

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

1 ภาพรวมของการวิเคราะห์ระบบ

1.1 ขอบเขตงาน

ขอบเขตงานของระบบ SmartHeart Care ในบทนี้เป็นการกำหนดขอบเขตการทำงานของระบบในเชิงระบบสารสนเทศและวิศวกรรมซอฟต์แวร์ โดยระบุถึงความสามารถของระบบที่สามารถดำเนินการได้ และข้อจำกัดของระบบอย่างชัดเจน เพื่อป้องกันการตีความเกินขอบเขตการออกแบบ

ระบบ SmartHeart Care ครอบคลุมการทำงานในขอบเขตดังต่อไปนี้

1. ระบบสามารถรับข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) จากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจแบบสวมใส่ ผ่านการเชื่อมต่อแบบ Bluetooth Low Energy (BLE) เท่านั้น
2. ระบบสามารถแสดงผลสัญญาณ ECG และค่า Heart Rate แบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชันมือถือ พร้อมตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณในระดับเบื้องต้นก่อนส่งข้อมูลขึ้นระบบคลาวด์
3. ระบบสามารถส่งข้อมูล ECG และข้อมูลสุขภาพที่ผ่านการตรวจสอบแล้วไปยังระบบคลาวด์ ผ่านการเชื่อมต่อแบบ HTTPS เพื่อทำการจัดเก็บและประมวลผลด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์
4. ระบบสามารถวิเคราะห์และจำแนกภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะจากสัญญาณ ECG ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่
 - ภาวะหัวใจเต้นปกติ (Normal)
 - ภาวะหัวใจเต้นช้า (Bradycardia)
 - ภาวะหัวใจเต้นเร็ว (Tachycardia)
 - ภาวะหัวใจห้องบนสั่นพลิ้ว (Atrial Fibrillation)
5. ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลสุขภาพในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงเวลา (Time-Series Database) เพื่อรองรับการแสดงผลข้อมูลย้อนหลังและการวิเคราะห์แนวโน้มสุขภาพหัวใจในระยะยาว
6. ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลและรายงานสุขภาพผ่านแดชบอร์ดออนไลน์สำหรับผู้ดูแลและบุคลากรทางการแพทย์ เพื่อใช้ในการติดตามแนวโน้มและประเมินสภาวะหัวใจของผู้สูงอายุ

ทั้งนี้ ระบบ SmartHeart Care ไม่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการวินิจฉัยทางการแพทย์หรือทดแทนการตัดสินใจของแพทย์ และไม่รองรับการใช้งานในสถานการณ์ฉุกเฉินหรือผู้ป่วยวิกฤต โดยระบบมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นระบบเฝ้าระวังสุขภาพหัวใจเชิงป้องกัน (Preventive Healthcare) และเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาและต่อยอดในอนาคต

1.2 กลุ่มผู้ใช้ระบบ

ระบบ SmartHeart Care ถูกออกแบบให้รองรับการใช้งานของผู้ใช้หลายกลุ่มที่มีบทบาทและความต้องการแตกต่างกัน เพื่อให้ครอบคลุมกระบวนการเฝ้าระวังและติดตามสุขภาพหัวใจของผู้สูงอายุอย่างครบวงจร โดยกลุ่มผู้ใช้ระบบสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ดังต่อไปนี้

1. ผู้สูงอายุ (Elderly User) เป็นกลุ่มผู้ใช้หลักของระบบ SmartHeart Care โดยกำหนดให้เป็นผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ ระบบถูกออกแบบให้ผู้สูงอายุสามารถใช้งานแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจแบบสวมใส่ เพื่อรับและแสดงผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และค่าอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) แบบเรียลไทม์ บทบาทของผู้สูงอายุในระบบประกอบด้วย การเริ่มต้นและหยุดการวัดสัญญาณ ECG การตรวจสอบข้อมูลสุขภาพเบื้องต้นผ่านแอปพลิเคชัน การรับการแจ้งเตือนเมื่อพบสัญญาณผิดปกติ และการดูสรุปผลการใช้งานย้อนหลัง โดยแอปพลิเคชันถูกออกแบบให้มีอินเทอร์เฟซที่เรียบง่าย เหมาะสมกับการใช้งานของผู้สูงอายุ และเน้นความปลอดภัยในการใช้งานเป็นหลัก
2. ผู้ดูแลหรือญาติ (Caregiver) เป็นกลุ่มผู้ใช้ที่มีบทบาทในการติดตามและช่วยเหลือผู้สูงอายุในการดูแลสุขภาพหัวใจ ระบบ SmartHeart Care เปิดโอกาสให้ผู้ดูแลสามารถเข้าถึงข้อมูลสุขภาพของผู้สูงอายุผ่านแดชบอร์ดออนไลน์ เพื่อดูแนวโน้มความผิดปกติของหัวใจ ผลการจำแนกภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ และสรุปข้อมูลสุขภาพในแต่ละช่วงเวลา บทบาทของผู้ดูแลในระบบ ได้แก่ การตรวจสอบข้อมูลสุขภาพย้อนหลัง การรับการแจ้งเตือนเมื่อระบบตรวจพบความผิดปกติของสัญญาณหัวใจ และการใช้ข้อมูลจากระบบเพื่อสนับสนุนการดูแลผู้สูงอายุในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ ผู้ดูแลไม่สามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางการแพทย์ภายในระบบได้
3. แพทย์หรือบุคลากรทางการแพทย์ (Doctor / Medical Staff) เป็นกลุ่มผู้ใช้ที่ใช้ระบบ SmartHeart Care ในการติดตามข้อมูลสุขภาพหัวใจของผู้สูงอายุในเชิงวิเคราะห์ โดยสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านแดชบอร์ดออนไลน์ เพื่อดูสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจย้อนหลัง ผลการวิเคราะห์จากระบบปัญญาประดิษฐ์ และรายงานสรุปแนวโน้มสุขภาพหัวใจในระยะยาว บทบาทของแพทย์ในระบบคือการใช้ข้อมูลที่ได้จากระบบเป็นข้อมูลสนับสนุนในการประเมินสถานะสุขภาพหัวใจและให้คำแนะนำในการดูแลรักษาอย่างเหมาะสม โดยระบบ SmartHeart Care ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยในการติดตามสุขภาพเท่านั้น และไม่ใช้แทนกระบวนการวินิจฉัยหรือการตัดสินใจทางการแพทย์โดยตรง

1.3 วิธีการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลสำหรับระบบ SmartHeart Care ในโครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการทดสอบและประเมินการทำงานของระบบต้นแบบ (Prototype System) ตั้งแต่การรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากอุปกรณ์สวมใส่ การส่งข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน ไปจนถึงการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลบนระบบคลาวด์ โดยการเก็บข้อมูลจะดำเนินการในสถานะที่เหมาะสมกับขอบเขตของโครงงานและไม่มุ่งเน้นการใช้งานเชิงวินิจัยทางการแพทย์

1. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ระบบสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่

ตัวแปรต้น (Independent Variables)

- สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram: ECG) จากอุปกรณ์สวมใส่
- อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate: HR)
- สถานะการใช้งานของผู้ทดสอบ เช่น ขณะพัก (Resting State) หรือการเคลื่อนไหวเล็กน้อย

ตัวแปรตาม (Dependent Variables)

- ผลการตรวจสอบคุณภาพสัญญาณ ECG
- ผลการจำแนกภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะจากระบบปัญญาประดิษฐ์
- ผลการแสดงผลและการแจ้งเตือนบนแอปพลิเคชันและแดชบอร์ด

ตัวแปรควบคุม (Controlled Variables)

- ประเภทอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณ ECG (MAX-ECG-MONITOR)
- รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์บนร่างกาย
- รูปแบบการเชื่อมต่อข้อมูล (Bluetooth Low Energy และ HTTPS)
- โครงสร้างและเวอร์ชันของระบบต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบ

2. สถานที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลจะดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่ไม่ใช่สถานพยาบาล เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการที่มุ่งเน้นการเฝ้าระวังสุขภาพหัวใจในชีวิตประจำวัน โดยสถานที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่

- ห้องปฏิบัติการหรือพื้นที่ทดสอบภายในมหาวิทยาลัย
- ที่พักหรือพื้นที่อยู่อาศัยของผู้ทดสอบในสภาวะควบคุม

ทั้งนี้ การเก็บข้อมูลจะดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย และอยู่ภายใต้การดูแลของผู้พัฒนาโครงการหรือผู้ดูแลที่ได้รับการยินยอมจากผู้ทดสอบแล้ว

3. ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลในโครงการนี้จะดำเนินการในรูปแบบของการบันทึกข้อมูลเป็นรอบการทดสอบ (Session-based Data Collection) เพื่อใช้ในการทดสอบและประเมินการทำงานของระบบต้นแบบ โดยกำหนดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลดังนี้

- ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลต่อหนึ่ง Session: ประมาณ 5 นาที
- จำนวนรอบการทดสอบต่อผู้ทดสอบ: 2-3 รอบ
- ระยะเวลาการเก็บข้อมูลรวม: อยู่ในช่วงการพัฒนาและทดสอบระบบต้นแบบของโครงการ
- รูปแบบการจัดการข้อมูลภายใน Session ซึ่งจะเก็บเป็นข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) จะถูกแบ่งออกเป็นช่วงข้อมูลย่อย (Window-based Segmentation) โดยกำหนดความยาวของแต่ละ window ประมาณ 10 วินาทีต่อช่วง

การกำหนดความยาวของ window ดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบของชุดข้อมูลมาตรฐานที่ใช้ในการพัฒนาและฝึกสอนแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ เช่น PTB-XL Dataset ซึ่งใช้ข้อมูล ECG ในช่วงเวลาประมาณ 10 วินาทีต่อหนึ่งตัวอย่างข้อมูล ทั้งนี้ การแบ่งข้อมูลเป็น window ย่อยช่วยให้ระบบสามารถประมวลผลข้อมูลแบบต่อเนื่อง ลดความหน่วงในการแสดงผล และเหมาะสมกับการประเมินการทำงานของระบบต้นแบบในลักษณะใกล้เคียงการใช้งานจริง

4. การทดสอบในการเก็บข้อมูล

การทดสอบในการเก็บข้อมูลของโครงการ SmartHeart Care มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความถูกต้อง ความเสถียร และความพร้อมของระบบต้นแบบ (Prototype System) ในกระบวนการรับ ส่ง จัดเก็บ และแสดงผลข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) โดยไม่ได้

มุ่งเน้นการทดสอบเชิงวินิจัยทางการแพทย์ ทั้งนี้ การทดสอบจะดำเนินการภายใต้สภาวะที่เหมาะสมกับขอบเขตของโครงการและการพัฒนาระบบต้นแบบ

- จำนวนผู้ทดสอบ

การทดสอบระบบ SmartHeart Care จะดำเนินการเป็นลำดับระยะเพื่อให้เหมาะสมกับขั้นตอนการพัฒนาและความพร้อมของระบบ โดยในระยะแรกซึ่งเป็นการทดสอบระบบต้นแบบ (Prototype Phase) จะใช้กลุ่มผู้ทดสอบจำนวนจำกัดประมาณ 5-10 คน ซึ่งอาจประกอบด้วยนักศึกษา อาจารย์ หรืออาสาสมัครที่มีสุขภาพทั่วไปปกติ และสามารถสวมใส่อุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจได้อย่างปลอดภัย เพื่อประเมินการทำงานของระบบในเชิงเทคนิคและเชิงระบบ

เมื่อระบบมีความเสถียรและพร้อมสำหรับการทดสอบเพิ่มเติมในระยะถัดไป (Extended / Final Phase) อาจมีการขยายจำนวนผู้ทดสอบเป็นประมาณ 20-25 คน เพื่อประเมินความพร้อมและความทนทานของระบบในสภาวะที่ใกล้เคียงการใช้งานจริงมากขึ้น ทั้งนี้ การทดสอบในทุกกระยะไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อการวิเคราะห์เชิงสถิติหรือการวินิจัยทางการแพทย์

- ขั้นตอนการทดสอบในการเก็บข้อมูล

การทดสอบการเก็บข้อมูลจะดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

- ผู้ทดสอบสวมใส่อุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และเชื่อมต่ออุปกรณ์กับแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนผ่านระบบ Bluetooth Low Energy (BLE)
- ระบบเริ่มต้นการบันทึกข้อมูลสัญญาณ ECG เป็นรอบการทดสอบ (Session) โดยกำหนดระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลต่อหนึ่ง Session ประมาณ 5 นาที
- ระหว่างการบันทึกข้อมูล ระบบจะรับและแสดงผลสัญญาณ ECG และค่าอัตราการเต้นของหัวใจแบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชัน
- ข้อมูล ECG ภายในแต่ละ Session จะถูกแบ่งออกเป็นช่วงข้อมูลย่อย (window) ความยาวประมาณ 10 วินาที เพื่อใช้ในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล
- เมื่อสิ้นสุดการบันทึกข้อมูล ระบบจะส่งข้อมูลผ่านการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นไปยังระบบคลาวด์เพื่อจัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงเวลา และรองรับการแสดงผลผ่านแดชบอร์ด

- ประเภทของการทดสอบ

การทดสอบในการเก็บข้อมูลในโครงการนี้ ประกอบด้วย

- การทดสอบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัด ECG กับแอปพลิเคชันผ่าน Bluetooth Low Energy
- การทดสอบความถูกต้องและความต่อเนื่องของสัญญาณ ECG ที่ได้รับจากอุปกรณ์
- การทดสอบการแบ่งข้อมูลเป็น window และการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงเวลา
- การทดสอบการส่งข้อมูลจากแอปพลิเคชันไปยังระบบคลาวด์
- การทดสอบการแสดงผลข้อมูล ECG และผลการวิเคราะห์ผ่านแดชบอร์ด

● ข้อกำหนดของการทดสอบ

การทดสอบในการเก็บข้อมูลในโครงการนี้เป็นการทดสอบในระดับระบบต้นแบบ (Prototype Testing) โดยมีข้อกำหนด ดังต่อไปนี้

- ใช้กลุ่มผู้ทดสอบจำนวนจำกัด
- ไม่ได้ดำเนินการทดสอบกับผู้ป่วยจริงหรือในสถานพยาบาล
- ไม่ได้ใช้ผลลัพธ์จากการทดสอบเพื่อการวินิจฉัยทางการแพทย์

ผลจากการทดสอบจะถูกนำมาใช้เพื่อประเมินความพร้อมของระบบ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาในระบบในขั้นตอนถัดไปของโครงการ

2 ความต้องการของระบบ

ตารางที่ 1 ความต้องการด้านการทำงานของระบบ (Functional Requirements)

ลำดับ	ความต้องการ	รายละเอียด	ความสำคัญ
FR-1	การรับข้อมูล ECG	ระบบต้องสามารถรับข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) จากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจแบบสวมใส่ ผ่านการเชื่อมต่อแบบ Bluetooth Low Energy (BLE) ได้อย่างต่อเนื่อง	M
FR-2	การแสดงผลแบบเรียลไทม์	ระบบต้องสามารถแสดงผลสัญญาณ ECG และค่า Heart Rate แบบเรียลไทม์บนแอปพลิเคชันมือถือ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามข้อมูลสุขภาพหัวใจเบื้องต้นได้	M

FR-3	การจัดการข้อมูลแบบ Session	ระบบต้องสามารถจัดเก็บข้อมูลการวัดสัญญาณ ECG ในรูปแบบรอบการทดสอบ (Session) และเชื่อมโยงข้อมูลกับผู้ใช้งานและเวลาได้อย่างถูกต้อง	M
FR-4	การแบ่งข้อมูลเป็น Window	ระบบต้องสามารถแบ่งข้อมูล ECG ภายในแต่ละ Session ออกเป็นช่วงข้อมูลย่อย (Window-based Segmentation) เพื่อรองรับการประมวลผลและการจัดเก็บข้อมูลเชิงเวลา	M
FR-5	การตรวจสอบคุณภาพสัญญาณ	ระบบต้องสามารถตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณ ECG ในระดับเบื้องต้น เพื่อคัดกรองสัญญาณรบกวนก่อนการจัดเก็บและการวิเคราะห์	S
FR-6	การส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์	ระบบต้องสามารถส่งข้อมูล ECG และข้อมูลสุขภาพจากแอปพลิเคชันไปยังระบบคลาวด์ผ่านการเชื่อมต่อแบบ HTTPS ได้อย่างปลอดภัย	M
FR-7	การจัดเก็บข้อมูลเชิงเวลา	ระบบต้องสามารถจัดเก็บข้อมูล ECG และข้อมูลสุขภาพในฐานข้อมูลเชิงเวลา (Time-Series Database) เพื่อรองรับการเรียกดูข้อมูลย้อนหลังและการวิเคราะห์แนวโน้ม	M
FR-8	การวิเคราะห์ด้วย AI	ระบบต้องสามารถประมวลผลข้อมูล ECG ด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ เพื่อจำแนกภาวะหัวใจออกเป็น Normal, Bradycardia, Tachycardia และ Atrial Fibrillation	S
FR-9	การแสดงผลผ่านแดชบอร์ด	ระบบต้องสามารถแสดงผลข้อมูลสุขภาพย้อนหลัง ผลการวิเคราะห์ และแนวโน้มสุขภาพหัวใจผ่านแดชบอร์ดออนไลน์สำหรับผู้ดูแลและบุคลากรทางการแพทย์	C
FR-10	การจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน	ระบบต้องสามารถกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามกลุ่มผู้ใช้งาน ได้แก่ ผู้สูงอายุ ผู้ดูแล และบุคลากรทางการแพทย์	M

ตารางที่ 2 ความต้องการด้านคุณภาพและข้อจำกัดของระบบ (Non-functional Requirements)

ลำดับ	ประเภท	รายละเอียด	ความสำคัญ
NFR-1	ความเสถียร (Stability)	ระบบต้องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องในระหว่างการบันทึกข้อมูลแบบ Session โดยไม่เกิดการหยุดชะงักหรือสูญหายของข้อมูล	M
NFR-2	ความถูกต้อง (Accuracy)	ข้อมูลที่จัดเก็บและแสดงผลต้องมีความสอดคล้องกันระหว่างอุปกรณ์ แอปพลิเคชัน ระบบคลาวด์ และแดชบอร์ด	M
NFR-3	ประสิทธิภาพ (Performance)	ระบบต้องสามารถประมวลผลและแสดงผลข้อมูลได้ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อรองรับการใช้งานแบบใกล้เคียงเรียลไทม์	S
NFR-4	ความปลอดภัย (Security)	ระบบต้องมีการป้องกันข้อมูลส่วนบุคคล โดยใช้การเข้ารหัสข้อมูลระหว่างการรับ-ส่ง และการควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล	M
NFR-5	การขยายระบบ (Scalability)	ระบบต้องถูกออกแบบให้สามารถขยายการใช้งานในอนาคตได้ เช่น การเพิ่มจำนวนผู้ใช้งานหรือการเพิ่มฟังก์ชันใหม่	C
NFR-6	ความง่ายต่อการใช้งาน (Usability)	แอปพลิเคชันและแดชบอร์ดต้องถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย เหมาะสมกับผู้สูงอายุและผู้ใช้งานทั่วไป	S
NFR-7	ข้อจำกัดของระบบ	ระบบ SmartHeart Care เป็นระบบต้นแบบสำหรับการเฝ้าระวังสุขภาพหัวใจเชิงป้องกัน ไม่ใช่แทนการวินิจฉัยทางการแพทย์ และไม่รองรับการใช้งานในสถานการณ์ฉุกเฉิน	M

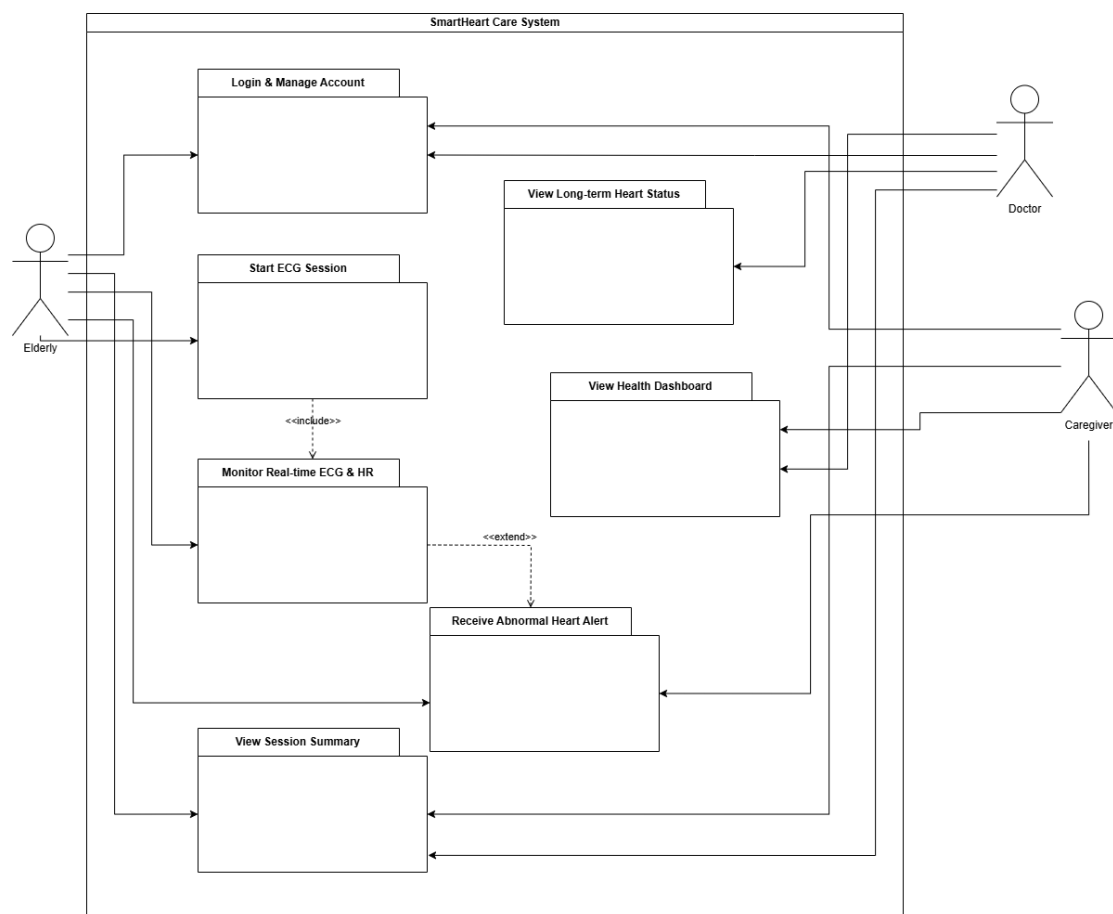
3 แผนการวิเคราะห์ผู้ใช้และ Use Case

ระบบ SmartHeart Care ถูกออกแบบเพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้หลายกลุ่มที่มีบทบาทแตกต่างกันในการเฝ้าระวังและติดตามสุขภาพหัวใจ ดังนั้น ในขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบจึงได้ทำการวิเคราะห์ผู้ใช้งาน (Actor) และการใช้งานระบบในรูปแบบของแผนภาพ Use Case เพื่ออธิบายขอบเขตการทำงานของระบบในมุมมองของผู้ใช้ และความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับฟังก์ชันหลักของระบบ

ผู้ใช้งานของระบบ SmartHeart Care สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. ผู้สูงอายุ (Elderly)
2. ผู้ดูแล (Caregiver)
3. บุคลากรทางการแพทย์ (Doctor)

ผู้สูงอายุเป็นผู้ใช้งานหลักของระบบ ทำหน้าที่เริ่มต้นการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์ และเรียกดูสรุปผลการวัดในแต่ละรอบการทดสอบ ผู้ดูแลและบุคลากรทางการแพทย์ทำหน้าที่ติดตามข้อมูลสุขภาพของผู้ใช้งานผ่านระบบแดชบอร์ด โดยมีสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลในระดับที่แตกต่างกันตามบทบาทของผู้ใช้งาน



รูปที่ 1 แผนภาพการใช้งานระบบ SmartHeart Care

แผนภาพ Use Case แสดงการทำงานหลักของระบบ SmartHeart Care ในมุมมองของผู้ใช้งาน โดยครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่การเริ่มต้นการวัดสัญญาณ ECG การติดตามสัญญาณ ECG และอัตราการเต้นของหัวใจแบบเรียลไทม์ การแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติของสัญญาณหัวใจ ตลอดจนการเรียกดูข้อมูลสุขภาพย้อนหลังผ่านระบบแดชบอร์ด

จากแผนภาพ สามารถอธิบายการทำงานของระบบได้ดังนี้ ผู้สูงอายุสามารถเข้าสู่ระบบและเริ่มต้นการวัดสัญญาณ ECG โดยกระบวนการเริ่มต้นการวัดจะครอบคลุมการติดตามสัญญาณ ECG และอัตราการเต้นของหัวใจแบบเรียลไทม์ ซึ่งถือเป็นกระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นทุกครั้งที่ของการวัดข้อมูล ในกรณีที่ระบบตรวจพบค่าที่อยู่นอกเกณฑ์ที่กำหนด ระบบจะทำการแจ้งเตือนความผิดปกติของหัวใจ ซึ่งเป็นกรณีการใช้งานที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขเฉพาะ

ผู้ดูแลและบุคลากรทางการแพทย์สามารถเข้าถึงระบบเพื่อเรียกดูข้อมูลสุขภาพในรูปแบบแดชบอร์ด โดยผู้ดูแลจะมุ่งเน้นการติดตามข้อมูลสรุป แนวโน้มสุขภาพ และการแจ้งเตือนเบื้องต้น ขณะที่บุคลากรทางการแพทย์สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับรายละเอียดมากขึ้น เช่น ข้อมูลสัญญาณ ECG ย้อนหลังและผลการวิเคราะห์จากระบบปัญญาประดิษฐ์ เพื่อใช้ประกอบการติดตามและประเมินสภาวะสุขภาพหัวใจของผู้ใช้งาน

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Use Case ภายในระบบ

จากแผนภาพ Use Case จะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างกรณีการใช้งานในลักษณะ include และ extend เพื่อแสดงลำดับและเงื่อนไขของการทำงานภายในระบบ โดยกรณีการใช้งาน “เริ่มต้นการวัดสัญญาณ ECG” จะรวมกระบวนการติดตามสัญญาณ ECG และอัตราการเต้นของหัวใจแบบเรียลไทม์เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานหลัก ในขณะที่กรณีการใช้งาน “การแจ้งเตือนความผิดปกติของหัวใจ” จะเกิดขึ้นเมื่อระบบตรวจพบค่าที่อยู่นอกช่วงปกติที่กำหนดไว้

การออกแบบความสัมพันธ์ในลักษณะดังกล่าวช่วยให้โครงสร้างการทำงานของระบบมีความชัดเจน สามารถอธิบายลำดับการทำงานและเงื่อนไขการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ภายในระบบได้อย่างเป็นระบบ

3.2 ความเชื่อมโยงกับการออกแบบระบบ

ผลจากการวิเคราะห์ผู้ใช้และแผนภาพ Use Case ในหัวข้อนี้ ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ การออกแบบการไหลของข้อมูล และการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ เพื่อให้ระบบ SmartHeart Care สามารถรองรับการใช้งานของผู้ใช้แต่ละกลุ่มได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อถัดไปของบทนี้

จากการออกแบบแผนภาพ Use Case ดังกล่าว สามารถใช้เป็นแนวทางในการกำหนด
คุณลักษณะของระบบในระดับรายละเอียด และเชื่อมโยงไปสู่การออกแบบสถาปัตยกรรม การไหล
ของข้อมูล และส่วนติดต่อผู้ใช้ในลำดับถัดไป

4 การวิเคราะห์คุณลักษณะของระบบ

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของระบบ SmartHeart Care

คุณลักษณะ: F-01 การจัดการผู้ใช้งานระบบ				
<p>คำอธิบาย</p> <p>ระบบ SmartHeart Care รองรับการจัดการบัญชีผู้ใช้งานหลายกลุ่ม ได้แก่ ผู้สูงอายุ ผู้ดูแล และบุคลากรทางการแพทย์ โดยผู้ใช้งานสามารถลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานฟังก์ชันต่าง ๆ ของระบบตามสิทธิ์ที่กำหนด เพื่อรักษาความปลอดภัยของข้อมูลสุขภาพและข้อมูลส่วนบุคคล</p>				
<p>Actor</p> <ul style="list-style-type: none">• ผู้สูงอายุ (Elderly)• ผู้ดูแล (Caregiver)• บุคลากรทางการแพทย์ (Doctor)				
<p>หมายเหตุ:</p> <ul style="list-style-type: none">• ระบบมีการควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามบทบาทผู้ใช้งาน				
<p>เงื่อนไข (ถ้ามี)</p> <ul style="list-style-type: none">• ผู้ใช้งานต้องเป็นสมาชิกของระบบ• ผู้ใช้งานต้องผ่านการยืนยันตัวตนก่อนเข้าใช้งาน				
หมายเลข	คำอธิบายข้อกำหนดความต้องการ	ความสำคัญ	UC ที่เกี่ยวข้อง	อ้างอิงความต้องการ
SR-01	ระบบสามารถให้ผู้ใช้งานลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบได้	M	UC01	FR-10
SR-02	ระบบสามารถกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลตามบทบาทผู้ใช้งาน	M	UC01	FR-10, NFR-4
SR-03	ระบบสามารถป้องกันการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาต	M	UC01	NFR-4
คุณลักษณะ: F-02 การบันทึกและแสดงผลสัญญาณ ECG แบบเรียลไทม์				
<p>คำอธิบาย</p> <p>ระบบสามารถรับข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) และอัตราการเต้นของหัวใจจากอุปกรณ์ตรวจวัดแบบ</p>				

สวมใส่ และแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชันมือถือ เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถติดตามข้อมูลสุขภาพหัวใจเบื้องต้นได้				
Actor <ul style="list-style-type: none">ผู้สูงอายุ (Elderly)				
เงื่อนไข (ถ้ามี) <ul style="list-style-type: none">อุปกรณ์ตรวจวัดต้องเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันเรียบร้อยแล้ว				
หมายเลข	คำอธิบายข้อกำหนดความต้องการ	ความสำคัญ	UC ที่เกี่ยวข้อง	อ้างอิงความต้องการ
SR-04	ระบบสามารถรับข้อมูลสัญญาณ ECG จากอุปกรณ์ตรวจวัดแบบสวมใส่ได้อย่างต่อเนื่อง	M	UC02	FR-1, NFR-3
SR-05	ระบบสามารถแสดงผลสัญญาณ ECG และค่าอัตราการเต้นของหัวใจแบบเรียลไทม์	M	UC02	FR-2
คุณลักษณะ: F-03 การจัดการข้อมูลแบบ Session และ Window				
คำอธิบาย ระบบจัดเก็บข้อมูลการวัดสัญญาณ ECG ในรูปแบบรอบการทดสอบ (Session) และแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงข้อมูลย่อย (Window-based Segmentation) เพื่อรองรับการประมวลผลข้อมูลเชิงเวลาและการวิเคราะห์ในระดับระบบต้นแบบ				
Actor <ul style="list-style-type: none">ผู้สูงอายุ (Elderly)				
เงื่อนไข (ถ้ามี) <ul style="list-style-type: none">ระบบอยู่ในสถานะบันทึกข้อมูล				
หมายเลข	คำอธิบายข้อกำหนดความต้องการ	ความสำคัญ	UC ที่เกี่ยวข้อง	อ้างอิงความต้องการ
SR-06	ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลการวัด ECG เป็นรอบการทดสอบ (Session) ได้	M	UC03	FR-3, NFR-1
SR-07	ระบบสามารถแบ่งข้อมูล ECG เป็นช่วงข้อมูลย่อย (Window) ได้	M	UC03	FR-4
คุณลักษณะ: F-04 การส่งและจัดเก็บข้อมูลบนระบบคลาวด์				
คำอธิบาย ระบบสามารถส่งข้อมูล ECG และข้อมูลสุขภาพจากแอปพลิเคชันไปยังระบบคลาวด์ผ่านการเชื่อมต่อที่				

ปลอดภัย และจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลเชิงเวลา เพื่อรองรับการเรียกดูข้อมูลย้อนหลังและการวิเคราะห์แนวโน้มสุขภาพหัวใจ				
Actor <ul style="list-style-type: none"> ผู้สูงอายุ (Elderly) ระบบ (Automatic Data Transmission) 				
เงื่อนไข (ถ้ามี) <ul style="list-style-type: none"> ระบบต้องเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 				
หมายเลข	คำอธิบายข้อกำหนดความต้องการ	ความสำคัญ	UC ที่เกี่ยวข้อง	อ้างอิงความต้องการ
SR-08	ระบบสามารถส่งข้อมูล ECG ไปยังระบบคลาวด์ผ่านการเชื่อมต่อที่ปลอดภัย	M	UC04	FR-6, NFR-4
SR-09	ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูล ECG ในฐานข้อมูลเชิงเวลาได้	M	UC04	FR-7
คุณลักษณะ: F-05 การวิเคราะห์ข้อมูล ECG ด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์				
คำอธิบาย ระบบสามารถประมวลผลข้อมูล ECG ด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ เพื่อจำแนกภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ ได้แก่ Normal, Bradycardia, Tachycardia และ Atrial Fibrillation โดยผลลัพธ์ใช้เพื่อการเฝ้าระวังสุขภาพหัวใจเท่านั้น				
Actor <ul style="list-style-type: none"> ระบบ (Background Processing) 				
เงื่อนไข (ถ้ามี) <ul style="list-style-type: none"> ต้องมีข้อมูล ECG ที่ผ่านการเตรียมข้อมูลแล้ว 				
หมายเลข	คำอธิบายข้อกำหนดความต้องการ	ความสำคัญ	UC ที่เกี่ยวข้อง	อ้างอิงความต้องการ
SR-10	ระบบสามารถวิเคราะห์ข้อมูล ECG ด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ได้	S	UC05	FR-8
SR-11	ระบบสามารถจำแนกภาวะหัวใจออกเป็น 4 ประเภทได้	S	UC05	FR-8
คุณลักษณะ: F-06 การแสดงผลข้อมูลและแดชบอร์ดสุขภาพ				
คำอธิบาย ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลสุขภาพย้อนหลัง ผลการวิเคราะห์ และแนวโน้มสุขภาพหัวใจผ่านแดชบอร์ดออนไลน์ เพื่อสนับสนุนการติดตามข้อมูลของผู้ดูแลและบุคลากรทางการแพทย์				

Actor <ul style="list-style-type: none"> ผู้ดูแล (Caregiver) บุคลากรทางการแพทย์ (Doctor) 				
หมายเลข	คำอธิบายข้อกำหนดความต้องการ	ความสำคัญ	UC ที่เกี่ยวข้อง	อ้างอิงความต้องการ
SR-12	ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลสุขภาพย้อนหลังของผู้ใช้งานได้	C	UC06	FR-9
SR-13	ระบบสามารถแสดงแนวโน้มสุขภาพหัวใจในระยะยาวได้	C	UC06	FR-9
คุณลักษณะ: F-07 การแจ้งเตือนความผิดปกติของหัวใจ				
คำอธิบาย ระบบสามารถแจ้งเตือนผู้ใช้งานเมื่อพบสัญญาณหัวใจที่ผิดปกติจากการวิเคราะห์ข้อมูล ECG เพื่อให้ผู้ใช้งานรับทราบและติดตามอาการได้อย่างเหมาะสม				
Actor <ul style="list-style-type: none"> ผู้สูงอายุ (Elderly) ผู้ดูแล (Caregiver) 				
หมายเลข	คำอธิบายข้อกำหนดความต้องการ	ความสำคัญ	UC ที่เกี่ยวข้อง	อ้างอิงความต้องการ
SR-14	ระบบสามารถแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติของสัญญาณหัวใจได้	S	UC07	FR-8
คุณลักษณะ: F-08 ข้อจำกัดของระบบ				
คำอธิบาย ระบบ SmartHeart Care เป็นระบบต้นแบบสำหรับการเฝ้าระวังสุขภาพหัวใจเชิงป้องกัน ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการวินิจฉัยทางการแพทย์หรือรองรับสถานการณ์ฉุกเฉิน				
Actor <ul style="list-style-type: none"> ผู้ใช้งานทุกกลุ่ม 				

5 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ

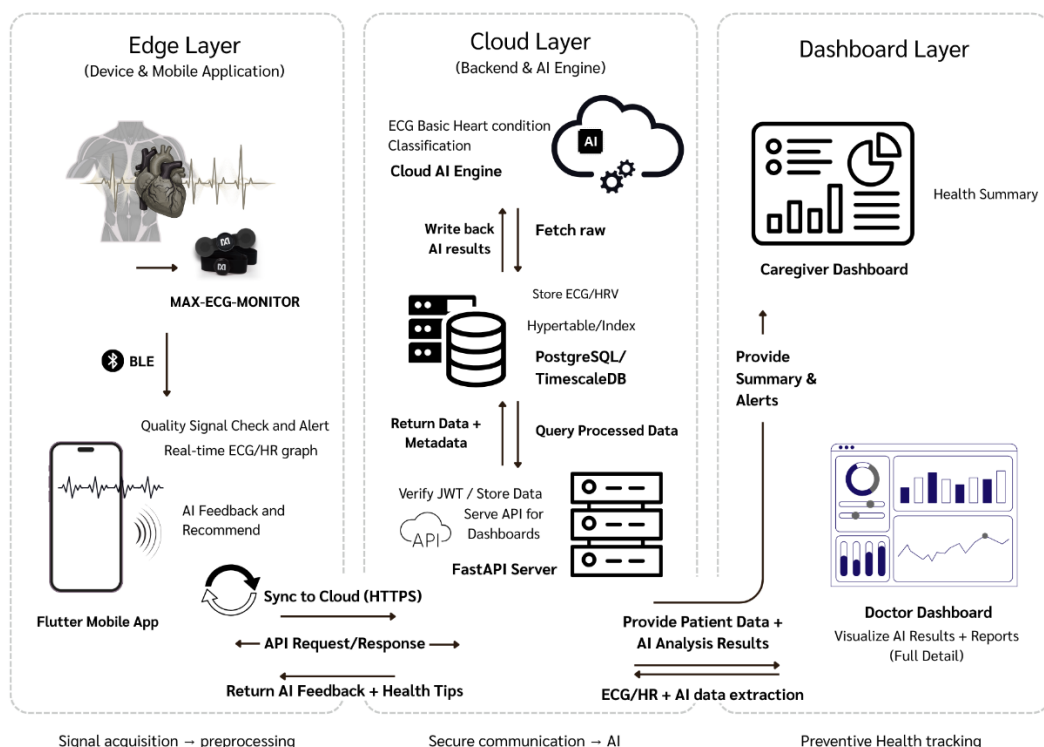
5.1 ภาพรวมสถาปัตยกรรมระบบ SmartHeart Care

ระบบ SmartHeart Care ถูกออกแบบโดยใช้แนวคิดสถาปัตยกรรมแบบหลายชั้น (Layered Architecture) เพื่อแยกหน้าที่การทำงานของระบบออกเป็นส่วนย่อยที่ชัดเจน ลดความซับซ้อนของระบบโดยรวม และเพิ่มความยืดหยุ่นในการพัฒนาและปรับปรุงระบบในอนาคต สถาปัตยกรรมในลักษณะนี้ช่วยให้การเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนอื่นโดยตรง

สถาปัตยกรรมของระบบแบ่งออกเป็น 3 ชั้นหลัก ได้แก่

1. ชั้นอุปกรณ์และแอปพลิเคชัน (Edge Layer)
2. ชั้นระบบคลาวด์และระบบวิเคราะห์ (Cloud Layer)
3. ชั้นการแสดงผลข้อมูล (Dashboard Layer)

แนวคิดการออกแบบดังกล่าวเหมาะสมกับลักษณะของระบบเฝ้าระวังสุขภาพหัวใจที่ต้องรองรับการรับข้อมูลแบบต่อเนื่องจากอุปกรณ์ตรวจวัด การประมวลผลข้อมูลจำนวนมากในระบบคลาวด์ และการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบที่แตกต่างกันตามบทบาทของผู้ใช้งาน



รูปที่ 2 แผนภาพสถาปัตยกรรมของระบบ SmartHeart Care

รูปที่ 2 แสดงแผนภาพสถาปัตยกรรมของระบบ SmartHeart Care ซึ่งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละชั้นของระบบ รวมถึงลำดับการทำงานและการไหลของข้อมูลตั้งแต่การรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากผู้ใช้ การส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์เพื่อจัดเก็บและวิเคราะห์ด้วยระบบ

ปัญญาประดิษฐ์ ไปจนถึงการแสดงผลข้อมูลและรายงานสุขภาพผ่านแดชบอร์ดสำหรับผู้ใช้งานแต่ละกลุ่ม

5.2 องค์ประกอบของระบบ

จากสถาปัตยกรรมที่ได้ออกแบบ ระบบ SmartHeart Care สามารถอธิบายองค์ประกอบการทำงานตามชั้นของสถาปัตยกรรมได้ดังนี้

1. ชั้นอุปกรณ์และแอปพลิเคชัน (Edge Layer)

Edge Layer เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากผู้ใช้งานโดยตรง และเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการทำงานของระบบ โดยประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบสวมใส่ และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

อุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจทำหน้าที่รับสัญญาณ ECG จากร่างกายของผู้ใช้งาน และส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนผ่านการเชื่อมต่อแบบ Bluetooth Low Energy (BLE) เพื่อรองรับการส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องและลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนทำหน้าที่แสดงผลสัญญาณ ECG และค่าอัตราการเต้นของหัวใจแบบเรียลไทม์ รวมถึงตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณในระดับเบื้องต้นก่อนส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์ผ่านการเชื่อมต่อแบบ HTTPS

นอกจากนี้ Edge Layer ยังทำหน้าที่จัดการข้อมูลในรูปแบบรอบการทดสอบ (Session-based Data Collection) และเป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับระบบคลาวด์อย่างปลอดภัย

2. ชั้นระบบคลาวด์และระบบวิเคราะห์ (Cloud Layer)

Cloud Layer ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบ SmartHeart Care โดยรับผิดชอบการจัดเก็บ การประมวลผล และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจาก Edge Layer องค์ประกอบหลักของชั้นนี้ประกอบด้วยระบบ Backend ระบบฐานข้อมูล และระบบวิเคราะห์ด้วยปัญญาประดิษฐ์

ระบบ Backend ทำหน้าที่ให้บริการ Application Programming Interface (API) สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชันและระบบแดชบอร์ด รวมถึงการจัดการคำร้องขอข้อมูล การตรวจสอบสิทธิ์การเข้าถึง และการจัดการข้อมูลเมตาเดตาที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลสัญญาณ ECG และข้อมูลสุขภาพจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงเวลา (Time-series Database) เพื่อรองรับข้อมูลที่มีลักษณะต่อเนื่องตามเวลา

ระบบวิเคราะห์ด้วยปัญญาประดิษฐ์ทำหน้าที่ดึงข้อมูล ECG จากฐานข้อมูลไปประมวลผลตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ เพื่อจำแนกภาวะการเต้นของหัวใจในระดับระบบต้นแบบ ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์จะถูกบันทึกกลับเข้าสู่ฐานข้อมูล เพื่อรองรับการเรียกดูข้อมูลและการนำไปใช้ในการแสดงผลในขั้นตอนถัดไป

3. ชั้นการแสดงผลข้อมูล (Dashboard Layer)

Dashboard Layer ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูลสุขภาพและผลการวิเคราะห์จากระบบ SmartHeart Care ในรูปแบบแดชบอร์ดออนไลน์ โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกเรียกใช้งานผ่าน API จากระบบคลาวด์

การแสดงผลข้อมูลในชั้นนี้ถูกออกแบบให้เหมาะสมกับบทบาทของผู้ใช้งาน โดยแดชบอร์ดสำหรับผู้ดูแลจะเน้นการแสดงผลข้อมูลสรุป แนวโน้มสุขภาพหัวใจ และการแจ้งเตือนเมื่อพบความผิดปกติ ขณะที่แดชบอร์ดสำหรับบุคลากรทางการแพทย์จะแสดงข้อมูลในระดับรายละเอียดมากขึ้น เช่น ข้อมูลสัญญาณ ECG ย้อนหลัง และผลการวิเคราะห์จากระบบปัญญาประดิษฐ์ เพื่อใช้ประกอบการติดตามและประเมินสถานะสุขภาพหัวใจของผู้ใช้งาน

5.3 การออกแบบการไหลของข้อมูลภายในระบบ

การออกแบบการไหลของข้อมูลภายในระบบ SmartHeart Care มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายลำดับขั้นตอนและทิศทางการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบ ตั้งแต่ต้นทางคือผู้ใช้งาน ไปจนถึงปลายทางคือการแสดงผลข้อมูลแก่ผู้ใช้งานแต่ละกลุ่ม โดยสามารถสรุปการไหลของข้อมูลได้เป็น 3 ช่วงหลัก ดังนี้

1. การรับข้อมูล (Data Acquisition)

ระบบเริ่มต้นจากการรับข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากผู้ใช้งานผ่านอุปกรณ์ตรวจวัดแบบสวมใส่ ข้อมูล ECG จะถูกส่งไปยังแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนผ่านการเชื่อมต่อแบบ BLE เพื่อแสดงผลแบบเรียลไทม์และตรวจสอบคุณภาพของสัญญาณในระดับเบื้องต้น

2. การจัดเก็บและประมวลผลข้อมูล (Data Storage and Processing)

ข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกส่งจากแอปพลิเคชันไปยังระบบคลาวด์ผ่านการเชื่อมต่อแบบ HTTPS ระบบ Backend จะทำหน้าที่รับข้อมูลและจัดเก็บลงในฐานข้อมูลเชิงเวลา จากนั้นระบบวิเคราะห์ด้วยปัญญาประดิษฐ์จะดึงข้อมูลไปประมวลผลเพื่อจำแนกภาวะการเต้นของหัวใจ และบันทึกผลลัพธ์กลับเข้าสู่ฐานข้อมูล

3. การแสดงผลข้อมูล (Data Presentation)

ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ที่จัดเก็บไว้ในระบบคลาวด์จะถูกเรียกใช้งานผ่าน API เพื่อแสดงผลในรูปแบบแดชบอร์ดออนไลน์สำหรับผู้ดูแลและบุคลากรทางการแพทย์ รวมถึงสามารถส่งข้อมูลสรุปและคำแนะนำกลับไปยังแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน เพื่อสนับสนุนการเฝ้าระวังสุขภาพหัวใจในชีวิตประจำวัน

6 การออกแบบโครงสร้างข้อมูล (Data Design)

6.1 ภาพรวมการจัดการข้อมูล (Overview of Data Management)

การออกแบบโครงสร้างข้อมูลของระบบ **SmartHeart Care** มีวัตถุประสงค์เพื่อรองรับการจัดเก็บ การประมวลผล และการเรียกใช้งานข้อมูลสุขภาพหัวใจในลักษณะเชิงเวลา (Time-series Data) อย่างเป็นระบบ โดยครอบคลุมตั้งแต่ข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลอุปกรณ์ตรวจวัด ข้อมูลการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) ไปจนถึงผลการวิเคราะห์จากระบบปัญญาประดิษฐ์

ลักษณะข้อมูลของระบบสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. ข้อมูลเชิงโครงสร้าง (Structured Data) ได้แก่ ข้อมูลผู้ใช้งาน บทบาทผู้ใช้งาน อุปกรณ์ตรวจวัด สิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล และข้อมูลการตั้งค่าระบบ ซึ่งมีโครงสร้างชัดเจนและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลค่อนข้างคงที่ ข้อมูลกลุ่มนี้ถูกออกแบบให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) เพื่อรองรับการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ข้อมูลการวัดสัญญาณและข้อมูลเชิงเวลา (Time-series Data) ได้แก่ ข้อมูลสัญญาณ ECG และค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ถูกบันทึกอย่างต่อเนื่องตามเวลา ข้อมูลประเภทนี้มีปริมาณมากและมีลักษณะการเพิ่มข้อมูลอย่างต่อเนื่อง (Append-only) จึงถูกออกแบบให้จัดเก็บในฐานข้อมูลเชิงเวลา เพื่อรองรับการประมวลผล การสืบค้นข้อมูลย้อนหลัง และการวิเคราะห์แนวโน้มสุขภาพหัวใจในระยะยาว

3. ข้อมูลผลการวิเคราะห์และข้อมูลสรุป (Analytical & Derived Data) ได้แก่ ผลการวิเคราะห์จากระบบปัญญาประดิษฐ์ การจำแนกภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ คะแนนความเชื่อมั่นของโมเดล และข้อมูลสรุปสุขภาพในระดับ Session หรือ Window ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกิดจากการประมวลผลข้อมูลดิบ ข้อมูลกลุ่มนี้ถูกจัดเก็บแยกจากข้อมูลดิบ เพื่อสนับสนุนการแสดงผลและการติดตามสุขภาพผ่านแดชบอร์ด

ในการออกแบบการจัดการข้อมูล ระบบ **SmartHeart Care** ใช้แนวคิด **Session-based Data Management** ร่วมกับ **Window-based Segmentation** โดยข้อมูลการวัด ECG จะถูกจัด

กลุ่มเป็นรอบการทดสอบ (ECG Session) และแบ่งออกเป็นช่วงข้อมูลย่อย (ECG Window) เพื่อให้เหมาะสมกับการประมวลผลข้อมูลเชิงเวลาและการวิเคราะห์ด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ในระดับระบบต้นแบบ

นอกจากนี้ การออกแบบโครงสร้างข้อมูลยังคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูล ความสามารถในการขยายระบบ (Scalability) และความสอดคล้องกับข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของข้อมูลสุขภาพ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผู้ใช้งานและสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลอย่างชัดเจน เพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้หลายกลุ่ม เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ดูแล และบุคลากรทางการแพทย์

6.2 เอนทิตีหลักของระบบ (Core Entities)

ในการออกแบบโครงสร้างข้อมูลของระบบ SmartHeart Care ได้กำหนดเอนทิตีหลัก (Core Entities) เพื่อแทนกลุ่มข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเฝ้าระวังสุขภาพหัวใจ การจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน และการประมวลผลข้อมูลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ โดยเอนทิตีแต่ละกลุ่มถูกออกแบบให้มีขอบเขตหน้าที่ชัดเจน และมีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ เพื่อรองรับการจัดเก็บข้อมูลเชิงสัมพันธ์และข้อมูลเชิงเวลาอย่างมีประสิทธิภาพ

เอนทิตีหลักของระบบสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการทำงาน ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเอนทิตีด้านผู้ใช้งานและสิทธิ์การเข้าถึง (User & Access Control Entities)

- **USER** เป็นเอนทิตีหลักที่ใช้แทนข้อมูลผู้ใช้งานของระบบ SmartHeart Care ซึ่งครอบคลุมผู้ใช้งานทุกกลุ่ม ได้แก่ ผู้สูงอายุ ผู้ดูแล และบุคลากรทางการแพทย์ เอนทิตีนี้ใช้จัดเก็บข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้งาน และเป็นศูนย์กลางในการเชื่อมโยงกับเอนทิตีอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจวัด การวัดสัญญาณ ECG การแจ้งเตือน และบันทึกสุขภาพ
- **ROLE** ใช้แทนบทบาทของผู้ใช้งานในระบบ เพื่อกำหนดสิทธิ์การใช้งานในระบบ เช่น การเข้าถึงฟังก์ชันบนแอปพลิเคชันหรือแดชบอร์ด โดยบทบาทผู้ใช้งานถูกออกแบบให้แยกออกจากข้อมูลผู้ใช้งาน เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดการสิทธิ์และการขยายระบบในอนาคต
- **ACCESS_PERMISSION** เป็นเอนทิตีเชิงสัมพันธ์ (Associative Entity) ที่ใช้จัดการสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลสุขภาพระหว่างผู้ใช้งาน โดยเฉพาะในกรณีที่ผู้ใช้งานหนึ่งอนุญาตให้ผู้ใช้งานอื่นสามารถเข้าถึงข้อมูลสุขภาพของตนได้ เอนทิตีนี้ช่วยรองรับความสัมพันธ์แบบหลายต่อหลาย (Many-to-Many) ระหว่างผู้ใช้งาน และสนับสนุนการควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลในระดับข้อมูล (Data-level Access Control)

2. กลุ่มเอนทิตีด้านอุปกรณ์และการวัดข้อมูล (Device & Measurement Entities)

- **DEVICE** ใช้แทนอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบสวมใส่ ซึ่งเชื่อมโยงกับผู้ใช้งานแต่ละราย เอนทิตีนี้ใช้จัดเก็บข้อมูลระบุตัวตนอุปกรณ์ และทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้งานกับข้อมูลการวัดสัญญาณ ECG
- **ECG_SESSION** เป็นเอนทิตีที่แทนรอบการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจในแต่ละครั้ง โดยใช้แนวคิดการจัดการข้อมูลแบบ Session-based Data Collection เพื่อจัดกลุ่มข้อมูลการวัดตามช่วงเวลาและบริบทการใช้งาน เอนทิตีนี้เชื่อมโยงกับทั้งผู้ใช้งานและอุปกรณ์ตรวจวัด
- **ECG_WINDOW** ใช้แทนช่วงข้อมูลย่อยที่ได้จากการแบ่งข้อมูลภายใน ECG Session ตามเวลาที่กำหนด เพื่อรองรับการจัดการและประมวลผลข้อมูลเชิงเวลา (Time-series Data) ในระดับย่อย เอนทิตีนี้มีบทบาทสำคัญในการออกแบบโครงสร้างข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบลำดับ (Sequential Data Analysis) และการประมวลผลข้อมูลเชิงสัญญาณ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลและแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง หรือปัญญาประดิษฐ์ได้หลากหลายรูปแบบในภายหลัง
- **ECG_RECORD** เป็นเอนทิตีที่แทนข้อมูลสัญญาณ ECG ระดับตัวอย่าง (Sample-level Data) ซึ่งประกอบด้วยค่าของสัญญาณและข้อมูลเวลา เอนทิตีนี้ถูกออกแบบให้รองรับข้อมูลจำนวนมากและความสัมพันธ์แบบลำดับขั้นกับ ECG Window
- **HRV_FEATURE** เป็นเอนทิตีที่แทนข้อมูลคุณลักษณะสรุปด้านอัตราการเต้นของหัวใจและความแปรปรวนของอัตราการเต้นหัวใจ (HR/HRV Features) ที่คำนวณได้จากข้อมูลในระดับ ECG_WINDOW เช่น hr_avg, rr_mean, rr_std (SDNN), rmssd และ cv_rr โดยข้อมูลชุดนี้เป็นข้อมูลเชิงอนุพันธ์ (Derived Data) ที่ใช้สนับสนุนการวิเคราะห์เชิงสัญญาณ การประเมินคุณภาพจังหวะการเต้น และสามารถใช้เป็นอินพุตร่วมกับข้อมูลคลื่นสัญญาณเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกสภาวะหัวใจในขั้นตอนการวิเคราะห์ภายหลัง เอนทิตีนี้มีความสัมพันธ์กับ ECG_WINDOW แบบ หนึ่งต่อหนึ่ง (1:0..1) กล่าวคือ ECG_WINDOW หนึ่งช่วงอาจมีหรือไม่มี HRV_FEATURE ได้ (ขึ้นกับความพร้อมของการคำนวณ/คุณภาพสัญญาณ) แต่ HRV_FEATURE หนึ่งชุดจะอ้างอิงได้กับ ECG_WINDOW ได้เพียงช่วงเดียวเท่านั้น

3. กลุ่มเอนทิตีด้านการวิเคราะห์และเหตุการณ์ (Analysis & Event Entities)

- **AI_ANALYSIS** ใช้แทนผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูล ECG ด้วยระบบปัญญาประดิษฐ์ โดยเชื่อมโยงกับข้อมูลในระดับ ECG Window เอนทิตีนี้จัดเก็บผลการจำแนกภาวะหัวใจและค่าความเชื่อมั่นของโมเดล เพื่อสนับสนุนการแสดงผลและการติดตามสุขภาพ
- **ALERT** เป็นเอนทิตีที่ใช้จัดเก็บข้อมูลการแจ้งเตือนเมื่อระบบตรวจพบความผิดปกติของสัญญาณหัวใจ โดยเชื่อมโยงกับทั้งผู้ใช้งานและรอบการวัด (ECG Session) เอนทิตีนี้ช่วยสนับสนุนการเฝ้าระวังสุขภาพหัวใจแบบเชิงรุก
- **HEART_STATUS** ใช้แทนข้อมูลสรุปสถานะสุขภาพหัวใจในระดับช่วงเวลา เช่น รายวันหรือรายช่วงการใช้งาน เอนทิตีนี้เป็นข้อมูลเชิงอนุพันธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลการวัดหลายรอบ เพื่อใช้ในการติดตามแนวโน้มสุขภาพในระยะยาว
- **HEALTH_NOTE** เป็นเอนทิตีที่ใช้จัดเก็บบันทึกสุขภาพหรือบันทึกเพิ่มเติมที่ผู้ใช้งานสร้างขึ้น เพื่ออธิบายบริบทหรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพหัวใจ เอนทิตีนี้อาจเชื่อมโยงกับ ECG Session หรือใช้งานเป็นบันทึกทั่วไปได้

จากการออกแบบเอนทิตีดังกล่าว ระบบ SmartHeart Care มีโครงสร้างข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลการวัดสัญญาณเชิงเวลา และข้อมูลผลการวิเคราะห์ โดยมีการแยกหน้าที่ของเอนทิตีอย่างชัดเจน ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และรองรับการขยายระบบในอนาคต ซึ่งรายละเอียดของความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีจะอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อถัดไป

6.3 แผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity-Relationship Diagram)

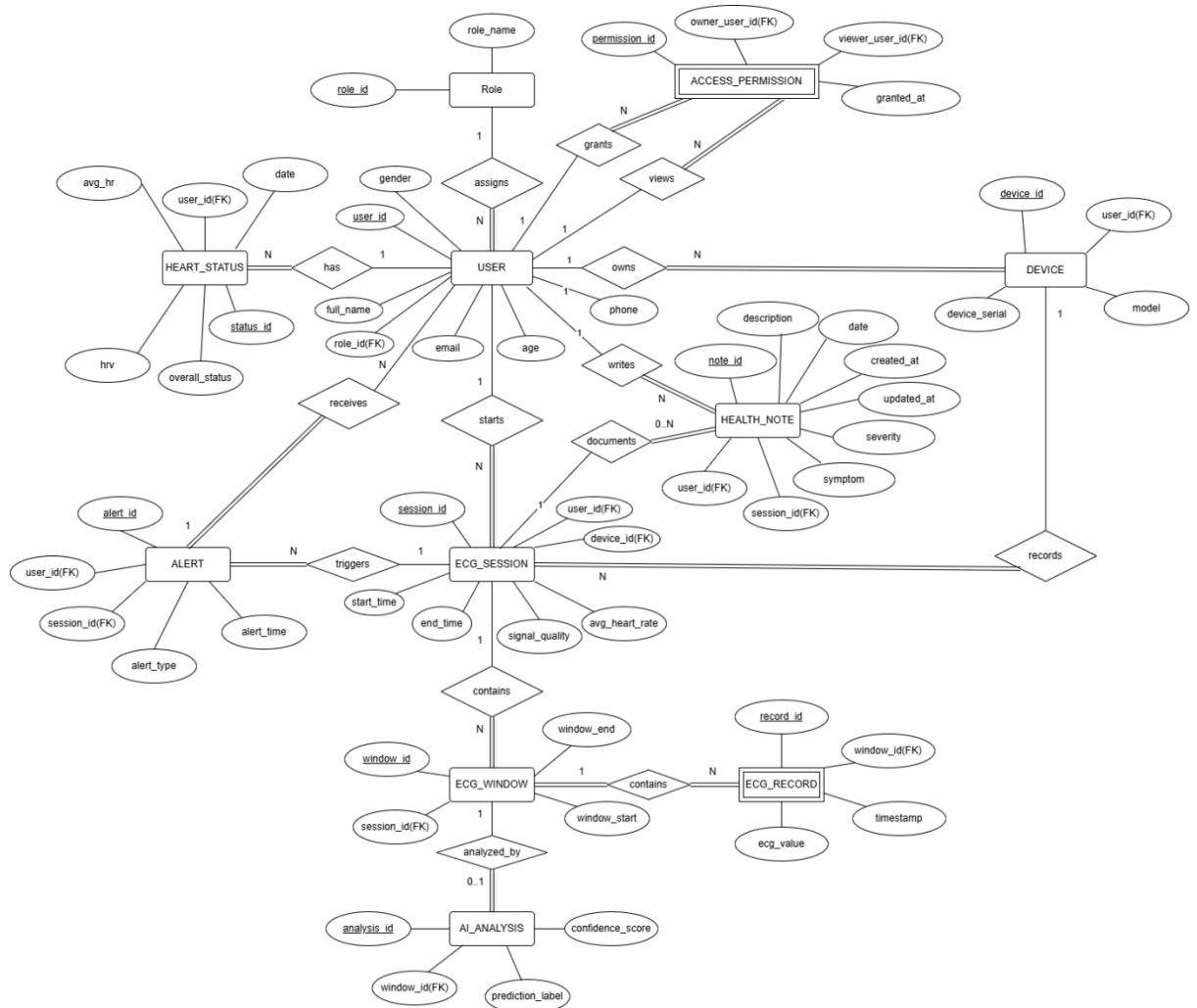
การออกแบบแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entity-Relationship Diagram: ER Diagram) ของระบบ **SmartHeart Care** มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงโครงสร้างข้อมูลหลัก ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี และข้อจำกัดด้านคาร์ดินาลิตีของข้อมูลที่ใช้ภายในระบบอย่างเป็นระบบ โดย ER Diagram ทำหน้าที่เป็นแบบจำลองเชิงแนวคิด (Conceptual Data Model) ซึ่งใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลเชิงตรรกะในขั้นตอนถัดไป

แผนภาพ ER Diagram ของระบบประกอบด้วยเอนทิตีหลักด้านผู้ใช้งาน สิทธิการเข้าถึงข้อมูล อุปกรณ์ตรวจวัด การวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และเอนทิตีด้านการวิเคราะห์และเหตุการณ์ ซึ่งถูกออกแบบให้มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนและลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล โดยใช้หลักการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์และการทำให้อยู่ในรูปแบบปกติลำดับที่สาม (Third Normal Form: 3NF)

ในส่วนของเอนทิตีด้านผู้ใช้งาน ระบบกำหนดให้ **USER** เป็นเอนทิตีหลักสำหรับจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งานทุกกลุ่ม โดยมี **ROLE** เป็นเอนทิตีสำหรับกำหนดบทบาทการใช้งานในระดับระบบ นอกจากนี้ความสัมพันธ์การอนุญาตให้เข้าถึงข้อมูลสุขภาพระหว่างผู้ใช้งานถูกออกแบบในรูปแบบเอนทิตีเชิงสัมพันธ์ **ACCESS_PERMISSION** เพื่อรองรับความสัมพันธ์แบบหลายต่อหลาย (Many-to-Many) ระหว่างผู้ใช้งาน โดยเอนทิตีดังกล่าวช่วยให้สามารถควบคุมสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลในระดับข้อมูล (Data-level Access Control) ได้อย่างยืดหยุ่น

สำหรับเอนทิตีด้านการวัดข้อมูล ระบบใช้แนวคิดการจัดการข้อมูลแบบเป็นลำดับชั้น (Hierarchical Data Structure) โดยเริ่มจาก **ECG_SESSION** ซึ่งแทนรอบการวัดสัญญาณในแต่ละครั้ง ข้อมูลภายใน Session จะถูกแบ่งออกเป็นช่วงข้อมูลย่อยผ่านเอนทิตี **ECG_WINDOW** และจัดเก็บข้อมูลสัญญาณในระดับตัวอย่างผ่านเอนทิตี **ECG_RECORD** รวมไปถึง **HRV_FEATURE** ที่เก็บข้อมูลจำเป็นเกี่ยวกับ Heart rate ที่เก็บข้อมูลเสริมในการวิเคราะห์สถานะความผิดปกติของหัวใจ โครงสร้างดังกล่าวช่วยรองรับการจัดเก็บข้อมูลเชิงเวลา (Time-series Data) ที่มีปริมาณมาก และเอื้อต่อการประมวลผลข้อมูลแบบลำดับในขั้นตอนการวิเคราะห์

ในด้านการวิเคราะห์และการติดตามเหตุการณ์ ระบบกำหนดเอนทิตี **AI_ANALYSIS** เพื่อจัดเก็บผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูล ECG ในระดับ ECG Window โดยผลลัพธ์ดังกล่าวถูกนำไปใช้ในการสร้างการแจ้งเตือนผ่านเอนทิตี **ALERT** และการสรุปสถานะสุขภาพหัวใจผ่านเอนทิตี **HEART_STATUS** นอกจากนี้ เอนทิตี **HEALTH_NOTE** ถูกออกแบบเพื่อรองรับการบันทึกข้อมูลเชิงอธิบายหรือบริบทเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพหัวใจ ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับรอบการวัดหรือใช้งานเป็นบันทึกทั่วไปได้



รูปที่ 3 แผนภาพความสัมพันธ์เชิงเอนทิตี (ER Diagram) ของระบบ SmartHeart Care

รูปที่ 3 แสดงแผนภาพความสัมพันธ์เชิงเอนทิตีของระบบ SmartHeart Care ซึ่งสรุปความสัมพันธ์ คาร์ดินาลิตี และบทบาทของเอนทิตีทั้งหมดภายในระบบ การออกแบบ ER Diagram ในลักษณะนี้ช่วยให้โครงสร้างข้อมูลมีความชัดเจน เป็นระบบ ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และรองรับการขยายระบบในอนาคต ทั้งในด้านการเพิ่มฟังก์ชัน การเพิ่มจำนวนผู้ใช้งาน และการพัฒนาระบบต้นแบบไปสู่การใช้งานจริง

6.4 โครงสร้างข้อมูลเชิงตรรกะ (Data Schema)

โครงสร้างข้อมูลเชิงตรรกะของระบบ SmartHeart Care ถูกออกแบบโดยอ้างอิงจากแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (ER Diagram) เพื่อกำหนดรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลในระดับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) อย่างเป็นระบบ โดยมีการระบุคีย์หลัก (Primary

Key: PK) และคีย์ต่างประเทศ (Foreign Key: FK) อย่างชัดเจน เพื่อรองรับความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล การบังคับใช้ความถูกต้องของข้อมูล (Data Integrity) และการขยายระบบในอนาคต

โครงสร้างข้อมูลทั้งหมดได้รับการออกแบบให้อยู่ในรูปแบบที่สอดคล้องกับหลักการทำ Normalization อย่างน้อยถึงระดับ Third Normal Form (3NF) เพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลสัญญาณสุขภาพหัวใจและข้อมูลผู้ใช้งาน

1. ตาราง Role

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
role_id (PK)	INT	รหัสบทบาทของผู้ใช้งาน
role_name	VARCHAR	ชื่อบทบาท เช่น Elderly, Caregiver, Doctor

2. ตาราง USER

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
user_id (PK)	INT	รหัสผู้ใช้งาน
role_id (FK)	INT	อ้างอิงบทบาทจากตาราง Role
full_name	VARCHAR	ชื่อ-นามสกุลผู้ใช้งาน
gender	VARCHAR	เพศ
age	INT	อายุ
email	VARCHAR	อีเมล
phone	VARCHAR	เบอร์โทรศัพท์

3. ตาราง ACCESS_PERMISSION

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
permission_id (PK)	INT	รหัสสิทธิ์การเข้าถึง

owner_user_id (FK)	INT	ผู้เป็นเจ้าของข้อมูล (เช่น Elderly)
viewer_user_id (FK)	INT	ผู้ที่ได้รับสิทธิ์เข้าดูข้อมูล (Caregiver / Doctor)
granted_at	DATETIME	วันที่และเวลาที่ให้สิทธิ์

4. ตาราง DEVICE

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
device_id (PK)	INT	รหัสอุปกรณ์
user_id (FK)	INT	ผู้ครอบครองอุปกรณ์
device_serial	VARCHAR	หมายเลขประจำอุปกรณ์
model	VARCHAR	รุ่นของอุปกรณ์

5. ตาราง ECG_SESSION

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
session_id (PK)	INT	รหัสรอบการวัด ECG
user_id (FK)	INT	ผู้ใช้งานที่เริ่มการวัด
device_id (FK)	INT	อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด
start_time	DATETIME	เวลาเริ่มต้นการวัด
end_time	DATETIME	เวลาสิ้นสุดการวัด
avg_heart_rate	FLOAT	ค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย
signal_quality	VARCHAR	คุณภาพสัญญาณ

6. ตาราง ECG_WINDOW

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
window_id (PK)	INT	รหัสช่วงข้อมูล
session_id (FK)	INT	อ้างอิง ECG Session
window_start	DATETIME	เวลาเริ่มต้นช่วงข้อมูล
window_end	DATETIME	เวลาสิ้นสุดช่วงข้อมูล

7. ตาราง ECG_RECORD ตารางนี้รองรับข้อมูลเชิงเวลา (Time-series Data)

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
record_id (PK)	INT	รหัสข้อมูลสัญญาณ
window_id (FK)	INT	อ้างอิง ECG Window
sample_index	DATETIME	เวลาของสัญญาณ
ecg_value	FLOAT	ค่าสัญญาณ ECG

8. ตาราง AI_ANALYSIS

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
analysis_id (PK)	INT	รหัสผลการวิเคราะห์
window_id (FK)	INT	อ้างอิง ECG Window
prediction_label	VARCHAR	ผลการจำแนกภาวะหัวใจ
confidence_score	FLOAT	ความเชื่อมั่นของโมเดล

9. ตาราง ALERT

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
alert_id (PK)	INT	รหัสการแจ้งเตือน

user_id (FK)	INT	ผู้ได้รับการแจ้งเตือน
session_id (FK)	INT	รอบการวัดที่เกี่ยวข้อง
alert_type	VARCHAR	ประเภทการแจ้งเตือน
alert_time	DATETIME	เวลาที่แจ้งเตือน

ตาราง HEART_STATUS

ชื่อฟิลด์	ชนิดข้อมูล	คำอธิบาย
status_id (PK)	INT	รหัสสถานะหัวใจ
user_id (FK)	INT	ผู้ใช้งาน
date	DATE	วันที่สรุปข้อมูล
avg_hr	FLOAT	อัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย
hrv	FLOAT	Heart Rate Variability
overall_status	VARCHAR	สถานะสุขภาพโดยรวม

โครงสร้างข้อมูลของระบบ SmartHeart Care ถูกออกแบบให้รองรับการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งาน ข้อมูลสัญญาณ ECG แบบเชิงเวลา ผลการวิเคราะห์ด้วยปัญญาประดิษฐ์ และข้อมูลเชิงบริบทด้านสุขภาพอย่างครบถ้วน โดยมีการแยกตารางตามหน้าที่และระดับการประมวลผลข้อมูลอย่างชัดเจน ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถรองรับการพัฒนาในรูปแบบระบบต้นแบบ (Prototype System) และสามารถขยายไปสู่การใช้งานในระดับที่สูงขึ้นในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.6.5 แนวคิดข้อมูลเชิงเวลา (Time-series Data Design)

ระบบ SmartHeart Care ถูกออกแบบให้รองรับการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลสุขภาพหัวใจที่มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงเวลา (Time-series Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกบันทึกอย่างต่อเนื่องตามลำดับเวลา โดยข้อมูลหลักในระบบ ได้แก่ สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram: ECG) และข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ซึ่งมีความถี่ในการบันทึกสูงและมีปริมาณข้อมูลจำนวนมาก การออกแบบโครงสร้างข้อมูลเชิงเวลาที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการจัดเก็บ การเรียกใช้งาน และการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบ

1. แนวคิดการจัดการข้อมูลเชิงเวลาในระบบ

แนวคิดหลักของการออกแบบข้อมูลเชิงเวลาในระบบ SmartHeart Care คือการแยกข้อมูลออกเป็นหลายระดับตามลักษณะการใช้งาน เพื่อให้สามารถรองรับทั้งการติดตามข้อมูลแบบเรียลไทม์ การเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง และการนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยโครงสร้างข้อมูลถูกออกแบบให้มีลำดับชั้นดังนี้

- ระดับ Session (ECG_SESSION) ใช้แทนช่วงเวลาการตรวจวัดสัญญาณ ECG ในแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นหน่วยข้อมูลเชิงตรรกะ (Logical Unit) ที่กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการบันทึกข้อมูล ข้อมูลในระดับนี้ใช้สำหรับการสรุปผลการวัด เช่น ค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ย คุณภาพสัญญาณ และข้อมูลเมตาเดตาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัด
- ระดับ Window (ECG_WINDOW) ภายในแต่ละ Session ข้อมูล ECG จะถูกแบ่งออกเป็นช่วงข้อมูลย่อยตามเวลาที่กำหนด (Window-based Segmentation) เพื่อรองรับการประมวลผลข้อมูลเชิงเวลาอย่างเป็นระบบ การออกแบบในลักษณะนี้ช่วยให้ระบบสามารถนำข้อมูลไปใช้กับวิธีการวิเคราะห์ได้หลากหลาย ทั้งในรูปแบบการประมวลผลเชิงสถิติ และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) รวมถึงการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยไม่ผูกติดกับอัลกอริทึมใดอัลกอริทึมหนึ่งโดยเฉพาะ
- ระดับ Record (ECG_RECORD) เป็นระดับข้อมูลดิบที่มีความละเอียดสูงสุด โดยแต่ละ Record แทนค่าของสัญญาณ ECG ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง พร้อมข้อมูลเวลา (Timestamp) ข้อมูลในระดับนี้ถูกจัดเก็บเพื่อรองรับการเรียกดูสัญญาณย้อนหลัง การวิเคราะห์เชิงลึก และการนำไปสร้างชุดข้อมูลสำหรับการฝึกและทดสอบโมเดลในอนาคต

2. การออกแบบโครงสร้างข้อมูลเชิงเวลา

การออกแบบข้อมูลเชิงเวลาในระบบ SmartHeart Care ใช้แนวคิดการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะ Time-series Database ซึ่งเหมาะสมกับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาอย่างต่อเนื่อง โครงสร้างข้อมูลถูกออกแบบให้สามารถเชื่อมโยงกันระหว่าง Session, Window และ Record ผ่าน Foreign Key เพื่อรักษาความสัมพันธ์ของข้อมูลตามลำดับเวลา และลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล

การแยกข้อมูลออกเป็นหลายระดับช่วยให้ระบบสามารถ:

- เรียกดูข้อมูลสรุปในระดับ Session ได้อย่างรวดเร็ว
- ประมวลผลข้อมูลเชิงเวลาในระดับ Window เพื่อการวิเคราะห์และการเรียนรู้ของเครื่อง
- จัดเก็บข้อมูลดิบในระดับ Record เพื่อการตรวจสอบย้อนหลังและการวิเคราะห์เชิงลึก

3. การรองรับการวิเคราะห์และการขยายระบบในอนาคต

แนวคิดการออกแบบข้อมูลเชิงเวลาในลักษณะนี้ไม่ได้จำกัดการใช้งานเฉพาะอัลกอริทึมใดอัลกอริทึมหนึ่ง แต่ถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่นเพียงพอสำหรับการทดลองและพัฒนาโมเดลวิเคราะห์ข้อมูลหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิม หรือวิธีการเรียนรู้เชิงลึกที่อาศัยลำดับของข้อมูลตามเวลา

นอกจากนี้ โครงสร้างข้อมูลเชิงเวลายังเอื้อต่อการขยายระบบในอนาคต เช่น การเพิ่มชนิดของสัญญาณทางสรีรวิทยา การเพิ่มความละเอียดของข้อมูล หรือการเชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์หลายชนิด โดยไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างหลักของระบบอย่างมีนัยสำคัญ

การออกแบบข้อมูลเชิงเวลาในระบบ SmartHeart Care มุ่งเน้นการจัดการข้อมูลสุขภาพหัวใจอย่างเป็นระบบ มีลำดับชั้นของข้อมูลที่ชัดเจน และรองรับการใช้งานทั้งในด้านการติดตามสุขภาพ การเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง และการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ แนวคิดดังกล่าวช่วยให้ระบบมีความเหมาะสมสำหรับการพัฒนาในรูปแบบระบบต้นแบบ และสามารถนำไปต่อยอดสู่การใช้งานในระดับที่สูงขึ้นได้ในอนาคต