มหาวิทยาลัยศรีปทุม

SRIPATUM UNIVERSITY

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สาย ต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย

STUDY ON EFFECTS OF WIRELESS REVOLUTION TO TELECOMMUNICATION SYSTEMS IN THAILAND

ปรีชา กอเจริญ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2552

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

SRIPATUM UNIVERSITY

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สาย ต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย

STUDY ON EFFECTS OF WIRELESS REVOLUTION TO TELECOMMUNICATION SYSTEMS IN THAILAND

ปรีชา กอเจริญ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2552

คำนำ

รายงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนสนับสนุนงานวิจัยสำหรับบุคลากรภายในจากมหาวิทยาลัยศรีปทุม เพื่อให้อาจารย์ได้มีโอกาสผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพและเผยแพร่ออกสู่ภายนอก และนำไปสู่การขยายกรอบความร่วมมือทางวิชาการกับหน่วยงานภายนอกต่อไป

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยวิชาการมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย และประเมินความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีใหม่ๆ ของระบบสื่อสารไร้สาย ในการเข้ามาพัฒนาระบบโทรคมนาคมของประเทศไทย

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิชาการในด้านวิศวกรรมศาสตร์ต่อไป และหากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิจัยต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย และยินดีน้อมรับคำแนะนำ เพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ปรีชา กอเจริญ
ผู้วิจัย
มิถุนายน 2554

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุมอย่างสูงที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณทั้งหมด และได้ให้เวลาในการทำโครงการวิจัยนี้เพิ่มเติมนอกช่วงเวลาการเปิดอาคารสยามบรมราชกุมารี ตลอดช่วงเวลาการทำโครงการ รวมทั้งขอขอบคุณสำนักวิจัยที่ได้อำนวยความสะดวก ประสานงาน และติดตามงานเป็นอย่างดีระหว่างการดำเนินโครงการวิจัยนี้

Acknowledgements

The author highly acknowledges Sripatum University for fully support of this research. Thanks are also expressed to his colleagues in the Bureau of Research for their kind, crucial co-operations and following up the research progress.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

หัวข้อวิจัย : การศึกษาผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย

ผู้วิจัย : นายปรีชา กอเจริญ

หน่วยงาน : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีที่พิมพ์ : พ.ศ. 2554

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของการสื่อสารได้เพิ่มมากขึ้นอย่างก้าวกระโดดในช่วงเวลาที่ผ่านมา ทั้งในด้านความเร็วของการสื่อสารข้อมูลที่สูงขึ้นสู่การปฏิวัติการสื่อสารไร้สายครั้งใหม่ที่เรียกว่าบรอดแบนด์ไร้สายความเร็วสูง ที่มีความสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ ทุกเวลา และตลอดเวลา และมีบริการที่มีคุณภาพมากขึ้น เช่นบริการการสื่อสารภาพเคลื่อนไหวหรือวีดิทัศน์ความละเอียดสูง บริการเครือข่ายส่วนบุคคลที่มีคุณภาพสูง เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีครั้งใหม่นี้ย่อมมีผลกระทบต่อ ระบบโทรคมนาคมเดิมทั้งชนิดมีสายและชนิดไร้สายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย ซึ่งมีความจำเป็นเพื่อทำการศึกษาถึงเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายหรือการให้บริการในรูปแบบใหม่ๆ ที่มีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารโทรคมนาคมในก้าวใหญ่ที่สำคัญ ที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบการให้บริการเดิมในระดับสูง เพื่อสามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ในการเตรียมความพร้อมกับสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของประเทศไทย การพิจารณาเทคโนโลยีที่จะสามารถปฏิวัติบรอดแบนด์ไร้สายในประเทศไทย จำเป็นจะต้องพิจารณาการนำไปใช้งานให้เหมาะสมกับการกระจายตัวของประชากรในพื้นที่ต่างๆในประเทศไทยด้วย เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคมไร้สายของประเทศไทยมีการวางรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะพื้นที่ และความต้องการในการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคมที่แตกต่างกัน รวมถึงต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ สังคม ผู้ใช้งาน และชนิดของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร เพื่อที่จะสามารถทำให้การสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สายในประเทศไทยบรรลุเป้าหมายตามกรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทย ทางด้านการสนับสนุนให้ประชาชนสามารถได้รับบริการผ่านโครงข่ายบรอดแบนด์ ทั้งในด้านการศึกษา สาธารณสุข การเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติและภัยธรรมชาติ และบริการสาธารณะอื่น ๆ อย่างทั่วถึงและเท่าเทียมกัน เพื่อลดปัญหาความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงสารสนเทศ และความรู้

คำสำคัญ : การปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สาย บรอดแบนด์ไร้สาย การสื่อสารไร้สายความเร็วสูง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

Research Title : Study on Effects of Wireless Revolution to Telecommunication Systems in Thailand
Name of Researcher : Mr. Preecha Kocharoen

Name of Institution : Faculty of Engineering, Sripatum University
Year of Publication : B.E. 2554

ABSTRACT

Efficiency of communication has steep increased in terms of speed of data communication. It leads to the revolution of wireless communication which is called the high-speed wireless broadband. The wireless broadband enable people to access information anytime and anywhere and are available at higher quality for example high-definition television or high-speed private network services. This new technology changes would affect the existing both wired and wireless telecommunication systems. The aim of this research is to study on effects of wireless revolution to telecommunication systems in Thailand. This is necessary to study the potential technology of wireless communications and services that could change the telecommunication industries, existing networks and services in most important step. The outcome of this research could assist in the decision to invest an infrastructure as well as equipments for the telecommunications industry in Thailand. The technologies for infrastructure that suitable for wireless broadband in Thailand should fit the distribution of population in different areas as well as economic, social and type of data used in communication. In order to make wireless broadband communications achieve the goals of a national broadband policy in terms of encouraging people to get services through broadband networks thoroughly and evenly for example, public health, surveillance and disaster warning. The wireless broadband will also leads to reducing inequality in access to information and knowledge.

Keywords : The Wireless Revolution, Wireless Broadband, High-speed Wireless Communications.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....1
1.3 คำถามการวิจัย.....2
1.4 สมมุติฐานการวิจัย.....2
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....2
1.6 นิยามศัพท์.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่วิจัย.....4
2.2 วิวัฒนาการของการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง 5
2.3 โครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคมไร้สายของประเทศไทย.....8
2.4 การประยุกต์ใช้งานระบบบรอดแบนด์.....8

บทที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายในประเทศไทย.....11
3.1 เทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายในประเทศไทย.....11
3.2 มาตรฐานด้านโทรคมนาคมและการกำกับ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบโทรคมนาคมไทย.....15
3.3 การคิดเชิงระบบ 17
3.4 ความเคลื่อนไหวปัจจุบันของระบบโทรคมนาคมระหว่างมกราคม 2552 ถึง กรกฎาคม 2553 18
3.5 โครงสร้างตลาดด้านโทรคมนาคมในประเทศไทย.....22

บทที่ 4 การวัดประสิทธิภาพเทคโนโลยีและการวิเคราะห์.....25
4.1 การวัดประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธีการ DEA.....25
4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธีการ DEA.....28
4.3 ผลการปฏิวัติการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย.....30
4.4 การทดแทนการสื่อสารด้วยสายตัวนำโดยบรอดแบนด์ไร้สาย.....31
4.5 วิเคราะห์ผล.....32

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....34

บรรณานุกรม.....37

ภาคผนวก.....41

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตารางที่ 2.1 มาตรฐาน IEEE802.11.....6
ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบเทคโนโลยี.....27
ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีต่อแบนด์วิทรวม.....28
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธีการ DEA.....29
ตารางที่ 4.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพตามการเปลี่ยนแปลงเวลา.....30
ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างการจำแนกความเหมาะสมของเทคโนโลยีกับลักษณะของการนำไปใช้งาน. .
.....36

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

ภาพที่ 3.1 สัดส่วนผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ของประเทศไทย พ.ศ. 2551.....23
ภาพที่ 3.2 สัดส่วนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ พ.ศ. 2551.....23
ภาพที่ 3.3 ส่วนแบ่งการตลาดผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงในไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2551...24
ภาพที่ 3.4 สัดส่วนผู้ใช้อินเตอร์เนตความเร็วสูง พ.ศ. 2551.....24
ภาพที่ 3.5 สัดส่วนจำนวนผู้ใช้คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2551.....24

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

คำอธิบายสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย

m_o คือดัชนีความสามารถ Malmquist พิจารณาด้านปัจจัยเอาท์พุท

d_o^t คือฟังก์ชั่นระยะทาง (distance function) ที่ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพจากอินพุท x_t และได้เอาท์พุท y_t ระหว่างช่วงเวลา t

d_o^{t+1} คือประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา t+1

x_t, y_t คืออินพุท และเอาท์พุท

x_{t+1}, y_{t+1} คืออินพุท และเอาท์พุทเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา t+1

ϕ, λ คือตัวถ่วงน้ำหนักของอินพุทและเอาท์พุท

$N1$ คือเมตริกซ์หนึ่ง N x 1

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาการของการสื่อสารไร้สายมีผลกระทบต่อระบบโทรคมนาคมที่มีอยู่เดิม เช่นระบบโทรศัพท์พื้นฐานที่มีการสื่อสารเพียงการใช้สายตัวนำสัญญาณ โดยเมื่อมีระบบการสื่อสารไร้สายเกิดขึ้น บริการต่าง ๆของระบบโทรคมนาคมก็มีการพัฒนาการขึ้นในหลาย ๆด้าน เช่น ระบบการบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบการสื่อสารไร้สายผ่านดาวเทียม ระบบการรักษาทางไกล ระบบติดตามตัว ฯลฯ ซึ่งการพัฒนาการของการสื่อสารไร้สายนี้ทำให้การทำธุรกิจมีความสะดวก และมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งช่วยลดเวลาในการติดต่อกับผู้ใช้งานระบบ และลดเวลาในการเข้าถึงข้อมูลที่จำเป็นต่าง ๆอีกด้วย นอกจากนี้การพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารอย่างต่อเนื่องยังเป็นต้นกำเนิดของการสร้างผลิตภัณฑ์ และบริการในรูปแบบใหม่ ๆ ในการพัฒนาของระบบการสื่อสารไร้สายนั้น ไม่เพียงแต่เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และบริการ ในบางครั้งยังให้ผลอีกทางหนึ่งคือมีผลทำให้บริการ หรือผลิตภัณฑ์ในระบบโทรคมนาคมเดิม ลดมูลค่า ลดความสำคัญลง หรือบางบริการจำเป็นต้องหยุดการให้บริการลง

การศึกษาผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย จึงมีความจำเป็นในด้านการศึกษาถึงเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระบบใหม่ ๆ หรือการให้บริการในรูปแบบใหม่ ๆ ที่มีลักษณะในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารโทรคมนาคมในก้าวใหญ่ที่สำคัญ เช่น 3G, WiMAX, LTE, Mobile IP Phone (VoIP over WiMAX, VoIP over Wireless Mesh), Wireless Sensor Network, ฯลฯ ที่อาจส่งผลกระทบต่อระบบการให้บริการเดิมในระดับสูง หรือทำให้ระบบการให้บริการเดิมไม่สามารถแข่งขันต่อไปได้ นอกจากนี้ยังจะได้ศึกษาถึงผลกระทบต่อผู้ใช้บริการในด้านการเข้าถึง ความสะดวกสบาย และค่าใช้จ่ายของการให้บริการที่เพิ่มขึ้นนี้อีกด้วย เพื่อสามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ในการเตรียมความพร้อมต่อผลที่จะเกิดขึ้นต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้คือ

- เพื่อศึกษาผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย
- เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีใหม่ ๆ ของระบบสื่อสารไร้สาย ในการเข้ามาพัฒนาระบบโทรคมนาคมของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

- เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย
- เพื่อนำผลงานเผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับชาติคือ วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ในหัวข้อ ผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย

1.3 คำถามการวิจัย

- การปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายมีผลต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทยอย่างไรบ้าง ?
- เทคโนโลยีใหม่ๆ ด้านการสื่อสารไร้สายจะทดแทนเทคโนโลยีเดิม และลดต้นทุนในระบบโทรคมนาคมได้หรือไม่ อย่างไร ?
- การปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สาย จะมีผลต่อระบบโทรคมนาคมที่ใช้สายตัวนำสัญญาณในประเทศไทยหรือไม่ อย่างไร ?

1.4 สมมุติฐานการวิจัย

- การปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายจะมีผลต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทยในหลายด้าน โดยจะมีผลทั้งกับผู้ให้บริการโทรคมนาคม และผู้ใช้บริการ โดยจะมีบริการใหม่ๆเพิ่มขึ้น
- เทคโนโลยีใหม่ๆ ด้านการสื่อสารไร้สายจะทดแทนเทคโนโลยีเดิม ในบางบริการ แต่ด้านต้นทุนในระบบโทรคมนาคมอาจไม่ลดลงอย่างเป็นปัจจัยสำคัญ
- การปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สาย อาจจะมีผลต่อระบบโทรคมนาคมที่ใช้สายตัวนำสัญญาณในบางพื้นที่ให้บริการ แต่ในภาพรวมของระบบจะไม่ได้รับผลกระทบในสัดส่วนที่มากนัก

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- กลุ่มเป้าหมาย

  การศึกษาผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย
- เนื้อหาของการวิจัย

  การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย โดยจะทำการศึกษาผลกระทบของการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายต่อผู้ให้บริการและผู้ใช้บริการระบบสื่อสารไร้สาย เช่นระบบโทรศัพท์มือถือ และจะทำการศึกษาผลกระทบต่อระบบโทรคมนาคมที่ใช้สายตัวนำสัญญาณในประเทศไทยด้วย

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

1.6 นิยามศัพท์

- Wireless Revolution การปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สาย โดยการปฏิวัติในยุคแรกคือการเปลี่ยนแปลงจากระบบการสื่อสารที่ใช้สายตัวนำสัญญาณมาเป็นการสื่อสารไร้สาย
- Telecommunication Systems ระบบโทรคมนาคม ปัจจุบันระบบโทรคมนาคมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ ระบบการสื่อสารโทรศัพท์มือถือ
- WiMAX การสื่อสารไร้สายด้วยคลื่นไมโครเวฟมาตรฐาน IEEE 802.16
- 3G การสื่อสารไร้สายในยุคที่สามที่มีการส่งข้อมูลความเร็วสูง โดยยุคแรกคือยุคของโทรศัพท์มือถือแอนะล็อก ส่วนยุคที่สองคือยุคของโทรศัพท์มือถือดิจิตอล
- LTE การสื่อสารไร้สายชนิด Long Term Evolution เป็นการสื่อสารในยุคอนาคตที่อาจมีบทบาทมากขึ้นในเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ
- VoIP การสื่อสารเสียงผ่านอินเตอร์เนตโปรโตคอล เป็นรูปแบบของการสื่อสารทางเสียงที่มีราคาต้นทุนต่ำลงมากเมื่อเทียบกับการสื่อสารเสียงในแบบเดิมๆ
- Wireless Sensor Network เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ใช้พลังงานต่ำ ต้นทุนต่ำ

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่วิจัย

การกล่าวถึงการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายนั้นถูกกล่าวถึงมาอย่างต่อเนื่อง หลายยุค หลายสมัย และหลายแง่มุม ทั้งในด้านเทคโนโลยี (Nagel, 2005), (Chong and Kumar, 2003) , (Gunasekaran and Harmantzis, 2007) ด้านการให้บริการ (Funk, 2001) ด้านการจัดการ (Kenneth and Jane, 2006) ด้านผลิตภัณฑ์ ด้านเศรษฐศาสตร์ (OECD, 2000), (David, 1990)

โดยการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายในยุคแรกนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงจากระบบโทรคมนาคมพื้นฐานที่ใช้สายตัวนำสัญญาณ มาสู่ยุคของโทรศัพท์เคลื่อนที่และโทรศัพท์มือถือ (Lyytinen and Fomin, 2002) โทรศัพท์เคลื่อนที่และโทรศัพท์มือถือในยุคแรกนั้น เป็นระบบโทรศัพท์แอนะล็อก ซึ่งสามารถสื่อสารเสียงพูดได้เท่านั้น ต่อมาเมื่อมีความต้องการใช้งานในปริมาณที่มากขึ้น ระบบก็ได้มีวิวัฒนาการสู่การสื่อสารโทรศัพท์มือถือในยุคที่สอง หรือยุคดิจิตอล GSM (Haug, 2002) โทรศัพท์มือถือในยุคนี้มีพัฒนาการในการสื่อสารเสียงพูดที่ชัดขึ้นมาก ประหยัดพลังงาน สามารถรองรับปริมาณผู้ใช้บริการที่มากขึ้น โดยมีการพัฒนาเทคโนโลยีทางเครือข่ายและการประมวลผลสัญญาณที่ดีขึ้น ด้านการให้บริการของระบบโทรศัพท์มือถือในยุคที่สองนี้ก็มีจำนวนชนิดของบริการที่เพิ่มมากขึ้น และมีประสิทธิภาพที่ดี เข้าถึงผู้ใช้บริการได้ทุกความต้องการพื้นฐาน เช่นสามารถส่งข้อความสั้น มีบริการแสดงเลขหมายผู้โทรเข้า บริการเสียงรอสาย บริการด้านการสื่อสารข้อมูล ฯลฯ ทั้งยังได้ขยายพื้นที่การให้บริการให้ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในประเทศทั้งในเขตเมืองและชนบทได้ และด้วยประสิทธิภาพที่มากขึ้นเหล่านี้ทำให้โทรศัพท์มือถือได้ปฏิวัติระบบโทรคมนาคมที่เดิมที่ใช้สายตัวนำสัญญาณ โดยมีจำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นมากกว่าระบบโทรศัพท์พื้นฐานในปี 2002 (FCC, 2005) รวมถึงในด้านของรายได้ต่อเลขหมายที่มากกว่าอีกด้วย

หลังจากการปฏิวัติการสื่อสารไร้สายครั้งที่ผ่านมาแล้ว การสื่อสารไร้สายได้มีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา (Yoo, 2005) มีเทคโนโลยี และบริการใหม่ๆ ถูกแนะนำอย่างต่อเนื่อง เช่น 3G, WiMAX, LTE, Mobile IP Phone (VoIP over WiMAX, VoIP over Wireless Mesh), Wireless Sensor Network, ฯลฯ ซึ่งประสิทธิภาพของการสื่อสารก็ได้เพิ่มมากขึ้นอย่างก้าวกระโดด ทั้งในด้านความเร็วของการสื่อสารข้อมูลที่สูงขึ้นสู่การปฏิวัติการสื่อสารไร้สายครั้งใหม่ที่เรียกว่า บรอดแบนด์ไร้สายความเร็วสูง (high-speed wireless broadband) ที่มีความสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ ทุกเวลา (always-on connectivity) และมีบริการที่มีคุณภาพมากขึ้น เช่นบริการการสื่อสารภาพเคลื่อนไหวหรือวีดิทัศน์ความละเอียดสูง บริการเครือข่ายส่วนบุคคลที่มีคุณภาพสูง เป็นต้น

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีครั้งใหม่นี้ย่อมมีผลกระทบต่อ ระบบโทรคมนาคมเดิมทั้งชนิดมีสายและชนิดไร้สายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

2.2 วิวัฒนาการของการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (The Broadband Evolution)

การที่เทคโนโลยีระบบเครือข่ายไร้สายประสบความสำเร็จ โดยได้การยอมรับจากผู้ใช้งานจำนวนมากนั้น เนื่องจากระบบดังกล่าวสามารถตอบสนองความต้องการหลักทั้ง 3 ประการได้คือ 1) การเข้าถึงการให้บริการและสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย (Accessibility) โดยในประเทศกำลังพัฒนา (Developing Country) เทคโนโลยีในด้านการสื่อสารส่วนใหญ่คือการสื่อสารด้วยเสียงผ่านทางระบบโทรศัพท์พื้นฐาน (Plain Old Telephone System, POTs) หรือระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Phone System) แต่ในส่วนการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง และการประยุกต์ใช้งานต่างๆเช่น Voice-over IP, IPTV, Social network service นั้น ยังต้องการการพัฒนาในด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง (Broadband Communication Infrastructure) ซึ่งทำให้ระบบเครือข่ายไร้สาย เป็นทางเลือกที่น่าสนใจเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆที่มีอยู่ในปัจจุบัน สำหรับประเทศกำลังพัฒนา 2) การมีอยู่ให้ใช้งาน (Availability) ในหลายประเทศคลื่นความถี่ย่าน 2.4 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องขออนุญาตจากหน่วยงานกำกับดูแล (Unlicenced bandwidth) โดยอุปกรณ์ที่ใช้จะถูกจำกัดด้านกำลังส่งเพื่อไม่ให้มีการรบกวนกับผู้ใช้รายอื่น และ 3) ความสามารถในการครอบครองได้ (Affordability) โดยเครื่องลูกข่ายจะต้องมีราคาไม่สูงเกินไป

2.2.1 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)

ระบบเครือข่ายไร้สาย ถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ไว-ไฟ (Wireless Fidelity, Wi-Fi) เป็นระบบที่สามารถให้บริการการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เนต (Internet) แบบไร้สายที่ความเร็วการส่งผ่านข้อมูลสูงสุด 600 Mbps (Radha Krishna Rao, 2008) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณในระบบเครือข่ายไร้สายนี้จะใช้เทคโนโลยีการสื่อสารคลื่นวิทยุตามมาตรฐาน IEEE 802.11 ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทำการเชื่อมต่อการสื่อสารข้อมูลอินเตอร์เนต ณ ตำแหน่งใดๆ ที่อยู่ในบริเวณที่จุดกระจายสัญญาณไร้สาย (Wireless Access Point) มีการกระจายคลื่นความถี่วิทยุครอบคลุมอยู่

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 มาตรฐาน IEEE802.11 (IEEE 802.11n-2009, 2009)

	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
รับรองมาตรฐาน	September 1999	September 1999	June 2003	October 2009
ความเร็วสูงสุด	11Mbps	54Mbps	54Mbps	600 Mbps
ย่านความถี่	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4/5 GHz
เทคนิคการส่งคลื่น	DSSS	OFDM	DSSS, OFDM	OFDM
แบนด์วิท	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 – 40 MHz

2.2.2 วีแซด (Very Small Apeture Terminals : VSAT)

เทคโนโลยีวีแซดคือระบบเครือข่ายการสื่อสารไร้สายที่ใช้การสื่อสารผ่านดาวเทียม สามารถใช้ในการสื่อสารข้อมูล ภาพ เสียงหรือวิดีทัศน์ได้ โดยมีอุปกรณ์เครื่องรับ และเครื่องส่งสัญญาณผ่านจานรับสัญญาณดาวเทียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร ถึง 3.8 เมตร (Timothy et al., 2003) ถูกนำไปใช้งานในการสื่อสารของพื้นที่ห่างไกล หรือพื้นที่ที่ไม่มีการวางโครงข่ายการสื่อสารคมนาคม ซึ่งสามารถใช้เป็นโครงข่ายแบคฮอลล์ (backhaul) ของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือในลักษณะด้านโทรคมนาคมส่วนปลายทาง (last-mile connection) จากเครือข่ายการให้บริการไปยังบ้านพักอาศัย สำนักงาน เทคโนโลยีวีแซดยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการเช่น ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งจานรับสัญญาณดาวเทียมนอกอาคาร ใช้พื้นที่มาก การติดตั้งจานรับสัญญาณมีขั้นตอนการติดตั้งที่ยุ่งยาก อุปกรณ์ราคาค่อนข้างราคาสูง

2.2.3 โทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคก่อน 3G

โทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่สองถูกนำเสนอในช่วงต้นทศวรรษที่ 1990 จุดประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการสื่อสารจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบแอนะล็อก โดยการพัฒนาในด้านคุณภาพของสัญญาณเสียงและสามารถเพิ่มจำนวนผู้ใช้งานในการสื่อสารมากขึ้น ด้วยการใช้เทคโนโลยีการแบ่งช่วงเวลาเข้าใช้ตัวกลางนำสัญญาณ (TDMA) ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM และการใช้รหัสที่แตกต่างในการเข้าใช้ตัวกลางนำสัญญาณ (CDMA) ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ CDMA(IS-95) โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่สองนี้เรียกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคดิจิตอลซึ่งยังคงใช้หลักการการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบการสลับวงจรสัญญาณ (Circuit switch) อยู่เช่นเดิม การพัฒนาโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่สองนี้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง จากช่วงแรกของการให้บริการเน้นการให้บริการทางเสียงเป็นหลัก และต่อมามีการพัฒนาเทคโนโลยีให้สามารถบริการการสื่อสารข้อมูล

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

ที่มีความรวดเร็วมากขึ้นกว่าในยุค 2G ที่สามารถให้บริการที่ความเร็วในการสื่อสารข้อมูลเพียง 9.6 kbps เท่านั้น โดยในระบบ GSM เทคโนโลยี GPRS (General Packet Radio Service) ซึ่งสามารถให้บริการความเร็วในการสื่อสารได้สูงสุดถึง 170 kbps และ EGDE (Enhanced Data Routes for GSM Evolution) เป็นต้น ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็นยุค 2.5G (Evolution Generation) (Smith and Collins, 2007) ซึ่งสามารถให้บริการความเร็วในการสื่อสารได้สูงถึง 384 kbps

โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยปัจจุบันมีผู้ถือคลื่นความถี่ในการให้บริการคือ บริษัท กสท.โทรคมนาคม ถือครองความถี่ในย่าน 850 MHz จำนวน 17.5 MHz บริษัททีโอทีถือครองความถี่ในย่าน 2.1 GHz จำนวน 15 MHz บริษัทแอดวานซ์อินโฟร์เซอร์วิส หรือเอไอเอสที่ได้สัมปทานจากองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ก่อนจะมาเป็นบริษัททีโอทีในปัจจุบันถือครองความถี่ในย่าน 900 MHz จำนวน 17.5 MHz บริษัทโทเทิ่ลแอ็คเซ็สคอมมูนิเคชั่น หรือดีแทค ที่ได้สัมปทานจากการสื่อสารแห่งประเทศไทย ก่อนจะเป็นบริษัทกสท.โทรคมนาคมถือครองความถี่ในย่าน 850 MHz จำนวน 10 MHz และย่าน 1800 MHz จำนวน 25 MHz บริษัททรูมูฟถือครองความถี่ในย่าน 1800 MHz จำนวน 12.5 MHz และบริษัทดีพีซีถือครองความถี่ในย่าน 1800 MHz จำนวน 12.5 MHz (กทช., 2542)

2.2.4 3G and Beyond

โทรศัพท์มือถือระบบแอนะล็อก เช่น AMPS หรือ NMT ถือว่าเป็นยุคแรกของการสื่อสารในลักษณะโทรศัพท์ไร้สาย สามารถนำไปใช้งานได้ทุกพื้นที่ ต่อมาเปลี่ยนแปลงเป็นระบบดิจิตอล เช่น GSM ซึ่งถือว่าเป็นยุคที่สองและได้พัฒนาการมาสู่ยุคที่สาม หรือ 3G หรือที่รู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งว่า IMT-2000 มีมาตรฐานที่นิยมแพร่หลายอยู่ 2 มาตรฐานคือ WCDMA ซึ่งพัฒนามาจาก GSM ของกลุ่มยุโรปและ CDMA2000 ซึ่งพัฒนามาจาก CDMA(IS-95) ของกลุ่มอเมริกา ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G นั้นวัตถุประสงค์หลักของการพัฒนามุ่งเน้นในการให้บริการสื่อประสม (Multimedia) และยังคงสามารถให้บริการทางเสียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีขีดความสามารถที่โดดเด่นคือสามารถรับส่งข้อมูลที่ความเร็วอย่างน้อย 384 kbps และอาจสูงถึง 2 Mbps ในบางสภาวะ ซึ่งจะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงกว่าในระบบ GSM ซึ่งใช้เทคโนโลยี GPRS หรือ EDGE คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของระบบ 3G คือการเชื่อมต่อกับโครงข่ายตลอดเวลา (Always On) เพื่อที่จะสามารถให้บริการ Video/Call Conference บริการ TV Streaming หรือการรับ-ส่งข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ จึงทำให้มีการเชื่อมต่อบริการโดยไม่ขาดตอน (Seamless Service)ได้

การพัฒนาระบบ 3G ยังมีอย่างต่อเนื่องโดยในระหว่างการพัฒนาได้มีการเรียกยุคที่กำลังพัฒนานั้นว่า 3.5G ซึ่งมีการนำเทคนิค HSPA (High Speed Packet Access) หรือ CDMA2000 EV-DO Rev B ที่มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลมากถึง 9.3 Mbps หรือว่า 3.9G ที่ใช้เทคนิค LTE

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

(Long Term Evolution) ซึ่งเมื่อพัฒนาถึง 4G คาดว่าจะสามารถรับส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงขึ้น ถึง 1 Gbps ได้ (Smith and Collins, 2007)

2.3 โครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคมไร้สายของประเทศไทย

โครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคมไร้สายของประเทศไทยไม่ได้ใช้รูปแบบการกระจายตัวของโครงสร้างพื้นฐานที่เหมือนกันในทุกพื้นที่ แต่มีการวางรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะพื้นที่ เป็นสามลักษณะคือ พื้นที่ในเมือง (Urban areas) พื้นที่ชานเมือง (Sub-urban areas) และพื้นที่ชนบท (Rural areas) เนื่องจากในแต่ละเขตพื้นที่มีความต้องการในการใช้เทคโนโลยี หรือมีความเข้าใจในเทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคมที่แตกต่างกัน รวมถึงต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ และการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วด้วย

การสื่อสารโทรคมนาคมไร้สายในพื้นที่เขตเมืองมีความต้องการการใช้งานของผู้บริโภคจำนวนมาก ผู้ใช้งานมีความต้องการการสื่อสารความเร็วสูงที่สามารถสื่อสารข้อมูลได้ทุกที่ ทุกเวลาอย่างต่อเนื่อง ผู้ใช้งานในเขตพื้นที่เมืองมีความเข้าใจในเทคโนโลยีสมัยใหม่ และมีเครื่องมือสื่อสารที่สามารถใช้ประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคมไร้สายได้อย่างดี เช่นอุปกรณ์ PDA ที่รองรับการใช้งานระบบ GPRS, EDGE, 3G หรือ Wi-Fi ได้เป็นต้น ระบบ Wi-Fi ที่มีการให้บริการนั้นมีความครอบคลุมในพื้นที่ส่วนใหญ่ของเมืองชั้นใน เช่นในบริเวณห้างสรรพสินค้า อาคารสำนักงานขนาดใหญ่ ย่านธุรกิจ โรงเรียน หรือมหาวิทยาลัย เป็นต้น พื้นที่ส่วนใหญ่ของเขตพื้นที่ในเมือง มีระบบโทรคมนาคมพื้นฐานแบบไร้สาย รองรับครอบคลุมทุกพื้นที่ ส่วนพื้นที่ชานเมือง มีรูปแบบความต้องการการใช้งานเป็นบริเวณเฉพาะ เช่นวิทยาเขตของมหาวิทยาลัย โรงเรียน นิคมอุตสาหกรรม โดยพื้นที่ดังกล่าวจะอยู่สลับกันกับพื้นที่อยู่อาศัย ระบบโทรคมนาคมพื้นฐานแบบไร้สายจึงให้บริการในลักษณะ มีโครงข่ายโทรคมนาคมด้วยสายนำสัญญาณไปยังบริเวณที่มีความต้องการใช้งานดังกล่าวและกระจายสัญญาณ Wi-Fi ในรอบ ๆบริเวณนั้น และสำหรับพื้นที่ชนบทที่มีระยะทางห่างไกล การเชื่อมต่อสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณ มีต้นทุนการดำเนินการสูงมาก จึงใช้ระบบวีแซด หรือไมโครเวฟ

2.4 การประยุกต์ใช้งานระบบบรอดแบนด์

การเชื่อมต่อการสื่อสารข้อมูลระหว่างพื้นที่ด้วยระบบการสื่อสารความเร็วสูงทำให้ผู้ใช้งานในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์แก่ชุมชนหรือธุรกิจได้หลากหลาย ดังตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานระบบบรอดแบนด์ต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

2.4.1 การประชุมทางไกล (Tele-Conferencing)

การประชุมทางไกลวิดีทัศน์ หรือที่เรียกว่าวีดิโอคอนเฟอรเรนซ์ คือการประชุมทางไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตซึ่งสามารถส่งภาพผู้สนทนา เสียงและข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลการนำเสนอ รูปภาพ และเอกสารต่างๆ ทำให้ประชุมทางไกลเสมือนอยู่ในห้องประชุมเดียวกัน ทำให้เพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับองค์กร ลดต้นทุนจากการเดินทาง ค่าที่พัก ค่าล่วงเวลา และเวลาที่เสียไปกับการเดินทาง เป็นต้น นอกจากการประชุมทางไกลแล้ว การอบรมทางไกล (Distance Training) การให้คำแนะนำและปรึกษาทางไกล (Remote Consultant) จะเพิ่มความรวดเร็วในการให้ข้อมูลระหว่างสาขาภายในองค์กร ได้รายละเอียดครบถ้วนเหมือนการประชุมภายในห้องเดียวกัน สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องรวดเร็วโดยมีค่าใช้จ่ายต่ำ การศึกษาทางไกลก็เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่มีการนำเทคโนโลยีการสื่อสารมาช่วยในการศึกษาเพื่อขยายโอกาสทางการศึกษา ให้กับผู้เรียนได้ โดยยังจะสามารถเพิ่มช่องทางการเรียนให้กับผู้เรียนที่ไม่สะดวกในการเข้าร่วม ชั้นเรียน อาศัยเว็บในการเรียนแบบออนไลน์ หรือเก็บบันทึกไว้เป็นวิดีโอให้ผู้เรียนสามารถเข้าไปเปิดเรียนวิชาต่างๆได้ ทุกเวลา

2.4.2 การแพทย์ทางไกล (Tele-Medical Profession)

การแพทย์ทางไกลหรือที่นิยมเรียกอีกอย่างว่า Telemedicine คือ การตรวจสอบสัญญาณชีพที่สำคัญของร่างกาย เช่น คลื่นหัวใจ คลื่นสมอง รวมถึงการส่งข้อมูลข้อมูลภาพเคลื่อนไหวของสีหน้าหรืออาการของผู้ป่วย และนำส่งข้อมูลกลับไปยังแพทย์ผู้ดูแลจะทำให้สามารถวินิจฉัยอาการของผู้ป่วยได้ทันท่วงที อีกทั้งกรณีสถานีอนามัยที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกล ที่ไม่มีแพทย์เฉพาะทางในการวินิจฉัยอาการของผู้ป่วย ก็สามารถส่งผ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ต่างๆเช่น อุปกรณ์ตรวจสอบตา อุปกรณ์ตรวจสอบหู คอ จมูก อุปกรณ์ตรวจสภาพผิวหนัง อุปกรณ์ตรวจสอบการทำงานหัวใจและปอด และอุปกรณ์ตรวจวัดคลื่นหัวใจ เป็นต้น เพื่อการปรึกษาแพทย์ในโรงพยาบาลใหญ่ประจำจังหวัดได้ ปัจจุบันมีการทดลองทำโครงการสาธิตครอบคลุมพื้นที่ 2 สถานีอนามัย คือ สถานีอนามัยเกาะปันหยี และสถานีอนามัยบ้านพรุใน เกาะยาวใหญ่ ในจังหวัดพังงา

การแพทย์ทางไกลยังมีการพัฒนาในการใช้หุ่นยนต์สำหรับทำการผ่าตัดในระยะไกล โดยศัลยแพทย์จะสามารถควบคุมหุ่นยนต์นี้ได้อย่างอิสระ และในระหว่างการผ่าตัดแพทย์จะสามารถดูข้อมูลและภาพเคลื่อนไหวผ่านกล้องวิดีโอความละเอียดสูงได้

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

2.4.3 การค้าผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Commerce)

การที่ความสามารถในการรับ ส่ง ข้อมูลความเร็วสูง ผ่านเครือข่ายไร้สายมีความเร็วมากขึ้น และความสามารถของอุปกรณ์พกพามีสูงมากขึ้น เป็นการส่งเสริมการค้าผ่านเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือ m-Commerce เนื่องจากการทำธุรกรรมมีความคล่องตัวขึ้น ไม่จำเป็นต้องนั่งอยู่หน้าเครื่องคอมพิวเตอร์เสมอไป เช่นการทำธุรกรรมซื้อขาย ผ่าน eBay เป็นต้น นอกจากนี้การนำเทคโนโลยีการระบุตำแหน่งของเครื่องลูกข่าย (Location Base) เพื่อหาพิกัดนั้น จะสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมการขาย หรือประชาสัมพันธ์ร้านค้าเมื่อเข้ามายังพื้นที่ อีกทั้งการติดตามสินค้า หรือรถบรรทุกวัตถุอันตรายต่างๆ สามารถติดตามได้ตลอดเวลา สามารถเข้าสู่ระบบจากที่ไหนก็ได้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการให้บริการต่างๆ เช่น ธุรกิจประกันภัย ที่ต้องการระบุตำแหน่งเจ้าหน้าที่ ที่อยู่ใกล้ลูกค้าที่สุด เพื่อให้การบริการมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถซื้อสินค้าออนไลน์ หรือทำธุรกรรมต่างๆ เช่นในส่วนของตลาดหุ้น ได้อีกด้วย ด้วยประสิทธิภาพด้านความเร็วของบรอดแบนด์ไร้สายที่สูงขึ้น จะทำให้เกิดนวัตกรรมทางธุรกิจใหม่ๆ มากขึ้นตามไปด้วย

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 3
ปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายในประเทศไทย

3.1 เทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการปฏิวัติระบบการสื่อสารไร้สายในประเทศไทย

3.1.1 ไวแมกซ์ (WiMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access)

ไวแมกซ์คือเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่มีความเร็วในการสื่อสารสูง สามารถให้บริการบรอดแบนด์ไร้สายในลักษณะด้านโทรคมนาคมส่วนปลายทาง (last-mile connection) จากเครือข่ายการให้บริการไปยังบ้านพักอาศัย สำนักงาน หรือในยานพาหนะ ไวแมกซ์จะคล้ายกับไวไฟ โดยมีแบนด์วิทมากกว่า สามารถเชื่อมต่อการสื่อสารได้ในระยะทางไกลกว่าในระยะทาง 50 กิโลเมตร สามารถเชื่อมต่อสัญญาณได้โดยไม่ต้องอยู่ในแนวรับสัญญาณโดยตรง (Non line-of-sight: NLoS) มีความสามารถในการประกันคุณภาพการสื่อสาร (Quality of Service: QoS) ไวแมกซ์ใช้เทคโนโลยีการมอดูเลตแบบ Orthogonal Frequency Division Modulation (OFDM) ซึ่งมีการใช้พลังงานต่ำ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายประเภท ทั้งการเชื่อมต่อเครื่องมือสื่อสารในระยะไกล การใช้เป็นโครงข่ายแบคฮอลล์ (backhaul) ของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือโครงข่ายไวไฟฮอตสปอต (WiFi hotspots) หรือการนำมาแทนที่การเชื่อมต่อด้วยสายเคเบิ้ลในสถานที่ห่างไกลข่ายสาย เช่นแทนที่ ADSL เป็นต้น ด้วยความสามารถดังกล่าว ไวแมกซ์ได้ถูกวางตำแหน่งไว้ในการสื่อสารที่มีความเร็วสูงกว่าระบบ 3G ซึ่งมักถูกเรียกอย่างไม่เป็นทางการว่าเป็น 3.5G

ไวแมกซ์เริ่มเปิดตัวด้วยมาตรฐาน IEEE 802.16d ซึ่งให้บริการได้เฉพาะการสื่อสารไร้สายแบบประจำที่ (Fixed Wireless Access) มีแนวทางในการพัฒนาที่ชัดเจนเพื่อรองรับการสื่อสารด้วยอัตราเร็วสูงกว่า 100 Mbps มาตรฐานไวแมกซ์ ได้รับการสนับสนุนจากพันธมิตรผู้ผลิตอุปกรณ์สื่อสารทั่วโลก รวมถึงผู้ผลิตชิพเซ็ตรายใหญ่หลายราย มีการผลิตชิพเซ็ตไวแมกซ์ เพื่อบรรจุลงในคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊กคล้ายกับที่เคยทำความสำเร็จมาแล้วกับไวไฟ ต่อมาได้มีการพัฒนาให้สามารถรองรับการใช้งานในรูปแบบของการเคลื่อนที่ได้บนมาตรฐาน IEEE 802.16e (Radha and Radhamani, 2008) ไวแมกซ์ได้รับการผลักดันให้ใช้งานในเชิงพาณิชย์ได้ทั้งย่านความถี่ 2.3 GHz 2.5 GHz 3.5 GHz และ 5.8 GHz โดยในปีพ.ศ. 2551 สำนักงาน กทช. ได้จัดทำแผนความถี่วิทยุกิจการสื่อสารไร้สายความเร็วสูง (Broadband Wireless Access: BWA) และอนุญาตให้มีการทดลองหรือทดสอบการระบบไวแมกซ์ ในย่านความถี่ 2.3 GHz และ 2.5 GHz ซึ่งมีผู้ได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อการทดลองหรือทดสอบไวแมกซ์เป็นการชั่วคราว จำนวน 14 ราย (กทช., 2551)

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

3.1.2 LTE, LTE Advanced และ 4G

แอลทีอี (LTE: Long Term Evolution) เป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ของกลุ่ม 3GPP (Third Generation Partnership Project) ที่พัฒนาเพื่อเป็นยุคต่อไปของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ยูเอ็มทีเอส (UMTS: Universal Mobile Telecommunications System) ที่เดิมใช้เทคโนโลยี EDGE หรือ HSPA หรือระบบ 3G (Motorolla, 2007) โดยการพัฒนาแอลทีอีแบ่งเป็นสองช่วง ในช่วงแรกที่ถูกนำเสนอรู้จักกันทั่วไปว่าเป็นระบบ 3.9G เนื่องจากยังไม่ตรงตามมาตรฐานของ IMT Advanced 4G และได้มีการพัฒนาต่อเนื่องเป็นระบบ แอลทีอีแอดวานซ์ (LTE Advanced) ที่มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานที่ IMT วางไว้ซึ่งคาดว่าจะเป็นมาตรฐาน 4G ในอนาคต แอลทีอีมีการปรับปรุงส่วนโครงข่ายหลักให้กลายมาเป็นระบบไอพีทั้งหมด (all-IP) ซึ่งนำมาแทนที่ส่วนโครงข่ายหลักเพื่อให้รองรับการทำงานร่วมกันกับระบบอื่นๆ เช่น GPRS EDGE หรือ ไวแมกซ์ได้ แอลทีอีสามารถเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูลทั้งดาวน์โหลดและอัพโหลดให้มากขึ้นโดยความเร็วในการดาวน์โหลดอย่างน้อย 100 Mbps และอัพโหลดอย่างน้อย 50 Mbps โดยมีเวลาในการส่งข้อมูลไปและกลับ (round-trip times) น้อยกว่า 10 ms ทั้งยังรองรับการปรับแบนด์วิทของคลื่นพาห์ (carrier bandwidths) ได้ในช่วง 1.4 MHz ถึง 20 MHz ด้วยเทคโนโลยีในส่วนของการส่งสัญญาณไร้สายที่เรียกว่า E-UTRAN (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) (3GPP, 2006)

แอลทีอีใช้เทคนิคไมโม (MIMO) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร โดยหากเลือกใช้สายอากาศ 4 ชุด ที่ช่องความถี่ 20 MHz จะสามารถดาวน์โหลดได้สูงถึง 326.4 Mbps และอัพโหลดได้มากถึง 86.4 Mbps แต่หากใช้จำนวนสายอากาศเพียงสองชุดจะสามารถดาวน์โหลดได้ 172.8 Mbps ย่านความถี่ในการใช้งานของระบบแอลทีอีสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ได้ โดยหากเป็นพื้นที่ชนบท มีจำนวนผู้ใช้งานไม่มากนักสามารถเลือกใช้ความถี่ต่ำเช่นย่าน 900 MHz และขนาดพื้นที่ครอบคลุมของสถานีฐานในระยะ 5 – 30 กิโลเมตร หากเป็นพื้นที่ในเมืองมีจำนวนผู้ใช้งานมากสามารถเลือกใช้ความถี่ที่สูงขึ้น เช่น 2.1 GHz และปรับขนาดพื้นที่ครอบคลุมของสถานีฐานให้น้อยกว่า 1 กิโลเมตร หรือเพียงระดับน้อยกว่า 100 เมตรก็เป็นได้

3.1.3 การสื่อสารทางแสงผ่านอากาศ (Free Space Optical : FSO)

ระบบการสื่อสารทางแสงแบบผ่านอากาศด้วยแสงอินฟาเรด (Isaac and Eric, 2001) ได้ถูกนำมาใช้งาน ตามความต้องการเครือข่ายที่มีความเร็วสูงหรือบรอดแบนด์ในปัจจุบันที่มีปริมาณมากขึ้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วการสื่อสารความเร็วสูงทำการเชื่อมต่อผ่านสายตัวนำหรือสายใยแก้วนำแสงมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในเขตเมือง แต่ด้วยการสร้างเครือข่ายสายตัวนำหรือสายใยแก้วนำแสงมีราคาที่ค่อนข้างแพงทำให้ไม่สามารถขยายความครอบคลุมการใช้งานไปในชนบทที่ห่างไกล ระบบการสื่อสารทางแสงแบบผ่านอากาศด้วยแสงอินพาเรดจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากมีการสูญเสีย

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

พลังงานที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับคลื่นไมโครเวฟ มีแบนด์วิทของช่องทางการสื่อสารที่สูงกว่า รวมถึงไม่จำเป็นจะต้องขออนุญาตใช้งานคลื่นความถี่เช่นเดียวกันกับที่เป็นข้อจำกัดของการสื่อสารโดยการใช้คลื่นความถี่ย่านไมโครเวฟ ทั้งยังมีการรบกวนระบบการสื่อสารอื่นๆต่ำกว่า เนื่องจากลำแสงที่ใช้ในการสื่อสารอยู่ในแนวการส่งเท่านั้นและมีลักษณะเป็นลำแสงแคบ ในส่วนของข้อด้อยจะเป็นการลดทอนสัญญาณเนื่องจากความแปรปรวนของบรรยากาศโดยเฉพาะหมอก (Muhammad et al., 2009)

3.1.4 เฟมโตเซลล์ (Femtocell)

เฟมโตเซลล์ คือสถานีฐานขนาดเล็กของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Network Operator: MNO) สำหรับติดตั้งในอาคารที่พักอาศัย หรือสำนักงานขนาดเล็ก ทำการเชื่อมต่อสัญญาณจากสถานีฐานขนาดเล็กนี้ไปยังโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ผู้ให้บริการด้วยสายตัวนำสัญญาณบรอดแบนด์ เช่น ADSL หรือ สายใยแก้วนำแสง หรือที่ 3GPP เรียกอีกอย่างว่า HNBs (Home Node Bs) (Femto Forum, 2010) แนวคิดในการนำเสนอเฟมโตเซลล์เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านแบนด์วิทของการสื่อสารไร้สายนั้นมีจำกัด และความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการความเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่สูงขึ้น แต่การส่งผ่านข้อมูลจากสถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ผ่านเข้ามาภายในอาคารถูกลดทอนสัญญาณอย่างมาก ทำให้ความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลจากสถานีฐานลดลง เนื่องจากจะต้องมีการปรับเปลี่ยนเทคนิคของการมอดูเลตให้เหมาะสม และหากสถานีฐานต้องการคงความเร็วในการสื่อสารกับผู้ใช้งานให้เร็วคงเดิมแล้ว จำเป็นจะต้องเพิ่มการใช้งานแบนด์วิทในการส่งข้อมูลนี้ให้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อแบนด์วิทและความเร็วในการสื่อสารโดยรวมของสถานีฐานทั้งหมด ดังนั้นในมุมมองของผู้ให้บริการ การใช้งานเฟมโตเซลล์จะช่วยทั้งในเรื่องของความเร็วในการสื่อสารข้อมูล และพื้นที่การครอบคลุมภายในอาคารที่ดียิ่งขึ้น (Aricent, 2009) แต่การที่เฟมโตเซลล์จะทำให้การให้บริการบรอดแบนด์ของผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนไม่สูงนั้น การเชื่อมต่อสัญญาณจากเฟมโตเซลล์ไปยังโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย ADSL หรือสายใยแก้วนำแสง ต้องทำในลักษณะคอนเวอร์เจนท์ (Convergence) ระหว่างโครงข่ายทั้งสอง เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากการเชื่อมต่อสัญญาณด้วย ADSL ลักษณะการใช้งานของเฟมโตเซลล์จะคล้ายกับการใช้งานเราท์เตอร์ไร้สาย (Wireless Router) ที่นิยมใช้ทั่วไป สามารถให้บริการได้ในระยะ 30 – 50 เมตร และทำการเชื่อมต่อสัญญาณไร้สายจากเครื่องลูกข่ายผ่าน ADSL ไปยังโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.1.5 ยูบิควิตัส (Ubiquitous)

ยูบิควิตัส คือยุคของการที่มนุษย์มีการใช้อุปกรณ์สื่อสาร คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์สมองกลฝังตัว มากกว่าหนึ่งชิ้นต่อคน (รินรดา, 2552) และไม่เพียงหมายความว่าเป็นยุคของความง่ายใน

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

การใช้เครื่องมือสื่อสาร หรือเป็นยุคที่สามารถสื่อสารได้ทุกที่ ทุกเวลาที่ต้องการเท่านั้น แต่หมายถึงยุคที่อุปกรณ์ประมวลผล อุปกรณ์สมองกลฝังตัว รวมทั้งอุปกรณ์สื่อสารทันสมัยต่างๆ เข้ามามีส่วนร่วมกับมนุษย์ เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆเหล่านั้นตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ โดยผู้ใช้สามารถใช้งานเทคโนโลยีได้โดยไม่ต้องเรียนรู้ เทคโนโลยีต่างๆจะเรียนรู้พฤติกรรมของมนุษย์เอง ซึ่งจะเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิต เพื่อให้เทคโนโลยีรับรู้สภาพแวดล้อมและความต้องการของผู้ใช้และตอบสนองได้เองโดยไม่ต้องออกคำสั่ง ยกตัวอย่างเช่น หากผู้ป่วยอยู่ในระยะพักฟื้นหรือเฝ้าระวังอาการ โดยต้องมีการเฝ้าระวังสัญญาณชีพที่สำคัญ ผู้ป่วยต้องนอนอยู่บนเตียงคนไข้เฉยๆ เป็นเวลานานๆ อาจไม่เป็นผลดีนัก หากมีการสวมใส่เซ็นเซอร์สัญญาณชีพที่สำคัญไว้บนร่างกายของผู้ป่วยและส่งสัญญาณเหล่านั้นผ่านทางเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ก็จะทำให้ผู้ป่วยสามารถมีกิจกรรมอื่นๆได้ นอกเหนือจากการนอนอยู่บนเตียงคนไข้ โดยสามารถลุกออกจากเตียงเพื่อเดินเปลี่ยนอริยาบทได้ในบริเวณต่างๆ ไม่มีขอบจำกัดด้านสายสัญญาณที่ต้องต่อจากตัวของผู้ป่วยไปยังเครื่องมือวัดอีกต่อไป เมื่อผู้ป่วยเข้าห้องน้ำเพื่อขับถ่าย ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัสสาวะของผู้ป่วยจะถูกส่งผ่านเพื่อนำไปร่วมวินิจฉัยต่อไป นอกจากนี้ในบริเวณเฝ้าระวังดังกล่าวยังจะมีการติดตั้งอุปกรณ์สมองกลฝังตัวเชื่อมต่อกับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายไว้หลายจุดในตำแหน่งต่างๆ รอบพื้นที่เฝ้าระวังเพื่อตรวจสอบและติดตามตำแหน่งผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุ โดยหากเกิดเหตุการณ์หกล้มในห้องน้ำ หรือสัญญาณชีพผิดปกติ เซ็นเซอร์ที่ผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุสวมใส่อยู่ตรวจสอบพบ พร้อมแจ้งเตือนไปยังพยาบาลหรือผู้ดูแลโดยทันที ทำให้พยาบาลหรือผู้ดูแล สามารถทราบได้ว่ามีเหตุการณ์ใดเกิดขึ้นและอยู่ในบริเวณใด ซึ่งจะส่งผลให้พยาบาลหรือผู้ดูแล สามารถเตรียมเครื่องมือหรืออุปกรณ์การปฐมพยาบาลได้ถูกต้องกับอาการ และสามารถเข้าถึงตัวผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุทำได้อย่างรวดเร็วและทันท่วงที หรือแม้กระทั่งการส่งสัญญาณเพื่อติดต่อขอความช่วยเหลือไปยังโรงพยาบาลใกล้เคียง อีกตัวอย่างหนึ่งคือการใช้เครื่องมือสื่อสารของผู้พิการ โดยเฉพาะผู้เป็นอัมพาตตั้งแต่ช่วงคอลงมา ผู้ป่วยจะไม่สามารถใช้มือ แขน หรือขา ในการกดแป้นเครื่องโทรศัพท์ หรือเครื่องมือสื่อสารใดๆ ในการเรียกพยาบาลหรือผู้ดูแลเมื่อยามจำเป็น ซึ่งอาจใช้เครื่องมือสื่อสารที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษให้มีแป้นการกดเลขหมายใหญ่ขึ้น โดยให้ผู้ป่วยสามารถใช้ปากคาบแท่งกด หรือใช้คางในการกดปุ่ม หรือมีการออกแบบการโทรออกด้วยการใช้เสียง แต่การออกแบบลักษณะนี้เป็นการออกแบบในมิติเดียวคือการสร้างวิธีการป้อนอินพุทให้ง่ายต่อผู้ใช้ แต่หากใช้อุปกรณ์ที่ออกแบบให้ตอบสนองในยุคของยูบิควิตัสแล้ว จะเป็นการออกแบบโดยมีการรับอินพุทจากหลากหลายแหล่งมากขึ้น โดยนำมาประมวลผลเพื่อให้ตรงกับความต้องการการสื่อสารของผู้ป่วย เช่นในห้องพักฟื้นของผู้ป่วยอัมพาตมีการติดตั้งเซ็นเซอร์และอุปกรณ์สมองกลฝังตัวไว้ในอุปกรณ์และตำแหน่งต่างๆ หากผู้ป่วยอัมพาตต้องการรับชมโทรทัศน์ ก็เพียงแต่หันศีรษะและจ้องมองตรงไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ ก็จะสามารถรับชมได้ หากต้องการเปลี่ยนช่องหรือเพิ่มลดเสียง อาจใช้การพยักหน้า หรือส่ายหน้า เป็นต้น และเมื่อต้องการเปลี่ยนมารับฟังวิทยุ ก็เพียงหันศีรษะและจ้องมองตรงไปยังเครื่องรับวิทยุ หากต้องการมองไปยังนอกหน้าต่างเพื่อเปลี่ยนบรรยากาศ ก็หันศีรษะและจ้องมองไปยังหน้าต่าง หรือในกรณี

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ต้องการลดปัญหาเรื่องแผลกดทับหากต้องนอนอยู่ในท่าทางเดียวกันเป็นเวลานาน ก็เพียงปรับลักษณะมาอยู่ที่การหยุดพัก เตียงของผู้ป่วยที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษ จะสามารถหันหรือพลิกในลักษณะต่างๆได้ตามช่วงเวลาที่เหมาะสมของแต่ละท่าทาง นอกจากนี้หากผู้ป่วยปัสสาวะรดที่นอน ผู้ป่วยไม่จำเป็นจะต้องกดเรียกพยาบาล เพียงแต่เปล่งเสียงเรียกในวลีที่เกี่ยวข้อง เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้ที่เตียงจะรับรู้ถึงการปัสสาวะรดและประมวลผลร่วมกับวลีที่เปล่งออกมาเช่นพูดว่า ฉี่รดที่นอน ข้อมูลที่ถูกประมวลได้นี้จะถูกส่งตรงไปยังเครื่องมือสื่อสารของพยาบาลหรือผู้ดูแลให้ทราบ ซึ่งจะทำให้คุณภาพชีวิตของผู้ป่วยอัมพาตหรือผู้พิการดีขึ้น ซึ่งการสื่อสารระหว่างเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์สมองกลฝังตัวต่างๆเหล่านี้ จำเป็นจะต้องใช้เทคโนโลยีของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างกัน เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลเปลี่ยนจากยุคของความง่ายของการใช้งาน ไปสู่ยุคของการตอบสนองความต้องการของมนุษย์

3.2 มาตรฐานด้านโทรคมนาคมและการกำกับ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบโทรคมนาคมไทย

3.2.1 การกำกับมาตรฐานโทรคมนาคมก่อนปี 2553

การเตรียมพร้อมและเข้าสู่การมีบริการระบบสื่อสารไร้สาย 3G ในประเทศไทยมีการศึกษากันหลายปีก่อนหน้านี้ แต่ด้วยปัญหาของสัญญาสัมปทานเก่า ทั้งการแปรสัญญา หรือการหาทางเอาผิดกับการแก้สัญญาที่ไม่ถูกขั้นตอนในอดีต ทำให้การประมูลความถี่และใบอนุญาตระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G จึงมีความล่าช้าและไม่มีทิศทางที่ชัดเจน ทั้งที่มีกระบวนการรับฟังความเห็นเมื่อปลายเดือนกันยายน และ พฤศจิกายน 2552 และผ่านการปรับปรุงเนื้อหามาแล้ว แต่กรรมการ กทช. ชุดก่อนปี 2553 มีสามท่านที่จับสลากออกไปตั้งแต่ปี 2550 แต่ทำหน้าที่อยู่คือ พลเอก ชูชาติ พรหมพระสิทธิ์ ศาสตราจารย์ เศรษฐพร คูศรีพิทักษ์ และนายเหรียญชัย เรียววิไลสุข อีกหนึ่งท่านคือ นายอาทร จันทวิมล ที่ลาออกไปตั้งแต่2549 กรรมการกทช. ชุดนี้จึงสงวนท่าทีเนื่องจากอยู่ในช่วงที่วุฒิสภากำลังเลือกกรรมการใหม่ของกทช. 4 คนจากตัวเลือก 8 คน เพื่อเข้ามาทำหน้าที่แทนกรรมการที่ขาดไป ดังนั้น ทิศทางของ 3G license ย่านความถี่ 2100 MHz จึงยังไม่ชัดเจน จนกว่ากรรมการทั้ง 7 คน ที่ประกอบด้วย 4 คนเป็นผู้มาใหม่ จะมีความเห็นอย่างไรกับการประมูล 3G license และร่าง IM (Information Memorandum) ที่กทช. ชุดเดิมทำเอาไว้ ว่าจะต้องปรับปรุงแก้ไขอีกหรือไม่ โดยเฉพาะในหลายประเด็นที่มีผู้เสียผลประโยชน์ในอุตสาหกรรมนี้ เช่น 1) ทำอย่างไรไม่ให้อุตสาหกรรมนี้ถูกควบคุมและครอบงำโดยต่างประเทศ โดยเฉพาะรัฐวิสาหกิจในต่างประเทศอย่าง Telenor ของ DTAC และ Temasek ของ AIS 2) ประเด็นความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับรัฐวิสาหกิจหรือเจ้าของสัมปทานเดิมคือ ทีโอทีและกสท ที่อาจมีปัญหารายได้จากการที่เอกชน โอนถ่ายลูกค้าไปอยู่ที่บริษัทใหม่ที่ได้รับใบอนุญาต ทำให้ส่งรายได้เข้ารัฐน้อยลง 3) ประเด็นเรื่องจำนวนใบอนุญาต ราคากลาง และราคาเริ่มต้นของการประมูล

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

ในการให้บริการของ TOT 3G ซึ่งดำเนินการบนคลื่นมาตรฐาน 1900 MHz ของทีโอที พร้อมด้วย MVNO 5 ราย โดยมีการเริ่มให้บริการในช่วงแรกครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ด้วยสถานีฐานเพียง 548 สถานีฐานเท่านั้น และยังไม่ได้รับอนุมัติจากคณะรัฐมนตรีให้ทำการขยายโครงข่ายอีก 3800 สถานีฐาน ทั่วประเทศ โดยใช้งบประมาณ 20,000 ล้านบาท ด้วยเหตุผลว่าให้รอความชัดเจนในเงื่อนไขการประมูล 3G license ของกทช. ก่อน ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการ TOT 3G จึงมีจำนวนไม่มากนัก เนื่องจากส่งผลต่อความรู้สึกของคนที่จะเข้ามาเป็นลูกค้าเพราะพื้นที่ให้บริการยังกระจุกตัวอยู่ที่กรุงเทพมหานคร

ด้วยเหตุผลจากการกำกับดูแลกิจการโทรคมนาคมดังที่ผ่านมาก่อนปี 2553 จึงทำให้อนาคตบรอดแบนด์ของประเทศไทยยังไร้ความชัดเจนในขณะที่บางประเทศได้เริ่มทดลองให้บริการ 4G ไปแล้ว

3.2.2 การกำกับมาตรฐานโทรคมนาคมหลังปี 2553

ปลายปี 2552 วุฒิสภาได้มีการเลือกกรรมการใหม่ของกทช. 4 คนจากตัวเลือก 8 คน ได้สำเร็จ เพื่อเข้ามาทำหน้าที่แทนกรรมการ 4 คนที่ขาดไป โดยกรรมการทั้ง 4 คน ได้รับการโปรดเกล้าฯแล้ว เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ปี 2553 ประกอบด้วย พันเอกดร.นที ศุกลรัตน์ นายบัณฑูร สุภัควานิช รองศาสตราจารย์ ดร.พนา ทองมีอาคม และนาย สุรนันท์ วงศ์วิทยกำจร ซึ่งจะทำให้กรรมการกทช.ชุดนี้จะมีครบ 7 คนตามที่รัฐธรรมนูญได้บัญญัติไว้ โดยจะได้ทำหน้าที่ต่อจากกรรมการกทช.ชุดที่ผ่านมา ที่ได้มีการเปิดรับฟังข้อคิดเห็นสาธารณะในการประมูล 3G license เมื่อปลายปี 2552 ซึ่งในขณะนั้น กรรมการกทช.ชุดที่แล้วได้ยุติบทบาทการตัดสินใจลงด้วยเหตุผลที่ว่าต้องการรอกรรมการกทช.ชุดใหม่ เพื่อให้เกิดความสง่างามในการพิจารณา

นอกจากบทบาทของกรรมการกทช.ในช่วงเปลี่ยนตัวกรรมการจะส่งผลต่อการพิจารณาการประมูล 3G license แล้ว ปัญหาของกฎหมายพ.ร.บ.องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯปี 2543 ก็ยังมีผลกระทบด้วยเพราะ กทช.เกิดขึ้นมาจากรัฐธรรมนูญปี 2540 ซึ่งต่อมามีการปฏิวัติในปี 2549 และเกิดรัฐธรรมนูญปี 2550 แต่สถานะของกทช. ก็ยังคงอยู่เพราะคำสั่งคณะปฏิรูปฯ ไม่ได้มีคำสั่งยุบกทช. และกทช. มีลักษณะเป็นองค์กรอิสระในทางปกครอง จึงทำให้ พ.ร.บ.องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฯฉบับปี2543 ก็ยังคงอยู่ โดยในพรบ. กำหนดว่าการประมูลจัดสรรความถี่ใหม่นั้นต้องดำเนินการโดย กทช. และ กสช. ซึ่งกสช. นั้นยังไม่สามารถตั้งขึ้นมาได้แม้จะผ่านการสรรหามาหลายปีแล้วก็ตาม

นอกจากนี้ยังมีผลจาก มาตรา 47 วรรคแรก ของรัฐธรรมนูญปี2550 ที่ระบุว่า คลื่นความถี่ทั้งหมดเป็นทรัพยากรของชาติเพื่อสาธารณะ วรรคที่ 2 – 4 กล่าวถึงเรื่องการจัดสรรและการกำกับคลื่นความถี่ ถูกขยายความด้วยบทเฉพาะกาลมาตรา 305 ของรัฐธรรมนูญว่า จะนำคลื่นไปจัดสรรได้ต้องรอให้มีกฎหมายพ.ร.บ.องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฉบับใหม่ออกมาก่อน และตั้งองค์กรใหม่

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

(กสทช.) ภายใน 180 วันตั้งแต่รัฐบาลแถลงนโยบายต่อรัฐสภา ซึ่งหมายความว่า ทั้งพ.ร.บ.องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ภายใต้รัฐธรรมนูญเดิมปี 2543 ยังคงใช้อยู่ และร่างพ.ร.บ.องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ฉบับใหม่ฯ ของรัฐธรรมนูญปี 2550 ก็ยังต้องมีการพิจารณา ทำให้บทบาทของกทช.ทำได้ตามพ.ร.บ.องค์กรคลื่นความถี่ฉบับปี 2543 และควรระวังในการออกประกาศใหม่ใดๆ ในช่วงที่กำลังมีการพิจารณาพ.ร.บ.องค์กรคลื่นความถี่ฉบับใหม่ที่กำลังจะออกมา นอกจากนี้ยังมีประเด็นที่อาจมีปัญหาเนื่องจากการเปิดรับฟังข้อคิดเห็นสาธารณะในการประมูล 3G license ที่ผ่านมานั้นไม่มีองค์กรร่วมหรือ กสช. ตามกฎหมายพ.ร.บ.องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ 2543

นอกจากนี้การที่ประเทศไทยมีสัมปทานแบบ Build – Transfer – Operate (BTO) นั้นกลายเป็นอุปสรรคอย่างมากในการเปลี่ยนเข้าสู่การแข่งขันใหม่ๆ หรือเทคโนโลยีใหม่ ที่อยู่นอกสัมปทานเดิม เพราะผู้ให้สัมปทานเดิมคือ ทีโอที และกสท กังวลว่าเอกชนที่ได้รับสัมปทานจะจัดตั้งบริษัทใหม่ และทำการย้ายลูกค้าที่มีอยู่เดิมไปยังบริษัทที่ตั้งขึ้นมาใหม่ ซึ่งจะทำให้ส่วนแบ่งรายได้ลดต่ำลง

3.3 การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)

ในระบบที่มีความสัมพันธ์ซับซ้อน การพิจารณาแก้ไขปัญหาของระบบด้วยการมองปัญหาเพียงมุมเดียว หรือความสัมพันธ์เดียว จะไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ จะต้องเข้าใจถึงทฤษฎีระบบ (System Theory) ที่มีการเริ่มมาจากการตั้งข้อสันนิษฐาน (Persume) และพิจารณาข้อขัดแย้งของสันนิฐานนั้น ๆ แต่อาจไม่ถูกทั้งหมด จึงเกิดการสังเคราะห์ (Synthesis) สิ่งใหม่และสิ่งเหล่านี้ก็พัฒนาไปเรื่อยๆไม่แน่นอนแต่ทุกอย่างมีสาเหตุ ทฤษฎีระบบจึงเป็นการมองแบบองค์รวมโดยพิจารณาให้ทุกอย่างมีความสัมพันธ์กันหมด ทฤษฎีนี้ได้เข้ามามีบทบาทในการศึกษาทางสายวิศวกรรมศาสตร์ด้วยเช่นกัน โดยจุดสำคัญ ของทฤษฎีระบบอยู่ที่การมองแบบไม่แยกส่วนหรือการมองว่าทุกอย่างสัมพันธ์กัน หรือส่วนย่อยสัมพันธ์กันส่วนใหญ่เป็นต้น วิธีคิดของทฤษฎีระบบต่างกับวิธีคิดแบบเส้นตรง (Linear thinking) อย่างสิ้นเชิง เพราะทฤษฎีระบบจะเป็นการคิดบนพื้นฐานของระบบที่มีความซับซ้อน (Complex System) คือมีความเป็นไปได้หลายอย่าง ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ทั้งหมด โดยเน้นการรับรู้ปรากฏการณ์ทุกอย่างโดยรอบเสมือนการมองของสิ่งเดียวกันจากหลายมุมมอง ตัวอย่างความคิดเชิงระบบเช่น ระบบภายในร่างกายของมนุษย์ เป็นระบบองค์รวมใหญ่ที่ประกอบด้วยระบบการทำงานย่อยต่างๆ อีกหลายระบบ เช่น ระบบการขับถ่าย ระบบการฟอกโลหิตหรือ ระบบหายใจ เป็นต้น หากระบบย่อยใดเกิดปัญหาก็จะทำให้องค์รวมใหญ่หรือระบบร่างกายเกิดปัญหาขึ้นตามมาได้

การพิจารณาอย่างเป็นระบบนี้ จำเป็นต้องพิจารณาโดยรวมว่าไม่ใช่การรวมกันของส่วนประกอบย่อย จะเป็นผลรวมของระบบใหญ่ จึงไม่สามารถที่จะทำการแยกศึกษาทีละส่วนประกอบแล้วนำมารวมกันได้ ระบบอาจมีโครงสร้างที่ซ้อนกันอยู่เป็นลำดับชั้น (Hierarchy) หรือเชื่อมโยง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

ถึงกันทั้งหมด (Mesh) ปัจจัยแวดล้อมหรือองค์ประกอบโดยรอบทั้งหมด ต้องถูกพิจารณาอย่างเชื่อมโยงและสัมพันธ์กันทั้งหมด ข้อพิจารณาสำหรับการคิดเชิงระบบเช่น วิธีการแก้ไขปัญหา หรือดำเนินการบางอย่างในอดีตสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานการณ์นั้นๆ โดยหากยังคงยึดติดกับวิธีการเดิมๆ โดยไม่ได้พิจารณาสถานการณ์หรือสภาพการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป วิธีดังกล่าวอาจก่อปัญหาและอาจส่งผลในด้านตรงข้าม หรือการดำเนินการที่มีประสิทธิภาพในการจัดการระบบขนาดเล็ก โดยการป้อนอินพุทบางอย่างและสามารถได้ผลลัพธ์ที่ดี หากแต่การใช้วิธีการเดิมนั้นโดยการเพิ่มอินพุทให้กับระบบมากขึ้น สำหรับระบบที่ขยายตัวขึ้น การป้อนอินพุทอาจต้องเพิ่มอย่างทวีคูณขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งอาจไม่ได้ประสิทธิภาพอย่างที่ตั้งใจไว้ หรืออาจเกิดปัญหาตามมาก็ได้ หรือการพิจารณาโดยแบ่งการจัดการเป็นมาตรการระยะสั้น และระยะยาว หากทำการจัดการในรูปแบบระยะสั้นเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า แต่คงมาตรการนั้นไว้เป็นระยะเวลานาน ก็จะส่งผลต่อการจัดการในระยะปานกลาง หรือระยะยาวได้ โดยอาจส่งผลทำให้ต้องเพิ่มทรัพยากรเพื่อการแก้ปัญหานั้นๆ มากขึ้นจนกระทั่งขาดประสิทธิภาพ ซึ่งหากทำการพิจารณาปัญหาให้ดีแล้ว การจัดการด้วยวิธีที่ซับซ้อนขึ้นบ้างอาจส่งผลดีกว่าได้ นอกจากนี้ในการพิจารณาด้านการคิดเชิงระบบ จังหวะของเวลาและโอกาสนั้นมีผลต่อความสำเร็จ โดยความรวดเร็วในการดำเนินการสะท้อนถึงประสิทธิภาพในการทำงาน แต่หากมีความรวดเร็วมากเกินไปโดยขาดความรอบคอบ ไม่ได้พิจารณาถึงสภาพแวดล้อมให้ถ้วนถี่ โอกาสที่จะดำเนินการผิดพลาดย่อมมีสูงขึ้น ในด้านของโอกาสนั้นหากมีจังหวะที่เหมาะสมการเปลี่ยนแปลงเพียงบางส่วนจะมีผลกระทบต่อหลายช่วง และอาจส่งผลลัพธ์ที่ยิ่งใหญ่ได้ นอกจากนี้การพิจารณาด้านการคิดเชิงระบบ ยังจำเป็นจะต้องมองหาเหตุและผลที่อาจอยู่ไกลกัน ซึ่งในความเป็นจริงเหตุและผลอาจไม่ได้อยู่ด้วยกัน แต่อยู่ห่างไกลกันทั้งในเชิงเวลาและระยะทาง เนื่องจากปัญหามีความซับซ้อนมาก ดังเช่นปัญหาของการประมูลคลื่นความถี่สำหรับการให้บริการ 3G นั้นไม่อาจมองแค่ผู้กำกับดูแลคือ กทช. และผู้ที่ต้องการใช้งานความถี่เท่านั้น แต่ต้องมองปัญหาที่มากจากปัจจัยอื่นเช่น ปัญหาเนื่องจากการเมือง การลงทุน และปัญหาด้านกฎหมายที่ขัดแย้งกันอยู่เป็นต้น

3.4 ความเคลื่อนไหวปัจจุบันของระบบโทรคมนาคมระหว่างมกราคม 2552 ถึง กรกฎาคม 2553

3.4.1 Wireless mesh บรอดแบนด์ไร้สาย

บริษัท ไวด์ แอคเซ็ส ได้ให้บริการอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย ในเขตเมืองหัวหิน โดยเป็นการให้บริการบรอดแบนด์ไร้สายที่ใช้เทคโนโลยี WiFi ในลักษณะ Wireless mesh ให้บริการอินเตอร์เนตได้ในวงกว้างหรืออาจเรียกได้ว่าเป็น Wide-Area WiFi ประชาชนและนักท่องเที่ยวสามารถนำอุปกรณ์สื่อสารเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi ในเมืองหัวหินได้ เทคโนโลยี Wireless Mesh นี้ต้นทุนต่ำเนื่องจากใช้ WiFi ซึ่งมีความแพร่หลายอยู่แล้ว ราคาอุปกรณ์ต่างๆถูก และไม่มีค่าใช้จ่ายด้านการประมูลคลื่นความถี่เนื่องจากใช้ความถี่ย่าน ISM ซึ่งในปัจจุบันยังมีผู้ให้บริการอีกหลายรายที่

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

พยายามเพิ่มจำนวนจุดให้บริการ (Hotspot) ในเขตเมืองใหญ่และกรุงเทพมหานคร เพื่อรองรับการใช้งานของผู้บริโภค เช่น บริษัททรูไวไฟ และบริษัท 3BB Hotspot เป็นต้น

3.4.2 เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G

การออกใบอนุญาตโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G และ WiMAX ยังมีความล่าช้า ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ ยังคงใช้การสื่อสารด้วยเทคโนโลยี GPRS และ EDGE เป็นหลักอยู่ นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาโครงข่ายให้รองรับการสื่อสารด้วยความเร็วสูงขึ้นด้วยเทคโนโลยี HSPA (High Speed Packet Access) แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในด้านความเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่ไม่สามารถดึงดูดใจผู้ใช้บริการได้เพียงพอ โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับความเร็วในการสื่อสารผ่านบริการ ADSL โดยการเชื่อมต่อจะต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมเรียกว่า Air Card เพื่อเชื่อมสัญญาณจาก GPRS หรือ EDGE มายังเครื่องคอมพิวเตอร์

เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ที่ผู้ให้บริการด้านเครือข่ายทำการทดลองให้บริการนั้นใช้ระบบ W-CDMA แบบ in-band migration ในความถี่เดิมของบริษัทเอกชนที่ได้รับสัมปทาน โดยในส่วนของบริษัทดีแทคนั้นสามารถดำเนินการด้วยความถี่ย่าน 850 MHz ที่เดิมได้รับการจัดสรรไว้อยู่แล้ว แต่ในส่วนของบริษัททรูมูฟนั้น ได้รับอนุญาตให้ดำเนินกิจการด้วยความถี่ย่าน 1800 MHz ต่อมา กสท ได้จัดสรรความถี่ในย่าน 850 MHz ใหม่เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้มอบย่านความถี่นี้ให้บริษัท ทรู มูฟ นำไปทดลองให้บริการ HSPA ได้ เทคโนโลยี HPSA ที่นำมาทดลองนั้นสามารถรองรับการสื่อสารได้ด้วยความเร็ว 7.2 เมกะบิตต่อวินาที และปัจจุบันสามารถรองรับการสื่อสารด้วยความเร็วสูงถึง 14 เมกะบิตต่อวินาที ขณะที่ทางบริษัท เอไอเอส ได้เปิดทดลองให้บริการ HSPA ไปแล้วด้วยเช่นกันตั้งแต่กลางปี 2552 โดยเปิดให้บริการที่ เชียงใหม่ ภูเก็ต นครราชสีมา ขอนแก่น ชลบุรี สงขลา และกรุงเทพฯ

แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งสามรายยังคงสนใจและมีความต้องการในการประมูลใบอนุญาต 3G ในความถี่ใหม่ย่าน 2100 MHz เนื่องจากย่านความถี่เดิมนั้นมีความหนาแน่นของการให้บริการด้านเสียงมากอยู่แล้ว หากเพิ่มการให้บริการด้านการสื่อสารข้อมูลอีกจะทำให้ประสิทธิภาพของการให้บริการลดลง นอกจากนี้ การเปิดให้บริการบนย่านความถี่ใหม่จะไม่มีภาระเรื่องส่วนแบ่งรายได้ให้กับผู้ให้สัมปทาน

นอกเหนือจากผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่หลักทั้งสามรายแล้ว บริษัท ทีโอที เป็นผู้ให้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ในเชิงพานิชย์เป็นรายแรก โดยมีแผนการตลาดที่เน้นการเป็นผู้ให้บริการโครงข่าย (Network Provider) ที่ให้บริการแบบขายส่ง (Wholesaler) เพื่อลดความเสี่ยงในการลงทุนและการตลาดค้าปลีก (Retailer) ภายหลังที่บริษัท ทีโอที และบริษัท กสท ได้ลงนามในข้อตกลงการเลิกสัญญากิจการร่วมค้าไทยโมบาย โดยบริษัท กสท ได้โอนสิทธิของกิจการร่วมค้าไทยโมบาย ให้กับบริษัท ทีโอที ช่วงปลายปี 2551 ทำให้บริษัท ทีโอที ได้รับโอนสิทธิในการใช้คลื่น

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ความถี่ย่าน 1900 MHz แต่เพียงผู้เดียว และบริษัทได้ทำการปรับปรุงโครงข่ายเดิมในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ให้สามารถให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ได้ ด้วยการ Upgrade อุปกรณ์สถานีฐานจำนวนกว่า 500 สถานีฐาน ตั้งแต่ช่วงเดือนธันวาคม ปี 2552 โดยได้เน้นการให้บริการโครงข่ายเป็นหลัก และให้ Mobile Virtual Network Operator ของ TOT 3G ทั้ง 5 ราย เป็นผู้ให้บริการ สามารถรองรับลูกค้า 500,000 คน

กลางเดือนพฤษภาคม 2553 บอร์ดทีโอที มีมติเห็นชอบแผนการลงทุนโครงการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ 3G ทั่วประเทศฉบับทบทวน หลังผ่านความเห็นชอบโดยหลักการไปแล้วเมื่อช่วงเดือนกันยายน 2551 ด้วยงบประมาณ 29,000 ล้านบาท มีจำนวนสถานีฐานทั้งสิ้น 5,220 สถานี แผนทบทวนฉบับดังกล่าวได้ลดวงเงินการลงทุนเหลือเพียง 19,980 ล้านบาท โดยคงจำนวนสถานีฐานเท่าเดิม และให้มีความเร็วในการให้บริการที่ 14.4 Mbps จากปัจจุบันความเร็วในการให้บริการอยู่ที่ 7.2 Mbps

3.4.3 Cloud Computing

เทคโนโลยี Cloud Computing เป็นนวัตกรรมที่เกิดขึ้นโดยการสนับสนุนจากเทคโนโลยีที่พัฒนาอย่างรวดเร็วของโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูง ที่ปัจจุบันมีการพัฒนาโครงข่ายเพื่อรองรับข้อมูลมัลติมีเดียและสื่อดิจิตอลต่างๆ จึงทำให้การเติบโตของ Cloud Computing เป็นไปอย่างก้าวกระโดด หลักการของ Cloud Computing คือการนำเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมากเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งอยู่ในบริเวณเดียวกัน ฮาร์ดแวร์และระบบปฏิบัติการอาจแตกต่างกันได้ แต่ต้องมีการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายสื่อสารความเร็วสูง เป้าหมายของการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกันเพื่อใช้การประมวลผลคอมพิวเตอร์ทั้งหมดร่วมกัน ซึ่งจะทำให้การประมวลผลที่ซับซ้อนและต้องใช้ทรัพยากรสูง สามารถใช้ในการประมวลผลด้วยเทคโนโลยี Cloud Computing แทนได้ ตัวอย่างของการใช้งาน Cloud Computing เช่น ในองค์กรที่มีการใช้ระบบฐานข้อมูล ต้องมีการลงทุนซื้อเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เพื่อทำหน้าที่ประมวลผลและให้บริการต่างๆ ที่มีงบประมาณสูง และต้องมีการลงทุนอย่างต่อเนื่องเนื่องจากมีข้อมูลเพิ่มขึ้นตลอดเวลา และหากมีการประเมินการเติบโตของปริมาณข้อมูลผิดพลาด การตั้งงบประมาณในการจัดซื้ออุปกรณ์เพิ่มเติมอาจทำได้ไม่ทันเวลา และยังต้องเสียค่าบำรุงรักษาระบบอีกด้วย การเลือกใช้เทคโนโลยี Cloud Computing โดยการเช่า หรือใช้บริการจากผู้ให้บริการที่มีความพร้อมจะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ ตัวอย่างของบริษัทที่ใช้งาน Cloud Computing เช่น บริษัท Google และ Amezon เป็นต้น

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

3.4.4 เครือข่ายสังคมออนไลน์ หรือ Social networking

การขยายตัวของเครือข่ายสังคมออนไลน์ หรือ Social networking มีมากขึ้นตามการเติบโตของอุปกรณ์เชื่อมต่อทั้ง คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คอมพิวเตอร์พกพา เน็ตบุ๊ก โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน หรือ BB (Black Berry) โดยเมื่อมีเครือข่ายไร้สายที่เข้าถึงทุกคนมากขึ้นยิ่งเสริมการใช้งานเครือข่ายสังคมออนไลน์ให้ง่ายขึ้นและอยู่ออนไลน์นานขึ้นตามไปด้วย ตัวอย่างเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่ได้รับความนิยมเช่น Twitter ที่มีลักษณะการทำงานแบบ microblogging เพื่อถ่ายทอดหรือส่งข้อความถึงบุคคลอื่น ในรูปแบบข้อความสั้นไม่เกิน 140 ตัวอักษร ผู้ที่จะได้รับข้อความดังกล่าวคือผู้ที่ติดตามหรือ followers นอกจากนี้ยังมีเครือข่ายสังคมออนไลน์อื่นอีกเช่น facebook hi5 Buzz

3.4.5 ตลาดสมาร์ทโฟน

การเปลี่ยนแปลงเครื่องโทรศัพท์มือถือมีการเปลี่ยนแปลงจากเครื่องในช่วงแรกที่มีหน้าจอขาวดำ ไม่มีฟังก์ชั่นการใช้งานใดนอกจากการสื่อสารเสียง และการส่งข้อความสั้น ต่อมาผู้ให้บริการเครือข่ายมีการพัฒนาการด้านการสื่อสารข้อมูล เครื่องโทรศัพท์จึงมีการพัฒนาให้สามารถใช้งาน WAP เพื่อดูข้อมูลอินเตอร์เนตบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือผ่านการส่งข้อมูลจาก WAP Gateway การเปลี่ยนแปลงเริ่มอีกครั้งเมื่อมีการแนะนำเครื่องโทรศัพท์มือถือหน้าจอสี ที่มีฟังก์ชั่นการทำงานได้หลากหลายมากขึ้น มีกล้องถ่ายรูป เครื่องเล่นเพลง ฯลฯ และในช่วงที่ผ่านมานี้กระแสความนิยมเครื่องมือสื่อสารที่เรียกว่าสมาร์ทโฟน ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นมากตามลำดับ คาดว่าปี 2553 นี้จะมีผู้ใช้เครื่องสมาร์ทโฟนในประเทศไทยจำนวนถึง 1.5 ล้านคน ตามการพัฒนาความสามารถด้านความเร็วในการสื่อสารข้อมูลของผู้ให้บริการเครือข่าย การเติบโตของเครื่องสมาร์ทโฟนทำให้การใช้บริการด้านการสื่อสารข้อมูลหรือที่เรียกว่า นอนวอยซ์ เช่น SMS MMS การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือ วิดีโอเมล์ วิดีโอสตรีมมิ่ง และการดาวน์โหลดคอนเทนต์ ของผู้ใช้มีเพิ่มขึ้นซึ่งคาดว่าจะมีมูลค่าประมาณ 25% ของมูลค่าตลาดในปี 2553

3.4.6 MiFi

CAT CDMA โดย กสท. ให้ผู้บริการโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ 3G CDMA 2000 1xEV-DO ให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สายในต่างจังหวัดโดยให้บริการ อุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สายแบบพกพา (MiFi) เพื่อให้สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตไร้สายพร้อมกัน 5 เครื่องที่ความเร็วสูงสุด 2.4 – 3.1 เมกะบิตต่อวินาที โดยจะลดปัญหาการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตในพื้นที่ที่ไม่มีบริการ ADSL อุปกรณ์ MiFi ได้รวมความสามารถในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายของ CDMA

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

2000 1xEV-DO Rev. A เข้ากับการให้บริการไวไฟฮอตสปอต ซึ่งจะสามารถให้บริการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตความเร็วสูงแก่ผู้ใช้งานได้สูงสุดถึง 5 อุปกรณ์ในเวลาเดียวกัน ในรัศมี 10 เมตร

3.4.7 ความเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างธุรกิจสื่อสารยุคใหม่

ธุรกิจ สื่อสารโทรคมนาคมมีความเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูง ทั้งจากพัฒนาการที่ไม่หยุดนิ่งของเทคโนโลยี พฤติกรรมผู้บริโภค และสภาพการแข่งขันที่รุนแรงของผู้ประกอบการ การสร้างเครือข่ายและให้บริการสื่อสารโทรคมนาคมอยู่ภายใต้การควบคุมของผู้ให้บริการเครือข่าย (Network Operator) ซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของหน่วยงาน กทช. ประกอบกับทั้งบริการสื่อสารโทรคมนาคมในอดีต แยกออกจากกันอย่างเด็ดขาดระหว่างการให้บริการโทรศัพท์ (ทั้งโทรศัพท์พื้นฐานและโทรศัพท์เคลื่อนที่) กับบริการอินเทอร์เน็ต อีกทั้งความหลากหลายของบริการบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแม้จะมีมากแต่ก็เป็นไป ในลักษณะของการสืบค้น และให้บริการข้อมูล เท่านั้น

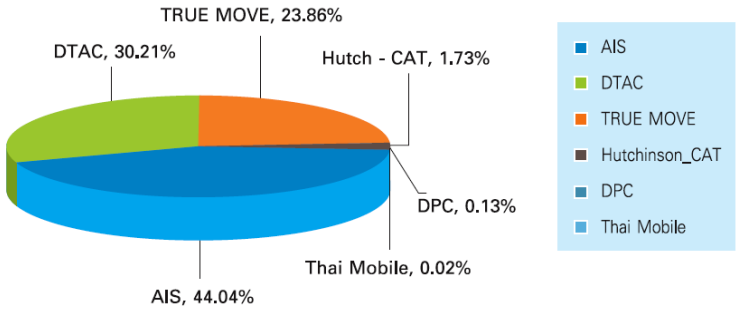
ปัจจุบันมีการรวมเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต โดยให้มีการกำหนดเลขหมาย IP กับอุปกรณ์ในเครือข่าย เพื่อให้อินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายหลัก (Core Network) สำหรับการสื่อสารทุกประเภท มีการพัฒนาระบบ VoIP ให้สามารถใช้บริการได้ในเชิงพาณิชย์ โดยมีต้นทุนการดำเนินการและค่าใช้จ่ายในการใช้บริการต่ำกว่าการสื่อสารแบบเซอร์กิตสวิตช์มาก ซึ่งในอนาคตจะมีเครือข่าย IP ทำหน้าที่เป็นเครือข่ายหลัก เป็นศูนย์กลางของการเชื่อมต่อข้อมูลทุกประเภท ทั้งในการสื่อสารด้านข้อมูล เสียง ภาพ หรือวิดีทัศน์ โดยการเชื่อมต่อไปยังผู้บริโภคนั้นสามารถเชื่อมต่อได้ทั้งจากระบบโทรคมนาคมแบบใช้สายตัวนำ หรือระบบโทรคมนาคมไร้สาย รวมถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

3.5 โครงสร้างตลาดด้านโทรคมนาคมในประเทศไทย

3.5.1 โครงสร้างตลาดบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่

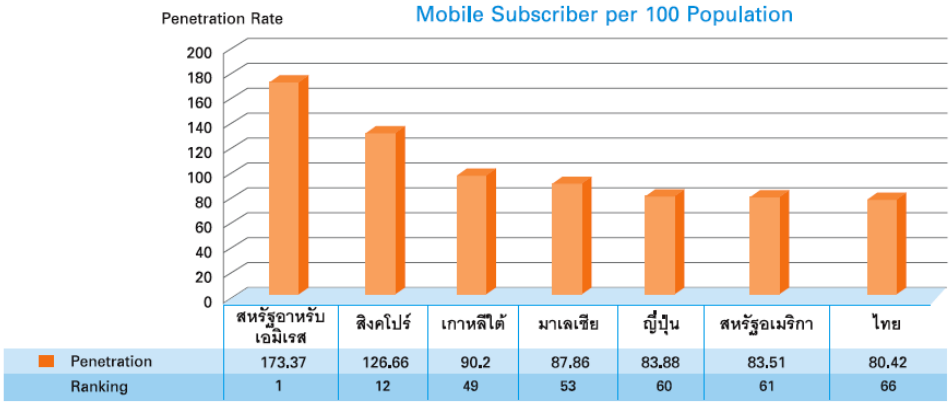
ประเทศไทยในปี 2551 มีผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่จำนวน 6 ราย คือบริษัท AIS, DTAC, True Move, DPC Hutch และ Thai Mobile (ต่อมาภายหลังเปลี่ยนเป็นบริษัท TOT3G และให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ 3G เป็นรายแรกของประเทศไทย) โดยบริษัท AIS มีส่วนแบ่งทางการตลาดมากที่สุด แสดงดังภาพที่ 3.1 สิ้นปี 2551 มีจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยทั้งสิ้นประมาณ 61.85 ล้านคน แบ่งเป็นผู้ใช้บริการจดทะเบียนร้อยละ 10.50 และผู้ใช้บริการประเภทเติมเงินร้อยละ 89.50 ของจำนวนผู้ใช้บริการทั้งหมด

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY



ภาพที่ 3.1 สัดส่วนผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ของประเทศไทย พ.ศ. 2551
(สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม, 2552)

สัดส่วนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ของประเทศไทยต่อประชากร 100 คน อยู่ที่อันดับ 66 จาก 134 ประเทศ โดยมีสัดส่วน 80.42 เครื่องต่อประชากร 100 คน แสดงดังภาพที่ 3.2



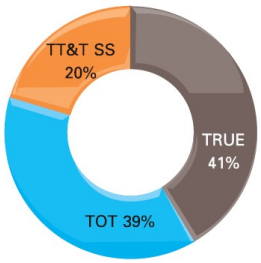
	สหรัฐอาหรับเอมิเรส	สิงคโปร์	เกาหลีใต้	มาเลเซีย	ญี่ปุ่น	สหรัฐอเมริกา	ไทย
Penetration	173.37	126.66	90.2	87.86	83.88	83.51	80.42
Ranking	1	12	49	53	60	61	66

ภาพที่ 3.2 สัดส่วนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ พ.ศ. 2551
(สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม, 2552)

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

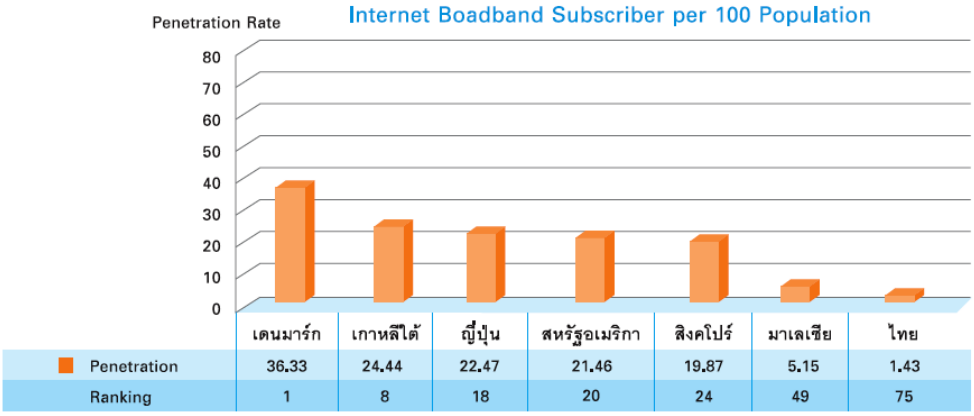
3.5.2 โครงสร้างตลาดบริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง

ประเทศไทยในปี 2551 การเชื่อมต่ออินเตอร์เนตความเร็วสูงส่วนใหญ่เป็นการเชื่อมต่อด้วย ADSL โดยบริษัท True Internet มีส่วนแบ่งทางการตลาดมากที่สุด ลำดับที่สองและลำดับที่สามคือ บริษัททีโอที และบริษัท ทีทีแอนด์ที ด้วยส่วนแบ่งร้อยละ 41 39 และ 20 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3.3



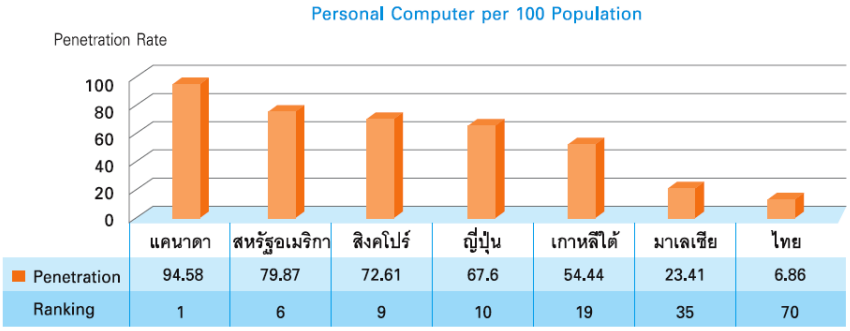
ภาพที่ 3.3 ส่วนแบ่งการตลาดผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงในไตรมาสที่ 4 พ.ศ. 2551
(สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม, 2552)

สัดส่วนผู้ใช้อินเตอร์เนตความเร็วสูงของประเทศไทยเมื่อเทียบอัตราส่วนต่อประชากร 100 คน พบว่าอยู่ในอันดับที่ 75 จาก 134 ประเทศ คิดเป็นสัดส่วน 1.43 คนต่อประชากร 100 คน แสดงดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 สัดส่วนผู้ใช้อินเตอร์เนตความเร็วสูง พ.ศ. 2551
(สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม, 2552)

จำนวนผู้ใช้คอมพิวเตอร์ของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2551 อยู่อันดับที่ 70 จาก 134 ประเทศ โดยมีสัดส่วน 6.68 เครื่องต่อประชากร 100 คน แสดงดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 สัดส่วนจำนวนผู้ใช้คอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2551
(สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม, 2552)

บทที่ 4
การวัดประสิทธิภาพเทคโนโลยีและการวิเคราะห์

การพัฒนาระบบการสื่อสารไร้สายเพื่อให้สามารถรองรับระบบบรอดแบนด์ไร้สายนั้นมีความจำเป็นจะต้องลงทุนในด้านโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ สถานีกระจายสัญญาณ สถานีเชื่อมต่อสัญญาณ รวมถึงอุปกรณ์โทรคมนาคมอื่นๆอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งเมื่อเลือกลงทุนในเทคโนโลยีใดแล้ว จำเป็นจะต้องใช้เทคโนโลยีนั้นๆไปอีกเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นการวัดประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่มีศักยภาพต่อการวิวัฒนาการบรอดแบนด์ไร้สายในประเทศไทยจึงมีความจำเป็นเพื่อใช้เป็นองค์ประกอบสำหรับการตัดสินใจเลือกลงทุนในเทคโนโลยีบรอดแบนด์ไร้สายที่เหมาะสม

4.1 การวัดประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธีการ DEA

การวัดประสิทธิภาพเทคโนโลยีทำโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ DEA (Data Envelopment Analysis) (Anderson et al., 2008) วิธีการ DEA เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้สำหรับการวัดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และได้รับความนิยมเนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ต้องกำหนดฟังก์ชันสำหรับใช้ในการพิจารณา วิธีการวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีการ DEA ถูกนำเสนอโดยกลุ่มนักวิจัย Charnes, Cooper and Roberts (Charnes et al., 1978) โดยใช้หลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในลักษณะการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) ซึ่งการวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีการ DEA ได้มีการประยุกต์ร่วมกับดัชนีความสามารถในการผลิต Malmquist (Malmquist Productivity Index : MPI) (Fare et al., 1995) เพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนอนุกรมของเวลา โดยดัชนีความสามารถ Malmquist ที่ทำการพิจารณาทางด้านปัจจัยเอาท์พุท (output-oriented) แสดงดัง (4.1) (Coelli, 1996)

$$m_o(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\frac{d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^t(x_t, y_t)} \times \frac{d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_o^{t+1}(x_t, y_t)}\right]^{1/2} \quad (4.1)$$

โดยที่ m_o คือดัชนีความสามารถ Malmquist พิจารณาด้านปัจจัยเอาท์พุท

d_o^t คือฟังก์ชั่นระยะทาง (distance function) ที่ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพจากอินพุท x_t และได้เอาท์พุท y_t ระหว่างช่วงเวลา t

d_o^{t+1} คือประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา t+1

x_t, y_t คืออินพุท และเอาท์พุท

x_{t+1}, y_{t+1} คืออินพุท และเอาท์พุทเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา t+1

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

สำหรับการวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการวัดประสิทธิภาพของเทคโนโลยีที่มีอินพุทเป็นค่าแบนด์วิท (x) และได้เอาท์พุทคืออัตราความเร็วในการสื่อสาร (y) ดังนั้นประสิทธิภาพของเทคโนโลยีวัดด้วยดัชนีความสามารถ Malmquist (m_o) คำนวณหาได้จากการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในลักษณะการโปรแกรมเชิงเส้น ซึ่งแบบจำลองนี้จะเป็นการพิจารณาทางด้านปัจจัยเอาท์พุทและ มีลักษณะของผลตอบแทนแปรผัน (Variable Returns to Scale : VRS) สามารถเขียนแบบจำลองได้ดัง (4.2) – (4.5) (Coelli, 1996)

$$
\begin{aligned}
& [d_o^t(x_t, y_t)]^{-1} = max_{\phi,\lambda}\phi, \\
\text{subject to} \quad & -\phi y_{it} + Y_t\lambda \geqslant 0, \\
& x_{it} - X_t\lambda \geqslant 0, \\
& N1'\lambda = 1, \\
& \lambda \geqslant 0,
\end{aligned}
\tag{4.2}
$$

$$
\begin{aligned}
& [d_o^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} = max_{\phi,\lambda}\phi, \\
\text{subject to} \quad & -\phi y_{i,t+1} + Y_{t+1}\lambda \geqslant 0, \\
& x_{i,t+1} - X_{t+1}\lambda \geqslant 0, \\
& N1'\lambda = 1, \\
& \lambda \geqslant 0,
\end{aligned}
\tag{4.3}
$$

$$
\begin{aligned}
& [d_o^t(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} = max_{\phi,\lambda}\phi, \\
\text{subject to} \quad & -\phi y_{i,t+1} + Y_t\lambda \geqslant 0, \\
& x_{i,t+1} - X_t\lambda \geqslant 0, \\
& \lambda \geqslant 0,
\end{aligned}
\tag{4.4}
$$

$$
\begin{aligned}
& [d_o^{t+1}(x_t, y_t)]^{-1} = max_{\phi,\lambda}\phi, \\
\text{subject to} \quad & -\phi y_{it} + Y_{t+1}\lambda \geqslant 0, \\
& x_{it} - X_{t+1}\lambda \geqslant 0, \\
& \lambda \geqslant 0,
\end{aligned}
\tag{4.5}
$$

โดยที่ ϕ, λ คือตัวถ่วงน้ำหนักของอินพุทและเอาท์พุท

$N1$ คือเมตริกซ์หนึ่ง N x 1

เทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการให้บริการการสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สายในประเทศไทย ได้ทำการรวบรวมและเปรียบเทียบข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธี DEA นี้จะไม่นำการสื่อสารทางแสงแบบผ่านอากาศด้วยแสง

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

อินฟาเรดเข้าร่วมประเมินด้วยเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีเดียวที่มีแบนด์วิทของช่องทางสื่อสารโดยเฉพาะ (dedicated) แต่จะนำไปแยกพิจารณาในประเด็นอื่นต่อไป

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบเทคโนโลยี (IEEE 802.11n-2009, 2009), (Isaac and Eric, 2001), (Motorolla, 2007), (Radha and Radhamani, 2008), (Smith and Collins, 2007), (Timothy et al., 2003)

เทคโนโลยี	ปีที่ใช้	วิธีการเข้าถึง	ย่านความถี่	แบนด์วิท	ครอบคลุม	ความเร็วการส่ง	ข้อดี / ข้อเสีย
GSM	1991	TDMA	900 MHz, 1.8 GHz	200 kHz	5 km	14.4 kbps	ใช้งานแล้วอย่างกว้างขวางทุกพื้นที่ทั่วประเทศ แต่มีอัตราความเร็วการส่งข้อมูลต่ำ
VSAT	1991	FDD	10 – 12 GHz	36 MHz	> 1000 km	19.2 Mbps	ครอบคลุมทุกพื้นที่ แต่อุปกรณ์มีราคาสูงและ มีการหน่วงเวลาการส่งข้อมูลสูงที่สุด
FSO	1997	FDD	dedicated	dedicated	4 km	1.5 Gbps	ไม่เสียค่าใช้จ่ายในด้านการขอใช้งานคลื่นความถี่ และมีแบนด์วิทกว้าง อุปกรณ์มีราคาสูง
GPRS	2001	TDMA	900 MHz, 1.8 GHz	200 kHz	5 km	128 kbps	ใช้งานแล้วอย่างกว้างขวางทุกพื้นที่ทั่วประเทศ แต่มีอัตราความเร็วการส่งข้อมูลต่ำ
WCDMA	2001	CDMA	850 MHz, 1.9 GHz	5 MHz	5 km	384 kbps	ทดลองใช้งานแล้ว มีอัตราความเร็วการส่งข้อมูลปานกลาง ต้องการคลื่นความถี่เพิ่มเติม
CDMA2000	2002	CDMA	850 MHz,	1.25 MHz	5 km	384 kbps	ได้รับความนิยมน้อย ผู้ให้บริการเดิมเปลี่ยนเทคโนโลยีอื่นมาให้บริการทดแทน
EDGE	2003	TDMA /FDD	900 MHz, 1.8 GHz	200 kHz	5 km	384 kbps	ใช้งานแล้วอย่างกว้างขวางทุกพื้นที่ทั่วประเทศ มีอัตราความเร็วการส่งข้อมูลปานกลาง
IEEE 802.11g	2003	OFDM	2.4 GHz	20 MHz	30 m	54 Mbps	ความเร็วการส่งข้อมูลสูง แต่มีพื้นที่ครอบคลุมจำกัด จึงสามารถให้บริการได้เฉพาะจุด
IEEE 802.16e	2006	OFDM /MIMO	2.3, 3.5, 5.8 GHz	20 MHz	6.8 km	128 Mbps	เป็นเทคโนโลยีใหม่ จำนวนอุปกรณ์ลูกข่ายยังมีจำกัด
HSPA	2008	CDMA /FDD	850 MHz, 1.9 GHz	5 MHz	5 km	13.98 Mbps	ได้รับความนิยมสูง มีอัตราความเร็วการส่งข้อมูลมาก ต้องการการจัดสรรคลื่นความถี่เพิ่มเติม

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

IEEE 802.11n	2009	OFDM /MIMO	2.4 GHz	20 MHz	50 m	300 Mbps	ความเร็วการส่งข้อมูลสูง แต่มีพื้นที่ครอบคลุมจำกัด จึงสามารถให้บริการได้เฉพาะจุด
LTE	2009	OFDM /MIMO	2 – 6 GHz	20 MHz	5 km	173 Mbps	เป็นเทคโนโลยีใหม่ อยู่ในขั้นตอนการทดสอบการให้บริการ จำนวนอุปกรณ์ลูกข่ายยังมีจำกัด

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีต่อแบนด์วิทรวม (IEEE 802.11n-2009, 2009), (Motorolla, 2007), (Radha and Radhamani, 2008), (Smith and Collins, 2007), (Timothy et al., 2003)

เทคโนโลยี	ปีที่ใช้	วิธีการเข้าถึง	ย่านความถี่	แบนด์วิท	จำนวนช่องสัญญาณที่ใช้ในย่านความถี่	ความเร็วช่องทางสัญญาณ	แบนด์วิทรวมทุกช่องสัญญาณ
GSM	1991	TDMA	900 MHz, 1.8 GHz	200 kHz	75	159.6 kbps	15 MHz
VSAT	1991	FDD	10 – 12 GHz	36 MHz	300	64 kbps	36 MHz
GPRS	2001	TDMA	900 MHz, 1.8 GHz	200 kHz	75	171 kbps	15 MHz
WCDMA	2001	CDMA	850 MHz, 1.9 GHz	5 MHz	3	5.76 Mbps	15 MHz
CDMA2000	2002	CDMA	850 MHz,	1.25 MHz	12	1.229 Mbps	15 MHz
EDGE	2003	TDMA /FDD	900 MHz, 1.8 GHz	200 kHz	75	270.833 kbps	15 MHz
IEEE 802.11g	2003	OFDM	2.4 GHz	20 MHz	N/A	54 Mbps	20 MHz
IEEE 802.16e	2006	OFDM /MIMO	2.3, 3.5, 5.8 GHz	20 MHz	N/A	128 Mbps	20 MHz
HSPA	2008	CDMA /FDD	850 MHz, 1.9 GHz	5 MHz	3	14.4 Mbps	15 MHz
IEEE 802.11n	2009	OFDM/ MIMO	2.4 GHz	20 MHz	N/A	300 Mbps	20 MHz
LTE	2009	OFDM /MIMO	2 – 6 GHz	20 MHz	N/A	173 Mbps	20 MHz

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธีการ DEA

ทำการคำนวณด้วยวิธี DEA ตาม (4.1) – (4.5) โดยใช้ค่าอินพุท (x) และเอาท์พุท(y) พารามิเตอร์ สำหรับการคำนวณประสิทธิภาพทั้งสิ้น 11 เทคโนโลยี จากตารางที่ 4.3 คอลัมภ์ที่ 3 – 4 ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณหาประสิทธิภาพด้วยวิธีอย่างง่ายด้วยการหาอัตราส่วนระหว่างอัตราความเร็วในการสื่อสารและแบนด์วิท แสดงในตารางที่ 4.3 คอลัมภ์ที่ 5 และผลการคำนวณประสิทธิภาพด้วยวิธี DEA ในปีที่เริ่มใช้งาน แสดงในตารางที่ 4.3 คอลัมภ์ที่ 6 โดยในวิธี DEA

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธีการ DEA

เทคโนโลยี	ปีที่เริ่มใช้งาน	อินพุท, x	เอาท์พุท, y	ประสิทธิภาพสเปกตรัม (bps/Hz)	ค่าประสิทธิภาพ DEA ในปีที่เริ่มใช้
		แบนด์วิทรวมทุกช่องสัญญาณ (MHz)	อัตราความเร็วบิต (Mbps)		
GSM	1991	15.000	11.970	0.798	1.000
VSAT	1991	36.000	19.200	0.533	1.000
GPRS	2001	15.000	12.825	0.855	1.348
WCDMA	2001	15.000	17.280	1.152	1.000
CDMA2000	2002	15.000	14.746	0.983	1.172
EDGE	2003	15.000	20.312	1.354	1.992
IEEE 802.11g	2003	20.000	54.000	2.700	1.000
IEEE 802.16e	2006	20.000	128.000	6.400	1.000
HSPA	2008	15.000	43.200	2.880	2.222
IEEE 802.11n	2009	20.000	300.000	15.000	1.000
LTE	2009	20.000	173.000	8.650	1.733

จากผลการคำนวณในตารางที่ 4.4 เทคโนโลยีที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุด ณ เวลาที่เริ่มใช้งานและเทียบย้อนหลังไปกับเทคโนโลยีที่มีมาก่อนหน้า จะมีค่าเท่ากับ 1 ส่วนเทคโนโลยีที่มีค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าจะมีค่ามากขึ้น โดยแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีที่มีค่ามากกว่า 1 นั้นยังสามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อเทียบเคียงกับเทคโนโลยีที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดได้ นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากทำการคำนวณประสิทธิภาพบนอนุกรมของเวลา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1991 – 2009 รวมระยะเวลา 19 ปี ของเทคโนโลยีการสื่อสารจำนวน 11 เทคโนโลยีได้ถูกแสดงในตารางที่ 4.4 ทั้งนี้

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.4 ยังแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ ณ เวลาที่เริ่มใช้งาน อาจมีเทคโนโลยีอื่นที่มีประสิทธิภาพมากกว่าแซงไปได้ เช่น GSM เริ่มให้บริการครั้งแรกในปี ค.ศ. 1991 มีค่าประสิทธิภาพสูงสุด แต่เมื่อมีการพัฒนา WCDMA ในปี ค.ศ. 2001 ประสิทธิภาพของ GSM ก็ถูกแซงด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัยกว่า โดย WCDMA มีประสิทธิภาพเหนือกว่า GSM ถึง 44.3 % หรือหมายความว่าที่อินพุทแบนด์วิทเท่ากัน WCDMA สามารถให้ความเร็วในการสื่อสารสูงกว่า GSM และหากเทียบกับเทคโนโลยีในปี ค.ศ. 2009 แล้วจะพบว่าเทคโนโลยีใหม่มีประสิทธิภาพสูงกว่า GSM ถึง 361 % เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพตามการประเมินด้วยวิธี DEA ในปี ค.ศ. 2009 คือเทคโนโลยี HSPA และ IEEE802.11n รองลงมาคือเทคโนโลยี LTE ที่เริ่มทดสอบการให้บริการ

ตารางที่ 4.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพตามการเปลี่ยนแปลงเวลา

เทคโนโลยี	ปีที่เริ่มใช้งาน	ค่าประสิทธิภาพ DEA ในปีที่เริ่มใช้	ค่าประสิทธิภาพ DEA บนอนุกรมของเวลา						
			1991	2001	2002	2003	2006	2008	2009
GSM	1991	1.000	1.000	1.443	1.443	3.378	8.000	8.000	3.610
VSAT	1991	1.000	1.000	1.000	1.000	2.809	6.667	6.667	14.925
GPRS	2001	1.348		1.348	1.348	3.155	7.463	7.463	3.367
WCDMA	2001	1.000		1.000	1.000	2.342	5.556	5.556	2.500
CDMA2000	2002	1.172			1.172	2.747	6.494	6.494	2.933
EDGE	2003	1.992				1.992	4.717	4.717	2.128
IEEE 802.11g	2003	1.000				1.000	2.370	2.370	5.556
IEEE 802.16e	2006	1.000					1.000	1.000	2.342
HSPA	2008	2.222						2.222	1.000
IEEE 802.11n	2009	1.000							1.000
LTE	2009	1.733							1.733

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

4.3 ผลการปฏิวัติการสื่อสารไร้สายต่อระบบโทรคมนาคมในประเทศไทย

เพื่อให้การสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สายมีความเร็วในการสื่อสารได้สูง อุปกรณ์ชุมสายหรืออุปกรณ์กระจายสัญญาณจำเป็นจะต้องได้รับการพัฒนาเครือข่ายการเชื่อมต่อให้มีประสิทธิภาพสูงมากยิ่งขึ้น การพัฒนาเทคโนโลยีไปสู่เครือข่ายใหม่ (Next Generation Network :NGN) จึงมีความ

จำเป็นและผู้ให้บริการด้านเครือข่ายทุกรายในประเทศไทย เช่น บริษัททีโอที หรือ บริษัท กสท.โทรคมนาคม เป็นต้น จำเป็นจะต้องเร่งพัฒนา โดยการให้บริการจากการพัฒนาเครือข่ายใหม่ที่มีความเร็วสูงขึ้น สามารถทำให้บริษัทผู้ให้บริการด้านเครือข่ายมีรายได้เพิ่มขึ้นจากบริการบรอดแบนด์และมัลติมีเดีย ซึ่งจะทดแทนรายได้จากโทรศัพท์ประจำที่ และโทรศัพท์สาธารณะที่ลดลงได้ เมื่อทั้งเครือข่ายและชุมสายหรืออุปกรณ์กระจายสัญญาณบรอดแบนด์ไร้สายมีความเร็วสูงมากขึ้น แอปพลิเคชั่น หรือบริการจากบริษัทผู้ให้บริการด้านเนื้อหาหรือคอนเทนต์ (content) จะมีจำนวนมากขึ้น และมีนวัตกรรมใหม่ๆเพื่อสร้างรายได้และบริการมากขึ้นด้วย ในอนาคตบางบริการอาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อรายได้จากการให้บริการเดิมที่มีอยู่ เช่นรายได้จากค่าบริการการใช้โทรศัพท์ หรือบริการด้านเสียง ซึ่งเดิมเป็นรายได้หลักของผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์ โดยเมื่อเครือข่ายมีการพัฒนาไปสู่เครือข่ายใหม่ที่อยู่บนพื้นฐานของอินเตอร์เนตโพรโทคอล (Internet protocol : IP) การให้บริการด้านการสื่อสารเสียงพูดที่มีค่าบริการต่ำกว่าจะเข้ามาทดแทน เช่น บริการของสไกป์ (Skype) ที่ให้บริการด้านการสื่อสารเสียงผ่านโพรโทคอล วอยซ์โอเวอร์ไอพี (Voice over IP : VoIP) โดยจะสามารถสื่อสารไปยังทุกที่บนโลกอินเตอร์เนตในราคาค่าบริการที่ต่ำกว่าค่าบริการโทรศัพท์โดยทั่วไปมาก แต่เดิมบริการของสไกป์ยังคงมีข้อจำกัดในการเชื่อมต่อไปยังเฉพาะผู้ที่สามารถเข้าถึงอินเตอร์เนตได้ ซึ่งผู้ใช้บริการส่วนใหญ่จะทำการสื่อสารผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรมของสไกป์ แต่เมื่อบริการบรอดแบนด์ไร้สายความเร็วสูงถูกนำมาใช้พร้อมกับเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายชนิดสมาร์ทโฟน การขยายตัวของการใช้งานบริการวอยซ์โอเวอร์ไอพี จึงจะมีมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อรายได้จากค่าบริการด้านการสื่อสารเสียง ผู้ให้บริการโครงข่ายจึงจำเป็นจะต้องมีการปรับกลยุทธในการคิดค่าบริการและการจัดเก็บรายได้ จากบริการเชื่อมต่อข้อมูลการสื่อสาร

ในการจัดเก็บรายได้จากบริการเชื่อมต่อข้อมูลการสื่อสารนี้จะเป็นรายได้ที่เรียกว่ารายได้จากค่าใช้งานทรัพยากรเครือข่าย (Bearer Service) โดยหากผู้ให้บริการด้านเครือข่ายมุ่งเน้นเพียงค่าบริการในส่วนนี้รายได้จะมีจำกัด เนื่องจากการบริการในส่วนของข้อมูล ข่าวสาร ดนตรี เสียงเรียกสาย ความบันเทิง รวมถึงบริการเสริมต่างๆ จะเป็นรายได้มูลค่าเพิ่ม (Value added service) ที่มีโอกาสสร้างรายได้ที่สูงมากกว่าการเก็บค่าใช้งานทรัพยากรเครือข่ายเท่านั้น ซึ่งตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อมีบรอดแบนด์เกิดขึ้น บริการ (service) จะเป็นสิ่งที่สร้างรายได้มากที่สุด คือการให้บริการดาวน์โหลดเพลงของเวปแอปเปิ้ลไอจูน (Apple i-Tunes) บริการดังกล่าวเป็นรูปแบบธุรกิจด้านคอนเทนท์ที่ก้าวเข้ามาสร้างรายได้บนการให้บริการโทรคมนาคม ยิ่งการให้บริการโทรคมนาคมมีความครอบคลุมมากขึ้นเท่าใด รายได้จากการให้บริการของแอปเปิ้ลไอจูนก็จะยิ่งเพิ่มมากยิ่งขึ้นจากจำนวนผู้ใช้งานบรอดแบนด์ที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วยนั่นเอง แต่ผู้ให้บริการโทรคมนาคมท้องถิ่นในประเทศไทยจะได้รับรายได้จากเพียงค่าใช้งานทรัพยากรเครือข่ายเท่านั้น ดังนั้นเมื่อมีการให้บริการบรอดแบนด์ไร้สายความเร็วสูงเกิดขึ้นผู้ให้บริการเครือข่ายจำเป็นจะต้องพัฒนาธุรกิจบริการด้าน

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ใหม่ๆ เพื่อสร้างรายได้จากโอกาสการขยายตัวของผู้ใช้บริการที่จะมีจำนวนมากขึ้นโดยไม่จำเป็นจะต้องจำกัดเฉพาะเพียงผู้ใช้บริการในเครือข่ายของตนเองเท่านั้น

4.4 การทดแทนการสื่อสารด้วยสายตัวนำโดยบรอดแบนด์ไร้สาย

ความเร็วในการรับส่งข้อมูลของการสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สายในปัจจุบันอยู่ในระดับความเร็วที่ใกล้เคียงกับการสื่อสารบรอดแบนด์ด้วยสายตัวนำ เช่น ADSL แล้ว ที่ระดับความเร็วในการสื่อสาร 7.2 Mbps โดยที่การสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สายมีลักษณะเด่นที่เหนือกว่าการสื่อสารด้วยสายตัวนำคือการนำไปใช้งานในลักษณะเคลื่อนที่ได้ มีความสะดวกในการใช้งานสูงมาก เพียงเครื่องคอมพิวเตอร์มีอุปกรณ์ที่รองรับระบบบรอดแบนด์ไร้สายเช่น GRPS, EDGE, WCDMA หรือ HSPA ก็สามารถใช้งานได้ทันที รวมถึงอุปกรณ์สื่อสารประเภทสมาร์ทโฟน (smart phone) ก็สามารถทำการเชื่อมต่อใช้งานได้ทันทีในทุกที่ที่สามารถรับสัญญาณได้เช่นเดียวกัน ในขณะที่การสื่อสารด้วยสายตัวนำจำเป็นจะต้องใช้งานที่อยู่ประจำที่ อย่างไรก็ดีความคล่องตัวในการใช้งานในลักษณะเคลื่อนที่ได้ก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างเช่น พื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณการสื่อสารไร้สายยังมีอยู่จำกัด รวมถึงสัญญาณรบกวนในช่องทางเดินสัญญาณที่ผ่านอากาศนั้นมีมากกว่าการสื่อสารผ่านสายตัวนำมาก ดังนั้นความเร็วในการสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สายจึงแปรผันตามระยะห่างของอุปกรณ์ลูกข่ายและสถานีกระจายสัญญาณ โดยหากระยะทางเพิ่มมากขึ้นความเร็วในการสื่อสารก็จะลดลงตามลำดับ นอกจากนี้การสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สายผ่านอากาศยังมีข้อจำกัดด้านแบนด์วิทที่ต้องแบ่งกันสำหรับผู้ใช้งาน โดยหากมีผู้ใช้งานพร้อมกันในสถานีกระจายสัญญาณแห่งเดียวกันเป็นจำนวนมาก ความเร็วในการสื่อสารก็จะต้องถูกแบ่งด้วยทำให้มีความเร็วในการสื่อสารต่อผู้ใช้งานแต่ละคนลดลง ต่างกันกับการสื่อสารด้วยสายตัวนำที่มีแบนด์วิทของช่องทางสื่อสารโดยเฉพาะ (dedicated) ทำให้ผู้ใช้งานแต่ละรายสามารถใช้ช่องทางการสื่อสารได้อย่างเต็มประสิทธิภาพโดยไม่ต้องแบ่งปันกับผู้ใช้งานอื่น ความเร็วในการสื่อสารจึงมีความเร็วสูงตามประสิทธิภาพของเทคโนโลยีที่นำมาใช้ และในด้านเสถียรภาพของสัญญาณการสื่อสาร การใช้สายตัวนำจะถูกรบกวนน้อยกว่าการสื่อสารไร้สายจึงทำให้ความเร็วในการสื่อสารมีเสถียรภาพมากกว่า

เมื่อคำนึงถึงข้อจำกัดด้านแบนด์วิทของการสื่อสารแบบไร้สาย การนำมาทดแทนการสื่อสารบรอดแบนด์แบบใช้สายตัวนำในพื้นที่เขตเมืองหรือพื้นที่ชุมชน เช่น อาคารสำนักงาน อาคารที่พักอาศัยชนิดอาคารสูง หรือสถานศึกษานั้น ยังมีข้อด้อยกว่าอยู่มาก โดยเฉพาะเมื่อการสื่อสารบรอดแบนด์แบบใช้สายตัวนำมีการประยุกต์ใช้งานการสื่อสารด้วยสายใยแก้วนำแสง ร่วมกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณข่ายสายดิจิทัล (Digital Subscriber Line Access Multiplexer : DSLAM) ในการกระจายสัญญาณของข่ายสาย ADSL2+ หรือ VDSL2 จากโครงข่ายสายใยแก้วนำแสงชนิด FTTB (Fiber to the Building) ซึ่งจะทำให้มีความเร็วในการสื่อสารสูงระหว่าง 10 – 80 Mbps โดยมีค่าบริการที่ถูกกว่าการใช้บริการ FTTH (Fiber to the Home) และจะทำให้การใช้งานแอปพลิเคชั่นที่มีความต้องการความเร็วในการสื่อสารสูงมากเช่น HDTV แบบเรียลไทม์สามารถใช้งานได้

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

4.5 วิเคราะห์ผล

เมื่อพิจารณาจากผลการคำนวณประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธี DEA ในปี ค.ศ. 2009 ที่ถูกแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่ามีเทคโนโลยีที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดสองเทคโนโลยีคือ HSPA และ IEEE802.11n ซึ่งเทคโนโลยีทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันในคุณสมบัติอื่นที่ต้องถูกนำมาร่วมในการพิจารณาด้วย โดยหากพิจารณาในด้านความเร็วในการสื่อสารเป็นประเด็นหลักจะพบว่าเทคโนโลยี IEEE802.11n มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลสูงกว่ามากโดยสามารถส่งได้ความเร็วสูงถึง 300 Mbps แต่ข้อจำกัดหลักที่ทำให้ IEEE802.11n ถูกใช้อยู่ในวงจำกัดคือรัศมีการครอบคลุมของสัญญาณมีเพียงระยะประมาณ 50 เมตรเท่านั้น ส่วน HSPA เป็นการพัฒนาการของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้สามารถสื่อสารบรอดแบนด์ความเร็วสูง จึงมีรัศมีการครอบคลุมสัญญาณประมาณ 5 กิโลเมตร ที่ความเร็วในการสื่อสารประมาณ 14 Mbps โดยการใช้งาน HSPA เป็นการใช้งานบนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เดิมที่มีการให้บริการอยู่ โดยทำการแบ่งแบนด์วิทการสื่อสารข้อมูลกับแบนด์วิทที่ใช้ในการสื่อสารเสียงพูด ข้อจำกัดด้านแบนด์วิทนี้เองที่ทำให้ประสิทธิภาพการสื่อสารอาจลดลง นอกจากเทคโนโลยีทั้งสองนี้แล้ว LTE ก็เป็นเทคโนโลยีที่มีค่าประสิทธิภาพสูงอีกเทคโนโลยีหนึ่งโดยมีค่าประสิทธิภาพต่ำกว่า IEEE802.11n ประมาณ 73.3 % ในปีที่เริ่มทดสอบการให้บริการ โดย LTE ถูกนำเสนอให้เป็นเทคโนโลยียุคถัดไปของโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยจะมาแทนที่เทคโนโลยี HSPA ซึ่งจะเห็นได้ว่าในการทดสอบการให้บริการในเบื้องต้น LTE สามารถสื่อสารด้วยความเร็วสูงถึง 173 Mbps ซึ่งเพียงพอสำหรับการนำไปใช้สำหรับการสื่อสารวิดีทัศน์ความละเอียดสูงได้

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การพิจารณาเทคโนโลยีที่จะสามารถปฏิวัติบรอดแบนด์ไร้สายในประเทศไทย ไม่เพียงแค่การพิจารณาด้านประสิทธิภาพจากดัชนีชี้วัดเท่านั้น แต่จำเป็นจะต้องพิจารณาการนำไปใช้งานให้เหมาะสมกับการกระจายตัวของประชากรในพื้นที่ต่าง ๆในประเทศไทยด้วย โดยโครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคมไร้สายของประเทศไทยมีการวางรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะพื้นที่เป็นสามลักษณะคือ พื้นที่ในเมือง (Urban areas) พื้นที่ชานเมือง (Sub-urban areas) และพื้นที่ชนบท (Rural areas) เนื่องจากในแต่ละเขตพื้นที่มีความต้องการในการใช้เทคโนโลยี หรือมีความเข้าใจในเทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคมที่แตกต่างกัน รวมถึงต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ และการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วด้วย การสื่อสารโทรคมนาคมไร้สายในพื้นที่เขตเมืองมีความต้องการการใช้งานของผู้บริโภคจำนวนมาก ผู้ใช้งานมีความต้องการการสื่อสารความเร็วสูงที่สามารถสื่อสารข้อมูลได้ทุกที่ ทุกเวลา อย่างต่อเนื่อง ผู้ใช้งานในเขตพื้นที่เมืองมีความเข้าใจในเทคโนโลยีสมัยใหม่ และมีเครื่องมือสื่อสารที่สามารถใช้ประสิทธิภาพของโครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคมไร้สายได้อย่างดี เทคโนโลยี IEEE802.11n จึงสามารถนำไปติดตั้งให้มีความครอบคลุมในพื้นที่ส่วนใหญ่ของเมืองชั้นในได้ เช่นในบริเวณห้างสรรพสินค้า อาคารสำนักงานขนาดใหญ่ ย่านธุรกิจ โรงเรียน หรือมหาวิทยาลัย เป็นต้น โดยทำการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างชุมสายหรืออุปกรณ์กระจายสัญญาณ (backhual) ด้วยโครงข่ายสายใยแก้วนำแสงที่สามารถรองรับความเร็วในการสื่อสารได้สูงมาก สำหรับในส่วนพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของการใช้งานสูงและต้องการการสื่อสารความเร็วสูงมาก การจัดแบ่งเซลล์ให้มีขนาดเล็กลงในลักษณะพิโคเซลล์ (picocell) ที่สามารถให้บริการในพื้นที่ประมาณ 200 เมตร หรือเฟมโตเซลล์ (femtocell) ที่สามารถให้บริการได้ในพื้นที่ประมาณ 30 เมตร จะสามารถลดปัญหาการแบ่งแบนด์วิทใช้งานลงได้ ส่วนพื้นที่ชานเมือง มีรูปแบบความต้องการการใช้งานเป็นบริเวณเฉพาะ เช่น วิทยาเขตของมหาวิทยาลัย โรงเรียน นิคมอุตสาหกรรม โดยพื้นที่ดังกล่าวจะอยู่สลับกันกับพื้นที่อยู่อาศัย ระบบโทรคมนาคมพื้นฐานแบบไร้สายจึงให้บริการในลักษณะ มีโครงข่ายโทรคมนาคมด้วยสายนำสัญญาณไปยังบริเวณที่มีความต้องการใช้งานดังกล่าวและกระจายสัญญาณบรอดแบนด์ไร้สายในรอบ ๆบริเวณนั้น หรือสามารถให้บริการด้วยโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีศักยภาพด้านการรองรับข้อมูลการสื่อสารความเร็วสูงเช่น HSPA หรือ LTE เป็นต้น

สำหรับพื้นที่ชนบทที่มีระยะทางห่างไกล จะต้องทำการวางสายตัวนำเป็นระยะทางที่ยาวมาก ซึ่งจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมหาศาลเพื่อให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ ทำให้โอกาสการเข้าถึงบรอดแบนด์ของประชาชนในประเทศไทยจึงมีอยู่จำกัด บรอดแบนด์ไร้สายจะเป็นการเชื่อมต่อการสื่อสารในพื้นที่ชนบทที่ห่างไกลที่สามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็วและมีความคุ้มค่าในการดำเนิน

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

การมากกว่า เมื่อการสื่อสารบรอดแบนด์กระจายไปสู่ชนบทเปรียบเสมือนการเปิดประตูเชื่อมต่อให้ประชาชนในพื้นที่ห่างไกลสามารถสื่อสารกับโลกที่กว้างขวางมากขึ้น และเปิดรับความรู้ใหม่ๆ เข้ามาอย่างต่อเนื่อง ทั้งด้านวัฒนธรรมของท้องถิ่นอื่นๆ ข่าวสาร หรือการแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้คนที่หลากหลายจากนอกประเทศผ่านทางอินเตอร์เนต การเชื่อมต่อนี้สามารถทำได้โดยการใช้ระบบวีแซด ไมโครเวฟ หรือไวแมกซ์ แต่จะมีข้อจำกัดด้านความเร็วในการสื่อสาร และการหน่วงเวลาของข้อมูล ดังนั้นการพิจารณาเทคโนโลยีการสื่อสารทางแสงผ่านอากาศจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากไม่มีค่าใช้จ่ายจากการใช้งานคลื่นความถี่ และสามารถทำการเชื่อมต่อสัญญาณโทรคมนาคมได้ในพื้นที่ห่างไกลที่มีอุปสรรคในการวางข่ายสายตัวนำสัญญาณ เช่นบริเวณหุบเขา หรือ เกาะแก่งต่างๆ ด้วยความสามารถในการสื่อสารที่มีความเร็วสูงมาก จากนั้นจึงกระจายสัญญาณดังกล่าวในบริเวณชุมชนชนบทนั้นๆ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายโดยพิจารณาจากพื้นที่ ผู้ใช้งาน ความหนาแน่นของการใช้งานและชนิดของแอปพลิเคชั่น ของการสื่อสาร เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาเพื่อเชื่อมต่อสัญญาณการสื่อสารไปพื้นที่ต่างๆได้อย่างเหมาะสม

เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการปฏิวัติบรอดแบนด์ไร้สายจากยุค 2G มาเป็นยุคบรอดแบนด์ไร้สายความเร็วสูงที่สามารถสื่อสารมัลติมิเดียเต็มรูปแบบได้สำหรับประเทศไทย จึงไม่ได้มีเพียงเทคโนโลยีใดเทคโนโลยีหนึ่งเท่านั้น แต่จำเป็นจะต้องจัดวางรูปแบบให้เหมาะสมกับภูมิประเทศ พื้นที่ สังคม ผู้ใช้งาน และชนิดของข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร ดังแสดงในตารางที่ 5.1 เพื่อที่จะสามารถทำให้การสื่อสารบรอดแบนด์ไร้สายในประเทศไทยบรรลุเป้าหมายตามกรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทย (พ.ศ. 2554 – 2563) หรือ ICT 2020 ทางด้านการสนับสนุนการศึกษาที่ต้องการให้ประชาชนสามารถได้รับบริการผ่านโครงข่ายบรอดแบนด์ทั้งในด้านการศึกษา สาธารณสุข การเฝ้าระวังและเตือนภัยพิบัติและภัยธรรมชาติ และบริการสาธารณะอื่น ๆ อย่างทั่วถึงและเท่าเทียมกัน เพื่อลดปัญหาความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงสารสนเทศและความรู้

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างการจำแนกความเหมาะสมของเทคโนโลยีกับลักษณะของการนำไปใช้งาน

เทคโนโลยี / ลักษณะในการนำไปใช้งาน	GSM	VSAT	FSO	GPRS	WCDMA	CDMA2000	EDGE	IEEE802.11g	IEEE802.16e	HSPA	IEEE802.11n	LTE
การใช้งานในเมือง												
- บริเวณชุมชนหนาแน่น เช่น อาคารสำนักงาน ย่านธุรกิจ ฯลฯ			✓					✓		✓	✓	✓
- บริเวณที่ต้องการการสื่อสารมัลติมีเดียที่ใช้แบนด์วิทสูง เช่น บันทึกการสอน หรือ e-learning ในโรงเรียน หรือมหาวิทยาลัย								✓		✓	✓	✓
- บริเวณชุมชนที่มีกลุ่มผู้ใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ บนอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ เช่น ห้างสรรพสินค้า				✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
การใช้งานชานเมือง												
- บริเวณชุมชนที่มีกลุ่มผู้ใช้งานมีการผสมกันระหว่างผู้ที่ใช้แบนด์วิทสูงและผู้ที่ใช้แบนด์วิทต่ำ เช่นวิทยาเขตของมหาวิทยาลัย โรงเรียน เทศบาล ฯลฯ				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
- บริเวณที่พักอาศัยของชุมชนต่างๆ ซึ่งมีการกระจายตัว และพื้นที่ระหว่างเมือง				✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓
การใช้งานในชนบท												
- บริเวณชุมชนในชนบทที่ห่างไกล มีภูมิประเทศเป็นภูเขา หรือเกาะ		✓	✓						✓			
- บริเวณชุมชนในชนบทที่ห่างไกลที่มีความต้องการการใช้แบนด์วิทสูง เช่น โรงเรียน หรือสถานพยาบาล		✓	✓						✓			
- บริเวณชุมชนในชนบทที่ห่างไกล ที่อยู่ในพื้นที่การให้บริการของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่	✓			✓	✓	✓	✓					

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กทช. 2542. “ตารางกำหนดความถี่วิทยุแห่งชาติ (National Table of Frequency Allocation).” กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ.

กทช. 2551. “รายงานผลการปฏิบัติงานประจำปี 2551 โทรคมนาคมยุคหลอมรวม.” กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ.

รินรดา ฝั้นอิ่นแก้ว. 2552. “มารู้จักยูบิควิตัส เทคโนโลยีอัจฉริยะกันเถอะ.” **วารสาร กทช.** 1: 323 – 346.

สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม. 2552. “รายงานสภาวะอุตสาหกรรมโทรคมนาคม พ.ศ. 2552.” กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม.

3GPP. 2006. “UTRA-UTRAN LongTerm Evolution (LTE) and 3GPP System Architecture Evolution (SAE).” The technical paper, 3GPP The mobile broadband standard. Retrieved January 15, 2010, from ftp://ftp.3gpp.org/Inbox/2008_web_files/LTA_Paper .pdf

Anderson T.R., Daim T.U. and Kim J. 2008. “Technology forcasting for wireless communication.” **Technovation. Elsevier.** 28: 602 – 614.

Aricent. 2009. “WiMAX Femtocells, the white paper.” Aricent Inc. Retrieved January 15, 2010, from http://www.femtoforum.org/femto/publications.php

Charnes A., Cooper W.W. and Rhodes E. 1978. “Measuring the efficiency of dicision making units.” **European Journal of Operational Research.** 2(6): 429 – 444.

Chong C. and Kumar S. 2003. “Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges.” **Proceedings of the IEEE.** 91(8): 1247 – 1256.

Coelli T. 1996. “A Guide to EAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis (Computer) Program.” **CEPA Working Paper 96/08.** Center for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Australia.

David, P. A. and Greenstein, S. 1990. “The economics of compatibility standards: An introduction to recent research.” **The Economics of Innovations and New Technology.** 1(2): 3 – 41.

Fare R., Grosskopf S. and Lee W.F. 1995. “Productivity in Taiwanese manufacturing-industries.” **Applied Economics.** 27: 259-265.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม SRIPATUM UNIVERSITY

FCC. 2005. “Local telephone competition: Status as of December 31, 2004.” Retrieved January 15, 2010, from http://www.fcc.gov/Bureaus/Common_Carrier/Reports/FCC-State_Link/IAD/lcom0705.pdf

Femto Forum. 2010. “Femtocells – Natural Solution for Offload : a Femto Forum topic brief, the white paper.” the Femto Forum. Retrieved January 15, 2010, from http://www.femtoforum.org/femto/publications.php

Funk, J. L. and Methe, D. T. 2001. “Market- and committee-based mechanisms in the creation and diffusion of global industry standards: The case of mobile communication.” **Research Policy. Elsevier.** 30: 589 – 610.

Gunasekaran V. and Harmantzis F.C. 2007. “Emerging Wireless Technologies for Developing Countries.” **Technology in Society. Elsevier.** 29: 23 – 42.

Haug, T. 2002. “A commentary on standardization practices: Lessons from the NMT and GSM mobile telephone standards histories.” **Telecommunications Policy.** 26: 101 – 107.

IEEE 802.11n-2009. 2009. “Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput.” IEEE Standard Association.

Isaac I. K. and Eric J. K. 2001. “Availability of free-space optics (FSO) and hybrid FSO/RF systems.” **Proceedings of Optical Wireless Communications IV**, 4530: 84 – 95.

Kenneth C. L. and Jane P. L. 2006. **Management Information Systems: Managing the Digital Firm.** 9th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Lyytinen K. and Fomin V. V. 2002. “Achieving high momentum in the evolution of wireless infrastructures: The battle over the 1G solutions.” **Telecommunications Policy.** 26: 149 – 170.

Motorolla. 2007. “Long Term Evolution (LTE): A Technical Overview.” Technical white paper. Motorola, Inc.

Muhammad S.A., Laszlo C.H., Sajid S.M., Erich L., Farukh N. and Muhammad S.K. 2009. “Characterization of Fog and Snow Attenuations for Free-Space Optical Propagation.” **Journal of Communications.** 4(8): 533 – 545.

Nagel D.J. 2005. “Wireless Sensor Systems and Networks:Technologies, Applications, Implications and Impacts.” Retrieved January 15, 2010, from http://intranet. daiict.ac.in/~ranjan/isn2005/papers/APP/wireless.pdf.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

OECD. 2000. “Cellular mobile pricing structures and trends (no. DSTI/ICCP/TISP(99)11/ FINAL).” Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.

Radha Krishna Rao G.S.V. and Radhamani G. 2008. “WiMAX, A wireless technology revolution.” Boca Raton, FL: Auerbach publications.

Smith C. and Collins D. 2007. **3G Wireless Networks.** 2nd ed. New York: McGraw Hill.

Timothy P., Charles W.B. and Jeremy E.A. 2003. **Satellite Communications.** 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.

Yoo, Y., Lyytinen, K., et al. 2005. “The role of standards in innovation and diffusion of broadband mobile services: The case of South Korea.” **Journal of Strategic Information Systems. Elsevier.** 14(3): 323 – 353.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ภาคผนวก ก.

การป้อนค่าพารามิเตอร์สำหรับการคำนวณด้วยโปรแกรม EAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis Program เพื่อคำนวณประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธีการ DEA โดยให้สามารถคำนวณร่วมกับดัชนีความสามารถในการผลิต Malmquist เพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนอนุกรมของเวลา โดยใช้ข้อมูลการคำนวณจากตารางที่ 4.3

ชื่อไฟล์ My04spu3.ins

```
My04spu3.dta        DATA FILE NAME
My04spu3.out        OUTPUT FILE NAME
11                  NUMBER OF FIRMS
19                  NUMBER OF TIME PERIODS
1                   NUMBER OF OUTPUTS
1                   NUMBER OF INPUTS
1                   0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
1                   0=CRS AND 1=VRS
2                   0=DEA(MULTI-STAGE),  1=COST-DEA,  2=MALMQUIST-DEA,
                    3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)
```

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข.

ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยโปรแกรม EAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis Program เพื่อคำนวณประสิทธิภาพเทคโนโลยีด้วยวิธีการ DEA โดยให้สามารถคำนวณร่วมกับดัชนีความสามารถในการผลิต Malmquist เพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนอนุกรมของเวลา

ชื่อไฟล์ My04spu3.out

```
Results from DEAP Version 2.1
Instruction file = My04spu3.ins
Data file        = My04spu3.dta
 Output orientated Malmquist DEA

 DISTANCES SUMMARY

 year =     1

   firm       crs te rel to tech in yr       vrs
    no.       ************************        te
               t-1          t        t+1

     1      0.000      1.000      1.000      1.000
     2      0.000      0.668      0.668      1.000
     3      0.000      0.000      0.000      0.000
     4      0.000      0.000      0.000      0.000
     5      0.000      0.000      0.000      0.000
     6      0.000      0.000      0.000      0.000
     7      0.000      0.000      0.000      0.000
     8      0.000      0.000      0.000      0.000
     9      0.000      0.000      0.000      0.000
    10      0.000      0.000      0.000      0.000
    11      0.000      0.000      0.000      0.000

 mean       0.000      0.152      0.152      0.182

 year =     2

   firm       crs te rel to tech in yr       vrs
    no.       ************************        te
               t-1          t        t+1

     1      1.000      1.000      1.000      1.000
     2      0.668      0.668      0.668      1.000
     3      0.000      0.000      0.000      0.000
     4      0.000      0.000      0.000      0.000
     5      0.000      0.000      0.000      0.000
     6      0.000      0.000      0.000      0.000
     7      0.000      0.000      0.000      0.000
     8      0.000      0.000      0.000      0.000
     9      0.000      0.000      0.000      0.000
```

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

```
   10      0.000      0.000      0.000      0.000
   11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean       0.152      0.152      0.152      0.182

year =      3

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

    1      1.000      1.000      1.000      1.000
    2      0.668      0.668      0.668      1.000
    3      0.000      0.000      0.000      0.000
    4      0.000      0.000      0.000      0.000
    5      0.000      0.000      0.000      0.000
    6      0.000      0.000      0.000      0.000
    7      0.000      0.000      0.000      0.000
    8      0.000      0.000      0.000      0.000
    9      0.000      0.000      0.000      0.000
   10      0.000      0.000      0.000      0.000
   11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean       0.152      0.152      0.152      0.182

year =      4

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

    1      1.000      1.000      1.000      1.000
    2      0.668      0.668      0.668      1.000
    3      0.000      0.000      0.000      0.000
    4      0.000      0.000      0.000      0.000
    5      0.000      0.000      0.000      0.000
    6      0.000      0.000      0.000      0.000
    7      0.000      0.000      0.000      0.000
    8      0.000      0.000      0.000      0.000
    9      0.000      0.000      0.000      0.000
   10      0.000      0.000      0.000      0.000
   11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean       0.152      0.152      0.152      0.182

year =      5

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

    1      1.000      1.000      1.000      1.000
    2      0.668      0.668      0.668      1.000
    3      0.000      0.000      0.000      0.000
    4      0.000      0.000      0.000      0.000
    5      0.000      0.000      0.000      0.000
```

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

```
     6      0.000      0.000      0.000      0.000
     7      0.000      0.000      0.000      0.000
     8      0.000      0.000      0.000      0.000
     9      0.000      0.000      0.000      0.000
    10      0.000      0.000      0.000      0.000
    11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean        0.152      0.152      0.152      0.182

year =      6

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

     1      1.000      1.000      1.000      1.000
     2      0.668      0.668      0.668      1.000
     3      0.000      0.000      0.000      0.000
     4      0.000      0.000      0.000      0.000
     5      0.000      0.000      0.000      0.000
     6      0.000      0.000      0.000      0.000
     7      0.000      0.000      0.000      0.000
     8      0.000      0.000      0.000      0.000
     9      0.000      0.000      0.000      0.000
    10      0.000      0.000      0.000      0.000
    11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean        0.152      0.152      0.152      0.182

year =      7

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

     1      1.000      1.000      1.000      1.000
     2      0.668      0.668      0.668      1.000
     3      0.000      0.000      0.000      0.000
     4      0.000      0.000      0.000      0.000
     5      0.000      0.000      0.000      0.000
     6      0.000      0.000      0.000      0.000
     7      0.000      0.000      0.000      0.000
     8      0.000      0.000      0.000      0.000
     9      0.000      0.000      0.000      0.000
    10      0.000      0.000      0.000      0.000
    11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean        0.152      0.152      0.152      0.182

year =      8

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

     1      1.000      1.000      1.000      1.000
```

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

```
     2      0.668      0.668      0.668      1.000
     3      0.000      0.000      0.000      0.000
     4      0.000      0.000      0.000      0.000
     5      0.000      0.000      0.000      0.000
     6      0.000      0.000      0.000      0.000
     7      0.000      0.000      0.000      0.000
     8      0.000      0.000      0.000      0.000
     9      0.000      0.000      0.000      0.000
    10      0.000      0.000      0.000      0.000
    11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean        0.152      0.152      0.152      0.182

year =       9

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

     1      1.000      1.000      1.000      1.000
     2      0.668      0.668      0.668      1.000
     3      0.000      0.000      0.000      0.000
     4      0.000      0.000      0.000      0.000
     5      0.000      0.000      0.000      0.000
     6      0.000      0.000      0.000      0.000
     7      0.000      0.000      0.000      0.000
     8      0.000      0.000      0.000      0.000
     9      0.000      0.000      0.000      0.000
    10      0.000      0.000      0.000      0.000
    11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean        0.152      0.152      0.152      0.182

year =      10

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

     1      1.000      1.000      0.693      1.000
     2      0.668      0.668      0.463      1.000
     3      0.000      0.000      0.000      0.000
     4      0.000      0.000      0.000      0.000
     5      0.000      0.000      0.000      0.000
     6      0.000      0.000      0.000      0.000
     7      0.000      0.000      0.000      0.000
     8      0.000      0.000      0.000      0.000
     9      0.000      0.000      0.000      0.000
    10      0.000      0.000      0.000      0.000
    11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean        0.152      0.152      0.105      0.182

year =      11

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
```

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

firm no.	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	1.000	0.693	0.693	0.693
2	0.668	0.463	0.463	1.000
3	1.071	0.742	0.742	0.742
4	1.444	1.000	1.000	1.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000
mean	0.380	0.263	0.263	0.312

year = 12

firm no.	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	0.693	0.693	0.296	0.693
2	0.463	0.463	0.198	1.000
3	0.742	0.742	0.317	0.742
4	1.000	1.000	0.427	1.000
5	0.853	0.853	0.364	0.853
6	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000
mean	0.341	0.341	0.146	0.390

year = 13

firm no.	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	0.693	0.296	0.296	0.296
2	0.463	0.198	0.198	0.356
3	0.742	0.317	0.317	0.317
4	1.000	0.427	0.427	0.427
5	0.853	0.364	0.364	0.364
6	1.175	0.502	0.502	0.502
7	2.344	1.000	1.000	1.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000
mean	0.661	0.282	0.282	0.296

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

year = 14

firm no.	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	0.296	0.296	0.296	0.296
2	0.198	0.198	0.198	0.356
3	0.317	0.317	0.317	0.317
4	0.427	0.427	0.427	0.427
5	0.364	0.364	0.364	0.364
6	0.502	0.502	0.502	0.502
7	1.000	1.000	1.000	1.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000
mean	0.282	0.282	0.282	0.296

year = 15

firm no.	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	0.296	0.296	0.125	0.296
2	0.198	0.198	0.083	0.356
3	0.317	0.317	0.134	0.317
4	0.427	0.427	0.180	0.427
5	0.364	0.364	0.154	0.364
6	0.502	0.502	0.212	0.502
7	1.000	1.000	0.422	1.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000
mean	0.282	0.282	0.119	0.296

year = 16

firm no.	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	0.296	0.125	0.125	0.125
2	0.198	0.083	0.083	0.150
3	0.317	0.134	0.134	0.134
4	0.427	0.180	0.180	0.180
5	0.364	0.154	0.154	0.154
6	0.502	0.212	0.212	0.212
7	1.000	0.422	0.422	0.422
8	2.370	1.000	1.000	1.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

```
   10      0.000      0.000      0.000      0.000
   11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean       0.497      0.210      0.210      0.216

year =     17

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

    1      0.125      0.125      0.125      0.125
    2      0.083      0.083      0.083      0.150
    3      0.134      0.134      0.134      0.134
    4      0.180      0.180      0.180      0.180
    5      0.154      0.154      0.154      0.154
    6      0.212      0.212      0.212      0.212
    7      0.422      0.422      0.422      0.422
    8      1.000      1.000      1.000      1.000
    9      0.000      0.000      0.000      0.000
   10      0.000      0.000      0.000      0.000
   11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean       0.210      0.210      0.210      0.216

year =     18

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

    1      0.125      0.125      0.053      0.125
    2      0.083      0.083      0.036      0.150
    3      0.134      0.134      0.057      0.134
    4      0.180      0.180      0.077      0.180
    5      0.154      0.154      0.066      0.154
    6      0.212      0.212      0.090      0.212
    7      0.422      0.422      0.180      0.422
    8      1.000      1.000      0.427      1.000
    9      0.450      0.450      0.192      0.450
   10      0.000      0.000      0.000      0.000
   11      0.000      0.000      0.000      0.000

mean       0.251      0.251      0.107      0.257

year =     19

  firm       crs te rel to tech in yr       vrs
   no.       ************************        te
              t-1          t        t+1

    1      0.125      0.053      0.000      0.277
    2      0.083      0.036      0.000      0.064
    3      0.134      0.057      0.000      0.297
    4      0.180      0.077      0.000      0.400
    5      0.154      0.066      0.000      0.341
```

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

```
     6      0.212      0.090      0.000      0.470
     7      0.422      0.180      0.000      0.180
     8      1.000      0.427      0.000      0.427
     9      0.450      0.192      0.000      1.000
    10      2.344      1.000      0.000      1.000
    11      1.352      0.577      0.000      0.577

mean        0.587      0.250      0.000      0.458

[Note that t-1 in year 1 and t+1 in the final year are not defined]

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS

  year    effch   techch     pech     sech    tfpch

     2   1.000    0.005    1.000    1.000    0.005
     3   1.000********    1.000    1.000********
     4   1.000********    1.000    1.000********
     5   1.000********    1.000    1.000********
     6   1.000********    1.000    1.000********
     7   1.000********    1.000    1.000********
     8   1.000********    1.000    1.000********
     9   1.000********    1.000    1.000********
    10   1.000********    1.000    1.000********
    11************************    0.967********
    12************************    1.000********
    13********   1.591********    1.017********
    14   1.000    1.000    1.000    1.000    1.000
    15   1.000    1.000    1.000    1.000    1.000
    16********   1.801********    1.000********
    17   1.000    1.000    1.000    1.000    1.000
    18********   1.000********    1.000********
    19********   2.169********    0.407********

mean ************************    0.950********

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS

  firm    effch   techch     pech     sech    tfpch

     1   0.850    1.177    0.931    0.912    1.000
     2   0.850    1.177    0.858    0.990    1.000
     3************************    0.912********
     4************************    0.912********
     5************************    0.912********
     6************************    0.912********
     7************************    1.000********
     8************************    1.000********
     9************************    0.912********
    10************************    1.000********
    11************************    1.000********

mean ************************    0.950********

[Note that all Malmquist index averages are geometric means]
```

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายปรีชา กอเจริญ
ปีเกิด	พ.ศ. 2517
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 109/278 หมู่บ้านระเบียงทอง 3 ซอย 52 ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2539	วศ.บ.(ไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยศรีปทุม
พ.ศ. 2541	M.Sc.(Communication Engineering), University of Manchester, UK.
พ.ศ. 2549	D.Eng.(Telecommunications), Asian Institute of Technology, Thailand.

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY