

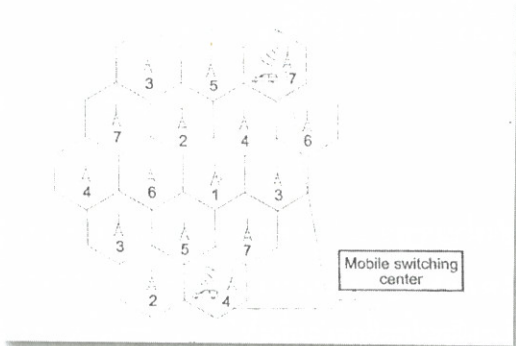
พื้นฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

*กิตติศักดิ์ ลำดี

เมื่อกล่าวถึงระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเซลลูลาร์ (Cellular Telephone System) ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบันนี้ ก็เนื่องมาจากลักษณะการใช้งานที่มีความคล่องตัวและมีบริการที่หลากหลาย ผู้ใช้สามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่โทรติดต่อกับได้ขณะที่มีการเคลื่อนที่ภายในบริเวณที่บริษัทผู้ให้บริการ (Operators) ได้วางโครงข่ายรองรับไว้เรียบร้อยแล้ว อย่างที่ทราบกันดีว่าการเชื่อมโยงระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นแบบไร้สายหรือติดต่อกันทางอากาศ ในส่วนของโครงข่ายที่ใช้เชื่อมโยงสัญญาณกับโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกว่าสถานีฐาน จะต้องมีการกระจายทั่วบริเวณพื้นที่ให้บริการ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ย่อย แต่ละพื้นที่ย่อยเรียกว่า เซลล์ (Cell) ปกติในแต่ละเซลล์จะมีสถานีฐานอยู่ 1 สถานี ทำหน้าที่รับผิดชอบการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และโครงข่ายในบริเวณพื้นที่ของเซลล์นั้น เมื่อมีการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แล้ว สัญญาณและข้อมูลต่างก็จะถูก

ส่งผ่านชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Switching Center) ซึ่งอยู่ในโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อให้มีการเชื่อมโยงช่องสัญญาณระหว่างต้นทางและปลายทาง อนึ่ง การเชื่อมโยงระหว่างต้นทางและปลายทางนี้อาจเป็นการเชื่อมโยงกับระบบโทรศัพท์พื้นฐานที่ใช้กันอยู่ตามบ้านและสำนักงานทั่วไป หรือเชื่อมโยงกับบริษัทผู้ให้บริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่รายอื่น ๆ ก็ได้ ทั้งนี้สัญญาณและข้อมูลของระบบหนึ่งจะมีการเชื่อมโยงกับอีกระบบหนึ่งผ่านทางชุมสายโทรศัพท์ของทั้งสองระบบนั้น ถ้าผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่มี การเคลื่อนที่จากบริเวณเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่ายก็ต้องมีการเปลี่ยนจากสถานีฐานหนึ่งไปสู่อีกสถานีฐานหนึ่งที่ได้รับผิดชอบบริเวณพื้นที่ใหม่ที่โทรศัพท์เคลื่อนที่เคลื่อนที่เข้าไป กระบวนการนี้เรียกว่า การแฮนด์ออฟ (Handoff) หรือ การแฮนด์โอเวอร์ (Handover) (Wesolowski, 2002 : 134) ในลักษณะนี้เองที่ผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่

สามารถใช้ได้ทั่วบริเวณที่ผู้ให้บริการมีการวางโครงข่ายไว้แล้วนั่นเอง



รูปที่ 1 การแบ่งพื้นที่ที่รองรับบริการเป็นแบบเซลล์

ในแต่ละเซลล์ขนาดของพื้นที่อาจไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่และขนาดกำลังส่งสัญญาณของสถานีฐาน ในแต่ละสถานีฐานจะมีการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณที่รองรับการให้บริการไว้ ซึ่งอาจมีไม่เท่ากันได้ ขึ้นอยู่กับว่าในบริเวณพื้นที่นั้นมีปริมาณการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่มากน้อยเท่าไร โดยเราสามารถนำมาคำนวณเป็นปริมาณทราฟฟิก (Traffic) ได้โดยมีหน่วยเป็นเออร์แลง (Erlang)

ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ในบริเวณเซลล์หนึ่งที่ต้องการโทรออกในขณะที่ช่องสัญญาณของสถานีฐานที่รับผิดชอบเซลล์นั้นถูกใช้เต็มหมด ก็จะทำให้โทรออกไม่ได้ ต้องรอนจนกว่าจะมีช่องสัญญาณว่าง และนี่เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่บางครั้งเราไม่สามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่โทรออกได้ หรือเมื่อเราใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่โทรอยู่ขณะที่กำลังเคลื่อนที่

และมีการแฮนด์ออฟเกิดขึ้นโดยระบบแล้ว สัญญาณขาดหายไป ไม่สามารถติดต่อได้ ก็อาจมีสาเหตุมาจากช่องสัญญาณของสถานีฐานในเซลล์ใหม่ที่เรากำลังเคลื่อนที่เข้าไปถูกใช้จนเต็มแล้วนั่นเอง

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน เป็นการเชื่อมโยงทางอากาศ ซึ่งต้องมีความกว้างแถบ (Bandwidth) ที่กำหนดเพื่อใช้สำหรับเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างกัน โดยสัญญาณที่รับ-ส่งกันจะถูกนำไปฝากไว้หรือถูกกล้ำสัญญาณ (ทางเทคนิคเรียกว่าการมอดูเลต) กับคลื่นพาหะ (Carrier wave) ในแต่ละระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีจำนวนของคลื่นพาหะอยู่จำนวนหนึ่ง โดยคลื่นพาหะแต่ละคลื่น ก็จะมีค่าไม่เท่ากัน และจะต้องอยู่ในช่วง ความถี่ที่กำหนดไว้ เราเรียกว่าช่องสัญญาณความถี่ (Frequency channel) ดังนั้นช่องสัญญาณที่ให้บริการต่าง ๆ สำหรับรับ-ส่งข้อมูล ก็ต้องถูกฝากไปกับคลื่นพาหะ แถบความถี่ที่ใช้ส่งสัญญาณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ไปยังสถานีฐานเรียกว่า แถบความถี่สำหรับการเชื่อมโยงขาขึ้น (Uplink frequency band) ส่วนแถบความถี่ที่ใช้ส่งสัญญาณจากสถานีฐานไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่เรียกว่า ช่วงความถี่สำหรับการเชื่อมโยงขาลง (Down link frequency band) ดังนั้นการเชื่อมโยงของสัญญาณรับ-ส่งที่เป็นช่องสัญญาณเดียวกัน ก็ต้องใช้คลื่นพาหะหรือช่องสัญญาณความถี่ที่เป็นคู่กันสำหรับการเชื่อมโยงขาขึ้นและ

การเชื่อมโยงขาลงเสมอ เรียกว่า Frequency Division Duplex (FDD) (Wesolowski, 2002 : 58)

เมื่อจำนวนคลื่นพาหะหรือช่องสัญญาณ ความถี่ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีจำนวน จำกัด จำนวนช่องสัญญาณก็ต้องมีค่าจำกัด ด้วย ดังนั้นต้องมีการจัดสรรช่องสัญญาณ ให้แต่ละสถานีฐาน ถามว่าจะทำให้การ ขยายโครงข่ายของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มี พื้นที่ที่จำกัดด้วยหรือไม่ คำตอบคือไม่ใช่ เพราะมีเทคนิคการนำความถี่กลับมาใช้ใหม่ (Frequency reuse) คือจะใช้ช่องสัญญาณ ความถี่ที่มีความถี่เดียวกัน ณ สถานีฐานอื่นอีก แต่มีข้อจำกัดตรงที่จะต้องมีการจัดสรรช่อง สัญญาณและการออกแบบโครงข่ายเพื่อไม่ให้ สถานีฐานต่าง ๆ ที่ใช้ช่องสัญญาณความถี่ที่ มีความถี่ซ้ำกันอยู่ใกล้กันจนทำให้เกิดการ รบกวนกันของสัญญาณได้ (Interference) ดังนั้นเราต้องออกแบบให้สถานีฐานที่ใช้ ความถี่ซ้ำอยู่ห่างจากสถานีฐานที่ใช้ความถี่ เดียวกันเป็นระยะทางและทิศทางที่ไม่ให้มีการรบกวนกันของสัญญาณ และจากเทคนิค การนำความถี่กลับมาใช้ใหม่นี้จึงทำให้บริษัท ผู้ให้บริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถ ขยายพื้นที่โครงข่ายเพื่อรองรับบริการได้ไม่ จำกัด ส่วนการรบกวนที่เกิดจากช่องสัญญาณ ที่ใช้ความถี่เดียวกันนี้เรียกว่า Co-channel Interference (Lee, 1995 : 189-194) ซึ่งได้ กล่าวไปแล้ว การรบกวนของสัญญาณอีก ประเภทหนึ่งซึ่งเกิดจากช่องสัญญาณที่ใช้

ความถี่ใกล้เคียงกัน ก็ทำให้เกิดปัญหา Adjacent Channel Interference ดังนั้น การจัดสรรช่องสัญญาณให้กับสถานีฐานจะ ต้องคำนึงถึงปัญหานี้ด้วย

นอกจากนี้ยังมีเทคนิคต่าง ๆ ที่ สามารถลดการรบกวนของสัญญาณและเพิ่ม ประสิทธิภาพของโครงข่าย ซึ่งทำให้ระบบ สามารถรองรับผู้รับบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ ให้เพิ่มมากขึ้น เช่น การแบ่งเซลล์ออกเป็น ส่วน (sector) การลดขนาดเซลล์ทำให้เซลล์มี พื้นที่รับผิดชอบการเชื่อมโยงน้อยลง ทำให้มี จำนวน เซลล์เพิ่มมากขึ้น และการควบคุม กำลังส่งทั้งของโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีฐาน เป็นต้น

ที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นแนวคิดเบื้องต้น ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งมีอยู่หลาย ระบบ และเพื่อให้ทราบถึงวิวัฒนาการของการ พัฒนาระบบ เราจะพิจารณาระบบโทรศัพท์ เคลื่อนที่ต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็นสี่ยุค ดังนี้

1. โทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่หนึ่ง (First generation cellular telephone) หรือ โทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคแอนะล็อก เพราะใช้ ระบบส่งช่องสัญญาณข้อมูล (ซึ่งเกือบทั้งหมด เป็นเสียง) เป็นแบบแอนะล็อก โดยเริ่มมีการ ใช้กันเมื่อประมาณช่วงปี พ.ศ. 2525 ซึ่งมีอยู่ ด้วยกันหลายระบบ เช่น Advanced Mobile Phone System (AMPS) พัฒนาจากประเทศ อเมริกา Nordic Mobile Telephone (NMT) system พัฒนาจากประเทศแถบสแกนดิเนเวีย

Total Access Communication System (TACS) พัฒนาจากประเทศอังกฤษ C-NETZ พัฒนาจากประเทศเยอรมัน และ Radiocomm 2000 พัฒนาจากประเทศฝรั่งเศส (Wesolowski, 2002 : 157-174. Korhonen, 2001 : 1-2) ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคที่หนึ่งนี้จะมีลักษณะการทำงานของระบบใกล้เคียงกัน แต่จะแตกต่างกันที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่หนึ่ง มีการเชื่อมต่อของสัญญาณเป็นแบบ FDMA/FDD (Frequency Division Multiple Access/ Frequency Division Duplex) คือ ในหนึ่งความถี่จะมีช่องสัญญาณให้บริการได้เพียง 1 ช่องสัญญาณและมีการแบ่งแถบความถี่สำหรับการเชื่อมโยงขาขึ้นและแถบความถี่สำหรับการเชื่อมโยงขาลง ตารางที่ 1 แสดงค่า

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์พื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ AMPS และ NMT

ค่าพารามิเตอร์ของระบบ (System parameters)	AMPS	NMT 450	NMT 900
แถบความถี่ด้านส่ง (Transmission frequency) (MHz)			
- สถานีฐาน (Base Station)	869-894	463-467.5	935-960
- เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station)	824-849	453-457.5	890-915
ความห่างของแถบความถี่ด้านส่งและด้านรับ (Frequency separation between transmitter and receiver) (MHz)	45	10	45
ช่วงห่างของช่องสัญญาณ (Spacing between channels) (kHz)	30	25	25
จำนวนช่องสัญญาณ (Number of channels)	832	180	1000
รัศมีครอบคลุมพื้นที่ของแต่ละสถานีฐาน (Base station coverage radius) (km)	2-25	1.8-40	2-20
การกล้ำสัญญาณเสียง (Modulation of audio signal)	FM	FM	FM
- ความถี่เบี่ยงเบน (Frequency deviation) (kHz)	± 12	± 5	± 5

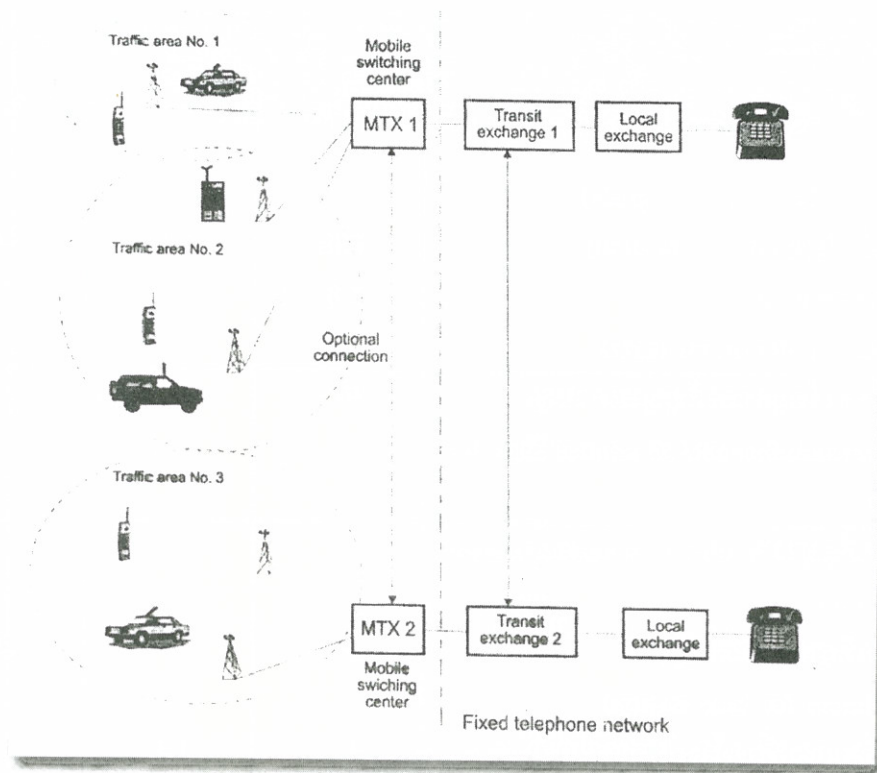
ตารางที่ 1 (ต่อ)

ค่าพารามิเตอร์ของระบบ (System parameters)	AMPS	NMT 450	NMT 900
สัญญาณควบคุม (Control signals)			
- การกล้ำสัญญาณ (Modulation)	FSK	MSK	MSK
- ความถี่เบี่ยงเบน (Frequency deviation) (kHz)	± 8	± 3.5	± 3.5
อัตราการส่งข้อมูลของสัญญาณควบคุม (Data transmission rate of control Signals) (Kbit/s)	10	1.2	1.2
กำลังส่งสัญญาณขาออก (Transmitter output power) (W)			
- ค่ามากที่สุดของสถานีฐาน (Maximum for base station)	100	50	25
- ค่าเฉลี่ยของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Medium for mobile station)	3	1.5	1

พารามิเตอร์พื้นฐานที่แตกต่างกันของระบบ โทรศัพท์เคลื่อนที่ 2 ระบบ ได้แก่ระบบ AMPS และ NMT จากตารางที่ 1 ระบบ NMT มี 2 ระบบ คือ NMT 450 และ NMT

900 ซึ่งทั้งสองระบบนี้แตกต่างกันในแถบความถี่ที่ใช้งานนั่นคือ ระบบ NMT 450 ใช้งานที่แถบความถี่ 450 MHz และระบบ NMT 900 ใช้งานที่แถบความถี่ 900 MHz

ตัวอย่างสถาปัตยกรรมของระบบ NMT แสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปสถาปัตยกรรมระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ NMT

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ NMT ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

- เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station, MS)
- หุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Telephone Exchange, MTX หรือ Mobile Switching Center, MSC) เป็นหุมสายสวิตชิงแบบดิจิทัล ทำหน้าที่เป็นส่วนควบคุมหลักของระบบ และเป็นส่วนเชื่อมโยงโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่กับระบบโทรศัพท์พื้นฐานที่ใช้กันอยู่ตามบ้าน

และสำนักงานทั่วไป (Fixed telephone network)

- สถานีฐาน (Base Station, BS) เป็นส่วนเชื่อมโยงโครงข่ายกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ สำหรับส่วนของระบบส่งสัญญาณระหว่างสถานีฐานและหุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่อาจใช้การเชื่อมโยงโดยใช้ระบบส่งสัญญาณทางสายส่งหรือทางวิทยุก็ได้ นอกจากนี้ สถานีฐานยังทำหน้าที่จัดการการใช้งานของช่องสัญญาณที่ได้รับการจัดสรรในแต่ละสถานีฐาน

จากรูปที่ 2 พื้นที่การให้บริการที่ถูกครอบคลุม หรือรับผิดชอบโดยสถานีฐานหลาย ๆ สถานี เรียกว่าพื้นที่ทราฟฟิก (Traffic Area) ซึ่งสถานีฐานดังกล่าวเชื่อมโยงกับชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่อาจมีชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่มากกว่าหนึ่งชุมสายก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ให้บริการและปริมาณทราฟฟิกที่จะรองรับ ซึ่งก็จะมีระบบส่งสัญญาณระหว่างชุมสายเพื่อให้มีการเชื่อมโยงถึงกัน นอกจากนี้ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีการเชื่อมโยงกับชุมสายโทรศัพท์พื้นฐานด้วย

2. ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่สอง (Second generation cellular telephone) หรือระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคดิจิทัล เป็นระบบส่งสัญญาณทางวิทยุแบบดิจิทัล ซึ่งเป็นการเปลี่ยนยุคจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบแอนะล็อกสู่ดิจิทัล มีผลทำให้ระบบสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น ยกตัวอย่าง ในหนึ่งช่องสัญญาณความถี่จากเดิมที่สามารถรองรับผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้หนึ่งคน เปลี่ยนเป็นสามารถรองรับผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้หลายคน ซึ่งแล้วแต่จะใช้เทคนิคการแบ่งทางเวลาหรือการแบ่งทางรหัสสัญญาณ นอกจากนี้โครงสร้างของเซลล์ก็มีการพัฒนาให้มีทั้งเซลล์ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและขนาดเล็ก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สามารถรองรับผู้ใช้บริการได้มากขึ้น

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่สอง มีอยู่ 4 มาตรฐาน (Korhonen, 2001 : 3-9) คือ

1. Global System for Mobile (GSM) Communications เป็นมาตรฐานทางกลุ่มประเทศยุโรป
2. Digital AMPS (D-AMPS) หรือ US-TDMA เป็นมาตรฐานทางประเทศอเมริกา
3. Code-Division Multiple access (CDMA) หรือเรียกว่ามาตรฐาน IS-95 ที่ถูกพัฒนาโดยบริษัท Qualcomm ประเทศอเมริกา
4. Personal Digital Cellular (PDC) เป็นมาตรฐานทางประเทศญี่ปุ่น

จากทั้ง 4 มาตรฐานนี้ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ได้มีการเปิดให้บริการมากที่สุดในโลก โดยรายละเอียดของระบบ GSM ดังต่อไปนี้

ในราวปี ค.ศ. 1982 คำว่า GSM เป็นชื่อย่อมาจากคำว่า Group Special Mobile ซึ่งเป็นกลุ่มวิจัยที่เกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของประเทศในยุโรปหลายประเทศเพื่อศึกษาพัฒนาและสร้างมาตรฐานใหม่ขึ้นมาให้ใช้เป็นมาตรฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ร่วมกันของประเทศในยุโรป แทนที่มาตรฐานเดิมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่หนึ่ง ซึ่งมีอยู่หลายมาตรฐานในยุโรป ภายใต้การดูแลและสนับสนุนจาก CEPT (the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) โดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อพัฒนาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบใหม่ที่สามารถรองรับความต้องการการใช้งานของ

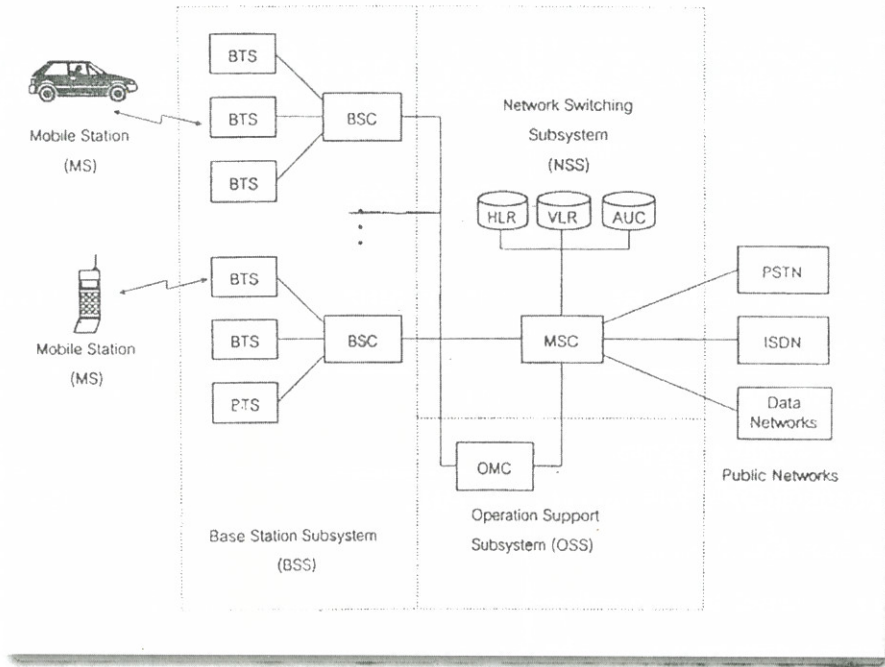
ผู้ให้บริการ ได้มากขึ้น และที่สำคัญคือต้องสามารถอนุญาต ให้ผู้ใช้โทรศัพท์มือถือระในการติดต่อสื่อสารจาก ณ สถานที่ใด ๆ ก็ได้ (roaming) ภายในพื้นที่ ของกลุ่มประเทศในยุโรป เหตุผลที่กลุ่มผู้วิจัยของ GSM ได้เลือกใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับการพัฒนาระบบ GSM ก็เพราะระบบดิจิทัลมีข้อดีกว่าระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบแอนะล็อกหลายประการดังนี้

- 1) ระบบดิจิทัลสามารถใช้ประโยชน์จากแถบความถี่ที่มีอยู่จำกัดได้ดีกว่าระบบแอนะล็อกเพราะสามารถรับส่งสัญญาณได้จำนวนช่องมากกว่า และให้คุณภาพของสัญญาณที่ดีกว่า
- 2) สัญญาณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัลยังสามารถนำมาติดต่อกับระบบโทรศัพท์ที่มีการใช้งานตามบ้านปกติทั่วไป (Public Switched Telephone Network, PSTN) ได้โดยตรง เพราะในช่วงเวลานั้น หุมสายของระบบโทรศัพท์ PSTN เหล่านี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากคือ เปลี่ยนจากการใช้สัญญาณแอนะล็อกมาเป็นดิจิทัล
- 3) เหตุผลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ในระบบดิจิทัลเราสามารถสร้างระบบป้องกันสัญญาณจากการดักรับ และการแอบใช้บริการจากผู้ที่มีได้เป็นสมาชิกได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าระบบแอนะล็อก

ด้วยเหตุนี้เองระบบ GSM จึงได้ออกแบบเป็นระบบดิจิทัล โดยเริ่มนำมาใช้งานจริงครั้งแรกในราวปี พ.ศ. 2534 และในปัจจุบันระบบ GSM นี้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายกว่า 120 ประเทศทั่วโลก ซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย จากปริมาณความต้องการใช้งานที่มีมาก ทำให้มีการนำเอามาตรฐาน GSM ที่ใช้งานช่วงความถี่ย่าน 900 MHz ไปใช้ ในความถี่ย่าน 1,800 MHz และมีการเรียกระบบดังกล่าวว่า Digital Cellular System 1800 (DCS 1800) หรือบางครั้งเรียกว่า Personal Communications Networks (PCN) นอกจากนี้ยังมีการนำเอามาตรฐาน GSM ไปใช้งานที่ย่านความถี่อื่นๆ อีก ได้แก่ ย่านความถี่ 1900 MHz เรียกระบบ DCS 1900 หรือ GSM-1900 ย่านความถี่ 800 MHz เรียกว่าระบบ GSM-800 และย่านความถี่ 400 MHz เรียกระบบ GSM-400 เป็นต้น ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์พื้นฐานที่แตกต่างกันระหว่างระบบ GSM 900 และระบบ DCS 1800

ตารางที่ 2 แสดงค่าพารามิเตอร์พื้นฐานที่แตกต่างกันระหว่างระบบ GSM 900 และระบบ DCS 1800

คุณลักษณะ (Feature)	GSM 900	DCS 1800
ความกว้างแถบ (Frequency range)		
การเชื่อมโยงขาขึ้น (Uplink) (MS → BTS)	890-915 MHz	1710-1785 MHz
การเชื่อมโยงขาลง (Downlink) (BTS → MS)	935-960 MHz	1805-1880 MHz
จำนวนช่องสัญญาณ (Number of duplex channels)	124	374
ช่วงห่างทางความถี่ระหว่างความถี่ของ การเชื่อมโยงขาขึ้นและขาลง (Frequency interval between uplink and downlink frequencies)	45 MHz	95 MHz
กำลังส่งสูงสุดของสถานีฐาน (Maximum BTS power)	320 W (55 dBm)	20 W (43 dBm)
กำลังส่งสูงสุดของเครื่องโทรศัพท์ เคลื่อนที่ (Maximum MS power)	8 W (39 dBm)	1 W (30 dBm)
กำลังส่งต่ำสุดของเครื่องโทรศัพท์ เคลื่อนที่ (Minimum MS power)	0.02 W (13 dBm)	0.0025 W (4 dBm)
คลาสของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS classes)	20 W (not implemented) 8 W (car/transportable phone) 5 W (car/transportable phone) 2 W (handheld) 0.8 W (handheld)	1 W (handheld) 0.25W (handheld)
ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่ (Maximum vehicle speed)	250 km/h	130 km/h



รูปที่ 3 โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ GSM

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ GSM ประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้คือ เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station, MS) ส่วนสถานีฐาน (Base Station Subsystem, BSS) โครงข่ายและชุมสาย (Network Switching Subsystem, NSS) และส่วนปฏิบัติการ (Operation Support Subsystem, OSS) แต่ละส่วนมีลักษณะการเชื่อมต่อ แสดงในรูปที่ 3

- เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station, MS) ประกอบด้วย ตัวเครื่องโทรศัพท์มือถือ (Mobile Equipment, ME) และการ์ดข้อมูลของผู้ใช้ (Subscriber Identity Module, SIM) ซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ ของ

ผู้เข้าโทรศัพท์มือถือจะสามารถทำงานได้นั้น SIM จะต้องสอดอยู่ใน ME ซึ่ง SIM สามารถใช้กับ ME เครื่องใดก็ได้ ข้อมูลต่าง ๆ ที่ระบุผู้เข้าและใช้ทำการเรียกจะอยู่ภายใน SIM

- ส่วนสถานีฐาน (Base Station Subsystem, BSS) ประกอบด้วย

- 1) สถานีฐาน (Base Transceiver Station, BTS) เป็นส่วนที่ระบบโครงข่ายต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ทางอากาศ (Radio interface)
- 2) ตัวควบคุมสถานีฐาน (Base Station Controller, BSC) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุม BTS จำนวนหนึ่ง

- โครงข่ายและชุมสาย (Network Switching Subsystem, NSS) ประกอบด้วย

- 1) ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Switching Center, MSC) ทำหน้าที่ควบคุม BSC และระบบ GSM ทั้งหมด สำหรับ MSC ที่มีหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (Interworking Function, IWF) ใช้สำหรับการติดต่อกับระบบอื่น เช่น PSTN และ ISDN เรียกว่า Gateway MSC หรือ GMSC
- 2) ฐานข้อมูลหลัก (Home Location Register, HLR) เป็นส่วนเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ รวมทั้งตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย ส่วนประกอบย่อยของ HLR คือ อุปกรณ์จัดการที่เกี่ยวกับความปลอดภัยของข้อมูล (Authentication Center, AUC) ซึ่งเป็นส่วนเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบโทรศัพท์เคลื่อนที่ว่าอยู่ในระบบหรือไม่และอุปกรณ์ตรวจสอบการลงทะเบียนการใช้งานของ ME (Equipment Identity Register, EIR) ซึ่งเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลของ ME
- 3) ฐานข้อมูลสำหรับตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Visitor Location Register, VLR) เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่ปัจจุบันและมีรายละเอียดของ

ตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่มากกว่า HLR

- ส่วนปฏิบัติการ (Operation Support Subsystem, OSS) แบ่งออกเป็น

- 1) ฝ่ายปฏิบัติงานและดูแลระบบ (Network operation and maintenance functions)
- 2) ฝ่ายดูแลการขอเปิดใช้บริการรวมทั้งการคิดค่าบริการ (Subscription management, Charging, Billing)
- 3) ฝ่ายจัดการลงทะเบียนของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile equipment management)

การรับส่งคลื่นสัญญาณวิทยุในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ GSM ได้มีการกำหนดความถี่แถบสำหรับการใช้งานไว้ทั้งหมด 50 MHz ในแถบความถี่ขาขึ้น (Uplink) คือ 890-915 MHz และแถบความถี่ขาลง (Downlink) คือ 935-960 MHz ความถี่ขาขึ้นและขาลงอยู่ห่างกัน 45 MHz ภายในความถี่แถบขนาด 25 MHz ของการส่งข้อมูลสำหรับการเชื่อมโยงขาขึ้นและการเชื่อมโยงขาลง สำหรับแต่ละช่องสัญญาณ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ได้แบ่งจำนวนคลื่นพาหะหรือจำนวนช่องสัญญาณความถี่ไว้ทั้งหมด 124 ช่อง โดยแต่ละช่องมีความถี่ห่างกัน 200 kHz ลักษณะการแบ่งช่องสัญญาณแบบนี้มีชื่อเรียกว่า Frequency Division Multiple Access (FDMA) และในแต่ละช่องสัญญาณความถี่ใช้ช่องสัญญาณได้ทั้งหมด 8 ช่องสัญญาณ โดยแบ่ง

ทางเวลาหรือเรียกว่า Time Division Multiple Access (TDMA) ดังนั้นจะเห็นว่า GSM อาศัยทั้งวิธี FDMA และ TDMA (ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ CDMA ไม่ได้ใช้เทคนิค TDMA แต่ใช้เทคนิคในการเข้ารหัสสัญญาณเพื่อให้แต่ละช่องสัญญาณไม่รบกวนกันในขณะที่มีการรับ-ส่ง สัญญาณที่แถบความถี่เดียวกัน)

ดังนั้นการเชื่อมต่อของช่องสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ GSM เป็นแบบ TDMA/FDD (Time Division Multiple Access/Frequency Division Duplex) คือ ในหนึ่งช่องสัญญาณความถี่จะมีช่องสัญญาณได้ 8 ช่องสัญญาณ และมีการแบ่งช่วงความถี่สำหรับการเชื่อมโยงขาขึ้นและช่วงความถี่สำหรับการเชื่อมโยงขาลง

บริการเสริมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ที่ได้รับความนิยม คือบริการรับส่งข้อความ (Short Message Service, SMS)

ส่วนของการให้บริการรับ-ส่งข้อมูล (data) ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 1 มีอัตราการส่งมากที่สุด 1200 bit/s สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM มีอัตราการส่งข้อมูลได้ถึง 9,600 bit/s และในกรณีพิเศษสามารถมีอัตราการส่งถึง 14.4 kb/s ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้สูงขึ้น เนื่องจากในอนาคตมีแนวโน้มว่าปริมาณการรับ-ส่งข้อมูลจะมีจำนวนมาก เนื่องจาก มีบริการใหม่ ๆ ที่ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถเปิดให้บริการได้ เช่น บริการอินเทอร์เน็ต อีเมล สื่อประสมต่าง ๆ จึงมีการพัฒนาระบบ GPRS (General Packet Radio Services) ซึ่งในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM เรียกว่าระบบโทรศัพท์ยุค 2.5G



Bibliograpy

- Korhonen, Juha. (2001). **Introduction to 3G mobile communications**. Norwood [MA] : Artechhouse.
- Lee, William C.Y. (1995). **Mobile Cellular Telecommunications : analog and digital systems**. (2nd ed.) New York [NY] : McGraw-Hill.
- Wesolowski, Krzysztof. (2002). **Mobile communication Systems**. New York [NY] : J Wiley.