สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานโครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2546

เรื่อง

การประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม

QoS Performance Evaluation of Internet via Satellite

โดย

อาจารย์โอฬาร วงศ์วิรัตน์

และ

นายนพดร ชัชวาลย์

นายอุราเคน กิจพยัคฆ์

RCH
TK
5105.875
.I57
ว9915
เลขหมู่ 64453
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 1 1 ก.ย. 2549

b 11621264
i

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาและทดลองประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมแบบทิศทางเดียว ในลักษณะของการเชื่อมต่อจากผู้ให้บริการ (ISP) ไปยังผู้ใช้บริการโดยตรง โดยอาศัยกลไกการแคช (Cache) และเครือข่ายส่วนตัวเสมือน (Vpn) ประกอบ เพื่อเปรียบเทียบผลกับรูปแบบการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านเครือข่ายภาคพื้นทั่วไป โดยพิจารณาปัจจัยชี้วัดคุณภาพของบริการ (QoS) ที่เกี่ยวข้อง คือ การหน่วงเวลา (Delay) แบนด์วิท (Bandwidth) และการสูญเสีย (Loss) ซึ่งการวัดผลกระทำในรูปของเวลาในการตอบสนอง (Response time) ปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) และการใช้ประโยชน์ (Utilization) โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ จากผลการทดลองพบว่าคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมดังกล่าวโดยรวม มีประสิทธิภาพสูงกว่าการเชื่อมต่อผ่านโมเด็มปกติ แต่ด้อยกว่าการเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กร ในรูปของเวลาตอบสนอง ปริมาณงานสำเร็จ และการใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ คุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมยังมีข้อจำกัดในการใช้งานภายใต้สภาพภูมิอากาศที่มีฝนตก ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพตกลงกว่าช่วงการใช้งานปกติ และโหลดสูงสุด

Abstract

This research project is the study and experimentation of QoS performance evaluation of internet service via satellite communication network. The feature of network configuration is one-way satellite link from the internet service provider (ISP) to the end-user by using the virtual private network (vpn) and caching mechanism to support. The experiments are compared with the internet connections on the terrestrial networks by using the delay, bandwidth, and loss as the QoS parameters. The result is measured in terms of response time, throughput, and utilization by using in-house development program to be a tool for measurement. The experimental results express that the QoS of internet connection via satellite yields better overall performance than the remote access connection via modem, but lower performance than the connection via campus network. Moreover, the QoS performance of internet connection via satellite still has some usage limitations under rainy condition that results in lower performance than the usage under normal and peak load conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
สารบัญ	ii
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ระบบอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม	3
2.2 คุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ต	8
2.3 ปัจจัยที่ใช้พิจารณาคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม	10
3. การประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม	15
3.1 รูปแบบเครือข่ายในการทดลอง	15
3.2 วิธีการประเมินคุณภาพของบริการ	17
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ	21
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	39
4.1 การประเมินผลประสิทธิภาพคุณภาพของบริการ	39
4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการ	40
5. สรุปผล	45
เอกสารอ้างอิง	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบัน การให้บริการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมจากผู้ให้บริการ (Internet service provider หรือ ISP) ไปยังผู้ใช้บริการตามบ้านโดยตรง (Direct to home หรือ DTH) ได้รับการพัฒนาให้สามารถรองรับบริการได้ในอัตราความเร็วสูงถึง 256 kbps ทำให้ตอบสนองความต้องการในการใช้บริการอินเตอร์เน็ทในลักษณะต่าง ๆ เช่น การเรียกดูข้อมูลสื่อประสม (Multimedia) ทั้งแบบตามความต้องการ (On-demand) และแบบถ่ายทอดสด (Live broadcasting) หรือการดาวน์โหลด (Download) ไฟล์ข้อมูลขนาดใหญ่ เป็นต้น ได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว บริการดังกล่าวยังสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งแบบผู้ใช้คนเดียว (Single user) และแบบผู้ใช้หลายคน (Multiple users) พร้อม ๆ กันได้อีกด้วย รูปแบบของการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายภายใต้บริการดังกล่าว ประกอบด้วยจานรับสัญญาณดาวเทียมซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก (Very small aperture terminal, VSAT) ใช้งานในย่านความถี่เคยู (Ku-band) พร้อมอุปกรณ์แปลงสัญญาน เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยเครือข่ายส่วนตัวเสมือน (Virtual private network หรือ Vpn) และกลไกการแคช (Cache) ผ่านโมเด็มไปยังเครือข่ายโทรศัพท์ภาคพื้น [1]

อย่างไรก็ตาม การให้บริการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมให้กับผู้ใช้บริการดังกล่าว ยังมีลักษณะที่ไม่เป็นแบบผ่านดาวเทียมทั้ง 2 ทิศทาง (Two-way communications) เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของจานรับสัญญานฯ ที่มีขนาดเล็ก ทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลการร้องขอใช้บริการ (Return link) กลับไปยังผู้ให้บริการที่ต้นทางผ่านทางช่องสัญญานดาวเทียมได้โดยตรง ทำให้ต้องอาศัยการส่งผ่านโมเด็มไปยังเครือข่ายโทรศัพท์ภาคพื้น ด้วยเทคนิคการแคชและเครือข่ายส่วนตัวเสมือนประกอบ รวมทั้งการใช้ย่านความถี่เคยูในการให้บริการนั้น ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความทนทานต่อสัญญานรบกวนจากสภาพภูมิอากาศต่ำ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ อาจส่งผลต่อการหน่วงเวลา (Delay) การสูญเสีย (Loss) และอัตราความเร็วในการให้บริการตามขนาดแบนด์วิท (Bandwidth) ของช่องสัญญานดาวเทียมที่กำหนด และอาจมีผลต่อคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมดังกล่าวด้วย [2] [3]

จากการศึกษาวิจัยในโครงการเรื่อง "การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของคุณภาพการให้บริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม" ภายใต้การสนับสนุนจากเงินรายได้ของคณะฯ ปี พ.ศ. 2545 [4] นั้น ทำให้ทราบถึงรายละเอียดของรูปแบบการให้บริการข้างต้น และกรอบการทำงานเรื่องคุณภาพของบริการ (QoS) อินเตอร์เน็ทในภาพรวม รวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทโดยทั่วไป ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ในเรื่องของคุณภาพของบริการที่ได้ ดั้งนั้นงานวิจัยภายใต้โครงงานที่นำเสนอนี้ จึงเป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากโครงงานวิจัยฯ ในปี พ.ศ. 2545 เพื่อนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทที่ได้ศึกษา มาทำการทดลองและประเมินประสิทธิภาพในการรองรับแอปพลิเคชั่นบนอินเตอร์เน็ท โดยได้ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใต้สภาพแวดล้อมการเชื่อมต่อและใช้งานอินเตอร์เน็ท ผ่านเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมดังกล่าวข้างต้น โดยเปรียบเทียบกับการทดลองเชื่อมต่อและใช้งานอินเตอร์เน็ทผ่านเครือข่ายภาคพื้นดิน ซึ่งมีการใช้งานโดยทั่วไป ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถชี้วัดคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทภายใต้รูปแบบการเชื่อมต่อดังกล่าวว่าให้ผลต่างกันอย่างไร ในแง่ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของบริการที่พิจารณา รวมทั้งเพื่อสรุปและวิเคราะห์ถึงปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการใช้บริการผ่านเครือข่ายสื่อสารดาวเทียม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อศึกษาวิธีการประเมินคุณภาพการใช้บริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม
- เพื่อทำการศึกษาทดลอง ประเมินประสิทธิภาพของคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทที่ได้
- เพื่อสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และส่งผลกระทบต่อการให้บริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม
- เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาผลกระทบจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการให้บริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม
- เพื่อเป็นการสร้างงานวิจัยและโครงงานพิเศษให้กับนักศึกษาในคณะฯ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถกำหนดแนวทางการประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม
- สามารถทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม
- สามารถสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม
- สามารถทราบแนวทางการศึกษาผลกระทบจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการให้บริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม
- สามารถทำให้นักศึกษาในคณะฯ มีงานวิจัยและโครงงานพิเศษรองรับในการศึกษาตามหลักสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การประเมินประสิทธภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมนั้น มีสิ่งที่ควรทำความเข้าใจและเกี่ยวข้องพื้นฐานด้วยกัน 3 ส่วน คือ ระบบอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม คุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ท และปัจจัยที่ใช้ในประเมินประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามรายละเอียดพื้นฐานดังกล่าวได้มีการศึกษาและอธิบายไว้โดยละเอียดใน [4] เนื้อหาในบทนี้ จะนำเฉพาะส่วนที่สำคัญมากล่าวโดยสรุปในแต่ละหัวข้อที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการประเมินประสิทธิภาพฯ ในบทถัดไป

2.1 ระบบอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม

ระบบอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมนั้น มีองค์ประกอบสำคัญคือ ดาวเทียม รูปแบบของเครือข่าย (หรือการเชื่อมต่อระบบ) และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1.1 ดาวเทียม

ดาวเทียมจัดเป็นสื่อสัญญาน (Medium) หรือช่องสัญญานสื่อสาร (Communication channel) ที่มีบทบาทสำคัญ ช่วยให้สามารถประยุกต์ใช้งาน (Applications) ในด้านต่าง ๆ เช่น การแพร่สัญญานโทรทัศน์ การเชื่อมต่อวงจรโทรศัพท์ทางไกลระหว่างประเทศ และการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์เป็นต้น ข้อดีของสื่อสัญญานดาวเทียมที่ต่างจากสื่อสัญญานของเครือข่ายภาคพื้น (Terrestrial network) โดยทั่วไปคือ ไม่ต้องใช้สาย (Wireless) คลอบคลุมพื้นที่กว้าง (Wide coverage area) และสามารถเข้าถึงผู้ใช้ในท้องถิ่นธุรกันดารที่มีสภาพภูมิประเทศที่เป็นป่าเขา หรือเกาะ ที่สื่อสัญญานภาคพื้นไม่สามารถเข้าถึงได้ [2] – [3]

ดาวเทียมไทยคม (THAICOM) เป็นดาวเทียมสื่อสารของไทย ภายใต้การลงทุนและบริหารจัดการโดยบริษัท ชินแซทเทลไลท์ จำกัด (มหาชน) ซึ่งได้รับสัมปทานโครงการดาวเทียมสื่อสารแห่งชาติจากกระทรวงคมนาคมเป็นเวลา 30 ปี (พ.ศ. 2534-2564) และได้รับการคุ้มครองสิทธิเป็นเวลา 8 ปี บริการหลักของดาวเทียมไทยคมคือ การให้เช่าทรานสปอนเดอร์ (Transponder) ในการรับส่งสัญญานระหว่างสถานีภาคพื้น (Ground station) หรือเทอร์มินัลภาคพื้น (Ground terminal) ซึ่งคลอบคลุมพื้นที่ในทวีปเอเชีย แอฟริกา ออสเตเลีย และยุโรป [5]

ดาวเทียมไทยคมดวงแรก คือดาวเทียมไทยคม 1 ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2536 เริ่มให้บริการเป็นครั้งแรกเดือนมกราคม พ.ศ. 2537 ต่อมาได้ย้ายวงโคจรในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2540 และเปลี่ยนชื่อเป็นดาวเทียมไทยคม 1A เริ่มให้บริการได้เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2540 ดาวเทียมไทยคมดวงที่สอง คือดาวเทียมไทยคม 2 ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2537 เริ่มให้บริการเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธันวาคม พ.ศ. 2537 ดาวเทียมไทยคม 1 และ 2 เป็นดาวเทียมรุ่น HS-376 แบบ Dual spin ผลิตโดย บริษัท ฮิวจ์แอร์คราฟท์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ถูกนำส่งขึ้นสู่วงโคจรโดยบริษัทเอเรียนสเปซ ประเทศฝรั่งเศส ย่านความถี่ของทรานสปอร์นเดอร์ที่ให้บริการของดาวเทียมทั้งสองดวงประกอบด้วยความถี่ย่านเคยู (Ku-band) และย่านซี (C-band) พื้นที่ให้บริการคลอบคลุมทวีปเอเชียกลาง เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิกฟิกด้านตะวันตก ดาวเทียมไทยคมดวงที่สามคือ ดาวเทียมไทยคม 3 ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 16 เมษายน พ.ศ. 2540 เริ่มให้บริการเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2540 เป็นดาวเทียมรุ่น 3 แกน (3-axis stabilization) ผลิตโดย บริษัท อัลคาเทล สเปซ ซิสเต็ม ถูกนำส่งขึ้นสู่วงโคจรโดยบริษัทเอเรียนสเปซ ประเทศฝรั่งเศส ให้บริการเช่าทรานสปอร์นเดอร์ในย่านความถี่ทั้งซีและเคยูเช่นกัน โดยมีพื้นที่ให้บริการที่คลอบคลุมทั้งทวีปเอเชีย ยุโรป ออสเตรเลีย และแอฟริกา

2.1.2 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม

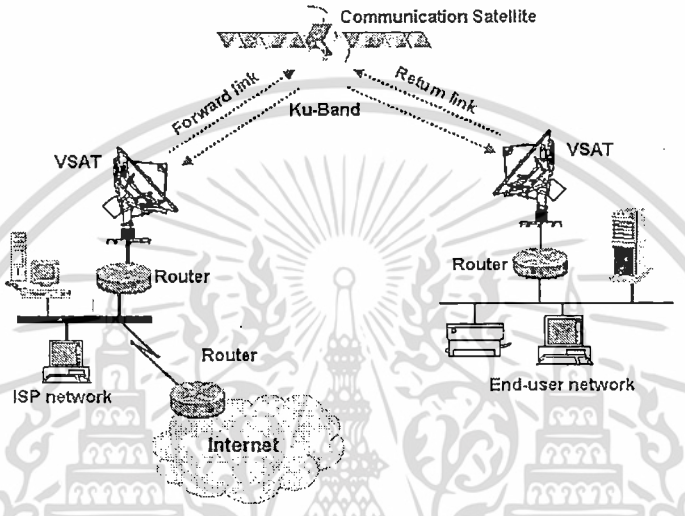
ระบบอินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการประยุกต์ใช้งานดาวเทียม (Satellite applications) ที่ได้รับความนิยม ทั้งในแง่ของการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานและสามารถลดข้อจำกัดของสื่อสัญญาณภาคพื้นดังกล่าว นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มขีดความความสามารถในเรื่องของอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล และช่วยลดปัญหาการกระจุกตัวของข้อมูลในระบบ อันเนื่องจากลักษณะของการใช้งานที่อาจต้องการดาวน์โหลด (Download) ข้อมูลเป็นจำนวนมาก เช่น ข้อมูลมัลติมีเดีย เป็นต้น ซึ่งปัญหาดังกล่าวเกิดจากลักษณะของการใช้งานอินเตอร์เน็ต ที่จำนวนข้อมูลที่ต้องการดาวน์โหลด จะมีมากกว่าข้อมูลที่ส่งออกไปจากผู้ใช้งานหรืออัปโหลด (Upload) ทำให้สื่อสัญญานที่ใช้รับส่งข้อมูลภาคพื้นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ไม่สามารถรองรับปริมาณข้อมูลจำนวนมากดังกล่าวให้กับผู้ใช้ปลายทางได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการนำช่องสัญญาณดาวเทียมมารองรับการใช้งานกับระบบอินเตอร์เน็ต จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เพราะนอกจากจะทำให้สามารถรองรับปริมาณข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ได้ในปริมาณมากแล้ว ยังสามารถเข้าถึงผู้ใช้อินเตอร์เน็ทปลายทางได้ในทุกพื้นที่ โดยไม่จำกัดว่าจะอยู่ห่างไกลแค่ไหนก็ตาม รวมทั้งในปัจจุบัน ได้มีการนำช่องสัญญาณดาวเทียมในย่านความถี่เคยู เข้ามาใช้รองรับการให้บริการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตด้วย จึงทำให้สามารถลดขนาดของจานรับสัญญานให้เล็กลงได้ ประกอบกับความสามารถในการให้บริการในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอล จึงสามารถใช้เชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อให้บริการกับผู้ใช้บริการปลายทางได้โดยตรง

รูปแบบการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมในประเทศไทยที่ให้บริการแก่ผู้ใช้ปลายทาง (End user) มีด้วยกัน 2 รูปแบบที่นิยม คือ แบบที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายโดยตรงผ่านเราท์เตอร์ (Router) และแบบที่ให้บริการกับผู้ใช้โดยตรงโดยอาศัยเครือข่ายโทรศัพท์ประกอบ [1] – [4]

- รูปแบบที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายโดยตรงผ่านเราท์เตอร์ (ดังรูปที่ 2.1) มีพื้นฐานมาจากการประยุกต์ระบบ VSAT เข้ากับการรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ ผ่านเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมที่เป็นแบบจุดต่อจุด (Point-to-point) [2] [3] การเชื่อมต่อจะมีลักษณะเหมือนวงจรเช่า (Leased circuit) หรือบริการแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าถึงโดยตรง (Direct access) ซึ่งมีแบนด์วิท (Bandwidth) ขนาดใหญ่ สามารถรองรับปริมาณทราฟฟิก (Traffic) จำนวนมากของผู้ใช้บริการปลายทางที่มีลักษณะเป็นเครือข่ายส่วนตัว (Private network) รูปแบบการเชื่อมต่อลักษณะนี้ สามารถใช้รับส่งข้อมูลระหว่างเครือข่าย ผ่านช่องสัญญาณดาวเทียมได้โดยตรงในลักษณะ 2 ทิศทาง (Two-way communications) โดยในระยะแรกของบริการ จะใช้ย่านความถี่ซี (C-Band) เป็นหลัก จึงทำให้สถานีลูกข่ายปลายทางยังคงใช้อุปกรณ์จานรับส่งสัญญาณที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ แต่ปัจจุบันมีการให้บริการในย่านความถี่เคยูแล้ว จึงสามารถลดต้นทุนของสถานีภาคพื้นลงได้



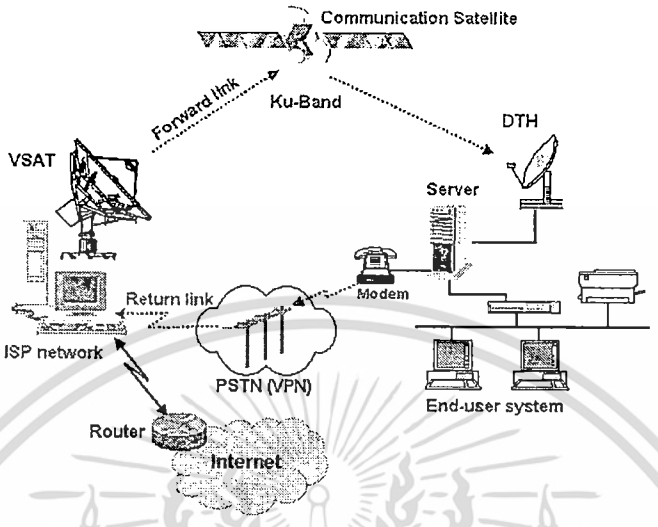
รูปที่ 2.1 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทระหว่างเครือข่ายผ่านเราท์เตอร์

- รูปแบบการเชื่อมต่อที่ให้บริการกับผู้ใช้โดยตรงโดยอาศัยเครือข่ายโทรศัพท์ประกอบ (ดังรูปที่ 2.2) เป็นการพัฒนารูปแบบการเชื่อมต่อในลักษณะจุดต่อหลายจุด (Point-to-multipoint) หรือแบบกระจาย (Broadcast) เพื่อให้บริการกับผู้ใช้ตามบ้าน (Home user) ได้โดยตรง การให้บริการจะใช้ความถี่ย่านเคยูเป็นหลัก จึงทำให้สามารถใช้จานรับสัญญาณดาวเทียมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กแบบ DTH ติดตั้งให้กับผู้ใช้ปลายทาง เพื่อรับข้อมูลจากผู้ให้บริการที่ส่งมายังผู้ใช้บริการผ่านทางช่องสัญญาณดาวเทียมได้โดยตรง (Forward link) ทำให้สามารถใช้งานอินเตอร์เน็ทได้ เหมือนกับการเชื่อมต่อระยะไกล (Remote access) ผ่านโมเด็มโดยทั่วไป รวมทั้งมีทางเลือกในการใช้บริการตามขนาดอัตราเร็วที่ผู้ใช้ต้องการได้ด้วย

ปัจจุบัน การให้บริการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมในรูปแบบที่ให้บริการกับผู้ใช้ปลายทางโดยตรงโดยอาศัยเครือข่ายโทรศัพท์ประกอบนั้น ได้รับการพัฒนาให้สามารถให้บริการได้ในอัตราความเร็วถึง 256 kbps ทำให้ตอบสนองความต้องการในการใช้อินเตอร์เน็ทความเร็วสูงในลักษณะต่าง ๆ เช่น การเรียกดูข้อมูลสื่อประสม แบบตามความต้องการ (On-demand) และแบบถ่ายทอดสด หรือการดาวน์โหลดไฟล์ข้อมูลขนาดใหญ่ได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว เป็นต้น รวมทั้งสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งในระดับแบบบุคคล หรือเชื่อมต่อใช้งานหลายคนพร้อม ๆ กันได้ อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของจานสายอากาศที่มีขนาดเล็ก ทำให้การเชื่อมต่อแบบนี้ไม่สามารถใช้การสื่อสารในลักษณะที่เป็นแบบ 2 ทางผ่านช่องสัญญานดาวเทียมได้โดยตรงเหมือนแบบแรก ดังนั้น การส่งข้อมูลร้องขอจากผู้ใช้บริการกลับไปยังผู้ใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Return link) จึงกระทำผ่านโมเด็มไปยังเครือข่ายโทรศัพท์ภาคพื้น โดยอาศัยรูปแบบเครือข่ายส่วนตัวเสมือน และกลไกการแคชช่วย



รูปที่ 2.2 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมโดยอาศัยเครือข่ายโทรศัพท์ประกอบ

สำหรับรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมที่โครงงานวิจัยนี้ได้ศึกษาพิจารณาเพื่อนำมาใช้ในการทดลองประเมินประสิทธิภาพ จะเป็นลักษณะของการเชื่อมต่อผ่านดาวเทียมโดยอาศัยเครือข่ายโทรศัพท์ในแบบที่สอง ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบดังกล่าว ใช้อุปกรณ์ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับอุปกรณ์สื่อสารดาวเทียมภายใต้งานวิจัยของคณะฯ ที่มีอยู่เดิม รวมทั้งมีอัตราค่าบริการที่เหมาะสม สามารถเช่าใช้บริการเพื่อศึกษาทดลองได้ สำหรับรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายในลักษณะแรก ต้องใช้อุปกรณ์ในการรับส่งข้อมูลเช่นเดียวกับที่ใช้ในสถานีภาคพื้นแบบ VSAT ทั่วไปซึ่งมีเสถียรภาพ (Stable) สูง สามารถใช้รับส่งข้อมูลผ่านช่องสัญญาณดาวเทียมได้ทั้ง 2 ทาง รวมทั้งอุปกรณ์และอัตราค่าบริการเช่าช่องสัญญานดาวเทียมมีราคาที่สูงมาก จึงเป็นข้อจำกัดในการศึกษาวิจัย

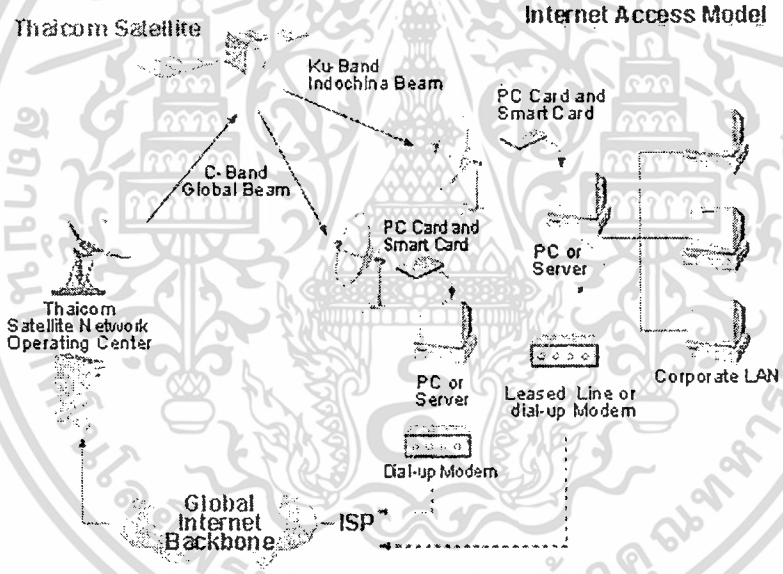
2.1.3 เน็ทเทอร์โบ

ปัจจุบัน ดาวเทียมไทยคมได้เปิดให้บริการเสริม ในรูปแบบของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม (นอกเหนือจากบริการหลักในการให้เช่าทรานสปอร์นเดอร์แล้ว) โดยมีลักษณะการให้บริการสำหรับผู้ใช้ปลายทางใน 3 รูปแบบ คือ เน็ทเทอร์โบ (NetTurbo) เน็ทแคลส (Netcast) และไทยคอมไดเร็ก (THAICOM Direct) รูปแบบของบริการจะมีทั้งการให้บริการอินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียมแก่บุคคลทั่วไปที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์แบบส่วนบุคคล (PC) เป็นของตนเอง หรือบริการแบบผู้ใช้คนเดียว (Single user) และการให้บริการกับองค์กรขนาดใหญ่ที่มีระบบเครือข่ายเชื่อมโยงกับสำนักงานสาขา (Corporate network, or Intranet) หรือบริการแบบผู้ใช้หลายคน (Multiple users) ซึ่งมีการติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลต่าง ๆ จากสำนักงานใหญ่ไปยังสำนักงานสาขาในแต่ละพื้นที่ ด้วยความกว้างของช่องสัญญาณขนาดใหญ่ รองรับอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล ตั้งแต่ 128 kbps ไปจนถึง 8 Mbps ซึ่งเร็วกว่าโมเด็มทั่วไปในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังสามารถรองรับเทคโนโลยีการแพร่กระจายข้อมูลแบบดิจิตอล (Digital data broadcasting) ซึ่งผู้ใช้สามารถรับข้อมูลที่ส่งมาจากผู้ให้บริการ (Content provider) ได้โดยตรง รายละเอียดการให้บริการทั้งสามรูปแบบสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ใน [1] สำหรับงานวิจัยนี้ได้พิจารณาเลือกบริการเน็ทเทอร์โบเพื่อใช้ในการศึกษาทดลอง เนื่องจากมีรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.1.2

เน็ทเทอร์โบ (NetTurbo) เป็นการให้บริการอินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียมแก่บุคคลทั่วไปที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์แบบส่วนบุคคล (PC) เป็นของตนเอง หรือบริการแบบผู้ใช้คนเดียว การให้บริการของเน็ทเทอร์โบ จะมีรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายเช่นเดียวกับการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมโดยอาศัยเครือข่ายโทรศัพท์ประกอบ ลักษณะการเชื่อมต่อผ่านดาวเทียมจะเป็นแบบทางเดียว (One-way communications) จากผู้ให้บริการมายังผู้ใช้บริการ (Downstream) ผ่านจานรับสัญญาณดาวเทียมแบบ DTH และอุปกรณ์ขยายสัญญาณรบกวนต่ำ (Low noise amplifier, LNA) เข้ามายังการ์ดโมเด็มดาวเทียม (Satellite modem) ที่ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ปลายทางโดยตรง ส่วนการส่งข้อมูลจากผู้ใช้บริการกลับไปยังผู้ให้บริการ (Upstream) จะกระทำผ่านทางโมเด็มและเครือข่ายโทรศัพท์ภาคพื้น (ดังรูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียมแบบเน็ทเทอร์โบ [1]

ข้อดีของการให้บริการลักษณะนี้ คือ

- มีแบนด์วิทกว้าง ส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก
- สามารถรับข้อมูลได้โดยตรงผ่านจานรับสัญญาณดาวเทียม
- ช่วยลดปริมาณทราฟฟิกของข้อมูลภาคพื้นดิน
- สามารเพิ่มหรือลดขนาดของแบนด์วิทได้
- ไม่ต้องใช้แบนด์วิทร่วมกับผู้ใช้คนอื่น
- อุปกรณ์มีราคาถูก ติดตั้งได้โดยสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ท

การรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายใด ๆ จะใช้ "คุณภาพของบริการ" หรือ QoS (Quality of Services) เป็นข้อกำหนดในการอ้างอิงความสามารถของเครือข่าย สำหรับการให้บริการที่ดีต่อปริมาณทราฟฟิก (Traffic) ที่ต้องการ ภายใต้เทคโนโลยีเครือข่ายที่หลากหลาย เช่น เฟรมลีเลย์ (Frame relay) ATM (Asynchronous Transfer Mode) อีเธอร์เน็ท (Ethernet) และเครือข่ายไอพี (IP-routed network) เป็นต้น วัตถุประสงค์หลักของ QoS ก็เพื่อกำหนดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ เช่น แบนด์วิทที่กำหนด (Dedicated bandwidth) การควบคุมจิทเตอร์ (Jitter) และการควบคุมความล่าช้า (Latency) เป็นต้น รวมทั้งการปรับปรุงคุณลักษณะของการสูญเสีย (Loss) ที่เกิดขึ้น โดยที่ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อทราฟฟิกที่เป็นแบบเรียลไทม์ (Real-time) นอกจากนี้การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยด้าน QoS ยังต้องคำนึงถึงผลกระทบกับ ทราฟฟิกอื่น ๆ ด้วย

กรอบโครงสร้างสถาปัตยกรรมของคุณภาพของบริการ ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก [6] [7] [8] สามารถสรุปได้ดังนี้คือ

• การวางเกณฑ์และข้อกำหนดคุณภาพของบริการ (QoS Identification and Marking) เป็นการวางเกณฑ์และข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณภาพของบริการ ซึ่งจะต้องถูกกำหนดขึ้นก่อนเพื่อให้ได้บริการที่ต้องการตามชนิดของทราฟฟิก โดยใช้การจัดแบ่ง (Classification) และการจอง (Reservation) การจัดแบ่งแบบแรกเกิดขึ้นเมื่อแพ็คเกจถูกกำหนด (Identified) แต่ไม่มีการวางเกณฑ์ (Mark) ก็จะจัดเป็นแบบพื้นฐานต่อฮอบ (Per-hop basis) ซึ่งหมายความว่าการกำหนดดังกล่าวจะกระทำภายในอุปกรณ์เท่านั้น ไม่ส่งผ่านไปยังเราท์เตอร์ต่อไป โดยอาศัยการกำหนดลำดับของคิวร์ (Priority queuing) และการกำหนดคิวร์โดยผู้ใช้ (Custom queuing) การจัดแบ่งแบบที่สองเกิดขึ้นเมื่อแพ็คเกจถูกวางเกณฑ์สำหนับใช้ทั้งเครือข่ายโดยจะใช้การเซ็ทค่าบิทไอพี (IP precedence bits)

• คุณภาพของบริการภายใต้องค์ประกอบของเครือข่ายเดี่ยว (QoS within a single network element) เป็นการกำหนดคุณภาพของบริการภายใต้องค์ประกอบของเครือข่ายเดี่ยว ซึ่งมี 4 ส่วนคือ การจัดการความแออัด (Congestion management) การจัดการคิวร์ (Queue management) ประสิทธิภาพลิงก์ (Link efficiency) รวมทั้งนโยบายและรูปแบบทราฟฟิก (Traffic shaping and policing)

• การจัดการคุณภาพของบริการ (QoS management) เป็นการช่วยกำหนดและประเมินวัตถุประสงค์และนโยบายของคุณภาพของบริการ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นกำหนด ระดับพื้นฐานเครือข่ายเพื่อช่วยบอกคุณลักษณะของทราฟฟิก ขั้นการใช้เทคนิคคุณภาพของบริการเมื่อทราบคุณลักษณะของทราฟฟิกและวัตถุประสงค์ของแอปพลิเคชั่นถูกกำหนดแล้ว สำหรับเพิ่มคุณภาพของบริการ และขั้นประเมินผลโดยการทดสอบผลตอบของแอปพลิเคชั่น

นอกจากสถาปัตยกรรมของคุณภาพของบริการแล้ว ยังมีระดับของคุณภาพบริการแบบปลายต่อปลาย (End-to-end QoS levels) ซึ่งหมายถึง ระดับของบริการที่เครือข่ายสามารถให้บริการได้ตามความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการ ภายใต้ทราฟฟิกของเครือข่ายที่กำหนดจากปลายถึงปลาย ระดับของบริการนั้นแตกต่างกันขึ้นกับคุณภาพบริการซึ่งถูกกำหนดภายใต้กรอบของแบนด์วิท การหน่วงเวลา จิทเตอร์ และคุณลักษณะของการสูญเสียที่เกิดขึ้น กรอบดังกล่าวเป็นตัววัดระดับของบริการที่มีให้ได้ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ระดับคือ บริการแบบเท่าที่ให้ได้ดีที่สุด (Best-effort service) บริการในระดับที่แตกต่าง (Differentiated service) และบริการแบบรับประกัน (Guaranteed service)

จากการศึกษาคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทโดยทั่วไปภายใต้กรอบสถาปัตยกรรม QoS นั้น [4] เราสามารถพิจารณาคุณภาพของบริการได้ จากคุณลักษณะของแอปพลิเคชั่นบนอินเตอร์เน็ทที่สัมพันธ์กับรูปแบบของข้อมูลประเภทต่าง ๆ ซึ่งอธิบายได้ใน 4 ลักษณะคือ

- กระบวนการกระจาย (Distributed process) หมายถึง บริการซึ่งเป็นแอปพลิเคชั่นบนอินเตอร์เน็ทส่วนมากมีลักษณะเป็นโปรเซสที่ทำงานกันคนละที่และมีการแลกเปลี่ยนข่าวสาร (Message) ระหว่างกัน
- การสูญหายของข้อมูล (Data loss) หมายถึง แอปพลิเคชั่นที่ต้องการความถูกต้องสูง (Reliable transfer) จะต้องมีการสูญหายของข้อมูลต่ำหรือไม่มีการสูญหายเลย
- แบนด์วิท (Bandwidth) หมายถึง แต่ละแอปพลิเคชั่น ต้องระบุขนาดของแบนด์วิทว่าต้องใช้อย่างน้อยที่สุดเท่าไร จึงจะมีประสิทธิภาพ
- ความเกี่ยวข้องกับเวลา (Time sensitiveness) คือความต้องการของแอปพลิเคชั่นที่จะต้องได้รับการส่งข้อมูลให้เร็วที่สุด นั่นคือจะต้องมีการหน่วงเวลา (Delay) ต่ำ

หากพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยทั้ง 4 กับแอปพลิเคชั่นหลักบนอินเตอร์เน็ท คือ อีเมลย์ (e-mail) การถ่ายโอนไฟล์ (FTP) และการส่งเอกสารเว็ป (Web document transfer) แล้วนั้นพบว่า e-mail และ FTP นั้นไม่ควรมีการสูญหายของข้อมูล ส่วน Web นั้นสามารถยอมให้เกิดการสูญหายได้ สำหรับปัจจัยเรื่องแบนด์วิทนั้น ทั้งสามแอปพลิเคชั่นมีความต้องการที่ยืดหยุ่น (Elastic) และไม่สนใจเรื่องของเวลามากนัก

หากพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยทั้ง 4 กับประเภทของข้อมูล ปัจจัยเรื่องของเวลาค่อนข้างมีผลเป็นอย่างมาก เช่น ข้อมูลประเภทที่มีความต่อเนื่อง (Stream) พวกภาพเคลื่อนไหวและเสียงนั้น ต้องการอัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่คงที่และใช้เวลาที่สั้น ต่างจากข้อมูลประเภทจำนวนมาก ๆ (Burst) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนอัตราเร็วในการส่งข้อมูลได้ นอกจากนี้ ประเภทของการส่งข้อมูล ก็เกี่ยวข้องกับปัจจัยเรื่องเวลาเช่นกัน เช่น การส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของการหน่วงเวลาในการรับส่งข้อมูล ต่างจากการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous) ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของการหน่วงเวลามากกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความสัมพันธ์ของแอปพลิเคชั่น ซึ่งส่วนมากเป็นแบบมีการปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ในลักษณะเรียลไทม์ (Real-time) เป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวโดยสรุป หากพิจารณาคุณภาพของบริการบนอินเตอร์เน็ทกับโครงสร้างของสถาปัตยกรรม QoS เราสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกันได้คือ QoS เป็นการแสดงคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทที่ผู้ใช้ได้รับ โดยมีปัจจัยที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของบริการบนอินเตอร์เน็ทที่ต้องพิจารณาหลัก ๆ คือ [9] [10] [11]

• แบนด์วิทที่กำหนด (Dedicated bandwidth) หมายถึง ขนาดความกว้างของช่องสัญญานสื่อสารที่รองรับอัตราการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง 2 จุด หรือระหว่างผู้รับและผู้ส่ง ปัจจัยนี้เกี่ยวข้องกับระดับของบริการเป็นหลัก เช่น ถ้าเป็นบริการแบบรับประกัน ก็สามารถกำหนดขนาดแบนด์วิทได้แน่นอนช่วงตลอดเวลาของการใช้งาน แต่ถ้าบริการแบบเท่าที่ให้ได้ดีที่สุด ขนาดของแบนด์วิทก็จะขึ้นกับปริมาณทราฟฟิกที่เกิดจากแอปพลิเคชั่นโดยรวม เป็นต้น

• การควบคุมความล่าช้า (Latency) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเวลาที่มีผลต่อทราฟฟิกที่เป็นแบบเรียลไทม์ (Real-time) โดยประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ การหน่วงเวลา (Delay) หรือการประวิงเวลาซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ส่งและผู้รับผ่านเครือข่าย และค่าจิทเตอร์ (Jitter) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าการหน่วงเวลาในการรับส่งข้อมูลระหว่างปลายถึงปลาย

• ความถูกต้องเชื่อถือได้ (Reliability) เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติการรับส่งข้อมูล และอัตราเฉลี่ยของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากรูปแบบของการสูญเสีย (Loss) ในระบบสื่อสารและเครือข่ายที่ใช้

เมื่อกล่าวถึงคุณภาพของบริการบนอินเตอร์เน็ท ส่วนมากจะอ้างอิงกับปัจจัยทั้ง 3 สำหรับอธิบายความแตกต่างที่เกิดขึ้นของแต่ละทราฟฟิก

2.3 ปัจจัยที่ใช้พิจารณาคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ท ภายใต้กรอบสถาปัตยกรรมคุณภาพของบริการที่กำหนด (รวมทั้งเกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยที่นำเสนอ) ส่วนมากเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการจำลองประสิทธิภาพของเว็ปแอปพลิเคชั่น (Web application) ซึ่งใช้โปรโตคอลไฮเปอร์เท็กซ์ (Http) เป็นหลัก โดยอาศัยโปรโตคอลในระดับทรานสปอร์ท (Transport layer) ในการนำส่ง [12] ทั้ง TCP (Transmission control protocol) และ UDP (User datagram protocol) ภายใต้รูปแบบของเครือข่ายที่แตกต่าง นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่อธิบายประสิทธิภาพและคุณสมบัติด้านเวิร์คโหลด (Workload) ของเว็ปเซอร์เวอร์ (Web server) และของเว็ปไคลเอ็นท์ (Web clients) บนอินเตอร์เน็ท [13][14] อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวเป็นการวัดคุณภาพของบริการในระดับแอปพลิเคชั่นและเครือข่ายภาคพื้น (Terrestrial network) เป็นหลัก ซึ่งไม่รวมถึงเครือข่ายสื่อสารดาวเทียม

สำหรับงานวิจัยด้านอินเตอร์เน็ทที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมที่พบนั้น [15][16] เป็นการศึกษาคุณลักษณะและประสิทธิภาพของโปรโตคอลทีซีพีไอพี (TCP/IP) ในการใช้งาน ซึ่งการศึกษาดังกล่าวเป็นการทดลองวัดปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) ที่ได้จากการรับส่งข้อมูล โดยอาศัยโปรโตคอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทีซีพีไอพีในการนำส่ง และวัดผลกระทบที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบระหว่างเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมระดับวงโคจรต่ำ (LEO) และดาวเทียมแบบค้างฟ้า (GEO) จากการปรับขนาดของวินโดว์ (Windows) ซึ่งใช้เป็นตัวกำหนดขนาดของบัฟเฟอร์ (Buffer size) และปรับเวลาที่ใช้ในการรอ (TTL) ที่แตกต่างกันของโปรโตคอลทีซีพีไอพี ภายใต้แบนด์วิทของช่องสัญญานดาวเทียมที่มีอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยทั้งสองดังกล่าวเป็นการวัดคุณภาพของบริการในระดับเครือข่ายและอุปกรณ์ในรูปของอัตราความผิดพลาดของบิท (BER) และข้อผิดพลาดต่าง ๆ จากการเชื่อมโยง (Link errors) ซึ่งไม่คลอบคลุมถึงระดับแอปพลิเคชั่น รวมทั้งรูปแบบการเชื่อมโยงเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมที่ใช้ทดลองเป็นแบบสองทาง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายดาวเทียมที่ใช้รองรับทราฟฟิกของอินเตอร์-เน็ทใน [17] เป็นการจำลองคุณลักษณะของทราฟฟิกโดยใช้ซอฟท์แวร์ Trafgen โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติที่รวบรวมได้ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่สร้างขึ้นได้ ไปทดลองกับดาวเทียม ACTS (Advanced Communications Technology Satellite) ของ NASA ซึ่งมีลักษณะเป็นการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบจุดต่อจุดเพื่อเชื่อมโยงระหว่างเราท์เตอร์ทั้ง 2 ฝั่งซึ่งต่อกับคอมพิวเตอร์ที่สร้างทราฟฟิกอินเตอร์เน็ทดังกล่าว การเชื่อมโยงใช้แบนด์วิทที่รองรับอัตราเร็วในระดับ T1 (1.544 Mbps) จากนั้นจึงวัดค่าของเวลาที่ใช้ในการนำส่งข้อมูล งานวิจัยใน [18] เป็นการทดลองที่ต่อเนื่องภายใต้โครงการเดียวกันกับ [17] งานวิจัยนี้เป็นการลดปัญหาเกี่ยวกับทรูพุท (Throughput) หรือผลสำเร็จ จากการใช้โปรโตคอล TCP ที่เชื่อมโยงผ่านดาวเทียมด้วยอัตราเร็วในระดับ T1 ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดของวินโดว์ (Windows size) เวลาในการเริ่มเซสชั่นที่ช้า (Slow start) รวมทั้งกลไกการตอบกลับ (Acknowledgement) ที่ส่งผลต่อทรูพุทที่ได้ โดยใช้การเชื่อมต่อ TCP แบบหลายชุด (Multiple TCP) ในการรองรับแอปพลิเคชั่นในการถ่ายโอนข้อมูล (FTP)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้นพบว่า ส่วนมากเป็นการวัดประสิทธิภาพในการทำงานของโปรโตคอล TCP/IP ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ใช้บนอินเตอร์เน็ทในระดับทรานสปอร์ท (Transport) และระดับเครือข่าย (Network) ที่ไม่คลอบคลุมถึงระดับแอปพลิเคชั่น รวมทั้งรูปแบบเครือข่ายที่ใช้ในการเชื่อมโยงสื่อสารผ่านดาวเทียมจะเป็นแบบจุดต่อจุดในลักษณะของการสื่อสารแบบสองทางเป็นหลัก ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับรูปแบบของการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายดังกล่าวในหัวข้อ 2.1.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทส่วนมาก จะเน้นในเรื่องของการหน่วงเวลา (Delay) และแบนด์วิท (Bandwidth) ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของโปรโตคอล TCP/IP

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยภายใต้โครงการนี้ เราจึงได้พิจารณาการประเมินประสิทธิภาพของคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านเครือข่ายสื่อสารดาวเทียมในลักษณะของการให้บริการไปยังผู้ใช้โดยตรง ซึ่งอาศัยเครือข่ายส่วนตัวเสมือน (Vpn) และกลไกการแคช (Cache) ผ่านทางเครือข่ายโทรศัพท์ภาคพื้น ที่ยังไม่มีงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นพิจารณา สำหรับปัจจัยเกี่ยวข้องกับ QoS ที่จะพิจารณาคือ การหน่วงเวลา (Delay) ค่าความสูญเสีย (Loss) และแบนด์วิท (Bandwidth) ซึ่งสัมพันธ์และส่งผลต่อแอปพลิเคชั่นโดยรวมที่ปรากฏในการให้บริการในระดับปลายถึงปลาย (End-to-end) โดยจะพิจารณาเฉพาะบริการในระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Best-effort เท่านั้น เนื่องจากเป็นการศึกษาทดลองในระยะแรก ประกอบกับแอปพลิเคชั่นในปัจจุบันบนอินเตอร์เน็ทส่วนใหญ่ยังมีรูปแบบของบริการในระดับนี้อยู่

2.3.1 การหน่วงเวลา

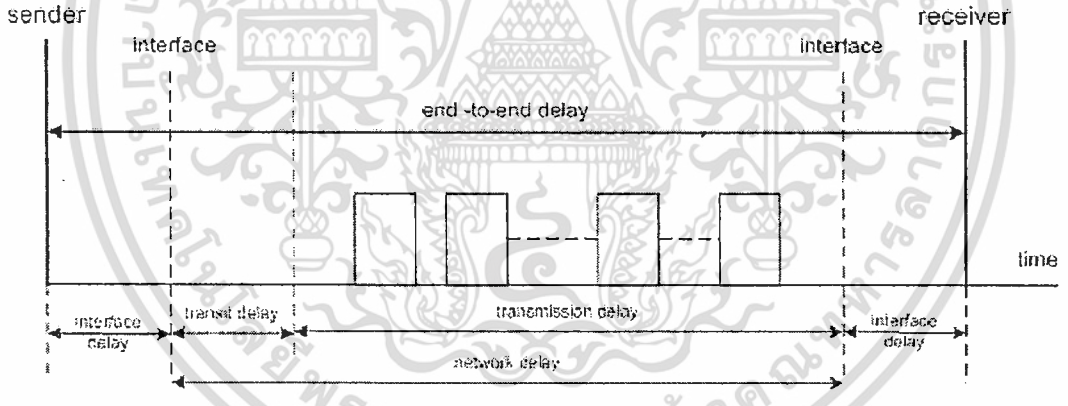
การหน่วงเวลา (Delay) หรือการประวิงเวลา หมายถึง เวลาโดยรวมที่ถูกใช้ในการส่งบล็อกข้อมูล (Data block) โดยทั่วไปจะวัดจากปลายถึงปลาย (End-to-end delay) จากภาครับ (Sender) ส่งไปฝั่งภาครับ (Receiver) ซึ่งประกอบด้วยหลายสาเหตุ (ดังรูปที่ 2. 4) คือ

• การหน่วงเวลาในการส่งต่อ (Transit delay) เป็นเวลาที่ใช้ในการส่งต่อบิตข้อมูล ที่โหนดในเครือข่าย ซึ่งวัดจากจากอินพุทไปยังเอ้าพุท

• การหน่วงเวลาในการส่งผ่าน (Transmission delay) เป็นเวลาที่ใช้ในการส่งบล็อกข้อมูลระหว่างปลายทางถึงปลายทาง ขึ้นอยู่กับอัตราบิตในเครือข่าย และการประวิงเวลาในการประมวลผล (Processing delay) ที่โหนดระหว่างทาง รวมถึงการค้นหาเส้นทาง (Routing) และการทำบัฟเฟอร์ (Buffering)

• การหน่วงเวลาในเครือข่าย (Network delay) คือการหน่วงเวลาในการส่งต่อและการหน่วงเวลาในการส่งผ่านรวมกัน มีความสำคัญกับเครือข่ายชนิด Connection-oriented

• การหน่วงเวลาส่วนเชื่อมต่อ (Interface delay) เป็นการประวิงเวลาระหว่างเวลาที่ผู้ส่งพร้อมที่จะส่งบล็อกข้อมูลกับเวลาที่เครือข่ายพร้อมจะส่งข้อมูล



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของค่าการหน่วงเวลาแบบปลายถึงปลาย

ในการใช้บริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมที่ศึกษานี้ จะพิจารณาการหน่วงเวลาในภาพรวมซึ่งหมายถึง ค่าดีเลย์ที่วัดจากปลายถึงปลาย ซึ่งถือว่าคลอบคลุมในทุกสาเหตุ

2.3.2 ค่าความสูญเสีย

การใช้บริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมนั้น มีปัจจัยเกี่ยวข้องกับการสูญเสียบางประการที่ต้องพิจารณา ซึ่งสัมพันธ์กับความถูกต้องเชื่อถือได้ อันเป็นผลมาจากข้อจำกัดของระบบสื่อสารดาวเทียม ดังนี้

• การสูญเสียจากการแพร่กระจายคลื่น (Propagation loss) เป็นการสูญเสียกำลังงานจากระยะทางที่ไกลมาก ในการส่งสัญญาณจากสถานีรับส่งบนพื้นโลกกับสถานีบนดาวเทียม และทำให้ใช้เวลาในการตอบสนองช้ากว่าระบบสื่อสารภาคพื้นดินอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• การสูญเสียในชั้นบรรยากาศ (Atmosphere loss) เป็นการสูญเสียจากการที่สัญญาณดาวเทียมผ่านชั้นบรรยากาศ ที่ปกคลุมโลก ซึ่งประกอบไปด้วย ก๊าซต่าง ๆ อะตอม ไอน้ำ มลภาวะ และสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่อยู่ในชั้นบรรยากาศโลกที่ปกคลุมในรัศมี ประมาณ 400 ไมล์ ห่างจากพื้นโลก เมื่อคลื่นสัญญานดาวเทียมที่ความถี่สูงมาก เดินทางผ่านชั้นบรรยากาศโลก สัญญาณจะปะทะเข้ากับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) ส่งผลให้สัญญาณที่มีความถี่สูงถูกดูดกลืน สะท้อน และหักเห จึงทำให้กำลังงานของสัญญาณถูกลดทอนลง

• ผลกระทบจากฝน (Rainfall effect) เป็นปัญหาสำคัญในการส่งสัญญาณในย่านความถี่สูง โดยเฉพาะในย่านเคยูซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นมาก จนทำให้เมื่อเกิดฝนตกในชั้นบรรยากาศ เม็ดฝนที่มีความหนาแน่นสามารถที่จะดูดซับคลื่นความถี่ในย่านนี้ได้ ทำให้การสื่อสารถูกตัดขาดได้ เป็นการเกิดการสูญเสียในกรณีที่มีฝนตกในชั้นบรรยากาศอีกด้วย

การสูญเสียดังกล่าวเหล่านี้ หากระบบสื่อสารดาวเทียมไม่สามารถรองรับหรือชดเชยได้ ก็จะทำให้สัญญานที่ได้รับขาดหาย และส่งผลต่อการสูญเสียข้อมูล ทำให้เกิดความผิดพลาด และขาดความถูกต้องเชื่อถือได้ตามมา สำหรับความผิดพลาดนั้นส่วนมากจะวัดในรูปของอัตราส่วนข้อมูลที่ส่งกับข้อมูลที่ได้รับเปรียบเทียบ หรือ อัตราความผิดพลาด [19]

• อัตราความผิดพลาด (Error rate) จะยอมรับได้มากน้อย ขึ้นกับรูปแบบของแอปพลิเคชั่น เช่น ในการส่งข้อมูลวีดีโอ ถ้าส่งเฟรมผิดพลาดมาก ผู้รับจะไม่สามารถเข้าใจในภาพนั้นได้ หรือในการทำธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ต้องมีการส่งหมายเลขบัตรเครดิต จะยอมให้เกิดความผิดพลาดในระดับบิตข้อมูลไม่ได้ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้มีความก้าวหน้าขึ้น อัตราความผิดพลาดต่าง ๆ จึงได้รับการปรับปรุงให้มีค่าลดลง โดยที่อัตราความผิดพลาดแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

- อัตราความผิดพลาดบิต (Bit Error Rate, BER) เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนบิตที่ผิดพลาดเทียบกับจำนวนบิตทั้งหมดที่ทำการส่ง
- อัตราความผิดพลาดแพ็กเกจ (Packet Error Rate, PER) เป็นอัตราส่วนระหว่าง จำนวนแพ็กเกจที่ผิดพลาด เทียบกับจำนวนแพ็กเกจทั้งหมดที่ทำการส่ง
- อัตราความผิดพลาดเฟรม (Frame Error Rate, FER) เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนเฟรมที่ผิดพลาดเทียบกับจำนวนเฟรมทั้งหมดที่ทำการส่ง

2.3.3 แบนด์วิท

ปัจจัยในเรื่องแบนด์วิท (Bandwidth) จะพิจารณาในแง่ของการรับส่งข้อมูลที่มีลักษณะไม่สมมาตร (Asymmetry) อันเนื่องจากการส่งข้อมูลจากผู้ให้บริการมายังผู้ใช้บริการซึ่งผ่านลิงก์ดาวเทียมนั้นมีแบนด์วิทที่สูงกว่าด้วยอัตราเร็ว 256 kbps ซึ่งต่างจากการส่งข้อมูลจากผู้ใช้บริการกลับไปยังผู้ให้บริการผ่านโมเด็มบนเครือข่ายโทรศัพท์ที่อัตราเร็วเพียง 56 kbps จึงอาจส่งผลและเกี่ยวข้องกับปริมาณงานสำเร็จที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) หมายถึง อัตราบิตที่ใช้งานจริง (Effective bit rate) ซึ่งเกี่ยวข้องกับแบนด์วิทที่ใช้งานจริง (Effective bandwidth) โดยมีนิยามว่า ปริมาณงาน คือ อัตราบิต ที่ใช้ในการส่งในลิงค์กายภาพ (Physical link) หักออกด้วยโอเวอร์เฮด (Overhead) ที่เกิดขึ้นในการส่งผ่านข้อมูล นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้ปริมาณงานเปลี่ยนไป เช่น ความแออัดของเครือข่าย (Network congestion) ปัญหาคอขวด (Bottle neck) ความผิดพลาดในโหนด (Node) หรือในสาย เป็นต้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

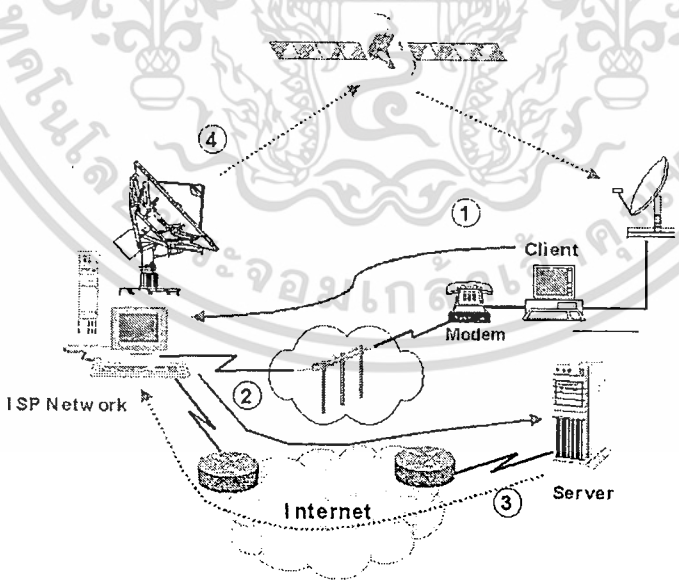
บทที่ 3

การประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม

ในการประเมินประสิทธิภาพของคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมนั้น จะพิจารณาจากรูปแบบของการเชื่อมต่อโดยอาศัยเครือข่ายโทรศัพท์ประกอบ ซึ่งใช้เครือข่ายส่วนตัวเสมือน และกลไกการแคชช่วย รูปแบบของบริการจะเป็นลักษณะของการให้บริการกับผู้ใช้โดยตรง เช่นเดียวกับการใช้บริการผ่านโมเด็มบนเครือข่ายภาคพื้นทั่วไป วิธีการประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการที่กำหนด จะพิจารณาจากแอปพลิเคชั่นที่ให้บริการในระดับปลายถึงปลาย (End-to-end) เฉพาะบริการแบบ Best-effort โดยจะพิจารณาเปรียบเทียบกับการใช้บริการในลักษณะเดียวกัน ภายใต้การเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายภาคพื้นสองรูปแบบ การทดลองจะทำภายใต้สภาพแวดล้อมการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยจะวัดผลปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (ดังกล่าวในบทที่ 2) ในรูปของเวลาในการตอบสนอง (Response time) ปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) และการใช้ประโยชน์ (Utilization)

3.1 รูปแบบเครือข่ายในการทดลอง

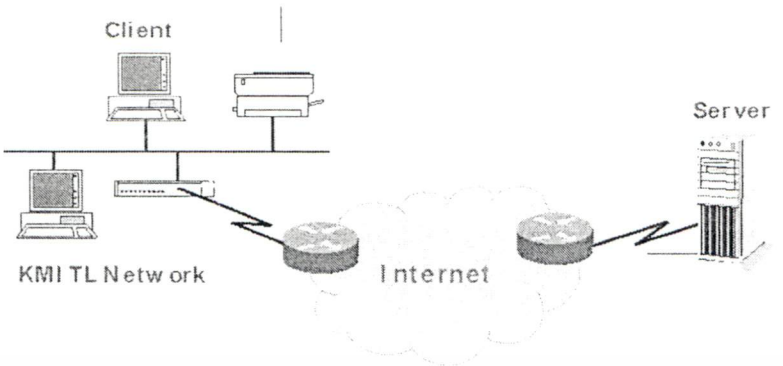
สภาพแวดล้อมในการศึกษาทดลอง กำหนดรูปแบบของเครือข่ายเพื่อใช้ในการทดสอบเป็น 3 รูปแบบคือ การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม (ดังรูปที่ 3.1) การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านเกทเวย์เครือข่ายขององค์กร (ดังรูปที่ 3.2) และการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทระยะไกลผ่านโมเด็ม หรือ Remote access (ดังรูปที่ 3.3)



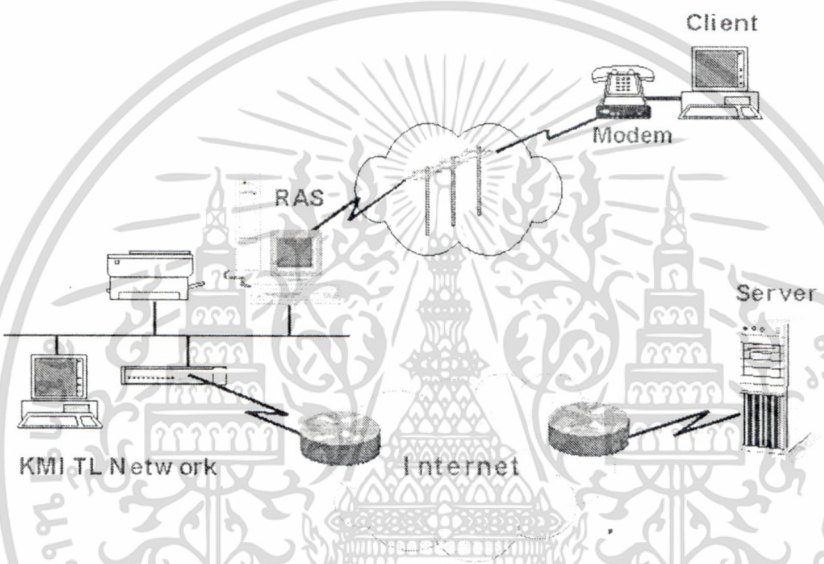
รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านเกทย์เวย์เครือข่ายขององค์กร



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทระยะไกลผ่านโมเด็ม

สำหรับรูปแบบของแอปพลิเคชั่นบนอินเตอร์เน็ทที่ใช้งานโดยผู้ใช้ทั่วไป สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามรูปแบบของข้อมูลที่ส่งผ่านไปบนเครือข่าย คือ

- ข้อมูลแบบสตรีม (Streaming data) สำหรับแอปพลิเคชั่นประเภทภาพและเสียง (Audio/Video)
- ข้อมูลแบบปริมาณมาก (Burst data) สำหรับแอปพลิเคชั่นประเภทการถ่ายโอนข้อมูลขนาดใหญ่ (FTP)
- ข้อมูลขนาดเล็ก (Light weight data) สำหรับแอปพลิเคชั่นในการส่งข้อมูลเว็ปเพจ (Web document transfer)

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาทดลองของงานวิจัยนี้ จะพิจารณาเฉพาะข้อมูลขนาดเล็ก (Light weight data) ซึ่งใช้สำหรับแอปพลิเคชั่นในการส่งข้อมูลเว็ปเพจ (Web document transfer) เท่านั้น อันเนื่องจากข้อจำกัดของเวลาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อประเมินประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

64453

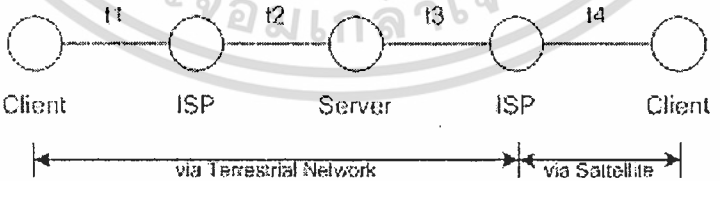
ปัจจัยที่จะใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ จะเป็นการวัดค่าการหน่วงเวลา (Delay) ที่ได้ในรูปของเวลาตอบสนอง (Response time) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับแบนด์วิท (Bandwidth) ที่ใช้ สำหรับหาค่าในรูปของปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) และการใช้ประโยชน์ (Utilization) โดยเปรียบเทียบการใช้งานแอปพลิเคชั่นภายใต้สภาพการแวดล้อมที่อาจส่งผลต่อการสูญเสีย (Loss) อันเนื่องจากสภาพอากาศ (เช่น ฝนตก) และช่วงเวลาการใช้งาน (ได้แก่ ช่วงเวลาการใช้งานในเวลาปกติ และการใช้งานในช่วงเวลาโหลดสูงสุด) รูปแบบของระบบที่ใช้ในการทดลอง ทำโดยกำหนดแอปพลิเคชั่นที่ให้บริการซึ่งติดตั้งบนเครื่องเซอร์ฟเวอร์ (Server) ซึ่งเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ท และให้แอปพลิเคชั่นบนเครื่องไคลเอ็นท์ (Client) เรียกใช้ผ่านทางเครือข่ายทั้ง 3 รูปแบบ ภายใต้สภาพแวดล้อมและช่วงเวลาที่กำหนดข้างต้น ทั้งนี้ก็เพื่อจะประเมินประสิทธิภาพของคุณภาพบริการอินเตอร์เน็ทที่ได้เปรียบเทียบ รวมทั้งเพื่อเป็นนำไปใช้ในการวิเคราะห์และบ่งชี้คุณภาพของการให้บริการที่ได้ต่อไป

3.2 วิธีการประเมินผลคุณภาพของบริการ

ในการคำนวณเพื่อประเมินผลประสิทธิภาพ เราได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อที่จะวัดค่าปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าว โดยพิจารณาว่าให้จะผลลัพธ์เป็นอย่างไร จากนั้นนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับคุณภาพของบริการผ่านเครือข่ายภาคพื้นดินทั้งสองรูปแบบ โดยการคำนวณจะใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ตรวจจับแพ็กเกจ (Packet) ของข้อมูล จากนั้นนำมาหาค่าเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูล รวมทั้งคำนวณหาแบนด์วิทที่ใช้ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 แบบ ดังที่กำหนดในหัวข้อ 3.1 (รูปที่ 3.1 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ) เพื่อทำการเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปจากผลที่ได้จากการทดลองเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 แบบ ภายใต้สภาพแวดล้อมและเวลาใช้งานที่แตกต่างกันดังกล่าวข้างต้น

3.2.1 การคำนวณค่าพารามิเตอร์

จากรูปแบบของเครือข่ายที่กำหนด สามารถเขียนเป็นแผนภาพเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.4 – 3.6 โดยการคำนวณจะทำโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นที่ฝั่งของไคลเอนต์ เพื่อที่จะวัดค่าเวลาและแบนด์วิทที่ใช้ ในการส่งผ่านข้อมูล



รูปที่ 3.4 เวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม

จากรูปที่ 3.4 สามารถแสดงเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม ได้ดังนี้

t1 = เวลาที่ใช้ในการส่งจากไคลเอนต์ไปยังไอเอสพี

t2 = เวลาที่ใช้ในการส่งจากไอเอสพีมายังเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t3 = เวลาที่ใช้ในการส่งจากเซิร์ฟเวอร์ไปยังไอเอสพี

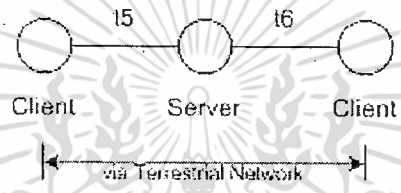
t4 = เวลาที่ใช้ในการส่งจากไอเอสพีมายังไคลเอนต์

ซึ่งเวลา t1 t2 และ t3 เป็นเวลาที่ส่งผ่านเครือข่ายภาคพื้นดิน ส่วน t4 เป็นเวลาที่ส่งผ่านเครือข่ายดาวเทียม

สำหรับแผนภาพแสดงเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านเกตเวย์ของเครือข่าย แสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งกำหนดดังนี้

t5 = เวลาที่ใช้ในการส่งจากไคลเอนต์ไปยังเซิร์ฟเวอร์

t6 = เวลาที่ใช้ในการส่งจากเซิร์ฟเวอร์มายังไคลเอนต์



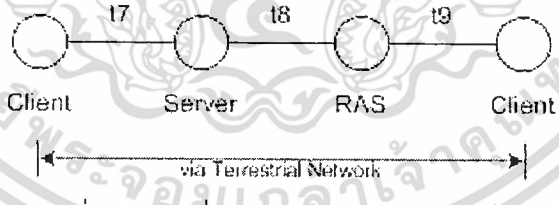
รูปที่ 3.5 เวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านเกตเวย์ของเครือข่าย

ส่วนรูปที่ 3.6 เป็นเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตระยะไกลผ่านโมเด็ม ซึ่งกำหนดดังนี้

t7 = เวลาที่ใช้ในการส่งจากไคลเอนต์ไปยังเซิร์ฟเวอร์

t8 = เวลาที่ใช้ในการส่งจากเซิร์ฟเวอร์ไปยัง RAS

t9 = เวลาที่ใช้ในการส่งจาก RAS มายังไคลเอนต์



รูปที่ 3.6 เวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตระยะไกลผ่านโมเด็ม

เวลาที่สนใจในการนำมาวิเคราะห์ คือ เวลาตอบสนอง (Response time) ทั้งหมด นับตั้งแต่เวลาตั้งแต่ไคลเอนต์ทำการร้องขอแอปพลิเคชั่น จนกระทั่งเซิร์ฟเวอร์ทำการส่งแอปพลิเคชั่นที่ทำการร้องขอมาให้ไคลเอนต์จนหมดเสร็จสมบูรณ์ โดยกำหนดให้

$$\text{Response time (TS)} = t3 + t4 = t6 = t8 + t9$$

โดยค่าเวลาตอบสนองนี้ จะทำการวัดที่ฝั่งไคลเอนต์ โดยโปรแกรมจะทำการวัดค่าเวลาตั้งแต่เริ่มส่งคำร้องขอจนกระทั่งได้รับข้อมูลนั้นจนหมด โดยค่าเวลาที่สนใจในการทดลองมีด้วยกัน 3 ค่า ดังนี้

TSc เป็นเวลาที่ไคลเอนต์ส่งคำร้องขอไปยังเซอร์เวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TSs เป็นเวลาที่ไคลเอ็นต์ได้รับข้อมูลไบท์แรกที่เซอร์ฟเวอร์ทำการส่งกลับมา

TRc เป็นเวลาที่ไคลเอ็นต์ได้รับข้อมูลจนหมด

โดยที่ค่าเวลา TSc TSs และ TRc หาได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในส่วนของการวัดคุณภาพของบริการ ซึ่งนำมาใช้ในการหาค่าเวลาตั้งแต่ไคลเอนต์ได้รับข้อมูลไบท์แรก จนกระทั่งได้รับข้อมูลนั้นจนครบ (TS) ซึ่งเป็นตัวบอกถึงเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการรับข้อมูล (หรือเวลาตอบสนอง) ดังสมการ

$$TS = TRc - TSs$$

อีกปัจจัยที่พิจารณาในการประเมินประสิทธิภาพคือ ปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) ซึ่งใช้อธิบายถึงอัตราการส่งข้อมูลเทียบกับเวลาตอบสนอง ดังสมการ

$$Throughput = Data\ Length / TS$$

โดยที่ Data Length คือจำนวนบิตของข้อมูล ซึ่งหาได้จากส่วนหัวของ Http (MIME Header)

สำหรับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ (Utilization) ซึ่งใช้บ่งบอกประสิทธิภาพการใช้แบนด์วิท โดยถ้าค่า Utilization สูง แสดงว่าสามารถส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็วที่ใกล้เคียงกับแบนด์วิทที่กำหนด ซึ่งคำนวณได้จาก

$$Utilization = \frac{Throughput}{Transmission\ rate}$$

โดยที่ Transmission rate คืออัตราเร็วในการส่งข้อมูลที่กำหนด (หรือแบนด์วิทของลิงก์) ซึ่งในแต่ละประเภทของการเชื่อมต่อ จะมีอัตราที่ไม่เท่ากัน โดยในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมที่ใช้บริการในการทดลอง จะมีแบนด์วิทของลิงก์เท่ากับ 115.2 kbps สำหรับแบนด์วิทของลิงก์ในเครือข่ายที่เชื่อมต่อผ่านเราท์เตอร์ของสถาบันฯ ณ. ห้องปฏิบัติการวิจัยสื่อประสมและโลกเสมือน (MVLab) ซึ่งต่อผ่านเครือข่าย LAN มีค่าเท่ากับ 10 Mbps สำหรับการเชื่อมต่อระยะไกลผ่านโมเด็ม จะกำหนดความเร็วของลิงก์โดยเฉลี่ยไว้ที่ 56 kbps

ดังนั้น การหาค่าการใช้ประโยชน์ จึงเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของลิงก์แต่ละประเภทว่า ความเร็วที่ได้รับเมื่อเทียบกับแบนด์วิทที่กำหนดได้เป็นอย่างไร ซึ่งขึ้นกับปริมาณโหลดที่ใช้งานด้วยเช่นกัน สำหรับแอปพลิเคชั่นที่กำหนดใช้ในการทดลองเป็นประเภท Light weight data หรือแอปพลิเคชั่นในการส่งข้อมูลเว็ปเพจ (Web document transfer) เฉพาะข้อมูลประเภทข้อความ (Text)

3.2.2 วิธีการทดลอง

ในการทดลองจะทำการจัดสภาพแวดล้อมโดยเชื่อมต่ออุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.1 3.2 และ 3.3 โดยวัดค่าข้อมูลของแอปพลิเคชั่นในลักษณะแบบปลายถึงปลาย (End-to-end) การประมวลผลกระทำที่ฝั่งไคลเอนต์ โดยทำการร้องขอแอปพลิเคชั่นข้อมูลไปยังฝั่งเซอร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวัดค่าการหน่วงเวลา จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- การหน่วงเวลาในการส่งต่อ (Transit delay)
- การหน่วงเวลาในการส่งผ่าน (Transmission delay)
- การหน่วงเวลาในเครือข่าย (Network delay)

ค่าประวิงเวลาที่มีผลต่อลิงค์ดาวเทียม คือ การประวิงเวลาในการส่งซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และขึ้นอยู่กับระยะทางที่เดินทาง ซึ่งลิงค์ดาวเทียมมีค่าสูงมากและ ส่งผลกระทบต่อการตอบสนอง ส่วนค่าประวิงเวลาในการส่งผ่าน และ ค่าประวิงเวลาใน เครือข่ายนั้น เนื่องจากการทดลอง เป็นการส่งแบบปลายถึงปลาย ซึ่งกำหนดจุดที่ทำการเชื่อมต่อไว้แน่นอนก่อนทำการส่ง ดังนั้นค่าประวิงเวลาทั้งสองไม่ส่งผลกระทบกับการส่งผ่านมากนัก

ในการทดลอง โปรแกรมที่พัฒนาจะทำการวัดค่าต่างๆ ดังนี้

- เวลาทั้งหมดที่ใช้ตั้งแต่ทำการร้องขอแอปพลิเคชั่นจนกระทั่งได้รับข้อมูลมาแสดงผล
- อ่านค่าเฮดเดอร์ของ HTTP เพื่อหาขนาดของข้อมูล
- เวลาที่เซิร์ฟเวอร์ใช้ในการส่งแอปพลิเคชั่นที่ทำการร้องขอกลับมายังไคลเอนต์

เมื่อได้ค่าดังกล่าวแล้ว โปรแกรม จะทำการคำนวณ เพื่อหาปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) ตามสมการที่กำหนดในหัวข้อ 3.2.1

การทดลองทำโดยการส่งไฟล์ข้อมูลหรือแอปพลิเคชั่นที่มีขนาดต่างกัน โปรแกรมสามารถพล็อตกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ ดังนี้

- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่เซิร์ฟเวอร์ใช้ในการส่งแอปพลิเคชั่นให้ไคลเอนต์กับขนาดของข้อมูล
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง ปริมาณงาน กับ ขนาดของข้อมูล
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพการใช้ กับขนาดของข้อมูล

ในการทดลองเพื่อวัดว่าสำหรับใช้ในการคำนวณดังกล่าว จะกระทำภายใต้สภาพแวดล้อมในการใช้งานที่แตกต่างกันสำหรับการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม เพื่อพิจารณาว่า สภาพภูมิอากาศและช่วงเวลาในการใช้งานตามสภาพทราฟฟิก ส่งผลกระทบต่อการสูญเสีย (Loss) ซึ่งมีผลต่อคุณภาพการบริการที่ได้รับอย่างไร โดยเงื่อนไขสภาพแวดล้อมที่ใช้ทดลองแบ่งเป็น 3 ลักษณะดังนี้

- ช่วงเวลาใช้งานปกติ (Normal load) คือช่วงเวลา 8.30 – 11.30 น. และ 13.30 – 16.30 น.
- ช่วงเวลาการใช้งานสูงสุด (Peak load) คือช่วงเวลา 11.30 – 13.30 น.
- ช่วงเวลาที่มีฝนตก (Rainfall effect) คือช่วงที่เกิดฝนตก และยังสามารถรับสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ

ในการศึกษาทดลองของโครงการวิจัยนี้ เราได้พัฒนาโปรแกรมขึ้นเพื่อตรวจหาค่าปัจจัยดังกล่าวภายใต้วิธีการคำนวณข้างต้น โดยภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมจะเป็นโครงสร้างทางภาษาที่เป็นแบบออปเจ็ค (Object-oriented program) คือภาษาจาวา (Java) ซึ่งใช้ในการเขียนโค้ด (Code) และใช้โปรแกรม JBuilder เป็นเครื่องมือในการคอมไพล์ (Compile) และดีบัก (Debug) อันเนื่องจากข้อดีดังนี้

- สามารถออกแบบส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ได้ง่าย เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเขียนโค้ดในส่วนนี้เอง ทางโปรแกรมมีรูปแบบซึ่งสามารถดึงมาใช้ได้เลย
- มี Library ที่เกี่ยวข้องกับส่วนที่ต้องการให้เลือกมากมาย สะดวกแก่การใช้ ไม่ต้องสร้างฟังก์ชั่นเอง ซึ่งช่วยลดเวลาในการพัฒนาลง
- สามารถสร้างการทำงานแบบมัลติเทรด (Multithread) ได้ง่าย เพราะมี Class รองรับอยู่แล้ว
- โครงสร้างทางภาษาเป็นแบบอ๊อปเจ็ค (Object-oriented) ทำให้การออกแบบซ่อนความซับซ้อนไว้ภายใน จึงสามารถตรวจสอบโปรแกรมและหาข้อผิดพลาดได้ง่าย
- โปรแกรม JBuilder สามารถตรวจสอบข้อผิดพลาดทางไวยากรณ์ พร้อมทั้งแสดงผลและส่วนที่เกิดความผิดพลาด ทำให้เกิดความรวดเร็วในการแก้ไขส่วนที่ผิดพลาด

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง มีรายละเอียดแบ่งออกได้ ดังนี้

- ฮาร์แวร์คอมพิวเตอร์
  - CPU: Pentium III 700 MHz
  - RAM: 128 Mbytes
  - Hard disk: 20 GB
  - NIC: RealTek RTL8139(A) PCI Fast Ethernet Adapter
- อุปกรณ์เชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม (NetTurbo)
  - จานรับสัญญาณดาวเทียม แบบ DTH ขนาด 60 ซ.ม. พร้อมอุปกรณ์ขยายสัญญานรบกวนต่ำ (LNB)
  - โมเด็มการ์ดสำหรับแปลงสัญญานดาวเทียม (BroadLogic ABA2030 Adapter)
  - โมเด็มสำหรับเครือข่ายโทรศัพท์ (Diamond Supra Express Modem 56 kbps)
- ซอฟท์แวร์
  - ระบบปฏิบัติการ Window 2000 Advance Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Borland JBuilder 6 Enterprise สำหรับพัฒนาโปรแกรมในการประเมินประสิทธิภาพ
- Microsoft Excel สำหรับพล๊อตกราฟผลการทดลอง

3.3.1 การออกแบบโปรแกรม

- ส่วนของโปรแกรมหลัก (Main Program)

โปรแกรมหลักจะเป็นส่วนเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม โดยทำหน้าที่สร้างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ซึ่งส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้จะเป็นส่วนที่ใช้กำหนดส่วนอื่นๆ ทั้งหมดให้ทำงาน (ดังรูปที่ 3.7) ซึ่งจะกล่าวต่อไป

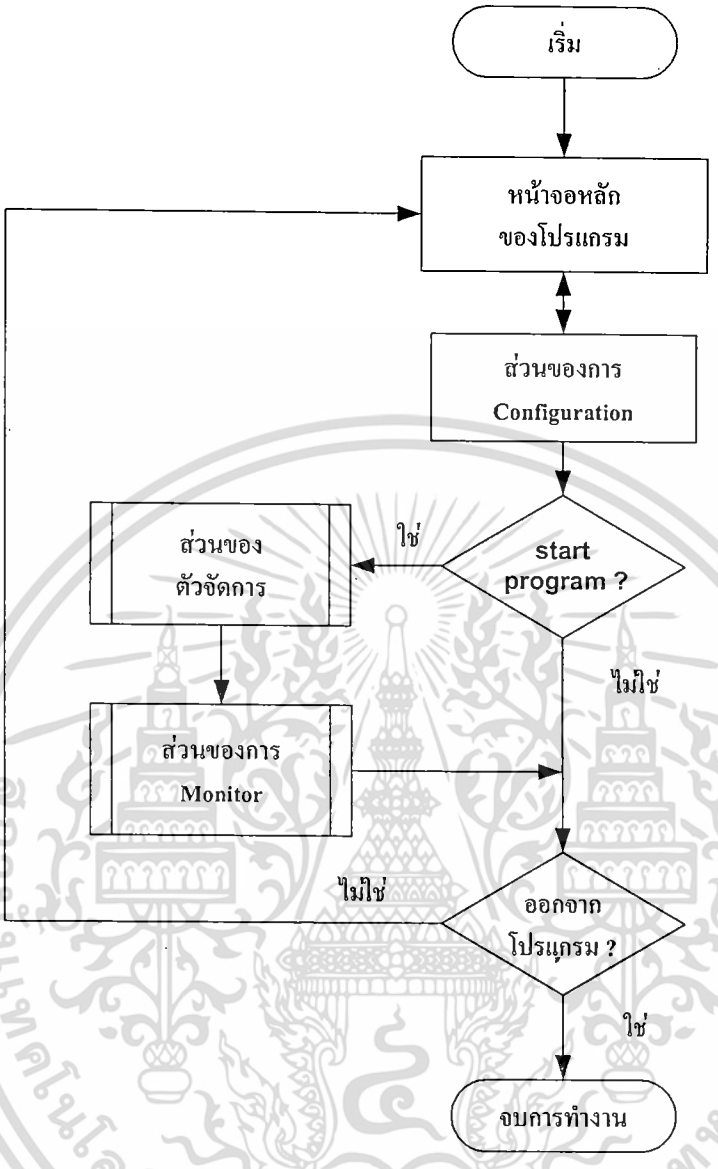
รูปที่ 3.7 ส่วนของโปรแกรมหลัก

- ส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

ในส่วนนี้จะใช้ในการแสดงสถานะของการเชื่อมต่อว่าอยู่ในสถานะใด โดยที่ในส่วนของการกำหนดค่า (Configuration) ผู้ใช้สามารถป้อนแอดเดรส (Address) ในลักษณะของ URL ว่าต้องการให้โปรแกรมตรวจวัดหาพารามิเตอร์ที่ใด (ในการทดลองจะทำการระบุแอดเดรสที่แน่นอนที่ทำการทดลอง) และจะทำการกำหนดแอปพลิเคชั่นที่ต้องการ เพื่อที่โปรแกรมจะได้ทำการวัดเลือกโปรโตคอลถูกต้องว่าเป็นทีซีพีหรือยูดีพี และทำการเลือกว่าจะเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตในรูปแบบใด จากนั้นโปรแกรมจะเก็บข้อมูลไว้เพื่อส่งต่อให้ส่วนของตัวจัดการทำงานนำมาแสดงผลเป็นกราฟความสัมพันธ์ได้อย่างถูกต้อง (ดังรูปที่ 3.8)

หน้าที่หลักของส่วนนี้ คือ แสดงหน้าจอการปรับแต่งค่าตัวแปร (Configuration) และแสดงหน้าจอที่ใช้ตรวจสอบ (Monitor) ว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นอย่างไร พร้อมทั้งแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้

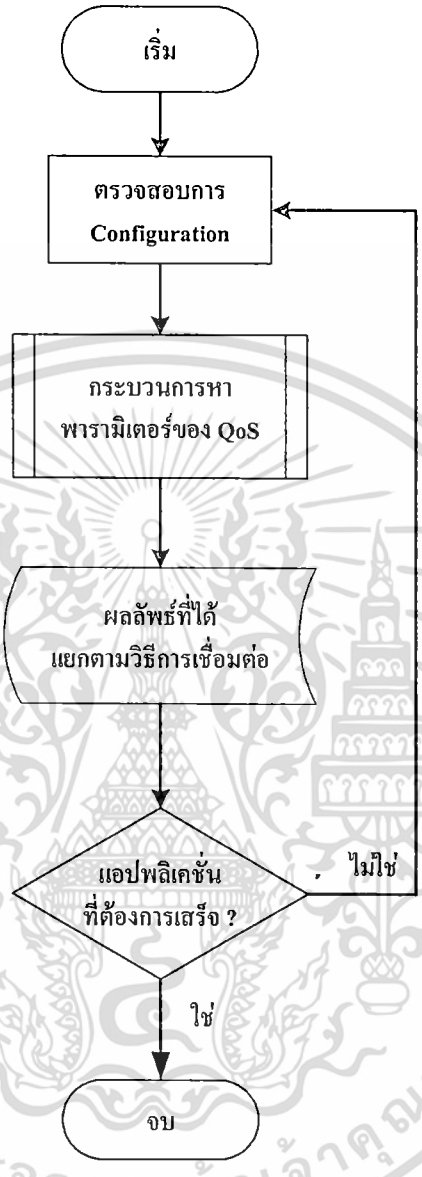
- ส่วนของตัวจัดการ

ในส่วนของตัวจัดการ (ดังรูปที่ 3.9) จะทำการตรวจสอบการตั้งค่าว่าถูกต้องหรือไม่ โดยค่าที่กำหนดประกอบด้วย แอดเดรส หรือ URL ของแอปพลิเคชั่นที่ต้องการ โดยหลัก ๆ คือ ประเภทของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต และสภาพแวดล้อมที่ต้องการตรวจสอบ เนื่องจากการทดลองจะทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของคุณภาพการบริการเทียบกับขนาดข้อมูล ดังนั้นโปรแกรมสามารถกำหนดค่าของแอดเดรสได้พร้อมกันหลายค่า เพื่อที่จะวัดแอปพลิเคชั่นที่มีขนาดข้อมูลที่แตกต่างกันได้

เมื่อตรวจสอบค่าที่กำหนดเรียบร้อยแล้ว จะเรียกกระบวนการหาค่าพารามิเตอร์ของ QoS โดยกระบวนการนี้จะทำการหาค่าที่จำเป็นในการประเมินประสิทธิภาพหาคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ต ได้แก่ ขนาดข้อมูล และเวลาในการตอบสนอง โดยจะแบ่งแยกตาม ประเภทของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต พร้อมส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ออกมาเพื่อให้ส่วนของการแสดงผลทางหน้าจอ (Monitor) จัดการคำนวณหาคุณภาพการบริการและแสดงผลที่ได้จากการทดลอง



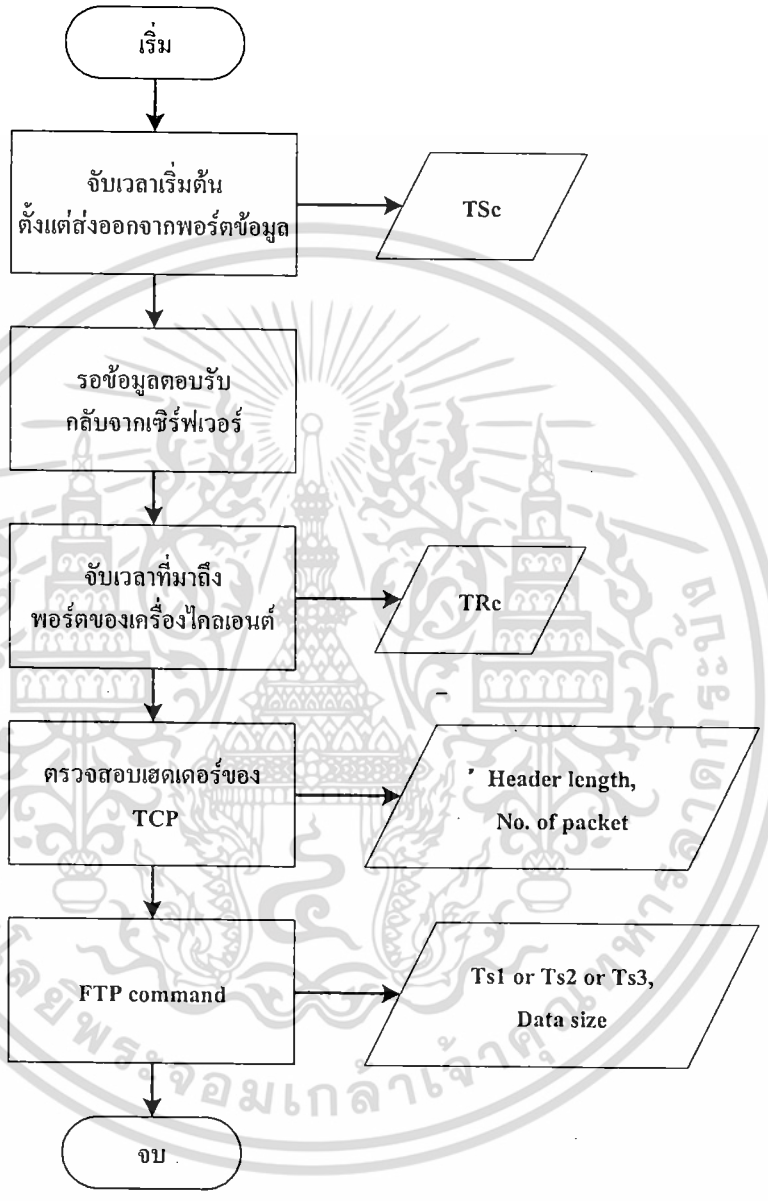
รูปที่ 3.9 ส่วนของการจัดการ

- กระบวนการหาพารามิเตอร์ของ QoS

ในกระบวนการนี้ จะทำการวัดหาค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ต สำหรับแอปพลิเคชั่นที่ใช้โปรโตคอล HTTP อันได้แก่ ข้อมูลประเภทเว็บเพจ (ดังรูปที่ 3.10) โดยโปรแกรมจะทำการจับเวลาเริ่มต้นตั้งแต่ข้อมูลออกจากพอร์ต (Port) ทางฝั่งของไคลเอนต์ (TSc) จนกระทั่งข้อมูลไบท์แรกถูกส่งจากเซอร์ฟเวอร์กลับมาให้ไคลเอนต์ (TSs) จนได้ค่าเวลาที่เซิร์ฟเวอร์ตอบข้อมูลกลับมาให้ไคลเอ็นต์จนหมด (TRc) หรือเรียกเวลาทั้งหมดว่าเป็น เวลาในการตอบสนอง (Response time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้น โปรแกรมจะทำการอ่านค่าเฮดเดอร์ (Header) ของ HTTP ซึ่งจะได้ค่าจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ว่ามีไอพีแอดเดรส (IP Address) อะไร ขนาดของข้อมูล (Data length) และประเภทของข้อมูล (Data type) เป็นอะไร โดยที่ค่าที่ได้ทั้งหมด จะแสดงที่หน้าจอสถานะ (Status) รวมถึงข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นด้วยเช่นกัน



รูปที่ 3.10 กระบวนการหาพารามิเตอร์ของ QoS

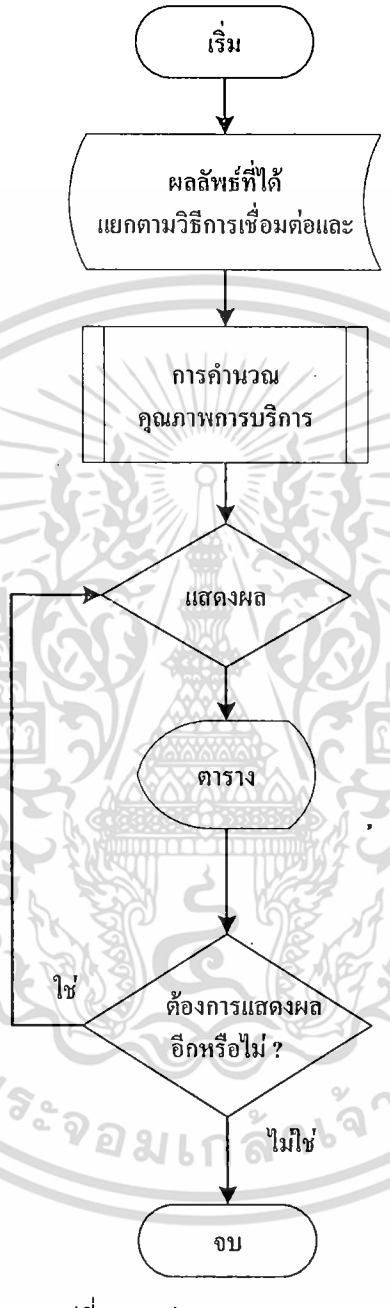
- ส่วนของการแสดงผลมอร์นิเตอร์ (Monitor)

ในส่วนนี้ ทำหน้าที่คำนวณหาคุณภาพของบริการ และแสดงผลที่ได้ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของบริการของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ (ดังรูปที่ 3.11) ในรูปของตาราง

การทำงาน เริ่มจากนำผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนของตัวจัดการ ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จะใช้ในการหาคุณภาพการบริการ มาผ่านกระบวนการคำนวณหาคุณภาพการบริการ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ ข้อมูลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บความสัมพันธ์ระหว่างค่าของคุณภาพการบริการ อันได้แก่ เวลาที่เซิร์ฟเวอร์ใช้ในการส่งแอปพลิเคชั่นให้ไคลเอนต์ ปริมาณงานสำเร็จ และผลคูณของค่าประวิงเวลากับแบนด์วิท เมื่อเทียบกับขนาดข้อมูลและประเภทของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตซึ่งแสดงในรูปแบบความสัมพันธ์ในลักษณะตาราง

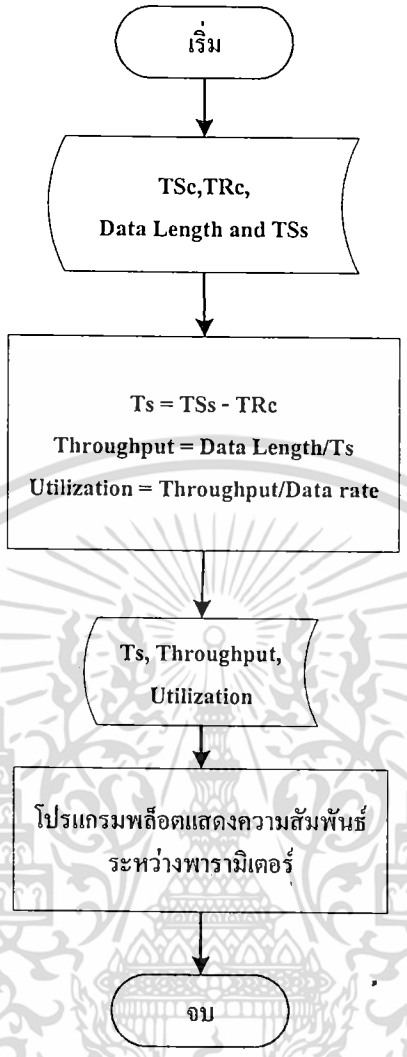


รูปที่ 3.11 ส่วนของการ Monitor

- โปรแกรมย่อยคำนวณคุณภาพการบริการ

โปรแกรมย่อยในส่วนนี้ (ดังแสดงในรูปที่ 3.12) มีหน้าที่ในการคำนวณคุณภาพการบริการจากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลอง (TSc, TRc, Data Length, TSs) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการบริการ อันได้แก่ เวลาที่เซิร์ฟเวอร์ใช้ในการส่งแอปพลิเคชั่นให้ไคลเอนต์ (TS) ปริมาณงาน และการใช้ประโยชน์ ตามสามการที่กำหนดในหัวข้อ 3.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 โปรแกรมย่อยคำนวณคุณภาพการบริการ

โดยเริ่มต้น โปรแกรม จะทำการคำนวณหา คุณภาพการบริการ จากพารามิเตอร์ที่ได้ จากส่วนของตัวจัดการ โดยนำค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ TSc TRc และ Data length มาคำนวณหาคุณภาพการบริการได้ตามสมการที่กำหนด ดังนี้

Ts = TRc - TSs

Throughput = Data Length/Ts

Utilization = Throughput / Transmission rate

- โปรแกรมพล็อตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์

โปรแกรมส่วนนี้จะใช้ Microsoft Excel ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมวัดค่ามาไว้ในไฟล์ฐานข้อมูล และนำข้อมูลดังกล่าวออกมาแสดงความสัมพันธ์ในเชิงคุณภาพของบริการ โดยจะแสดงผลในรูปแบบของกราฟ ซึ่งข้อมูลที่จะแสดงมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาตอบสนองโดยรวม (TS) กับขนาดของข้อมูล (Data Length)
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณงานสำเร็จ กับ ขนาดของข้อมูล
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประสิทธิภาพการใช้งาน (Utilization) กับขนาดของข้อมูล

โดยจะทำการเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศที่มีฝนตก และช่วงเวลาการใช้งาน ในช่วงโหลดปกติ และช่วงโหลดสูงสุด

3.3.2 การพัฒนาโปรแกรม

จากการออกแบบโปรแกรมข้างต้น งานวิจัยได้พัฒนาแอปพลิเคชั่นโดยใช้ซอฟท์แวร์ Borland JBuilder 6 Enterprise เป็นเครื่องมือ ซึ่งมีวิธีในการสร้าง และมีส่วนประกอบของโปรแกรม ดังนี้

- การสร้างส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้ (User interface)

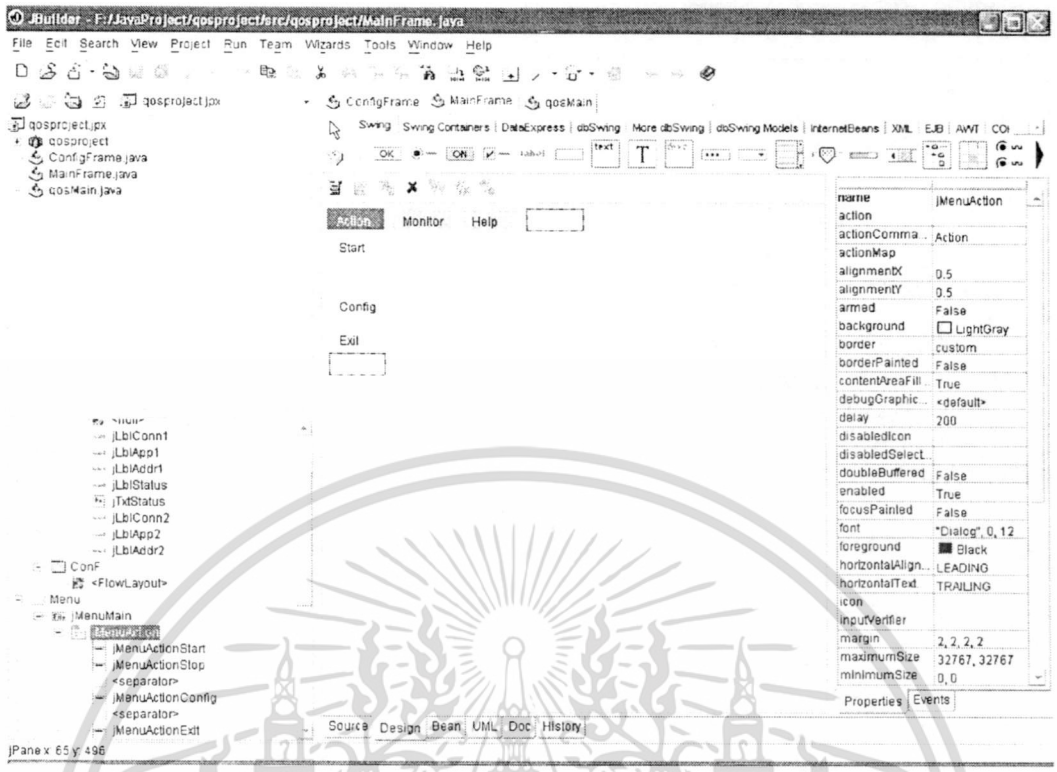
ในกาสร้างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ JBuilder นั้นสามารถทำได้ง่าย เนื่องจากเครื่องมือ ดังกล่าวได้อำนวยความสะดวก ในการสร้างรูปแบบของหน้าจอ ปุ่ม และส่วนต่าง ๆ โดยพิจารณาเป็นวัตถุ (Object) หนึ่งที่ JBuilder สร้างไว้ให้ มาวาง ณ ตำแหน่งที่เรากำหนดและสามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ตามต้องการ รวมถึงการกำหนดรูปแบบของการจัดวางและเหตุการณ์ที่เชื่อมโยงกับวัตถุนั้น

- ในการสร้างส่วนการติดต่อกับผู้ใช้นั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ
- ส่วนของเมนู (Menu)

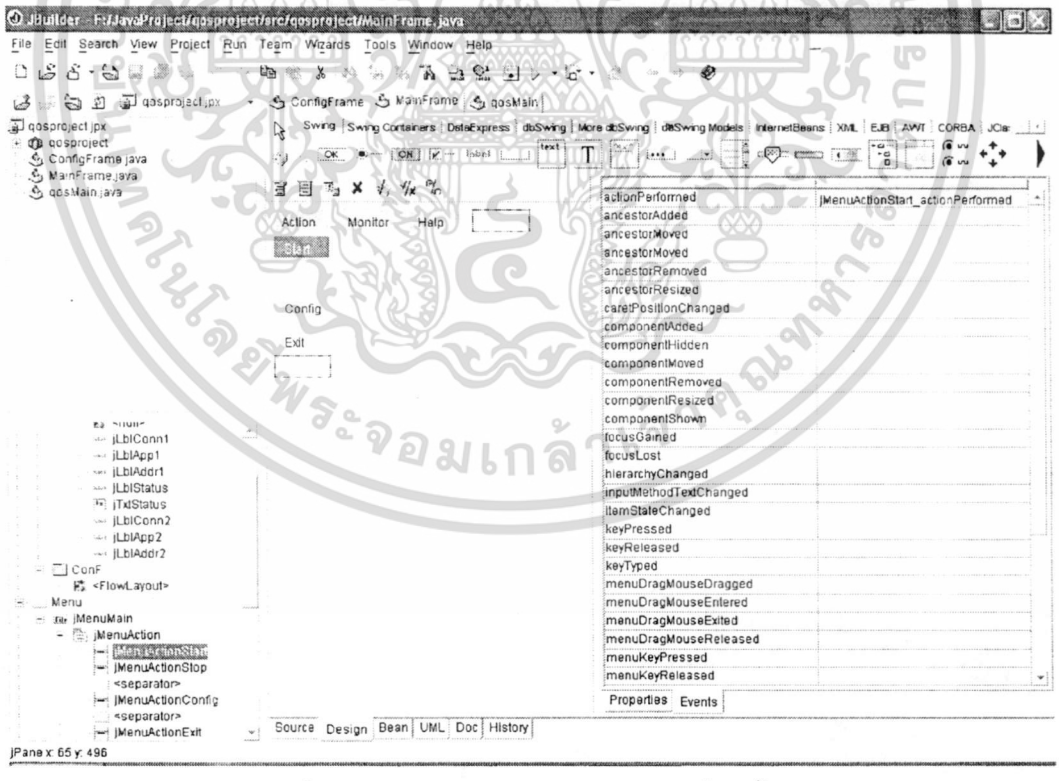
โปรแกรม JBuilder ได้อำนวยความสะดวกในการสร้างเมนูเช่นกัน โดยขั้นแรกจะต้องเลือกแถบข้างเครื่องมือให้อยู่ในโหมดของการออกแบบ (Design) แล้วทำการเลือกที่เมนู (Menu) ในส่วนของหน้าต่าง Structure ทางด้านซ้ายล่างของหน้าจอ ดังรูปที่ 3.13

ในการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในเมนูนั้น สามารถทำได้โดยตรง โดยทำการคลิกเมาท์ไปยังส่วนของเมนูหลักที่ต้องการเพิ่ม แล้วพิมพ์ชื่อของเมนูย่อยเข้าไปโดยตรง JBuilder จะทำการสร้างส่วนที่เกี่ยวข้องในการร้างเมนูนั้นให้โดยอัตโนมัติ จากนั้นเมื่อต้องการเชื่อมโยงเมนูย่อยกับเหตุการณ์ที่กระทำกับเมนูนั้น วิธีการหนึ่งคือเลือกหน้าต่างด้านขวามือสุด ซึ่งสามารถเลือก Properties กับ Events ได้ ให้ทำการเลือก Event ที่ต้องการ เช่น รูปที่ 3.14 ทำการเลือก Action Performed Event โดยเมื่อเหตุการณ์ที่มีการเลือกเมนูย่อยนั้นจะกระโดดไปส่วนของโปรแกรมย่อยนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 หน้าต่างของ JBuilder ในการสร้างส่วนของเมนู



รูปที่ 3.14 การเลือกจัดการกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเลือกเหตุการณ์ดังรูปแล้ว JBuilder จะเพิ่มฟังก์ชั่นที่เชื่อมโยงกับเหตุการณ์นั้นให้ แล้วกระโดดไปยังส่วนของโหมด Source ให้ เพื่อเพิ่มโค้ดที่ต้องการ เมื่อเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว ดังรูปที่ 3.15

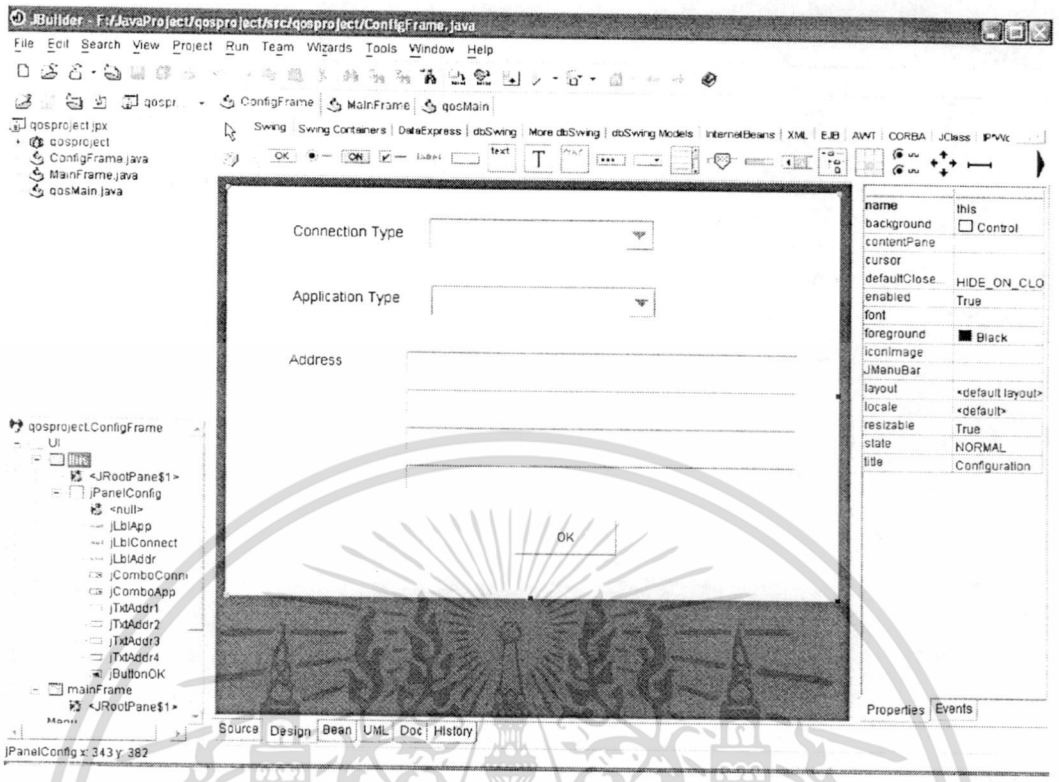
```
void jMenuActionStart_actionPerformed(ActionEvent e)
{
  String connRecv, appRecv ;
  if (ConF.jComboConnect.getSelectedItem()==connect[0])
    jLblConn2.setText(connect[0]);    //connRecv=connect[0];
  if (ConF.jComboConnect.getSelectedItem()==connect[1])
    jLblConn2.setText(connect[1]);    // connRecv=connect[1];
  if (ConF.jComboConnect.getSelectedItem()==connect[2])
    jLblConn2.setText(connect[2]);    //connRecv=connect[2];
  if (ConF.jComboApp.getSelectedItem()==app[0])
    jLblApp2.setText(app[0]);   //appRecv= app[0];
  if (ConF.jComboApp.getSelectedItem()==app[1])
    jLblApp2.setText(app[1]);  //appRecv=app[1];
  if (ConF.jComboApp.getSelectedItem()==app[2])
    jLblApp2.setText(app[2]);  //appRecv=app[2],

    qm =new QoSManager(this);
    qm.SetFrame(this);
    new Thread(qm,"qos manager").start();
  //  qm.start.getDate();
    StopServer=false;
    jMenuActionStart.setEnabled(false);
    jMenuActionStop.setEnabled(true);
}
```

รูปที่ 3.15 แสดงส่วนของการสร้างโค้ดเมื่อเลือกเหตุการณ์ที่เชื่อมโยงกับเมนู

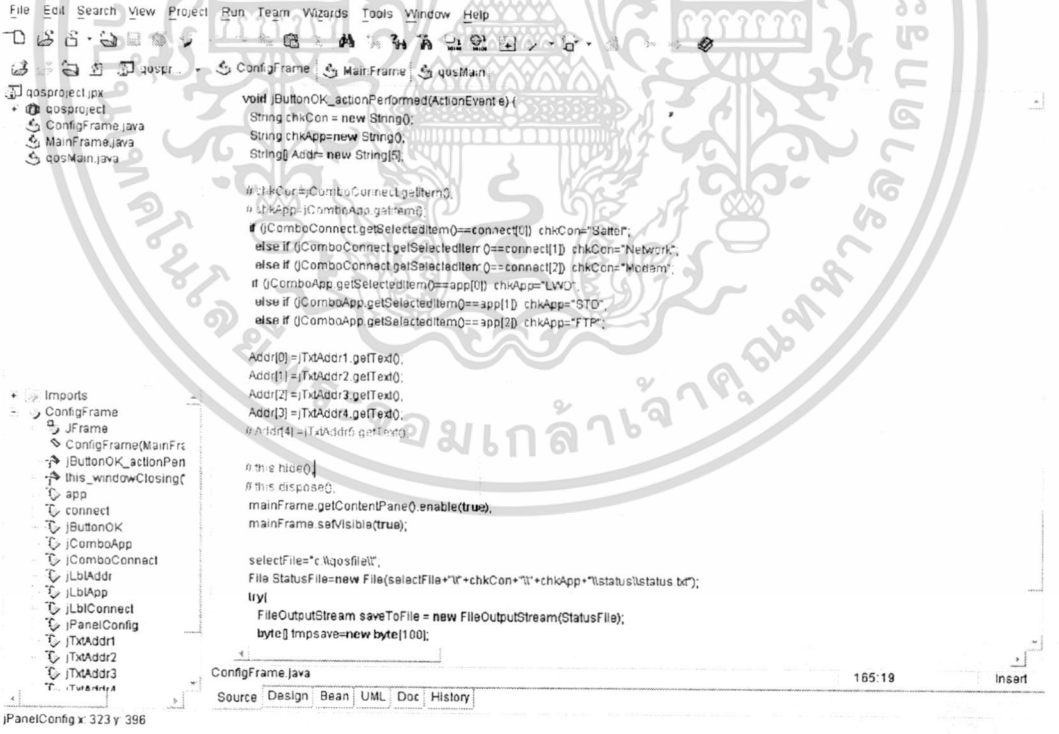
- ส่วนของปุ่ม (Button) พื้นที่ตัวอักษร (Text area) ลาเบล (Label) และออปเจ็คอื่น (Objects)

ในการสร้างส่วนของหน้าจอหลักที่ไม่ใช่เมนูนั้น จะทำการเลือกโหมด Design เช่นกัน ส่วนหน้าต่าง Structure ให้เลือกที่ UI จะปรากฏเป็นกรอบสี่เหลี่ยมว่าง ๆ ไว้ จากนั้น ทำการเลือกวัตถุที่ต้องการนำมาวางไว้บนหน้าต่างจากแถบวัตถุเหนือหน้าต่างที่ใช้ในการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ไม่ว่าจะเป็นปุ่ม พื้นที่ตัวอักษร เพลน ลาเบล หรือ วัตถุอื่น มาจัดวางตามต้องการ โดยสามารถเลือกรูปแบบที่จัดวางได้จากส่วนของ Properties หน้าต่างด้านขวามือ ให้เลือกที่ Layout ดังรูปที่ 3.16 ซึ่งเมื่อทำการวางวัตถุใดบนเพลนแล้ว JBuilder จะทำกาสร้างโค้ดไว้ในส่วนของ Source ไว้เช่นกัน โดยการเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ต่าง ๆ สามารถเลือกได้ที่กรอบด้านขวามือของส่วนของ Events เช่นกัน เมื่อเลือกเหตุการณ์แล้วจะเข้าส่วนของ Source ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ส่วนของปุ่มควบคุม และพื้นที่การสร้างงาน



รูปที่ 3.17 แสดงส่วนของการสร้างโค้ดเมื่อเลือกเหตุการณ์ที่เชื่อมโยงกับปุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าการสร้างส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ JBuilder สามารถทำได้ง่ายมาก โดยไม่จำเป็นต้องเขียนโค้ดในส่วนของการสร้างหน้าจอต่าง ๆ เลย โดยเขียนเพียงส่วนที่ต้องการกระทำ เมื่อเกิดเหตุการณ์ใด ๆ กับวัตถุนั้น ๆ

3.3.3 รูปแบบและการใช้งานโปรแกรม

จากวิธีการในการพัฒนาโปรแกรมในหัวข้อ 3.3.2 โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมคือ Java JBuilder6 ซึ่งใช้โครงสร้างของภาษา Java แล้วนั้น ในหัวข้อนี้จะเป็นแสดงรูปแบบการใช้งานของโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น แต่เนื่องจากว่าเราไม่สามารถจะคอมไพล์ภาษา Java เป็นไฟล์ที่สามารถทำงานได้เลย (Execute File) ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการรัน (Run) โปรแกรมผ่านตัว JBuilder โดยตรง เนื่องจากโปรแกรมยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา ซึ่งมีข้อดีคือสามารถทำการแก้ไข และปรับเปลี่ยนโปรแกรมได้ง่ายเมื่อมีข้อผิดพลาดขึ้น

- ส่วนของเมนูหลัก

การติดต่อกับระบบคุณภาพการบริการ จะติดต่อผ่านที่ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) โดยโปรแกรมจะมีหน้าจอหลักดังรูปที่ 3.18 จากรูปจะแบ่งหน้าจอออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของเมนูบาร์ และหน้าต่างสถานะ (Status) ซึ่งแสดงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับโปรแกรมระบบคุณภาพการบริการ เพื่อใช้ดูว่าขณะนั้นมีสถานะการทำงานเป็นอย่างไร

ส่วนของเมนูบาร์จะแบ่งออกเป็น 3 เมนูหลัก

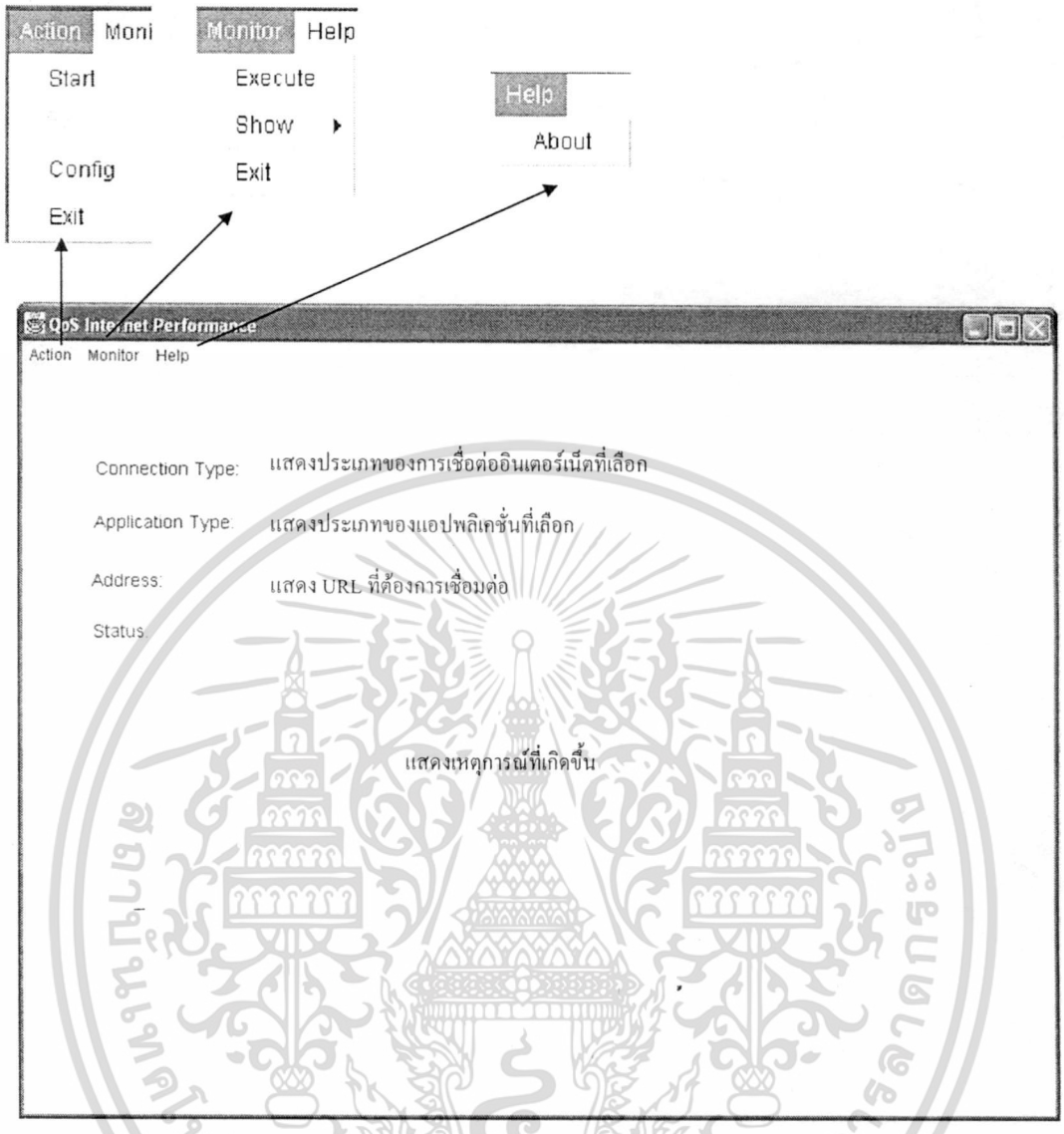
- Action
- Monitor
- Help

โดยในส่วนของ Action เมนูนั้น ยังแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ คือ

- Start
- Stop
- Configuration
- Exit

ส่วนของ Start และ Stop เป็นส่วนที่ใช้ในการสั่งงานให้โปรแกรมเริ่มทำงานและหยุดทำงาน โดยเมื่อมีการสั่งให้เริ่มทำงาน โปรแกรมจะทำการอ่านค่าเฮดเดอร์ของ HTTP แล้วแสดงผลในส่วนของสถานะว่าได้ค่าอะไรบ้าง ติดต่อกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ไอพีแอดเดรสอะไร เวลาที่เซิร์ฟเวอร์ส่งมาให้ไคลเอนต์ ขนาดของข้อมูล ประเภทของข้อมูล และเวลาที่ใช้ตั้งแต่ไคลแอนต์เริ่มทำการร้องขอจนกระทั่งได้แอปพลิเคชั่นที่เซิร์ฟเวอร์ส่งมาให้จนหมด รวมทั้งถ้ามีข้อผิดพลาดใดเกิดขึ้นจะแสดงที่หน้าจอสถานะ (Status) ด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



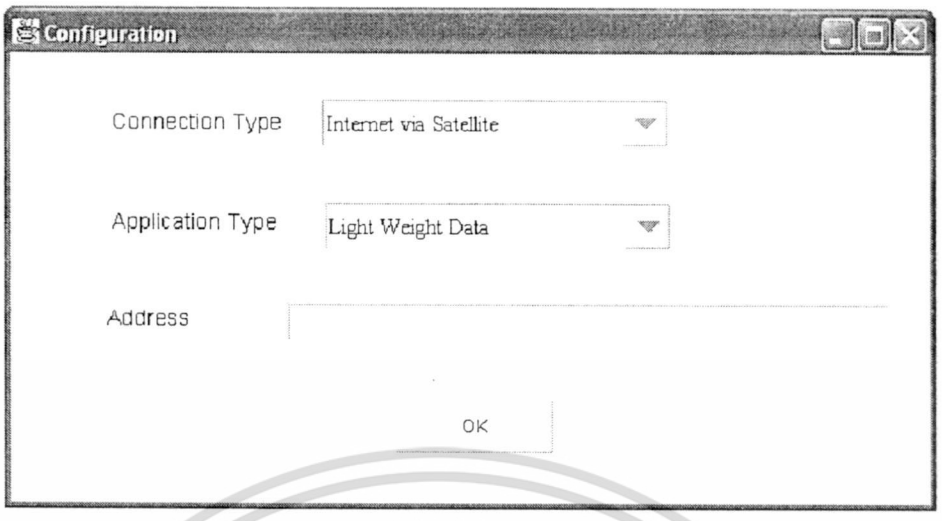
รูปที่ 3.18 หน้าจอหลักของโปรแกรม

ส่วนของการ Configuration ใช้ในการกำหนดค่าในการหาคุณภาพการบริการ โดยจะต้องเลือกประเภทการเชื่อมต่อว่าเป็นการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตประเภทไหนจาก 3 รูปแบบ ได้แก่ อินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม ผ่านเครือข่ายสถาบัน ผ่านการสื่อสารระยะไกลด้วยโมเด็ม และทำการป้อนค่าแอดเดรส (address) หรือ URL ที่ต้องการวัดค่าคุณภาพการบริการ (ดังรูปที่ 3.19)

นอกจากนี้ ยังมีส่วนของเมนู Monitor ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย คือ

- Execute เป็นส่วนเพื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณหาค่าปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) และเวลาในการตอบสนอง (Response time)
- Show เป็นส่วนที่ให้โปรแกรมนำค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณเรียบร้อยแล้ว มาแสดงผลในรูปของตาราง ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น
- Exit คือส่วนที่ใช้สำหรับการออกจากการ Monitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 ส่วนของการ Configuration

สำหรับการแสดงผล (Show) ในรูปของตาราง จะแสดงค่าในลักษณะของ Tab Pane โดยประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

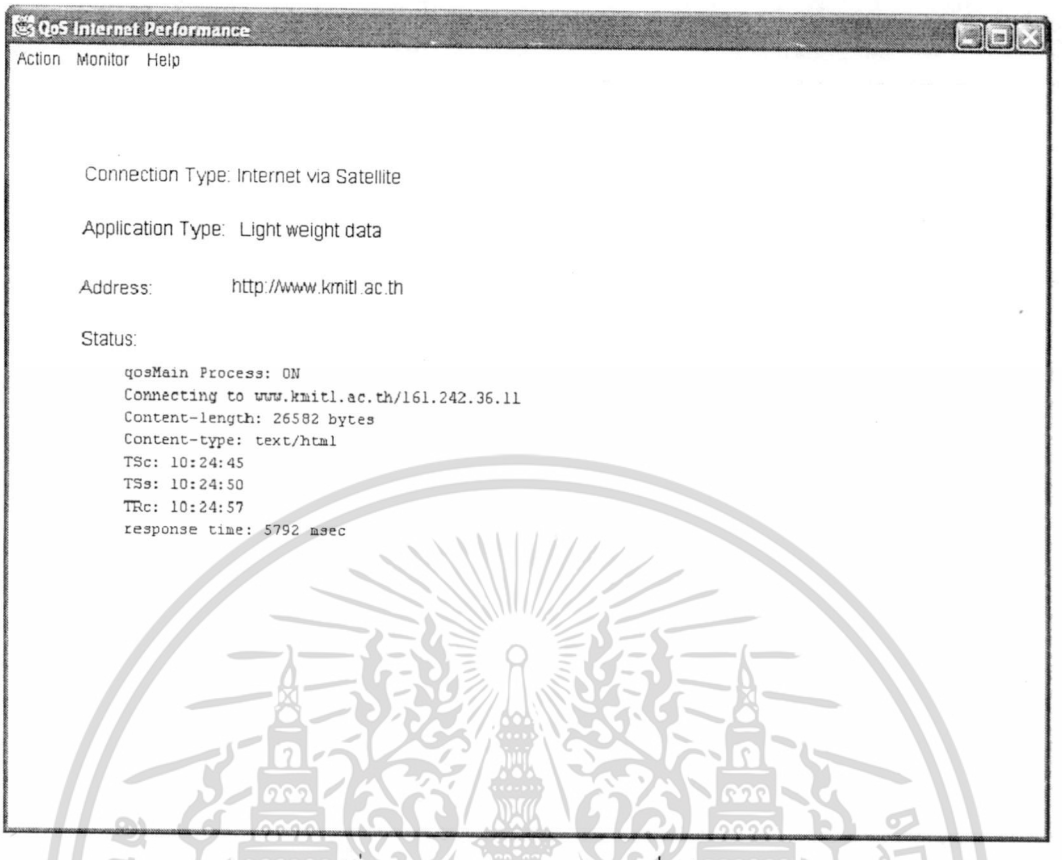
- ข้อมูลของค่าที่วัดได้จากการทดลอง (Measured value) ประกอบด้วย
  - ตารางรายละเอียดของ URL ที่ทำการวัด
  - ข้อมูลของค่าเวลาที่วัด (TSs, TRc, TS) ภายใต้รูปแบบของการเชื่อมต่อทั้ง 3 รูปแบบ และสภาพแวดล้อมในการทดลองทั้ง 3 ลักษณะ
- ข้อมูลผลลัพธ์คุณภาพของบริการ (QoS Result) ประกอบด้วย TS Throughput และ Utilization ภายใต้รูปแบบของการเชื่อมต่อทั้ง 3 รูปแบบและสภาพแวดล้อมในการทดลองทั้ง 3 ลักษณะ

อีกเมนูหนึ่งคือ เมนู Help ซึ่งแสดงเพียงรายละเอียดของโครงการและส่วนที่เกี่ยวข้อง

3.3.4 วิธีการวัดหาคุณภาพของบริการ

ในการวัดคุณภาพของบริการ จะทำโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นข้างต้น โดยจะต้องทำการตั้งค่า Configuration ก่อน โดยกำหนดว่า ต้องการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตแบบไหน เช่น การเชื่อมต่อผ่านดาวเทียม ผ่านเครือข่ายสถาบัน หรือผ่านการเชื่อมต่อระยะไกลผ่านโมเด็ม เป็นต้น จากนั้นทำการกำหนด URL ที่ต้องการเชื่อมต่อ เมื่อกำหนดค่าดังกล่าวเสร็จแล้ว จะสั่งให้โปรแกรมเริ่มทำงาน โดยโปรแกรมจะทำการอ่านค่าเฮดเดอร์ของ HTTP แล้วแสดงผลในส่วนของสถานะ (Status) ว่าได้ค่าอะไรบ้าง แสดงการติดต่อกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์โดยใช้ไอพีแอดเดรสอะไร เวลาที่เซิร์ฟเวอร์ส่งมาให้กับไคลเอนต์ ขนาดของข้อมูล ประเภทของข้อมูล และเวลาที่ใช้ตั้งแต่ไคลแอนต์เริ่มทำการร้องขอจนกระทั่งได้แอปพลิเคชั่นที่เซิร์ฟเวอร์ส่งมาให้จนครบ รวมทั้งหากมีข้อผิดพลาดใดเกิดขึ้นจะแสดงที่หน้าจอ Status ด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



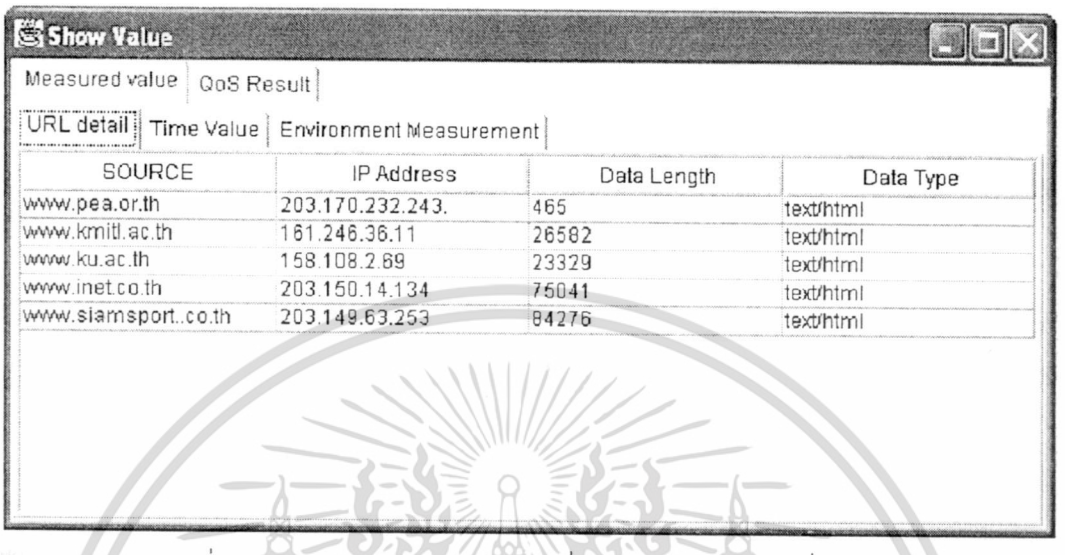
รูปที่ 3.20 สถานะค่าของข้อมูลที่วัดได้

เมื่อได้รับข้อมูลต่าง ๆ ที่เซิร์ฟเวอร์ส่งมาให้แล้ว โปรแกรมจะทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับไว้ในไฟล์(File) เมื่อสั่งให้โปรแกรมทำการคำนวณ (Execute) จากเมนู Monitor โปรแกรมจะนำไฟล์ข้อมูลนี้มาแสดงผลในรูปแบบของตารางและกราฟ ในการทดลองจะกระทำในสภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ ในช่วงฝนตก และทำการตรวจสอบในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เช่น ช่วงเวลาการใช้งานปกติ ช่วงเวลาการใช้งานในช่วงโหลดสูงสุด (Peak load) ทั้งนี้ เพื่อตรวจสอบว่า ในสภาวะแวดล้อมการทำงานจริงนั้น ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการบริการที่ได้รับอย่างไร เช่น ในช่วงโหลดสูงสุด เวลาตอบสนองจะใช้เวลานานกว่าช่วงเวลาปกติ หรือไม่

เมื่อเลือกเมนู Show จะแบ่งการแสดงผลออกเป็น 2 ส่วนคือ ค่าที่วัดได้จากการทดลอง (Measured value) กับคุณภาพการบริการที่ได้จากการคำนวณ (QoS result) ในส่วนของค่าที่วัดได้จากการทดลอง จะแบ่งได้เป็นรายละเอียดของ URL (URL detail) ค่าเวลาที่วัดได้ (Time value) และการวัดในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ (Environment measurement)

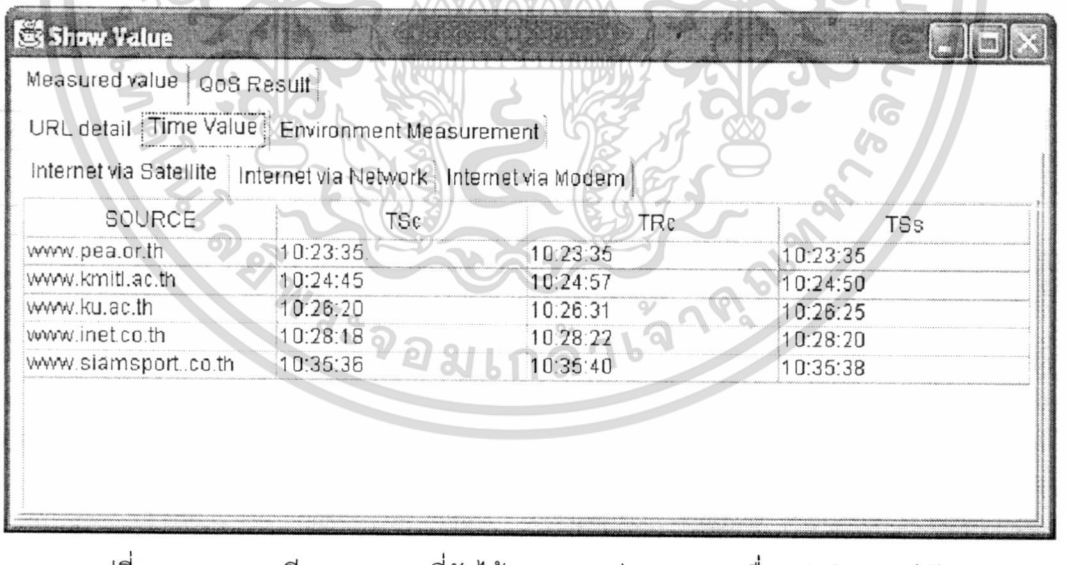
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของ URL (URL detail) จะแสดงค่าของเซิร์ฟเวอร์ที่ทำการเชื่อมต่อในรูปแบบของ URL และค่า IP Address นอกจากนี้ จะแสดงค่าความยาวของข้อมูลและประเภทของข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 รายละเอียดของแอดเดรสที่ทำการวัด จากข้อมูลที่วัดได้

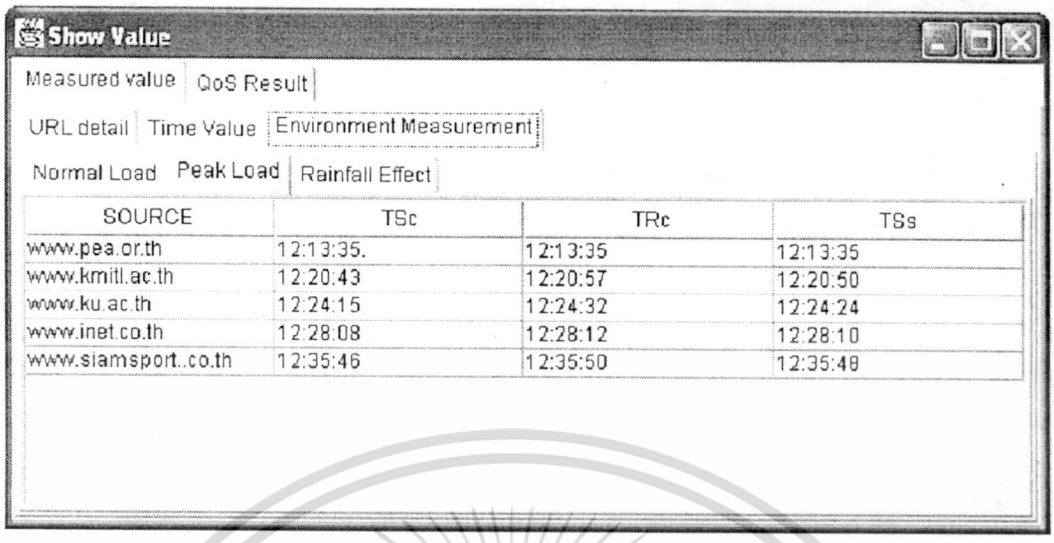
ค่าเวลาที่วัดได้ (Time value) จะแสดงค่าของเวลาที่วัดได้ โดยแยกตามประเภทของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต ซึ่งค่าของเวลาที่วัดได้ คือ เวลาที่ไคลเอนต์ทำการร้องขอข้อมูล (TSc) เวลาที่เซิร์ฟเวอร์ส่งข้อมูลกลับมา (TSs) และเวลาที่ไคลเอนต์ได้รับข้อมูลจนหมด (TRc) ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 รายละเอียดของเวลาที่วัดได้ แยกตามประเภทการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต

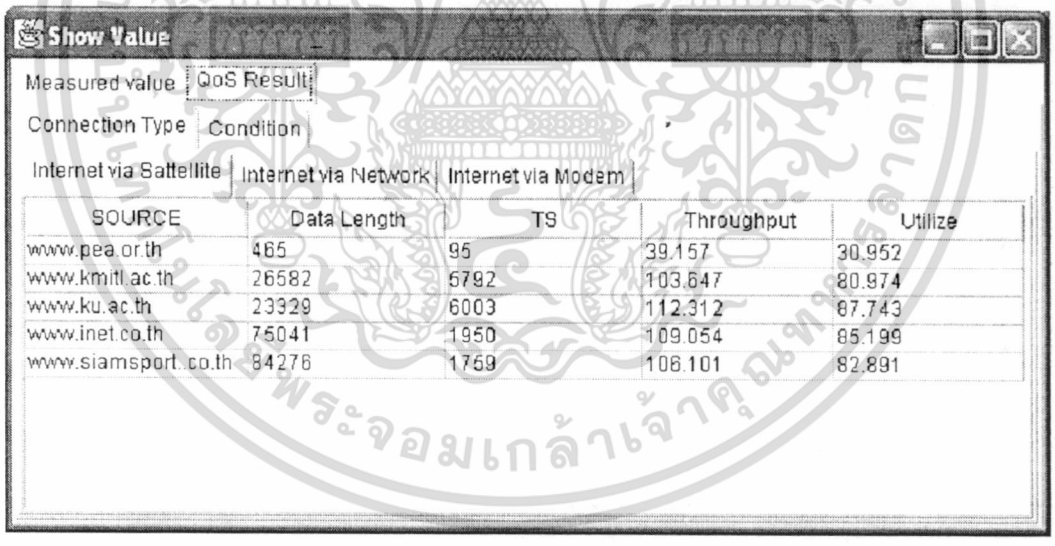
การวัดในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ขณะโหลดปกติ (Normal load) โหลดสูงสุด (Peak load) และช่วงที่ฝนตก (Rainfall effect) ซึ่งจะวัดค่าเวลาเช่นเดียวกัน คือ การวัดเวลาที่ไคลเอนต์ทำการร้องขอข้อมูล (TSc) เวลาที่เซิร์ฟเวอร์ส่งข้อมูลกลับมา (TSs) และเวลาที่ไคลเอนต์ได้รับข้อมูลจนหมด (TRc) ดังแสดงในรูปที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 รายละเอียดของเวลาที่วัดได้ของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตแยกตามสภาพแวดล้อม

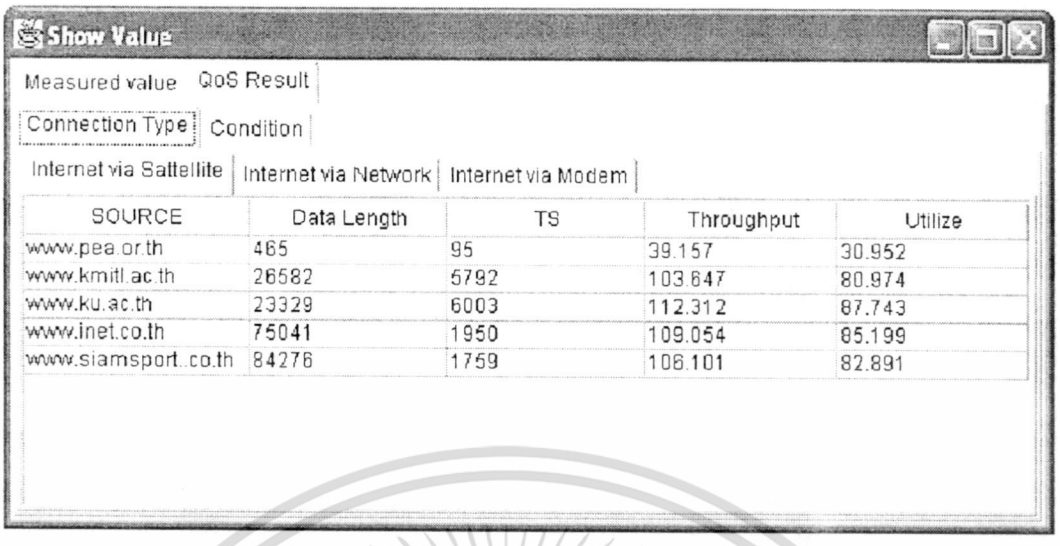
ในส่วนของคุณภาพของบริการที่ได้จากการคำนวณ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ คุณภาพของบริการที่แยกตามประเภทการเชื่อมต่อ (Connection Type) และคุณภาพของบริการที่แยกตามเงื่อนไขสภาวะแวดล้อม (Condition) โดยคุณภาพของบริการที่วัดได้จะเทียบกับขนาดของข้อมูล (ดังแสดงในรูปที่ 3.24)



รูปที่ 3.24 ผลของคุณภาพของบริการ

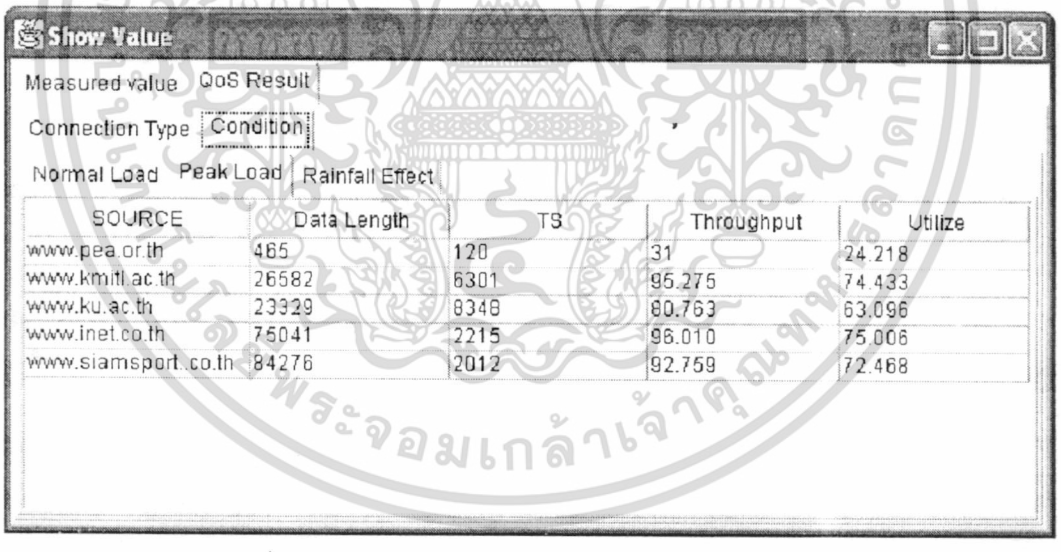
คุณภาพของบริการที่แยกตามประเภทการเชื่อมต่อ จะแสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ และค่าที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ ค่าเวลาตอบสนอง (TS, Response time) ปริมาณงาน (Throughput) และค่าประสิทธิภาพการใช้งาน (Utilization) โดยคุณภาพการบริการดังกล่าว จะใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่อทั้ง 3 รูปแบบ แสดงดังรูปที่ 3.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 คุณภาพของบริการ แยกตามประเภทของการเชื่อมต่อ

คุณภาพการบริการที่แยกตามเงื่อนไขสภาวะแวดล้อม จะแสดงค่าที่ได้จากการคำนวณค่าที่ได้จากการทดลอง ได้แก่ ค่าเวลาตอบสนอง (TS, Response time) ปริมาณงาน (Throughput) และค่าประสิทธิภาพการใช้ (Utilization) โดยคุณภาพการบริการดังกล่าว จะใช้ในการเปรียบเทียบกันระหว่างกรณีโหลดปกติ โหลดสูงสุด และช่วงฝนตก ดังแสดงในรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 คุณภาพของบริการ แยกตามสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดลองโดยการใช้เครื่องมือและวิธีการประเมินประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม และเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ (ดังอธิบายในบทที่ 3) โดยการทดลองได้ติดตั้งระบบภายใต้สภาพแวดล้อมจริงในเครือข่ายของห้องปฏิบัติการมัลติมีเดีย (Multimedia and Virtual Research Laboratory) โดยการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่ายดาวเทียม เชื่อมต่อภายใต้สภาพแวดล้อมผ่านเครือข่ายสถาบัน รวมทั้งเชื่อมต่อภายใต้สภาพแวดล้อมการเชื่อมต่อระยะไกลโดยใช้โมเด็ม เพื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพของบริการที่ได้รับจากการเชื่อมต่อทั้ง 3 รูปแบบ ดังกล่าวข้างต้น

4.1 การประเมินผลประสิทธิภาพคุณภาพของบริการ

ในการประเมินผลประสิทธิภาพคุณภาพของบริการ ได้ทำการทดลองโดยให้ผู้ใช้ทำการร้องขอ (Request) ข้อมูลผ่านทางอินเตอร์เน็ทแอปพลิเคชั่น โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องไคลเอนต์ (Client) เรียกข้อมูลไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server) ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต แล้วทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังที่ได้อธบายในบทที่ 3 จากนั้น นำผลที่ได้มาแสดงเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของบริการในการเชื่อมต่อทั้ง 3 รูปแบบ โดยจะทำการพิจารณาในหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

- เวลาตอบสนอง (Response Time) หรือ TS เป็นเวลาในการตอบสนองต่อการร้องขอ โดยจะเริ่มวัดตั้งแต่เมื่อเครื่องให้บริการได้รับการร้องขอจากผู้ใช้ จนกระทั่งเครื่องให้บริการส่งข้อมูลที่ถูกร้องขอจนหมด หน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)
- ปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) เป็นอัตราบิตของข้อมูลจริง โดยจะหาได้จากจำนวนไบต์ข้อมูลที่อ่านได้จากเฮดเดอร์ของ HTTP หารด้วยเวลาตอบสนอง
- การใช้ประโยชน์ (Utilization) เป็นประสิทธิภาพการใช้งานของช่องสื่อสาร ซึ่งหาได้จากปริมาณงานหารด้วยแบนด์วิทของช่องสื่อสาร

4.1.1 การวัดค่าเวลาตอบสนอง (Response Time)

การวัดค่าเวลาตอบสนอง จะใช้ในอธิบายประสิทธิภาพในเชิงของเวลาที่ใช้เมื่อมีการร้องขอ โดยระบบที่มีประสิทธิภาพที่ดี จะมีเวลาตอบสนองน้อย ซึ่งก็คือใช้เวลาในการเรียกใช้งานแอปพลิเคชั่นสั้น หมายถึงระบบมีคุณภาพของบริการในแง่ของการหน่วงเวลาต่ำ ใช้แบนด์วิทได้เกิดประโยชน์สูงสุด ในการทดลองวัดผลจะทำการเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ โดยนอกจากการเปรียบเทียบโดยการใช้ URL address เดียวกันแล้ว จะทำการเปรียบเทียบในสภาพแวดล้อมและช่วงเวลาที่แตกต่างกันไป ดังรายละเอียดที่กล่าวข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การวัดปริมาณงานสำเร็จ (Throughput)

การวัดปริมาณงานสำเร็จ จะใช้ในการอธิบายประสิทธิภาพคุณภาพของบริการในรูปของข้อมูลที่ส่งผ่านในเครือข่าย โดยระบบจะมีประสิทธิภาพ จะได้ปริมาณงานสำเร็จสูง ซึ่งนอกเหนือจากเวลาที่ใช้แล้วยังหมายถึงค่าการสูญเสียที่ต่ำด้วย โดยในการทดลองวัดผลจะทำการเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ โดยนอกจากการเปรียบเทียบโดยการใช้ URL address เดียวกันแล้ว จะทำการเปรียบเทียบในสภาพแวดล้อมและช่วงเวลาที่แตกต่างกันไป ดังรายละเอียดที่กล่าวข้างต้น

4.1.3 การวัดค่าการใช้ประโยชน์ (Utilization)

การวัดค่าการใช้ประโยชน์ เป็นการอธิบายคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทในภาพรวม โดยอาศัยค่าประสิทธิภาพที่ได้จาก 4.1.2 และ 4.1.3 ซึ่งสามารถบอกคุณภาพของช่องสื่อสารในการตอบสนองแอปพลิเคชั่นภายใต้แบนด์วิทที่ใช้ โดยระบบที่มีประสิทธิภาพจะเกิดการใช้ประโยชน์ได้สูงสุด หรือ High utilization โดยในการทดลองวัดผลจะทำการเปรียบเทียบระหว่างการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ โดยเปรียบเทียบจาก URL และเปรียบเทียบในสภาพแวดล้อมและช่วงเวลาที่แตกต่างกันไปเช่นกัน

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการ

จากการทดลองประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการ ภายใต้การใช้งานในสภาพแวดล้อมและรูปแบบเครือข่ายที่กำหนด สามารถนำมาแสดงผลในลักษณะกราฟความสัมพันธ์ ซึ่งได้จากผลในส่วนของ Status และการ Execute ของโปรแกรม จากนั้นใช้โปรแกรม Microsoft Excel ช่วยในการสร้างกราฟ เพื่อแสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบและทำการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

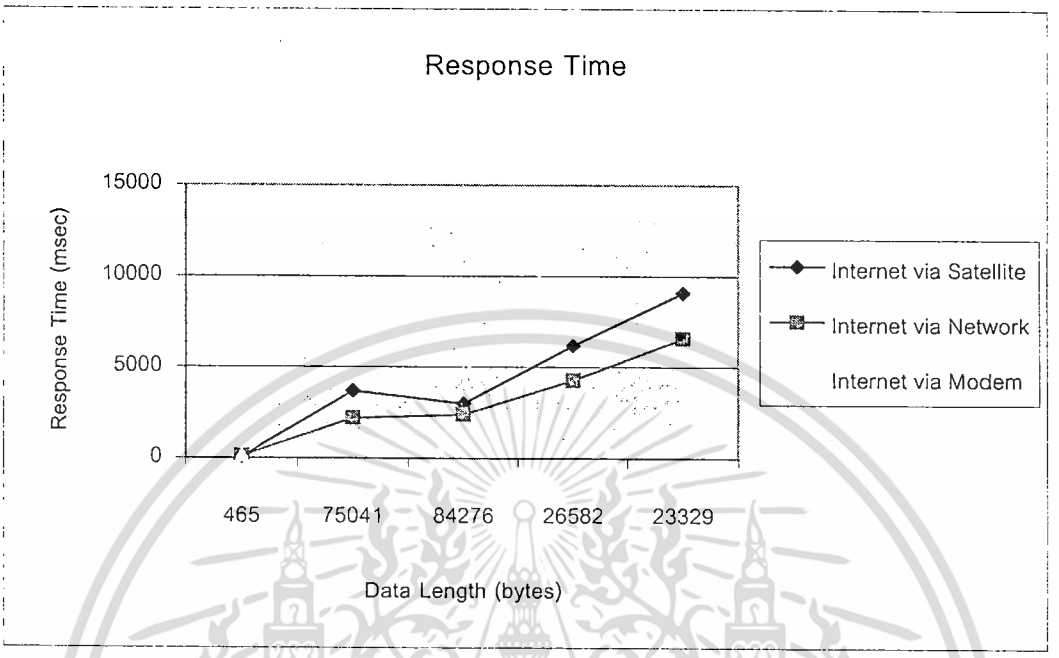
4.2.1 เวลาตอบสนอง (Response Time)

จากรูปที่ 4.1 พบว่า เวลาตอบสนอง (Response time) ต่อการร้องขอข้อมูลของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม จะมีค่ามากกว่าการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่าย แต่น้อยกว่าการเชื่อมต่อผ่านโมเด็ม ทั้งนี้เนื่องจากอัตราบิต (Bit rate) ในการส่งข้อมูลของการเชื่อมต่อของอินเตอร์เน็ตทั้ง 3 แบบ มีค่าต่างกัน โดยการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียมมีอัตราการส่งข้อมูล 115.2 kbps การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านเกตเวย์ของเครือข่ายสถาบันมีอัตราการส่งข้อมูลที่ 10 Mbps และการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตระยะไกลผ่านโมเด็มมีอัตราการส่งข้อมูล 56 kbps ดังนั้นการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียมจึงมีเวลาตอบสนองที่เร็วกว่าโมเด็ม (ใช้เวลาสั้นกว่า)

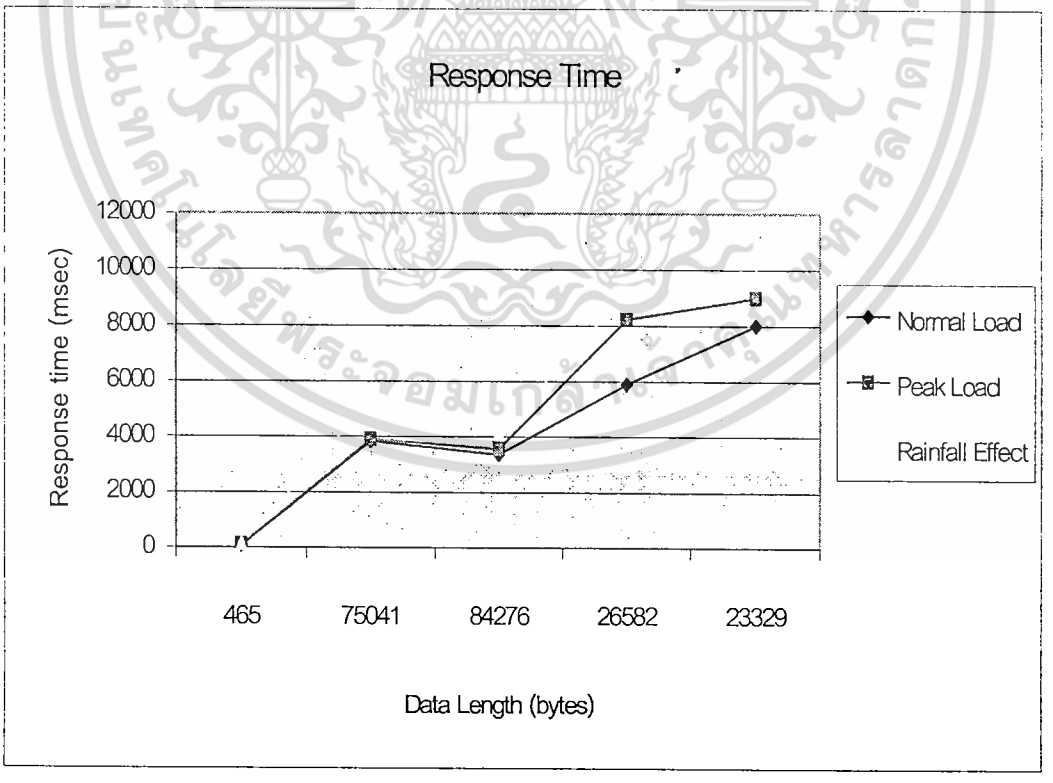
ผลการประเมินประสิทธิภาพภายใต้สภาพแวดล้อมการที่แตกต่างกัน แสดงโดยกราฟในรูปที่ 4.2 จากผลการทดลองพบว่า ในสภาพแวดล้อมและเงื่อนไขต่าง ๆ โดยรวมนั้น การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม มีเวลาตอบสนองในช่วงเวลาโหลดปกติมีค่าน้อยที่สุด เมื่อช่วงเวลาโหลดสูงสุด ซึ่งมีผู้ใช้งานมากทำให้ใช้เวลาในการตอบสนองมีค่ามากขึ้น สำหรับในสภาวะฝนตก ได้ทดลองในสภาวะที่ยังสามารถรับข้อมูลได้ พบว่าเวลาตอบสนองจะมีค่ามากสุดกว่าช่วงเวลาปกติ ดังนั้นสภาพแวดล้อมในการเชื่อมต่อส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระทบต่อการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม โดยขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้งานในขณะนั้น และสภาวะภูมิอากาศฯ



รูปที่ 4.1 เวลาตอบสนองของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ

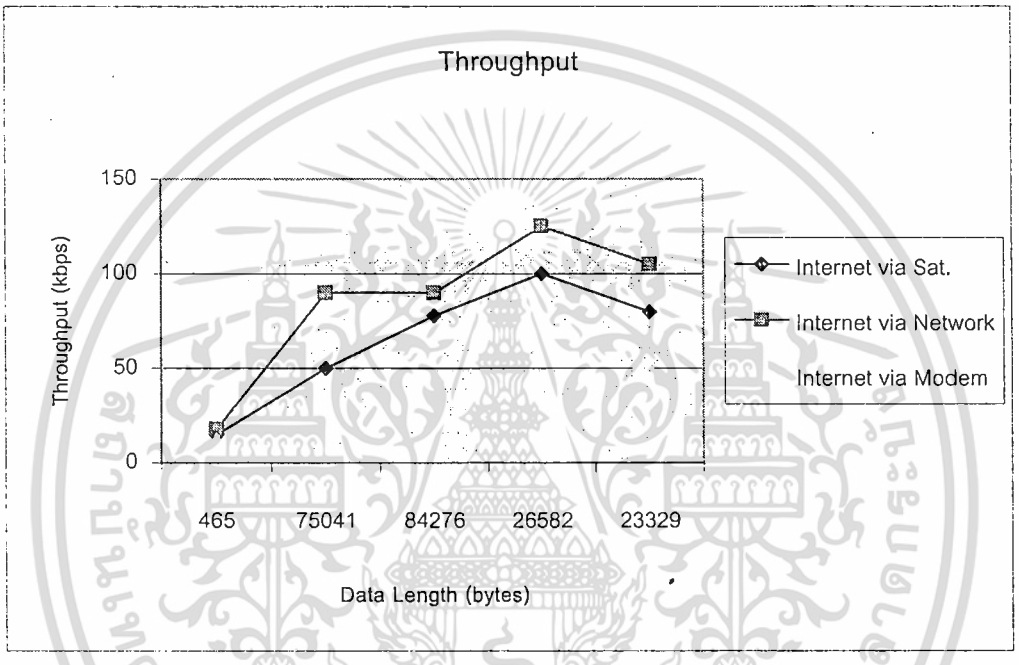


รูปที่ 4.2 เวลาตอบสนองของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปริมาณงานสำเร็จ (Throughput)

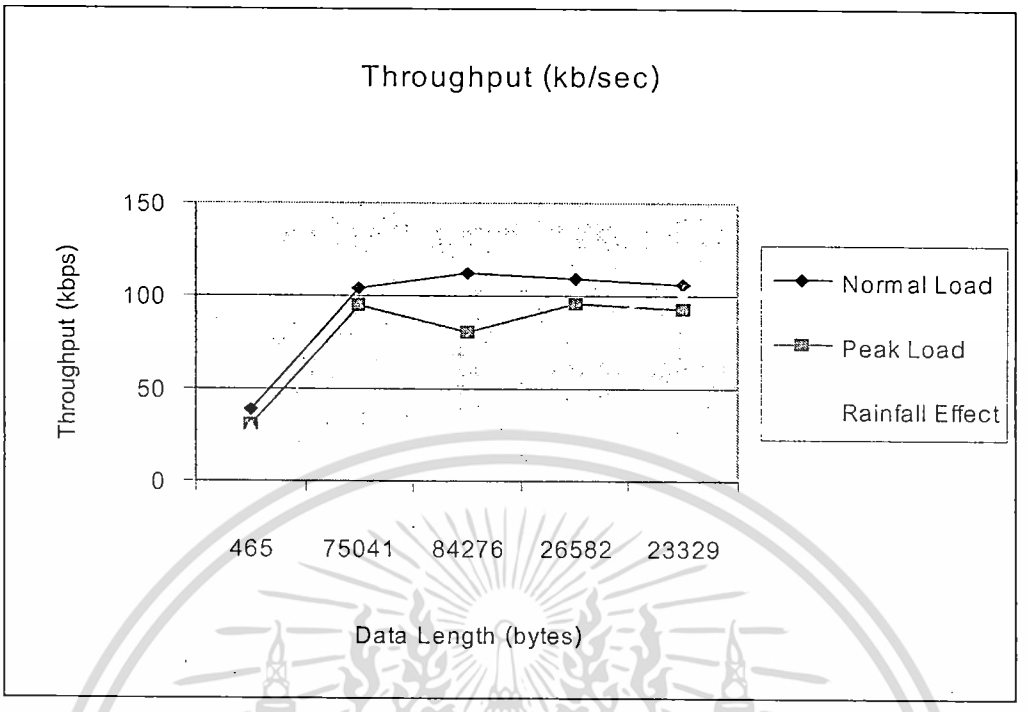
รูปที่ 4.3 แสดงผลของการประเมินประสิทธิภาพในรูปของปริมาณงานสำเร็จ ในการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม ซึ่งจะมีค่ามากกว่าการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่าย แต่มีค่าน้อยกว่าการเชื่อมต่อผ่านโมเด็ม เนื่องจากว่าอัตราบิตการส่งข้อมูลของการเชื่อมต่อของอินเตอร์เน็ตทั้ง 3 แบบ มีค่าต่างกัน ส่งผลให้ค่าเวลาตอบสนองที่ได้ต่างกัน (ดังผลใน 4.2.1) ดังนั้นที่ค่า TS ต่ำ จึงทำให้ปริมาณงานมีค่ามาก และส่งผลให้ปริมาณงานสำเร็จของการเชื่อมต่อผ่านเครือข่าย จึงมีค่ามากกว่าการเชื่อมต่อผ่านดาวเทียม และการเชื่อมต่อผ่านโมเด็มดังรูป



รูปที่ 4.3 ปริมาณงานของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ

กราฟในรูปที่ 4.4 เป็นผลการทดลองการวัดปริมาณงานสำเร็จของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทภายใต้สภาพแวดล้อมการใช้งานในเงื่อนไขต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่า การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียมมีปริมาณงานต่างกันอย่างไร โดยในช่วงเวลาโหลดปกติ ปริมาณงานสำเร็จจะมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากปริมาณทราฟฟิกมีไม่มาก เมื่อช่วงเวลาโหลดสูงสุดซึ่งมีปริมาณทราฟฟิกตามจำนวนผู้ใช้งานที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณงานสำเร็จมีค่าน้อยลง สำหรับในสภาวะฝนตกโดยทำการทดลองในสภาวะที่ยังสามารถรับข้อมูลได้ พบว่าปริมาณงานสำเร็จจะมีค่าต่ำสุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสาเหตุจากการสูญเสียที่เพิ่มมากขึ้น ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อคุณภาพสัญญานดาวเทียมที่รับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



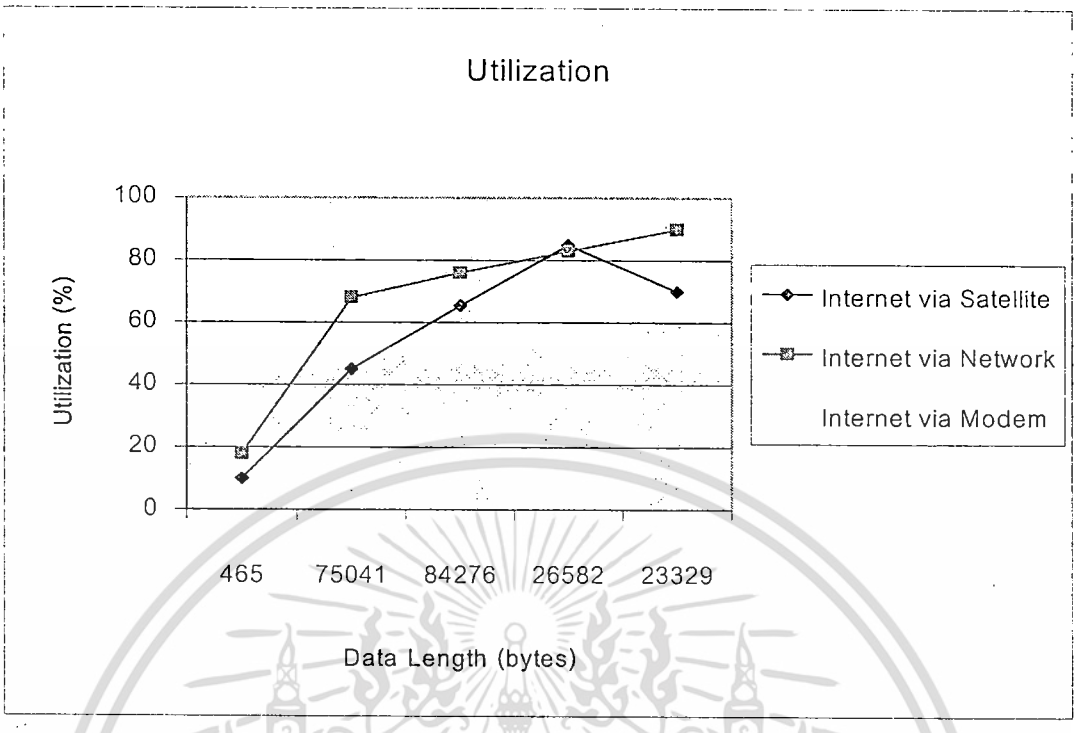
รูปที่ 4.4 ปริมาณงานของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

4.2.3 การใช้ประโยชน์ (Utilization)

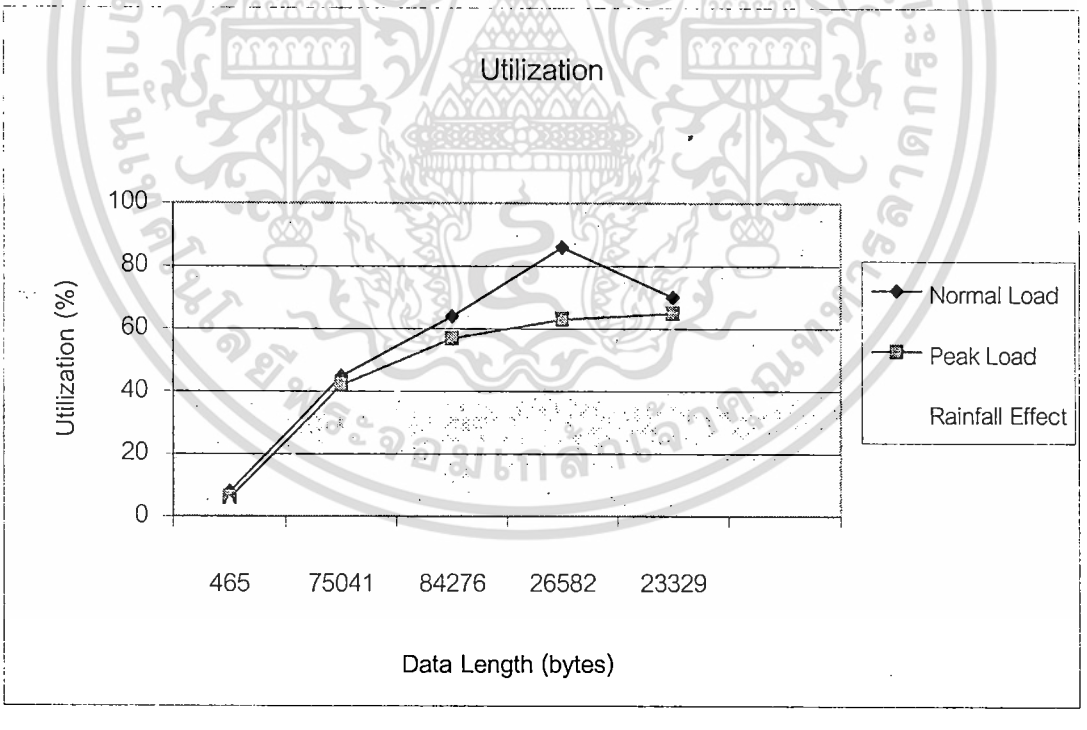
รูปที่ 4.5 แสดงผลของประสิทธิภาพคุณภาพของบริการในรูปของการใช้ประโยชน์ จากผลการทดลองพบว่าการใช้บริการต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม จะมีค่า Utilization มากกว่าการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตอีก 2 รูปแบบ เนื่องจากการส่งข้อมูลในรูปแบบของการเชื่อมต่อของอินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียมจะเป็นลักษณะของการส่งแบบปลายถึงปลาย ไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นนอกจากส่งผ่านในชั้นบรรยากาศ ส่วนการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตอีก 2 รูปแบบจะต้องผ่านเครือข่ายภาคพื้น ซึ่งมีการแบ่งช่องสื่อสารใช้งานกับผู้ใช้งานอื่น (Shared) ดังนั้นประสิทธิภาพการใช้งานจึงมีค่าต่ำกว่าการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม

กราฟในรูปที่ 4.6 เป็นผลการทดลองในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์สูงสุด ภายใต้สภาพแวดล้อมการใช้งานตามเงื่อนไขที่กำหนด จากผลการทดลองพบว่า การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียม จะมีการใช้ประโยชน์สูงสุดในช่วงเวลาโหลดปกติ และจะมีการใช้ประโยชน์สูงสุดต่ำลงมาในช่วงเวลาโหลดสูงสุด และมีค่าการใช้ประโยชน์สูงสุดต่ำที่สุด ภายใต้การใช้งานในสภาวะฝนตก ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพที่วัดจากเวลาตอบสนองและปริมาณงานสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการใช้ของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทั้ง 3 รูปแบบ



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการใช้ของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตผ่านดาวเทียมในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผล

รายงานนี้เป็นผลการศึกษาวิจัยของโครงการ "การประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม (QoS Performance Evaluation of Internet via Satellite)" ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องจากปี พ.ศ.2545 ภายใต้การสนับสนุนจากเงินรายได้ของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ปี พ.ศ. 2546 โดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาทดลองวัดประสิทธิภาพของคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทภายใต้การใช้งานโดยการเชื่อมต่อผ่านดาวเทียม โดยใช้ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของบริการ 3 ปัจจัยหลัก คือ แบนด์วิท (Bandwidth) ค่าการสูญเสีย (Loss) และการหน่วงเวลา (Delay) เป็นตัวชี้วัด ซึ่งแสดงผลในรูปของเวลาในการตอบสนอง (Response time) ปริมาณงานสำเร็จ (Throughput) และการใช้ประโยชน์ (Utilization)

การประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมภายใต้โครงการวิจัยนี้ ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลกับรูปแบบการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผ่านเครือข่ายภาคพื้นดิน 2 รูปแบบ คือ การเชื่อมต่อผ่านเกทเวย์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กร (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง) และการเชื่อมต่อแบบระยะไกลผ่านโมเด็มโทรศัพท์ (Remote access) การทดลองกระทำภายใต้สภาพแวดล้อม 3 ลักษณะคือ สภาพภูมิอากาศที่มีฝนตก สภาพการใช้งานในช่วงเวลาที่โหลดปกติ และสภาพการใช้งานในช่วงเวลาที่โหลดสูงสุด เพื่อสะท้อนค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากปัจจัยของคุณภาพของบริการที่กำหนด การวัดผลกระทำโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือในการประเมินประสิทธิภาพ ซึ่งใช้ภาษาจาวาในการพัฒนา

ผลการประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทภายใต้รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายทั้ง 3 รูปแบบ สามารถสรุปได้ว่า คุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมมีประสิทธิภาพดีกว่าในภาพรวม ในรูปของเวลาตอบสนอง ปริมาณงานสำเร็จ และการใช้ประโยชน์ เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายผ่านโมเด็มภาคพื้น แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กร ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของแบนด์วิทในการเชื่อมที่สูงกว่าการใช้งานโดยโมเด็มทั่วไป และถูกกำหนดให้กับผู้ใช้ปลายทางโดยตรง ทำให้สามารถถ่ายโอนข้อมูลได้ในอัตราเร็วที่สูงกว่า อย่างไรก็ตาม เนื่องจากรูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่ายของระบบอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมที่ใช้ ยังเป็นลักษณะไม่สมมาตร (Asymmetry) ทำให้แบนด์วิทโดยรวมยังคงต่ำกว่าการใช้งานผ่านเครือข่ายขององค์กร รวมทั้งยังคงมีข้อจำกัดในเรื่องของค่าการสูญเสียที่เกิดจากสภาวะฝนตก อันเนื่องจากสภาพอากาศที่เป็นข้อจำกัดของระบบสื่อสารดาวเทียม จึงทำให้ประสิทธิภาพคุณภาพของบริการตกลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานภายใต้สภาพการใช้งานปกติและโหลดสูงสุด ซึ่งทำให้มีผลต่อค่าการหน่วงเวลาและประสิทธิภาพโดยรวมของระบบตามมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการศึกษาทดลองประเมินประสิทธิภาพคุณภาพของบริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม ภายใต้โครงการวิจัยนี้ ยังมีข้อจำกัดบางประการที่จะต้องพิจารณา และสามารถนำไปปรับปรุงรูปแบบและวิธีการประเมินประสิทธิภาพของงานวิจัยต่อไปในอนาคตได้ดังนี้

- การประเมินประสิทธิภาพดังกล่าว กระทำโดยใช้แอปพลิเคชั่นที่เป็นเว็ปเพจในการทดลอง ซึ่งมีรูปแบบของข้อมูลเป็นแบบ Light weight เท่านั้น
- การทดลองภายใต้สภาพภูมิอากาศที่มีฝนตก ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาซึ่งไม่สามารถกำหนดหรือทำนายได้แน่นอนล่วงหน้า รวมทั้งสภาพของฝนที่ตกในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกัน ทำให้ผลที่ได้อาจไม่สามารถบ่งบอกการสูญเสียได้คงที่
- เวลาในการใช้บริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียมในห้องปฏิบัติ MVLab นั้น สามารถทดลองและใช้งานได้ในช่วงเวลาราชการเท่านั้น (8.30 – 16.30 น.) ดังนั้นการกำหนดช่วงเวลาโหลดสูงสุดในการทดลอง (11.30 – 13.30 น.) จึงอ้างอิงกับการใช้งานของ Voice application ซึ่งอาจไม่สะท้อนสภาพการใช้งานจริง ทั้งนี้เนื่องจากสภาพโหลดสูงสุดอาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาอื่นได้
- การเก็บข้อมูลยังคงเก็บในลักษณะของไฟล์พื้นฐาน (Flat-file) และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือในการประเมินประสิทธิภาพนั้น ยังไม่ได้พัฒนาส่วนของการแสดงผลในลักษณะของกราฟ ทำให้ต้องนำข้อมูลออกมาแสดงผลโดยใช้โปรแกรมสเปรทชีทช่วย

อย่างไรก็ตาม จากผลของการศึกษาวิจัยภายใต้โครงการโดยรวม สามารถสรุปได้ว่า บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด เพราะนอกจากจะสามารถได้ผลการทดลองในเชิงปริมาณ (Quantitative) แล้ว ยังสามารถสร้างงานวิจัยให้กับนักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา ให้สามารถนำความรู้ในเชิงทฤษฎีที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Thaicom Satellite Network, **Thaicom Net Turbo,** http://www.thaicom.net/thai-our/netturbo-thai.html

[2] W. L. Morgan and G. D. Gordon, **Communications Satellite Handbook**, John Wiley and Sons, New York, 1989.

[3] G. Maral and M. Bousquet, **Satellite Communications Systems: Systems, Techniques, and Technology**, 2nd Edition, John Wiley and Sons, Chichester, 1993.

[4] โอพาร วงศ์วิรัตน์, นพดร ชัชวาลย์, และเพ็ญศิริ งามจรรยาภรณ์, **การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของคุณภาพการให้บริการอินเตอร์เน็ทผ่านดาวเทียม,** รายงานโครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2546, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 2546.

[5] ข้อมูลดาวเทียม, ดาวเทียมไทยคม, บริษัท ชินแซทเทลไลท์ จำกัด (มหาชน), http://www.thaicom.net/thai-information/ssa-profile-thai.html

[6] P. Fergson and G. Huston, **Quality of Service Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks**, 1st Edition, John Wiley and Sons, New York, 1998.

[7] Cisco, **Quality of Service (QoS)**, http://www.cisco.com

[8] Aheng Wang, "**Internet QoS: Architectures and Mechanism for Quality of Services,**" http://www.isoc.org

[9] R. Steinmetz and K. Nahrstedi, **Multimedia: Computing, Communications and Applications**, Prentice-Hall, New Jersey, 1995.

[10] L. C. Wolf, C. Griwodz, and R. Steinmetz, "**Multimedia Communication**," Proc. of the IEEE, Vol. 85, No. 12, Dec 1997, pp. 1915-1933.

[11] K.Van Der Wal, M. Mandjes, and H. Bastiaansen, "**Delay Performance Analysis of the New Internet Services with Guaranteed QoS**," in Proc. of the IEEE, Vol. 85, No. 12, Dec 1997, pp. 1947-195.

[12] J. Heidemann, H. Obraczka, and J. Touch, "**Modeling the Performance of HTTP Over Several Transport Protocols**," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 5, No. 5, Oct. 1997, pp.616-630.

[13] M.F. Arlitt and C.L. Williamson, "**Internet Web Server: Workload Characterization and Performance Implications**," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 5, No. 5, Oct. 1997, pp.631-644.

[14] C. Cunha, A. Bestavros, and M. Crovella, "**Characteristics of WWW client-based traces**," Tech. Rep. 95-010, Boston Univ., Apr.1995.

[15] M. Allman, C. Hayes, H. Kruse, and S. Ostermann, "**TCP Performance over Satellite Links**," Proc. of the 5th Int'l Con. on Telecom. Sys., 1997.

[16] C. Partridge, and T.J. Shepard, "**TCP Performance over Satellite Links**," IEEE Network, Sep.-Oct. 1997, pp.44-49.

[17] H. Kruse, M. Allman, J. Griner, S. Ostermann, and E. Helvey, "**Satellite Network Performance Measurements Using Simulated Multi-User Internet Traffic**," NASA Lewis Research Center.

[18] M. Allman, H. Kruse, and S. Ostermann, "**An Application-Level Solution to TCP Satellite Inefficiencies**," Ohio University in corporate with NASA Lewis Research Center.

[19] Kuo, F. et al., **Multimedia Communication: protocols and applications.** Prentice Hall, New Jersey, 1998.

64453

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้