

# เตาเผาต้นทุนต่ำแสดงผลและควบคุมระยะไกลผ่านระบบ ประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

## Low Cost Furnace for Monitoring and Control via Remote Wireless Network in Cloud Service

ชงชัย พจน์เสถียร<sup>1,2</sup> จูติพร สุทธิกุล<sup>2,3</sup> วรพงษ์ ตั้งศรีรัตน์<sup>4</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมวัดคุมและระบบอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง

<sup>2</sup>กลุ่มวิจัยเฉพาะทางเทคโนโลยีพลาสมาและไฟฟ้าอัตโนมัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง

<sup>3</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมกระบวนการเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตระยอง

<sup>4</sup>ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### บทคัดย่อ

การพัฒนาเตาเผาต้นทุนต่ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (Furnace) เพื่อทดแทนเตาเผาแบบเดิมที่มีราคาสูง และมีข้อจำกัดในการใช้งาน ได้แก่ การเผาวัสดุในเตาเผาจะเพิ่มอุณหภูมิแบบลำดับตามเวลาที่กำหนดจำนวนหลายลำดับซึ่งใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 15 - 20 ชั่วโมงหรือมากกว่าตามงานที่ใช้ โดยผู้ใช้งานไม่สามารถรู้ถึงสถานะการทำงานของเตาเผาทำงานอยู่ในขั้นตอนไหน ลำดับที่เท่าไร อุณหภูมิเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ ผู้ใช้งานต้องมาดูที่หน้าเครื่องและขั้นตอนสุดท้ายจะต้องรออุณหภูมิภายในของเตาเผาตกลงมาใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องจึงจะเปิดเตาเพื่อนำวัสดุออกมาได้ ช่วงเวลาดังกล่าวผู้ใช้งานไม่สามารถทราบเวลาที่แน่นอนได้ ผู้วิจัยจึงคิดพัฒนาเตาเผาต้นทุนต่ำที่สามารถแสดงผลและควบคุมระยะไกลผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Low Cost Furnace for Monitoring and Control via Remote Wireless Network in Cloud Service) ซึ่งสามารถแสดงสถานะการทำงานในสภาวะต่างๆ และควบคุมการทำงานพร้อมทั้งเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิแบบระยะไกลผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นอุปกรณ์ควบคุมและตรวจสอบการเข้าใช้งานเตาเผาจากทุกๆ พื้นที่ที่เข้าถึงเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

**คำสำคัญ :** เตาเผาต้นทุนต่ำ การควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่ายไร้สาย ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

### Abstract

The objective of this work improve a Low Cost furnace used in a laboratory in order to solve the limitations of high price and purchased furnace, unable remote monitor and control. The furnace use in prepare many materials and catalysts by several calcination steps and long operating time requirement (15-20 hours at least). Its step order and temperature were displayed only on a furnace screen that was inconvenient for a user waited for a long time until all steps finished.

Therefore, remote wireless network in cloud service was applied to the furnace for monitoring its status and temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

through a computer, tapeless, or smart phone via internet network. In practical, real-time data monitoring displayed efficiently on the personal devices. The operating system could be controlled and the temperature was able to reset via remote wireless network in cloud service by commanding from the devices.

**Key words:** Low Cost Furnace, Remote Control via Wireless Network, Cloud Service

## 1. บทนำ

เตาเผาต้นทุนต่ำเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการเตรียมวัสดุให้มีคุณสมบัติตามความต้องการ การเผาวัสดุใช้กระแสไฟฟ้าเป็นพลังงานโดยมีฮีตเตอร์ (Heater) ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นความร้อน เตาแบบนี้มีข้อดีกว่าแบบอื่นคือปราศจากสิ่งเจือปนที่เกิดจากการเผาไหม้ การเผาแบบนี้จะไม่มีเปลวไฟ ไม่มีควัน เรียกสภาวะการเผาแบบนี้ว่าการเผาสิ้นคาปสมบูรณ์ (Absolute Oxidation Conduction) จุดประสงค์การใช้เตาเผาชนิดนี้คือใช้หลอมโลหะเผาเซรามิก ทำให้วัสดุร้อนเพื่อเปลี่ยนรูปร่าง หรือเผาเพื่อเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาให้ได้คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีตามต้องการ ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนสภาพวัตถุดิบที่ไม่สามารถเปลี่ยนกลับคืนสู่สภาพเดิมได้อีก เตาเผาสามารถเผาได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติเวลาที่ใช้ในกระบวนการเผาวัสดุ เริ่มต้นจากการเพิ่มอุณหภูมิห้องเผาจากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิสูงตามต้องการ จากนั้นเผาต่อเนื่องที่อุณหภูมิสูง หลังจากครบระยะเวลาที่ต้องการฮีตเตอร์จะถูกตัด ส่งผลให้อุณหภูมิของห้องเผาลดลง จะเห็นได้ว่าเวลาดำเนินทั้งหมดยาวนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนการลดลงของอุณหภูมิเตาเผาไม่สามารถคาดการณ์ระยะเวลาการเย็นตัวของวัสดุที่แน่นอนได้ เพื่อนำวัสดุออกจากเตาเผาที่อุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง [1]-[3] จากรูปที่ 1 การทำงานของเตาเผาเริ่มจากอุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส มีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสต่อนาที ไปจนถึง 500 องศาเซลเซียส และควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ ณ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิไปที่ 800 องศาเซลเซียส มีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 2.5 องศาเซลเซียสต่อนาที และควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ ณ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิห้องโดยให้เตาเผาคลายความร้อนตามธรรมชาติ เตาเผาที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีราคาสูง และมีข้อจำกัดในการใช้งานจากการที่ต้องเฝ้าตรวจสอบการทำงานว่าทำงานอยู่ในสถานะใด อุณหภูมิปัจจุบันอยู่ที่เท่าใด และระหว่างการทำงานถ้ามีข้อผิดพลาดในกระบวนการทำงานก็ไม่สามารถหยุดการทำงานหรือเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิจากระยะไกลได้ [1]-[5]

ข้อจำกัดดังกล่าวทำให้เกิดการพัฒนาเตาเผาต้นทุนต่ำเพื่อทดแทนเตาเผาแบบเดิมที่มีราคาสูง และแก้ไขข้อจำกัดในการใช้งานต่างๆ ให้สามารถแก้ไขค่าอุณหภูมิของเตาเผาได้ สั่งควบคุมการทำงานและแสดงสถานะการทำงานของเตาเผาจากระยะไกลผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) โดยใช้โทรศัพท์มือถือ หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เข้าถึงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับการควบคุมระยะไกลได้ [6]-[11]

## 2. เตาเผาต้นทุนต่ำสำหรับแสดงผลและควบคุมระยะไกลผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

โครงสร้างการทำงานของเตาเผาต้นทุนต่ำแสดงผลและควบคุมระยะไกลผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆแสดงดังรูปที่ 2 แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1. เตาเผา 2. ระบบควบคุม 3. ระบบสื่อสารไร้สายระยะไกลผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ มีการทำงานดังต่อไปนี้

### 2.1 เตาเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

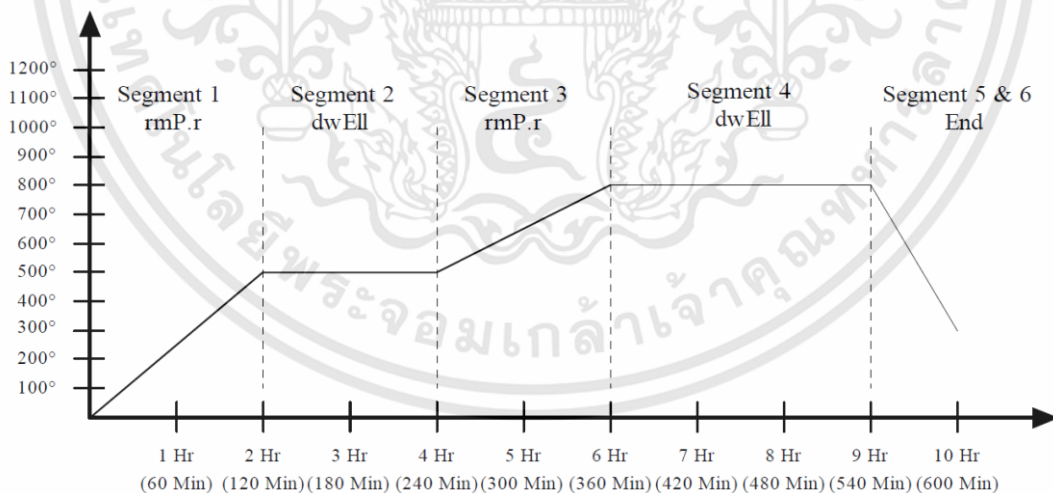
รูปที่ 3 แสดงเตาเผาต้นทุนต่ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ โดยมีฉนวนกันความร้อนปิดด้านนอกของอิฐทนไฟ ซึ่งอิฐทนไฟแต่ละก้อนใช้คอนกรีตชนิดพิเศษที่ทนอุณหภูมิสูงในการประสานและเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน เตาเผาออกแบบให้มีปริมาตร 17 ลิตร มีแท่งวัสดุให้ความร้อนแบบขดลวดขนาด 4000 วัตต์

## 2.2 ระบบควบคุม

อุปกรณ์ควบคุมใช้พีแอลซี (PLC) รุ่น S7-1200 ของบริษัทซีเมนส์ แสดงดังรูปที่ 2 เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนผ่านทางวงจรขับเคลื่อนชนิดโซลิตสเตรตริลย (SSR) แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ อ่านค่าอุณหภูมิเตาเผาจากเทอร์โมคัปเปิลชนิด เค (Thermocouple type K) ที่ติดตั้งบริเวณด้านบนของเตาเผาและทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิของเตาเผาตามที่กำหนดไว้ การควบคุมทำงานแบบ PID พร้อมกำหนดอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียสต่อนาที) ได้สูงสุด 32 ชั้นตอน ค่าอุณหภูมิของเตาเผา และสถานะการทำงานต่างๆ แสดงผลพร้อมทั้งเปลี่ยนแปลงค่าการทำงานต่างๆ ของเตาเผาจากระยะไกลผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆได้

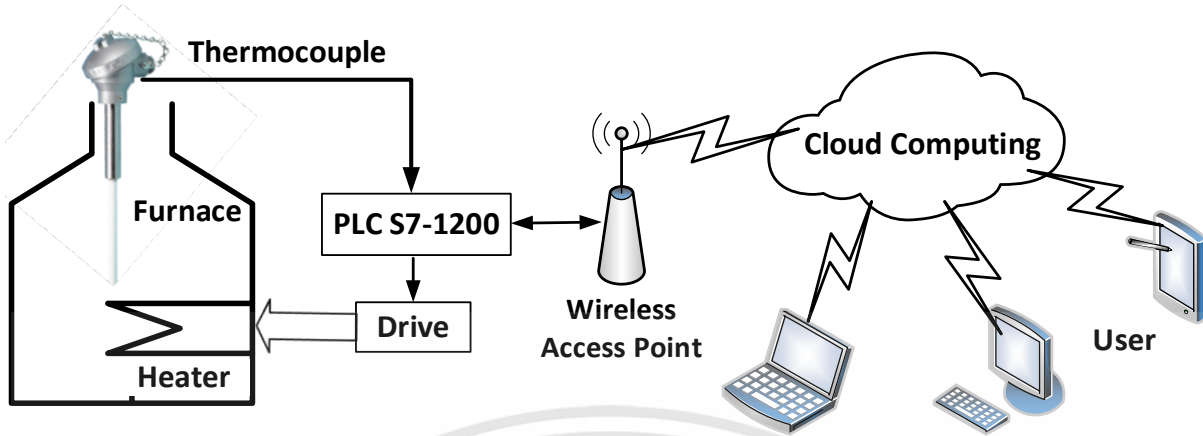
## 2.3 ระบบสื่อสารไร้สายระยะไกล

พีแอลซีจะส่งข้อมูลที่อ่านได้ผ่านจุดเชื่อมต่อไร้สาย (Wireless Access Point) ค่าอุณหภูมิปัจจุบันภายในและภายนอกเตาเผา ค่ากระแสไฟฟ้า ระยะเวลาที่ใช้งาน ตรวจเช็คการปิดประตูเตาเผา ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำไปแสดงผลและบันทึกข้อมูลบนระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้ามาดูและควบคุมการทำงานของเตาเผาแบบตามเวลาจริง (Real Time) ที่โทรศัพท์มือถือหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุม และสั่งหยุดการทำงานของเตาเผาได้เมื่อเกิดสิ่งผิดปกติในระบบ โดยเลือกใช้ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของเว็บ <http://v-box.net/> เนื่องจากรองรับการสื่อสารแบบสองทิศทาง กล่าวคือสามารถส่งข้อมูลจากพีแอลซีไปแสดงผลที่ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆและสั่งงานจากระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆกลับไปยังพีแอลซีได้ และไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน



รูปที่ 1 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ใช้ในเตาเผา

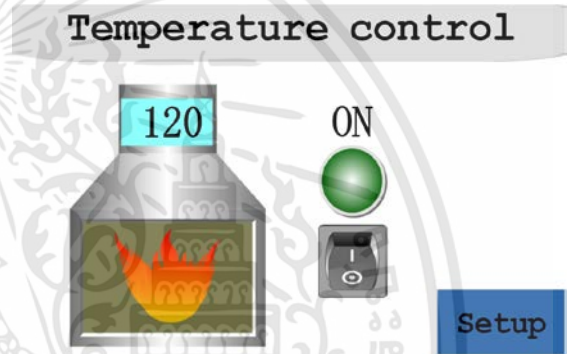
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ภาพรวมของระบบที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 3 เตาเผาไฟฟ้าที่ถูกออกแบบใหม่



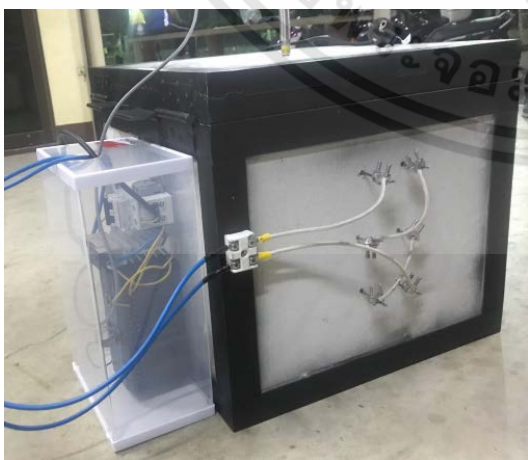
รูปที่ 5 หน้าจอแสดงผลการทำงานของเตาเผาแบบระยะไกลผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆที่พัฒนาขึ้น

#### 4. ผลการทดลองการทำงาน

รูปที่ 4 แสดงการติดตั้ง PLC เข้ากับเตาเผาที่พัฒนาขึ้น และทำการทดลองการทำงานของเตาเผาโดยการสั่งงานตัวควบคุมอุณหภูมิของเตาเผาจากระยะไกลผ่านโทรศัพท์มือถือ แสดงผลการทำงานดังรูปที่ 5 โดยการปรับอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ใช้ในเตาเผาแบบลำดับตามรูปที่ 1 ผลปรากฏว่าสามารถสั่งงาน และแสดงผลการทำงานต่างๆ ของเตาเผาเช่น สถานะการทำงานปัจจุบัน และอุณหภูมิของเตาเผาได้อย่างถูกต้องเป็นไปตามที่ออกแบบ และสามารถสั่งหยุดการทำงานจากระบบได้

#### 5. สรุป

บทความนี้ได้ทำการพัฒนาเตาเผาต้นแบบต่ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ให้มีความสามารถในการแสดงผลการทำงานและควบคุมการทำงานต่างๆ ของเตาเผา แสดง



รูปที่ 4 การติดตั้ง PLC เข้ากับเตาเผาไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานการณ์ทำงานปัจจุบัน และอุณหภูมิของเตาเผาจากระยะไกลผ่านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งาน สามารถปรับ เปลี่ยนอุณหภูมิหรือลำดับในการทำงาน และยังสามารถสั่งควบคุมการทำงานจากระยะไกลได้เมื่อเกิดเหตุผิดพลาด ทำให้เตาเผาต้นทุนต่ำที่พัฒนาขึ้นมีความสะดวกในการใช้งาน และความปลอดภัยในการใช้งานมากขึ้น

## 5. เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Kim, Y. Lee, Yonghwi Kim, K. Mingle, J. Lauterbach, D.A. Blom, T. Vogt and Y. Lee, "Ethylene Epoxidation Catalyzed by Ag Nanoparticles on Ag-LSX Zeolites formed by Pressure- and Temperature-Induced Auto-Reduction," *Chemistry - A European Journal*, Vol.24, No.5, pp. 1041-1045, Jan., 2018.
- [2] J.E. van den Reijen, S. Kanungo, T.A.J. Welling, M. Versluijs-Helder, T.A. Nijhuis, K.P. de Jong and P.E. de Jongh, "Preparation and particle size effects of Ag-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts for ethylene epoxidation," *Journal of Catalysis*, Vol.356, pp. 65-74, Nov., 2017.
- [3] H. Wang, J. Hana, B. Zhao, L. Qin, Y. Wang and F. Yu, "Non-thermal plasma enhanced dry reforming of CH<sub>4</sub> with CO<sub>2</sub> over activated carbon supported Ni catalysts," *Molecular Catalysis*, Vol.475, pp. 110486, June, 2019.
- [4] S. Sandesh, G. Shanbhag and A. Bhimarao Halgeri, "Transesterification of Glycerol to Glycerol Carbonate Using KF/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst: The Role of Support and Basicity," *Catalysis Letters*, Vol.143, No.11, pp. 1226-1234, June, 2013.
- [5] N.A. Khan, E.M. Kennedy, B.Z. Dlugogorski, A.A. Adesina and M. Stockenhuber, "Partial oxidation of methane with nitrous oxide forms synthesis gas over cobalt exchanged ZSM-5," *Catalysis Communications*, Vol.53, pp. 42-46, April, 2014.
- [6] M. Logan, M. Safi, P. Lens and C. Visvanathan, "Investigating the performance of internet of things based anaerobic digestion of food waste," *Process Safety and Environmental Protection*, Vol.127, pp. 277-287, May, 2019.
- [7] H. He, T. Zhao, H. Guan, T. Zhong, H. Zeng, L. Xing, Y. Zhang and X. Xue, "A water-evaporation-induced self-charging hybrid power unit for application in the Internet of Things," *Science Bulletin*, Vol.64, No.19, pp. 1409-1417, June, 2019.
- [8] I. Merelli, L. Morganti, E. Corni, C. Pellegrino, D. Cesini, L. Roverelli, G. Zereik and D. D'Agostino, "Low-power portable devices for metagenomics analysis: Fog computing makes bioinformatics ready for the Internet of Things," *Future Generation Computer Systems*, Vol.88, pp. 467-478, May, 2018.
- [9] K. Alexopoulos, S. Koukas, N. Boli and D. Mourtzis, "Architecture and development of an Industrial Internet of Things framework for realizing services in Industrial Product Service Systems," *Procedia CIRP*, Vol.72, pp. 880-885, 2018.
- [10] J. Yang, C. Wang, Q. Zhao, B. Jiang, Z. Lv and A.K. Sangaiah, "Marine surveying and mapping system based on Cloud Computing and Internet of Things," *Future Generation Computer Systems*, Vol. 85, pp. 39-50, Feb., 2018.
- [11] X. Zhao, Z. Kang, Q. Liao, Z. Zhang, M. Ma, Q. Zhang and Y. Zhang, "Ultralight, self-powered and self-adaptive motion sensor based on triboelectric nanogenerator for perceptual layer application in Internet of things," *Vol.48*, pp. 312-319, March, 2018.