

Budowa czujnika jakości powietrza z interfejsem LoRaWAN

Mariusz Kubas (TTN Bydgoszcz)
Grzegorz Skorupa (TTN Łódź, platforma Signomix)



Warsztaty UKW, Bydgoszcz 2019

Wprowadzenie

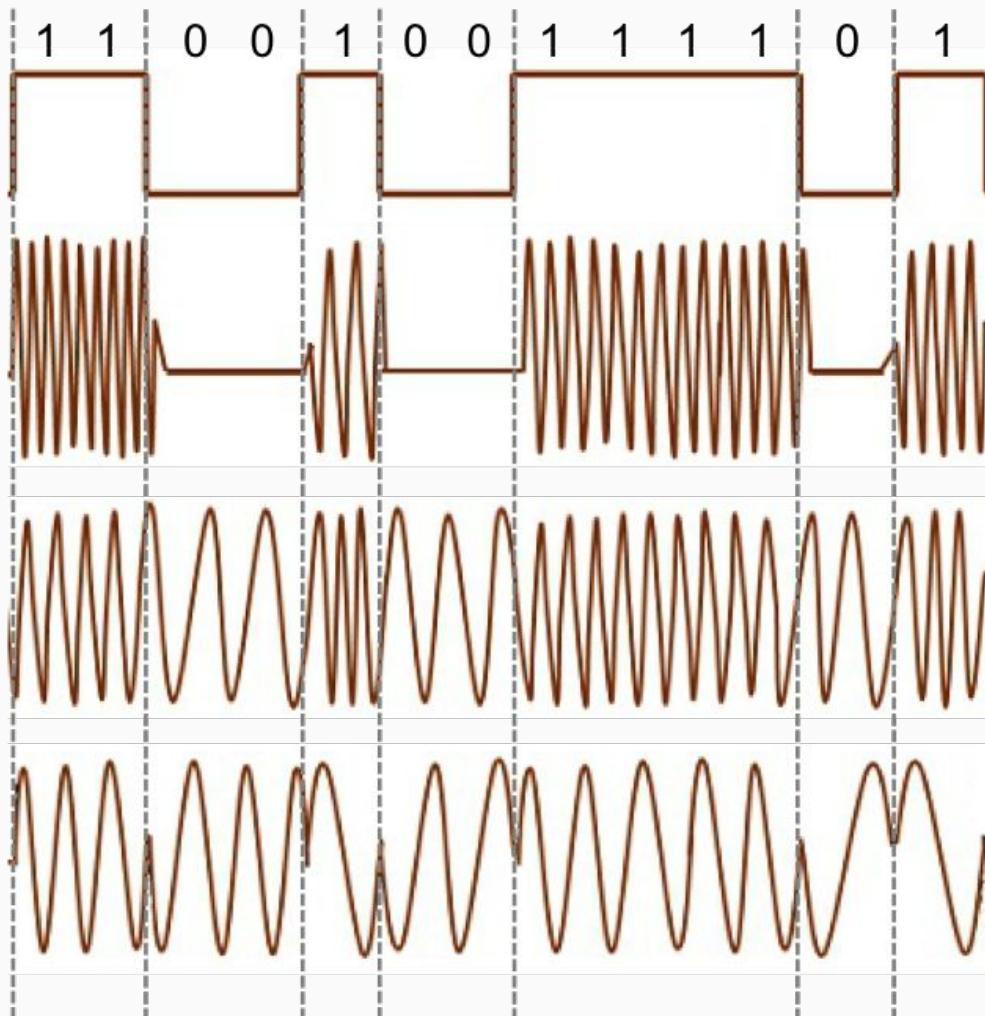
- wstęp
- technologia LoRaWAN
- budowa sieci, jej możliwości i ograniczenia
- projekt *The Things Network*
- przegląd czujników pyłu zawieszonego
- projekt urządzenia

Część praktyczna

- wykonanie i uruchomienie urządzenia
- wizualizacja danych - platforma Signomix

Pytania i dyskusje

Wstęp - modulacja, kluczowanie

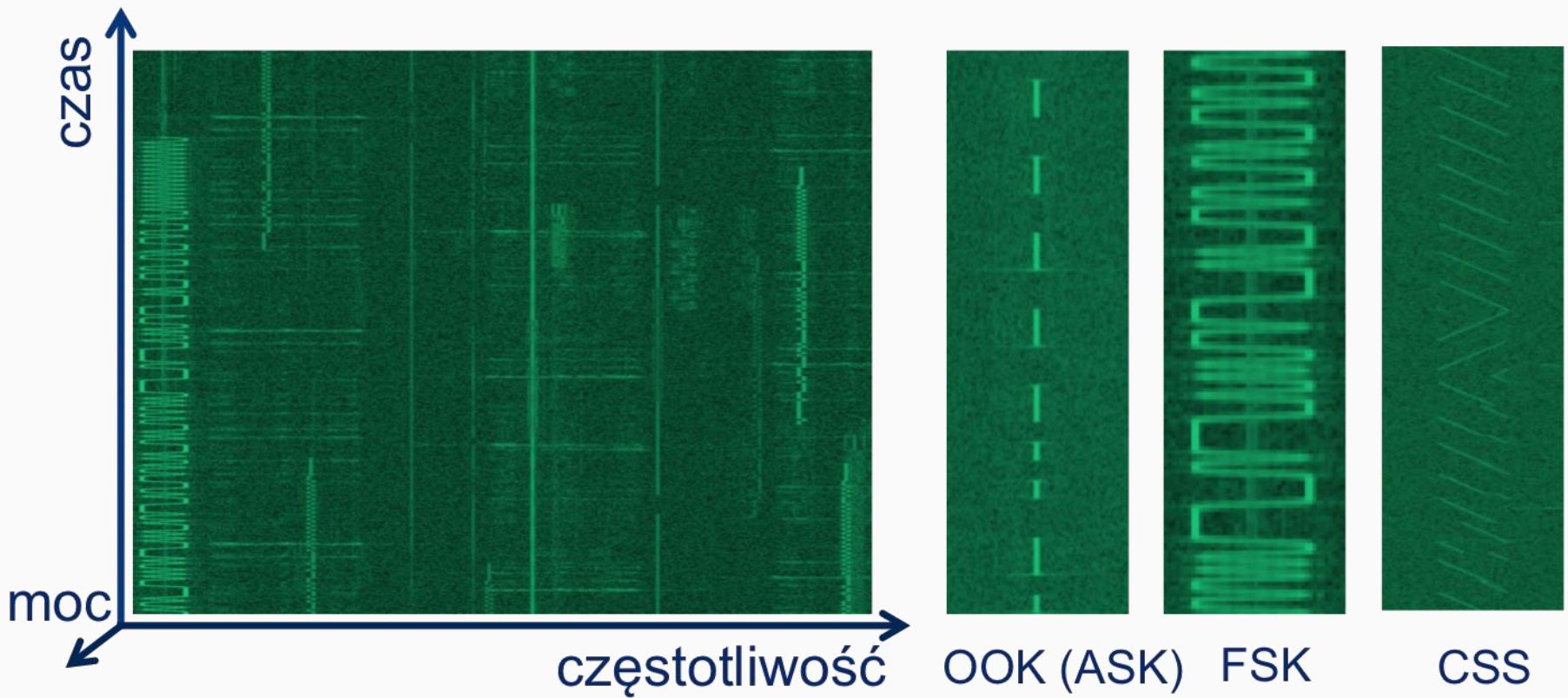


ASK (*Amplitude Shift Keying*), OOK

FSK (*Frequency Shift Keying*)

BPSK (*Binary Phase Shift Keying*)

Wstęp - spektrogram



Wstęp - przydatne pojęcia

RSSI (*Received Signal Strength Indicator*)

- wskaźnik mocy odbieranego sygnału radiowego
- mierzony w mW, wartość wyrażana w dBm
- świadczy o tym, jak dobrze odbiornik może „usłyszeć” sygnał nadawcy

SNR (*Signal to Noise Ratio*)

- stosunek mocy sygnału do poziomu szumu
- wartość wyrażana w dB
- świadczy o tym, jak bardzo „uszkodzony” jest odbierany sygnał

dBm

- logarytmiczna jednostka miary odniesiona do 1 mW (określa o ile decybeli moc jest większa lub mniejsza od mocy 1 mW)

Zysk energetyczny anteny

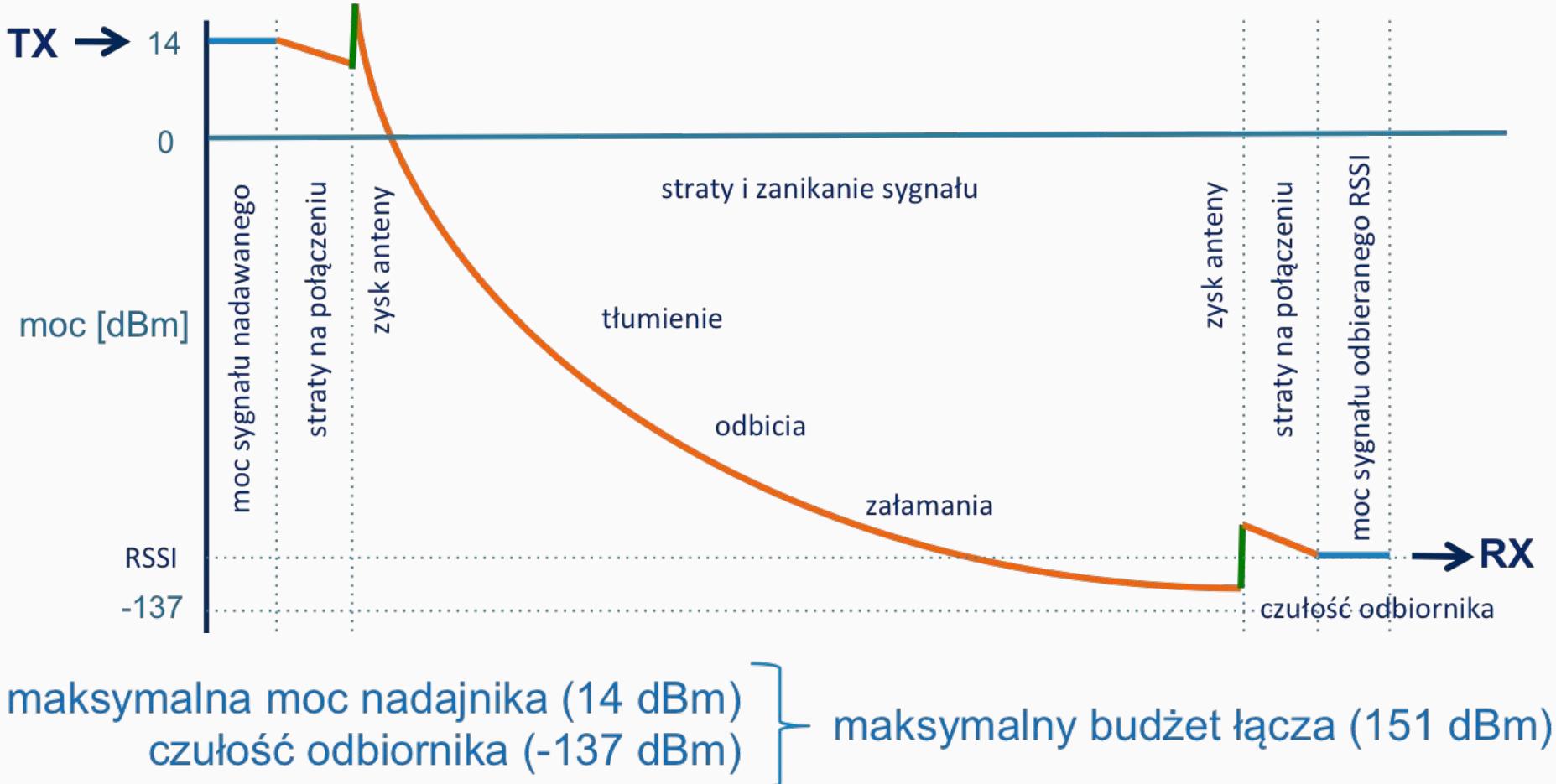
- miara mocy promieniowanej w określonym kierunku lub stopień, w jakim antena skupia otrzymany sygnał w odniesieniu do hipotetycznej anteny izotropowej
- wartość wyrażana w dBi

EIRP (*Effective Isotropical Radiated Power*)

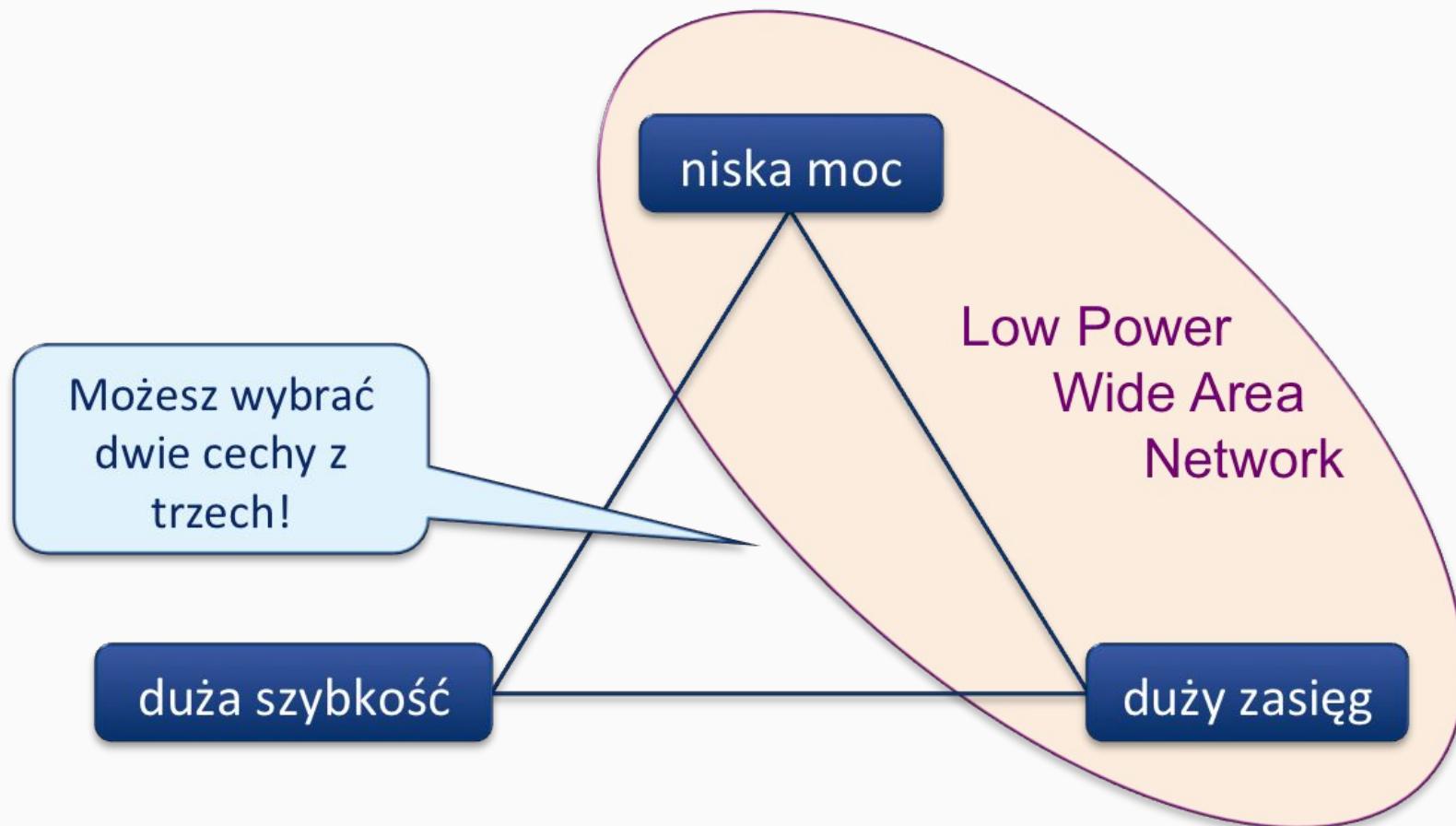
- efektywna moc promieniowana izotropowo
- moc nadajnika (dBm) + zysk anteny (dBi) - tłumienie kabla i złączy (dB)

Wstęp - budżet łącza

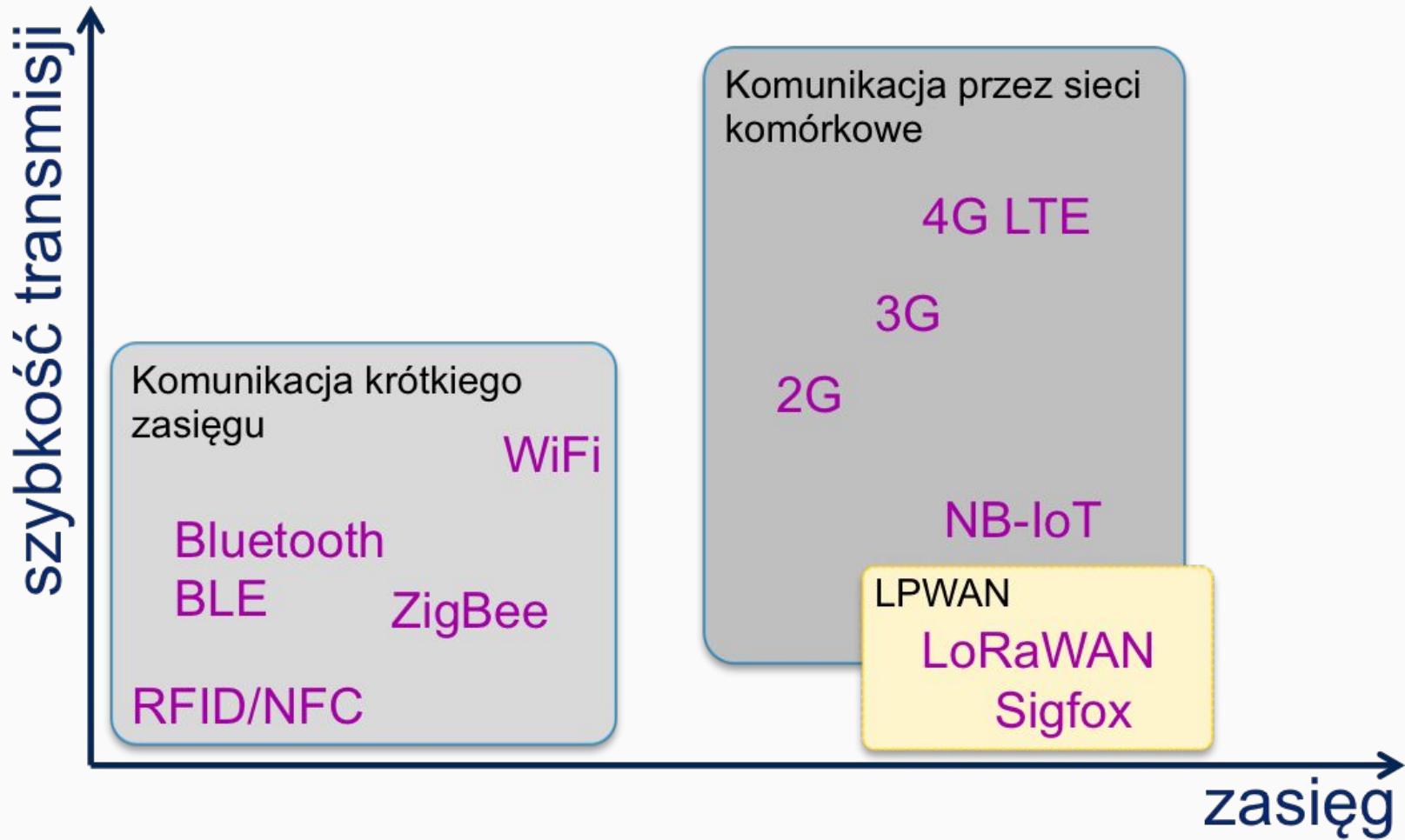
Suma zysków i strat od nadajnika do odbiornika



Kompromisy w zakresie szybkości transmisji, zużycia energii i zasięgu



Technologie LPWAN



Podobne do sieci komórkowych lecz zoptymalizowane dla IoT

- sieć stacji bazowych (struktura gwiazdy)
- duży zasięg stacji (kilometry)
- urządzenia końcowe zasilane baterijnie
- zwykle wykorzystywane pasma otwarte (< 1GHz)

Ograniczenia związane z optymalizacją dla IoT

- surowe zasady dotyczące zajętości łącza
- bardzo zwięzłe i rzadko wysyłane wiadomości
- mała szybkość transmisji

LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT (odpowiedź 3GPP)



NB-IoT

LoRa i LoRaWAN

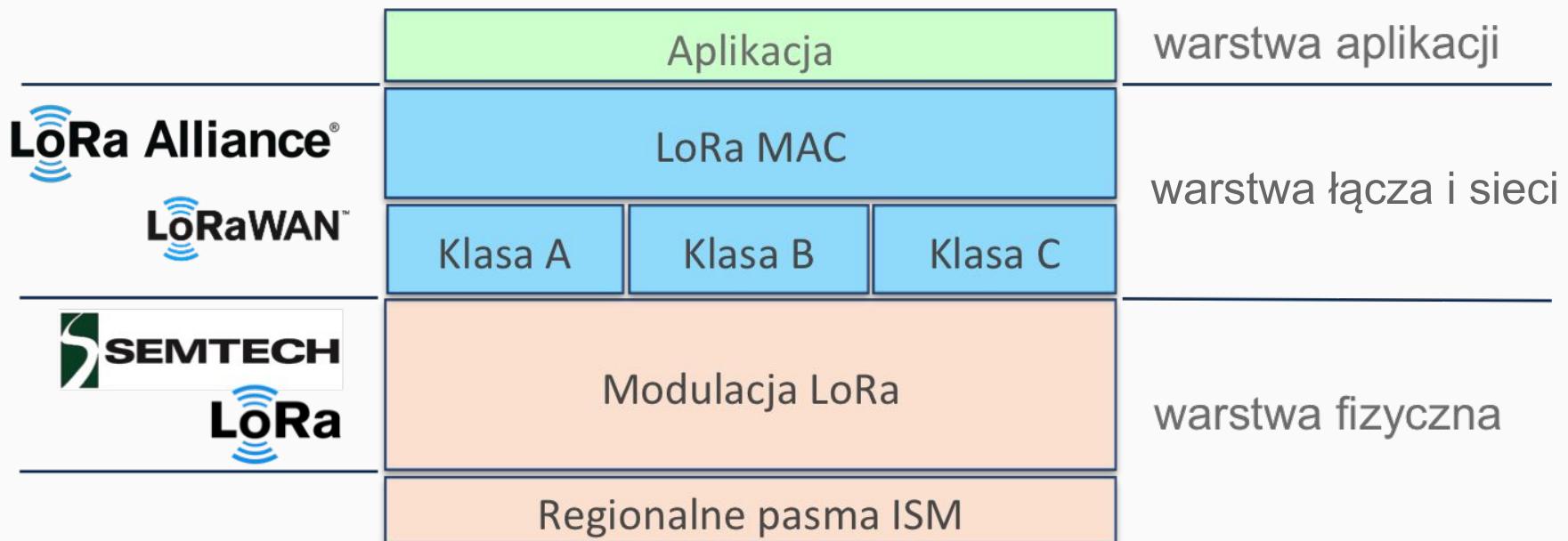
LoRa

- warstwa fizyczna dla komunikacji bezprzewodowej dalekiego zasięgu
- technologia opracowana, opatentowana i rozwijana przez **Semtech** (od 2012)

LoRaWAN

- warstwa łącza i sieci
- definiuje architekturę sieci i protokół kontroli dostępu do nośnika (MAC) wykorzystujące warstwę fizyczną LoRa i FSK
- standard opracowany i rozwijany przez **LoRa Alliance** (od 2015)

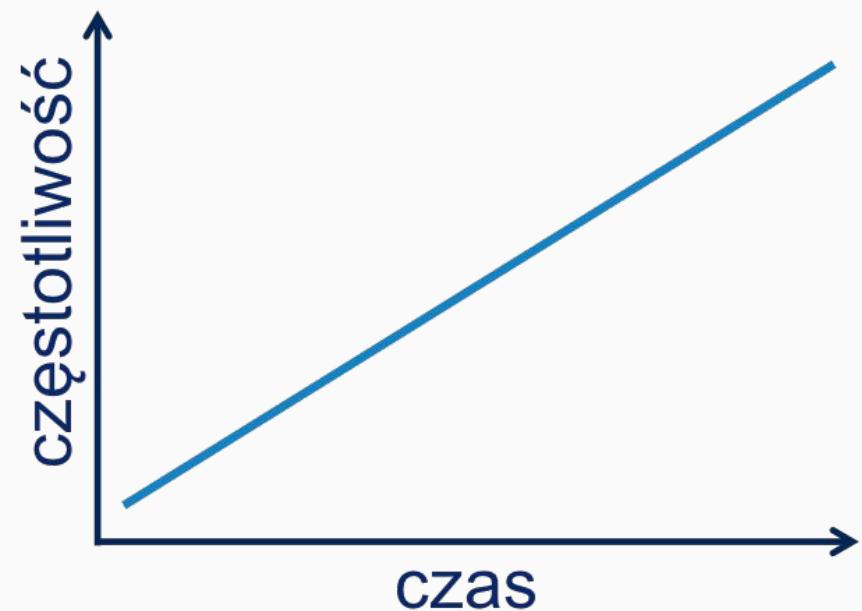
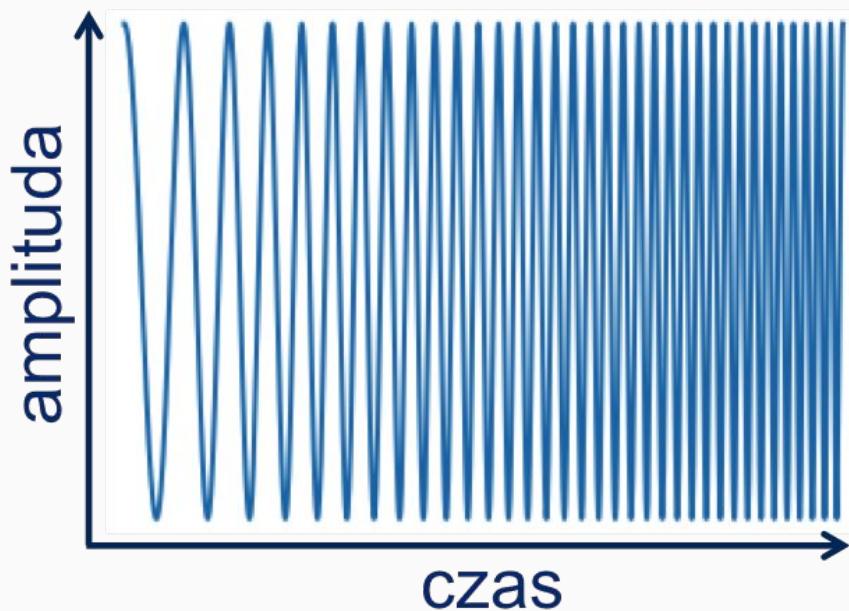
LoRa i LoRaWAN



LoRa - modulacja

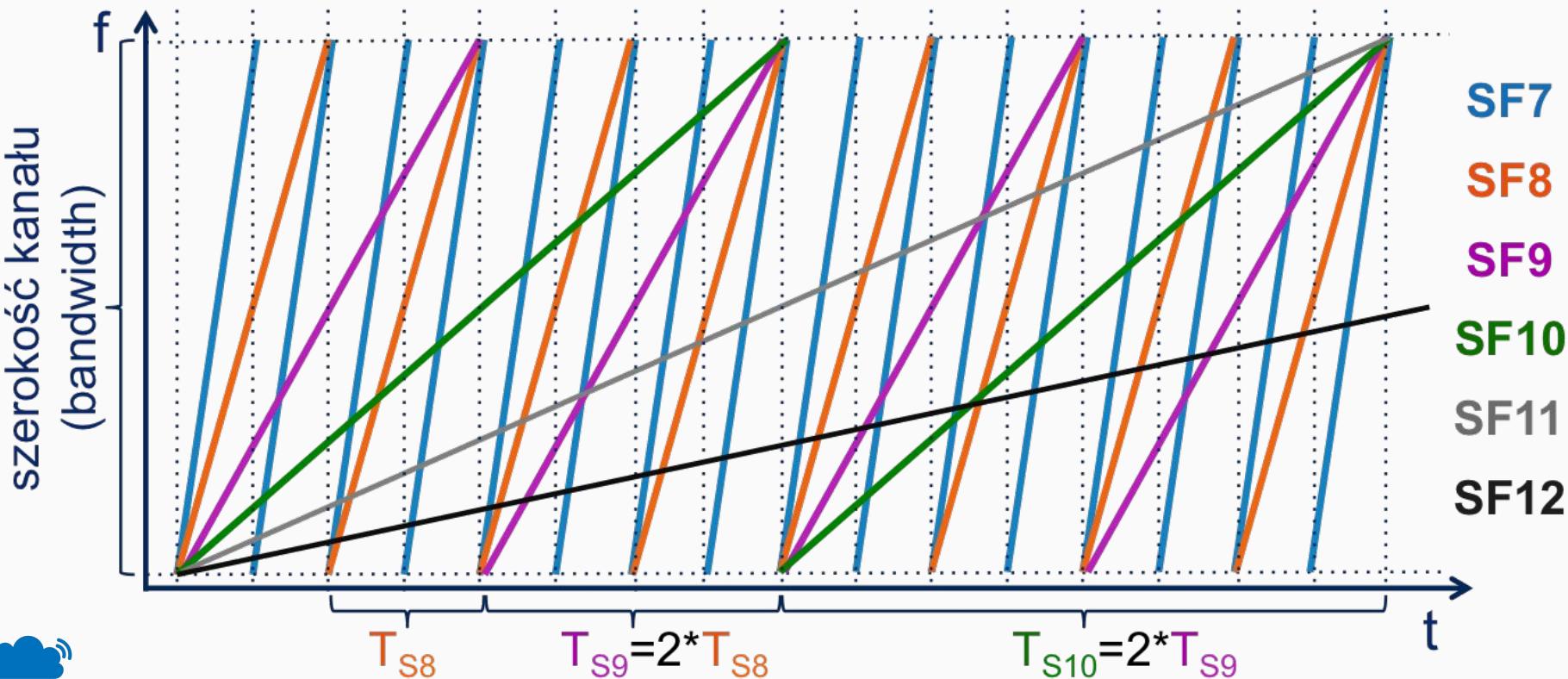
Oparta na technologii rozpraszania widma CSS (*Chirp Spread Spectrum*)

Chirp - sygnał o rosnącej lub malejącej częstotliwości



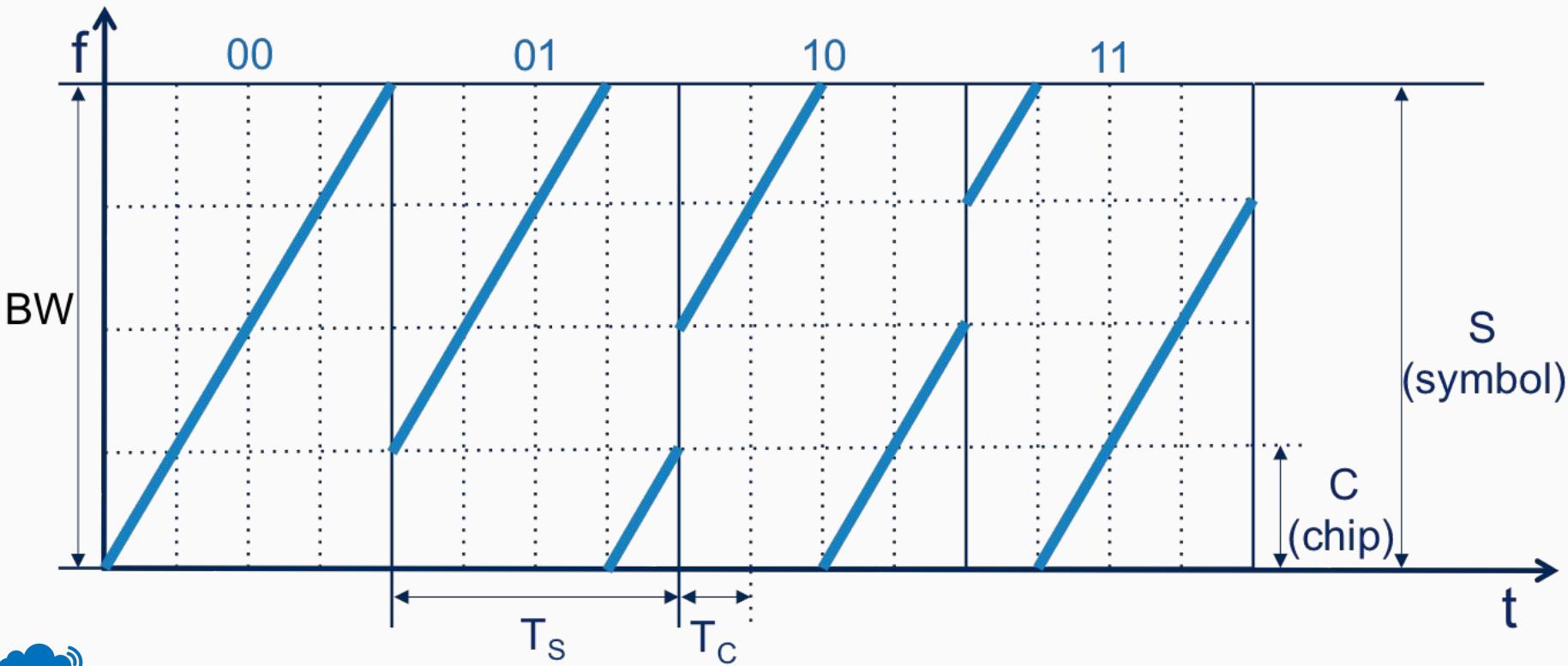
SF (*Spreading Factor*)

- współczynnik rozprzestrzeniania/rozproszenia
- liczba bitów przypadająca na symbol



Przykład

- SF2 - 2 bity/symbol
- symbol - sekwencja 4 chipów (2^{SF})



LoRa - parametry

Bandwidth (BW) = Chip Rate (Rc)

- szerokość kanału - pasmo zajmowane przez symbol
- 125, 250 i 500 kHz w LoRaWAN - zwykle 125 kHz → 125000 chip/s

Spreading Factor (SF)

- określa liczbę bitów przypadającą na symbol
- możliwe od 6 do 12 - w LoRaWAN przyjęto 7 do 12 bitów

Symbol Rate (Rs)

- $SR = BW/2^SF$ symbol/s

Chip Duration (Tc), Symbol Duration (Ts)

- $Tc = 1/BW$
- czas transmisji symbolu $Ts = Tc \cdot 2^SF$

Code Rate (CR)

- parametr związany z mechanizmem korekcji błędów FEC
- $CR = 4/(4 + X)$, gdzie X od 1 do 4 - zwykle 1
- CR = 4/5 oznacza, że na każde 4 bity danych przypada 1 bit używany do korekcji

Bit Rate (BR), Data Rate (DR)

- szybkość transmisji mierzona w bitach na sekundę
- $BR = SF \cdot RS$, $DR = BR \cdot CR$

Symbole nie reprezentują czystych danych!

Dane są przekształcane przed wysłaniem - zwiększenie odporności na zakłócenia.

Data Whitening

- wprowadzenie losowości - pozbycie się długich ciągów 0 i 1

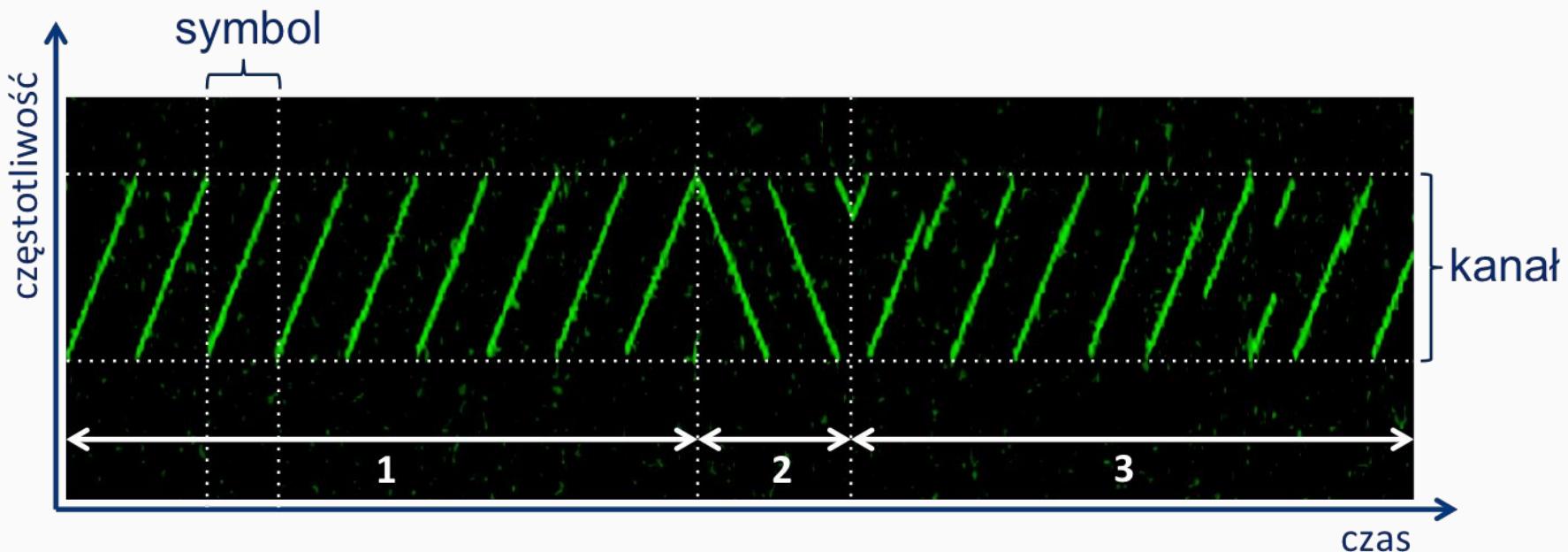
Interleaving

- przeplatanie bitów

Forward Error Correction (FEC)

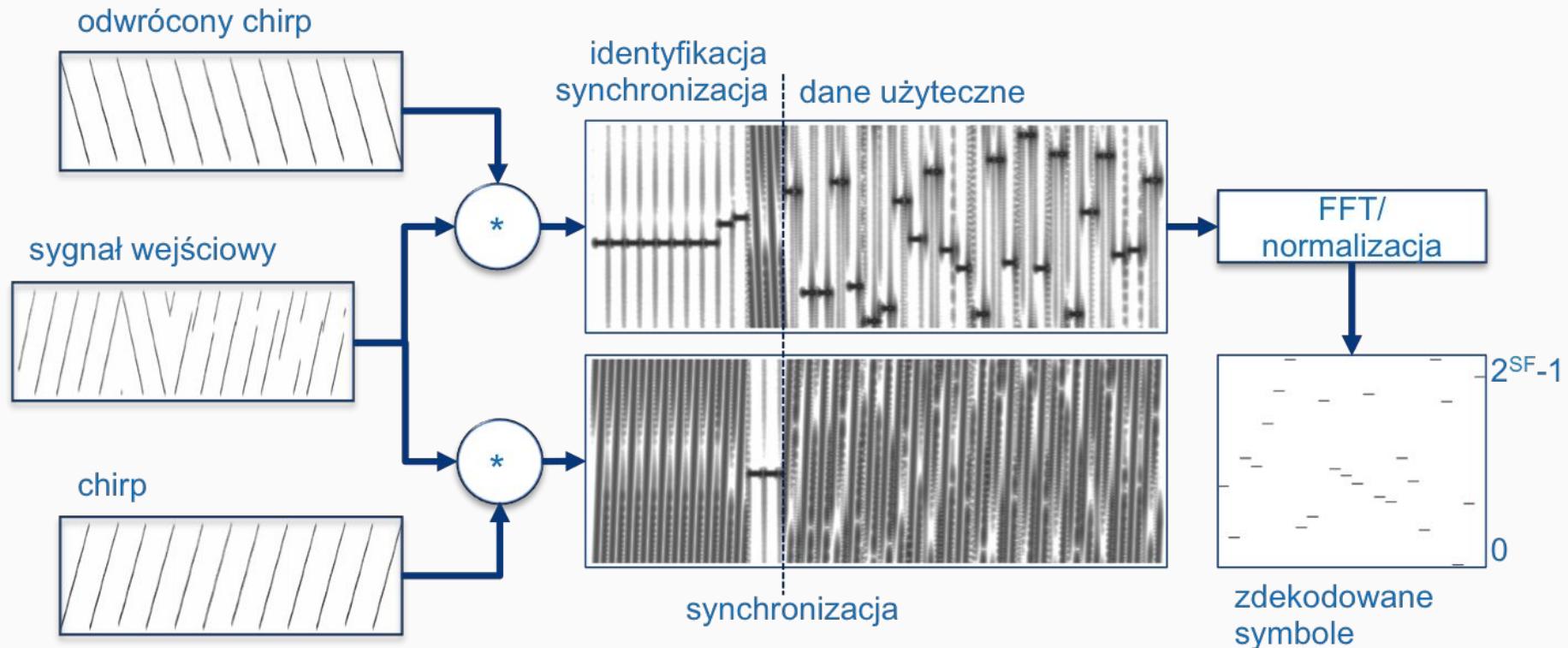
- dodanie nadmiarowych bitów do transmitowanej informacji
- umożliwia detekcję i korekcję błędów

LoRa - modulacja - struktura pakietu



- 1 - preambuła - identyfikacja pakietu
- 2 - znacznik początku pakietu
- 3 - nagłówek pakietu + dane warstwy wyższej

LoRa - demodulacja



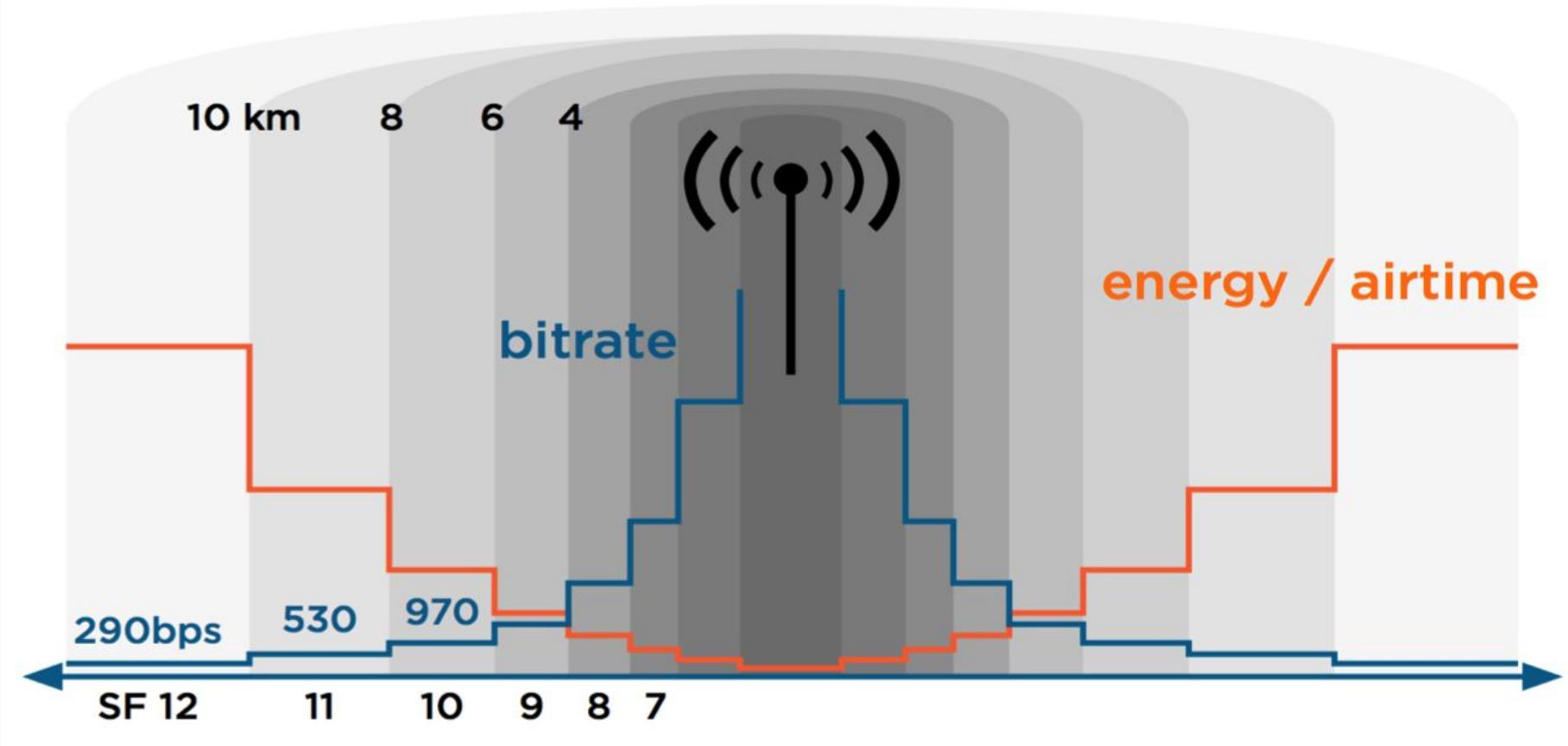
LoRa - wpływ współczynnika rozproszenia na transmisję

BW = 125 kHz

CR = 4/5

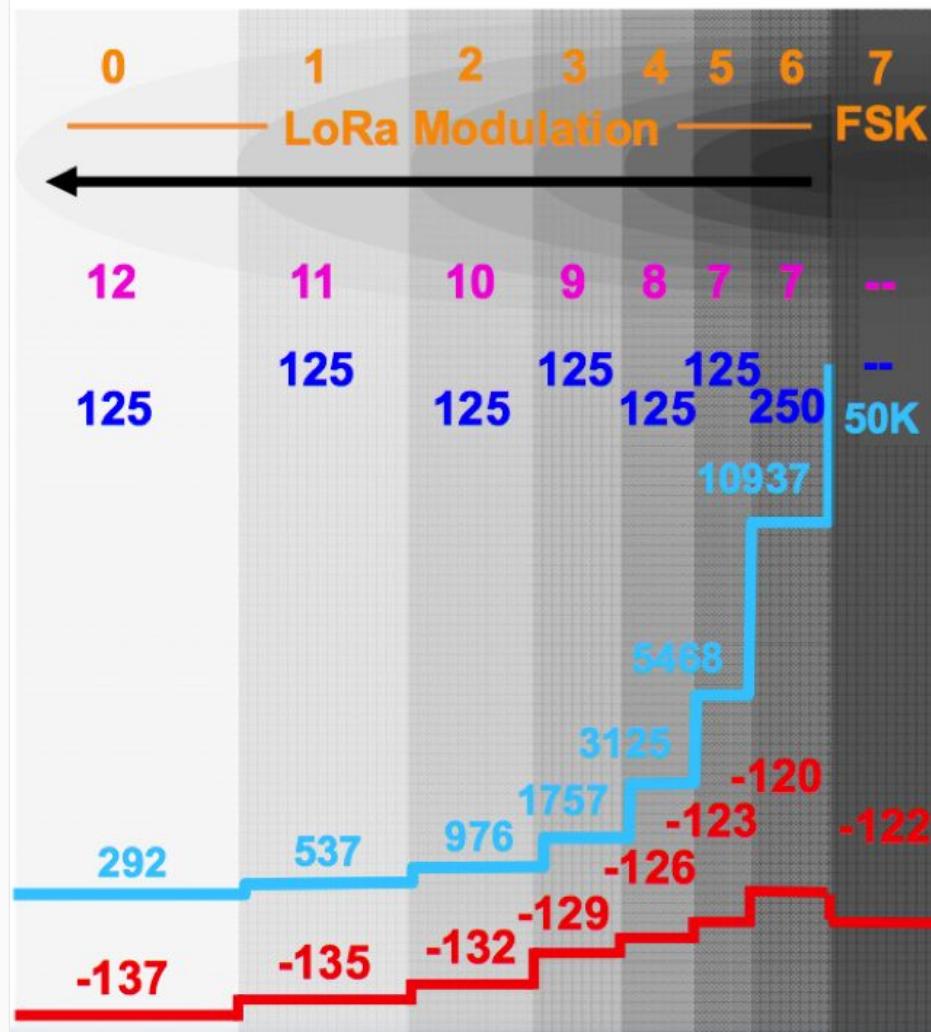
SF	chip/symbol	DR (bit/s)	Czułość odbiornika (dBm)	Czas transmisji (10 bajtów)
7	128	5468	-123	56 ms
8	256	3125	-126	103 ms
9	512	1757	-129	205 ms
10	1024	976	-132	371 ms
11	2048	537	-135	741 ms
12	4096	292	-137	1483 ms

LoRa - transmisja



Możliwość dostosowania prędkości transmisji i mocy nadajnika do odległości - minimalizacja występowania wzajemnych zakłóceń

LoRa - transmisja



Data Rate (DR)

Range

Spreading Factor (SF)

Bandwidth (BW) (kHz)

Bitrate (BR) (bps)

Receive Sensitivity (dBm)

Układy Semtech SX1272, SX1276, SX1278

- różne zakresy częstotliwości (860-1000 MHz, 137-1020 MHz, 137-525 MHz)
- maksymalny budżet łącza (do 157 dBm lub 168 dBm)
- wysoka czułość (do -137 dBm lub -148 dBm)
- obsługa innych rodzajów modulacji (FSK, OOK, ...)
- moc nadajnika do +20 dBm

Znakomity budżet łącza

- duża wydajność przy małej mocy
- odporność na zakłócenia (demodulacja sygnału użytecznego poniżej poziomu szumów)

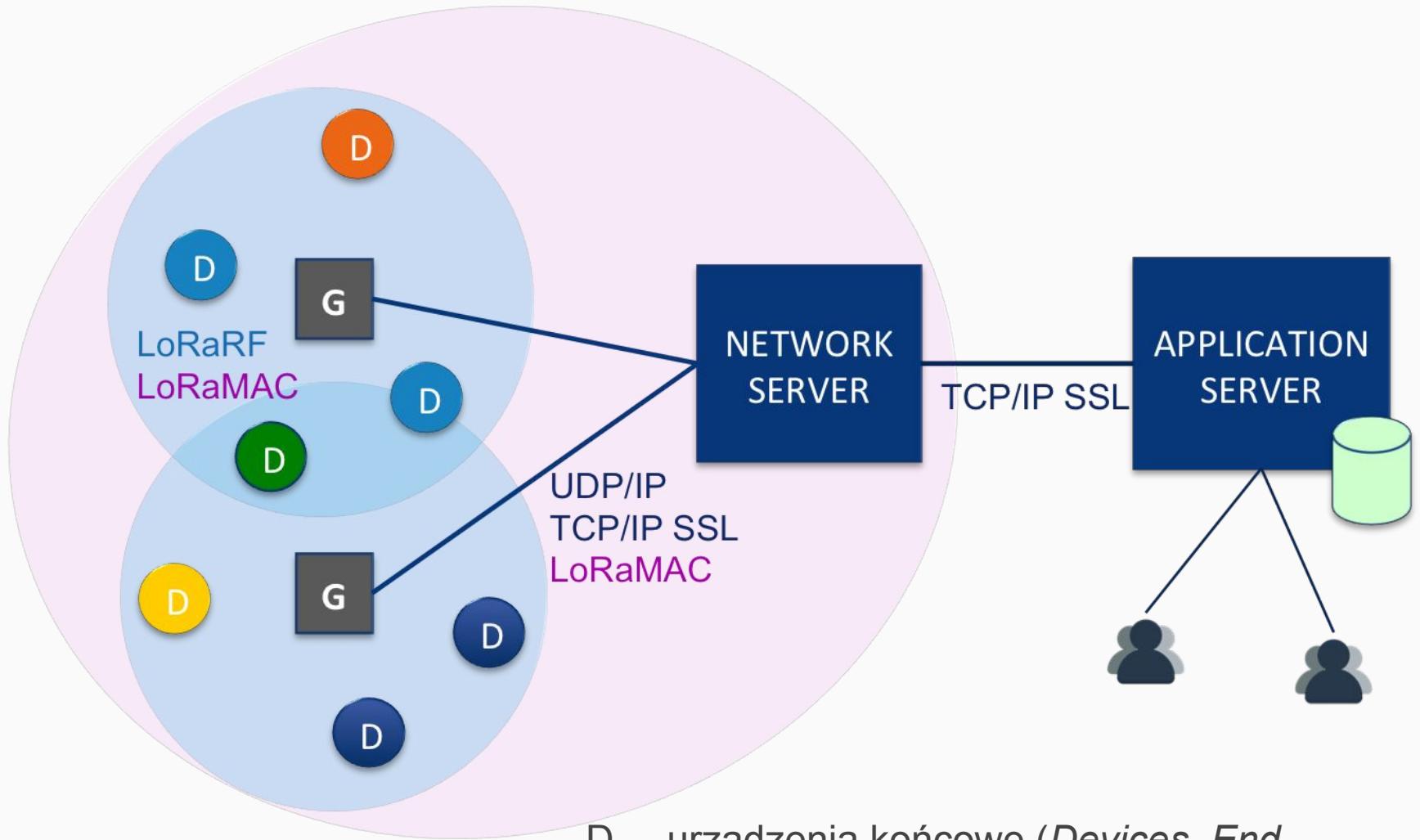
Duża odporność na

- propagację wielodrożną (aplikacje w terenie zabudowanym)
- efekt Dopplera (aplikacje związane z przemieszczaniem)

Duży zasięg transmisji

- do kilku kilometrów w terenie zabudowanym
- do kilkunastu kilometrów (lub więcej) w terenie otwartym

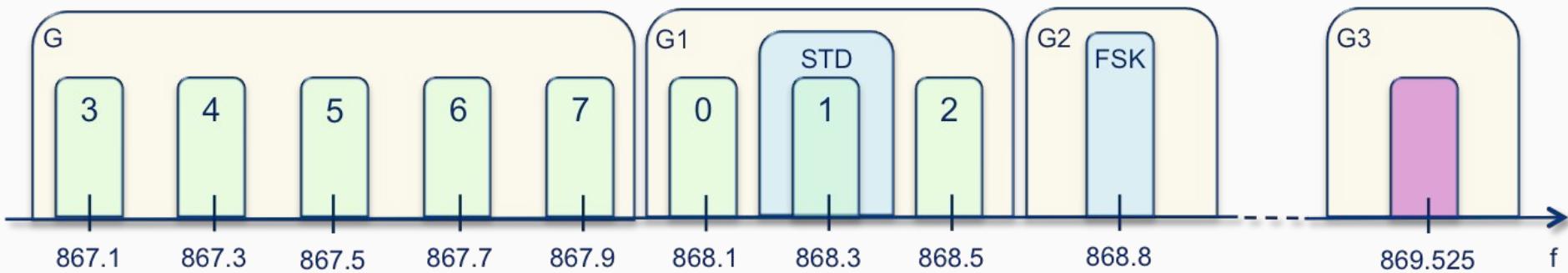
LoRaWAN - uproszczona struktura sieci



D - urządzenia końcowe (*Devices, End Nodes*)
G - bramki (*Gateways*)

LoRaWAN - podział pasma dla EU (przykład)

Nazwa	Zakres (MHz)	Moc (dBm)	Zajętość (%)
G	867.0 - 868.0	14	1
G1	868.0 - 868.6	14	1
G2	868.7 - 869.2	14	0.1
G3	869.4 - 869.65	27	10
G4	869.7 - 870.0	14	1



czas pracy na baterii ↑

A

CZUJNIKI ZASILANE BATERYJNIE

- odbiór możliwy tylko po nadaniu wiadomości (dwa krótkie okna odbiorcze)
- klasa obowiązkowa dla wszystkich urządzeń

B

URZĄDZENIA WYK. ZASILANE BATERYJNIE

- komunikacja szczelinowa z synchronizacją (dodatkowe okna odbiorcze w określonych odstępach czasu)

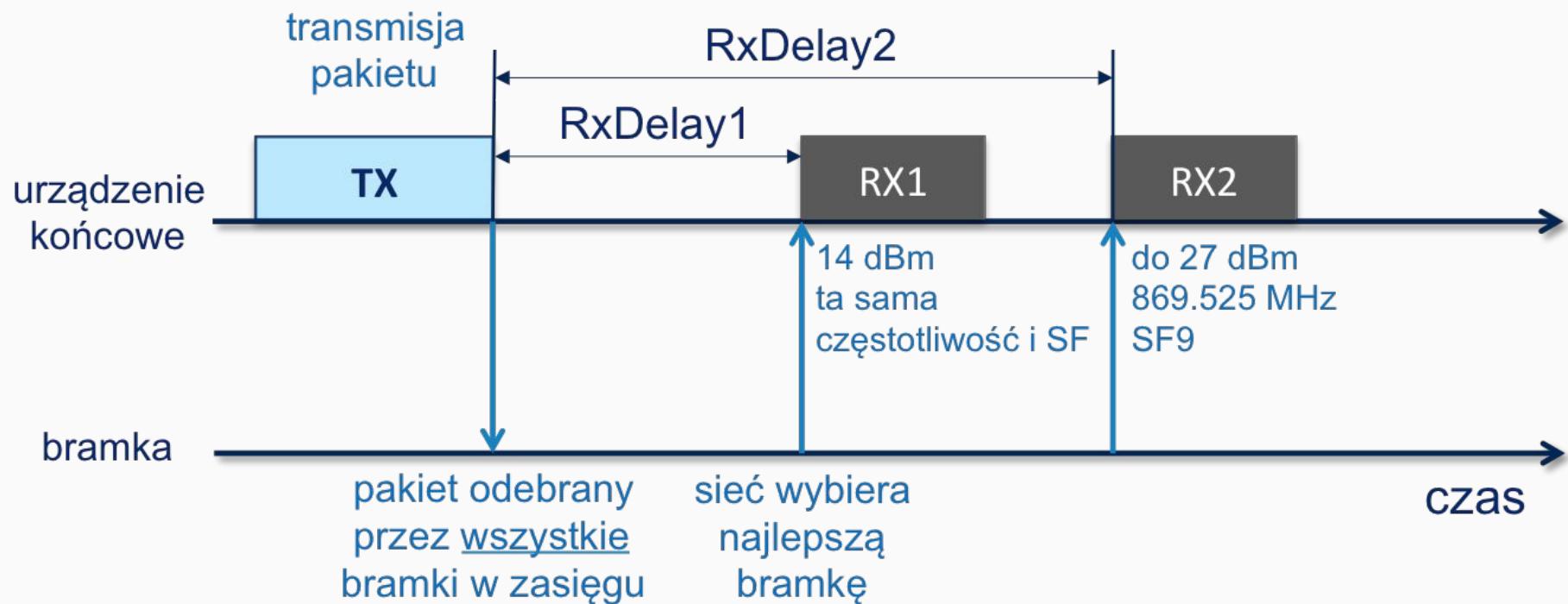
C

URZĄDZENIA WYK. ZASILANE Z SIECI

- duże zużycie energii
- urządzenia praktycznie w ciągłym nasłuchu
- brak opóźnień w komunikacji do urządzenia

opóźnienie w przesyłaniu informacji do urządzenia →

LoRaWAN - klasa A - nadawanie i odbiór



Sposoby realizacji:

- nadajnik-odbiornik z wbudowanym stosem LoRaWAN
 - przykład - Microchip RN2483
 - można skupić się tylko na docelowej funkcjonalności
 - precertyfikacja
 - możliwa implementacja własnego oprogramowania na wbudowanym mikrokontrolerze z wykorzystaniem udostępnionego stosu LoRaWAN
- nadajnik-odbiornik bez stosu LoRaWAN (tylko modulacja)
 - przykład - Hope RFM95W
 - mikrokontroler zewnętrzny musi obsłużyć komunikację LoRaWAN (LMIC)

LoRaWAN - bramki

- Wielokanałowość i multi-SF
- Semtech SX1301 z SX125X
- Minimalne oprogramowanie - tylko do przesyłania pakietów (*Packet Forwarder*)
- Możliwość instalacji dodatkowego oprogramowania



LoRaWAN - skalowalność

Wielokanałowość

- bramka obsługuje zwykle 8 kanałów (częstotliwości)
- dedykowane szybkie kanały (10 i 50 kb/s)

Multi SF

- możliwe dekodowanie pakietów nadawanych z różnymi wartościami SF w tym samym kanale
- w przypadku kolizji (ta sama wartość SF) zdekodowany zostanie pakiet z silniejszym sygnałem

Możliwość wykorzystania mechanizmu ADR

Instalacja nowych bramek

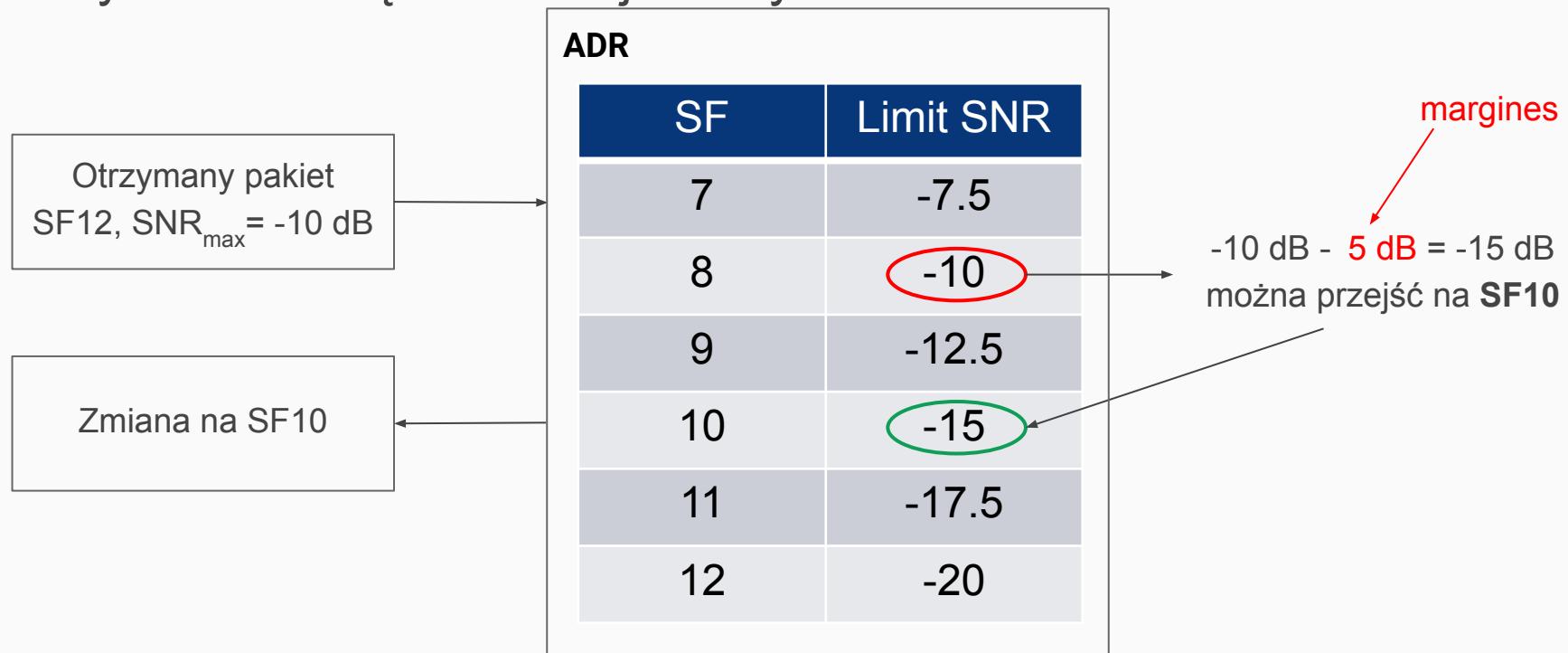
- urządzenia końcowe będą bliżej bramki
- można zmniejszyć SF i moc nadajnika

LoRaWAN - DR (*Data Rate*)

DR	Modulacja	SF	BW (kHz)	bit/s	Maks. liczba bajtów
0	LoRa	12	125	250	51
1	LoRa	11	125	440	51
2	LoRa	10	125	980	51
3	LoRa	9	125	1760	115
4	LoRa	8	125	3125	242
5	LoRa	7	125	5470	242
6	LoRa	7	250	11000	242
7	FSK			50000	

LoRaWAN - mechanizm ADR (*Adaptive Data Rate*)

- automatyczna zmiana SF na podstawie maksymalnej wartości SNR
- konieczna komunikacja dwukierunkowa
- tylko dla urządzeń stacjonarnych



Długość przesyłanych informacji

- wpływ na zajętość kanału (ograniczenie w specyfikacji LoRaWAN)

Częstotliwość wysyłania informacji

- wpływ na zajętość kanału (ograniczenie w zaleceniach ETSI)

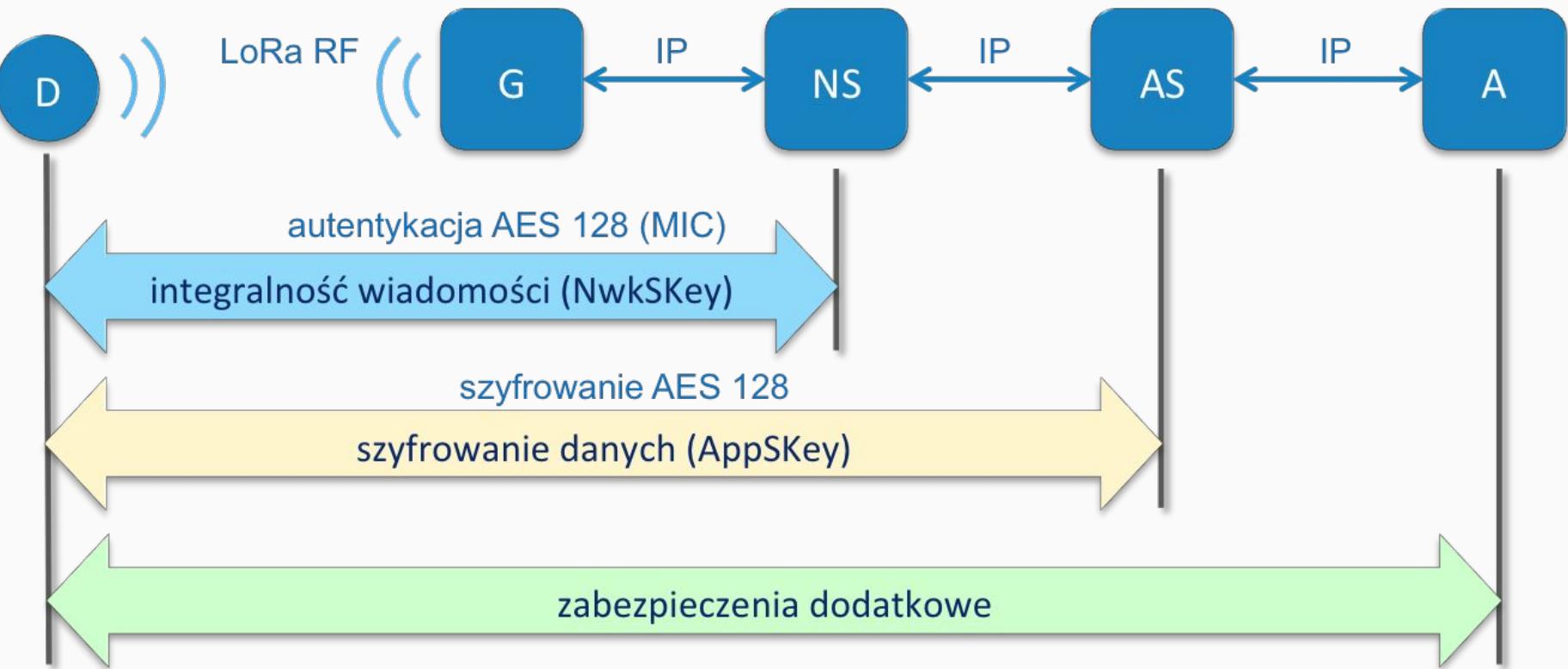
Odległość urządzeń końcowych od bramki

- wpływ na zajętość kanału (zmiana SF → czas transmisji)
- moc nadajnika ograniczona w zaleceniach ETSI

Liczba dostępnych kanałów

- zwiększenie liczby kanałów (ograniczenie w zaleceniach ETSI)
- praca z różnym SF (zmiana SF → czas transmisji)

LoRaWAN - bezpieczeństwo



LoRaWAN - bezpieczeństwo

Dwie warstwy zabezpieczeń

- sieci (*Network Session Key*)
 - uwierzytelnia węzeł w sieci poprzez sprawdzanie integralności wiadomości
- aplikacji (*Application Session Key*)
 - szyfrowanie danych aplikacji
 - warstwa sieci nie ma dostępu do danych aplikacji

Stosowana technologia

- AES 128 (klucze 128 bitów - unikalne dla każdej sesji)
- dane mogą być opcjonalnie zabezpieczone silniejszym algorytmem (*end-to-end*)

Adres urządzenia (*Device Address*)

- unikalny w obrębie sieci - umożliwia wybór prawidłowych kluczy

Sposoby ustalania informacji szyfrujących

- prekonfiguracja urządzenia
- OTA (*Over-The-Air*)

ABP (*Activation By Personalization*)

- *DevAddr*, *NwkSKey* i *AppSKey* są zapisywane w pamięci urządzenia na etapie produkcji/programowania
- urządzenie jest przypisane do jednej sieci i gotowe do komunikacji

OTAA (*Over-the-Air Activation*)

- adres urządzenia i klucze sesji są generowane podczas procedury aktywacji
- oparta na globalnie unikalnych 64-bitowych identyfikatorach urządzenia (*DevEUI*) i aplikacji (*AppEUI*) oraz klucza uwierzytelniającego (*AppKey*)
- komunikacja nie jest możliwa bez procedury aktywacji
- umożliwia zmianę sieci (*roaming*)

Sieć prywatna

- indywidualnie zarządzana
- dedykowane wdrożenia

Scentralizowana sieć publiczna

- zwykle zarządzana przez operatora telekomunikacyjnego
- duży zasięg geograficzny

Rozproszona/wspólna sieć publiczna

- brak jednego właściciela i punktu kontrolnego
- model internetowy
- najlepszy przykład - TTN (*The Things Network*)

Czym jest TTN?

- Projekt zainicjowany w 2015 w Amsterdamie
- Inicjatywa, której celem jest budowa globalnej sieci dla **Internetu Rzeczy** w oparciu o technologię **LoRaWAN**
- Otwarta, bezpłatna, zdecentralizowana sieć tworzona i utrzymywana przez użytkowników



**THE THINGS
N E T W O R K**

76217

MEMBERS

7725

GATEWAYS

140

COUNTRIES

Wiedza i rozwój

Projekt trwale związany i kojarzony z LoRaWAN

- centrum kompetencyjne związane z technologią
- The Things Conference, LoRaWAN Academy
- aktywny udział w tworzeniu przyszłych wersji standardu (np. FUOTA)

Inkubator i akcelerator ciekawych projektów i pomysłów

Największa liczba użytkowników

- łatwy kontakt z użytkownikami z różnych regionów świata
- dzielenie się wiedzą i doświadczeniami (dokumentacje, samouczki wideo, wyselekcjonowane treści i hostowane przestrzenie współpracy za pośrednictwem forum i stron społeczności)

Oprogramowanie

Otwarte oprogramowanie

- biblioteki dla urządzeń, oprogramowanie bramek, usługi routingu w chmurze, SDK wraz z integracjami

Stały rozwój i podnoszenie jakości

- wersja 3 w 2019 - zgodność z najnowszą wersją standardu LoRaWAN
- wsparcie dla unikalnych funkcjonalności

Gotowe integracje z popularnymi platformami

- przechowywanie, analiza, wizualizacja i zaawansowane zarządzanie urządzeniami
- szybkie tworzenie nowych rozwiązań
- koncentracja na przestrzeni problemowej, a nie na problemach z infrastrukturą sieciową

Architektura

Skalowalna i rozproszona

Zdecentralizowana

- klastry sieci publicznej
- współpraca z sieciami prywatnymi

Zapewnia:

- wysoką dostępność i wydajność
- zachowanie zgodności ze specyfikacją LoRaWAN

Technologia

- budowa i utrzymanie sieci LoRaWAN w mieście i okolicach
- generowanie propozycji rozwiązań wykorzystujących sieć
- tworzenie i aktualizacja mapy zasięgu sieci

Organizacja i edukacja

- pozyskiwanie partnerów i współpraca z nimi
- organizacja spotkań i warsztatów związanych z technologią

Reklama

- prowadzenie blogów i kanałów informacyjnych
 - www.thethingsnetwork.org/community/bydgoszcz/
 - twitter.com/ttn_bydgoszcz



Stowarzyszenie Otwarta Sieć Rzeczy

Stowarzyszenie jako narzędzie wspierające i integrujące

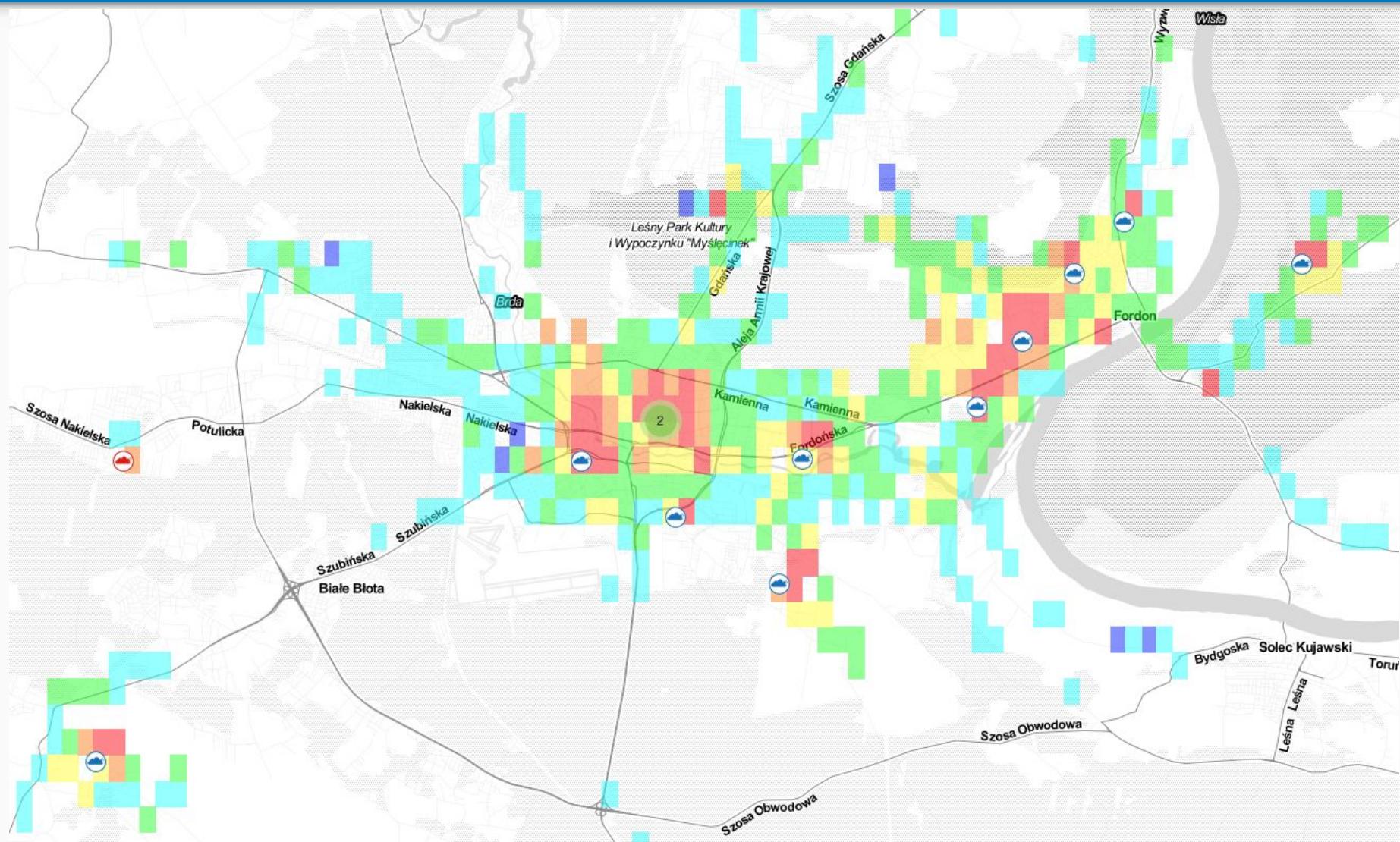
- reprezentowanie lokalnych społeczności TTN i wsparcie w realizacji wspólnych celów
- usprawnienie komunikacji między członkami społeczności

Stowarzyszenie pozwoli nam

- łatwiej i skuteczniej prowadzić rozmowy z przedstawicielami firm i instytucji
- pozyskiwać środki na realizację naszych celów statutowych
- lepiej reklamować nasze idee i skuteczniej docierać do zainteresowanych osób



Sieć LoRaWAN w Bydgoszczy



Ograniczenia sieci LoRaWAN

1 - zalecenia ETSI (EN300.220)

- zajętość pasma 1%, moc nadajnika 25 mW (14 dBm)

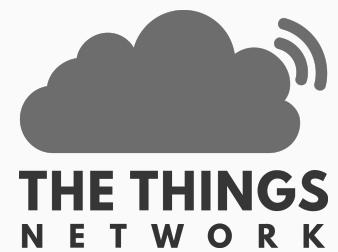


2 - liczba kanałów obsługiwanych przez bramki

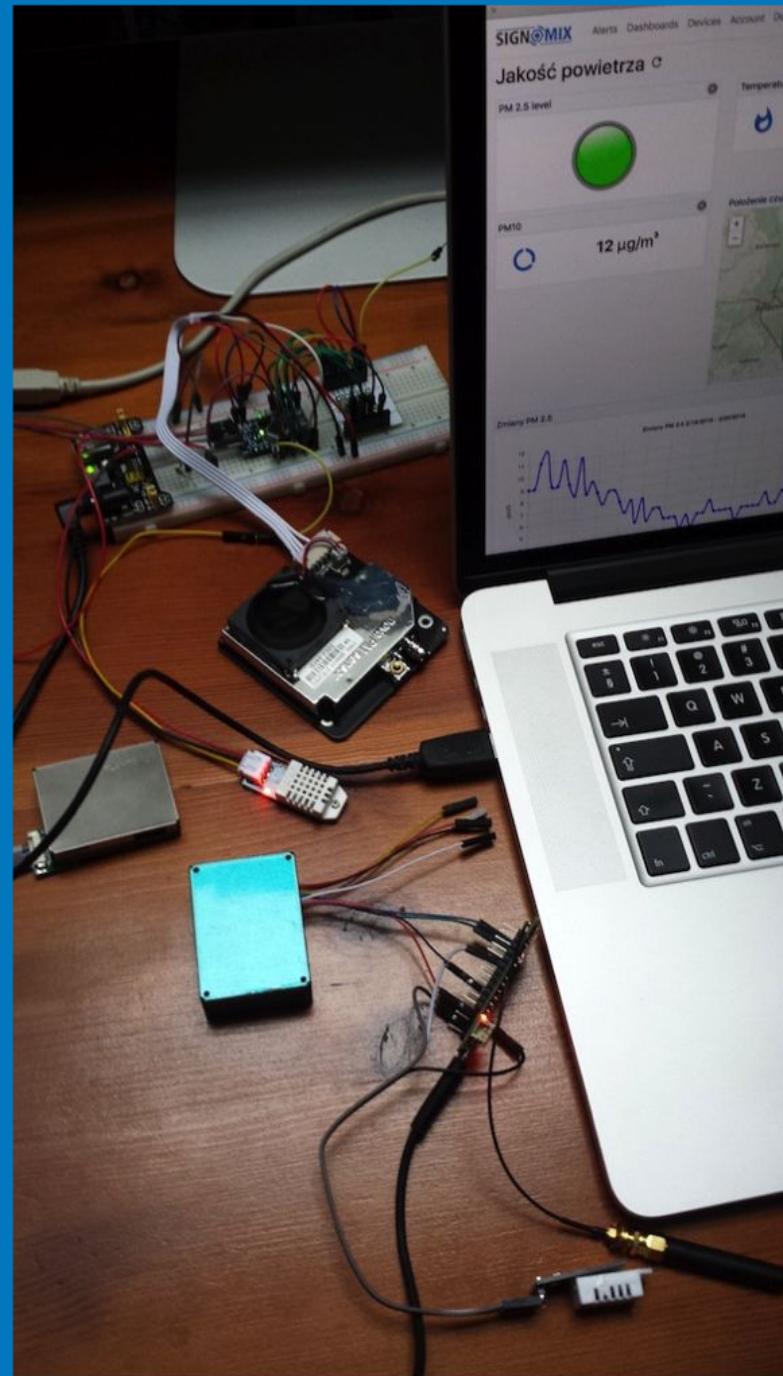
- zwykle 8 kanałów (częstotliwości)

3 - zasady korzystania z otwartej sieci TTN (*Fair Access Policy*)

- czas nadawania przez urządzenie: do 30 sekund na dobę
- przy długości danych 10 bajtów dla urządzenia mamy
 - 20 wiadomości na dobę przy SF12
 - 500 wiadomości na dobę przy SF7
 - maksymalnie 10 wiadomości zwrotnych (*downlink*) na urządzenie na dobę
 - nie można wysyłać wszystkich wiadomości z potwierdzeniem (*confirmed uplink*)



Przygotowanie do budowy czujnika



Co to jest pył zawieszony?

Klasyfikacja ze względu na wielkość cząstek

- wskaźnik PM_x (*Particulate Matter*) - pył złożony z cząstek o średnicy do x μm
- najczęściej spotykane PM2.5 oraz PM10 - wartość w $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Normy

- zależnie od regionu świata...
- w Polsce ustala Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
- polski Indeks Jakości Powietrza

Indeks Jakości Powietrza

Polski indeks jakości powietrza	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	PM2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Bardzo dobry	0-20	0-12
Dobry	21-60	13-36
Umiarkowany	61-100	37-60
Dostateczny	101–140	61–84
Zły	141–200	85–120
Bardzo zły	>200	>120

https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/content/health_informations

Czujniki z diodą laserową

- obserwacja rozproszenia światła na cząstkach pyłu zawieszonego w powietrzu
- zwykłe pomiar PM2.5, rzadziej również PM10
- interfejs UART, zasilanie 5V, logika 3.3V, pobór prądu do 100mA
- niski koszt urządzenia
- rozbieżności w wynikach pomiarów - wpływ wilgotności powietrza i sposobu montażu czujnika

<http://poznan.wios.gov.pl/czujniki-jakosci-powietrza-czy-warto-im-ufac/>

Plantower PMS5003 i PMS7003

- pomiar PM2.5 (PM10 „zgaduje”, ale całkiem dobrze)
- kompaktowe rozmiary, różne złącza
- problem z usypaniem czujnika (PMS7003)
- tryb aktywny i pasywny



Nettigo NMPS

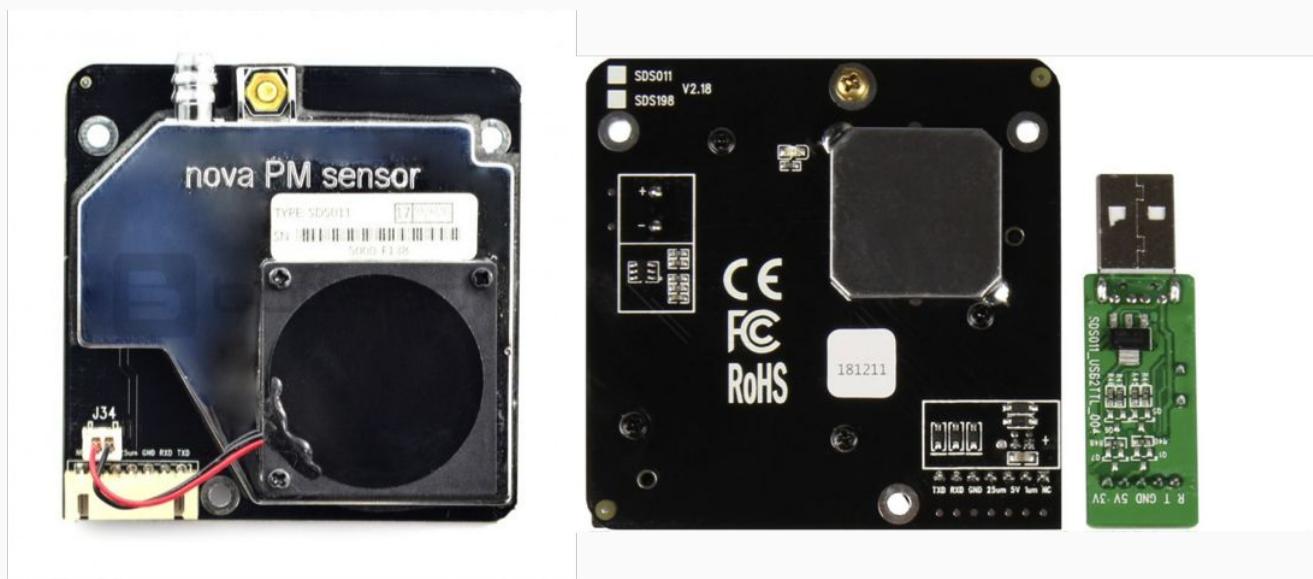
- **seria prototypowa**
- kompaktowy - bazuje na konstrukcji PMS7003
- zintegrowany czujnik temperatury i wilgotności Sensirion SHT30
- w tej chwili tylko tryb aktywny i brak możliwości uśpienia
- łatwy w użytkowaniu i montażu



Czujnik SDS

Nova Fitness SDS011

- pomiar PM2.5 i PM10
- duże rozmiary, otwory montażowe
- możliwość zastosowania węzyka do wlotu powietrza
- tryb aktywny i pasywny



Budowa czujnika smogu - założenia

- Pomiar i przesyłanie ze stałym interwałem wartości PM2.5, PM10, temperatury, ciśnienia oraz wilgotności względnej
- Komunikacja LoRaWAN
- Zasilanie poprzez złącze USB



Budowa czujnika smogu - komponenty

Zestaw komponentów:

- moduł LoRa32u4II
 - Atmega32U4 @ 8MHz, 3.3V, 32K FLASH, 2K RAM
 - Semtech SX1276
 - zasilanie 3.3..5V, natywna obsługa USB, układ ładowania baterii LiPo
- antena 868 MHz ze złączem U.FL
- czujnik pyłu zawieszonego Nova Fitness SDS011
- czujnik temperatury, wilgotności i ciśnienia Bosch BME280
- kabel ze złączem microUSB
- zestaw kabli F-F o długości 10 cm

Budowa czujnika smogu - oprogramowanie

Arduino IDE lub PlatformIO

Plik z definicjami płytki → Documents/Arduino/hardware

- LoRa32u4II z BSFrance

http://bsfrance.fr/documentation/11355_LORA32U4II/BSFrance.zip

Biblioteki zewnętrzne → Documents/Arduino/libraries

- SDS Library - biblioteka własna
- Arduino-LMIC Library

<https://github.com/matthijskooijman/arduino-lmic>

- Adafruit BME280 Library

https://github.com/adafruit/Adafruit_BME280_Library

- Adafruit Unified Sensor Driver

https://github.com/adafruit/Adafruit_Sensor

- The Things Network Arduino Library (tylko Cayenne LPP)

<https://github.com/TheThingsNetwork/arduino-device-lib>

Konto użytkownika TTN

Konsola The Things Network

- dodawanie aplikacji i urządzeń
- definiowanie sposobu dekodowania danych
- podgląd danych

<https://account.thethingsnetwork.org/register>

Można później dołączyć do wybranej lokalnej społeczności TTN. Zachęcamy!



CREATE AN ACCOUNT

Create an account for The Things Network and start exploring the world of Internet of Things with us.

USERNAME
This will be your username — pick a good one because you will not be able to change it.

EMAIL ADDRESS
You will receive a confirmation email, as well as occasional account related emails. If this email address is managed by a third party (such as for corporate email addresses), this third party might block emails coming from The Things Network. This email address is not public.

PASSWORD
Use at least 6 characters.

[Create account](#)

By registering an account you agree to our [Terms and Conditions](#) and [Privacy Policy](#).

Tworzenie aplikacji TTN

ADD APPLICATION

Application ID
The unique identifier of your application on the network
unikalna_nazwa_aplikacji

Description
A human readable description of your new app
Eg. My sensor network application

Application EUI
An application EUI will be issued for The Things Network block for convenience, you can add your own in the application settings page.
EUI issued by The Things Network

Handler registration
Select the handler you want to register this application to
ttn-handler-eu

1

Cancel **Add application**

Applications > unikalna_nazwa_aplikacji

2

Overview Devices **Payload Formats** Integrations Data Settings

APPLICATION OVERVIEW

Application ID **unikalna_nazwa_aplikacji**
Description
Created 23 minutes ago
Handler **ttn-handler-eu (current handler)**

Applications > unikalna_nazwa_aplikacji > Payload Formats

3

Overview Devices **Payload Formats** Integrations Data Settings

PAYOUT FORMATS

Payout Format
The payout format sent by your devices
Cayenne LPP

Cancel **save**

Rejestrowanie urządzenia pod aplikacją TTN

1

DEVICES

register device

manage devices

0 registered devices

2

REGISTER DEVICE

Device ID
This is the unique identifier for the device in this app. The device ID will be immutable.
unikalna_nazwa_urzadzenia

Device EUI
The device EUI is the unique identifier for this device on the network. You can change the EUI later.
this field will be generated

App Key
The App Key will be used to secure the communication between your device and the network.
this field will be generated

App EUI
70 B3 D5 7E D0 01 E6 D4

Cancel Register

3

Applications > unikalna_nazwa_aplikacji > Devices > unikalna_nazwa_urzadzenia

Overview Data **Settings**

DEVICE OVERVIEW

Application ID
unikalna_nazwa_aplikacji

Device ID
unikalna_nazwa_urzadzenia

Activation Method
OTAA

Device EUI
00 6A A9 19 88 41 77 AA

Application EUI
70 B3 D5 7E D0 01 E6 D4

App Key
.....

Status
never seen

Frames up
0 reset frame counters

Frames down
0

Rejestrowanie urządzenia pod aplikacją TTN c.d.

4

Applications > unikalna_nazwa_aplikacji > Devices > unikalna_nazwa_urzadzenia > Settings

DEVICE SETTINGS	SETTINGS
General	Description A human-readable description of the device
Location	
	Device EUI The serial number of your radio module, similar to a MAC address 00 6A A9 19 88 41 77 AA
	Application EUI 70 B3 D5 7E D0 01 E6 D4
	Activation Method OTAABP ABP
	Device Address The device address will be assigned by the network server
	Network Session Key Network Session Key will be generated
	App Session Key App Session Key will be generated
	Frame Counter Width 16 bit 32 bit
	<input type="checkbox"/> Frame Counter Checks Disabling frame counter checks drastically reduces security and should only be used for development purposes
	Delete Device Cancel Save

5

DEVICE OVERVIEW

Application ID unikalna_nazwa_aplikacji
Device ID unikalna_nazwa_urzadzenia

Activation Method ABP

Device EUI 00 6A A9 19 88 41 77 AA

Application EUI 70 B3 D5 7E D0 01 E6 D4

Device Address 26 01 13 9C

Network Session Key

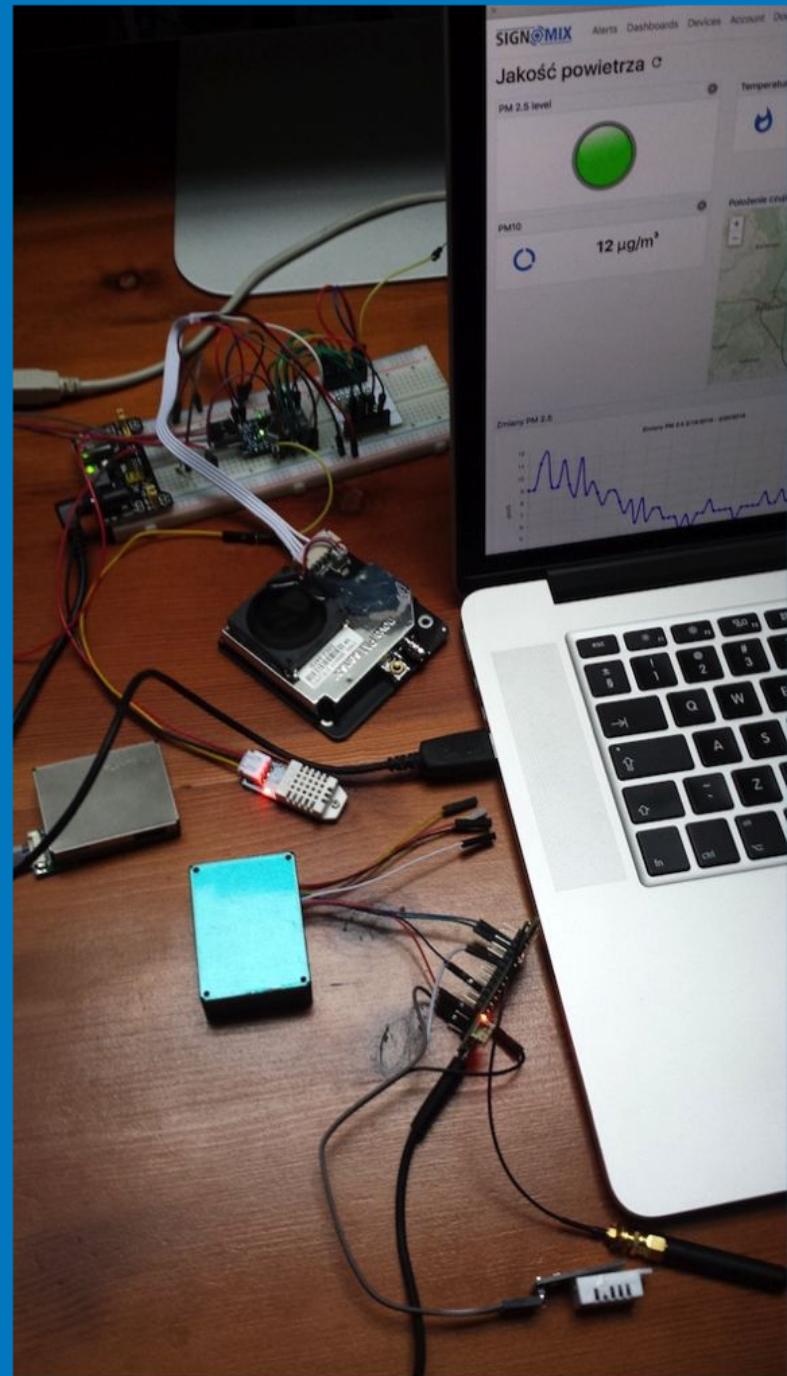
App Session Key

Status never seen

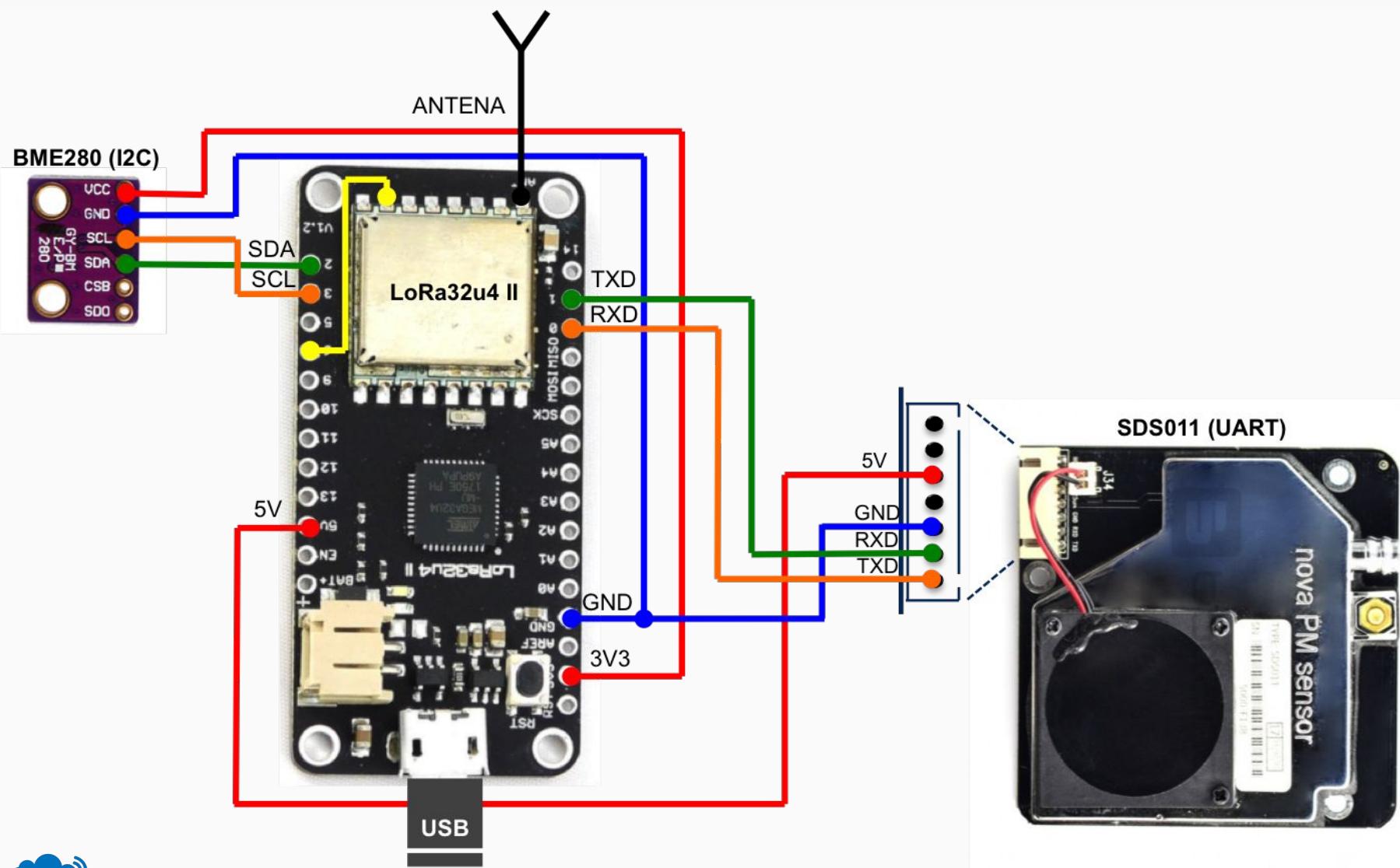
Frames up 0 [reset frame counters](#)

Frames down 0

Budujemy czujnik!



Sposób połączenia komponentów



Programowanie urządzenia - komunikacja z SX1276

Device Address: 26 01 13 9C

Network Session Key: msb { 0xD8, 0xF4, 0x1F, 0xF5, 0x06, 0x5E, 0x3A, 0x3A, 0x01, 0x78, 0x65, 0x23, 0x9C, { } }
Red circled 1 highlights the nibble selector (0x00). Red circled 2 highlights the first byte (0xD8). Red circled 3 highlights the entire nibble value.

App Session Key: msb { 0x6F, 0x2A, 0xCA, 0xCA, 0x9D, 0xDB, 0xFE, 0x3D, 0xDD, 0x89, 0x0B, 0xF1, 0xF6, { } }

```
static const u1_t PROGMEM NWKSKEY[16] = { 0xD8, 0xF4, 0x1F, 0xF5, 0x06,... } ;  
static const u1_t PROGMEM APPSKEY[16] = { 0x6F, 0x2A, 0xCA, 0xCA, 0x9D,... } ;  
static const u4_t DEVADDR = 0x2601139C;
```

```
const lmic_pinmap lmic_pins = {  
    .nss = 8,  
    .rxtx = LMIC_UNUSED_PIN,  
    .rst = 4,  
    .dio = { 7, 6, LMIC_UNUSED_PIN },  
};
```

Programowanie urządzenia - Cayenne LPP

```
#include <CayenneLPP.h>
CayenneLPP lpp(51);
...
lpp.reset();
lpp.addTemperature(1, bme.readTemperature());
lpp.addRelativeHumidity(2, bme.readHumidity());
lpp.addBarometricPressure(3, bme.readPressure()/100.0);
lpp.addAnalogInput(4, pm25);
lpp.addAnalogInput(5, pm100);
...
LMIC_setTxData2(2, lpp.getBuffer(), lpp.getSize(), 0);
```

PAYLOAD FORMATS

Payload Format

The payload format sent by your devices

Cayenne LPP

Custom

Cayenne LPP

- Bardzo łatwy sposób przygotowania i przesyłania danych
- Odbierane dane dekodowane są automatycznie po stronie aplikacji

```
{
  "analog_in_4": 4.19,
  "analog_in_5": 8.39,
  "barometric_pressure_3": 1012.1,
  "relative_humidity_2": 39.5,
  "temperature_1": 29.4
}
```

Programowanie urządzenia - zrzucanie zbędnych kilobajtów

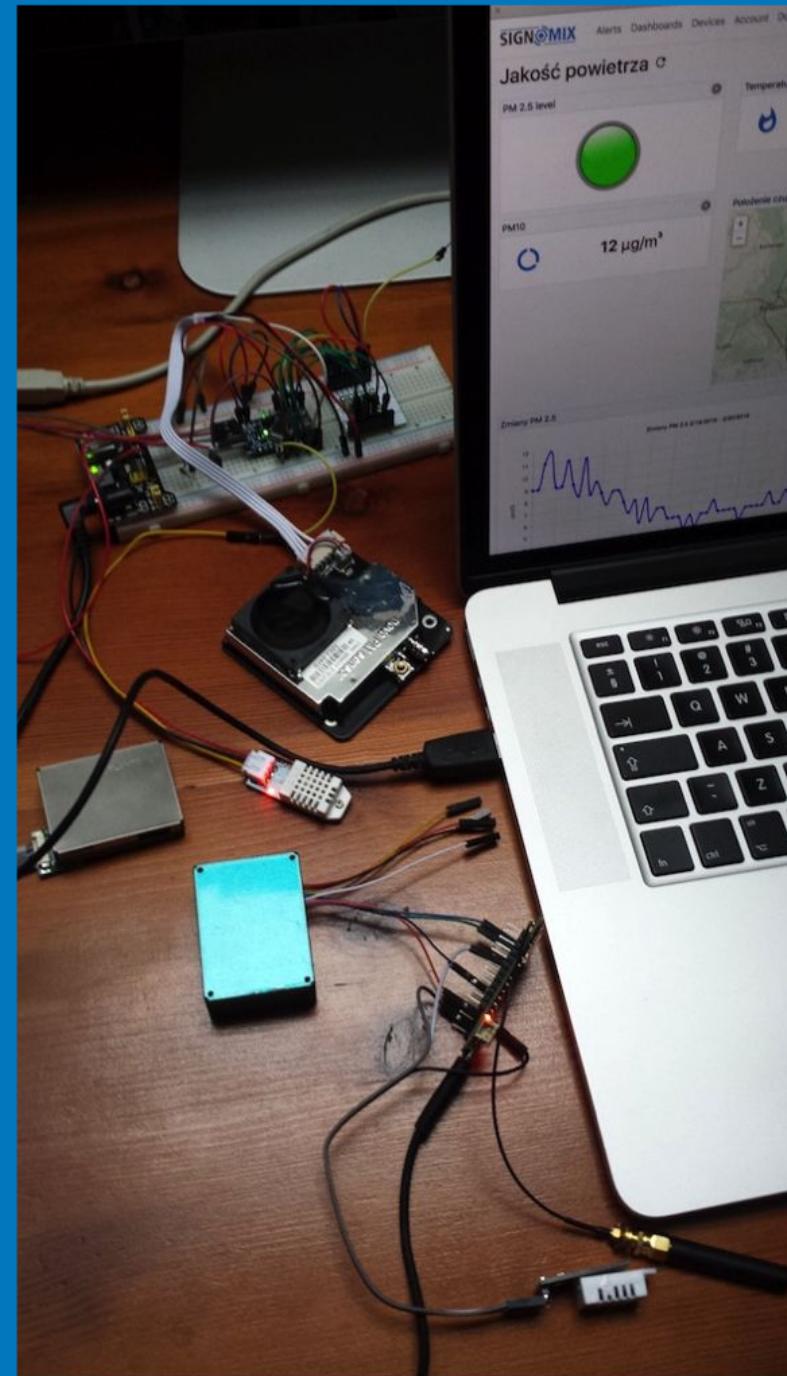


arduino-lmic/src/lmic/config.h

```
...
// Uncomment this to disable all code related to joining
#defineDISABLE_JOIN
// Uncomment this to disable all code related to ping
#defineDISABLE_PING
// Uncomment this to disable all code related to beacon tracking.
// Requires ping to be disabled too
#defineDISABLE_BEACONS
...
```



Prezentujemy dane!



Konto użytkownika platformy Signomix

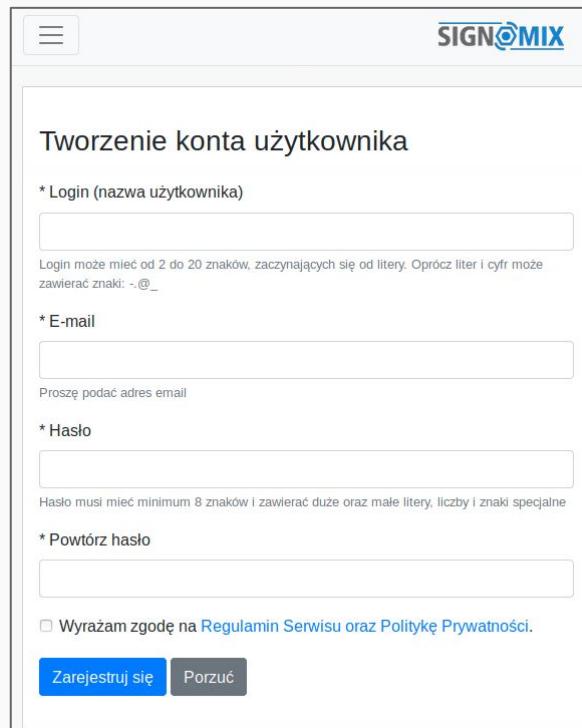
Otwarta platforma do rejestracji i wizualizacji danych

Proces zakładania konta:

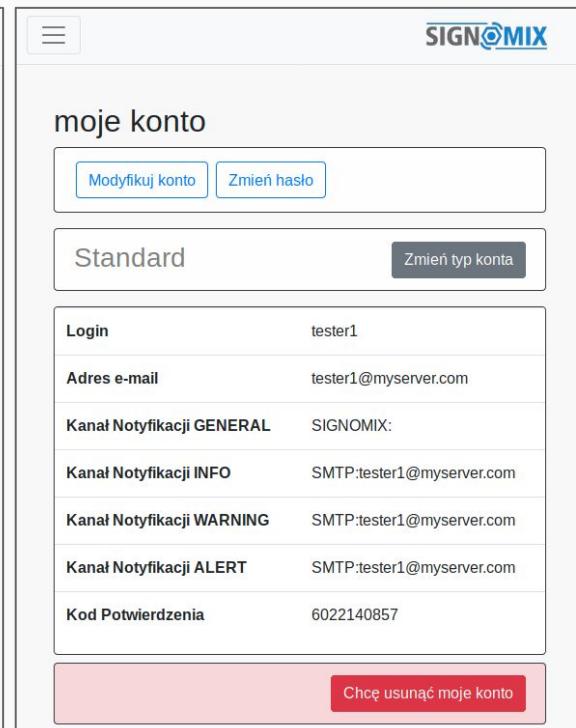


- wypełnienie formularza rejestracyjnego
- odebranie wiadomości z potwierdzeniem i kliknięcie na podany odnośnik
- podane kanały notyfikacji służą do przesyłania informacji o zdarzeniach

<https://signomix.com/app/#!register>



The screenshot shows the "Tworzenie konta użytkownika" (Create User Account) form. It includes fields for "Login (nazwa użytkownika)" (Login (username)), "E-mail", "Hasło" (Password), and "Powtóż hasło" (Repeat password). Below these are terms and conditions: "Wyrażam zgodę na Regulamin Serwisu oraz Politykę Prywatności." (I agree to the Service Terms and Privacy Policy). At the bottom are "Zarejestruj się" (Register) and "Porzuć" (Abandon) buttons.



The screenshot shows the "moje konto" (My Account) page. It features a "Standard" profile section with a "Zmien typ konta" (Change account type) button. Below this is a table of account details:

Login	tester1
Adres e-mail	tester1@myserver.com
Kanał Notyfikacji GENERAL	SIGNOMIX:
Kanał Notyfikacji INFO	SMTP:tester1@myserver.com
Kanał Notyfikacji WARNING	SMTP:tester1@myserver.com
Kanał Notyfikacji ALERT	SMTP:tester1@myserver.com
Kod Potwierdzenia	6022140857

At the bottom right is a red button labeled "Chcę usunąć moje konto" (I want to delete my account).

Signomix - rejestracja urządzenia

1

EUI	NAZWA	TYP	STATUS	DZIAŁANIE
				+

2

Nowe urządzenie

Typ urządzenia

TTN

* Nazwa

test

Użyj wygodnej dla Ciebie nazwy

* EUI

006AA919884177AA

Unikalny identyfikator tego urządzenia podany przez producenta. Jeśli pozostawisz to pole puste, zostanie wygenerowany automatycznie.

Klucz

Pomiary

analog_in_4.analog_in_5.barometric_pressure_3.relative_humidity_2.temperature_1

Nazwy pomiarów oddzielone przecinkami

EUI aplikacji

70B3D57ED001E6D4

EUI aplikacji The Things Network, w której jest zarejestrowane to urządzenie.

ID aplikacji

unikalna_nazwa_aplikacji

ID aplikacji The Things Network, w której jest zarejestrowane to urządzenie.

Zapisz Porzuć

Signomix - integracja z aplikacją użytkownika

- Signomix korzysta z *HTTP Integration*
- Dane odebrane z urządzenia przez serwer aplikacyjny są po zdekodowaniu wysyłane w formacie JSON na wskazany adres URL

SIGNOMIX Komunikaty Pulpity Urządzenia Konto Dokumentacja Wyloguj się

Modyfikacja urządzenia

Typ urządzenia

TTN

Urządzenie IoT zarejestrowane w infrastrukturze
The Things Network

* Nazwa

test

Użyj wygodnej dla Ciebie nazwy

* EUI

006AA919884177AA

Unikalny identyfikator tego urządzenia podany przez producenta. Jeśli pozostawisz to pole puste, zostanie wygenerowany automatycznie.

Klucz

NDEwNjI0NTc5MDA2NDIxNzKxOA

Poufny klucz wykorzystywany do autoryzowania przesyłanych danych. Jeśli pozostawisz to pole puste, zostanie wygenerowany automatycznie.



ADD INTEGRATION



HTTP Integration (v2.6.0)

The Things Industries B.V.

Sends uplink data to an endpoint and receives downlink data over HTTP.

[documentation](#)

Process ID

The unique identifier of the new integration process

signomix

Access Key

The access key used for downlink

default key devices messages

URL

The URL of the endpoint

http://signomix.com/api/ttn

Method

The HTTP method to use

POST

Authorization

The value of the Authorization header

NDEwNjI0NTc5MDA2NDIxNzKxOA

Custom Header Name

An optional custom HTTP header that you would like to add to the request

Custom Header Value

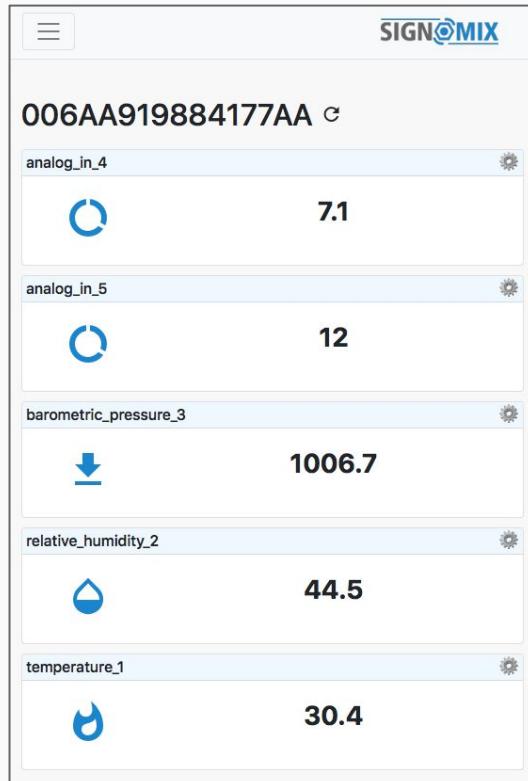
The value of the custom Header

Cancel

Add integration

Signomix - domyślny pulpit urządzenia

- Po zarejestrowaniu urządzenia automatycznie tworzony jest dla niego domyślny pulpit (*dashboard*) o nazwie takiej jak EUI urządzenia
- Dane są natychmiast dostępne do przeglądania
- Jeśli nie zdefiniowano skryptu procesora danych, to nazwy zmiennych są takie jak wcześniej zdefiniowano (zgodne z danymi przesyłanymi w formacie JSON)



SIGNOMIX

Zmiana definicji pulpu

* Nazwa

006AA919884177AA

Wybierz unikalną nazwę pulpu (alfanumeryczną, bez spacji)

Pulpit może być współdzielony

* Tytuł

006AA919884177AA

Wybierz tytuł dla pulpu

Zespół

,

Loginy użytkowników oddzielone przecinkami

Kontrolki +

NAZWA	TYP	OPERACJA
analog_in_4	Etykieta	
analog_in_5	Etykieta	
barometric_pressure_3	Etykieta	
relative_humidity_2	Etykieta	
temperature_1	Etykieta	

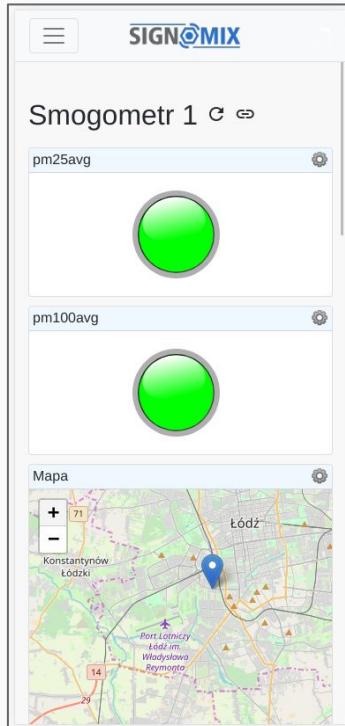
Zapisz

Porzuć

Signomix - modyfikacje pulpitu

Modyfikacja domyślnego pulpitu lub utworzenie nowego pozwala na:

- zmianę sposobu prezentacji danych
- wizualizację przekroczeń progów
- dodanie elementów tekstowych
- prezentację danych z różnych urządzeń
- publikowanie pulpitów
- osadzenie raportów grupowych



SIGNOMIX Komunikaty Pulpity Urządzenia Konto Dokumentacja Wyloguj się

Smogometr 2 C ↗

Test czujnika smogu przygotowanego przez społeczność [The Things Network](#) oraz stowarzyszenie [Otwarta Sieć Rzeczy](#).

Średnia dobowa PM 2.5

Średnia dobowa PM 10

Położenie czujnika

PM 2.5 37.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM 10 41.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Temperatura 26.1 °C

Wilgotność 66.6 %

Zmiany PM 2.5

Zmiany PM 10

Zmiany temperatury

Zmiany wilgotności

Mapa

Leaflet | © OpenStreetMap contributors

Detailed description: This screenshot shows a highly customized Signomix dashboard titled 'Smogometr 2 C'. It includes a text box about a test sensor collaboration. Below are four large circular status indicators for PM 2.5 and PM 10 levels, both showing green. To the right is a map of Łódź with a blue location pin labeled 'Osiedle Konny'. Below the map are four cards: PM 2.5 at 37.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM 10 at 41.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Temperatura at 26.1 °C, and Wilgotność at 66.6 %. The dashboard is further divided into four sections showing time-series data for PM 2.5, PM 10, temperature, and humidity from June 25 to June 27, 2019.

Signomix - rejestracja urządzenia c.d.

SIGNOMIX

Komunikaty Pulpity Urządzenia Konto Dokumentacja Wyloguj się

Modyfikacja urządzenia

Typ urządzenia

Urządzenie IoT zarejestrowane w infrastrukturze
The Things Network

* Nazwa
Użyj wygodnej dla Ciebie nazwy

* EUI
Unikalny identyfikator tego urządzenia podany przez producenta. Jeśli pozostawisz to pole puste, zostanie wygenerowane.

Klucz
Poufny klucz wykorzystywany do autoryzowania przesyłanych danych. Jeśli pozostawisz to pole puste, zostanie wygenerowany automatycznie.

Pomiary
Nazwy pomiarów oddzielone przecinkami

Zespół

Loginy innych użytkowników mających dostęp do danych z tego urządzenia. Oddzielone przecinkami.

Opis

Skrypt dekodera danych
Pozostaw puste jeśli nie wiesz o co chodzi.

Skrypt procesora danych
// zmieniamy nazwy danych na bardziej przyjazne
putData('temperature',getValueOf('temperature_1'))
putData('humidity',getValuer('humidity_2'))

- Zmiana nazewnictwa danych
- Przetwarzanie danych przy użyciu skryptu

```
var timestamp=sgx.transmissionTimestamp
var temperature = sgx.getValue('temperature_1')
var humidity = sgx.getValue('humidity_2')
var pm25 = sgx.getValue('analog_in_4')
var pm100 = sgx.getValue('analog_in_5')
// normalizacja
var nPM25 = pm25/(1.0+0.48756*Math.pow((humidity/100.0), 8.60068));
nPM25 = Math.round(nPM25);
var nPM100 = pm100/(1.0+0.81559*Math.pow((humidity/100.0), 5.83411));
nPM100 = Math.round(nPM100);
// zapisanie danych w bazie
sgx.put('pm25', pm25, timestamp)
sgx.put('pm100', pm100, timestamp)
// zmieniamy nazwy danych na bardziej przyjazne
sgx.put('temperature', temperature, timestamp)
sgx.put('humidity', humidity, timestamp)
// możemy zaakceptować daną bez zmiany jej nazwy
sgx.accept("barometric_pressure_3")
// koordynaty czujnika podane przy rejestrowaniu urządzenia w TTN
sgx.put("latitude",sgx.latitude, timestamp)
sgx.put("longitude",sgx.longitude, timestamp)
// wyliczamy średnie z ostatnich 24 godzin (transmisja co 10 minut)
var avg25 = sgx.getNewAverageOf('pm25', 24*6, pm25)
avg25 = Math.round(avg25)
sgx.put('pm25avg', avg25, timestamp )
var avg100 = sgx.getNewAverageOf('pm100', 24*6, pm100)
avg100 = Math.round(avg100)
sgx.put('pm100avg', avg100, timestamp )

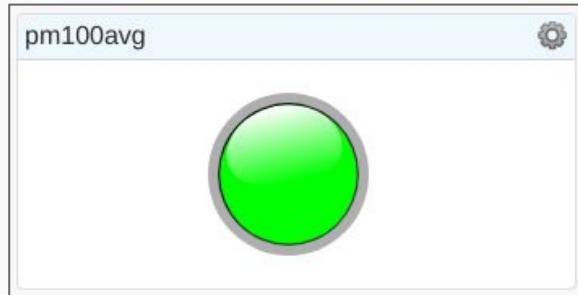
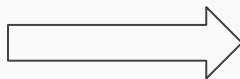
// notyfikacje o przekroczeniu średniej
if( avg100 > 80 ){
    sgx.addNotification('alert','PM10 alert')
}
```

Signomix - powiadomienia

- Wizualizacja ostrzeżeń na dedykowanym pulpicie
- Generowanie powiadomień w oparciu o analizę danych
(definicja urządzenia: skrypt procesora danych)

```
var avg100 = sgx.getNewAverageOf('pm100', 24*10, pm100)
avg100 = Math.round(avg100)
sgx.put('pm100avg', avg100, timestamp)

// notyfikacje o przekroczeniu średniej
if( avg100 > 80 ){
    sgx.addNotification('alert','PM10 alert')
}
```



- Automatyczne powiadomienia o niedostępności urządzeń
 - Signomix monitoruje aktualność danych dla każdego urządzenia co 15 minut
 - jeśli dane są starsze niż zadeklarowana długość cyklu (>0), to informacja jest przesyłana kanałem GENERIC do właściciela urządzenia oraz wszystkich kont w przypisanym zespole

Definicja kontrolki

Typ: Etykieta

EUI urządzenia: AA6637AC0B234D38

EUI urządzenia, do którego masz uprawnienia

Nazwa danej: pm100

Nazwa danej rejestrowanej przez urządzenie (np. temperatura)

Zakresy ostrzeżeń: >100:>50

Zakresy ostrzeżeń w formacie {alertCondition}[:{warningCondition}] (np. <-10>40:<0>30)

Signomix - korekcja danych

Skrypt procesora danych możemy wykorzystać do skorygowania danych pomiarowych. Jest to wskazane w przypadku takich czujników jak SDS011, których wskazywane wartości PM2.5 i PM10 są zależne od aktualnej wilgotności powietrza.

Materiały źródłowe:

http://www.hackair.eu/wp-content/uploads/2019/01/d7.6-report_on_hackair_updated_support_services_and_methodologies.pdf, rozdz. 2.2.1

```
// normalizacja
var nPM25 = pm25/(1.0+0.48756*Math.pow((humidity/100.0), 8.60068));
nPM25 = Math.round(nPM25);
var nPM100 = pm100/(1.0+0.81559*Math.pow((humidity/100.0), 5.83411));
nPM100 = Math.round(nPM100);
sgx.put('pm25',nPM25);
sgx.put('pm100',nPM100);
```

Signomix - raporty dla grup urządzeń

- Przypisanie urządzenia do grupy umożliwia przedstawienie wysyłanych przez nie danych na raporcie zbiorczym. Raport zawiera odnośniki do domyślnych pulpitów wymienionych urządzeń (EUI pulpitu jest takie samo jak EUI urządzenia).
- Warunki
 - została zdefiniowana grupa urządzeń (jeśli raporty z tej grupy mają być dostępne publicznie, to w parametrze *Zespół (Team)* grupy musi się znajdować użytkownik *public*)
 - parametr *Grupa (Group)* każdego urządzenia musi zawierać EUI zdefiniowanej grupy
 - parametr *Zespół (Team)* każdego urządzenia musi zawierać ID autora dashboardu grupowego
 - parametr *Pomiary (Measurements)* urządzenia musi zawierać nazwy pomiarów podane w definicji grupy
 - jeśli raport grupowy jest udostępniany publicznie, to podlinkowane raporty szczegółowe będą dostępne tylko wtedy, jeśli również mają ustawiony parametr "współzielony" (*shared*)
 - link do danych szczegółowych kieruje zawsze do domyślnego dashboardu urządzenia (czyli tego, który jest tworzony automatycznie po zarejestrowaniu urządzenia)

The screenshot shows the Signomix web application. At the top, there is a navigation bar with links for Alerts, Dashboards, Devices, Account, Documentation, Sign Out, and flags for Poland, Germany, and Italy. Below the navigation bar, the title "Raport smogowy" is displayed. A table titled "Raport" lists data for three devices:

DEVICE EUI	PM25	PM100	TEMPERATURE	HUMIDITY	DATE	DETAILS
009FB2FF8EBB8E00	4.19	6.9	29.4	39.5	2019-06-26 01:47:01	show ...
AA6637AC0B234D38	30.8	32.3	28.7	59.8	2019-06-26 10:01:49	show ...
52774790D697B9DD	22	22	30.1	99.9	2019-06-26 10:04:21	show ...

Wykorzystanie Data API (MQTT)

TTN używa również MQTT do publikowania wiadomości przesyłanych przez urządzenia.

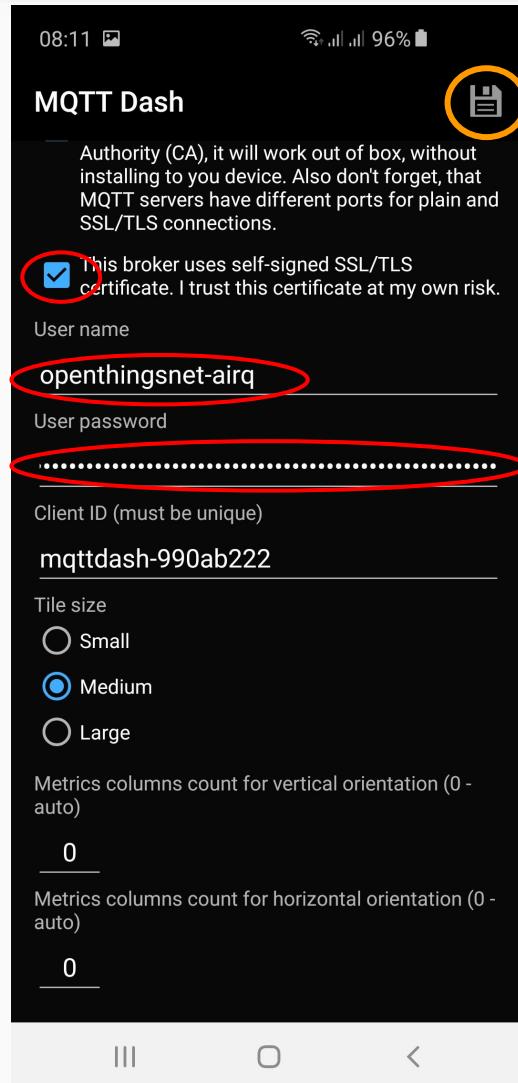
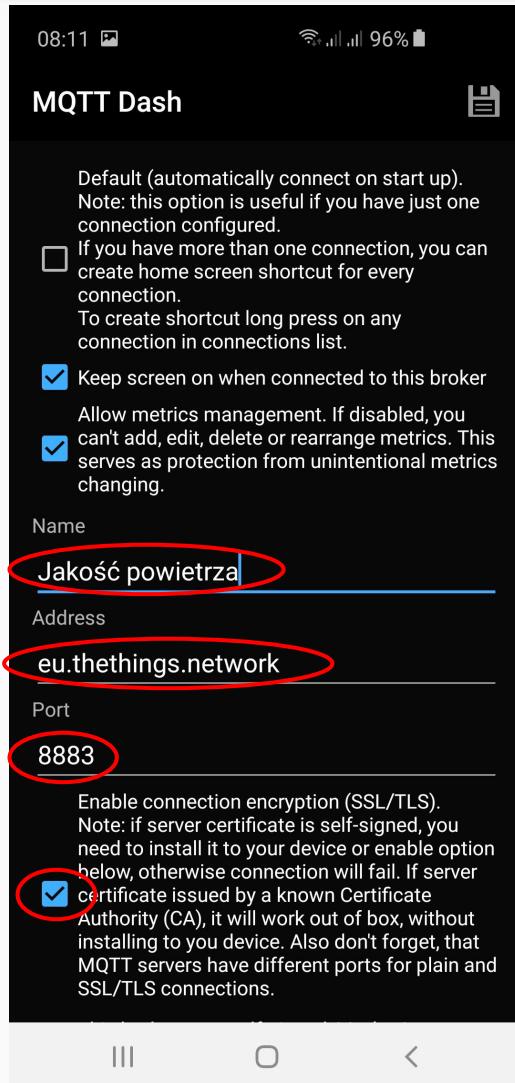
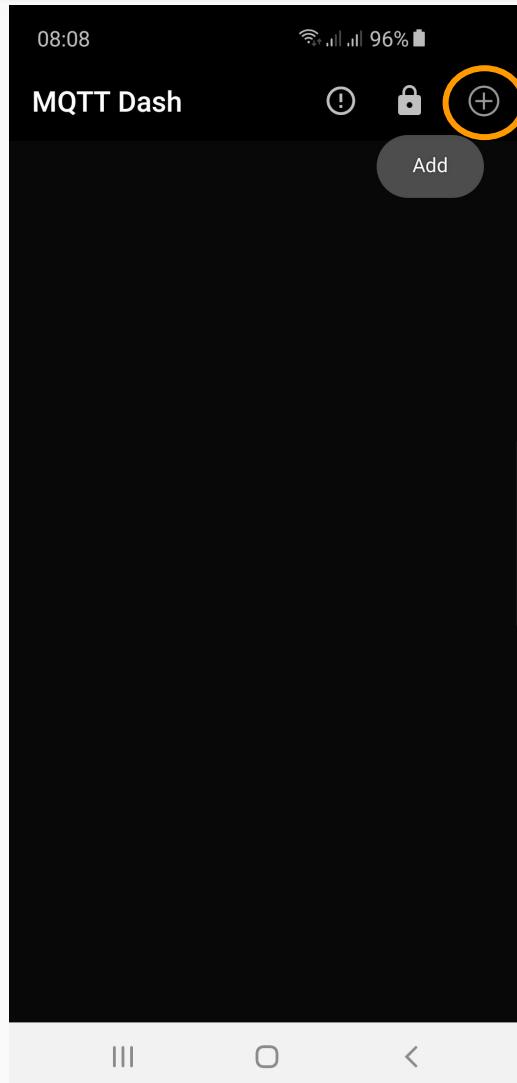
Konfiguracja klienta MQTT:

- Host: *eu.thethings.network*
- Port: 1883 lub 8883 (TLS)
- Nazwa użytkownika: *Application ID*
- Hasło: *Application Access Key*

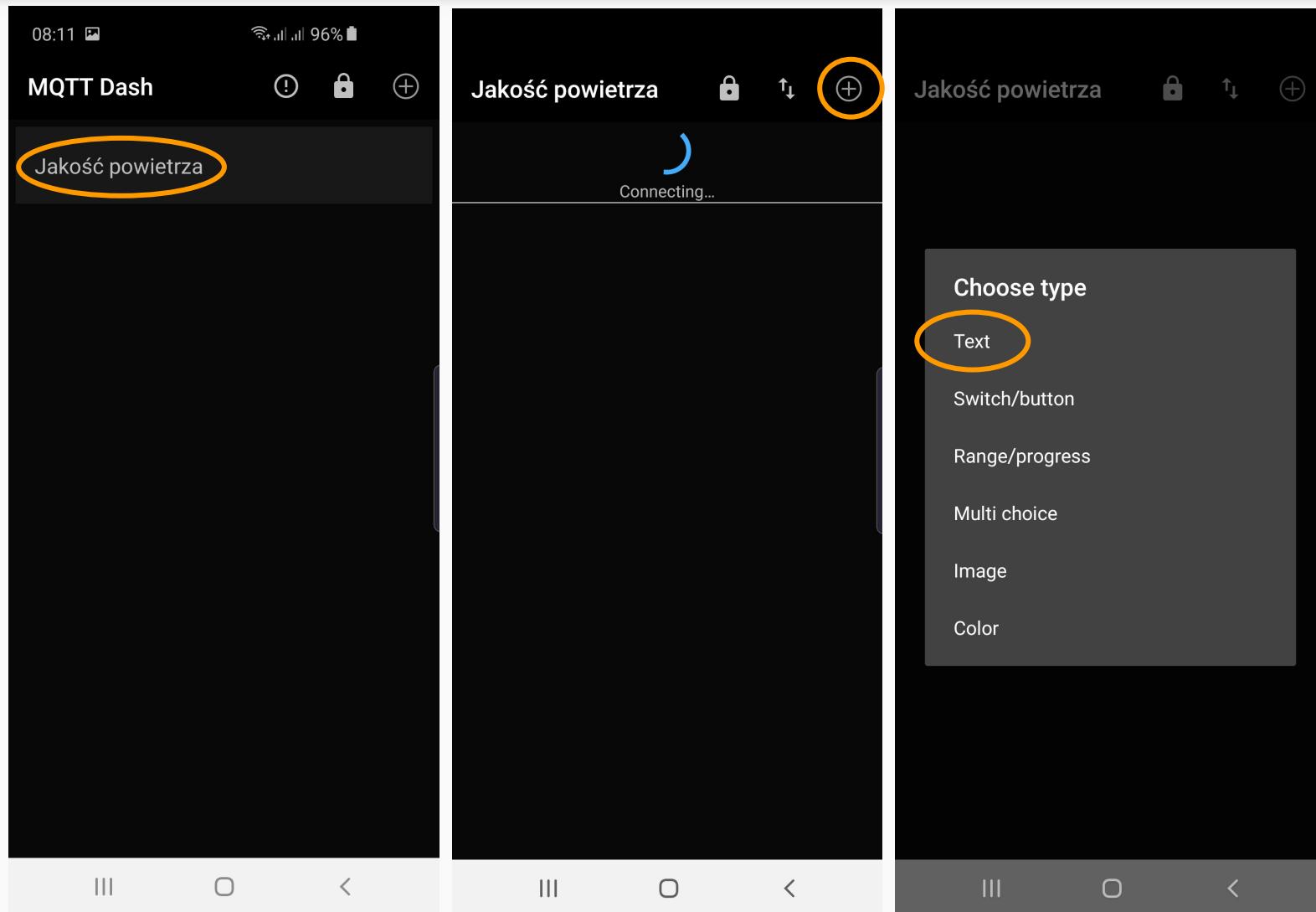
Popularna aplikacja (klient) na platformę Android: MQTT Dash



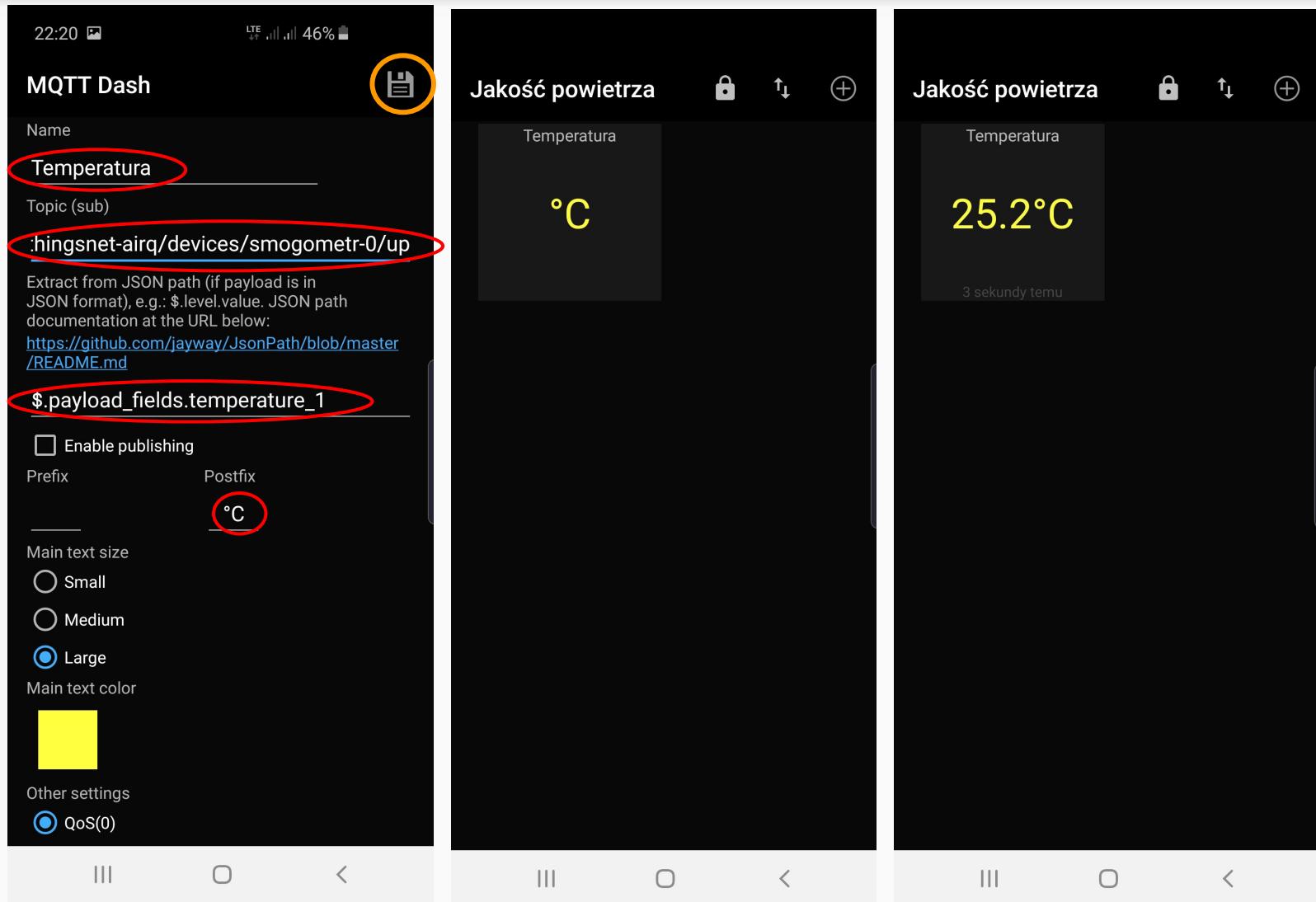
Wykorzystanie Data API (MQTT) - MQTT Dash



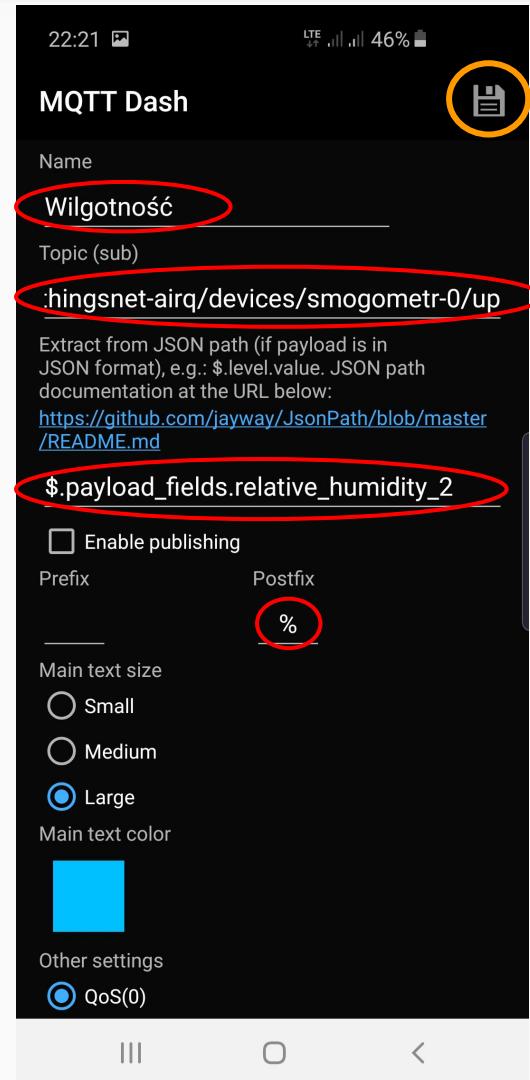
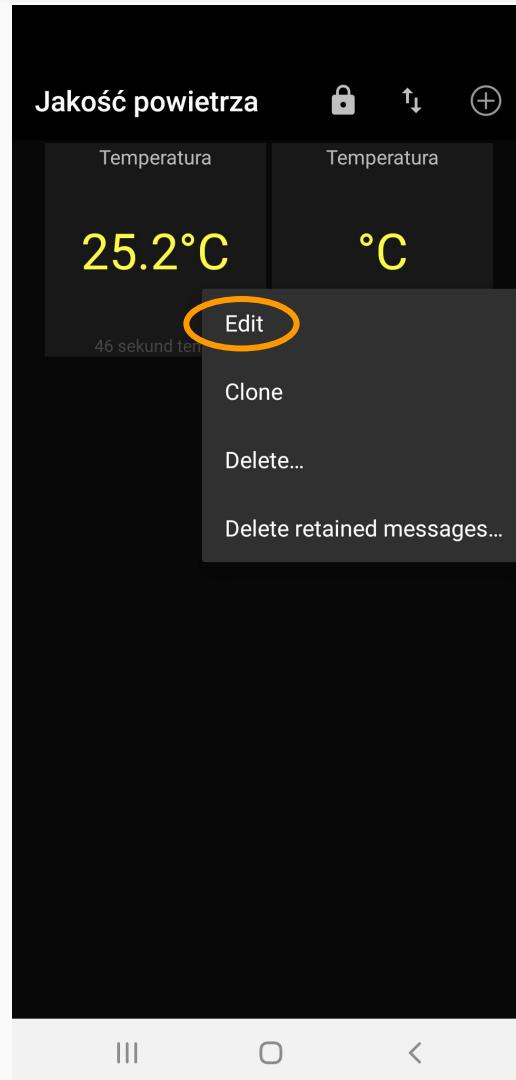
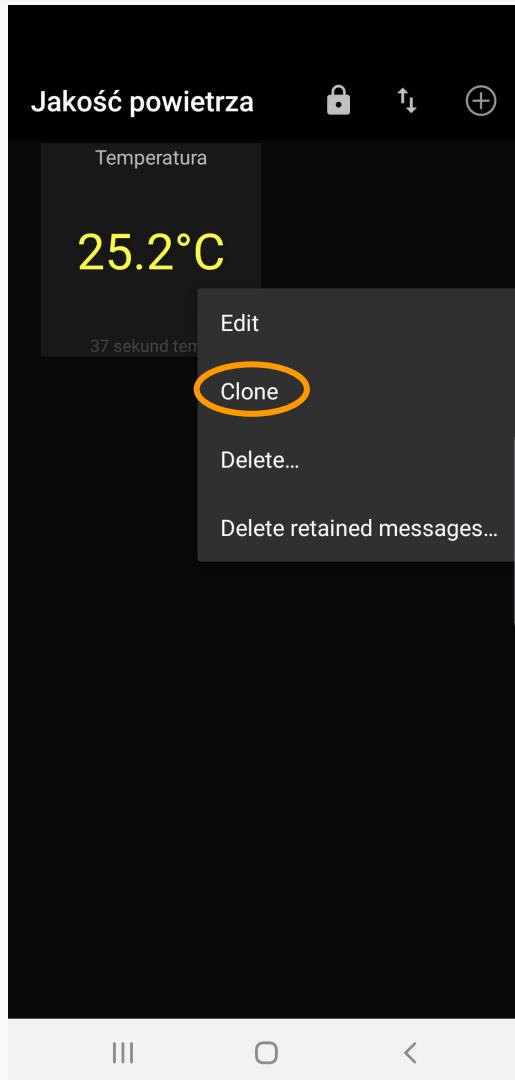
Wykorzystanie Data API (MQTT) - MQTT Dash c.d.



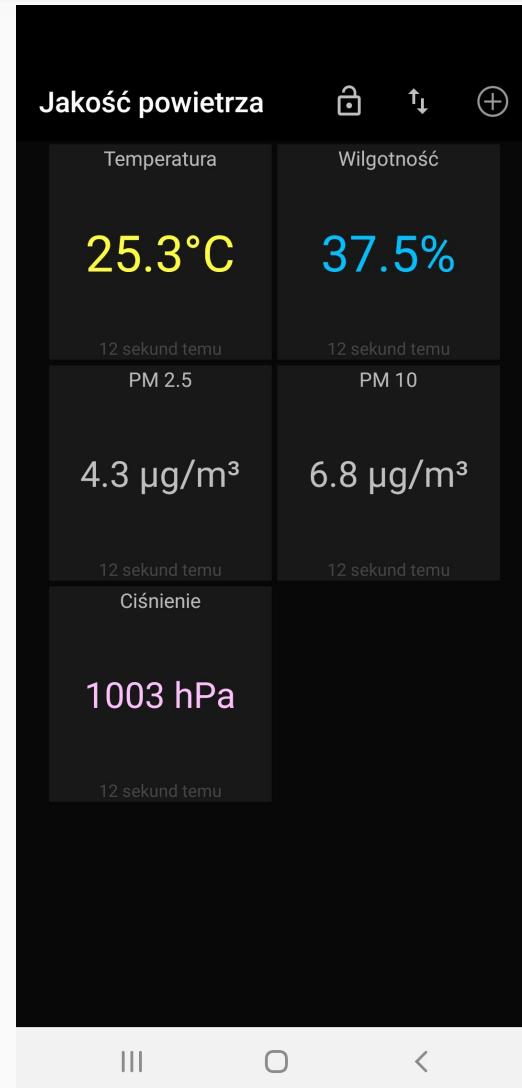
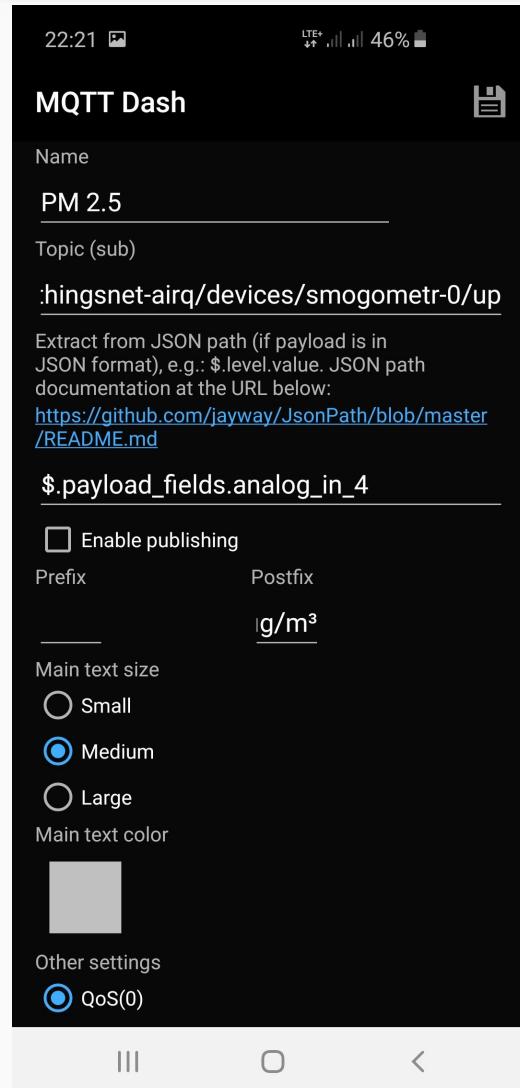
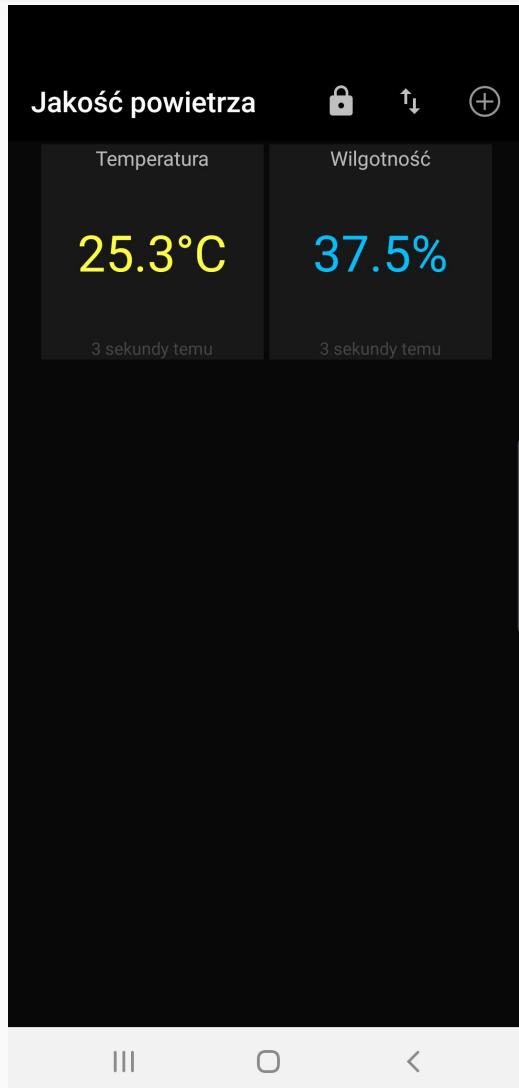
Wykorzystanie Data API (MQTT) - MQTT Dash c.d.



Wykorzystanie Data API (MQTT) - MQTT Dash c.d.



Wykorzystanie Data API (MQTT) - MQTT Dash c.d.



?



Dziękujemy za udział
w warsztatach

mariusz.r.kubas@gmail.com

thethingsnetwork.org/community/bydgoszcz

g.skorupa@gmail.com

thethingsnetwork.org/community/lodz