

에너지 효율성 향상을 위하여 방향성 메시징을 사용하는 수정된 지그비의 설계 및 구현

길아라*

A Design and Implementation of modified ZigBee using the Directed-Messaging for Energy Efficiency Improvement

A-Ra Khil *

요 약

지그비는 저 전력, 저 비용, 낮은 데이터 전송 속도의 특징을 가지는 무선 개인 망(Low Rate Wireless Personal Area Network: LR-WPAN)의 표준이다. 방향성 메시징 기법은 방송을 사용하는 무선 센서 네트워크에서 방향정보를 가지는 메시지를 특정 영역으로 전송함으로써 중복 메시지 전송을 줄이는 것을 통하여 에너지 효율성을 높이는 프로토콜이다. 본 논문에서는 에너지 효율성 향상을 위하여 방향성 메시징을 지원하도록 수정된 지그비를 사용하는 실험용 격자형 센서 네트워크를 설계하고 구현한다. 본 논문의 실험용 센서 네트워크는 방향성 정보를 사용하도록 수정한 ADV 메시지와 라우팅 관리 모듈을 지원하는 Nano-24 노드로 구성한다. 실험용 센서 네트워크의 에너지 효율 향상성은 실제 ADV 메시지 전송에 따른 실험 결과 분석을 통하여 나타내 보인다.

▶ Keywords : 지그비, 방향성 메시징, 에너지 효율성, 무선 개인 망

Abstract

ZigBee is the low power, low cost and low data rate wireless personal area network(LR-WPAN) standard. The Directed-Messaging is the protocol which improves the energy efficiency through reducing the redundant message transmission by transmitting messages with directional information toward the specified sub-network area in wireless sensor network using broadcasting. In this paper, we design and implement the experimental grid sensor network using ZigBee

• 제1저자 : 길아라

• 투고일 : 2012. 08. 09. 심사일 : 2012. 08. 29. 게재확정일 : 2012. 09. 13.

* 숭실대학교 컴퓨터학부(Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University)

modified by the Directed-Messaging for the energy efficiency improvement. The experimental sensor network in this paper is configured with Nano24 supporting the ADV message and the routing management module modified to use the directional information. The energy efficiency improvement of the experimental sensor-network by evaluating the experimental results according to transmitting ADV message.

▶ Keywords : ZigBee, Directed-Messaging, energy efficiency, wireless personal area network

I. 서론

지그비(ZigBee)[1,2,3]는 저 전력 저 비용 무선 네트워크의 궁극적인 해결책으로 산업 현장과 학교로부터 폭발적인 관심을 모으고 있다. 이것은 지그비는 다양한 네트워크와 응용 분야의 요구를 손쉽게 만족시킬 수 있다는 특징으로 인한 것으로 미래의 각종 주거 환경, 건강관리 모니터링, 자동화된 산업체, 기상 모니터링 및 예측을 위한 자료 수집용 등 수많은 응용 분야에 적용될 것으로 예상된다. 또한, 저 비용 및 저 데이터 전송 속도 무선 개인 통신 망(low data rate wireless personal network: LR-WPAN)을 위하여 설계되었음에도 불구하고 지그비는 무선 센서 네트워크의 저 전력 소모 및 실시간성 보장을 제공할 수 있다는 장점을 가진다[1,2,3,4].

지그비에서 원하는 데이터를 가지고 있는 소스 노드를 탐색하는 과정은 기본적으로 방송(broadcast)으로 이루어진다[1,2,3]. 특히, 지그비의 소스 노드 탐색은 Directed Diffusion[5]의 flooding과 동일한 것으로서 네트워크 전체의 모든 노드를 대상으로 원하는 데이터를 가지고 있는 지를 묻는 ADV(advertise) 메시지를 한 번의 방송으로 처리한다. 이러한 지그비의 방송기반의 ADV 메시지 사용은 네트워크 내의 모든 노드가 통신에 참여하여야 하는 방식으로서 불필요한 에너지 소비가 발생한다는 문제가 있다. 이러한 문제는 유선 전력 공급이 불가능한 무선 센서 네트워크와 같은 네트워크의 수명을 단축하는 결과를 초래하기 때문에 반드시 개선되어야 한다.

방향성 메시징(Directed Messaging: DM)[6] 프로토콜은 방송에 의하여 소스 노드의 위치를 탐색하는 방법의 문제점을 개선한 통신 프로토콜이다. 방향성 메시징 프로토콜은 원하는 데이터를 찾는 메시지를 제한된 방향으로만 전송하도록 하여 탐색 영역을 제한함으로써 소스 노드를 탐색하는 데 불필요한 통신 참여로 인한 에너지 소비를 감소시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러나 소스 노드를 찾을 때까지 점진적으로 구간 별 탐색이 이루어지기 때문에 최악의 경우, 전체 네트워크를 탐색하기 때문에 방송기반의 flooding 방식[5]과 같은

에너지를 소비한다.

본 논문에서는 지그비를 기반으로 하는 센서 노드인 Nano-24[7]를 이용하여 실험용 무선 센서 네트워크 시스템을 구축한 후, 지그비의 ADV 메시지에 방향성 정보를 포함하도록 수정된 ADV 메시지를 설계하고 이를 라우팅에 사용하도록 라우팅 모듈을 수정함으로써 방향성 메시징의 실제 에너지 효율성을 측정하고 향상된 결과를 나타내 보인다. 실험 결과는 수정 전의 지그비의 ADV 메시지와 라우팅을 사용하는 경우와 비교한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 지그비 표준과 방향성 메시징 기법에 대하여 설명한다. 제 3장에서는 방향성 정보를 포함하는 ADV 메시지 포맷과 라우팅을 위한 통신 시퀀스의 설계내용을 설명하고, 제 4장에서는 실험용 센서 네트워크 시스템 구현을 통해 실제 측정된 결과로 방향성 메시징 기법의 향상된 에너지 효율성을 분석한다. 5장에서 본 연구의 결론과 함께 앞으로 진행될 연구 방향에 대하여 설명한다.

II. 관련 연구

1. 지그비 표준 프로토콜

지그비는 IEEE 802.15.4(8.9)와 함께 LR-WPAN의 표준으로서 자동화와 원거리 제어 응용분야에 대한 낮은 데이터 전송 속도와 저 전력소비, 저 비용의 특징을 가지는 무선 네트워크 프로토콜이다. 지그비 표준을 기반으로 하는 네트워크 시스템은 대개 값싸고 고정적이고 휴대하거나 움직일 수 있는 디바이스들로 이루어진 애드-혹 망(ad-hoc network) 형태를 취하고 있으며 전지의 수명이 수개월에서 수년 정도 필요한 장치들의 연결에 사용한다.

지그비 /IEEE 802.15.4는 [그림 1]에서 보는 바와 같이 계층적 네트워크의 물리적 계층과 데이터 링크 계층의 표준을 정의하는 IEEE 802.15.4와 네트워크 계층과 응용 계층의 서비스를 정의하는 지그비로 구성되는 스택 구조로 정의한다[1,2,3,8,9]. 따라서 IEEE 802.15.4는 PHY와 MAC의 규

격을 정의하는 반면, 지그비는 라우팅 관리 및 정보보안 관리, 메시지 브로커, 네트워크 관리 기능을 지원하며 네트워크를 구성하는 디바이스들 간의 데이터 프레임 전송 및 수신을 위하여 네트워크의 다른 계층 간의 인터페이스를 정의한다.

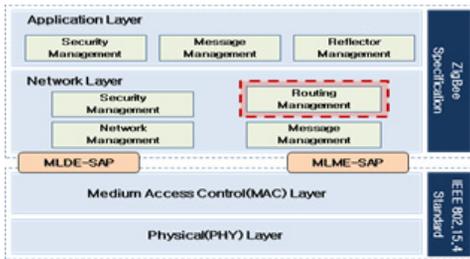


그림 1. 지그비/IEEE 802.15.4 스택 구조(2)
Fig. 1. ZigBee/IEEE 802.15.4 Stack architecture(2)

지그비를 사용하는 네트워크 시스템은 네트워크의 코디네이터(coordinator) 역할을 수행하는 하나 이상의 전-기능 디바이스(Full-function Device: FFD)와 제한적-기능 디바이스(Reduced-function Device: RFD)로 구성한다(2,3). 네트워크의 코디네이터는 지그비에서 정의하는 모든 기능, 즉 전체 네트워크 관리와 스케줄링 타이밍 관리, 데이터 수집 등의 기능을 제공한다. 코디네이터를 제외한 FFD 또는 RFD들은 네트워크의 노드를 구성하는데, 네트워크상에서 코디네이터의 명령에 따라 라우터 또는 단순 센서역할을 수행한다.

지그비의 비콘(Beacon) 모드는 코디네이터와 네트워크 디바이스 간의 통신에 비콘을 사용하여 네트워크 디바이스들의 전력 소비를 줄이는 기능을 제공한다(2). 즉, 전력 소비를 최소화하기 위하여 대기 상태(idle state)에 있는 네트워크 디바이스에게 비콘을 보냄으로써 송수신 가능한 상태로 변환한다. 이에 네트워크 디바이스는 코디네이터에게 데이터를 요구하게 되고 코디네이터는 이에 응답(acknowledge)한 후, 원하는 데이터를 전송한다. 모든 전송을 마친 후, 네트워크 디바이스는 이에 응답 메시지를 보낸다.

지그비는 기본적으로 방송을 사용하여 메시지를 전송하지만 네트워크 토폴로지 구성의 다양성을 제공하기 위하여 일대일 통신이 가능하다(2,3). 이러한 배경을 기반으로 지그비는 다음과 같은 세 가지 라우팅 기법을 제공한다. 첫째, 이웃 간(neighbor) 라우팅(10)으로 자신의 전송 범위 내의 모든 디바이스에 대한 정보를 가지는 이웃 노드 테이블 정보를 기반으로 직접 메시지 전송을 할 수 있다. 두 번째, 테이블 라우팅으로 Ad-hoc on-demand distance vector(AODV) 라우팅(11)을 이용하여 경로 비용에 따라 경로를 설정 할 수 있다.

세 번째, 트리 라우팅(1,2,3)으로 대개 계층적 구조로 이루어진 네트워크에서 유용하도록 주소가 지정된 형태에 따라 트리 구조의 위/아래 방향으로 메시지를 경로를 설정 할 수 있다.

2. 방향성 메시징(Directed Messaging)

방향성 메시징(Directed Messaging: DM)(6)은 Directed Diffusion(4)에서 방송 기법을 이용하여 원하는 정보를 가지고 있는 노드를 찾는 단계에서 발생하는 네트워크 오버헤드에 대한 에너지 소비를 감소함으로써 전체적인 네트워크 생존시간을 증가시키기 위해 제안된 네트워크 프로토콜이다. 무선 애드-혹 네트워크 또는 무선 센서 네트워크는 방송을 기반으로 메시지 전송을 하기 때문에 네트워크 노드들의 불필요한 전력 소모를 유발한다는 문제가 있다.

방향성 메시징은 무선 네트워크의 코디네이터 또는 무선 센서 네트워크의 싱크 노드가 원하는 정보를 가지고 있는 소스 노드를 찾기 위해 전송하는 ADV 메시지에 방향성 정보를 부가하여 제한된 방향으로만 전송하도록 한다. ADV 메시지를 수신한 노드는 또 다시 제한된 방향으로 ADV 메시지를 전송한다. 만일 해당 메시지 전송 영역 내에 목적지 소스 노드가 존재하는 경우, 더 이상 소스 노드 탐색을 위한 통신이 일어나지 않고 라우팅 단계로 들어간다. 그러나 해당 영역 외의 정보를 만족시킬 노드가 존재하지 않는다면 다음 지정된 네트워크 영역으로 ADV 메시지를 전송한다. (그림 2)는 방향성 메시징의 소스 노드 탐색 과정이다.

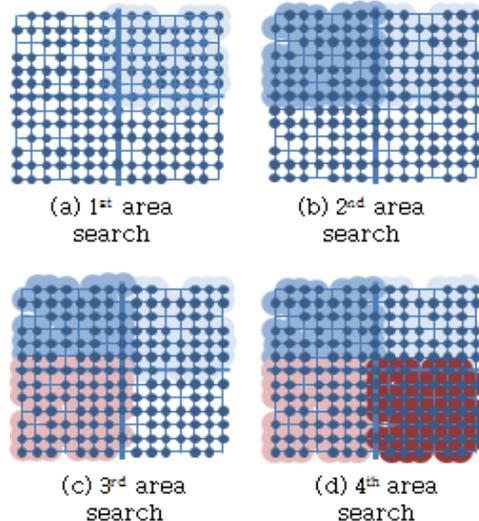


그림 2. 방향성 메시징의 소스노드 탐색 과정(5)
Fig. 2. Searching for source node by Directed-Messaging(5)

방향성 메시징은 [그림 2] (a)에서 보는 바와 같이 첫번째 영역에서 소스 노드 탐색이 성공할 경우, 전체 네트워크의 1/4의 영역에 포함된 노드들만 통신에 참여하게 되므로 소스 노드 탐색에 필요한 전체 네트워크의 통신 비용을 1/4 만큼 줄일 수 있다. 그러나 [그림 2]의 (d)의 경우, 소스 노드 탐색에 필요한 에너지량은 기존의 방송을 이용한 경우와 동일하며 시간적인 손실이 크다는 단점이 있다.

III. 방향성 메시징을 이용한 에너지 효율적인 지그비의 설계

지그비 기반으로 원하는 데이터 전송을 위한 시스템은 지그비/IEEE 802.15.4에서 정의된 MAC 프로토콜을 그대로 따르면서 메시지의 포맷을 수정하고 이를 처리하는 모듈을 수정하는 방식을 사용한다[12]. 마찬가지로 본 논문은 MAC 계층에서는 IEEE 802.15.4를 사용하며 전송 ADV 메시지 포맷을 수정 설계하고 이를 처리하는 네트워크 계층의 라우팅 모듈을 수정함으로써 방향성 메시징 프로토콜을 지원하도록 한다.

[그림 3]은 기존의 지그비에서 사용하는 ADV 메시지에 방향성 정보(Directional Information)를 포함하는 필드를 추가한 새로운 ADV 메시지 구조이다.

Byte:2	1	1	1	variable	2
Frame Control	Sequence number	Addressing fields	Directional Inform.	Command Frame ID	FCS

그림 3. 방향성 메시징을 지원하는 변경된 지그비 ADV 메시지 구조
Fig. 3. Modified ZigBee ADV message structure supporting Directed-Messaging

방향성 정보는 [그림 4]의 1Byte 분량의 자료구조로 설계한다. xScale, yScale 필드 값은 최초 송신자인 코디네이터의 네트워크 좌표를 입력하도록 하여 다음 노드로 메시지가 전송되어도 최초 송신자의 위치에 따른 방향성을 처리할 수 있도록 한다.

INT8	INT8	INT8
xScale	yScale	direction

그림 4. ADV 메시지의 방향성 정보
Fig. 4. Directional Information of ADV message

방향성 메시징 기법을 지원하기 위하여 수정된 지그비 네트워크 시스템은 [그림 5]에서 보는 바와 같이 비콘 모드의 시퀀스에 따라 조건에 맞는 네트워크 디바이스와 1:1 통신한다.

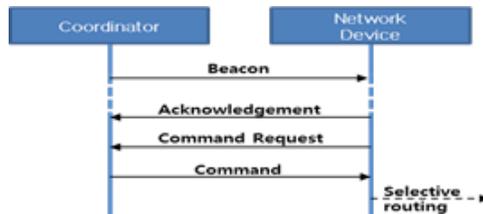


그림 5. 방향성 메시징 기법을 지원하는 수정된 지그비 비콘 모드 시퀀스
Fig. 5. Modified ZigBee beacon-mode sequence supporting Directed-Messaging

즉, 지그비의 코디네이터는 비콘(beacon) 메시지를 생성하여 전송 가능한 네트워크 디바이스로 전송함으로써 네트워크 통신을 시작한다. 비콘 메시지가 전송되면 각 네트워크 디바이스들은 대기 상태(idle state)에서 깨어나 이에 응답 메시지(acknowledgement)로 응답하고, 통신을 위한 준비 상태로 변환한다. 이어 네트워크 디바이스는 코디네이터에게 명령어 받을 준비가 되었음을 알리는 명령어 요청(command request) 메시지를 보내고 이를 받은 코디네이터는 원하는 방향과 자신의 좌표 값을 포함하는 ADV 메시지를 전송한다. 코디네이터로부터 1홉 내에서 ADV 메시지를 받은 디바이스는 자신의 좌표와 전송된 메시지의 좌표, 방향을 비교하고 라우팅 여부를 결정한다.

[그림 6]은 방향성 메시징을 사용하는 경우의 탐색 과정 메시지 시퀀스이다.

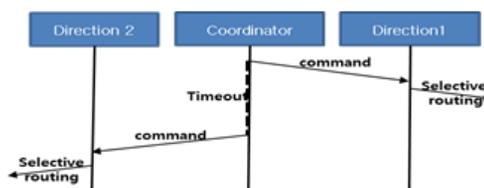


그림 6. 방향성 메시징의 메시지 방향 변경을 위한 메시지 시퀀스
Fig. 6. Message sequence for changing the message direction by Directed-Messaging

네트워크의 코디네이터는 원하는 정보를 가지고 있는 소스 노드를 찾기 위한 부분-영역별 탐색을 ADV 메시지 전송과 함께 시작한다. [그림 5]의 시퀀스에 따라 ADV 메시지를 전송한 후, 일정 시간 내에 해당 데이터의 확인 신호가 도착하지 않는 경우, 코디네이터는 순차적으로 다음 영역을 탐색한다.

IV. 방향성 메시징을 지원하는 수정된 지그비의 구현 및 실험 결과 분석

1. 방향성 메시징을 지원하는 센서 네트워크의 구현

본 논문에서는 방향성 메시징 기법을 사용하는 경우의 에너지 효율성 향상을 분석하기 위하여 [그림 7]과 같이 지그비 표준을 지원하는 Nano-24 센서 노드를 이용하여 5x5 격자형 무선 센서 네트워크를 구축한다.



그림 7. 실험용 무선 센서 네트워크(Nano24, 5X5)
Fig. 7. Test-bed Wireless Sensor Network(Nano24, 5X5)

본 실험의 25개의 각 노드들은 자신의 네트워크 내 좌표를 가지고 있고 네트워크 중앙인 좌표 (0,0)에 네트워크 코디네이터인 싱크 노드를 위치하도록 설정하며 탐색 영역은 싱크 노드를 기준으로 4분면으로 구분한다. 또한, 네트워크를 구성하고 있는 모든 디바이스들은 FFD로서 라우터 기능과 센서 노드의 기능을 제공한다.

[그림 8]은 [그림 3]와 [그림 4]의 ADV 메시지를 구현하기 위한 자료구조로서 [그림 1]의 점선 안의 모듈에서 처리하도록 수정한다.

```

typedef struct {
    INT8 xScale;
    INT8 yScale;
    INT8 direction;
} DIRECT;

typedef struct {
    BYTE srcAddrMode;
    ...
    INT8 msduLength;
    DIRECT direct;
    BYTE pMsdul[aMaxPHYPacketSize - aMinFrameOverhead];
} MCPS_DATA_INDICATION;
    
```

그림 8. 방향성 메시징을 위한 ADV 메시지 자료 구조
Fig. 8. Data structure of ADV message for Directed-Messaging

ADV 메시지를 수신한 노드는 자신이 해당 자료를 가지고 있는 지를 확인하고 적합한 경우, 자신의 센싱 데이터를 싱크 노드에게로 전송한다. 이때의 라우팅은 지그비 표준을 따른다.

방향성 메시징 프로토콜의 성능을 분석하기 위해 각 노드들은 센싱 데이터를 수집하며 해당 데이터를 보내라는 명령을 수신할 때까지 대기(idle) 상태로 있다가 해당 명령어 메시지를 수신할 경우 자신의 데이터를 전송한다.

2. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 실험은 디바이스의 온도 감지 센서를 사용하여 일정 수치를 넘는 온도를 감지하는 경우를 이벤트 발생으로 설정하고 이를 처리하는 과정에서의 에너지 소비량을 측정한다. 네트워크 전체에서의 효율성에 대한 정보를 얻기 위하여 모든 실험 이벤트는 랜덤 함수에 의하여 그 발생 위치를 지정한다. 본 실험은 원하는 데이터를 가진 소스 노드 탐색을 위한 방향성 메시징 프로토콜의 에너지 효율성을 측정하기 위한 실험이기 때문에 모든 실험 데이터는 원하는 데이터를 가진 디바이스(센서 노드)의 정확한 위치를 파악하는 시점까지의 결과만을 분석한다.

지그비의 데이터 전송 시 필요한 전류는 17.4mA이고 수신에 필요한 전류는 19.7mA이다. 따라서 본 실험에서 사용하는 디바이스의 전력 소비량은 각각의 배터리의 전압과 디바이스의 상태에 따른 전류를 곱하여 계산한다. 또한, 비콘 및 데이터 메시지등 모든 메시지의 패킷 크기는 동일하다 [7,13].

[그림 9]은 싱크 노드가 원하는 데이터를 가지고 있는 센서 노드 탐색을 위한 에너지 소비량을 나타낸다.

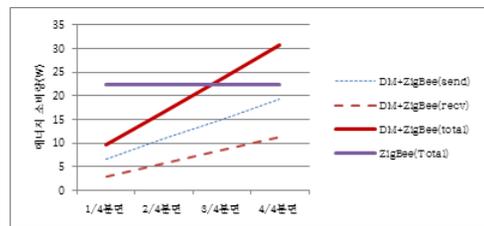


그림 9. 탐색 영역에 따른 에너지 소비량
Fig. 9. Energy consumption according to search areas

[그림 9]에서 보는 바와 같이 원하는 데이터를 가지고 있는 센서 노드의 위치가 첫번째 탐색 부분영역에 위치하는 경우에 소스 노드 위치 파악을 위해 소비하는 에너지는 기존의 지그비에 비하여 약 60%정도의 에너지 감소 효과를 얻을 수

있음을 알 수 있다. 이론 상으로는 75%의 절감효과가 있어야 하나 일대일 메시지 전송에 따른 싱크 노드의 메시지 전송 동작의 반복으로 인하여 실제 감소효과가 줄어드는 것을 알 수 있다.

[그림 9]의 4/4 탐색영역에 소스 노드가 위치하는 경우, 기존의 경우에 비하여 높은 에너지 소비량을 나타낸다. 이것은 방향성 메시징 기법에서 노드의 좌표에 따른 탐색 영역 구분이 정교하지 않아 발생하는 문제로서 탐색영역이 겹치는 부분에 위치한 노드들이 반복하여 통신에 참여함으로써 불필요한 에너지 소비가 증가하기 때문에 나타나는 현상이다.

[그림 10]은 소스 노드(이벤트 발생 노드)들이 임의의 좌표에 위치하도록 랜덤 좌표를 생성하는 경우의 에너지 소비량과 직전 이벤트가 발생한 직전 소스 노드의 인근 위치에서 449회의 반복적인 이벤트가 발생하도록 설정한 후, 방향성 메시징의 탐색 영역을 조정한 경우의 에너지 소비량이다.

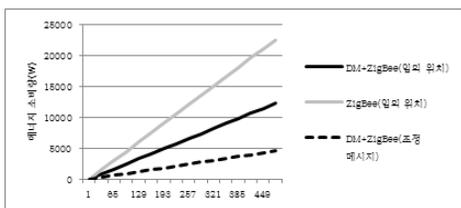


그림 10. 이벤트 발생 형태 정보에 따른 에너지 소비량
Fig. 10. Energy consumption according to information of event types

[그림 10]의 DM+지그비(임의 위치) 그래프와 지그비(임의 위치) 그래프는 임의의 노드에서 산발적으로 이벤트가 발생하는 경우, 기존의 지그비의 경우에 비하여 방향성 메시징을 사용하는 경우, 약 45%의 에너지 효율성을 기대할 수 있음을 나타낸다.

[그림 10]의 DM+지그비(조정 메시지) 그래프는 이벤트가 직전 이벤트에서 찾은 소스 노드의 인근 위치에서 연속적으로 발생함으로써 동일한 탐색 영역을 가지는 경우, 메시지 방향을 처음부터 해당 영역으로 지정함으로써 불필요하게 통신에 참여하는 노드의 수를 최소화할 수 있음을 나타낸다. 이러한 실험 결과는 매번 이벤트 발생 지점에 대한 통계적 자료를 가지고 있는 경우, 이벤트 발생 가능성이 높은 영역을 우선 탐색하도록 방향성을 조정함으로써 에너지 소비량을 약 80% 까지 줄일 수 있음을 나타내 보인다.

[그림 11]은 소스 노드 검색 횟수에 따라 소요되는 시간량을 나타낸다.

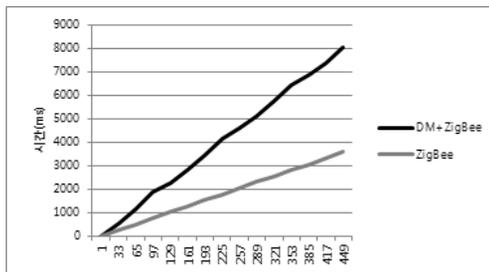


그림 11. 소스 노드 탐색 횟수에 따른 시간 소비량
Fig. 11. Time consumption according to the number of search

기존의 지그비는 단 한번의 메시지를 통해 전체 네트워크를 탐색하는 반면, 방향성 메시징 프로토콜의 경우는 4/4분면에서 이벤트가 발생한 경우 소스 노드의 위치를 파악하기 위해 총 4번의 탐색 메시지를 전송해야 한다. 이때의 통신 시퀀스는 [그림 6]과 같다. 따라서 방향성 메시징의 탐색에 드는 시간은 기존의 지그비의 4배 이상이 된다. [그림 11]의 실험 결과는 전체 네트워크의 산발적 위치에서 이벤트가 발생하는 경우까지 평균적인 소요 시간을 나타낸다.

IV. 결론

본 논문에서는 LR-WPAN의 표준인 지그비의 에너지 효율성을 증가시키기 위하여 방향성 메시징 프로토콜을 적용하여 수정, 구현하였다. 본 실험은 지그비를 지원하는 Nano-24 노드 25개를 사용하여 격자형 네트워크를 구성하였으며 지그비의 라우팅 관리 모듈을 중심으로 메시지 자료구조와 통신 시퀀스 방식을 수정하였다.

방향성 메시징 기법은 싱크 노드에서 원하는 데이터를 가지고 있는 소스 노드를 탐색하는 데 소모하는 에너지를 절약한다. 이러한 사실은 소스 노드를 찾기 위한 ADV 메시지 전송에 반응하는 노드들의 수를 일정 영역으로 제한하기 때문이며 이러한 탐색 영역의 크기는 네트워크 구축 시 설정 가능하다.

본 논문의 실험에서는 탐색 영역의 크기를 전체 네트워크의 1/4로 설정하였다. 따라서 첫 번째 1/4 영역에서 탐색 성공하는 경우, 매번 전체 네트워크를 탐색하는 기존의 지그비에 비하여 에너지 소비량은 1/4~1/3으로 감소하고, 탐색 시간은 거의 동일한 값을 나타내는 것을 확인하였다. 또한 임의의 위치에서 이벤트가 발생하는 경우, 메시지 반복 횟수가 늘어남에 따라 평균적인 에너지 소비량은 기존 지그비의 약 55%, 소요되는 시간은 약 2배가 되었다. 그러나 같은 탐색 영역에서 이벤트가 발생할 가능성이 높을 경우, 메시지 전송

시 방향성을 조정함으로써 첫 번째 탐색 영역에서 소스 노드를 찾을 수 있도록 할 수 있기 때문에 기존 지그비의 에너지 소비량에 비해 20% 만큼의 에너지만을 소비함을 알 수 있었다.

앞으로의 연구 방향은 방향성 메시징 프로토콜의 에너지 효율성을 보다 높이기 위한 통신 시퀀스의 향상과 방향성에 따른 다음 노드 선정의 정교함, 방향성 조정이 용이하도록 하는 방법이 제안되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] ZigBee Alliance, <http://www.ZigBee.org>.
- [2] Sinem Coleri Ergen, "ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary", <http://pages.cs.wisc.edu/~suman/courses/838/papers/zigbee.pdf>
- [3] Andre Cunha, "On the use of IEEE 802.15.4/ZigBee as federating communication protocols for Wireless Sensor Networks", Technical Report (Portugal), HURRAY-TR-070902, ver. 1.0, September 2007.
- [4] I. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, vol.40 ,no.8, pp.102-114, August 2002.
- [5] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks," Proceedings of the ACM International Conference on Mobile Computing and Networking, August 2000.
- [6] Jinhwan Jeon, Eunjoo Jeong, Sangjoon Park, Ara Khil, Byunggi Kim, "Directional Messaging Scheme for considering Nodes Energy Consumption in Sensor Networks," J. of Korea Society for Simulation, vol. 16, No. 2, pp. 55-64, 2007. 6.
- [7] Octacomm. Ltd., "Embedded system programming (Development application for Sensor Networks) - Nano-24," Octacomm.net, 2004, <http://www.octacomm.net>
- [8] IEEE Computer Society, "Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)," IEEE Std. 802. 15.4-2003, IEEE Computer Society, 01 October 2003.
- [9] IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee, <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>.
- [10] Neighbor Router Authentication: Overview and Guidelines http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_2/security/configuration/guide/scfrouter.html
- [11] Perkins, C.E., "Ad-hoc on-demand distance vector routing," Proc. On Mobile computing Systems and Applications, WMCSA '99. Second IEEE Workshop, pp. 90-100, Feb., 1999.
- [12] Byoung-Seob Park, "Realtime Image Transmission System based-on the ZigBee Protocol," Journal of the Korea Society of Computer and Informantion, Vol. 15, No. 2, pp. 91-98, Feb., 2010.
- [13] Lee, Hyeong il, Choi, Hak Yun, "Design and Implementation of Fuzzy Agent Based On the Early Warning Method," Journal of the Korea Society of Computer and Informantion, Vol. 16, No. 6, pp. 31-39, June. 2011.

저자 소개



길 아 라

1987 : 이화여자대학교

전자계산학과 이학사

1990 : 한국과학기술원 전산학과
공학석사

1997 : 한국과학기술원 전산학과
공학박사

현 재 : 숭실대학교 컴퓨터학부 부교수

관심분야 : 실시간 운영체제, 임베디드
운영체제, 무선센서네트워크
라우팅 및 보안

Email : ara@ssu.ac.kr