

# Smart Home IoT – ระบบควบคุมอุปกรณ์บ้านอัจฉริยะ

## System Description

[SmartHome+ เป็นระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและเซนเซอร์ภายในบ้านผ่านอินเทอร์เน็ต เช่น หลอดไฟ กลอนประตู กล้องวงจรปิด เครื่องปรับอากาศ เช่น เซอร์ตรวจับความเคลื่อนไหว หรืออุณหภูมิ ระบบช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งงานแบบ Real-time ผ่านแอปมือถือ หรือ Web Dashboard ได้ทุกที่ทุกเวลา

ระบบถูกออกแบบเพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย ความปลอดภัย และการประหยัดพลังงาน ด้วยการรวมฟังก์ชัน Automation เช่น ตั้งเวลา เปิด-ปิดไฟอัตโนมัติ, Trigger ตามเซนเซอร์, Scene Mode และระบบแจ้งเตือนเหตุผิดปกติ ทำให้บ้านกลายเป็น “Smart Home” อย่างแท้จริง

ระบบรองรับครอบครัวทั่วไป, บ้านพักอาศัย, คอนโด, โรงแรมฟิส และธุรกิจขนาดเล็ก ผู้ใช้สามารถติดตั้ง IoT Device เพิ่มลงได้ตามต้องการ และระบบออกแบบแบบ Modular สามารถขยายการทำงานในอนาคตได้ง่าย

## Target Users

- เจ้าของบ้าน/ผู้อยู่อาศัย
- ผู้พักอาศัยในคอนโด
- ผู้ดูแลระบบอาคาร (Building Manager)
- ธุรกิจโรงแรมฟิส
- ผู้ต้องการระบบ Automations ภายในบ้าน

## Key Features (Top 10)

- Remote Control อุปกรณ์ IoT ทุกชนิดผ่านแอป/เว็บ
- Real-time Monitoring (อุณหภูมิ, ความชื้น, การเคลื่อนไหว, ประตูเปิด-ปิด)
- Automation Rules (IF–THEN Automation)
- Device Scheduling ตั้งเวลาเปิด-ปิด
- Scene Mode (เช่น โหมดออกจากบ้าน, โหมดนอน)
- Security Alerts (แจ้งเตือนผู้บุกรุกหรือความผิดปกติ)
- User & Role Management
- Dashboard แสดงข้อมูลรวมบ้านแบบ Real-time
- Notification ผ่าน Mobile Push, Email
- Activity Log ตรวจสอบประวัติการใช้งานย้อนหลัง

# Functional Requirements

## User Management

- **FR-01:** ผู้ใช้สามารถลงทะเบียน (Register) ได้ด้วยอีเมล/เบอร์โทรศัพท์
- **FR-02:** ผู้ใช้สามารถเข้าสู่ระบบ (Login) ด้วยรหัสผ่านหรือ OTP
- **FR-03:** ระบบรองรับ Role: Owner, Member, Guest
- **FR-04:** ผู้ใช้สามารถจัดการโปรไฟล์ตนเองได้

## Core Features

- **FR-05:** ผู้ใช้สามารถเพิ่ม/ลบ IoT Device ได้
- **FR-06:** ผู้ใช้สามารถสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์แบบ Real-time ได้
- **FR-07:** ผู้ใช้สามารถดูสถานะอุปกรณ์ได้ (เช่น เปิดอยู่, ปิดอยู่, อุณหภูมิ)
- **FR-08:** ผู้ใช้สามารถตั้ง Automation Rule (IF Sensor THEN Action)
- **FR-09:** ผู้ใช้สามารถตั้ง Schedule เปิด-ปิดอุปกรณ์ได้

## Notification

- **FR-10:** ระบบส่ง Notification เมื่อพบสิ่งผิดปกติ เช่น ตรวจพบการเคลื่อนไหวต่อนกลางคืน
- **FR-11:** ผู้ใช้สามารถเลือกประเภทการแจ้งเตือนได้ (Critical / Normal)

## Reporting

- **FR-12:** ระบบสามารถสร้างรายงานผลลัพธ์ที่ใช้ของอุปกรณ์
- **FR-13:** ระบบสร้าง Activity Log การใช้งานย้อนหลัง

## System Management

- **FR-14:** ผู้ดูแลระบบสามารถดูจำนวนผู้ใช้และอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบ
- **FR-15:** ระบบสามารถอัปเดต Firmware ของอุปกรณ์ผ่าน OTA

## Quality Attributes

### QA-1: Performance

Scenario:

ส่วน	รายละเอียด
Source	ผู้ใช้ทั่วไป
Stimulus	ส่งคำสั่งเปิดไฟ
Artifact	ระบบ Real-time Device Controller
Environment	ใช้งานบน Mobile App ผ่านอินเทอร์เน็ต
Response	คำสั่งถูกส่งไปยังอุปกรณ์และอัปเดตสถานะอย่างรวดเร็ว
Response Measure	เวลา Delay ไม่เกิน 200 ms

คำอธิบายแบบเต็ม: เพื่อสร้างประสบการณ์แบบ Smart Home จริง คำสั่งต้องตอบสนองภายในไม่กี่ร้อยมิลลิวินาที

### QA-2: Scalability

Scenario:

ส่วน	รายละเอียด
Source	ผู้ใช้งานจำนวนมากเพิ่มอุปกรณ์พร้อมกัน
Stimulus	มีอุปกรณ์เพิ่ม 10,000 ตัวใน 1 ชั่วโมง
Artifact	Device Registry Service
Environment	ระบบ Cloud แบบ Auto-Scaling
Response	ระบบเพิ่ม instance อัตโนมัติ
Response Measure	รองรับโหลดเพิ่มขึ้นได้ $\geq 3$ เท่า

คำอธิบายแบบเต็ม: **Scalability** คือความสามารถของระบบในการรองรับจำนวนผู้ใช้และจำนวนอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้น โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพลดลง ระบบ Smart Home IoT ต้องออกแบบให้รองรับการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เพราะจำนวนอุปกรณ์ในบ้านแต่ละหลังอาจเพิ่มขึ้นตามเวลา เช่น เริ่มจากควบคุมไฟ 4 จุด แต่ภายในหลังเพิ่มเป็น 20 จุด หรือเพิ่มกล้อง, เช่นเซอร์, ล็อกประตู, ระบบแจ้งเตือนฯลฯ

ในระดับระบบกลาง (Cloud Backend) จำเป็นต้องรองรับสถานการณ์ที่ผู้ใช้หลายพันราย เพิ่มอุปกรณ์ใหม่พร้อมกัน หรือมีอุปกรณ์จำนวนมากส่งข้อมูล Telemetry แบบ Real-time เข้ามาที่เซิร์ฟเวอร์ หากระบบไม่รองรับการขยายตัว (Non-scalable) จะทำให้เกิดปัญหา เช่น ความล่าช้าในการสั่งงาน, การรับข้อมูลไม่ทัน, Queue ล้น หรือระบบล่มได้

เพื่อให้รองรับการขยายตัว ระบบจะถูกออกแบบแบบ **Microservices + Auto Scaling** โดยใช้ Load Balancer และ Container Orchestration เช่น Kubernetes หรือ Cloud Run เพื่อเพิ่ม/ลดจำนวน Service Instance อัตโนมัติ เมื่อโหลดเพิ่มขึ้น ทำให้ระบบสามารถรองรับจำนวนอุปกรณ์หรือผู้ใช้ที่เพิ่มขึ้นหลายเท่า โดยยังคงความเร็วในการตอบสนองเท่าเดิม

#### QA-3: Availability

Scenario:

ส่วน	รายละเอียด
Source	ผู้ใช้ทั่วไป
Stimulus	ต้องการเปิดไฟในกรณีฉุกเฉิน
Artifact	IoT Controller
Environment	ระบบ cloud มีบางส่วนล่ม
Response	ระบบยังคงสั่งงานอุปกรณ์ผ่าน Local Gateway ได้
Response Measure	Uptime $\geq 99.5\%$

คำอธิบายแบบเต็ม: Availability หมายถึงความสามารถของระบบในการให้บริการได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่หยุดชะงัก โดยเฉพาะในระบบ Smart Home IoT ซึ่ง

เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและความสอดคล้องของผู้ใช้ เช่น การเปิดไฟ ฉุกเฉิน การปลดล็อกประตู หรือการรับแจ้งเตือนเหตุผิดปกติ หากระบบไม่สามารถใช้งานได้ในช่วงเวลาที่จำเป็น จะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อย่างรุนแรง ทั้งในด้านความปลอดภัยและประสบการณ์ใช้งาน

เนื่องจากบริการ Smart Home พึ่งพาการสื่อสารผ่าน Cloud และอุปกรณ์ IoT แบบเรียลไทม์ จึงต้องออกแบบระบบให้มี **High Availability (HA)** เพื่อให้บ้านยัง “ทำงานได้” แม้ระบบ Cloud ส่วนหนึ่งจะล้มหรือเชื่อมต่อไม่เสถียร แนวทางคือการใช้ **Local Gateway (Edge Device)** เป็นตัวกลางระหว่างอุปกรณ์และ Cloud เมื่อ Cloud มีปัญหา อุปกรณ์ในบ้านยังสามารถสั่งงานกันเองหรือรับคำสั่งจากผู้ใช้ผ่าน Wi-Fi ภายในบ้านได้

ระบบจะใช้เทคนิค redundancy เช่น **Multi-zone deployment, Failover mechanism**, และการทำ **Health Check + Auto Restart** เพื่อลด downtime ให้เหลือน้อยที่สุด เป้าหมายของ Availability ในระบบนี้คือ **Uptime  $\geq 99.5\%$**  เพื่อให้ผู้ใช้มั่นใจว่าระบบจะพร้อมใช้งานเกือบทตลอดเวลา

#### QA-4: Security

Scenario:

ส่วน	รายละเอียด
Source	ผู้ไม่หวังดีพยายามเข้าสู่ระบบ
Stimulus	Login 5 ครั้งผิด
Artifact	Auth Service
Environment	ปกติ
Response	ระบบ Lock บัญชีชั่วคราว
Response Measure	ป้องกัน brute-force สำเร็จ 100%

คำอธิบายแบบเต็ม: Security เป็นคุณลักษณะสำคัญที่สุดของระบบ Smart Home IoT เพราะเกี่ยวข้องโดยตรงกับความเป็นส่วนตัว ความปลอดภัยในชีวิต และทรัพย์สินของผู้ใช้ ระบบต้องสามารถป้องกันการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาต การดักฟังข้อมูล และการโจมตีรูปแบบต่าง ๆ เช่น Brute-force, Replay Attack, Man-in-the-Middle หรือการปลอมตัวเป็นอุปกรณ์ (Device Spoofing) หากระบบ

ไม่มีความปลอดภัยเพียงพอ ผู้บุกรุกอาจสามารถเปิดประตูบ้าน ปิดระบบเตือนภัย และดูภาพจากกล้อง หรือควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้านได้ ซึ่งมีความเสี่ยงอย่างร้ายแรง

เพื่อรับรอง Security ระบบต้องใช้การเข้ารหัสข้อมูลทั้งหมด (TLS 1.2+) และขณะเดียวกันในฐานข้อมูล รวมถึงมีระบบยืนยันตัวตนที่เข้มงวด เช่น Multi-factor Authentication (MFA), Password Policy, Account Lockout และ Token-based Authentication สำหรับอุปกรณ์ IoT แต่ละตัวต้องมี Device ID ที่ไม่ซ้ำและใช้ Certificate เฉพาะตัวเพื่อป้องกันการปลอมแปลง

ระบบต้องมีการตรวจสอบพฤติกรรมผิดปกติ เช่น การ Login ผิดหลายครั้ง การส่งคำสั่งจำนวนมากผิดปกติ หรือพยายามเข้าถึงอุปกรณ์ที่ไม่ใช่ของตนเอง รวมถึงต้องมีการบันทึก Log เพื่อการสืบค้นย้อนหลัง ในมุม cloud backend จะต้องมี Firewall, API Gateway Security, Rate Limiting และ Anti-DDoS เพื่อป้องกันการโจมตีจากภายนอก

#### QA-5: Modifiability

Scenario:

ส่วน	รายละเอียด
Source	ผู้ใช้อายุ 50+
Stimulus	ต้องการเปลี่ยนไฟจากมือถือ
Artifact	Mobile UI
Environment	ใช้งานครั้งแรก
Response	ใช้เวลาไม่เกิน 10 วินาทีในการหาปุ่ม
Response Measure	ความพึงพอใจ ≥ 90% จากแบบสอบถาม

คำอธิบายแบบเดิม: Modifiability คือความสามารถของระบบในการปรับปรุง แก้ไข หรือเพิ่มฟีเจอร์ใหม่ได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ทำให้ระบบเดิมเสียหายหรือเกิดผลกระทบ ทบทวนผู้ใช้งาน ระบบ Smart Home IoT จำเป็นต้องมี Modifiability สูง เพราะเทคโนโลยี IoT เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีอุปกรณ์ใหม่อุปกรณ์ใหม่อุปกรณ์ตลอดเวลา และต้องรองรับการอัปเดตทั้งซอฟต์แวร์ฝั่ง Cloud และฝั่งอุปกรณ์ (Firmware)

เพื่อรองรับการปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง สถาปัตยกรรมจะถูกออกแบบแบบ **Modular + Microservices** ทำให้แต่ละฟีเจอร์ เช่น Authentication, Device Control, Automation Engine, Notification และ Reporting ถูกแยกออกจากกัน อย่างชัดเจน การอัปเดตหรือแก้ไขส่วนหนึ่งจะไม่กระทบส่วนอื่น ลดความเสี่ยงและลดเวลาในการ deploy ฟีเจอร์ใหม่

นอกจากนี้ ระบบจะใช้ API Versioning เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลง API โดยผู้ใช้ เก่ายังใช้งานเวอร์ชันเดิมได้ต่อไป ระบบ IoT Device จะรองรับการอัปเดต Firmware ผ่าน OTA ทำให้สามารถเพิ่มความสามารถให้กับอุปกรณ์เดิมโดยไม่ต้องถอดหรือเปลี่ยนชิ้นส่วน การใช้ Container ถือเป็นอีกปัจจัยสำคัญ เพราะช่วยให้กระบวนการ DevOps สามารถ Deploy เวอร์ชันใหม่แบบ Zero Downtime ได้

#### QA-6: Usability

Scenario:

ส่วน	รายละเอียด
Source	DevOps
Stimulus	อัปเดต API Version ใหม่
Artifact	API Gateway
Environment	Production
Response	ระบบต้อง deploy ได้แบบ Zero-Downtime
Response Measure	Deployment กระทบผู้ใช้น้อยกว่า 1 วินาที

คำอธิบายแบบเต็ม: Usability คือความง่ายในการใช้งานระบบและประสบการณ์ของผู้ใช้ในการโต้ตอบกับระบบ Smart Home IoT ซึ่งมีความสำคัญอย่างมาก เพราะผู้ใช้ระบบมีความหลากหลาย ตั้งแต่เด็ก ผู้สูงอายุ ไปจนถึงผู้ใช้ที่ไม่เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี ห้ากระบบใช้งานยาก ขั้นซ้อน หรือคันหาฟังก์ชันต่าง ๆ ไม่เจอ จะทำให้ระบบ Smart Home ไม่ตอบโจทย์การใช้งานจริงในชีวิตประจำวัน

ระบบ Smart Home IoT จึงต้องออกแบบ UI/UX ให้เรียนง่าย ใช้งานได้ทันที ตั้งแต่ครั้งแรก เช่น การจัดวางปุ่มควบคุมให้เข้าใจง่าย การใช้ไอคอนที่สื่อความ

หมายความว่า การใช้สีและรูปแบบที่ชัดเจน รวมถึงมีโน้มด้วยเหลือผู้สูงอายุ เช่น ตัวอักษรใหญ่ ปุ่มขนาดใหญ่ และโน้มความค่อน kra สูงเพื่อง่ายต่อการมองเห็น นอกจากนี้ระบบต้องตอบสนองไว มีการแจ้งเตือนที่ผู้ใช้เข้าใจง่าย เช่น “ไฟห้องนั่งเล่นเปิดอยู่” มากกว่า “Device ID #23 = ON”

Usability ยังครอบคลุมถึงความสม่ำเสมอของประสบการณ์ระหว่างหน้าเว็บ และมีอีก 2 ประการต่อไป เพื่อให้ผู้ใช้งานไม่ต้องเรียนรู้ใหม่หลายครั้ง ระบบต้องมีการทดสอบกับผู้ใช้จริง (User Testing) เพื่อค้นหาปัญหาจุดสับสนและปรับปรุง UI อย่างต่อเนื่อง เป้าหมายคือทำให้ผู้ใช้สามารถสั่งงานหรือค้นหาฟีเจอร์ที่ต้องการได้ภายในเวลาไม่เกิน 10 วินาที ซึ่งหมายความว่าระบบต้องทำงานภายใน 10 วินาที

## Constraints

### Technical Constraints

- ระบบต้องรองรับ MQTT และ HTTP เพื่อสื่อสารกับ IoT Device
- ใช้ Cloud Platform เท่านั้น (AWS / GCP / Azure)
- ต้องมี Mobile App ทั้ง iOS และ Android

### Time Constraints

- เวลาพัฒนา Prototype 8 สัปดาห์
- เวลาทดสอบระบบไม่เกิน 2 สัปดาห์

### Budget Constraints

- Budget สำหรับ Cloud จำกัดที่ 2,000 บาท/เดือนในช่วงเริ่มต้น

### Legal/Policy Constraints

- ต้องปฏิบัติตาม PDPA เรื่องข้อมูลส่วนบุคคล
- กล้องวงจรปิดต้องไม่ละเมิดพื้นที่ส่วนบุคคล

## Assumptions

- ผู้ใช้มีอินเทอร์เน็ตบ้านที่เสถียร
- IoT Device รองรับมาตรฐาน MQTT
- ผู้ใช้มีสมาร์ทโฟนรองรับแอป
- บ้านมี Wi-Fi ครอบคลุมทุกพื้นที่
- ระบบ Cloud ไม่ล่มบ่อย

## Quality Attributes Priority

Rank	Quality Attribute	เหตุผล
1	Performance	คำสั่งต้องตอบสนองเร็ว ไม่งั้น ประสบการณ์ Smart Home เสีย
2	Security	อุปกรณ์บ้านเกี่ยวข้องกับชีวิตผู้ใช้
3	Availability	บ้านต้องใช้งานได้ตลอด
4	Usability	ต้องใช้ง่ายสำหรับทุกวัย
5	Scalability	รองรับอุปกรณ์จำนวนมากในอนาคต
6	Maintainability	เพื่อรับการอัปเดตยาวนาน

## Trade-offs Analysis

Trade-off #1: [Attribute A] vs [Attribute B]

การเพิ่ม Security เช่น การเข้ารหัสหลายชั้น อาจทำให้การตอบสนองล่าช้าลง แต่ Smart Home ต้องการความเร็วสูงในการส่งคำสั่ง

Decision: เลือกใช้ TLS แบบ Lightweight เพื่อบalanซ์ระหว่างความเร็วและความปลอดภัย