

# 원판형 정전 기반 발전기를 이용한 무선 보안 시스템

윤종현<sup>1,2)</sup>, 박옥<sup>2,3)\*</sup>, 김대원<sup>2,3)\*</sup>  
경희대학교

jonghyeon.yun@khu.ac.kr, \*parkwook@khu.ac.kr, and \*daewon@khu.ac.kr

<sup>1)</sup>경희대학교 전자정보융합공학과,  
<sup>2)</sup>경희대학교 웨어러블융합전자연구소,  
<sup>3)</sup>경희대학교 전자공학과

## Disk triboelectric nanogenerator driven security system using wireless communication

Jonghyeon Yun<sup>1,2)</sup>, Wook Park<sup>2,3)\*</sup>, and Deawon Kim<sup>2,3)\*</sup>  
Kyung Hee University.

<sup>1)</sup> Department of Electronics and Information Convergence Engineering, Kyung Hee University,

<sup>2)</sup> Institute for Wearable Convergence Electronics, Kyung Hee University,

<sup>3)</sup> Department of Electronic Engineering, Kyung Hee University

### 요 약

본 논문은 3D 프린터를 이용하여 원판 모양의 정전 기반 발전기를 제작하였고 해당 소자의 작동 원리를 분석하였다. 제안한 작동 원리대로 소자에서 전기가 발생하는 것을 확인하였고, 6V 와 400nA 의 개방 회로 전압과 단락 회로 전류가 발생하는 것을 확인했다. 제작한 소자에서 발생한 출력을 무선 통신을 통하여 전달하였으며, 이를 이용하여 정보를 포함하고 있는 보안 인증 장치로서 사용할 수 있음을 확인하고 이를 무선 보안 시스템으로서 가능성을 확인하였다.

### I. 서 론

본 논문에서는 평소에 모터, 냉각기 등에서 버려지는 회전 운동을 수확할 수 있는 정전 기반 발전기를 3D 프린터를 이용하여 제작하였다. 규칙적인 회전 운동으로 발생하는 정전기 유도 및 마찰 대전 효과를 이용하여 제작한 소자에서 전기 에너지로 변환하였다 [1,2]. 이에, 일정한 주기를 가진 전기 신호가 소자에서 발생하였으며, 해당 신호를 디지털화 하여 정보를 저장할 수 있도록 하였다. 이를 통해, 사용자를 구분할 수 있는 보안 인증 키로서 이용이 가능하며 무선 통신을 통해 이를 송신하여 무선 보안 시스템으로서 가능성을 확인하였다.

### II. 본론

본 논문에서는 그림 1 에서 확인할 수 있듯이, 3D 프린터를 이용하여 원판형 모양의 정전 기반 발전기를 제작하였다. 소자는 회전하는 회전층과 고정층으로 두개의 파트로 제작이 되었으며, 각 기판은 Modified Acrylonitrile-Butadiene-Styrene(ABS-A100)를 사용해 기판을 제작하였고, 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)를 마찰 유도 물질, 알루미늄을 전극으로 사용했다. 그림 1 에서는 회전층이 아래쪽, 고정층을 위쪽으로 표현하였다.

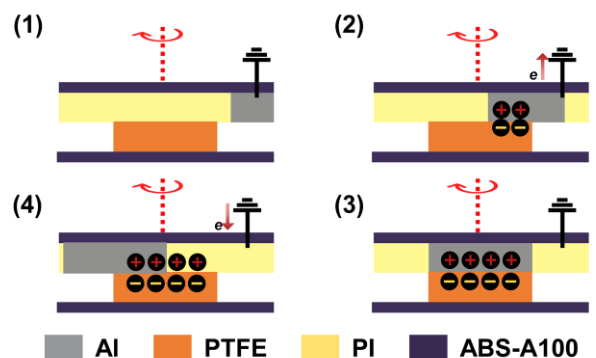


그림 1. 제작한 소자의 구성 및 소자의 작동 원리

제작한 원판형 정전 기반 발전기는 그림 1 에서 묘사되는 방식과 동일하게 기계적 회전 에너지를 마찰 대전과 정전기 유도 현상을 통해 전기 에너지로 변환한다. 단계 (1)에서는 회전이 시작하는 단계로, 알루미늄과 PTFE 는 접촉하지 않고 있다. 단계 (2)에서는 PTFE 와 알루미늄 전극이 접촉을 시작하였으며, PTFE 표면은 높은 전기음성도로 인해 음의 전하로 대전되고 알루미늄은 전기적 평형 상태를 유지하기 위하여 양의 전하로 각각 대전된다. 이 과정에서 알루미늄에서 전자가 빠져나가 전류가 발생하게 된다. 단계 (3)에서는 PTFE 필름과 알루미늄 전극이 서로 완벽하게 접촉하게 되어 전기적 평형 상태를 이루게 된다. 이에, 알루미늄에서 추가적인

전자의 이동이 중단되어 전류가 흐르지 않게 된다. 단계 (4)에서는 알루미늄 전극이 PTFE 필름 영역을 벗어나기 시작하여, 전기적 평형상태가 붕괴되기 시작한다. 이에, 알루미늄 전극에서는 전기적 평형 상태를 유지하기 위하여 전자를 집지로부터 뽑아오게 된다. 따라서, 전류가 다시 흐르게 되며 단계 (2)에서와 반대 극성으로 흐르게 되며 교류 전기를 발생시키게 된다.

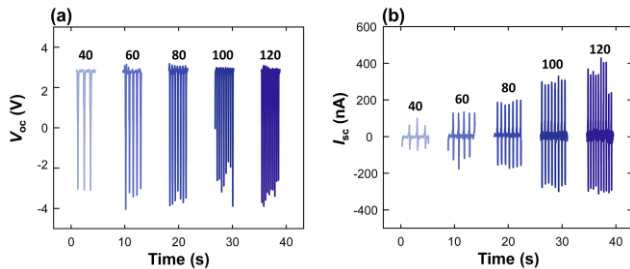


그림 2. 소자 (a)개방 회로 전압 (b)단락 회로 전류

그림 1 에서 제안한 작동 원리에 따라 제작된 원판형 정전 기반 발전기 소자에서 전기가 발생되는지 그림 2 에서 확인하였다. 발생한 개방 회로 전압과 단락 회로 전류는 전위계(Keithley 6514)를 통해 측정이 진행되었으며 회전축의 회전은 커스터마이징한 벤딩 머신을 이용하여 정량적인 회전 운동을 인가해주었다. 그 결과, 제작한 원판형 정전 기반 발전기 소자는 약 6V 의 개방 회로 전압과 400nA 의 단락 회로 전류가 회전 운동에서 발생하였으며, 처음 PTFE 필름과 알루미늄 전극이 접촉한 경우 전위계의 전위가 더 낮게 관측되었으며 전류는 전위계에서 알루미늄 전극 방향으로 흘러 들어가게 발생하여 그림 1 에서 제안한 작동 원리에 의해서 전기가 제작된 정전 기반 에너지 발생 소자에서 생성되는 것을 확인하였다.

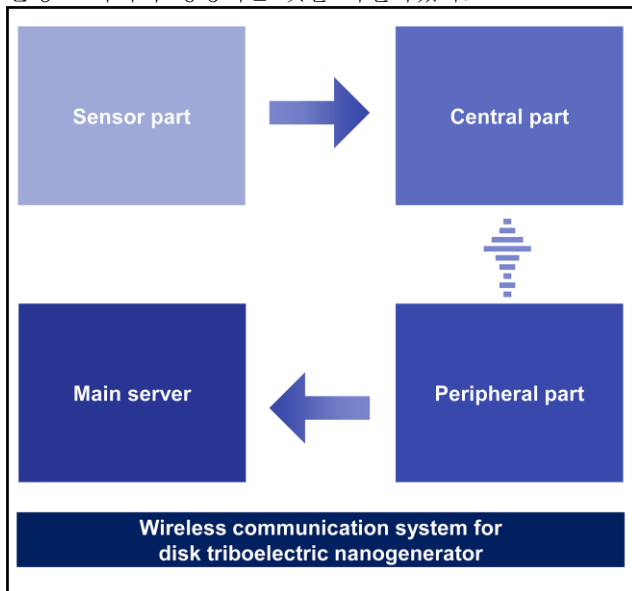


그림 3. 원판형 정전 기반 발전기 소자를 이용한 무선 통신 시스템의 프로세스 과정

그림 2 의 개방 회로 전압을 분석하면, 회전 운동을 하며 전기 에너지를 발생시키는 원판형 정전 기반 발전기에서 주기적이며 규칙적인 신호가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, PTFE 필름을 정보를 포함하고 있는 물질로 취급하여 보안 인증을 위한 key 로 사용할 수 있는 가능성을 확인하였다. 또한, 규칙적이며 주기적인 신호를 무선 통신으로 전달하면 노이즈에도 필터를 이용하여 전송된 신호를 쉽게 추출할 수 있는 장점이 있기 때문에, 블루투스를 이용한 무선통신을 이용하여 무선 보안 시스템을 구현하고자

하였다. 그림 3 에서 제작된 원판형 정전 기반 발전기 소자를 이용하여 무선 통신을 위한 시스템의 프로세스를 보여준다.

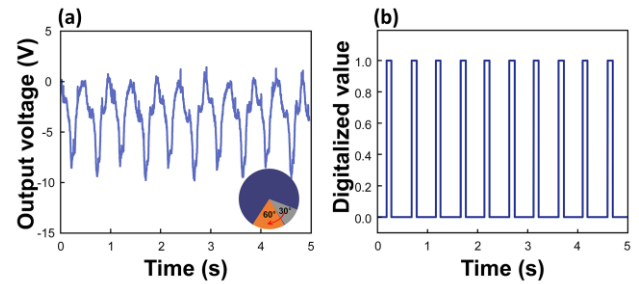


그림 1. 제작된 원판형 소자에서 발생한 (a)전기 신호 (b)디지털 신호

그림 4(a)에서 발생한 전기적 출력을 그림 3 에서 제안한 프로세스를 통해 무선통신 방법을 이용해 메인 서버로 송출하였다. 해당 신호의 디지털화를 진행하기 위하여 발생한 신호를 확인하고 최대크기의 70%되는 값을 기준으로 삼아 0 과 1 을 나누었으며 샘플링 시간은 0.017 초를 이용하였다. 이를 통해, 그림 4(b)에서 확인할 수 있듯이, 성공적으로 신호가 디지털화 되었다. 또한, 출력이 본래 신호와 유사한 추세를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 정보를 포함하고 있는 보안 인증키로서 사용 가능성을 확인하였다.

### III. 결론

본 논문에서는 3D 프린팅을 이용하여 원판형 정전 기반 발전기 소자를 제작하였다. 제작한 원판형 정전 기반 발전기 소자는 주변에서 버려지는 회전 운동 에너지를 약 6V 의 개방 회로 전압과 400nA 의 단락 회로 전류로 변환할 수 있었다. 무선 통신을 통해 원판형 정전 기반 발전기에서 발생한 신호를 전송하였으며, 원판형 정전 기반 발전기에서 규칙적이고 주기적인 전기 신호가 발생하는 것을 이용하여 신호를 디지털화 하고 정보를 저장할 수 있는 능력이 있는 것을 확인하였다. 이를 통해, 제작한 원판형 정전 기반 발전기 소자가 보안 인증키로서 사용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2021R1C1C1014004). This work was supported by the Technology Innovation Program (RS-2022-00154983, Development of Low-Power Sensors and Self-Charging Power Sources for Self-Sustainable Wireless Sensor Platforms) funded By the Ministry of Trade, industry & Energy(MI, Korea).

### 참 고 문 헌

- [1] Feng-Ru Fan, Zhong-Qun Tian, and Zhong Lin Wang, "Flexible triboelectric generator", Nano Energy, 1 (2012), 328-334pp.
- [2] Z.L. Wang, On Maxwell's displacement current for energy and sensors: the origin of nanogenerators, Mater. Today. 20 (2017) 74- 82.  
<https://doi.org/10.1016/j.mattod.2016.12.001>.