

저주파 대역을 이용한 센서 노드의 물리 계층 연구

*김선희, 원윤재, 임승옥
전자부품연구원 통신네트워크센터
e-mail : elecsunny@keti.re.kr, yjwon@keti.re.kr, solim@keti.re.kr

A Study of a Sensor Node PHY layer at Low Frequency

*Sun-Hee Kim, Yun-Jae Won, Seung-Ok Lim
Wireless Network Research Center, KETI

Abstract

We suggest a phy layer of a sensor node. The proposed sensor nodes work well around metal or liquids because they operate at low frequency. In addition we present a demodulation algorithm for simultaneously decoding multiple received signals and a simulation result.

I. 서론

센서 네트워크는 물리공간의 상태인 빛, 소리, 온도, 움직임 같은 물리적 데이터를 센서노드에서 감지하고 측정하여 중앙의 기본 노드로 전달하는, 센서 노드들로 구성되는 네트워크이다[1]. 근래 센서 네트워크와 관련된 칩과 시스템들이 상용화되기 시작했으나 센서 노드를 위한 통신 프로토콜은 아직 표준이 정해지지 않았다[2]. 네트워크의 자율성 및 구성의 용이성, 저전력, 저비용 등 요구사항에 따라 ZigBee, UWB, 2.4GHz 및 433MHz Active RFID 등이 개발되고 있을 뿐이다[3]. 그런데 이와 같은 대역의 무선 통신은 금속이나 물이 있는 환경에서 통신 성능이 급격히 낮아진다.

This research was supported by Ministry Of Commerce, Industry and Energy(MOCIE), Korea as a project, "Technologies development for future home appliance."

본 논문에서는 금속, 물 등이 있는 열악한 환경에서도 통신이 가능하도록 저주파 대역 통신 모델을 제안한다. 그리고 여러 개의 센서 노드가 있을 때 물리 계층에서 충돌을 회피하는 알고리즘에 대하여 기술한다.

II. 본론

2.1 저주파 대역 통신 개요

근거리장(near field) 영역은 전자기장 발생원(안테나)으로부터 거리가 가까워서, 전자기장 강도가 거리에 근사적으로 반비례하지 못하는[4] 영역을 말한다. 일반적으로 반경이 식(1)과 같은 영역까지를 근거리장 영역이라고 한다.

$$\text{거리} = (\text{파장}) / (2 * \pi) \quad (1)$$

근거리장에서는 전계보다 자계의 특성이 강하기 때문에 이 영역에서는 유도성 결합 방식의 모델을 구성하며, 이는 통신 거리를 한정하는 요인이 된다. 예를 들어 저주파 대역에서도 135KHz 대역 (ISO/IEC 18000-2)을 이용한다면, 이론적으로 약 350m까지 자기장 통신이 가능하다.

전계는 전기가 통하는 금속 및 유전손실이 높은 액체에 의하여 상당 부분 흡수, 차단되지만, 자계는 전계와 달리 금속 및 액체를 대부분 통과한다. 따라서 유도성 결합 방식의 센서 노드는 금속이나 액체, 동물을 비롯한 사람들이 많은 열악한 전파 환경에서도 통신이 가능하다

또, 반도체 회로로 제작된 센서 노드의 파워 소모는

동작 속도에 비례한다. 따라서 낮은 주파수 대역에서 동작하는 칩은 전력 소모가 낮을 뿐만 아니라 공정 가격도 저렴하다.

2.2 모듈레이션 및 비트 코딩

본 논문에서는 양방향 통신 모두, 그림2에서 보는 바와 같이 FM0 비트 인코딩 및 100% ASK 모듈레이션을 제안한다. FM0 비트 인코딩은 우선 각 비트의 시작에서 신호 레벨을 변경한 뒤, 비트가 '1'일 때는 비트 구간의 중간에서 한 번 더 신호 레벨을 변경하고, 비트가 '0'이면 처음 레벨을 유지한다. 100% ASK 모듈레이션에서는 신호 레벨이 'high'이면 반송파 신호를 출력하고 신호 레벨이 'low'일 때는 아무런 신호도 보내지 않는다.

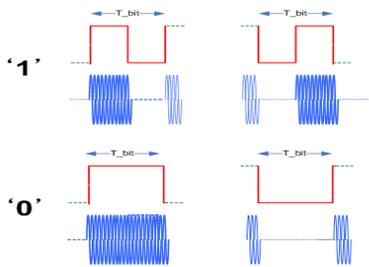


그림 1. FM0 인코딩 및 100% ASK

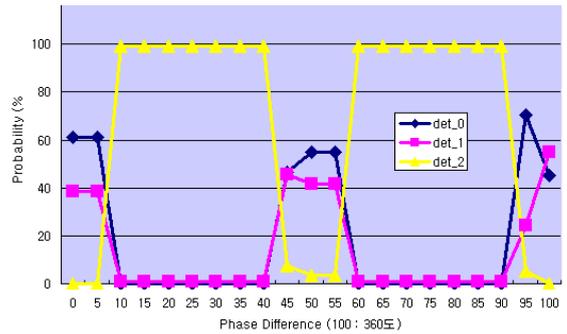
2.2 디모듈레이션 및 충돌 회피 알고리즘

위의 그림1에서 보는 것처럼 FM0 코딩의 특징은 각 비트의 시작과 끝에서 신호 레벨이 바뀌며, 데이터가 '1'인 경우에는 비트 구간의 중간에서 한 번 더 바뀐다는 것이다. 일반적으로 디모듈레이션 된 신호가 임계값 이상이면 'HIGH', 미만이면 'LOW'로 결정한 뒤 레벨 변화에 따라 '1'과 '0'을 결정한다. 그런데 만약 여러 개의 노드가 동시에 데이터를 보내 신호가 합쳐지면, 신호 레벨이 올라가거나 혹은 낮아지기 때문에 임계값을 기준으로 레벨을 구분하는 것은 잘못된 결과를 초래한다.

따라서 FM0 코딩의 특징을 이용하여 각 비트의 시작과 끝에서 상대적인 값의 변화로 레벨을 결정한다. 즉, 시작과 끝, 양쪽의 신호 레벨 변화가 동일한 방향이면 데이터 '1'로, 그리고 양쪽의 레벨 변화 방향이 다르면 '0'으로 해석한다. 이렇게 하면 여러 개의 신호가 합쳐졌을 때에도 가장 큰 세기의 신호는 골라낼 수 있다[5].

게다가 ASK는 I-채널 하나만 이용하지만, 수신단에서는 I/Q 각각의 채널에서 디모듈레이션을 한다. 수신기의 오실레이터와 수신된 신호의 반송파는 일치하지 않지만, 수신기에서 반송파를 추적하지 않고 서로 90

도 차이가 있는 2개의 신호 - I/Q -를 이용하는 것이다. 이는 반송파와 동기가 일치하는 경우보다 수신 감도는 낮아지지만, 수신기의 구조가 간단해질 뿐만 아니라 2개 이상의 노드가 동시에 신호를 전송했을 때 한번에 최대 2개까지 신호를 골라낼 수 있다. 그림 2는 2개의 센서 노드가 동시에 신호를 보낸 경우의 시뮬레이션 결과이다. 두 센서 노드 간의 반송파 신호 차이가 $0 \pm 36^\circ$, $180 \pm 36^\circ$ 범위에 있지 않을 때 I/Q 각 채널에서 두 신호를 하나씩 수신할 확률이 약 98%로 나타났다.



III. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드의 물리 계층을 제안하였다. 기존의 센서 노드와 달리 저주파 대역을 이용하여 자기장 통신을 하므로 금속, 물 등 열악한 상황에서도 통신이 가능하다. 또한 FM0 코딩의 특징과 비동기식 모듈레이션 방식을 활용하여 구조가 단순하면서 동시에 2개까지 신호를 수신할 수 있는 모듈레이션 방식을 제안하였다.

참고문헌

- [1] 강정훈, 유준재, 윤명현, 이민구, "센서 네트워크 및 애플리케이션 기술 동향", 전자공학회지, 제32권 제7호, pp. 786-799. 2005.
- [2] 소선섭, 은성배, "센서네트워크 하드웨어 플랫폼 및 운영체제 개발 동향", 전자공학회지, 제32권 제7호, pp. 815-824, 2005.
- [3] 센서네트워크 및 U-홈 서비스 기술 워크샵, 2006
- [4] 전자파강도측정기준 정보통신부고시 제2000-92호 전파법 제47조의2제1항의 규정
- [5] IEEE P1902.1, "Draft Standard for Long Wavelength Wireless Network Protocol", IEEE, 2007