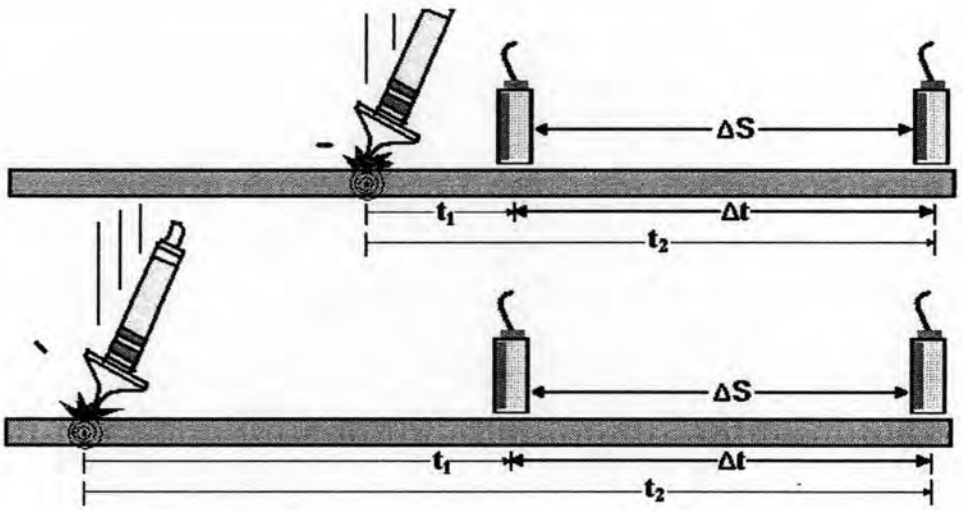
หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การพัฒนาระบบอัตโนมัติสำหรับการหาตำแหน่งของคลื่นอะคูสติก

3.1 วิธีการหาความเร็วเสียงจากตัวรับรู้สัญญาณ 2 ตัว

การหาตำแหน่งทั้งจากวิธีใช้จากตัวรับรู้สัญญาณ 2 ตัวและ 3 ตัว ตามความสัมพันธ์ที่ (2.6), (2.10) และ (2.11) นั้น จำเป็นต้องรู้ความเร็วเสียงในวัสดุที่จะทดลอง ซึ่งจะต่างกันไปตามชนิดและรูปร่างของวัสดุ ในกรณีที่เราทำการหักไส้ดินสอ ที่ตำแหน่งด้านนอกของตัวรับรู้สัญญาณทั้งสอง พบว่าทุกๆ ตำแหน่งจะได้ผลต่างของเวลาที่สัญญาณเดินทางมาถึงตัวรับรู้สัญญาณแต่ละตัวเท่ากันเสมอ เนื่องจากผลต่างของระยะทางมีค่าคงที่ ตามรูปที่ 3.1



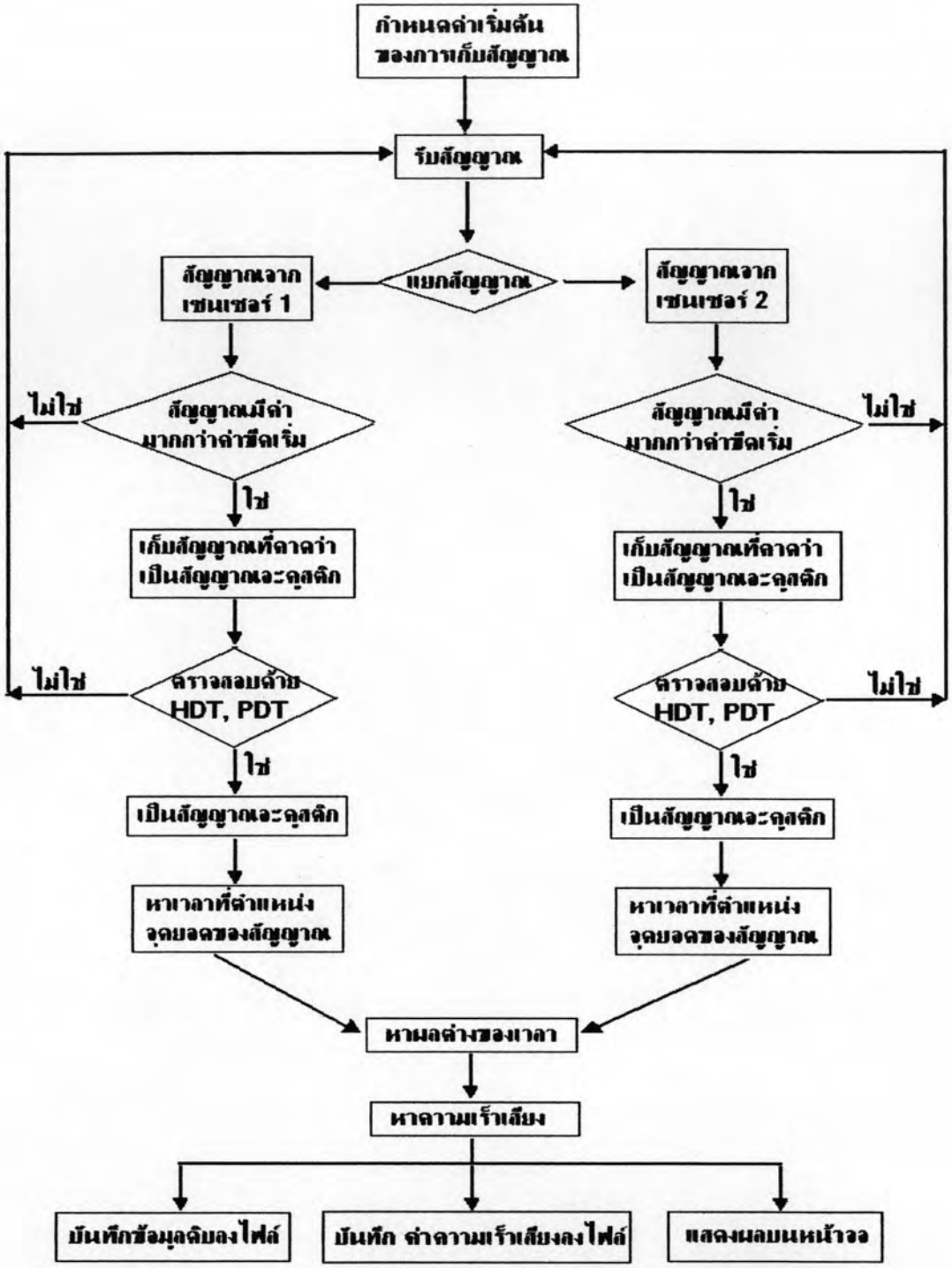
รูปที่ 3.1 หลักการหาความเร็วเสียงในท่อโลหะ

ดังนั้นเราจะใช้วิธีการนี้ในการหาความเร็วเสียงในวัสดุที่ทดลอง จากความสัมพันธ์

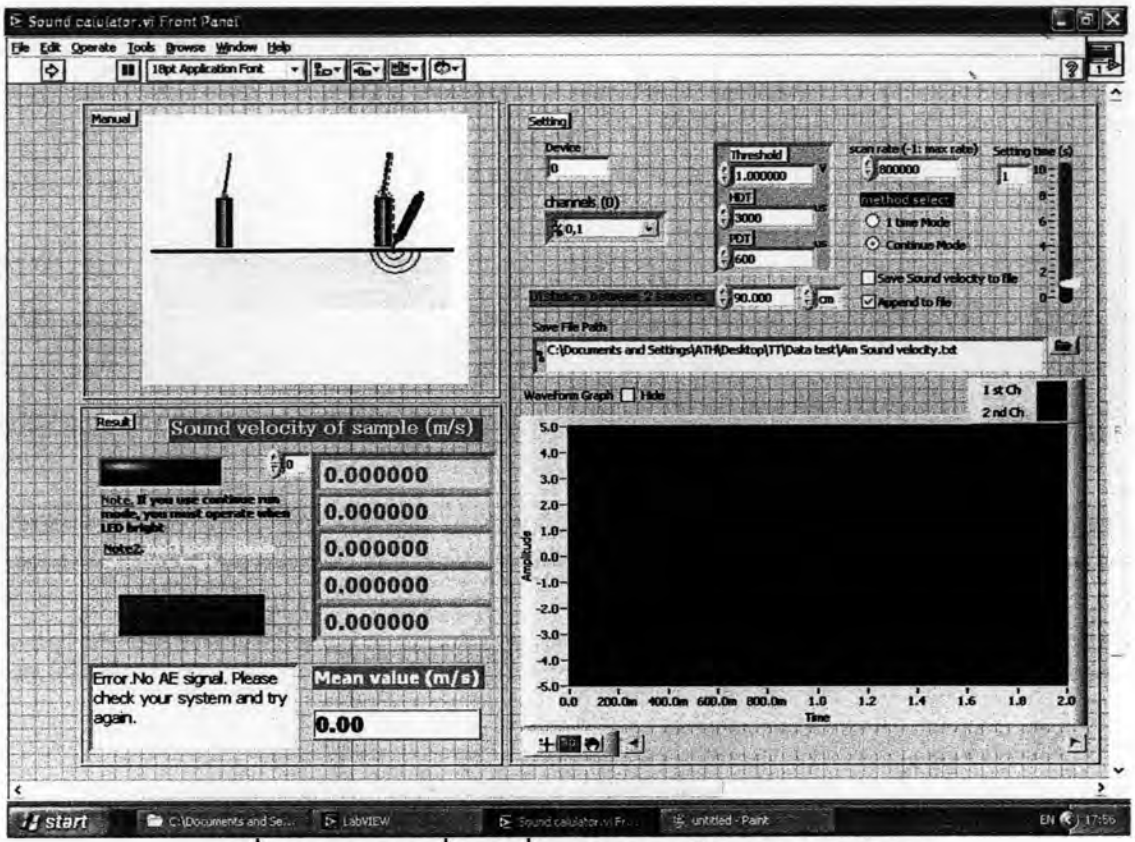
$$V=\frac{\Delta S}{\Delta t} \tag{3.1}$$

โดย ΔS คือ ระยะห่างระหว่างตัวรับรู้สัญญาณ และ Δt คือ ผลต่างของเวลาที่ตัวรับรู้สัญญาณแต่ละตัวตรวจจับคลื่นอะคูสติกได้

หลักการของวิธีนี้จะเริ่มจากการรับสัญญาณอะคูสติกผ่านทางตัวรับรู้สัญญาณและการ์ดรับสัญญาณ จากนั้นจะเข้าสู่โปรแกรมคำนวณหาความเร็วเสียงที่เขียนด้วยโปรแกรมแลบวิว [13] โดยหลักการทำงานของโปรแกรมมีดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของวิธีการหาความเร็วเสียง



รูปที่ 3.3 แสดงส่วนที่รับคำสั่ง ควบคุมการทำงาน และแสดงผล

ในส่วนคำสั่งและควบคุมการทำงาน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ

คู่มือการใช้งาน (manual) จะอยู่ด้านซ้ายมือของโปรแกรม เป็นการแสดงวิธีการหักไส้ดินสอ และวิธีการใช้งานโปรแกรมอย่างคร่าวๆ โดยแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหว

การกำหนดค่าเริ่มต้น (setting) เป็นส่วนที่ผู้ใช้ต้องทำการกำหนดค่าให้กับโปรแกรม โดยประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

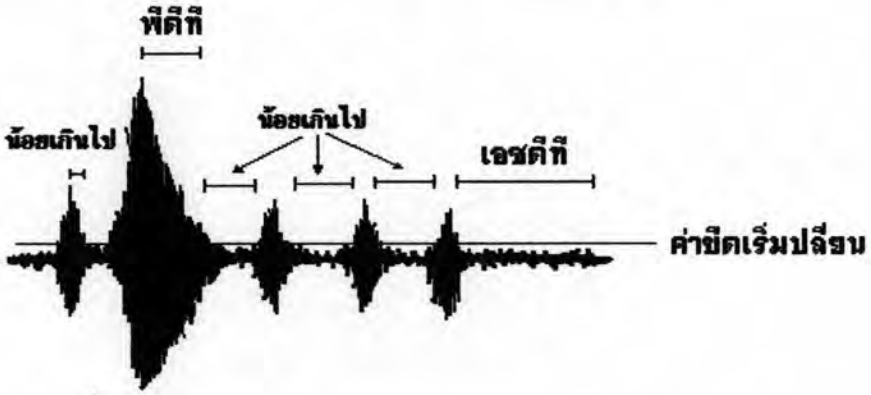
1) การ์ดที่ใช้ (device) หมายถึง หมายเลขประจำการ์ดของการ์ดที่ใช้ในการรับสัญญาณ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการติดตั้งการ์ดว่ากำหนดไว้อย่างไร กำหนดค่าเริ่มต้นไว้ที่ 0
2) ช่องสัญญาณ (channel) หมายถึง จำนวนช่องสัญญาณที่เราจะรับข้อมูล โดยจะขึ้นอยู่กับการ์ดที่ใช้ และการใช้งานของเรา ในกรณีนี้ เลือกรับ 2 ช่องสัญญาณ คือ 0 และ 1และกำหนดค่านี้เป็นค่าเริ่มต้น
3) ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน คือ ค่าขีดเริ่มของสัญญาณ เป็นการกำหนดว่าสัญญาณอะคูสติกที่เราต้องการ ต้องมีค่าแอมพลิจูดต่ำสุดเท่าใด โดยการกำหนด ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ต้อง

กำหนดให้มากกว่าแอมพลิจูดของสัญญาณรบกวน เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนและให้ได้เฉพาะสัญญาณที่เราต้องการ

4) เอชดีที (hit definition time, HDT) คือค่าที่ใช้ตรวจสอบจุดสิ้นสุดของสัญญาณ เพื่อกำจัดคลื่นอะคูสติกที่เกิดจากการสะท้อนที่ผิวของวัสดุ
5) พีดีที (peak definition time, PDT) เป็นเวลาที่วัดจากตำแหน่งจุดสูงสุดของยอดคลื่นไปจนถึงตำแหน่งสุดท้ายที่สัญญาณที่มากกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ใช้เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน
6) ระยะระหว่างตัวรับรู้สัญญาณ เป็นค่าที่ต้องใช้ในการคำนวณ โดยอาจจะระบุในหน่วยเซ็นติเมตรหรือเมตรก็ได้
7) จำนวนข้อมูลใน 1 วินาที (sampling rate) คือจำนวนข้อมูลที่ต้องการเก็บใน 1 วินาที ซึ่งค่านี้ต้องเลือกให้เหมาะสม ถ้ากำหนดน้อยเกินไปจะทำให้ได้ข้อมูลไม่ครบถ้วนและเกิดความผิดพลาด แต่ถ้ากำหนดมากเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ในการเก็บข้อมูลและทำให้โปรแกรมใช้เวลาในการคำนวณนานขึ้น โดยทั่วไปสัญญาณอะคูสติกจากวัสดุประเภทโลหะ จะมีค่าความถี่อยู่ที่ประมาณ 300 กิโลเฮิรตซ์ หรือ 300,000 เฮิรตซ์ ซึ่งตามทฤษฎีแล้วค่าจำนวนข้อมูลใน 1 วินาที ที่เหมาะสมคือประมาณสองเท่าของความถี่ของสัญญาณที่ต้องการ ดังนั้นค่าจำนวนข้อมูลใน 1 วินาที จึงควรมีค่ามากกว่า 600,000 จุดต่อวินาที ในการทดลองนี้จะเลือกใช้ที่ 1,000,000 จุดต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ของการ์ดที่ใช้จะสามารถรับได้
8) การเลือกรูปแบบการทำงาน (mode select) เป็นการกำหนดให้โปรแกรมเก็บสัญญาณเพียงครั้งเดียวหรือเก็บอย่างต่อเนื่อง
9) บันทึกค่าความเร็วเสียงลงในไฟล์ (save sound velocity to file) เป็นการกำหนดให้โปรแกรมทำการบันทึกผลของการคำนาณความเร็วเสียงทุกครั้งที่โปรแกรมคำนวณได้
10) บันทึกลงไฟล์เดิม (append to file) เป็นการกำหนดให้โปรแกรมบันทึกข้อมูลต่อเนื่องลงไปในไฟล์เดิม
11) ตำแหน่งไฟล์ (save file path) เป็นการกำหนดตำแหน่งและชื่อไฟล์ที่จะทำการบันทึก
12) กำหนดเวลา (setting time) คือเวลาที่กำหนดให้โปรแกรมรับสัญญาณในแต่ละครั้ง โดยค่านี้จะเป็นตัวกำหนดค่าพื้นที่เก็บข้อมูลชั่วคราว (โดยกำหนดพื้นที่เก็บข้อมูลชั่วคราว เท่ากับผลคูณของค่ากำหนดเวลากับจำนวนข้อมูลใน 1 วินาที กับจำนวนช่องสัญญาณที่ใช้) ซึ่งค่าพื้นที่เก็บข้อมูลชั่วคราวนี้เป็นค่าที่จะใช้กำหนดพื้นที่ของโปรแกรมในการเก็บข้อมูลชั่วคราวในระหว่างที่โปรแกรมทำงานอยู่ ค่าพื้นที่เก็บข้อมูลชั่วคราวนี้จะสามารถกำหนดได้มากน้อยตามประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้

ซึ่งค่าพื้นที่เก็บข้อมูลชั่วคราว, จำนวนข้อมูลใน 1 วินาที และ จำนวนช่องสัญญาณนี้จะใช้เป็นตัวกำหนดเวลาที่โปรแกรมจะสามารถเก็บข้อมูลได้ในแต่ละครั้ง เช่นกรณีที่เครื่องคอมพิวเตอร์ยอมให้เก็บข้อมูลได้ 40,000,000 จุดต่อวินาที ถ้าเราเลือกค่าจำนวนข้อมูลใน 1 วินาที ที่ 1,000,000 จุดต่อวินาที และเลือกเก็บ 2 ช่องสัญญาณพร้อมกัน จะได้ว่า ใน 1 วินาที โปรแกรมจะต้องเก็บข้อมูล 2,000,000 จุด ทำให้โปรแกรมเก็บข้อมูลต่อเนื่องได้นานสูงสุดเป็นเวลา 20 วินาที

ผล (result) เป็นส่วนที่จะแสดงผลจากการคำนวณ ประกอบด้วยผลการคำนวณความเร็วเสียง กราฟของสัญญาณอะคูสติก และ ปุ่มหยุดการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.4 แสดงตัวแปรเอชดีที และพีดีที

จากรูปที่ 3.4 สัญญาณอะคูสติกเกิดจากการหักไส้ดินสอ 1 ครั้ง บนวัสดุที่มีความหนามากและระยะทางไกลจากตัวรับรู้สัญญาณ [14] พบว่าเกิดสัญญาณขึ้นถึง 5 ลูก ลูกแรกคือสัญญาณจากการร้าวของไส้ดินสอก่อนที่จะหัก ลูกที่ 2 คือสัญญาณจากการหักไส้ดินสอ ลูกที่ 3, 4 และ 5 เกิดจากคลื่นบางส่วนสะท้อนไปมาระหว่างผิวทั้งสอง ทำให้พลังงานลดลงและเดินทางช้ากว่าสัญญาณจริง ค่าพีดีทีจะทำให้โปรแกรมรู้ว่าสัญญาณอะคูสติกลูกแรกไม่ใช่สัญญาณจริง เนื่องจากระยะจากยอดคลื่นถึงตำแหน่งสุดท้ายที่สัญญาณมีค่าเกินค่าขีดเริ่มเปลี่ยนนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าพีดีทีที่กำหนด ส่วนค่าเอชดีทีจะทำให้โปรแกรมรู้ว่าสัญญาณอะคูสติกลูกที่ 3, 4 และ 5 เป็นสัญญาณเดียวกับสัญญาณลูกที่ 2 ไม่ใช่คลื่นอะคูสติกใหม่ โดยระยะจากตำแหน่งสุดท้ายที่สัญญาณลูกที่ 2 มีค่าน้อยกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนจนถึงตำแหน่งแรกที่สัญญาณลูกที่ 3 มีค่าสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ค่านี้มีค่าน้อยกว่าค่า เอชดีทีที่กำหนด ดังนั้นสัญญาณลูกที่ 3 จึงไม่ใช่คลื่นอะคูสติกใหม่ แต่เป็นผลมาจากคลื่นลูกที่ 2 และระยะระหว่างลูกที่ 3 กับ 4 และระหว่าง 4 กับ 5 ก็น้อยกว่าเอชดีทีเช่นกัน หลังจากลูกที่ 5 พบว่าในระยะเอชดีทีจะไม่พบสัญญาณอะคูสติกอีก ดังนั้น

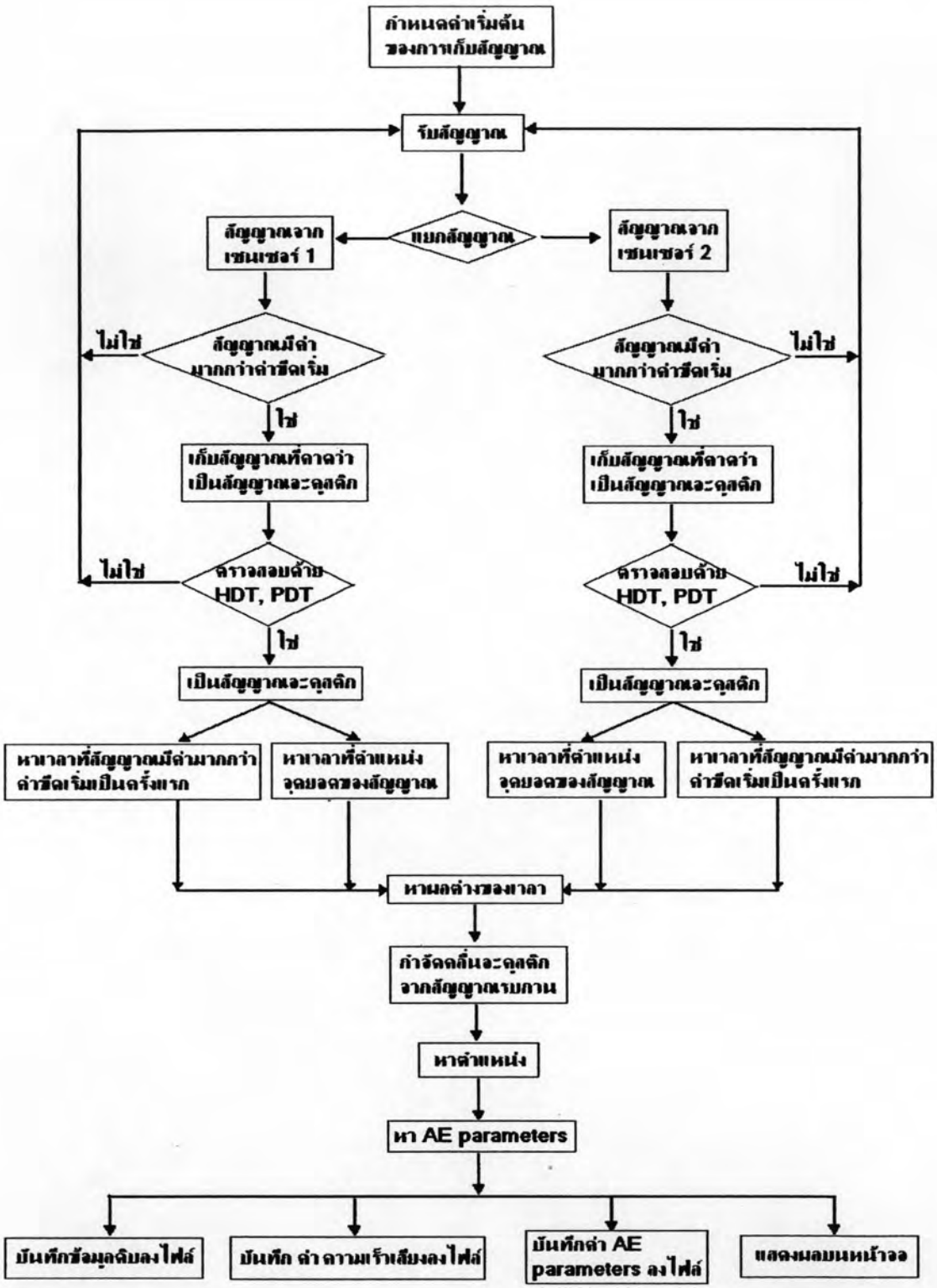
สัญญาณที่ผ่านมาทั้ง 5 ลูกจึงเป็นเกิดจากสัญญาณอะคูสติกเพียงหนึ่งลูก จึงนับจำนวนของสัญญาณเพียง 1 ครั้ง

3.2 วิธีการหาตำแหน่งจากตัวรับรู้สัญญาณ 2 ตัว

วิธีการหานี้จะเริ่มจากการรับสัญญาณผ่านทางตัวรับรู้สัญญาณและการ์ดรับสัญญาณโดยโปรแกรมแลบวิว ในการวิเคราะห์สัญญาณ เริ่มจากการนำข้อมูลแต่ละค่ามาเทียบกับค่า ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน เมื่อพบว่าค่าแอมพลิจูดของสัญญาณมีค่ามากกว่า ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน จะทำการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว แล้วทำการเปรียบเทียบค่าถัดไป ถ้ายังมากกว่า ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ก็จะเก็บต่อไปเรื่อย จนเมื่อค่าต่ำว่า ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน โปรแกรมจะเก็บสัญญาณต่อไปจนถึงตำแหน่งที่กำหนดด้วยค่า เอชดีที ถ้าสัญญาณที่เก็บไว้มีระยะจากจุดยอดถึงจุดสุดท้ายที่ต่ำกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนว่ามากกว่าพีดีที แสดงว่าข้อมูลที่ได้เป็นคลื่นอะคูสติก นำข้อมูลที่ได้มาหาเวลาและตัวแปรทางอะคูสติกที่สำคัญ คือ แอมพลิจูด, ระยะเวลา, และ เวลาช่วงขึ้นจากนั้นจะเก็บข้อมูลในส่วนนี้ไว้ ทำเช่นนี้จนกระทั่งครบสำหรับข้อมูลทุกตัวที่รับจากการ์ด จากนั้นจะนำข้อมูลทั้งหมดที่เก็บไว้มาทำการกำจัดสัญญาณอะคูสติกที่ผิดพลาด เช่น ในกรณีที่มีสัญญาณอะคูสติกที่มีค่าแอมพลิจูดต่ำๆ เกิดขึ้น และเฉพาะตัวรับรู้สัญญาณตัวที่อยู่ใกล้เพียงตัวเดียวที่รับได้ ในกรณีนี้จำนวนสัญญาณอะคูสติกที่ตัวรับรู้สัญญาณตัวนั้นตรวจพบย่อมมีจำนวนมากกว่าตัวรับรู้สัญญาณตัวอื่นๆ ดังนั้นจำเป็นต้องตรวจสอบโดยการเทียบสัญญาณว่า ผลต่างของเวลาที่ตัวรับรู้สัญญาณทั้งสองรับได้และคาดว่าเป็นสัญญาณอะคูสติกเดียวกันนั้น มีผลต่างของเวลามากเกินกว่าระยะเวลาที่คลื่นใช้เคลื่อนที่จากตัวรับรู้สัญญาณหนึ่งไปยังอีกตัวรับรู้สัญญาณหนึ่งหรือไม่ ถ้ามากกว่าค่านี้แสดงว่าไม่ใช่สัญญาณเดียวกัน เมื่อทดสอบกับทุกค่าแล้วจึงนำค่าสัญญาณที่ผ่านการกำจัดสัญญาณที่ผิดพลาดมาหาผลต่างของเวลา โดยปกติเวลาจะพิจารณาจากตำแหน่งที่เป็นจุดสูงสุดของสัญญาณแต่ละลูก แต่ในกรณีที่สัญญาณที่ได้ทีค่าสูงเกินกว่าที่การ์ดรับสัญญาณได้ทำให้ไม่รู้แน่ชัดว่าตำแหน่งใดที่สัญญาณมีค่าสูงสุดจริงๆ ก็จะเลือกใช้ตำแหน่งแรกที่สัญญาณมีค่ามากกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนแทน เมื่อได้ผลต่างของเวลาแล้ว จะนำมาคำนวณหาตำแหน่งที่เกิดสัญญาณ โดยใช้ความสัมพันธ์ ที่ (2.6) ในหน้าที่ 18 ดังนี้

$$d = \frac{(D - V\Delta t)}{2}$$

ระยะทางที่คำนวณได้จะแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และจะเก็บบันทึกลงแฟ้มข้อมูล ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดสามารถแสดงได้ด้วยรูปที่ 3.5

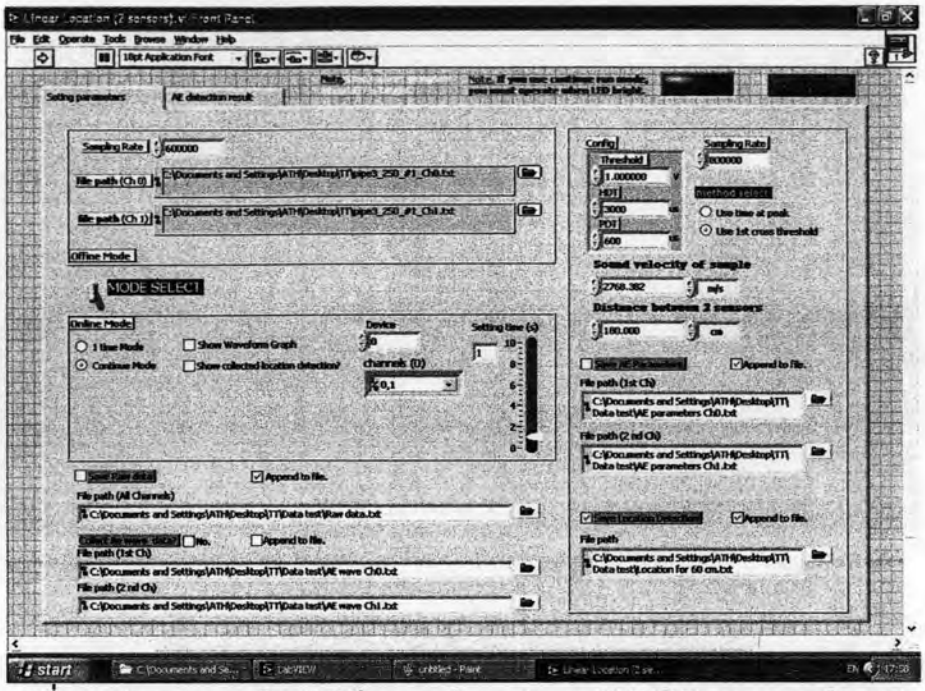


รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการหาตำแหน่งจากตัวรับรู้สัญญาณ 2 ตัว

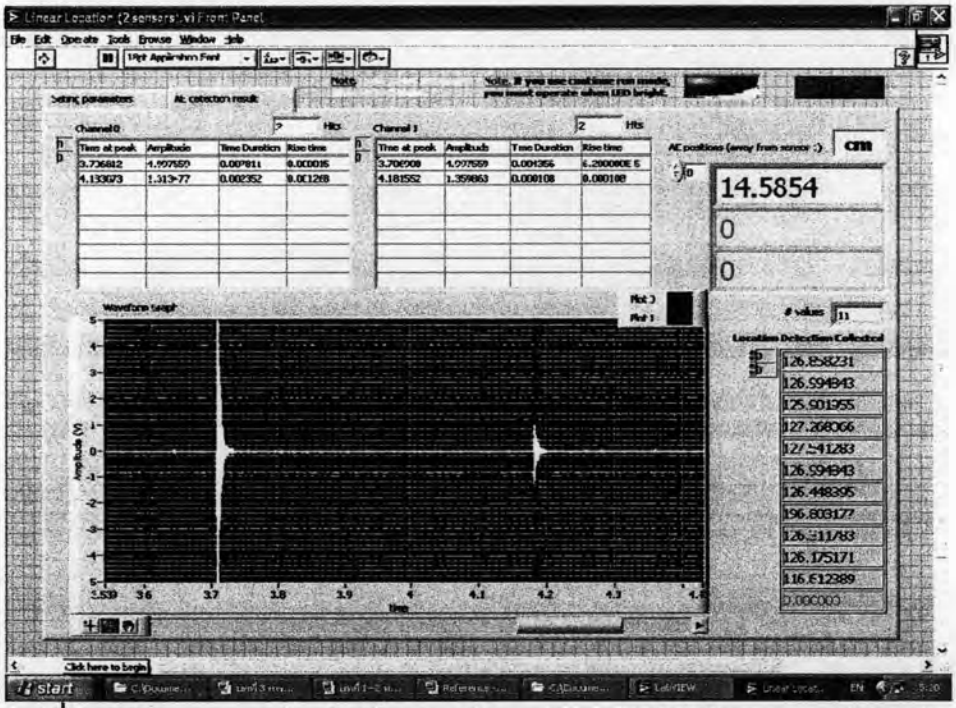
ในวิธีการนี้จะแบ่งเป็นสองหน้า คือ หน้าสำหรับกำหนดค่าเริ่มต้น และหน้าสำหรับแสดงผล ในหน้าสำหรับการกำหนดค่าเริ่มต้น ลักษณะจะเป็นเช่นเดียวกับวิธีการหาความเร็วเสียง แต่จะมีส่วนที่เพิ่มขึ้นมาดังนี้

1) การเลือกรูปแบบการทำงาน เป็นการเลือกรูปแบบการทำงานของโปรแกรม ซึ่งมีอยู่สองรูปแบบ คือ การคำนวณข้อมูลที่มีอยู่แล้ว เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือ ทำให้โปรแกรมไม่สามารถเก็บข้อมูลทั้งหมดพร้อมการคำนวณอย่างต่อเนื่องได้ เพราะการเก็บสัญญาณจะหยุดลงเมื่อโปรแกรมทำการคำนวณ ดังนั้นบางครั้งจึงจำเป็นต้องเลือกเฉพาะการเก็บสัญญาณทั้งหมดเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะสามารถเก็บได้อย่างต่อเนื่อง และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณในภายหลัง และ การคำนวณจากสัญญาณที่ตัวรับรู้สัญญาณตรวจจับได้ในเวลาจริง เป็นการรับสัญญาณพร้อมทั้งทำการคำนวณ โดยจะเก็บสัญญาณเป็นช่วงๆ สลับกับการคำนวณหาค่าตำแหน่งและอะคูสติกพารามิเตอร์
2) การแสดงกราฟ สามารถเลือกให้โปรแกรมแสดงหรือไม่ก็ได้ การเลือกไม่แสดงจะช่วยประหยัดหน่วยความจำที่ต้องใช้และเพิ่มความเร็วของการทำงาน
3) การแสดงข้อมูลเก่า เพื่อความสะดวกในการดูข้อมูลเก่าที่บันทึกไว้แล้ว สามารถเลือกแสดงหรือไม่ก็ได้
4) การบันทึกข้อมูลดิบ จะประกอบด้วยเวลาและแอมพลิจูดของแต่ละ channel บันทึกลงในไฟล์นามสกุล .txt หรือ .xls ในกรณีที่เลือกตัวเลือกนี้ จะต้องระบุตำแหน่งและชื่อไฟล์ที่จะกำหนดให้โปรแกรมทำการบันทึกด้วย ซึ่งการทำงานของโปรแกรมช้าลงมาก
5) การบันทึกข้อมูลดิบเฉพาะส่วนที่เป็นสัญญาณอะคูสติก วิธีนี้จะต่างจากการบันทึกข้อมูลดิบ คือโปรแกรมจะทำการเลือกเฉพาะสัญญาณที่เป็นสัญญาณอะคูสติกเท่านั้น ทำให้ไฟล์ที่เก็บมีขนาดเล็กลง แต่ต้องใช้เวลาในการคำนวณนานขึ้น
6) การเลือกรูปแบบการทำงาน เป็นวิธีการเลือกตำแหน่งที่เป็นตัวแทนของเวลาของสัญญาณอะคูสติกแต่ละลูก โดยปกติเลือกตำแหน่งที่เป็นจุดสูงสุดของสัญญาณแต่ละลูก แต่ในกรณีที่สัญญาณที่ได้มีค่าสูงเกินกว่าค่าสูงสุดของการ์ดรับสัญญาณ จะเลือกใช้ตำแหน่งแรกที่สัญญาณมีค่ามากกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนแทน
7) การบันทึกอะคูสติกพารามิเตอร์และตำแหน่งจากการคำนวณลงไฟล์ ในกรณีที่เลือกตัวเลือกนี้ จะต้องระบุตำแหน่งและชื่อไฟล์ที่จะกำหนดให้โปรแกรมทำการบันทึกด้วย

สำหรับหน้าการแสดงผล จะประกอบด้วย ระยะทางจากการคำนวณ ข้อมูลเก่าที่บันทึกในไฟล์ จำนวนข้อมูลทั้งหมด และกราฟของสัญญาณ



รูปที่ 3.6 ส่วนควบคุมสำหรับวิธีการหาตำแหน่งจากตัวรับรู้สัญญาณ 2 ตำแหน่ง



รูปที่ 3.7 ส่วนแสดงผลสำหรับวิธีการหาตำแหน่งจากตัวรับรู้สัญญาณ 2 ตำแหน่ง

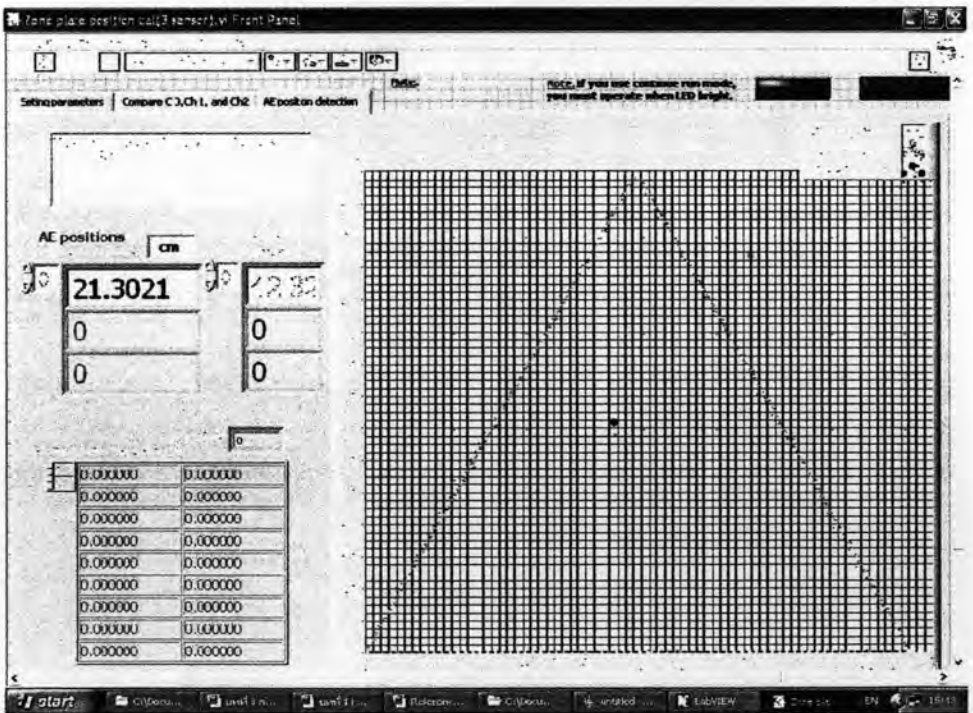
3.3 วิธีการหาตำแหน่งจากตัวรับรู้สัญญาณ 3 ตัว

วิธีการนี้จะคล้ายกับวิธีการหาตำแหน่งจากตัวรับรู้สัญญาณ 2 ตัว โดยจะเพิ่มส่วนของการแสดงผลของตำแหน่งที่วัดได้และตำแหน่งตัวรับรู้สัญญาณในรูปของกราฟ อีกส่วนที่ต่างกันคือหลักการที่ใช้ในการคำนวณหาตำแหน่ง โดยความสัมพันธ์ของตำแหน่งที่เป็นไปได้กับผลต่างของเวลา ที่วัดจากตัวรับรู้สัญญาณ 1 และ 2 และผลต่างของเวลา ที่วัดจากตัวรับรู้สัญญาณ 1 และ 3 คือ สมการที่ (2.10) และ (2.11) ดังนี้

$$R=\frac{1}{2}\frac{D_1^2-V^2\Delta t_1^2}{V\Delta t_1+D_1\cos\theta}$$

$$R=\frac{1}{2}\frac{D_2^2-V^2\Delta t_2^2}{V\Delta t_2+D_2\cos(60-\theta)}$$

การคำนวณจะใช้วิธีแทนค่าของมุม θ ตั้งแต่ 0 ถึง 360 เพื่อหาค่า R ของแต่ละตำแหน่ง แล้วจึงพิจารณาว่าที่มุมใดบ้างที่เกิดการตัดกันของกราฟ โดยที่ตำแหน่งที่จะคำนวณต้องมีค่า R เป็นบวก เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้วจึงนำข้อมูลไปกำจัดสัญญาณอะคูสติกที่ผิดพลาดซึ่ง (ที่ปรับให้ใช้กับกรณีนี้) ก่อนจะนำไปคำนวณหาตำแหน่งต่อไป



รูปที่ 3.7 ภาพแสดงส่วนของการแสดงผล วิธีการหาตำแหน่งจากตัวรับรู้สัญญาณ 3 ตัว