



รายงานการวิจัย

การออกแบบตำแหน่งของโหนดที่เหมาะสมในเครือข่ายเมชไร้สายที่ให้บริการ
ภายในตัวอาคาร

Optimal Design of Node Location in an Indoor WMN

ได้รับทุนอุดหนุนการทำวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

๖๐๐๒๔๗๒๔๑



ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



242904

SUT7-709-53-12-07

รายงานการวิจัย

การออกแบบตำแหน่งของโหนดที่เหมาะสมในเครือข่ายเมชไร้สายที่ให้บริการ
ภายในตัวอาคาร

Optimal Design of Node Location in an Indoor WMN

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2554

ก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยสำหรับโครงการวิจัยนี้ ขอขอบคุณนักศึกษาในที่ปรึกษาของผู้วิจัยที่ช่วยเก็บผลการทดลองดังรายนามต่อไปนี้ นางสาวสุกัญญา ชาญรัมย์ นางสาวนฤนาถ เขียวหวาน นางสาวมีนา หลุมทอง และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ ภา อูฑารสกุล สำหรับคำแนะนำในเชิงวิชาการที่เป็นประโยชน์

ผู้วิจัย

พฤษภาคม 2554

บทคัดย่อ

242904

เครือข่ายเมชไร้สาย (Wireless Mesh Networks : WMNs) คือ กลุ่มของ โหนดไร้สายที่ติดต่อกันผ่าน คลื่นวิทยุ ดังนั้นในความเป็นจริงแล้วจะมีข้อจำกัดเรื่องของระยะทางและสิ่งกีดขวางที่จะทำให้คลื่นวิทยุ ส่งไปไม่ถึงเป้าหมายที่ต้องการ โดยเฉพาะการส่งข้อมูลภายในอาคาร เนื่องจากส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็น บ้านเรือนหรืออาคารสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ มักจะมีการฝังวัสดุที่เป็นเหล็กเอาไว้ภายใน ซึ่งมีผลกระทบต่อ คลื่นวิทยุ ทำให้คลื่นวิทยุไม่สามารถส่งผ่านตัวกลางเหล่านี้ได้อย่างสะดวก ภาครับก็จะรับสัญญาณด้วยระดับ กำลังสัญญาณที่ต่ำกว่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี จากการศึกษาปริทัศน์วรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า มีงานวิจัย มากมายที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบเครือข่ายเมชไร้สาย ในด้านสมรรถนะต่าง ๆ เช่น การหาจุดสมดุลระหว่าง ปริมาณงาน (Throughput) และตำแหน่งที่ตั้ง โหนด การพิจารณาปริมาณงานในการส่งต่อหลาย ๆ ครั้ง แต่ อย่่างไรก็ตามยังไม่มีปริทัศน์วรรณกรรมใดนำเสนอผลกระทบจากสิ่งกีดขวางมาพิจารณา ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้สนใจศึกษาถึงผลกระทบของสิ่งกีดขวางเหล่านั้นต่อสมรรถนะของเครือข่าย โดยพิจารณาจาก ค่าความ แรงของสัญญาณ (Signal Strength) ที่มีผลต่อความสำเร็จในการส่งข้อมูล ซึ่งตัวแปรที่สนใจนี้ในทางทฤษฎี ของระบบเครือข่ายเมชไร้สายนั้นจะถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งจะเท่ากันเสมอไม่ว่าโหนดจะติด ตั้งอยู่ในบริเวณใดก็ตาม แต่ตามความเป็นจริงค่าความน่าจะเป็นของการส่งข้อมูลสำเร็จ น่าจะมีผลมาจาก ปัจจัยภายนอกหลาย ๆ อย่าง โดยในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์และออกแบบตำแหน่งโหนดที่สามารถ ติดตั้งภายในอาคาร และมีปริมาณงานที่ดีที่สุดได้ ภายใต้ข้อจำกัดของกำลังงานส่งที่เท่า ๆ กันในแต่ละโหนด ได้

Abstract**242904**

Wireless Mesh Networks : WMNs is a group of wireless nodes connecting each other by radio wave transmission. Therefore, the signal quality depends on distance and obstruction, especially sending information inside the building. Most of houses or buildings have the metal or conductive materials as the main part of constructions. This causes the effect on wireless signals when they are sent through those constructions and also it cannot be avoided for indoor communications. In literatures, there are many researches working on WMNs but it is hardly seen that any work reports the effect of obstructions on WMN performance. In this thesis, the relation between the received signal strength and the probability of successful transmission has been measured in order to utilize this result as the obstruction effect and take it in the analysis of WMN performance. This thesis also presents the method to design of node locations for indoor WMNs by concerning the throughput performance.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูปภาพ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการวิจัย	2
1.3 แนวทางการดำเนินการวิจัย	2
1.4 ผลสำเร็จของ โครงการ	3
1.5 การสำรวจปรัทธศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับ โครงการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีแถวคอย.....	6
2.1 กล่าวนำ.....	6
2.2 แนวคิดของทฤษฎีแถวคอย	6
2.2.1 องค์ประกอบพื้นฐานในระบบแถวคอย	7
2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อระบบแถวคอย	7
2.2.3 รูปแบบการบริการ	8
2.2.4 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองแถวคอย.....	8
2.3 ระบบการเข้าแถวคอยแบบ M/M/1/K	9
2.3.1 ความน่าจะเป็นที่มีผู้ใช้บริการในระบบ j คน	10
2.3.2 ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้ใช้งานในระบบ.....	14
2.3.3 ค่าเฉลี่ยของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในระบบ.....	16
2.4 กล่าวท้ายบท	18
บทที่ 3 การวิเคราะห์สมรรถนะของเครือข่ายเมชไร้สาย	19

3.1	กล่าวนำ.....	19
3.2	โครงสร้างของเครือข่ายเมฆไร้สาย.....	20
3.2.1	โครงสร้างแบบโครงสร้างพื้นฐานหรือเครือข่ายหลักของเครือข่ายเมฆไร้สาย	20
3.2.2	โครงสร้างของเครือข่ายผู้ใช้งานเครือข่ายเมฆไร้สาย	21
3.2.3	โครงสร้างเครือข่ายเมฆไร้สายแบบไฮบริด	22
3.2.4	มาตรฐาน IEEE802.11s	23
3.3	การวิเคราะห์สมรรถนะด้วยทฤษฎีแถวคอย.....	24
3.3.1	การคำนวณหาปริมาณงานในระบบ.....	24
3.3.2	การเปรียบเทียบปริมาณงานที่ได้ระหว่างโปรแกรมในงานวิจัยและงานวิจัยอ้างอิง	30
3.4	ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การออกแบบเครือข่ายเมฆไร้สาย	32
3.4.1	ความแรงของสัญญาณ	32
3.4.2	แบบจำลองการสูญเสียกำลังของสัญญาณ.....	36
3.4.3	การทดสอบผลกระทบของสิ่งกีดขวาง ต่อปริมาณงาน	37
3.5	กล่าวท้ายบท	40
บทที่ 4	การออกแบบตำแหน่งโหนดที่เหมาะสม.....	41
4.1	กล่าวนำ.....	41
4.2	การวิเคราะห์ปริมาณงานที่เท่าเทียมกันของแต่ละ โหนด	41
4.2.1	การทดสอบเพื่อหาปริมาณงานที่เท่าเทียมกันของแต่ละ โหนด	50
4.3	การออกแบบโหนดโดยพิจารณาระยะห่างระหว่างโหนด.....	51
4.3.1	ตัวอย่างการทดสอบด้านระยะทาง	53
4.4	การออกแบบโหนดโดยพิจารณาอัตราการส่งข้อมูล	57
4.5	การหาวิธีการออกแบบการวางตำแหน่งของ โหนดที่เหมาะสม.....	58
4.5.1	การทดสอบเพื่อหาวิธีการออกแบบการวางตำแหน่งของโหนด.....	58
4.5.2	การออกแบบและติดตั้งเครือข่ายเมฆไร้สายให้มีประสิทธิภาพ	63
4.6	กล่าวท้ายบท	63
บทที่ 5	สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	64
5.1	สรุปงานวิจัย.....	64
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	67
	บรรณานุกรม.....	68

ภาคผนวก ก การเผยแพร่ผลงานวิจัย.....	71
ภาคผนวก ข บทความวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่.....	75
ประวัติผู้วิจัย.....	94

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 แผนภาพการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบแถวคอยแบบ M/M/1/K	10
รูปที่ 2-2 แสดงความน่าจะเป็นสถานะอยู่ตัวสำหรับค่าของปริมาณทราฟฟิกที่ป้อนเข้าสู่ระบบกรณีที่ปริมาณทราฟฟิกในระบบน้อยกว่า 1	13
รูปที่ 2-3 แสดงความน่าจะเป็นสถานะอยู่ตัวสำหรับค่าของปริมาณทราฟฟิกที่ป้อนเข้าสู่ระบบเท่ากับ 1.....	13
รูปที่ 2-4 แสดงความน่าจะเป็นสถานะอยู่ตัวสำหรับค่าของปริมาณทราฟฟิกที่ป้อนเข้าสู่ระบบกรณีมากกว่า 1	14
รูปที่ 3-1 การเชื่อมต่อเครือข่ายเมฆไร้สาย	21
รูปที่ 3-2 การเชื่อมต่อเครือข่ายผู้ใช้งานเครือข่ายเมฆไร้สาย.....	22
รูปที่ 3-3 การเชื่อมต่อเครือข่ายเมฆแบบ ไฮบริด	22
รูปที่ 3-4 ตัวอย่างของสิ่งกีดขวางจาก โหนดถึงตัวปล่อยสัญญาณ	25
รูปที่ 3-5 แบบจำลอง M/M/1/K ของเครือข่ายเมฆไร้สาย	25
รูปที่ 3-6 ตัวอย่างของการกำหนดตำแหน่งของ โหนด.....	26
รูปที่ 3-7 รูปแบบการจำลองระบบเครือข่ายเมฆไร้สาย (Liu, T and Liao, W.(2008)).....	31
รูปที่ 3-8 ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานที่ได้จาก โปรแกรมในงานวิจัยและงานวิจัยอ้างอิง	32
รูปที่ 3-9 แสดงการทดสอบความแรงของสัญญาณ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ (อ้างอิงจาก การหาค่าความน่าจะเป็นของการส่งข้อมูลได้สำเร็จจากค่าความแรงของสัญญาณ 2552).....	35
รูปที่ 3-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณความสูญเสียของข้อมูล (Packet Loss, %) และความแรงของสัญญาณ (Signal Strength) (อ้างอิงจาก การหาค่าความน่าจะเป็นของการส่งข้อมูลได้สำเร็จจากค่าความแรงของสัญญาณ 2552)	35
รูปที่ 3-11 อาคารวิชาการชั้น 4 ที่ใช้ในการทดสอบ	38
รูปที่ 3-12 รูปแบบการจำลองการวางตำแหน่งของ โหนดในอาคารวิชาการชั้น 4	38
รูปที่ 3-13 ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานเปรียบเทียบระหว่างการคิดและไม่คิดสิ่งกีดขวาง.....	39
รูปที่ 4-1 ประสิทธิภาพของอัตราการส่งข้อมูลของ Q_r และประสิทธิภาพของอัตราการส่งข้อมูลของ Q_s .	42
รูปที่ 4-2 ตัวอย่างการจำลองการวางตำแหน่งของ โหนดและเส้นทางในการส่งข้อมูล	50
รูปที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานที่เท่าเทียมกันและไม่เท่าเทียมกัน	51

รูปที่ 4-4 แสดงตัวอย่างในการออกแบบวางตำแหน่งของโหนด	53
รูปที่ 4-5 การกระจายสัญญาณของจุดเข้าถึงสัญญาณ d_1 , d_2 และ d_3	56
รูปที่ 4-6 อักษรวิชาการชั้น 4 ที่ใช้ในการทดสอบ	59
รูปที่ 4-7 รูปแบบการจำลองการวางตำแหน่งของโหนดและแสดงเส้นทางในการส่งข้อมูล	59
รูปที่ 4-8 ปริมาณงานของรูปแบบการจำลองการวางตำแหน่งของโหนดแบบที่ 1	60
รูปที่ 4-9 ปริมาณงานของรูปแบบการจำลองการวางตำแหน่งของโหนดแบบที่ 2	60
รูปที่ 4-10 ปริมาณงานของรูปแบบการจำลองการวางตำแหน่งของโหนดแบบที่ 3	61
รูปที่ 4-11 ปริมาณงานของรูปแบบการจำลองการวางตำแหน่งของโหนดแบบที่ 4	61
รูปที่ 4-12 ปริมาณงานรวมของรูปแบบการจำลองการวางตำแหน่งของโหนดแบบที่ 1 2 3 และ 4.....	62

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองเปรียบเทียบปริมาณงานที่ได้ระหว่างโปรแกรมในงานวิจัยและงานวิจัยอ้างอิง.....	31
ตารางที่ 3-2 ค่า MSE เมื่อใช้การประมาณค่าจากฟังก์ชันต่างๆ	34
ตารางที่ 3-3 ค่าพารามิเตอร์ของ จุดเข้าถึงสัญญาณภายในบริเวณอาคารวิชาการชั้นที่ 4.....	36
ตารางที่ 3-4 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองเปรียบเทียบปริมาณงานที่ได้จากงานวิจัยและงานวิจัยอ้างอิง.....	39
ตารางที่ 3-5 แสดงค่าการลดทอนเนื่องจากสิ่งกีดขวาง.....	39
ตารางที่ 4-1 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองเปรียบเทียบปริมาณงานที่ได้จากงานวิจัยและงานวิจัยอ้างอิง.....	50
ตารางที่ 4-2 การตั้งค่าตัวแปรการทดลองหาปริมาณงานที่ของการเลือกวางตำแหน่งแบบที่ 1 2 3 และ 4....	62