



## วิวัฒนาการของมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่สู่ยุคที่ 3

### Evolution of Mobile Phone Network to the Third Generation

วรากร ศรีเซวงทรัพย์<sup>1</sup>

#### บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิวัฒนาการของมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยเริ่มต้นจากมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 1 ซึ่งระบบการสื่อสารในยุคนี้เป็นแบบแอนะล็อก และให้บริการประเภทเสียงเพียงอย่างเดียว ต่อมาได้มีการพัฒนามาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 2 ขึ้น โดยนำการสื่อสารระบบดิจิทัลมาใช้ เมื่อเทียบกับการสื่อสารระบบแอนะล็อกแล้ว การสื่อสารระบบดิจิทัลให้คุณภาพของสัญญาณที่ดีกว่าและสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการได้มากกว่า ระบบการสื่อสารในยุคที่ 2 นี้ยังคงให้บริการประเภทเสียงเป็นหลัก แต่มีบริการเสริมด้านอื่น ๆ เพิ่มขึ้นมา อย่างเช่น การรับส่งข้อความสั้น การส่งภาพกราฟฟิก การดาวน์โหลดริงโทน และการรับส่งข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ตความเร็วต่ำ ต่อมาได้มีการพัฒนามาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 3 ขึ้นมา เพื่อรองรับการให้บริการข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย ซึ่งเป็นบริการที่ต้องการอัตราการรับส่งข้อมูลที่สูง สำหรับในส่วนท้ายของบทความนี้ได้กล่าวถึงแนวโน้มของการพัฒนาเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ในอนาคต ซึ่งการพัฒนาดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงได้ในขณะที่อุปกรณ์สื่อสารมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง และต้องสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่จำนวนมากได้พร้อมกัน นั่นคือต้องมีการใช้งานทรัพยากรความถี่ที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

## ABSTRACT

This article presents the evolution of mobile phone network, starting from first generation mobile phone networks (1G), which is based on analogue technology. The main purpose of 1G technology is for voice traffic only. After that, second generation mobile phone networks (2G) has been developed to provide better voice quality and support more concurrent users. 2G technology can not only support voice services but also ringtone, mobile graphic, SMS services, and low-speed Internet access. In order to support multimedia and high-speed data transmission, third generation mobile phone networks (3G) has been developed to meet these requirements. The last section of this article presents the trend in the technology development. The objectives of the future technology development are 1) to deliver modern broadband services to high mobility users, 2) to maximize spectral efficiency.

**คำสำคัญ:** มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่, บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง, เทคโนโลยีการสื่อสารในยุคที่ 3

**Keywords:** Mobile network standard, Broadband service, 3G

## บทนำ

วัตถุประสงค์การใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในสมัยเริ่มแรกคือต้องการใช้บริการทางด้านเสียงเท่านั้น แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการสื่อสารมีความก้าวหน้าไปมากประกอบกับความแพร่หลายในการใช้งานอินเทอร์เน็ต ทำให้เกิดความต้องการใช้บริการทางด้านอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากบริการทางด้านเสียง ยกตัวอย่างเช่น การใช้บริการข้อความสั้น (SMS) การรับส่งไฟล์รูปภาพหรือไฟล์วิดีโออื่น ๆ นอกจากนี้ยังเกิดความต้องการในการส่งไฟล์ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น ส่งผลให้หลาย ๆ องค์กรที่เกี่ยวข้องได้พัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการที่เกิดขึ้นนี้

สำหรับเทคโนโลยีของโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถแบ่งออกเป็นยุคต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. เทคโนโลยีการสื่อสารในยุคแรก (1G หรือ first generation) การสื่อสารในยุคนี้ เป็นการสื่อสาร

ในระบบแอนะล็อก โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุในการติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคนี้จะให้บริการประเภทเสียงเพียงอย่างเดียว

2. เทคโนโลยีการสื่อสารในยุคที่ 2 (2G หรือ second generation) การสื่อสารในยุคนี้ เป็นการสื่อสารในระบบดิจิทัล โดยใช้คลื่นความถี่ไมโครเวฟในการติดต่อสื่อสาร สำหรับข้อดีของระบบดิจิทัลเมื่อเทียบกับระบบแอนะล็อกคือให้คุณภาพของสัญญาณที่ดีขึ้นและมีความจุของช่องสัญญาณมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมากขึ้นได้ ระบบสื่อสารในยุคนี้จะให้บริการประเภทเสียงเป็นหลัก แต่ก็มีบริการเสริมด้านอื่น ๆ ที่ไม่ใช่บริการทางด้านเสียงเพิ่มขึ้นมา อย่างเช่น การรับส่งข้อความสั้น การส่งภาพกราฟิก การดาวน์โหลดริงโทน แต่เทคโนโลยีในยุคนี้ยังมีข้อจำกัดทางด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูล ทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ได้ แม้ว่าจะมี

การพัฒนาเทคโนโลยี GPRS (general packet radio service) และ EDGE (enhanced data rates for global evolution) ซึ่งเรียกอย่างไม่เป็นทางการว่าเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารในยุค 2.5G และ 2.75G ตามลำดับ แต่พบว่าการใช้งานเทคโนโลยี GPRS และ EDGE ยังคงมีอัตราการรับส่งข้อมูลที่ช้าทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตสูง ทำให้เกิดความต้องการเทคโนโลยีใหม่ที่มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงขึ้น นั่นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการพัฒนาระบบเทคโนโลยีการสื่อสารในยุคที่ 3 ขึ้นมา

3. เทคโนโลยีการสื่อสารในยุคที่ 3 (3G หรือ third generation) เทคโนโลยีการสื่อสารในยุคนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อรองรับการให้บริการข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย ซึ่งเป็นบริการที่ต้องการอัตราการรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้นมา นอกจากนี้เทคโนโลยีในยุคนี้ยังสามารถให้บริการได้ทั้งการส่งแฟกซ์ การรับส่งไฟล์ที่มีขนาดใหญ่ การประชุมทางไกลแบบเห็นหน้าผ่านทางอุปกรณ์สื่อสาร การชมภาพยนตร์ที่มีขนาดสั้นผ่านทางอุปกรณ์สื่อสาร การใช้บริการข้อมูลต่าง ๆ เพื่อช่วยในการติดตามข่าวสารหรือสถานการณ์บ้านเมือง นอกจากนี้ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นทำให้การแสดงผลกราฟฟิก การแสดงแผนที่ต่าง ๆ และการใช้งานเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ (interactive) รวดเร็วมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยในเรื่องของการแพทย์ทางไกลได้ โดยหมอสามารถให้คำแนะนำคนไข้ที่ไม่สามารถเดินทางมาหาหมอได้ในขณะนั้น สำหรับอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในยุคนี้ไม่จำเป็นต้องเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่เพียงอย่างเดียว อาจจะอยู่ในรูปของ personal digital assistant (PDA) เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา (laptop) และคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ โดยผู้ให้บริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่หลายรายได้ผลิต air card ขึ้นมา เมื่อผู้ใช้อินเทอร์เน็ตก็จะนำซิมการ์ด

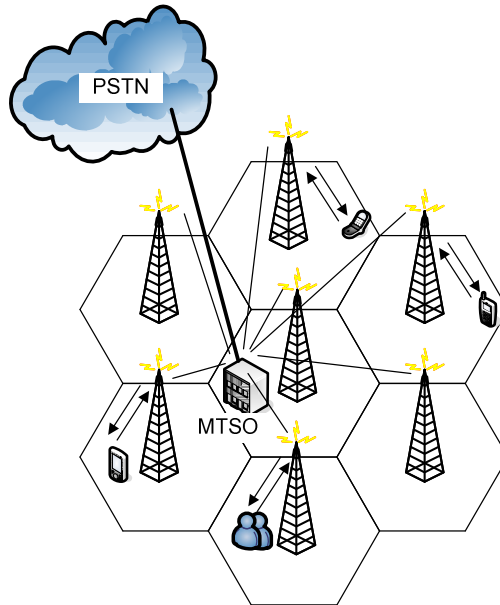
โทรศัพท์เคลื่อนที่ไปเสียบไว้ในช่องเสียบของ air card จากนั้นผู้ใช้นำ air card ไปเสียบที่ช่อง USB ของอุปกรณ์สื่อสารอย่างเช่น คอมพิวเตอร์พกพาหรือคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ เพื่อใช้งานอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย

โดยทั่วไปการเปลี่ยนถ่ายเทคโนโลยีการสื่อสารจากยุคหนึ่งไปยังอีกยุคหนึ่ง จะส่งผลกระทบต่อคนจำนวนมาก เนื่องจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้งานอยู่บางรุ่นไม่รองรับเทคโนโลยีใหม่ ดังนั้นผู้ให้บริการจะต้องยังคงให้บริการระบบเครือข่ายของเทคโนโลยีเก่าต่อไป เพียงแต่อาจจะไม่มีการขยายเครือข่ายเดิมเพิ่มเติม นอกจากนี้ในขณะที่กำลังเปลี่ยนถ่ายเทคโนโลยีบางพื้นที่อาจจะยังไม่สามารถให้บริการเทคโนโลยีการสื่อสารยุคใหม่ได้ ในกรณีนี้หากโทรศัพท์เคลื่อนที่รองรับได้ทั้งเทคโนโลยีใหม่และเก่า โทรศัพท์จะเปลี่ยนไปใช้บริการระบบเครือข่ายของเทคโนโลยีเก่าได้

### พื้นฐานของโครงข่ายเซลลูลาร์ (Lee, 1995)

ในระบบเซลลูลาร์ (cellular system) พื้นที่ให้บริการจะถูกแบ่งออกส่วนเล็ก ๆ โดยพื้นที่ส่วนเล็ก ๆ นี้ถูกเรียกว่าเซลล์ ภายในเซลล์จะประกอบด้วยสถานีอยู่ตรงกลาง ซึ่งสถานีฐานจะประกอบด้วยเสาอากาศทำหน้าที่รับส่งข้อมูล ขนาดของเซลล์ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของผู้ใช้บริการในพื้นที่นั้น หากมีความหนาแน่นของผู้ใช้บริการมากเซลล์จะมีขนาดเล็ก ในโครงข่ายเซลลูลาร์นั้นเซลล์ทั้งหมด 7 เซลล์จะรวมกันเป็นกลุ่ม (cluster) แต่ละเซลล์ในกลุ่มจะใช้ความถี่ที่แตกต่างกันเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนระหว่างกัน แต่เนื่องจากความถี่เป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ต้องมีการใช้งานความถี่ซ้ำ (frequency reuse) โดยเซลล์ที่ใช้งานความถี่ซ้ำกันจะไม่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ภายในโครงข่ายเซลลูลาร์แต่ละสถานีฐานจะเชื่อมต่อกับส่วนกลางที่ถูกเรียกว่าชุมสายของโทรศัพท์เคลื่อนที่

(mobile telephone switching office หรือ MTSO) เครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน (public switched telephone network หรือ PSTN) ดังแสดงในรูปที่ 1 และชุมสายของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะเชื่อมต่อกับ



รูปที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบเซลล์ลาร์

เมื่อผู้ใช้บริการต้องการใช้งานจะติดต่อกับสถานีฐานภายในเซลล์นั้น และเมื่อผู้ใช้บริการมีการเคลื่อนที่จากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่งจะมีการเปลี่ยนการให้บริการจากสถานีฐานหนึ่งไปอีกสถานีฐานหนึ่ง เราเรียกการเปลี่ยนการให้บริการลักษณะนี้ว่าการส่งผ่านสัญญาณ (hand-off) และเมื่อผู้ใช้บริการต้องการนำโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปใช้ในต่างประเทศจะต้องขอใช้บริการข้ามแดนอัตโนมัติ (international roaming service) ซึ่งเป็นการขอใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ภายนอกพื้นที่การให้บริการของผู้ให้บริการ โดยผู้ให้บริการจะทำสัญญากับผู้ให้บริการต่างแดนเพื่อขอใช้โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ให้บริการต่างแดน ซึ่งบริการนี้ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้บริการที่ต้องเดินทางไปต่างประเทศอย่างมาก

### เทคนิคการเข้าถึงหลายทางที่ใช้ในระบบสื่อสารไร้สาย (Lee, 1997)

เนื่องจากทรัพยากรความถี่มีจำกัด เพื่อให้การใช้งานช่องสัญญาณมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงต้องมีการพัฒนาเทคนิคการเข้าถึงหลายทางขึ้นมา โดยเทคนิคการเข้าถึงหลายทางที่ใช้ในระบบสื่อสารไร้สายมีดังนี้

1. FDMA (frequency division multiple access) เทคนิคนี้จะแบ่งความถี่ออกเป็นช่วง ๆ เราจะเรียกแต่ละช่วงความถี่ว่าช่องสัญญาณ โดยแต่ละช่องสัญญาณจะรองรับผู้ใช้บริการได้เพียงรายเดียวที่เวลาหนึ่ง ๆ เทคนิค FDMA นี้ถูกนำมาใช้ในการสื่อสารยุคแรก สำหรับรูปแบบการจัดสรรช่องสัญญาณในระบบ FDMA แสดงได้ดังรูปที่ 2

2. TDMA (time division multiple access) เทคนิคนี้จะช่วยให้เครือข่ายรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากขึ้น โดยระบบจะอนุญาตให้ผู้ใช้แต่ละ

รายใช้งานช่องสัญญาณที่ความถี่หนึ่งเพียงช่วงเวลา (time slot) สั้น ๆ และผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสลับเวลาในการใช้งานช่องสัญญาณอย่างรวดเร็ว เทคนิค TDMA นี้ ถูกนำมาใช้ในการสื่อสารยุคที่ 2 สำหรับรูปแบบการจัดสรรช่องสัญญาณในระบบ TDMA แสดงได้ดังรูปที่ 3

3. CDMA ย่อมาจาก (code division multiple access) เทคนิคนี้สามารถให้บริการผู้ใช้หลายรายที่ความถี่และเวลาเดียวกันได้ ทำให้สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากกว่าเทคนิค FDMA และ TDMA โดยผู้ใช้แต่ละรายจะได้รับรหัส (code) ที่แตกต่างกัน และรหัสนี้จะถูกนำมาใช้ในการถอดรหัสสัญญาณที่ได้รับมาจากสถานีฐาน ทำให้ผู้ใช้แต่ละ

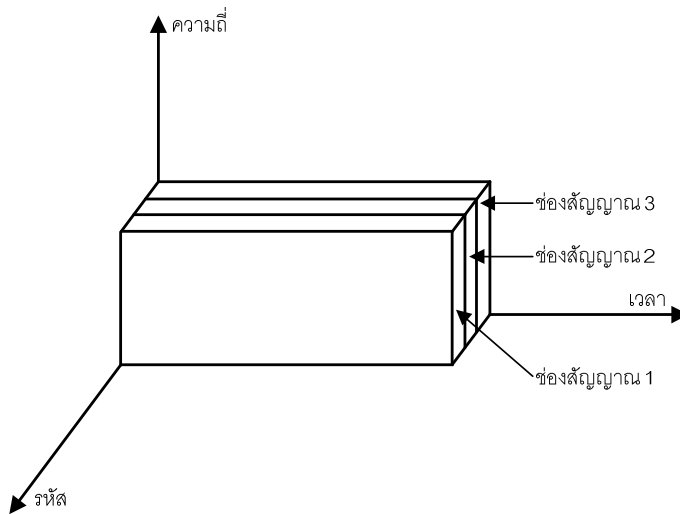
รายรับสัญญาณข้อมูลในส่วนที่ส่งมาหาตนเองได้ นอกจากนี้เทคนิค CDMA ยังได้ใช้เทคนิคการกระจายแถบความถี่ (spread spectrum) ซึ่งเป็นการกระจายสัญญาณข้อมูลไปทั่วย่านความถี่ที่ใช้ การทำเช่นนี้จะช่วยให้สัญญาณมีความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น จึงทำให้สัญญาณมีคุณภาพเสียงที่ดีมาก เทคโนโลยี WCDMA ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารในยุคที่ 3 ได้นำเทคนิค CDMA มาพัฒนาต่อยอดโดยใช้แถบความถี่ที่กว้างขึ้น (wideband) จากความกว้างแถบความถี่ 1.25 เมกะเฮิร์ตซ์ ไปเป็น 5 เมกะเฮิร์ตซ์ สำหรับรูปแบบการจัดสรรช่องสัญญาณในระบบ CDMA แสดงได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 2 เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบ FDMA



รูปที่ 3 เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบ TDMA



รูปที่ 4 เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบ CDMA

**มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในแต่ละยุค**

**มาตรฐานที่ใช้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 1G**

(Harte, 2001)

1. Advanced Mobile Phone System (AMPS) ถูกพัฒนาขึ้นโดย บริษัทเอทีแอนด์ที (AT&T) เริ่มใช้งานในประเทศสหรัฐอเมริกา ระบบนี้ใช้เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบ FDMA และใช้คลื่นความถี่ย่าน 800 เมกะเฮิรตซ์

2. Nordic Mobile Telephone (NMT) ถูกพัฒนาในกลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย (นอร์เวย์ สวีเดน และฟินแลนด์) โดยใช้คลื่นความถี่ย่าน 450 เมกะเฮิรตซ์

3. Total Access Communications System (TACS) ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศอังกฤษ โดยใช้มาตรฐานตามระบบ AMPS แต่ใช้คลื่นความถี่ย่าน 900 เมกะเฮิรตซ์ นอกจากนี้ประเทศอังกฤษแล้วยังมีประเทศอิตาลี และประเทศออสเตรเลียที่ใช้งานอยู่

**มาตรฐานที่ใช้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2G**

(Steele, 2001)

1. Global System for Mobile Communications (GSM) มาตรฐานนี้ได้รับความนิยมและการยอมรับจากประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่ให้คุณภาพเสียงที่ดีมากและมีจัดการการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่มีประสิทธิภาพ โดยมาตรฐานนี้ใช้เทคโนโลยี TDMA และถูกพัฒนาขึ้นจากกลุ่มประเทศทางยุโรป

2. TDMA IS-136 เป็นเทคโนโลยีดิจิทัลที่พัฒนามาจากระบบ AMPS มาตรฐาน TDMA ถูกนำมาใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกาและในบางประเทศของภูมิภาคเอเชีย

3. CDMA IS-95 เป็นเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Qualcomm ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเทคโนโลยี CDMA รุ่นแรกของบริษัท Qualcomm ถูกเรียกว่าเทคโนโลยี cdmaOne

4. Personal Communication Network (PCN) ถือกำเนิดในประเทศอังกฤษ ระบบ PCN เป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งถูกพัฒนาจนสามารถให้บริการได้ทุกแห่ง เพียงแค่ผู้ใช้พกโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปด้วย

5. Personal Digital Cellular (PDC) เป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ดิจิทัลส่วนบุคคลที่ถูกใช้งานอยู่ในประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น โดยระบบ PDC ใช้เทคโนโลยี TDMA และทำงานในย่านความถี่ 800 เมกะเฮิรตซ์ และ 1,500 เมกะเฮิรตซ์

### มาตรฐานที่ใช้ในโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 3G

สหพันธ์โทรคมนาคมนานาชาติ หรือ ITU (International Telecommunications Union) ได้กำหนดมาตรฐานทางเทคนิคของโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 ขึ้นมา โดยใช้ชื่อว่า IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) ซึ่งมาตรฐาน IMT-2000 เป็นผลที่เกิดขึ้นมาจากความร่วมมือของหลายองค์กร อย่างเช่น ITU, 3GPP, 3GPP2, UWCC และองค์กรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐาน IMT-2000 ได้นิยามคุณลักษณะของโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 ไว้ดังนี้

1. ต้องมีอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่ดีในสถานะต่าง ๆ ดังนี้

- หากผู้ใช้บริการกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง อย่างเช่นอยู่บนยานพาหนะ ต้องมีอัตราเร็วอย่างน้อย 144 Kbps

- หากผู้ใช้บริการกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเดินเท้า อย่างเช่นเดินภายนอกอาคาร ต้องมีอัตราเร็วอย่างน้อย 384 Kbps

- หากผู้ใช้บริการอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ช้า ๆ อย่างเช่นเดินภายในบ้าน ต้องมีอัตราเร็วอย่างน้อย 2 Mbps

2. สามารถใช้โครงข่ายได้ทั่วโลก (global roaming) นั่นคือไม่ว่าผู้ใช้บริการจะเดินทางไปที่ไหนก็ตาม ก็ยังคงสามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องเดิมได้ตลอด

3. ได้รับบริการที่ไม่ขาดตอน (seamless delivery service) นั่นคือเมื่อผู้ใช้บริการเคลื่อนที่จากพื้นที่หนึ่งไปอีกพื้นที่หนึ่งซึ่งอยู่ในความดูแลของอีกสถานีฐานหนึ่ง จะมีการส่งต่อการให้บริการเกิดขึ้น ซึ่งเมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ผู้ใช้บริการต้องไม่รู้สึกรถึงการเปลี่ยนสถานีฐานที่ให้บริการ

มาตรฐาน IMT-2000 ถูกแบ่งออกเป็น 5 มาตรฐานย่อย ตามเทคนิคการเชื่อมต่อวิทยุ (radio interface) โดยทั้ง 5 มาตรฐานย่อยมีรายละเอียดดังนี้

1. IMT-Direct Spread (IMT-DS) ซึ่งรู้จักในชื่อของ W-CDMA หรือ WCDMA-FDD มาตรฐานนี้จะใช้เทคนิค FDD (frequency division duplex) นั่นคือจะใช้ความถี่ที่ต่างกันในการส่งข้อมูลขาขึ้น (uplink) และขาลง (downlink) ทำให้สามารถส่งข้อมูลขาขึ้นและขาลงที่เวลาเดียวกันได้

2. IMT-Multi-Carrier (IMT-MC) ซึ่งรู้จักในชื่อของ CDMA-2000 มาตรฐานนี้ถูกพัฒนามาจากมาตรฐาน CDMA แต่มีการใช้งานความถี่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ได้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้น

3. IMT-Time Code (IMT-TC) ซึ่งรู้จักในชื่อของ TD-SCDMA (time division synchronous code division multiple access) มาตรฐานนี้ใช้เทคนิค TDD (time division duplex) ร่วมกับเทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบ CDMA สำหรับเทคนิค TDD นั้น การส่งสัญญาณข้อมูลขาขึ้นและขาลงจะใช้งานช่องสัญญาณที่ความถี่เดียวกัน เพียงแต่แบ่งเวลาในการใช้งานช่องสัญญาณออกเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ และผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสลับการใช้งานช่องสัญญาณไปเรื่อย ๆ และแต่ละช่วงเวลาจะใช้เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบ CDMA ทำให้รองรับจำนวนผู้ใช้บริการได้มากขึ้น นอกจากนี้เทคโนโลยี TD-SCDMA ยังใช้

เทคนิคที่ทำให้การรับสัญญาณที่สถานีฐานมีการประสานจังหวะ (synchronous) อย่างถูกต้อง การประสานจังหวะนี้จะช่วยลดการรบกวนระหว่างสัญญาณของผู้ใช้แต่ละรายที่ส่งมาที่ช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้มาตรฐานนี้รองรับผู้ใช้บริการได้มาก จึงเหมาะสมกับประเทศที่มีประชากรจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันประเทศจีนก็ได้ใช้มาตรฐานนี้อยู่

4. IMT-Single Carrier (IMT-SC) ซึ่งรู้จักในชื่อของ UWC-136 (universal wireless communications-136) หรือ EDGE (enhanced data rates for gsm evolution) โดย EDGE เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบ TDMA ในบางครั้งเราอาจจะได้ยิน EDGE ในอีกชื่อหนึ่งว่า enhanced GPRS (EGPRS) เนื่องจาก EDGE นั้นพัฒนามาจากเทคโนโลยี GPRS โดยข้อมูลที่ส่งจะถูกบีบอัดด้วยอัตราส่วน 3:1 ทำให้การรับส่งข้อมูลรวดเร็วขึ้นเมื่อพิจารณาทางด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูลแล้ว EDGE ถูกจัดอยู่ในมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2.75G อย่างไม่เป็นทางการ เนื่องจากมีความเร็วมีในการรับส่งข้อมูลที่ช้ากว่า 3 มาตรฐานแรกอยู่มาก

5. IMT-Frequency Time หรือ (IMT-FT) ซึ่งรู้จักในชื่อของ DECT (digital enhanced cordless telecommunication) มาตรฐาน DECT ถูกพัฒนาขึ้นในทวีปยุโรป และใช้เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบ FDMA และ TDMA/TDD มาตรฐานนี้ถูกออกแบบมาเพื่อการใช้งานภายในอาคาร

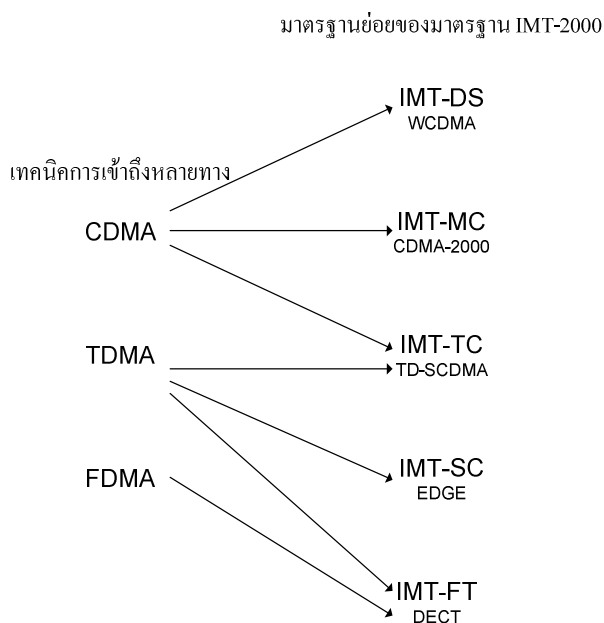
จากมาตรฐานทั้ง 5 แบบข้างต้น เหลือมาตรฐานที่ถูกพัฒนาเพื่อการพาณิชย์อย่างจริงจัง 3 มาตรฐานได้แก่

1. WCDMA (Holma, 2004) เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาต่อยอดมาจากระบบ GSM โดยเทคโนโลยี WCDMA ใช้แถบคลื่นความถี่กว้าง 5 เมกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งต่างจากเทคโนโลยี CDMA ซึ่งใช้แถบคลื่นความถี่กว้างเพียง 1.25 เมกะเฮิร์ตซ์ ด้วยเหตุผลที่เทคโนโลยี WCDMA ใช้ความถี่กว้างแถบความถี่มากกว่าเทคโนโลยี CDMA ทำให้มีคำว่า Wideband นำหน้าชื่อ สำหรับประเภทของข้อมูลที่ให้บริการนั้น เทคโนโลยี WCDMA สามารถให้บริการได้ทั้งข้อมูลเสียง, ภาพ และวิดีโอ ซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งจะถูกเข้ารหัสทางดิจิทัล จากนั้นจะนำสัญญาณข้อมูลที่เข้ารหัสแล้วกระจายไปทั่วย่านความถี่ที่ใช้

2. CDMA2000 (Yang, 2004) ทั้งเทคโนโลยี WCDMA และ CDMA2000 มีพื้นฐานมาจากเทคโนโลยี CDMA ทั้งคู่ แต่มีความแตกต่างกันในรายละเอียดทางด้านเทคนิค ยกตัวอย่างเช่นเทคโนโลยี WCDMA ใช้แถบคลื่นความถี่กว้าง 5 เมกะเฮิร์ตซ์ ในขณะที่เทคโนโลยี CDMA2000 ใช้แถบคลื่นความถี่กว้าง 1.25 เมกะเฮิร์ตซ์เช่นเดียวกับกับเทคโนโลยี CDMA และเพื่อให้ได้ความเร็วในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่สูงขึ้น เทคโนโลยี CDMA2000 จึงถูกพัฒนาต่อเป็นเทคโนโลยี CDMA2000 1xEV-DO และ CDMA2000 1xEV-DV

3. TDS-CDMA (Peng, 2005) เป็นเทคโนโลยีที่ถูกใช้งานในประเทศจีน เนื่องจากประเทศจีนมีประชากรที่ต้องการใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยี TDS-CDMA ขึ้นมา โดยเทคโนโลยีนี้สามารถใช้งานทรัพยากรความถี่อย่างมีประสิทธิภาพ





รูปที่ 5 เทคนิคการเข้าถึงหลายทางที่ใช้ในมาตรฐานย่อยของมาตรฐาน IMT-2000

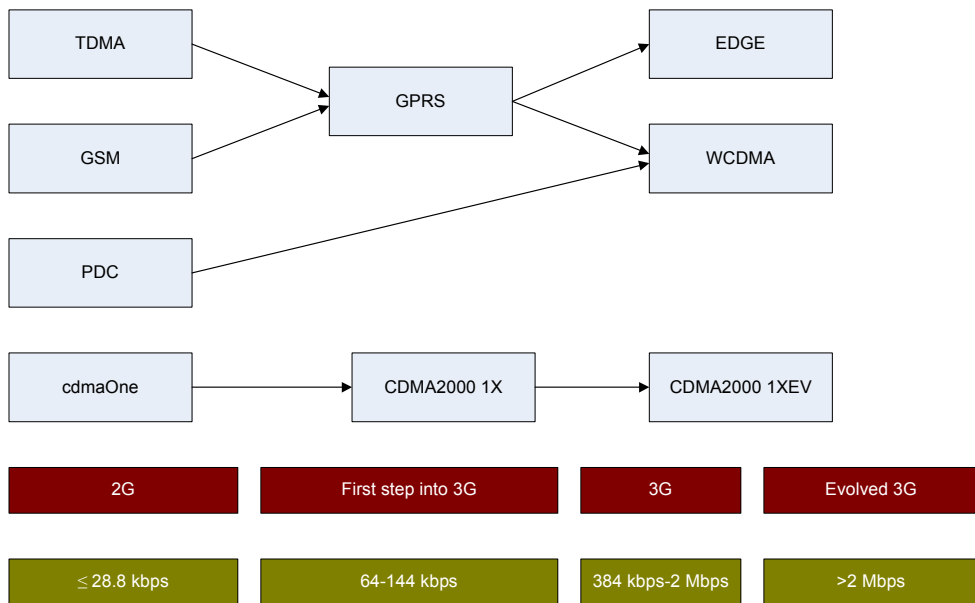
## เส้นทางวิวัฒนาการของมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Garg, 2001)

สำหรับเส้นทางวิวัฒนาการจากมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้ในยุค 2G ไปเป็นมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ใช้ในยุค 3G แสดงได้ดังรูปที่ 6 โดยมาตรฐานที่ใช้ในยุค 2G ได้แก่มาตรฐาน GSM, TDMA, CDMA และ PDC เมื่อเข้าสู่ยุค 3G ผู้ให้บริการระบบ GSM จะเปลี่ยนไปใช้ระบบ WCDMA แทน และเทคโนโลยี cdmaOne จะถูกพัฒนาเป็นเทคโนโลยี CDMA 2000 1X และ CDMA 2000 1XEV ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่จากยุค 2G ไปเป็น 3G การเปลี่ยนระบบ GSM ไปเป็น WCDMA จะเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าการเปลี่ยนเทคโนโลยี cdmaOne ไปเป็นเทคโนโลยี CDMA 2000 1X และ CDMA 2000 1XEV เนื่องจากระบบ GSM ค่อนข้างแตกต่างกับระบบ

WCDMA อยู่มาก ดังนั้นในการพัฒนาเข้าสู่ยุค 3G ของระบบ GSM จึงเสียค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ใหม่และเสียค่าติดตั้งระบบมาก และระหว่างการพัฒนาเข้าสู่ยุค 3G ปัญหาที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือบางพื้นที่ไม่สามารถใช้เทคโนโลยี WCDMA ได้ เนื่องจากการขยายเครือข่ายยังไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ ในกรณีนี้โทรศัพท์เคลื่อนที่จะเปลี่ยนไปใช้บริการของระบบ GSM แทน ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รองรับระบบสัญญาณ Dual Mode (WCDMA/GSM) ขึ้นมา

สำหรับการพัฒนาเข้าสู่ยุค 3G ของเทคโนโลยี cdmaOne นั้น เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนถูกกว่าการเปลี่ยนระบบ GSM ไปเป็น WCDMA เนื่องจากการพัฒนาเข้าสู่ยุค 3G ของ cdmaOne ไม่ต้องเปลี่ยนเทคโนโลยี เพียงแต่เสียค่าใช้จ่ายในการอัพเกรดระบบเท่านั้น



รูปที่ 6 เส้นทางวิวัฒนาการจากมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2G ไปเป็นยุค 3G

### แนวโน้มการพัฒนาของเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่

เราจะพบว่าเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่จะถูกพัฒนาตลอดเวลา โดยจุดประสงค์หลักของการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ก็เพื่อให้เข้าสู่โลกบรอดแบนด์ความเร็วสูงเคลื่อนที่ (mobile broadband) นั่นคือสามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงได้ในขณะที่อุปกรณ์สื่อสารมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง นอกจากนี้เนื่องจากจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็ว ทำให้เทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ใหม่ ต้องรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้มากขึ้น โดยใช้งานทรัพยากรความถี่ที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับมาตรฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 4 นั้น ได้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับอัตราเร็วในการรับข้อมูลดังนี้ เมื่ออยู่กับที่หรือกำลังเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ กำหนดให้มีอัตราเร็วในการรับข้อมูลที่ 1 กิกะบิตต่อวินาที และเมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงกำหนดให้มี

อัตราเร็วในการรับข้อมูลที่ 100 เมกะบิตต่อวินาที โดยมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่ 4 ได้นำเทคโนโลยี OFDMA (orthogonal frequency division multiple access) มาใช้แทนที่เทคโนโลยี CDMA และนำเทคโนโลยีการใช้เสาอากาศหลาย ๆ ต้นอย่าง MIMO (multiple input multiple output) มาใช้เพื่อช่วยให้อัตราการรับข้อมูลสูงขึ้น

ปัจจุบันผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่วนใหญ่ในประเทศไทย ยังคงให้บริการโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารในยุค 2G เป็นหลัก และได้มีการนำเทคโนโลยีการสื่อสารในยุค 3G มาให้บริการในบางพื้นที่ของประเทศไทย หากพื้นที่ไหนไม่สามารถใช้เทคโนโลยีการสื่อสารในยุค 3G ได้ โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่จะเปลี่ยนไปใช้งานเทคโนโลยีในยุค 2G แทน

### เอกสารอ้างอิง

Harte, L. and Prokup, S. (2001). Cellular and PCS/PCN Telephones and Systems. Apdg Publishing.

- Holma, H. and Toskala, A. (2004). WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications. New York: John Wiley & Sons.
- Garg, V.K. (2001). Wireless network evolution 2G to 3G. NJ: Prentice Hall.
- Lee, W. C.Y. (1995). Mobile cellular telecommunications: analog and digital systems. 2<sup>nd</sup> ed., New York: McGraw-Hill.
- Lee, W. C.Y. (1997). Mobile Communications Engineering: Theory and Applications. New York: McGraw-Hill.
- Peng, M. and Wang, W. (2005). A Framework for Investigating Radio Resource Management Algorithms in TD-SCDMA Systems. IEEE Commun. Mag. 43: S12–S18.
- Steele, R., Lee, C.C. and Gould, P. (2001). GSM, cdmaOne and 3G Systems. Chichester: Wiley.
- Yang, S.C. (2004). 3G CDMA2000 Wireless System Engineering. MA: Artech House.

