บทที่3

แนวทางการออกแบบและพัฒนาโปรแกรม

3.1 กลุ่มผู้ใช้เป้าหมาย และภาพรวมของการพัฒนาโปรแกรม

สิ่งที่ต้องกำหนดก่อนการวางแนวทางการพัฒนาคือกลุ่มผู้ใช้เป้าหมายนั้นเป็นใครและครอบคลุมวงกว้างเท่าใด ในการศึกษาพัฒนาโปรแกรมครั้งนี้เราเลือกกลุ่มผู้ใช้ซึ่งเป็นสถาปนิกหรือนักศึกษาทางด้านการออกแบบควบคุมเสียงเท่านั้น ไม่ได้ครอบคลุมถึงกลุ่มผู้ใช้ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านเสียงแต่อย่างใด เนื่องวัตถุประสงค์และลักษณะการใช้งานของผู้ใช้ทั้งสองกลุ่มดังกล่าวแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเสียงจะต้องการความแม่นยำสูง มีข้อมูลทั้ง input และ output ปริมาณมากเพื่อให้ผลการคำนวณแม่นยำที่สุดเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการศึกษาวิจัยต่างๆ ส่วนสถาปนิกนั้นไม่ได้เน้นในการคำนวณที่แม่นยำนัก แต่จะต้องการโปรแกรมที่ใช้งานที่ง่ายมีความยืดหยุ่นสูง มีระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณน้อย สามารถปรับรูปร่างขนาดของห้อง และวัสดุอย่างง่ายๆ แล้วตรวจสอบว่าค่าคุณสมบัติทางด้านเสียง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ เพื่อประกอบในการตัดสินใจออกแบบเบื้องต้นเท่านั้น การออกแบบโปรแกรมจึงไม่สามารถครอบคลุมความต้องการของทั้งกลุ่มสถาปนิกและกลุ่มผู้เชียวชาญทางด้านเสียงได้ในเวลาเดียวกัน

จากปัญหาที่พบจากการศึกษาโปรแกรมตัวอย่าง อาจสรุปโดยรวมได้ว่าการพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้เหมาะสมกับสถาปนิก ก็คือการทำโปรแกรมมีความง่ายในการใช้งานมากขึ้น (User Friendly) ให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจเรียนรู้ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น เหมาะกับผู้ใช้งานที่ไม่ต้องมีความรู้ทางด้านเสียงมากนัก โปรแกรมต้องมีวิธีการป้อนค่าที่สะดวกและมีจำนวนข้อมูลไม่มาก ลดปริมาณตัวแปรที่ไม่จำเป็นออก เลือกเฉพาะที่จำเป็นต่อการออกแบบ ลดความซับซ้อนทั้งในขั้นตอนการทำงาน เนื่องจากเป็นเครื่องมือในการช่วยคิดแบบเบื้องต้นซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดครบถ้วนสมบูรณ์ หรือการคำนวณที่แม่นยำมากนัก แต่ต้องมีความคล่องตัว ยืดหยุ่นให้ผู้ใช้ทดลองปรับค่า เป็นโปรแกรมที่สนับสนุนการคิดย้อนกลับไปมา เปิดโอกาสให้ผู้ออกแบบสามารถเห็นผลลัพธ์และคำนวณได้อย่างรวดเร็วเพื่อเป็นประโยชน์ในการช่วยระหว่างออกแบบได้จริง เช่นเมื่อทดลองปรับเปลี่ยน ขนาด รูปทรงของห้อง และเลือกวัสดุต่างๆมากรุในตำแหน่งพื้นที่ที่ต้องการ ผลลัพธ์ของค่าตัวแปรหรือทิศทางของเสียงที่เกิดขึ้นก็จะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไปพร้อมๆกัน สิ่งนี้จะทำให้การออกแบบรูปร่างและวัสดุเพื่อการควบคุมเสียงของห้องซึ่งเป็นความต้องการหลักของสถาปนิกเป็นไปได้โดยง่าย และสามารถทดลองปรับเปลี่ยนรูปแบบไปได้หลากหลายเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดได้ มีการออกแบบโดยใช้ภาพสัญลักษณ์หรือลักษณะการทำงานที่สถาปนิกคุ้นเคย นอกจากนั้นควรมีการแนะนำทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงการใช้งานโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจการทำงานของโปรแกรมได้ง่ายขึ้น

โปรแกรมดังกล่าวนี้นอกจากจะมีประโยชน์ในการช่วยออกแบบงานจริงแล้ว ยังจะมีประโยชน์ต่อนักเรียนหรือผู้สนใจศึกษาวิชาการออกแบบควบคุมเสียง ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างรวดเร็ว สามารถทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์และผลของการเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆที่มีต่อการออกแบบไม่เท่ากัน ได้โดยง่ายอีกด้วย

3.2 แนวทางการออกแบบโปรแกรมเพื่อแก้ไขปัญหา

จากภาพรวมของการพัฒนาที่เหมาะกับสถาปนิก อาจสรุปแนวความคิดหลักในการแก้ปัญหาและออกแบบโปรแกรมได้เป็น 6 ประเด็นหลักๆ ดังนี้

3.2.1 ง่ายต่อการเรียนรู้ง่าย

- เป็นมิตรต่อผู้ใช้ User Interface สวยงาม มีการจัดกลุ่มของคำสั่งที่ดีไม่สับสน จัดวางเรียงตามลำดับการใช้งาน ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดและแนวคิดในการออกแบบภายหลัง

- มีคำแนะนำทั้งในเชิงการใช้โปรแกรมและเชิงเทคนิค การใช้สัญลักษณ์ การใช้ภาพประกอบที่สถาปนิกคุ้นเคย ทำให้เข้าใจและใช้งานได้ง่าย หรือข้อความง่ายๆ คำอธิบายประกอบต่างๆ เพื่อช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจค่าตัวแปรต่างๆที่จะต้องป้อนค่า แทนที่จะใช้ศัพท์เทคนิคและ การกรอกข้อมูลจำนวนมาก เช่น ผู้ใช้ทำการเลือกประเภทของห้องแล้ว โปรแกรมจะทำการบอกค่าผลลัพธ์ต่างๆที่ควรจะเป็นออกมาโดยอัตโนมัติ

- โปรแกรมควรจะมีการแปลความหมายของตัวแปรทางเทคนิคให้เป็นภาษาที่ผู้ใช้คุ้นเคยและเข้าใจได้ง่าย หรืออาจใช้การเลือกค่าจากตัวอย่างรายการที่มีอยู่ แทนการป้อนค่าตัวแปรเชิงเทคนิคโดยตรง เช่น การเลือกชนิดของแหล่งกำเนิดแทนการกำหนดค่าความเข้มของเสียงโดยตรง เลือกวัสดุจากตัวอย่าง รายการแทนการกำหนดค่า NRC หรือการเลือกประเภทการใช้งานของห้องแทนการกำหนดค่า Reverberation time เป็นต้น

3.2.2 การใช้งานสะดวกรวดเร็ว

- การลดจำนวนข้อมูล input ให้เหลือเพียงที่ผู้ใช้ซึ่งเป็นสถาปนิกและนักออกแบบจะต้องรู้เท่านั้นจำเป็น โดยเฉพาะข้อมูล การป้อนค่าน่าจะมีจำนวนข้อมูลน้อยลงและทำให้ง่ายขึ้น เช่นความถี่ คุณสมบัติของวัสดุและการคำนวณอาจจะไม่ต้องใช้ในทุกช่วงความถี่ แต่อาจจะใช้ช่วงที่สำคัญกับการได้ยิน หรือตัวแปรซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยเช่น NRC (ค่าเฉลี่ยของการดูดซับที่ 250 500 1000 2000 Hz)แทนการกำหนด Absorption Coefficient ทุกช่วงความถี่เป็นต้น ปัจจัยนี้จะทำให้เป็นการออกแบบทดลองสามารถปรับ

เปลี่ยนได้ง่ายและเห็นผลรวดเร็ว น่าจะมีประโยชน์กว่า อีกทั้งการคำนวณยังอยู่ในระดับเพียงการคาดการณ์เบื้องต้นเท่านั้น ความแม่นยำของโปรแกรมนั้นจึงเป็นประเด็นรองๆลงไป นอกจากปริมาณข้อมูลแล้วยังต้องลดความซับซ้อนและจำนวนขั้นตอนของการทำงาน ทำให้น้อยและง่ายได้ผลลัพธ์เร็วอีกด้วย

- กำหนดความถี่ที่มาใช้คำนวณอยู่ในช่วงกลาง เนื่องจากในช่วงความถี่ต่ำนั้นขนาดของระนาบที่สะท้อนเสียงจะเป็นปัจจัยหลักที่ต้องนำมาพิจารณาด้วย เพราะระนาบที่มีขนาดเล็กจะไม่สะท้อนเสียงในช่วงความถี่ต่ำ แต่เพื่อให้โปรแกรมมีความง่ายและสามารถคำนวณได้รวดเร็วขึ้น จึงกำหนดให้ความถี่ที่นำมาใช้คำนวณอยู่เพียงในช่วงกลาง (250 Hz. ความยาวคลื่น 1 เมตร จนถึง 2000Hz. ความยาวคลื่น 15 ซม.) ซึ่งเป็นช่วงที่มีผลต่อการรับฟังมากที่สุด และกำหนดให้ระนาบทุกขนาดสามารถสะท้อนทุกคลื่นความถี่ช่วงกลางนี้ได้ ดังนั้นขนาดของระนาบจึงไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา และกำหนดให้ลักษณะการสะท้อนเป็นแบบ Specula Reflection ซึ่งจะมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอเท่านั้น ไม่มีการกำหนดให้วัสดุสะท้อนแบบกระจาย หรือ Diffuse Reflection

- การตรวจสอบค่ามาตรฐานของเสียงภายในห้องต่างๆนั้น จะใช้การตรวจวัดจากแหล่งกำเนิดเพียงแหล่งเดียว ดังนั้น การทำงานของโปรแกรมจึงไม่จำเป็นต้องสามารถกำหนด Sourceมากกว่า 1 แหล่งกำเนิดได้ ขั้นต้น (สำหรับการวิเคราะห์ระบบเสียงที่เป็น Sound System เช่น เครื่องขยายเสียง จึงจำเป็นต้องใช้ Source มากกว่า 1 แหล่งกำเนิด แต่ในขอบเขตการพัฒนาโปรแกรม มิได้กำหนดให้ครอบคลุมในประเด็นนี้) รวมทั้งกำหนดให้ Source มีการกระจายพลังงานเท่ากัน โดยผู้ใช้กำหนดเพียงแค่ค่าระดับความดังที่ระยะใดๆเพียงแค่ค่าเดียวเท่านั้น เพื่อให้การใช้งานโปรแกรมและการคำนวณของโปรแกรมทำได้รวดเร็วขึ้น

- การมีตัวอย่างของห้องหรือวัสดุ ค่าความดัง หรืออื่นๆ ให้ผู้ใช้ได้เลือกใช้ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจค่าตัวแปรนั้นๆได้ดีขึ้นจากการสังเกตค่าของตัวอย่าง อีกทั้งยังทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้น เนื่องจากสามารถเรียกใช้ได้ทันที ไม่ต้องเริ่มสร้างขึ้นใหม่ตั้งแต่ต้นทุกครั้งไป เช่นมีสามารถในการ Load ตัวอย่าง Plan หรือ Section ของห้องหรือ รูปร่างมาตรฐานต่างๆ ได้ นอกจากนั้นแม้ผู้ใช้ไม่ได้มีการกำหนดค่าตัวแปร โปรแกรมจะต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้น (Default)ให้โดยอัตโนมัติด้วย เพื่อให้โปรแกรมสามารถเริ่มการคำนวณได้ทันทีแม้ผู้ใช้ไม่ได้มีการตั้งค่า

3.2.3 สนับสนุนการช่วยออกแบบเบื้องต้น ยืดหยุ่น ทดลองกลับไปมาได้

-เนื่องจากในความเป็นจริงแล้วลักษณะการทำงานของผู้ออกแบบซึ่งมักจะเริ่มจากการร่างภาพ 2 มิติ เช่นการตรวจสอบ Ray Diagram ของเสียงนั้น นักออกแบบมักใช้ การ Sketch ผังพื้น หรือ รูปตัดของห้อง ลงบนบนกระดาษ ดังนั้น ดังนั้นหากโปรแกรมมีการทำงานเป็น 2 มิติ ใกล้เคียงกับการ Sketch ก็น่าจะทำให้นักออกแบบใช้งานได้สะดวกและคุ้นเคยชินและเข้าใจได้ง่ายขึ้น สามารถแทนการใช้กระดาษและปากกาได้ อีกทั้งทำให้การสร้างห้องและปรับวัสดุสามารถทำได้ง่ายและเป็นไปตามความต้องการมาก

กว่า เข้าใจ ง่ายต่อการศึกษา การคำนวณ 2 มิติแม้ผลที่ได้จะไม่ถูกต้อง 100% แต่ก็มีความถูกต้องเพียงพอสำหรับการตรวจสอบเพื่อช่วยในการออกแบบเบื้องต้น ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของโปรแกรม น่าจะหาแนวทางในการใช้งานโปรแกรมรูปแบบใหม่ให้มีความคล่องตัวและยืดหยุ่นมากขึ้น คล่องตัวแก้ไขง่าย เห็นผลลัพธ์เร็ว

-การแสดงผลขณะคำนวณ ให้ผู้ใช้สามารถเห็นแนวทางการเคลื่อนที่การตกกระทบและการสะท้อน จะทำให้ผู้ออกแบบสามารถเห็นภาพรวม และสามารถเข้าใจพฤติกรรมของเสียง การสะท้อนภายในห้อง และปรับรูปร่างวัสดุเพื่อควบคุมได้ง่ายขึ้น อีกทั้งเกิดประโยชน์ต่อการใช้เป็นสื่อในการเรียนรู้อีกด้วย อาจใช้การแสดงพฤติกรรมของเสียงเป็น Ray Diagram ซึ่งจะช่วยให้เห็นทิศทาง การ Focus การรวม (Sound Concentration) , การกระจาย (Sound Distribution) ได้ชัดเจน ดังนั้นถ้าหากโปรแกรมมีการแสดงให้เห็นทิศทางและพลังงานของเสียงที่แปรเปลี่ยนไปน่าจะทำให้ผู้ใช้เข้าใจและเห็นภาพรวม แก้ไขข้อบกพร่องได้ถูกจุดมากขึ้น สามารถปรับรูปร่างและวัสดุให้เพื่อควบคุมเสียงให้เป็นไปตามความต้องการได้ง่าย

-เทคนิคในการป้อนข้อมูล และควบคุมโปรแกรมต้องทำได้ง่ายและรวดเร็วในทุกๆส่วน ก็จะสามารถใช้โปรแกรมเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบได้ การใช้ Mouse เข้ามามีบทบาทในการกำหนดค่าเหล่านี้ ก็จะทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้นอีกมาก หากสามารถมีการกำหนดด้วย Mouse เช่นเทคนิคการ Slide หรือ Drag and Drop ได้จะทำให้สะดวกขึ้น ผู้ใช้ต้องสามารถเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆเช่น รูปร่างและวัสดุของห้องได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และเห็นผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็วเหมาะกับการทำงานในลักษณะ Sketch สิ่งนี้ทำให้โปรแกรมมีลักษณะการทำงานแบบ 2 ทาง สามารถย้อนไปมา เพื่อหาแนวทางในการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดได้ สามารถใช้โปรแกรมเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบได้จริง เป็นโปรแกรมทางด้าน Acoustic รูปแบบใหม่ที่เหมาะกับการใช้งานของผู้ใช้ซึ่งเป็นสถาปนิก

3.2.4 ความเหมาะสมของผลลัพธ์

- ผลลัพธ์หรือ Output นั้น ต้องเลือกเฉพาะค่าที่จำเป็นกับการทำงานของสถาปนิก เพื่อให้ตอบสนองความต้องการของสถาปนิกได้ตรงจุด เนื่องจากผลลัพธ์ทางด้านเสียงที่สถาปนิกต้องการรู้ที่สำคัญมีอยู่เพียง 3 ถึง 4 ค่าที่ได้กล่าวไปเท่านั้น อีกทั้ง Output ที่ได้จะต้องเหมาะสมคุ้มค่ากับปริมาณข้อมูลที่ Input ป้อนเข้าไปอีกด้วย

- การแสดงผลของโปรแกรมก็จะอยู่ในภาษาที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ มิใช่ค่าตัวแปรทางเทคนิค ควรจะต้องมีการแสดงความหมายเพิ่มเติม รวมทั้งคำแนะนำต่างๆอีกด้วย โปรแกรมควรจะมีการแปลผลลัพธ์รวมทั้งตัวแปรต่างๆให้ผู้ใช้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

- รวมทั้งการชี้แจงว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมีความเหมาะสม อยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่ มากน้อยเพียงไร และแนะนำว่าผู้ใช้ควรจะปรับค่าตัวแปรต่างๆไปในทิศทางใด เพื่อให้ผลลัพธ์อยู่ใน เกณฑ์ ที่เหมาะสม หรือ การแนะนำ เช่นถ้าความดังน้อยเกินไปควรเพิ่มระบบเสียงเป็นต้น

3.2.5 แนวคิดที่ได้จากโปรแกรมตัวอย่าง

- แนวคิดทางเทคนิคและกระบวนการ ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าต่างๆของกรณีศึกษานั้น สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมได้ เช่น Ray Diagram การสร้าง Echogram การใช้ Receiver เป็นต้น

- ในแนวทางการพัฒนาโปรแกรมขึ้นใหม่นี้อาจมีการแยกระดับการคำนวณเช่นกัน เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการคำนวณ และแยกการทำงานให้ผู้ใช้ไม่สับสน แต่การแบ่งระดับและวิธีการที่ใช้ในการคำนวณอาจมีการปรับเปลี่ยนเพิ่มเติมเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานยิ่งขึ้น ซึ่งจะกล่าวในลำดับต่อไป

- การเล่นตัวอย่างเสียง ซึ่งการจะทำให้โปรแกรมที่เราจะพัฒนาขึ้นสามารถจัดการกับเสียงได้นั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นอาจใช้การเตรียม File เสียงที่มีคุณสมบัติเช่นค่า RT ระดับความดังตามต้องการเอาไว้ก่อนแล้วดึงมาเล่นเพื่อเป็นตัวอย่างคร่าวๆเท่านั้น

3.2.6 คำสั่งช่วยเหลือพิเศษต่าง ๆ ให้ทำงานง่ายขึ้น

การเพิ่มคำสั่งช่วยในการสร้างพิเศษต่างๆของโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมสามารถใช้งานได้สะดวกรวดเร็วขึ้น เช่นการเลือกหมวดในการสร้างห้องเป็น Symmetrical ทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างห้องที่มีลักษณะ Symmetrical Balance ในแนวแกนต่างๆได้ ความสมมาตรของห้องนี้สามารถช่วยให้ผู้ใช้งานทำงานได้รวดเร็วขึ้นมาก คือสร้างเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งก็เพียงพอ ซึ่งห้องที่ต้องการการคำนวณทาง Acoustic ส่วนใหญ่เช่นห้องประชุม โรงละคร ก็มักมีลักษณะผังแบบสมมาตรอีกด้วย หรือการจัดวางระยะห่างระหว่าง Receiver โดยอัตโนมัติ ผู้ใช้จะทำการเลือกจำนวน แกนในการจัดวาง และระยะห่าง จากนั้นโปรแกรมทำการจัดวางตามจำนวนหรือระยะที่กำหนดก็น่าจะทำให้ ใช้งานได้สะดวกขึ้น ความสามารถอื่นๆ เช่นการปรับ Scale บนหน้าจอเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดห้องที่ต้องการคำนวณ เพื่อย่อหรือขยายพื้นที่จอมีจำกัด

3.3 แนวทางในการหาผลลัพธ์ของโปรแกรม

3.3.1 เทคนิคการคำนวณเบื้องต้น

เทคนิคที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาผลลัพธ์ต่างๆอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธีการหลักได้แก่

- การใช้สูตรคำนวณซึ่งอ้างอิงตามทฤษฎี ค่าคุณสมบัติทางด้านเสียงบางประการเช่น ค่า RT โดยเฉลี่ยของห้องนั้น จะสามารถใช้สูตรลักษณะนี้คำนวณหาค่าได้ไม่ยากนัก ซึ่งเมื่อใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผลแล้ว ผลลัพธ์ของการคำนวณจะสามารถแสดงออกมาได้ทันทีที่ ผู้ใช้ทำการการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต้นเช่นรูปร่างและวัสดุของห้อง อาจเรียกว่าเป็นการแสดงผลลัพธ์แบบ "Real-Time" การแสดงผลลัพธ์ทันทีนี้จะทำให้ผู้ใช้สามารถปรับค่าตัวแปรต้นให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการได้อย่างรวดเร็วมาก สูตรการคำนวณที่นำมาใช้หาค่า RT นั้นจะขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของห้อง กับค่าการดูดซับพลังงานรวมของห้อง (Room Total Absorption) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามการกำหนดรูปร่างและวัสดุภายในห้องของผู้ใช้ แม้ว่าสูตรการคำนวณโดยรวมนี้จะสามารถทำได้รวดเร็ว แต่ก็สามารถใช้หาผลลัพธ์ได้เพียงบางประการเท่านั้น ทั้งนี้ค่าผลลัพธ์ทางด้านเสียงอื่นๆจะไม่สามารถหาจากวิธีการคำนวณลักษณะดังกล่าวได้

-การคำนวณโดยอาศัยการจำลองการเคลื่อนที่ของเสียง เนื่องจากการคำนวณโดยสูตรโดยรวมๆนั้นไม่สามารถหาค่าคุณสมบัติที่มีลักษณะเฉพาะตัวในแต่ละจุดภายในห้อง ซึ่งได้แก่ Echogram , การวิเคราะห์ระดับความดัง (dB.) หรือ การวิเคราะห์ Echo ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการคำนวณโดยอาศัยการจำลองสภาพการเคลื่อนที่ของเสียงจริงจากแหล่งกำเนิดไปยังจุดสังเกตหรือตัวรับ(Receiver) ณ ตำแหน่งต่างๆภายในห้องอีกด้วย การตรวจสอบโดยใช้ Receiver เป็นตัวตรวจรับค่าในแต่ละตำแหน่งของห้องนี้ในทาง Acoustic จะเรียกว่า การวิเคราะห์แบบจุดต่อจุด (Point by Point) ซึ่งมีความละเอียดมากที่สุดและสามารถหาค่าตัวแปรซึ่งไม่สามารถใช้สูตรคำนวณโดยรวมใดๆหาได้ เดิมนั้นการวิเคราะห์ลักษณะนี้จะต้องอาศัยการทำหุ่นจำลองเพียงอย่างเดียว แต่ในปัจจุบันสามารถใช้เทคนิคการจำลองสถานะการณ์ภายในคอมพิวเตอร์มาใช้ได้

เทคนิคการจำลองการเคลื่อนที่ของเสียง จะใช้วิธีการยิง Ray ซึ่งแทนทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียงออกมาเป็นรัศมีรอบแหล่งกำเนิด Ray แต่ละตัวจะมีพลังงานเริ่มต้นกำหนดอยู่ เมื่อเวลาผ่านไปโปรแกรมจะทำการประมวลผลตำแหน่งของ Ray ให้มีการเคลื่อนออกห่างจากแหล่งกำเนิดมากขึ้นในทุกทิศทาง และพลังงานของแต่ละ Ray นั้นจะลดลงตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้นตามสูตรการเปลี่ยนแปลงของพลังงานที่สัมพันธ์กับระยะทาง (Inverse Square Law) เมื่อ Ray ตกกระทบระนาบของผนัง พื้น หรือ ฝ้าของห้อง จะมีการสะท้อนกลับออกมา โดยใช้หลักการค่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน รวมทั้งพลังงาน

หลังการสะท้อนจะลดลงด้วยตามปริมาณการดูดซับพลังงานของวัสดุ(NRC) ซึ่งผู้ใช้เป็นผู้กำหนดให้ระนาบนั้นๆ เมื่อ Ray ตกกระทบในรัศมีรอบๆตัวรับ(Receiver)ไม่เกินระยะที่กำหนด ค่าพลังงานและเวลาที่ตกกระทบตัวรับนั้นจะถูกบันทึกไว้เป็นชุดๆ จากนั้นโปรแกรมจะนำเอาชุดข้อมูลที่เก็บไว้นี้ไปวิเคราะห์ โดย Algorithmต่างๆ เพื่อหาคุณสมบัติที่มีลักษณะเฉพาะตัวในแต่ละจุดภายในห้อง ซึ่งได้แก่ การแสดง Echogram , การวิเคราะห์ระดับความดัง (dB.) และ การวิเคราะห์ Echo

การใช้หลักการคำนวณลักษณะนี้นอกจากจะให้ผลลัพธ์ต่างๆดังกล่าวแล้ว หากในระหว่างการคำนวณมีการแสดงให้เห็นทิศทางการเคลื่อนที่ของ Ray แต่ละตัว ก็จะทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจพฤติกรรมการสะท้อนและการกระจายตัวของเสียงภายในห้องได้ ซึ่งสามารถใช้แทนการทำ Ray Diagram Graphic ได้อีกด้วย

ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 2ลักษณะนี้ จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณภาพและแสดงออกมาเป็นตัวอย่างเสียง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่ายอีกด้วย ซึ่งจะกล่าวถึงในลำดับถัดไป

3.3.2 การหาค่าผลลัพธ์ และการแยกระดับการประมวลผล

เนื่องจากการหาผลลัพธ์แต่ละค่านั้นมีกระบวนการ ตัวแปรต้น ตลอดจนระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อผู้ใช้เกิดความเข้าใจได้ง่าย ว่าค่าตัวแปรต้นใดจะมีผลต่อผลลัพธ์ที่ต้องการ และเพื่อให้ไม่สิ้นเปลืองเวลาในการคำนวณค่าผลลัพธ์ทั้งหมด ซึ่งผู้ใช้อาจต้องการทราบเพียงบางตัว โปรแกรมจึงต้องมีการแยกระดับของการคำนวณออกเป็นหลายหมวด โดยให้ผู้ใช้เลือกว่า ผลลัพธ์ใดที่ต้องการคำนวณ โปรแกรมจะแสดงเฉพาะชุดคำสั่งและตัวแปรต้นที่จะมีผลต่อค่าผลลัพธ์ที่เลือกเท่านั้น รวมทั้งการคำนวณของโปรแกรมจะทำเฉพาะการหาผลลัพธ์ที่ผู้ใช้เลือกเท่านั้น เพื่อให้ผู้ใช้ไม่สับสนและประหยัดเวลาได้มาก

ระดับของการคำนวณจะแยกเป็นหมวดการทำงานที่มีรายละเอียดทางการควบคุม วิธีการคำนวณ และการตั้งค่าตัวแปรต้น ต่างกันออกไปตามค่าผลลัพธ์ที่สถาปนิกต้องการ ซึ่งแยกได้เป็น 4 หมวดการทำงาน ดังนี้

-หมวด Reverberation Time Analysis

เป็นการวิเคราะห์ค่าความก้องของเสียงภายในห้อง (Reverberation Time, RT.) โดยการคำนวณตามทฤษฎีจากความสัมพันธ์ของปริมาตร (Volume) และค่าการดูดซับโดยรวมของห้อง (Total Absorption) ในระดับการคำนวณนี้ ผู้ใช้จะสามารถกำหนดรูปร่างของห้อง และค่าการดูดซับเสียงของวัสดุในแต่ละด้านของห้องได้ เมื่อค่าเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงไปโปรแกรมจะทำการคำนวณค่า RT และแสดงผลในทันที (Real-Time) ผู้ใช้ยังสามารถเลือกประเภทการใช้งานของห้องเพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ใน

การประเมินความเหมาะสมของค่า RT ที่ได้ โดยห้องแต่ละประเภทก็มีค่า RT ที่เหมาะสมต่อการใช้งานแตกต่างกันออกไป นอกจากนั้นยังสามารถทดลองเล่นตัวอย่างเสียงที่มีค่า RT ตรงกับผลลัพธ์ได้อีกด้วย

เนื่องจากหมวดการทำงานนี้เป็นการหาผลลัพธ์จากสูตรทางทฤษฎีโดยตรง และเป็นค่าคุณสมบัติโดยรวมของห้อง ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตาม ปริมาตร และวัสดุภายในห้องเท่านั้น ดังนั้นจึงยังไม่มีการกำหนดคุณสมบัติของแหล่งกำเนิด จุดรับ หรือการใช้การจำลองการเคลื่อนที่ของเสียงด้วย Ray แต่อย่างใด หมวดการคำนวณนี้จึงมีความซับซ้อนในการใช้งานน้อยที่สุด อีกทั้งได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วที่สุดอีกด้วย และเนื่องจากความสามารถในการแสดงผลแบบ Real-Time นี้ทำให้สามารถแสดงค่า RT ได้เสมอ แม้ผู้ใช้จะเลือกการทำงานในหมวดอื่นๆที่ซับซ้อนมากขึ้นโดยไม่เสียเวลาคำนวณเพิ่มแต่อย่างใด ค่า RT จึงเป็นผลลัพธ์ที่แสดงเสมอไม่ว่าจะอยู่ในการคำนวณหมวดใด

-หมวด Ray Diagram Analysis

เป็นการวิเคราะห์ของเสียงโดยอาศัยการแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของ Ray ที่สะท้อนไปมาระหว่างด้านต่างๆ มาวิเคราะห์พฤติกรรมการรวมและกระจายของเสียง (Sound Concentration & Distribution) ของห้อง การวิเคราะห์ตั้งแต่หมวดนี้ขึ้นไปจะเป็นการใช้การจำลองการเคลื่อนที่ของเสียงด้วยการยิง Ray นั่นเอง

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ผู้ใช้ต้องการทราบในการทำงานหมวดนี้ เป็นเพียงภาพแนวการเคลื่อนที่ของเสียง องศาตกกระทบและองศาสะท้อน ดังนั้นการเลือกการทำงานในระดับนี้ จึงยังไม่ต้องมีการกำหนดคุณสมบัติของตำแหน่งผู้รับ (Receiver) หรือ พลังงานเริ่มต้นของแหล่งกำเนิดแต่อย่างใด แต่ต้องมีการกำหนดจุดเริ่มต้นของการยิง Ray รวมทั้งรายละเอียดต่างๆเช่นจำนวน Ray ทิศทางและองศาทั้งหมดที่ยิงออกไปได้โดยละเอียด เพื่อให้สามารถตรวจสอบลักษณะการสะท้อนได้ครอบคลุมทุกจุดและกำหนดความละเอียดในระดับต่างๆกันได้

การจำลองการเคลื่อนที่ของเสียงจะเริ่มต้นเมื่อผู้ใช้กดปุ่มเพื่อเริ่มการคำนวณ และหยุดการคำนวณโดยผู้ใช้เช่นกัน เมื่อผู้ใช้สังเกตผลและได้ผลลัพธ์ตามต้องการแล้วโดยไม่กำหนดเวลาตายตัวในการคำนวณ หรือจนกว่า Ray ทั้งหมดจะสะท้อนจนหมดพลังงานไป โดยเทคนิคการยิง Ray และเกิดการสะท้อนในทิศทางต่างๆนี้จะนำไปใช้ในหมวดการวิเคราะห์รายละเอียดระดับถัดไปอีกด้วย

-หมวด Echogram Analysis

เป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมของเสียงโดยละเอียด ณ จุดต่างๆภายในห้อง โดยใช้ การจำลองการเคลื่อนที่ของเสียงด้วยการยิง Ray เช่นเดียวกัน แต่จะมีการเพิ่ม Receiver หรือ ตัวรับ เพื่อตรวจสอบการตกกระทบของ Ray ในตำแหน่งที่ผู้ใช้ต้องการภายในห้อง ผลลัพธ์ที่ได้คือกราฟ Echogram ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและพลังงานที่ตกกระทบ การคำนวณในหมวดนี้ผู้ใช้จะต้องกำหนดคุณสมบัติและตำแหน่งของแหล่งกำเนิด(Source) รวมทั้งคุณสมบัติและตำแหน่งของตัวรับ (Receiver) เพื่อให้โปรแกรมสามารถหาผลลัพธ์ได้ ทั้งนี้ในส่วนของการตั้งค่า Ray ที่ใช้ในการคำนวณจะกำหนดได้แค่เพียง

จำนวน Ray เท่านั้น ส่วนองศาการกระจายจะกำหนดไว้ที่ 360 เสมอ เพื่อให้การคำนวณมีความถูกต้องเชื่อถือได้ โดยในส่วนของจำนวน Ray นั้น โปรแกรมจะให้ผู้ใช้กำหนดผ่านทาง Quality ของการคำนวณแทนการกำหนดจำนวนโดยตรง เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ใช้ตั้งค่าจำนวน Ray ต่ำเกินไปจนกระทั่งผลการคำนวณไม่น่าเชื่อถือ และเพื่อให้การทำงานสะดวกขึ้น

การคำนวณจะเริ่มเมื่อผู้ใช้กดปุ่มเริ่ม และหยุดการคำนวณโดยผู้ใช้เช่นกัน เมื่อผู้ใช้สังเกตผลของ Echogram ในระยะเวลาเพียงพอที่จะนำไปใช้วิเคราะห์แล้ว โดยไม่กำหนดเวลาตายตัวในการคำนวณ หรือจนกว่า Ray ทั้งหมดจะสะท้อนจนหมดพลังงานไป

-หมวด Intensity Level Analysis และ Echo Analysis

เป็นการวิเคราะห์ที่มีจำนวนตัวแปรที่ผู้ใช้ต้องตั้งค่ามากที่สุด เป็นการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติ ณ ตำแหน่งต่างๆโดยใช้ Receiver เป็นตัวรับการตกกระทบของ Ray เช่นกัน ผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่า Intensity Level หรือระดับความดัง และ ค่าช่วงต่างของ Time Gap ซึ่งจะนำมาประเมินเสียงสะท้อนที่ก่อให้เกิดปัญหาในการรับฟังหรือ Echo ได้ การคำนวณในหมวดนี้ผู้ใช้จะต้องกำหนดคุณสมบัติและตำแหน่งของแหล่งกำเนิด (Source) และตัวรับ (Receiver) เช่นกัน โดยในส่วนของจำนวน Ray ที่ใช้ในการคำนวณนั้น จะกำหนดผ่านทาง Quality เช่นเดียวกับในหมวด Echogram

การคำนวณในหมวดนี้จะเริ่มสั่งการโดยผู้ใช้เช่นเดิม แต่จะหยุดโดยอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด เงื่อนไขดังกล่าวนี้คือ จะจำกัด Ray ที่จะนำมาใช้คำนวณ อยู่ในการสะท้อนไม่เกินกี่ครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้ไม่ต้องรอให้พลังงานของ Ray ลดลงจนหมด สามารถประหยัดเวลาในการคำนวณได้มาก โดยเงื่อนไขจำนวนครั้งในการสะท้อนนี้จะกำหนดที่ 3 ครั้งเป็นอย่างน้อยเพื่อให้ผลการคำนวณเชื่อถือได้ เมื่อ Ray ผ่านการสะท้อนเกินจำนวนครั้งที่กำหนดก็จะถูกลบออกไปจากระบบ ระยะเวลาที่ใช้และความถูกต้องในการคำนวณจะมากขึ้นด้วยเมื่อกำหนดให้จำนวนครั้งของการสะท้อนมากขึ้น นอกจากนั้นโปรแกรมยังมีการแสดงจำนวนของ Ray ถูกลบไปแล้วเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อให้ผู้ใช้ทราบถึงระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณคร่าวๆได้

วิธีการคำนวณนั้นจะเกิดจากการนำเอาข้อมูลการตกกระทบมาทำการคำนวณตามสูตร อีกทอดหนึ่ง สำหรับ Intensity จะใช้การรวมพลังงานเสียงที่ตกกระทบตัวรับในระยะเวลาไม่เกินขอบเขตที่กำหนดตามทฤษฎี เข้าด้วยการตามสูตร ซึ่งระยะเวลานี้จะแตกต่างกันระหว่างเสียงพูดและเสียงดนตรี ส่วนการวิเคราะห์เสียงสะท้อนหรือ Echo นั้นจะพิจารณาจากผลต่างของระยะเวลาที่พลังงานเสียงที่ตกกระทบตัวรับแต่ละครั้ง ซึ่งถ้าหากเวลาต่างกันเกินที่กำหนด ก็จะเกิดปัญหา Echo ขึ้น

ในส่วนของการแสดงผล ค่า Intensity นอกจากจะแสดงค่าพลังงานรวมแล้ว ยังแสดงพลังงานจาก Direct Sound และพลังงานที่เพิ่มขึ้นมาจาก Reflection การวิเคราะห์จะใช้ค่าพลังงานที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นเกณฑ์ หากเพิ่มขึ้นมากผลการวิเคราะห์ก็จะดีมากตามไปด้วย ส่วนการแสดงของ Echo จะแสดงระยะเวลา Delay Gap ระหว่างพลังงานตกกระทบที่มากที่สุด และทำการนับจำนวนครั้งที่ค่า Delay

Gap นี้ห่างเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เพื่อแสดงออกมาเป็นจำนวนครั้งที่ผู้สังเกตจะได้ยินเสียงสะท้อน การประเมินผลจะใช้ Delay Gap นี้เป็นตัววัด หากระยะเวลายิ่งน้อยผลการวิเคราะห์จะดีขึ้น

นอกจากนั้นหลังจากได้ผลลัพธ์แล้ว ผู้ใช้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงประเภทของเสียงระหว่างเสียงพูดและเสียงดนตรี ซึ่งจะมีผลต่อค่าผลลัพธ์ทั้งผลลัพธ์ทั้งสอง และแสดงผลที่เปลี่ยนแปลงไปได้โดยไม่ต้องทำการคำนวณใหม่อีกครั้ง การคำนวนในหมวดนี้ยังสามารถทดลองเล่นตัวอย่างเสียงที่มีค่า Intensity และ Echo ตรงกับผลลัพธ์ได้อีกด้วย

3.3.3 สรุปตัวแปรที่จำเป็นต้องกำหนดในการคำนวณ

จากผลลัพธ์และเทคนิคการคำนวณที่ได้กล่าวไป จะพบว่ามีตัวแปรและปัจจัยหลายประการ ที่ผู้ใช้จะต้องกำหนดเพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณผลลัพธ์ได้ ซึ่งพอจะสรุปเป็นหมวดหมู่ได้ดังนี้

<u>-ตัวแปรต้นตามทฤษฎีทางด้านเสียงที่มีผลต่อผลลัพธ์โดยตรง</u>

-รูปร่าง ขนาด และปริมาตร ของห้อง

-คุณสมบัติการดูดซับเสียงของวัสดุที่ใช้ ขนาดพื้นที่และตำแหน่งของวัสดุเหล่านั้นภายในห้อง

-คุณสมบัติด้านพลังงาน และตำแหน่ง ของแหล่งกำเนิด (Source)

-สภาพแวดล้อม เช่นอุณหภูมิ ที่จะมีผลต่อความเร็วเสียง

-ตำแหน่งของผู้สังเกต หรือตัวรับ (Receiver)

<u>-ตัวแปรที่ต้องกำหนดเพิ่มเพื่อใช้ในควบคุมการคำนวณของโปรแกรมและวิเคราะห์ผล</u>

- จำนวน ทิศทาง องศาการกระจาย ของ Ray

-ระดับคุณภาพ ความแม่นยำของการคำนวณ

-เงื่อนไขในการหยุดการคำนวณ (จำนวนครั้งของการสะท้อน)

<u>-ตัวแปรที่ต้องกำหนดเพิ่มเพื่อใช้วิเคราะห์ความเหมาะสมของผลลัพธ์</u>

-ประเภทการใช้งานของห้อง

-ชนิดของเสียง (Speech-Music)

3.4 สรุปความสามารถในการทำงานของโปรแกรม

จากแนวคิดในการพัฒนา หลักและวิธีการคำนวณของโปรแกรมตลอดจนตัวแปรต้นและผลลัพธ์ที่ต้องการทั้งหมด ทำให้สามารถสรุปความสามารถที่โปรแกรมจำเป็นจะต้องมี เป็นประเด็นต่างๆดังนี้

3.4.1 การควบคุมการคำนวณ

-เลือกหมวดของผลลัพธ์ที่ต้องการคำนวณ (มีผลต่อวิธีการทำงานและคำสั่งส่วนต่างๆโปรแกรม)

-การกำหนด เริ่ม หยุด หรือยกเลิก การคำนวณ ซึ่งแตกต่างตามแต่ละหมวดการคำนวณ

-การแสดง สถานะของการประมวลผล (Status) ได้แก่เวลาที่ใช้ไป ระยะทางที่เสียงเดินทาง

-การแสดงเวลาโดยประมาณที่ต้องใช้ในการคำนวณ (เฉพาะ Intensity & Echo Analysis)

-การกำหนดคุณภาพของการคำนวณ

-การกำหนดจำนวนครั้งของการสะท้อนซึ่งจะเป็นเงื่อนไขในการหยุดการคำนวณสำหรับ Intensity & Echo Analysis)

3.4.2 ความสามารถในการกำหนดคุณสมบัติของห้อง

-การ Load ตัวอย่างรูปร่างของห้อง

-การกำหนดลักษณะห้องและปรับแก้รูปร่างของห้อง ได้แก่การกำหนดจำนวนจุดควบคุมและแก้ไขรูปร่าง

-การกำหนดระยะความลึกของห้อง (ใช้เฉพาะการคำนวณ RT)

-การแสดงรูปร่างและคุณสมบัติอื่นๆของห้อง เช่นพื้นที่และปริมาตร

3.4.3 ความสามารถประกอบอื่นๆในการสร้างห้อง

-การเลือก Mode ความสมมาตรของห้อง

-การปรับ Scale ของห้อง

-การแสดง Grid อ้างอิงเพื่อให้การสร้างห้องง่ายขึ้น

3.4.4 ความสามารถในการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ

-การ Load ตัวอย่างวัสดุ

-การสร้างแก้ไขปรับแต่งค่าการดูดซับเสียงวัสดุ

-การบันทึกคุณสมบัติวัสดุเพื่อเรียกกลับมาใช้

-การกำหนดวัสดุให้กับด้านต่างๆของห้อง

-การกำหนดวัสดุให้กับด้านบนและล่างของห้อง (ใช้เฉพาะการคำนวณ RT)

-การแสดงคุณสมบัติข้อมูลวัสดุ การแสดงวัสดุที่ด้านต่างๆของห้อง และ Total Absorption

3.4.5 **การคำนวณคุณสมบัติทางสภาพแวดล้อม**(ตั้งแต่ระดับ Ray Diagram ขึ้นไป)

- การกำหนดอุณหภูมิอากาศ (องศา C) ซึ่งจะมีผลต่อความเร็วเสียง

3.4.6 **การกำหนดคุณสมบัติของ Ray ที่ใช้ในการคำนวณ** (เฉพาะระดับ Ray Diagram ส่วนในระดับ Echogram และ dB.& Echo Analysis จำนวน จะกำหนดไว้ที่ 360 องศา เพื่อให้ผลการคำนวณเชื่อถือได้ ส่วนจำนวน Ray ใช้การกำหนด Quality แทนจำนวน Ray โดยตรง เพื่อให้ทำงานง่าย แม่นยำเพียงพอ)

-จำนวน Ray ทั้งหมดที่ใช้ (ไม่เกิน 180 Rays)

-องศาทั้งหมดที่ยิง Ray ออกไป

-ทิศทางที่ยิง Ray ออกไป

-กำหนดตำแหน่งกระจาย Ray

-การแสดงคุณข้อมูลสมบัติของ Ray

3.4.7 **การคำนวณคุณสมบัติของแหล่งกำเนิด Source** (เฉพาะระดับ Echogram ขึ้นไป

-จำนวนของ Source (1แหล่งกำเนิดเท่านั้น)

-กำหนดตำแหน่งของ Source

-ระดับความดัง ที่ระยะใดๆรอบๆแหล่งกำเนิด (พลังงานทุกทิศทางเท่ากัน)

-การ Load ตัวอย่างคุณสมบัติของ แหล่งกำเนิดต่างๆ

-การแสดงคุณสมบัติข้อมูลของ Source เช่นตำแหน่งพิกัด

3.4.8 **การกำหนดคุณสมบัติของ Receiver** (เฉพาะระดับ Echogram ขึ้นไป)

-จำนวน Receiver

-กำหนดตำแหน่งของ Receiver

-การจัดตำแหน่งโดยอัตโนมัติ จากการกำหนดระยะห่างและองศาการเรียงตัวของ Receiver

-การแสดงคุณสมบัติข้อมูลของ Receiver ตัวต่างๆ เช่นเช่นตำแหน่งพิกัด ระยะห่าง องศาจากแหล่งกำเนิดเป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.9 การกำหนดตัวแปรเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล

-การกำหนดการใช้งานของห้อง เพื่อใช้ประเมินค่า RT

-การประเภทของเสียง (Speech - Music) เพื่อใช้ในการประเมินค่า Intensity และ Echo

3.4.10 การแสดงผลลัพธ์ และวิเคราะห์ผล

-การแสดงค่า RT ของห้อง

-แสดงทิศทางการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนแปลงพลังงานของ Ray

-การแสดง Echogram ของแต่ละ Receiver และการ Zoom time in out เพื่อแสดงผลได้ครบถ้วนทุกช่วงเวลา รวมทั้งข้อมูลกระทบของครั้งล่าสุดของ Echogram

-การ Copy Echogramเก็บเอาไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ บน Timeline เดิม /การ Clear time line และ Clear Copied Time Line

-การแสดงค่า Sound Intensity Level(dB.) การแสดงค่า Echo ของแต่ละ Receiver ตามระดับของการคำนวณที่เลือก

-การ เลือกเสียงตัวอย่าง และการเล่นเสียงตัวอย่างที่มีค่าตามผลลัพธ์(RT, dB., Echo)

-การประเมินความเหมาะสมของผลลัพธ์(RT, dB., Echo) ใช้สัญลักษณ์ยิ้ม

3.4.11 ส่วนช่วยเหลือของโปรแกรม

-Tool tip Text

-ส่วนอธิบายคำศัพท์เฉพาะทางทางด้านเสียง

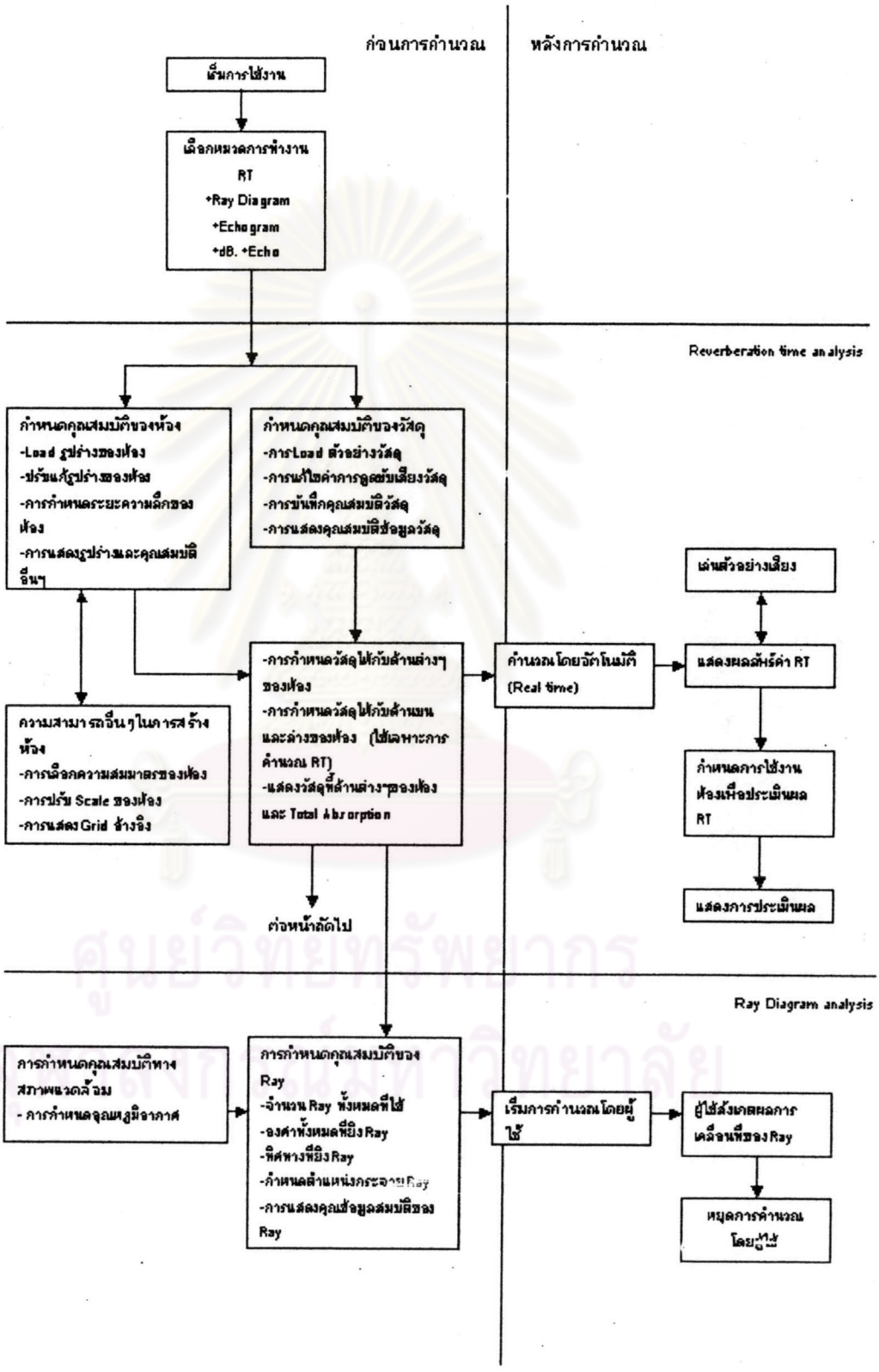
-Help แนะนำการใช้ Program

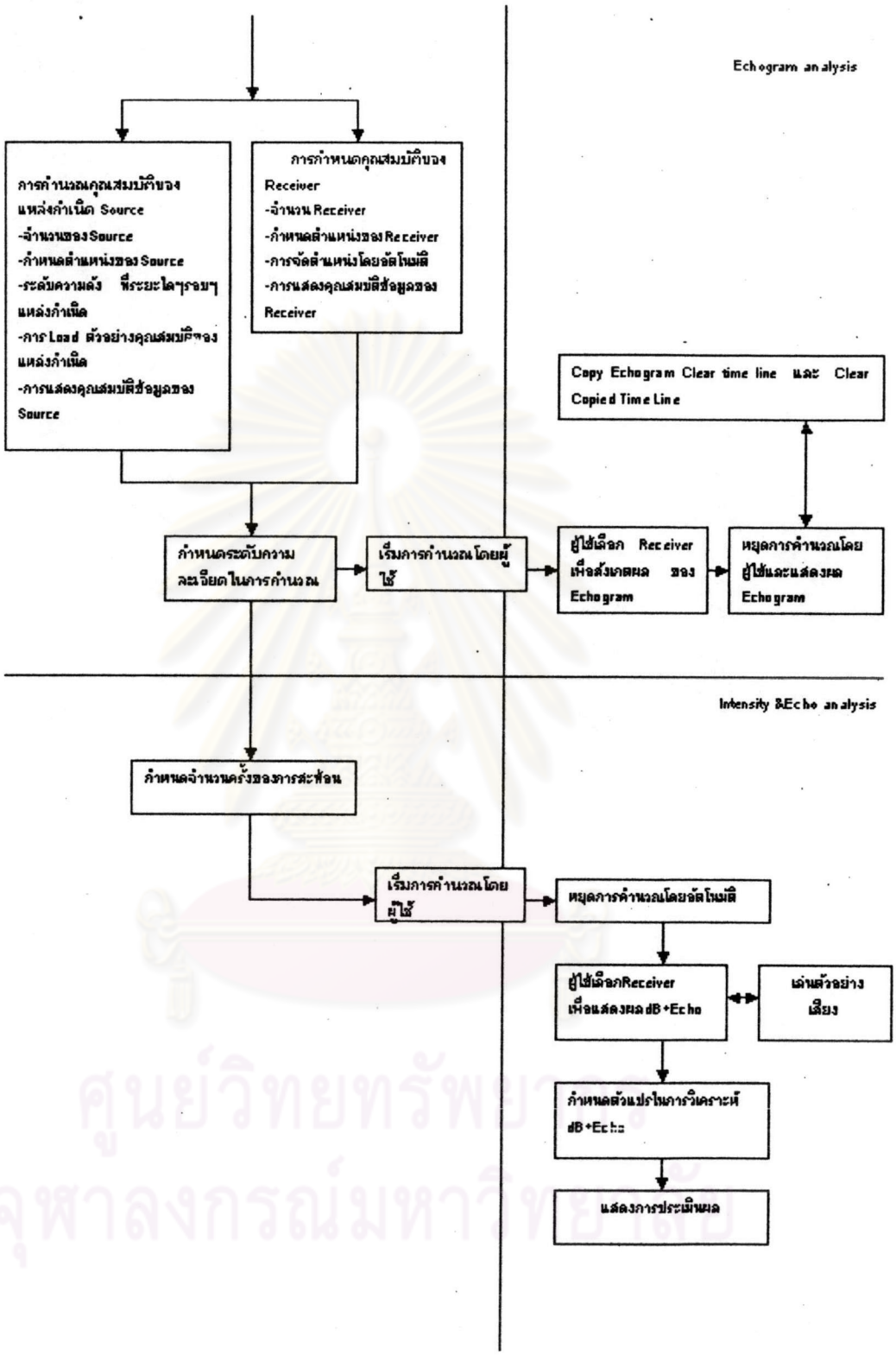
-หมายเหตุและเบื้องหลังการคำนวณของโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้สามารถอ้างอิงได้

-คำแนะนำเพิ่มเติมในการปรับค่าให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่นข้อจำกัด ความแม่นยำของโปรแกรม ช่วงความถี่ที่นำมาใช้คำนวณเป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 สรุปโครงสร้างและลำดับการใช้งานโปรแกรม





รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างการใช้งานของโปรแกรม

3.6 แนวความคิดในการออกแบบ Interface

นอกจากโครงสร้างลำดับการใช้งานของโปรแกรมที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ปัจจัยอีกส่วนหนึ่งที่จะสามารถทำให้โปรแกรมสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ตอบรับการใช้งานของผู้ใช้ และบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งเอาไว้ได้ก็คือ การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานหรือ User Interface นั่นเอง โดยสรุปแล้วอาจแบ่งประเด็นแนวคิดที่น่าสนใจต่างๆได้ดังนี้

3.6.1 การใช้งาน กลุ่มผู้ใช้เป็นสถาปนิกและนักออกแบบดังนั้นต้องให้ทำความเข้าใจได้ง่ายที่สุด รูปภาพ Icon ที่ทำให้เข้าใจได้รวดเร็วที่สุด interface ต้องดูน่าเชื่อถือ แต่ต้องดึงดูดใจและน่าใช้งานด้วยสีสันสดใส Relax กว่าโปรแกรมเฉพาะทางเสียงทั่วไป

3.6.2 เลือกการควบคุมและวิธีการการทำงานที่ทำให้ใช้งานง่าย เช่นเทคนิคการสร้างห้องจะใช้การใช้ Mouse Drag จุด Control เพื่อให้สามารถปรับรูปร่างได้อย่าง Real time และสะดวกที่สุดการใส่วัสดุ การปรับค่าโดยใช้ Slider Bar เพื่อให้ใช้ค่าโดยประมาณได้ แทนการพิมพ์ ทำให้การทำงานแบบ Sketch สะดวก

3.6.3 การเรียงลำดับการเปิดใช้ Interface เป็นส่วนๆ ตัดหรือซ่อนค่าที่ผู้ใช้ยังยังไม่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องไปก่อน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจง่ายขึ้น เริ่มทำงานได้ถูกจุด และเข้าใจการเรียงลำดับการใช้งานได้ เช่น การเลือก Mode ก่อนการทำงาน เลือกระดับของการคำนวณแล้ว Interface บางส่วนยังไม่สามารถทำงานได้ ตามหมวดการคำนวณนั่นเอง นอกจากนั้นการจัดกลุ่มของคำสั่งในแต่ละหมวดการทำงานต้องไม่สับสน จัดวางเรียงตามลำดับการใช้งานก่อนหลังอีกด้วย

3.6.4 การใช้พื้นที่อย่างคุ้มค่า การเรียกใช้หรือซ่อน interface บางส่วนเพื่อให้พื้นที่ทำงานมากขึ้น เช่น การใช้ลักษณะของ Tab Panel เพื่อสลับชุดข้อมูลและคำสั่งในพื้นที่เดิมของหน้าจอ หรือการสามารถ Scale พื้นที่ทำงานได้เป็นต้น

3.6.5 การเชื่อมโยงระหว่างวัตถุที่เลือกไปยัง Interface ที่ใช้ควบคุมวัตถุนั้นๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจการควบคุมได้ง่าย เช่นเมื่อผู้ใช้เลือกวัตถุใดๆ Tabชุดคำสั่ง ที่เกี่ยวข้องก็จะเปิดขึ้นมาโดยอัตโนมัติ เป็นต้น หรือการใช้สีเชื่อมโยงเป็นต้น

3.6.6 การใช้กลุ่มสีแทนความหมาย และการแบ่งกลุ่มคำสั่ง การแสดง สัญลักษณ์ เช่นการเชื่อมโยง Interface กับ วัตถุ Direct Ray และ Reflect Ray หากแยกสีกัน. หรือมีการเปลี่ยนความเข้มจากของ Ray ตามพลังงานจะช่วยให้เห็นชัดเจน

3.6.7 การเลือก ควรจะต้องให้ผู้ใช้เห็นว่า เลือกทำงานอยู่กับส่วนใด หรือวัตถุใดด้วย การแสดงสีที่แตกต่างไปของตัวรับที่ผู้ใช้เลือก เพื่อให้ผู้ใช้ไม่สับสนว่าทำงานอยู่กับตัวใด การใช้สีแสดงการปิดเปิดการสมมาตรของห้องต้องเห็นชัดเจนว่าส่วนที่สามารถควบคุมได้อยู่ที่ด้านใด

3.6.8 การแสดงผลข้อมูลสำคัญๆต้องชัดเจน โดยเฉพาะการวิเคราะห์ผลความเหมาะสมกับประเภทการใช้งานซึ่งเป็นหัวใจหลักที่จะต้องแสดงให้ชัดเจนที่สุด หรือด้านเวลา Status ของโปรแกรมที่ต้องให้ผู้ใช้เห็นการเคลื่อนไหวอย่างชัดเจน

3.6.9 มีการแสดงข้อมูลแบบย่อๆ ณ จุดตรวจรับเพื่อให้ผู้ใช้เห็นภาพรวมพร้อมๆกันได้ ไม่ต้องดูที่ละตัว คือเมื่อประเมินค่า Reverberation Time , Sound Intensity Level และจำนวนครั้งของเสียง Echo แล้ว อาจแสดงผลขั้นต้น เป็น Good หรือ Bad เลย รวมทั้งมีคำแนะนำในเชิงความรู้ การอ้างอิงทางทฤษฎี และในเชิงการใช้งานโปรแกรม

3.7 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

3.7.1 การเลือกเครื่องมือในการพัฒนา

เนื่องจากแนวความคิดหลักที่ต้องการให้โปรแกรม ใช้งานได้ง่ายที่สุด โปรแกรมจึงต้องมีการแสดงผลด้วยภาพ Graphic และ ภาพเคลื่อนไหว เป็นเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งต้องมีความสามารถในการนำตัวอย่างเสียงเข้ามาแสดงผลในโปรแกรม รวมไปถึงเทคนิคการใช้ Mouse ลักษณะต่างๆเพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมโปรแกรมได้สะดวกขึ้นอีกด้วย เครื่องมือที่จะนำมาใช้พัฒนาโปรแกรมจึงต้องสนับสนุนการทำงานกับข้อมูลในเชิง Media ค่อนข้างมากเป็นพิเศษ เครื่องมือตัวหนึ่งที่มีคุณลักษณะเด่นในด้านต่างๆที่กล่าวมาค่อนข้างมากนั้นได้แก่โปรแกรมที่มีชื่อว่า Macromedia Flash MX

แม้ว่า Macro Media Flash จะไม่ได้เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างและพัฒนาโปรแกรม ในระดับมาตรฐานดังเช่นภาษาระดับสูงอื่นๆ แต่เนื่องจากความข้อจำกัดทางด้านระยะเวลาและความสามารถทางด้าน Programming ของผู้พัฒนาโปรแกรมเอง ประกอบกับความต้องการของโปรแกรมซึ่งต้องมีการแสดงผลทางด้านเสียง ซึ่งการเขียนโปรแกรมจะค่อนข้างยากและซับซ้อนมากหากใช้ภาษาระดับสูงในการพัฒนา ผู้พัฒนาจึงเลือก Macromedia Flash ซึ่งมีเครื่องมือสำเร็จรูป ในการจัดการทางด้าน Graphic และ Multi-media ได้ง่ายและรวดเร็วกว่า มาเป็นเครื่องมือในการพัฒนา แต่ทั้งนี้ก็ต้องแลกกับข้อจำกัดบางประการเช่น การคำนวณของโปรแกรมซึ่งอาจช้ากว่าการโปรแกรมด้วยภาษาระดับสูงมาก รวมทั้งมีความไม่สะดวกในการทำงานร่วมกับ External Source เช่นการเรียกหรือบันทึกข้อมูลจาก File ต่างๆ จะทำได้ก็ต่อเมื่อ เป็นการทำงานระหว่าง Client และ Sever เท่านั้น หรือไม่สามารถสร้าง File ขึ้นใหม่ได้จากชุดคำสั่งใน Flash โดยตรงเป็นต้น แต่โดยรวมแล้ว โครงสร้างของภาษาวิธีการและไวยากรณ์ของ Macromedia Flash Script จะมีความคล้ายคลึงกับภาษา C ซึ่งเป็นภาษาระดับสูง

เป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำหลักและวิธีการที่ใช้สร้างโปรแกรมนี้ ไปพัฒนาต่อด้วยภาษาระดับสูงให้กลายเป็นโปรแกรมที่มีความสมบูรณ์ มีความรวดเร็ว และมีมาตรฐานมากขึ้นต่อไปได้ในอนาคต

Macromedia Flash ยังมีข้อจำกัดในการทำงานเพียง Coordinate 2 มิติ ซึ่งหากโปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้นจำเป็นต้องมีการใช้งานเป็น 3 มิติแล้ว เครื่องมือนี้ จะไม่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาได้ อาจต้องใช้เครื่องมืออื่นๆที่รองรับการทำงานและสร้างภาพแบบ 3 มิติต่างๆ แต่เนื่องจากโปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้นนี้ ต้องการความสามารถในการคำนวณแค่เพียงระดับ 2 มิติเท่านั้น การเลือกใช้ Macromedia Flash MX มาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาจึงไม่น่าจะก่อให้เกิดปัญหาแต่อย่างใด นอกจากนั้นความสามารถทางด้าน Graphic และการสร้างภาพเคลื่อนไหวต่างๆที่โปรแกรม Macromedia Flash ยังเป็นส่วนที่ช่วยทำให้การพัฒนาโปรแกรมสามารถทำได้สะดวกรวดเร็ว และได้โปรแกรมที่มีวิธีการควบคุมและใช้งานที่น่าสนใจได้

โดยสรุปแล้ว Macromedia Flash จึงน่าจะเป็นเครื่องมือสาธิต ที่ใช้แสดงออกซึ่งแนวความคิดหลักและวิธีการในการพัฒนาโปรแกรมทางด้าน Acoustic ได้พอสมควร ในระยะเวลาที่ค่อนข้างจำกัดดังกล่าว

3.7.2 พื้นฐานการคำนวณของ Macromedia Flash

โปรแกรม Macromedia Flash MX นั้น มีความสามารถพิเศษที่แตกต่างจากการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาทั่วๆไป นั่นคือมีอุปกรณ์ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างและจัดการ รูปภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ และสามารถใช้ชุดคำสั่งที่คล้ายกับการเขียนภาษา C ควบคุมภาพที่เราสร้างขึ้นเหล่านี้ได้ รูปภาพที่สามารถควบคุมได้นี้ มีคำศัพท์เฉพาะที่เรียกว่า Movie clip ส่วนชุดคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมรูปภาพเหล่านี้ เรียกว่า Action Script คำสั่ง Action Script นี้มีความสามารถพื้นฐานเช่นเดียวกับภาษาในการ Programming อื่นๆ คือสามารถทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์, กำหนดเงื่อนไข (Condition) หรือการวนรอบ (Loop) ในการทำงานของโปรแกรมได้, มีความสามารถในการสร้าง Function หรือ Sub Program ได้ รวมไปถึงความสามารถทาง Object Oriented Programming (OOP) หรือได้อีกด้วย Action Script มีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับการใช้ภาษา Programming ปกติ คือจะมี Library ของ Function และ Object สำเร็จรูปที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้สร้างเตรียมไว้ เพื่อช่วยในการควบคุมการทำงานที่ซับซ้อนต่างๆของโปรแกรม เช่นการควบคุมภาพเคลื่อนไหว, การควบคุมเสียง, การควบคุมเวลา, การติดต่อกับระบบปฏิบัติการ Windows ให้สามารถทำได้สะดวกรวดเร็ว โดยผู้ใช้งานไม่ต้องสร้าง Function เหล่านี้ด้วยตนเองตั้งแต่เริ่ม เพียงแค่เรียกใช้ชุดคำสั่งเท่านั้น

เมื่อเราทำการเขียนชุดคำสั่งทั้งหมดแล้ว โปรแกรม Macromedia Flash สามารถทำการ compile Action Script ทั้งหมดให้กลายเป็น file ที่มีนามสกุลเป็น.EXE (Executable File) เช่นเดียวกับการทำงานในภาษาอื่นๆ file สกุล .EXE นี้สามารถมารถทำงานได้บนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows ทุกเครื่อง นอกจากนั้น Flash ยังสามารถ Compile Action Script ให้เป็น file ในสกุลอื่นๆได้

อีกด้วย File ที่สำคัญอีกสกุลหนึ่งคือ .SWF (Shockwave format) ซึ่งเป็นสกุลมาตรฐานของ Flash ในการสร้างภาพเคลื่อนไหว หรือ Application ที่ทำงาน ผ่าน Web Browser ได้ ผลที่ได้ก็คือนอกจากเราจะสามารถสร้าง Application ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ปกติได้แล้ว ยังสามารถสร้าง Application ที่ทำงานบน Internet ได้เช่นกัน ด้วยการเลือกใช้ Compiler ที่แตกต่างกันออกไปเท่านั้นโดยสามารถใช้ Action Script ชุดเดียวกันโดยไม่ต้องปรับแก้คำสั่ง

3.8 หลักการและวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรม

3.8.1 การกำหนดรูปร่างของห้อง

หลักในการกำหนดขอบเขตของห้องนั้นจะใช้ Movie Clip ที่ชื่อว่า Control Point เป็นตัวสร้างพิกัดอ้างอิง ผู้ใช้จะสามารถกำหนดจำนวนของ Control Point นี้ได้ และโปรแกรมจะทำการสร้าง Movie Clip ตามจำนวนที่ผู้ใช้กำหนด พร้อมทั้งกำหนดหมายเลขลำดับให้กับ Movie clip ทุกตัวด้วย (เริ่มจาก 0 เป็นต้นไป) เป็นการวน Loop ตามจำนวนครั้งเท่ากับจำนวน Control point ที่กำหนด ภายใน Loop นี้ โปรแกรมก็ยังจำเป็นจะต้องทำหน้าที่จัดวางตำแหน่งจุดเหล่านี้ให้เป็นระเบียบไม่ซ้อนทับกันอีกด้วย เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงจำนวน และมองเห็น Control point ทุกจุดได้ โดยใช้คำสั่ง Set properties การจัดวางโดยพื้นฐานของโปรแกรมจะทำการแบ่ง Control point ออกเป็น 2 แถวตามนอน โดยแบ่งระยะห่างระหว่าง Control point ในแต่ละแถว เป็นช่วงเท่าๆกัน โดยระยะนี้จะได้จากความยาวทั้งหมด หารด้วยครึ่งหนึ่งของจำนวน Control point นั่นเอง เมื่อสร้างและจัดวางตำแหน่งได้ครบทุกจุด Control Point แล้วโปรแกรมก็จะออกจาก Loop การทำงานในส่วนนี้

ในทุกๆรอบของการแสดงผลหลัก 1 รอบ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบตำแหน่งพิกัดของ Control point ทุกจุดบนพื้นที่ทำงานด้วยคำสั่ง Get Properties จากนั้นก็จะทำการสร้าง Movie clip ที่มีลักษณะเป็นเส้นขึ้นมาโดยมีจำนวนเท่ากับจำนวน Control point แล้วทำการจัดวาง Movie clip เหล่านี้ให้มีตำแหน่ง และขนาดพอดีกับช่วงระหว่าง Control Point 2 จุดที่มีหมายเลขลำดับติดกัน ที่ละช่วง วน loop ตามจำนวน Control point จนครบและเกิดเป็นเส้นรอบรูปของห้องขึ้น โดยมีเงื่อนไขว่าเมื่อจัดวางวนถึง Control point หมายเลขสุดท้ายแล้ว ให้จัดวางลงระหว่าง Control point ตัวสุดท้าย และ Control point หมายเลข 0

เมื่อผู้ใช้ ใช้ Mouse เลือกที่ Control point แต่ละตัว จะมีการส่งค่าหมายเลขของ Control point นั้นๆ ไปยัง Function ที่ควบคุมการ Drag เปลี่ยนตำแหน่ง Movie clip ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้ Mouse ลาก control point ตัวนั้นๆ ไปวางไว้ในตำแหน่งใดก็ได้ตามต้องการ ภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ใน Function เมื่อรอบการแสดงผลหลักของโปรแกรมวนมาอีกครั้ง และตรวจสอบพบว่าตำแหน่งพิกัดของ

Control point เปลี่ยนไป ก็จะทำการจัดวางเส้นเชื่อมระหว่าง Control point ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องอีกครั้ง ทำให้ผู้ใช้เห็นรูปร่างขอบเขตของห้องเปลี่ยนแปลงไป พิกัดอ้างอิงของ Control point เหล่านี้ยังเป็นตัวแปรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการหาจุดตัดและทิศทางในการสะท้อนของ Rays ในลำดับถัดไป

3.8.2 การสร้างความสมมาตรของห้อง

ห้องที่ต้องมีการคำนึงถึงสภาพเสียงค่อนข้างมากเช่นห้องประชุม โรงละคร มักจะมีลักษณะสมมาตรในแกนใดแกนหนึ่ง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างห้องที่มีลักษณะดังกล่าวได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น โปรแกรมจึงต้องให้ผู้ใช้เลือกหมวดช่วยสร้างลักษณะสมมาตรแบบต่างๆได้ 4 รูปแบบคือ ไม่มีการสมมาตร มีการสมมาตรตามแกน X มีการสมมาตรตามแกน Y และมีการสมมาตรทั้ง 2 แกน เมื่อผู้ใช้งานเลือกรูปแบบการสมมาตรแบบใดหนึ่ง โปรแกรมก็จะทำการรับสถานะของการเลือกแล้วกำหนดให้ตัวแปรขึ้น ใน Loop การแสดงผลหลักจะมีการตรวจสอบค่าตัวแปรนี้ และใช้การกำหนดเงื่อนไข If แยกการทำงานในกรณีตัวแปรมีค่าต่างๆ หลักการสร้างลักษณะสมมาตรนี้ เกิดขึ้นได้จากการกำหนดความสัมพันธ์ของตำแหน่ง Control point แต่ละตัวนั่นเอง

ในกรณีไม่มีการสมมาตร Control point แต่ละตัวจะมีการควบคุมเป็นอิสระจากกัน ผู้ใช้สามารถ Drag Control point แต่ละตัวไปไว้ที่ตำแหน่งใดก็ได้ที่ต้องการภายในขอบเขตที่กำหนดเอาไว้ แต่หากมีการสมมาตรตามแกนใดแกนหนึ่ง โปรแกรมจะยอมให้ผู้ใช้ควบคุมตำแหน่งของ Control point ในซีกหนึ่งของพื้นที่การทำงาน เท่านั้น ส่วน Control point ที่เหลือจะมีการอ้างอิงตำแหน่งเทียบเคียงกับ Control point ในช่วงแรก โดยผู้ใช้จะไม่สามารถเลือกหรือควบคุมได้ เพื่อให้เกิดลักษณะสมมาตรขึ้นนั่นเอง ตัวอย่างเช่นหากมีการกำหนดให้มีการสมมาตรทางแกน X Control point ที่เราสามารถควบคุมก็คือตั้งแต่หมายเลข 0 ไปจนถึงครึ่งหนึ่งของจำนวน Control point นั่นเอง เนื่องจากในการจัดวาง Control point โดยโปรแกรมมีลักษณะเรียงลำดับจากซ้ายมาขวาในแถวบน และขวามาซ้ายในแถวล่าง ในกรณีการสมมาตรทางแกน X โปรแกรมจึงจับคู่ให้ Control point หมายเลขสุดท้ายอ้างอิงกับ หมายเลขแรก และลำดับถัดไปเป็นคู่ๆ โดยให้มีค่าพิกัดทางแกน X เท่ากัน และมีค่าพิกัด Y บวกหรือลบจากแกนสมมาตรเป็นระยะที่เท่ากันเสมอ โปรแกรมจะ ใช้ Loop ในการตรวจสอบตำแหน่ง Control point ด้านบน และจัดวางตำแหน่ง Control point ทางด้านล่างทีละตัวจนครบทั้งหมด ในกรณีการสมมาตรทางแกนอื่นๆ ก็จะมีลักษณะการทำงานคล้ายกันแต่เปลี่ยนทิศทางของแกนเท่านั้น

นอกจากนั้นเมื่อผู้ใช้เลือกหมวดการสมมาตรแบบใดๆ ก็จะมีการปิดเปิด Movie clip อีกตัวหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเป็นระนาบสีแสดงการแยกบริเวณระหว่าง Control Point ที่เราสามารถควบคุมได้ และ Control point ที่เป็นผลมาจากการสมมาตร เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจการควบคุมได้ง่ายขึ้นอีกด้วย

3.8.3 การสร้างและกำหนดวัสดุให้กับด้านต่าง ๆของห้อง

ค่าการดูดซับเสียงของวัสดุที่ใช้ภายในห้องนั้น เป็นปัจจัยหลักอีกประการหนึ่งที่จะมีผลต่อคุณภาพเสียงภายในห้อง ดังนั้นโปรแกรมจึงต้องมีความสามารถในการสร้างและกำหนดวัสดุที่มีคุณสมบัติการดูดซับต่างๆกันให้แก่ด้านต่างๆของห้องที่เราสร้างขึ้น นอกจากนั้นการเรียกตัวอย่างรายการของวัสดุมาให้ผู้ใช้ได้เลือก ยังเป็นสิ่งจำเป็นเช่นกัน เพราะหากปราศจากสิ่งนี้แล้วผู้ใช้จะจำเป็นต้องหาข้อมูลวัสดุจากแหล่งข้อมูลอื่นๆเพื่อมาป้อนค่าให้โปรแกรมด้วยตนเอง ซึ่งทำให้เกิดความซ้ำซ้อนในการทำงานมาก ประเด็นสุดท้าย คือการสร้างวัสดุเพิ่มเข้าไปในรายการได้เองด้วยในกรณีที่ต้องการวัสดุอื่นๆเพิ่มเติมนอกเหนือจากรายการที่โปรแกรมมีให้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกเต็มประสิทธิภาพ

การที่จะให้แต่ละด้านของห้องสามารถจำค่าการดูดซับเสียงของตัวเองได้นั้น รวมทั้งสามารถเรียกหรือบันทึกค่าได้สะดวกที่สุดนั้น ทำได้โดยการเก็บค่าตัวแปรในลักษณะของ Array นั่นเอง ข้อมูลที่ต้องทำการเก็บไว้ใน Array ได้แก่ ชื่อวัสดุของด้าน และค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียง (NRC) ของด้านนั่นเอง

เนื่องจากจำนวนด้านของห้อง จะมีจำนวนเท่ากับจำนวน Control point เสมอ ดังนั้นใน Loop ของการสร้าง Control point นั้น เราจึงทำการกำหนดค่าให้กับ Array ของ ชื่อวัสดุ และ NRC ไปพร้อมกัน โดย Array ตำแหน่งที่ 0 ก็จะแทนข้อมูลของด้านหมายเลข 0 นั่นเอง เมื่อ Loop ของ Control point ทำงาน ค่า Default ของชื่อ (= " ")และ NRC (=0.0) จะถูกใส่ให้แก่ Array จนครบทุกหมายเลขโดยอัตโนมัติ เพื่อให้โปรแกรมสามารถทำการคำนวณได้แม้ผู้ใช้ไม่ได้กำหนดคุณสมบัติของด้านต่างๆ

การแก้ไขค่าวัสดุของด้านแต่ละด้านสามารถทำได้โดย การใช้ Mouse เลือกที่ด้านใดๆของห้อง Movie clip ที่เป็นด้านต่างๆของห้องเหล่านี้ จะมีหมายเลขเรียงตามลำดับเช่นเดียวกับ Control point และถูกเขียน Script มาเพื่อตรวจสอบการ เลือกด้วย Mouse เมื่อผู้ใช้เลือกที่ด้านใดก็จะเกิดการส่งค่าหมายเลขของด้านนั้นๆ ไปยัง Function จะเรียกArray ชื่อวัสดุ และ NRCในตำแหน่งที่ตรงกับหมายเลขของด้านที่ผู้ใช้เลือก ออกมาเก็บไว้ในตัวแปรเพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้เห็นและสามารถปรับแก้ค่าได้

ทันทีที่ผู้ใช้มีการแก้ไขค่าตัวเลขของ NRC หรือ ชื่อของวัสดุ ที่อยู่ใน Text field โปรแกรมจะทำการกำหนดค่าตัวแปรใน Array ของชื่อวัสดุ และ NRC ในตำแหน่งที่ตรงกับหมายเลขของด้านที่ผู้ใช้เลือกให้มีค่าเท่ากับค่าใหม่ที่ผู้ใช้ทำการแก้ไขทันที เมื่อผู้ใช้เปลี่ยนไปเลือกที่ด้านอื่นๆ ด้านนั้นๆก็จะทำการส่งค่าหมายเลขของตัวเองไปให้ Function เรียกค่าใน Array ตำแหน่งนั้นๆต่อไป

เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่าด้านที่ตนเลือกทำงานอยู่คือด้านใด จึงจำเป็นจะต้องมีการแสดงหมายเลขของด้านที่ทำการเลือกให้ผู้ใช้ได้ทราบ และมีการกำหนดให้ Movie Clip ของด้านที่ผู้ใช้เลือกมีการเปลี่ยนสีไปเพื่อให้เห็นด้านที่กำลังแก้ไขได้ชัดเจน นอกจากนั้นความเข้มของด้านจะแปรเปลี่ยนไปตามค่า NRC เพื่อให้ผู้ใช้สังเกตภาพการดูดซับโดยรวมของทุกด้านได้อีกด้วย

ในส่วนการเรียกใช้วัสดุจากรายการมาใช้นั้น ก็เพียงแต่สร้าง List box รายการวัสดุทั้งหมด ซึ่งแต่ละวัสดุประกอบด้วยข้อมูล ชื่อ และ NRC เมื่อผู้ใช้เลือกรายการใด ค่าทั้ง2ของวัสดุนั้นๆก็จะถูกนำมาแทนที่ใน ตัวแปรที่ให้ผู้ใช้ป้อนค่า และจะถูกบันทึกเข้าสู่ Array ทันทีเช่นเดียวกับเมื่อผู้ใช้แก้ไขค่าตัวแปร ส่วนการเพิ่มรายการวัสดุนั้น ก็สามารถทำได้โดยการอ่านค่า ชื่อวัสดุ และ NRC จากตัวแปรที่แสดงผลอยู่แล้วนำไปจัดเก็บด้วย Method ของ List box ให้เพิ่มเข้าไป ณ ตำแหน่งสุดท้ายของรายการทั้งหมดนั่นเอง

3.8.4 การคิดหาปริมาตรของห้องและการคำนวณ Reverberation time

แม้การสร้างห้องจะเป็นลักษณะ 2 มิติ แต่ในบางกรณี สูตรที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรมจำเป็นจะต้องใช้ค่าที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรของห้องด้วย ดังนั้นจะมีการกำหนดมิติในแกน Zเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการคำนวณด้วย ในการหาค่าผลลัพธ์ของ Reverberation Time นั้น จะใช้การคำนวณจากสูตรโดยตรง

นั่นคือ $RT = 0.16\ V/a$

เมื่อ V คือปริมาตรของห้องในหน่วย m^3

a คือ Total Room Absorption คือพื้นที่ของแต่ละวัสดุคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุนั้นๆ รวมกันจนครบทุกวัสดุ นั่นคือ

$$a = \alpha_1 A_1 + \alpha_2 A_2 + \alpha_3 A_3 \ldots\ldots + \alpha_n A_n$$

ดังนั้นการคำนวณจึงอาจแบ่งเป็น 2 ส่วนนั่นคือการหาปริมาตรห้อง และการหาค่า Total Room Absorption นั่นเอง ในส่วนของการหาปริมาตรห้องจะคิดโดยแบ่งพื้นที่ของห้องเป็น 3 เหลี่ยมย่อยๆซึ่งมีฐานคือด้านแต่ละด้านของห้อง และมีจุดยอดคือจุดศูนย์กลางของพื้นที่ห้อง ซึ่งพิกัดจุดศูนย์กลางนี้สามารถหาได้จาก พิกัด X เฉลี่ยจากจุด Control Point ทั้งหมด และพิกัด Y เฉลี่ยจากจุด Control Point ทั้งหมด สำหรับสูตรในการหาพื้นที่ 3 เหลี่ยมก็คือ

พื้นที่ 3 เหลี่ยม = ½ x ฐาน x สูง

ฐานของรูป 3 เหลี่ยมแต่ละรูปก็คือ ระยะห่างระหว่างจุด Control Point 2 จุดใดๆที่อยู่ติดกัน ซึ่งสามารถหาได้จากสูตร Root ของ (y2-y1)กำลัง 2 บวกกับ (x2-x1)กำลัง 2 จากนั้นจึงหาระยะห่างระหว่างจุดยอดของ 3 เหลี่ยมมายังเส้นฐานนี้

ใน Loop การทำงานของโปรแกรมจะทำการตรวจสอบระยะห่างระหว่าง Control Point ทีละคู่ และหาพื้นที่ของ 3 เหลี่ยมที่มีฐานเป็น Control Point คู่นั้นๆ วนจนกว่าจะครบทุกด้าน จากนั้นจึงนำพื้นที่ของ 3 เหลี่ยมทั้งหมดรวมเข้าด้วยกัน ซึ่งผลลัพธ์ก็คือพื้นที่ของห้องนั่นเอง การหาปริมาตรของห้องก็คือการนำพื้นที่นี้ไปคูณกับความสูงของห้อง

ส่วนการคำนวณหา Total Room Absorption นั้น วิธีการก็คือนำ NRC ของ Top และ Bottom Plane ที่ผู้ใช้กำหนด รวมเข้ากับผลรวมค่า Total Absorption ของระนาบตั้ง ซึ่งหาได้จากพื้นที่ของแต่ละ

ระนาบ คูณกับ NRC ของแต่ละระนาบนั่นเอง การหาพื้นที่ของระนาบนี้ทำได้โดยหาระยะห่างระหว่างจุด Control Point 2 จุดที่อยู่ติดกัน ตามสูตรคำนวณข้างต้น แล้วนำมาคูณกับค่าความสูงของห้องที่ผู้ใช้ตั้งเอาไว้ เมื่อสามารถหาปริมาตรของห้อง และ Total Room Absorption ได้แล้วจึงนำค่าทั้ง 2 แทนในสูตรคำนวณค่า เพื่อหาผลลัพธ์ RT ออกมา

เนื่องจากการหาค่า RT นี้ใช้การคำนวณจากสูตรโดยตรง จึงทำให้สามารถได้ผลลัพธ์ในลักษณะ Real Time คือเห็นผลการเปลี่ยนแปลงทันทีที่ผู้ใช้มีการปรับขนาดหรือวัสดุของห้องได้อีกด้วย

3.8.5 การกำหนดพลังงานเริ่มต้นของแหล่งกำเนิด

การคำนวณของโปรแกรมขั้นรายละเอียด(Detail Analysis)นั้น ค่าพลังงานของเสียง ณ Receiver ต่างๆ เป็นผลลัพธ์หลักที่ต้องทราบเป็นอันดับแรก เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่าคุณสมบัติต่างๆต่อไป

ตลอดขั้นตอนของการคำนวณทั้งหมดมีการคำนวณการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามระยะทางและการตกกระทบกับวัตถุ เพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณพลังงานดังกล่าวได้นั้น จำเป็นจะต้องมีการกำหนดค่าพลังงานเริ่มต้นในการคำนวณ การกำหนดปริมาณพลังงานในหน่วยของ Watt โดยตรงนั้น ผู้ใช้โดยทั่วไปอาจไม่มีความคุ้นเคยและค่อยข้างเข้าใจยาก จึงเปลี่ยนมาให้ผู้ใช้สามารถกำหนดระดับความดังของแหล่งกำเนิดที่ระยะทางใดๆจากนั้นโปรแกรมจะนำไปคำนวณเป็นพลังงานเริ่มต้นของแหล่งกำเนิดโดยอัตโนมัติ ค่าระยะทางและระดับความดังที่ผู้ใช้กำหนดนี้จะถูกนำมาเก็บไว้ในตัวแปรและนำไปคำนวณตามสูตรหาค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดได้ดังต่อไปนี้

พลังงานของแหล่งกำเนิด (Watt) = 4x Pi x ระยะจากแหล่งกำเนิด(ซม.)ยกกำลัง2
x พลังงานที่ระยะดังกล่าว(Watt/ตร.ซม)

โดย พลังงาน(Watt/ตร.ซม.) จะมีความสัมพันธ์กับระดับความดัง (dB) ดังนี้

พลังงาน = (10 ยกกำลัง –16) x (10 ยกกำลัง (ระดับความดัง /10))

นอกจากนั้นเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจระดับความดังของเสียงมากขึ้น จึงมีการเพิ่มรายการตัวอย่างแหล่งกำเนิดต่างๆที่ผู้ใช้คุ้นเคย เก็บในลักษณะ List box เพื่อให้ผู้ใช้ทดลองเลือกและเปรียบเทียบได้อีกด้วย โดยเมื่อผู้ใช้เลือกชื่อของใน List box ค่าระดับความดังจะถูกเรียกมาแทนที่ค่าเดิมในตัวแปร โปรแกรมจะนำค่านี้ไปคำนวณระดับพลังงานอีกครั้ง

3.8.6 การย่อขยาย Scale ในการทำงาน และการกำหนดความเร็วของเสียง

เนื่องจากพื้นที่การทำงานซึ่งเราใช้สร้างรูปร่างของห้องมีขนาดที่กำหนดตายตัว ดังนั้นจึงก่อให้เกิดปัญหาเช่น การสร้างห้องขนาดใหญ่เกินกว่าขอบเขตไม่สามารถทำได้ หรือ การสร้างห้องขนาดเล็กก็อาจมีขนาดบนพื้นที่ทำงานเล็กจนกระทั่งผู้ใช้งานไม่สามารถเห็นรายละเอียดได้ วิธีการหนึ่งซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้ก็คือการ กำหนด Scale ของภาพนั่นเอง วิธีการนี้ทำให้พื้นที่ทำงานที่มีขนาดจำกัดมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เมื่อปรับ Scale ให้มีกำลังขยายมากขึ้น ก็จะสามารถเห็นรายละเอียดของห้องขนาดเล็กได้ หรือสามารถปรับ Scale ให้มีกำลังขยายน้อยลง เมื่อต้องการสร้างห้องขนาดใหญ่มากกว่าขอบเขตที่มีอยู่

การเปลี่ยน Scale นี้ไม่ได้เกิดขึ้นจาก การขยายเปลี่ยนรูปร่างหรือตำแหน่งของ Control point แต่อย่างใด แต่เป็นการเปลี่ยนความเร็วของ Ray ที่ยิงออกไป ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ Ray นี้เกิดจากนำความเร็วเสียงที่ผู้ใช้กำหนดคูณเข้ากับ Scale Factor ดังนั้นเมื่อ Scale Factor มีค่ามาก ความเร็วของ Ray ก็จะมากขึ้นไปด้วย(ในขณะที่ความเร็วของเสียงไม่เปลี่ยนแปลง) นั่นจึงเสมือนว่าพื้นที่การทำงานมีกำลังขยายมากขึ้น ห้องจึงมีขนาดเล็กลง (ทั้งที่ไม่มีการเปลี่ยนตำแหน่งของ Control point) ส่วนเมื่อ Scale Factor มีค่าน้อย ความเร็วของ Ray ก็จะน้อยลง จึงเสมือนว่าพื้นที่การทำงานมีกำลังขยายน้อยลง ห้องจึงมีขนาดใหญ่ขึ้น

สำหรับการกำหนดความเร็วของเสียงนั้น จะใช้การกำหนดอุณหภูมิของห้องซึ่งผู้ใช้คุ้นเคยมากกว่า แทนการกำหนดความเร็วเสียงโดยตรง ภายในห้องปิดล้อมนั้น ความเร็วของเสียงจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศเท่านั้นโดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

Speed(เมตร/วินาที) = 331.4 x Square Root (1+ Temperature /273) (อุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียส)

โดยความเร็วเสียงที่ได้นี้จะนำไปคูณกับ Scale Factor และค่าปรับหน่วยให้กลายเป็น Pixel บนหน้าจอ เพื่อแปลงเป็นความเร็วของ Ray ดังกล่าว

นอกจากนั้น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสร้างห้องได้แม่นยำและรู้ขนาดที่แน่นอนได้ จึงต้องมีการสร้าง Movie clip ซึ่งมีลักษณะเป็น ตาราง Grid และ Scale Bar เพื่อใช้ในการอ้างอิง ผู้ใช้จะสามารถเปรียบเทียบและรู้ขนาดของห้องที่กำลังสร้างอยู่ได้ โดยตาราง Grid และ Scale Bar นี้จะเป็นปัจจัยหลักที่จะทำให้ผู้ใช้รับรู้ถึง Scale Factor ที่กำลังทำงานอยู่ได้ ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลง Scale Factor Grid และ Scale Bar ซึ่งเป็น Movie clip จะถูกสร้างและกำหนดขนาดขึ้นใหม่โดยใช้ Scale Factor มาเป็นตัวคูณเข้ากับขนาดเดิม ผู้ใช้ยังสามารถเลือกให้โปรแกรมซ่อน Grid นี้ไปได้ เพื่อให้เห็นลักษณะของห้องและ Rays ชัดเจนขึ้นในระหว่างการคำนวณอีกด้วย

Scale Factor นี้ยังนำไปใช้เป็นตัวคูณในการทำงานส่วนอื่นๆที่มีระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การจัดวาง และขนาดของ Receiver ในลำดับต่อๆไป

3.8.7 การสร้างและกำหนดการกระจายทิศทางของ Rays

การสร้าง Rays เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณนั้นจะใช้การ Copy Movie Clip ขึ้นมาให้เท่ากับจำนวนที่ผู้ใช้กำหนด โดยใช้การวน Loop ลักษณะเดียวกับการสร้าง Control Point โดยในการวน Loop จะมีการกำหนดค่าพลังงาน และทิศทางการเคลื่อนที่ ให้กับ Ray ทุกตัว เพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณเก็บไว้ในลักษณะ Array ไปพร้อมๆกันด้วย Arrayนี้จะทำหน้าที่เก็บข้อมูลดังกล่าวของ Ray แต่ละตัวไป ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปตลอดขั้นตอนของการคำนวณอีกด้วย การวน Loop ของการ Copy Ray และกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะในรอบการคำนวณหลักของโปรแกรม เมื่อโปรแกรมอยู่ในสถานะ Process Stop ส่วนเมื่อผู้ใช้กดปุ่มให้ Process Start แล้ว จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของจำนวน Ray แต่จะเปลี่ยนแปลงเฉพาะตำแหน่งและทิศทางของ Ray ที่ได้ทำการสร้างไว้เท่านั้น

สรุปแล้วในวน Loop นี้มีรอบการวนเท่ากับจำนวนของ Ray ที่ผู้ใช้กำหนดนั่นเอง โดยแต่ละรอบก็จะมีการตั้งค่าคุณสมบัติต่างๆ อาจแยกได้เป็น4 คำสั่งหลักๆ ดังนี้

-การ Copy Movie Clip ของ Ray ที่ละตัว

-การจัดวาง Movie Clip ของ Ray ทุกตัว ให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นการกระจาย

-การกำหนดพลังงานเริ่มต้นของ Ray แต่ละตัว (Array)

-การกำหนด องศาการเคลื่อนที่เริ่มต้นของ Ray ละตัว (Array)

ในส่วนของตำแหน่งเริ่มต้นการกระจายนั้น จะอ้างอิงจากพิกัดของ Source นั่นเอง โดยเมื่อโปรแกรมอยู่ในสถานะ Process Stop ผู้ใช้จะสามารถ Drag เปลี่ยนตำแหน่งของ Source ได้ภายในขอบเขตที่กำหนดเช่นเดียวกับ Control point ทันทีที่ผู้ใช้มีการเปลี่ยนตำแหน่งของ Source โปรแกรมทำการตรวจสอบหาค่าพิกัดใหม่ และนำมาใช้เป็นตำแหน่งต้นการกระจายของ Ray ทุกตัว

ในส่วนของพลังงานเริ่มต้นนั้น จะกำหนดให้มีค่าเท่ากันใน Ray ทุกตัว โดยจะเท่ากับค่าพลังงานเริ่มต้นที่ได้จากการคำนวณระดับความดังที่ระยะทางใดๆ (ข้อ 4.5) ซึ่งผู้ใช้ได้กำหนดเอาไว้นั่นเอง

Initial Energy[i] = Source Energy

ในส่วนขององศาการเคลื่อนที่นั้น ในแต่ละรอบการคำนวณจะมีการบวกเพิ่มค่าเข้าไปจากองศาตั้งต้น ก่อนที่จะเก็บเข้าสู่ Array เพื่อใช้เป็นคุณสมบัติเฉพาะของ Ray แต่ละตัว โดยค่าที่จะนำมาบวกนั้นก็คือความต่างขององศาที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นคูณกับจำนวนรอบที่ทำการคำนวณอยู่นั่นเอง ผลที่เกิดขึ้นก็คือ Ray จะมีทิศทางกระจายออกไปรอบๆตำแหน่งเริ่มต้นในองศาที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอในทุกๆรอบของการวน Loop

Angle [i] = StartAngle + (Angle Difference x i)

เพื่อความเข้าใจง่ายและสะดวกต่อการทำงาน โปรแกรมจึงให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนด องศารวมทั้งหมดที่ต้องการให้ Ray กระจายออก (All Angle) และ ทิศทางหลักที่ Ray จะวิ่งไป (Direction) แทนที่จะกำหนด ที่ Start Angle และ Angle Difference โดยตรง โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้

Start Angle = Direction – (AllAngle/2)

Angle Difference = All Angle / Number of Ray(s)

ในส่วนของการกำหนด Direction เพื่อผู้ใช้สามารถมองเห็นและกำหนดทิศทางที่เสียงจะวิ่งไปได้ชัดเจน จึงใช้ Movie Clip ซึ่งสามารถ Dragได้อีกตัวหนึ่งเป็นตัวกำหนดเป้าหมายที่เสียงจะวิ่งไปหา แทนการป้อนค่า Direction เป็นตัวเลข โดยค่าองศาของ Direction จะหาได้จากความสัมพันธ์ของพิกัดของ Source และ พิกัดของ Movie Clip ที่เป็นเป้าหมายดังกล่าวนั่นเอง โดย Direction = arc tan ของ (Source Y – Target Y) / (Source X – Target X) นั่นเอง โดยเมื่อ Target อยู่ในตำแหน่งแต่ละ Quadrant ของการทำงานก็จะมีการบวกหรือลบ 180 องศาเข้าไป เพื่อปรับค่า Direction ให้ถูกต้อง

3.8.8 การเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงพลังงานของ Rays

เมื่อผู้ใช้กดปุ่มให้โปรแกรมเริ่มการคำนวณ (Process Start) Rays ทั้งหมดก็จะมีการเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดไปในองศา Angle [i] ของตนเอง ซึ่งได้กำหนดไว้พร้อมกับการสร้าง Rayแต่ละตัว โดยหลักในการคำนวณนั้นจะใช้ Loop เพื่อตรวจสอบและกำหนดตำแหน่งทีละตัว ไปจนครบตามจำนวน Rays ทั้งหมดที่สร้างขึ้น การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของ Ray อาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ ก็คือ การเปลี่ยนตำแหน่งตามองศาที่กำหนด มีระยะทางออกไกลจากแหล่งกำเนิดมากขึ้นในทิศทางต่างๆในทุกๆ รอบของการคำนวณ และ การเปลี่ยนค่าพลังงาน ซึ่งจะลดลงเรื่อยๆ ตามระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ในแต่ละรอบของการคำนวณ

ในส่วนของการเคลื่อนที่นั้น จะมีขั้นตอนการคำนวณสำหรับแต่ละรอบดังนี้

-หาพิกัด X และ Y ปัจจุบันของ Ray ตัวที่ i

-หาค่าพิกัดX และ Y ใหม่ที่ Ray i จะต้องเคลื่อนไป จากสูตร

New X = Old X + COS (Angle[i]) x Speed

New Y = Old Y + SIN (Angle[i]) x Speed

-กำหนดให้ Ray i มีอยู่ที่ตำแหน่ง X และ Y ใหม่

จะเห็นว่า Angle[i] จะเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดทิศทางของพิกัดใหม่เช่น ถ้าหาก Angle[i] =0 ค่า New X ก็จะเท่ากับ Old X + Speed ส่วนค่า New Y จะเท่ากับ Old Y + 0 นั่นหมายถึงว่า Ray

มีการเคลื่อนที่ไปด้านขวาตามแกน X เมื่อ Angle [i] =0 ในทางกลับกันถ้าหาก Angle [i] เท่ากับ 90 ค่า New Y จะกับ Old Y + Speed ส่วน New X จะเท่ากับ Old X + 0 ดังนั้น Ray จะมีการเคลื่อนที่ไปด้านบนตามแกน Y เป็นต้น ใน Ray ตัวที่ i ก็จะมีการเรียกค่า Angle [i] ออกมาใช้ในการคำนวณดังกล่าวดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้คือ Ray แต่ละตัวเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แตกต่างกันในแต่ละรอบของการคำนวณ

สำหรับตัวแปร Speed ในที่นี้ก็คือระยะทางที่ต้องการให้เสียงเคลื่อนที่ได้ใน1 รอบการคำนวณ ซึ่งใน 1 รอบของการคำนวณนั้นจะกำหนดให้เท่ากับ 1 millisecond ดังนั้น ระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่ได้จริงใน 1 รอบการคำนวณ ก็คือ ความเร็วเสียง(เมตร/ วินาที)ที่ผู้ใช้กำหนดเอาไว้ หารด้วย1000 นั่นเอง แต่เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งสำหรับ Ray นั้นเป็นการใช้พิกัดในหน่วย Pixel ซึ่งระยะสัดส่วนของ Pixel นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงได้ตาม Scale Factor ที่ได้กล่าวไปในข้อ 4.6 อีกด้วย โดยเราจะกำหนดให้ 10 Pixels ในจอภาพมีระยะทางเท่ากับ 1 เมตร เมื่อค่า Scale Factor = 1 ดังนั้นจึงสรุปสมการเพื่อใช้หา Speed ในหน่วยของ Pixel / millisecond ได้ดังนี้

Speed(Pixel/millisec.) = (Speed (m./s.) /1000) x (10 x Scale Factor)

ในส่วนของการแปรเปลี่ยนของพลังงานของ Ray แต่ละตัวนั้น ก็จะใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงานเริ่มต้นของแหลางกำเนิด และระยะทางที่ Ray เคลื่อนที่ได้ ซึ่งระยะทางดังกล่าวนี้จะหาได้จากความเร็วของเสียงคูณด้วยเวลานั่นเอง โดยระยะทางรวมที่ Ray เคลื่อนที่ได้นี้จะมีค่าเท่ากันทุกตัวและคำนวณได้จากสูตร

Travel Range(m.) = (Speed (m./s.) /1000) x time(millisec.)

ในแต่ละรอบของการประมวลผลหลักนั้น ค่า Time จะได้รับการบวกขึ้น = 1 millisecond เสมอ ดังนั้น ค่า Travel Range จึงมีการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อประมวลผลครบ 1 รอบเช่นกัน

จะเห็นว่าการคิดระยะทางรวมที่เสียงเคลื่อนที่ได้นั้น ไม่จำเป็นต้องมีเรื่อง Scale Factor หรือการแปลงหน่วยเป็น Pixel เข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากเป็นค่าที่นำไปคำนวณพลังงาน ซึ่งมีเพียงการแสดงผลในเชิงตัวเลขเท่านั้น ไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับการแสดงระยะในพื้นที่ทำงานแต่อย่างใด

สำหรับการคำนวณพลังงานของ Ray แต่ละตัวนั้นสามารถหาได้จากสูตร

Current Energy = initial Energy[i] หารด้วย

4 x PI x (Travel Range(m.)x100)กำลัง 2

ในการแสดงผลและการวิเคราะห์ต่างๆ เราจะใช้ค่าระดับความดัง ในหน่วย dB. เป็นหลัก ดังนั้นเราจึงเปลี่ยน Current Energy นี้ให้อยู่ในหน่วย dB ก่อนที่จะจัดเก็บเข้าสู่ Array โดยใช้สูตร

dB[i] = 10 x LOG (Current Energy / 10ยกกำลัง -16)

ค่า dB[i] นี้จะถูกนำมาเปลี่ยนเป็น ค่า Alpha ของ Movie clip Ray แต่ละตัว เพื่อให้เกิดลักษณะการจางลงตามพลังงาน ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถเห็นภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงพลังงานของ Ray ได้ นอกจากนั้น ค่า dB[i] ยังใช้ในการกำหนดเงื่อนไขการลบ Movie clip ของ Ray ตัวใดๆ ออกจากระบบ ซึ่งกำหนดให้ทำการลบเมื่อค่า dB[i] น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 อีกด้วย

3.8.9 การเปลี่ยนทิศทางและพลังงานเมื่อ Ray ตกกระทบด้านต่าง ๆของห้อง

ความสามารถในการสะท้อนของ Ray นี้ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในกระบวนการทั้งหมดของโปรแกรม เพราะหากปราศจากสิ่งนี้ โปรแกรมก็จะไม่สามารถก่อให้เกิดประโยชน์หรือตรวจสอบผลลัพธ์ทางด้านเสียงอื่นๆต่อไปได้ ไม่ว่าจะเป็นการทำ Ray Diagram หรือ การทำ Detail Analysis เมื่อRay แต่ละตัวตกกระทบกับด้านของห้อง จะต้องมีความเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านทิศทางการเคลื่อนที่ และพลังงานที่ถูกดูดกลืนไปจากค่า NRC ของวัสดุในด้านนั้นๆ อย่างไรก็ดี สำหรับขอบเขตของโปรแกรมนี้จะกำหนดให้มีการสะท้อนในลักษณะมุมที่ตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน (Specula Reflection)เท่านั้น รวมทั้งไม่มีการนำขนาดของระนาบมาประมวลผลเนื่องจากการเลือกใช้เฉพาะช่วงความถี่กลาง จึงถือว่าทุกระนาบสามารถสะท้อนได้ทุกช่วงความถี่ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3

ในด้านเทคนิคของการคำนวณนั้นจะต้องมีการตรวจสอบหลายขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลการสะท้อนดังกล่าวซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

-ตรวจสอบพิกัดปัจจุบัน และพิกัดใหม่ที่ Ray กำลังจะเคลื่อนที่ไป ทีละตัว

-นำพิกัดของ Ray มาเปรียบเทียบกับพิกัด ของ Control point 2 จุดที่มีหมายเลขติดกันทีละคู่จนครบทุกด้านของผนัง เพื่อพิจารณาว่า แนวทิศทางที่ Ray กำลังเคลื่อนที่ไป มีการตัดกับแนวผนัง แนวใดหรือไม่

-เมื่อมีตรวจสอบพบว่ามีการตัดกัน โปรแกรมจะสั่งให้ Angle[i] ของ Ray เปลี่ยนไป ทิศทางของ Ray จึงเปลี่ยนไป โดยกำหนดองศาการสะท้อนให้เท่ากับองศาตกกระทบ

-ปรับค่าพลังงานของ Ray ให้ลดลงตามอัตราส่วนจากค่า NRC ของ ด้านที่ตกกระทบ

-ตรวจสอบพิกัดของ Ray หมายเลขถัดไปด้วยวิธีการเดียวกัน จนครบทุก Ray

-เพิ่มจำนวนครั้งที่ผ่านการสะท้อนให้กับ Ray ตัวนั้นๆ (+1)

ในขั้นตอนของการตรวจสอบการตัดกันของ Ray และผนัง จะใช้การแทนค่าในสมการเส้นตรงเป็นตัวช่วยในการตรวจสอบ รูปทั่วไปของสมการเส้นตรงคือ

$$Y = M X + C$$

โดย M คือค่าความชัน และ C สัมประสิทธิ์จุดตัดแกน Y นั่นเอง

ในกรณีที่เราทราบจุดพิกัด XY ที่อยู่บนเส้นตรงใดๆ 2 ตำแหน่ง เราจะสามารถแทนค่าตัวแปรเพื่อสร้างสมการที่สมบูรณ์ของเส้นตรงนั้นขึ้นมาได้ กล่าวคือ

ถ้าหาก Y1 = M X1 +C และ Y2 = M X2 +C

M = (Y2-Y1)/(X2-X1) และ C = ((Y1xX2)-(Y2xX1)) / (X2-X1)

เมื่อเราทราบสมการเส้นตรงใดๆก็ตาม หากเราต้องการจะตรวจสอบว่า ค่าพิกัด X Y ใดอยู่บนเส้นตรงดังกล่าวหรือไม่ก็สามารถทำได้โดยการเอา X และ Y ที่ต้องการตรวจสอบ ไปแทนค่าในสมการเส้นตรงดังกล่าว หากค่าทั้ง 2 ข้างของสมการออกมาเท่ากัน หรือ MX+C-Y = 0 นั่นแสดงว่าจุดพิกัดนั้นอยู่บนแนวเส้นตรงดังกล่าว ถ้าหากการแทนค่าได้ไม่เท่ากับ 0 นั่นหมายความว่าพิกัดนั้นได้อยู่บนแนวเส้นตรง โดยค่าผลลัพธ์ที่เป็นบวกหรือเป็นลบจะแสดงว่าจุดพิกัดนั้นอยู่บนฟากใดของเส้นตรงนั่นเอง

จากหลักการของสมการเส้นตรงนี้เราจะนำมาใช้ในการตรวจสอบการตัดกันของ แนวการเคลื่อนที่ของ Ray และด้านที่อยู่ระหว่างจุด Control Point ได้ดังนี้

-หาสมการเส้นตรงของด้านที่ต้องการตรวจสอบ โดยแทนค่าพิกัดของ Control Point ตัวแรกและตัวที่ 2 เพื่อให้ได้ค่า C และ M ออกมา ได้ผลลัพธ์คือสมการเส้นตรงของด้านที่ต้องการตรวจสอบ

-นำค่า X และ Y ปัจจุบันของ Ray ไปแทนค่า ในสมการเส้นตรงของด้าน

-นำค่า New X และ New Y ของRay ไปแทนค่า ในสมการเส้นตรงของด้าน

-หากการแทนค่าทั้ง 2 ครั้ง ให้ผลลัพธ์ ที่น้อยกว่า 0 หรือมากกว่า 0 เช่นเดียวกันทั้งคู่ ก็จะแสดงว่าจุดพิกัด XY และ NewX NewYนั้น อยู่บนฟากเดียวกันของด้านที่ต้องการตรวจสอบ แสดงว่าด้านนั้นยังไม่ตัดกับแนวทางการเคลื่อนที่

-แต่ถ้าหาก ผลลัพธ์จากสมการทั้ง 2 ค่าหนึ่ง มากกว่า 0 และอีกค่าหนึ่งน้อยกว่า 0 แสดงว่าจุดพิกัดทั้ง XY และ NewX NewYนั้นอยู่คนละฟากของ ด้านที่ต้องการตรวจสอบ หรือหมายถึง มีการตัดกันระหว่างแนวทางการเคลื่อนที่ กับด้านที่ทำการตรวจสอบ

สมการเส้นตรงของด้านที่เราทำการตรวจสอบจะเสมือนว่ามีขอบเขตไปถึงระยะอนันต์ แต่ในความเป็นจริงแล้ว ด้านของห้องจะมีขอบเขตสิ้นสุดที่ปลาย Control Point ทั้ง 2 ด้านเท่านั้น การตรวจสอบที่ได้กล่าวไปนั้นจึงยังไม่เพียงพอที่จะระบุว่า แนวการเคลื่อนที่กับด้านของห้องมีการตัดกันจริงหรือไม่ เราจึงต้องมีการตรวจสอบด้วยวิธีเดียวกัน แต่ใช้สมการเส้นตรงที่เกิดจากจุดพิกัด XY และ NewX NewY แล้วใช้ พิกัด ของ Control Point ทั้ง 2 มาเป็นค่า X และ Y ที่ใช้แทนในสมการอีกครั้ง

หากปรากฏว่าการแทนค่าสูตรในทั้ง 2 กรณีให้ผลว่าเกิดการตัดกันทั้ง 2 กรณีจึงจะสามารถสรุปได้ว่า แนวการเคลื่อนที่ของ Ray และ แนวผนังที่อยู่ระหว่าง Control point มีการตัดกัน

เมื่อทำการตรวจสอบว่ามีการตัดกันแล้ว ลำดับต่อไปก็คือการกำหนดให้ Ray มีการเปลี่ยน Angle [i] เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนทิศทาง โดยมุม Angle[i]ใหม่ จะมีการกำหนดตามสูตรด้านล่างเพื่อให้ มุมตกและมุมสะท้อนมีองศาที่เท่ากัน

Angle[i] = (360 + 2 x Angle of Panel) – Angle[i]

โดยค่า Angle of Panel นั้นก็คือองศาที่ด้านซึ่งทำการตรวจสอบกระทำกับแกน X นั่นเอง สามารถหาได้จาก arc tan ของ (Controlpoint2Y – Controlpoint1Y) / (Controlpoint2X – Controlpoint1X) นั่นเอง โดยเมื่ออยู่ในตำแหน่งแต่ละ Quadrant ของการทำงานก็จะมีการบวกหรือลบ 180 องศาเข้าไป เพื่อปรับค่าAngle ให้ถูกต้อง เช่นเดียวกับการหาองศาระหว่าง Source และ Target ในข้อ 4.7

ประการสุดท้ายคือการเปลี่ยนแปลงพลังงาน เนื่องจากค่าพลังงานของเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อตกกระทบและโดนดูดซับโดยวัสดุนั้น จะเกิดผลต่อผู้ฟังเทียบได้กับการที่แหล่งกำเนิดมีพลังงานลงจากเดิม ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงพลังงานเมื่อเกิดการตัดกันนี้นี้จึงใช้การเปลี่ยนค่า Initial Energy [i] ของ Ray ตัวนั้นๆ โดยค่า Init Energy [i] จะลดลงเป็นสัดส่วนตามพลังงานที่วัสดุดูดกลืนไป ดังนี้

Init Energy [i] = Init Energy [i] x (1 – NRC ของด้านที่ทำการตรวจสอบ)

ในแต่ละรอบของการแสดงผลค่า dB[i] ของRay แต่ละตัวก็จะเปลี่ยนไปด้วยเนื่องจาก Init Energy [i] ลดลง การแสดงผลของค่า Alpha ของ Ray ก็จะเปลี่ยนไปตาม dB นี้อีกต่อหนึ่ง นอกจากนั้นเพื่อให้ผู้ใช้สามารถสังเกต Ray ของ Direct Sound และ Ray ของ Reflect Sound ครั้งต่างๆได้ชัดเจน จึงมีการนำข้อมูลเรื่องจำนวนครั้งการสะท้อนของ Ray มากำหนดเงื่อนไขให้ Ray มีการเปลี่ยนแปลงสี ผลที่ได้คือ Ray ที่ผ่านจำนวนครั้งในการสะท้อนไม่เท่ากันก็จะมีสีต่างกันด้วย

จากการคำนวณที่ผ่านมาทั้งหมดผู้ใช้จึงสมารถสังเกตเห็นการสะท้อนเปลี่ยนทิศทาง และการเปลี่ยนพลังงานของ Ray เมื่อมีการตกกระทบด้านต่างๆของห้องได้

3.8.10 การสร้าง จัดวางตำแหน่ง และกำหนดขอบเขตการรับของ Receivers

ในการที่หาคุณสมบัติทางด้านเสียงของห้องในระดับรายละเอียดนั้น เราจำเป็นจะต้องมีการสร้าง Receiver เพื่อใช้ในการตรวจสอบ และบันทึกการตกกระทบของ Ray ที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อนำค่าที่บันทึกไว้เหล่านี้ไปคำนวณและประเมินออกมาเป็นคุณสมบัติของเสียงดังกล่าว การสร้าง Receiver ก็เช่นเดียวกับการสร้าง Movie clip อื่นๆ คือจะใช้การวน Loop เพื่อ Copy Movie clip ของ Receiver ออกมาตามจำนวนที่ผู้ใช้ได้ตั้งค่าเอาไว้ Receiver แต่ละตัวจะมีการเขียน Script เพื่อให้ผู้ใช้สามารถ Drag ไปไว้ในตำแหน่งใดก็ได้ตามต้องการในขอบเขตที่กำหนด

นอกจากนั้นโปรแกรมยังมีส่วนในการช่วยในการจัดวาง Receiver โดยอัตโนมัติในแนวแกนต่างๆ และสามารถกำหนดระยะห่างระหว่าง Receiver โดยอัตโนมัติได้อีกด้วย เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำงานได้สะดวกรวดเร็วขึ้น เนื่องจากในการตรวจวัดโดยทั่วไปมักจะมีการวาง Receiver เรียงกันเป็นแถว ที่มีระยะห่างเท่าๆกัน โดยการจัดวางนี้จะมีการแบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะด้วยกันคือ การจัดวาง

แบบอิสระ การจัดวางตามแนวแกน x การจัดวางตามแนวแกน Y และการจัดวางตามแนวรัศมี เมื่อผู้ใช้งานเลือกรูปแบบการจัดวางแบบใดหนึ่ง โปรแกรมก็จะทำการรับสถานะของการเลือกแล้วกำหนดตัวแปรขึ้น ใน Loop การแสดงผลหลักจะมีการตรวจสอบค่าตัวแปรนี้ และใช้การกำหนดเงื่อนไข If แยกการทำงานในกรณีตัวแปรมีค่าต่างๆ หลักการสร้างรูปแบบการจัดวางนี้เกิดได้จาก การตรวจสอบหาตำแหน่งของ Receiver ตัวที่0 แล้วใช้การวน Loop เพื่อตั้งค่าตำแหน่งของ Receiver ตัวอื่นๆ ให้เพิ่มระยะห่างขึ้นทีละเท่าๆกัน โดยผู้ใช้สามารถกำหนดระยะทางที่เพิ่มขึ้นนี้ได้ด้วย นอกจากนั้นเพื่อให้ระยะห่างยังคงมีค่าถูกต้องอยู่แม้ผู้ใช้จะเปลี่ยน Scale Factor ของพื้นที่การทำงานไป ค่า Scale Factor จึงจะต้องถูกนำมาพิจารณาด้วยเช่นกัน

เมื่อใช้ Mouse กดเลือกที่ Receiver ตัวใด โปรแกรมก็จะมีการส่งค่า หมายเลขของ Receiver ตัวที่เลือก (Receiver Index) ผ่านเข้าไปให้กับ Function ต่างๆของโปรแกรม เพื่อให้เกิดการแสดงข้อมูลของ Receiver ตัวนั้นๆ ออกมา เช่น ข้อมูลทั่วไป ตำแหน่งพิกัด องศาที่ทำกับ Source แผนภาพ Echogram ตลอดจนข้อมูลการวิเคราะห์รายละเอียดต่างๆ ซึ่งจะได้กล่าวถึงคุณสมบัติเหล่านี้ในหัวข้อถัดๆไป

3.8.11 การตรวจสอบและจัดเก็บข้อมูลการตกกระทบของ Raysบน Receiver

การทำงานในขั้นตอนนี้ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดอีกส่วนหนึ่ง ขั้นตอนนี้ทำให้โปรแกรมสามารถบันทึกค่าพลังงานและเวลาที่ตกกระทบ ของ Ray บน Receiver ได้ ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้าง Echogram ตลอดจนใช้ในการวิเคราะห์หาค่ารายละเอียดทั้งหมดในลำดับถัดไป เราสามารถแบ่งขั้นตอนนี้ออกได้เป็น 2 ช่วง ได้แก่ การตรวจสอบการตกกระทบ และ การจัดเก็บข้อมูล

ในส่วนของการตรวจสอบการตกกระทบนั้น สามรรถตรวจสอบได้จาก การคำนวณหาผลต่างระหว่าง ค่าพิกัดทั้งแกน X และ Y ของ Ray แต่ละตัวที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดนั้น กับค่า X และ Y ของ Receiver ถ้าหากผลต่างที่ได้น้อยกว่าค่าที่กำหนดนั้น ก็จะถือว่า Ray ตัวนั้นตกกระทบกับ Receive ค่าดังกล่าวที่จะใช้ในการตรวจสอบนี้ สามารถถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานได้ โดยผ่านทางการกำหนดเส้นผ่านจุดศูนย์กลาง ของ Receiver นั่นเอง โดยจะเท่ากับ (Diameter/2) x Scale Factor นั่นเอง การตรวจสอบจะใช้การวน Loop เทียบ Ray แต่ละตัวกับ Receiver ทีละจุด จนครบทั้งหมด

ส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการตรวจสอบนั่นคือ หาก Ray ตกกระทบเป็น Ray เดิม จะต้องไม่นับเป็นการตกกระทบครั้งใหม่ เพื่อไม่ให้เกิดการบันทึกข้อมูลซ้ำซ้อนในขณะที่ Ray ตัวเดิมวิ่งผ่านบน Receiver หลักการคือใช้การเก็บค่าหมายเลขของ Ray ที่ตกกระทบตัวสุดท้ายไว้ที่ตัวแปร Hit ID last เมื่อวนเข้าสู่รอบการคำนวณใหม่ ก็จะทำการตรวจสอบหมายเลขของ Ray ปัจจุบัน กับ Hit ID last ที่เก็บเอาไว้ หากค่าตรงกันก็จะไม่นับเป็น การตกกระทบ โปรแกรมจะข้ามการทำงานในส่วนของการบันทึกข้อมูลการตกกระทบไป

เมื่อตรวจสอบพบว่า Ray มีการตกกระทบบน Receiver ตัวใดๆแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการบันทึกข้อมูลการตกกระทบต่างๆ ลงสู่ Array 2 มิติ หลายชุด เพื่อให้สามารถเก็บผลลัพธ์นี้ไปทำการวิเคราะห์ต่อไปได้ การเรียกใช้ Array นี้ประกอบด้วยหมายเลขของ Receiver ในชุดแรก และ หมายเลขครั้งของการตกกระทบ ในชุดหลัง ตัวอย่างเช่นเมื่อ Ray i ตกกระทบ Receiver j จะมีการเก็บค่าต่างๆดังนี้

-การนับครั้งที่ ของการตกกระทบ Hit Count [j] = Hit Count[j] +1

ให้ k = Hit Count [j]

-พลังงานที่ตกกระทบ Hit Energy[j][k] = dB[i] ของ Ray

-จำนวนครั้งที่ Ray ผ่านการสะท้อนมา Hit Reflect[j][k] = Reflect Count[i] ของ Ray

-เวลาที่ตกกระทบ Hit Time [j][k] = Time ปัจจุบันของโปรกรม

เมื่อทำการบันทึกค่าแล้ว ก็จะสามารถเรียกมาแสดง หรือนำไปใช้คำนวณต่อเมื่อไรก็ได้ เช่น เมื่อเลือกที่ Receiver j โปรแกรมก็จะเรียกข้อมูลการตกกระทบครั้งล่าสุดของ Receiver ตัวนั้นๆขึ้นมาแสดง ตัวอย่างเช่น พลังงานที่ตกกระทบล่าสุด = Hit Energy[j][k] เป็นต้น (เมื่อ k = Hit Count [j]) เป็นต้น

3.8.12 การแสดง Echogram

Echogram คือกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาและพลังงานเสียงที่ตกกระทบกับตัวรับใดๆ เป็นวิธีการที่ช่วยให้เห็น ลักษณะของเสียงที่จะเกิดขึ้น ณ จุดรับได้ชัดเจนและต่อเนื่องที่สุด เรายังสามารถนำ Echogram นี้ มาวิเคราะห์ค่ารายละเอียดทางด้านเสียงได้เกือบทุกรายการอีกด้วย เนื่องจาก Echogram คือความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาในแกน x และ ระดับความดังของเสียง dB. ทางแกน Y การสร้าง Echogram จึงอาศัยความสามารถของ Flash ในการ Copy จัดวางตำแหน่ง และปรับ Scale ของ Movie clip เป็นหลัก ทำให้สามารถสร้าง Echogram นี้ได้ไม่ยากเย็นนัก

หลักการก็คือเมื่อผู้ใช้เลือกที่ Receiver ตัวใดก็ตามแต่ ค่า Receiver Index นั้นจะถูกส่งไปยัง function ที่ใช้ในการสร้าง Echogram Function นี้จะเริ่มจากการหาค่า Hit count [j] ของ Receiver ที่เราเลือกแล้วนำไปใช้เป็นจำนวนการรอบของวน Loopในการสร้างและจัดวาง Movie clip ในแต่ละรอบของการวน Loop Movie clip "Bar" ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นตามแนวตั้ง ก็จะได้รับการ Copy ทีละอัน จากนั้น function ก็จะทำการจัดวางและกำหนดความสูงของ Movie clipที่ copyขึ้น ในแต่ละรอบการคำนวณ ค่า Hit Time [][] ของ Receiver ที่ถูกเลือก จะถูกเรียกและเปลี่ยนค่านี้ให้เป็นการกำหนดตำแหน่ง ของ Bar ในแนวแกน x ส่วนค่า Hit Energy[][] จะถูกเรียกและเปลี่ยนเป็นขนาดความสูงของ Bar ในแนวแกน y โดยใช้คำสั่ง Set Properties ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อ Loop วนครบทั้งหมดแล้ว ก็คือ ผู้ใช้จะสังเกตเห็นการเรียงตัวของ Movie clip Bar ที่มีระยะห่างและความสูงต่างๆกัน โดยมีระยะห่างตามเวลา

ที่ Ray ตกกระทบวัตถุ และมีความสูงเท่ากับระดับความดังของ Ray (dB.)ที่ตกกระทบวัตถุในแต่ละครั้งนั่นเอง เมื่อผู้ใช้งานเปลี่ยนไปเลือกที่ Receiver ตัวอื่นๆ ค่า Receiver Index ที่จะส่งให้ Function ก็จะเปลี่ยนไป มีผลทำให้เป็นการเรียก Array เปลี่ยนชุดตำแหน่งไป การสร้าง Echogram ก็จะเปลี่ยนไปเป็นข้อมูลของ Receiver ตัวนั้นๆ

ข้อสังเกตเพิ่มเติมคือหากเรากำหนดให้การแสดงช่วงระยะเวลาทั้งหมดมีขนาดจำกัด จะพบว่าในห้องที่มีความก้อง (RT) มากๆ Ray จะยังมีการตกกระทบวัตถุแม้เวลาผ่านไปนานมากแล้วก็ตาม สิ่งนี้ทำให้การวางตำแหน่งของ Movie clip Bar บนกราฟ Echogram ตกเลยออกไปจากพื้นที่หน้าจอ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นและแสดงผลได้จนครบถ้วน จึงกำหนดให้สามารถย่อหรือขยายระยะห่างทางแกน X ในการจัดวางๆได้ คล้ายกับการ Zoom นั่นเอง วิธีการก็คือใช้ค่าตัวแปรมาคูณกับค่าระยะพิกัด X ที่ตั้งเอาไว้ เมื่อผู้ใช้ปรับค่าตัวแปรนี้ โปรแกรมก็จะเรียก Function ในการจัดวางใหม่อีกครั้งโดยเอาตัวแปรไปคิดคำนวณด้วย ผลที่ได้ก็คือผู้ใช้จะเห็นระยะห่างระหว่าง Bar เพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นจำนวนเท่าตัวนั่นเอง

ความสามารถในการจัดการ Echogramประการสุดท้ายที่โปรแกรมจะต้องมี คือการ Copy Echogram เพื่อใช้ในการอ้างอิงเปรียบเทียบข้อมูลระหว่าง Echogram 2 ชุดได้ หลักการคือการใช้ Movie clip "Bar" อีกชุดหนึ่งซึ่งมีสีแตกต่างกับชุดเดิม มาสร้าง Echogram ซ้อนลงไป เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม Copy โปรแกรมก็จะทำการนำข้อมูลของ Receiver ตัวที่เรียกอยู่มาสร้าง Echogram ใหม่นี้โดยใช้หลักการเดียวกัน จุดที่แตกต่างคือ Echogram ที่ทำการ Copy จะไม่ถูกเปลี่ยนแปลงหรือเรียก Function ในการสร้างจากการเลือกที่ Receiver แต่จะมีการเรียก Function สร้างใหม่ทุกครั้งที่ผู้ใช้กด Copy เท่านั้น ดังนั้นการแสดงผลจึงสามารถค้างอยู่ได้ไม่ว่าผู้ใช้เปลี่ยนการเลือกไปที่ Receiver ตัวใดๆ

3.8.13 การกำหนดตัวแปรเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการคำนวณและการประเมินผล

จากข้อมูลการตกกระทบทั้งหมดของ Receiver แต่ละตัวที่โปรแกรมเก็บไว้ใน Array นั้น การที่เราจะนำข้อมูลเหล่านี้มาวัดผลเพื่อหาค่าคุณลมบัติของเสียงด้านต่างๆได้ ก็จะต้องมีการกำหนดตัวแปรเพิ่มเติมบางประการก่อน ตัวแปรเหล่านี้ไม่ได้มีบทบาทเกี่ยวข้องในระหว่างการคำนวณการเคลื่อนที่และการตกกระทบของ Ray แต่อย่างใด แต่จะมีผลในการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการคำนวณข้อมูลตกกระทบที่เก็บไว้นั้น มาวิเคราะห์และคำนวณให้ได้ผลลัพธ์เป็นค่าตัวเลขของคุณสมบัติด้านต่างๆเท่านั้น ดังนั้นค่าตัวแปรเพิ่มเติมเหล่านี้จึงสามารถกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงภายหลังจากการคำนวณได้เสมอ ผลลัพธ์ที่ออกมาจากการเปลี่ยนค่านี้จึงเป็นลักษณะ Real-time คือเห็นผลในทันที

ตัวแปรต่างๆที่ผู้ใช้จะต้องกำหนดได้แก่

- ชนิดของแหล่งกำเนิด ระหว่างเสียงพูดหรือเสียงดนตรี เนื่องจากแหล่งกำเนิดทั้ง 2 รูปแบบจะมีพฤติกรรมด้านความยาวสั้นของพยางค์ ที่แตกต่างกัน ดังนั้น โดยมาตรฐานแล้วข้อกำหนดใน

การตรวจหาระดับความดัง(dB) หรือ Echo จะแตกต่างกัน ในการตรวจหาระดับความดังนั้นจะมีการกำหนดให้ First Reflect Sound สามารถรวมพลังงานเข้ากับ Direct Sound ได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยสำหรับเสียงพูดจะต้องอยู่ภายใน 50 milliseconds สำหรับเสียงดนตรีจะต้องอยู่ภายใน 80 milliseconds ส่วนการตรวจหาปัญหาในการ Echo นั้นจะใช้ระยะห่างระหว่าง Rayตกกระทบ 2 Ray ที่อยู่ติดกันเป็นเกณฑ์ ถ้าหากห่างกันเกินค่าที่กำหนดไว้ก็จะเกิดปัญหาการ Echo สำหรับเสียงพูดจะกำหนดไว้ที่ 50 milliseconds และเสียงดนตรีกำหนดไว้ที่ 80 milliseconds เช่นกัน

- ประเภทการใช้งานของห้อง ตัวแปรนี้ไม่ได้ส่งผลกับการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวเลขของคุณสมบัติทางเสียงโดยตรง แต่เป็นค่าที่จะนำมาใช้ทำการประเมินความเหมาะสมของค่า RT ที่คำนวณออกมา เนื่องจากห้องแต่ละประเภทจะมีมาตรฐานของค่า RT ที่เหมาะสมนี้แตกต่างกันออกไป เมื่อผู้ใช้เลือกประเภทของห้องจาก List Box ค่า RT ที่เหมาะสมกับห้องประเภทนั้นจะถูกดึงจาก List มาเก็บไว้ในตัวแปร เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่า RT ที่ได้จากการคำนวณ การประเมินจะหาผลต่างระหว่างทั้ง 2 ค่า และนำผลต่างเทียบกับเงื่อนไข เพื่อให้แสดงผลออกมาในลักษณะ Good-Bad ได้

3.8.14 การตรวจสอบค่าคุณสมบัติต่าง ๆของเสียง

การตรวจสอบค่าคุณสมบัติของเสียงซึ่งได้แก่ การตรวจสอบหาค่าระดับความดัง(dB.) และ การตรวจสอบเสียงสะท้อนที่ก่อให้เกิดปัญหาในการรับฟัง (Echo) จะมีหลักการตรวจสอบโดยนำข้อมูลที่เก็บไว้ใน Array ข้อมูลการตกกระทบ มาใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่า ด้วยวิธีการต่างๆกันดังนี้

การแสดงผลจะแสดง ผลการคำนวณระดับความดังรวมที่เกิดจาก Ray ทั้งหมดซึ่งตกกระทบ Receiver ตัวใดๆภายในเวลากำหนดให้ที่ Direct Sound สามารถรวมกับ Early Reflection ได้ (50 milliseconds สำหรับ การพูด และ 80 milliseconds สำหรับดนตรี) แสดงระดับความดังจาก Direct Sound และผลรวมเมื่อรวม Early Reflection ไปแล้วออกมาเป็นตัวเลข ที่ Receiver

เพื่อให้โปรแกรมสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติด้านต่างๆของเสียงได้ ผู้ใช้จำเป็นต้องกำหนดประเภทของแหล่งกำเนิดและการใช้งานของห้องด้วย โดยข้อมูลเหล่านี้ จะถูกแปลงเป็นตัวเลขเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผล เช่น กรณีที่ผู้ใช้เลือกประเภทของแหล่งกำเนิดเป็นเสียงพูดหรือเสียงดนตรี ช่วงเวลาที่สามารถรวมพลังงานเสียง Direct Sound และ Early Reflection เข้าด้วยกันได้ก็จะต่างกัน รวมทั้ง ระยะเวลาที่ผู้สังเกตได้ยิน Echo ไม่เท่ากัน (60 ms)

การตรวจสอบหาค่าระดับความดัง(dB.)นั้นจะใช้การวน Loop เพื่อตรวจสอบหาเลขตำแหน่งสุดท้ายภายใน Array Hit time ที่ข้อมูลเวลาที่เก็บยังมีค่าไม่เกินระยะเวลาที่สามารถรวมเสียงได้ (50 millisec สำหรับเสียงพูด หรือ 80 millisec สำหรับดนตรี โดยเริ่มนับเวลาตั้งแต่การตกกระทบครั้งแรก) จากนั้นโปรแกรมจะนำค่าตัวเลขที่เก็บเอาไว้ใน Array Hit Energy ตั้งแต่ตำแหน่งที่ 0 จนถึงตำแหน่งที่ตรงกับตัวสุดท้ายของ Array Hit Time มาเก็บไว้ในตัวแปร แล้วจึงทำการวน Loop เพื่อรวมค่าพลังงานเสียงทีละตัวจนครบทั้งหมด ผลลัพธ์ที่ได้ก็คือค่าระดับความดังรวมนั่นเอง

สำหรับการตรวจสอบเสียงสะท้อนที่ก่อให้เกิดปัญหาในการรับฟัง (Echo) นั้นจะใช้การวน Loop ตรวจสอบค่าผลต่างระหว่างข้อมูลเวลา ที่เก็บอยู่ใน Array Hit Time 2 ที่อยู่ติดกัน ทีละคู่ ถ้าหากช่วงใดมีค่าต่างกันเกินค่าเวลาที่ยอมรับได้ ก็จะนับเป็นการเกิด Echo 1 ครั้ง เมื่อการคำนวณวนครบรอบแล้วผลลัพธ์ที่ได้ออกมาก็คือจำนวนครั้งที่เกิดการ Echo ขึ้นนั่นเอง

3.8.15 การเล่นตัวอย่างเสียง

การเล่นเสียงตัวอย่างเป็นส่วนที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจค่าคุณสมบัติต่างๆของเสียงได้ดีขึ้นมากกว่าการแสดงผลค่าตัวเลขเพียงอย่างเดียว การเล่นตัวอย่างเสียงนี้ไม่ได้เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของ File เสียงตามค่าต่างๆที่คำนวณได้โดยตรง แต่เป็นการเตรียมตัวอย่างเสียงเอาไว้ก่อนล่วงหน้าเก็บไว้เป็นชุด เมื่อโปรแกรมสามารถหาค่าคุณสมบัติใดๆได้แล้ว ก็จะนำค่าที่ได้ไปเทียบเงื่อนไข กับช่วงของค่าที่กำหนดเอาไว้ หากค่าที่ได้นั้นตกอยู่ในช่วงใดก็จะมีการเรียกตัวอย่างเสียง ซึ่งเป็น File .mp3 ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าในช่วงนั้นๆขึ้นมาเล่น ซึ่งแม้ว่าผลลัพธ์ของเสียงที่เล่นออกมาจะเป็นการเพียงการประมาณจากข้อมูลที่มี แต่ก็นับว่าเพียงพอและบรรลุวัตถุประสงค์ในการทำให้ผู้ใช้เกิดความเข้าใจในสภาพเสียงที่จะเกิดขึ้นภายในห้องมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย