MbedでLoRaWAN

Seeed
Yoshihiro TSUBOI

自己紹介

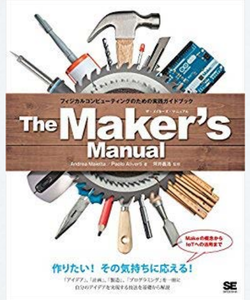
坪井義浩 (つぼいよしひろ) @ytsuboi
Seeedのプロダクト担当VP、日本法人代表
外資系4年生。

ネットワークに繋がるマイコン、
開発ボードを作るのが好きなMaker
あんまアプリケーションに興味無いです。

2009

2010-2015

2015-2018

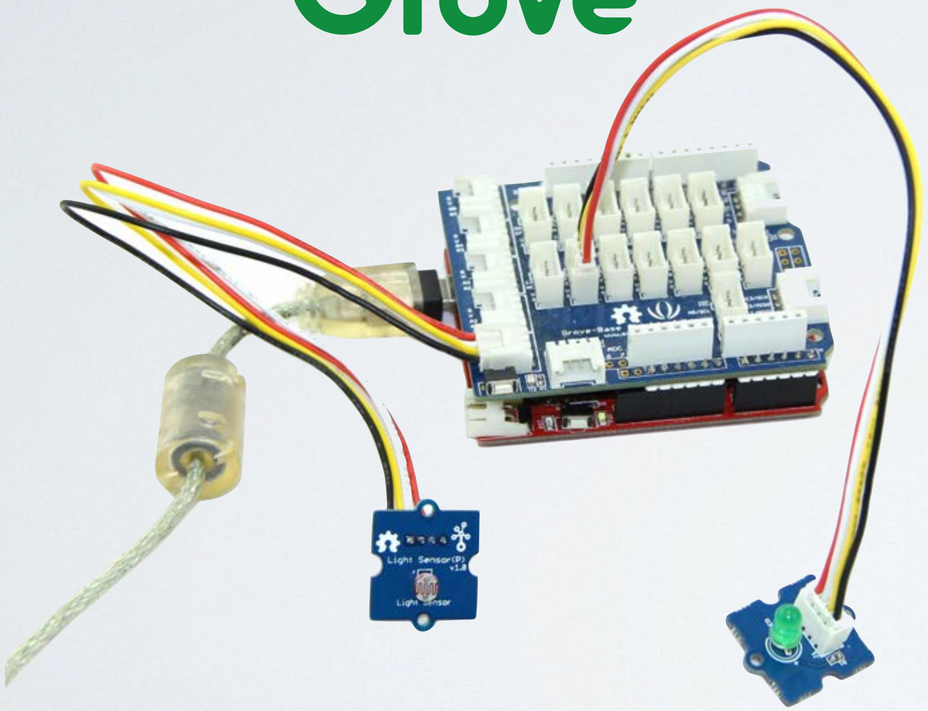


2016

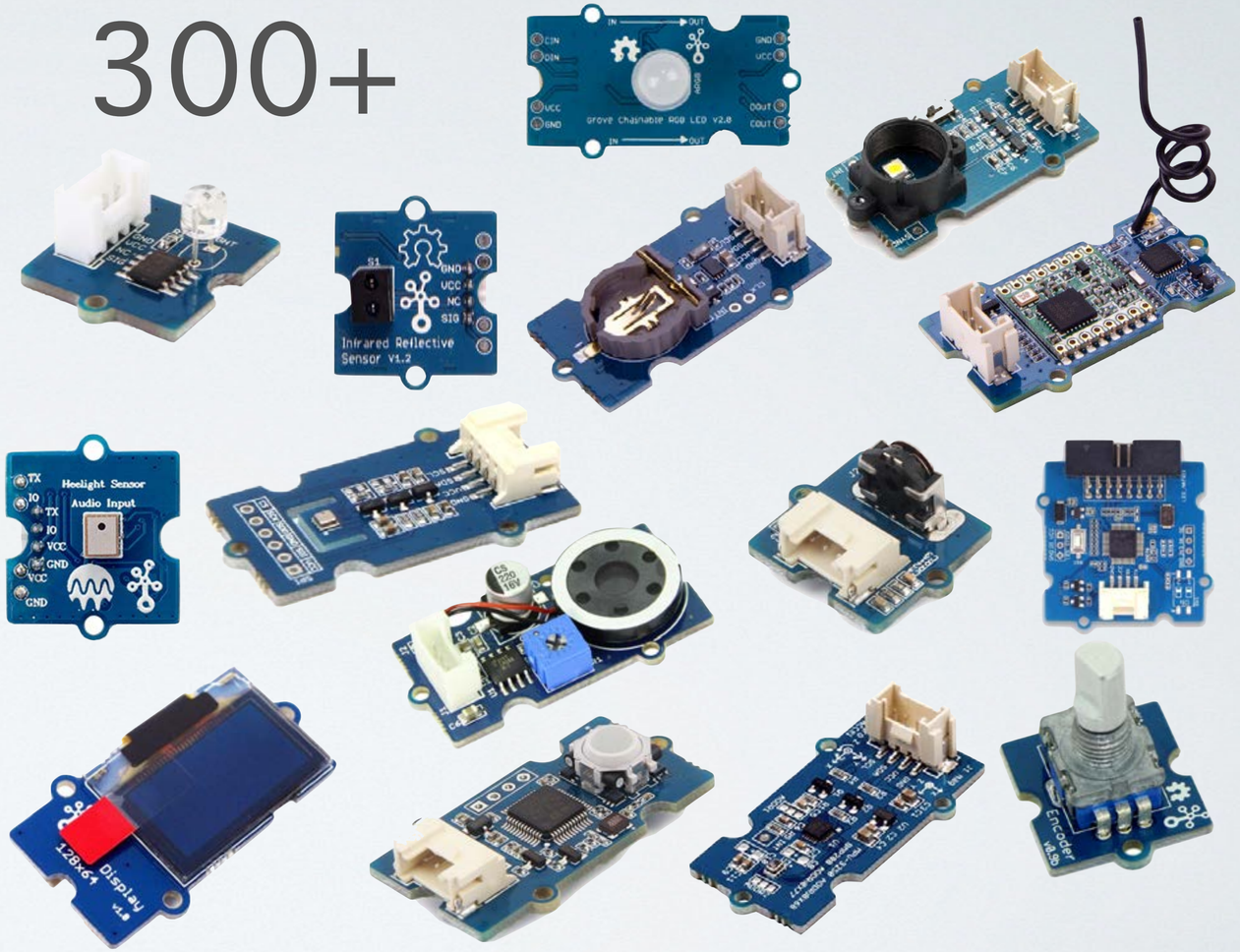
2017

2018

Grove series



300+



Seeed in the World

Global Distributors

Digi-Key ELECTRONICS ARROW MOUSER ELECTRONICS

Regional Disteibutors

200+

About Seeed

Headquarters
Shenzhen

200+

US America Japan Chengdu

Projects Supported

700+

Partner Communities

200+

Customers

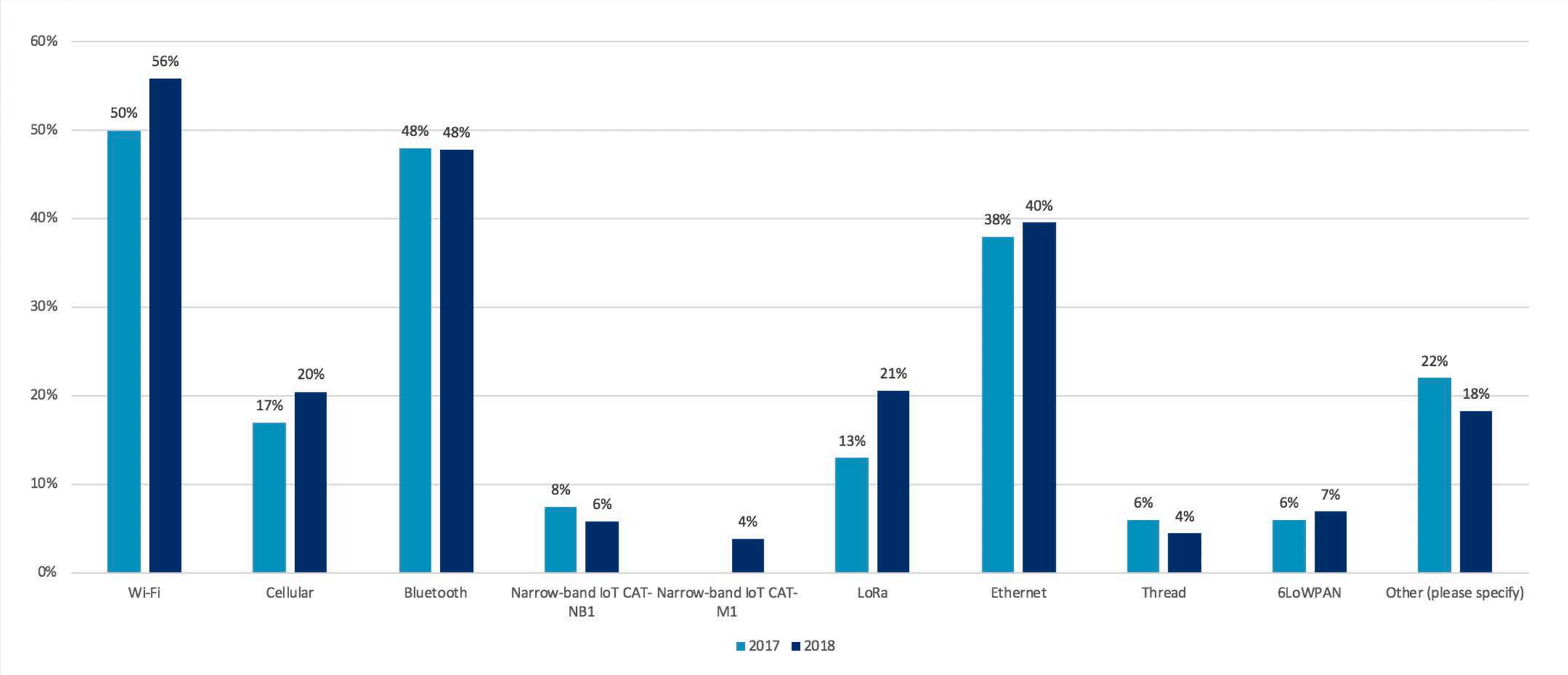
230k+

みなさんLoRaWANしてますか？

僕はあんまりしていませんでした。

今日はSeeed製品一個も出てきません。

21% of Mbed user uses LoRa!!



出典: https://os.mbed.com/blog/entry/Results-of-the-Mbed-Developer-Survey-201/

LoRaWANのめんどいところ

- 技適マーク付いてるデバイスが少ない
- 低レイヤをいじれる
- 2.4GHzより面倒くさい
  - Sub-GHzにつき、各国で周波数帯が違う
    日本…920-928MHz → AS923, JP920
  - 920-928MHzなら好きに使えるわけでない
    ARIB STD-T108

日本で免許無しで使える周波数帯

周波数	920.0	920.2	920.4	920.6	920.8	921.0	921.2	921.4	921.6	921.8	922.0	922.2	922.4	922.6	922.8	923.0	923.2	923.4	923.6	923.8	924.0	924.2	924.4	924.6	924.8	925.0	925.2	925.4	925.6	925.8	926.0	926.2	926.4	926.6	926.8	927.0	927.2	927.4	927.6	927.8	928.0
Ch.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
AS923																																									
特定小電力無線局 (1mW)																																									
特定小電力無線局 (20mW)																																									
簡易無線局(250mW)																																									
ARIB STD-T108																																									

※簡易無線局は免許は不要ですが、登録が必要です。

- RP2-1.0.1 LoRaWAN Regional Parameters :
  https://lora-alliance.org/resource-hub/rp2-101-lorawanr-regional-parameters
- 電波法施行規則第六条第四項第二号の規定に基づく特定小電力無線局の用途、電波の型式及び周波数並びに空中線電力
  https://www.tele.soumu.go.jp/horei/reiki_honbun/a720085001.html
- ARIB STD-T108:
  https://www.arib.or.jp/kikaku/kikaku_tushin/std-t108.html

キャリアセンス、LBT(Listen Before Talk)

3　九一五・九MHz以上九二八・一MHz以下の周波数の電波を使用する無線設備

（一）　一の単位チャネル（中心周波数が九一六MHz以上九二八MHz以下の周波数のうち九一六MHzに二〇〇kHzの整数倍を加えたものであって、帯域幅が二〇〇kHzのチャネルをいう。以下この号において同じ。）を使用するもの

周波数	空中線電力	備考
中心周波数が九一六MHz以上九二八MHz以下の周波数であって、九一六MHzに二〇〇kHzの整数倍を加えたもの（キャリアセンスを行わないものに限る。）	一ミリワット以下。ただし、無線設備が一の筐体に収められており、かつ、容易に開けられない構造であって、等価等方輻射電力が三デシベル（一ミリワットを〇デシベルとする。以下この号及び次号において同じ。）以下となるものにあっては、〇・二五ワット以下であること。	単向通信方式、単信方式、複信方式、半複信方式又は同報通信方式
中心周波数が九二〇・六MHz以上九二八MHz以下の周波数であって、九二〇・六MHzに二〇〇kHzの整数倍を加えたもの（キャリアセンスを行うものに限る。）	〇・〇二ワット以下。ただし、無線設備が一の筐体に収められており、かつ、容易に開けられない構造であって、等価等方輻射電力が一六デシベル以下となるものにあっては、〇・二五ワット以下であること。	

出典: https://www.tele.soumu.go.jp/horei/reiki_honbun/a720085001.html

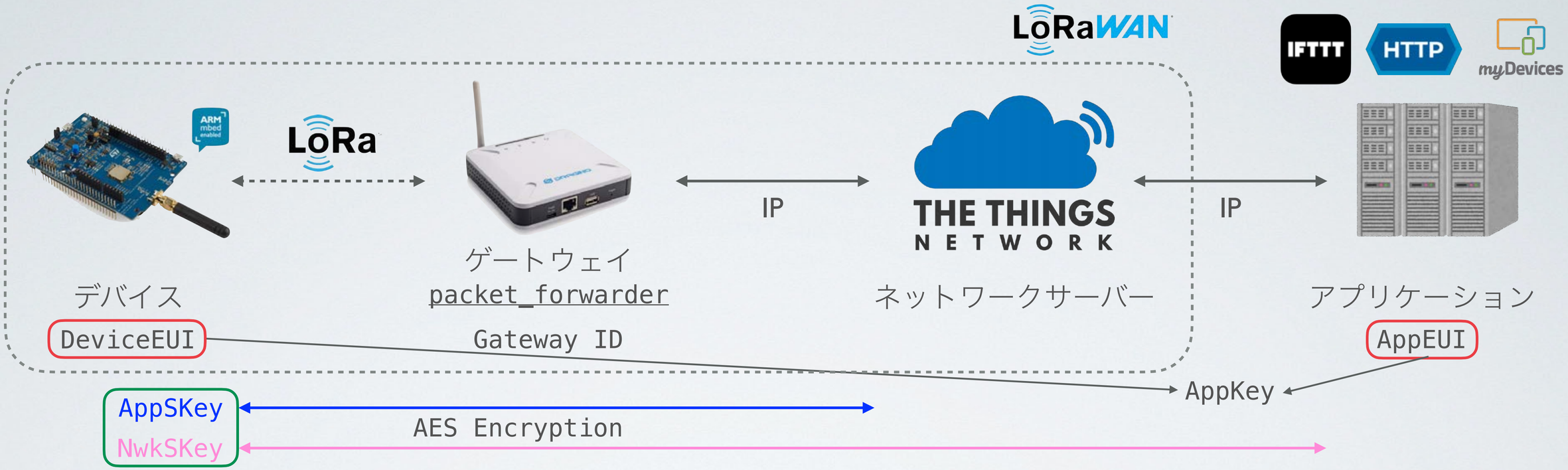
Table 3-8 Possible combinations of sending control parameters specified by 3.4.1 Sending control, 3.4.2 Carrier sense and 3.4.3 Skipping carrier sense in a response

Antenna power	Applied CH number	Unit CH bandwidth	CH used in a bundle	Carrier sense time	Sending duration	Pause duration	The sum of emission time per arbitrary 1 hour	Conditions of response to skip carrier sense (Note 2)	
								Completion time	Start time
250 mW or less	24-32 33-38	200 kHz	1–5 ch(Note4)	5 ms or more	4 s(Note1)	50 ms	24-32:None 33-38:360 s or less	—	—
	33-38	200 kHz	1 ch		More than 200 ms, and 400 ms or less	Ten times or more of the former transmitting time or 2 ms (Note3)	360 s or less	50 ms or less	2 ms or less
				128 μs or more	More than 6 ms, and 200 ms or less	2 ms			
					6 ms or less	None			

出典: ARIB STD-T108 Version 1.3 (English translation)

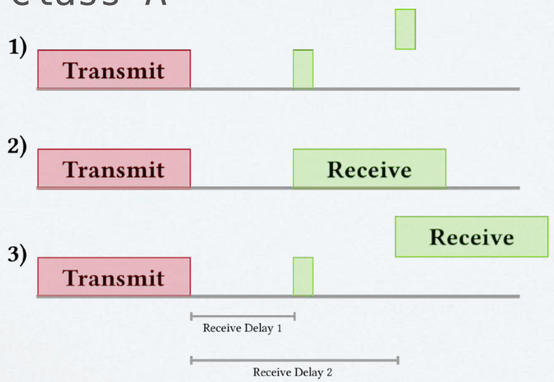
つまり、電波吹く前に5ms以上誰か他の人が喋っていないか聞くこと。誰も話していない場合は4秒以内(もしくは400ms以内)なら電波吹ける。話す間隔は50ms以上(もしくは吹いた時間の10倍)空けること。

LoRaWANの基礎知識



セッション鍵を通信で交換するのが、
OTAA(Over-the-air-activation)
デバイスに予め書いておくのが、
ABP(Activation-By-Personalization)

Class A



Class BはGWからの受信をきっかけに
通信を行う方式。
Class Cは常にデバイスの受信機の
電源を入れておく方式。

出典: https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/classes.html

LoRaWANのネットワークサーバー

クラウド

THE THINGS NETWORK

https://www.thethingsnetwork.org
たぶん最大手。FONみたいにGWを共有。

THE THINGS INDUSTRIES

https://www.thethingsindustries.com
TTNの商用版。

LORIOT

https://www.loriot.io/
1 GW, 10 Deviceまでの無償プランがある。

オンプレミス

THE THINGS STACK

https://github.com/TheThingsNetwork/lorawan-stack
Goで書かれている。

ChirpStack

https://github.com/brocaar/chirpstack-network-server
Goで書かれている。

Compact server for private LoRaWAN networks

Open-source LoRaWAN Server that integrates both the network-server and the application-server. This is useful for application providers that operate their own LoRaWAN network, or for device and application developers.

Warning This is a development version 0.7.0. Use the stable 0.6.x instead, please. After a major version upgrade you are required to review and complete the configuration before connecting any gateway or device!

https://github.com/gotthardp/lorawan-server
Erlangで書かれている。

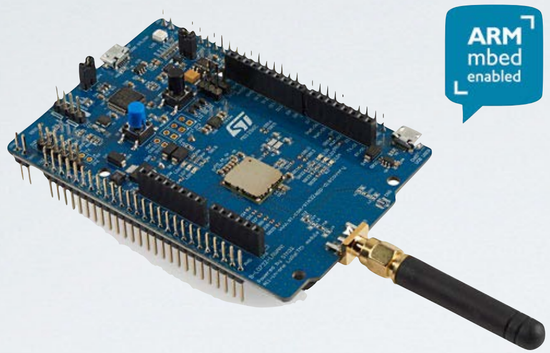
The Things Network Nagoya

ゲートウェイの一例

Dragino LoRa GPS HAT-JP
RSコンポーネンツ ¥15,081-
1ch gateway
セットアップ方法

Dragino LPS8-JP
Draginoダイレクトショップ ¥28,380-
8ch gateway
日本語マニュアル

デバイス用のボード



C1Sで買ったら、
技適マーク付いてました。

B-L072Z-LRWAN1
チップワンストップ ¥4,820-

ファームウェア：I-CUBE-LRWAN（日本対応版）
https://www.stmcu.jp/design/sw_dev/firmware/55524/
こちらに日本向けの修正が入ったサンプルコード。

I-CUBE-LRWAN（日本対応版）

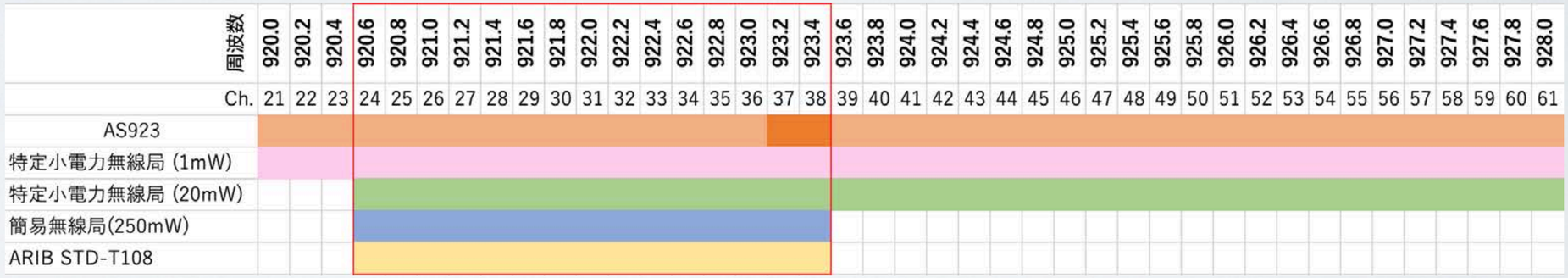
```
#ifdef REGION_AS923_JAPAN
  if( ( freq < 920600000 ) || ( freq > 923400000 ) )
  {
    DBG_PRINTF("\tChannel ** CANNOT BE ADDED ** in Japan: Freq %d Hz is outside channels
24~38\n\r", freq);
    return false; // Japan region channels used are 24~38 (Center Freq: 920.6 MHz to 923.4 MHz
@ 200 kHz max BW each)
    // Note: We do not use Japan channel plan for 33~61 due to unavailability of channel-by-
channel controls for LBT, TX time, Pause time and Duty cycle in this stack.
  }
#else
  if( ( freq < 915000000 ) || ( freq > 928000000 ) )
  {
      return false;
  }
#endif
```

周波数	920.0	920.2	920.4	920.6	920.8	921.0	921.2	921.4	921.6	921.8	922.0	922.2	922.4	922.6	922.8	923.0	923.2	923.4	923.6	923.8	924.0	924.2	924.4	924.6	924.8	925.0	925.2	925.4	925.6	925.8	926.0	926.2	926.4	926.6	926.8	927.0	927.2	927.4	927.6	927.8	928.0
Ch.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
AS923																																									
特定小電力無線局 (1mW)																																									
特定小電力無線局 (20mW)																																									
簡易無線局(250mW)																																									
ARIB STD-T108																																									

REGION_AS923_JAPANマクロで日本対応の設定が入るようになっている。

I-CUBE-LRWAN（日本対応版）

```
/*!
 * Default Max EIRP
 */
#ifdef REGION_AS923_JAPAN
#define AS923_DEFAULT_MAX_EIRP                    13.0f
#else
#define AS923_DEFAULT_MAX_EIRP                    16.0f
#endif
```



EIRPも20mW==13dBmに設定している。

I-CUBE-LRWAN（日本対応版）

```
/*!
 * Maximal datarate that can be used by the node
 */
#ifdef REGION_AS923_JAPAN
#define AS923_TX_MAX_DATARATE                    DR_5
#else
#define AS923_TX_MAX_DATARATE                    DR_7
#endif

/*!
 * Maximal datarate that can be used by the node
 */
#ifdef REGION_AS923_JAPAN
#define AS923_RX_MAX_DATARATE                    DR_5
#else
#define AS923_RX_MAX_DATARATE                    DR_7
#endif
```

DataRate	Configuration	Indicative physical bit rate [bit/s]
0	LoRa: SF12 / 125 kHz	250
1	LoRa: SF11 / 125 kHz	440
2	LoRa: SF10 / 125 kHz	980
3	LoRa: SF9 / 125 kHz	1760
4	LoRa: SF8 / 125 kHz	3125
5	LoRa: SF7 / 125 kHz	5470
6	LoRa: SF7 / 250 kHz	11000
7	FSK: 50 kbps	50000
8..14	RFU	
15	Defined in LoRaWAN[37]	

Table 61: AS923 Data rate table

出典: RP2-1.0.1 LoRaWAN Regional Parameters

先述のとおり、日本では200 kHzでChを区切っているので、帯域250 kHzのDR_6は使わない様にしている。

Mbed OSのほうは…

```
/*!
 * Band 0 definition
 * { DutyCycle, TxMaxPower, LastJoinTxDoneTime, LastTxDoneTime, TimeOff }
 */
static const band_t AS923_BAND0 = {100, AS923_MAX_TX_POWER, 0, 0, 0, 923000000, 928000000};
```

特に日本対応の配慮は無いので、JP920として日本対応のコードを追加しました。
これからコードを整理してPR作ります。mergeしてもらえるかな…

Mbed OS 6でLoRaWANしてみる

```
$ mbed import mbed-os-example-lorawan
$ cd mbed-os-example-lorawan
$ mbed target DISCO_L072CZ_LRWAN1
$ vi mbed_app.json
```

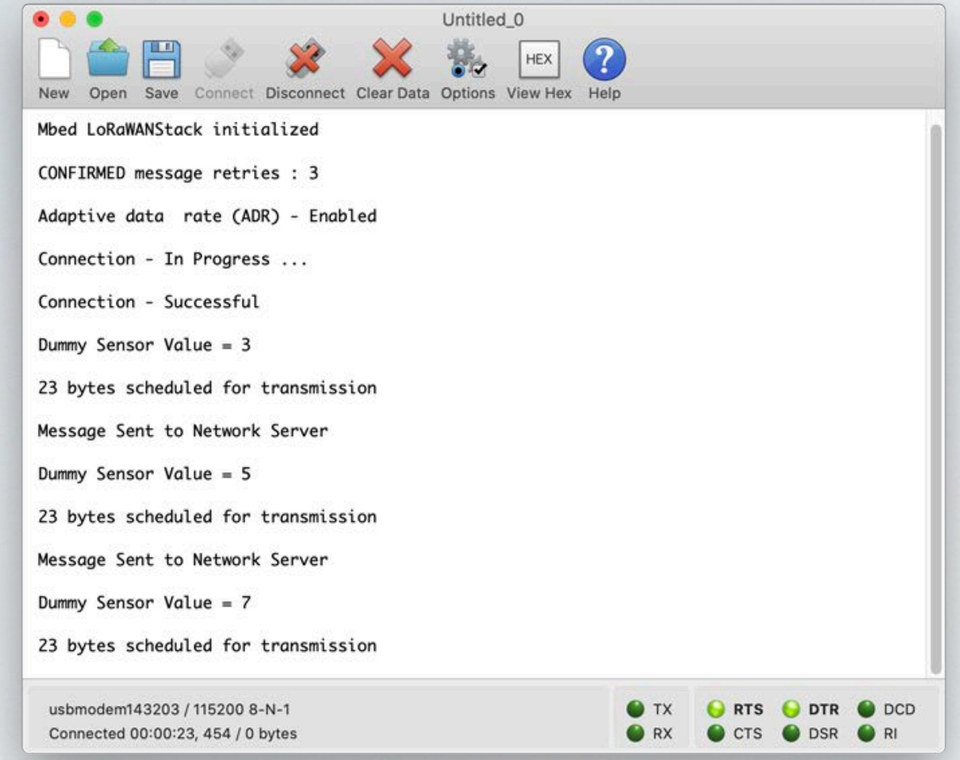
変更箇所

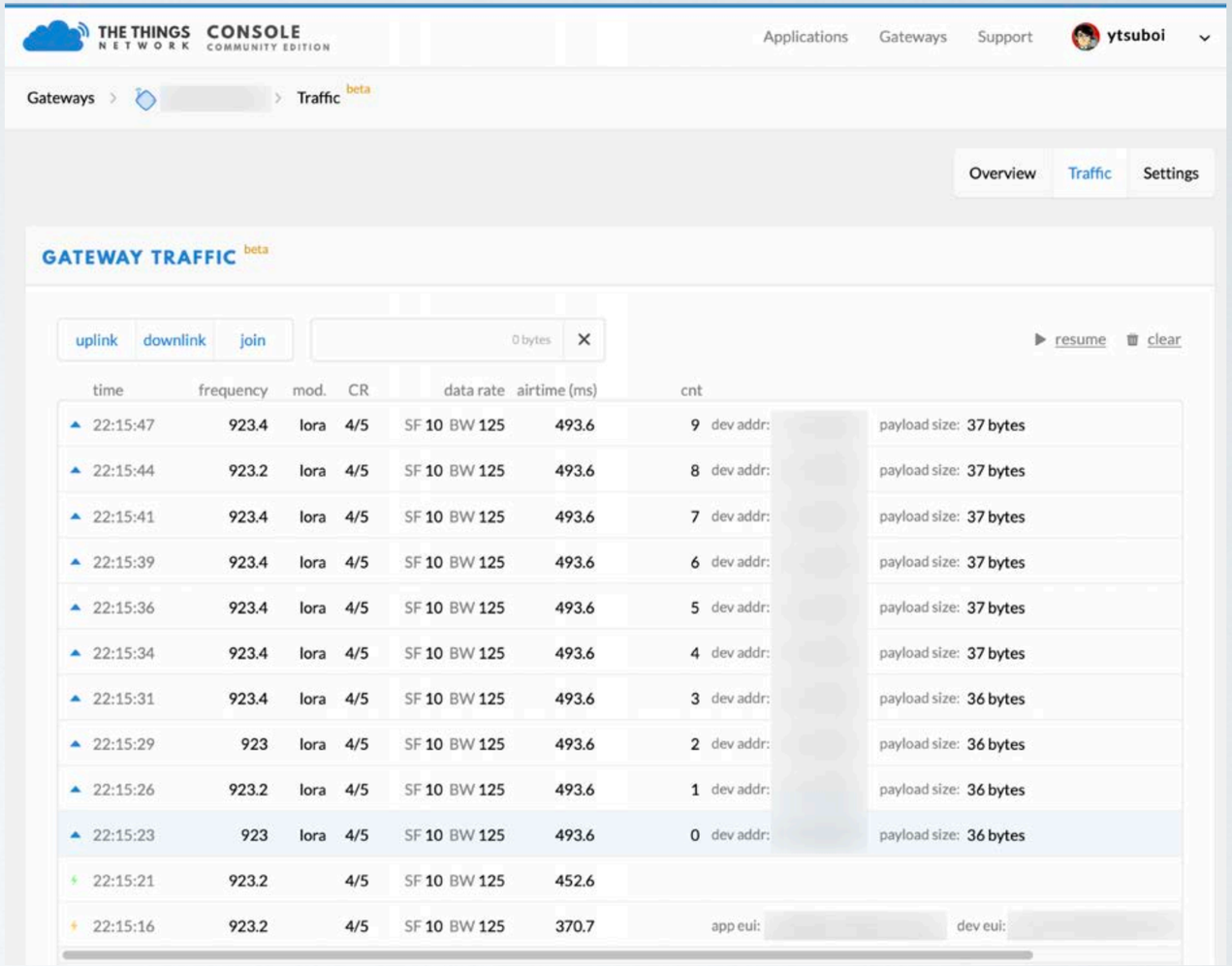
```
"lora.phy": "JP920",
"lora.device-eui": "{ YOUR_DEVICE_EUI }",
"lora.application-eui": "{ YOUR_APPLICATION_EUI }",
"lora.application-key": "{ YOUR_APPLICATION_KEY }"
```

もちろん、先述のパッチ当てます。

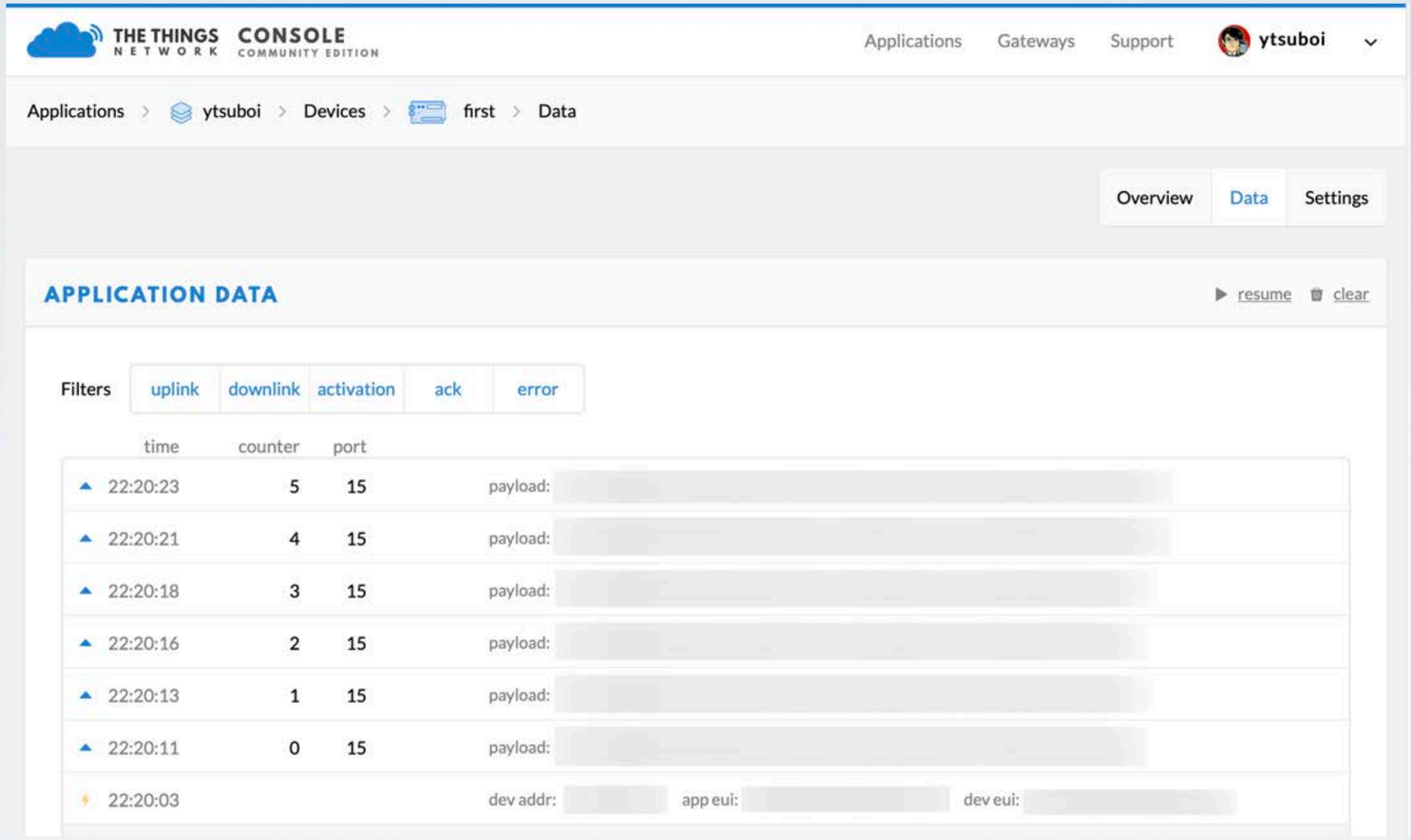
```
$ mbed toolchain ARM
$ mbed compile
$ cp ./BUILD/DISCO_L072CZ_LRWAN1/ARM/mbed-os-example-lorawan.bin /Volumes/DIS_L072Z
```

イゴ イタ!!


Untitled_0
New Open Save Connect Disconnect Clear Data Options View Hex Help
Mbed LoRaWANStack initialized
CONFIRMED message retries : 3
Adaptive data rate (ADR) - Enabled
Connection - In Progress ...
Connection - Successful
Dummy Sensor Value = 3
23 bytes scheduled for transmission
Message Sent to Network Server
Dummy Sensor Value = 5
23 bytes scheduled for transmission
Message Sent to Network Server
Dummy Sensor Value = 7
23 bytes scheduled for transmission
usbmodem143203 / 115200 8-N-1
Connected 00:00:23, 454 / 0 bytes
TX RX RTS CTS DTR DSR DCD RI


THE THINGS NETWORK CONSOLE COMMUNITY EDITION
Applications Gateways Support ytsuboi
Gateways Traffic beta
Overview Traffic Settings
GATEWAY TRAFFIC beta
uplink downlink join
resume clear
time frequency mod. CR data rate airtime (ms) cnt
22:15:47 923.4 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 9 dev addr: payload size: 37 bytes
22:15:44 923.2 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 8 dev addr: payload size: 37 bytes
22:15:41 923.4 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 7 dev addr: payload size: 37 bytes
22:15:39 923.4 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 6 dev addr: payload size: 37 bytes
22:15:36 923.4 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 5 dev addr: payload size: 37 bytes
22:15:34 923.4 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 4 dev addr: payload size: 37 bytes
22:15:31 923.4 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 3 dev addr: payload size: 36 bytes
22:15:29 923 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 2 dev addr: payload size: 36 bytes
22:15:26 923.2 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 1 dev addr: payload size: 36 bytes
22:15:23 923 lora 4/5 SF 10 BW 125 493.6 0 dev addr: payload size: 36 bytes
22:15:21 923.2 4/5 SF 10 BW 125 452.6
22:15:16 923.2 4/5 SF 10 BW 125 370.7 app eui: dev eui:

イゴ イタ!! (2)


THE THINGS NETWORK CONSOLE COMMUNITY EDITION
Applications
Gateways
Support
ytsuboi
Applications > ytsuboi > Devices > first > Data
Overview
Data
Settings
APPLICATION DATA
resume
clear
Filters
uplink
downlink
activation
ack
error
time
counter
port
22:20:23 5 15 payload:
22:20:21 4 15 payload:
22:20:18 3 15 payload:
22:20:16 2 15 payload:
22:20:13 1 15 payload:
22:20:11 0 15 payload:
22:20:03 dev addr: app eui: dev eui:

The Things Network Nagoya

イベントやります！

https://seeed.connpass.com/event/180984/

フォロー、いいね！お願いします。

@SeeedJP

https://www.facebook.com/SeeedJP/

https://www.facebook.com/groups/SeeedJPUG/