# การพัฒนาต้นแบบการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน

วิทยานิพนธ์

ของ

เศกสิทธิ์ พจมาร

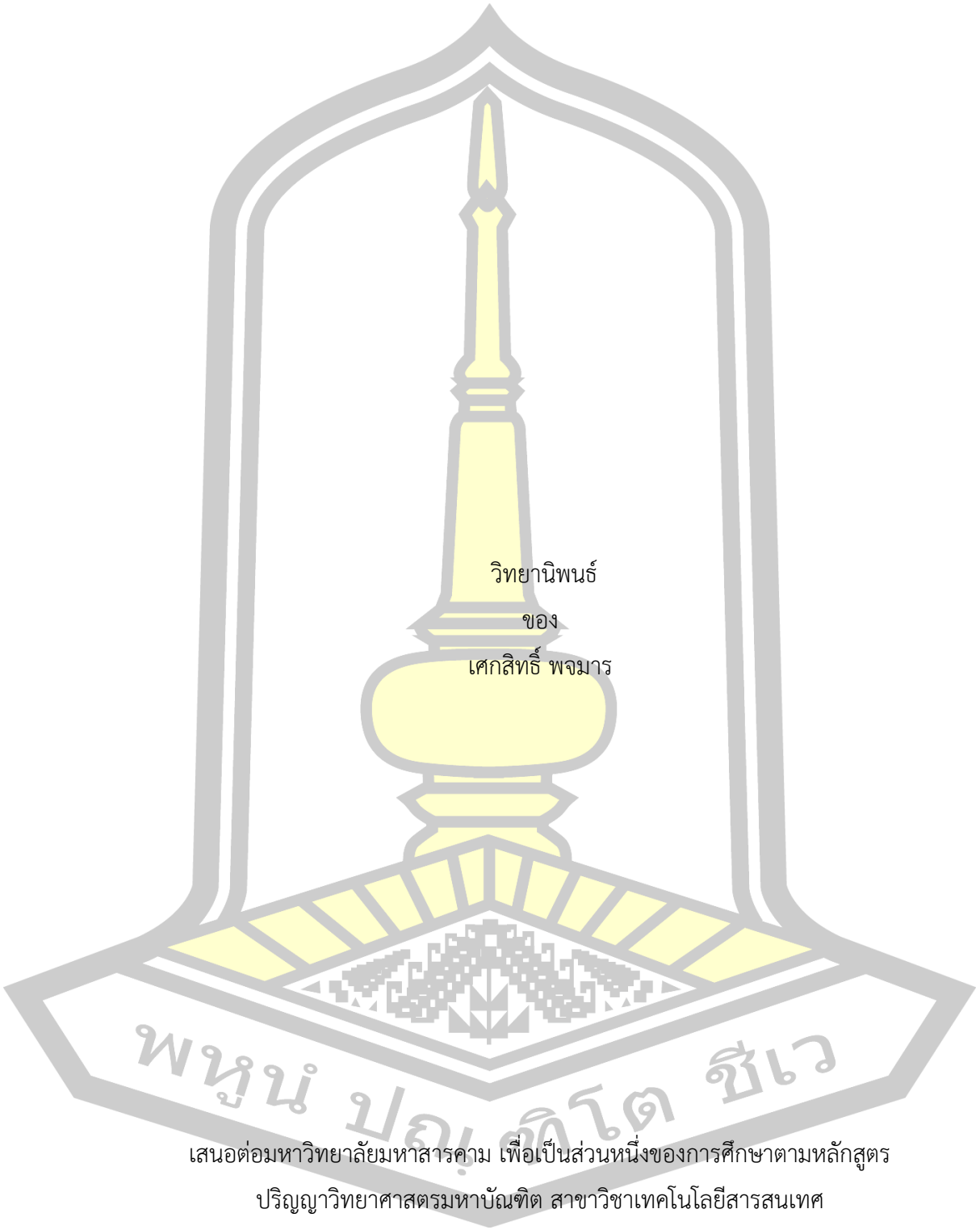
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

พฤษภาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

# การพัฒนาต้นแบบการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน




วิทยานิพนธ์

ของ

เศกสิทธิ์ พจมาร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

พฤษภาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

# Developing Prototype of Lossless Data Compression on Web Applications

Seksit Podchaman

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Science (Information Technology)

May 2020

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายเศกสิทธิ์ พจมาร แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. สิทธิชัย บุษหมั่น )

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. จารี ทองคำ )

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. แกมกาญจน์ สมประเสริฐศรี )

.....กรรมการ
(ดร. สาธิต แสงประดิษฐ์ )

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ผศ. ศศิธร แก้วมั่น )
คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล )
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีวเ

**ชื่อเรื่อง** การพัฒนาต้นแบบการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน
**ผู้วิจัย** เศกสิทธิ์ พจมาร
**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จารี ทองคำ
**ปริญญา** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** เทคโนโลยีสารสนเทศ
**มหาวิทยาลัย** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2563

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลเพื่อลดขนาดไฟล์ข้อมูลให้เล็กลงก่อนทำการส่งไฟล์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และใช้เทคนิคการคลายข้อมูลที่เครื่องผู้ใช้ ซึ่งจะทำให้การส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพและมีความรวดเร็วเพิ่มขึ้น กลุ่มไฟล์ข้อมูล 3 กลุ่มได้ถูกนำมาใช้ในการทดลองคือ กลุ่มไฟล์เอกสาร กลุ่มไฟล์รูปภาพ และกลุ่มไฟล์เสียงและวิดีโอ จำนวน 150 ไฟล์ โดยใช้อัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลจำนวน 5 อัลกอริทึม ได้แก่ Huffman Coding, Deflate, BZip2, LZMA และ LZ4 ในการวัดประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้อัตราความเร็วในการบีบอัด อัตราความเร็วในการคลายข้อมูล อัตราส่วนการบีบอัด และเวลารวมทุกกระบวนการ จากนั้นนำผลการเปรียบเทียบที่มีประสิทธิภาพไปสร้างต้นแบบการบีบอัดข้อมูล จากการทดลองพบว่าอัลกอริทึม LZ4 มีประสิทธิภาพในการบีบอัดข้อมูลด้วยอัตราความเร็วรวมทุกกระบวนการทำงานดีที่สุดที่อัตราเฉลี่ย 7.3806 ไบต์ต่อวินาที

คำสำคัญ : การบีบอัดข้อมูล, อัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูล, อัลกอริทึม LZ4

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

**TITLE** Developing Prototype of Lossless Data Compression on Web Applications
**AUTHOR** Seksit Podchaman
**ADVISORS** Assistant Professor Jaree Thongkam , Ph.D.
**DEGREE** Master of Science **MAJOR** Information Technology
**UNIVERSITY** Mahasarakham University **YEAR** 2020

## ABSTRACT

The paper aims to compare different lossless data compression algorithms that are used to reduce the size of data before transmitting it over the Internet. Because the data is preserved, it can be decompressed and restored to its original state. This facilitates fast and efficient data transfer in web applications. In this research, a total of 150 files of 3 different file types are used including text files, image files and audio/video files. 5 lossless data compression algorithms including Huffman Coding, Deflate, BZip2, LZMA and LZ4 are studied and compared in terms of compression/decompression speed compression rate and total processing time, then use the effective comparison results to create the data compression prototype. The results show that LZ4 algorithm produces the best overall performance, with the average rate of 7.3806 bytes per second (bit/s).

Keyword : Data Compression, Lossless Data Compression Algorithms, LZ4 Algorithms

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สาเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก ผศ.ดร.จารี ทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา รวมทั้งเสนอแนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยอย่างยิ่ง

เศกสิทธิ์ พจมาร

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1.1 หลักการและเหตุผล ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย ..... 2

1.4 ความสำคัญของการวิจัย ..... 4

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 6

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ..... 6

2.1.1 การบีบอัดข้อมูล ..... 6

2.1.2 เทคนิคฮัฟแมน โค๊ด (Huffman Codes) ..... 9

2.1.3 เทคนิคแอลแซสเจ็ดเจ็ด (LZ77) ..... 14

2.1.4 เทคนิคบีซิปทู (BZip2) ..... 15

2.1.5 เทคนิคดีเฟ็ค (DEFLATE) ..... 17

2.1.6 เทคนิคแอลแซสโฟร์ (LZ4) ..... 18

2.1.7 เทคนิคแอลแซสเอ็มเอ (LZMA) ..... 20

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 25
3.1 การเก็บรวบรวมไฟล์ข้อมูลและจัดการแยกไฟล์ข้อมูลตามหมวดหมู่ขนาดไฟล์ ..... 25
3.1.1 หมวดไฟล์เอกสาร ..... 26
3.1.2 หมวดไฟล์รูปภาพ ..... 27
3.1.3 หมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ ..... 28
3.2 ประมวลผลการบีบอัด/คลายข้อมูล และการรับ-ส่งข้อมูล ..... 29
3.2.1 กระบวนการบีบอัดข้อมูล ..... 30
3.2.2 กระบวนการคลายข้อมูล ..... 31
3.2.3 กระบวนการรับ-ส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ..... 32
3.2.4 การตรวจสอบความถูกต้องของไฟล์หลังการคลายข้อมูล ..... 32
3.3 การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน ..... 34
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย ..... 38
4.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการบีบอัด (Compression speed) ..... 38
4.2 ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการคลายข้อมูล (Decompression speed) ..... 40
4.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) ..... 43
4.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลารวมทุกกระบวนการ (Overall Time) ..... 45
4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบีบอัด/การคลายข้อมูล ตามช่วงกลุ่มขนาดไฟล์ ..... 49
4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบีบอัดด้วยสถิติเชิงอนุมาน ..... 50
4.7 ผลการทดสอบต้นแบบการบีบอัดข้อมูล ..... 57
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ ..... 63
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน ..... 63
5.2 อภิปรายผล ..... 63
5.3 ปัญหาและอุปสรรค ..... 64

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย ..... 64

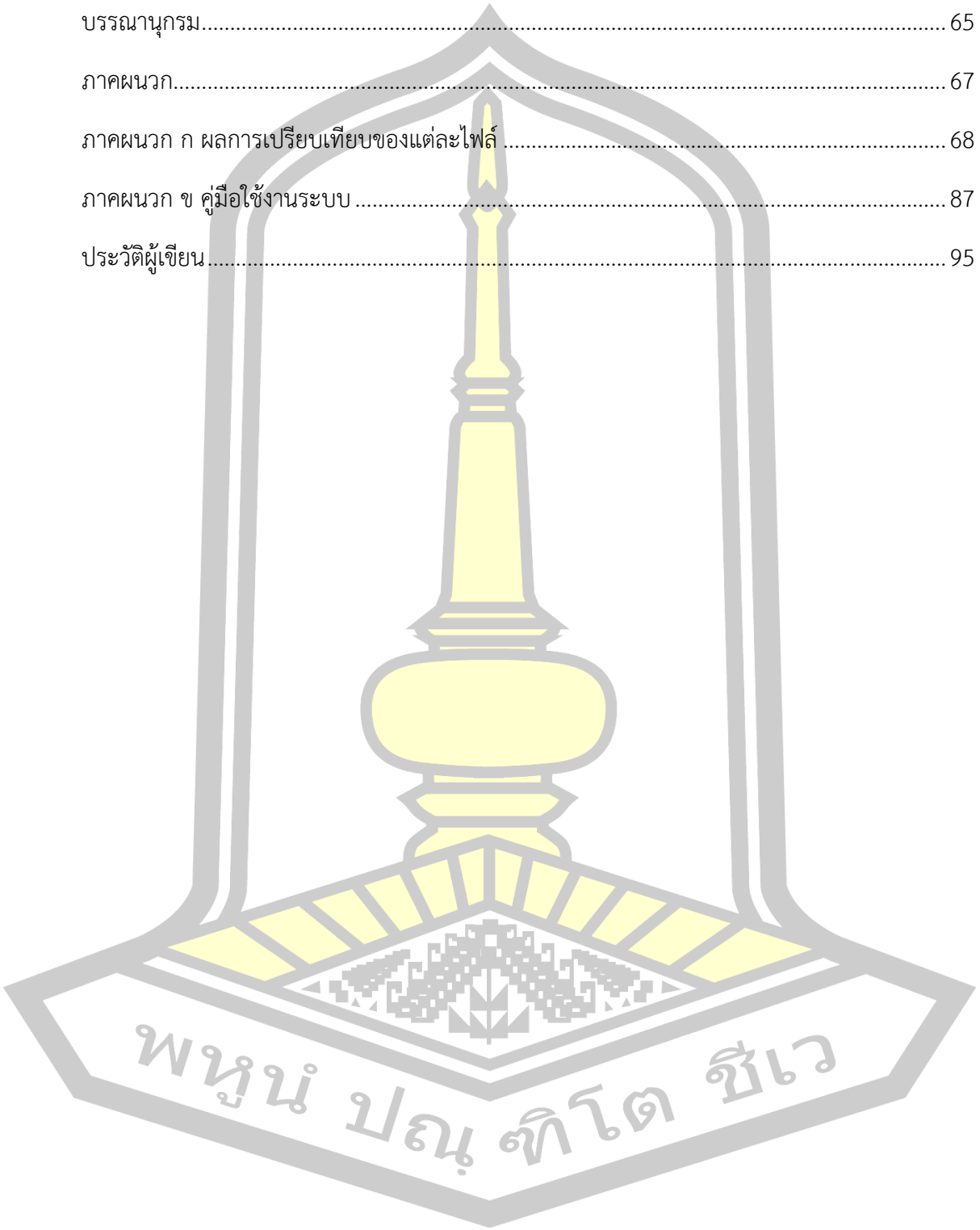
บรรณานุกรม ..... 65

ภาคผนวก ..... 67

ภาคผนวก ก ผลการเปรียบเทียบของแต่ละไฟล์ ..... 68

ภาคผนวก ข คู่มือใช้งานระบบ ..... 87

ประวัติผู้เขียน ..... 95



# สารบัญตาราง

**หน้า**


ตารางที่ 1.1 การแบ่งหมวดไฟล์ข้อมูล ..... 2

ตารางที่ 1.2 ข้อมูลประเภทไฟล์ 15 ช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล ..... 3

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์และจำนวนของการปรากฏของข้อมูลสัญลักษณ์ ..... 9

ตารางที่ 2.2 แสดงรหัสแทนสัญลักษณ์ของการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน ..... 13

ตารางที่ 2.3 การใช้งานของตาราง Symbol ในอัลกอริทึม DEFLATE ..... 18

ตารางที่ 2.4 ผลการวัดประสิทธิภาพของ LZ4 เมื่อเทียบกับเครื่องมือในการบีบอัดอื่น ๆ ..... 19

ตารางที่ 2.5 คำอธิบายแพ็คเก็ตของ LZMA ..... 21

ตารางที่ 2.6 รายละเอียดรหัสความยาวข้อมูล ..... 21

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลหมวดไฟล์เอกสาร ..... 26

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลหมวดไฟล์รูปภาพ ..... 27

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลหมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ ..... 28

ตารางที่ 4.1 อัตราความเร็วในการบีบอัดข้อมูล ..... 38

ตารางที่ 4.2 อัตราความเร็วในการบีบอัดข้อมูล แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล ..... 39

ตารางที่ 4.3 อัตราความเร็วในการคลายข้อมูล ..... 41

ตารางที่ 4.4 อัตราความเร็วในการคลายข้อมูล แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล ..... 41

ตารางที่ 4.5 ร้อยละอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล ..... 43

ตารางที่ 4.6 ร้อยละอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูลแยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล ..... 44

ตารางที่ 4.7 อัตราความเร็วรวมทุกกระบวนการ แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล ..... 47

ตารางที่ 4.8 อัตราความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล ..... 48

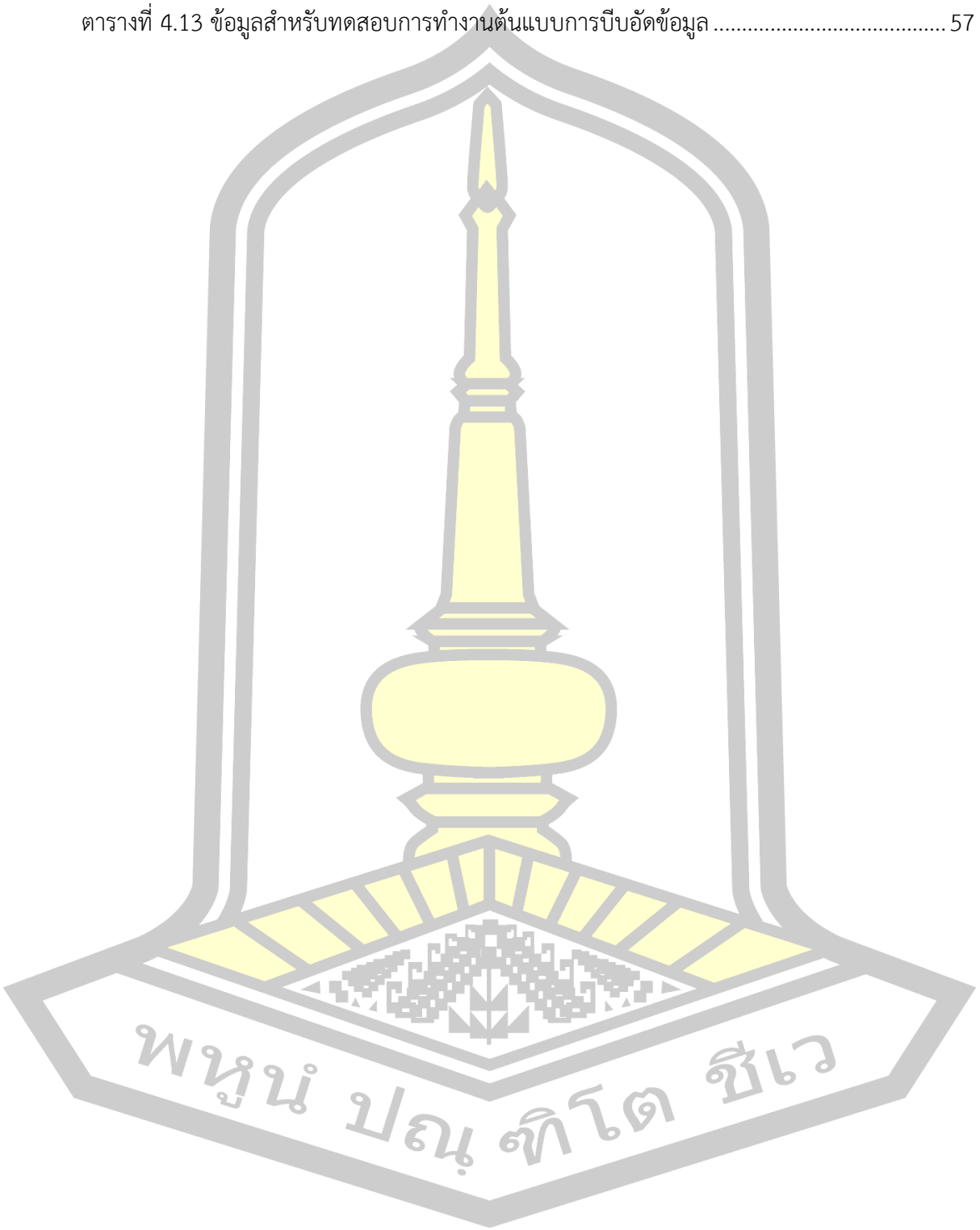
ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ตามช่วงกลุ่มขนาดไฟล์ ..... 50

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) ตามหมวดไฟล์ข้อมูล ..... 51

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) หมวดไฟล์รูปภาพ ..... 53

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) ตามหมวดไฟล์เสียงและวิดีโอ ..... 55

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลสำหรับทดสอบการทำงานต้นแบบการบีบอัดข้อมูล ..... 57



# สารบัญภาพ

หน้า


ภาพที่ 2.1 รูปแบบการบีบอัดข้อมูล ..... 6

ภาพที่ 2.2 ข้อมูลกลไกลการรหัสด้วย CODEC ..... 8

ภาพที่ 2.3 Flows การบีบอัดข้อมูล/คลายข้อมูล ..... 8

ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างโครงสร้างโปรแกรมการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน (Huffman Pseudocode) ..... 13

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างหน้าตาของ sliding window ..... 14

ภาพที่ 2.6 แสดงการบีบอัดข้อมูลด้วยวิธีบีซิปทู ..... 16

ภาพที่ 2.7 แสดงการบีบอัดข้อมูลแบบขนานด้วยวิธีบีซิปทู ..... 17

ภาพที่ 2.8 ส่วนประกอบของบล็อกการบีบอัดข้อมูล (Compression block) ของ LZ4 ..... 19

ภาพที่ 2.9 ผลการเปรียบเทียบการบีบอัดข้อมูลทั้ง 2 หมวดหมู่ ..... 22

ภาพที่ 3.1 ภาพรวมการประมวลผลการบีบอัด/คลายข้อมูล ..... 29

ภาพที่ 3.2 การแบ่งข้อมูลออกเป็นบล็อก ..... 29

ภาพที่ 3.3 กระบวนการบีบอัดข้อมูล ..... 30

ภาพที่ 3.4 กระบวนการคลายข้อมูล ..... 31

ภาพที่ 3.5 กระบวนการรับ-ส่งไฟล์ และการคลายข้อมูล ..... 32

ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการอัพโหลดและบีบอัดไฟล์ ..... 35

ภาพที่ 3.7 ขั้นตอนการดาวน์โหลดและคลายข้อมูล ..... 36

ภาพที่ 4.1 อัตราความเร็วทุกกระบวนการตั้งแต่เริ่มบีบอัดข้อมูลถึงกระบวนการคลายข้อมูล ..... 46

ภาพที่ 4.2 ขั้นตอนในการอัพโหลดไฟล์เข้าระบบและทำการบีบอัดข้อมูล ..... 58

ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างหน้าจอต้นแบบการบีบอัดข้อมูล ..... 59

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการแจ้งเตือนผลการทดสอบไฟล์ Propersal.doc ..... 60

ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการแจ้งเตือนผลการทดสอบไฟล์ KTB656.JPG ..... 60

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการแจ้งเตือนผลการทดสอบไฟล์ ขอโอกาสแหน่เด้อ - บอย พนมไพร.mp3 ..... 61

ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการแจ้งเตือนผลการทดสอบไฟล์ ok.tif ..... 61

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากที่เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันได้มีการพัฒนาและเติบโตขึ้นมาอย่างรวดเร็ว ทำให้การรับ-ส่งข้อมูลมีปริมาณเพิ่มขึ้น [1] ส่งผลให้เครื่องบริการเว็บ (Web Server) มีความเร็วลดลงไม่สามารถให้บริการได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือบางครั้งก็ไม่สามารถเข้าใช้งานระบบงานได้ เนื่องมาจากเครื่องบริการเว็บต้องใช้หน่วยความจำ (Memory) ซีพียู (CPU) พื้นที่เก็บข้อมูล (Disk) และแบนด์วิดธ์ (bandwidth) มากเกินไปทำให้ประสิทธิภาพลดลงไป ปัจจัยหลักอีกประการหนึ่งคือปริมาณ หรือขนาดของไฟล์ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ก็มีผลโดยตรงต่อความเร็วในส่งข้อมูล เมื่อไฟล์ข้อมูลมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น เวลาในการรับ-ส่งก็ใช้เวลามากขึ้นตามไปด้วย [2] ซึ่งในปัจจุบันมีวิธีการต่าง ๆ ในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการรับ-ส่งข้อมูลเพื่อเพิ่มความเร็วในการส่ง วิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเรื่องขนาดไฟล์ คือการบีบอัดไฟล์ให้มีขนาดเล็กลงก่อนส่งไฟล์ เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการจัดเก็บไฟล์ข้อมูล และการส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

การบีบอัดข้อมูลเป็นที่นิยมในปัจจุบันซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้พัฒนาอัลกอริทึม เพื่อนำมาใช้ในการบีบอัดข้อมูล Uthayakumar และคณะ [3] ได้นำวิธีการบีบอัดข้อมูลมาใช้ในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (wireless sensor networks : WSN ) เนื่องจากโหนดเซนเซอร์ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่มีความจุจำกัด การส่งข้อมูลเป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานหลักใน WSN จึงมีการนำเทคนิคการประหยัดพลังงานหลาย ๆ รูปแบบมาใช้ และรูปแบบการบีบอัดข้อมูลเป็นเทคนิคที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยลดปริมาณข้อมูลที่จะส่งในเครือข่ายทำให้ประหยัดพลังงานได้มาก จากการทดลองการนำวิธีการบีบอัดข้อมูลมาใช้สามารถประหยัดพลังงานได้มากถึง 87.57% Xudong และ Yiran [4] ได้วิจัยเรื่องการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูล โดยใช้การบีบอัดข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ JSON สาเหตุมาจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลเดิมในระบบอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง (Internet of Things : IOT) ซึ่งมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลจากฝั่งไคลเอ็นต์และฝั่งเซิร์ฟเวอร์เดิมเป็นแบบ xml ซึ่งมีขนาดที่ใหญ่ มาเป็นแบบ JSON พร้อมกับการบีบอัดข้อมูลแบบไม่สูญเสียข้อมูล จำนวน 4 อัลกอรึทึมดังนี้ LZMA, GZIP, BZIP และ A-LZMA จากผลการวิจัย อัลกอริทึม BZIP มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ Uthayakumar และ Vengattaraman [5] ได้ศึกษาอัลกอรึทึมเพื่อเปรียบเทียบการบีบอัดรูปภาพ

จำนวน 71 รูปภาพ และแต่ละภาพมีความบิดเบือนจากความเป็นจริงสูง และทำการเลือกอัลกอริทึมมาทดสอบ จำนวน 6 อัลกอริทึมดังนี้ LZMA, PPM, BWT, LZW, Deflate, LZ77 และ Deflate64 จากผลการวิจัย อัลกอริทึม PPM, LZW และ Deflate64 ได้ผลการบีบอัดที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ

ดังนั้นผู้วิจัย จึงได้มีแนวคิดในการแก้ปัญหาเหล่านี้ ด้วยการนำวิธีการบีบอัดข้อมูลมาใช้ในการลดขนาดของข้อมูลให้เล็กลงก่อนที่จะส่ง และในการวิจัยในครั้งนี้ได้มุ่งเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลจำนวน 5 อัลกอริทึม คือ Huffman Coding, LZMA, LZ4, DEFLATE และ BZip2 โดยการเปรียบเทียบอัตราเวลาความเร็วในการบีบอัด/คลายข้อมูล อัตราส่วนการบีบอัด และความเร็วในการรับ-ส่งไฟล์ข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานแต่ละอัลกอริทึมเพื่อให้ได้ผลการบีบอัดที่เหมาะสมกับหมวดหมู่ไฟล์ข้อมูลและประเภทไฟล์ข้อมูล และนำผลการทดสอบที่มีประสิทธิภาพโดยรวมดีที่สุด ไปพัฒนาต้นแบบการบีบอัดข้อมูลต่อไป

**1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความเร็วของอัลกอริทึมบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูล เพื่อให้มีความเหมาะสมกับ หมวดไฟล์เอกสาร หมวดไฟล์รูปภาพ และหมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ

1.2.2 เพื่อพัฒนาต้นแบบการบีบอัดข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูล

**1.3 ขอบเขตของการวิจัย**

1.3.1 ในวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมไฟล์ข้อมูลทั้งหมด จำนวน 150 ไฟล์ข้อมูล ด้วยการแบ่งออกเป็น 3 หมวดหมู่ คือ หมวดไฟล์เอกสาร หมวดไฟล์รูปภาพ และ หมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ ดังตารางที่ 1.1

**ตารางที่ 1.1** การแบ่งหมวดไฟล์ข้อมูล

| ลำดับที่ | หมวดไฟล์เอกสาร | หมวดไฟล์รูปภาพ | หมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ |
|---|---|---|---|
| 1 | PDF | JPG | MP3 |
| 2 | DOC, DOCX | GIF | WAV |
| 3 | XLS, XLSX | TIF, TIFF | AVI |
| 4 | LOG | PNG | MP4 |
| 5 | TXT | BMP | 3GP |
| 6 | BAK | PSD | WMA |

จากนั้นทำการแบ่งประเภทของไฟล์ด้วยขนาดที่แตกต่างกัน 15 ขนาดไฟล์ (ประมาณ 1 กิโลไบต์ ถึง 500 เมกะไบต์) การแบ่งประเภทไฟล์ข้อมูลเพื่อให้สามารถทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมแต่ละแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 1.2

**ตารางที่ 1.2** ข้อมูลประเภทไฟล์ 15 ช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ลำดับที่ | ช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล | จำนวนไฟล์ที่ใช้ในการวิจัย |
|---|---|---|
| 1 | ตั้งแต่ 1KB – 5KB | 6 |
| 2 | ตั้งแต่ 5KB – 10KB | 6 |
| 3 | ตั้งแต่ 10KB – 50KB | 5 |
| 4 | ตั้งแต่ 50KB – 200KB | 6 |
| 5 | ตั้งแต่ 200KB – 500KB | 5 |
| 6 | ตั้งแต่ 500KB – 800KB | 6 |
| 7 | ตั้งแต่ 800KB – 1000KB | 8 |
| 8 | ตั้งแต่ 1MB – 5MB | 21 |
| 9 | ตั้งแต่ 5MB – 10MB | 21 |
| 10 | ตั้งแต่ 10MB – 50MB | 19 |
| 11 | ตั้งแต่ 50MB – 60MB | 11 |
| 12 | ตั้งแต่ 60MB – 70MB | 9 |
| 13 | ตั้งแต่ 70MB – 80MB | 9 |
| 14 | ตั้งแต่ 80MB – 100MB | 9 |
| 15 | ตั้งแต่ 100MB ขึ้นไป | 9 |
| รวม | | 150 |

1.3.2 พัฒนาระบบด้วยภาษา ASP.NET Core MVC 2.2 เพื่อเปรียบเทียบวิธีการบีบอัดข้อมูลแบบไม่สูญเสีย จำนวน 5 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคฮัฟแมน โค๊ด (Huffman Codes), เทคนิคบีซิปทู (BZip2), เทคนิคดีเฟ็ค (DEFLATE), เทคนิคแอลแซสเอ็มเอ (LZMA) และเทคนิคแอลแซสโฟร์ (LZ4)

1.3.3 พัฒนาต้นแบบการบีบอัดข้อมูล โดยต้นแบบการบีบอัดจะทำการประมวลผลการบีบอัดข้อมูลอัตโนมัติตามผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบีบอัดที่ดีที่สุดของแต่ละหมวดไฟล์และช่วงประเภทไฟล์ข้อมูล

1.3.4 พัฒนาโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการดาวน์โหลดไฟล์และคลายข้อมูล (API) ซึ่งจะทำงานบนเครื่องผู้ใช้งาน (Client) เพื่อทำงานร่วมกับ Web Server โดยการรับค่า Parameter ไฟล์ที่ต้องการ

ดาวน์โหลด เมื่อดาวน์โหลดไฟล์ลงมาจัดเก็บที่เครื่อง Client เสร็จเรียบร้อย โปรแกรมจะทำการคลายการบีบอัดข้อมูลให้อัตโนมัติ

1.3.5 การบีบอัดข้อมูล (Compression) จะประมวลผลการบีบอัดข้อมูลที่เครื่องบริการเว็บ (Web Server) โดยมีรายละเอียดคุณสมบัติเครื่องที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

- ฮาร์ดแวร์
  - ซีพียู Intel Core i5-2410M @ 2.30 GHz
  - แรม 8 GB
  - ฮาร์ดดิสก์ขนาด 500 GB
- ซอฟต์แวร์
  - ระบบปฏิบัติการ : Windows 10 Professional 64 Bit
  - โปรแกรม Visual Studio.Net 2017 ด้วยภาษา ASP.NET Core MVC 2.2
  - Internet Information Services (IIS) 7.5
  - Browser Chrome version 14 ขึ้นไป

1.3.6 การคลายการบีบอัดข้อมูล (Decompression) จะประมวลผลการคลายข้อมูลที่เครื่องผู้ใช้งาน (Client) โดยมีรายละเอียดคุณสมบัติเครื่องที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

- ฮาร์ดแวร์
  - ซีพียู Intel Core i3-2410M @ 2.30 GHz
  - แรม 4 GB
  - ฮาร์ดดิสก์ขนาด 500 GB
- ซอฟต์แวร์
  - ระบบปฏิบัติการ : Windows 10 Professional 32 Bit
  - โปรแกรมสำหรับโหลดไฟล์และการคลายข้อมูล (API) พัฒนาด้วย Visual Studio.Net 2017 ด้วยภาษา C# (Windows Forms)
  - Browser Chrome version 14 ขึ้นไป

**1.4 ความสำคัญของการวิจัย**

1.4.1 ได้ผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความเร็วของอัลกอริทึมบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลที่เหมาะกับหมวดไฟล์เอกสาร หมวดไฟล์รูปภาพและหมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ

1.4.2 ได้ต้นแบบการบีบอัดข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีการบีบอัดข้อมูลอัตโนมัติตามผลการบีบอัดที่เหมาะสมของแต่ละหมวดหมู่เอกสารและช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

**1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. CODEC คือ กลไกลสำหรับเข้ารหัส และถอดรหัสข้อมูลดิจิตอลเมื่อเข้ารหัสด้วย CODEC ชนิดใด ก็จะต้องถอดรหัสด้วย CODEC ชนิดเดียวกัน
2. Dictionary คือ วิธีการเปลี่ยนข้อมูลที่มีความยาวคงที่ ไปเป็นรหัสที่มีความยาวคงที่แทน
3. Binary Tree คือ โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ เป็นวิธีการค้นหาข้อมูลเพื่อทำการบีบอัดข้อมูล
4. Run Length Encoding คือการสร้าง Dictionary เก็บข้อมูลที่มีคำซ้ำ ๆกันในแต่ละช่วงแถว

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

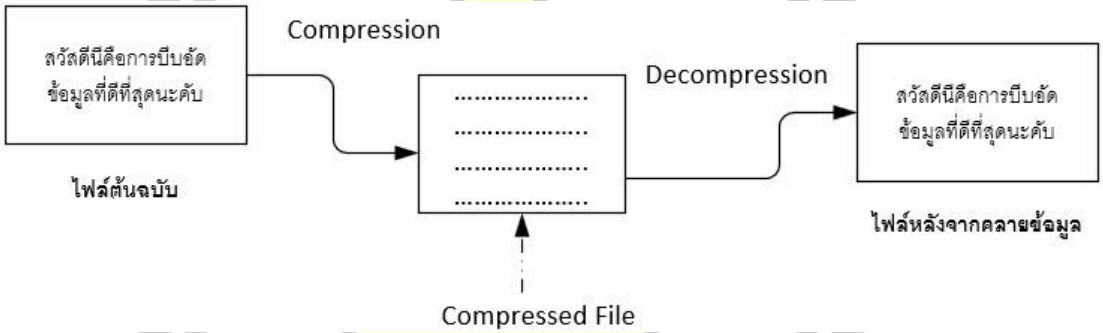
# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีของการบีบอัดข้อมูล เพื่อลดขนาดข้อมูลของประเภทไฟล์ต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาประยุกต์ใช้งานกับงานวิจัยนี้

## 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การบีบอัดข้อมูล

การบีบอัดข้อมูล โดยทั่วไปประกอบด้วยการอ่านสายข้อมูลเข้ามาแล้วทำการแปลข้อมูลเหล่านี้ให้อยู่ในรูปแบบของรหัสต่าง ๆ ถ้าหากการบีบอัดข้อมูลมีประสิทธิภาพ รหัสข้อมูลที่ได้จะต้องมีขนาดที่สั้นกว่าข้อมูลเดิม




**ภาพที่ 2.1** รูปแบบการบีบอัดข้อมูล

เทคนิคการบีบอัดเพื่อลดขนาดของข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1.1.1 เทคนิคและหลักการประมวลผลภาษาธรรมชาติ

เป็นเทคนิคในการศึกษาสถิติการใช้ตัวอักษร การใช้พยางค์ การใช้คู่ตัวอักษร เป็นต้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

- แบบสถิติ (Static) วิธีนี้จะต้องอ่านข้อมูล 2 ครั้ง ครั้งแรกเพื่อหาค่าความถี่ของตัวอักษรแต่ละตัวในข้อมูล และครั้งที่สองเพื่อแทนค่าตัวอักษรต่าง ๆด้วยรหัส วิธีการสร้างตารางจัดเก็บค่าความถี่จะคงที่และในการเข้ารหัสจะต้องเก็บตารางคำนวณความถี่เอาไว้ใช้ในการถอดรหัส เช่น วิธีฮัฟแมน วิธีนี้มีข้อเสียคือ ถ้าอักษรที่ปรากฏในข้อมูลไม่ซ้ำกันเลยจะทำให้ข้อมูลที่ผ่านการเข้ารหัสที่มีขนาดใหญ่กว่าข้อมูลก่อนการเข้ารหัส และตารางรหัสที่ใช้ก็เฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละแฟ้มข้อมูลเท่านั้น ข้อที่ควรคำนึงอีกประการ คือ การจัดเก็บตารางรหัสในลักษณะ order-o ทำให้

สามารถเก็บรหัสได้เพียง 256 ไบต์ แต่ถ้าเปลี่ยนไปใช้ order – 1 จะสามารถเก็บรหัสได้ถึง 65, 536 ไบต์แต่ก็ทำให้เกิดโอเวอร์เฮดมาก

- แบบอะแดปทีฟ (Adaptive) วิธีนี้จะอ่านข้อมูลเข้ามาเพียงครั้งเดียวและตารางจัดเก็บค่าความถี่จะเปลี่ยนไปตามข้อมูลนำเข้าซึ่งจะใช้วิธีเดียวกันทั้งการเข้ารหัสและถอดรหัส จึงไม่จำเป็นต้องเก็บตารางรหัสไว้พร้อมกับข้อมูลเข้ารหัส เช่น วิธีอะแดปทีฟฮัฟแมน

2.1.1.2 หลักของพจนานุกรม

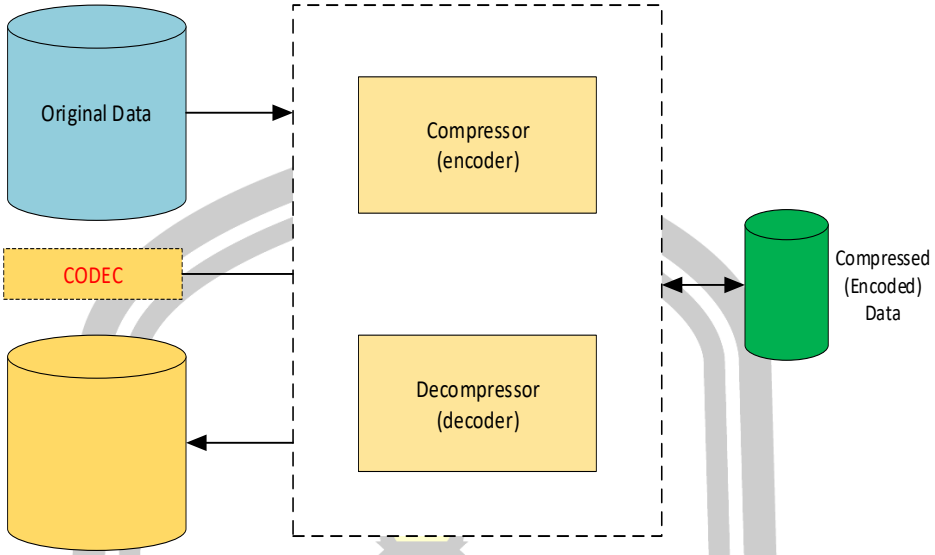
วิธีใช้หลักของพจนานุกรมนี้ต่างกับวิธีใช้ค่าทางสถิติคือ ในการเข้ารหัสของวิธีการสถิติจะเข้ารหัสทีละตัวอักษรแต่วิธีพจนานุกรมนี้จะอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลเข้ามาและตรวจสอบกับข้อมูลที่อ่านเข้ามาก่อนหน้าถ้าหากพบอักษรหรือวลีที่ตรงกันจะให้ตัวชี้ที่ชี้ไปยังจุดที่ซ้ำกันนั้น ทำให้การบีบอัดข้อมูลทำให้ดีขึ้น วิธีใช้หลักของพจนานุกรม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ ดังนี้

- แบบสถิติ (Static) วิธีการนี้ใช้รูปแบบการบีบอัดข้อมูลและขยายข้อมูลคงที่ ไม่แปรตามข้อมูลที่เข้ารหัส ตารางเทียบรหัสหรือพจนานุกรมของคำหรือกลุ่มตัวอักษรคงที่ตอนเข้ารหัสและถอดรหัสวิธีนี้ข้อด้อย คือ ถ้าข้อมูลที่ความแตกต่างกันมากตารางเทียบรหัสจะโตมากตามไปด้วย

- เซมิอะแดปทีฟ (Semiadaptive) วิธีนี้การขยายข้อมูลจะใช้ตารางเทียบรหัสซึ่งมีขนาดเล็กกว่า ข้อด้อยของวิธีนี้คือ ใช้เวลาในการอ่านและตรวจข้อมูลว่าเป็นข้อมูลประเภทใดก่อนแต่ยังต้องมีการเก็บตารางเทียบรหัสไว้ภายในด้วย

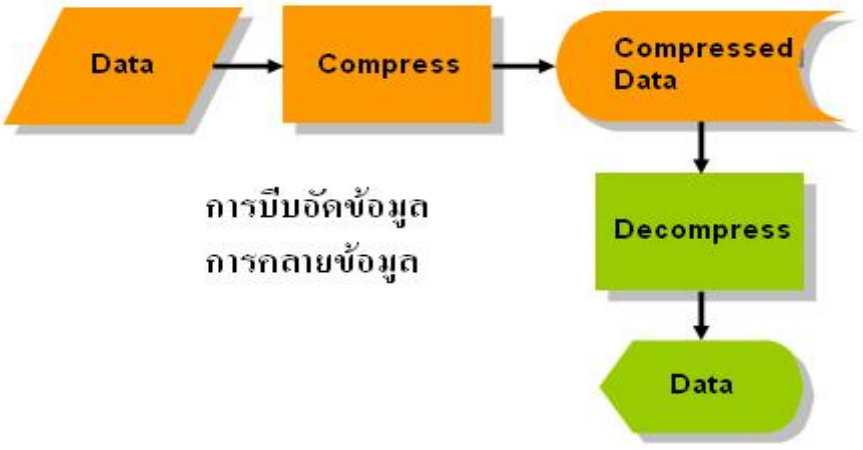
- อะแดปทีฟ (Adaptive) วิธีนี้ทั้งรูปแบบการเข้ารหัสและถอดรหัสจะใช้ตารางเทียบรหัสซึ่งได้จากข้อความที่ผ่านมาแล้ว เช่น วิธีแอลแซดดับบลิว

CODEC (Coder-Decoder) เป็นกลไกล สำหรับเข้ารหัส และถอดรหัสข้อมูลดิจิตอลเมื่อเข้ารหัสด้วย CODEC ชนิด ใด ก็จะต้องถอดรหัสด้วย CODEC ชนิดเดียวกัน CODEC จะใช้อัลกอริทึมในการหาข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนกัน (Redundant) และลดความซ้ำซ้อนนั้นลง โดยไม่ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของข้อมูล ข้อมูลที่ถูกบีบอัดแล้ว ก็จะมีนามสกุลของไฟล์แตกต่างกันไปตามวิธีการบีบอัด




**ภาพที่ 2.2** ข้อมูลกลไกลการรหัสด้วย CODEC

การบีบอัดข้อมูล (Data Compression) เป็นกระบวนการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อให้ใช้จำนวนบิตในการเก็บข้อมูลน้อยลงกว่าเดิม การบีบอัดข้อมูลช่วยลดปริมาณการใช้ทรัพยากร เช่น ใช้แบนด์วิดท์ของระบบเครือข่ายน้อยลง เมื่อข้อมูลถูกบีบอัด (Compress) แล้วก็ต้องมีการคลาย (Decompress) หรือถอดรหัสเพื่อให้ได้ข้อมูลเดิมกลับมา




**ภาพที่ 2.3** Flows การบีบอัดข้อมูล/คลายข้อมูล
**ที่มา:** http://www.parinya.net/node/405

การบีบอัดข้อมูล มี 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การบีบอัดแบบสูญเสียข้อมูลไปบางส่วน (Lossy Compression) เป็นการบีบอัดข้อมูลโดยตัดข้อมูลต้นฉบับบางส่วนออกเพื่อลดขนาดไฟล์ โดยข้อมูลที่ซ้ำซ้อนจะถูกตัดทิ้งอย่างถาวร ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการบีบอัดไม่สมบูรณ์เหมือนกับข้อมูลต้นฉบับและคุณภาพของข้อมูลลดลงด้วย

2. การบีบอัดข้อมูลแบบที่ไม่มีการสูญเสียข้อมูล (Lossless Compression) เมื่อบีบอัดข้อมูลแล้วคลายข้อมูลกลับจะต้องได้ข้อมูลเหมือนเดิมครบถ้วนทุกประการด้วยเหตุนี้การบีบอัดข้อมูลแบบนี้จึงมักถูกใช้กับข้อมูลประเภทที่ข้อมูลจะสูญเสียไม่ได้ เช่น ข้อมูลประเภทข้อความหรือ แฟ้มข้อมูลโปรแกรม เป็นต้น การบีบอัดข้อมูลรูปภาพก็ใช้แนวทางการบีบอัดแบบนี้โดยอาศัย หลักการลดการซ้ำซ้อนของข้อมูล (Redundancy Reduction) และการใช้จำนวนบิตที่เก็บค่าข้อมูลไม่คงที่ (Variable-Length Coding) เช่น การเข้ารหัสแบบฮัฟแมน (Huffman Coding) และที่ใช้กันแพร่หลายก็คือการบีบอัดข้อมูลในรูปแบบแฟ้มข้อมูลรูปภาพของ PCX, GIF และ BMP ซึ่งให้อัตราการบีบอัดระหว่าง 10% ถึง 90 % สำหรับรูปภาพกราฟิก

2.1.2 เทคนิคฮัฟแมน โค๊ด (Huffman Codes)

การเข้ารหัสแบบฮัฟแมนเป็นการใช้รหัสที่สั้นกว่าแทนสัญลักษณ์ที่เกิดขึ้นบ่อย โดยจะใช้ต้นไม้สองทางในการสร้างรหัสของสัญลักษณ์แต่ละตัวกระจายไปกับข้อมูลของโหนดใบที่เชื่อมอยู่กับต้นไม้สองทาง (Binary Tree) แต่ละโหนดจะมีน้ำหนักกำหนดอยู่ซึ่งก็คือความถี่หรือความน่าจะเป็นของการปรากฏของสัญลักษณ์นั้น ๆ [6] วิธีการสร้างต้นไม้สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดให้ทุก ๆสัญลักษณ์เป็นโหนดใด ๆ

2) หา 2 โหนดใด ๆ ที่มีน้ำหนักน้อยที่สุด

3) สร้างโหนดแม่สำหรับโหนดสองโหนดนี้โดยมีน้ำหนักเท่ากับผลรวมของน้ำหนัก ของโหนดลูก

4) กำหนดให้โหนดแม่นี้เป็นโหนดใด ๆ และนำโหนดลูกออกจากโหนดใด ๆ

5) โหนดลูกโหนดหนึ่งจะถูกกำหนดให้มีทางผ่านจากโหนดแม่เมื่อทำการถอดรหัสด้วยบิต 0 และอีกโหนดจะถูกกำหนดด้วย บิต 1

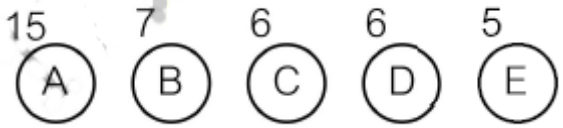
6) กลับไปข้อ 1) จนกว่าจะเหลือโหนดใด ๆ หนึ่งโหนดซึ่งโหนดนี้จะถูกกำหนดให้เป็นรากของต้นไม้

ตัวอย่างที่ 1 กำหนดให้มีข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

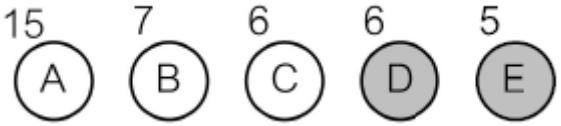
**ตารางที่ 2.1** สัญลักษณ์และจำนวนของการปรากฏของข้อมูลสัญลักษณ์ ทั้งหมด 5 สัญลักษณ์คือ A, B, C, D และ E

| Symbol | Count |
|---|---|
| A | 15 |
| B | 7 |
| C | 6 |
| D | 6 |
| E | 5 |

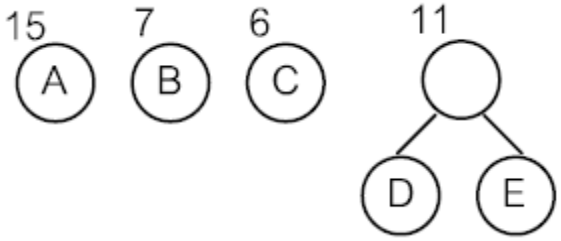
สัญลักษณ์ทั้ง 5 สัญลักษณ์นี้จะเป็นโหนดใบของต้นไม้ เมื่อกระบวนการเริ่มขึ้น โหนดทั้งหมดจะถูกกำหนดให้เป็นโหนดใด ๆ ในรายการ (List)



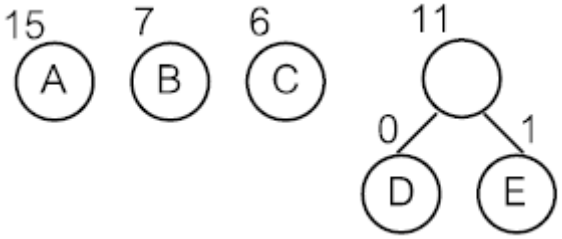

ขั้นแรก หา 2 โหนดที่มีน้ำหนักน้อยสุดคือ D และ E ซึ่งมีน้ำหนัก 6 และ 5



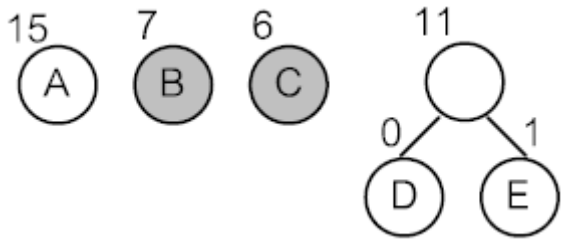

รวมโหนดทั้งสองเข้ากับโหนดแม่และกำหนดให้โหนดแม่มีน้ำหนักเป็น 11 และนำโหนด D และ E ออกจากโหนดใด ๆ ในรายการ



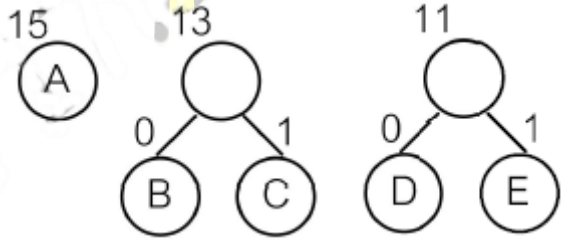

เมื่อขั้นตอนแรกเสร็จสิ้น เราจะดูว่าอะไรคือบิตที่น้อยที่สุดที่แสดงค่าของรหัส D และ E โดย D จะถูกแยกออกจากโหนดแม่ด้วย 0 (ซ้าย) และ E จะถูกแยกด้วย 1 (ขวา)



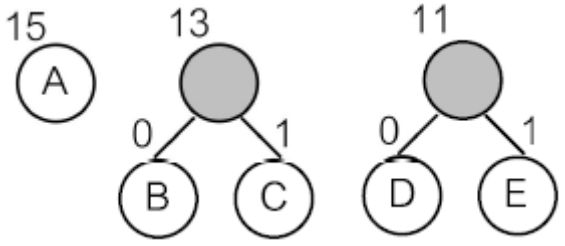

ขั้นต่อมา 2 โหนดที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดในโหนดใด ๆ คือโหนด B และ C



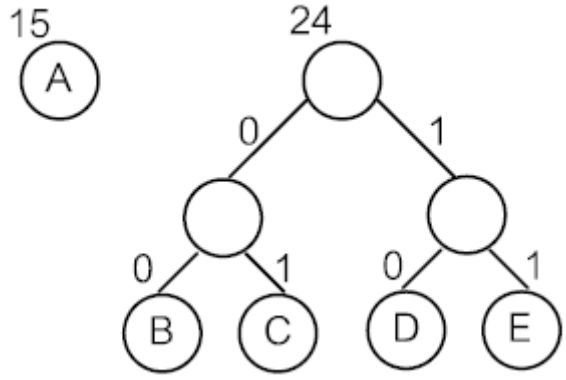

ดังนั้น ต้องเพิ่มโหนดแม่ให้ใหม่และกำหนดให้มีน้ำหนักเป็น 13 และนำโหนด B และ C ออกจากโหนดใด ๆ ในรายการ



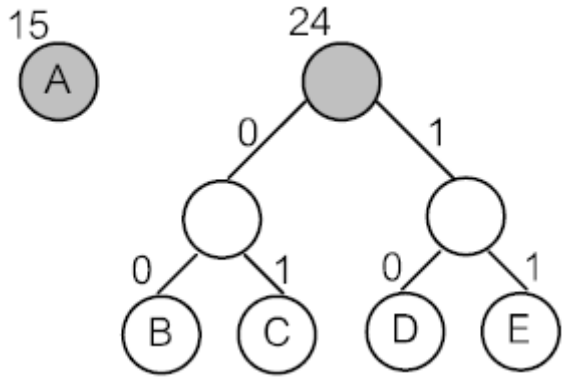

ขั้นต่อมา 2 โหนดที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดคือโหนดแม่ของ B/C และ D/E



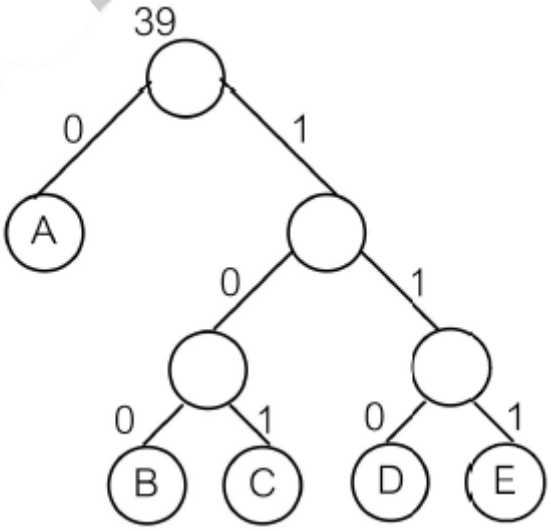

ดังนั้นต้องเพิ่มโหนดแม่ให้ใหม่ และกำหนดให้มีน้ำหนักเป็น 24 และนำโหนดลูกออกจากโหนดใด ๆ ในรายการ




ในขั้นตอนสุดท้ายจะเหลือเพียง 2 โหนดใด ๆ ในรายการ คือ โหนดแม่ที่มีน้ำหนัก 24 และโหนด A




สร้างโหนดแม่ให้ใหม่ให้มีน้ำหนักเป็น 39 และนำโหนดลูกออกจากโหนดใด ๆ ในรายการ ตอนนี้เหลือโหนดแม่เพียงโหนดเดียว นั้นหมายถึงการสร้างต้นไม้เสร็จสิ้น




ตัวอย่างโครงร่างโปรแกรมการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน (Huffman Pseudocode)

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

```
Huffman (C)
    n = the size of C
    insert all the elements of C into Q,
    using the value of the node as the priority
    for i in 1..n-1 do
        z = a new tree node
        x = Extract-Minimum (Q)
        y = Extract-Minimum (Q)
        left node of z = x
        right node of z = y
        f[z] = f[x] + f[y]
        Insert (Q, z)
    end for
return Extract-Minimum (Q) as the complete tree
```

**ภาพที่ 2.4** ตัวอย่างโครงสร้างโปรแกรมการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน (Huffman Pseudocode)

**ที่มา:** https://riptutorial.com/algorithm/example/23995/huffman-coding

ในการกำหนดรหัสให้กับสัญลักษณ์นั้น ทำโดยเดินจากรากของต้นไม้ไปตามโหนดใบของต้นไม้ฮัฟแมน สะสมบิตให้ใหม่ถ้าเดินผ่านโหนดแม่แต่ละโหนดด้วยวิธีนี้จะได้โครงสร้างของรหัส แสดงได้ ตามตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2** แสดงรหัสแทนสัญลักษณ์ของการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน

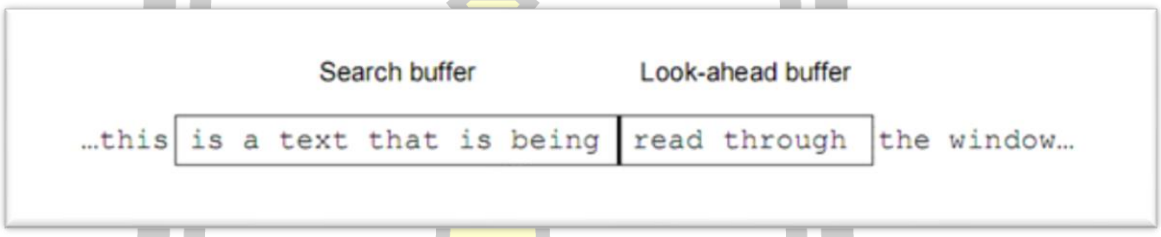
| The Huffman Code Table | |
|---|---|
| A | 0 |
| B | 100 |
| C | 101 |
| D | 110 |
| E | 111 |

จะเห็นว่ารหัสจะมีคุณสมบัติคือรหัสนำหน้าจะมีเพียงหนึ่งเดียว (Prefix code) ไม่ซ้ำกัน หมายความว่าไม่มีรหัสใดเป็นรหัสนำหน้าของรหัสตัวอื่น ๆ โดยรหัสฮัฟแมนสามารถถอดรหัสได้ อย่างไม่กำกวมเมื่อรหัสนั้นมาในรูปแบบสายอักขระ สัญลักษณ์ที่มีความถี่หรือค่าความน่าจะเป็นสูง ที่สุดคือ

A จะถูกกำหนดด้วยจำนวนบิตที่น้อยที่สุดและสัญลักษณ์ที่มีความถี่หรือค่าความน่าจะ เป็นน้อยที่สุด คือ E จะถูกกำหนดด้วยจำนวนบิตที่มากที่สุด

2.1.3 เทคนิคแอลแซสเจ็ดเจ็ด (LZ77)

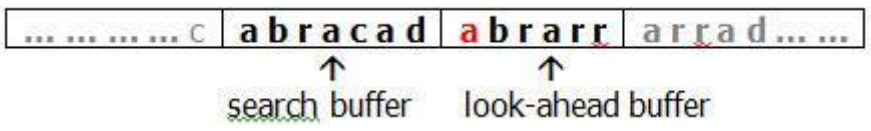
LZ77 เป็นวิธีบีบอัดที่มีการเก็บข้อมูลในอดีตที่ผ่านมาไม่นาน เพื่อนำไปใช้เป็น ข้อมูลอ้างอิงสำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลที่กำลังเข้ารหัส คำรหัสที่ได้จากการเข้ารหัสเป็นตัวชี้ ตำแหน่งของข้อมูลในอดีตที่อยู่ก่อนหน้า การเข้ารหัส LZ77 ใช้ Sliding windows (ภาพที่ 2.5) ซึ่ง เป็นหน้าต่างเสมือนที่เลื่อนไปตามแถวของข้อมูล ที่เวลาใดเวลาหนึ่งจะเห็นเฉพาะข้อมูลที่อยู่ตรงหน้า ต่าง ซึ่งประกอบด้วย บัฟเฟอร์ค้นหา (search buffer) และบัฟเฟอร์มองไปข้างหน้า (look ahead buffer)



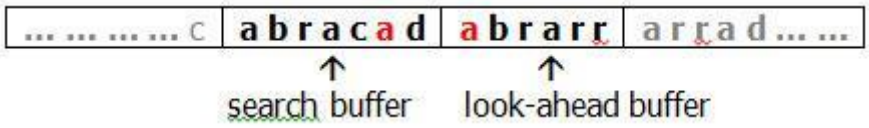

**ภาพที่ 2.5** ตัวอย่างหน้าตาของ sliding window

บัฟเฟอร์ค้นหาทำหน้าที่เป็น dictionary ส่วนบัฟเฟอร์มองไปข้างหน้า ทำหน้าที่เป็น keyword สาหรับค้นใน dictionary บัฟเฟอร์ทั้งสองเป็นส่วนหนึ่งของ sliding window จึงเลื่อนไปพร้อมกัน และขนาดของบัฟเฟอร์ทั้งสองนี้เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการประยุกต์ใช้งาน โดยมีสมมุติฐานว่า รูปแบบของข้อมูลที่ซ้ำกัน (pattern) เกิดขึ้นในพิสัยของบัฟเฟอร์ทั้งสองนี้ ผลของการเข้ารหัสจะแสดงในรูปแบบ <offset, length, character> โดย Offset คือ ระยะห่างนับจากตำแหน่งที่พบสัญลักษณ์ที่ตรงกันครั้งแรก Length คือ จานวนของสัญลักษณ์ที่ต่อเนื่องกันในบัฟเฟอร์ที่เหมือนกัน และ Character คือ สัญลักษณ์ที่อยู่ในบัฟเฟอร์มองไปข้างหน้าซึ่งอยู่ ณ ตำแหน่งถัดมาจากกลุ่มสัญลักษณ์ที่ตรงกัน

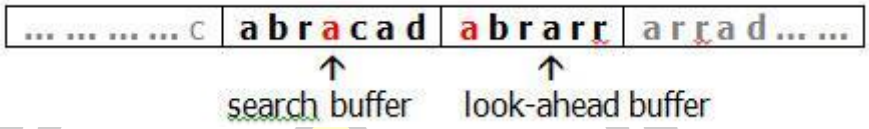
ตัวอย่างหลักการของ LZ77 (การบีบอัดข้อมูลตามขั้นตอนวิธีของ Jacob Ziv และ Abraham Lempel (LZ77), n.d.)



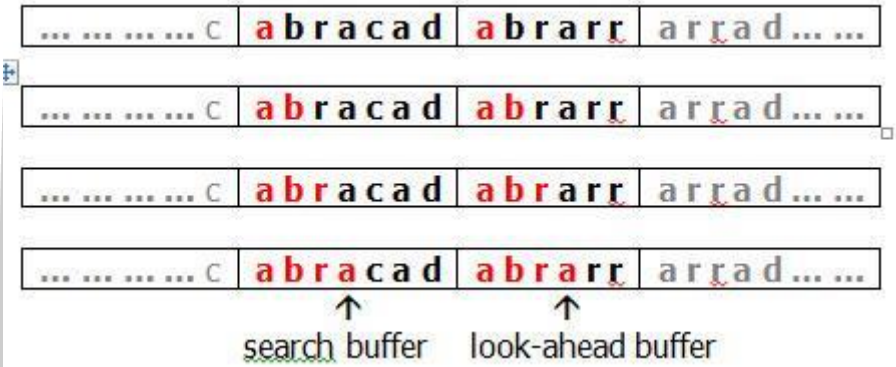

ครั้งแรกพบสายอักขระที่ตรงกันที่ offset = 2, length = 1



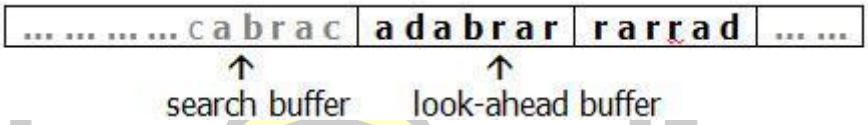

ครั้งที่สอง พบสายอักขระที่ตรงกันที่ offset = 4, length = 1, ความยาวเท่าครั้งแรก




ครั้งที่สาม พบสายอักขระที่ตรงกันที่ offset = 7, length = 4, ความยาวสูงกว่า จึงเปลี่ยนแทนคู่ลาดับ (offset, length) ที่เก็บไว้เดิมด้วยค่าใหม่

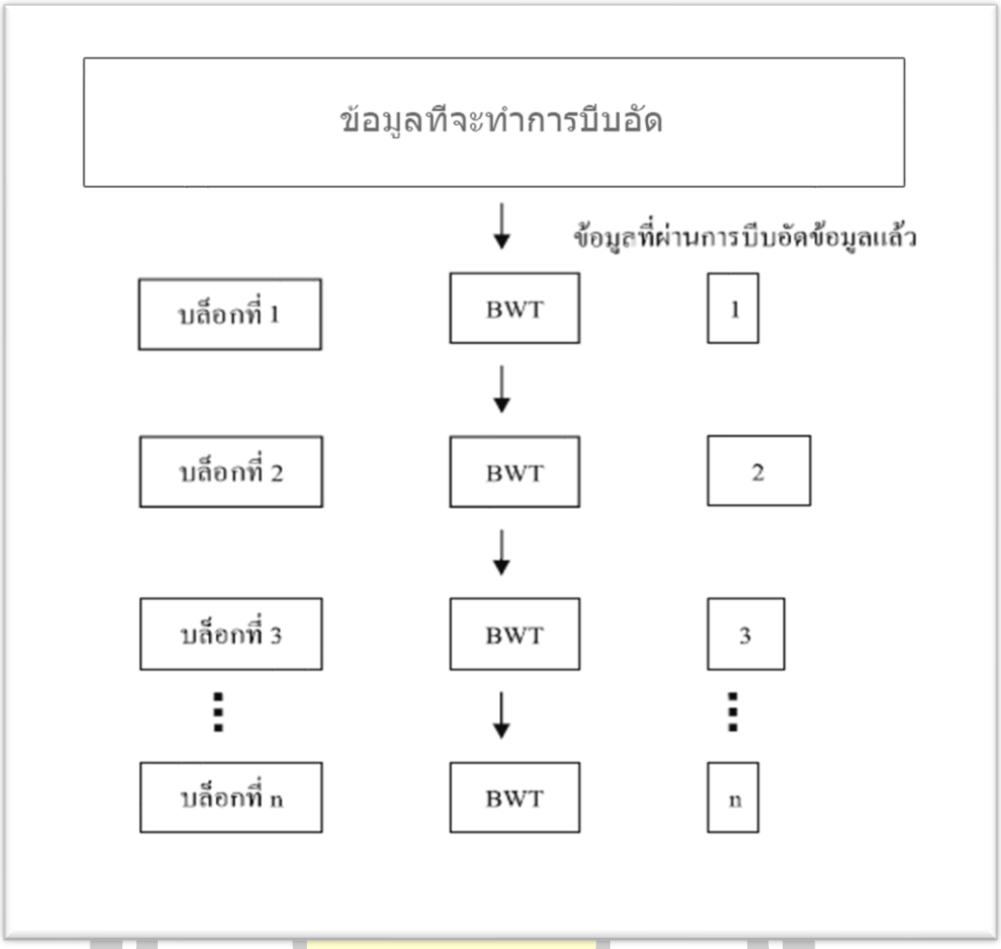



ตัวเข้ารหัสส่งข้อมูลออกเป็น (7, 4, r) จากนั้นจึงเลื่อน sliding window ไปทางขวา length + 1 = 5




2.1.4 เทคนิคบีซิปทู (BZip2)

บีซิปทูเป็นโปรแกรมบีบอัดข้อมูลโอเพ่นซอส (Open Source) ที่มีความนิยมและหาใช้ได้ง่าย ในระบบยูนิกส์ใช้วิธีการเบอร์โรวส์-วีเลอร์และการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน โดยปกติการบีบอัดข้อมูลแบบนี้จะดีกว่าการบีบอัดข้อมูลแบบ LZ77/LZ78 และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงแบบ PPM ของการบีบอัดข้อมูลโดยใช้สถิติแต่เร็วกว่าทางด้านเวลาโปรแกรมจะประมวลผลข้อมูลโดย แบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงบล็อกขนาด 100, 000 ไบต์ถึง 900, 000 ไบต์ขึ้นอยู่กับคำสั่ง ปกติขนาดของ บล็อกจะเท่ากับ 900, 000 ไบต์โปรแกรมจะอ่านข้อมูลครั้งละ 5, 000 ไบต์จนกว่าจะครบเท่ากับขนาดของบล็อกที่กำหนดและประมวลผลบีบอัดข้อมูลเขียนข้อมูลที่บีบอัดแล้วลงบนหน่วยเก็บข้อมูล ทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าบล็อกข้อมูลถูกบีบอัดข้อมูลแล้วทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 2.6

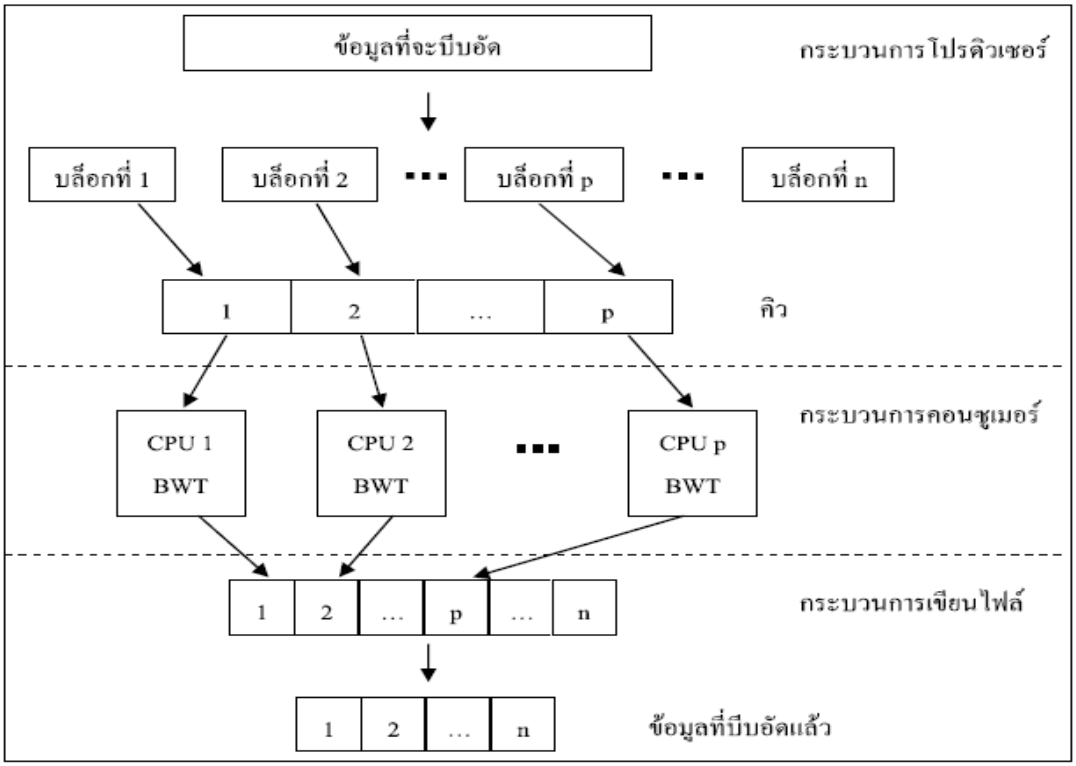



**ภาพที่ 2.6** แสดงการบีบอัดข้อมูลด้วยวิธีบีซิปทู

จากภาพที่ 2.6 จะพบว่าการบีบอัดข้อมูลด้วยวิธีบีซิปทูนี้เหมาะสมกับการนำไปพัฒนาเป็นการบีบอัดข้อมูลแบบขนาน เนื่องจากข้อมูลที่จะทำการบีบอัดข้อมูลถูกแบ่งออกเป็นบล็อกข้อมูล ย่อยหลาย ๆ บล็อก จากนั้นบล็อกข้อมูลย่อยแต่ละบล็อกจะผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูล ซึ่งกระบวนการบีบอัดข้อมูลนี้จะถูกใช้เหมือนกันกับทุก ๆบล็อกข้อมูลย่อยดังนั้น บล็อกข้อมูลย่อย แต่ละบล็อก สามารถนำมาประมวลผลบีบอัดข้อมูลพร้อมกันได้ในระบบประมวลผลแบบขนาน

การบีบอัดข้อมูลแบบขนานด้วยวิธีบีซิปทู ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 2004 โดย เจฟ กิลเชริส์ท (Jeff Gilchrist) ซึ่งพัฒนาการบีบอัดข้อมูลนี้บนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบขนานที่ใช้หน่วยความจำรวม (Shared-Memory Parallel Architectures) วิธีนี้จะแบ่งข้อมูลออกเป็นบล็อกเท่า ๆ กัน ซึ่งกำหนดโดยผู้ใช้แทนที่จะอ่านข้อมูลครั้งละ 5, 000 ไบต์มีการนำระบบคิวและแบบจำลอง โปรดิวเซอร์-คอนซูเมอร์(Producer-Consumer Model) ใช้ในการออกแบบพัฒนาระบบ โดยการ ประมวลผลแบบขนานจะประกอบด้วยคอนซูเมอร์หลาย ๆ คอนซูเมอร์ขึ้นอยู่กับหน่วย

ประมวลผล โดยโปรดิวเซอร์จะทำหน้าที่แบ่งข้อมูลออกเป็นบล็อกแล้วนำเข้าคิวและคอนซูเมอร์ จะทำหน้าที่ อ่านข้อมูลจากคิว และประมวลผลบีบอัดข้อมูลด้วยวิธีบีซิปทูจากนั้นข้อมูลที่ถูกบีบอัดแล้วจะถูก เขียนลงไฟล์ผลลัพธ์ให้ถูกต้องตามลำดับโดยกระบวนการเขียนไฟล์ดังแสดงในรูป 2.7 เมื่อแต่ละคอนซูเมอร์ทำแต่ละกระบวนการเสร็จแล้วจะไปอ่านข้อมูลจากคิว ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าคิวจะว่าง นั่นคือข้อมูลทั้งหมดถูกบีบอัดข้อมูลแล้ว




**ภาพที่ 2.7** แสดงการบีบอัดข้อมูลแบบขนานด้วยวิธีบีซิปทู

2.1.5 เทคนิคดีเฟ็ค (DEFLATE)

Deflate เป็นอัลกอริทึมการบีบอัดข้อมูลแบบไม่สูญเสียและรูปแบบไฟล์ที่เชื่อมโยงซึ่งใช้การรวมกันของอัลกอริทึม LZ77 และการเข้ารหัส Huffman อัลกอริทึม Deflate ถูกกำหนดโดย Phil Katz สำหรับเป็นเครื่องมือจัดเก็บไฟล์แบบบีบอัดข้อมูล (Archiving Tool) PKZIP เวอร์ชันรูปแบบไฟล์ถูกระบุใน RFC 1951 อัลกอริทึมดั้งเดิมที่ออกแบบโดย Katz ได้รับการจดสิทธิบัตรเป็นสิทธิบัตรสหรัฐอเมริกา 5, 051, 745 และมอบให้ PKWARE, Inc. ดังที่ระบุไว้ในเอกสาร RFC อัลกอริทึมที่สร้างไฟล์ Deflate นั้นถูกนำมาใช้ในลักษณะที่ไม่ครอบคลุมโดยสิทธิบัตร สิ่งนี้นำไปสู่การใช้อย่างแพร่หลายตัวอย่างเช่นในไฟล์บีบอัด GZIP, ไฟล์ภาพ PNG และรูปแบบไฟล์ ZIP

DEFLATE จะตัดสตริงออกเป็นบล็อก บล็อกละ 32kB โดยแต่ละบล็อกนั้นจะใช้พื้นที่ 4 ไบต์ในการเก็บระยะทาง (Distance Code) โดยเป็นระยะทางที่จะถูกแทนที่และสามารถเก็บ Symbol ที่จะถูกแทนที่ 288 Symbols หลักการทำงานคือ จะตัดข้อมูลออกเป็นบล็อกย่อย ๆ บล็อกละ 32kB ก่อน หลังจากนั้นแต่ละบล็อกจะใช้อัลกอริทึม LZ77 ในการหาบล็อกย่อย ๆ ที่มีบิตซ้ำกันในลักษณะที่เรียกว่า Sliding Window หลังจากนั้นจะสร้างตารางเพื่อเก็บ Symbol ขึ้นมา ซึ่งลำดับของ Symbol แสดงในตารางที่ 2.3

**ตารางที่ 2.3** การใช้งานของตาราง Symbol ในอัลกอริทึม DEFLATE

| **Symbol ตัวที่** | **การใช้งาน** |
|---|---|
| 0-255 | Symbol 256 ตัวที่มีการใช้งานทั่วไป |
| 256 | เพื่อแสดงว่าจบ Data Stream ให้หยุดการทำงาน |
| 257-285 | เป็นการรวมบิตพิเศษ ประกอบด้วยความยาว 3-258 ไบต์ |
| 286 และ 287 | ไม่มีการใช้งาน (Reserved) |

หลังจากนั้นจะสร้างตาราง Distance Code เพื่อเก็บระยะทางที่จะเข้าไปแทนที่ Symbol ที่ระบุไว้ในตัวข้อมูล อัลกอริทึม DEFLATE นี้ได้ผลดีมากในการบีบอัดข้อมูลที่เป็นลักษณะไบนารี เช่น ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ จนนำไปพัฒนาต่อมีการใช้งานที่หลากหลายเช่น LZH ซึ่งใช้ในการบีบอัดภาพประเภท GIF แต่วิธีนี้ไม่เหมาะกับการบีบอัดไฟล์ขนาดเล็กและเท็กซ์ไฟล์เนื่องจากทำงานได้ช้ากว่าวิธีแบบ Entropy Encoding เช่น Huffman Coding และต้องเสียพื้นที่ในการสร้าง Header ต่าง ๆ ในแต่ละบล็อกมากกว่าวิธีอื่น ๆ

2.1.6 เทคนิคแอลแซสโฟร์ (LZ4)

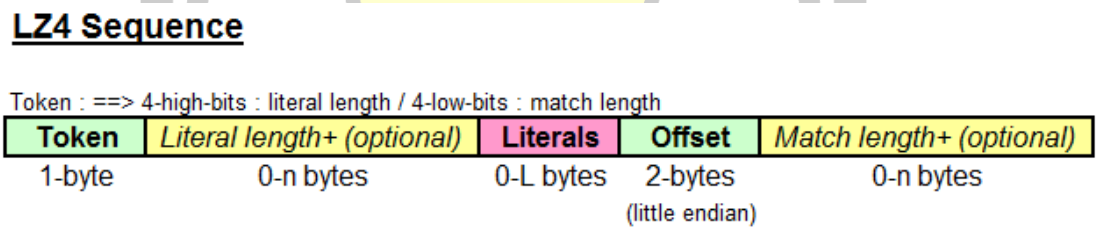
LZ4 (Collet, 2015) เป็นอัลกอริทึมที่อยู่ในตระกูล LZ77 ใช้ในการบีบอัดข้อมูลซึ่งมุ่งเน้นที่ความเร็วของการบีบอัดข้อมูลและถอดรหัสข้อมูล ค้นหาค่าที่ซ้ำซ้อนกัน โดยอาศัย Hash table และไม่ค้นหาความเป็นไปได้ทั้งหมดของค่าที่ซ้ำซ้อนกัน และทำการบีบอัดกับข้อมูลในระดับไบต์

LZ4 มีความเร็วในการบีบอัดข้อมูลอยู่ที่ 400 MB/s ต่อคอร์ เหมาะกับการใช้งานของซีพียูที่มีหลายคอร์ และสามารถแปลงข้อมูลกลับคืนมาด้วยความเร็วหลาย GB/s ต่อคอร์ ซึ่งโดยปกติแล้วความเร็วในการแปลงข้อมูลกลับนั้นสามารถเร็วได้ถึงความเร็วของแรมซึ่งถูกจากัดบนระบบการทางานหลายคอร์

**ตารางที่ 2.4** ผลการวัดประสิทธิภาพของ LZ4 เมื่อเทียบกับเครื่องมือในการบีบอัดอื่น ๆ

| Compressor | Ratio | Compression | Decompression |
|---|---|---|---|
| memcpy | 1.000 | 4200 MB/s | 4200 MB/s |
| **LZ4 fast 17 (r129)** | 1.607 | **690 MB/s** | **2220 MB/s** |
| **LZ4 default (r129)** | **2.101** | **385 MB/s** | **1850 MB/s** |
| LZO 2.06 | 2.108 | 350 MB/s | 510 MB/s |
| QuickLZ 1.5.1.b6 | 2.238 | 320 MB/s | 380 MB/s |
| Snappy 1.1.0 | 2.091 | 250 MB/s | 960 MB/s |
| LZF v3.6 | 2.073 | 175 MB/s | 500 MB/s |
| zlib 1.2.8 -1 | 2.730 | 59 MB/s | 250 MB/s |
| **LZ4 HC (r129)** | **2.720** | 22 MB/s | **1830 MB/s** |
| zlib 1.2.8 -6 | 3.099 | 18 MB/s | 270 MB/s |

**ที่มา**: https://en.wikipedia.org/wiki/LZ4_(compression_algorithm)




**ภาพที่ 2.8** ส่วนประกอบของบล็อกการบีบอัดข้อมูล (Compression block) ของ LZ4

**ที่มา**: https://en.wikipedia.org/wiki/LZ4_(compression_algorithm)

ข้อมูลที่ถูกบีบอัด (Compression block) ของ LZ4 นั้นประกอบด้วย sequence หลาย ๆ sequence เรียงต่อกัน ในแต่ละ sequence ดังแสดงในภาพที่ 2.8 นั้น คือชุดของ literals ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ถูกบีบอัดหรือข้อมูลที่ไม่ซ้ำ ตามด้วยส่วนที่ใช้ในการก็อปปี้ match (ส่วนที่ระบุถึงการซ้ำของข้อมูล) ในแต่ละ sequence จะเริ่มต้นด้วย token ซึ่งมีขนาด 1 ไบต์ ซึ่งใน 1 ไบต์นี้จะแยกออกมาเป็น 2 ฟิลด์ ซึ่งแต่ละฟิลด์มีขนาด 4 บิต และมีค่าอยู่ระหว่าง 0-15 ค่าใน token นั้นจะใช้สาหรับระบุความยาวและส่วนประกอบต่าง ๆ ใน sequence นั้น โดย 4 บิตแรก (high-bits) นั้นจะบอกถึงความ

ยาวของ literal และ 4 บิตหลัง (low-bits) นั้นจะบอกถึงความยาวของ match ซึ่งความยาวของ literal และ match นั้น ถ้าหากว่าเกินกว่า 15 จะมีส่วน literal length เพิ่มขึ้นมา เพื่อเก็บค่าความยาวของ literal โดยแต่ละไบต์จะเก็บค่าได้ 255 เมื่อ literal length มีความยาวมากขึ้น ก็สามารถเพิ่มขนาดของ literal length ได้ โดยไม่มีจากัดขนาดไว้ (no size limit) จาก literals คือ operation ที่ใช้ในการก็อปปี้ match ซึ่งเริ่มจาก offset ซึ่งมี ขนาด 2 ไบต์ แบบ little endian ( ไบต์แรกคือ low ไบต์ที่ 2 คือ high) ระบุถึงตำแหน่งของ match ที่ถูกก็อปปี้มาจาก literals ซึ่ง 1 หมายถึงตำแหน่งปัจจุบัน ลบ 1 byte และค่าสูงสุดของ offset คือ 65535

ในการคำนวณความยาวของ match จะใช้ฟิลด์ที่สองของ token ซึ่งเป็น 4 บิตหลัง (low-bits) โดยความยาวที่น้อยที่สุดของ match เท่ากับ 4 ไบต์ เรียกว่า min match ดังนั้น ค่า 0 จึงหมายถึง 4 ไบต์ และ 15 หมายถึง 19+ ไบต์ ซึ่งสามารถขยายให้มากขึ้นได้เช่นเดียวกันกับ literal decoder สามารถสร้างข้อมูลต้นฉบับด้วยข้อมูลจาก offset และ ความยาวของ match

2.1.7 เทคนิคแอลแซสเอ็มเอ (LZMA)

เป็นเทคนิคการบีบอัดข้อมูลแบบ lossless มันถูกพัฒนาตั้งแต่ปี 1996 หรือ 1998 โดย Igor Pavlov และถูกใช้ครั้งแรกในรูปแบบ 7z ของArchiver 7-Zip อัลกอริทึมนี้ใช้รูปแบบการบีบอัดแบบพจนานุกรมคล้ายกับอัลกอริทึม LZ77 ที่เผยแพร่โดย Abraham Lempel และ Jacob Ziv ในปี 1977 และมีอัตราส่วนการอัดสูง (โดยทั่วไปสูงกว่า bzip2 ) และขนาดพจนานุกรมการบีบอัดตัวแปร (สูงสุด 4 GB ) ในขณะที่ยังคงรักษาความเร็วในการคลายการบีบอัดคล้ายกับอัลกอริทึมการบีบอัดอื่น ๆ ที่ใช้กันทั่วไป

LZMA ใช้อัลกอริทึมการบีบอัดพจนานุกรม (ตัวแปรของ LZ77 ที่มีขนาดพจนานุกรมขนาดใหญ่และการสนับสนุนพิเศษสำหรับระยะการจับคู่ที่ใช้ซ้ำ ๆ ) ซึ่งผลลัพธ์จะถูกเข้ารหัสด้วยตัวเข้ารหัสแบบเป็นช่วง โดยใช้แบบจำลองที่ซับซ้อนเพื่อทำนายความน่าจะเป็นของแต่ละบิต ตัวบีบอัดพจนานุกรมพบการจับคู่โดยใช้โครงสร้างข้อมูลพจนานุกรมที่ซับซ้อน และสร้างสัญลักษณ์ การอ้างอิงวลีซึ่งถูกเข้ารหัส ทีละหนึ่งบิต

ในการบีบอัด LZMA สตรีมที่ถูกบีบอัดเป็นสตรีมของบิตเข้ารหัสโดยใช้ Coder Range แบบปรับตัวได้ สตรีมจะถูกแบ่งออกเป็นแพ็คเก็ตแต่ละแพ็คเก็ตที่อธิบายไบต์เดียวหรือลำดับ LZ77 ที่มีความยาวและระยะทางโดยนับหรือเข้ารหัสอย่างชัดเจน แต่ละส่วนของแต่ละแพ็คเก็ตถูกจำลองด้วยบริบทอิสระดังนั้นการทำนายความน่าจะเป็นสำหรับแต่ละบิตนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าของบิตนั้น (และบิตที่เกี่ยวข้องจากเขตข้อมูลเดียวกัน) ในแพ็คเก็ตก่อนหน้าของประเภทเดียวกัน แพ็คเก็ตมี 7 ประเภทตามตารางที่ 2.5

**ตารางที่ 2.5** คำอธิบายแพ็คเก็ตการจัดเก็บข้อมูลอัลกอริทึม LZMA

| รหัสที่บรรจุ (ลำดับบิต) | ชื่อแพ็กเก็ต | คำอธิบายแพ็คเก็ต |
|---|---|---|
| 0 + byteCode | LIT | ไบต์เดียวเข้ารหัสโดยใช้ coder ช่วงแบบปรับตัวได้ |
| 1 + 0 + len + dist | การจับคู่ | ลำดับ LZ77 ทั่วไปที่อธิบายความยาวและระยะทางของลำดับ |
| 1 + 1 + 0 + 0 | SHORTREP | ลำดับ LZ77 หนึ่งไบต์ ระยะทางเท่ากับระยะทาง LZ77 ที่ใช้ล่าสุด |
| 1 + 1 + 0 + 1 + len | LONGREP [0] | ลำดับ LZ77 ระยะทางเท่ากับระยะทาง LZ77 ที่ใช้ล่าสุด |
| 1 + 1 + 1 + 0 + len | LONGREP [1] | ลำดับ LZ77 ระยะทางเท่ากับระยะทาง LZ77 ที่ใช้ล่าสุดครั้งที่สอง |
| 1 + 1 + 1 + 1 + 0 + len | LONGREP [2] | ลำดับ LZ77 ระยะทางเท่ากับระยะทาง LZ77 ที่ใช้ล่าสุดครั้งที่สาม |
| 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + len | LONGREP [3] | ลำดับ LZ77 ระยะทางเท่ากับระยะทางสี่ LZ77 ที่ใช้ล่าสุด |

**ที่มา:** https://en.wikipedia.org/wiki/Lempel–Ziv–Markov_chain_algorithm

ความยาวมีการเข้ารหัสตามตารางที่ 2.6

**ตารางที่ 2.6** รายละเอียดรหัสความยาวข้อมูล

| รหัสความยาว (ลำดับบิต) | ลักษณะ |
|---|---|
| 0+ 3 บิต | ความยาวที่เข้ารหัสโดยใช้ 3 บิตจะให้ช่วงความยาวตั้งแต่ 2 ถึง 9 |
| 1 + 0 + 3 บิต | ความยาวที่เข้ารหัสโดยใช้ 3 บิตทำให้ความยาวอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 ถึง 17 |
| 1 + 1 + 8 บิต | ความยาวที่เข้ารหัสโดยใช้ 8 บิตให้ช่วงความยาวตั้งแต่ 18 ถึง 273 |

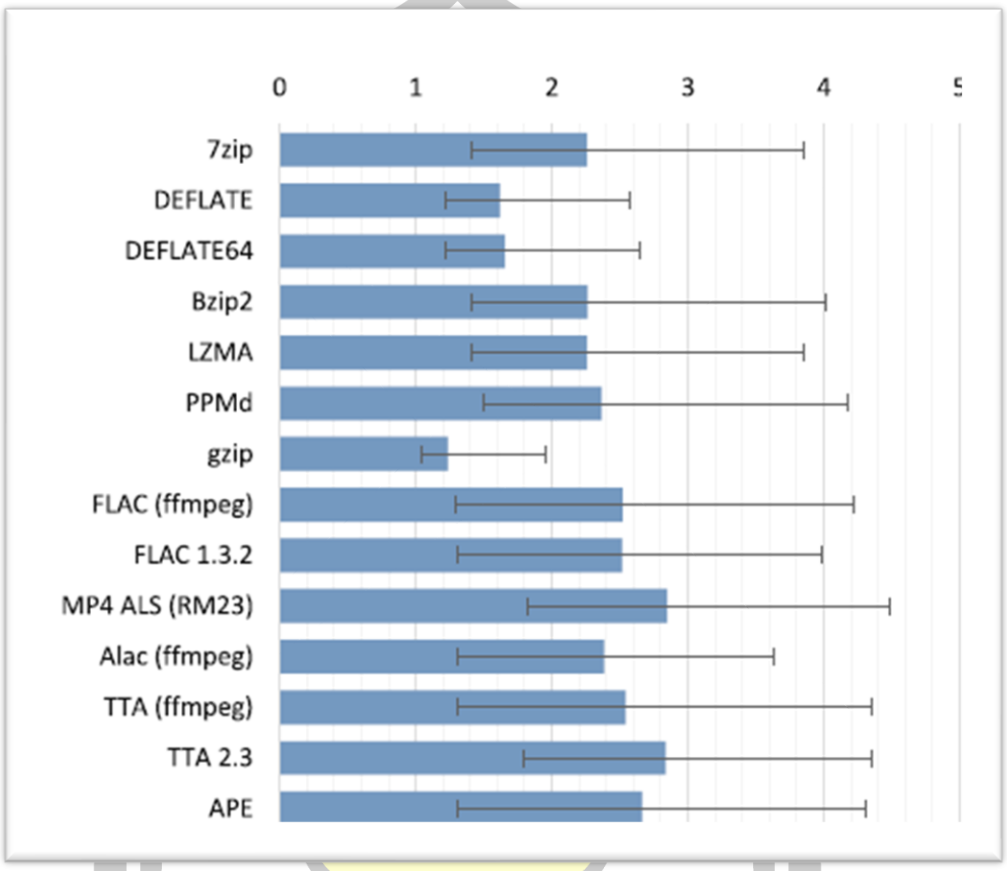
**ที่มา:** https://en.wikipedia.org/wiki/Lempel–Ziv–Markov_chain_algorithm

เช่นเดียวกับใน LZ77 ความยาวไม่ จำกัด โดยระยะทางเนื่องจากการคัดลอกจากพจนานุกรมถูกกำหนดราวกับว่าการคัดลอกดำเนินการเป็นไบต์ต่อไบต์ทำให้ระยะทางคงที่ ระยะทางเป็น 32- บิตและระยะทาง 0 จุดถึงไบต์ที่เพิ่มล่าสุดในพจนานุกรม

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Jumar และคณะ [7] ได้ทำการเปรียบเทียบการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูล เพื่อทำการวัดอัตราส่วนการบีบอัดและค้นหากลยุทธ์การบีบอัดที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้การบีบอัดข้อมูล 2 หมวดหมู่คือ 1.อัลกอริทึมบีบอัดด้านเสียงโดยเฉพาะซึ่งประกอบไปด้วยอัลกอริทึม ALAC, ALS, APE, FLAC และ TrueAudio 2.อัลกอริทึมการบีบอัดข้อมูลทั่วไป ได้แก่ LZMA, Delfate, PPMd, BZip2 และ Gzip เพื่อนำผลการเปรียบเทียบมาใช้ในงานด้านระบบบริหารการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร (Smart Power Grid) จากผลการวิจัยพบว่าอัลกอริทึม LZMA, 7Zip

และ Bzip2 มีผลลัพธ์ที่ดีกว่าทั้งวิธี DEFLATE และ Gzip ในหมวดของการบีบอัดทั่วไป แต่หมวดอัลกอรึทึมด้านเสียงนั้น มีค่าความแตกต่างกันแค่นิดเดียว




**ภาพที่ 2.9** ผลการเปรียบเทียบการบีบอัดข้อมูลทั้ง 2 หมวดหมู่

2.2.2 Ibrahim และ Gbolagade [8] ได้ทำการศึกษาการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูล เพื่อทำการวัดขนานการจัดเก็บไฟล์หลังจากมีการบีบอัดข้อมูล และความเร็วในการส่งข้อมูลและคุณภาพของข้อมูล ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลรูปภาพจากฐานข้อมูลจำนวน 10 รูปภาพในการทดสอบ จากผลการทดสอบปรากฏว่า การบีบอัด CRT-LZW ช่วยประหยัดพื้นที่และการบีบอัดอย่างรวดเร็ว (หรือกำจัดความซ้ำซ้อน) ของภาพต้นฉบับมากกว่าการเข้ารหัส CRT-Huffman 29.78% ถึง 14.00% และเวลาในการบีบอัดวิธีการ CRT-LZW ทำได้ดีกว่าวิธี CRT-Huffman ประมาณ 9.95 วินาที ถึง 19.15 วินาที สำหรับอัตราส่วนการบีบอัด CRT-LZW ยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าการเข้ารหัส CRT-Huffman โดย 0.39 db. ถึง 4.38 db.

2.2.3 ภควัฒน์ ติณสิริสุข [2] งานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการบีบอัดข้อมูลเพื่อให้เหมาะสมกับพฤติกรรมการทำงานและลักษณะของข้อมูลบนระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

ลดปริมาณการส่งข้อมูล ด้วยการดัดแปลงอัลกอรึทึมที่มีอยู่แล้วให้สามารถทำงานได้ดีบนเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายซึ่งใช้ Huffman Algorithm, Adaptive Huffman Algorithm เป็นต้นแบบในการดัดแปลงอัลกอรึทึม

2.2.4 Uthayakuma และคณะ [3] ได้นำวิธีการบีบอัดข้อมูลมาใช้ในเรื่อง wireless sensor networks (WSN) เนื่องจากโหนดเซนเซอร์ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ที่มีความจุจำกัด เนื่องจากการส่งข้อมูลเป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานหลักใน WSN จึงมีการนำเทคนิคการประหยัดพลังงานหลาย ๆรูปแบบมาใช้ และรูปแบบการบีบอัดข้อมูลเป็นเทคนิคที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งช่วยลดปริมาณข้อมูลที่จะส่งในเครือข่ายทำให้ประหยัดพลังงานได้มาก จากการทดลองการนำวิธีการบีบ อัดข้อมูลมาใช้สามารถประหยัดพลังงานได้มากถึง 87.57%

2.2.5 Kasmeera และคณะ [9] ได้เลือกใช้อัลกอริทึม Huffman Codes พัฒนาโดย David Huffman ในปี ค.ศ. 1951 มาใช้ในการเข้ารหัสและบีบอัดข้อมูลรูปภาพเพื่อให้มีความปลอดภัย จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการบิดเบือนอัตราส่วนการบีบอัดของวิธีนี้ดีกว่าเทคนิคที่มีอยู่ อัตราส่วนการบีบอัดของรูปภาพที่เข้ารหัสได้รับการปรับปรุงให้อยู่ในช่วงระหว่าง 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์

2.2.6 Li, Wenwen และคณะ [10] ได้เลือกใช้อัลกอริทึม LZMA และ DEFLATE เพื่อมาใช้ในการบีบอัดข้อมูล, การคลายการบีบอัดข้อมูล ในระบบการจัดการภัยพิบัติ ผ่านเว็บเซอร์วิส เพื่อจัดการปัญหาด้านประสิทธิภาพขั้นพื้นฐานที่ส่งผลกระทบต่อการดึงข้อมูลระยะไกล

2.2.7 Uthayakumar และ Vengattaraman [5] งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบอัลกอรึทึมเพื่อเปรียบเทียบการบีบอัดรูปภาพจำนวน 71 รูปภาพ และแต่ละภาพมีความบิดเบือนจากความเป็นจริงสูง และทำการเลือกอัลกอรึทึมมาทดสอบ จำนวน 6 อัลกอรึทึมดังนี้ Lempel Ziv Markov chain Algorithm (LZMA), Prediction by Partial Matching (PPM), Burrows Wheeler Transform (BWT), Lempel Ziv Welch (LZW) coding, Deflate, LZ77 และ Deflate64 จากผลการวิจัย PPM, LZW และ Deflate64 ได้ผลการบีบอัดที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ

2.2.8 Uthayakumar และ Vengattaraman [11] ได้ทำวิจัยเพื่อเปรียบเทียบอัลกอรึทึมการบีบอัดรูปภาพจากดาวเทียม เพื่อจัดการพื้นที่จัดเก็บและแบนด์วิดธ์การสื่อสาร แม้ว่าจะมีงานวิจัยหลายชิ้นเกี่ยวกับการบีบอัดภาพธรรมชาติ แต่มีเพียงไม่กี่งานที่เน้นภาพดาวเทียม ลักษณะของภาพถ่ายจากดาวเทียมก่อให้เกิดความท้าทายในการบีบอัดภาพดาวเทียม ในการวิจัยนี้ได้เลือกตัวอย่างรูปภาพจำนวน 2, 800 ภาพของเรือรบในภาพถ่ายดาวเทียม และได้เลือกใช้เทคนิคการบีบอัดภาพดังนี้

Lempel Ziv Markov (LZMA), Burrows Wheeler Transform (BWT), การเข้ารหัส Lempel Ziv Welch (LZW), Deflate และ LZ77 จากผลการทดลองปรากฏว่าเทคนิค LZMA สามารถทำการบีบอัดได้ดีกว่าวิธีอื่นด้วยอัตราส่วนการบีบอัดปัจจัยการบีบอัดและเวลาการบีบอัดที่ 0.5666

2.2.9 Preet และ Bagga [12] ได้ทำการทดสอบการประเมินผลการบีบอัดข้อมูลแบบไม่สูบเสียโดยการใช้งานการบีบอัดข้อมูลผ่านระบบงานซึ่งมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านโทรศัพท์มือถือ โดยใช้อัลกอรึทึม lzop, gzip, lz4, bzip2, pbzip2, pigz, xy จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการบีบอัดอัลกอริทึม Lzop และ LZ4 มีอัตราความเร็วที่ดีทั้งการบีบอัดและการคลายข้อมูล

2.2.11 Xudong และ Yiran [4] ได้วิจัยเรื่องการบีบอัดข้อมูลแบบไม่สูญเสียข้อมูล โดยใช้การบีบอัดข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ JSON สาเหตุมาจากการแลกเปลี่ยนข้อมูลเดิมในระบบอินเทอร์เน็ตในสรรพสิ่ง (Internet of Things) ซึ่งมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลจากฝั่งไคลเอ็นต์และฝั่งเซิร์ฟเวอร์เดิมเป็นแบบ xml ซึ่งมีขนาดที่ใหญ่ มาเป็นแบบ JSON พร้อมกับการบีบอัดข้อมูลแบบไม่สูญเสียข้อมูลจำนวน 4 อัลกอรึทึมดังนี้ LZMA, GZIP, BZIP และ A-LZMA จากผลการวิจัย อัลกอริทึม BZIP มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีอื่น ๆ

2.2.12 ชนาภา ศิลาวงษ์ และ ธนภัทร์ อนุศาสน์อมรกุล [1] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับแต่ละประเภทข้อมูล ในงานวิจัยฉบับนี้ได้วิเคราะห์ประเภทข้อมูลหลายรูปแบบเพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลโดยรวม โดยวัดจากอัตราการบีบอัดข้อมูล เวลาที่ใช้ในการบีบอัดและคลายข้อมูล เวลารวมที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย และอัตราการส่งข้อมูล ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบอัลกอริทึมแบบไม่สูญเสีย 4 ประเภท ได้แก่ Huffman LZ77 LZW และ Deflate ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า อัลกอริทึม Deflate มีประสิทธิภาพโดยรวมดีที่สุด

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลที่เหมาะสมกับหมวดไฟล์เอกสาร หมวดไฟล์รูปภาพ และหมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ โดยวิธีการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ได้แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) การเก็บรวบรวมไฟล์ข้อมูลและจัดแยกไฟล์ตามหมวดหมู่ไฟล์ 2) การประมวลผลการบีบอัดข้อมูล/คลายข้อมูล การรับ-ส่งไฟล์ข้อมูล และการตรวจสอบความถูกต้องของไฟล์หลังการคลายข้อมูล 3) การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ได้ดังนี้

**ภาพที่ 3.1** ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

## 3.1 การเก็บรวบรวมไฟล์ข้อมูลและจัดการแยกไฟล์ข้อมูลตามหมวดหมู่ขนาดไฟล์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมไฟล์ข้อมูลจากที่ต่าง ๆ จำนวน 150 ไฟล์ข้อมูล ซึ่งได้

คัดสรรไฟล์ตามหมวดหมู่ไฟล์ข้อมูล จำนวน 3 หมวดหมู่ คือ หมวดไฟล์เอกสาร หมวดไฟล์รูปภาพ และหมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ ดังต่อไปนี้

3.1.1 หมวดไฟล์เอกสาร

**ตารางที่ 3.1** ข้อมูลหมวดไฟล์เอกสาร

| ลำดับที่ | ช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล | จำนวนไฟล์ข้อมูล | ประเภทเอกสาร |
|---|---|---|---|
| 1 | ตั้งแต่ 1KB – 5KB | 3 | PDF, BAK, XLS, XLSX, LOG, TXT, DOC, DOCX |
| 2 | ตั้งแต่ 5KB – 10KB | 3 | |
| 3 | ตั้งแต่ 10KB – 50KB | 2 | |
| 4 | ตั้งแต่ 50KB – 200KB | 3 | |
| 5 | ตั้งแต่ 200KB – 500KB | 2 | |
| 6 | ตั้งแต่ 500KB – 800KB | 3 | |
| 7 | ตั้งแต่ 800KB – 1000KB | 3 | |
| 8 | ตั้งแต่ 1MB – 5MB | 10 | |
| 9 | ตั้งแต่ 5MB – 10MB | 10 | |
| 10 | ตั้งแต่ 10MB – 50MB | 10 | |
| 11 | ตั้งแต่ 50MB – 60MB | 3 | |
| 12 | ตั้งแต่ 60MB – 70MB | 2 | |
| 13 | ตั้งแต่ 70MB – 80MB | 2 | |
| 14 | ตั้งแต่ 80MB – 100MB | 2 | |
| 15 | ตั้งแต่ 100MB ขึ้นไป | 2 | |
| **รวม :** | | **60** | |

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.1.2 หมวดไฟล์รูปภาพ

**ตารางที่ 3.2** ข้อมูลหมวดไฟล์รูปภาพ

| ลำดับที่ | ช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล | จำนวนไฟล์ข้อมูล | ประเภทเอกสาร |
|---|---|---|---|
| 1 | ตั้งแต่ 1KB – 5KB | 3 | JPG, GIF, TIF, TIFF, PNG, BMP, PSD |
| 2 | ตั้งแต่ 5KB – 10KB | 3 | |
| 3 | ตั้งแต่ 10KB – 50KB | 3 | |
| 4 | ตั้งแต่ 50KB – 200KB | 3 | |
| 5 | ตั้งแต่ 200KB – 500KB | 3 | |
| 6 | ตั้งแต่ 500KB – 800KB | 3 | |
| 7 | ตั้งแต่ 800KB – 1000KB | 5 | |
| 8 | ตั้งแต่ 1MB – 5MB | 6 | |
| 9 | ตั้งแต่ 5MB – 10MB | 6 | |
| 10 | ตั้งแต่ 10MB – 50MB | 3 | |
| 11 | ตั้งแต่ 50MB – 60MB | 2 | |
| 12 | ตั้งแต่ 60MB – 70MB | 2 | |
| 13 | ตั้งแต่ 70MB – 80MB | 2 | |
| 14 | ตั้งแต่ 80MB – 100MB | 2 | |
| 15 | ตั้งแต่ 100MB ขึ้นไป | 2 | |
| **รวม :** | | **48** | |

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.1.3 หมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ

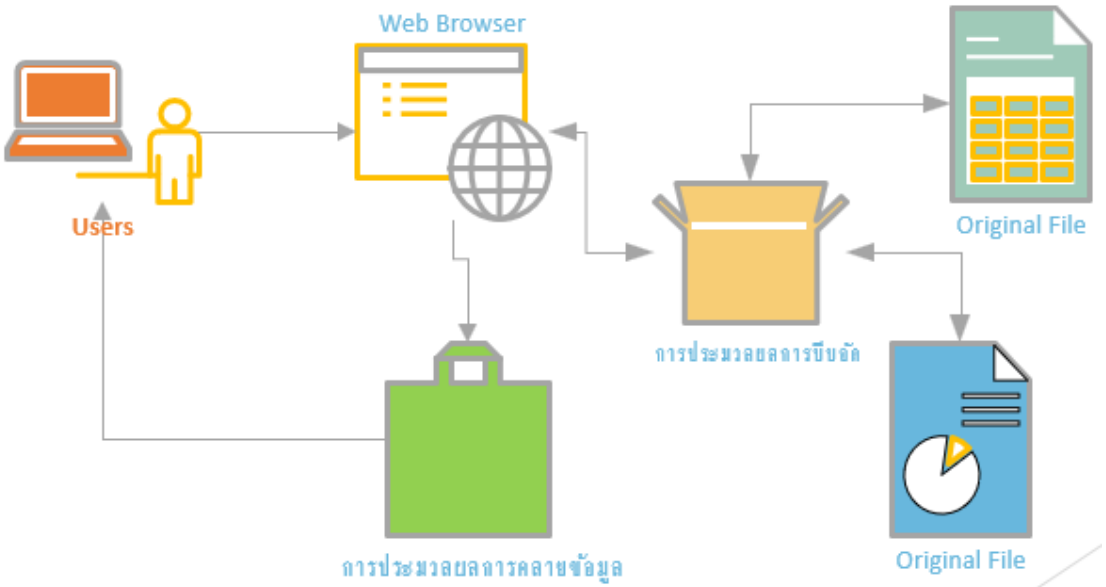
**ตารางที่ 3.3** ข้อมูลหมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ

| ลำดับที่ | ช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล | จำนวนไฟล์ข้อมูล | ประเภทเอกสาร |
|---|---|---|---|
| 1 | ตั้งแต่ 1KB – 5KB | 0 | MP3, WAV, AVI, MP4, 3GP, WMA |
| 2 | ตั้งแต่ 5KB – 10KB | 0 | |
| 3 | ตั้งแต่ 10KB – 50KB | 0 | |
| 4 | ตั้งแต่ 50KB – 200KB | 0 | |
| 5 | ตั้งแต่ 200KB – 500KB | 0 | |
| 6 | ตั้งแต่ 500KB – 800KB | 0 | |
| 7 | ตั้งแต่ 800KB – 1000KB | 0 | |
| 8 | ตั้งแต่ 1MB – 5MB | 5 | |
| 9 | ตั้งแต่ 5MB – 10MB | 5 | |
| 10 | ตั้งแต่ 10MB – 50MB | 6 | |
| 11 | ตั้งแต่ 50MB – 60MB | 6 | |
| 12 | ตั้งแต่ 60MB – 70MB | 5 | |
| 13 | ตั้งแต่ 70MB – 80MB | 5 | |
| 14 | ตั้งแต่ 80MB – 100MB | 5 | |
| 15 | ตั้งแต่ 100MB ขึ้นไป | 5 | |
| | **รวม :** | **42** | |

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

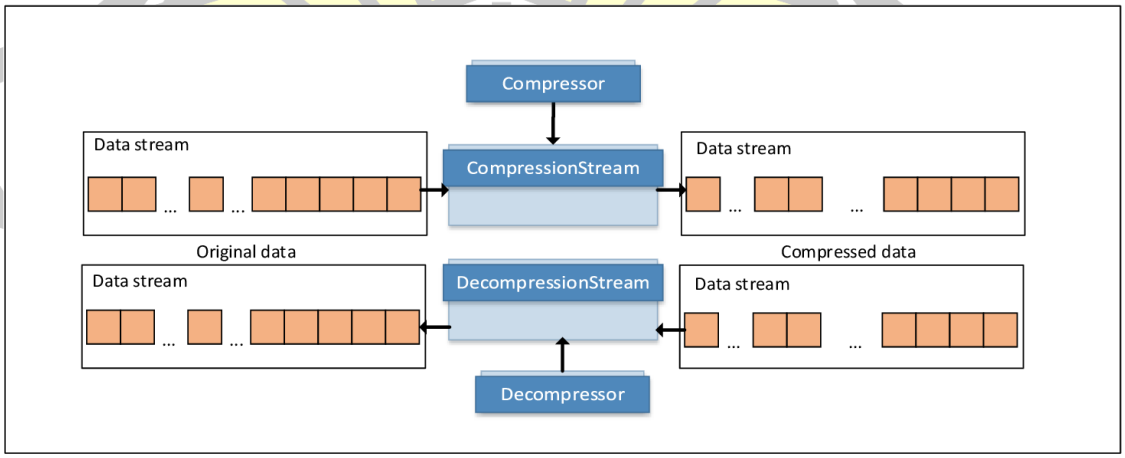
### 3.2 ประมวลผลการบีบอัด/คลายข้อมูล และการรับ-ส่งข้อมูล

สำหรับงานวิจัยนี้ จะออกแบบให้สามารถวัดประสิทธิภาพอัตราการบีบอัดข้อมูลรวมถึงอัตราความเร็วที่ใช้ในการบีบอัดและการคลายข้อมูลในแต่ละเทคนิค รวมถึงเวลารวมในการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งมีภาพรวมกระบวนการประมวลผล ในการทำงานดังภาพที่ 3.2




**ภาพที่ 3.2** ภาพรวมการประมวลผลการบีบอัด/คลายข้อมูล

ในกระบวนการบีบอัด/คลายข้อมูล จะเป็นการนำเข้าไฟล์และทำการแปลงไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบของ File Steam ซึ่งจะแบ่งข้อมูลออกเป็นบล็อกข้อมูลและจะทำการประมวลผลการบีบอัด/คลายข้อมูลตามแต่ละเทคนิค การแบ่งข้อมูลออกเป็นบล็อก ดังภาพที่ 3.3




**ภาพที่ 3.3** การแบ่งข้อมูลออกเป็นบล็อก

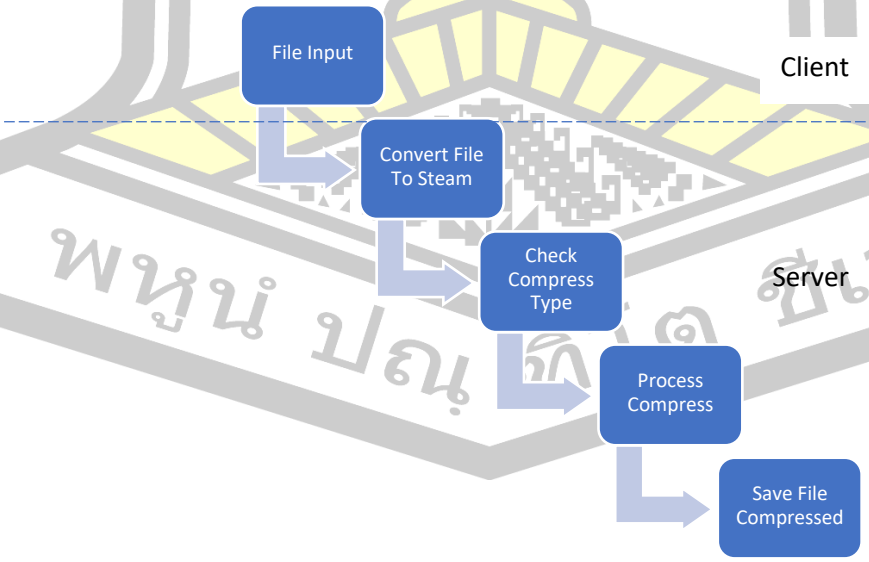
**ที่มา:** https://software.intel.com/sites/products/documentation/doclib/daal/daal-user-and-reference-guides/daal_prog_guide/GUID-5FC507AC-3AA9-424A-A520-1683637DD2ED.htm

3.2.1 กระบวนการบีบอัดข้อมูล

เป็นขั้นตอนเริ่มต้นจากผู้ใช้งานทำการเลือกไฟล์ที่ต้องการอัพโหลด เมื่อไฟล์ถูกอัพโหลดเข้ามาจัดเก็บที่เครื่องบริการเว็บเสร็จเรียบร้อย จากนั้นจะทำการประมวลผลการบีบอัดข้อมูลตามอัลกอริทึมที่ผู้ใช้งานต้องการ เมื่อการประมวลผลการบีบอัดเสร็จสิ้น ไฟล์ข้อมูลจะถูกบันทึกจัดเก็บโดยที่นามสกุลไฟล์ข้อมูลจะต่อท้ายด้วยอัลกอริทึมที่ทำการบีบอัดเข้ามาด้วยทุกไฟล์ข้อมูล ในขั้นตอนการบีบอัดข้อมูล (Compression) จะประมวลผลการทำงานที่เครื่องบริการเว็บ ในกระบวนการบีบอัดข้อมูลจะทำการแยกนามสกุลไฟล์เอกสารตามอัลกอรึทึม ดังนี้

- HuffmanCodes จะใช้นามสกุลเป็น .hmc
- BZip2 จะใช้นามสกุลเป็น .bz2
- DEFLATE จะใช้นามสกุลเป็น .df
- LZMA จะใช้นามสกุลเป็น .lzma
- LZ4 จะใช้นามสกุลเป็น .lz4

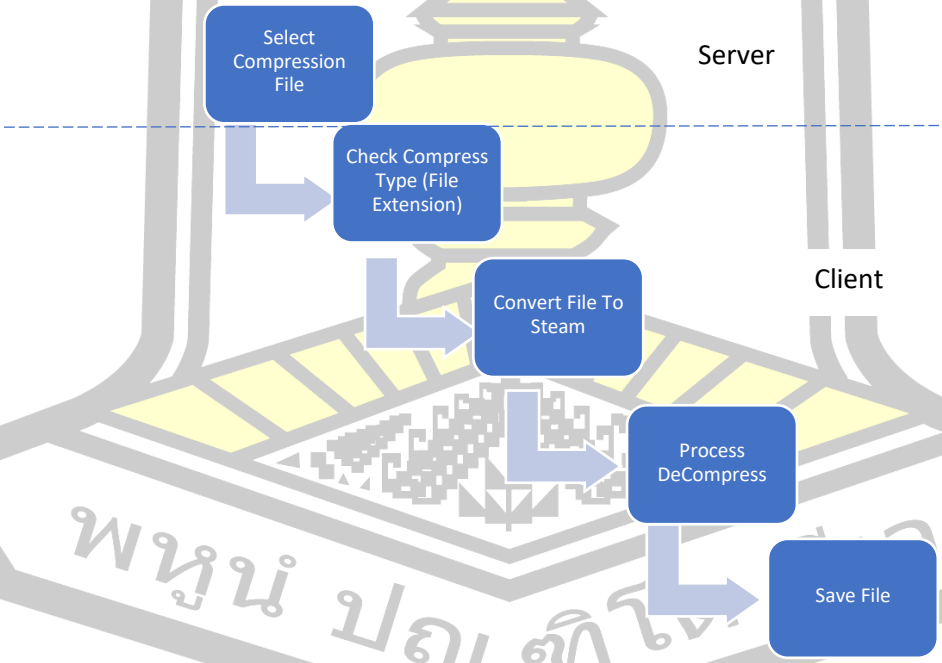
ซึ่งขั้นตอนการบีบอัดข้อมูลจะมีกระบวนการทำงานดังต่อไปนี้




**ภาพที่ 3.4** กระบวนการบีบอัดข้อมูล

3.2.2 กระบวนการคลายข้อมูล

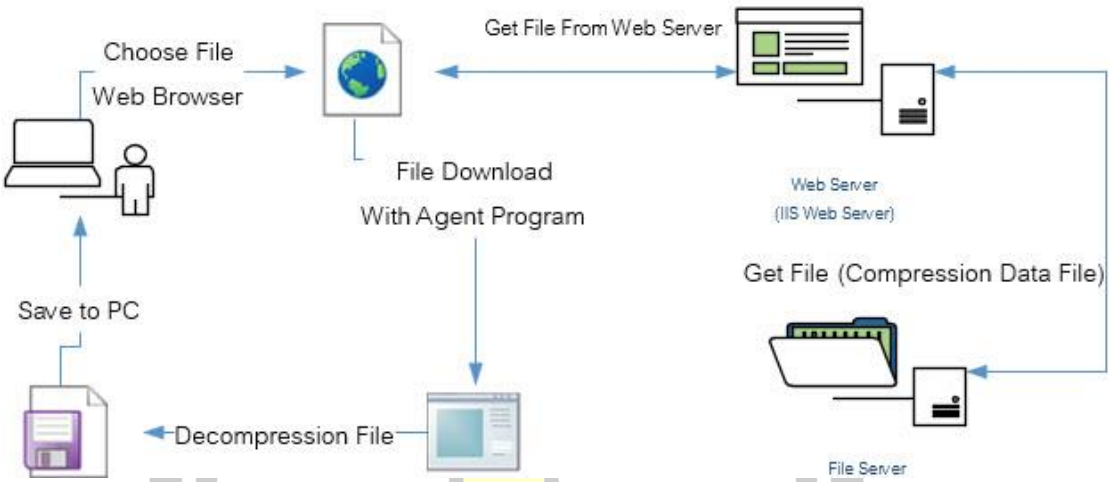
เป็นขั้นตอนในการคลายข้อมูลที่มีการบีบอัดมาแล้ว โดยเริ่มต้นการทำงานหลังจากโปรแกรมดาวน์โหลดไฟล์ จากเครื่องบริการเว็บลงมาจัดเก็บที่เครื่องผู้ใช้งานก่อน จากนั้นโปรแกรมทำการคลายการบีบอัดข้อมูล โดยการตรวจสอบนามสกุลไฟล์ก่อน เนื่องจากนามสกุลไฟล์เอกสารที่ทำการบีบอัดข้อมูลมาแล้วจะบ่งบอกชนิดของอัลกอริทึมที่ใช้ในการบีบอัด เมื่อบีบอัดด้วยอัลกอริทึมใด ๆ ต้องทำการคลายการบีบอัดด้วยอัลกอริทึมนั้น ๆ เสมอ ในขั้นตอนการคลายข้อมูลจะประมวลผลการทำงานที่เครื่องผู้ใช้งาน (Client) การประมวลผลการทำงานที่เครื่องผู้ใช้งาน จะทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่าการประมวลผลการทำงานที่เครื่องบริการเว็บ เนื่องจากในกรณีที่มีผู้ใช้งานจำนวนมากต้องการดาวน์โหลดไฟล์เอกสารไปใช้งานพร้อม ๆ กัน ส่งผลให้เครื่องบริการเว็บต้องประมวลผลข้อมูลในหลาย ๆ ขั้นตอน ซึ่งอาจจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้เลือกใช้เทคนิคในการคลายข้อมูลที่เครื่องผู้ใช้งาน เพราะจะทำให้การทำงานของเครื่องบริการเว็บ มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งขั้นตอนการคลายข้อมูลจะมีกระบวนการทำงานดังภาพที่ 3.4




**ภาพที่ 3.5** กระบวนการคลายข้อมูล

3.2.3 กระบวนการรับ-ส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการเลือกโอนถ่ายข้อมูลแบบ Web Client ซึ่งรูปแบบของ Web Client จะเป็นการสร้างโปรแกรม (Agent Program) สำหรับการจัดการการดาวน์โหลดไฟล์จากเว็บไซต์ ดังภาพที่ 3.6




**ภาพที่ 3.6** กระบวนการรับ-ส่งไฟล์ และการคลายข้อมูล

จากภาพที่ 3.6 แสดงขั้นตอนในการถ่ายโอนข้อมูลจากเว็บแอปพลิเคชันไปที่เครื่องผู้ใช้งาน โดยเริ่มต้นการทำงานจากผู้ใช้งานทำการคลิกเลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการดาวน์โหลด จากรายการไฟล์ที่แสดงบนเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นโปรแกรมจะทำการส่งค่าพารามิเตอร์ (URL) ให้กับโปรแกรมดาวน์โหลดไฟล์เอกสาร (API) เมื่อโปรแกรมทำการดาวน์โหลดไฟล์จากเครื่องบริการเว็บลงมาจัดเก็บที่เครื่องผู้ใช้งานเสร็จเรียบร้อย โปรแกรมจะทำการคลายการบีบอัดข้อมูล และบันทึกจัดเก็บไฟล์ข้อมูลที่เครื่องผู้ใช้งาน

3.2.4 การตรวจสอบความถูกต้องของไฟล์หลังการคลายข้อมูล

เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบไฟล์ต้นฉบับก่อนการบีบอัดไฟล์กับไฟล์หลังจากการคลายข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบไฟล์ทั้ง 2 ไฟล์ไม่ให้มีความสูญเสียข้อมูลเกิดขึ้น ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้อัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูล ดังนั้นการตรวจสอบไฟล์จึงมีความสำคัญว่าทั้ง 2 ไฟล์เมื่อทำการบีบอัดและคลายข้อมูลออกมาแล้ว ข้อมูลจะต้องไม่มีความสูญเสียเกิดขึ้น ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้หลักการตรวจสอบไฟล์จำนวน 2 ขั้นตอนดังนี้ 1) ทำการเปรียบเทียบขนาดไฟล์ข้อมูล 2 ไฟล์ คือไฟล์ต้นฉบับ กับไฟล์หลังการบีบอัด ถ้าขนาดไฟล์แตกต่างกัน โปรแกรมดาวน์โหลดไฟล์จะทำการลบไฟล์ที่ดาวน์โหลดมาก่อนหน้าทิ้ง แล้วทำขั้นตอนในการ รับ-ส่งไฟล์ใหม่อีกครั้ง และทำการ

ตรวจสอบจนกว่าขนาดไฟล์ทั้ง 2 ไฟล์จะมีเนื้อหาที่เท่ากัน เมื่อขนาดไฟล์มีค่าเท่ากัน จะทำขั้นตอนที่ 2 ต่อไป 2) ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนในการอ่านค่าไฟล์ทั้ง 2 ไฟล์ออกมาอยู่ในรูปแบบของ Byte ก่อน จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 2 ไฟล์เป็นรายบรรทัด โดยเริ่มต้นที่บรรทัดที่ 1 จนถึงบรรทัดสุดท้ายของไฟล์ข้อมูลทั้ง 2 โดยที่แต่ละรอบในการตรวจสอบไฟล์ ถ้าบรรทัดไหนทำการตรวจสอบแล้วข้อมูลไม่ตรงกัน จะหยุดการทำงาน และแจ้งผลเป็น “Files are not equal.” แต่ถ้าทำการตรวจสอบแล้วไฟล์เหมือนกันทุกบรรทัด จะแจ้งผลเป็น “Files are equal.” จากขั้นตอนการทำงานทั้ง 2 ขั้นตอนนี้สามารถเขียนเป็นโปรแกรมเพื่อใช้ในการตรวจสอบไฟล์ข้อมูลได้ ดังนี้

ตัวอย่างโค้ดเปรียบเทียบไฟล์

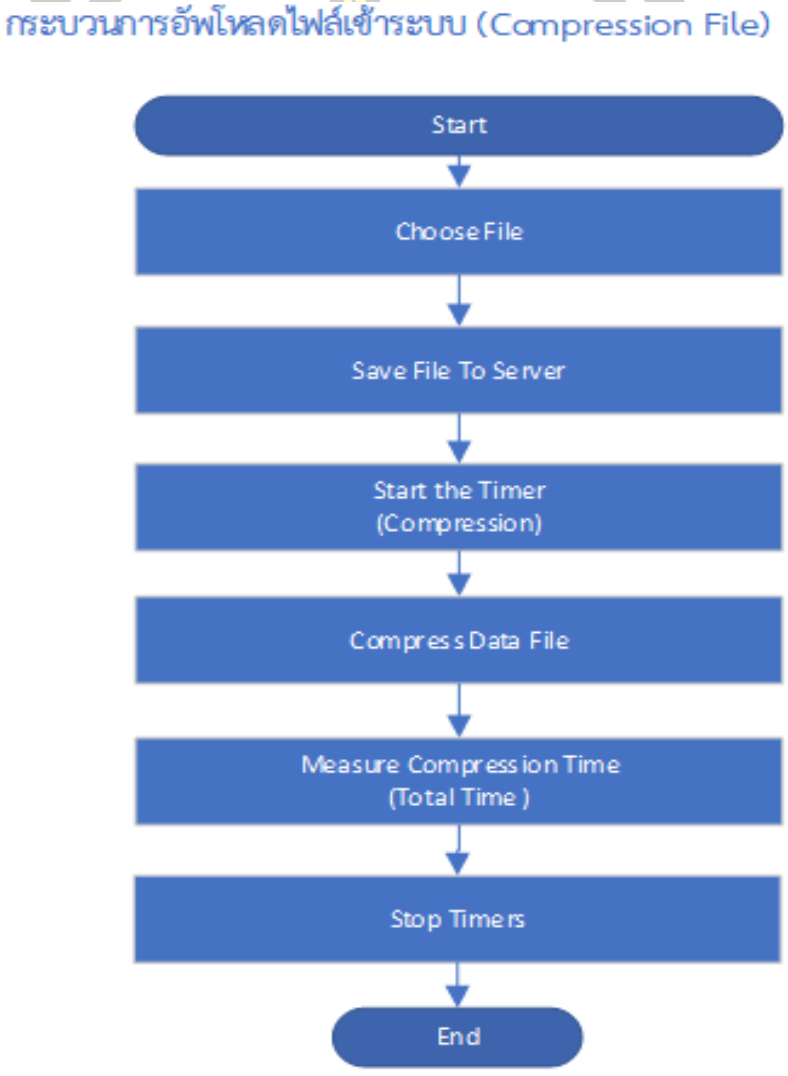
```
// This method accepts two strings the represent two files to
// compare. A return value of 0 indicates that the contents
of the files
// are the same. A return value of any other value indicates
that the
// files are not the same.
private bool FileCompare(string file1, string file2)
{
     int file1byte;
     int file2byte;
     FileStream fs1;
     FileStream fs2;

     // Determine if the same file was referenced two times.
     if (file1 == file2)
     {
          // Return true to indicate that the files are the
same.
          return true;
     }

     // Open the two files.
     fs1 = new FileStream(file1, FileMode.Open);
     fs2 = new FileStream(file2, FileMode.Open);

     // Check the file sizes. If they are not the same, the
files
        // are not the same.
     if (fs1.Length != fs2.Length)
     {
          // Close the file
          fs1.Close();
          fs2.Close();
```

```
            // Return false to indicate files are different
            return false;
        }

        // Read and compare a byte from each file until either a
        // non-matching set of bytes is found or until the end
of
        // file1 is reached.
        do
        {
            // Read one byte from each file.
            file1byte = fs1.ReadByte();
            file2byte = fs2.ReadByte();
        }
        while ((file1byte == file2byte) && (file1byte != -1));

        // Close the files.
        fs1.Close();
        fs2.Close();

        // Return the success of the comparison. "file1byte" is
        // equal to "file2byte" at this point only if the files
are
           // the same.
        return ((file1byte - file2byte) == 0);
}
private void button1_Click(object sender, System.EventArgs e)
{
   // Compare the two files that referenced in the textbox
controls.
   if (FileCompare(this.txtFile1.Text, this.txtFile2.Text))
      {
         MessageBox.Show("Files are equal.");
      }
   else
      {
         MessageBox.Show("Files are not equal.");
      }
}
```

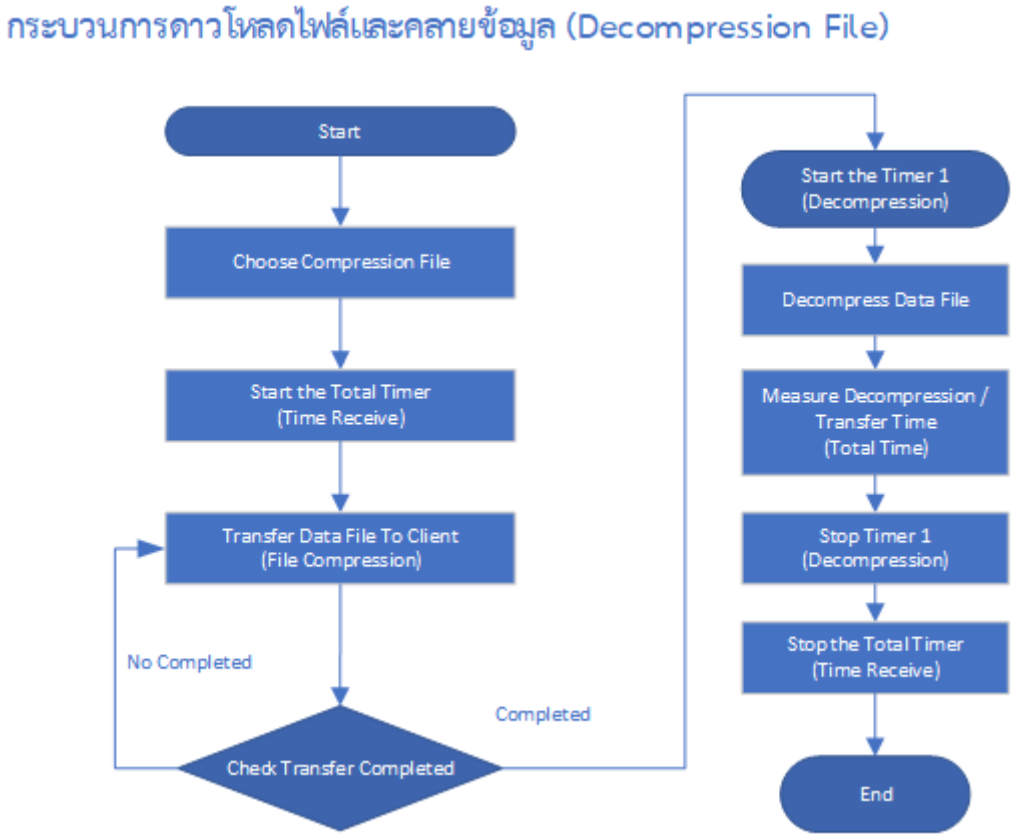
**3.3 การประเมินประสิทธิภาพการทำงาน**

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะประเมินประสิทธิภาพการทำงานของการบีบอัดไฟล์ ซึ่งจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 กระบวนการ คือ 1) กระบวนการอัพโหลดไฟล์เข้าระบบและทำการบีบอัดข้อมูล เมื่อไฟล์ถูกอัพโหลดเข้าระบบเสร็จเรียบร้อย จะทำการเริ่มการบีบอัดไฟล์และวัดประสิทธิภาพการบีบอัด ดังภาพที่ 3.6 2) กระบวนการดาวน์โหลดไฟล์และทำการคลายข้อมูล เมื่อมีการคลิกดาวน์โหลด

ไฟล์จากเว็บแอปพลิเคชัน ระบบส่งลิงค์ดาวน์โหลดให้กับ API เพื่อทำการดาวน์โหลดไฟล์จาก Web Server ลงมาเก็บที่เครื่อง Client หลักจากไฟล์ดาวน์โหลดเสร็จสิ้น ตัว API จะทำการคลายข้อมูลให้อัตโนมัติ ซึ่งขั้นตอนนี้จะวัดประสิทธิภาพการคลายข้อมูลและเวลารวมในการรับส่งไฟล์ตั้งแต่เริ่มดาวน์โหลดไฟล์จนสิ้นสุดกระบวนการคลายข้อมูล ดังภาพที่ 3.7




**ภาพที่ 3.7** ขั้นตอนการอัพโหลดและบีบอัดไฟล์




**ภาพที่ 3.8** ขั้นตอนการดาวน์โหลดและคลายข้อมูล

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะทำการวัดประสิทธิภาพการทำงานจำนวน 4 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. การวัดอัตราความเร็วการบีบอัดข้อมูล (Compression Speed) [11-13] คืออัตราเร็วในการบีบอัดข้อมูลซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณข้อมูลและ เวลาที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูล มีหน่วยเป็นไบต์ต่อวินาที ดังสมการ (3-1)

$$\text{Compression speed} = \frac{\text{file size}}{\text{compression time}} \quad (3\text{-}1)$$

- File size คือ ขนาดข้อมูลก่อนการบีบอัดมีหน่วยเป็น ไบต์
- Compression Time คือ เวลาที่ใช้ในการบีบอัด ข้อมูล มีหน่วยเป็นวินาที

2. การวัดอัตราความเร็วการคลายข้อมูล (Decompression Speed) [11-13] คืออัตราเร็วในการ คลายข้อมูล ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณข้อมูล และเวลาที่ใช้ในการคลายข้อมูล มีหน่วยเป็นไบต์ต่อ วินาที ดังสมการที่ (3-2)

$$\text{Decompression speed} = \frac{\text{file size1}}{\text{decompression time}} \quad (3\text{-}2)$$

- File size1 คือขนาดข้อมูลหลังการบีบอัด มีหน่วยเป็นไบต์

- Decompression Time คือ เวลาที่ ใช้ในการคลายข้อมูลมีหน่วยเป็นวินาที

3. เวลารวมทั้งหมดทุกกระบวนการ (Overall Time) [14, 15] ตั่งแต่เริ่มบีบอัดข้อมูล จนถึงกระบวนการคลายข้อมูลจากผู้ร้องขอไฟล์ข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ดังสมการที่ 3-3

$$\begin{aligned}\text{Overall Times} &= ((\text{Compression Times} \\ &+ \text{Processing Times}) \\ &+ (\text{Decompression Times} \\ &+ \text{Transmission Times}))\end{aligned} \tag{3-3}$$

- Transmission Times คือเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลจากต้นทางไปถึงปลายทางที่ร้องขอ

- Processing Times คือเวลาที่ใช้ในการประมวลผลการทำงาน

- Compression Times คือเวลาที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูล

- Decompression Times คือเวลาที่ใช้ในการคลายข้อมูล

4. ประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูลจะวัดจาก อัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล [14, 15] ซึ่งแสดงถึงจำนวนข้อมูลที่ เหลือหลังจากการบีบอัด ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะอยู่ ในรูปของร้อยละขนาดของข้อมูลดั้งเดิม (File size2) และขนาดของข้อมูลที่ถูกบีบอัดแล้ว (Compression size) ดังสมการที่ (3-4)

$$\text{Compression ratio} = \frac{\text{Compression size}}{\text{file size2}} * 100 \tag{3-4}$$

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการดำเนินการวิจัยในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชันและนำผลการเปรียบเทียบที่มีประสิทธิภาพด้านความเร็วมากที่สุดมาสร้างต้นแบบการบีบอัดข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน ในการทดสอบวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ไฟล์ข้อมูลในการทดสอบจำนวนทั้งหมด 150 ไฟล์ข้อมูล โดยการจัดแยกไฟล์ตามหมวดหมู่ไฟล์ ดังนี้ 1) หมวดไฟล์เอกสาร จำนวน 60 ไฟล์ 2) หมวดไฟล์รูปภาพ จำนวน 48 ไฟล์ 3) หมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ จำนวน 42 ไฟล์ และแบ่งช่วงกลุ่มขนาดไฟล์ออกเป็น 3 ช่วงกลุ่ม ประกอบไปด้วย กลุ่มไฟล์ขนาดเล็ก กลุ่มไฟล์ขนาดกลาง และกลุ่มไฟล์ขนาดใหญ่ จากนั้นทำการทดสอบการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลจำนวน 5 อัลกอริทึม คือ Huffman Coding, LZMA, LZ4, DEFLATE และ BZip2 และทำการวัดประสิทธิภาพการทำงานด้วยการวัดอัตราความเร็วในการบีบอัด อัตราความเร็วในการคลายข้อมูล อัตราส่วนการบีบอัด เวลารวมการทำงานทุกกระบวนการ และนำผลการทดสอบมาสร้างต้นแบบการบีบอัดข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน จากการทดสอบสามารถแสดงผลการเปรียบเทียบและผลการสร้างต้นแบบการบีบอัด ได้ดังนี้

## 4.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการบีบอัด (Compression speed)

เป็นการวัดหาอัตราความเร็วที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูล จากเริ่มต้นจนสิ้นสุดการบีบอัดข้อมูล ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะมีหน่วยเป็นไบต์ต่อวินาที โดยสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** อัตราความเร็วในการบีบอัดข้อมูล

| อัลกอริทึม | File Group (byte / s) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Music & Videos | Images | Data | ค่าเฉลี่ยรวม |
| LZ4 | **133, 034, 743.74** | **65, 835, 663.25** | **42, 744, 585.52** | **77, 262, 260.91** |
| DEFLATE | 23, 073, 507.59 | 32, 384, 160.89 | 20, 504, 606.93 | 25, 975, 720.70 |
| Huffman Coding | 2, 371, 039.79 | 2, 303, 321.63 | 2, 120, 797.02 | 2, 263, 874.84 |
| BZip2 | 1, 023, 002.04 | 1, 608, 261.90 | 1, 408, 694.51 | 1, 380, 527.57 |
| LZMA | 830, 718.02 | 840, 928.95 | 783, 964.60 | 820, 082.08 |

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์การวัดอัตราความเร็วในการบีบอัดไฟล์ข้อมูล จากผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึม LZ4 สามารถทำความเร็วในการบีบอัดข้อมูลดีที่สุด ที่ความเร็วเฉลี่ย 77, 262, 260.91 ไบต์ต่อวินาที และยังพบว่าอัลกอริทึม LZ4 สามารถทำความเร็วได้ดีทั้ง 3 หมวดหมู่

ไฟล์ โดยที่หมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ มีความเร็วเฉลี่ย 133, 034, 743.74 ไบต์ต่อวินาที หมวดไฟล์เอกสาร ความเร็วเฉลี่ย 65, 835, 663.25 ไบต์ต่อวินาที หมวดไฟล์รูปภาพ ความเร็วเฉลี่ย 42, 744, 585.52 ไบต์ต่อวินาที จะเห็นได้ว่า อัลกอริทึม LZ4 จะมีอัตราความเร็วในการบีบอัดที่สูงกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ เป็นอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยมากกว่า อัลกอริทึม DEFLATE ที่มีลำดับถัดมา ที่ความเร็วเฉลี่ย 51, 286, 540.21 ไบต์ต่อวินาที

**ตารางที่ 4.2** อัตราความเร็วในการบีบอัดข้อมูล แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | File Group (byte / s) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Data** | | | | | |
| 1KB – 5KB | 241, 634.34 | **949, 786.32** | 197, 665.72 | 814, 585.96 | 95, 974.89 |
| 5KB – 10KB | 650, 647.02 | **2, 417, 065.52** | 663, 157.56 | 2, 318, 376.67 | 277, 085.66 |
| 10KB – 50KB | 1, 081, 954.01 | 4, 063, 316.71 | 1, 358, 452.11 | **4, 081, 285.15** | 579, 264.81 |
| 50KB – 200KB | 1, 048, 096.68 | 10, 484, 120.69 | 2, 132, 819.72 | **12, 398, 439.55** | 768, 609.04 |
| 200KB – 500KB | 1, 586, 217.85 | 19, 981, 230.40 | 2, 537, 779.47 | **22, 321, 464.05** | 915, 254.34 |
| 500KB – 800KB | 996, 166.55 | 19, 884, 225.81 | 2, 388, 155.96 | **43, 041, 368.83** | 975, 060.51 |
| 800KB – 1000KB | 1, 601, 320.74 | 38, 436, 064.25 | 2, 683, 316.83 | **52, 201, 731.11** | 1, 121, 347.74 |
| 1MB – 5MB | 1, 488, 553.42 | 31, 906, 316.66 | 2, 738, 196.31 | **51, 137, 569.70** | 1, 009, 126.88 |
| 5MB – 10MB | 4, 005, 333.52 | 84, 811, 795.79 | 2, 721, 989.00 | **87, 833, 147.68** | 1, 167, 031.59 |
| 10MB – 50MB | 1, 215, 316.20 | 25, 837, 849.66 | 2, 472, 749.03 | **74, 883, 913.20** | 783, 331.68 |
| 50MB – 60MB | 866, 529.85 | 22, 447, 625.55 | 2, 419, 607.26 | **145, 806, 714.11** | 742, 888.27 |
| 60MB – 70MB | 1, 002, 140.79 | 23, 411, 172.55 | 2, 452, 207.22 | **103, 443, 732.84** | 689, 971.32 |
| 70MB – 80MB | 862, 338.14 | 22, 875, 090.65 | 2, 491, 739.23 | **181, 284, 602.62** | 806, 441.02 |
| 80MB – 100MB | 1, 025, 879.69 | 23, 295, 599.60 | 2, 440, 111.95 | **101, 409, 763.69** | 734, 707.70 |
| 100MB ขึ้นไป | 1, 036, 717.98 | 23, 190, 274.21 | 2, 427, 602.69 | **108, 384, 071.87** | 733, 329.30 |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Images** | | | | | |
| 1KB – 5KB | 190, 602.65 | 475, 377.77 | 109, 285.26 | **543, 318.49** | 72, 956.99 |
| 5KB – 10KB | 439, 773.59 | 1, 139, 095.61 | 529, 929.54 | **2, 134, 857.28** | 281, 202.08 |
| 10KB – 50KB | 1, 418, 623.37 | **5, 760, 704.03** | 1, 452, 807.45 | 4, 041, 681.57 | 706, 493.00 |
| 50KB – 200KB | 1, 179, 303.34 | 11, 433, 760.57 | 1, 941, 759.82 | **12, 884, 321.06** | 1,020, 431.29 |
| 200KB – 500KB | 1, 018, 055.50 | 15, 305, 872.19 | 2, 233, 781.39 | **29, 254, 656.96** | 965, 690.30 |
| 500KB – 800KB | 1, 060, 311.34 | 20, 562, 020.92 | 2, 391, 186.73 | **67, 363, 914.61** | 1,024, 398.75 |
| 800KB – 1000KB | 1, 228, 490.16 | 22, 194, 041.38 | 2, 308, 553.66 | **63, 798, 166.97** | 1,012, 760.13 |
| 1MB – 5MB | 2, 267, 006.60 | 37, 094, 283.12 | 2, 774, 691.67 | **61, 619, 465.17** | 1,243, 953.19 |
| 5MB – 10MB | 1, 319, 706.70 | 23, 815, 810.38 | 2, 397, 411.77 | **101, 770, 107.05** | 783, 410.56 |
| 10MB – 50MB | 1, 491, 037.76 | 24, 241, 088.76 | 2, 467, 033.83 | **56, 346, 812.04** | 731, 304.30 |

**ตารางที่ 4.2** อัตราความเร็วในการบีบอัดข้อมูล แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | File Group (byte / s) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| 50MB – 60MB | 1, 784, 407.73 | **24, 541, 784.95** | 2, 483, 350.81 | 19, 783, 807.86 | 518, 370.36 |
| 60MB – 70MB | 1, 793, 274.33 | **25, 065, 378.80** | 2, 422, 407.65 | 20, 929, 564.67 | 533, 996.63 |
| 70MB – 80MB | 1, 747, 368.79 | **22, 969, 264.24** | 2, 529, 916.53 | 20, 846, 899.76 | 568, 799.54 |
| 80MB – 100MB | 2, 660, 530.21 | 38, 856, 571.24 | 2, 968, 580.70 | **39, 393, 035.32** | 809, 417.47 |
| 100MB ขึ้นไป | 1, 795, 160.48 | 24, 085, 303.36 | 2, 518, 502.33 | **16, 398, 267.83** | 459, 277.17 |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Music** | | | | | |
| 1MB – 5MB | 1, 021, 109.47 | 23, 218, 798.13 | 2, 326, 530.98 | **106, 047, 084.81** | 934, 384.36 |
| 5MB – 10MB | 1, 039, 835.21 | 23, 320, 249.27 | 2, 438, 624.05 | **95, 977, 529.92** | 910, 866.09 |
| 10MB – 50MB | 975, 892.39 | 23, 084, 339.25 | 2, 441, 016.96 | **91, 560, 999.93** | 819, 344.64 |
| 50MB – 60MB | 1, 011, 172.29 | 22, 411, 796.85 | 2, 364, 665.49 | **168, 780, 558.68** | 821, 028.48 |
| 60MB – 70MB | 1, 078, 754.45 | 23, 657, 679.89 | 2, 266, 473.09 | **126, 614, 234.05** | 801, 808.27 |
| 70MB – 80MB | 1, 059, 214.12 | 24, 013, 583.75 | 2, 324, 530.84 | **164, 131, 609.76** | 806, 001.12 |
| 80MB – 100MB | 1, 039, 963.37 | 23, 143, 799.24 | 2, 375, 987.96 | **176, 784, 122.11** | 799, 201.15 |
| 100MB ขึ้นไป | 969, 862.93 | 21, 867, 990.14 | 2, 417, 768.34 | **135, 527, 396.38** | 757, 322.62 |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | 1, 380, 527.57 | 25, 975, 720.70 | 2, 263, 874.84 | **77, 262, 260.91** | 820, 082.08 |

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.2 แสดงอัตราความเร็วในการบีบอัดข้อมูล โดยทำการแบ่งแยกตามช่วงขนาดไฟล์ 15 ช่วงไฟล์ พบว่าไฟล์ขนาด 1 กิโลไบต์ – 50 กิโลไบต์ อัลกอริทึม **DEFLATE** สามารถทำความเร็วในการบีบอัดได้ดีในหมวดไฟล์รูปภาพและหมวดไฟล์เอกสาร และอัลกอริทึม **DEFLATE** ยังสามารถทำความเร็วได้ดีในช่วงขนาดไฟล์ 50 เมกกะไบต์ – 50 เมกกะไบต์ ในหมวดไฟล์รูปภาพ แต่ค่าเฉลี่ยรวมกลับพบว่าอัลกอริทึม LZ4 มีอัตราความเร็วในการบีบอัดที่สูงกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ

**4.2 ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการคลายข้อมูล (Decompression speed)**

เป็นการวัดหาอัตราความเร็วที่ใช้ในการคลายข้อมูล จากเริ่มต้นจนสิ้นสุดการคลายข้อมูล ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะมีหน่วยเป็นไบต์ต่อวินาที โดยสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** อัตราความเร็วในการคลายข้อมูล

| อัลกอริทึม | File Group (byte / s) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Music & Videos | Images | Data | ค่าเฉลี่ยรวม |
| LZ4 | **763, 951, 843.31** | **104, 543, 522.90** | **297, 746, 985.22** | **366, 459, 237.54** |
| DEFLATE | 162, 223, 009.27 | 51, 296, 907.76 | 87, 952, 600.45 | 97, 018, 493.26 |
| BZip2 | 3, 541, 681.15 | 1, 291, 306.45 | 2, 569, 048.82 | 2, 432, 508.32 |
| LZMA | 3, 022, 228.02 | 1, 607, 089.16 | 2, 382, 631.09 | 2, 318, 286.13 |
| Huffman Coding | 161, 432.40 | 83, 929.44 | 90, 452.61 | 108, 239.54 |

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์การวัดอัตราความเร็วในการคลายข้อมูล จากผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึม LZ4 สามารถทำความเร็วในการคลายข้อมูลดีที่สุด ที่ความเร็วเฉลี่ย 366,459,237.54 ไบต์ต่อวินาที และยังพบว่าอัลกอริทึม LZ4 สามารถทำความเร็วได้ดีทั้ง 3 หมวดหมู่ไฟล์ โดยที่หมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ มีความเร็วเฉลี่ย 763,951,843.31 ไบต์ต่อวินาที หมวดไฟล์เอกสาร ความเร็วเฉลี่ย 297,746,985.22 ไบต์ต่อวินาที หมวดไฟล์รูปภาพความเร็วเฉลี่ย 104,543,522.90 ไบต์ต่อวินาที และจากผลการทดสอบในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า อัลกอริทึม LZ4 จะมีอัตราความเร็วดีที่สุด และมีอัตราความเร็วในการคลายข้อมูลที่สูงกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ เป็นอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยมากกว่า อัลกอริทึม DEFLATE ที่มีลำดับถัดมา ที่ความเร็วเฉลี่ย 269,440,744.28 ไบต์ต่อวินาที เนื่องจากอัลกอริทึม LZ4 ถูกพัฒนาและออกแบบให้มีความสามารถในการประมวลผลการบีบอัดและคลายข้อมูลที่เน้นอัตราความเร็วในการทำงานเป็นหลัก จึงส่งผลทำให้ผลการทดลองพบว่าอัลกอริทึม LZ4 มีอัตราความเร็วเฉลี่ยที่ดีที่สุด ทั้งในด้านการบีบอัดและด้านการคลายข้อมูล

**ตารางที่ 4.4** อัตราความเร็วในการคลายข้อมูล แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | File Group (byte / s) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Data** | | | | | |
| 1KB – 5KB | 228, 106.71 | 279, 437.62 | 205, 708.60 | **398, 710.87** | 219, 419.52 |
| 5KB – 10KB | 606, 887.38 | 1, 541, 478.64 | 121, 220.99 | **2, 752, 933.38** | 619, 800.53 |
| 10KB – 50KB | 990, 698.27 | 3, 408, 721.95 | 99, 176.61 | **4, 149, 379.73** | 957, 741.45 |
| 50KB – 200KB | 2, 667, 768.45 | 24, 169, 632.33 | 91, 983.56 | **30, 317, 598.05** | 2, 240, 783.85 |
| 200KB – 500KB | 2, 604, 989.28 | 31, 066, 124.37 | 90, 212.18 | **47, 626, 912.47** | 2, 394, 153.92 |
| 500KB – 800KB | 3, 406, 397.57 | 53, 717, 477.34 | 87, 499.80 | **117, 507, 137.37** | 2, 857, 469.26 |
| 800KB – 1000KB | 2, 222, 341.18 | 40, 926, 350.81 | 83, 712.91 | **98, 058, 249.05** | 2, 285, 814.61 |

**ตารางที่ 4.4** อัตราความเร็วในการคลายข้อมูล แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | File Group (byte / s) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| 1MB – 5MB | 2, 769, 142.26 | 51, 592, 254.06 | 79, 470.95 | **167, 447, 243.72** | 2, 588, 058.62 |
| 5MB – 10MB | 2, 616, 711.60 | 62, 321, 712.64 | 76, 604.26 | **220, 166, 266.00** | 2, 452, 297.83 |
| 10MB – 50MB | 3, 012, 883.50 | 115, 557, 501.19 | 84, 647.34 | **461, 737, 690.80** | 2, 843, 796.60 |
| 50MB – 60MB | 3, 424, 251.42 | 239, 847, 771.51 | 78, 886.36 | **751, 234, 942.73** | 2, 851, 094.71 |
| 60MB – 70MB | 2, 879, 509.14 | 196, 291, 042.21 | 71, 448.48 | **634, 376, 195.82** | 2, 745, 207.89 |
| 70MB – 80MB | 3, 388, 790.65 | 380, 147, 346.59 | 76, 969.01 | **908, 853, 599.01** | 3, 095, 937.49 |
| 80MB – 100MB | 3, 196, 516.97 | 230, 051, 673.22 | 81, 692.14 | **767, 935, 129.10** | 3, 157, 292.58 |
| 100MB ขึ้นไป | 3, 183, 644.50 | 109, 532, 543.41 | 86, 948.71 | **822, 307, 980.63** | 3, 096, 260.42 |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Images** | | | | | |
| 1KB – 5KB | 570, 154.19 | **444, 587.90** | 192, 783.78 | 400, 774.44 | 310, 734.58 |
| 5KB – 10KB | 1, 069, 864.31 | **2, 675, 140.85** | 85, 443.67 | 2, 619, 972.33 | 1, 043, 304.65 |
| 10KB – 50KB | 1, 063, 406.67 | 5, 648, 814.96 | 81, 647.55 | **6, 727, 332.07** | 1, 048, 672.10 |
| 50KB – 200KB | 1, 604, 297.42 | 21, 750, 565.17 | 72, 013.73 | **27, 747, 179.49** | 1, 839, 155.11 |
| 200KB – 500KB | 1, 735, 774.40 | 52, 267, 914.50 | 77, 263.62 | **68, 936, 117.54** | 2, 022, 582.43 |
| 500KB – 800KB | 1, 659, 032.58 | 82, 978, 099.83 | 75, 640.55 | **145, 372, 875.17** | 1, 986, 880.98 |
| 800KB – 1000KB | 1, 598, 017.40 | 88, 494, 890.94 | 73, 061.13 | **173, 441, 760.65** | 1, 943, 260.38 |
| 1MB – 5MB | 1, 051, 282.38 | 62, 686, 895.54 | 75, 588.33 | **104, 410, 319.78** | 1, 457, 331.50 |
| 5MB – 10MB | 1, 507, 586.89 | 123, 647, 599.33 | 77, 281.59 | **235, 930, 306.54** | 1, 810, 907.29 |
| 10MB – 50MB | 1, 426, 220.69 | 50, 851, 625.58 | 77, 538.46 | **185, 937, 224.32** | 1, 871, 615.48 |
| 50MB – 60MB | 1, 122, 488.77 | 41, 517, 033.83 | 71, 350.04 | **141, 475, 097.98** | 1, 791, 240.50 |
| 60MB – 70MB | 1, 149, 169.33 | 42, 836, 577.30 | 71, 306.22 | **121, 760, 402.13** | 1, 796, 145.29 |
| 70MB – 80MB | 1, 147, 514.37 | 8, 779, 142.75 | 82, 730.19 | **8, 947, 352.67** | 1, 802, 628.72 |
| 80MB – 100MB | 1, 171, 793.67 | **8, 252, 345.26** | 79, 880.46 | 7, 401, 233.92 | 1, 655, 950.85 |
| 100MB ขึ้นไป | 1, 035, 611.94 | 24, 574, 852.03 | 74, 280.13 | **118, 221, 969.35** | 1, 774, 658.91 |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Music** | | | | | |
| 1MB – 5MB | 3, 614, 358.45 | 60, 538, 316.04 | 78, 328.40 | **358, 438, 109.68** | 2, 939, 106.19 |
| 5MB – 10MB | 3, 576, 618.84 | 152, 783, 179.94 | 70, 153.17 | **443, 127, 737.17** | 2, 997, 992.49 |
| 10MB – 50MB | 3, 658, 453.31 | 161, 126, 161.34 | 72, 801.74 | **689, 361, 983.66** | 3, 046, 857.38 |
| 50MB – 60MB | 3, 596, 765.23 | 95, 951, 538.97 | 75, 767.71 | **916, 899, 571.09** | 2, 970, 084.19 |
| 60MB – 70MB | 3, 430, 975.75 | 107, 460, 389.58 | 70, 504.08 | **870, 716, 415.77** | 3, 063, 803.74 |
| 70MB – 80MB | 3, 473, 580.00 | 240, 080, 569.35 | 72, 340.77 | **953, 435, 721.66** | 3, 065, 733.49 |
| 80MB – 100MB | 3, 405, 849.59 | 309, 338, 826.85 | 241, 163.07 | **955, 076, 565.97** | 3, 093, 405.63 |
| 100MB ขึ้นไป | 3, 542, 476.80 | 183, 978, 755.74 | 645, 259.33 | **908, 887, 067.85** | 3, 006, 343.97 |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | 2, 432, 508.32 | 97, 018, 493.26 | 108, 239.54 | **366, 459, 237.54** | 2, 318, 286.13 |

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.4 แสดงอัตราความเร็วในการคลายข้อมูล โดยทำการแบ่งแยกตามช่วงขนาดไฟล์ 15 ช่วงไฟล์ พบว่าไฟล์ขนาด 1 กิโลไบต์ – 10 กิโลไบต์ อัลกอริทึม **DEFLATE** สามารถทำความเร็วในการคลายข้อมูลได้ดีในหมวดไฟล์รูปภาพและหมวดไฟล์เอกสาร และอัลกอริทึม **DEFLATE** ยังสามารถทำความเร็วได้ดีในช่วงขนาดไฟล์ 80 เมกกะไบต์ – 100 เมกกะไบต์ ในหมวดไฟล์รูปภาพ แต่ค่าเฉลี่ยรวมกลับพบว่าอัลกอริทึม LZ4 มีอัตราความเร็วในการคลายข้อมูลที่สูงกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ

**4.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio)**

เป็นการวัดหาอัตราส่วนพื้นที่ขนาดไฟล์คงเหลือหลังจากผ่านขั้นตอนการบีบอัดไฟล์ข้อมูลมาแล้ว ซึ่งผลลัพธ์การเปรียบเทียบอัตราส่วนการบีบอัดไฟล์ข้อมูลที่ได้จะมีหน่วยเป็นร้อยละของขนาดไฟล์ข้อมูลดังเดิม โดยสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.5

**ตารางที่ 4.5** ร้อยละอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล

| อัลกอริทึม | File Group (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Data | Images | Music & Videos | ค่าเฉลี่ยรวม |
| BZip2 | 76.47 | 76.51 | 94.82 | 81.62 |
| DEFLATE | 76.21 | 77.20 | 96.81 | 82.30 |
| Huffman Coding | 111.43 | 109.10 | 98.65 | 107.11 |
| LZ4 | 80.01 | 85.99 | 98.77 | 87.18 |
| LZMA | **73.05** | **71.03** | **94.72** | **78.52** |

จากตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลร้อยละอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล ผลการทดลองเปรียบเทียบอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูลระหว่างอัลกอริทึม LZMA, BZip2, DEFLATE, LZ4, Huffman Coding พบว่าอัลกอริทึม LZMA มีอัตราส่วนการบีบอัดที่น้อยที่สุดใน 3 หมวดไฟล์ โดยเฉลี่ย 78.52% อัลกอริทึม BZip2 โดยเฉลี่ย 81.62% อัลกอริทึม DEFLATE โดยเฉลี่ย 82.30% อัลกอริทึม LZ4 โดยเฉลี่ย 87.18% และอัลกอริทึม Huffman Coding โดยเฉลี่ย 107.11% และพบว่าหมวดไฟล์ที่มีอัตราส่วนการบีบอัดที่น้อยที่สุด คือ หมวดไฟล์รูปภาพ โดยมีค่าเฉลี่ย 71.03% ซึ่งหมายความว่าเมื่อนำไฟล์เอกสารใด ๆ มาผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูลจะทำให้มีขนาดที่เล็กลง ยิ่งมีอัตราส่วนการบีบอัดที่น้อยก็จะทำให้ขนาดไฟล์เล็กลงไปเรื่อย ๆ ดังนั้นหากพิจารณาในด้านการลดขนาดของไฟล์อัลกอริทึม LZMA จึงมีประสิทธิภาพดีที่สุด จากผลการทดลองยังพบว่าอัลกอริทึม Huffman Coding มีอัตราส่วนการบีบอัดที่มีค่ามากที่สุด โดยค่าเฉลี่ย 107.11% ทั้งในหมวดไฟล์ข้อมูล หมวดไฟล์

รูปภาพ และหมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ อัลกอริทึม Huffman Coding เมื่อไฟล์มีขนาดใหญ่ ถ้าทำการบีบอัดไฟล์จะพบว่าขนาดไฟล์หลังจากบีบอัดจะมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นกว่าไฟล์ต้นฉบับ หรือขนาดไฟล์ลดลงแต่ไม่มากนัก เพราะฉะนั้นอัลกอริทึม Huffman Coding จึงไม่ควรนำมาบีบอัดข้อมูลที่เน้นลดขนาดไฟล์

**ตารางที่ 4.6** ร้อยละอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูลแยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | File Group (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Data** | | | | | |
| 1KB – 5KB | 50.59 | **39.52** | 453.39 | 56.44 | 41.90 |
| 5KB – 10KB | 53.59 | **48.99** | 109.82 | 58.91 | 49.17 |
| 10KB – 50KB | 52.47 | 48.76 | 81.05 | 51.64 | **47.23** |
| 50KB – 200KB | 80.84 | 79.27 | 93.63 | 82.25 | **78.51** |
| 200KB – 500KB | 57.93 | 57.75 | 87.06 | 62.84 | **54.44** |
| 500KB – 800KB | 93.79 | 93.23 | 100.32 | 94.68 | **92.80** |
| 800KB – 1000KB | 63.65 | 63.56 | 88.69 | 65.70 | **62.20** |
| 1MB – 5MB | 74.23 | 74.99 | 88.12 | 77.47 | **72.72** |
| 5MB – 10MB | 71.54 | 72.24 | 87.07 | 75.33 | **63.28** |
| 10MB – 50MB | 82.98 | 84.62 | 96.02 | 87.94 | **81.54** |
| 50MB – 60MB | 98.46 | **98.34** | 99.97 | 98.72 | 98.42 |
| 60MB – 70MB | 93.73 | 95.48 | 99.99 | 98.95 | **91.82** |
| 70MB – 80MB | 100.27 | 99.91 | 100.02 | 99.95 | **96.02** |
| 80MB – 100MB | 92.40 | 95.44 | 99.98 | 99.09 | **90.07** |
| 100MB ขึ้นไป | 92.21 | 95.31 | 99.97 | 99.07 | **89.77** |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Images** | | | | | |
| 1KB – 5KB | 154.04 | 82.19 | 305.70 | 82.61 | **78.28** |
| 5KB – 10KB | 109.11 | 99.44 | 139.29 | 99.94 | **98.90** |
| 10KB – 50KB | 54.17 | 50.61 | 76.32 | 54.35 | **48.60** |
| 50KB – 200KB | 78.67 | 76.22 | 101.10 | 78.35 | **74.94** |
| 200KB – 500KB | 98.06 | 97.59 | 100.96 | 98.39 | **96.61** |
| 500KB – 800KB | 98.96 | 98.30 | 100.14 | 99.13 | **97.33** |
| 800KB – 1000KB | 87.21 | 90.61 | 97.87 | 95.72 | **85.78** |
| 1MB – 5MB | 46.53 | 53.02 | 83.00 | 62.46 | **44.00** |
| 5MB – 10MB | 80.22 | 87.17 | 93.81 | 97.53 | **80.01** |
| 10MB – 50MB | **72.26** | 81.71 | 97.65 | 93.74 | 74.60 |

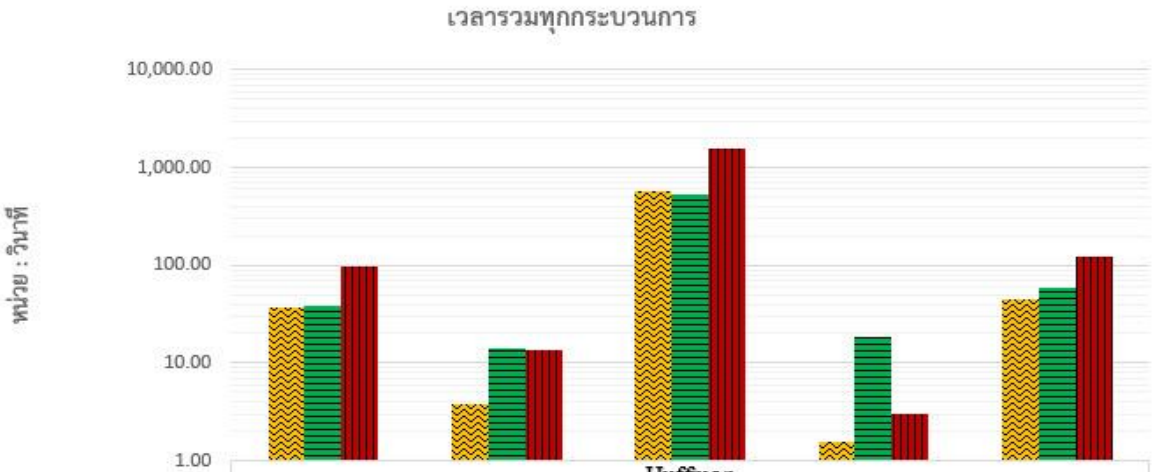
**ตารางที่ 4.6** ร้อยละอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูลแยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | File Group (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| 50MB – 60MB | **50.67** | 69.04 | 96.92 | 92. 76 | 53.97 |
| 60MB – 70MB | **51.83** | 70.21 | 96.69 | 92.72 | 55.06 |
| 70MB – 80MB | **52.63** | 69.95 | 96.02 | 92.69 | 64.75 |
| 80MB – 100MB | 40.03 | 52.59 | 75.34 | 65.88 | **39.97** |
| 100MB ขึ้นไป | **44.94** | 64.81 | 96.61 | 90.74 | 47.53 |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Music** | | | | | |
| 1MB – 5MB | **96.87** | 96.88 | 99.46 | 97.39 | 97.04 |
| 5MB – 10MB | **95.94** | 95.99 | 98.96 | 96.84 | 96.07 |
| 10MB – 50MB | 96.49 | 96.78 | 99.12 | 97.96 | **96.41** |
| 50MB – 60MB | 96.74 | 97.68 | 98.58 | 99.62 | **96.65** |
| 60MB – 70MB | 91.57 | 96.25 | 98.31 | 99.47 | **91.16** |
| 70MB – 80MB | 92.53 | 97.02 | 98.43 | 99.85 | **92.33** |
| 80MB – 100MB | 92.34 | 96.61 | 98.23 | 99.57 | **91.83** |
| 100MB ขึ้นไป | **95.38** | 97.14 | 98.07 | 99.44 | 95.58 |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | 81.62 | 82.30 | 107.11 | 87.18 | **78.52** |

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.6 แสดงอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูลโดยทำการแบ่งแยกตามช่วงขนาดไฟล์ 15 ช่วงไฟล์ พบว่าไฟล์ขนาด 10 เมกะไบต์ขึ้นไป อัลกอริทึม BZip2 มีอัตราการบีบอัดข้อมูลน้อยกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ ในหมวดไฟล์รูปภาพ และช่วงขนาดไฟล์ 1 เมกะไบต์ – 10 เมกะไบต์ในหมวดไฟล์เพลงและวิดีโอ จึงทำให้ไฟล์ที่ได้มีขนาดเล็กกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ แต่กลับพบว่าค่าเฉลี่ยรวมที่มีอัตราส่วนการบีบอัดดีที่สุด เป็นอัลกอริทึม LZMA ที่มีค่าเฉลี่ยรวม 78.52%

**4.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลารวมทุกกระบวนการ (Overall Time)**

การวัดอัตราเวลารวมทุกกระบวนการทำงาน (Overall Time) โดยจะวัดประสิทธิภาพการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นการบีบอัดข้อมูล การรับ-ส่งข้อมูลส่งผ่านเว็บแอปพลิเคชัน จนถึงขั้นตอนการคลายข้อมูล สามารถแสดงผลทดลองได้ดังภาพที่ 4.1




| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
|---|---|---|---|---|---|
| Group_Data | 37.3420 | 3.7885 | 574.3526 | 1.5360 | 45.5844 |
| Group_Images | 39.0747 | 13.8792 | 528.8272 | 18.4899 | 58.3489 |
| Group_Multimedia | 97.9539 | 13.4263 | 1,567.8997 | 3.0337 | 121.0335 |

**ภาพที่ 4.1** อัตราความเร็วทุกกระบวนการตั้งแต่เริ่มบีบอัดข้อมูลถึงกระบวนการคลายข้อมูล

จากผลการทดลองในภาพที่ 4.1 พบว่า อัลกอริทึม LZ4 มีค่าเฉลี่ย Overall Time น้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย 7.3806 วินาที และพบว่ามีค่าเฉลี่ยที่ต่ำในหมวดไฟล์ข้อมูล โดยเฉลี่ย 1.5360 วินาที และหมวดไฟล์มัลติมีเดีย โดยเฉลี่ย 3.0337 วินาที แต่พบว่าในหมวดไฟล์รูปภาพ อัลกอริทึมที่มีค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดคือ อัลกอริทึม Deflate โดยเฉลี่ย 13.8792 วินาที เมื่อดูค่า Overall Time โดยเฉลี่ยรวมทั้งหมดกลับพบว่า อัลกอริทึม LZ4 มีค่าเฉลี่ย Overall Time น้อยที่สุด ทำให้การส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันมีประสิทธิภาพและมีความเร็วเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 4.5 จะพบว่าอัลกอริทึม LZMA จะมีอัตราส่วนการบีบอัดที่ดีที่สุด แต่เมื่อเทียบประสิทธิภาพรวมทุกกระบวนการ อัลกอริทึม LZMA ยังเป็นรองอัลกอริทึม LZ4 อยู่มาก จากรูปที่ 4.1 จะพบว่าอัตราส่วนเฉลี่ยค่า Overall Time อัลกอริทึม LZ4 จะมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า อัลกอริทึม LZMA โดยเฉลี่ย 63.4977 วินาที

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

**ตารางที่ 4.7** อัตราความเร็วรวมทุกกระบวนการ แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | File Group (byte / s) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Data** | | | | | |
| 1KB – 5KB | 0.30 | **0.03** | 0.08 | 0.08 | 0.05 |
| 5KB – 10KB | 0.06 | **0.05** | 0.17 | **0.05** | 0.08 |
| 10KB – 50KB | 0.07 | 0.07 | 0.41 | **0.07** | 0.15 |
| 50KB – 200KB | 0.19 | 0.09 | 2.17 | **0.42** | 0.23 |
| 200KB – 500KB | 0.41 | 0.17 | 6.77 | **0.15** | 0.53 |
| 500KB – 800KB | 1.17 | **1.30** | 17.02 | 1.37 | 1.26 |
| 800KB – 1000KB | 1.18 | **0.28** | 19.92 | 0.29 | 1.33 |
| 1MB – 5MB | 3.36 | 1.66 | 54.60 | **0.24** | 3.90 |
| 5MB – 10MB | 8.81 | 2.38 | 179.20 | **0.74** | 10.55 |
| 10MB – 50MB | 31.11 | 6.99 | 482.35 | **1.12** | 39.53 |
| 50MB – 60MB | 104.58 | 5.48 | 1, 529.42 | **2.85** | 122.85 |
| 60MB – 70MB | 113.10 | 6.97 | 1, 892.34 | **4.19** | 143.16 |
| 70MB – 80MB | 138.65 | 6.46 | 2, 051.69 | **3.37** | 147.26 |
| 80MB – 100MB | 158.86 | 10.03 | 2, 478.44 | **6.08** | 199.06 |
| 100MB ขึ้นไป | 331.54 | 23.97 | 4, 867.06 | **14.15** | 418.77 |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Images** | | | | | |
| 1KB – 5KB | 0.35 | **0.05** | 0.07 | **0.05** | 0.11 |
| 5KB – 10KB | 0.10 | **0.07** | 0.25 | 0.17 | 0.12 |
| 10KB – 50KB | 0.32 | 0.07 | 0.62 | **0.06** | 0.15 |
| 50KB – 200KB | 0.34 | 0.13 | 3.40 | **0.11** | 0.32 |
| 200KB – 500KB | 0.83 | 0.45 | 7.12 | **0.18** | 0.80 |
| 500KB – 800KB | 1.83 | **0.36** | 18.00 | 0.51 | 1.98 |
| 800KB – 1000KB | 2.45 | 0.92 | 27.17 | **0.49** | 2.73 |
| 1MB – 5MB | 3.35 | **0.56** | 49.49 | 0.62 | 4.04 |
| 5MB – 10MB | 12.60 | 3.07 | 141.85 | **2.78** | 16.76 |
| 10MB – 50MB | 59.37 | **36.78** | 763.35 | 36.96 | 89.02 |
| 50MB – 60MB | 107.81 | **38.91** | 1, 701.14 | 52.36 | 241.66 |
| 60MB – 70MB | 126.63 | **37.12** | 1, 925.76 | 45.02 | 208.59 |
| 70MB – 80MB | 205.98 | **43.29** | 1, 797.97 | 55.21 | 219.98 |
| 80MB – 100MB | 131.59 | **39.62** | 1, 946.54 | 66.53 | 213.37 |
| 100MB ขึ้นไป | 217.10 | **104.10** | 3, 489.26 | 156.17 | 389.59 |
| **หมวดหมู่ไฟล์: Group_Music** | | | | | |
| 1MB – 5MB | 7.04 | 3.32 | 117.02 | **0.59** | 7.99 |
| 5MB – 10MB | 10.26 | 4.85 | 262.65 | **0.33** | 11.95 |
| 10MB – 50MB | 55.56 | 20.92 | 1, 006.15 | **2.06** | 66.49 |

**ตารางที่ 4.7** อัตราความเร็วรวมทุกกระบวนการ แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | File Group (byte / s) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| 50MB – 60MB | 89.44 | 16.71 | 1, 523.94 | **2.39** | 108.96 |
| 60MB – 70MB | 103.06 | 7.51 | 1, 935.51 | **3.22** | 129.19 |
| 70MB – 80MB | 117.37 | 21.95 | 2, 388.75 | **3.75** | 145.92 |
| 80MB – 100MB | 145.34 | 9.88 | 2, 722.97 | **3.94** | 179.19 |
| 100MB ขึ้นไป | 265.75 | 20.11 | 2, 707.36 | **8.31** | 331.89 |
| **ค่าเฉลี่ยรวม** | **54.87** | **9.72** | **837.98** | **7.38** | **70.88** |

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.7 แสดงอัตราความเร็วรวมทุกกระบวนการ โดยทำการแบ่งแยกตามช่วงขนาดไฟล์ 15 ช่วงไฟล์ พบว่าไฟล์ขนาด 5 กิโลไบต์ – 100 เมกกะไบต์ขึ้นไปในหมวดไฟล์รูปภาพ อัลกอริทึม **DEFLATE** สามารถทำความเร็วรวมได้ดีที่สุด แต่ค่าเฉลี่ยรวมกลับพบว่าอัลกอริทึม LZ4 มีอัตราความเร็วรวมทุกกระบวนการทำงานที่สูงกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมที่ 7.38 ไบต์ต่อวินาที และ อัลกอริทึม DEFLATE ที่มีลำดับถัดมาที่ ค่าเฉลี่ยรวมที่ 9.72 ไบต์ต่อวินาที

จากผลการทดลองอัตราความเร็วรวมทุกกระบวนการทำงาน โดยทำการวัดประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มต้นการบีบอัด การรับ-ส่งข้อมูล จนถึงขั้นตอนในการคลายข้อมูล จากตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7 เป็นการหาค่าเฉลี่ยรวมทั้งกระบวนการ โดยทำการรวมเวลาในการรับ-ส่งข้อมูลเข้าไปด้วย ดังนั้นผู้วิจัย จึงได้ทำการแยกรายงานผลการทดลอง อัตราความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล โดยจัดแยกตามประเภทไฟล์ ดังตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.8** อัตราความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | ค่าเฉลี่ยรวม (byte / s) |
|---|---|
| 1KB – 5KB | 0.10 |
| 5KB – 10KB | 0.08 |
| 10KB – 50KB | 0.13 |
| 50KB – 200KB | 0.39 |
| 200KB – 500KB | 0.90 |
| 500KB – 800KB | 2.30 |
| 800KB – 1000KB | 2.95 |
| 1MB – 5MB | 7.52 |

**ตารางที่ 4.8** อัตราความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล แยกตามช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล

| ช่วงขนาดไฟล์ | ค่าเฉลี่ยรวม (byte / s) |
|---|---|
| 5MB – 10MB | 20.52 |
| 10MB – 50MB | 77.02 |
| 50MB – 60MB | 170.29 |
| 60MB – 70MB | 205.77 |
| 70MB – 80MB | 255.60 |
| 80MB – 100MB | 303.99 |
| 100MB ขึ้นไป | 365.49 |

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.8 แสดงอัตราความเร็วในการรับ-ส่งไฟล์ข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่มีการบีบอัดข้อมูลมาก่อนแล้ว จึงทำให้อัตราความเร็วในการรับ-ส่งมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากข้อมูลในตารางที่ 4.8 จะจัดแบ่งข้อมูลออกตามช่วงขนาดของไฟล์ ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่าอัตราความเร็วเฉลี่ยจะมีเวลาที่ไล่เรียงตามขนาดของไฟล์ เมื่อขนาดไฟล์ที่ต่ำกว่า 5 เมกะไบต์ อัตราความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงไม่เกิน 10 ไบต์ต่อวินาที ขนาดไฟล์ตั้งแต่ 5 เมกะไบต์ขึ้นไป อัตราความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 70-365 ไบต์ต่อวินาที

**4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบีบอัด/การคลายข้อมูล ตามช่วงกลุ่มขนาดไฟล์**

เป็นการออกแบบกลุ่มช่วงขนาดไฟล์ข้อมูล เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพความเร็วในการบีบอัด ความเร็วในการคลายข้อมูล อัตราส่วนการบีบอัด และเวลารวมทุกกระบวนการ โดยการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ จากเดิมที่มีขนาดไฟล์ข้อมูล จำนวน 15 ขนาดไฟล์ โดยขนาดไฟล์นี้ เป็นการจัดลำดับขนาดไฟล์ที่เริ่มต้นจากขนาดที่เล็กไปจนถึงขนาดที่ใหญ่ และมีขนาดที่ไกล้เคียงกันมาก ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการจัดกลุ่มช่วงขนาดไฟล์ใหม่ โดยการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่อออกเป็น 3 ช่วงข้อมูล คือ 1.กลุ่มไฟล์ขนาดเล็ก (1 กิโลไบต์ – 10 เมกะไบต์) 2.กลุ่มไฟล์ขนาดกลาง (10 เมกะไบต์– 70 เมกะไบต์) 3.กลุ่มไฟล์ขนาดใหญ่ (70 เมกะไบต์ ขึ้นไป) จากผลการทดสอบประสิทธิภาพในแต่ละช่วงกลุ่มข้อมูล สามารถแสดงผลการทดลองได้ ดังตารางที่ 4.9

**ตารางที่ 4.9** ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ตามช่วงกลุ่มขนาดไฟล์

| อัลกอริทึม | Compression Time (byte / s) | Decompression Time (byte / s) | Overall Time (byte / s) | Compression Ratio (%) |
|---|---|---|---|---|
| **กลุ่มไฟล์ขนาดเล็ก** | **16, 947, 076.75** | **41, 517, 963.64** | **15.82** | **84.89** |
| LZMA | 870, 626.30 | 1, 970, 743.29 | 4.80 | **73.33** |
| BZip2 | 1, 521, 146.10 | 2, 033, 930.90 | 4.01 | 79.11 |
| Huffman Coding | 2, 130, 560.46 | 89, 157.37 | 68.35 | 114.74 |
| DEFLATE | 27, 439, 767.91 | 55, 885, 437.66 | 1.39 | 76.55 |
| LZ4 | **52, 773, 282.98** | **147, 610, 549.00** | **0.57** | 80.70 |
| **กลุ่มไฟล์ขนาดกลาง** | **25, 354, 073.33** | **144, 150, 499.95** | **284.11** | **90.94** |
| LZMA | 758, 765.42 | 2, 735, 691.08 | 100.42 | **85.90** |
| BZip2 | 1, 171, 837.72 | 2, 965, 866.05 | 73.93 | 85.94 |
| Huffman Coding | 2, 417, 174.49 | 76, 612.68 | 1, 220.47 | 97.90 |
| DEFLATE | 23, 993, 500.72 | 119, 711, 042.55 | 16.05 | 89.84 |
| LZ4 | **98, 429, 088.29** | **595, 263, 287.39** | **9.65** | 95.09 |
| **กลุ่มไฟล์ขนาดใหญ่** | **30, 542, 785.82** | **184, 338, 091.13** | **634.37** | **89.89** |
| LZMA | 748, 760.36 | 2, 815, 009.41 | 240.04 | 84.24 |
| BZip2 | 1, 244, 488.62 | 2, 902, 121.34 | 185.54 | **83.19** |
| Huffman Coding | 2, 457, 197.87 | 213, 289.52 | 2, 679.90 | 96.65 |
| DEFLATE | 24, 284, 113.79 | 192, 209, 872.82 | 26.47 | 89.25 |
| LZ4 | **122, 875, 886.05** | **716, 827, 085.43** | **25.30** | 95.89 |

จากข้อมูลในตารางที่ 4.9 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความเร็วในการบีบอัด ความเร็วในการคลายข้อมูล อัตราส่วนการบีบอัด และเวลารวมทุกกระบวนการ โดยทำการจัดแยกข้อมูลตามช่วงขนาดไฟล์ อัลกอริทึม LZ4 สามารถทำความเร็วในการบีบอัด/การคลายข้อมูล และเวลารวมทุกกระบวนการ ได้ดีที่สุดในทุกช่วงกลุ่มขนาดไฟล์ข้อมูล และผลการเปรียบเทียบด้านอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล พบว่าอัลกอริทึม LZMA มีอัตราส่วนการบีบอัดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในช่วงกลุ่มไฟล์ขนาดเล็กและขนาดกลาง แต่กลับพบว่าอัลกอริทึม BZip2 มีอัตราส่วนการบีบอัดดีที่สุดในช่วงกลุ่มไฟล์ขนาดใหญ่

**4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบีบอัดด้วยสถิติเชิงอนุมาน**

เป็นการวัดผลการทดสอบประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูล โดยใช้หลักการทางสถิติเชิงอนุมานเข้ามาทดสอบ เพื่อให้ได้การทดสอบที่มีประสิทธิภาพด้านความเร็วดีที่สุดไปใช้เป็นต้นแบบการบีบอัด จึง

ได้นำหลักการสถิติเชิงอนุมานเข้ามาเปรียบเทียบผลการบีบอัด โดยการวิเคราะห์สมมติฐาน และทำการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) ในกรณีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึม ทั้ง 5 อัลกอริทึม ด้วยการศึกษาความแตกต่างของอัตราความเร็วรวมทุกกระบวนการของแต่ละอัลกอริทึม โดยใช้อัลกอริทึม LZ4, BZip2, DEFLATE, Huffman Coding, LZMA มาเป็นข้อมูลตั้งต้น จากนั้นนำไปเปรียบเทียบหาความแตกต่างกับอัลกอริทึมอื่น ๆ โดยจะทำการทดสอบทีละคู่ไปเรื่อย ๆ จนครบทุกคู่ เพื่อหาว่าแต่ละอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพด้านความเร็วดีกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ หรือไม่ จากการทดสอบสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

**ตารางที่ 4.10** ผลการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) ตามหมวดไฟล์ข้อมูล

| **หมวดไฟล์ข้อมูล จัดกลุ่มตามช่วงขนาดไฟล์** | | | | Overall Time (Byte / s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ช่วงไฟล์ขนาดเล็ก** | **LZ4** (Avg: 0.40) (SD: 0.30) | **BZip2** (Avg: 3.55) (SD: 17.59) | **DEFLATE** (Avg: 1.21) (SD: 3.34) | **Huffman Coding** (Avg: 67.20) (SD: 7,391.94) | **LZMA** (Avg: 4.19) (SD: 25.68) |
| **LZ4** | | 4.76/0.00 | 2.92/0.00 | 4.66/0.00 | 4.62/0.00 |
| **BZip2** | -4.76/0.00 | | -4.41/0.00 | 4.59/0.00 | 2.50/0.01 |
| **DEFLATE** | -2.92/0.00 | 4.41/0.00 | | 4.65/0.00 | 4.32/0.00 |
| **Huffman Coding** | -4.66/0.00 | -4.59/0.00 | -4.65/0.00 | | -4.59/0.00 |
| **LZMA** | -4.62/0.00 | -2.50/0.01 | -4.32/0.00 | 4.59/0.00 | |
| **ช่วงไฟล์ขนาดกลาง** | **LZ4** (Avg: 1.71) (SD: 1.36) | **BZip2** (Avg: 55.02) (SD: 1,514.06) | **DEFLATE** (Avg: 5.38) (SD: 34.83) | **Huffman Coding** (Avg: 847.66) (SD: 352,400.36) | **LZMA** (Avg: 67.13) (SD: 2,073.29) |
| **LZ4** | | 5.26/0.00 | 2.66/0.00 | 5.34/0.00 | 5.50/0.00 |
| **BZip2** | -5.26/0.00 | | -4.98/0.00 | 5.34/0.00 | 5.10/0.00 |
| **DEFLATE** | -2.66/0.00 | 4.98/0.00 | | 5.33/0.00 | 5.32/0.00 |
| **Huffman Coding** | -5.34/0.00 | -5.34/0.00 | -5.33/0.00 | | -5.33/0.00 |
| **LZMA** | -5.50/0.00 | -5.10/0.00 | -5.32/0.00 | 5.33/0.00 | |
| **ช่วงไฟล์** | **LZ4** | **BZip2** | **DEFLATE** | **Huffman** | **LZMA** |

**ตารางที่ 4.10** ผลการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) ตามหมวดไฟล์ข้อมูล

| **หมวดไฟล์ข้อมูล จัดกลุ่มตามช่วงขนาดไฟล์** | | | | Overall Time (Byte / s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ขนาดใหญ่** | (Avg: 7.86)<br>(SD: 26.63) | (Avg: 209.67)<br>(SD: 9,266.02) | (Avg: 13.48)<br>(SD: 72.41) | **Coding**<br>(Avg: 3,132.39)<br>(SD: 1,848,933.56) | (Avg: 255.03)<br>(SD: 16,880.71) |
| **LZ4** | | 5.39/0.00 | 4.09/0.00 | 5.64/0.00 | 4.85/0.00 |
| **BZip2** | -5.39/0.00 | | -5.43/0.00 | 5.66/0.00 | 2.41/0.03 |
| **DEFLATE** | -4.09/0.00 | 5.43/0.00 | | 5.65/0.00 | 4.87/0.00 |
| **Huffman Coding** | -5.64/0.00 | -5.66/0.00 | -5.65/0.00 | | -5.72/0.00 |
| **LZMA** | -4.85/0.00 | -2.41/0.03 | -4.87/0.00 | 5.72/0.00 | |

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คำอธิบายตัวเลข : ค่าที (t-test) / P value

จากตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบค่า t-test แยกตามหมวดไฟล์ข้อมูลประกอบด้วย ช่วงไฟล์ขนาดเล็ก ช่วงไฟล์ขนาดกลาง และช่วงไฟล์ขนาดใหญ่ โดยการนำอัลกอริทึม LZ4, BZip2, DEFLATE, Huffman Coding และ LZMA มาเป็นอัลกอริทึมในการเปรียบเทียบความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึมอื่น ๆ ซึ่งสามารถจัดกลุ่มการทดสอบได้ดังนี้

1) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **LZ4** ต่อ (BZip2, DEFLATE, Huffman Coding, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม LZ4 มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึมตัวอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

2) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **BZip2** ต่อ (LZ4, DEFLATE, Huffman Coding, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม BZip2 มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม Huffman Coding และ LZMA ในทุกช่วงขนาดไฟล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่มีความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึม LZ4 และอัลกอริทึม DEFLATE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

3) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **DEFLATE** ต่อ (BZip2, LZ4, Huffman Coding, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม DEFLATE มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม BZip2, Huffman Coding และ LZMA ในทุกช่วงขนาดไฟล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่มีความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึม LZ4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

4) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **Huffman Coding** ต่อ (BZip2, DEFLATE, LZ4, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม Huffman Coding มีอัตราความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึมตัวอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

5) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **LZMA** ต่อ (BZip2, DEFLATE, Huffman Coding, LZ4) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม LZMA มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม Huffman Coding ในทุกช่วงขนาดไฟล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่มีความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึม LZ4, DEFLATE และ BZip2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

**ตารางที่ 4.11** ผลการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) หมวดไฟล์รูปภาพ

| **หมวดไฟล์รูปภาพ จัดกลุ่มตามช่วงขนาดไฟล์** | | | | Overall Time (Byte / s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ช่วงไฟล์ขนาดเล็ก** | **LZ4** (Avg: 0.74) (SD: 1.48) | **BZip2** (Avg: 3.40) (SD: 19.95) | **DEFLATE** (Avg: 0.85) (SD: 1.79) | **Huffman Coding** (Avg: 39.20) (SD: 2,685.34) | **LZMA** (Avg: 4.25) (SD: 37.54) |
| **LZ4** | | 4.40/0.00 | 1.00/0.16 | 4.48/0.00 | 3.93 /0.00 |
| **BZip2** | -4.40/0.00 | | -4.35/0.00 | 4.46/0.00 | 2.09/0.02 |
| **DEFLATE** | -1.00/0.16 | 4.35/0.00 | | 4.47/0.00 | 3.82/0.00 |
| **Huffman Coding** | -4.48/0.00 | -4.46/0.00 | -4.47/0.00 | | -4.48/0.00 |
| **LZMA** | -3.93/0.00 | -2.09/0.02 | -3.82/0.00 | 4.48/0.00 | |
| **ช่วงไฟล์ขนาดกลาง** | **LZ4** (Avg: 41.27) (SD: 395.18) | **BZip2** (Avg: 88.40) (SD: 1,323.50) | **DEFLATE** (Avg: 35.52) (SD: 324.62) | **Huffman Coding** (Avg: 1,285.70) (SD: 403,886.83) | **LZMA** (Avg: 150.54) (SD: 6,413.39) |
| LZ4 | | 4.01 /0.00 | -1.29/0.13 | 4.89/0.00 | 3.92/0.01 |
| BZip2 | -4.01 /0.00 | | -3.76/0.01 | 4.89 /0.00 | 3.15/0.00 |
| DEFLATE | 1.29/0.13 | 3.76 /0.01 | | 4.86 /0.00 | 3.82 /0.01 |
| Huffman Coding | -4.89/0.00 | -4.89/0.00 | -4.86/0.00 | | -4.95/0.00 |
| LZMA | -3.92/0.01 | -3.15/0.01 | -3.82/0.01 | 4.95/0.00 | |
| **ช่วงไฟล์** | **LZ4** | **BZip2** | **DEFLATE** | **Huffman** | **LZMA** |

**ตารางที่ 4.11** ผลการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) หมวดไฟล์รูปภาพ

| **หมวดไฟล์รูปภาพ จัดกลุ่มตามช่วงขนาดไฟล์** | | | | Overall Time (Byte / s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ขนาดใหญ่** | (Avg: 84.60)<br>(SD: 1,839.67) | (Avg: 178.59)<br>(SD: 2,195.72) | (Avg: 58.59)<br>(SD: 358.26) | **Coding**<br>(Avg: 2,369.37)<br>(SD: 122,805.74) | (Avg: 261.30)<br>(SD: 3,222.42) |
| **LZ4** | | 9.75/0.01 | -0.94/0.22 | 36.87/0.00 | 7.61/0.01 |
| **BZip2** | -9.75/0.01 | | -3.91/0.03 | 40.05/0.00 | 4.85/0.02 |
| **DEFLATE** | 0.94/0.22 | 3.91/0.03 | | 48.44/0.00 | 10.42/0.00 |
| **Huffman Coding** | -36.87/0.00 | -40.05/0.00 | -48.44/0.00 | | -54.58/0.00 |
| **LZMA** | -7.61/0.01 | -4.85/0.02 | -10.42/0.00 | 54.58/0.00 | |

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คำอธิบายตัวเลข : ค่าที (t-test) / P value

จากตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบค่า t-test แยกตามหมวดไฟล์รูปภาพประกอบด้วย ช่วงไฟล์ขนาดเล็ก ช่วงไฟล์ขนาดกลาง และช่วงไฟล์ขนาดใหญ่ โดยการนำอัลกอริทึม LZ4, BZip2, DEFLATE, Huffman Coding และ LZMA มาเป็นอัลกอริทึมในการเปรียบเทียบความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึมอื่น ๆ ซึ่งสามารถจัดกลุ่มการทดสอบได้ดังนี้

1) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **LZ4** ต่อ (BZip2, DEFLATE, Huffman Coding, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม LZ4 มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม BZip2, Huffman Coding, LZMA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์ แต่มีอัตราความเร็วไม่แตกต่างกับอัลกอริทึม DEFLATE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

2) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **BZip2** ต่อ (LZ4, DEFLATE, Huffman Coding, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม BZip2 มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม Huffman Coding และ LZMA ในทุกช่วงขนาดไฟล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่มีความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึม LZ4 และอัลกอริทึม DEFLATE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

3) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **DEFLATE** ต่อ (BZip2, LZ4, Huffman Coding, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม DEFLATE มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม BZip2, Huffman Coding, LZMA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์ แต่มีอัตราความเร็วไม่แตกต่างกับอัลกอริทึม LZ4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

4) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **Huffman Coding** ต่อ (BZip2, DEFLATE, LZ4, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม Huffman Coding มีอัตราความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึมตัวอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

5) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **LZMA** ต่อ (BZip2, DEFLATE, Huffman Coding, LZ4) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม LZMA มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม Huffman Coding ในทุกช่วงขนาดไฟล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่มีความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึม LZ4, DEFLATE และ BZip2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

**ตารางที่ 4.12** ผลการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) ตามหมวดไฟล์เสียงและวิดีโอ

| **หมวดไฟล์เสียงและวิดีโอ จัดกลุ่มตามช่วงขนาดไฟล์** | | | | Overall Time (Byte / s) | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ช่วงไฟล์ขนาดเล็ก** | **LZ4** (Avg: 0.46) (SD: 0.30) | **BZip2** (Avg: 8.64) (SD: 5.94) | **DEFLATE** (Avg: 4.08) (SD: 7.74) | **Huffman Coding** (Avg: 189.83) (SD: 30,996.67) | **LZMA** (Avg: 9.97) (SD: 8.17) |
| LZ4 | | 10.36/0.00 | 4.06/0.00 | 3.40/0.00 | 10.28/0.00 |
| BZip2 | -10.36/0.00 | | -4.36/0.00 | 3.28/0.00 | 6.07/0.00 |
| DEFLATE | -4.06/0.00 | 4.36/0.00 | | 3.38/0.00 | 5.69/0.00 |
| Huffman Coding | -3.40/0.00 | -3.28/0.00 | -3.38/0.00 | | -3.27/0.00 |
| LZMA | -10.28/0.00 | -6.07/0.00 | -5.69/0.00 | 3.27/0.00 | |
| **ช่วงไฟล์ขนาดกลาง** | **LZ4** (Avg: 2.51) (SD: 0.49) | **BZip2** (Avg: 81.48) (SD: 555.03) | **DEFLATE** (Avg: 15.48) (SD: 342.57) | **Huffman Coding** (Avg: 1,462.23) (SD: 178,201.62) | **LZMA** (Avg: 99.92) (SD: 836.04) |
| LZ4 | | 14.07/0.00 | 2.88/0.01 | 14.27/0.00 | 14.13/0.00 |
| BZip2 | -14.07/0.00 | | -8.52/0.00 | 14.16/0.00 | 7.19/0.00 |
| DEFLATE | -2.88/0.01 | 8.52/0.00 | | 14.02/0.00 | 9.51/0.00 |
| Huffman Coding | -14.27/0.00 | -14.16/0.00 | -14.02/0.00 | | -14.13/0.00 |
| LZMA | -14.13/0.00 | -7.19/0.00 | -9.51/0.00 | 14.13/0.00 | |

**ตารางที่ 4.12** ผลการทดสอบหาความแตกต่างค่าที (t-test) ตามหมวดไฟล์เสียงและวิดีโอ

| **หมวดไฟล์เสียงและวิดีโอ จัดกลุ่มตามช่วงขนาดไฟล์** | | | | | Overall Time (Byte / s) |
|---|---|---|---|---|---|
| **ช่วงไฟล์ขนาดใหญ่** | **LZ4** (Avg: 5.42) (SD: 5.78) | **BZip2** (Avg: 180.69) (SD: 5,765.32) | **DEFLATE** (Avg: 17.72) (SD: 386.31) | **Huffman Coding** (Avg: 2,593.24) (SD: 3,165,598.53) | **LZMA** (Avg: 221.56) (SD: 10,409.79) |
| **LZ4** | | 8.89/0.00 | 2.35/0.02 | 5.44/0.00 | 8.10/0.00 |
| **BZip2** | -8.89/0.00 | | -8.10/0.00 | 5.14/0.00 | 4.92/0.00 |
| **DEFLATE** | -2.35/0.02 | 8.10/0.00 | | 5.42/0.00 | 7.60/0.00 |
| **Huffman Coding** | -5.44/0.00 | -5.14/0.00 | -5.42/0.00 | | -5.09/0.00 |
| **LZMA** | -8.10/0.00 | -4.92/0.00 | -7.60/0.00 | 5.09/0.00 | |

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คำอธิบายตัวเลข : ค่าที (t-test) / P value

จากตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบค่า t-test แยกตามหมวดไฟล์เสียงและวิดีโอ ประกอบด้วย ช่วงไฟล์ขนาดเล็ก ช่วงไฟล์ขนาดกลาง และช่วงไฟล์ขนาดใหญ่ โดยการนำอัลกอริทึม LZ4, BZip2, DEFLATE, Huffman Coding และ LZMA มาเป็นอัลกอริทึมในการเปรียบเทียบความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึมอื่น ๆ ซึ่งสามารถจัดกลุ่มการทดสอบได้ดังนี้

1) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **LZ4** ต่อ (BZip2, DEFLATE, Huffman Coding, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม LZ4 มีอัตราความเร็วแตกต่างกว่าอัลกอริทึมตัวอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

2) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **BZip2** ต่อ (LZ4, DEFLATE, Huffman Coding, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม BZip2 มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม Huffman Coding และ LZMA ในทุกช่วงขนาดไฟล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่มีความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึม LZ4 และอัลกอริทึม DEFLATE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

3) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **DEFLATE** ต่อ (BZip2, LZ4, Huffman Coding, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม DEFLATE มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม BZip2, Huffman Coding และ LZMA ในทุกช่วงขนาดไฟล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่มีความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึม LZ4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

4) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **Huffman Coding** ต่อ (BZip2, DEFLATE, LZ4, LZMA) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม Huffman Coding มีอัตราความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึมตัวอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

5) ความมีนัยแตกต่างของอัลกอริทึม **LZMA** ต่อ (BZip2, DEFLATE, Huffman Coding, LZ4) จากผลการทดสอบพบว่า อัลกอริทึม LZMA มีอัตราความเร็วดีกว่าอัลกอริทึม Huffman Coding ในทุกช่วงขนาดไฟล์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่มีความเร็วด้อยกว่าอัลกอริทึม LZ4, DEFLATE และ BZip2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกช่วงขนาดไฟล์

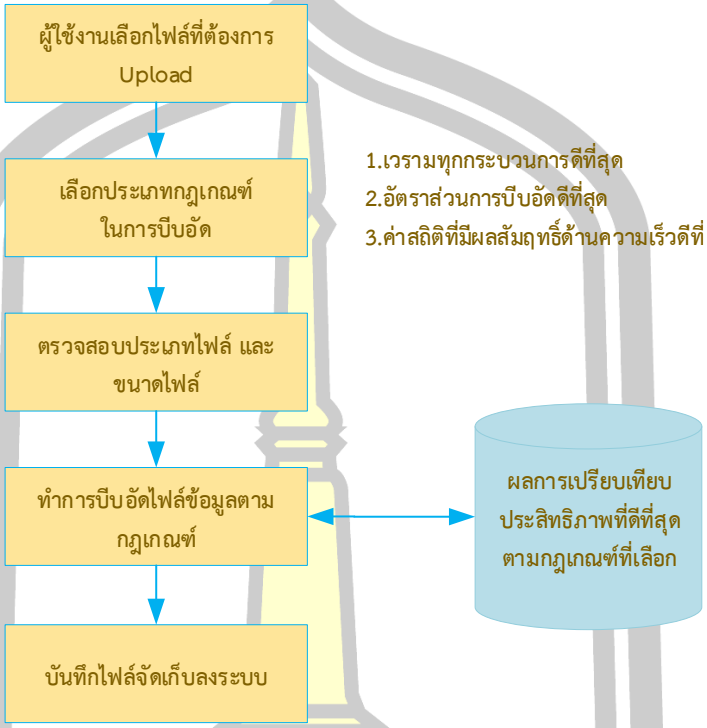
**4.7 ผลการทดสอบต้นแบบการบีบอัดข้อมูล**

เป็นการออกแบบและพัฒนาต้นแบบการบีบอัดข้อมูล โดยใช้ข้อมูลจากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบีบอัดที่ดีที่สุด 3 ประเภท ประกอบไปด้วย 1) เวลารวมทุกกระบวนการดีที่สุด (ข้อมูลในตารางที่ 4.7) 2) ลดพื้นที่ขนาดไฟล์ดีที่สุด (ข้อมูลในตารางที่ 4.8) 3) ค่าเปรียบเทียบทางสถิติที่มีผลสัมฤทธิ์ด้านความเร็วดีที่สุด (ข้อมูลในตารางที่ 4.10 - 4.12) โดยทำการแยกข้อมูลตามหมวดหมู่ไฟล์และประเภทไฟล์ข้อมูล จากนั้นนำผลการทดสอบไปสร้างต้นแบบการบีบอัดข้อมูลเพื่อให้การบีบอัดและคลายข้อมูลมีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมกับหมวดหมู่ไฟล์และประเภทไฟล์ต่าง ๆ ในการทดสอบต้นแบบการบีบอัดข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับทำการทดสอบการทำงานของระบบ โดยมีรายละเอียดไฟล์ข้อมูลดังตารางที่ 4.13

**ตารางที่ 4.13** ข้อมูลสำหรับทดสอบการทำงานต้นแบบการบีบอัดข้อมูล

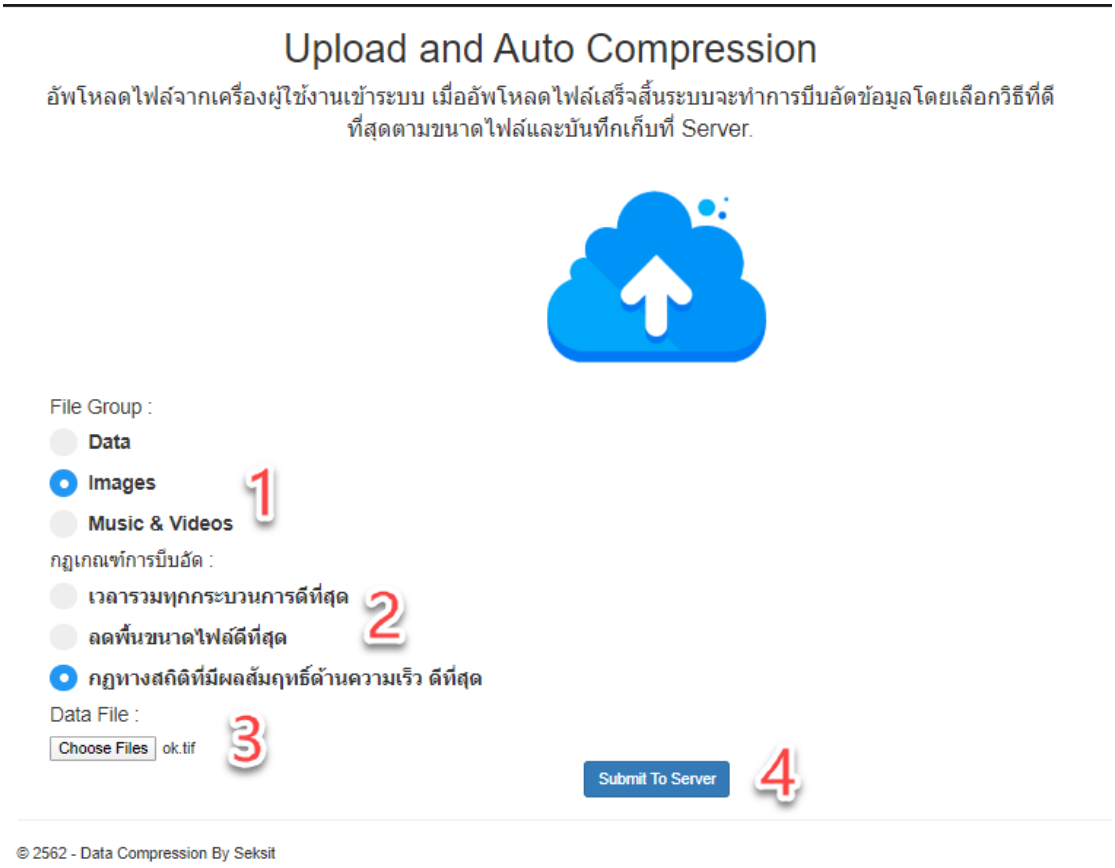
| ลำดับที่ | หมวดไฟล์ | ชื่อไฟล์ | ขนาดไฟล์ | ประเภทการบีบอัด | อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Data | Propersal.doc | 223 KB | Overall Time ดีที่สุด | **LZ4** |
| 2 | Images | KTB656.JPG | 1.15 MB | Compression Ratio ดีที่สุด | **LZMA** |
| 3 | Music & Videos | ขอโอกาสแหน่เด้อ - บอย พนมไพร.mp3 | 4.86 MB | Overall Time จากผลสัมฤทธิ์ทางสถิติ | **LZ4** |
| 4 | Images | ok.tif | 132 MB | Overall Time จากผลสัมฤทธิ์ทางสถิติ | **LZ4** |

จากข้อมูลในตารางที่ 4.13 เป็นข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของต้นแบบการบีบอัดข้อมูล โดยมีขั้นตอนการใช้งานระบบต้นแบบการบีบอัดข้อมูล ได้ดังภาพที่ 4.2




**ภาพที่ 4.2** ขั้นตอนในการอัพโหลดไฟล์เข้าระบบและทำการบีบอัดข้อมูล

จากภาพที่ 4.2 เป็นขั้นตอนในการอัพโหลดไฟล์เข้าระบบและทำการบีบอัดไฟล์ข้อมูล ในขั้นตอนนี้ จะทำการเลือกประเภทกฎเกณฑ์ในการบีบอัดก่อน เพื่อใช้สำหรับการเลือกอัลกอริทึมในการบีบอัด ซึ่งผลในการเลือกอัลกอริทึมจะได้จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพตามประเภทกฎเกณฑ์ที่เลือกในแต่ละตัว ซึ่งในกฎเกณฑ์จะทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่ดีที่สุด และมีความเหมาะสมกับประเภทไฟล์และขนาดไฟล์ เมื่อระบบเลือกอัลกอริทึมที่เหมาะสมกับไฟล์แล้ว ก็จะทำการประมวลผลการบีบอัดและทำการบันทึกและจัดเก็บไฟล์ลงบนพื้นที่จัดเก็บบนเครื่องให้บริการเว็บ จากภาพที่ 4.2 เมื่อนำมาออกแบบและพัฒนาบนเว็บแอปพลิเคชันจะได้ดัง ภาพที่ 4.3

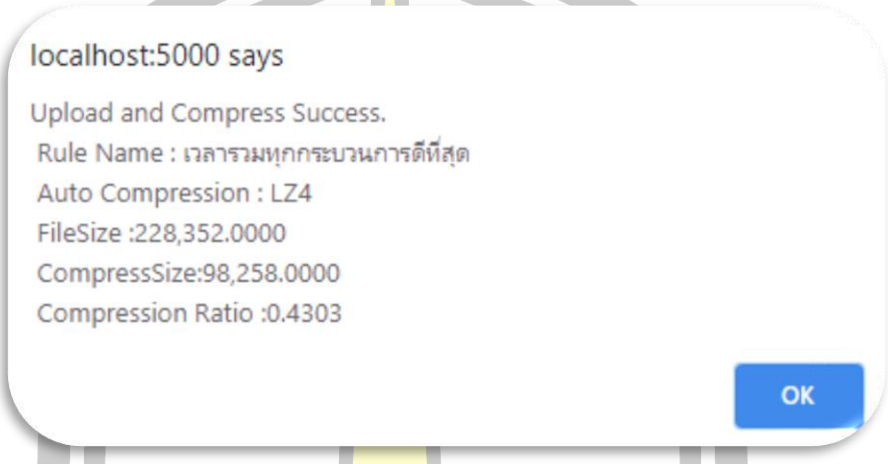



**ภาพที่ 4.3** ตัวอย่างหน้าจอต้นแบบการบีบอัดข้อมูล

จากภาพที่ 4.3 เป็นรูปภาพหน้าจอของระบบต้นแบบการบีบอัดข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีขั้นตอนในทำงานดังนี้ 1) เลือกหมวดหมู่ไฟล์ของไฟล์ที่จะทำการอัพโหลดลงระบบ 2) เลือกกฎเกณฑ์ในการบีบอัดข้อมูล โดยมีกฎเกณฑ์ให้เลือก 3 รูปแบบ ประกอบไปด้วย 1. เวลารวมทุกกระบวนการดีที่สุด (ข้อมูลในตารางที่ 4.7) 2. ลดพื้นที่ขนาดไฟล์ดีที่สุด (ข้อมูลในตารางที่ 4.8) 3. ค่าเปรียบเทียบทางสถิติที่มีผลสัมฤทธิ์ด้านความเร็วดีที่สุด (ข้อมูลในตารางที่ 4.10 - 4.12) 3) เลือกไฟล์ที่ต้องการจะอัพโหลด 4) กดปุ่ม Submit To Server เมื่อกดปุ่มโปรแกรมจะทำการอัพโหลดไฟล์จากเครื่องผู้ใช้งานลงจัดเก็บที่เครื่องให้บริการก่อน จากนั้นจะทำการตรวจสอบหมวดหมู่ไฟล์ ประเภทไฟล์ และขนาดไฟล์ จากไฟล์ที่อัพโหลดเข้ามา จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้เข้าไปเปรียบเทียบตามกฎเกณฑ์การบีบอัดที่ผู้ใช้เลือกเข้ามา เมื่อระบบประมวลผลเปรียบเทียบไฟล์เสร็จสิ้น จะได้อัลกอริทึมที่ดีที่สุดและมีความเหมาะสมกับไฟล์ที่สุด ในขั้นตอนต่อไประบบจะนำไฟล์ไปประมวลผลการบีบอัดด้วยอัลกอริทึมที่ได้จากผลการเปรียบ เมื่อระบบทำการบีบอัดข้อมูลเสร็จสิ้น ไฟล์จะถูกบันทึกจัดเก็บที่เครื่องให้บริการ

จากการทดสอบต้นแบบการบีบอัดตามตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ 4.13 สามารถแสดงผลการทดสอบ ได้ดังนี้

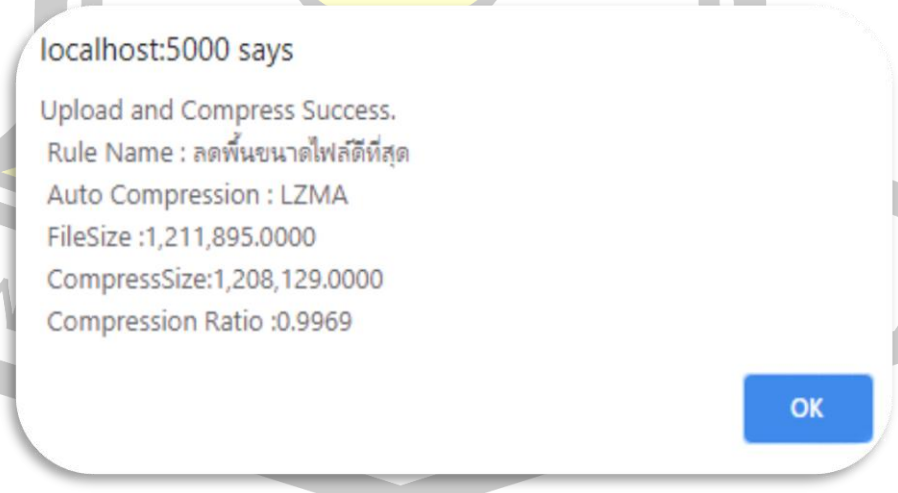
1. หมวดไฟล์ Data ชื่อไฟล์ Propersal.doc ขนาดไฟล์ 223 KB




**ภาพที่ 4.4** ตัวอย่างการแจ้งเตือนผลการทดสอบไฟล์ Propersal.doc

ผลการทดสอบไฟล์ Propersal.doc เมื่อนำไฟล์อัพโหลดเข้าระบบเสร็จสิ้น ระบบจะทำการเลือกอัลกอรึทึมในการบีบอัดข้อมูลให้เป็น **LZ4** และมีอัตราส่วนการบีบอัดที่ 0.4303 เปอร์เซ็นต์

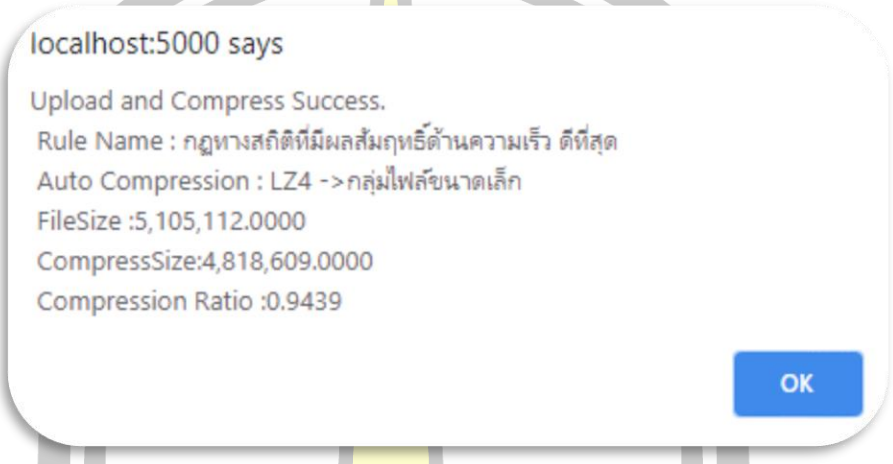
2. หมวดไฟล์ Images ชื่อไฟล์ KTB656.JPG ขนาดไฟล์ 1.15 MB




**ภาพที่ 4.5** ตัวอย่างการแจ้งเตือนผลการทดสอบไฟล์ KTB656.JPG

ผลการทดสอบไฟล์ KTB656.JPG เมื่อนำไฟล์อัพโหลดเข้าระบบเสร็จสิ้น ระบบจะทำการเลือกอัลกอรึทึมในการบีบอัดข้อมูลให้เป็น **LZMA** และมีอัตราส่วนการบีบอัดที่ 0.9969 เปอร์เซ็นต์

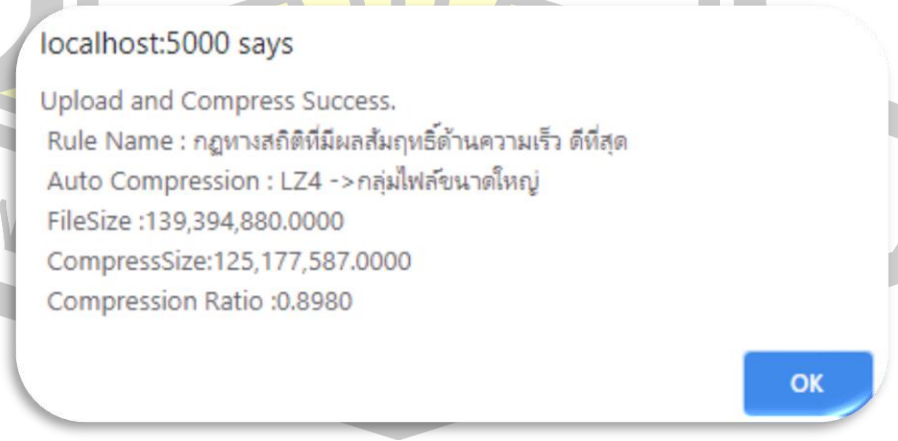
3. หมวดไฟล์ Music & Videos ชื่อไฟล์ ขอโอกาสแหน่เด้อ-บอยพนมไพร.mp3 ขนาดไฟล์ 4.8MB




**ภาพที่ 4.6** ตัวอย่างการแจ้งเตือนผลการทดสอบไฟล์ ขอโอกาสแหน่เด้อ - บอย พนมไพร.mp3

ผลการทดสอบไฟล์ ขอโอกาสแหน่เด้อ - บอย พนมไพร.mp3 เมื่อนำไฟล์อัพโหลดเข้าระบบเสร็จสิ้น ระบบจะทำการเลือกอัลกอรึทึมในการบีบอัดข้อมูลให้เป็น **LZ4** และบอกกลุ่มขนาดไฟล์ที่เลือกใช้เป็น **กลุ่มไฟล์ขนาดเล็ก** และมีอัตราส่วนการบีบอัดที่ 0.9439 เปอร์เซ็นต์

4. หมวดไฟล์ Images ชื่อไฟล์ ok.tif ขนาดไฟล์ 132 MB




**ภาพที่ 4.7** ตัวอย่างการแจ้งเตือนผลการทดสอบไฟล์ ok.tif

ผลการทดสอบไฟล์ ok.tif เมื่อนำไฟล์อัพโหลดเข้าระบบเสร็จสิ้น ระบบจะทำการเลือกอัลกอริทึมในการบีบอัดข้อมูลให้เป็น **LZ4** และบอกกลุ่มขนาดไฟล์ที่เลือกใช้เป็น **กลุ่มไฟล์ขนาดใหญ่** และมีอัตราส่วนการบีบอัดที่ 0.8980 เปอร์เซ็นต์

จากการทดสอบประสิทธิภาพการบีบอัดข้อมูลบนระบบต้นแบบการบีบอัดข้อมูล พบว่าการบีบอัดไฟล์ข้อมูลจะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งในเรื่องของความเร็วในการบีบอัด ความเร็วในการคลายข้อมูล รวมทั้งกระบวนการในการคัดเลือกอัลกอริทึม เนื่องจากระบบต้นแบบได้เลือกอัลกอริทึมที่มีความเหมาะสมกับหมวดหมู่ไฟล์ ประเภทของไฟล์ ให้อัตโนมัติ ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเลือกอัลกอริทึมที่จะใช้ในการบีบอัดเอง ทำให้มีความรวดเร็วในการทำงานมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม และได้อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับหมวดหมู่ไฟล์ และประเภทไฟล์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยในการเปรียบเทียบผลการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชันและนำผลการเปรียบเทียบที่มีประสิทธิภาพมาทำการสร้างต้นแบบการบีบอัดข้อมูล จากการทดลองประสิทธิภาพการทำงานแต่ละอัลกอริทึม สามารถสรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะ ได้ดังต่อไปนี้

## 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองเมื่อ พิจารณาจาก Compression Ratio, Compression Time, Decompress Time และ Overall Time พบว่าการใช้การบีบอัดข้อมูลโดยใช้อัลกอริทึมแบบ LZ4 ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ในด้านอัตราความเร็วในการบีบอัด อัตราความเร็วในการคลายข้อมูล และความเร็วรวมทุกกระบวนการ ที่มีอัตราความเร็วที่ดี ทั้งในหมวดไฟล์เอกสาร ไฟล์รูปภาพ และไฟล์เสียงและวิดีโอ จึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการบีบอัดข้อมูลและรับ-ส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และอัลกอริทึม Huffman Coding ไม่ควรนำมาพิจารณาในการบีบอัดข้อมูล เพราะจากผลการทดลองอัลกอริทึม Huffman Coding จะมีประสิทธิภาพด้อยกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ อย่างมาก ถ้าหากพิจารณาอัลกอริทึมบีบอัดข้อมูลที่เน้นเรื่องการลดขนาดพื้นที่การจัดเก็บไฟล์ พื้นที่ในการสำรองไฟล์ อัลกอริทึม LZMA จะเหมาะสมกับวิธีการนี้เป็นที่สุด

## 5.2 อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลเพื่อลดขนาดไฟล์ข้อมูลให้เล็กลงก่อนทำการส่งไฟล์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยการเปรียบเทียบผลการบีบอัดและพัฒนาต้นแบบการบีบอัดข้อมูลอัตโนมัติ โดยใช้กฎเกณฑ์การบีบอัดจากผลสรุปการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลารวมทุกกระบวนการทำงาน

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นข้อมูลไฟล์ข้อมูลทั่วไป โดยทำการจัดแบ่งออกเป็นหมวดไฟล์จำนวน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มไฟล์เอกสาร กลุ่มไฟล์รูปภาพ และกลุ่มไฟล์เสียงและวิดีโอ จำนวน 150 ไฟล์ และนำไฟล์ทั้งหมดมาทำการบีบอัดข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันด้วยอัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลจำนวน 5 อัลกอริทึม ได้แก่ Huffman Coding, Deflate, BZip2, LZMA และ LZ4 ซึ่งการนำไฟล์ข้อมูลเข้ามาทดลองในงานวิจัยนี้ อาจได้ค่าผลการทดลองที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับขนาดไฟล์ ประเภทไฟล์ อัลกอริทึมที่นำมาทดลอง และเงื่อนไขด้านทรัพยากรเครื่องที่ทดสอบ ณ ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้นการทดลองการบีบอัด การคลายข้อมูล การรับ-ส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันอาจจะทำให้ผลการทดลองได้ผลที่แตกต่างกันไป

**5.3 ปัญหาและอุปสรรค**

จากการดำเนินงานวิจัยผู้วิจัยพบปัญหาและอุปสรรค ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการวิจัย โดยสามารถสรุปประเด็น ได้ดังนี้

5.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการบีบอัดและคลายข้อมูล ต้องทดสอบบนเครื่องบริการเว็บที่มีสถานะการทำงานไม่หนักมากหนัก หากเครื่องบริการเว็บทำงานหลาย ๆ งานพร้อม ๆ กัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง เวลาที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

5.3.2 การเก็บรวบรวมไฟล์ในแต่ละหมวดหมู่ไฟล์พบว่า มีเนื้อหาหรือรายละเอียดของไฟล์ไม่ค่อยมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้การวัดประสิทธิภาพการบีบอัดมีอัตราส่วนการบีบอัดที่ใกล้เคียงกัน

5.3.3 อัลกอริทึม Huffman Coding จะใช้เวลาในการประมวลผลการคลายข้อมูลนานมาก ถ้าหากไฟล์มีขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 40 เมกะไบต์ขึ้นไป

**5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย**

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะบางประการเพื่อให้ผลการเปรียบเทียบการบีบอัดและโปรแกรมต้นแบบการบีบอัดข้อมูลมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ดังนี้

5.4.1 การคัดเลือกอัลกอริทึมที่จะนำมาใช้ในการวิจัย ต้องคำนึงถึงหมวดหมู่ของไฟล์ที่จะนำมาใช้ในทดสอบด้วย เนื่องจากอัลกอริทึมแต่ละตัว ถูกออกแบบและพัฒนาขีดความสามารถในการทำงานแตกต่างกัน มีความเหมาะสมกับข้อมูลไฟล์ที่แตกต่างกัน ทำให้มีผลกับการวัดประสิทธิภาพการทำงาน

5.4.2 ในการสร้างต้นแบบการบีบอัดข้อมูล ผู้วิจัยไม่มีการคัดเลือกหมวดหมู่ไฟล์จากไฟล์ที่นำเข้าระบบ หากมีการตรวจจับหมวดหมู่ไฟล์จากระบบอัตโนมัติ ก็จะทำให้การทำงานมีความสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

5.4.3 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้จำกัดประเภทไฟล์ข้อมูลเพื่อนำมาวัดผลการทดสอบและสร้างต้นแบบการบีบอัด หากผู้วิจัยต้องการนำต้นแบบไปใช้งานจริง จำเป็นต้องเพิ่มประเภทไฟล์อื่น ๆ เพื่อให้ครอบคลุมไฟล์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันเข้าไปด้วย เพราะจะทำให้ระบบสามารถรองรับไฟล์ได้เพิ่มมากยิ่งขึ้น ก็จะทำให้ต้นแบบมีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้นตามไปด้วย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# บรรณานุกรม


[1] C. silawong and T. Anusasamornkul, "A Comparative Study of Compression Algorithms for Each Data Type, " 2014.

[2] ภควัฒน์ ติณสิริสุข, "การบีบอัดข้อมูลสำหรับเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย, " 2559.

[3] U. J, V. T, and D. P, "A new lossless neighborhood indexing sequence (NIS) algorithm for data compression in wireless sensor networks, " *Ad Hoc Networks,* vol. 83, pp. 149-157, 2019/02/01/ 2019.

[4] X. Xudong and L. Yiran, "The application of LZMA algorithm in ISCS based on pretreatment, " in 2018 *5th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)*, 2018, pp. 521-525.

[5] J. Uthayakumar and T. Vengattaraman, "Compression Techniques are Lovable or Hateful: For Discrete Tone Images, " in 2018 *Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 2018, pp. 744-749.

[6] s. Pranveenit and K. Chanchio, "The Performance Analysis of Compression Techniques for Thread-Based Live Migration of Virtual Machine., " presented at the ICMSIT 2016 International Conference on Management Science, Innovation, and Technology 2016, 2016.

[7] R. Jumar, H. Maaß, and V. Hagenmeyer, "Comparison of lossless compression schemes for high rate electrical grid time series for smart grid monitoring and analysis, " *Computers & Electrical Engineering,* vol. 71, pp. 465-476, 2018/10/01/ 2018.

[8] M. B. Ibrahim and K. A. Gbolagade, "A Chinese Remainder Theorem Based Enhancements of Lempel-ziv-welch and Huffman Coding Image Compression, " *Asian Journal of Research in Computer Science,* pp. 1-9, 07/06 2019.

[9] K. S. Kasmeera, S. P. James, and K. Sreekumar, "Efficient Compression of Secured Images Using Subservient Data and Huffman Coding, " *Procedia Technology,* vol. 25, pp. 60-67, 2016/01/01/ 2016.

[10] W. Li, M. Song, B. Zhou, K. Cao, and S. Gao, "Performance improvement

techniques for geospatial web services in a cyberinfrastructure environment – A case study with a disaster management portal, " *Computers, Environment and Urban Systems,* vol. 54, pp. 314-325, 2015/11/01/ 2015.

[11] J. Uthayakumar and T. Vengattaraman, "Performance Evaluation of Lossless Compression Techniques: An Application of Satellite Images, " in 2018 *Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 2018, pp. 750-754.

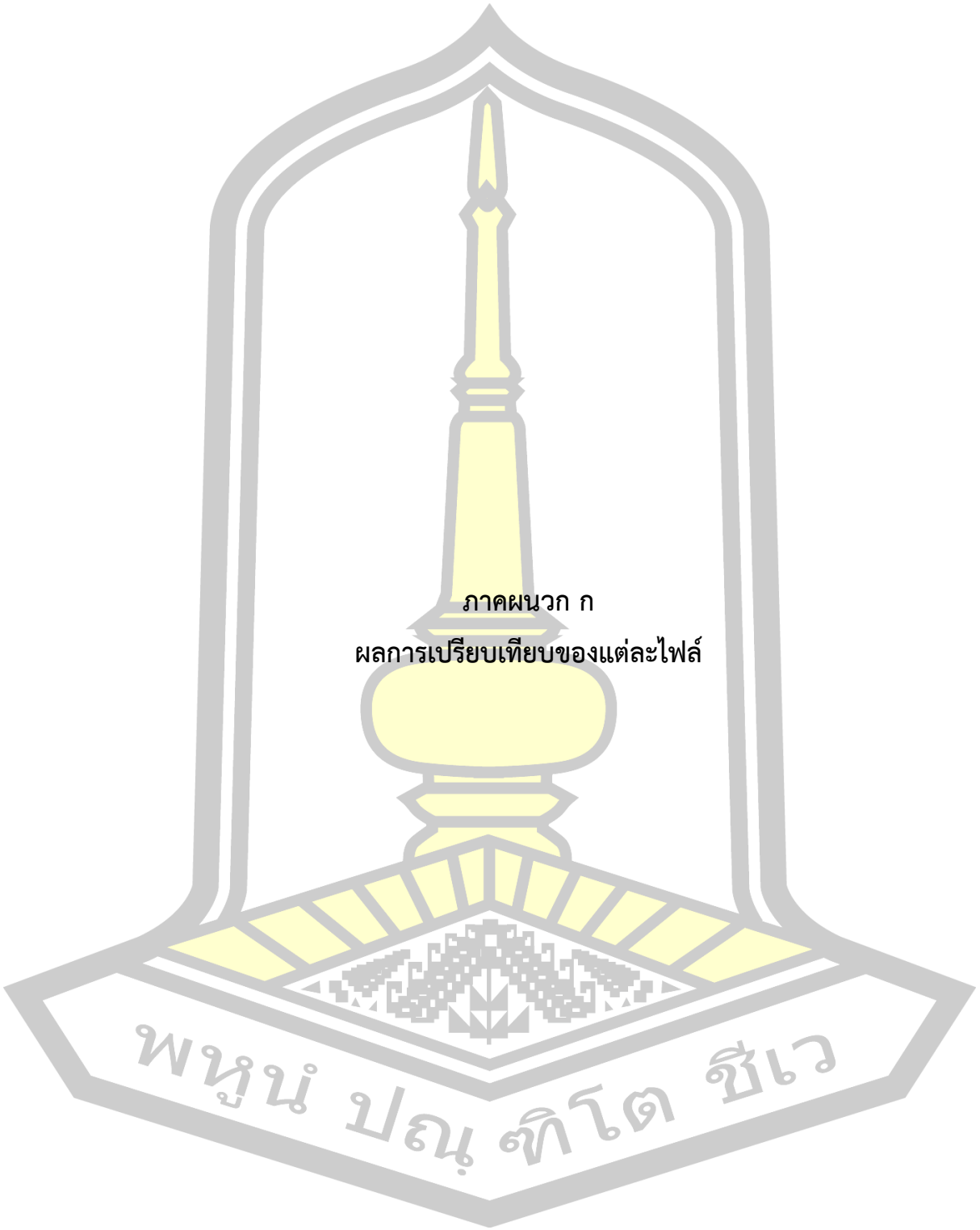
[12] S. Preet and A. Bagga, "Lempel-Ziv-Oberhumer: A Critical Evaluation of Lossless Algorithm and Its Applications, " in 2018 4*th International Conference on Computing Sciences (ICCS)*, 2018, pp. 175-182.

[13] W. Liu, F. Mei, C. Wang, M. O'Neill, and E. E. Swartzlander, "Data Compression Device Based on Modified LZ4 Algorithm, " *IEEE Transactions on Consumer Electronics,* vol. 64, no. 1, pp. 110-117, 2018.

[14] Z. B. Tariq, N. Arshad, and M. Nabeel, "Enhanced LZMA and BZIP2 for improved energy data compression, " in 2015 *International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems (SMARTGREENS)*, 2015, pp. 1-8.

[15] M. Bartík, S. Ubik, and P. Kubalik, "LZ4 compression algorithm on FPGA, " in 2015 *IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS)*, 2015, pp. 179-182.

# ภาคผนวก




# ภาคผนวก ก
## ผลการเปรียบเทียบของแต่ละไฟล์

## 1. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการบีบอัด (Compression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| **หมวด : Group_Data** | | | | | |
| 000004.log | 1.75 | 72.68 | 3.81 | 64.58 | 1.67 |
| 101_Full.pdf | 0.87 | 23.10 | 2.35 | 78.09 | 0.74 |
| 120Page.pdf | 0.91 | 20.46 | 2.42 | 47.20 | 0.82 |
| 132079212448625110.pdf | 0.89 | 24.34 | 2.48 | 180.92 | 0.80 |
| 2.pdf | 1.02 | 23.26 | 2.48 | 38.64 | 0.88 |
| 3.pdf | 0.89 | 21.07 | 2.71 | 76.76 | 0.83 |
| 5000568.pdf | 0.84 | 21.86 | 2.45 | 172.80 | 0.74 |
| 5000664.pdf | 0.89 | 22.38 | 2.46 | 186.53 | 0.74 |
| 5001157.pdf | 0.89 | 23.38 | 2.48 | 174.08 | 0.84 |
| 5001797.pdf | 0.93 | 23.36 | 2.57 | 189.51 | 0.85 |
| 5100713.pdf | 0.81 | 21.24 | 2.55 | 179.70 | 0.74 |
| 5100854.pdf | 0.96 | 22.36 | 2.48 | 145.46 | 0.86 |
| 5707319.pdf | 0.95 | 23.74 | 2.50 | 132.24 | 0.86 |
| 5707358.pdf | 0.93 | 23.46 | 2.46 | 154.10 | 0.80 |
| 5707901.pdf | 0.95 | 22.45 | 2.36 | 82.31 | 0.82 |
| 570790189.pdf | 1.05 | 23.98 | 2.26 | 70.45 | 0.74 |
| 61080810.pdf | 1.09 | 24.64 | 2.34 | 44.55 | 0.86 |
| Append.pdf | 1.02 | 23.69 | 2.51 | 48.39 | 1.56 |
| ASPxPivotGrid.pdf | 0.98 | 25.50 | 2.48 | 61.72 | 0.83 |
| bch01.log | 0.42 | 1.29 | 0.73 | 1.22 | 0.31 |
| Book1.xlsx | 1.17 | 22.15 | 2.39 | 25.21 | 0.65 |
| Book1d.xlsx | 1.10 | 23.25 | 2.36 | 22.46 | 0.63 |
| bootstrap_log.txt | 0.97 | 3.96 | 0.78 | 3.86 | 0.34 |
| CRM.xlsx | 1.14 | 23.02 | 2.28 | 27.25 | 0.62 |
| DataConnections.xlsx | 1.12 | 22.28 | 2.34 | 24.09 | 0.63 |
| DB_EDocuments_backup_2018_03_28_070000_9724092.bak | 4.77 | 63.72 | 3.79 | 55.37 | 0.94 |
| DB_EDocuments_Full_TranserEDoc_Completed.fbak | 2.92 | 49.40 | 2.97 | 43.02 | 0.66 |
| DPINST.LOG | 0.33 | 1.76 | 0.40 | 1.47 | 0.17 |
| h.pdf | 1.05 | 23.37 | 2.43 | 32.39 | 0.80 |
| large_empty.scss.txt | 28.30 | 553.32 | 4.96 | 406.80 | 2.90 |
| ngen.log | 2.86 | 74.40 | 3.02 | 69.86 | 1.54 |

## 1. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการบีบอัด (Compression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| OKTest.pdf | 1.16 | 22.27 | 2.53 | 83.53 | 0.90 |
| PFRO.log | 0.78 | 9.99 | 2.13 | 15.20 | 0.86 |
| project-33.doc | 1.22 | 26.52 | 2.51 | 58.09 | 0.90 |
| Propersal.doc | 1.76 | 16.42 | 2.56 | 15.51 | 0.79 |
| Propersal_ส่งหัวเรื่องแล้ว.docx | 0.82 | 8.50 | 1.82 | 9.34 | 0.65 |
| setupapi.offline.20190318_215229.log | 3.52 | 106.79 | 3.06 | 102.40 | 1.78 |
| setupapi.offline.log | 1.05 | 23.22 | 2.39 | 45.17 | 1.12 |
| setupapi.upgrade.log | 1.06 | 23.94 | 2.45 | 46.07 | 0.98 |
| Spect TOR CallCenter.xlsx | 0.58 | 2.00 | 0.89 | 1.95 | 0.33 |
| svnserve.bak | 0.56 | 2.00 | 0.48 | 1.88 | 0.18 |
| WindowsUpdate.log | 0.07 | 0.12 | 0.03 | 0.12 | 0.01 |
| การบีบอัดข้อมูลในเครือข่าย(1).pdf | 1.08 | 25.14 | 2.44 | 62.64 | 0.94 |
| การบีบอัดเอกสารเอชทีเอ็มแอลบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ด้วยการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน(1).pdf | 1.06 | 20.15 | 2.40 | 35.18 | 1.00 |
| การพัฒนาอัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน_New.docx | 1.07 | 22.66 | 2.36 | 37.65 | 1.01 |
| การศึกษาเปรียบเทียบวิธีบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสม - 1.pdf | 1.19 | 20.08 | 2.39 | 26.28 | 1.04 |
| คลังร้อยเอ็ด.txt | 0.33 | 0.97 | 0.17 | 0.85 | 0.11 |
| คำอธิบาย LZMA.pdf | 0.94 | 20.96 | 2.37 | 30.46 | 0.92 |
| คู่มือการใช้งาน SSIS.pdf | 0.93 | 21.90 | 2.32 | 43.54 | 0.84 |
| ตัวอย่างระบบ CalIncome.doc | 1.02 | 21.60 | 2.51 | 28.48 | 0.90 |
| เทคนิคการสืบค้นสารสนเทศและทำเหมืองข้อความ.pdf | 0.92 | 23.63 | 2.49 | 37.42 | 0.80 |
| ใบเสนอราคา.doc | 1.58 | 6.12 | 1.83 | 6.22 | 0.83 |
| สูตรการตั้งสำรอง.xlsx | 0.98 | 19.57 | 2.42 | 62.25 | 0.99 |
| **หมวด : Group_Images** | | | | | |
| 001_55.tif | 1.66 | 3.96 | 1.52 | 3.45 | 0.73 |
| 001_60.tif | 1.80 | 8.38 | 1.39 | 3.46 | 0.65 |
| 58965.jpg | 1.13 | 25.29 | 2.39 | 108.94 | 0.97 |
| 9856.tif | 1.73 | 24.34 | 2.47 | 24.02 | 0.55 |
| add-01.psd | 1.84 | 24.79 | 1.77 | 16.03 | 0.97 |
| BAY090-0001.tif | 1.73 | 22.64 | 2.75 | 20.00 | 0.57 |
| BAY090-0001-0003.tif | 1.81 | 23.55 | 2.62 | 19.87 | 0.54 |

## 1. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการบีบอัด (Compression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| BAY127.jpg | 1.16 | 23.24 | 1.95 | 166.13 | 0.89 |
| BAY133.png | 1.02 | 24.66 | 2.60 | 171.36 | 0.93 |
| BAY133.psd | 1.22 | 23.24 | 2.09 | 72.07 | 0.85 |
| BAY141.gif | 0.99 | 25.56 | 2.38 | 161.19 | 0.90 |
| BAY294.JPG | 1.06 | 22.47 | 2.43 | 92.30 | 1.03 |
| binoculars-01.psd | 1.45 | 27.33 | 2.66 | 17.59 | 0.95 |
| Cancel.gif | 0.20 | 0.43 | 0.10 | 0.61 | 0.07 |
| CD.gif | 0.16 | 0.19 | 0.08 | 0.19 | 0.07 |
| delicius.psd | 2.11 | 31.02 | 2.82 | 25.03 | 0.87 |
| DesktopKeepOnToastImg.gif | 1.10 | 15.44 | 2.19 | 20.26 | 0.91 |
| KTB586.JPG | 1.09 | 21.76 | 2.38 | 73.35 | 1.04 |
| KTB638.JPG | 1.10 | 22.30 | 2.41 | 92.86 | 1.03 |
| KTB656.JPG | 1.08 | 22.07 | 2.41 | 98.56 | 1.03 |
| KTB793.JPG | 1.10 | 21.41 | 2.33 | 64.17 | 1.05 |
| logo.png | 0.51 | 1.58 | 0.74 | 1.58 | 0.38 |
| mail.psd | 2.16 | 33.18 | 2.80 | 27.61 | 0.86 |
| mAINn.psd | 1.70 | 23.49 | 2.47 | 34.06 | 0.63 |
| Musics.png | 1.01 | 20.21 | 2.52 | 60.27 | 1.02 |
| noimage.png | 0.35 | 0.96 | 0.39 | 2.82 | 0.24 |
| Office Publisher.png | 0.96 | 14.61 | 2.17 | 25.61 | 0.98 |
| ok.psd | 1.73 | 24.22 | 2.54 | 22.81 | 0.54 |
| ok.tif | 2.36 | 33.74 | 2.78 | 31.86 | 0.70 |
| OnInstallSnapshot.png | 1.08 | 20.07 | 2.33 | 77.66 | 1.00 |
| oobe-bookend-cortanain.gif | 0.98 | 10.30 | 1.81 | 12.90 | 0.93 |
| Page1_WebChartControl1_ChartsImage.bmp | 5.74 | 86.50 | 3.54 | 108.62 | 2.73 |
| PageNotFound.png | 0.80 | 4.94 | 1.45 | 5.22 | 0.73 |
| Recycle-Bin-Basic-Empty.png | 1.00 | 15.87 | 2.34 | 41.90 | 1.01 |
| reminder.gif | 1.23 | 13.67 | 2.05 | 15.31 | 1.09 |
| s.png | 1.01 | 21.14 | 2.53 | 60.81 | 1.00 |
| sprite.gif | 0.46 | 0.88 | 0.46 | 2.00 | 0.22 |
| TextBox สำหรับ Username.jpg | 0.21 | 0.81 | 0.14 | 0.83 | 0.08 |
| WelcomeFax.tif | 1.33 | 10.33 | 1.97 | 10.45 | 1.04 |

## 1. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการบีบอัด (Compression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| win7-desktop-green-bg.jpg | 1.10 | 20.97 | 2.45 | 75.94 | 1.02 |
| YaaHoo.psd | 1.81 | 22.42 | 2.53 | 14.72 | 0.00 |
| ZPLDZ.psd | 1.85 | 25.01 | 2.48 | 16.98 | 0.50 |
| **หมวด : Group_Music** | | | | | |
| ก็มาดิคะ - ยุ่งยิ่ง กนกนันทน์ feat.Night tingle (OFFICIAL MV)(0).mp4 | 0.96 | 24.38 | 2.27 | 169.55 | 0.87 |
| ขอบใจเด้อ - ศาล สานศิลป์ เชิ้ง Music.mp3 | 0.94 | 23.12 | 2.21 | 127.82 | 0.96 |
| ขอโอกาสแหน่เด้อ - บอย พนมไพร.mp3 | 1.06 | 23.76 | 2.46 | 122.82 | 0.98 |
| คนละฟ้า - แจ็ค ลูกอีสาน ( Official Music Video).mp3 | 0.95 | 20.77 | 2.36 | 99.88 | 0.94 |
| คืนมาสาหล่า - แจ๊คลูกอีสาน (Official MV).mp3 | 1.05 | 22.72 | 2.52 | 115.68 | 0.94 |
| คืนมาสาหล่า - แจ๊คลูกอีสาน (Official MV).wav | 1.09 | 20.42 | 2.34 | 131.93 | 0.79 |
| แจ็คลูกอีสาน คำแม่แจ็ค ลูกอีสาน.mp3 | 1.06 | 23.72 | 2.25 | 86.89 | 0.93 |
| เด๋อเดี่ยงด่าง l ลำไย ไหทองคำ.wmv | 1.08 | 21.30 | 2.45 | 37.29 | 0.86 |
| เด๋อเดี่ยงด่าง.wmv | 1.18 | 24.71 | 2.25 | 47.61 | 0.88 |
| นอนสาหล่า - สมาร์ท วาทโยธา.mp4 | 0.97 | 24.19 | 2.26 | 155.41 | 0.95 |
| นอนสาหล่า.avi | 0.97 | 23.63 | 2.43 | 164.80 | 0.83 |
| นอนสาหล่า.mp4 | 0.95 | 24.32 | 2.52 | 184.97 | 0.89 |
| บ่งึดจักเม็ด.wmv | 0.96 | 21.18 | 2.39 | 46.76 | 0.75 |
| บัดนี้ - แจ็ค ลูกอีสาน ( Official MV).wav | 1.01 | 22.31 | 2.38 | 188.66 | 0.82 |
| ปี้(จน)ป่น - เอ มหาหิงค์ feat.บัว กมลทิพย์ Cover MV น้องน้ำฝน พี่ดี้.mp4 | 0.92 | 23.76 | 2.43 | 175.74 | 0.89 |
| เป้ ภาณุชัย พรสวรรค์ ท็อปไลน์EP.1.mp3 | 0.98 | 22.95 | 2.37 | 141.33 | 0.82 |
| ผู้สาวมักอ้ายบ่ - น้องเอเชีย [Cover MV] น้องอินดี้ น้องนุ่น บะเคชิตี้.mp4 | 0.94 | 24.60 | 2.46 | 200.72 | 0.87 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.avi | 0.98 | 24.18 | 2.47 | 87.62 | 0.85 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.mp4 | 0.89 | 21.73 | 2.43 | 185.73 | 0.76 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.wmv | 1.07 | 23.63 | 2.47 | 38.28 | 0.86 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.avi | 1.03 | 23.73 | 2.24 | 78.30 | 0.83 |
| พ่อค้าน้อย.mp4 | 0.94 | 24.74 | 2.43 | 201.96 | 0.87 |
| พ่อค้าน้อย.wmv | 0.99 | 22.97 | 2.40 | 56.00 | 0.85 |
| ฟังเพลิน3ชม ขับรถ, ทำงาน , บุญบ้าน, เอ อนุชา กุ้ง สุภาพร.mp3 | 0.90 | 21.86 | 2.38 | 141.06 | 0.73 |
| ฟังเพลิน3ชม ขับรถ, ทำงาน , บุญบ้าน, เอ อนุชา กุ้ง สุภาพร.wav | 1.09 | 21.00 | 2.53 | 189.28 | 0.71 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม(0).mp4 | 0.92 | 22.31 | 2.45 | 176.84 | 0.83 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม.mp4 | 0.95 | 24.42 | 2.36 | 189.25 | 0.88 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม.wmv | 1.02 | 23.14 | 2.21 | 54.07 | 0.84 |

## 1. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการบีบอัด (Compression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| รวมเพลง มนต์แคน แก่นคูน 15 เพลงฮิตจากบ่าวเสียงสุดสะแนน.mp3 | 0.97 | 23.11 | 2.12 | 165.31 | 0.84 |
| รวมเพลง มนต์แคน แก่นคูน 15 เพลงฮิตจากบ่าวเสียงสุดสะแนน.wav | 1.07 | 23.45 | 2.38 | 201.07 | 0.86 |
| รวมเพลงลูกทุ่งเจ็บ ๆโดน ๆซึ้ง ๆฟังแล้วน้ำตาจิไหล ยอดฮิตใหม่ล่าสุด2019.mp3 | 0.98 | 23.29 | 2.37 | 124.56 | 0.85 |
| รวมเพลงฮิต ผู้บ่าวไทบ้าน ซุปตาร์อีสาน l หนุ่ม น.ป.ข. , อส. รอรัก , ดาวมีไว้เบิ่ง.mp3 | 0.97 | 22.88 | 2.14 | 154.24 | 0.84 |
| รักติดไซเรน (My Ambulance) - ไอซ์ พาริส, แพรวา ณิชาภัทร [Official MV] Nadao Music.avi | 1.02 | 23.58 | 2.36 | 114.80 | 0.84 |
| หมอลำลงทุ่ง ลงนา.mp3 | 1.04 | 20.58 | 2.49 | 13.92 | 0.68 |
| อุกก้า.avi | 1.00 | 23.80 | 2.21 | 165.40 | 0.84 |
| เอ อนุชา พาย้อนยุค 10 ปีคืนหลัง ฟังลำซิ่ง1990.mp3 | 0.99 | 23.16 | 2.40 | 24.57 | 0.79 |
| เอ อนุชา พาย้อนยุค 10 ปีคืนหลัง ฟังลำซิ่ง1990.wav | 1.42 | 23.21 | 2.39 | 150.55 | 0.62 |
| เอาอย่างงี้.mp4 | 0.88 | 23.42 | 2.31 | 202.05 | 0.80 |
| Total | 1.38 | 25.98 | 2.26 | 77.26 | 0.82 |

## 2. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการคลายข้อมูล (Decompression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| **หมวด : Group_Data** | | | | | |
| 000004.log | 0.56 | 16.78 | 0.08 | 27.86 | 0.75 |
| 101_Full.pdf | 3.01 | 48.88 | 0.08 | 676.12 | 2.80 |
| 120Page.pdf | 3.43 | 41.50 | 0.09 | 504.74 | 2.99 |
| 132079212448625110.pdf | 3.38 | 422.82 | 0.07 | 853.47 | 2.89 |
| 2.pdf | 3.14 | 59.08 | 0.08 | 224.59 | 2.85 |
| 3.pdf | 3.47 | 71.17 | 0.08 | 230.66 | 2.93 |
| 5000568.pdf | 3.59 | 219.73 | 0.08 | 758.36 | 2.79 |
| 5000664.pdf | 3.68 | 450.93 | 0.08 | 819.22 | 2.96 |
| 5001157.pdf | 3.58 | 420.79 | 0.08 | 920.95 | 3.10 |
| 5001797.pdf | 3.59 | 182.04 | 0.09 | 1, 044.96 | 3.04 |
| 5100713.pdf | 3.30 | 271.61 | 0.08 | 875.29 | 3.11 |
| 5100854.pdf | 3.61 | 116.85 | 0.09 | 608.66 | 3.00 |
| 5707319.pdf | 3.57 | 239.19 | 0.09 | 572.91 | 3.01 |

## 2. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการคลายข้อมูล (Decompression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| 5707358.pdf | 3.63 | 355.08 | 0.09 | 893.51 | 3.00 |
| 5707901.pdf | 3.19 | 154.92 | 0.08 | 462.45 | 2.94 |
| 570790189.pdf | 3.49 | 140.99 | 0.08 | 378.65 | 2.89 |
| 61080810.pdf | 3.49 | 42.25 | 0.09 | 406.78 | 3.03 |
| Append.pdf | 3.57 | 63.47 | 0.09 | 198.13 | 2.37 |
| ASPxPivotGrid.pdf | 3.16 | 92.56 | 0.09 | 200.63 | 2.82 |
| bch01.log | 0.97 | 3.04 | 0.11 | 5.57 | 1.09 |
| Book1.xlsx | 2.77 | 46.88 | 0.08 | 482.12 | 3.13 |
| Book1d.xlsx | 2.67 | 58.29 | 0.09 | 372.19 | 3.08 |
| bootstrap_log.txt | 0.36 | 0.78 | 0.11 | 1.40 | 0.21 |
| CRM.xlsx | 2.78 | 37.03 | 0.09 | 599.66 | 3.15 |
| DataConnections.xlsx | 2.63 | 45.51 | 0.08 | 483.66 | 2.85 |
| DB_EDocuments_backup_2018_03_28_070000_9724092.bak | 1.29 | 18.57 | 0.08 | 33.05 | 1.78 |
| DB_EDocuments_Full_TranserEDoc_Completed.fbak | 0.97 | 27.09 | 0.08 | 65.09 | 1.75 |
| DPINST.LOG | 0.38 | 0.58 | 0.13 | 0.87 | 0.46 |
| h.pdf | 2.97 | 66.60 | 0.09 | 260.39 | 2.92 |
| large_empty.scss.txt | 0.00 | 2.73 | 0.01 | 2.63 | 0.01 |
| ngen.log | 0.34 | 7.77 | 0.09 | 9.28 | 0.86 |
| OKTest.pdf | 2.92 | 53.26 | 0.08 | 229.13 | 3.06 |
| PFRO.log | 3.22 | 33.63 | 0.09 | 49.81 | 2.46 |
| project-33.doc | 2.79 | 66.09 | 0.08 | 242.67 | 2.72 |
| Propersal.doc | 2.05 | 14.59 | 0.09 | 20.63 | 2.04 |
| Propersal_ส่งหัวเรื่องแล้ว.docx | 2.68 | 25.22 | 0.09 | 20.76 | 2.26 |
| setupapi.offline.20190318_215229.log | 0.49 | 12.98 | 0.08 | 26.69 | 1.54 |
| setupapi.offline.log | 3.64 | 53.80 | 0.08 | 127.96 | 2.87 |
| setupapi.upgrade.log | 3.48 | 53.58 | 0.08 | 236.02 | 2.89 |
| Spect TOR CallCenter.xlsx | 1.10 | 3.44 | 0.10 | 4.77 | 1.08 |
| svnserve.bak | 0.50 | 0.81 | 0.15 | 1.29 | 0.56 |
| WindowsUpdate.log | 0.14 | 0.11 | 0.28 | 0.18 | 0.09 |
| การบีบอัดข้อมูลในเครือข่าย(1).pdf | 3.29 | 74.29 | 0.09 | 223.21 | 2.91 |
| การบีบอัดเอกสารเอชทีเอ็มแอลบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ด้วยการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน(1).pdf | 3.46 | 54.96 | 0.09 | 107.55 | 2.84 |
| การพัฒนาอัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสีย | 3.21 | 53.88 | 0.07 | 149.60 | 2.88 |

## 2. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการคลายข้อมูล (Decompression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| ข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน_New.docx | | | | | |
| การศึกษาเปรียบเทียบวิธีบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสม - 1.pdf | 3.22 | 46.60 | 0.09 | 74.38 | 2.70 |
| คลังร้อยเอ็ด.txt | 0.17 | 0.15 | 0.21 | 0.14 | 0.11 |
| คำอธิบาย LZMA.pdf | 3.42 | 51.55 | 0.09 | 102.79 | 2.83 |
| คู่มือการใช้งาน SSIS.pdf | 3.37 | 59.39 | 0.09 | 202.43 | 2.91 |
| ตัวอย่างระบบ CalIncome.doc | 3.05 | 65.11 | 0.08 | 140.47 | 2.90 |
| เทคนิคการสืบค้นสารสนเทศและทำเหมืองข้อความ.pdf | 3.41 | 63.00 | 0.09 | 273.06 | 2.95 |
| ใบเสนอราคา.doc | 0.88 | 3.38 | 0.10 | 3.53 | 0.83 |
| สูตรการตั้งสำรอง.xlsx | 3.28 | 54.30 | 0.08 | 150.68 | 3.02 |
| **หมวด : Group_Images** | | | | | |
| 001_55.tif | 0.84 | 2.38 | 0.08 | 2.81 | 0.88 |
| 001_60.tif | 0.84 | 2.35 | 0.08 | 2.97 | 0.59 |
| 58965.jpg | 1.63 | 65.04 | 0.08 | 230.55 | 2.04 |
| 9856.tif | 1.22 | 26.55 | 0.08 | 84.57 | 1.71 |
| add-01.psd | 1.05 | 31.25 | 0.07 | 102.13 | 1.59 |
| BAY090-0001.tif | 1.20 | 40.91 | 0.08 | 149.12 | 1.49 |
| BAY090-0001-0003.tif | 1.19 | 39.80 | 0.08 | 144.75 | 1.51 |
| BAY127.jpg | 1.63 | 63.35 | 0.07 | 296.22 | 1.96 |
| BAY133.png | 1.70 | 249.71 | 0.07 | 273.33 | 2.04 |
| BAY133.psd | 1.64 | 101.17 | 0.07 | 252.49 | 1.85 |
| BAY141.gif | 1.67 | 246.95 | 0.08 | 299.67 | 2.02 |
| BAY294.JPG | 1.71 | 174.05 | 0.07 | 156.89 | 2.06 |
| binoculars-01.psd | 0.98 | 36.91 | 0.07 | 116.26 | 1.48 |
| Cancel.gif | 0.59 | 0.42 | 0.17 | 0.40 | 0.31 |
| CD.gif | 0.42 | 0.30 | 0.24 | 0.24 | 0.22 |
| delicius.psd | 0.91 | 31.06 | 0.07 | 58.27 | 1.45 |
| DesktopKeepOnToastImg.gif | 1.63 | 41.48 | 0.08 | 76.26 | 1.99 |
| KTB586.JPG | 1.73 | 121.67 | 0.07 | 200.05 | 2.01 |
| KTB638.JPG | 1.75 | 147.78 | 0.07 | 212.38 | 2.00 |
| KTB656.JPG | 1.77 | 97.68 | 0.08 | 235.27 | 2.00 |
| KTB793.JPG | 1.76 | 121.57 | 0.07 | 133.46 | 2.04 |
| logo.png | 1.32 | 3.69 | 0.08 | 3.90 | 1.25 |
| mail.psd | 0.88 | 31.71 | 0.08 | 55.09 | 1.45 |

## 2. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการคลายข้อมูล (Decompression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| mAINn.psd | 1.38 | 43.43 | 0.08 | 131.75 | 1.77 |
| Musics.png | 1.56 | 75.29 | 0.08 | 133.31 | 1.96 |
| noimage.png | 0.92 | 2.00 | 0.08 | 2.02 | 0.96 |
| Office Publisher.png | 1.74 | 38.66 | 0.08 | 52.35 | 2.04 |
| ok.psd | 1.17 | 20.15 | 0.08 | 109.14 | 1.84 |
| ok.tif | 1.15 | 30.52 | 0.08 | 85.44 | 1.66 |
| OnInstallSnapshot.png | 1.65 | 52.08 | 0.07 | 169.35 | 1.96 |
| oobe-bookend-cortanain.gif | 1.88 | 25.31 | 0.07 | 30.47 | 1.95 |
| Page1_WebChartControl1_ChartsImage.bmp | 0.06 | 4.71 | 0.08 | 4.68 | 0.29 |
| PageNotFound.png | 1.52 | 12.22 | 0.08 | 14.40 | 1.67 |
| Recycle-Bin-Basic-Empty.png | 1.84 | 76.65 | 0.08 | 78.20 | 2.04 |
| reminder.gif | 1.47 | 22.17 | 0.07 | 33.79 | 1.81 |
| s.png | 1.70 | 80.55 | 0.07 | 174.57 | 2.08 |
| sprite.gif | 0.97 | 2.34 | 0.10 | 1.95 | 0.92 |
| TextBox สำหรับ Username.jpg | 0.70 | 0.62 | 0.17 | 0.56 | 0.40 |
| WelcomeFax.tif | 1.46 | 17.77 | 0.07 | 18.98 | 1.76 |
| win7-desktop-green-bg.jpg | 1.76 | 61.21 | 0.08 | 178.07 | 2.04 |
| YaaHoo.psd | 1.02 | 8.87 | 0.08 | 9.01 | 0.00 |
| ZPLDZ.psd | 1.05 | 41.01 | 0.07 | 114.62 | 1.87 |
| **หมวด : Group_Music** | | | | | |
| ก็มาดิคะ - ยุ่งยิ่ง กนกนันทน์ feat.Night tingle (OFFICIAL MV)(0).mp4 | 3.85 | 183.68 | 0.07 | 875.61 | 3.06 |
| ขอบใจเด้อ - ศาล สานศิลป์ เชิ้ง Music.mp3 | 3.74 | 46.89 | 0.08 | 426.91 | 3.08 |
| ขอโอกาสแหน่เด้อ - บอย พนมไพร.mp3 | 3.18 | 56.75 | 0.08 | 209.50 | 2.76 |
| คนละฟ้า - แจ็ค ลูกอีสาน ( Official Music Video).mp3 | 3.62 | 54.53 | 0.08 | 370.38 | 2.81 |
| คืนมาสาหล่า - แจ๊คลูกอีสาน (Official MV).mp3 | 3.50 | 61.40 | 0.08 | 439.51 | 3.02 |
| คืนมาสาหล่า - แจ๊คลูกอีสาน (Official MV).wav | 3.42 | 38.81 | 0.07 | 771.89 | 2.93 |
| แจ็คลูกอีสาน คำแม่แจ็ค ลูกอีสาน.mp3 | 3.74 | 49.43 | 0.08 | 446.89 | 3.11 |
| เด่อเดี่ยงด่าง l ลำไย ไหทองคำ.wmv | 3.57 | 45.61 | 0.08 | 325.70 | 2.71 |
| เด่อเดี่ยงด่าง.wmv | 3.37 | 53.74 | 0.08 | 357.33 | 3.07 |
| นอนสาหล่า - สมาร์ท วาทโยธา.mp4 | 3.84 | 104.01 | 0.08 | 383.19 | 3.04 |
| นอนสาหล่า.avi | 3.84 | 98.80 | 0.08 | 933.10 | 2.97 |
| นอนสาหล่า.mp4 | 3.82 | 416.60 | 0.08 | 767.55 | 3.00 |
| บ๊งดจักเม็ด.wmv | 3.48 | 39.96 | 0.08 | 626.99 | 3.02 |

## 2. ผลการเปรียบเทียบอัตราความเร็วการคลายข้อมูล (Decompression speed) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : 1 ล้านไบต์ต่อวินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| บัดนี้ - แจ็ค ลูกอีสาน ( Official MV).wav | 3.64 | 44.42 | 0.08 | 925.31 | 2.99 |
| ปี้(จน)ป่น - เอ มหาหิงค์ feat.บัว กมลทิพย์ Cover MV น้องน้ำฝน พี่ดี้.mp4 | 3.59 | 423.44 | 0.08 | 883.17 | 3.08 |
| เป้ ภาณุชัย พรสวรรค์ ท็อปไลน์EP.1.mp3 | 3.53 | 62.22 | 0.07 | 1, 023.59 | 3.00 |
| ผู้สาวมักอ้ายบ่ - น้องเอเชีย [Cover MV] น้องอินดี้ น้องนุ่น บะเคชิตี้.mp4 | 3.68 | 710.24 | 0.90 | 956.64 | 3.03 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.avi | 3.66 | 79.06 | 0.03 | 643.90 | 3.12 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.mp4 | 3.72 | 741.86 | 2.24 | 1, 009.40 | 3.04 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.wmv | 3.67 | 53.55 | 0.02 | 426.63 | 3.09 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.avi | 3.47 | 52.45 | 0.07 | 823.27 | 3.01 |
| พ่อค้าน้อย.mp4 | 3.72 | 835.42 | 0.07 | 964.74 | 2.96 |
| พ่อค้าน้อย.wmv | 3.70 | 50.15 | 0.08 | 726.18 | 2.97 |
| ฟังเพลิน3ชม ขับรถ, ทำงาน , บุญบ้าน, เอ อนุชา กุ้ง สุภาพร.mp3 | 3.71 | 42.06 | 0.08 | 968.35 | 3.06 |
| ฟังเพลิน3ชม ขับรถ, ทำงาน , บุญบ้าน, เอ อนุชา กุ้ง สุภาพร.wav | 3.17 | 37.12 | 0.08 | 1, 033.69 | 2.86 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม(0).mp4 | 3.51 | 292.11 | 0.08 | 934.07 | 3.00 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม.mp4 | 3.74 | 365.23 | 0.07 | 946.27 | 3.04 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม.wmv | 3.74 | 42.98 | 0.07 | 709.02 | 2.94 |
| รวมเพลง มนต์แคน แก่นคูน  15 เพลงฮิตจากบ่าวเสียงสุดสะแนน.mp3 | 3.75 | 61.30 | 0.07 | 979.90 | 3.01 |
| รวมเพลง มนต์แคน แก่นคูน  15 เพลงฮิตจากบ่าวเสียงสุดสะแนน.wav | 3.54 | 42.84 | 0.07 | 950.22 | 2.98 |
| รวมเพลงลูกทุ่งเจ็บ ๆโดน ๆซึ้ง ๆฟังแล้วน้ำตาจิไหล ยอดฮิตใหม่ล่าสุด2019.mp3 | 3.61 | 43.83 | 0.07 | 941.72 | 3.07 |
| รวมเพลงฮิต ผู้บ่าวไทบ้าน ซุปตาร์อีสาน เ<br>หนุ่ม น.ป.ข. , อส. รอรัก , ดาวมีไว้เบิ่ง.mp3 | 3.66 | 44.05 | 0.07 | 913.76 | 3.05 |
| รักติดไซเรน (My Ambulance) - ไอซ์ พาริส,<br>แพรวา ณิชาภัทร [Official MV]  Nadao Music.avi | 3.65 | 58.90 | 0.75 | 906.01 | 3.06 |
| หมอลำลงทุ่ง ลงนา.mp3 | 3.33 | 64.53 | 0.08 | 427.08 | 3.06 |
| อุกก้า.avi | 3.79 | 84.34 | 0.07 | 970.95 | 2.98 |
| เอ อนุชา พาย้อนยุค 10 ปีคืนหลัง ฟังลำซิ่ง1990.mp3 | 3.76 | 57.08 | 0.08 | 542.54 | 3.05 |
| เอ อนุชา พาย้อนยุค 10 ปีคืนหลัง ฟังลำซิ่ง1990.wav | 2.50 | 32.59 | 0.08 | 947.43 | 3.30 |
| เอาอย่างงี้.mp4 | 3.53 | 715.19 | 0.08 | 1, 009.87 | 3.02 |
| **Total** | 2.43 | 97.02 | 0.11 | 366.46 | 2.32 |

### 3. ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : ร้อยละขนาดไฟล์) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| **หมวด : Group_Data** | | | | | |
| 000004.log | 4.64 | 8.53 | 42.97 | 13.10 | 1.37 |
| 101_Full.pdf | 94.77 | 95.19 | 99.87 | 96.25 | 94.01 |
| 120Page.pdf | 89.81 | 90.59 | 98.96 | 91.79 | 89.40 |
| 132079212448625110.pdf | 100.24 | 99.87 | 100.02 | 99.89 | 96.04 |
| 2.pdf | 90.04 | 90.59 | 99.09 | 92.22 | 89.69 |
| 3.pdf | 97.51 | 97.22 | 100.08 | 97.96 | 97.54 |
| 5000568.pdf | 100.25 | 99.85 | 100.02 | 99.93 | 100.49 |
| 5000664.pdf | 100.38 | 99.97 | 100.02 | 99.98 | 100.77 |
| 5001157.pdf | 100.40 | 100.01 | 100.02 | 100.00 | 100.82 |
| 5001797.pdf | 100.34 | 99.91 | 100.02 | 99.99 | 100.64 |
| 5100713.pdf | 100.31 | 99.90 | 100.02 | 99.97 | 100.57 |
| 5100854.pdf | 99.89 | 99.38 | 100.03 | 99.71 | 99.68 |
| 5707319.pdf | 99.65 | 99.32 | 100.03 | 99.74 | 99.99 |
| 5707358.pdf | 99.76 | 99.47 | 100.02 | 99.81 | 100.29 |
| 5707901.pdf | 96.66 | 97.07 | 100.02 | 98.74 | 97.07 |
| 570790189.pdf | 94.98 | 95.83 | 99.98 | 98.16 | 95.43 |
| 61080810.pdf | 87.62 | 88.65 | 98.44 | 89.91 | 87.71 |
| Append.pdf | 88.47 | 88.38 | 98.46 | 89.12 | 22.14 |
| ASPxPivotGrid.pdf | 79.79 | 79.61 | 97.83 | 82.10 | 78.71 |
| bch01.log | 101.06 | 94.52 | 127.11 | 95.68 | 95.11 |
| Book1.xlsx | 84.62 | 90.19 | 99.77 | 97.79 | 80.01 |
| Book1d.xlsx | 84.40 | 89.30 | 99.67 | 97.34 | 80.30 |
| bootstrap_log.txt | 20.75 | 17.04 | 86.82 | 24.89 | 16.54 |
| CRM.xlsx | 84.09 | 90.71 | 99.92 | 98.14 | 78.91 |
| DataConnections.xlsx | 85.18 | 89.84 | 99.84 | 97.56 | 81.04 |
| DB_EDocuments_backup_2018_03_28_070000_9724092.bak | 10.12 | 12.00 | 41.20 | 17.73 | 7.35 |
| DB_EDocuments_Full_TranserEDoc_Completed.fbak | 10.88 | 15.68 | 67.02 | 23.44 | 8.32 |
| DPINST.LOG | 30.14 | 32.66 | 110.71 | 54.46 | 29.51 |
| h.pdf | 86.09 | 87.74 | 99.61 | 90.05 | 84.44 |
| large_empty.scss.txt | 0.00 | 0.43 | 12.53 | 0.41 | 0.01 |
| ngen.log | 3.14 | 4.70 | 66.91 | 7.19 | 3.92 |
| OKTest.pdf | 90.97 | 95.14 | 99.01 | 98.45 | 92.50 |

### 3. ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : ร้อยละขนาดไฟล์) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| PFRO.log | 100.07 | 99.24 | 102.15 | 99.93 | 100.28 |
| project-33.doc | 79.10 | 78.73 | 96.25 | 82.04 | 74.39 |
| Propersal.doc | 40.44 | 38.72 | 74.92 | 46.99 | 34.49 |
| Propersal_ส่งหัวเรื่องแล้ว.docx | 96.21 | 94.95 | 103.77 | 95.85 | 95.41 |
| setupapi.offline.20190318_215229.log | 3.69 | 4.76 | 63.36 | 8.64 | 3.59 |
| setupapi.offline.log | 91.00 | 90.84 | 100.18 | 91.82 | 91.16 |
| setupapi.upgrade.log | 87.98 | 87.96 | 100.04 | 89.11 | 88.01 |
| Spect TOR CallCenter.xlsx | 82.77 | 78.29 | 110.81 | 79.01 | 78.19 |
| svnserve.bak | 38.96 | 35.41 | 115.53 | 56.15 | 35.86 |
| WindowsUpdate.log | 98.91 | 72.83 | 1, 001.45 | 99.28 | 83.33 |
| การบีบอัดข้อมูลในเครือข่าย(1).pdf | 91.90 | 91.19 | 99.57 | 92.73 | 90.14 |
| การบีบอัดเอกสารเอชทีเอ็มแอลบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ด้วยการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน(1).pdf | 91.21 | 91.49 | 100.55 | 92.51 | 91.40 |
| การพัฒนาอัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน_New.docx | 93.35 | 91.08 | 100.12 | 92.60 | 88.88 |
| การศึกษาเปรียบเทียบวิธีบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสม - 1.pdf | 81.23 | 81.69 | 99.26 | 82.66 | 79.74 |
| คลังร้อยเอ็ด.txt | 22.71 | 13.07 | 248.01 | 15.59 | 12.84 |
| คำอธิบาย LZMA.pdf | 91.22 | 89.29 | 99.92 | 91.85 | 88.42 |
| คู่มือการใช้งาน SSIS.pdf | 95.21 | 93.13 | 99.99 | 95.22 | 92.43 |
| ตัวอย่างระบบ CallIncome.doc | 90.10 | 88.41 | 98.83 | 91.32 | 85.78 |
| เทคนิคการสืบค้นสารสนเทศและทำเหมืองข้อความ.pdf | 91.06 | 89.71 | 99.74 | 91.94 | 88.47 |
| ใบเสนอราคา.doc | 22.17 | 19.22 | 51.29 | 24.27 | 16.26 |
| สูตรการตั้งสำรอง.xlsx | 98.56 | 98.41 | 100.42 | 99.30 | 98.00 |
| **หมวด : Group_Images** | | | | | |
| 001_55.tif | 31.51 | 27.02 | 60.65 | 31.50 | 24.22 |
| 001_60.tif | 31.42 | 26.86 | 61.52 | 31.51 | 23.67 |
| 58965.jpg | 91.80 | 92.83 | 99.39 | 93.44 | 92.62 |
| 9856.tif | 56.99 | 74.70 | 98.28 | 93.52 | 56.90 |
| add-01.psd | 38.19 | 56.27 | 88.71 | 80.28 | 29.71 |
| BAY090-0001.tif | 48.13 | 65.32 | 81.81 | 93.13 | 47.95 |
| BAY090-0001-0003.tif | 48.13 | 65.32 | 81.81 | 93.13 | 47.95 |
| BAY127.jpg | 96.19 | 99.10 | 99.50 | 99.70 | 98.06 |
| BAY133.png | 100.37 | 100.03 | 100.06 | 100.01 | 100.67 |

### 3. ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : ร้อยละขนาดไฟล์) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| BAY133.psd | 88.35 | 93.23 | 99.63 | 99.21 | 85.97 |
| BAY141.gif | 100.19 | 100.03 | 100.05 | 100.01 | 99.44 |
| BAY294.JPG | 99.31 | 99.37 | 100.08 | 99.42 | 100.04 |
| binoculars-01.psd | 33.12 | 57.97 | 90.47 | 84.74 | 25.84 |
| Cancel.gif | 169.48 | 91.66 | 321.72 | 90.10 | 88.18 |
| CD.gif | 128.15 | 68.61 | 309.26 | 68.03 | 63.36 |
| delicius.psd | 24.10 | 30.24 | 79.20 | 44.90 | 19.23 |
| DesktopKeepOnToastImg.gif | 94.19 | 95.38 | 100.76 | 97.07 | 91.04 |
| KTB586.JPG | 98.92 | 99.16 | 100.05 | 99.31 | 99.78 |
| KTB638.JPG | 99.13 | 99.24 | 100.03 | 99.30 | 99.89 |
| KTB656.JPG | 98.93 | 99.22 | 100.06 | 99.41 | 99.69 |
| KTB793.JPG | 98.59 | 98.64 | 100.14 | 98.78 | 99.21 |
| logo.png | 103.60 | 98.80 | 125.49 | 99.26 | 99.23 |
| mail.psd | 22.99 | 29.58 | 77.42 | 44.00 | 18.41 |
| mAINn.psd | 65.59 | 78.63 | 97.67 | 95.67 | 68.32 |
| Musics.png | 98.79 | 97.68 | 100.42 | 98.59 | 94.70 |
| noimage.png | 111.48 | 100.09 | 144.55 | 100.26 | 100.92 |
| Office Publisher.png | 99.40 | 97.35 | 101.24 | 98.08 | 97.80 |
| ok.psd | 53.99 | 71.21 | 96.16 | 92.87 | 58.65 |
| ok.tif | 42.64 | 57.01 | 82.87 | 74.18 | 42.47 |
| OnInstallSnapshot.png | 99.49 | 98.58 | 99.86 | 100.01 | 98.07 |
| oobe-bookend-cortanain.gif | 99.22 | 97.81 | 101.07 | 99.48 | 97.53 |
| Page1_WebChartControl1_ChartsImage.bmp | 0.76 | 1.75 | 50.75 | 2.27 | 0.80 |
| PageNotFound.png | 99.57 | 97.94 | 106.78 | 100.04 | 97.90 |
| Recycle-Bin-Basic-Empty.png | 100.58 | 100.03 | 100.86 | 100.01 | 101.00 |
| reminder.gif | 71.80 | 67.48 | 100.81 | 69.49 | 65.12 |
| s.png | 99.68 | 99.22 | 100.27 | 99.72 | 99.88 |
| sprite.gif | 112.26 | 99.42 | 147.83 | 100.29 | 96.55 |
| TextBox สำหรับ Username.jpg | 164.49 | 86.31 | 286.12 | 89.70 | 83.30 |
| WelcomeFax.tif | 65.01 | 63.38 | 101.43 | 66.08 | 62.19 |
| win7-desktop-green-bg.jpg | 100.12 | 99.17 | 100.28 | 99.99 | 99.64 |
| YaaHoo.psd | 44.22 | 63.42 | 94.90 | 90.56 | |
| ZPLDZ.psd | 45.76 | 64.71 | 95.23 | 91.48 | 51.76 |

### 3. ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : ร้อยละขนาดไฟล์) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| **หมวด : Group_Music** | | | | | |
| ก็มาดิคะ - ยุ่งยิ่ง กนกนันทน์ feat.Night tingle (OFFICIAL MV)(0).mp4 | 100.18 | 99.80 | 100.02 | 99.91 | 100.61 |
| ขอบใจเด้อ - ศาล สานศิลป์ เซิ้ง Music.mp3 | 97.79 | 97.87 | 99.70 | 98.20 | 98.06 |
| ขอโอกาสแหน่เด้อ - บอย พนมไพร.mp3 | 93.94 | 94.13 | 98.71 | 94.39 | 94.27 |
| คนละฟ้า - แจ็ค ลูกอีสาน ( Official Music Video).mp3 | 96.01 | 96.13 | 99.15 | 96.58 | 96.27 |
| คืนมาสาหล่า - แจ๊คลูกอีสาน (Official MV).mp3 | 97.33 | 97.38 | 99.50 | 97.74 | 97.56 |
| คืนมาสาหล่า - แจ๊คลูกอีสาน (Official MV).wav | 89.85 | 92.86 | 96.44 | 98.34 | 89.33 |
| แจ็คลูกอีสาน คำแม่แจ็ค ลูกอีสาน.mp3 | 96.69 | 96.86 | 99.54 | 97.26 | 97.04 |
| เด่อเดี่ยงด่าง l ลำไย ไหทองคำ.wmv | 95.62 | 95.78 | 99.24 | 97.20 | 95.29 |
| เด่อเดี่ยงด่าง.wmv | 90.47 | 91.60 | 98.52 | 93.02 | 90.77 |
| นอนสาหล่า - สมาร์ท วาทโยธา.mp4 | 100.31 | 99.77 | 100.10 | 99.90 | 100.54 |
| นอนสาหล่า.avi | 99.77 | 99.61 | 100.02 | 99.82 | 100.03 |
| นอนสาหล่า.mp4 | 100.36 | 99.95 | 100.03 | 99.95 | 101.00 |
| บ่งีดจักเม็ด.wmv | 96.14 | 96.56 | 99.35 | 97.83 | 95.26 |
| บัดนี้ - แจ็ค ลูกอีสาน ( Official MV).wav | 96.92 | 97.25 | 97.98 | 99.67 | 95.62 |
| ปี้(จน)ป่น - เอ มหาหิงค์ feat.บัว กมลทิพย์ Cover MV น้องน้ำฝน พี่ดี้.mp4 | 99.91 | 99.57 | 100.00 | 99.66 | 100.62 |
| เป้ ภาณุชัย พรสวรรค์ ท็อปไลน์EP.1.mp3 | 99.43 | 99.49 | 99.74 | 99.87 | 99.69 |
| ผู้สาวมักอ้ายบ่ - น้องเอเชีย [Cover MV] น้องอินดี้ น้องนุ่น บะเคชิตี้.mp4 | 100.16 | 99.77 | 100.02 | 99.78 | 101.02 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.avi | 97.49 | 97.73 | 99.90 | 98.76 | 97.41 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.mp4 | 100.21 | 99.82 | 100.02 | 99.82 | 101.08 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.wmv | 95.53 | 94.85 | 97.56 | 96.92 | 94.52 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.avi | 96.83 | 97.29 | 99.82 | 98.58 | 96.79 |
| พ่อค้าน้อย.mp4 | 100.26 | 99.86 | 100.02 | 99.86 | 101.13 |
| พ่อค้าน้อย.wmv | 97.98 | 97.98 | 99.46 | 99.10 | 97.82 |
| ฟังเพลิน3ชม ขับรถ, ทำงาน , บุญบ้าน, เอ อนุชา กุ้ง สุภาพร.mp3 | 99.64 | 99.70 | 99.79 | 100.01 | 99.94 |
| ฟังเพลิน3ชม ขับรถ, ทำงาน , บุญบ้าน, เอ อนุชา กุ้ง สุภาพร.wav | 82.52 | 90.78 | 91.25 | 100.00 | 83.56 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม(0).mp4 | 100.31 | 99.90 | 100.03 | 99.93 | 100.75 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม.mp4 | 100.30 | 99.89 | 100.02 | 99.93 | 100.75 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม.wmv | 98.08 | 97.94 | 99.49 | 99.01 | 97.85 |
| รวมเพลง มนต์แคน แก่นคูน 15 เพลงฮิตจากบ่าวเสียงสุดสะแนน.mp3 | 99.57 | 99.65 | 99.82 | 99.96 | 99.86 |
| รวมเพลง มนต์แคน แก่นคูน 15 เพลงฮิตจากบ่าวเสียงสุดสะแนน.wav | 96.46 | 97.89 | 98.12 | 99.94 | 96.29 |
| รวมเพลงลูกทุ่งเจ็บ ๆโดน ๆซึ้ง ๆฟังแล้วน้ำตาจิไหล ยอดฮิตใหม่ล่าสุด2019.mp3 | 98.12 | 98.24 | 99.62 | 98.68 | 98.42 |
| รวมเพลงฮิต ผู้บ่าวไทบ้าน ซุปตาร์อีสาน l | 99.46 | 99.76 | 99.85 | 100.00 | 99.86 |

### 3. ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการบีบอัดข้อมูล (Compression Ratio) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : ร้อยละขนาดไฟล์) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| หนุ่ม น.ป.ข. , อส. รอรัก , ดาวมีไว้เบิ่ง.mp3 | | | | | |
| รักติดไซเรน (My Ambulance) - ไอซ์ พาริส, แพรวา ณิชาภัทร [Official MV] Nadao Music.avi | 98.37 | 98.84 | 99.93 | 99.55 | 98.03 |
| หมอลำลงทุ่ง ลงนา.mp3 | 88.00 | 89.71 | 96.27 | 93.00 | 86.61 |
| อุกก้า.avi | 99.54 | 99.53 | 100.02 | 99.72 | 99.67 |
| เอ อนุชา พาย้อนยุค 10 ปีคืนหลัง ฟังลำซิ่ง1990.mp3 | 95.23 | 95.72 | 99.07 | 97.32 | 95.21 |
| เอ อนุชา พาย้อนยุค 10 ปีคืนหลัง ฟังลำซิ่ง1990.wav | 63.42 | 86.54 | 92.43 | 99.87 | 60.67 |
| เอาอย่างงี้.mp4 | 100.27 | 99.87 | 100.02 | 99.88 | 101.14 |
| **Total** | **81.62** | **82.30** | **107.11** | **87.18** | **78.52** |

### 4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลารวมทุกกระบวนการ (Overall Time) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : วินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| **หมวด : Group_Data** | | | | | |
| 000004.log | 2.33 | 0.24 | 34.35 | 0.11 | 2.02 |
| 101_Full.pdf | 105.13 | 6.65 | 1, 536.24 | 3.10 | 119.35 |
| 120Page.pdf | 52.68 | 3.79 | 741.94 | 1.70 | 58.94 |
| 132079212448625110.pdf | 124.34 | 5.76 | 2, 013.73 | 3.04 | 138.29 |
| 2.pdf | 5.40 | 1.49 | 86.95 | 0.22 | 6.14 |
| 3.pdf | 6.28 | 1.66 | 96.39 | 0.21 | 6.99 |
| 5000568.pdf | 104.26 | 4.94 | 1, 539.13 | 3.03 | 123.13 |
| 5000664.pdf | 104.36 | 4.85 | 1, 512.88 | 2.40 | 126.08 |
| 5001157.pdf | 163.45 | 7.79 | 2, 408.76 | 4.76 | 178.86 |
| 5001797.pdf | 357.17 | 21.78 | 4, 965.08 | 12.77 | 404.74 |
| 5100713.pdf | 141.72 | 6.67 | 1, 995.02 | 3.53 | 153.49 |
| 5100854.pdf | 25.35 | 6.96 | 366.01 | 0.62 | 28.95 |
| 5707319.pdf | 33.47 | 1.61 | 482.00 | 0.85 | 38.01 |
| 5707358.pdf | 59.65 | 2.78 | 847.49 | 1.41 | 70.19 |
| 5707901.pdf | 18.93 | 1.02 | 272.95 | 0.61 | 21.49 |
| 570790189.pdf | 11.57 | 3.22 | 193.74 | 0.40 | 15.52 |
| 61080810.pdf | 28.81 | 2.19 | 468.35 | 1.08 | 35.27 |

**4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลารวมทุกกระบวนการ (Overall Time) แยกเป็นไฟล์**

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : วินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| Append.pdf | 10.05 | 4.56 | 156.15 | 2.29 | 5.61 |
| ASPxPivotGrid.pdf | 10.18 | 2.24 | 153.87 | 0.33 | 11.78 |
| bch01.log | 0.09 | 0.07 | 0.25 | 0.07 | 0.10 |
| Book1.xlsx | 83.49 | 7.88 | 1, 378.87 | 4.05 | 118.26 |
| Book1d.xlsx | 13.87 | 3.31 | 210.34 | 0.71 | 18.87 |
| bootstrap_log.txt | 0.06 | 0.05 | 0.18 | 0.06 | 0.10 |
| CRM.xlsx | 305.91 | 26.15 | 4, 769.05 | 15.53 | 432.81 |
| DataConnections.xlsx | 80.72 | 24.97 | 1, 329.03 | 4.10 | 110.26 |
| DB_EDocuments_backup_2018_03_28_070000_9724092.bak | 0.93 | 0.23 | 27.71 | 0.10 | 2.84 |
| DB_EDocuments_Full_TranserEDoc_Completed.fbak | 11.05 | 2.98 | 325.84 | 0.75 | 31.07 |
| DPINST.LOG | 0.86 | 0.02 | 0.10 | 0.02 | 0.04 |
| h.pdf | 6.47 | 9.19 | 97.15 | 0.47 | 7.64 |
| large_empty.scss.txt | 0.77 | 0.07 | 396.48 | 0.08 | 3.67 |
| ngen.log | 0.52 | 0.09 | 14.34 | 0.12 | 0.83 |
| OKTest.pdf | 2.49 | 0.69 | 38.91 | 0.52 | 2.87 |
| PFRO.log | 0.25 | 0.10 | 2.73 | 0.08 | 0.27 |
| project-33.doc | 16.17 | 3.49 | 272.90 | 0.59 | 19.14 |
| Propersal.doc | 0.19 | 0.08 | 2.95 | 0.60 | 0.30 |
| Propersal_ส่งหัวเรื่องแล้ว.docx | 0.17 | 0.09 | 1.76 | 0.07 | 0.20 |
| setupapi.offline.20190318_215229.log | 2.54 | 0.12 | 91.55 | 0.12 | 3.54 |
| setupapi.offline.log | 1.96 | 1.04 | 34.11 | 0.10 | 1.99 |
| setupapi.upgrade.log | 3.99 | 1.01 | 67.38 | 0.16 | 4.49 |
| Spect TOR CallCenter.xlsx | 0.06 | 0.08 | 0.31 | 0.07 | 0.13 |
| svnserve.bak | 0.03 | 0.01 | 0.09 | 0.02 | 0.04 |
| WindowsUpdate.log | 0.02 | 0.05 | 0.05 | 0.20 | 0.07 |
| การบีบอัดข้อมูลในเครือข่าย(1).pdf | 8.63 | 2.13 | 132.73 | 0.36 | 9.74 |
| การบีบอัดเอกสารเอชทีเอ็มแอลบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ด้วยการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน(1).pdf | 1.11 | 0.31 | 17.34 | 0.28 | 1.23 |
| การพัฒนาอัลกอริทึมการบีบอัดแบบไม่สูญเสียข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน_New.docx | 1.71 | 0.55 | 29.79 | 0.43 | 1.81 |
| การศึกษาเปรียบเทียบวิธีบีบอัดข้อมูลที่เหมาะสม - 1.pdf | 0.60 | 0.25 | 9.65 | 0.20 | 0.69 |
| คลังร้อยเอ็ด.txt | 0.02 | 0.03 | 0.07 | 0.01 | 0.03 |
| คำอธิบาย LZMA.pdf | 1.17 | 0.44 | 16.64 | 1.29 | 1.24 |

## 4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลารวมทุกกระบวนการ (Overall Time) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : วินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| คู่มือการใช้งาน SSIS.pdf | 10.54 | 2.40 | 148.51 | 2.16 | 11.72 |
| ตัวอย่างระบบ CalIncome.doc | 1.73 | 0.41 | 26.96 | 0.22 | 1.86 |
| เทคนิคการสืบค้นสารสนเทศและทำเหมืองข้อความ.pdf | 10.00 | 2.74 | 142.12 | 0.39 | 11.45 |
| ใบเสนอราคา.doc | 0.07 | 0.05 | 0.52 | 0.08 | 0.16 |
| สูตรการตั้งสำรอง.xlsx | 1.42 | 1.78 | 20.91 | 1.47 | 1.45 |
| **หมวด : Group_Images** | | | | | |
| 001_55.tif | 0.69 | 0.06 | 0.38 | 0.07 | 0.10 |
| 001_60.tif | 0.10 | 0.10 | 0.40 | 0.06 | 0.12 |
| 58965.jpg | 28.13 | 9.16 | 293.25 | 5.74 | 31.03 |
| 9856.tif | 154.64 | 41.75 | 2, 294.78 | 58.53 | 249.25 |
| add-01.psd | 1.54 | 0.39 | 25.60 | 0.41 | 1.62 |
| BAY090-0001.tif | 12.04 | 1.67 | 125.12 | 2.27 | 22.18 |
| BAY090-0001-0003.tif | 9.33 | 1.87 | 122.00 | 2.25 | 19.04 |
| BAY127.jpg | 13.23 | 2.19 | 151.16 | 1.77 | 13.91 |
| BAY133.png | 14.27 | 2.05 | 153.36 | 1.97 | 17.16 |
| BAY133.psd | 13.16 | 6.35 | 162.54 | 6.61 | 14.45 |
| BAY141.gif | 13.58 | 4.29 | 136.94 | 1.83 | 13.84 |
| BAY294.JPG | 3.17 | 0.47 | 33.54 | 0.49 | 3.86 |
| binoculars-01.psd | 4.66 | 1.22 | 80.77 | 1.15 | 4.74 |
| Cancel.gif | 0.93 | 0.08 | 0.07 | 0.02 | 0.07 |
| CD.gif | 0.08 | 0.03 | 0.06 | 0.07 | 0.16 |
| delicius.psd | 3.54 | 0.52 | 73.79 | 0.76 | 4.85 |
| DesktopKeepOnToastImg.gif | 0.81 | 0.41 | 7.59 | 0.17 | 0.78 |
| KTB586.JPG | 2.70 | 0.47 | 28.64 | 0.43 | 2.46 |
| KTB638.JPG | 2.69 | 0.47 | 29.09 | 0.48 | 3.31 |
| KTB656.JPG | 3.19 | 0.58 | 31.18 | 0.54 | 5.42 |
| KTB793.JPG | 1.50 | 0.34 | 15.62 | 0.25 | 1.44 |
| logo.png | 0.07 | 0.09 | 0.32 | 0.38 | 0.11 |
| mail.psd | 3.63 | 0.51 | 61.72 | 0.70 | 4.73 |
| mAINn.psd | 80.72 | 58.65 | 989.01 | 49.08 | 124.91 |
| Musics.png | 1.82 | 0.34 | 15.71 | 0.93 | 2.55 |
| noimage.png | 0.09 | 0.06 | 0.24 | 0.05 | 0.19 |
| Office Publisher.png | 0.67 | 0.75 | 5.33 | 0.14 | 0.57 |

## 4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลารวมทุกกระบวนการ (Overall Time) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : วินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| ok.psd | 183.05 | 50.96 | 1, 991.73 | 117.19 | 234.05 |
| ok.tif | 141.35 | 64.92 | 2, 217.33 | 56.70 | 236.10 |
| OnInstallSnapshot.png | 2.17 | 0.40 | 22.68 | 0.34 | 1.96 |
| oobe-bookend-cortanain.gif | 0.39 | 0.14 | 3.42 | 0.12 | 0.40 |
| Page1_WebChartControl1_ChartsImage.bmp | 1.89 | 0.08 | 15.96 | 0.06 | 0.61 |
| PageNotFound.png | 0.17 | 0.06 | 1.08 | 0.06 | 0.21 |
| Recycle-Bin-Basic-Empty.png | 1.00 | 0.18 | 8.43 | 0.22 | 1.06 |
| reminder.gif | 0.39 | 0.11 | 4.20 | 0.11 | 0.32 |
| s.png | 2.79 | 0.50 | 26.76 | 0.77 | 3.05 |
| sprite.gif | 0.14 | 0.06 | 0.19 | 0.07 | 0.06 |
| TextBox สำหรับ Username.jpg | 0.04 | 0.05 | 0.09 | 0.06 | 0.09 |
| WelcomeFax.tif | 0.24 | 0.13 | 2.57 | 0.09 | 0.24 |
| win7-desktop-green-bg.jpg | 2.55 | 2.77 | 25.74 | 0.38 | 3.23 |
| YaaHoo.psd | 131.85 | 38.95 | 1, 853.21 | 51.96 | |
| ZPLDZ.psd | 116.57 | 49.27 | 1, 829.60 | 57.96 | 264.28 |
| **หมวด : Group_Music** | | | | | |
| ก็มาดิคะ - ยุ่งยิ่ง กนกนันทน์ feat.Night tingle (OFFICIAL MV)(0).mp4 | 112.34 | 5.96 | 2, 108.93 | 3.33 | 130.66 |
| ขอบใจเด้อ - ศาล สานศิลป์ เชิ้ง Music.mp3 | 7.47 | 3.34 | 121.76 | 0.25 | 7.90 |
| ขอโอกาสแหน่เด้อ - บอย พนมไพร.mp3 | 8.02 | 3.33 | 124.72 | 2.02 | 8.89 |
| คนละฟ้า - แจ็ค ลูกอีสาน ( Official Music Video).mp3 | 9.22 | 4.76 | 140.60 | 0.30 | 10.33 |
| คืนมาสาหล่า - แจ๊คลูกอีสาน (Official MV).mp3 | 8.06 | 3.52 | 130.25 | 0.23 | 9.09 |
| คืนมาสาหล่า - แจ๊คลูกอีสาน (Official MV).wav | 84.64 | 7.16 | 1, 544.40 | 2.84 | 109.87 |
| แจ็คลูกอีสาน คำแม่แจ็ค ลูกอีสาน.mp3 | 7.51 | 3.76 | 129.98 | 0.22 | 8.69 |
| เด๋อเดี่ยงด่าง l ลำไย ไหทองคำ.wmv | 5.88 | 3.51 | 104.89 | 0.26 | 7.50 |
| เด๋อเดี่ยงด่าง.wmv | 8.41 | 3.91 | 145.27 | 0.34 | 10.43 |
| นอนสาหล่า - สมาร์ท วาทโยธา.mp4 | 6.32 | 2.68 | 103.74 | 0.21 | 6.97 |
| นอนสาหล่า.avi | 87.22 | 5.32 | 1, 408.68 | 2.04 | 105.07 |
| นอนสาหล่า.mp4 | 45.34 | 2.23 | 697.44 | 1.13 | 52.35 |
| บ่จืดจักเม็ด.wmv | 188.49 | 14.75 | 2, 953.73 | 8.49 | 231.21 |
| บัดนี้ - แจ็ค ลูกอีสาน ( Official MV).wav | 110.34 | 8.35 | 1, 910.72 | 2.81 | 131.78 |
| ปี้(จน)ป่น - เอ มหาหิงค์ feat.บัว กมลทิพย์ Cover MV น้องน้ำฝน พี่ดี้.mp4 | 53.40 | 2.60 | 788.55 | 1.35 | 57.45 |
| เป้ ภาณุชัย พรสวรรค์ ท็อปไลน์EP.1.mp3 | 131.64 | 81.12 | 2, 369.65 | 3.55 | 154.97 |
| ผู้สาวมักอ้ายบ่ - น้องเอเชีย [Cover MV] น้องอินดี้ น้องนุ่น บะเคซิตี้.mp4 | 155.53 | 7.60 | 150.76 | 3.95 | 180.61 |

## 4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลารวมทุกกระบวนการ (Overall Time) แยกเป็นไฟล์

| ชื่อไฟล์ | อัลกอริทึม (อัตราส่วน : วินาที) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | BZip2 | DEFLATE | Huffman Coding | LZ4 | LZMA |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.avi | 33.73 | 13.56 | 1, 312.72 | 1.05 | 39.73 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.mp4 | 254.28 | 13.68 | 133.24 | 7.47 | 300.11 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ [Cover MV] น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.wmv | 11.75 | 11.40 | 683.13 | 0.50 | 14.50 |
| ฝนเทลงมา - กาเน็ต สะเลอปี้ น้องอินดี้ ทีมเต้น บะเคชิตี้.avi | 102.84 | 7.24 | 1, 852.28 | 3.27 | 123.90 |
| พ่อค้าน้อย.mp4 | 131.25 | 6.03 | 2, 302.13 | 5.55 | 149.21 |
| พ่อค้าน้อย.wmv | 69.63 | 50.12 | 1, 127.86 | 2.23 | 83.07 |
| ฟังเพลิน3ชม ขับรถ, ทำงาน , บุญบ้าน, เอ อนุชา กุ้ง สุภาพร.mp3 | 307.49 | 23.84 | 4, 736.09 | 8.33 | 376.95 |
| ฟังเพลิน3ชม ขับรถ, ทำงาน , บุญบ้าน, เอ อนุชา กุ้ง สุภาพร.wav | 347.77 | 31.85 | 5, 448.09 | 10.26 | 476.58 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม(0).mp4 | 94.65 | 4.86 | 1, 398.21 | 2.42 | 107.21 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม.mp4 | 117.55 | 5.71 | 2, 146.93 | 3.15 | 133.13 |
| รถแห่รถยู้ (ปีะโล๊งโป๊งฉิ่ง) - น้อง ทิวเทน Cover MV โดย น้องโปรแกรม.wmv | 111.45 | 8.74 | 2, 014.01 | 3.82 | 136.40 |
| รวมเพลง มนต์แคน แก่นคูน 15 เพลงฮิตจากบ่าวเสียงสุดสะแนน.mp3 | 97.59 | 69.35 | 1, 729.12 | 2.36 | 116.02 |
| รวมเพลง มนต์แคน แก่นคูน 15 เพลงฮิตจากบ่าวเสียงสุดสะแนน.wav | 86.66 | 6.68 | 1, 638.44 | 2.39 | 105.57 |
| รวมเพลงลูกทุ่งเจ็บ ๆโดน ๆซึ้ง ๆฟังแล้วน้ำตาจิไหล ยอดฮิตใหม่ล่าสุด2019.mp3 | 141.30 | 10.72 | 2, 657.39 | 3.80 | 162.75 |
| รวมเพลงฮิต ผู้บ่าวไทบ้าน ซุปตาร์อีสาน เ หนุ่ม น.ป.ข. , อส. รอรัก , ดาวมีไว้เบิ่ง.mp3 | 102.62 | 7.73 | 1, 920.81 | 2.88 | 119.26 |
| รักติดไซเรน (My Ambulance) - ไอซ์ พาริส, แพรวา ณิชาภัทร [Official MV] Nadao Music.avi | 230.70 | 16.44 | 265.64 | 7.00 | 274.61 |
| หมอลำลงทุ่ง ลงนา.mp3 | 46.08 | 25.11 | 742.79 | 3.24 | 62.88 |
| อุกก้า.avi | 114.92 | 7.34 | 2, 199.93 | 2.93 | 139.02 |
| เอ อนุชา พาย้อนยุค 10 ปีคืนหลัง ฟังลำซิ่ง1990.mp3 | 53.70 | 30.34 | 884.09 | 2.49 | 66.56 |
| เอ อนุชา พาย้อนยุค 10 ปีคืนหลัง ฟังลำซิ่ง1990.wav | 101.97 | 10.39 | 2, 441.11 | 3.67 | 166.46 |
| เอาอย่างงี้.mp4 | 166.66 | 7.51 | 5, 793.30 | 4.00 | 188.67 |
| **Total** | **54.87** | **9.72** | **837.98** | **7.38** | **70.88** |

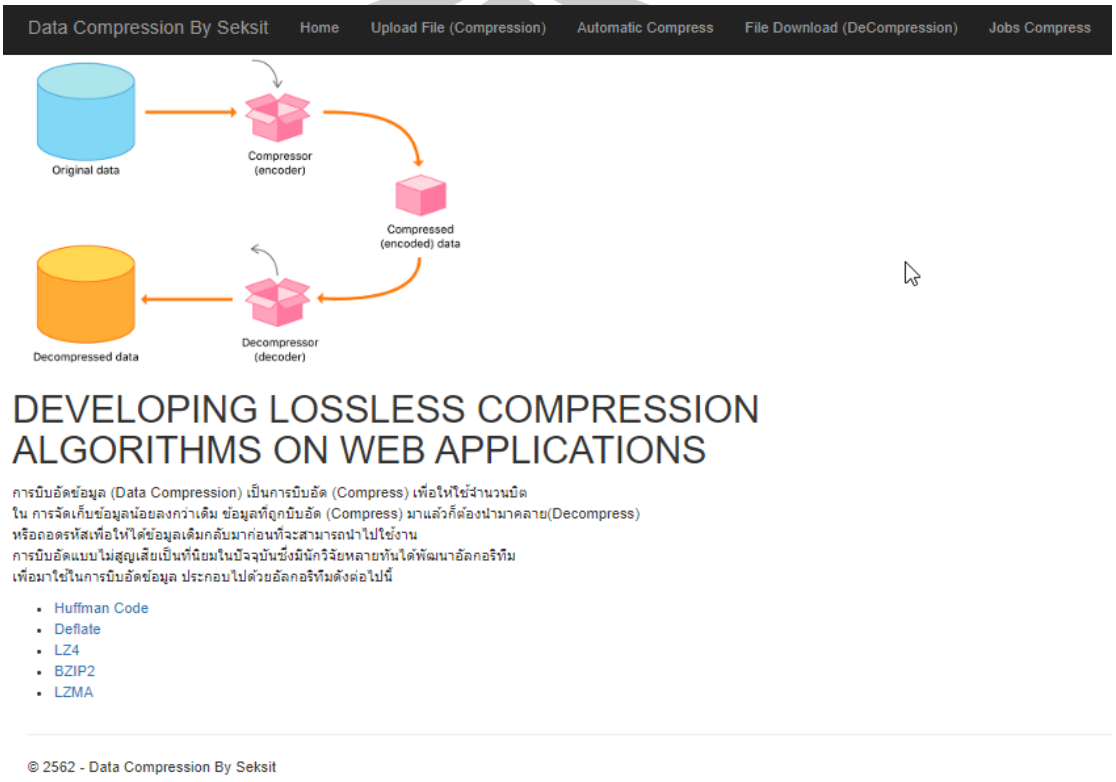
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

# ภาคผนวก ข

# คู่มือใช้งานระบบ

**1. ขั้นตอนการเข้าใช้งานระบบ**

ให้เปิด Internet Explorer หรือ Google Chrome ขึ้นมา จากนั้นระบุ URL : http://192.168.1.26/Comperssion ตรงช่อง Addressbar และกดปุ่ม Enter




**รูปที่ ข1** หน้าหลักโปรแกรม

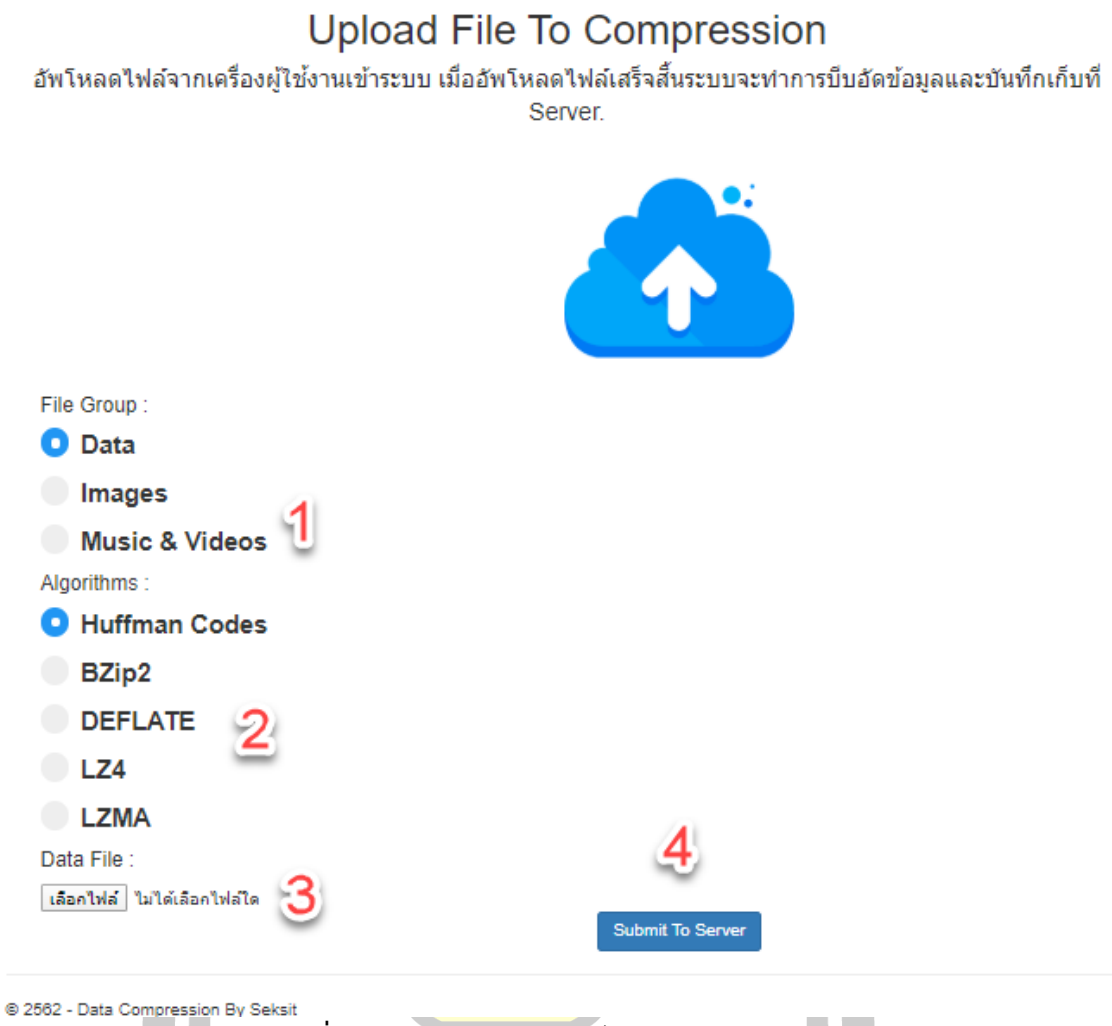
เมื่อเข้าระบบได้ จะปรากฏหน้าหลักของโปรแกรม ซึ่งประกอบไปด้วยเมนูหลัก ๆ ดังนี้

- Menu Home คือ หน้าหลักของโปรแกรม
- Menu Upload (Compression) คือเมนูในการอัพโหลดไฟล์ลงระบบและบีบอัดไฟล์ข้อมูล
- Menu Automatic Compression คือเมนูในการสร้างต้นแบบการบีบอัดอัตโนมัติ
- Menu File Download (Decompression) คือเมนูในการแสดงผลไฟล์ในระบบและดาวน์โหลดไฟล์ไปใช้งาน
- Menu Jobs Compression คือเมนูในการสร้างการทดสอบการบีบอัดแบบเป็น Jobs

**2. ขั้นตอนการอัพโหลดไฟล์เข้าระบบ และทำการบีบอัดไฟล์ข้อมูล**

ให้คลิกเลือก -> Menu Upload (Compression) จะปรากฏหน้าที่ทำหน้าในการอัพโหลดไฟล์

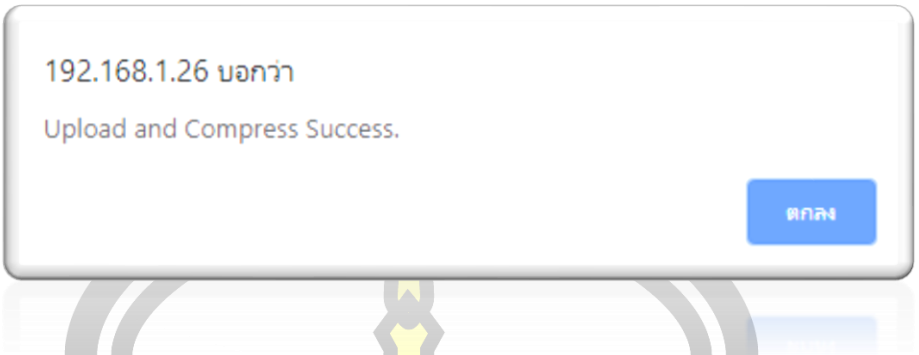
ลงระบบ และบีบอัดไฟล์ตามอัลกอริทึมที่เลือก โดยมีหน้าจอการทำงาน ดังรูปที่ ข2




**รูปที่ ข2** หน้าจอการอัพโหลดไฟล์และบีบอัดข้อมูล

หน้าจอในการอัพโหลดไฟล์เพื่อทำการบีบอัดข้อมูล ซึ่งมีขั้นตอนในการใช้งาน ดังนี้

- เลือกหมวดหมู่ไฟล์เอกสารที่ต้องการ
- เลือกอัลกอริทึมที่ต้องการบีบอัด
- เลือกไฟล์ที่ต้องการอัพโหลดเข้าระบบ เมื่อทำการเลือกข้อมูลทุกขั้นตอนแล้ว จากนั้นให้กดปุ่ม Submit To Server เพื่ออัพโหลดไฟล์ลงจัดเก็บที่เครื่องบริการเว็บ และทำการประมวลผลการบีบอัดตามอัลกอริทึมที่เลือก เมื่อระบบทำงานเสร็จสิ้นจะปรากฏหน้าต่างแจ้งเตือนการทำงานดังรูปที่ ข3




**รูปที่ ข3** แจ้งเตือนสถานการณ์อัพโหลด

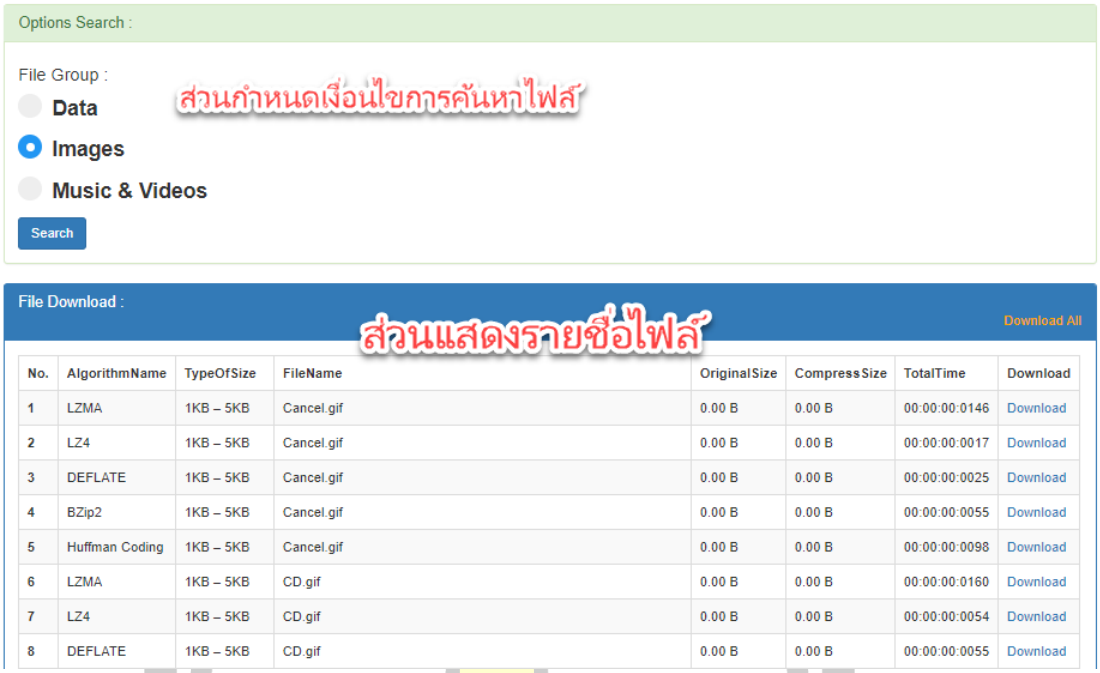
เมื่อไฟล์ถูกประมวลผลการบีบอัดข้อมูลแล้วจะทำการบันทึกจัดเก็บไว้บนเครื่องบริการเว็บ โดยจะทำการเปลี่ยนนามสกุลไฟล์จากเดิมโดยทำการเพิ่มตัวย่อของอัลกอริทึมที่ใช้ในการบีบอัดเข้าไปด้วยทุกไฟล์ ดังรูปที่ ข4

| Name | Date modified | Type | Size |
|---|---|---|---|
| การบีบอัดเอกสารเอชทีเอ็มแอลบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ด้วยการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน(1).pdf.hmc | 30/10/2562 23:04 | HMC File | 716 KB |
| การบีบอัดเอกสารเอชทีเอ็มแอลบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ด้วยการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน(1).pdf.bz2 | 30/10/2562 23:04 | WinRAR archive | 650 KB |
| การบีบอัดเอกสารเอชทีเอ็มแอลบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ด้วยการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน(1).pdf.df | 30/10/2562 23:04 | DF File | 652 KB |
| การบีบอัดเอกสารเอชทีเอ็มแอลบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ด้วยการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน(1).pdf.lz4 | 30/10/2562 23:04 | LZ4 File | 659 KB |
| การบีบอัดเอกสารเอชทีเอ็มแอลบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ด้วยการเข้ารหัสแบบฮัฟแมน(1).pdf.lzma | 30/10/2562 23:04 | LZMA File | 651 KB |
| คำอธิบาย LZMA.pdf.hmc | 30/10/2562 23:04 | HMC File | 690 KB |
| คำอธิบาย LZMA.pdf.bz2 | 30/10/2562 23:04 | WinRAR archive | 630 KB |
| คำอธิบาย LZMA.pdf.df | 30/10/2562 23:04 | DF File | 616 KB |
| คำอธิบาย LZMA.pdf.lz4 | 30/10/2562 23:04 | LZ4 File | 634 KB |
| คำอธิบาย LZMA.pdf.lzma | 30/10/2562 23:04 | LZMA File | 610 KB |
| สูตรการตั้งสำรอง.xlsx.hmc | 30/10/2562 23:04 | HMC File | 733 KB |
| สูตรการตั้งสำรอง.xlsx.bz2 | 30/10/2562 23:04 | WinRAR archive | 722 KB |
| สูตรการตั้งสำรอง.xlsx.df | 30/10/2562 23:04 | DF File | 721 KB |
| สูตรการตั้งสำรอง.xlsx.lz4 | 30/10/2562 23:04 | LZ4 File | 727 KB |
| สูตรการตั้งสำรอง.xlsx.lzma | 30/10/2562 23:04 | LZMA File | 719 KB |
| CompressionHuffman.pdf.bz2 | 29/1/2563 9:44 | WinRAR archive | 650 KB |

**รูปที่ ข4** โครงสร้างไฟล์ที่ถูกจัดเก็บบนเครื่องบริการเว็บ

**3. ขั้นตอนการดาวน์โหลดไฟล์และคลายการบีบอัดข้อมูล**

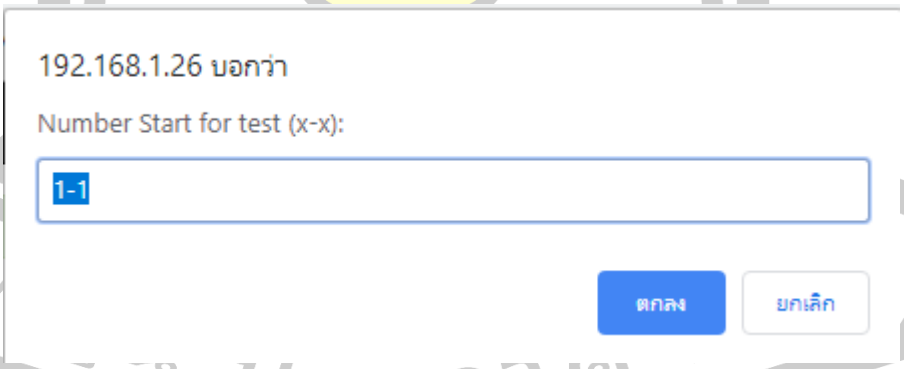
ให้คลิกเลือก -> Menu File Download (Decompression) จะปรากฏรายการไฟล์เอกสารต่าง ๆ ที่ได้ทำการอัพโหลดเข้ามาจัดเก็บในระบบ โดยระบบจะทำการจัดไฟล์ตามหมวดหมู่ไฟล์ ดังรูปที่ ข5




| No. | AlgorithmName | TypeOfSize | FileName | OriginalSize | CompressSize | TotalTime | Download |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | LZMA | 1KB – 5KB | Cancel.gif | 0.00 B | 0.00 B | 00:00:00:0146 | Download |
| 2 | LZ4 | 1KB – 5KB | Cancel.gif | 0.00 B | 0.00 B | 00:00:00:0017 | Download |
| 3 | DEFLATE | 1KB – 5KB | Cancel.gif | 0.00 B | 0.00 B | 00:00:00:0025 | Download |
| 4 | BZip2 | 1KB – 5KB | Cancel.gif | 0.00 B | 0.00 B | 00:00:00:0055 | Download |
| 5 | Huffman Coding | 1KB – 5KB | Cancel.gif | 0.00 B | 0.00 B | 00:00:00:0098 | Download |
| 6 | LZMA | 1KB – 5KB | CD.gif | 0.00 B | 0.00 B | 00:00:00:0160 | Download |
| 7 | LZ4 | 1KB – 5KB | CD.gif | 0.00 B | 0.00 B | 00:00:00:0054 | Download |
| 8 | DEFLATE | 1KB – 5KB | CD.gif | 0.00 B | 0.00 B | 00:00:00:0055 | Download |

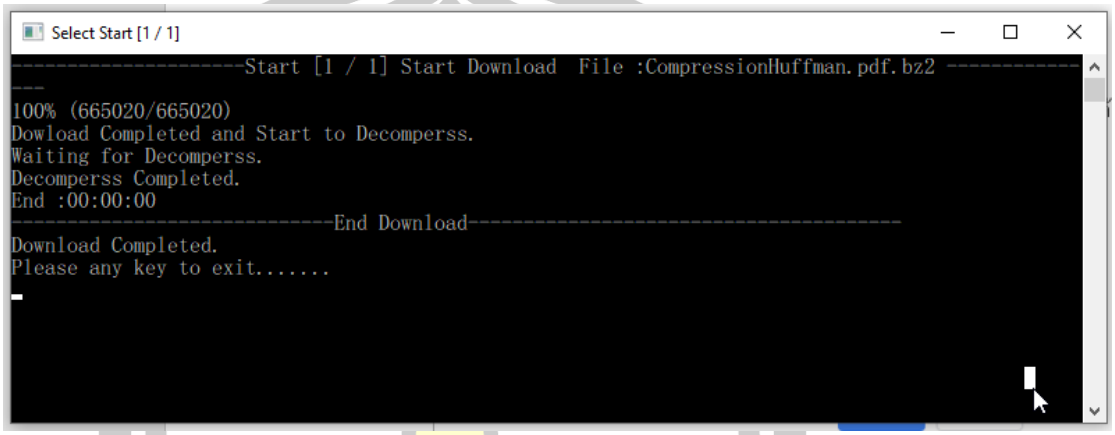
**รูปที่ ข5** แสดงรายชื่อไฟล์ที่อัพโหลดเข้าระบบ

ขั้นตอนในการค้นหาไฟล์ ขั้นตอนแรกต้องกำหนดเงื่อนไขในการค้นหาไฟล์ก่อน เมื่อเลือกหมวดหมู่ไฟล์เสร็จเรียบร้อยให้กดปุ่ม Search ระบบจะทำการแสดงรายการไฟล์ตามที่กำหนดในเงื่อนไข พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดในแต่ละไฟล์ดังรูปที่ ข5 ในการดาวน์โหลดไฟล์เอกสารสามารถทำได้โดยคลิกที่ Column Download ที่ไฟล์ที่ต้องการ หลังจากที่คลิกปุ่มดาวน์โหลด จะปรากฏหน้าต่างสอบถามจำนวนรอบที่ต้องการทดสอบ ดังรูปที่ ข6




**รูปที่ ข6** แสดงหน้าต่างสอบถามจำนวนรอบในการทดสอบ

หลังจากกดปุ่ม **ตกลง** ระบบจะทำการส่งค่าพารามิเตอร์ไฟล์ที่ต้องการดาวน์โหลดและคลายข้อมูลไปให้โปรแกรมดาวน์โหลดไฟล์ เมื่อโปรแกรมดาวน์โหลดไฟล์เริ่มทำงานจะปรากฏหน้าต่างโปรแกรมดังรูปที่ ข7



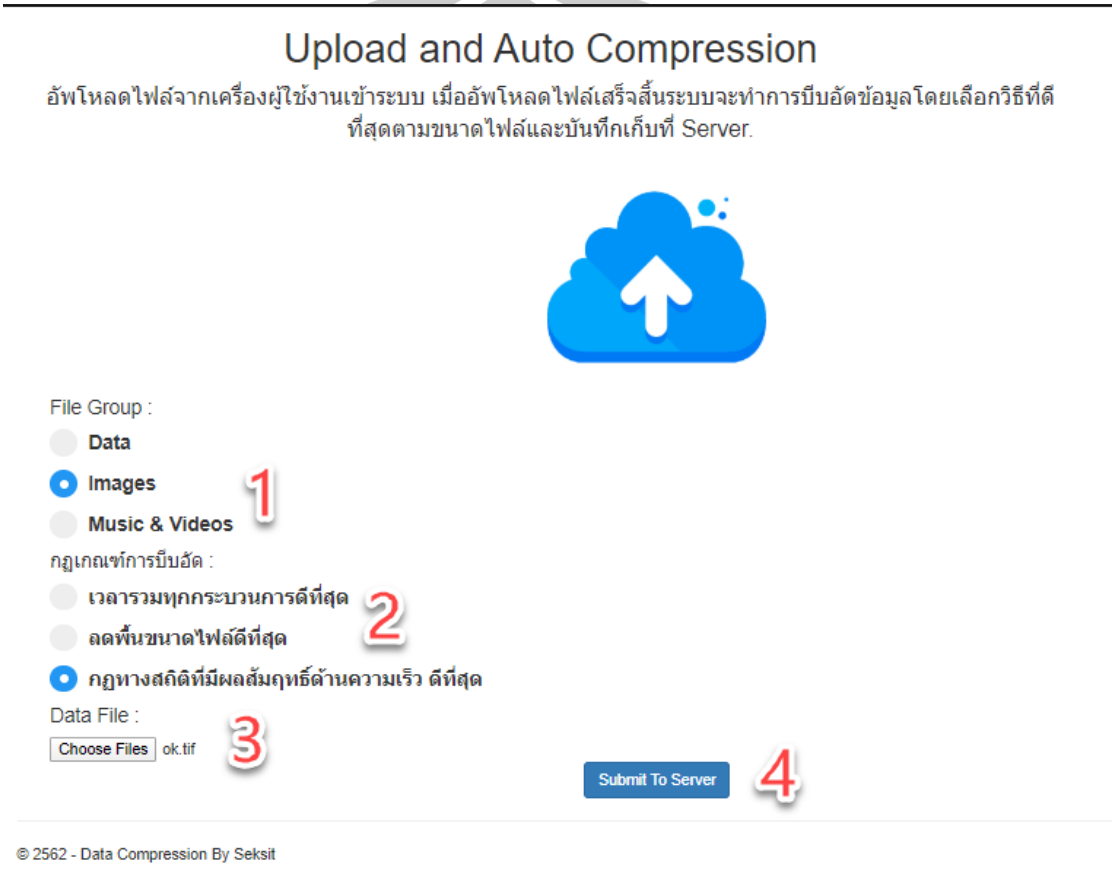

**รูปที่ ข7** โปรแกรมดาวน์โหลดและคลายการบีบอัดข้อมูล

เมื่อโปรแกรมดาวน์โหลดไฟล์เอกสารเสร็จเรียบร้อย โปรแกรมจะทำการคลายการบีบอัดข้อมูลโดยการตรวจสอบนามสกุลไฟล์ก่อนทุกครั้ง เพราะนามสกุลไฟล์จะเป็นตัวบ่งบอกอัลกอริทึมที่ใช้ในการบีบอัด เมื่อโปรแกรมทำการคลายข้อมูลเสร็จเรียบร้อย จะแสดงรายละเอียดเวลาการทำงานทั้งหมดและจบการทำงาน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

**4. ขั้นตอนการใช้งานต้นแบบการบีบอัดข้อมูล**

ให้คลิกเลือก -> Menu Automatic Compression จะปรากฏหน้าจอการใช้งานระบบการบีบอัดไฟล์อัตโนมัติ ดังรูปที่ ข8

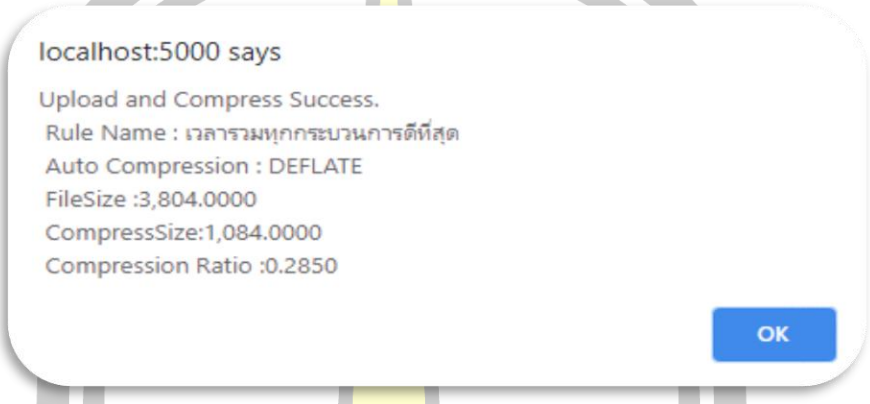



**รูปที่ ข8** หน้าหลักต้นแบบการบีบอัดข้อมูล

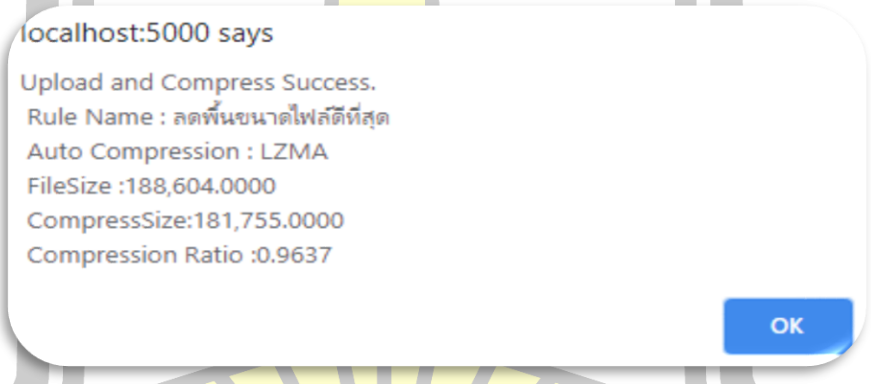
การใช้งานโปรแกรมต้นแบบการบีบอัดข้อมูลมีขั้นตอนการใช้งานดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ให้เลือกหมวดไฟล์ที่ต้องการ
- ขั้นตอนที่ 2 ให้เลือกประเภทกฎเกณฑ์ที่ต้องการบีบอัด โดยระบบจะทำการเลือกอัลกอริทึมที่ดีที่สุด ตามกฎเกณฑ์ในแต่ละประเภทกฎเกณฑ์มาให้อัตโนมัติ
- ขั้นตอนที่ 3 ให้เลือกไฟล์ที่ต้องการอัพโหลดเข้าระบบ และทำการบีบอัดไฟล์ข้อมูล
- ขั้นตอนที่ 4 เมื่อเลือกไฟล์ที่ต้องการอัพโหลดเสร็จเรียบร้อย ให้กดปุ่ม Submit To Server ระบบจะทำการอัพโหลดไฟล์ที่เลือกเข้าระบบก่อน หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบประเภทของไฟล์ที่อัพโหลดเข้ามา พร้อมกับดูขนาดไฟล์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เพื่อค้นหาอัลกอริทึมที่เหมาะสมกับประเภทไฟล์นั้น ๆ เมื่อได้อัลกอริทึมที่ดีและเหมาะสมกับไฟล์ ระบบจะทำการประมวลผลการบีบอัดและบันทึกจัดเก็บไฟล์ลงระบบ โดยนามสกุล

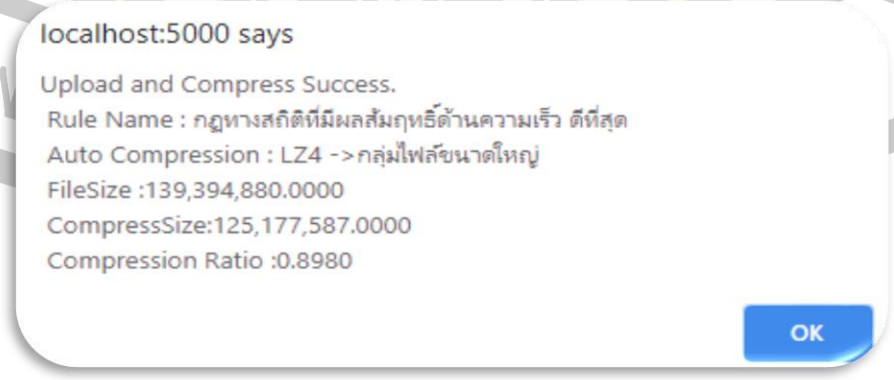
ไฟล์ของแต่ละไฟล์จะตามด้วยอัลกอริทึมที่ทำการบีบอัดด้วยเสมอ เนื่องจากไฟล์นามสกุลจะเป็นการบ่งบอกอัลกอริทึมที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูล เมื่อมีการคลายข้อมูลระบบจะประมวลผลการคลายข้อมูลได้ถูกต้องตามอัลกอริทึมที่มีการบีบอัด เมื่อโปรแกรมทำงานเสร็จเรียบร้อยจะแสดงหน้าต่างแจ้งเตือนการทำงานดังรูปที่ ข9, ข10, ข11




**รูปที่ ข9** หน้าต่างแจ้งเตือนการทำงานประเภทเวลารวมดีที่สุด




**รูปที่ ข10** หน้าต่างแจ้งเตือนการทำงาน ประเภทลดขนาดไฟล์ดีที่สุด




**รูปที่ ข11** หน้าต่างแจ้งเตือนการทำงานประเภทกฎทางสถิติที่มีความน่าจะเป็น ดีที่สุด

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| **ชื่อ** | นายเศกสิทธิ์ พจมาร |
| **วันเกิด** | 20 พฤษภาคม 2528 |
| **สถานที่เกิด** | 66/10 ต.หนองบัวแก้ว อ.พยัคฆภูมิพิสัย จ.มหาสารคาม |
| **สถานที่อยู่ปัจจุบัน** | 212 ม.9 ต.บึงเกลือ อ.เสลภูมิ จ.ร้อยเอ็ด 45120 |
| **ตำแหน่งหน้าที่การงาน** | นักพัฒนาระบบ ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ |
| **สถานที่ทำงานปัจจุบัน** | บรรษัทประกันสินเชื่ออุตสาหกรรมขนาดย่อม (บสย.) สำนักงานใหญ่ กรุงเทพมหานคร |
| **ประวัติการศึกษา** | 2551 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม<br>2563 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว