# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

## บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

ปริญญา

วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์

**สาขา** ภาควิชา

**เรื่อง** การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

A Study of Autonomous Systems Relationships within Thailand

**นามผู้วิจัย** นายหทัยเทพ ศิริธนะ

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก** .....

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุขุมาล กิติสิน, Ph.D. )

**หัวหน้าภาควิชา** .....

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริกร จันทร์นวล, M.S. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

( รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน ..... เดือน ..... พ.ศ .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

# การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

# A Study of Autonomous Systems Relationships within Thailand


โดย

นายหทัยเทพ ศิริธนะ


เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
พ.ศ. 2553


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หทัยเทพ ศิริธนะ 2553: การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุขุมาล กิติสิน, Ph.D. 73 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย ในอดีตการสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยทำโดยพิจารณาข้อมูลการเชื่อมต่อจากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต หากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตไม่ปรับปรุงข้อมูลหรือไม่ต้องการเปิดเผยข้อมูลเหล่านั้น ก็ไม่สามารถจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายได้ และอีกทั้งไม่มีข้อมูลบ่งบอกประเภทความสัมพันธ์ของการเชื่อมต่อเครือข่ายในประเทศไทย ผู้วิจัยได้เสนอการสร้างแผนผังความสัมพันธ์และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม โดยพิจารณาข้อมูลจาก BGP routing table

ดังนั้นจึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยพิจารณาข้อมูล AS Path จาก BGP routing table จากนั้นนำมาจัดทำแผนผังความสัมพันธ์และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย ผลการทดลองพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการจำนวน 208 ความสัมพันธ์, ความสัมพันธ์ระหว่างผู้รับบริการที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกันจำนวน 13 และความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้ให้บริการจำนวน 10 ความสัมพันธ์ ผลจากการทดลองช่วยให้เข้าใจลักษณะการเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในประเทศไทย และนำประเภทความสัมพันธ์ไปอ้างอิงโดยไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตโดยตรง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hathaithep Siritana 2010: A Study of Autonomous Systems Relationships within Thailand. Master of Science (Computer Science), Major Field: Computer Science, Department of Computer Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Sukumal Kitisin, Ph.D. 73 pages.

The objective of this research is to produce the Internet topology and infer the type of relationships between the Autonomous Systems(AS) within Thailand. In the past, the Internet topology was produced by using connection data from Internet Service Provider(ISP). However, if ISPs didn't update connection data or didn't want to publish this data, the Internet topology couldn't be produced. Furthermore, there was no relationships information available between the ASs.

In this research, we examine AS Path in BGP routing table to produce Internet topology and infer the type of relationships between the ASs within Thailand. The result shows that, there are 208 provider-to-customer relationships, 13 sibling-to-sibling relationships and 10 peer-to-peer relationships that not need to use connection data from ISPs.

_____ _____ __ / __ / __

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุขุมาล กิติสิน ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาในด้านการเรียน การค้นคว้าวิจัย ชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหา และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.เสฏฐวิทย์ เกิดผล ที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์และบทความตีพิมพ์งานประชุมวิชาการจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณบริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล BGP routing table สำหรับประเทศไทย

ขอขอบคุณ คุณอณิมา รอตเสียงล้ำ ที่ช่วยให้คำแนะนำในการจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ น้องทุกท่านที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ได้สนับสนุนด้านอุปกรณ์ และสถานที่ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

หทัยเทพ ศิริธนะ

เมษายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (3) |
| คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ | (4) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 4 |
| การตรวจเอกสาร | 5 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 22 |
| อุปกรณ์ | 22 |
| วิธีการ | 22 |
| ผลและวิจารณ์ | 27 |
| ผล | 27 |
| วิจารณ์ | 46 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 50 |
| สรุป | 50 |
| ข้อเสนอแนะ | 51 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 53 |
| ภาคผนวก | 55 |
| ภาคผนวก ก รายละเอียดผลการทดลอง | 56 |
| ภาคผนวก ข ผลงานตีพิมพ์ | 66 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน | 73 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ข้อมูลภายในตารางเส้นทางของ BGP routing table | 6 |
| 2 | ข้อมูลจาก Route Serer | 7 |
| 3 | ข้อมูลเมื่อใช้ BGP dump | 7 |
| 4 | ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2552 | 27 |
| 5 | ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2552 | 28 |
| 6 | ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 29 เมษายน 2552 | 29 |
| 7 | ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 29 เมษายน 2552 | 30 |
| 8 | ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 10 พฤษภาคม 2552 | 31 |
| 9 | ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 10 พฤษภาคม 2552 | 32 |
| 10 | จำนวนความสัมพันธ์ประเภท P2C, S2S และ P2P | 43 |
| 11 | จำนวนความสัมพันธ์เมื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย | 44 |
| 12 | ผลการเปรียบเทียบประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย | 48 |

**ตารางผนวกที่**

| | | |
|---|---|---|
| ก1 | ผลการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย | 57 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ข้อมูลที่จัดเก็บเมื่อใช้ Looking Glasses | 8 |
| 2 | ความสัมพันธ์จากข้อมูลในภาพที่ 1 | 8 |
| 3 | ข้อมูล Internet Routing Registries สำหรับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ | 9 |
| 4 | การเชื่อมต่อไปยัง route-views.routeviews.org | 11 |
| 5 | ข้อมูล BGP routing table เมื่อใช้คำสั่ง show ip bgp 202.219.130.23 | 12 |
| 6 | ตัวอย่างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม | 12 |
| 7 | การใช้งานระบบ Looking Glasses ผ่านอินเตอร์เฟส | 13 |
| 8 | ข้อมูล BGP routing table เมื่อใช้ Looking glass | 14 |
| 9 | แผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม | 14 |
| 10 | Basic Algorithm | 15 |
| 11 | Refined Algorithm | 16 |
| 12 | Final Algorithm | 17 |
| 13 | อัลกอริทึมซึ่งใช้ในการกำหนดค่าลำดับการเชื่อมต่อให้แต่ละออโตโนมัสซิสเต็ม | 18 |
| 14 | ข้อมูลนโยบายสำหรับออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 4652 | 21 |
| 15 | ตัวอย่างข้อมูล BGP routing table | 23 |
| 16 | ข้อมูล AS Path จาก BGP routing table | 25 |
| 17 | กราฟเปรียบเทียบความถูกต้องประเภทความสัมพันธ์ทั้งหมด | 33 |
| 18 | แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 4750 เป็นศูนย์กลาง | 37 |
| 19 | แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 9931 เป็นศูนย์กลาง | 38 |
| 20 | แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 7470 เป็นศูนย์กลาง | 39 |
| 21 | แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 4621 เป็นศูนย์กลาง | 40 |
| 22 | แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 4618 เป็นศูนย์กลาง | 41 |
| 23 | แผนผังความสัมพันธ์และประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย | 45 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

| | | |
|---|---|---|
| AS | = | Autonomous System |
| BGP | = | Border Gateway Protocol |
| IRR | = | Internet Routing Registry |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

## A Study of Autonomous Systems Relationships within Thailand

## คำนำ

ระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีการเจริญเติบโต และมีความจำเป็นในปัจจุบัน เนื่องจากระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยนข้อมูล ค้นหาข้อมูล การใช้งานระบบสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้แพร่กระจายไปยังผู้ใช้งานตามบ้านเรือน ซึ่งเป็นผลให้ระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ภายในระบบการสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยเราเทอร์จำนวนมากที่เชื่อมต่อกัน

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ โดยหน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเครือข่ายได้จัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตในประเทศไทย โดยการสร้างแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายนำข้อมูลมาจากการแจ้งปรับปรุงข้อมูลโดยผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตทุกเดือน อย่างไรก็ตามตั้งแต่ปีพ.ศ. 2549 มีการเปิดเสรีทางโทรคมนาคม และทางคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ หรือ กทช. เริ่มแจกใบอนุญาตสำหรับผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต ทำให้มีผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตรายใหม่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ก่อนหน้านี้มีผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตเพียง 18 ราย แต่ปัจจุบันมีผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตมากถึง 83 ราย หากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตรายใหม่ไม่แจ้งข้อมูลมายังศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติหรือในบางครั้งผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตไม่ต้องการเปิดเผยข้อมูลเหล่านั้น การสร้างแผนผังการเชื่อมต่อไม่สามารถทำได้ และปัจจุบันไม่มีข้อมูลบ่งบอกประเภทความสัมพันธ์เหล่านั้น ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยพิจารณาข้อมูล AS Path จาก BGP routing table จากนั้นนำมาจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายและอนุมานประเภทความสัมพันธ์ เพื่อช่วยให้เข้าใจลักษณะการเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในประเทศไทย และนำประเภทความสัมพันธ์ไปอ้างอิงโดยไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตโดยตรง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครือข่ายอินเตอร์เน็ตในประเทศไทยในระยะเริ่มต้น ตั้งขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์สำหรับการวิจัยและพัฒนาที่มีชื่อว่าเครือข่ายไทยสาร (ThaiSARN : The Thai Social/Sceientific, Academic and Research Network) ก่อตั้งขึ้นราวเดือน เมษายน 2535 โดยมีการเชื่อมต่อเครือข่ ายคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ หรือ เนคเทค (NECTEC) ซึ่งเป็นศูนย์กลางการเชื่อมต่อ มหาวิทยาลัยที่เชื่อมต่อในระยะเริ่มต้น ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยได้รับเงินอุดหนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) โดยสนับสนุนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นแม่ข่าย (Server) อุปกรณ์การสื่อสารระบบเครือข่าย พร้อมการเช่าสัญญาณสายสื่อสารจากมหาวิทยาลัยต่างๆ ไปยังเนคเทค

เครือข่ายไทยสารนี้สามารถเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตได้ครั้งแรกเมื่อเดือน สิงหาคม 2535 โดยผ่านทางเกตเวย์ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ดำเนินการโดยสำนักวิทยบริการ) และการเชื่อมต่อไปอินเตอร์เน็ตนี้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายเป็นค่าเช่าวงจรต่างประเทศแต่เพียงผู้เดียว (ในระยะเริ่มแรกเชื่อมต่อด้วยความเร็ว 9,600 bps เสียค่าเช่าประมาณปีละ 2.5 ล้านบาท) ต่อมาเมื่อมีการใช้งานมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2536 เนคเทค ได้เช่าวงจรเป็นเกตเวย์ที่สองของประเทศไทยที่ออกไปสู่อินเตอร์เน็ต และในปัจจุบันได้มีเกตเวย์ออกไปสู่อินเตอร์เน็ตเพิ่มเติมอีก เช่นที่มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ ซึ่งเป็นเกตเวย์แรกที่เปิดบริการอินเตอร์เน็ต สำหรับภาคเอกชนในประเทศไทย ในปัจจุบันมีศูนย์บริการอินเตอร์เน็ต (Internet Service Provider) สำหรับประชาชนทั่วไปมากมาย

เครือข่ายไทยสารได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว จนในปัจจุบัน มหาวิทยาลัยของรัฐเกือบทุกมหาวิทยาลัย ได้เข้าเชื่อมต่อกับไทยสารและสามารถออกสู่อินเตอร์เน็ตได้แล้ว ซึ่งในขั้นต่อไป ก็ได้มีความพยายามจะขยายเครือข่ายไทยสารอินเตอร์เน็ต ออกไปให้ครอบคลุมสถาบันการศึกษาอื่น ๆ อีก เช่น สถาบันราชภัฏ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และ โรงเรียนมัธยมต่างๆ

ออโตโนมัสซิสเต็ม (Autonomous System) คือ เครือข่ายที่มีการบริหารจัดการเราเทอร์โดยองค์กรเดียว ซึ่งแต่ละออโตโนมัสซิสเต็มจะถูกระบุด้วยหมายเลข (Autonomous System Number) ที่แตกต่างกัน และการแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทางระหว่างเกตเวย์ที่เชื่อมต่อออโตโนมัสซิสเต็มเข้าด้วยกัน ใช้โพรโตคอล Border Gateway Protocol (BGP) โดยออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถอธิบายให้เข้าใจด้วยแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม การสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มพิจารณาข้อมูลตารางเส้นทาง (BGP routing table) และข้อมูลนโยบาย (Policy)

การแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทางภายในออโตโนมัสซิสเต็มใช้ Routing Information Protocol (RIP) หรือ Open Shortest Path First (OSPF) แต่การแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทางระหว่างเกตเวย์ที่เชื่อมต่อออโตโนมัสซิสเต็มเข้าด้วยกัน ใช้โพรโตคอล Border Gateway Protocol (BGP) เนื่องจากจุดมุ่งหมายในการจัดเส้นทางส่งข้อมูลภายในออโตโนมัสซิสเต็มและการจัดเส้นทางส่งข้อมูลระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มมีความแตกต่างกัน ดังนี้

1. นโยบาย (Policy) และ สมรรถนะ (Performance) การจัดเส้นทางส่งข้อมูลระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม ถูกกำหนดโดยนโยบายว่าอนุญาต หรือไม่อนุญาตให้ข้อมูลที่รับจากออโตโนมัสซิสเต็มส่งต่อไปยังออโตโนมัสซิสเต็มอื่น ส่วนการส่งข้อมูลภายในออโตโนมัสซิสเต็มทุกสิ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของผู้บริหารเครือข่ายเดียวกัน ดังนั้นนโยบายที่กำหนดมีความสำคัญน้อยกว่าสมรรถนะในการส่งข้อมูล การส่งข้อมูลภายในออโตโนมัสซิสเต็มสามารถจัดเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ แต่การจัดเส้นทางส่งข้อมูลระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มต้องคำนึงถึงนโยบาย

2. การขยายตัวของเครือข่าย (Scale) เมื่อเครือข่ายมีขนาดใหญ่การจัดเส้นทางส่งข้อมูลจะเกิดปัญหาเนื่องจากคุณสมบัติและโครงสร้างข้อมูลของอัลกอริธึ่มที่ใช้จัดเส้นทาง แต่ภายในออโตโนมัสซิสเต็มซึ่งอยู่ภายใต้การบริหารจัดการของผู้บริหารเดียวกัน ถ้าเครือข่ายมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นก็สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 ออโตโนมัสซิสเต็ม

การสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสามารถสร้างได้โดยนำข้อมูล AS Path ที่ได้จากตารางเส้นทางมาวิเคราะห์หาออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อ เมื่อทราบแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มจากนั้นสามารถอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม ความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการ, ความสัมพันธ์ระหว่างผู้รับบริการที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกัน และความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้ให้บริการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มที่มีการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

## ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพื่อทำการปรับปรุงการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยโดยพิจารณาจากข้อมูลนโยบาย

2. เพื่อเข้าใจลักษณะการเชื่อมต่อระบบบเครือข่าย สามารถนำมาซึ่งการอ้างอิงประเภทความสัมพันธ์

3. เพื่อแสดงสถานะเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของประเทศไทย

4. เพื่อเป็นแหล่งค้นคว้าความรู้เกี่ยวกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ประเภท และผู้ให้บริการ

## ขอบเขตและข้อจำกัด

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลวิธีการสร้างแผนผังความสัมพันธ์และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

2. สร้างแผนผังความสัมพันธ์และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การตรวจเอกสาร

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มมุ่งเน้นการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มและการศึกษาเกี่ยวกับการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

## ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม และการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

### 1. การสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

1.1 ความหมายของออโตโนมัสซิสเต็ม

ออโตโนมัสซิสเต็ม (Autonomous System) คือ เครือข่ายที่มีการบริหารจัดการเราเทอร์โดยองค์กรเดียว การแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทางภายในออโตโนมัสซิสเต็มใช้โพรโทคอล Routing Information Protocol (RIP) หรือ Open Shortest Path First (OSPF) แต่การแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทางระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม ใช้โพรโทคอล Border Gateway Protocol (BGP) สาเหตุที่ไม่ใช้ RIP หรือ OSPF ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทางระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม เนื่องจากจุดมุ่งหมายในการจัดเส้นทางส่งข้อมูลภายในออโตโนมัสซิสเต็มและการจัดเส้นทางส่งข้อมูลระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มมีความแตกต่างกัน

1.2 การทำงานของ BGP

การทำงานของ BGP มีดังนี้ BGP รับข้อมูลกลุ่มเครือข่าย (Subnet) ที่สามารถไปถึงได้จากออโตโนมัสซิสเต็มอื่นที่เชื่อมต่ออยู่ โดยการส่งข้อมูลใช้ ช่วงเวลาสื่อสารภายนอก (External BGP Session) จากนั้นส่งข้อมูลนี้ไปยังเราเทอร์ทุกตัวที่อยู่ภายในออโตโนมัสซิสเต็ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยการส่งข้อมูลใช้ ช่วงเวลาสื่อสารภายใน (Internal BGP Session) และจัดเส้นทางที่ดีที่สุด เพื่อส่งข้อมูลโดยใช้ข้อมูลกลุ่มเครือข่ายที่ไปถึงได้และนโยบายระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

1.3 แหล่งข้อมูลที่รวบรวมนำมาวิเคราะห์

การสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสามารถสร้างได้โดยนำข้อมูล AS Path ที่ได้จากตารางเส้นทางมาวิเคราะห์หาออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อ ซึ่งแผนผังความสัมพันธ์นี้ช่วยให้ทราบถึงสถาปัตยกรรมของระบบอินเตอร์เน็ตและลำดับชั้นของการเชื่อมต่อเครือข่าย

วิธีรวบรวมข้อมูลที่นำมาสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม (AS topology model) แบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1.3.1 BGP trace collectors เป็นการรวบรวมข้อมูลจากออโตโนมัสซิสเต็มเชิงธุรกิจ

**ตารางที่ 1** ข้อมูลภายในตารางเส้นทางของ BGP routing table

| | timestamp | Type | peer IP | peer AS# | prefix | AS path | other |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BGP4MP | 1067645344 | B | 10.0.0.1 | 123 | 131.179.0.0/16 | 123 456 789 987 | … |

ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1 เป็นข้อมูลที่แสดงถึง AS123 ซึ่งผู้ใช้งานสามารถไปถึงปลายทางเครือข่าย 131.179.0.0/16 โดยผ่านออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข “123 456 789 987” จากข้อมูลสามารถทราบได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม ประกอบด้วย 4 ออโตโนมัสซิสเต็ม นั่นคือออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 123 456 789 และ 987 และมีการเชื่อมต่อ 3 เส้นทาง นั่นคือระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 123-456 456-789 และ 789-987 โดยปกติข้อมูลที่จัดรวบรวมได้ มีมากกว่า 1 ล้านเรคคอร์ดต่อออโตโนมัสซิสเต็ม ซึ่งออโตโนมัสซิสเต็มแต่ละรายก็จะให้ข้อมูลปลายทางที่สามารถไปถึงได้

1.3.2 Route servers เป็นการรวบรวมข้อมูลจากเราเทอร์ที่อนุญาตให้เข้าถึงได้ทั่วไป โดยผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตใช้สำหรับการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเครือข่าย (Troubleshoot network

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

problem) ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่อโดยการ telnet เพื่อเรียกใช้คำสั่งบางคำสั่งของเราเทอร์ การรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีนี้จะใช้คำสั่ง `show ip bgp` ซึ่งจะแสดง ตารางเส้นทางทั้งหมดของเราเทอร์ แต่ไม่เหมือนกับวิธีที่ผ่านมา เนื่องจากวิธีนี้จะเป็นข้อมูลที่ไม่ได้มีการปรับปรุงการจัดเส้นทางใหม่

**ตารางที่ 2** ข้อมูลจาก Route Serer

| Number | # Peer AS | # Peer AS not in RV or RIPE |
|---|---|---|
| 25 | > =43 | > = 16 |

Route server ติดตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยโอเรกอน (University of Oregon) สหรัฐอเมริกา และติดตั้งอยู่ที่บริษัท Swiss Network Operator Group (SwiNOG) สวิตเซอร์แลนด์ซึ่งอนุญาตให้เข้าใช้งาน route server ที่ไม่ใช่เพื่อการค้า โดยสามารถนำข้อมูลตารางเส้นทางมาใช้วิเคราะห์ได้

**ตารางที่ 3** ข้อมูลเมื่อใช้ BGP dump

| Name | Operator | AS# | # next hops | # neighbor ASs | Data Size(MB) |
|---|---|---|---|---|---|
| NC1 | Oregon-IX | - | 43 | 35 | 291.5 |
| NC2 | SwiNOG | - | 42 | 16 | 131.3 |
| C1 | AT&T | 7018 | 24 | 1 | 145.8 |
| C2 | Exodus | 3967 | 199 | 279 | 127.0 |
| C3 | GT Telecom | 6539 | 7 | 1 | 57.1 |
| C4 | Global Crossing | 3549 | 3,089 | 447 | 49.5 |
| C5 | Exodus Europe | 8709 | 19 | 187 | 47.4 |
| C6 | CER Fnet | 1740 | 3 | 1 | 26.0 |
| C7 | Colt | 8220 | 42 | 331 | 20.3 |
| C8 | Global Online | 4197 | 12 | 82 | 18.3 |
| C9 | Tiscali | 3257 | 1 | 1 | 8.0 |
| C10 | GTE | 1 | 1175 | 495 | 7.8 |

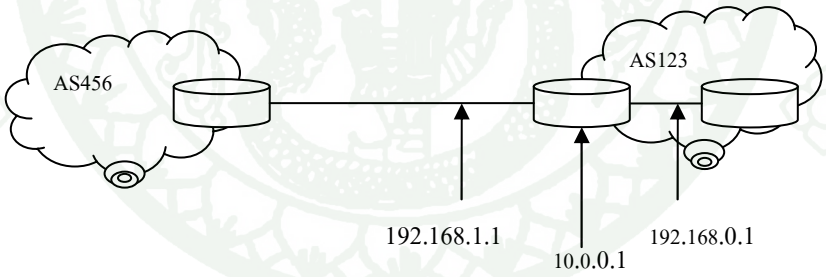
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากตารางที่ 3 Operator คือ ชื่อออโตโนมัสซิสเต็มแต่ละราย AS# เป็นหมายเลขออโตโนมัสซิสเต็มแต่ละราย # next hop เป็นจำนวนเราเทอร์ภายในออโตโนมัสซิสเต็มแต่ละราย #neighbor ASs เป็นจำนวนออโตโนมัสซิสเต็มอื่นที่ออโตโนมัสซิสเต็มแต่ละรายเชื่อมต่ออยู่

1.3.3 Looking glasses การใช้งานสามารถเรียกใช้ผ่านอินเตอร์เฟส ซึ่งผู้ใช้สามารถตรวจสอบเส้นทางที่ prefix ผ่านแต่ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ ดาว์นโหลดข้อมูลตารางเส้นทาง

```
BGP router identifier 10.0.0.1 local
AS number 123
…
Neighbor        V     AS     other
192.168.0.1     4    123       …
192.168.1.1     4    456       …
```

**ภาพที่ 1** ข้อมูลที่จัดเก็บเมื่อใช้ Looking Glasses




**ภาพที่ 2** ความสัมพันธ์จากข้อมูลในภาพที่ 1

จากภาพที่ 1 เป็นข้อมูลจาก AS123 ซึ่งมีเราเทอร์ที่เชื่อมต่ออยู่ 2 ตัว โดยหนึ่งตัวเป็นเราเทอร์ที่อยู่ใน AS123 ส่วนอีกหนึ่งตัวอยู่ใน AS456 ดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนั้นระดับความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มควรจะรวม 2 โหนดดังกล่าว และ เส้นทางการเชื่อมต่อระหว่าง 123 ไปยัง 456 เข้าไปด้วย แม้ว่าวิธีการนี้ไม่สามารถได้ข้อมูลตารางเส้นทางก็สามารถที่จะสอบถามข้อมูลจากเราเทอร์มากกว่า 1 ตัว จากวิธีนี้พบว่ามีเราเทอร์จำนวน 774 ตัวที่สามารถนำข้อมูลมาใช้วิเคราะห์ได้ ซึ่งเราเทอร์ทั้งหมดนี้อยู่ภายใต้ออโตโนมัสซิสเต็มที่แตกต่างกันจำนวน 174 ออโตโนมัสซิสเต็ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.4 The Internet Routing Registry (IRR) จุดประสงค์ของวิธีนี้เพื่อที่จะทราบถึงข้อกำหนดหรือนโยบายที่ออโตโนมัสซิสเต็มกำหนด ผู้บริหารจัดการเครือข่ายจะต้องลงทะเบียนนโยบายกับ IRR ในยุโรปใช้เพื่อกรองข้อมูลที่ส่งไปมา และการแลกเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในเฉพาะทวีปยุโรปเท่านั้น รูปแบบของข้อมูลจะเป็นไปตามข้อกำหนดใน Routing Policy Specification Language (RPSL) (http://www.irr.net)

```
aut-num:  AS9411
as-name:   NONTRINET-AS-AP
descr:     Office of  University Computer Services
descr:     Kasetsart University
descr:     Paholyothin Rd., Chatuchak
descr:     Bangkok 10900, Thailand
country:   TH
import:    from AS3836 action pref=10;
           accept AS3836 AS7715 AS7588 AS7596 AS4618
import:    from AS4621 action pref=20;accept AS4621
export:    to AS3836 announce AS9411
export:    to AS4621 announce AS9411
default:   to AS3836 action pref=10;networks ANY
default:   to AS4621 action pref=20;networks ANY
remarks:   CPC-KU
admin-c:   YP8-AP
tech-c:    SS59-AP
tech-c:    PW84-AP
mnt-by:    MAINT-KU-NOC
changed:   Surasak.S@ku.ac.th 20030801
source:    APNIC
```

**ภาพที่ 3** ข้อมูล Internet Routing Registries สำหรับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดย aut-num คือ หมายเลขของออโตโนมัสซิสเต็ม

as-name คือ ชื่อของออโตโนมัสซิสเต็ม

import คือ นโยบายที่ใช้พิจารณาเมื่อมีข้อมูลส่งมาจากออโตโนมัสซิสเต็มรายอื่น จากรูปแสดงถึง การแลกเปลี่ยนข้อมูลจาก AS3836 จะยอมรับข้อมูลเส้นทางจาก AS3836 AS7715 AS7588 AS7596 AS4618

export คือ นโยบายที่ใช้พิจารณาเมื่อมีข้อมูลส่งไปยังออโตโนมัสซิสเต็มรายอื่น จากรูปแสดงถึง การแลกเปลี่ยนข้อมูลไปยัง AS4621 จะให้ข้อมูลเส้นทางเฉพาะ AS9411

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากข้อกำหนดหรือนโยบายที่ใช้พิจารณาการรับข้อมูลเข้ามาหรือการส่งข้อมูลออกไป สามารถทราบว่า AS4621 และ AS3836 เป็นออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่ออยู่กับ AS9411

**2. การอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม**

2.1 ประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

เมื่อทราบแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มจากนั้นสามารถอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม ความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท (Dimitropoulos *et al.*, 2001)

1. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการ (Provider-to-Customer relationship : P2C) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มที่เป็นผู้ให้บริการอินเตอร์และออโตโนมัสซิสเต็มที่เป็นผู้รับบริการอินเตอร์เน็ต เช่น บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) เชื่อมต่อกับบริษัทในเชิงธุรกิจต่างๆ

2. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้รับบริการที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกัน (Sibling-to-Sibling relationship : S2S) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม 2 ออโตโนมัสซิสเต็มที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกัน แต่เนื่องด้วยออโตโนมัสซิสเต็มมีขนาดใหญ่มีปัญหาในการบริหารจัดการเราเทอร์ ทำให้มีการแบ่งออโตโนมัสซิสเต็มเป็นอีกหนึ่งออโตโนมัสซิสเต็ม

3. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้ให้บริการ (Peer-to-Peer relationship : P2P) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มที่เป็นผู้ให้บริการและออโตโนมัสซิสเต็มที่เป็นผู้ให้บริการด้วยกัน

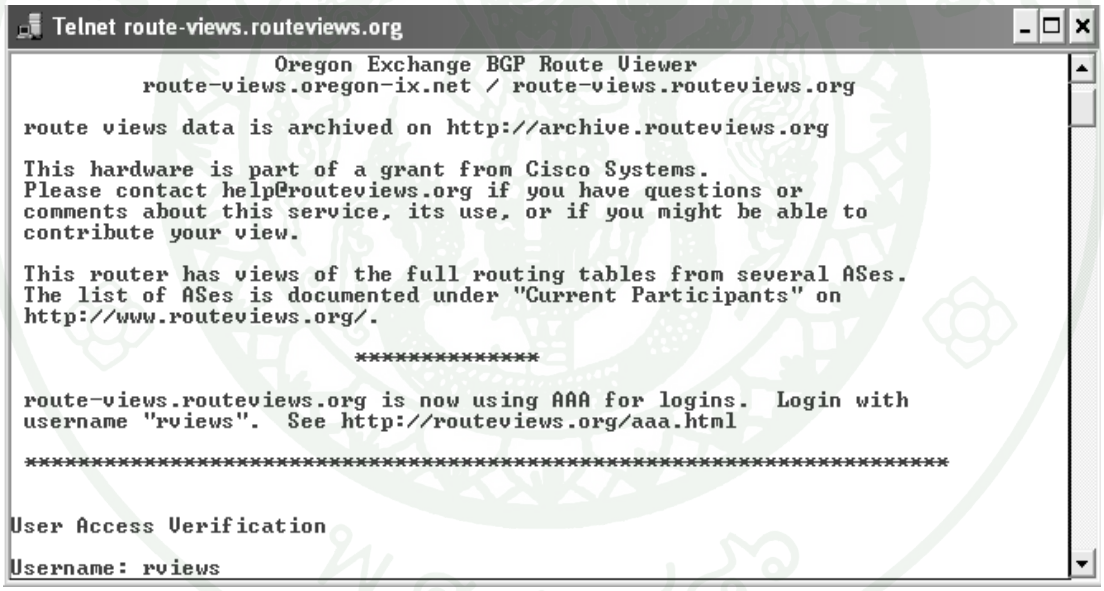
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งศึกษาการสร้างแผนผังความสัมพันธ์และการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย ซึ่งมีงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องดังนี้

## 1. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

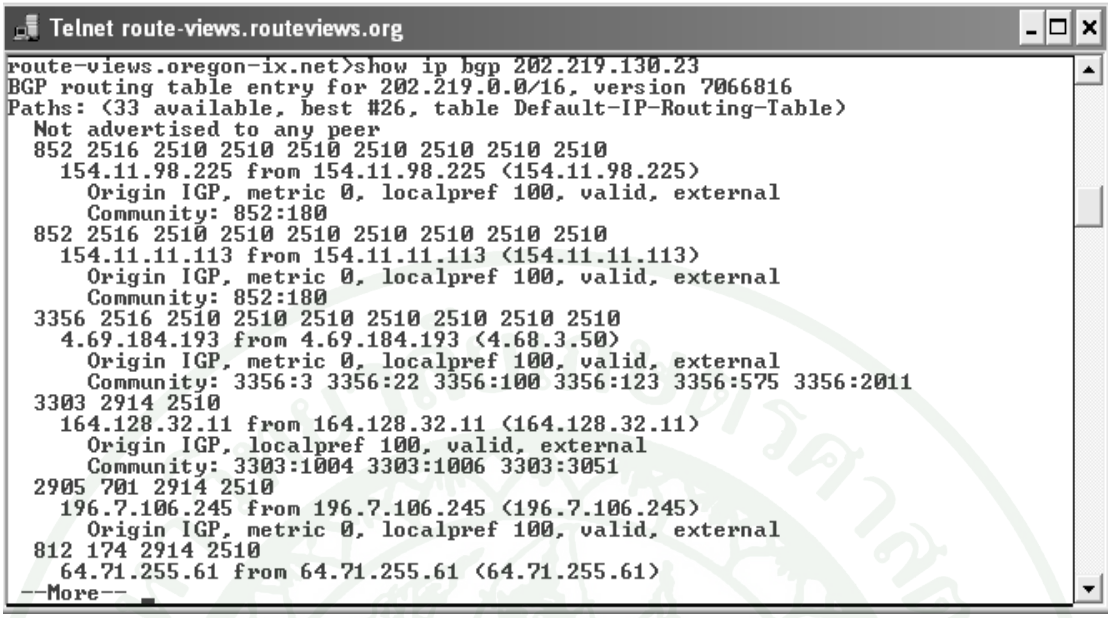
งานวิจัยของ Zhang *et al*. (2005) นำเสนอวิธีการรวบรวมข้อมูลจาก BGP trace collectors โดยติดต่อไปยังเครื่องแม่ข่าย RouteViews ซึ่งเป็นโปรเจคที่มหาวิทยาลัยโอเรกอน ประเทศสหรัฐอเมริกาจัดทำขึ้น การใช้งานเริ่มต้นเชื่อมต่อและเข้าระบบโดยใช้โปรแกรม telnet หลังจากนั้นใช้คำสั่ง `show ip bgp 202.219.130.23`




**ภาพที่ 4** การเชื่อมต่อไปยัง route-views.routeviews.org

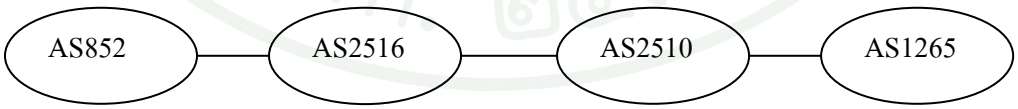
จากภาพแสดงการเชื่อมต่อไปยัง route-views.routeviews.org จากนั้นทำการเข้าระบบด้วยชื่อผู้ใช้ rviews เพื่อสามารถใช้คำสั่งค้นหาเส้นทางที่ส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลที่มหาวิทยาลัยโอเรกอน ประเทศสหรัฐอเมริกา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 5** ข้อมูล BGP routing table เมื่อใช้คำสั่ง show ip bgp 202.219.130.23

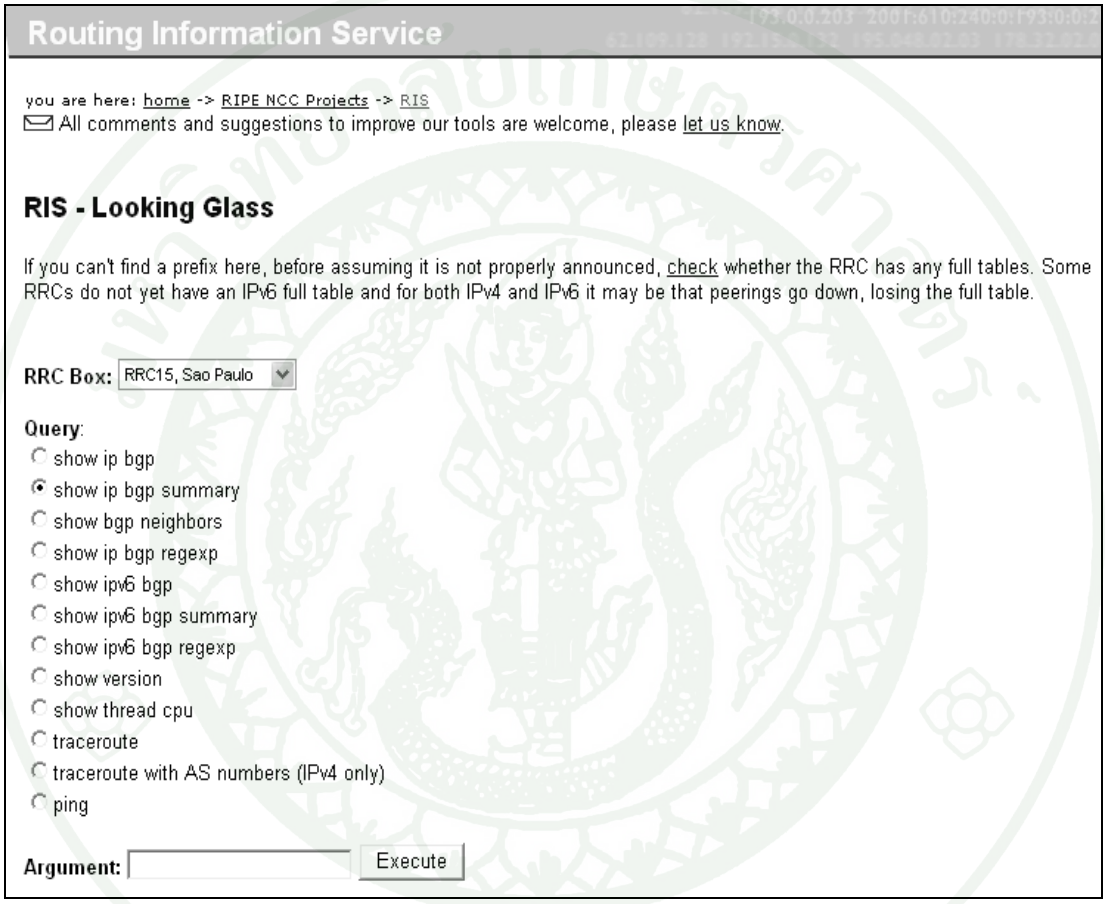
จากภาพแสดงตัวอย่างข้อมูลเพียงบางส่วนเมื่อใช้คำสั่ง `show ip bgp 202.219.130.23` ซึ่งหมายเลขที่อยู่ไอพีดังกล่าวคือ prefix ที่ต้องการตรวจสอบ ซึ่งสามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางโดยผ่านออโตโนมัสหมายเลข 852 2516 2510 2510 2510 2510 เนื่องจากหมายเลขออโตโนมัสซิสเต็มซ้ำกัน เช่น 2510 2510 2510 2510 นั่นแสดงถึงเส้นทางนี้ผ่านเราเทอร์ที่อยู่ภายในออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 2510 นั่นเอง และหมายเลขที่อยู่ไอพี 154.11.98.225 คืออุปกรณ์รวบรวมข้อมูลปลายทางจากข้อมูลแสดงถึงมีเส้นทางมากถึง 33 เส้นทางที่สามารถใช้ได้ การสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มแสดงดังภาพที่ 6




**ภาพที่ 6** ตัวอย่างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการรวบรวมข้อมูลด้วยวิธี RouteViews ไม่มีการใช้งานผ่านอินเตอร์เฟสผู้ใช้ต้องทำการพิมพ์คำสั่งที่ใช้แสดง BGP routing table หากผู้ใช้ไม่ทราบคำสั่งที่ใช้แสดง BGP routing table ก็ไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ดังนั้นการรวบรวมข้อมูลโดยใช้บริการระบบ Looking Glass ผู้ใช้สามารถเรียกใช้งานผ่านอินเตอร์เฟสแสดงดังภาพที่ 7




**ภาพที่ 7** การใช้งานระบบ Looking Glass ผ่านอินเตอร์เฟส

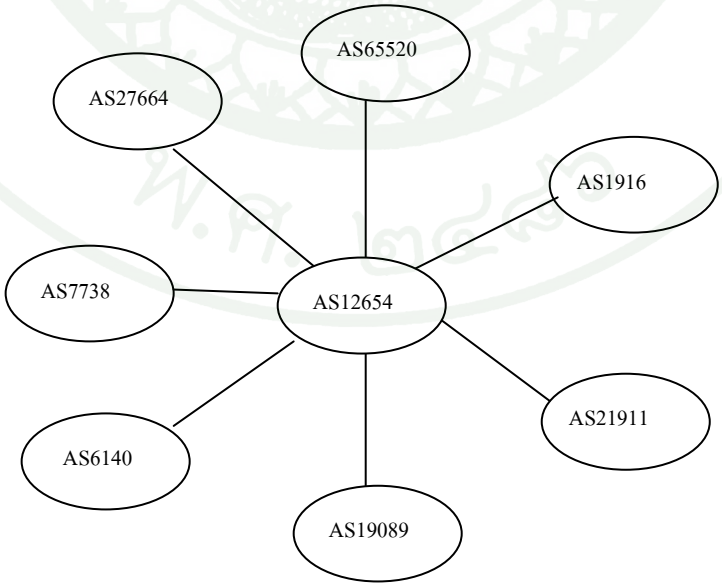
จากภาพผู้ใช้สามารถเลือกอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลได้ในช่อง RRC BOX พร้อมทั้งเลือกคำสั่งที่ต้องการในส่วนของ Query: จากนั้นกดปุ่มคำสั่ง Execute ซึ่งข้อมูลจากการค้นหาแสดงดังภาพที่ 8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
BGP router identifier 200.219.130.23, local AS number 12654
RIB entries 530330, using 32 MiB of memory
Peers 7, using 17 KiB of memory
Peer groups 4, using 64 bytes of memory

Neighbor        V    AS MsgRcvd MsgSent   TblVer  InQ OutQ Up/Down  State/PfxRcd
193.0.0.71      4 65520  521988 30642306        0    0    0 09w6d06h Connect
200.219.130.4   4  1916 3733900 1261852        0    0    0 01w0d02h    43970
200.219.130.9   4 21911  746753  751360        0    0    0 04w5d20h        1
200.219.130.10  4 19089 69063651 1206757        0    0    0 07w3d14h   283059
200.219.130.18  4  6140 1082963  750873        0    0    0 03w4d11h      326
200.219.130.21  4 27664 203645771  751414       0    0    0 12w6d22h   275975
200.219.130.34  4  7738  110213  108917        0    0    0 10w5d00h      671

Total number of neighbors 7

Multi-Router Looking Glass
Written by: John Fraizer - EnterZone, Inc
```

**ภาพที่ 8** ข้อมูล BGP routing table เมื่อใช้ Looking glasses

จากภาพแสดงข้อมูลจากการใช้คำสั่ง `show ip bgp summary` ซึ่งการสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มใช้ข้อมูลในคอลัมน์ AS ซึ่งเป็นหมายเลขออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อ โดยออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 12564 มีการเชื่อมต่อกับออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 65520, 1916, 21911, 19089, 6140, 27664 และ 7738




**ภาพที่ 9** แผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากภาพแสดงความสัมพันธ์ของการเชื่อมต่อระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 12654 ไปยังออโตโนมัสซิสเต็มอื่น เนื่องจากออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 12654 เป็นอุปกรณ์รวบรวมข้อมูลของ http://www.ris.ripe.net ซึ่งติดตั้งอยู่ที่เมือง Sao Paulo ทำให้มีการเชื่อมต่อกับออโตโนมัสซิสเต็มอื่นจำนวนมาก

**2. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม**

งานวิจัยของ Gao (2001) ศึกษาการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยพิจารณาจากจำนวนออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อ ซึ่งจำนวนของออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อนำมาจากข้อมูล AS Path ที่ได้มาจากตารางเส้นทาง (BGP routing table) และผู้วิจัยทำการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยใช้อัลกอริทึมดังต่อไปนี้

**Basic Algorithm:**
Input: BGP routing tables
Output: Annotated AS graph G

**Phase 1: Compute the degree for each AS**
1. For each as.path $(u_1,u_2,...,u_n)$ in routing tables
2. For each i=1,...,n-1
3. neighbor[$u_i$]=neighbor[$u_i$]U{$u_{i+1}$}
4. neighbor[$u_i$]=neighbor[$u_{i+1}$]U{$u_i$}
5. For each AS u
6. degree[u] = |neighbor[u]|

**Phase 2: Parse AS path to initialize consecutive AS pair's transit relationship**
1. For each as.path $(u_1,u_2,...,u_n)$ in RT
2. find the smallest j such that degree[$u_j$] = $\max_{1\le i\le n}$ degree[$u_i$]
3. for i=1,...,j-1
4. transit[$u_i$,$u_{i+1}$]=1
5. for i=j,...,n-1
6. transit[$u_{i+1}$,$u_i$]=1

**Phase 3: Assign relationships to AS pair**
1. For each AS path $(u_1,u_2,...,u_n)$
2. for i=1,...,n-1
3. if transit[$u_i$,$u_{i+1}$]=1 and transit[$u_{i+1}$,$u_i$]=1
4. edge[$u_i$,$u_{i+1}$]=sibling-to-sibling
5. else if transit[$u_{i+1}$,$u_i$]=1
6. edge[$u_i$,$u_{i+1}$]=provider-to-customer
7. else if transit[$u_i$,$u_{i+1}$]=1
8. edge[$u_i$,$u_{i+1}$]=customer-to-provider

**ภาพที่ 10** Basic Algorithm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**Refined Algorithm:**
Input: BGP routing tables
Output: Annotated AS graph G

**Phase 1: Same as Phase 1 in the basic algorithm**

**Phase 2: Count the number of routing table entries that infer as AS pair having a transit relationship**

1. For each AS path $(u_1,u_2,...,u_n)$
2. find the smallest j such that $degree[u_j]=max_{1\le i\le n} degree[u_i]$
3. for i=1,...,j-1
4. $transit[u_i,u_{i+1}]=transit[u_i,u_{i+1}]+1$
5. for i=j,...,n-1
6. $transit[u_{i+1},u_i]=transit[u_{i+1},u_i]+1$

**Phase 3: Assign relationships to AS pair**

1. For each AS path $(u_1,u_2,...,u_n)$
2. for i=1,...,n-1
3. if ($transit[u_{i+1},u_i]>L$ and $transit[u_i,u_{i+1}]>L$) or ($transit[u_i,u_{i+1}]\le L$ and $transit[u_{i+1},u_i]>0$ and $transit[u_i,u_{i+1}]\le L$ and $transit[u_{i+1},u_i]>0$)
4. $edge[u_i,u_{i+1}]$=sibling-to-sibling
1. else if $transit[u_{i+1},u_i]>L$ or $transit[u_i,u_{i+1}]=0$
2. $edge[u_i,u_{i+1}]$=provider-to-customer
3. else if $transit[u_i,u_{i+1}]>L$ or $transit[u_{i+1},u_i]=0$
4. $edge[u_i,u_{i+1}]$=customer-to-provider

**ภาพที่ 11** Refined Algorithm

การทำงานของ Basic Algorithm เริ่มต้นด้วยการนับจำนวนออโตโนมัสซิสเต็มเพื่อนบ้าน จากนั้นพิจารณาแต่ละ AS Path เพื่อค้นหาออโตโนมัสซิสเต็มที่มีจำนวนออโตโนมัสซิสเต็มเพื่อนบ้านเชื่อมต่อมากที่สุดและกำหนดให้เป็นผู้ให้บริการ ต่อมาออโตโนมัสซิสเต็มที่อยู่ติดกันจะกำหนดให้เป็นผู้รับบริการ และทำการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มดังกล่าวเป็นความสัมพันธ์ประเภท P2C จากนั้นอนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2P โดยใช้ Final Algorithm ซึ่งเป็นการนำผลการอนุมานประเภทความสัมพันธ์จาก Basic Algorithm เป็นข้อมูลนำเข้า โดยพิจารณาอัตราส่วนจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเปรียบเทียบกับค่า R ถ้าอัตราส่วนจำนวนเพื่อนบ้านของออโตโนมัสซิสเต็มที่หนึ่งส่วนด้วยจำนวนเพื่อนบ้านของออโตโนมัสซิสเต็มที่สองน้อยกว่าค่า R และถ้าอัตราส่วนจำนวนเพื่อนบ้านของออโตโนมัสซิสเต็มที่หนึ่งส่วนด้วยจำนวนเพื่อนบ้านของออโตโนมัสซิสเต็มที่สองมากกว่าค่า 1/R จะอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มดังกล่าวเป็นความสัมพันธ์ประเภท P2P ซึ่งค่า R คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมากที่สุดและจำนวนการเชื่อมต่อไปยัง tier-1 provider แสดงดังภาพที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**Final Algorithm:**
Input: BGP routing tables
Output: Annotated AS graph G

**Phase 1: Use either Basic or Refined algorithm to coarsely classify AS pair into provider-customer or sibling relationships**

**Phase 2: Identify AS pair that can not have a peering relationship**

1. For each AS path $(u_1, u_2, \ldots, u_n)$
2. find the smallest j such that $degree[u_j] = \max_{1 \le i \le n} degree[u_i]$
3. for $i=1,\ldots,j-2$
4. $notpeering[u_i, u_{i+1}]=1$
5. for $i=j+1,\ldots,n-1$
6. $notpeering[u_{i+1}, u_i]=1$
7. if $edge[u_{j-1}, u_j] \neq$ sibling-to-sibling and $edge[u_j, u_{j+1}] \neq$ sibling-to-sibling
8. if $degree[u_{j-1}] > degree[u_{j+1}]$
9. $notpeering[u_j, u_{j+1}]=1$
10. else
11. $notpeering[u_{j-1}, u_j]=1$

**Phase 3: Assign peering relationships to AS pair**

5. For each AS path $(u_1, u_2, \ldots, u_n)$
6. for $i=1,\ldots,n-1$
7. if $notpeering[u_j, u_{j+1}] \neq 1$ and $notpeering[u_{j+1}, u_j] \neq 1$ and $degree[u_j]/degree[u_{j+1}] < R$ and $degree[u_j]/degree[u_{j+1}] > 1/R$
8. $edge[u_j, u_{j+1}]$=peer-to-peer

**ภาพที่ 12** Final Algorithm

เมื่อทำการอนุมานประเภทความสัมพันธ์โดยใช้อัลกอริทึมดังกล่าว และตรวจสอบความถูกต้องของการอนุมานโดยเปรียบเทียบข้อมูลจาก AT&T เมื่อตรวจสอบผลการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มมีความถูกต้อง 99.1% จากนั้นงานวิจัยของ Subramanian *et al*. (2002) ศึกษาการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ของออโตโนมัสซิสเต็มโดยพิจารณาจากลำดับของออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อ (AS rank) ซึ่งข้อมูล AS Path เพื่อสร้างกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยนำเสนออัลกอริทึมดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
G = Gx
r=1
while(leaves(G)≠Ø{
      for all u∈leaves(G)
            rank(u)=r;
      v'=v(G)-leaves(G);
      r=r+1;
      G=Gv;
}
for all u∈v(G)
      set rank(u)=r;
```

**ภาพที่ 13** อัลกอริทึมซึ่งใช้ในการกำหนดค่าลำดับการเชื่อมต่อให้แต่ละออโตโนมัสซิสเต็ม

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจาก BGP routing table มากกว่า 1 ชุดข้อมูล เช่น ใช้ข้อมูลจำนวน N ชุดข้อมูล จากนั้นทำการกำหนดค่าลำดับการเชื่อมต่อเป็น $r_{i1},r_{i2},....,r_{iN-1},r_{iN}$

เมื่อ $r_{iN}$ คือ ค่าลำดับการเชื่อมต่อของออโตโนมัสซิสเต็ม i ในข้อมูล BGP routing table ชุดที่ N

l(i,j) คือ จำนวนของชุดข้อมูล k ซึ่ง $r_{ik} > r_{jk}$

e(i,j) คือ จำนวนของชุดข้อมูล k ซึ่ง $r_{ik} = r_{jk}$

i, j คือ ออโตโนมัสซิสเต็มใน BGP routing table

จากนั้นอนุมานประเภทความสัมพันธ์จากกฎต่อไปนี้

1. ความสัมพันธ์ประเภท Peer-to-Peer relationship เมื่อ e(i,j) >= N/2 ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่าง i และ j เป็นความสัมพันธ์ประเภท Peer-to-Peer relationship

2. ความสัมพันธ์ประเภท Customer-to-provider relationship เมื่อ l(i,j) >= N/2 และ l(j,i) = 0 ดังนั้นความสัมพันนธ์ระหว่าง i และ j เป็น Customer-to-Provider relationship

3. ในทางกลับกันเมื่อ l(j,i) >= N/2 และ l(i,j) = 0 ดังนั้นความสัมพันนธ์ระหว่าง j และ i เป็น Customer-to-Provider relationship

เมื่อทำการอนุมานประเภทความสัมพันธ์โดยใช้อัลกอริทึมดังที่กล่าวมาแล้ว และตรวจสอบความถูกต้องของการอนุมานความสัมพันธ์แบบ Provider-to-Customer relationship มีความถูกต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

94.51% และความสัมพันธ์แบบ Peer-to-Peer relationship มีความถูกต้อง 4.75% ส่วนที่เหลือเป็นความสัมพันธ์ที่ตรวจสอบไม่ได้ 0.74%

งานวิจัยของ Xia and Gao (2004) ศึกษาความถูกต้องในการอนุมานประเภทความสัมพันธ์จากงานวิจัยที่ 1 และงานวิจัยที่ 2 ผู้วิจัยพบว่าการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2P จากงานวิจัยที่ 1 มีความถูกต้อง 49.08% และจากงานวิจัยที่ 2 มีความถูกต้อง 24.63% ดังนั้นผู้วิจัยเสนอวิธีอนุมานประเภทความสัมพันธ์มีความถูกต้องมากขึ้นดังนี้

1. พิจารณา AS_PATH (a,b,c,d,e,f)
2. ถ้าความสัมพันธ์ระหว่าง (c,d) เป็นความสัมพันธ์ประเภท Provider-to-Customer relationship จะกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง (d,e) และ (e,f) เป็นความสัมพันธ์ประเภท Provider-to-Customer relationship
3. ถ้าความสัมพันธ์ระหว่าง (c,d) เป็นความสัมพันธ์ประเภท Customer-to-Provider relationship จะกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง (b,a) และ (c,b) เป็นความสัมพันธ์ประเภท Provider-to-Customer relationship
4. ถ้าความสัมพันธ์ระหว่าง (c,d) เป็นความสัมพันธ์ประเภท Peer-to-Peer relationship จะกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง (b,a), (c,b), (d,e) และ (e,f) เป็นความสัมพันธ์ประเภท Provider-to-Customer relationship
5. ถ้าความสัมพันธ์ระหว่าง (c,d) และ (d,c) เป็นความสัมพันธ์ประเภท Provider-to-Customer relationship จะกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง (c,d) และ (d,c) เป็นความสัมพันธ์ประเภท Sibling-to-Sibling relationship

จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องในการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท Peer-to-Peer relationship จากวิธีที่ Xia และ Gao (2004) นำเสนอ ปรากฏความสัมพันธ์ประเภท Peer-to-Peer relationship มีความถูกต้อง 91.45%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยของ Battista *et al*. (2003) ศึกษาประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโนมัสซิสเต็ม โดยพยายามเปลี่ยนจากปัญหาประเภทความสัมพันธ์ (Type of relationship problem) เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ (2SAT problem) 2SAT problem ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ คู่อันดับ เช่น $E(v_i,v_j)$ และ ค่าความจริงของคู่อันดับ วิธีเปลี่ยนจากปัญหาประเภทความสัมพันธ์เป็น 2SAT problem ดังนี้

1. $E(v_i,v_j)$ มีค่าความจริงเป็นจริงเมื่อเส้นทางจากโหนด $v_i$ ชี้ไปยังโหนด $v_j$
2. $E(v_i,v_j)$ มีค่าความจริงเป็นเท็จเมื่อเส้นทางจากโหนด $v_j$ ชี้ไปยังโหนด $v_i$
3. พิจารณา AS_PATH $v_{i-1},v_i,v_{i+1}$
   1. ถ้าเส้นทางจากโหนด $v_{i-1}$ ชี้ไปยังโหนด $v_i$ และเส้นทางจากโหนด $v_{i+1}$ ชี้ไปยังโหนด $v_i$ เขียนเป็นความสัมพันธ์ดังนี้ $x_{i-1,i}$ V $x_{i+1,i}$
   2. ถ้าเส้นทางไปยังโหนด $v_{i-1}$ ชี้ออกจากโหนด $v_i$ และเส้นทางไปยังโหนด $v_{i+1}$ ชี้ออกจากโหนด $v_i$ เขียนเป็นความสัมพันธ์ดังนี้ $\overline{x}_{i,i-1}$ V $\overline{x}_{i,i+1}$
   3. ถ้าเส้นทางจากโหนด $v_{i-1}$ ชี้ไปยังโหนด $v_i$ และเส้นทางไปยังโหนด $v_{i+1}$ ชี้ออกจากโหนด $v_i$ เขียนเป็นความสัมพันธ์ดังนี้ $x_{i-1,i}$ V $\overline{x}_{i,i+1}$
   4. ถ้าเส้นทางไปยังโหนด $v_{i-1}$ ชี้ออกจากโหนด $v_i$ และเส้นทางจากโหนด $v_{i+1}$ ชี้ไปยังโหนด $v_i$ เขียนเป็นความสัมพันธ์ดังนี้ $\overline{x}_{i,i-1}$ V $x_{i+1,i}$

งานวิจัยของ Mao *et al*. (2005) ศึกษาอักอริทึมในงานวิจัยที่ 1 งานวิจัยที่ 2 และงานวิจัยที่ 4 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม โดยอัลกอริทึมในงานวิจัยที่ 1 อนุมานประเภทความสัมพันธ์ของออโตโนมัสซิสเต็มโดยพิจารณาจากจำนวนออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อ อัลกอริทึมในงานวิจัยที่ 2 อนุมานประเภทความสัมพันธ์ของออโตโนมัสซิสเต็มโดยพิจารณาข้อมูลจากชุดข้อมูลมากกว่า 1 ชุดข้อมูล และอัลกอริทึมในงานวิจัยที่ 4 อนุมานประเภทความสัมพันธ์ของออโตโนมัสซิสเต็มโดยเปลี่ยนจากปัญหาประเภทความสัมพันธ์เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ จำนวนความผิดพลาดในการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มจากทั้ง 3 งานวิจัย โดยในงานวิจัยที่ 4 มีความผิดพลาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้อยที่สุดเนื่องจาก การอนุมานประเภทความสัมพันธ์มีการเปลี่ยนจากปัญหาประเภทความสัมพันธ์เป็นสมการทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยของ Dimitropoulos *et al.* (2007) อนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูลนโยบายสำหรับแต่ละออโตโนมัสซิสเต็มดังภาพที่ 14 โดยใช้ข้อมูลนโยบายซึ่งนำมาจาก Internet Routing Registry (IRR) การอนุมานทำโดยพิจารณาออโตโนมัสซิสเต็มที่ชื่อเดียวกันและข้อมูลนโยบายในส่วนของ import และ export ของทั้ง 2 ออโตโนมัสซิสเต็มเหมือนกัน

```
aut-num:    AS4652
as-name:    THAI-EXCHANGE
descr:      The Communications Authority of    Thailand(CAT)
country:    TH
import:     from AS4274 action pref=100;accept AS4274
import:     from AS4750 action pref=100;accept AS4750
import:     from AS4618 action pref=100;accept AS4618 AS3836
            AS4767 AS4621
import:     from AS4568 action pref=100;accept AS4568
import:     from AS4765 action pref=100;accept AS4765 AS4767
            AS7485 AS4762
import:     from AS7613 action pref=100;accept AS7613
export:     to AS4274 announce ANY
export:     to AS4750 announce ANY
export:     to AS4618 announce ANY
export:     to AS4568 announce ANY
export:     to AS4765 announce ANY
export:     to AS7613 announce ANY
admin-c:    KM1-TH
tech-c:     KJ73
mnt-by:     MAINT-CAT-TH
changed:    hostmaster@apnic.net
changed:    ket@siamese.cat.or.th
source:     APNIC
```

**ภาพที่ 14** ข้อมูลนโยบายสำหรับออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 4652

โดย import คือ นโยบายที่ใช้พิจารณาเมื่อมีข้อมูลส่งมาจากออโตโนมัสซิสเต็มรายอื่น
export คือ นโยบายที่ใช้พิจารณาเมื่อมีข้อมูลส่งไปยังออโตโนมัสซิสเต็มรายอื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยฉบับนี้มศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยเพื่อนำมาสร้างแผนผังความสัมพันธ์และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย โดยมีอุปกรณ์และวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้

## อุปกรณ์

**1. Hardware**

Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU P8700 @2.53GHz, 4 GB of RAM, 400 GB

**2. Software**

2.1 Microsoft Visual Studio 2005

2.2 Libbgpdump-1.4.99.8

2.2 Operating System: Microsoft Windows 7

## วิธีการ

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้คือ การสร้างแผนผังความสัมพันธ์และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

**1. แนวทางการทดลอง**

ผู้วิจัยศึกษาทดลองเพื่อสร้างแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายและอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยโดยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นข้อมูล BGP routing table ที่รวบรวมข้อมูล ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2552 มีข้อมูล AS Path จำนวน 3941 ข้อมูล แสดงดังภาพที่ 15 และแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือ การทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม, การทดลองเพื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย และ การทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

```
Route-server_NIX>sh ip bgp
BGP table version is 428203, local router ID is 202.47.255.3
   Network          Next hop  Metric LocPrf Wgt    Path
*>i58.8.0.0/18    202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
* i58.8.64.0/18   202.129.63.4   0    100    0  38081 7470 17552 i
*>i               202.129.63.4   0    100    0  38081 7470 17552 i
*>i58.8.128.0/18  202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
*>i58.8.192.0/18  202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
*>i58.9.0.0/18    202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
*>i58.9.64.0/18   202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
* i58.9.128.0/18  202.129.63.4   0    100    0  38081 7470 17552 i
*>i               202.129.63.4   0    100    0  38081 7470 17552 i
*>i58.9.192.0/19  202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
*>i58.9.192.0/18  202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
*>i58.10.0.0/18   202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
*>i58.10.64.0/18  202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
*>i58.10.128.0/18 202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
* i58.10.192.0/18 202.129.63.4   0    100    0  38081 7470 17552 i
*>i               202.129.63.4   0    100    0  38081 7470 17552 i
*>i58.11.0.0/18   202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
*>i58.11.64.0/18  202.129.63.2   0    100    0  7470 17552 i
*>i58.11.128.0/18 202.129.63.2   0    100    0  7470 i
* i58.11.192.0/18 202.129.63.4   0    100    0  7470 i
*>i               202.129.63.4   0    100    0  7470 i
*>i58.64.0.0/21   202.129.63.2   0    100    0  38443 i
*>i58.64.0.0/17   202.129.63.2   0    100    0  38443 i
*>i58.64.8.0/21   202.129.63.2   0    100    0  38443 i
*>i58.64.16.0/21  202.129.63.2   0    100    0  38443 i
*>i58.64.24.0/24  202.129.63.2   0    100    0  38443 i
*>i58.64.24.0/21  202.129.63.2   0    100    0  38443 i
*>i58.64.25.0/24  202.129.63.2   0    100    0  38443 i
```

**ภาพที่ 15** ตัวอย่างข้อมูล BGP routing table

ภาพที่ 15 ตัวอย่างข้อมูล BGP routing table ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2552 โดยในส่วนสุดท้ายเมื่อหมายเลขเครือข่ายผ่านออโตโนมัสซิสเต็มใด ออโตโนมัสซิสเต็มนั้นจะเพิ่มหมายเลขออโตโนมัสซิสเต็มตนเองต่อท้าย เช่น หมายเลขเครือข่าย 58.8.0.0/18 เชื่อมต่อไปยังเครือข่ายผ่านทางเราเทอร์หมายเลขไอพี 202.129.63.2 และหมายเลขเครือข่าย 58.0.0.0/18 ผ่านออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 7470 และ17552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 การทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริธึ่ม

การทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของ Basic Algorithm, Refined Algorithm และ Final Algorithm จากงานวิจัยของ Gao (2001) ใช้ข้อมูล AS Path ซึ่งนำมาจาก http://archive.routeviews.org/bgpdata โดยใช้ข้อมูล 3 ชุดข้อมูลดังนี้

1. ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2552
2. ข้อมูลวันที่ 29 เมษายน 2552
3. ข้อมูลวันที่ 10 พฤษภาคม 2552

จากนั้นทำการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยใช้ Basic Algorithm, Refined Algorithm และ Final Algorithm จากงานวิจัยของ Gao (2001) และทำการตรวจสอบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มด้วยชุดข้อมูลจาก http://as-rank.caida.org

1.2 การทดลองเพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

การทดลองศึกษาข้อมูล AS Path ภายใน BGP routing table ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน) รวบรวมข้อมูล ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2552 ภายใน BGP routing table มีข้อมูล AS Path จำนวน 3941 ข้อมูล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

```
7470 17552
38081 7470 17552
38081 7470 17552
7470 17552
7470 17552
7470 17552
7470 17552
38081 7470 17552
38081 7470 17552
7470 17552
7470 17552
7470 17552
7470 17552
7470 17552
38081 7470 17552
38081 7470 17552
7470 17552
7470 17552
7470
7470
7470
38443
38443
38443
38443
38443
38443
38443
38443
38443
```

**ภาพที่ 16** ข้อมูล AS Path จาก BGP routing table

ภาพที่ 16 ข้อมูล AS Path จาก BGP routing table ในภาพที่ 15 โดย 7470 17552 หมายถึง ออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 7470 มีความสัมพันธ์กับออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 17552 และสามารถนำมาสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม

1.3 การทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

การทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มพิจารณาข้อมูล BGP Routing table ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน) รวบรวมข้อมูล ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2552 โดยพิจารณาจากข้อมูล AS Path แสดงดังภาพที่ 16 ภายใน BGP routing table มีข้อมูล AS Path จำนวน 3941 ข้อมูล เช่นเดียวกับการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย การทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2C,S2S และ P2P และการทดลองอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย

1.3.1 การทดลองเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2C, S2S และ P2P

การทดลองเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2C และ S2S ใช้ข้อมูล AS Path ดังตัวอย่างในภาพที่ 16 เป็นข้อมูลเข้า และการทำงานใช้ Basic Algorithm จากงานวิจัยของ Gao (2001) อนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม จากนั้นทดลองเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2P โดยใช้ผลการทำงานจากการทดลองข้างต้น เป็นข้อมูลเข้า และอนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2P โดยใช้ Final Algorithm จากงานวิจัยของ Gao (2001) อนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม โดยค่าพารามิเตอร์อัตราส่วนระหว่างจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อและจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อต่อซึ่งเป็น tier-1 (หรือค่า R) เท่ากับ 4 เนื่องจากจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมากที่สุด เท่ากับ 38 และจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อซึ่งเป็น tier-1 provider เท่ากับ 9

1.3.2 การทดลองอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย

การทดลองเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S ทำต่อจากการทดลองในส่วนที่ 2.3.1 โดยนำผลการทดลองจากส่วนที่ 2.3.1 มาพิจารณาต่อด้วยข้อมูลจากฐานข้อมูล IRR วิธีการพิจารณาดังนี้ ออโตโนมัสซิสเต็มที่มีความสัมพันธ์ประเภท S2S จะมีชื่อออโตโนมัสซิสเต็มและข้อมูลในส่วน import และ export ในฐานข้อมูล IRR เหมือนกัน (Dimitropoulos *et al.*, 2007)

ในงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้นำวิธีการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มจากอัลกอริทึมในส่วนที่ 1.3.1 และการพิจารณาข้อมูลนโยบายจากฐานข้อมูลในส่วนที่ 1.3.2 มาใช้ควบคู่กัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ผลและวิจารณ์

## ผล

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม การทดลองเพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย และการทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

### 1. ผลการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม

การตรวจสอบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มด้วยชุดข้อมูลจาก http://as-rank.caida.org/ ผลการตรวจสอบความถูกต้องดังแสดงต่อไปนี้

**ตารางที่ 4** ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2552

| ประเภทความสัมพันธ์จากการอนุมาน | จำนวนความสัมพันธ์ | ประเภทความสัมพันธ์จาก http://as-rank.caida.org | จำนวนความสัมพันธ์ | จำนวนความสัมพันธ์ (%) |
|---|---|---|---|---|
| P2C | 121818 | P2C | 115862 | 95.0% |
| | | S2S | 424 | 0.34% |
| | | P2P | 2832 | 4.66% |
| P2P | 6798 | P2P | 4684 | 68.0% |
| | | P2C | 2114 | 32.0% |
| S2S | 772 | S2S | 4 | 0.5% |
| | | P2C | 736 | 95.0% |
| | | P2P | 32 | 4.5% |
| Non Existent | 396 | | | |
| Overall | 129338 | Confirm | 120550 | 93.2% |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเมื่อใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm (R=∞) ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2552 ความสัมพันธ์ประเภท P2C มีความถูกต้อง 95.0% ความสัมพันธ์ประเภท P2P มีความถูกต้อง 68.0% ความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องเพียง 0.5% โดยรวมความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด 93.2%

**ตารางที่ 5** ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2552

| ประเภทความสัมพันธ์จากการอนุมาน | จำนวนความสัมพันธ์ | ประเภทความสัมพันธ์จาก http://as-rank.caida.org | จำนวนความสัมพันธ์ | จำนวนความสัมพันธ์ (%) |
|---|---|---|---|---|
| P2C | 122044 | P2C | 118758 | 97.0% |
| | | S2S | 424 | 0.7 |
| | | P2P | 2862 | 2.3% |
| P2P | 6666 | P2P | 4636 | 69.0% |
| | | P2C | 2030 | 31.0% |
| S2S | 678 | S2S | 4 | 0.5% |
| | | P2C | 624 | 92.0% |
| | | P2P | 50 | 7.5% |
| Non Existent | 396 | | | |
| Overall | 129388 | Confirm | 123398 | 95.3% |

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเมื่อใช้ Refined Algorithm (L=1) คู่กับ Final Algorithm (R=∞) ข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม 2552 ความสัมพันธ์ประเภท P2C มีความถูกต้อง 97.0% ความสัมพันธ์ประเภท P2P มีความถูกต้อง 69.0% ความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องเพียง 0.5% โดยรวมความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด 95.3%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 6** ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 29 เมษายน 2552

| ประเภทความสัมพันธ์จากการอนุมาน | จำนวนความสัมพันธ์ | ประเภทความสัมพันธ์จาก http://as-rank.caida.org | จำนวนความสัมพันธ์ | จำนวนความสัมพันธ์ (%) |
|---|---|---|---|---|
| P2C | 109510 | P2C | 106930 | 97.6% |
| | | S2S | 398 | 0.4% |
| | | P2P | 2182 | 2.0% |
| P2P | 1712 | P2P | 1220 | 71.2% |
| | | P2C | 492 | 28.8% |
| S2S | 486 | S2S | 4 | 0.8% |
| | | P2C | 446 | 91.7% |
| | | P2P | 36 | 7.5% |
| Non Existent | 20432 | | | |
| Overall | 111708 | Confirm | 108154 | 96.8% |

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเมื่อใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm (R=∞) ข้อมูลวันที่ 29 เมษายน 2552 ความสัมพันธ์ประเภท P2C มีความถูกต้อง 97.6% ความสัมพันธ์ประเภท P2P มีความถูกต้อง 71.2% ความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องเพียง 0.8 % โดยรวมความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด 96.8%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 7** ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 29 เมษายน 2552

| ประเภทความสัมพันธ์จากการอนุมาน | จำนวนความสัมพันธ์ | ประเภทความสัมพันธ์จาก http://as-rank.caida.org | จำนวนความสัมพันธ์ | จำนวนความสัมพันธ์ (%) |
|---|---|---|---|---|
| P2C | 109594 | P2C | 106996 | 97.6% |
| | | S2S | 398 | 0.4% |
| | | P2P | 2200 | 2.0% |
| P2P | 1680 | P2P | 1214 | 72.2% |
| | | P2C | 466 | 27.8% |
| S2S | 434 | S2S | 4 | 0.9% |
| | | P2C | 406 | 93.5% |
| | | P2P | 24 | 5.6% |
| Non Existent | 20432 | | | |
| Overall | 111708 | Confirm | 108214 | 96.8% |

ตารางที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเมื่อใช้ Refined Algorithm (L=1) คู่กับ Final Algorithm (R=∞) ข้อมูลวันที่ 29 เมษายน 2552 ความสัมพันธ์ประเภท P2C มีความถูกต้อง 97.6% ความสัมพันธ์ประเภท P2P มีความถูกต้อง 72.2% ความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องเพียง 0.9% โดยรวมความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด 96.8%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 8** ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 10 พฤษภาคม 2552

| ประเภทความสัมพันธ์จากการอนุมาน | จำนวนความสัมพันธ์ | ประเภทความสัมพันธ์จาก http://as-rank.caida.org | จำนวนความสัมพันธ์ | จำนวนความสัมพันธ์ (%) |
|---|---|---|---|---|
| P2C | 123688 | P2C | 120122 | 97.1% |
| | | S2S | 446 | 0.4% |
| | | P2P | 3120 | 2.5% |
| P2P | 8788 | P2P | 4840 | 55.0% |
| | | P2C | 3948 | 45.0% |
| S2S | 968 | S2S | 4 | 0.4% |
| | | P2C | 898 | 92.7% |
| | | P2P | 66 | 6.9% |
| Non Existent | 222 | | | |
| Overall | 133444 | Confirm | 124966 | 93.6% |

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเมื่อใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm (R=∞) ข้อมูลวันที่ 10 พฤษภาคม 2552 ความสัมพันธ์ประเภท P2C มีความถูกต้อง 97.1% ความสัมพันธ์ประเภท P2P มีความถูกต้อง 55.0% ความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องเพียง 0.4% โดยรวมความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด 93.6%

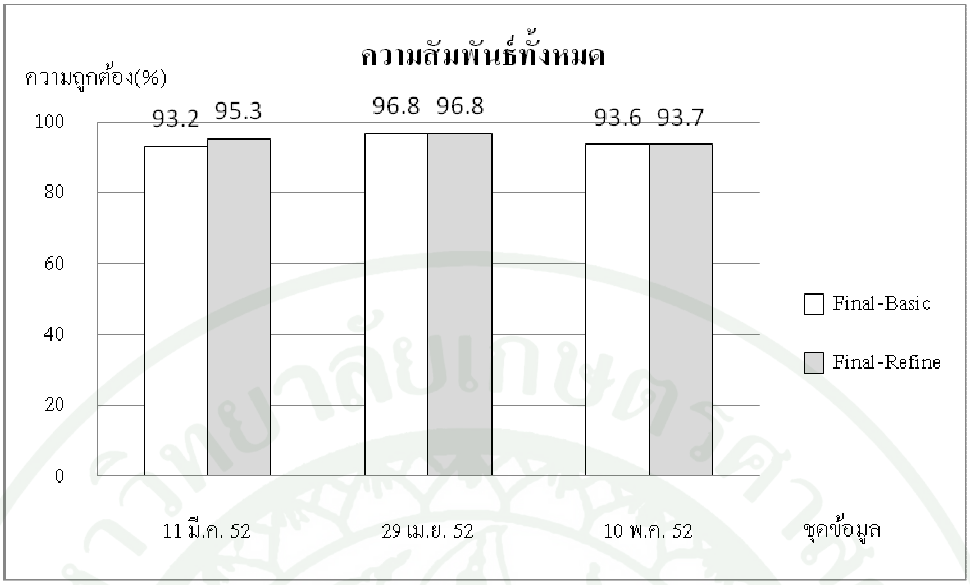
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 9** ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มข้อมูลวันที่ 10 พฤษภาคม 2552

| ประเภทความสัมพันธ์จากการอนุมาน | จำนวนความสัมพันธ์ | ประเภทความสัมพันธ์จาก http://as-rank.caida.org | จำนวนความสัมพันธ์ | จำนวนความสัมพันธ์ (%) |
|---|---|---|---|---|
| P2C | 123956 | P2C | 120328 | 97.0% |
| | | S2S | 446 | 0.5% |
| | | P2P | 3182 | 2.5% |
| P2P | 8678 | P2P | 4808 | 55.4% |
| | | P2C | 3870 | 44.6% |
| S2S | 810 | S2S | 4 | 0.5% |
| | | P2C | 770 | 95.0% |
| | | P2P | 36 | 4.5% |
| Non Existent | 222 | | | |
| Overall | 133444 | Confirm | 125140 | 93.7% |

ตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเมื่อใช้ Refined Algorithm (L=1) คู่กับ Final Algorithm ($R=\infty$) ข้อมูลวันที่ 10 พฤษภาคม 2552 ความสัมพันธ์ประเภท P2C มีความถูกต้อง 97.0% ความสัมพันธ์ประเภท P2P มีความถูกต้อง 55.4% ความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องเพียง 0.5% โดยรวมความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด 93.7%

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 17** กราฟเปรียบเทียบความถูกต้องประเภทความสัมพันธ์ทั้งหมด

จากผลการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมแสดงให้เห็นว่าการอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มมีความถูกต้องประมาณ 93%-96% แต่ความถูกต้องจากการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องน้อยกว่า 1% ทำให้ต้องศึกษาวิธีการอื่นเพื่อนำมาอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S

**2. ผลการทดลองเพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทสไทย**

การทดลองเพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย นำเสนอออโตโนมัสซิสเต็ม 5 อันดับแรกที่มีจำนวนเพื่อนบ้านเชื่อมต่อมากที่สุด คือ

1. ออโตโนมัสซิสเต็ม CSLOXINFO-AS-AP (AS4750)

จำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมีทั้งสิ้น 37 ออโตโนมัสซิสเต็ม ดังนี้ Assumption University (AS4274), MAHIDOL-BORDER-AS (AS4762), THAIFARMERSBANK-AS-AP (AS7630), Texaco Group, Inc. (AS7862), Nation-Finace-AS-TH (AS9339), UTCC-TH (AS9741), TOYOTA-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS10151), THSUZUKI-AS-AP (AS17427), AMADEUScslox-AS-TH (AS17475), CSINT-2-AP (AS17489), ASIANUST-AP (AS18205),

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

BAY-TH (AS18256), RAJAPHAT-UTTARADIT-AS-TH (AS18256), SEAGATE-USA-MN-1 (AS18723), TRIPETCH-AS-TH (AS23873), MOVACI-TH-AP (AS23883), PATARASEC-AS-AP (AS23891), SCCC-TH (AS24083), RAJABHATLAMPANGcslox-AS-TH (AS24214), CRU-AS-AP (AS24453), ITONEcslox-AS-TH (AS24455), KSEC-AP (AS24465), IAG-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS24472), TC-AS-AP (AS37977), PHATARA-CSLOX-AS-TH (AS37983), SEC-AS-AP (AS38002), MFA-AS-TH-AP (AS38293), ASIAPLUS-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS38448), IBM-TH-AS-AP (AS38543), NATIONGROUP-TH-AS (AS38618), Seiko-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS38718), ThaiDevInsurance-CSLOXINFO-AS-TH (AS38820), Bank-of-Tokyo-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS38899), Seamico-Securities-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS45173), IRPC-AS-AP (AS45254), HitechNittsu-CSOXINFO-AS-TH-AP (AS45255), TRSC-AS-AP (AS45471)

2. ออโตโนมัสซิสเต็ม CAT-AP (AS9931)

จำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมีทั้งสิ้น 30 ออโตโนมัสซิสเต็ม ดังนี้ ERX-CHULANET (AS3839), NETNOD-IX (AS8674), SNAKER-AS-AP (AS9546), TELECOM-LA-AS-AP (AS9873), PTT-GITS-AP (AS10028), ETL-IX-AS-AP (AS10226), CMU-TH-AP (AS17479), CAMNET-AS (AS17726), CAMGSM-AS-AP (AS17976), CAT-AS-AP (AS18252), SMTECH-AS-AP (AS18356), BOT-AS-AP (AS18409), AOT-TH-AS (AS23656), CAT-HUTCH-AS-AP (AS23685), RAMKHAMHAENG-AS-AP (AS23919), CAMSHIN-AS (AS24239), SKYTelecom-AS-AP (AS24337), CRU-AS-AP (AS24453), TG-AS-AP (AS24540), SSKRU-AS-AP (AS38265), MFA-AS-TH-AP (AS38293), MOF-TH-AS-AP (AS38328), eGov-AS-TH (AS38450), LANIC-AS-AP (AS38528), NETTREE-AS-AP (AS45456), CGD-AS-TH-AP (AS45533), RMUTSV-AS-AP (AS45575), PWA-AS-TH (AS45752), NSTRU-AS-AP (AS45847), UN-TH-AS-AP (AS45860)

3. ออโตโนมัสซิสเต็ม ASIAINFO-AS-AP (AS7470)

จำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมีทั้งสิ้น 30 ออโตโนมัสซิสเต็ม ดังนี้ COMNET-TH (AS7693), CHEVRONTEXACO-7862 (AS7862), ASIAINFO-AS-AP (AS9287), UTCC-TH

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(AS9741), GITS-TH-AS-AP (AS9835), TOYOTA-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS10151), EPA-AS-TH (AS17425), ASIAMULTI-AS-AP (AS14768), TRUE-AS-AP (AS17552), TOYOTAASIA-TH-AS-AP (AS18197), ACMG-AS-AP (AS23717), PATARASEC-AS-AP (AS23891), BKKAIR-AS-TH-AP (AS24042), KCS-TH-AS (AS24060), TAORANGE-AS-AP (AS24067), PHUKETINTERNET-AS (AS24128), SET-AS-TH (AS24190), TC-AS-AP (AS37977), PHATARA-CSLOX-AS-TH (AS37983), SEC-AS-AP (AS38002), Thanachart-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS38326), ASIAPLUS-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS38448), IBM-TH-AS-AP (AS38543), RPS-AS-AP (AS38599), Seamico-Securities-CSLOXINFO-AS-TH-AP (AS45173), PCR-TH-AS-AP (AS45199), SPANSION-TH-AS-AP (AS45200), UN-ESCAP-AS-AP (AS45229), STA-TH-AS-AP (AS45807), UN-TH-AS-AP (AS45860)

4. ออโตโนมัสซิสเต็ม UNINET-TH (AS4621)

จำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมีทั้งสิ้น 28 ออโตโนมัสซิสเต็ม ดังนี้ ERX-CHULANET (AS3839), MAHIDOL-BORDER-AS (AS4762), AIT-CS-ASN (AS4767), NONTRINET-AS-AP (AS9411), PSU-TH-AS-AP (AS9464), WU-TH-AP (AS9475), KMITL-AP (AS9486), KMITNB-AS-AP (AS9533), SNAKER-AS-AP (AS9546), KMUTT-AP (AS9551), MSU-TH-AP (AS9562), RIT-AS-AP (AS9903), SUANDUSIT (AS10227), CMU-TH-AP (AS17479), STOU-AS-TH (AS17827), RAJAPHAT-UTTARADIT-AS-TH (AS18408), IPST-AS-AP (AS23687), RAMKHAMHAENG-AS-AP (AS23919), APNIC Hostmaster (AS24082), YRU-AS-AP (AS24328), CMRU-AS-AP (AS24344), RMUTI-AS-AP (AS37932), THAMMASAT-BORDER-AS (AS37992), BRU-AS-AP (AS38255), SSKRU-AS-AP (AS38265), NIDA-AS-AP (AS38589), UBOC-AS-AP (AS38601), NPRU-AS-AP (AS45134)

5. ออโตโนมัสซิสเต็ม INET-TH-AS (AS4618)

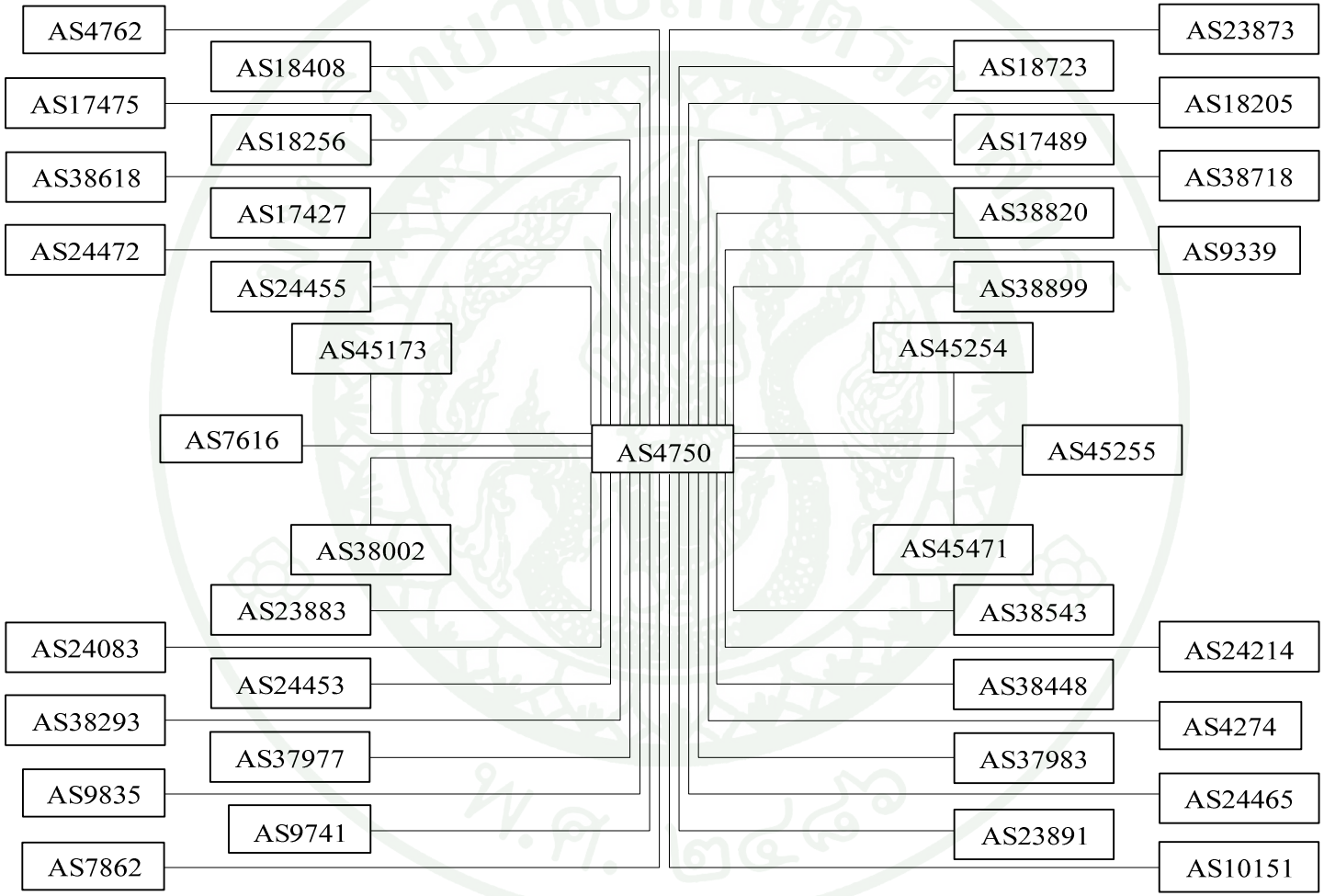
จำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมีทั้งสิ้น 14 ออโตโนมัสซิสเต็ม ดังนี้ THAISARN-TH-AS-AP (AS3836), PUBNET-TH-AS (AS7588), INET-TH-AP (AS9397), PTT-GITS-AP (AS10028), AMADEUScslox-AS-TH (AS17475), TOYOTAASIA-TH-AS-AP (AS18197), BAY-TH (AS18256), BOT-TH-AS (AS18409), EGAT-AS-TH (AS23644), AOT-TH-AS (AS23656),

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

TAORANGE-AS-AP (AS24067), NATIONGROUP-TH-AS (AS38618), LED-TH-AS-AP (AS45503), CGD-AS-TH-AP (AS45533)

จากข้อมูลออโตโนมัสซิสเต็มที่มีจำนวนเพื่อนบ้านเชื่อมต่อมากที่สุด 5 อันดับแรก สามารถนำมาสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยมีแต่ละออโตโนมัสซิสเต็มเป็นศูนย์กลางแสดงดังภาพที่ 18-22

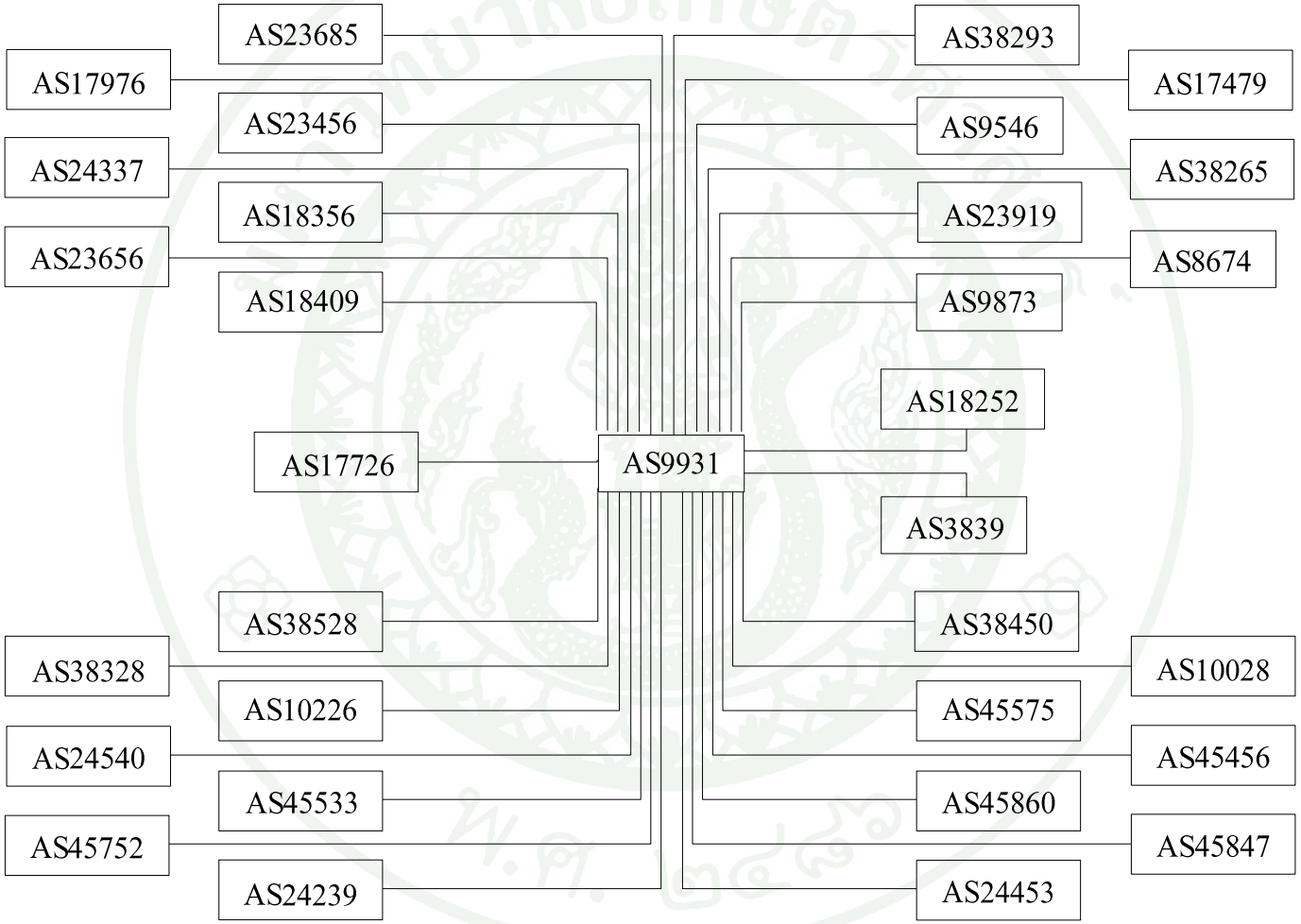
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 18** แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 4750 เป็นศูนย์กลาง



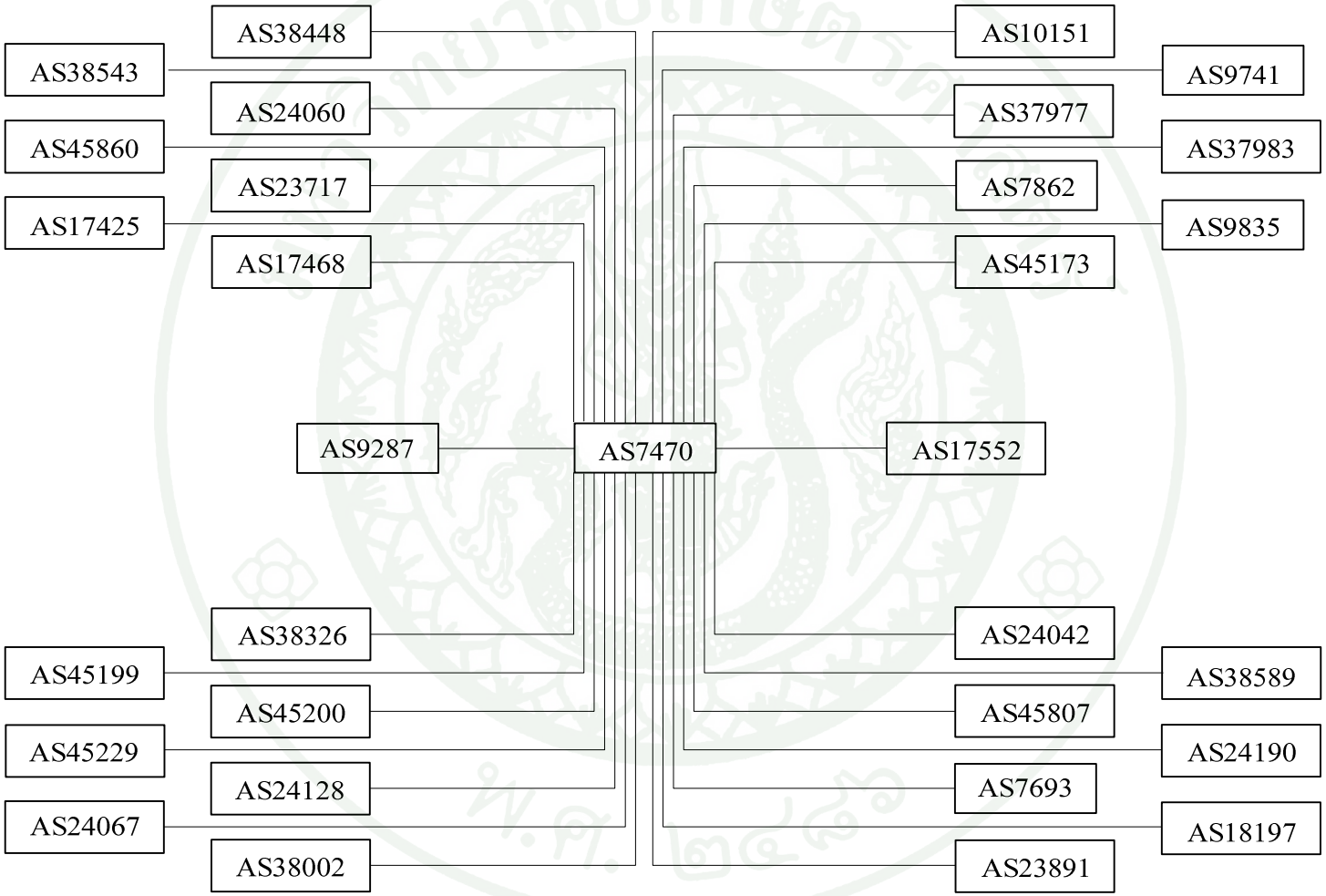
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 19** แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 9931 เป็นศูนย์กลาง



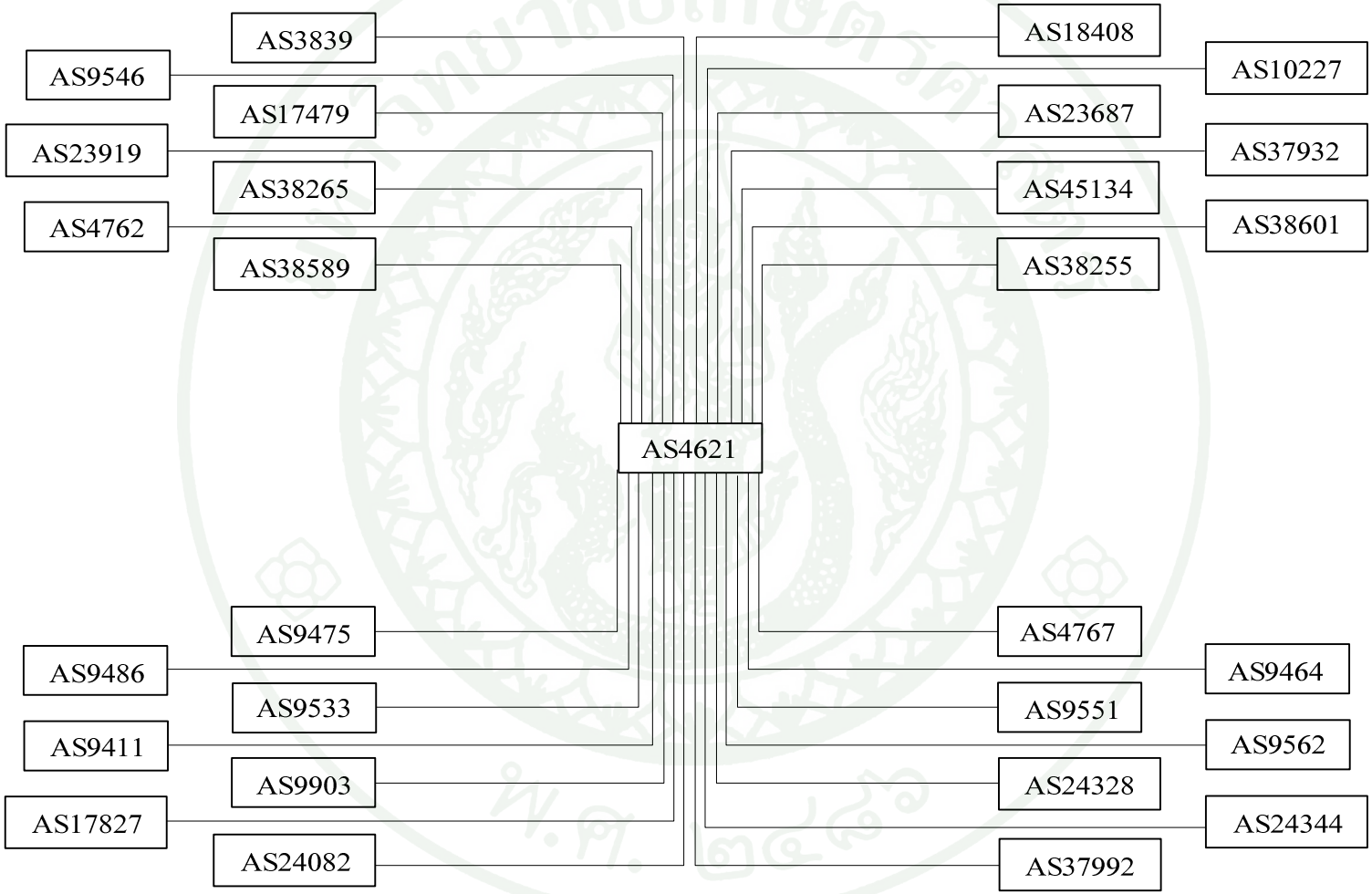
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 20** แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 7470 เป็นศูนย์กลาง



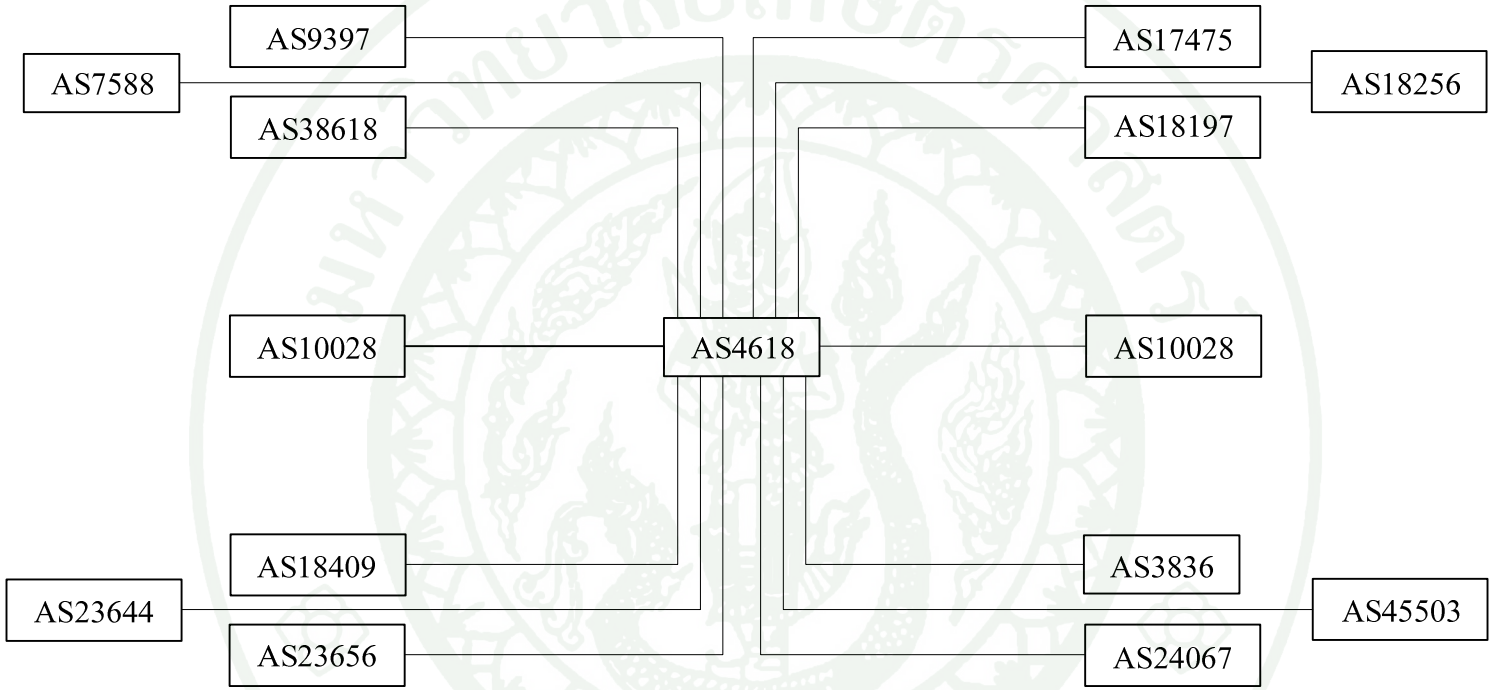
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 21** แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 4621 เป็นศูนย์กลาง



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 22** แผนผังความสัมพันธ์ที่มีออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 4618 เป็นศูนย์กลาง



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**3. ผลการทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย**

จากผลการทดลองเพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสภายในประเทศไทย ทำให้ทราบเพียงออโตโนมัสซิสเต็มใดเชื่อมต่อกับออโตโนมัสซิสเต็มใดบ้าง แต่ไม่สามารถทราบถึงประเภทความสัมพันธ์ของการเชื่อมต่อ ทำให้เกิดการศึกษาการอนมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม โดยจากการศึกษาสามารถแบ่งประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการ (Provider-to-Customer relationship : P2C)
2. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้รับบริการที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกัน (Sibling-to-Sibling relationship : S2S)
3. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้ให้บริการ (Peer-to-Peer relationship : P2P)

การทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2C,S2S และ P2P และการทดลองอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย

3.1 ผลการทดลองเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2C, S2S และ P2P

ผลการทดลองเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2C, S2S โดยใช้ Basic Algorithm และความสัมพันธ์ประเภท P2P โดยใช้ Final Algorithm(R=4) เป็นการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm ผลการทำงานสามารถอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเป็น 232 ความสัมพันธ์แสดงดังตารางที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 10** จำนวนความสัมพันธ์ประเภท P2C, S2S และ P2P

| ประเภทความสัมพันธ์ | จำนวนความสัมพันธ์ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| P2C | 212 | 91.38 |
| S2S | 0 | 0.0 |
| P2P | 10 | 4.31 |
| Unknown | 10 | 4.31 |

จากการอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยโดยใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm สามารถอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเป็น 232 ความสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ที่สามารถอนุมานแบ่งประเภทได้จำนวน 222 ความสัมพันธ์ แบ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการจำนวน 212 ความสัมพันธ์ คิดเป็นร้อยละ 91.38 ความสัมพันธ์ระหว่างผู้รับบริการที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกันจำนวน 0 ความสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้ให้บริการจำนวน 10 ความสัมพันธ์ คิดเป็นร้อยละ 4.31 และความสัมพันธ์ไม่สามารถอนุมานเป็นประเภทใด 10 ความสัมพันธ์ คิดเป็นร้อยละ 4.31

3.2 ผลการทดลองอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย

จากผลการทดลองเพื่ออนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มประเภท P2C, S2S และ P2P โดยใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm แสดงให้เห็นจำนวนความสัมพันธ์ทั้ง 3 ประเภท แต่ความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความสัมพันธ์จำนวน 0 ความสัมพันธ์ และมีความสัมพันธ์ที่ไม่สามารถอนุมานเป็นความสัมพันธ์ประเภทใด 10 ความสัมพันธ์ ดังนั้นในส่วนนี้จึงนำผลการทดลองในส่วนที่ 3.2 มาทำการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ต่อ โดยนำวิธีการพิจารณาข้อมูลจากฐานข้อมูล IRR เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S แสดงดังตารางที่ 11

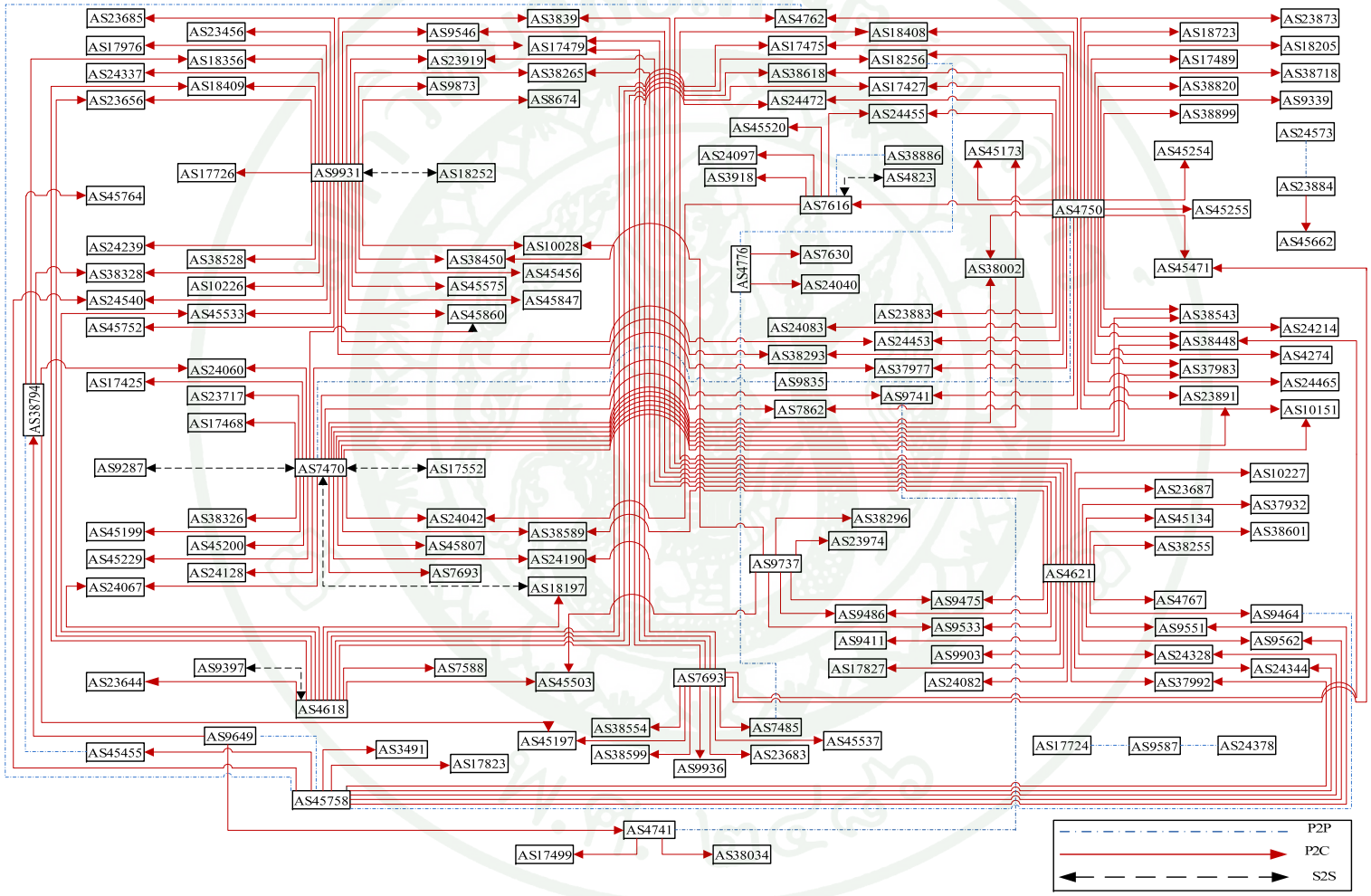
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 11** จำนวนความสัมพันธ์เมื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย

| ประเภทความสัมพันธ์ | จำนวนความสัมพันธ์ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| P2C | 208 | 89.65 |
| S2S | 13 | 5.60 |
| P2P | 10 | 4.31 |
| Unknown | 1 | 0.44 |

จากการทดลองอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย สามารถอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเป็น 232 ความสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ที่สามารถอนุมานแบ่งประเภทได้จำนวน 231 ความสัมพันธ์ แบ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการจำนวน 208 ความสัมพันธ์ คิดเป็นร้อยละ 89.65 ความสัมพันธ์ระหว่างผู้รับบริการที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกันจำนวน 13 ความสัมพันธ์ คิดเป็นร้อยละ 5.60 ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้ให้บริการจำนวน 10 ความสัมพันธ์ คิดเป็นร้อยละ 4.31 และความสัมพันธ์ที่ไม่สามารถอนุมานเป็นประเภทใด 1 ความสัมพันธ์ คิดเป็นร้อยละ 0.44 ซึ่งจากผลการทดลองมีความสัมพันธ์จากตารางที่ 10 ประเภท P2C จำนวน 4 ความสัมพันธ์ และความสัมพันธ์ที่ไม่สามารถอนุมานได้จำนวน 9 ความสัมพันธ์ ที่สามารถอนุมานเป็นความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยแผนผังความสัมพันธ์และประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยแสดงดังภาพที่ 23

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 23** แผนผังความสัมพันธ์และประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

# วิจารณ์

จากผลการทดลองซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ผลการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม, ผลการทดลองเพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย และผลการทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

## 1. วิจารณ์ผลการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม

ผลการทดลองในส่วนนี้เป็นไปตามสมมติฐานคือ อัลกอริทึม Basic Algorithm, Refined Algorithm และ Final Algorithm เมื่อนำมาอนุมานประเภทความสัมพันธ์และทดสอบกับชุดข้อมูล ณ ปัจจุบันสามารถอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มถูกต้องประมาณ 93% ดังนั้นสามารถนำอัลกอริทึมนี้มาอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยได้ แต่ความถูกต้องของการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องน้อยกว่า 1% ทำให้ต้องทำการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S ต่อ ด้วยการพิจารณาข้อมูลนโยบายจากฐานข้อมูล IRR

นอกจากนี้การอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยใช้ Refined Algorithm คู่กับ Final Algorithm ช่วยให้ผลการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องเพิ่มขึ้นจากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm ผู้วิจัยทำการทดลองอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยโดยใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm และ Refined Algorithm คู่กับ Final Algorithm ปรากฏผลว่าทั้ง Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm และ Refined Algorithm คู่กับ Final Algorithm ผลการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S สำหรับประเทศไทยเป็น 0 ความสัมพันธ์ทั้งคู่ ดังนั้นในการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มผู้วิจัยจึงเลือกใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm เท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. วิจารณ์ผลการทดลองเพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย**

การสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยนี้ มุ่งเน้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย จากแผนผังแสดงให้เห็นออโตโนมัสซิสเต็ม UNINET-TH (AS4621) จะเชื่อมต่อกับออโตโนมัสซิสเต็มที่เกี่ยวกับการศึกษา เช่น สถาบันการศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย ส่วนออโตโนมัสซิสเต็มอื่น เช่น CAT-AP (AS9931), CSLOXINFO-AS-AP (AS4750) มีการเชื่อมต่อกับออโตโนมัสซิสเต็มที่เกี่ยวกับธุระกิจ ธนาคาร การบิน รัฐวิสาหกิจ หรือกระทรวงต่างๆ และอาจเชื่อมต่อกับสถาบันการศึกษาบางแห่ง

จากแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย สังเกตได้ว่าออโตโนมัสซิสเต็มขนาดใหญ่ไม่ได้เชื่อมต่อกันโดยตรงและมีบางออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อกับออโตโนมัสซิสเต็มขนาดใหญ่ 2 ออโตโนมัสซิสเต็ม เช่น กระทรวงการต่างประเทศ (AS38293) ที่เชื่อมต่อทั้งบริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด และบริษัท ซีเอส ล็อกซอินโฟ จำกัด (มหาชน)

**3. วิจารณ์ผลการทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย**

จากผลการทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยซึ่งทำงานโดยอัลกอริทึมแสดงว่า ประเภทความสัมพันธ์ที่มีจำนวนมากที่สุดคือความสัมพันธ์ประเภท P2C ส่วนความสัมพันธ์ประเภท S2S ไม่สามารถอนุมานได้ เนื่องจากออโตโนมัสซิสเต็มที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกันมีการส่งข้อมูลถึงกันเป็นจำนวนน้อยจึงไม่มีข้อมูล AS Path ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มที่เป็นความสัมพันธ์ประเภทนี้ ทำให้การอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S ต้องทำการพิจารณาข้อมูลนโยบายจาก IRR ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงให้ทันสมัยตลอดเวลา

อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลการทดลองเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยข้างต้นมาทำการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยการพิจารณาข้อมูลนโยบายจาก IRR ทำให้ผลการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้องมากขึ้น โดยความสัมพันธ์ประเภท P2C จำนวน 4 ความสัมพันธ์ และความสัมพันธ์ที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไม่สามารถอนุมานได้จำนวน 9 ความสัมพันธ์ ที่สามารถอนุมานเป็นความสัมพันธ์ประเภท S2S เนื่องจากออโตโนมัสซิสเต็มที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันเป็นประเภท S2S ส่วนใหญ่คือ ออโตโนมัสซิสเต็มที่มีขนาดใหญ่ทำให้การบริหารจัดการเราเทอร์จำนวนมากเป็นไปได้ยาก จึงต้องทำการแบ่งออกเป็นอีกหนึ่งออโตโนมัสซิสเต็ม โดยออโตโนมัสซิสเต็มที่แบ่งจากออโตโนมัสซิสเต็มเดิมจะมีชื่อของออโตโนมัสซิสเต็มคล้ายออโตโนมัสซิสเต็มเดิม เช่น ออโตโนมัสซิสเต็ม CAT-AP (AS9931) และออโตโนมัสซิสเต็ม CAT-AS-AP (AS18252) มีความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเป็นประเภท S2S และมีข้อมูลนโยบายเหมือนกัน

จากการเปรียบเทียบผลการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มจากงานวิจัยและผลการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเจ็มจาก http://www.caida/org แสดงดังตารางที่ 12

**ตารางที่ 12** ผลการเปรียบเทียบประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

| ประเภทความสัมพันธ์จากการอนุมานในงานวิจัย | จำนวนความสัมพันธ์จากการอนุมานในงานวิจัย | ประเภทความสัมพันธ์จาก http://www.caida.org | จำนวนความสัมพันธ์จาก http://www.caida.org |
|---|---|---|---|
| P2C | 67 | P2C | 67 |
| S2S | 3 | S2S | 1 |
| | | P2C | 2 |
| P2P | 2 | P2P | 0 |
| | | P2C | 2 |

ผลการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2C จากงานวิจัยจำนวน 67 ความสัมพันธ์ ปรากฏผลตรงกับผลการอนุมานจาก http://www.caida.org ทั้ง 67 ความสัมพันธ์

ผลการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2C จากงานวิจัยจำนวน 3 ความสัมพันธ์ ปรากฏผลตรงกับผลการอนุมานจาก http://www.caida.org 1 ความสัมพันธ์แสดงดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่าง ASIAINFO-AS-AP (ASIA INFONET Co.,Ltd./ TRUE INTERNET Co.,Ltd.)(AS7470) และ ASIAINFO-AS-AP (AS9297) เป็นของบริษัท ASIA INFONET Co.,Ltd. และ TRUE Corporation Co.,Ltd. จากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย ผลการอนุมานเป็นประเภท S2S แต่ผลจาก caida เป็นประเภท S2S ซึ่งผลการอนุมานตรงกัน

ความสัมพันธ์ระหว่าง INET-TH-AS (AS4618) และ INET-TH-AP (AS9397) เป็นของบริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย จากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย ผลการอนุมานเป็นประเภท S2S แต่ผลจาก caida เป็นประเภท P2C

ความสัมพันธ์ระหว่าง ASIAINFO-AS-AP (ASIA INFONET Co.,Ltd./ TRUE INTERNET Co.,Ltd.)(AS7470) และ TRUE-AS-AP (AS 17552) เป็นของบริษัท ASIA INFONET Co.,Ltd. และ TRUE Corporation Co.,Ltd. จากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์โดยพิจารณาข้อมูลนโยบาย ผลการอนุมานเป็นประเภท S2S แต่ผลจาก caida เป็นประเภท P2C

เนื่องจากการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S จากงานวิจัยซึ่งเป็นการพิจารณาข้อมูลนโยบายสำหรับแต่ละออโตโนมัสซิสเต็มทำให้การอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S มีความถูกต้อง เพราะเป็นการพิจารณาชื่อซึ่งอธิบายถึงออโตโนมัสซิสเต็มที่เหมือนกันทั้ง 2 ออโตโนมัสซิสเต็ม เช่น INET-TH-AS (AS4618) ชื่อซึ่งอธิบายถึงออโตโนมัสซิสเต็มคือ Internet Thailand Company Limited และ INET-TH-AP (AS9397) ชื่อซึ่งอธิบายถึงออโตโนมัสซิสเต็มคือ Internet Thailand Company Limited ดังนั้นทั้ง 2 ออโตโนมัสซิสเต็มซึ่งเป็นออโตโนมัสซิสเต็มที่บริหารโดยบริษัทอินเทอร์เน็ตประเทศไทย มีความสัมพันธ์ประเภท S2S ในขณะที่ผลการอนุมานจาก http://www.caida.org ไม่ได้อนุมานเป็นความสัมพันธ์ประเภท S2S

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สรุปและข้อเสนอแนะ

## สรุป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อสร้างแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย จากแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตในประเทศไทย ซึ่งศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ โดยหน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเครือข่ายเป็นผู้จัดทำ การสร้างแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายทำโดยพิจารณาข้อมูลการเชื่อมต่อจากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต หากผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตไม่ต้องการเปิดเผยข้อมูลเหล่านั้น ก็ไม่สามารถจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายได้ และอีกทั้งไม่มีข้อมูลบ่งบอกประเภทความสัมพันธ์ของการเชื่อมต่อเครือข่ายในประเทศไทย

งานวิจัยนี้ทำการสร้างแผนผังความสัมพันธ์และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจาก BGP routing table ซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลได้จากเราเทอร์ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการเชื่อมต่อจากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตโดยตรง จากแผนผังสังเกตได้ว่าออโตโนมัสซิสเต็มรายใหญ่ คือ บริษัท ซีเอส ล็อกซอินโฟ จำกัด (มหาชน) (AS4750) มีจำนวนการเชื่อมต่อไปยังออโตโนมัสซิสเต็มเพื่อนบ้านมากที่สุด ลำดับสอง คือ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) (AS9931) ลำดับสาม คือ บริษัท เอเชีย อินโฟเน็ท จำกัด (AS7470)

แผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มดังกล่าวทำให้ทราบภาพรวมของการเชื่อมต่อเครือข่ายภายในประเทศไทย และเส้นทางการเชื่อมต่อไปยังออโตโนมัสซิสเต็มปลายทางอื่นๆ ส่วนการเชื่อมต่อไปยังออโตโนมัสซิสเต็มที่เป็นเพื่อนบ้านพิจารณาจากข้อมูลนโยบายซึ่งผู้บริหารออโตโนมัสซิสเต็มเป็นผู้กำหนด เมื่อทราบเส้นทางการเชื่อมต่อไปยังออโตโนมัสซิสเต็มปลายทางที่ต้องการแต่อาจจะไม่สามารถทำการเชื่อมต่อโดยใช้เส้นทางนั้นได้ เนื่องด้วยนโยบายที่ผู้บริหารออโตโนมัสซิสเต็มกำหนดไม่ได้กำหนดให้ทำการเชื่อมต่อไปยังเส้นทางนั้น การกำหนดข้อมูลนโยบายอาจจะไม่ได้กำหนดให้เหมาะสมกับสภาพการเชื่อมต่อเครือข่ายในปัจจุบัน เนื่องจากผู้บริหารออโตโนมัสซิสเต็มอาจจะกำหนดนโยบายให้เชื่อมต่อไปยังออโตโนมัสซิสเต็มที่เป็นผู้ให้บริการของตนเอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากความต้องการที่จะเชื่อมต่อไปยังออโตโนมัสซิสเต็มปลายทางเพื่อให้การส่งข้อมูลโดยการใช้เส้นทางที่เหมาะสม และจากแผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มซึ่งเป็นภาพรวมของการเชื่อมต่อเครือข่ายในประเทศไทย ทำให้ผู้บริหารออโตโนมัสซิสเต็มมีข้อมูลในการตัดสินใจเลือกออโตโนมัสซิสเต็มเพื่อนบ้านที่ต้องการเชื่อมต่อ เช่น ผู้บริหารออโตโนมัสซิสเต็มอาจจะเลือกออโตมัสซิสเต็มเพื่อนบ้านที่เป็นผู้ให้บริการขนาดใหญ่เป็นเส้นทางการเชื่อมต่อ ผู้บริหารออโตโนมัสซิสเต็มก็ทำการปรับเปลี่ยนข้อมูลนโยบายเพื่อความเหมาะสม เช่น เมื่อเพิ่มเส้นทางที่เชื่อมต่อไปยังออโตโนมัสซิสเต็มปลายทางเส้นทางนั้นอาจเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด ทำให้เป็นประโยชน์ต่อระบบเครือข่ายในด้านการแลกเปลี่ยนข้อมูลมีความรวดเร็วมากขึ้นด้วยการใช้เส้นทางที่เหมาะสมในการแลกเปลี่ยนข้อมูล

เนื่องจากการที่ไม่มีข้อมูลบ่งบอกประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย งานวิจัยนี้ได้แสดงถึงประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย โดยความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการคิดเป็นร้อยละ89.65 ความสัมพันธ์ประเภทผู้รับบริการที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกันคิดเป็น 5.6 และความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้ให้บริการคิดเป็นร้อยละ 4.31 และเมื่อตรวจสอบความถูกต้องของการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศด้วยชุดข้อมูลจาก http://as-rank.caida.org พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยจากชุดข้อมูลมีจำนวน 118 ความสัมพันธ์ จากการอนุมานมีความสัมพันธ์ทั้งหมด 232 ความสัมพันธ์ โดยความสัมพันธ์ที่ตรงกับชุดข้อมูลที่ตรวจสอบมี 72 ความสัมพันธ์ และอนุมานถูกต้องทั้งหมด 68 ความสัมพันธ์

**ข้อเสนอแนะ**

งานวิจัยนี้ศึกษาข้อมูล BGP routing table ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก บริษัทอินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน) สามารถสร้างแผนผังความสัมพันธ์และอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเป็นจำนวน 232 ความสัมพันธ์ แต่ปัญหาคือ แผนผังความสัมพันธ์และประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยจากงานวิจัยนี้ครอบคลุมทุกออโตโนมัสซิสเต็มและทุกความสัมพันธ์หรือไม่ เนื่องจากข้อมูล BGP routig table ที่นำมาวิเคราะห์อาจยังไม่ครอบคลุมข้อมูลทั้วทั้งประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อจำกัดของงานวิจัยขึ้นกับข้อมูล BGP routing table หากได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูล BGP routing table ที่ครอบคลุมข้อมลทั่วทั้งประเทศไทยมากขึ้น อาจทำให้การสร้างแผนผังความสัมพันธ์และการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยทำได้ครบถ้วนมากขึ้น

แนวทางการดำเนินงานต่อเป็นการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มอื่นๆ จากนั้นเลือกวิธีการที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเพื่อนำมาอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการรวบรวม ขออนุเคราะห์ข้อมูล BGP routing table จากที่ต่างๆ เช่น ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ หรือผู้ให้บริการขนาดใหญ่ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม. แหล่งที่มา : http://as-rank.caida.org/data/2009, 17 มิถุนายน 2552

ข้อมูล BGP routing table. แหล่งที่มา: http://archive.routeviews.org/bgpdata, 17 มิถุนายน 2552

ข้อมูล Routing Policy. แหล่งที่มา: ftp://ftp.apnic.net/pub/apnic/dbase/data, 17 มิถุนายน 2552

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. โครงการไทยสาร. แหล่งที่มา : http://thaisarn.nectec.or.th วันที่สืบค้น 9 ตุลาคม 2552

หทัยเทพ ศิริธนะ สุขุมาล กิติสิน และ เสฏฐวิทย์ เกิดผล. 2553. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย, น. 144-149. ใน **Proceedings of the 7th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering Vol.2 (JCSSE 2010).** มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

B.Zhang, R.Liu, D.Massey, and L.Zhang. 2005. Collecting the Internet AS-level Topology. In **ACM SIGCOMM Computer Communication Review (CCR)**.

G. Battista, M. Patrignani, and M. Pizzonia. 2003. Computing the Types of the Relationships Between Autonomous Systems. In **Proc. IEEE INFOCOM**.

H.Chang, R.Govindan, S.Jamin, S.Shenker, and W.Willinger. 2004. Towards capturing representative AS-level internet topologies. In **Computer Networks Journal.**

J. Xia and L. Gao. 2004. On the evaluation of AS relationship inferences. In **IEEE GLOBECOM**.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kurose, James, and Ross, Keith. Computer Networking: A Top-Down Approach 4th. Addison Wesley, 2008

L.Gao. 2001. On Inferring Autonomous System Relationships in the Internet. In **IEEE/ACM Transactions on Networking**.

L.Subramanian,S.Agarwal,J.Rexford and R. H. Katz. 2002. Characterizing the Internet hierarchy from multiple vantage points. In **IEEE INFOCOM.**

W.Muhlbauer, O.Maennel, and S.Uhlig. 2006. Building an AS-Topology Model that Captures Route Diversity. In **SIGCOMM**.

X. Dimitropoulos, D. Krioukov, G. Riley and K. Claffy. 2005. Classifying the Types of Autonomous Systems in the Internet. In **SIGCOMM.**

_____ , _____, M. Fomenkov, B. Huffaker, Y. Hyun, kc claffy, and G. Riley. 2007. AS relationships:Inference and validation. In **ACM SIGCOMM Computer Communication Review (CCR)**.

Z. Morley Mao, L. Qiu, J. Wang and Y. Zhang. 2005. On AS-Level Path Inference. In **Proceeding of ACM. SIGMETRICS**.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก** ก

รายละเอียดผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ภาคผนวก ก

รายละเอียดผลการทดลอง

**ตารางผนวกที่ ก1** ผลการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย

| หมายเลข AS(I) | หมายเลข AS(II) | ประเภทความสัมพันธ์ |
|---|---|---|
| AS4618 | AS3836 | Unknown |
| AS4618 | AS7588 | P2C |
| AS4618 | AS9397 | S2S |
| AS4618 | AS10028 | P2C |
| AS4618 | AS17475 | P2C |
| AS4618 | AS18197 | P2C |
| AS4618 | AS18256 | P2C |
| AS4618 | AS18409 | P2C |
| AS4618 | AS23644 | P2C |
| AS4618 | AS23656 | P2C |
| AS4618 | AS24067 | P2C |
| AS4618 | AS38618 | P2C |
| AS4618 | AS45503 | P2C |
| AS4618 | AS45533 | P2C |
| AS4621 | AS3839 | P2C |
| AS4621 | AS4762 | P2C |
| AS4621 | AS4767 | P2C |
| AS4621 | AS9411 | P2C |
| AS4621 | AS9464 | P2C |
| AS4621 | AS9475 | P2C |
| AS4621 | AS9486 | P2C |
| AS4621 | AS9533 | P2C |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)**

| หมายเลข AS(I) | หมายเลข AS(II) | ประเภทความสัมพันธ์ |
|---|---|---|
| AS4621 | AS9546 | P2C |
| AS4621 | AS9551 | P2C |
| AS4621 | AS9562 | P2C |
| AS4621 | AS9903 | P2C |
| AS4621 | AS10227 | P2C |
| AS4621 | AS17479 | P2C |
| AS4621 | AS17827 | P2C |
| AS4621 | AS18408 | P2C |
| AS4621 | AS23687 | P2C |
| AS4621 | AS23919 | P2C |
| AS4621 | AS24082 | P2C |
| AS4621 | AS24328 | P2C |
| AS4621 | AS24344 | P2C |
| AS4621 | AS37932 | P2C |
| AS4621 | AS37992 | P2C |
| AS4621 | AS38255 | P2C |
| AS4621 | AS38265 | P2C |
| AS4621 | AS38589 | P2C |
| AS4621 | AS38601 | P2C |
| AS4621 | AS45134 | P2C |
| AS4741 | AS9741 | P2P |
| AS4741 | AS17499 | P2C |
| AS4741 | AS38034 | P2C |
| AS4741 | AS38589 | P2C |
| AS4750 | AS4274 | P2C |
| AS4750 | AS4762 | P2C |
| AS4750 | AS7630 | P2C |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)**

| หมายเลข AS(I) | หมายเลข AS(II) | ประเภทความสัมพันธ์ |
|---|---|---|
| AS4750 | AS7862 | P2C |
| AS4750 | AS9339 | P2C |
| AS4750 | AS9741 | P2C |
| AS4750 | AS9835 | P2P |
| AS4750 | AS10151 | P2C |
| AS4750 | AS17427 | P2C |
| AS4750 | AS17475 | P2C |
| AS4750 | AS17489 | P2C |
| AS4750 | AS18205 | P2C |
| AS4750 | AS18256 | P2C |
| AS4750 | AS18408 | P2C |
| AS4750 | AS18723 | P2C |
| AS4750 | AS23873 | P2C |
| AS4750 | AS23883 | P2C |
| AS4750 | AS23891 | P2C |
| AS4750 | AS24083 | P2C |
| AS4750 | AS24214 | P2C |
| AS4750 | AS24453 | P2C |
| AS4750 | AS24455 | P2C |
| AS4750 | AS24465 | P2C |
| AS4750 | AS24472 | P2C |
| AS4750 | AS37977 | P2C |
| AS4750 | AS37983 | P2C |
| AS4750 | AS38002 | P2C |
| AS4750 | AS38293 | P2C |
| AS4750 | AS38448 | P2C |
| AS4750 | AS38543 | P2C |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)**

| หมายเลข AS(I) | หมายเลข AS(II) | ประเภทความสัมพันธ์ |
|---|---|---|
| AS4750 | AS38618 | P2C |
| AS4750 | AS38718 | P2C |
| AS4750 | AS38820 | P2C |
| AS4750 | AS38899 | P2C |
| AS4750 | AS45173 | P2C |
| AS4750 | AS45254 | P2C |
| AS4750 | AS45255 | P2C |
| AS4750 | AS45471 | P2C |
| AS4765 | AS13778 | P2C |
| AS4765 | AS17887 | P2C |
| AS4765 | AS18362 | P2C |
| AS4776 | AS7485 | P2P |
| AS4776 | AS7630 | P2C |
| AS4776 | AS18256 | P2P |
| AS4776 | AS24040 | P2C |
| AS7470 | AS7693 | P2C |
| AS7470 | AS7862 | P2C |
| AS7470 | AS9287 | S2S |
| AS7470 | AS9741 | P2C |
| AS7470 | AS9835 | P2P |
| AS7470 | AS10151 | P2C |
| AS7470 | AS17425 | P2C |
| AS7470 | AS17468 | P2C |
| AS7470 | AS17552 | S2S |
| AS7470 | AS18197 | P2C |
| AS7470 | AS23717 | P2C |
| AS7470 | AS23891 | P2C |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)**

| หมายเลข AS(I) | หมายเลข AS(II) | ประเภทความสัมพันธ์ |
|---|---|---|
| AS7470 | AS24042 | P2C |
| AS7470 | AS24060 | P2C |
| AS7470 | AS24067 | P2C |
| AS7470 | AS24128 | P2C |
| AS7470 | AS24190 | P2C |
| AS7470 | AS37977 | P2C |
| AS7470 | AS37983 | P2C |
| AS7470 | AS38081 | P2C |
| AS7470 | AS38002 | P2C |
| AS7470 | AS38326 | P2C |
| AS7470 | AS38448 | P2C |
| AS7470 | AS38543 | P2C |
| AS7470 | AS38599 | P2C |
| AS7470 | AS45173 | P2C |
| AS7470 | AS45199 | P2C |
| AS7470 | AS45200 | P2C |
| AS7470 | AS45229 | P2C |
| AS7470 | AS45807 | P2C |
| AS7470 | AS45860 | P2C |
| AS7616 | AS3918 | P2C |
| AS7616 | AS4823 | S2S |
| AS7616 | AS24042 | P2C |
| AS7616 | AS24097 | P2C |
| AS7616 | AS24455 | P2C |
| AS7616 | AS38886 | P2P |
| AS7616 | AS45520 | P2C |
| AS7636 | AS23927 | P2C |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)**

| หมายเลข AS(I) | หมายเลข AS(II) | ประเภทความสัมพันธ์ |
|---|---|---|
| AS7636 | AS38888 | P2C |
| AS7654 | AS17441 | P2C |
| AS7654 | AS38889 | P2C |
| AS7654 | AS45254 | P2C |
| AS7693 | AS7485 | P2C |
| AS7693 | AS9936 | P2C |
| AS7693 | AS17427 | P2C |
| AS7693 | AS17479 | P2C |
| AS7693 | AS23683 | P2C |
| AS7693 | AS24190 | P2C |
| AS7693 | AS24472 | P2C |
| AS7693 | AS38448 | P2C |
| AS7693 | AS38554 | P2C |
| AS7693 | AS38599 | P2C |
| AS7693 | AS38899 | P2C |
| AS7693 | AS45197 | P2C |
| AS7693 | AS45471 | P2C |
| AS7693 | AS45537 | P2C |
| AS8674 | AS29216 | P2C |
| AS9587 | AS17724 | P2P |
| AS9587 | AS24378 | P2P |
| AS9649 | AS4741 | P2C |
| AS9649 | AS38794 | P2C |
| AS9737 | AS9486 | P2C |
| AS9737 | AS9533 | P2C |
| AS9737 | AS23974 | P2C |
| AS9737 | AS38296 | P2C |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)**

| หมายเลข AS(I) | หมายเลข AS(II) | ประเภทความสัมพันธ์ |
|---|---|---|
| AS9737 | AS38450 | P2C |
| AS9737 | AS45503 | P2C |
| AS9835 | AS38296 | P2C |
| AS9903 | AS37932 | S2S |
| AS9903 | AS45575 | S2S |
| AS9931 | AS3839 | P2C |
| AS9931 | AS8674 | P2C |
| AS9931 | AS9546 | P2C |
| AS9931 | AS9873 | P2C |
| AS9931 | AS10028 | P2C |
| AS9931 | AS10226 | P2C |
| AS9931 | AS17479 | P2C |
| AS9931 | AS17726 | P2C |
| AS9931 | AS17976 | P2C |
| AS9931 | AS18252 | S2S |
| AS9931 | AS18356 | P2C |
| AS9931 | AS18409 | P2C |
| AS9931 | AS23456 | P2C |
| AS9931 | AS23656 | P2C |
| AS9931 | AS23685 | P2C |
| AS9931 | AS23919 | P2C |
| AS9931 | AS24239 | P2C |
| AS9931 | AS24337 | P2C |
| AS9931 | AS24453 | P2C |
| AS9931 | AS24540 | P2C |
| AS9931 | AS38265 | P2C |
| AS9931 | AS38293 | P2C |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)**

| หมายเลข AS(I) | หมายเลข AS(II) | ประเภทความสัมพันธ์ |
|---|---|---|
| AS9931 | AS38328 | P2C |
| AS9931 | AS38450 | P2C |
| AS9931 | AS38528 | P2C |
| AS9931 | AS45456 | P2C |
| AS9931 | AS45533 | P2C |
| AS9931 | AS45575 | P2C |
| AS9931 | AS45752 | P2C |
| AS9931 | AS45847 | P2C |
| AS9931 | AS45860 | P2C |
| AS10226 | AS23900 | P2C |
| AS17565 | AS45458 | P2C |
| AS17726 | AS38209 | P2C |
| AS17726 | AS38579 | P2C |
| AS23884 | AS24573 | P2P |
| AS23884 | AS45662 | P2C |
| AS24060 | AS45764 | S2S |
| AS24378 | AS17724 | S2S |
| AS37932 | AS45575 | S2S |
| AS38081 | AS45413 | P2C |
| AS38081 | AS45441 | P2C |
| AS38443 | AS17445 | P2C |
| AS38443 | AS17565 | P2C |
| AS38443 | AS38444 | P2C |
| AS38443 | AS45806 | P2C |
| AS38794 | AS18356 | P2C |
| AS38794 | AS24060 | P2C |
| AS38794 | AS38328 | P2C |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)**

| หมายเลข AS(I) | หมายเลข AS(II) | ประเภทความสัมพันธ์ |
|---|---|---|
| AS38794 | AS45197 | P2C |
| AS38794 | AS45455 | P2P |
| AS38794 | AS45764 | P2C |
| AS38865 | AS38801 | S2S |
| AS38888 | AS23927 | S2S |
| AS45199 | AS38865 | P2C |
| AS45229 | AS45860 | S2S |
| AS45455 | AS38801 | P2C |
| AS45758 | AS3491 | P2C |
| AS45758 | AS4762 | P2C |
| AS45758 | AS9464 | P2C |
| AS45758 | AS9551 | P2C |
| AS45758 | AS9562 | P2C |
| AS45758 | AS9649 | P2C |
| AS45758 | AS17823 | P2C |
| AS45758 | AS24328 | P2C |
| AS45758 | AS24344 | P2C |
| AS45758 | AS24540 | P2C |
| AS45758 | AS37992 | P2C |
| AS45758 | AS45455 | P2C |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ข**

ผลงานตีพิมพ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย
# A Study of Autonomous System Relationships within Thailand

*หทัยเทพ ศิริธนะ สุขุมาล กิติสิน และเสฏฐวิทย์ เกิดผล*
*ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
*g5164148@ku.ac.th, sukumal.I@ku.ac.th, sethavidh.G@ku.ac.th*

**Abstract**

*In the past, the Internet topology was produced by using connection data from Internet Service Provider(ISP). However, if ISPs didn't update connection data or didn't want to publish this data, the Internet topology couldn't be produced. Furthermore, there was no relationships information available between the Autonomous Systems(AS). In this paper, we used a technique, which does not need to use connection data from ISPs, to examine AS Path in BGP routing table to produce Internet topology and infer the type of relationships between the ASs within Thailand.*

**Key Words:** Autonomous System relationships, Internet topology, Thailand

**บทคัดย่อ**

*ในอดีตการจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายภายในประเทศไทยทำโดยใช้ข้อมูลการเชื่อมต่อจากผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต หากผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตไม่ปรับปรุงข้อมูล หรือในบางครั้งผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตไม่ต้องการเปิดเผยข้อมูลเหล่านั้น ก็ไม่สามารถจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายได้ และอีกทั้งไม่มีข้อมูลบ่งบอกประเภทความสัมพันธ์ของการเชื่อมต่อเครือข่ายในประเทศไทย งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยพิจารณาข้อมูล AS Path จาก BGP routing table จากนั้นนำมาจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายและอนุมานประเภทความสัมพันธ์ เพื่อช่วยให้เข้าใจลักษณะการเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในประเทศไทย และนำประเภทความสัมพันธ์ไปอ้างอิงโดยไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตโดยตรง*

**คำสำคัญ:** ความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม, แผนผังการเชื่อมต่อเครือข่าย, ประเทศไทย

## 1. บทนำ

การให้บริการอินเทอร์เน็ตเชิงพานิชย์ในประเทศไทยเริ่มต้นโดยบริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย การจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ โดยหน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเครือข่าย ได้จัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตในประเทศไทย โดยการจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อนำข้อมูลมาจากการแจ้งปรับปรุงข้อมูลโดยผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตทุกเดือน อย่างไรก็ตามตั้งแต่ปีพ.ศ. 2549 เกิดการเปิดเสรีทางโทรคมนาคม และทางคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ หรือ กทช. เริ่มแจกใบอนุญาตสำหรับผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต ทำให้มีผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตรายใหม่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก หากผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตรายใหม่ไม่แจ้งข้อมูลมายังศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ การจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อไม่สามารถทำได้ และปัจจุบันไม่มีข้อมูลบ่งบอกประเภท



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม ช่วยให้การจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อทำได้ง่ายขึ้น รวมถึงสามารถอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม โดยพิจารณาข้อมูล AS Path จาก BGP routing table ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัทอินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน) และพิจารณาข้อมูลนโยบายจาก Internet Routing Registry

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับออโตโนมัสซิสเต็มในส่วนที่ 2.1 จากนั้นส่วนที่ 2.2 เป็นการศึกษาประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มจากงานวิจัยของ Giuseppe Di Battista *et al.* และการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มจากงานวิจัยของ Lixin Gao ในส่วนที่ 2.3 ดังต่อไปนี้

### 2.1 ออโตโนมัสซิสเต็ม

ออโตโนมัสซิสเต็ม (Autonomous System)[1] คือ เครือข่ายที่มีการบริหารจัดการเราเทอร์โดยองค์กรเดียว ซึ่งแต่ละออโตโนมัสซิสเต็มมีหมายเลขที่ใช้บ่งบอกถึงออโตโนมัสซิสเต็มนั้น การแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทางภายในออโตโนมัสซิสเต็มใช้โพรโทคอล Routing Information Protocol (RIP) หรือ Open Shortest Path First (OSPF) และการแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทางระหว่างเกตเวย์ที่เชื่อมต่อออโตโนมัสซิสเต็มเข้าด้วยกัน ใช้โพรโทคอล Border Gateway Protocol (BGP)

### 2.2 ประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็ม

งานวิจัยของ Giuseppe Di Battista *et al.* [2] ศึกษาประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม โดยสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้รับบริการ (Provider-to-Customer relationship:P2C)
2. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้รับบริการที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกัน (Sibling-to-Sibling relationship:S2S)
3. ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการและผู้ให้บริการ (Peer-to-Peer relationship:P2P)

จากประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสามารถนำมาซึ่งการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มในส่วนต่อไป

### 2.3 การอนุมานประเภทความสัมพันธ์

จากที่ได้กล่าวถึงประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็ม ในปัจจุบันประเทศไทยไม่มีข้อมูลบ่งบอกประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็ม งานวิจัยของ Lixin Gao [3] ศึกษาการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มโดยพิจารณาจากจำนวนออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อ ซึ่งจำนวนของออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อนำมาจากข้อมูล AS Path ที่ได้มาจากตารางเส้นทาง (BGP routing table) การทำงานประกอบด้วย Basic Algorithm, Refined Algorithm และ Final Algorithm[3] การอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสามารถทำได้โดยการใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm

การทำงานของ Basic Algorithm เริ่มต้นด้วยการนับจำนวนออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อ จากนั้นพิจารณาแต่ละ AS Path เพื่อค้นหาออโตโนมัสซิสเต็มที่มีจำนวนออโตมัสซิสเต็มอื่นเชื่อมต่อมากที่สุดและกำหนดให้เป็นผู้ให้บริการ ต่อมาออโตโนมัสซิสเต็มที่อยู่ติดกันจะกำหนดให้เป็นผู้รับบริการ และทำการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็มดังกล่าวเป็นความสัมพันธ์ประเภท P2C จากนั้นอนุมานความสัมพันธ์ประเภท P2P โดยใช้ Final Algorithm ซึ่งเป็นการผลการอนุมานประเภทความสัมพันธ์จาก Basic Algorithm เป็นข้อมูลนำเข้า โดยพิจารณาอัตราส่วนจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อระหว่างออ



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โตโนมัสซิสเต็มเปรียบเทียบกับค่า R ถ้าอัตราส่วนจำนวนเพื่อนบ้านของออโตโนมัสซิสเต็มที่หนึ่งส่วนด้วยจำนวนเพื่อนบ้านของออโตโนมัสซิสเต็มที่สองน้อยกว่าค่า R และถ้าอัตราส่วนจำนวนเพื่อนบ้านของออโตโนมัสซิสเต็มที่หนึ่งส่วนด้วยจำนวนเพื่อนบ้านของออโตโนมัสซิสเต็มที่สองมากกว่าค่า 1/R จะอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็มดังกล่าวเป็นความสัมพันธ์ประเภท P2P ซึ่งค่า R คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมากที่สุดและจำนวนการเชื่อมต่อไปยัง tier-1 provider

นอกจากวิธีข้างต้นยังมีการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็มโดยใช้ข้อมูลนโยบายจาก Internet Routing Registry (IRR)[4] จากงานวิจัยของ Xenofontas Dimitropoulos *et al.*[5] อนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูลนโยบายสำหรับแต่ละออโตมัสซิสเต็ม ซึ่งข้อมูลนโยบายนำมาจาก IRR การอนุมานทำโดยพิจารณาออโตโนมัสซิสเต็มที่ชื่อเดียวกันและข้อมูลนโยบายในส่วนของ import และ export ของทั้ง 2 ออโตโนมัสซิสเต็มเหมือนกัน และในงานวิจัยฉบับนี้นำ 2 วิธีดังกล่าวทำงานคู่กัน

## 3. วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมโดยใช้ข้อมูลนำเข้า ณ วันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 จาก http://archive.routeviews.org/bgpdata และตรวจสอบผลการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ด้วยชุดข้อมูลจาก http://as-rank.caida.org ปรากฏว่าอัลกอริทึมทำงานถูกต้องประมาณ 93%

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากบริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นข้อมูล BGP routing table สำหรับประเทศไทยที่รวบรวมข้อมูล ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2552 การอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสามารถทำโดยใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm และพิจารณาข้อมูลนโยบายสำหรับแต่ละออโตโนมัสซิสเต็ม ซึ่งข้อมูลนโยบายใช้คำสั่ง whois จาก www.apnic.net[6]

### 3.1 ข้อมูลนำเข้า

การอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็ม พิจารณาข้อมูลนำเข้าคือ ข้อมูล AS Path จาก BGP routing table สำหรับประเทศไทย โดยภายใน BGP routing table มีข้อมูลจำนวน 3941 ข้อมูล

```
Route-server_NIX>sh ip bgp
BGP table version is 428203, local router ID is 202.47.255.3
*>i58.8.0.0/18     202.129.63.2    0  100  0 7470 17552 i
* i58.8.64.0/18    202.129.63.4    0  100  0 38081 7470 17552 i
* i203.78.108.0    202.129.63.4    0  100  0 4765 18362 i
*i203.148.162.0   202.129.63.2    0  100  0 4776 7630 i
```

**ภาพที่ 1.** ตัวอย่างข้อมูล BGP routing table

จากภาพที่ 1 เป็นตัวอย่างข้อมูล BGP routing table ภายในประเทศไทย การจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อและการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มใช้ข้อมูล AS Path ดังแสดงในภาพที่ 2

```
7470 17552
38081 7470 17552
4765 18362
4776 7630
```

**ภาพที่ 2 :** ตัวอย่างข้อมูล AS Path

จากตัวอย่างข้อมูล AS Path ดังภาพที่ 2 แสดงถึงออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 7470 มีการเชื่อมต่อกับออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 17552 และจากข้อมูล BGP routing



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

table มีจำนวนออโตโนมัสซิสเต็มเป็นจำนวน 184 ออโตโนมัสซิสเต็ม จำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมากที่สุด คือ 38

### 3.2 วิธีการ

จากตัวอย่างข้อมูล ดังภาพที่ 2 สามารถจัดทำเป็นแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายและสามารถอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 7470 และ ออโตโนมัสซิสเต็มหมายเลข 17552 ดังนี้

การอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็มประกอบด้วยการทำงาน 3 ส่วนดังนี้ (1) การอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มประเภท P2C โดยใช้ Basic Algorithm (2) การนำผลการทำงานจากส่วนแรกเป็นข้อมูลนำเข้าในการอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มประเภท P2P โดยใช้ Final Algorithm สำหรับการทำงานโดยใช้ Final Algorithm กำหนดค่าอัตราส่วนจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อระหว่างสองเพียร์หรือค่า R = 4 โดยค่า R คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อมากที่สุด คือ 38 และจำนวนเพื่อนบ้านที่เชื่อมต่อซึ่งเป็น tier-1 provider คือ 9 และ (3) นำผลการทำงานจากส่วนที่ (2) นำมาอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยพิจารณาข้อมูล IRR สำหรับออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย พิจารณาข้อมูลในส่วนของ import และ export ซึ่งเป็นข้อมูลที่ระบุนโยบายในการรับหรือส่งข้อมูลไปยังออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อ อ้างอิงจากงานวิจัยของ Xenofontas Dimitropoulos *et al.*

## 4. ผลการทำงาน

การทำงานเพื่ออนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล BGP routing table ณ วันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2552 โดยภายใน BGP routing table มีข้อมูลจำนวน 3941 ข้อมูล การอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็มภายในประเทศไทยสามารถแบ่งผลการทำงานเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกคือผลการทำงานจากการใช้งาน Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm และส่วนที่สองคือผลการทำงานจากการพิจารณาข้อมูล IRR

### 4.1 ผลการทำงานจาก Basic Algorithm และ Final Algorithm

สามารถอนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสำหรับประเทศไทยเป็นจำนวน 232 ความสัมพันธ์ โดยมีความสัมพันธ์ประเภท S2S จำนวน 0 ความสัมพันธ์ และความสัมพันธ์ที่ไม่สามารถอนุมานเป็นประเภทความสัมพันธ์จำนวน 10 ความสัมพันธ์แสดงดังตารางที่ 1 ดังนั้นต้องทำการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มอย่างละเอียดอีกครั้งด้วยข้อมูล IRR ในส่วนที่ 4.2

**ตารางที่ 1.** ผลการทำงาน

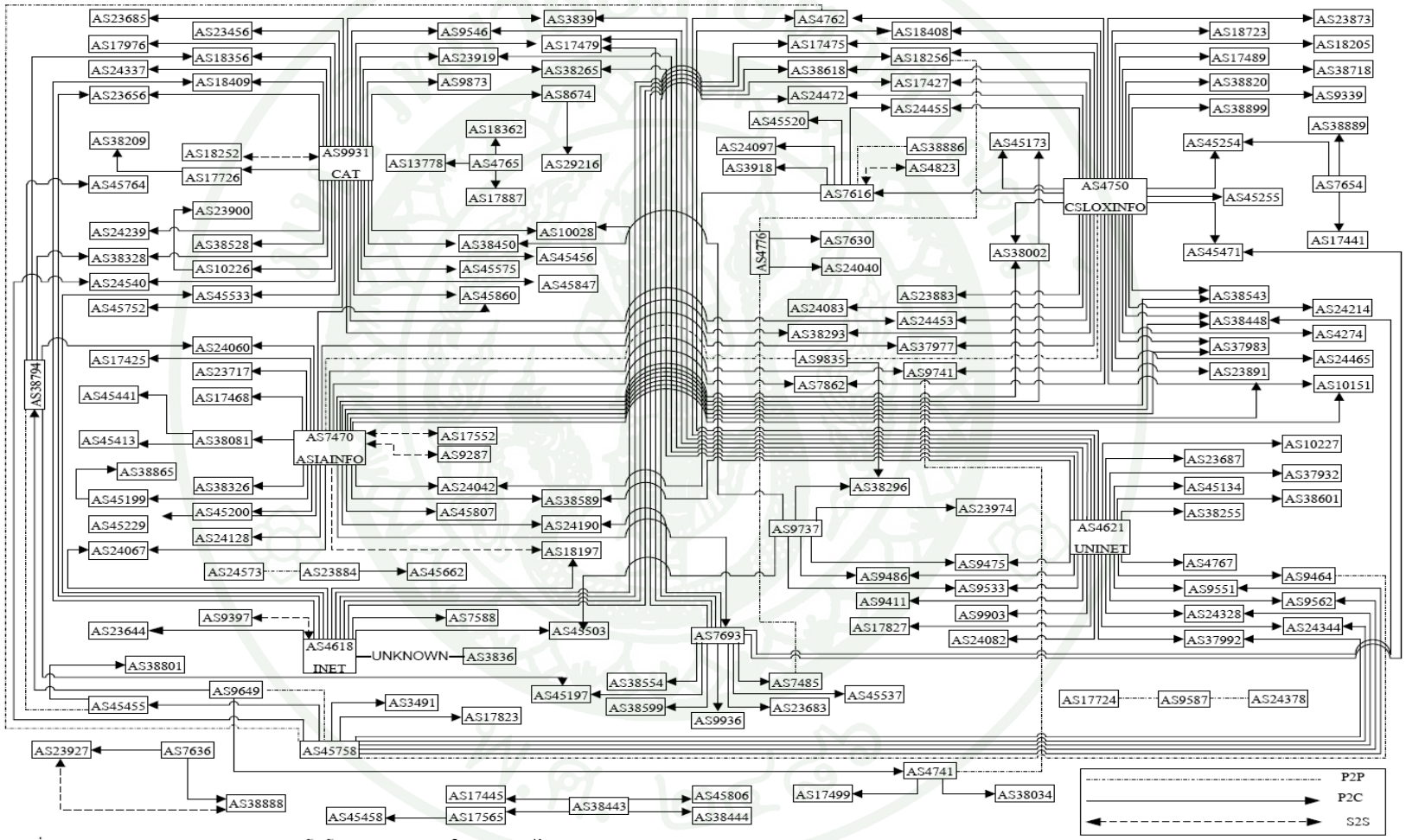
| ประเภท | จำนวน | ร้อยละ |
|---|---|---|
| P2C | 212 | 91.38 |
| P2P | 10 | 4.31 |
| S2S | 0 | 0.0 |
| Unknown | 10 | 4.31 |

### 4.2 ผลการทำงานจากข้อมูล IRR

ในส่วนนี้เป็นการนำผลการทำงานจากส่วนที่ 4.1 มาอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S โดยการพิจารณาข้อมูล IRR จากการพิจารณาข้อมูล IRR ดังนั้นเมื่ออนุมานความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็มประเภท S2S ผลการทำงานมีความสัมพันธ์จากตารางที่ 1 ประเภท P2C จำนวน 4 ความสัมพันธ์ และความสัมพันธ์ที่ไม่สามารถอนุมานได้จำนวน 9 ความสัมพันธ์ ที่สามารถอนุมานเป็นความสัมพันธ์ประเภท S2S ผลการทำงานแสดงดังตารางที่ 2 และแผนผังการเชื่อมต่อและประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสำหรับประเทศไทยแสดงดังภาพที่ 3 และแสดงดังที่เว็บไซต์ http://grad.cs.sci.ku.ac.th/mediawiki/images/f/ff/Mapping.jpg



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 3** แผนผังความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มภายในประเทศไทย



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 2.** ผลการทำงานเมื่ออนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S

| ประเภท | จำนวน | ร้อยละ |
|---|---|---|
| P2C | 208 | 89.65 |
| P2P | 10 | 4.31 |
| S2S | 13 | 5.60 |
| Unknown | 1 | 0.44 |

ข้อมูลนโยบายสำหรับแต่ละออโตโนมัสซิสเต็มนำมาจากฐานข้อมูลโดยคำสั่ง whois จาก www.apnic.net[6] ถ้าออโตโนมัสซิสเต็มที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันเป็นประเภท S2S นั่นคือข้อมูลในส่วนของ import และ export ของทั้ง 2 ออโตโนมัสซิสเต็มเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน

## 5. วิเคราะห์ผลการทำงาน

ผลการทำงานอนุมานประเภทความสัมพันธ์โดยใช้ Basic Algorithm คู่กับ Final Algorithm ในส่วนที่ 4.1 ซึ่งผลการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S ไม่สามารถทำการอนุมานความสัมพันธ์ประเภทนี้ได้ เนื่องจากออโตโนมัสซิสเต็ม 2 ออโตโนมัสซิสเต็มที่มีผู้บริหารเครือข่ายรายเดียวกันมีการส่งข้อมูลถึงกันเป็นจำนวนน้อย ทำให้การอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S ต้องทำการพิจารณาข้อมูลนโยบายจาก IRR ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงให้ทันสมัยตลอดเวลาทำให้ลดความผิดพลาดในการอนุมานความสัมพันธ์ประเภท S2S

## 6. สรุป

งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มเพื่อจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายและอนุมานประเภทความสัมพันธ์สำหรับประเทศไทย จากแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายสังเกตได้ว่า บริษัท ซีเอส ล็อกซอินโฟ จำกัด (มหาชน) (AS4750) มีจำนวนการเชื่อมต่อไปยังออโตมัสซิสเต็มเพื่อนบ้านมากที่สุด ลำดับสอง คือ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) (AS9931) และลำดับสาม คือ บริษัท เอเชีย อินโฟเน็ท จำกัด (AS7470) จากการอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสังเกตได้ว่า ออโตโนมัสซิสเต็มทั้งสามไม่ได้เชื่อมต่อกันโดยตรงและมีบางออโตโนมัสซิสเต็มที่เชื่อมต่อกับออโตโนมัสซิสเต็มขนาดใหญ่ 2 ออโตโนมัสซิสเต็ม เช่น กระทรวงการต่างประเทศ (AS38293) ที่เชื่อมต่อทั้งบริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด และบริษัท ซีเอส ล็อกซอินโฟ จำกัด (มหาชน) ความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มส่วนใหญ่เป็นความสัมพันธ์ประเภทผู้ให้บริการและผู้รับบริการ ดังนั้นจากแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่ายและประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตมัสซิสเต็ม ช่วยให้เข้าใจถึงสภาพการเชื่อมต่อเครือข่ายและสามารถนำมาใช้อ้างอิงประเภทความสัมพันธ์ภายในเครือข่ายสำหรับประเทศไทย

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท อินเทอร์เน็ตประเทศไทย จำกัด (มหาชน) ที่อนุเคราะห์ข้อมูล BGP routing table สำหรับประเทศไทยทำให้สามารถนำมาเป็นข้อมูลเพื่อจัดทำแผนผังการเชื่อมต่อเครือข่าย และอนุมานประเภทความสัมพันธ์ระหว่างออโตโนมัสซิสเต็มสำหรับประเทศไทย

## 8. เอกสารอ้างอิง

[1] J. Hawkinson, "Guidelines for creation, selection, and registration of an Autonomous System (AS)" [Online] : http://tools.ietf.org/html/rfc1930
[2] G. Battista, M. Patrignani, and M. Pizzonia. "Computing the Types of the Relationships Between Autonomous Systems", *Proc. IEEE INFOCOM*, 2003.
[3] L.Gao. "On Inferring Autonomous System Relationships in the Internet." *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 2001.
[4] Internet Routing Registry [Online] : http://www.irr.net
[5] X. Dimitropoulos, D. Krioukov, M. Fomenkov and B. Huffaker, "AS Relationships: Inference and Validation", *ACM SIGCOMM Computer Communication Review (CCR), 2007.*
[6] Query the APNIC Whois Database [Online] : http://wq.apnic.net/apnic-bin/whois.pl



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ประวัติการศึกษา และการทำงาน

| | |
|---|---|
| ชื่อ –นามสกุล | หทัยเทพ ศิริธนะ |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | 23 มกราคม 2529 |
| สถานที่เกิด | อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต |
| ประวัติการศึกษา | วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์)<br>มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ | ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย<br>มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2552) |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์