ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

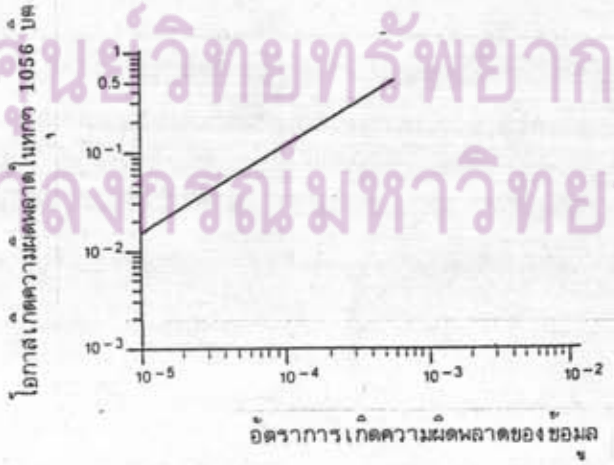
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันการสื่อสารมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งจะพบได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน โดยการสื่อสารในรูปแบบต่างๆ นั้นประกอบด้วย แหล่งกำเนิดซึ่งเป็นแหล่งสร้างหรือให้ข้อมูลหรือข่าวสาร แล้วส่งผ่านเข้าไปยังตัวกลางซึ่งทำหน้าที่เป็นพาหะ นำเอาข้อมูลหรือข่าวสารนั้นไปยังผู้รับ

สำหรับการสื่อสารข้อมูลนั้นข้อมูลมีโอกาสที่จะถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อมทำให้ข้อมูลที่ได้รับผิดพลาดได้ ซึ่งจากการทดสอบการส่งเทเลเท็กซ์ (Teletex) ของศูนย์วิจัยการสื่อสารข้อมูลวินเซนท์ (A. Vincent at the Communications Research Centre) โดยใช้ข้อกำหนดของนอร์ทอเมริกันเบสิกเทเลเท็กซ์ (North American Basic Teletex Specification) (Mortimer 1987: 1113) พบว่าความผิดพลาดของข้อมูลขึ้นอยู่กับ อุปกรณ์ที่ใช้ ความเร็ว และตำแหน่งที่ตั้งของตัวส่งและตัวรับ โดยโอกาสการเกิดความผิดพลาดของข้อมูลทุกๆ 1056 บิตที่ส่งไป แสดงได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงโอกาสการเกิดความผิดพลาดของข้อมูล

1.1.1 สาเหตุที่จำเป็นต้องมีรหัสควบคุมการเกิดความผิดพลาดของข้อมูล (Error Control Code)

ในระบบการสื่อสารข้อมูลนั้น ข้อมูลจะถูกส่งผ่านแชนแนล ได้แก่ ข่ายไมโครเวฟ (Microwave Link), สายโคแอกเชียล (Coaxial Cable), สายโทรศัพท์ (Telephone Line) หรือ สื่อการเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น เทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape) เป็นต้น ซึ่งระบบการสื่อสารข้อมูลแสดงได้ดังรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 แสดงระบบการสื่อสารข้อมูล

โดยระบบการสื่อสารข้อมูลจะเชื่อมระหว่าง แหล่งกำเนิดข้อมูล (Data source) และผู้ใช้ข้อมูลโดยผ่านทางแชนแนล โดยข้อมูลจะเข้าไปในระบบการสื่อสารข้อมูล จากแหล่งกำเนิดข้อมูล ซึ่งในขั้นแรกข้อมูลจะถูกตัวจัดข้อมูลเข้ารหัส (Source encoder) จัดการให้อยู่ในรูปของลำดับของสัญญลักษณ์ (Sequence symbol) ซึ่งเรียกว่าโคดเวิร์ดของข้อมูล (Source codeword) แล้วข้อมูลจะถูกจัดการ โดยตัวเข้ารหัสของแชนแนล (Channel encoder) ซึ่งจะแปลงลำดับของโคดเวิร์ดของข้อมูลให้เป็นแชนแนลโคดเวิร์ด (Channel codeword) โดยจะมีบิตเพิ่ม (Parity bit) เพิ่มขึ้นมาด้วย ซึ่งแต่ละสัญญลักษณ์ในแชนแนลโคดเวิร์ดอาจแทนด้วย บิตหรือกลุ่มของบิต แล้วมอดูเลเตอ (Modulator) จะแปลงสัญญาณดิจิตอล (Digital) ไปเป็นสัญญาณที่แชนแนลยอมรับได้ เพื่อส่งผ่านข้อมูลจากแชนแนลไปยังตัวรับ และเนื่องจากแชนแนลเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณ

รบกวนต่างๆ ดังนั้นเอาท์พุท (Output) ที่ได้จากแชนแนลจึงต่างจากอินพุท (Input) ที่เข้าไป และเมื่อดีมอดูเลเตอ (Demodulator) แปลงข้อมูล ที่ได้จากแชนแนลอีกทีหนึ่ง ก็จะได้ สัญญาณที่อาจมีความผิดพลาดได้ ซึ่งลำดับของสัญญลักษณ์ ที่ถูกดีมอดูเลท (Demodulate) นี้เรียกว่าเวิร์ดที่ได้รับ (Received word) และความผิดพลาดที่เกิดขึ้น จะทำให้สัญญลักษณ์ในเวิร์ดที่ได้รับ อาจจะไม่เหมือนกับแชนแนลโคดเวิร์ดใดๆ ซึ่งตัวถอดรหัสของแชนแนล (Channel decoder) จะใช้บิตเพิ่มที่มีอยู่ในแชนแนลโคดเวิร์ด เพื่อแก้ไขความผิดพลาดในเวิร์ดที่ได้รับ ได้โดยการคำนวณ เพื่อให้ได้โคดเวิร์ดของข้อมูล ที่ถูกต้อง ซึ่งตัวจัดข้อมูลถอดรหัส (Source decoder) จะทำในทางตรงกันข้ามกับ ตัวจัดข้อมูลเข้ารหัส แล้วจึงส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปยังผู้ใช้ ซึ่งการใช้รหัสควบคุมความผิดพลาด ของข้อมูล จะเป็นการจัดการกับข้อมูลในตัวเข้ารหัสของแชนแนล และตัวถอดรหัสของ แชนแนลเท่านั้น

สัญญาณรบกวนที่เกิดในแชนแนลสามารถแบ่งตามลักษณะการเกิด ได้เป็น 11 แบบคือ (FitzGerald 1984: 244)

1.1.1.1 ไวท์ (White) หรือ เกาส์เซียน (Gaussian) หรือ เทอมัลนอยส์ (Thermal noise) เกิดจากแรงกระตุ้นทางความร้อนของอีเลคตรอน ในสายการส่งข้อมูล หรืออาจเกิดจากการเหนี่ยวนำไฟฟ้าจากสายการส่งข้อมูลอื่น

1.1.1.2 อิมพัลนอยส์ (Impulse noise) หรือ สไปค์ (Spikes) เป็นการเกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่เป็นช่วง (Burst) เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงค่าความต่างศักย์ในสายการส่งข้อมูล หรือระบบไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียง ฟ้าแลบ หรือระบบไฟในอุปกรณ์การสื่อสารข้อมูลที่ขาดหายไปเป็นช่วง เป็นต้น

1.1.1.3 ครอสทอคส์ (Crosstalk) จะเกิดเมื่อ สาย การส่งข้อมูลได้รับสัญญาณจากสายการส่งข้อมูลอื่น ซึ่งเกิดจากคู่สายที่อยู่ใกล้กัน เช่น คู่สาย โทรศัพท์ที่อยู่ขนานกันและอยู่ใกล้กัน ซึ่งอัตราการเกิดครอสทอคส์ระหว่างคู่สายจะเพิ่มขึ้น ตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น และความใกล้กันของคู่สาย

1.1.1.4 เอคโค (Echoes) จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ทางไฟฟ้า ทำให้สัญญาณที่ส่งไปนั้นสะท้อนกลับ และลดกำลังของสัญญาณได้ เนื่องจากการ เกิดอิมพิแดนส์ (Impedance) ของสายซึ่งไม่ตรงกับตัวส่ง

1.1.1.5 อินเทอมอดูเลชั่นนอยส์ (Intermodulation noise) เกิดจากสัญญาณของคู่สายที่มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ระหว่างกัน จนทำให้สัญญาณ เปลี่ยนไปจากเดิม ความหมายของสัญญาณที่ได้รับจึงผิดไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.1.6 แอมปลิจูดนอยส์ (Amplitude noise) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงระดับของกำลัง (Power) ที่ใช้อย่างรวดเร็ว เกิดจากชนิดของมอดูเลชั่น (Modulation) ที่ใช้ หรือแอมปลิฟายเออร์ (Amplifier) ที่ผิดปรกติ หรือการสับเปลี่ยน (Switch) สายการส่งข้อมูล

1.1.1.7 ลายเอาท์เทจ (Line outages) เกิดจากระบบการสื่อสารข้อมูลที่หยุด หรือล้มเหลวไปชั่วขณะหนึ่ง เช่น การเปลี่ยนอุปกรณ์ ณ ชุมสายโทรศัพท์ หรือพายุ ซึ่งก่อให้เกิดสายการส่งข้อมูลเปิด (Open Line) หรือไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit) ได้

1.1.1.8 แอเทนูเอชั่น (Attenuation) เป็นการสูญเสียกำลังของสัญญาณที่ส่งไป เนื่องมาจากกำลังของสัญญาณสูญหายไปกับตัวกลางที่ส่งข้อมูลก่อนที่สัญญาณนั้นจะถึงตัวรับ (Receiver) ทำให้สัญญาณอ่อนกำลังลง

1.1.1.9 แอเทนูเอชั่น ดิสทอชั่น ทางความถี่ (Frequency attenuation distortion) เช่น สัญญาณที่มีความถี่สูง ซึ่งมีการสูญเสียกำลังอย่างรวดเร็วกว่าสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ ในระหว่างการส่งผ่านข้อมูล

1.1.1.10 ดีเล ดิสทอชั่น (Delay distortion) จะเกิดขึ้นกับสัญญาณในบางความถี่ ทำให้ข้อมูลที่ส่งไปด้วยความถี่หนึ่ง จะไปช้ากว่าข้อมูลที่ส่งไปด้วยอีกความถี่หนึ่ง

1.1.1.11 จิทเทอร์ (Jitter) เกิดจากมีการเปลี่ยนแปลงทางแอมปลิจูด (Amplitude) เฟส (Phase) และความถี่ (Frequency) ของข้อมูล ซึ่งจะมีผลกับความถูกต้องของข้อมูลได้

เมื่อสัญญาณที่ออกมาจากแชนแนลเปลี่ยนไป จากสัญญาณที่เข้าไป สัญญาณที่ตัวรับจึงเกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งสามารถลดอัตราการเกิดความผิดพลาดได้โดยการใช้แชนแนลที่มีคุณภาพดี และหลีกเลี่ยงสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูล แต่ก็สามารถทำได้เพียงลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดของข้อมูลได้เพียงบางส่วนเท่านั้น

เนื่องจากปัจจุบัน ความถูกต้องของข้อมูลมีความสำคัญเพิ่มขึ้น การใช้รหัสควบคุมการเกิดความผิดพลาดของข้อมูล เพื่อป้องกันข้อมูลดิจิตอล (Digital Data) จากความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการส่งข้อมูลผ่านแชนแนล (Communication Channel) เพื่อให้ตัวรับสามารถบ่งชี้ (Identify) และแก้ความผิดพลาดของข้อมูลให้ถูกต้องได้จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น และจำเป็นต้องใช้มากขึ้นเมื่อมีการเก็บข้อมูล หรือส่งผ่านข้อมูลจำนวนมาก โดยการใช้อัลกอริทึม (Algorithm) และทฤษฎีรหัส (Code

Theory) ที่ดี ก็จะทำให้ข้อมูลมีความเชื่อถือได้ (Reliability) และประสิทธิภาพของระบบเพิ่มมากขึ้น

1.1.2 การจัดการกับข้อมูลเมื่อเกิดความผิดพลาดของข้อมูล

ในการส่งผ่านข้อมูลแบบกึ่งทางคู่ (Half Duplex) นั้น แต่ละกลุ่มข้อมูลจะถูกส่งไปก็ต่อเมื่อตัวส่งได้รับสัญญาณตอบรับ (Acknowledge) หรือ ACK ของกลุ่มข้อมูลที่ส่งไปก่อนหน้าเสียก่อน ส่วนการส่งแบบทางคู่ (Full Duplex) ตัวส่งจะได้รับ สัญญาณตอบปฏิเสธ (No Acknowledge) หรือ NAK ของกลุ่มข้อมูล ที่เกิดความผิดพลาดของข้อมูล ซึ่งในกรณีที่มีความผิดพลาดของการส่งผ่านข้อมูลเกิดขึ้น จะสามารถจัดการกับข้อมูลได้โดย

1.1.2.1 การส่งกลุ่มข้อมูลที่ผิดพลาดไปใหม่ (Retrans mission) หรือการสืบหาความผิดพลาดของข้อมูลและส่งใหม่ (Automatic Request for Repeat) หรือ ARQ เป็นการเก็บกลุ่มของข้อมูลที่ส่งไปไว้ในบัฟเฟอร์ (Buffer) ของตัวส่งก่อน ซึ่งหากกลุ่มข้อมูลที่ส่งไปนั้นผิดพลาด ตัวส่งก็จะได้รับสัญญาณให้ส่งข้อมูลนั้นไปใหม่ ไม่ว่าจำนวนบิตของข้อมูลที่ผิดพลาดจะเป็นเท่าไร

การใช้วิธีส่งใหม่นี้ เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัด เพราะมีการจัดการกับข้อมูลในด้านการสืบหาความผิดพลาดของข้อมูลเท่านั้น แต่ก็มีข้อเสียที่ตัวส่งจะต้องเตรียมบัฟเฟอร์ไว้สำหรับเก็บกลุ่มข้อมูลที่ส่งไป สำหรับกรณีที่จะต้องส่งข้อมูลกลุ่มนั้นใหม่ซึ่งอาจจะมากกว่าหนึ่งครั้ง เนื่องจากเกิดความผิดพลาดในการส่งผ่านข้อมูลอยู่เรื่อยๆ

1.1.2.2 การตรวจแก้ความผิดพลาดของข้อมูล (Forward Error Correction) หรือ FEC เป็นการส่งข้อมูลไปพร้อมกับบิตสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยการนำข้อมูลไปเข้ารหัส (Encode) ก่อนที่ตัวส่งจะทำการส่งผ่านข้อมูล และที่ตัวรับก็จะทำการถอดรหัส (Decode) เพื่อให้ทราบตำแหน่งของข้อมูลที่เกิดความผิดพลาดขึ้น และสามารถสร้างบิตข้อมูลที่ถูกต้องขึ้นมาใหม่ได้ โดยไม่ต้องส่งสัญญาณกลับมายังตัวส่งให้ส่งข้อมูลที่ถูกต้องไปใหม่

การตรวจแก้ความผิดพลาดของข้อมูลที่ตัวรับ จึงเป็นวิธีที่ต้องจัดการกับข้อมูลมาก และมีบิตเพิ่ม (Redundant bit) มากกว่าการใช้วิธีส่งข้อมูลที่ผิดพลาดไปใหม่ แต่ก็มีข้อดีที่ การใช้ FEC จะมีการส่งผ่านข้อมูลที่ต่อเนื่องซึ่งไม่มีการขัดจังหวะจากตัวรับ โดยตัวส่งไม่ต้องเตรียมบัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลที่ส่งไป และตัวรับไม่จำเป็นต้องใช้แชนแนลที่สามารถส่งกลับได้ (Reverse Channel) จึงเหมาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กับการส่งผ่านข้อมูลที่มีการส่งข้อมูลไปยังแชนแนลอย่างต่อเนื่อง โดยมีการใช้แชนแนลร่วมกัน ในการให้บริการแก่ผู้ใช้หรือตัวรับจำนวนมาก FEC จึงมักจะใช้เมื่อ การใช้วิธีส่งกลุ่มข้อมูลที่ผิดพลาดไปใหม่ใช้ไม่ได้ผล เช่น กรณีของการสื่อสารดาวเทียม หรือการกระจายการส่ง (Broadcasting) ซึ่งมีตัวรับเป็นจำนวนมากต่อการส่งผ่านข้อมูลหนึ่งครั้ง และจำเป็นต้องใช้การส่งผ่านข้อมูลแบบทางเดียว โดยความต้องการรหัสควบคุมความผิดพลาดของข้อมูลเพิ่มมากขึ้นจากปริมาณของข้อมูลขนาดใหญ่ในปัจจุบัน และเนื่องจากการติดต่อสื่อสารข้อมูล รวมทั้งการเก็บข้อมูลส่วนใหญ่อาจมีความผิดพลาดของข้อมูลที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งทฤษฎีของรหัสที่ดีจะช่วยได้ โดยเฉพาะการพัฒนาทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) อย่างรวดเร็วได้ทำให้การใช้รหัสทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรหัสในรูปแบบต่างๆ สำหรับการสืบหาและตรวจแก้ความผิดพลาดของข้อมูล

1.2.2 เพื่อหารูปแบบรหัสสำหรับสืบหา และตรวจแก้ความผิดพลาดของข้อมูลที่เหมาะสมกับสภาพการณ์ของสิ่งรบกวน

1.2.3 สร้างโปรแกรมสำหรับสืบหา และตรวจแก้ความผิดพลาด ของข้อมูล จากรูปแบบของรหัสที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ จะใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิต

1.3.2 โปรแกรมสืบหาและตรวจแก้ข้อมูลให้ถูกต้องนี้ จะเป็นการจำลองแบบ (Simulation) การสร้างรหัสสำหรับสืบหาและตรวจแก้ความผิดพลาดของข้อมูลโดยใช้ภาษาซี (C)

1.3.3 การทดสอบโปรแกรมสืบหา และตรวจแก้ความผิดพลาดของข้อมูล จะทำโดยการสร้างรูปแบบจำลองความผิดพลาดของข้อมูล (Simulate Error Pattern)

1.3.4 โปรแกรมที่สร้างขึ้น จะสามารถสืบหาและแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้ ในช่วงความผิดพลาด 1 บิตใน 10^3ถึง 10^5 บิต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 สามารถนำรหัสไปใช้เพื่อป้องกันความผิดพลาดของข้อมูล ในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ และบนเทปหรือดิสก์ (Disk) รวมทั้งป้องกันวงจรผิดปรกติ (Circuit Malfunction) หรือสัญญาณรบกวนในวงจรสัญญาณดิจิตอล (Digital Logic Circuit) ได้ โดยการใช้รหัสควบคุมความผิดพลาดของข้อมูลเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความเชื่อถือได้ในข่ายการสื่อสารข้อมูล (Communication Link)

1.4.2 การสื่อสารข้อมูลบางระบบมีข้อจำกัดสำหรับการส่งข้อมูล เช่น ระบบสื่อสารดาวเทียม หรือโครงการของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ซึ่งส่งข้อมูลการเรียนการสอนไปยังศูนย์บริการการศึกษาประจำจังหวัด ที่มีอยู่ทั่วประเทศ โดยการส่งผ่านข้อมูลไปกับคลื่นวิทยุที่เรียกว่า เทเลเท็กซ์นั้น มีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดของข้อมูลได้มาก หากจะใช้วิธีการส่งข้อมูลที่ผิดพลาดไปใหม่ เมื่อเกิดความผิดพลาดของข้อมูลขึ้นก็จะเสียเวลารอ (Delay Time) ในการส่งสัญญาณกลับมายังตัวส่ง เพื่อให้ส่งข้อมูลที่ถูกต้องไปใหม่ และวิธีนี้ไม่สามารถตอบสนองตัวรับที่มีเป็นจำนวนมากได้ และเนื่องจากจำเป็นต้องใช้การส่งผ่านข้อมูลแบบทางเดียว (Simplex) เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ ดังนั้นการใช้รหัสควบคุมการเกิดความผิดพลาดของข้อมูล จึงจัดว่าเป็นวิธีที่ดี เนื่องจากหากตัวรับได้รับข้อมูลที่ผิดพลาด ก็สามารถจะแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องได้เอง โดยเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการส่งผ่านข้อมูลให้สามารถส่งข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง ไม่หยุดชะงักโดยไม่ต้องมีการขอให้ส่งข้อมูลที่ถูกต้องไปใหม่ เมื่อเกิดความผิดพลาดของข้อมูลขึ้น

1.4.3 สามารถนำรหัสและโปรแกรมที่สร้างขึ้นไปใช้กับ การส่งผ่านข้อมูลแบบทางเดียว หรือกึ่งทางคู่ ซึ่งมีผู้รับเป็นจำนวนมาก

1.4.4 ส่วนที่ถูกทำลาย (Scratch) หรืออินเทอเพียเรน ในสัญญาณที่ได้รับจะหมดไปโดยการใช้รหัส ตราบใดที่ความผิดพลาดนั้นอยู่ในความสามารถของรหัสที่จะแก้ไขให้ถูกต้องได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1.5.1 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับรูปแบบของรหัสต่างๆ ที่มีใช้ในปัจจุบัน

1.5.2 ศึกษาโอกาสการเกิดความผิดพลาดของข้อมูลในรูปแบบต่างๆ

1.5.3 สร้างรูปแบบของรหัสที่เหมาะสม

1.5.4 สร้างโปรแกรมเพื่อทำการคำนวณบิตตรวจสอบ จากข้อมูลตัวอย่าง โดยใช้การสร้างแบบจำลองการเข้ารหัส และถอดรหัส

1.5.5 ทำการทดสอบและพัฒนาโปรแกรม โดยเปรียบเทียบความถูกต้องของรหัสที่ได้ กับรหัสที่มีใช้ในปัจจุบัน ซึ่งมีความผิดพลาดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

1.5.6 สรุปผลการวิจัย ประสิทธิภาพและข้อจำกัดของรหัส และโปรแกรมที่สร้างขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย