

LoRaWan

проф. д-р инж. Венета Алексиева

Основни моменти

- История
- Същност
- Топология
- Стандарти
- Формат на данните

История

- LoRaWAN 1.0 – януари 2015г
- LoRaWAN 1.0.1 – 2016г
- LoRaWAN 1.0.2 – 2016г.
- През 2017г. се добавят устройства клас В
- LoRaWAN 1.0.3 – 2018г.
- LoRaWAN 1.0.4 – октомври 2020г.

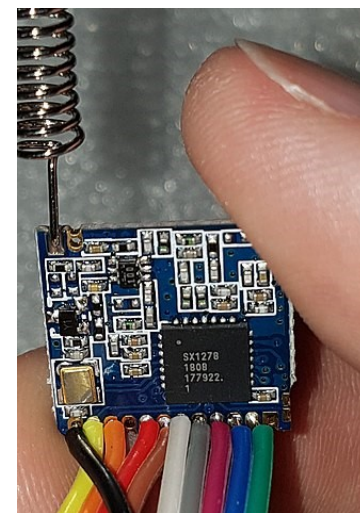
LoRa Alliance

- Създадена 2015г.
- Над 500 членове (IBM, Cisco...)
- 2018г. – 100 LoRaWan мрежи в 100 държави
- 2021г. – 163 държави, между 27 от тях има реализиран роуминг
- Сертифицира устройства за LoRaWAN®

LoRa - същност

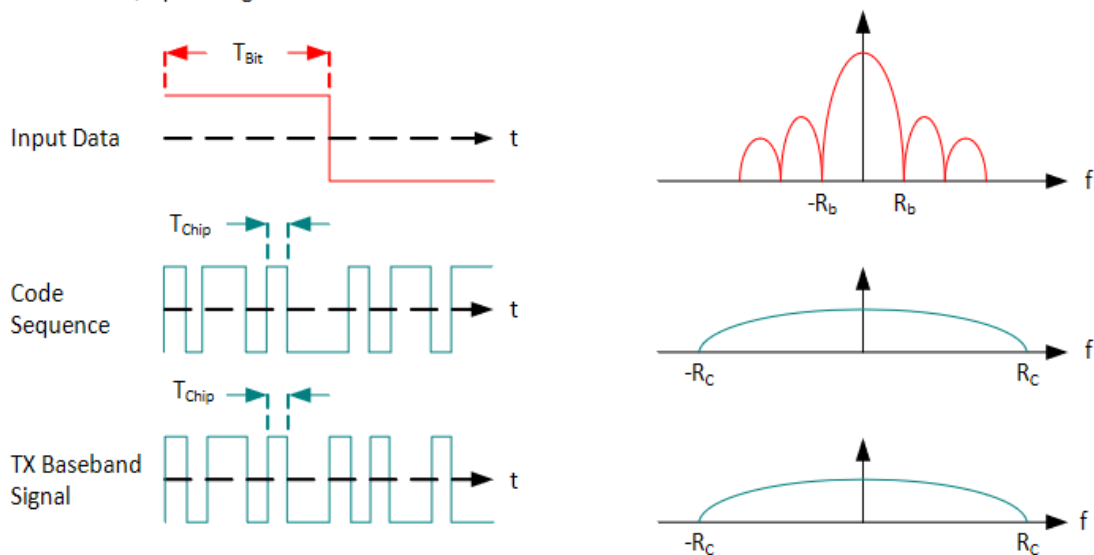
LoRa (Long Range) е патентована техника от *Semtech* за модулация за WAN мрежа с ниска мощност.

- LoRa позволява предаване на далечни разстояния с ниска консумация на енергия.
 - До 15км в селски райони
 - До 2км в градски райони
- Техниката за модулация е подобна на разширен спектър с chirp spread spectrum (CSS).
- Разработена е от Cycleo of Grenoble, Франция и придобит от Semtech, член-основател на LoRa Alliance.
- Устройствата LoRa имат възможности за геолокация.

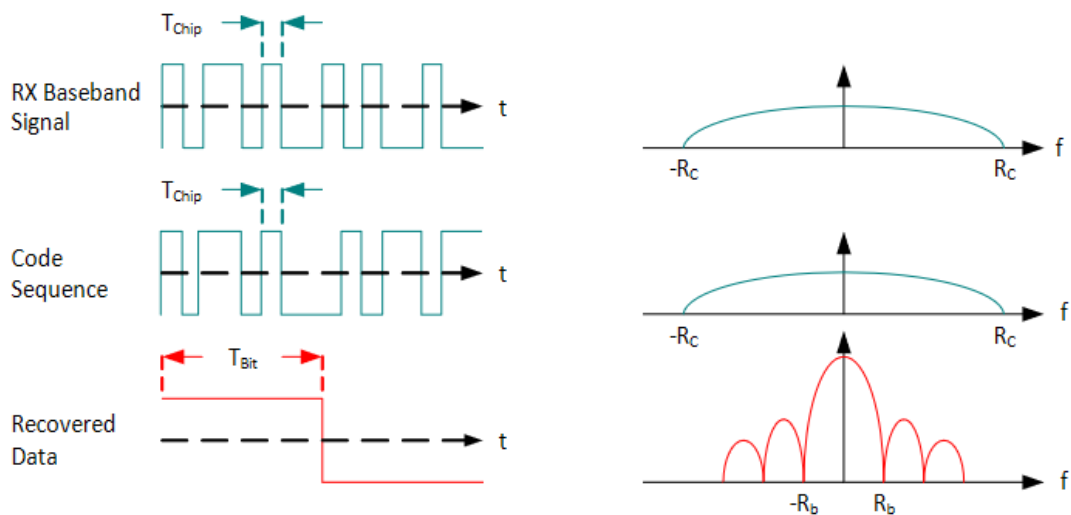


LoRa модуляция/демодуляция

Modulation / Spreading



Demodulation / De-spreading



Стандарти

- DASH7 (от 2009г., базиран на ISO/IEC 18000-7, от DASH7 Alliance)– отворена алтернатива на LoRa за автоматизации, индустрия и военни цели, последна версия от 2017г. v1.1
- IEEE 802.11ah – стандарт за low-power long-range
- Helium Systems – патентован протокол през 2013г., който е подобен на LoRaWAN, за peer-to-peer мрежи управляван с Helium Blockchain
- За сензорни мрежи:
 - MIoTy - Sub-GHz LPWAN, Стандартизиран в TS 103 357 ETSI
 - NB-IoT (Narrowband Internet of Things), фокусира се специално върху покритието на закрито, ниска цена, дълъг живот на батерията и висока плътност на връзката. Работи с LTE.
- RFC9011- SCHC over LoRaWAN
- RFC 8724 за low-power wide-area networks (LPWAN)

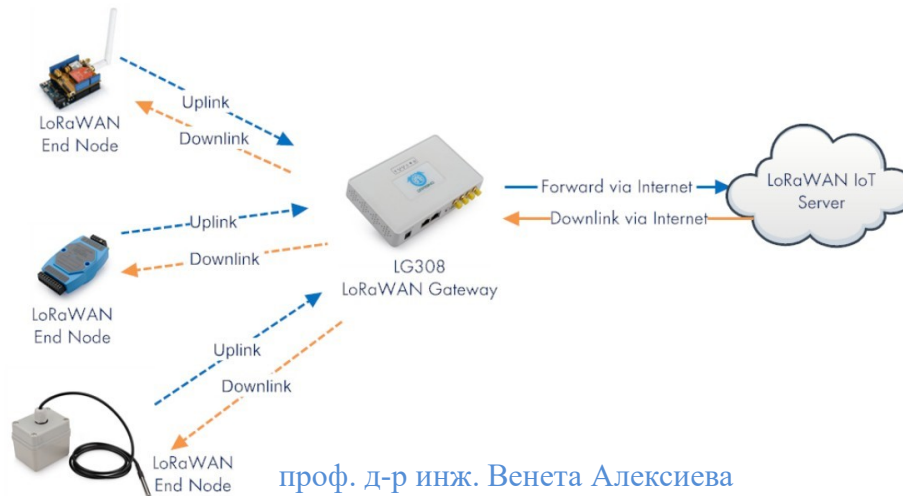
Static Context and Header Compression (SCHC)

- SCHC е създадена от Aklío за LPWAN, за да:
 - Елиминира Overhead поради високото повторение на моделите на съобщенията
 - същевременно гарантира корекция на грешките.
 - стандартизира транспортирането на IP пакети през LoRaWAN мрежа с режими на фрагментация, адаптирани към всеки от съществуващите класове устройства, работещи по протокола LoRaWAN.
- SCHC е от основно значение при определянето на метода за пренос на IP трафик.
- SCHC през LoRaWAN включва динамично разпределение на IP адреси, което се променя с всяка сесия, за да осигури изисквания за високо ниво на сигурност, необходими за работа в Интернет.

LoRaWAN

- LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) е мрежа, изградена на LoRa технология с голям обхват (над 10км).
- Вид LPWAN (Low Power Wide Area Network).
- Предава данните криптирано с AES-128.
- Може да постигне скорост на предаване на данни между 0,3 kbit /s и 27 kbit /s в зависимост от фактора на разпространение.

LG308 In a LoRaWAN IoT Network:



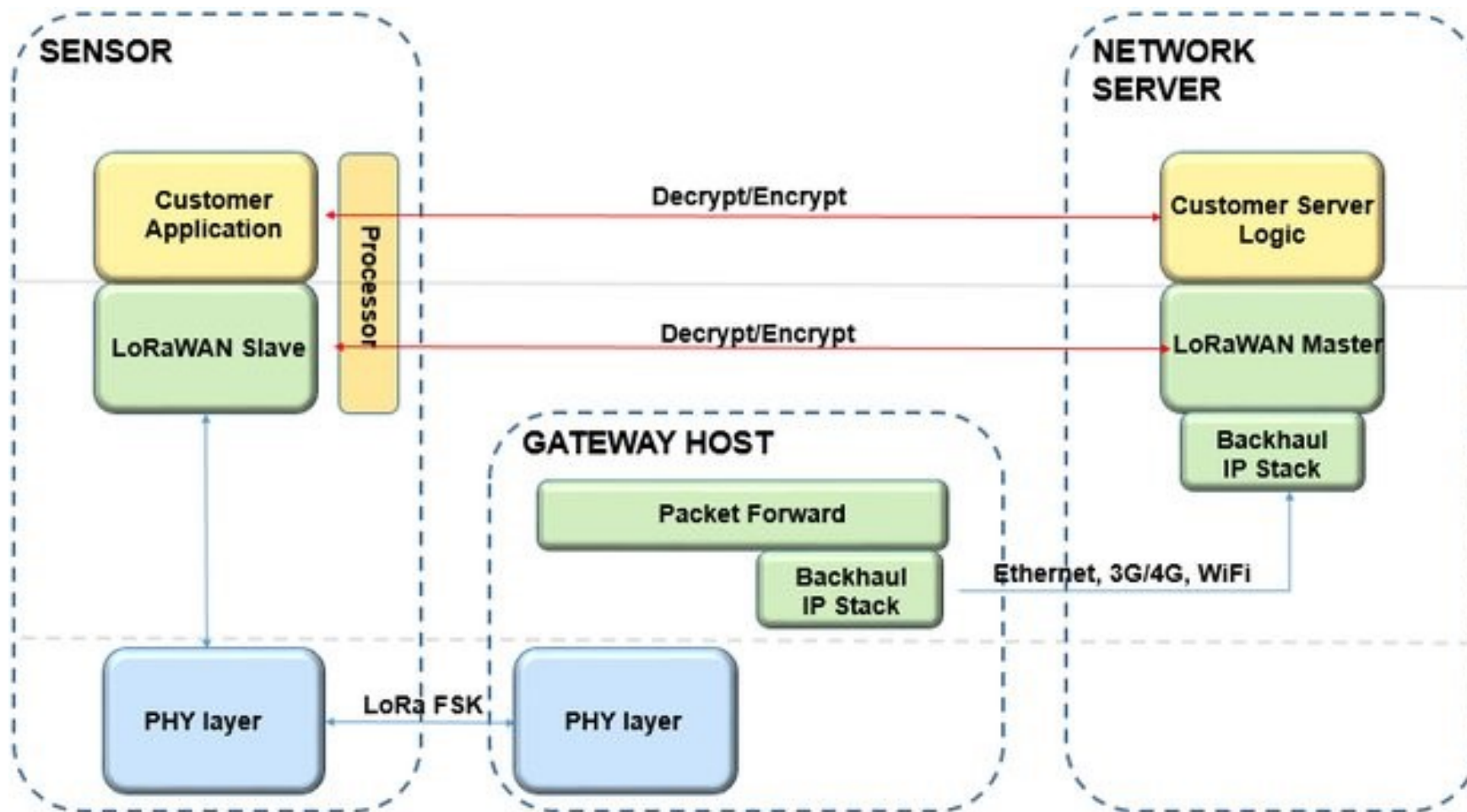
Приложение на LoRa

- Challenge-1 е първият сателит с LoRa, специализиран за IoT на територията на Тунис. Изстрелян е на 22.03.2021 от Байконур. Произведен е от TelNet.
- Amazon Sidewalk е протокол за безжична комуникация на дълго разстояние с ниска честотна лента, разработен от Amazon през 2019г. Той използва Bluetooth Low Energy за комуникация на къси разстояния, и 900MHz LoRa и други честоти за по-големи разстояния. (към 01.06.2021г още няма разработени хардуерни устройства за мрежа с този протокол)
- За IoT- в Глазгоу, Аржентина, Бразилия, Естония, и в Африка – IoT4Africa

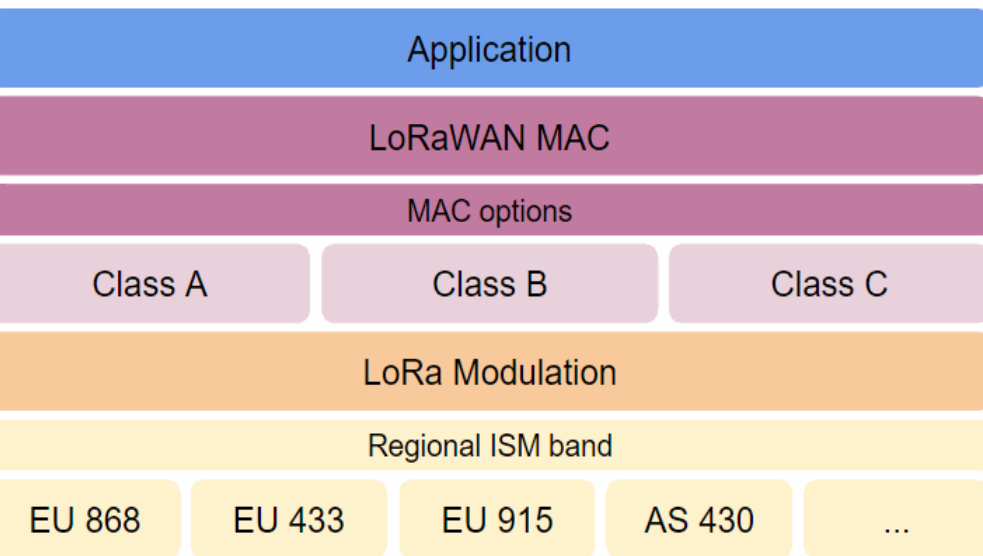
Приложения

- Smart паркиране
- Smart осветление
- Сигурност на дома
- Детектори за пожар
- Проследяване на корабни товари
- Мониторинг на замърсяването на въздуха
- Управление на отпадъци
- Обработка в селското стопанство
- За предсказване на бедствия

LoRaWAN архитектура



LoRaWAN и OSI модел



- LoRa е на физическия слой
- LoRaWAN е протокол който работи на представителния, сесийния и транспортния слой

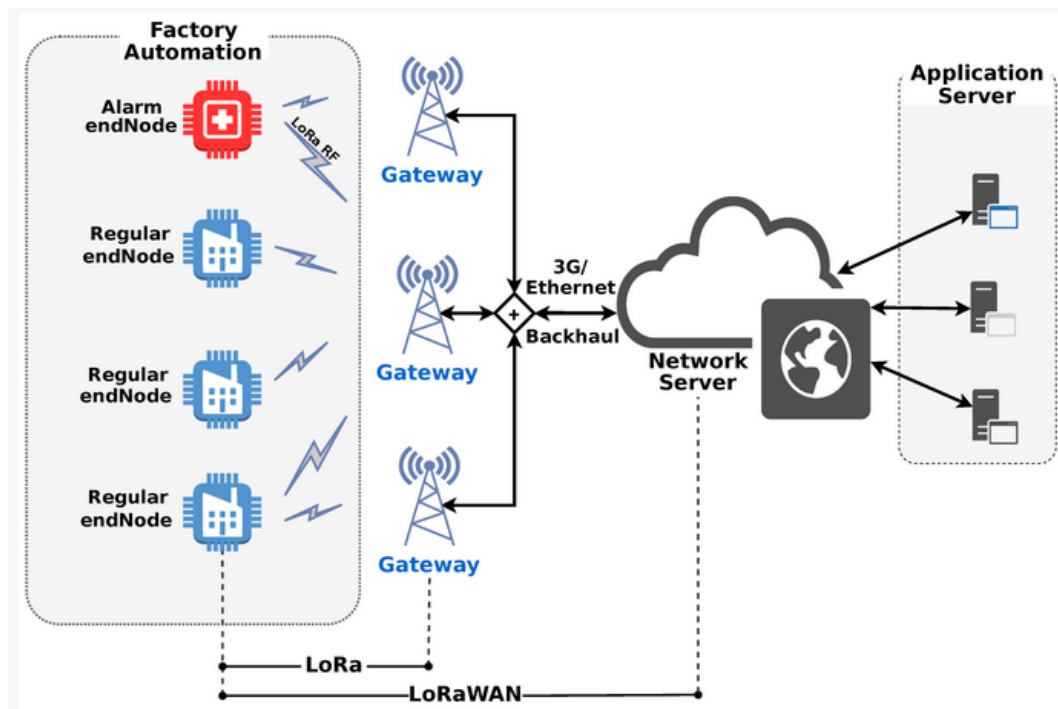
LoRa Физически слой

- LoRa използва безлицензионни радиочестотни обхвати :
 - 433 MHz и 863-870 MHz (Европа),
 - 915-928 MHz (Австралия и Северна Америка),
 - 865-869 MHz (Индия)
- Скоростта, с която се изпраща информацията за разпространението, се нарича symbol rate.
- LoRa може да предава чувствителни на закъснения данни с фиксирана честотна лента на канала, като избира $\text{radio parameter} = 6-12$.
- Броят на модулациите е $M=2^{\text{SF}}$
- При по-нисък spreading factor (SF) се изпращат повече данни в секунда. По-високият SF означава по-малко данни в секунда, т.е. за определен обем данни при по-висок SF те ще се предават по-дълго време и ще се консумира повече енергия от модема на изпращача, но пък дава на приемника възможност да бъде по-чувствителен.
- LoRa използва кодиране за корекция на грешки

LoRaWan горни мрежови слоеве

- LoRaWAN дефинира комуникационния протокол и системната архитектура за мрежата, докато физическият слой LoRa позволява комуникация на голямо разстояние.
- LoRaWAN е протокол от cloud-based MAC ниво. Отговаря за управлението на комуникационните честоти, скоростта на предаване на данни и мощността на всички устройства.
- LoRaWAN е маршрутизиращ протокол от мрежовия слой за управление на комуникацията между LPWAN gateway и крайни устройства.

Начин на работа

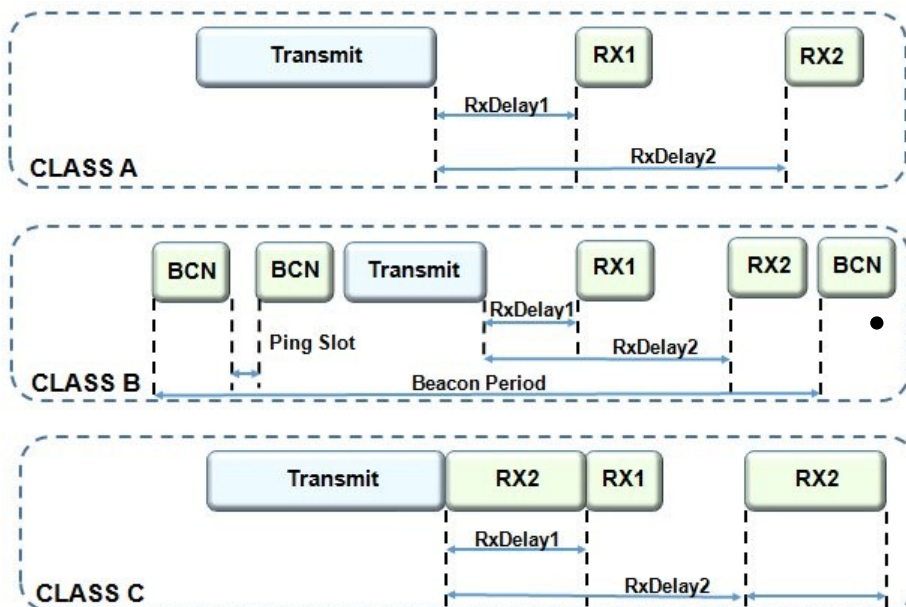


- Данните, предадени от крайно устройство, се получават от множество gateways, които препращат пакетите данни към централизиран мрежов сървър.
- След това данните се препращат към сървърите на приложения.
- Технологията показва висока надеждност при умерено натоварване, но има някои проблеми с производителността, свързани с изпращането на потвърждения.

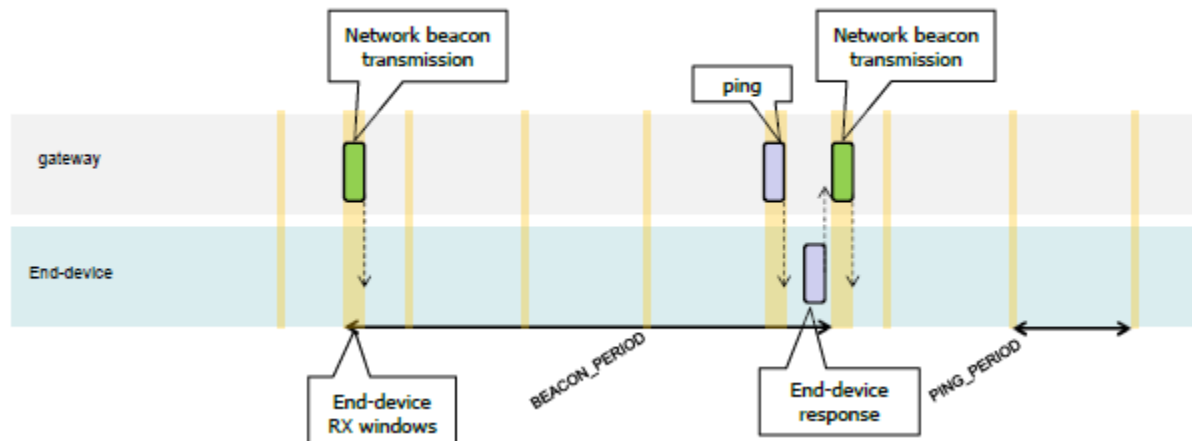
Крайни устройства

LoRaWAN дефинира крайните възли като:

- клас А – с батерия, поддържат bidirectional комуникация, като изпращането е задължително и може да се прати по всяко време. После се отварят два downlink windows - за потвърждение и за команди от мрежовия сървър.
- клас В – с батерия, различава се от клас А, защото добавя и планиране на downlink windows от мрежовия сървър с изпращане на beacon от GW, който информира, че крайното устройство слуша.
- клас С – в ел.мрежа, различава се от клас А, защото държи прозореца за downlink windows от мрежовия сървър отворен в останалото време, в което не предава в посока из.

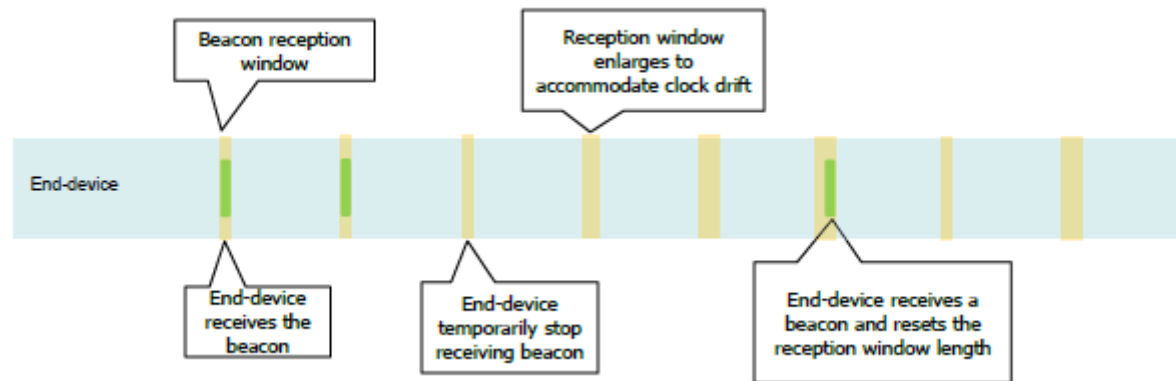


beacon reception slots & ping slots



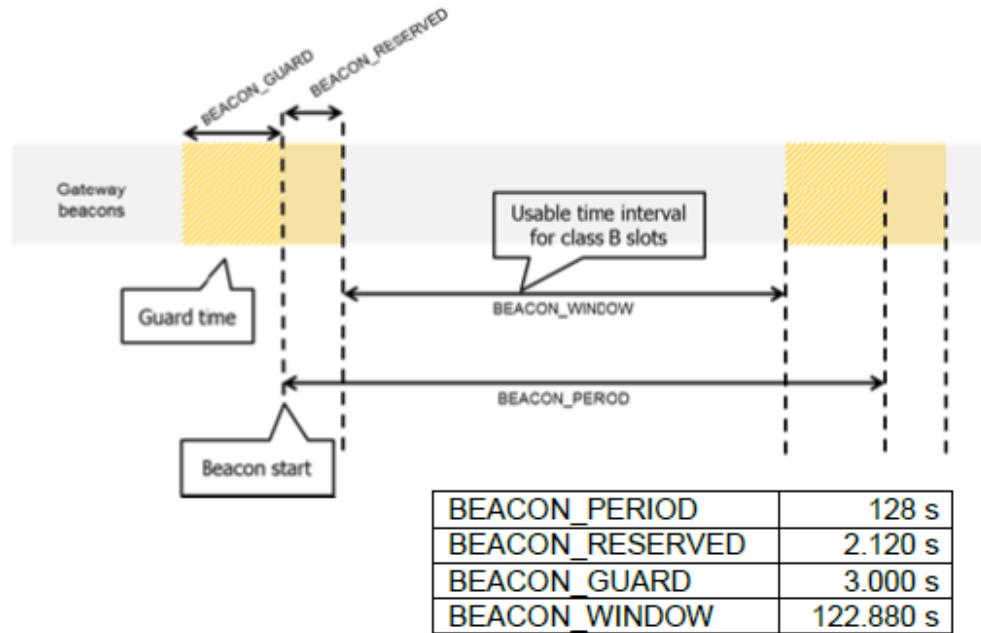
- beacon period = 128s
- ping-slot reception window е на всеки 32s
- През повечето време този ping слот не се използва от мрежовия сървър и прозорецът за приемане на крайното устройство се затваря веднага щом предавателят е преценил, че в радиоканала няма преамбюл.
- Ако се открие преамбюл, приемникът ще остане включен, докато рамката на down връзката не бъде демодулирана.
- След това MAC слой ще обработи кадъра, ще провери дали неговото адресно поле съвпада с адреса на крайното устройство и дали MIC е валиден, преди да го препрати към слоя на приложението. Отговорът на крайното устройство е незадължителен (предава се от устройство клас A).

Beaconless работа на крайните устройства



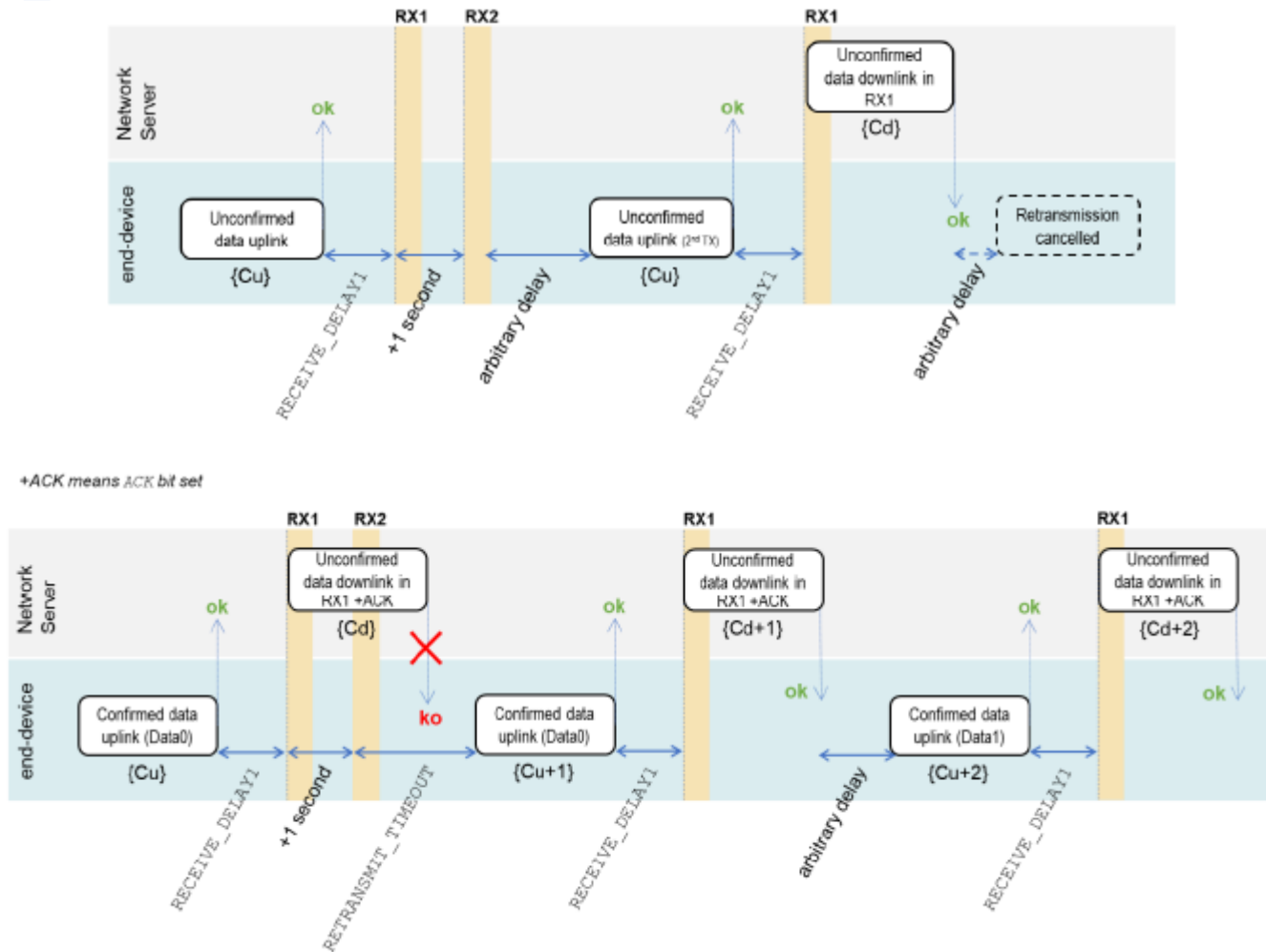
- В случай на загуба на beacon, крайното устройство ТРЯБВА да може да поддържа работа като клас В в продължение на 2 часа (120 минути), след като получи последния beacon.
- То разчита на собствения тактовия генератор , за да запази тактуването.
- По време на работа без beacon при устройства клас В, unicast, multicast и beacon reception slots прогресивно се разширяват, за да се съобразят с възможното отклонение от тактовия генератор на крайното устройство.

Class B Downlink Slot Timing

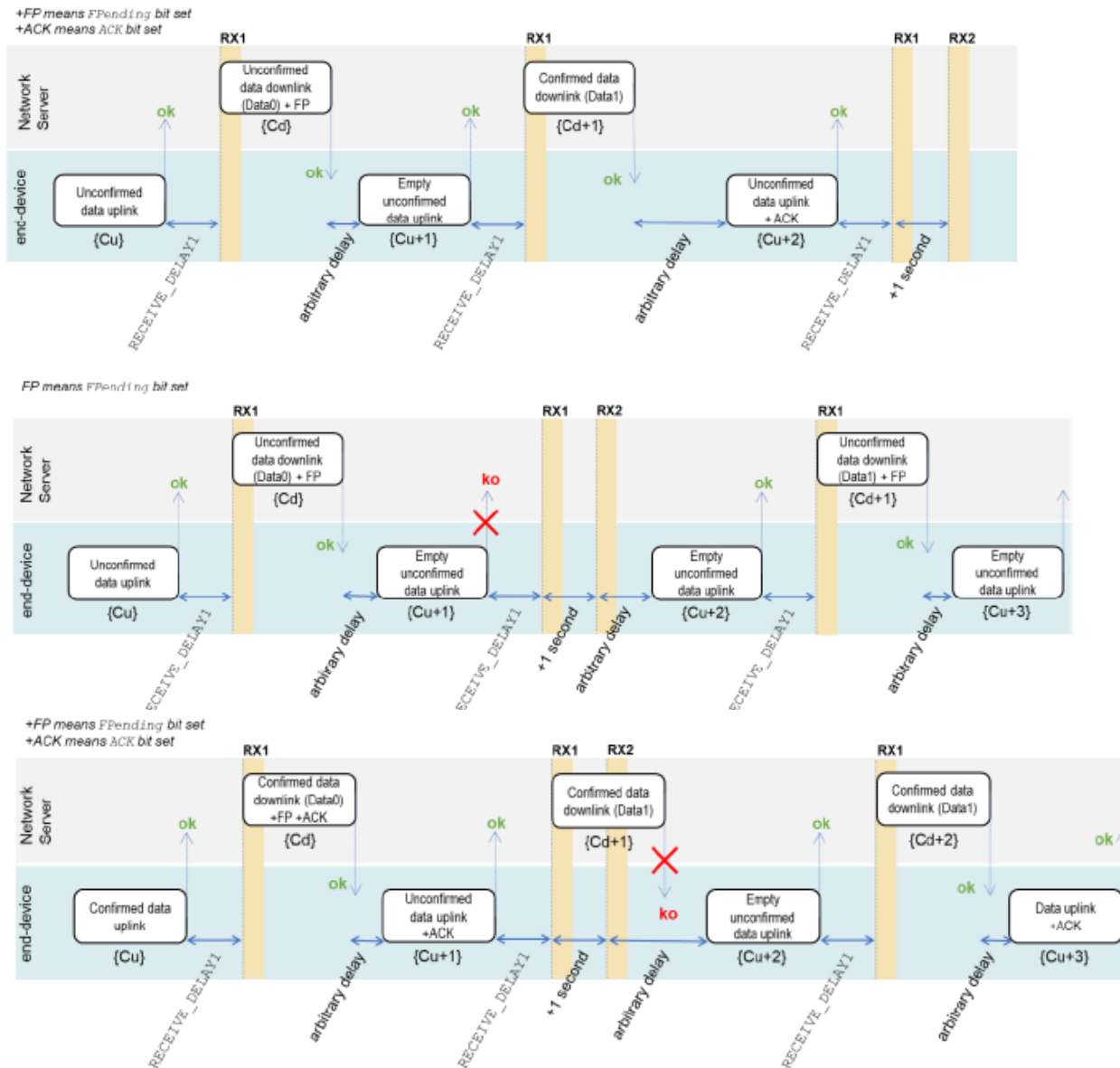


- За да работят успешно клас В, крайните устройства ТРЯБВА да отворят слотове за приемане в точни моменти по отношение на beacon на инфраструктурата.
- BEACON_GUARD съответства на времето в ефир на най-дългия разрешен кадър. Това е да се гарантира, че down връзка клас В, инициирана по време на ring слот непосредствено преди интервала от време BEACON_GUARD, винаги ще има време да завърши, без да се сблъска с предаването на beacon.
- Използваемият времеви интервал за ring слот обхваща от края на интервала от време BEACON_RESERVED до началото на следващия интервал от време BEACON_GUARD.

Uplink за клас С устройства

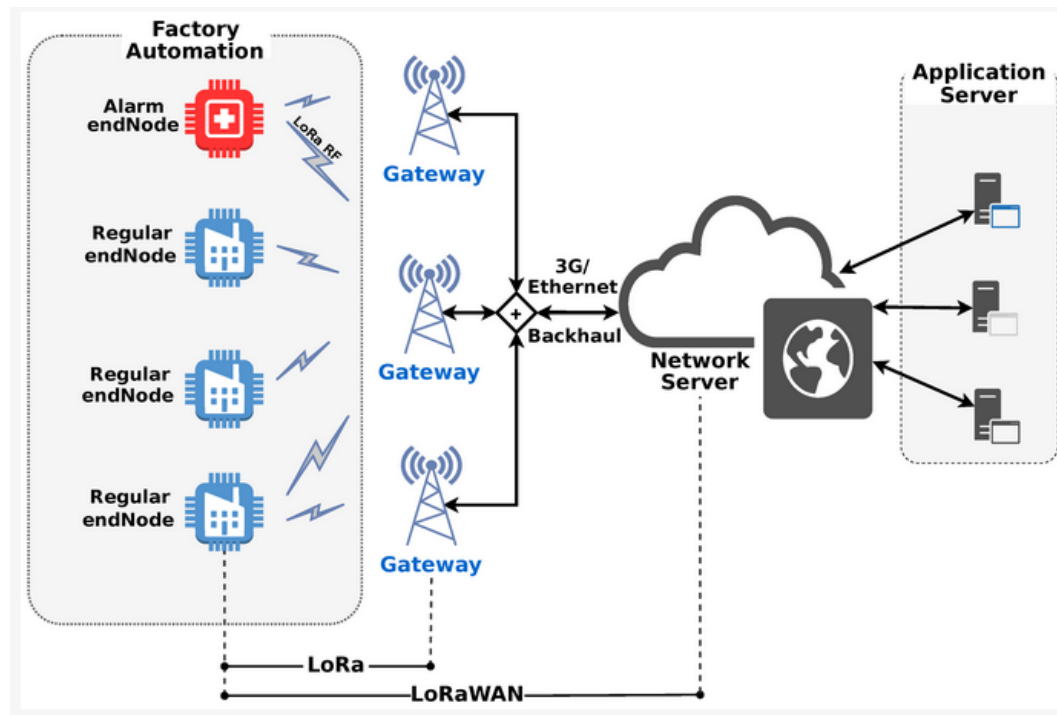


Downlink за клас С устройства

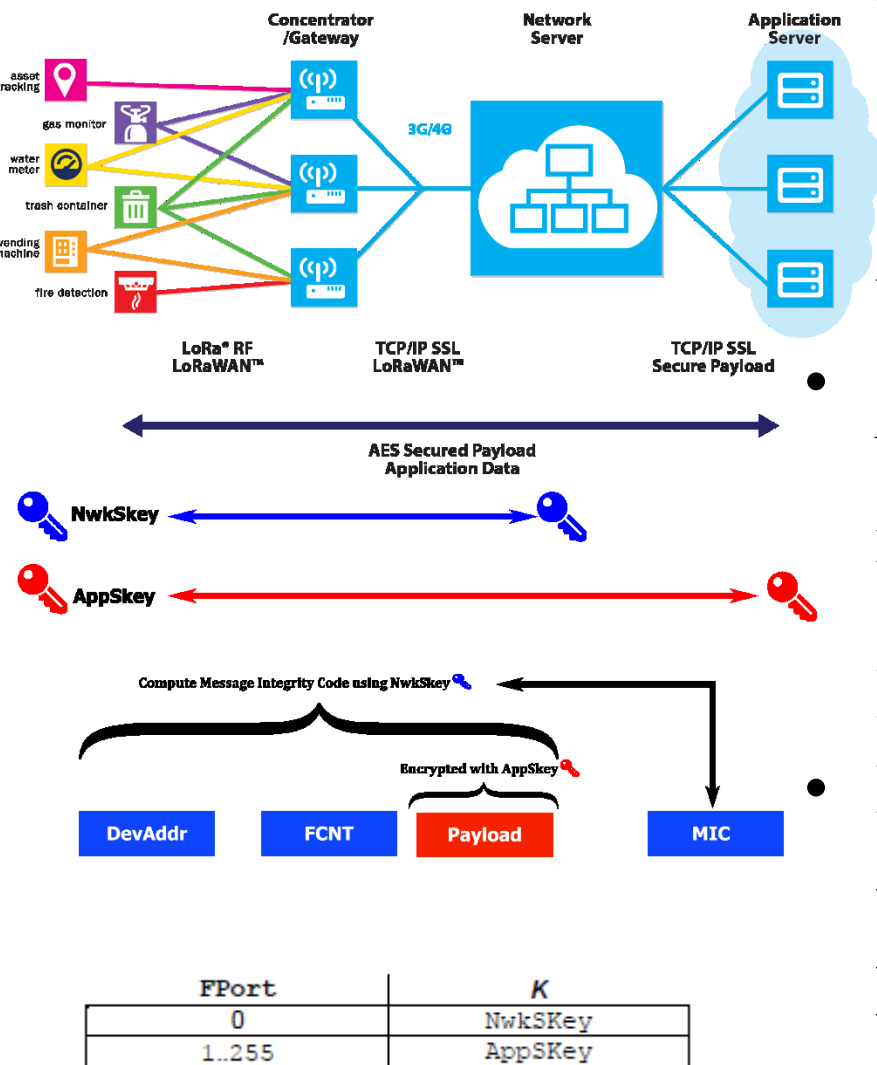


LoRaWAN топология

- Star топология (hub and spoke)
- Публични и частни мрежи

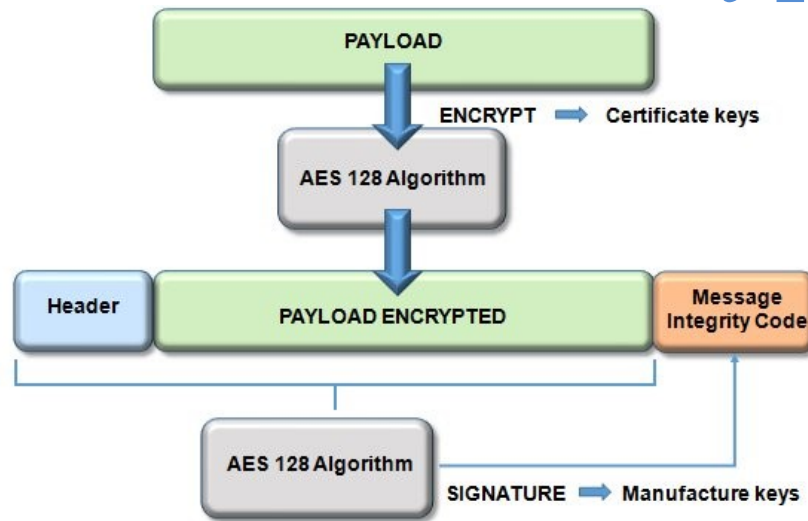


LoRaWan сигурност



- LoRaWAN използва два типа симетричен сесиен ключ за сигурност на комуникацията, които са уникални за всяко LoRa устройство.
- Ключът за мрежова сесия NwkKey се използва за гарантиране на целостта на съобщението от устройството до LoRa Network Server.
- Ключът за сесия на приложения AppKey се използва за цялостно AES-128 криптиране от устройството до сървъра за приложения.

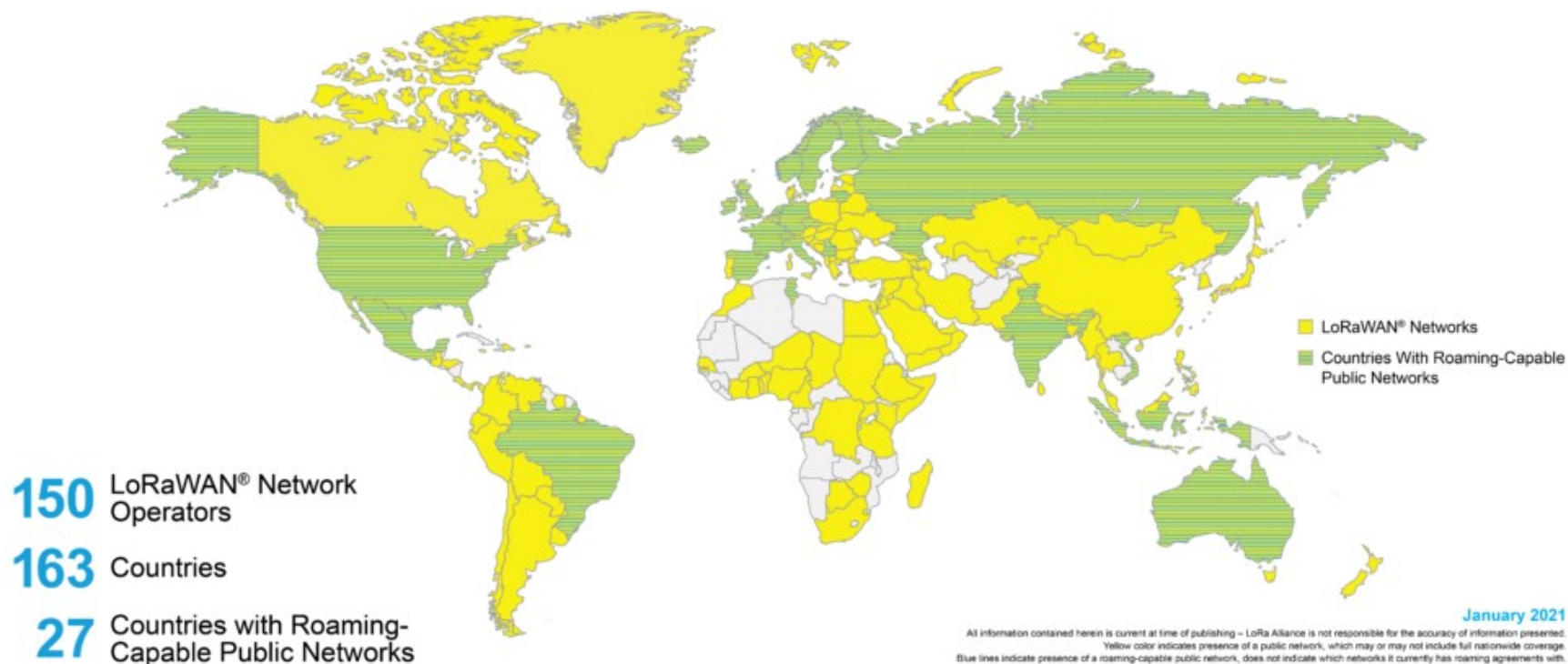
LoRaWan сигурност



- Устройствата имат два начина да се присъединят към мрежата:
 - ОТАА(Over-the-Air-Activation). Устройствата обменят 128-битов AppKey. Когато устройството изпрати заявка за присъединяване, AppKey се използва за създаване на код за интегритет на съобщението (MIC-Message Integrity Code), след което сървърът проверява MIC с AppKey. Ако проверката е валидна, сървърът създава два нови 128-битови ключа-AppSkey и NwkSkey. Тези ключове се изпращат обратно към устройството, като се използва AppKey като ключ за криптиране. Когато ключовете бъдат получени, устройството дешифрира и инсталира двата сесийни ключа.
 - АВР (Activation by Personalization). В този случай ключовете на сесията на устройството се вмъкват от потребителя, поради което е възможно да има проблеми със сигурността.

LoRaWan роуминг

Availability of LoRaWAN® Networks and Roaming Capability



<https://lora-alliance.org/>

QoS

Priority Level	Information type
Highest	MAC answers
	New MAC commands
Lowest	Application payload

- МАС командите, които изискват отговор от мрежата, изтичат след изтичането на прозореца от клас А.
- МАС командите се потвърждават от приемащия край в същия ред, в който са били предадени.
- Отговорът на всяка МАС команда се добавя последователно към буфер. На всички МАС команди, получени в един кадър, ТРЯБВА да се отговори в един кадър, т.е. буферът, съдържащ отговорите, ТРЯБВА да бъде изпратен в един кадър.
- Ако предавателят има комбинация от полезен товар на приложение и МАС отговори или нови МАС команди за изпращане и те не могат да се поберат в същия кадър, приоритетът за включване на информация в кадъра е показан по-долу. В рамките на един кадър предавателят ТРЯБВА да изпрати цялата информация с по-висок приоритет, преди да изпрати информация с по-нисък приоритет.
- Ако МАС командният буфер е твърде голям, за да се побере в рамката, предавателят ТРЯБВА да съкрати буфера в края на последната МАС команда, която може да се побере в рамките.
- Във всички случаи, пълният списък с МАС команди ТРЯБВА да бъде изпълнен от получателя, дори ако буферът, съдържащ отговора на МАС, трябва да бъде съкратен.

Въпроси ?

Благодаря за вниманието !