บทที่ 5

รายละเอียดการทดลองของชุดทดลองด้านระบบสื่อสารแบบดิจิตอล

ความนำ

บทนี้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ในแต่ละการทดลองของชุดทดลองด้านระบบสื่อสารแบบดิจิตอล ได้แก่ วัตถุประสงค์ของการทดลอง กิจกรรมการเรียนรู้ในระหว่างการทดลอง เป้าหมายของการทดลองว่าต้องการให้ผู้ทำการทดลองทราบอะไรบ้างหลังจากได้ทำการทดลองเสร็จสิ้นไปแล้ว

ชุดทดลองด้านระบบสื่อสารแบบดิจิตอลนี้ประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง ซึ่งแต่ละการทดลองมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 ทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability Theory)

วัตถุประสงค์

สำหรับการทดลองนี้ ต้องการศึกษา

1 คุณลักษณะต่างๆ ของตัวแปรสุ่มทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

2 ตัวแปรสุ่มชนิดยูนิฟอร์มและเกาส์เซียน โดยพิจารณาจากฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น (Probability Density Function : pdf) และ ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Cumulatve Density Function : cdf)

3 การวัดค่าทางสถิติต่างๆ คือ ค่าเฉลี่ย (mean) ความแปรปรวน (variance) และ ค่ากำลังสองเฉลี่ยของกำลังสัญญาณ (mean-square power)

4 การปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพโดยวิธีฮีสโตแกรมอีควอไลเซชัน

การนำเสนอการทดลอง

การทดลองนี้ถูกแบ่งออกเป็น 5 การทดลองย่อย ได้แก่

การทดลองที่ 1.1 ตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง ในการทดลองย่อยนี้ได้ยกตัวอย่างของตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง คือแต้มที่ได้จากการโยนลูกเต๋า 1 ลูก และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชัน pdf (Probability Density Function) cdf (Cumulative Density Function) และตัวแปรสุ่มนี้ และมีการพิจารณากรณีพิเศษคือลูกเต๋าถูกถ่วงน้ำหนักซึ่งสามารถทำการทดลองดูว่าฟังก์ชัน pdf และ cdf มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร สุดท้ายศึกษาการหาค่าความน่าจะเป็นจากการทดลอง เพื่อศึกษาความสำคัญของจำนวนครั้งในการทำการทดลองที่มีต่อความถูกต้องของความน่าจะเป็น

การทดลองที่ 1.2 ตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง ในการทดลองย่อยนี้จะชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่องกับตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง โดยยกตัวอย่างตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง 2 ตัวแปรที่ถูกใช้บ่อยๆในระบบสื่อสารคือ ตัวแปรสุ่มชนิดยูนิฟอร์ม (uniform) และตัวแปรสุ่มชนิดเกาส์เซียน (gaussian) ในการทดลองนี้ มีการกำเนิดตัวแปรสุ่มทั้งชนิดยูนิฟอร์มและเกาส์เซียนมาให้โดยสามารถกำหนดค่าเฉลี่ย (mean) และความแปรปรวน (variance) และจำนวนตัวของตัวแปรสุ่มได้ ผู้ทำการทดลองจะต้องหาความน่าจะเป็นของ

เหตุการณ์ต่างๆของตัวแปรสุ่มทั้งสองชนิดนี้ เพื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่องเดิมในกรณีการโยนลูกเต๋า และศึกษารูปร่างของฟังก์ชัน cdf และ pdf ของตัวแปรสุ่มทั้งสองในกรณีที่กำเนิดจากค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนที่ค่าต่างๆ สุดท้ายผู้ทำการทดลองสามารถทดลองหาความสัมพันธ์ของจำนวนตัวของตัวแปรสุ่มว่ามีผลต่อรูปร่างของฟังก์ชัน cdf และ pdf อย่างไรโดยเปลี่ยนค่าจำนวนตัวของตัวแปรสุ่มได้ในตอนกำเนิดตัวแปรสุ่ม

การทดลองที่ 1.3 ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวนและกำลังงาน จุดมุ่งหมายของการทดลองย่อยนี้คือต้องการให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย ความแปรปรวนและกำลังงาน (power) ในการทดลองย่อยนี้ มีการกำเนิดตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องชนิดเกาส์เซียน โดยเปลี่ยนค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนไปเรื่อยๆ ผู้ทำการทดลองสามารถสังเกตได้ถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อพล็อตค่าของตัวแปรสุ่มทุกๆ ค่า

การทดลองที่ 1.4 เกมปาเป้า จุดมุ่งหมายของการทดลองย่อยนี้คือแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่ม โดยจำลองเหตุการณ์ในการปาเป้าวงกลมโดยผู้ทำการทดลองสามารถกำหนดความสามารถในการปาเป้าของผู้ปาได้โดยกำหนดจากค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของตำแหน่งที่ลูกดอกปักบนแผ่นเป้า

การทดลองที่ 1.5 ฟังก์ชัน pdf กับการประมวลผลภาพ (Image Processing) การทดลองย่อยนี้ เป็นการยกตัวอย่างของการนำทฤษฎีความน่าจะเป็นไปประยุกต์ใช้กับงานอิมเมจโปรเซสซิ่ง โดยจะกล่าวถึงขบวนการทางดิจิตอลในการปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพโดยวิธีฮีสโตแกรมอีควอไลเซชัน(Histogram equalization) ซึ่งจะทำให้ฟังก์ชัน pdf ที่ใช้ในการทดลองนี้จะเป็นกรณีของตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง ในการทดลองย่อยนี้ จะให้รูปภาพขาวดำ (gray scale) มารูปหนึ่งซึ่งมีคุณภาพไม่ดี โดยผู้ทำการทดลองสามารถสังเกตได้จากฮีสโตแกรม (ฟังก์ชัน pdf) ของภาพ และสามารถสังเกตฮีสโตแกรมของรูปภาพหลังผ่านขบวนการฮีสโตแกรมอีควอไลเซชันว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร และสังเกตได้ว่าขบวนการฮีสโตแกรมอีควอไลเซชันทำให้ฮีสโตแกรมของรูปภาพเปลี่ยนไปอย่างไร

การทดลองที่ 2 กระบวนการสุ่ม (Random Processes)

วัตถุประสงค์

ศึกษาพฤติกรรมและคุณสมบัติต่างๆ ของสัญญาณสุ่ม อันได้แก่

1 ความเป็นสเตชันนารีในมุมกว้างและคุณสมบัติความปีนเออร์กอดิก (Wide-sense stationarity and Ergodicity)

2 ฟังก์ชันคอร์รีเลชัน (Correlation) เครื่องมือวัดความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการสุ่ม 2 กระบวนการ

3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการสุ่ม ฟังก์ชันคอร์รีเลชัน และฟังก์ชันความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง

การนำเสนอการทดลอง

การทดลองที่ 2 นี้ แบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อยซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 2.1 ความเป็นสเตชันนารีในมุมกว้างและเออร์กอดิก จุดมุ่งหมายของการทดลองนี้คือ ต้องการให้ผู้ทำการทดลองสามารถแยกแยะออกว่ากระบวนการสุ่มใดมีความเป็นสเตชันนารีในมุมกว้างและมีความเป็นเออร์กอดิกหรือไม่ ในการทดลองนี้ มีการสร้างกระบวนการสุ่มขึ้นมา 3 กระบวนการ แล้วให้ผู้ทำการ

ทดลองพิจารณาดูว่ากระบวนการสุ่มใดมีความเป็นสเตชันนารีในมุมกว้างและมีความเป็นเออร์กอดิก โดยมีขั้นตอนในการพิจารณาหลายๆ วิธี คือ วิธีแรกพิจารณาจากการพล็อตกราฟสัญญาณตัวอย่าง 4 สัญญาณของแต่ละกระบวนการสุ่ม วิธีที่สองพิจารณาจากการหาค่าเฉลี่ยของออนซอมเบิล (Expected values via Ensemble average) และวิธีสุดท้ายพิจารณาจากการหาค่าเฉลี่ยทางเวลา (Expected values via Time averages) ซึ่งผู้ทำการทดลองจะเห็นว่าวิธีทั้งสามมีความยากง่ายในการพิจารณาความเป็นสเตชันนารีในมุมกว้างและความเป็นเออร์กอดิกของกระบวนการสุ่มแตกต่างกัน

จากวิธีการพิจารณาความเป็นสเตชันนารีในมุมกว้างและความเป็นเออร์กอดิกของกระบวนการสุ่มทั้งสามวิธีที่กล่าวมาแล้วเป็นวิธีพิจารณาทางการทดลอง ซึ่งยังมีอีกวิธีหนึ่งคือการคำนวณทางทฤษฎี จากกระบวนการสุ่มทั้งสามที่กำเนิดขึ้นมา ผู้ทำการทดลองสามารถหาสูตรทางคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการสุ่มได้โดยการวิเคราะห์จากคำสั่ง MATLAB ในฟังก์ชัน rp1.m, rp2.m และ rp3.m ซึ่งเป็นฟังก์ชันใช้กำเนิดกระบวนการสุ่มทั้งสาม และในส่วนสุดท้ายของการทดลองนี้เป็นการพิจารณาฟังก์ชัน pdf ของกระบวนการสุ่มแบบเออร์กอดิกโดยอาศัยการเฉลี่ยทางเวลา ผู้ทำการทดลองจะต้องทดลองพล็อตฟังก์ชัน pdf ของกระบวนการสุ่มทั้งสามโดยเปลี่ยนขนาดของแต่ละกระบวนการสุ่มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งผู้ทำการทดลองจะเห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะวัดค่าฟังก์ชัน pdf ของกระบวนการสุ่มแบบเออร์กอดิกและกระบวนการสุ่มที่ไม่มีความเป็นเออร์กอดิก

การทดลองที่ 2.2 ฟังก์ชันคอร์รีเลชัน จุดมุ่งหมายของการทดลองย่อยนี้คือ ต้องการให้รู้ถึงความหมายของฟังก์ชันคอร์รีเลชัน ในการทดลองย่อยนี้ได้ยกตัวอย่างข้อมูลอายุ ส่วนสูงและน้ำหนักของคนที่มีอายุอยู่ระหว่าง 20 ถึง 50 ปี จำนวน 1000 คน จากข้อมูลทั้งสามอย่าง ผู้ทำการทดลองสามารถสังเกตความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านี้ได้โดยการพล็อตกราฟแต่ละคู่ของข้อมูลมาเปรียบเทียบกัน ต่อจากนั้น มีการยกตัวอย่างเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความเข้าใจเพิ่มขึ้น คือกระบวนการสุ่มซึ่งแทนอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันในประเทศแคนนาดา และกระบวนการสุ่มของจำนวนเด็กที่เกิดในเมืองโตรอนโตในระหว่างวันที่ 1 มิถุนายนถึงวันที่ 31 สิงหาคม โดยผู้ทำการทดลองสามารถพล็อตกราฟฟังก์ชันคอร์รีเลชันของกระบวนการสุ่มทั้งสองได้ เพื่อศึกษาความหมายของส่วนต่างๆ ของกราฟฟังก์ชันคอร์รีเลชัน และในส่วนท้ายสุดของการทดลอง กล่าวถึงความสัมพันธ์ของฟังก์ชันออร์โตคอร์รีเลชันและฟังก์ชันความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (Power Spectral Density ,PSD) ของกระบวนการสุ่ม กล่าวถึงการหาค่าเฉลี่ยและค่ากำลังสองเฉลี่ย (mean-square) จากฟังก์ชันออร์โตคอร์รีเลชันและฟังก์ชันความหนาแน่นสเปกตรัม

การทดลองที่ 2.3 สัญญาณรบกวนแบบไวท์ (White Noise) ในการทดลองนี้เป็นการใช้คุณสมบัติของสัญญาณรบกวนแบบไวท์มาใช้เป็นเครื่องมือในการแยกแยะระบบ (system identification) โดยผู้ทำการทดลองจะต้องป้อนสัญญาณรบกวนแบบไวท์ให้กับระบบที่ต้องการทราบผลตอบสนองโดยเป็นระบบที่ไม่รู้จักแล้วนำเอาท์พุทของระบบนี้ป้อนให้กับฟิลเตอร์ผ่านแถบความถี่ที่ปรับค่าได้ แล้วนำเอาท์พุทของฟิลเตอร์ไปวัดค่ากำลัง RMS ผู้ทำการทดลองก็จะสามารถทราบผลตอบสนองความถี่ของระบบนั้นได้ ซึ่งความละเอียดของผลตอบสนองความถี่จะขึ้นกับช่วงแถบความถี่ที่ถูกปรับค่าของฟิลเตอร์

การทดลองที่ 3 การวิเคราะห์สัญญาณและระบบเชิงเส้น

วัตถุประสงค์

1 ศึกษาสเปกตรัมของสัญญาณรายคาบและอนุกรมฟูเรียร์ของสัญญาณพัลส์

2 ศึกษาสเปกตรัมของสัญญาณไม่เป็นรายคาบและฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม

3 ศึกษาความหมายและความสำคัญของ pole และ zero ของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของระบบ

การนำเสนอการทดลอง

การทดลองที่ 3 แบ่งออกเป็นการทดลองย่อยๆ ทั้งหมด 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 3.1 การวิเคราะห์สัญญาณ ในการทดลองนี้ มีการเตรียมสัญญาณพัลส์รายคาบและไลน์สเปกตรัมของสัญญาณไว้ให้ โดยผู้ทำการทดลองสามารถเปลี่ยนแปลงความถี่และดิวตี้ไซเคิลของสัญญาณพัลส์รายคาบ พร้อมทั้งสังเกตการเปลี่ยนแปลงของไลน์สเปกตรัมของสัญญาณ และจะมีคำถามคอยถามนำให้ผู้ทำการทดลองได้ศึกษาในกรณีลักษณะสัญญาณที่สำคัญๆ

การทดลองที่ 3.2 การวิเคราะห์ระบบเชิงเส้น ในการทดลองนี้ มีการเตรียม pole และ zero ที่วางอยู่บน s-plane และผลตอบสนองเชิงความถี่และเฟสของระบบ ผู้ทำการทดลองสามารถศึกษาความสัมพันธ์ของ pole และ zero ของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันกับผลตอบสนองเชิงความถี่และเฟสของระบบได้ โดยสามารถเลื่อนตำแหน่งของ pole และ zero ได้ และยังสามารถเพิ่มหรือลดจำนวน pole และ zero นี้ได้ด้วย

การทดลองที่ 4 การแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล

วัตถุประสงค์

1 ศึกษาทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง

2 คุณลักษณะต่างๆ ของควอนไตเซชันทั้งแบบยูนิฟอร์มและนอนยูนิฟอร์ม

3 สังเกตผลกระทบจากการใช้ควอนไตเซชันแบบต่างๆ

4 วัดอัตราส่วนระหว่างกำลังของสัญญาณต่อควอนไตเซชันนอยส์(Signal to Quantization Noise ratio) สำหรับควอนไตเซอร์แบบต่างๆ เป็นฟังก์ชันของกำลังสัญญาณอินพุท

การนำเสนอการทดลอง

การทดลองที่ 4 แบ่งออกเป็นการทดลองย่อยทั้งหมด 5 การทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

การทดลองที่ 4.1 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง ในการทดลองนี้ ผู้ทำการทดลองจะได้ศึกษาปัญหา aliasing ของสัญญาณ โดยอาศัยการเปลี่ยนค่าความถี่ของสัญญาณขณะที่ความถี่ในการสุ่มตัวอย่างยังกำหนดให้คงที่ไว้ ซึ่งจะมีกรณีที่สัญญาณมีความถี่มากกว่าครึ่งหนึ่งของความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง การศึกษาปัญหา aliasing นี้ ผู้ทำการทดลองจะได้วิเคราะห์ทั้งทางโดเมนเวลาและโดเมนความถี่

การทดลองที่ 4.2 ควอนไตเซชันแบบยูนิฟอร์ม จุดมุ่งหมายของการทดลองย่อยนี้คือต้องการให้ผู้ทำการทดลองเข้าใจถึงขบวนการควอนไตเซชันแบบยูนิฟอร์มและสามารถออกแบบโค้ดไบนารีที่ใช้แทนระดับสัญญาณที่ถูกควอนไตซ์มาแล้วได้ เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของจำนวนบิตที่ใช้ของโค้ดไบนารีกับจำนวนระดับควอนไตเซชัน

การทดลองที่ 4.3 การผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดจากควอนไตเซชัน ควอนไตเซชันทำให้เกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณ (distortion) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การผิดเพี้ยนแบบโอเวอร์โหลด (overload distortion : clipping)
2. เกิดสัญญาณรบกวนควอนไตเซชัน (quantization noise)

ในการทดลองนี้ มีการกำเนิดสัญญาณไซน์ความถี่หนึ่งขึ้นมาโดยที่ผู้ทำการทดลองสามารถเปลี่ยนค่าขนาดของสัญญาณนี้ได้ เมื่อทำการควอนไตซ์สัญญาณไซน์มีขนาดต่างๆกัน ผู้ทำการทดลองก็จะสามารถเห็นถึงตัวอย่างของสัญญาณที่ผ่านการควอนไตซ์แล้วเกิดการผิดเพี้ยนทางสัญญาณในกรณีการผิดเพี้ยนโอเวอร์โหลดหรือเกิดสัญญาณรบกวนควอนไตเซชันหรือเกิดทั้งสองกรณี และเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบิตที่ใช้ในการควอนไตซ์กับการผิดเพี้ยนของสัญญาณ นอกจากนี้ผู้ทำการทดลองสามารถพล็อตกราฟฟังก์ชันความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณหลังถูกควอนไตซ์ไปแล้ว เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงทางสเปกตรัมที่เกิดขึ้น

การทดลองที่ 4.4 ควอนไตเซชันแบบนอนยูนิฟอร์ม จากการทดลองที่ 4.2 และ 4.3 เป็นกรณีของควอนไตเซชันแบบยูนิฟอร์ม สำหรับในการทดลองนี้ จะกล่าวถึงกรณีควอนไตเซชันแบบนอนยูนิฟอร์ม โดยทดสอบกับสัญญาณเสียงซึ่งจำลองขึ้นมาโดยอาศัยฟังก์ชัน MATLAB ในส่วนแรกจะแสดงให้ผู้ทำการทดลองเห็นถึงข้อเสียของควอนไตเซชันแบบยูนิฟอร์ม โดยจะยกตัวอย่างกรณีที่สัญญาณอินพุทที่ถูกลดทอนจนมีขนาดเล็กลงจากเดิมมาก เมื่อผ่านการควอนไตซ์ที่ถูกออกแบบมาสำหรับขนาดของสัญญาณอินพุทเดิม สัญญาณควอนไตซ์ที่ได้จะเกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณจนไม่สามารถถอดรหัสสัญญาณเดิมคืนได้

ในส่วนถัดไป กล่าวถึงควอนไตเซชันแบบนอนยูนิฟอร์มที่เรียกว่า คอมแพนดิง(companding) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

- การทำคอมเพรสชิง (compressing)
- ควอนไตเซชันแบบยูนิฟอร์ม
- การทำเอ็กแพนดิง (expanding)

ในการทดลองส่วนนี้ จะมีการแสดงให้เห็นว่าควอนไตเซชันแบบนอนยูนิฟอร์มสามารถแก้ไขข้อเสียของควอนไตเซชันแบบยูนิฟอร์มได้ โดยนำสัญญาณที่ถูกลดทอนในส่วนแรกมาควอนไตซ์แบบนอนยูนิฟอร์มใหม่แล้วเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ควอนไตซ์แบบยูนิฟอร์ม

และในส่วนท้ายสุด กล่าวถึงการพิจารณาว่าสัญญาณเหมาะสมสำหรับควอนไตเซชันแบบไหน โดยพิจารณาจากฟังก์ชัน pdf ของสัญญาณนั้น

การทดลองที่ 4.5 ค่ากำลังของสัญญาณต่อควอนไตเซชันนอยส์ *(Signal to Quantization Noise Ratio : SQNR)* ในการทดลองนี้จะเป็นการหาค่า SQNR ของควอนไตเซอร์ โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- กำเนิดสัญญาณเสียงที่มีค่าระดับกำลังที่เปลี่ยนไปและวัดค่ากำลังของสัญญาณ
- ควอนไตซ์สัญญาณแบบยูนิฟอร์มและวัดค่าความผิดพลาดในการควอนไตซ์
- ควอนไตซ์สัญญาณแบบนอนยูนิฟอร์มและวัดค่าความผิดพลาดในการควอนไตซ์
- วัดค่า SQNR ของควอนไตซ์ทั้งสองชนิด

เมื่อได้ค่า SQNR ที่ค่ากำลังของสัญญาณค่าต่างๆ แล้ว ผู้ทำการทดลองจะต้องวิจารณ์ความเหมาะสมในการใช้ของควอนไตเซอร์ทั้งสองแบบในกรณีที่สัญญาณมีกำลังค่าต่างๆ

การทดลองที่ 5 รูปแบบการส่งสัญญาณไบนารี

วัตถุประสงค์

ศึกษาการส่งผ่านข่าวสารแบบไบนารีที่ความถี่เบสแบนด์ โดยเฉพาะ

1 ไลน์โค้ดแบบต่างๆ ที่ใช้ในระบบสื่อสาร

2 ฟังก์ชันความหนาแน่นสเปกตรัมของไลน์โค้ดแบบต่างๆ

3 ความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดจากช่องสัญญาณสื่อสาร

4 ผลกระทบของการรบกวนระหว่างสัญลักษณ์ (Intersymbol interference, ISI) และสัญญาณรบกวนของช่องสัญญาณเมื่อพิจารณาจากแพทเทินรูปดวงตา

การนำเสนอการทดลอง

การทดลองที่ 5 แบ่งออกเป็นการทดลองย่อยๆ 4 การทดลองด้วยกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

การทดลองที่ 5.1 ไลน์โค้ดแบบต่างๆที่ใช้ในระบบสื่อสาร จุดมุ่งหมายของการทดลองย่อยนี้คือต้องการให้ผู้ทำการทดลองรู้จักกับไลน์โค้ดแบบต่างๆที่ใช้ส่งในระบบสื่อสารและศึกษาคุณสมบัติของมัน ในการทดลองนี้ได้ออกแบบฟังก์ชันที่กำเนิดไลน์โค้ดได้หลายชนิดดังนี้คือ

- unipolar RZ, unipolar NRZ
- polar RZ, polar NRZ
- bipolar RZ, bipolar NRZ[*]
- manchester

การทดลองที่ 5.2 ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของไลน์โค้ดแบบต่างๆ การทดลองย่อยนี้ต้องการให้ผู้ทำการทดลองเข้าใจถึงความหมายของส่วนต่างๆของกราฟฟังก์ชันความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของไลน์โค้ดแบบต่างๆ ได้แก่ ส่วนที่บ่งบอกถึงแบนด์วิดท์ที่ต้องใช้ในการส่งสัญญาณ ส่วนที่บอกถึงส่วนประกอบกระแสตรง และส่วนที่แสดงให้เห็นว่ามีสัญญาณรายคาบปนมากับสัญญาณที่ส่ง เป็นต้น

การทดลองที่ 5.3 คุณลักษณะของช่องสัญญาณ ในการทดลองย่อยนี้กล่าวถึงผลกระทบของสัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณที่มีต่อรูปคลื่นสัญญาณและผลกระทบของแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณที่มีต่อรูปคลื่นสัญญาณ โดยจะมีฟังก์ชัน MATLAB จำลองทำหน้าที่เป็นช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆได้ คือ อัตราขยาย (gain) ของช่องสัญญาณ กำลังสัญญาณรบกวน(ในที่นี้สัญญาณรบกวนเป็นสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน) และแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ ผู้ทำการทดลองสามารถจะทดสอบได้ว่าที่ค่ากำลังสัญญาณรบกวนระดับไหนจึงจะทำให้รูปคลื่นของสัญญาณที่อัตราข้อมูลหนึ่งมีรูปคลื่นที่ผิดเพี้ยนไปจนไม่สามารถสร้างสัญญาณเดิมกลับคืนมาได้ และสังเกตความสัมพันธ์ของเวลาหน่วง (delay) ของรูปคลื่นเอาท์พุทของช่องสัญญาณกับแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ

การทดลองที่ 5.4 แพทเทินรูปดวงตา จุดหมายของการทดลองย่อยนี้ก็คือต้องการให้ผู้ทำการทดลองทราบถึงความหมายของส่วนต่างๆที่ปรากฏในแพทเทินรูปดวงตา เพื่อใช้วิเคราะห์ว่าจะต้องกำหนด

---

[*] ไลน์โค้ด bipolar มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งคือ Alternate Mark Inversion (AMI)

I 17399134

พารามิเตอร์ในการตรวจจับ (detection) สัญญาณอย่างไรจึงจะได้สัญญาณคืนมาที่ถูกต้องที่สุดเท่าที่ทำได้ ในการทดลอง จะมีการปรับค่าพารามิเตอร์ของช่องสัญญาณคือ แบนด์วิดท์และกำลังของสัญญาณรบกวน เพื่อให้ผู้ทำการทดลองสามารถสังเกตได้ว่าพารามิเตอร์ทั้งสองมีผลต่อรูปร่างของแพทเทินรูปดวงตาอย่างไร

การทดลองที่ 6 การตรวจจับสัญญาณ

วัตถุประสงค์

ในการทดลองนี้ ศึกษากระบวนการตรวจจับสัญญาณ (detection) โดยศึกษาส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องรับสัญญาณและกระบวนการถอดรหัสสัญญาณ (decoding process) ดังนี้

1 ศึกษาคุณลักษณะของแมทช์ฟิลเตอร์

2 ศึกษาสมรรถนะของเครื่องรับสัญญาณที่ใช้วงจรฟิลเตอร์แบบต่างๆ โดยวัดจากความน่าจะเป็นการผิดพลาดบิต (probability of bit error)

3 การใช้แพทเทินรูปดวงตา (eye pattern) เป็นเครื่องมือในการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในกระบวนการตรวจจับสัญญาณ

การนำเสนอการทดลอง

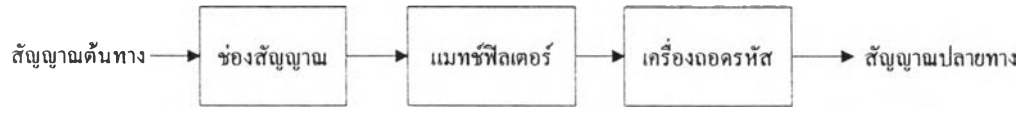
ในการทดลองที่ 6 นี้ แบ่งออกเป็นการทดลองย่อยๆทั้งหมด 5 การทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

การทดลองที่ 6.1 คุณลักษณะต่างๆ ของแมทช์ฟิลเตอร์ *(matched filter)* จุดมุ่งหมายของการทดลองย่อยนี้ก็คือ ต้องการให้ผู้ทำการทดลองทราบถึงคุณสมบัติของแมทช์ฟิลเตอร์ อันได้แก่ ผลตอบสนองอิมพัลส์ของแมทช์ฟิลเตอร์ซึ่งอ้างอิงกับไลน์โค้ดแบบต่างๆ และเอาท์พุทของแมทช์ฟิลเตอร์ที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบสัญญาณเอาท์พุทของแมทช์ฟิลเตอร์กับสัญญาณอินพุทในกรณีที่มีสัญญาณรบกวน สัญญาณไหนจะเหมาะสมที่จะใช้ในการตรวจจับสัญญาณ ในการทดลองนี้ ผู้ทำการทดลองจะได้เห็นผลตอบสนองอิมพัลส์ของแมทช์ฟิลเตอร์ที่อ้างอิงกับไลน์โค้ดแบบต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร และสามารถทำนายได้ว่าสัญญาณเอาท์พุทของแมทช์ฟิลเตอร์จะมีรูปร่างเป็นอย่างไรเมื่อกำหนดสัญญาณอินพุทให้

การทดลองที่ 6.2 การตรวจจับสัญญาณ จากการทดลองที่ 5.3 พบว่าในสภาวะที่ต้องส่งสัญญาณผ่านช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนและมีแบนด์วิดท์ที่จำกัดค่าหนึ่ง สัญญาณเอาท์พุทของช่องสัญญาณที่ได้อาจจะมีข่าวสารไม่พอเพียงที่จะสามารถถอดรหัสสัญญาณคืนได้จากวิธีดูรูปคลื่นสัญญาณเอาท์พุทนั้น ในการทดลองที่ 6.2 นี้ เป็นการเสนอวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวโดยใช้แมทช์ฟิลเตอร์ คือนำสัญญาณเอาท์พุทของช่องสัญญาณป้อนให้กับแมทช์ฟิลเตอร์ แล้วค่อยนำสัญญาณเอาท์พุทที่ได้ไปถอดรหัสสัญญาณ ซึ่งวิธีดังกล่าวจะช่วยลดความน่าจะเป็นของการถอดรหัสผิดพลาดให้มีค่าน้อยลงได้ ในการทดลองนี้จะมีการสร้างสัญญาณที่ผ่านช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวน แล้วให้ผู้ทำการทดลองถอดรหัสจากสัญญาณนี้ หลังจากนั้นเอาสัญญาณนี้ไปป้อนให้แมทช์ฟิลเตอร์ แล้วให้ผู้ทำการทดลองถอดรหัสสัญญาณเอาท์พุทของแมทช์ฟิลเตอร์ดูอีกที เพื่อเปรียบเทียบความยากง่ายในการถอดรหัสสัญญาณทั้งสอง

การทดลองที่ 6.3 เครื่องรับสัญญาณแมทช์ฟิลเตอร์ จุดมุ่งหมายของการทดลองย่อยนี้คือต้องการให้ผู้ทำการทดลองสามารถนำเอาแพทเทินมาใช้ร่วมกับแมทช์ฟิลเตอร์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดในการถอดรหัสสัญญาณ ขั้นตอนการทำการทดลองทำนองเดียวกับการทดลองที่ 6.2 แต่เมื่อได้สัญญาณเอาท์

พุทจากแมทช์ฟิลเตอร์มาแล้ว ในการทดลองนี้ ผู้ทำการทดลองต้องนำสัญญาณนี้ไปพล็อตแพทเทินรูปดวงตา เพื่อหาค่าคงที่ในการสุ่มตัวอย่าง (sampling constant) ค่าเทรชโฮลด์ (threshold value) และค่าคาบของข้อมูลไบนารี(binary data period) ที่เหมาะสม ซึ่งค่าเหล่านี้จะนำไปตั้งค่าเครื่องถอดรหัสซึ่งทำงานอยู่ที่ด้านเอาท์พุทของแมทช์ฟิลเตอร์ดังแสดงในรูป 5.1



รูปที่ 5.1 การทำงานของเครื่องรับสัญญาณแมทช์ฟิลเตอร์

จากการทดลองหาค่าทั้งสามค่านี้ ผู้ทำการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าทั้งสามมีความสำคัญต่อการถอดรหัสเพียงใด โดยอาศัยค่าความน่าจะเป็นการผิดพลาดของข้อมูล (probability of bit error) เป็นเครื่องมือวัด

การทดลองที่ 6.4 เครื่องรับสัญญาณวงจรผ่านความถี่ต่ำ ในการทดลองนี้เป็นการนำเอาวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำมาประยุกต์ใช้กับการถอดรหัสสัญญาณ โดยอาศัยคุณสมบัติตัดสัญญาณรบกวนที่ความถี่อื่นนอกเหนือจากช่วงความถี่ของสัญญาณออก โดยผู้ทำการทดลองสามารถตั้งค่าแบนด์วิดท์ของฟิลเตอร์ผ่านความถี่ต่ำได้ แล้วศึกษาผลกระทบที่มีต่อสัญญาณเอาท์พุทของฟิลเตอร์ สำหรับโครงสร้างการทำงานของเครื่องรับสัญญาณวงจรผ่านความถี่ต่ำจะมีลักษณะคล้ายรูปที่ 5.1 เพียงแต่เปลี่ยนจากแมทช์ฟิลเตอร์มาเป็นวงจรผ่านความถี่เท่านั้น ในการทดลองนี้ผู้ทำการทดลองจะได้ทดลองป้อนสัญญาณอินพุทผ่านช่องสัญญาณที่มีกำลังสัญญาณรบกวนที่ระดับต่างๆกัน แล้วป้อนให้เครื่องรับสัญญาณวงจรผ่านความถี่ต่ำที่ถูกตั้งค่าแบนด์วิดท์ไว้ที่ค่าต่างๆ ซึ่งจากค่าความน่าจะเป็นการผิดพลาดของข้อมูลที่วัดได้ จะทำให้ผู้ทำการทดลองทราบถึงความสำคัญของกำลังสัญญาณรบกวนของช่องสัญญาณและแบนด์วิดท์ของฟิลเตอร์ว่ามีผลต่อการถอดรหัสสัญญาณอย่างไร และสามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียระหว่างเครื่องรับสัญญาณวงจรผ่านความถี่ต่ำกับเครื่องรับสัญญาณแมทช์ฟิลเตอร์ได้

การทดลองที่ 6.5 การประยุกต์ใช้งานโครงสร้างแมทช์ฟิลเตอร์ ในการทดลองย่อยนี้ได้กล่าวถึงการใช้งานแมทช์ฟิลเตอร์ในทางปฏิบัติ ซึ่งใช้วงจรฟิลเตอร์อินทิเกรตและดัมพ์ (Integrate and dump filter) แทนแมทช์ฟิลเตอร์ ในการทดลอง มีฟังก์ชัน MATLAB จำลองการทำงานของวงจรดังกล่าว เพื่อให้ผู้ทำการทดลองได้เห็นภาพการทำงานจริงๆของวงจร และสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเครื่องรับสัญญาณทั้งสองแบบที่ผ่านมาคือ เครื่องรับสัญญาณแมทช์ฟิลเตอร์และเครื่องรับสัญญาณวงจรผ่านความถี่ต่ำ โดยใช้ค่าความน่าจะเป็นการผิดพลาดของข้อมูลเป็นตัววัด

การทดลองที่ 7 การมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล (Digital Modulation)

วัตถุประสงค์

ในการทดลองนี้ เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ในเรื่องการส่งสัญญาณดิจิตอลแบบเบสแบนด์และการมอดูเลตคลื่นแบบต่อเนื่อง เพื่อศึกษาการส่งสัญญาณดิจิตอลแบบแบนด์พาส โดยมีเนื้อหาดังนี้

1 รูปแบบต่างๆ ของรูปคลื่นของสัญญาณดิจิตอลที่ถูกมอดูเลต

2 การตรวจจับสัญญาณที่ถูกมอดูเลตทั้งแบบ coherent (synchronous) และ noncoherent (envelope)

3 สมรรถนะของระบบในสภาวะที่มีสัญญาณรบกวน

การนำเสนอการทดลอง

ในการทดลองที่ 7 นี้ ได้ถูกแบ่งออกเป็นการทดลองย่อยๆ ทั้งหมด 3 การทดลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 7.1 การมอดูเลตสัญญาณดิจิตอลแบบต่างๆ ในการทดลองนี้ ผู้ทำการทดลองจะได้ทราบถึงขั้นตอนการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอลแบบต่างๆ ได้แก่ การมอดูเลตสัญญาณแบบแอมปลิจูดชิฟท์คีย์อิง (Amplitude Shift Keying : ASK) การมอดูเลตสัญญาณแบบเฟสชิฟท์คีย์อิง (Phase Shift Keying : PSK) และการมอดูเลตแบบฟรีเควนซีชิฟท์คีย์อิง (Frequency Shift Keying : FSK) และศึกษาค่าแบนด์วิดท์ที่ต้องการของการมอดูเลตแต่ละชนิดโดยสังเกตจากการพล็อตฟังก์ชันความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (PSD)

การทดลองที่ 7.2 การตรวจจับสัญญาณดิจิตอลที่ถูกมอดูเลต การทดลองนี้เป็นการทดลองต่อเนื่องจากการทดลอง 7.1 กล่าวคือ การทดลองนี้อธิบายถึงการตรวจจับสัญญาณดิจิตอลที่ถูกมอดูเลตแล้ว โดยในส่วนแรกกล่าวถึงการตรวจจับสัญญาณแบบโคฮีเรนท์ (Coherent) ที่ใช้กับสัญญาณมอดูเลตแบบ ASK ในระหว่างทำการทดลอง มีการศึกษาถึงผลกระทบของความคลาดเคลื่อนของเฟสและความถี่ของการดีมอดูเลตสัญญาณที่มีต่อขนาดของสัญญาณหลังผ่านการดีมอดูเลตไปแล้ว ในส่วนต่อมา กล่าวถึงการตรวจจับสัญญาณแบบนอนโคฮีเรนท์ (Noncoherent) ซึ่งใช้หลักการตรวจจับสัญญาณจากซอบสัญญาณมอดูเลต

การทดลองที่ 7.3 สมรรถนะของระบบในสภาวะมีสัญญาณรบกวน ศึกษาสมรรถนะของระบบในสภาวะมีสัญญาณรบกวน โดยในการทดลองนี้ สมมติให้มีการสร้างสัญญาณที่ถูกมอดูเลตแบบ ASK ขึ้น แล้วส่งสัญญาณผ่านช่องสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวน แล้วสังเกตดูความเพี้ยนของสัญญาณหลังผ่านช่องสัญญาณ หลังจากนั้น ทำการดีมอดูเลตสัญญาณแบบโคฮีเรนท์ แล้วจึงนำสัญญาณป้อนให้กับเครื่องตรวจจับสัญญาณโดยพารามิเตอร์ที่ตั้งค่าให้กับเครื่องตรวจจับสัญญาณนั้นสามารถหาได้จากการพล็อตแพทเทินรูปดวงตา หลังจากนั้นจึงทำการวัดค่าความน่าจะเป็นการผิดพลาดข้อมูล (BER) และศึกษาผลกระทบต่อความน่าจะเป็นการผิดพลาดข้อมูล เมื่อเปลี่ยนจากการดีมอดูเลตแบบโคฮีเรนท์เป็นแบบนอนโคฮีเรนท์

การทดลองที่ 8 การสื่อสารแบบดิจิตอล

วัตถุประสงค์

ในการทดลองนี้ จะนำเอาฟังก์ชันต่างๆ ในการทดลองที่ผ่านๆมา มาทำงานร่วมกันจนเป็นระบบการสื่อสารแบบดิจิตอล โดยศึกษาระบบต่อไปนี้

1 ระบบสื่อสารแบบดิจิตอลแบบ baseband และ band-pass

2 ความสัมพันธ์ระหว่าง A/D - D/A Conversion และเครื่องส่งสัญญาณกับเครื่องรับสัญญาณ

3 ปรากฏการณ์การกลับเฟส และการเข้ารหัสแบบดิฟเฟอเรนเชียล (differential encoding)

4 การเลือกค่าพารามิเตอร์ต่างๆของเครื่องส่งสัญญาณเมื่อพิจารณาจากคุณลักษณะของช่องสัญญาณสื่อสาร

การนำเสนอการทดลอง

การทดลองที่ 8.1 การแปลงระหว่างสัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิตอล ในการทดลองนี้เป็นการนำเอาฟังก์ชันการทำงานจากการทดลองต่างๆ ที่ผ่านมา มาทำงานร่วมกันเพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลซึ่งเกิดจากขั้นตอนต่างๆ คือ การสุ่มตัวอย่างจากสัญญาณอนาล็อก การควอนไตซ์สัญญาณ การเข้ารหัสสัญญาณทั้งแบบ source coding และ channel coding (การมอดูเลตสัญญาณ) และในส่วนการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อกซึ่งเกิดจากขั้นตอนต่างๆ คือ การดีมอดูเลตสัญญาณ การตรวจจับสัญญาณ การถอดรหัสสัญญาณ การเอ็กแพนด์สัญญาณที่ถูกควอนไตซ์ และการกรองสัญญาณในย่านความถี่ที่ต้องการหลังจากทำการทดลองนี้แล้ว ผู้ทำการทดลองจะเห็นถึงการผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดขึ้นระหว่างสัญญาณต้นทางและสัญญาณปลายทาง

การทดลองที่ 8.2 การเข้ารหัสสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียล *(Differential Encoding)* ศึกษาผลกระทบของช่องสัญญาณที่ทำให้เกิดการกลับเฟสสัญญาณ 180 องศาที่มีต่อสัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิตอลและศึกษาวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการทดลอง มีการกำเนิดสัญญาณไซน์ที่ความถี่หนึ่ง ทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล หลังจากนั้นป้อนสัญญาณผ่านช่องสัญญาณแบบอินเวอร์ติง (inverting channel) แล้วแปลงกลับเป็นสัญญาณอนาล็อก ในตอนนี้ผู้ทำการทดลองจะได้เห็นถึงผลกระทบของช่องสัญญาณแบบอินเวอร์ติงที่มีต่อสัญญาณ ขั้นต่อไป ทำการทดลองซ้ำโดยในส่วนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ทำการเข้ารหัสสัญญาณแบบดิฟเฟอร์เรนเชียลก่อนแล้วค่อยส่งผ่านช่องสัญญาณอินเวอร์ติง ที่ภาครับสัญญาณหลังจากถอดรหัสสัญญาณ ผู้ทำการทดลองจะพบว่าการเข้ารหัสสัญญาณแบบดิฟเฟอรเรนเชียลสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดจากช่องสัญญาณแบบอินเวอร์ติงได้

การทดลองที่ 8.3 การสื่อสารที่ความถี่เบสแบนด์ ในการทดลองนี้ เป็นการทดลองหาค่าอัตราการผิดพลาดข้อมูล (BER) ที่เกิดจากการส่งข้อมูลไบนารีในรูปแบบไลน์โค้ดแบบต่างๆ ขนาดต่างๆ ผ่านช่องสัญญาณที่ความถี่เบสแบนด์ที่กำลังสัญญาณรบกวนค่าต่างๆ โดยพิจารณาช่องสัญญาณที่มีลักษณะผ่านความถี่ต่ำ (Lowpass communication channel) เพื่อให้ผู้ทำการทดลองทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผิดพลาดข้อมูลกับ ไลน์โค้ดที่ใช้ กำลังของสัญญาณที่ส่ง และกำลังสัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณ

การทดลองที่ 8.4 การสื่อสารที่ความถี่แบนด์พาส จุดมุ่งหมายของการทดลองนี้คือต้องการให้ผู้ทำการทดลองได้เห็นถึงขั้นตอนการออกแบบการสื่อสารข้อมูลที่ความถี่แบนด์พาสเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของระบบตามที่ต้องการ โดยในการทดลองนี้เป็นการส่งสัญญาณเสียงผ่านช่องสัญญาณแบบแบนด์พาส ผู้ทำการทดลองจะต้องหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการส่งสัญญาณ เพื่อให้ได้ค่า BER ตามที่ระบุไว้ในการทดลอง