การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว ในระบบเฝ้าระวังด้วยกล้องวงจรปิด

Video Scrambling for Privacy Protection in Surveillance System

อิศรินทร์ พรหมยารัตน์

Isarin Promyarut

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of theRequirements for the Degree of
Master of Engineering in Computer Engineering
Prince of Songkla University
2555

ชื่อวิทยานิพนธ์ การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว
ในระบบเฝ้าระวังด้วยกล้องวงจรปิด

ผู้เขียน นางสาวอิศรินทร์ พรหมยารัตน์

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……
ดร.นิคม สุวรรณวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

……
ดร.สมชัย หลิมศิโรรัตน์

คณะกรรมการสอบ

……ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี กาญจนะเดชะ)

……กรรมการ
(ดร.นิคม สุวรรณวร)

……กรรมการ
(ดร.สมชัย หลิมศิโรรัตน์)

……กรรมการ
(ดร.ประกาศิต กายะสิทธิ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

……
(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจาการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ลงชื่อ_____

(ดร.นิคม สุวรรณวร)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ_____

(นส.อิศรินทร์ พรหมยารัตน์)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ_____

(นส.อิศรินทร์ พรหมยารัตน์)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว
ในระบบเฝ้าระวังด้วยกล้องวงจรปิด
ผู้เขียน นางสาวอิศรินทร์ พรหมยารัตน์
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนองานวิจัยที่ทำการประยุกต์ใช้เทคนิคของเปียโนเพื่อใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอ 2 กระบวนการหลักคือ กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกจากกระบวนการเข้าบีบอัดและกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการเข้าบีบอัดซึ่งในสองกระบวนการดังกล่าวได้นำเสนอ 6 เทคนิคการรบกวนสัญญาณ วิธีการรบกวนสัญญาณจะเริ่มต้นด้วยการหาบริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวในเฟรมวิดีโอโดยจะนำเทคนิคการหาบริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวพื้นฐานที่มีอยู่มาใช้ในการหาบริเวณของวัตถุเคลื่อนไหว เมื่อได้บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวเป็นที่เรียบร้อยแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการรบกวนสัญญาณโดยเทคนิคการรบกวนสัญญาณที่นำมาใช้ในการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวนั้นได้ทำการประยุกต์จากรูปแบบของเทคนิคเปียโน 6 รูปแบบ คือ รูปแบบแซด รูปแบบยู รูปแบบเอ็น รูปแบบซี รูปแบบแอลฟา และรูปแบบแกมมาโดยจะทำการสุ่มเลือกจำนวน 3 รูปแบบจาก 6 รูปแบบมาใช้เพื่อการรบกวนสัญญาณด้วย 6 เทคนิคที่แตกต่างกันสำหรับในส่วนของกระบวนการการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอนั้นจะเริ่มต้นด้วยการหาบริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอ เมื่อได้บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการของการถอดสัญญาณรบกวนซึ่งผู้ที่ทำการถอดสัญญาณรบกวนนั้นจะต้องมีข้อมูลของรูปแบบและลำดับของรูปแบบที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณที่ถูกต้อง จึงจะสามารถทำการถอดสัญญาณรบกวนได้ ในงานวิจัยนี้ได้วัดประสิทธิภาพของการทดลองด้วยค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน โดยจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าเทคนิคการรบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ที่ได้ประยุกต์จากรูปแบบของเทคนิคเปียโนในการอ้างอิงการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้นจะเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด นอกจากนี้ประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณรบกวนที่ได้มีคุณภาพค่อนข้างดีอีกด้วย

Thesis Title	Video Scrambling for Privacy Protection in Surveillance System
Author	Miss Isarin Promyarut
Major Program	Computer Engineering
Academic Year	2012

ABSTRACT

This thesis proposes scrambling techniques by applying the Peano-Space Filling Curve. There are two main scrambling processes : the scrambling process which is treated separately from the compression step and the process embedding in the compression process. We propose six scrambling techniques that are applied to the appropriate process. Our technique, firstly the motion object is determined using the well-know algorithm. The regions of interest for motion objects are then send to the scrambling algorithm. All proposed techniques use the Peano-Space Filling Curve for scrambling, which is our principal concept. Six patterns of Peano-Space Filling Curve are used, such as, Z, U, N, C, Alpha and Gamma. But only 3 from 6 patterns are selected and used as a scrambling key for the scrambling and descrambling process. For the descrambling technique, the first step is to find the moving object and to execute the invert process of the same scrambling technique with the same key. The correct result will be obtained if only if the right key with the right order of Peano patterns are well provided. The performance of proposed technique is measured using the signals per noise ratio (PSNR). We found that the scrambling technique, called the invert pattern technique, give the best performance.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างสูงยิ่งจาก ดร.นิคม สุวรรณวร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.สมชัย หลิมศิโรรัตน์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์อย่างใกล้ชิดตลอดมา รวมทั้งการแก้ไขงานให้สมบูรณ์ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มนตรี กาญจนะเดชะ และดร.ประกาศิต กายะสิทธิ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ารับเป็นอาจารย์กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและช่วยตรวจสอบความถูกต้องต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสามารถดำเนินการให้เสร็จเรียบร้อย และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ให้การช่วยเหลือและคำปรึกษาในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาต่างๆ ทำให้มีความรู้และสามารถทำงานได้อย่างมั่นใจ

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆและพี่ๆนักศึกษาทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือ รวมทั้งกำลังใจที่ดีตลอดมา

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องชายทั้งสอง ผู้เป็นที่รักยิ่งและให้กำลังใจในการศึกษาและสนับสนุนทุกอย่างด้วยดีตลอดมา

อิศรินทร์ พรหมยารัตน์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ.....(6)
รายการตาราง.....(9)
รายการภาพประกอบ.....(11)
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย.....1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3
1.3 วัตถุประสงค์.....7
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....8
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....9
2.1 กระบวนการบีบอัดไฟล์วิดีโอที่สนใจ (H.264 Codec).....9
2.1.1 เฟรม (Frames).....10
2.1.2 การนำเสนอค่าความสว่างและค่าสี (Color Space).....11
2.1.3 มาโครบล็อก (Macroblock).....13
2.1.4 กลุ่มของข้อมูลรูปภาพ (Group of Picture (GOP)).....13
2.1.5 การแปลงสัญญาณข้อมูลและการควอนไทซ์ (Transform&Quantization).....14
2.1.6 การเข้ารหัสเอ็นโทปี (Entropy Encoding).....15
2.2 กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ (Video Scrambling).....16
2.2.1 เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมาย ของค่าสัมประสิทธิ์ (Inverse Sign Bit Coefficients).....16
2.2.2 เทคนิคการเรียงค่าตามรูปแบบของเปียโน (Peano-Space Filling Curve).....17
2.3 การวัดและการประเมินผล 18
2.4 สรุป.....19
บทที่ 3 ออกแบบและพัฒนาระบบ.....20
3.1 ระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวรการบีบอัด ภาพวิดีโอ.....21

สารบัญ

หน้า

3.1.1 กระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว (Motion Detection).....22
3.1.2 กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากการบีบอัดภาพวิดีโอ.....24
3.1.2.1 เทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....24
3.1.2.2 เทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....32
3.1.3 กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากการบีบอัดภาพวิดีโอ..35
3.1.3.1 กระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวจากภาพวิดีโอที่ถูกรบกวน สัญญาณ.....35
3.1.2.2 กระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพ วิดีโอ.....35
3.1.2.2.1 กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบ อัดภาพวิดีโอ.....35
3.1.2.2.2 กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัด ภาพวิดีโอ.....38
3.2 ระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัด ภาพวิดีโอ.....40
3.2.1 เทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์ บน H.264 Encoder.....32
3.2.1 เทคนิคถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์ บน H.264 Encoder.....48
3.3 สรุป.....51
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....53
4.1 การทดลองที่ 1 เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการ บีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....54
4.2 การทดลองที่ 2 การเทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบมี การบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....65

สารบัญ

หน้า

4.3 การทดลองที่ 3 เทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ 74
4.4 สรุป.....85
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....91
5.1 สรุปผลการวิจัย.....91
5.2 ข้อเสนอแนะ.....92
เอกสารอ้างอิง.....94
ภาคผนวก.....96
ภาคผนวก ก. ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์.....97
ประวัติผู้เขียน.....105

รายการตาราง

หน้า

ตารางที่ 4-1 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....59
ตารางที่ 4-2 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....63
ตารางที่ 4-3 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....69
ตารางที่ 4-4 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....72
ตารางที่ 4-5 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.....66
ตารางที่ 4-6 ผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.....83
ตารางที่ 4-7 สรุปผลลัพธ์การทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2.....86
ตารางที่ 4-8 สรุปผลลัพธ์การทดลองที่ 3.....87
ตารางที่ 4-9 สรุปเวลาค่าเฉลี่ยของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2.....89
ตารางที่ 4-8 สรุปเวลาค่าเฉลี่ยของการทดลองที่ 3.....90

รายการภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1-1 กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว.....4
ภาพประกอบ 1-2 ผลลัพธ์ของชนิดไฟล์ประเภท MPEG-4.....4
ภาพประกอบ 1-3 ผลลัพธ์ของชนิดไฟล์วิดีโอประเภท Motion JPEG 2000.....5
ภาพประกอบ 1-4 ผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ.....6
ภาพประกอบ 2-1 กระบวนการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264.....10
ภาพประกอบ 2-2 การแบ่งย่อยของข้อมูลวิดีโอ.....10
ภาพประกอบ 2-3 การนำเสนอค่าความสว่างและค่าสี.....12
ภาพประกอบ 2-4 มาโครบล็อกขนาดต่างๆ.....13
ภาพประกอบ 2-5 I, P, B – Frames และทิศทางการอ้างอิงข้อมูล.....14
ภาพประกอบ 2-6 รูปแบบการเรียงค่าสัมประสิทธิ์แบบซิกเซ็ก (Zigzag Scan Pzttern).....16
ภาพประกอบ 2-7 รูปแบบพื้นฐานที่ได้จากการประยุกต์เทคนิคของเปียโน.....17
ภาพประกอบ 3-1 กระบวนการโดยรวมของการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ.....22
ภาพประกอบ 3-2 ตัวอย่างการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว.....23
ภาพประกอบ 3-3 กระบวนการโดยรวมของเทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....26
ภาพประกอบ 3-4 (a) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ประยุกต์จากรูปแบบของเทคนิคเปียโน (b) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ที่ได้ประยุกต์รูปแบบของเทคนิคเปียโนในการอ้างอิงการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์.....26
ภาพประกอบ 3-5 การแบ่งขนาดและลำดับชั้นของมาโครบล็อก.....26
ภาพประกอบ 3-6 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก.....27
ภาพประกอบ 3-7 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อก.....28
ภาพประกอบ 3-8 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก.....28

รายการภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 3-9 ผลลัพธ์ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....31
ภาพประกอบ 3-10 กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....33
ภาพประกอบ 3-11 ผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....34
ภาพประกอบ 3-12 กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....36
ภาพประกอบ 3-13 ผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....37
ภาพประกอบ 3-14 กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....38
ภาพประกอบ 3-15 ผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....39
ภาพประกอบ 3-16 กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.....42
ภาพประกอบ 3-17 กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.42
ภาพประกอบ 3-18 กระบวนกาถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.....43
ภาพประกอบ 3-19 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์.....43
ภาพประกอบ 3-20 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน.....44
ภาพประกอบ 3-21 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน.....46
ภาพประกอบ 3-22 ผลลัพธ์ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ เพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ.....47

รายการภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 3-23 กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.....50
ภาพประกอบ 3-22 ผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ เพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ.....51
ภาพประกอบ 4-1 ตัวอย่างฐานข้อมูลประเภทมีบุคคลเพียงคนเดียวในเฟรมวิดีโอ.....56
ภาพประกอบ 4-2 ตัวอย่างฐานข้อมูลประเภทกลุ่มบุคคลคนเป็นกลุ่มอย่างชัดเจนในเฟรมวิดีโอ...56
ภาพประกอบ 4-3 ตัวอย่างฐานข้อมูลประเภทกลุ่มบุคคลที่มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคลในเฟรมวิดีโอ.....56
ภาพประกอบ 4-4 ตัวอย่างผลลัพธ์ของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ.....57
ภาพประกอบ 4-5 ผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....58
ภาพประกอบ 4-6 ตัวอย่างผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....61
ภาพประกอบ 4-7 ผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....62
ภาพประกอบ 4-8 ตัวอย่างผลลัพธ์ของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....67
ภาพประกอบ 4-9 ผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....68
ภาพประกอบ 4-10 ผลลัพธ์ของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....70
ภาพประกอบ 4-11 ผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ.....71

รายการภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 4-12 ผลลัพธ์ของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.....77
ภาพประกอบ 4-13 ผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.....78
ภาพประกอบ 4-14 ผลลัพธ์ของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.....81
ภาพประกอบ 4-15 ผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนของวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder.....69
ภาพประกอบ 4-3 ตัวอย่างการแบ่งของแต่ละส่วนของภาพสอบถามเป็น 4 ส่วน.....64
ภาพประกอบ 4-4 ภาพสอบถามที่เป็นเสื้อสีแดงและกางเกงสีดำ (ก) หันด้านหน้า, (ข) หันด้านหลัง และ (ค) หันด้านข้าง.....68
ภาพประกอบ 4-5 ภาพสอบถามที่เป็นเสื้อสีเขียวและกางเกงสีดำ (ก) หันด้านหน้า, (ข) หันด้านหลัง และ (ค) หันด้านข้าง.....71
ภาพประกอบ 4-6 ภาพสอบถามที่เป็นเสื้อสีฟ้าและกางเกงสีดำ(ก) หันด้านหน้า, (ข) หันด้านหลัง

ด้านหลังและ (ค) หันด้านข้าง.....84
ภาพประกอบ 4-10 แสดงการค้นคืนวิดีโอของการแบ่งภาพสอบถามเป็น 3 ส่วนและเลือกกลุ่มสีที่โดดเด่นที่ในส่วนที่ 3 จากกลุ่มสีที่ไม่สนใจ.....87
ภาพประกอบ 4-11 แสดงการค้นคืนวิดีโอของการแบ่งภาพสอบถามเป็น 4 ส่วน และเลือกกลุ่มสีที่โดดเด่นที่ในส่วนที่ 3 จากกลุ่มสีที่สนใจ.....88
ภาพประกอบ 4-12 ภาพสอบถามที่เป็นเสื้อสีชมพูและกางเกงสีฟ้า (ก) หันด้านหน้า, (ข) หันด้านหลังและ (ค) หันด้านข้าง.....89
ภาพประกอบ 4-13 ภาพสอบถามที่เป็นเสื้อสีชมพูและกางเกงสีเนื้อ (ก) หันด้านหน้า, (ข) หันด้านหลังและ (ค) หันด้านข้าง.....92
ภาพประกอบ 4-14 ภาพสอบถามที่เป็นเสื้อสีดำและกางเกงสีแดง(ก) หันด้านหน้า, (ข) หันด้านหลัง และ (ค) หันด้านข้าง.....95

รายการภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 4-15 ผลลัพธ์การค้นคืนวิดีโอของการทดลองที่ 3 (ก) ภาพสอบถาม และ (ข) ผลลัพธ์การค้นคืนวิดีโอ.....100

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันการติดตั้งระบบกล้องวงจรปิดเพื่อรักษาความปลอดภัยนั้นได้ถูกนำมาใช้ในหลากหลายวัตถุประสงค์ เช่นเพื่อการรักษาความปลอดภัย เพื่อการตรวจตรา หรือการเฝ้าระวัง เป็นต้น เนื่องจากในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่ได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของการติดตั้งกล้องวงจรปิดกันมากขึ้นจึงทำให้มีการใช้งานกล้องวงจรปิดเพื่อรักษาความปลอดภัยและเฝ้าระวังนั้นถูกนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวางและแพร่หลายในหลายๆสถานที่ เช่น สนามบิน สถานีรถไฟ สถานีขนส่ง ธนาคาร โรงเรียน โรงพยาบาล มหาวิทยาลัย บริษัท ห้างร้านต่างๆรวมถึงตึกรามบ้านช่องหรือตามบ้านเรือนในปัจจุบัน เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันนี้สถานที่ส่วนใหญ่เหล่านี้ก็ได้หันมานิยมทำการติดตั้งระบบกล้องวงจรปิดกันเพิ่มมากขึ้นเพราะเนื่องจากผู้คนส่วนใหญ่ในปัจจุบันได้เล็งเห็นและให้ความสำคัญกับความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินกันเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม ดังนั้นจึงทำให้ผู้คนส่วนใหญ่หันมานิยมทำการติดตั้งกล้องวงจรปิดเพื่อรักษาความปลอดภัยและเฝ้าระวังเป็นจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะสามารถเห็นได้จากในหลายๆสถานที่ในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการติดตั้งระบบกล้องวงจรปิดเพื่อรักษาความปลอดภัยและเฝ้าระวังนั้นเป็นสิ่งที่ได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน แต่ก็ยังมีสาเหตุบางประการที่ทำให้การติดตั้งระบบกล้องวงจรปิดเพื่อรักษาความปลอดภัยและเฝ้าระวังนั้นยังไม่สามารถที่จะถูกนำมาใช้งานได้อย่างแพร่หลายเท่าที่ควร เพราะไม่เพียงแค่ความรู้สึกปลอดภัยที่ได้รับจากกล้องวงจรปิดเท่านั้นแต่ในขณะเดียวกันสิ่งที่จะเข้ามาพร้อมกับความรู้สึกปลอดภัยของการติดตั้งระบบกล้องวงจรปิดเพื่อรักษาความปลอดภัยและเฝ้าระวังที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เลยนั่นก็คือ การสูญเสียความเป็นส่วนตัวไป เพราะเนื่องจากว่าระบบกล้องวงจรปิดเพื่อรักษาความปลอดภัยและเฝ้าระวังนั้นจะทำการบันทึกพฤติกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในเฟรมวิดีโอเหล่านั้นเอาไว้ ดังนั้นด้วยเหตุผลเบื้องต้นนี้ จึงได้มีหลายงานวิจัยที่ได้ให้ความสำคัญกับระบบการรักษาความปลอดภัยและเฝ้าระวังที่ควบคู่มากับการรักษาไว้ซึ่งความเป็นส่วนตัวในระบบเหล่านั้น ซึ่งในงานวิจัยเหล่านี้ได้ใช้เทคนิคต่างๆมาทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวที่อยู่ในเฟรมวิดีโอ เช่น เทคนิคการลบภาพวัตถุเคลื่อนไหวจากเฟรม

วิดีโอ (Erasing Technique) เทคนิคการนำข้อความหรือรูปภาพของวัตถุมาใส่ไว้บนฉากหลังของเอกสารหรือที่เรียกว่า เทคนิคการทำลายน้ำ (Watermarking Technique) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ (Invert Sign Coefficient Technique) สำหรับการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้นสามารถที่จะทำการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของค่าสัมประสิทธิ์ DC หรือจะทำการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของค่าสัมประสิทธิ์ AC ก็ได้ นอกจากนี้ยังจะสามารถทำการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของค่าสัมประสิทธิ์ของ DC และ AC ในขณะเดียวกันได้อีกด้วย ซึ่งเทคนิคที่นำมาใช้ในการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวที่อยู่ในเฟรมวิดีโอนั้นส่วนใหญ่นั้นโดยมากมักจะทำการประยุกต์อยู่บนค่าสัมประสิทธิ์

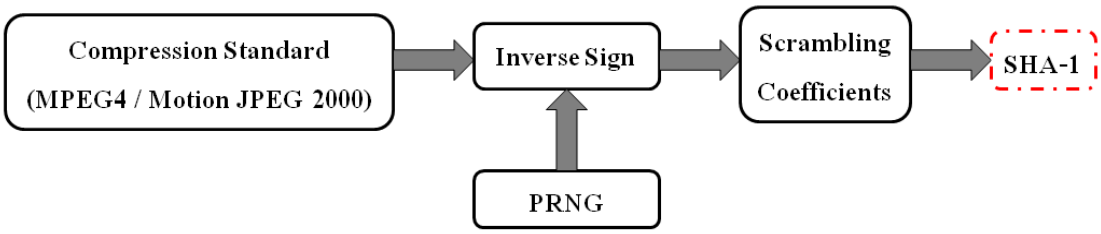
งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นเรื่องกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ (Scrambling) เพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวในระบบเฝ้าระวังด้วยกล้องวงจรปิด โดยจะมีการนำเทคนิคการเข้ารหัสมาใช้เพื่อทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวที่อยู่ในเฟรมวิดีโอเหล่านั้น ซึ่งในการนำเทคนิคการเข้ารหัสมาใช้ในการปกป้องข้อมูลส่วนตัวนั้นนอกจากจะยังสามารถตรวจตราเฝ้าระวังให้ความปลอดภัยกับผู้ติดตั้งหรือผู้ใช้งานได้เช่นเคยแล้วในขณะเดียวกันก็ยังจะสามารถเพิ่มความเป็นส่วนตัวให้กับผู้ติดตั้งหรือผู้ใช้งานได้อีกด้วย สำหรับการทำการรบกวนสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวที่อยู่ในเฟรมวิดีโอนั้น จะใช้เทคนิคที่ได้ประยุกต์มาจากความน่าจะเป็นของเทคนิคเปียโน (Peano-Space Filling Curve) ซึ่งโดยปกติแล้วรูปแบบของเทคนิคเปียโน จะมีแค่เพียงรูปแบบเดียวคือ ยู (U) แต่จากความน่าจะเป็นที่ได้จากการประยุกต์จากเทคนิคของเปียโนนั้น จึงทำให้ได้รูปแบบต่างๆ 6 รูปแบบด้วยกัน ซึ่งในการทำการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวในเฟรมวิโอ จะกระทำในระดับของมาโครบล็อก (Macroblock) นอกจากนี้ผู้ที่จะทำการเข้ารหัสหรือผู้ที่จะทำการรบกวนสัญญาณวัตถุเคลื่อนไหวในเฟรมวิดีโอนั้น จะเป็นผู้ที่สามารถจะกำหนดรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณวัตถุเคลื่อนไหวในแต่ละระดับของมาโครบล็อกได้ ซึ่งจะทำให้ผู้ที่จะทำการเข้ารหัสหรือผู้ที่จะทำการรบกวนสัญญาณวัตถุเคลื่อนไหวในเฟรมวิดีโอนั้นจะเป็นผู้ที่มีกุญแจหรือรหัส (Key) สำหรับทำการถอดสัญญาณรบกวนได้ ในกรณีที่ใช้กุญแจหรือรหัสในการถอดรหัสไฟล์วิดีโอผิดก็จะทำให้ไม่สามารถที่จะทำการกู้ข้อมูลภาพวัตถุเคลื่อนไหวเหล่านั้นกลับมาได้ จากระบบดังกล่าวจะเห็นว่าระบบการรบกวนสัญญาณวัตถุเคลื่อนไหวนี้ได้นำเสนอเทคนิคการเข้ารหัสเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวและเทคนิคการถอดรหัสในวัตถุเคลื่อนไหวในลักษณะของรหัสเอทีเอ็ม (ATM Password) ซึ่งจะง่ายต่อการจดจำและผู้ที่จะสามารถทำการถอดรหัสไฟล์วิดีโอที่ถูกทำการรบกวนสัญญาณวัตถุเคลื่อนไหวนั้น ก็จะมีเพียงแค่ผู้

ที่ได้ทำการเข้ารหัสและผู้ที่รู้รหัสเท่านั้น จากระบบที่ได้กล่าวไปนี้จะสามารถประยุกต์ใช้งานเพื่อทำการตรวจตราหรือเฝ้าระวังให้ความปลอดภัยกับผู้ที่ทำการติดตั้งได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถที่จะปกป้องและเพิ่มความเป็นส่วนตัวให้ผู้ที่ทำการติดตั้งระบบกล้องวงจรปิดเพื่อรักษาความปลอดภัยและเฝ้าระวังได้ ในเวลาเดียวกันอีกด้วย

1.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังข้อมูลของวัตถุเคลื่อนไหวเป็นหัวข้องานวิจัยที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีหลายงานวิจัยที่ได้นำเสนอเทคนิคที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว โดยในแต่ละงานวิจัยจะแตกต่างกันด้านเทคนิคที่นำมาใช้ในการปิดบังข้อมูลของวัตถุเคลื่อนไหว ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการรบกวนสัญญาณเพื่อปิดบังข้อมูลของวัตถุเคลื่อนไหว ได้แก่

งานวิจัยของ Frédéric Dufaux and Touradj Ebrahimi [1] ได้เสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหว โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ให้ความสำคัญกับชนิดของไฟล์วิดีโอที่จะนำมาทำการรบกวนสัญญาณ 2 ชนิดด้วยกัน คือ MPEG-4 และ Motion JPEG 2000 ซึ่งจากการให้ความสำคัญกับชนิดของไฟล์วิดีโอจึงทำให้กระบวนการแปลงสัญญาณ (Transform) ของข้อมูลที่อยู่ในเชิงรูปภาพ (Spatial Domain) ไปเป็นข้อมูลในเชิงความถี่ (Frequency Domain) ก็จะประกอบไปด้วยการแปลงสัญญาณ 2 แบบด้วยกัน คือ กระบวนการแปลงสัญญาณแบบ DCT (Discrete Cosine Transform) สำหรับชนิดของไฟล์วิดีโอประเภท MPEG-4 และ DWT (Discrete Wavelet Transform) สำหรับชนิดของไฟล์วิดีโอประเภท Motion JPEG 2000 นอกจากนี้กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวของงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ใช้วิธีการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ AC (AC Coefficients) จะใช้การสลับตำแหน่งที่เรียกว่า การสุ่มเทียม (Pseudo Random Number Generator (PRNG)) นอกจากนี้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและให้ยากต่อการถอดสัญญาณรบกวน งานวิจัยนี้จึงได้ทำการเข้ารหัสที่เรียกว่า SHA-1 (Secure Hash Algorithm 1) แต่เนื่องจากการเข้ารหัสแบบ SHA-1 นั้นเป็นการเข้ารหัสแบบทางเดียว (One Way Function) เพราะฉะนั้นจึงทำให้ยากต่อการถอดสัญญาณรบกวน (Descrambling) ของข้อมูลในส่วนที่ถูกทำการรบกวนสัญญาณกลับมาได้



ภาพประกอบ 1-1 กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว

จากภาพประกอบ 1-2 จะเป็นผลลัพธ์ของไฟล์วิดีโอประเภท MPEG-4 โดยภาพประกอบ 1-2 (a) จะเป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ และสำหรับภาพประกอบ 1-2 (b) นั้นจะเป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนของไฟล์วิดีโอประเภท MPEG-4 สำหรับภาพประกอบ 1-3 นั้นจะเป็นผลลัพธ์ของไฟล์วิดีโอประเภท Motion JPEG 2000 โดยจากภาพประกอบ 1-3 (a) จะเป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ และสำหรับภาพประกอบ 1-3 (b) นั้นจะเป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนของไฟล์วิดีโอประเภท Motion JPEG 2000 จากภาพประกอบ 1-2 (b) และภาพประกอบ 1-3 (b) จะเห็นว่าผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนนั้นไม่สมบูรณ์และยังคงมีคุณภาพและผลลัพธ์ที่ได้คล้ายคลึงกับผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ เพราะเนื่องจากงานงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้เทคนิคการเข้ารหัสที่เรียกว่า SHA-1 ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการรบกวนสัญญาณและเนื่องจาก SHA-1 นั้นเป็นฟังก์ชั่นทางเดียว (one-way function) ที่ทำให้การถอดสัญญาณรบกวนไม่สมบูรณ์

(a) (b)

ภาพประกอบ 1-2 ผลลัพธ์ของชนิดไฟล์วิดีโอประเภท MPEG-4 (a) ผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ (b) ผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน

(a) (b)

ภาพประกอบ 1-3 ผลลัพธ์ของชนิดไฟล์วิดีโอประเภท Motion JPEG 2000 (a) ผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ (b) ผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน

งานวิจัยของ Kenichi Yabuta และคณะ [2] ได้นำเสนอเทคนิคที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ 2 เทคนิคด้วยกัน คือ เทคนิคการทำลายน้ำ และเทคนิคการลบภาพวัตถุเคลื่อนไหวจากเฟรมวิดีโอ โดยกระบวนการเบื้องต้นของงานวิจัยนี้ จะเริ่มจากการหาบริเวณของวัตถุเคลื่อนไหว เมื่อได้บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวมาแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการแปลงสัญญาณของข้อมูลที่อยู่ในเชิงรูปภาพไปเป็นสัญญาณของข้อมูลในเชิงความถี่ โดยจะใช้กระบวนการแปลงสัญญาณแบบ DCT ซึ่งทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณทั้งสิ้น 64 ค่าสัมประสิทธิ์ โดยใน 64 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้นี้ ก็จะทำการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ กลุ่มของค่าสัมประสิทธิ์ที่ถูกนำมาใช้งาน และกลุ่มของค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่ถูกนำมาใช้งาน ซึ่งกลุ่มของค่าสัมประสิทธิ์ที่ถูกนำมาใช้งานนั้นก็จะถูกประยุกต์ใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอด้วยเทคนิคการทำลายน้ำ สำหรับในส่วนของเทคนิคการลบภาพเคลื่อนไหวจากเฟรมวิดีโอนั้น เบื้องต้นจะทำการหาบริเวณของวัตถุเคลื่อนไหว เมื่อได้บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวมาแล้วก็จะทำการลบภาพของวัตถุเคลื่อนไหว โดยการนำภาพพื้นหลัง (Background) จากเฟรมวิดีโอ มาแทนที่บริเวณวัตถุเคลื่อนไหวเหล่านั้น

(a) (b)

ภาพประกอบ 1-4 ผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ (a) ผลลัพธ์การรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการทำลายน้ำ (b) ผลลัพธ์การรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการลบภาพวัตถุเคลื่อนไหวจากเฟรมวิดีโอ

งานวิจัยของ Wei Zhang และคณะ [3] ได้เสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจสอบสิทธิ์ของบุคคลที่จะทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ โดยเซ็นเซอร์ที่ถูกนำมาใช้งาน เรียกว่า RFID Sensor ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้เซ็นเซอร์ RFID ในการระบุว่าบุคคลนั้นๆได้รับสิทธิ์ในการปิดบังข้อมูลส่วนตัวหรือไม่ ถ้า RFID เซ็นเซอร์ ระบุว่าบุคคลนั้นไม่มีสิทธิ์ในการปิดบังข้อมูลส่วนตัว ระบบก็จะทำการแสดงผลลัพธ์ของบุคคลนั้นๆในข้อมูลไฟล์วิดีโอ แต่ถ้า RFID เซ็นเซอร์ ระบุว่าบุคคลนั้นมีสิทธิ์ในการปิดบังข้อมูลส่วนตัว ระบบก็จะทำการหาบริเวณของบุคคลที่ได้รับสิทธิ์ในการปิดบังข้อมูลส่วนตัว แล้วทำการแยกข้อมูลระหว่างภาพพื้นหลังและบุคคลที่ได้รับสิทธิ์ในการปิดบังข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลของบุคคลที่ได้รับสิทธิ์ในการปิดบังข้อมูลแล้วก็จะทำการเข้ารหัสข้อมูลของบุคคลที่ได้รับสิทธิ์เพื่อทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอของบุคคลที่ได้รับสิทธิ์นั้นๆ หลังจากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้จากการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอไปรวมกับภาพพื้นหลังเพื่อแสดงผลในไฟล์วิดีโอต่อไป

งานวิจัยของ Frédéric Dufaux and Touradj Ebrahimi [5] ได้เสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว โดยในงานวิจัยชิ้นนี้จะมีกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอคล้ายกับงานวิจัยก่อนหน้าของ Frédéric Dufaux and Touradj Ebrahimi ซึ่งกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวของงานวิจัยชิ้นนี้ จะเริ่มจากการแปลงสัญญาณของข้อมูลที่อยู่ในเชิงรูปภาพให้เป็นข้อมูลที่อยู่ในเชิงความถี่ โดยใช้กระบวนการแปลง

สัญญาณแบบ DCT เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการแปลงสัญญาณก็จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสิ้น 64 ค่า ซึ่งใน 64 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้นั้นจะประกอบไปด้วย 63 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AC และ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของ DC เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้เพิ่มความซับซ้อนของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ โดยใช้วิธีการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ AC (AC Coefficients) ร่วมกับการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ DC (DC Coefficients) ซึ่งจะทำให้มีความซับซ้อนของการรบกวนสัญญาณมากยิ่งขึ้น เพราะโดยปกติแล้วการรบกวนสัญญาณที่กระทำบนค่าสัมประสิทธิ์ของ AC นั้นเพียงพอต่อการรบกวนสัญญาณ

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวอีกหลายงานวิจัย ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Datong Chen และคณะ [7] ได้เสนอเทคนิคในการรบกวนสัญญาณโดยใช้รูปการ์ตูนมาทำการแทนที่บริเวณที่มีวัตถุเคลื่อนไหว (Body Mask) ที่อยู่ในเฟรมวิดีโอนั้น สำหรับงานวิจัยของ Makoto Takayama [4] และคณะได้เสนอเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าของสัมประสิทธิ์ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ F. Matusek และคณะ [13] ได้เสนอเทคนิคการลบรูปใบหน้าของวัตถุเคลื่อนไหวออกจากเฟรมวิดีโอ

1.3. วัตถุประสงค์

1.3.1. วิจัยและพัฒนาเทคนิคการรบกวนสัญญาณ (Scrambling) ภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว โดยประยุกต์จากเทคนิคของเปียโน (Peano Space Filling Curve)

1.3.2. วิจัยและพัฒนาเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่ถูกรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคในข้อ 1.3.1.

1.3.3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของเทคนิคที่พัฒนาขึ้น

1.4. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปยัง 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

1.4.1. การศึกษาและพัฒนาเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวในระบบเฝ้าระวังด้วยกล้องวงจรปิดภายในอาคารสถานที่ โดยไม่รวมถึงการใช้เทคนิคการลบภาพวัตถุเคลื่อนไหวจากเฟรมวิดีโอ (Erasing Technique) และ เทคนิคการนำข้อความหรือรูปภาพ

ของวัตถุมาใส่ไว้บนฉากหลังของเอกสารหรือที่เรียกว่า เทคนิคการทำลายน้ำ (Watermarking Technique)

1.4.2. ศึกษาและพัฒนาเทคนิคการรบกวนสัญญาณในขั้นตอนการบีบอัดข้อมูล โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณนั้น จะเป็นเทคนิคที่ได้ทำการประยุกต์มาจากเทคนิคของเปียโน (Peano Space Filling Curve)

1.4.3. ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในส่วนของเทคนิคที่นำมาประยุกต์ใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวในระบบเฝ้าระวังด้วยกล้องวงจรปิดเท่านั้น โดยไม่มุ่งเน้นไปที่ระดับความปลอดภัยของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ดังนั้นระบบจะมีระดับความปลอดภัยในระดับหนึ่งเท่านั้น

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. ได้เทคนิคใหม่ สำหรับที่การรบกวนหรือถอดสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวในระบบเฝ้าระวังกล้องวงจรปิด

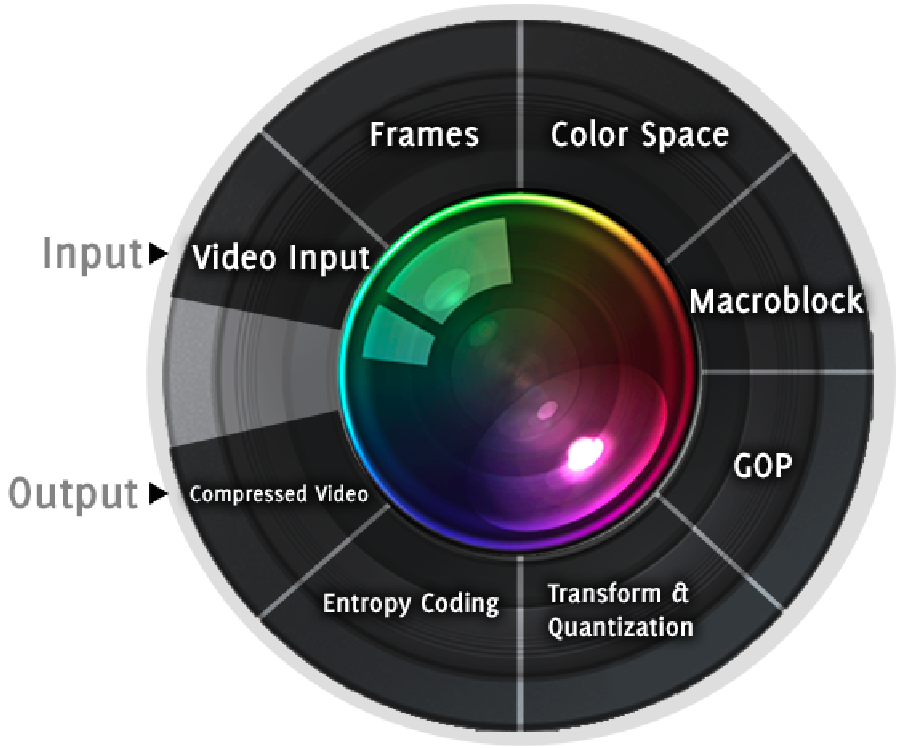
1.5.2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบรักษาความปลอดภัยได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อการรักษาความปลอดภัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

เนื้อหาในบทนี้จะอธิบายถึงความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ทฤษฎีการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264 (H.264 Codec) ทฤษฎีของเทคนิคกระบวนการที่นำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ (Scrambling Technique) และการวัดประสิทธิภาพของการของการรบกวนสัญญาณและการถอกสัญญาณของภาพวิดีโอ

2.1. กระบวนการบีบอัดไฟล์วิดีโอที่สนใจ H.264 Codec

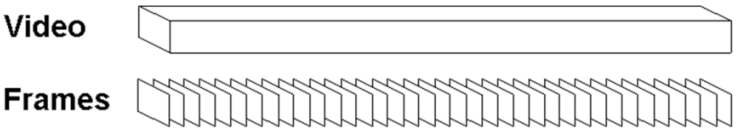
ในกระบวนการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264 หรือที่รู้จักกันในชื่อว่า MPEG-4 Part10 หรือ MPEG-4 AVC (Advance Video Coding) เป็นนวัตกรรมของการบีบอัดข้อมูลวิดีโอมาตรฐาน ที่ได้ถูกร่วมกันกำหนดโดยสมาคมที่มีชื่อว่า International Organization for Standardization's MPEG Group (ISO/IEC/SG29/WG11) และ The International Telecommunication Union's video coding experts group (VCEG, ITU-T/SG16/Q.6) H.264 เป็นการเข้ารหัสวิดีโอที่ตั้งเป้าหมายไว้ตั้งแต่บิตเรตต่ำของมือถือ (low-bit rate mobile) ไปจนถึงทีวีที่มีความละเอียดสูง (High-Definition TV) การที่สามารถรองรับแอพพลิเคชั่น (Application) ได้อย่างกว้างขวางพร้อมกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูลอย่างดีทำให้ H.264 ได้รับการยอมรับจากอุตสาหกรรมเป็นอย่างดี ซึ่งนอกจากนี้มาตรฐานของ H.264 ได้ถูกนำเสนอเพื่อให้ได้ซึ่งประสิทธิภาพการบีบอัดที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน MPEG-1, MPEG-2 และ MPEG-4 Part-2 ที่มีมาก่อนหน้านี้ ซึ่งจะเห็นว่า H.264 มีประสิทธิภาพการเข้ารหัสสูงกว่ามาตรฐานที่เคยมีและสามารถใช้ H.264 แทนได้แบบมีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีกว่า ซึ่งถ้าทำการเปรียบเทียบของ MPEG-2 กับ H.264 ให้คุณภาพที่เท่ากันแต่พื้นที่ในการจัดเก็บต่างกันหนึ่งส่วนสามถึงหนึ่งส่วนสองของ MPEG-2 บิตเรต (Bit rate)



ภาพประกอบ2-1 กระบวนการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264

2.1.1 เฟรม (Frames)

วิดีโอ มีลักษณะการส่งสัญญาณภาพเคลื่อนไหวพร้อมเสียง สัญญาณภาพที่ส่งมีลักษณะเป็น เฟรม (หนึ่งเฟรมเท่ากับหนึ่งภาพ) ซึ่งในหนึ่งไฟล์วิดีโอนั้นจะประกอบไปด้วยภาพหลายๆภาพ หรือเฟรมหลายๆเฟรม มาเรียงต่อกันกันเป็นไฟล์วิดีโอ



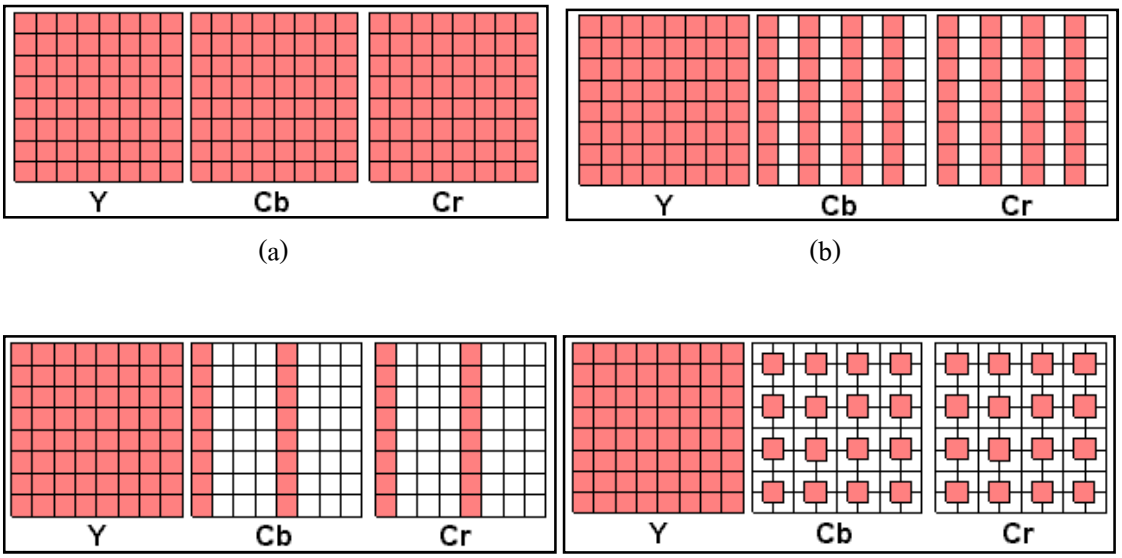
ภาพประกอบ2-2 การแบ่งย่อยของข้อมูลวิดีโอ

2.1.2. การนำเสนอค่าความสว่างและค่าสี (Color Space)

YCbCr เป็นหนึ่งในระบบสัญญาณสีที่นำมาใช้ในระบบภาพดิจิตอลขององค์ประกอบของวีดีโอ (Video Component) ซึ่งอีกระบบคือ RGB ความแตกต่างระหว่าง YCbCr กับ RGB ก็คือ YCbCr แสดงภาพโดยใช้สัญญาณความสว่างและสัญญาณความต่างสี (Color Difference) อีกสองสัญญาณ ส่วน RGB แสดงภาพด้วยสัญญาณสีแดง เขียว และน้ำเงิน ส่วนกระบวนการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264 นั้น จะใช้การนำเสนอค่าความสว่างและค่าสีแบบ YCbCr โดยตัวอักษร Y มาจากค่าความสว่าง (Luminance) ส่วนตัวอักษร Cb และ Cr คือค่าสี (Chrominance) โดย Cb คือสีน้ำเงินที่ตัดค่าความสว่างออกไป (B-Y) และ Cr คือสีแดงที่ตัดค่าความสว่างออกไป (R-Y) สัญญาณ YCbCr เป็นสัญญาณชนิดดิจิตอล เนื่องจากความสามารถในการรับรู้สีของระบบประสาทการมองเห็นของมนุษย์มีน้อยกว่าความสามารถในการรับรู้แสง ดังนั้นจึงสามารถกำหนดให้จำนวนบิตต่อจุดภาพของ องค์ประกอบของค่าสี (Chrominance Component) น้อยกว่าจำนวนบิตต่อจุดภาพขององค์ประกอบของค่า (Luminance Component) ได้ โดยกำหนดให้มีข้อมูลขององค์ประกอบของค่าสี เฉพาะในบางจุดภาพ วิธีการนี้เรียกว่า “Chroma Subsampling” ซึ่งมีอยู่หลายมาตรฐานด้วยกัน ขึ้นอยู่กับความต้องการความละเอียดของสีในภาพของดิจิตอลวิดีโอนั้น โดยจะกำหนดให้แสดงอยู่ในรูปของ X:X:X (sampling formats) เช่น

- 4:4:4 เป็นรูปแบบเต็มของระบบสีนี้โดยจะสุ่มสัญญาณหรือเก็บข้อมูล ทุก ๆ ค่าไว้ครบ 8 บิต จึงต้องเก็บข้อมูลทั้งหมด 24 บิต ต่อ 1 จุด
- 4:2:2 เป็นการสุ่มสัญญาณค่า Cb และ Cr ในอัตราครึ่งหนึ่งของค่า Y หรือพิกเซล (Pixel) เว้นพิกเซล ในแนวตั้ง ซึ่งเก็บข้อมูลทั้งหมดโดยเฉลี่ย 16 บิตต่อ 1 จุด
- 4:1:1 เป็นการสุ่มสัญญาณค่า Cb และ Cr ในอัตรา 1 ต่อ 4 เทียบกับค่า Y หรือพิกเซล 1 พิกเซลในแนวตั้ง (คอลัมน์แนวตั้ง) และเว้น 3 พิกเซลในแนวตั้ง จึงเก็บข้อมูลทั้งหมดโดยเฉลี่ย 12 บิตต่อ 1 จุด
- 4:2:0 เป็นการสุ่มสัญญาณค่า Cb และ Cr ในอัตรา 1 ต่อ 4 เทียบกับค่า Y เช่นเดียวกับแบบ 4:1:1 ซึ่งค่า 2:0 ช่วงท้ายไม่ได้หมายความว่าไม่มีการเก็บค่า Cr แต่เพื่อบอกถึงความแตกต่างของวิธีการสุ่มค่าระหว่าง 2 แบบนี้ ตามปกติ 3 แบบข้างต้นจะใช้วิธีสุ่มค่า Cb, Cr พร้อมกับการสุ่มค่า Y ซึ่งในกรณีของ 4:1:1 จะทำให้อัตราการสุ่มตามแนวตั้งมากกว่าแนวนอนเป็นสัดส่วน 4:1:1 ภาพจะขาดความสมดุล แต่ 4:2:0 จะใช้วิธีสุ่มค่าในอัตราครึ่งหนึ่งทั้งแนวตั้งและแนวนอน รวมทั้งใช้การเฉลี่ยสี (filtering) แบบ

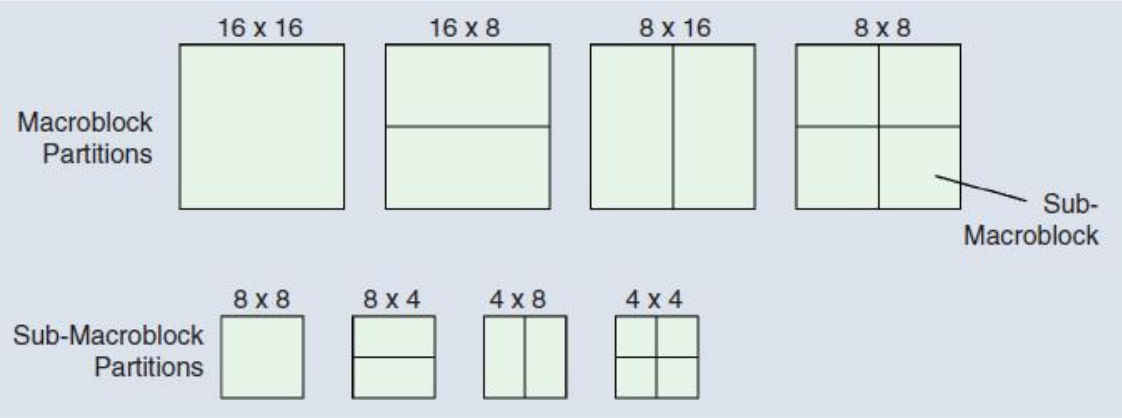
สอดแทรก (Interpolate) ระหว่าง 2 จุด หรือมากกว่าแทนที่จะใช้จุดเดียวกับการสุ่มค่า Y ทำให้ภาพที่ได้มีคุณภาพดีกว่า แต่ก็ต้องอาศัยความสามารถฮาร์ดแวร์มากกว่าด้วย



ภาพประกอบ2-3 การนำเสนอค่าความสว่างและค่าสี (a) แบบ 4:4:4 (b) แบบ 4:2:2 (c) แบบ 4:1:1 (d) แบบ 4:2:0

2.1.3. มาโครบล็อก (Macroblock)

เนื่องจากภาพแต่ละภาพเกิดจากพิกเซลหลายๆพิกเซลมารวมกัน การจัดเก็บพิกเซลทั้งหมดของภาพในครั้งเดียวนั้นจะมีความซับซ้อนและเสียเวลามากในทางปฏิบัติ จึงได้แบ่งภาพออกเป็นบล็อก โดยบล็อกสี่เหลี่ยมที่มีขนาด 16X16 พิกเซล สำหรับสัญญาณความสว่าง (Y:Luma) และบล็อกขนาด 8X8 พิกเซล สำหรับสัญญาณสี (Chroma) ซึ่งการแบ่งเป็นบล็อกเหล่านี้เรียกว่า มาโครบล็อก (Macroblock) โดยหนึ่งมาโครบล็อก สามารถเข้ารหัสเป็น หนึ่ง 16X16, สอง 16X8, สอง 8X16 หรือ สี่ 8X8 บล็อก โดยในแต่ละบล็อกของ 8X8 สามารถเข้ารหัสเป็น หนึ่ง 8X8, สอง 4X8, สอง 8X4 หรือ 4X4 บล็อก นอกจากนี้กลุ่มของมาโครบล็อกที่นำมาเรียงต่อกัน จะเรียกว่า สไลค์ (Slice) ซึ่งสามารถใช้แทนซับเซตของภาพได้



ภาพประกอบ2-4 มาโครบล็อกขนาดต่างๆ

2.1.4. กลุ่มของข้อมูลรูปภาพ (Group of Picture (GOP))

เป็นกลุ่มของข้อมูลรูปภาพที่มีหลายๆเฟรม ชนิดของรูปภาพแบ่งตามลักษณะของการเข้ารหัส สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ได้แก่ I, P และ B โดยจะเริ่มด้วย I – Frames แล้วตามด้วย P – Frames ตรงกลางจะเรียกว่า B – Frames ซึ่งจะมีจำนวน I, P, B มากหรือน้อยแล้วแต่ข้อมูลสัญญาณภาพนั้นๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) I - Frames (Intra Frames)

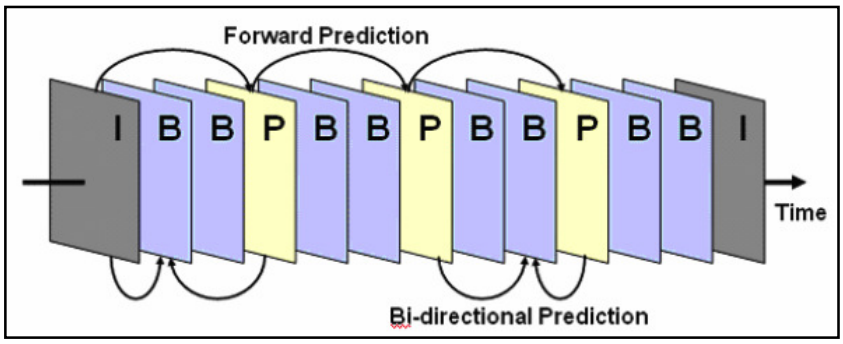
เป็นภาพที่เข้ารหัสโดยไม่ต้องอาศัยข้อมูลจากเฟรมอื่น ดังนั้นลำดับภาพของเฟรมแรกจะเป็นภาพแบบ I เสมอ โดยจะมีการบีบอัดภายในเฟรมแบบ I เสมอ โดยเป็นเฟรมที่ถูกบีบอัดภายในเฟรมภาพแบบ I จะถูกส่งทุกๆ ครึ่งวินาทีมีอัตราการบีบอัดข้อมูลต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับภาพทั้งสามแบบ

2) P - Frames (Predicted Frames)

เป็นภาพที่เข้ารหัสโดยอาศัยข้อมูลของเฟรมก่อนหน้าเท่านั้น และสามารถถอดรหัสโดยอาศัยข้อมูลของเฟรมก่อนหน้า ซึ่งเรียกว่า “เฟรมอ้างอิง” อาจจะเป็น I หรือ P เฟรม ก็ได้ สำหรับการอ้างอิงถึงข้อมูลของเฟรมอ้างอิงต้องระบุเวกเตอร์การเคลื่อนที่มาด้วย ผลของการบีบอัดภาพแบบ P มีขนาดประมาณร้อยละ 30 ถึง 50 ของเฟรมแบบ I

3) B – Frames (Bidirectional Predicted Frames)

เป็นภาพที่เข้ารหัสและถอดรหัสโดยอาศัยข้อมูลทั้งจาก ข้อมูลก่อนหน้า และข้อมูลถัดไปรวมกับเวกเตอร์การเคลื่อนที่ของเฟรมดังกล่าวทั้งสองเฟรม โดยละเลยค่าความเพี้ยนของภาพที่ได้จากการประมาณ ดังนั้นเฟรมชนิดนี้จะไม่ใช้เป็นเฟรมอ้างอิง ซึ่งจะทำให้ภาพชนิดนี้ให้การบีบอัดข้อมูลสูงสุด กล่าวคือ มีขนาดเหลือเพียงร้อยละ 15 ถึง 25 ของเฟรมแบบ I เท่านั้น



ภาพประกอบ2-5 I, P, B – Frames และทิศทางการอ้างอิงข้อมูล

2.1.5. การแปลงสัญญาณข้อมูลและการควอนไทซ์ (Transform and Quantization)

สำหรับมาตรการบีบอัดข้อมูลแบบ H.264 ใช้การแปลงสัญญาณข้อมูลแบบจำนวนเต็ม (Integer Transform) โดยการแปลงสัญญาณข้อมูลแบบจำนวนเต็มจะใช้พื้นฐานการแปลงแบบ DCT

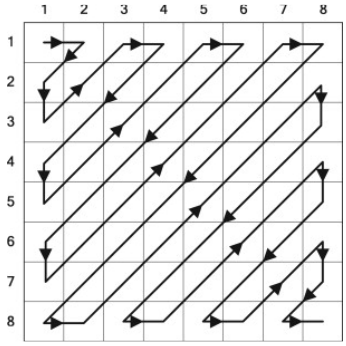
(Discrete Cosine Transform) ซึ่งสามารถนำมาทำการประยุกต์ใช้งานทางด้านการประมวลผลสัญญาณและการประมวลผลภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเข้ารหัสแบบแปลงสัญญาณ (Transform Coding) เพื่อการบีบอัดข้อมูลแบบมีการสูญเสีย ทั้งตามมาตรฐานการบีบอัดภาพนิ่ง และมาตรฐานการบีบอัดภาพเคลื่อนไหวโดยกระบวนการแปลงสัญญาณข้อมูลนั้น จะทำการแปลงสัญญาณข้อมูลจากสัญญาณข้อมูลเชิงรูปภาพ (Spatial Domain) ให้อยู่ในรูปของสัญญาณข้อมูลเชิงความถี่ (Frequency Domain) แล้วจึงนำค่าสัญญาณความถี่ที่ได้จากการแปลงสัญญาณมาทำการเรียงค่าความถี่ใหม่

สมการที่ใช้ในการแปลงสัญญาณข้อมูลเชิงรูปภาพ ไปเป็นสัญญาณข้อมูลเชิงความถี่ ด้วยวิธีการแปลงสัญญาณของ DCT จะมีรูปแบบสมการที่ใช้เป็นดังนี้

$$g(x, y, u, v) = h(u, v, x, y) = \alpha(u)\alpha(v)\cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \qquad (2.1)$$

นอกจากสมการข้างต้นจะเป็นสมการที่ใช้ในการแปลงสัญญาณข้อมูลเชิงรูปภาพให้เป็นสัญญาณข้อมูลเชิงความถี่ ได้แล้ว ยังสามารถใช้สมการเดียวกันนี้ ในการแปลงสัญญาณข้อมูลเชิงความถี่ที่ถูกแปลงไปแล้วก่อนหน้าให้กลับคืนเป็นสัญญาณข้อมูลเชิงรูปภาพ เหมือนเดิมได้อีกด้วย ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการแปลงสัญญาณจะอยู่ในรูปของค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณแบบ DCT นั้นจะประกอบไปด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสิ้น 64 ค่าสัมประสิทธิ์ โดยจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ DC 1 ค่า และค่าสัมประสิทธิ์ AC 63 ค่า นอกจากนี้การแปลงสัญญาณแบบ DCT ยังมีคุณสมบัติที่เรียกว่า Energy Compaction ที่ดี คือสามารถทำการบีบอัดพลังงานส่วนใหญ่ของสัญญาณไปไว้ในย่านสัมประสิทธิ์ต่ำในโดเมนของการแปลง

สำหรับกระบวนการควอนไทซ์ นั้นเป็นวิธีการลดจำนวนบิตที่ใช้ในการจัดเก็บค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณ มาทำการเรียงค่าใหม่ ในรูปแบบที่เรียกว่า ซิกแซ็ก (Zigzag Scan) โดยจะนำค่าสัมประสิทธิ์ที่สำคัญและมีค่าสูงไว้บริเวณมุมบนซ้ายเสมอ



ภาพประกอบ2-6 รูปการเรียงค่าสัมประสิทธิ์แบบซิกแซ็ก (Zigzag Scan Pattern)

2.1.6. การเข้ารหัสเอ็นโทรปี (Entropy Encoding)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264 ซึ่งเป็นกระบวนการบีบอัดข้อมูลที่ไม่มีการสูญหาย (Lossless) ซึ่งการเข้ารหัสเอ็นโทรปีจะแตกต่างกันเล็กน้อยในแต่ละมาตรฐาน ในมาตรฐานการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264 นั้นจะสนับสนุนการเข้ารหัสเอ็นโทรปี 2 แบบด้วยกัน โดยแบบแรก คือ การเข้ารหัสเอ็นโทรปีแบบ CAVALC (Context-Adaptive Variable Length Coding) และอีกวิธีคือ การเข้ารหัสเอ็นโทรปีแบบ CABAC (Context-Adaptive Binary Coding)

2.2. กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ (Video Scrambling)

สำหรับในส่วนของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังข้อมูลวัตถุเคลื่อนไหวในระบบเฝ้าระวังด้วยกล้องวงจรปิดนั้น จะใช้เทคนิคในการรบกวนสัญญาณที่สนใจ 2 แบบด้วยกัน คือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ (Inverse Sign Bit Coefficients) และเทคนิคการรบกวนสัญญาณที่ได้ทำการประยุกต์จากรูปแบบของเปียโน (Peano-Space Filling Technique)

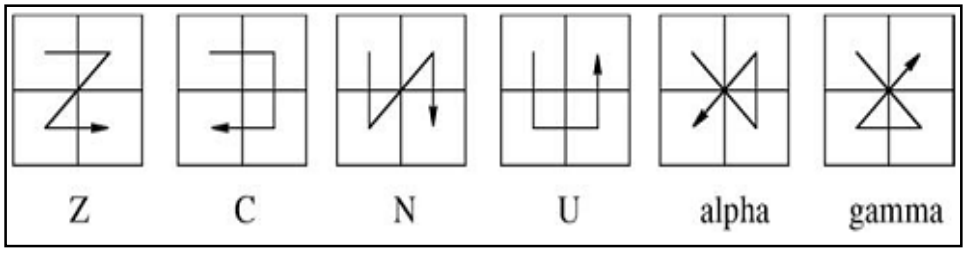
2.2.1 เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ (Invert Sign Bit Coefficients)

สำหรับเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้น จะทำโดยการนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงจากการแปลงสัญญาณจากข้อมูลเชิงรูปภาพ ไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่อยู่ในเชิงความถี่ โดยใช้เทคนิคการแปลงสัญญาณแบบ DCT ซึ่งเทคนิคนี้จะกระทำโดยการแบ่งภาพออกเป็นบล็อกขนาดเล็กๆขนาด 8x8 พิกเซล ที่มีข้อมูลของภาพเป็น ค่าความสว่าง (Luminance (Y)) และข้อมูลความต่างสี

(Color Difference (Cb / Cr)) ดังนั้นแต่ละชุดข้อมูลย่อยอีก 64 ชุดข้อมูล ซึ่งก็คือค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสิ้น 64 ค่า โดยใน 64 ค่าสัมประสิทธิ์นั้น จะประกอบไปด้วย 63 ค่าสัมประสิทธิ์ของ AC และ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของ DC หลังจากได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องการแล้วจึงทำการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์เหล่านั้น โดยถ้าค่าสัมประสิทธิ์นั้นมีค่าเป็นบวกก็จะทำการสลับค่าสัมประสิทธิ์นั้นให้เป็นค่าลบ แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์นั้นเป็นค่าลบก็จะทำการสลับค่าสัมประสิทธิ์นั้นให้เป็นค่าบวก โดยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์นั้น จะทำการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของทุกค่าสัมประสิทธิ์ ที่ได้จากการแปลงสัญญาณ

2.2.2 เทคนิคการเรียงค่าตามรูปแบบของเปียโน (Peano Space-Filling Curve)

เทคนิคของเปียโนนั้น คือเส้นโค้งที่มีช่วงที่ภายในประกอบด้วยหน่วยสี่เหลี่ยมขนาดสองมิติ (2-Dimensional Unit square) หรือลูกบาศก์ขนาด N มิติ (Hypercube) ซึ่งเส้นโค้งเหล่านั้นจะเรียงต่อเนื่องกันและไม่มีเกณฑ์ตายตัวที่เกี่ยวกับการกำหนดจุดในหนึ่งหน่วยลูกบาศก์ของการเพิ่มขึ้นของตัวแปร โดยเทคนิคของเปียโนนั้นได้ถูกค้นพบโดย Guiseppe Peano (1858-1932) ซึ่ง space-filling curve ในสองมิตินั้นจะถูกเรียกว่า Peano Curves ซึ่งความจริงแล้วรูปแบบของเทคนิคของเปียโนนั้นมีเพียงแค่รูปแบบเดียวคือ ยู (U) ที่มีความต่อเนื่องกันแต่สำหรับรูปแบบที่นำมาประยุกต์ใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอนั้น จะเป็นในส่วนของเทคนิค ที่เรียกว่าเทคนิคของ Hilbert ซึ่งเป็นการนำเทคนิคของเปียโนมาทำการประยุกต์ใช้ให้เกิดรูปแบบต่างๆ ตามความน่าจะเป็น ซึ่งทำให้ได้รูปแบบที่นำมาใช้นั้นมีมากกว่าหนึ่งรูปแบบ



ภาพประกอบ 2-7 รูปแบบพื้นฐานที่ได้จากการประยุกต์เทคนิคของเปียโน

จากภาพประกอบ 2-7 จะเห็นว่าจากความน่าจะเป็นที่ได้ทำการประยุกต์ รูปแบบของเทคนิคของเปียโน จะทำให้ได้ความน่าจะเป็นของรูปแบบเทคนิคของเปียโนเป็น 6 แบบด้วยกันคือ รูปแบบแซด (Z) รูปแบบซี (C) รูปแบบเอ็น (N) รูปแบบยู (U) รูปแบบแอลฟ่า (Alpha) และรูปแบบแกมมา (Gamma) ซึ่งทั้ง 6 รูปแบบนั้นได้ทำการประยุกต์มาจากความน่าจะเป็นของเทคนิคของเปียโน นอกจากนี้เทคนิคของเปียโนนั้นได้ถูกนำประยุกต์ใช้ในส่วนของ การคำนวณทางคณิตศาสตร์ของพื้นที่ของการเติมเต็มส่วนของเส้นโค้งมีการทำการลดขนาดของมิติ โดย Butz เมื่อ ค.ศ. 1968 โดยได้ทำการเขียนโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ได้มีการทำดัชนีฐานข้อมูลของข้อมูลหลายมิติที่ได้ทำการประยุกต์จากเทคนิคของเปียโนโดย Lawder เมื่อ ค.ศ. 2000 และ Zhu ได้ทำการประยุกต์เทคนิคของเปียโนในการทำคลื่นความถี่ของวิทยุอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อ ค.ศ. 2003

สำหรับในส่วนของ กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคที่ทำการประยุกต์จากเทคนิคของเปียโนนั้น จะใช้รูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์จากรูปแบบของเทคนิคของเปียโน ทั้ง 6 รูปแบบ มาทำการประยุกต์ใช้ในส่วนของกระบวนการของการบีบอัดข้อมูลไฟล์วิดีโอแบบ H.264 ในขั้นตอนของการทำมาโครบล็อก ซึ่งจะอธิบายโดยละเอียดในบทถัดไป

2.3. การวัดและการประเมินผล

ในส่วนของการวัดและการประเมินผลนั้น ได้ใช้มาตรฐานการวัดคุณภาพของรูปภาพ ที่เรียกว่า PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) ซึ่งวิธีการของ PSNR นั้นเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพ โดยจะทำการเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับ ถ้าค่า PSNR ที่ได้มีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของภาพที่ได้ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ สำหรับสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า PSNR มีดังนี้

$$PSNR = 20\log_{10}\left[\frac{b}{RMSE}\right] \tag{2.2}$$

เมื่อตัวแปร b คือค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของพิกเซลในภาพ ในที่นี้ก็คือค่าสูงสุดที่ข้อมูลขนาด 8 บิต สามารถแสดงได้ นั่นคือ 255 (คิดในกรณีของรูปภาพแบบ grayscale) หรือ สามารถแทนค่า b ได้เป็น $b = 255^2$ สำหรับค่า Root Mean Square Error (RMSE) และค่า Mean Square Error (MSE) สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$RMSE = \sqrt{MSE} \tag{2.3}$$

$$MSE = \frac{1}{N} x\left(SUM_{ij} \mid Org_{ij} - Wmk_{ij} \mid^2\right) \quad (2.4)$$

เมื่อ Org_{ij} คือค่าพิกเซลของภาพต้นฉบับ Wmk_{ij} คือค่าพิกเซลของภาพที่ทำการรบกวนสัญญาณแล้ว และ N คือจำนวนพิกเซลทั้งหมดภายในภาพที่ได้มาจากผลคูณระหว่างขนาดพิกเซลทางกว้างและขนาดพิกเซลทางยาว ค่า PSNR นี้จะมีค่าสูงเมื่อผลของการเปรียบเทียบระหว่างภาพทั้งสองมีความใกล้เคียงกันมาก ในทางกลับกัน หาก PSNR ที่ได้มีค่าต่ำ แสดงว่าภาพที่นำมาเปรียบเทียบกันมีความแตกต่างกันมากนั่นเอง ซึ่งในบางครั้งนั้นค่าของ PSNR ที่ได้อาจจะดูขัดแย้งกับผลลัพธ์ที่เกิดจากการมองเห็น

2.4. สรุป

เนื้อหาภายในบทนี้ได้กล่าวถึงกระบวนการ เทคนิค และทฤษฎีด้านการบีบอัดไฟล์วิดีโอด้วยคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งโดยกระบวนการหลักๆนั้น จะประกอบไปด้วย 2 กระบวนการด้วยกันคือ กระบวนการแรก จะเป็นการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264 ซึ่งในกระบวนการนี้จะถูกนำไปใช้ในส่วนการของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 และ กระบวนการที่สอง เป็นกระบวนการของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ สำหรับการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ จะมีสองวิธีด้วยกัน คือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมาย และเทคนิคการการรบกวนสัญญาณที่ได้ทำการประยุกต์จากเทคนิคของเปียโน สำหรับเทคนิคการรบกวนสัญญาณที่ได้จากการทำการประยุกต์จากเทคนิคของเปียโนนี้ จะเป็นการนำรูปแบบที่ได้จากการประยุกต์จากเทคนิคของเปียโน ทั้งสิ้น 6 รูปแบบด้วยกัน มาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอในขั้นตอนของการทำมาโครบล๊อก และนอกจากนี้ในบทนี้ยังได้กล่าวถึงวิธีการวัดและการประเมินผลของงานวิจัยอีกด้วย สำหรับรายละเอียดในส่วนของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอนั้น จะนำเสนอรายละเอียดในบทถัดไป

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนาระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของกระบวนการโดยรวมของเทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว ในระบบรักษาความปลอดภัยและเฝ้าระวัง รวมทั้งกระบวนการต่างๆ ที่ได้ประยุกต์ใช้และวิธีการที่ได้นำเสนอ สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นการพัฒนารูปแบบและเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวในภาพวิดีโอ ซึ่งระบบโดยรวมจะประกอบไปด้วย 2 ระบบ ด้วยกันคือ

1) ระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากการกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยในระบบนี้ก็จะประกอบไปด้วย 3 เทคนิค ที่นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ คือ

1.1. เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (Macroblock Intensity Shift Technique)

1.2. เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macrolock Swap Technique Using Peano Scan)

1.3. เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Intensity Shift Technique Using Peano Scan)

2) ระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ สำหรับในระบบนี้ก็จะประกอบไปด้วย 3 เทคนิค ที่ได้นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ คือ

2.1. เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (Macroblock Coefficients Inverse Technique)

2.2. เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macrolock Coefficients Swap Technique Using Peano Scan)

2.3. เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Coefficients Inverse Technique Using Peano Scan)

สำหรับเทคนิคในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่ได้จากการประยุกต์ใช้รูปแบบของเทคนิคเปียโนนั้น จะประกอบไปด้วย 6 รูปแบบด้วยกัน ดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ในบทที่ 2

(ภาพประกอบ 2-7) สำหรับภาพวิดีโอภาพวิดีโอที่ถูกทำการรบกวนสัญญาณนั้น บุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต หรือบุคคลที่ไม่รู้รหัส (Key) ในการรบกวนสัญญาณ จะเห็นสัญญาณภาพวิดีโอที่ถูกรบกวน สำหรับการจะถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่ถูกรบกวนนั้นจะต้องเป็นบุคคลที่ได้รับอนุญาต หรือบุคคลที่รู้รหัสในการกวนสัญญาณภาพวิดีโอ จึงจะสามารถกู้ข้อมูลหรือทำการถอดสัญญาณภาพที่ถูกรบกวนได้

สำหรับโครงสร้างโดยรวมของระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 3-1 และสำหรับโครงสร้างโดยรวมของระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 3-8 ส่วนรายละเอียดของโครงสร้างของแต่ละระบบนั้นจะอธิบายรายละเอียดในส่วนถัดไป

3.1. ระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

สำหรับรายละเอียดของระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 3-1 ซึ่งจะอธิบายถึงกระบวนการทำงานต่างๆของระบบโดยรวม ซึ่งภาพรวมของระบบ จะประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอนด้วยกัน ได้แก่

1) ขั้นตอนของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอ (Scrambling Technique) ซึ่งในส่วนของขั้นตอนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวนั้น ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอเทคนิคการรบกวนสัญญาณวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอทั้งสิ้น 3 เทคนิคด้วยกัน คือ

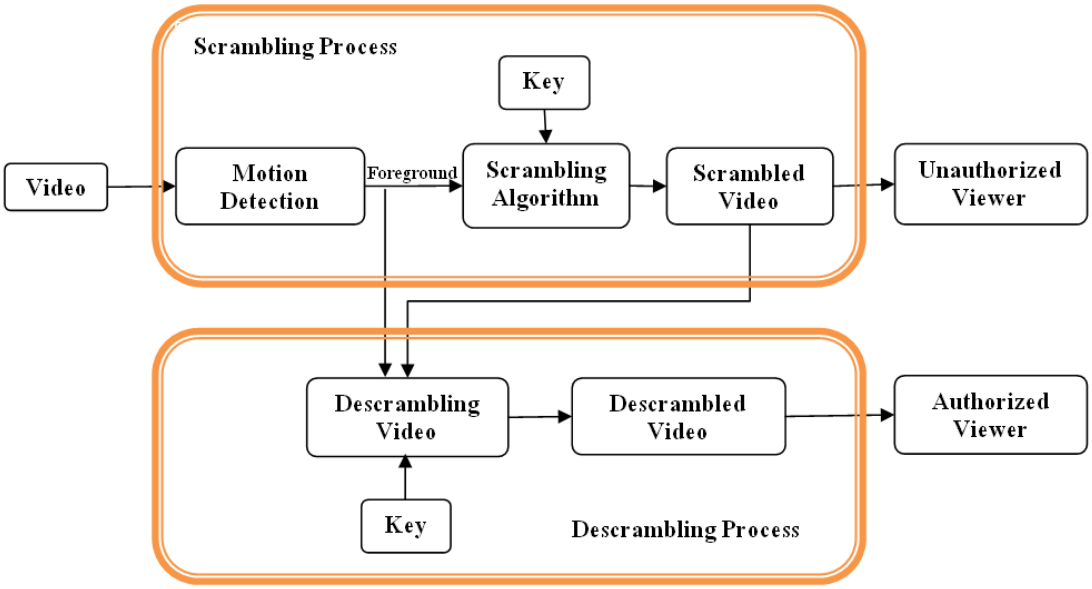
1.1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก

1.2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

1.3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน

2) ขั้นตอนของการถอดสัญญาณภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวที่ถูกรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ (Descrambling Technique) ซึ่งในส่วนของขั้นตอนของการถอดสัญญาณภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวที่ถูกรบกวนสัญญาณในภาพวิดีโอนั้น ก็จะใช้เทคนิคเดียวกับเทคนิคที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้ แต่จะกระทำในลักษณะผกผันกันกับกระบวนการรบกวนสัญญาณ

สำหรับรายละเอียดของทั้งสองการทดสอบหลัก ของการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอนั้น โดยเทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ จะนำเสนอในหัวข้อ 3.1.2.1. และสำหรับเทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ จะนำเสนอในหัวข้อ 3.1.2.2.



ภาพประกอบ 3-1 ระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

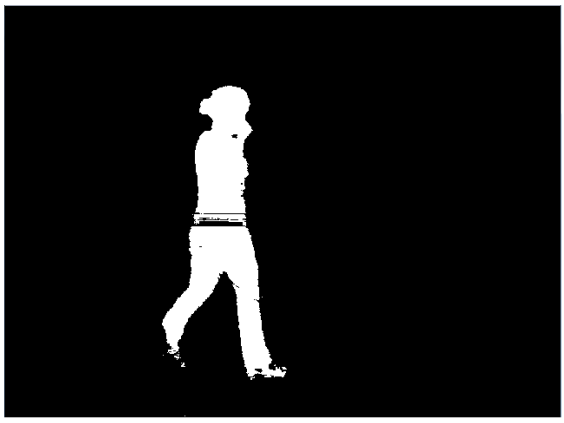
3.1.1. กระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว (Motion Detection)

ในส่วนนี้จะเป็นการหาบริเวณวัตถุเคลื่อนไหวจากไฟล์วิดีโอที่ได้จากกล้องหรือไฟล์วิดีโอ โดยใช้เทคนิคการลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction) โดยในกระบวนการหาวัตถุเคลื่อนไหวคือ การนำเอาภาพที่ต้องการวิเคราะห์มาหาความแตกต่างกับพื้นหลัง ซึ่งสามารถหาได้หลายวิธี ได้แก่ การหาความแตกต่างจากเฟรมที่ติดกัน (Frame Differencing) การหาพื้นหลังด้วยค่าเฉลี่ย (Average Background) และการหาพื้นหลังด้วยค่าเฉลี่ยแบบเลือกพื้นที่ (Average Background with Selectivity) ซึ่งก่อนจะทำการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวนั้นก็จะทำการแปลงให้เป็นภาพระดับเทา (Gray Scale) สำหรับในงานวิจัยชิ้นนี้ จะใช้วิธีการตรวจจับวัตถุที่เรียกว่า การหาพื้นหลังด้วยค่าเฉลี่ย ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่ให้ผลลัพธ์ค่อนข้างดีและมีความเร็วในการทำงานสูง ซึ่งภาพพื้นหลังจะสามารถหาได้โดยการใช้หลักการของการนำเฟรมจำนวน n เฟรม มาทำการหาค่าเฉลี่ย (Average) หรือค่ากลาง (Median)

ซึ่งเมื่อนำเฟรมที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยนี้ มาหาค่าความแตกต่างกับเฟรมภาพที่ต้องการวิเคราะห์ ก็จะได้วัตถุที่สนใจ อย่างไรก็ตาม การใช้วิธีนี้จำเป็นที่จะต้องใช้หน่วยความจำเป็นจำนวนมาก (n x จำนวนหน่วยความจำของหนึ่งเฟรม) ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยการประมาณค่าเฉลี่ยโดยการใช้ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) มาช่วยในการคำนวณ ซึ่งจะได้ภาพพื้นหลังแบบไม่เลือกพื้นที่ (Without Selectivity) โดยมีสมการในการคำนวณหาดังนี้

$$B_{i+1} = \alpha * F_i + (1-\alpha) * B_i \qquad (3\text{-}1)$$

จากสมการที่ (3-1) จะพบว่าข้อมูลหลายๆเฟรม จะไม่ถูกนำมาเก็บไว้ในหน่วยความจำอีกต่อไป โดยการคำนวณจะใช้หน่วยความจำเพียงสามเฟรมเท่านั้น ได้แก่เฟรมพื้นหลังล่าสุด (B_i) เฟรมพื้นหลังปัจจุบัน (B_{i+1}) และเฟรมของวัตถุสนใจล่าสุด (F_i) ในขณะที่ α คือค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) โดยปกติแล้วมีค่าเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่า จะกำหนดค่าความเข้มของเฟรมพื้นหลังปัจจุบันจะเท่ากับ การนำเอาค่าความเข้มแสงจำนวน 95% จากเฟรมพื้นหลังก่อนหน้านั้น และอีก 5% จากข้อมูลค่าเฟรมใหม่ที่เข้ามา ค่าอัตราการเรียนรู้ จะมีความสำคัญต่อการประมาณค่าพื้นหลังอย่างมาก ซึ่งหากมีค่าน้อย หมายความว่า ภาพพื้นหลังจะมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนแต่จะทำให้ไม่สามารถปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของพื้นที่ๆสนใจได้ เช่น การเกิดฝนตกในทันใด การมีเมฆบังที่ทำให้พื้นที่นั้นมีนั้นมีแสงมากหรือน้อยอย่างปัจจุบันทันด่วน จากภาพประกอบ 3-2 เป็นภาพตัวอย่างของการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว ด้วยวิธี การหาพื้นหลังด้วยค่าเฉลี่ย



ภาพประกอบ 3-2 ตัวอย่างการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว

3.1.2. กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

ในส่วนของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอนั้น สามารถแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบหลัก คือ

1) เทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

2) เทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

สำหรับเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวของทั้งสองการทดสอบนั้น จะประกอบไปด้วยเทคนิคการรบกวนสัญญาณ 3 เทคนิค ดังที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ด้วยกัน ในหัวข้อ 3.1.2.

1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก

2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน

3.1.2.1. เทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอนั้น ในส่วนของเทคนิคที่กระบวนการรบกวนและถอดสัญญานั้น จะมี 3 เทคนิคด้วยกัน ซึ่งได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ใน หัวข้อ 3.1.2 คือ

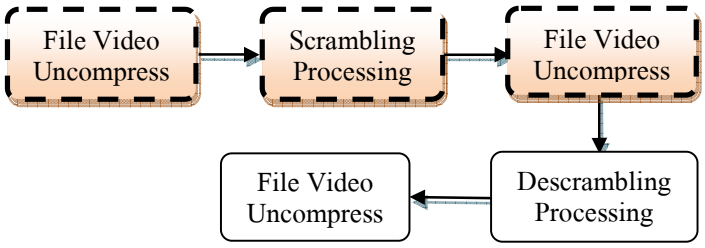
1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก โดยในเทคนิคนี้จะทำการเลื่อน (Shift) ค่าของพิกเซลทุกค่า ที่เป็นบริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวในภาพวิดีโอ

2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน โดยจะทำการสลับตำแหน่งค่าของพิกเซลตามลำดับและตามรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์มาจากเทคนิคเปียโน ซึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการสลับตำแหน่งค่าของพิกเซลนั้นมีด้วยกันทั้งสิ้น 6 รูปแบบด้วยกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 3-3(a)

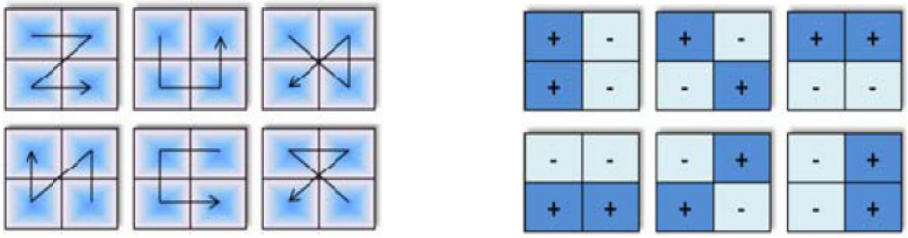
3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน จะทำการเลื่อนค่าของพิกเซลตามตำแหน่งและรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์จากรูปแบบของเทคนิคเปียโน ดังแสดงในภาพประกอบ 3-3(b)

สำหรับกระบวนการโดยรวมของเทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ ได้ถูกแสดงไว้ในภาพประกอบที่ 3-4 นอกจากนี้เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตาม

รูปแบบของเปียโนนั้นทั้ง 2 เทคนิคนี้ ผู้ใช้หรือผู้ที่ทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอนั้น สามารถที่จะกำหนดรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณได้ โดยรูปแบบที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณนั้น จะเป็นรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์มาจากเทคนิคเปียโน ดังแสดงในภาพประกอบ 3-3โดยภาพประกอบ 3-4(a) จะเป็นรูปแบบของเปียโนที่ถูกประยุกต์เพื่อนำมาใช้ในเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบ 3-4(b) จะเป็นรูปแบบของเปียโนที่ถูกประยุกต์เพื่อนำมาใช้ในเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน โดยแต่ละรูปแบบที่จะนำมาทำการรบกวนสัญญาณนั้น จะถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการรบกวนสัญญาณ ในลำดับชั้นของมาโครบลอค (Layers of Macroblock) ซึ่งในการทดสอบนี้ได้กำหนดขนาดของมาโครบล็อกออกเป็น 3 ชั้น (Layers) ด้วยกัน โดยมีขนาดดังต่อไปนี้ มาโครบล็อกขนาด 8x8 มาโครบล็อกขนาด 4x4 และมาโครบล็อกขนาด 2x2 ซึ่งการแบ่งขนาดของมาโครบล็อกเป็นลำดับชั้นนั้นได้ถูกนำเสนอในภาพประกอบ 3-5 จากการแบ่งขนาดของมาโครบล็อกออกเป็น 3 ขนาด จึงทำให้ ผู้ใช้หรือผู้ที่ทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอนั้นจะสามารถกำหนดรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณวิดีโอได้ 3 รูปแบบด้วยกัน

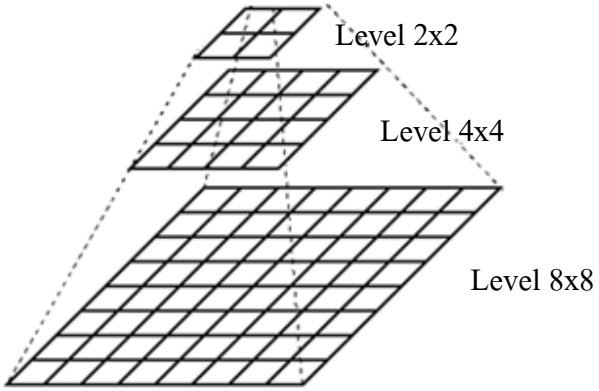


ภาพประกอบ 3-3 กระบวนการโดยรวมของเทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ



(a) Peano Pattern Technique (b) Invert Peano Pattern Technique

ภาพประกอบ 3-4 (a) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (b) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน



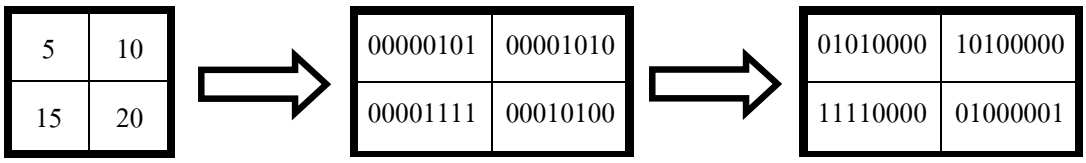
ภาพประกอบ 3-5 การแบ่งขนาดและลำดับชั้นของมาโครบล็อก

จากภาพประกอบ 3-3 บล็อกเส้นประที่อยู่ในแผนภาพ (Diagram) จะเป็นในส่วนของขั้นตอนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ เมื่อเสร็จสิ้นในส่วนของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหว ภาพวิดีโอที่ได้ก็จะถูกนำเสนอให้กับบุคคลที่ไม่มีสิทธิ์ หรือบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต ซึ่งอาจกล่าวได้อีกนัยว่า บุคคลที่ไม่มีรหัสและลำดับที่ถูกต้องของรหัสที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวจะไม่สามารถทำการถอดสัญญาณรบกวนของภาพวิดีโอได้

ตัวอย่างที่1 : การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก

ขั้นตอนที่1 ทำการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว

ขั้นตอนที่2 ทำการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกไปทางซ้ายเป็นจำนวน 4 บิต ณ บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหว



(a) (b) (c)

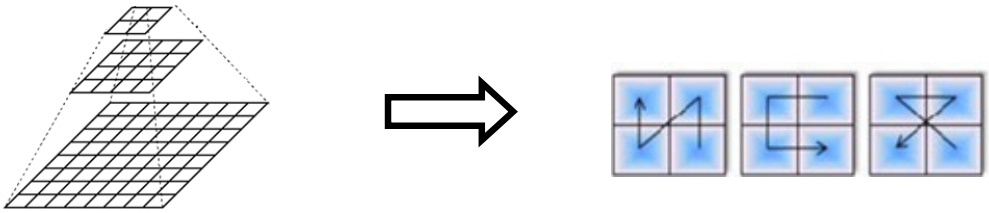
ภาพประกอบ 3-6 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (a) เป็นค่าสีที่เป็นเลขฐานสิบ ณ บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหว (b) ค่าสี ณ บริเวณวัตถุเคลื่อนไหว ที่ได้จากการแปลงค่าสีเป็นเลขฐานสอง(c) ค่าสี ณ บริเวณวัตถุเคลื่อนไหว ที่ได้จากการเลื่อนค่าสีไปทางซ้ายเป็นจำนวน 4 บิต

ตัวอย่างที่2 : การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ขั้นตอนที่1 ทำการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว

ขั้นตอนที่2 ทำการแบ่งขนาดของมาโครบล็อกเป็น 3 ขนาด คือ 8x8, 4x4 และ 2x2

ขั้นตอนที่3 ผู้ใช้กำหนดรูปแบบของเปียโนที่จะนำมาใช้ในเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกเพื่อทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ จำนวน 3 รูปแบบ (ภาพประกอบ 3-4(a))



(a) (b)

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

(c)

37	38	39	40	5	6	7	8
45	46	47	48	13	14	15	16
53	54	55	56	21	22	23	24
61	62	63	64	29	30	31	32
33	34	35	36	1	2	3	4
41	42	43	44	9	10	11	12
49	50	51	52	17	18	19	20
57	58	59	60	25	26	27	28

(d)

1	2	3	4
9	10	11	12
17	18	19	20
25	26	27	28

(e)

3	4	1	2
11	12	9	10
17	18	19	20
25	26	27	28

(f)

3	4
11	12

(g)

4	11
12	3

(h)

ภาพประกอบ 3-7 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งมาโครบล็อกตามรูปแบบปียโน (a) การแบ่งขนาดของมาโครบล็อก (b) รูปแบบของเปียโนที่นำใช้สลับตำแหน่งมาโครบล็อก (c) ค่าสี ณ บริเวณวัตถุเคลื่อนไหว (d) สลับตำแหน่งมาโครบล็อกขนาด 8x8 ด้วยรูปแบบเอ็น (e) ค่าสีของมาโคร บล็อกขนาด 4x4 ก่อนทำการสลับตำแหน่งมาโครบล็อก (f) สลับตำแหน่งมาโครบล็อกขนาด 4x4 ด้วยรูปแบบซี (g) ค่าสีของมาโครบล็อกขนาด 2x2 ก่อนทำการสลับตำแหน่งมาโครบล็อก (h) สลับตำแหน่งมาโครบล็อกขนาด 2x2 ด้วยรูปแบบแกมมา

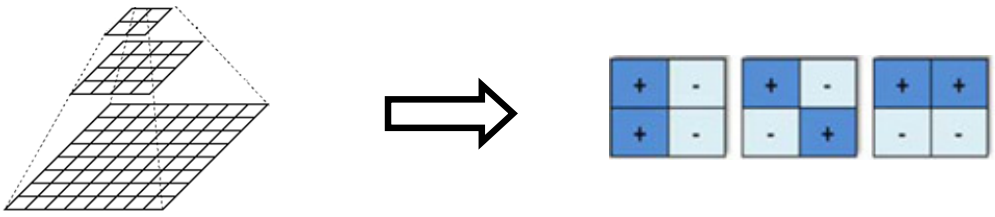
<u>ตัวอย่างที่3</u> : การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ขั้นตอนที่1 ทำการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว

ขั้นตอนที่2 ทำการแบ่งขนาดของมาโครบล็อกเป็น 3 ขนาด คือ 8x8, 4x4 และ 2x2

ขั้นตอนที่3 ผู้ใช้กำหนดรูปแบบของเปียโนที่จะนำมาใช้ในเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (ภาพประกอบ 3-4(b))

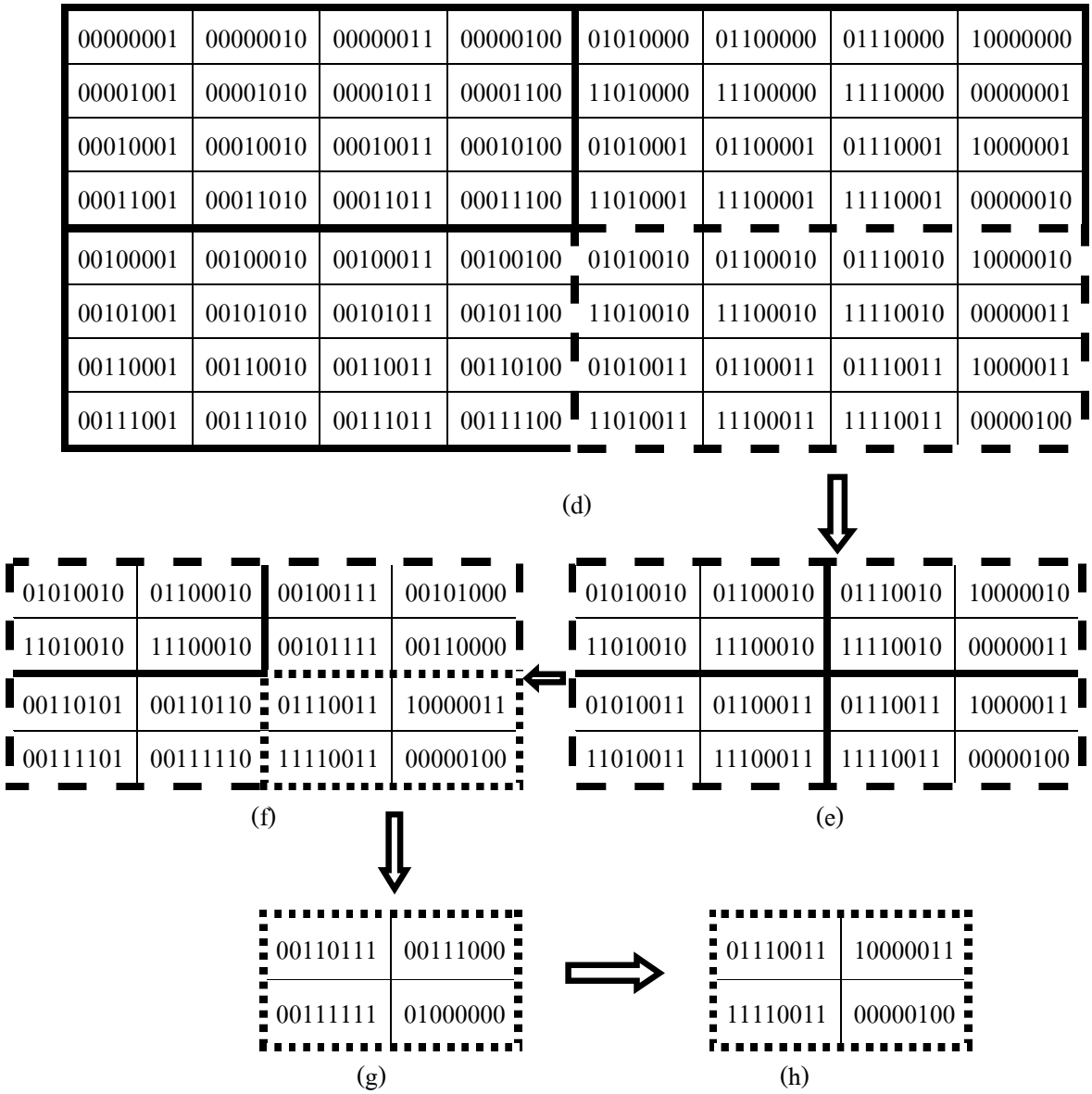
ขั้นตอนที่4 ทำการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกไปทางซ้ายเป็นจำนวน 4 บิต ตามรูปแบบเปียโนที่กำหนด ณ บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหว



(a) (b)

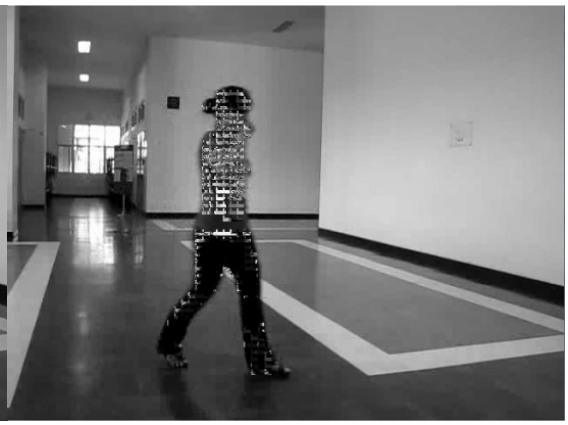
00000001	00000010	00000011	00000100	00000101	00000110	00000111	00001000
00001001	00001010	00001011	00001100	00001101	00001110	00001111	00010000
00010001	00010010	00010011	00010100	00010101	00010110	00010111	00011000
00011001	00011010	00011011	00011100	00011101	00011110	00011111	00100000
00100001	00100010	00100011	00100100	00100101	00100110	00100111	00101000
00101001	00101010	00101011	00101100	00101101	00101110	00101111	00110000
00110001	00110010	00110011	00110100	00110101	00110110	00110111	00111000
00111001	00111010	00111011	00111100	00111101	00111110	00111111	01000000

(c)



ภาพประกอบ 3-8 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก ตามรูปแบบเปียโน (a) การแบ่งขนาดของมาโครบล็อก (b) รูปแบบของเปียโนที่นำใช้สลับตำแหน่งมาโครบล็อก (c) ค่าสี ณ บริเวณวัตถุเคลื่อนไหว (d) สลับตำแหน่งมาโครบล็อกขนาด 8x8 ด้วยรูปแบบเอ็น (e) ค่าสีของมาโคร บล็อกขนาด 4x4 ก่อนทำการสลับตำแหน่งมาโครบล็อก (f) สลับตำแหน่งมาโครบล็อกขนาด 4x4 ด้วยรูปแบบซี (g) ค่าสีของมาโครบล็อกขนาด 2x2 ก่อนทำการสลับตำแหน่งมาโครบล็อก (h) สลับตำแหน่งมาโครบล็อกขนาด 2x2 ด้วยรูปแบบแกมมา

(a)



(b) (c)

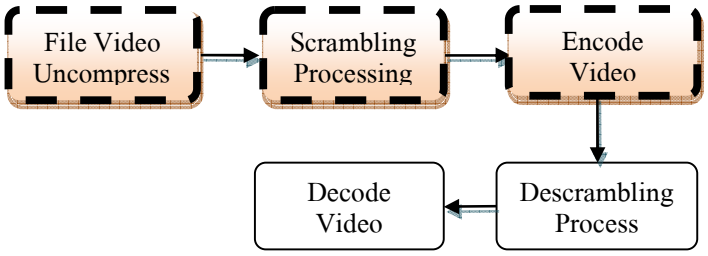
ภาพประกอบ 3-9 ผลลัพธ์ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ (a) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (b) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (c) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

จากภาพประกอบ 3-9 เป็นภาพตัวอย่างผลลัพธ์ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ โดยภาพประกอบ 3-9(a) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบที่ 3-9(b) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบ 3-9(c) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก

3.1.2.2. เทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

สำหรับกระบวนการโดยรวมของเทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ ได้ถูกแสดงไว้ในภาพประกอบที่ 3-10 นอกจากนี้เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโนนั้นทั้ง 2 เทคนิคนี้ ผู้ใช้หรือผู้ที่ทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอนั้น สามารถที่จะกำหนดรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณได้ โดยรูปแบบที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณนั้น จะเป็นรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์มาจากเทคนิคเปียโน ดังแสดงในภาพประกอบ 3-3 ที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้ โดยแต่ละรูปแบบที่จะนำมาทำการรบกวนสัญญาณนั้น จะถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการรบกวนสัญญาณ ในลำดับชั้นของมาโครบลอค ซึ่งในการทดสอบนี้ได้กำหนดขนาดของมาโครบล็อกเป็น 3 ขนาด ด้วยกันคือ มาโครบล็อกขนาด 8x8, 4x4 และ 2x2 (ภาพประกอบ 3-5) ซึ่งจะเห็นว่ากระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอนั้น จะคล้ายคลึงกับกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยกระบวนการทั้งสองจะมีกระบวนการที่ต่างกัน คือ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเรียบร้อยแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ได้แก่ Microsoft RLE, Microsoft Video 1 และ Intel IYUV Codec เป็นต้น สำหรับในการทดสอบนี้ ผู้จัดทำได้สนใจการบีบอัดภาพวิดีโอที่เรียกว่า Microsoft Video 1 เมื่อทำการเลือกรูปแบบที่จะทำการบีบอัดภาพวิดีโอเป็นที่เรียนร้อยแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการบีบอัดไฟล์วิดีโอที่ได้กำหนด ซึ่งเมื่อเสร็จสิ้นในส่วนของกระบวนบีบอัดภาพวิดีโอที่ได้ทำการรบกวนสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวไฟล์วิดีโอแล้ว ภาพวิดีโอที่ถูกบีบอัดก็จะถูกนำเสนอให้กับบุคคลที่ไม่มีสิทธิ์ หรือบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต ซึ่งอาจกล่าวได้อีกนัยว่า บุคคลที่ไม่มีรหัสและลำดับที่ถูกต้องของรหัสที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวจะไม่สามารถทำการดูข้อมูลที่ถูกต้องของไฟล์วิดีโอนั้นๆได้ เช่นเดียวกันกับ กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อ

ปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ ซึ่งกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ ได้ถูกนำเสนอ ดังแสดงในภาพประกอบ 3-10



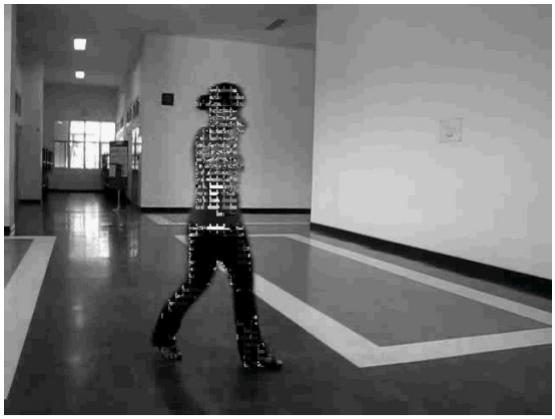
ภาพประกอบ 3-10 กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ

จากภาพประกอบ 3-10 บล็อกเส้นประที่อยู่ในแผนภาพ จะแสดงถึงกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ เมื่อเสร็จสิ้นในส่วนของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหว ภาพวิดีโอที่ได้ก็จะถูกนำเสนอให้กับบุคคลที่ไม่มีสิทธิ์ หรือบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต ซึ่งอาจกล่าวได้อีกนัยว่า บุคคลที่ไม่มีรหัสและลำดับที่ถูกต้องของรหัสที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวจะไม่สามารถทำการถอดสัญญาณรบกวนของภาพวิดีโอได้

จากภาพประกอบ 3-11 เป็นภาพตัวอย่างผลลัพธ์ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ โดยภาพประกอบ 3-11(a) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณโดยใช้เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบที่ 3-11(b) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบ 3-11(c) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

(a)

(b)



(c)

ภาพประกอบ 3-11 ผลลัพธ์ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ (a) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (b) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (c) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

3.1.3. กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

3.1.3.1. กระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวจากภาพวิดีโอที่ถูกรบกวนสัญญาณ

สำหรับขั้นตอนการหาตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอ ที่ผ่านการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวแล้วนั้น จะทำได้โดยการนำภาพวิดีโอที่ได้จากการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหว ที่ได้จากกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ เพื่อมาทำการเปรียบเทียบตำแหน่งของบริเวณที่มีวัตถุเคลื่อนไหวก่อน ซึ่งผลลัพธ์ของภาพวิดีโอที่ของบริเวณที่เป็นวัตถุเคลื่อนไหวนั้นสามารถดูได้จากภาพประกอบ 3-2 ที่ได้นำเสนอไปก่อนหน้านี้แล้ว

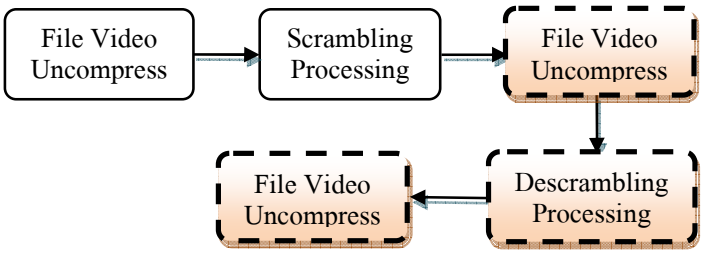
3.1.3.2. กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

3.1.3.2.1. กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

สำหรับขั้นตอนและกระบวนการในการถอดสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวที่ถูกรบกวนสัญญาณในภาพวิดีโอนั้น เมื่อเสร็จสิ้นในส่วนของกระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวแล้ว ก็จะทำให้ทราบบริเวณและตำแหน่งของวัตถุเคลื่อนไหวในเฟรมวิดีโอ เมื่อระบบได้บริเวณและตำแหน่งของวัตถุเคลื่อนไหวมาแล้ว ก็จะเข้าสู่กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอนั้น จะประกอบไปด้วย 3 เทคนิคด้วย คือ

1) เทคนิคการการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (ภาพประกอบ 3-6)
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน (ภาพประกอบ3-7)
3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน (ภาพประกอบ 3-8)

ซึ่งทั้งสามเทคนิคที่ได้กล่าวมานี้เป็นเทคนิคที่นำมาใช้ในส่วนของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ โดยทั้ง 3 เทคนิค ที่นำมาใช้ในการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอนั้นจะกระทำในลักษณะผกผัน (Invert) กับการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ นอกจากนี้ในกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอนั้น ผู้ที่จะทำการถอดสัญญาณภาพวิดีโอจะต้องเป็นผู้ที่รู้รหัสและลำดับของการรบกวนสัญญาณที่ถูกต้องจึงจะทำให้สามารถทำการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอได้



ภาพประกอบ 3-12 กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

จากภาพประกอบ 3-12 โดยบล็อกเส้นประที่อยู่ในแผนภาพ (Diagram) จะเป็นในส่วนของขั้นตอนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ เมื่อเสร็จสิ้นในส่วนของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหว ภาพวิดีโอที่ได้ก็จะถูกนำเสนอให้กับบุคคลที่มีสิทธิ์ หรือบุคคลที่ได้รับอนุญาต ซึ่งอาจกล่าวได้อีกนัยว่า บุคคลที่มีรหัสและลำดับที่ถูกต้องของรหัสที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวจะสามารถทำการถอดสัญญาณรบกวนของภาพวิดีโอได้

จากภาพประกอบ 3-13 เป็นภาพตัวอย่างผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหว แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ โดยภาพประกอบ 3-13(a) เป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน โดยใช้เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบที่ 3-13(b) เป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบ 3-13(c) เป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

(a)

(b)

(c)

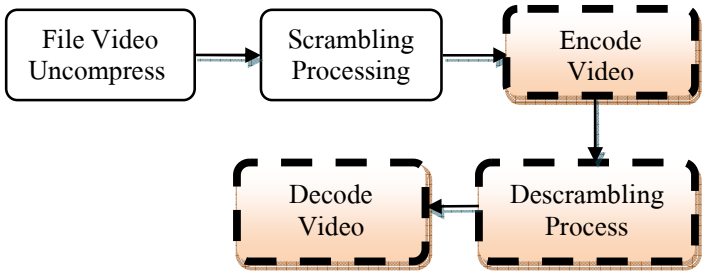
ภาพประกอบ 3-13 ผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ (a) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (b) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (c) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

3.1.3.2.1. กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอนั้น ในส่วนของเทคนิคที่กระบวนการรบกวนและถอดสัญญานั้น จะมี 3 เทคนิคด้วยกัน ซึ่งได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ใน หัวข้อ 3.1 คือ

1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก โดยในเทคนิคนี้จะทำการเลื่อน (Shift) ค่าของพิกเซลทุกค่า ที่เป็นบริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวในภาพวิดีโอ
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน โดยจะทำการสลับตำแหน่งค่าของพิกเซลตามลำดับและตามรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์มาจากเทคนิคเปียโน ซึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการสลับตำแหน่งค่าของพิกเซลนั้นมีด้วยกันทั้งสิ้น 6 รูปแบบด้วยกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 3-4(a)
3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน จะทำการเลื่อนค่าของพิกเซลตามตำแหน่งและรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์จากรูปแบบของเทคนิคเปียโนนั้นมีด้วยกันทั้งสิ้น 6 รูปแบบด้วยกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 3-4(b)

โดยทั้ง 3 เทคนิค ที่นำมาใช้ในการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอนั้นจะกระทำในลักษณะผกผันกับการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ นอกจากนี้ในกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอนั้น ผู้ที่จะทำการถอดสัญญาณภาพวิดีโอจะต้องเป็นผู้ที่รู้รหัสและลำดับของการรบกวนสัญญาณที่ถูกต้องจึงจะทำให้สามารถทำการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอได้



ภาพประกอบ 3-14 กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

จากภาพประกอบ 3-14 เป็นแผนภาพของขั้นตอนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ เมื่อเสร็จสิ้นในส่วนของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหว ภาพวิดีโอที่ได้ก็จะถูกนำเสนอให้กับบุคคลที่มีสิทธิ์ หรือบุคคลที่ได้รับอนุญาต เช่นเดียวกับการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

(a)

(b)

(c)

ภาพประกอบ 3-15 ผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ (a) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (b) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (c) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

จากภาพประกอบ 3-15 เป็นภาพตัวอย่างผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหว แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ โดยภาพประกอบ 3-15(a) เป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน โดยใช้เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบที่ 3-15(b) เป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบ 3-15(c) เป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

3.2. ระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

3.2.1. เทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

ในส่วนนี้จะนำเสนอเทคนิคการรบกวนสัญญาณวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder โดยในงานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอเทคนิคการรบกวนสัญญาณวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอทั้งสิ้น 3 เทคนิคด้วยกัน คือ

1) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (Macroblock Coefficients Inverse Technique)
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Coefficients Swap Technique Using Peano Scan)
3) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน (Macroblock Coefficients Inverse Technique Using Peano Scan)

สำหรับเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณที่ทำการที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder นั้นจะไม่เหมือนกับเทคนิคการรบกวนสัญญาณที่ได้กล่าวมาก่อนหน้า เพราะเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอนี้จะกระทำบนค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกของกลุ่มรูปภาพชนิด P-Frames และ B-frames โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่นำมาทำการรบกวนสัญญาณนั้นได้จากการแปลงสัญญาณเชิงรูปภาพ (Spatial Domain) ไปเป็นสัญญาณเชิงความถี่ (Frequency Domain) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณเชิงรูปภาพไปเป็นสัญญาณเชิงความถี่นั้นก็จะถูกนำมาประยุกต์ใช้กับเทคนิคที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ดังนี้คือ

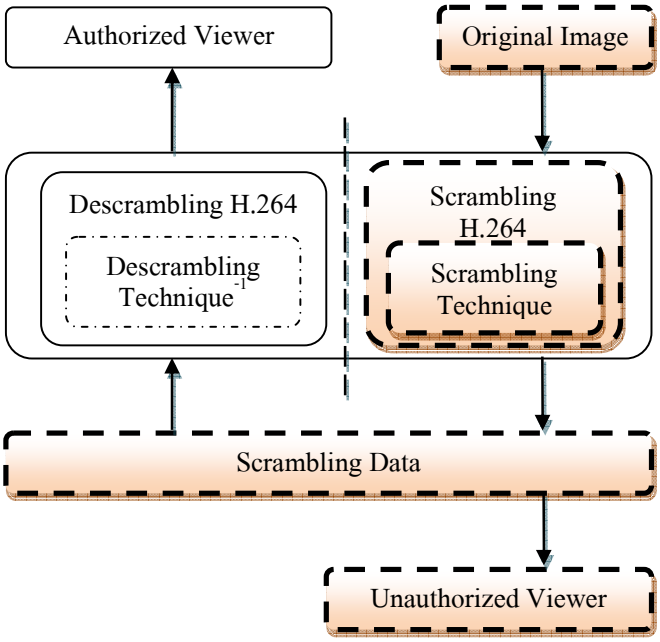
1) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก ในเทคนิคนี้จะทำการสลับค่าเครื่องสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก โดยจะทำการสลับค่าเครื่องหมายของทุกค่าสัมประสิทธิ์ จากค่า

สัมประสิทธิ์เป็นบวกก็จะสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้นให้เป็นลบ และจากค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบก็จะสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้นให้เป็นบวก ณ บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวที่อยู่ในเฟรมวิดีโอ

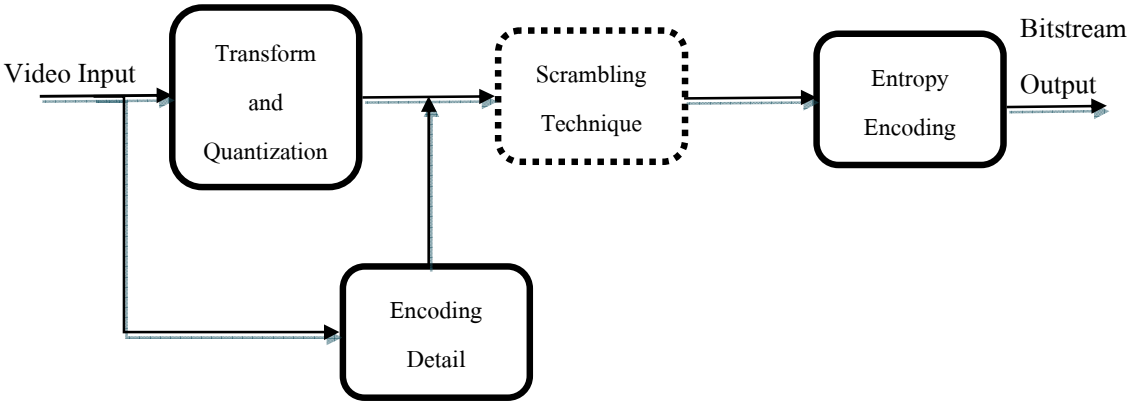
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบ เปียโน สำหรับเทคนิคนี้จะทำการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามที่ได้ทำการประยุกต์มาจากเทคนิคเปียโน ซึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการสลับตำแหน่งค่าของสัมประสิทธิ์นั้นมีด้วยกันทั้งสิ้น 6 รูปแบบด้วยกัน ดังที่ได้แสดงในภาพประกอบ 3-3(a) สำหรับการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวนั้นจะใช้เทคนิคที่เรียกว่า กระบวนการสุ่มเทียม (PRNG – Pseudo Random Number Generator) ในการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ

3) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน โดยเทคนิคนี้จะทำการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์จากรูปแบบของเทคนิคเปียโน ดังที่ได้แสดงในภาพประกอบ 3-3(b)

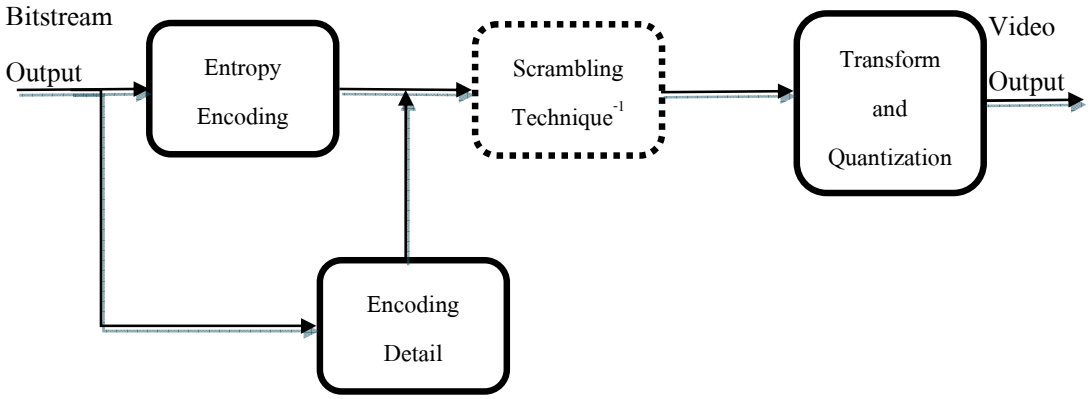
ซึ่งเทคนิคการของการรบกวนสัญญาณ ที่ได้กล่าวมานั้นได้ทำการประยุกต์อยู่ในกระบวนการของการบีบอัดภาพวิดีโอแบบ H.264 ซึ่งกระบวนการโดยรวมของเทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 Encoderได้ถูกนำเสนอ ดังแสดงในภาพประกอบ 3-16 สำหรับบล็อกเส้นประที่อยู่ในแผนภาพจะเป็นในส่วนของขั้นตอนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder โดยจะเริ่มจากไฟล์วิดีโอตั้งต้น เข้าสู่กระบวนการรบกวนสัญญาณที่รวมอยู่กับกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอแบบ H.264 เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอก็จะเข้าสู่กรบวนการบีบอัดภาพวิดีโอแบบ H.264 หลังจากบีบอัดภาพวิดีโอแล้ว ภาพวิดีโอที่ได้ก็จะถูกนำเสนอให้กับบุคคลที่ไม่มีสิทธิ์ หรือบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาต



ภาพประกอบ 3-16 การทำงานโดยรวมของเทคนิคระบบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ
ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder



ภาพประกอบ 3-17 กระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ
ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder



ภาพประกอบ 3-18 กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ
ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

จากภาพประกอบ 3-17 เป็นภาพประกอบที่แสดงถึงขั้นตอนและลำดับ การทำงานของเทคนิคการรบกวนสัญญาณที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder สำหรับภาพประกอบ 3-18 เป็นภาพประกอบที่แสดงถึงขั้นตอนและลำดับ การทำงานของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

<u>ตัวอย่างที่1</u> : การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก
ขั้นตอนที่1 ทำการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกจากเครื่องหมายบวกเป็น
เครื่องหมายลบและจากเครื่องหมายลบเป็นเครื่องหมายบวก ทุกค่าสัมประสิทธิ์ของวัตถุ
เคลื่อนไหว

+5	-10
-15	+20

(a)

-5	+10
+15	-20

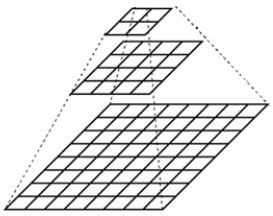
(b)

ภาพประกอบ 3-19 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ (a) ค่าสัมประสิทธิ์ ณ บริเวณวัตถุเคลื่อนไหว (b) ค่าสัมประสิทธิ์ ณ บริเวณวัตถุเคลื่อนไหว ที่ได้จากการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์

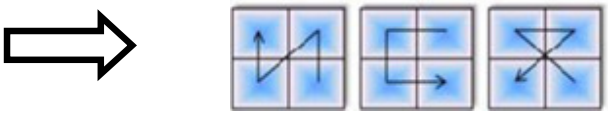
<u>ตัวอย่างที่2</u> : การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ขั้นตอนที่1 ทำการแบ่งขนาดของมาโครบล็อกเป็น 3 ขนาด คือ 8x8, 4x4 และ 2x2

ขั้นตอนที่2 ผู้ใช้กำหนดรูปแบบของเปียโนที่จะนำมาใช้ในเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อก เพื่อทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ จำนวน 3 รูปแบบ (ภาพประกอบ 3-4(a))



(a)



(b)

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

(c)

37	38	39	40	5	6	7	8
45	46	47	48	13	14	15	16
53	54	55	56	21	22	23	24
61	62	63	64	29	30	31	32
33	34	35	36	1	2	3	4
41	42	43	44	9	10	11	12
49	50	51	52	17	18	19	20
57	58	59	60	25	26	27	28

(d)

1	2	3	4
9	10	11	12
17	18	19	20
25	26	27	28

(e)

3	4	1	2
11	12	9	10
17	18	19	20
25	26	27	28

(f)

3	4
11	12

(g)

4	11
12	3

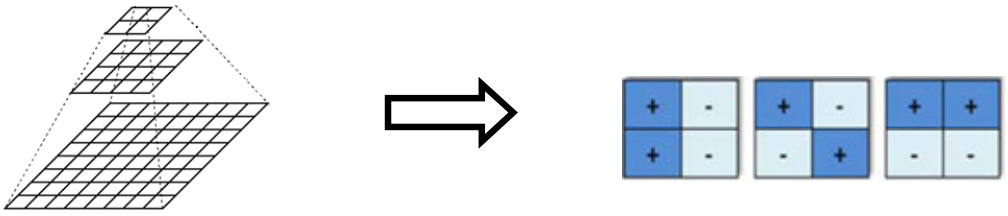
(h)

ภาพประกอบ 3-20 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบปียโน (a) การแบ่งขนาดของมาโครบล็อก (b) รูปแบบของเปียโนที่นำใช้สลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (c) ค่าสัมประสิทธิ์ ณ บริเวณวัตถุเคลื่อนไหว (d) ผลการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกขนาด 8x8 ด้วยรูปแบบเอ็น (e) ค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกขนาด 4x4 ก่อนทำการสลับตำแหน่งมาโครบล็อก (f) ผลการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกขนาด 4x4 ด้วยรูปแบบซี (g) ค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกขนาด 2x2 ก่อนทำการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (h) สลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกขนาด 2x2 ด้วยรูปแบบแกมมา

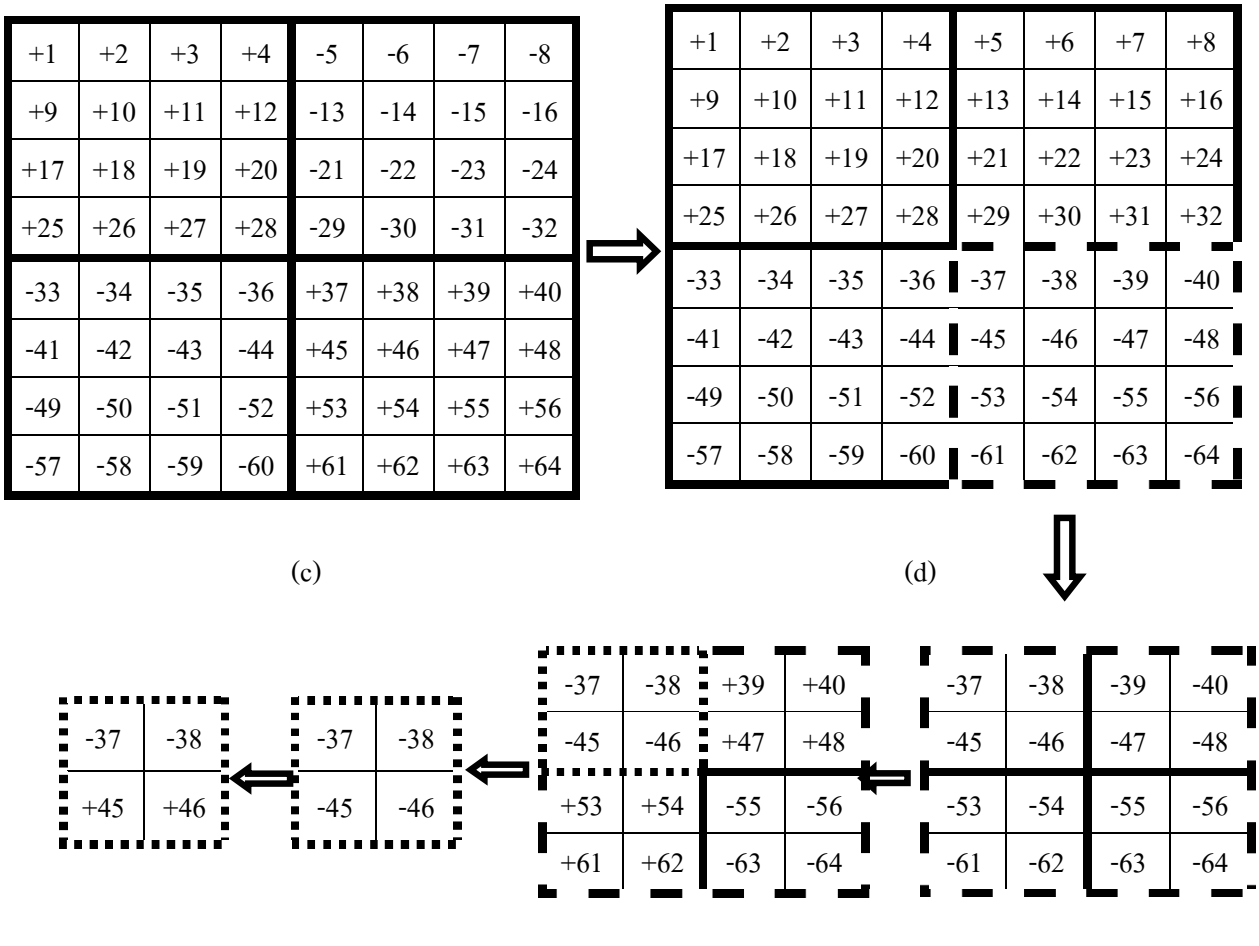
<u>ตัวอย่างที่3</u> : การรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ขั้นตอนที่1 ทำการแบ่งขนาดของมาโครบล็อกเป็น 3 ขนาด คือ 8x8, 4x4 และ 2x2

ขั้นตอนที่2 ผู้ใช้กำหนดรูปแบบของเปียโนที่จะนำมาใช้ในเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกเพื่อทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ จำนวน 3 รูปแบบ (ภาพประกอบ 3-4(a))



(a) (b)



ภาพประกอบ 3-21 ตัวอย่างการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบปิยโน (a) การแบ่งขนาดของมาโครบล็อก (b) รูปแบบของเปียโนที่นำใช้สลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (c) ค่าสัมประสิทธิ์ ณ บริเวณวัตถุเคลื่อนไหว (d) ผลการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกขนาด 8x8 ด้วยรูปแบบเอ็น (e) ค่าสัมประสิทธิ์ของมาโคร บล็อกขนาด 4x4 ก่อนทำการสลับตำแหน่งมาโครบล็อก (f) ผลการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกขนาด 4x4 ด้วยรูปแบบซี (g) ค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกขนาด 2x2 ก่อนทำการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (h) สลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกขนาด 2x2 ด้วยรูปแบบแกมมา

(a)

(b)

(c)

ภาพประกอบ 3-22 ผลลัพธ์ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ (a) เทคนิคการการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (b) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (c) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

จากภาพประกอบ 3-22 เป็นตัวอย่างผลลัพธ์ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ เพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบ H.264 โดยภาพประกอบ 3-22(a) จะเป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก ภาพประกอบ 3-22(b) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบ 3-22(c) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

3.2.1. เทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

สำหรับเทคนิคที่ใช้ในการถอดสัญญาณวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder นั้นจะประกอบไปด้วย 3 เทคนิคดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2.1. (เทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder) คือ

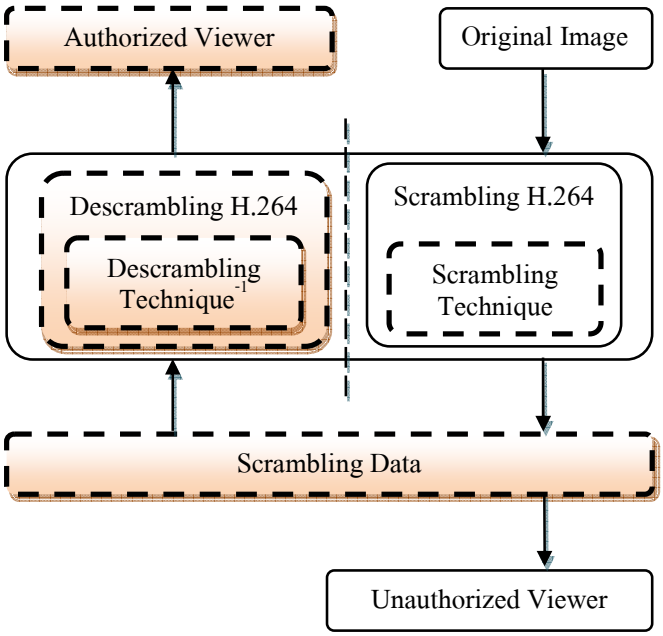
1) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน
3) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน

สำหรับเทคนิคที่นำมาใช้ในการถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder นั้นนั้นจะไม่เหมือนกับสองเทคนิคการถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดไฟล์วิดีโอ เพราะเทคนิคก่อนหน้าที่ได้กล่าวมานี้ ไม่ได้กระทำบนค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก โดยรายละเอียดของการถอดสัญญาณรบกวนของแต่ละเทคนิคมีดังนี้

1) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก สำหรับในกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนของเทคนิคนี้ จะทำการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณเชิงรูปภาพ (Spatial Domain) ไปเป็นสัญญาณเชิงความถี่ (Frequency Domain) โดยจะทำการสลับค่าเครื่องหมายของทุกค่าสัมประสิทธิ์ จากค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวกก็จะสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้นให้เป็นลบ และจากค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบก็จะสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้นให้เป็นบวก ณ บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวที่อยู่ในเฟรมวิดีโอ (P และ B-Frames)

2) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบ เปียโน สำหรับในกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนของเทคนิคนี้ จะทำการสลับตำแหน่งของค่าสัมประสิทธิ์ตามลำดับและตามรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์มาจากเทคนิคเปียโน ซึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการสลับตำแหน่งค่าของสัมประสิทธิ์นั้นมีด้วยกันทั้งสิ้น 6 รูปแบบด้วยกัน ดังที่ได้แสดงในภาพประกอบ 3-4(a) ในก่อนหน้านี้ สำหรับการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการถอดสัญญาณภาพวิดีโอนั้นจะใช้เทคนิคที่เรียกว่ากระบวนการสุ่มเทียม ในการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการถอดสัญญาณภาพวิดีโอ

3) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโนสำหรับในกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนของเทคนิคนี้ จะทำการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ตามรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์จากรูปแบบของเทคนิคเปียโน ดังที่ได้แสดงในภาพประกอบ 3-4(b) และสำหรับการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการถอดสัญญาณภาพวิดีโอนั้นจะใช้เทคนิคที่เรียกว่า กระบวนการสุ่มเทียม ในการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการถอดสัญญาณภาพวิดีโอ กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการสัญญาณภาพวิดีโอที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 Encoderได้ถูกนำเสนอ ดังแสดงในภาพประกอบ 3-23 สำหรับ สำหรับบล็อกเส้นประที่อยู่ในแผนภาพจะเป็นในส่วนของขั้นตอนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder โดยจะเริ่มจากการนำภาพวิดีโอที่ที่ผ่านการรบกวนสัญญาณ เข้าสู่กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนที่ ด้วยเทคนิคที่ได้นำเสนอไปก่อนหน้านี้ โดยการทำการถอดสัญญาณรบกวนนั้นจะกระทำในลักษณะผกผันกับการทำการรบกวนสัญญาณ



ภาพประกอบ 3-23 กระบวนการโดยรวมของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

จากภาพประกอบ 3-24 เป็นตัวอย่างผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบ H.264 โดยภาพประกอบ 3-24(a) จะเป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก ภาพประกอบ 3-24(b) เป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบ 3-24(c) เป็นผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

(a)

(b)

(c)

ภาพประกอบ 3-24 ผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ (a) เทคนิคการการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (b) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (c) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

3.3. สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาเทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ โดยในงานวิจัยชิ้นนี้จะมี 2 ระบบหลักคือ

1) ระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพภาพวิดีโอ
2) ระบบการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

สำหรับเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ จะแยกเป็น 2 การทดสอบ คือ กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพ

วิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ และกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของวัตถุเคลื่อนไหวแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ นอกจากนี้ในแต่ละการทดสอบนั้นจะประกอบไปด้วย 3 เทคนิค ด้วยกัน ในกระบวนการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ คือ

1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก

2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

นอกจากนี้ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่กับกระบวนการบีบอัดวิดีโอ 3 เทคนิค คือ

1) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก

2) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบ เปียโน

3) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน

โดยในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่กับกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอนั้นจะเป็นการประยุกต์บน H.264 Encoder สำหรับในส่วนของผลลัพธ์ของการทดลอง การวัดและการประเมินผลอย่างละเอียดในแต่ละเทคนิคนั้นจะถูกนำเสนอในส่วนของบทที่ 4 ต่อไป

บทที่4

ผลการทดลอง

ในบทนี้ได้ทำการทดสอบเทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ โดยจะทำการแบ่งทดสอบออกเป็น 3 การทดสอบหลัก คือ

1) เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ
2) เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ
3) เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

สำหรับการทดสอบ เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ และการทดสอบที่ เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ นั้น จะมีเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ 3 เทคนิคด้วยกัน คือ

1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน
3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

นอกจากนี้ในการทดสอบเทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ จะมีการนำเสนอเทคนิคที่ใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ 3 เทคนิค คือ

1) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบ เปียโน
3) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน

สำหรับรายละเอียดในการรบกวนและถอดสัญญาณของแต่ละระบบและเทคนิคนั้นได้กล่าวไว้แล้วก่อนหน้านี้ในบทที่ 3

4.1 การทดลองที่ 1 เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ

การทดลองในส่วนนี้จะเป็นส่วนของ กระบวนการทดสอบเทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอนั้น ได้นำเสนอ 3 เทคนิคด้วยกัน คือ

1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก

จะทำการเลื่อนค่าสีไปทางซ้ายเป็นจำนวน 4 บิต (Bits) โดยวิธีที่นำมาใช้ในการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกนั้นจะเรียกว่า การเลื่อนแบบวงกลม (Round Shift) ซึ่งวิธีการนี้จะไม่ทำให้ค่าที่ทำการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกสูญหาย เพราะบิตค่าสีของมาโครบล็อก ที่ถูกทำการเลื่อนไปทางซ้ายเป็นจำนวน 4 บิตนั้น จะถูกนำมาต่อท้ายบิตค่าสีที่เหลือของมาโครบล็อก

2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ในเทคนิคนี้จะทำการสลับตำแหน่งมาโครบล็อกตามลำดับและตามรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์มาจากเทคนิคเปียโน ซึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการสลับตำแหน่งค่าของพิกเซลนั้นมีด้วยกันทั้งสิ้น 6 รูปแบบด้วยกัน ดังภาพประกอบ 3-4(a) โดยผู้ใช้หรือผู้ทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอนั้นจะสามารถทำการกำหนดรูปแบบที่ต้องการนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอได้

3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

สำหรับเทคนิคนี้การเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน ในเทคนิคนี้จะทำการเลื่อนค่าสีไปทางซ้ายเป็นจำนวน 4 บิตโดยกระบวนการที่นำมาใช้ในการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกนั้นจะใช้วิธีการเลื่อนแบบวงกลม ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าในเทคนิคนี้จะคล้ายคลึงกับเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกที่ได้กล่าวมามาก่อนหน้า แต่จะมีความแตกต่างกันตรงที่ในเทคนิคนี้จะทำการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน โดยผู้ใช้หรือผู้ทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอนั้น จะสามารถทำการกำหนดรูปแบบที่ต้องการนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอได้

4.1.1 สมมุติฐาน

เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน สามารถทำการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ ได้ดีหรือไม่ อย่างไร

4.1.2 ปัจจัยกำหนดในการทดลอง

1) ฐานข้อมูลวิดีโอ จำนวน 45 ไฟล์วิดีโอ (จำนวน 14,046 เฟรม) โดยจะทำการแยกเป็นกลุ่มตามชนิดและประเภทของวัตถุเคลื่อนไหวดังนี้ คือ 1) มีบุคคลเพียงคนเดียวในเฟรมวิดีโอ จำนวน 22 ไฟล์ (จำนวน 6,519 เฟรม) 2) มีกลุ่มบุคคลเป็นกลุ่มอย่างชัดเจนในเฟรมวิดีโอ จำนวน 12 ไฟล์ (จำนวน 2,088 เฟรม) 3) มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคลในเฟรมวิดีโอ จำนวน 11 ไฟล์ (จำนวน 5,439 เฟรม)

2) วัดประสิทธิภาพของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอด้วยค่า PSNR ดังแสดงในสมการที่ 4-1

$$PSNR = 20log_{10}\left[\frac{\mathrm{b}}{\mathrm{RMSE}}\right] \quad (4\text{-}1)$$

ซึ่งค่า PSNR นี้จะนำมาใช้ในการวัดคุณภาพของภาพโดยจะสามารถสังเกตได้ค่าของ PSNR ซึ่งถ้าค่า PSNR ที่ได้มีค่ามากก็จะแสดงให้เห็นว่ารูปที่นำมาเปรียบเทียบนั้นมีความใกล้เคียงกับรูปต้นฉบับมาก แต่ถ้าค่า PSNR ที่ได้มีค่าน้อยก็จะแสดงให้เห็นว่ารูปที่นำมาเปรียบเทียบนั้นมีความใกล้เคียงกับรูปต้นฉบับน้อย

4.1.3 ผลการทดลอง

ผลการทดลองของการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ จะประกอบไปด้วย 3 เทคนิค ดังที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน โดยจะนำภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณในแต่ละเทคนิคมาทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ด้วยวิธีที่ได้กล่าวใน ข้อ 4.1.2

ภาพประกอบ 4-1 ตัวอย่างฐานข้อมูลประเภทมีบุคคลเพียงคนเดียวในเฟรมวิดีโอ

ภาพประกอบ 4-2 ตัวอย่างฐานข้อมูลประเภทกลุ่มบุคคลเป็นกลุ่มอย่างชัดเจนในเฟรมวิดีโอ

ภาพประกอบ 4-3 ตัวอย่างฐานข้อมูลประเภทกลุ่มบุคคลที่มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคลในเฟรมวิดีโอ

(a) (b)

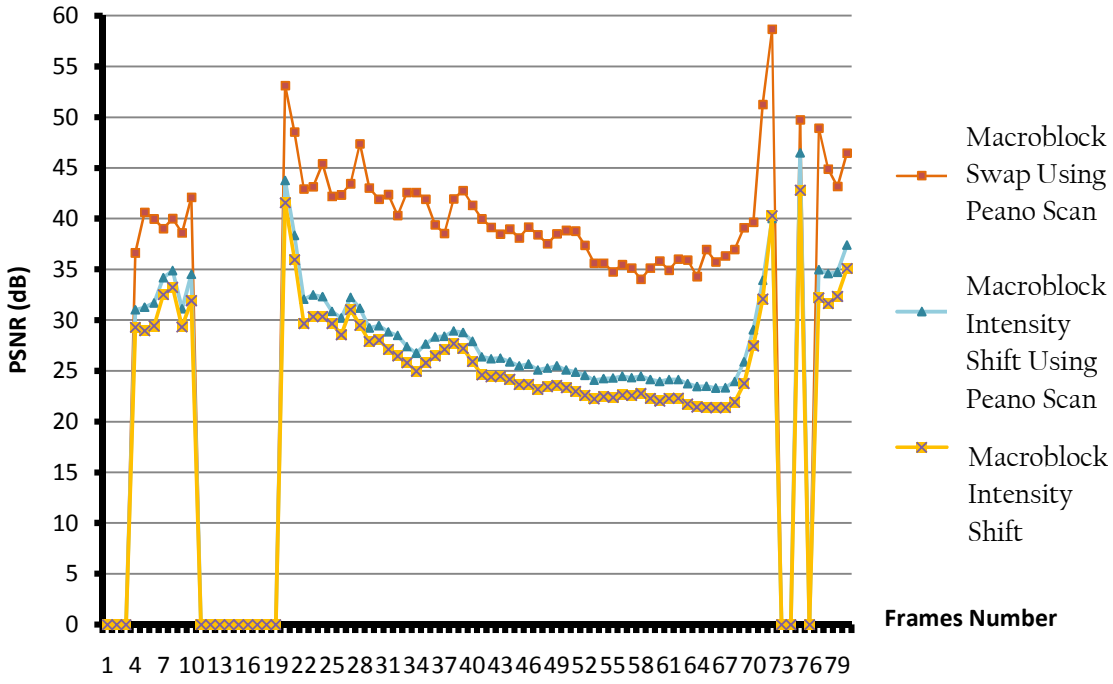
(c) (d)

ภาพประกอบ 4-4 ผลลัพธ์ของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ (a) ภาพวิดีโอต้นฉบับ (b) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (c) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (d) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ภาพประกอบ 4-5 ผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

(แกนตั้ง : แทนด้วย ค่า PSNR มีหน่วยเป็น dB

แกนนอน : แทนด้วย จำนวนเฟรมของไฟล์วิดีโอ)



ภาพประกอบ 4-5 ผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ

ตารางที่ 4-1 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ

Scrambling Technique	ประเภทของไฟล์วิดีโอ		
	บุคคลเพียงคนเดียว	กลุ่มบุคคลชัดเจน	มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคล
Intensity Shift	18.50886 dB	13.07164 dB	19.70644 dB
Swap Using Peano	25.60724 dB	27.57805 dB	34.77513 dB
Intensity Shift Using Peano	18.97229 dB	13.65966 dB	21.45477 dB

จากภาพประกอบที่ 4-4 เป็นตัวอย่างผลลัพธ์ของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยภาพประกอบ 4-4(a) ภาพวิดีโอต้นฉบับ สำหรับภาพประกอบ 4-4(b) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบ 4-4(c) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบ 4-4(d) เป็นผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับการเปรียบเทียบวัดประสิทธิ์ภาพของแต่ละเทคนิคนั้น จะใช้การวัดค่า PSNR โดยค่า PSNR ที่ได้ในการทดลองนี้นั้นจะเป็นการทำการเปรียบเทียบระหว่างภาพวิดีโอต้นฉบับกับภาพวิดีโอที่ผ่านกระบวนการรบกวนสัญญาณวิดีโอ

จากภาพประกอบ 4-5 เป็นกราฟที่แสดงผลลัพธ์ของการหาค่า PSNR ของกระบวนการการรบกวนสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวในไฟล์วิดีโอแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ โดยจากภาพประกอบที่ 4-5 กราฟเส้นทีมีสัญลักษณ์กากบาท จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพที่ได้จากไฟล์วิดีโอตั้งต้นกับภาพที่ได้จากไฟล์วิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์สี่เหลี่ยม จากภาพประกอบที่ 4-5 จะเป็นกราฟที่แสดงที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพที่ได้จากไฟล์วิดีโอตั้งต้นกับภาพที่ได้จากไฟล์วิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณด้วย เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และสำหรับกราฟเส้นสุดท้าย จากภาพประกอบที่ 4-5 คือกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์สามเหลี่ยม เป็นกราฟที่แสดงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ทำการเปรียบเทียบกับระหว่างภาพที่ได้จากไฟล์

วิดีโอตั้งต้นกับภาพที่ได้จากไฟล์วิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณด้วย เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

จากตารางที่ 4-1 เป็นตารางที่ทำการสรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยจะแบ่งเป็นเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอและประเภทของไฟล์วิดีโอ สามารถสรุปได้ดังนี้ ประเภทของไฟล์ที่เป็นบุคคลเพียงคนเดียวในเฟรมวิดีโอนั้น จะสามารถสรุปได้ว่า เทคนิค Inverse Sift หรือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก จะให้ผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณที่ดีที่สุด สำหรับผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณที่มีประสิทธิ์ภาพรองลงมา คือ เทคนิค Intensity Shift Using Peano หรือเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก และผลลัพธ์ที่มีประสิทธิ์ภาพการรบกวนสัญญาณเป็นลำดับสุดท้าย คือ เทคนิค Swap Using Peano หรือ เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน นอกจากนี้ประเภทของไฟล์วิดีโอประเภทมีกลุ่มบุคคลที่ชัดเจนในไฟล์วิดีโอ และ ประเภทของไฟล์วิดีโอที่มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคล นั้นจะได้ผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณเหมือนกับผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณของไฟล์วิดีโอประเภทที่เป็นบุคคลเพียงคนเดียวในเฟรมวิดีโอ นอกจากนี้ยังสามารถสรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของแต่ละเทคนิคที่นำมาทำการรบกวนสัญญาณในไฟล์วิดีโอได้ดังนี้ ค่าเฉลี่ยของเทคนิคการการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 17.0956467 dB ส่วนค่าเฉลี่ยของเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.3204 dB ละเทคนิคสุดท้ายคือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18.0289067 dB จากค่าเฉลี่ยข้างต้นจะเห็นว่าเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน นั้นจะมีประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณที่มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน

(a) (b)

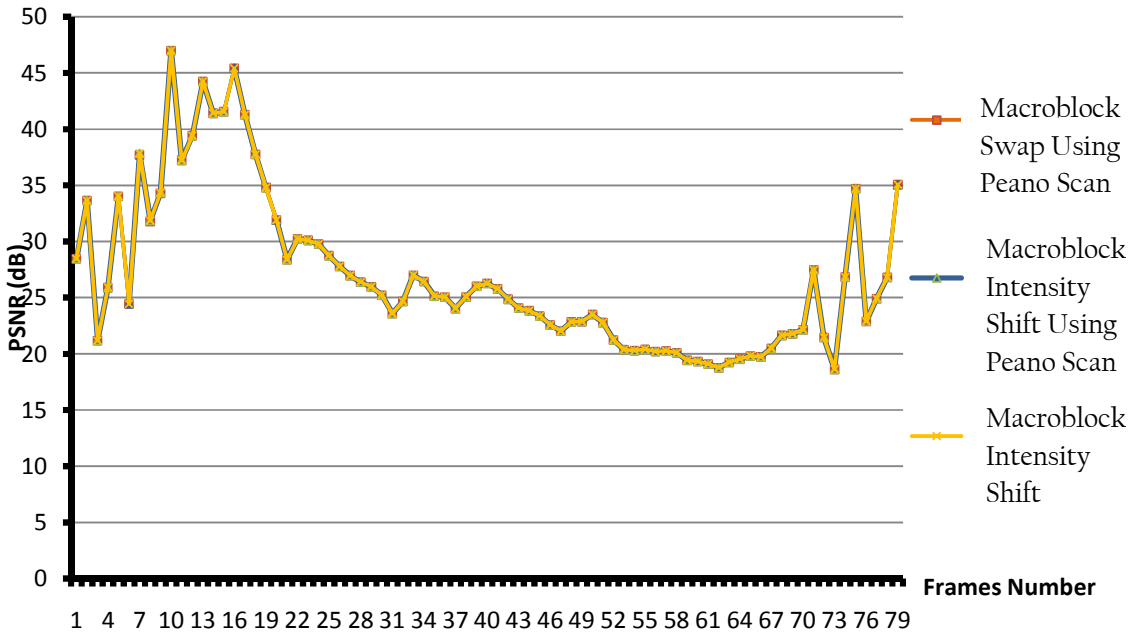
(c) (d)

ภาพประกอบ 4-6 ผลลัพธ์ของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ (a) ภาพวิดีโอต้นฉบับ (b) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโคร บล็อก (c) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (d) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ภาพประกอบ 4-7 ผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

(แกนตั้ง : แทนด้วย ค่า PSNR มีหน่วยเป็น dB

แกนนอน : แทนด้วย จำนวนเฟรมของไฟล์วิดีโอ)



ภาพประกอบ 4-7 ผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

ตารางการทดลองที่ 4-2 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ

Descrambling Technique	ประเภทของไฟล์วิดีโอ		
	บุคคลเพียงคนเดียว	กลุ่มบุคคลชัดเจน	มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคล
Intensity Shift	27.97488 dB	31.12118 dB	28.70696 dB
Swap Using Peano	28.31015 dB	32.09437 dB	32.49853 dB
Intensity Shift Using Peano	28.31292 dB	31.92354 dB	29.63714 dB

จากภาพประกอบ 4-6 เป็นตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการถอดสัญญาณรบกวนในแต่ละเทคนิค โดยค่า PSNR ที่ได้ในการทดลองนี้จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพวิดีโอต้นฉบับกับภาพวิดีโอที่ผ่านกระบวนการถอดสัญญาณรบกวน ซึ่งผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนของแต่ละเทคนิคนั้นสามารถดูได้จากภาพประกอบ 4-6

สำหรับภาพประกอบ 4-7 จะเป็นกราฟที่ทำการเปรียบเทียบค่า PSNR โดยกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์กากบาท จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพ ที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิค Intensity Shift หรือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก จากกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์สี่เหลี่ยม จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้น กับภาพที่ได้จากภาพวิดีโอที่ผ่านการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิค Swap Using Peano หรือ เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และสำหรับกราฟเส้นสุดท้าย คือกราฟที่มีสัญลักษณ์สามเหลี่ยม เป็นกราฟที่แสดงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ทำการเปรียบเทียบกับระหว่างภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพที่ได้จากภาพวิดีโอที่ผ่านการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิค Intensity Shift Using Peano หรือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก จากกราฟจะเห็นว่าคุณภาพของการถอดสัญญาณรบกวนจะมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกันทั้งสามเทคนิค

จากตารางการทดลองที่ 4-2 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยสามารถทำการสรุปได้ดังนี้ ประเภทของไฟล์ที่เป็นบุคคลเพียงคนเดียวในเฟรมวิดีโอนั้น จะสามารถสรุปได้ว่าเทคนิค Swap Using Peano หรือ เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน นั้นมีประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณรบกวนที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับภาพวิดีโอต้นฉบับมากที่สุด โดยมีค่า PSNR เฉลี่ยที่ 30.9676833 dB สำหรับเทคนิคที่มีประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณรบกวน ที่ใกล้เคียงกับภาพวิดีโอต้นฉบับรองลงมาคือ เทคนิค Intensity Shift Using Peano หรือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก จะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.9578367 dB และเทคนิคที่มีประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณเป็นลำดับสุดท้าย คือ เทคนิค Intensity Shift หรือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก โดยมีค่า PSNR เฉลี่ยอยู่ที่ 29.2676733 dB

4.1.4 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองข้างต้น เมื่อทำการทดสอบเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอทั้ง 3 เทคนิคที่ได้นำเสนอ พบว่า ณ ตำแหน่งที่ค่า PSNR เป็น ศูนย์ นั้นจะหมายถึงว่า ภาพที่ได้จากภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณนั้นจะเหมือนกับภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นทุกประการ ซึ่งแสดงให้เป็นว่า ณ ภาพหรือเฟรมนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุเคลื่อนไหว สำหรับการวัดและการประเมินผลด้วยค่าของ PSNR นั้น ถ้าค่า PSNR ที่ได้มีค่าสูงแสดงให้เห็นว่า ภาพวิดีโอที่นำมาเปรียบเทียบกับภาพวิดีโอต้นฉบับนั้นมีคุณภาพที่ใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกับภาพต้นฉบับ ซึ่งจากตารางการทดลองที่ 4-1 จะได้ค่าเฉลี่ยของค่า PSNR ที่ได้ของแต่ละเทคนิคดังนี้ คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก จะมีค่า PSNR เฉลี่ยเป็น 17.0956467 dB สำหรับเทคนิคการสลับตำแหน่ง ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน จะมีค่า PSNR ที่ได้เฉลี่ยเป็น 29.3204 dB และสำหรับเทคนิคสุดท้าย คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน จะมีค่า PSNR ที่ได้เฉลี่ยเป็น 18.0289067 dB ดังนั้นจากค่า PSNR เฉลี่ยของทั้ง 3 เทคนิค สามารถสรุปได้ว่า เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน จะมีประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณที่ใกล้เคียงกัน เพราะเนื่องจากค่าเฉลี่ยของการรบกวนสัญญาณที่ได้จากทั้ง 2 เทคนิคนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการรบกวนสัญญาณของ ทั้ง 2 เทคนิคนี้ มีคุณภาพหรือความคล้ายคลึงกับภาพวิดีโอต้นฉบับที่นำมาทำการเปรียบเทียบน้อย ซึ่งถ้านำมาทำการเปรียบเทียบกับเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน เทคนิคนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการรบกวนสัญญาณนั้นจะมีความคล้ายคลึงกับไฟล์ตั้งต้นมากกว่า 2 เทคนิคที่ได้กล่าวมาก่อนหน้า

จากการทดลองข้างต้นในส่วนของการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ สามารถสรุปค่า PSNR ที่ได้จากการทดสอบการถอดสัญญาณรบกวนในแต่ละเทคนิคได้ว่าประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณรบกวนของทั้ง 3 เทคนิคนั้นมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งจากค่าเฉลี่ยของค่า PSNR ที่ได้จากการถอดสัญญาณรบกวนในแต่ละเทคนิคนั้นมีค่าดังนี้ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก มีค่า PSNR เฉลี่ยที่ 29.2676733 dB สำหรับเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน มีค่า PSNR เฉลี่ยอยู่ที่ 30.9676833 dB และสำหรับเทคนิคสุดท้าย คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน มีค่า PSNR เฉลี่ยที่ 29.9578367 dB จากค่าเฉลี่ยของ PSNR ที่ได้ จะเห็นว่าเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน นั้นจะมีประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณที่ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากที่สุด และเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนรองลงมา คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก ตามลำดับ

4.2 การทดลองที่ 2 เทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ

สำหรับในการทดลองที่ 2 จะเป็นเทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยกระบวนการและเทคนิคที่นำมาใช้ในการทดลองที่ 2 นี้ จะคล้ายคลึงกับ การทดลองที่ 1 เพราะทั้งสองการทดลองนี้เป็นเทคนิคการรบกวนสัญญาณและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ซึ่งจะเห็นว่าเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวทั้ง 3 เทคนิค ก็จะเหมือนกับการทดลองก่อนหน้า คือ

1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโคร บล็อก
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน
3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

นอกจากนี้ยังรวมถึงรูปแบบที่ได้จากการประยุกต์รูปแบบของเปียโน ที่นำมาใช้ในเทคนิคการสลับค่าตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (ภาพประกอบ 3-4(a)) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (ภาพประกอบ 3-4(b)) สำหรับความแตกต่างระหว่างการทดลองที่1 และการทดลองที่2 คือ ในการทดลองที่ 2 เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเรียบร้อยแล้วก็จะ

เข้าสู่กระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แต่สำหรับการทดลองที่ 1 นั้น ภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณจะไม่มีการบีบอัดใดๆบนภาพวิดีโอทั้งสิ้น

4.2.1 สมมุติฐาน

เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน สามารถทำการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ ได้ดีหรือไม่ อย่างไร

4.2.2 ปัจจัยกำหนดในการทดลอง

1) ฐานข้อมูลวิดีโอ จำนวน 45 ไฟล์วิดีโอ (จำนวน 14,046 เฟรม) โดยจะทำการแยกเป็นกลุ่มตามชนิดและประเภทของวัตถุเคลื่อนไหวดังนี้ คือ 1) มีบุคคลเพียงคนเดียวในเฟรมวิดีโอ จำนวน 22 ไฟล์ (จำนวน 6,519 เฟรม) 2) มีกลุ่มบุคคลเป็นกลุ่มอย่างชัดเจนในเฟรมวิดีโอ จำนวน 12 ไฟล์ (จำนวน 2,088 เฟรม) 3) มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคลในเฟรมวิดีโอ จำนวน 11 ไฟล์ (จำนวน 5,439 เฟรม)

2) วัดประสิทธิภาพของการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ จะทำการวัดประสิทธิภาพด้วยค่า PSNR ดังแสดงในสมการที่ 4-1จากการทดลองที่ 1 (เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ)

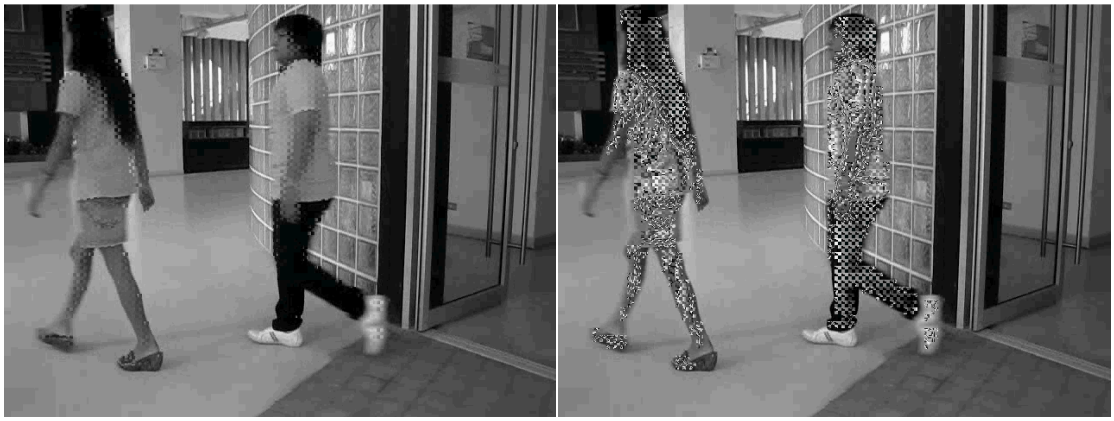
4.1.3 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหว แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ ได้นำเสนอ 3 เทคนิคในการรบกวนสัญญาณซึ่งจะเหมือนกับการทดลองที่ 1 โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ คือ

1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน
3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนของการรบกวนสัญญาณของแต่ละเทคนิคแล้ว ก็จะนำภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณมาทำการบีบอัดไฟล์วิดีโอ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการดังกล่าวก็จะนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบด้วยการหาค่า PSNR กับภาพต้นฉบับ ซึ่งเหมือนกับการทดลองที่ 1 ก่อนหน้านี้

(a) (b)



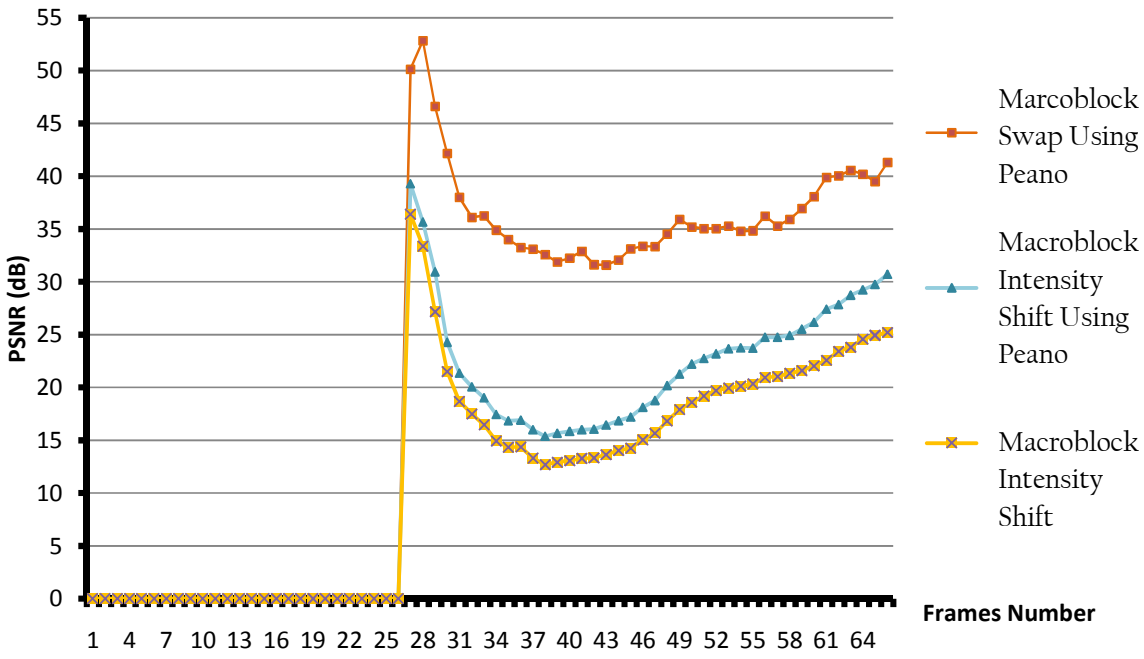
(c) (d)

ภาพประกอบ 4-8 ผลลัพธ์ของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ (a) ภาพวิดีโอต้นฉบับ (b) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (c) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (d) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ภาพประกอบ 4-9 ผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ

(แกนตั้ง : แทนด้วย ค่า PSNR มีหน่วยเป็น dB

แกนนอน : แทนด้วย จำนวนเฟรมของไฟล์วิดีโอ)



ภาพประกอบ 4-9 ผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ

ตารางการทดลองที่ 4-3 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ

Scrambling Technique	ประเภทของไฟล์วิดีโอ		
	บุคคลเพียงคนเดียว	กลุ่มบุคคลชัดเจน	มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคล
Intensity Shift	25.59911 dB	25.90491 dB	25.10408 dB
Swap Using Peano	31.94218 dB	31.83482 dB	33.84705 dB
Intensity Shift Using Peano	27.02155 dB	27.35989 dB	26.97569 dB

จากภาพประกอบ 4-8 เป็นตัวอย่างผลลัพธ์ของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยภาพประกอบ 4-8(a) จะเป็นภาพวิดีโอตั้งต้น สำหรับภาพประกอบ 4-8(b) จะเป็นภาพผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบ 4-8(c) จะเป็นภาพผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบสุดท้าย ภาพประกอบ 4-8(d) จะเป็นภาพผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

สำหรับภาพประกอบ 4-9 กราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์กากบาท จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับกราฟเส้นสัญลักษณ์สี่เหลี่ยม จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการรบกวนสัญญาณด้วย เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และสำหรับกราฟเส้นสุดท้าย จากภาพประกอบ 4-9 คือกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์สามเหลี่ยม เป็นกราฟที่แสดงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ทำการเปรียบเทียบกับระหว่างภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณ ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก

จากตารางการทดลองที่ 4-3 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของแต่ละเทคนิคที่นำมาทำการรบกวนสัญญาณในภาพวิดีโอ โดยจากตารางที่ 4-3 จะเห็นว่าเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก จะเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพของการรบกวนสัญญาณที่ดีที่สุดซึ่งสามารถสังเกตได้จากค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบเทียบ สำหรับเทคนิคที่มีประสิทธิในการรบกวนสัญญาณรองลงมานั้น คือ เทคนิคการ

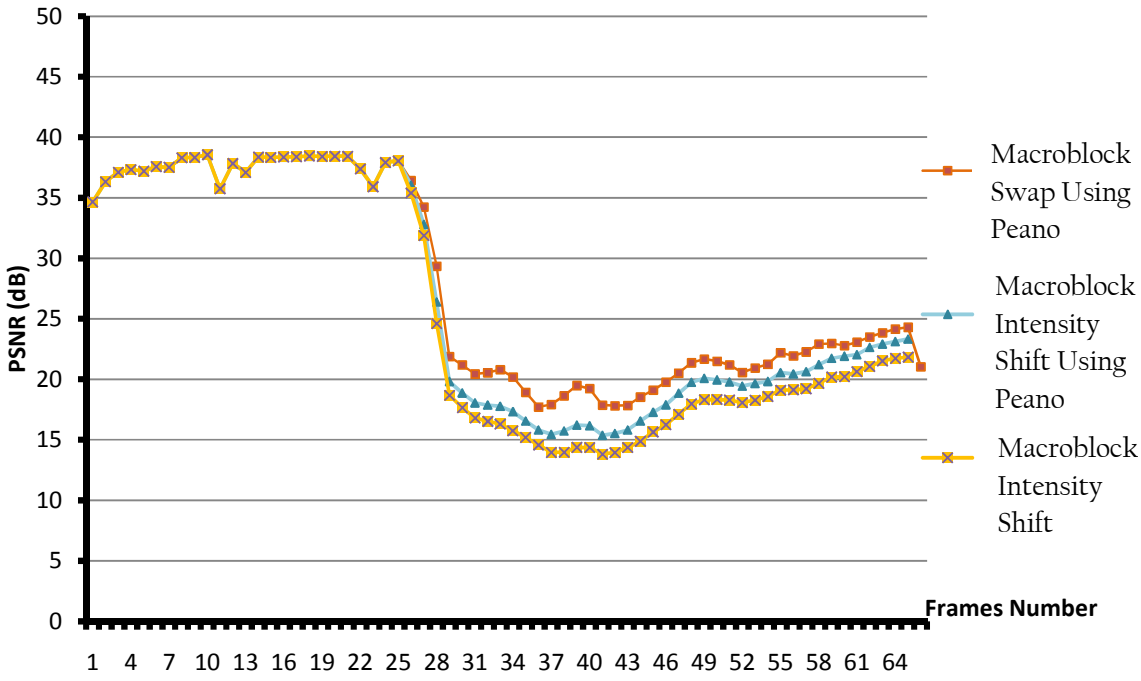
เลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน ตามลำดับ

(a) (b)

(c) (d)

ภาพประกอบ 4-10 ผลลัพธ์ของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ (a) ภาพวิดีโอต้นฉบับ (b) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (c) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (d) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ภาพประกอบ 4-11 ผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ
(แกนตั้ง : แทนด้วย ค่า PSNR มีหน่วยเป็น dB
แกนนอน : แทนด้วย จำนวนเฟรมของไฟล์วิดีโอ)



ตารางการทดลองที่ 4-11 ผลลัพธ์ของค่า PSNR จากกระบวนการถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ

ตารางการทดลองที่ 4-4 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ

Descrambling Technique	ประเภทของไฟล์วิดีโอ		
	บุคคลเพียงคนเดียว	กลุ่มบุคคลชัดเจน	มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคล
Intensity Shift	25.37416 dB	27.43626 dB	24.40917 dB
Swap Using Peano	26.22198 dB	28.78025 dB	25.91152 dB
Intensity Shift Using Peano	25.73425 dB	28.01208 dB	25.13513 dB

จากภาพประกอบ 4-10 เป็นภาพตัวอย่างของผลลัพธ์ของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนของวัตถุเคลื่อนไหว ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยภาพประกอบ 4-10(a) จะเป็นภาพวิดีโอตั้งต้น สำหรับภาพประกอบ 4-10(b) เป็นภาพผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบ 4-10 (c) เป็นภาพผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อก และภาพประกอบสุดท้าย ภาพประกอบ 4-10 (d) เป็นภาพผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก

สำหรับภาพประกอบ 4-11 กราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์กากบาท จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก สำหรับกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการถอดสัญญาณรบกวนด้วย เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และสำหรับกราฟเส้นสุดท้าย จากภาพประกอบ 4-11 คือกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์สามเหลี่ยม เป็นกราฟที่แสดงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ทำการเปรียบเทียบกับระหว่างภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

จากผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ สามารถสรุปผลจากการเปรียบเทียบค่า PSNR ที่ได้จากตารางการทดลอง 4-4 ของแต่ละเทคนิคได้ดังนี้ การถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน เป็นเทคนิคที่มี

ประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณดีที่สุด สำหรับเทคนิคที่มีประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณรองลงมาคือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก ตามลำดับ

4.2.4 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากภาพประกอบ 4-8 ภาพประกอบ 4-9 และตารางการทดลองที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่าช่วงของกราฟที่ได้ค่าของ PSNR เป็น 0 dB จะเป็นช่วงระหว่างเฟรมที่ 1 – 26 เฟรมแรก ซึ่งทำให้ทราบว่าในช่วงของ 26 เฟรมแรกนั้น ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงของวัตถุเคลื่อนไหวในเฟรมวิดีโอ นอกจากนี้จากผลการทดลองข้างต้นจะสังเกตเห็นว่า เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพของการรบกวนสัญญาณดีที่สุด ในการรบกวนสัญญาณในภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ โดยมีค่าเฉลี่ยของค่า PSNR เป็น 25.53603 dB และเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณรองลงมา คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน โดยมีค่าเฉลี่ยของค่า PSNR เป็น 27.11904 dB และเทคนิคที่มีประสิทธิภาพของการรบกวนสัญญาณเป็นลำดับสุดท้าย คือ เทคนิคการสลับของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน โดยมีค่าเฉลี่ยของค่า PSNR เป็น 32.54135 dB ซึ่งค่า PSNR ที่ได้นั้นเป็นค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคที่นำเสนอไปในก่อนหน้านี้

สำหรับผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนของวัตถุเคลื่อนไหวในภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ นั้นจะเห็นได้จากตัวอย่างของผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ จากภาพประกอบ 4-10 ภาพประกอบ 4-11 และตารางการทดลองที่ 4-4 ซึ่งจากการทดลองข้างต้นได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่า PSNR โดยจะทำการเปรียบเทียบระหว่างภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านกระบวนการถอดสัญญาณรบกวน จากภาพประกอบ 4-11 จะเห็นว่าช่วงของเฟรมที่ 1 – 26 เฟรมแรกของภาพวิดีโอของทั้ง 3 เทคนิคนั้น เมื่อมีการถอดสัญญาณรบกวนจะเห็นว่าค่า PSNR ที่ได้ไม่ได้มีค่าเป็น 0 dB เหมือนกับค่า PSNR ของการรบกวนสัญญาณของวัตถุเคลื่อนไหวจากไฟล์วิดีโอที่ได้ทดลองมาก่อนหน้า เนื่องจากว่าเมื่อมีการบีบอัดภาพวิดีโอเกิดขึ้น จะทำให้มีข้อมูลของภาพวิดีโอที่ถูกทำการบีบอัดสูญหายไปถึงแม้ว่าข้อมูลที่สูญหายไปเพราะการบีบอัดภาพวิดีโอนั้น จะไม่มีผลต่อคุณภาพการมองเห็นของภาพวิดีโอ แต่ได้มีผลต่อการระบุตำแหน่งของวัตถุเคลื่อนไหวของภาพวิดีโอ ถึงแม้ว่าจะมีผลต่อการระบุตำแหน่งของวัตถุเคลื่อนไหว แต่ผลของการถอดสัญญาณรบกวนที่ได้ยังคงมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับภาพวิดีโอตั้งต้น จากการทดลองในส่วนนี้สามารถสรุปได้ว่า เทคนิคที่มีประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณที่ใกล้เคียงกับภาพวิดีโอตั้งต้นมากที่สุด คือ เทคนิคการสลับ

ตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน โดยมีค่าเฉลี่ยของ PSNR เป็น 26.97125 dB สำหรับเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณภาพวิดีโอรองลงมา คือเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน โดยมีค่าเฉลี่ยของ PSNR เป็น 26.29382 dB และเทคนิคสุดท้ายที่มีค่าเฉลี่ยของ PSNR น้อยที่สุด คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก โดยมีค่าเฉลี่ยของ PSNR เป็น 25.73986 dB

4.3 การทดลองที่ 3 เทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

สำหรับการทดลองที่ 3 เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ โดยการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอของการทดลองนี้ได้ประยุกต์บน H.264 Encoder ในการทดลองนี้ได้ยำเสนอเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ 3 เทคนิค คือ

1) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก

เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก จะทำการสลับค่าเครื่องหมายของทุกค่าสัมประสิทธิ์ จากค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นบวกก็จะทำการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้นให้เป็นลบ และจากค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบก็จะสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้นให้เป็นบวก ณ บริเวณของวัตถุเคลื่อนไหวที่อยู่ในภาพวิดีโอ

2) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน จะทำการสลับตำแหน่งของค่าสัมประสิทธิ์ตามลำดับและตามรูปแบบที่ได้ทำการประยุกต์มาจากเทคนิคเปียโน ซึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการสลับตำแหน่งค่าของสัมประสิทธิ์นั้นมีด้วยกันทั้งสิ้น 6 รูปแบบด้วยกัน ดังที่ได้แสดงในภาพประกอบ 3-4(a) สำหรับการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวนั้นจะใช้เทคนิคที่เรียกว่า กระบวนการสุ่มเทียม ในการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ

3) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน

เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน จะทำการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณเชิงรูปภาพไปเป็นสัญญาณเชิงความถี่ โดยจะทำการสลับค่าเครื่องหมายของทุกค่าสัมประสิทธิ์ จากค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นบวกก็จะทำการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์นั้นให้เป็นลบ ตามลำดับและตามรูปแบบที่ได้ทำการ

ประยุกต์มาจากเทคนิคเปียโน ซึ่งรูปแบบที่นำมาใช้ในการสลับตำแหน่งของค่าสัมประสิทธิ์นั้นมีด้วยกันทั้งสิ้น 6 รูปแบบด้วยกัน ดังที่ได้แสดงในภาพประกอบ 3-4(6) สำหรับการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวนั้นจะใช้เทคนิคที่เรียกว่ากระบวนการสุ่มเทียม ในการเลือกรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเช่นเดียวกับเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

เทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่นำเสนอในการทดลองนี้ จะไม่เหมือนกับเทคนิคที่ได้นำเสนอในสองการทดลองก่อนหน้า เพราะเทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอของการทดลองที่ 3 จะกระทำบนค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกที่ได้จากการแปลงสัญญาณเชิงรูปภาพไปเป็นสัญญาณเชิงความถี่ นอกจากนี้เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณของการทอลองนี้ได้ทำการประยุกต์อยู่ในกระบวนการของการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264 สำหรับกระบวนการโดยรวมของเทคนิครบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 Encoderได้ถูกนำเสนอในภาพประกอบ 3-13 และกระบวนการโดยรวมของเทคนิคถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder ได้ถูกนำเสนอในภาพประกอบ 3-18

4.3.1 สมมุติฐาน

เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน จะสามารถรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อการปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวที่ทำการประยุกต์อยู่ในกระบวนการบีบอัดไฟล์วิดีโอแบบ H.264 ได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่อย่างไร

4.3.2 ปัจจัยกำหนดในการทดลอง

1) ฐานข้อมูลวิดีโอ จำนวน 45 ไฟล์วิดีโอ (จำนวน 14,046 เฟรม) โดยจะทำการแยกเป็นกลุ่มตามชนิดและประเภทของวัตถุเคลื่อนไหวดังนี้ คือ 1) มีบุคคลเพียงคนเดียวในเฟรมวิดีโอ จำนวน 22 ไฟล์ (จำนวน 6,519 เฟรม) 2) มีกลุ่มบุคคลเป็นกลุ่มอย่างชัดเจนในเฟรมวิดีโอ จำนวน 12 ไฟล์ (จำนวน 2,088 เฟรม) 3) มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคลในเฟรมวิดีโอ จำนวน 11 ไฟล์ (จำนวน 5,439 เฟรม)

2) วัดประสิทธิภาพของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอด้วยค่า PSNR ดังแสดงในสมการที่ 4-1 โดยการวัดและการประเมินผลนั้นจะเหมือนกับสองการทดลองก่อนหน้า ซึ่งจะคำนวณหา

ค่า PSNR เพื่อทำการเปรียบเทียบความเหมือนระหว่างภาพตั้งต้นกับภาพที่นำมาเปรียบเทียบ โดยสมการของ PSNR นั้น สามารถดูได้จาก สมการที่ (4-1) ของการทดลองที่ 1

4.3.3 ผลการทดลอง

สำหรับการทดลองที่ 3 นี้ ได้นำเสนอเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ 3 เทคนิคด้วยกัน คือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน โดยเทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ในการทดลองนี้ได้รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอแบบ H.264 เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนของการรบกวนสัญญาณของแต่ละเทคนิคแล้ว ก็จะนำภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณมาทำการบีบอัดภาพวิดีโอ หลังจากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบด้วยการหาค่า PSNR กับภาพต้นฉบับ ซึ่งเหมือนกับสองการทดลองก่อนหน้านี้

(a) (b)

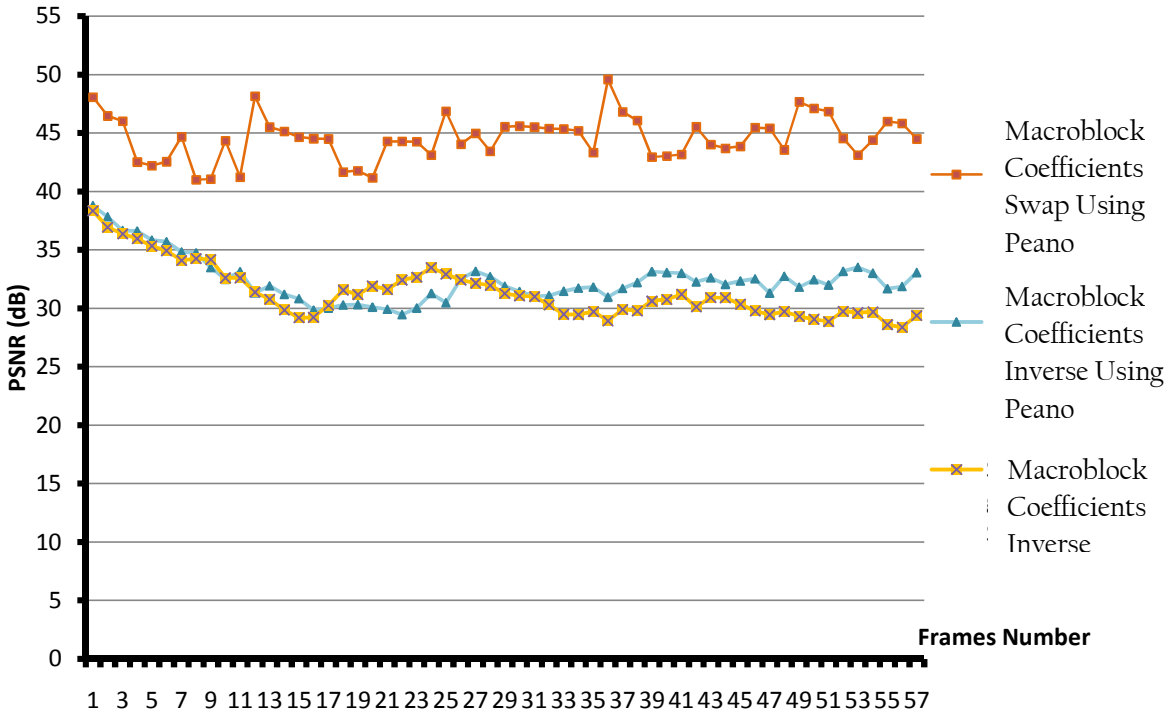
(c) (d)

ภาพประกอบ 4-12 ผลลัพธ์ของเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder (a) ภาพวิดีโอต้นฉบับ (b) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (c) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (d) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ภาพประกอบ 4-13 ผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

(แกนตั้ง : แทนด้วย ค่า PSNR มีหน่วยเป็น dB

แกนนอน : แทนด้วย จำนวนเฟรมของไฟล์วิดีโอ)



ภาพประกอบ 4-13 ผลลัพธ์ค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

ตารางการทดลองที่ 4-5 สรุปผลลัพธ์ของค่า PSNR ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264

Scrambling Technique	ประเภทของไฟล์วิดีโอ		
	บุคคลเพียงคนเดียว	กลุ่มบุคคลชัดเจน	มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคล
Coefficients Inverse	21.95833 dB	11.67692 dB	24.07537 dB
Coefficients Swap Using Peano	32.9758 dB	22.23146 dB	33.91094 dB
Coefficients Inverse Using Peano	23.48732 dB	13.71535 dB	26.47006 dB

จากภาพประกอบ 4-12 เป็นตัวอย่างของผลลัพธ์ของกระบวนการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 โดยภาพประกอบ 4-12 (a) จะเป็นภาพวิดีโอตั้งต้น สำหรับภาพประกอบ 4-12(b) เป็นภาพผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบ 4-12(c) เป็นภาพผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบสุดท้าย ภาพประกอบ 4-12(d) เป็นภาพผลลัพธ์ของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

สำหรับภาพประกอบ 4-13 จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของการหาค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการรบกวนสัญญาณที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder โดยกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์กากบาท จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก สำหรับกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์ จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณ ด้วยเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบของเปียโน และสำหรับกราฟเส้นสุดท้าย จากภาพประกอบ 4-13 คือกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์สามเหลี่ยม เป็นกราฟที่แสดงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ทำการ

เปรียบเทียบกับระหว่างภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณด้วย เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน ซึ่งเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณทั้ง 3 เทคนิคที่ได้กล่าวไปนั้นได้ถูกทำการประยุกต์การใช้งานบน H.264 Encoder ทั้งสิ้น

สำหรับตารางการทดลองที่ 4-5 เป็นตารางการทดลองที่สรุปค่า PSNR เฉลี่ยของเทคนิคการรบกวนสัญญาณที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder ซึ่งจากตารางข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ดีที่สุด คือเทคนิคการการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก และเทคนิคที่มีประสิทธิภาพการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอรองลงมาคือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน ตามลำดับ

(a) (b)

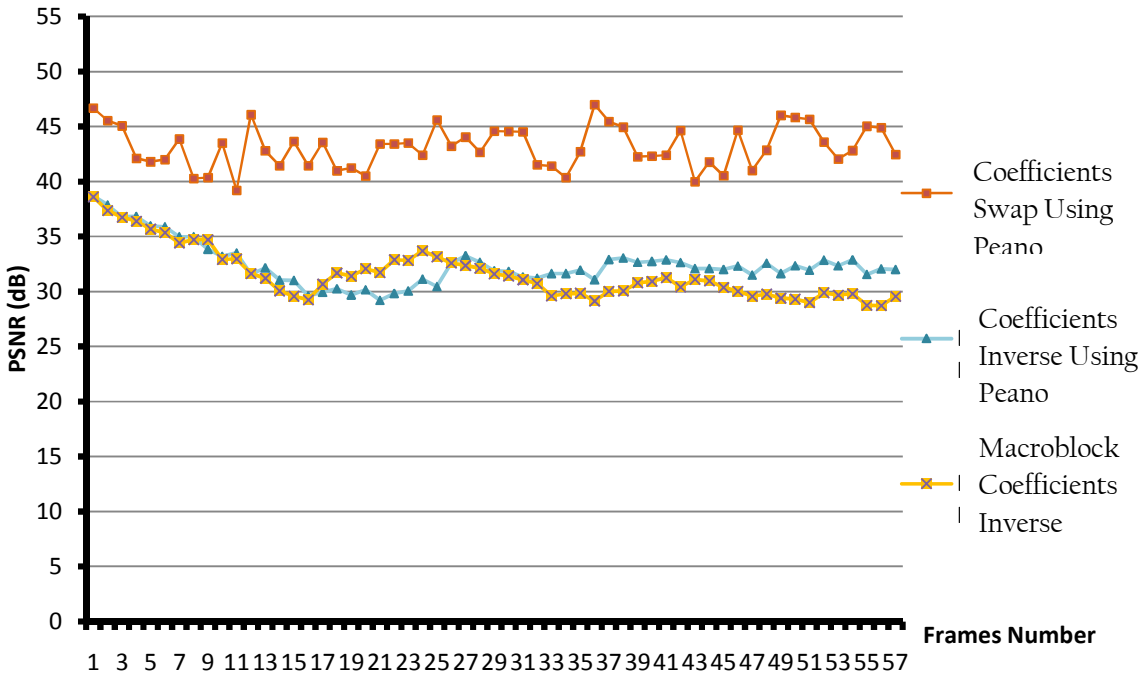
(c) (d)

ภาพประกอบ 4-14 ผลลัพธ์ของเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder (a) ภาพวิดีโอต้นฉบับ (b) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (c) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (d) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

ภาพประกอบ 4-15 ผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

(แกนตั้ง : แทนด้วย ค่า PSNR มีหน่วยเป็น dB

แกนนอน : แทนด้วย จำนวนเฟรมของไฟล์วิดีโอ)



ภาพประกอบ 4-15 ผลลัพธ์ค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

จากตารางการทดลองที่ 4-6 ผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder

Descrambling Technique	ประเภทของไฟล์วิดีโอ		
	บุคคลเพียงคนเดียว	กลุ่มบุคคลชัดเจน	มีการกระจายตัวของกลุ่มบุคคล
Coefficients Inverse	25.06349 dB	34.61241 dB	28.07696 dB
Coefficients Swap Using Peano	26.02798 dB	36.92284 dB	32.94853 dB
Coefficients Inverse Using Peano	26.03012 dB	36.4658 dB	29.63741 dB

จากภาพประกอบ 4-14 เป็นตัวอย่างผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนที่ได้ทำการประยุกต์บน H.264 โดยภาพประกอบ 4-14(a) จะเป็นภาพวิดีโอตั้งต้น สำหรับภาพประกอบ 4-14(b) เป็นภาพผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนด้วยเทคนิคการการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก สำหรับภาพประกอบ 4-14(c) เป็นภาพผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนด้วยการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และภาพประกอบสุดท้าย ภาพประกอบ 4-14(d) เป็นภาพผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนด้วยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน ซึ่งผลลัพธ์การถอดสัญญาณรบกวนทั้ง 3 เทคนิคที่ได้กล่าวมานั้นได้ทำการประยุกต์กระบวนการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอบน H.264 Encoder

สำหรับภาพประกอบ 4-15 จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลของการหาค่า PSNR ที่ได้จากเทคนิคการถอดสัญญาณรบกวนที่ทำการประยุกต์บน H.264 Encoder โดยภาพประกอบ 4-15 กราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์กากบาท จะเป็นกราฟที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการถอดสัญญาณรบกวน ด้วยเทคนิคการการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก สำหรับกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์สี่เหลี่ยม จะเป็นกราฟที่แสดงที่แสดงถึงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบภาพที่ได้จากภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวน

สัญญาณด้วย เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และสำหรับกราฟเส้นสุดท้าย จากภาพประกอบ 4-15 คือกราฟเส้นที่มีสัญลักษณ์สามเหลี่ยม เป็นกราฟที่แสดงผลลัพธ์ของค่า PSNR ที่ทำการเปรียบเทียบกับระหว่างภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่ผ่านการถอดสัญญาณรบกวนด้วย เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน ซึ่งเทคนิคที่นำมาใช้ในการถอดสัญญาณรบกวนทั้ง 3 เทคนิคที่ได้กล่าวไปนั้นจะถูกทำการประยุกต์การใช้งานบน H.264 Encoder

จากตารางการทดลองที่ 4-6 เป็นตารางที่สรุปค่าเฉลี่ยของแต่ละเทคนิคที่นำมาประยุกต์ใช้ในการถอดสัญญาณภาพวิดีโอบน H.264 Encoder โดยจากตารางการทดลองสามารถสรุปเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณที่ดีที่สุด คือ เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอรองลงมา คือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก ตามลำดับ

4.3.4 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองข้างต้นในส่วนของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ที่ทำการประยุกต์บน H.264 นั้นจะพบว่าการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอโดยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก จะมีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ดีกว่า อีก 2 เทคนิค ที่ได้นำเสนอ จากการทดลองพบว่าเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก และเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน นั้นจะมีค่าเฉลี่ยของค่า PSNR และประสิทธิภาพโดยรวมนั้นใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยของ PSNR ที่ได้จากเทคนิคการการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกนั้น จะมีค่าเฉลี่ยที่ 19.33687 dB ในขณะที่เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน จะมีค่า PSNR เฉลี่ยที่ 21.22424 dB สำหรับเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน จะมีค่า PSNR เฉลี่ยที่ 29.70607 dB ซึ่งจากค่า PSNR ที่ได้จะเห็นว่าเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน มีค่า PSNR เฉลี่ยที่มากกว่าอีก 2 เทคนิค จึงทำให้สรุปได้ว่า มีประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณที่ด้อยกว่าอีก 2 เทคนิคด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ในการทดลองข้างต้นยังมีส่วนของการทดลองของการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอจะเห็นว่า เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก จะมีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนที่ด้อยกว่าอีก 2 เทคนิคที่ได้นำเสนอ โดยเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก จะมีค่า PSNR เฉลี่ยของการถอดสัญญาณภาพวิดีโออยู่ที่ 29.25095 dB สำหรับเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโนจะให้ผลลัพธ์ของการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอดีที่สุด โดยค่าเฉลี่ยของค่า PSNR เป็น 33.13887 dB และ สำหรับเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน มีค่าเฉลี่ยของค่า PSNR อยู่ที่ 30.7111 dB จากค่า PSNR เฉลี่ยที่ได้ สามารถสรุปได้ว่าเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน มีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่ดีกว่าอีก 2 เทคนิคที่ได้นำเสนอ

4.4 สรุป

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอเพื่อปิดบังวัตถุเคลื่อนไหวจึงได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองด้วยกันคือ

1) เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอแบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ

2) เทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ

3) เทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ

โดยการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 นั้นได้นำเสนอเทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ 3 เทคนิค ดังที่ได้กล่าวไว้ในก่อนหน้านี้ ในหัวข้อ 4.1 และ 4.2 สำหรับการทดลองที่ 3 ได้นำเสนอเทคนิคการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แตกต่างจากสองการทดลองก่อนหน้าดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อการทดลองที่ 4.3 โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในการทดลองที่ 3 จะกระทำบนค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณเชิงรูปภาพไปเป็นสัญญาณเชิงความถี่ สำหรับการวัดประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคนั้นจะทำการเปรียบเทียบจากค่า PSNR ที่ได้ จากการเปรียบเทียบของภาพวิดีโอตั้งต้นกับภาพวิดีโอที่เราต้องการเปรียบเทียบ ซึ่งค่า PSNR นั้นจะแสดงให้เห็นถึงความเหมือนหรือความแตกต่างของภาพที่นำมาเปรียบเทียบ โดยถ้าค่า PSNR ที่มีค่ามากแสดงให้เห็นว่าภาพวิดีโอที่นำมาทำการเปรียบเทียบกับภาพ

วิดีโอตั้งต้นมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกันหรือเหมือนกับภาพวิดีโอตั้งต้น ดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ แต่ถ้าค่า PSNR ที่ได้จากการเปรียบเทียบนั้นมีค่าที่น้อย ซึ่งก็จะแสดงให้เห็นว่าภาพวิดีโอที่นำมาทำการเปรียบเทียบกับภาพวิดีโอตั้งต้น มีคุณภาพที่ไม่ใกล้เคียงกันหรือมีความแตกต่างและมีคล้ายคลึงกับภาพวิดีโอตั้งต้นน้อย

จากการทดลองทั้ง 3 การทดลองข้างต้นสามารถที่จะสรุปผลของแต่ละเทคนิคที่ใช้ในแต่ละการทดลองได้ตามตารางการทดลองที่ 4-7 และตารางการทดลองที่ 4-8 ดังนี้

ตารางการทดลองที่ 4-7 สรุปผลลัพธ์การทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2

Processes / Techniques	Uncompress		Compress	
	Scrambling	Descrambling	Scrambling	Descrambling
Macroblock Intensity Shift Technique	17.0956 dB	29.2677 dB	25.5361 dB	25.7398 dB
Macroblock Swap Technique Using Peano Scan	29.3201 dB	30.9677 dB	32.5414 dB	26.9713 dB
Macroblock Intensity Shift Technique Using Peano Scan	18.0291 dB	29.9578 dB	27.1190 dB	26.2939 dB

จากตารางการทดลองที่ 4-7 สามารถสรุปได้ว่าเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ดีที่สุดคือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (Macroblock Intensity Shift Technique) รองลงมาคือเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Intensity Shift Technique Using Peano) และเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Swap Technique Using Peano Scan) ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอนั้นจากตารางการทดลองที่ 4-7 สามารถสรุปได้ว่า เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอดีที่สุด เทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนที่รองลงมา คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก ตามลำดับ

จากตารางการทดลองที่ 4-7 สามารถสรุปได้ว่าเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่ดีที่สุด คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน โดยในการวัดประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคที่นำมาทำการรบกวนสัญญาณนั้น จะทำการวัดประสิทธิภาพจากค่า PSNR ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบระหว่างภาพวิดีโอต้นฉบับกับภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณ ถ้าค่า PSNR มีค่าน้อย ก็จะแสดงให้เห็นว่าภาพที่นำมาทำการเปรียบเทียบนั้นมีคุณภาพที่แตกต่างจากต้นฉบับ ดังนั้นยิ่งค่า PSNR ที่ได้มีค่าน้อย คุณภาพของภาพที่นำมาทำการเปรียบเทียบก็จะยิ่งมีความแตกต่างจากภาพต้นฉบับมากยิ่งขึ้น สำหรับในส่วนของการวัดประสิทธิภาพของการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอนั้น จะทำการเปรียบเทียบภาพวิดีโอต้นฉบับกับภาพวิดีโอที่ผ่านการถอดสัญญาณรบกวน ถ้าค่า ถ้าค่า PSNR มีค่ามาก ก็จะแสดงให้เห็นว่าภาพที่นำมาทำการเปรียบเทียบนั้นมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับ ดังนั้นยิ่งค่า PSNR ที่ได้มีค่ามาก คุณภาพของภาพที่นำมาทำการเปรียบเทียบก็จะมีคุณภาพใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากยิ่งขึ้น

ตารางการทดลองที่ 4-8 สรุปผลลัพธ์การทดลองที่ 3

Process / Techniques	H.264	
	Scrambling	Descrambling
Macroblock Coefficients Inverse Technique	19.3369 dB	29.2509 dB
Macroblock Coefficients Swap Technique Using Peano	29.7061 dB	33.1388 dB
Macrblock Coefficients Inverse Technique Using Peano Scan	21.2242 dB	30.7111 dB

จากตารางการทดลองที่ 4-8 สามารถสรุปได้ว่าเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ดีที่สุดคือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (Macroblock Coefficients Inverse Technique) รองลงมาคือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Coefficients Inverse Technique Using Peano Scan)

และเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Swap Technique Using Peano Scan) ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอนั้นจากตารางการทดลองที่ 4-8 สามารถสรุปได้ว่า เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอดีที่สุด เทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการถอดสัญญาณรบกวนที่รองลงมา คือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก ตามลำดับ

จากตารางการทดลองที่ 4-8 สามารถสรุปได้ว่าเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่ดีที่สุด คือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน สำหรับการวัดประสิทธิภาพของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอนั้น จะใช้การวัดประสิทธิภาพจากค่า PSNR โดยจะทำการเปรียบเทียบระหว่างภาพวิดีโอต้นฉบับกับภาพวิดีโอที่ผ่านการรบกวนสัญญาณ นอกจากนี้การวัดประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคที่นำมาใช้ในการถอดสัญญาณรบกวนนั้น ได้วัดประสิทธิภาพจากค่า PSNR ที่ทำการเปรียบเทียบระหว่างภาพวิดีโอต้นฉบับ กับภาพวิดีโอที่ผ่านกระบวนการถอดสัญญาณรบกวนแล้ว สำหรับรายละเอียดของการวัดประสิทธิภาพของการรบกวนและถอดสัญญาณนั้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้านี้

สำหรับการวัดประสิทธิภาพของสัญญาณรบกวนนั้น ค่า PSNR ที่วัดได้ควรจะมีค่าน้อย เพื่อคุณภาพของภาพที่ผ่านการรบกวนสัญญาณนั้นจะได้มีคุณภาพที่แตกต่างกับภาพวิดีโอต้นฉบับ แต่ในกรณีของการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการถอดสัญญาณรบกวน ค่า PSNR ที่วัดได้ควรจะมีค่ามาก เพื่อคุณภาพของภาพที่ผ่านการรบกวนสัญญาณนั้นจะได้มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับภาพวิดีโอต้นฉบับ สำหรับในกรณีที่มีค่า PSNR เป็น 0 dB ในกรณีนี้หมายความว่าภาพต้นฉบับและภาพที่นำมาทำการเปรียบเทียบนั้นมีคุณภาพสูงหรือกล่าวอีกนัยได้ว่าภาพที่นำมาทำการเปรียบเทียบนั้นเหมือนกับภาพต้นฉบับทุกประการ

ตารางการทดลองที่ 4-9 สรุปเวลาค่าเฉลี่ยของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2

Techniques \ Processes	Uncompress (วินาที/เฟรม)		Compress (วินาที/เฟรม)	
	Scrambling	Descrambling	Scrambling	Descrambling
Macroblock Intensity Shift Technique	0.1822	0.0556	0.1637	0.0481
Macroblock Swap Technique Using Peano Scan	0.1859	0.0727	0.1708	0.0692
Macroblock Intensity Shift Technique Using Peano Scan	0.1837	0.0624	0.1677	0.0570

จากตารางการทดลองที่ 4-9 เป็นตารางเวลาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ถูกใช้ในกระบวนการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอต่อหนึ่งเฟรมวิดีโอ ของแต่ละเทคนิคในการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 โดยสามารถสรุปได้ว่า เทคนิคที่ใช้เวลาในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่น้อยที่สุด คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสี สำหรับเทคนิคที่ใช้เวลาในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รองลงมา คือ เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโคร บล็อกตามรูปแบบเปียโน ตามาลำดับ จากตารางการทดลองที่ 4-9 จะเห็นว่าเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกมีเวลาเฉลี่ยของการรบกวนสัญญาณแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโออยู่ที่ 0.1822 วินาทีต่อเฟรม ส่วนเวลาเฉลี่ยของการรบกวนสัญญาณแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโออยู่ที่ 0.1637 วินาทีต่อเฟรม ซึ่งจะเห็นว่าการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอของเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกนั้นจะเร็วกว่าการรบกวนสัญญาณแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ อยู่ร้อยละ 10.15 สำหรับการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอของเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก มีเวลาเฉลี่ยของการถอดสัญญาณรบกวนแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโออยู่ที่ 0.0556 วินาทีต่อเฟรม ส่วนเวลาเฉลี่ยของการถอดสัญญาณรบกวนแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโออยู่ที่ 0.0481 วินาทีต่อเฟรม ซึ่งจะเห็นว่าการถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอแบบมีการบีบอัดไฟล์วิดีโอของเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกนั้นจะเร็วกว่าการถอดสัญญาณรบกวนแบบไม่มีการบีบอัดไฟล์วิดีโอ อยู่ร้อยละ 13.49

ตารางการทดลองที่ 4-10 สรุปเวลาค่าเฉลี่ยของการทดลองที่ 3

Process / Techniques	H.264 (วินาทีต่อเฟรม)	
	Scrambling	Descrambling
Macroblock Coefficients Inverse Technique	0.0093	0.0041
Macroblock Coefficients Swap Technique Using Peano	0.0728	0.0694
Macrblock Coefficients Inverse Technique Using Peano Scan	0.0936	0.0858

จากตารางการทดลองที่ 4-10 เป็นตารางเวลาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ถูกใช้ในกระบวนการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอต่อหนึ่งเฟรมวิดีโอ โดยสามารถสรุปได้ว่า เทคนิคที่ใช้เวลาในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่น้อยที่สุด คือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ สำหรับเทคนิคที่ใช้เวลาในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่รองลงมา คือ เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน และเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน ตามลำดับ จากตารางการทดลองที่ 4-10 จะเห็นว่าเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก จะมีเวลาเฉลี่ยในการรบกวนสัญญาณเร็วกว่าเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกและเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายของมาโครบล็อก

จากตารางการทดลองที่ 4-9 และตารางการทดลองที่ 4-10 จะเห็นว่าเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกและเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ มีความเร็วที่สุดในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ เนื่องจากสองเทคนิคนี้มีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนและไม่มีการทำการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอแบบมาโครบล็อกหลายระดับ ดังนั้นจึงทำให้ทั้งสองเทคนิคนี้มีความเร็วเฉลี่ยในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่เร็วกว่าเทคนิคอื่นๆ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้วิจัยและพัฒนาเทคนิคที่ใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่ได้ทำการประยุกต์จากเทคนิคของเปียโน เพื่อทำประยุกต์ใช้ในระบบเฝ้าระวังกล้องวงจรปิด ดังนั้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบได้ทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองด้วยกัน คือ

1) การทดลองที่ 1 เทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบไม่มีการบีบอัดภาพวิดีโอ
2) การทดลองที่ 2 เทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอที่แยกออกจากกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ แบบมีการบีบอัดภาพวิดีโอ
3) การทดลองที่ 3 เทคนิครบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ ที่รวมอยู่ในกระบวนการบีบอัดภาพวิดีโอ H.264

โดยในแต่ละการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 ได้นำเสนอเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ 3 เทคนิค ด้วยกัน คือ

1) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน
3) เทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

สรุปได้ว่าเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ดีที่สุดคือเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อก (Macroblock Intensity Shift Technique) รองลงมาคือเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Intensity Shift Technique Using Peano) และเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Swap Technique Using Peano Scan) ตามลำดับ แต่เนื่องจากเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกไม่สามารถใช้รหัสได้ จึงทำให้วิธีการกวนสัญญาณด้วยเทคนิคการเลื่อนค่าสีของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน ดีที่สุด

สำหรับการทดลองที่ 3 ได้นำเสนอเทคนิคที่นำมาใช้ในการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอ 3 เทคนิค ด้วยกัน คือ

1) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก
2) เทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน
3) เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน

สรุปได้ว่าเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอที่ดีที่สุดคือ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Coefficients Inverse Technique Using Peano) รองลงมาคือเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อก (Macroblock Coefficients Inverse Technique) และเทคนิคการสลับตำแหน่งค่าสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน (Macroblock Swap Technique Using Peano Scan) ตามลำดับอย่างไรก็ตามเนื่องจากเทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกไม่สามารถใช้รหัสได้ เทคนิคการสลับค่าเครื่องหมายสัมประสิทธิ์ของมาโครบล็อกตามรูปแบบเปียโน จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

จากการทดลองพบว่า ในกรณีของการรบกวนและถอดสัญญาณภาพวิดีโอของการทดลองที่ได้กล่าวมาก่อนหน้าแล้วนั้น จะได้ผลลัพธ์ที่ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวที่อยู่ในภาพวิดีโอ ซึ่งจากการทดลองพบว่าผลลัพธ์ในการรบกวนสัญญาณนั้นมีข้อผิดที่เกิดขึ้นพลาดบางประการได้แก่ ในกรณีที่ฉากหลังของภาพวิดีโอมีสีเดียวกันหรือมีสีที่ใกล้เคียงกันกับบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่อยู่ภายในภาพวิดีโอ ซึ่งจะส่งผลกับการตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวและการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ นอกจากนี้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นยังรวมถึงกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของแสงที่เกิดขึ้นในภาพวิดีโออย่างทันทีทันใด

5.2. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย เพื่อทำการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอในระบบเฝ้าระวังกล้องวงจรปิดได้ อย่างไรก็ตามในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอจากการทดสอบของกระบวนการจากวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้จะให้ผลลัพธ์ที่ดีในการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ ควรให้วัตถุเคลื่อนไหวที่อยู่ในเฟรมวิดีโอมีสีที่แตกต่างกับฉากหลังในเฟรมวิดีโออย่างชัดเจน นอกจากนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรบกวนสัญญาณภาพวิดีโอ สามารถทำได้โดยการเพิ่มขนาดของมาโครบล็อกที่ใช้ในการรบกวนสัญญาณให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น เช่น จากมาโครบล็อกขนาด 8x8 ทำ

การเพิ่มขนาดมาโครบล็อกเป็นขนาด 16x16 เป็นต้น สำหรับในกรณีของการรบกวนสัญญาณและถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอที่ทำการประยุกต์บน H.264 นั้น สามารถที่จะแก้ปัญหาได้ด้วยการปรับปรุงในส่วนของ การชดเชยการเคลื่อนไหว (Motion Compensation) ของไฟล์วิดีโอ จึงเป็นประเด็นที่สามารถนำไปพัฒนาต่อในอนาคต เพื่อให้ประสิทธิภาพในการรบกวนสัญญาณและถอดสัญญาณรบกวนภาพวิดีโอ มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Frédéric Dufaux and Touradj Ebrahimi, “Scrambling for Privacy Protection in Video Surveillance Systems,” IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. 81, NO.8, AUGUST 2008

[2] Kenichi Yabuta, Hitoshi Kitazawa and Toshihisa Tanaka, “A new Concept of Security Camera Monitoring with Privacy Protection by Masking Moving Objects,” Publisher: Springer Berlin / Heidelberg, ISSN: 0302-9743 (Print) 1611-3349 (Online), Volume: 3767/2005, Book: Advances in Mulitmedia Information Processing - PCM 2005, DOI: 10.1007/11581772, Copyright: 2005, Page: 831-842, Subject Collection: Computer Science, SpringerLink Date: Wednesday, October 19, 2005

[3] Wei Zhang, Sen-ching S., Cheung, and Minghua Chen, “Hiding Privacy Information in Video Surveillance System,” ICIP 2005, IEEE International Conference on Publication Date: 11-14 Sept 2005, Volume: 3, On page(s): II- 868-71 ISBN: 0-7803-9134-9 INSPEC Accession Number: 8856887 Digital Object Identifier:10.1109/ICIP.2005.153

[4] Makoto Takayama, Kiyoshi Tanaka, Akio Yoneyama and Yasuyuki Nakajima, “A Video Scrambling Scheme Applicable to Local Region without Data Expansion,” Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference on Publication Date: 9-12 July 2006 On page(s): 1349-1352 ISBN: 1-4244-0366-7 INSPEC Accession Number: 9112643 Digital Object Identifier: 10.1109/ICME.2006.262789 Current Version Published: 2006-12-26.

[5] Frédéric Dufaux and Touradj Ebrahimi, “Scrambling for video Surveillance with Privacy,” IEEE Workshop on Privacy Research in Vision, 2006 IEEE, 2006, Series: Lecture Notes in Computer Science, Keyword(s): LTS1, Reference: LTS-CONF-2006-043

[6] Frédéric Dufaux and Touradj Ebrahimi, “Privacy-Protection Technoligy for Video Surveillance, http://spie.org/x8691.xml?highlight=x2412&ArticleID=x8691

[7] Datong Chen, Rong Yan and Jei Yang, "Activity Analysis in Privacy-Protected Video," http://www.informedia.cs.cmu.edu/documents/T-MM_Privacy_J2c.pdf.

[8] H.264 and MPEG-4 VIDEO COMPRESSION Video Coding for Next-generation Multimedia book, Iain E. G. Richardson.

[9] Yoshi Nemoto, Yousuke Toyota, Shigeyuki Sakazawa, Liang Zhao and Hideo Yamamoto, "A Study on Video Scrambling Considering Inter-Frame Prediction," Accession number 06A0147226, Journal title IEIC Technical Report, Journal code S0532B, ISSN 0913-5685, vol 105 no. 500(IE2005 127-185) page 207-212(2006).

[10] Masaki Fujiyoshi, Keijiro Kuraiwa and Hitoshi Kiya, "A Scrambling Method For JPEG Videos Enabling Moving Objects Detection From Scrambled Videos," Image Processing, 2008. ICIP 2008. 15th IEEE International Conference on, Publication Date: 12-15 Oct. 2008, On page(s): 773-776, ISSN: 1522-4880, ISBN: 978-1-4244-1765-0, INSPEC Accession Number: 10422893, Digital Object Identifier:10.1109/ICIP.2008.4711869, Current Version Published: 2008-12-12.

[11] JOEL QUINQUETON AND MARC BERTHOD, "A LOCALLY ADAPTIVE PEANO SCANNING ALGORITHM."

[12] Adel Hafiane, Subhasis Chaudhuri, Guna Seetharaman and Bertrand Zavidovique, "REGION-BASED CBIR IN GIS WITH LOCAL SPACE FILLING CURVES TO SPATIAL REPRESENTATION."

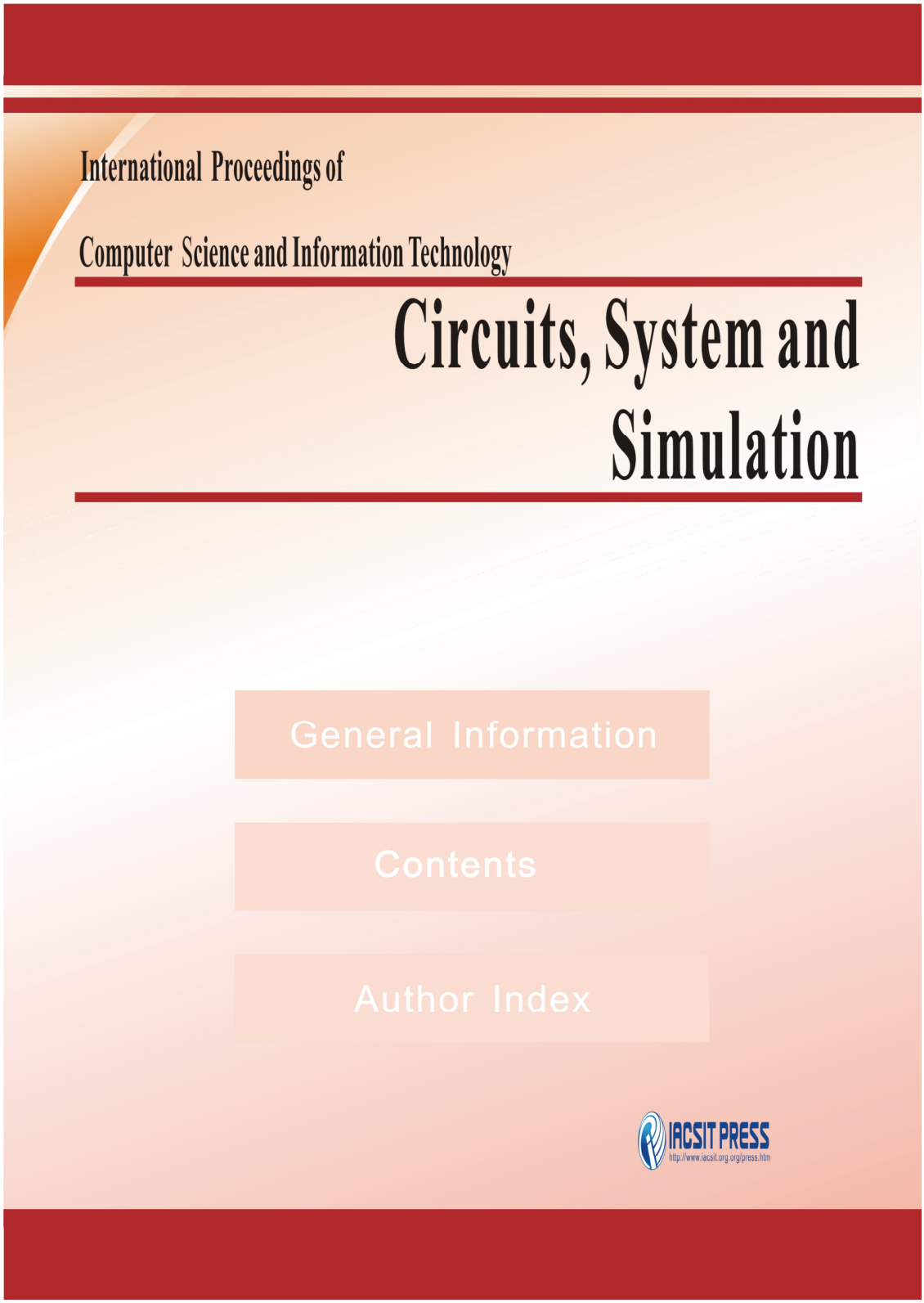
[13] F. Matusek, G. Pujolle and R. Reda, "Shadow Detection for Increased Accuracy of Privacy Enhancing Methods in Video Surveillance Edge Devices," Proceeding of Word Academy of Science, Engineering and Technology, Volume 36, December 2008, ISSN 2070-3740, page 440-445.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์

1. Isarin Promyarut, NikomSuvonvorn and SomchaiLimsiroratana, “Video Scrambling for Privacy Protection in Surveillance System”, 2011 International Conference on Circuits System and Simulation. (ICCSS 2011). May 28--29, 2011, pp. 177-182.


International Proceedings of
Computer Science and Information Technology
Circuits, System and Simulation
General Information
Contents
Author Index
IACSIT PRESS
http://www.iacsit.org/press.htm

2011 International Conference on Circuits, System and Simulation
Proc .of CSIT vol.7 (2011) © (2011) IACSIT Press, Singapore

Video Scrambling for Privacy Protection in Surveillance System

Isarin Promyarut[1], NikomSuvonvorn[2] and SomchaiLimsiroratana[3]

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University,
Hat Yai, Songkla, Thailand 90112
omisarin@hotmail.com[1], kom@coe.psu.ac.th[2], somchai@coe.psu.ac.th[3]

Abstract. In this paper, we propose scrambling and descrambling techniques for privacy protection of moving objects in video surveillance system. The methodswere embedded on H.264 encoder and decoder during macroblock based motion estimation of the P and B frames. An adaptive Peano-like scan technique with pyramid structure is introduced in order to dealwith scrambling information for both of frequency and spatial domains. Our algorithm is implemented in ffmpeg h264 decoder and x264 encoder.

Keywords: Video scrambling, Privacy Protection, Surveillance System,H.264 encoder

1. Introduction

At the present, the video surveillance system has been used in many places for many purposes. Although, general people are concentrating onsecuritybut they are afraid to loseprivacy information which come along. Many researches try to solve this problem. Frédéricand Touradj [1] proposed a scrambling technique by using inverse sign bit of coefficients using thePRNG (Pseudo Random Number Generator). Kenichi et al. [2] proposed the watermarking technique for scrambling or erasing moving objects from the specific frames using supplementary information such as edge and etc. Makoto Takayama et al. [4] introduced a method for shuffling coefficients of DCT that consist of Intra-slice Shuffling of DC components, Inter-block Shuffling of AC Components and Intra-block Shuffling AC Components, as scrambling technique. Frédéricand Touradj[6] presented the two steps of an improved scrambling techniques: transform-domain scrambling using PRNG on DCT coefficients and codestream-domain scrambling applied during the VLC (Variable Length Code) process.

In this paper we propose an algorithm for video scrambling inspired from the Peano Scan technique which is implemented on H.264 encoder. The paper is organized by the following: theories and principles in section II, proposed method in section III, system performance and conclusion depict in section IV and V respectively

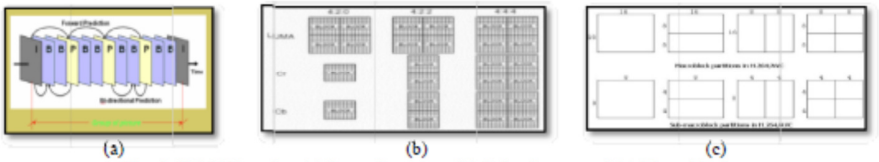
2. Theories and Principles

2.1. H.264 Encoder

H.264 is a standard compression video, called MPEG-4 part 10 or MPEG-4 AVC (Advance Video Coding), which is introduced by the ITU-TVCEG and ISO/IEC MPEG. The H.264 has been designed with the goal for improving compression performance of video encoding. H.264 compression requires high computational power. Howeverit has many advantages such as higher coding efficiency and low bit rate than previous standard (MPEG-1,2,4 part 2, H.261, H.263), simple syntax specifications, seamless integration of video coding into all current protocols etc.In the H.264 encoder, video data is representedin the layer structure dividing into I-frame,as reference frame, P-frame and B-frame,asvariation information from the reference frame, determined by macroblock based motion estimation, depict in figure 1. The estimation is computed on YCbCr color space, so luminance and color ratio can consider in difference forms of X:X:X. The intensity of image in each macroblock, may indicate spatially in many sub-windows size such as 4x4,

8x8, 16x16 and etc, is transformed into frequency domain using DCT Transformation. This is the way how toreduce or compressvideo information into the form of DCTcoefficient.

$$g(x,y,u,v) = h(u,v,x,y) = \alpha(u)\alpha(v)\cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right]\cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \quad (1)$$



(a) (b) (c)

Fig. 1: H.264 Encoder: (a) Layer Structure, (b) Color Space, and (c) Macroblock.

In a compressed macroblock, the information such as edges of image having high frequencieswill be located in the left-top corner, and those with lower frequencies will systematically foundinthe direction of right-bottom corner. These properties of macroblock will be used in our proposed method, which try to scramble video data depending on frequencies. Note that in the classic scrambling method, by inverting the sign of coefficient, these parameters are not considered at all.

2.2. Peano Scan

The Peano Space-Filling Curve are used to traverse pixels along a specific local path of 2x2 matrix and rearrange data and mapping is continues. Peano scan technique has only one main pattern that is U, but many possible variationscan be determined depending on its directions such as Z, C, N, U, Alpha and Gamma and etc.

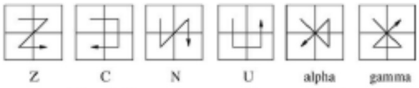


Fig. 2: Scan patterns of Peano technique

Our technique that called InvertPattern have inspired from the Peano Scan techniquefor scrambling the video data on DCT coefficient that will be described more details in the section 3.2.

3. Proposed Method

In this section, we present our scrambling techniques for privacy protection of moving objects in surveillance system by applying Peano-like Scan technique. Form the H.264 specification, the macroblock of P-frame and B-frame areconsidered as motion objects, intensities changing from its reference I-frame. The overall of system is illustrated in the figure3 consisting of two main steps: scrambling and descrambling. The scrambled video obtained from our process can be displayed only by the authorized viewer.Thescramblingprocessembedded in the H.264 encoder is detailed in the figure 4. Scrambling technique, called InvertPattern, are inserted after the DCT transform and Quantization, and before the Entropy coding blocks of the encoder, which the macroblocks are already compressed into DCT coefficients necessary for applying our techniques. For the descrambling process, the so called InvertPattern^{-1}isinserted in the H.264 decoder after the entropy decoding block, shown in the figure 5.We proposed two types of scrambling and descrambling algorithms which are described in the following sub-sections.

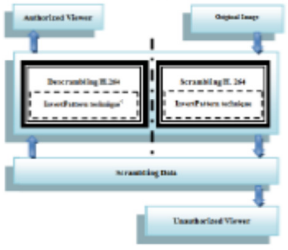


Fig. 3: System overview

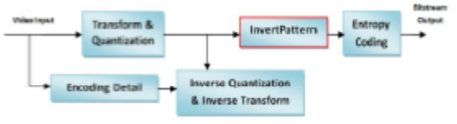


Fig. 4: InvertPattern in H.264 Encoder

Fig. 5: InvertPattern^{-1} in H.264 Decoder

3.1. Scrambling algorithm by InvertPatternF

Our method is derived fromthe work of Frédéricand Touradj, which the scrambling techniques is based on the sign bit inversion of DCT coefficient in the macroblock. However, this method will invert simply the same pattern for every coefficient in the macroblock. By considering that the information such as edges or corners of object in image having high frequencies will be located in the left-top corner of macroblock, and the surfaces of object in the imagenormally having lower frequencies will systematically found in the direction of right-bottom corner of macroblock. With these properties of macroblock, we propose new algorithm that the scrambling of video data is depending on frequencies.

We found that Peano Scan technique, shown in figure 6, inspire us for how to scramble data with related to its frequencies. So, the adaptive Peano-like scan technique, called InvertPatternF, are then invented for implementing our idea, shown in the figure 7. Each macroblock is divided into four areas depending on frequencies: HH, HL, LH, LL respectively, shown in figure 9.The invert patterns of macroblock are then determined by following definition: the beginning of Peano scan is always fixed to the sign +, then during the scan direction the sign will switch from + to − or reversely. We can then obtain our six types of InvertPattern depict in the figure 8. To scrambling or descrambling a video data we use a specific order of these six patterns as key sequence for inverting the sign bit of DCT coefficient.

In order to select a specific key sequence of patterns, we apply the PRNG (Pseudo Random Number Generator), is a random technique that uses a seed to generate or regenerate the same order of values.Each generated value from PRNG will be used for selecting one from six patterns of the InvertPattern. By repeating thisprocedure we can generate our key sequence for scrambling and the invert of key sequence for descrambling respectively.

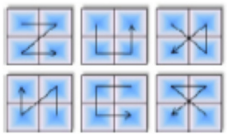


Fig. 6: Peano Scan Pattern

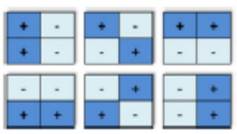


Fig. 7: InvertPattern Pattern

Fig. 8: Macroblock frequencies

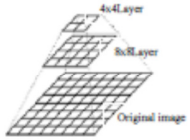


Fig. 9: Pyramid quad-tree

3.2. Scrambling algorithm by InvertPatternS

In this section, we introduced an improved version of InvertPatternF that focalize the invert technique on the spatial information rather than frequency factor in the macroblock, called InvertpatternS technique, which is the invert pattern that depends on spatial information in macroblock. The idea is that with difference sizes of macroblock, the inversion of sign bit of coefficient will spatially effect to the image information either more locally or more globally. We found that selecting only on size of macroblock will be optimized only to a specific video data; object may stay close or far from camera. Then, we adapt the inversion of sign bit of coefficient into pyramid structure with related sub-macroblock levels. During the scrambling process, we will begin to invert pattern like the above section using InvertPatternF for the 8x8 level of macroblock, and then go down to the quad-tree pyramid, shown in the figure 9, and repeat the same invert key sequence using again InvertPatternF pattern for inverting the sub-macroblock at 4x4level, systematically for the four leafs. In the descrambling process, the inversion will be done inversely, means that from the 4x4 level to 8x8 level respectively. At this step, we focalizes only two levels of pyramid, which is enough experimentally, although technically it may apply to more levels.

4. System Performance and Discussion

Our scrambling methods are implemented using ffmpeg and x264 encoder on ubuntu operating system. The experimentation is executedon system with Intel processor Core 2 Duo, 2 GHz, and 2 GB memory.Testingdatasets of our researchare extracted from video surveillance system in real situation, such as in private room, building and public place respectively. Figure 10 shows some frames from the original dataset.

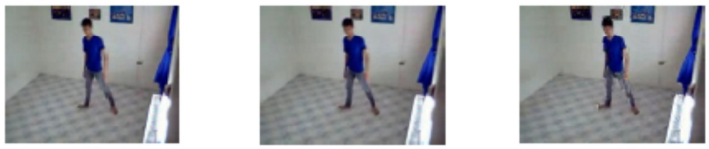
(a) (b) (c)

Fig. 10: Original testing data set: (a) private room, (b) building, and (c) public place.

We evaluate the performance of our methods, InvertPatternF and InvertPatternS, by comparing with Inverse Sign Bit Coefficients technique using the above datasets. Scrambledand descrambled videosobtained from the three methods arecompared quantitatively to the original video frame by frame using PSNR for measuring the Peak Signal-to-Noise-Ratio. The scrambling technique is probably better ifthe value of PSNR is small. Inversely, the best descrambling technique will give a bigger one. Note that PSNR can be computed by the equation 2, where MAX is defined to 255 as maximum intensity of image.

$$PSNR = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}}\right) \tag{2}$$

The figure 11 and 12 show the extracted frames from video dataset after using the three scrambling and descrambling techniques.



(a) (b) (c)

Fig. 11: Scrambling result: (a) Inverse Sing Bit Coefficients, (b) InvertPatternF, (c) InvertPatternS.

(a) (b) (c)

Fig. 12: Descrambling result: (a) Inverse Sing Bit Coefficients, (b) InvertPatternF, (c) InvertPatternS.

Table 1 show the results from the experimentation, we found that as scrambling method the technique InvertPatternSis better than InvertPatternF and Inverse Sign respectively, which PSNR values in average are 36.4735 dB, 36.9154dB, and 36.9182 dB correspondingly. We can notice that scrambling with frequency consideration give result nearly the same with the normal one using these datasets. However, we think that if it is apply to video with complex scene having variation of frequencies like in the water surface, our method will give better result.And certainly, the experimentation shows that the spatial scrambling of video give the best result. On the other hand for the descrambling method, we can notice that from the experimentation that the technique InvertPatternF is better than Inverse Sign and InvertPatternS respectively, which the corresponding PSNR values in average are 36.6179dB, 36.4804dB, and 36.0603dB.This may be explained by the result of our predicted pyramid pattern that perfectly re-generated as a key sequence.

Table. 1: PSNR result of scrambling and descrambling

Technique / Video Files	Inverse Sign Encode	Inverse Sign Decode	InvertPatternF Encode	InvertPatternF Decode	InvertPatternS Encode	InvertPatternS Decode
Private room	36.0819	36.0323	36.1293	36.0836	35.2989	35.6937
Building	38.0656	38.0089	38.0589	37.9949	38.0812	38.0309
Public place	36.5988	36.4804	36.5664	36.6179	36.0404	36.0603
Average	36.9154	36.8405	36.9182	36.8988	36.4735	36.5950

5. Conclusion

In this paper, we propose the scrambling and descrambling techniques, called InvertPatternS and InvertPatternF, applying the Peano-like Scan technique. The InvertPatternF scrambling technique emphasize on frequencies of video information. In complementary, the InvertPatternS technique is focused on spatial information in video. We found that our methodsgive a good result for both of scrambling and descrambling of video data compared to a classic method, Invert Sign Bit. Moreover, our techniques are implemented using ffmpeg H.264 decoder and embedded in the x264 encoder that allow doing the encoding and scrambling at the same time, which is properly appropriate for the future video surveillance system.

6. References

[1] Frédéric Dufaux and Touradj Ebrahimi, Scrambling for Privacy Protection in Video Surveillance Systems, *IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. 81, NO.8, AUGUST 2008*

[2] Kenichi Yabuta, Hitoshi Kitazawa and Toshihisa Tanaka, A new Concept of Security Camera Monitoring with Privacy Protection by Masking Moving Objects, Publisher: Springer Berlin / Heidelberg, ISSN: 0302-9743 (Print) 1611-3349 (Online), Volume: 3767/2005, Book: Advances in Multimedia Information Processing - PCM 2005, DOI: 10.1007/11581772, Copyright: 2005, Page: 831-842, Subject Collection: Computer Science, SpringerLink Date: Wednesday, October 19, 2005

[3] Wei Zhang, Sen-ching S., Cheung, and Minghua Chen, Hiding Privacy Information in Video Surveillance System, ICIP 2005, IEEE International Conference on Publication Date: 11-14 Sept 2005, Volume: 3, On page(s): II- 868-71 ISBN: 0-7803-9134-9 INSPEC Accession Number: 8856887 Digital Object Identifier:10.1109/ICIP.2005.153

[4] Makoto Takayama, Kiyoshi Tanaka, Akio Yoneyama and Yasuyuki Nakajima, A Video Scrambling Scheme Applicable to Local Region without Data Expansion, Multimedia and Expo, 2006 IEEE International Conference on Publication Date: 9-12 July 2006 On page(s): 1349-1352 ISBN: 1-4244-0366-7 INSPEC Accession Number: 9112643 Digital Object Identifier: 10.1109/ICME.2006.262789 Current Version Published: 2006-12-26

[5] Frédéric Dufaux and Touradj Ebrahimi, Scrambling for video Surveillance with Privacy, IEEE Workshop on Privacy Research in Vision, 2006 IEEE, 2006, Series: Lecture Notes in Computer Science, Keyword(s): LTS1, Reference: LTS-CONF-2006-043

[6] Frédéric Dufaux and Touradj Ebrahimi, Privacy-protection technology for video surveillance , 25 March 2011, Available(online) at: http://spie.org/x8691.xml?highlight=x2412&ArticleID=x8691

[7] Datong Chen, Rong Yan and Jei Yang, Activity Analysis in Privacy -Protected Video, 25 March 2011, Available(online) at: http://www.informedia.cs.cmu.edu/documents/T-MM_Privacy_J2c.pdf

[8] H.264 and MPEG-4 VIDEO COMPRESSION Video Coding for Next-generation Multimedia book, Iain E. G. Richardson

[9] Yoshi Nemoto, Yousuke Toyota, Shigeyuki Sakazawa, Liang Zhao and Hideo Yamamoto, A Study on Video Scrambling Considering Inter-Frame Prediction, Accession number 06A0147226, Journal title IEIC Technical Report, Journal code S0532B, ISSN 0913-5685, vol 105 no. 500(IE2005 127-185) page 207-212(2006)

[10] Masaki Fujiyoshi, Keijiro Kuraiwa and Hitoshi Kiya, A Scrambling Method For JPEG Videos Enabling Moving Objects Detection From Scrambled Videos, Image Processing, 2008. ICIP 2008. 15th IEEE International Conference on, Publication Date: 12-15 Oct. 2008, On page(s): 773-776, ISSN: 1522-4880, ISBN: 978-1-4244-1765-0, INSPEC Accession Number: 10422893, Digital Object Identifier:10.1109/ICIP.2008.4711869, Current Version Published: 2008-12-12

[11] Joel Quinqueton and Marc Berthod, A Locally Adaptive Peano Scanning Algorithm, 25 March 2011, Available(online) at: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=04767126

[12] Adel Hafiane, Subhasis Chaudhuri, Guna Seetharaman and Bertrand Zavidovique, Region-Based CBIR IN GIS with Local Space Filling Curves to Spatial Representation, 25 March 2011, Available(online) at: http://www.sciencedirect.com

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวอิศรินทร์ พรหมยารัตน์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5210120120

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2551

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Isarin Promyarut, NikomSuvonvorn and SomchaiLimsiroratana, “Video Scrambling for Privacy Protection in Surveillance System”, *In International Conference on Circuits, System and Simulation (ICCSS 2011)*, May 28-29, 2011 Bangkok, Thailand, pp. 177-182.