

Unit 6

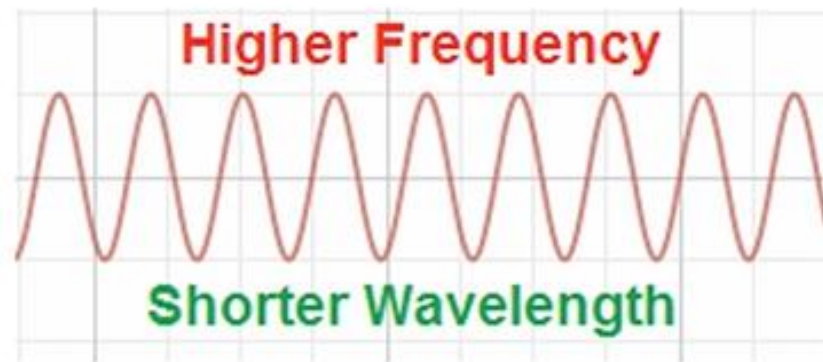
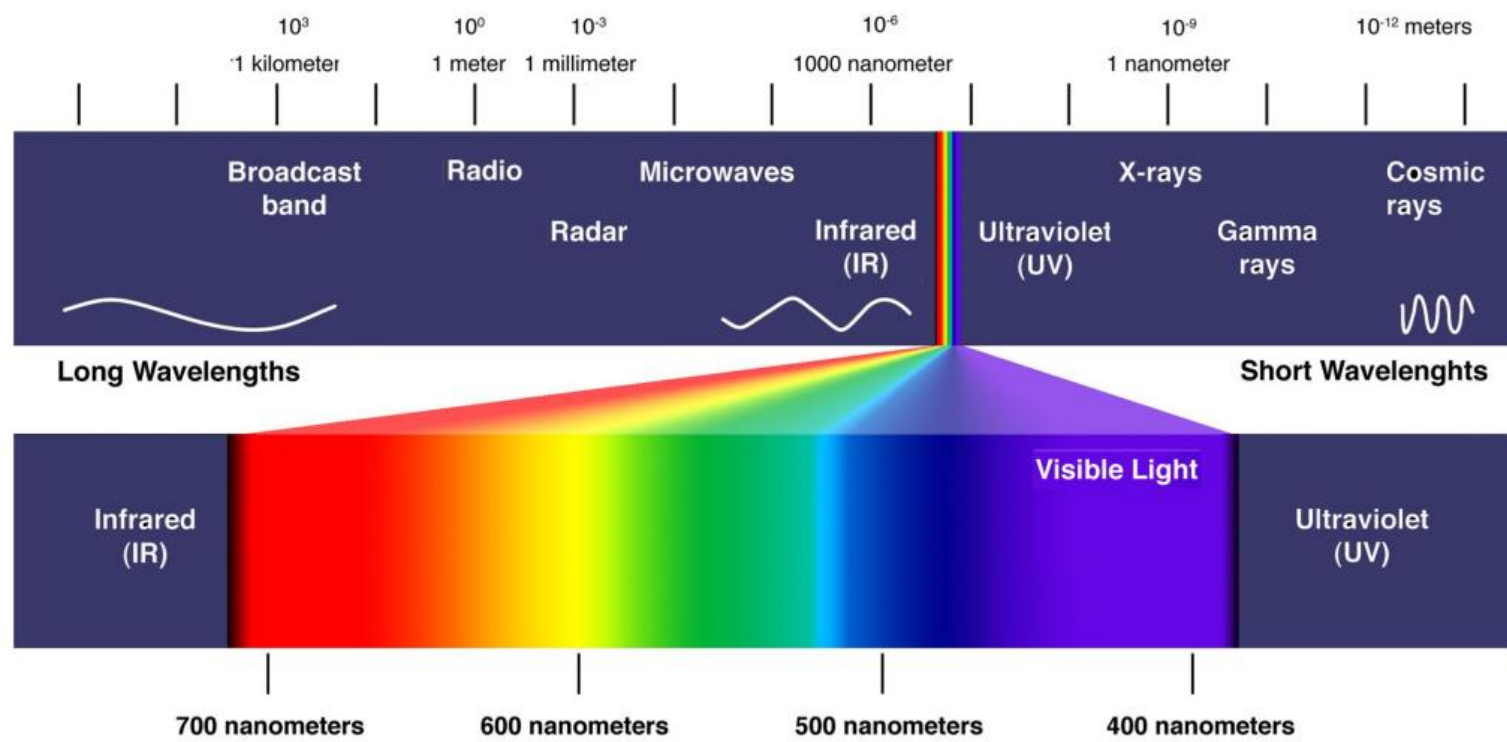
Connectivity and communication protocols



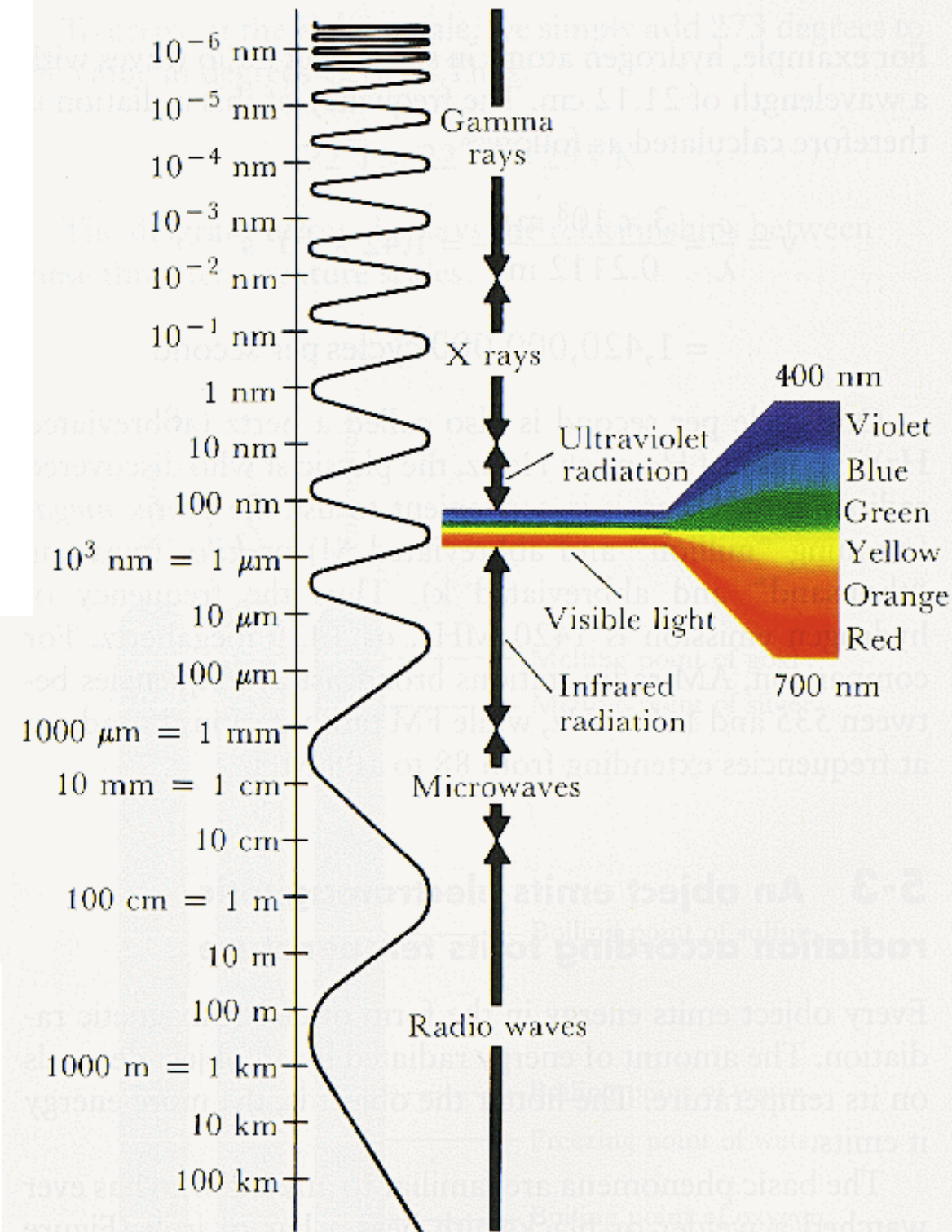
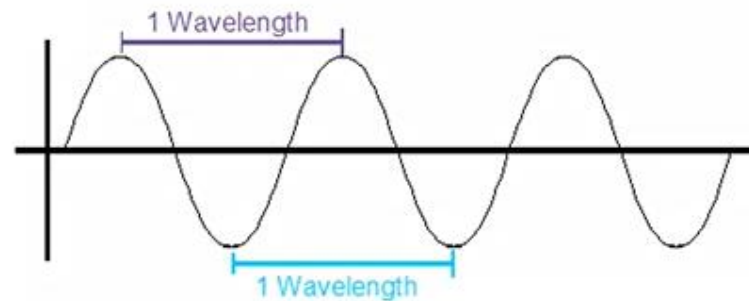
RF : Radio Frequency

- คลื่นความถี่วิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงมีคุณสมบัติกระจายไปได้เป็นระยะทางไกลด้วยความเร็วเท่ากับแสงคือ 300 ล้านเมตรต่อวินาที (ความถี่อยู่ระหว่าง 3KHz — 3000 GHz)
- เครื่องส่งวิทยุ ทำหน้าที่ สร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงหรือคลื่นวิทยุผสมกับคลื่นเสียง (AF : Audio Frequency) แล้วส่งกระจายออกไปลำพังคลื่นเสียงซึ่งมีความถี่ต่ำไม่สามารถส่งไปไกลๆ ได้ต้องอาศัยคลื่นวิทยุเป็นพาหะจึงเรียกคลื่นวิทยุว่าคลื่นพาหะ (carrier wave)
- เครื่องรับวิทยุ ทำหน้าที่ รับคลื่นวิทยุและแยกคลื่นเสียงออกจากคลื่นวิทยุให้รับฟังเป็นเสียงปกติได้

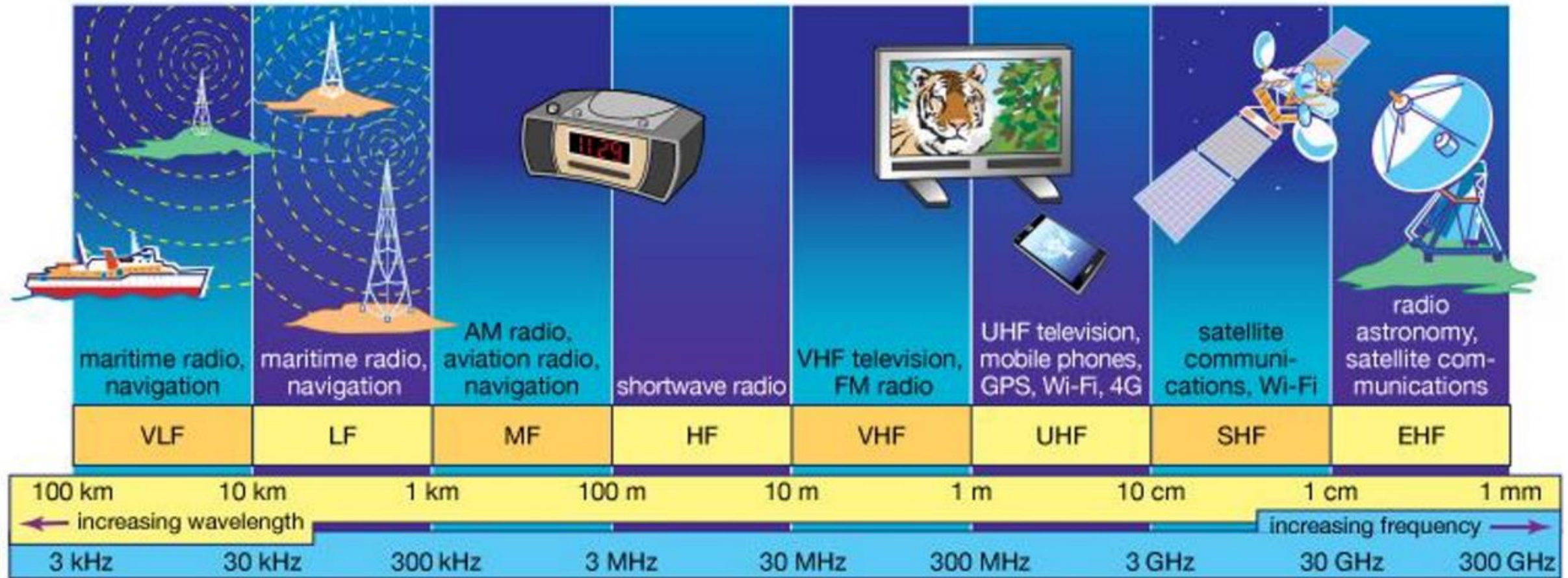
Frequency	Wavelength	Designation	Abbreviation ^[6]
3–30 Hz	10^5 – 10^4 km	Extremely low frequency	ELF
30–300 Hz	10^4 – 10^3 km	Super low frequency	SLF
300–3000 Hz	10^3 –100 km	Ultra low frequency	ULF
3–30 kHz	100–10 km	Very low frequency	VLF
30–300 kHz	10–1 km	Low frequency	LF
300 kHz – 3 MHz	1 km – 100 m	Medium frequency	MF
3–30 MHz	100–10 m	High frequency	HF
30–300 MHz	10–1 m	Very high frequency	VHF
300 MHz – 3 GHz	1 m – 10 cm	Ultra high frequency	UHF
3–30 GHz	10–1 cm	Super high frequency	SHF
30–300 GHz	1 cm – 1 mm	Extremely high frequency	EHF
300 GHz – 3000 GHz	1 mm – 0.1 mm	Tremendously high frequency	THF



Wavelength



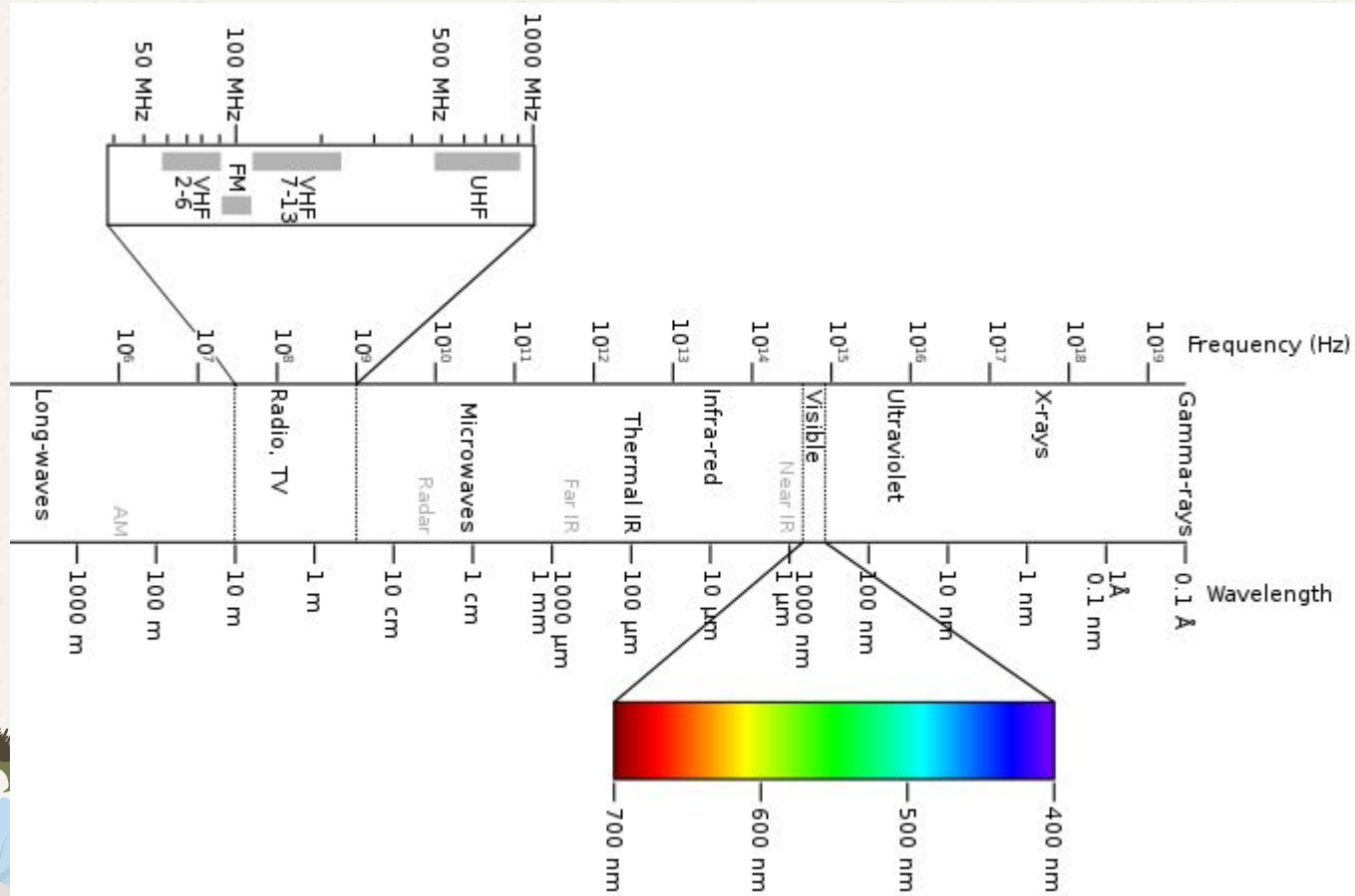
Radio Frequency Band



© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.



ประเภท Electromagnetic Radiation



1. Gamma Radiation
2. X-ray Radiation
3. Ultraviolet Radiation
4. Visible Radiation
5. Infrared Radiation
6. Terahertz Radiation
7. Microwave Radiation
8. Radio Waves Radiation



IoT Communication Protocols



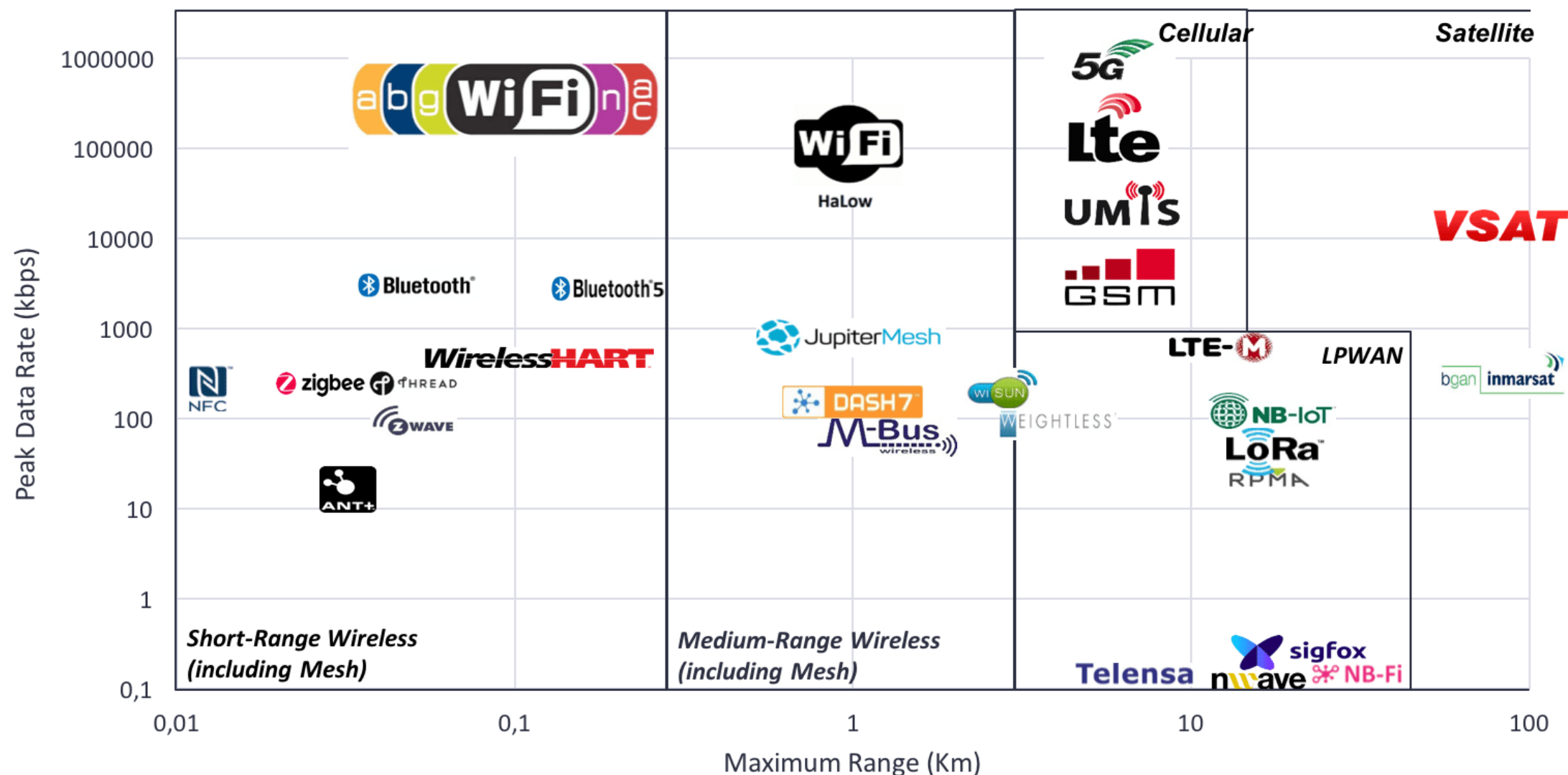
- ปัจจุบันมีโปรโตคอลที่ใช้ในระบบ IOT อยู่หลายโปรโตคอลทั้งที่ถูกคิดค้นขึ้นมาใหม่เพื่อการทำงานตามแนวคิดของ IOT โดยเฉพาะหรือใช้เทคโนโลยีโปรโตคอลที่มีอยู่แล้วโดยเราสามารถทำแจกโปรโตคอลที่ใช้ในระบบ IOT ได้ 2 ประเภท
 1. โปรโตคอลที่สื่อสารระหว่าง tier 1-2
 2. โปรโตคอลที่สื่อสารระหว่าง tier 2-4
- และยังมีแยกออกเป็น 2 ประเภทย่อยๆ ตามลักษณะการใช้งาน คือ
 1. แบ่งของปริมาณการส่งข้อมูล
 2. แบ่งของระยะทางการส่งข้อมูล



IOT Communication Protocols

Comparison Wireless technologies

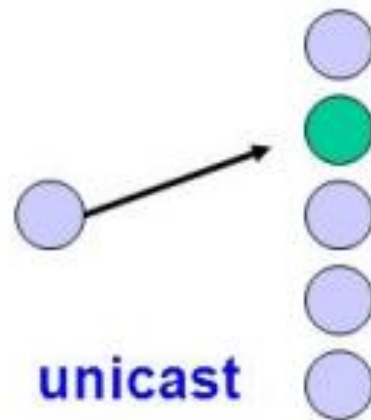
Peak Data Rate vs Maximum Range



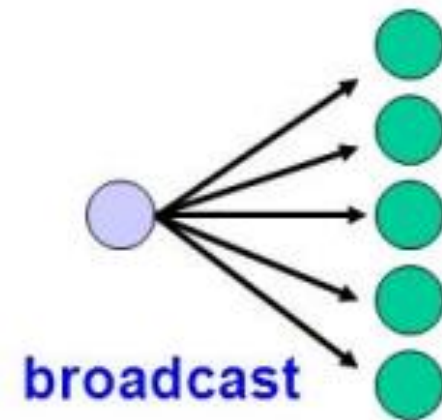
Please note that this chart is meant to show the maximum theoretical range and data rate for each technology, but this does not mean that the two can be achieved at the same time. On the contrary, no wireless technology can achieve the maximum range while transmitting at its peak data rate, but rather the higher is the used data rate, the lower is the achievable communication range.

Delivery modes

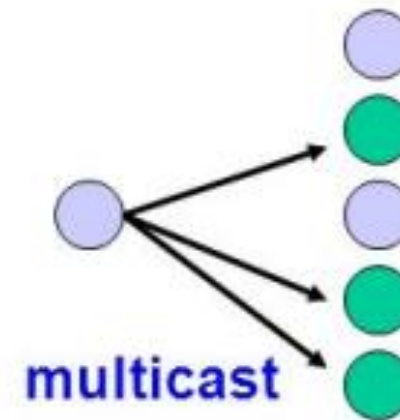
- Supported by IPv4
 - one-to-one (unicast)
 - one-to-all (broadcast)
 - one-to-many (multicast)
- Not supported by IPv4:
 - one-to-any (anycast)



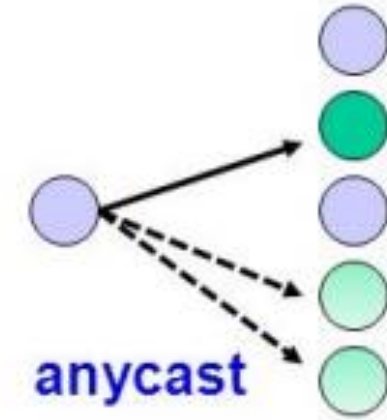
Class A, B, C
addresses



Broadcast addresses
(e.g., 255.255.255.255,
128.100.255.255)



Class D
addresses



There are no
anycast addresses 6



Wi-Fi

- เป็นเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายที่ใช้คลื่นวิทยุใช้เป็นเครือข่ายสื่อสารไร้สายระยะใกล้ WLAN : wireless local area networking
- ทำงานอยู่ในโปรโตคอลตระกูล 802.11
- เครื่องหมายการค้าของ Wi-Fi Alliance
- ถ้ามีสัญลักษณ์นี้ที่อุปกรณ์แสดงว่าสามารถทำงานกับ Wi-Fi ได้ด้วยการตรวจสอบมาแล้ว

มาตรฐาน IEEE 802.11

- 802.11n ความเร็วในการส่งข้อมูล 300 Mbps บนความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz ระยะรับส่ง 70 เมตรในโครงสร้างปิดและ 250 m ในที่โล่งแจ้ง
- 802.11ac ความเร็วในการส่งข้อมูลอย่างน้อย 1 Gbps บนความถี่ 5 GHz
- 802.11ad ความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุด 7 Gbps บนความถี่ 60 GHz

โปรโตคอลการสื่อสารตามระยะทางสั้น

กลาง

ยาว

โปรโตคอลสื่อสารระยะสั้น

Wi-Fi

Bluetooth

Zigbee

Z-WAVE

NFC



Bluetooth



- เป็นมาตรฐานของเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อยู่แบบที่และอุปกรณ์เคลื่อนที่ระยะสั้น โดยใช้คลื่นวิทยุระยะสั้น UHF ความถี่อยู่ในช่วง 2.4 - 2.485 GHz
- สามารถสร้างเครือข่ายส่วนบุคคล PAN : Person area network
- ระยะทางการส่งสัญญาณ
- ความสามารถในการส่งข้อมูลของบลูทูธขึ้นแต่ละ class
 - Class 1 กำลังส่ง 100 มิลลิวัตต์ระยะประมาณ 100 เมตร
 - Class 2 กำลังส่ง 2.5 มิลลิวัตต์ระยะประมาณ 10 เมตร
 - Class 3 กำลังส่ง 1 มิลลิวัตต์ระยะประมาณ 1 เมตร
 - Class 4 กำลังส่ง 0.5 มิลลิวัตต์ระยะประมาณ 0.5 เมตร



Bluetooth



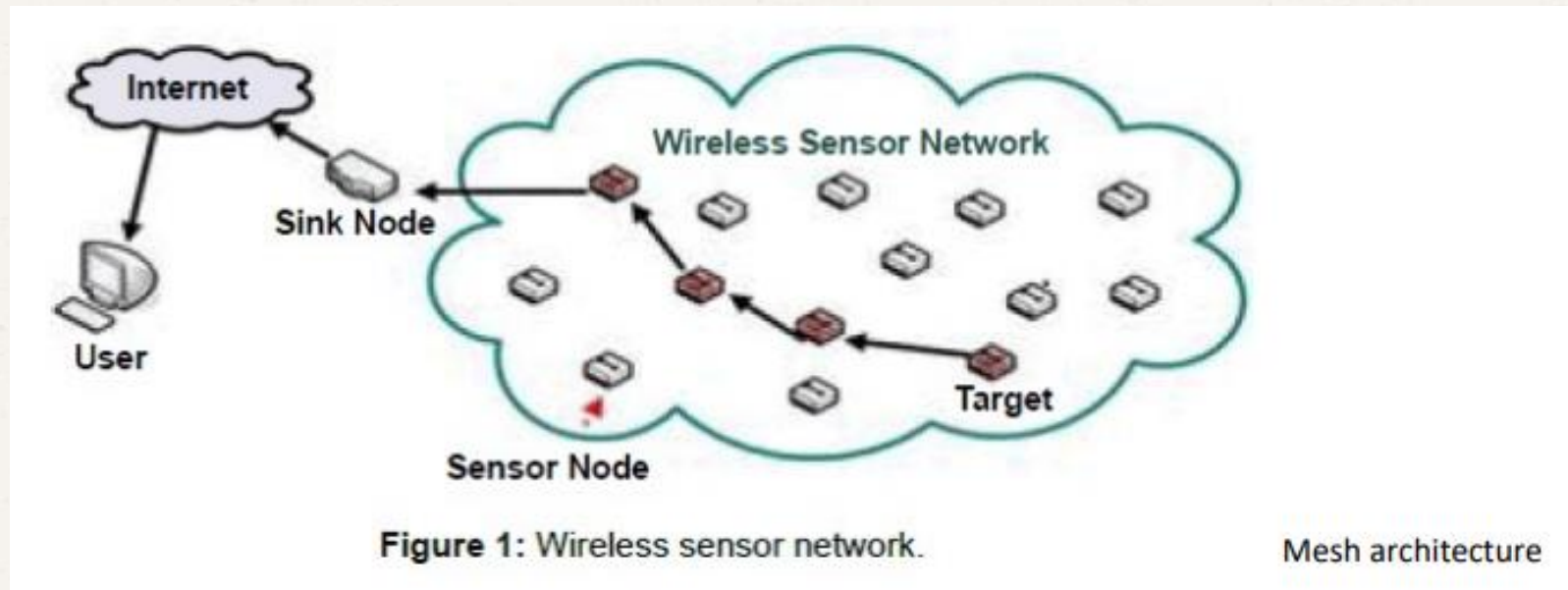
- เทคโนโลยีสื่อสารระยะใกล้ที่มีความสำคัญมากถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง เรียกว่า คอมพิวเตอร์เกือบทุกเครื่องในปัจจุบันต้องมีลักษณะการสื่อสารในอดีตเป็นการ pairing ระหว่างอุปกรณ์เพื่อส่งข้อมูลแต่ในปัจจุบันได้เพิ่มคุณสมบัติ เรียกว่า Bluetooth Low Energy (BLE) ขึ้นมา ทำให้การสื่อสารไม่จำเป็นต้อง pairing เพื่อส่งข้อมูลที่เราก่อนหน้า ทำให้รูปแบบการสื่อสารมีทางเลือกมากขึ้นอุปกรณ์ทั้งใน smart phone หรือ wearable devices ต่างก็มี Bluetooth และยังออกแบบมาเพื่องานที่เน้นการประหยัดพลังงานอีกด้วยจึงเป็นข้อได้เปรียบอย่างมากในการออกแบบอุปกรณ์ IOT ที่เน้นประหยัดพลังงานและเชื่อมต่ออุปกรณ์อย่าง smart phone หรือ PC
- เป็น protocol ที่สำคัญสำหรับงาน IOT Application อย่างมากในปัจจุบันใน version 4.2 ได้รวม protocol สแต็กอย่าง 6LowPan เข้ามาเพื่อให้การสื่อสารผ่าน Bluetooth สามารถทำผ่าน IPv6 ได้
- ปัจจุบัน Bluetooth มี version 5.0 แล้วได้เพิ่มเรื่องของระยะประสิทธิภาพการส่งข้อมูลให้มากขึ้น
- มาตรฐาน : Bluetooth 4.2 core specification
- ความถี่ : 2.4 GHz (ISM)
- ความเร็ว : 50 - 150 m (Smart/BLE)
- ข้อมูล : 1 Mbps (Smart/BLE)

Bluetooth 5.0

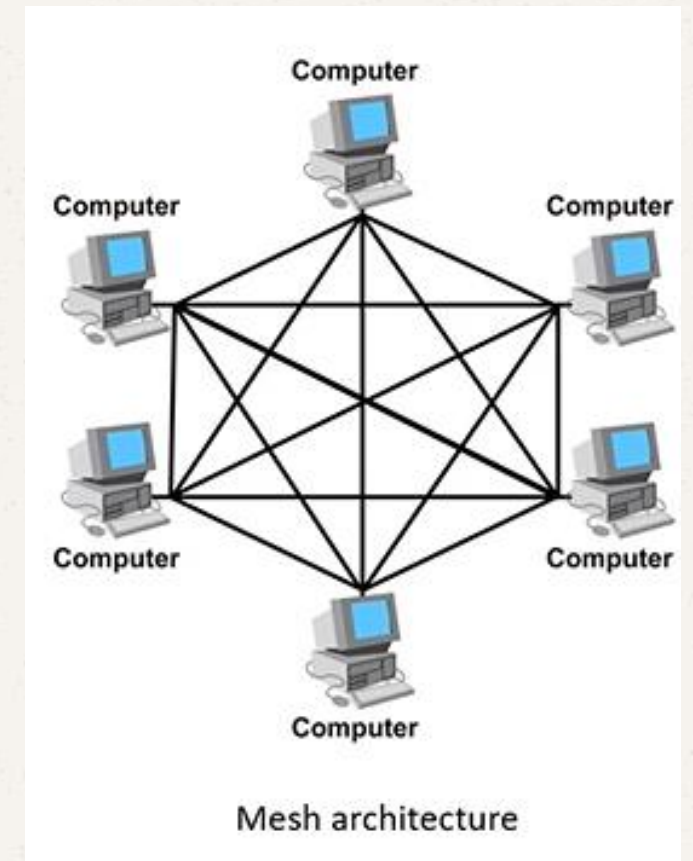
- ออกมารองรับอุปกรณ์ IOT ในอนาคตซึ่งต้องการทั้งความเร็ว ระยะเชื่อมต่อและปริมาณการรับส่งข้อมูลมหาศาล
- ความเร็วมากขึ้น 2 เท่าอัตราการรับส่งข้อมูล 2 Mbps จากเดิม 1 Mbps
- ระยะไกลขึ้น 4 เท่ารองรับระยะการเชื่อมต่อสูงสุด 200 m ภายนอกอาคารไม่มีสิ่งกีดขวางและ 40 m ภายในอาคารจากเดิม 50 m ภายนอกอาคารไม่มีสิ่งกีดขวางและ 10 m ภายในอาคาร
- ความจุของข้อมูลต่อการส่ง 1 ครั้งเป็น 255 ไบต์จากเดิมส่งได้แค่ 31
- มีการใช้บีคอนในการเชื่อมต่อ
- บีคอน คือ อุปกรณ์เล็ก ๆ ซึ่งติดตั้งตามสถานที่และปล่อยสัญญาณไร้สายออกมา

Wireless HART

- เป็นเทคโนโลยีเครือข่าย senser แบบไร้สาย Highway Addressable Remote Transducer Protocol (HART)
- เป็น protocol ที่ต้องปรับเวลาของแต่ละอุปกรณ์ให้ตรงกัน (Time Synchronized)
- ทำงานแบบจัดระเบียบตัวเอง (Self-Organizing)
- ใช้สถาปัตยกรรมตาข่ายรักษาตัวเอง (Self-Healing Mesh Architecture)
- โปรโตคอลสนับสนุนการทำงานที่ 2.4 GHz ISM band โดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4



Mesh architecture



ZigBee

- มาตรฐานสากลกำหนดโดย ZigBee Alliance เป็นการสื่อสารแบบไร้สายที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ราคาถูก
- จุดประสงค์ : เพื่อให้สามารถสร้างระบบ เรียกว่า Wireless Sensor Network ได้ซึ่งระบบนี้จะสามารถทำงานในร่ม กลางแจ้ง ทนแดด ทนฝนและอยู่ได้ด้วยแบตเตอรี่ก้อนเล็ก เช่น AA 2 ก้อน นานเป็นเดือน เป็นปี เหมาะสมใช้งานกับพวก Monitoring ต่าง ๆ
- กำหนดย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่าน
 1. 2.4 GHz
 2. 925 MHz
 3. 868 MHz
- โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง, 10 ช่อง, 1 ช่อง ตามลำดับส่วนอัตรารับส่งข้อมูล (ทางอากาศ) จะอยู่ที่ 250 Kbps, 40 Kbps, 20 Kbps ตามลำดับเช่นกัน

ทำงานได้ในช่วงระยะ 35 ฟุต

อัตราการส่งข้อมูล 40 - 250 kbps

ประเภทเครือข่าย Mesh

รองรับอุปกรณ์ได้มากที่สุด 65,000 อุปกรณ์

ความถี่ที่ใช้ 915 MHz และ 2.4 GHz

ความต้องการใช้ Hub : Yes



Z-Wave

- เป็น โปรโตคอลในการสื่อสารแบบไร้สายสำหรับ smart phone
- โดยใช้คลื่นวิทยุพลังงานต่ำสื่อสารจากอุปกรณ์ไปยังอุปกรณ์
- อนุญาตให้ควบคุมแบบไร้สายกับอุปกรณ์ในบ้านและอื่นๆ เช่น ควบคุมแสง ระบบความปลอดภัย หน้าต่าง
- ทำงานได้ในช่วงระยะ 100 ฟุต
- รองรับอุปกรณ์ได้มากที่สุด 232 อุปกรณ์
- อัตราการส่งข้อมูล 9.6 - 100 kbps
- ความถี่ที่ใช้ 908 MHz และ 916 MHz (US)
- ประเภทเครือข่าย Mesh
- ความต้องการใช้ Hub : Yes



Thread

- ทำงานบน IPv6 พลังงานต่ำสำหรับผลิตภัณฑ์อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง เน้นที่ความปลอดภัยและเป็นกระบวนการในการคาดการณ์อนาคตและวิทิศการพัฒนาเพื่อลดผลกระทบและความเครียดของเหตุการณ์ในอดีต
- กลุ่มเดียวกับ ZigBee
- ทำงานได้ในช่วงระยะ 100 ฟุต
- รองรับอุปกรณ์ได้มากที่สุด 250-300 อุปกรณ์
- อัตราการส่งข้อมูล 250 kbps
- ความถี่ที่ใช้ 2.4 GHz
- ประเภทเครือข่าย Mesh
- ความต้องการใช้ Hub : Yes



ANT Adaptive Network Topology

- เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมัลติแอสแบบผลิตหรือขายได้โดยผู้เป็นเจ้าของ (Garmin Canada) เท่านั้น
- ถูกกำหนดเป็นชุดโปรโตคอลการสื่อสารไร้สาย ทำให้ฮาร์ดแวร์ทำงานที่ความถี่ 2.4 GHz ISM band ในการสื่อสาร โดยกำหนดกฎมาตรฐานสำหรับการอยู่ร่วมกัน (co-existence) การแทนข้อมูล การส่งสัญญาณ การตรวจสอบหาข้อผิดพลาด
- แนวความคิดคล้ายบลูทูธพลังงานต่ำแต่วัตถุประสงค์หลักใช้งานกับเซ็นเซอร์



ANT+

- เป็นฟังก์ชันการทำงานร่วมกันที่เพิ่มขึ้นจากพื้นฐานโปรโตคอล ANT
- มาตรฐานนี้อนุญาตสำหรับเครือข่ายอุปกรณ์ ANT ที่อยู่ใกล้เพื่ออำนวยความสะดวกในการรวบรวมและตีความข้อมูลของเซ็นเซอร์
- Ex. อุปกรณ์ทางฟิตเนสเฝ้าดูข้อมูลต่างๆ เช่น ดูอัตราหัวใจนับก้าว ให้สามารถทำงานร่วมกันในการรวบรวมและติดตามการวัดประสิทธิภาพ

WeMo ปัจจุบันไม่ได้ใช้

- เป็นยี่ห้อจากบริษัท Belkin เป็นผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่ายและอุปกรณ์เสริมเทคโนโลยีไม่ใช่อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน
- ใช้ Piggybacks บนมาตรฐาน Wi-Fi
- มีการใช้อย่างแพร่หลายใน Networked home
- ไม่ต้องการตัวกลางที่เป็น hub, controller
- สามารถส่งสัญญาณผ่าน Wi-Fi router ไปยังอุปกรณ์อื่นไปยังเครือข่าย Wi-Fi ที่ใหญ่กว่าและไปอินเทอร์เน็ต
- ทำงานได้ในช่วงระยะ 100 ฟุต
- รองรับอุปกรณ์ได้มากที่สุด ขึ้นอยู่กับ router
- อัตราการส่งข้อมูล 40-250 kbps
- ความถี่ที่ใช้ 2.4 GHz
- ประเภทเครือข่าย star
- ความต้องการใช้ Hub : No



ตารางเปรียบเทียบ

	Z-Wave	ZigBee	WeMo	Thread	Bluetooth mesh
Operating range	100 feet	35 feet	100 feet	100 feet (theoretical)	330 feet
Max no. devices	232	65,000	Router-dependent	250-300	32,000
Data rate	9.6-100 kbps	40-250 kbps	Router-dependent	250 kbps	1 Mbps
Frequency	908/916 MHz (U.S.)	915 MHz/2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Network type	Mesh	Mesh	Star	Mesh	Mesh
Needs hub?	Yes	Yes	No	Yes	Yes



NFC : Near-Field Communication



- เป็นชุดของ protocol สื่อสารที่ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้า 2 อุปกรณ์สามารถสร้างการสื่อสารด้วยระยะไม่เกิน 4 ซม.
- ส่งข้อมูลช้ามากโดยอัตราการส่งข้อมูลเพียงแค่ 424 kbps เท่านั้น
- ใช้พลังงานน้อยมาก
- โดยการใช้งานต้องเอาส่วนที่มีแผงวงจรของ NFC อยู่มาใกล้กันมาก ๆ คือ นำมาแตะกันเลย โดยตำแหน่งของ NFC จะมีสัญลักษณ์ NFC อยู่
- ช่วยให้เราส่งข้อมูลเล็กน้อย ๆ เช่น เบอร์โทรศัพท์ รายชื่อติดต่อ รูปภาพ ลิงก์เว็บ
- ถ้าต้องการส่งข้อมูลมาก ๆ NFC ทำหน้าที่ จับคู่เท่านั้นในการส่งข้อมูลจะใช้ Bluetooth หรือ Wi-Fi Direct แทน



Wi-Fi HaLow



โปรโตคอลสื่อสารระยะกลาง

Wi-Fi HaLow

JupiterMesh

DASH7

M-Bus

Wi-SUN

WEIGHTLESS

NB-IoT

LoRa

6LoWPAN

Cellular

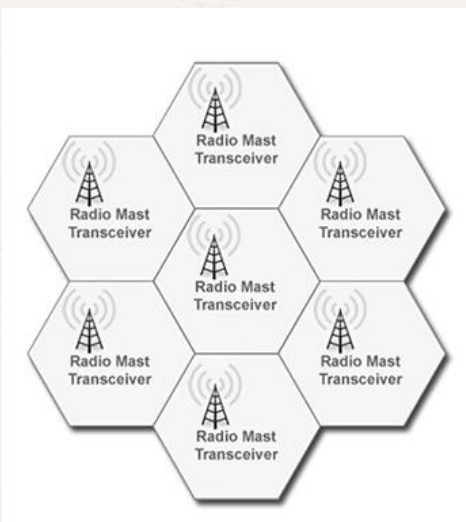
- เป็น protocol เครื่องข่ายไร้สายถูกประกาศในปี 2017 ใช้คลื่นความถี่ 900 MHz ถูกเตรียมไว้เพื่อขยายช่วงของเครือข่าย Wi-Fi ทำงานที่ความถี่ 2.4 GHz, 5 GHz bands
- ใช้พลังงานต่ำ อนุญาตให้สร้างกลุ่มของอุปกรณ์หรือ sensor ขนาดใหญ่ที่จะทำงานร่วมกันแบ่งปันสัญญาณ สนับสนุนแนวความคิดอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง
- เป็น protocol ที่แข่งกับ Bluetooth ด้วยอัตราการส่งข้อมูลที่สูงกว่าและครอบคลุมช่วงกว้างกว่า

JupiterMesh

- เครื่องข่ายไร้สายแบบ Mesh สำหรับอุตสาหกรรมอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งพลังงานต่ำ อัตราข้อมูลที่ยืดหยุ่นช่วยให้การสื่อสารเครือข่ายพื้นที่ใกล้เคียง NAN (Neighborhood Area Network) และภาคสนามสำหรับสาธารณูปโภค สื่อสารกันด้วยอัตราการส่งข้อมูลที่คงที่ ทำให้พื้นที่ใกล้เคียงใช้ intelligent grid และ smart city solution
- สร้างบนมาตรฐาน IETF, IEEE แบบเปิดโดยมีเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น IPv6 การพิสูจน์ตัวตน เข้ารหัสเพื่อขับเคลื่อนอุตสาหกรรมให้ตระหนักถึงการใช้งานของผู้ค้าหลายรายที่ทำงานร่วมกันได้ซึ่งปรับขนาดได้ ปลอดภัย จัดการง่าย

Cellular Network

- คำว่า เซลล์ มีที่มาจากพื้นที่ ๆ สัญญาณวิทยุครอบคลุมมีลักษณะเป็นบล็อก อาจมีรูปร่างสี่เหลี่ยม แปดเหลี่ยม วงกลมแต่ในที่นี้รูปหกเหลี่ยมจะเหมาะสมที่สุด
- สัญญาณถูกปล่อยมาจากสถานี (base station) ประกอบด้วยเครื่องรับส่งและเสาสัญญาณวิทยุคลื่นความถี่ต่าง ๆ ซึ่งจะตั้งอยู่ตรงกลางระหว่างเซลล์และความกว้างของพื้นที่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นหรือความแรงของสัญญาณ ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ สภาพอากาศและอาคาร



วิวัฒนาการ

- ยุคที่ 1 เรียกว่า 1G
- ปัจจุบันอยู่ในยุค 4G-LTE แต่ละยุคของโทรศัพท์มือถือมีอายุเฉลี่ยประมาณ 10 ปี
- ยุค 2G เริ่มปี 2534
- ยุค 3G เริ่มปี 2544
- ยุค 4G เริ่มปี 2554
- ยุค 5G คาดว่าจะมีการใช้อย่างแพร่หลายปี 2564
- Version แรกของ LTE ของ 3GPP มีคุณสมบัติไม่ครบมาตรฐาน 4G ของ ITU เรียกว่า pre-4G (3.9G) แต่ผู้ให้บริการบางรายก็เรียกการให้บริการ LTE ว่าเป็น 4G

4G

- ระบบเครือข่ายไร้สายความเร็วสูงชนิดพิเศษ โดย ITU ได้กำหนดความต้องการสำหรับมาตรฐาน IMT-Advance เป็นมาตรฐานที่พัฒนาต่อจาก IMT-2000 ของ 3G
- ข้อกำหนด คือ ระบบต้องรองรับแบนด์วิธได้ถึง 100 Mbps สำหรับการสื่อสารที่มีความเคลื่อนที่เร็ว เช่น ในรถหรือรถไฟและรองรับแบนด์วิธที่ 1 Gbps สำหรับการสื่อสารที่เคลื่อนที่ช้า เช่น เดินหรือยืนอยู่กับที่
- 4G เป็นระบบที่ให้บริการได้ทั้ง smart home, tablet, notebook รองรับการสื่อสารแบบ IP เหมือนกับระบบอินเทอร์เน็ต
- LTE : Long Term Evolution เป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาทดลองใช้ในยุค 4G เกิดจากความร่วมมือของ 3GPP (3rd Generation Project) มีการพัฒนาให้ LTE มีความเร็วกว่ายุค 3G ถึง 10 เท่า โดยมีความสามารถในการส่งถ่ายข้อมูลและมัลติมีเดียสตรีมมิ่งที่มีความเร็วอย่างน้อย 100 Mbps และมีความเร็วสูงสุด 1 Gbps

5G

- เริ่มจากยุค 1G พูดคุยผ่านเสียงผ่านมือถือระบบ analog ต่อมาเราเริ่มส่งข้อความ MMS หากัน
- ยุค 2G จนกระทั่งถึงจุดเปลี่ยนสำคัญคือเข้ายุค 3G สามารถเชื่อมต่อและเล่นอินเทอร์เน็ตนี้ผ่านมือถือด้วยความเร็วสูงขึ้นระหว่าง 220 Kbps — 42.2 Mbps
- เข้าถึง 4G สามารถดูภาพ เสียง หนังออนไลน์ได้เพราะมีความเร็วหลากหลายระดับในการเลือกใช้
- คุณสมบัติหลัก คือ เรื่องของคุณภาพการรับชมวิดีโอหรือการเล่นเกมส์ออนไลน์ที่ช่วยให้ผู้ใช้บริการได้สัมผัสกับคุณภาพความคมชัดและความรวดเร็วเทียบเท่ากับการใช้งานผ่านโครงข่ายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) หรือการที่สามารถทำงานและเข้าถึงข้อมูลทุกอย่างที่อยู่บน Cloud ไม่ว่าจะรูปแบบภาพหรือวิดีโอได้แบบทันทีที่ต้องการรวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความเร็วในการดาวน์โหลดและอัปโหลดที่สูงกว่าเทคโนโลยี 4G
- นอกจากนี้ 5G ยังถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการเชื่อมต่อจำนวนมากผ่านอินเทอร์เน็ตหรือที่เรียกกันว่า IoT เช่น รถยนต์ไร้คนขับ การผ่าตัดได้จากระยะไกล หุ่นยนต์ในโรงงาน สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานซึ่งถือว่ามีความเร็วมากกว่าเทคโนโลยี 4G เกิน 10 เท่า รวมถึงช่วยให้เกิดการใช้งาน AR และ VR ในกิจกรรมต่าง ๆ อาทิการสำรวจภาคสนาม การสาธารณสุขทางไกล ความบันเทิงและทอส่งข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการเข้าถึงการใช้งาน Cloud Computing ซึ่ง 5G ช่วยพัฒนาศักยภาพของระบบค้าปลีก การซื้อของออนไลน์ รวมถึงการใช้งานต่าง ๆ ของออฟฟิศอัจฉริยะ (Smart Office) และนำไปสู่ระบบเมืองอัจฉริยะ (Smart Cities) ในอนาคต

ข้อแตกต่างเบื้องต้นระหว่าง 4G, 5G

- มีการตอบสนองไวขึ้น สิ่งงานและควบคุมสิ่งต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วหรือทันที เนื่องจากมีการหน่วงเวลาหรือ (latency) ที่ต่ำมาก ตอบสนองได้ไวถึง 1 ส่วนพันวินาที (1 millisecond)

	4G	5G
รองรับการรับ-ส่ง	7.2 Exabytes ต่อเดือน	เพิ่มขึ้น 7 เท่าหรือ 70 Exabytes ต่อเดือน
		เร็วกว่าถึง 20 เท่าสามารถดูวิดีโอ 8K ออนไลน์แบบ 3 มิติ
		สามารถใช้งานคลื่นความถี่ได้ถึง 30 GHz
รองรับการใช้งาน		เพิ่มขึ้น 10 เท่า เช่น รับได้ 1 แสนคนต่อพื้นที่ 1 ตร.กม. กลายเป็น 1 ล้านคนต่อพื้นที่ 1 ตร.กม.



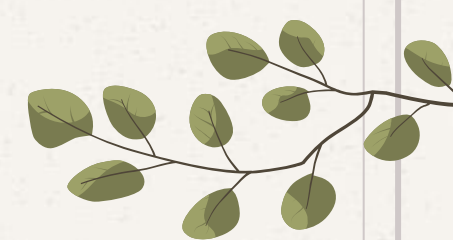
เทคโนโลยีเครือข่ายสื่อสารแบบกว้างใช้พลังงานต่ำ

Low-power Wide-Area Network Technologies

Sigfox

LoRa

NB-IOT



NB-IOT Narrowband IOT

- เป็นมาตรฐานระบบสื่อสารระยะไกลที่ใช้พลังงานต่ำ Low Power Wide Area Network : LPWAN ที่ถูกพัฒนามาเพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมต่อเข้าหากันได้โดยผ่านโครงข่ายของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่และไม่ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลมากนัก
- อัตราการ download สูงสุด 250 kbps
- อัตราการ upload สูงสุด 250 kbps
- AIS

LoRa

- ทำงานที่ความถี่ sub-1GHz
- ยุโรป 433 MHz และ 868 MHz
- สามารถส่งข้อมูลในช่วง 5 กม. ในพื้นที่เมืองและ 8 กม. ในพื้นที่นอกเมือง
- LoRaWAN เป็น protocol ที่ทำงานบนเครือข่าย LoRa
- รองรับโหนดเพียง 120 node และสามารถรองรับได้มากที่สุดถึง 1600 node โดยใช้เทคนิค ADR : Adaptive Data Rate
- มีอัตราการส่งข้อมูลสูงสุด 27 kbps



6LoWPAN

IPv6 Low-power wireless Personal Area Network

- เทคโนโลยี IPv6 นำมาใช้อุปกรณ์ด้าน LowPower
- ข้อดีเป็น OpenSource Protocol ที่สามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ Low power ได้หลายแบบ ปัจจุบันสามารถทำงานได้บน Bluetooth
- ข้อดีของการนำเอา IPv6 มาอยู่บนอุปกรณ์ขนาดเล็ก ทำให้เราสามารถใส่ protocol บนของระบบอินเทอร์เน็ต เช่น HTTP, MQTT หรือ Websockets



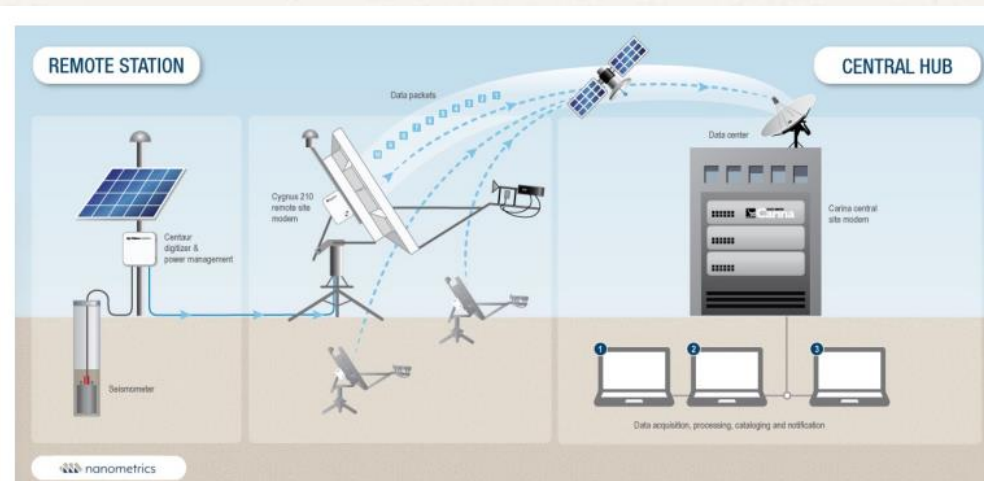
IPv6 vs IPv4

- คือจำนวนที่มากกว่า IP Address
- ขนาดของ IPv6 = 128 bits
- ขนาดของ IPv4 = 32 bits
- จำนวนของ IP ใน IPv6 คือ $2^{128} = 340,282,366,920,938,000,000,000,000,000,000,000,000,000$
- IP ที่ไม่ซ้ำกันเลย
- จำนวนของ IP ใน IPv4 คือ $2^{32} = 4,294,967,296$

ดาวเทียม Satellite

VSAT

- สถานีภาคพื้นดินดาวเทียมแบบ 2 ทางที่มีเสาอากาศจานที่มีขนาดเล็กกว่า 3.8 เมตรและเสาอากาศ VSAT ส่วนใหญ่จะสูง 75 ซม. - 1.2 เมตร
- อัตราส่วนส่วนใหญ่ 4 kbit/s-16kbit/s
- VSAT เข้าถึงดาวเทียมในวงโคจร geosynchronous หรือ geostationary เพื่อถ่ายทอดข้อมูลจากสถานีโลกระยะไกลขนาดเล็ก (terminal) ไปยังตัวอื่นๆ ใน mesh topology หรือไปสถานีหลักบนโลก (hub) ใน star topology



VSAT (Very Small Aperture Terminal)
BGAN (Broadband Global Area Network)
Inmarsat

BGAN

- เป็นเครือข่ายดาวเทียมระดับโลกที่มีโทรศัพท์โดยใช้ terminal พกพา
- Terminal จะใช้ในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ laptop กับอินเทอร์เน็ตแบบรอดแบนด์ในสถานที่ห่างไกลแม้ว่าจะสามารถใช้งานได้ทุกที่
- ค่าของเครื่องปลายทาง BGAN แตกต่างจากบริการอินเทอร์เน็ตผ่านดาวเทียมอื่นๆ ที่ต้องใช้จานดาวเทียมขนาดใหญ่และหนัก
- การเชื่อมต่อขึ้น BGAN มีขนาดเท่ากับ laptop พกพาได้อย่างง่ายดาย
- จัดทำโดย inmarsat และใช้ดาวเทียม geostationary 3 ดวงเรียกว่า i-4 เพื่อให้ครอบคลุมทั่วโลกเกือบทั้งหมด
- ความเร็วในการดาวน์โหลดของ terminal BGAN ระดับ highend สูงถึง 492 bit/s และความเร็วในการอัปโหลดสูงถึง 492 kbit/s



inmarsat



- เป็นบริษัทสื่อสารโทรคมนาคมผ่านดาวเทียมของอังกฤษที่ให้บริการมือถือทั่วโลกให้บริการโทรศัพท์และข้อมูลแก่ผู้ใช้ทั่วโลกผ่านทาง terminal พกพาหรือโทรศัพท์มือถือที่สื่อสารกับสถานีภาคพื้นดินผ่านดาวเทียมสื่อสารโทรคมนาคม
- ได้ให้บริการด้านการสื่อสารกับรัฐบาลหน่วยงานช่วยเหลือหน่วยงานสื่อและธุรกิจ (โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการบินและเหมืองแร่) มีความต้องการในการสื่อสารในพื้นที่ห่างไกลหรือไม่มีเครือข่ายภาคพื้นดินที่น่าเชื่อถือ

High Throughput services	Global Xpress European Aviation Network	M2M communications	BGAN M2M IsatM2M IsatData Pro
Advanced Services	BGAN FleetBroadband (FB) บริการทางทะเล SwiftBroadband บริการการบิน	Global voice services	IsatPhone2 IsatPhone Link FleetPhone



เทคโนโลยีการสื่อสารที่ใช้ใน อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

- เทคโนโลยีเครือข่ายสื่อสารแบบกว้างใช้พลังงานต่ำ (Low-Power Wide-Area Network
- (LPWAN) Technologies)
- เทคโนโลยีเซลลูลาร์ (Cellular technologies)
- เทคโนโลยีไร้สายระยะสั้น (Short-Range Wireless Technologies)
- เทคโนโลยีดาวเทียม (Satellite technologies)