



## เครือข่าย LoRa กับการประยุกต์ใช้งานใน Smart University

บรรยายโดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราช

[kitti@psru.ac.th](mailto:kitti@psru.ac.th)

และนายสุชิน เขียวเนตร

[suchin@psru.ac.th](mailto:suchin@psru.ac.th)

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก



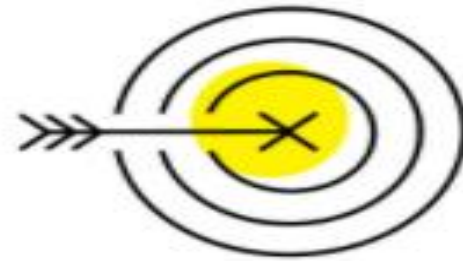
# Agenda

- Internet of Things
- IoTs Problems (Distance , wiring)
- Introduction to LoRa
- LoRa Device/Node and Gateway
- LoRa Standard
- LoRa vs NB-IoT
- LoRa in Thailand
- LoRa Case Study
- LoRa for Smart University

AGENDA



# Top 10 Strategic Technology Trends for 2018



## Intelligent



AI Foundations



Intelligent Apps and Analytics



Intelligent Things



## Digital



Digital Twins



Cloud to the Edge



Conversational Platform



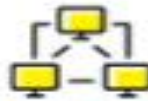
Immersive Experience



## Mesh



Blockchain



Event-Driven



Continuous Adaptive Risk and Trust

[gartner.com/SmarterWithGartner](https://www.gartner.com/SmarterWithGartner)

Source: Gartner  
© 2017 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner is a registered trademark of Gartner, Inc. or its affiliates. PPT\_201804

**Gartner**

# เทรนด์ไอทีไทยปี 2018 Digital Payment คาดว่าจะมาแรงที่สุด

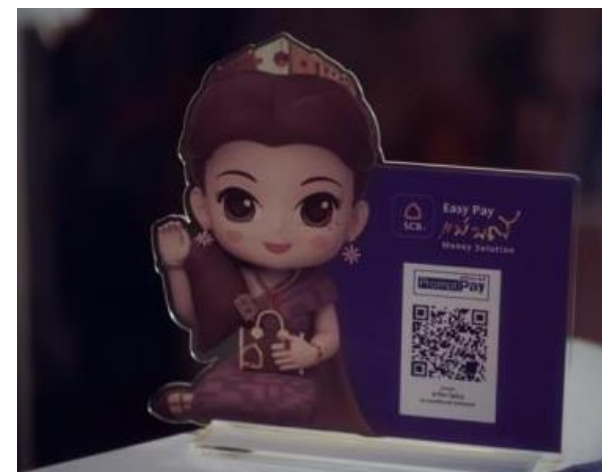
phongsak kowatcharakul - 1 เดือน ago - no comment - Big data , Cashless Society , Digital Banking , IoT , Smart City



สถาบัน IMC ประเมินสังคมไทยปี 2018 จะเข้าสู่ความเป็นดิจิทัลมากขึ้น โดย 2 เทคโนโลยีที่จะเข้ามามีบทบาทเปลี่ยนคนไทยมากที่สุดคือ Digital Payment และ Smart City ความน่ากังวลในปีหน้ายังอยู่ที่องค์กรไทยหลายรายปรับตัวไม่ทัน หรือเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัลแบบผิวเผิน และยังไม่มีความ Mindset เพื่อนำข้อมูลดิจิทัลมาใช้พัฒนาธุรกิจอย่างจริงจัง

## ปี 2018 เทคโนโลยีที่สังคมไทยจะตื่นตัว

- Digital Payment/Cashless Society
- Digital Banking
- Big Data
- Data Analytic
- Data Available
- IoT/Smart City/Smart Farm
- Network/Broadband
- LoRA



# What is IoT?

- The **Internet of Things (IoT)** is the network of physical objects—devices, vehicles, buildings and other items embedded with electronics, software, sensors, and network connectivity—that enables these objects to collect and exchange data.

“อินเทอร์เน็ตสำหรับสรรพสิ่ง”

# Where is IoT?

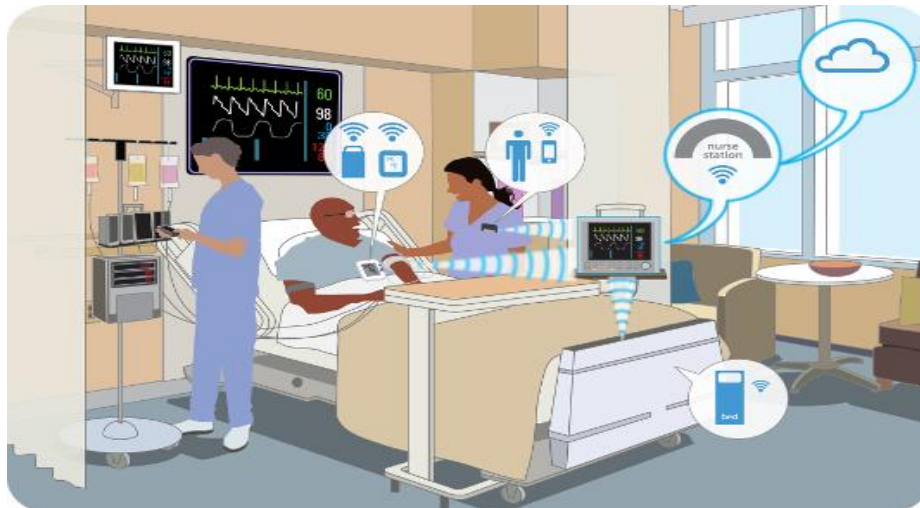
It's everywhere!





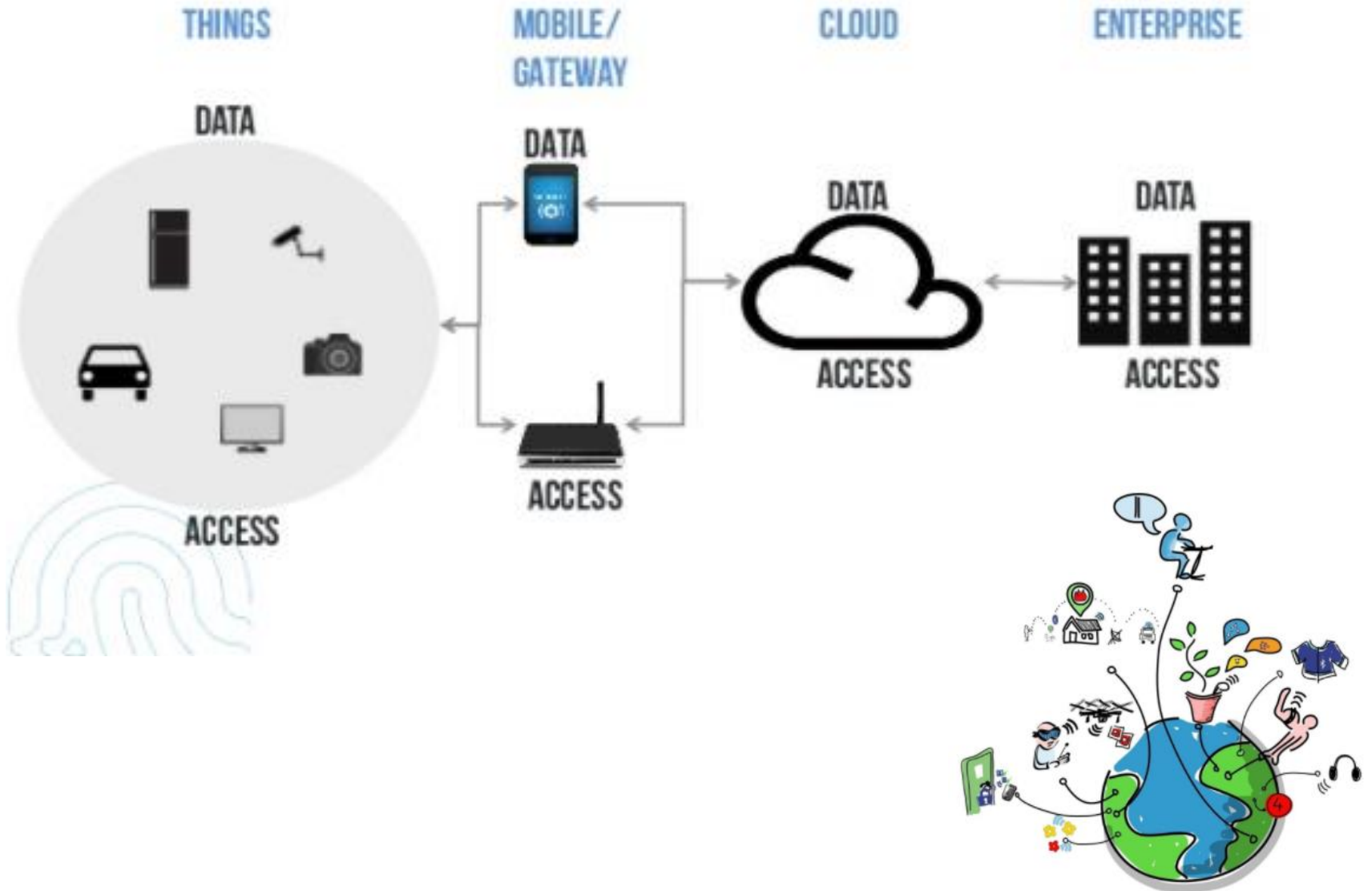
Wearable Tech

# Smart Appliances



Healthcare

## INTERNET OF THINGS





# The Smart *Internet of Things* School

Personalized learning  
with adaptive  
eTextbooks

Digital classroom  
white boards and  
display

iBeacons



Video recorders for  
lecture capture

International  
Collaboration  
and social exchange

Online testing

Sensors on trash  
receptacles

Robot  
cleaning

Augmented  
and  
virtual  
reality

Supplies and inventory  
tracking by sensor  
with auto-reorder

Makerspaces with 3D printers  
and laser trimmers

Internet of Things-based  
HVAC

Monitor and display of air  
quality throughout school

Sensors track buses and  
verify student passengers

Surveillance  
security cameras

Wi-Fi sensors and locks

- Entrances and exits
- Classroom doors

Sensors in parking lot and  
driveways

Network application analytics  
to monitor devices and  
network behavior



Complete coverage with high performance Wi-Fi



Wearables for  
athletics and  
attendance  
tracking



Student devices  
& eTextbooks

- Notebooks
- Tablets
- Smartphones



Robotics for STEM and  
remote presence



# IoT Problems

- **Distance** (ภายนอกอาคาร)
  - ส่วนใหญ่ **IoT** จะใช้ในพื้นที่ใกล้ๆ ภายในอาคาร หรือระยะไม่เกิน **100** เมตร หรืออาจจะไกลมากขึ้นโดยใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่สามารถเข้าถึงได้
- **Cable wiring**
  - ความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณ
  - ระยะทางจำกัด อาจจะไม่เหมาะสำหรับการทำงานในพื้นที่กว้าง เช่น **Smart Farm**

# Introduction to LoRa

LoRa<sup>®</sup> and LoRaWAN<sup>™</sup>. Low-Power, Wide-Area Networks (LPWAN) are projected to support a major portion of the billions of devices forecasted for the Internet of Things (IoT). LoRaWAN<sup>™</sup> is designed from the bottom up to optimize LPWANs for battery lifetime, capacity, range, and cost. A summary of the LoRaWAN<sup>™</sup> specification for the different regions will be given as well as high level comparison of the different technologies competing in the LPWAN space.



## LoRa® - Brief history



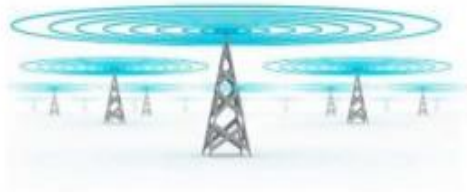
- 2013** • Launch of first LoRa radio by Semtech
- 2014** • First mobile network operator trials
- 2015** • Launch of LoRa Alliance: 130 members in 6 months
  - Multiple sensors, gateways, modules available
  - Public, private, viral network deployments worldwide
- 2016** • Over 400 LoRa Alliance members today
  - Over 100 regions with deployments or trials
  - Low power geolocation introduced
  - Comcast announces US LoRaWAN network trial







# LoRa® Key Features



## Long Range

- ❑ 15-30 miles outdoor
- ❑ Deep indoor coverage

## Low Power

- ❑ 10-20yr lifetime
- ❑ >10x vs cellular M2M

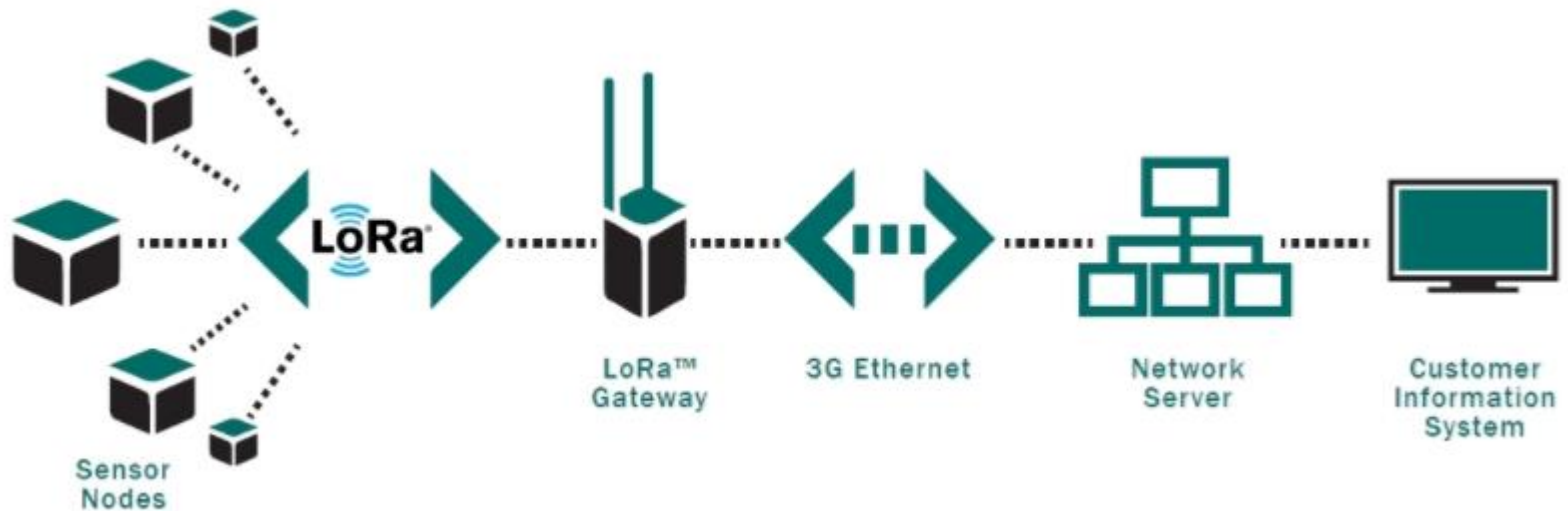
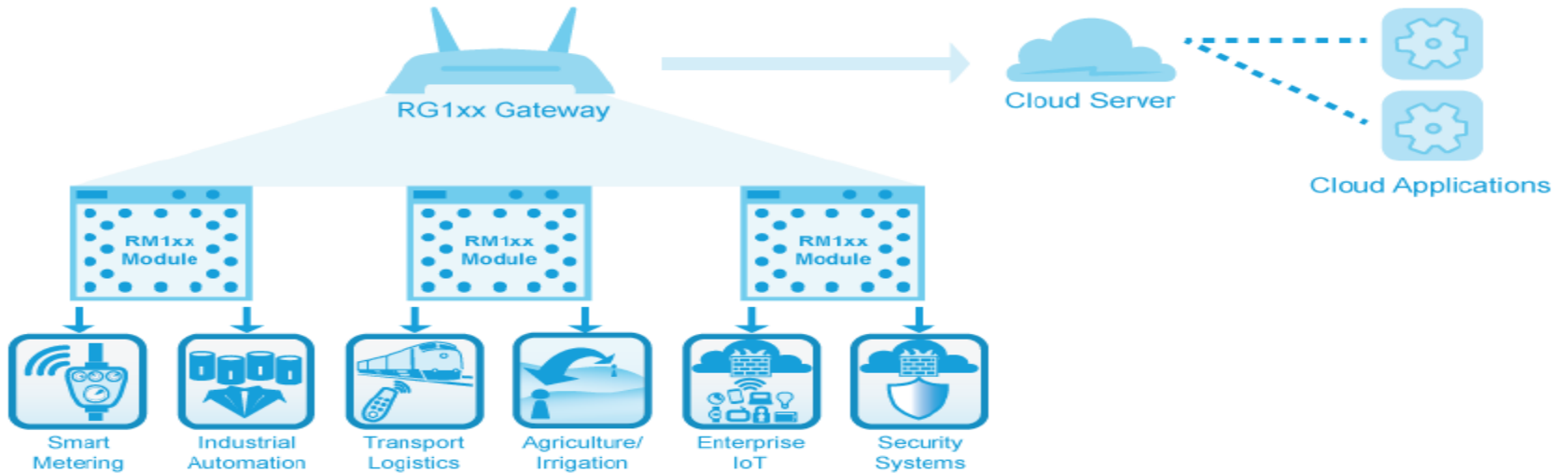
## Multi Usage

- ❑ Scalable capacity
- ❑ Multi-tenant
- ❑ Public or private

## Low Cost

- ❑ Minimal infrastructure
- ❑ Low cost end-node
- ❑ Open source software

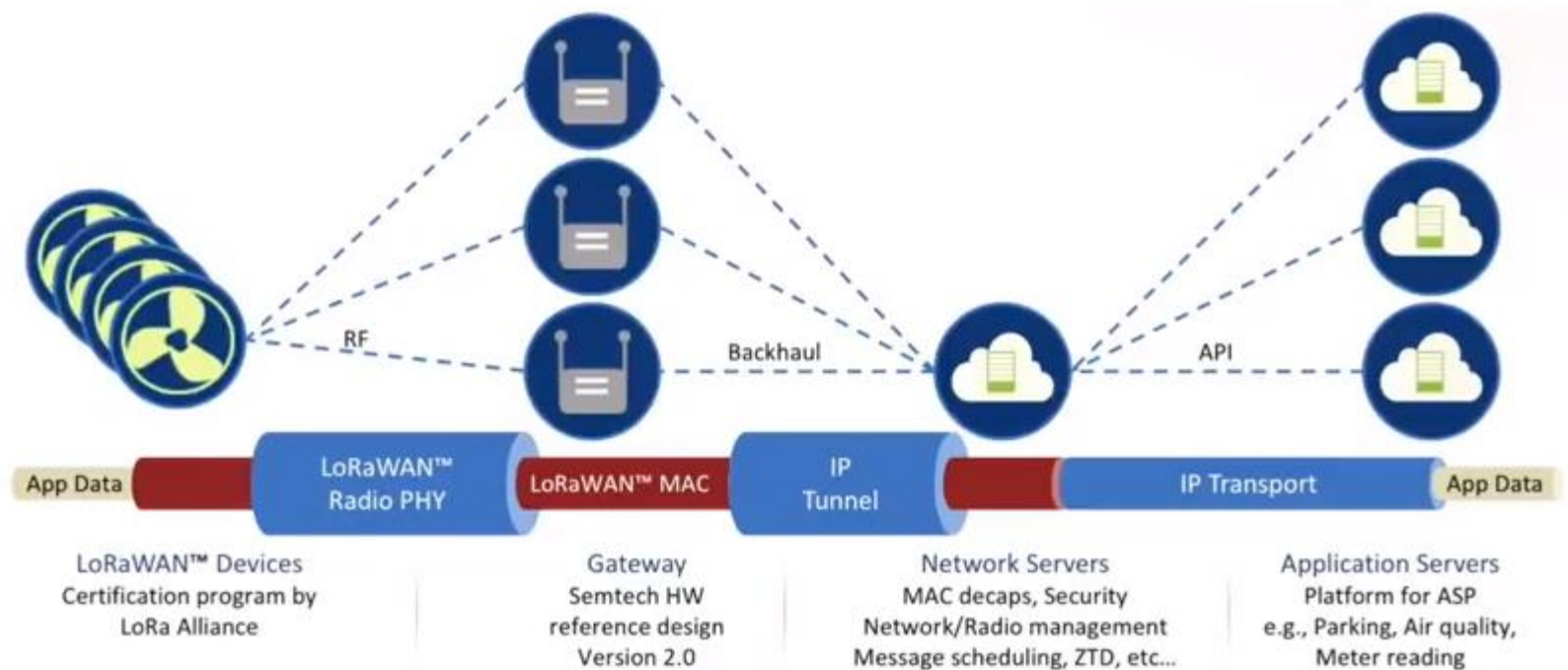
# LoRa Gateway





# LoRaWAN Architecture

## LoRaWAN End-to-End Architecture

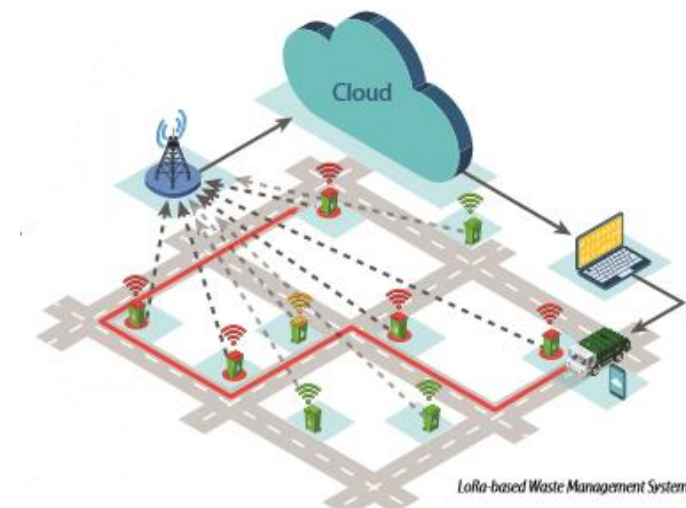


Resources : livelesson

# LoRa กับเทคโนโลยีอื่นๆ

|                | SIGFOX                  | LoRa <sup>®</sup>                       | LTE-M (Cellular)        |
|----------------|-------------------------|---|-------------------------|
| Data Rate      | < 0.1 kbps <sup>1</sup> | ~21.9 kbps                              | < 150 kbps <sup>1</sup> |
| Cost of Module | ~\$5 - \$20             | ~\$5 - \$20                             | \$12 - \$65             |
| Range          | < 13 km <sup>1</sup>    | Up to 15 km                             | < 15 km <sup>1</sup>    |
| Ongoing Costs  | Paid Subscription Model | Paid Subscription OR Free / Independent | Paid Subscription Model |

1. Nokia Networks. "LTE-M – Optimizing LTE for the Internet of Things." Retrieved 11 Feb 2016.



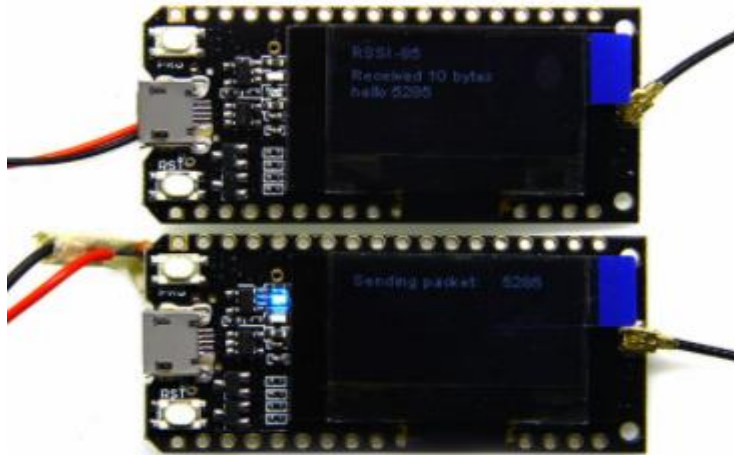
# LoRa Device/Node and Gateway



LoRa Gateway



| No. | Freq.    |
|-----|----------|
| 1.  | 433 Mhz. |
| 2.  | 868 Mhz. |
| 3.  | 915 Mhz. |

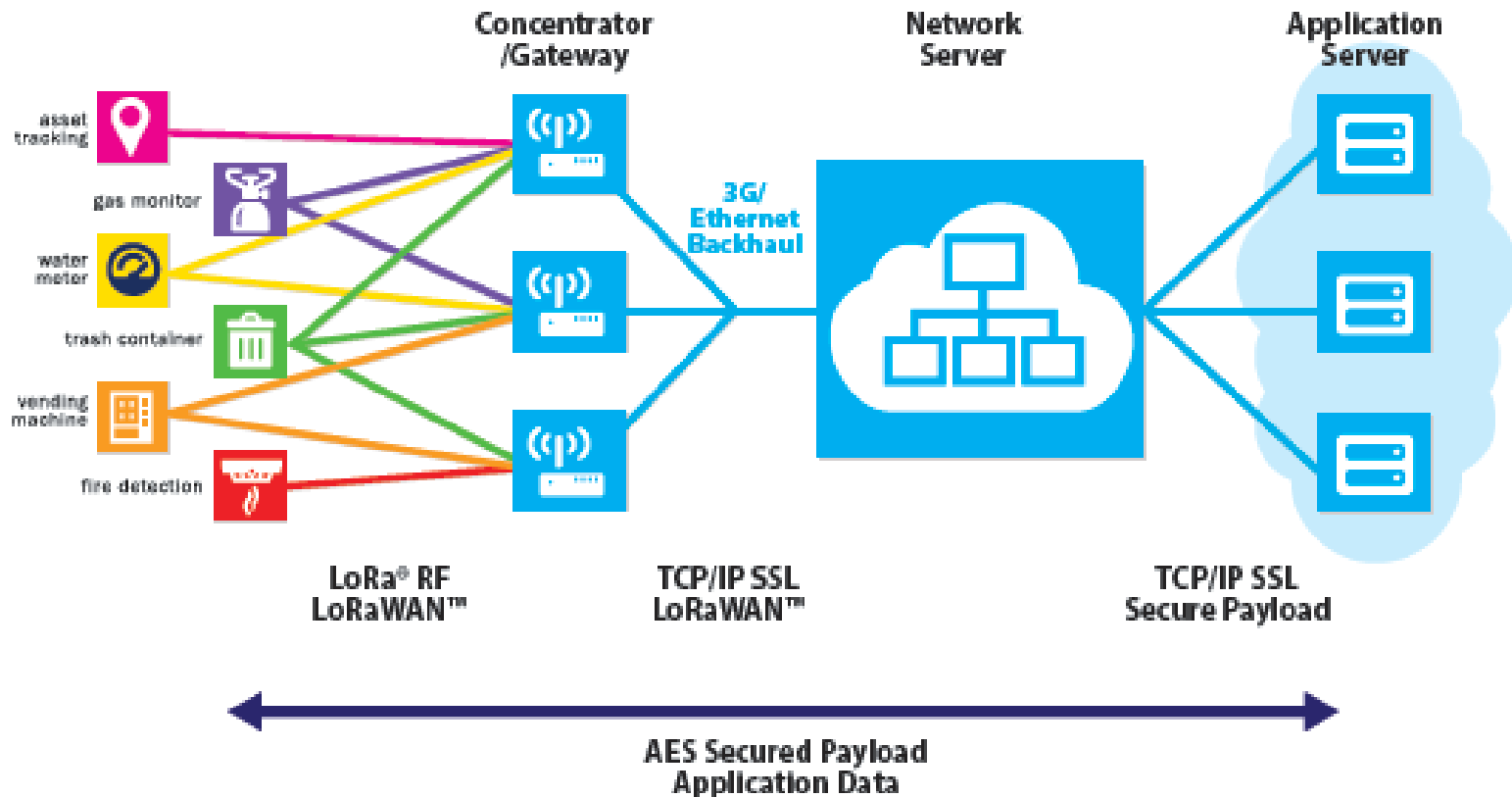


LoRa Node (ESP32+OLED+LoRa+WiFi)

# LoRa™ VS LoRaWAN™

- **LoRa** contains only the link layer protocol and is perfect to be used in P2P communications between nodes. LoRa modules are a little cheaper than the LoRaWAN ones.
- **LoRaWAN** includes the network layer too so it is possible to send the information to any Base Station already connected to a Cloud platform. LoRaWAN modules may work in different frequencies by just connecting the right antenna to its socket.
- These modules are based on the same modulation technology (the same PHY layer): LoRa™, developed by Semtech. The LoRa module implements a simple link protocol, created by Libelium. However, the LoRaWAN module runs the LoRaWAN protocol, a much richer and more advanced protocol, created by the LoRa Alliance.
- The **LoRa module and the LoRaWAN module are not compatible** because the protocols are different.

# LoRa Network Architecture



# LoRa Regional Summary

|                | Europe         | North America                  | China                                | Korea                                | Japan                                | India                                |
|----------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Frequency band | 867-869MHz     | 902-928MHz                     | 470-510MHz                           | 920-925MHz                           | 920-925MHz                           | 865-867MHz                           |
| Channels       | 10             | 64 + 8 +8                      | In definition by Technical Committee | In definition by Technical Committee | In definition by Technical Committee | In definition by Technical Committee |
| Channel BW Up  | 125/250kHz     | 125/500kHz                     |                                      |                                      |                                      |                                      |
| Channel BW Dn  | 125kHz         | 500kHz                         |                                      |                                      |                                      |                                      |
| TX Power Up    | +14dBm         | +20dBm typ<br>(+30dBm allowed) |                                      |                                      |                                      |                                      |
| TX Power Dn    | +14dBm         | +27dBm                         |                                      |                                      |                                      |                                      |
| SF Up          | 7-12           | 7-10                           |                                      |                                      |                                      |                                      |
| Data rate      | 250bps- 50kbps | 960bps-21.9kbps                |                                      |                                      |                                      |                                      |
| Link Budget Up | 155dB          | 154dB                          |                                      |                                      |                                      |                                      |
| Link Budget Dn | 155dB          | 157dB                          |                                      |                                      |                                      |                                      |



# LoRa Standard

| Application           |                       |                         |        |   |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|--------|---|
| LoRa® MAC             |                       |                         |        |   |
| MAC options           |                       |                         |        |   |
| Class A<br>(Baseline) | Class B<br>(Baseline) | Class C<br>(Continuous) |        |   |
| LoRa® Modulation      |                       |                         |        |   |
| Regional ISM band     |                       |                         |        |   |
| EU 868                | EU 433                | US 915                  | AS 430 | — |

## ความถี่ที่ใช้สำหรับ LoRa (หน่วยเป็น MHz)

เป็นความถี่ย่าน ISM Band

| ไทย      | ยุโรป   | อเมริกาเหนือ | จีน      | เกาหลี  | ญี่ปุ่น | อินเดีย |
|----------|---------|--------------|----------|---------|---------|---------|
| 920-925* | 867-869 | 902-928      | 470 -510 | 920-925 | 920-925 | 865-867 |

\*สำหรับประกาศ กสทช. เรื่องกฎเกณฑ์การใช้คลื่นสามารถอ่านสรุปได้ ที่นี่

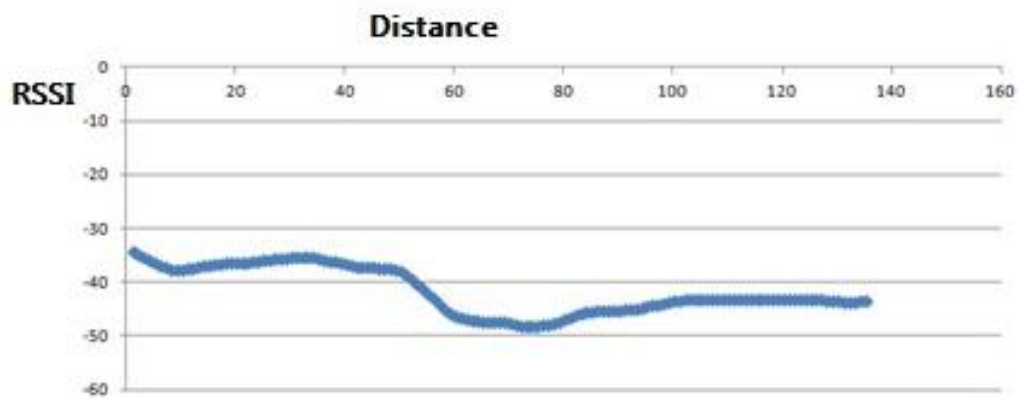
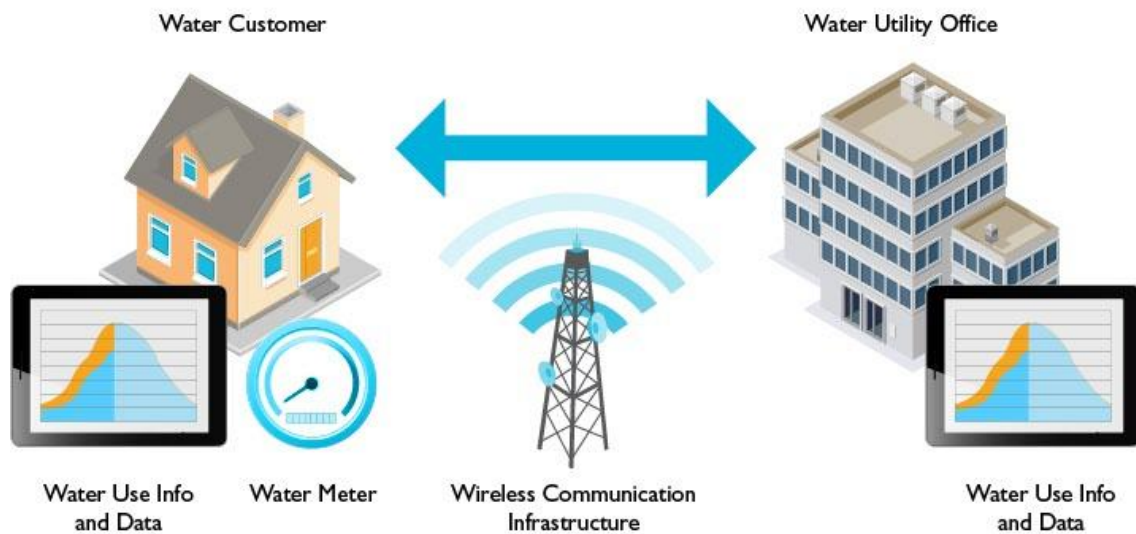
## LoRa MAC

- Class A (All) - Listen Only เช่น อุปกรณ์ตรวจจับแผ่นดินไหว
- Class B (Beacon) - อุปกรณ์ที่ต้องมีการรับส่งข้อมูลเป็นเวลา เช่น Smart Meter
- Class C (Continuous) - อุปกรณ์ที่ต้องมีการรับส่งข้อมูล Real Time เช่น Fleet Management หรือระบบตรวจจับการจราจรแบบ Real Time

# การประยุกต์ใช้งาน LoRa



## Automated Meter Infrastructure and Smart Water Metering



ค่า RSSI จะเป็นตัวบอกระยะห่างจากต้นทาง



# LoRA in Thailand

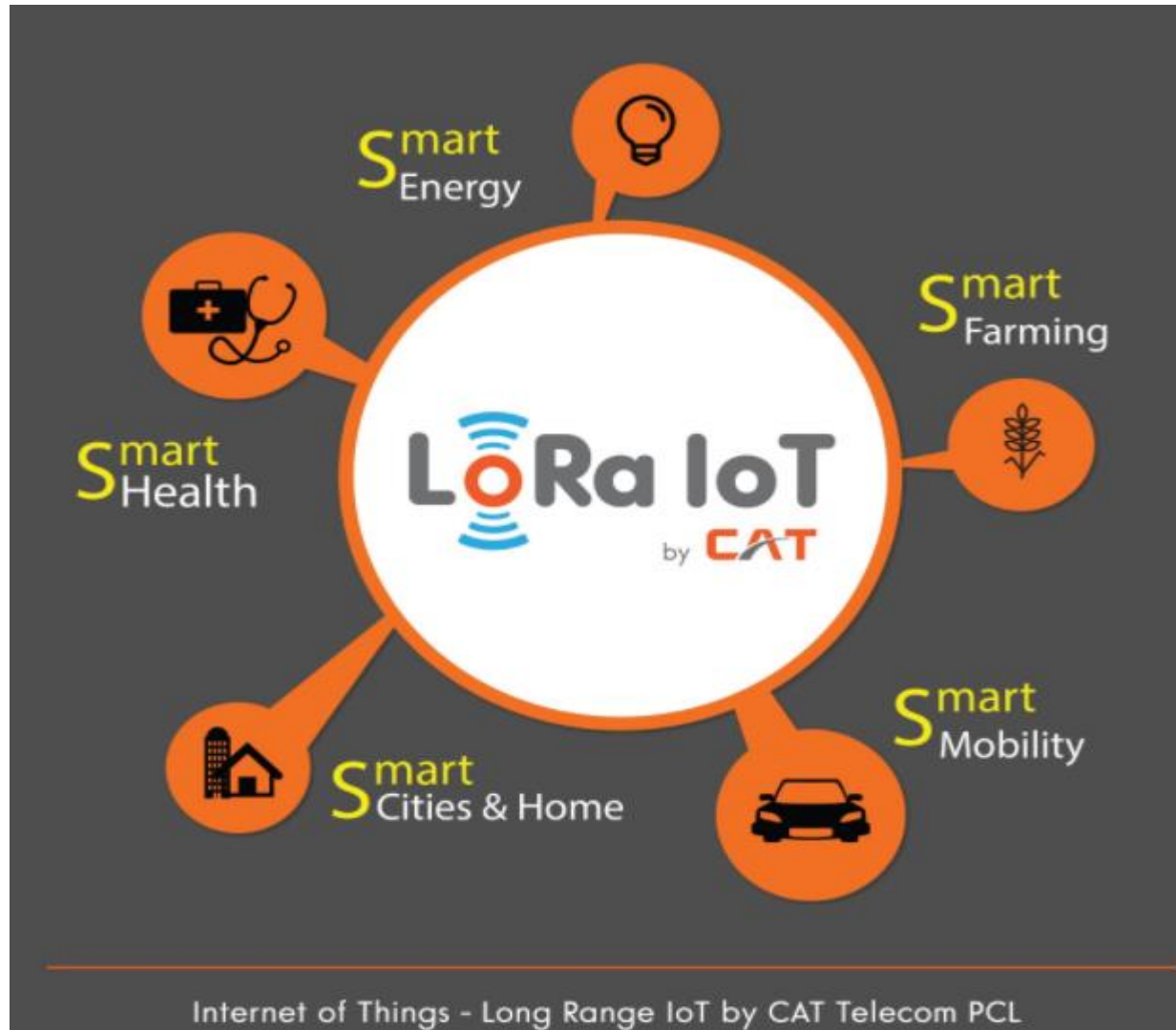
- ลงประกาศในราชกิจจานุเบกษา เรียบร้อย ปลดล็อกย่านความถี่ 920-925 MHz สำหรับ LoRa
- <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/E/289/47.PDF>
- <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/E/289/51.PDF>
- <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2560/E/289/50.PDF>

# สรุป (ร่าง) ประกาศ กสทช.๗ ที่เกี่ยวข้องกับ LPWAN

- ในประกาศฯ LPWAN นั้นจะอยู่ในส่วนที่ (2) กรณีเครื่องวิทยุคมนาคมประเภทสื่อสารข้อมูลทั่วไป ที่ไม่ใช่ RFID (Non-RFID) สามารถสรุปสาระสำคัญดังนี้
- ให้ใช้คลื่นความถี่ ๙๒๐-๙๒๕ เมกะเฮิรตซ์
- ถ้ามีกำลังส่งไม่เกิน ๕๐๐ มิลลิวัตต์ ได้รับยกเว้น ไม่ต้องได้รับใบอนุญาตให้ มี ใช้ และนำออก ซึ่งเครื่องวิทยุคมนาคมและใบอนุญาตให้ตั้ง สถานีวิทยุคมนาคม แต่ไม่ได้รับยกเว้น ใบอนุญาตให้ทำนำเข้า และค้าซึ่งเครื่องวิทยุ คมนาคม
- ถ้ามีกำลังส่งสูงกว่า ๕๐๐ มิลลิวัตต์จะต้องได้รับใบอนุญาตวิทยุคมนาคมที่ เกี่ยวข้อง และการใช้คลื่นความถี่ดังกล่าว จะต้องได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ ตามมาตรา ๔๕ แห่งพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ และ กำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. ๒๕๕๓ และจะต้องได้รับ ใบอนุญาตประกอบกิจการโทรคมนาคมแบบที่ สาม
- ไม่ได้รับสิทธิคุ้มครองการรบกวน
- จะเห็นว่าช่วงคลื่นความถี่ดังกล่าว เป็นมาตรฐาน Unlicense Frequency Band ของ LoRaWAN ที่ใช้กันแพร่หลายอยู่แล้ว ซึ่งจากร่าง ประกาศนี้ ก็ทำให้คาดหวังได้ว่าในปี (2561) อุตสาหกรรม LoRaWAN IoT น่าจะคึกคักยิ่งขึ้น



# LoRa in Thailand







LoRa IoT by CAT

: Available Locations

กรุงเทพฯ

เชียงใหม่

น่าน

สระบุรี

นครราชสีมา

ขอนแก่น

ฉะเชิงเทรา

ชลบุรี

ระยอง

สุราษฎร์ธานี

สงขลา

ภูเก็ต



พร้อมขยายพื้นที่ให้บริการในปี 2561

## Communication Module

590 Baht



**LoRa IoT** by CAT : Package



ฟรีค่าบริการ

LoRa Network Connection 1 ปี  
(มูลค่าปีละ 300 บาท)

Package

Communication Module

ชุดละ

590 บาท

Internet of Things - Long Range IoT by CAT Telecom PCL

## Starter Kit

1,290 Baht



**LoRa IoT** by CAT : Package



ฟรีค่าบริการ

LoRa Network Connection 1 ปี  
(มูลค่าปีละ 300 บาท)

Package

Starter Kit

ชุดละ

1,290 บาท

Internet of Things - Long Range IoT by CAT Telecom PCL

# LoRa for Smart University



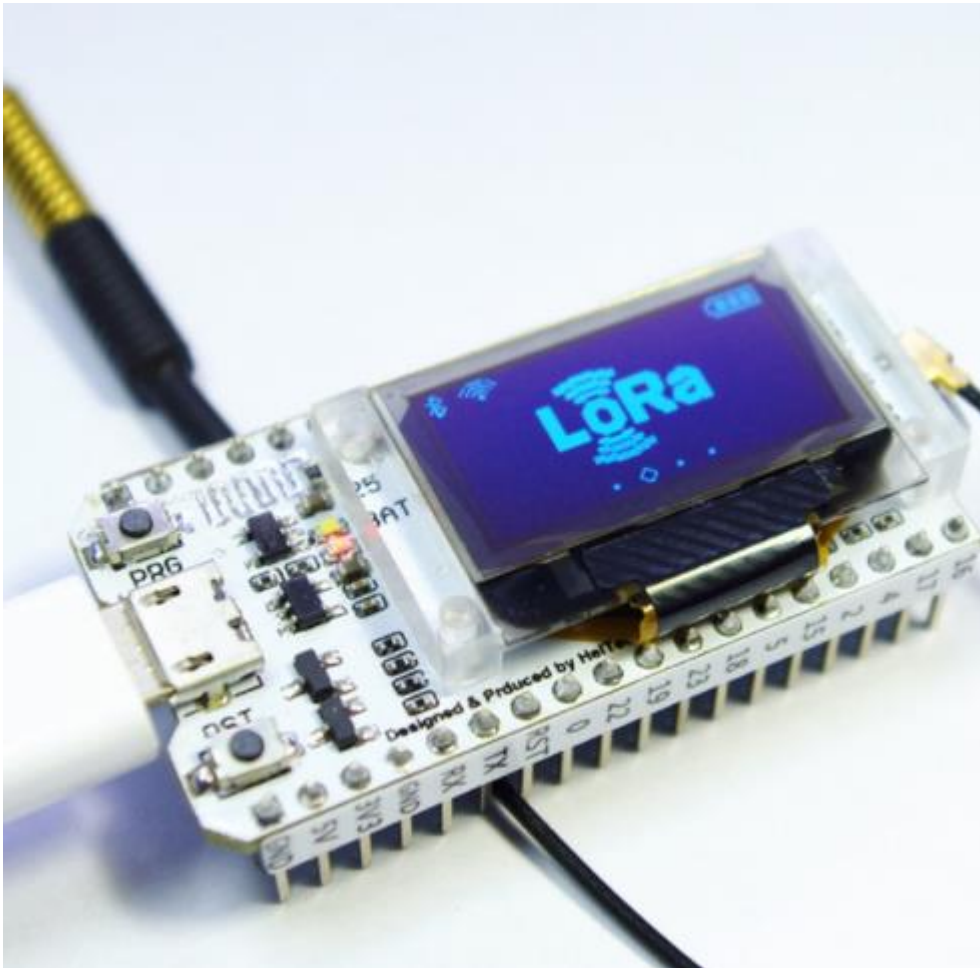
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
Pibulsongkram Rajabhat University

ปี 2017 เริ่มมีการทดสอบและทดลองใช้ LoRa บนพื้นที่ส่วนของการศึกษาหลัก (วิทยาเขต : ทุ่งทะเลแก้ว 997 ไร่) ได้แก่ Solar Smart Bin , Solar Co Station และ GPS Tracking U-bus services ฯลฯ เพื่อเข้าสู่การเป็น Green and Smart University ในอนาคต

<http://itc.psu.ac.th>

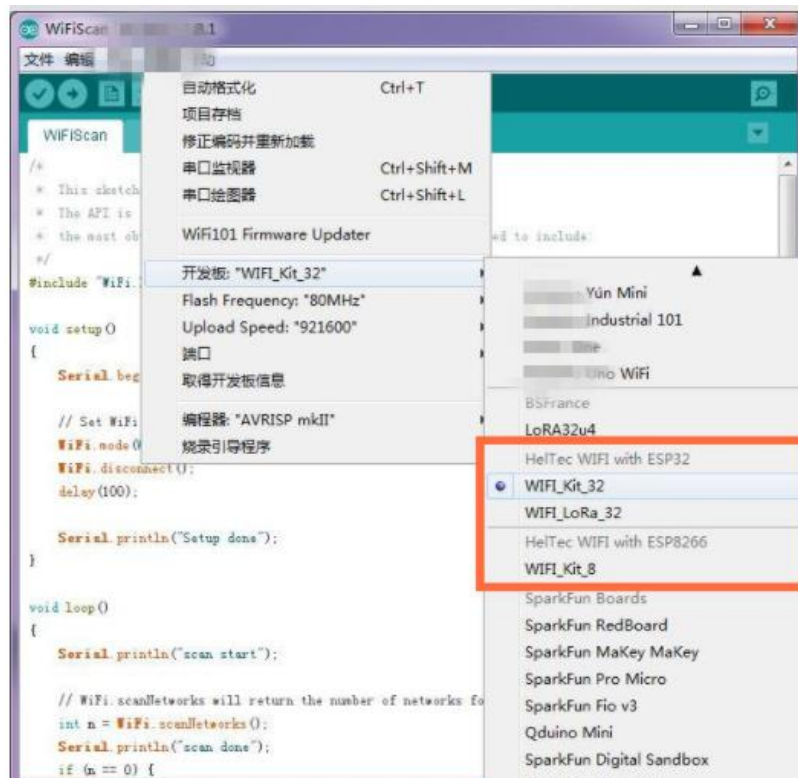


# ESP32 LoRa SX1278 0.96 Inch Blue OLED Display Bluetooth WIFI Lora Kit 32



เป็นอุปกรณ์แรก ๆ และ  
ปัจจุบันที่ทีมศูนย์ IT เราใช้  
ทดสอบเครือข่าย LoRa  
ด้วยคุณสมบัติที่ครบถ้วน  
และราคาที่ถูกลง ใช้งานง่าย





Onboard 32MByte Flash, Wi-Fi antenna, 0.96-inch blue OLED display, lithium battery charging circuit and interface, CP2102 USB to serial chip, the perfect support for Arduino development environment, can be very simple and fast for program verification and product development.

Operating voltage: 3.3V to 7V

Operating temperature range: -40 °C to + 90 °C

Frequency: 433MHz

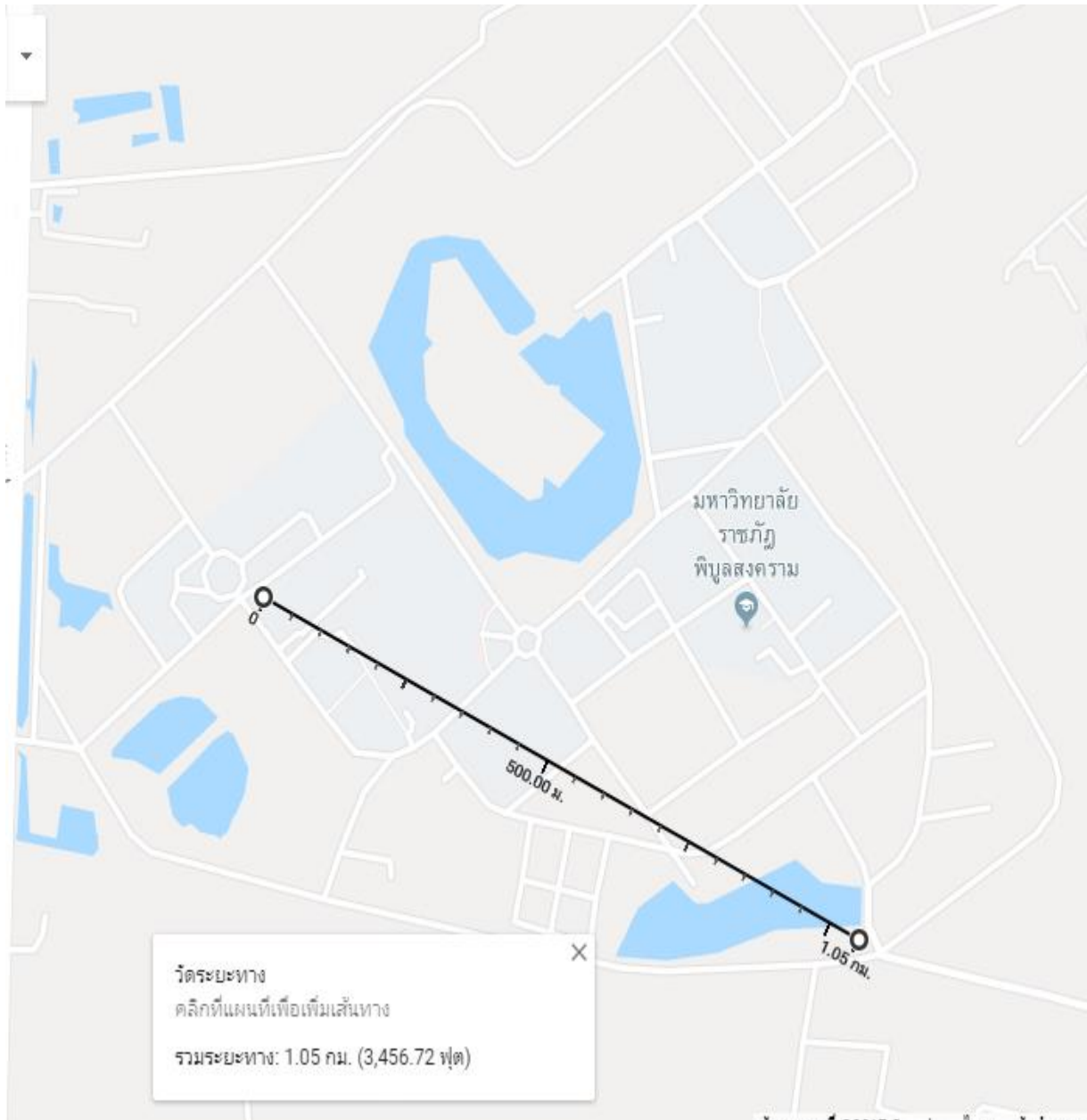
Supports Sniffer, Station, softAP and Wi-Fi Direct modes

Data rate: 150 Mbps @ 11n HT40, 72 Mbps @ 11n HT20, 54 Mbps @ 11g, 11 Mbps @ 11b

Transmit power: 19.5 dBm @ 11b, 16.5 dBm @ 11g, 15.5 dBm @ 11n

Receiver sensitivity up to -98 dBm

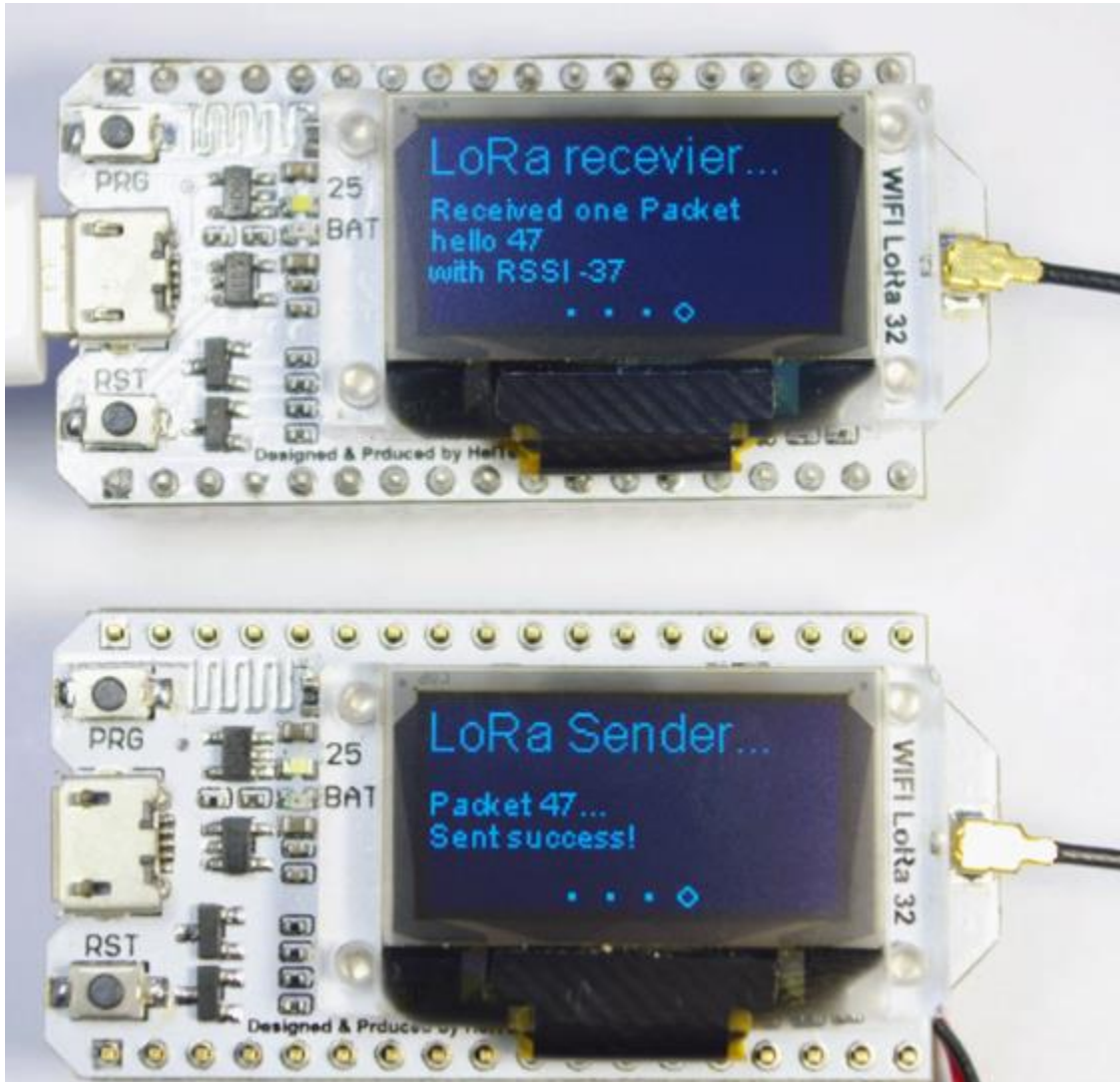
UDP continues to throughput by 135 Mbps



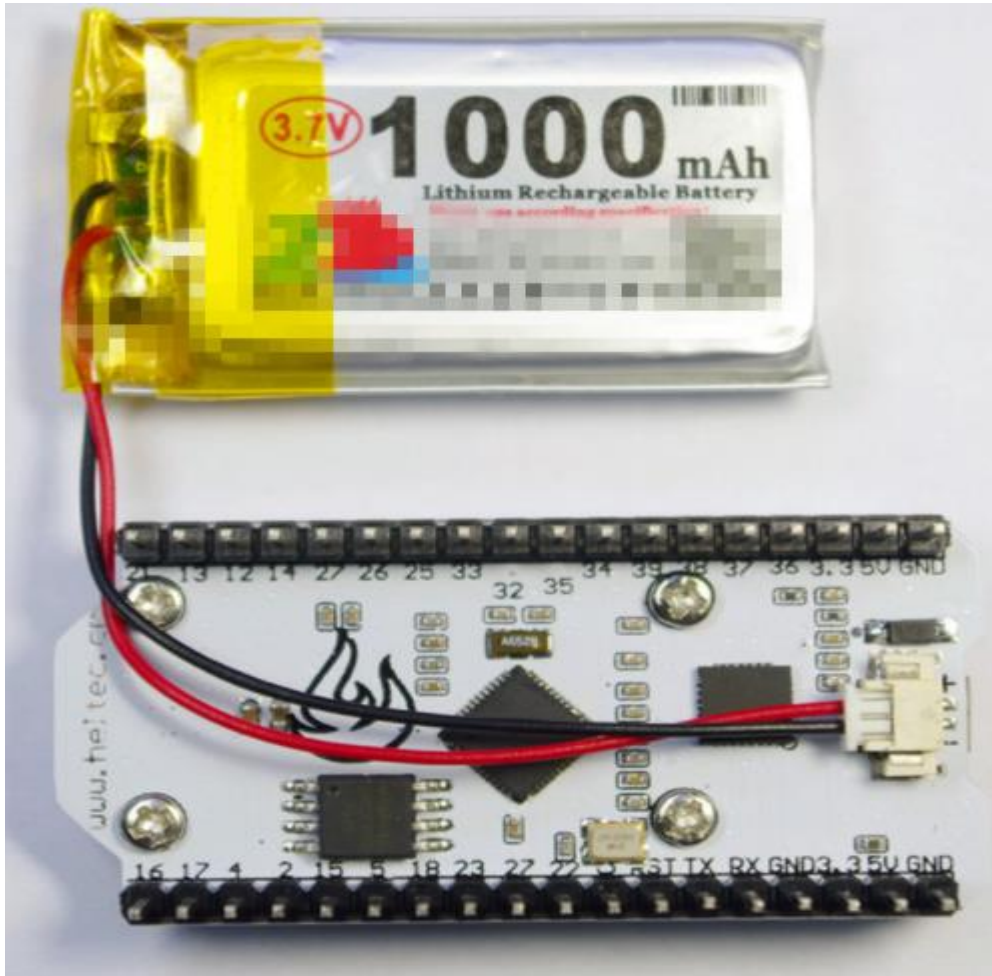
ทดสอบการรับส่งข้อมูล  
บนอาคารศูนย์ IT ชั้น 6  
ไปยังประตูทางออกที่ 2  
ด้วยระยะทาง **1.05** กม.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม  
พื้นที่ส่วนทะเลแก้ว **997** ไร่





ทดสอบด้วยการส่ง  
ข้อความคำว่า **Hello**  
จาก **Node A** ไปยัง  
**Node B** ได้ไกลสุดที่  
ประมาณ **1,000** ม.  
โดยสังเกตจากค่า **RSSI**  
ไม่เกิน **-131**



Lithium Rechargeable  
Battery 1000 mAh 3.7v

สามารถทำงานได้ประมาณ 7 ชม.

# Case Study in PSRU

## 1. Solar Smart Bin

ถังขยะที่สามารถรายงานปริมาณขยะ  
ให้แม่บ้านหรือผู้เกี่ยวข้องทราบได้ว่า  
สถานะใกล้เต็มหรือกี่ %



## 2. Solar Co Station

สถานีวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับรถยนต์  
และจักรยานยนต์ที่ผู้ใช้บริการขับผ่านจุดสำคัญๆ  
ภายในมหาวิทยาลัย



# Solar Smart Bin



ESP32 LoRa + WiFi  
ร่วมกับ Ultrasonic  
sensor

## LoRa\_Smart\_Bin

Channel ID: 379469  
Author: marionettb  
Access: Public

Data Export

MATLAB Analysis

MATLAB Visualization

Field 1 Chart



Field 2 Chart







# Solar Co Station

For Green University



Field 1 Chart



Field 2 Chart

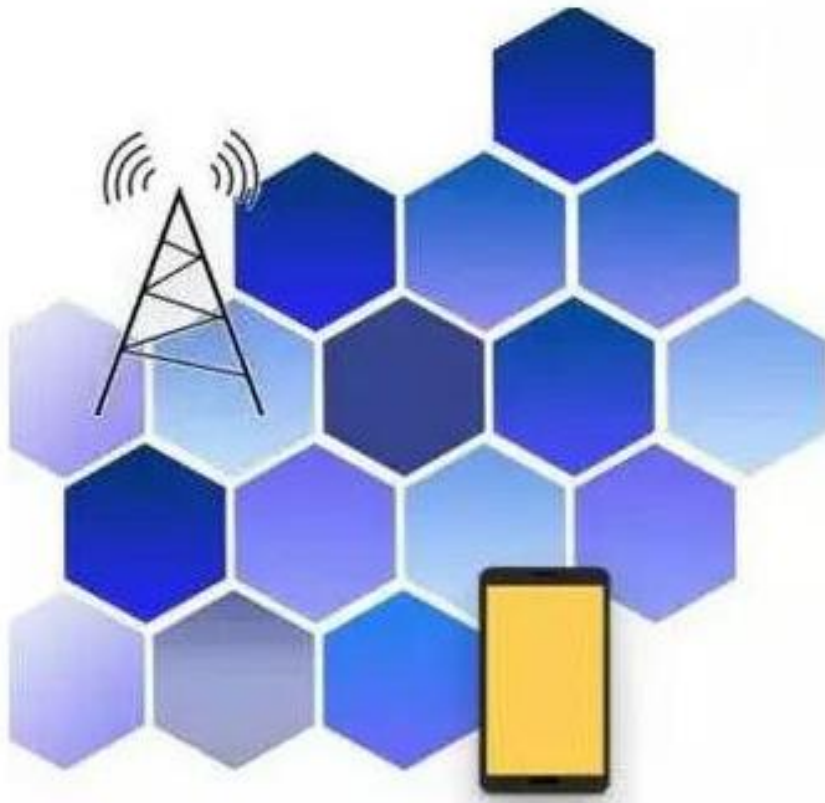


Field 3 Chart



ESP32+LoRa+wifi  
with Co sensor  
,Temp and Humidity





**NB-IoT**

# NB-IoT

Narrowband IoT (NB-IoT), also known as LTE Cat NB1, is a Low Power Wide Area (LPWA) technology that works virtually anywhere. It connects devices more simply and efficiently on already established mobile networks, and handles small amounts of fairly infrequent 2-way data, securely and reliably. And the best is, it provides:



# NB-IoT ( Narrow Band IoT ) ถูกออกแบบโดย 3GPP ที่มีหน้าที่กำหนดสเปคทางด้านการสื่อสาร 3G, 4G/LTE ทุกวันนี้ ถูกประกาศมาครั้งแรกประมาณ กุมภาพันธ์ 2015 โดยออกมาพร้อมกับ Release 13 ของมาตรฐาน 3GPP

โหมดในการทำงานของ NB-IoT จะมีทั้งหมด 3 โหมดด้วยกันได้แก่

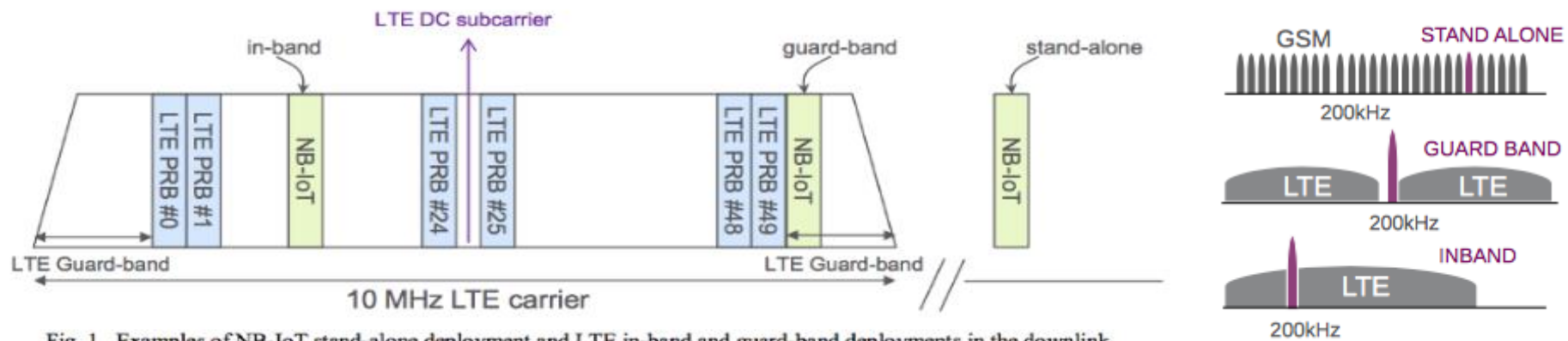
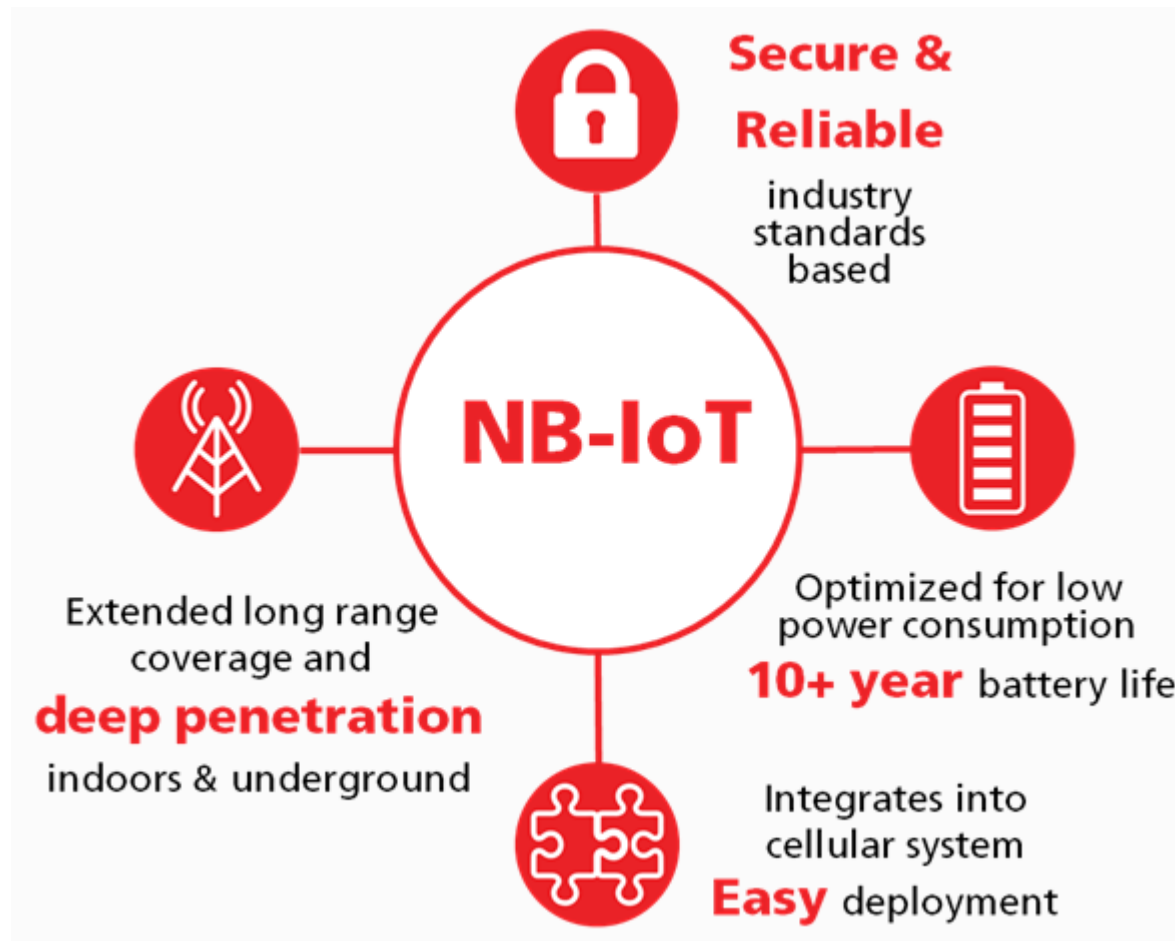


Fig. 1. Examples of NB-IoT stand-alone deployment and LTE in-band and guard-band deployments in the downlink.



#### สำหรับจุดเด่นของ NB-IoT

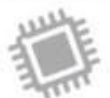
1. สนับสนุนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ จึงช่วยให้อายุการใช้งานแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ IoT อยู่ได้นานถึง 10 ปี
2. สามารถรองรับปริมาณอุปกรณ์ IoT ได้สูงสุดในระดับแสนตัวต่อสถานีฐาน
3. รัศมีครอบคลุมของเครือข่ายต่อสถานีฐาน กระจายได้มากกว่า 10 ก.ม. รวมถึงในตัวอาคารก็ยังรับสัญญาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. สามารถพัฒนาเครือข่ายให้เปิดบริการ IoT ได้อย่างรวดเร็ว เพราะออกแบบอุปกรณ์ให้ใช้ร่วมกับ โครงข่าย 4G ในปัจจุบันได้



## AIS NB-IoT Shield



- ▶ Arduino Pinout
- ▶ Serial Communication



- ▶ Embedded SIM
- ▶ Tiny Scale / Compact Design



- ▶ AIS Library for Developers
- ▶ Arduino IDE 1.8.1

**AIS**  
**NB-IoT**  
**Shield**

# 1,990 THB per Shield

## Free 1 Year data over NB-IoT network

350 THB per Year (After 1<sup>st</sup> Year)

## Maximum 10 Shield per order

[1 Citizen ID / Mobile No.]



# **NB-IoT** Available Locations

## **Bangkok**

- AIS D.C. (Playground)
- AIS SC Tower
- Chulalongkorn U.

## **Up Country**

- Chiangmai Maker Club
- Prince of Songkla University
- Khon Kaen University

**And more is coming**



vs



| LoRA  | NB-IoT  |
|---|---|
| ลดหรือขจัดความพึ่งพาผู้ให้บริการเครือข่าย<br>ลงทุนตัวรับ-ส่งเอง   | จำเป็นต้องพึ่งพาผู้ให้บริการเครือข่าย   |
| รองรับระยะทางประมาณ <b>15-20KM</b> ใน<br>พื้นที่โล่ง (ส่งข้อมูลในอัตราประมาณ <b>21<br/>Kbps</b> ใน <b>Class A</b> ) | รองรับระยะทางได้ครอบคลุมมากกว่า (ขึ้นอยู่กับพื้นที่ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์ <b>4G</b> ) |
| มีการรักษาความปลอดภัยแบบ <b>AES-128<br/>Security</b>  | <b>LTE Data transmission<br/>Encryption AES</b>   |
| เหมาะกับงานที่เป็นแบบประจำที่มีพื้นที่การทำงานชัดเจน  | เหมาะกับงานที่มีการเคลื่อนที่   |
| <b>Battery : 5-10 Years</b>   | <b>Battery : 5-10 Years</b>   |



Source: Lux Research, Inc.

| COMPARING LPWAN TECHNOLOGIES |                |                 |             |        |        |
|------------------------------|----------------|-----------------|-------------|--------|--------|
| Technology                   | Frequency      | Data rate (max) | Range       | Power  | Cost   |
| 2G/3G                        | Cellular bands | ~10 Mb/s        | Several km  | High   | High   |
| Ingenu                       | 2.4 GHz        | 624 kb/s        | Many km     | Low    | Medium |
| LoRa                         | 915 MHz        | <50 kb/s        | 15 km       | Low    | Low    |
| LTE-M                        | Cellular bands | 1 Mb/s          | Several km  | Medium | High   |
| NB-IoT                       | Cellular bands | 250 kb/s        | Several km  | Medium | High   |
| SigFox                       | <1 GHz         | 100-1000 b/s    | Several km  | Low    | Medium |
| Symphony                     | 915 MHz        | <50 kb/s        | Up to 10 km | Low    | Medium |
| Weightless                   | <1 GHz         | 0.1-24 Mb/s     | Several km  | Low    | Low    |
| Wi-Fi (11af/ah)              | <1 GHz         | 0.1-1 Mb/s      | Several km  | Medium | Low    |



# Summary



## ❑ LoRa® enables the Internet of Things

- Provides outdoor and deep indoor connectivity
- Very low cost of ownership with private or nationwide networks
- Scalable architecture future proof for capacity & interference
- Strong ecosystem of partners and applications



เชิญชวนอบรม !! วันที่ **19** มกราคม **2561**

“LoRa Network เทคโนโลยีการสื่อสารระยะไกล”

เวลา **9.00-16.00** น.

**Workshop** โดยทีมนักวิจัย LoRa

จากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

คุณโสภณ พิณิจกิจเจริญกุล และทีมวิทยากร

