บทที่3

สถาปัตยกรรมเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G

- WCDMA ถือเป็นการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ จาก 2 G มาเป็น 3 G
- เปลี่ยนหลักการบริหารจัดสรรความถี่วิทยุระหว่างสถานีฐานและเครื่องลูกข่ายอย่างสิ้นเชิง
- ใช้ย่านความถี่ 2.1 GHz เป็นช่องทางในการติดต่อสื่อสาร
- สาเหตุสำคัญ มาจากการปรับเปลี่ยนปรัชญาในการออกแบบการกำหนดแบนด์วิดธ์ ซึ่งแตกต่างจากระบบ GSM อย่างสิ้นเชิง

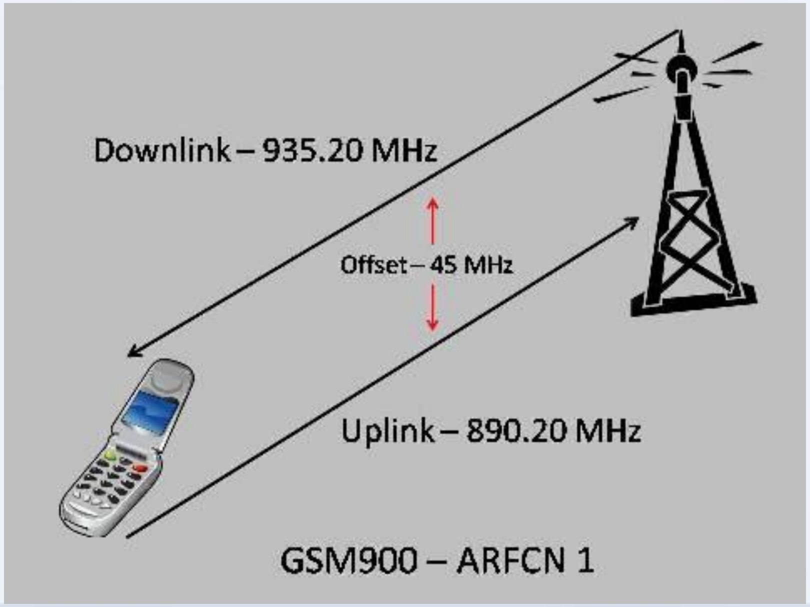
http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1275964 (Introduction to GSM)

มาตรฐาน GSM

- ตามมาตรฐาน GSM กำหนดให้ช่องสัญญาณ 1 ช่อง ซึ่งหมายถึง ความถี่ 1 คู่ หรือเรียกว่า 1 ช่องความถี่ (Frequency Channel) เป็นตัวกลางในการรับส่งทั้งข้อมูลและสัญญาณควบคุม (Control Signal) ระหว่างสถานีฐาน กับ ลูกข่าย
- ความถี่แต่ละคู่ประกอบด้วยความถี่ขาขึ้น (Up link Frequency) และความถี่ขาลง (Down link Frequency)

คลื่นวิทยุที่ย่านความถี่ 900 MHz ถูกกำหนดให้ความถี่ขาขึ้นและลง ห่างกัน 45 MHz เป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งหมดไม่ว่าจากผู้ผลิตรายใด

แบนด์วิธท์ แต่ละช่อง 200 kHz

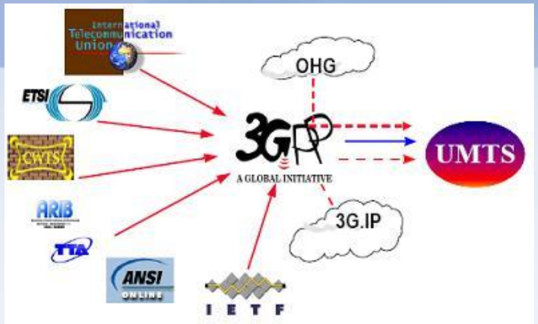


	GSM 450	EGSM450	GSM850	GSM900	EGSM900	GSM1800	GSM1900
Uplink Freq. Range	450 to 458 MHz	478 to 486 MHz	824 to 849 MHz	890 to 915 MHz	880 to 915 MHz	1710 to 1785 MHz	1850 to 1910 MHz
Downlink Freq. Range	460 to 468 MHz	488 to 496 MHz	869 to 894 MHz	935 to 960 MHz	925 to 960 MHz	1805 to 1880 MHz	1930 to 1990 MHz
ARFCN	259 to 293	306 to 340	128 to 251	1 to 124	0 to 124 & 975 to 1023	512 to 885	512 to 810
Offset	10 MHz	10 MHz	45 MHz	45 MHz	45 MHz	95 MHz	80 MHz

- *http://gnuradio.org/redmine/projects/gnuradio/wiki/OpenBTSIntroduction_To_GSM/2*

WCDMA

- 3GPP กำหนดให้การสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับเครื่องโทรศัพท์ ใช้แบนด์วิธท์ในการสื่อสาร 5 MHz ซึ่งมากกว่าระบบ GSM ถึง 25 เท่า
- เพื่อรองรับการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบ Multimedia ปริมาณข้อมูลมหาศาล
- ด้วยขนาดแบนด์วิธท์ที่กว้างนี้ ทำให้ไม่สะดวกที่จะใช้เทคโนโลยี WCDMA บนย่านความถี่ GSM เดิม
- ระบบ GSM ใช้เทคโนโลยี TDMA ในขณะที่ WCDMA ใช้เทคโนโลยี CDMA
- ทำให้ต้องมาใช้ความถี่ย่าน 2.1 GHz



- ปัจจุบัน หน่วยงาน 3GPP มีการพัฒนาเทคโนโลยีสถานีฐาน WCDMA ให้สามารถใช้ย่านความถี่ GSM (900 , 850 MHz) ได้ด้วย
- แม้มีความแตกต่างกัน ในเชิงเทคนิค ระหว่าง สถานีฐาน GSM และ WCDMA แต่เครือข่ายหลัก (Core Network : CN) ของทั้งสอง มีความคล้ายคลึงกันมาก
- ทำให้การพัฒนาเครือข่ายหลัก GSM ไปเป็น WCDMA ใช้งบลงทุนไม่มากนัก
- ถือเป็นปรัชญาหลักในการออกแบบของ 3GPP ที่ต้องการให้ผู้ให้บริการ GSM ปรับเปลี่ยนไปเป็น WCDMA
- งบประมาณส่วนใหญ่ จะเป็นการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ที่สถานีฐาน

https://www.youtube.com/watch?v=ToZg7aQg7NI

เปรียบเทียบ WCDMA และ GSM

Differences between WCDMA and GSM

- High bit rates
- Spectral efficiency
- Different quality requirements
- Efficient packet data
- Downlink capacity

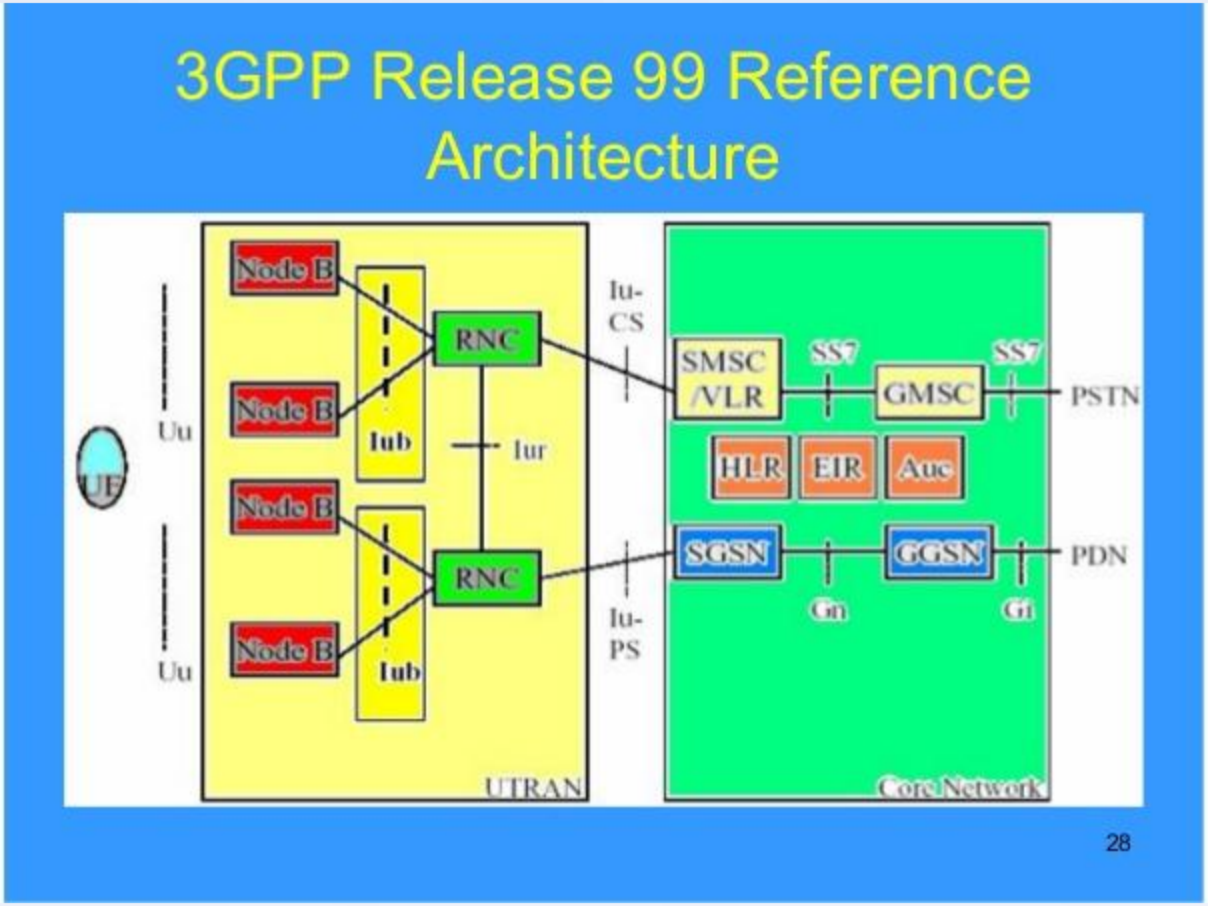
	WCDMA	GSM
Carrier spacing	5 MHz	200 kHz
Frequency reuse factor	1	1–18
Power control frequency	1500 Hz	2 Hz or lower
Quality control	Radio resource management algorithms	Network planning (frequency planning)
Frequency diversity	5 MHz bandwidth gives multipath diversity with Rake receiver	Frequency hopping
Packet data	Load-based packet scheduling	Time slot based scheduling with GPRS
Downlink transmit diversity	Supported for improving downlink capacity	Not supported by the standard, but can be applied

 © NOKIA

NOKIA

องค์ประกอบพื้นฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ WCDMA

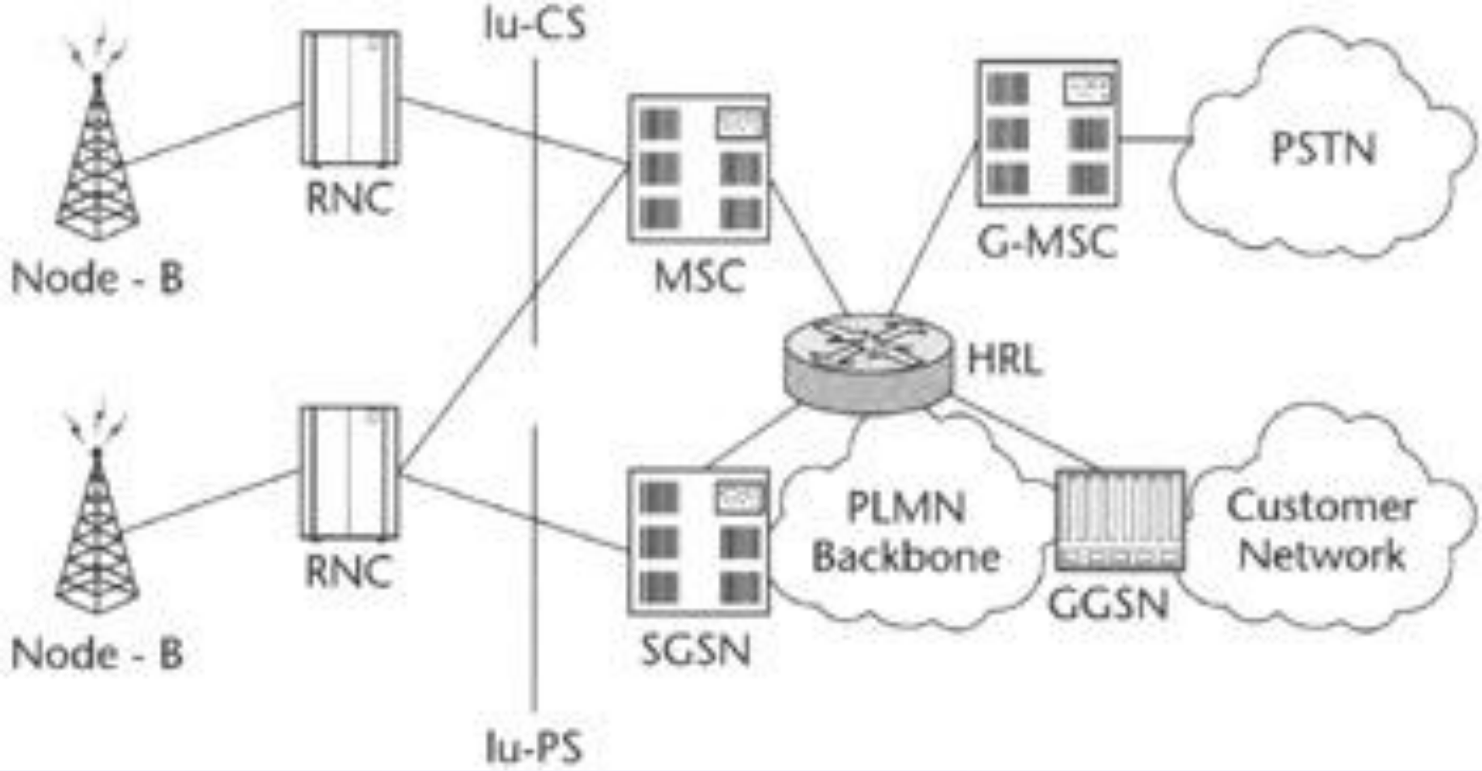
มาตรฐาน 3GPP Release 99



- **RAN** (Radio Access Network)
- บางครั้งเรียกว่า UTRAN (UMTS Terrestrial RAN)
- **RNC** (Radio Node Controller)
- **MSC** (Mobile Service Switching Center)
- **GMSC** (Gateway MSC)
- **SGSN** (Serving GPRS Support Node)
- **GGSN** (Gateway GPRS Support Node)
- **HLR** (Home Local Register)

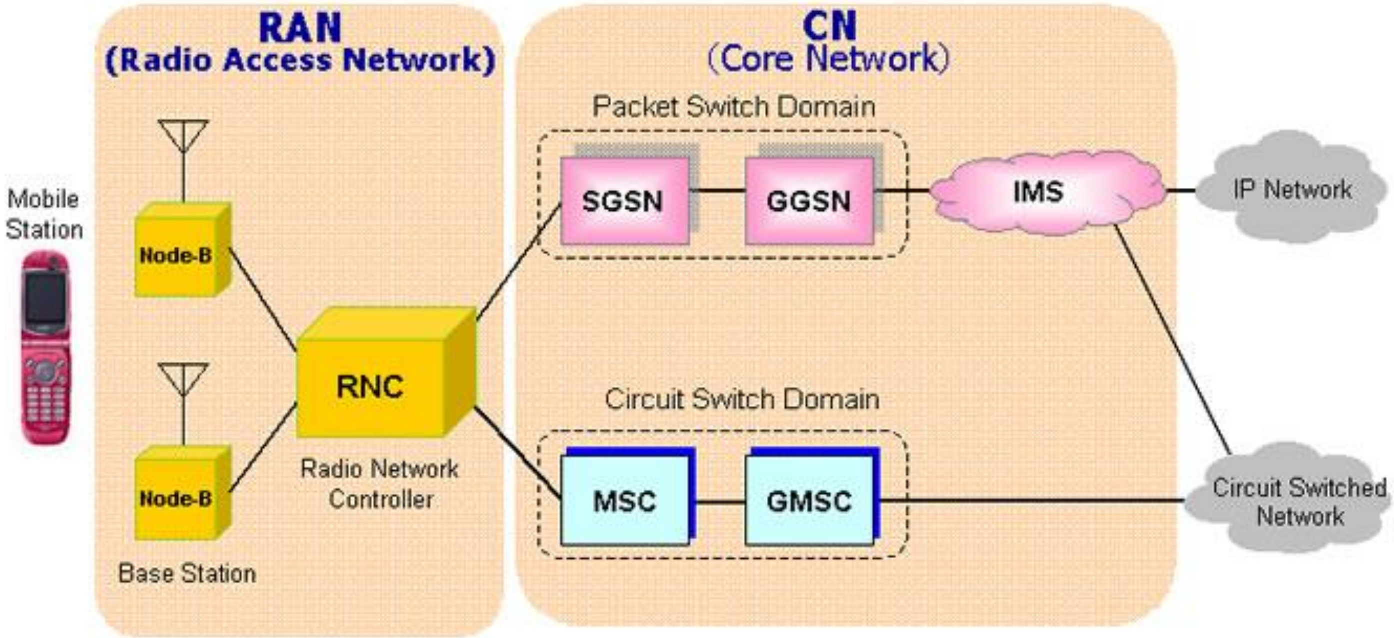
https://www.youtube.com/watch?v=KymIDyQiXZI

โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของเครือข่าย WCDMA



โดยทั่วไปการสร้างเครือข่ายสถานีฐานจะเน้นไปยังพื้นที่ปริมาณการใช้งาน เช่นในเมืองใหญ่ เป็นอันดับแรก จากนั้นจะทะยอยขยายเครือข่าย

3G Network Architecture Model



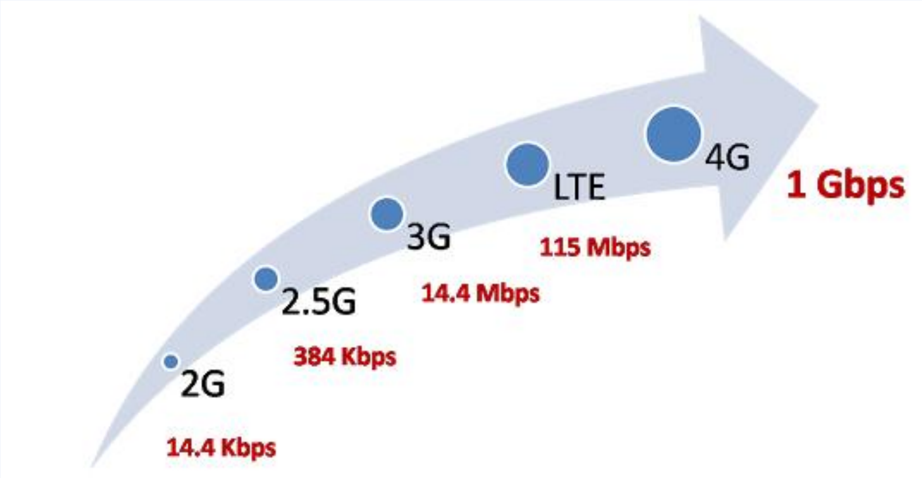
MSC :Mobile Switching Center
GMSC :Gateway Mobile Switching Center
SGSN: Service GPRS Support Node
GGSN: Gateway GPRS Support Node
IMS: IP Multimedia Subsystem

- การใช้งานบางครั้งเป็นการผสมผสาน ระหว่าง ระบบ GSM และ ระบบ WCDMA ซึ่งขึ้นกับว่า เครื่องลูกข่ายอยู่ในตำแหน่งใด
- บางครั้งเป็นการย้ายจากสถานีฐาน WCDMA ไปเป็น GSM ที่ให้บริการในรูปแบบ EDGE หรือหากมีการเคลื่อนตัวไปนอกเมือง อาจจะเป็นแบบ GPRS

3G Speed 10 - 42 Mbps

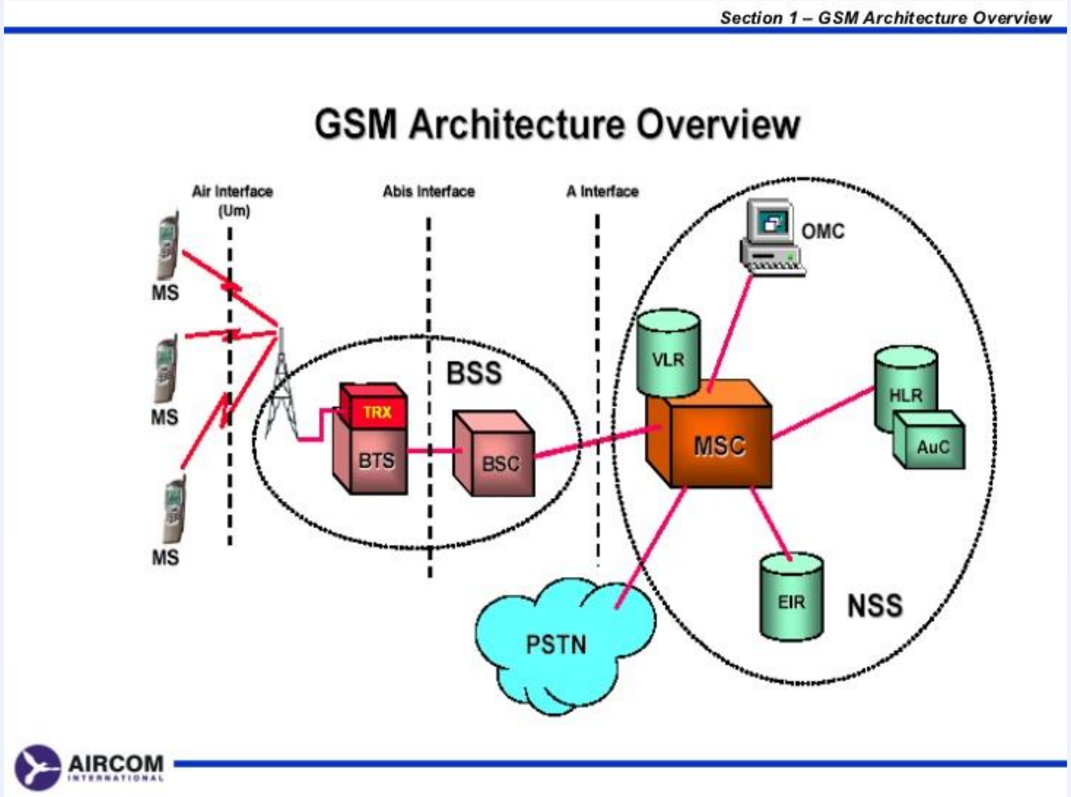
EDGE Speed 120 - 384 kbps++

GPRS speed 40 kbps

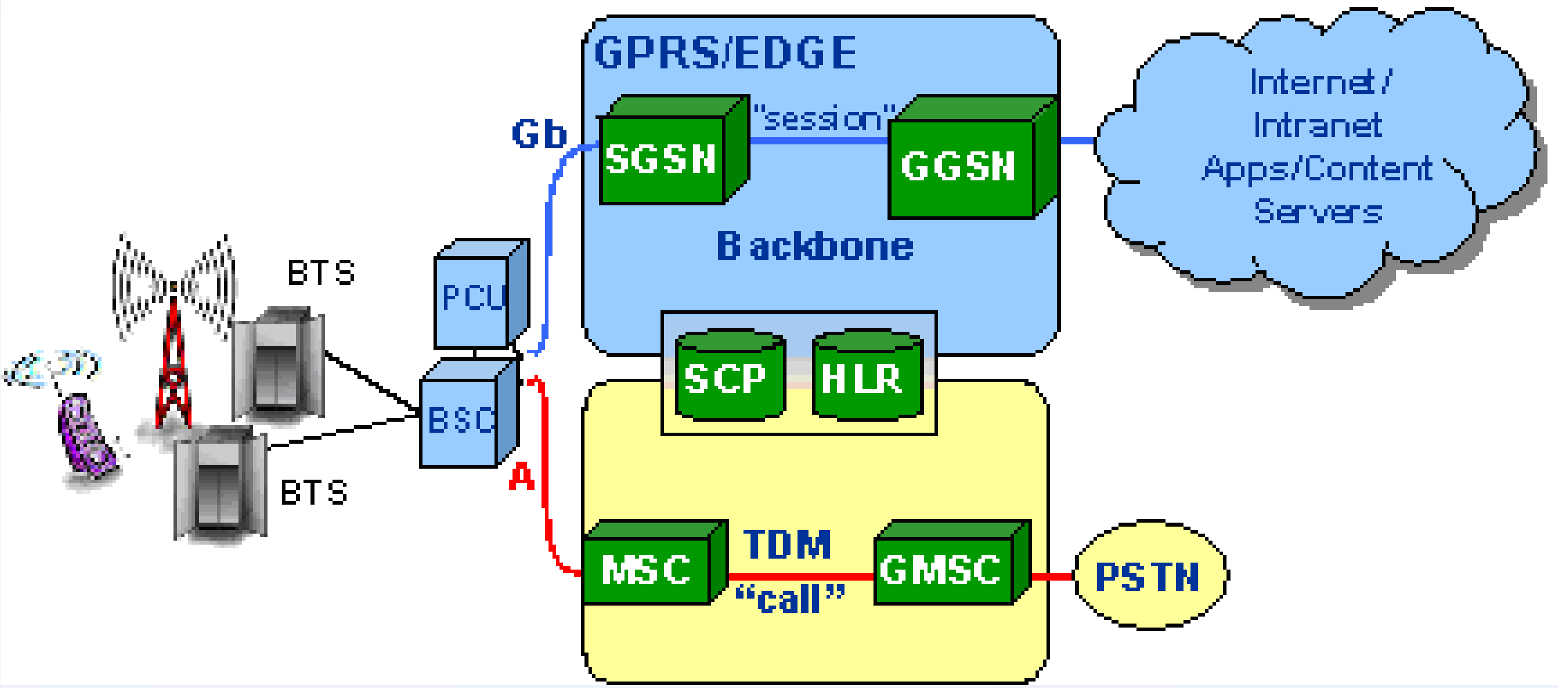


สถาปัตยกรรมเครือข่าย WCDMA มาตรฐาน 3GPP Release 3

- ก่อนอื่นต้องกล่าวถึงมาตรฐานเครือข่าย GSM ซึ่งยังคงใช้งานอยู่ และรองรับเทคโนโลยีแบบ GPRS และ EGDE



โครงข่าย GSM รองรับสัญญาณเสียง



- โครงข่าย GSM รองรับสัญญาณเสียงและ อินเตอร์เน็ต (GSM/GPRS/EDGE)

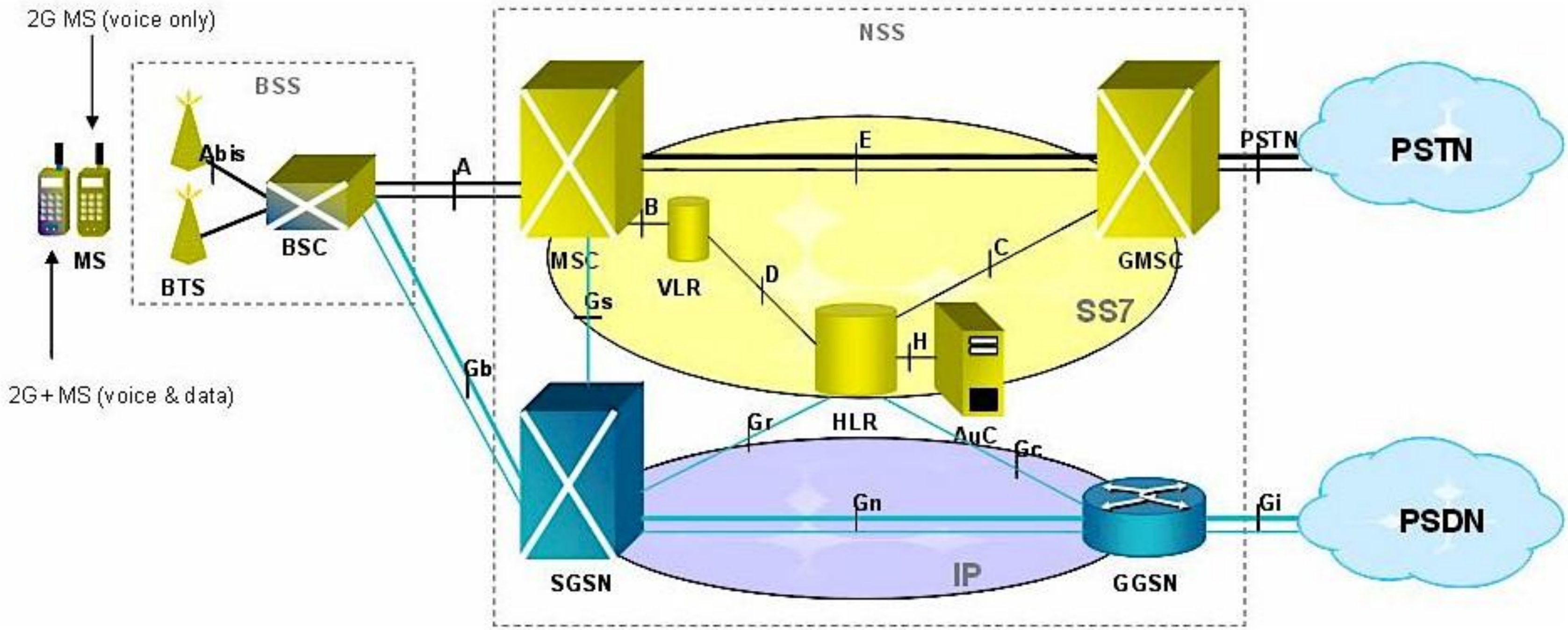
BTS (Base Transceiver Station)

BSC (Base Station Controller)

HLR (Home Location Register)

GPRS (Generic Packet Radio Service)

BSS (Base Station Subsystem0

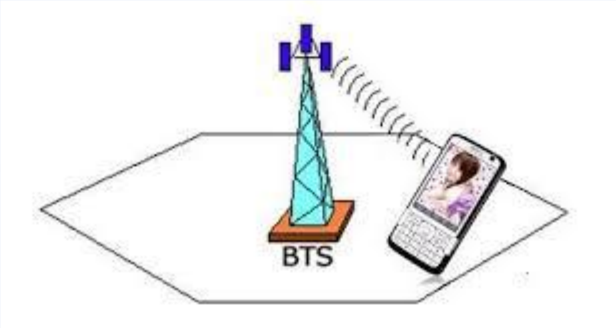

2G MS (voice only)
2G+MS (voice & data)
MS
BSS
Abis
BTS
BSC
A
NSS
MSC
B
VLR
E
D
C
GMSC
SS7
H
HLR
AuC
Gs
Gb
Gr
Gc
Gn
SGSN
GGSN
IP
PSTN
PSTN
Gi
PSDN

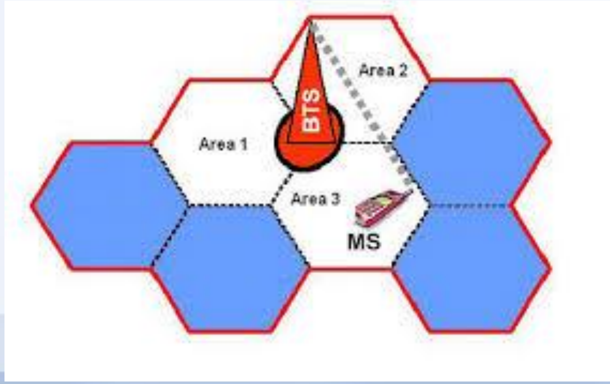
อุปกรณ์สำคัญสำหรับระบบเครือข่าย GSM

- MSC (Mobile Service Switching Center) ซึ่งจะมีฟังก์ชัน VLR (Visitor Location Register) ร่วม ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อวงจรสื่อสารโทรศัพท์ และเชื่อต่อกับเครือข่ายสถานีฐาน BSS หรือเชื่อมต่อไป GMSC (Gate way MSC) กรณีติดต่อกับโทรศัพท์เครือข่ายอื่นๆ
- VLR จะทำหน้าที่เก็บฐานข้อมูลเครื่องลูกข่าย ที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการของ MSC โดยจะทำงานประสานกับ HLR
- HLR (Home Location Register) เป็นฐานข้อมูลเก็บระเบียนผู้ใช้บริการ รวมถึงกำหนดสิทธิ์และรูปแบบของผู้ใช้บริการ นอกจากนี้จะทราบตำแหน่งที่อยู่ของเครื่องลูกข่ายว่า ปัจจุบันอยู่ที่ VLR ใด **เพื่อใช้เป็นเป้าหมาย**ในการติดต่อทางเสียง และ SMS

- SGSN (Service GPRS Support Node) เป็นชุมสายเช่นเดียวกับ MSC แต่แตกต่างที่รองรับการสื่อสารที่ไม่ใช่เสียงสนทนา
- PCU จะทำหน้าที่แยกสัญญาณข้อมูลและเสียง หากเป็นสัญญาณเสียง จะส่งไปยัง MSC ผ่านจุดเชื่อมต่อ *A-interface*
- GGSN (Gateway GPRS Support Node) ทำหน้าที่บริหารเชื่อมต่อเครือข่ายสื่อสารข้อมูลภายนอก เช่นเครือข่าย อินเตอร์เน็ต เครือข่าย IP
- AuC (Authentication Center) จะรวมอยู่กับ HLR มีหน้าที่เก็บรวบรวมรหัสลับ ที่ใช้ตรวจสอบเพื่อยืนยันผู้ใช้บริการ โดยใช้ข้อมูลจากซิมการ์ดของเครื่องลูกข่าย
- SCP (Service Control Point) เป็นตัวตรวจสอบยอดวงเงิน และหักค่าบริการ ของโทรศัพท์แบบเติมเงิน
- SMSC (Short Massage Service Center) ทำหน้าที่รับข้อความ SMS จากผู้ใช้บริการแล้วลำเลียงส่งต่อไปยังหมายเลขปลายทาง โดยใช้หลักการ รับมาก่อน – ส่งต่อที่หลัง (Store and Forward)

- BSC (Base Station Controller) ทำหน้าที่ควบคุมทรัพยากรความถี่วิทยุของสถานีฐาน และมีการติดตั้งส่วนของ PCU เพื่อแยกสัญญาณข้อมูลส่งต่อไปให้กับ SGSN ในขณะที่เสียงจะแยกไปยัง MSC
- BTS (Base Transceiver Station) คือสถานีฐาน กระจายตามพื้นที่ต่างๆ





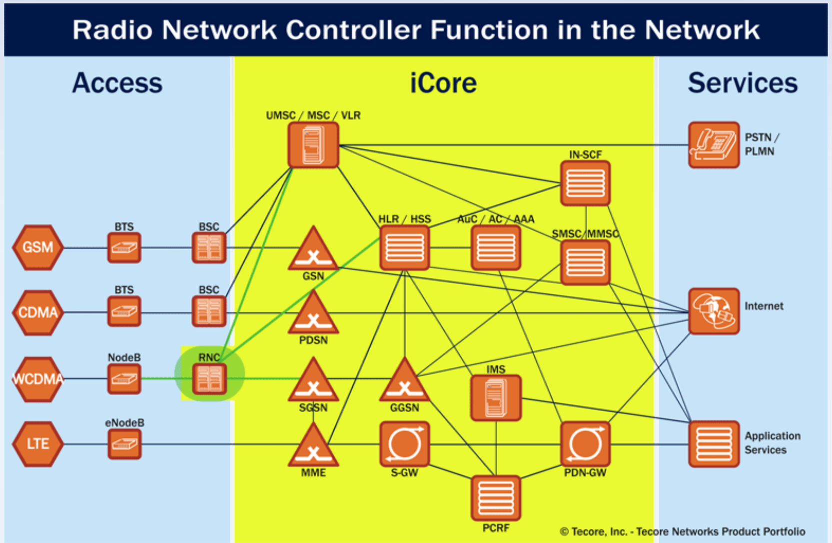
สถาปัตยกรรมเครือข่าย WCDMA มาตรฐาน 3GPP Release 4

- เป็นการเพิ่มความสามารถของเครือข่ายหลัก เพื่อใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น การรับส่งข่าวสารในรูปแบบก้อนข้อมูล IP แทนเทคโนโลยี TDM (Time Division Multiplexing)
- มีการแยกระนาบในการติดต่อสื่อสารบนเครือข่าย CS Domain ออกเป็น 2 ระนาบชัดเจน คือ ระนาบขนส่งข้อมูลสัญญาณเสียง (Transport Plane) และระนาบสัญญาณควบคุม (Signaling) ด้วยเหตุผล ดังนี้

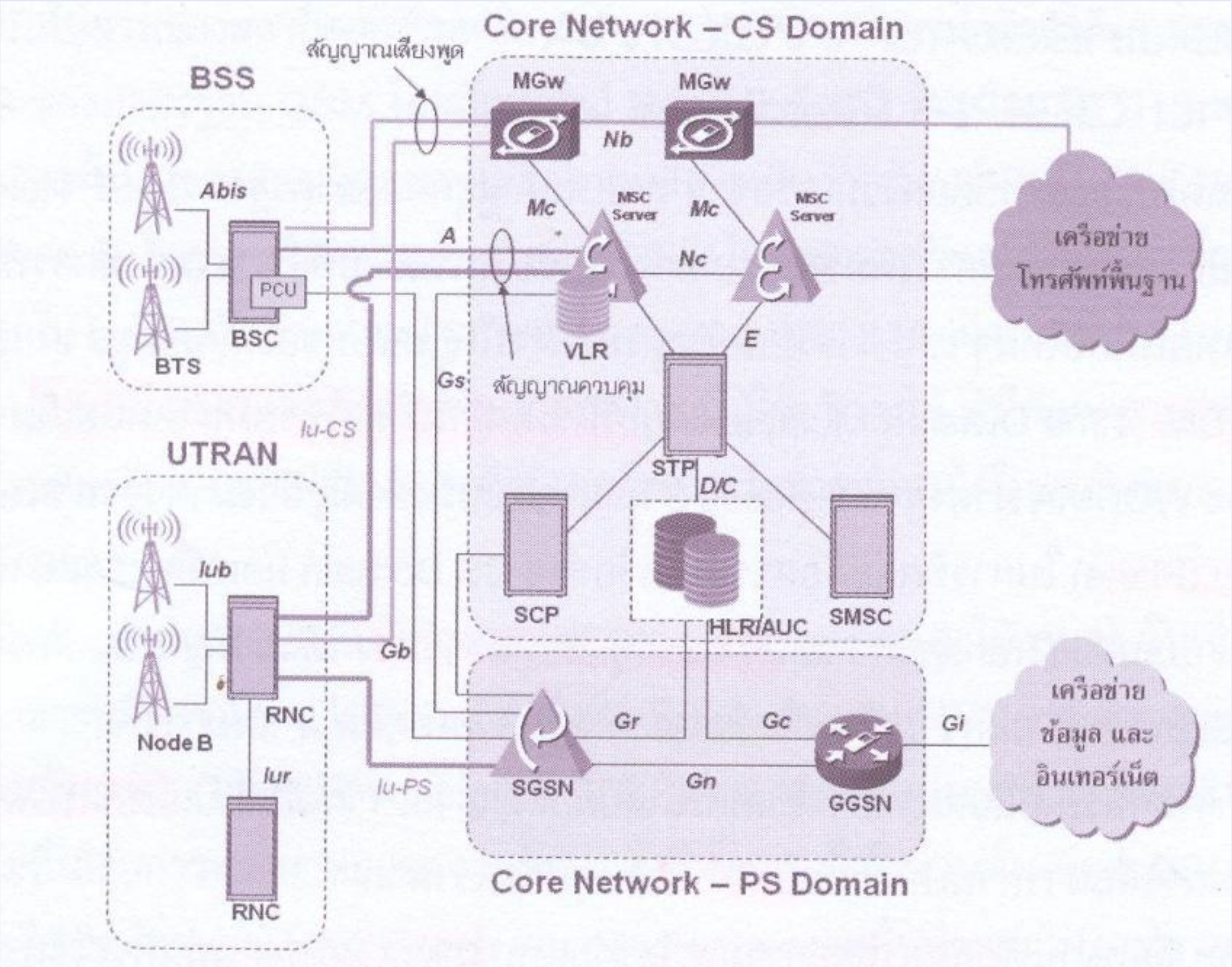
1) เพื่อเตรียมเปลี่ยนผ่านจากเทคโนโลยี TDM ไปเป็นเทคโนโลยี IP ที่มีต้นทุนต่ำกว่า

2) เพื่อเปลี่ยนผ่านจากเทคโนโลยีชุมสายแบบเดิม ไปเป็นแบบ Client Server ที่มีต้นทุนต่ำกว่ามาก

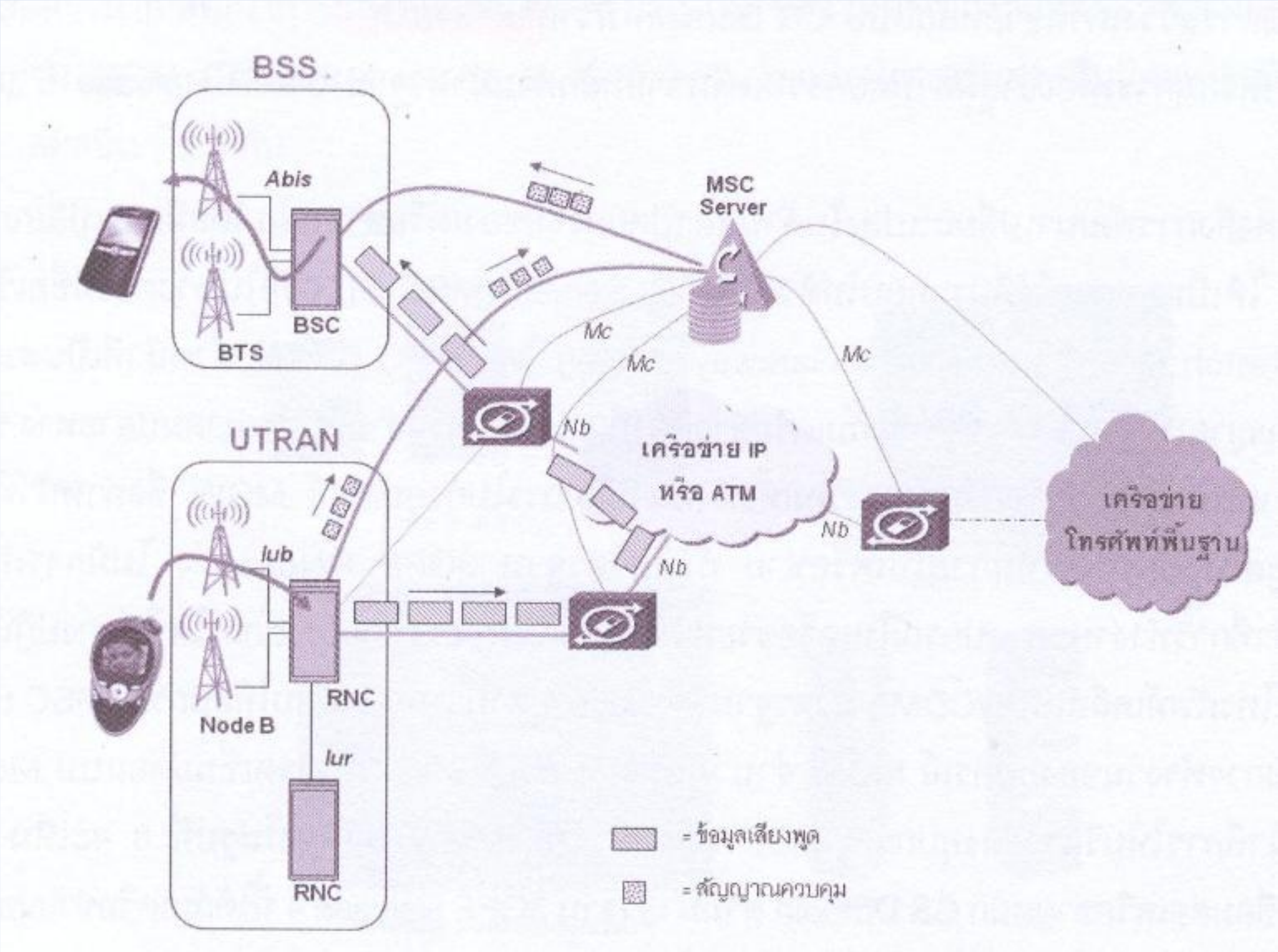
3) เป็นการเตรียมการเข้าสู่สถาปัตยกรรมเครือข่าย มาตรฐาน Release 5 และ 6 ต่อไป



- จากรูป แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในด้านสถาปัตยกรรม โดยเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ MSC ไปเป็น MSC Server (MSC-S) โดย จะทำหน้าที่เป็นสมองกลในการจัดการควบคุมการติดต่อกับเครือข่ายสถานีฐาน กับเครือข่ายโทรคมนาคมปลายทาง
- MSC-S บางครั้งมีชื่อเรียกว่า Mobile Soft Switch (MSS) หรือ Media Gateway (MGW)



Core Network – CS Domain
สัญญาณเสียงพูด
BSS
MGw
MGw
Nb
Abis
Mc
MSC Server
Mc
MSC Server
A
Nc
เครือข่าย โทรศัพท์พื้นฐาน
PCU
BSC
BTS
VLR
E
Gs
สัญญาณควบคุม
Iu-CS
UTRAN
STP
D/C
Iub
SCP
HLR/AUC
SMSC
Gb
RNC
Node B
Gr
Gc
Gi
เครือข่าย ข้อมูล และ อินเทอร์เน็ต
Iur
Iu-PS
SGSN
Gn
GGSN
RNC
Core Network – PS Domain



BSS
Abis
BSC
BTS
MSC
Server
Mc
Mc
Mc
Nb
Nb
Nb
เครือข่าย IP
หรือ ATM
เครือข่าย
โทรศัพท์พื้นฐาน
UTRAN
Iub
Node B
RNC
Iur
RNC
= ข้อมูลเสียงพูด
= สัญญาณควบคุม

สถาปัตยกรรมเครือข่าย WCDMA มาตรฐาน 3GPP Release 5

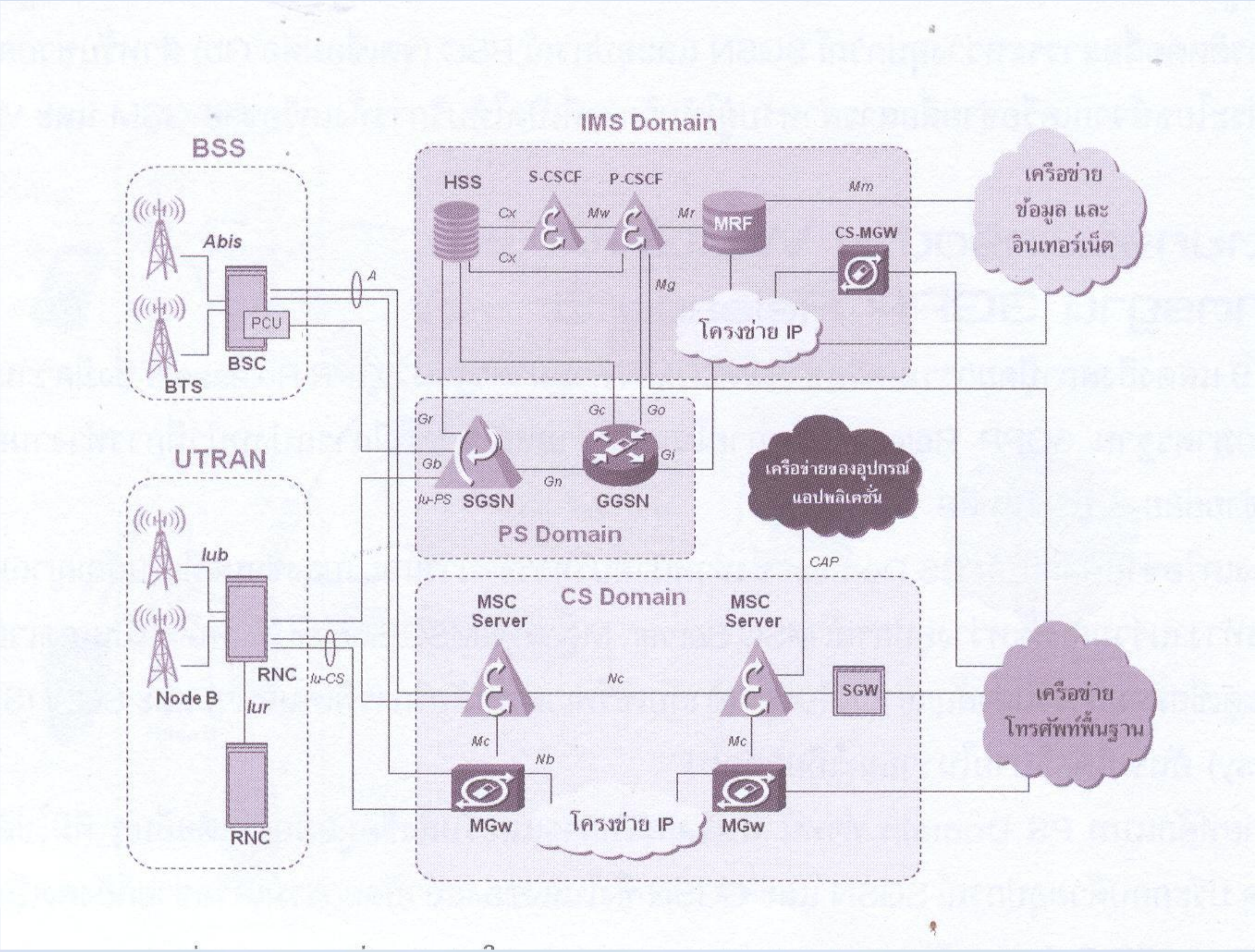
แบ่งการทำงานออกเป็นกลุ่มเครือข่ายย่อย 3 ประเภท

1) ส่วนของเครือข่ายหลักแบบ CS Domain ทำหน้าที่บริหารจัดการและรับส่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณเสียงพูด ซึ่งเป็นการทำงานระหว่างอุปกรณ์ MSC Server, MGW, GMSC Server

2) เครือข่ายหลักแบบ PS Domain ทำหน้าที่บริหารจัดการและรับส่งข้อมูลมัลติมิเดียอื่นๆ ที่ไม่ใช่เสียงพูด ประกอบด้วย SGSN และ GGSN ซึ่งคล้ายกับ Release 4

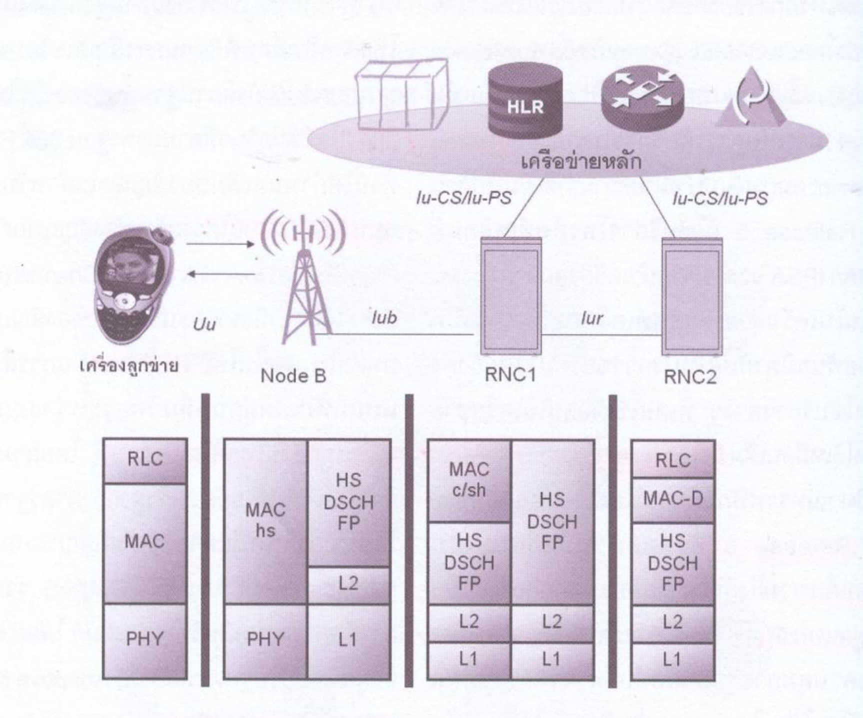
3) เครือข่าย IMS (IP Multimedia Subsystem) บริหารจัดการตรรกะ และเงื่อนไขการให้บริการแอพพลิเคชั่นต่างๆ

หัวใจสำคัญ คือการกำหนดให้ใช้เทคโนโลยีและโครงข่าย IP ในการรับส่งข้อมูลและสัญญาณควบคุม


IMS Domain
BSS
HSS
S-CSCF
P-CSCF
MRF
CS-MGW
Cx
Mw
Mr
Mm
Mg
Abis
PCU
BSC
BTS
A
เครือข่าย
ข้อมูล และ
อินเทอร์เน็ต
โครงข่าย IP
Gr
Gc
Go
Gb
Gi
Gn
Iu-PS
SGSN
GGSN
PS Domain
UTRAN
เครือข่ายของอุปกรณ์
แอปพลิเคชั่น
CAP
Iub
CS Domain
MSC
Server
RNC
Iu-CS
Nc
SGW
Node B
Iur
Mc
Nb
เครือข่าย
โทรศัพท์พื้นฐาน
MGw
RNC

- มาตรฐาน 3GPP Release 5 มีการกำหนดระบบการบันทึกฐานข้อมูลของ HLR ในรูปแบบใหม่ มาเป็น **HSS** *(Home Subscriber System)* ซึ่งยังคงแนวคิดในการบันทึก ระบียนประวัติฐานลูกค้า 2G 3G แต่มีขีดความสามารถเพิ่มเติมที่สำคัญ
- CAMEL (Customized Application for Mobile Network Enhanced Logic) เป็นระบบรองรับให้เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ WCDMA/HPSA ของพันธมิตรมาใช้บริการได้ ซึ่งเรียกว่า (Seamless Roaming Service)
- ข้อมูล ทราฟฟิก ที่รับส่งของ Release 5 จะมีลักษณะเป็นก้อนแพ็กเก็ต รวมทั้งสัญญาณเสียงพูด ที่ถูกแปลงเป็นก้อนข้อมูลแบบ IP ทำให้ใช้กลไกควบคุมแบบเดียวกัน ด้วยเทคโนโลยี IMS (IP Multimedia Subsystem) แตกต่างจาก Release 4 ที่มีการแยกเสียงพูด ออกจากสัญญาณข้อมูล

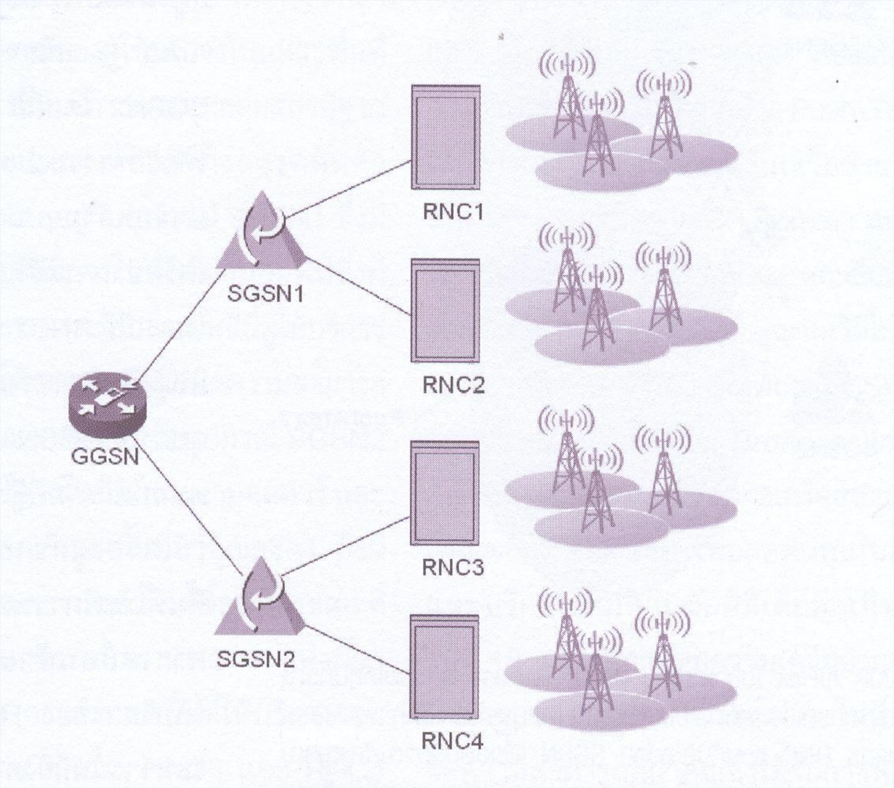
- 3GPP Release 5 ถือเป็นตัวเปิดเทคโนโลยีสื่อสารแบบ HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) ยุคแรกรองรับ 1.8 Mbps downlink ส่วน Up link 384 kbps (ตามมาตรฐาน 3GPP Release 4)
- เทคโนโลยี HSDPA เป็นการสื่อสารข้อมูลจากสถานีฐาน ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้เทคนิคการส่งสัญญาณแบบ MIMO (Multiple Input Multiple Output)

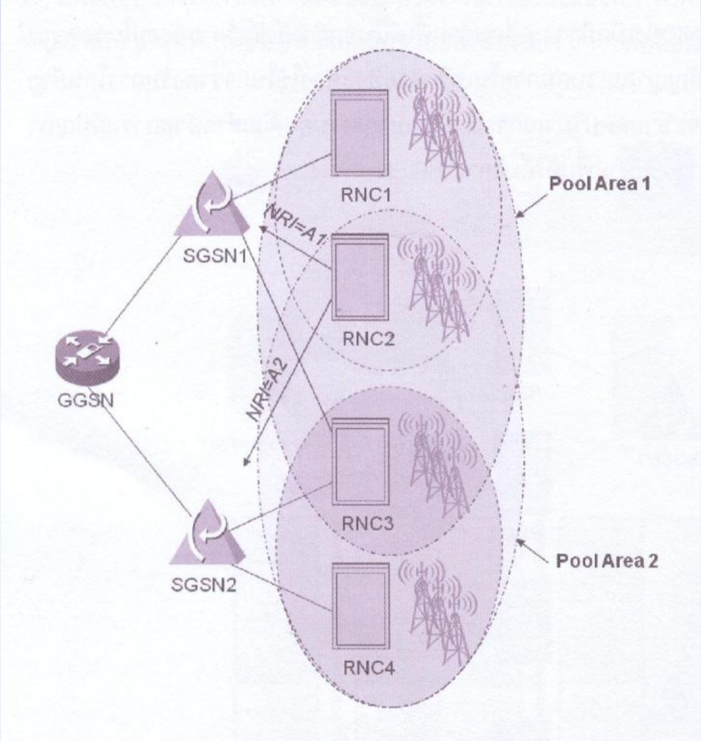


ซึ่งการพัฒนา Uplink ให้มีความเร็วสูงขึ้น ในมาตรฐาน 3GPP Release 6 ชื่อเทคโนโลยี HSUPA (High Speed Uplink Packet)

และต่อมา 3GPP ได้รวม HSDPA กับ HSUPA เข้าด้วยกัน กลายเป็นเทคโนโลยีใหม่ HSPA (High Speed Packet Access)

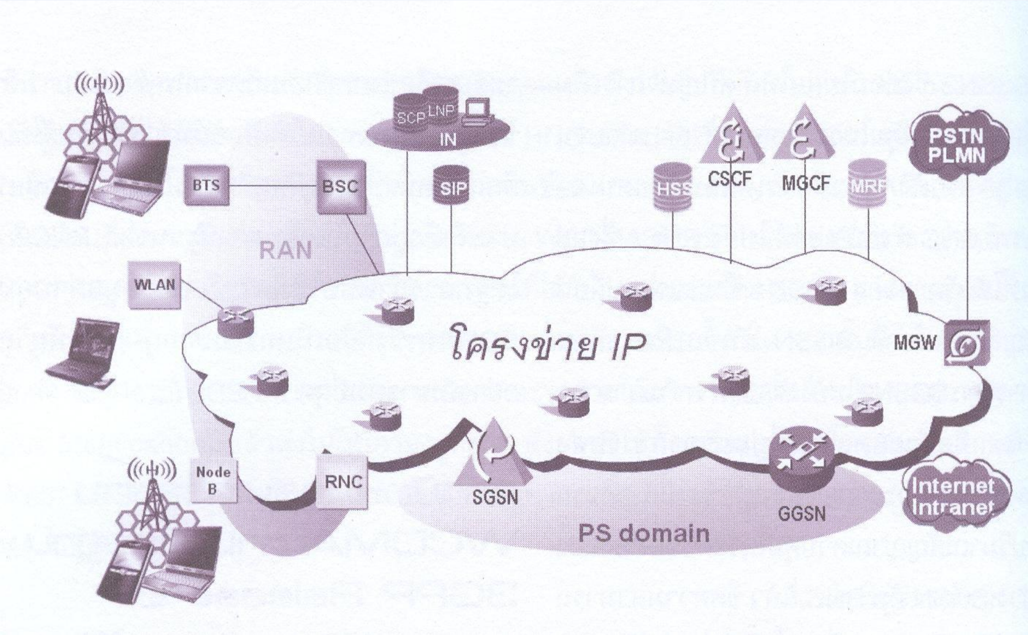
- คุณสมบัติ IuFlex จะอนุญาตให้อุปกรณ์ RNC และ MSC สามารถเชื่อมต่อกับ RNC ในลักษณะใช้ทรัพยากรร่วมกัน ซึ่งช่วยให้ลดปริมาณสัญญาณควบคุม




RNC1
RNC2
RNC3
RNC4
SGSN1
SGSN2
GGSN
NRI=A1
NRI=A2
Pool Area 1
Pool Area 2

สถาปัตยกรรมเครือข่าย WCDMA ตามมาตรฐาน 3GPP Release 6

- รองรับการทำงานร่วมกันระหว่างเครือข่าย WCDMA และ WirelessLAN (WLAN)
- เพิ่มขีดความสามารถของ IMS
- กำหนดบริการใหม่อย่าง Push to Talk (PTT) ให้ส่งสัญญาณเสียงผ่าน PS Domain แทนที่จะผ่านทาง CS Domain

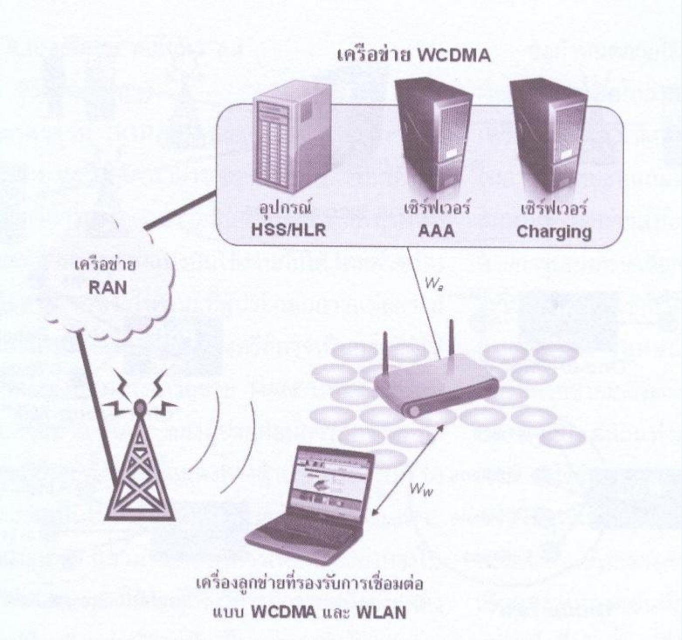


- มีเทคโนโลยี PSS

-รับส่งข้อมูลแบบ MBMS

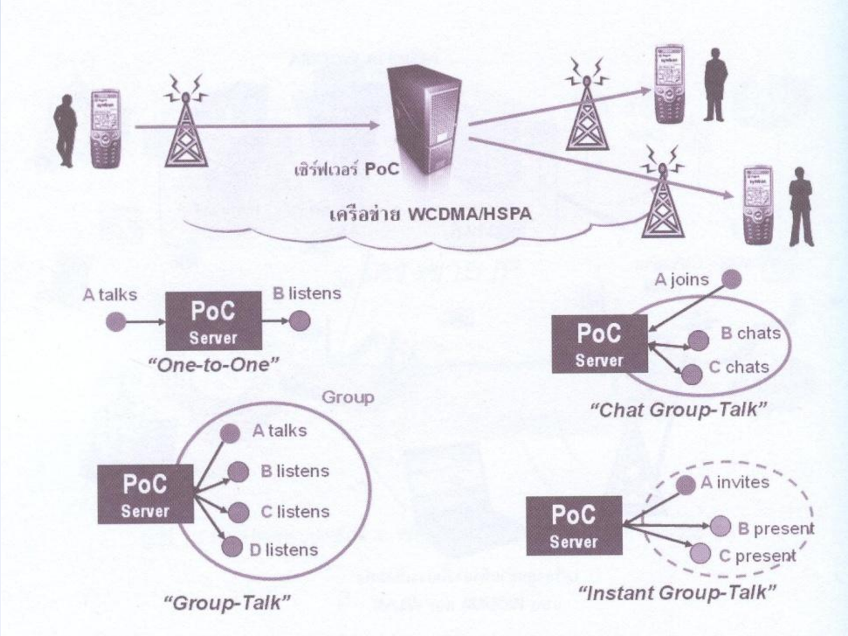
- Network Sharing

การทำงานร่วมกันระหว่างเครือข่าย WCDMA และ WLAN



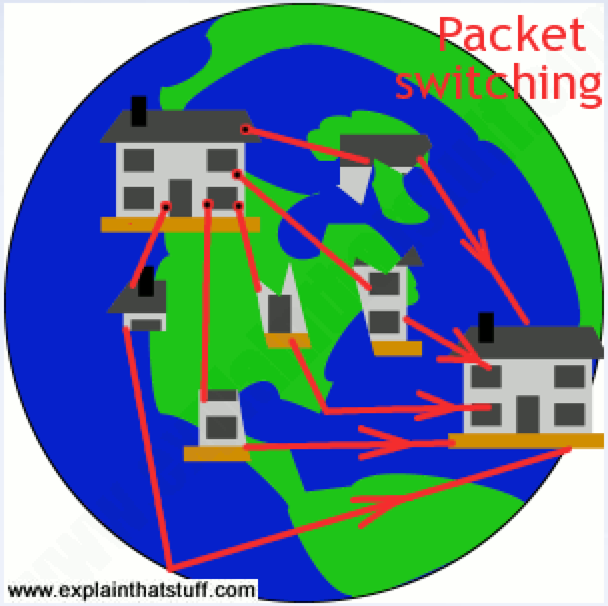
- ปัจจุบัน Notebook , PDA ล้วนมีการติดตั้งอุปกรณ์สื่อสารไร้สายทั้งแบบเครือข่าย 3G และ WLAN ร่วมกัน
- 3GPP Release6 กำหนดให้มีการเชื่อมต่อเพื่อทำงานร่วมกัน โดยสนับสนุนการสื่อสารอย่างต่อเนื่องในขณะเคลื่อนย้ายข้ามเครือข่าย (3G-WLAN Hanover)

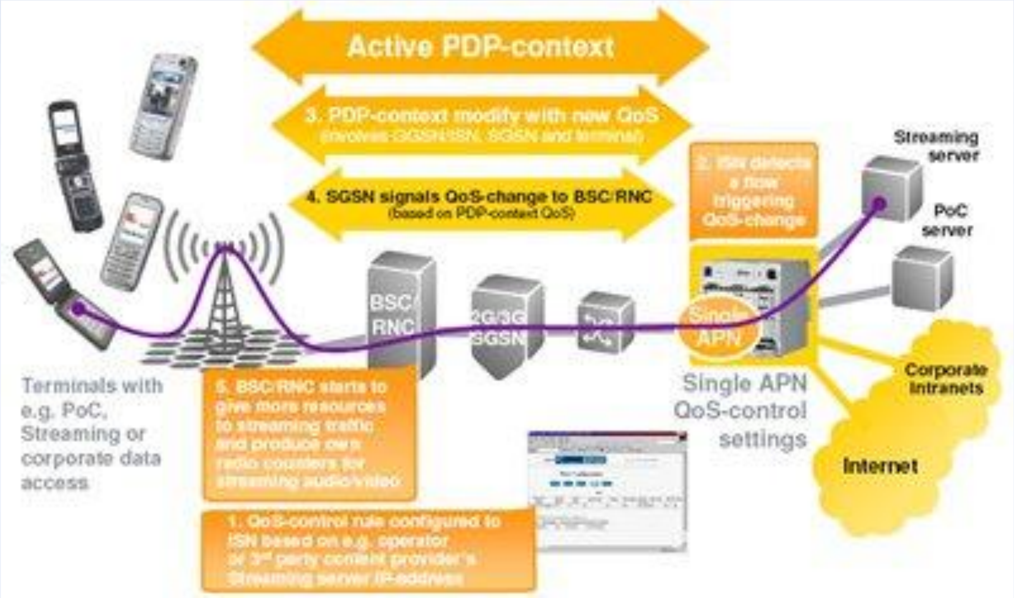
บริการ Push-to-Talk over Cellular (PoC)



- Push to Talk (PTT) ให้บริการมาตั้งแต่ยุค 2.5G (GPRS) โดยรับส่งสัญญาณเสียงในลักษณะ Half Duplex, One to Many
- ผู้ให้บริการต้องจัดตั้งคอมพิวเตอร์เป็นเซิฟเวอร์สื่อกลางระหว่างผู้ใช้ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน
- ข้อมูลสัญญาณเสียงจะถูกแปลงเป็นก้อนข้อมูล ส่งผ่านเครือข่าย PS Domain (SGSN และ GGSN)

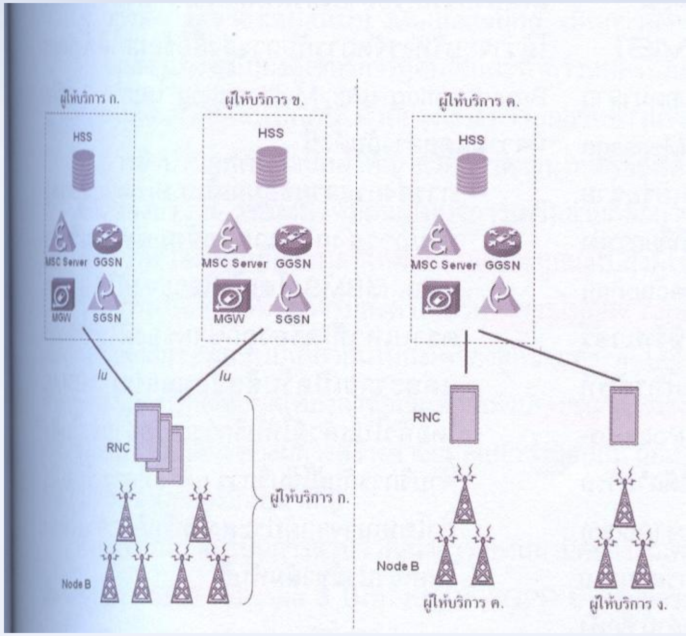
บริการ Packet Switched Streaming Service (PSS)





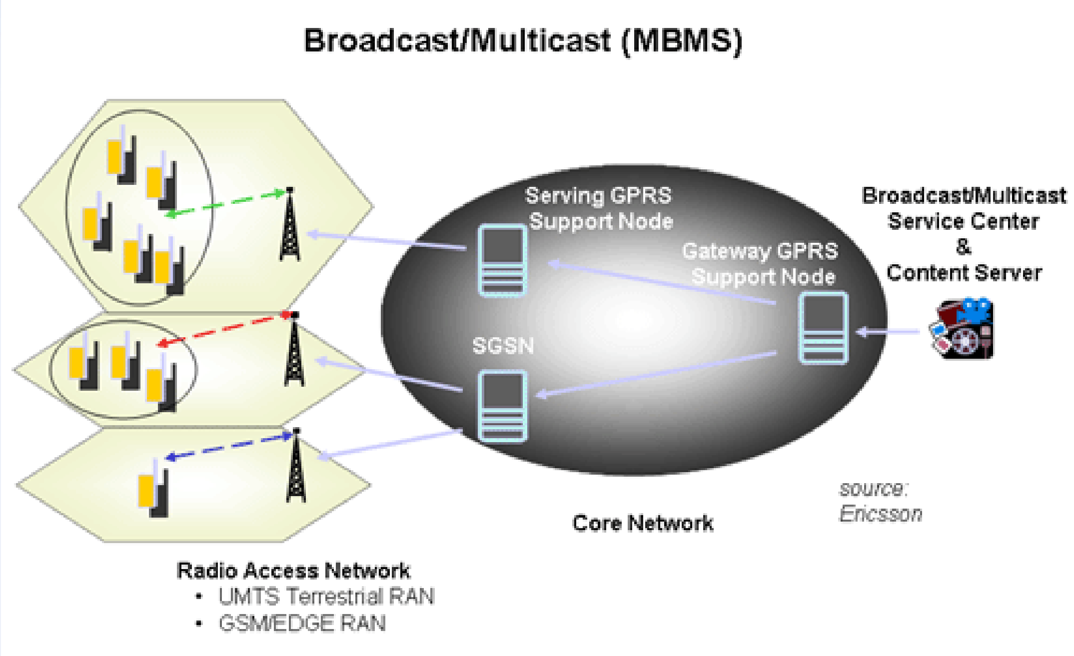
- เป็นรูปแบบการรับส่งข้อมูลในลักษณะ Streaming ของข้อมูลมัลติมิเดียอย่างต่อเนื่อง ไม่มีการสะดุด เช่นการชมภาพยนต์ผ่าน YouTube
- มาตรฐาน 3GPP Release 6 สนับสนุนการรับส่งข้อมูลแบบ Streaming ผ่านเครือข่าย WCDMA/HSPA โดยใช้ขีดความสามารถแบบ PSS ซึ่งมีการรับประกันความต่อเนื่องและสื่อสารเวลาจริง (Real Time Communication)

การแบ่งปันเครือข่ายใช้งาน (Network Sharing)



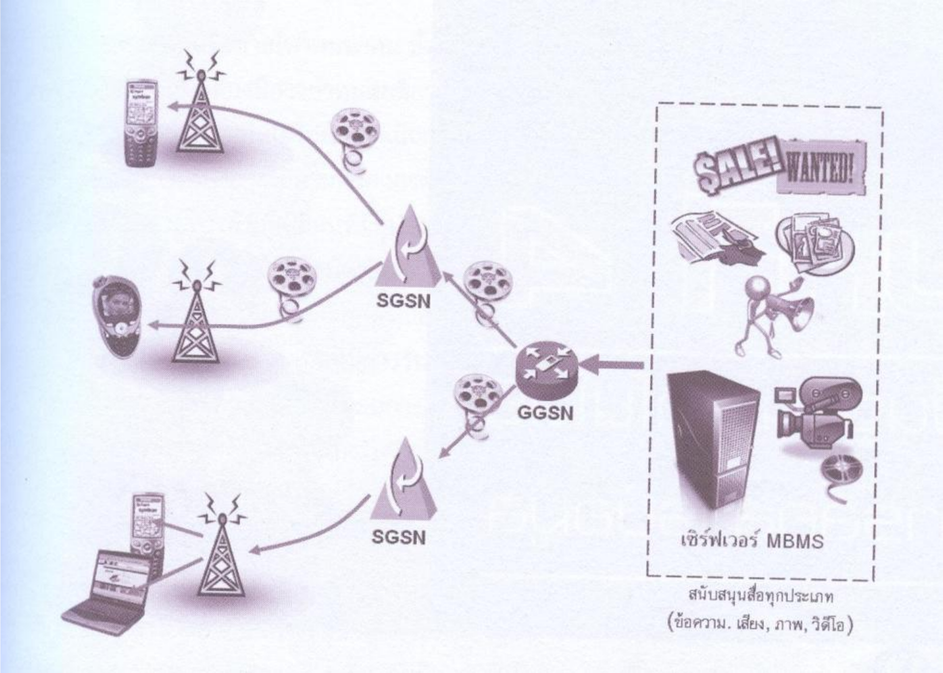
- มาตรฐาน 3GPP Release 6 เปิดโอกาสให้ผู้ประกอบการ สามารถลดต้นทุนในการให้บริการ โดยการร่วมมือกับผู้ให้บริการเครือข่ายอื่น
- โดยใช้เครือข่าย RAN ร่วมกัน โดยอีกเครือข่ายอาจจะเช่าเครือข่าย RAN

บริการรับส่งข้อมูลแบบ Multimedia Broadcast และ Multimedia Service (MBMS)

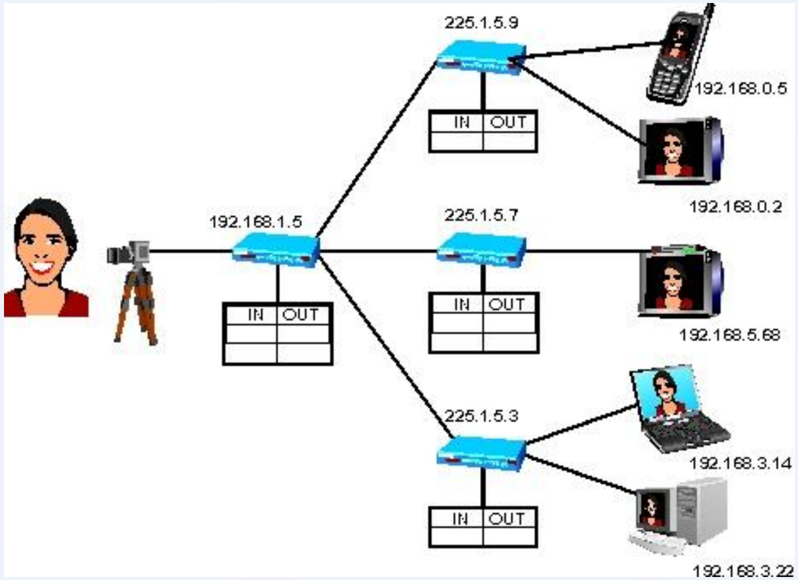


- MBMS ต่อยอดจากแนวคิด Cell Broadcast Short Message Service (SB-SMS) เป็นการส่งข้อมูลในลักษณะทิศทางเดียว (Unidirection)
- ส่งจากเซิฟเวอร์ MBMS ไปยังเครื่องลูกข่ายหลายๆเครื่องในเวลาเดียวกัน (Point to Multipoint)

การส่งกระจายข้อมูลแบบ Broadcastng



- เป็นการบริการ MBMS โดยไม่เจาะจงผู้ใช้บริการตราบใดที่ผู้ใช้บริการเปิดรับสื่อข้อมูลแบบ MBMS
- โดยทั่วไปจะไม่คิดค่าบริการจากผู้ใช้บริการ แต่จะคิดจากค่าโฆษณาจากผู้ประสงค์จะให้ประชาสัมพันธ์

การส่งกระจายข้อมูลแบบ Multicasting

- เป็นการบริการ MBMS โดยเจาะจงไปยังผู้ใช้บริการที่สนใจ ซึ่งเป็นสมาชิกเฉพาะกลุ่ม
- สามารถเรียกเก็บเงินจากผู้ใช้บริการได้ เช่นการบอกรับข่าวเศรษฐกิจ การเมือง การบอกรับภาพรีเพลของการยิงประตูนัดสำคัญ การดาวน์โหลดซอฟแวร์โดยอัตโนมัติ เป็นต้น