ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 (IMT-2000): มาตรฐาน หลักการทำงาน และเทคโนโลยี*

The Third Generation Mobile Phones (IMT-2000): Standards, Principles and Technologies

มัลลิกา อุณหวิวรรธน์ ผศ.ดร.สินชัย กมลภิวงศ์ สุธน แซ่หว่อง

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา 90112

ABSTRACT -- In this paper, we present an investigation of standards, principles, and technologies of the 3rd generation mobile phone, known as IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000). It is expected that IMT-2000 mobile phones will offer broad-range of services to users; which include high quality audio, real-time video, video conferencing, facsimile, information retrieval such as file transfer and Internet access. The third-generation radio air interface standards, proposed by US, Japan, Europe, and Korea, based on CDMA (code division multiple access) are given. Introductory of IMT-2000, CDMA characteristics, frequency allocation, and basic frame structure of FDD (frequency division duplex) are presented. The evolution and migration of second generation to third generation mobile phones will be discussed.

Keywords -- IMT-2000, CDMA, 3rd Generation Mobile Phones, FDD

บทคัดย่อ -- ในบทความนี้ เป็นการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับมาตรฐาน,โครงสร้างพื้นฐาน และเทคโนโลยี ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 ซึ่งรู้จักในชื่อ IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) โทรศัพท์เคลื่อนในรุ่นที่ 3 เป็นระบบที่สามารถให้บริการพาหุสื่อแบบเคลื่อนที่และข้อมูลความเร็วสูง สิ่งนี้นำไปสู่ความต้องการทางด้านเทคนิคของ IMT-2000 องค์กรจากประเทศต่างๆทั้งอเมริกา ยุโรป จีน ญี่ปุ่น และเกาหลี ได้เลือกการเชื่อมต่อแบบ CDMA (code division multiple access) ในการจัดทำมาตรฐาน นอกจากนี้ในบทความยังกล่าวถึง การจัดสรรความถี่ที่ใช้ใน IMT-2000 ภาพรวมของ CDMA และโครงสร้างพื้นฐานของการสื่อสารข้อมูลแบบ FDD (frequency division duplex) การพัฒนาระบบในรุ่นที2 ไปสู่ระบบในรุ่นที่ 3 และการออกแบบระบบในรุ่นที่ 3 ถูกกล่าวโดยย่อ ในตอนท้ายของบทความ

คำสำคัญ: ไอเอ็มที-2000 ซีดีเอ็มเอ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 เอฟดีดี

1. บทนำ

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในรุ่นที่2 (Second Generation Mobile Phones) ที่ใช้กันอยู่ปัจจุบัน ทั่วโลกได้แก่ระบบ GSM (Global System for Mobile communication) D-AMPS (Digital-Advanced Mobile Phone Systems) PDC(Personal Digital Cellular standard) และ IS-95 (Interim Standard-95) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีดิจิตอล (Digital Technology) เป็นพื้นฐานทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงและประสบความสำเร็จในการจัดการบริการข้อมูลต่างๆไปยังผู้ใช้ได้ดีกว่าระบบที่ 1 ที่ใช้เทคโนโลยี อนาล็อก (AnalogTechnology)[1][2] จากการสำรวจของUMTS Forum (Universal Mobile Telecom-munications System Forum) เกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ พบว่า ในปี 2000 จะมีผู้ใช้บริการ 400 ล้านคน และจะเพิ่มขึ้นเป็น 1,700 ล้านคน ในปี 2010 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบภาคพื้นเอเชียจะมีอัตราเพิ่มขึ้นมากกว่าภาคพื้นแถบอื่นๆ และในแถบยุโรปเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิกในการให้บริการทางด้านพาหุ

* สนับสนุนโดยทุนโครงการวิจัยโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 (IMT-2000), NECTEC 2542

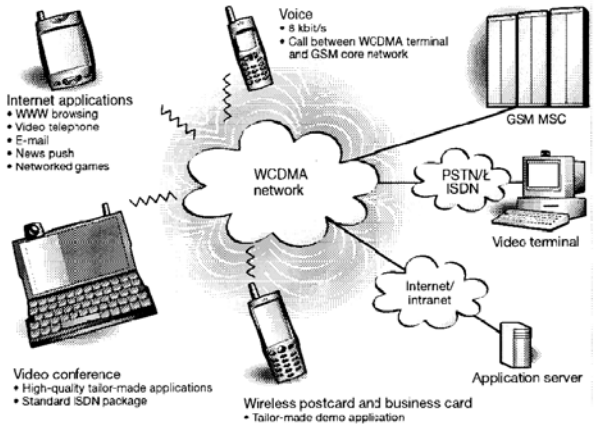
สื่อในโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มขึ้น 60% ในปี 2010 [3][4] เมื่อจำนวนของผู้ใช้บริการเพิ่มมากขึ้น จึงต้องมีการพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้ดียิ่งขึ้นเพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้บริการ ที่ต้องการให้โทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่ใช่เป็นเพียงอุปกรณ์ที่ใช้สื่อสารสำหรับเสียงเพียงอย่างเดียว [5] เนื่องจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 2 เป็นการสื่อสารข้อมูลด้วยความเร็วต่ำ ทำให้ไม่สามารถรองรับความต้องการของได้ จึงทำให้เกิดเป็นแรงผลักดันให้เป็น " ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในรุ่นที่ 3 (Third Generation Mobile Phones)" ในโครงการ IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) ขององค์กรโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU: International Telecommunica-tions Union) โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้มีการจัดทำมาตรฐานทางด้านการเข้าถึงของคลื่นวิทยุ เพื่อให้ระบบต่างๆ ที่กำลังใช้งานอยู่ในขณะนี้ สามารถถูกรวมเข้าด้วยกันเป็นมาตรฐานเดียวกัน ทำให้ผู้ใช้บริการไม่รู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเคลื่อนที่จากระบบหนึ่งไปอีกระบบหนึ่ง อีกทั้งยังให้บริการได้ครอบคลุมได้ทุกพื้นที่ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่แบบใดก็ตามเช่นภูเขา ชนบทหรือในเมืองที่มีประชากรอาศัยอย่างหนาแน่นและสามารถให้บริการหลายๆอย่างในเวลาเดียวกัน

การใช้สเปกตรัมให้มีประสิทธิภาพและคุ้มค่ามากที่สุดจึงเป็นหัวข้อสำคัญสำหรับการสร้างระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในรุ่นที่ 3 เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการ ระบบในรุ่นที่ 3 ใช้พื้นฐานการเชื่อมถึงแบบCDMA (Code Division Multiple Access) ในเทคนิคของ FDD (Frequency Division Duplex) และ TDD (Time Division Duplex) เพื่อรองรับการส่งข้อมูลทั้งแบบ circuit switch และ packet-oriented switch [6] บทความนี้กล่าวถึง เป้าหมายพื้นฐานของ IMT-2000 ซึ่งอยู่ในหัวข้อที่ 2 และในหัวข้อถัดมาจะกล่าวถึงการจัดสรรความถี่เพื่อใช้ใน IMT-2000 สำหรับหัวข้อที่ 4 กล่าวถึงการดำเนินการในการจัดทำมาตรฐานขององค์กรต่างๆทั่วโลก ต่อมาในหัวข้อที่ 5 กล่าวถึงโครงสร้างทางเทคนิคของข้อเสนอที่อยู่ใน 3GPP (The Third Generation Partner Project) หัวข้อที่ 6 กล่าวถึงการพัฒนาไปยังระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 โดยมีการจำลองระบบที่จะนำมาใช้ในอนาคต หัวข้อสุดท้ายเป็นบทสรุปของบทความ

2. เป้าหมายพื้นฐานใน IMT-2000

ระบบในรุ่นที่3 เดิมใช้ชื่อโครงการว่า FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication Systems) แต่เนื่องจากชื่อเดิมนั้นมีความยาวไม่สะดวกในการเรียกชื่อ จึงได้เปลี่ยนชื่อใหม่เป็นคำว่า "IMT-2000" โดยคาดหวังให้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 นี้ สามารถให้บริการได้หลังจากปี 2000 และ ใช้งานในแถบความถี่ช่วง 2000 MHz โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้ [7][8][9]

- สามารถรองรับอัตราความเร็วของข้อมูลได้หลายระดับคือ 2 Mbps สำหรับการเคลื่อนที่อย่างช้าๆเช่น ในสำนักงาน อัตราความเร็ว 384 kbps สำหรับผู้ใช้ที่เคลื่อนที่ภายนอกอาคาร และ อัตราความเร็ว 144 kbps สำหรับผู้ใช้ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงเช่นขับยานพาหนะ
- เป็นระบบที่ไร้รอยต่อ (Global Roaming) คือจะไม่เกิดปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนจากระบบหนึ่งไปยังอีกระบบหนึ่ง ไม่ว่าผู้ใช้จะเดินทางไปที่ใดก็ตาม ก็ยังคงสามารถใช้โทรศัพท์ได้ทุกสถานที่ทุกเวลา (anywhere – anytime)
- สามารถให้บริการพาหุสื่อแบบเคลื่อนที่ได้เช่น ข้อความ (Text) ภาพนิ่ง (Image) และ วีดีโอ (Video) ให้บริการทางด้านอินเตอร์เน็ต (Internet) ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิคส์ (e-mail)การประชุมทางวิดิทัศน์ (video conference) เป็นต้น
- ระบบสามารถให้บริการหลายๆบริการได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน คือเสียง ข้อมูลและพาหุสื่อ อีกทั้งระบบจะต้องมีความยืดหยุ่นสูงเพื่อรองรับกับการบริการใหม่ที่จะเกิดขึ้นในภายหลัง
- อุปกรณ์มีน้ำหนักเบา และ ราคาไม่แพง การให้บริการในระบบ IMT-2000 แสดงในรูปที่ 1 [32]



รูปที่ 1 การให้บริการในระบบ IMT-2000

ITU-R (ITU-Radio Communication Standardization Sector) จึงให้แต่ละประเทศส่งข้อเสนอ (proposal) สำหรับการพัฒนามาตรฐานของเทคโนโลยีสื่อสัญญาณทางด้านคลื่นวิทยุ IMT-2000 RTT – Radio Transmission Technology ต่อมา ITU-R ได้รับข้อเสนอเป็นจำนวนทั้งหมด 15 ข้อเสนอซึ่งแบ่งเป็นระบบ terrestrial 10 ข้อเสนอ และระบบ satellite 5 ข้อเสนอ สำหรับข้อเสนอแบบ terrestrial ใช้เทคโนโลยีในการเข้าถึงข้อมูลสามารถแบ่งได้ 2 รูปแบบคือ TDMA (Time Division Multiple Access) และ CDMA (Code Division Multiple Access) สำหรับข้อเสนอที่ใช้แบบTDMAเป็นการพัฒนาจากระบบเดิมเพื่อสามารถให้บริการในระบบรุ่นที่ 3 ได้ ส่วนข้อเสนอที่ใช้แบบ CDMA

สามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่คือ cdma 2000 และ WCDMA (Wideband-CDMA)[10]

WCDMA มีความหมายคือ ในระบบเดิมที่ใช้พื้นฐานของCDMAจะมีความกว้างของแถบความถี่เท่ากับ 1.25 MHz เมื่อมีการพัฒนาไปสู่ระบบในรุ่นที่ 3 จึงเพิ่มความกว้างของแถบความถี่เป็น 5MHz ซึ่งทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้นในประเทศต่างๆได้มีการจัดตั้งระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 ขึ้น เช่นประเทศแถบยุโรปได้จัดตั้งระบบที่ชื่อว่า UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) โดยใช้เทคโนโลยีทางด้าน WCDMA ซึ่งมีมาตรฐานที่กำหนดอยู่ใน IMT-2000 เพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่าไม่ว่าผู้ใช้บริการจะเดินทางไปที่ใดก็สามารถใช้โทรศัพท์ของตนได้ทั่วโลกโดยไม่ต้องกังวลกับระบบที่แตกต่างกัน

3. การจัดสรรความถี่สำหรับ IMT-2000

ในด้านเศรษฐกิจ การใช้สเปกตรัมให้คุ้มค่ามีความจำเป็นมากสำหรับระบบใหม่ จึงได้มีการจัดประชุมเพื่อจัดสรรความถี่ขึ้น มีชื่อว่า WARC-World Administrative Radio Conference 1992 โดยแบ่งการใช้ช่วงของความถี่ออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วง 1,885-2,025 MHz และ 2,110-2,200 MHz ดังรูปที่ 2 [3] จะเห็นได้ว่าในทุกๆประเทศ มีการใช้ความถี่ในช่วงความถี่ต่ำอยู่บ้างแล้ว จึงไม่มีช่วงของความถี่ส่วนรวมที่สามารถใช้ได้ทั่วโลกสำหรับ IMT-2000 ดังนั้น ITU จึงต้องมีการจัดประชุมอีกครั้งเพื่อกำหนดการใช้แถบความถี่ที่เหมาะสมเพิ่มเติม ซึ่งได้จากการประชุม WARC 2000 [3][11]

4. การดำเนินการขององค์กรในการจัดทำมาตรฐาน IMT-2000

ในการจัดทำมาตรฐานสำหรับระบบในรุ่นที่ 3 นั้น ยังคงต้องคำนึงถึงการเข้ากัน (compatibility) ได้ระหว่างเทคโนโลยีเดิมกับเทคโนโลยีของระบบในรุ่นที่ 3 เพื่อไม่ให้เกิดการกระทบที่เสียหายกับระบบที่กำลังให้บริการอยู่ โดย ITU-R ได้มีการจัดตั้งทีมงานที่มีชื่อว่า Task Group 8/1 (TG8/1) ซึ่งทำหน้าที่ในการจัดทำข้อกำหนดในด้านเทคโนโลยีสื่อญญาณทางด้านคลื่นวิทยุนี้ องค์กรของประเทศต่างๆ ที่จัดทำระบบ สำหรับ IMT-2000 มีดังนี้

- European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Special Mobile Group (SMG) ในภาคพื้นยุโรป
- Research Institute of Telecommunications Transmission (RITT) ในประเทศจีน
- Association of Radio Industry and Business (ARIB), Telecommunication Technology Committee (TTC) ในประเทศญี่ปุ่น
- Telecommunications Technologies Association (TTA) ในเกาหลี
- Telecommunications Industry Association (TIA) และ Telecommunications Planning Group (T1P1) ในภาคพื้นอเมริกา

ETSI SMG ของยุโรป ได้ทำการส่งข้อเสนอที่ชื่อว่า UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) โดยใช้เทคโนโลยีของ WCDMA และ TD-CDMAสำหรับการเชื่อมต่อของระบบ UMTS โดย WCDMA จะใช้เทคนิคของระบบการสื่อสาร 2 ทางแบบ FDD และ TD-CDMA ใช้เทคนิคแบบ TDD จึงทำให้เครื่องโทรศัพท์ในระบบ UMTS มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน การให้บริการได้ครบถ้วน และ สามารถใช้กับระบบเดิมที่มีอยู่คือ GSM ได้ [12]

สำหรับโครงสร้างมาตรฐานของญี่ปุ่น ARIB ได้ส่งข้อเสนอที่ชื่อว่า WCDMA โดยข้อเสนอของญี่ปุ่นนี้จะมีความคล้ายคลึงกับของทางด้านยุโรป โดยใช้เทคนิคแบบ FDD เป็นหลัก และคาดว่า ญี่ปุ่นจะเป็นประเทศแรกที่จะนำระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 มาใช้จริงในปี 2001[13]

ในภาคพื้นอเมริกา ได้ส่งข้อเสนออยู่หลายฉบับคือ UWC-136 (Universal Wireless Communications-136) เป็นข้อเสนอที่พัฒนามาจาก IS-136 จากระบบในรุ่นที่ 2 WIMS (Wireless Multimedia and Messaging Services) เป็นข้อเสนอที่ใช้เทคโนโลยี WCDMA และ cdma 2000 เป็นข้อเสนอที่พัฒนาจาก IS-95 ซึ่งทั้ง 3 ข้อเสนอนี้ เป็นการจัดทำโดยกลุ่ม TIA และอีก 1 ข้อเสนอเป็นของ T1P1 มีชื่อว่า NA:WCDMA (North American: Wideband CDMA) ซึ่งข้อเสนอนี้มีความคล้ายคลึงกับของ UTRA ต่อมา NA:WCDMA และ WIMS ได้มีการรวมกันเป็นข้อเสนอเดียวแล้วเปลี่ยนชื่อเป็น WP-CDMA (Wideband Packet CDMA)[14][15]

TTA ของเกาหลี ได้ส่งข้อเสนอ 2 ข้อเสนอ สำหรับ IMT-2000 คือ CDMA I และ CDMA II โดยฉบับหนึ่งจะมีโครงสร้างที่ใกล้เคียงกับ ARIB W-CDMA ของญี่ปุ่น และอีกฉบับหนึ่งก็มีโครงสร้างที่ใกล้เคียงกับ cdma 2000 ของอเมริกา [16]

ในประเทศจีน ได้มีส่งข้อเสนอไปยัง ITU-R มีชื่อว่า TD-SCDMA (Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access) โดยใช้พื้นฐานของ TD-CDMA แบบ ซิงโครนัส (synchronous) เพื่อใช้ใน TDD และ Wireless Local Loop (WLL)

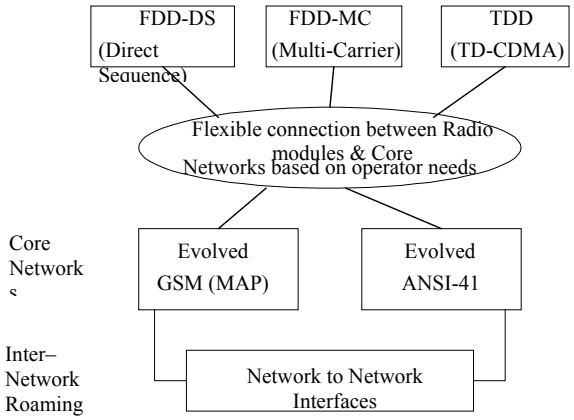
ข้อเสนอเหล่านี้ถูกส่งไปยัง ITU-R เพื่อจัดทำให้เกิดความสอดคล้องกัน เป็นการนำไปสู่ความเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลกซึ่งจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า ไม่ว่าจะเป็นผู้ใช้บริการ ผู้ลงทุนในการสร้างระบบ

โครงข่าย และผู้ผลิตในขั้นแรก การรวมรวบข้อเสนอเหล่านี้ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันจะมีการแบ่งเป็น 2 โครงการ คือ

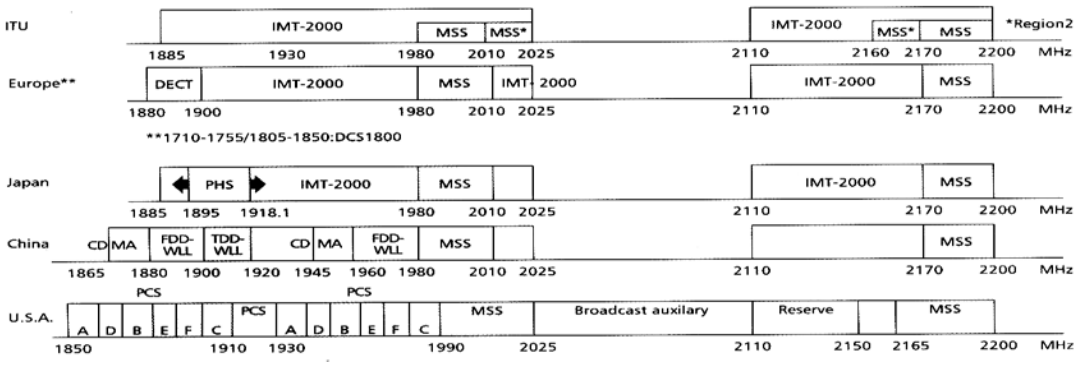
- 3GPP – The Third Generation Partnership Project เป็นโครงการที่จัดทำมาตรฐาน สำหรับข้อเสนอ ที่ใช้ WCDMA ซึ่งได้แก่ ETSI ARIB TTC TTA และ T1[17]
- 3GPP2 สำหรับข้อเสนอที่ใช้ พื้นฐานของ cdma 2000 ได้แก่ TIA และ TTA[18]

การทำงานของ 3GPP และ 3GPP2 นั้นอยู่ภายใต้การสนับสนุนของ Operator Harmonization Group (OHG) และจากโครงการ 3GPP และ 3GPP2 ก็จะต้องนำมารวมกันอีกครั้งเพื่อจัดทำเป็นมาตรฐานเดียวกันแล้วนำเชื่อมโยงกับ corenetwork

ANSI-41 และ GSM MAP สุดท้ายแล้วระบบต่างๆเหล่านี้จะถูกเชื่อมต่อเป็นโครงข่ายเดียวกันเป็นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 ดังรูปที่ 3[19] [20][21]



รูปที่ 3การเชื่อมโยงโครงข่ายในIMT-2000



รูปที่ 2 การจัดสรรความถี่ทั่วโลก

5. ข้อเสนอทางด้านเทคนิค สำหรับ IMT-2000 ใน 3GPP

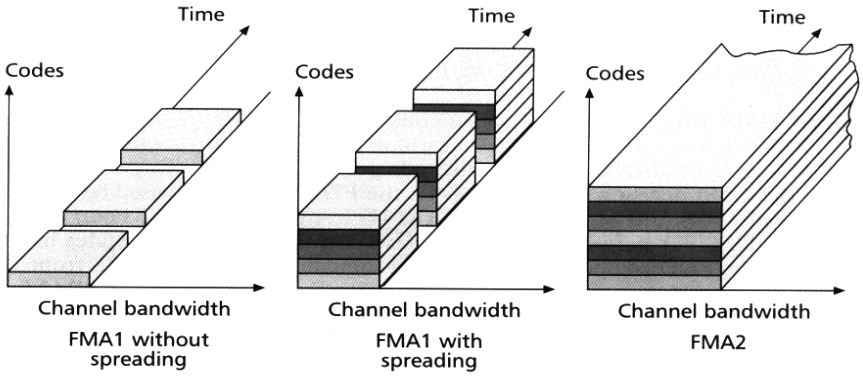
ความกว้างของแถบความถี่ในWCDMA เพิ่มขึ้นจากระบบเดิมมาเป็น 5 MHz เพื่อใช้ในระบบรุ่นที่3 เพราะ

- ความกว้างแถบความถี่ 5 MHz ทำให้สามารถรองรับการบริการข้อมูลที่ความเร็ว 144 และ 384 kbps ตามที่ต้องการได้เป็นอย่างดี
- ความกว้างที่ 5MHz นี้ทำให้แก้ไขปัญหาการ การกระทบของคลื่นได้ดีกว้างแถบความถี่ที่แคบกว่า ทำให้มีการเพิ่มไดเวอร์ซิตี้ (diversity) และ ปรับปรุงสมรรถนะ (performance)
- จากระบบเดิมซึ่งมีความกว้างของแถบความถี่ที่แคบกว่าทำให้ในการรับข้อมูลจะมีการขาดเป็นช่วงๆ เมื่อมีการเพิ่มแถบความถี่ให้กว้างขึ้นทำให้อัตราการรับที่ขาดเป็นช่วงๆนั้นจะลดลงจากเดิมและหากมีการเพิ่มความกว้างแถบความถี่ได้มากขึ้นเป็น 10 15 20 MHz ก็จะสามารถรองรับการให้บริการข้อมูลที่มีความเร็วสูงขึ้นกว่านี้ได้และระบบก็จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น [22]

5.1 ยุโรป: พื้นฐานของ UTRA สำหรับ 3GPP

เนื่องจากรูปแบบ การเชื่อมต่อที่ใช้กันอยู่ในระบบเดิมนั้น มีความแตกต่างกันระหว่าง TDMA และ CDMA ดังนั้นทางแถบยุโรปจึงได้มีการค้นคว้าวิจัย การเชื่อมต่อ ขึ้นในระบบU MTS เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกันระหว่าง TDMA และ CDMA ซึ่งมีชื่อโครงการว่า FRAMES (Future Radio Wideband Multiple Access System) ซึ่งเมื่อนำมาใช้ในการเข้าถึงข้อมูล มีชื่อเรียกว่า FMA (FRAMES Multiple Access) สามารถแบ่งได้เป็น 2 โหมด ดังรูปที่ 4 ดังนี้

- FMA 1 : เป็นการเข้าถึงข้อมูลแบบ wideband TDMA
- FMA 2 : เป็นการเข้าถึงข้อมูลแบบ wideband CDMA



รูปที่ 4 พื้นฐานการเข้าถึงข้อมูลแบบFMA นำมาใช้ใน UTRA

FMA1 with spreading จะใช้รองรับเทคนิคแบบ TDD เพราะ TDD เป็นการผสมระหว่าง TDMA กับ CDMA ทำให้ในการเข้าถึงข้อมูลต้องมีการแบ่งเป็นช่องเวลา (time slot) และมีการใช้รหัสเพื่อทำให้มีช่องสัญญาณเพิ่มมากขึ้น ดูรูปประกอบได้ในรูปที่ 4 ส่วน FMA 2 จะใช้เมื่อมีการเข้าถึงแบบ FDD เพราะไม่มีการใช้ช่องเวลาในการส่ง สำหรับ FMA1 without spreading เหมาะกับข้อเสนอของ UWC-136 ซึ่งใช้พื้นฐานของ TDMA

การใช้เทคนิค FDD และ TDD ทำให้สามารถรองรับความต้องการในการให้บริการที่มีความแตกต่างกันในระบบโทรศัพท์รุ่นที่ 3 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรองรับการทำงานของการให้บริการข้อมูลแบบเคลื่อนที่ เช่นการเข้าสู่ อินเตอร์เน็ต การทำเทเลแบงกิ้ง (telebanking) ในเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่

ในบางครั้งอาจกล่าวได้โดยรวมว่า UTRA เป็นข้อเสนอแบบ WCDMA เพราะจะใช้หลักของ WCDMA มากกว่า TD-CDMA พารามิเตอร์ของ UTRA สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 แสดงในตารางที่ 1

5.2 ญี่ปุ่น: พื้นฐานของ WCDMA สำหรับ 3GPP

ข้อเสนอ WCDMA ของ ARIB นั้นใช้เทคนิคของ FDD และ TDD เทคนิค FDD ของWCDMA มีลักษณะคล้ายกับ UTRA ของยุโรป เพราะในปี 1998 ทั้งสองได้มีการประชุมเพื่อจัดวางรูปแบบร่วมกันและให้บริการแบบสมมาตร(symmetric) ของ uplink (เป็นการสื่อสารจากสถานีเคลื่อนที่ไปยังสถานีฐาน) และ downlink (เป็นการ สื่อสารจากสถานีฐานไปยังสถานีเคลื่อนที่) ส่วน TDD นั้นถูกออกแบบโดยมีโครงสร้างที่คล้ายกับFDD และให้บริการแบบไม่สมมาตร (asymmetric) ของ uplink และ downlink ดังนั้นส่วนใหญ่เมื่อกล่าวถึง WCDMA จึงมักหมายถึง WCDMA ของ ETSI/ARIB พารามิเตอร์ของ WCDMA สำหรับระบบโทรศัพท์รุ่นที่ 3 แสดงใน ตารางที่ 1 [13][22][23][24]

5.3 โครงสร้างพื้นฐานของภาคพื้นอเมริกา สำหรับ 3GPP

เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่แถบอื่นๆแล้ว ในภาคพื้นแถบนี้มีการใช้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ รุ่นที่ 2 อยู่ด้วยกันหลายระบบ ทำให้เมื่อมีการพัฒนาไปสู่ IMT-2000 จึงเกิดความต้องการที่หลากหลายเพื่อทำการพัฒนาให้เกิดการรวมเข้ากันได้ของทั้ง 2 ระบบ ปัจจุบันการจัดตั้ง core network ในภาคพื้นอเมริกา เพื่อรองรับการเชื่อมถึงของระบบเดิม มีอยู่ด้วยกัน 2 เครือข่าย คือ ANSI–41 และ GSM MAP

ANSI–41 ในระบบรุ่นที่ 2 เป็น core network ที่ใช้กับระบบ IS-95 IS136 และ AMPS ดังนั้นในการจัดมาตรฐาน และคุณสมบัติของ ANSI-41 จึงเป็นหน้าที่ของคณะกรรมการใน TIA และเมื่อมีการพัฒนาไปสู่ IMT-2000 การดำเนินการพัฒนาจึงเป็นหน้าที่ของกลุ่มเทคนิคของ 3GPP2 ANSI-41 จึงเป็น core network ที่ใช้สำหรับ cdma 2000

GSM MAP ในระบบรุ่นที่ 2 เป็น core network ที่ใช้ในระบบ GSM ในการจัดทำมาตรฐานของ GSM MAP จึงเป็นหน้าที่ของคณะกรรมการใน ETSI SMGจากยุโรป และ T1P1.5 ในอเมริกา เมื่อมีการพัฒนาไปสู่ IMT-2000 ทำให้การพัฒนาGSM MAPถูกดำเนินการโดย 3GPP และ ให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคพื้นอเมริกาใน T1P1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์พื้นฐานของFDD และ TDD ใน UTRA และ ใน WCDMA ARIB

	โครงสร้าง UTRA ของ ETSI SMG		โครงสร้าง WCDMA ของARIB	
	UTRA FDD	**UTRA FDD**	**WDMA FDD**	**WDMA TDD**
ระบบการจัดช่องสัญญาณ	WCDMA (DS-CDMA)	TD-CDMA	WCDMA (DS-CDMA)	TD-CDMA
อัตราเร็วชิป (chip rate)	4.096 Mchips/s	4.096 Mchips/s	4.0961.024/8.192/1 6.384)Mchips/s	4.0961.024/8.192/16.384) Mchs/s
ความกว้างของแถบความถี่	5 MHz	5 MHz	5 MHz	5 MHz
ความยาวกรอบ	10 ms	10 ms	10 ms	10 ms
วิธีการมอดูเลทข้อมูล	QPSK	QPSK	QPSK	QPSK
วิธีการมอดูเลท spreading downlink / uplink	QPSK	QPSK	QPSK/HPSK	QPSK
ระยะห่างของช่องเวลา	625 us	625 us	625 us	625 us
รูปร่างของพัลซ์	0.22	0.22	0.22	0.22

การส่งข้อเสนอสำหรับ IMT-2000 ไปยัง ITU-R จากภาคพื้นอเมริกานั้นมีอยู่ด้วยกัน 4 ข้อเสนอคือWCDMA-NA จาก T1P1 WIMS จาก TR 46.1 (TIA) UWC จาก TR45.3 (TIA) และ cdma 2000 จาก TR45.5 (TIA) ต่อมา WCDMA-NA และ WIMS ได้รวมกันเป็น WP-CDMA และจัดส่งไปยัง ITU-R WP-CDMA จึงเป็นอีกข้อเสนอหนึ่งที่ใช้เทคโนโลยีของ WCDMA เมื่อ T1 ส่งข้อเสนอไปยัง ITU-R จึงนับได้ว่าอเมริกาก็เป็นอีกหนึ่งในสมาชิกของ 3GPPอเมริกาไม่เพียงแต่เป็นหนึ่งสมาชิกของ 3GPP เท่านั้น อีกด้านหนึ่งการทำงานของ 3GPP2 และ UWCC ได้ทำงานไปพร้อมๆกันด้วยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับ IMT-2000 ดังนั้นสำหรับในภาคพื้นอเมริกาแล้วมาตรฐานของ IMT-2000 โดยใช้ CDMA จะไม่มีเพียงแค่มาตรฐานเดียวในภาคพื้นแถบนี้ นอกจากนี้ผู้ดำเนินการในการจัดตั้งระบบสำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 ในภาคพื้นอเมริกายังแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่ต้องการนำเทคโนโลยีที่ใช้ในระบบเดิมมาใช้ใน ระบบที่ 3 โดยกลุ่มนี้จะใช้การเชื่อมถึงแบบ WCDMA เราเรียกกลุ่มนี้ว่า greenfield operators และอีกกลุ่มหนึ่ง เป็นกลุ่มที่ต้องการพัฒนาเทคโนโลยีจากระบบเดิมที่ใช้งานกันอยู่ให้สามารถนำไปใช้ในระบบใหม่ได้และยังสามารถใช้กับแถบความถี่เดิม เรียกกลุ่มนี้ว่า established operators ดังนั้นความต้องการที่นำระบบGSM และ UWC-136 มาพัฒนาไปสู่ IMT-2000 จึงเป็นความต้องการของ established operators โดยใช้เทคโนโลยี EDGE (Enhanced Data rate for Global Evolution) มาเป็นมาตรฐานให้กับทั้ง2ระบบ

EDGE เป็นเทคโนโลยีที่นำการมอดูเลทแบบ 8 PSK (Phase Shift Keying) มาใช้ทำให้สามารถให้บริการข้อมูลความเร็วสูงได้คือ สามารถให้บริการที่อัตราเร็ว 384 kbps สำหรับการเคลื่อนที่ภายนอกอาคาร ถึงแม้ว่า EDGE ไม่สามารถให้การบริการที่ความเร็ว 2 Mbps ตามความต้องการของITU-R ได้ แต่ผู้ดำเนินการในอเมริกามองว่าด้วยอัตราเร็ว 384 kbps ก็มีความเพียงพอต่อความต้องการทางการตลาดในอเมริกาแล้วเพราะระบบเดิมนั้น มีอัตราเร็วของข้อมูลเพียง 9.6 kbpsเท่านั้น และยังสามารถให้บริการทางพาหุสื่อที่ต้องการได้ ซึ่งดำเนินการบนแถบความถี่ที่มีอยู่เดิมจึงนับได้ว่าคุ้มค่ามากแล้ว อีกเหตุผลหนึ่งคือโครงสร้างของระบบโทรศัพท์รุ่นที่ 2 ได้มีการลงทุนไปเป็นจำนวนมากและคาดว่าจะต้องมีการลงทุนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจึงควรจะพัฒนาจากระบบเดิมไปสู่ระบบใหม่ EDGE ยังมีข้อดีอีกข้อหนึ่งคือ สามารถนำเข้ามาใช้งานในระบบเครือข่ายเดิม คือ GSM และ IS-136 ได้อย่างสะดวกและสามารถปรับเปลี่ยนได้ทีละเล็กละน้อย โดยไม่กระทบกระเทือน ก่อให้เกิดความเสียหายกับระบบเดิม [3][10][11][25]

6. โครงสร้างพื้นฐานของเทคนิคFDD และ TDD

เนื่องจากใน IMT-2000 มีการใช้เทคโนโลยีCDMA เป็นพื้นฐานในการเชื่อมต่อ ดังนั้นในขั้นแรกจะอธิบายถึงภาพรวมของCDMA

6.1 ลักษณะโดยรวมของ CDMA

CDMA เป็นการเข้าถึงข้อมูลโดยอนุญาตให้ผู้ใช้จำนวนมากสามารถส่งข้อมูลของตนไปในช่องความถี่เดียวกัน ณ เวลาเดียวกันได้ โดยที่ผู้ใช้แต่ละคนจะมีลักษณะที่แตกต่างกันก็คือ รหัส ซึ่งรหัสที่ใช้นี้จะประกอบด้วย Pseudo-Noise (PN) code และ orthogonal code หรือ บางครั้งเรียกว่า Walsh Code (WC) ซึ่งแต่ละ WC จะมีความยาว 64 บิท (bit) หรือ ชิป (chip) ดังนั้นในการกำหนดช่องสัญญาณที่ใช้เทคโนโลยีแบบ CDMA

จะใช้รหัสเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของแต่ละช่องสัญญาณ ทำให้ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้เทคนิคของ CDMA ทำให้เซลล์ที่อยู่ข้างเคียงสามารถใช้ความถี่ที่เหมือนกันได้ [26][27][28]

6.2 TDD

เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบ 2 ทาง ที่เกิดจากการรวมการทำงานของ TDMA และ CDMA ทั้ง uplink และ downlink จะใช้ความถี่เดียวกัน (unpaired band) โดยใช้ช่องเวลามาทำการซิงโครนัสกัน

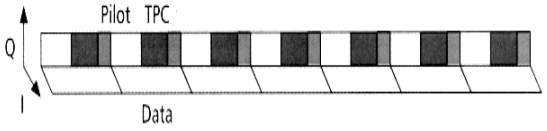
ทั้ง FDD และ TDD มีโครงสร้างของช่องสัญญาณที่เหมือนกัน สำหรับในบทความนี้จึงอ้างอิงของ FDD เป็นหลัก

6.3 FDD

เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบ 2 ทาง คือ uplink และ downlink ในการส่งข้อมูล แบบ FDD จะใช้ความถี่ 1 คู่(paired band) เนื่องจากทั้ง uplink และ downlink จะไม่ใช้ความถี่เดียวกันในการส่ง โครงสร้างของช่องสัญญาณใน FDD มีความแตกต่างกันระหว่าง uplink และ uownlink คือ

6.3.1 ช่องสัญญาณของ uplink ในระดับชั้น physical

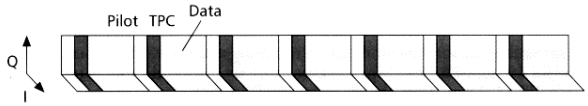
ช่องสัญญาณที่ใช้สำหรับส่งข้อมูลของผู้ใช้จะถูกส่งไปช่องสัญญาณเฉพาะของข้อมูล เรียกว่า DPDCH (Dedicated Physical Data Channel) และข้อมูลที่เกี่ยวกับการควบคุมถูกส่งไปในช่องสัญญาณเฉพาะของการควบคุม เรียกว่า DPCCH (Dedicated Physical Control Channel) ทั้ง DPDCH และ DPCCH เป็นแบบ IQ มัลติเพล็กซ์(multiplexed) คือ ใน DPDCH ข้อมูลจะส่งไปในแกน I และ DPCCH ซึ่งประกอบด้วยสัญลักษณ์ในการนำร่อง (Pilot symbols) สัญลักษณ์ในการควบคุมการส่ง (Transmitter Power Control symbols –TPC) จะถูกส่งไปในแกน Q ซึ่งแกน IQ จะมีความสัมพันธ์ทางด้านเฟส (phase) สามารถดูรูปประกอบได้ในรูปที่ 5 และมีการมอดูเลทแบบ QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) จากที่ได้เคยกล่าวไว้แล้วว่าในเทคนิคแบบ CDMA เป็นการใช้รหัสในการแสดงความแตกต่างช่องสัญญาณ ดังนั้นการส่ง DPDCH และ DPCCH ไปยังคนละช่องสัญญาณแสดงว่า ทั้ง 2 ช่องสัญญาณก็ย่อมมีรหัสที่ต่างกัน คือ DPDCH จะมีรหัสเฉพาะเรียกว่า C_D และ DPCCH ก็จะมีรหัส C_C และเมื่อจะออกจากสถานีฐานก็จะถูกเข้ารหัสอีกครั้งเป็น C_{scramb} ซึ่งเป็นรหัสเฉพาะของแต่ละสถานีเคลื่อนที่ การทำ IQ มัลติเพล็กซ์โดยใช้รหัสนี้ ทำให้ในการส่งเป็นไปอย่างต่อเนื่องซึ่งการส่งอย่างต่อเนื่องนี้เองสามารถลดปัญหาการรวมตัวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ เพราะสถานีเคลื่อนที่มีโอกาสที่จะเข้าใกล้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคได้ง่าย ละการส่งแบบต่อเนื่องยังสามารถลดความต้องการเครื่องขยายในตัวสถานีเคลื่อนที่ได้



รูปที่5แสดงโครงสร้างช่องสัญญาณใน uplink

6.3.2 ช่องสัญญาณของ downlink ในในระดับชั้น physical

ในการมัลติเพล็กซ์ ของ DPDCH และ DPCCH จะเป็นการมัลติเพล็กซ์แบบเวลา(time multiplexed) ซึ่งดูรูปประกอบได้ในรูปที่ 6 ทั้ง DPDCH และ DPCCH ถูกส่งสลับกันไปตามเวลา ทำให้ทั้ง DPDCH และ DPCCH เป็นการส่งแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งต่างจากใน uplink ในการส่งแบบใช้เวลามีข้อดีคือช่องสัญญาณควบคุมจะทำการค้นหาสถานีเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการส่งแบบไม่ต่อเนื่องนั้น มีอัตราในการเสี่ยงต่อการเกิดการรวมตัวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ใน downlink ปัญหาดังกล่าวจะมีโอกาสเกิดได้น้อยเพราะสถานีฐานแทบจะไม่มีโอกาสเข้าใกล้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิค เหมือนกับสถานีเคลื่อนที่ในการเข้ารหัสของช่องสัญญาณใน downlink จะมีการเข้ารหัสดังนี้ ทั้ง DPDCH และ DPCCH จะมีรหัสที่เหมือนกันเรียกว่า C_{CH} และเมื่อมีการส่งสัญญาณไปยังสถานีเคลื่อนที่ก็จะมีการเข้ารหัสซึ่งเป็นรหัสเฉพาะสำหรับแต่ละสถานีฐาน คือ C_{scramb} [3][22][30][31]



รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างช่องสัญญาณใน downlink

นอกจากในระดับชั้น physical ที่มีช่องสัญญาณแล้ว ในระดับชั้น logical ประกอบด้วยช่องสัญญาณอีกจำนวนหนึ่งซึ่งข้อมูลแต่ละชนิดที่จะถูกส่งไประหว่างสถานีเคลื่อนที่กับสถานีฐานจะใช้ช่องสัญญาณที่ไม่เหมือนกันขึ้นกับชนิดของข้อมูลนั้นๆ โครงสร้างของช่องสัญญาณ logical ใน WCDMA มีพื้นฐานตาม ITU-R M.1035 คือ

ก. ช่องสัญญาณ control (CCH) ประกอบด้วย

- ช่องสัญญาณ broadcast control (BCH) เป็นช่องสัญญาณที่ใช้ส่งข้อมูลที่เป็นคุณสมบัติของระบบและเซลล์
- ช่องสัญญาณ paging (PCH) ช่องสัญญาณนี้ ถูกใช้เมื่อเครือข่ายไม่ทราบว่าเซลล์ท้องถิ่นของสถานีฐาน
- ช่องสัญญาณ forward (FACH) เป็นช่องสัญญาณที่ส่งข้อมูลจากสถานีฐานไปยังสถานีเคลื่อนที่ ที่อยู่ภายในเซลล์เดียวกัน
- ช่องสัญญาณ dedicated control (DCCH) เป็นช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลในการควบคุมระหว่างเครือขายกับสถานีเคลื่อนที่

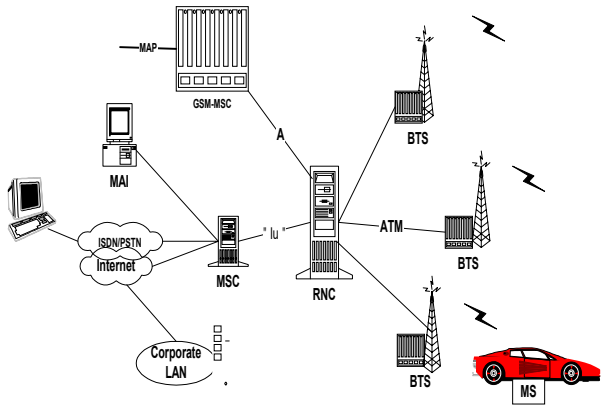
ข. ช่องสัญญาณ Traffic (TCH) ประกอบด้วย

- ช่องสัญญาณ dedicated traffic (DTCH) เป็น ช่องสัญญาณที่ส่งข้อมูลแบบจุดต่อจุดใน uplink และ downlink

- ช่องสัญญาณ user packet traffic (UPCH)

7. การพัฒนา ไปสู่ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3

การเปิดกว้างของระบบโทรศัพท์รุ่นที่ 2 ที่มีความแตกต่างกันในพื้นที่ทั่วโลก ให้สามารถพัฒนาไปสู่ ระบบที่ 3 ได้เริ่มขึ้นแล้ว อย่างเช่นในระบบ GSM 2+ ได้พัฒนาให้มีการบริการข้อมูลที่มีอัตราเร็วเพิ่มมากขึ้นได้และสามารถให้บริการทางด้านมัลติมีเดียได้บ้างแล้ว จากรูปที่ 7[6] เป็นภาพโดยรวมของระบบเครือข่าย WCDMA ซึ่งถูกออกแบบให้ใช้ใน ประเทศแถบทางยุโรปเพื่อรองรับ IMT-2000 ระบบจะประกอบด้วยชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Switching Center -MSC) อุปกรณ์ควบคุมเครือข่ายคลื่นวิทยุ (Radio Network Controller -RNC) สถานีฐาน (Base Transceiver Station –BTS) และสถานีเคลื่อนที่ (Mobile Station) เป็นเครื่องโทรศัพท์แบบ WCDMA สถานีฐานจะถูกออกแบบให้สามารถใช้ทรัพยากรส่วนต่างๆของระบบร่วมกันเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและทำให้การใช้งานมีประสิทธิภาพ จากรูปที่ 7 สถานีฐานจะถูกเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุมเครือข่ายคลื่นวิทยุ โดยใช้แพล็ตฟอร์มของ ATM (Asynchronous Transfer Mode) สำหรับใช้สื่อสารระหว่างโหนด(Node) ของเครือข่ายและภายในเครือข่ายแต่ละโหนดของ ATM ที่ใช้ใน IMT-2000 นี้จะใช้เทคโนโลยีสวิตซ์แพ็คเก็ตและ AAL2 (ATM Adaptation Layer 2) ได้ถูกพัฒนามาตรฐานขึ้นมาเพื่อรองรับการส่งของแพ็คเก็ตเสียง อุปกรณ์ควบคุมเครือข่ายคลื่นวิทยุของระบบจะทำหน้าที่ควบคุมเครือข่ายคลื่นวิทยุ เช่น การกำหนดและยกเลิกการเชื่อมต่อของช่องสัญญาณ การควบคุมกำลังส่ง (power control) การย้ายช่องสัญญาณ (handover) และฟังก์ชั่น codec ก็จะอยู่ภายในอุปกรณ์ควบคุมเครือข่ายคลื่นวิทยุ นอกจากนี้อุปกรณ์ควบคุมเครือข่ายคลื่นวิทยุ ยังมี A-interface เพื่อเชื่อมโยงไปยังชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ของเครือข่าย GSM ทำให้สามารถเชื่อมต่อช่องสัญญาณเสียงระหว่างเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ WCDMA กับระบบGSM ได้ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดใน IMT-2000 ที่ต้องการให้ระบบในรุ่นที่ 2 และรุ่นที่ 3 สามารถรวมเข้ากันได้ ส่วนชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MSC) ของระบบ มีหน้าที่หลักในการจัดตั้งการเชื่อมต่อช่องสัญญาณของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ และมี Iu-interface สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ควบคุมเครือข่ายคลื่นวิทยุและสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบใช้สายเช่น ATM LAN ISDN และโมเด็ม อีกทั้งยังสามารถรองรับการบริการสื่อสารข้อมูลแบบ packet-switching และ circuit–switching นี่เป็นระบบจำลองที่จะนำมาใช้ใน IMT-2000 และยังคงต้องนำมาพัฒนาเพื่อให้ได้ระบบที่ดีที่สุดสำหรับใช้อนาคต แต่ไม่ว่าระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 จะเป็นอย่างไรก็ตาม การเข้ากันได้ระบบที่มีอยู่ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เป็นสิ่งสำคัญ



รูปที่ 7 ระบบเครือข่ายแบบ WCDMA ที่จะนำมาใช้ใน IMT-2000

8. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอภาพโดยรวมของ IMT 2000 ในส่วนของ โครงสร้างพื้นฐาน มาตรฐาน และเทคโนโลยีที่ใช้ใน IMT-2000 การศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของ IMT-2000 เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญในการสร้างและพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ รุ่นที่ 3 เพื่อให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการได้อย่างครบถ้วนดังนั้นองค์กรจากทั่วโลกทั้ง ยุโรป จีน ญี่ปุ่น เกาหลี และอเมริกา จึงได้มีการจัดทำข้อเสนอเพื่อมารองรับในการสร้างระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นที่ 3 โดยข้อเสนอจะเน้นไปสู่การพัฒนาด้าน air interface ซึ่งส่วนใหญ่จะเลือกใช้เทคโนโลยีแบบ WCDMA เป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบโดยใช้การสื่อสารข้อมูล 2 ทาง แบบ FDD เป็นหลักทำให้ระบบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น สามารถรองรับการบริการข้อมูลแบบความเร็วสูงได้ข้อเสนอจากประเทศต่างๆถูกส่งไปยัง ITU-R เพื่อดำเนินการในการจัดทำมาตรฐานของข้อเนอเหล่านี้ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ดังนั้น ITU จึงได้จัดตั้งกลุ่ม TG8/1 เพื่อดำเนินการจัดทำมาตรฐาน และคาดว่าการดำเนินการดังกล่าว จะทำให้ระบบสามารถให้บริการได้ทั่วโลกหลังปี 2000

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Takezaki, ” The Next World: Standard for 3G Communications,” NTT DoCoMo’s IMT2000, November 1997
[2] W. Stark, ”Digital Communications Theory,” Technical paper no. 181, The University of Michigan, 2000
[3] P. Chaudhury, W.Mohr, and S.Onoe, ”The 3GPP Proposal for IMT-2000,” IEEE Communications Magazine, December 1999, pp. 72-81
[4] M. Callendar, ”IMT-2000 Standardization,” Telecom’99, 1999
[5] M. Gallagher ,W.Webb,”UMTS the next generation of mobile radio,” IEE Review, March 1999, pp.59-63
[6] P. Susampanpiboon, ” Third Generation (3G),” Internet Magazine, December1999, pp.68-75

[7] ITU Web page: http://www.itu.int/imt/1_infor/article/interview/index.html
[8] K. Etemad, "CDMA Concepts and Applications in Wireless PCS Networks," University of Maryland at College Park, October 1999
[9] R. M. Rajatheva, "Coding and Modulation Techniques for High Bit Rate Mobile Communication Systems: Third and Future Generation," The 1st Asia-Pacifi Seminar On Next Generation Mobiles Communications, January 2000
[10] P. Agrawal, D. Famolari, "Mobile Computing in Next Generation Wireless Networks," The 1st Asia-Pacific Seminar On Next Generation Mobiles Communications, January 2000
[11] P. Srisuksat, "The Migration from 2G to 3G for Thailand," The 1st Asia-Pacific Seminar On Next Generation Mobiles Communications, January 2000
[12] H. Benn, "ETSI SMG2 UTRA," ITU TG8/1 IMT-2000 Workshop, Jersey, November 1998
[13] ARIB W-CDMA, "Japan's Proposal for Candidate Radio Transmission Technology on IMT-2000: W-CDMA," ITU TG8/1 IMT-2000 Workshop, Jersey, November 1998
[14] TIA, "Evolution cdma-One to cdma 2000," ITU TG8/1 IMT-2000 Workshop, Jersey, November 1998
[15] UWC, "Evolution of TDMA to 3G," ITU TG8/1 IMT-2000 Workshop, Jersey, November 1998
[16] TTA , "Global CDMA I: Multiband Direct-Sequence CDMA System RTT Description," June 1998
[17] 3GPP Web page: http://www.3GPP.org
[18] 3GPP2 Web page: http://www.3GPP2.org
[19] M.Kijima, "Curent Status of IMT-2000 System Development," The 1st Asia-Pacific Seminar On Next Generation Mobiles Communications, January 2000.
[20] P.Weraarchakul, "CAT's cdma-ONe and the Migration towards 3G Coomunicatio Systems," The 1st Asia-Pacific Seminar On Next Generation Mobiles Communications, January 2000
[21] B.Chong, "Fujisu's Scope and Strategy for IMT-2000," The 1st Asia-Pacific Seminar On Next Generation Mobiles Communications, January 2000
[22] R.Prasad and T.Ojanpera', "An Overview of CDMA EvolutionToward Wideband CDMA," *IEEE Communications Surveys*, http://www.comsoc.org/pubs/surveys,Fourth Quarter 1998,Vol.1 No.1
[23] Qualcomm, "The Technical Case for Convergenced Third Generation Wireless Systems Based on CDMA", 1999
[24] A.Giordano and A.leverque, "Understanding Wireleless Communications ,CDMA and Next Generation Digital," Northeastern University,Octerber 1999
[25] P.Susampanpiboon, " Edge," Internet Magazine, December 1999, pp. 42-47
[26] T.Paugma, "Cellular Mobile Telephone System",1998
[27] H.Masaki, "IMT-2000 TDD Mode System," The 1st Asia-Pacific Seminar On Next Generation Mobiles Communications, January 2000
[28] Hewlett packard, "CDMA Overview & Testing," September 1999
[29] L.Harte, CDMA IS-95 for Cellular amd PCS, MCGraw-Hill Telecommunations,1999
[30] ARIB,"Specifications of Air-Interface for 3G Mobile System Ver.1.0," December 1997
[31] S.Barberis and E.Berruto," A CDMA-based radio into face for third Generation Mobile Systems," Mobile Networks and Applications, 1999, pp.19-29
[32] J.Eldstahl and A.Nasman, "WCDMA Evalition system-Evaluating the radio access technology of third-generation systems," Ericson Review, No.2,1999
[33] U.Black, "Mobile and Wireless Networks," Prentice Hall PTR,1996

คำย่อ

3GPP	The third Generation Partner Project
AAL	Asynchronous Transfer Mode Adaptation Layer
ARIB	Association of Radio Industry and Business
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BCCH	Broadcast Control Channel
BTS	Base Transceiver Station
CCH	Control Channels
CDMA	Code Division Multiple Access
D-AMPS	Digital-Advanced Mobile PhoneSystems
DCCH	Dedicated Control Channel
DPCCH	Dedicated Physical Control Channel
DPDCH	Dedicated Physical Data Channel
EDGE	Enhanced Data rate for Global Evolution
ETSI SMG	European Telecommunications Standards Institute Special Mobile Group
FACH	Forward Access Channel
FDD	Frequency Division Duplex
FMA	Future Radio Wideband Multiple Access System Multiple Access
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunication Systems
FRAMES	Future Radio Wideband Multiple Access System
GSM	Global System for Mobile communication
IMT-2000	International Mobile Telecommunications - 2000
IS-95	Interim Standard-95
ISDN	Integrated Service Digital Network
ITU-R	International Telecommunications Union - Radio communication Standardization Sector

LAN	Local Area Network
MSC	Mobile Switching Center
NA:WCDMA	North American:Wideband Code Division Multiple Access
OHG	Operator Harmonization Group
PCH	Paging Channel
PDC	Personal Digital Cellular Standard
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RITT	Research Institute of Telecommunications Transmission
RNC	Radio Network Controller
T1P1	Telecommunications Planning Group
TCH	Traffic Channels
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TD-SCDMA	Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access
TIA	Telecommunications Industry Association
TPC	Transmitter Power Control
TIA	Telecommunications Industry Association
TPC	Transmitter Power Control
TTA	Telecommunications Technologies Association
TTC	Telecommunication Technology Committee
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UPCH	User Packet Traffic Channel
UTRA	Universal Mobile Telecommunications System Terrestrial Radio Access
UWC-136	Universal Wireless Communications-136
WARC	World Administrative Radio Conference
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WIMS	Wireless Multimedia and Messaging Services
WLL	Wireless Local Loop

Biographies

Dr. Sinchai KAMOLPHIWONG received the B.Sc.(EE) and M.E.(EE) degrees in Electrical Engineering from Prince of Songkla University (PSU), Thailand, in 1984 and 1988 respectively. In 1999, he received the Ph.D. (EE) degree from the University of NSW, Australia.

He was with the Department of Electrical Engineering, PSU, Thailand in 1984 where he tough in microprocessors and system designs. In 1992, he was with the Department of Computer Engineering at the same university where he involved in PABX and system control development projects. He is now an Assistant Professor in the Department of Computer Engineering, PSU. Thailand. He is a team leader of IP telephony development project. He is a research member of 3rd Generation Mobile Phone (IMT-2000) project. His main interest research areas are: flow control in ATM networks, IP networks and packet telephony, high speed networks, computer network protocols, network embedded systems, mobile networks, modelling and simulation in computer networks. He is a member of IEEE, ACM, ComSoc, and Computer.

มัลลิกา อุณหวิวรรธน์ สำเร็จการศึกษาจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาโทรคมนาคม ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2542. เป็นผู้ช่วยวิจัยโครงการพัฒนาโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 ปัจจุบันกำลังศึกษาปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ และวิศวกรรมไฟฟ้า คณะสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ งานวิจัยที่สนใจ การเข้าถึงข้อมูลโดยการเข้ารหัส ระบบโครงข่ายเคลื่อนที่ไร้สาย

สุธน แซ่หว่อง วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปี พ.ศ. 2542 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เป็นผู้ช่วยวิจัยโครงการพัฒนาโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 และเป็นผู้วิจัยหลักในโครงการพัฒนาระบบไอพีเทเลโฟนนี่ งานวิจัยที่สนใจ: ไอพีเทเลโฟนนี่ เครือข่ายพหุสื่อ การส่งข้อมูลแบบทันเวลาจริง