

การพัฒนาระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียง

Development of artillery sound ranging system

ไชยพล กลิ่นจันทร์^{1*} และ สุรศักดิ์ แพน้อย²

Chaiyapol Klinjan^{1*} and Surasak Phanon²

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบค้นหาตำแหน่งเป้าหมายจากแหล่งกำเนิดเสียงปืนใหญ่ เพื่อใช้สำหรับสนับสนุนการรบของหน่วยทหารปืนใหญ่ การพัฒนาระบบค้นหาตำแหน่งของปืนใหญ่ด้วยเสียงเป็นวิธีการค้นหาที่ตั้งปืนใหญ่ฝ่ายข้าศึกด้วยวิธีเชิงรับ (passive attack) หลักการคืออาศัยการรับเสียงการยิงปืนใหญ่ของฝ่ายข้าศึกและนำมาคำนวณโดยใช้วิธีหาความต่างของเวลาการรับสัญญาณ (time difference of arrivals : TDOA) ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าความต่างทางเวลาของสัญญาณเสียงที่เดินทางมาถึงตัวรับสัญญาณเสียงแต่ละตัว งานวิจัยได้ดำเนินการ 1) พัฒนาเครื่องมือรับสัญญาณเสียงปืนใหญ่จำนวน 1 ชุด ซึ่งประกอบด้วยตัวรับสัญญาณเสียง 6 ตัว 2) พัฒนาเครื่องมือส่งสัญญาณผ่านวิทยุสื่อสารย่านความถี่วี เอช เอฟ (VHF) และ 3) พัฒนาโปรแกรมคำนวณหาพิกัดเสียงปืนใหญ่ และมีการเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณด้วยการใช้ผลการวัดทางอุตุนิยมวิทยาจากเครื่องมือตรวจอากาศร่วมด้วย

ผลของการวิจัย จากการทดสอบระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียง ในพื้นที่ทดสอบคือสนามยิงปืนใหญ่ของศูนย์การทหารปืนใหญ่ จังหวัดลพบุรี ซึ่งในสนามทดสอบมีภูมิประเทศเป็นพื้นที่แนวราบมีเขาความสูงไม่เกิน 440 เมตร ล้อมรอบระบบสามารถให้ความถูกต้องแม่นยำอยู่ในระดับที่ดี เกิดความผิดพลาดของการคำนวณพิกัดตำแหน่งแหล่งกำเนิดเสียงปืนใหญ่อยู่ในระยะผิดพลาดไม่เกิน 600 เมตร และระบบสามารถใช้งานได้ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง ครอบคลุมระยะทางการรับสัญญาณเสียงปืนใหญ่ไปทางด้านหน้า 10 ตารางกิโลเมตร และผลของการประเมินระบบจากผู้เชี่ยวชาญ ได้ผลว่าระบบมีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถืออยู่ในระดับที่ดี

คำสำคัญ: ด้วยวิธีเชิงรับ วิธีหาความต่างของเวลาการรับ วิทยุสื่อสารทางทหาร

Abstract

The goal of this research was to develop the sound ranging system for supporting an operational strategy implementation. The system used target detection method from an artillery sound source of an opponent without wave diffusion, and used the results of the detection calculation to guide the target searching device. This method

¹ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี 15000

¹ Faculty of Information Technology, Thepsatri Rajaphut University, Lopburi 15000

² กรมยุทธศึกษาทหารบก กรุงเทพมหานคร 10300

² Army Training Command Department, Bangkok 10300

* Corresponding author. E-mail: yod.chaiyapol@lawasri.tru.ac.th

resulted in fast and accurate attacks and could be used as a battlefield surveillance as well. The study used a calculation of artillery sound coordinate which was conducted by a signal's difference value approximation at a time when it reached the sound sensors. This method is called Time Difference of Arrivals (TDOA). The research was conducted as the followings: 1) developed a device for receiving artillery sound signals which consisted of 6 audio receivers, 2) developed a device for sending artillery sound signals via a military very high frequency (VHF) radio, and 3) developed a coordinates artillery sound application with higher accuracy by using data from meteorological measurement devices.

The experiments were conducted in the artillery center, Lopburi province, which was in the middle of the mountain with height less than 400 meters. The accuracy of the calculations was enhanced by using meteorological measurement results from airborne instruments. The results from the simulating field examination showed that the system range detection's accuracy was 600 meters in average, could be operated for 48 hours, and covered the front area for 10 square kilometers. The evaluation result by experts revealed that the system was completed and reliable.

Keywords: passive attack, time difference of arrivals (TDOA), VHF radios

บทนำ

เหล่าทหารปืนใหญ่ต้องให้การสนับสนุนการปฏิบัติการกิจรบต่อหน่วยดำเนินกลยุทธ์ (หน่วยรบ) ด้วยการใช้อำนาจการยิงเพื่อทำลายหรือตัดรอนกำลังของข้าศึกตามลำดับความเร่งด่วนของภัยคุกคาม ซึ่งภารกิจทำลายเป้าหมายจะประสบความสำเร็จได้นั้น จำเป็นที่จะต้องได้รับการกำหนดที่ตั้งเป้าหมายที่ถูกต้อง และทันเวลา โดยระบบต่างๆ ที่ช่วยสนับสนุนการรบประกอบด้วย ระบบค้นหาเป้าหมาย ระบบอำนาจการยิง ระบบอาวุธกระสุน และระบบการควบคุมและการบังคับบัญชา โดยลักษณะภูมิประเทศไทยตามแนวชายแดนติดกับประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะป่าสลับภูเขา จึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญยิ่งในการตรวจการณ์เพื่อให้เห็นข้าศึกของทหารผู้ตรวจการณ์หน้าที่อยู่ในสนามรบติดแนวข้าศึกเพราะมีลักษณะของการมองเห็นที่แคบและสั้น ส่งผลเสียอย่างยิ่งทำให้ไม่

สามารถตรวจการณ์ได้ครอบคลุมพื้นที่ปฏิบัติการของหน่วยดำเนินกลยุทธ์ได้ อีกทั้งในปัจจุบันการใช้เครื่องมือหาทิศทางของฝ่ายข้าศึกมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่นการนำเรดาร์เข้ามาใช้ในการค้นหาเป้าหมาย ซึ่งข้อเสียของระบบเรดาร์ค้นหาเป้าหมายก็เป็นเครื่องมือประเภทเชิงรุกซึ่งใช้การแพร่กระจายคลื่น (นราเทพ พฤษศิริชัย, 2557; Fear, Meaney, & Stuchly, 2003) ทำให้ฝ่ายที่ข้าศึกจะตรวจจับตำแหน่งการแพร่กระจายคลื่นและอาจถูกโจมตีเป็นผลให้เกิดการสูญเสีย ซึ่งจากปัญหาของการแพร่กระจายคลื่นที่ส่งผลต่อความปลอดภัยจากการเปิดเผยที่ตั้งของกำลังพลมีงานวิจัยที่นำวิธีหาค่าความต่างของการรับสัญญาณ (TDOA) มาใช้เพื่อหาตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียง (Gillette, & Silverman, 2008) ซึ่งเป็นวิธีการพัฒนาระบบค้นหาตำแหน่งที่ปลอดภัยไม่มีการแพร่กระจายคลื่นให้ฝ่ายข้าศึกตรวจจับและค้นหาที่ตั้งกำลังพลได้

จากที่กล่าวมาระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียงเป็นปัจจัยที่สำคัญของทหารปืนใหญ่งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียงให้สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องมือตรวจอากาศจำนวน 1 ระบบ ซึ่งประกอบตัวรับสัญญาณเสียง 6 ชุด ตัวส่งสัญญาณผ่านวิทยุสื่อสารทางทหารย่านความถี่ วี เอช เอฟ (VHF) โดยมีระยะการตรวจจับเป้าหมายไม่น้อยกว่า 10 ตารางกิโลเมตร และสามารถทำงานได้ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง โดยระบบค้นหาเป้าหมายด้วยเสียงที่วิจัยเป็นเครื่องมือเชิงรับที่อาศัยการตรวจจับเสียงที่เกิดขึ้นจากการยิงปืนใหญ่ฝ่ายข้าศึกไม่มีการแพร่กระจายคลื่นและไม่ได้เป็นเครื่องมือที่ยั่วยุฝ่ายข้าศึก (Wu, & Zhu, 2013) ทำหน้าที่รับคลื่นสัญญาณเพียงอย่างเดียวและนำมาคำนวณโดยใช้วิธีหาความต่างของเวลาการรับสัญญาณ (time difference of arrivals : TDOA) ซึ่งเป็นวิธีการประมาณค่าความต่างทางเวลาของสัญญาณเสียงที่เดินทางมาถึงตัวรับสัญญาณเสียงแต่ละตัวเทียบเวลากับระบบดาวเทียมและมีการเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณด้วยการใช้ค่าจากเครื่องมือตรวจอากาศร่วมด้วยการหาจุดกำเนิดเสียงได้เร็วและแม่นยำ จะทำให้ทหารปืนใหญ่สามารถโจมตีได้ตอบโต้ถูกต้องและทันเวลา

ผลของการวิจัยจากการทดสอบในพื้นที่สนามยิงปืนใหญ่ของศูนย์การทหารปืนใหญ่ ระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียงสามารถให้ความถูกต้องแม่นยำอยู่ในระดับที่ดี เกิดความผิดพลาดของการคำนวณพิกัดแหล่งกำเนิดเสียงปืนใหญ่อยู่ในระยะ

ผิดพลาดไม่เกิน 600 เมตร และสามารถใช้งานระบบได้ติดต่อกันยาวนานต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง ระบบสามารถครอบคลุมพื้นที่ในการรับสัญญาณเสียงปืนใหญ่ไปทางด้านหน้าได้ระยะทาง 10 ตารางกิโลเมตร และผลของการประเมินระบบจากผู้เชี่ยวชาญ ได้ผลว่าระบบมีความสมบูรณ์และน่าเชื่อถืออยู่ในระดับที่ดี สามารถเป็นตัวชี้นำชี้ทิศทางที่ถูกต้องให้กับระบบค้นหาเป้าหมายเชิงรุก (เรดาร์) เพื่อทำการยืนยันเป้าหมายต่อไป

วิธีการศึกษา

งานวิจัยได้มีการนำทฤษฎีและคุณสมบัติของเสียงมาออกระบบในการรับเสียง การออกแบบเครื่องมือรับสัญญาณเสียงปืนใหญ่จากแหล่งกำเนิดเสียง และใช้ทฤษฎีการคำนวณค่าความแตกต่างของเวลาที่ได้รับสัญญาณจากวัตถุและใช้สัญญาณนาฬิกาและตำแหน่งจากอุปกรณ์ระบุตำแหน่งผ่านดาวเทียม (GPS) การส่งข้อมูลใช้โปรโตคอล AX.25 ในการออกแบบการส่งข้อมูลระหว่างจุดรับสัญญาณเสียงกับจุดประมวลผล โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. นำเครื่องมือวิเคราะห์ความถี่เสียงมาเก็บข้อมูลสัญญาณเสียงปืนใหญ่ ขนาด 105 มิลลิเมตร และปืนใหญ่ขนาด 155 มิลลิเมตร โดยเก็บจากระยะห่างจุดกำหนดเสียงปืนใหญ่ทั้งหมด 10 จุด ที่ระยะ 1 กิโลเมตร ถึง 10 กิโลเมตร โดยแต่ละจุดห่างกันจุดละ 1 กิโลเมตร เก็บซ้ำกันหลายครั้งในลักษณะความห่างเดียวกันในภูมิประเทศที่ต่างกันออกไปคือในพื้นที่โล่ง พื้นที่หุบเขา และเนินชันเขา

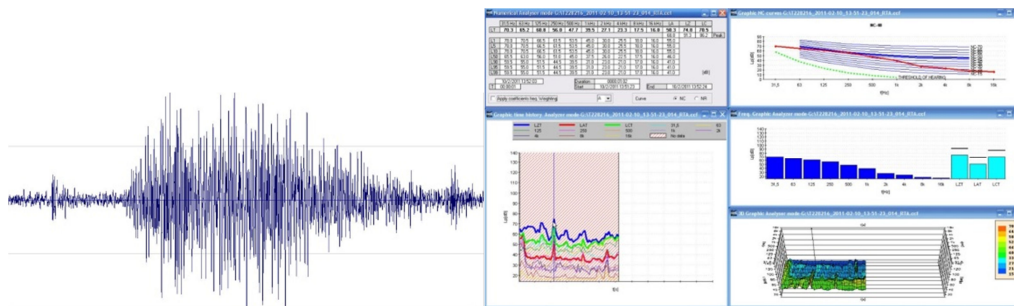


Figure 1 Audio signal measured from the audio device.

2. นำข้อมูลสัญญาณเสียงปืนใหญ่ (Figure 1) ที่วัดในแต่ละระยะห่าง และขนาดลำกล้องปืนใหญ่ที่ต่างกัน มาวิเคราะห์หาคุณลักษณะของเสียงปืนใหญ่ เพื่อจัดหาเครื่องมือรับเสียงที่ตอบสนองความถี่ที่เสียงปืนใหญ่

3. ออกแบบเครื่องมือรับสัญญาณเสียงปืนใหญ่ จำนวน 6 จุด ที่จะติดตั้งในพื้นที่สนามฝึกจริง โดยเมื่ออุปกรณ์สามารถรับสัญญาณเสียงปืนใหญ่ได้ก็บันทึกเวลาที่รับได้และส่งเวลาที่บันทึกไปยังส่วนคำนวณและแสดงผล

3.1 ออกแบบวิธีการตรวจจับสัญญาณเสียง (acoustic sensor) ใช้หลักการของฮาโมนิค อคูสติก

เรโซแนนซ์ (Helmholtz acoustic resonator) (เชิดพงษ์ จอมเดช, และอาษา ประทีปเสน, 2549)

3.2 ออกแบบภาคขยายสัญญาณเสียง ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากตัวรับสัญญาณเสียง วงจรเป็นแบบแบนพาสฟิตเตอร์ คือ จะขยายเฉพาะย่านสัญญาณเสียงปืนใหญ่ที่มีความถี่กลาง 60-120 เฮิรตซ์ เพื่อให้สอดคล้องกับการคำนวณ

3.3 ออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่บันทึกเวลาเมื่อได้รับเสียงปืนใหญ่เทียบกับเวลาจากจีพีเอส (Figure 2) เพื่อทำการส่งเวลาที่บันทึกผ่านวิทยุไปยังส่วนคำนวณ

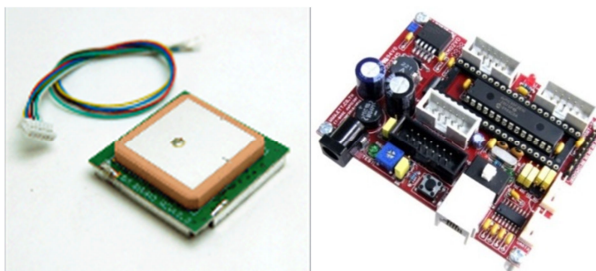


Figure 2 GPS receiver and microcontroller.

3.4 ออกแบบอุปกรณ์มอดูเลชั่น สัญญาณเวลาจากเครื่องรับเสียงปืนใหญ่แล้วส่ง สัญญาณผ่านระบบวิทยุสื่อสารทหารโดยใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น PIC48F877A (Figure 3) โดยใช้ภาษาซีในการพัฒนาโปรแกรมบน ไมโครคอนโทรลเลอร์

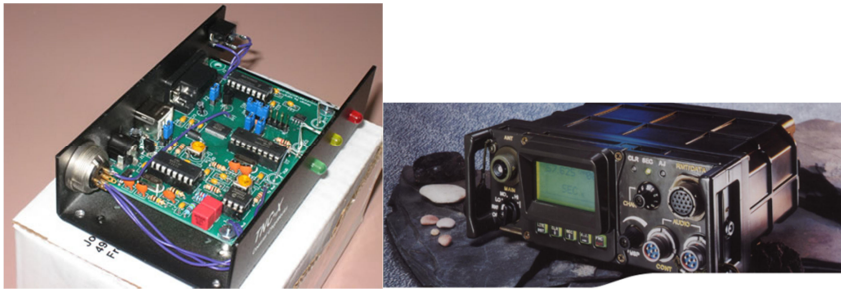


Figure 3 Terminal node controller (TNC) and VHF radio.

3.5 พัฒนาโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์เพื่อ ติดต่อกับเซ็นเซอร์โหนด (TNC) และเพื่อประมวลผล หาแหล่งกำเนิดเสียง ภายใต้หลักการทฤษฎีวิธีหา ความต่างของเวลาการรับ (TDOA) และด้วยภายใต้ หลักการพื้นฐานของเสียง คือ เกิดจากการสั่นของ วัตถุ การแพร่ของคลื่นเสียงผ่านอากาศ โดยอากาศ เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดคลื่นเสียง ซึ่งเป็นผลมา จากการสั่นสะเทือนของวัตถุทำให้อนุภาคของ ตัวกลางสั่น ด้วยความถี่เท่ากับความถี่วัตถุ ส่งผลให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันของตัวกลางและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของเสียงในลักษณะของคลื่น อัตราเร็วของเสียงในอากาศโดยประมาณหาได้จาก สมการที่ 1 (Talbot-Smith, 2000)

$$c \approx \frac{(330 + (0.6 * \theta))m}{s} \quad (1)$$

โดยที่ θ คือ อุณหภูมิ ในหน่วย องศาเซลเซียส ความแม่นยำในการประมาณในช่วงของอุณหภูมิในช่วง 20 ถึง 40 องศาเซลเซียส จะมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 0.20 เปอร์เซ็นต์ โดยช่วงอุณหภูมิสูงกว่า หรือต่ำกว่า นั้นอัตราเร็วของเสียงจะประมาณโดยสมการที่ 2 (Talbot-Smith, 2000)

$$c \approx 330 \sqrt{1 + \frac{\theta}{273} \frac{m}{s}} \quad (2)$$

การคำนวณหาแหล่งกำเนิดเสียง เสียงจะ แพร่กระจายไปจากจุดกำเนิดเสียง และจะมีความ ต่างกันของเวลาที่มาถึงยังตัวรับสัญญาณ โดยที่ สมมติฐานคือความเร็วของเสียงนั้นเคลื่อนที่ใน อัตราเร็วเท่ากันดัง (Figure 4)

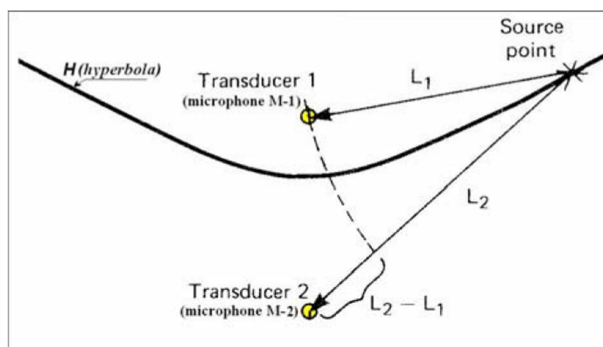


Figure 4 Detection of sound waves by 2 transducers at different times (Baluta, & Andrei, 2012).

โดยกระบวนการไฮเพอร์โบลิก โพซิชันนิ่ง (hyperbolic positioning) จาก (Figure 4) เป็นกระบวนการในการระบุตำแหน่งของวัตถุ โดยใช้ผลการคำนวณค่าความแตกต่างของเวลาที่รับรู้สัญญาณจากวัตถุไปยังตัวรับรู้สัญญาณตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป (time difference of arrival - TDOA) หลักการวิธีหาความต่างของเวลาการรับ (Potluri, 2002) หาได้โดยสมการที่ 3

$$\tau = v \cdot \Delta t \quad (3)$$

โดยที่ τ คือ ผลต่างระยะทาง

v คือ ระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

Δt คือ ค่าเวลาที่รับรู้ได้ต่างกัน

การหาระยะแหล่งกำเนิดปืนใหญ่ วิธีสามเหลี่ยมระยะเป็นวิธีการหาตำแหน่งของวัตถุโดยใช้รูปทรงสามเหลี่ยม วิธีการนี้จะใช้จุดอ้างอิงตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ในการหาตำแหน่งของวัตถุ ซึ่งจะวัดระยะทางจากวัตถุไปยังจุดอ้างอิงแต่ละตัว ถ้าต้องการให้มีความแม่นยำในระนาบ 2 มิติมากขึ้น เราจะใช้

จุดอ้างอิง 3 จุดในการคำนวณหาตำแหน่งการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุโดยใช้จุดอ้างอิง 3 จุด

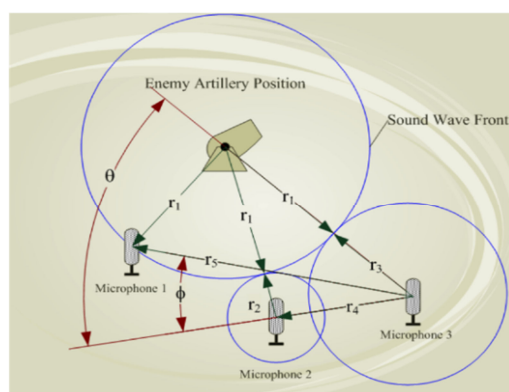


Figure 5 Illustration of the sound ranging operation (Baluta, & Andrei, 2012).

จาก (Figure 5) เป็นวิธีการหาตำแหน่งของวัตถุโดยการวัดมุมระหว่าง จุดอ้างอิง 2 จุดกับวัตถุ แทนที่การวัดระยะทางโดยตรง จุดที่เราใช้ในการหาระยะจะต้องเป็นจุดที่แน่นอนทั้ง 3 จุดเพื่อใช้ในการวัดมุมเพื่อหาตำแหน่งของวัตถุโดยใช้สูตรการคำนวณตามสมการ 4 และ สมการ 5 (กัณวต์มัย ไชยารักษ์มี, และชัชชัย คุณบัว, 2553)

$$(r_1 + r_2^2) = (r_1 + r_3^2) + r_4^2 - 2(r_1 + r_3)r_4 \cos \theta \quad (4)$$

$$r_1^2 = (r_1 + r_3^2) + r_5^2 - 2(r_1 + r_3)r_5 \cos(\theta - \phi) \quad (5)$$

โดยที่ r_2 และ r_3 สามารถหาได้จาก

$$r_2 = v \cdot \Delta t_2$$

$$r_3 = v \cdot \Delta t_3 \quad \text{โดยที่ } v \approx 330 \text{ m/s}$$

r_5 = ระยะห่างระหว่างจุดรับที่ 1 กับ จุดรับที่ 3 หน่วยเป็นเมตร

r_4 = ระยะห่างระหว่างจุดรับที่ 2 กับ จุดรับที่ 3 หน่วยเป็นเมตร

ϕ = มุมระหว่างจุดรับ 1 กับ จุดรับ 2 วัดจากจุดรับที่ 3

θ = มุมระหว่างจุดรับที่ 2 กับ จุดกำเนิดเสียง วัดจากจุดรับที่ 3

4. ทดสอบการรับสัญญาณจาก
เครื่องมือรับสัญญาณเสียงปืนใหญ่ ดัง (Figure 6)
โดยกำหนดทิศทางการรับเสียงในลักษณะ
ของด้านหน้าเพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้ใน
ระยะ 10 กิโลเมตร

5. ทดสอบการส่งข้อมูลผ่านวิทยุสื่อสาร
จากการทดสอบการส่งข้อมูลผ่านระบบวิทยุสื่อสาร
โดยใช้วิทยุ เอฟ เอ็ม รุ่น RT-7330 สายอากาศ สไลด์
7 ท่อน ส่งสัญญาณ เครื่องรับเป็นรุ่น CNR-9000
สายอากาศ RC-292 ความสูงสายอากาศ 10 เมตร

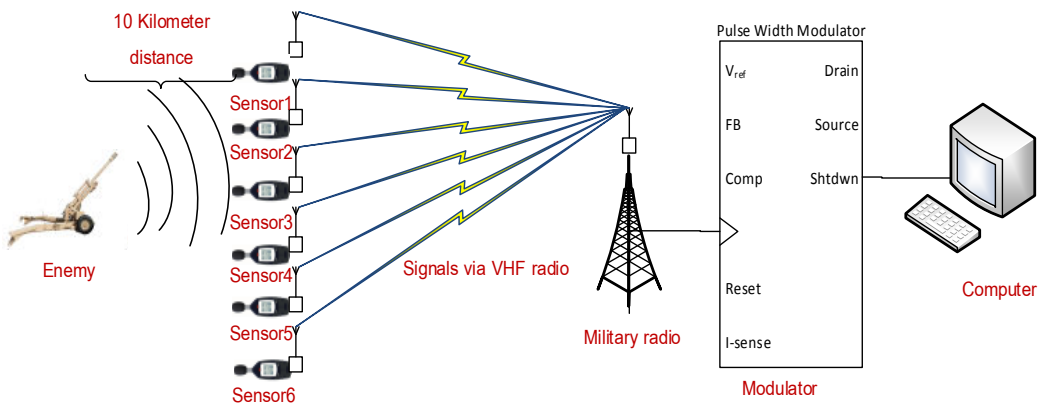


Figure 6 Data flow diagram.

6. ทดสอบโปรแกรมคำนวณหาตำแหน่งพิกัดเสียงปืนใหญ่

6.1 สำรวจพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์รับเสียงโดยจะเลือกแนวของอุปกรณ์รับเสียงลักษณะ

แนวก้นขวางระหว่างปืนใหญ่ฝ่ายตรงข้ามกับพื้นที่ของข้าศึกกับฝ่ายเรา โดยรูปแบบการวางจะวางสองลักษณะคือแนวระนาบหน้ากระดาน กับ แนวครึ่งวงกลมดัง (Figure 7)

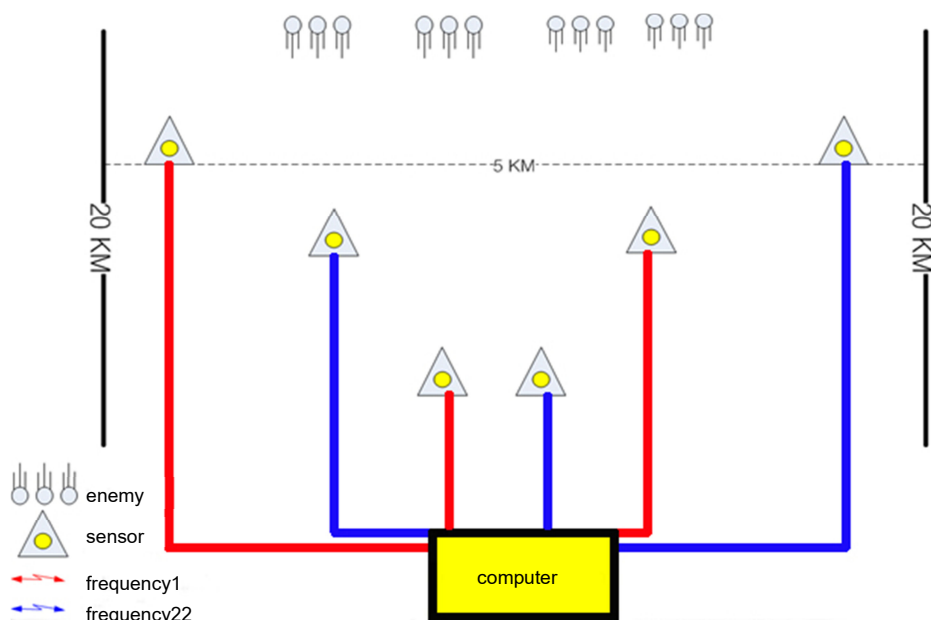


Figure 7 Equipment placement.

6.2 การเลือกพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์รับเสียงจะให้ระยะห่างของอุปกรณ์รับเสียงอยู่ในระยะห่างที่เท่ากันทุกจุดซึ่งสามารถครอบคลุมพื้นที่ระหว่าง 3-5 กิโลเมตร

6.3 การวางอุปกรณ์รับเสียงให้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์รับเสียงกับจุดควบคุมระยะห่างไม่เกิน 30 กิโลเมตร (เนื่องจากประสิทธิภาพของสายอากาศ RC-292 ความสูงไม่เกิน 10 เมตร ซึ่งติดตั้งตามอัตราการจัดยุทธโปกรณ์ของหน่วย สามารถรับส่งได้ดีอยู่ในระยะดังกล่าว)

7. ทดสอบโปรแกรมแปลงพิกัดภูมิศาสตร์เป็นยูทีเอ็ม (UTM) การแสดงพิกัดภูมิศาสตร์ตำแหน่งพิกัด

ปืนใหญ่ นั้นทำให้เกิดความยุ่งยากในการระบุตำแหน่งลงบนแผนที่ทางทหารจึงได้มีการแปลงหน่วยจากภูมิศาสตร์เป็นยูทีเอ็ม เพื่อให้สามารถระบุพิกัดลงบนแผนที่เพื่อให้สามารถดูภาพรวมของพิกัดเสียงปืนใหญ่ที่ตั้งของข้าศึกและที่ตั้งของหน่วยต่างๆ ได้สะดวก

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบการทำงานของระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียง โดยที่มีการรับค่าจากอุปกรณ์รับสัญญาณทั้ง 6 จุด ณ เวลาเดียวกันดัง (Figure 8)

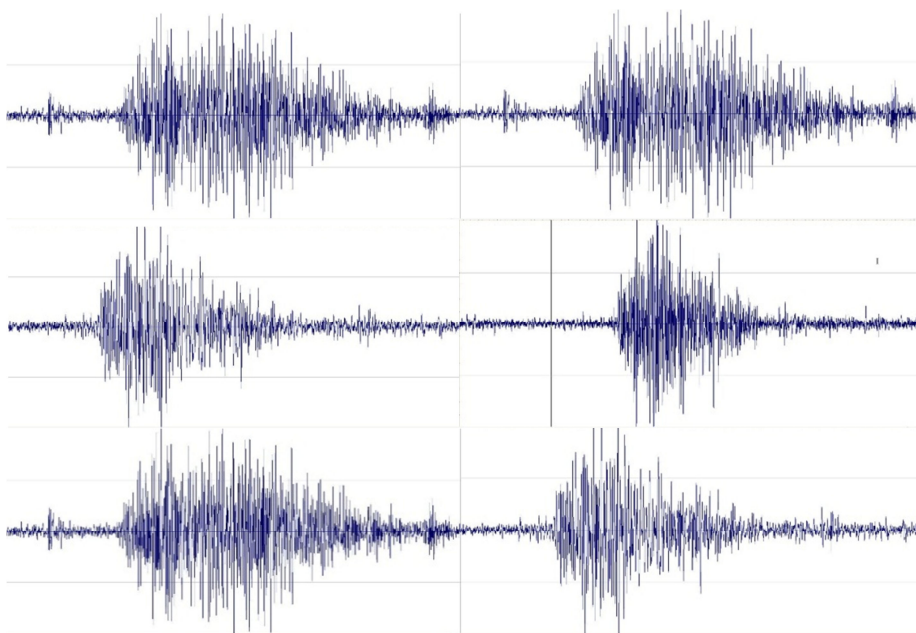


Figure 8 Data from 6 receivers.

การรับค่าจากอุปกรณ์รับสัญญาณเสียงปืนใหญ่ ขนาด 105 มิลลิเมตร ที่รับได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณ ทั้ง 6 จุดพร้อมกัน ซึ่งอุปกรณ์รับสัญญาณแต่ละตัวจะมีค่าเวลาในการรับที่ต่างกันเนื่องระยะห่างระหว่างจุดรับเสียงและจุดกำเนิดไม่เท่ากัน เมื่อตัวรับสัญญาณ

รับค่าเสียงได้จะส่งค่าเวลาที่ได้รับเสียงปืนใหญ่ไปยัง ส่วนควบคุม และส่วนควบคุมจะคำนวณตำแหน่งค่าความต่างของเวลาการรับเสียงเพื่อคำนวณหาแหล่งกำเนิดเสียง ความถูกต้องของการคำนวณขึ้นอยู่กับจำนวนสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์รับเสียงแต่ละจุด

Table 1 Results of gun target per the number of audio receivers.

number of sensors	error distance (kilometer)	accuracy (percent)
4	10.60	63
5	5.80	75
6	2.20	81

การใช้อุปกรณ์รับเสียงระหว่าง 1 ถึง 3 ชุด ไม่สามารถคำนวณตำแหน่งกำเนิดเสียงได้ เนื่องจากโปรแกรมวิธีการคำนวณจำเป็นต้องใช้ค่าจากอุปกรณ์รับเสียงอย่างน้อย 3 ชุด และจาก (Table 1) เมื่อรับ

สัญญาณจากอุปกรณ์รับเสียงได้ 4 ชุด สามารถคำนวณตำแหน่งพิกัดของปืนใหญ่ได้ แต่มีอัตราความถูกต้องเพียง 63 เปอร์เซ็นต์ ได้ระยะความผิดพลาดเฉลี่ย 10 กิโลเมตร เมื่ออุปกรณ์รับเสียง 5 ชุด

ได้อัตราความถูกต้อง 75 เปอร์เซ็นต์ ได้ระยะความผิดพลาดเฉลี่ย 5 กิโลเมตร และเมื่อใช้อุปกรณ์รับ

เสียง 6 ชุด อัตราความถูกต้อง 81 เปอร์เซ็นต์ ได้ระยะความผิดพลาดเฉลี่ย 2 กิโลเมตร

Table 2 The effect of the system when using the value of the meteorological information.

number of sensors	error distance (kilometer)	accuracy (percent)	note
4	5.30	76	used of anemometer
5	1.30	82	
6	0.60	95	

จาก (Table 2) แสดงการคำนวณด้วยการใช้ข่าวสภาพอากาศเพื่อทำให้เกิดความถูกต้องแม่นยำในการคำนวณพิกัดของปืนใหญ่เพราะเมื่อลมมีความเร็วสูง ลมจะมีอิทธิพลต่อความถูกต้องของค่าพิกัดปืนใหญ่ที่เราได้ จำเป็นต้องแก้อิทธิพลของลมโดยการใช้อุปกรณ์รับเสียงรับเสียงเมื่อรับสัญญาณได้ 4 ชุด สามารถคำนวณตำแหน่งพิกัดของปืนใหญ่ได้ความถูกต้อง 76 เปอร์เซ็นต์ ได้ระยะความผิดพลาดเฉลี่ย 5.3 กิโลเมตร และเมื่อใช้อุปกรณ์รับเสียง 5 ชุด ได้อัตราความถูกต้อง 82 เปอร์เซ็นต์ ได้ระยะความผิดพลาดเฉลี่ย 1.3 กิโลเมตร และเมื่อใช้อุปกรณ์รับเสียง 6 ชุด อัตราความถูกต้อง 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ระยะความผิดพลาดเฉลี่ย 0.6 กิโลเมตร

อภิปรายผล

1. ระบบค้นหาเป้าหมายที่ตั้งปืนใหญ่ด้วยเสียง ใช้หลักการวิธีหาความต่างของเวลาการรับเสียง ผลของระบบสามารถแสดงพิกัดตำแหน่งของแหล่งกำหนดเสียงปืนใหญ่ได้ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่มีการจำกัดตัวแปร ได้แก่กำหนดระยะการวางอุปกรณ์รับเสียงแต่ละตัว และกำหนดระยะห่างแต่ละอุปกรณ์รับเสียง กำหนดความสูงของอุปกรณ์รับเสียง และใช้

ค่าจากเครื่องมือตรวจสภาพอากาศมาคำนวณในโปรแกรม (Potluri, 2002) ทำให้สามารถแสดงพิกัดเป้าหมายของปืนใหญ่โดยให้ความผิดพลาดเฉลี่ยของตำแหน่งเป้าหมายความถูกต้อง 95 เปอร์เซ็นต์ มีระยะความผิดพลาดไม่เกิน 600 เมตร

2. การพัฒนาระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียง จากงานวิจัยสามารถพัฒนาต้นแบบระบบและนำไปติดตั้งในพื้นที่สนามฝึกซ้อมรบจริงได้ โดยใช้ในการเฝ้าระวังสนามฝึกซ้อมรบได้ติดต่อกันไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง ซึ่งมีระยะเวลาเพียงพอต่อการส่งกำลังบำรุงของหน่วยสนับสนุนที่จะเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ (ชมพล อามระดิษ, 2550) ทำให้สามารถนำไปใช้ในการติดตั้งยังพื้นที่สนามรบจริงได้

3. ระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียงสามารถใช้ข้อมูลจากเครื่องมือตรวจอากาศนำเข้ามาเพื่อกำจัดความผิดพลาดจากสภาพอากาศได้ และให้ผลของพิกัดเป้าหมายปืนใหญ่ได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากกว่าไม่ใช้ค่าจากเครื่องมือตรวจอากาศ (Schermerhorn, 2015)

4. ระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียงสามารถใช้ร่วมกับวิทยุสื่อสารทางทหารที่มีอยู่ในอัตราการจัดหน่วยของกองทัพบกเดิมอยู่แล้วโดยมีต้องมี

การจัดหาเพิ่มเติมเป็นการประหยัดงบประมาณของประเทศได้มาก และข้อสังเกตจากผลการทดลองการใช้วิทยุสื่อสารในระบบแอนะล็อกสามารถรับสัญญาณได้ดี แต่อุปกรณ์รับเสียงจุดที่ 1 และอุปกรณ์รับเสียงจุดที่ 6 ส่งสัญญาณซ้อนทับกัน เนื่องจากอุปกรณ์รับเสียงจุด 1 และ อุปกรณ์รับเสียง 6 อยู่ใกล้กัน ทำให้ไม่สามารถรับสัญญาณกันได้ ทำให้ส่งข้อมูลซ้อนทับกัน จำเป็นต้องออกแบบวงจรเพิ่มบัฟเฟอร์ ณ จุดอุปกรณ์รับเสียงและแบ่งความถี่ในการรับส่งออกเป็น 2 ความถี่ ผลทำให้การส่งข้อมูลลดการทับซ้อนกันของสัญญาณได้ (Sterling, 2008)

5. ระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียงมีข้อจำกัดไม่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาวะฝนตก เนื่องจากลักษณะระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ที่พัฒนาใช้รูปแบบการของการรับเสียงโดยเมื่อฝนตก รูปแบบของสัญญาณเสียงจะถูกแทรกด้วยเสียงฝนทำให้ไม่สามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งระบบวิทยุสื่อสารด้วยวิทยุระบบแอนะล็อก เกิดการชนกันของข้อมูลได้ง่ายทำให้เมื่อเวลาที่มีการชนกันของข้อมูลใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้น

สรุป

1. การพัฒนาระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียง เป็นการพัฒนาเครื่องมือต้นแบบโดยใช้หลักการวิธีหาความต่างของเวลาการรับเสียงผลของระบบสามารถแสดงพิกัดตำแหน่งของแหล่งกำหนดเสียงปืนใหญ่ของข้าศึกได้ และสามารถใช้ในการเฝ้าระวังสนามฝึกซ้อมรบได้ติดต่อกันไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง แต่ยังคงมีความจำเป็นที่ ต้องการปรับปรุงเครื่องมือต้นแบบให้มีความแข็งแรง

คงทน มีเสถียรภาพ และปรับปรุงระบบให้สามารถใช้งานได้ง่ายและพร้อมต่อการใช้ในพื้นที่รบ

2. การพัฒนาระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียง ได้พัฒนาในส่วนสำคัญของโปรแกรมเป็นอันดับแรก ได้แก่ ส่วนคำนวณ และแสดงพิกัดเป้าหมายต้นกำเนิดเสียงปืนใหญ่ ซึ่งจะต้องมีการพัฒนาในส่วนของการแสดงผลตำแหน่งบนแผนที่และระบบอินเทอร์เฟซกับผู้ใช้ให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น

3. ระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียงใช้วิธีการติดต่อสื่อสารด้วยวิทยุสื่อสาร ซึ่งถือเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งข้อมูลจำเป็นต้องใช้วิทยุสื่อสารที่มีภาคส่งที่มีประสิทธิภาพ และภาครับต้องสามารถรับสัญญาณได้ชัดเจน อีกทั้งต้องมีสภาพแบตเตอรี่ที่ดีพอเพื่อให้วิทยุมีกำลังส่งเพียงพอให้เกิดการติดต่อระหว่างอุปกรณ์รับเสียงและจุดควบคุม

4. ระบบค้นหาเป้าหมายปืนใหญ่ด้วยเสียงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือตรวจอากาศในการวัดค่าสภาพอากาศซึ่งจะช่วยให้เกิดความแม่นยำในการคำนวณ แต่หน่วยทหารไม่มีเครื่องมือตรวจอากาศที่เพียงพอต่อทุกจุดรับเสียง การทดสอบจึงต้องอาศัยการอ่านค่าเฉลี่ยจากจุดข้างเคียงทำให้เกิดข้อผิดพลาดอยู่บ้าง จึงควรมีเครื่องมือตรวจอากาศที่สมบูรณ์และเพียงพอ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกลาโหม กระทรวงกลาโหมที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณศูนย์การทหารปืนใหญ่ ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลและการทดสอบภาคสนามเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กัณวัฒน์ ไชยรัตน์, และชัชชัย คุณมบัว. (2553). ระบบติดตามและระบุตำแหน่งของวัตถุในพื้นที่โล่งโดยใช้เครือข่ายตรวจจับไร้สาย (Zigbee). ใน *การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11* (น. 461-467). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เชิดพงษ์ จอมเดช, และอาษา ประทีปเสน. (2549). หัวตรวจสอบอนุศตติภูมิสี่ชั้นแบบเรโซแนนซ์โดยใช้เพียโซอิเล็กทริกเซรามิกส์ผลึกเดี่ยว (คุณลักษณะและคุณสมบัติในการตรวจสอบ). *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 29(4), 483-498.
- ชมพล อามระดิษ. (2550). *การปรับโครงสร้างระบบการส่งกำลังบำรุงของกองทัพบก ศึกษาเฉพาะกรณีกองทัพอากาศที่ 1* (ภาคนิพนธ์ปริญญาโทบริหาร). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นราเทพ พฤษศิริ. (2557). *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยีเรดาร์ SAR (Synthetic aperture radar)*. นครนายก: โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า.
- Baluta, S., & Andrei, G. (2012). Determining the coordinates of a hostile gunfire by using the sound ranging method. In *Proceeding of the International Conference of Scientific Paper AFASES* (pp. 637-640). Brasov, Romania: Association for research and education.
- Fear, E. C., Meaney, P. M., & Stuchly, M. A. (2003). Microwaves for breast cancer detection?. *IEEE Potentials*, 22(1), 12-18.
- Gillette, M. D., & Silverman, H. F. (2008). A linear closed-form algorithm for source localization from time-differences of arrival. *IEEE Signal Processing Letters*, 15, 1-4.
- Potluri, S. (2002). *Hyperbolic position location estimator with TDOAS from four stations* (Master's thesis). New Jersey Institute of Technology, USA.
- Schermerhorn, E. (2015). *Sound source localization using a 2D acoustic vector sensor* (Research report). Netherlands: University of Twente.
- Sterling, C. H. (2008). *Military communications: from ancient times to the 21st century*. California: Santa Barbara.
- Talbot-Smith, M. (2000). *Sound engineer's pocket book* (2nd Ed.). USA: Focal Press.
- Wu, S. F., & Zhu, N. (2013). Passive sonic detection and ranging for locating sound sources. *J Acoust Soc Am.*, 133(6), 4054-4064.