# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | (7) |
| รายการตาราง | (10) |
| รายการภาพประกอบ | (11) |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย | 1 |
| 1.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ | 4 |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย | 4 |
| 1.5 แผนการดำเนินงานตลอดการวิจัย | 4 |
| 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| เอกสารอ้างอิง | 5 |
| 2. คุณลักษณะของสัญญาณสะท้อนจากสารเพิ่มความคมชัด | 7 |
| 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอัลตราซาวนด์ | 7 |
| 2.1.1 การสร้างภาพอัลตราซาวนด์โดยการสะท้อนสัญญาณพัลส์ | 8 |
| 2.2 สารเพิ่มความคมชัดสำหรับอัลตราซาวนด์ | 9 |
| 2.2.1 ประวัติและการพัฒนาของสารเพิ่มความคมชัดสำหรับอัลตราซาวนด์ | 9 |
| 2.2.2 คุณลักษณะของสัญญาณสะท้อนจากสารเพิ่มความคมชัดสำหรับอัลตราซาวนด์ | 10 |
| 2.3 คุณลักษณะทางความถี่ของสัญญาณสะท้อนจากสารเพิ่มความคมชัด: กรณีศึกษา | 12 |
| 2.3.1 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล | 12 |
| 2.3.2 ผลการทดลองและการวิจารณ์ | 16 |
| สรุป | 16 |
| เอกสารอ้างอิง | 17 |
| 3. การออกแบบวงจรกรองเชิงเส้นแถบความถี่ผ่านที่เหมาะสมสำหรับภาพอัลตราซาวนด์แบบมีสารเพิ่มความคมชัด | 19 |
| 3.1 การออกแบบวงจรกรองเชิงเส้นแถบความถี่ผ่าน | 19 |

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

3.2. การสร้างภาพอัลตราซาวนด์จากองค์ประกอบฮาร์มอนิก 20
3.2.1 การปรับเปลี่ยน Stopband attenuation และ Fractional bandwidth 20
3.2.2 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ 21
3.3. ผลการทดลอง 22
3.3.1 เมื่อปรับเปลี่ยน Stopband attenuation 22
3.3.2 เมื่อปรับเปลี่ยน Fractional bandwidth 26
สรุป 29
เอกสารอ้างอิง 30
4. คุณลักษณะของวงจรกรองควอดราติกที่เหมาะสมสำหรับภาพอัลตราซาวนด์แบบมีสารเพิ่มความคมชัด 31
4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับวงจรกรองควอดราติก 31
4.1.1 สเปกตรัม (สองมิติ) ของวงจรกรองควอดราติก 31
4.2 คุณลักษณะทางความถี่ของสัญญาณสะท้อนจากสารเพิ่มความคมชัดที่ได้จากวงจรกรองควอดราติก: กรณีศึกษา 35
4.2.1 วัสดุที่ใช้และวิธีการเก็บข้อมูล 35
4.2.2 ผลการทดลองและการวิจารณ์ 38
สรุป 40
เอกสารอ้างอิง 40
5. การออกแบบวงจรกรองควอดราติกด้วยการกระจายแบบเกาส์เซียนสองมิติสำหรับภาพอัลตราซาวนด์แบบมีสารเพิ่มความคมชัด 42
5.1 ทฤษฎีการออกแบบ 42
5.2 การประเมินผลวงจรกรองควอดราติกที่ได้ออกแบบ 47
5.2.1 The L-shaped phantom 47
5.2.1.1 วัสดุที่ใช้และวิธีการทดลอง 47
5.2.1.2 ผลการทดลองเมื่อปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 49
5.2.2 *In-vivo* data 54
5.2.2.1 วัสดุที่ใช้และวิธีการทดลอง 54

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

5.2.2.2 ผลการทดลองเมื่อปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 54

5.2.2.3 การเปรียบเทียบคุณภาพของภาพที่ได้จากการออกแบบวงจรกรองควอดราติกวิธีใหม่กับวงจรกรองควอดราติกจากการแก้ระบบสมการเชิงเส้น 63

5.3 การใช้วงจรกรองควอดราติกด้วยวิธีการแยกค่าเอกฐาน 64

5.3.1 ทฤษฎี 64

5.3.2 ผลการทดลอง 66

5.3.2.1 The L-shaped phantom 66

5.3.2.2 *In-vivo* data 68

สรุป 70

เอกสารอ้างอิง 71

6. บทสรุป 72

6.1 บทสรุป 72

6.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา 73

6.2.1 ปัญหาการเปรียบเทียบอันเกิดจากการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของวงจรกรอง 73

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป 74

เอกสารอ้างอิง 74

บรรณานุกรม 75

ภาคผนวก 79

ภาคผนวก ก 80

ภาคผนวก ข 85

ประวัติผู้เขียน 91

# รายการตาราง

**ตาราง** **หน้า**

2-1 ค่าการลดทอนโดยประมาณของเนื้อเยื่อสำหรับอวัยวะมนุษย์ (ที่มา: F.W. Kremkau, "Doppler Ultrasound Principles and Instruments," 2nd Edition, W.B. Saunders Company, 1995.) 9

# รายการภาพประกอบ


| ภาพประกอบ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | คลื่นดลอัลตราซาวนด์ (ที่มา: F. W. Kremkau, “Doppler Ultrasound Principles and Instruments”, 2nd Edition, W.B. Saunders Company, 1995.) | 8 |
| 2-2 | (บน) พัลส์หลังจากการแพร่ใช้ความถี่จากภาคส่งเท่ากับ 2 MHz (ล่าง) สเปกตรัมของสัญญาณพัลส์ที่ถูกส่งออกจากภาคส่ง (เส้นทึบ) และที่สะท้อนหลังจากการแพร่ (เส้นประ) (ที่มา: N. de Jong, R. Cornet, and C. T. Lancee, “Higher Harmonics of Vibrating Gas Filled Microspheres Part Two: Measurements,” *Ultrasonics*, vol. 32, no. 6, pp. 455-459, 1994.) | 11 |
| 2-3 | ภาพไตหมู แสดงด้วยระดับโทนสีจากขาวถึงดำ (เส้นประแสดงรูปร่างไตหมู) | 14 |
| 2-4 | สเปกตรัมเฉลี่ยของสัญญาณจากบริเวณเนื้อเยื่อ (เส้นประ) และบริเวณที่มีสารเพิ่มความคมชัด (เส้นทึบ) สำหรับกรอบสีขาวด้านซ้ายและขวาของภาพประกอบ 2-3 ตามลำดับ | 14 |
| 2-5 | สเปกตรัมเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณ 21 เส้นจากบริเวณที่มีสารเพิ่มความคมชัดสำหรับอัลตราซาวนด์ | 15 |
| 2-6 | สเปกตรัมเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณ 21 เส้นจากบริเวณเนื้อเยื่อ | 15 |
| 3-1 | การลดทอนขนาดบนแถบความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่าน และการปรับแถบความถี่ผ่านเชิงเศษส่วน ( $FB$ ) ของวงจรกรองเชิงเส้นแถบความถี่ผ่าน ด้วยวิธี Park - McClellan | 20 |
| 3-2 | ผลตอบสนองของวงจรกรองเชิงเส้น เมื่อปรับการลดทอนขนาดบนแถบความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่าน (a) 20 dB (b) 30 dB (c) 40 dB (d) 50 dB โดยมี Filter length เท่ากับ 132, 162, 192 และ 221 ตามลำดับ ( $FB$ = 12.5 %, $f_C$ = 3.2 MHz) | 23 |
| 3-3 | ภาพหลังการกรองด้วยตัวกรองเชิงเส้นโดยการปรับการลดทอนขนาดบนแถบความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่าน เมื่อใช้ $FB$ = 12.5 % (a) 20 dB (b) 30 dB (c) 40 dB (d) 50 dB | 24 |
| 3-4 | สเปกตรัมเฉลี่ยของภาพหลังการกรองด้วยวงจรกรองเชิงเส้น โดยปรับการลดทอนขนาดบนแถบความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่าน (เมื่อใช้ $FB$ เท่ากับ 12.5 %) (a) 20 dB (b) 30 dB (c) 40 dB (d) 50 dB | 25 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


**ภาพประกอบ** **หน้า**

3-5 ผลตอบสนองของวงจรกรองเชิงเส้นเมื่อปรับแถบความถี่ผ่านเชิงเศษส่วน ( $FB$ ) (a) 10 % (b) 15 % (c) 25 % (d) 50% โดยมี Filter length เท่ากันเท่ากับ 192 ( $f_C$ = 3.2 MHz และการลดทอนขนาดบนแถบความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่านคงที่เท่ากับ 40 dB) 27

3-6 ภาพหลังการกรองด้วยวงจรกรองเชิงเส้นโดยการปรับแถบความถี่ผ่านเชิงเศษส่วน (a) 10 % (b) 15 % (c) 25 % (d) 50 % 28

3-7 สเปกตรัมเฉลี่ยของภาพหลังการกรองด้วยวงจรกรองเชิงเส้นโดยการปรับแถบความถี่ผ่านเชิงเศษส่วน (a) 10 % (b) 15 % (c) 25 % (d) 50 % 29

4-1 การอธิบายสเปกตรัมเอาต์พุตของวงจรกรองควอดราติกด้วยแผนภาพ 33

4-2 ผลตอบสนองความถี่ควอดราติกของเอาต์พุตบนระนาบ $(\omega_1,\ \omega_2)$ $Y_2\left(e^{j\omega_1},\ e^{j\omega_2}\right) = H_2\left(e^{j\omega_1},\ e^{j\omega_2}\right) X\left(e^{j\omega_1}\right) X\left(e^{j\omega_2}\right) = X\left(e^{j\omega_1}\right) X\left(e^{j\omega_2}\right)$ [2] 34

4-3 เคอเนลควอดราติกที่เหมาะสมกับการแยกสัญญาณฮาร์มอนิก [3] 36

4-4 ภาพไตหมูหลังจากผ่านวงจรกรองควอดราติกที่ได้จากการแก้ระบบสมการเชิงเส้น แสดงด้วยระดับโทนสีจากขาวถึงดำ 60 dB ( $CTR$ = 22.0 dB) [3] 36

4-5 ผลตอบสนองความถี่บนระนาบ $(\omega_1,\ \omega_2)$ (a) $\left|X_{TS}\left(e^{j\omega_1}\right) X_{TS}\left(e^{j\omega_2}\right)\right|$, (b) $\left|X_{CT}\left(e^{j\omega_1}\right) X_{CT}\left(e^{j\omega_2}\right)\right|$, (c) $\left|\frac{X_{CT}\left(e^{j\omega_1}\right) X_{CT}\left(e^{j\omega_2}\right)}{X_{TS}\left(e^{j\omega_1}\right) X_{TS}\left(e^{j\omega_2}\right)}\right|$, (d) $\left|H_2\left(e^{j\omega_1},\ e^{j\omega_2}\right)\right|$, (e) $\left|H_2\left(e^{j\omega_1},\ e^{j\omega_2}\right)\right|\left|X_{TS}\left(e^{j\omega_1}\right) X_{TS}\left(e^{j\omega_2}\right)\right|$, (f) $\left|H_2\left(e^{j\omega_1},\ e^{j\omega_2}\right)\right|\left|X_{CT}\left(e^{j\omega_1}\right) X_{CT}\left(e^{j\omega_2}\right)\right|$ เส้นประแนวเฉียงในระนาบคือสมการ $f_1 + f_2 = 6$ MHz 37

4-6 ผลตอบสนองความถี่ควอดราติก ตามเส้นตรง $f_1 + f_2 = 6$ MHz ของบริเวณเนื้อเยื่อ $\left|X_{TS}\left(e^{j\omega_1},\ e^{j\omega_2}\right)\right|$ (เส้นประ), บริเวณที่มีสารเพิ่มความคมชัด $\left|X_{CT}\left(e^{j\omega_1},\ e^{j\omega_2}\right)\right|$ (เส้นทึบหนา) และเคอเนลควอดราติก $\left|H_2\left(e^{j\omega_1},\ e^{j\omega_2}\right)\right|$ (เส้นทึบบาง) โดยที่ $\omega = 2\pi \times 6$ MHz 39

4-7 สเปกตรัมเอาต์พุต $\left|Y_2\left(e^{j\omega}\right)\right|$ ของบริเวณเนื้อเยื่อ (เส้นประ) และบริเวณที่มีสารเพิ่มความคมชัดสำหรับอัลตราซาวนด์ (เส้นทึบ) 39

# รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| ภาพประกอบ | | หน้า |
|---|---|---|
| 5-1 | (a) ภาพสามมิติของวงจรกรองควอดราติก (b) การเลื่อนจุดศูนย์กลาง (Centre point) และค่าความแปรปรวน (Variance) ของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติที่มีความสมมาตรตรงจุดกำเนิด | 44 |
| 5-2 | Flowchart ของโปรแกรม | 46 |
| 5-3 | การติดตั้งเพื่อสแกนเนื้อเยื่อเทียมรูปตัวแอล | 47 |
| 5-4 | การวิเคราะห์ข้อมูลเนื้อเยื่อเทียมรูปตัวแอล (a) ภาพ B-mode (b) ผลตอบสนองความถี่ควอดราติกของบริเวณที่มีสารเพิ่มความคมชัดสำหรับอัลตราซาวนด์ (c) ผลตอบสนองความถี่ควอดราติกของบริเวณเนื้อเยื่อ (d) อัตราส่วนขนาดสเปกตรัมของสัญญาณจากสารเพิ่มความคมชัดต่อเนื้อเยื่อ | 48 |
| 5-5 | ขนาดของผลตอบสนองความถี่ ($\left\|H\left(e^{j\omega_1}, e^{j\omega_2}\right)\right\|$) เมื่อเลื่อนจุดศูนย์กลางของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติไปที่จุด (a) (-2.90, 2.90) และ (2.90, -2.90) (b) (-3.30, 3.30) และ (3.30, -3.30) (c) (-3.60, 3.60) และ (3.60, -3.60) (d) (-4.30, 4.30) และ (4.30, -4.30) (กำหนดให้ $\sigma$ = 0.30, NFFT = 512, $N$ = 119) | 50 |
| 5-6 | ภาพ Gray scale หลังจากผ่านวงจรกรอง โดยมีความแตกต่างของระดับโทนสีจากขาวถึงดำ 110 dB เมื่อเลื่อนจุดศูนย์กลางของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติไปที่จุด (a) (-2.90, 2.90) และ (2.90, -2.90) (b) (-3.30, 3.30) และ (3.30, -3.30) (c) (-3.60, 3.60) และ (3.60, -3.60) (d) (-4.30, 4.30) และ (4.30, -4.30) | 51 |
| 5-7 | ขนาดของผลตอบสนองความถี่ ($\left\|H\left(e^{j\omega_1}, e^{j\omega_2}\right)\right\|$) เมื่อปรับค่าความแปรปรวนของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติ (a) $\sigma$ = 0.20, (b) $\sigma$ = 0.35, (c) $\sigma$ = 0.40, (d) $\sigma$ = 0.55 (กำหนดให้จุดศูนย์กลาง (-3.30, 3.30) และ (3.30, -3.30), NFFT = 512) มี Kernel size เท่ากับ 179, 103, 89, และ 65 ตามลำดับ | 52 |
| 5-8 | ภาพ Gray scale หลังจากผ่านวงจรกรอง โดยมีความแตกต่างของระดับโทนสีจากขาวถึงดำ 110 dB เมื่อปรับค่าความแปรปรวนของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติเป็น (a) $\sigma$ = 0.20, (b) $\sigma$ = 0.35, (c) $\sigma$ = 0.40, (d) $\sigma$ = 0.55 ตามภาพประกอบ 5-7(a), (b), (c), และ (d) ตามลำดับ | 53 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


**ภาพประกอบ** **หน้า**

5-9 ขนาดของผลตอบสนองความถี่ ($\left|H\left(e^{j\omega_1}, e^{j\omega_2}\right)\right|$) เมื่อเลื่อนจุดศูนย์กลางของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติไปที่จุด (a) (-2.90, 2.90) และ (2.90, -2.90) (b) (-3.12, 3.12) และ (3.12, -3.12) (c) (-3.30, 3.30) และ (3.30, -3.30) (d) (-3.70, 3.70) และ (3.70, -3.70) (กำหนดให้ $\sigma$ = 0.34, NFFT = 512, $N$ = 57) 55

5-10 ผลตอบสนองความถี่ควอดราติก ตามเส้นตรง $f_1 + f_2 = 0$ MHz ของบริเวณเนื้อเยื่อ (เส้นประ), บริเวณที่มีสารเพิ่มความคมชัด (เส้นทึบหนา) และเคอเนลควอดราติก $\left|H\left(e^{j\omega_1}, e^{-j\omega_1}\right)\right|$ (เส้นทึบบาง) เมื่อปรับจุดศูนย์กลาง ตามภาพประกอบ 5-9 (a) (-2.90, 2.90) และ (2.90, -2.90) (b) (-3.12, 3.12) และ (3.12, -3.12) (c) (-3.30, 3.30) และ (3.30, -3.30) (d) (-3.70, 3.70) และ (3.70, -3.70) 56

5-11 ภาพ Gray scale หลังจากผ่านวงจรกรอง โดยมีความแตกต่างของระดับโทนสีจากขาวถึงดำ 60 dB เมื่อเลื่อนจุดศูนย์กลางของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติไปที่จุด (a) (-2.90, 2.90) และ (2.90, -2.90) (b) (-3.12, 3.12) และ (3.12, -3.12) (c) (-3.30, 3.30) และ (3.30, -3.30) (d) (-3.70, 3.70) และ (3.70, -3.70) 57

5-12 ขนาดของผลตอบสนองความถี่ ($\left|H\left(e^{j\omega_1}, e^{j\omega_2}\right)\right|$) เมื่อปรับค่าความแปรปรวนของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติ (a) $\sigma$ = 0.20, (b) $\sigma$ = 0.35, (c) $\sigma$ = 0.45, (d) $\sigma$ = 0.55 (กำหนดให้จุดศูนย์กลาง (-3.30, 3.30) และ (3.30, -3.30), NFFT = 512) มี Kernel size เท่ากับ 89, 51, 41, และ 33 ตามลำดับ 59

5-13 ผลตอบสนองความถี่ควอดราติก ตามเส้นตรง $f_1 + f_2 = 0$ MHz สำหรับบริเวณเนื้อเยื่อ (เส้นประ), บริเวณที่มีสารเพิ่มความคมชัด (เส้นทึบหนา) และเคอเนลควอดราติก $\left|H\left(e^{j\omega_1}, e^{j\omega_2}\right)\right|$ (เส้นทึบบาง) เมื่อปรับค่าความแปรปรวนของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติตามภาพประกอบ 5-12 (a) $\sigma$ = 0.20, (b) $\sigma$ = 0.35, (c) $\sigma$ = 0.45, (d) $\sigma$ = 0.55 60

5-14 ภาพ B-mode หลังจากผ่านวงจรกรอง โดยมีความแตกต่างของระดับโทนสีจากขาวถึงดำ 60 dB เมื่อปรับค่าความแปรปรวนของวงจรกรองเกาส์เซียนสองมิติ (a) $\sigma$ = 0.20, (b) $\sigma$ = 0.35, (c) $\sigma$ = 0.45, (d) $\sigma$ = 0.55 61

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)


| ภาพประกอบ | | หน้า |
|---|---|---|
| 5-15 | เอาต์พุตควอดราติกของภาพ Gray scale ตามเส้นประสีขาวเส้นที่ 127 ของภาพประกอบ 5-14 เมื่อไม่พิจารณาการเลื่อนเฟสของสัญญาณเอาต์พุต โดยพิจารณากลุ่มตัวอย่างที่ 300 - 410 ตัวอย่างแรก | 62 |
| 5-16 | ภาพ Gray scale หลังจากผ่านวงจรกรองที่ได้จาก (a) Design (b) Optimum โดยมีความแตกต่างของระดับโทนสีจากขาวถึงดำ 60 dB | 63 |
| 5-17 | เอาต์พุตควอดราติกของภาพ Gray scale ตามเส้นประสีขาวเส้นที่ 127 ของภาพประกอบ 5-11(c) (Design) และ 4-8 (Optimum) เมื่อไม่พิจารณาการเลื่อนเฟสของสัญญาณเอาต์พุต โดยพิจารณาจาก 300 - 410 ตัวอย่างแรก แสดงเป็นเส้นทึบและเส้นประ ตามลำดับ | 63 |
| 5-18 | โครงสร้างของวงจรกรองควอดราติกโดยการประยุกต์ใช้การแยกค่าเอกฐาน | 65 |
| 5-19 | เคอเนลควอดราติกของวงจรกรองตามภาพประกอบ 5-7(c) จุดศูนย์กลาง (-3.30, 3.30) และ (3.30, -3.30) (กำหนดให้ $\sigma$ = 0.40, NFFT = 512, $N$ = 89) (a) สร้างจากทุกโมด (b) สร้างจาก 2 โมดแรก | 67 |
| 5-20 | ภาพ Gray scale หลังจากผ่านวงจรกรอง โดยมีความแตกต่างของระดับโทนสีจากขาวถึงดำ 110 dB (a) ผ่านวงจรกรองที่สร้างจากทุกโมด (b) ผ่านวงจรกรองที่สร้างจาก 2 โมดแรก ซึ่งสอดคล้องกับเคอเนลควอดราติกดังภาพประกอบ 5-19(a) และ 5-19(b) ตามลำดับ | 67 |
| 5-21 | ค่าเอกฐานของเคอเนลควอดราติกของวงจรกรองตามภาพประกอบ 5-19(a) สร้างจากทุกโมด | 68 |
| 5-22 | เคอเนลควอดราติกของวงจรกรองตามภาพประกอบ 5-11(c) จุดศูนย์กลาง (-3.30, 3.30) และ (3.30, -3.30) (a) สร้างจากทุกโมด (b) สร้างจาก 2 โมดแรก | 69 |
| 5-23 | ภาพ B-mode หลังจากผ่านวงจรกรอง โดยมีความแตกต่างของระดับโทนสีจากขาวถึงดำ 60 dB (a) ผ่านวงจรกรองที่สร้างจากทุกโมด (b) ผ่านวงจรกรองที่สร้างจาก 2 โมดแรก | 69 |
| 5-24 | ค่าเอกฐานของเคอเนลควอดราติกของวงจรกรองตามภาพประกอบ 5-22(a) | 70 |

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

**ภาพประกอบ** **หน้า**

5-25 เอาต์พุตควอดราติกของภาพ Gray scale ตามเส้นประสีขาวเส้นที่ 127 ของภาพประกอบ 5-23(a) และ 5-23(b) เมื่อไม่พิจารณาการเลื่อนเฟสของสัญญาณเอาต์พุต โดยพิจารณากลุ่มตัวอย่างที่ 300 - 410 ตัวอย่างแรก แสดงเป็นเส้นทึบ (All modes) และเส้นประ (2 modes) ตามลำดับ 70