

การออกแบบและประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมระยะไกลสำหรับ สำนักงานขนาดเล็กผ่านอีเทอร์เน็ต

Design and Performance Evaluation of Remote Control for SOHO via Ethernet

เศรษฐกาล โปร่งนุช^{1*}, ณรงค์ ณรงค์รัตน์², อภิรักษ์ ธิติณมิต² และ ณัฐพร อารีรัชชกุล³

^{1*}สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

²สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

³สาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับนำมาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้าน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้อยู่อาศัย ได้แก่ ระบบการจัดการพลังงาน ระบบมัลติมีเดีย และระบบการรักษาความปลอดภัย โดยประสิทธิภาพของระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบและสถาปัตยกรรม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอ การออกแบบและประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมระยะไกลสำหรับสำนักงานขนาดเล็กผ่านอีเทอร์เน็ต ระบบนี้ประกอบด้วย ระบบควบคุมภายในสำนักงาน โดยใช้ XUP V-II Pro FPGA ซึ่งการทำงานของระบบเป็นแบบไคลเอนต์-เว็บเซิร์ฟเวอร์ และผลการทดลอง คือ มีตัวประมวลผลร่วมกันทำงานด้วยความเร็ว 1050/658 MHz ใช้ทรัพยากร 33% ของลอจิกอาเรียบล็อกรวมทั้งหมด มี UDP และ TCP แบนด์วิดท์เป็น 26 MBits/sec และ 14 Mbit/sec สำหรับการติดต่อสื่อสาร และมีต้นทุนราคา 16,000 บาท ซึ่งได้นำมาเปรียบเทียบกับสถาปัตยกรรมของงานวิจัยก่อนหน้านี้

คำสำคัญ : ระบบควบคุมระยะไกลผ่านอีเทอร์เน็ต, สำนักงานขนาดเล็กหรือสำนักงานบ้าน
ไคลเอนต์-เว็บเซิร์ฟเวอร์

Abstract

The development of technology to control several devices in household to facilitated for resident such as energy management systems, multimedia systems, and security systems. The efficiency of systems depend on design of computer architecture. Therefore, the objectives of this research design and performance evaluation of remote control for small office/home office (SOHO) via Ethernet. This system composed of internal control office using XUP Virtex-II Pro FPGA, where the system is a client-web server. The results in this reveal that 1050/658MHz for speed of co-processors, 33% of logic array block (LAB) for resources, UDP 26 MBits/sec and TCP 14 MBits/sec for communication bandwidth, and 16,000 Thai Baht of cost comparing with previous researches.

Keywords : Remote Control via Ethernet, SOHO; Client-Web Server

บทนำ

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันอย่างมาก เช่น เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต หรือ มักจะรู้จักกันคุ้นเคยกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารและเทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีที่ได้กล่าวมานั้นต่างล้วนทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ดีขึ้นกว่าอดีต และสะดวกสบายตลอดจนช่วยให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

นักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์ได้นำเสนอการนำเทคโนโลยีต่างๆ ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นมาสร้างเป็นระบบที่เรียกกันว่า บ้านอัจฉริยะหรือบ้านดิจิทัล นั้น โดยต้องการจะทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์สะดวกสบายและมีความปลอดภัย ซึ่งมีแนวคิดหลักในการออกแบบบ้านอัจฉริยะ (Young-Seok Kim, Hee-Sun Kim, and Change-Goo Lee, 2004 : 289) ต้องประกอบด้วย 3 ส่วนดังต่อไปนี้ คือ เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน, ระบบควบคุม และเครือข่ายสาธารณะ สำหรับการวิจัยและพัฒนาระบบบ้านอัจฉริยะ เมื่อทศวรรษที่ผ่านมา เช่น บริษัทซัมซุง (Young-Seok Kim, Hee-Sun Kim, and Change-Goo Lee, 2004 : 289) ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มสร้างระบบบ้านอัจฉริยะเป็นเจ้าแรกในประเทศจีนและเกาหลีในปี 2546 ได้ประสบปัญหาของระบบควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ต่อมาบริษัท E-Home Technical System (Danneels, J., 2001 : 1.1.1) ซึ่งสร้างโดยบริษัทไมโครซอฟท์ภายใต้การบริหารงานของบิลเกตส์ ถูกพัฒนาขึ้นในเมืองมิวนิค ประเทศเยอรมนี

ปี 2548 โดยที่บิลเกตส์ต้องการให้ระบบ E-Home ใช้งานผ่านระบบปฏิบัติการ Windows CE แต่การควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นทำได้ยาก

ถัดมาบริษัท IGRS จากประเทศจีน (Nordlund, T., Tallberg, M., and Hammainen, H., 2007 : 1) ได้เกิดแนวคิดที่จะทำระบบที่เรียกว่า สามซี (3C: Communication, Computer, Consumer Electronic) แต่ก็พบปัญหามากมาย เช่น ไดรเวอร์ การเชื่อมต่อและการกำหนดค่าของเครือข่าย เมื่อ 5 ปีที่ผ่านมาการออกแบบและพัฒนาระบบบ้านอัจฉริยะ เป็นที่นิยมของนักวิจัย นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรอย่างแพร่หลายมากขึ้น เพื่อต้องการสร้างระบบที่ใช้งานได้สะดวกสบายและมีประสิทธิภาพมากที่สุด เช่น ปี 2552 มีงานวิจัยเรื่อง การออกแบบการควบคุมระยะไกลด้วยเว็บเซิร์ฟเวอร์สำหรับบ้านดิจิทัล (Xu Huaiyu, Su Ruidan, Hou Xiaoyu, and Ni Qing, 2009 : 1) และไม่กี่ปีมานี้มีการทำระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านเทคโนโลยีเว็บ (ธนวิทย์ ทิพย์ธราดล, 2553)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอ การออกแบบระบบควบคุมระยะไกลสำหรับสำนักงานขนาดเล็กผ่านอินเทอร์เน็ต โดยเลือกใช้ FPGA (Field Programmable Gate Array) มาใช้เป็นตัวประมวลผล ควบคุม และส่วนเชื่อมประสานกับผู้ใช้งาน เนื่องจาก FPGA มีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถรองรับการออกแบบร่วมกันระหว่างฮาร์ดแวร์กับซอฟต์แวร์ การปรับเปลี่ยนการทำงาน และรองรับการเชื่อมต่อผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต เป็นต้น (เศรษฐกุล โปร่งนุช และธีรยศ เวียงทอง, 2555 : 977) ในหัวข้อถัดไปนำ

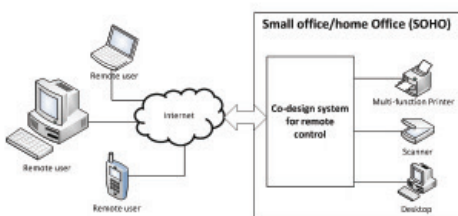
เสนอวัตถุประสงค์ของการวิจัย ภาพรวมสถาปัตยกรรมของระบบ การออกแบบและการสร้างสถาปัตยกรรมของระบบ การเปรียบเทียบและการประเมินสถาปัตยกรรม สรุปและอภิปรายผล และข้อเสนอแนะในหัวข้อต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบระบบควบคุมระยะไกลสำหรับสำนักงานขนาดเล็กผ่านอินเทอร์เน็ต และมีการประเมินสถาปัตยกรรมของระบบที่ได้ ออกแบบเปรียบเทียบกับสถาปัตยกรรมของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาพรวมสถาปัตยกรรมของระบบ

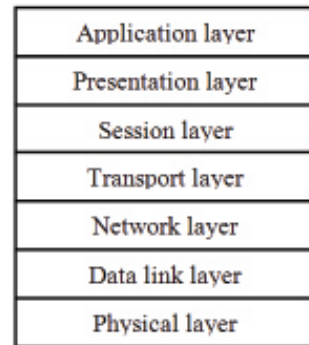
สถาปัตยกรรมของระบบควบคุมระยะไกลสำหรับสำนักงานขนาดเล็ก ภายในภาพรวมทั้งหมดจะประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ ส่วนไคลเอนต์เป็นส่วนเชื่อมประสานกับผู้ใช้ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ และส่วนที่สองคือระบบควบคุมระยะไกลที่ทำงานเป็นเซิร์ฟเวอร์โดยจะรับคำสั่งต่างจากผู้ใช้งานมาประมวลผลบนระบบ ออกแบบร่วมกัน ซึ่งจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสำนักงานขนาดเล็ก ทั้งสองส่วนหลักนี้จะเชื่อมต่อกันผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต (ภาพที่ 1) สำหรับความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 26 Mbits/sec



ภาพที่ 1 ภาพรวมสถาปัตยกรรมของระบบควบคุมระยะไกล

การออกแบบและการสร้างสถาปัตยกรรมของระบบ

1. การออกแบบ



ภาพที่ 2 OSI Model

การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบควบคุมระยะไกลผ่านอินเทอร์เน็ตนี้ อ้างอิงตามองค์การมาตรฐานสากล (International Standard Organization: ISO) คือ OSI Model ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ลำดับชั้น (ภาพที่ 2) จากมาตรฐาน OSI Model นี้ ทำให้สถาปัตยกรรมของระบบ ออกแบบร่วมกัน ทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์นั้น แบ่งออกเป็นสามส่วน (ภาพที่ 3)

1.1) คอนโทรลซอฟต์แวร์

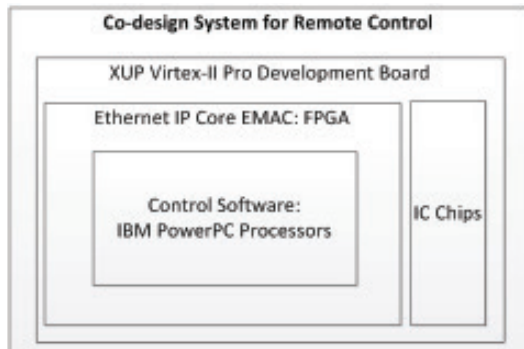
คอนโทรลซอฟต์แวร์ มีหน้าที่หลักคือจัดการการสื่อสารตั้งแต่ชั้น Network Layer จนถึงชั้น Application Layer ซึ่งทำงานอยู่ในโปรเซสเซอร์ของระบบคือ IBM PowerPC ซึ่งเป็นโปรเซสเซอร์แบบฝังตัวอยู่ในชิป FPGA

1.2) อินเทอร์เน็ตไอพีคอร์

ส่วนนี้จะทำหน้าที่จัดการการสื่อสารชั้น Data Link Layer สร้างขึ้นโดยใช้ลอจิกอาร์ยต่างๆ ที่อยู่ภายในชิป FPGA ที่สามารถโปรแกรมวงจรการเชื่อมต่อได้

1.3) ชิปปไอซี

เป็นส่วนสุดท้ายที่รับผิดชอบชั้น Physical Layer ซึ่งเป็นชิปปไอซีสำเร็จรูปที่อยู่บนบอร์ดทดลอง XUP Virtex-II Pro FPGA

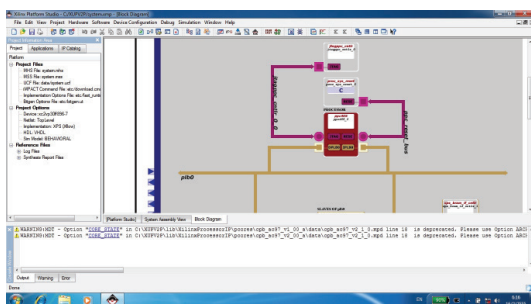


ภาพที่ 3 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ

สำหรับโคลแอนต้นนั้น เป็นเว็บเบราว์เซอร์ทั่วไป ที่ทำงานอยู่บนอุปกรณ์สื่อสารทางดิจิทัลต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คอมพิวเตอร์แบบพกพา และสมาร์ทโฟน เป็นต้น

2. การสร้างสถาปัตยกรรมของระบบ

เมื่อออกแบบทั้งสามส่วนแล้ว ขั้นตอนต่อมาทำการสร้างสถาปัตยกรรมขึ้น โดยใช้ซอฟต์แวร์ทูลของบริษัท Xilinx (ภาพที่ 4)

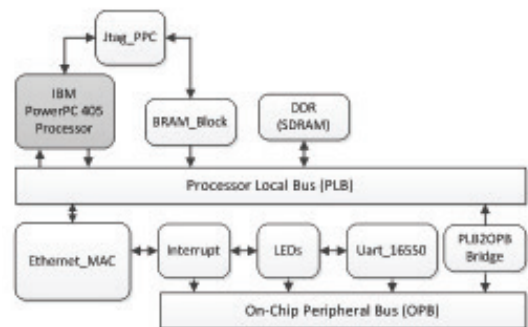


ภาพที่ 4 Xilinx ซอฟต์แวร์ทูล

2.1) Xilinx ซอฟต์แวร์ทูล

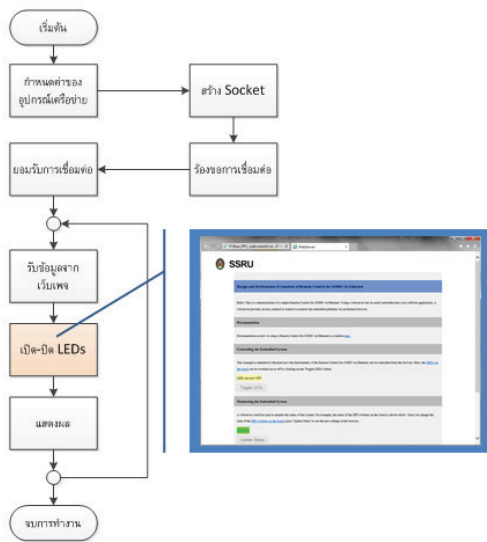
ภายใน Xilinx ซอฟต์แวร์ทูลจะรองรับ

การออกแบบและสร้างสถาปัตยกรรมของระบบสมองกลฝังตัวหรือระบบออกแบบร่วมกันทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นจะนำไอพีคอร์ต่าง ๆ ที่เขียนขึ้นด้วยภาษา HDL (Hardware Description Language) มาเชื่อมต่อกันผ่านสถาปัตยกรรมแบบบัส มาเชื่อมต่อกับส่วนประกอบทั้งสามส่วนที่ได้ออกแบบ (ภาพที่ 5) แล้วทำการคอมไพล์ จะได้ไฟล์นามสกุล .bit



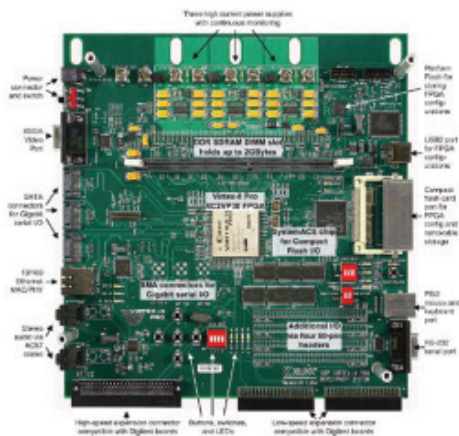
ภาพที่ 5 การเชื่อมต่อสถาปัตยกรรมของระบบ

ส่วนของซอฟต์แวร์นั้นจะรองรับการเขียนด้วยภาษา C/C++ แล้วทำการคอมไพล์ จะได้ไฟล์นามสกุล .elf ไฟล์นี้จะเป็นตัวจัดการเกี่ยวกับรายละเอียดการทำงานของซอฟต์แวร์ทั้งหมด (ภาพที่ 6) รวมทั้งหน้าเว็บเซิร์ฟเวอร์ ที่เขียนขึ้นด้วยภาษา HTML สำหรับเป็นตัวเชื่อมประสานการใช้งานทางด้านกราฟิกส์กับผู้ใช้งาน ในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในสำนักงานขนาดเล็ก



ภาพที่ 6 ผังการทำงานของซอฟต์แวร์

ส่วนของซอฟต์แวร์นั้นจะรองรับการเขียนด้วยภาษา C/C++ แล้วทำการคอมไพล์ จะได้ไฟล์นามสกุล .elf ไฟล์นี้จะเป็นตัวจัดการเกี่ยวกับรายละเอียดการทำงานของซอฟต์แวร์ทั้งหมด (ภาพที่ 6) รวมทั้งหน้าเว็บเซิร์ฟเวอร์ ที่เขียนขึ้นด้วยภาษา HTML สำหรับเป็นตัวเชื่อมประสานการใช้งานทางด้านกราฟิกส์กับผู้ใช้งาน ในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในสำนักงานขนาดเล็ก



ภาพที่ 7 XUP Virtex-II Pro Development Board

2.2) XUP Virtex-II Pro Development Board
เมื่อได้ไฟล์นามสกุล .bit และ .elf แล้วโปรแกรมลงไปบนชิป FPGA ผ่าน JTAG เข้ากับบอร์ด XUP Virtex-II Pro (ภาพที่ 7) ส่วน .html ไฟล์นั้นจะถูกเก็บไว้ที่ DDR SDRAM โดยอุปกรณ์ภายในบอร์ดมี ชิป FPGA Virtex-II Pro XC2VP30 มี 30,816 ลอจิกอาเรีย ตัวคูณ 18 บิตจำนวน 136 ตัว RAM block ขนาด 2.448MB และมี IBM PowerPC405 จำนวน 2 ตัวอยู่ภายใน ส่วนอินพุตเอาต์พุตประกอบด้วย DDR SDRAM DIMM รองรับความจุ 2 GB 10/100 Ethernet พอร์ต USB2 พอร์ต เป็นต้น

การทดลอง

ทำการติดตั้งระบบโดยเชื่อมต่อส่วนหลักทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน (ภาพที่ 1) เบื้องต้นในการทดลองนี้ จะทดสอบการควบคุมระยะไกลผ่านอินเทอร์เน็ตโดยควบคุม การเปิด-ปิดหลอดไฟ LED ภายในบอร์ดทดลอง ที่ตำแหน่ง NET “LED_0” LOC = “AC4”; NET “LED_1” LOC = “AC3”; NET “LED_2” LOC = “AA6”; NET “LED_3” LOC = “AA5”; โดยกด “Toggle LEDs” ซึ่งเปรียบเสมือนกับการเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในสำนักงานขนาดเล็ก หากต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องเพิ่มวงจรรีเลย์ (Relay) เข้าไปด้วย หรืออาจจะต่อดัวยวงจรรีเลย์สำเร็จรูป ที่มีขายตามท้องตลาด โดยมีการแสดงสถานะทาง “Monitoring the Embedded System” ที่หน้าเว็บเซิร์ฟเวอร์ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ หรือกดที่ “Update Status” (ภาพที่ 6)

ผลการทดลอง

ผลการทดลองนั้นสามารถควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟ LED ภายในบอร์ดทดลองได้ซึ่งเปรียบเสมือนการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในสำนักงานขนาดเล็กได้ โดยระบบควบคุมระยะไกลที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นนั้น ใช้ทรัพยากร (ตารางที่ 1) ผลการตรวจวัดแบนด์วิธทั้ง TCP และ UDP (ตารางที่ 2) และผลการเปรียบเทียบกับระบบที่ 1 ทั้ง 2 ระบบ แบ่งเป็นระบบที่ 1 และระบบที่ 2 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ทรัพยากรที่ใช้ในระบบ

Slice		Slice LUTs		BlockRAM	
Registers				/FIFO	
Number	Rate	Number	Rate	Number	Rate
4,581	33%	3,905	14%	23	16%

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดแบนด์วิธ UDP&TCP

Data Transfer (5 sec)		UDP Bandwidth	
15.45 MBits/sec		26.05 MBits/sec	
Data Transfer (5 sec)		TCP Bandwidth	
6.28 MBits/sec		14 MBits/sec	

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 1) แสดงการใช้ทรัพยากรทั้งหมดภายใน XUP Virtex-II Pro FPGA โดยระบบที่ได้ออกแบบ ใช้ทรัพยากรเล็กน้อยเพียง 33% ของ slice register ส่วนผลการวัดประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลผ่านอีเทอร์เน็ตนั้น (ตารางที่ 2) เพียงพอต่อการใช้งานมาก และ (ตารางที่ 3) แสดงการเปรียบเทียบกับสถาปัตยกรรมของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้ง 4 ด้าน คือ ความรวดเร็วของตัวประมวลผล ระบบ

ที่ 2 มีความเร็วสูงสุด ส่วนทรัพยากรที่ใช้นั้นระบบที่ได้ออกแบบใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด และประสิทธิภาพการสื่อสาร ระบบที่ 1 มีแบนด์วิธในส่วน of UDP มากที่สุด และต้นทุนของระบบที่ได้ออกแบบนั้นมีราคาถูกที่สุด

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบกับสถาปัตยกรรมของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

	ระบบที่ได้ ออกแบบ	ระบบที่ 1	ระบบที่ 2
ความเร็ว ของตัว ประมวลผล	Xilinx XC2VP30 1050MHz + Power PC 658MHz	ALTERA EP1C12Q2 40C8N 275MHz	Intel Pentium 3.0 GHz + PIC18F455 0 45MHz
ทรัพยากร	33% of 30,816 LAB	12,060 LAB	-
ประสิทธิภาพ การสื่อสาร	UDP 26 MBits/sec TCP 14 MBits/sec	UDP 29 MBits/sec	-
ต้นทุน (บาท)	16,000	22,600	45,000

สรุปและอภิปรายผล

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมระยะไกลสำหรับสำนักงานขนาดเล็กผ่านอีเทอร์เน็ต การทดลองได้แสดงถึงการออกแบบ การสร้าง การทดลองและผลการทดลองที่เป็นการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ตลอดจนการเปรียบเทียบกับสถาปัตยกรรมของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้ง 4 ด้าน แสดงให้เห็นว่าระบบที่ได้ออกแบบขึ้น

นี้ดีกว่าในด้านการประหยัดการใช้งานทรัพยากร ประสิทธิภาพในการสื่อสารอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และใช้ต้นทุนน้อยที่สุด สำหรับข้อเสนอแนะหรืองานเพิ่มเติมในอนาคตจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

ข้อเสนอแนะ

1. หากมีการเพิ่มอุปกรณ์สำหรับการสื่อสารไร้สายติดกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและเดินสายเชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในสำนักงานขนาดเล็ก

2. หากการพัฒนาแอปพลิเคชันเพิ่มเติมขึ้นมาจะช่วยให้การควบคุมระยะไกลที่ใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตทำได้สะดวกยิ่งขึ้น

3. หากมีการติดกล้องถ่ายภาพหรือกล้องวิดีโอจะช่วยให้ความปลอดภัยให้กับระบบมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ธนวิทย์ ทิพย์ธาราลอย. (2553). **ระบบควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านเทคโนโลยีเว็บ**. สารนิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

เศรษฐกุล โปร่งนุช และ อีริศ เวียงทอง.

(2555). **การสร้างและประเมินการใช้งานหน่วยเชื่อมประสานอินเทอร์เน็ตในระบบรีคอนฟิกูเรชันด้วยการออกแบบร่วม**. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า. ครั้งที่ 35. (ธันวาคม) : 977-980.

Danneels, J. (2001). **How deep sub micron will boots Internet appliances in the digital home network**. International Electron Devices Meeting (IEDM). 1st (December) : 1.1.1-1.1.7.

Xu Huaiyu, Su Ruidan, Hou Xiaoyu, and Ni Qing.(2009). **Romote Control System Design based on Web Server for Digital Home**. International Conference on Hybrid Intelligent Systems. 19th (August) : 457-461.

Young-Seok Kim, Hee-Sun Kim, and Change-Goo Lee.(2004). **The development of USB home control network system**. Control, Automation, Robotics and Vision Conference (ICARCV). 8th (December) : 289-293.

Nordlund, T., Tallberg, M., and Hammainen, H.(2007). **Scenarios for Management of Digital Homes**. Conference on Telecommunication Techno-Economics (CTTE). 6th (June) : 1-8.