

ระบบเตือนภัยช้างผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่และเครือข่ายคอมพิวเตอร์

AN ELEPHANT WARNING SYSTEM VIA THE MOBILE COMMUNICATION AND COMPUTER NETWORKS

พิศิษฐ์ โภคารัตน์กุล¹, นริศ หนูหอม², สมชาย เบียนสูงเนิน³, แสง เกิดประทุม⁴ และ ไทรแก้ว กลิ่นคำ^{5,6}
¹สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1761 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

²ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

25/25 ถ.พุทธมณฑลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

³ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี

39 หมู่ที่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อําเภอกองหลวง จ.ปทุมธานี 12110

⁴ฝ่ายวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

35 หมู่ 3 เทคโนโลยี ถ.เลียบคลองห้า ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

⁵หลักสูตรเทคโนโลยีแม่พิมพ์ สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร

⁶แผนกเขียนแบบเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษก มหานคร

73 หมู่ 18 กม.7 ถนนสุวินทวงศ์ แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510

Pisit Phokharatkul¹, Narit Hnoohom², Somchai Biansoongnern³, Sawaeng Gerdpratoom⁴
 and Saikaew Klinkum^{5,6}

¹Department of Electronics and Telecommunication, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University
 1761 Pattanakarn Rd., Suanluang Bangkok 10250

²Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University
 25/25 Puttamonthon Sai 4 Rd., Puttamonthon Nakorn Pathom 73170

³Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of
 Technology Thanyaburi 39 Moo 1 Rangsit-Nakhonnayok Rd., Pathum Thani 12110

⁴Engineering Department, Thailand Institute of Scientific and Technology Research
 35 Moo 3, Khlong 5, Khlong Luang Pathum Thani 12120

⁵Bachelor of Technology Program in Mold and Die Technology,
 Institute of Vocational Education Bangkok

⁶Mechanical Drawing Division, Kanchanaphisek Technical College Mahanakorn
 73 Moo 18, Khum Klao Rd., Saen Saep, Min Buri Bangkok 10510

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการเตือนภัยช้างสำหรับแจ้งเตือนการบุกรุกของช้างล่วงหน้าให้แก่ผู้คนในชุมชน เพื่อหลีกเลี่ยงการเผชิญหน้ากันระหว่างมนุษย์กับช้าง ระบบการแจ้งเตือนประกอบด้วยระบบวัดคลื่นการสั่นสะเทือนด้วยเซนเซอร์จีโอโฟน ยืนยันความถูกต้องด้วยภาพช้างที่ถ่ายได้จากกล้องอินฟราเรด จากการทดลองกับช้างที่ควบคุมได้ที่วังช้างอยุธยาแลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปรากฏว่าเซนเซอร์จีโอโฟนที่ฝังอยู่ใต้ดินลึก 10 เซนติเมตรภายในรัศมี 1 เมตรสามารถรับคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้างได้ ซึ่งการเกิดคลื่นการสั่นสะเทือนนี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของดิน รูปร่างของเท้าสัตว์และน้ำหนัก ระบบเตือนภัยช้างต้นแบบนี้ได้นำไปทดลองติดตั้งในพื้นที่ชายป่าบ้านแสวงบัว ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี โดยแจ้งเตือนการบุกรุกของช้างทางระบบ LAN โปรโตคอล TCP/IP ส่งผ่านจานดาวเทียมไปยังสื่อสังคมออนไลน์ และจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งสามารถรับข่าวสารทางคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์พกพา ตลอดจนแจ้งเตือนผ่านวิทยุสื่อสารและไฟสัญญาณแจ้งเตือนภัยในท้องถิ่น โดยความถูกต้องของสัญญาณสั่นสะเทือนยืนยันด้วยภาพอินฟราเรดในการทดสอบที่วังช้างอยุธยาแลเพนียดสามารถเพิ่มความถูกต้องได้ถึง 96 %

คำสำคัญ: การบุกรุกของช้าง การเผชิญหน้าระหว่างมนุษย์กับช้าง คลื่นการสั่นสะเทือน เซนเซอร์จีโอโฟน

ABSTRACT

This paper proposed the warning system for the elephant intrusion. The purpose of this system have been try to reduce the confrontation between human and elephants. The elephant presence detection consisted of the geophone sensors verify with the infrared images. The testing with the elephants at Wangchang Ayudhya Laepaneit, Phranakhon Sri Ayudhya province, the ability of underground geophones sensors 10 cm. depth in 1 meter radius of each sensor can detect the vibration waves. The vibration waves still depend on the type of soil, foot pattern and animal's weight. The prototype elephant warning system was constructed at Ban Swang Ba, Tambol Khaojod, Amphoe Sri Sawat, Kanchanaburi Province. The warning information sent to social media and electronic mail using LAN with TCP/IP protocol via satellite antenna. The local area, the warning information sent to the communication radios and warning light. The accuracy of vibration information with infrared image confirmation testing at Wangchang Ayudhya Laepaneit is increased to 96 %.

KEYWORDS: elephant intrusion, the confrontation between human and elephants, vibration waves, geophone sensors

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้มีการเผชิญหน้ากันระหว่างมนุษย์กับช้างป่าตามที่เป็นข่าวในหน้าหนังสือพิมพ์ และสื่อสังคมออนไลน์ ถึงขั้นสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน ตลอดจนการทำร้ายช้างเนื่องจากบุกรุกเข้าไปในพื้นที่เพาะปลูกของชุมชน แต่อย่างไรก็ตามช้างเป็นสัตว์สงวนตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสัตว์ป่าห้ามมิให้ผู้คนทำร้ายช้าง แต่ช้างก็สร้างความเสียหายให้แก่ทรัพย์สินพืชผลของชาวบ้านและบานปลายถึงขั้นสูญเสียชีวิตตามที่ชาวอยู่เนืองนิตย์ เพื่อลดการเผชิญหน้าและความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงต้องมีการศึกษาพฤติกรรม ความเป็นอยู่ ความเคลื่อนไหวของช้าง ซึ่งหนทางหนึ่งนั่นก็คือ การแจ้งเตือนการบุกรุกเข้ามาในชุมชนของช้างให้ชาวชุมชนทราบล่วงหน้า โดยมีจุดมุ่งหมายลดการประจันหน้ากับช้างหรือหลีกเลี่ยงการปะทะกับช้างจะส่งผลให้ลดการเผชิญหน้ากับช้างลงได้ จากข้อมูลของพรานป่าพบว่าช้างจะมีช่องทางการเดินเข้ามาในชุมชนแน่นอนและเข้ามาเพื่อหาอาหาร ถ้าติดตั้งระบบแจ้งเตือนทุกช่องทางก็จะทราบการมาของช้างได้

เนื่องจากมีวิธีการตรวจจับการบุกรุกของช้างมีหลากหลายวิธี ตัวอย่างเช่น การตรวจจับความเคลื่อนไหวของช้างโดยใช้พาสซีฟอินฟราเรดดีเทกเตอร์ (Passive Infrared detector - PIR) [1] Matthias Zeppelzauer [2] ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบและติดตามช้างป่า โดยใช้ภาพถ่ายวิดีโอที่เก็บรวบรวมมาจากนักชีววิทยามาศานาม โดยนำเสนอวิธีการรู้จำช้างแบบไดนามิกมีความถูกต้องอยู่ที่ 88% Gopal Datt Joshi and Jayanthi Sivaswamy [3] เสนอวิธีการตรวจหารูปร่างของวัตถุที่มีคุณลักษณะเด่นในภาพสถานการณ์จริง Manish Suyal and Vijay [4] ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพสามารถตรวจสอบหาช้างได้โดยใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างการแบ่งส่วนของภาพรวมกับการระบุตำแหน่งของวัตถุในภาพด้วยวิธีการแบ่งส่วนของภาพประกอบไปด้วยการหาขอบของวัตถุในภาพ Lanka Wijesingheetal [5] ได้นำเสนอระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนการบุกรุกโดยใช้รีโมทเซ็นเซอร์ในการตรวจสอบ พร้อมแสดงบริเวณที่ถูกบุกรุก และแจ้งเตือนการบุกรุกผ่านมือถือ จากวิธีการตรวจจับความเคลื่อนไหวดังกล่าวมาข้างต้น มีปัญหาพื้นฐานจากการที่ช้างเป็นสัตว์ช้างสังคม ถ้าหากมีอะไรแปลกปลอมเข้ามาจะทำการสำรวจ ทำลายหรือหลบหลีกสิ่งแปลกปลอมที่เพิ่มขึ้นมาในสิ่งแวดล้อม ประกอบกับพื้นที่อยู่อาศัยเป็นป่า อุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้นจะพบกับปัญหาการบัดบังของกิ่งไม้และใบไม้ซึ่งมีการเจริญงอกงามตลอดเวลาการสร้างรั้วไฟฟ้านั้นอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อช้างและมนุษย์ได้ และช้างได้ใช้วิธีทุ้มขนไม้เพื่อทำลายรั้วไฟฟ้า การขุดคุ้ยช้างมีอาจยับยั้งช้างให้ก้าวข้ามไปได้เพียงแต่ทำให้การเดินทางของช้างช้าลงเท่านั้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเสนอการตรวจจับความเคลื่อนไหวของช้าง ด้วยการตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้างโดยใช้เซนเซอร์จีโอโฟน ยืนยันความถูกต้องโดยใช้ภาพถ่ายจากกล้องอินฟราเรด เซนเซอร์จีโอโฟนจะถูกฝังไว้ใต้ดินเป็นตารางกริดขวางช่องทางเดินของช้างทำให้ไม่เป็นที่สังเกตของช้าง และไม่เป็นการรบกวนความเคลื่อนไหวของช้าง เพื่อแจ้งเตือนภัยการบุกรุก

ของช้างเข้ามาในชุมชน โดยนำระบบต้นแบบไปทดสอบกับช้างในปางช้างก่อน และนำไปติดตั้งบางช่องทางที่ช้างเดินผ่านและเก็บข้อมูลการตรวจจับการบุกรุกของช้าง ซึ่งในระยะยาวจะทำให้การพัฒนา ระบบเตือนภัยช้างเป็นไปได้ ข้อมูลที่ได้จะแจ้งเตือนไปยังผู้คนในชุมชนและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องผ่านระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ไปยังโทรศัพท์พกพา คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อสารอื่น ๆ ที่สามารถเชื่อมต่อสื่อสารส่งคอมออนไลน์หรือจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ได้ เพื่อหามาตรการผลักดันช้างให้กลับเข้าป่าโดยไม่เกิดอันตรายกับประชาชนดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

2. ธรรมชาติของช้าง

ในปัจจุบันชุมชนมนุษย์ได้ขยายตัวออกไป พื้นที่ป่าลดลง ทำให้เกิดความขัดแย้งระหว่างมนุษย์กับช้าง ช้างเป็นสัตว์สังคมอยู่กันเป็นโขลง ขนาดของโขลงช้างขึ้นอยู่กับแหล่งอาหาร ธรรมชาติของช้างมีดังต่อไปนี้

2.1 พฤติกรรมทางสังคม [6] ช้างเป็นสัตว์สังคมที่มีลำดับโครงสร้าง เมื่อกลุ่มมีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีช้างจำนวนหนึ่งแยกกลุ่มออกไปเพื่อตั้งกลุ่มใหม่ แต่พวกมันยังคงทราบหาโขลงใดเป็นเครือญาติกันโขลงใดไม่ใช่ เนื่องจากช้างกินอาหารในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก จึงต้องมีช้างสำรวจหาแหล่งอาหารด้วย

2.2 สถิติปัญญา [6] สมอของช้างมีขนาดมากกว่า 5 กิโลกรัมเล็กน้อย มีรอยพับยักมากจึงมีความจำเป็นเลิศ รวมทั้งมีความเศร้าโศก ความสงสาร การทำเสียงดนตรี การเห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวม การช่วยกันเลี้ยงทารก การเล่น การสื่อสาร การใช้อุปกรณ์ และการรู้จักตนเอง

2.3 การสื่อสาร ช้างมีประสาทคมกลิ่นและการได้ยินอย่างดีเยี่ยม แต่กลับมีสายตาที่แย ช้างสามารถสื่อสารกันด้วยเสียงอินฟราซาวด์ความถี่ต่ำ 15-35 Hz เป็นระยะทางไกลได้

2.4 อาหารช้าง [6] เป็นสัตว์กินพืชเป็นอาหาร ใช้เวลาในการกินอาหารมากถึง 16 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นช้างจึงใช้เวลาอนเพียงแค่ 3 ชั่วโมงกว่าเล็กน้อย อาหารของช้างมีความหลากหลายตามฤดูกาล แตกต่างตามแหล่งอาหาร ช้างโตเต็มวัยจะบริโภคอาหาร 140-270 กิโลกรัมต่อวัน

2.5 เส้นทางเดินของช้างไปยังแหล่งอาหาร [6] จะมีเส้นทางที่แน่นอนและมีจำนวนหลายเส้นทางที่บุกรุกเข้าไปในแหล่งเพาะปลูกของชุมชน

2.6 ความขัดแย้งกับมนุษย์ เนื่องจากพื้นที่ป่าลดลง เนื่องจากความต้องการพื้นที่ในการเลี้ยงชีพของมนุษย์ จึงทำให้มีช้างจำนวนหนึ่งบุกรุกเข้ามาในเขตเพาะปลูกของชุมชนจนเกิดการปะทะกับมนุษย์ นำมาซึ่งความสูญเสียชีวิตของมนุษย์และช้าง ตลอดจนความเสียหายของทรัพย์สินจากการทำลายของช้าง

3. เซนเซอร์วัดคลื่นการสั่นสะเทือน

เซนเซอร์จีโอโฟนอนประกอบด้วยขดลวดเคลื่อนที่ทรงกระบอกเคลื่อนที่ตัดผ่านขั้วแม่เหล็กที่อยู่ในคอนเทนเนอร์ รูปที่ 1 เป็นโมเดลตัดขวางด้านข้างของเซนเซอร์จีโอโฟนอน ซึ่งเป็นหนึ่งโคออร์ดิเนต (coordinate) ที่สามารถใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของระบบได้ (1DOF) เมื่อขดลวดเคลื่อนที่ที่ได้รับคลื่นการสั่นสะเทือนจะตอบสนองต่อการเคลื่อนที่ของระบบตามระยะขจัดของขดลวด $y(t)$ และระยะขจัดเทียบกับฐาน $x(t)$ ทำให้เกิดแรงกระทำต่อขดลวดเคลื่อนที่ดังสมการที่ (1)

$$F = (x-y)k + (\dot{x}-\dot{y})c \quad (1)$$

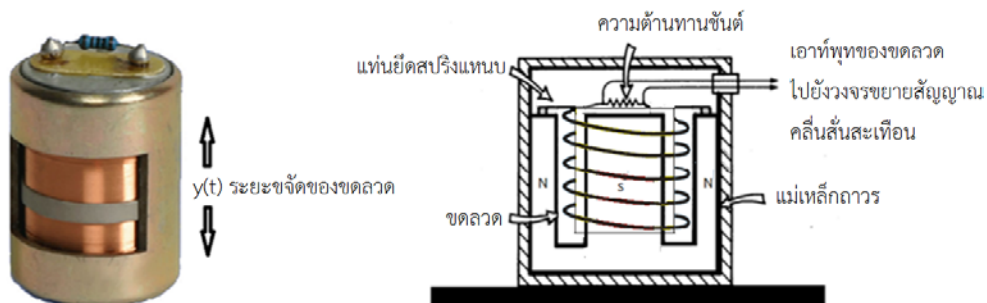
เมื่อ k และ c คือ ค่าสตีฟเนส (stiffness) และ ค่าการหน่วงของระบบรองรับ (damping of the suspension system) ตามลำดับ

ดังนั้นจะได้สมการการเคลื่อนที่

$$M\ddot{y} = (x - y)k + (\dot{x} - \dot{y})c \quad (2)$$

$$M\ddot{y} + c\dot{y} + ky = c\dot{x} + kx$$

เมื่อ M คือมวลของการเคลื่อนที่



รูปที่ 1 โครงสร้างเซนเซอร์จีโอโฟนอนประกอบด้วยขดลวดกับแท่งแม่เหล็ก และภาพโมเดลตัดขวางด้านข้างของเซนเซอร์จีโอโฟนอน

ทำการแปลงแบบฟูเรียร์จะสามารถหาความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) ω_0 และ อัตราส่วนการหน่วง (damping ratio) ζ ตามสมการที่ (3)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}} \quad (3)$$

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{kM}}$$

จะได้การแปลงฟูเรียร์ X, Y ของฐานคอนเทนเนอร์และการตอบสนองของขดลวด ทำให้ขดลวดเคลื่อนตักกับสนามแม่เหล็กตามกฎของฟาราเดย์ เกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า V เป็นสัดส่วนกับความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างขดลวดและแม่เหล็กดังสมการที่ (4)

$$V = G(\dot{y} - \dot{x}) \quad (4)$$

เมื่อ G คือค่าคงที่ทรานสดักชัน (transduction constant)

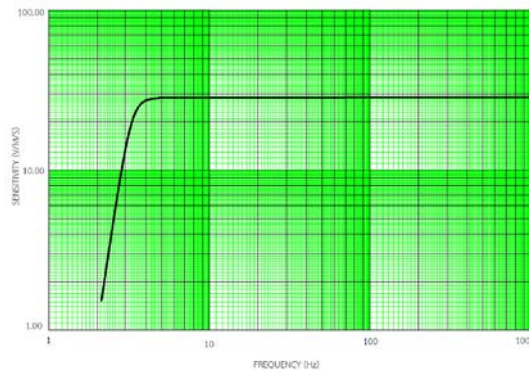
ดังนั้นฟังก์ชันถ่ายโอน H ระหว่างความเร็วเทียบกับฐานคอนเทนเนอร์และสัญญาณเอาต์พุตของอีลีเมนต์เซนเซอร์ (element sensor) คือ

$$\begin{aligned} H &= \frac{Y-X}{X} = \frac{Y}{X} - 1 \\ &= \frac{\omega_0^2 + 2j\omega_0\omega\zeta}{\omega_0^2 + 2j\omega_0\omega\zeta - \omega^2} - 1 \\ &= \frac{\omega^2}{\omega_0^2 + 2j\omega_0\omega\zeta - \omega^2} = H_0 \end{aligned} \quad (5)$$

ฟังก์ชันถ่ายโอนระหว่างแรงและระยะจัดของระบบ 1DOF เป็นการแปลงผันความสัมพันธ์ให้ไปขึ้นกับค่าแฟคเตอร์ ω^2 ซึ่งแทนค่าเป็นนอร์มัลแฟคเตอร์ (normal factor) $\frac{1}{k}$ [7] เนื่องจากแฟคเตอร์ ω^2 จะเป็นการกำหนดตัวกรองความถี่ต่ำของระบบ 1DOF ดังเดิม ดังนั้นฟังก์ชันถ่ายโอนนี้จึงใช้สำหรับค่าทั่วไปของความถี่ธรรมชาติ และอัตราส่วนการหน่วงดังในรูปที่ 2 เมื่อ $\omega_0 = 2\pi f$ จะได้ผลลัพธ์ของเฟสเป็น

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \quad (6)$$

$$\frac{d\varphi}{df} = \frac{1}{\zeta f}$$



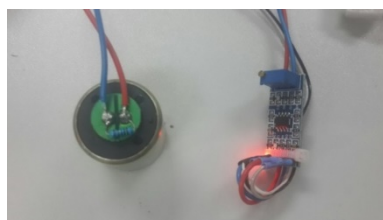
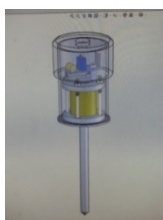
รูปที่ 2 เซนเซอร์จีไอโพน GD-4.5 และกราฟความถี่กับความไวของจีไอโพน GD-4.5

ความสัมพันธ์เหล่านี้จะใช้ในการระบุความถี่ธรรมชาติและอัตราการหน่วงของเซนเซอร์ ในกรณีของเซนเซอร์จีไอโพน GD-4.5 ในรูปที่ 2 จะมีค่า $G = 28.8 \text{ V/m/s}$, $f_0 = 4.5$ และ $\zeta = 0.55$ ตามลำดับ

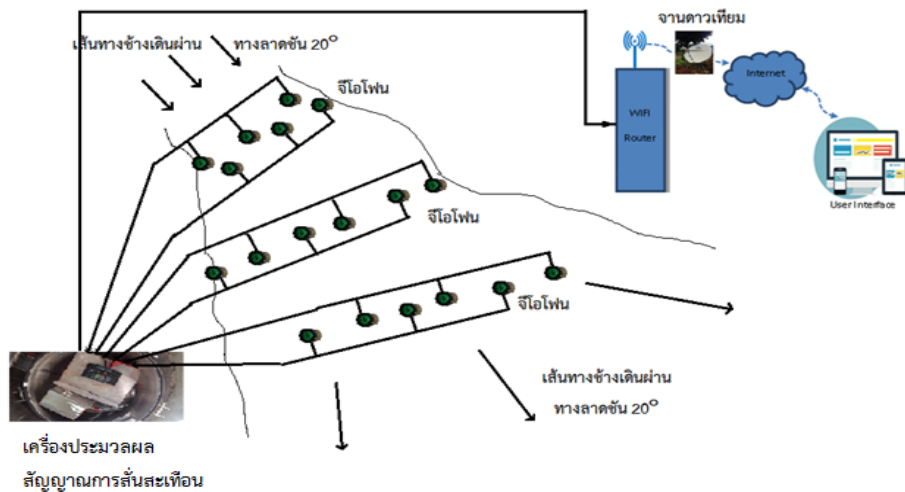
4. การพัฒนาระบบเตือนภัยขั้วดันแบบ

4.1 ระบบการตรวจสอบความเคลื่อนไหวของช้างโดยใช้หลักการการสั่นสะเทือน

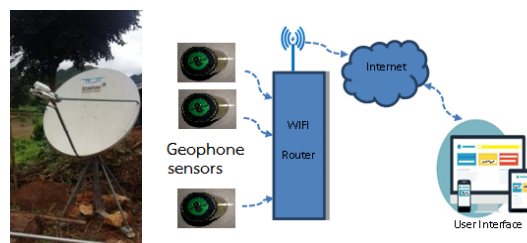
เซนเซอร์จีไอโพนสามารถวัดคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้างในช่วง 5-50 Hz ได้ ความถี่ของการสั่นสะเทือนขึ้นอยู่กับลักษณะของเท้าและน้ำหนักของสัตว์ เซนเซอร์จีไอโพนจึงเหมาะกับการวัดคลื่นการสั่นสะเทือนจากเท้าช้าง ซึ่งมีแอมพลิจูดของคลื่นการสั่นสะเทือนมากกว่าคลื่นการสั่นสะเทือนจากสัตว์เท้ากีบ ส่วนสัตว์ขนาดเล็กจะให้ขนาดแอมพลิจูดต่ำมาก เซนเซอร์ตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนในการพัฒนาระบบเตือนภัยช้าง เลือกใช้จีไอโพนรุ่น GD-4.5 บรรจุอยู่ในกล่องบรรจุจีไอโพน (รูปที่ 3) ผังไว้ใต้ดินลึก 10 ซม. โดยวางขวางเส้นทางเดินของช้างดังในรูปที่ 4 เซนเซอร์จีไอโพนให้สัญญาณเอาต์พุตความถี่ 5-1000 Hz แรงดัน 0-5 V เนื่องจากชุดเซนเซอร์จีไอโพนติดตั้งอยู่ในบริเวณแนวป่าจึงต้องส่งสัญญาณผ่านระบบทวนสัญญาณไวไฟ (WiFi) ผ่าน LAN เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตทางจานดาวเทียม TOT ดังรูปที่ 5



รูปที่ 3 กล่องบรรจุจีไอโพนและการทดสอบการทำงานของจีไอโพน



รูปที่ 4 การติดตั้งเซนเซอร์จีโอโฟน



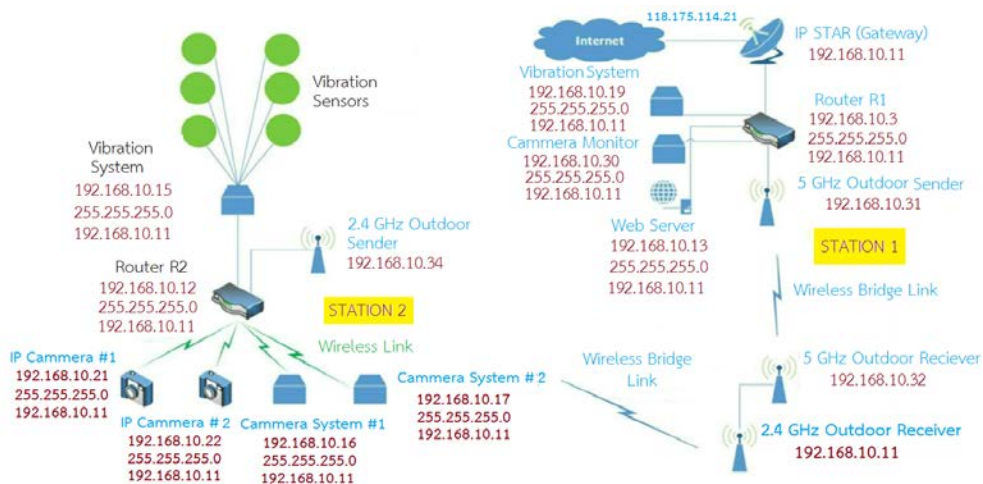
รูปที่ 5 จานดาวเทียมและการเชื่อมต่อของระบบตรวจวัดคลื่นการสั่นสะเทือนของพื้นดิน

4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมระบบ LAN

เลือกใช้แผงวงจร arduino UNO ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega328 เป็นตัวประมวล มีขารองรับสัญญาณแรงดันจากเซนเซอร์ได้สูงสุด 6 ขา และสามารถเชื่อมต่อกับเชื่อมต่อกับแผงวงจรได้ใช้ตัวประมวลผลเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตรุ่น Wiznet W100

4.3 ระบบ LAN และตัวส่งสัญญาณไร้สายความถี่สูง

เนื่องจากการส่งข้อมูลเพื่อแสดงผลอยู่ระยะไกล ต้องใช้การส่งข้อมูลแบบไร้สาย โดยเลือกใช้ตัวส่งสัญญาณไร้สายความถี่สูงที่ส่งสัญญาณตามมาตรฐาน WIFI 802.11b/g/n ที่ความถี่ 2.4 GHz ส่งได้ระยะมากกว่า 5 กิโลเมตรในที่โล่ง โดยใช้รุ่น NSW5 จำนวน 2 ตัว และ WIFI ความถี่ 5 GHz จำนวน 2 ตัวสำหรับส่งข้อมูลจากภาคสนามเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์ข้อมูล ตามแผนผังเครือข่าย LAN ในรูปที่ 6



รูปที่ 6 เครือข่าย LAN ที่บ้านแสงบ่า ตำบลเขาโจด อ.ศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

4.4 ส่วนแสดงผลและเก็บข้อมูลรับข้อมูลผ่านการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน 802.11b/g/n

เขียนด้วย Microsoft Visual Basic 2010 Express เพื่อแสดงผลที่ส่งมาจากเซนเซอร์ตรวจวัดคลื่นการสั่นสะเทือน พร้อมทั้งเก็บข้อมูลข้อมูลแบบ .csv เพื่อนำไปเปิดกับโปรแกรม Excel โดยเปรียบเทียบเซนเซอร์จีโอโฟนอนกับเซนเซอร์วัดการสั่นรุ่น 801S ดังรูปที่ 7 หน้าจอการวัดคลื่นการสั่นสะเทือนของเซนเซอร์ทั้งสอง



รูปที่ 7 การรับสัญญาณคลื่นการสั่นสะเทือนจากเซนเซอร์แบบจีโอโฟนอน (สีแดง-แถวแรก) และเซนเซอร์แบบการวัดความสั่นสะเทือน (สีน้ำเงิน-แถวที่สอง) จากการเหยียบของช้างที่วังช้างอยุธยาแลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยาบนเซนเซอร์ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

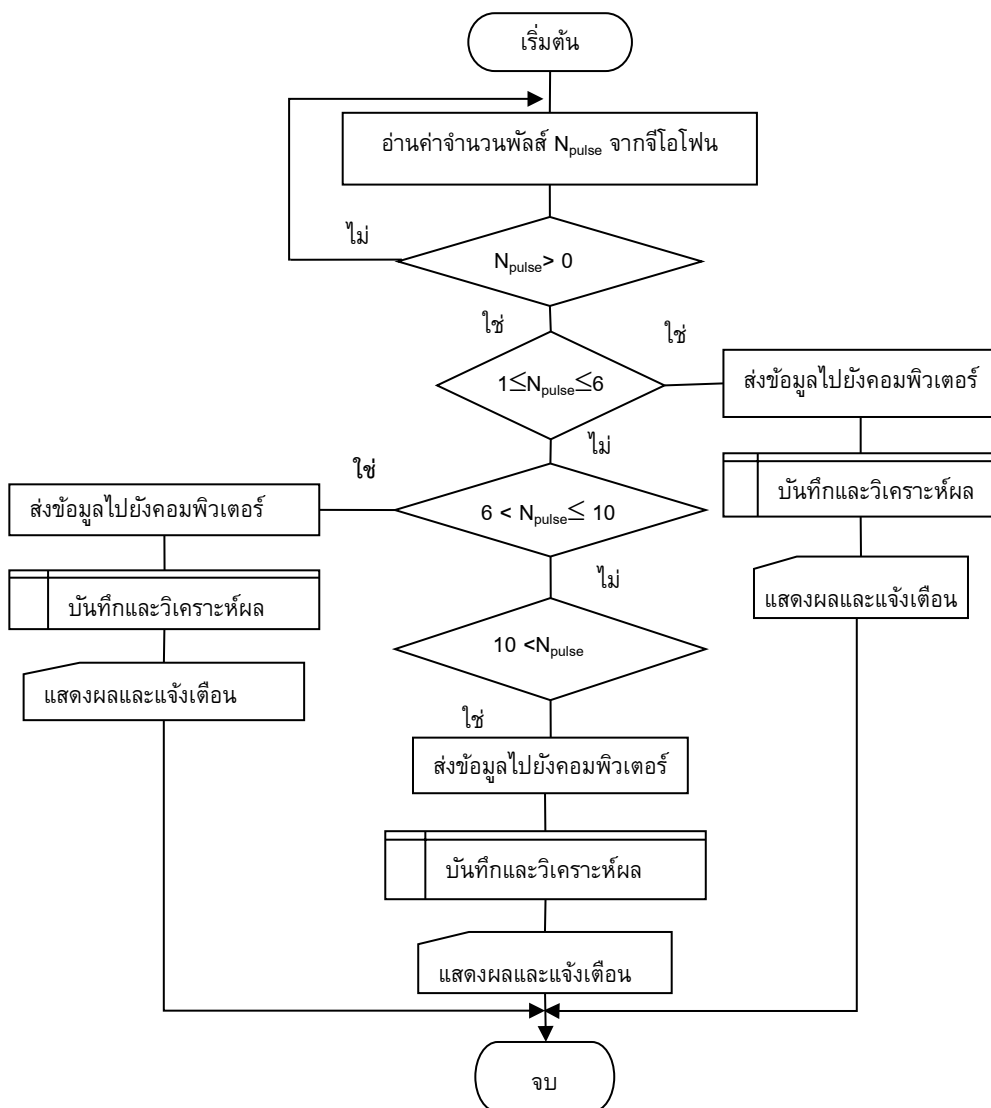
ขั้นตอนวิธีของระบบการตรวจวัดคลื่นการสั่นสะเทือน สามารถสรุปเป็นขั้นตอนตามแผนผังการทำงานในรูปที่ 8 โดยขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

4.4.1 อ่านค่าจำนวนพัลส์ N_{pulse} การสั่นสะเทือนจากจีไอโฟน 6 ช่องสัญญาณ

4.4.2 ตรวจสอบจำนวนพัลส์คลื่น N_{pulse} คลื่นการสั่นสะเทือนว่าอยู่ช่วงใด ทำการส่งข้อมูลไปแสดงผลผ่านการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน 802.11b/g/n

4.4.3 โปรแกรมทำการบันทึกค่าและวิเคราะห์ผลที่ได้

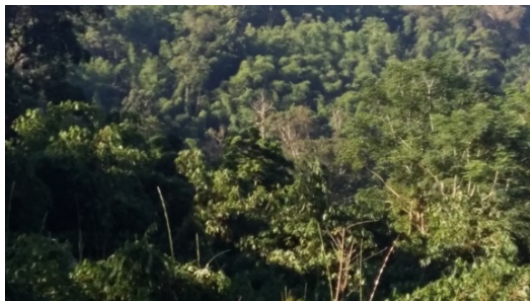
4.4.4 โปรแกรมแสดงค่าการแจ้งเตือนพร้อมแสดงสถานะข้อมูลที่วิเคราะห์ได้



รูปที่ 8 ผังการทำงานของระบบ

5. การติดตั้งระบบการตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้าง

นำระบบต้นแบบที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกับช้างที่ควบคุมได้เก็บและบันทึก วิเคราะห์ผลการทดลอง จากนั้นจึงทดลองติดตั้งระบบต้นแบบการตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้าง บริเวณบ้านแสงป่า ตำบลเขาโจด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรีทางโครงการได้ทดลองติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความสั่นสะเทือนจากการเคลื่อนไหวของช้างในบริเวณพื้นที่ทางเข้าออกของช้าง โดยใช้ข้อมูลจากพรานป่าในท้องถิ่น รวมทั้งทดสอบการส่งสัญญาณจากเซนเซอร์ผ่านเครือข่ายไร้สายความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz ที่ระยะทาง 1 กิโลเมตรและทดสอบส่งข้อมูลผ่านจานสัญญาณดาวเทียมเป็นผลสำเร็จ ดังแสดงในรูปที่ 9-10



รูปที่ 9 บริเวณที่ป่าที่ติดตั้งระบบเตือนภัย และเซลล์แสงอาทิตย์แหล่งพลังงานบนบ้านต้นไม้



รูปที่ 10 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในภาชนะกันน้ำในบ่อไต้ดิน การติดตั้งอุปกรณ์สื่อสารที่สถานีทวนสัญญาณและศูนย์แจ้งเตือนข่าวสาร

6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการจำลองระบบเตือนภัยช้าง

จำลองระบบต้นแบบที่จะไปติดตั้งจริง โดยทดลองกับช้างที่ควบคุมได้ที่วังช้างอยุธยาแลเพนียด จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ให้ช้างเดินผ่านไปบนจีโอโฟนที่ฝังไว้ใต้ดินลึก 0.1 เมตร จำนวน 6 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องประกอบด้วยเซนเซอร์จีโอโฟนต่อขนานกัน 3 ตัว ห่างกันช่วงละ 1 เมตร

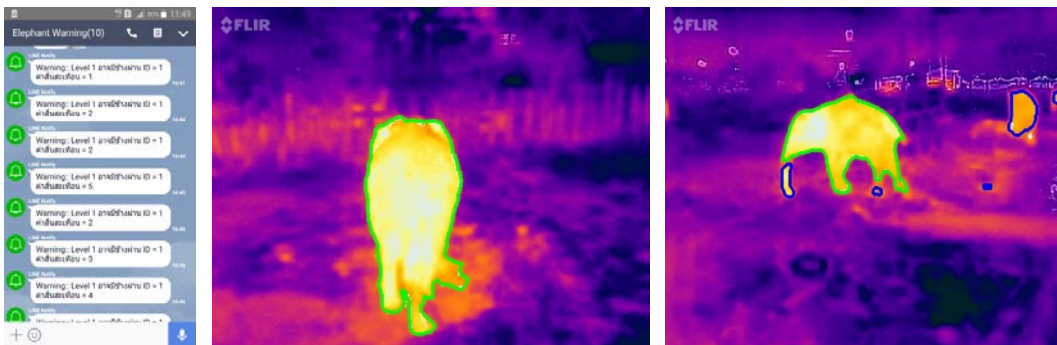
นับจำนวนพัลส์คลื่นการสั่นสะเทือนที่เกิดจากตรวจจับของเซนเซอร์จีโอโฟนทั้ง 6 ช่องสัญญาณจากการเดินเหยียบของช้างดังรูปที่ 11 คลื่นสัญญาณนี้เน้นการตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนความถี่ต่ำที่มีแอมพลิจูดสูงได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1 ในการแจ้งเตือนในโครงการวิจัยนี้ได้ทดลองแจ้งเตือนผ่านทางไลน์ดังรูปที่ 12 การแจ้งไปยังชุมชนหรือเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องจะต้องตรวจสอบยืนยันว่าเป็นช้างจากการวิเคราะห์ภาพช้างจากกล้องอินฟราเรด



รูปที่ 11 ช้างเดินเหยียบบริเวณที่ติดตั้งจีโอโฟน

ตารางที่ 1 ข้อมูลการแจ้งเตือนจากการทดลอง

จำนวนพัลส์จาก 6 ช่องสัญญาณ	สภาพทางกายภาพ	การแจ้งเตือนผ่านทางไลน์
0	ไม่มีช้างเดินผ่านหรือเดินอยู่ใกล้	ไม่มีการแจ้งเตือน
1-5	มีช้างเดินอยู่ไกลกว่า 3 เมตร	Warning: Level 1 อาจมีช้างผ่าน
6-10	มีช้าง 1-2 เชือก เดินเข้ามาในบริเวณติดตั้งจีโอโฟน	Warning: Level 2 มีช้างผ่านเดินผ่าน
>10	มีช้างมากกว่า 2 เชือกเดินเข้ามาในบริเวณติดตั้งจีโอโฟน	Warning: Level 3 มีช้างผ่านเดินผ่านแน่นอน



รูปที่ 12 การทดลองแจ้งเตือนภัยช้าง ภาพช้างจากกล้องอินฟราเรดที่ระบบเตือนภัยสามารถรู้จำได้ถูกต้อง และภาพช้างจากกล้องอินฟราเรดช้างที่ระบบเตือนภัยช้างไม่สามารถรู้จำได้

6.2 การติดตั้งระบบเตือนภัยช้าง

จากการทดลองกับช้างที่วังช้างแลพนียต จังหวัดพระนครศรีอยุธยาพบว่า การติดตั้งสิ่งใด ๆ ที่แปลกปลอมไปจากเดิม จะเรียกความสนใจจากช้างทันที และพยายามสำรวจตลอดจนเข้าทำลายสิ่งแปลกปลอม ยกเว้นในกรณีที่ฝังไว้ใต้ดินเท่านั้น ในโครงการนี้ได้ทดลองนำระบบเตือนภัยช้างต้นแบบไปติดตั้งในบริเวณป่าเพียง 1 ช่องทางเพื่อศึกษาและเก็บข้อมูล แต่ระบบตรวจจับความเคลื่อนไหวของช้างที่ติดตั้งในบริเวณป่า จำเป็นต้องใช้แหล่งพลังงานจากแผงเซลล์อาทิตย์ ซึ่งจะต้องมีวิธีการติดตั้งให้รอดพ้นจากการทำลายช้างดังนี้

6.2.1 ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ที่ละชั้นโดยใช้ระยะเวลาที่สร้างความคุ้นเคยให้กับช้าง

6.2.2 ติดตั้งแหล่งพลังงาน (แผงเซลล์อาทิตย์) ไว้บนบ้านต้นไม้ดังรูปที่ 9 สูงมากกว่า 6 เมตร ทำบันไดแบบเก็บได้ และนำนักร้านออกไป

6.2.3 เดินสายไฟฟ้าในท่อฝังไว้ใต้ดินไปยังบ่ออุปกรณ์ใต้ดิน

6.2.4 นำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวประมวลผลสัญญาณ แบตเตอรี่ ไปไว้ในบ่อใต้ดินในลักษณะกันน้ำดังรูปที่ 10 โดยรับพลังงานไฟฟ้าจากสายไฟฟ้าใต้ดินจากแผงเซลล์อาทิตย์

6.2.5 อุปกรณ์ที่ให้เกิดเสียงให้น้ำไปติดตั้งบนบ้านต้นไม้

6.2.6 อุปสรรค เนื่องจากเป็นช่วงฤดูหนาวมักจะมีเมฆปกคลุมเป็นเวลาหลายวัน จนส่งผลให้แหล่งพลังงานไม่เพียงพอได้ ซึ่งเป็นกรณียกเว้นเนื่องจากข้อจำกัดทางธรรมชาติที่อาจเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ช้างเป็นสัตว์สังคมอยู่กันเป็นโขลง ขนาดของโขลงขึ้นอยู่กับแหล่งอาหาร ช่องทางเดินของช้างไปสู่แหล่งอาหารจะมีเส้นทางที่แน่นอน ถ้าหากติดตั้งระบบตรวจจับความเคลื่อนไหวของช้างจนครบทุกช่องทาง จะทำให้สามารถติดตามความเคลื่อนไหวของช้างและแจ้งเตือนภัยจากช้างได้ ในการติดตั้งระบบเตือนภัยช้างจะต้องค่อย ๆ เพิ่มเติมการติดตั้งทีละอย่างไม่ให้ช้างผิตสังเกต เพื่อสร้างความคุ้นเคยให้กับช้าง ต้องซ่อนอำพรางเครื่องมืออุปกรณ์ทั้งหมดมิให้สังเกตเห็นได้ชัดเจน เช่น ผังอุปกรณ์ เครื่องมือและจีโอโฟนไว้ใต้ดิน ติดตั้งระบบกล้องไว้บนต้นไม้ และติดตั้งแหล่งพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ไว้บนบ้านต้นไม้ จากการทดลองกับช้างควบคุมได้ให้เหยียบไปบนบริเวณที่ติดตั้งเซนเซอร์จีโอโฟน เพื่อตรวจจับจำนวนพัลส์จากเซนเซอร์จีโอโฟนพบว่า จีโอโฟนสามารถตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้างได้ คลื่นการสั่นสะเทือนจากการเดินของช้างมีความถี่ต่ำและมีแอมพลิจูดสูง ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้ การตรวจจับคลื่นการสั่นสะเทือนสามารถตรวจจับได้ดีในระยะรัศมี 0.5 เมตรรอบตัวจีโอโฟนแต่ละตัว ถ้าหากกระยะมากกว่านั้นแอมพลิจูดจะลดลงตามลำดับและจะต่ำมากหากกระยะทางเกินกว่า 3 เมตร ดังนั้นในการติดตั้งจึงต้องติดตั้งจีโอโฟนสลับกันเป็น 6 ช่องสัญญาณ ช่องละ 3 ตัวโดยต่อแบบขนาน รวมทั้งหมด 18 ตัวจึงจะได้ผลดี

ปัญหาและอุปสรรค เนื่องจากชุมชนชายขอบป่าในพื้นที่ห่างไกลขาดระบบการสื่อสารและพลังงานไฟฟ้า จึงมีความจำเป็นต้องสร้างระบบเครือข่ายสื่อสารขึ้นมาใช้งาน รวมทั้งติดตั้งสถานีทวนสัญญาณ ติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ตลอดจนเช่าจานดาวเทียม เพื่อรับส่งข่าวสารผ่านทางสื่อสารคมนาคมออนไลน์ การส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ การพัฒนาระบบแจ้งเตือนภัยช้างยังต้องมีการพัฒนาให้มีศักยภาพมากกว่าเดิมรวมทั้งเทคนิครายละเอียดปลีกย่อยต่าง ๆ ซึ่งควรได้รับการพัฒนาต่อยอดจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัยและพัฒนาโครงการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) เลขที่สัญญา T๒-๑-๐๐๑๔/๕๗ ขอขอบคุณผศ.ดิเชลล์ สวนบุรี ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์คอนเทนเนอร์บรรจุจีโอโฟน และขอขอบคุณปฎิยุทธ์ บุรพัฒน์ ที่ให้ข้อมูลและพฤติกรรมของช้าง

References

- [1] M. S. Nakandala, S. S. Namasivayam, D. P. Chandima and Lanka Udawatta. (2014). "Detecting Wild Elephants via WSN for Early Warning System". **The 7th International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAFS)**. 22-24 Dec 2014. Colombo Sri Lanka. p. 1-6.
- [2] Matthias Zeppelzauer. (2013). Automated detection of elephants in wildlife video". **EURASIP Journal on Image and Video Processing**. 46: 1-23.
- [3] Gopal Datt Joshi and Jayanthi Sivaswamy. (2006). "A simple scheme for contour detection". **Proceedings of the Conference on Computer Vision Theory and Applications**. Hyderabad India: 236-242.
- [4] Manish Suyal and Vijay. (2014). Review of Object Segmentation and Identification Using Edge Detection and Feature Matching Technique. **International Journal of Advances in Computer Science and Technology**. 3(6): 369-375.
- [5] Lanka Wijesinghe, Prasanga Siriwardena, Shamali Dahanayake, Dharshana Kasthuriratne, Ravi Corea and Dileeka Dias. (2011). "Electric Fence Intrusion Alert System (eleAlert)". **Proceedings of IEEE Global Humanitarian Technology Conference**. Seattle WA USA: 46-50.
- [6] **Biology and Behavior of Elephants**. Available: <https://sites.google.com/site/pk5510101121/chiiwwithya-laea-phvtikrm>. (In Thai)
- [7] Rune Brincker, Thomas L. Lagö, Palle Andersen and Carlos Ventura. (2005). "Improving the Classical Geophone Sensor Element by Digital Correction". **Proc. Of the International Modal Analysis Conference**. Jan 31 Feb 3, 2005. Orlando FL. USA: 1375-1379.

ประวัติผู้เขียนบทความ



พิศัญ โภครัตน์กุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 1761 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 โทร.089-7800115 โทรสาร 02-3214444 Email: pisit354@gmail.com, pisit.pho@mahidol.ac.th จบการศึกษาปริญญาเอก วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา

วิศวกรรมไฟฟ้า และนิวเคลียร์เทคโนโลยี ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ปริญญาตรีสาขาฟิสิกส์ และเศรษฐศาสตร์ ตามลำดับ เลขที่ใบประกอบวิชาชีพ ฎพก.37562 อดีตวิศวกร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2533-36 และผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2536-59 หัวหน้าโครงการวิจัยและพัฒนา 12 โครงการ หนังสือ 2 เล่ม และมีผลวิจัยตีพิมพ์ในวารสารและที่ประชุมวิชาการมากกว่า 80 เรื่อง สนใจงานวิจัยทางด้าน Computational/Artificial Intelligence in Electrical Engineering, Mobile Application, และ Energy Management



นริศ หนูหอม อาจารย์ ดร. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล 25/25 พุทธมณฑล นครปฐม 73170 โทร: 02-8892138 ต่อ 6262, 089-8935838 E-mail: narit.hno@mahidol.ac.th จบการศึกษาปริญญาเอก วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ปริญญาโท คุรุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ อดีตพนักงานฝ่ายข้อมูลสารสนเทศ บริษัท ซีเอสแอลชอินโฟ จำกัด (มหาชน) กันยายน 2542 - สิงหาคม 2556 หัวหน้าและผู้ร่วมโครงการวิจัย 6 โครงการ มีผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสาร และการประชุมวิชาการ 19 เรื่อง สนใจงานวิจัยทางด้าน Image processing Virtual reality Image recognition และ Image classification



สมชาย เบียนสูงเนิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี 39 หมู่ที่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110 โทร. 02-5493420 โทรสาร 02-5493422 E-mail: bsnsomchai@yahoo.com จบการศึกษาปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ทำโครงการวิจัยทางด้านวิศวกรรม 6 โครงการ สิ่งประดิษฐ์ 8 เครื่อง หนังสือ 3 เล่ม และมีผลงานวิจัยตีพิมพ์ในวารสารและที่ประชุมวิชาการมากกว่า 12 เรื่อง หนังสือ สนใจงานวิจัยทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า และระบบสมองกลฝังตัว



แสง เกิดประทุม ผู้เชี่ยวชาญวิจัย ระดับ 11 และ ผู้อำนวยการ ฝ่ายวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 35 หมู่ 3 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 02-5779252 โทรสาร 02-5772386 จบการศึกษาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี หัวหน้าโครงการวิจัยและพัฒนา 28 โครงการ สนใจงานวิจัยทางด้านน้ำและการจัดการสิ่งแวดล้อม



ไทรแก้ว กลิ่นคำ อาจารย์ หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต (เทคโนโลยีแม่พิมพ์) สถาบันการอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร หัวหน้าแผนกเขียนแบบเครื่องกล วิทยาลัยเทคนิคกาญจนาภิเษกมหานคร 73 หมู่ 18 กม.7 ถนนสุขุมวิท แขวงแสนแสบ เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510 จบการศึกษาระดับปริญญาโท คุรุศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษา การอาชีวศึกษาและเทคนิคศึกษา ปริญญาตรี คุรุศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิต และวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ อดีตวิศวกร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2534-38 สนใจงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีการผลิตและวิศวกรรมการจัดการ