



รายงานการวิจัย

เรื่อง

โครงการนำร่องการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์การแพทย์เพื่อการ  
ถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงพาณิชย์ กรณีหูฟังแพทย์อิเล็กทรอนิกส์ไร้สาย

The Pilot project on Development of a Medical Electronics Device  
for Technology Transferring – A Case of a Wireless Electronic  
Stethoscope

โดย

ผศ. ดร. เศรษฐา ปานงาม

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภท โครงการสนับสนุนการวิจัยขยาย  
ผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์

จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ประจำปีงบประมาณ 2554



## รายงานการวิจัย

### เรื่อง

โครงการนำร่องการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์การแพทย์เพื่อการ  
ถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงพาณิชย์ กรณีหูฟังแพทย์อิเล็กทรอนิกส์ไร้สาย

The Pilot project on Development of a Medical Electronics Device  
for Technology Transferring – A Case of a Wireless Electronic  
Stethoscope

### โดย

ผศ. ดร. เศรษฐา ปานงาม

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภท โครงการสนับสนุนการวิจัยขยาย  
ผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์

จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ประจำปีงบประมาณ 2554

## กิติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จได้โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายอนุกุล น้อยไม้ นายอภิข เหมาคม และทีมงานสำหรับความช่วยเหลือด้านเทคนิคตลอดการทำโครงการ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ แพทย์ทั้งแปดท่านที่กรุณาทำแบบทดสอบความพึงพอใจเบื้องต้นและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงต้นแบบต่อไป

คณะนักวิจัย

## บทคัดย่อ

246497

ปัญหาด้านการบริการด้านสุขภาพในประเทศกำลังพัฒนาเช่นในประเทศไทยนั้น นอกจากปัญหาในเชิงบุคลากรและการบริหารจัดการเชิงระบบแล้ว การขาดแคลนด้านโครงสร้างพื้นฐานซึ่งรวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์การแพทย์ต่างๆก็เป็นปัจจัยสำคัญ อุปกรณ์การแพทย์ที่จำเป็นเหล่านี้มักมีราคาแพงเนื่องจากการนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ที่ผ่านมามีความพยายามที่จะพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้งานเองภายในประเทศเพื่อเป็นการลดต้นทุนแต่ไม่ประสบผลสำเร็จนักเนื่องจากนักวิจัยยังสามารถพัฒนาได้ในส่วนของการวิจัยเชิงวิชาการ แต่มีปัญหาในการต่อยอดสู่การใช้งานจริง ปัจจัยหนึ่งเกิดจากการที่งานวิจัยยังต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมใช้งานได้จริง ซึ่งโดยมากเนื่องจากบริษัทที่สนใจยังไม่เห็นความเป็นไปได้ชัดเจน รวมทั้งเงื่อนไขด้านเวลาซึ่งต้องรอการพัฒนาเพิ่มเติม ทำให้มีแนวโน้มที่จะไม่ยอมลงทุนสนับสนุนการวิจัยต่อ เทียบกับการนำเข้าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพื่อขายและให้บริการต่อเนื่องไป

โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอ โครงการนำร่องเพื่อพิสูจน์รูปแบบการวิจัยที่รัฐยอมรับความเสี่ยงก่อน โดยทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์อยู่ในขั้นตอนสมบูรณ์พร้อมทำการผลิตในเชิงจำนวนได้จริงตามมาตรฐานเมื่อสิ้นสุดการวิจัย เพื่อเป็นสร้างความเชื่อมั่นกับผู้สนใจว่ามีความพร้อมส่งมอบ และนำเสนออยู่กับแนวทางในการถ่ายทอดเทคโนโลยีทั้งในส่วนการออกแบบและขั้นตอนการผลิต

โครงการนี้พัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่พร้อมถ่ายทอดเทคโนโลยีคือหูฟังแพทย์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งคณะผู้วิจัยจะพัฒนาต่อยอดจากระบบต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ทดสอบและวัดประสิทธิภาพเบื้องต้นเพื่อวิจัยและพัฒนาเพิ่มฟังก์ชันด้านการส่งสัญญาณไร้สายด้วยโปรโตคอลบลูทูธเพื่อให้สามารถแสดงผลในรูปแบบเสียงและภาพสัญญาณในคอมพิวเตอร์ เพื่อประโยชน์ด้านการเรียนการสอน ผู้วิจัยออกแบบ PCB และ casing รวมทั้งประกอบจนได้ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

ผลการศึกษาและทดสอบพบว่าต้นแบบมีฟังก์ชันการใช้งานเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่วางขายในท้องตลาด ผลการสำรวจความพึงพอใจเบื้องต้นของแพทย์พบว่า รูปลักษณ์การออกแบบเป็นที่พอใจ และผู้ใช้เห็นประโยชน์ของต้นแบบในการเรียนการสอน แต่คุณภาพเสียงยังต้องปรับปรุงเพื่อให้ใช้งานได้ดีเทียบเท่าหูฟังแพทย์แบบดั้งเดิม

## Abstract

246497

Developing countries have health service concerns on staff and system management, as well as equipment shortage. Imported medical equipment tends to be expensive. Our effort to develop these tools locally is not very successful. This could be because the work reaches only academic research level, and not yet being able to be commercially produced. Additional work is needed to move from prototype to production. Many companies do not clearly see commercial possibility and face with development time constraints. Considering their options against selling imported equipment, they tend not to fund necessary work required to turn research prototype into production.

Our project is aimed to be a pilot research project, which develops a prototype up to the level that is ready to be produced. An accepted production standard will also be adhered to, so that potential partners are encouraged to join. Technology transfer guideline will be proposed for product design and production.

Our project was to develop electronic stethoscope prototype. It was based on the initial model that we have researched and successfully tested. Wireless communication via Bluetooth protocol was added to the prototype, along with sound and signal display on screen. This latter feature could be used for medical training, while being wireless is more convenient to use. PCB and Casing designed were carried out. The complete product that was ready to use was assembled and tested. The electronic stethoscope was designed for production that meets acceptable production standard.

From study and test, it can be seen that the stethoscope prototype has similar functions to commercial models. Satisfaction questionnaires were done by doctors. The results show that the prototype design is well received and users can see the benefits of its use for medical training. However, sound quality needs to be improved to achieve the same quality as conventional stethoscopes.

## สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

|   |    |
|---|----|
| 1 บทนำ.....   | 1  |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....  | 1  |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....  | 2  |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....   | 2  |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....  | 2  |
| บทที่2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                  | 3  |
| 2.1 แนวคิด.....   | 3  |
| 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....   | 3  |
| 2.2.1 หูฟังแพทย์ (Stethoscope).....   | 3  |
| 2.2.2 หูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Stethoscope).....                   | 5  |
| 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....   | 6  |
| 2.3.1 สิทธิบัตรของหูฟังแพทย์อิเล็กทรอนิกส์.....                                   | 6  |
| 2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการลดเสียงรบกวนของหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์..... | 7  |
| บทที่3 ระเบียบและวิธีดำเนินการวิจัย.....  | 10 |
| 3.1 ภาพรวมของระบบ.....  | 10 |
| 3.2 การออกแบบส่วนกรองสัญญาณและประมวลผล.....                                       | 12 |
| 3.2.1 การพัฒนาอัลกอริทึม.....   | 12 |
| 3.2.2 การออกแบบและพัฒนาวงจร .....   | 14 |
| 3.3 การออกแบบส่วนการส่งสัญญาณบลูทูท.....  | 22 |
| 3.3.1 ข้อมูลเบื้องต้น .....   | 22 |
| 3.3.2 การออกแบบและพัฒนาส่วนส่งสัญญาณบลูทูท .....                                  | 28 |
| 3.4 การรวมระบบ .....  | 29 |
| 3.4.1 การออกแบบ PCB.....  | 30 |
| 3.4.2 การออกแบบและตั้งทำ Casing.....  | 37 |

|  |    |
|--|----|
| 3.4.3 การประกอบระบบต้นแบบ .....  | 38 |
| 3.4.4 การติดตั้งและใช้งานซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์เพื่อรับสัญญาณเสียงจากหูฟังแพทย์ผ่าน<br>บลูทูท..... | 40 |
| บทที่4 ผลการวิจัยและพัฒนา.....   | 47 |
| 4.1 การเปรียบเทียบฟังก์ชันการทำงานของระบบต้นแบบกับหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มี<br>ขาย.....     | 47 |
| 4.2 การประเมินความพึงพอใจเบื้องต้นโดยแพทย์.....  | 48 |
| 4.3 กระบวนการผลิตเพื่อให้ได้มาตรฐาน GMP.....   | 50 |
| บทที่5 สรุปผลการวิจัย.....   | 54 |
| บรรณานุกรม .....   | 55 |
| ภาคผนวก ก แบบสอบถามความเห็นเกี่ยวกับต้นแบบ Electronic stethoscope.....                             | 57 |
| ภาคผนวก ข เอกสารประกอบกระบวนการผลิตสำหรับหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์.....                          | 58 |
| ประวัตินักวิจัยและคณะ พร้อมหน่วยงานที่สังกัด.....  | 73 |

## สารบัญภาพ (List of Illustrations)

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| รูปที่ 1  | ส่วนประกอบหลักของหูฟังแพทย์ [19].....                                       | 3  |
| รูปที่ 2  | ช่วงความถี่เสียงของเสียง(Hz) ที่ใช้ในการตรวจฟังโดยทั่วไป [8] .....          | 5  |
| รูปที่ 3  | ส่วนประกอบหลักของหูฟังแพทย์ต้นแบบ.....                                      | 11 |
| รูปที่ 4  | กระบวนการตัดสัญญาณเสียงรบกวนของระบบ .....                                   | 12 |
| รูปที่ 5  | โปรแกรมทดสอบการทำงานของอัลกอริทึม S-LMS และ S-NLMS .....                    | 13 |
| รูปที่ 6  | ผลตอบสนองทางความถี่ของตัวกรองเพื่อลดการเกิดเอเลียคซึ่งระหว่างย่าน [25]..... | 13 |
| รูปที่ 7  | ส่วนประกอบของวงจรส่วนกรองสัญญาณและประมวลผล.....                             | 14 |
| รูปที่ 8  | วงจร Microphone เบอร์ A06 .....   | 15 |
| รูปที่ 9  | การอัดเสียงข้อมูลเสียงจริง.....   | 16 |
| รูปที่ 10 | วงจร Amplifier เบอร์ A16 .....  | 16 |
| รูปที่ 11 | วงจร Anti Aliasing Filter เบอร์ MAX7427 [26].....                           | 17 |
| รูปที่ 12 | Pin Diagrams ของตัวประมวลผล เบอร์ dsPIC33FJ128GP708 [27].....               | 18 |
| รูปที่ 13 | ขั้นตอนการการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลของต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ .    | 19 |
| รูปที่ 14 | ผลการตอบสนองความถี่ในช่วง Bell.....   | 20 |
| รูปที่ 15 | ผลการตอบสนองความถี่ในช่วง Diaphragm.....                                    | 20 |
| รูปที่ 16 | ผลการตอบสนองความถี่ในช่วง Extended.....                                     | 20 |
| รูปที่ 17 | วงจร RC Filter.....   | 21 |
| รูปที่ 18 | บอร์ดประมวลผล บอร์ดทดลอง และอุปกรณ์อื่นๆ .....                              | 22 |
| รูปที่ 19 | PCB โครงสร้างของบลูทูท .....  | 23 |
| รูปที่ 20 | ฟิโคเนต 2 ระบบสามารถนำมาสร้างเป็นสเก็ทเตอร์เน็ต .....                       | 24 |
| รูปที่ 21 | สถาปัตยกรรมของบลูทูท.....   | 25 |
| รูปที่ 22 | โครงสร้างเฟรมข้อมูลในระบบบลูทูท .....                                       | 27 |
| รูปที่ 23 | วงจรส่งสัญญาณบลูทูท .....   | 28 |
| รูปที่ 24 | แสดงส่วนประกอบของหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ .....                          | 30 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| รูปที่ 25 | แสดงการเชื่อมต่อในส่วน Microcontroller.....                    | 31 |
| รูปที่ 26 | แสดงการเชื่อมต่อในส่วนการจัดการด้านพลังงาน .....               | 31 |
| รูปที่ 27 | แสดงการเชื่อมต่อในส่วนของไมโครโพน 1 .....                      | 32 |
| รูปที่ 28 | แสดงการเชื่อมต่อในส่วนของไมโครโพน 2 .....                      | 32 |
| รูปที่ 29 | แสดงการเชื่อมต่อในส่วนส่งสัญญาณบลูทูท .....                    | 33 |
| รูปที่ 30 | อุปกรณ์เชื่อมต่อของตัวเครื่องบน PCB.....                       | 34 |
| รูปที่ 31 | การออกแบบแผ่น PCB ด้านบน.....                                  | 35 |
| รูปที่ 32 | การออกแบบแผ่น PCB ด้านล่าง.....                                | 36 |
| รูปที่ 33 | แสดงรายละเอียดตำแหน่งการวางอุปกรณ์ สำหรับการออกแบบ Casing..... | 37 |
| รูปที่ 34 | Casing ที่ออกแบบเสร็จแล้ว.....                                 | 38 |
| รูปที่ 35 | ต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์.....                         | 38 |
| รูปที่ 36 | ต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์.....                         | 39 |
| รูปที่ 37 | ต้นแบบหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์.....                         | 39 |
| รูปที่ 38 | กระบวนการผลิตหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์.....                  | 51 |
| รูปที่ 39 | สายการผลิตการลงอุปกรณ์ด้วยเครื่องจักร.....                     | 52 |
| รูปที่ 40 | อุปกรณ์ที่ประกอบเสร็จแล้ว .....                                | 52 |

## สารบัญตาราง (List of Tables)

|  |    |
|--|----|
| ตารางที่ 1 โปรไฟล์สำหรับบงูท.....  | 25 |
| ตารางที่ 2 รายละเอียดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....  | 36 |
| ตารางที่ 3 เปรียบเทียบฟังก์ชันการทำงานของหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์ที่วางขายในท้องตลาด<br>และต้นแบบ .....                                       | 48 |
| ตารางที่ 4 คะแนนความพึงพอใจของแพทย์.....   | 49 |
| ตารางที่ 5 เอกสารประกอบกระบวนการผลิตตามมาตรฐานของโรงงาน เพื่อควบคุมมาตรฐานใน<br>การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพสำหรับหูฟังแพทย์แบบอิเล็กทรอนิกส์..... | 53 |