

Your Art Painter  
(จิตรกรผู้สร้างศิลปะของคุณ)

Mr. Nawarit Longkhum  
Ms. Pataraphorn Tanutsiriteeradet  
Ms. Sukasama Chitakson

A Project Submitted in Partial Fulfillment  
of the Requirements for  
the Degree of Bachelor of Engineering (Computer Engineering)  
Faculty of Engineering  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
2020

Project Committee

..... (Assoc.Prof. My main advisor name , Ph.D.)	Project Advisor
..... (Assoc.Prof. My Co-advisor name, Ph.D.)	Project Co-Advisor
..... (Asst.Prof. Committee2, Ph.D.)	Committee Member
..... (Asst.Prof. Committee3, Ph.D.)	Committee Member

Project Title	Your Art Painter (จิตรกรผู้สร้างศิลปะของคุณ)
Credits	3
Member(s)	Mr. Nawarit Longkhum Ms. Pataraphorn Tanutsiriteeradet Ms. Sukasama Chitakson
Project Advisor	Assoc.Prof. My main advisor name , Ph.D.
Co-advisor	Assoc.Prof. My Co-advisor name, Ph.D.
Program	Bachelor of Engineering
Field of Study	Computer Engineering
Department	Computer Engineering
Faculty	Engineering
Academic Year	2020

### Abstract

In a multihop ad hoc network, the interference among nodes is reduced to maximize the throughput by using a smallest transmission range that still preserve the network connectivity. However, most existing works on transmission range control focus on the connectivity but lack of results on the throughput performance. This paper analyzes the per-node saturated throughput of an IEEE 802.11b multihop ad hoc network with a uniform transmission range. Compared to simulation, our model can accurately predict the per-node throughput. The results show that the maximum achievable per-node throughput can be as low as 11% of the channel capacity in a normal set of  $\alpha$  operating parameters independent of node density. However, if the network connectivity is considered, the obtainable throughput will reduce by as many as 43% of the maximum throughput.

**Keywords:** Multihop ad hoc networks / Topology control / Single-Hop Throughput

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หัวข้อปริญญานิพนธ์บรรทัดแรก หัวข้อปริญญานิพนธ์บรรทัดสอง
หน่วยกิต	3
ผู้เขียน	นายสมศักดิ์ คอมพิวเตอร์ นางสาวสมศรี คอมพิวเตอร์2 นางสาวสมปอง คอมพิวเตอร์3
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ร่วม
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2563

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการให้บริการงานทั่วไปของสำนักวิชา พื้นฐานและภาษา เพื่อเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจต่อการให้บริการงานทั่วไปของสำนักวิชาพื้นฐานและภาษา ของนักศึกษาที่มาใช้บริการสำนักวิชาพื้นฐานและภาษา สถาบัน เทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น จาแนกตามเพศ คณะ และชั้นปีที่ศึกษา เพื่อศึกษาปัญหาและข้อเสนอแนะของ นักศึกษามาเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการให้บริการของสำนักวิชาพื้นฐานและภาษา

คำสำคัญ: การชูปเคลือบด้วยไฟฟ้า / การชูปเคลือบผิวเหล็ก / เคลือบผิวรังสี

## กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา กรรมการ พ่อแม่พี่น้อง และเพื่อนๆ คนที่ช่วยให้งานสำเร็จ ตามต้องการ

## สารบัญ

## หน้า

ABSTRACT	ii
บทคัดย่อ	iii
กิตติกรรมประกาศ	iv
สารบัญ	vi
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูปภาพ	viii
สารบัญสัญลักษณ์	ix
สารบัญคำศัพท์ทางเทคนิคและคำย่อ	x
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 ประเภทของโครงงาน	1
1.3 วิธีการนำเสนอ	1
1.4 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.5 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.6 เนื้อหาทางวิศวกรรมที่เป็นต้นฉบับ	2
1.7 การแยกย่อยงาน และวางแผนการดำเนินงาน	2
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.9 ตารางการดำเนินงาน	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีความรู้และงานที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
2.1 ระบบแนะนำสินค้า	4
2.2 อัลกอริทึมในการประมวลผลข้อความ	4
2.2.1 อัลกอริทึม I	4
2.2.2 อัลกอริทึม II	4
2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	4
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน</b>	<b>5</b>
3.1 ข้อกำหนดและความต้องการของระบบ	5
3.2 สถาปัตยกรรมระบบ	5
3.3 Hardware Module 1	5
3.3.1 Component 1	5
3.3.2 Logical Circuit Diagram	5
3.4 Hardware Module 2	5
3.4.1 Component 1	5
3.4.2 Component 2	5
3.5 Path Finding Algorithm	5
3.6 Database Design	5
3.7 UML Design	5
3.8 GUI Design	5
3.9 การออกแบบการทดลอง	5
3.9.1 ตัวชี้วัดและปัจจัยที่ศึกษา	5
3.9.2 รูปแบบการเก็บข้อมูล	5
<b>บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน</b>	<b>6</b>
4.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	6

4.2	ความพึงพอใจการใช้งาน	6
4.3	การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง	6
<b>บทที่ 5 บทสรุป</b>		<b>7</b>
5.1	สรุปผลโครงการ	7
5.2	ปัญหาที่พบและการแก้ไข	7
5.3	ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	7
<b>APPENDIX</b>		<b>8</b>
A	ข้อภาคผนวกที่ 1	9
B	ข้อภาคผนวกที่ 2	11

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 test table method1	4
3.1 test table x1	5

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่

หน้า

2.1 The network model

4



## สารบัญสัญลักษณ์

## SYMBOL

$\alpha$	Test variable
$\lambda$	Interarival rate
$\mu$	Service rate

## UNIT

$m^2$
jobs/ second
jobs/ second

## สารบัญคำศัพท์ทางเทคนิคและคำย่อ

ABC	=	Adaptive Bandwidth Control
MANET	=	Mobile Ad Hoc Network

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

กว่า 5,000 ปีมาแล้ว ตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ ที่มนุษย์รู้จักการวาดรูป โดยเริ่มแรกมนุษย์วาดภาพครั้งแรกโดยการขีดขูดบนผนังถ้ำ หรือเพิงผา โดยรูปภาพที่วาดออกมาจะเป็นภาพคน สัตว์ หรือการล่าสัตว์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงชีวิตความเป็นอยู่ของคนในยุคสมัยนั้น และหลังจากนั้นมนุษย์ได้มีการพัฒนาการวาดรูปอยู่ตลอดเวลา จากการวาดรูปตามผนังถ้ำ ตามผนังโบสถ์ หรือราชวังที่สำคัญต่างๆ จนมาเป็นวาดรูปตามผืนผ้า ตลอดจนมาเป็นในกระดาษ ภาพวาดนั้นนอกจากจะวาดเพื่อถ่ายทอดเรื่องราวในอดีตแล้ว ยังแสดงให้เห็นถึงเอกลักษณ์ของศิลปินอีกด้วย ซึ่งศิลปินของโลกทางตะวันตกและตะวันออกก็มีลักษณะที่แตกต่างกัน และในแต่ละประเทศหรือศิลปินแต่ละท่านก็จะมีเทคนิควิธีการวาดที่ไม่เหมือนกัน ศิลปินไทยที่มีชื่อในการวาดภาพ เช่น อ.เฉลิมชัย โฆษิตพิพัฒน์ อ.ชอุ่ม นิ่มเสมอ และอ.จักรพันธ์ โปษยกฤต เป็นต้น style ในการวาดของศิลปินแต่ละท่านก็มีความแตกต่างกัน ทำให้ผู้คนชื่นชอบงานของท่าน และอยากมีภาพที่มีสไตล์แบบนั้น

จนกระทั่งปี 2015 Gatys et al. ได้ตีพิมพ์ผลงาน A Neural Algorithm of Artistic Style ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาภาพ style ที่มีชื่อเสียงไปรวมกับภาพวิวเมือง Tubingen, ประเทศเยอรมัน โดยใช้แนวคิดของ Convolutional Neural Network (CNN) ได้สำเร็จ ออกมาเป็นรูปภาพที่เป็นรูปภาพวิวเมือง Tubingen แต่ได้ใช้เทคนิคการวาดรูปจากศิลปินชื่อดัง ทำให้ภาพที่ได้มาใหม่นั้นดูเหมือนศิลปินที่เสียชีวิตไปแล้วกลับมาวาดรูปขึ้นใหม่ จากความสำเร็จครั้งนั้น ส่งผลให้มีคนจำนวนมากสนใจในการทำ Neural Style Transfer (NST) และ CNN มากขึ้น

ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงต้องการศึกษาวิธีการทำ Neural Style Transfer ที่มี Convolutional Neural Network (CNN) เป็นทฤษฎีเบื้องหลัง และนำความรู้ที่ได้มาพัฒนาโมเดลที่สามารถทำ Neural Style Transfer รูปที่วาดโดยอ.จักรพันธ์ โปษยกฤตและอ.ชอุ่ม นิ่มเสมอ ซึ่งเป็นศิลปินไทยได้ อีกทั้งเพื่อเพื่อพัฒนา web application ที่มาสามารถสร้างรูปภาพจากที่มีลักษณะของศิลปินผสมผสานได้

### 1.2 ประเภทของโครงการ

นำเสนอความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเฉพาะกลุ่ม ผลิตภัณฑ์ทางการค้าที่มีศักยภาพ และ เว็บแอปพลิเคชันสำหรับคอมพิวเตอร์

### 1.3 วิธีการนำเสนอ

ในการบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการนั้น ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

#### 1. เตรียมชุดข้อมูลเพื่อนำไปใช้ train โมเดล

รวบรวมรูปภาพที่สร้างจากศิลปินที่มีชื่อเสียงและลักษณะภาพสามารถบอกได้ถึงเอกลักษณ์ของศิลปินท่านนั้นได้ โดยทางผู้จัดทำได้รวบรวมรูปภาพของศิลปิน จำนวน 2 ท่านได้แก่ อ.จักรพันธ์ โปษยกฤต และ อ. ชอุ่ม นิ่มเสมอ เพื่อใช้เป็น style image และรวบรวมรูปภาพคนหรือสัตว์ทั่ว ๆ ไป เพื่อใช้เป็น content image

#### 2. จัดการรูปภาพให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้ในโมเดล (Data preprocessing)

จัดการรูปภาพทั้ง style image และ content image ในเหมาะสมโดยทำการเพิ่มความละเอียด เพิ่มความคมชัด เป็นต้น และแปลงรูปภาพให้อยู่ในลักษณะที่สามารถใช้กับโมเดลได้ คือ ขนาด 224\*224 พิกเซล

#### 3. สร้างโมเดลและปรับค่า parameter

นำโมเดลของ VGGNet ที่มีอัลกอริทึม convolutional neural network (CNN) อยู่เบื้องหลังมาใช้ในการค้นหารูปแบบและลักษณะเด่นของภาพออกมา (Feature Extraction) จากนั้นเอาลักษณะเด่นของ style image และ content image มารวมกัน เพื่อสร้างรูปภาพใหม่ที่เป็นแบบ content image แต่มีลักษณะของ style image ผสมผสานเข้าด้วยกัน โดยปรับค่า weight และ bias จนได้โมเดลที่มีค่า loss function เหมาะสม

#### 4. นำรูปภาพที่สร้างจากศิลปินท่านอื่นหรือ style image รูปอื่น ๆ มา train ร่วมกับ content image เดิม และปรับค่าต่าง ๆ ให้โมเดลสามารถทำงานกับรูปอื่นได้ทั่วไป

#### 5. ทดลองใช้งานโมเดล โดยนำรูปภาพคนหรือสัตว์ รูปอื่น ๆ มาใช้งานโมเดลแล้วแก้ไขข้อผิดพลาดและพัฒนาให้โมเดลดียิ่งขึ้นจากเดิม

#### 6. สร้าง Web Application ตามที่ได้ออกแบบไว้

#### 1.4 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการทำ Neural Style Transfer ที่มี Convolutional Neural Network (CNN) เป็นทฤษฎีเบื้องหลัง
2. เพื่อพัฒนาโมเดลที่สามารถทำ Neural Style Transfer รูปที่วาดโดยศิลปินไทยได้
3. เพื่อพัฒนา web application ที่สามารถสร้างรูปภาพจากที่มีลักษณะของศิลปินผสมผสานได้

#### 1.5 ขอบเขตของโครงการ

1. สร้าง Model ที่สามารถใช้งานกับรูปภาพของศิลปินไทยได้ โดยใช้ CNN
2. สร้างรูปภาพใหม่ที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างรูปภาพที่สร้างโดยศิลปินไทยกับภาพถ่ายคนหรือภาพสัตว์ โดยใช้ภาษา python
3. สร้าง web application ด้วย Django framework ได้
4. ผู้ใช้สามารถเลือกแบบรูปภาพของแต่ละศิลปิน โดยศิลปินที่จะเอามาเป็น style image ได้แก่
  - อ.จักรพันธ์ โปษยกฤษ
  - อ.ชลุต นิมเสมอ

#### 1.6 เนื้อหาทางวิศวกรรมที่เป็นต้นฉบับ

ในส่วนที่คณะผู้จัดทำจะทำการรวมรูปภาพที่สร้างโดยศิลปินหรือ Style image เข้ากับรูปภาพคนหรือสัตว์หรือ content image เข้าด้วยกันเป็นภาพใหม่ที่มีรูปแบบ content image แต่มีการวาดแบบ style image ผสมเข้าด้วยกัน โดยได้เลือกรูปภาพของศิลปินที่สนใจมา 2 ท่านได้แก่ อ.จักรพันธ์ โปษยกฤษ และ อ. ชลุต นิมเสมอ มาใช้เป็น style image และเลือกใช้ภาษา python ในการพัฒนาโมเดลซึ่งมี library และโมเดลที่หลายหลายในเลือกใช้ จึงเลือกใช้ VGGNet ที่มีอัลกอริทึม Convolutional neural network (CNN) อยู่เบื้องหลังมาใช้งาน และได้มีการพัฒนาวิธีการปรับค่า weight และ bias ของโมเดล เพื่อให้ได้โมเดลที่มีค่า loss function ที่เหมาะสมและเหมาะกับรูปภาพที่ทางคณะผู้จัดทำนำมา train

ในส่วนของการใช้งานหลังจากสร้างโมเดลเรียบร้อยแล้ว ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการพัฒนา Web application โดยใช้ภาษา Html, CSS และ JavaScript ในส่วนติดต่อกับผู้ใช้ frontend และใช้ Django ที่เป็น framework library ชนิดหนึ่งในภาษา Python ในส่วน backend

#### 1.7 การแยกย่อยงาน และวางแผนการดำเนินงาน

1. กำหนดหัวข้อโครงการที่ต้องการทำ
  - 1 หาข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่สนใจจะทำ
  - 2 ปรึกษาสมาชิกในกลุ่มและกำหนดหัวข้อโครงการ
  - 3 นำเสนอและขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา
2. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการและเทคโนโลยีที่ใช้ในโครงการ
  - 1 รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโครงการ
  - 2 ศึกษาวิธีการทำงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ประเมินความเป็นไปได้และกำหนดขอบเขตของโครงการ
4. จัดทำข้อเสนอโครงการและวางแผนดำเนินการ
  - 1 เขียน proposal report
  - 2 วางแผนเวลาในการทำงานพร้อมแบ่งงานย่อยและมอบหมายให้กับสมาชิกในกลุ่ม

## 5. ออกแบบโครงสร้างและส่วนประกอบของโครงการ

- 1 ออกแบบ flow ของการทำงาน
- 2 ศึกษาโมเดล อัลกอริทึมและ library ที่เกี่ยวข้อง
- 3 ออกแบบ User Interface
- 4 ออกแบบ Database
- 5 ออกแบบโมเดลที่ใช้ทำงาน
- 6 ศึกษาการ Optimization และการประเมินผลประสิทธิภาพของโมเดล

## 6. รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้เป็นในการ train โมเดล

- 1 รวบรวมรูปภาพที่สร้างจากศิลปินเพื่อเป็น style image
- 2 รวบรวมรูปภาพคนหรือสัตว์เพื่อเป็น content image

## 7. จัดการรูปภาพให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้ในโมเดล (Data preprocessing)

## 8. ทดลองสร้างโมเดลและปรับแต่งให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด

- 1 ทดลองสร้างโมเดลโดยใช้ parameter พื้นฐาน
- 2 ปรับแต่งโมเดลด้วยการปรับค่าของ parameter ต่าง ๆ และวัดผลที่ได้ออกมา
- 3 เลือกโมเดลที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

## 9. ทำให้โมเดลให้สามารถใช้งานได้ทั่วไปมากขึ้นโดยนำรูปภาพจากศิลปินอื่น ๆ มา train โมเดลเพิ่มเติม

## 10. ทดลองใช้งานโมเดลโดยนำรูปภาพคนหรือสัตว์ มา test โมเดลเพิ่มเติม

## 11. ประเมินผลโมเดลที่ได้สร้างขึ้น

## 12. พัฒนา Web Application ตามที่ได้ออกแบบไว้

- 1 Frontend
- 2 Backend

## 13. นำเสนอโครงการ

## 14. จัดทำรายงานแสดงความคืบหน้า

## 15. นำเสนอรายงานประจำการศึกษา

จากขั้นตอนการดำเนินงานข้างต้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ภาคการศึกษา โดยภาคการศึกษาที่ 1 นั้นมุ่งเน้นไปที่การศึกษาหาข้อมูลและทดลองพัฒนาซอฟต์แวร์ตัวต้นแบบ ซึ่งสามารถแสดงรายการและระยะเวลาออกมาได้เป็นแผนภูมิแกนต์ดังตารางที่ 1.1 และในส่วนภาคการศึกษาที่ 2 นั้นมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาต่อยอดซอฟต์แวร์ตัวต้นแบบให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ครบทุกฟังก์ชันและแก้ไขปัญหาเมื่อซอฟต์แวร์ได้ทำงานในสภาพแวดล้อมจริง ตลอดจนถึงขั้นตอนสุดท้ายสามารถเขียนเป็นแผนภูมิแกนต์ ดังตารางที่ 1.

## 1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โครงการนี้เป็นประโยชน์กับใคร ยังไง ทั้งในเชิงรูปธรรมและนามธรรม ในปัจจุบันหรือในอนาคตถ้านำไป ต่อยอด

## 1.9 ตารางการดำเนินงาน

## บทที่ 2 ทฤษฎีความรู้และงานที่เกี่ยวข้อง

อธิบายทฤษฎี องค์ความรู้หลักที่ใช้ในงาน งานวิจัยที่นำมาใช้ในโครงการงาน หรือเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในท้องตลาด Explain theory, algorithms, protocols, or existing research works and tools related to your work.

### 2.1 ระบบแนะนำสินค้า

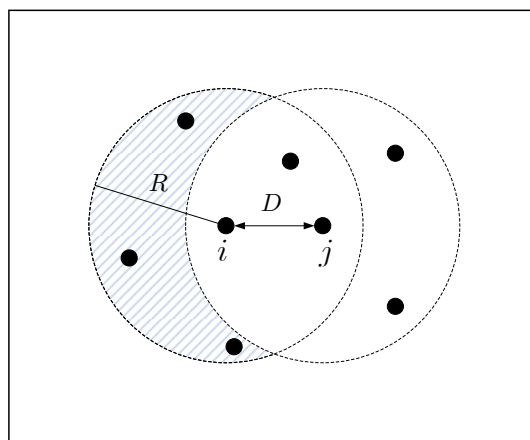
ตารางที่ 2.1 test table method1

Center	Center	left aligned	Right	Right aligned
Center	Center	left aligned	Right	Right aligned
Center	Center	left aligned	Right	Right aligned
Center	Center	left aligned	Right	Right aligned
Center	Center	left aligned	Right	Right aligned

### 2.2 อัลกอริทึมในการประมวลผลข้อความ

#### 2.2.1 อัลกอริทึม I

You can place the figure and refer to it as รูปที่ 2.1. The figure and table numbering will be run and updated automatically when you add/remove tables/figures from the document.



รูปที่ 2.1 The network model

#### 2.2.2 อัลกอริทึม I

Add more subsections as you want.

### 2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

## บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

Explain the design (how you plan to implement your work) of your project. Adjust the section titles below to suit the types of your work. Detailed physical design like circuits and source codes should be placed in the appendix.

### 3.1 ข้อกำหนดและความต้องการของระบบ

### 3.2 สถาปัตยกรรมระบบ

ตารางที่ 3.1 test table x1

SYMBOL		UNIT
$\alpha$	Test variable	m <sup>2</sup>
$\lambda$	Interarrival rate	jobs/ second
$\mu$	Service rate	jobs/ second

### 3.3 Hardware Module 1

#### 3.3.1 Component 1

#### 3.3.2 Logical Circuit Diagram

### 3.4 Hardware Module 2

#### 3.4.1 Component 1

#### 3.4.2 Component 2

### 3.5 Path Finding Algorithm

### 3.6 Database Design

### 3.7 UML Design

### 3.8 GUI Design

### 3.9 การออกแบบการทดลอง

#### 3.9.1 ตัวชี้วัดและปัจจัยที่ศึกษา

#### 3.9.2 รูปแบบการเก็บข้อมูล

## บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

You can title this chapter as **Preliminary Results** ผลการดำเนินงานเบื้องต้น or **Work Progress** ความก้าวหน้าโครงการ for the progress reports. Present implementation or experimental results here and discuss them. ใส่เฉพาะหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับงานที่ทำ

- 4.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ
- 4.2 ความพึงพอใจการใช้งาน
- 4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง



## บทที่ 5 บทสรุป

This chapter is optional for proposal and progress reports but is required for the final report.

### 5.1 สรุปผลโครงการ

สรุปว่าโครงการบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

### 5.2 ปัญหาที่พบและการแก้ไข

State your problems and how you fixed them.

### 5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดของโครงการ What could be done in the future to make your projects better.

ภาคผนวก A

ชื่อภาคผนวกที่ 1

## ใส่หัวข้อตามความเหมาะสม

This is where you put hardware circuit diagrams, detailed experimental data in tables or source codes, etc..

This appendix describes two static allocation methods for fGn (or fBm) traffic. Here,  $\lambda$  and  $C$  are respectively the traffic arrival rate and the service rate per dimensionless time step. Their unit are converted to a physical time unit by multiplying the step size  $\Delta$ . For a fBm self-similar traffic source, Norros [?] provides its EB as

$$C = \lambda + (\kappa(H)\sqrt{-2\ln \epsilon})^{1/H} a^{1/(2H)} x^{-(1-H)/H} \lambda^{1/(2H)} \quad (\text{A.1})$$

where  $\kappa(H) = H^H(1-H)^{(1-H)}$ . Simplicity in the calculation is the attractive feature of (A.1).

The MVA technique developed in [?] so far provides the most accurate estimation of the loss probability compared to previous bandwidth allocation techniques according to simulation results. Consider a discrete-time queueing system with constant service rate  $C$  and input process  $\lambda_n$  with  $\mathbb{E}\{\lambda_n\} = \lambda$  and  $\text{Var}\{\lambda_n\} = \sigma^2$ . Define  $X_n \equiv \sum_{k=1}^n \lambda_k - Cn$ . The loss probability due to the MVA approach is given by

$$\epsilon \approx \alpha e^{-m_x/2} \quad (\text{A.2})$$

where

$$m_x = \min_{n \geq 0} \frac{((C - \lambda)n + B)^2}{\text{Var}\{X_n\}} = \frac{((C - \lambda)n^* + B)^2}{\text{Var}\{X_{n^*}\}} \quad (\text{A.3})$$

and

$$\alpha = \frac{1}{\lambda\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(\frac{(C - \lambda)^2}{2\sigma^2}\right) \int_C^\infty (r - C) \exp\left(\frac{(r - \lambda)^2}{2\sigma^2}\right) dr \quad (\text{A.4})$$

For a given  $\epsilon$ , we numerically solve for  $C$  that satisfies (A.2). Any search algorithm can be used to do the task. Here, the bisection method is used.

Next, we show how  $\text{Var}\{X_n\}$  can be determined. Let  $C_\lambda(l)$  be the autocovariance function of  $\lambda_n$ . The MVA technique basically approximates the input process  $\lambda_n$  with a Gaussian process, which allows  $\text{Var}\{X_n\}$  to be represented by the autocovariance function. In particular, the variance of  $X_n$  can be expressed in terms of  $C_\lambda(l)$  as

$$\text{Var}\{X_n\} = nC_\lambda(0) + 2 \sum_{l=1}^{n-1} (n-l)C_\lambda(l) \quad (\text{A.5})$$

Therefore,  $C_\lambda(l)$  must be known in the MVA technique, either by assuming specific traffic models or by off-line analysis in case of traces. In most practical situations,  $C_\lambda(l)$  will not be known in advance, and an on-line measurement algorithm developed in [?] is required to jointly determine both  $n^*$  and  $m_x$ . For fGn traffic,  $\text{Var}\{X_n\}$  is equal to  $\sigma^2 n^{2H}$ , where  $\sigma^2 = \text{Var}\{\lambda_n\}$ , and we can find the  $n^*$  that minimizes (A.3) directly. Although  $\lambda$  can be easily measured, it is not the case for  $\sigma^2$  and  $H$ . Consequently, the MVA technique suffers from the need of prior knowledge traffic parameters.

ภาคผนวก B

ชื่อภาคผนวกที่ 2

### ใส่หัวข้อตามความเหมาะสม

Next, we show how  $\text{Var}\{X_n\}$  can be determined. Let  $C_\lambda(l)$  be the autocovariance function of  $\lambda_n$ . The MVA technique basically approximates the input process  $\lambda_n$  with a Gaussian process, which allows  $\text{Var}\{X_n\}$  to be represented by the autocovariance function. In particular, the variance of  $X_n$  can be expressed in terms of  $C_\lambda(l)$  as

$$\text{Var}\{X_n\} = nC_\lambda(0) + 2 \sum_{l=1}^{n-1} (n-l)C_\lambda(l) \quad (\text{B.1})$$

### Add more topic as you need

Therefore,  $C_\lambda(l)$  must be known in the MVA technique, either by assuming specific traffic models or by off-line analysis in case of traces. In most practical situations,  $C_\lambda(l)$  will not be known in advance, and an on-line measurement algorithm developed in [?] is required to jointly determine both  $n^*$  and  $m_x$ . For fGn traffic,  $\text{Var}\{X_n\}$  is equal to  $\sigma^2 n^{2H}$ , where  $\sigma^2 = \text{Var}\{\lambda_n\}$ , and we can find the  $n^*$  that minimizes (A.3) directly. Although  $\lambda$  can be easily measured, it is not the case for  $\sigma^2$  and  $H$ . Consequently, the MVA technique suffers from the need of prior knowledge traffic parameters.