

ต้นแบบระบบการส่งข้อมูลเพื่อเฝ้าระวังผู้ป่วย

อรรวรรณ เชาวลิต สุจิตรา อคุลย์เกษม* ปานใจ ชารัตน์วงศ์
วิทวัส พงศานานุรักษ์ และ ภารดี พิพัฒน์กาญจน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบระบบการส่งข้อมูลเพื่อเฝ้าระวังผู้ป่วย โดยเป็นการส่งข้อมูลอุณหภูมิของผู้ป่วยผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อติดตามค่าของอุณหภูมิของผู้ป่วยที่อยู่ห่างไกลแพทย์ หรือ โรงพยาบาล และทำการวิเคราะห์ค่าของอุณหภูมิโดยใช้ต้นไม้การตัดสินใจที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการพิจารณาความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิ จาก 3 ปัจจัย คือ เพศ อายุ และรูปร่างของผู้ป่วย เมื่อระบบตรวจสอบพบว่ามีค่าผิดปกติของอุณหภูมิ ระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังผู้เกี่ยวข้องต่อไป ผลจากการวิจัยพบว่า ต้นแบบระบบฯ สามารถติดตามข้อมูลอุณหภูมิของผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง สามารถนำไปประยุกต์เพื่อส่งข้อมูลสัญญาณชีพของผู้ป่วย เพื่อช่วยให้แพทย์สามารถติดตามผลการรักษาผู้ป่วยได้อย่างสะดวก และเป็นการเฝ้าระวังสุขภาพผู้ป่วย ช่วยให้ญาติหรือผู้ดูแลผู้ป่วยสามารถตัดสินใจนำผู้ป่วยเดินทางจากบ้าน หรือที่พักอาศัย ไปที่โรงพยาบาล เพื่อให้แพทย์ให้การดูแลรักษาผู้ป่วยได้ทันเวลา

คำสำคัญ : การส่งข้อมูล, การเฝ้าระวังสุขภาพผู้ป่วย, การวิเคราะห์อุณหภูมิ, ต้นไม้การตัดสินใจ

A Prototype of Data Transfer System for Patient Health Monitoring

**Orawan Chaowalit, Suchitra Adulkasem^{*}, Panjai Tantatsanawong,
Witawat Pongsananurak and Paradee Pipatkarn**

Abstract

This research has developed a prototype of Data Transfer System for Health Monitoring by sending patients' temperature through the Internet network to follow up the temperature of those patients who live in the remote area with difficulties accessing the medical system. The patients' temperatures are analyzed by using the decision tree created by the researcher. The abnormality of the temperature is analyzed using three factors; sex, age, and the patients' body appearance. When the system detects that there is an abnormality in a patient's temperature, it will alert and notify the concerned people respectively. According to the research, it is found that the patients' temperatures followed up by the prototype was accurate and reliable. The information can also be applied for sending patients' vital sign to the doctor for more convenience in following up and monitoring each patients health; moreover, in case of emergency, caretakers can decide when it is necessary to bring the patient to the hospital, so that the doctor can examine and treat the patient in time.

Keywords : Data transfer, Patient health monitoring, Temperature analysis, Decision tree

Department of Computing, Faculty of Science, Silpakorn University

^{*} Corresponding author, E-mail: suchitraa@hotmail.com Received 1 April 2015, Accepted 30 October 2015

1. บทนำ

ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล จะได้รับการตรวจ วินิจฉัย รักษาจากแพทย์ มีพยาบาล เจ้าหน้าที่ เฝ้าดูแลอาการและช่วยเหลือผู้ป่วยตลอดเวลา เมื่อผู้ป่วยพ้นภาวะวิกฤต แพทย์อาจจะอนุญาตให้ผู้ป่วยกลับไปพักที่บ้าน โดยที่ผู้ป่วยยังต้องอยู่ในการเฝ้าดูแลอย่างใกล้ชิดจากญาติหรือผู้ดูแล เพื่อให้ผู้ป่วยปลอดภัยจากภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ในการดูแลนั้น ญาติหรือผู้ดูแลผู้ป่วยจำเป็นต้องทำการตรวจสอบสัญญาณชีพ (Vital sign) ของผู้ป่วย ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ (Pulse rate) อัตราการหายใจ (Respiratory rate) อุณหภูมิร่างกาย (Body temperature) และความดันโลหิต (Blood pressure) [1-3] และใช้ข้อมูลสัญญาณชีพที่ได้นี้ในการประเมินความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วย แต่ญาติหรือผู้ดูแลผู้ป่วยอาจจะไม่มีความรู้ความเข้าใจมากเพียงพอในการประเมินข้อมูลสัญญาณชีพที่ตรวจได้ นี้ ซึ่งอาจจะทำให้ไม่สามารถตัดสินใจนำผู้ป่วยเดินทางจากบ้าน หรือที่พักอาศัย ไปที่โรงพยาบาล เพื่อให้แพทย์ให้การดูแลรักษาผู้ป่วยได้ทันเวลา

งานวิจัยนี้ ได้นำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการเฝ้าระวังสุขภาพผู้ป่วยที่อยู่ห่างไกลแพทย์ หรือโรงพยาบาล ด้วยการติดตามค่าของอุณหภูมิของผู้ป่วย และทำการคัดกรองข้อมูลอุณหภูมิที่เป็นค่าโคคผิดปกติ เพื่อนำข้อมูลที่ผ่านการคัดกรองเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ต้นไม้การตัดสินใจที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยโดยใช้ อัลกอริทึม J48 Decision Tree เมื่อพบว่าค่าของอุณหภูมิมีกความผิดปกติ ระบบจะทำการแจ้งเตือน (alert) ไปยังผู้เกี่ยวข้องทันที เป็นการช่วยให้ผู้ป่วยได้รับคำปรึกษา และได้รับการดูแล รักษา ทันเวลา ทำให้การรักษาทาง

การแพทย์ และสาธารณสุข เป็นไปได้ด้วยความสะดวกรวดเร็ว มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้ป่วยและแพทย์ไม่จำเป็นต้องอยู่ภายในโรงพยาบาล หรือพื้นที่เดียวกัน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรักษาทางการแพทย์และสาธารณสุขเป็นงานด้านหนึ่ง ที่ได้ นำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีด้านการสื่อสารเข้ามาใช้ เพื่อให้บริการด้านสุขภาพแก่ประชาชนโดยทั่วไป ผู้ป่วยและแพทย์ไม่จำเป็นต้องอยู่ภายในโรงพยาบาล หรือพื้นที่เดียวกัน ผู้ป่วยสามารถรับคำปรึกษา และได้รับการดูแล รักษา ผ่านระบบบริการทางไกล (Telecare) ซึ่งเป็นการเฝ้าระวังหรือติดตามดูแลผู้ป่วยที่ไม่ต้องอยู่ในโรงพยาบาล หรือระบบการแพทย์ทางไกล (Telemedicine) ที่เป็นการให้บริการทางการแพทย์ทางไกลผ่านข้อมูลภาพและเสียง เพื่อทำการตรวจสอบ วินิจฉัย และแนะนำการดูแลผู้ป่วยที่อยู่ที่บ้าน ทำให้การรักษาทางการแพทย์ และสาธารณสุข เป็นไปได้ด้วยความสะดวกรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ ช่วยลดจำนวนผู้ป่วยที่ต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล [3-5]

งานวิจัย [6] ได้นำเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย เข้ามาช่วยในการติดตามข้อมูลสุขภาพผู้ป่วยที่ไม่ได้พักรักษาตัวภายในโรงพยาบาลเพื่อให้ได้ระบบที่มีความสามารถเฝ้าระวัง (monitor) สุขภาพผู้ป่วยในระยะไกลอย่างต่อเนื่อง และระบบทำการประมวลผล วิเคราะห์ และแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติของข้อมูลสุขภาพผู้ป่วย แต่การทำงานของระบบเป็นการทำงานกึ่งอัตโนมัติ ที่จำเป็นต้องมีการติดต่อประสานงานกันเป็นอย่างดี ระหว่างผู้ป่วยกับโรงพยาบาล แพทย์ทำการวิเคราะห์ ข้อมูลผู้ป่วยจากข้อมูลที่ระบบได้รับ และให้คำปรึกษา

การดูแลในเรื่องต่างๆ เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลที่ถูกต้องและปลอดภัย

งานวิจัย [7] ได้นำการแพทย์ทางไกลเข้ามาช่วยในการเฝ้าระวังข้อมูลสุขภาพผู้ป่วย ด้วยการตรวจจับข้อมูลสัญญาณชีพของผู้ป่วย เช่น อัตราการเต้นของหัวใจ อุณหภูมิ ฯลฯ และบันทึกลงฐานข้อมูลของระบบ จากนั้นจึงทำการอัปโหลด (upload) ข้อมูลเหล่านี้ไปยัง Web based server และส่งไปยังโทรศัพท์ของแพทย์โดยใช้เทคโนโลยีแอนดรอยด์ เพื่อให้แพทย์วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับและให้คำแนะนำในการดูแลรักษาผู้ป่วยต่อไป

งานวิจัย [8] นำเสนอระบบเฝ้าระวังสุขภาพผู้ป่วยที่ไม่ได้พักรักษาตัวในโรงพยาบาล โดยใช้เครือข่ายเซิร์ฟเวอร์ไร้สาย ที่มีการคิดเซิร์ฟเวอร์ไว้บนร่างกายผู้ป่วย เพื่อให้เซิร์ฟเวอร์ตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันโลหิต ฯลฯ โดยที่ระบบเป็นการเฝ้าระวังข้อมูลสุขภาพของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง และใช้การประมวลผลข้อมูลเข้ามาช่วยในการตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูลเหล่านั้น และตัดสินใจให้คำแนะนำเบื้องต้นในการดูแลผู้ป่วย และทำการแจ้งเตือนผู้ป่วย และแพทย์เจ้าของไข้ต่อไป

ในการดูแลสุขภาพผู้ป่วยผ่านระบบทางไกล ด้วยการติดตามข้อมูลสุขภาพผู้ป่วยนั้น จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณชีพของผู้ป่วย ซึ่งอาจจะเป็นการคิดเซิร์ฟเวอร์ไว้บนร่างกายผู้ป่วย หรือติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับสัญญาณชีพผู้ป่วยไว้บริเวณที่พักอาศัย (smart environment) โดยไม่จำเป็นต้องติดอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณไว้บนร่างกายผู้ป่วย ช่วยให้ผู้ป่วยสามารถใช้ชีวิตประจำวันได้สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น [7, 9-10]

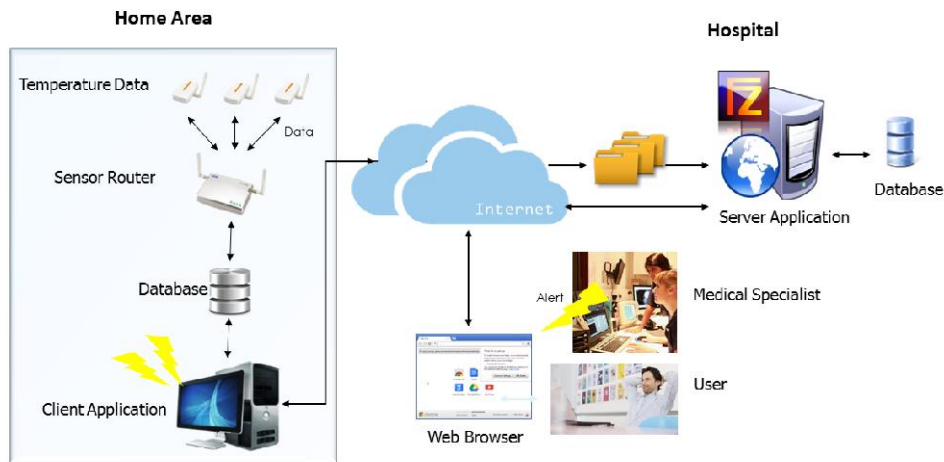
3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สถาปัตยกรรมของระบบ

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบการส่งข้อมูลเฝ้าระวังผู้ป่วย ซึ่งประกอบด้วย ส่วนของ Web Application ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่าง Client Application กับ Server Application โดยที่ Client Application ทำการรวบรวมข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยจากเซนเซอร์ และส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ไปยัง Server Application เพื่อทำการรวบรวมข้อมูล ประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิบันทึกข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลของโรงพยาบาล ในกรณีที่ตรวจพบความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิ จะทำการแจ้งเตือนบุคคลที่เกี่ยวข้อง เช่น แพทย์เจ้าของไข้หรือแพทย์ผู้รักษาผู้ป่วย ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลผู้ป่วย ผู้รับผิดชอบเคสผู้ป่วย (Case manager) ฯลฯ นอกจากนี้ ผู้ใช้งานระบบ เช่น ผู้ป่วย ญาติผู้ป่วย แพทย์เจ้าของไข้ แพทย์เฉพาะทาง ฯลฯ สามารถเรียกดูข้อมูลที่ต้องการตามสิทธิที่ได้รับ (User authorization) ผ่านทาง Web Application รูปที่ 1 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ระบบบริเวณที่พักอาศัย (Home Area / Client) และ ระบบบริเวณโรงพยาบาล (Hospital Area / Server)

3.1.1 ระบบบริเวณที่พักอาศัย

ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลสุขภาพของผู้ป่วยจากเซนเซอร์ทุกเวลาที่กำหนด เช่น 5 วินาที สร้างเป็น Text file บันทึกไว้ในฐานข้อมูลของ โคลเอนต์ และเรียกใช้โปรแกรม Filezilla [11-12] ช่วยในการส่งข้อมูลไปยัง เซิร์ฟเวอร์ทุกๆ ช่วงเวลาที่ผู้ดูแลระบบกำหนดไว้ล่วงหน้า เช่น ทุกๆ 3 นาที หรือ ทุกๆ 5 นาที เพื่อให้เซิร์ฟเวอร์นำข้อมูลที่ได้รับ เข้าสู่กระบวนการคัดกรองข้อมูลอุณหภูมิ การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิ และการ



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบ

แจ้งเตือนความผิดปกติต่อไป โดยที่ Filezilla เป็นโปรแกรมที่ใช้ติดต่อกับ FTP server เพื่อดาวน์โหลดหรืออัปโหลดไฟล์อย่างปลอดภัยผ่าน SSH (SFTP) และสามารถกลับมาโอนถ่ายไฟล์ต่อในกรณีที่การอัปโหลดหรือดาวน์โหลดล้มเหลว

3.1.2 ระบบบริเวณโรงพยาบาล

การทำงานประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ

- Manage Account

เป็นการจัดการฐานข้อมูลบุคคลของระบบ ได้แก่ แพทย์ พยาบาล เจ้าหน้าที่ ผู้ป่วย ฯลฯ

- Manage Sensor

เป็นการจัดการฐานข้อมูลของเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วย

- Services

เป็นการเชื่อมต่อการใช้งานเซนเซอร์กับผู้ป่วย และแพทย์ผู้รับผิดชอบ

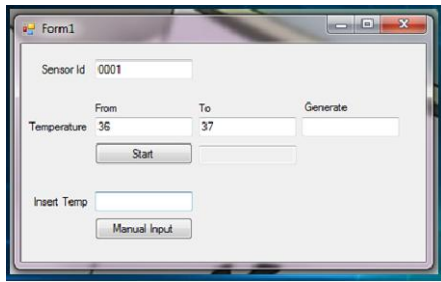
- Monitoring

เป็นหน้าจอหลักที่จะแสดงสถานะของผู้ป่วยทุกราย

เมื่อผู้ป่วยต้องการใช้ระบบการติดตามข้อมูลสุขภาพ ผู้ป่วย ผู้ป่วยต้องลงทะเบียน เพื่อระบุข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่ หมายเลขเซนเซอร์ และชื่อแพทย์เจ้าของไข้ จากนั้นเซิร์ฟเวอร์ทำการสร้างโฟลเดอร์ (Folder) เพื่อรองรับข้อมูลที่จะถูกส่งมาจาก ไคลเอนต์ รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างโฟลเดอร์ที่เซิร์ฟเวอร์สร้างไว้เพื่อรองรับข้อมูลจากเซนเซอร์ หมายเลข 56002, 56005, 56006 และ 56009

Name	Date modified	Type
56002	16/12/2556 23:47	File folder
56005	11/12/2556 12:18	File folder
56006	11/12/2556 12:18	File folder
56009	15/12/2556 23:12	File folder

รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าจอของเซิร์ฟเวอร์แสดงโฟลเดอร์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อรองรับการเก็บข้อมูลของผู้ป่วย



↓
Store
 every 5 seconds

	dataid	ssid	dataInput	timeInput
▶	1	0001	20.00000	2013-11-13 00:02:55
	2	0001	36.25434	2013-11-13 00:02:58
	3	0001	36.81680	2013-11-13 00:30:06
	4	0001	10.00000	2013-11-13 00:30:09
	5	0001	36.96381	2013-11-13 00:30:11
	6	0001	36.40425	2013-11-13 00:30:16
	7	0001	36.38954	2013-11-13 00:40:06
	8	0001	36.26980	2013-11-13 00:41:39
	9	0001	36.41682	2013-11-13 00:41:44
*	NULL	NULL	NULL	NULL

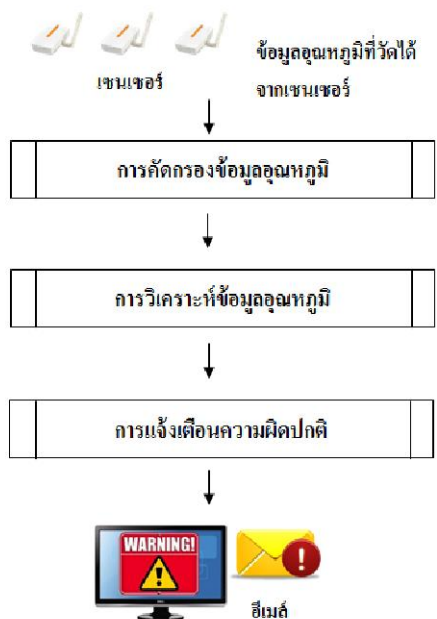
รูปที่ 3 ข้อมูลที่ถูกบันทึกลงฐานข้อมูลของไคลเอนต์

ในการใช้งานระบบนั้น ผู้ป่วยต้องใช้เซนเซอร์หมายเลขที่ได้ลงทะเบียนไว้เพื่อให้เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิของผู้ป่วย ส่งให้ระบบรวบรวมข้อมูลสร้างเป็น Text file บันทึกไว้ที่ฐานข้อมูลของไคลเอนต์ และส่ง Text File ไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อเก็บบันทึกไฟล์ไว้ในโฟลเดอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อรอรับการเก็บข้อมูลของผู้ป่วยรายนั้นๆ เพื่อให้ เซิร์ฟเวอร์ นำไปใช้งานในขั้นตอนต่อไป รูปที่ 3 แสดงการรวบรวมข้อมูลจากเซนเซอร์สร้างเป็น Text file ที่ประกอบไปด้วย หมายเลขเซนเซอร์ อุณหภูมิ วัน-เดือน-ปี และเวลาที่บันทึกอุณหภูมิ บันทึกไว้ที่ฐานข้อมูลของ ไคลเอนต์

ในการส่งข้อมูลระหว่างไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์นั้น ข้อมูลถูกส่งแบบ FTP โดยใช้โปรโตคอล TCP เมื่อเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูล เครื่องไคลเอนต์จะทำการร้องขอช่องทางการติดต่อสื่อสารใหม่จากเซิร์ฟเวอร์ หรือถ้าไม่สามารถทำการส่งข้อมูลเข้าเครื่องเซิร์ฟเวอร์ได้ ระบบจะมีข้อความแจ้งเตือนที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ว่าเครื่องไคลเอนต์ขาดการติดต่อจากเซิร์ฟเวอร์ และจะทำการหาช่องทางการติดต่อสื่อสารใหม่ เมื่อติดต่อได้สำเร็จระบบจึงจะนำข้อมูลจากฐานข้อมูลไคลเอนต์ส่งไปยังฐานข้อมูลเซิร์ฟเวอร์ และใช้ต้นไม้มการตัดสินใจวิเคราะห์หาความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิต่อไป

3.2 โครงสร้างระบบ

การทำงานของระบบประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ การคัดกรองข้อมูลอุณหภูมิ การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิ และการแจ้งเตือนความผิดปกติ รูปที่ 4 แสดง โครงสร้างของระบบ



รูปที่ 4 โครงสร้างระบบ

3.2.1 การคัดกรองข้อมูลอุณหภูมิ

ระบบทำการตรวจสอบข้อมูลอุณหภูมิที่ส่งจากเซนเซอร์ เพื่อพิจารณาคัดกรองและข้าม (skip) ตัวเลขที่เป็นค่าโคตผิดปกติ (abnormal number) อันเนื่องมาจากความผิดพลาดของเซนเซอร์ เมื่อกำหนดให้ค่าโคตผิดปกติ หมายถึงข้อมูลอุณหภูมิร่างกายมนุษย์ที่ไม่สามารถมีได้ขณะมีชีวิต เช่น อุณหภูมิตั้งแต่ 43°C ขึ้นไป หรืออุณหภูมิตั้งแต่ 35°C ลงไป [1] และระบบจะกำหนดให้ค่าโคตผิดปกตินี้เป็นค่า threshold เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาต่อไป เช่น ข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วย 38, 37.5, 45.5, 38 และ 37°C จะเห็นได้ว่าตัวเลข 45.5°C เป็นตัวเลขที่โคตผิดปกติ รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนการคัดกรองข้อมูลอุณหภูมิ ที่เป็นการพิจารณาข้อมูลอุณหภูมิจากเซนเซอร์ ถ้าพบว่าอุณหภูมิมีก่าตั้งแต่ 43°C ขึ้นไป หรืออุณหภูมิมีก่าตั้งแต่ 35°C ลงไป จะกำหนดให้ข้อมูลอุณหภูมินั้นเป็นค่า threshold และพิจารณาต่อไปว่าระบบจะข้ามค่า threshold นั้นหรือไม่ เนื่องจากค่า threshold นั้น อาจจะไม่ใช่เลขโคตที่ผิดปกติ แต่เป็นค่าอุณหภูมิของผู้ป่วยที่มีอุณหภูมิสูงมาก หรือต่ำมาก เช่น 44, 45, 44.5, 45 และ 45.5°C (ซึ่งระบบไม่ควรข้าม) ด้วยการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลอุณหภูมิ 11 ค่า ได้แก่ค่า threshold อุณหภูมิก่อนค่า threshold จำนวน 5 ค่า และอุณหภูมิหลังค่า threshold จำนวน 5 ค่า และนำค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้มาใช้ในการพิจารณา skip cond. ที่เป็นการพิจารณาว่าระบบควรข้ามค่า threshold หรือไม่

ตัวอย่างการคัดกรองข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วย เมื่อกำหนดให้อุณหภูมิที่ได้จากเซนเซอร์คือ
 Temp = 42, 42.5, 42.3, 42.7, 41, 45, 44, 40.1, 41.1, 42 และ 42°C ระบบต้องการพิจารณาว่าจะคัดกรองและข้ามข้อมูลอุณหภูมิ 45°C หรือไม่

MaxCoreTemp = 43°C // temp สูงสุดในร่างกายมนุษย์
 MinCoreTemp = 35°C // temp ต่ำสุดในร่างกายมนุษย์

1) พิจารณา threshold condition
 Temp = 45°C // พิจารณาอุณหภูมิ 45°C
 Temp > MaxCoreTemp // 45°C > 43°C
 Threshold = 45°C

2) Find Average
 Average=(42+42.5+42.3+42.7+41+45+44+40.1+41.1+42+42)/11 = 42.25

3) พิจารณา Skip Condition
 Threshold > Average+1
 45 > 43.25

4) สรุปผลการพิจารณา
 ระบบข้ามอุณหภูมิ 45°C และไม่นำอุณหภูมิ 45°C ไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิในขั้นตอนต่อไป

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิ

งานวิจัยนี้ใช้ Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) [13] ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือในงานทางการเรียนรู้ด้วยเครื่อง (Machine Learning) และการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยนำไปวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยจำนวน 2,800 ข้อมูล โดยใช้อัลกอริธึม J48 Decision Tree ที่มีความสามารถแยกกลุ่มข้อมูล (classification) [13] ด้วยการพิจารณาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุณหภูมิผู้ป่วย 3 ปัจจัยคือ เพศ อายุ รูปร่าง [1, 14] และสร้างต้นไม้การตัดสินใจ ดังแสดงในรูปที่ 6 เพื่อนำต้นไม้การตัดสินใจที่เป็นผลลัพธ์ไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิของผู้ป่วยต่อไป

จากปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออุณหภูมิผู้ป่วย 3 ปัจจัยนั้น เพศหญิงมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่างกายมากกว่า

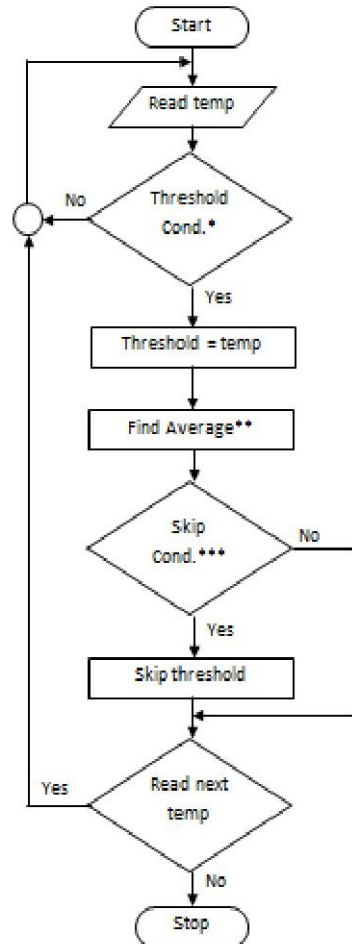
เพศชาย โดยเฉพาะระหว่างรอบของการมีประจำเดือน จะมีการหลั่งฮอร์โมน Progesterone มากในระยะเวลาที่มีการตกไข่ (ovulation) ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายเพิ่มขึ้น 0.3 - 0.5°C ผู้ป่วยในช่วงอายุที่แตกต่างกันจะมีอุณหภูมิปกติที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้รูปร่างมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบริเวณผิวหนังนอกร่างกาย โดยคนที่รูปร่าง อ้วน, อ้วนมาก, อ้วนมากที่สุด จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจากปกติ 0.3 – 1.0°C [1-2, 14] เมื่อรูปร่างสามารถจำแนกได้จากค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ตารางที่ 2 แสดงค่าดัชนีมวลกายของคนที่มีรูปร่างต่างๆ [15]

ตารางที่ 1 อุณหภูมิร่างกายปกติตามช่วงอายุ [2]

อายุ (ปี)	อุณหภูมิ (°C)
1-15	37.0 – 37.6
16-50	36.5- 37.5
50 ขึ้นไป	36.0 – 36.9

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบดัชนีมวลกาย [15]

รูปร่าง	ค่า BMI
ผอม	ต่ำกว่า 18.5
ปกติ	18.5 – 23.4
น้ำหนักเกิน	23.5 – 28.4
อ้วน	28.5 – 34.9
อ้วนมาก	35 – 39.9
อ้วนมากที่สุด	40 ขึ้นไป



* Threshold Cond. :

อุณหภูมิตั้งแต่ 43°C ขึ้นไป หรืออุณหภูมิตั้งแต่ 35°C ลงไป

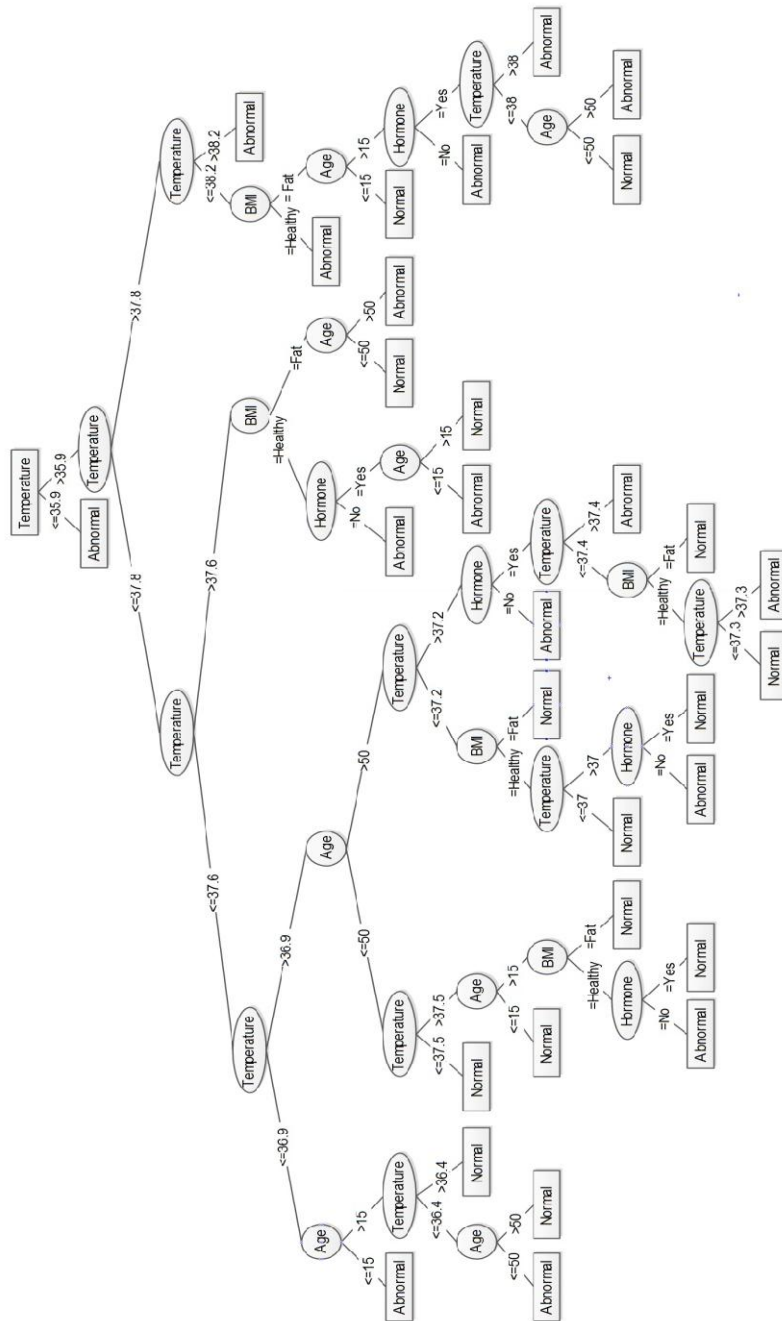
**Find Average :

$$\text{Average} = (\text{temp}_{i-5} + \text{temp}_{i-4} + \text{temp}_{i-3} + \text{temp}_{i-2} + \text{temp}_{i-1} + \text{threshold} + \text{temp}_{i+1} + \text{temp}_{i+2} + \text{temp}_{i+3} + \text{temp}_{i+4} + \text{temp}_{i+5}) / 11$$

*** Skip Cond. :

$$(\text{threshold} > \text{Average} + 1) \text{ or } (\text{threshold} > \text{Average} - 1)$$

รูปที่ 5 ขั้นตอนการคัดกรองข้อมูลอุณหภูมิที่เป็นค่าโดดผิดปกติ



รูปที่ 6 ต้นไม้การตัดสินใจเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วย

3.2.3 การแจ้งเตือนความผิดปกติ

ในการติดตั้งระบบนั้น คณะผู้วิจัยกำหนดให้ทำการติดตั้งโปรแกรมที่ทำหน้าที่วิเคราะห์ความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยที่ไคลเอนต์ และที่เซิร์ฟเวอร์ เพื่อให้ระบบสามารถทำหน้าที่เฝ้าระวังข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยตลอดเวลา แม้ว่ามีปัญหาเกิดขึ้นกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้เซิร์ฟเวอร์ไม่สามารถติดต่อไคลเอนต์ได้

ระบบกำหนดให้มีการแจ้งเตือนความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยดังนี้

- แสดงข้อความเตือนที่หน้าจอเซิร์ฟเวอร์

เมื่อได้รับข้อมูลจากไคลเอนต์ ระบบจะนำข้อมูลไปประมวลผลที่เซิร์ฟเวอร์ทันที เมื่อพบความผิดปกติของข้อมูล ระบบจะทำการแจ้งเตือนไปที่ผู้ดูแลระบบหรือเจ้าหน้าที่ที่ทำหน้าที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

- แสดงข้อความเตือนที่หน้าจอไคลเอนต์

เมื่อระบบตรวจพบความผิดปกติของอุณหภูมิฝั่งไคลเอนต์ ระบบจะทำการแจ้งเตือนความผิดปกติผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของผู้ป่วยทันที

- ส่ง e-mail ไปยังบุคคลที่เกี่ยวข้อง

เมื่อระบบตรวจพบความผิดปกติของอุณหภูมิของผู้ป่วยได้ ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนผ่าน e-mail ไปยังบุคคลที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ดำเนินการต่อไป

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาต้นแบบระบบฯ

ต้นแบบระบบฯ ถูกพัฒนาเพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้งาน 3 ระดับ คือ ผู้ดูแลระบบ (Admin) เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลที่เกี่ยวข้องกับระบบ (ผู้รับผิดชอบเคสผู้ป่วย แพทย์) และ ผู้ป่วย (Patient) ผู้ดูแลระบบทำหน้าที่

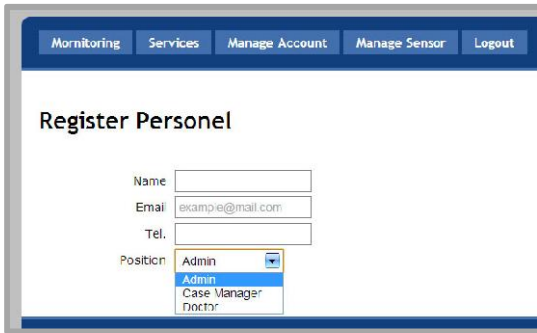
ควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด สามารถปรับเปลี่ยน แก้ไข ลบข้อมูลต่างๆของระบบ

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างหน้าจอการลงทะเบียนผู้ใช้งานระบบและการลงทะเบียนเซนเซอร์ รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างหน้าจอการเชื่อมต่อการใช้งานเซนเซอร์กับผู้ป่วย และแพทย์ผู้รับผิดชอบผู้ป่วย รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างหน้าจอการจัดการข้อมูลผู้ใช้งานระบบ

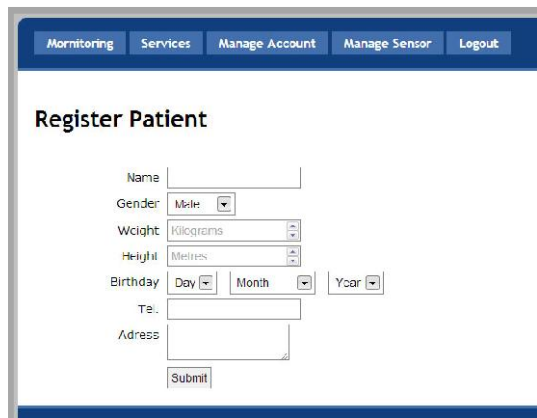
ในส่วนของการใช้งานของเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลที่เกี่ยวข้อง (ผู้รับผิดชอบเคสผู้ป่วย และแพทย์) สามารถเรียกดูข้อมูลของผู้ป่วยที่เข้ารับการเฝ้าระวังทั้งหมด (รูปที่ 10) ขณะที่ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลผู้ป่วย สามารถเรียกดูข้อมูลการเฝ้าระวังของตัวเอง และเรียกดูข้อมูลของแพทย์ที่รับผิดชอบในการติดตามผลการรักษา (รูปที่ 11)

จากรูปที่ 10 จะเห็นว่าผู้ป่วยชื่อ Pakorn ซึ่งเป็นผู้ป่วยเพศชาย อายุ 20 ปี รูปร่างปกติ (BMI 21.5) อุณหภูมิ 36.9°C ระบบสรุปผลว่าผู้ป่วยมีอุณหภูมิปกติ เนื่องจากผู้ป่วยมีค่าอุณหภูมิร่างกายปกติตามช่วงอายุ ส่วนผู้ป่วยชื่อ Sakon ซึ่งเป็นผู้ป่วยเพศชาย อายุ 12 ปี รูปร่างปกติ (BMI 20.8) อุณหภูมิ 36.3 ระบบสรุปผลว่าผู้ป่วยมีอุณหภูมิผิดปกติ เนื่องจากผู้ป่วยช่วงวัยนี้ควรมีอุณหภูมิร่างกายปกติในช่วง 37.0-37.6°C

เมื่อต้นแบบระบบฯ ตรวจสอบพบว่าข้อมูลอุณหภูมิของผู้ป่วยมีความผิดปกติ ต้นแบบระบบฯ จะแจ้งความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วย 3 ช่องทางคือ แจ้งเตือนที่หน้าจอของไคลเอนต์เพื่อให้ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลผู้ป่วยรับรู้ความผิดปกตินั้นทันที แจ้งที่หน้าจอของเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้ผู้รับผิดชอบได้ติดต่อผู้เกี่ยวข้องต่อไป และแจ้งทางอีเมลล์ของผู้เกี่ยวข้อง รูปที่ 12 แสดงตัวอย่างหน้าจอการแจ้งเตือนความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วย



(ก)



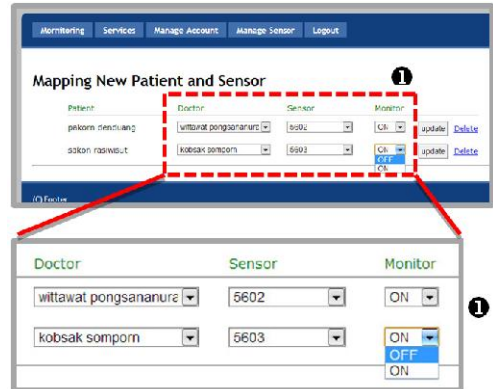
(ข)



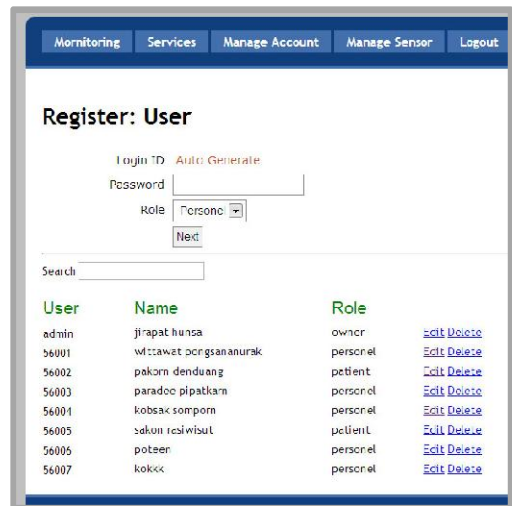
(ค)

รูปที่ 7 ตัวอย่างหน้าจอการทำงานของโปรแกรม

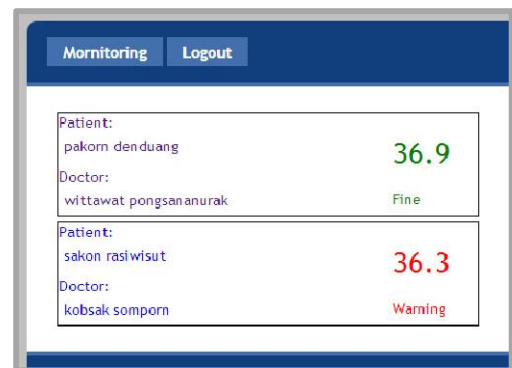
- ก. การลงทะเบียนผู้ใช้งานแบบ Personel
- ข. การลงทะเบียนผู้ใช้งานแบบ Patient
- ค. การลงทะเบียน เซนเซอร์



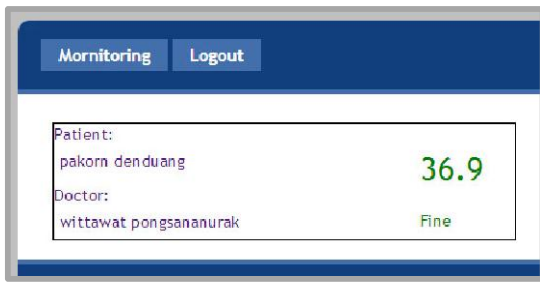
รูปที่ 8 การกำหนดเซนเซอร์และแพทย์ให้กับผู้ป่วย



รูปที่ 9 การจัดการข้อมูลผู้ใช้งานระบบ



รูปที่ 10 ตัวอย่างหน้าจอของ Case Manager และแพทย์



รูปที่ 11 ตัวอย่างหน้าจอของผู้ป่วย



รูปที่ 12 ตัวอย่างหน้าจอแสดงการแจ้งเตือนความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วย

4.2 ผลการประเมินความถูกต้องของต้นแบบระบบการส่งข้อมูลเพื่อเฝ้าระวังผู้ป่วย

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อประเมินความถูกต้องในการทำงานของต้นแบบระบบฯ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างการเฝ้าระวังผู้ป่วยจำนวน 240 ราย ด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3 รายละเอียดข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

เพศ	อายุ	รูปร่าง	จำนวน (ราย)
ชาย	1-15	A	20
		B	20
	16-50	A	20
		B	20
	> 50	A	20
		B	20
หญิง	1-15	A	20
		B	20
	16-50	A	20
		B	20
	> 50	A	20
		B	20
รวม			240

A: ผอม/ปกติ/น้ำหนักเกิน

B: อ้วน/อ้วนมาก/อ้วนมากที่สุด

ในการทดลองเป็นการนำข้อมูลอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างไปวิเคราะห์โดย 2 วิธี คือวิธีที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิโดยใช้ต้นแบบระบบฯ ที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลตามเงื่อนไขและทางเลือกที่ระบุบนต้นไม้มการตัดสินใจที่คณะผู้วิจัยได้สร้างขึ้น และวิธีที่ 2 การประมวลผลด้วยมือที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิโดยญาติ หรือผู้ดูแลผู้ป่วย ที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลตามเงื่อนไขที่โรงพยาบาลแจ้งไว้ล่วงหน้า จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากต้นแบบระบบฯ เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ที่ได้จากระบบงานเดิม ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยโดยใช้ต้นแบบระบบฯ และระบบงานเดิม

ผู้ป่วย	เพศ	อายุ (ปี)	รูปร่าง	อุณหภูมิ (°C)	ผลการวิเคราะห์โดยใช้ต้นแบบระบบฯ	ผลการวิเคราะห์โดยใช้ระบบงานเดิม
Pakorn	ชาย	20	A	36.9	ปกติ	ปกติ
Sakon	ชาย	12	A	36.3	ผิดปกติ	ผิดปกติ
Suree	หญิง	23	A	38.0	ผิดปกติ	ผิดปกติ
Naree	หญิง	30	B	37.6	ปกติ	ปกติ
Somsak	ชาย	45	A	37.6	ผิดปกติ	ผิดปกติ

A: ผอม/ปกติ/น้ำหนักเกิน

B: อ้วน/อ้วนมาก/อ้วนมากที่สุด

จากผลที่ได้จากการทดลอง พบว่าต้นแบบระบบฯ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิของผู้ป่วยได้ตรงกันกับระบบงานเดิม แสดงว่าต้นแบบระบบฯ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยได้ถูกต้อง ต้นไม้การตัดสินใจที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้น ช่วยให้ต้นแบบระบบฯ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง เชื่อถือได้ และช่วยให้ต้นแบบระบบฯ ประมวลผลได้รวดเร็ว มีการทำงานโดยอัตโนมัติ เป็นการแก้ปัญหาของงานวิจัย [7-8] ที่ต้องรอให้แพทย์วิเคราะห์ข้อมูลผู้ป่วยจากข้อมูลที่ได้รับ

5. สรุปผล

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบระบบการส่งข้อมูลอุณหภูมิของผู้ป่วยโดยใช้ภาษา PHP, Java Script และ C# ในการพัฒนาโปรแกรม ใช้ MySQL เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูล และใช้โปรแกรม Filezilla ช่วยในการจัดการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ ทำให้ได้ต้นแบบระบบฯ ที่สามารถส่งผ่านข้อมูลอย่างปลอดภัยผ่าน SSH (SFTP) และมีระบบการจัดการในกรณีที่มีข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูล

การทำงานของต้นแบบระบบฯ ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ การคัดกรองข้อมูลอุณหภูมิ การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิ และการแจ้งเตือนความผิดปกติ ในการคัดกรองข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยนั้น ต้นแบบระบบฯ ได้พิจารณาคัดกรองและข้ามข้อมูลที่เป็ค่าโคตผิดปกติอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของเซนเซอร์ หรือสาเหตุอื่นๆ ทำให้ได้ข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยที่ถูกต้อง และนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิ โดยที่การวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมินั้น ต้นแบบระบบฯ ใช้ต้นไม้การตัดสินใจที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการพิจารณาปัจจัยสำคัญของความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วย คือ เพศ อายุ และรูปร่างของผู้ป่วย เมื่อผลจากการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลมีความผิดปกติ ต้นแบบระบบฯ จะแจ้งเตือนความผิดปกติของข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วย ที่หน้าจอของไคลเอนต์เพื่อให้ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลผู้ป่วยรับรู้ความผิดปกตินั้นทันที แจ้งเตือนที่หน้าจอของเซิร์ฟเวอร์เพื่อให้ผู้รับผิดชอบได้ติดต่อผู้เกี่ยวข้องต่อไป และแจ้งทางอีเมลล์ของผู้เกี่ยวข้อง

จากการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบระบบฯ พบว่าต้นแบบระบบฯ สามารถส่งข้อมูลอุณหภูมิของผู้ป่วยจากบ้านพักอาศัย (ไคลเอนต์) ไปยังโรงพยาบาล (เซิร์ฟเวอร์) ได้อย่างอัตโนมัติ และปลอดภัย ต้นแบบระบบฯ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิได้อย่างอัตโนมัติ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิผู้ป่วยมีความถูกต้อง เชื่อถือได้ เมื่อต้นแบบระบบฯ ตรวจสอบพบว่ามีความผิดปกติของอุณหภูมิต้นแบบระบบฯ มีการแจ้งเตือน ไปยังผู้ดูแลผู้ป่วย และผู้เกี่ยวข้อง ทำให้ได้ระบบการติดตามค่าของอุณหภูมิของผู้ป่วยที่อยู่ห่างไกลแพทย์ หรือโรงพยาบาล ช่วยให้การรักษาทางการแพทย์ และสาธารณสุข เป็นไปได้ด้วยความสะดวกรวดเร็ว มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผู้ป่วยและแพทย์ไม่จำเป็นต้องอยู่ในโรงพยาบาล หรือพื้นที่เดียวกัน ช่วยให้ผู้ป่วยได้รับคำปรึกษา และได้รับการดูแล รักษาได้ทันเวลา ในการพัฒนาต่อไปนั้น ผู้พัฒนาสามารถนำระบบต้นแบบนี้ไปพัฒนาเพื่อเฝ้าระวังข้อมูลสัญญาณชีพของผู้ป่วย เพื่อเป็นการดูแลสุขภาพของผู้ป่วยผ่านระบบทางไกลอย่างมีประสิทธิภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Chatchaisucha, P. Ujarat and N. Boonchan. "Basic skills in nursing", Faculty of Nursing, Mahidol University, 2553. (in Thai)
- [2] N. Putthumruga, "Fundamental of Nursing Care and Home Nursing", College of Medicine Thailand, Rajamangala University of Technology, 2555. (in Thai)
- [3] K.J. Tuner and M.R. McGee-Lennon, "Advances in telecare over the past 10 years", Smart Homecare Technology and TeleHealth 1, 2013, pp. 21–34.
- [4] B. Punsawad, S. Cherdchoo, A. Jungate, P. Punnakitikashem, P. Tungkaprasert and T. Laosirihongthong, "Innovative Telecare System for the Elderly", Journal of Nursing Council 26, Special Issue, 2011, pp. 5-15. (in Thai)
- [5] K. Doughty, A. Monk, C. Bayliss, S. Brown, L. Dewsbury, B. Dunk, V. Gallagher, K. Grafham, M. Jones, C. Lowe, L. McAlister, K. McSorley, P. Mills, C. Skidmore, A. Stewart, B. Taylor and D. Ward, "Telecare, telehealth and assistive technologies – do we know what we're talking about?", Journal of Assistive Technologies 1(2), 2007, pp. 6-10.
- [6] M. Aminian and H.R. Naji, "A Hospital Healthcare Monitoring System Using Wireless Sensor Networks", Journal of Health & Medical Informatics 4(6), 2013, pp. 1-6.
- [7] P. Sundaram, "Patient Monitoring System using Android Technology", International Journal of Computer Science and Mobile Computing (IJCSMC) 2(5), 2013, pp. 191-201.
- [8] R.A. Rashid, N.H. Mahalin, M.R.A. Rahim and M.A. Sarijari, "Home-based Healthcare Monitoring over Wireless Biomedical Sensor Network", Proceedings of RF and Microwave Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 2008, pp. 15-21.

- [9] S. Giroux and H. Pigot, “From Smart Homes to Smart Care”, IOS Press, Amsterdam, Netherlands, 2005.
- [10] F. Adib, H. Mao, Z. Kabelac, D. Katabi and R.C. Miller, “Smart Homes that Monitor Breathing and Heart Rate”, Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, Seoul, Korea, 2015, pp. 837-846.
- [11] Indiana State Department of Health, “FTP Instruction Manual – Using Filezilla to Upload Design / Construction Plans”, 2013, pp. 1-19.
- [12] M. Sanford, D. Woodraska and D. Xu, “Security Analysis of FileZilla Server Using Threat Models”, Proceedings of the 23rd International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE'2011), 2011, Eden Roc Renaissance, Miami Beach, USA.
- [13] Y. Zhao and Y. Zhang, “Comparison of decision tree methods for finding active objects”, *Advance in Space Research* 41(12), 2008, pp. 1955-1959.
- [14] J. Waalen and J.N. Buxbaum, “Is Older Colder or Colder Older? The Association of Age With Body Temperature in 18,630 Individuals”, *The Journal of Gerontology : Biological Sciences & Medical Sciences* 66(5), 2011, pp. 487-492.
- [15] WHO. “Physical status: the use and interpretation of anthropometry”, Report of a WHO Expert Committee, WHO Technical Report Series 854, Geneva: World Health Organization, 1995, pp. 355-369.