บทที่ 1

บทนำ

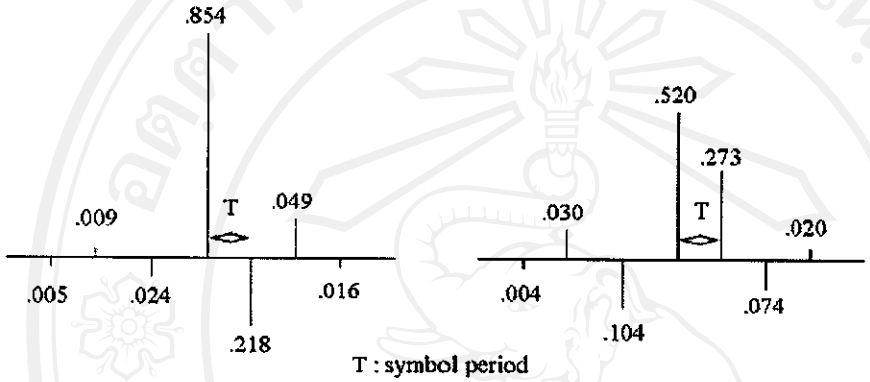
1.1 ปัญหาและที่มาของโครงงานวิจัย

ความต้องการทางด้านการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิตอลที่สูง เป็นผลให้มีการพัฒนาระบบการส่งข้อมูลผ่านทางช่องสัญญาณแบบจำกัดช่วงของความถี่ (Band-limited) อย่างต่อเนื่อง ในการส่งสัญญาณบนช่องสัญญาณนี้จะทำให้เกิดปัญหาที่เรียกว่า อินเตอร์ซิมโบลอินเตอร์เฟียเรนซ์ (Intersymbol Interference : ISI) ซึ่งเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้ประสิทธิภาพของการสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิตอลลดลง การทำอีควาไลเซชัน (Equalization) กับช่องสัญญาณเป็นหนทางหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาของอินเตอร์ซิมโบลอินเตอร์เฟียเรนซ์ โดยที่มีระบบอัลกอริทึมแบบปรับได้ (Adaptive Algorithm) มาใช้ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) เพื่อที่จะสามารถปรับตัวตามสภาพแวดล้อมของช่องสัญญาณที่อาจจะคงที่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเราไม่สามารถรู้ได้ โดยปกติแล้วในขั้นตอนแรกนั้น ระบบจะส่งสัญญาณที่รู้กันระหว่างผู้ส่งและผู้รับ หรือเรียกว่า สัญญาณช่วยสอน (Training sequence) ก่อนการส่งสัญญาณที่เป็นข้อมูลจริง หลังจากประมาณสภาพของช่องสัญญาณได้แล้ว ระบบจะทำงานแบบดีซิสชันไดเรคเต็ด (Decision-directed : DD) เพื่อที่จะทำอีควาไลเซชันกับช่องสัญญาณเมื่อการส่งข้อมูลเริ่มขึ้น ถึงอย่างไรก็ตามในงานหลายแบบ การส่งข้อมูลที่ใช้สัญญาณช่วยสอนนั้นไม่เป็นที่ต้องการ หรือถึงขั้นไม่สามารถจะทำได้ จึงเป็นผลให้มีความต้องการที่จะทำอีควาไลเซชันกับช่องสัญญาณโดยที่ไม่ได้รับความช่วยเหลือจากสัญญาณช่วยสอน

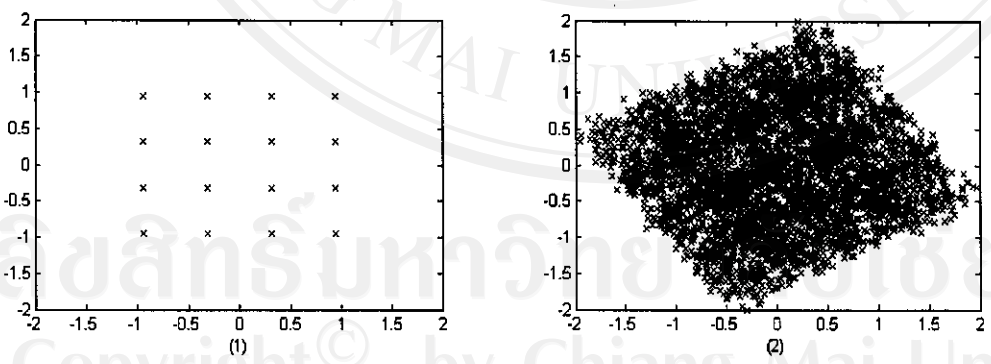
ในการทำอีควาไลเซชันกับช่องสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารโดยไม่ต้องใช้สัญญาณช่วยสอนนั้น ถูกเรียกว่า การกู้คืนด้วยตัวเอง (Self-Recovering) หรืออีควาไลเซชันแบบบอด (Blind Equalization) ระบบนี้จะถูกใช้เมื่อการสื่อสารเริ่มต้น (ซึ่งเราสามารถสังเกตได้จากลักษณะดวงตา (Eye Pattern) ที่ยังปิดอยู่) หรือมีความจำเป็นต้องประมาณค่าช่องสัญญาณใหม่ ในระบบอีควาไลเซชันแบบบอดฟังก์ชันที่มีคุณสมบัติแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear) จะถูกกำหนดให้เป็นค่าต้องการในคอสท์ฟังก์ชัน (Cost Function) ซึ่งถูกออกแบบขึ้นมาจากค่าของผลลัพธ์ (Output) ของอีควาไลเซอร์ (Equalizer) และคุณสมบัติทางสถิติของลักษณะคอนสเตลเลชันของข้อมูล (Data Constellation) ที่ถูกส่ง เทคนิคที่เป็นที่รู้จักกันคือ อัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(Constant Modulus Algorithm : CMA) ถูกนำเสนอโดย Godard (1980) และอัลกอริทึมรีดิวคอนสเตลเลชัน (Reduction Constellation Algorithm : RCA) ถูกนำเสนอโดย Godard และ Thirion (1980) แต่เนื่องจากอัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัสจะให้ค่าเฟสของผลลัพธ์ที่ผิดเสมอ (ยกเว้นกรณีที่ช่องสัญญาณมีลักษณะเป็นจำนวนจริง) และถึงแม้ว่าอัลกอริทึมรีดิวคอนสเตลเลชันสามารถจะให้ค่าเฟสที่ถูกต้อง แต่มีการลู่เข้าหาจุดสมดุลที่ไม่เสถียร



รูปที่ 1.1 ลักษณะตัวอย่างของช่องสัญญาณ โดยที่ (1) ส่วนของจำนวนจริงและ (2) ส่วนของ จำนวนจินตภาพ



รูปที่ 1.2 (1) ลักษณะของข้อมูลก่อนผ่านช่องสัญญาณและ (2) ลักษณะของข้อมูลหลังจากผ่านช่องสัญญาณที่กำหนดไว้ในรูปที่ 1.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ผลงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

Sato (1975) ได้นำเสนอการทำอีควาไลเซชันแบบบอดหรืออีควาไลเซชันแบบการกู้คืนด้วยตัวเอง (Self-Recovering Equalization) ในปี ค.ศ. 1975 จุดประสงค์เพื่อทำงานบนระบบการมอดดูเลชันแบบหลายระดับ (Multilevel Amplitude Modulation)

Godard และ Thirion (1980) ได้นำเสนออัลกอริทึมรีดิวคอนสเตลเลชัน ในปี ค.ศ. 1980 แนวคิดคือ ระบบจะถูกสอนโดยการตรวจหาข้อมูลที่อยู่บนบริเวณที่เกิดจากการรีดิวคอนสเตลเลชัน ซึ่งเกิดจากการลดจำนวนของบริเวณที่เป็นลักษณะคอนสเตลเลชัน (Constellation) ของข้อมูลที่ใช้ในการส่ง อัลกอริทึมนี้ทำงานได้ง่าย แต่ความน่าเชื่อถือในการลู่เข้าหาคำตอบที่ต่ำเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมต่อไป

Godard (1980) ได้นำเสนออัลกอริทึมการทำอีควาไลเซชันบนสัญญาณแบบมอดดูลัส (Modulus) คงที่ ซึ่งมีชื่อว่า อัลกอริทึมของ Godard ในปี ค.ศ. 1980 โดยอัลกอริทึมนี้รวมเอาอัลกอริทึมที่ถูกเสนอโดย Treichler และ Agee (1983) เป็นกรณีพิเศษ ซึ่งอัลกอริทึมของ Godard ที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดนั้น คืออัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัส โดยอัลกอริทึมนี้พยายามบังคับผลลัพธ์ที่ได้จากอีควาไลเซอร์ ไปยังโครงร่างของวงกลม และอัลกอริทึมนี้ยังขยายผลไปใช้กับสัญญาณที่ค่ามอดดูลัสไม่คงที่ เช่น สัญญาณข้อมูลแบบ QAM ด้วยเหตุที่อัลกอริทึมนี้เข้าใจง่าย แต่ไม่สามารถที่จะหาค่าเฟสที่มีการเปลี่ยนแปลงไป

Oh และ Chin (1995) ได้นำเสนอผลงานที่พัฒนาความสามารถต่อจากงานของ Godard โดยเพิ่มความสามารถในการหาค่าเฟสได้ ผลงานนี้มีชื่อว่า อัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัสแบบปรับปรุง (Modified Constant Modulus Algorithm : MCMA) ซึ่งแนวคิดหลักคือ การแยกส่วนของจำนวนจริงและจำนวนจินตภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากอีควาไลเซอร์ ออกจากกัน

Yang (1997) เสนอผลงานที่มีชื่อว่า อัลกอริทึมมัลติมอดดูลัส (Multimodulus Algorithm : MMA) โดยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับผลงานของ Oh และ Chin (1995) และในปี ค.ศ. 2002 อัลกอริทึมที่ดูเหมือนจะรวมเอาอัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัสแบบปรับปรุงเป็นกรณีพิเศษ ถูกเสนอขึ้นโดย Yang et al. (2002) ซึ่งเป็นผลงานต่อจากงานวิจัยในปี ค.ศ. 1997

Weerackody (1989) ได้นำเสนออัลกอริทึมไซน์ก๊อดดาร์ด (Sign Godard Algorithm : SGA) และรูปแบบการใช้ไซน์ฟังก์ชัน (Sign Function) ที่ถูกนำเสนอโดย Weerackody et al. (1991) และ Weerackody et al. (1992) มีจุดมุ่งหมายหลักคือเพิ่มความเร็วในการลู่เข้าจุดสมดุล อัลกอริทึมนี้ถูกนำไปพัฒนาโดย Kim et al. (1996) โดยมีการคำนวณค่าตัวแปรในระบบใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

งานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นเป็นงานวิจัยที่นำอัลกอริทึมของ Godard ไปพัฒนาประสิทธิภาพ ในส่วนนี้ จะยกตัวอย่างถึงงานวิจัยที่มีแนวคิดและที่มาที่แตกต่างกัน

Papadias และ Slock (1993) ในปี ค.ศ. 1992 เพิ่มกฎเกณฑ์ในการปรับค่าสัมประสิทธิ์และใช้งานรวมกับเทคนิค Sliding Window ในแต่ละครั้ง

Hilal และ Duhamel (1992) นำเสนออัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัสแบบนอมอลไลส์ (Normalized Constant Modulus Algorithm : NCMA) โดยที่มาของสมการฟังก์ชันคอสท์มาจากสมการออโทด๊อก (Orthodox)

Thaiupathump (2002) ได้นำเสนออัลกอริทึมสแควคอนทัว (Square Contour Algorithm : SCA) โดยอัลกอริทึมนี้นำข้อดีที่มีอยู่ในอัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัสและอัลกอริทึมรีดิวคอนสเตลเลชันมารวมกัน ผลที่ได้คือโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งเหมาะแก่การทำงานกับสัญญาณข้อมูลแบบ QAM.

งานวิจัยบางงานได้ทำอีควาไลเซชันบนแกนความถี่แทนการทำบนแกนเวลา

Pancaldi และ Vitetta (2005, 2006) นำเทคนิคการแตกองค์ประกอบแบบโลรอง (Laurent Decomposition) มาใช้งานบนสัญญาณแบบคอนทินิวอัสเฟสมอดดูเลชัน (Continous Phase Modulations) ซึ่งทำงานบนแกนความถี่

1.3.วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้ในการทำอีควาไลเซชันแบบบอด และสามารถทำการกู้เฟส (Phase Recovery) ได้

1.3.2 เพื่อนำเอาข้อดีที่มีอยู่ในอัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัส และอัลกอริทึมรีดิวคอนสเตลเลชันมารวมเข้าด้วยกัน

1.4 ขอบเขตของการทำวิจัย

1.4.1 สัญญาณข้อมูลที่ทำวิจัยเป็นสัญญาณควาเดรเจอร์แอมพริจูตมอดดูเลชัน (Quadrature Amplitude Modulation : QAM) และสัญญาณรบกวนภายนอกที่สมมุติให้เป็น Gaussian

1.4.2 อัลกอริทึมที่นำเสนอทำงานแบบข้อมูลเข้าเดียวและผลลัพธ์เดียว (Single-Input Single-Output)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.4.3 ประสิทธิภาพของระบบจะทำการเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัส และอัลกอริทึมรีดิวคอนสเตลเลชัน โดยที่ประสิทธิภาพจะวัดจากความเร็วในการลู่เข้าจุดสมดุลที่ระดับเดียวกัน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาเชิงอัลกอริทึมและเชิงประยุกต์

1.5.1 ได้รับอัลกอริทึมใหม่ที่ใช้ในการทำอีควาไลเซชันแบบบอด

1.5.2 เป็นทางเลือกใหม่ที่สามารถนำข้อดีที่มีอยู่ในอัลกอริทึมคอนแสตนมอดดูลัส และอัลกอริทึมรีดิวคอนสเตลเลชันมาใช้

1.5.3 เพิ่มประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารผ่านระบบดิจิตอล

1.6 ขั้นตอนการทำวิจัย

1.6.1 ศึกษาอัลกอริทึมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงานวิจัย

1.6.2 ศึกษาปัญหาในระบบสื่อสารด้วยสัญญาณดิจิตอล

1.6.3 ศึกษาอัลกอริทึมอีควาไลเซชันแบบบอดรูปแบบต่างๆ

1.6.4 ศึกษาวิธีการลดปริมาณอินเตอร์ซิมโบลอินเตอร์เฟียเรนซ์

1.6.5 ศึกษาวิธีการประมาณค่าของเฟสที่เปลี่ยนแปลงไป

1.6.6 ออกแบบโครงสร้างของระบบ

1.6.7 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงาน สรุปผล และเสนอรายงานวิทยานิพนธ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved