

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

อุปกรณ์เข้ารหัสลับตาหุ่นยนต์
Encryption Device for Robot Vision



รศ. ดร. ปิติเขต สุริรักษา
ผศ. กฤดากร กล่อมการ
เจตน์ ออสวัสดิ์
ศักดิ์ดา สาครนนท์

RCH
TJ
211-3
0835

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 84580
วันเดือนปี..... 22 ต.ค. 2551

โครงการวิจัยนี้ได้รับการอุดหนุนโดยใช้เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปี (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11895829

บทคัดย่อ

ปัญหาการปลอมแปลงตัวบุคคลเพื่อลักลอบเข้าใช้ระบบเครือข่ายและระบบจักรกลอื่น ๆ เป็นที่มาของปัญหาในงานวิจัยนี้ งานวิจัยนี้ แสดงตัวอย่างของการป้องกันการปลอมแปลงตัวบุคคลเพื่อเข้าใช้ระบบดังกล่าวข้างต้น ตัวอย่างที่แสดงคือการเข้ารหัสลับข้อมูลที่ได้จากตาหุ่นยนต์ วิธีการที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์สัญญาณอลวนเพื่อเข้ารหัสลับข้อมูลที่ได้จากตาหุ่นยนต์ในการส่งผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย ผลการทดลองที่ได้สาธิตความเป็นไปได้สูงในการขยายผลสู่การประยุกต์ขึ้นภาคสนามในการใช้งานจริงต่อไป

Abstract

Problems of authentication has been attracted much attention due to crackers may crack into the networks and other machinery systems. Thus the problem is a motivation of this research in order to prevent such an action performed by the unauthorized. To illustrate an example, encryption for robot vision via the wireless network is carried out. The experimental results show high potential to extend this work for operation in real-world application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จลง ได้ด้วยเงินอุดหนุนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. เพื่อเสริมความ
แข็งแกร่งและความต่อเนื่องในงานวิชาการแก่อาจารย์ไม่ให้ “ไฟแห่งการค้นคว้า”
มอดลงเสียก่อน คุณความดีจากงานวิจัยนี้มอบแด่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. และ
เพื่อนร่วมวิชาชีพผู้ถ่ายทอดความรู้แต่ยาวนาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ผศ. กฤดากร กล่อมการ เปรียบการวิจัยเป็นทีมว่า เหมือนตั้งวงกินเหล้า หัวหน้าโครงการเปรียบเสมือน “เจ้ามือ” ที่คอยหาเงินและเป็นผู้คอยเล่าเรื่องสร้างความสนุกสนานแก่สมาชิกในวง ซึ่งก็คือผู้หาทุนวิจัย กำหนดวิสัยทัศน์และคลุกวงในกับสมาชิกในทีมและคอยสร้างบรรยากาศแห่งการวิจัย ลูกทีมก็ต้องมี “คนทำกับข้าว” ซึ่งก็คือคนที่ช่วยสร้างฮาร์ดแวร์ เช่น ทำวงจรอิเลคทรอนิกส์และส่วนเชิงกลอื่น ๆ ให้เป็นรูปธรรม

นอกจากนี้ ยังต้องมีคนคอย “ซงเหล้า” ซึ่งก็คือผู้คอยดูแลทางด้านการออกแบบและการวิเคราะห์ รวมทั้งการเขียนโปรแกรม อีกทั้งต้องมีแผนกที่คอยหา “โคโยตี้” มาเต้นให้เกิดความสนุกในกลุ่มซึ่งก็คือ ผู้สนับสนุนทีมคอยจัดหาเครื่องมือ และร่วมกำหนดทิศทางวิจัย ช่วยควบคุมกระบวนการวิจัยโดยช่วยเหลือสมาชิกต่าง ๆ ในวง

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ มีแต่อาหารอร่อย คนตรีเพราะ โคโยตี้เต้นสวย เหล้ากลมกล่อม เรื่องราวฮาเฮ หน้าทีที่แย่งกันทำ ลงตัว กลมกลืนและสวยงาม ขอขอบคุณสมาชิกในทีมทุกท่านอีกครั้งที่ทำงานเสร็จทันเวลา ทำให้สนุกกับการสร้างสรรค์งานประดิษฐ์ทางวิศวกรรมชิ้นนี้

ปีติเขต สุรักษา
(หัวหน้าโครงการ)

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย	6
บทที่ 4 อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์	15
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	17
บรรณานุกรม	18
ภาคผนวก	19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 แผนภาพขั้นตอนแนวคิดการใช้กุญแจรหัสสำหรับการเข้ารหัส	3
2 เส้นทางโคจรแบบอลวน	5
3 กุญแจรหัสลับสำหรับเข้ารหัสตาหุ่นยนต์ผ่านพอร์ต USB	6
4 ซอฟต์แวร์การเข้ารหัสลับในส่วนที่เป็นภาพนิ่งใช้ร่วมกับ อุปกรณ์กุญแจรหัสในรูปที่ 3 ผ่านพอร์ต USB	7
5 ภาพที่ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เข้ารหัสลับตา หุ่นยนต์ในเบื้องต้นของเฟสแรก	7
6 ภาพที่ได้จากการเข้ารหัสลับของรูปที่ 5 แล้ว	8
7 ตัวอย่างหน้า Web Applications ที่ผู้ใช้หลายคนสามารถ ถอดรหัสลับด้วยกุญแจรหัสลับ	9
8 ระบบเครือข่ายกล้องไอพีเน็ตเวิร์ค	10
9 การติดตั้ง Access point กับ Secure IP Camera	11
10 ส่วนประกอบภายในของหุ่นยนต์รหัสลับแสดงภาพจากด้านหลัง	11
11 โครงสร้างหัวสำหรับบรรจุ Secure IP Camera ที่สร้างโดยคณะผู้วิจัย	12
12 แผงวงจรการเข้าและถอดรหัสอลวน	12
13 อินเทอร์เน็ตการใส่พารามิเตอร์อินเทอร์เน็ตเพื่อกำหนด ค่าเริ่มต้นเข้ารหัสลับ	13
14 ผลจากการที่ผู้บุกรุก (hacker) ใส่รหัสลับเริ่มต้นผิดจะไม่สามารถ ถอดรหัส (decrypt) ภาพได้	13
15 ภาพหัวหน้าโครงการกำลังเดินปรากฏในจอคอมพิวเตอร์เมื่อใส่ค่าเริ่มต้น เพื่อถอดรหัสลับได้ถูกต้อง	14

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการปลอมแปลงตัวบุคคลและการลักลอบเข้าสู่ระบบโดยไม่ได้รับอนุญาตโดยกลุ่มมิจฉาชีพโดยไม่เกรงกลัวต่อกฎหมายและกฎแห่งกรรมนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาเทคโนโลยีการเข้ารหัสลับเพื่อป้องกันและปกป้องการเข้าสู่ระบบโดยไม่ได้รับอนุญาต การปลอมแปลงดังกล่าวมักเข้าสู่ระบบทางระบบเครือข่าย นอกจากนี้ยังมีการเข้าสู่ระบบจักรกลเพื่อใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาตอีกด้วย

ความพยายามในการป้องกันปัญหาดังกล่าวข้างต้น เป็นแรงจูงใจของงานวิจัยนี้ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยมีองค์ความรู้ในการสร้างสัญญาณอลวน [2-5] เป็นทุนเดิมซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทที่ 2 จึงต้องการขยายองค์ความรู้ดังกล่าวสู่การประยุกต์กับการป้องกันการปลอมแปลงตัวบุคคลสำหรับระบบตาหุ่นยนต์ (robot vision) [1] ซึ่งเป็นระบบจักรกลหรือระบบอิเล็กทรอนิกส์เชิงกลระบบหนึ่ง ตัวอย่างในงานวิจัยนี้ เป็นการเข้ารหัสและถอดรหัสโดยอาศัย login และ password เป็นเงื่อนไขเบื้องต้นในการประกอบฟังก์ชันเพื่อสร้างสัญญาณอลวนเพื่อเข้ารหัสดังกล่าว ซึ่งจะได้อธิบายถึงในบทที่ 3

การอภิปรายผลและวิจารณ์ผลการทดลองที่ได้แสดงในบทที่ 4 อภิปรายความเป็นไปได้ที่สูงที่จะขยายผลการวิจัยที่ได้สู่การนำไปใช้งานจริงทั้งในส่วนภาคเอกชนและส่วนที่เป็นไปเพื่อพัฒนาศักยภาพของกองทัพไทยและการรักษาความสงบภายในเพื่อกิจกรรมตำรวจซึ่งแสดงไว้ในบทสุดท้าย สำหรับบทสุดท้ายหรือบทที่ 5

ในงานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยประยุกต์ทางวิศวกรรมศาสตร์ที่มุ่งเน้นการสร้างต้นแบบโดยมีวัตถุประสงค์ดังแสดงในหัวข้อถัดไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษา ออกแบบ และวิเคราะห์การเข้ารหัสลับตาหุ่นยนต์
2. ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ได้ในข้อ 1 เพื่อสร้างต้นแบบอุปกรณ์เข้ารหัสลับตาหุ่นยนต์

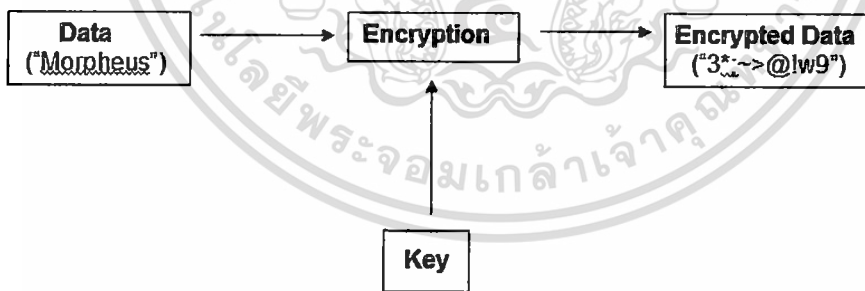
1.3 คุณสมบัติและรายละเอียดการทำงานของชิ้นงานในโครงการวิจัย

อุปกรณ์เข้ารหัสลับตาหุ่นยนต์ เป็นอุปกรณ์ที่ ใช้ในการเข้ารหัสสำหรับระบบการมองเห็นของหุ่นยนต์ซึ่งมุ่งเน้นการใช้งานในทางการรักษาความลับของระบบภาพที่ได้จากหุ่นยนต์ในขั้นที่เป็นความลับ



บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยและคณะได้ออกแบบสถาปัตยกรรมของการเข้ารหัสภาพที่ได้จากตา
หุ่นยนต์ โดยในช่วงเฟสแรกผู้วิจัยและคณะมุ่งเน้นการตรวจสอบอัลกอริทึมของการ
เข้ารหัสจึงมุ่งเน้นการเข้ารหัสภาพนิ่งเป็นเบื้องต้น โดยอาศัยวิธีการเข้ารหัสในเอกสาร
และอัลกอริทึมโดยคณะผู้วิจัยดังแสดงในบทความวิจัยเอกสารหมายเลข [3] สำหรับ
เฟสการเข้ารหัสลับตาหุ่นยนต์ที่เป็นพหุสื่อ (multimedia) นั้นจะดำเนินการได้ขยายผล
ที่ได้ในเฟสแรกนี้ต่อไปโดยใช้สัญญาณอลวนแบบร่วมซึ่งสามารถกระทำการผสม
สัญญาณที่กล่าวไว้ในเอกสารดังกล่าวหมายเลข [2,3,4] ในหมวดบรรณานุกรม อย่างไรก็ตาม
แนวคิดรวบยอดที่ใช้สำหรับเฟสทั้งสองนี้ใช้สถาปัตยกรรมเดียวกันดังแสดงตั้ง
กับหรือแนวคิดรวบยอดได้ดังรูปที่ 1 ซึ่งใช้กุญแจรหัสที่สร้างขึ้นโดยผู้ใช้เพื่อเปลี่ยน
ข้อมูลที่ต้องการส่งให้เป็นข้อมูลที่ใส่รหัสลับ (cipher) ให้เป็นข้อมูลที่ดูด้วยสายตา
เสมือนไม่มีความสัมพันธ์กัน



รูปที่ 1 แผนภาพขั้นตอนแนวคิดการใช้กุญแจรหัสสำหรับการเข้ารหัส

ในการเข้ารหัสลับภาพโดยทั่วไปนั้นจะแตกต่างจากส่วนที่เป็นอักษร ด้วยเหตุ
ว่าภาพจุข้อมูลมากกว่า (bulk capacity) มีข้อมูลซ้ำมากกว่า (high redundancy) และมี
ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างพิกเซลสูง (high correlation) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวนี้การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

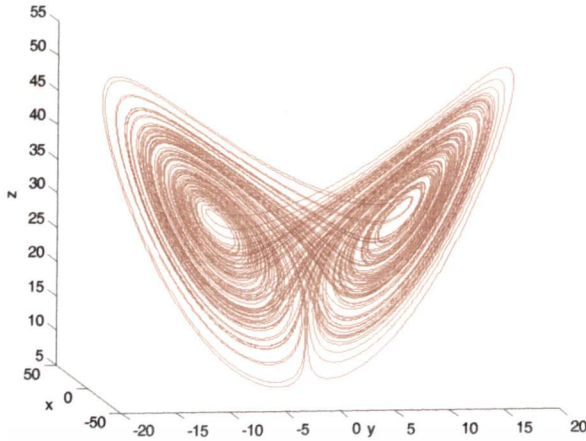
ประมวลผลภาพโดยใช้วิธีการเข้ารหัสแบบดั้งเดิมที่ใช้กัน โดยทั่วไปนั้นใช้เวลาในการเข้ารหัสค่อนข้างนาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยและคณะใช้วิธีการเข้ารหัสแบบใช้สัญญาณอลวน

โดยคำว่า อลวน (CHAOS) มาจากคำว่า “ชาสเคน (CHASKEN)” ในภาษากรีกโบราณหมายถึงความเว้าวกว้าง ปากหลุมที่เปิดกว้าง โดยอ้างถึงความว่างเปล่าในจักรวาลยุคก่อนที่จะมีสิ่งต่างๆเกิดขึ้นมา อลวน เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากระบบพลวัตแบบไม่เป็นเชิงเส้น(Nonlinear Dynamics System) เข้าใจง่ายๆ หมายถึงระบบแปรค่าตามเวลาแต่ไม่เป็นเชิงเส้นคือ โดยระบบเชิงเส้นนั้น เมื่อเราให้อินพุตเข้า 1 ค่าจะได้เอาต์พุตเป็นจำนวนมากกว่าหรือน้อยกว่าเป็น n เท่าแต่ระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นนั้นค่าอินพุตจะไม่แปรผกผันตรงกับค่าอินพุตแต่จะแปรตามฟังก์ชัน คณิตศาสตร์ที่แบบง่ายๆ จนไปถึงแบบที่ซับซ้อน

ระบบอลวนมีคุณสมบัติดังนี้คือ

๑. เป็นระบบที่กำหนดพฤติกรรมได้ (Deterministic) โดยเมื่อให้ค่าเริ่มต้นเช่นไรจะได้พฤติกรรมที่ขึ้นอยู่กับค่าเริ่มต้นเหมือนเดิมทุกครั้ง แต่มีพฤติกรรมที่เกิดขึ้นเหมือนเป็นลักษณะเชิงสุ่ม (Random like)

๒. ไวต่อสภาวะเริ่มต้น (Sensitivity to initial condition) การเปลี่ยนแปลงค่าเริ่มต้นต่างกันเพียงเล็กน้อยมีผลกระทำทำให้ค่าพฤติกรรมของระบบต่างกันโดยสิ้นเชิง ซึ่งพฤติกรรมนี้เรียกว่าพฤติกรรมผลกระทบผีเสื้อ (Butterfly effect) เช่นหมายถึงว่า ผลของผีเสื้อขยับปีกที่ Brazil อาจจะทำให้เกิดพายุ Tornado ได้ที่ Texas เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้ระบบเคออสไม่สามารถทำนายล่วงหน้าได้ในระยะยาว (Long term prediction) ได้ ตัวอย่างเส้นทางโคจรแบบอลวนแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เส้นทางโคจรแบบอลวน

เพื่อความแข็งแกร่งในการเข้ารหัสลับภาพที่เห็นจากตาหุ่นยนต์ซึ่งในเฟสแรกเป็นการทดลองในกรณีภาพนิ่ง จะใช้อุปกรณ์เข้ารหัสแบบฮาร์ดแวร์ร่วมกับซอฟต์แวร์ โดยในส่วนของฮาร์ดแวร์ในเบื้องต้นนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความเร็วสูง (high-speed secure microcontroller) มาใช้เป็นตัวควบคุมการเข้ารหัสผ่านพอร์ต Universal Serial Bus: USB. โดยฮาร์ดแวร์ดังกล่าวใช้เป็นตัวส่งสายธารกัญเจอร์รหัสลับที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมภาพที่เห็นจากตาหุ่นยนต์หลังจากที่มีการเชื่อมต่อกัญเจอร์รหัสส่วนฮาร์ดแวร์ที่พอร์ต USB ผู้ได้รับอนุญาตให้ร่วมตรวจสอบการใช้ภาพที่มองเห็นโดยตาหุ่นยนต์จะใช้รหัสลับของตนเข้ารหัสหรือถอดรหัสภาพที่ได้ต่อไป โดยในเฟสหลังจะเป็นการเข้ารหัสในเวลาจริงผ่านเครือข่ายไร้สายผ่านตาหุ่นยนต์ ดังจะแสดงวิธีดำเนินการวิจัยในบทถัดไป

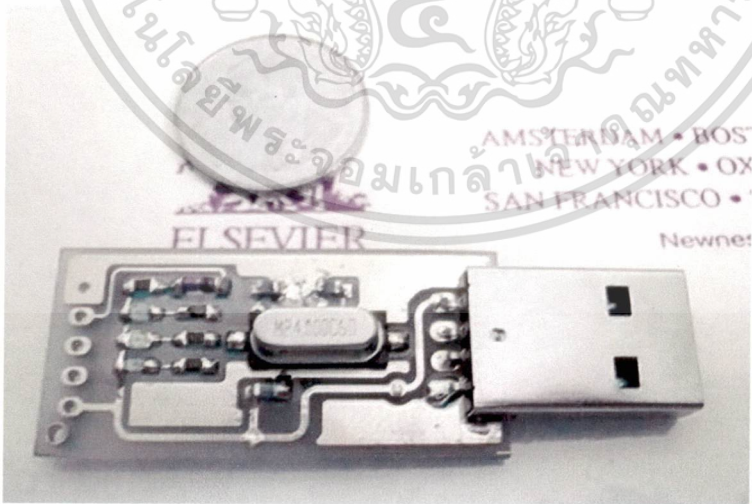
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งเป็นสองเฟส คือ ในเฟสแรกเป็นการสร้างกุญแจรหัสในส่วนภาพนิ่ง และในเฟสหลังเป็นการเป็นการสร้างสัญญาณอลวนเพื่อเข้ารหัสลับตาหุ่นยนต์สำหรับผู้ใช้หลายคน โดยอาศัยกุญแจรหัสในรูปแบบ login และ password เพื่อเป็นฟังก์ชัน เมล็ดพันธุ์ (seed function) เพื่อกำหนดกระสวนอลวนในการเข้ารหัสและถอดรหัส

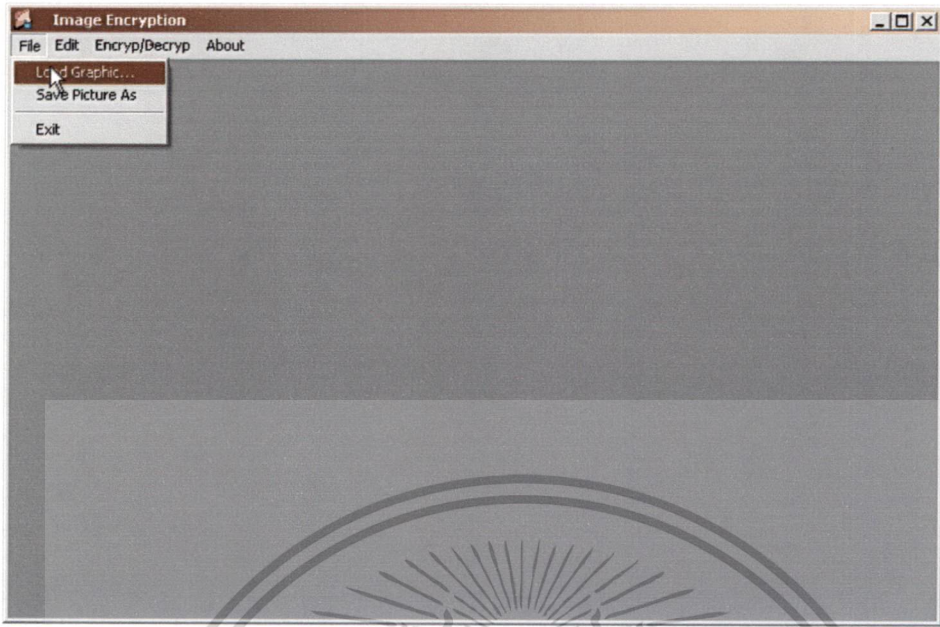
ในการดำเนินการวิจัยอาศัยหลักการตามแผนภาพการเข้ารหัสลับในรูปแบบที่ 1 โดยอาศัยการผสมสัญญาณอลวนกับสัญญาณภาพ โดยอ้างอิงวิธีการดำเนินการวิจัยดังแสดงใน [3, 5] ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

การทดลองและชิ้นงานกุญแจรหัสเบื้องต้น

กุญแจรหัสในส่วนภาพนิ่งเบื้องต้น โดยอาศัยเทคนิคการสอดสัญญาณอลวน โดยอาศัยการสร้างธารกระแสข้อมูลรหัสโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้ออกแบบและสร้างในส่วนนี้ได้แสดงดังรูปที่ 3 โดยใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ในรูปแบบที่ 4 รูปที่ 5 ภาพทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและรูปที่ 6 เป็นภาพที่ได้จากการเข้ารหัสลับแล้ว



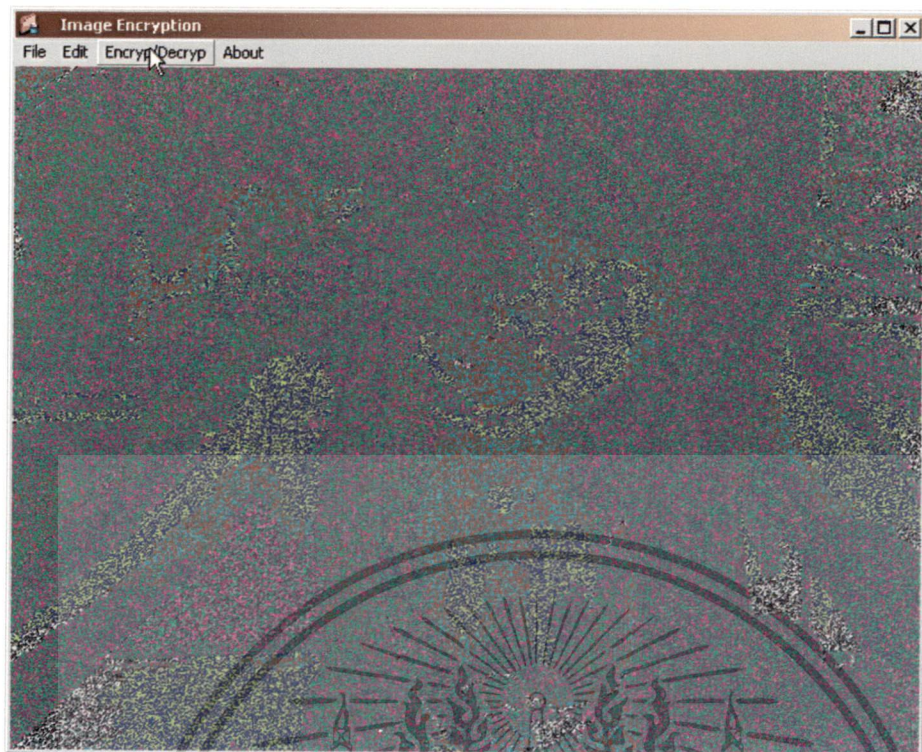
รูปที่ 3 กุญแจรหัสลับสำหรับเข้ารหัสลับตาหุ่นยนต์ผ่านพอร์ต USB



รูปที่ 4 ซอฟต์แวร์การเข้ารหัสลับในส่วนที่เป็นภาพนิ่งใช้ร่วมกับอุปกรณ์
กุญแจรหัสในรูปที่ 3 ผ่านพอร์ต USB



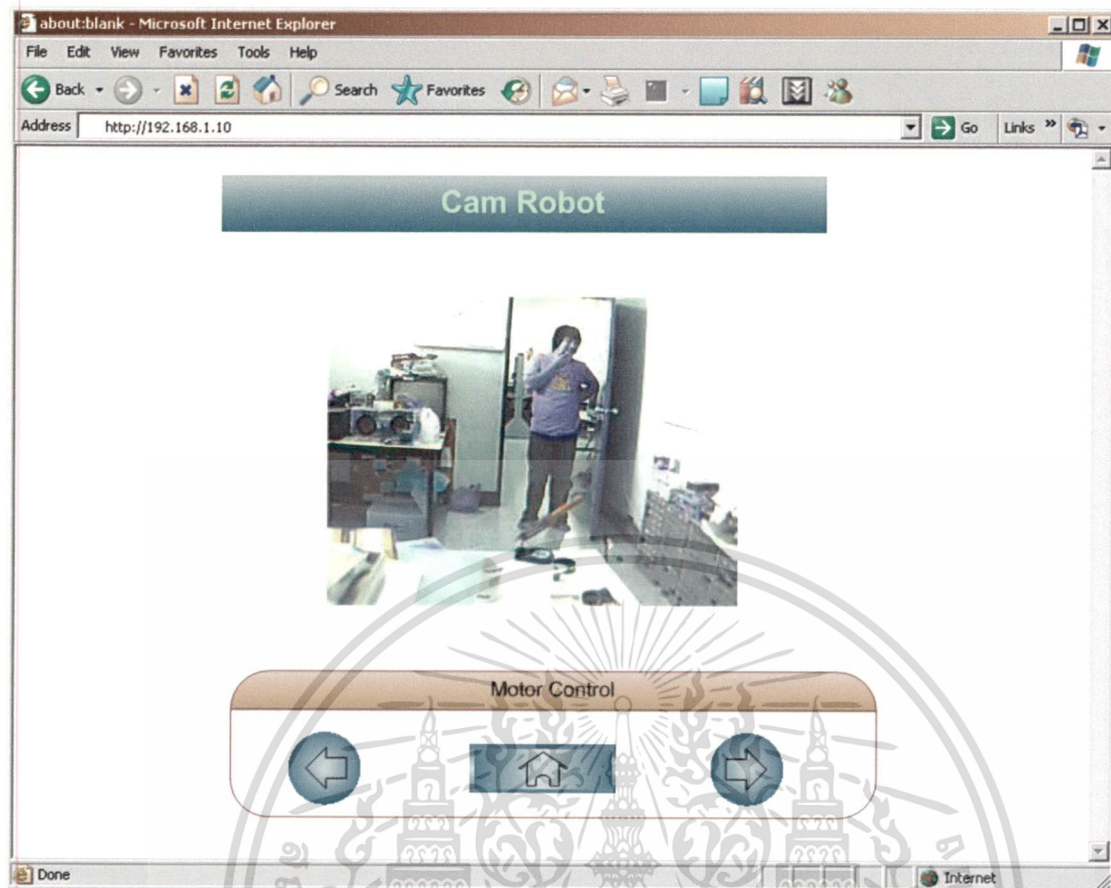
รูปที่ 5 ภาพที่ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เข้ารหัสลับตา
หุ่นยนต์ในเบื้องต้นของเฟสแรก



รูปที่ 6 ภาพที่ได้จากการเข้ารหัสลับของรูปที่ 5 แล้ว

การทดลองเข้ารหัสลับตาหุ่นยนต์

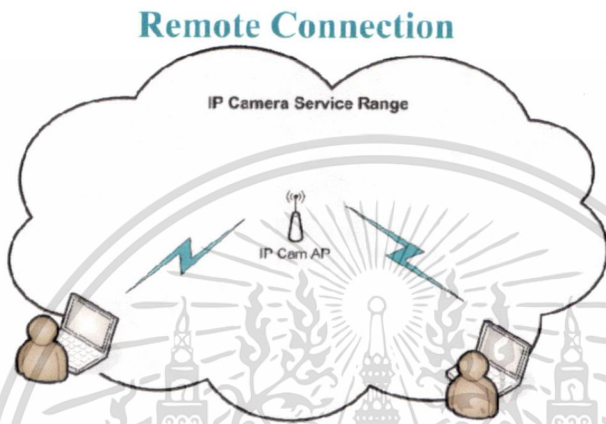
ในเฟสที่ผ่านมาเป็นการเตรียมความพร้อมส่วนการทดสอบการเข้ารหัสลับเบื้องต้น โดยอาศัยการมองเห็นของตาหุ่นยนต์ในแบบภาพนิ่ง ซึ่งเป็นการทดสอบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เบื้องต้นในการใช้เข้ารหัส เฟสหลังนี้ดำเนินการขยายผลที่ได้สู่การเชื่อมต่อโดยผู้ใช้หลายคน (multi-users) ซึ่งร่วมบังคับการเคลื่อนไหวของตาหุ่นยนต์และข้อมูลจากการมองเห็นที่ได้โดยการตรวจจับภาพผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ตัวอย่างหน้า Web Applications ที่ผู้ใช้หลายคนสามารถถอดรหัสลับด้วย
กุญแจรหัสลับ

แนวคิดการทำงานของการเข้ารหัสลับระบบการมองเห็นของหุ่นยนต์ที่
เชื่อมโยงเป็นเครือข่ายพัฒนามาจาก Secure IP Camera ระบบปฏิบัติการ Embedded
Linux จากค่าย Debian ซึ่งมีข้อเด่นเนื่องจากค่ายดังกล่าวได้พัฒนาให้สามารถใช้งานได้
หลาย Platform ไม่จำเป็นต้องรันอยู่บน PC ซึ่งพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ Linux จะ
แบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆ ได้แก่ มั่นสมอง (Kernel) และ ร่างกาย (Root File
System) ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้พัฒนานั้นจะออกแบบให้ระบบเป็นแบบไหน อย่างที่พบเห็นได้ง่าย
ที่สุดก็ ได้แก่ Wireless Router ที่ใช้งานอยู่ตามบ้านทั่วไป หรือ แม้แต่ ADSL Modem
หรืออุปกรณ์สื่อสารโทรคมนาคมต่างๆ เช่น Smart Phone, IP Phone รวมไปถึงจนถึง
อุปกรณ์เก็บข้อมูลผ่านระบบเน็ตเวิร์ค (Network Storage) เป็นต้น

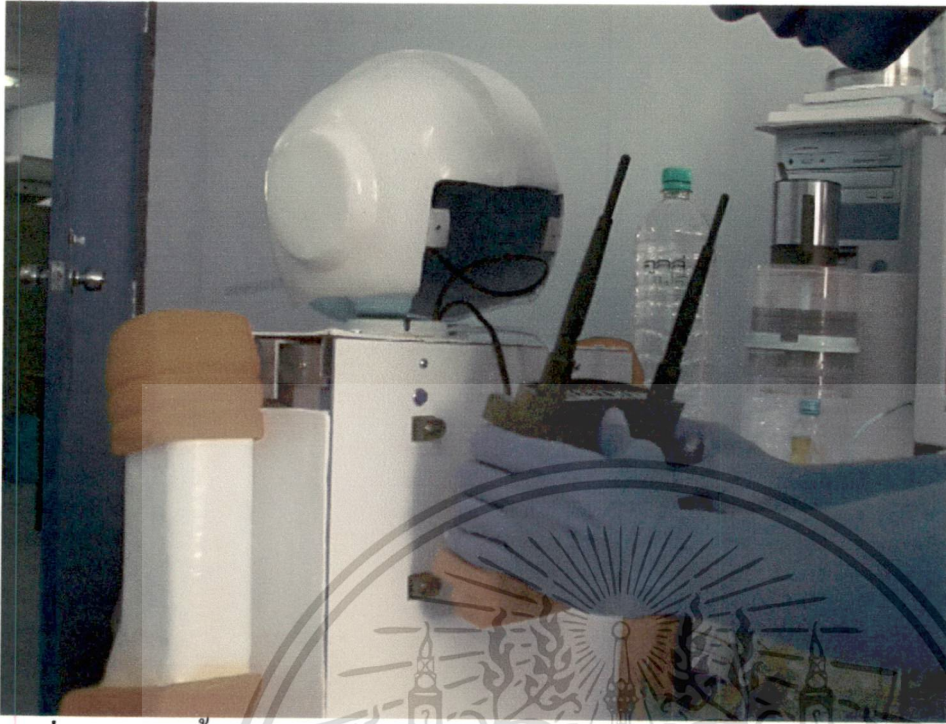
การทำงานของ Secure IP Camera นั้นทำงานผ่าน web base ดังรูปที่ 8 โดยในการที่ผู้ใช้งานสามารถไปดูภาพระบบจะทำการพิสูจน์ตัวตนก่อน ซึ่งถ้ามีการตรวจสอบว่าเป็นตัวคนที่แท้จริงระบบดังกล่าวจะส่งภาพกลับมาให้กับผู้ใช้งานซึ่งหากพิสูจน์ตัวตนไม่ผ่านระบบจะทำการส่งภาพที่ทำการเข้ารหัสกลับมาให้กับผู้ใช้งานซึ่งจะไม่สามารถดูได้



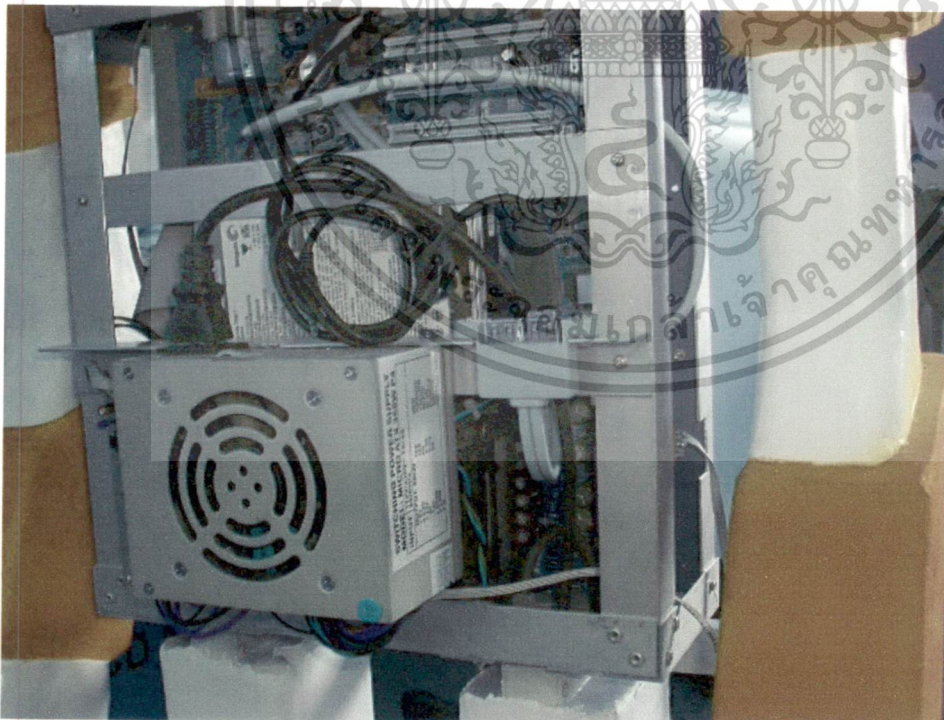
รูปที่ 8 ระบบเครือข่ายกล้องไอพีเน็ตเวิร์ก

ในงานวิจัยนี้ Secure IP Camera ประยุกต์ร่วมกับ Access Point ซึ่งจะทำให้สามารถเข้ามาเชื่อมต่อกับระบบกล้องดังกล่าวได้โดยไม่ต้องใช้สายและไม่จำกัดจำนวนผู้เข้าชมทำให้สามารถเชื่อมต่อเข้ามาได้จากทุกพื้นที่ภายใต้การให้บริการของ Access Point ดังแสดงในรูปที่ 9 – 10

ในการเชื่อมต่อกับ Access Point ระบบจะมองเห็น Access Point ชื่อ IP_Camera ซึ่งจะไม่มีการเข้ารหัสแต่อย่างใด เมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับ IP Address จาก Access Point แล้วก็สามารถเข้าไปเชื่อมต่อกับ Secure IP Camera ได้ โดยใช้ UserLogin “ite” และ Password “kmitl” ดังรูปที่ 13 เมื่อทำการพิสูจน์ตัวตนโดยพารามิเตอร์ที่ป้อนเข้าไปจะใช้เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นให้กับการเข้ารหัสลับแบบอลวนดังรูปที่ 12 และหากรหัสหรือเงื่อนไขเริ่มต้น (initial condition) ถูกต้องแล้วระบบจะส่งภาพกลับมายังผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้อง

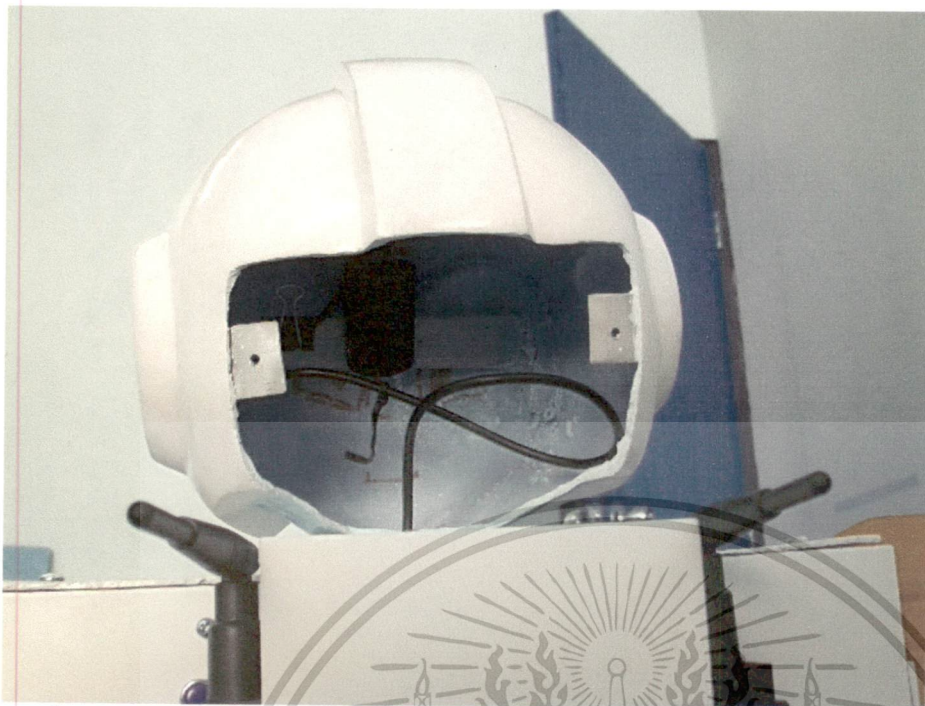


รูปที่ 9 การติดตั้ง Access point กับ Secure IP Camera

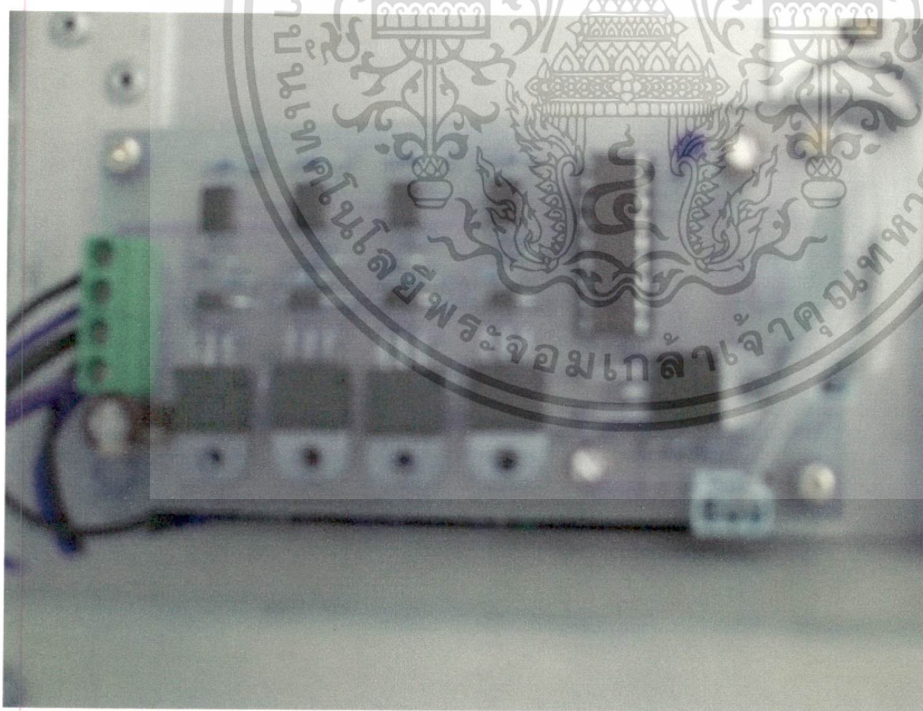


รูปที่ 10 ส่วนประกอบภายในของหุ่นยนต์รหัสลับแสดงภาพจากด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

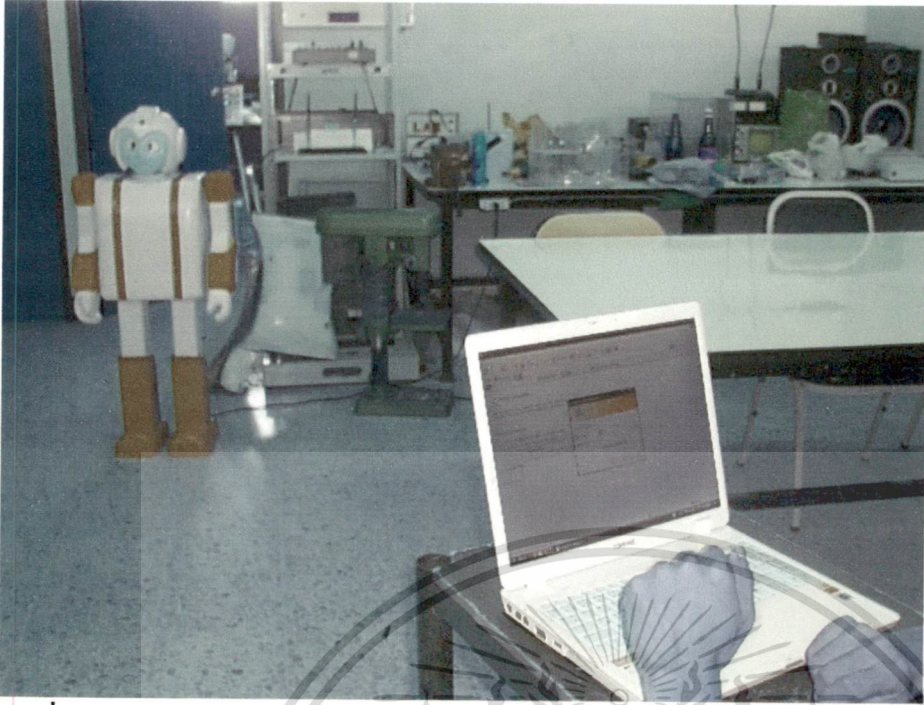


รูปที่ 11 โครงส่วนหัวสำหรับบรรจุ Secure IP Camera ที่สร้างเองโดยคณะผู้วิจัย

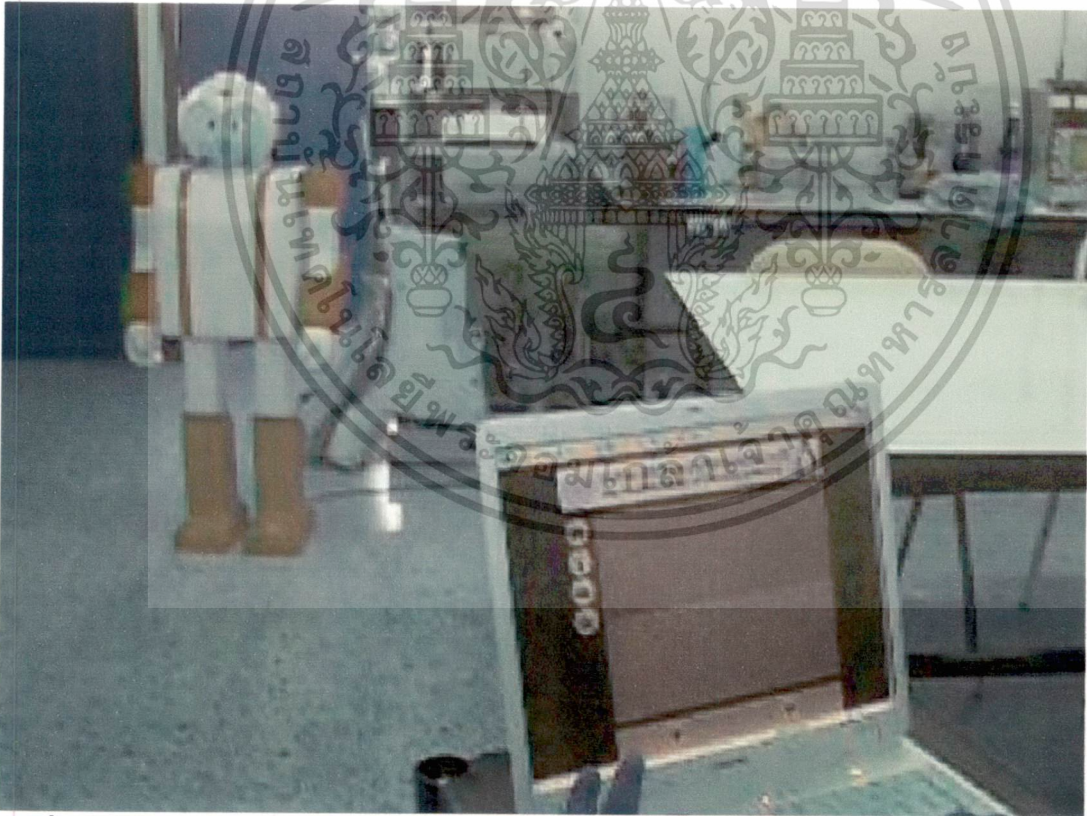


รูปที่ 12 แผงวงจรการเข้าและถอดรหัสสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 อินเทอร์เน็ตการใส่พารามิเตอร์อินพุทเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นเข้ารหัสลับ



รูปที่ 14 ผลจากการที่ผู้บุกรุก (hacker) ใส่รหัสลับเริ่มต้นผิดจะไม่สามารถถอดรหัส (decrypt) ภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากผู้บุกรุกป้อนรหัสผิดซึ่งก็คือการกำหนดคณูจเงื่อนไขเริ่มต้นที่ไม่ถูกต้อง ผู้บุกรุก จะไม่สามารถเห็นภาพที่ต้องการได้จะเห็นเพียงภาพสี่เทาขุ่นลายจุดเล็ก ๆ เสมือนกับ ทะเลภาพ noise อยู่เต็มจอตั้งแสดงในรูปที่ 14 ในทางกลับกันผู้ใช้ที่ได้รับการพิสูจน์ ตัวตนได้ถูกต้องจะสามารถถอดรหัสเห็นภาพพหุสื่อในเวลาจริงได้ตั้งแสดงในรูปที่ 15 ซึ่งในภาพจะเห็นหัวหน้าโครงการกำลังเดินปรากฏอยู่ในภาพในจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 15 ภาพหัวหน้าโครงการกำลังเดินปรากฏในจอคอมพิวเตอร์เมื่อใส่ค่าเริ่มต้น เพื่อถอดรหัสลับได้ถูกต้อง

บทที่ 4 อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิจัยแสดงในรายงานวิจัยนี้นำเสนอในรูปแบบข้อมูลคุณภาพที่แสดงผลการใช้งานตามวัตถุประสงค์ในบทที่ 1 เพื่อศึกษาและสร้างอุปกรณ์การเข้ารหัสลับสำหรับคานุ่นยนต์ รูปที่ 9-12 แสดงให้เห็นถึงการสร้างจริงซึ่งผู้คณะผู้วิจัยได้สร้างโครงร่างหุ่นยนต์ทดลองโดยใช้เรซินน้ำหนักเบาเพื่อบรรจุวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบที่ 10 และรูปที่ 13 ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ส่งมาผ่านเครือข่ายไร้สายจากหุ่นยนต์ไปยังคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้เพื่อทำการถอดรหัสโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ โดยค่าพารามิเตอร์นี้เมื่อใส่ผิดจากค่าที่ตั้งไว้คือ UserLogin “ite” และ Password “kmitl” เพื่อทำการตั้งค่าเริ่มต้นในการกำหนดสัญญาณอลวน ในรูป Password ผิดโดยใส่เป็น “kmitnb” แทนที่จะเป็นรหัสที่ถูกต้องจะเห็นว่ารหัสที่เป็นตัวย่อของ King Monkut’s Institute of Technology Ladkrabang กลายเป็น King Monkut’s Institute of North Bangkok ให้ผลดังรูปที่ 14 ซึ่งจะเห็นได้โดยง่ายว่ารหัสไม่ถูกต้องให้ภาพพหุสื่อเป็นรูปฟิสิกอลวนที่ไม่อาจจะระบุความหมายของข้อมูลได้ ซึ่งแม้จะใส่ UserLogin ได้ถูกต้องและ เคารหัสลับได้ใกล้เคียงแต่ก็ไม่สามารถถอดรหัสได้ ซึ่งทั้งนี้เป็นเพราะคุณสมบัติของสัญญาณอลวนในเรื่อง ความไวต่อเงื่อนไขเริ่มต้น (Sensitivity to initial condition) ดังที่แสดงไว้ในบทที่ 2 นั่นเอง

และเมื่อใส่รหัสลับได้ถูกต้องค่าเงื่อนไขเริ่มต้นที่ถูกเก็บ โดยเปลี่ยนจากรหัสสตริงมาเป็นการคำนวณเชิงตัวเลข ได้ค่าที่ถูกต้องกับค่าที่กำหนดไว้ตอนต้น (default value) จะทำให้สามารถถอดรหัสลับได้ดังต้องการดังรูปที่มองภาพเป็นการกระจายจุดสี่เทาเต็มหน้าจอในรูปที่ 14 จะได้ภาพที่เห็นอย่างชัดเจนในรูปที่ 15 ซึ่งเป็นผลจากการถอดรหัสลับเชิงอลวนได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้

อนึ่ง ค่าสัญญาณอลวนที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ เป็นสัญญาณอลวนแบบ Chen ที่ให้ค่าปิกซีสี่เหลี่ยมในแกน z นั้นสามารถเปลี่ยนเป็นระบบกำเนิดสัญญาณอลวน

แบบอื่น ๆ ได้อีกตามต้องการ นอกจากนี้ สำหรับภาพที่เป็นแบบสถิติ หรือไม่มีการเคลื่อนไหวในเวลาจริงนั้น สามารถทำให้มีความแข็งแกร่งของการเข้ารหัสที่สามารถซ่อนไว้ได้สองชั้นคือ ในส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์และส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ อย่างไรก็ตาม ในส่วนที่เป็นพหุสื่อพลวัต ซึ่งมีการเคลื่อนของข้อมูลในเวลาจริงดังกล่าวสามารถทำได้ด้วยแนวคิดเดียวกัน



บทที่ 5 สรุปลและข้อเสนอนแนะ

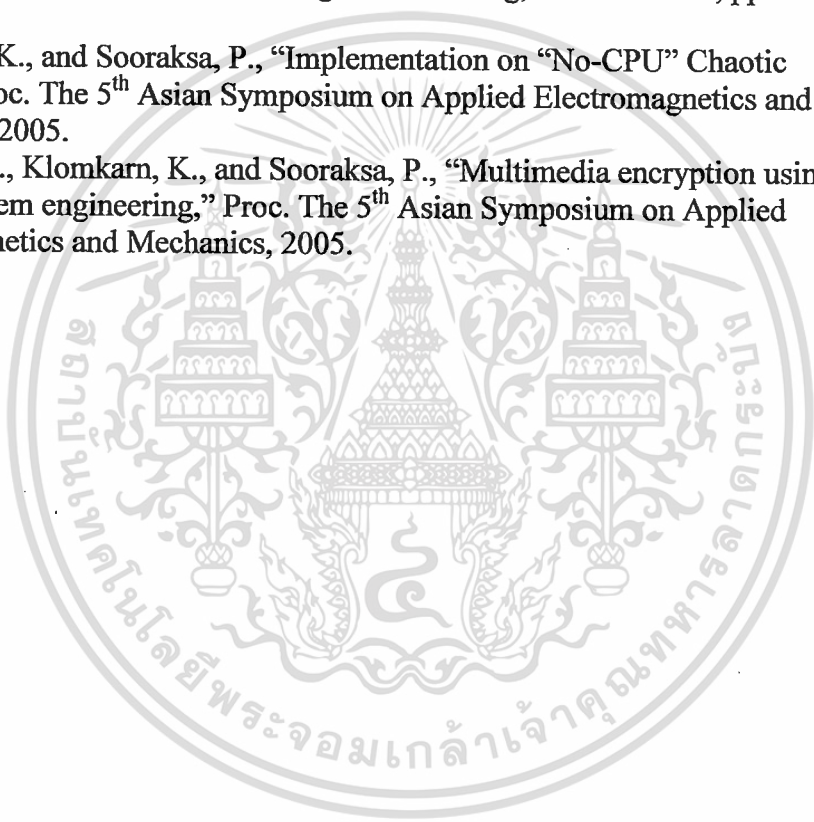
งานวิจัยนี้เสนอและพิสูจน์แนวคิดในการเข้ารหัสลับดาหุ่ยนนต์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้สัญณณอลวนในการเข้ารหัสลับ ในเฟสแรกของการวิจัยที่พิสูจน์ตัวตนโดยการเข้ารหัสลับในระบบข้อมูลแบบสถิต (statics) ผลการเข้ารหัสลับโดยอาศัยอุปกรณ์ฮาร์ดลือกและซอฟต์แวร์ทั้งสองส่วนร่วมกันได้ผลในการกระจายค่าสหัมพันธ์ของสื่อที่เข้ารหัสจนไม่อาจจะระบุความหมายจากต้นแบบได้

ผลการใช้วิธีดังกล่าวกับระบบพหุสื่อที่เป็นข้อมูลแบบพลวัต (dynamics) ได้ผลเป็นที่น่าพอใจโดยแสดงให้เห็นว่าการถอดรหัสลับแบบอลวนที่ใส่ค่าเงื่อนไขเริ่มต้นผิดให้ผลทำให้ไม่สามารถถอดรหัสได้สำเร็จแม้จะเดารหัสลับได้ใกล้เคียงมากก็ตามดังอภิปรายผลแสดงในบทที่ 4

ผลที่ได้จากการวิจัยนี้สร้างความเชื่อมั่นในศักยภาพสูงที่จะประยุกต์และขยายผลการวิจัยนี้กับทางการทหาร ซึ่งกองทัพไทยควรจะมีรูปแบบการเข้ารหัสลับของตนเองแทนที่จะซื้อหรือพึ่งพาจากต่างประเทศเพราะ “เทคนิคการเข้ารหัสลับ” จัดเป็น “ยุทธปัจจัย” นอกจากนี้ การเข้ารหัสลับในชั้นที่ไม่ซับซ้อนมากนักเช่น การใช้งานเชิงพาณิชย์นั้น สามารถนำไปใช้ได้เพียงปรับเปลี่ยนรูปลักษณ์และคัดแปลงจากงานวิจัยนี้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

บรรณานุกรม

- [1] Sooraksa, P., Luk, B. L., Tso, S. K., and Chen, G., "Multi-purpose autonomous robust carrier for hospitals (MARCH): Design and implementation," *Mechatronics and Machine Vision 2002: Current Practice* Edited by R. Bradbeer and J. Billingsley, pp. 287-294, 2002.
- [2] Jansri, A., Kolmkarn, K., and Sooraksa, P., "On comparison of attractors for chaotic mobile robots," *Proc. IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 2536-2541, 2004.
- [3] Klomkarn, K., and Sooraksa, P., "Implementation of a true random number generator using Chen's attractor," *Proc. Of the International Conference on Robotics, Vision, Information, and Signal Processing, ROVIS2005*, pp. 781-784, 2005.
- [4] Klomkarn, K., and Sooraksa, P., "Implementation on "No-CPU" Chaotic Robots," *Proc. The 5th Asian Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics*, 2005.
- [5] Maung, S. S., Klomkarn, K., and Sooraksa, P., "Multimedia encryption using tools in system engineering," *Proc. The 5th Asian Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics*, 2005.





ภาคผนวก

**สไลด์การนำเสนอผลงานวิจัยในวันแสดงสำนักงานการวิจัยทางการทหาร
กองบัญชาการทหารสูงสุด เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2550**

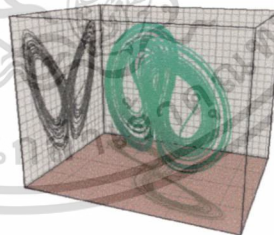


“เคออสติก” สัญญาณอลวน กับเทคโนโลยีหุ่นยนต์รหัสลับ

รศ.ดร ปิติเขต สุรักษา
 ผศ. กฤดากร กล่อมการ
 นายศักดิ์ สาครนันท์
 นายเจตน์ ออสวัสดิ์
 สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
 และคณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Chaos

ค.ศ. 1963 Lorentz ศึกษา
 การพยากรณ์อากาศพบ
 ปรัชญาการ Chaos

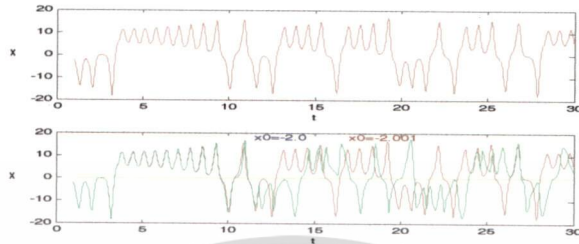


“Prediction is
 impossible!”

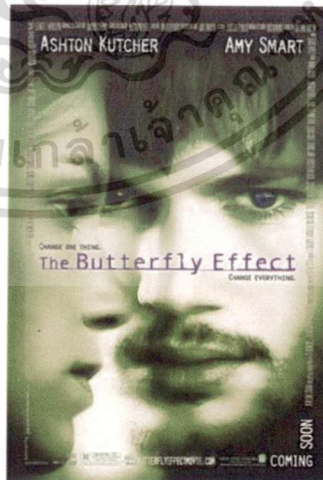
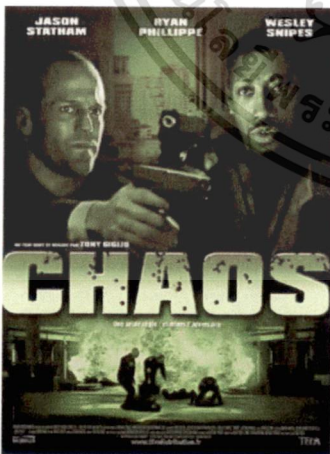
$$\begin{aligned}x' &= a(y - x) \\ y' &= cx - xz + y \\ z' &= xy - bz \\ a &= 10, b = 8/3, c = 28\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของเคออส



- เป็นระบบที่กำหนดเจาะจงได้ (Deterministic system)
- เป็นระบบไวต่อค่าเริ่มต้น (Sensitive to initial conditions)
- ทำนายพฤติกรรมไม่ได้ (Unpredictable behavior)

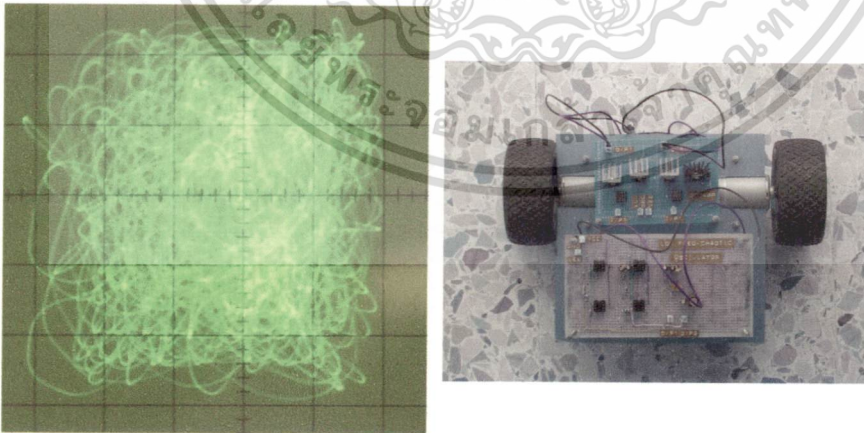


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์อลวน: Chaotic Robot



Chaotic Robot



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motivation



Demining Problems: Area preparation



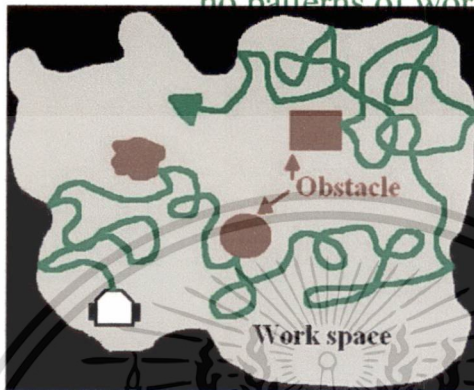
Related Needs



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Canonical Problem:

Path planning problem : In case of no map, no navigator,
no patterns of work space.

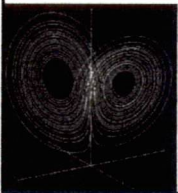


Chaotic systems

I. Arnold equation

$$\begin{aligned} \dot{x} &= a \sin z + c \cos y \\ \dot{y} &= b \sin x + a \cos z \\ \dot{z} &= c \sin y + b \cos x \end{aligned}$$

where $a=0.27$, $b=0.135$, $c=0.135$, $x=4$, $y=3.5$ and $z=0$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

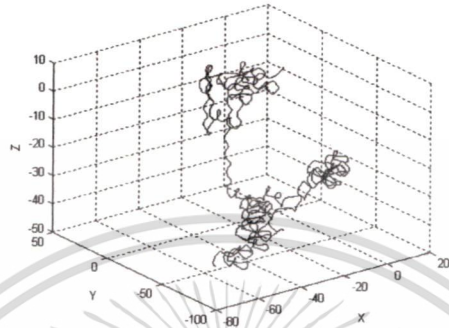


Fig 1. Arnold Non- Attractor

2. Chua equation

$$\dot{x} = A(y - x - f(x))$$

$$\dot{y} = B(x - y + z)$$

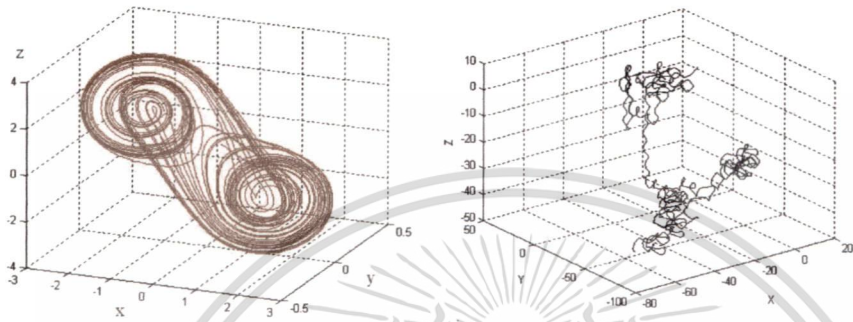
$$\dot{z} = -Cv$$

$$f(x) = m_1x + 0.5(m_0 - m_1)(|x+1| - |x-1|)$$

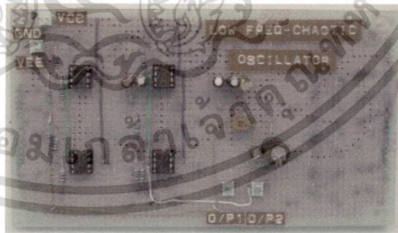
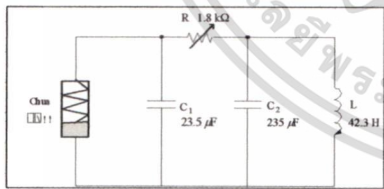
$A=0.39, B=0.025, C=0.6395, x=0.1, y=0.1,$
 $z=0.1, m_0=-8/7 \text{ and } m_1=-5/7$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simulation: Attractor VS Non-attractor



Hardware Implementation



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

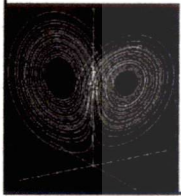
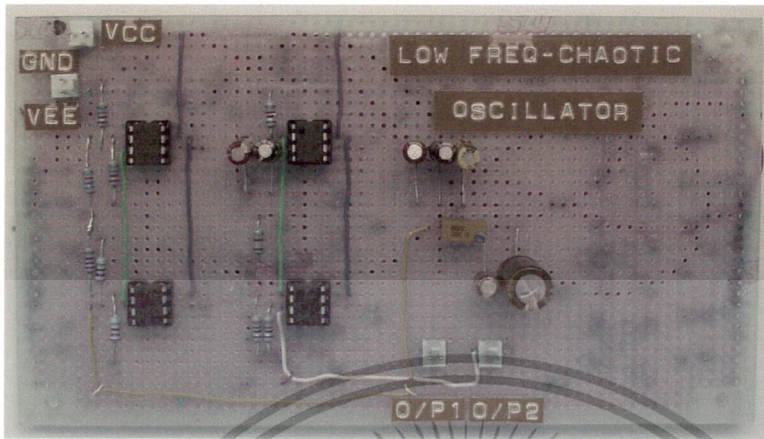
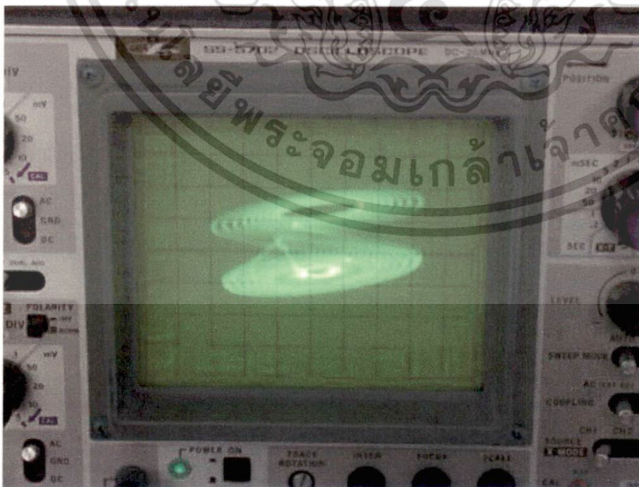


Fig 2.b2 Chua Circuit

Hardware Implementation



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Two-wheel mobile robot system for generate trajectory on 2-D space

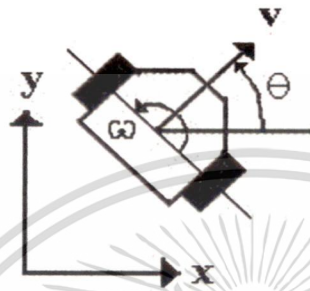


Fig 3. Two-wheel mobile robot

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ \omega \end{pmatrix}$$

State equation of two-wheel mobile robot

The corresponding mapping parameters from 3-D chaotic patterns into 2-D one.

System	θ_1	θ_2
Arnold	Z	Z
Chua	Z	X

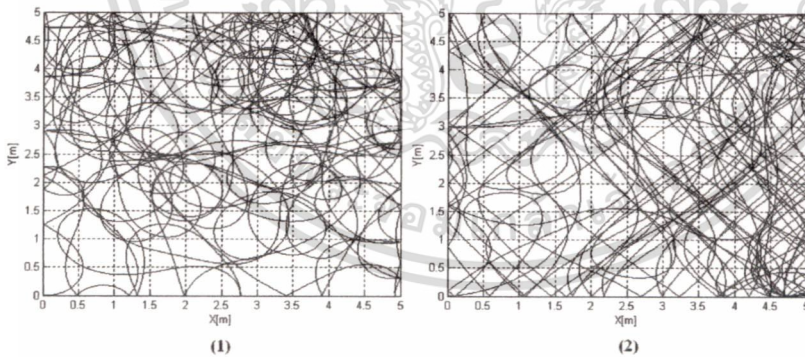
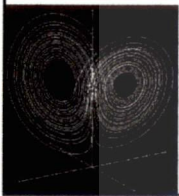
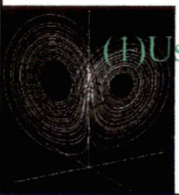


Fig 4. Trajectory on 2-D space

(1) Using Arnold equation (2) Using Chua equation



EVALUATION CRITERIA

Performance Index

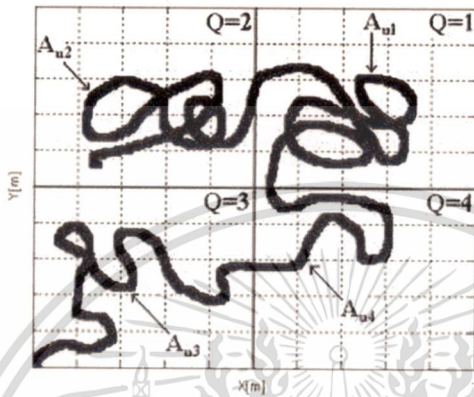


Fig 5. Partition of the area

$$R = \frac{A_u}{A_t}$$

is total area
is used area

A_t
 A_u

$$R_Q = \frac{A_{uQ}}{A_{tQ}}$$

Q area

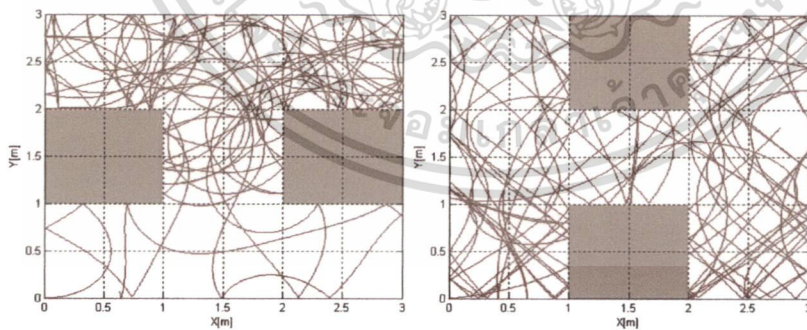
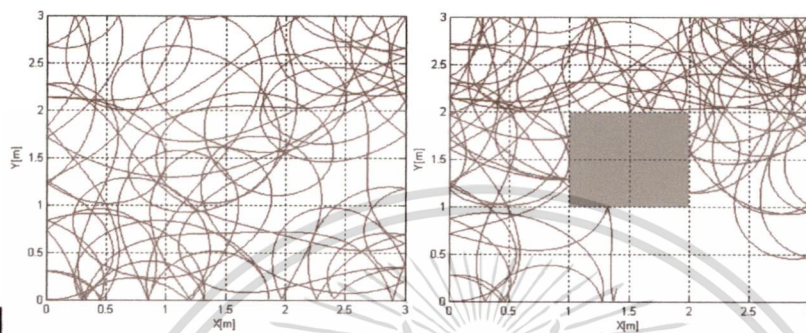
A_{tQ}
 A_{uQ}

is the total area of the Qth quadrant
is the area used by trajectory in the Qth quad

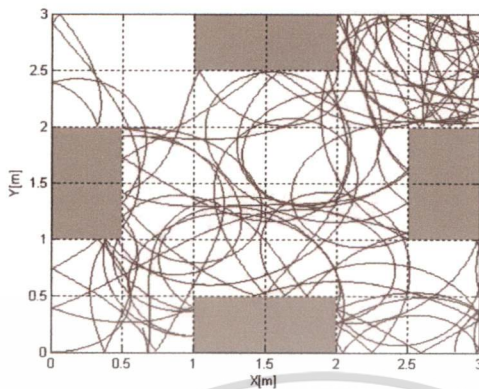
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Computer Simulation

5-testing conditions



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(e)

Test 1: 3m and 3m and time interval 500sec to 1000sec

Test 2: 5m and 5m and time interval 2000sec to 3000sec

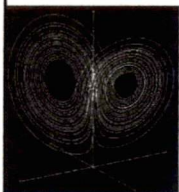
Concluding remarks

Test 1: 3m x 3m

System	Covered Area	Diversity
Arnold	77.46%	73.28%
Chua	88.72%	88.27%

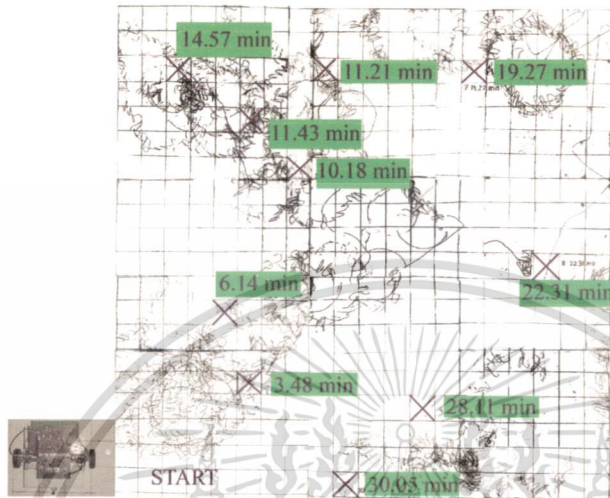
Test 2: 5m x 5m

System	Covered Area	Diversity
Arnold	80.17%	79.99%
Chua	87.98%	87.41%

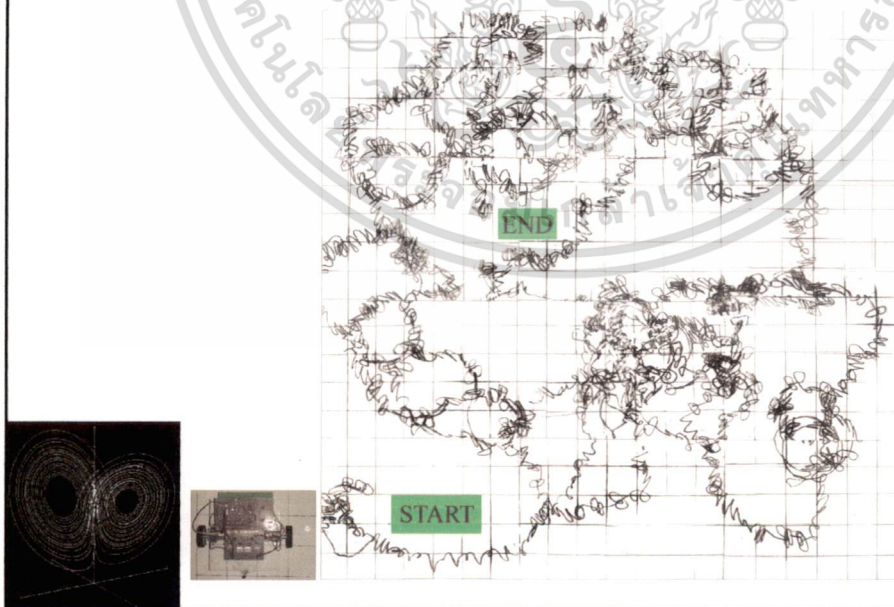


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Experiment: A Lab Scale Chaotic Robot

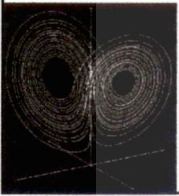
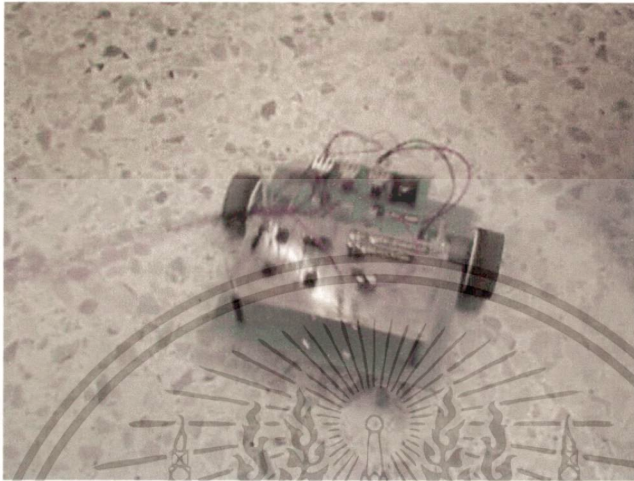


Experiment Results



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lab-scale Chaotic Robot



Output: Chaotic Mower



Front view



Back view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Experimental Results



Working space



During operation

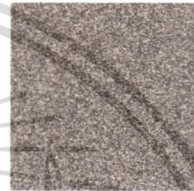
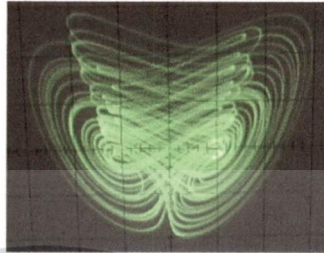
ป็นผสมไบโอดีเซลได้น้ำมันมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chaos Encryption

- ใช้สร้างรหัสลับ
สำหรับภาพและเสียง



การส่งสัญญาณเสียงผ่านเครือข่าย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรักษาความลับ

Alice



Bill

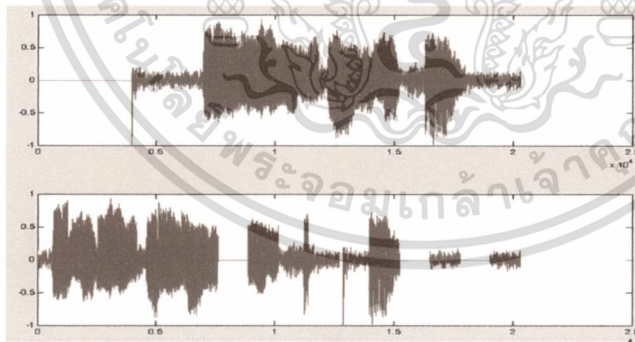


ข้อมูลลับ



สารที่ส่งผ่านเครือข่ายต้องเข้ารหัสลับเพื่อความปลอดภัย
จากการขโมยข้อมูล

การเข้ารหัสด้วยวิธี Voice Scramble



- สลับท่อนตัดต่อหรือเรียงลำดับสัญญาณใหม่
- เนื่องจากการเข้ารหัสใช้การเรียงสับเปลี่ยนทำให้ง่ายต่อการถอดรหัสโดยผู้ดักฟัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

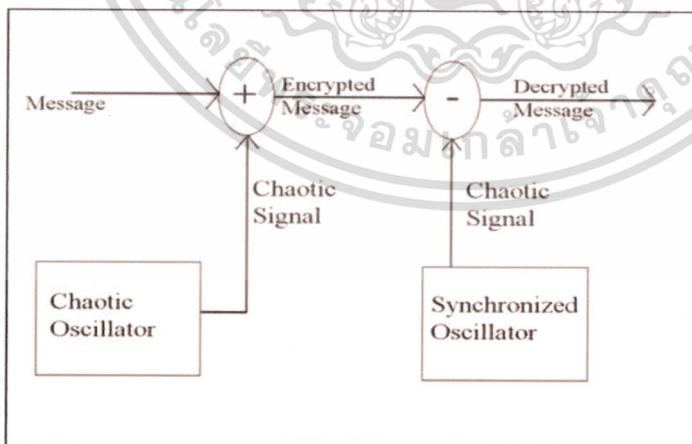
ระบบโทรศัพท์ที่ป้องกันการดักฟัง Secure Telephone Unit



ต้องการ

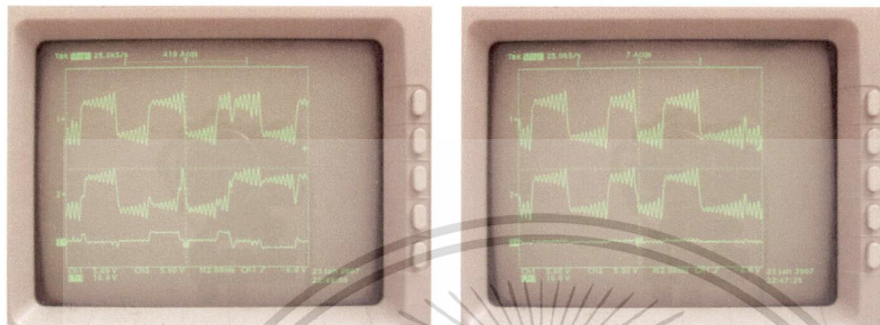
- มีการจัดการกุญแจรหัสที่ดี (Key Management)
- ยืนยันได้ว่า “ตัวจริง เสี่ยงจริง” (Authentication)
- มีวิธีการเข้ารหัสที่ถอดได้ยากมาก (Strong Encryption Algorithm)

วิธีเข้ารหัสสัญญาณแบบเคออสติก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสัญญาณที่เข้ารหัสอ่านจากเครื่องมือวัด

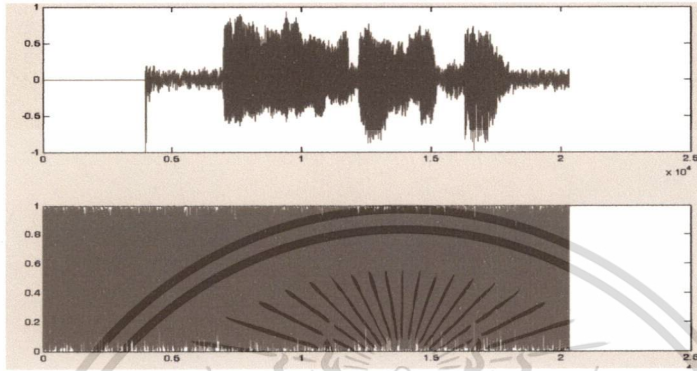


การเข้ารหัสภาพด้วยสัญญาณอลวน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้ารหัสเสียงด้วยสัญญาณอลวน



การสัทธิการเข้าและถอดรหัสป้องกันการดักฟัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยสองเทคโนโลยี

หุ่นยนต์ + รหัสลับ = หุ่นยนต์รหัสลับ

ขอบคุณครับ



หนังสือเป็นสมบัติของท่าน

โปรดช่วยกันรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ www.lib.kmitl.ac.th ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดทอนหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากห้องสมุดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง โทร. 0 2739 2221