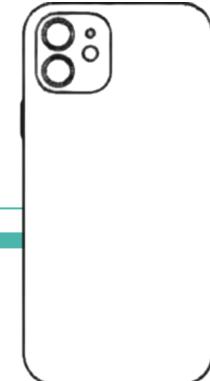
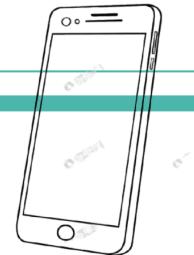
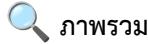


มาตรฐานและ ระบบโทรศัพท์มือถือ



ยุคที่ 1 : 1G (Analog) – ยุคเสียงอย่างเดียว



ภาพรวม

- ระบบสื่อสารไร้สายยุคแรก เน้น โทรออก–รับสายเสียงเท่านั้น
- ใช้สัญญาณ อนาล็อก (Analog)
- ความปลอดภัยต่ำ ถูกดักฟังง่าย
- คุณภาพเสียงไม่คงที่ มีสัญญาณรบกวนเยอะ



เทคโนโลยีหลักในยุค 1G

1) AMPS (Advanced Mobile Phone System) – สหรัฐอเมริกา

AMPS เป็นระบบโทรศัพท์มือถือแบบอนาล็อกยุคแรกของสหรัฐอเมริกา และถือเป็นหนึ่งในมาตรฐาน 1G ที่ได้รับความนิยมที่สุดในโลก ระบบนี้ใช้คลื่นความถี่ 800–900 MHz ทำให้สัญญาณครอบคลุมกว้างและรองรับผู้ใช้ได้จำนวนมากในยุคนั้น จุดเด่นของ AMPS คือการแบ่งช่องสัญญาณให้ผู้ใช้โทรออกพร้อมกันได้หลายคน จึงเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้โทรศัพท์มือถือเริ่มต้นของยุคโทรศัพท์มือถือสมัยใหม่ ในเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลาย แม้จะมีปัญหาเรื่องเสียงไม่คมชัดและถูกดักฟังง่ายเพราเป็นสัญญาณอนาล็อก แต่ AMPS ก็ถือเป็นจุดเริ่มต้นของยุคโทรศัพท์มือถือสมัยใหม่

2) NMT (Nordic Mobile Telephone) – ยูโรปเหนือ

NMT เป็นเครือข่ายมือถือที่ออกแบบมาเพื่อให้คนสามารถสื่อสารได้ในระยะใกล้ ครอบคลุมพื้นที่กว้างในภูมิประเทศที่มีภูเขา ป่า และสภาพอากาศรุนแรง ระบบนี้ใช้สัญญาณ อนาล็อก เช่นเดียวกับ AMPS แต่มีจุดเด่นคือสามารถเข้ามายังการใช้งานขั้นประเทคโนโลยีได้อย่างราบรื่น ถือเป็นหนึ่งในระบบที่ช่วยให้โทรศัพท์มือถือแพร่หลายมากขึ้นในยุโรป

3) TACS (Total Access Communication System) – อังกฤษ

TACS เป็นระบบโทรศัพท์มือถือแบบอนาล็อกของสหราชอาณาจักร พัฒนาต่อจาก AMPS เพื่อรับผู้ใช้งานจำนวนมากขึ้น ระบบนี้ใช้คลื่นความถี่ 900 MHz ทำให้สัญญาณครอบคลุมได้ในพื้นที่เมืองและชนบท เมือง จุดเด่นของ TACS คือเป็นมาตรฐานที่ช่วยผลักดันให้โทรศัพท์มือถือเริ่มแพร่หลายมากขึ้นในยุโรปตั้งแต่ปี 1980–1990 ก่อนจะถูกแทนที่ด้วยระบบดิจิทัล GSM ในยุค 2G

4) C-450 – เยอรมนี

C-450 เป็นระบบโทรศัพท์มือถือแบบอนาล็อกของเยอรมนี ใช้คลื่นความถี่ 450 MHz ซึ่งให้ระยะสัญญาณครอบคลุมใกล้ เหมาะกับภูมิประเทศกว้างและพื้นที่ชนบท จุดเด่นคือช่วยให้ผู้ใช้ในยุคแรกสามารถสื่อสารได้แม้อยู่ไกลเมืองใหญ่ แต่เนื่องจากเป็นระบบอนาล็อก คุณภาพเสียงยังไม่คงที่และมีสัญญาณรบกวนง่าย ระบบ C-450 ถูกใช้งานก่อนยุคของ GSM และถือเป็นรากฐานของการสื่อสารมือถือในเยอรมนีก่อนเข้าสู่ยุคดิจิทัล

📱 ตัวอย่างโทรศัพท์ในยุค 1G

- Motorola DynaTAC 8000X
- Nokia Mobira Cityman
- Panasonic EB-3620

✓ จุดเด่น

- ทำให้มือถือเริ่มแพร่หลาย
- โทรศัพท์แบบเคลื่อนที่จริง
- ทำให้เกิดแนวคิด “โทรศัพท์สำหรับพกพา”

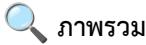


✗ ข้อจำกัด

- คุณภาพเสียงแย่
- ความปลอดภัยต่ำมาก
- ไม่มีข้อมูล, ไม่มี SMS
- เครื่องใหญ่ หนัก แบตหมดไว



ยุคที่ 2 : 2G (Digital) – ยุคข้อความและซิมการ์ด



ภาพรวม

- เปลี่ยนจาก อนาล็อก → ดิจิทัล
- เริ่มมี SMS, เสียงชัดขึ้น, ใช้ SIM Card
- ประยุกต์พลังงานมากกว่า 1G

เทคโนโลยีหลักในยุค 2G

1) GSM (Global System for Mobile Communications)

คือ มาตรฐานเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัล ที่กฎพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี 1991 โดย ETSI (European Telecommunications Standards Institute) เพื่อใช้ในการสื่อสารผ่านมือถือ ทั้งการโทรและส่งข้อมูลในรูปแบบดิจิทัล อีกทั้งยังรองรับบริการพื้นฐาน เช่น การโทรศัพท์-รับสาย ข้อความ SMS และการใช้งานข้อมูลความเร็วต่ำในยุคเริ่มต้นด้วยโครงสร้างระบบที่มีความเสถียร ปลอดภัย และรองรับผู้ใช้งานจำนวนมาก GSM จึงเป็นฐานสำคัญของเครือข่ายมือถือในหลายประเทศ

- มาตรฐานที่แพร่หลายที่สุดในโลก
- ใช้ TDMA + FDMA
- ความถี่ 900/1800/1900 MHz
- รองรับ SMS, MMS, SIM Card

2) cdmaOne (IS-95)

คือ มาตรฐานเครือข่ายสื่อสารมือถือแบบดิจิทัล ที่ใช้เทคโนโลยี CDMA (Code Division Multiple Access) เป็นพื้นฐาน พัฒนาโดย Qualcomm ในช่วงต้นทศวรรษ 1990 และถือเป็นเทคโนโลยีหลักของเครือข่าย 2G อีกสายหนึ่ง ต่างจากระบบรุ่นก่อนที่ใช้การแบ่งความถี่หรือแบ่งเวลา ระบบนี้ให้คุณภาพเสียงที่ดีขึ้น ความปลอดภัยสูงขึ้น และลดปัญหาการรบกวนสัญญาณ

- ใช้เทคนิค CDMA
- รับส่งข้อมูลเร็วกว่า GSM เเละน้อย
- คุณภาพเสียงดีและสัญญาณรบกวนน้อย

3) PDC (Personal Digital Cellular)

คือ มาตรฐานเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบดิจิทัลของญี่ปุ่น ใช้ในยุค 2G พัฒนาโดย ARIB (Association of Radio Industries and Businesses) และใช้เฉพาะในประเทศญี่ปุ่น เกือบทั้งหมด

- มาตรฐานของญี่ปุ่น
- คลื่น 800/1500 MHz
- ใช้ TDMA เช่นเดียวกับ GSM



ตัวอย่างโทรศัพท์มือถือ 2G

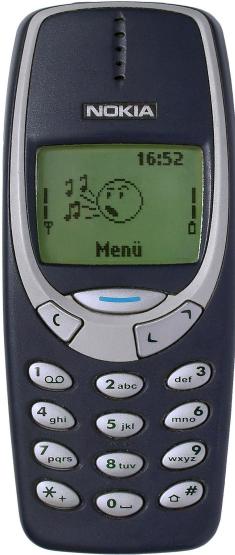
- Nokia 3310
- Siemens C35
- Motorola StarTAC

✓ จุดเด่น

- คุณภาพเสียงดีขึ้น
- มี SMS
- ใช้ชุดการ์ด ทำให้เปลี่ยนเครื่องง่าย
- ประหยัดพลังงานมากกว่า 1G

✗ ข้อจำกัด

- อินเทอร์เน็ตยังช้าและจำกัดมาก
- รองรับมัลติมีเดียได้น้อย
- คุณภาพเสียงต่ำกว่า



ยุคคาบเกี้ยว 2.5G – 2.75G

เป็นการอัปเกรดจาก 2G เพื่อให้รองรับอินเทอร์เน็ต



2.5G – GPRS (General Packet Radio Service)

คือเทคโนโลยีเพิ่มความสามารถด้านอินเทอร์เน็ตบนเครือข่าย GSM ซึ่งทำให้เครือข่าย 2G (GSM) สามารถใช้งาน อินเทอร์เน็ตแบบแพ็กเกจชั้นมูล (Packet-Switched Data) ได้ จึงถูกเรียกว่า 2.5G เพราะอยู่ระหว่าง 2G และ 3G

- อินเทอร์เน็ตแบบ Packet Data ครั้งแรก
- ความเร็ว ~ 40–80 kbps
- ใช้งาน WAP, MMS, e-mail ได้



2.75G – EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)

คือเทคโนโลยีพัฒนาต่อยอดจาก GPRS บนเครือข่าย GSM เพื่อเพิ่มความเร็วอินเทอร์เน็ตมือถือให้สูงขึ้นอย่างมาก จึงถูกเรียกว่า 2.75G (เกือบถึง 3G แต่ยังไม่ใช่)

- เพิ่มความเร็วโดยใช้ 8PSK
- ความเร็ว ~ 100–250 kbps
- เริ่มเล่นเว็บได้ตีชิ้น



ตัวอย่างมือถือรองรับ GPRS/EDGE

- Nokia 6600
- Sony Ericsson T610
- Motorola V3 (บางรุ่นรองรับ EDGE)

✓ จุดเด่น

- อินเทอร์เน็ตเริ่มใช้งานได้จริง
- โหลดภาพ/เว็บแบบง่าย ๆ
- ใช้โครงสร้าง GSM เดิมได้

✗ ข้อจำกัด

- ยังช้ามากเมื่อเทียบกับ 3G
- เล่นวิดีโอแทบไม่ได้



ยุคที่ 3 : 3G (Mobile Internet) – ยุคข้อมูลและวิดีโอ

ยุคนี้คือยุคที่มือถือเริ่มใช้งาน อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง, ดูวิดีโอสตูร์มมิ่ง, ใช้วิดีโอโคคอล และข้อมูลแบบแพ็กเก็ตได้จริงจัง ถือเป็นยุคเปลี่ยนผ่านครั้งสำคัญจากยุค 2G (เสียงและข้อความ) สู่ยุคข้อมูลเต็มตัว

1. WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)

คือ WCDMA ทำงานโดยให้ผู้ใช้งานแต่ละรายมีรหัสสัญญาณเฉพาะตัว ข้อมูลของทุกคนสามารถส่งผ่านความถี่เดียวกันได้ แต่ยังคงถูกแยกออกจากกันอย่างแม่นยำ ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงทั้งด้านคุณภาพสัญญาณและความจุของผู้ใช้งาน ระบบนี้ช่วยยกระดับประสิทธิภาพการใช้งานมือถือจากยุค 2G ที่เน้นโทรและข้อความ ไปสู่ยุคที่รองรับบริการมัลติมีเดียเต็มรูปแบบ เช่น วิดีโอโคคอล การดาวน์โหลดไฟล์ อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง และแอปพลิเคชันออนไลน์ต่าง ๆ

2. UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

คือ มาตรฐาน 3G ของยุโรป (ตระกูล GSM) ที่ถูกออกแบบมาเพื่อพัฒนาต่อจากระบบ 2G (GSM) ให้รองรับ “อินเทอร์เน็ตบนมือถือ” แบบจริงจัง มาตรฐานเครือข่ายโทรศัพท์มือถือในยุค 3G ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่งข้อมูลได้เร็วกว่าระบบ 2G หลายเท่า และรองรับการใช้งานรูปแบบใหม่ ๆ เช่น วิดีโอโคคอล การสตรีมภาพและเสียง การดาวน์โหลดข้อมูลขนาดใหญ่ รวมถึงการใช้งานแอปพลิเคชันออนไลน์ต่าง ๆ

UMTS = ชื่อของระบบ 3G

WCDMA = เทคโนโลยีวิทยุ (Radio) ที่ใช้ใน UMTS

CDMA2000

คือเทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์มือถือยุค 3G ที่พัฒนาต่อจาก cdmaOne (IS-95) ใช้หลักการของ CDMA (Code Division Multiple Access) เช่นเดิมแต่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านความเร็ว การใช้งานข้อมูล และความจุของผู้ใช้ให้สูงขึ้นอย่างมาก

- พัฒนาจาก cdmaOne
- มีเวอร์ชันย่อย เช่น 1xRTT, EV-DO
- EV-DO ความเร็วสูงสุด ~ 2–3 Mbps

CDMA2000

- ใช้ในเครือข่ายที่มาจากการพัฒนา CDMA เดิม (เช่น Hutch, CAT CDMA ในไทย)
- มาตรฐานหลัก:
 - CDMA2000 1x → ประมาณ 153 kbps
 - 1xEV-DO → สูงสุด Mbps

ประสิทธิภาพสูงกว่า WCDMA ในช่วงแรกในด้านความเร็วข้อมูล

ยุคความเกี่ยว 3.5G – 3G+

HSPA (HSDPA/HSUPA)

คือชุดเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาต่อจาก UMTS/WCDMA (3G) เพื่อเพิ่มความเร็วอินเทอร์เน็ตบนมือถืออย่างมหาศาล จากเดิมที่ WCDMA ให้ความเร็วเพียงระดับ 384 kbps เท่านั้น

- HSDPA: เร็วขึ้นถึง 14 Mbps
- HSUPA: Upload 5.76 Mbps

HSPA+ (Evolved HSPA)

คือระบบเครือข่ายมือถือยุค 3G ที่อยู่ในตระกูล IMT-2000 เช่นเดียวกับ UMTS/WCDMA แต่ถูกพัฒนามาจากสายเทคโนโลยี cdmaOne (IS-95) ซึ่งเป็น 2G แบบ CDMA เดิมของ Qualcomm

- ความเร็วสูงสุด ~ 42 Mbps
- เป็น 3G ที่เร็วใกล้ 4G



ตัวอย่างโทรศัพท์มือถือ 3G

- iPhone 3G / 3GS
- Nokia N95
- Sony Ericsson K800i

✓ จุดเด่น

- อินเทอร์เน็ตเร็วมาก (ยุคนั้นถือว่าเร็ว)
- เริ่มดูวิดีโอ, Video Call
- แอปมือถือเริ่มเติบโต

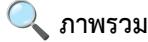


✗ ข้อจำกัด

- ความเร็วจริงแบ่งตามจำนวนผู้ใช้
- เสาส่งสัญญาณต้องหนาแน่นกว่าญี่ปุ่น

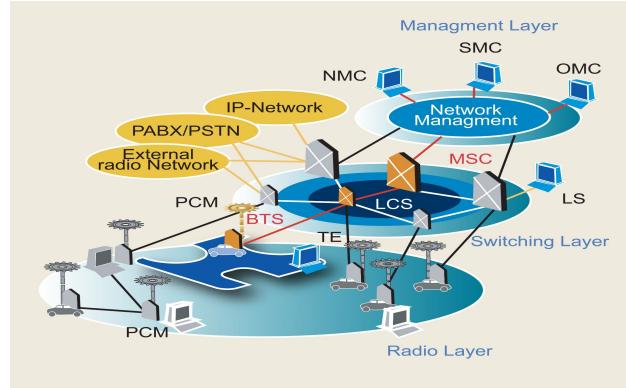


ยุคที่ 4 : 4G (High Speed Data) – ยุคสตรีมมิ่ง



ภาพรวม

- เครือข่าย “All-IP” โดยสมบูรณ์ ซึ่งหมายความว่าทั้งข้อมูลและเสียง (VoIP/VoLTE) จะถูกส่งผ่านเป็นแพ็กเก็ต IP ทั้งหมด ต่างจาก 3G ที่ยังมีส่วนของ Circuit-Switched สำหรับเสียง
- ความเร็วสูงมาก ดูวิดีโอ Full HD/4K ได้
- ลด latency เยอะมาก



เทคโนโลยีหลักในยุค 4G

LTE (Long Term Evolution) ถือเป็นมาตรฐานหลักของ 4G ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางที่สุดทั่วโลกและเป็นวิวัฒนาการต่อจากเทคโนโลยี 3G (UMTS/HSPA) ที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความเร็วและความจุของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

- ความเร็วสูงสุด 100-300 Mbps
- ออกแบบมาสำหรับ Data เป็นหลัก

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

- คำจำกัดความ: WiMAX เป็นอีกหนึ่งมาตรฐานเทคโนโลยีบรอดแบนด์ไร้สายความเร็วสูง ที่พัฒนาบน มาตรฐาน IEEE 802.16
- สถานะใน 4G: WiMAX ถูกจัดเป็นเทคโนโลยีในกลุ่ม 4G ด้วยเช่นกัน โดยมีมาตรฐานที่พัฒนาให้รองรับการ เคลื่อนที่ (Mobile WiMAX หรือ 802.16e)

LTE-Advanced (LTE-A)

- มาตรฐาน: LTE-A เป็นมาตรฐานที่ ตรงตามข้อกำหนดสูงสุดของ 4G ตามที่กำหนดโดย ITU (International Telecommunication Union)
- เทคโนโลยีสำคัญ:
 - Carrier Aggregation (CA): เป็นคุณสมบัติหลักที่ทำให้ LTE-A เร็วขึ้น โดยการนำคลื่นความถี่หลายช่วงมารวม กันเพื่อเพิ่มแบบน้ำหนัก (เหมือนการรวมถนนหลายเลนให้เป็นถนนขนาดใหญ่)
 - MIMO (Multiple Input Multiple Output) ที่ได้รับการปรับปรุง: ใช้เส้าอากาศรับส่งที่ซับซ้อนมากขึ้นเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการรับส่งข้อมูล
- ความเร็ว: LTE-A สามารถทำความเร็วในการดาวน์โหลดสูงสุดตามทฤษฎีได้ถึง 1 Gbps (1,000 Mbps) สำหรับผู้ใช้งานที่อยู่กับที่ และ 100-300 Mbps ในทางปฏิบัติ



ตัวอย่างโทรศัพท์มือถือ 4G

- iPhone 5 / 6 / 7
- Samsung Galaxy S4
- Huawei P9



จุดเด่น

- ดูวิดีโอ HD/4K ได้ลื่น
- เล่นเกมออนไลน์ได้
- VoLTE เสียงคมชัด



ข้อจำกัด

- ใช้พลังงานมากกว่า 3G
- mmWave 4G (บางพื้นที่) มีระยะสั้น

ยุคที่ 5 : 5G (Hyperconnectivity) – ยุคปัจจุบัน



ภาพรวม

- ความเร็วสูงสุดระดับ 10–20 Gbps (ในทฤษฎี)
- Latency ต่ำมาก 1–10 ms
- รองรับ IoT จำนวนมาก ๆ
- ใช้คลื่นย่าง sub-6GHz และ mmWave (ความเร็วสูงสุด)

องค์ประกอบสำคัญที่สะท้อนประสิทธิภาพสัญญาณและคุณภาพการสื่อสารของ 5G

1. ความเร็วสูงเป็นพิเศษ (Enhanced Mobile Broadband – eMBB)
2. ค่าหน่วงต่ำมาก (Ultra-Low Latency)
3. รองรับอุปกรณ์จำนวนมากมหาศาล (Massive Machine-Type Communications – mMTC)
4. ความเสถียรสูงและคุณภาพสัญญาณสม่ำเสมอ
5. Network Slicing (แบ่งเครือข่ายเฉพาะงาน)
6. ความปลอดภัยสูงขึ้นหลายระดับ (Security Architecture)
7. ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Efficiency)
8. ความถี่หลากหลาย รองรับงานหลายรูปแบบ
9. รองรับการสื่อสารอัจฉริยะระหว่างอุปกรณ์ (Device-to-Device)
10. โครงสร้างเครือข่ายแบบใหม่ (Cloud-native / Edge Computing)



เทคโนโลยี 5G NR (New Radio)

1) NSA (Non-Standalone)

- ใช้โครงสร้างร่วมกับ 4G
- เปิดให้บริการได้ไว
- ความเร็วสูงกว่า 4G แต่ยังไม่เต็มศักยภาพ 5G

2) SA (Standalone)

- ใช้ Core 5G จริง
- Latency ต่ำ
- รองรับ Network Slicing

ความสามารถของ 5G

1.eMBB – Enhanced Mobile Broadband

- อินเทอร์เน็ตเร็วกว่า 4G หลายเท่า
- เล่น วิดีโอ 4K-8K, ໄລົງສັດຄມ້ນຊັດ ໡ີກະທຸກ
- ໃຊ້ກັບ VR / AR, ເມຕາເວີຣສ, ວິດີໂອຄອລ້ພັດແບບໄນ້ດີເລີຍ
 ເໜາະກັບ: ມືອຄືອ, ດູ້ນັ້ງ, ແກນອອນໄລນ໌, ຈານສຕຣິມມິຈ

2) URLLC – Ultra-Reliable and Low-Latency Communications

- ສັນຍາຄານເກືອບ ໄນດີເລີຍ (1 ms)
- ຄວບຄຸມເຄື່ອງຈັກໄດ້ແບບເຮັດໄທ໌
- ໃຊ້ກັບ ຮດໄຣຄນ້ພັດ, ທຸນຍັນຕີໂຮງຈານ, ຜ່າຕັດທາງໄກລ
 ເໜາະກັບຈານທີ່ຕ້ອງ “ແມ່ນຍໍາ + ຕອບສັນອັກນິ້ນ”

3) mMTC – Massive Machine-Type Communications for Internet of Things

- ເຂື້ອມຕ່ອງຸປຽນ IoT ໄດ້ ພລາຍລ້ານເຄື່ອງຕ່ອັນື້ນທີ່ 1 ຕຣ.ກມ.
- ເໜາະກັບເນື້ອງອັຈດວຽກ ເຊັ່ນ ເຊັ່ນເຫຼວ່າ, ກລັວງ, ຮະບບໄຟຟ້າ, ສມາດຖືອນ
 ໃໃນ Smart City, Smart Factory, Smart Home

ช่วงคลื่นที่ใช้ใน 5G

1) Low-band (700 MHz)

- ครอบคลุมกว้าง
- ความเร็วปานกลาง
- ทะลุกำแพงดี

2) Mid-band (2.6–3.5 GHz)

- ความเร็วสูง
- ครอบคลุมปานกลาง
- ใช้เป็นหลักในประเทศไทย

3) mmWave (26–28 GHz)

- ความเร็วสูง “สุด ๆ”
- ระยะสั้นมาก
- เหมาะกับสถานที่คนเยอะ เช่น สนามกีฬา, คอนเสิร์ต

ระบบปฏิบัติการที่ปลดภัยและเป็นสากลในยุคที่ 5 : 5G (Hyperconnectivity)

1. ความปลอดภัยเป็นศูนย์กลาง (Security-by-Design OS)

2. รองรับจำนวนอุปกรณ์จำนวนมาก (Massive IoT OS Support)

3. รองรับ Network Slicing และ Edge Computing

4. มาตรฐานเปิดและใช้ได้ทั่วโลก (Universal & Open Standards)

5. อัปเดตความปลอดภัยอัตโนมัติแบบไม่สะท้อน (Seamless Secure Update)

6. รองรับ AI-Native Computing

7. รองรับอุปกรณ์หลากหลาย (Cross-Device Ecosystem)



ตัวอย่างโทรศัพท์มือถือ 5G

- iPhone 12–17
- Samsung Galaxy S20–S24
- Xiaomi Mi 11–14

✓ จุดเด่น

- อินเทอร์เน็ตเร็วมาก
- รองรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น VR/AR
- latency ต่ำมาก เหมาะกับเกมมือถือ



✗ ข้อจำกัด

- mmWave (millimeter wave) ระยะไกลมาก
- ต้องติดตั้งเสาส่งเพิ่มจำนวนมาก

- นางสาว ณัฐสินธุ์ ปัญธรรม เลขที่ 15
- นาย ประนิธาน เป้าเปี่ยมทรัพย์ เลขที่ 16
- นาย อลงกรณ์ หงษ์คงนาan เลขที่ 17
- นาย วรเมธ วุฒิผลนวกุล เลขที่ 20
- นาย กจจพจ มีมา เลขที่ 22
- นาย จตุเชษฐ์ ประเทือง เลขที่ 25
- นางสาว ธิดารัตน์ อร่ามเรือง เลขที่ 29

