SeismoGuard

ระบบเตือนภัยแผ่นดินไหวล่วงหน้าต้นทุนต่ำ

อาศัยการวิเคราะห์คลื่นไหวสะเทือนชนิด P-Wave

(Low-Cost Earthquake Early Warning System Based on P-Wave Analysis)

ผู้จัดทำ: นายชนสรณ์ สวรรค์คำรรณ์, นายพัชรพงศ์ พุ่มเจริญ, นายณพงศ์ ตรีพลอักษร

ที่ปรึกษา: ครูชมพูนุช เพ็ญจันทร์

เหตุการณ์แผ่นดินไหวเขตสะกาย
ประเทศเมียนมา (28 มีนาคม พ.ศ. 2568)

7.7 Magnitude

ส่งผลกระทบต่อกรุงเทพมหานครอย่างรุนแรง
สร้างความเสียหายต่ออาคารและโครงสร้างพื้นฐาน
สะท้อนความจำเป็นเร่งด่วนของระบบแจ้งเตือน

ข้อจำกัดของเทคโนโลยีปัจจุบันสู่การพัฒนานวัตกรรมชุมชน

ระบบแจ้งเตือนระดับชาติ (Traditional Systems)

- ต้นทุนการติดตั้งและบำรุงรักษาสูง
- อาจแจ้งเตือนได้ไม่ครอบคลุมในบางกรณี
- ไม่สามารถเข้าถึงได้อย่างทั่วถึงในพื้นที่ชนบทหรือเขตห่างไกล

SeismoGuard (Community Solution)

- อุปกรณ์ต้นทุนต่ำเข้าถึงง่าย
- แจ้งเตือนรวดเร็วแบบเรียลไทม์ (Real-time)
- ใช้งานสะดวกและประยุกต์ใช้ในระดับครัวเรือนหรือชุมชนได้จริง

Hardware Architecture

Input Node

MPU6050 Accelerometer

เซนเซอร์วัดความเร่ง Z-axis – ตรวจวัดการสั่นสะเทือนในแนวดิ่ง 50 ครั้ง/วินาที

Processing Node

ESP32-S3 / Arduino Uno R3

ไมโครคอนโทรลเลอร์ – ประมวลผลสัญญาณ

Output Node

Buzzer & TFT Display

ลำโพงแจ้งเตือน & หน้าจอแสดงผล

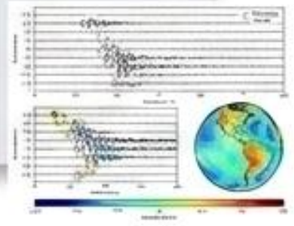
Testing Node

อุปกรณ์จำลองคลื่น P-wave

รองรับความถี่ 0.48–3.32 Hz

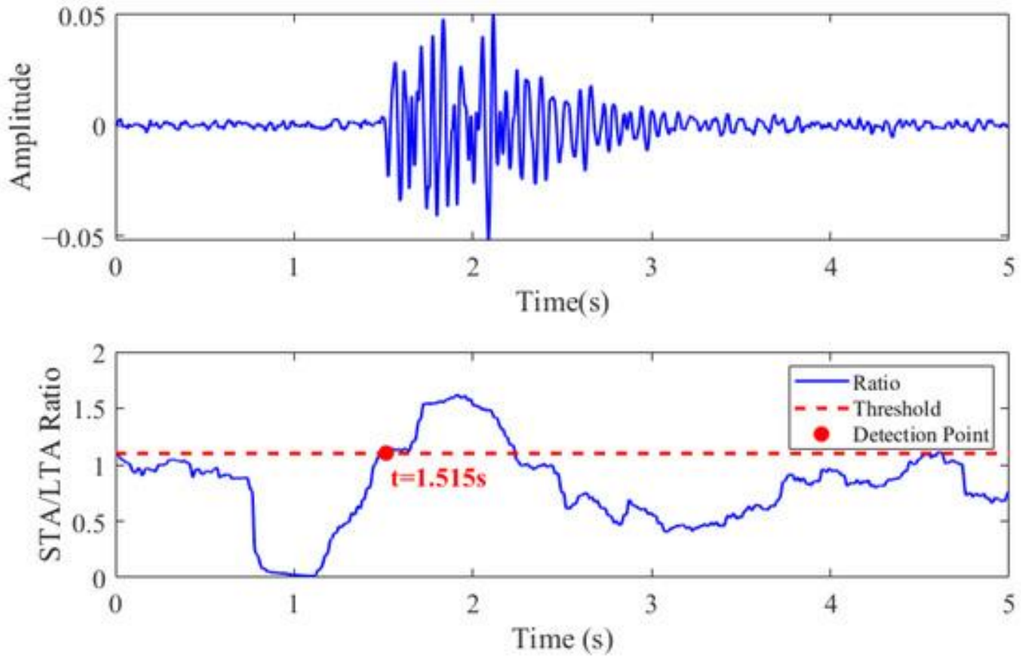
Testing Node

ชุดข้อมูล STEAD



Software

STA/LTA Recursive Algorithm



Grid Search Optimization

นำ 980 ชุดพารามิเตอร์ มาทดสอบกับ Stanford Earthquake Dataset (STEAD) จำนวน 689 ชุดข้อมูล (P-wave 439 , Noise 250)

รวมทั้งสิน 675,220 การจำลอง

```
STA_Window            = 0.5s
RATIO_TRIGGER         = 6.0
MIN_TRIGGER_SAMPLES   = 3
SPIKE_REJECT_FACTOR   = 50
```

ประสิทธิภาพและผลการทดสอบ (Performance Metrics)

99.77%

ความแม่นยำในการตรวจจับ
(Detection Accuracy)

1.20%

อัตราการแจ้งเตือนผิดพลาด
(False Alarm Rate)

0.23s

ความล่าช้าเฉลี่ยในการตรวจจับ
(P-wave Delay)

การประเมินขนาดแผ่นดินไหวด้วยวิธี Peak Displacement (Pd)

$$\log_{10}(M_{pd}) = \log_{10}(Pd) + 5.39$$

- อ้างอิงสมการถดถอยของ Wu & Kanamori (2005)
- ระบบจะทำการคำนวณค่าการกระจัดสูงสุด (Peak Displacement) จากการอินทิเกรตสัญญาณความเร่งสองครั้ง
- ประเมินผลเสร็จสิ้นภายใน **3 วินาที** แรกหลังคลื่น P-wave เดินทางมาถึง

ความแม่นยำในการระบุระดับความรุนแรง (Magnitude Accuracy)

แจ้งเตือน 2 ระดับ: Silent (ไม่แจ้งเตือน) และ Alert (เสียงเตือน + แจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟน)

ขนาดปานกลาง (Mw 5.0–6.5)	ความแม่นยำ: 99%	สถานะ: แจ้งเตือน (Alert)
ขนาดใหญ่ (Mw > 6.5)	ความแม่นยำ: 100%	สถานะ: แจ้งเตือน (Alert)

ระบบสามารถคัดกรองความรุนแรงได้อย่างสมบูรณ์แบบ
โดยไม่มีข้อผิดพลาดสำหรับแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สร้างความเสียหายทางโครงสร้าง

ความเร็วในการแจ้งเตือน (Alert Timeline)

0.00s
คลื่น P-Wave
เดินทางมาถึงเซนเซอร์
(P-Wave Arrival)

+0.23s
อัลกอริทึม STA/LTA
ตรวจจับสัญญาณสำเร็จ
(Detection)

+3.00s
คำนวณขนาด (Pd)
และประเมินความรุนแรง
เสร็จสิ้น
รวม 3.2s เสียงไซเรนดัง
(Buzzer Alarm)

+1.00s
ข้อความ Push
Notification ส่งถึง
สมาร์ตโฟนผู้ใช้งาน

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

SDG Alignment

Goal 3: Good Health and Well-being

ระบบเตือนภัยล่วงหน้าช่วยลดอัตราการเสียชีวิตและบาดเจ็บจากแผ่นดินไหว สอดคล้องกับเป้าหมาย SDG 3.d ด้านการเสริมสมรรถนะการเตือนภัยระดับชาติ

Goal 9: Industry, Innovation

นวัตกรรมระบบ EEW ต้นทุนต่ำบนไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถติดตั้งและขยายเครือข่ายเซ็นเซอร์ได้ในระดับประเทศ

Goal 11: Sustainable Cities

เสริมสร้างศักยภาพของชุมชนเมืองและชนบทในการรับมือและฟื้นตัวจากภัยพิบัติผ่านระบบเตือนภัยที่ครอบคลุมทุกพื้นที่

Goal 13: Climate Action

พัฒนาขีดความสามารถของสถาบันด้านการเตือนภัยล่วงหน้าเพื่อรับมือภัยธรรมชาติ สอดคล้องกับเป้าหมาย SDG 13.1 และ 13.3

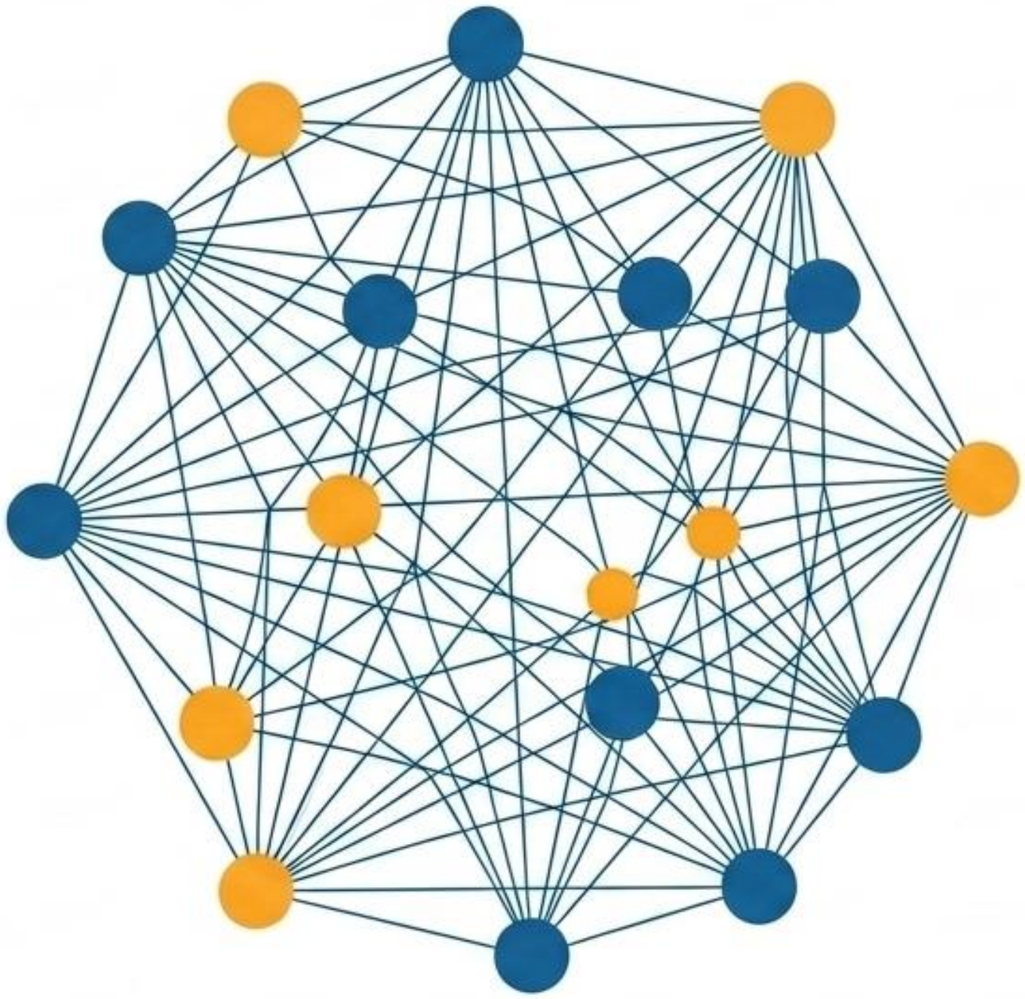
แนวทางในการพัฒนาต่อ

Data Logging System

ระบบจัดเก็บข้อมูลย้อนหลัง ติดตั้งโมดูล SD Card ร่วมกับไอซีฐานเวลาจริง (RTC) เพื่อบันทึกข้อมูลดิบสำหรับการวิเคราะห์เชิงลึก

Seismic Network and Localization

โครงข่ายเซนเซอร์ชุมชน เชื่อมต่ออุปกรณ์หลายจุดผ่านระบบ IoT เพื่อหาพิกัดศูนย์กลางแผ่นดินไหวด้วยวิธีการหาตำแหน่งแบบสามเหลี่ยม (Triangulation)



เอกสารอ้างอิง

[1] United Nations Office for Disaster Risk Reduction, *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022* (United Nations, Geneva, 2022).

[2] กรมทรัพยากรธรณี, *แผ่นดินไหวขนาด 7.7 บริเวณเขตสะกาย สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา 28 มีนาคม พ.ศ. 2568* (กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพมหานคร, 2568).

[3] R. M. Allen and H. Kanamori, *Science* **300**, 786 (2003).

[4] M. Cua, M. Fischer, T. H. Heaton, and S. Wiemer, *Seismol. Res. Lett.* **80**, 802 (2009).

[5] กรมทรัพยากรธรณี, *รอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย* (กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพมหานคร, 2560).

[6] กรมทรัพยากรธรณี, *ฐานข้อมูลรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย* (กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพมหานคร, 2565).

[7] E. M. Anderson, *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain*, 2nd ed. (Oliver and Boyd, Edinburgh, 1951).

[8] K. Aki and P. G. Richards, *Quantitative Seismology*, 2nd ed. (University Science Books, Sausalito, CA, 2002).

[9] C. F. Richter, *Elementary Seismology* (W. H. Freeman, San Francisco, CA, 1958).

[10] R. V. Allen, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **68**, 1521 (1978).

[11] M. Withers, R. Aster, C. Young, J. Beiriger, M. Harris, S. Moore, and J. Trujillo, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **88**, 95 (1998).

[12] S. M. Mousavi, W. L. Ellsworth, W. Zhu, L. Y. Chuang, and G. C. Beroza, *IEEE Access* **7**, 179464 (2019).

Thank you