

무선 센서네트워크 환경에서 태양전지의 적합모델 제안

제갈 한 민, 공 인 엽

국립 금오공과 대학교

Fitting Model Proposal of Solar Cells for Wireless Sensor Network

Han-Min Jaegal, In-Yeop Kong

Kumoh National Institute of University

E-mail : eyestoeyes@nate.com

요 약

무선 센서네트워크 환경에서 발생하는 다양한 정보는 각 노드들에 의해 수집되어 분석된 후 정보를 필요로 하는 원거리의 노드에게 보내어진다. 정보 교환을 통해 소모되는 전력량을 감안하여 최소한의 전력을 유지하지 못하면 노드와 네트워크 수명이 단축되고 협력 행동을 완수하지 못한다. 네트워크 수명을 최대화하기 위해 각 노드들이 태양전지를 이용해 전력을 공급받아 유지하는 연구가 진행되어왔다. 그에 따라 전력을 고려한 적합한 전지가 모델화되어야 한다. 본 논문에서는 무선 센서네트워크 환경에서 전력 충전, 방전을 고려하여 적합한 태양전지 모델을 제시한다.

ABSTRACT

After analyzing various information gathered in Wireless Sensor Networks, it is sent to the node far from it. If it fails to keep its minimum power considering power consumption, the node and the network wouldn't work. There are many research that each node gets the power from solar cells and keep the life to maximize networks'life thus solar cells should be modeled considering power consumption. This thesis propose the fit model of solar cells considering charge and discharge in Wireless Sensor Networks.

키워드

무선 센서네트워크, MAC-protocol, solar cells

1. 서 론

무선 센서 네트워크는 센서로 센싱이 가능하고 수집된 정보를 가공하는 프로세서가 달려 있으며 이를 전송하는 소형 무선 송수신 장치. 센서 노드(Sensor Node)와 이를 수집하여 외부로 내보내는 싱크 노드(Sink Node)로 구성된 네트워크이다. 기존의 네트워크와 다르게 의사소통의 수단이 아니라 자동화된 원격 정보 수집을 기본 목적으로 하며 과학적·의학·군사적·상업적 용도 등 다양한 응용 개발에 폭넓게 활용된다.

특히 유비쿼터스센서네트워크(USN)는 각종 센서에서 수집한 정보를 무선으로 수집할 수 있도록 구성된 네트워크를 말하는데 사람의 접근이 불가능한 취약지구 수백 개의 센서네트워크 노드를 설치, 사람이 감시하는 것과 마찬가지로 역할을 한다. WPAN(Wireless Personal Area

Network) 기술 및 초소형 네트워크 디바이스 기술 등이 발전함에 따라 센서 네트워크 기술이 매우 활성화되고 있다. 미국에서는 이 기술을 홈 오토메이션 생태 모니터링 등에 시험적으로 적용하고 있다. 앞으로 사회기반시설 안전 감시, 산불 감시, 산업시설 감시, 국방 등의 분야에서 널리 활용될 전망이다.

이러한 무선 센서 네트워크를 구성하는 노드가 전력을 소진할 때마다 효율적으로 전력을 공급할 수 있는 방안이 고려 되어왔다. 그 중에서도 센서의 전지를 자가 충전하는 방식을 채택한 태양전지를 이용한 방법에 관한 연구가 주목을 받고 있다.

본 논문에서는 그러한 태양전지를 무선센서네트워크에 적용했을 때 지그비 환경에서 다양한 MAC프로토콜에 따른 전력소비와 충전을 실험하고 그에 따른 결과를 도출해 냄으로써 스마트디

스트를 비롯한 다양한 무선센서네트워크에서의 전력 자가 충전 모델을 제시한다.

II. 관련연구

무선 센서 네트워크에 있어서 저 전력 전송은 주된 관심사가 되어왔으며 지금까지의 연구는 오로지 저 전력 전송을 위한 다양한 MAC프로토콜과 라우팅프로토콜들이 연구되어 왔다.

이러한 연구들은 오로지 저 전력 전송을 통하여 제한된 전력으로 센서를 얼마나 오래 유지시킬 수 있을 것인가에만 중점을 두고 있다. 즉, 이들 연구에서는 센서의 전원으로서는 일회성 전지만을 가정하고 온도, 용량, 방전 특성 등의 여러 인자들을 고려한 표준 배터리들에 대한 몇 가지 모델이 제안되었다. 즉 무선 센서 네트워크에서 전력유지라는 근본적인 해결책은 되지 않고 있다. 근본적인 전력문제를 해결하기 위해서는 자체전력이 반드시 필요하고 그러한 연구들이 최근 각 연구단체와 대학 연구기관에서 이루어지고 있다. Rao 등은 모델의 특성에 따라 표준 전지 모델을 4가지로 분류하였으며 유희상태나 방전 상태 동안의 전지의 기본 동작 방식을 제시하였다. Jiang은 무선 센서에 적용할 수 있는 태양 에너지를 전원으로 사용하고 초고용량 커패시터와 Li+, NiCad, NiMH 등의 충전 전지를 탑재한 Prometheus를 구현하였고, 에너지 효율을 고려한 충전 알고리즘을 사용하여 센서 수명 연장을 달성하였다.[1]

III. MAC 프로토콜

Basic MAC[2]은 TinyOS의 기본 MAC 프로토콜로서 무선 네트워크에서 가장 많이 사용되는 형태인 CSMA/CA 방식을 기반으로 설계되어 있다. CSMA/CA 방식을 사용하기 위해서는 물리계층에서 주변 노드의 전파 송신 여부를 판단할 수 있는 반송파 기법이 제공되어야 한다. 이를 위해 Basic MAC은 반송파 감지를 위한 RSSI(Received Signal Strength Indicator)기반의 CCA(Clear Channel Assessment)를 제공한다. RSSI란 주변 노드가 전달한 데이터의 전파 세기를 측정된 값이다. CCA는 RSSI값(전파의 세기)이 일정 임계치가 넘었다고 판단되면, 현재 무선

미디어는 busy라고 판단한다. 만약 CCA에서 리턴 된 값이 busy일 경우 다른 주변 노드 중 하나가 이미 데이터를 전송하고 있는 경우에 해당하기 때문에 데이터의 전송을 시작하지 않고 일정 시간 대기한다. 그러나 만약 두 노드가 거의 동시에 데이터 전송을 시작할 경우에는 전송 패킷간의 충돌이 발생할 수도 있다. 이러한 문제를 줄이기 위해 Basic MAC은 랜덤 Backoff 기법을 사용한다.

Sleep MAC은 노드의 상태를 Sleep/Active 구간으로 나누는 Duty Cycle을 적용하여 에너지 소모율을 줄이는 방식이며, 대부분의 에너지 효율적인 MAC 프로토콜의 경우 Duty Cycle의 적합성에 초점이 맞추어져 있다. Radio가 on되어 있는 상태에서 에너지 소모를 일으키는 가장 큰 요인은 통신에 필요한 반경에 사용되는 송신 전력이므로 네트워크 상황에 따라 무선 송수신 모듈을 off시킨다(Sleep구간).[3]

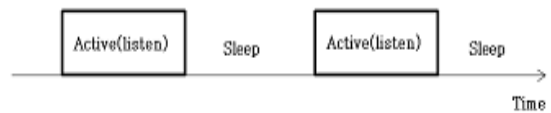


그림 1.주기적 listen/Sleep 기법

IV. 태양전지의 특성과 원리

태양에너지는 크게 빛에너지와 열에너지로 나뉘는데 그중 태양의 빛에너지를 이용해서 전기를 생산하는 것이 바로 태양전지이다.

태양전지는 반도체에 빛을 쏘이면 전자와 정공이 발생하여 +전극과 -전극이 형성되고 그 전극이 외부회로와 접속되어 있으면 전류가 흐르게 된다. 이 전기로 다양한 전기기구를 작동시킬 수 있으며 전등도 밝힐 수 있다. 그런데 태양전지는 우리가 일반적으로 알고 있는 건전지나 납축전지와는 그 구조나 특성이 전혀 다르다. 일반 전지는 전기를 저장하는 기구인데 비하여 태양전지에는 전기를 저장하는 능력이 없다. 태양전지는 빛을 직접 전기로 변화시키는 전기 변환 장치이다. 이것이 태양전지의 가장 큰 특징이다. 대부분의 태양전지 소재는 컴퓨터 칩과 같은 소재인 실리콘 반도체로 되어있다. 태양전지의 전원은 빛 에너지이며 이것은 무공해이며 고갈될 염려가 전혀 없으므로 매우 훌륭한 에너지원이다. 현재 발전소를 비롯하여 가로등, 일상 생활용품인 시계 계산기

무선통신, 레이저용 전원, 솔라 자동차 등 여러 부분에 사용되고 있다.

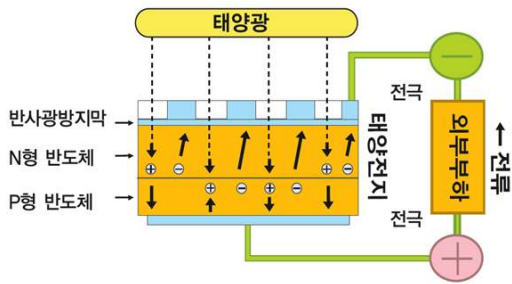


그림 2. 태양전지의 원리

V. 태양전지 모델

일반적인 무선센서네트워크에서 각각의 노드는 아래와 같이 프로세서와 RF 트랜시버 그리고 각종센서로 구성된다. 센서의 전류소비가 극히 적다고 정의하고 하루 24시간동안 데이터를 주고받는다고 가정했을 때 한 노드의 일일 전체 소비전류는 다음과 같다.

$$\text{전체소비전류(mA)} = \text{프로세서전류(mA)} + \text{RF트랜시버전류(mA)} + \text{센서전류(mA)} \text{ ----식 (1)}$$

위식에서 센서전류(mA)는 아주 미세하므로 무시하였다.

$$\text{일일소비전류(mA)} = \text{전체소비전류} \times 24\text{h} \text{ ----식(2)}$$

일일소비전류에 태양전지가 충전을 할 수 없는 부조일수를 고려하고 배터리의 기본손실을 고려하여 계산하면 태양전지의 필요용량을 얻을 수 있다.

$$\text{전지필요용량(mA)} = \text{일일소비전류(mA)} \times \text{부조일수(일)} \times \text{배터리손실} \text{ -----식 (3)}$$

전지판의 전력과 전지판의 효율을 모델화 하기 위하여 하루평균일조시간과 배터리의 효율을 이용하여 아래의 수식으로 계산한다.

$$\text{태양전지판용량(mA)} = \text{전지판전력(Wh)} \times \text{전지판효율} \times \text{배터리효율} \times \text{하루평균일조시간(시간)} \text{ -----식(4)}$$

V. 실험 및 성능평가

실험은 Zigbex 환경에서 실행하였다. 센서네트워크에서 가장 기본적인 노드를 구성하고 Sleep MAC과 Basic MAC의 전력소모량을 측정하였다. 실험에서 0번 노드는 수집노드로 작동하고 8번 노드는 센서 값을 획득하여 8번 노드에게 데이터를 전송하는 역할을 한다. 8번 노드는 3초마다 한번 씩 조도 센서 값을 획득하여 0번 노드로 데이터를 전송한다.



그림 3. 측정 장치의 구성



그림 4. 노드의 구성

실험에 사용되는 센서 노드의 물리적인 구성과 전력소비량은 표1 과 같다.

표 1. 기본 노드의 구성과 전력소비

장치	상태	전력소비
ATmega128	동작	5.5mA
CC2420	송신	18.8mA
	수신	17.4mA

표 2. Sleep MAC과 Basic MAC에서의 전력소비

	SleepMAC	BasicMAC
송신	32mA	35mA
수신	30.5mA	33.2mA

표2는 같은 환경 에서 Sleep MAC과 Basic MAC을 적용했을 때 전력소비를 나타내주고 있다. 표의 수치는 전체소비전류(mA)의 양으로써 이와 같은 결과로 Sleep MAC에서 sleep구간과 active 구간으로 나누었을 때 에너지 소비량이 더

작다는 것을 수치적으로 확인할 수 있었다. 그리고 송신 시에 전력소비가 더 많은 것을 고려해 송신 시에 전력소비를 계산에 적용하였다.

1971년부터 2000년까지 일조량이 가장 적은 12월중에서도 가장 낮은 날의 일조량의 평균을 계산에 포함시키고 충전을 할 수 없는 부조일수를 4일 기준으로 실험하여 조건이 가장 좋지 않을 때를 가정하여 실험하였다. 단, 전지판의 효율은 100%라고 가정하였다.

실험의 결과를 바탕으로 다음과 같은 모델을 계산할 수 있었다.

1. Sleep MAC 환경에서의 전력

일일전류소비량 $32\text{mA} \times 24\text{hr} = 768\text{mA}$

전지필요용량 $768\text{mA} \times 4\text{일} \times 1.2 = 3686.4\text{mA}$

태양전지판용량= $3686/0.8/5.3\text{hr}=0.869 \text{ Wh}$

worst case에서 최소 3690mA의 전류량을 가지는 배터리와 0.87Wh 정도의 전력을 가지는 태양판이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

2. Basic MAC 환경에서의 전력

일일전류소비량 $35\text{mA} \times 24\text{hr} = 840\text{mA}$

전지필요용량 $840\text{mA} \times 4\text{일} \times 1.2 = 4032\text{mA}$

태양전지판용량= $4032/0.8/5.3\text{hr}=0.95 \text{ Wh}$

worst case에서 최소 4032mA의 전류량을 가지는 배터리와 0.95Wh 정도의 전력을 가지는 전지판이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

실험 결과 일조량 일일 약 5시간, 부조일수 4일 기준으로 계산했을 때 적합한 태양전지판 용량은 대략 1Wh 정도가 적당하다는 결과를 얻을 수 있었다.

배터리의 효율이 시간에 지남에 따라 지속되는지를 논하지는 않았지만 대체적으로 1Wh 정도의 전력을 가지는 태양판과 4000mA 정도의 용량을 가지는 배터리를 가지는 노드를 생각해볼 때 작은 노드 하나가 최소한으로 가져야하는 크기를 추론할 수 있고 그에 따라 자가 충전이 가능한 여러 가지 센서네트워크 시스템을 구축할 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 MAC-protocol에 따른 태양전지의 충전, 방전 모

델을 제안하고 이를 기반으로 일조량이 가장 적은 달에서 센서네트워크의 유지를 위한 최소한의 전력측정 실험을 하였다. 그러한 결과를 바탕으로 일반적인 센서네트워크에서 노드들의 충전, 방전량을 기준으로 센서네트워크가 유지될 수 있는 조건을 제시하였다. 향후 연구 과제로는 실제적인 센서네트워크에서의 최적화된 태양전지와 태양전지판의 실제구현과 라우팅 경로에 따른 태양전지 모델의 제안 등이 있을 수 있다.

참고문헌

[1] John Paul Torregoza, Won-Joo Hwang, "Photovoltaic Cell Modeling and Performance Analysis for Wireless Sensor Networks", Journal of Korean Society for Precision Engineering, Vol. 24, No.6, June 2007

[2] 한백 전자 기술연구소, "유비쿼터스 센서네트워크 시스템", ITC, 개정판, 225-226쪽, 2005.

[3] Wei Ye, John Heidemann, Deborah Estrin, "Medium Access Control with Coordinated Adaptive Sleeping for Wireless Sensor Networks", USC/ISI technical report ISI-TR-567, JANUARY 2004, pp3-5