

배터리없는 무선 스위치를 위한 에너지 하베스팅 메커니즘의 특성 연구

최연석*

¹호서대학교 컴퓨터정보공학부

A Study on the Characteristic of Energy Harvesting Mechanism for Batteryless Wireless Switch

Yeon-Suk Choi^{1*}

¹Department of Computer Engineering, Hoseo University

요약 산업현장에서 사용되는 무선 비상호출 스위치의 성공적인 운영을 위해서는 지속적인 전원의 공급이 이루어져야 한다. 본 논문은 배터리가 필요 없는 무선 스위치에 적용할 수 있는 전자기 유도방식의 초소형 에너지 하베스팅 메커니즘 개발 및 구현된 메커니즘의 성능 실험 결과를 보여주고 있다. 연구결과로 단 방향 누름 동작과 2mm 이동거리의 제한조건 내에서, 유도기전력을 생성하는 새로운 메커니즘이 제시됐다. 또한, 구현된 메커니즘의 전자기 유도 발전 출력 성능 실험결과로 VDC 4.5V±25%(도달시간 1.2msec), 2.5V 이상 전압의 발전시간이 65ms가 됨을 보여주고 있다.

Abstract Wireless emergency call switch used in industry, the most important thing is the sustainable power supply. This paper describes the development and performance test results of a compact electromagnetic energy harvesting mechanism for batteryless wireless switch. This paper summarizes proposed structure design and magnetic field analysis results of the mechanism to generate an induced electromotive force using 2mm stroke of a single push action. This analysis results show the power output of the proposed mechanism up to VDC 4.5 ±25% and it can hold up to 65ms of the power generation with greater than 2.5V.

Key Words : Batteryless, Electromagnetic, Energy Harvesting, Autonomous, WSN(Wireless Sensor Network)

1. 서론

광범위한 지역의 환경정보를 수집하는데 활용되는 WSN (Wireless Sensor Network, 무선 센서 네트워크) 노드들의 통신 방식은 배선이 필요 없는 무선통신을 사용하지만, 노드를 구동시키는 전원은 여전히 배터리 및 전선을 통해 공급되고 있다. 특히, 휴대용 저전력 무선 통신 기기나 각종 환경 측정 센서 와 같은 노드들의 동력원은 설치의 자율성 제공을 위해 주로 배터리가 전력 공급 수단으로 사용되고 있기 때문에, 데이터를 무선으로 전송 가능한 기간(노드의 운용기간)은 1년에서 3년으로 제

한된다. 따라서 배터리와 같이 용량이 정해진 동력원을 이용하는 WSN 환경에서는 장기간의 사용을 위하여 배터리 용량을 증가시키고, 센서 노드의 저전력 운용체제를 강화한다 해도 오랜 기간 동안 지속적으로 센서 노드를 운용하는 데는 제한이 따를 수밖에 없다. 또한, 각 노드들의 지속적인 운용을 위해서는 다수의 지역에 산재해 있는 노드들의 배터리를 정기적으로 교체하는 작업이 요구되어지며, 여기에 많은 비용과 인력이 소요되고 있는 현실이다.

무선센서 네트워크(WSN) 환경에서 요구되는 각종 센서 및 소형 제어모듈들을 네트워크로 연결할수록, 지속

본 논문은 2013년 중소기업청 산학연 공동기술개발사업의 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Yeon-Suk Choi(Hoseo Univ.)

Tel: +82-10-2560-4569 email: changwah@hoseo.edu

Received January 3, 2014

Revised (1st February 25, 2014, 2nd March 20, 2014)

Accepted May 8, 2014

적인 망 운영을 위하여 통신을 담당하는 각 WSN 노드들의 전원관리가 핵심 성공요소가 되고 있다. 그러므로 WSN이 확산되는 정보 통신 패러다임 내에서는 배터리를 사용하지 않는 자가발전 기술이 사회적, 경제적 측면에서 더욱더 중요한 위상을 가지게 될 전망이다. 이러한 기술의 흐름에 따라 해외에서는 WSN의 주요 구성요소인 센서 및 제어용 IT기기에 대하여 사무실 및 주거 환경에 있는 에어컨, 산업용 압축기, 계단 등과 같이 연속적인 진동 및 지속적인 외부 에너지원(태양광 및 열)이 존재하는 지역에서 발생되어지는 기계적 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 에너지 발전 모듈들을 대체전원으로 적용하는 연구들을 진행하고 있다[1-6].

배터리가 필요 없는 무선 IT제품 구현을 위하여 1956년 미국 Zenith사에서 세계 최초로 리모컨을 누르는 힘을 이용한 4채널 40KHz 초음파 진동 시그널 발생기로 TV를 제어 하는 “Space Command”를 발표하였지만 외부환경 노이즈에 간섭을 받는 단점 때문에 확산되지 못하였다. 이후 압전소자를 이용하여 누름 동작을 전기에너지로 변환하는 하베스팅 기술과 신호 전송 신뢰도를 위하여 초음파 대신 RF를 결합한 연구들도 이루어져 왔다[7,8]. 그러나 이들 연구들은 일반적인 Push switch에 적용하기에 과도한 힘(15N정도)이 필요하거나 고가의 압전소자를 사용해야 함으로써 사용의 편리성 및 경제성이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

누름 동작을 사용하는 각종 소형 무선방식의 IT 기기들을 무전원 통신기기로 제작하기 위해서는 평균 3 ~ 5N 정도의 약한 작력에 구동되며, 압전소자와 같은 부가적인 요소들을 사용하지 않는 경제적인 에너지 하베스팅 메커니즘이 요구된다. 또한, 소형화된 구조를 위해 최소한의 변위 안에서 기계적 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 전자기유도방식 메커니즘에 대한 연구가 필요하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 짧은 변위를 가지는 누름 운동으로 유도기전력을 생성하는 전자기 유도 발전 방식의 초소형 에너지 하베스팅 메커니즘의 구성 개념 및 구조 설계를 기술하였고, 3장에서는 설계된 메커니즘에 대한 자계장 해석과 구현된 에너지 하베스팅 메커니즘 모듈의 발전 성능 특성 연구결과를 제시한 후 4장에서 본 연구의 결과 및 향후 연구방향에 대해 기술하였다.

2. 에너지 하베스팅 메커니즘 구조 연구

2.1 소형 전자기 유도 발전기

본 연구의 핵심적인 적용대상으로 삼고 있는 Push Switch는 일반적으로 스위치를 작동시킬 때 누르는 운동, 즉 직선 운동 메커니즘을 가지고 있다. 그러나 일반적으로 발전기의 발전 메커니즘은 자석이 회전하는 회전계 자형 이거나 아니면 자성체가 회전하는 회전 전기자형 메커니즘으로 구성돼 있다. 따라서 일반적인 발전기 메커니즘 즉, 회전형 발전기 구조를 직선운동 특성을 가진 push switch에 적용하기 위해서는 직선 운동을 회전운동으로 바꿔주는 메커니즘이 필요하게 될 것이다.

스위치를 아래로 누를 때와 같은 직선운동을 회전운동을 주기위한 크랭크축 방식이 있다. 그러나 이 방식은 상부 구조에 운동 변환 메커니즘을 위한 공간이 요구돼 필요한 전력을 얻으며 소형화하기가 어렵다. 또한, 랙 앤 피니언 방식이 있는데 이 방식은 크랭크축 방식보다 구조는 훨씬 단순하지만 크랭크 축 방식과 동일하게 회전체 상부 구조 공간을 많이 차지하므로 소형화가 힘들어 이 방식도 소형화 목적으로는 적합하지 않음을 알 수 있다. 마지막으로 구현 가능한 운동 변환 방식으로는 나선 캠 방식이 있다. 이 구조도 상기 두 개의 방식과 동일하게 소형화가 힘든 구성을 보이고 있다.

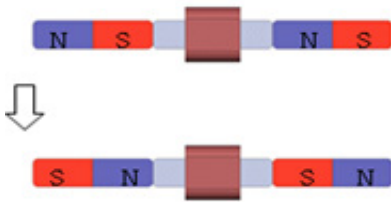
상기 여러 메커니즘을 검토한 결과 Push Switch와 같이 소형화되고, 임펄스 형태의 운동 특성을 가진 제품들을 위해서는 주어진 공간 내에서 최소의 변위를 가지며 최대 효율의 전력을 생성하는 새로운 발전 메커니즘 도출이 필요하게 된다.

2.2 에너지 하베스팅 메커니즘 구조 설계

에너지 하베스팅 기술인 전자기 유도현상은 1831년 Faraday 에 의해 발견되었다. 자기장 속에 있는 코일과 같은 전도체가 있을 때, 전도체가 움직이거나 자기장의 크기가 바뀌면 전도체에 전류가 발생하는 현상이다. 전자기 유도방식의 발전기 기술로써, 여기에는 자기장을 만들기 위한 강력한 자석과 기전력을 발생시키는 도체가 필요하다. 그리고 이 둘 사이의 상대적 운동으로 전자기 유도 작용(電磁氣誘導作用)이 일어난다. 이때 생기는 전위차를 기전력이라 하며, 이 기전력에 비례하여 전류가 발생한다. 그리고 기전력의 크기는 자기장의 세기와 회전 도체의 길이 및 자기장과 회전 도체의 상대적 속도에

비례하며 그 방향은 플레밍의 오른손 법칙에 따른다.

우리가 주변 환경에서 쉽게 접하는 전자기 유도 발전기들은 주로 회전계자형 발전기 구조를 가지고 있으며, 이러한 발전기의 전력 생성 메커니즘은 고정되어진 코일 내부 원형 공간에서 자석이 그 내부에서 회전하며 자장의 변화를 일으켜 유도기전력을 생성시켜주는 발전 구조이다. 즉, 원통형 코일 내부 공간에 막대자석을 위치시킨 상태에서 막대자석의 N-S극이 S-N극으로 바뀌게 된다면 자장의 변화로 주변 코일에 전류가 유도되어짐을 쉽게 알 수 있다.



[Fig. 1] The basic idea of harvesting

Fig. 1과 같이 자석 대신 자성체를 코일 내부에 놓고 양 끝단에 아래 그림과 같이 자석의 N-S극을 접촉시켰다가 다시 S-N극을 접촉시켜 코일 내부를 관통하는 자성체 양 끝단을 서로 다른 극성을 가지도록 자화시킨다면 자화된 자성체의 주변 자장의 변화로 인하여 자성체를 감싸고 있는 코일에 전류가 유도되어지게 된다.

이러한 개념을 실제 환경에서 자성체의 좌우 극성만 간단하게 바뀌 줄 수 있다면 구조적으로 소형화가 가능함을 유추할 수 있다.

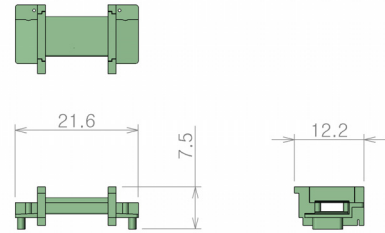
2.3 메커니즘 구조 설계 연구

본 연구에서 상기의 자성체 극성 변화 개념을 적용하여 구현한 메커니즘의 주요 구성 부품들은 자석(magnet)과 코일(coil), 하우징(housing), 자성체(magnet material, plate)로 구성되어있다. 그리고 각각의 부품은 저렴한 가격에 손쉽게 제작할 수 있도록 설계하였으며 각 부품들에 대한 주요 사항을 정리하면 다음과 같다.

1) Housing 설계

자성체1이 잘 작동할 수 있도록 지지하는 역할과 동시에 코일을 감을 수 있도록 한 Housing은 다음 그림과 같이 두 개의 부품으로 이루어져 있다. 각각의 부품들은 간

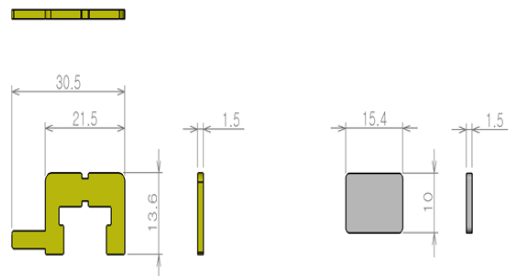
단한 사출 금형을 제작함으로써 생산을 할 수 있게 설계 하였으며 Fig. 2에 그 결과를 도시하였다.



[Fig. 2] The dimension of housing

2) 자성체1 과 2의 설계

코일 중앙으로 흐르는 자기장의 방향을 바꿔주는 역할을 하는 자성체1, 자성체2는 1.5mm 두께의 자성 판재로 제작하는데 소량 생산 시에는 Laser cutting으로 제작할 수 있고, 대량 생산 시에는 간단한 프레스 금형을 제작하여 생산할 수 있도록 설계하였으며 Fig. 3에 그 결과를 도시하였다.



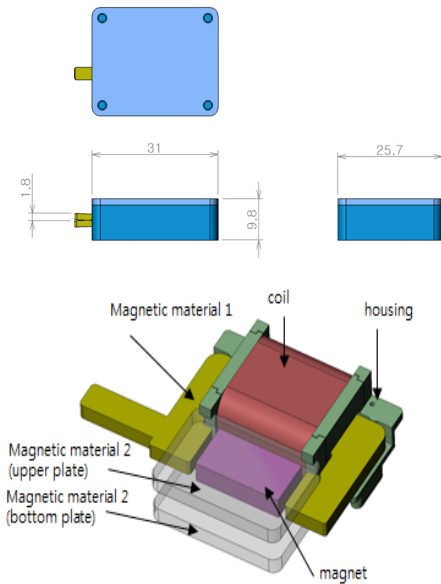
[Fig. 3] The dimension of magnet material(plate)

3) 자성체의 작동 범위 설계

코일 중앙으로 흐르는 자기장의 방향을 바꿔주는 역할을 하는 자성체1이 Housing 안에서 움직이는 작동 범위는 수평면을 기준으로 위, 아래 각각 최대 2.5°씩 총 5°이내에서 움직이도록 설계 하였다.

4) 전체 구조

상기 부품들을 결합하여 제시된 메커니즘의 전체 구조도 및 치수는 Fig. 4에 그 결과를 도시하였다.



[Fig. 4] The design of the harvesting mechanism

2.4 메커니즘 작동 연구

Fig. 4의 에너지 하베스팅 발전기 메커니즘 구조를 살펴보면, 우선 하우징(Housing)에 감겨진 코일(Coil) 내부를 가동자인 자성체(magnetic material) 1이 관통하여 놓여있으며, 자성체 1은 코일 내부 홈의 중앙을 기준으로 위아래 시소 운동을 할 수 있도록 구성되어 있다. 코일 외측에 놓인 자석의 위아래 각 극에 자성체 2가 부착돼, 상측의 자성체 2는 N극, 하측의 자성체 2는 S극을 갖도록 구성돼있다. 메커니즘의 초기 상태는 자석을 기준으로 자성체 1의 우측면은 상측 자성체 2와 접촉되어지고, 자성체 1의 좌측면은 하측 자성체 2와 접촉되어진 구성을 가지게 된다. 즉, 자성체 1의 좌측 부분은 S극으로 자화된 하측 자성체 2와 접촉하게 되며, 우측 부분은 N극으로 자화된 상측 자성체 2와 접촉하게 되어 결국 코일 내부 영역에서 자성체 1의 왼쪽은 S극, 오른쪽은 N극을 띄게 된다.

반대로 가동자 자성체 1 상판의 좌측 끝부분을 눌러서 아래로 내리게 되면 자성체 1의 우측 부분은 S극으로 자화된 하측 자성체 2와 접촉하게 되며, 좌측 부분은 N극으로 자화된 상측 자성체 2와 접촉하게 되어 결국 코일 내부 영역에서 자성체 1의 왼쪽은 N극, 오른쪽은 S극을 띄게 되어 가동자 자성체 1을 상측 자성체 와 하측 자성체

의 간격 거리정도의 최소 스트로크로 움직여서 자장의 변화가 발생되도록 하였다.

3. 에너지 하베스팅 메커니즘 특성연구

3.1 자계 분포 특성

본 연구에서는 3차원 자계 모델링 시뮬레이션 해석을 수행함으로써 설계되어진 메커니즘의 자계 특성변화를 관찰하였다. 3D Maxwell 해석을 위하여 사용된 재료 성질은 철심 재질 (steel 1008) , 자석 재질 (Shinetsu N36SH)이다. 해석을 위한 3D 해석 모델은 2장에서 설계되어진 에너지 하베스팅 메커니즘에 대한 것으로, Fig. 4에 있는 구성요소들을 살펴보면, 영구자석 1개, 영구자석 상측 과 하측 면에 접촉되는 자성체 2(고정자 철심) 2개, 자성체 2 와 코일 내부 공간을 시소 운동하는 자성체 1(가동자 철심) 1개, 코일 및 코일이 감겨지는 하우징(플라스틱 보빈)으로 이루어져 있다.

본 연구에서는 정지 시 자계 해석을 위하여 ANSYS Maxwell 3D 전자계 해석 프로그램을 이용하여 자계의 분포와, 자속 벡터의 흐름에 대해 해석을 진행 하였으며, 주어진 메커니즘을 해석 가능한 모델로 간략화하기 위하여 플라스틱 보빈의 경우 물질의 특징이 자장과 무관하여 자계해석에 영향을 주지 못하는 사실적 사항을 반영하여 보빈이 제거된 모델을 수립하였고, 수립된 모델을 기준으로 3차원 자계특성 해석을 수행하였다. 또한 자계 해석 툴 상에서는 가동자가 철심에 접촉한 상태로는 해석이 매우 난이 하여 최대한 접촉에 근접하는 근사치 관점으로 자계 해석을 진행하였다.

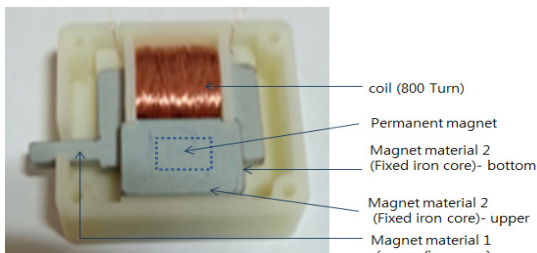
상기 수립된 에너지 하베스팅 메커니즘 모델에서 가동자의 움직임에 따른 자속밀도 분포(B Field)에 대한 해석 결과를 Table 1에 표시하였다. 여기에서 +1.854°지점(①로 칭함)은 설계되어진 에너지 하베스팅 메커니즘의 가동자가 상측 자성체 방향으로 작동 되어 자화되어진 상태를 나타내며, -1.854°지점(②로 칭함)은 에너지 하베스팅 메커니즘의 가동자가 하측 자성체 방향으로 작동 되어 자화되어진 상태를 나타내고 있다. ①→②으로 동작 시 가동자의 코일이 감겨있는 부분으로 자속의 흐름이 다음 그림과 같이 ①위치에서는 좌측에서 우측으로 흐르게 되고, ② 위치에서는 우측에서 좌측으로 흐르게 되면서 이로 인해 유도 기전력이 발생되어짐을 볼 수 있다.

[Table 1] Movement of the mover according to the magnetic flux density distribution (B field) in the interpretation

① Distribution Analysis at the point of +1.854°	② Distribution Analysis at the point of -1.854°

3.2 구현된 메커니즘 과 에너지 발전 특성

본 연구에서 설계되고, 해석되어진 결과를 바탕으로 실제 제작된 전자기 유도 에너지 하베스팅 메커니즘은 Fig. 5에 도시하였으며, 발전 요소 부품들의 사양은 다음과 같다.



[Fig. 5] Developed energy harvesting mechanism

3.2.1 자석 사양

자기장방향 전환방식 발전 모듈에 사용한 자석은 크기가 10mm x 5mm x 2mm, 흡착력이 8.5N (0.87kgf) 이며, 표면 자속밀도는 3000~3200 G이다.

3.2.2 코일 사양

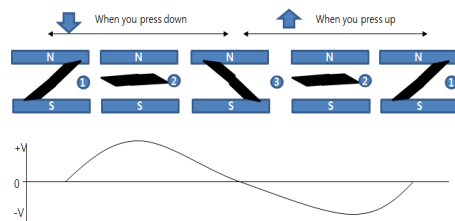
자기장방향 전환방식 발전 모듈에 사용된 코일은 코일 굵기 : Ø 0.1mm 의 Annealed Cooper coil
 코일 길이 : 약 20 m
 코일 턴수 : 800 의 특성을 가지고 있다.

3.2.3 자성체1의 작동 범위사양

코일 중앙으로 흐르는 자기장의 방향을 바꿔주는 역할을 하는 자성체 1이 Housing 안에서 움직이는 작동 범위는 아래 그림과 같이 수평면을 기준으로 위, 아래 각각 1.854°씩 총 3.7°를 움직이도록 설계 되어있으며, 실제 3.7° 작동하는데 걸리는 시간은 약 25ms이다. 이를 회전각으로 환산하면 본 연구에서 구현되어지는 메커니즘의 가동자는 약 148°/sec의 회전 속도를 가진다. 발전을 일으키기 위해 수직방향으로 작동하는 거리는 1.8mm~2.0mm이다.

3.2.4 전기 생성 흐름도

발전 전압은 최대 5V 피크 발생, 전류방향은 ①③ 운동 시 +, ③→① 운동 시 - 로 변함. 즉, 교류 발전이 이루어지며 이에 대한 흐름을 Fig. 6에 도시하였다.

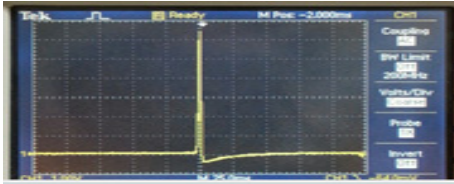


[Fig. 6] Flow of electricity generation

3.2.5 발전 성능 실험

구현된 하베스팅 메커니즘을 상측 또는 하측으로 1회 작동시켰을 때의 단위 운동을 통해 전기에너지로 변환되어진 전압은 Fig. 7에서 나타나듯이 평균적으로 5~6V 정도의 교류 전압을 가지게 된다. 실제 전자회로에 적용하기 위해서는 고효율의 정류회로, 전력관리 회로설계 및

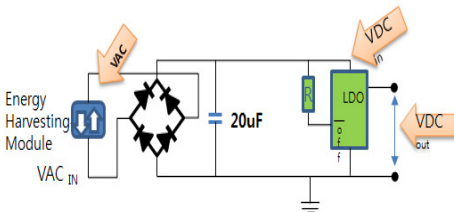
알고리즘의 구현 등이 필요하다.



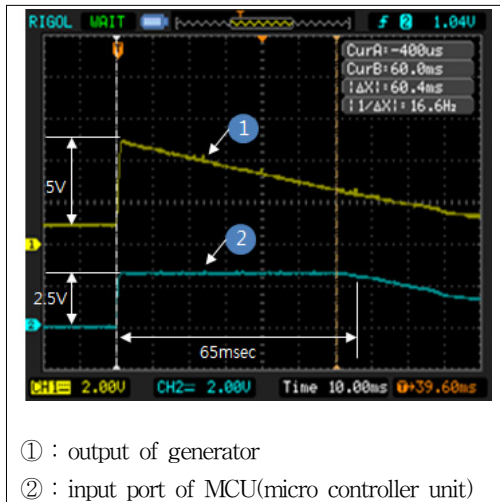
[Fig. 7] Output power (5~6V)

3.3 에너지 하베스팅 전자부 특성

에너지 하베스팅 메커니즘의 출력부에 Fig. 8과 같이 전자부 회로를 구성하여 누름 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 발전 출력 성능을 실험한 결과는 Fig. 9와 같다.



[Fig. 8] Energy harvesting electronics circuit



- ① : output of generator
- ② : input port of MCU(micro controller unit)

[Fig. 9] Power operation waveform analysis

본 연구를 통해 구현된 에너지 하베스팅 발전 모듈에서 얻어진 전원 파형은 Fig. 9의 파형중 발전기 출력을

측정한 파형 ①을 분석해보면, 모듈에서 만들어진 파형의 동작 파형은 최대 5V까지 상승한 후 부하의 양에 따라서 서서히 전압이 떨어지는 결과를 보이며, 발전 출력의 성능 사양은 다음과 같다.

- Actuating force/travel -- 2.0~3.0 ±0.5N
(2.0 mm stroke)
- Output Pulse : VDCin -- Typical 4.5V±25%
- Output Pulse : T(rise time) -- Typical 1.2ms

또한 구현된 에너지 하베스팅 메커니즘의 발전 모듈에서 2.5V의 저전력에서도 구동되는 MCU (Micro Controller Unit)와 디지털 입·출력을 구비한 전자 회로에 인가되는 전원 파형을 측정된 결과를 Fig.9의 파형 ②에 도시하였다. Fig.9 파형 분석에 따르면, 본 연구를 통해 구현된 에너지 하베스팅 메커니즘은 한번의 누름 동작으로 약 2.5V의 전원을 60~65ms 동안 공급할 수 있음을 보여주고 있다.

4. 결론

본 논문은 배터리가 필요 없는 무선 통신 스위치를 위한 전자기유도방식의 초소형 에너지 하베스팅 메커니즘 개발 및 성능 실험에 관한 연구결과를 보여주고 있다. 우선, 단방향 누름 동작 과 2mm의 이동거리라는 제한조건 내에서, 유도기전력을 생성하는 초소형 하베스팅 메커니즘 구조를 제안하였으며, 그에 대한 자계 해석 결과를 제시하였다.

성능 측정결과, 3N이하의 작력으로 2mm이하의 이동거리를 가지는 기계 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 발전 메커니즘의 발전 출력성능은 VDC 4.5V±25%(도달시간 1.2msec), 2.5V이상 발전시간은 65ms임을 보여주었다. 이는 단일 누름 동작을 통하여 발전되어진 전력으로, 센서 정보의 처리 및 전송같이 단순한 정보처리가 가능함을 의미한다.

결론적으로, 본 연구는 전자기 유도방식의 에너지 하베스팅 메커니즘을 이용하여 배터리가 필요 없는 소형 IT통신기기(USN모듈, RF통신 모듈)들의 구현이 가능함을 제시하였으며, 무선센서 네트워크 분야 및 자동화 분야에서 자가발전 기기의 시장창출에 기여할 거라 사료된다.

향후에는 압전 하베스팅 기술을 적용한 메커니즘 연구 및 전자기 유도방식의 에너지 하베스팅 메커니즘의 발전 출력 성능을 향상시키는 연구를 진행하고자 한다.

References

- [1] ES Leland, EM Lai, PK Wright, "A self-powered wireless sensor for indoor environmental monitoring", in Proc. of the Wireless Networking Symposium (WNCG), October 20-22, 2004
- [2] Joseph A. Paradiso, Thad Starner, "Energy Scavenging for Mobile and Wireless Electronics", IEEE Pervasive computing, 18-27, 2005
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MPRV.2005.9>
- [3] R Torah, P Glynne-Jones, M Tudor, T O'Donnell, S Roy and S Beeby, "Self-powered autonomous wireless sensor node using vibration energy harvesting", Measurement Science and Technology, Vol. 19, No. 12, 2008
DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0957-0233/19/12/125202>
- [4] Kyoung-Bum Kim, Chang-Il Kim, Young Hun Jeong, et al, "Energy Harvesting Characteristics of Spring Supported Piezoelectric Cantilever Structure (SPCS)", J. KIEEME, Vol. 25, No. 10, 766-772, 2012
- [5] Eun-Jung Yoon, In-Ho Hwang, Jong-Tae Park, Chong-Gun Yu, "Design of an Energy Harvesting Circuit Using Solar and Vibration Energy with MPPT Control", Journal of IKEEE, Vol. 16, No.3, 224-234, 2012
DOI: <http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2012.16.3.224>
- [6] Mi so Kim, "Piezoelectric Mechanical Vibration Energy Harvesting", Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 32, No. 5, 603-610, 2012
- [7] Joseph A. Paradiso, Mark Feldmeiser, "A Compact, Wireless, Self-Powered Pushbutton Controller", Ubicomp 2001: Ubiquitous Computing, 299-304, 2001
- [8] Shenck N, Paradiso, "Energy-Scavenging with Shoe-Mounted Piezoelectrics", IEEE Micro, Vol. 21, No. 3, 30-42, 2001
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/40.928763>

최연석(Yun-Suk Choi)

[정회원]



- 1992년 2월 : KAIST 기계공학과 (공학석사)
- 1992년 2월 ~ 1995년 8월 : 대우전자 중앙연구소 주임연구원
- 1997년 3월 ~ 2000년 2월 : 경희대학교 전산학과 강사
- 2006년 2월 ~ 2007년 2월 : SUV 임베디드시스템학과 교수
- 2005년 7월 ~ 2014년 2월 : 호서대학교 교양교직학부 부교수
- 2014년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

<관심분야>

Energy Harvesting, Open Source Platform, Indoor Wireless Location Algorithm/System, Wireless Sensor Network