

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสำเนาไฟล์ผ่านเครือข่ายพาวเวอร์ไลน์ระหว่าง NFS
กับ FTP กรณีศึกษา การพัฒนาระบบกล้องวงจรปิดอัจฉริยะต้นทุนต่ำ
ด้วยราสเบอร์รี่พาย

**Comparing Efficiency in Copying Video Files through Powerline
between NFS and FTP: A Case Study of Developing a Low-cost
Smart CCTV System through Raspberry Pi**

เชี่ยวชาญ ยางศิลา

Cheawchan Yangsila

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

Computer and Information Technology Faculty of Information Technology Roi Et Rajabhat University

Received: January 19, 2020; Revised: May 03, 2020; Accepted: May 09, 2020; Published: June 23, 2020

ABSTRACT – The objectives of this study were to develop a low-cost smart CCTV (closed circuit television) system with Raspberry Pi and to compare the efficiency in copying video files through powerline between NFS (network file system) and FTP (file transfer protocol). In the experiment, the researcher recorded and saved video files for 48 days (The video files with different lengths of 1,2,4, and 6 minutes were all recorded for 12 days). The video files had an image resolution of $1,920 \times 1,080$ pixels. A CCTV camera was installed in the researcher's office on the 1st floor of the Language and Computer Center building, Roi Et Rajabhat University. At 23.56 each day, the system uploaded the video files to the Raspberry Pi boards (server) and recorded the statistics. It was found that the whole system was practical. Warning messages could be sent via line notify when both Raspberry Pi boards could not communicate. From the efficiency measurement, it was found that NFS was more efficient in copying the files via powerline network than FTP. The larger the files, the bigger difference in copying time.

KEYWORDS: Low-cost Smart CCTV, Raspberry Pi, NFS, FTP

บทคัดย่อ -- การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบกล้องวงจรปิดอัจฉริยะต้นทุนต่ำด้วยราสเบอร์รี่พายและเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสำเนาไฟล์ผ่านเครือข่ายพาวเวอร์ไลน์ระหว่าง NFS กับ FTP ผู้วิจัยทำการทดลองบันทึกไฟล์วิดีโอ จำนวน 48 วัน (ความยาวของไฟล์ 1 นาที บันทึก 12 วัน, 2 นาที บันทึก 12 วัน, 4 นาที บันทึก 12 วัน และ 6 นาที บันทึก 12 วัน) ความละเอียดของภาพขนาด $1,920 \times 1,080$ จุด โดยได้ติดตั้งกล้องในห้องพักของผู้วิจัย ณ ชั้น 1 อาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ซึ่งเวลา 23.56 น. ของแต่ละวันระบบจะทำการอัปโหลดไฟล์วิดีโอไปจัดเก็บในบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (server) และบันทึกสถิติ จากการทดลองพบว่า ระบบสามารถใช้งานได้จริง สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนผ่าน line notify เมื่อบอร์ดราสเบอร์รี่พายทั้งสองตัวไม่สามารถสื่อสารกันได้ จากการวัดประสิทธิภาพพบว่า NFS มีประสิทธิภาพในการสำเนาไฟล์ผ่านเครือข่ายพาวเวอร์ไลน์ได้ดีกว่า FTP และถ้าขนาดของไฟล์วิดีโอมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนต่างของเวลาในการสำเนาไฟล์ก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

คำสำคัญ: กล้องวงจรปิดอัจฉริยะต้นทุนต่ำ, ราสเบอร์รี่พาย, เอ็นเอฟเอส, เอฟทีพี

1. บทนำและวัตถุประสงค์

ในปัจจุบันกล้องวงจรปิดมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง หลาย ๆ กล้องก็กลายเป็นของหายากแล้ว แต่มีบางกล้องที่ไม่สามารถใช้งานได้ทั้ง ๆ ที่มีกล้องวงจรปิด สาเหตุก็เพราะว่าในขณะที่เกิดเหตุ กล้องวงจรปิดเกิดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูลด้วยสาเหตุใด ๆ ก็ตาม ซึ่งผู้ดูแลไม่ทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้น

กล้องวงจรปิดที่จำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจุบัน มี 2 แบบ ได้แก่ แบบ analog และแบบ ip camera ซึ่งกล้องวงจรปิดแบบ ip camera บันทึกวิดีโอโดยส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายท้องถิ่น (LAN) ไปบันทึกที่เครื่อง NVR โดยกล้องแต่ละตัวต้องการแบนด์วิดท์ (bandwidth) สูงมาก ตั้งแต่ 500 kbps ถึง 1.5 Mbps [1] และต้องส่งข้อมูลตลอดเวลา ถ้ามีกล้องหลายตัวจะทำให้ระบบเครือข่ายทำงานหนักกระทบต่อการใช้งานอินเทอร์เน็ตหรืออาจจะต้องลงทุนติดตั้งเครือข่ายแยกต่างหากสำหรับระบบกล้องวงจรปิด โดยเฉพาะเพื่อไม่ให้รบกวนการใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแต่ก็ต้องแลกกับการต้องจ่ายเงินเพิ่มเติม ในกรณีที่เครือข่ายมีปัญหาจะทำให้ไม่สามารถบันทึกวิดีโอได้ผู้ดูแลต้องหมั่นตรวจสอบอยู่ตลอดเวลา ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถือว่าค่อนข้างสูง

การติดตั้งระบบเครือข่ายท้องถิ่นในปัจจุบันมีให้เลือกหลายชนิดแต่ละชนิดก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน เช่น สาย UTP ข้อดีก็คือ ราคาถูกติดตั้งง่าย ส่วนข้อจำกัดก็คือ ระยะทางไม่เกิน 100 เมตร สาย fiber optic ข้อดีก็คือสามารถส่งข้อมูลได้ไกล ข้อมูลมีความปลอดภัย ข้อเสียก็คือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง และสาย power line ข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับสาย UTP ก็คือสามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่า คือสามารถส่งข้อมูลระยะทาง 300 เมตรและสามารถใช้งานร่วมกับสายไฟฟ้าภายในบ้านได้ไม่ต้องลงทุนติดตั้งสายสัญญาณเพิ่มเติม มีหลายงานวิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของสาย power line สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ [2,3] ส่วนข้อจำกัด ก็คือ ไม่สามารถส่งข้อมูลข้ามเบรกเกอร์ [2]

จากปัญหาที่พบข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบกล้องวงจรปิดอัจฉริยะต้นทุนต่ำด้วยรหัสเบอรี่พาย ส่งข้อมูลผ่านสาย power line สามารถระบุช่วงเวลาในการอัปเดตไฟล์วิดีโอไปเก็บที่เซิร์ฟเวอร์เพื่อไม่ให้กระทบต่อการใช้งานอินเทอร์เน็ตและสามารถแจ้งเตือนผู้ดูแลผ่าน line notify เมื่อระบบเกิดความผิดพลาดใด ๆ

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อพัฒนาระบบกล้องวงจรปิดอัจฉริยะต้นทุนต่ำด้วยรหัสเบอรี่พาย

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่งไฟล์ผ่านเครือข่ายเพาเวอร์ไลน์ระหว่างเอ็นเอฟเอสกับเอฟทีพี

2. ทฤษฎี อุปกรณ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ภาษาพีเอชพี (PHP) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์ไซด์สคริปต์ โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส ภาษาพีเอชพีใช้สำหรับพัฒนาเว็บเพจและแสดงผลออกมาในรูปแบบ HTML ในงานวิจัยนี้ ใช้ภาษาพีเอชพีในการพัฒนาเว็บเพจสำหรับอัปเดตไฟล์วิดีโอไปเก็บที่เซิร์ฟเวอร์

2.2 ภาษาไพทอน (python) คือ ชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือ สามารถรันภาษาไพทอนได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD อีกอย่างหนึ่งภาษาดังนี้เป็นโอเพนซอร์สเหมือนภาษาพีเอชพี ทำให้ทุกคนสามารถที่จะนำภาษาไพทอนมาพัฒนาโปรแกรมได้ฟรี ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ภาษาไพทอนเขียนโปรแกรมส่งงานให้รหัสเบอรี่พายบันทึกไฟล์วิดีโอ

2.3 บอร์ดราสเบอรี่พาย (rasberry pi) [4] คือ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ดและเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนโปรแกรม หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก ไม่จำเป็นการทำงาน spreadsheet word processing ท่องอินเทอร์เน็ต ส่งอีเมลล์ หรือเล่นเกมส์ อีกทั้งยังสามารถเล่นไฟล์วิดีโอความละเอียดสูง (high-definition) ได้อีกด้วย บอร์ดราสเบอรี่พายรองรับระบบปฏิบัติการลินุกซ์ (linux operating system) ได้หลายระบบ เช่น Raspbian (Debian) Pidora (Fedora) และ Arch Linux เป็นต้น โดยติดตั้งบน SD card บอร์ดราสเบอรี่พายนี้ถูกออกแบบมาให้มี CPU GPU และ RAM อยู่ภายในชิปเดียวกัน มีจุดเชื่อมต่อ GPIO ให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้อีกด้วย บอร์ดราสเบอรี่พาย ปัจจุบันมีด้วยกัน 2 โมเดล คือ โมเดล A และ โมเดล B ซึ่งทั้ง 2 โมเดลมีคุณสมบัติทางเทคนิคที่ใกล้เคียงกันแตกต่างกันเพียงบางส่วน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้รหัสเบอรี่พาย 3 B support LAN 10/100 Mbps ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. บอร์ดราสเบอร์รี่พาย โมเดล B

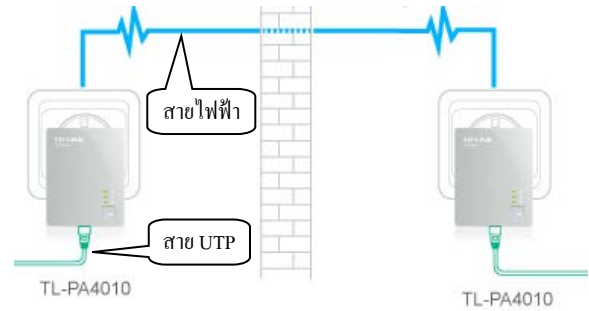
2.4 Pi camera เป็นโมดูลกล้องสำหรับต่อใช้งานร่วมกับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย ขนาดความละเอียด 5 ล้าน pixel สามารถถ่ายวิดีโอระดับ HD ที่ความละเอียด 1080p, 720p และ 640x480 ด้วยอัตราแสดงผล 30 (1080p), 60 (720p และ 640x480) และ 90 (640x480) เฟรมต่อวินาที ในงานวิจัยนี้ เลือกใช้ชิพ Element14 รุ่น RPI CAMERA BOARD ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. ตัวอย่าง Pi camera

2.5 การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (powerline communication : PLC) หมายถึง ระบบเครือข่ายที่ใช้สายไฟฟ้าเป็นเส้นทางในการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ สามารถสร้างระบบเครือข่ายสำหรับการสื่อสารข้อมูลขึ้นมาใช้งานได้ทันที เรียกได้ว่า ที่ใดมีปลั๊กที่นั่นมีเครือข่ายโดยในการส่งสัญญาณมัลติมีเดียด้วยความเร็วสูง โดยที่สัญญาณจะถูกแปลงด้วยอะแดปเตอร์ที่เชื่อมต่อแล้วส่งไปตามวงจรสายไฟฟ้า โดยใช้คลื่นความถี่ระหว่าง 2 ถึง 30 MHz ไปยังอะแดปเตอร์อีกตัวที่อยู่ปลายทาง ซึ่งจะคอยทำการแปลงสัญญาณให้กลับมาอยู่ในรูปแบบเดิม และสามารถทำงานได้ครอบคลุมในพื้นที่ที่สัญญาณเข้าไม่ถึงแต่

สายไฟฟ้าเข้าถึง เพื่อมีเป้าหมายในการที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งานสำหรับพื้นที่ที่มีสายไฟฟ้าติดตั้งอยู่ก็สามารถทำการติดต่อสื่อสารข้อมูลกันได้ [5] หลักการทำงานของ PLC ดังภาพที่ 3 งานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ PLC ยี่ห้อ tp-link รุ่น TL-PA4010 อัตราการถ่ายโอนข้อมูลสูงสุดถึง 500 Mbps บนระยะทาง 300 เมตร [6] ดังรูปที่ 4

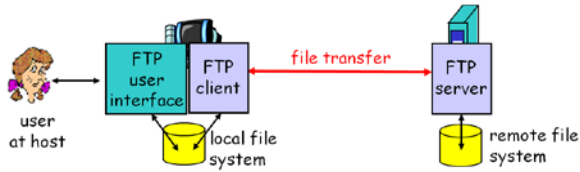


รูปที่ 3. หลักการเชื่อมต่อ PLC



รูปที่ 4. อะแดปเตอร์ TL-PA4010

2.6 เอฟทีพี (FTP) เป็นโพรโทคอลเครือข่ายชนิดหนึ่งใช้สำหรับแลกเปลี่ยนและจัดการไฟล์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เอฟทีพีถูกสร้างขึ้นด้วยสถาปัตยกรรมแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ (ดังภาพที่ 5) และใช้การเชื่อมต่อสำหรับส่วนข้อมูลและส่วนควบคุมแยกกันระหว่างเครื่องลูกข่ายกับเครื่องแม่ข่าย โปรแกรมประยุกต์เอฟทีพีที่เริ่มแรกได้ตอบกันด้วยเครื่องมือรายการสั่ง (command line) สั่งการด้วยไวยากรณ์ที่เป็นมาตรฐาน แต่ก็มีการพัฒนา ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ขึ้นมาสำหรับระบบปฏิบัติการเดสก์ท็อปที่ใช้กันทุกวันนี้ เอฟทีพียังถูกใช้เป็นส่วนประกอบของโปรแกรมประยุกต์อื่นเพื่อส่งผ่านไฟล์โดยอัตโนมัติสำหรับการทำงานภายในโปรแกรม เราสามารถใช้เอฟทีพีผ่านทางฟิสิกส์จริงด้วยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน หรือเข้าถึงด้วยผู้ใช้นิรนาม (anonymous)



รูปที่ 5. สถาปัตยกรรมแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ของเอฟทีพี

2.7 เอ็นเอฟเอส (network file system : NFS) คือ บริการที่ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าถึง File และ Directory บนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นได้เหมือนกับใช้งานเครื่องของตัวเอง โดยสามารถให้บริการได้อย่างสะดวก ง่ายและมีประสิทธิภาพผ่านระบบเครือข่าย โดยระบบปฏิบัติการของเครื่องลูกข่ายไม่จำเป็นต้องเป็นระบบปฏิบัติการเดียวกันกับเครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการ NFS

ประโยชน์ของ NFS

- การใช้ NFS ไม่จำเป็นต้องใช้ระบบปฏิบัติการเดียวกัน
- มีความปลอดภัยของข้อมูลทั้งเป็นแบบรายบุคคลและแบบรายกลุ่ม ซึ่งการเข้าใช้งานจะมีการยืนยันตัวตนบุคคลและรหัสผ่านก่อนเข้าใช้งาน
- สามารถเข้าใช้งานข้อมูลได้ร่วมกัน ทุกที่ ทุกเวลาที่มีการเชื่อมต่อเครือข่ายไปถึง
- เป็นแหล่งสำรองข้อมูล

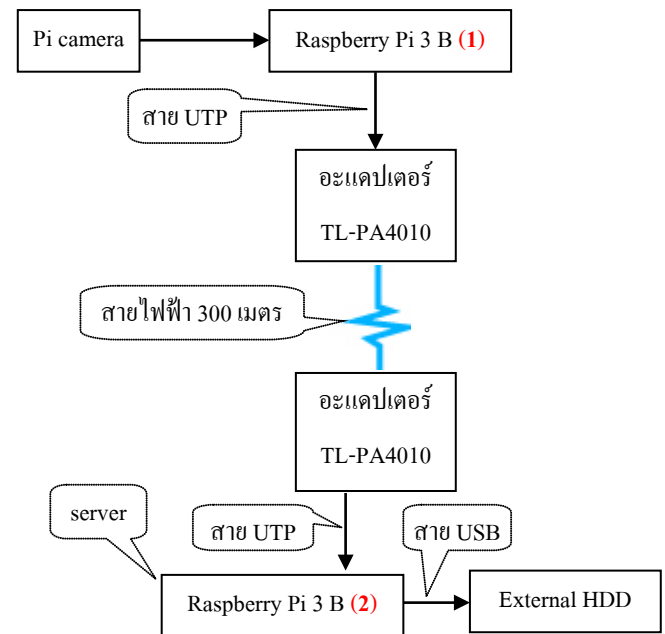
2.8 มดทล คล้ายสวัสดี [2] ได้ศึกษาปัญหาพิเศษ เรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสตรีมมิ่งไฟล์วิดีโอความละเอียดสูงระหว่างเครือข่ายไร้สายกับเครือข่ายที่ใช้สายไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่า ถ้าในกรณีที่ต้องการสตรีมมิ่งไฟล์วิดีโอความละเอียดสูงชนิด MKV จะสามารถเลือกใช้งานสื่อสัญญาณได้ทั้งชนิด Powerline หรือ WLAN ชนิด N150 และ N300 แต่ถ้าต้องการสตรีมมิ่งวิดีโอไฟล์ชนิด Blue-Ray สื่อสัญญาณที่สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพก็ยังมีเพียงสื่อสัญญาณชนิดใช้สายทองแดง (UTP) เท่านั้น

2.9 เกรียงไกร พงษ์มนตรี [3] ได้ศึกษาปัญหาพิเศษ เรื่องการวัดประสิทธิภาพในการโอนถ่ายข้อมูลผ่าน Powerline กรณีศึกษาในห้องเรียนอนุบาลศรีรักษา ณ โรงพยาบาลราชวิถี ผลการศึกษาพบว่า ว่าในขณะที่ทำการฉายรังสีไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ Powerline และในการใช้งานส่วนของระบบโรงพยาบาลราชวิถี โดยใช้แบบสอบถามเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 และ

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าความเร็วในการใช้งานต่อระบบงานของทางโรงพยาบาลราชวิถี มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

3. แนวคิด/วิธีการที่นำเสนอ

3.1 การออกแบบระบบทางด้านฮาร์ดแวร์



รูปที่ 6. สถาปัตยกรรมของระบบ

จากรูปที่ 6 ระบบประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ ได้แก่ 1) Pi camera 2) บอร์ดราสเบอร์รี่พาย จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่บันทึกวิดีโอและทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์เก็บไฟล์วิดีโอ 3) อะแดปเตอร์ TL-PA4010 ทำหน้าที่ส่งไฟล์ผ่านสายไฟฟ้า และ 4) External HDD สำหรับเก็บไฟล์วิดีโอ

3.2 การออกแบบฐานข้อมูล

ตารางที่ 1. สคีมาของตาราง video

แอททริบิวต์	ประเภท	หมายเหตุ
filename	varchar (100)	PK เก็บชื่อไฟล์
period	datetime	วัน/เวลาที่บันทึก
status	tinyint	สถานะการอัปโหลด
rec_count	bigint	ลำดับที่ของไฟล์
filesize	int	ขนาดของไฟล์

3.3 การติดตั้ง External HDD บนราสเบอร์รี่พาย (2)

ติดตั้ง External HDD ดังรูปที่ 7 แล้วติดตั้งซอฟต์แวร์



รูปที่ 7. การติดตั้ง External HDD กับราสเบอร์รี่พาย

ขั้นตอนการติดตั้งมีดังนี้

1) พิมพ์คำสั่ง `df -h` ถ้าการเชื่อมต่อสมบูรณ์จะพบว่า External HDD เพิ่มในระบบ จากตัวอย่างได้แก่ `/dev/sda1` ซึ่งถูก mount ในเส้นทาง `/media/pi/Elements`

```
/dev/sda1    932G 147G 785G 16% /media/pi/Elements
```

2) ติดตั้งซอฟต์แวร์เพิ่มเติมเพื่อให้สามารถเขียนข้อมูลลง External HDD (ถ้าเริ่มต้นสามารถอ่านได้อย่างเดียว) โดยพิมพ์คำสั่ง ดังนี้

```
sudo apt-get install ntfs-3g
```

```
sudo reboot
```

หลังจากรีสตาร์ททดลองสร้างไดเรกทอรีหรือไฟล์ใน `/media/pi/Elements` ถ้าสามารถสร้างได้ถือว่าผ่านขั้นตอนนี้

3) พิมพ์คำสั่งสร้างไดเรกทอรีเพื่อรองรับการ mount

```
sudo mkdir /media/nas
```

```
sudo chmod -R 777 /media/nas
```

4) แก้ไขไฟล์ `/etc/fstab` เพื่อติดตั้ง External HDD อย่างถาวร โดยเพิ่ม `/dev/sda1 /media/nas auto defaults,user 0 1` เข้าไปท้ายไฟล์ โดยพิมพ์คำสั่ง `sudo nano /etc/fstab` จากนั้นสั่งรีสตาร์ท ราสเบอร์รี่พายด้วยคำสั่ง `sudo reboot`

```
proc                /proc                proc                default
PARTUUID=7d842044-01 /boot                vfat                0
PARTUUID=7d842044-02 /                    ext4                0
# a swapfile is not a swap partition, no line
# use dphys-swapfile swap[on|off] for that
/dev/sda1 /media/nas auto defaults,user 0 1
```

รูปที่ 8. การแก้ไขไฟล์ `/etc/fstab`

หลังจากรีสตาร์ทราสเบอร์รี่พาย พิมพ์คำสั่ง `df -h` จะพบว่า External HDD ถูก mount ที่เส้นทาง `/media/nas`

```
/dev/sda1    932G 147G 785G 16% /media/nas
```

3.4 การติดตั้ง FTP server บนราสเบอร์รี่พาย (2)

1) พิมพ์คำสั่ง `sudo apt install proftpd` เพื่อติดตั้ง proftpd
2) พิมพ์คำสั่ง `sudo nano /etc/proftpd/proftpd.conf` เพื่อแก้ไขไฟล์คอนฟิกของ proftpd แล้วแก้ไขข้อมูลดังนี้

```
DefaultRoot    /media/nas
```

หมายเหตุ `/media/nas` คือเส้นทางที่ชี้ไปยัง External HDD

3) พิมพ์คำสั่ง `sudo service proftpd reload` เพื่อรีสตาร์ทเซิร์ฟเวอร์

4) ทดสอบการใช้งานเอฟทีพีจากลูกข่าย

3.5 การติดตั้ง NFS server บนราสเบอร์รี่พาย (2)

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2 คือต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่งไฟล์ผ่านเครือข่ายแพะเวอร์ไบนารีระหว่างเอฟทีพีกับเอ็นเอฟเอส จึงจำเป็นต้องติดตั้งเอ็นเอฟเอส ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) พิมพ์คำสั่ง `sudo apt-get install nfs-common nfs-kernel-server`

2) พิมพ์คำสั่ง `sudo nano /etc/exports` เพื่อกำหนดสิทธิ์สำหรับลูกข่ายที่ต้องการเชื่อมต่อเข้าใช้งานเอ็นเอฟเอส แล้วกำหนดสิทธิ์ดังนี้

```
/media/nas    10.39.0.25(rw,sync,no_subtree_check)
```

ให้สิทธิ์ลูกข่ายไอพีแอดเดรส 10.39.0.25 สามารถเรียกใช้งานเส้นทาง `/media/nas` บนเอ็นเอฟเอสเซิร์ฟเวอร์ มีสิทธิ์ อ่าน, เขียน

3) พิมพ์คำสั่ง `sudo service nfs-kernel-server start` เพื่อสตาร์ทเอ็นเอฟเอสเซิร์ฟเวอร์

3.6 การติดตั้ง NFS client บนราสเบอร์รี่พาย (1)

1) พิมพ์คำสั่ง `sudo apt-get install nfs-common` เพื่อติดตั้ง
2) ทดลองเชื่อมต่อกับ NFS server โดยใช้คำสั่ง `sudo mount 10.39.0.27:/media/nas /home/nas`

3) ตรวจสอบโดยพิมพ์คำสั่ง `df -h` ผลลัพธ์ดังรูปที่ 9

Filesystem	Size	Used	Avail	Use%	Mounted on
/dev/root	30G	14G	15G	50%	/
devtmpfs	433M	0	433M	0%	/dev
tmpfs	438M	8.3M	430M	2%	/dev/shm
tmpfs	438M	45M	393M	11%	/run
tmpfs	5.0M	4.0K	5.0M	1%	/run/lock
tmpfs	438M	0	438M	0%	/sys/fs/cgroup
/dev/mmcblk0p1	44M	23M	21M	52%	/boot
tmpfs	88M	0	88M	0%	/run/user/1000
10.39.0.27:/media/nas	932G	147G	785G	16%	/home/nas

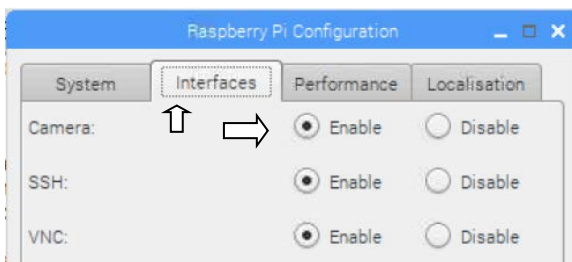
รูปที่ 9. ผลการติดต่อเอ็นเอฟเอสเซิร์ฟเวอร์

3.7 ติดตั้ง web server (apache, PHP, MySQL) บนราสเบอร์รี่พาย (1) และ (2)

- 1) ขั้นตอนการติดตั้งสามารถสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต ผู้เขียนไม่ขอกล่าวถึงในบทความนี้
- 2) สร้างฐานข้อมูลใน MySQL และสร้างตารางตามข้อที่ 3.2 (ชื่อฐานข้อมูลและชื่อตารางดูในโค้ดภาษาไพทอน)

3.8 การเปิดใช้งาน Pi camera บนราสเบอร์รี่พาย (1)

คลิกเมนู Raspberry Pi Configuration --> Interfaces



รูปที่ 10. การเปิดใช้งาน Pi camera

3.9 การพัฒนาโปรแกรมบันทึกวิดีโอด้วยภาษา python บนราสเบอร์รี่พาย (1)

- 1) ติดตั้งซอฟต์แวร์สำหรับติดต่อ Pi camera


```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install python3-picamera
```
- 2) ติดตั้งซอฟต์แวร์สำหรับติดต่อฐานข้อมูล MySQL


```
sudo apt-get install python-mysqldb
```
- 3) โค้ดภาษาไพทอน สามารถดาวน์โหลดจาก google docs
 https://docs.google.com/document/d/1PSghmjktavH8FKuKJjebxcwLufagT86ome_OMA-AGm/edit?usp=sharing

หลักการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ 11

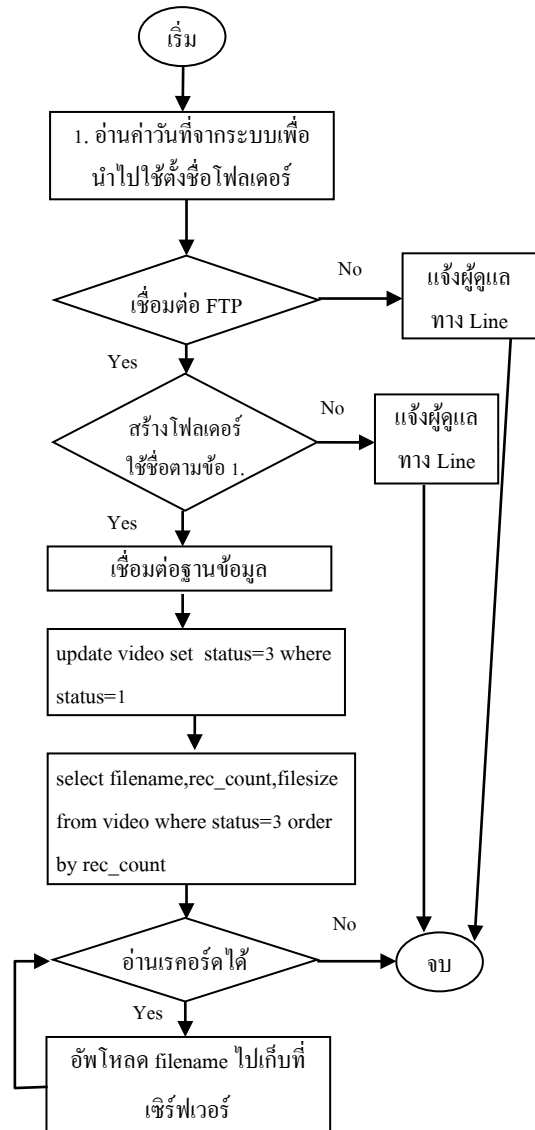


รูปที่ 11. ฟังก์ชันหลักการทำงานของโปรแกรมบันทึกวิดีโอ

หมายเหตุ ต้องการให้ราสเบอร์รี่พายรันโปรแกรมอัตโนมัติให้เพิ่มคำสั่ง `/usr/bin/python3 /home/pi/rec_video.py &` ในไฟล์ `/etc/rc.local`

3.10 การพัฒนาโปรแกรมภาษา PHP สำหรับอัปโหลดวิดีโอไปเก็บบนเซิร์ฟเวอร์ในราสเบอร์รี่พาย (1)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่งไฟล์ผ่านเครือข่ายแพคเกจอินเทอร์เน็ตระหว่างเอ็นเอฟเอสกับเอฟทีพี ดังนั้น การพัฒนาโปรแกรมภาษา PHP สำหรับอัปโหลดไฟล์วิดีโอไปเก็บบนเซิร์ฟเวอร์จึงพัฒนา 2 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมสำหรับใช้บริการเอ็นเอฟเอส (copyvideo.php) และโปรแกรมสำหรับใช้บริการเอฟทีพี (copyvideoFTP.php) โค้ดโปรแกรมสามารถศึกษาได้จาก https://docs.google.com/document/d/1VnY2gfuggWtoDZQeBDu5qtu7UAGLRYdNvMdL3l_OUM8/edit?usp=sharing หลักการทำงานของโปรแกรม copyvideoFTP.php ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12. หลักการทำงานของโปรแกรมอัปโหลดไฟล์วิดีโอ

หมายเหตุ ตัวอย่างโค้ดส่งข้อความทาง Line ศึกษาจากโปรแกรม linenotify.php บน google docs

3.11 การตั้งเวลาอัปโหลดไฟล์อัตโนมัติ

แก้ไขไฟล์ crontab เพื่อตั้งเวลาให้ระบบปฏิบัติการ linux ทำงานโดยอัตโนมัติ โดยพิมพ์คำสั่ง sudo nano /etc/crontab แล้วพิมพ์ข้อความต่อไปนี้ต่อท้ายไฟล์

```
56 23 *** root /usr/bin/curl http://localhost/copyvideoFTP.php
```

```
58 23 *** root /usr/bin/curl http://localhost/copyvideo.php
```

23.56 น. ของทุกวัน ให้รันไฟล์ copyvideoFTP.php และ
23.58 น. ของทุกวัน ให้รันไฟล์ copyvideo.php

3.12 การตรวจสอบสถานะของราสเบอร์รี่พาย (1)

หน้าที่ของราสเบอร์รี่พาย (1) คือบันทึกวิดีโอ ดังนั้น ถ้าราสเบอร์รี่พาย (1) หยุดทำงานด้วยสาเหตุใดก็ตาม จะส่งผลให้การบันทึกวิดีโอมีความผิดพลาด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการมอบหน้าที่ในการตรวจสอบสถานะของราสเบอร์รี่พาย (1) ด้วยราสเบอร์รี่พาย (2) กล่าวคือ ถ้าผลการตรวจสอบพบว่าราสเบอร์รี่พาย (1) หยุดทำงานให้ราสเบอร์รี่พาย (2) ส่ง Line แจ้งผู้ดูแลวิธีการคือแก้ไขไฟล์ crontab เพื่อตั้งเวลาให้ระบบปฏิบัติการ linux ทำงาน โดยอัตโนมัติ โดยพิมพ์คำสั่ง sudo nano /etc/crontab แล้วพิมพ์ข้อความต่อไปนี้ต่อท้ายไฟล์

```
56 23 *** root /usr/bin/curl http://localhost/checkserver.php
```

หมายเหตุ 23.58 น. ของทุกวันให้รันโปรแกรม checkserver.php โดยอัตโนมัติ โค้ดโปรแกรม checkserver.php ศึกษาได้จาก google docs

4. ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทดลองบันทึกไฟล์วิดีโอ 4 ความยาว ได้แก่ ความยาวไฟล์ละ 1 นาที ไฟล์ละ 2 นาที ไฟล์ละ 4 นาที และไฟล์ละ 6 นาที แต่ละความยาวบันทึกจำนวน 12 วัน แต่ละวันทำการอัปโหลดไฟล์วิดีโอขึ้นไปเก็บบนราสเบอร์รี่พาย (2) โดยใช้บริการเอพีทีทีและเอ็นเอฟเอส ผลการทดลองดังตารางที่ 1-4

ตารางที่ 1. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความยาว 1 นาที

วันที่	ความจุ (ต่อวัน)	จำนวนไฟล์	FTP (นาที)	NFS (นาที)
1	8,146,457,758	1,431	26.34	25.06
2	11,730,877,603	1,424	37.47	34.01
3	9,240,075,551	1,429	29.40	27.35
4	7,619,543,725	1,432	24.55	23.18
5	10,173,030,850	1,429	32.44	29.25
6	7,703,019,615	1,429	25.09	23.48
7	6,906,720,190	1,430	22.13	21.48
8	6,807,964,651	1,431	21.55	21.56
9	10,696,627,014	1,426	34.09	32.14

วันที่	ความจุ (ต่อวัน)	จำนวน ไฟล์	FTP (นาทีก)	NFS (นาทีก)
10	9,149,806,031	1,429	29.33	27.52
11	15,911,374,349	1,420	50.43	45.38
12	10,371,372,300	1,428	34.24	29.06
เฉลี่ย			30.59	28.29

จากตารางที่ 1 พบว่า วันที่ 8 NFS ใช้เวลาในการอัปโหลดไฟล์มากกว่า FTP 1 วินาที นอกนั้นพบว่า NFS ใช้เวลาน้อยกว่า FTP

ตารางที่ 2. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความยาว 2 นาที

วันที่	ความจุ (ต่อวัน)	จำนวน ไฟล์	FTP (นาทีก)	NFS (นาทีก)
1	8,482,291,571	717	26.57	23.31
2	8,761,548,642	718	27.38	23.53
3	8,607,930,881	717	27.12	23.40
4	8,189,889,354	718	25.57	22.15
5	7,819,875,934	717	24.58	21.23
6	7,647,823,224	718	24.16	21.16
7	7,878,882,666	718	25.34	22.21
8	8,638,972,846	717	27.35	24.44
9	9,492,999,187	717	29.56	28.02
10	7,251,961,444	718	23.08	20.58
11	8,316,192,281	718	26.20	23.15
12	6,817,998,454	717	21.39	20.20
เฉลี่ย			25.69	22.78

จากตารางที่ 2 พบว่า NFS ใช้เวลาน้อยกว่า FTP ทุกวัน

ตารางที่ 3. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความยาว 4 นาที

วันที่	ความจุ (ต่อวัน)	จำนวน ไฟล์	FTP (นาทีก)	NFS (นาทีก)
1	6,698,633,754	359	21.14	18.35
2	8,674,018,402	359	27.33	24.29
3	8,711,801,235	359	27.29	23.47
4	7,572,569,967	360	23.57	21.03
5	7,713,161,176	359	24.18	21.14
6	8,898,969,222	359	27.55	24.22
7	8,544,552,234	360	27.06	23.35

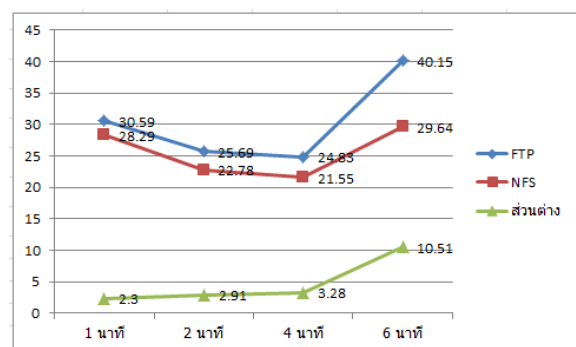
วันที่	ความจุ (ต่อวัน)	จำนวน ไฟล์	FTP (นาทีก)	NFS (นาทีก)
8	6,685,499,651	359	21.04	18.44
9	5,418,057,734	359	17.11	15.14
10	8,740,200,492	360	27.32	23.25
11	9,310,276,047	359	29.27	24.51
12	8,003,329,961	359	25.07	21.40
เฉลี่ย			24.83	21.55

จากตารางที่ 3 พบว่า NFS ใช้เวลาน้อยกว่า FTP ทุกวัน

ตารางที่ 4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความยาว 6 นาที

วันที่	ความจุ (ต่อวัน)	จำนวน ไฟล์	FTP (นาทีก)	NFS (นาทีก)
1	7,724,526,348	240	24.40	20.16
2	8,276,782,717	239	26.14	21.54
3	6,762,632,282	240	21.20	17.57
4	7,085,316,735	240	22.29	18.23
5	7,917,416,227	240	25.29	19.45
6	9,798,376,609	239	31.11	22.00
7	15,926,896,314	239	59.00	40.36
8	17,554,358,229	240	66.00	46.24
9	13,988,773,415	239	51.41	38.58
10	15,677,782,713	240	49.49	38.50
11	13,675,995,134	239	44.25	34.04
12	16,023,143,049	240	61.16	39.01
เฉลี่ย			40.15	29.64

จากตารางที่ 4 พบว่า NFS ใช้เวลาน้อยกว่า FTP ทุกวัน



รูปที่ 13. สรุปผลการทดลอง

5. บทสรุป

ผู้วิจัยขอสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

5.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์ ได้แก่ 1) Pi camera จำนวน 1 ตัว 2) บอร์ดราสเบอร์รี่พาย รุ่น 3 B จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่บันทึกไฟล์วิดีโอและทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์เก็บไฟล์วิดีโอ 3) อะแดปเตอร์ TL-PA4010 ทำหน้าที่ส่งไฟล์วิดีโอผ่านสายไฟฟ้า 4) External HDD สำหรับเก็บไฟล์วิดีโอ และ 5) สายไฟฟ้าแบบ VAF ขนาด 2x1 ม.ม. จำนวน 300 เมตร จากการทดลองบันทึกไฟล์วิดีโอ จำนวน 48 วัน (ความยาวของไฟล์ 1 นาที 2 นาที 4 นาที และ 6 นาที ความยาวละ 12 วัน) และอัปโหลดไปเก็บในบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (2) สามารถใช้งานได้อย่างจริงสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนผ่าน line notify เมื่อระบบเกิดความผิดพลาดได้

5.2 จากภาพที่ 13 พบว่า NFS มีประสิทธิภาพในการสำเนาไฟล์ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้ดีกว่า FTP และถ้าขนาดของไฟล์วิดีโอมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนต่างของเวลาในการสำเนาไฟล์ก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

6. การอภิปรายผล

6.1 ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจราคากระบบกล้องวงจรปิดแบบ IP camera ที่รองรับกล้องจำนวน 4 ตัว ความละเอียด 1,080p ที่จำหน่ายตามท้องตลาด พบว่า ราคาขั้นต่ำ 30,000 บาท (ไม่รวมค่าติดตั้ง) สำหรับงานวิจัยนี้ใช้งบประมาณดังตารางที่ 5 ซึ่งสรุปได้ว่าราคาค่ากว่าระบบที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ตารางที่ 5. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ

ที่	รายการ	จำนวน	ราคารวม
1	บอร์ดราสเบอร์รี่พาย 3 B	2	2,720
2	Adapter Power Supply 5V 2.5A	2	900
3	Micro SD 16 GB	2	260
4	Pi camera	1	1,090
5	PLC ยี่ห้อ tp-link รุ่น TL-PA4010	1	888
6	WD External HDD 1 TB	1	999
รวม			6,857

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายตามตารางที่ 5 สำหรับกล้องจำนวน 1 ตัว กรณีต้องการเพิ่มจำนวนกล้อง ค่าใช้กล้องละ 1,360 + 450 + 130 + 1,090 + 888 = 3,918 บาท หรือถ้าต้องการใช้งานกล้องจำนวน

4 ตัว งบประมาณ 18,611 บาท ซึ่งราคาค่ากว่าระบบที่จำหน่ายตามท้องตลาด

6.2 ถ้าระบบเกิดความผิดพลาด เช่น บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (1) ไม่สามารถสื่อสารกับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย (2) ด้วยสาเหตุใด ๆ ก็ตาม ระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบผ่าน Line notify ได้ เพื่อแก้ไขปัญหาซึ่งจะทำให้การบันทึกวิดีโอไม่เกิดความผิดพลาดหรือผิดพลาดน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- [1] ม.ป.ป., “วิธีการทำงานของกล้อง IP Network Camera,” ม.ป.ป., 2562. [Online]. Available: <http://www.cctvpool.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539898658>. [Accessed: 20 ธันวาคม 2562].
- [2] มลฑล คล้ายสวัสดิ์, “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสตรีมมิ่งไฟล์วิดีโอความละเอียดสูงระหว่างเครือข่ายไร้สายกับเครือข่ายที่ใช้สายไฟฟ้า,” ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.
- [3] เกียรติกร พงษ์มนตรี, “การวัดประสิทธิภาพในการโอนถ่ายข้อมูลผ่าน Powerline กรณีศึกษาในห้องเรียนอนุภาครังสีรักษา ณ โรงพยาบาลราชวิถี,” ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.
- [4] วินัส ชัพพลา, “ตอนที่ 1 รู้จักกับบอร์ด Raspberry Pi พร้อมเรียนรู้วิธีการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux ให้กับ Raspberry Pi,” 7 ตุลาคม 2559. [Online]. Available: <https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/บทความการพัฒนาโปรแกรมบน-raspberry-pi-ด้วย-qt.html>. [Accessed: 20 ธันวาคม 2562].
- [5] วโรจน์ สกุลโต, “WLAN VS Powerline,” CHIP Computer & Communications, ปีที่ 10, ฉบับที่ 6, มิถุนายน, pp. 72-74, 2554.
- [6] n.d., “AV500 Nano Powerline Adapter TL-PA4010,” n.d., January, 2020. [Online]. Available: <https://www.tp-link.com/us/home-networking/powerline/tl-pa4010/#overview>. [Accessed: January 12, 2020].