บทที่ 3

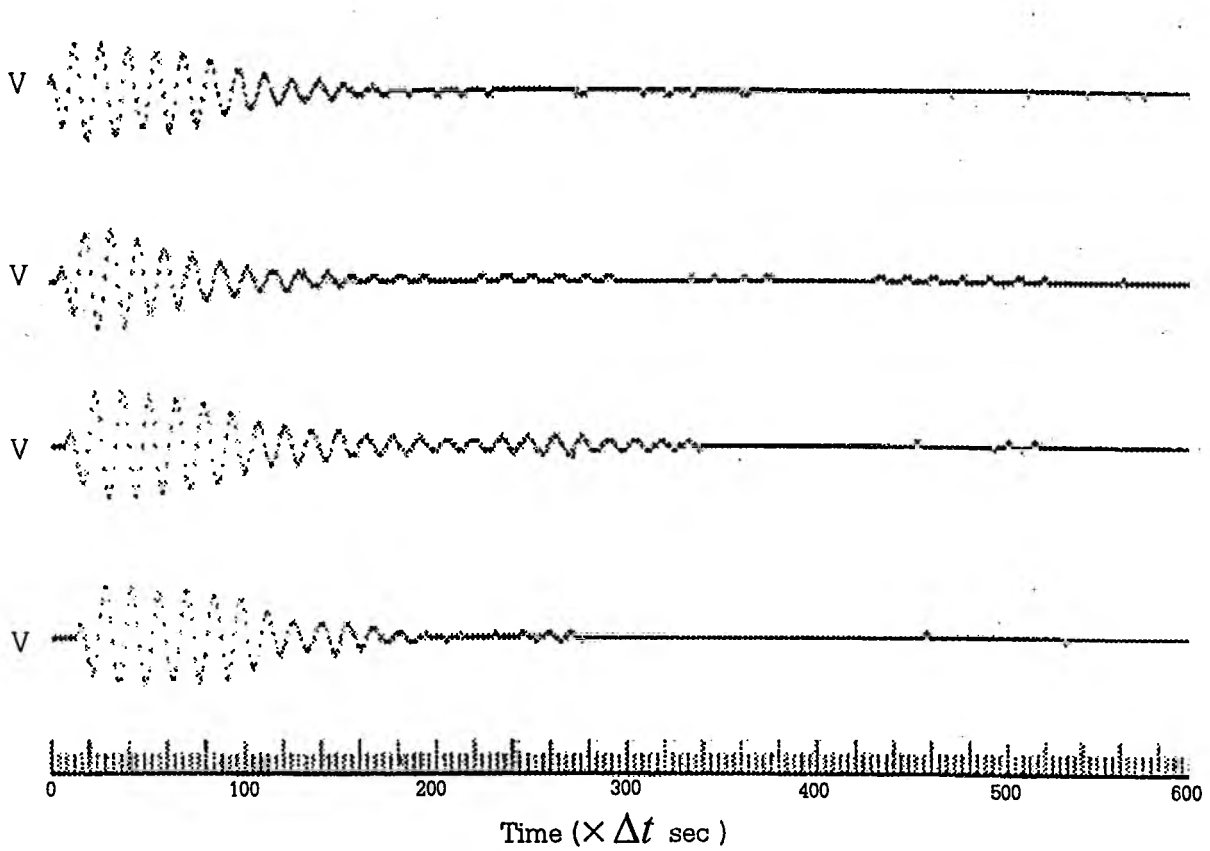
การหาทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

3.1 กล่าวทั่วไป

แหล่งกำเนิดของสัญญาณที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปส่วนใหญ่แล้วมีทั้งที่เกิดขึ้นทั้งในธรรมชาติ เช่น สัญญาณที่เกิดจากแผ่นดินไหว , การสั่นสะเทือนจากภูเขาไฟระเบิด ตลอดรวมไปถึง สัญญาณที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ จะมีลักษณะรูปแบบของสัญญาณที่ไม่เหมือนกัน โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาถึงแหล่งกำเนิดสัญญาณที่เกิดจาก การกระทำของมนุษย์ และที่ใช้เกี่ยวกับการปฏิบัติการ ตลอดรวมไปถึงภารกิจต่าง ๆ ในด้านทางการทหารแล้ว สัญญาณที่เกิดขึ้นนั้น จะมีการแพร่กระจายที่มีทิศทาง ตำแหน่งที่ตั้ง รูปแบบ และ ลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ในการตักรับสัญญาณที่เกิดขึ้นสำหรับนำมาวิเคราะห์ใช้ในงานด้านการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณ จะต้องสามารถอธิบายถึง รูปแบบ คุณลักษณะจำเพาะ ของส่วนประกอบของสัญญาณที่ได้รับ เพื่อให้นำมาใช้ในการสร้าง พัฒนาแบบจำลองของสัญญาณ จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง

โดยทั่วไปแล้วการศึกษาในเรื่องเกี่ยวกับ การประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณนั้น จะกำหนดให้ แต่ละแหล่งกำเนิดสัญญาณที่เกิดขึ้นมีการแพร่กระจาย ในลักษณะของหน้าคลื่น (wavefront) โดยมีรูปแบบเป็นลักษณะของ คลื่นระนาบ (planewave) ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นพื้นฐานมากที่สุด กล่าวคือ สนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ามีค่าคงที่บนระนาบที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของคลื่นนั้น และให้สัญญาณอยู่ในแถบแคบจึงมีคุณลักษณะเพียงความถี่เดียว เมื่อนำมาวิเคราะห์สามารถนำมาใช้ตั้งสมมุติฐาน ในการกำหนดแบบจำลองให้เป็นแหล่งกำเนิดของสัญญาณไซนูซอยด์ได้ เพื่อให้ง่ายในการนำมาใช้ในการทดสอบกับวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณ

แต่ในทางปฏิบัติแล้ว เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบสัญญาณที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์แล้ว โดยเฉพาะในการปฏิบัติการทางการทหารแล้ว แหล่งกำเนิดสัญญาณที่เกิดขึ้นจะมีคุณลักษณะ รูปแบบที่แตกต่างกันออกไปจากแบบจำลองของสัญญาณรูปไซนูซอยด์ที่สร้างขึ้น ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงได้ทำการศึกษาในเรื่องของการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณจากการวัดมุมทิศ ด้วยการพิจารณาไปที่คุณลักษณะจำเพาะ และรูปแบบของสัญญาณที่ได้รับ โดยจะกำหนดให้สัญญาณมีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองของสัญญาณขึ้นในลักษณะที่แตกต่างกันออกไปได้ แต่สัญญาณที่เกิดขึ้นจะมีรูปแบบที่ไม่แตกต่างกัน และนำมาใช้ในการศึกษาในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบการหาพิกัดที่ตั้งของแหล่งกำเนิดสัญญาณต่อไป



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างรูปของสัญญาณทางทหารที่ได้จากการทดสอบยิงปืนใหญ่สนาม ขนาด 155 มิลลิเมตร

3.2 แหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ (Pulse Sinusoid Signal Source)

แหล่งกำเนิดสัญญาณจากการปฏิบัติการทางทหารที่จะนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือ สัญญาณที่เกิดขึ้นจากการทดสอบยิงปืนใหญ่สนาม ขนาด 155 มิลลิเมตร เพื่อให้มีลักษณะเหมือนกับแหล่งกำเนิดสัญญาณที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์จริง ได้ทำการวัดและทดสอบเก็บข้อมูลของสัญญาณด้วย Helmholtz Acoustic Sensor จากการปฏิบัติงานในภาคสนาม รูปของสัญญาณทางการทหารได้รับการสนับสนุนจาก กองวิจัย และพัฒนาการสื่อสารและอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด แสดงได้ตามรูปที่ 3.1 โดยที่ค่าแอมพลิจูดของสัญญาณมีหน่วยเป็นโวลต์จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง $\pm$ 2.5 V และ คาบเวลาการชักตัวอย่าง (sampling interval) จะมีค่า Δt = 0.125 วินาที

เมื่อต้องการวิเคราะห์และออกแบบสัญญาณ สิ่งที่จะต้องทำ คือการหาแบบจำลองของสัญญาณในทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) ของสัญญาณนั้น แบบจำลองจะแทนองค์ประกอบที่เกี่ยวกับสัญญาณในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ เหมาะสมในการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ต่อไป

สำหรับกรณีของรูปแบบสัญญาณทางทหารที่ได้มานั้น ในการนำมาใช้ทดสอบหาทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณนั้น จะต้องนำสัญญาณที่ได้มาทำการวิเคราะห์และกำหนดรายละเอียดลักษณะจำเพาะของสัญญาณเพื่อให้นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสัญญาณ จากรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าสัญญาณทางทหารจะเป็นสัญญาณที่มีช่วงเวลาจำกัด คือ จะเกิดขึ้นเพียงชั่วขณะ พัลส์ของสัญญาณจะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น จะทำการตั้งสมมุติฐานกำหนดให้สัญญาณดังกล่าวมีลักษณะเป็นรูปร่างของ สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ และกำหนดให้สัญญาณมีคุณลักษณะจำเพาะ ที่ประกอบด้วย **ความถี่ศูนย์กลาง (Center Frequency)** และ **เอนเวโลปสัญญาณ (envelope signal)** เพื่อให้สามารถสร้างรูปแบบของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ทั้ง 2 ลักษณะ ใกล้เคียงกับรูปแบบของสัญญาณทางทหารที่ได้ โดยการใช้วิธี curve fitting และทำการหาความเหมือนของรูปสัญญาณทางทหารกับแบบจำลองสัญญาณได้ด้วยการคำนวนหาค่า correlation coefficient

เนื่องจากในการทดสอบเพื่อสร้างแบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ สามารถจะกระทำได้ในหลายลักษณะ แต่จุดประสงค์ที่สำคัญนั้นจะต้องอยู่บนพื้นฐานที่กำหนดให้รูปแบบสัญญาณที่จำลองขึ้นมานั้น จะต้องใกล้เคียงหรือมีลักษณะเหมือนกับรูปร่างของสัญญาณทางทหารที่ได้มาให้มากที่สุด นอกจากนี้แล้วสิ่งที่ต้องสนใจ คือจะต้องอธิบายการแปรของสัญญาณเมื่อผ่านสายอากาศด้วย ในที่นี้จะทำการวิเคราะห์สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเอนเวโลปสัญญาณได้ดังนี้

3.2.1 แบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 1

แบบจำลองของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ในลักษณะที่ 1 นั้น รูปแบบของสัญญาณจะมีคุณลักษณะที่ประกอบด้วย ความถี่ศูนย์กลาง (ω_c) และ เอนเวโลปสัญญาณ โดยกำหนดให้เป็นฟังก์ชันของ $te^{-\beta t}$ เนื่องจากเมื่อพิจารณารูปแบบของสัญญาณที่ได้มามีการลดทอน (attenuation) เกิดขึ้น ดังนั้นจะนำมาใช้สร้างแบบจำลองได้ในลักษณะเดียวกันกับการตั้งสมมุติฐานของแบบจำลองของสัญญาณไซนูซอยด์ เพื่อประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิด ดังสมการต่อไปนี้

$$S(t) = te^{-\beta t} a\cos(\omega_c t + \phi) \qquad (3.1)$$

เมื่อ a เป็น แอมพลิจูดของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

ω_c เป็น ความถี่ศูนย์กลางของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

ϕ เป็น เฟสของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

$te^{-\beta t}$ เป็น ฟังก์ชันเอนเวโลปของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

β เป็น ค่าคงที่ของการลดทอนสัญญาณ (attenuation constant)

จากสมการที่ (3.1) สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์จะอยู่ในรูปโคไซน์ (cosine form) ดังนั้น จะทำการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อน (complex form)ได้ตามสมการที่ (3.2)

$$x(t) = te^{-\beta t} ae^{j(\omega_c t+(\phi))} \qquad (3.2)$$

ในขณะที่สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์แพร่กระจายผ่านสายอากาศจะเกิด **เวลาประวิง (delay)** ที่ ความถี่ และ เอนเวโลปของสัญญาณด้วย กำหนดให้ $\tau_m(\theta)$ เป็น เวลาประวิงในการแพร่กระจายคลื่นที่สายอากาศตัวที่ m จากสายอากาศอ้างอิง จากการสังเกตรูปคลื่นที่เกิดขึ้นจากสัญญาณทางทหารจะสามารถตั้งสมมุติฐานได้ว่า ค่าแอมพลิจูด $a(t)$และ ค่าเฟส $\phi(t)$ ของสัญญาณเป็น ค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นสมการที่ (3.2) จะเปลี่ยนได้เป็นสมการที่ (3.3)

$$x(t+\tau_m(\theta)) = ae^{-\beta(t+\tau_m(\theta))}(t+\tau_m(\theta))e^{j(\omega_c(t+\tau_m(\theta))+\phi)} \qquad (3.3)$$

สัญญาณไซนูซอยส์แบบพัลส์ลักษณะที่ 1 ที่วัดค่าได้ ณ สายอากาศตัวที่ m ที่เวลา t สามารถทำให้อยู่ในรูปของสมการ

$$y_m(t) = x(t+\tau_m(\theta)) + n_m(t) \qquad (3.4)$$

เมื่อ $n_m(t)$ เป็น สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสายอากาศแต่ละตัว

m เป็น จำนวนของสายอากาศ

3.2.2 แบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 2

แบบจำลองของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 2 จะมีลักษณะเหมือนกับแบบจำลองลักษณะที่ 1 คือ มีคุณลักษณะประกอบด้วย ความถี่ศูนย์กลาง (ω_c) และ เอนเวโลปสัญญาณ แต่ในส่วนของเอนเวโลปของสัญญาณ จะกำหนดให้เป็นฟังก์ชันของ $e^{-\beta t}\cos(\omega_o t+\phi_o)$ ดังนั้น น่ามาสร้างแบบจำลองของสัญญาณได้ดังต่อไปนี้

$$S(t)=e^{-\beta t}a\cos(\omega_c t+\phi_c)\cos(\omega_o t+\phi_o) \qquad (3.5)$$

เมื่อ a เป็น แอมพลิจูดของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

ω_c เป็น ความถี่ศูนย์กลางของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

ω_o เป็น ความถี่เอนเวโลปของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

ϕ_c เป็น เฟสของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

ϕ_o เป็น เฟสเอนเวโลปของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

β เป็น ค่าคงที่ของการลดทอนสัญญาณ (attenuation constant)

จากสมการที่ (3.5) สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์จะอยู่ในรูปโคไซน์ (cosine form) ดังนั้นจะทำการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อน (complex form) ได้ตามสมการที่ (3.6)

$$x(t)=a\,e^{-\beta t}\left[e^{j[(\omega_c t+\phi_c)+(\omega_o t+\phi_o)]}+e^{j[(\omega_c t+\phi_c)-(\omega_o t+\phi_o)]}\right] \qquad (3.6)$$

ในขณะที่สัญญาณที่แพร่กระจายผ่านสายอากาศจะเกิด **เวลาประวิง (delay)** ที่ ความถี่ และ เอนเวโลปของสัญญาณด้วย กำหนดให้ $\tau_m(\theta)$ เป็น เวลาประวิงในการแพร่กระจายคลื่นที่สายอากาศตัวที่ m จากสายอากาศอ้างอิง จากการสังเกตรูปคลื่นที่เกิดขึ้นจากสัญญาณทางทหารจะสามารถตั้งสมมุติฐานได้ว่า ค่าแอมพลิจูด $a(t)$, ค่าเฟส $\phi_c(t)$ และ $\phi_o(t)$ของสัญญาณเป็น ค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นสมการที่ (3.6) จะเปลี่ยนได้เป็นสมการที่ (3.7)

$$x(t+\tau_m(\theta))\approx a\,e^{-\beta(t+\tau_m(\theta))}\left[e^{j[(\omega_c+\omega_o)(t+\tau_m(\theta))+(\phi_c+\phi_o)]}+e^{j[(\omega_c-\omega_o)(t+\tau_m(\theta))+(\phi_c-\phi_o)]}\right] \qquad (3.7)$$

สัญญาณไซนูซอยส์แบบพัลส์ลักษณะที่ 2 ที่วัดค่าได้ ณ สายอากาศตัวที่ m ที่เวลา t สามารถทำให้อยู่ในรูปของสมการ

$$y_m(t)=x(t+\tau_m(\theta))+n_m(t) \qquad (3.8)$$

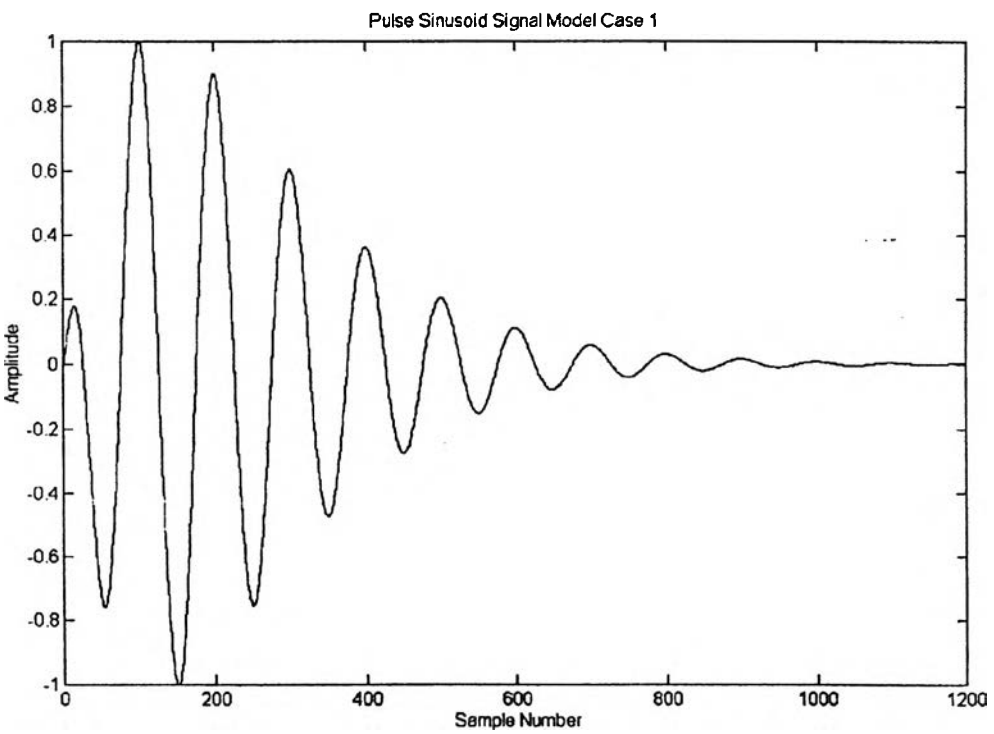
เมื่อ $n_m(t)$ เป็น สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสายอากาศแต่ละตัว

m เป็น จำนวนของสายอากาศ

3.3 การทดสอบแบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

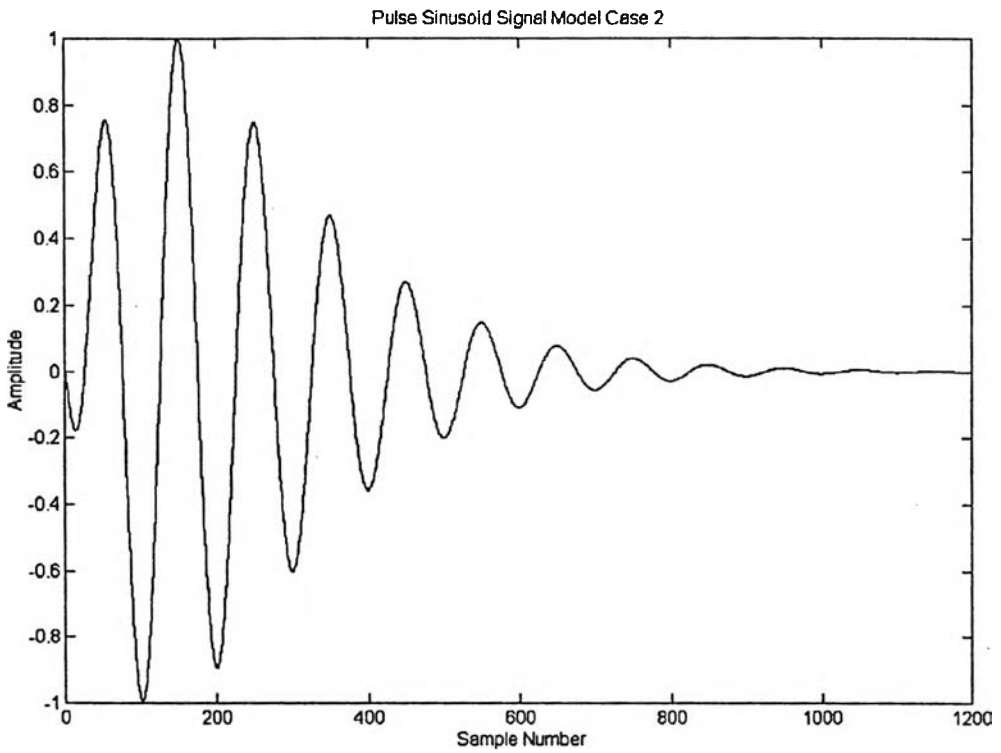
แบบจำลองของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ที่กำหนดขึ้นมาทั้ง 2 ลักษณะนั้น ได้มาจากการตั้งสมมุติฐานในการกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา สำหรับจุดประสงค์ในการสร้างแบบจำลอง คือ ต้องการให้รูปแบบสัญญาณที่ได้จากแบบจำลองมีลักษณะใกล้เคียงหรือเหมือนกับสัญญาณทางทหารให้มากที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณ ข้อพิจารณาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการทำการทดสอบ คือ ค่าที่นำไปใช้ในแบบจำลองสัญญาณ เนื่องจากถ้าทำการกำหนดค่าที่นำไปใช้ในแบบจำลองไม่ถูกต้อง รูปแบบของสัญญาณที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองดังกล่าวก็จะมีความคลาดเคลื่อนจากรูปแบบของสัญญาณที่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่าที่เหมาะสมให้กับแบบจำลอง โดยจะต้องพิจารณาถึงย่านความถี่ของสัญญาณที่เกิดขึ้นสำหรับในการนำไปใช้งานสามารถกำหนดค่าได้จากผลการทดสอบที่ 3.1 และ ผลการทดสอบที่ 3.2 จากผลการทดสอบดังกล่าวพบว่า รูปสัญญาณที่ได้จากแบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ทั้ง 2 ลักษณะ มีลักษณะใกล้เคียงกับสัญญาณทางทหารในรูปที่ 3.1 และจะนำไปใช้ในการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณต่อไป

3.3.1 ผลการทดสอบที่ 3.1 สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 1 ได้มาจากสมการที่ (3.3) ประกอบด้วยความถี่ศูนย์กลาง $f_c = 1 \quad Hz$, ค่าเฟสสัญญาณ $\phi = 0$, อัตราการลดทอนสัญญาณ $\beta = -0.8$ ทำการชักตัวอย่างสัญญาณด้วยอัตรา (Sampling Rate) = 100 ตัวอย่าง/วินาที



รูปที่ 3.2 รูปแบบจำลองของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ลักษณะที่ 1

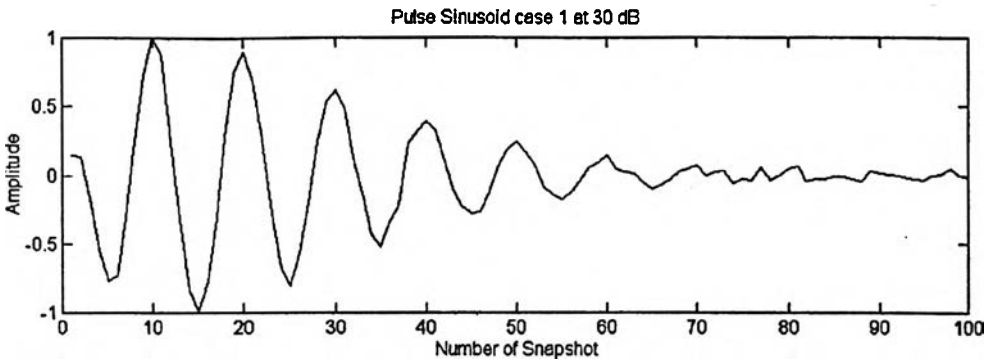
3.3.2 ผลการทดสอบที่ 3.2 สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 2 ได้มาจากสมการที่ (3.7) ประกอบด้วย ความถี่ศูนย์กลาง $f_c = 1 \quad Hz$, ความถี่ของเอนเวโลป $f_o = 0.01\,Hz$, ค่าเฟส $\phi = 0$, ค่าเฟสของเอนเวโลป $\phi_o = \pi/2$, อัตราการลดทอน $\beta = 0.8$ ทำการชักตัวอย่างสัญญาณด้วยอัตรา (Sampling Rate) = 100 ตัวอย่าง/วินาที



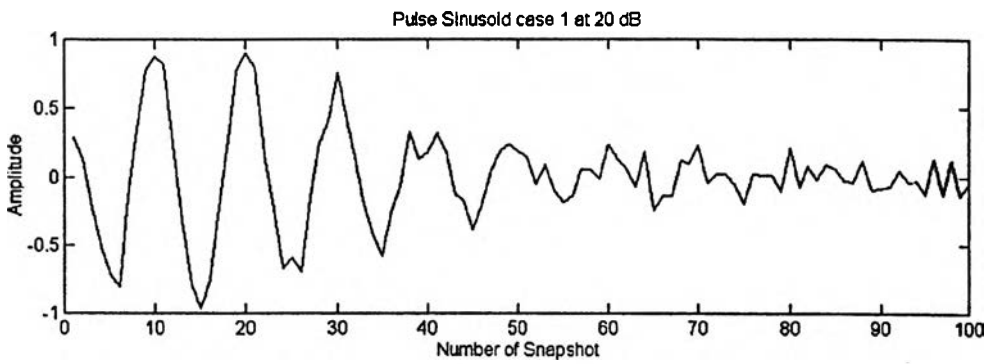
รูปที่ 3.3 รูปแบบจำลองของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 2

รูปแบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ทั้ง 2 ลักษณะ ที่ได้มาจากผลการทดสอบที่ 3.1 และ ผลการทดสอบที่ 3.2 เมื่อนำมาทำการทดสอบวัดค่าที่เกิดขึ้นจากสายอากาศในระบบหาทิศทางสัญญาณ ด้วยการชักตัวอย่างสัญญาณในช่วงที่แตกต่างกันจำนวน 100 snapshot โดยกำหนดให้สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นมีการแจกแจงแบบเกาส์ (Gaussian Distribution) อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) มีค่า 10, 20 และ 30 dB รูปสัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้ดัง รูปที่ 3.4 สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 1 และ รูปที่ 3.5 สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 2 ตามลำดับ จากรูปสัญญาณดังกล่าวจะเห็นได้ว่า กรณีที่มีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระบบมีค่าน้อย หรือ มีค่า SNR สูง สัญญาณที่วัดจะมีรูปแบบใกล้เคียงกับสัญญาณที่ต้องการ และสำหรับในกรณีที่สัญญาณรบกวนเกิดขึ้นในระบบมีค่ามากขึ้น หรือ มีค่า SNR ต่ำ ก็จะทำให้สัญญาณที่วัดได้มีรูปแบบที่แตกต่างจากสัญญาณที่ต้องการ

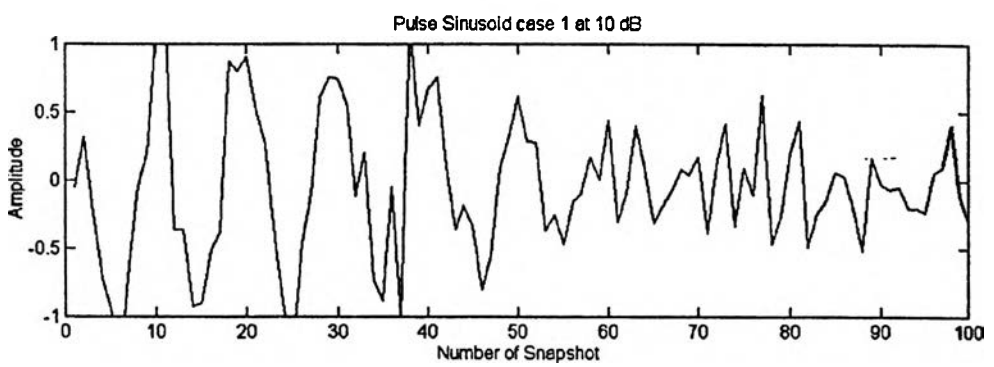
ตัวอย่าง รูปแบบจำลองของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 1 ทำการชักตัวอย่างสัญญาณในช่วงที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 1 - 100 snapshot ที่ สัญญาณรบกวน มีค่า SNR = 30, 20 และ 10 dB ตามลำดับ



(a)



(b)

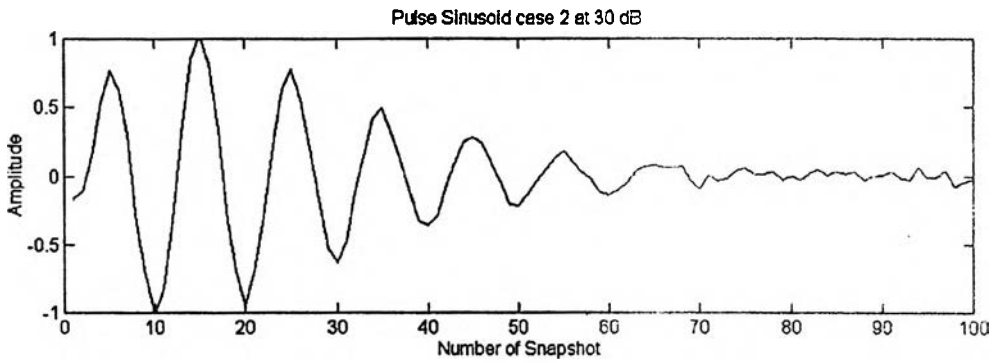


(c)

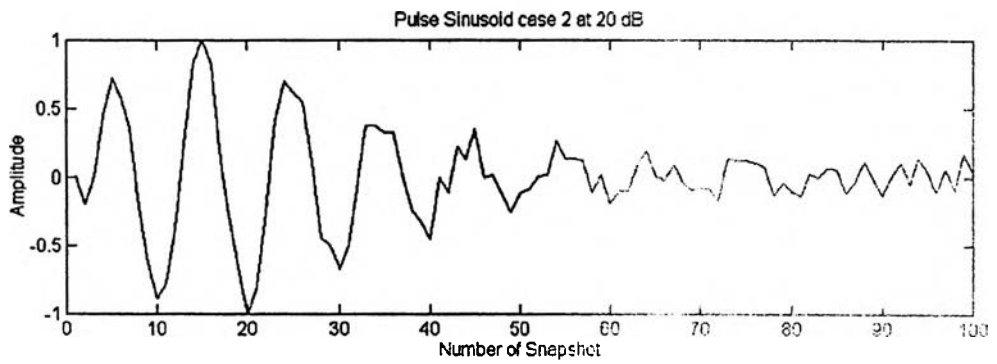
รูปที่ 3.4 รูปแบบจำลองของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 1 ทำการชักตัวอย่างสัญญาณในช่วงที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 1 - 100 snapshot ที่ สัญญาณรบกวนมีค่า SNR (a) 30 dB, (b) 20 dB และ (c) 10 dB

I 19422085

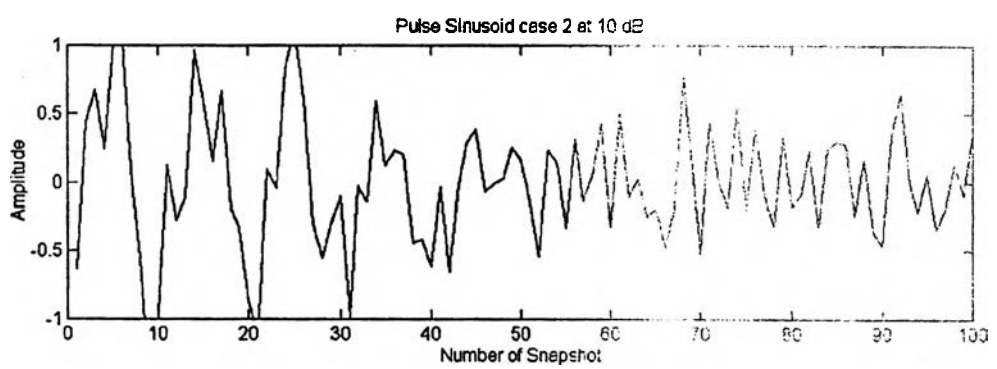
ตัวอย่าง รูปแบบจำลองของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 2 ทำการชักตัวอย่างสัญญาณในช่วงที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 1 – 100 snapshot ที่ สัญญาณรบกวน มีค่า SNR = 30, 20 และ 10 dB ตามลำดับ



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 3.5 รูปแบบจำลองของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ลักษณะที่ 2 ทำการชักตัวอย่างสัญญาณในช่วงที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 1 – 100 snapshot ที่ สัญญาณรบกวนมีค่า SNR (a) 30 dB, (b) 20 dB และ (c) 10 dB

รูปแบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ที่ได้มา เมื่อนำมาทำการทดสอบโดยการใช้วิธี curve fitting และทำการหาค่าความเหมือนของรูปสัญญาณทางทหารกับแบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ทั้ง 2 ลักษณะ ได้ด้วยการคำนวณหาค่า correlation coefficient แสดงได้ตามตารางที่ 3.1 จากตารางดังกล่าวจะพบว่า แบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์จะมีรูปแบบใกล้เคียงกับสัญญาณทางทหาร เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ต่อไป

ตารางที่ 3.1 แสดงค่า correlation coefficient ของสัญญาณทางทหารกับแบบจำลองสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์

SNR (dB)	สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ลักษณะที่ 1	สัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ ลักษณะที่ 2
100	0.9926	0.9926
50	0.9927	0.9925
30	0.9916	0.9910
20	0.9750	0.9727
10	0.8358	0.8201
5	0.6532	0.6566
1	0.4045	0.5663

3.4 วิธีการนำเสนอในวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ จะนำเสนอวิธีการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณโดยเฉพาะในระบบของเครื่องหาทิศทางสัญญาณแบบดิจิตอลระบบ Phase Array โดยเริ่มจากวิธีการประมาณค่าทิศทางที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ วิธีบีมฟอร์มเมอร์ (Beamformer Method : BF) , วิธีการประมาณพันธะเชิงเส้น (Linear Prediction Method : LP) และเมื่อพิจารณาวิธีที่ใช้ในการประมาณค่าทิศทางทั้งสองวิธี จะเห็นว่าวิธีดังกล่าวเป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectral Estimation) เพื่อหาความถี่ของสัญญาณ ซึ่งได้มีการนำไปใช้ในงานทางด้านการประมาณค่าทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณด้วย นอกจากนี้แล้วจะได้ทำการศึกษาวิธีผลการแปลงฮิลแบร์ต (Hilbert Transform Method: HT) ที่เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการหาความถี่ของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ได้ [14] มาพัฒนา ทดสอบใช้ในการประมาณค่าทิศทางของสัญญาณ โดยนำมาทำการศึกษาทั้ง 3 กรณี คือ ในกรณีของสัญญาณไซนูซอยด์ , กรณีของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ในลักษณะที่ 1 และ กรณีของสัญญาณพัลส์ไซนูซอยด์ในลักษณะที่ 2 เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกัน ด้วยการพิจารณาถึง ทิศทางการมาถึงของแหล่งกำเนิดสัญญาณที่จะเกิดขึ้นในกรณีต่างๆ จำนวนสายอากาศที่นำมาใช้ในการออกแบบระบบเครื่องหาทิศ รวมไปถึงการทดสอบความทนทานของระบบเมื่อเกิดสัญญาณรบกวนขึ้น เมื่อทำการประมาณค่าทิศทางในแต่ละวิธี โดยจะแบ่งหัวข้อการทดสอบไว้อย่างชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป