บทที่ 2

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลลูลาร์ GSM

2.1 กล่าวนำ

ระบบเซลลูลาร์แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบดิจิตอลได้แก่ GSM (Global System for Mobile Communications), NA-TDMA (North American – Time Division Multiple Access), CDMA (Code Division Multiple Access) และ 1800-DCS (1800 - Digital Cellular System) ได้พัฒนาควบคู่ไปกับระบบโทรศัพท์แบบไร้สาย (Cordless Phone Systems) ซึ่งได้แก่ DECT และ CT-2 ด้วยเหตุผลที่ระบบเซลลูลาร์แบบที่ 2 คือ แบบแอนะลอก มีข้อจำกัดในการใช้ความถี่ FDMA (Frequency - Division Multiple Access) โดยระบบเซลลูลาร์แบบดิจิตอลสามารถใช้ ทั้ง FDMA, TDMA (Time - Division Multiple Access) และ CDMA (Code - Division Multiple Access)

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการจำลองแบบโดยอ้างอิงกับระบบ GSM (Global System for Mobile) ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบและการทำงานโดยรวมของระบบ โดยจะเน้นเฉพาะรายละเอียดในส่วนที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เท่านั้น

กลุ่มในยุโรปได้พัฒนาโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM โดยใช้ ระบบ TDMA ในปี 1982 เพื่อ

1. roaming ในกลุ่มยุโรป : แต่ละประเทศสามารถใช้โครงข่ายในประเทศอื่นได้
2. เชื่อมต่อกับระบบ ISDN ได้

2.2 โครงสร้างและการทำงานของระบบ GSM

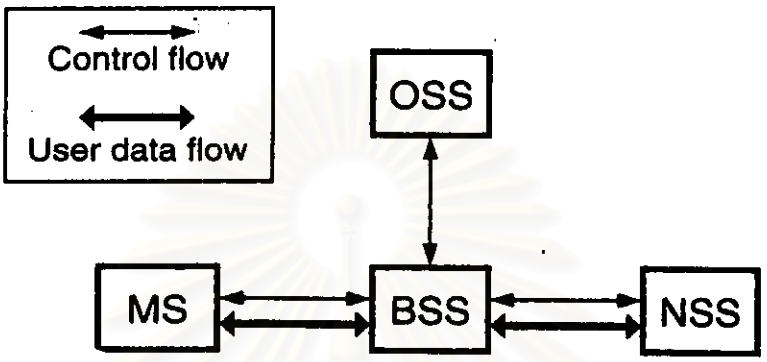
GSM ประกอบไปด้วยระบบย่อย (Subsystem) หลายระบบ เช่น

1. โทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS : Mobile Station)
2. ส่วนสถานีฐาน (BSS : Base Station Subsystem)
3. โครงข่ายและชุมสาย (NSS : Network and Switching Subsystem)
4. ส่วนปฏิบัติการ (OSS : Operation Subsystem)

ดังแสดงในรูปที่ 2.1

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบภายนอกที่ติดต่อกับ BSS

2.2.1 โทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS)

MS อาจเป็นอุปกรณ์ stand-alone (อยู่ตัวเดียวได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์อย่างอื่น) เพื่อใช้บริการหรือสนับสนุนการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกระบบ เช่น เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องรับส่งแฟกซ์

MS ประกอบไปด้วยตัวเครื่องโทรศัพท์ (ME : Mobile Equipment) และการ์ดข้อมูลของผู้ใช้ (SIM : Subscriber Identity Module) ME สามารถแลกเปลี่ยนกันใช้ได้ ส่วน SIM จะบันทึกข้อมูลของผู้ใช้ เมื่อสอด SIM เข้าไปกับ ME MS ก็จะเป็นของผู้ใช้ที่มีข้อมูลใน SIM ME ไม่ได้เกี่ยวข้องกับหมายเลขเครื่องเลยเพียงแต่เชื่อมต่อกับ SIM ดังนั้น ME สามารถถูกใช้โดยผู้ใช้คนไหนก็ได้

2.2.2 ส่วนสถานีฐาน (BSS)

BSS เชื่อมต่อกับ MS โดยการเชื่อมต่อทางอากาศ (Radio Interface) ขณะเดียวกันก็เชื่อมต่อกับ NSS ด้วย BSS ประกอบด้วย

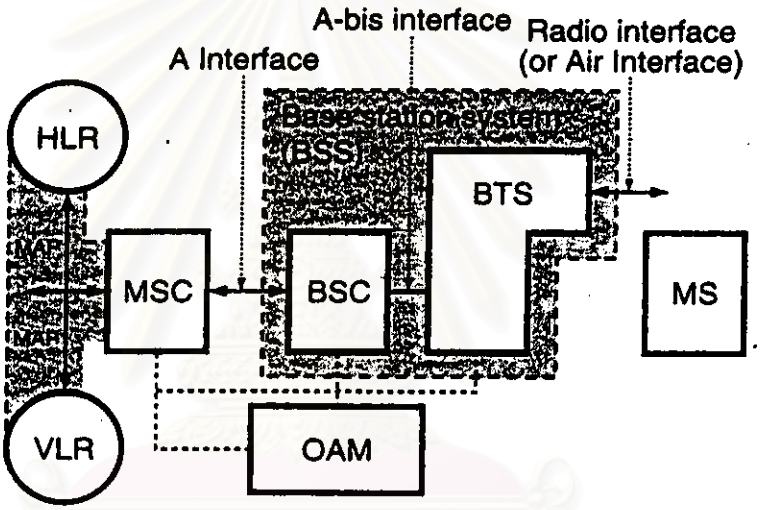
1. สถานีฐาน (BS หรือ BTS : Base Transceiver Station) ซึ่งจะอยู่ ณ ตำแหน่งที่ตั้งเสาอากาศ
2. ตัวควบคุมสถานฐาน (BSC : Base Station Controller) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุม BTS หลายๆ ตัว

BTS ประกอบไปด้วย

อุปกรณ์ภาคส่งและรับคล้ายกับ ME ใน MS

Transcoder/Rate Adaption Unit (TRAU) ทำหน้าที่เข้ารหัสและถอดรหัสเสียงพูด และทำการปรับอัตราการส่งข้อมูล TRAU เป็นส่วนหนึ่งของ BTS แต่สามารถแยกออกจาก BTS ไปอยู่กับ MSC (Mobile Service Switching Center) ได้ ในกรณีนี้จะมีการปรับอัตเสียงระหว่าง BTS และ TRAU

GSM ใช้ มาตรฐาน OSI (Open System Interconnection) ซึ่งมีการเชื่อมต่อ 3 แบบใน OSI ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สถาปัตยกรรมทางด้านหน้าที่และการต่อร่วมหลัก

1. การต่อร่วมทางอากาศ (Common Radio Interface หรือ Air Interface) ระหว่าง MS และ BTS
2. A - Interface ระหว่าง MSC และ BSC
3. Abis - Interface ระหว่าง BTS และ BSC

โอเปอเรเตอร์ของระบบสามารถซื้อผลิตภัณฑ์จากบริษัท A เพื่อการต่อร่วมกับผลิตภัณฑ์ของบริษัท B ได้ด้วยมาตรฐานข้างต้น ความแตกต่างระหว่างการต่อร่วมกับโปรโตคอลคือ การต่อร่วมแสดงจุดในการติด

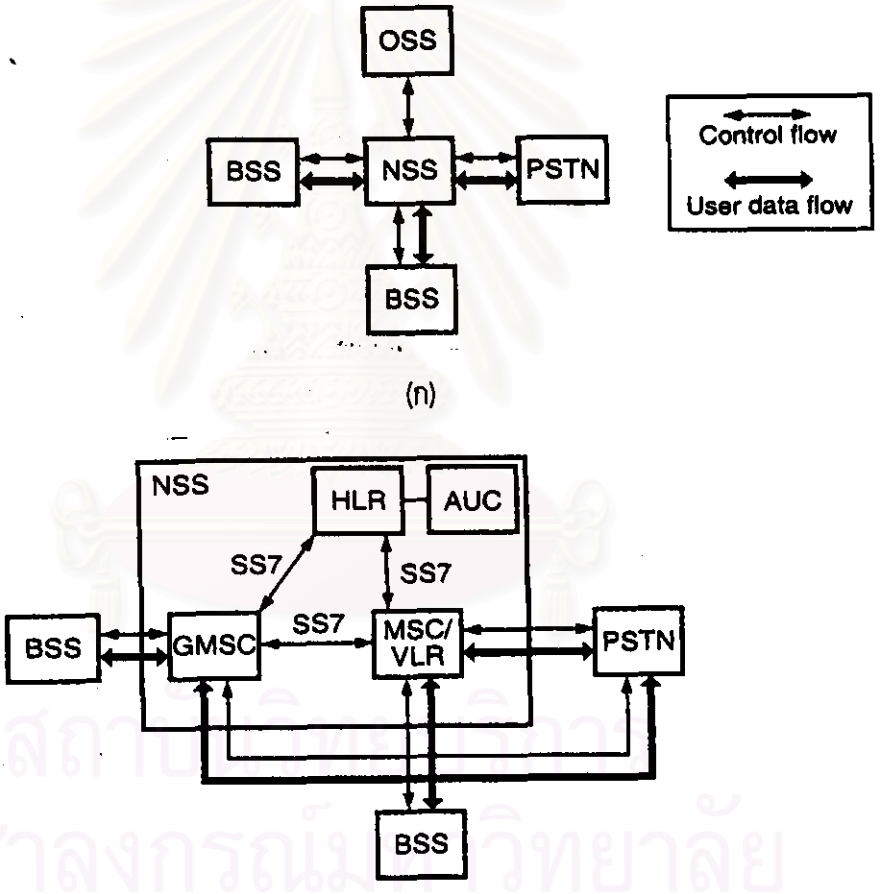
ต่อระหว่าง 2 entities ที่ติดกัน (อุปกรณ์หรือระบบ) ส่วนโปรโตคอลจะเกี่ยวข้องกับการส่งผ่านข้อมูล ระหว่างการต่อร่วม ยกตัวอย่างการต่อร่วมทางอากาศจะเป็นจุดส่งผ่านข้อมูลสำหรับโปรโตคอลหลายๆ ตัว

2.2.3 โครงข่ายและชุมสาย (NSS : Network and Switching Subsystem)

NSS แสดงในรูปที่ 2.3 ในระบบ GSM สัญญาณติดต่อ (Signalling) ใน NSS จะถูกรวมเข้าเป็นส่วนหนึ่งในหน้าที่ชุมสายหลักของ GSM NSS จะจัดการสื่อสารระหว่างผู้ใช้ GSM และผู้ใช้งานระบบสื่อสารอื่นๆ NSS ประกอบไปด้วย

1. ชุมสายโทรศัพท์ (MSC : Mobile Service Switching Center)

   ช่วยดูแลการเรียกเข้าและออกของโทรศัพท์เคลื่อนที่จากผู้ใช้ MSC จะควบคุม BSC หลายๆ ตัว



รูปที่ 2.3 NSS และการติดต่อกับส่วนประกอบอื่น (ก) ส่วนประกอบอื่นภายนอก (ข) โครงสร้างภายใน

(GMSC : Gateway MSC, PSTN : Public Switching Telephone Network)

2. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (IWF : Interworking Function)

เป็นจุดเชื่อมในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (gateway) สำหรับบริการสื่อสารข้อมูลเพื่อสื่อสารกับผู้ใช้ภายนอกระบบ GSM เช่น Packet-Switched Public Data Network (PSPDN) หรือ Circuit-Switched Public Data Network (CSPDN) บทบาทของ IWF จึงขึ้นกับชนิดข้อมูลของผู้ใช้โครงข่ายที่ทำการติดต่อ

3. ฐานข้อมูลหลัก (HLR : Home Location Register)

ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่มีส่วนในการสวิตช์ข้อมูล แต่เป็นฐานข้อมูลซึ่งบรรจุข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของผู้ใช้แต่ยังไม่ใช่ตำแหน่งจริงๆ

ส่วนประกอบย่อยของ HLR คือ อุปกรณ์จัดการเกี่ยวกับความปลอดภัยของข้อมูล (AUC : Authentication Center) สำหรับผู้ใช้ และอุปกรณ์ตรวจสอบการลงทะเบียนการใช้งานของ ME (EIR : Equipment Identity Register) ซึ่งจะบรรจุข้อมูลของ ME

4. ฐานข้อมูลสำหรับตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (VLR : Visitor Location Register)

เชื่อมต่อกับ MSC ตั้งแต่หนึ่งตัวขึ้นไป VLR ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของผู้ใช้ในตำแหน่งปัจจุบันซึ่งส่งมาจาก MSC ข้อมูลที่บันทึกจึงมีรายละเอียดมากกว่า HLR นั่นคือ VLR จะมีข้อมูล ณ ตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้ใน HLR

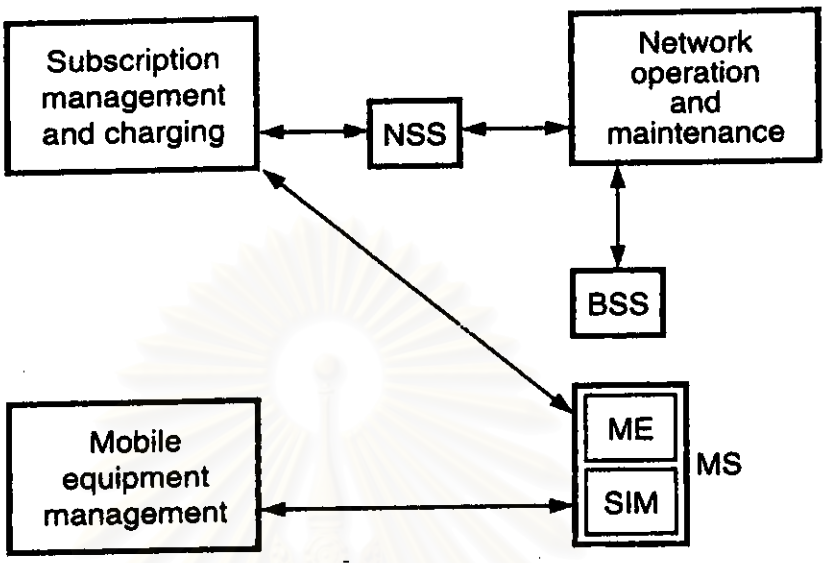
5. จุดส่งผ่านสัญญาณการติดต่อ (STP : Signalling Transfer Point)

พิจารณา NSS เหมือนกับโหนด STP จะทำหน้าที่เลือกวิธีการส่งสัญญาณที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดระหว่าง MSC/VLR GMSC และ HLR ดังได้กล่าวแล้วว่า NSS ใช้โครงข่ายอัจฉริยะ นั่นคือมีการแยกฐานข้อมูลหลัก (HLR) ออกจากชุมสาย (MSC) และใช้ STP ในการส่งสัญญาณติดต่อระหว่าง MSC กับ HLR

2.2.3 ส่วนควบคุมและปฏิบัติการ (OSS : Operation Support System)

มี 3 กลุ่มที่ใช้ OSS ดังแสดงในรูปที่ 2.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 ตำแหน่งที่ใช้งาน OSS

1. ฝ่ายปฏิบัติงานและดูแลระบบ (Network Operation and Maintenance)
2. ฝ่ายดูแลการขอเปิดใช้บริการรวมทั้งการคิดค่าบริการ (Subscriber Management, Charging, Billing)
3. ฝ่ายจัดการการลงทะเบียนของโทรศัพท์เคลื่อนที่

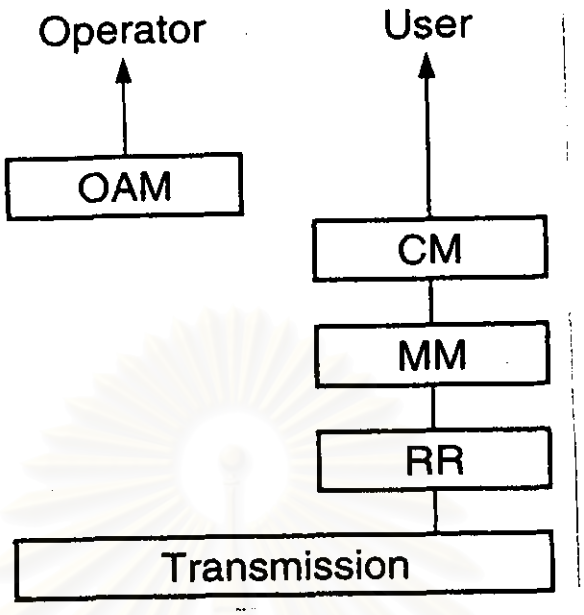
งานทั้ง 3 ส่วนต้องติดต่อระหว่างกัน

2.3 แบบจำลองระบบสัญญาณ (Signalling Systems) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM

ระบบสัญญาณของระบบ GSM แบ่งออกเป็น 5 ชั้นได้แก่

1. การรับส่งข้อมูล (Transmission) : TX
2. การจัดการด้าน Radio (Radio Resource Management) : RR
3. การจัดการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ (Mobility Management) : MM
4. การจัดการเกี่ยวกับการสื่อสาร (Communication Management) : CM
5. การดูแลซ่อมแซมและตรวจสอบระบบ (Operation Administration และ Maintenance)

ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบในแบบจำลองระบบสัญญาณของระบบ GSM

ชั้นที่ต่ำกว่าจะตอบสนองต่อฟังก์ชันที่ใช้เวลาสั้นกว่าชั้นที่สูงขึ้นไป ดังการทำหน้าที่ต่อไปนี้

- ชั้น TX จะเซตอัป (Set Up) การเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับสถานีฐาน
- ชั้น RR จะดูแลการใช้โปรโตคอล (Protocol) สำหรับจัดการการรับส่งข้อมูลในการต่อร่วม (Interface) ด้าน Radio และจัดหาช่ายเชื่อมโยง (Link) ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และตัวควบคุมสถานีฐาน (BSC) โดยทั่วไป BSS จะใช้ฟังก์ชันของ RR มากที่สุด
- ชั้น MM ทำหน้าที่จัดการฐานข้อมูลของผู้ใช้งานรวมทั้งข้อมูลของตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังตรวจสอบ SIM HLR และ AUC
- NSS (โดยเฉพาะ MSC) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในชั้น CM ฟังก์ชันต่อไปนี้เป็นส่วนหนึ่งของชั้น CM

1. ควบคุมการเรียก : ชั้น CM จะทำหน้าที่เซตอัปการเรียก รักษาการเรียก และปลดการเรียก ชั้นนี้จะติดต่อระหว่าง MSC/VLR GMSC IWF และ HLR เพื่อบริการวงจรที่จะใช้สำหรับการเรียกนั้นๆ
2. จัดการบริการเสริม : ช่วยให้ผู้ใช้สามารถควบคุมการเรียกเองได้ในโครงข่ายและจัดการบริการพิเศษจากบริการพื้นฐานที่มีอยู่

3. บริการการส่งข้อความ : เป็นการส่งข้อมูลแบบจุดถึงจุด (Point-to-point) ศูนย์บริการการส่งข้อความอาจจะเชื่อมต่อกับโครงข่าย GSM หลายๆ โครงข่ายได้ การรับส่งกรณีนี้ต้องการการเซตอัปการติดต่อผ่านทางการส่งสัญญาณ (Signalling) ระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และ MSC

- OSS เป็นส่วนที่ใช้ชั้น OAM นั่นคือทุกส่วนในระบบ (Subsystam) เช่น BSC หรือ NSS จะใช้ฟังก์ชัน OAM

2.4 การรับส่งข้อมูล

เสียง : สัญญาณเสียงในรูปแอนะล็อก 4 kHz จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล 64 kbps โดยจะลดอัตราส่งข้อมูลเป็น 13 kbps ก่อนทำการมอดูเลต (Modulate) เพื่อเป็นการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณแบนด์วิดท์แคบ ทำให้การใช้ความถี่ในสเปกตรัมมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อความ : อัตราการส่งสูงสุดคือ 9600 bps แบ่งออกเป็น 2 แบบวิธี (Mode)ได้แก่

1. Forward Error Correction (FEC)
2. Automatic Repeat Request (ARQ)

การมอดูเลต : ใช้การมอดูเลตแบบ Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) ซึ่งมีแบนด์วิดท์ที่นอร์มอลไลซ์ (Normalized) แล้วของฟิลเตอร์แบบเกาส์เซียนเท่ากับ 0.3 โดยมีอัตราการมอดูเลตเท่ากับ 270 kbps

2.5 ช่องสัญญาณในระบบ GSM และแบบวิธีของช่องสัญญาณ

โครงสร้างของช่องสัญญาณแบ่งออกเป็นช่องสัญญาณทางกายภาพ (Physical Channel) และช่องสัญญาณทางตรรก (Logical Channel)

ช่องสัญญาณแบบกายภาพ

มี 3 ชนิด ซึ่งรวมเรียกว่า ช่องสัญญาณทราฟฟิก (Traffic Channel) : TCH ได้แก่

1. TCH/F (Full Rate) ส่งเสียงด้วยอัตรา 13 kbps ส่งข้อความด้วยอัตรา 12, 6 และ 3.6 kbps
2. TCH/H (Half Rate) ส่งเสียงด้วยอัตรา 7 kbps ส่งข้อความด้วยอัตรา 6 และ 3.6 kbps

3. TCH/8 (1/8 Rate) ส่งข้อมูลด้วยอัตราข้อมูลต่ำ

ช่องสัญญาณทางตรรก

ช่องสัญญาณร่วม (Common Channel) : ทุกช่องสัญญาณร่วมจะฝากเข้ากับ TCH โดยมีช่องสัญญาณขาลง (**Downlink**) จากสถานีฐานทั้งหมด 5 ชนิดได้แก่

1. Frequency Correction Channel (FCCH) จะส่งซ้ำทุก 51*8 BPs (BP : Burst Period =577 μs) ใช้เพื่อตรวจสอบหมายเลขความถี่
2. Synchronization Channel (SCH) ส่งต่อจาก FCCH โดยใช้ 8 BPs
3. Broadcast Control Channel (BCCH) จะแพร่สัญญาณ (Broadcast) ในแต่ละเซลล์เพื่อให้โทรศัพท์เคลื่อนที่รับสัญญาณในขณะที่ไม่มีการเรียก
4. Paging and Access Grant Channel (PAGCH) ใช้เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับการเรียกเข้า Access Grant Channel จะส่งมาจากสถานีฐานและจะจัดหาช่องสัญญาณให้ระหว่างกระบวนการเซตอัปการเรียก
5. Call Broadcast Channel (CBCH) แต่ละเซลล์จะแพร่สัญญาณข้อความสั้นๆ ทุก 2 วินาทีจากโครงข่ายไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ในขณะที่ไม่มีการเรียก (CBCH และ BCCH จะส่งขนานกันไป)

โทรศัพท์เคลื่อนที่จะหา FCCH แล้วมองหา SCH ซึ่งอยู่ในความถี่เดียวกันเพื่อทำการซิงโครไนซ์ และเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับ BCCH ก็จะเลือกเซลล์ที่เหมาะสม

ช่องสัญญาณร่วมขาขึ้น (Uplink) ได้แก่

Random Access Channel (RACH) คือช่องสัญญาณซึ่งโทรศัพท์เคลื่อนที่เลือกเพื่อใช้ติดต่อกับการเรียกซึ่งมีอยู่ 2 อัตราคือ

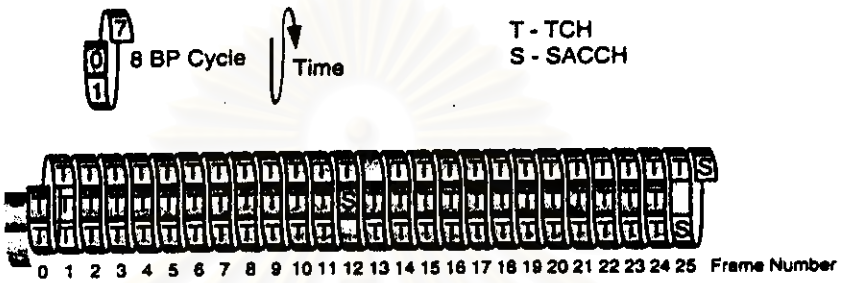
1. RACH/F full rate : มี 1 ร่องเวลา (Time Slot) ทุกๆ 8 BPs
2. RACH/H half rate : มี 23 ช่องเวลาทุกๆ 51*8 BPs

8 BPs เท่ากับ 1 เฟรมข้อมูลซึ่งใช้เวลา 4.615 ms

ช่องสัญญาณซิกแนลลิง (Signalling Channel)

ทุกช่องสัญญาณซิกแนลลิงจะเลือก 1 ช่องสัญญาณทางกายภาพ โดยชื่อของช่องสัญญาณทางตรรกจะขึ้นกับหน้าที่

Slow Associated Control Channel (SACCH) : เป็น TCH ที่มีอัตรารับส่งข้อมูลต่ำ ใช้เพื่อส่งสัญญาณซิกแนลลิง และใช้ในกรณีที่ไม่รีบด่วนโดยเฉพาะขั้นตอนการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ซึ่งใช้ TCH/8 ปกติ TCH/F เองจะแบ่งให้ SACCH ใช้ได้นั่นคือรวมทั้ง TCH และ SACCH เรียกว่า TACH/F SACCH จะใช้ 1 ร่องเวลา (0.577 s) ในทุกๆ 26 เฟรม (4.615 ms * 26) TACH/F แสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างทางเวลาของ TACH/F

Fast Associated Control Channel (FACCH) : ใช้สำหรับการเริ่มต้นการเรียก ตรวจสอบความถูกต้องของผู้ใช้ สั่งให้แฮนด์โอเวอร์ได้ เป็นต้น

Stand-alone Dedicated Control Channel (SDCCH) : เชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และโครงข่ายเพื่อส่งผ่านข้อมูลซิกแนลลิงแต่ไม่ใช้สำหรับการเรียก การเชื่อมต่อนี้ขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้ หรือการจัดการอื่นๆ เช่น อัปเดตตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Location Update) โดยใช้อัตรารับส่งข้อมูลต่ำนั่นคือเลือกใช้ TCH/8

ร่องสัญญาณทาง Radio จะแบ่งออกเป็น 2 แบบวิธีขึ้นกับการเรียกใช้ดังนี้

1. แบบวิธี Dedicated : ใช้ TCH ระหว่างการเริ่มต้นการเรียกและใช้ SACCH เพื่อทำการอัปเดตตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในโหมดนี้ TCH และ SACCH เป็น Dedicated Channel สำหรับการส่งข้อมูลขาขึ้นและขาลง
2. แบบวิธี Idle : ระหว่างที่ไม่มีการเรียก ช่องสัญญาณขาลงทั้ง 5 จะอยู่ในแบบวิธี Idle โดย FCCH SCH BCCH จะทำการแพร่สัญญาณตามปกติ PAGCH และ CBCH จะส่งข้อความทุก 2 วินาทีในช่วงแบบวิธี Idle โทรศัพท์เคลื่อนที่จะคอยฟังช่องสัญญาณร่วมขาลงและใช้ SDCCH เพื่อบอกตำแหน่งว่าใช้บริการในสถานีฐานไหน

Voice/Data Channel : แต่ละร่องเวลาของ voice channel ประกอบด้วย 260 บิต/บล็อก บล็อกทั้งหมดจะมี 316 บิต และแต่ละร่องเวลาของ data channel จะประกอบด้วย 120 หรือ 240 บิต/บล็อก

Channel Mode : เนื่องจากต้องใช้ความถี่ให้มีประสิทธิภาพดังนั้นผู้ใช้แต่ละคนจึงไม่มี TCH เป็นของตัวเองตลอดเวลา

2.6 การเข้าถึงแบบหลายทาง

ระบบ GSM จะใช้ทั้ง FDMA และ TDMA ซึ่งจะได้จำนวนช่องสัญญาณทั้งหมด 124 ช่องสัญญาณ โดยแต่ละช่องสัญญาณใช้แบนด์วิดท์ 200 kHz ช่วงความถี่ขาขึ้นอยู่ระหว่าง 935-960 MHz ส่วนขาลงจะอยู่ระหว่าง 890-915 MHz รวมแล้วจะใช้ความถี่ 50 MHz ความถี่ขาขึ้นและขาลงจะห่างกัน 45 MHz ในแต่ละช่องสัญญาณแบ่งออกเป็น 8 ร่องเวลาเพื่อกำหนดเป็น 1 เฟรมโดยแต่ละเฟรมจะใช้เวลา 4.615 ms ดังนั้นช่วงเวลาใน 1 ร่องเวลาหรือ 1 BP (Burst Period) เท่ากับ 0.577 ms

ชนิดต่างๆ ของร่องเวลา

แต่ละเซลล์จะให้สัญญาณนาฬิกาอ้างอิงเพื่อกำหนดร่องเวลาโดยแต่ละร่องเวลาจะมีหมายเลข (Time Slot Number) ซึ่งสถานีฐานและโทรศัพท์เคลื่อนที่จะรู้ซึ่งกันและกัน หมายเลขของร่องเวลาจะหมุนเป็นรอบ ตัวอย่าง ร่องเวลาหมายเลขศูนย์จะใช้สำหรับแพร่สัญญาณและจะซ้ำทุก 8 BP เพื่อกำหนดให้ช่องสัญญาณร่วมใช้เป็นลำดับดังต่อไปนี้

FCCH(1) SCH(1) BCCH(4) PAGCH(4) FCCH(1) SCH(1) PAGCH(1) FCCH(1) SCH(1) PAGCH(8) FCCH(1) SCH(1) PAGCH(8) FCCH(1) SCH(1) PAGCH(8) FCCH(1) SCH(1) PAGCH(8) สัญญลักษณ์ PAGCH(4) หมายถึง PAGCH Channel จะปรากฏติดต่อกันใน 4 ครั้ง ส่วนหมายเลข 1-7 จะใช้สำหรับ TACH/F

2.7 การจัดการด้าน Radio (Redio Resource Management) : RR

ช่องสัญญาณ Radio จะใช้เพื่อทำการเซตอัปการเรียกหรือแฮนด์โอเวอร์ ปลดปล่อยการเรียกหรือแฮนด์โอเวอร์ การทำงานในส่วนนี้จะเพิ่มจากระบบโทรศัพท์ธรรมดาเรียกว่า Handling Procedure ซึ่งมีหน้าที่หลัก 3 ประการคือ

1. อัปเดตตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Location Update)
2. แฮนด์โอเวอร์
3. โรมมิง (Roamming)

หน้าที่ของ RR ต้องอาศัยโปรโตคอลในการติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับโครงข่าย

Link Protocol : แบ่งออกเป็น 3 ชนิดในการจัดหาข้อมูลให้กับ MSC

1. Radio Link Protocol (RLP) ถูกระบุใน GSM Link Access Protocol ใน Radio Link ที่เรียกว่า LAPDm
2. LAPD คือ Link Access Protocol (LAP) ที่พัฒนามาจากช่องสัญญาณ ISDN D
3. Message Transfer Part (MTP) เป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับสัญญาณซิกแนลลิงในโครงข่ายที่ใช้ระบบซิกแนลลิ่งหมายเลข 7 (SS7)

อัตราการส่งข้อมูลของ RLP คือ 22.8 kbps ส่วนโปรโตคอลอื่นใช้อัตรา 64 kbps ยังมีสัญญาณซิกแนลลิงที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการเรียกซึ่งเป็นโปรโตคอลใน MSC และ HLR ซึ่งแยกออกโดยใช้ชื่อ MAP/X X อาจจะเป็น B C D หรือ อื่นๆ

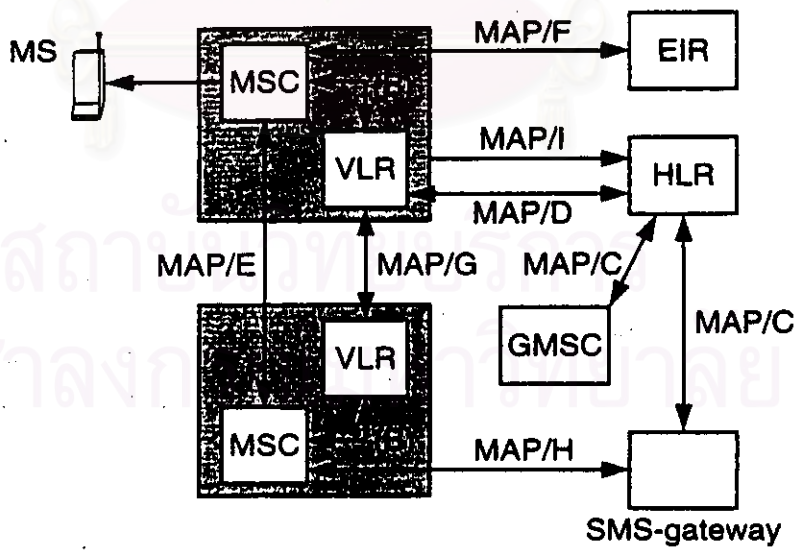
MAP/B เป็นโปรโตคอลระหว่าง BSC และ MSC

MAP/C เป็นโปรโตคอลระหว่าง Gateway MSC และ HLR

MAP/B เป็นโปรโตคอลระหว่าง MSC/VLR ตัวอื่น และ HLR

MAP/B เป็นโปรโตคอลระหว่าง MSC ด้วยกัน

ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โปรโตคอล MAP/X

2.8 การจัดการเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ (Mobility Management) : MM

การจัดการเกี่ยวกับตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้เมื่อมีการอัปเดตตำแหน่ง แฮนด์โอเวอร์ และโรมมิง โดยแฮนด์โอเวอร์เกิดเมื่อช่องสัญญาณเสียงเปลี่ยนขณะที่โทรศัพท์เคลื่อนที่เข้าไปในเซลล์อื่นระหว่างยังสนทนาอยู่ โรมมิงคือความสามารถในการเริ่มการเรียกในโครงข่ายหนึ่งแล้วส่งไปอีกโครงข่ายหนึ่งโดยใช้ MM และการจัดการตำแหน่ง

การจัดการอัปเดตตำแหน่ง (Location Update Management)

MM จะมองหาเซลล์เฉพาะใน Home PLMN (Public Land Mobile Network ที่ใช้บริการอยู่) เพื่อเลือก PLMN ถ้าโทรศัพท์เคลื่อนที่ยังไม่ได้รับบริการผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดให้โครงข่ายจัดการเองหรือจะกำหนดเองได้

การเลือกเซลล์ (Cell Reselection)

เลือกเซลล์ที่ดีที่สุดจากโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยขึ้นกับปัจจัย 3 อย่างคือ

1. ระดับความแรงสัญญาณที่รับได้โดยโทรศัพท์เคลื่อนที่
2. กำลังมากที่สุดของโทรศัพท์เคลื่อนที่
3. p1 และ p2 ที่กำหนดในเซลล์ จะได้ว่า

$$C1 = A - \max(B,0) \qquad (2.1)$$

A : ระดับความแรงสัญญาณเฉลี่ย - p1

B : p2 - กำลังสูงสุดของโทรศัพท์เคลื่อนที่

p1 : ค่าระหว่าง -110 และ -48 dBm

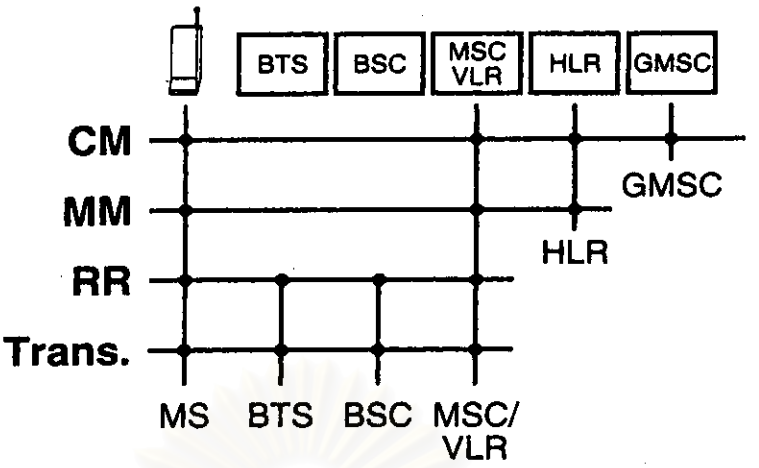
p2 : ค่าระหว่าง 13 และ 43 dBm

ทั้ง p1 และ p2 จะถูกแพร่สัญญาณจากเซลล์ กำลังของโทรศัพท์เคลื่อนที่อยู่ระหว่าง 29-43 dBm

ขั้นตอนของการเลือกเซลล์เริ่มจากการใส่ SIM แล้วจะได้ค่า C1 โดย C1 ที่มากที่สุดจะถูกเลือก (C1 > 0)

2.9 การจัดการเกี่ยวกับการสื่อสาร (Communication Management) : CM

ชั้นของ CM จะบริการการส่งข้อมูลเช่น เสียง ข้อความ เป็นต้น โดยผ่าน RR และ MM ดังรูปที่ 2.8



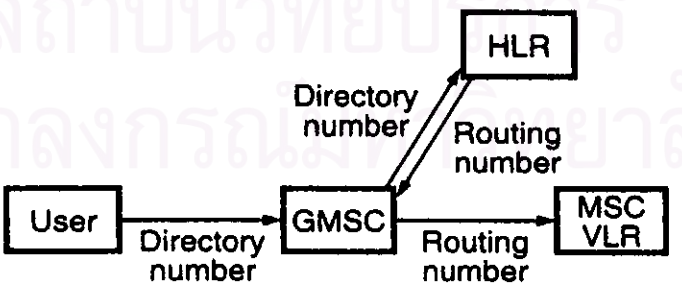
รูปที่ 2.8 สถาปัตยกรรมโปรโตคอลของระบบ GSM

หน้าที่ของ CM คือจัดการการควบคุมการเรียก (Call Control) การจัดการบริการ (Service Management) และ บริการการส่งข้อความ (Short Message Service)

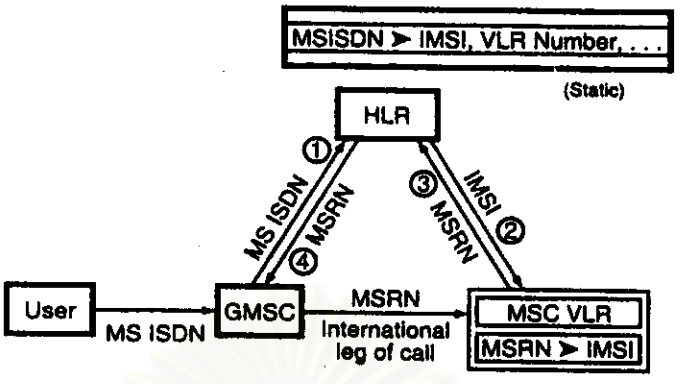
การควบคุมการเรียก

จัดการเกี่ยวกับการบริการวงจรสำหรับส่งข้อมูลผ่านทาง MSC Gateway MSC IWF และ HLR โดยจะเซตอัปการเรียก ดูแลการใช้วงจรระหว่างสนทนา และปลดปล่อยการเรียก

เริ่มต้นการเรียกเมื่อส่งหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ หมายเลขดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนเป็น MS Roaming Number (MSRN) เพื่อใช้เป็นหมายเลขของเส้นทางที่จะไป ดังรูปที่ 2.9 กรณีที่เป็นการเรียกในโครงข่าย และรูปที่ 2.10 กรณีเป็นการเรียกระหว่างประเทศ



รูปที่ 2.9 การเรียกภายในโครงข่าย



รูปที่ 2.10 การเรียกระหว่างประเทศ

แฮนด์โอเวอร์

อัลกอริทึมของการแฮนด์โอเวอร์ไม่ได้กำหนดเป็นมาตรฐาน เป็นหน้าที่หนึ่งของ Mobile Assistance Handover (MAHO) โทรศัพท์เคลื่อนที่จะวัดระดับความแรงสัญญาณที่ออกจากสถานีฐานทั้งจากสถานีฐานที่ใช้บริการอยู่และสถานีข้างเคียงแล้วส่งกลับไปยังสถานีฐานเพื่อช่วยในการตัดสินใจแฮนด์โอเวอร์ ข้อมูล 2 ชุดที่ใช้ในการตัดสินใจว่าควรจะเริ่มแฮนด์โอเวอร์ได้เมื่อไร คือ

1. ระดับความแรงสัญญาณเฉลี่ยของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่สถานีฐานข้างเคียงได้รับ
2. ระดับความแรงเฉลี่ยของสถานีฐานข้างเคียงที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้รับ

การจัดการบริการเสริม

ส่วนควบคุมการเรียกจะดูแลบริการเสริม เช่น การเรียกสายซ้อน การโอนสาย หรือ บริการการตอบรับ การบริการเสริมในส่วนนี้จะเป็นการส่งข้อมูลแบบจุดถึงจุด

การบริการส่งหรือฝากข้อความ

ระบบ GSM จะเชื่อมต่อกับศูนย์บริการส่งข้อความ โดยสัญญาณซิกแนลลิงที่ใช้กับ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) จะดูแลโดยส่วนควบคุมการเรียก

2.10 การจัดการโครงข่าย (Network Management) : NM

ศูนย์การจัดการโครงข่ายทำหน้าที่ต่อไปนี้

1. จัดการเกี่ยวกับข้อมูลของผู้ใช้
2. การคิดเงิน
3. ดูแลระบบทั้งแก้ไขให้ระบบมีความสูญเสียน้อยที่สุด และคอยตรวจสอบสัญญาณเตือนเมื่อมีข้อผิดพลาด
4. จัดการหมายเลข ME ที่จะยอมให้ใช้ในระบบ
5. จัดการการสื่อสารภายในโครงข่ายโดยมีโปรโตคอล Q3 ทำหน้าที่ตรวจสอบความผิดพลาดของระบบ

ในที่นี้ไม่กล่าวถึง Frequency Hopping ซึ่งอยู่ในหัวข้อ 2.6 การเข้ารหัสของช่องสัญญาณและ Interleaving หน้าที่ของส่วน Authentication และ Encryption ซึ่งเป็นส่วนที่ป้องกันการเข้าถึงระบบและป้องกันการดักฟังตามลำดับ สามารถดูรายละเอียดได้ใน [2, 4]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย