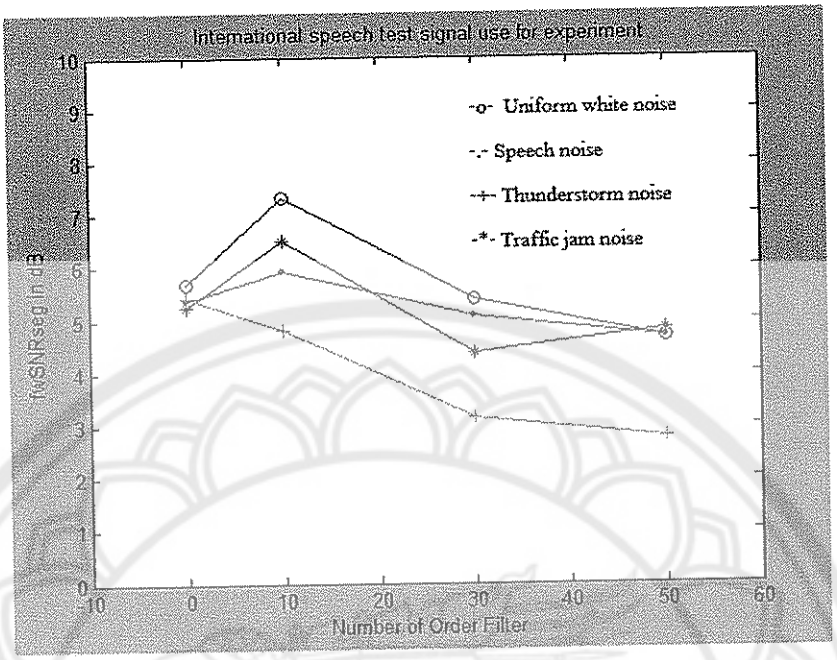
บทที่ 5

ผลการวิจัยระบบทดสอบประสิทธิภาพการลดสัญญาณรบกวน ของเครื่องช่วยฟัง

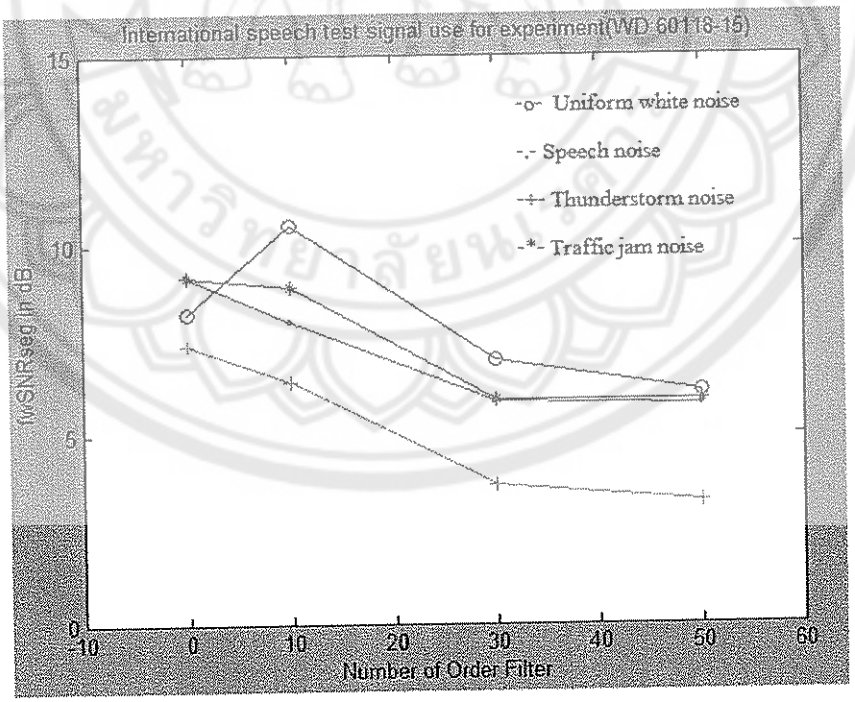
ผลการทดสอบจะใช้การประเมินจากระบบวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวน โดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของกลุ่มผู้ฟัง

การทดสอบวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนของเครื่องช่วยฟังแบบ 1 ไมโครโฟน โดยใช้ชุดเสียงทดสอบมาตรฐานสากล

การทดสอบวัดคุณภาพของวัตถุนี้ จะเป็นการวัดค่าคุณภาพของสัญญาณเสียงดั้งเดิมต่อสัญญาณเสียงที่มารบกวนในทางความถี่ (fwSNRseg) ในการทดสอบจะใช้ตัวกรองสัญญาณแบบปรับความคมชัดของเส้นสัญญาณเสียง (ALE) ที่อันดับของตัวกรองต่าง ๆ กัน 3 อันดับ เปรียบเสมือนเครื่องช่วยฟัง 3 แบบ ซึ่งจะประกอบด้วยตัวกรองอันดับที่ 10, 30 และ 50 โดยปรับค่า μ(step size) เป็น 4×10^{-12}, 1×10^{-12}, 9×10^{-13} ตามลำดับ สัญญาณที่ใช้ในการทดสอบเป็นสัญญาณทดสอบเสียงพูดมาตรฐาน (International Speech Test Signal, ISTS) [3] ผสมกับสัญญาณเสียงรบกวน 4 ประเภทได้แก่ เสียงรบกวนแบบรูปแบบขาว (Uniform white noise), เสียงรบกวนในที่ประชุม (Speech noise), เสียงรบกวนจากการจราจรบนท้องถนน (Traffic jam noise) และเสียงรบกวนจากฝนฟ้าคะนอง (Thunderstorm noise) เมื่อได้ไฟล์เสียงที่บันทึกทั้งจากการผ่านตัวกรองและไฟล์เสียงดั้งเดิมที่เล่นผ่านระบบ ก็จะทำการนำไฟล์เสียงนั้น ๆ ไปทำการคำนวณค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนในทางความถี่โดยใช้วิธีการคำนวณแบบทั่วไปและวิธีการคำนวณตามแนวทางในร่างมาตรฐาน 60118-15 ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังภาพ 40 และภาพ 41



ภาพ 40 แสดงผลการวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการคำนวณแบบทั่วไปกับสัญญาณทดสอบเสียงพูดมาตรฐานสากล

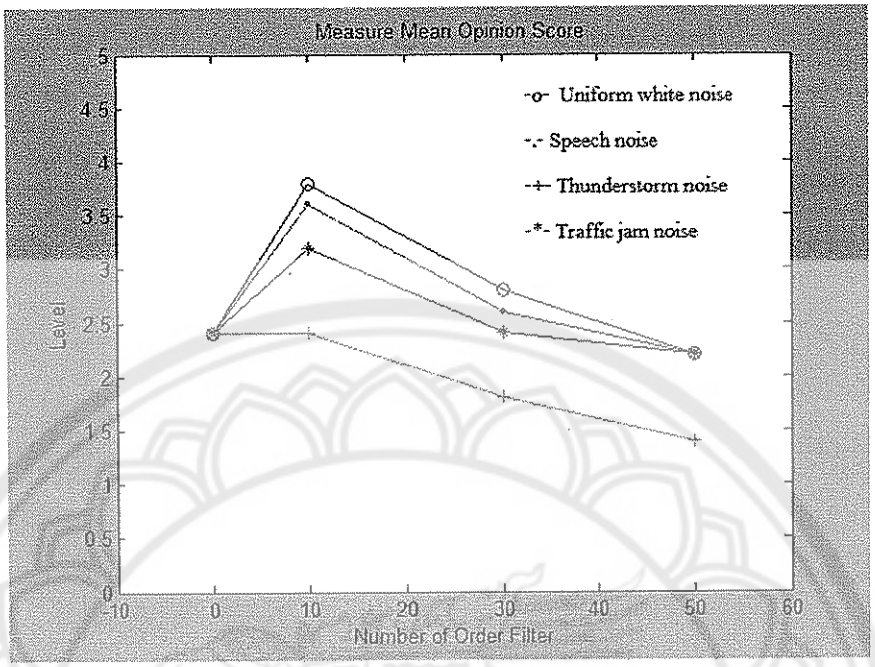


ภาพ 41 แสดงผลการวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการคำนวณตามแนวทางในร่างมาตรฐาน 60118-15 กับสัญญาณทดสอบเสียงพูดมาตรฐานสากล

ในทางทฤษฎี ความคาดหวังของตัวกรองสัญญาณควรจะทำให้อัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในการแยกเสียงออกจากสัญญาณรบกวนรูปแบบขาวควรจะทำได้ดี เมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวนแบบอื่น ๆ ที่ระบบตัดเสียงรบกวนจะไม่มีประสิทธิภาพที่ดีนัก จากกราฟผลการทดสอบภาพ 40 และภาพ 41 พบว่าเป็นไปตามสิ่งที่คาดไว้ โดยเฉพาะเครื่องช่วยฟังที่ใช้ตัวกรองอันดับที่ 10 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนที่ดีขึ้นกว่าเดิมชัดเจน และระบบตัดเสียงรบกวนไม่สามารถทำงานกับสัญญาณรบกวนที่มีการไม่สัมพันธ์กันสูง เช่น เสียงรบกวนจากฝนฟ้าคะนองได้ ซึ่งผลการทดสอบกับทั้งสองวิธีการคำนวณมีความสอดคล้องกัน ทั้งนี้การจำลองในการทดสอบมุ่งเน้นการพิสูจน์ความสามารถในการแยกแยะและประเมินการคัดกรองสัญญาณเสียง มากกว่าประสิทธิภาพของตัวคัดกรองเอง ซึ่งในที่นี้สามารถปรับปรุงได้โดยการเปลี่ยนไปใช้อัลกอริธึมที่ประสิทธิภาพสูงกว่าเป็นต้น

การทดสอบเครื่องช่วยฟังแบบ 1 ไมโครโฟนเพื่อหาค่าความพึงพอใจโดยการฟังจากอาสาสมัคร (Mean Opinion Score, MOS) โดยใช้ชุดเสียงทดสอบมาตรฐานสากล

เพื่อเปรียบเทียบผลที่วัดได้กับการได้ยินจริง การทดลองนี้จะอาศัยแนวทางการประเมินค่าจากการตัดสินใจของผู้ฟังโดยอาศัยความรู้สึกและความพอใจของผู้ฟังกับเสียงก่อนและหลังการลดสัญญาณเสียงรบกวน ซึ่งจะใช้เครื่องช่วยฟังที่บรรจุตัวกรอง สัญญาณเสียงทดสอบและสัญญาณเสียงรบกวน เหมือนกับการทดสอบวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนก่อนหน้านี้ในหัวข้อ 5.1 จากนั้นก็จะทำการทดสอบโดยเล่นเสียงที่ไม่ได้ผ่านตัวกรองให้ผู้ทดสอบฟัง เทียบกับเสียงที่ได้ผ่านตัวกรองแล้วให้ผู้ฟังประเมินค่าระดับความพึงพอใจออกมา ซึ่งจากผู้ฟังจำนวน 5 คน จะได้ผลการทดสอบเฉลี่ยดังภาพ 42



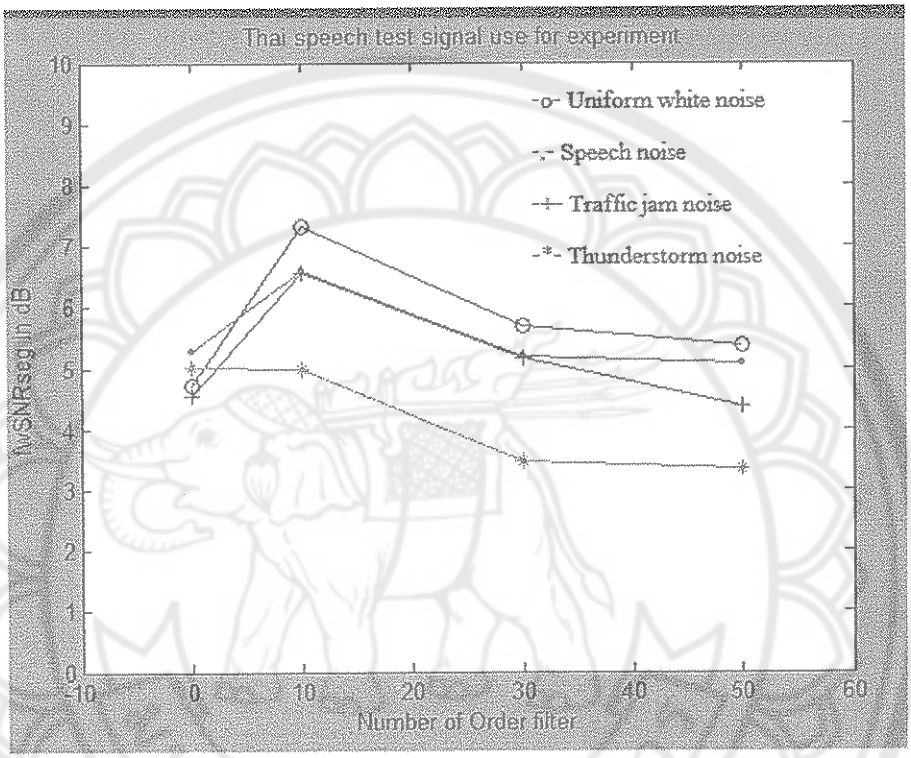
ภาพ 42 แสดงผลการวัดค่าระดับความพึงพอใจโดยใช้สัญญาณทดสอบเสียงพูดมาตรฐานสากล

จากกราฟผลการทดสอบภาพ 42 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยความพอใจของผู้ฟังส่วนใหญ่ให้เครื่องช่วยฟังมีความสอดคล้องกับผลในภาพ 40 และภาพ 41 ทำให้มั่นใจได้ว่าการเพิ่มอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวน นำไปสู่คุณภาพการได้ยินที่ดีขึ้นจริง

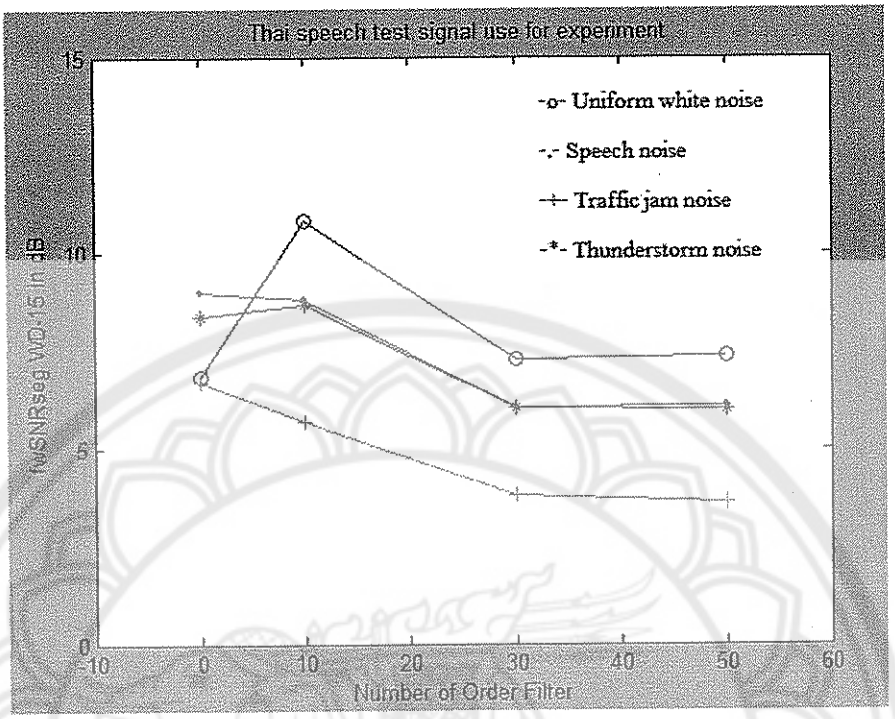
การทดสอบวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนของเครื่องช่วยฟังแบบ 1 ไมโครโฟน โดยใช้ชุดเสียงทดสอบภาษาไทย

การทดสอบวัดค่าคุณภาพของวัตถุนี้ จะเป็นการวัดค่าคุณภาพของสัญญาณเสียงดั้งเดิมต่อสัญญาณเสียงที่มารบกวนในทางความถี่ (fwSNRseg) ในการทดสอบจะใช้ตัวกรองสัญญาณแบบปรับความคมชัดของเส้นสัญญาณเสียง (ALE) ที่อันดับของตัวกรองต่าง ๆ กัน 3 อันดับเปรียบเสมือนเครื่องช่วยฟัง 3 แบบ ซึ่งจะประกอบด้วยตัวกรองอันดับที่ 10, 30 และ 50 โดยปรับค่า μ(step size) เป็น 4×10^{-12}, 1×10^{-12}, 9×10^{-13} ตามลำดับ สัญญาณที่ใช้ในการทดสอบเป็นสัญญาณเสียงพูดภาษาไทย ผสมกับสัญญาณเสียงรบกวน 4 ประเภท ได้แก่ เสียงรบกวนรูปแบบขาว (Uniform white noise) เสียงรบกวนในที่ประชุม (Speech noise) เสียงรบกวนจากการจราจรบนท้องถนน (Traffic jam noise) และเสียงรบกวนจากฝนฟ้าคะนอง (Thunderstorm noise) เมื่อได้ไฟล์เสียงที่บันทึกทั้งจากการผ่านตัวกรองและไฟล์เสียงดั้งเดิมที่เล่น

ผ่านระบบ ก็จะทำการนำไฟล์เสียงนั้นๆไปทำการคำนวณค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนในทางความถี่โดยใช้วิธีการคำนวณแบบทั่วไปและวิธีการคำนวณตามแนวทางในร่างมาตรฐาน 60118-15 ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังภาพ 43 และภาพ 44



ภาพ 43 แสดงผลการวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการคำนวณแบบทั่วไปกับสัญญาณทดสอบเสียงพูดภาษาไทย

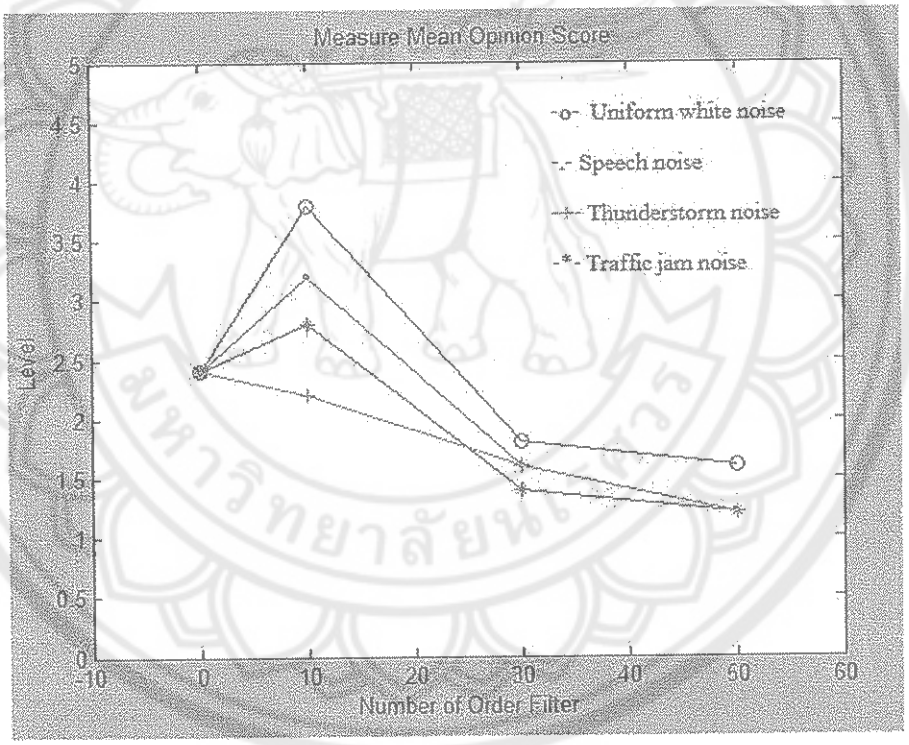


ภาพ 44 แสดงผลการวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนโดยใช้วิธีการคำนวณตามแนวทางในร่างมาตรฐาน 60118-15 กับสัญญาณทดสอบเสียงพูดภาษาไทย

ในทางทฤษฎี ความคาดหวังของตัวกรองสัญญาณควรจะทำให้อัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในการแยกเสียงออกจากสัญญาณรบกวนรูปแบบขาวควรจะทำได้ดี เมื่อเทียบกับสัญญาณรบกวนแบบอื่นๆที่ระบบตัดเสียงรบกวนจะไม่มีประสิทธิภาพที่ดีนัก จากกราฟผลการทดสอบภาพ 43 และภาพ 44 พบว่าเป็นไปตามสิ่งที่คาดไว้ โดยเฉพาะเครื่องช่วยฟังที่ใช้ตัวกรองอันดับที่ 10 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนที่ดีขึ้นกว่าเดิมชัดเจน และระบบตัดเสียงรบกวนไม่สามารถทำงานกับสัญญาณรบกวนที่มีการไม่สัมพันธ์กันสูง เช่น เสียงรบกวนจากฝนฟ้าคะนองได้ ซึ่งผลการทดสอบกับทั้งสองวิธีการคำนวณมีความสอดคล้องกัน ทั้งนี้การจำลองในการทดสอบมุ่งเน้นการพิสูจน์ความสามารถในการแยกแยะและประเมินการคัดกรองสัญญาณเสียง มากกว่าประสิทธิภาพของตัวคัดกรองเอง ซึ่งในที่นี้สามารถปรับปรุงได้โดยการเปลี่ยนใช้อัลกอริธึมที่ประสิทธิภาพสูงกว่า เป็นต้น

การทดสอบเครื่องช่วยฟังแบบ 1 ไมโครโฟนเพื่อหาค่าความพึงพอใจโดยการฟังจากอาสาสมัคร (Mean Opinion Score, MOS) โดยใช้ชุดเสียงทดสอบภาษาไทย

เพื่อเปรียบเทียบผลที่วัดได้กับการได้ยินจริง การทดลองนี้จะอาศัยแนวทางการประเมินค่าจากการตัดสินใจของผู้ฟังโดยอาศัยความรู้สึกและความพอใจของผู้ฟังกับเสียงก่อนและหลังการลดสัญญาณเสียงรบกวน ซึ่งจะใช้เครื่องช่วยฟังที่บรรจุตัวกรอง สัญญาณเสียงทดสอบและสัญญาณเสียงรบกวน เหมือนกับการทดสอบวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวน ก่อนหน้านี้ในหัวข้อ 5.3 จากนั้นก็จะทำการทดสอบโดยเล่นเสียงที่ไม่ได้ผ่านตัวกรองให้ผู้ทดสอบฟัง เทียบกับเสียงที่ได้ผ่านตัวกรองแล้วให้ผู้ฟังประเมินค่าระดับความพึงพอใจออกมา ซึ่งจากผู้ฟังจำนวน 5 คน จะได้ผลการทดสอบเฉลี่ยดังภาพ 45



ภาพ 45 แสดงผลการวัดค่าระดับความพึงพอใจโดยใช้สัญญาณทดสอบเสียงพูดภาษาไทย

จากกราฟผลการทดสอบภาพ 45 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยความพอใจของผู้ฟังส่วนใหญ่ให้เครื่องช่วยฟังมีความสอดคล้องกับผลในภาพ 43 และภาพ 44 ทำให้มั่นใจได้ว่าการเพิ่มอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนนำไปสู่คุณภาพการได้ยินที่ดีขึ้นจริง

การทดสอบเครื่องช่วยฟังแบบ 1 ไมโครโฟนเพื่อเรียงลำดับความพึงพอใจจากการฟังของอาสาสมัคร โดยใช้ชุดเสียงทดสอบภาษาไทย

เพื่อเปรียบเทียบผลที่วัดได้กับการได้ยินจริง การทดลองนี้จะอาศัยแนวทางการประเมินค่าจากการเรียงลำดับความพึงพอใจของผู้ฟัง ซึ่งจะใช้เครื่องช่วยฟังที่บรรจุตัวกรองสัญญาณและสัญญาณเสียงทดสอบ เหมือนกับการทดสอบวัดค่าอัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวน ก่อนหน้านี้ในหัวข้อ 5.3 แต่จะใช้สัญญาณเสียงที่รบกวนแค่สองสัญญาณโดยทำการเลือกสัญญาณที่กำจัดได้ดีที่สุดดี คือสัญญาณรบกวนรูปแบบขาว และสัญญาณรบกวนที่กำจัดไม่ค่อยได้เลย คือสัญญาณรบกวนพายุฝนฟ้าคะนอง จากนั้นก็จะทำการทดสอบโดยเล่นเสียงที่บันทึกได้จากตัวกรองสัญญาณให้ผู้ทดสอบฟัง เทียบกับเสียงที่ได้ผ่านตัวกรองแล้วให้ผู้ฟังประเมินค่าเรียงลำดับโดยให้เสียงดีที่สุดเป็นลำดับที่ 1 ไปจนถึงเสียงที่แย่ที่สุดเป็นลำดับที่ 4 เสียงที่ดีคือเสียงที่ฟังแล้วได้ยินเสียงพูดชัดเจน และเสียงสัญญาณรบกวนลดลง โดยใช้ชุดทดสอบ 2 ชุดมีรายละเอียดดังนี้

ชุด 1 จะประกอบไปด้วยการทดสอบ 2 ชุดที่มีการสลับตัวกรองในการทดสอบแต่ละการทดสอบแตกต่างกันออกไปดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงชุดทดสอบที่ 1 ประกอบด้วยการทดสอบ A และ B

ชื่อการทดสอบ	ชื่อไฟล์เสียง	การกรองสัญญาณ
การทดสอบ A เสียงรบกวนระบบ	A1	ตัวกรองอันดับที่ 50
เป็นเสียงรบกวนรูปแบบขาว	A2	ตัวกรองอันดับที่ 10
	A3	ตัวกรองอันดับที่ 30
	A4	ไม่ผ่านตัวกรอง
การทดสอบ B เสียงรบกวนระบบ	B1	ตัวกรองอันดับที่ 50
เป็นเสียงพายุฝนฟ้าคะนอง	B2	ตัวกรองอันดับที่ 30
	B3	ตัวกรองอันดับที่ 10
	B4	ไม่ผ่านตัวกรอง

ชุด 2 จะประกอบไปด้วยการทดสอบ 2 ชุดที่มีการสลับตัวกรองในการทดสอบแต่ละการทดสอบแตกต่างกันออกไปดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงชุดทดสอบที่ 2 ประกอบด้วยการทดสอบ C และ D

ชื่อการทดสอบ	ชื่อไฟล์เสียง	การกรองสัญญาณ
การทดสอบ C เสียงรบกวนระบบ	C1	ตัวกรองอันดับที่ 30
เป็นเสียงรบกวนรูปแบบขาว	C2	ไม่ผ่านตัวกรอง
	C3	ตัวกรองอันดับที่ 50
	C4	ตัวกรองอันดับที่ 10
การทดสอบ D เสียงรบกวนระบบ	D1	ไม่ผ่านตัวกรอง
เป็นเสียงพายุฝนฟ้าคะนอง	D2	ตัวกรองอันดับที่ 30
	D3	ตัวกรองอันดับที่ 10
	D4	ตัวกรองอันดับที่ 50

ชุดที่ 1 มีจำนวนผู้ทดสอบ 19 คน เป็นผู้ชาย 10 คน และผู้หญิง 9 คน ช่วงอายุ 20-30 จำนวน 9 คน และช่วงอายุมากกว่า 30 จำนวน 10 คน ซึ่งจากผลการทดสอบจะได้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการจัดลำดับไฟล์เสียงที่ดีสุด (1) ไปยังไฟล์เสียงที่แย่สุด (4) ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงผลการทดสอบของชุดที่ 1

ชื่อไฟล์เสียง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
A1	3.26	0.81
A2	2.00	0.75
A3	2.63	1.26
A4	2.10	1.19
B1	3.29	0.69
B2	3.18	0.73
B3	1.53	0.68
B4	2.00	0.87

ชุดที่ 2 มีจำนวนผู้ทดสอบ 14 คน เป็นผู้ชาย 6 คน และผู้หญิง 8 คน ช่วงอายุ 20-30 จำนวน 14 คน และช่วงอายุมากกว่า 30 ไม่มีเลย ซึ่งจากผลการทดสอบจะได้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการจัดลำดับไฟล์เสียงที่ดีสุด (1) ไปยังไฟล์เสียงที่แย่สุด (4) ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงผลการทดสอบของชุดที่ 2

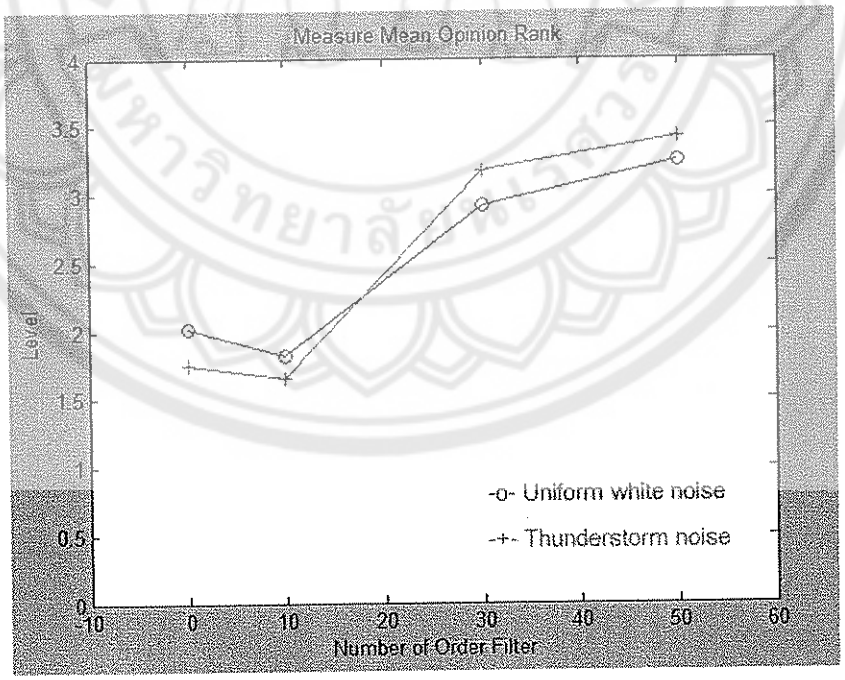
ชื่อไฟล์เสียง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
C1	3.21	0.70
C2	1.93	1.00
C3	3.21	1.05
C4	1.64	0.74
D1	1.50	0.65
D2	3.18	0.54
D3	1.79	0.80
D4	3.54	0.84

ซึ่งจากตาราง 5 และ 6 นำไปหาค่าเฉลี่ยตามอันดับตัวกรองของสัญญาณที่แสดงในตารางที่ 3 และ 4 จะได้ผลการจัดลำดับเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งการทดลองจากจำนวนผู้ทดสอบ 33 คน ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงลำดับเฉลี่ยของแต่ละอันดับของตัวกรอง

ชนิดของสัญญาณรบกวน	การกรองสัญญาณ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เสียงรบกวนรูปแบบขาว	ไม่ผ่านตัวกรอง	2.03	1.10
	ตัวกรองอันดับที่ 10	1.91	1.04
	ตัวกรองอันดับที่ 30	2.88	1.08
	ตัวกรองอันดับที่ 50	3.24	0.90
เสียงรบกวนพายุฝนฟ้าคะนอง	ไม่ผ่านตัวกรอง	1.79	0.81
	ตัวกรองอันดับที่ 10	1.64	0.73
	ตัวกรองอันดับที่ 30	3.18	0.65
	ตัวกรองอันดับที่ 50	3.39	0.76

แสดงกราฟของการจัดเรียงลำดับไฟล์เสียงที่ดีสุด (1) ไปยังไฟล์เสียงที่แย่สุด (4) ดังภาพ 46



ภาพ 46 แสดงการจัดเรียงตัวกรองที่เสียงดีสุด (1) ไปถึงเสียงแย่สุด (4)

จากกราฟผลการทดสอบภาพ 46 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยจากการเรียงลำดับความพอใจของผู้ฟังส่วนใหญ่ให้เครื่องช่วยฟังที่บรรจุตัวกรองอันดับ 10 สามารถกำจัดเสียงรบกวนได้ดีสุด ซึ่งพบว่าความสอดคล้องกับผลในภาพ 43 และภาพ 44 ทำให้มั่นใจได้ว่าการเพิ่ม อัตราส่วนสัญญาณดั้งเดิมต่อสัญญาณรบกวนนำไปสู่คุณภาพการได้ยินที่ดีขึ้นจริง