

ระบบโทรศัพท์พื้นฐาน

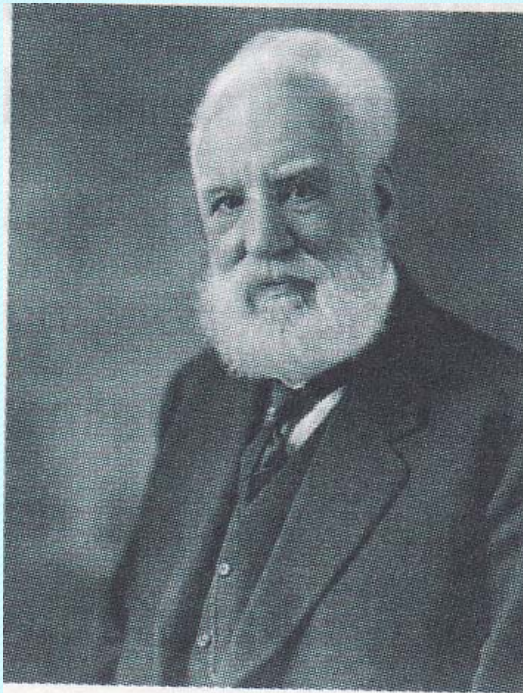
(PSTN: Public switched Telephone Network)

ระบบโทรศัพท์พื้นฐานนั้นมีชื่อเรียกทางเทคนิคว่า (PSTN : Public Switched Telephone Network) คือโทรศัพท์พื้นฐานที่ใช้ตามบ้านและสำนักงานทั่วไป แต่เรามักนิยมเรียกว่า โทรศัพท์บ้าน โทรศัพท์ธรรมดา โทรศัพท์แบบมีสาย แต่ถ้าพูดถึงโทรศัพท์ที่อยู่กับที่ก็จะเรียกโทรศัพท์ประจำที่ ก็ได้เช่นกัน ระบบโทรศัพท์พื้นฐานจะมีความน่าเชื่อถือสูงมาก

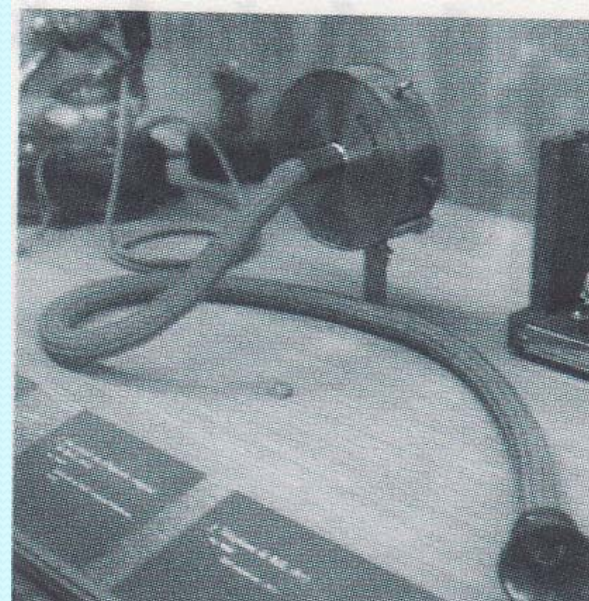
วิวัฒนาการของระบบโทรศัพท์ (Telephone Evolution)

การค้นพบวิธีส่งสัญญาณเสียง

Alexander Graham Bell ได้ค้นพบต้นแบบของโทรศัพท์ในปี 1876 ซึ่งสามารถส่งคลื่นเสียงไปยังปลายทางผ่านกระแสไฟฟ้าวิ่งบนสายทองแดงได้ โดยทดลองใช้อุปกรณ์สองชิ้นวางอยู่ห่างกันและอาศัยการแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปตามสายทองแดงเชื่อมถึงกัน ที่ปลายทาง สัญญาณไฟฟ้าจะถูกแปลงกลับมาเป็นสัญญาณเสียงอีกครั้ง ซึ่งโทรศัพท์มีการใช้ครั้งแรกของโลกในวันที่ 10 มีนาคม 1876



Alexander Graham Bell



ระบบโทรศัพท์ในยุคแรกเริ่ม

(The Beginning of phone system)

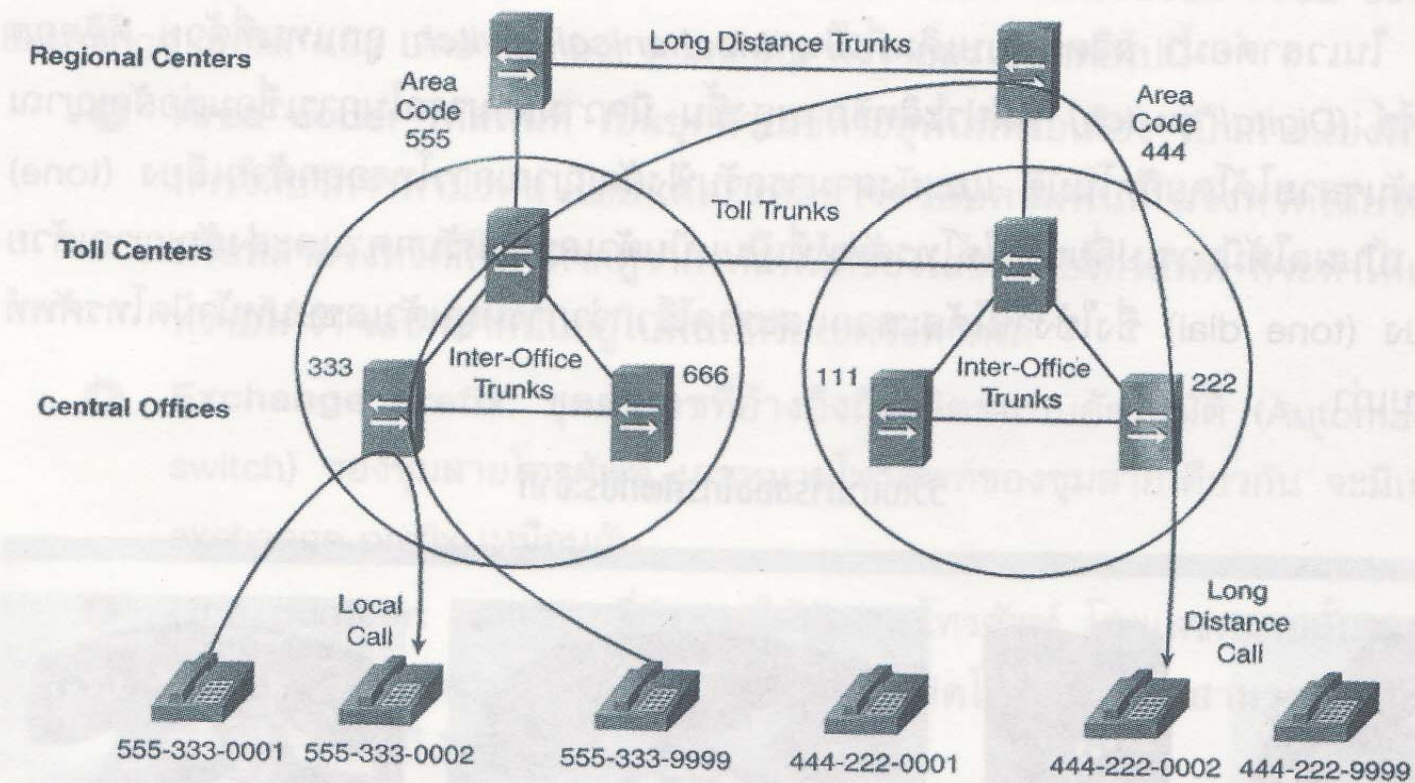
ในยุคแรกจะใช้การเชื่อมต่อสัญญาณจากชื่อบุคคล โดยฝีมือพนักงาน เนื่องจากในยุคแรกยังไม่มีเบอร์โทรให้โทรหากันได้โดยตรง เครื่องโทรศัพท์จะต่อสายเข้ากับสวิตช์บอร์ดของชุมสายที่มีพนักงานดูแล โดยแต่ละช่องของสวิตช์บอร์ดจะระบุเป็น ชื่อของผู้สมัครใช้โทรศัพท์ เมื่อคุณยกหูโทรศัพท์ขึ้นมา สัญญาณไฟจะส่งมายังสวิตช์บอร์ด โดยมีเสียงกระดิ่งหรือไฟกระพริบปรากฏให้พนักงานทราบว่า คุณต้องการจะพูดโทรศัพท์ จากนั้นพนักงานจะถามชื่อของคนที่คุณจะคุยด้วยแล้วก็จะเรียกไปยังชื่อนั้น จากนั้นก็จะเชื่อมต่อสัญญาณของคุณกับคู่สนทนาเข้าด้วยกันถึงตอนนี้คุณก็พร้อมจะพูดคุยกันได้

หากต้องการจะพูดคุยกับผู้ที่อยู่ในเมืองอื่น พนักงาน
จะต้องเรียกไปยังพนักงานของอีกเมืองหนึ่งที่อยู่
ติดกัน เพื่อเชื่อมสัญญาณของสวิตช์บอร์ดเข้า
ด้วยกัน ถ้าคู่สนทนาอยู่ห่างไปหลายเมือง ก็จะต้อง
เชื่อมสัญญาณต่อไปทีละเมืองจนถึงปลายทางที่สุด

การเชื่อมต่อสัญญาณโทรศัพท์ทั้งทางไกลและทางไกล (Local and Long-distant Calls)

โครงข่ายในการโทรศัพท์นั้น ถูกออกแบบไว้ให้มีการติดต่อถึงกันเป็นลำดับชั้น

แบบู Hierarchical Telephone Network Design





แบบจำลอง Operators switching
calls ที่แสดงอยู่ที่ Madrid

Telecommunications Museum

กรุงแมดริด ประเทศสเปน

พัฒนาสู่ระบบโทรศัพท์แบบอัตโนมัติผ่านระบบเลขหมาย

ในปี 1947 วิศวกรของ AT&T Bell ใน
สหรัฐอเมริกา ได้คิดค้นระบบเลขหมายโทรศัพท์
(numbering system) ขึ้นมาแทนการเรียกชื่อ
นับเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ระบบโทรศัพท์พัฒนาไปสู่การ
ดำเนินงานแบบอัตโนมัติ ที่เชื่อมโยงการทั่วโลก นับเป็น
ต้นแบบโทรศัพท์ในยุคปัจจุบัน

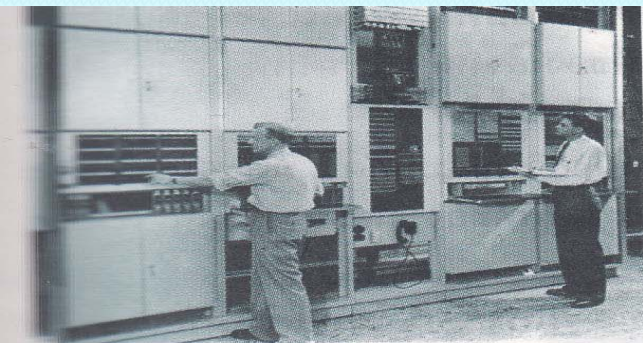
เปลี่ยนสู่การโทรศัพท์ด้วยเสียงและดิจิตอลสวิตช์ (Tone Dialling and digital switch)

ด้วยระบบเลขหมายและสวิตช์แบบอัตโนมัติ ทำให้เราสามารถหมุนโทรศัพท์ไปหาคนที่เราต้องการคุยด้วยได้โดยตรง ในอดีตเครื่องโทรศัพท์เป็นแบบหมุน โดยการหมุนตัวเลขแต่ละตัวจะส่งสัญญาณเป็นจำนวนครั้งตามตัวเลขนั้น เมื่อสวิตช์ได้รับสัญญาณครบ ก็จะทำการเรียกไปยังหมายเลขปลายทาง

ในเวลาต่อมาสวิตช์แบบเดิม **Mechanical switch** ถูกแทนที่ด้วย ดิจิตอล สวิตช์ (**Digital switch**) ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีความสามารถในการเชื่อมต่อสัญญาณได้นับพันๆสายโดยอัตโนมัติ และยังสามารถรับฟังสัญญาณการโทรออกด้วยเสียงได้ เป็นผลให้มีการเปลี่ยนมาใช้โทรศัพท์ที่เป็นแป้นตัวเลขสำหรับกด และส่งสัญญาณด้วยเสียง

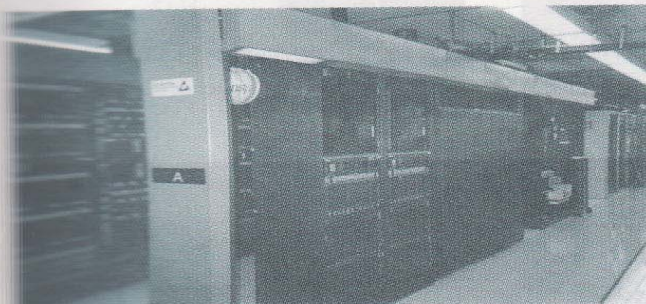
วิวัฒนาการของโทรศัพท์ประจำที่





The first automatic
long distance telephone
switch ของ AT&T ชื่อว่า
No. 4 crossbar ใน
Philadelphia

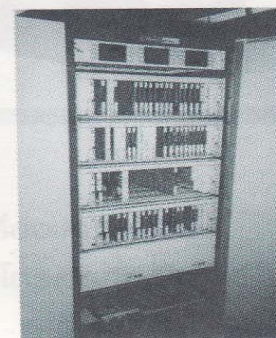
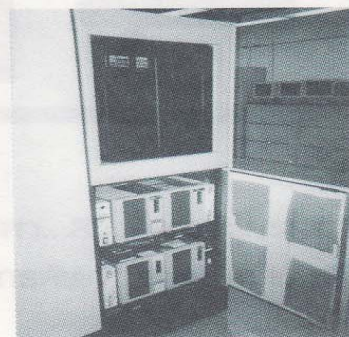
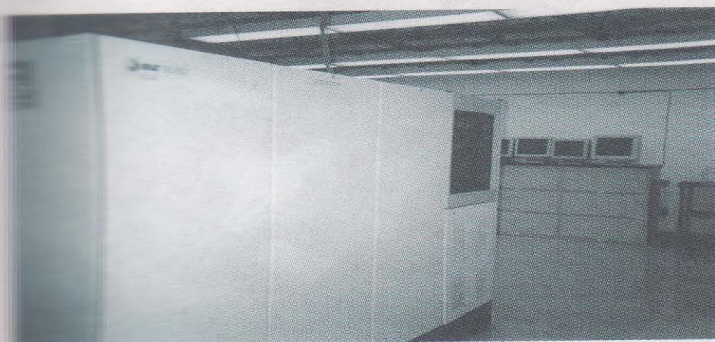
รูปแบบของดิจิทัลสวิตช์รุ่นใหม่ๆ



The Northern Telcomm DMS-100 Switch



The Western Electric 1AESS Switch



การพัฒนาของระบบโทรศัพท์ไทย (Thai Telephone system Evolution)

โทรศัพท์ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในไทยเมื่อปี พ.ศ. 2424
ตรงกับสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5
โดยสมเด็จพระราชปิตุลาบรมวงศาภิมุขเจ้าฟ้าภาณุรังสีสว่างวงศ์
ได้ทรงดำริให้มีการนำระบบสื่อสารทางโทรศัพท์มาใช้เป็นครั้งแรก
โดยติดตั้งที่กรุงเทพมหานครและที่ปากน้ำ จ.สมุทรปราการ เพื่อ
ใช้การแจ้งข่าวการเข้าออกของเรือ

ในปี พ.ศ. 2450 ได้มีการเริ่มจัดตั้ง ชุมนสายโทรศัพท์ ขึ้น
เป็นแห่งแรกชื่อว่า โทรศัพท์กลางวัดเลียบ ซึ่งเป็นชุมสาย
แบบกึ่งอัตโนมัติ ต้องใช้พนักงานเชื่อมต่อสาย และต่อมา
อีก 15 ปี จึงมีการจัดตั้งชุมสายแห่งที่สองขึ้น

ในปีพ.ศ. 2480 ได้เปิดใช้ชุมสายแบบอัตโนมัติ **step by
step** พร้อมเปลี่ยนเครื่องโทรศัพท์แบบหน้าปัดแบบหมุน
และได้กำหนดเลขหมายโทรศัพท์ 5 ตัวให้กับผู้เช่าคู่สายแต่ละ
คน

ในปี พ.ศ. 2502 ได้เริ่มนำชุมสายอัตโนมัติระบบ **Cross Bar** เข้ามาใช้

ปี พ.ศ. 2517 ได้มีการเปลี่ยนเลขหมายจาก 5 ตัว เป็น 6 ตัว ในระบบ **Cross Bar** และต่อมาอีกสองปี ได้ตัดเลขหมายใน เขตนครหลวงจาก 5 ตัวและ 6 ตัว เป็น 7 ตัว แต่ในส่วน ภูมิภาคถูกเปลี่ยนเป็น 6 ตัวทุกชุมสาย

ปี พ.ศ.2520 จึงได้เริ่มนำเครื่องโทรศัพท์แบบ
ปุ่มมาให้บริการเป็นครั้งแรกในเขตนครหลวง
และในปีต่อมา ได้เปิดบริการโทรศัพท์ทางไกล
ทั่วประเทศ พร้อมกับยกเลิกชุมสายแบบ
พนักงานชุมสายโทรศัพท์ทั้งหมด

ปี 2526 ได้นำระบบชุมสาย แบบ spc (stored program control) เข้ามาใช้กับชุมสายต่างๆ นับเป็นบริการเสริมเลือกใช้หลายอย่าง

ปี 2530 คือการเปิดโอกาสให้ผู้เช่า สามารถซื้อโทรศัพท์มาใช้งานได้

ปี 2531 ได้มีการเปิดบริการพิเศษเช่น บริการโอนเลขหมาย บริการรับสายซ้อน บริการเลขหมายด่วนและอื่นๆอีกมากมาย

ปี 2544 ได้มีการเปลี่ยนระบบเลขหมายโทรศัพท์จากเลขหมาย 7 หลักเป็นฟ 8 หลัก (ไม่นับรวมเลข 0 ตัวแรก)



ทราบเบอร์ที่โทรเข้ามา ก่อนที่จะรับสายได้อย่างสบายใจ ด้วยคุณสมบัติ Caller ID และถ้าเครื่องนั้นมีคุณสมบัติ Phone Book ด้วย เราก็จะสามารถบันทึกชื่อของเบอร์คนสนิทไว้ได้ เช่นเดียวกับในโทรศัพท์มือถือ

ตรวจสอบพื้นที่บริการ Caller ID true

กรุณาระบุเลขหมายที่ต้องการตรวจสอบ 02-

ตรวจสอบพื้นที่ให้บริการ Caller ID ของทรู ว่าเลขหมายของคุณนี้ สามารถใช้บริการ Caller ID จาก True ได้หรือไม่ จากนี้ http://www.truecorp.co.th/CheckCLI/check_cli_index.jsp



เครื่องโทรศัพท์ร้องเพลงได้จาก True นอกจากนี้ จะเปลี่ยนเสียงเรียกเข้าเป็นเสียงเพลงได้และยังสามารถแสดงเลขหมายเรียกเข้า และประกาศเลขหมายเรียกเข้าเป็นภาษาไทยได้อีกด้วย

ตัวอย่างบริการทางโทรศัพท์

วิธีตรวจซ่อมโทรศัพท์เบื้องต้นด้วยตนเอง

- 1.เครื่องโทรศัพท์ ตรวจสอบว่ามีปัญหาปลั๊กหลุด หรือแบตเตอรี่หมดหรือไม่ ดูสวิตช์ปรับการทำงานว่าอยู่ในตำแหน่งถูกต้องพร้อมใช้งานหรือไม่
- 2.แจ็คโทรศัพท์ ตรวจสอบแจ็คโทรศัพท์ของสายสัญญาณที่เสียบเข้ากับตัวเครื่องว่ามีปัญหาหลุดหรือหลวมหรือไม่

3.เต้ารับโทรศัพท์ ตรวจสอบบริเวณโดยรอบเต้ารับว่ามีปัญหา
แจ๊คหลุด หลวมหรือเปียกชื้นหรือมีแมลงเข้าไปทำให้เกิดการ
ลัดวงจรหรือไม่

4.สายภายใน ตรวจสอบว่าสายภายในบ้านว่าชำรุดหรือขาด
หรือไม่

5.อุปกรณ์กันฟ้า ตรวจสอบว่าขาอุปกรณ์กันฟ้าทั้ง 3 ขาที่อยู่
ระหว่างขั้วสองขั้วนั้นไม่อยู่ติดกัน ปกติควรอยู่ห่างกัน 1 มม.

บทที่ 2

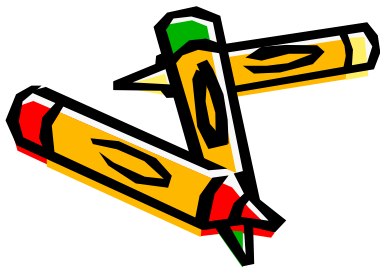
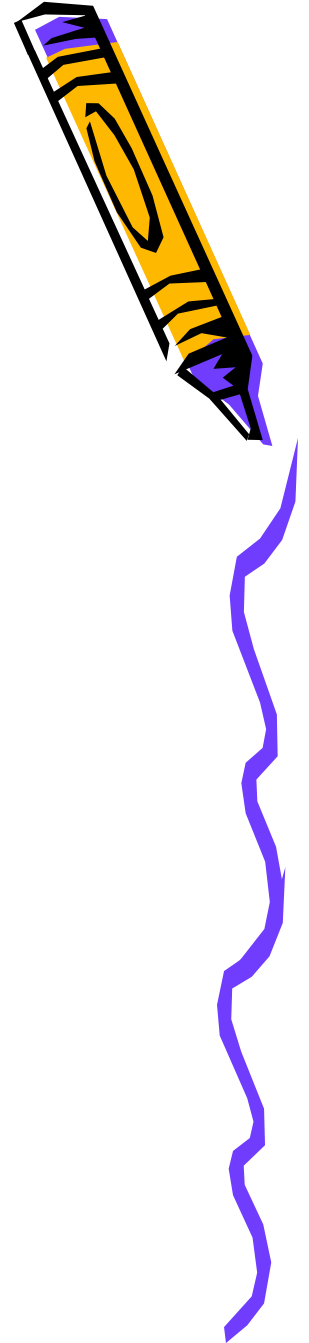
เรื่องไม่ธรรมดา

ของโทรศัพท์ธรรมดา



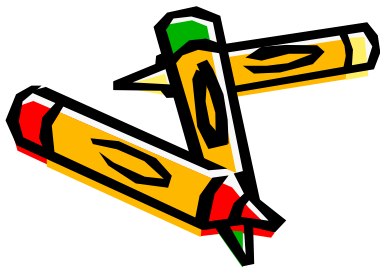
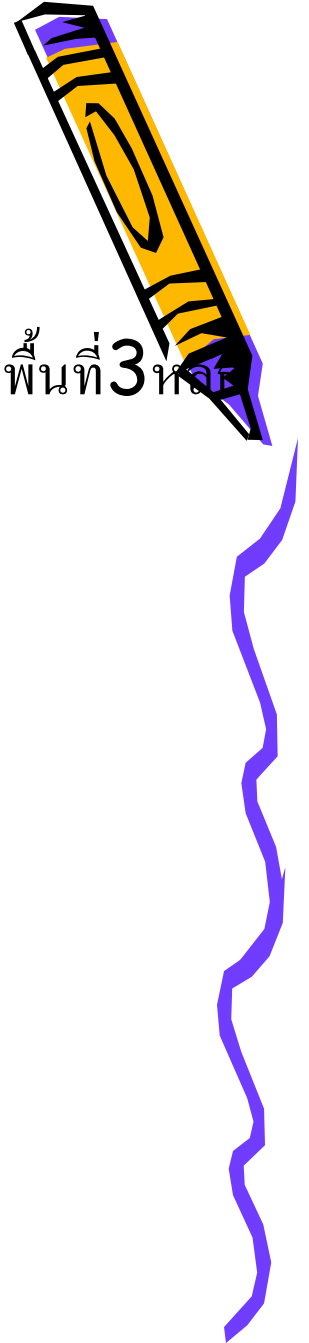
ผลจากการเปลี่ยนเลขหมายโทรศัพท์พื้นฐาน เป็น8หลัก

- เพิ่มหลักโทรศัพท์ พร้อมยกเลิกรหัสพื้นที่
- ตกลงแล้วเลขหมายโทรศัพท์ของเรามีกี่หลักกันแน่?
- เวลาโทรต้องกด 0 ตามด้วยเลขหมายโทรศัพท์

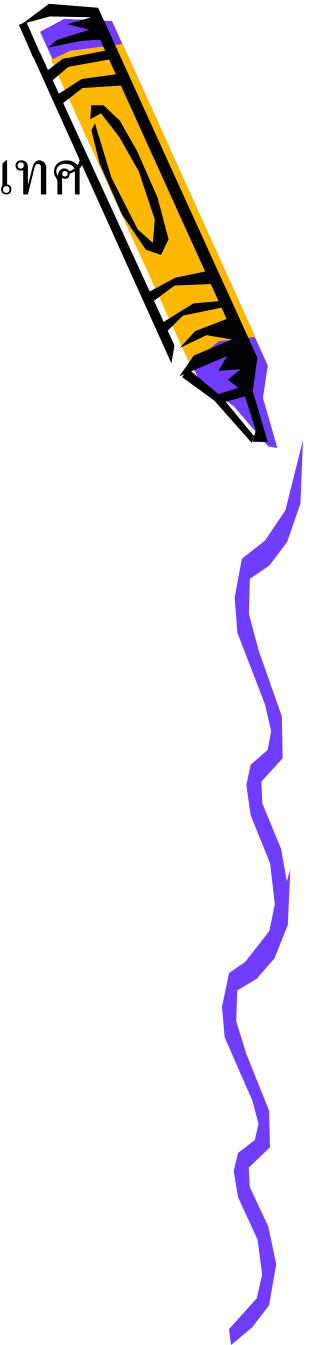


เพิ่มหลักโทรศัพท์ พร้อมยกเลิกรหัสพื้นที่

- ในอดีตเลขหมายโทรศัพท์ของคนกรุงเทพฯ มี 7 หลัก
 - มีรหัสพื้นที่เป็น 02 ต่างจังหวัดเลขหมายโทรศัพท์มี 6 หลัก รหัสพื้นที่ 3 หลัก
 - 3 ตัวแรกเป็นตัวบอกถึงชุมสายย่อยของหมายเลขนั้น
 - ชุมสายโทรศัพท์หัวหมาก
 - ชุมสายคลองกะจะ
 - ชุมสายพระโขนงเหนือ
 - ชุมสายสวนหลวง
 - ชุมสายกีฬาหัวหมาก



- เพิ่มหมายเลขจาก 7 หลัก มาเป็น 8 หลักเหมือนกันหมดทั่วประเทศ
 - เป็นการเพิ่มหลักตัวเลขที่นำมาจากรหัสพื้นที่
 - ตัวเลข 2-3 หลักแรกของเบอร์โทรนั้นยังคงสื่อถึงพื้นที่
 - เพื่อเปลี่ยนแปลงเทคนิคในการจัดกลุ่มตัวเลข
 - การโทรเข้าจากต่างประเทศยังคงกดหมายเลขเดิมได้

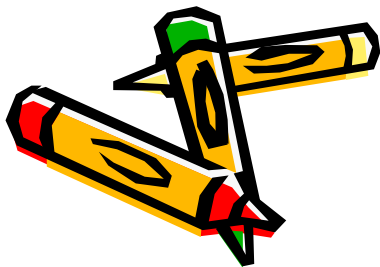
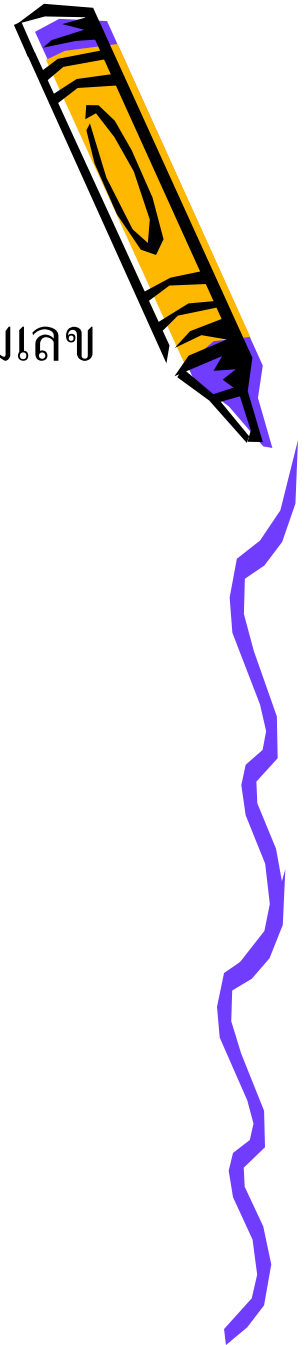


ตกลงแล้วเลขหมายโทรศัพท์ของเรามีกี่หลักกัน
แน่?

- องค์การโทรศัพท์ประกาศหมายเลขโทรศัพท์มี **8** หลัก แต่ทำไมเลข
หมายโทรศัพท์บ้านเรามี **9** หลัก??

8 หลักถูกต้องแล้วครับ

เพราะไม่ได้นับรวมถึงเลข **0** ที่อยู่ด้านหน้า เนื่องจากเป็นเพียง
Trunk prefix สำหรับโทรในประเทศ



เวลาโทรต้องกด 0 ตามด้วยเลขหมายโทรศัพท์

เนื่องจากเลขหมายโทรศัพท์ 8 หลักมีรหัสพื้นที่



เวลาโทรในประเทศต้องกด 0 ทุกครั้ง

คนส่วนใหญ่เข้าใจผิดว่ายังมีรหัสพื้นที่อยู่



แต่ผลลัพธ์ก็โทรติดเหมือนกัน



คำแนะนำในการเขียนเลขหมายโทรศัพท์ตาม มาตรฐาน

- แบ่งกลุ่มตัวเลขให้ถูก
- แบ่งกลุ่มตัวเลขด้วยช่องว่าง
- เลิกใช้เครื่องหมายวงเล็บ() กับเบอร์โทร
- ใช้ **+66** สำหรับเลขหมายระหว่างประเทศ



แบ่งกลุ่มตัวเลขให้ถูก

เลขหมายโทรศัพท์ในประเทศ

Trunk prefix + Subscriber numbers

เลขหมายโทรศัพท์สำหรับติดต่อกับต่างประเทศ

Country code + Subscriber numbers



การแบ่งกลุ่มตัวเลขด้วยช่องว่าง

มาตรฐาน **ITU E.123**

แนะนำการแบ่งกลุ่มตัวเลขโดยใช้สัญลักษณ์ช่องว่างหรือการเว้นวรรค

เช่น **0 2123 4567**

ไม่ควรใช้เครื่องหมายอื่น เช่น **0-2123-4567-8** หรือ
0-2123-4567-70



เลิกใช้เครื่องหมายวงเล็บ() กับเบอร์โทร

เครื่องหมายวงเล็บ () ใช้แสดงว่า ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บไม่จำเป็นต้องใช้ในการโทร

เช่น รหัสพื้นที่ (02) สำหรับกรุงเทพฯและปริมณฑล ซึ่งแต่ก่อนไม่จำเป็นต้องกรหัส 02 ก่อน

เราจึงสามารถเขียนได้เป็น (02) 123,4567

หลังจากเปลี่ยนระบบหมายเลขโทรศัพท์จาก 7 หลักมา 8 หลัก ทำให้ต้องกรหัสพื้นที่ก่อนเสมอ

เราจึงไม่ควรใช้เครื่องหมาย () อีกต่อไป



ใช้ **+66** สำหรับเลขหมายระหว่างประเทศ

เครื่องหมาย **+** เป็น **International prefix symbol**

แสดงให้เห็นว่า เลขหมายโทรศัพท์ที่ตามมานั้น เป็นเบอร์โทรระหว่างประเทศ

เช่น สำหรับตัวเลข **66** นั้น ก็คือรหัสประเทศ (country code) ของ
ไทยนั่นเอง

ถ้าเป็นการโทรระหว่างประเทศ

เลข **0** ซึ่งเป็น **Trunk prefix** จะถูกละเว้นไว้ และแทนด้วย **+66**

เช่น **+66 2345 6789**



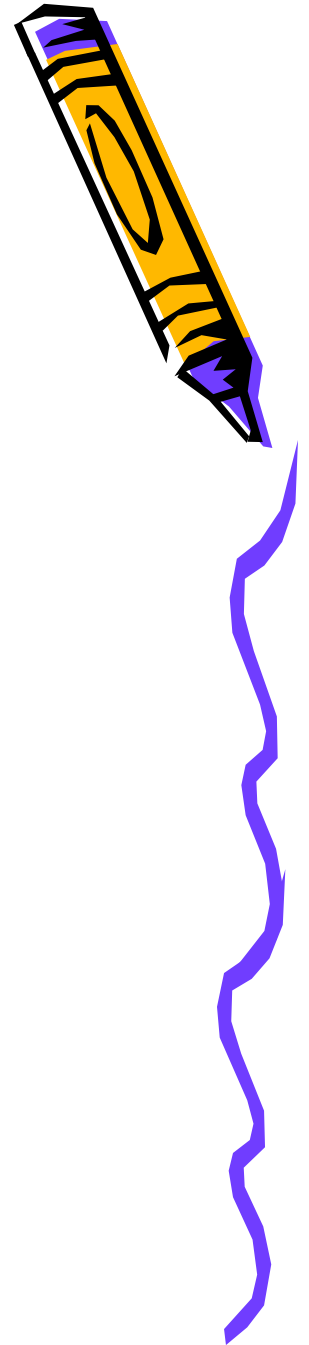
หมายเลขต่อ(ext.)

ITU แนะนำให้เขียนโดยใช้คำว่า **ext.** ซึ่งย่อมาจาก **extension** ตามด้วยหมายเลข

แต่คนไทยนั้นเราใช้คำว่า "ต่อ" แทน

เช่น 0 2345 6789 ต่อ 1234

บางทีก็ใช้ # แทน เช่น 0 2345 6789 # 1234



การเขียน Electronic Mail Address & Web Address



อีเมล ให้เขียนกำกับด้วยคำว่า "E-mail", "email", หรือ
"อีเมล" ตามด้วยที่อยู่เมล

เช่น E-mail:name@yourweb.com

ที่อยู่เว็บ ให้เขียนไว้ใกล้ๆ อีเมล และกำกับด้วยคำว่า "Web"
หรือ "เว็บ" แล้วตามด้วยที่อยู่เว็บ

โดยต้องไม่มี http:// นำหน้า

เช่น Web:www.yourweb.com





Telecommunications in Thailand 259109

3/9/2014

By Perapon Anusarnsunthorn

CMU



- Mobile phone enter the Thailand market in year 2525
- In year 2529, the first operator NMT (Nordic Mobile Telephone) started operating in Thailand using carrier frequency at 470MHz (NMT 470).
- A year later AMPS (Advance Mobile Phone System) start to operate at carrier frequency 800MHz.
- Later on the government allow for private operators provide services.
- AIS (Advanced Info Service) started using their Analogue NMT 900 which later on got change to GSM 900MHz.



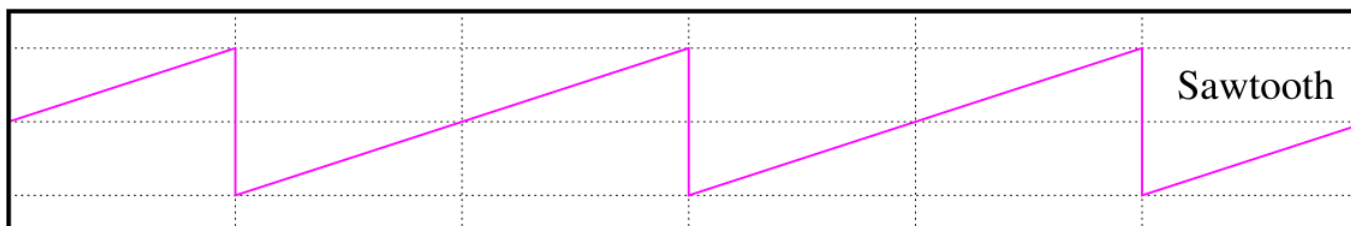
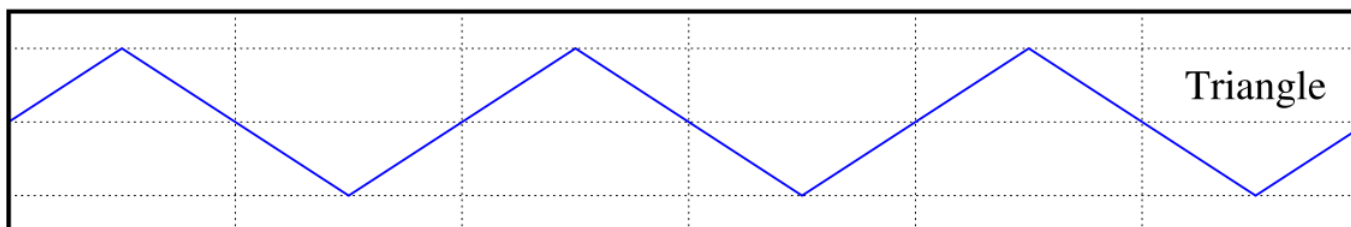
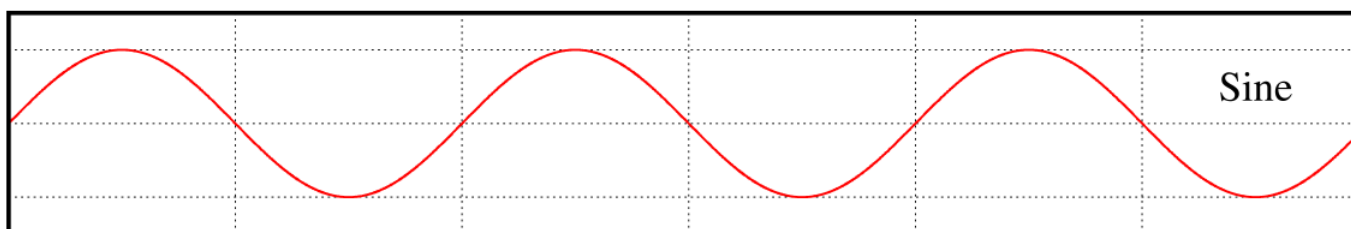
-
- Total Access Communications (TAC) enter the mobile phone market using first analogue AMPS 800 follow later by GSM 1800.
 - Today, many more provides have appear on the market, they are True Move, HUTCH, CAT CDMA and Thai Mobile.
 - Newer standard have appear such as CDMA using higher carrier frequency of 2100MHz

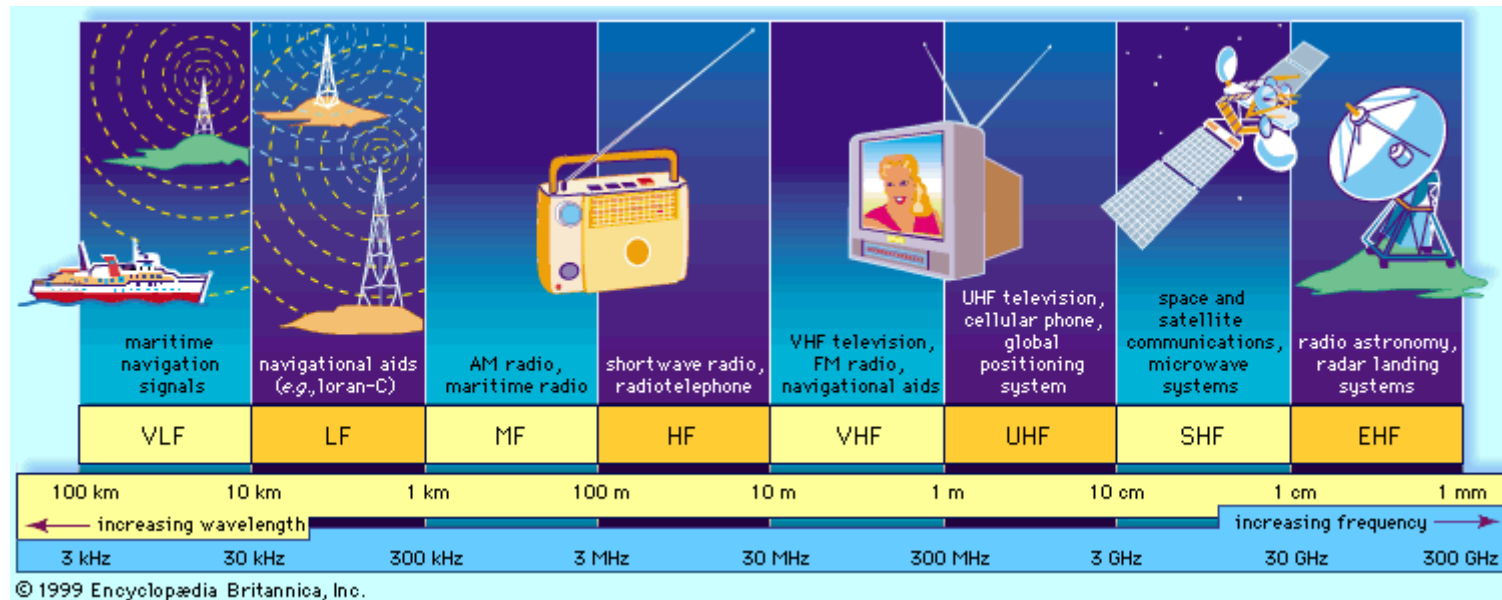


GSM

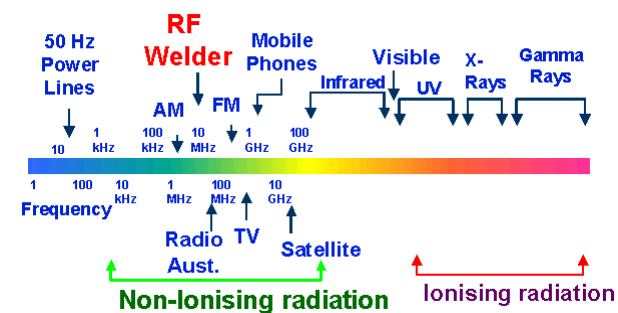
(Global System for Mobile communications)

- is the most popular standard for mobile phones in the world





- GSM work in UHF band





The GSM Family - 1

- GSM 900
 - Uplink - 890 MHz to 915 MHz
 - Downlink - 935 MHz to 960 MHz
- GSM 1800
 - Also known as
 - PCN (Personal Communications Network)
 - DCS 1800 (Digital Cellular System 1800)
 - Uplink - 1710 MHz to 1785 MHz
 - Downlink - 1805 MHz to 1880 MHz

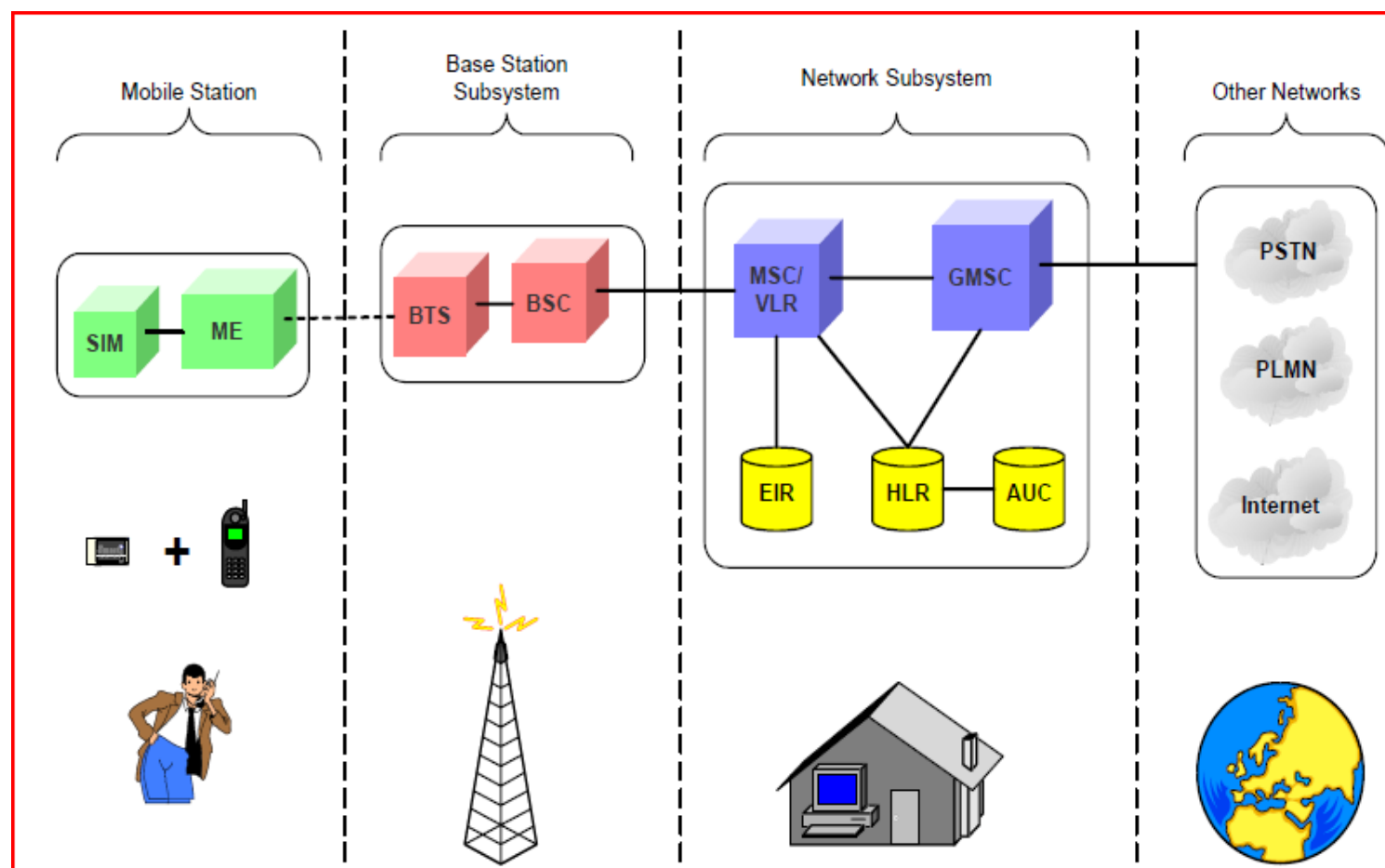


The GSM Family - 2

- GSM 1900
- also known as PCS 1900/DCS 1900
- deployed mainly in North America
 - Uplink - 1850 MHz to 1910 MHz
 - Downlink - 1920 MHz to 1990 MHz
- Dual-Mode/Tri-band phones
- Roaming agreement necessary



Architecture of a GSM Network





- **Mobile Station (MS)**
 - Mobile Equipment
 - Fixed
 - Portable
 - International Mobile Equipment Identity (IMEI) number
- **Subscriber Identity Module (SIM)**
 - Personal Identification Number (PIN)
 - International Mobile Subscriber Identity (IMSI) number
 - Enables access to subscribed services
 - Smart card



- The Mobile Station (MS) consists of the Mobile Equipment (ME) and the Subscriber Identity Module (SIM).
- The Mobile Equipment (ME), commonly referred to as a terminal or handset, comes in two varieties: fixed and portable. A fixed MS is usually installed in a vehicle while portable MSs are normally carried by subscribers. Due to size limitations and power requirements, fixed MSs were originally predominant though this situation has changed dramatically in recent years as the portable MS is by now almost ubiquitous and even regarded as a fashion accessory. The ME is uniquely identified by its International Mobile Equipment Identity (IMEI) number, which is primarily used for security purposes.
- A Subscriber Identity Module (SIM) is a smart card that is inserted into the ME to provide personal mobility. Each SIM card contains an International Mobile Subscriber Identity (IMSI) number that uniquely identifies the subscriber to the network thereby allowing access to subscribed services. To prevent unauthorized access, the SIM card can be protected using a Personal Identification Number (PIN). Only emergency calls can be made from a terminal without a SIM card. While the SIM card currently facilitates a number of services including the standard Short Message Service (SMS), advances in smart card technologies will ensure that the SIM card becomes a cornerstone for any new services deployed in the future.



- Interfaces of fundamental importance and documented by the standardization organizations
 - Interface Definition *An Interface may be defined by a set of technical characteristics describing the point of connection between two telecommunication entities. For example, the connection between a telecommunication network and the customers apparatus.*
- Example: Air Interface (Um Interface)
 - Interface between Mobile Station and Base Station Subsystem



- The Base Station Subsystem is composed of two parts: the Base Transceiver Station (BTS) and the Base Station Controller (BSC).
- The Base Transceiver Station (BTS), or simply the Base Station, is the interface for the MS to the network. It handles all communications with the MS via the air interface (technically referred to as the interface in the GSM specifications). Essentially, the transmitting power of a BTS defines the cell size i.e. its coverage area. In large urban areas, the number of BTSs deployed is large so the corresponding cell size is small. In contrast, there is usually a far smaller number deployed in rural areas so the cell size can be quite large.
- The Base Station Controller (BSC) manages the radio resources for multiple BTSs, the number of which varies but could be up to several hundred. As well as the allocation and release of radio channels, the BSC is responsible for handover management when the MS roams into an area covered by another BSC. Similar to all other interfaces in GSM, the interface between the BSC and a BTS is standardized and is referred to as the Abis interface.



Base Transceiver Station – BTS

- Usually referred to as the Base Station
- Provides the interface to the network for the MS
- Handles all communications with the MS
- Less “intelligent” than analogue equivalent
 - cheaper than analogue systems
 - bypass analogue in less wealthy countries
- “intelligence” now deployed on MS
 - for example, when to perform a handover
- Transmitting power determines cell size





Base Station Controller - BSC

- Controls Base Stations
 - up to several hundred depending on manufacturer
- Manages radio channels
 - allocation and release
- Coordinates Handover
- Physical location may vary
- Abis interface
 - between BSC and BTS



Network Sub-System (NSS)

- Nerve Centre of entire GSM network
- Manages all
 - call processing
 - subscriber related functions
- Contains
 - the core switching component
 - a number of databases
 - gateways to other networks
- Uses Signalling System Number 7 (SS7)



Network and switching subsystem

- NSS is the main component of the public mobile network GSM
 - switching, mobility management, interconnection to other networks, system control
- Components
 - Mobile Services Switching Center (MSC) controls all connections via a separated network to/from a mobile terminal within the domain of the MSC - several BSC can belong to a MSC
 - Databases (important: scalability, high capacity, low delay)
 - Home Location Register (HLR) central master database containing user data, permanent and semi-permanent data of all subscribers assigned to the HLR (one provider can have several HLRs)
 - Visitor Location Register (VLR) local database for a subset of user data, including data about all user currently in the domain of the VLR



Mobile Switching Centre (MSC)

- Performs all switching/exchange functions
- Handles
 - registration
 - authentication
 - location updating
- A GSM network must have at least one MSC
- May connect to other networks
 - Gateway MSC (GMSC)



Home Location Register (HLR)

- Administrative information for all subscribers
 - IMSI number
 - actual phone number
 - permitted supplementary services
 - current location i.e. which VLR subscriber is currently registered with
 - parameters for authentication and ciphering
- One HLR per GSM PLMN



Visitor Location Register (VLR)

- Contains data on all MSs currently in the area served by the MSC
 - permanent data (identical to that in HLR)
 - Consulted during
 - call establishment
 - caller authentication
 - Usually integrated with MSC so that geographic area covered by both coincides
 - signalling requirements simplified considerably



Operation subsystem

- The OSS (Operation Subsystem) enables centralized operation, management, and maintenance of all GSM subsystems
- Components
 - Authentication Center (AUC)
 - generates user specific authentication parameters on request of VLR
 - authentication parameters used for authentication of mobile terminals and encryption of user data on the air interface within the GSM system
 - Equipment Identity Register (EIR)
 - registers GSM mobile stations and user rights
 - stolen or malfunctioning mobile stations can be locked and sometimes even localized
 - Operation and Maintenance Center (OMC)
 - different control capabilities for the radio subsystem and the network subsystem



Equipment Identity Register (EIR)

- Maintains lists of IMEI numbers of all valid and invalid equipment for the network
 - IMEI - International Mobile Equipment Identity
- An IMEI may be invalid if
 - stolen
 - not approved for use on the network, possibly due to some defect
 - EIR consulted during registration/call setup



Authentication Centre (AUC)

- Protected database
- Stores all algorithms used for authentication purposes
- Knows which one has been issued to the subscriber (stored on SIM card)
- provides HLR or VLR with parameters for completing authentication



Other Network Components

- Operations & Maintenance Centre
- Intelligent Networking
- Billing Centre
- SMS Gateway



Mobile Handset

TEMPORARY DATA

- Temporary Subscriber
- Current Location
- Ciphering Data

PERMANENT DATA

Identity Permanent Subscriber Identity
Key/Algorithm for Authentication.

Provides access to the GSM network Consists of

- ♣ Mobile equipment (ME)
- ♣ Subscriber Identity Module (SIM)





The GSM Network Architecture

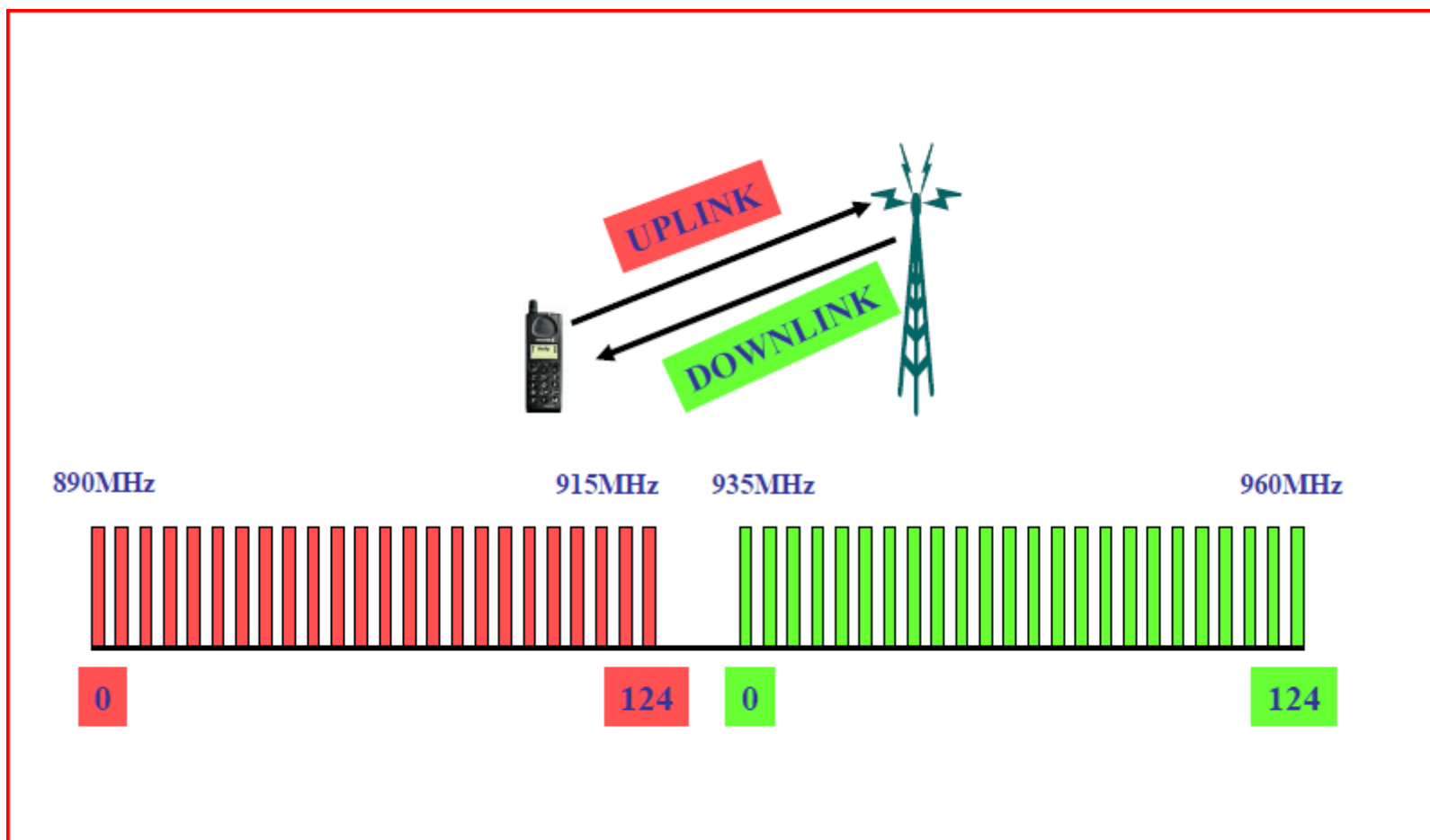
- Time division multiple access-TDMA
- 124 radio carriers, inter carrier spacing 200 kHz.
- 890 to 915 MHz mobile to base - UPLINK
- 935 to 960 MHz base to mobile - DOWNLINK
- 8 channels/carrier



- 270.833 kb/s per carrier
- GMSK with a time bandwidth product $BT = 0.3$
- Slow frequency hopping 217/hops/second.
- Synchronization compensation for up to 233micro seconds absolute delay
- Block and convolutional channel coding coupled with interleaving to combat channel perturbations- overall channel rate of 22.8 kb/s
- Full rate channel 13 kb/s voice coder rate using regular pulse excitation/linear predictive coding RPE/LPC, half rate channel 6.5 kb/s using
- Vector coder rate using vector sum excited linear predictive coding VSELP
- Overall full rate channel bit rate of 22.8 kb/s.
- Each cell can have from 1 to 16 pairs of carriers.



GSM uses paired radio channels





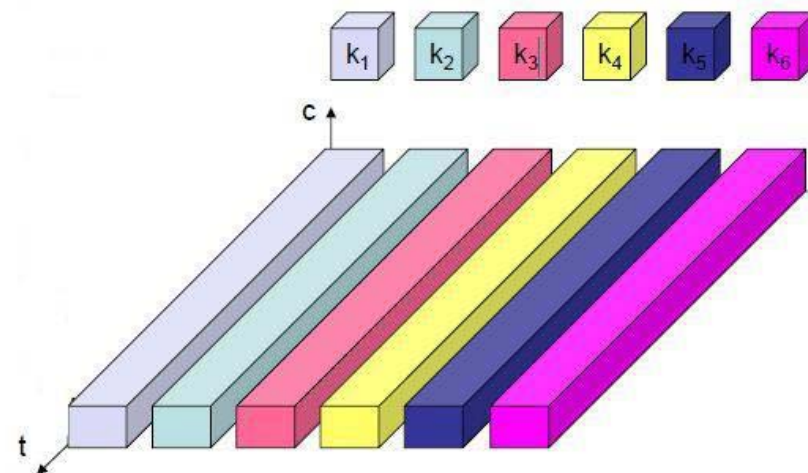
Access Mechanism

– FDMA, TDMA, CDMA



Frequency multiplex

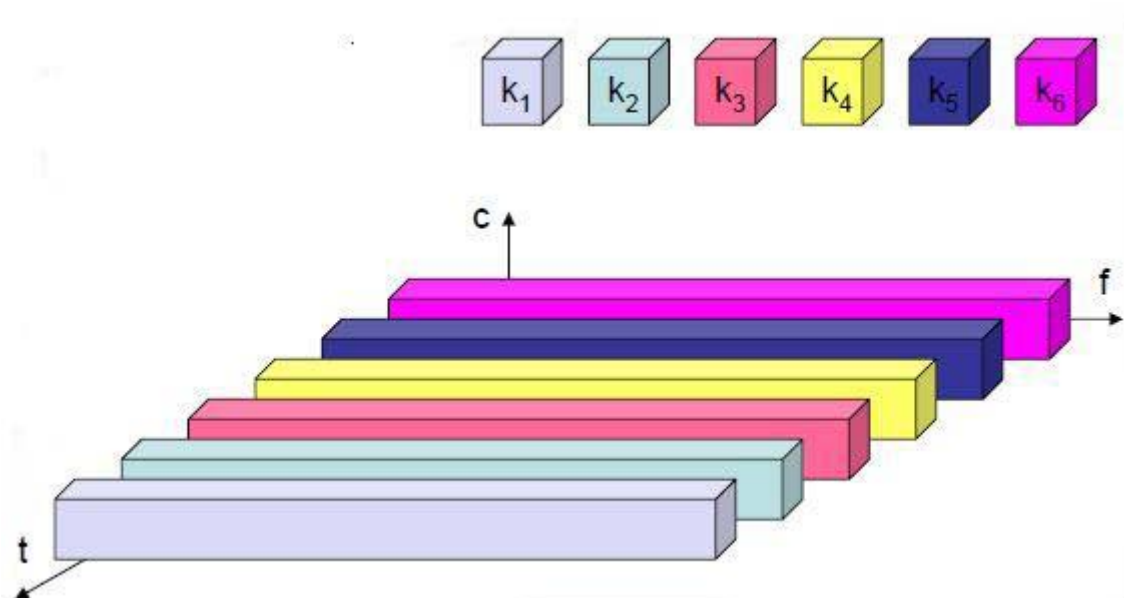
- Separation of the whole spectrum into smaller frequency bands
- A channel gets a certain band of the spectrum for the whole time
- Advantages:
 - no dynamic coordination necessary
 - works also for analog signals
- Disadvantages:
 - waste of bandwidth if the traffic is distributed unevenly
 - inflexible
 - guard spaces





Time multiplex

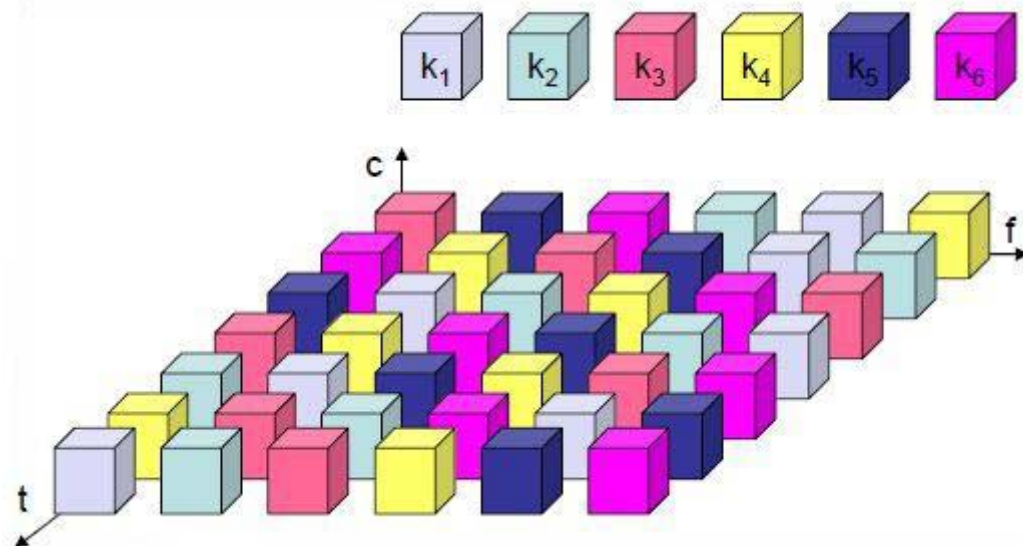
- A channel gets the whole spectrum for a certain amount of time
- Advantages:
 - only one carrier in the medium at any time
 - throughput high even for many users
- Disadvantages:
 - precise synchronization necessary





Time and Frequency Multiplex

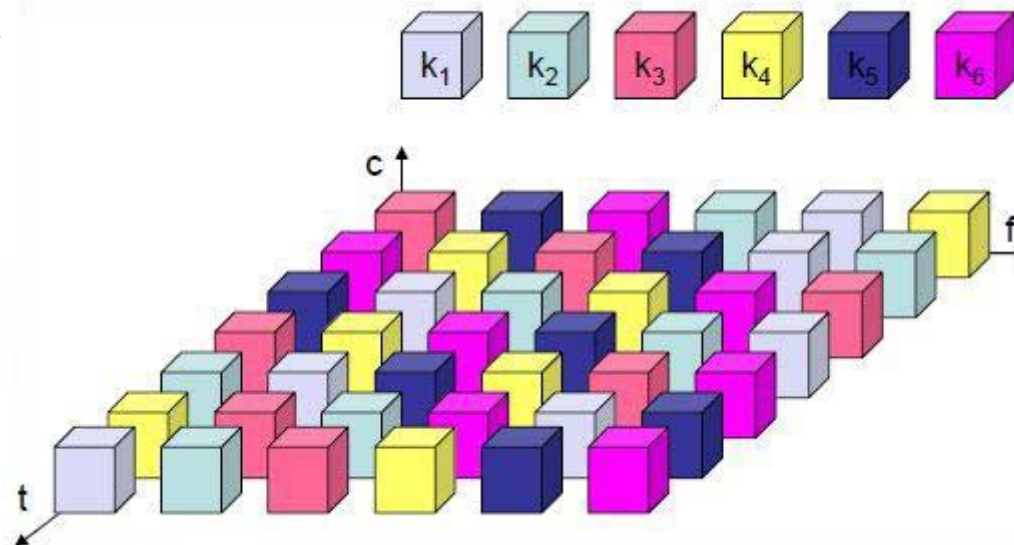
- Combination of both methods
- A channel gets a certain frequency band for a certain amount of time





Time and Frequency Multiplex

- Example: GSM
- Advantages:
 - Better protection against tapping
 - Protection against frequency selective interference
 - Higher data rates compared to code multiplex
- But: precise coordination



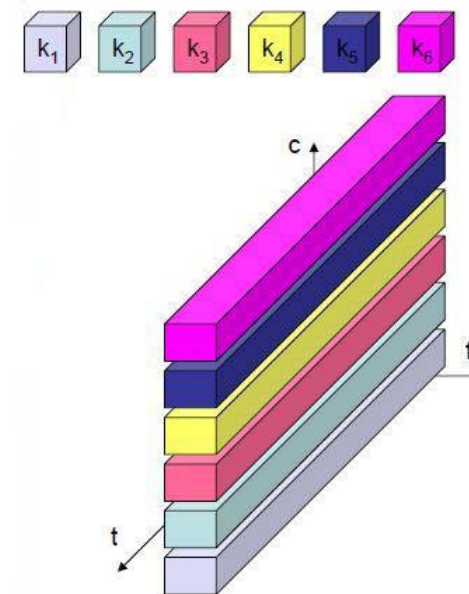


GSM combines FDM and TDM: bandwidth is subdivided into channels of 200khz, shared by up to eight stations, assigning slots for transmission on demand.



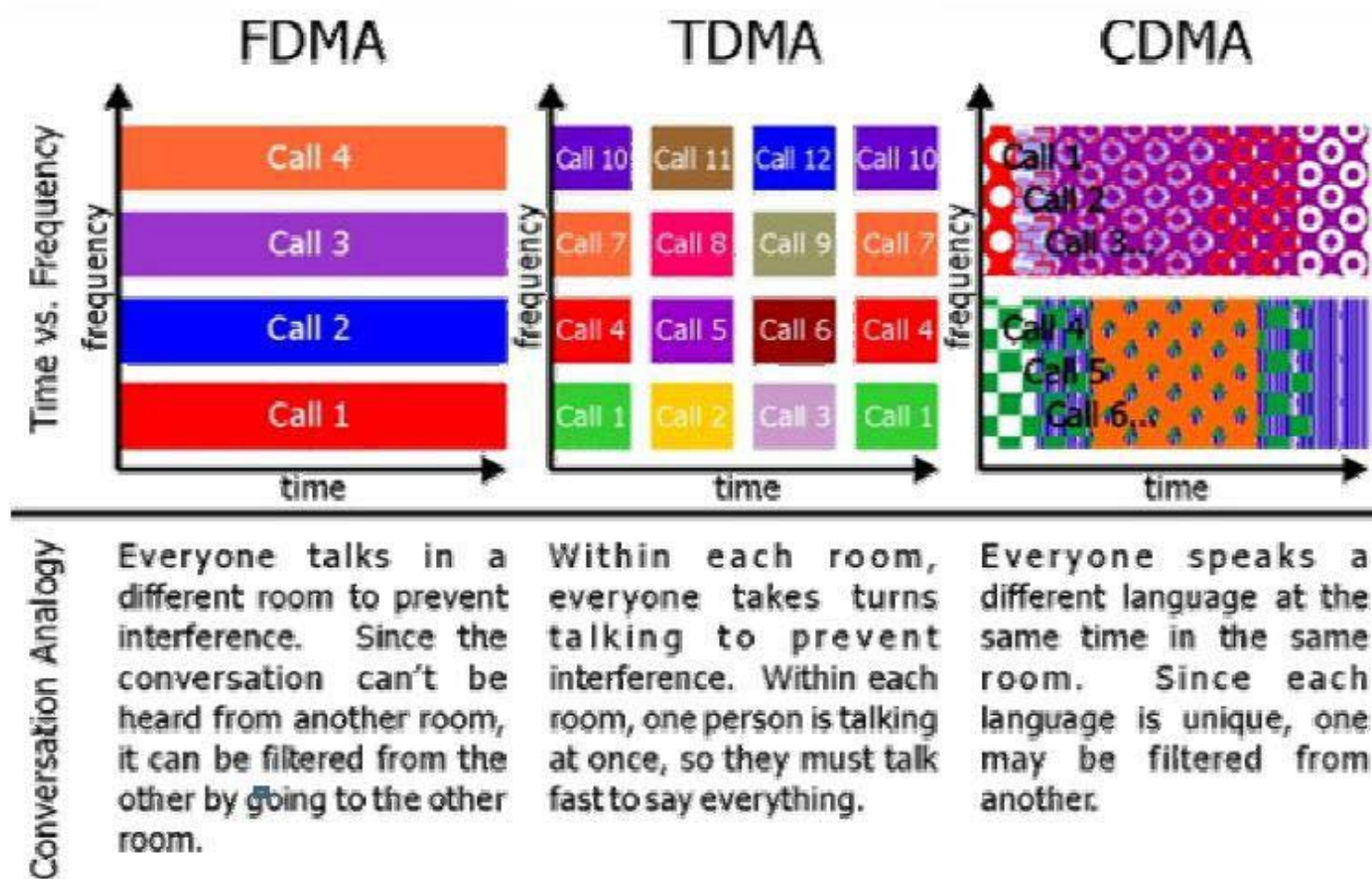
Code Multiplex

- Each channel has a unique code
- All channels use the same spectrum at the same time
- Advantages:
 - Bandwidth efficient
 - No coordination and synchronization necessary
 - Good protection against interference and tapping
- Disadvantages:
 - Lower user data rates
 - More complex signal regeneration
- Implemented using spread spectrum technology



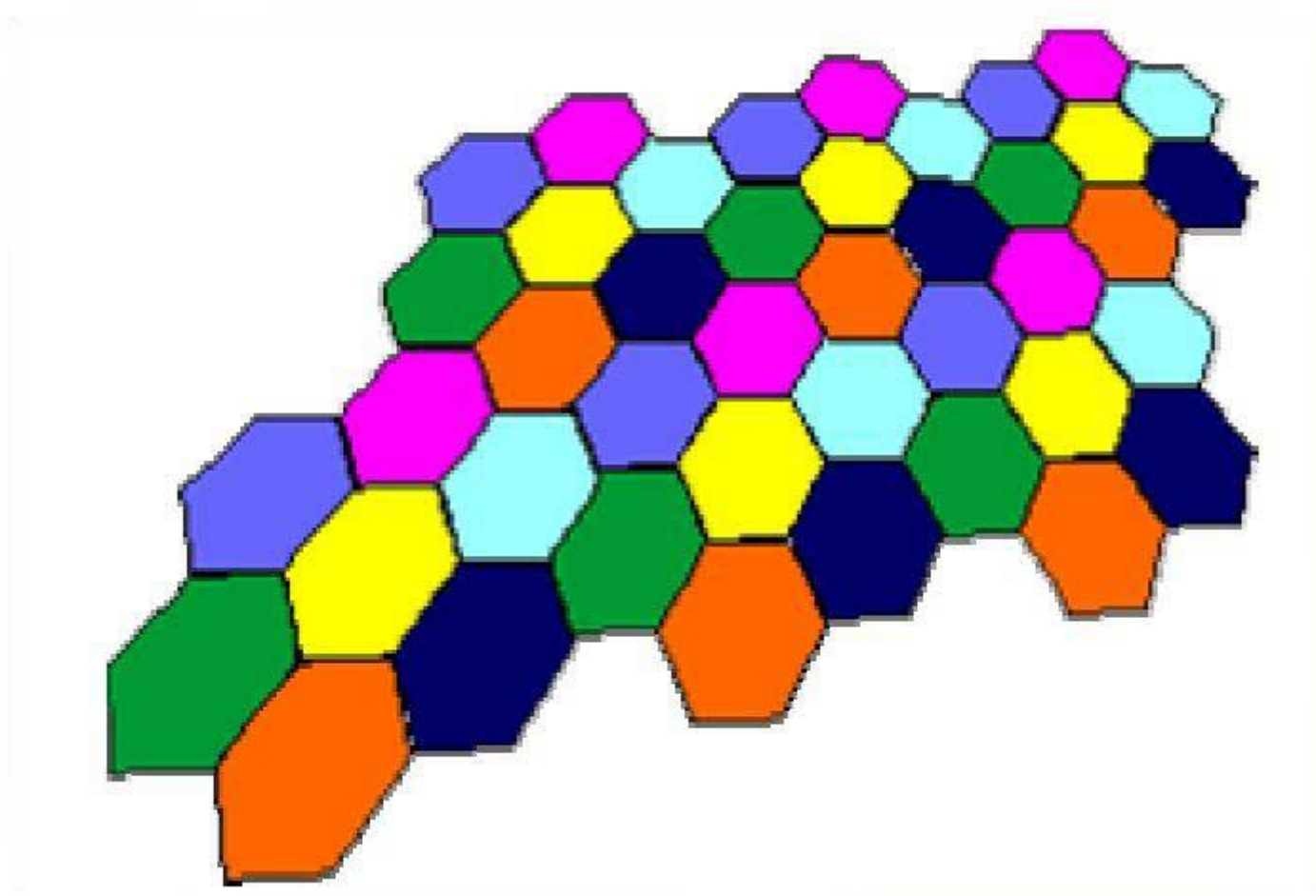


Various Access Method



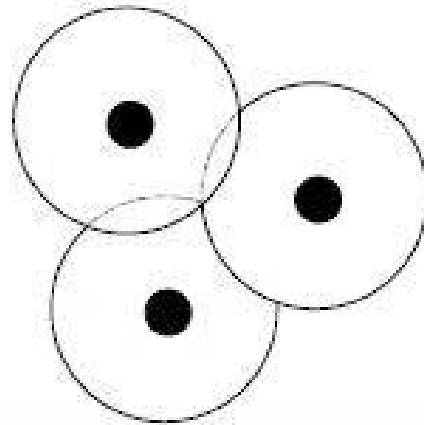


Cells

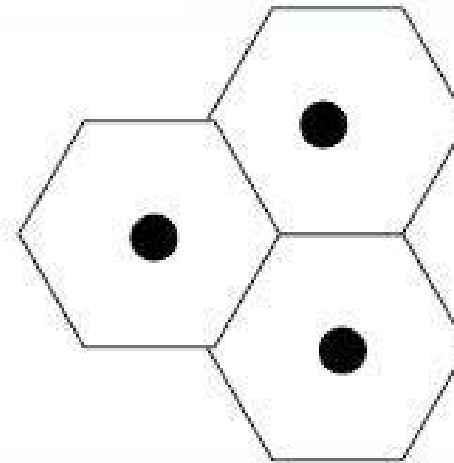




Representation of Cells



Idea cells



Fictitious cells



Cell size and capacity

- Cell size determines number of cells available to cover geographic area and (with frequency reuse) the total capacity available to all users
- Capacity within cell limited by available bandwidth and operational requirements
- Each network operator has to size cells to handle expected traffic demand

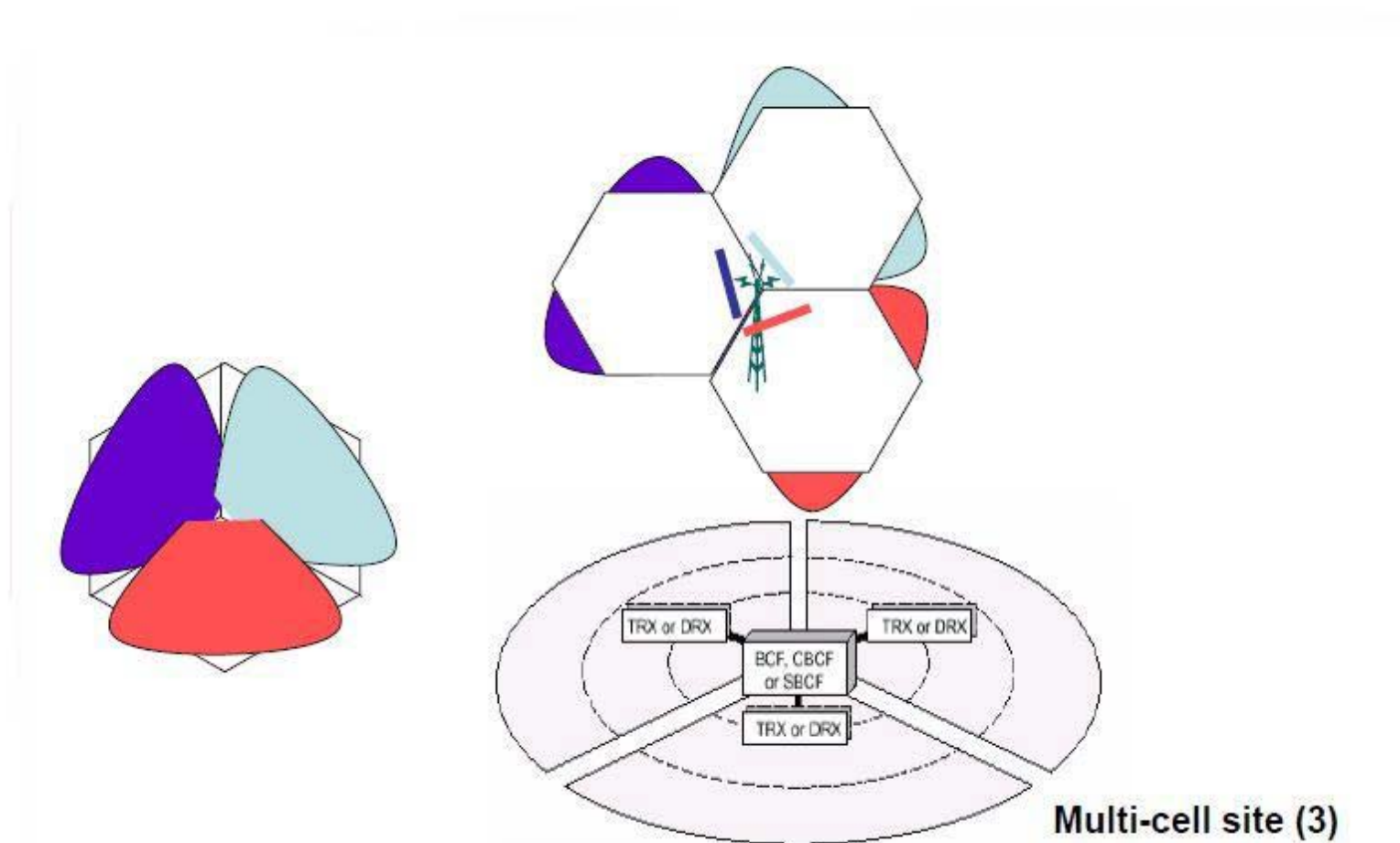


Increasing cellular system capacity

- Cell sectoring
 - Directional antennas subdivide cell into 3 or 6 sectors
 - Might also increase cell capacity by factor of 3 or 6
- Cell splitting
 - Decrease transmission power in base and mobile
 - Results in more and smaller cells
 - Reuse frequencies in non-contiguous cell groups
 - Example: $\frac{1}{2}$ cell radius leads 4 fold capacity increase



Tri-Sector antenna for a cell





Cell Distribution in a Network





Performance characteristics of GSM

- Communication
 - mobile, wireless communication; support for voice and data services
- Total mobility
 - international access, chip-card enables use of access points of different providers
- Worldwide connectivity
 - one number, the network handles localization
- High capacity
 - better frequency efficiency, smaller cells, more customers per cell
- High transmission quality
 - high audio quality and reliability for wireless, uninterrupted phone calls at higher speeds (e.g., from cars, trains)
- Security functions
 - access control, authentication via chip-card and PIN

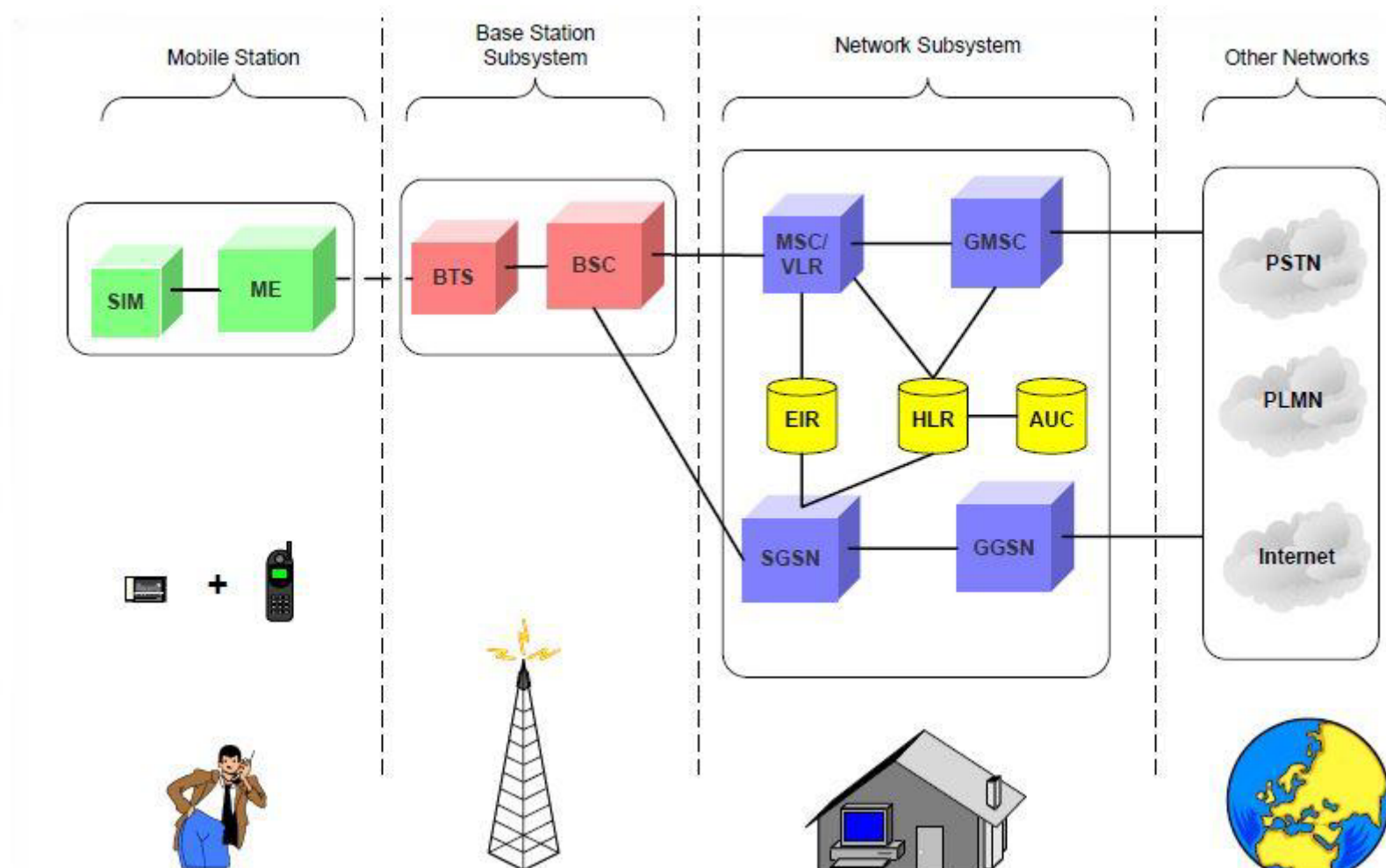


Disadvantages of GSM

- No full ISDN bandwidth of 64 kbit/s to the user
- Reduced concentration while driving
- Electromagnetic radiation
- Abuse of private data possible
- High complexity of the system
- Several incompatibilities within the GSM standards



Integrating GPRS





GPRS MS

- Two Components
 - Mobile Terminal (MT)
 - SIM card
- Three Classes of terminal
 - Class A - simultaneous circuit switched (GSM) and packet switched (GPRS) traffic
 - Class B- supports both GSM and GPRS connections but not both at the same time. One call is suspended for the duration of the other
 - Class C - handles both GPRS or GSM but can only be connected to one at the same time.



- Three new types of terminal have been defined in the GPRS standard:
 - .Class A terminals, which support simultaneous circuit-switched and packet-switched traffic. For example, a subscriber can initiate or receive a voice call without interrupting data transmission or reception activity.
 - .Class B terminals, which supports simultaneous connections to GSM and GPRS but cannot support both types of traffic at the same time. If a GPRS data call is in progress and an incoming voice call is received, the data call is suspended for the duration of the voice call. However, when the voice call is terminated, the GPRS data call will resume.
 - .Class C terminals, which can handle either data or voice calls but can only be connected to either GSM or GPRS at any given time.
- The GPRS MS itself has two components: a Mobile Terminal (MT) which consists of a handset and SIM card, and a Terminal Equipment (TE) component which is typically a laptop or a Personal Digital Assistant (PDA).



GPRS BSS

- GPRS has minor impact on the BSS
- Packet Control Unit introduced
 - Usually integrated into the BSC
 - Essentially, a software update



- As expected, GPRS has only a minor impact on the GSM BSS. However, the GPRS standard defines a functional component called the Packet Control Unit (PCU) which is added to the BSS to support the handling of data packets. Logically, it is placed between the BSS and the GPRS NSS but in practice, it is usually integrated into the BSC or even a BTS. In essence, this is a simple software upgrade.



- The most important changes take place in the NSS with the introduction of two new nodes for the handling of packet data:
- .The Serving GPRS Support Node (SGSN) is responsible for handling packet data traffic in a geographic area. It monitors GPRS users, performs security procedures and handles access control. An SGSN may be regarded as doing for packet-switched data services what the MSC does for normal circuit-switched services.
- .The Gateway GPRS Support Node (GGSN) provides the internetworking functionality for external packet data networks e.g. the Internet. It can act as an access server and is responsible for routing incoming data traffic to the correct SGSN. To facilitate communication between different networks, it can translate between various different signalling protocols and data formats.
- The introduction of these nodes required that several new interfaces be defined to handle interactions between them and other NSS components. For example, the Gb interface is required between the BSC and the SGSN while queries are sent to the HLR by the SGSN over the Gr interface. To support GPRS subscribers, the HLR database must be upgraded to include details about which data services the subscriber is registered for.



- While the implementation of GPRS will improve GSM network data capacities substantially, the individual subscriber experience may vary quite considerably.
- The theoretical maximum speed of 171.2 kb/s (eight timeslots by 21.4 kb/s) will never be achieved in a real network, as in practice, the available data rate will ultimately depend on the network configuration, which is defined by the network operator.
- Another factor that will influence the subscriber's experience is what class of handset the operator supports. Even though GPRS specifies three classes, a particular network operator may only support one.
- Nevertheless, the situation will have improved considerably. Set-up time will be less than a second while data transfers will be less susceptible to errors and delays.
- The "always-on" nature of GPRS means that emails can be received without making an explicit connection. Also, the charging rate will favour the consumer who will be billed based on the amount of data transported by the network rather than on the amount of time connected to the network.



GPRS - Summary

- Data capacity increased considerably
- Depending on configuration
- @ 14.4 kb/s per channel, 115.2 kb/s achieved
- @ 21.4 kb/s per channel, 171.2 kb/s achieved
- BUT up to 8 users per channel!
- Minimum set-up time
- “always-on” connection
- Charging determined by actual data not time



Integrating EDGE

- Minimum changes to the existing network
- New Modulation scheme
 - 8 phase shift keying (8PSK)
 - 3 bits of information per signal pulse
 - data rates increased by a factor of three



EDGE - MS

- Upgrade is necessary
- Situated complicated by
 - higher data rates on the downlink only
 - higher data rates on both the uplink and downlink



- At present, GPRS is being rolled out in Europe whereas in Japan full 3G tests are being conducted with full deployment almost imminent. EDGE is currently being evaluated by various network operators with a view to deploying it as an interim step to 3G.
- However it is unlikely that EDGE will be deployed widely if operators believe that implementing a full 3G solution may be more economical.
- Recalling that the deployment of 3G requires new spectrum, it may be that those operators who fail to obtain 3G licences will use EDGE. Indeed this was one of the motivations for the development of EDGE originally.



Wireless Generations

- 1G: Analog (1970s-1980s)
 - AMPS, TACS, NMT
 - Voice
- 2G: Digital (1990s)
 - GSM, TDMA, CDMA
 - Mostly for voice, although GSM uses SMS text messaging
- 2G+: Digital (ongoing)
 - GPRS, EDGE, IS-95B, HDR
 - Packet data enhancements, improved data rates
- 3G: now
 - UMTS, CDMA2000
 - High-speed multimedia data and voice
 - Goals of global roaming and high-quality audio and video