형하고, 디지털/아날로그 변환기에 의해 아날로그 신호로 변환하고 고주파 노이즈를 제거하고 각각의 I 채널과 Q 채널 업컨버터로 전송한다.

I 채널의 업컨버터는 오실레이터에서 일정하게 발생하는 2.4GHz 주파수와 함께 위상 지연기, 주파수 상향 변환을 수행하고 컴바이너로 출력한다. Q 채널의 업컨버터는 Q 채널 신호를 주파수 상향 변환을 한 다음 컴바이너로 출력한다. 컴바이너는 업컨버터 각각을 통해 주파수 상향 변환된 I 채널 및 Q 채널 신호를 가산하여 전력 증폭기로 출력한다.

전력 증폭기는 송신 출력 제어기의 전력 설정값에 따라 이득을 조정하여 송신 데이터의 전력을 증폭하고, 증폭된 송신 데이터는 안테나에 의해 송신된다. 이때 송신 출력 제어기는 수신기로부터의 RSSI 신호에 따라 송신 전력을 설정하여 전력 증폭기의 이득을 적절하게 조정하므로 과도한 송신 전력의 낭비를 방지한다.

다음의 그림 3은 송신 전력 관리 테이블에 저장된 송신 전력값을 이용하여 코디네이터에서 상대 센서에 대한 송신 전력 제어 방법을 나타내는 알고리즘이다.

```

Procedure Transmission Electric Power Control Module
{
  Repeat
  Repeat
    Setting the destination ID which wants to transmit up;
    Decoding transmission electric power which comes under the destination ID in transmission electric power management table;
    Setting the value of transmission electric power up to transmission electric controller register;
    Transmit the packet which wants to be transmitted;
  Until (no response?)
  Until (Is there any other transmission packet?)
}
    
```

그림 3. 송신 전력 제어 알고리즘
Fig. 3 Transmission Power Control Algorithm.

송신 전력을 제어하기 위하여 코디네이터는 송신 목적지로 상대 센서의 ID를 설정한다. 송신 전력 관리 테이블에서 목적지 ID에 해당하는 송신 전력 값을 송신 전력 제어기의 레지스터에 저장한다. 저장한 송신 전력 값으로 전력 증폭기의 이득을 조정하여 설정하고, 송신 전력 값을 이용하여 원하는 송신 패킷을 전송한다. 상대 센서로부터 전송된 송신 패킷에 대한 응답을 확인하고, 다른 송신 패킷이 존재하면 송신 전력 제어 과정을 반복하여 설정한 송신 전력 값으로 데이터 패킷을 상대 센서로 송신하고, 다른 송신 패킷이 없으면 송신 전력 제어를 종료한다.

3.4 송신 전력의 관리

코디네이터는 지그비 네트워크를 구성하는 라우터 그리고 종단 센서 각각에 대한 송신 전력 관리를 위해 각 센서에 대한 적당한 송신 전력을 탐색하여 검출된 송신 전력 값을 송신 전력 관리 테이블에 저장한다.

다음의 그림 4는 코디네이터에서 라우터 그리고 종단 센서에 대한 적절한 송신 전력을 관리하기 위한 송신 전력 탐색 방법을 나타낸 알고리즘이다.

```

Procedure Transmission Electric Power Search Module
{
  Repeat
  Repeat
    Packet receiving from the opponent node;
    Decoding RSSI value from RSSI generator module of receiving part;
    Determining transmission electric power of its own from RSSI value of the opponent node;
    Transmission request of receiving RSSI value of the opponent node;
    RSSI value receiving from receiving packet;
  Until (RSSI<=-70dBm OR RSSI>=85dBm)
  Registration of the value of transmission electric power to electric power management table;
  Until (Is there network update?)
}
    
```

그림 4. 코디네이터의 송신 전력 탐색 알고리즘
Fig. 4 Transmit Power Search Algorithms of the Coordinator

코디네이터는 각각의 센서에 대한 송신 전력 탐색을 위해 상대 센서로부터 데이터 패킷을 수신한다. 코디네이터의 수신부에 포함된 RSSI 발생부는 수신 데이터로부터 RSSI 값을 산출하여 레지스터에 저장한다. 코디네이터의 송신부는 저장한 RSSI 값을 기반으로 송신 전력을 결정한다.

송신 전력은 수신 데이터의 RSSI 값을 기반으로 송신 기준 레벨인 -70~85dBm 수준으로 조정하여 송신한다. 그리고 송신 전력에 대한 상대 센서의 정상적인 데이터 수신 여부 확인을 위하여 코디네이터는 조정된 송신 전력을 이용하여 상대 센서에게 수신 RSSI 값을 요청한다. 상대 센서로부터 요구 응답을 수신하면 수신 패킷으로부터 RSSI 값을 검출한다.

검출한 RSSI 값이 정상 수준인 -70~85dBm 범위를 판단하여 정상 범위이면 결정한 송신 전력값을 상대 센서의 송신 전력 값으로 전력 관리 테이블에 저장하고

네트워크 업데이트가 없으면 송신 전력 탐색 과정을 종료한다. 검출한 RSSI값이 정상 범위를 벗어나면 정상 범위의 송신 전력을 찾을 때까지 송신 전력 탐색 과정을 반복한다. 그리고 네트워크가 재구성되거나 라우터의 라우팅 경로가 업데이트된 경우는 송신 전력 탐색 과정을 반복함으로써 송신 전력 관리 테이블을 업데이트한다.

코디네이터는 네트워크를 구성하는 각 센서에 대한 송신 전력 탐색 과정을 수행하여 적당한 송신 전력을 검출하고 검출된 송신 전력을 송신 전력 관리 테이블에 저장한다. 그리고 저장한 송신 전력값을 이용하여 상대 센서에 따라 송신 전력을 제어하므로 과도한 송신 전력 소모를 방지한다. 또한 네트워크가 업데이트를 수행하는 경우는 각각의 센서에 대한 적절한 송신 전력을 다시 탐색하여 검출한 송신 전력 값으로 송신 전력 관리 테이블을 업데이트한다.

3.5 중단 센서(ED)의 랜덤 송신 전력 탐색 방법

다음의 그림 5는 중단 센서의 송신 전력 탐색 방법을 나타내며, 코디네이터의 송신부, 라우터 그리고 중단 센서(ED)의 송신부에 의해 수행된다. 중단 센서는 네트워크 구성시 랜덤 송신 전력을 다음과 같이 탐색한다.

```

Procedure Random Transmission Electric Power Search
Module of End-Device(ED)
{
Repeat
Receiving BEACON from Coordinator;
Decoding RSSI value from RSSI generator of receiver
about BEACON receiving;
Determining transmission electric power of its own
from RSSI value of the opponent node;
LOOP
{
Setting the value of electric power control decided
after random time delay;
Transmission network-access-request-packet;
IF(conformation of request-response receiving?)
THEN
break;
ELSE transmission electric power increase based on
the early value of electric power;
}
Registration of the control value of transmission
electric power to electric power management table;
Until (Is there network update?)
    
```

그림 5. 중단 센서의 랜덤 송신 전력 탐색 알고리즘
Fig. 5 Transmit Power Search Algorithms of the End Sensor

중단 센서는 코디네이터로부터 비콘(Beacon) 신호를 수신하고 RSSI 값을 산출하여 레지스터에 저장한다. 그리고 저장된 RSSI 값에 의해서 초기 송신 전력 값을 결정한다. 랜덤 시간 지연 후 결정된 송신 전력 값으로 전력 증폭기의 이득이 조정됨으로써 송신 전력이 설정된다. 설정된 송신 전력으로 중단 센서는 네트워크 접속 요구 패킷을 송신하고, 코디네이터로부터 응답 신호가 정상적으로 수신되는지 확인한다.

IV. 실험 환경 및 성능 평가

본 논문에서 제안한 저전력 송신을 위한 센서 프레임워크의 성능 평가를 위해 센서 네트워크 환경에 대한 기본 모델은 정의된 LR-WPAN 표준을 기반으로 설정하고, 성능 평가를 위한 시뮬레이션 툴은 NS-2를 사용하여 실험하였다. 본 논문의 제안 시스템에서 센서 정보 수집에 관한 실험을 위하여 표 2의 성능 평가를 위한 파라미터의 초기값에 의해 임의적으로 생성되는 실험 시나리오 모델을 사용한다.

표 2. 성능 평가를 위한 파라미터의 초기치
Table 2. The initialization of Parameter for Performance Evaluation

환경 변수	값
네트워크 크기	(0,0)×(100,100)
노드의 개수	40
라우터의 개수	4
센서 유지 전력	5 _μ W
수신 전력	1mW
송신 전력	15mW
데이터 패킷 크기	25, 50, 100, 200 bytes
쿼리 패킷 크기	25 bytes
헤더 패킷 크기	25 bytes
무선 회로부 에너지	50nW/bit
무선 증폭 에너지	10pW/bit/m ²
센서의 초기에너지	1W
코디네이터의 위치	(100,100), (50,100)

또한 제안한 센서 프레임워크의 성능 평가를 위해 센서 노드의 에너지 소비에 초점을 맞추어서 실험을 실시

한다. 센서의 에너지 소비는 비콘 주기, 전송량, 센서 노드의 개수, 거리와 같은 파라미터를 결정하고, 에너지 소모량과 준비한 실험 파라미터와의 관계를 평가한다.

정상적인 응답 신호가 수신되지 않은 경우는 송신 전력이 너무 낮아 코디네이터가 네트워크 접속 요구 패킷을 정상적으로 수신하지 못한 것으로 판단한다. 이런 경우는 초기 송신 전력 값보다 송신 출력 값을 높여 네트워크 접속 요구 패킷을 재전송하고 코디네이터의 응답 신호 수신여부를 확인한다.

응답 신호가 수신되면 설정된 송신 전력 값을 전력 관리 테이블에 저장하고 네트워크의 업데이트가 없으면 송신 전력 탐색 과정을 종료한다. 만약 네트워크가 업데이트되어 네트워크가 재구성되거나 라우터의 라우팅 경로가 업데이트된 경우는 송신 전력 탐색 과정을 반복함으로써 송신 전력 관리 테이블을 업데이트한다.

따라서 중단 센서는 네트워크 구성시 코디네이터로 네트워크 접속 요구 패킷을 송신하고 송신 전력 탐색 과정에 의해 적절한 송신 전력을 검출하여 전력 관리 테이블에 저장한다. 그리고 저장된 송신 전력 값에 의해 원하는 송신 패킷을 전송하므로 과도한 송신 전력 소모를 방지하고 과도한 송신 전력으로 인한 다른 센서들과의 간섭을 방지한다.

V. 결론

본 논문에 따른 무선 네트워크의 저전력 송신 방법 및 장치는 수신 데이터의 RSSI 값을 이용하여 적절한 송신 출력을 탐색하여 산출함으로써 수신 세기, 전송 거리, 전파 환경에 따라 송신 출력을 제어할 수 있다. 따라서 각 센서에서 필요 이상으로 송신 출력이 높아지는 것을 방지할 수 있으므로 전력 소모를 줄이고 과도한 송신 출력으로 인한 센서들 간의 간섭 방지가 가능하다.

본 논문의 실험은 먼저 신호 수신 장치에서 다수의 채널 중 해당 채널에서 수신된 신호 레벨인 각각의 패킷에 대하여 RSSI 값을 측정한다. RSSI 값은 다른 환경의 방해에 의하여 신호 강도에 영향을 미친다. 본 논문의 실험에서는 그림 6과 같이 측정되었음을 가정한다. 그림 6에서 나타나는 것과 같이 표준 시스템의 송신 출력은 3.2mW로 매번 측정되지만 제안 시스템의 송신 출력은 수신 에너지 탐지 모듈에 의해 1mW ~ 3.2mW로 다양하게 측정된다.

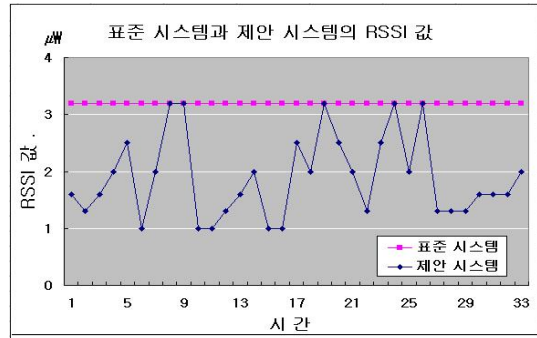


그림 6. 제안 시스템과 표준 시스템의 RSSI 값의 변화

Fig. 6 RSSI value changes of the proposed system and standard system

다음의 그림 7은 전송되는 데이터 패킷의 개수와 크기에 대한 전력 소모량을 나타낸다. 전력 소모량은 표준 시스템과 제안 시스템에서 송수신 과정에서 소모되는 전력 소모량을 분석한다. 신호 수신 과정의 전력 소모량은 표준 시스템과 제안 시스템 모두 센서 유지 전력과 수신 과정에 사용되는 전력 그리고 무선 회로 내에서 소모되는 전력이 사용한다. 신호 송신 과정의 전력 소모량을 파악하기 위하여 하나의 중단 센서에서 코디네이터로 지속적으로 데이터 패킷을 전송한다. 데이터 크기는 25, 50, 100, 200바이트이며, MAC 프레임의 제어 데이터는 50바이트이다. 사용되는 주파수 대역은 2.4GHz이고 사용된 센서는 10개이다. 실험은 RSSI 값의 산출 주기에 의한 전력 소모량을 나타낸다.

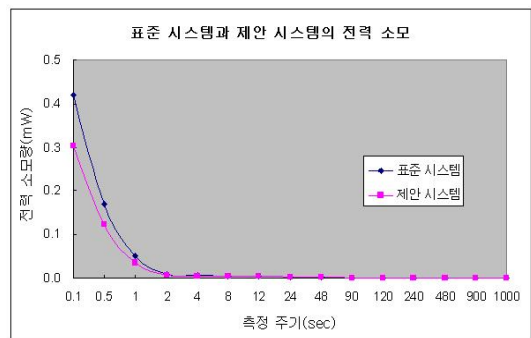


그림 7. 표준 시스템과 제안 시스템의 전력 소모

Fig. 7 Power Consumption of the proposed system and standard system

그림 7에서 나타나는 것처럼 지콘 신호 주기와 RSSI 값의 산출 주기가 증가할수록 전력 소모량도 따라서 감소하고 추후 5μW의 소모량을 유지하는 특징을 나타낸다. 측정 주기에 따라 사용된 전력 소모량은 표준 시스템보다 제안 시스템이 28% 감소되었음을 나타낸다.

참고문헌

- [1] 김용태, 정윤수, 박길철, 이상호, “WSN의 확장성과 에너지 효율성을 보장하는 라우팅 프로토콜”, 한국 컴퓨터정보학회 논문지 제13권 제4호, pp. 105-113, 2008.
- [2] Mazuelas, S.; Bahillo, A, “Robust Indoor Positioning Provided by Real-Time RSSI Values in Unmodified WLAN Networks”, Selected Topics in Signal Processing, IEEE Journal of Vol. 3, 2009.
- [3] Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., and E. Cayirci, “A survey on sensor network”, IEEE Communications Magazine 40, pp. 102-114, 2002.
- [4] Steve H.L. Liang, Arie Croitoru, C. Vincent Tao, “A distributed geospatial infrastructure for Sensor Web”, Computers & Geosciences 31(2), pp. 221-231, 2005.
- [5] Raymond, D.R.; Marchany, R., “Effects of Denial-of-Sleep Attacks on Wireless Sensor Network MAC Protocols”, Vehicular Technology, IEEE Transactions on Vol. 58, 2009.
- [6] 최성수, 김영선, “IEEE 802.15 WPAN - 근거리 무선 통신 기술”, 전자공학회지 제34권 제3호, pp. 40-53, 2007.
- [7] Ivan Howitt, “WLAN and WPAN coexistence in UL band”, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, Vol. 50, No. 4, pp. 1114-1124, 2001.
- [8] Qiuyan Xia; Hamdi, M, “Smart sender: a practical rate adaptation algorithm for multirate IEEE 802.11 WLANs”, Wireless Communications, IEEE Transactions on Vol. 7, 2008.
- [9] Pilsoon Choi; Hyung Chul Park, “An experimental coin-sized radio for extremely low-power WPAN (IEEE 802.15.4) application at 2.4 GHz”, Solid-State Circuits, IEEE Journal of Vol. 38, No. 12, pp. 2258 -2268, 2003.



김용태(Young-Tae Kim)

1984년 한남대학교 계산통계학과 학사
1988년 숭실대학교 전산학과 공학석사

2008년 충북대학교 전산학과 이학박사
2002-2006년 (주)가림정보기술 이사
2006-현재 한남대학교 멀티미디어학부 교수
※관심분야: 모바일 웹서비스, 정보보안, 센서 웹, 모바일 통신보안, 멀티미디어



정윤수(Yoon-Su Jeong)

2000년 충북대학교 전산학과 석사
2008년 충북대학교 전산학과 이학박사

※관심분야: 센서 보안, 암호 이론, Network Security, 이동통신 보안