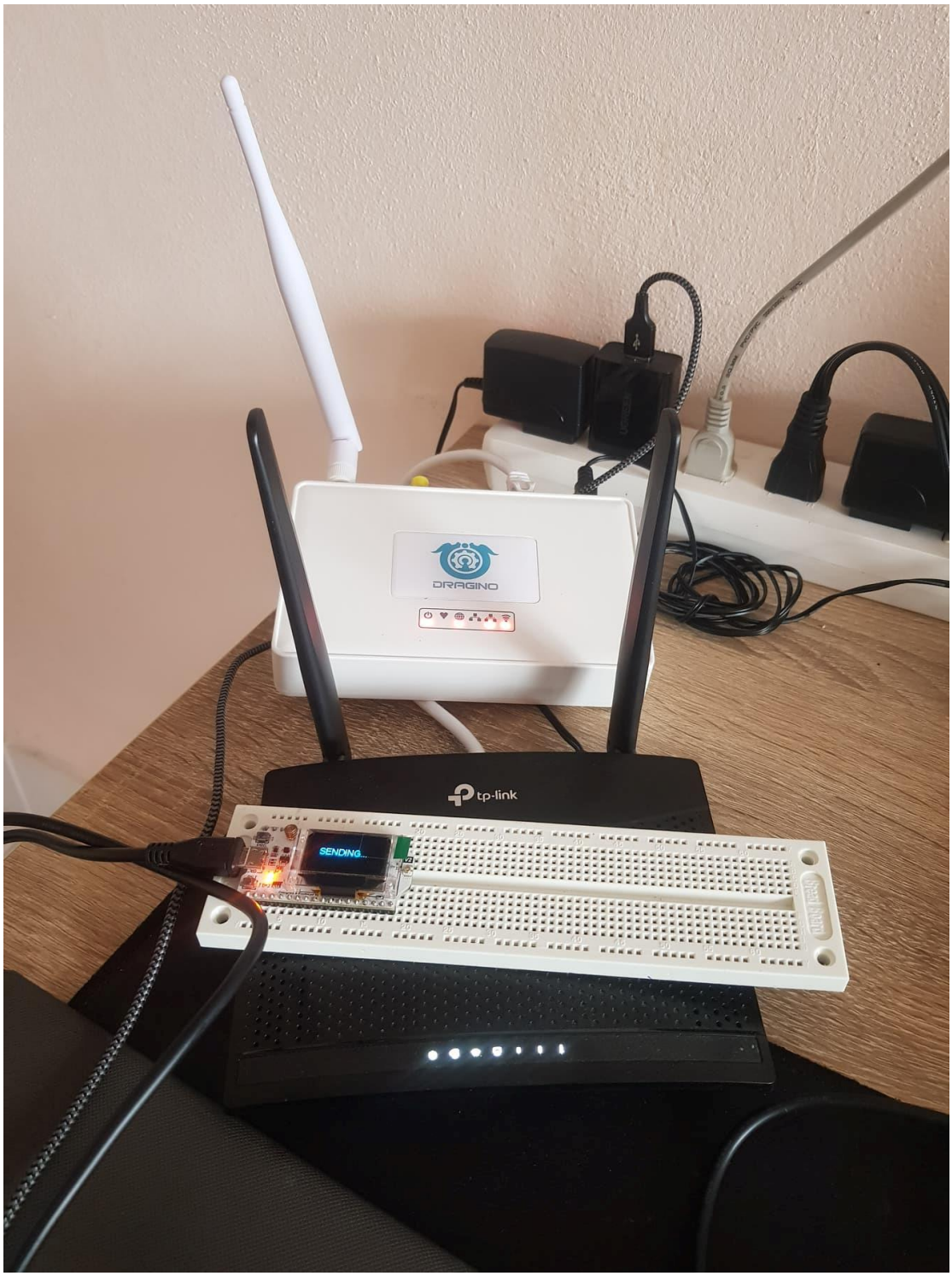
คู่มือการใช้งาน Chirp Stack Lora WAN® Network Server



ติดตั้ง Chirp Stack Lora WAN® Network Server บน PI 4B

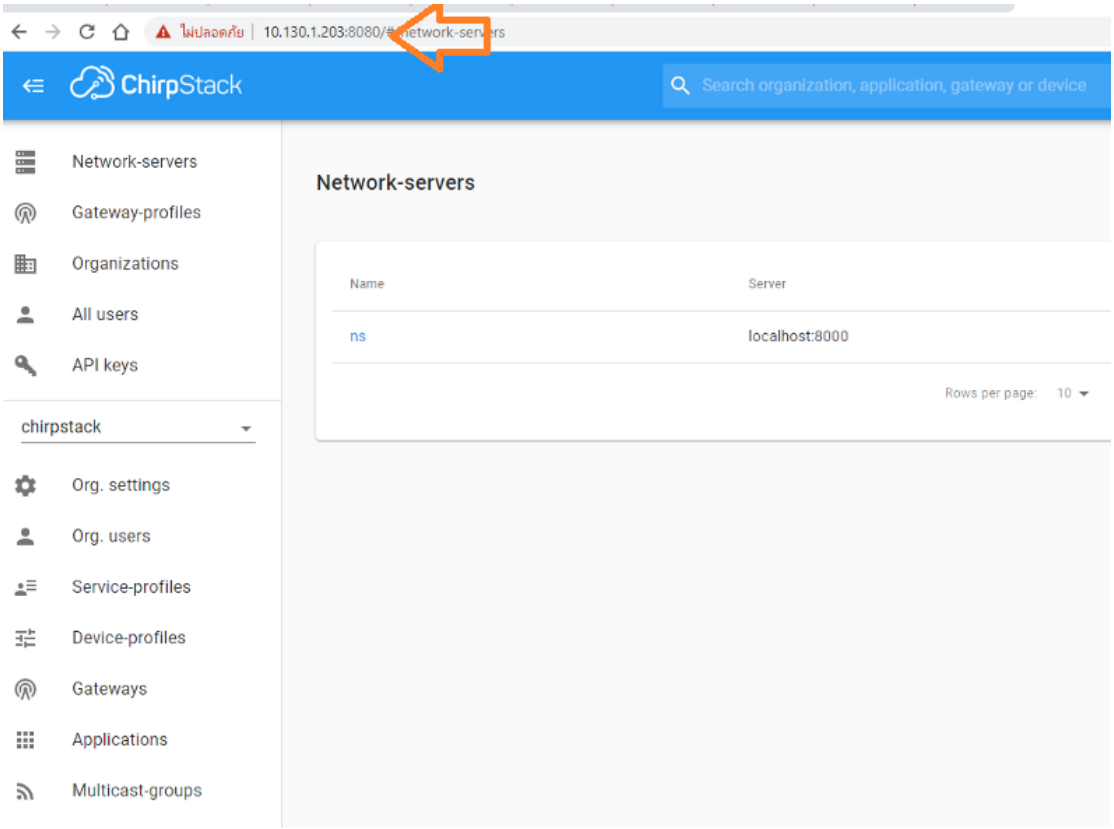
ก่อนอื่นให้ติดตั้ง Noob หรือ Raspbian ให้เรียบร้อยแล้วใช้คำสั่งดังนี้

```
sudo apt updatesudo apt upgradegit clone
https://github.com/m2mlorawan/ChirpStack on Raspbiancd
ChirpStack_on_Raspbian/chmod +x install.shsudo
./install.shsudo reboot
```

หลังจาก Pi บูทเสร็จ เรียกใช้งานด้วย Port 8080

http://<PI IP>:8080

และใช้ User admin และ Password admin

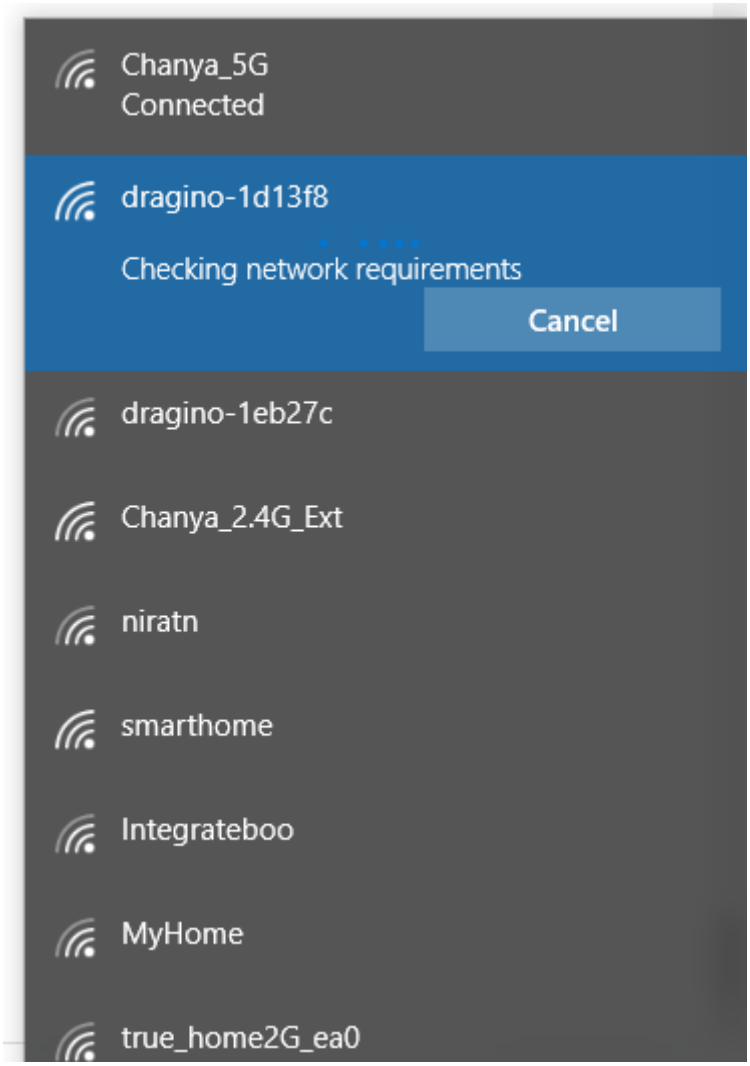


แก้ค่าใน LoRaWAN® gateway

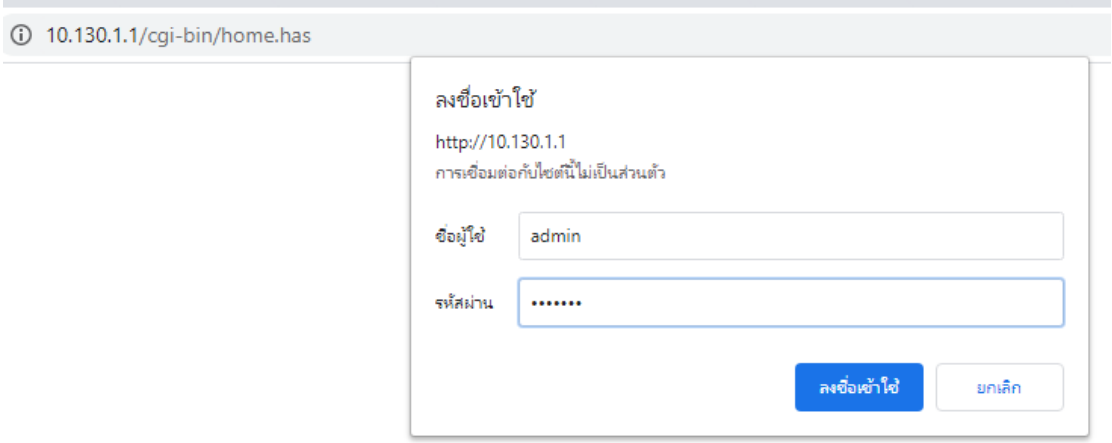
ให้แก้ที่ Gateway โดยให้ชี้ไปที่ IP ของ LoRaWAN® Network Server ที่เราสร้างขึ้น

ตัวอย่าง เช่น ถ้าใช้ Dragino LG308-AS923-EC25 ตามรูป

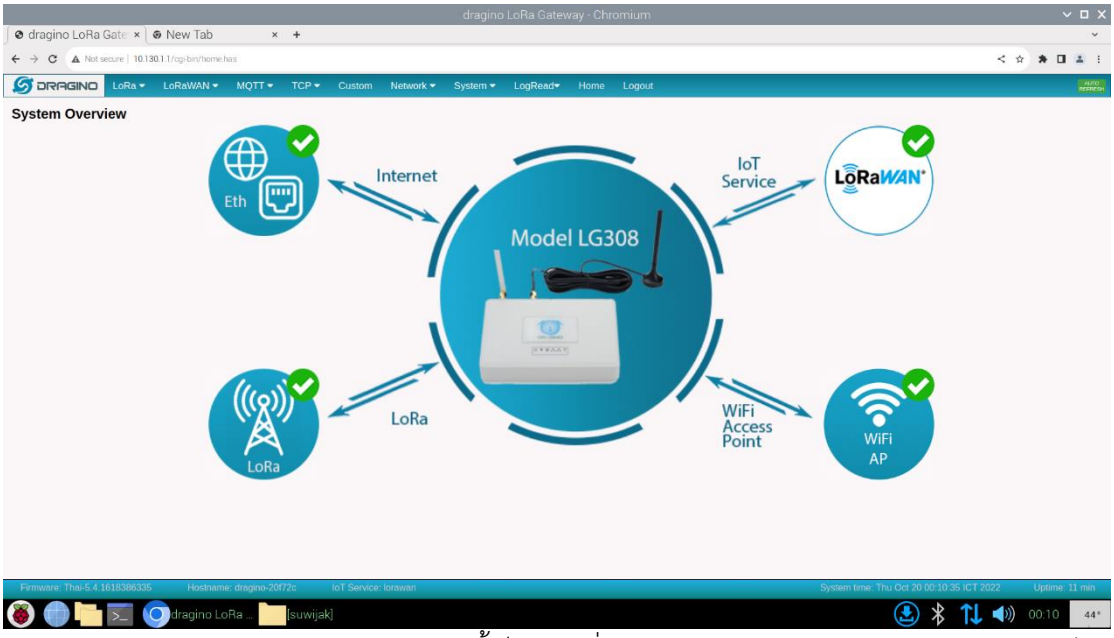
ให้ Connect gateway ด้วย WIFI เลือก Hotspot ที่ขึ้นด้วย Dragino



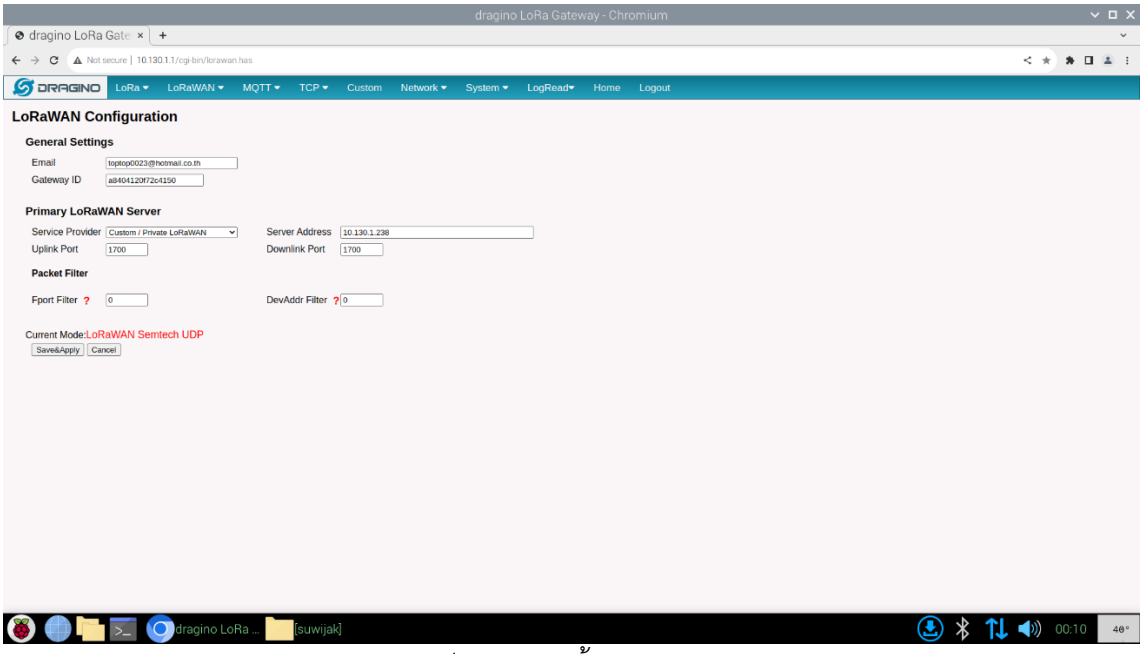
เชื่อมต่อด้วยระหัสผ่าน dragino+dragino เปิดเวปที่หน้า 10.130.1.1 เขาด้วย ยูสเซอร์และรหัสผ่าน admin/admin



การทำงาน Gateway



Gateway Dragino Home หน้านี้เป็นหน้าที่บอกการทำงานของ Gateway ว่าทำงานยังไง และ เชื่อมต่ออะไรบ้าง



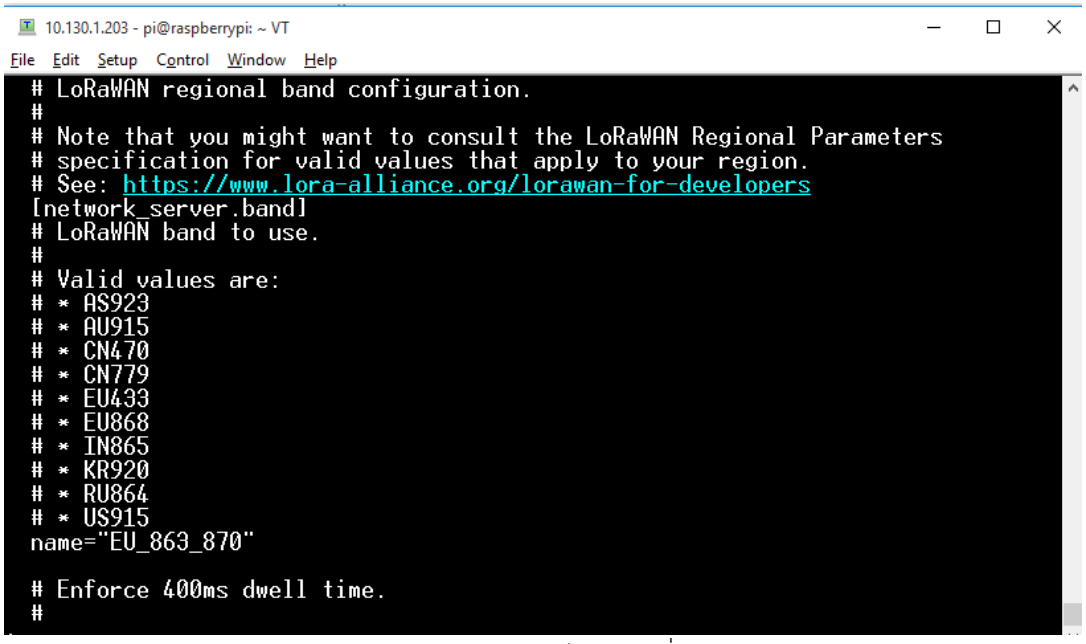
Gateway Dragino Setup เป็นหน้าการตั้งค่าอีเมล และ Password ID ของ Gateway

ความถี่ของสัญญาณ

Script ที่ติดตั้งวิธีที่กล่าวข้องต้น จะติดตั้งค่าความถี่ Default ของ network-server เป็น EU868 โดยสังเกตุจาก NS ของเรา Default จะมี (EU868 @ 3.9.0) ต่อท้ายร ซึ่งจะมีปัญหากับเราตอน Downlink ซึ่งหากมี Node แบบ OTAA ติดต่อเข้ามา จังหวะ Downlink ตัว Hardware ของ Lora WAN Gateway จะถูกสั่งให้ปรับความถี่กลับไปที่ช่อง 868 ซึ่งตัว Lora WAN Gateway จะไม่ยอมอนุญาติตามที่ chirp stack-network-server ร้องขอ แต่จะรายงาน Error กลับมาที่ Network Server ทำให้การ Downlink ทั้งหมดทำไม่สำเร็จ ดูว่า Config ที่ใช้อยู่ปัจจุบันของ chirp stack-**network-server มีค่าอะไรบ้าง โดยใช้คำสั่ง**

chirp stack-network-server configfile

จะเห็นว่ามีการตั้งค่าเป็น name=”EU_868_870"



แก้ไขความถี่

ก่อนอื่น เข้าสิทธิ System Admin ก่อนโดยใช้คำสั่ง คำสั่งหนึ่งดังนี้

sudo -i หรือ sudo su หรือ sudo -s

เปลี่ยน Dir ใช้งานเป็น /etc/chirp stack-network-server

cd /etc/chirp stack-network-server

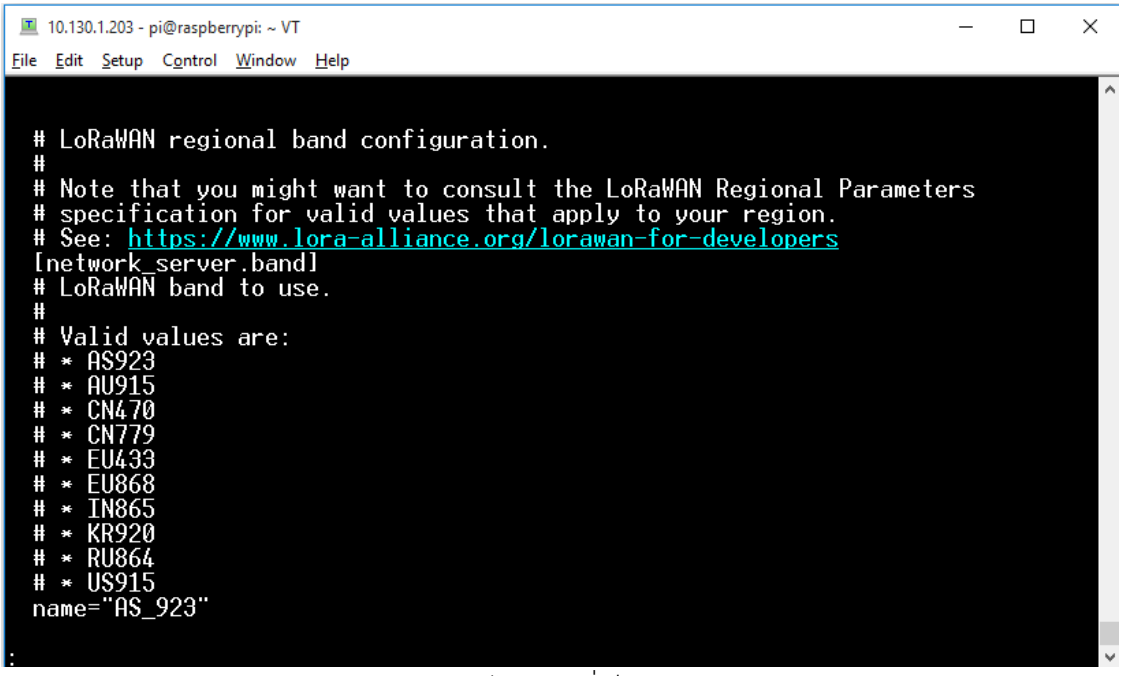
Backup ไฟล์เดิมไว้ก่อน โดยใช้คำสั่ง

cp chirp stack-network-server.toml chirp stack-network-server.toml.BAK

ให้ Copy ไฟล์ AS_923 ไปแทน

cp chirpstack-network-server.as_923.toml chirp stack-network-server.toml

ลองเช็คอ่านค่า config อีกครั้งจะเห็นว่า name=”AS_923"



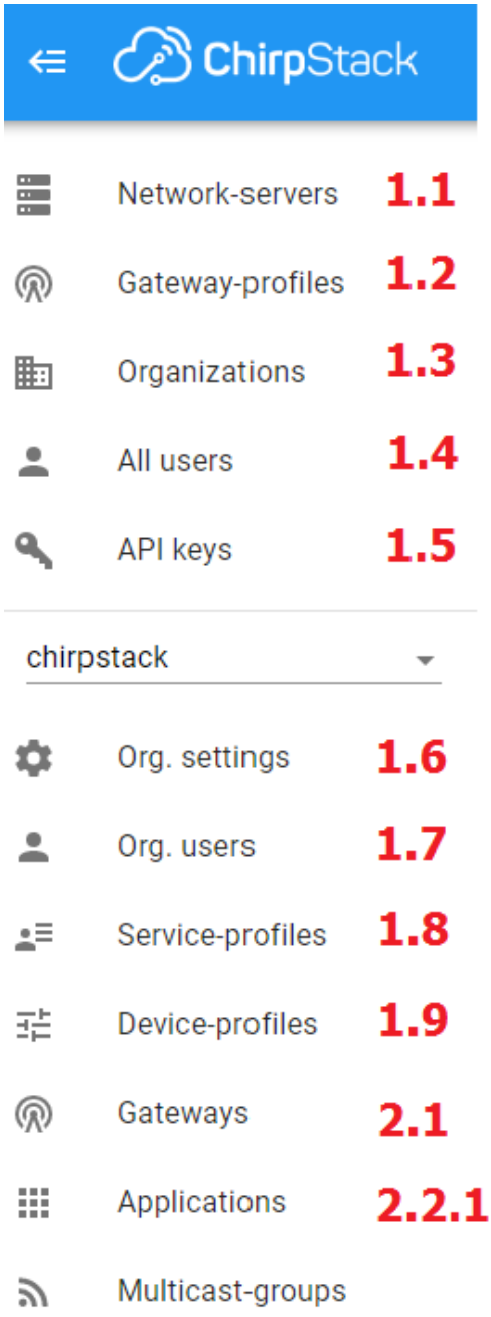
แก้ไขความถี่เป็น AS_923

Restart chirp stack-network-server ใหม่โดย

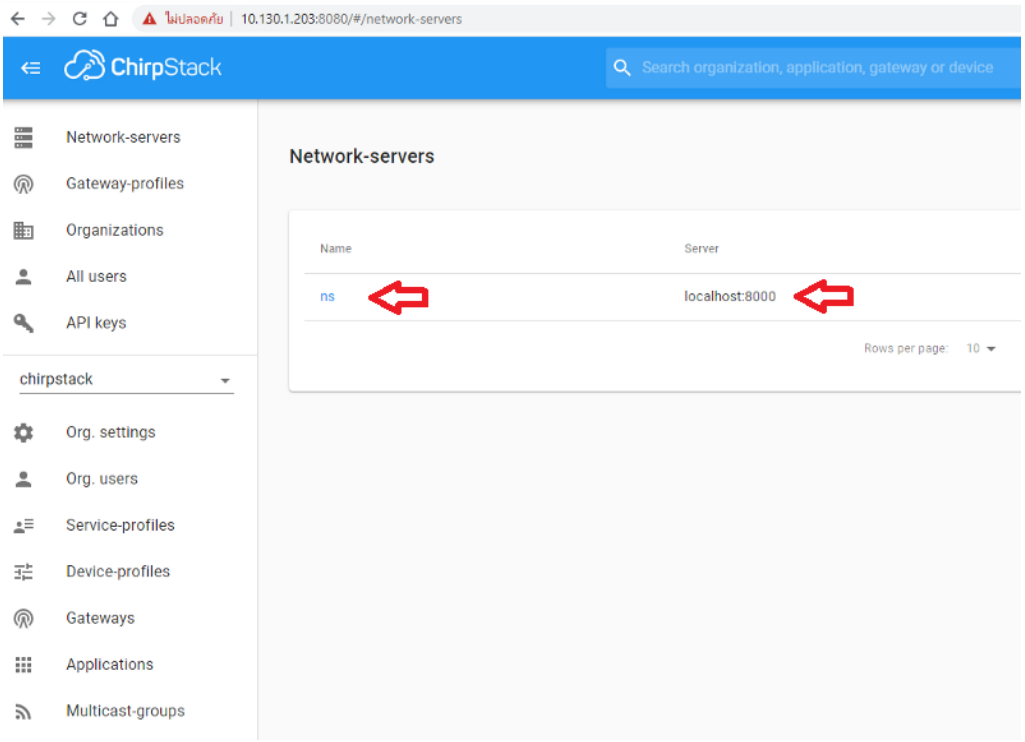
sudo systemctl restart chirp stack-network-server

ใช้งาน Chirp Stack Lora WAN® Network Server บน PI 4B

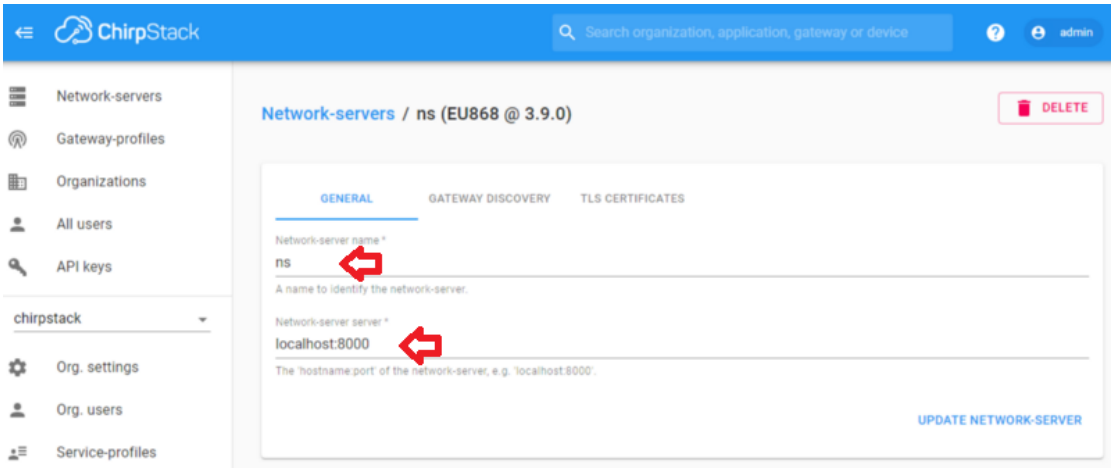
การใช้งานจะเริ่มไล่จากเมนูข้างซ้ายของจอภาพ จากบนลงล่าง หลังล๊อกอินเสร็จจะมีเมนูด้านซ้ายดังนี้ บทความนี้จะแนะนำไล่เรียงแต่ละเมนูตามหัวข้อสีแดงในภาพ



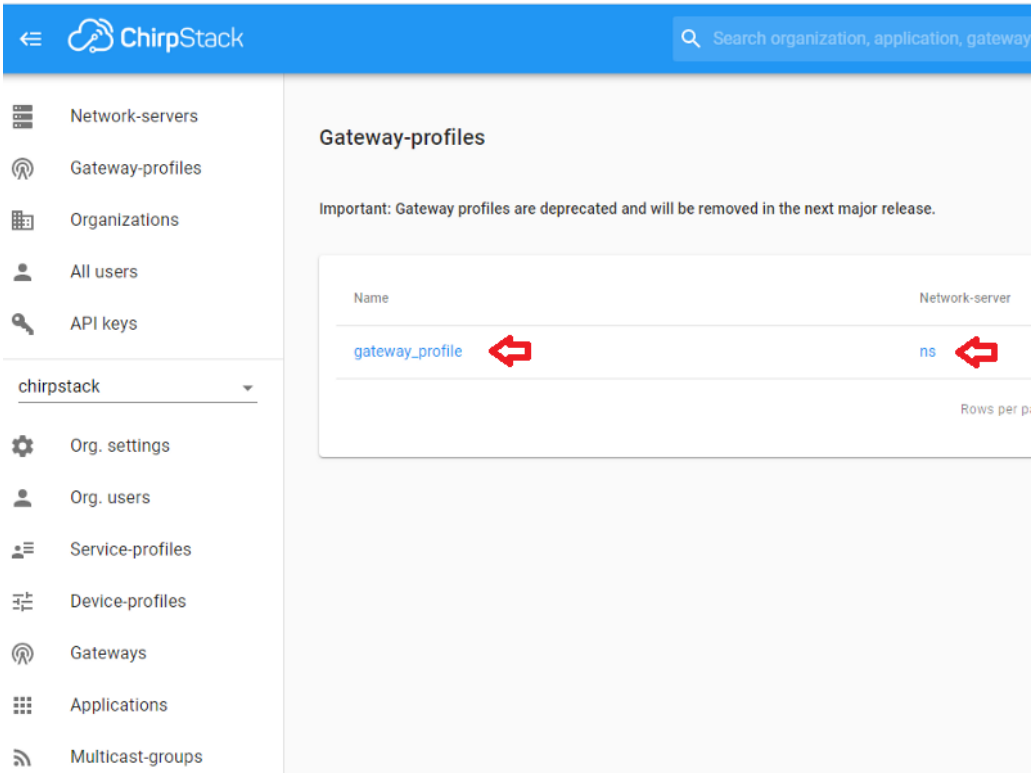
เมนูภายใน chirp stack ก็จะมี ปุ่ม Nework-servers,Gateway-profiles,Organizations,allusers,API keys,Org. Settings, Org.Users,Service-Profiles ,Device-Profiles,Gateways,Applications,Multcast-groups



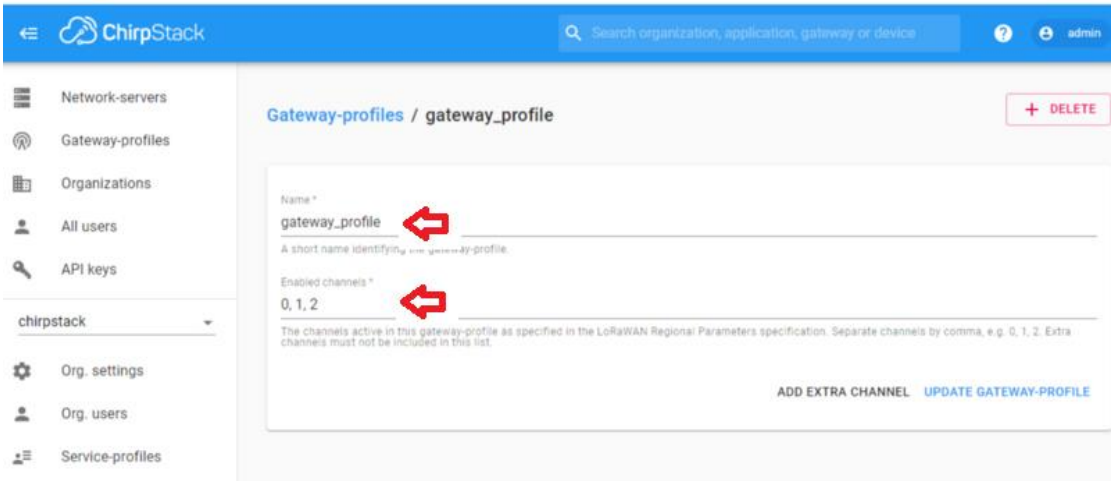
เมนู Network-server หน้านี้ก็จะบอก ชื่อของ Network และ ID ของ Server Network



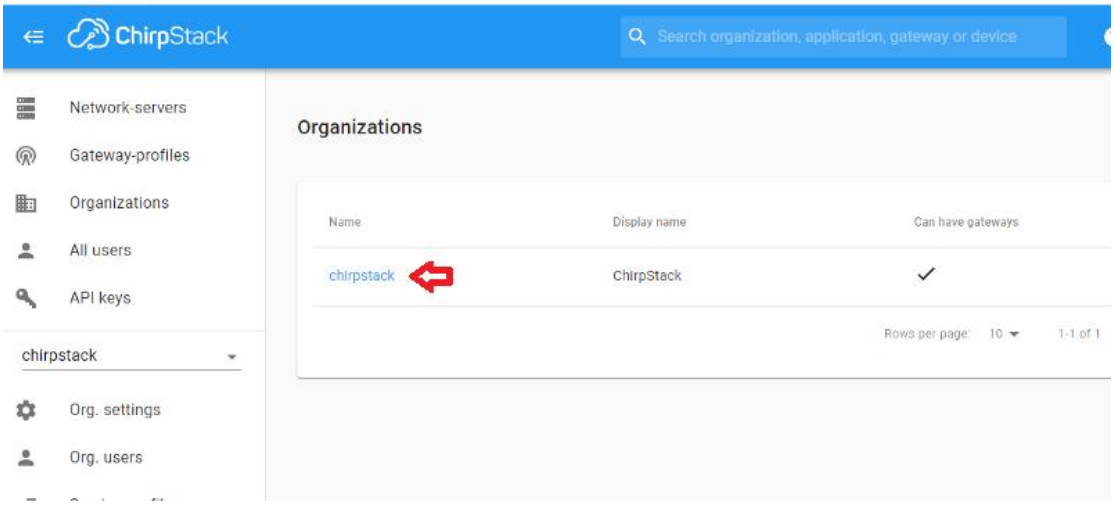
หน้านี้จะบอกถึงว่ามีการตั้งค่า ns ไว้แล้วเป็น localhost:8000



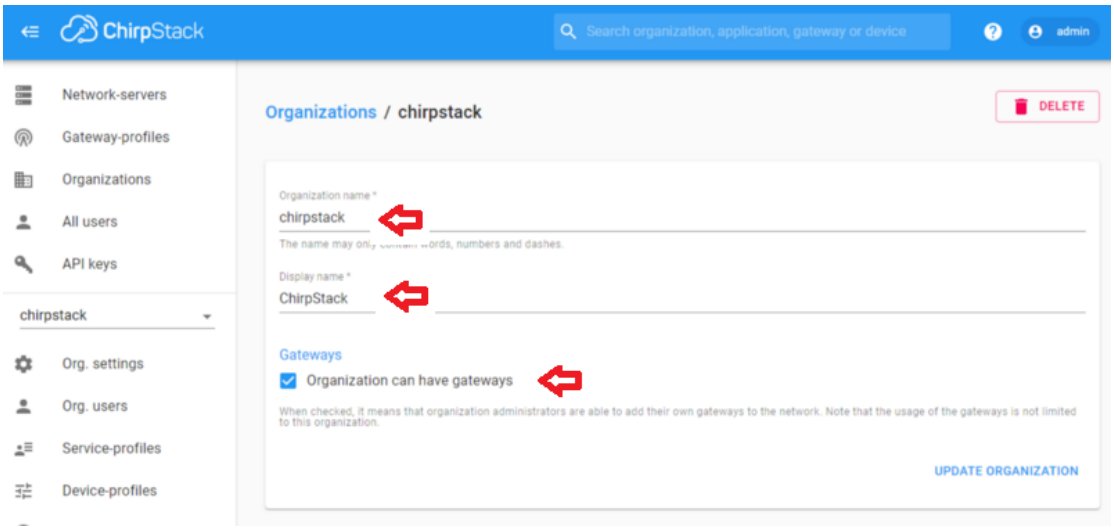
หน้านี้จะบอกชื่อเมนู Gateway-profiles และชื่อของ Network server



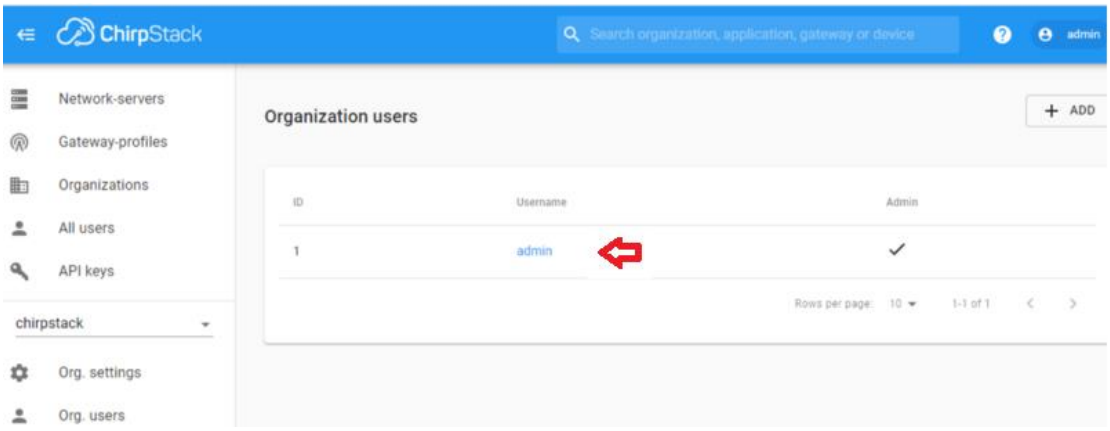
มีการตั้งค่า gateway profileไว้แล้ว เชื่อมเข้ากับ Network Server ชื่อ NS



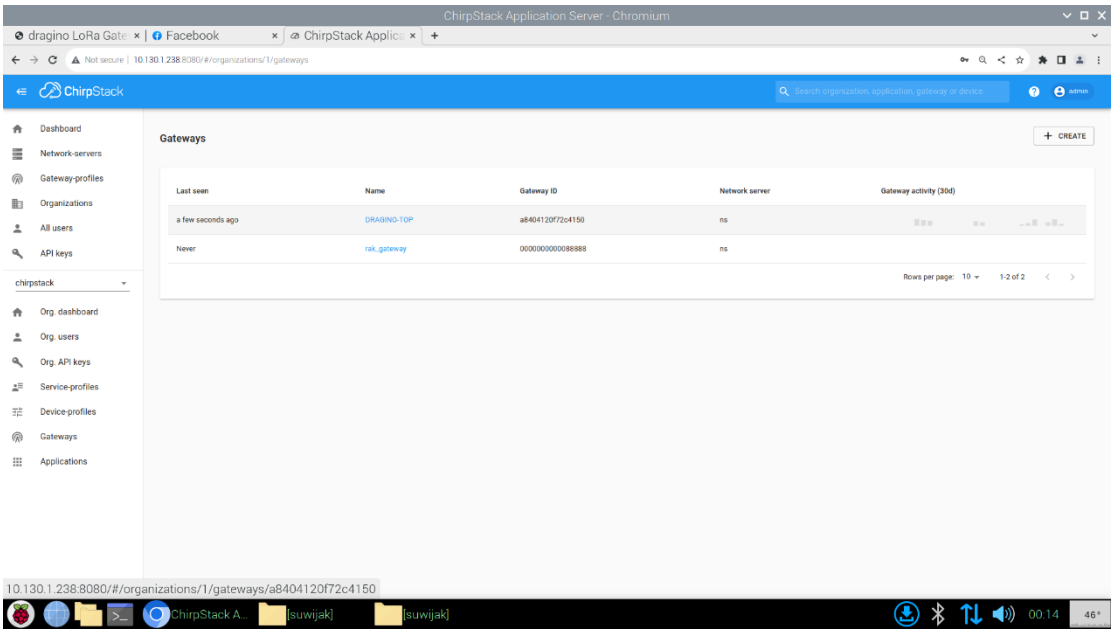
หน้าของเมนู Organization จะบอกชื่อของ Organization และชื่อ display ของ Organization ชื่อ chirp Stack



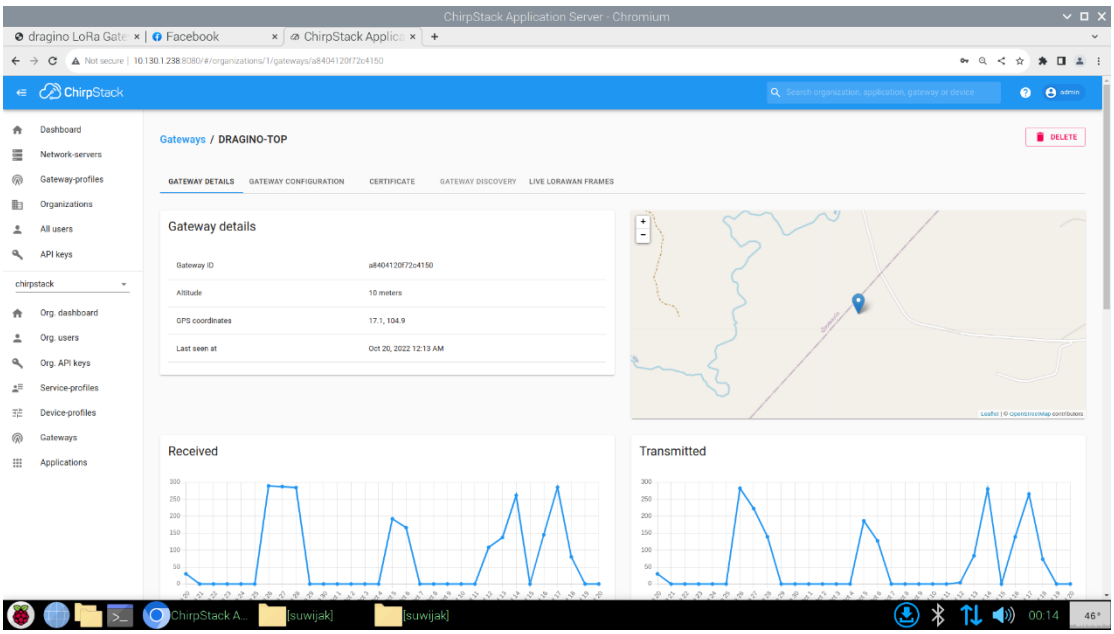
หน้านี้จะเป็นหน้าของเมนู Org. settings ตั้งไว้แล้วตามรูป



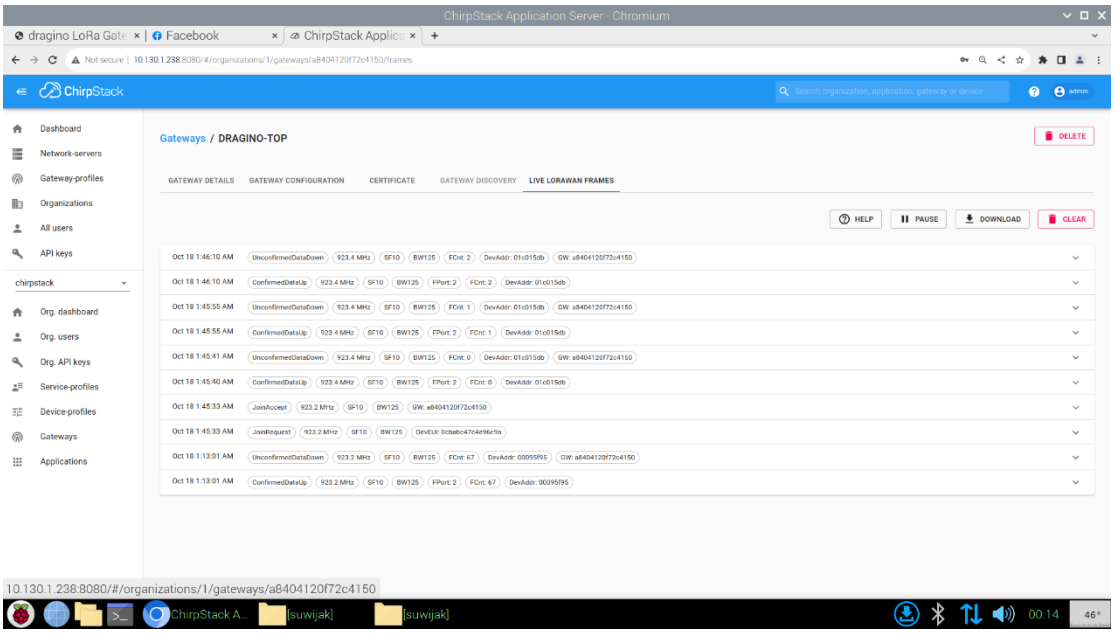
หน้านี้จะเป็นหน้าของเมนู Org. users จะมี Username ชื่อ admin และมี ID คือ 1



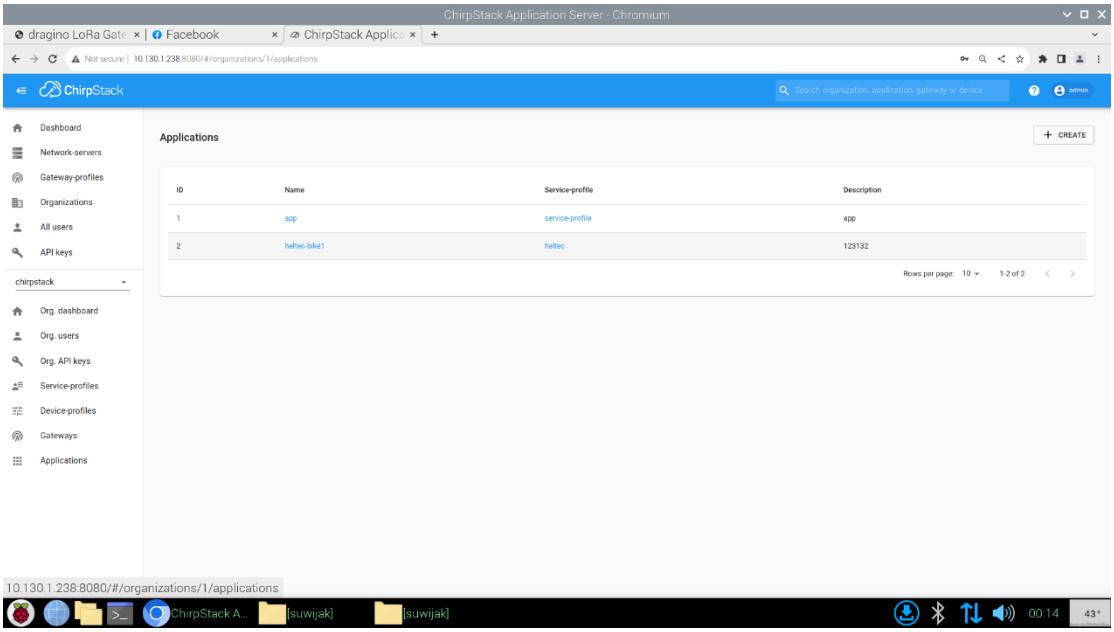
หน้านี้จะเป็นหน้าของ Gateway Menu หน้านี้จะบอก ว่า Gateway Menu มีอะไรบ้าง



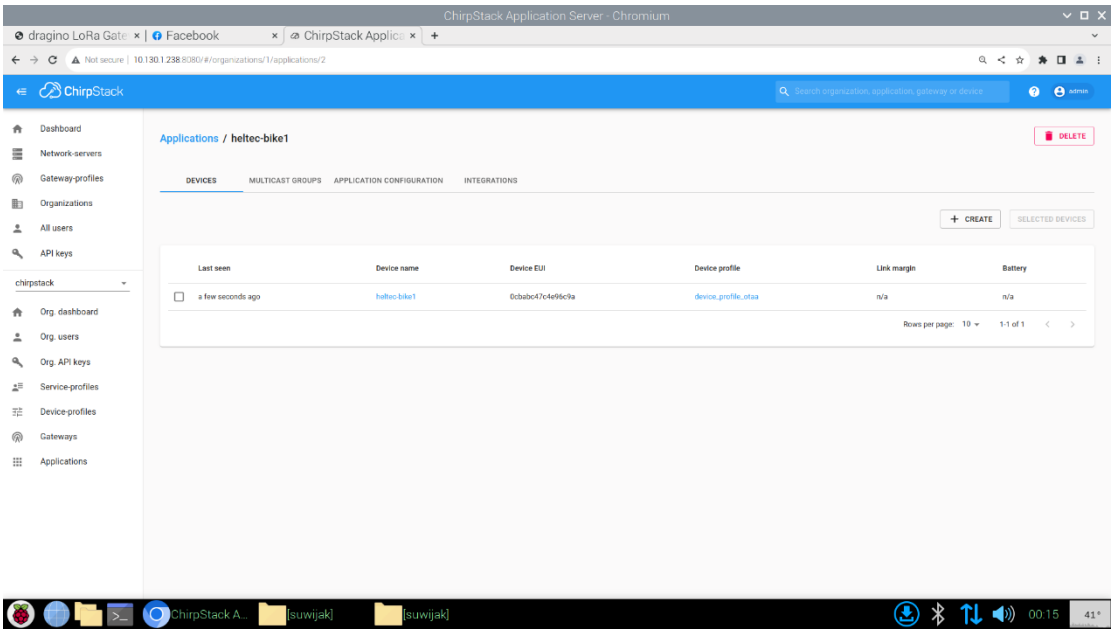
หน้านี้จะบอก Gateway Detail ที่จะบอกกราฟ received และกราฟ Transmitted



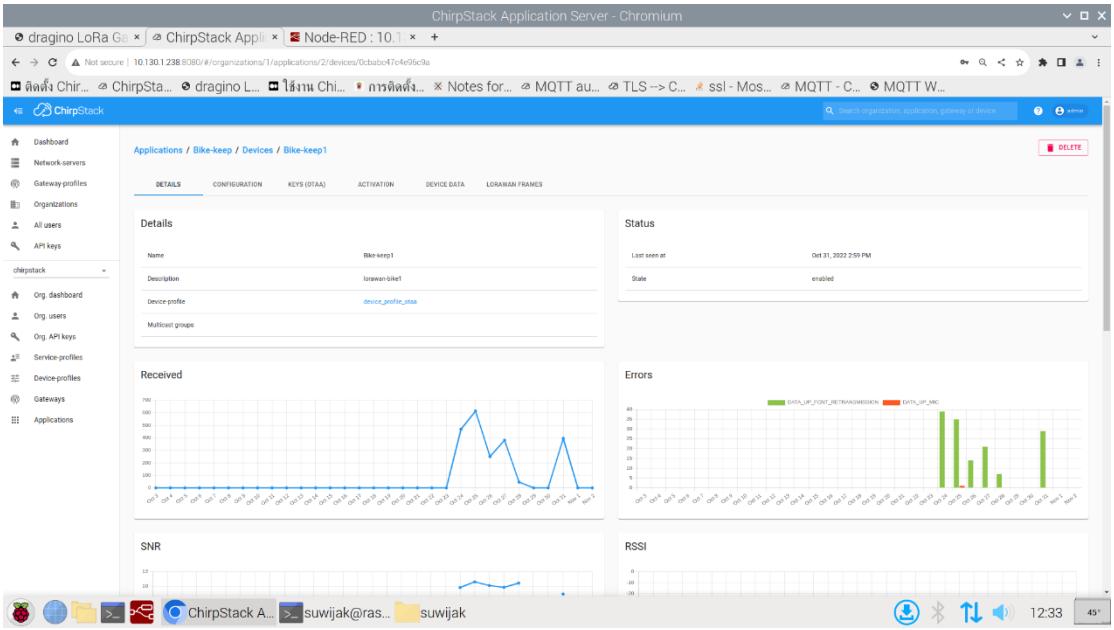
หน้านี้จะบอกถึงข้อมูลที่ส่งผ่าน Gateway



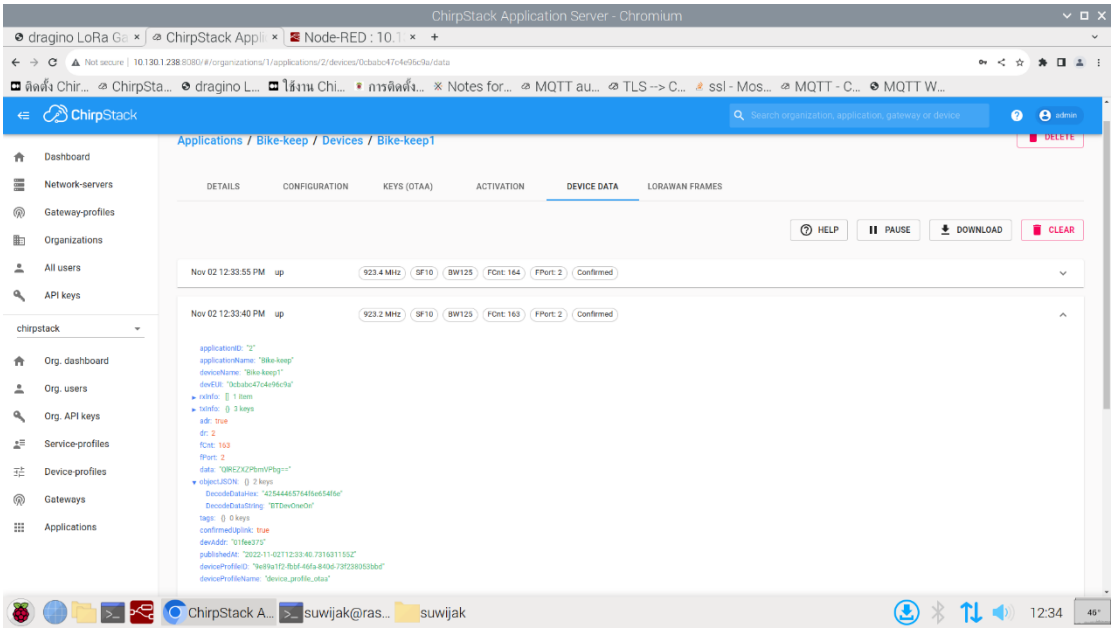
หน้านี้จะเป็นหน้า Application Menu ที่จะบอก name server profile



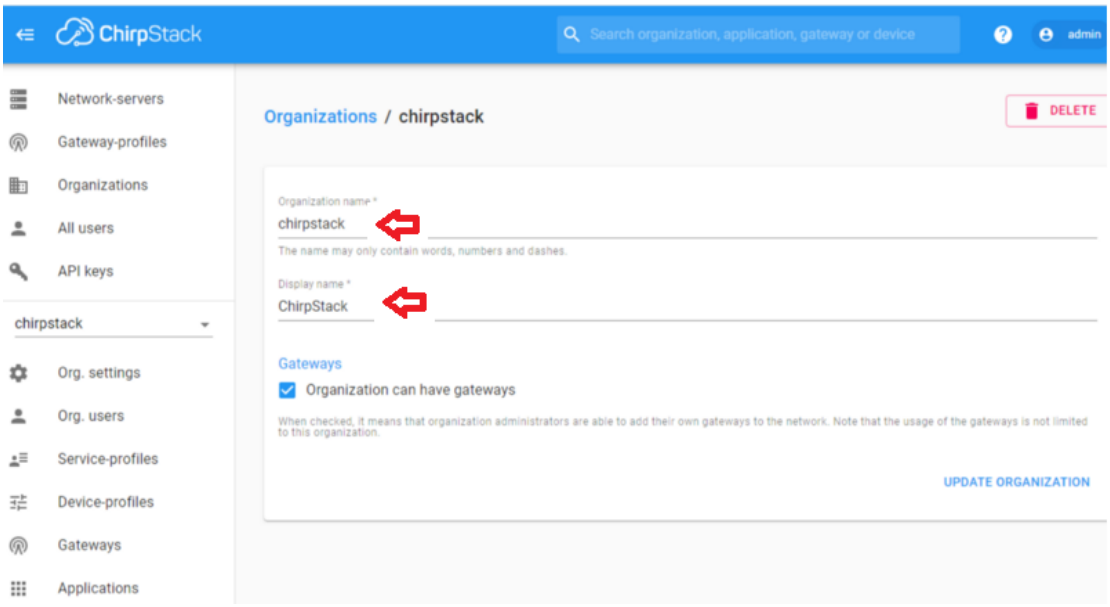
หน้านี้จะบอกถึงภายใน Application ที่จะแสดง Device



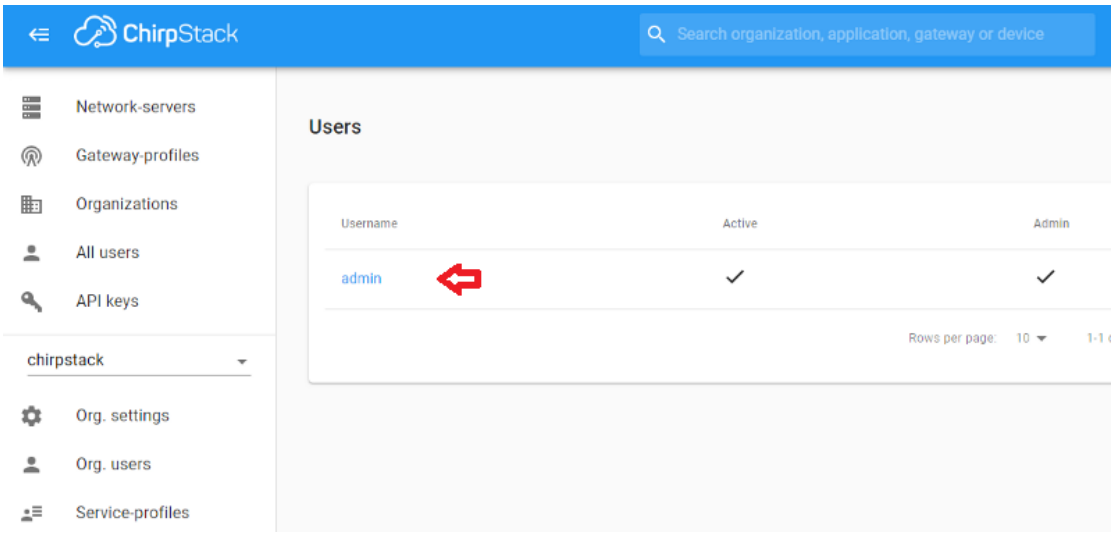
หน้านี้จะแสดงข้อมูล Device Detail



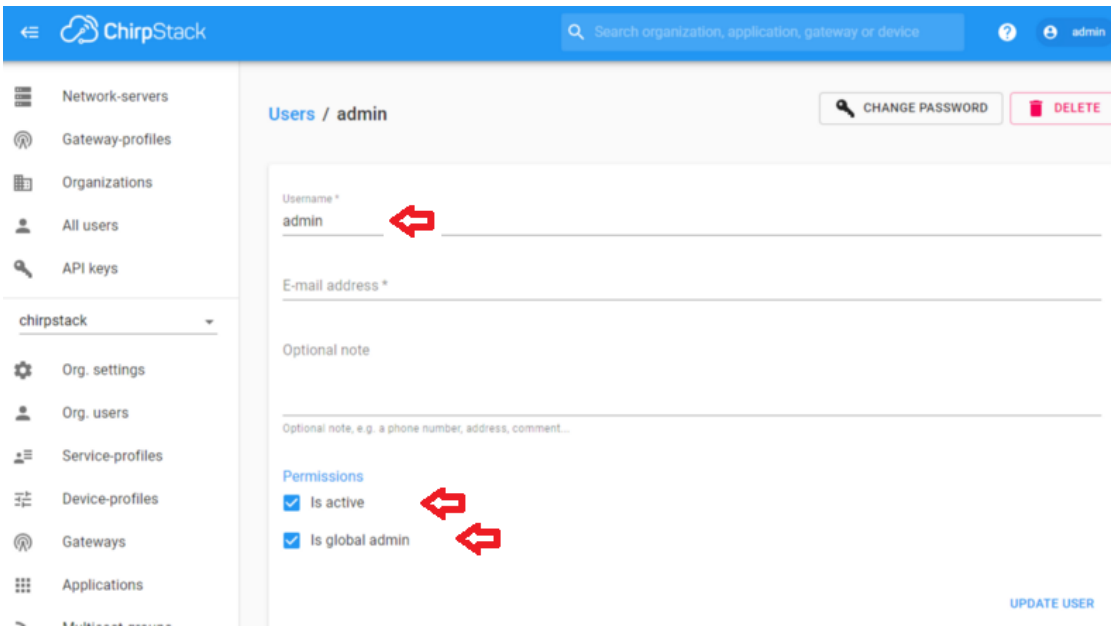
หน้านี้จะโชว์ข้อมูลของ Device Data



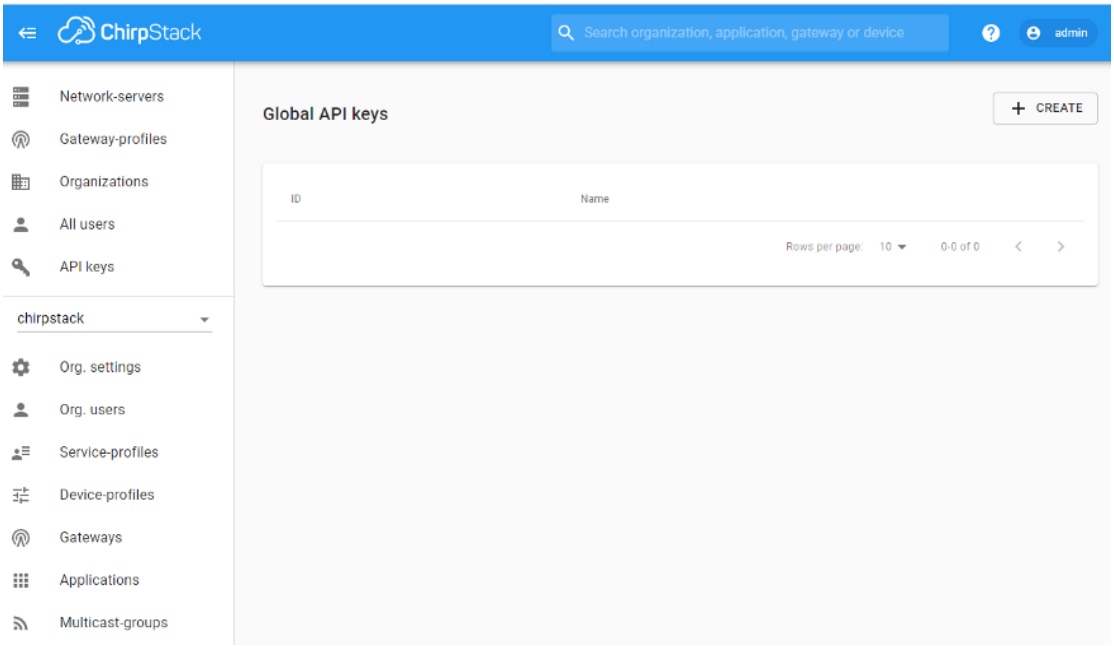
หน้านี้จะบอกการตั้งค่า Organization ไว้แล้วชื่อ chirp stack



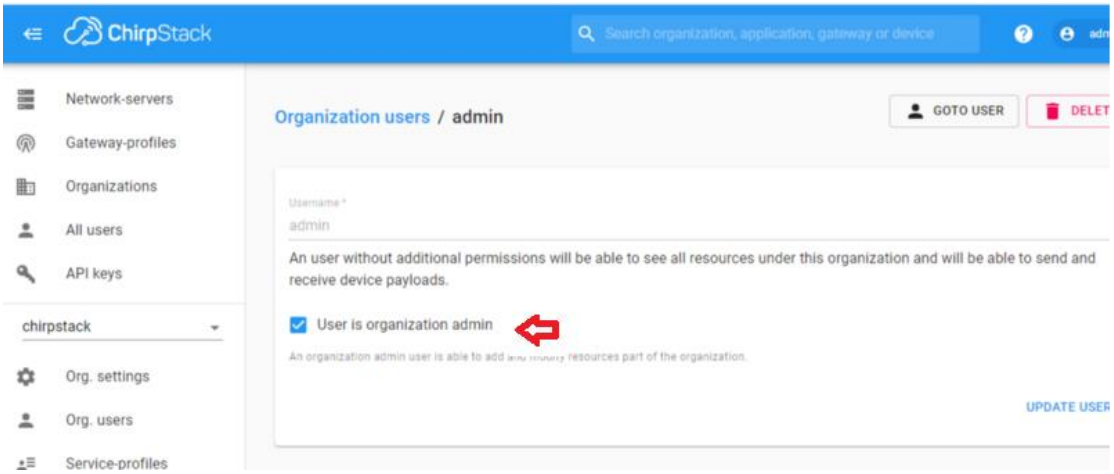
หน้านี้จะเป็นหน้าเมนู All users ที่บอกชื่อ Username ชื่อ admin



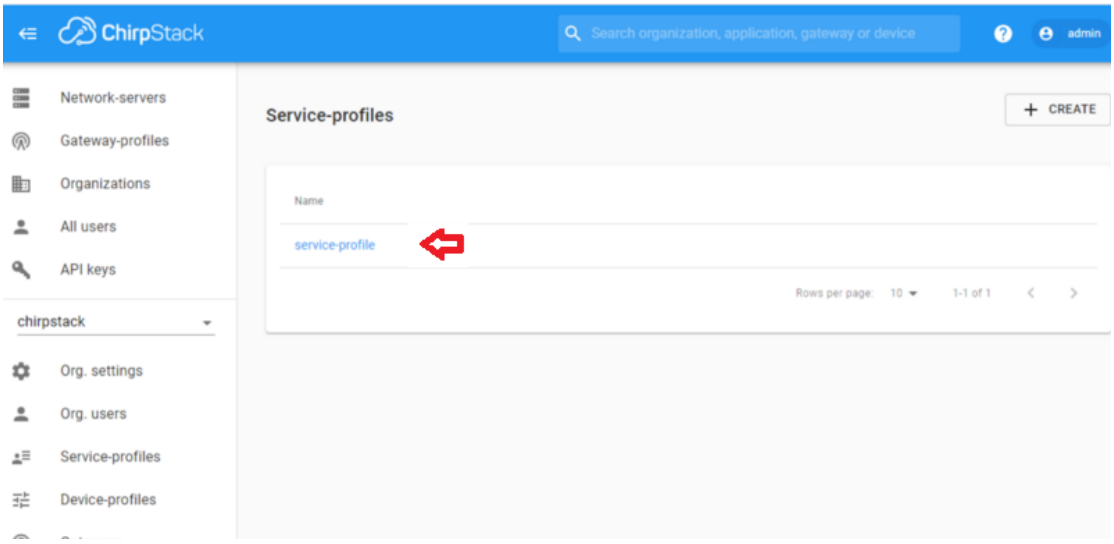
หน้านี้จะบอกว่ามีการตั้งเพิ่มค่าในเมนู All users ไว้แล้วชื่อเป็น User : admin



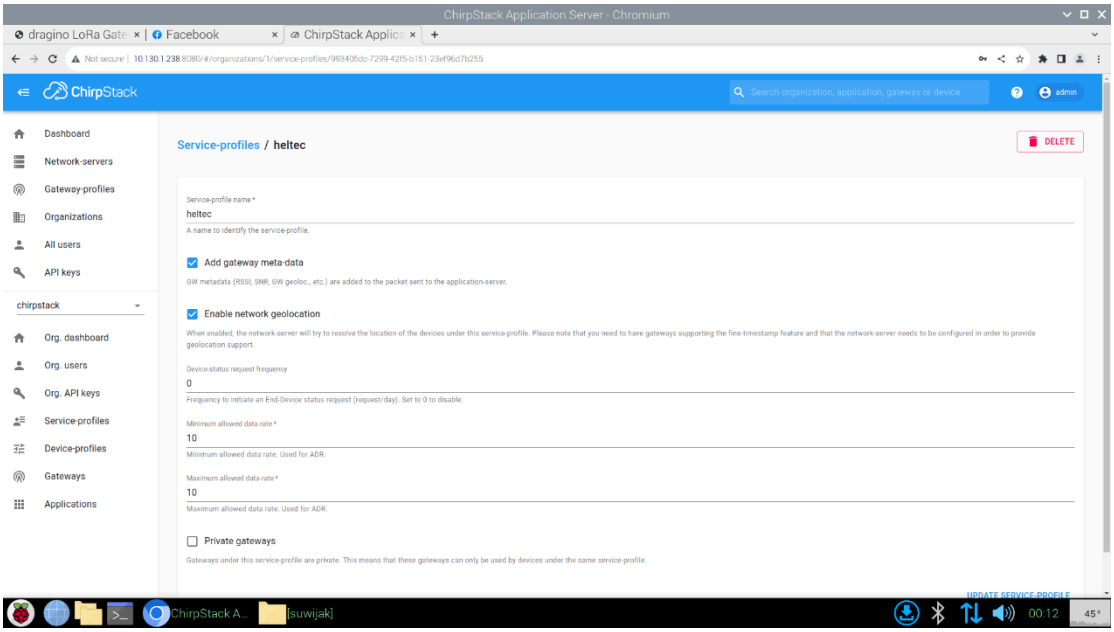
ยังไม่ได้มีการตั้งค่าใดๆ เราสามารถสร้าง API KEY โดยคลิก Create มุมขวาบน บทความนี้เรายังไม่ได้ใช้ค่านี้

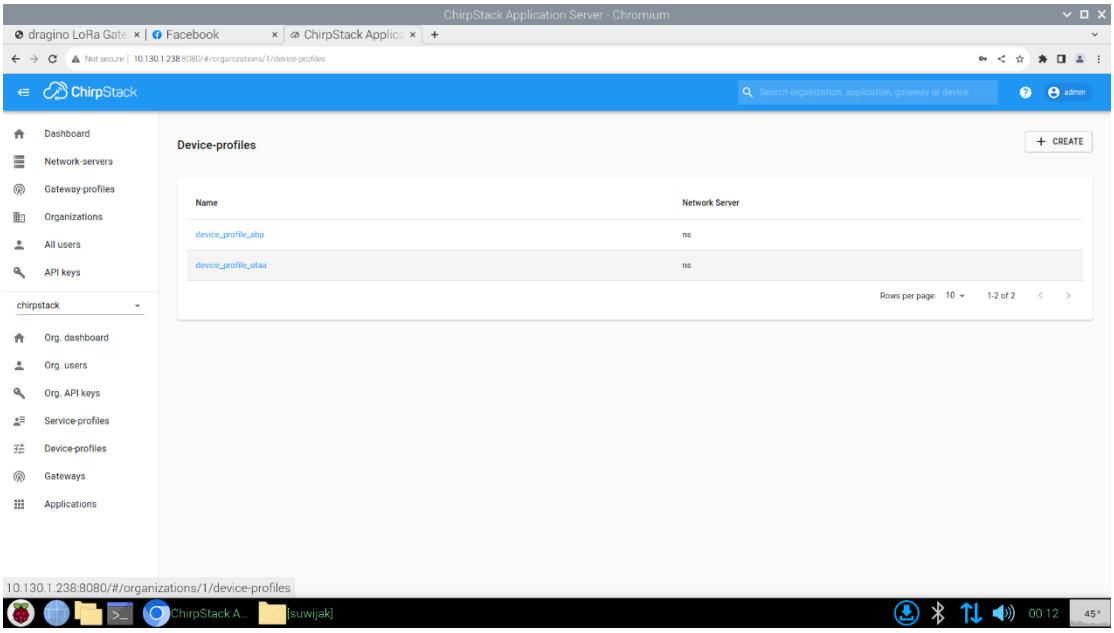


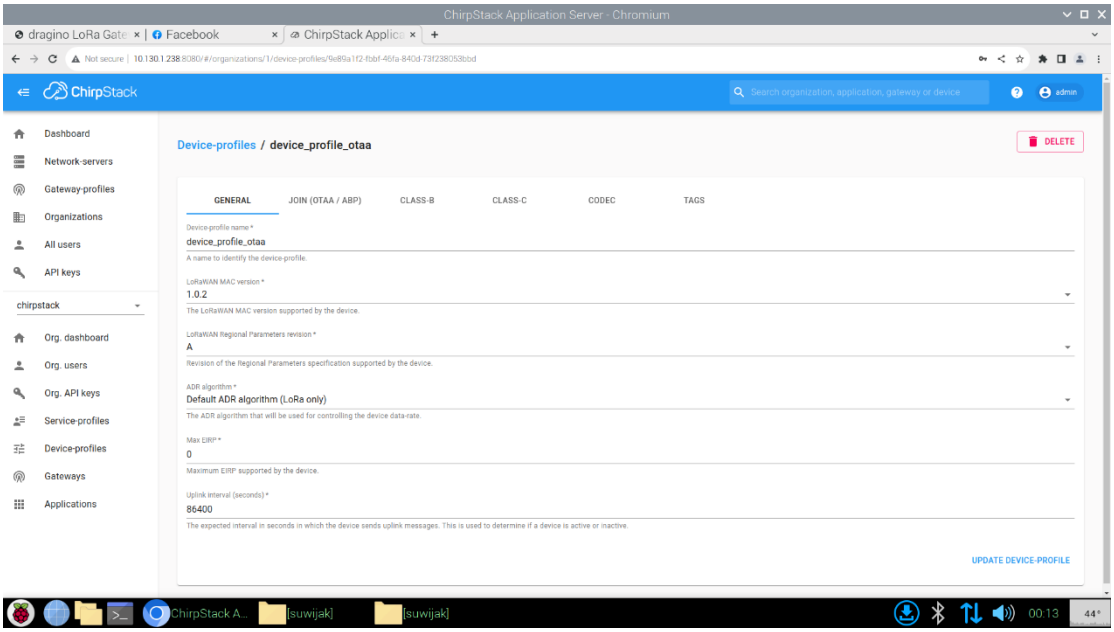
หน้านี้จะบอกว่ามีการตั้งค่าไว้แล้วคือ หน้า Organization users ชื่อ admin

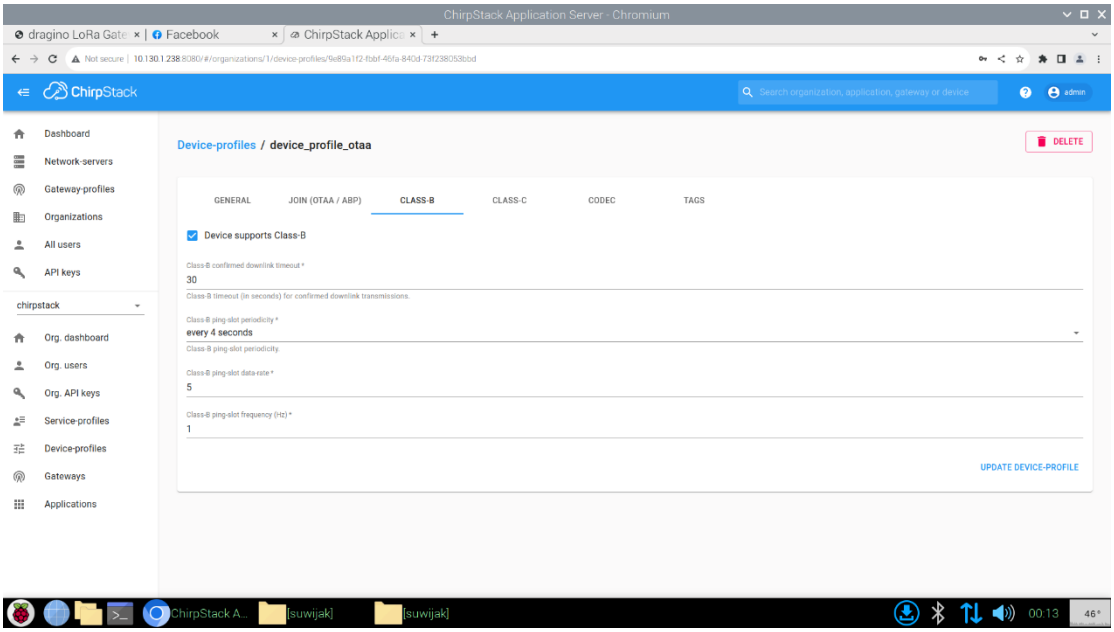


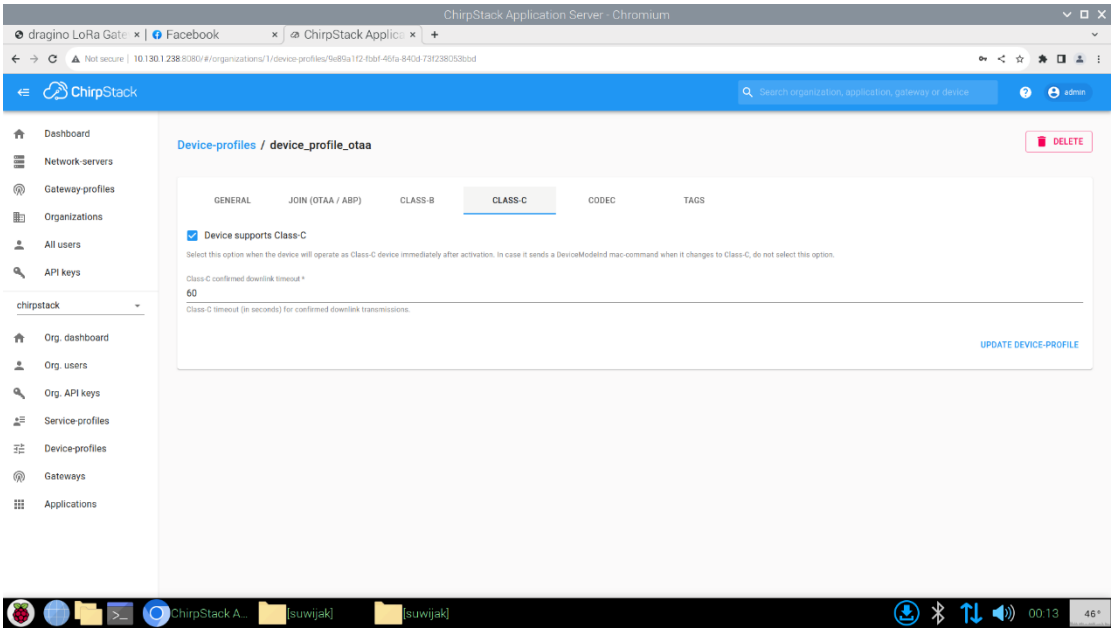
หน้านี้จะบอกถึงเมนู Service profile ที่มี Username ชื่อ Service profile

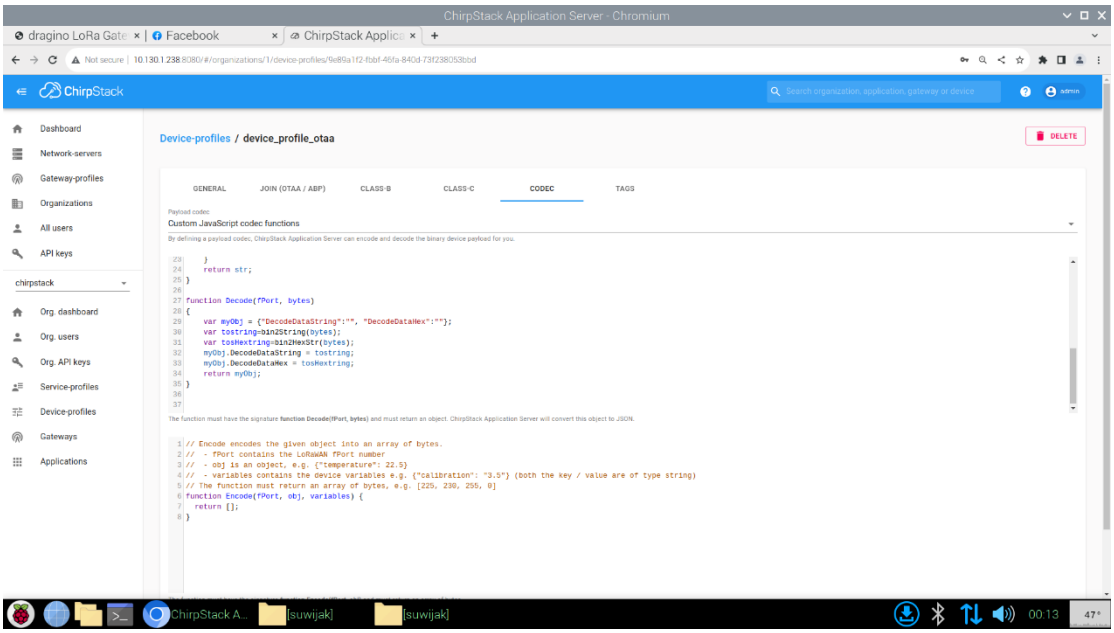

ChirpStack Application Server - Chromium
dragino LoRa Gate
Facebook
ChirpStack Applica
Not secure | 10.130.1.238:8080/#/organizations/1/service-profiles/993405dc-7299-42f5-b151-23ef96d7b255
ChirpStack
Search organization, application, gateway or device
admin
Dashboard
Network-servers
Gateway-profiles
Organizations
All users
API keys
chirpstack
Org. dashboard
Org. users
Org. API keys
Service-profiles
Device-profiles
Gateways
Applications
Service-profiles / heltec
DELETE
Service-profile name *
heltec
A name to identify the service-profile.
Add gateway meta-data
GW metadata (RSSI, SNR, GW geoloc., etc.) are added to the packet sent to the application-server.
Enable network geolocation
When enabled, the network-server will try to resolve the location of the devices under this service-profile. Please note that you need to have gateways supporting the fine-timestamp feature and that the network-server needs to be configured in order to provide geolocation support.
Device-status request frequency
0
Frequency to initiate an End-Device status request (request/day). Set to 0 to disable.
Minimum allowed data-rate *
10
Minimum allowed data rate. Used for ADR.
Maximum allowed data-rate *
10
Maximum allowed data rate. Used for ADR.
Private gateways
Gateways under this service-profile are private. This means that these gateways can only be used by devices under the same service-profile.
UPDATE SERVICE-PROFILE
ChirpStack A...
[suwijak]
00:12
45°

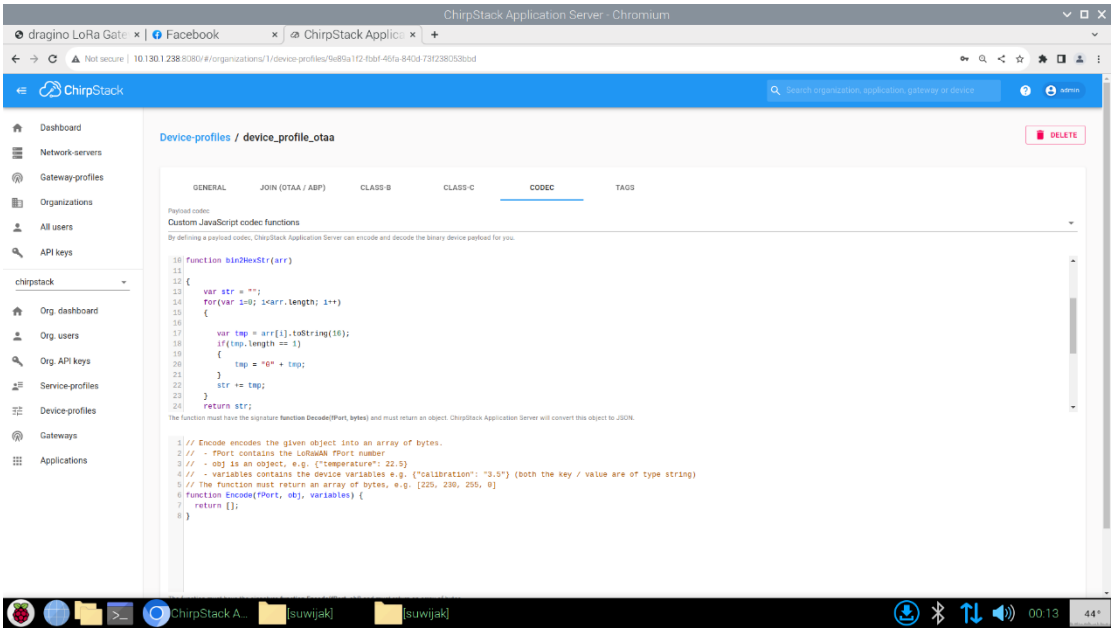

ChirpStack Application Server - Chromium
dragino LoRa Gate
Facebook
ChirpStack Applica
Not secure | 10.130.1.238:8080/#/organizations/1/device-profiles
ChirpStack
Search organization, application, gateway or device
admin
Dashboard
Network-servers
Gateway-profiles
Organizations
All users
API keys
chirpstack
Org. dashboard
Org. users
Org. API keys
Service-profiles
Device-profiles
Gateways
Applications
Device-profiles
CREATE
Name
Network Server
device_profile_abp
ns
device_profile_otaa
ns
Rows per page: 10
1-2 of 2
10.130.1.238:8080/#/organizations/1/device-profiles
ChirpStack A...
[suwijak]
00:12
45°


ChirpStack Application Server - Chromium
ChirpStack
Dashboard
Network-servers
Gateway-profiles
Organizations
All users
API keys
chirpstack
Org. dashboard
Org. users
Org. API keys
Service-profiles
Device-profiles
Gateways
Applications
Device-profiles / device_profile_otaa
DELETE
GENERAL
JOIN (OTAA / ABP)
CLASS-B
CLASS-C
CODEC
TAGS
Device-profile name *
device_profile_otaa
A name to identify the device-profile.
LoRaWAN MAC version *
1.0.2
The LoRaWAN MAC version supported by the device.
LoRaWAN Regional Parameters revision *
A
Revision of the Regional Parameters specification supported by the device.
ADR algorithm *
Default ADR algorithm (LoRa only)
The ADR algorithm that will be used for controlling the device data-rate.
Max EIRP *
0
Maximum EIRP supported by the device.
Uplink interval (seconds) *
86400
The expected interval in seconds in which the device sends uplink messages. This is used to determine if a device is active or inactive.
UPDATE DEVICE-PROFILE

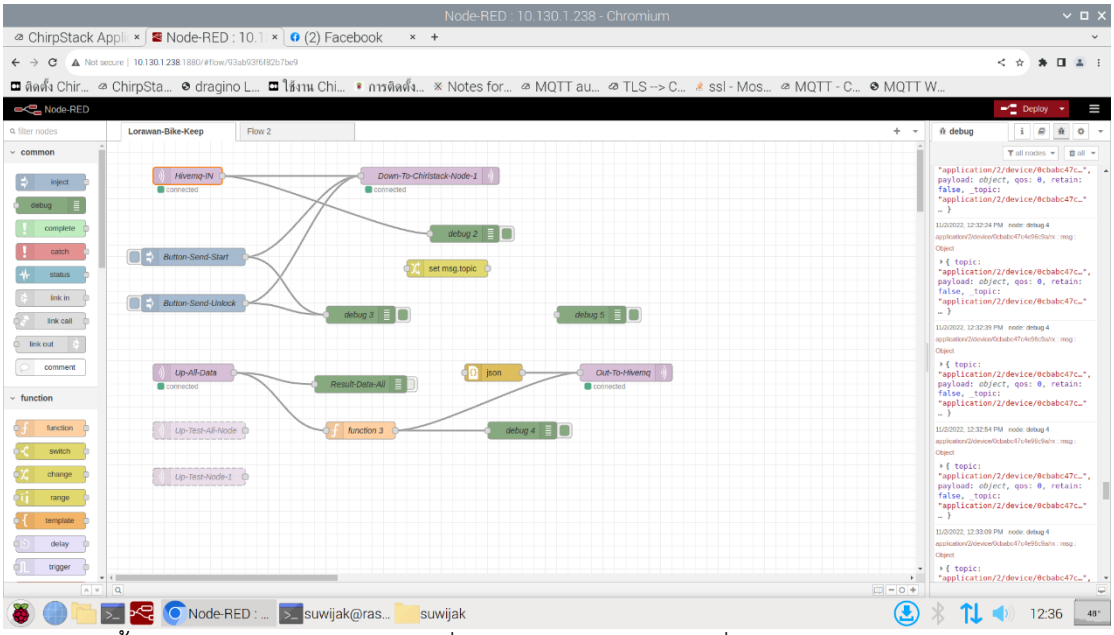

ChirpStack Application Server - Chromium
ChirpStack
Dashboard
Network-servers
Gateway-profiles
Organizations
All users
API keys
chirpstack
Org. dashboard
Org. users
Org. API keys
Service-profiles
Device-profiles
Gateways
Applications
Device-profiles / device_profile_otaa
DELETE
GENERAL
JOIN (OTAA / ABP)
CLASS-B
CLASS-C
CODEC
TAGS
Device supports Class-B
Class-B confirmed downlink timeout *
30
Class-B timeout (in seconds) for confirmed downlink transmissions.
Class-B ping-slot periodicity *
every 4 seconds
Class-B ping-slot periodicity.
Class-B ping-slot data-rate *
5
Class-B ping-slot frequency (Hz) *
1
UPDATE DEVICE-PROFILE


ChirpStack Application Server - Chromium
ChirpStack
Dashboard
Network-servers
Gateway-profiles
Organizations
All users
API keys
chirpstack
Org. dashboard
Org. users
Org. API keys
Service-profiles
Device-profiles
Gateways
Applications
Device-profiles / device_profile_otaa
DELETE
GENERAL
JOIN (OTAA / ABP)
CLASS-B
CLASS-C
CODEC
TAGS
Device supports Class-C
60
UPDATE DEVICE-PROFILE

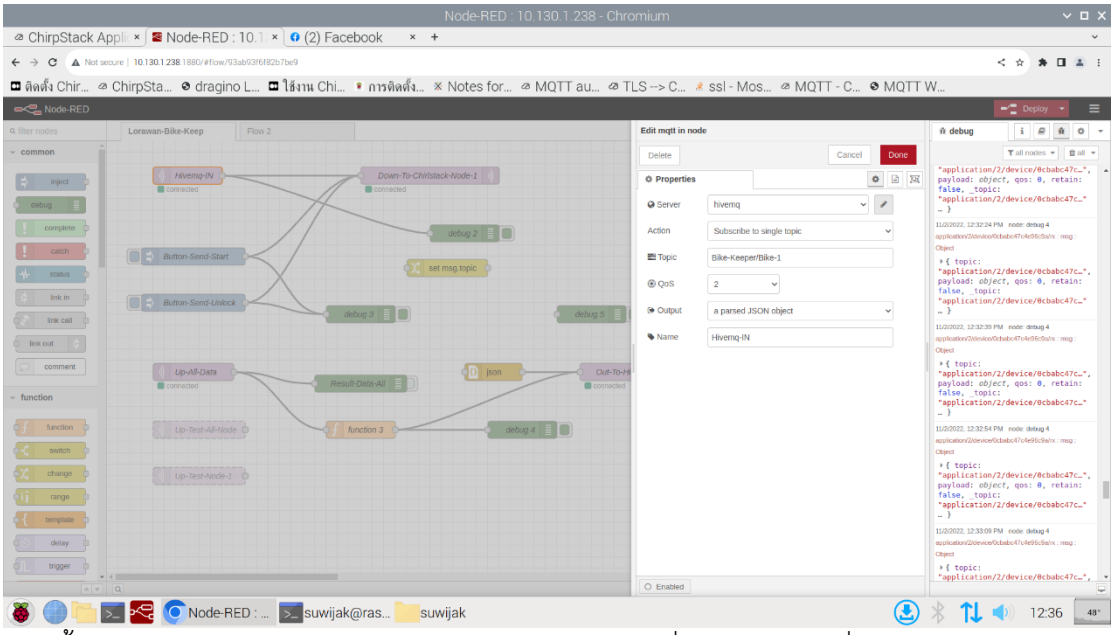

ChirpStack Application Server - Chromium
ChirpStack
Device-profiles / device_profile_otaa
DELETE
GENERAL
JOIN (OTAA / ABP)
CLASS-B
CLASS-C
CODEC
TAGS
Custom JavaScript codec functions
function Decode(fPort, bytes)
function Encode(fPort, obj, variables) {


ChirpStack Application Server - Chromium
dragino LoRa Gate
Facebook
ChirpStack Applica
Not secure | 10.130.1.238:8080/#/organizations/1/device-profiles/6e89a1f2-fbbf-46fa-840d-73f238053bbd
ChirpStack
Search organization, application, gateway or device
admin
Dashboard
Network-servers
Gateway-profiles
Organizations
All users
API keys
chirpstack
Org. dashboard
Org. users
Org. API keys
Service-profiles
Device-profiles
Gateways
Applications
Device-profiles / device_profile_otaa
DELETE
GENERAL
JOIN (OTAA / ABP)
CLASS-B
CLASS-C
CODEC
TAGS
Payload codec
Custom JavaScript codec functions
By defining a payload codec, ChirpStack Application Server can encode and decode the binary device payload for you.
function bin2HexStr(arr)
{
var str = "";
for(var i=0; i<arr.length; i++)
{
var tmp = arr[i].toString(16);
if(tmp.length == 1)
{
tmp = "0" + tmp;
}
str += tmp;
}
return str;
The function must have the signature function Decode(fPort, bytes) and must return an object. ChirpStack Application Server will convert this object to JSON.
// Encode encodes the given object into an array of bytes.
// - fPort contains the LoRaWAN fPort number
// - obj is an object, e.g. {"temperature": 22.5}
// - variables contains the device variables e.g. {"calibration": "3.5"} (both the key / value are of type string)
// The function must return an array of bytes, e.g. [225, 230, 255, 0]
function Encode(fPort, obj, variables) {
return [];
}
ChirpStack A...
[suwijak]
[suwijak]
00:13
44°

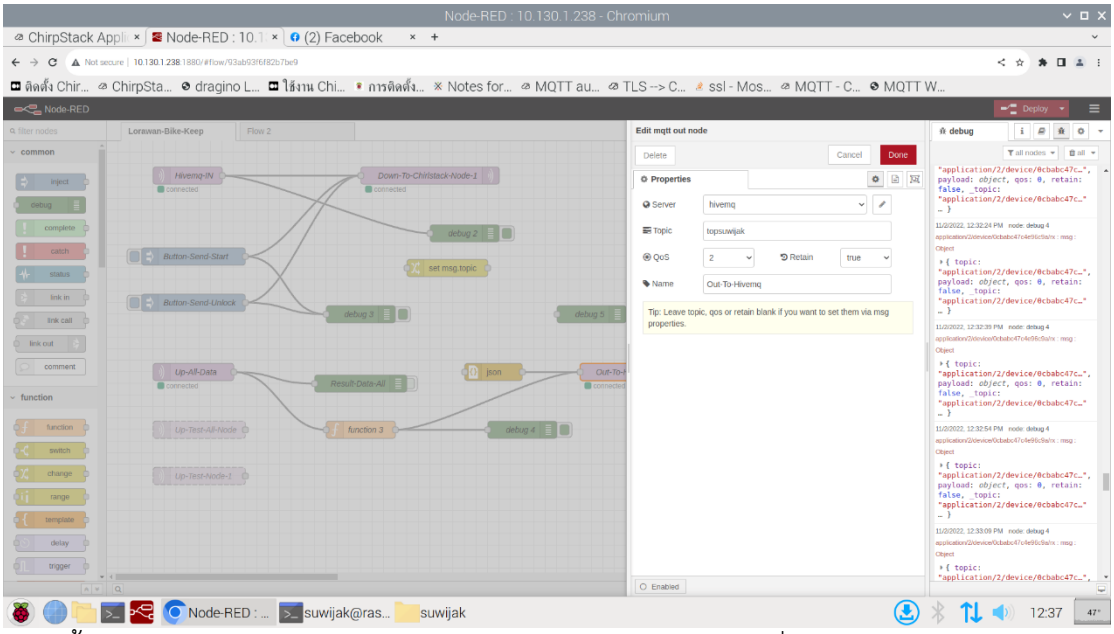
การทำงานของ Node-red



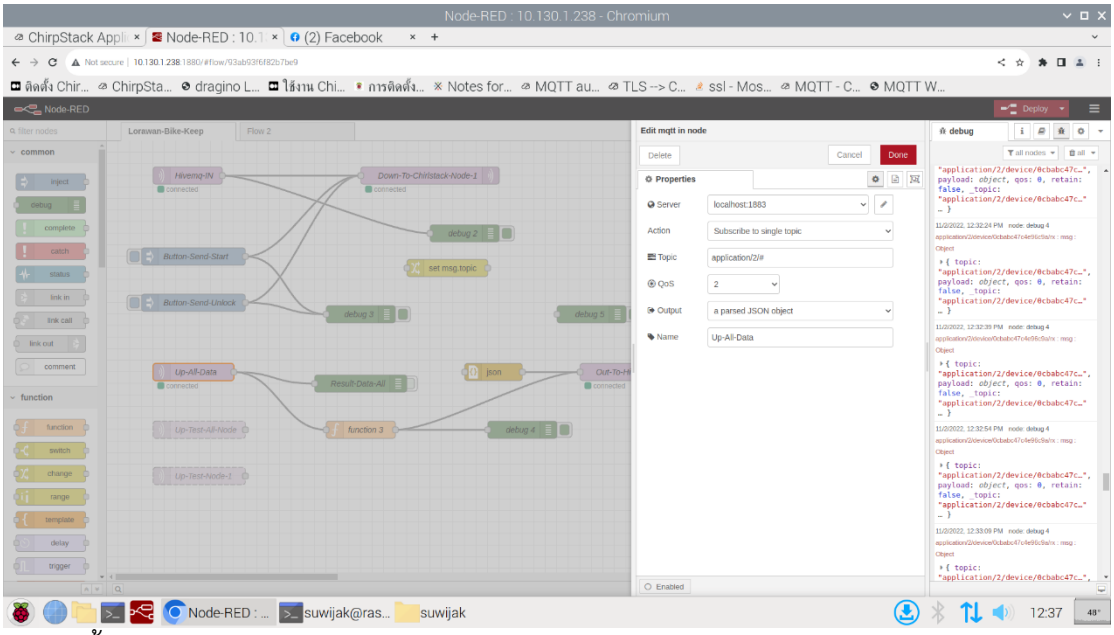
หน้านี้จะเป็นหน้าของ Node-red ที่จะบอกว่า Node-red เชื่อมไปไหนบ้างทำงานยังไงบ้าง



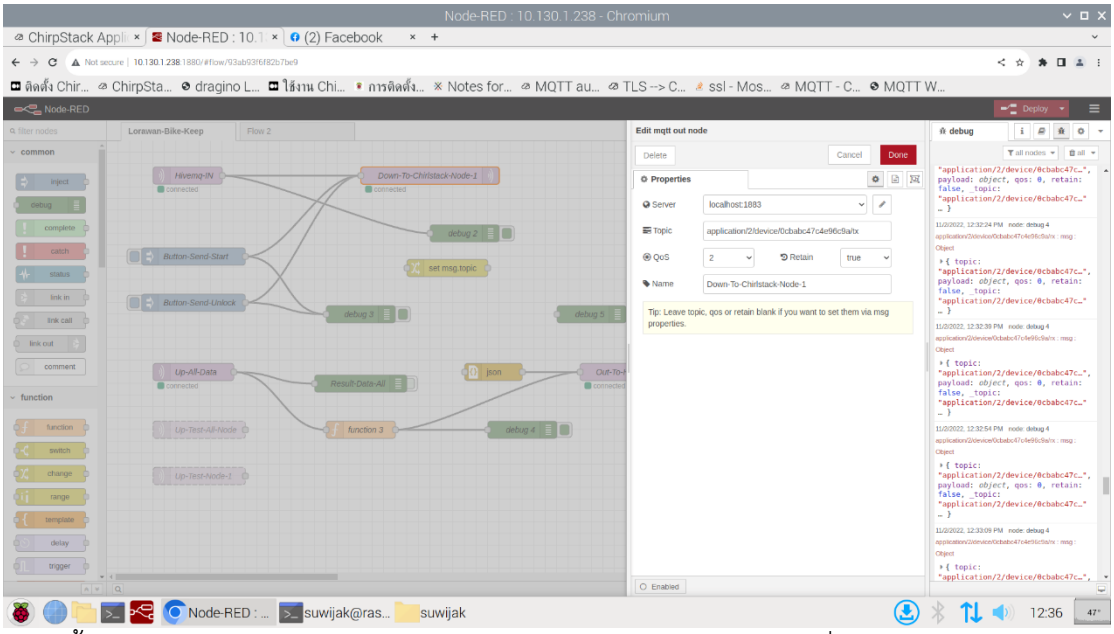
หน้านี้จะบอกว่า Node-red input from Hivemq คือการที่ Node-red เชื่อมต่อหรือ input ไปยัง Hivemq



หน้านี้จะแสดงให้เห็นว่า Node-red Output from Hivemq คือการที่ Node-red ทำการ Output หรือออกจาก Hivemq

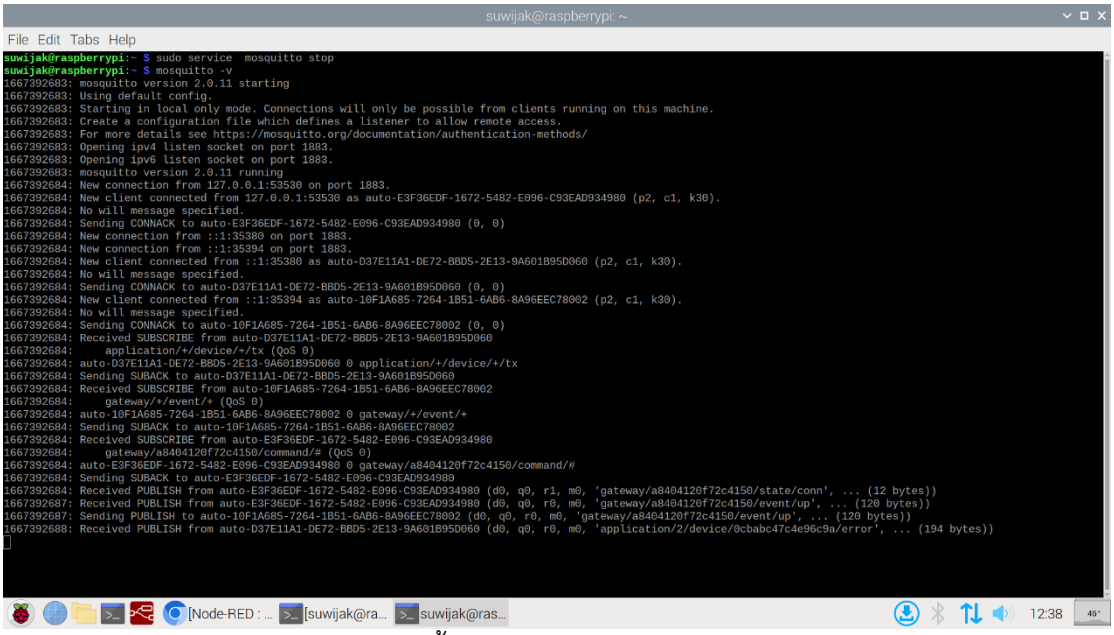


หน้านี้จะแสดงหน้า Node-red Get data จาก Chirp stack คือ Node-red รับค่าข้อมูลมาจาก Data และจาก Chirp stack

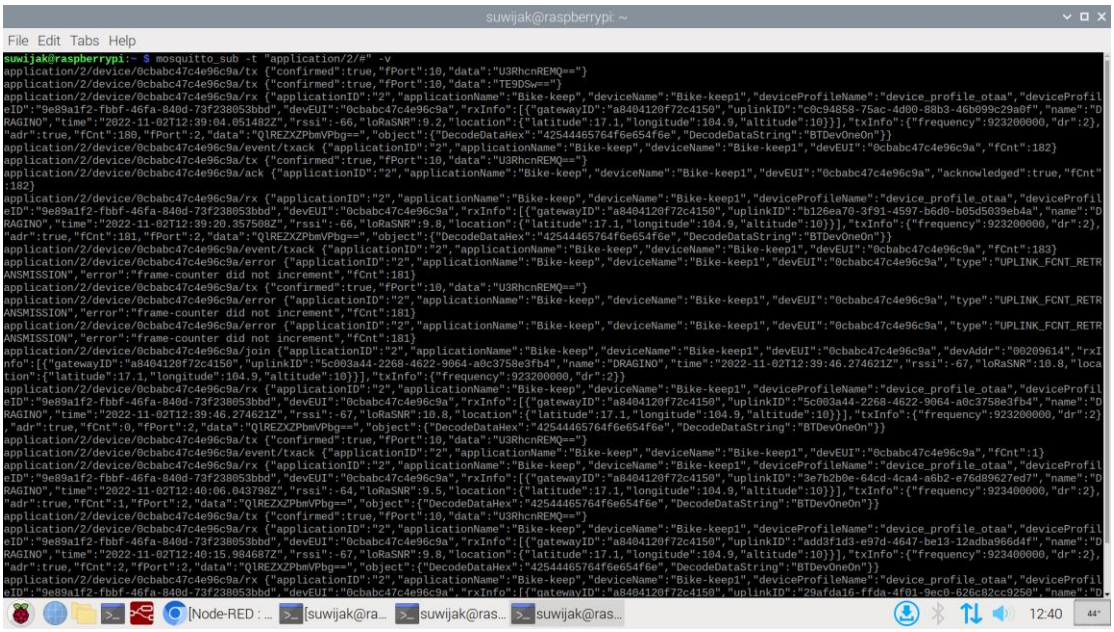


หน้านี้จะแสดงให้เห็นว่า Node-red send data ไป Chirp stack คือการที่ Node-red data ส่งข่อมูลไปยัง chirp stack

การทำงานของ MQTT

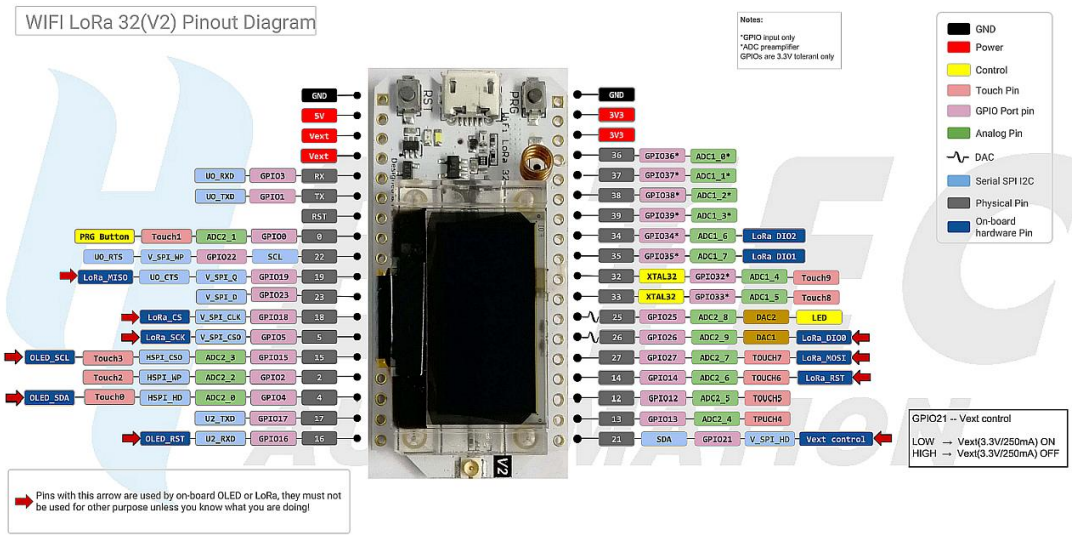


หน้านี้จะแสดงการใช้งาน MQTT



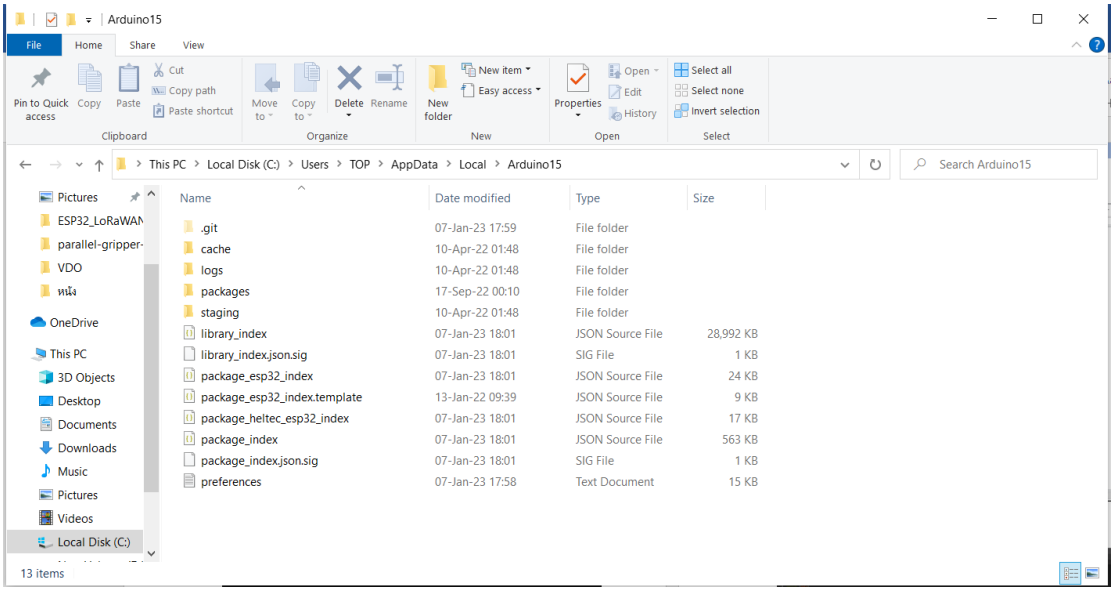
หน้านี้จะแสดงข้อมูล จาก Application ID คือการส่งข้อมูลมาจาก Application มายัง MQTT

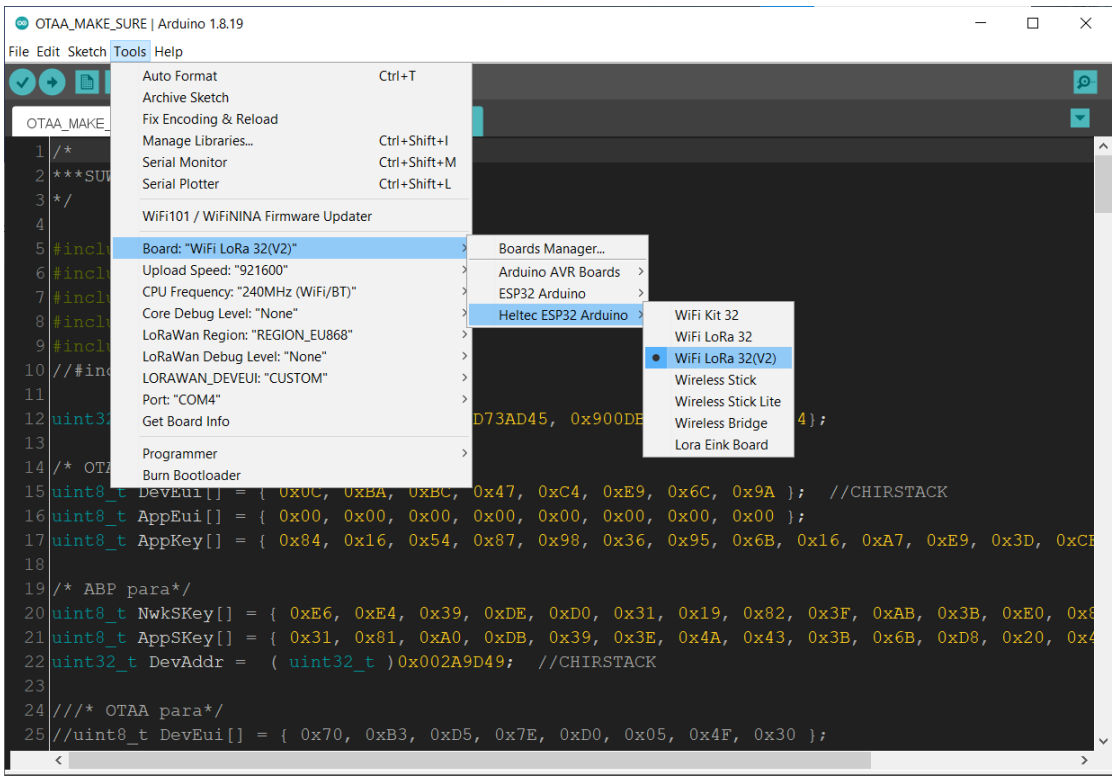
การทำงานของ Arduino

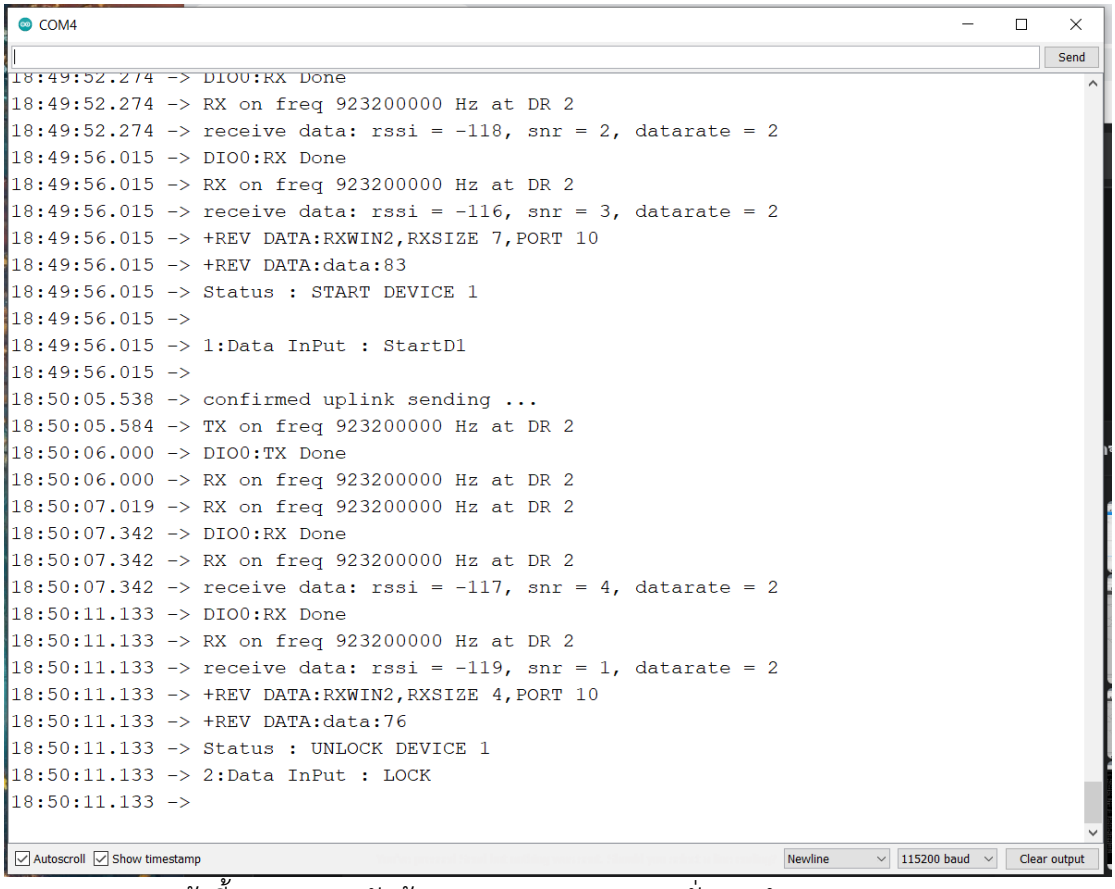


ติดตั้ง ข้อมูลของ Board heltec + libraries ใน โฟลเดอร์ C:\Users\(ชื่อของuserที่ใช้)\AppData\Local\Arduino15

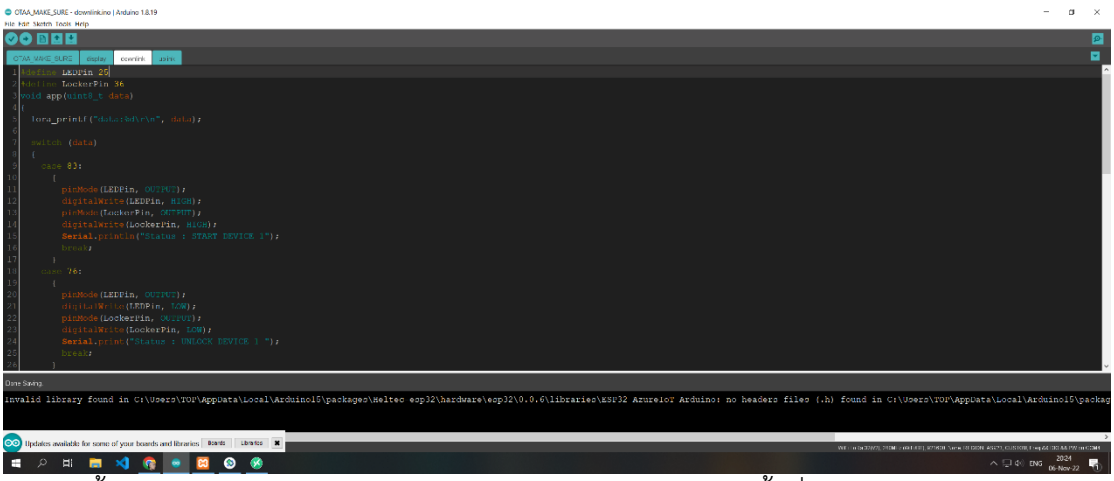
https://github.com/suwijak0023/Arduino15







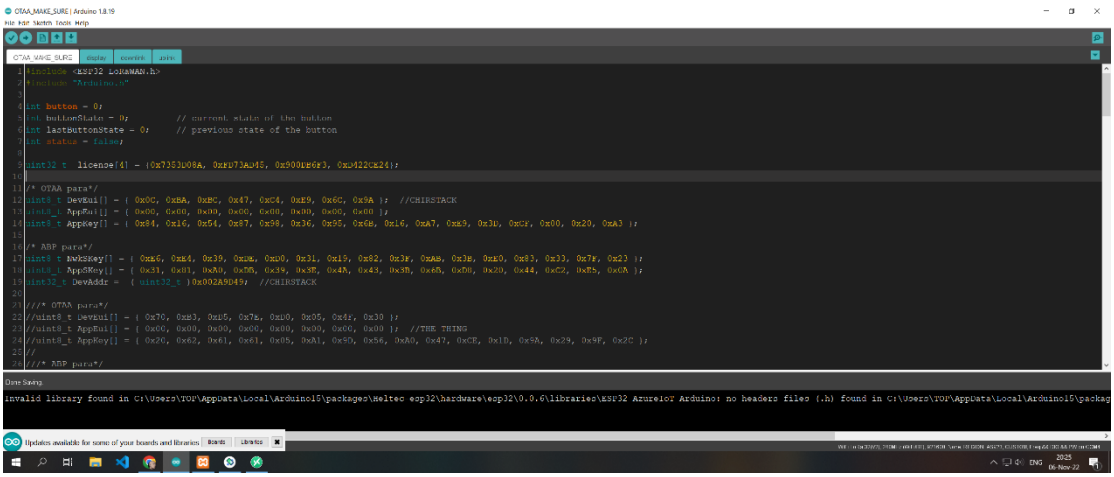
หน้านี้จะแสดงการรับข้อมูลจาก MQTT และจะสั่งการทำงานของ Node



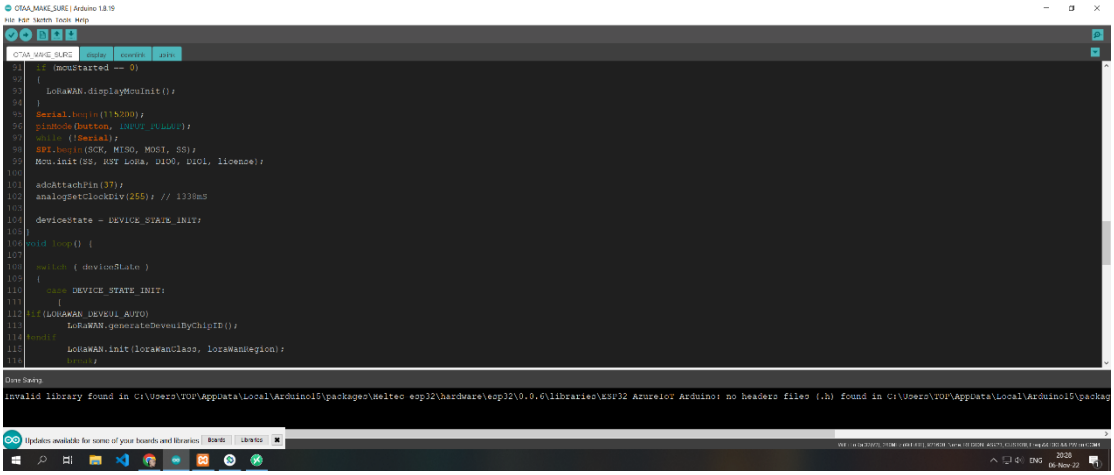
หน้านี้จะแสดงหน้าของ Down link รับข้อมูลจาก Server และได้ตั้งเงื่อนไขแบบ Switch case

หน้านี้จะแสดงหน้าของ Down link รับข้อมูลจาก Server และทำการแปลงข้อมูลให้เป็น string

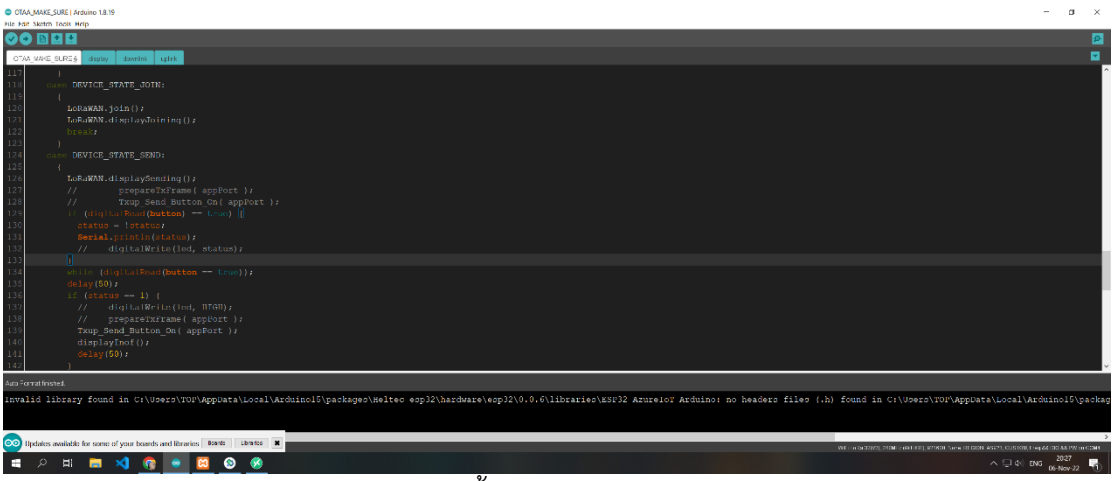
หน้านี้จะแสดงหน้าของหน้า Up link ข้อมูลไป Server โดยทำการแปลงข้อมูลให้เป็นรูปแบบ Hex



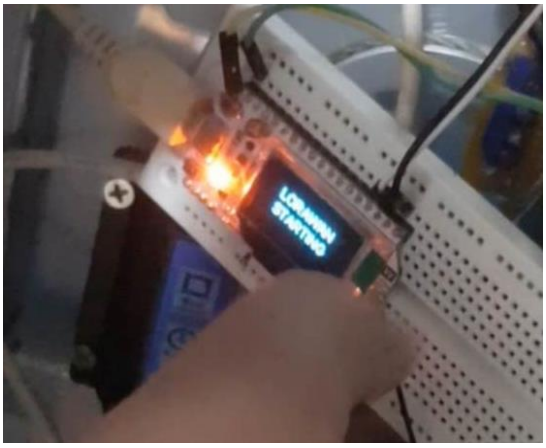
หน้านี้จะแสดงหน้าของ DevEui,AppKey ของ OTAA และ Activation ของ ABP

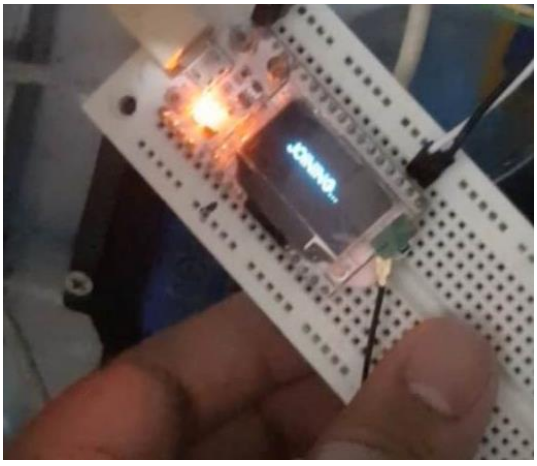


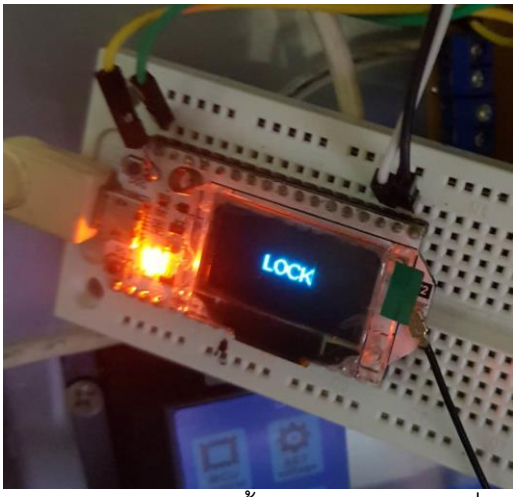
หน้านี้จะเป็นการ Setup หรือการตั้งค่าข้อมูล

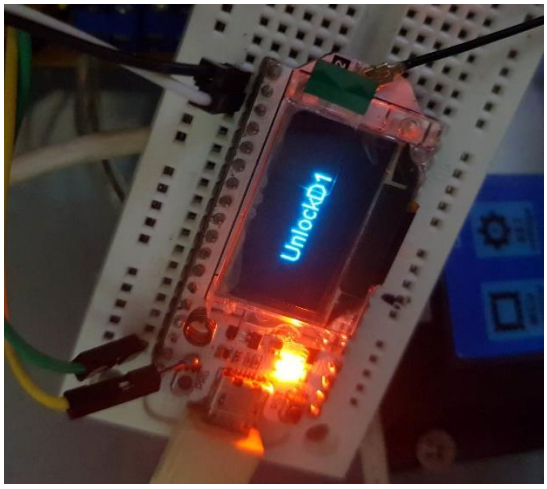


หน้านี้จะแสดงหน้า loop



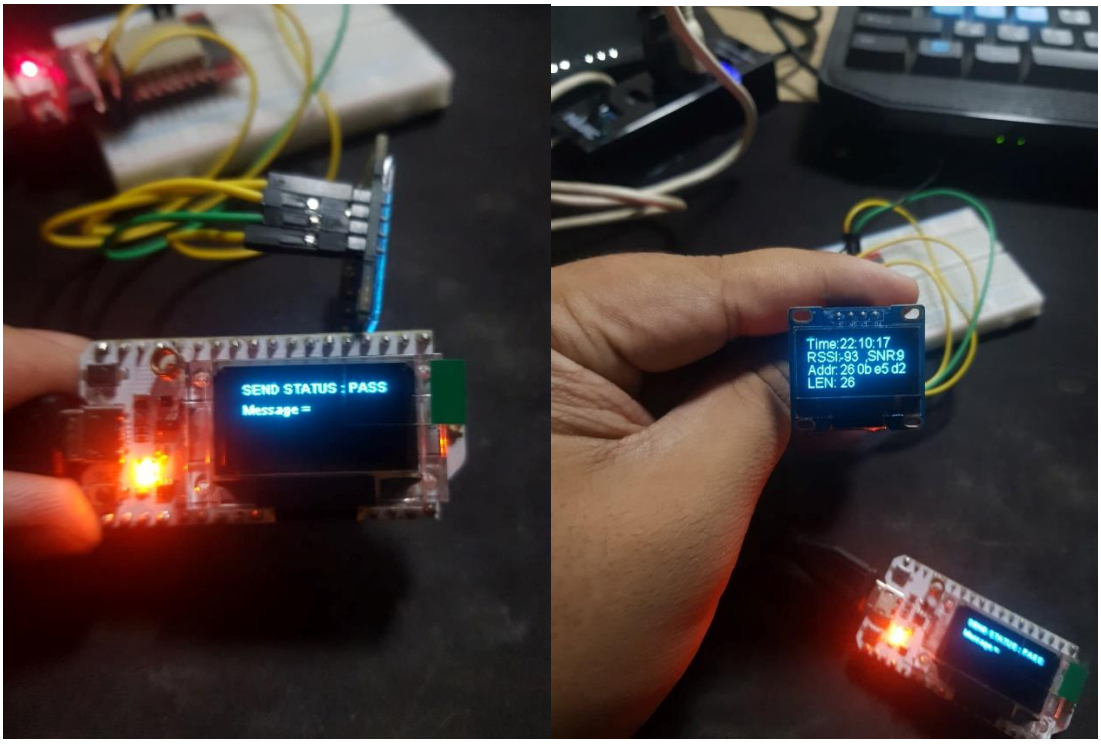






หน้านี้แสดงการรับข้อมูลที่ได้ Server มายัง Node ปลายทาง

NODE TO NODE



หน้านี้แสดงถึงการส่งข้อมูลระหว่าง Node หา Node ด้วยกันโดยจะมีฝั่งส่งและรับ

SC GATEWAY HELTEC

กรณีใช้ Esp32 เป็น Gateway

ESP Gateway Config

Version: V.5.3.3.H; 180825a
ESP alive since Saturday 13-8-2022 14:55:20, Uptime: 0-00:54:52
Current time Saturday 13-8-2022 15:50:00

Documentation | Basic Mode | Log Files

Package Statistics

Counter	C 0	C 1	C 2	Pkgs	Pkgs/hr
Packages Downlink				0	
Packages Uplink Total				8	8
Packages Uplink OK				8	
SF7 rcvd	6	1	1	8	100 %
SF8 rcvd	0	0	0	0	0 %
SF9 rcvd	0	0	0	0	0 %
SF10 rcvd	0	0	0	0	0 %
SF11 rcvd	0	0	0	0	0 %
SF12 rcvd	0	0	0	0	0 %

Message History

Time	Node	C	Freq	SF	pRSSI
Saturday 13-8-2022 15:45:17	26 0d 26 15	2	923600000	7	-71
Saturday 13-8-2022 15:30:26	26 0d 26 15	0	923200000	7	-73
Saturday 13-8-2022 15:29:59	26 0d 26 15	0	923200000	7	-75
Saturday 13-8-2022 15:28:14	26 0d 26 15	0	923200000	7	-72
Saturday 13-8-2022 15:25:52	26 0d 93 bc	0	923200000	7	-75
Saturday 13-8-2022 15:09:09	26 0d 26 15	0	923200000	7	-73
Saturday 13-8-2022 15:01:31	26 0d 26 15	1	923400000	7	-71
Saturday 13-8-2022 14:57:57	26 0d 26 15	0	923200000	7	-70

Gateway Settings

Setting	Value	Set
CAD	ON	ON OFF
HOP	ON	ON OFF
SF Setting	AUTO	
Channel	AUTO	
Debug level	1	- +
Debug pattern	SCN CAD	RX TX
	PRE MAI	GUI RDIO
Usb Debug	1	
WWW Refresh	ON	ON OFF
Update Firmware		UPDATE
Format SPIFFS		FORMAT
Statistics	0	RESET
Boots and Resets	17	RESET

WiFi Config

Parameter	Value
WiFi host	esp32-e282c4
WiFi SSID	SANGTONG 2.4G
IP Address	192.168.1.142
IP Gateway	192.168.1.1
NTP Server	nl.pool.ntp.org
LoRa Router	au1.cloud.thethings.network
LoRa Router IP	13.55.29.193

System Status

Parameter	Value	Set
Gateway ID	2462abFFFFe282c4	
Free heap	243040	

ผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	Mr. Suwijak Pimpa
อีเมล	toptop0023@hotmail.co.th
การศึกษา	**จบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต** **คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์** **สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์** **หลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์** **มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร**

Link ข้อมูลและวิดีโอที่เกี่ยวข้อง (อ้างอิง)

Github ของผู้จัดทำ

https://github.com/suwijak0023/Lorawan-libraries-Code-Esp32

Board libraries

https://github.com/suwijak0023/Arduino15

Chirstack Setup

https://www.youtube.com/watch?v=FnTP7t47DlI&list=PL9FegcZTeB9LRLnXtN6OMkVSZYgHdlmOr

MQTT LORA CHIRSTACK

https://www.youtube.com/watch?v=J4LITgZIjPE

ESP32 LoRaWan Gateway + LoRa Node

https://meetjoeblog.com/2018/04/29/esp32-lorawan-gateway/

LoRaWAN node วัดอุณหภูมิและความชื้น ด้วย Heltec ESP32 Wifi LoRa Oled V.2 ใช้ได้กับ TheThings หรือ Helium

https://khunsomsak.medium.com/%E0%B8%97%E0%B8%B3-lorawan-node-%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%AB%E0%B8%A0%E0%B8%B9%E0%B8%A1%E0%B8%B4%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%8A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%99-%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2-heltec-esp32-wifi-lora-oled-v-2-836fabd400b1

[LoRaWAN] ทดสอบสร้าง Server รับข้อมูลจาก End-node [ต่อ]

https://iamteam.me/lorawan-%E0%B8%97%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%

AA%E0%B8%A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87-server-%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81-end-node-%E0%B8%95%E0%B9%88%E0%B8%AD-75e9484c2df8

End node and gateway connection
https://www.thethingsnetwork.org/forum/t/end-node-and-gateway-connection/47147/3

ESP8266 / ESP32 & Mesh Network ตอนที่ 4: Painlessmesh Bridge with LoRa
https://meetjoeblog.com/2018/04/25/esp8266-esp32-painlessmesh-bridge-with-lora-ep4/

https://www.thethingsnetwork.org/forum/t/how-do-i-send-data-from-my-gateway-to-node/17912/3

https://how2electronics.com/esp32-lora-thingspeak-gateway-sensor-node/

https://www.sparkfun.com/products/18074

https://electropeak.com/learn/the-beginners-guide-to-display-text-image-animation-on-oled-display-by-arduino/

http://lorawan.lnwshop.com/product/75/heltec-esp32-wifi-lora-oled-v-2-%E0%B9%80%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%A1%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%82%E0%B8%B2%E0%B9%84%E0%B8%A7%E0%B9%89%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%A7

https://wiki.octoate.de/doku.php/thethingsnetwork:esp32_mit_868_mhz_lora_modul

https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/esp32-lora-communication-with-the-things-network

http://10.130.1.1/cgi-bin/lorawan.has

https://robotzero.one/heltec-lora32-lorawan-node/

http://wiki.dragino.com/xwiki/bin/view/Main/LoRaWAN%20Communication%20Debug/

https://how2electronics.com/esp32-lora-sx1278-76-transmitter-receiver/

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

https://www.youtube.com/watch?v=0HYzXdOxnEE
https://www.youtube.com/watch?v=VXNfNDcFU2c

https://www.youtube.com/watch?v=k5-1o8WifQM

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

https://iamteam.me/lorawan-%E0%B8%97%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B8%9A%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AA%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81-server-%E0%B9%84%E0%B8%9B%E0%B8%A2%E0%B8%B1%E0%B8%87-end-node-downlink-491f59c20f2e

https://www.youtube.com/watch?v=_XkVR-XiHkw

https://docs.heltec.cn/#/en/products/lora/lora_node/heltec_lora_node_list

https://docs.heltec.cn/general/how_to_config_raspberry_pi.html

http://wiki.dragino.com/xwiki/bin/view/Main/Notes%20for%20ChirpStack/

https://forums.raspberrypi.com/viewtopic.php?t=259977

https://thingsboard.io/docs/user-guide/integrations/chirpstack/

https://www.youtube.com/watch?v=E-DjCbFyR7U

https://www.hackster.io/sidikalamini/full-stack-rpi-chirpstack-lorawan-environment-dashboard-f51bd0
https://sidik.my/gabungan-node-lorawan-gateway-bridge-network-server-application-server-mqtt-node-red-influxdb-grafana/

https://www.youtube.com/watch?v=jp_2gwBrQc8

https://easyelectronicsproject.com/arduino/lora-arduino-control-relay/

https://www.youtube.com/watch?v=jp_2gwBrQc8

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

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

https://www.youtube.com/watch?v=yqapqKijVQ4&t=78s

https://www.instructables.com/Add-a-Sensor-to-LoraExample-DHT-22/

https://github.com/ucwlabs/iot-monitoring-ttn/blob/master/lora-sensor-node-dht/lora-sensor-node-dht.ino

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

https://www.instructables.com/Intelligent-Street-Light-Using-LoRa/

https://www.youtube.com/watch?v=jPy7YJcAmx4

https://tutorial.cytron.io/2021/12/13/sending-data-from-node-to-the-things-stack/

https://www.youtube.com/watch?v=fFEVU1oJLqk

https://www.youtube.com/watch?v=q5Wj-EZM4Bg

https://tommydesrochers.com/controlez-votre-esp32-a-partir-dune-page-web-version-facile-esp32-ep3/

https://randomnerdtutorials.com/cloud-weather-station-esp32-esp8266/