บทที่ 2

กรอบแนวคิดทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการรับรู้และการยอมรับของผู้บริโภคต่อการให้บริการเทคโนโลยี WiMAX ในประเทศไทย ผู้วิจัยได้นำแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาเป็นแนวทางในการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 เทคโนโลยี WiMAX และการประยุกต์การใช้งาน

มาตรฐานในการสื่อสารแบบไร้สายของโลกมีการแบ่งแยกออกตามตามรูปแบบและพื้นที่ในการให้บริการ โดยมีมาตรฐานที่ได้รับการกำหนดขึ้นโดยสององค์กรอิสระทางโทรคม คือ IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) ซึ่งเป็นองค์กรมาตรฐานของอเมริกา และ ETSI (European Telecommunication Standard Institute) อันเป็นองค์กรของยุโรป ประกอบด้วยมาตรฐานต่างๆ ดังนี้

IEEE 802.15 หรือ Bluetooth เป็นมาตรฐานที่ใช้สำหรับการสร้างโครงข่ายส่วนตัวเฉพาะบุคคล (PAN หรือ Personal Area Network) ซึ่งมีการใช้งานในรัศมีใกล้ๆ โดย Bluetooth เป็นการทำงานเชื่อมต่ออุปกรณ์สองตัวเข้าหากันที่ความถี่คลื่นที่ 2.4 GHz ซึ่งมีระยะการทำงานที่สั้นมากคือได้ประมาณ 30 ฟุตในการใช้งานที่โล่ง จุดประสงค์ที่สร้าง Bluetooth เพื่อใช้ในการแทนที่สายไฟที่ใช้ในการเชื่อมโยงอุปกรณ์สองตัวเข้าด้วยกัน เช่น Palm กับโทรศัพท์มือถือ หรือ โทรศัพท์มือถือ กับ small talk เป็นต้น

IEEE 802.11 หรือ WLAN (Wireless Local Area Network) เป็น Wireless Network ที่สามารถรับส่งข้อมูลในอัตราเร็วเฉลี่ยราว 11 Mbps ซึ่งมาตรฐาน WLAN ที่ใช้กันมากที่สุดคือ ที่ย่านความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นความถี่ที่เปิดให้ใช้กันทั่วไป โดยไม่ต้องขออนุญาตจากราชการ (Unlicensed Frequency Band) และเป็นความถี่ย่านเดียวกับ ไมโครเวฟ แต่ส่งที่กำลังส่งต่ำมาก คือระหว่าง 50-100 mW พื้นที่บริการอยู่ในช่วง 100-500 เมตร ขึ้นกับกำลังส่งและการออกแบบเสาอากาศ พื้นที่บริการภายในเขต WLAN เรียกว่า “Hot Spot” เพียงติดตั้งเครือข่าย WLAN ก็สามารถให้บริการอินเตอร์เน็ตไร้สายความเร็วสูงได้เร็วกว่าการเชื่อมต่อด้วยโมเด็ม เร็วกว่าบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ 2.5G ซึ่งรับและส่งข้อมูลที่ความเร็ว 40-60 Kbps และบริการ

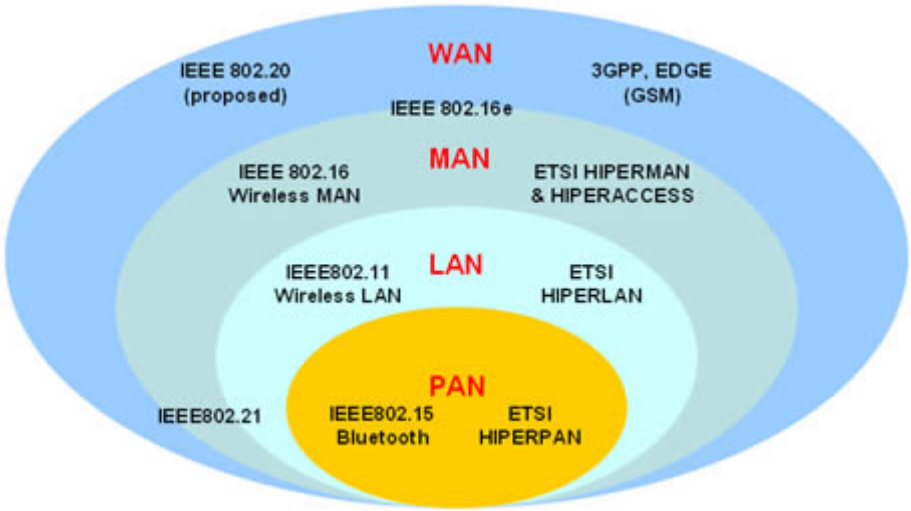
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ซึ่งมีการรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 384 Kbps ในการใช้งานขณะเคลื่อนที่ และที่ความเร็ว 2 Mbps ในการใช้งานขณะอยู่กับที่

IEEE 802.16 หรือ WiMAX เป็นมาตรฐานที่ใช้งานโครงข่ายไร้สายในเมืองหรือ Wireless Metropolitan Area Network (Wireless MAN) โดยเน้นการสื่อสารข้อมูลอัตราเร็วสูงเป็นสำคัญ ข้อกำหนดมาตรฐาน IEEE 802.16 มีสาระสำคัญเพียงมาตรฐานทางเทคนิคในการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุโดยใช้เทคโนโลยี OFDM เป็นเทคโนโลยีไร้สายบรอดแบนด์ ที่มีความสามารในการส่งกระจายสัญญาณจากจุดเดียวไปยังหลายจุด (Point to Multipoint) ได้พร้อมๆกัน สามารถรองรับการทำงานแบบที่นอกเหนือการมองเห็น (Non-Line-of-Sight) มีรัศมีทำการถึง 31 ไมล์ หรือประมาณ 49.6 กิโลเมตร และมีอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดถึง 75 Mbps

IEEE 802.20 (**Mobile Broadband Wireless Access (MBWA)**) เป็นอีกมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับจาก IEEE เมื่อเดือนธันวาคม ค.ศ. 2002 โดยมีเป้าหมายในการกำหนดมาตรฐานกลางในการส่งข้อมูลแบบ packet-based air interfere ที่ออกแบบมาเพื่อการให้บริการบนเครือข่าย IP

ภาพที่ 2.1

Global Wireless Standard



ที่มา : http://3g.siamphone.com/articles/2006/3g_wimax/001.htm, 10 ก.พ. 2550

สำหรับมาตรฐานของเทคโนโลยี WiMAX ที่มีการพัฒนาขึ้นมาในขณะนี้นั้น มีดังต่อไปนี้

- **IEEE 802.16** เป็นมาตรฐานที่ให้ระยะทางการเชื่อมโยง 1.6 – 4.8 กิโลเมตร เป็นมาตรฐานเดียวที่สนับสนุน LoS (Line of Sight) โดยมีการใช้งานในช่วงความถี่ที่สูงมาก คือ 10-66 กิกะเฮิรตซ์ (GHz)
- **IEEE 802.16a** เป็นมาตรฐานที่แก้ไขปรับปรุงจาก IEEE 802.16 เดิม โดยใช้งานที่ความถี่ 2-11 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งคุณสมบัติเด่นที่ได้รับการแก้ไขจากมาตรฐาน 802.16 เดิมคือ คุณสมบัติการรองรับการทำงานแบบที่ไม่อยู่ในระดับสายตา (NLoS - Non-Line-of-Sight) ทั้งยังมีคุณสมบัติการทำงานเมื่อมีสิ่งกีดขวาง อาทิเช่น ต้นไม้, อาคาร ฯลฯ นอกจากนี้ก็ยังช่วยให้สามารถขยายระบบเครือข่ายเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายความเร็วสูงได้อย่างกว้างขวางด้วยรัศมีทำการที่ไกลถึง 31 ไมล์ หรือประมาณ 48 กิโลเมตร และมีอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุดถึง 75 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) ทำให้สามารถรองรับการเชื่อมต่อการใช้งานระบบเครือข่ายของบริษัทที่ใช้สายประเภท ที1 (T1-type) กว่า 60 รายและการเชื่อมต่อแบบ DSL ตามบ้านเรือนที่พักอาศัยอีกหลายร้อยครัวเรือนได้พร้อมกันโดยไม่เกิดปัญหาในการใช้งาน
- **IEEE 802.16e** เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาให้สนับสนุนการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์พกพาประเภทต่างๆ เช่น อุปกรณ์พีดีเอ โน้ตบุ๊ก เป็นต้น โดยให้รัศมีทำงานที่ 1.6 – 4.8 กิโลเมตร มีระบบที่ช่วยช่วยให้ผู้ใช้งานยังสามารถสื่อสารได้โดยให้คุณภาพในการสื่อสารที่ดีและมีเสถียรภาพขณะใช้งาน แม้ว่ามีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา

2.1.1 WiMAX Architecture[1]

WiMAX (Worldwide interoperability for Microwave Access) เป็นเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบอยู่ในแนวสายตา (Line of Sight – LOS) หรือการสื่อสารโดยใช้คลื่นวิทยุที่ต้องมีการเล็งแนวยิงของเครื่องรับและเครื่องส่งให้ตรงกัน ดังเช่นที่พบในเทคโนโลยีไมโครเวฟ โดยพัฒนาให้รองรับการสื่อสารแบบไม่อยู่ในระดับสายตา (Non Line of

[1] ไพโรจน์ ไววานิชกิจ, “WiMAX ทางเลือกของการสื่อสารความเร็วสูง.” ไมโครคอมพิวเตอร์. (2549): ,60-70.

Sight – NLOS) และยังอยู่ภายใต้กรอบมาตรฐานการสื่อสารที่ได้รับการกำหนดขึ้นตามข้อกำหนด IEEE 802.16 ส่งผลให้เทคโนโลยี WiMAX มีพฤติกรรมในการให้บริการที่คล้ายคลึงกับเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ แต่สามารถรองรับการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่ามาก

2,1,2 <u>การสื่อสารแบบ LOS และ NLOS</u>

โดยทั่วไปการสื่อสารโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีใด ล้วนจำเป็นต้องมีการกำหนดให้ชัดเจนว่ามีรูปแบบการสื่อสารแบบ LOS หรือ NLOS ในกรณีของการสื่อสารแบบ LOS อุปกรณ์เครื่องส่งและเครื่องรับจะติดต่อถึงกันได้ จำเป็นต้องมีการติดตั้งให้อยู่ในแนวการสื่อสารที่ตรงกัน ไม่มีสิ่งกีดขวางซึ่งมกเรียกกันว่า “อุปสรรค” (Obstruction) ที่จะมาบดบังการแพร่กระจายของคลื่นความถี่วิทยุ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการสำรวจเส้นทางการแพร่กระจายและลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากสิ่งกีดขวางต่างๆ จึงมีการนิยามพื้นที่ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Fresnel Zone ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการแพร่กระจายพลังงานส่วนใหญ่จากคลื่นความถี่วิทยุตลอดเส้นทางไปสู่เครื่องรับปลายทาง โดยขอบเขตของ Fresnel Zone จะกว้างใหญ่เพียงใดขึ้นอยู่กับความถี่ของวิทยุที่ใช้รับส่ง และระยะห่างระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ

ในทางทฤษฎี สำหรับการยิงสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุแบบ LOS ใดๆก็ตาม พื้นที่ Fresnel Zone จะมีหลายชั้น แต่หากต้องการเพียงตรวจสอบแนวพื้นที่เพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางต่างๆแล้ว ก็มักนิยมพิจารณาจากเฉพาะพื้นที่ Fresnel Zone แรก โดยกำหนดให้พื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์แรก หรือ 0.6 เท่าของ Fresnel Zone แรกเป็นเขตปลอดสิ่งกีดขวาง วิธีการง่ายๆ คือทดลองเล็งแนวยิงสัญญาณคลื่นวิทยุระหว่างจุดรับส่งต้นทางและปลายทาง หากมีสิ่งกีดขวางใดๆบดบังภายในพื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของ Fresnel Zone แรก ก็จะทำการเปลี่ยนมุมยิงจนกว่าจะไม่พบสิ่งกีดขวางอื่นใดอีก

ภาพที่ 2.2

การสื่อสารแบบ LOS และอุปสรรคในการใช้งาน

ที่มา : http://www.crowley.pl/twimax.htm, 10 ก.พ. 2550

สำหรับการสื่อสารแบบ NLOS คลื่นความถี่วิทยุจากเครื่องส่งสามารถเดินทางมายังเครื่องรับได้ ไม่ว่าจะเป็นการแพร่กระจายในแนวตรง หรือสะท้อนจากสิ่งกีดขวางใดๆ ผลจากการสะท้อนของสัญญาณต่างๆ จากหลายเส้นทาง ย่อมมีผลทำให้ระดับความแรงของสัญญาณโดยรวมที่ปรากฏที่เครื่องรับมีค่าน้อยกว่าในกรณีของ การรับส่งแบบ LOS อีกทั้งยังมีผลทำให้รูปทรงของสัญญาณผิดเพี้ยนไป เนื่องจากการแทรกสอดของสัญญาณที่มาจากหลายๆ ทิศทางและมีหน่วยเวลาที่แตกต่างกัน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Multipath Fading แม้การสื่อสารแบบ NLOS จะก่อให้เกิดการปัญหากับการสื่อสารข้อมูลไม่ว่าจำให้เกิดความยุ่งยากในการปรับสภาพของสัญญาณ (Signal Conditioning) และยังมีผลทำให้พื้นที่บริการแคบลงหรือมีระยะทางในการสื่อสารสั้นกว่าการสื่อสารแบบ LOS ก็ตาม แต่ในการเปิดให้บริการสื่อสารแบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์หรือแม้กระทั่งในกรณีของ WiMAX เอง กลับพบข้อดีมากมายของการสื่อสารแบบ NLOS

ประเด็นแรกก็คือ เนื่องจากความต้องการในการแยกย่อยพื้นที่ให้บริการออกเป็นเซล (Cell) เพื่อปรับสมดุลระหว่างขนาดของพื้นที่ให้บริการ ความถี่วิทยุที่กำหนดให้ใช้พื้นที่นั้นๆ และปริมาณวงจรหรือความจุช่องสัญญาณที่ใช้รองรับในการใช้งานในเซลนั้นๆ โดยทำให้สามารถนำความถี่ที่ใช้ในเซลนั้นๆ ย้อนกลับไปใช้ได้ใหม่ในเซลอื่นๆ ที่อยู่ไกลออกไป (Frequency Reuse) ถือเป็นกลวิธีที่ผู้ออกแบบระบบเครือข่ายไร้สายแบบเซลลูลาร์จำเป็นต้องใช้ ประเด็นที่สองก็คือการออกแบบเครื่องลูกข่าย ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานที่ต้องการความสะดวกสบายและคล่องตัวในการใช้งาน ซึ่งหากบังคับให้มีการสื่อสารได้เฉพาะแบบ LOS

ผู้ใช้บริการก็จำเป็นต้องอยู่กับที่ และยังต้องคอยระวังให้เครื่องลูกข่ายของตนอยู่ในแนวยิงสัญญาณกับสถานีฐาน ซึ่งจะกลายเป็นเรื่องวุ่นวายมากขึ้นสำหรับผู้ใช้งาน

ภาพที่ 2.3
การติดตั้งอุปกรณ์ CPE รองรับการใช้งานแบบ LOS และ NLOS

ที่มา : http://www.conniq.com/WiMAX/nlos-los.htm, 10 ก.พ. 2550

2.1.3 <u>คุณลักษณะเด่นของเครือข่าย WiMAX</u>

เนื่องจากการกำหนดยุทธศาสตร์ให้กับเทคโนโลยี WiMAX เป็นไปเพื่อรองรับการสื่อสารแบบ Wide Area Network ในลักษณะของเครือข่ายแบบเซลลูลาร์นั้น จำเป็นต้องมีการส่งสัญญาณแบบ NLOS เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา Multipath Fading จึงจำเป็นต้องที่จะนำมาตรฐานการสื่อสารแบบ IEEE 802.16 ที่ได้รับการกำหนดขึ้นโดย IEEE มาปรับปรุงและเพิ่มขีดความสามารถพิเศษอื่นๆ เพื่อให้ WiMAX กลายเป็นมาตรฐานการสื่อสารความเร็วสูงแบบไร้สายที่สมบูรณ์ เทคโนโลยีที่สำคัญ ที่เป็นรากฐานให้กับการสื่อสารแบบ WiMAX มีดังต่อไปนี้

- เทคโนโลยี OFDM
- การแบ่งช่องสัญญาณ (Sub-Channelization)
- เทคโนโลยีเสาอากาศแบบ กำหนดทิศทาง (Directional Antenna)
- เทคโนโลยี Diversity

- เทคโนโลยี Adaptive Modulation
- เทคนิคการแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล (Error Correction Techniques)
- เทคนิคการควบคุมกำลังส่ง (Power Control)

เทคโนโลยีต่างๆ เหล่านี้ล้วนแต่เป็นมาตรฐานที่มีการคิดค้นและใช้งานในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนทั่วๆไป ยกเว้นแต่เพียงการรับส่งสัญญาณแบบ OFDM ซึ่งถือเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีการนำมาใช้งานในเครือข่าย WiMAX

2.1.4 พื้นที่ให้บริการของ WiMAX

สิ่งที่ทุกฝ่ายให้ความสนใจเมื่อกล่าวถึง เทคโนโลยี WiMAX ก็คือศักยภาพในการให้บริการสื่อสารข้อมูล ซึ่งมักจะหมายถึงพื้นที่ให้บริการ และอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล ในทางปฏิบัติบรรดาผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่าย WiMAX อาจเพิ่มเติมขีดความสามารถพิเศษทางเทคนิคเพื่อเพิ่มศักยภาพในการให้บริการให้สูงขึ้นจากมาตรฐาน

สำหรับการติดตั้งเครือข่าย WiMAX ในทางปฏิบัติ อุปกรณ์เครือข่ายที่พร้อมให้ติดตั้งโดยส่วนใหญ่จะเป็นชนิดเต็มรูปแบบ ต่างกันเพียงว่าผู้ผลิตรายใดจะเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถของเครือข่ายได้มากน้อยกว่ากัน จึงกล่าวได้ว่าสถานีฐาน WiMAX แต่ละสถานสามารถให้บริการแบบ NLOS ได้ในรัศมีทำการตั้งแต่ 4-9 กิโลเมตร รองรับการสื่อสารด้วยอัตราเร็วสูงสุดในช่วง 8-11.3 เมกะบิตต่อวินาที ทั้งช่วงขาขึ้น (จากเครื่องลูกข่ายไปยังสถานีฐาน) และขาลง (จากสถานีฐานไปสู่เครื่องลูกข่าย) ซึ่งถือว่าเป็นมาตรฐานการสื่อสารไร้สายแบบ MAN ที่สมบูรณ์ ในกรณีที่มีการนำเทคโนโลยี WiMAX ไปใช้ในการสื่อสารระยะทางไกลโดยใช้การรับส่งแบบ LOS ก็จะเพิ่มระยะทางในการส่งข้อมูลได้ไกลถึง 30-50 กิโลเมตร

2.1.5 เส้นทางการพัฒนาของมาตรฐาน WiMAX

เทคโนโลยี WiMAX เป็นผลต่อเนื่องมาจากการพัฒนามาตรฐาน IEEE 802.16 ให้สามารถรองรับการสื่อสารความเร็วสูง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงการแข่งขันที่รุนแรงในธุรกิจการสื่อสารแบบไร้สาย ไม่ว่าจะเป็นพัฒนาการของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เช่น W-CDMA มีเส้นทางการพัฒนาไปสู่มาตรฐาน HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) ที่สามารถ

รองรับการสื่อสารด้วยอัตราเร็วสูงถึง 14 เมกะบิตต่อวินาที มาตั้งแต่ พ.ศ. 2548 ทำให้กลุ่มความร่วมมือ WiMAX จำเป็นต้องแบ่งย่อยขั้นตอนของการพัฒนาการมาตรฐาน WIMAX ออกเป็นมมารตรฐานย่อยๆ เริ่มจากมมาตรฐาน IEEE 802.16a ที่ถือเป็นต้นแบบของการสื่อสารไร้สายในลักษณะของเครือข่ายแบบเซลลูลาร์ อย่างไรก็ตามมาตรฐานดังกล่าวไม่นับว่ามีผลบังคับในเชิงพาณิชย์ เพราะยังขาดคุณสมบัติต่างๆ อีกมาก โดยเฉพาะการกำหนดมาตรฐานสัญญาณควบคุม (Signaling) ต่างๆ เป้าหมายของกลุ่มความร่วมมือ WiMAX อยู่ที่มาตรฐานแบบ IEEE802.16d ซึ่งมีกำหนดสิ้นสุดขั้นตอนการวางมาตรฐานเมื่อ พ.ศ. 2547 ที่ผ่านมา โดยมีบริษัทอินเทล ที่ดำเนินกิจการในธุรกิจอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่มของความร่วมมือ WiMAX รับเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ประมวลผล (Chipset) สำหรับนำไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครือข่ายและเครื่องลูกข่าย WiMAX ซึ่งเริ่มมีผลิตภัณฑ์ CPE ที่เป็นมาตรฐาน IEEE802.16d ออกสู่ตลาดตั้งแต่ช่วงต้นปี พ.ศ. 2548

ย่านความถี่ที่ได้รับการกำหนดสำหรับใช้งาน โดยมาตรฐาน IEEE802.16d อันถือเป็นมาตรฐาน WiMAX ที่เป็นสากลรุ่นแรกนั้น มีทั้งที่เป็นย่าน 2.5 กิกะเฮิรตซ์ 3.5 กิกะเฮิรตซ์ และ 5.8 กิกะเฮิรตซ์ และเนื่องจากรูปแบบการให้บริการ WiMAX ที่เป็นแบบ WAN จึงทำให้ต้องมีการกำหนดสัมปทานสำหรับให้ผู้สนใจเข้ามาประมูลแข่งขันเพื่อเปิดให้บริการ ไม่ว่าตะเป็นการประมูลแข่งขันโดยตรง (Auction) หรือการยื่นข้อเสนอที่มีความเป็นไปได้สูงสุด (Beauty Contest) ทั้งนี้มีการกำหนดย่านความถี่สำหรับให้ใช้งานภูมิภาคต่างๆ ดังนี้

- ทวีปอเมริกาเหนือ กำหนดให้ใช้ย่าน 2.5 และ 5.8 กิกะเฮิรตซ์
- ทวีปอเมริกาใต้ กำหนดให้ใช้ย่าน 2.5, 3.5 และ 5.8 กิกะเฮิรตซ์
- ยุโรป อเมริกาใต้ และเอเชีย กำหนดให้ใช้ย่าน 3.5 และ 5.8 กิกะเฮิรตซ์

ข้อจำกัดประการสำคัญของมาตรฐาน IEEE802.16d ก็คือไม่สามารถรองรับเครื่องลูกข่ายแบบพกพา ทำให้ผู้ประกอบการเครือข่ายไม่อาจวางแผนธุรกิจในลักษณะเดียวกับเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ มาตรฐาน IEEE802.16d จึงเหมาะสำหรับการเปิดให้บริการในลักษณะของ DSL ไร้สาย (Wireless DSL)

พัฒนาการขั้นต่อไปของเทคโนโลยี WiMAX ก็คือมาตรฐาน IEEE802.16e ซึ่งถือเป็นการเปิดศักราชของการให้บริการสื่อสารไร้สายอัตราเร็วสูงที่ผู้ใช้บริการสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดว่าการเคลื่อนที่นั้นต้องไม่รวดเร็วหรือมีการเปลี่ยนตำแหน่งบ่อยนัก (Nomadic

Service) ในปัจจุบันข้อแตกต่างทางเทคนิคของมาตรฐาน IEEE802.16d และมาตรฐาน 802.16e โดยส่วนใหญ่จะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการสื่อสารข้อมูลขณะเคลื่อนที่ (Mobility Management) แต่จะไม่มีการแก้ไขมาตรฐานการสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ ดังนั้นเครือข่าย WiMAX ในอนาคตก็จะยังคงสามารถติดต่อสื่อสารกับเครื่องลูกข่ายยุคแรกๆ ตามมาตรฐาน IEEE802.16d ๆ ได้

สำหรับพัฒนาการในอนาคตของเครือข่าย WIMAX มีชื่อเรียกว่ามาตรฐาน IEEE802.16e+ ถือเป็นการผลักดันเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายชนิดนี้ให้เป็นหนึ่งในมาตรฐานการสื่อสารไร้สายของมาตรฐานเครือขายไร้สายยุคที่ 4 (4^{th} Generation หรือ 4G) ซึ่งเท่ากับว่าเป็นการปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยี WiMAX ให้รองรับการสื่อสารแบบเคลื่อนที่ได้อย่างเต็มรูปแบบ อีกทั้งยังรองรับการนำเครื่องลูกข่ายไปใช้งานต่างพื้นที่ หรือแม้กระทั้งข้ามไปใช้งานเครือข่ายอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นเครือข่าย WiMAX ด้วยกัน หรือเป็นเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในลักษณะของการใช้งานแบบ Global Roaming

ตารางที่ 2.1

ย่านความถี่สำหรับเทคโนโลยี WiMAX และคุณสมบัติทางเทคนิค

WiMAX Air Interface Standard			
	IEEE 802,16	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e
Estimation Date	2003	Certification in 2005	2006
Frequency Band	Licensed 10-66 GHz	Licensed and unlicensed sub-11 GHz	Sub-6 GHz
Service	Fixed	Fixed/Nomadic	Fixed, Mobile
PrimaryMarket Segment	Urban: high density multi-tenant buildings	Urban, suburban, rural residential: SME, Wi-Fi backhaul	Broadband access to laptop, PDA or smart phone
Air Interface	SCA OFDM/OFDMA	OFDM/OFDMA	SOFDMA
Range	LOS up to 5 km	LOS & near-LOS up to 30 km: non-LOS up to 5 km	Non-LOS up to 10 km
Channel BW	20, 25, 28 MHz	Various from 1,75 to 20 MHz (depending on frequency)	Various from 1.25 MHz to 20 MHz (depending on frequency)
Channel Capacity	Up to 134 Mbps	Up to 70 Mbps	Up to 35 Mbps
Duplexing	TDD or FDD	TDD or FDD	TDD or FDD
QoS	Voice/data/video, differentiated services	Voice/data/video, differentiated services	Voice/data/video differentiate

ที่มา : http://www.uni.net.th/mainwebsite_html/admin/article1/preview, 10 ก.พ. 2550

2.1.6 การประยุกต์การใช้งานเทคโนโลยี WiMAX

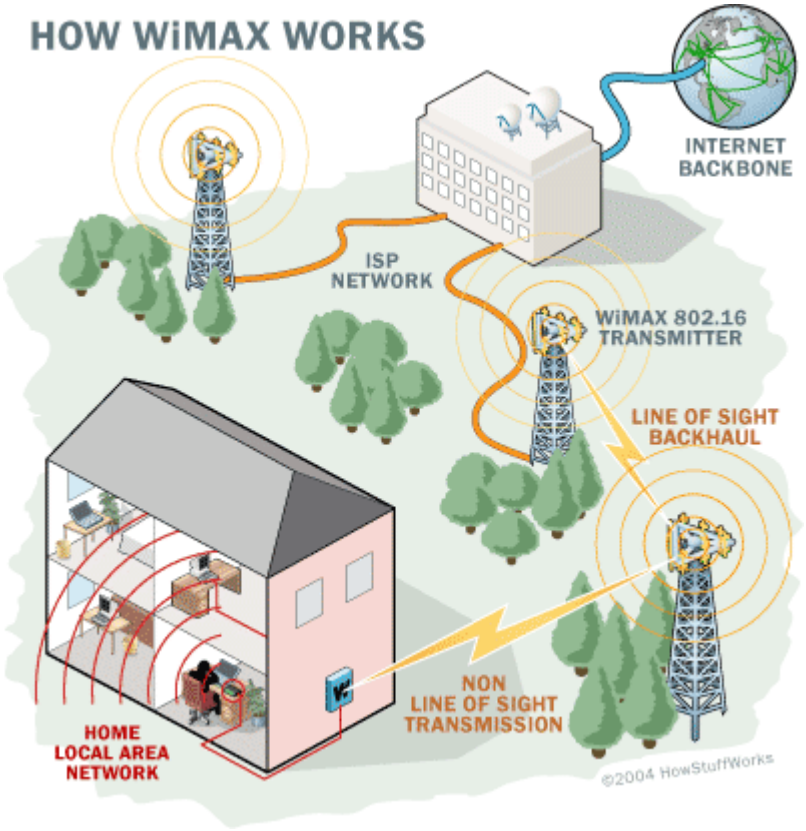
ความสนใจในเทคโนโลยี WiMAX ของกลุ่มผู้ประกอบการในธุรกิจโทรคมนาคมทั่วโลกทำให้เกิดการศึกษาและพิจารณาถึงประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีดังกล่าว เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพในการรับส่งข้อมูลและพื้นที่ให้บริการของเครือข่าย WiMAX ก็จะพบว่าเทคโนโลยีนี้เหมาะสำหรับการให้บริการในลักษณะเดียวกับการรับส่งข้อมูลแบบบรอดแบนด์โดยใช้คู่สาย DSL ส่งไปตามบ้าน แต่สำหรับในกรณีของ WiMAX จะสะดวกกว่าเนื่องจากเป็นการส่งสัญญาณคลื่นความถี่วิทยุให้ไปตกกระทบอุปกรณ์ CPE ที่ติดตั้งอยู่ตามบ้านพักอาศัยหรือสำนักงาน ทำหน้าที่คล้ายกับเป็นโมเด็มแบบ DSL ซึ่งเรียกการให้บริการลักษณะดังกล่าวว่า Wireless DSL ซึ่งในทางปฏิบัติการให้บริการ WiMAX สามารถพัฒนาขึ้นเป็นการสื่อสารข้อมูลไร้สายแบบเดียวกับเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ แม้มาตรฐาน IEEE802.16e จะยังมีข้อจำกัดอยู่ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานและเครื่องลูกข่าย แก็ถือว่าน่าจะเป็นทางเลือกสำหรับผู้ใช้บริการที่ใช้งานอยู่ในอาคารสถานที่ต่างๆ ที่ไม่จำเป็นต้องมีการเคลื่อนที่รวดเร็วนัก

อัตราเร็วสูงสุดในการสื่อสารข้อมูลที่อุปกรณ์สถานีฐานพึงให้ได้ จะต้องถูกจัดแบ่งเพื่อกระจายให้กับผู้ใช้บริการแต่ละรายที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการ ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้บริการแต่ละรายว่ามีความต้องการใช้ช่องสื่อสารด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกันอย่างไร ประกอบกับบริษัทผู้ให้บริการด้วยว่ามีการจำกัดขอบเขตอัตราเร็วที่ผู้ใช้บริการแต่ละรายพึงได้รับหรือไม่ โดยที่อัตราเร็ว 128 กิโลบิตต่อวินาที น่าจะเป็นระดับมาตรฐานสำหรับการใช้งานเครือข่ายไร้สายในบ้านพักอาศัย ขณะที่การกำหนดอัตราเร็ว 5 เมกะบิตต่อวินาทีดูจะเพียงพอต่อการเช่าใช้งานขององค์กรขนาดกลาง

เทคโนโลยี WiMAX จึงกลายเป็นคู่แข่งที่สำคัญของธุรกิจโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G เนื่องจากมีจุดเด่นในเรื่องของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่สูงกว่า และยังมีพื้นที่ในการให้บริการที่กว้างกว่า แม้จะมีข้อจำกัดในเรื่องของการใช้งานขณะเคลื่อนที่ แต่หากผู้ใช้บริการเครือข่าย WiMAX วางกลยุทธ์ทำการตลาด โดยเน้นที่กลุ่มผู้ใช้บริการภายในสำนักงาน (In-Building coverage) หรือตามอาคารต่างๆ รวมถึงการใช้งานในลักษณะ Hot-spot ที่เครื่องลูกข่ายไม่ต้องมีการเคลื่อนที่ รวมถึงการวางบทบาทเป็นผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ตไร้สายตามที่พักอาศัย จึงเท่ากับเป็นการสร้างกลุ่มเป้าหมาย (Target Segmentation) อย่างชัดเจน

ภาพที่ 2.4

กระบวนการทำงานของ WiMAX



ที่มา : http://blogs.ittefaq.com/tech/archives/2005/07/index.html, 10 ก.พ. 2550

2.1.7 <u>โครงสร้างเครือข่าย WiMAX</u>

สถานีฐาน WiMAX แต่ละแห่งจะมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูล พร้อมทั้งมีการบันทึกข้อมูลการใช้งาน และคำนวณหาเส้นทางในการรับส่งข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปของ IP (Internet Protocol) ได้โดยตรง จากการวางเครือข่าย WiMAX ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับการวางเครือข่ายเราเตอร์ (Router) ในองค์กรขนาดใหญ่ ประเด็นที่แตกต่างก็คือเรื่องของการสร้างเครือข่ายสนับสนุนเพื่อคิดคำนวณค่าใช้บริการ (Charging and Billing System) ที่จะต้องรับข้อมูลจากสถานีฐาน WiMAX ทั้งหมดมาทำการประมวลผล

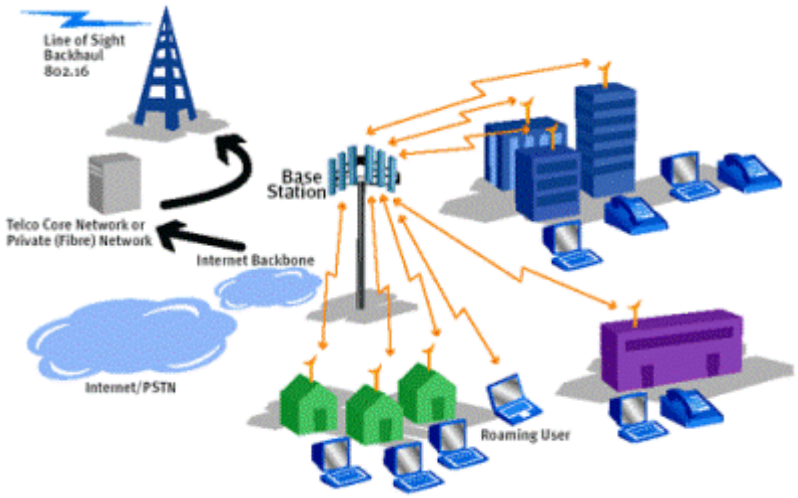
การเชื่อมต่อเครือข่าย WiMAX เข้าหากัน สามารถทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการเช่าเครือข่าย IP เพื่อเชื่อมสถานีฐานเข้าด้วยกัน หรือแม้กระทั่งใช้สถานีฐาน WiMAX ด้วยกันทำการส่ง

สัญญาณแบบ LOS นอกจากนั้นในกรณีที่ผู้ให้บริการเครือข่าย WiMAX มีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นของตนเองอยู่แล้ว ก็สามารถใช้ประโยชน์จากวงจรสื่อสัญญาณที่เชื่อมต่ออุปกรณ์เครือข่ายโรศัพท์เคลื่อนที่เหล่านั้นร่วมกันได้ โดยในปัจจุบันมีผู้ผลิตอุปกรณ์เรือข่ายโทรคมบางรายนำมาตรฐาน IEEE802.16 ซึ่งเป็นต้นแบบมา ทำการดัดแปลงเพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด ถือเป็นมาตรฐานชั่วคราว ซึ่งในอนาคตคาดว่าจะสามารถพัฒนาขึ้นเป็นมาตรฐาน IEEE802.16d ได้หลังจากที่มีการประกาศใช้งาน

ภายหลังเมื่อมีการพัฒนามาตรฐาน WiMAX ไปสู่ข้อกำหนด IEEE802.16e แล้วการให้บริการเครือข่าย WiMAX ในลักษณะ Hot Spot Zone ซึ่งเป็นการสร้างพื้นที่การมให้บริการเฉพาะจุดที่มีศักยภาพ เช่น ศูนย์การค้า สนามบิน สถานีขนส่งต่างๆ รวมถึงสถาบันการศึกษา เพื่อรองรับการใช้งานที่เครื่องลูกข่ายมีการเคลื่อนที่ได้น่าจะเริ่มเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ภาพที่ 2.5

ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายการใช้งาน WiMAX



ที่มา : http://blogs.zdnet.com/mobile-gadgeteer/?cat=13, 10 ก.พ. 2550

2.2 กรอบแนวคิดทางทฤษฎี

2.2.1 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี Technology Acceptance Model (TAM)[2]

หลายสิบปีที่ผ่านมา มีจำนวนการศึกษามากมายที่ศึกษาเกี่ยวกับขอบเขตเพื่อการค้นคว้าเข้าสู่เรื่องการยอมรับของ Information Technology และ Information System (IT/IS) (Ajzen, 1991; Davis, 1989; Mathieson, 1991; Moore, 1987; Taylor & Todd, 1995) มีจำนวนการศึกษาหลายชิ้นเพื่อจะให้เข้าใจ เข้าถึงผู้ใช้คนสุดท้ายของการยอมรับเทคโนโลยี ในจำนวนการศึกษามากมายที่มีขึ้นทำเรื่องของการนำเสนอ และการตรวจสอบเกี่ยวกับรูปแบบจำลองของการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ซึ่งทำขึ้นโดย Davis ในปี 1989 โดยปรากฏเป็นภาพที่ชัดเจน และเกิดกระบวนการอธิบาย IT และ IS มากขึ้นเกี่ยวกับพฤติกรรมการตอบรับที่ปรับเปลี่ยนไป (Davis, 1989; Davis, et al., 1989; Igbaria, et al., 1995; Mathieson, 1991)

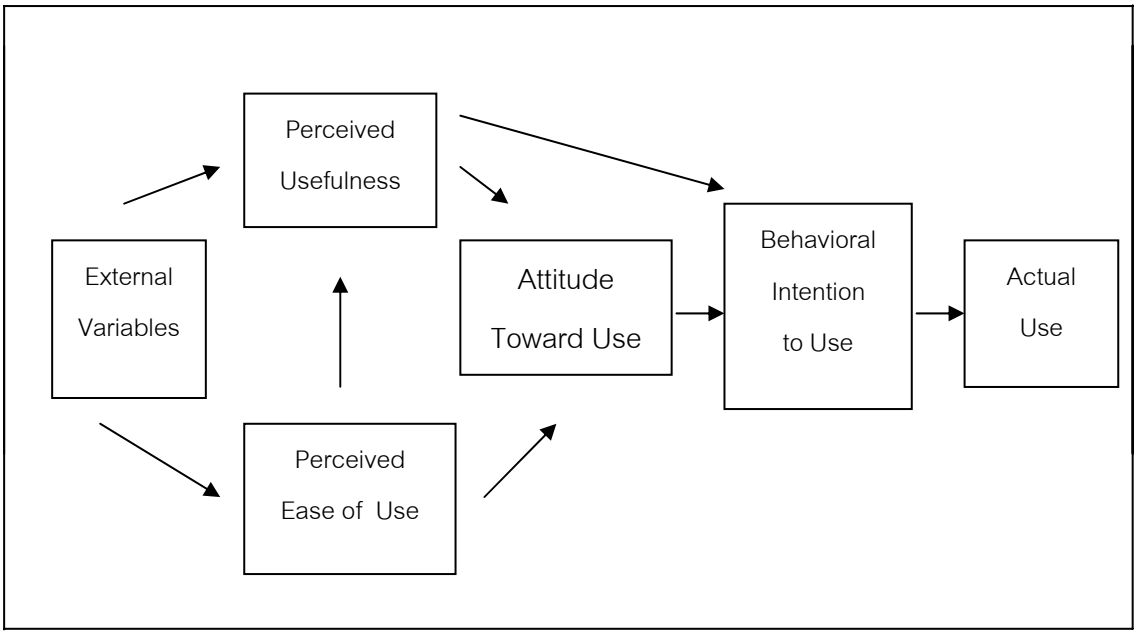
จากแบบจำลอง TAM ทำให้สันนิษฐานได้ว่าทำให้เกิดการใช้ประโยชน์และง่ายต่อการเข้าใช้ระบบ IT/IS แรกเริ่มในการปรับใช้ในองค์กร มี 2 โครงสร้างด้วยกันที่จะสนับสนุนการใช้ในฐานะที่เป็นพื้นฐานที่จะเดินต่อไปข้างหน้าของการใช้โดยเฉพาะในระบบต่างๆ อย่างที่ได้กล่าวไว้ถึงเรื่องการใช้ และการให้เกิดการใช้ประโยชน์ต่อทุกพฤติกรรมการใช้

---

[2] ฐานิยา พิรุณสาร และคณะ. การศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการยอมรับบริการ Internet Banking ของ ธนาคารพาณิชย์แห่งหนึ่ง. (2549), น. 16-20.

ภาพที่ 2.6

แสดงแผนผังของ Technology Acceptance Model (TAM)



ที่มา : Davis, F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology.

Perceived Usefulness (PU) การเข้าใจการใช้ประโยชน์ – ได้กำหนดนิยามได้ว่าคือ ระดับขั้นของบุคคลที่เชื่อว่าจะใช้เกี่ยวกับเรื่องระบบ โดยเชื่อว่าจะทำให้ Job Performance ดีขึ้น

Perceived ease of use (PEOU) การใช้อย่างง่ายๆ – โดยกำหนดนิยามไว้ว่าคือ ระบบที่นำเสนออย่างมีอิสระ เกี่ยวข้องกับลักษณะภายในของแต่ละเทคโนโลยี เช่น ความง่ายในการใช้, ความง่ายในการเรียนรู้

ตลอดช่วงเวลาที่ผ่านมา TAM นำไปใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาวิจัยหลายด้าน เพื่อใช้ตรวจสอบเรื่องการยอมรับเทคโนโลยี โดยออกแบบมาเพื่อใช้ขจัดปัญหาความผิดพลาดของการอธิบายต่างๆ TAM ถือเป็นตัวงานวิจัยที่ดีที่เป็นรูปแบบที่จะใช้สืบค้นสำหรับการยอมรับของผู้ใช้งาน โมเดลตัวนี้ได้รับความนิยมเป็นที่พอใช้ ซึ่งมีการยอมรับและมีการสนับสนุน และ TAM ยังเป็นตัวเชื่อมโยงความหลากหลายของเทคโนโลยี, ผู้ใช้ เนื้อหา และสภาพแวดล้อมทางองค์กร TAM มีความรวดเร็วในการใช้งาน และราคาไม่แพง สำหรับการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลของ TAM นำไปใช้ประยุกต์ และใช้ประโยชน์ในการศึกษาการตอบรับเทคโนโลยี และความสับสนในแต่ละบุคคล (Davis, 1989; Lucas & Spliter, 1999; Venkatesh & Davis, 2000)

ตารางที่ 2.2

แสดงการสรุปถึงการศึกษาเกี่ยวกับ TAM ที่สำคัญ ซึ่งการศึกษาเหล่านั้น
มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ TAM ซึ่งได้เผยแพร่และถูกอ้างอิงถึงบ่อยครั้งในวรรณกรรม

Studies	Reserved Purpose	Factors Developed	Results
Davis et at. (1989)	เพื่อดูเหตุการณ์ล่วงหน้า และอธิบายการยอมรับ ในการใช้ Computer จากการวัดเป้าหมาย	1. เป้าหมายในการใช้ 2. ทัศนคติ 3. ความเร็วของแต่ละบุคคล 4. ความเข้าใจในการใช้ประโยชน์ 5. ความเข้าใจในความสะดวกในการใช้	PU มีอิทธิพลอย่างมาก เหนือเป้าหมายและความตั้งใจ PEOU มีผลกระทบน้อยกว่า
Mathieson	เพื่อเปรียบเทียบ TAM กับ TEB	1. ความสะดวกในการใช้ 2. การใช้ประโยชน์ 3. ทัศนคติ 4. ความเชื่อของแต่ละบุคคล 5. การควบคุมเกี่ยวกับพฤติกรรม 6. เป้าหมายในการใช้	ทั้ง TAM และ TEB คาดคะเน เป้าหมายในการใช้ค่อนข้างดี TAM ประยุกต์ใช้ได้ง่ายกว่า แต่ TAM จะมีการใช้ที่เฉพาะเจาะจงกว่า
Adams et al. (1992)	เพื่อหาคำตอบ ของการศึกษาของ Davis	1. การใช้ประโยชน์ 2. ความสะดวกในการใช้ 3. การใช้งาน	ผลลัพธ์ของการศึกษาของ davis (1989) ได้รับการยืนยันว่าถูกต้อง

ตารางที่ 2.2

แสดงการสรุปถึงการศึกษาเกี่ยวกับ TAM ที่สำคัญ ซึ่งการศึกษาเหล่านั้น

มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ TAM ซึ่งได้เผยแพร่และถูกอ้างอิงถึงบ่อยครั้งในวรรณกรรม (ต่อ)

Studies	Reserved Purpose	Factors Developed	Results
Taylor & Todd (1995)	เพื่อทดสอบ model ของ TAM, TPB และ Decomposed TPB	1. ความเข้ากันได้ 2. กลุ่มผู้ใช้ปกติ 3. กลุ่มผู้ใช้ระดับสูง 4. ประสิทธิภาพของบุคคล 5. สภาพในการสนับสนุนทรัพยากร	TAM, TPB และ decomposed TPB มีความเหมาะสม และมีความสามารถในการอธิบายเกี่ยวกับพฤติกรรมได้ดี
Jiang et al.,	การดัดแปลง TAM model เพื่ออธิบายถึงพฤติกรรมการใช้	1. การใช้ Internet 2. ผลลัพธ์ในระยะสั้น 3. ผลลัพธ์ในระยะยาว 4. ประสบการณ์ 5. สภาวะช่วงส่งเสริม	การใช้ Internet เกี่ยวข้องกับการรับรู้การใช้งานในระยะยาว, ประสบการณ์ที่มีอยู่ก่อนและสภาวะที่ช่วยส่งเสริม
Chau & Hu (2001)	เพื่อเปรียบเทียบ TAM, TPB และ developed TPB model	1. เป้าหมายทางพฤติกรรม 2. ทัศนคติ 3. ความเชื่อของแต่ละบุคคล 4. การควบคุมพฤติกรรมความเข้าใจ 5. การมีประโยชน์ของความเข้าใจ 6. ความสะดวกในการใช้ความเข้าใจ	TAM และ TPB มีข้อจำกัดในการอธิบายการยอมรับในเทคโนโลยีโดยตัวบุคคล

ตารางที่ 2.2

แสดงการสรุปถึงการศึกษาเกี่ยวกับ TAM ที่สำคัญ ซึ่งการศึกษาเหล่านั้น
มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ TAM ซึ่งได้เผยแพร่และถูกอ้างอิงถึงบ่อยครั้งในวรรณกรรม (ต่อ)

Studies	Reserved Purpose	Factors Developed	Results
Vankatesh & Davis (2000)	เพื่อพัฒนาและทดสอบ TAM 2 model เพื่ออธิบาย PU และเป้าหมายของการใช้ ในกรณีที่มีอิทธิพลสังคม และเครื่องมือในกระบวนการรับรู้	1. ความสมัครใจ 2. ประสบการณ์ 3. ความเชื่อของแต่ล่ะบุคคล 4. ภาพลักษณ์ 5. ความเกี่ยวข้องกับงาน 6. ผลลัพธ์ทางด้านคุณภาพ 7. การพิสูจน์ได้ 8. การมีประโยชน์ของความเข้าใจ 9. ความสะดวกในการใช้ความเข้าใจ 10. เป้าหมายเพื่อการใช้ 11. พฤติกรรมการใช้	ทั้งกระบวนการของอิทธิพลของสังคม (1,3,4) และเครื่องมือในกระบวนการรับรู้ (5,6,7,9) มีอิทธิพลที่สำคัญต่อการยอมรับของผู้ใช้

ผู้วิจัยแสดงให้เห็นว่า หลักการทั่วๆไปของ TAM ไม่สามารถที่จะให้ข้อมูลที่มีความหมายเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้ใช้ Technology Acceptance Model แท้ๆถูกประยุกต์ใช้กับ Telemedicine's Acceptance Technology ของแพทย์ และผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า ความต้องการสำหรับตัวแปรเพิ่มเติมในการรวมเข้าด้วยกันหรือการรวมตัวกันกับ Information Technology Acceptance Model อื่นๆ เพื่อที่จะพัฒนาการอธิบายถึงประโยชน์ในคำอธิบายของ Health-Care (Hu, et al., 1999) Straus และ Cowerbers (1997) ได้ทดสอบ Technology

Acceptance Model ข้ามวัฒนธรรมและแนะนำ Technology Acceptance Model อาจจะไม่สามารถคาดการณ์ได้แม่นยำต่อการข้ามวัฒนธรรม

2.2.2 ทฤษฎีทางสถิติเบื้องต้น[3]

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลและสร้างแฟ้มข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสรุปผลของการวิจัย ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยจะแบ่งสถิติออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นหลักการที่ใช้ในการเก็บข้อมูล การนำเสนอทั้งในรูปภาพและสถิติเบื้องต้น ซึ่งเป็นการอธิบายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมแต่ไม่สามารถอ้างอิงถึงลักษณะประชากรได้ จึงเป็นการสรุปเฉพาะลักษณะที่สำคัญของข้อมูลของกลุ่มที่ศึกษาเท่านั้น สถิติเชิงพรรณนาจึงประกอบด้วย

(1) การนำเสนอข้อมูล

- การนำเสนอในรูปของบทความ เช่น สถิติของคนไทยแยกตามเพศ
- การนำเสนอในรูปตาราง หรือ ร้อยละ ซึ่งอาจเป็นตารางจำแนกทางเดี่ยว หรือหลายทาง
- การนำเสนอในรูปกราฟ เช่น กราฟเส้น กราฟแท่ง กราฟวงกลม ฯลฯ

(2) การแจกแจงความถี่ เช่น จำนวนและเปอร์เซ็นต์ของอาจารย์ แยกตามวุฒิการศึกษาและตามเพศ

(3) การวัดค่ากลางของข้อมูล

- ค่าเฉลี่ย (Mean) ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัชฌิมเลขคณิต มัชฌิมฮาโมนิค
- มัธยฐาน (Median)
- ฐานนิยม (Mode)
- เปอร์เซ็นไทล์ (Percentile)

---

[3] กัลยา วานิชย์บัญชา, “การใช้งาน SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล เวอร์ชั่น 7-10.” (2543): ,158-160, 509-510.

- ควอไทล์ (Quartile)

(4) การวัดการกระจายของข้อมูล

- พิสัย (Range)
- พิสัยควอไทล์ (Quartile Range)
- ค่าแปรปรวน (Variance)
- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
- สัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Variation)
- ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard Error of Mean)
- การวัดความเบ้ (Skewness)
- การวัดความโด่ง (Kurtosis)

โดยค่าสถิติเชิงพรรณนาสามารถแยกตามชนิดของตัวแปรหรือข้อมูลได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ

(1) ข้อมูลเชิงกลุ่ม (Category Data) ซึ่งอาจเป็นข้อมูลสเกลนามกำหนด (nominal scale) สเกลอันดับ (ordinal scale) หรือสเกลอัตรภาค (interval scale) และสเกลอัตราส่วน (ratio scale) ที่มีการแบ่งเป็นช่วง

(2) ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) เป็นข้อมูลชนิดตัวเลขที่มีค่าจริง นั่นคือเป็นสเกลอัตราส่วน (ratio scale) เช่น รายได้ อายุ น้ำหนัก ความสูง ฯลฯ ในการสรุปลักษณะที่สำคัญของข้อมูลจะสามารถบอกรายละเอียดได้มากกว่าข้อมูลเชิงกลุ่ม

2. <u>สถิติเชิงอนุมาน (Inference Statistics)</u> หมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างแล้วนำผลการวิเคราะห์นั้นอ้างอิงที่สำคัญถึงลักษณะของประชากร โดยใช้หลักเกณฑ์ของความน่าจะเป็น สถิติเชิงอนุมาน ซึ่งประกอบด้วยการประมาณค่า การทดสอบสมมติฐานที่ใช้พารามิเตอร์ และที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ โดยการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากรสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณ มีเงื่อนไขว่า ประชากรต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าประชาชนไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติ จะไม่สามารถใช้สถิติทดสอบ t, Z หรือ F ได้ จึงต้องใช้การทดสอบที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ เนื่องจากการทดสอบที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการแจกแจงประชากร และข้อมูลไม่จำเป็นต้องเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งวิธีการทดสอบที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ประกอบไปด้วย

(1) Chi-Square Test เป็นการทดสอบข้อมูลที่อยู่ในรูปความถี่ โดยเป็นการทดสอบลักษณะต่างๆ ของประชากร และทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงของประชากร

(2) Binomial Test เป็นการเปรียบเทียบความถี่ที่เกิดขึ้นจริง กับ ความถี่คาดไว้ภายใต้การแจกแจงแบบทวินาม

(3) Run Test ใช้ทดสอบลำดับการเกิดของตัวแปรว่าเป็นไปอย่างสุ่มหรือไม่ โดยตัวแปรนั้นมีค่าได้เพียง 2 ค่า เช่น สนใจ ไม่สนใจ หรือ เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย

(4) One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test ใทดสอบว่าข้อมูลตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงตามที่คาดไว้หรือไม่ การแจกแจงที่คาดอาจจะเป็นแบบปกติ (normal), ยูนิฟอร์ม (uniform), ปัวซอง (poisson), หรือเอกซโพเนนเชียล (exponential) ฯลฯ

(5) Two-Independent-Sample Test ใช้เปรียบเทียบข้อมูล 2 ชุด โดยสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดอย่างเป็นอิสระกัน วิธีการทดสอบที่มีใช้ Mann-Whitney U Test, Two-sample Kolmogorov-Smirnov Z Test, Moses test of extreme reactions และ Wald-Wolfowitz run test

(6) Test for Several Independent Samples (K Independent Samples) ประกอบด้วย วิธีการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป โดยการสุ่มตัวอย่างข้อมูลเป็นอิสระกัน วิธีการทดสอบที่กล่าวถึง Kruskal-Wallis test, median test และ Janokheere-Terpstra test

(7) Two-Related-Samples Tests เป็นการทดสอบความแตกต่างของ 2 ประชากรแบบจับคู่ วิธีการทดสอบประกอบด้วย Wilcoxon signed-rank test, sign test, McNemer test และ Marginal Homogeineity

(8) Test for Several Related Samples (K Related Samples) เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของประชากร หรือตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยตัวแปรหรือข้อมูลแต่ละชุดมีความสัมพันธ์กันหรือมีการสุ่มข้อมูลแต่ละชุดอย่างไม่เป็นอิสระกัน วิธีการทดสอบประกอบด้วย Friedman's test, Kendall's และ W Cochran's Q

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยของ สาคร คำสว่าง (2548)

การศึกษาถึงความเป็นไปได้ถึงแนวโน้มการ Diffusion สำหรับเทคโนโลยี WiMAX ซึ่งผลที่ได้รับทราบถึงแนวโน้มและรูปแบบของการแพร่กระจายของเทคโนโลยี รูปแบบการนำไปใช้ ช่วงเวลาที่เทคโนโลยีได้รับการ Adoption สูงสุด และปริมาณผู้ใช้บริการ WiMAX ในประเทศไทย แต่ละช่วงเวลาที่สนใจศึกษา ภายใต้กรอบของ Market Potential ที่กำหนด

จากการศึกษาพบว่า แนวโน้มของการแพร่กระจายของเทคโนโลยี WiMAX ในประเทศไทย ภายใต้ Framework ของ Bass Model โดยการใช้ข้อมูลพยากรณ์จำนวนผู้ใช้เทคโนโลยี ADSL เป็น Analogy Product และจากการประมวลผลจะได้ค่า Coefficient of innovation (p) เป็น 0.0257 และค่า Coefficient of imitation เป็น 0.8456 โดยค่า p เป็นอิทธิพลที่เกิดจาก Mass Media ครอบคลุมความสนใจของลูกค้า มีค่าสูงพอที่จะเป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดการแพร่กระจายของเทคโนโลยี ส่งผลให้ปีแรก Adopters ในปีแรกสูงถึงเกือบสองแสนราย สำหรับ Market Potential ที่ 5,000,000 ราย และ 276,235 ราย สำหรับ Market Potential ที่ 7,000,000 ราย และค่า q ก็มีคาสูงพอที่จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของเทคโนโลยี ที่เป็นผลของ Word of Mouth ซึ่งมีการสื่อสารภายในกลุ่มของลูกค้า หากมองในมุมของ Network Externalities เมื่อมีจำนวน Adopters ในช่วงแรกสูงและมีการใช้งานในโครงข่ายอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับค่า Coefficient of imitation ซึ่งทำให้ผลการ Forecast ของจำนวน Adopters ที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ อัตราการ Adoption สูงสุด (t*) เท่ากับ 4.01 (ปี 2009 – 2010) นั่นหมายความว่า หลังจากที่เทคโนโลยี WiMAX เข้าสู่ตลาดจะได้รับการยอมรับจากผู้ใช้บริการอย่างรวดเร็ว และคาดว่า Adoption Rate สูงสุดจะอยู่ระหว่างปีที่ 4 – 5 โดยประมาณการว่าจะมี Adopters (S(t*)) ในช่วงเวลานั้นประมาณ 1,122,395 ราย สำหรับ Market Potential 5,000,000 ราย และ 1,571,353 ราย สำหรับ Market Potential 7,000,000 ราย และประเด็นสุดท้ายในการศึกษาเป็นการนำไปใช้งานของเทคโนโลยี WiMAX ซึ่งน่าจะเป็นการเติมเต็มกับความต้องการของลูกค้า ในการเข้าสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ตความเร็วสูง (High Speed Internet) ด้วยความเร็วในช่วง 128 Kbps ถึง 5 Mbps ซึ่งคาดว่าจะเป็นความเร็วที่ใช้งานจริง น่าจะเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจจากลูกค้าในกลุ่มลูกค้าบ้านพักอาศัย (Restidential) และลูกค้ากลุ่มที่เป็นธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางที่กระจายอยู่ทั่วประเทศ

2. งานวิจัยของ ฐานิยา พิรุณสาร, ทัศนพรรณ สิริสุขะ, และ ปัทมา โรหิตรัตนะ (2549)

การศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับบริการ Internet Banking ของ ธนาคารพาณิชย์แห่งหนึ่ง รวมถึงปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้น จากแนวโน้มการไม่ยอมรับการให้บริการ Internet Banking ที่มีอัตราเพิ่มขึ้น โดยทำการศึกษาเชิงสำรวจจากการใช้แบบสอบถามจากกลุ่มลูกค้าธนาคารในฐานะผู้ใช้บริการ Internet Banking และกลุ่มลูกค้าธนาคารในฐานะผู้ที่ไม่ได้ใช้ Internet Banking จำนวน 400 ตัวอย่าง

จากผลการศึกษาพบว่า การรับรู้ถึงประโยชน์จากการใช้บริการ และการรับรู้ความยากง่ายในการใช้งานบริการ Internet Banking ที่เข้าใจง่ายและชัดเจน ล้วนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการตอบรับบริการ Internet Banking ส่วนปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ที่มีผลต่อการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งานบริการดังกล่าว ได้แก่ อายุ การศึกษา อาชีพ และรายได้ต่อเดือน และปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการตอบรับบริการ Internet Banking ด้านความง่ายในการใช้บริการ Internet Banking นั้นปัจจัยทางประชากรศาสตร์ที่มีผลนั้น ได้แก่ อายุ และรายได้

การสร้างความเข้าใจและจูงใจแก่ผู้ใช้บริการ จากการประชาสัมพันธ์ข่าวสารและข้อมูลเกี่ยวกับบริการดังกล่าว ในส่วนผู้ใช้งานที่ยังไม่รู้จักบริการ Internet Banking และการเผยแพร่ข้อมูลการใช้งานให้กับผู้ใช้บริการที่รู้จักบริการนี้แล้ว เพื่อให้เกิดการรับรู้มากขึ้น จึงเป็นสิ่งที่ธนาคารควรดำเนินการเป็นอันดับแรก เพื่อสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน และเพื่อการประสบผลสำเร็จในการให้บริการ Internet Banking ดังกล่าว

3. งานวิจัยของ วนพร กิตติสมพรวุฒิ (2548)

การศึกษาถึงการรับรู้และการยอมรับของผู้บริโภคต่อบริการชำระค่าสินค้าและบริการผ่านโทรศัพท์มือถือ (mPAY) รวมถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการ mPAY ทำการศึกษาจากทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยข้อมูลปฐมภูมิจะใช้วิธีรวบรวมข้อมูลตัวอย่างจากแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน จากประชากรที่เป็นผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ GSM Advance หรือ One-2-Call ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร สำหรับข้อมูลทุติยภูมินั้นจะนำมาจากข้อมูลข่าวสารที่เผยแพร่จากแหล่งต่างๆ

จากการวิจัยพบว่าปัจจัยทางด้านประชากรศาสตร์คือ เพส อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ส่วนบุคคล มีอิทธิพลต่อระดับการรับรู้บริการ mPAY ส่วนพฤติกรรมประสบการณ์การทำธุรกรรมผ่านทางอินเตอร์เน็ตและโทรศัพท์เคลื่อนที่มาก่อนจะมีอิทธิพลต่อระดับความสนใจใช้บริการ mPAY ระดับการรู้จักบริการ mPAY ของกลุ่มตัวอย่างส่วนมากจะเคยได้ยินบริการดังกล่าวมาก่อนแล้ว ผู้ที่รู้จักบริการ mPAY ส่วนใหญ่จะรู้จักผ่านทางโบว์ชัวร์ อินเตอร์เน็ต หนังสือพิมพ์ นิตยสารหรือวารสารต่างๆ บริการที่กลุ่มตัวอย่างสนใจมากที่สุดคือสามารถชำระค่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ของ AIS ได้ โดยมีปัจจัยในการใช้บริการโดยพิจารณาจากขั้นตอนดำเนินการที่ไม่ยุ่งยาก

ระดับการยอมรับส่วนมากส่วนใหญ่อยู่ระดับสนใจแต่ยังไม่ใช้บริการจำนวน 55% สาเหตุที่ยังไม่ใช้บริการมาจากยังไม่มีสิ่งจูงใจให้ใช้ดำเนินการ และยังไม่มั่นใจในระบบการรักษาความปลอดภัย โดยปัจจัยที่สามารถจูงใจให้ใช้บริการ คือ การได้รับส่วนลดค่าสินค้าหรือบริการเมื่อชำระผ่าน mPAY และการให้ความรู้เกี่ยวกับบริการ mPAY กับลูกค้า

จากผลการวิจัย ผู้ให้บริการควรทำการตลาดและการประชาสัมพันธ์บริการดังกล่าวให้เพิ่มมากขึ้น ในช่วงแรกผู้ให้บริการควรเน้นการตลาดเฉพาะกลุ่ม โดยให้คำแนะนำและวิธีการใช้บริการให้กับผู้ใช้บริการทราบมากยิ่งขึ้น