บทที่ 5
การวิจัยและการประเมินผล

5.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น

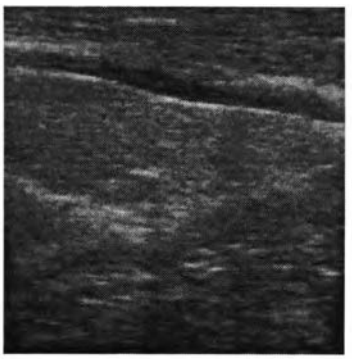
ในเบื้องต้น ได้ทำการทดลองส่งภาพผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยใช้เกณฑ์วิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่เกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพี และยูดีพี เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการส่งภาพโดยทั่วไปเมื่อไม่มีการบีบอัดข้อมูลภาพ จากนั้นได้ทำการทดลองส่งภาพที่มีการบีบอัดข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตร่วมกับสถาปัตยกรรมเอแอลเอฟ เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของการส่งภาพโดยอาศัยหลักการเอแอลเอฟเมื่อเทียบกับการส่งภาพผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยทั่วไป

ในการทดลอง ที่ภาคส่ง (หรือไคลเอนท์) ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีซีพียูเป็น Intel Pentium MMX Processor ความเร็ว 166 MHz มี RAM ขนาด 32 MB และใช้โมเด็มขนาด 33.6 Kbps เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายของจุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย (ChulaPPP) ในขณะที่ภาครับ (หรือเซิร์ฟเวอร์) ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีซีพียูเป็น AMD K6-II Processor ความเร็ว 450 MHz มี RAM ขนาด 64 MB และใช้โมเด็มขนาด 56 Kbps เชื่อมต่อเข้าสู่ระบบอินเทอร์เน็ตผ่านโครงข่ายของบริษัทเอเชีย อินโฟเน็ท จำกัด (ASIANET) โดยมีเส้นทางการเดินทางของข้อมูลดังต่อไปนี้

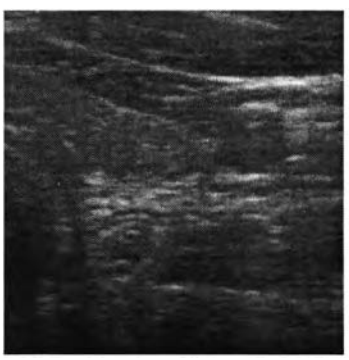
161.200.128.192 →
161.200.128.252 →
161.200.255.157 →
161.200.255.177 →
161.200.255.174 →
202.28.0.254 →
202.28.18.35 →
202.28.18.125 →
202.47.255.20 →
203.144.247.70 →
203.144.254.46 →
203.144.254.134

สำหรับภาพที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นชุดภาพอัลตร้าซาวน์ของต่อมไทรอยด์ จำนวน 4 ภาพ ที่มีรูปแบบของภาพเป็นแบบแผนที่บิตในโทนสีเทา (Gray-scale bit map file) โดยแต่ละภาพมีจำนวนจุดภาพเป็น 256×256 จุดภาพ และมีขนาด 66,616 (66 K) ไบต์ ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ถึงรูปที่ 5.4 ตามลำดับ

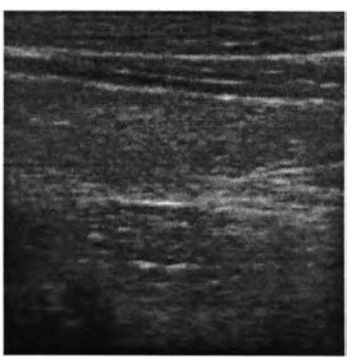
รูปที่ 5.1 ภาพทดสอบ THYROID01.BMP



รูปที่ 5.2 ภาพทดสอบ THYROID02.BMP



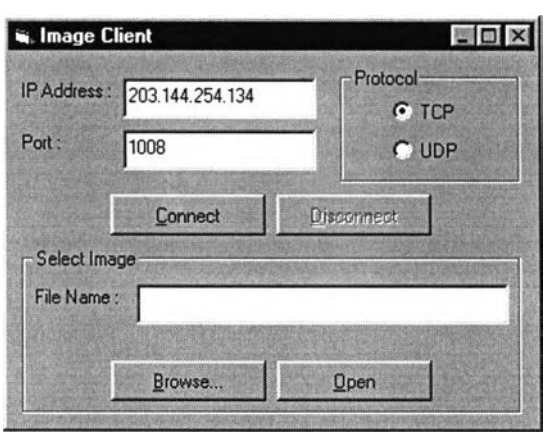
รูปที่ 5.3 ภาพทดสอบ THYROID03.BMP



รูปที่ 5.4 ภาพทดสอบ THYROID04.BMP

5.2 ขั้นตอนการทดลอง

เริ่มจากให้ไคลเอนท์เชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ โดยกำหนดหมายเลขที่อยู่ไอพีและหมายเลขพอร์ตสำหรับการเชื่อมต่อให้ถูกต้อง พร้อมทั้งเลือกเกณฑ์วิธีสำหรับใช้ในการส่งผ่านข้อมูล (ทีซีพีหรือยูดีพี) ดังแสดงในรูปที่ 5.5 จากนั้นจึงระบุชื่อภาพที่ต้องการส่งผ่านระบบอินเทอร์เน็ต และทำการส่ง ดังแสดงในรูปที่ 5.6 โดยกำหนดให้ภาพที่ส่งเป็นภาพที่ไม่มีการบีบอัดข้อมูล หรือเป็นภาพที่มีการบีบอัดข้อมูล หรือเป็นภาพที่มีการบีบอัดข้อมูลร่วมกับสถาปัตยกรรมเอแอลเอฟ ตามการทดลองที่จัดขึ้น

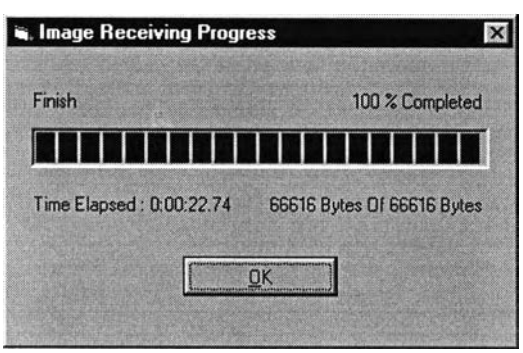


รูปที่ 5.5 ไคลเอนท์เชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์โดยกำหนดหมายเลขที่อยู่ไอพีและพอร์ตของเซิร์ฟเวอร์

รูปที่ 5.6 ไคลเอนท์แสดงภาพที่จะทำการส่ง

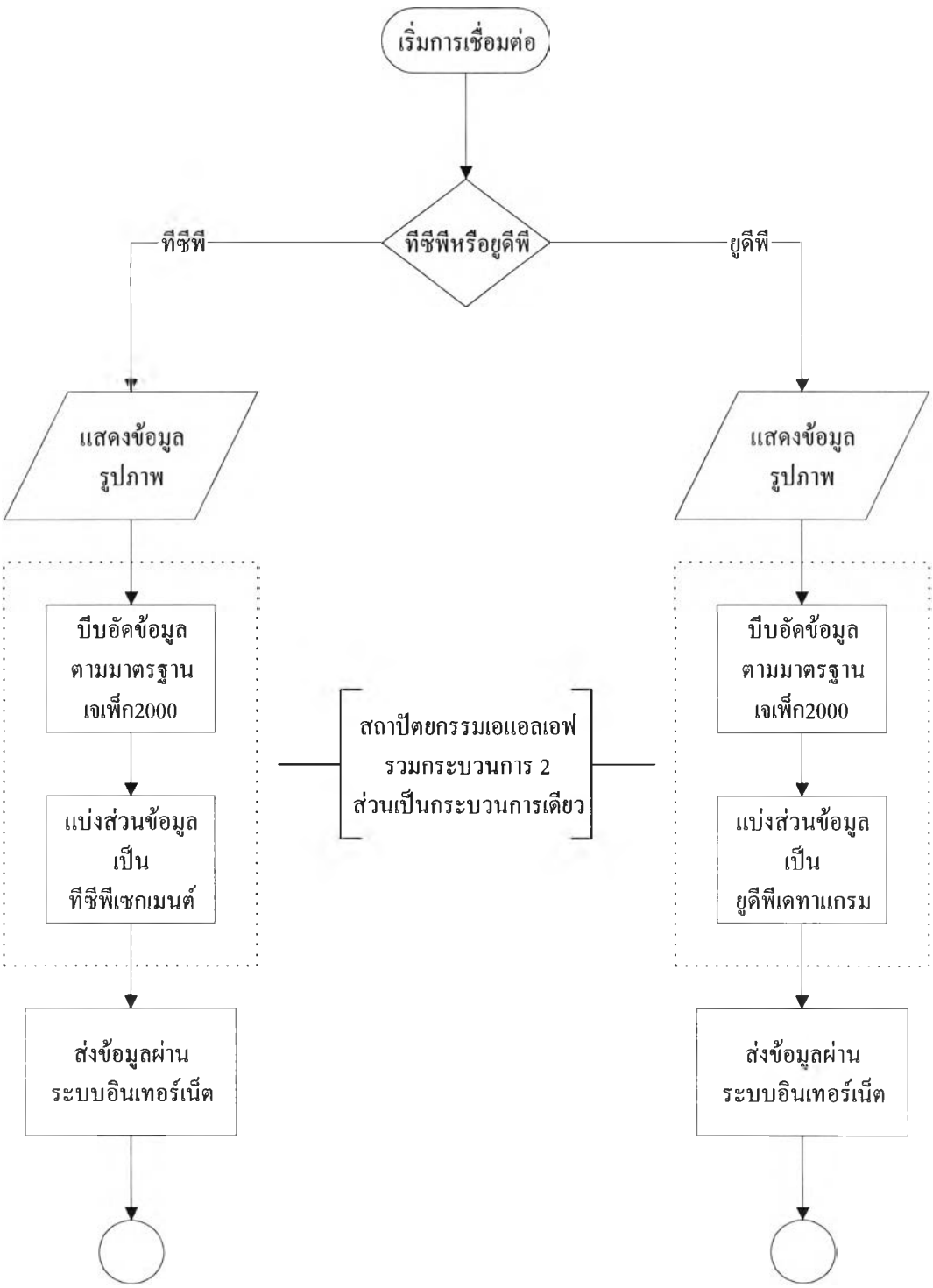
เมื่อข้อมูลภาพถูกส่งผ่านมายังเซิร์ฟเวอร์ และเซิร์ฟเวอร์ตอบรับการส่งแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 5.7 จึงเริ่มกระบวนการรับส่งข้อมูลตามเกณฑ์วิธีที่เลือกใช้ พร้อมทั้งบันทึกเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลภาพดังกล่าว และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับภาพที่ได้รับ เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบต่อไป ดังแสดงในรูป 5.8

รูปที่ 5.7 เซิร์ฟเวอร์ได้รับการร้องขอการส่งภาพจากไคลเอนท์ และทำการตอบตกลง

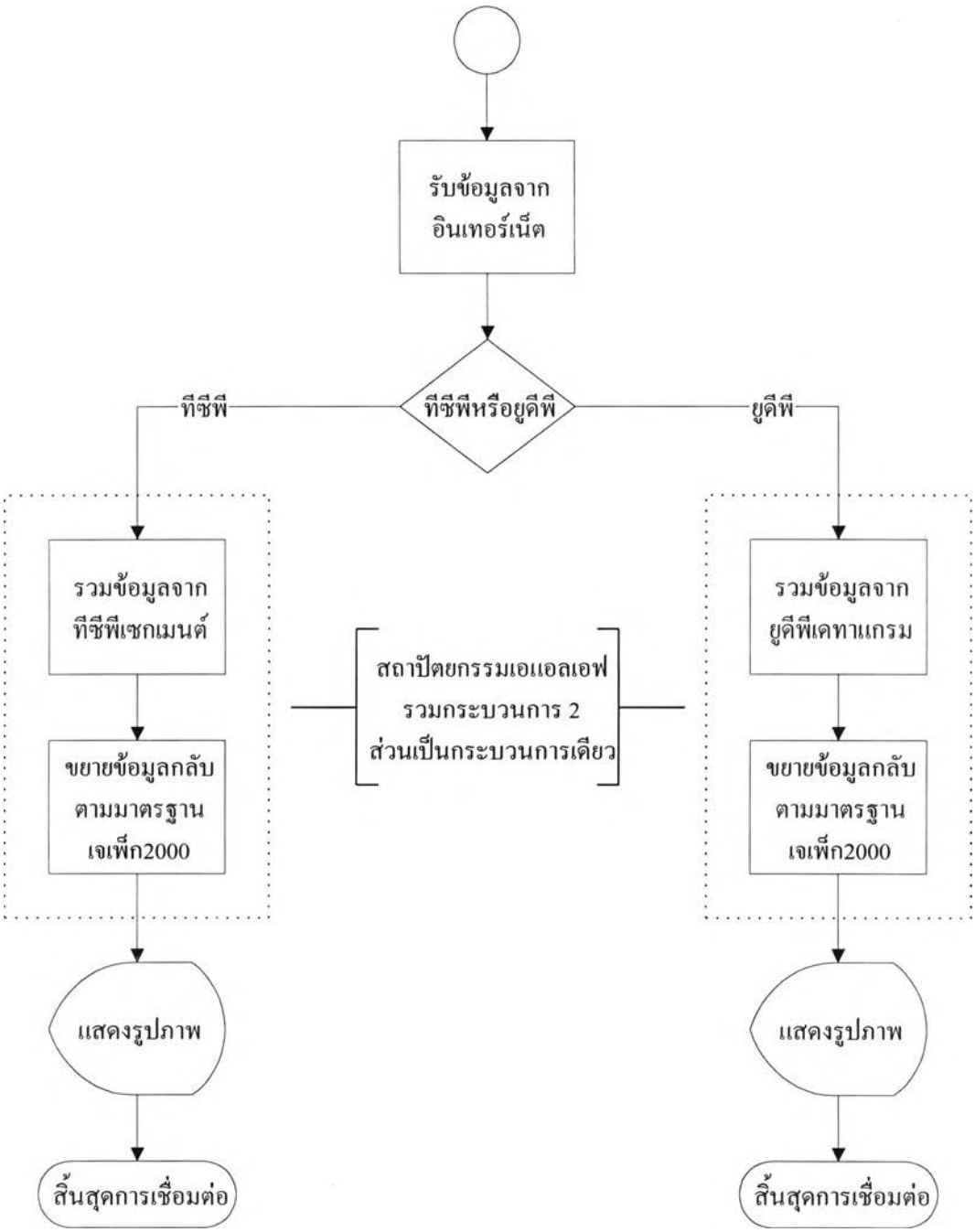


รูปที่ 5.8 เซิร์ฟเวอร์แสดงเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลภาพ และแสดงภาพที่ได้รับ

แผนภาพการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองทางด้านไคลเอนท์ และเซิร์ฟเวอร์เป็นไปตามรูปที่ 5.9 และ 5.10 ตามลำดับ



รูปที่ 5.9 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมทดสอบด้านไคลเอนท์



รูปที่ 5.10 แผนภาพการทำงานของโปรแกรมทดสอบด้านเซิร์ฟเวอร์

5.3 การส่งภาพที่ไม่มีการบีบอัดผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

5.3.1 การส่งภาพด้วยทีซีพีในช่วงเวลาต่าง ๆ

ในเบื้องต้น เพื่อตรวจสอบว่าการส่งภาพในช่วงเวลาต่าง ๆ กันในแต่ละวันมีผลอย่างไรต่อการส่งภาพผ่านระบบอินเทอร์เน็ต จึงจัดการทดลองในชุดนี้ขึ้น ผลที่ได้จากการทดลองนี้ สามารถ

นำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองอื่น ๆ ต่อไป โดยในการทดลอง ได้ทำการส่งภาพทดสอบทั้ง 4 ภาพในช่วงเวลาต่าง ๆ กันของวัน และทำการจับเวลาที่ใช้ในการรับส่งภาพแต่ละครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลต่อไป

ภาพทดสอบแต่ละภาพ จะถูกส่งสลับกันรวมทั้งหมด ภาพละ 10 ครั้ง ในแต่ละช่วงเวลาของวัน จากนั้นจึงนำข้อมูลเวลาที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของระยะเวลาที่ใช้ในการส่งภาพแต่ละภาพในแต่ละช่วงเวลา ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ถึงตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.1 ระยะเวลาในการส่งภาพ ณ ช่วงเวลา 03:02:37.68 วันศุกร์ที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2543

ภาพ	ระยะเวลาในการส่ง (วินาที) ครั้งที่...										เวลาเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(วินาที)
THYROID01.BMP	18.54	18.12	17.69	18.05	18.78	17.5	17.97	17.74	18.32	18.74	18.145
THYROID02.BMP	19.36	18.71	18.45	17.87	18.04	17.98	18.69	18.88	18.25	17.42	18.365
THYROID03.BMP	18.65	18.21	18.84	18.49	18.65	18.29	19.12	19.33	19.72	20.84	19.014
THYROID04.BMP	18.77	17.34	17.82	17.63	18.59	18.76	18.98	18.31	18.71	18.86	18.377

ตารางที่ 5.2 ระยะเวลาในการส่งภาพ ณ ช่วงเวลา 09:05:16.41 วันศุกร์ที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2543

ภาพ	ระยะเวลาในการส่ง (วินาที) ครั้งที่...										เวลาเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(วินาที)
THYROID01.BMP	20.30	21.77	22.91	21.54	20.12	20.07	20.29	19.4	20.84	20.88	20.812
THYROID02.BMP	20.74	21.05	20.11	21.56	20.54	21.01	22.19	20.14	19.87	21.08	20.829
THYROID03.BMP	18.72	19.47	20.14	20.36	19.97	20.14	21.35	20.17	21.4	20.87	20.259
THYROID04.BMP	20.35	21.62	24.14	22.14	21.51	20.87	20.24	21.45	19.97	20.78	21.307

ตารางที่ 5.3 ระยะเวลาในการส่งภาพ ณ ช่วงเวลา 15:11:43.05 วันศุกร์ที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2543

ภาพ	ระยะเวลาในการส่ง (วินาที) ครั้งที่...										เวลาเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(วินาที)
THYROID01.BMP	23.42	23.78	22.91	23.97	23.45	22.78	23.69	23.12	22.78	23.41	23.331
THYROID02.BMP	23.15	23.97	22.79	24.06	23.89	32.14	28.33	25.78	23.16	23.71	25.098
THYROID03.BMP	23.78	29.74	27.89	25.66	24.51	23.67	23.61	24.13	23.62	23.84	25.045
THYROID04.BMP	23.46	23.71	23.94	24.17	23.75	22.41	23.67	23.91	23.55	23.19	23.576

ตารางที่ 5.4 ระยะเวลาในการส่งภาพ ณ ช่วงเวลา 21:54:11.87 วันศุกร์ที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2543

ภาพ	ระยะเวลาในการส่ง (วินาที) ครั้งที่...										เวลาเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(วินาที)
THYROID01.BMP	21.51	21.87	22.04	21.45	21.97	21.54	21.87	21.63	28.1	22.35	22.433
THYROID02.BMP	21.97	21.23	21.75	22.14	22.43	21.92	22.45	21.87	22.64	22.17	22.057
THYROID03.BMP	20.74	21.51	21.98	27.79	24.97	21.77	22.38	21.97	21.41	21.87	22.639
THYROID04.BMP	21.05	21.62	22.14	21.51	21.41	21.36	21.72	21.84	21.51	20.78	21.494

ข้อมูลจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการส่งภาพผ่านระบบอินเทอร์เน็ตที่ช่วงเวลาต่าง ๆ กันของวันใช้ระยะเวลาเฉลี่ยไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากโครงข่ายมีความคับคั่งของผู้ใช้บริการแตกต่างกัน กล่าวคือ ในช่วงเวลาที่มีผู้ใช้โครงข่ายน้อย เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งภาพย่อมมีค่าต่ำ และในช่วงเวลาที่มีผู้ใช้โครงข่ายมาก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งภาพย่อมมีค่าสูง อย่างไรก็ตามปัจจัยนี้อยู่นอกเหนือการควบคุมของการทดลอง เนื่องจากไม่สามารถทราบได้ว่าเมื่อใดจะมีผู้ใช้บริการโครงข่ายมาก และเมื่อใดจะมีผู้ใช้บริการโครงข่ายน้อย สิ่งที่สามารถทำได้คือทำการคาดการณ์ว่าในเวลาดังกล่าว มีความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการโครงข่ายมากน้อยเพียงใด ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการส่งภาพจากการทดลองครั้งต่างๆ จะทำการเปรียบเทียบจากการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันของวันเท่านั้น

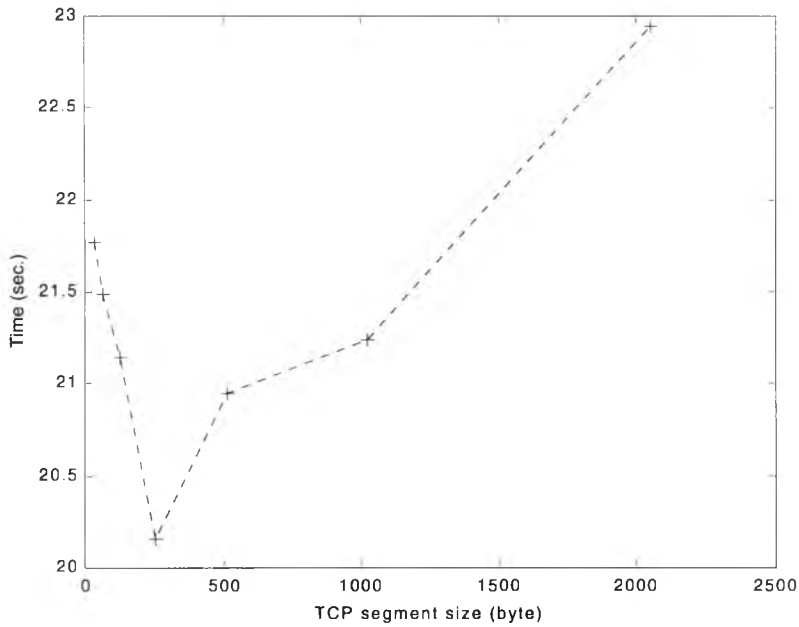
5.3.2 การส่งภาพด้วยทีซีพีโดยปรับขนาดทีซีพีเซกเมนต์

เนื่องจากการส่งข้อมูลผ่านช่องทางสื่อสารทางกายภาพถูกจำกัดด้วยค่าหน่วยการส่งผ่านสูงสุด หรือ เอ็มทียู ดังนั้นการกำหนดขนาดทีซีพีเซกเมนต์ที่เหมาะสมกับค่าเอ็มทียูจะช่วยให้การส่งข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงสุด อย่างไรก็ตาม ค่าเอ็มทียูของโครงข่ายต่างๆจะมีค่าไม่เท่ากัน และไม่สามารถหาได้ก่อนการส่งข้อมูล

การทดลองในกรณีนี้เป็นการทดสอบหาขนาดทีซีพีเซกเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้ในการส่งข้อมูลภาพผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยทำการส่งภาพตัวอย่าง THYROID01.BMP 10 ครั้ง สำหรับขนาดทีซีพีเซกเมนต์ต่างๆ และทำการวัดระยะเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลภาพ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของเวลาที่ใช้ในการส่งภาพที่ขนาดทีซีพีเซกเมนต์ต่างๆ สำหรับผลการทดลองเป็นไปตามตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.11

ตารางที่ 5.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งภาพโดยใช้เกณฑ์วิธีทีซีพี/ไอพีที่ขนาดทีซีพีเซกเมนต์ต่างๆ (วันศุกร์ที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2543 เวลา 20:53:14.87)

ขนาดของทีซีพีเซกเมนต์ (ไบต์)	ระยะเวลาในการส่ง (วินาที) ครั้งที่...										เวลาเฉลี่ย (วินาที)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
32	21.52	21.98	22.05	21.46	21.74	22.35	21.93	21.67	21.11	21.89	21.77
64	21.75	21.32	21.64	21.53	21.21	20.98	21.87	21.34	21.74	21.53	21.491
128	21.87	20.96	21.75	21.36	20.63	21.08	20.71	21.33	20.82	20.91	21.142
256	20.12	19.71	20.29	20.51	20.37	19.22	20.17	20.29	20.51	20.37	20.156
512	21.55	20.11	21.87	20.62	20.34	21.47	20.49	21.87	20.43	20.71	20.946
1024	21.05	20.11	20.71	20.26	21.36	21.84	21.45	21.9	21.55	22.14	21.237
2048	21.97	22.74	24.77	21.78	21.15	22.39	26.84	22.84	22.12	22.85	22.945



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดทีซีพีเซกเมนต์และระยะเวลาที่ใช้ในการส่งภาพ

จากรูปที่ 5.11 แสดงให้เห็นว่าขนาดของทีซีพีเซกเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกรณีนี้คือ 256 ไบต์ เนื่องจากเป็นขนาดของทีซีพีเซกเมนต์ที่ทำให้ใช้เวลาในการส่งภาพต่ำที่สุด ขนาดของทีซีพีเซกเมนต์ที่ใหญ่เกินไปทำให้ใช้เวลาในการส่งภาพสูงเนื่องจากต้องทำการแบ่งส่วนข้อมูลก่อนทำการส่งข้อมูลผ่านช่องทางสื่อสารทางกายภาพ และส่วนของข้อมูลที่ถูกแบ่งจะถูกรวมกันอีกครั้งที่ภาครับ ดังนั้นหากมีข้อผิดพลาดในการส่งส่วนของข้อมูลเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งจะทำให้เกิดเวลาหน่วงในการรวมส่วนของข้อมูลกลับมาเป็นทีซีพีเซกเมนต์ที่ภาครับ สำหรับกรณีที่ขนาดของทีซีพีเซกเมนต์เล็กเกินไปทำให้ใช้เวลาในการส่งภาพสูงเนื่องจากมีจำนวนทีซีพีเซกเมนต์มาก โอกาสในการเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลสำหรับแต่ละทีซีพีเซกเมนต์จึงมีสูงขึ้น ทำให้เกิดเวลาหน่วงขึ้นในการส่งผ่านข้อมูลสู่ภาครับ

5.3.3 การส่งภาพด้วยยูดีพี

ยูดีพีเป็นเกณฑ์วิธีในการส่งผ่านข้อมูลที่มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ร่วมกับสถาปัตยกรรมเอแอลเอฟ เนื่องจากเป็นเกณฑ์วิธีที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถกำหนดเกณฑ์การควบคุมและการปรับแต่งข้อมูลได้ที่ระดับการประยุกต์ ในการทดลองช่วงนี้ อาศัยข้อมูลจากการทดสอบการส่งภาพด้วยทีซีพี กล่าวคือ กำหนดให้ขนาดของยูดีพีเดทาแกรมที่ใช้มีค่าเท่ากับทีซีพีเซกเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด นั่นคือมีขนาด 256 ไบต์ ทั้งอาศัยสมมติฐานที่ว่า ขนาดของทีซีพีเซกเมนต์ที่เหมาะสมที่สุดควรจะมีค่าเท่ากับขนาดของยูดีพีเดทาแกรมที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นเกณฑ์วิธีในชั้นขนส่งที่ต้องอาศัยไอพีเช่นเดียวกัน

และเนื่องจากยูดีพีเดทาแกรมแต่ละเดทาแกรม อาจถูกส่งไปถึงปลายทางภาครับไม่เรียงลำดับ จึงมีการวัดความไม่เป็นลำดับของข้อมูลที่ได้รับ โดยคิดเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ได้รับทั้งหมด นอกจากนั้น ยูดีพีไม่มีการรับประกันว่าเดทาแกรมจะถูกส่งไปถึงภาครับหรือไม่ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงความผิดพลาดในการส่งด้วย หากแต่ยูดีพีไม่มีการตอบรับระหว่างไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นจึงกำหนดให้การรับยูดีพีเดทาแกรมที่เซิร์ฟเวอร์สิ้นสุดลงเมื่อไม่มีเดทาแกรมใด ๆ มาถึงเซิร์ฟเวอร์ภายในช่วงเวลา 0.5 วินาที โดยในที่นี้ วัดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่ได้รับโดยคำนวณการสูญหายของเดทาแกรมเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ทำการส่งทั้งหมด

ผลการทดลองการส่งชุดภาพทดสอบจำนวน 10 ครั้งเป็นไปตามตารางที่ 5.6 ถึงตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งภาพ THYROID01.BMP โดยใช้ยูดีพี
(วันพุธที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2543 เวลา 19:58:41.13)

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
ระยะเวลาที่ใช้ในการส่ง (วินาที)	19.25	18.36	19.87	18.42	18.98	19.54	19.13	18.73	19.37	19.84	19.149
% ความไม่เป็นลำดับ	48.52	50.64	54.2	46.35	50.66	52.75	50.32	50.64	48.94	50.28	50.33
% ความผิดพลาด	30.42	32.65	34.2	32.66	30.85	32.48	33.48	30.82	31.56	32.48	32.16

ตารางที่ 5.7 ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งภาพ THYROID02.BMP โดยใช้ยูดีพี
(วันพุธที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2543 เวลา 20:10:33.52)

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
ระยะเวลาที่ใช้ในการส่ง (วินาที)	18.66	18.89	19.02	19.16	18.64	19.33	18.76	18.23	19.67	19.56	18.992
% ความไม่เป็นลำดับ	50.64	48.88	46.52	42.78	50.42	50.64	48.35	45.62	48.65	50.26	48.276
% ความผิดพลาด	33.54	32.66	30.85	32.48	30.42	32.65	33.48	32.58	33.46	33.52	32.564

ตารางที่ 5.8 ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งภาพ THYROID03.BMP โดยใช้ยูดีพี
(วันพุธที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2543 เวลา 20:24:26.45)

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
ระยะเวลาที่ใช้ในการส่ง (วินาที)	19.21	19.19	18.78	18.66	19.32	19.58	19.69	19.71	19.06	19.35	19.255
% ความไม่เป็นลำดับ	50.75	48.56	48.68	46.36	50.86	50.74	50.24	50.68	48.32	48.75	49.394
% ความผิดพลาด	34.24	33.69	33.54	33.87	32.55	31.84	34.26	34.52	33.16	33.92	33.559

ตารางที่ 5.9 ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งภาพ THYROID04.BMP โดยใช้ยูดีพี
(วันพุธที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2543 เวลา 20:36:19.34)

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
ระยะเวลาที่ใช้ในการส่ง (วินาที)	18.44	18.62	18.34	18.97	19.06	18.74	18.23	18.72	18.85	18.33	18.63
% ความไม่เป็นลำดับ	52.64	50.98	50.25	50.45	48.68	52.2	50.88	46.32	48.32	50.25	50.097
% ความผิดพลาด	34.26	32.65	33.48	32.58	33.46	32.48	33.42	33.36	33.48	34.52	33.369

จากผลการทดลอง พบว่าการส่งภาพผ่านระบบอินเทอร์เน็ตด้วยยูดีพีใช้เวลาเฉลี่ยน้อยกว่าการส่งด้วยทีซีพีในช่วงเวลาเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากยูดีพีเดทาแกรมมีความซับซ้อนน้อยกว่าและมีขนาดเล็กกว่าทีซีพีเซกเมนต์ อย่างไรก็ตามการส่งด้วยยูดีพีไม่มีการรับประกันว่าข้อมูลจะถูกส่งไปยังปลายทางอย่างถูกต้อง กล่าวคือ การส่งด้วยยูดีพีมีโอกาสที่จะไม่ได้รับข้อมูลทั้งหมด ต่างจากการส่งด้วยทีซีพีซึ่งรับประกันว่าทีซีพีเซกเมนต์ทุกเซกเมนต์จะถูกส่งไปถึงปลายทางแน่นอน ดังนั้นการเลือกใช้เกณฑ์วิธีในการส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตจึงควรเลือกให้เหมาะสมกับความต้องการ

5.4 การส่งภาพที่ผ่านการบีบอัดแล้วผ่านอินเทอร์เน็ต

จากภาพทดสอบซึ่งมีขนาด 256×256 จุดภาพ ทำการแบ่งภาพเป็นส่วนย่อย ๆ มีขนาด 8×8 จุดภาพได้จำนวน 1024 ส่วน จากนั้นภาพย่อยแต่ละส่วนจะถูกบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสียข้อมูลด้วยการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยหรือ DWT โดยใช้ชุดวงจรกรองแบบ 5 แท็ป/ 3 แท็ป และทำการแปลงเวฟเล็ต 3 ระดับ แล้วจึงเข้ารหัสข้อมูลที่ผ่านการแปลงแล้วด้วยรหัสเอนโทรปี ทำให้ได้ข้อมูลภาพที่ผ่านการบีบอัดเป็นส่วนย่อย ๆ เมื่อได้ข้อมูลภาพที่ถูกบีบอัดครบทั้งหมดแล้ว จึงทำการส่งข้อมูลดังกล่าวแต่ละส่วนผ่านระบบอินเทอร์เน็ตด้วยทีซีพีและยูดีพี ให้ภาครับทำการขยายข้อมูลกลับและแสดงภาพต่อไป

ในการทดลองนี้ กรณีการส่งข้อมูลด้วยทีซีพี ได้ทำการวัดเวลาที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูล เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล และเวลาที่ใช้ในการขยายข้อมูลกลับ เพื่อรวมเวลาที่ใช้ในการประมวลผลทั้งหมดนำมาเปรียบเทียบกับกรณีการส่งข้อมูลด้วยยูดีพี ซึ่งทำการวัดเวลาในการประมวลผลทั้งหมดในทำนองเดียวกัน หากแต่มีการวัดร้อยละของความไม่เป็นลำดับของข้อมูล และร้อยละของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อทำการเปรียบเทียบกับกรณีการส่งภาพแบบที่ไม่ใช้การบีบอัดข้อมูลด้วย

ในทำนองเดียวกันกับการทดลองชุดอื่น ๆ ก่อนหน้านี้ ภาพทดสอบแต่ละภาพจะผ่านกระบวนการบีบอัดข้อมูลและส่งข้อมูลด้วยวิธีทีซีพี และยูดีพีเป็นจำนวน 10 ครั้ง แล้วจึงนำเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการมาหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของภาพแต่ละภาพต่อไป ผลของการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 5.10 และตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.10 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูลภาพด้วย DWT และส่งข้อมูลด้วยทีซีพี (วันพุธที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2543 เวลา 20:45.:32.11)

ภาพ	ขนาดก่อนการบีบอัด (ไบต์)	ขนาดหลังการบีบอัด (ไบต์)	อัตราส่วนการบีบอัด	เวลาในการบีบอัด (วินาที)	เวลาในการส่ง (วินาที)	เวลาในการขยาย (วินาที)	เวลารวม (วินาที)
THYROID01	66,616	43,264	1.54	1.05	15.50	0.91	**17.46**
THYROID02	66,616	41,120	1.62	0.98	14.96	0.86	**16.80**
THYROID03	66,616	42,460	1.57	1.03	15.15	0.90	**17.08**
THYROID04	66,616	41,632	1.60	0.99	14.98	0.88	**16.85**

ตารางที่ 5.11 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการบีบอัดข้อมูลภาพด้วย DWT และส่งข้อมูลด้วยยูดีพี (วันพุธที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2543 เวลา 21:06:52.34)

ภาพ	ขนาดก่อนการบีบอัด (ไบต์)	ขนาดหลังการบีบอัด (ไบต์)	อัตราส่วนการบีบอัด	เวลาในการบีบอัด (วินาที)	เวลาในการส่ง (วินาที)	เวลาในการขยาย (วินาที)	เวลารวม (วินาที)	ความไม่เป็นลำดับ (%)	ความผิดพลาด (%)
THYROID01	66,616	43,264	1.54	1.06	13.65	0.92	**15.63**	50.45	15.15
THYROID02	66,616	41,120	1.62	0.99	12.83	0.87	**14.69**	48.36	16.45
THYROID03	66,616	42,460	1.57	1.02	13.29	0.91	**15.22**	50.22	16.02
THYROID04	66,616	41,632	1.60	1.00	12.76	0.89	**14.65**	50.64	17.31

จากผลการทดลองพบว่าการบีบอัดข้อมูลภาพทำให้ได้ข้อมูลที่มีขนาดเล็กลงจึงสามารถทำการส่งภาพโดยใช้เวลาน้อยกว่าการส่งภาพโดยไม่มีการบีบอัดข้อมูล แม้ว่าในการบีบอัดจะต้องเสียเวลาในการบีบอัดและการขยายข้อมูลกลับคืน แต่เวลาที่เสียไปดังกล่าวชดเชยได้ด้วยปริมาณข้อมูลที่ใช้ในการส่งมีค่าน้อยลง เพื่อพิจารณาเวลาสุทธิที่ใช้ในการส่งภาพเปรียบเทียบระหว่างการส่งภาพโดยบีบอัดข้อมูลภาพก่อน และการส่งภาพโดยไม่มีการบีบอัดข้อมูลภาพ สามารถสรุปได้ว่าการส่งภาพโดยบีบอัดข้อมูลภาพก่อนใช้เวลาน้อยกว่า ทั้งกรณีการส่งภาพด้วยทีซีพีและยูดีพี

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลระหว่างการส่งด้วยทีซีพีและยูดีพีแล้ว พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับกรณีการส่งภาพโดยไม่มีการบีบอัดข้อมูล กล่าวคือการส่งด้วยทีซีพีใช้เวลามากกว่า หากแต่ข้อมูลที่ได้รับมีความถูกต้องสมบูรณ์ ในขณะที่การส่งด้วยยูดีพีใช้เวลาน้อยกว่า แต่ข้อมูลบางส่วนอาจสูญหายไปหรือเกิดความผิดพลาดในการส่งได้

5.5 การส่งภาพที่ผ่านการบีบอัดแล้วผ่านอินเทอร์เน็ตร่วมกับหลักการเอแอลเอฟ

ในการทดลองนี้ ใช้หลักการเอแอลเอฟในการรวมกระบวนการบีบอัดข้อมูลภาพและกระบวนการส่งภาพให้เป็นกระบวนการเดียวกัน กล่าวคือ ใช้การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยในการบีบอัดภาพเช่นเดียวกับกรณีการส่งภาพที่ผ่านการบีบอัดแล้วผ่านระบบอินเทอร์เน็ต โดยเมื่อได้ส่วนย่อยของข้อมูลภาพที่ถูกบีบอัดแล้วครบตามจำนวนสำหรับหน่วยการส่งข้อมูลหนึ่ง ๆ จะทำการส่งหน่วยของข้อมูลดังกล่าวทันที โดยไม่จำเป็นต้องรอให้ส่วนของข้อมูลภาพทั้งหมดถูกบีบอัดแล้วจึงทำการจัดหน่วยของข้อมูลเพื่อทำการส่ง หมายความว่า การบีบอัดข้อมูลและการส่งข้อมูลถูกจัดการเป็นกระบวนการเดียวกัน

เนื่องจากการบีบอัดข้อมูลและการส่งข้อมูลในกรณีนี้เป็นกระบวนการเดียวกัน ดังนั้นจึงไม่สามารถวัดเวลาของกระบวนการต่างๆแยกกันได้ ในที่นี้จะทำการวัดเวลาในการประมวลผลสุทธิ กล่าวคือ เวลาตั้งแต่ภาคส่งเริ่มบีบอัดข้อมูลภาพจนถึงเวลาที่ภาครับแสดงภาพดังกล่าวเรียบร้อย

ในการทดลองนี้ ภาพทดสอบแต่ละภาพจะถูกบีบอัดข้อมูลและส่งด้วยหลักการเอแอลเอฟภาพละ 10 ครั้งเช่นเดียวกับการทดลองก่อนหน้า เวลาที่ใช้ในการประมวลผลแต่ละครั้งจะถูกวัดและ

นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของเวลาที่ใช้สำหรับภาพทดสอบหนึ่งๆ ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ระยะเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลสำหรับการส่งภาพด้วยหลักการเอแอลเอฟ

ภาพ	ทีซีพี	ยูดีพี		
	เวลารวม (วินาที)	เวลารวม (วินาที)	ความไม่เป็นลำดับ (%)	ความผิดพลาด (%)
THYROID01	15.86	13.09	50.24 %	18.13 %
THYROID02	15.12	12.27	50.45 %	20.04 %
THYROID03	15.34	12.75	50.32 %	18.71 %
THYROID04	15.29	12.58	50.88 %	19.30 %

จากผลการทดลอง พบว่าการส่งภาพที่ผ่านการบีบอัดแล้วผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยใช้หลักการเอแอลเอฟ ใช้เวลาในการส่งภาพเฉลี่ยน้อยกว่ากรณีการส่งภาพที่ผ่านการบีบอัดแล้วผ่านระบบอินเทอร์เน็ตโดยไม่ใช้หลักการเอแอลเอฟ ทั้งนี้เนื่องจากการรวมกระบวนการบีบอัดและกระบวนการส่งข้อมูลภาพเป็นกระบวนการเดียวกัน ทำให้การส่งข้อมูลสามารถทำได้ทันทีเมื่อส่วนของข้อมูลภาพที่ถูกบีบอัดมีจำนวนเพียงพอสำหรับรวมเป็นหน่วยการส่งข้อมูล ไม่จำเป็นต้องรอให้ส่วนของภาพทุก ๆ ส่วนถูกบีบอัดจนครบ และเมื่อภาครับได้รับหน่วยของข้อมูลแล้ว สามารถทำการขยายข้อมูลกลับคืนได้โดยไม่จำเป็นต้องรอให้ได้รับหน่วยข้อมูลที่ถูกส่งมาทั้งหมด ดังนั้นจึงเป็นการลดเวลาที่ใช้ในการประมวลผลทั้งหมดเนื่องจากสามารถทำการบีบอัดข้อมูล การส่งข้อมูล การรับข้อมูลและการขยายข้อมูลกลับได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องเสียเวลาในการรอข้อมูลแต่ละช่วงให้ครบ

สาเหตุที่ภาครับสามารถทำการขยายข้อมูลกลับคืนได้เมื่อได้รับข้อมูลเพียงพอ แม้ข้อมูลที่ได้รับยังไม่ครบทั้งหมดและข้อมูลที่ได้รับไม่เป็นไปตามลำดับของการส่ง เนื่องจากภาพถูกบีบอัดด้วยการแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยโดยทำการแบ่งภาพเป็นส่วนย่อยๆ ดังนั้นแต่ละส่วนย่อยของข้อมูลภาพที่ถูกบีบอัดแล้วจึงเป็นอิสระต่อกัน ภาครับสามารถทำการขยายข้อมูลภาพกลับและแสดงภาพในส่วนของข้อมูลย่อยนั้นได้ โดยไม่ต้องคำนึงถึงลำดับของส่วนของข้อมูลที่ได้รับ

เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ได้จากการส่งด้วยทีซีพีและยูดีพีแล้ว ผลยังคงเป็นไปตามลักษณะเดียวกันกับการทดลองส่งภาพในกรณีที่ไม่มีการบีบอัดข้อมูล และกรณีที่มีการบีบอัดข้อมูลแต่ไม่ใช้หลักการเอแอลเอฟ กล่าวคือ การส่งด้วยทีซีพีใช้เวลามากกว่า หากแต่ได้รับข้อมูลถูกต้องครบถ้วน ในขณะที่การส่งด้วยยูดีพีใช้เวลาน้อยกว่า แต่อาจไม่ได้รับข้อมูลทั้งหมด เนื่องจากยูดีพีไม่มีการประกันความผิดพลาดของในการส่ง

5.6 สรุปผลการทดลอง

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แสดงผลการทดลองการส่งข้อมูลภาพผ่านระบบอินเทอร์เน็ตด้วยเงื่อนไขและวิธีต่างๆ ได้แก่

(1) การส่งภาพที่ไม่มีการบีบอัดข้อมูล
(2) การส่งภาพที่มีการบีบอัดข้อมูลแบบไม่มีการสูญเสียซึ่งใช้การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย
(3) การส่งภาพที่มีการบีบอัดข้อมูลดังกล่าวโดยอาศัยหลักการเอแอลเอฟ

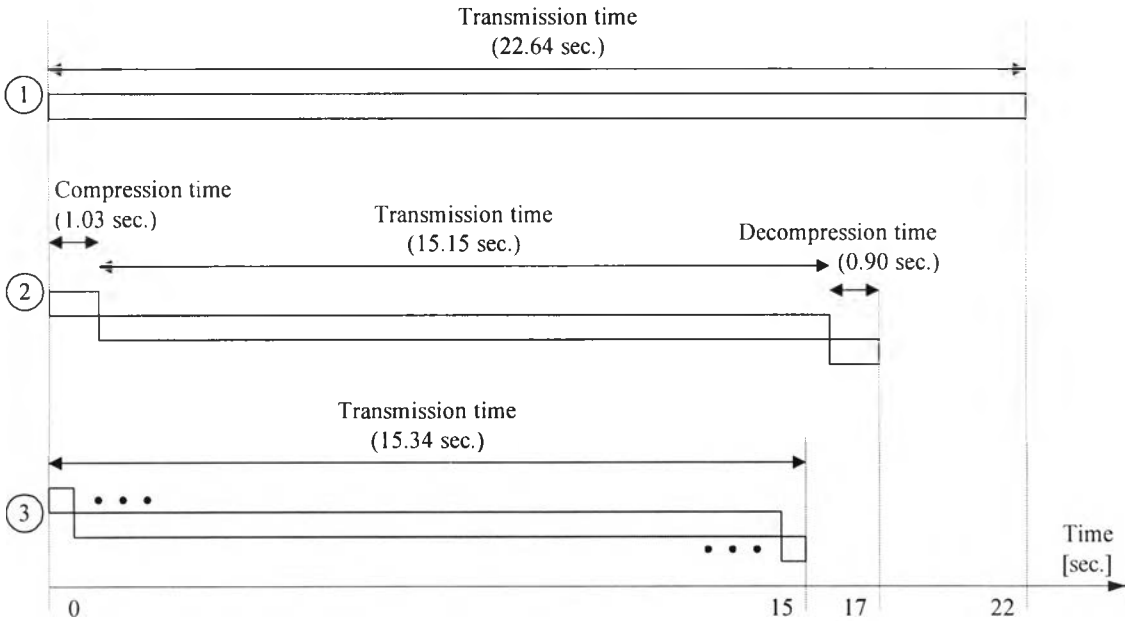
โดยผลการทดลองดังกล่าวแสดงได้ด้วยเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งภาพทั้งหมด การเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการส่งด้วยทีซีพีตามวิธีดังกล่าวทั้งหมดเป็นไปดังตารางที่ 5.13 ในขณะที่การเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการส่งด้วยยูดีพีแสดงไว้ในตารางที่ 5.14 และเพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งภาพกรณีต่าง ๆ ได้คำนวณร้อยละของเวลาเฉลี่ยในการส่งภาพที่ลดลงเมื่อเทียบกับเวลาเฉลี่ยในการส่งภาพที่ไม่มีการบีบอัดข้อมูล (กรณีที่ 1) ตามความสัมพันธ์

$$\text{ร้อยละของเวลาที่ลดลง} = \frac{\text{เวลาเฉลี่ยของกรณีที่1 - เวลาเฉลี่ยของกรณีอื่น ๆ}}{\text{เวลาเฉลี่ยของกรณีที่1}} \times 100$$

ตารางที่ 5.13 การเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการส่งภาพกรณีต่าง ๆ ด้วยทีซีพี

ภาพ	(1) กรณีไม่มีการบีบอัด	(2) กรณีมีการบีบอัด		(3) กรณีใช้หลักการเอแอลเอฟ		
	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ร้อยละของเวลาที่ลดลงเทียบกับ (1)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ร้อยละของเวลาที่ลดลงเทียบกับ (1)	ร้อยละของเวลาที่ลดลงเทียบกับ (2)
THYROID01	22.43	17.46	22.16 %	15.86	29.29 %	9.16 %
THYROID02	22.06	16.80	23.84 %	15.12	31.46 %	10.00 %
THYROID03	22.64	17.08	24.56 %	15.34	32.24 %	10.19 %
THYROID04	21.50	16.85	21.86 %	15.29	28.88 %	9.26 %

จากตารางที่ 5.13 เห็นว่าการส่งภาพที่ไม่มีการบีบอัดใช้เวลาเฉลี่ยนานที่สุด ในขณะที่เมื่อทำการบีบอัดข้อมูลภาพแล้ว ใช้เวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูลภาพลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณข้อมูลที่ต้องส่งผ่านช่องการสื่อสารมีจำนวนลดลง และเมื่อใช้หลักการเอแอลเอฟ โดยรวมกระบวนการบีบอัดข้อมูลและกระบวนการส่งข้อมูลเข้าด้วยกัน พบว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งข้อมูลภาพมีค่าลดลงอีก และเป็นเวลาเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 กรณี แสดงให้เห็นว่าหลักการเอแอลเอฟสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับการส่งข้อมูลภาพที่มีการบีบอัดข้อมูลซึ่งใช้การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วย อย่างไรก็ตาม การใช้หลักการเอแอลเอฟหมายความว่าต้องทำการออกแบบกระบวนการเชื่อมต่อการบีบอัดข้อมูลและการส่งข้อมูลใหม่ด้วย



รูปที่ 5.12 แผนภาพแสดงเวลาประมวลผลสำหรับการส่งภาพทั้งสามกรณี

จากแผนภาพแสดงเวลาประมวลผลสำหรับการส่งภาพทั้งสามกรณีดังรูปที่ 5.12 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ถึงแม้การบีบอัดข้อมูลจะทำให้ระบบเสียเวลาในการประมวลผลไป แต่ปริมาณข้อมูลหลังการบีบอัดแล้วมีจำนวนลดลง ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลที่ถูกบีบอัดแล้วจึงมีค่าลดลง เมื่อรวมเวลาการบีบอัดข้อมูล เวลาการขยายข้อมูลกลับ และเวลาในการส่งข้อมูลเข้าด้วยกันแล้ว พบว่าเป็นเวลาที่น้อยกว่าเวลาในการส่งภาพโดยไม่มีการบีบอัดข้อมูล สำหรับกรณีการประยุกต์ใช้สถาปัตยกรรมเอแอลเอฟนั้น การบีบอัดข้อมูลและการส่งข้อมูลจะถูกรวมเป็นกระบวนการเดียวกัน กล่าวคือเมื่อมีข้อมูลภาพถูกบีบอัดเป็นจำนวนเพียงพอต่อการส่งเอดียูแต่ละหน่วย ระบบจะทำการส่งเอดียูดังกล่าวไปยังภาครับทันที ไม่จำเป็นต้องรอให้การบีบอัดเสร็จสมบูรณ์ และเมื่อภาครับได้รับเอดียูแล้ว จะสามารถขยายข้อมูลกลับคืนได้เนื่องจากเอดียูแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการประมวลผลในกรณีที่ใช้สถาปัตยกรรมเอแอลเอฟจึงลดลงไปจากกรณีส่งภาพที่มีการบีบอัดโดยไม่ใช้สถาปัตยกรรมเอแอลเอฟ เวลาที่ลดลงนั้นเนื่องมาจากการทำงานที่สอดคล้องกันระหว่างการบีบอัดข้อมูลภาพ และการส่งข้อมูลดังกล่าว

ตารางที่ 5.14 การเปรียบเทียบระยะเวลาเฉลี่ยในการส่งภาพกรณีต่าง ๆ ด้วยยูดีพี

ภาพ	(1) กรณีไม่มีการบีบอัด	(2) กรณีมีการบีบอัด		(3) กรณีใช้หลักการเอแอลเอฟ		
	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ร้อยละของเวลาที่ลดลงเทียบกับ (1)	เวลาเฉลี่ย (วินาที)	ร้อยละของเวลาที่ลดลงเทียบกับ (1)	ร้อยละของเวลาที่ลดลงเทียบกับ (2)
THYROID01	19.15	15.63	18.38 %	13.09	31.64 %	16.25 %
THYROID02	18.99	14.69	22.64 %	12.27	35.39 %	16.47 %
THYROID03	19.26	15.22	20.98 %	12.75	33.80 %	16.23 %
THYROID04	18.63	14.65	21.36%	12.58	32.47 %	14.13 %

ในกรณีการส่งข้อมูลภาพด้วยยูดีพี เมื่อเปรียบเทียบเงื่อนไขในการบีบอัดข้อมูลภาพทั้ง 3 กรณีแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 5.14 เห็นได้ว่ามีผลเช่นเดียวกับกรณีการส่งข้อมูลภาพด้วยทีซีพี กล่าวคือ การส่งภาพที่ไม่มีการบีบอัดข้อมูลใช้เวลาเฉลี่ยมากที่สุด ในขณะที่การส่งภาพที่มีการบีบอัดข้อมูลใช้เวลาเฉลี่ยลดลง และการส่งภาพที่มีการบีบอัดข้อมูลโดยอาศัยหลักการเอแอลเอฟใช้เวลาเฉลี่ยน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าหลักการเอแอลเอฟสามารถประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการส่งข้อมูลทั้งแบบทีซีพีและยูดีพี

ทีซีพีเซกเมนต์ และยูดีพีเดทาแกรม อาจเดินทางไปถึงภาครับไม่เรียงตามลำดับที่ส่ง การบีบอัดข้อมูลภาพซึ่งใช้การแปลงเวฟเล็ตแบบเต็มหน่วยจึงมีประโยชน์มาก เนื่องจากการแบ่งภาพเป็นส่วนย่อย ๆ และการแปลงเวฟเล็ตทำให้ข้อมูลภาพแต่ละส่วนเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นที่ภาครับสามารถถอดรหัสข้อมูลภาพส่วนย่อย ๆ ที่ได้รับได้ทันที และสามารถแสดงผลได้โดยไม่ต้องรอให้ได้รับข้อมูลทั้งหมด ความสามารถการส่งข้อมูลภาพแบบก้าวหน้าดังกล่าวนี้ช่วยเสริมให้การใช้หลักการเอแอลเอฟช่วยในการส่งภาพที่มีการบีบอัดข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการส่งข้อมูลภาพแบบต่าง ๆ ด้วยเกณฑ์วิธีในการส่งทั้งสองแบบ ได้แก่ ทีซีพีและยูดีพี พบว่ามีผลในทำนองเดียวกันทั้งหมด กล่าวคือ ไม่ว่าจะเป็นการส่งภาพที่ไม่มีการบีบอัดข้อมูล การส่งภาพที่มีการบีบอัดข้อมูล และการส่งภาพที่อาศัยหลักการเอแอลเอฟ ยูดีพีจะใช้เวลาเฉลี่ยในแต่ละกรณีต่ำกว่าทีซีพี อย่างไรก็ตาม สาเหตุที่ยูดีพีใช้เวลาเฉลี่ยต่ำกว่าทีซีพี เนื่องมาจาก ยูดีพีเดทาแกรมที่ส่งผ่านไปยังไอพี มีขนาดเล็กกว่าทีซีพีเซกเมนต์ นอกจากนั้น ยูดีพียังไม่มีส่วนควบคุมความผิดพลาดของข้อมูลและไม่รับประกันว่ายูดีพีเดทาแกรมทุก ๆ เดทาแกรมจะส่งไปถึงภาครับ ต่างจากทีซีพี ซึ่งมีส่วนควบคุมความผิดพลาดของข้อมูล และรับประกันว่าทุก ๆ ทีซีพีเซกเมนต์จะถูกส่งไปถึงภาครับ ดังนั้นการเลือกใช้เกณฑ์วิธีในการขนส่งที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาเป็นอย่างยิ่ง