STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA ELEKTROTECHNICKÁ

Brezová 2, 921 01 Piešťany

**Vlastný projekt**

**Funkčný prototyp Internetu vecí (IoT)**

riešiteľ:

**Piešťany**  **Tomáš Tarina**

2023 **ročník štúdia:** štvrtý

STREDNÁ PRIEMYSELNÁ ŠKOLA ELEKTROTECHNICKÁ

Brezová 2, 921 01 Piešťany

**Vlastný projekt**

**Funkčný prototyp Internetu vecí (IoT)**

**časť**

**Návrh a technická realizácia prostredia Raspberry Pi a komunikácie zariadení**

riešiteľ:

**Piešťany**  **Tomáš Tarina**

2023 **ročník štúdia:** štvrtý

školitelia:

Ing. Jozef Dragula, Ing. Igor Dančík, MBA

**Čestné vyhlásenie**

Vyhlasujem, že prácu stredoškolskej odbornej činnosti na tému „Využitie LoRa sietí v bežnom živote“, som vypracoval sám, s použitím uvedenej literatúry a konzultácií s uvedenými konzultantmi. Prácu som neprihlásil a ani neprezentoval v žiadnej inej súťaži, ktorá je pod gestorstvom MŠMVVaŠ SR. Som si vedomý dôsledkov, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Piešťanoch .....................................

Tomáš Tarina

**Poďakovanie**

Chcel by som sa poďakovať pánovi Ing. Jozefovi Dragulovi za poskytnutie priestorov na prácu a jeho strávenému času po vyučovaní. A pánovi Igorovi Dančíkovi za poskytnutie zariadení a drahocennú podporu pri tvorbe tejto práce.

**Obsah**

[1 Úvod 6](#_Toc132611872)

[1.1 Rámec projektu 6](#_Toc132611873)

[1.2 Zadanie časti vytvorenie prostredia pre komunikácia Senzor – GW – LoRaWAN 7](#_Toc132611874)

[2 Ciele práce 8](#_Toc132611875)

[3 Teoretická časť 9](#_Toc132611876)

[3.1 IoT 9](#_Toc132611877)

[3.1.1 Čo je to IoT? 9](#_Toc132611878)

[3.1.2 Naše IoT riešenie 10](#_Toc132611879)

[3.1.3 Funkcionalita IoT 10](#_Toc132611880)

[3.2 Senzory 10](#_Toc132611881)

[3.2.1 Environmentálny senzor RAK7204 WisNode Sense Home 11](#_Toc132611882)

[3.2.2 Smetný senzor Dingtek DF703 11](#_Toc132611883)

[3.2.3 Batérie v senzoroch 12](#_Toc132611884)

[3.3 LoRa 12](#_Toc132611885)

[3.3.1 LoRa Gateway 13](#_Toc132611886)

[3.4 MQTT 13](#_Toc132611887)

[3.5 CPU Raspberry Pi s Raspbian OS 14](#_Toc132611888)

[3.6 The Things Network (TTN) a LoraWAN 14](#_Toc132611889)

[4 Praktická časť 15](#_Toc132611890)

[4.1 Inštalácia OS na Raspberry Pi 15](#_Toc132611891)

[4.1.1 Vzdialené ovládanie Raspberry Pi cez VNC 15](#_Toc132611892)

[4.1.2 Zariadenie M2M Lora Hat GW-01 16](#_Toc132611893)

[4.2 Registrácia gateway do TTN 17](#_Toc132611894)

[4.3 Nastavenie parametrov senzorov 18](#_Toc132611895)

[4.3.1 Enviromentálny senzor RAK7204 18](#_Toc132611896)

[4.3.2 Smetný senzor DF703 18](#_Toc132611897)

[4.4 Vytvorenie aplikácie pre príjem dát zo senzorov v TTN 18](#_Toc132611898)

[4.5 Sprístupnenie dát 19](#_Toc132611899)

[5 Výsledky a diskusia 20](#_Toc132611900)

[6 Zhrnutie 21](#_Toc132611901)

[7 Záver 21](#_Toc132611902)

[8 Zoznam použitej literatúry 22](#_Toc132611903)

[9 Prílohy práce SOČ 22](#_Toc132611904)

**Zoznam použitých obrázkov**

[Obrázok 1 Naše IoT riešenie 10](#_Toc128583109)

**Zoznam použitých tabuliek**

[Tabuľka 1 Rozdelenie projektu 7](#_Toc128583103)

[Tabuľka 2 Výsledky práce 20](#_Toc128583104)

# Úvod

## Rámec projektu

**„Rámec projektu” je spoločnou kapitolou  pre obe časti projektu, t.j. časť „Užívateľské spracovanie IoT dát“ a časť „Návrh a technická realizácia prostredia Raspberry Pi a komunikácie zariadení.“**

Cieľom projektu je získanie znalosti v oblasti IoT, prostredníctvom vytvorenia funkčného prototypu IoT riešení pre **monitoring ovzdušia** a **monitoring plnenia (smetnej) nádoby).**

Vytvorenie riešenia predstavuje postup pozostávajúci minimálne z krokov:

* Oboznámenie sa s princípmi a štandardami problematiky IoT,
* Návrhu prostredia a výberu technológii pre ich realizáciu
* Postupná realizácia jednotlivých komponentov riešenia
* Uvedenie do prevádzky a dokumentácia riešenia

Riešenie ma zabezpečovať:

* Nasadenie senzorov pre monitoring vybraných sledovaných veličín
* Prenos do senzorických dát do centrálneho spracovania riešenia
* Používateľskú funkčnosť pre monitoring a notifikáciu sledovaných veličín
* Dokumentáciu postupu a výsledkov projektu

Riešenie sa obmedzuje na prenos telemetrických dát od senzora u užívateľovi

(upstream), nerieši prenos dát smerom ku senzorom pre ich riadenie a parametrizáciu

(downstream).

Vzhľadom na široký rozsah problematiky a vysokú náročnosť pri tvorbe riešenia bolo zadanie rozdelené na 2 prelínajúce sa časti zabezpečované riešiteľmi:

Tomáš: nasadenie senzorov a prenos snímaných dát potrebnou centrálnou infraštruktúrou

Erik: vytvorenie používateľskej funkčnosti z dát získaný za bezpečných centrálnou infraštruktúrou projektu

Takto navrhnuté časti projektu predstavujú kompletné riešenie internetu vecí IoT, ktoré pre koncového používateľa zabezpečujú potrebné užívateľské funkcie a informácie. Okrem vzdelávacieho účelu projekt poskytuje možnosti praktického nasadeniea prototypu napríklad v prostredí:

monitoring ovzdušia: sledovanie ovzdušia v spoločných priestoroch školy, skleníku, apod.

monitoring plnenia (smetnej) nádoby: zber zeleného odpadu, veľkoobjemové smetné nádoby

Rozdelenie projektu a štruktúra dokumentácie:

|  |  |
| --- | --- |
| Úvodná časť (pre rozsiahlosť) rozdelená na 2 časti: |  |
| Základné princípy a štandardy IoT | Erik, |
| Návrh realizácie vybraných demonštračných prípadov | Tomáš |
| **Technická realizácia**: Základne prostredie RPi a komunikácia Senzor – GW – LoRaWAN | Tomáš |
| **Technická realizácia**: Demonštračný prípad- monitoring ovzdušia a monitoring plnenia smetnej nádoby | Erik |

Tabuľka Rozdelenie projektu

## Zadanie časti vytvorenie prostredia pre komunikácia Senzor – GW – LoRaWAN

V tejto práci je potrebné vytvoriť systémové prostredie pre Raspberry Pi, ktoré má slúžiť ako LoRa Gateway v našom prototype. Následne je potrebné gateway implementovať a uviesť do prevádzky. Po úspešnom uvedení gateway do prevádzky je potrebné ho zaregistrovať do TTN. Ďalším krokom je pripraviť oba senzory na pripojenie k nemu a pripojiť ich ku gateway. Po nastavení parametrov týchto senzorov sa vytvorí aplikácia v TTN kde budú dáta zo senzorov prijaté a následne spracované. Dáta musia byť dekódované do formy prístupnej cez API pre ďalšie spracovanie pre zobrazenie do užívateľského prostredia.

# Ciele práce

Cieľom je vytvorenie funkčného prototypu centrálneho riešenia pozostávajúceho

z LoRa GW s prepojením na LoRaWAN a pripojenie vybraných senzorov (1,2).

Senzory budú nasadené v laboratórnom prostredí, so špecifikáciou pre nasadenie do

reálneho prostredia. Funkčný prototyp bude poskytovať senzorické dáta, ktoré budú ukladane, spracované a využité v druhej časti projektu.

Pri tvorbe práce boli určené nasledujúce priebežné ciele:

* Vytvorenie prostredia Raspberry Pi
* Vytvorenie LoRa Gateway
* Spustenie LoRa Gateway
* Pripojenie Gateway do TTN
* Pripojenie senzorov a nastavenie ich parametrov
* Vytvorenie aplikácie pre príjem dát zo senzorov
* Nastavenie payload formatterov pre jednotlivé senzory

# Teoretická časť

## IoT

### Čo je to IoT?

Internet vecí (Internet of Things) je sieť prepojených objektov a zariadení (tzv. vecí), ktoré sú vybavené snímačmi a akčnými členmi (a inými technológiami), ktoré im umožňujú vysielať telemetrické (senzorické) dáta a  prijímať dáta pre akčné členy, ich parametrizáciu, alebo pre aktualizáciu funkčnosti zariadení (napríklad OTA aktualizácia firmware).

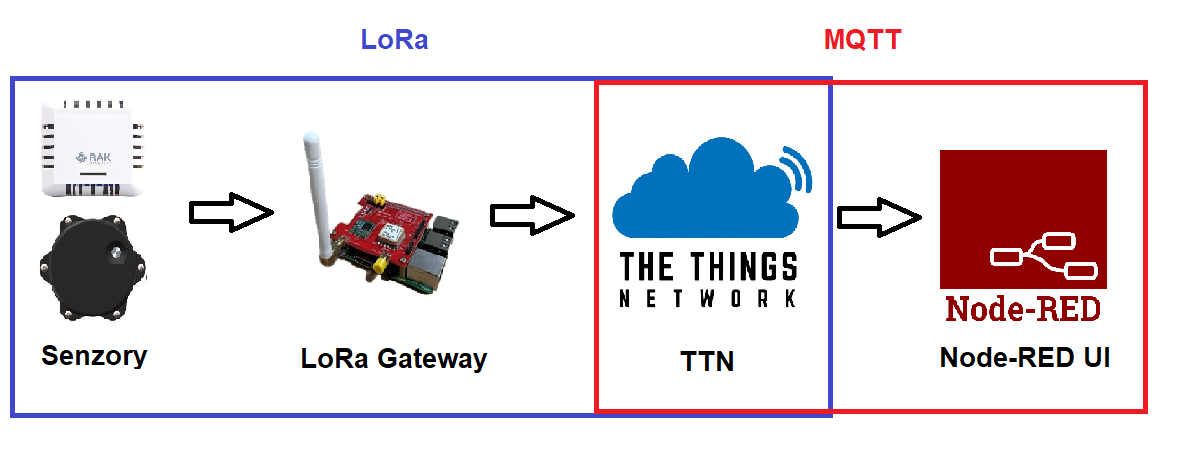
V súčasnosti je internet vecí všadeprítomný od domácej automatizácie, cez vedu a výskumné aplikácie až po mohutné nasadenie v priemyselnom prostredí (Industrial IoT). IoT priemysel sa dynamicky rozvíja:

* novými technológiami: zariadenia, platformy a nástroje
* štandardizáciou: štandardné úložiská metadát a práca s metadátami
* rastom a zdokonaľovaním infraštruktúry
* automatizáciou procesov (integrácia do sieti - provisioning)
* a pod.

Internet vecí zahŕňa akékoľvek zariadenie - alebo "vec" - ktorý môže byť (typicky) bezdrôtovo pripojený k internetovej sieti. V súčasnosti sa pod pojmom IoT najbežnejšie rozumejú pripojené zariadenia vybavené snímačmi, softvérom a inými technológiami, ktoré im umožňujú vysielať a prijímať údaje - na účely informovania používateľov alebo automatizácie činnosti. Tradične sa konektivita dosahovala najmä prostredníctvom Wi-Fi, zatiaľ čo dnes 5G a iné typy sieťových platforiem ponúkajú prísľub spracovania obrovských súborov údajov takmer kdekoľvek, s rýchlosťou a spoľahlivosťou.

Keď už zariadenia IoT zhromažďujú a prenášajú údaje, konečným zmyslom je naučiť sa z nich čo najviac a dosiahnuť, aby poskytovali čoraz presnejšie a sofistikovanejšie výstupy a poznatky. Tu prichádzajú na rad technológie umelej inteligencie: rozšírenie sietí IoT o výkon pokročilých analytických nástrojov a strojového učenia.

### Naše IoT riešenie



Obrázok Naše IoT riešenie

### Funkcionalita IoT

Zariadenia IoT sú našimi očami a ušami, keď tam nemôžeme byť fyzicky prítomní - zachytávajú akékoľvek údaje, na ktorých zber sú naprogramované. Tieto údaje sa potom môžu zhromažďovať a analyzovať, aby nám pomohli informovať a automatizovať následné činnosti alebo rozhodnutia. V tomto procese existujú štyri kľúčové fázy:

* Zachytávanie údajov. Prostredníctvom senzorov zariadenia IoT zachytávajú údaje zo svojho prostredia. Môže ísť o tak jednoduchý údaj, ako je teplota, alebo o zložitý videozáznam v reálnom čase.
* Zdieľanie údajov. Pomocou dostupných sieťových pripojení odosielajú zariadenia IoT tieto údaje do verejného alebo súkromného cloudového systému (zariadenie - systém - zariadenie) alebo do iného zariadenia (zariadenie - zariadenie), prípadne ich ukladajú lokálne podľa pokynov na spracovanie na okraji.
* Spracovanie údajov. V tomto bode je softvér naprogramovaný tak, aby na základe týchto údajov niečo urobil - napríklad zapol ventilátor alebo poslal varovanie.
* Riadenie na základe údajov. Nahromadené údaje zo všetkých zariadení v rámci siete IoT sa analyzujú. To prináša silné poznatky, ktoré sú podkladom pre isté kroky a obchodné rozhodnutia.

## Senzory

Senzory typicky pracujú v dvoch zvyčajne samostatných režimoch: riadiacom (slúži na nastavenie parametrov a administráciu senzora) a prevádzkovom (práca s telemetrickými dátami).

Nastavovanie parametrov a administrácia senzora môže byť

* **Manuálna** pre individuálne senzorické riešenia: senzor poskytuje administrátorovi funkčnosť napríklad cez sériové rozhranie alebo užívateľskú funkčnosť pomocou WEB technológií na vlastnej WiFi sieti, s vlastnými lokálnymi dátami…
* **Automatizovaná** pre budovanie rozsiahlych senzorických sietí: senzor je riadený IoT platformami, ktoré zabezpečujú riadiace služby pre riadenie a administráciu senzorickej siete, API rozhrania pre  tieto služby a metadáta dát a nastavení. Senzory sú potom riadené automatizovanými OTA (Over The Air) procesmi.

Nami použité senzory poskytovali manuálny riadiaci režim cez sériové rozhranie.

### Environmentálny senzor RAK7204 WisNode Sense Home

RAK7204 WisNode Sense Home je LPWAN zariadenie s integrovanými senzormi prostredia. Vysoko presné snímače prostredia dokážu merať zmeny teploty, vlhkosti, tlaku plynu a poskytovať index kvality vzduchu v interiéri. Všetky nahromadené údaje možno odoslať do gateway, aby sa mohli odoslať do cloudu.

Senzory prostredia, vysielací modul LoRa, anténa LoRa a batéria sú umiestnené v puzdre s rozmermi 90 mm x 85 mm x 34 mm. Tieto malé rozmery umožňujú inštaláciu v stiesnených priestoroch alebo v priestoroch, ktoré vyžadujú, aby senzor mal minimálny vplyv na celkový dojem z okolitého prostredia. Puzdro má priepustnú konštrukciu, ktorá uľahčuje prúdenie vzduchu, aby sa presnejšie zisťovali zmeny prostredia. Senzor poskytuje riadiaci režim cez sériové rozhranie pomocou štandardných AT príkazov.

### Smetný senzor Dingtek DF703

Senzor DF703 je určený na zisťovanie stavu odpadkového koša (Trash Bin), ktorý sa používa vonku alebo vnútri. Je vybudovaný prostredníctvom modulu LoRaWAN, ktorý umožňuje monitorovať stav odpadkového koša bez toho aby užívateľ musel navštíviť fyzicky smetnú nádobu. V projekte využívame iba dáta o výške hladiny odpadu v nádobe. Senzor poskytuje riadiaci režim pomocou užívateľskej funkčnosti cez sériové rozhranie. Reset nastavených parametrov je možný pomocou magnetického spínača v tele senzora.

### Batérie v senzoroch

Jedným z dôležitých ponaučení je sledovanie a udržiavanie dobrého stavu batérie v senzoroch. Pri implementácii riešenia sme prestavili bežný interval vysielania z hodín na minúty, čím sme nielen zaťažili LoRa sieť, ale aj zvýšili odber energie senzorov (počas implementácie sme mali interval nastavený na 2 minúty, po implementácii sme interval prestavili na optimálne časovanie). Zistili sme, že častý interval odosielania zásadne skracuje životnosť batérie. Dôsledkom bolo že sme tieto nie-bežne zohnateľné batérie museli objednať z internetu (a čakať kým nám prídu). Poučenie je prísne rozlišovať konfiguráciu a nastavenie pre implementáciu a prevádzku senzorov.

## LoRa

LoRa je bezdrôtová modulačná technika odvodená od technológie Chirp Spread Spectrum (CSS). Kóduje informácie na rádiových vlnách pomocou chirpových impulzov - podobne, ako komunikujú delfíny a netopiere. Modulovaný prenos LoRa je odolný voči rušeniu a možno ho prijímať na veľké vzdialenosti. Dostupnosť je 4.8km v zastavanej zóne, 10km v zóne voľnej viditeľnosti, pričom závisí od vysielacieho výkonu a šírky impulzov. Štandard definuje 9 frekvencii a vymedzuje úzky interval rozsah vysielania pre jednotlivých používateľov, čím je na jednej frekvencii veľký (skoro neobmedzený) počet komunikujúcich zariadení.

LoRa je ideálna pre aplikácie, ktoré prenášajú pomalé a malé objemy dát (teda prenosy s nízkou rýchlosťou prenosu dát), čím je komunikácia ideálna na použitie pre Internet vecí .V porovnaní s technológiami, ako sú WiFi (LAN), Bluetooth alebo ZigBee (PAN), možno údaje prenášať na väčšiu vzdialenosť. Dostupnosťou sú porovnateľné s technológiami technológie GPRS a Nb-IoT (WAN), tieto sú však platené a viazané na mobilného operátora. Vďaka týmto vlastnostiam je LoRa vhodná pre IoT snímače a akčné členy, ktoré potrebujú dostupnosť na veľké vzdialenosti spolu s nízkou spotrebou energie.

LoRa možno prevádzkovať v bezlicenčných subgigahertzových pásmach, pre Európu je to 868 MHz a 433 MHz. Môže sa prevádzkovať aj na frekvencii 2,4 GHz, aby sa dosiahli vyššie rýchlosti prenosu dát v porovnaní so subgigahertzovými pásmami na úkor dosahu. Tieto frekvencie patria do pásiem ISM, ktoré sú medzinárodne vyhradené na priemyselné, vedecké a lekárske účely.

### LoRa Gateway

LoRa Gateway je zariadenie na lokálny prenos dát z LoRa do LoRaWAN. V našom prípade je gateway postavené na platforme Raspberry.

Zariadenia vysielajú svoje signály ako RF pakety, ktoré zachytí ktorákoľvek gateway v dosahu, pričom najsilnejšie spojenie zariadenia s gateway odovzdá správu do LoRaWAN. Existencia viacerých gateways zvyšuje odolnosť siete v prípade, že jedna z nich zlyhá.

Prepojenie medzi gateway a LoRaWAN je obvykle realizované pomocou Ethernet siete kvôli rýchlosti, ale LTE a Wi-Fi sú tiež praktickými náhradami vo vonkajších lokalitách.

Gateway funguje ako poštová schránka medzi zariadeniami a LoRaWAN, ktorá uchováva, ale nečíta správy, ktoré medzi nimi prechádzajú. Časovanie správ závisí od toho, ako často sa koncové zariadenie zobudí na odosielanie a prijímanie údajov. Ak cloud odošle správu zariadeniu, gateway správu podrží, kým sa zariadenie najbližšie neprebudí.

## MQTT

MQTT je štandardný protokol OASIS pre zasielanie správ pre internet vecí (IoT). Je navrhnutý ako mimoriadne ľahký transportný protokol na publikovanie/objednávanie (Publish-Subscribe model) správ, ktorý je ideálny na pripojenie vzdialených zariadení s malou šírkou dát a minimálnou šírkou pásma siete. Hlavným cieľom výhodou Publish-Subscribe modelu je schopnosť zariadení komunikovať medzi vzájomne chránenými a priamo nedostupnými sieťovými zónami. MQTT sa dnes používa v mnohých priemyselných odvetviach, napríklad v automobilovom priemysle, výrobe, telekomunikáciách, ropnom a plynárenskom priemysle atď.

MQTT protokol sme si vybrali pre jeho jednoduchosť pri používaní, a samozrejme aj preto že je štandardizovaný. V našom prípade MQTT slúži na odoslanie dát z našej lokálnej siete na broker, ktorý je prístupný odberateľovi (subscriberovi) dát, pričom sa stále kladie dôraz na bezpečnosť a ochranu prenášaných údajov.

## CPU Raspberry Pi s Raspbian OS

Raspberry Pi OS je bezplatný operačný systém založený na Debiane, ktorý je optimalizovaný pre hardvér Raspberry Pi a je odporúčaným operačným systémom na bežné používanie na Raspberry Pi. Operačný systém obsahuje viac ako 35 000 balíkov: predkompilovaný softvér v peknom formáte na jednoduchú inštaláciu na Raspberry Pi.

Raspberry sme si zvolili z viacerých príčin. Jednou bola aj cena, kedže originál LoRa gateway býva drahý. Na škole sme Raspberry Pi mali a dovolili nám si ho požičať. Čiže finančné náklady sa týkali iba jednotlivých nadstavieb - LoRa Hat. Ďalšou z príčin bolo aj to, že v rámci hodín sme sa s Raspberry Pi už zaoberali a vedeli sme ako ho používať. Taktiež sa Raspberry na takéto typy projektov hodí.

## The Things Network (TTN) a LoraWAN

LoRaWAN v súčasnosti predstavuje platformu na správu a obsluhu LoRa zariadení od

riadenia metadát cez prevádzku telemetrických dát až po nadstavbové nástroje na

monitoring a vybranú užívateľskú funkčnosť. Pre potreby projektu sme vybrali

platformu The Things Network (TTN). TTN sme si zvolili pre jeho jednoduchosť a otvorenosť. TTN je dlhoročným gigantom a lídrom pre IoT a LoRa komunikáciu s celosvetovým pokrytím a vysokou dostupnosťou. Podporuje všetky protokoly a programy, ktoré sme mali už v návrhu nášho IoT riešenia. Keďže spĺňal všetky tieto predpoklady, výber bol jasný.

Sieť Things Network poskytuje súbor otvorených nástrojov a globálnu otvorenú sieť na vytvorenie ďalšej aplikácie IoT s nízkymi nákladmi, maximálnym zabezpečením a pripravenú na škálovanie. The Things Stack je sieťový server LoRaWAN, ktorý je rozhodujúcim komponentom pre každé riešenie LoRaWAN. Používajú ho tisíce spoločností a vývojárov na celom svete, bezpečne spravuje aplikácie, koncové zariadenia a brány a je vytvorený spoločnosťou The Things Industries. The Things Stack sa skladá z architektúry voľne prepojených komponentov, ktoré zabezpečujú bezpečnosť, smerovanie dát a optimalizáciu batérie koncových zariadení LoRaWAN. The Things Stack je kompletný sieťový server LoRaWAN s otvoreným zdrojovým kódom navrhnutý pre rôzne scenáre nasadenia, ktorý podporuje všetky existujúce verzie siete LoRaWAN (vrátane verzie 1.1), prevádzkové režimy A, B a C a všetky regionálne parametre, ktoré vydala aliancia LoRa.

LoRaWAN je protokol vrstvy riadenia prístupu k médiám (MAC) postavený na modulácii LoRa. Ide o softvérovú vrstvu, ktorá definuje, ako zariadenia používajú hardvér LoRa, napríklad kedy vysielajú, a formát správ. Protokol LoRaWAN vyvíja a udržiava organizácia LoRa Alliance. Prvá špecifikácia protokolu LoRaWAN bola vydaná v januári 2015.

# Praktická časť

## Inštalácia OS na Raspberry Pi

Ako prvý krok našej praktickej časti bola inštalácia operačného systému na naše Raspberry Pi. Stiahneme si softvér od výrobcu na inštaláciu operačného systému na SD kartu, ktorú budeme vkladať do Raspberry Pi. Po spustení softvéru a úspešnom vykonaní inštalácie môžeme SD kartu vybrať z PC. V ďalšom kroku pripojíme k Raspberry Pi periférie a do slotu zo spodnej strany sme vložili SD kartu. Inštaláciu sme dokončili podľa krokov na obrazovke.

### Vzdialené ovládanie Raspberry Pi cez VNC

Pre jednoduchšie ovládanie a správu nášho Raspberry sme na ňom spustili ešte jednu funkciu, ktorá sa nazýva VNC. Virtual Network Computing (VNC) nám slúži na vzdialené ovládanie Raspberry cez náš Windows počítač. Na Raspberry sme následovne aktivovali VNC server:

1. *Zadáme príkaz sudo raspi-config*
2. *Vyberieme možnosť Interface options*
3. *Vyberieme možnosť VNC*
4. *Potvrdíme aktivovanie VNC servera*

Po tejto aktivácií na paneli úloh v pravom hornom rohu pribudla ikona VNC Server. Klikneme na ňu, a nájdeme v nej adresu na ktorú sa budeme neskôr pripájať. Taktiež sme ešte v nastaveniach nastavili používateľa a heslo, pomocou ktorého sa budeme pripájať na naše Raspberry. Následne sme sa presunuli na náš počítač, na ktorý sme si z internetu stiahli VNC Viewer. Po spustení aplikácie sme klikli na File → New connection. Vyskočilo na nás pop-up okno, do ktorého sme zadali IP adresu ktorú sme našli na Raspberry. Následne sme klikli tlačidlo OK. V menu aplikácie nám pribudla naša vzdialená plocha. Otvoríme ju dvojklikom, zadáme používateľské meno a heslo, ktoré sme si taktiež nastavili v Raspberry. Po úspešnom zadaní týchto údajov sa nám spustila vzdialená pracovná plocha nášho Raspberry (viď príloha č. 3), cez ktorú ju môžeme jednoducho ovládať.

### Zariadenie M2M Lora Hat GW-01

8-kanálový LoRa Hat GW-01 od výrobcu M2M Tele (viď príloha č. 2). Prvé kroky inštalácie boli rovnaké, to znamená že sme Hat na Raspberry nasadali a zapli sme protokol SPI. Nasledovalo znovu klonovanie repozitára avšak teraz i iných zdrojov, keďže sa jedná o iného výrobcu. Zadali sme nasledujúce príkazy:

*cd ~*

*mkdir lora*

*cd lora*

*git clone* [*https://github.com/Lora-net/lora\_gateway.git*](https://github.com/Lora-net/lora_gateway.git)

*cd lora\_gateway*

*make*

*cd ~/lora*

*git clone* [*https://github.com/Lora-net/packet\_forwarder.git*](https://github.com/Lora-net/packet_forwarder.git)

*cd packet\_forwarder*

*./compile.sh*

*cd lora\_pkt\_fwd*

Po naklonovaní repozitárov musíme, ako na predchádzajúcom gateway, upraviť jeho nastavenia. V našom prípade sme nastavili nasledujúce informácie:

cd *~/lora/packet\_forwarder/lora\_pkt\_fwd*

*nano global\_conf.json*

*“gateway\_ID”: “AA555A0000001806*

*“server\_address”: “eu1.cloud.thethings.network*

*“serv\_port\_up”: 1700*

*“serv\_port\_down”: 1700*

Pri registrácií dát na TTN náš gateway potrebuje reset podľa SX-1301 Semtech’s LoRa PHY IC. Vytvoríme nano súbor, do ktorého je napísaný kód GPIO pinu č. 25, ktorý nám za tento reset zodpovedá. Vytvorili sme ho nasledujúcim postupom:

*cd ~/lora*

*touch reset.sh*

*nano reset.sh (vložíme do súboru kód z prílohy 1)*

*Uložíme zmeny a opustíme nano*

*sudo chmod +x reset.sh*

Následne už len náš gateway spustíme po potrebnom resete nasledujúcimi príkazmi:

*cd ~/lora*

*sudo ./reset.sh*

*cd packet\_forwarder/lora\_pkt\_fwd/*

*sudo ./lora\_pkt\_fwd*

## Registrácia gateway do TTN

Po úspešnom nastavení a spustení nášho gateway sa posúvame na ďalší krok, ktorým je zaregistrovanie gateway do TTN. Začali sme vytvorením profilu na stránke <https://www.thethingsnetwork.org/>. Po vytvorení profilu sme následne prešli na kartu console a vybrali si región Europe 1. Po výbere regiónu sme boli presmerovaní na stránku kde nás čakala uvítacia stránka kde sme mali na výber medzi dvomi možnosťami. Vyberieme možnosť gateway a klikneme na možnosť Register gateway. Stránka od nás vypýta Gateway EUI, ktorý nájdeme pri spustení nášho gateway softvéru (viď príloha 2). Ďalej zadáme náš jedinečný Gateway ID (gw-01-spse), podľa ktorého ho ostatné zariadenia v sieti spoznajú, Gateway name (GW-01) a Frequency plan, kde zvolíme Europe 863-870 MHz (SF9 for RX2 – recommended). Po vyplnení údajov sme klikli na modré tlačidlo Register gateway a náš gateway bol úspešne zaregistrovaný do TTN (viď príloha č.4).

## Nastavenie parametrov senzorov

### Enviromentálny senzor RAK7204

Pre nastavenie parametrov environmentálneho senzora sme použili softvér RAK Serial Port Tool od výrobcu. Na náš počítač sme si uvedený softvér nainštalovali. Po spustení programu sme nastavili COM port a BaudRate na ktorom daný komunikačný kanál beží. Na nájdenie týchto informácií sme použili Správcu zariadení vo Windowse. Následne sme klikli na tlačidlo Open a otvoril sa nám komunikačný kanál. Pomocou príkazov uvedených od výrobcu sme si našli potrebné údaje na zaregistrovanie zariadenia do TTN a nastavili sme interval odosielania na 10 minút. Na záver sme zariadenie pomocou príkazu at+set\_config=device:restart reštarovali.

### Smetný senzor DF703

Pri nastavení smetného senzoru sme použili softvér odporúčaný výrobcom UartAssist. Kroky boli podobné ako u environmentálneho senzora, až na zadávanie príkazov, ktoré bolo oveľa obťažnejšie. Tento senzor prijíma príkazy podľa hexa kódu ktorý bolo ťažké zistiť. Nakoniec sme podľa dokumentácie nastavili interval odosielania na 1 krát za 12 hodín. Po nastavení príkazu sme senzor museli resetovať fyzicky pomocou magnetu. Prešli sme magnetom po strane kde je umiestnený merač vzdialenosti a senzor sa nám podarilo úspešne zresetovať.

## Vytvorenie aplikácie pre príjem dát zo senzorov v TTN

Po úspešnom nastavení našich zariadení sme sa opäť vrátili do našej TTN konzoly. Tentokrát sme zvolili možnosť Applications. Klikli sme na modré tlačidlo Create application. Zadali sme naše Application ID (spse-senzor), názov aplikácie (Senzory SPSE) a klikli sme na tlačidlo Create application. Vytvorili sme našu aplikáciu (viď príloha č. 5).

V aplikácií ktorú sme si vytvorili máme v paneli na ľavej strane veľa možností. Vyberieme možnosť end devices, v ktorej zaregistrujeme naše senzory do TTN aplikácie.

Klikneme na tlačidlo Register end device v pravom hornom rohu. Ako prvé sa nás aplikácia opýtala na výber Input metódy. Vybrali sme možnosť Enter end device specifics manually.

Postupne zadávame požadované informácie:

* Frequency plan: Europe 863-870 MHz (SF9 for RX2 – recommended)
* LoRaWAN version: LoRaWAN Specification 1.0.2
* Regional Parameters version: RP001 Regional Parameters 1.0.2 revision B
* JoinEUI (AppEUI): opíšeme informácie zadané výrobcom zo štítku senzoru
* DevEUI: opíšeme informácie zadané výrobcom zo štítku senzoru
* AppKey: opíšeme informácie zadané výrobcom zo štítku senzoru
* End device ID: senzor-enviro/senzor-bin

Po zadaní týchto informácií klikneme na tlačidlo Register end device. Tento proces sme vykonali pre oba senzory. Naše senzory sme úspešne zaregistrovali do TTN aplikácie.

## Sprístupnenie dát

Po úspešnom zaregistrovaní senzor do TTN sa nám jednotlivé dáta objavili v TTN. Avšak nie v čitateľnej podobe. Dáta sú uložené len vo forme payloadu. Aby sme ich rozkódovali do ľudskej reči sem museli do TTN aplikácie pridať payload formatter. V end devices našej aplikácie TTN sme vybrali environmentálny senzor. Po jeho rozkliknutí vidíme možnosť Payload formatters. Klikneme na ňu, zvolíme uplink a ako Formatter type vyberieme Custom Javascript formatter. Vložili sme do neho nasledujúci kód <https://github.com/RAKWireless/RUI_LoRa_node_payload_decoder/blob/master/RUISensorDataDecoder_for_TTN.js> a klikli na Save changes. Rovnaký postup sme vykonali aj pri smetnom senzore, avšak vložili sme do neho tento kód: <https://github.com/cndingtek/Chirpstack_codec/blob/develop/Chirpstack_DF703_script_V1.0.js>. Dáta sú rozkódované a v čitateľnej podobe (viď príloha č.6)

# Výsledky a diskusia

Po všetkých krokoch ktoré sme postupne rozoberali sa nám podarilo vytvoriť funkčný prototyp prevádzky. Zariadenie posielajú svoje dáta pomocou gateway, ktorú sme vytvorili na Raspberry Pi, do TTN gateway a aplikácie. Prototyp prevádzky je pripravený na vytvorenie UI (užívateľského prostredia) ktorým sa zaoberá druhá časť projektu. V tejto časti projektu sa využijú API kľúče prístupu vygenerované TTN, ktoré sú potrebné na bezpečný prenos dát z TTN do prostredia Node-Red, v ktorom sa následne užívateľské prostredie vyvíja. V nasledujúcej tabuľke sú prehľadne spracované priebežné ciele práce a ich výsledky.

|  |  |
| --- | --- |
| Aktivita | Výstup |
| Vytvorenie prostredia Raspberry Pi | Funkčný systém pre implementáciu LoRa  Gateway, sieťový prístup pre riadenie  prostredníctvom VNC |
| Vytvorenie LoRa Gateway | Funkčné LoRa GW s monitorovaním a možnosťou administrácie |
| Pripojenie Gateway do TTN | Vytvorená LoRa GW je ptipojená do TTN a posiela metadáta ako i telemetrické dáta |
| Pripojenie senzorov a nastavenie ich parametrov | Pripojené sensory s parametrami potrebnými na spracovanie do LoRa a LoRaWAN |
| Vytvorenie aplikácie pre príjem dát zo senzorov v TTN | TTN prijíma a spracováva dáta do použiteľnej formy zo senzorov a Gateway |
| Sprístupnenie dát | TTN poskytuje dáta pre ďalšie spracovanie prostredníctvom API rozhrania |

Tabuľka Výsledky práce

# Zhrnutie

Cieľom práce bolo vytvoriť úspešnú prevádzku environmentálneho a smetného senzoru. Táto prevádzka nájde využitie v rôznych priestoroch, ako sú v našom prípade skleníky a nádoby na kompost v priestoroch Strednej odbornej školy záhradníckej v Piešťanoch. Prevádzka je pripravená na následnej vytvorenie UI užívateľského prostredia.

# Záver

Podľa nášho návrhu IoT riešenia bola vytvorený funkčný prototyp a prevádzky. Pri tejto práci som obohatil svoje vedomosti o informácie, ktoré by sa ku mne počas vyučovacích hodín nedostali. Naučil som nové teoretické znalosti ale taktiež aj prakticky využívať protokoly LoRaWAN a MQTT, využívať široké možnosti The Things Network a pod. Táto práca má taktiež veľký význam pre našu školu, keďže je výborným stavebným kameňom pre budovanie a rozvoj kompetencií v oblasti IoT. Študenti školy budú mať aj naďalej gateway k dispozícií, čo im umožňuje vytvárať rôzne projekty v oblasti IoT. Táto práca bola vytvorená s myšlienkou obohatiť svoje vedomosti a pomôcť posunúť úroveň vzdelávania na našej škole do budúcnosti.

# Zoznam použitej literatúry

Informácie z teoretickej časti boli čerpané a preložené z nasledujúcich zdrojov:

SAP Insights - What is IoT? Dostupné na internete:

https://www.sap.com/insights/what-is-iot-internet-of-things.html

The Things Network - What are LoRa and LoRaWAN? Dostupné na internete: https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/

MQTT: The Standard for IoT Messaging. Dostupné na internete:

https://mqtt.org/

Raspberry Pi - Raspberry Pi OS. Dostupné na internete: https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html

TTN - Documentations. Dostupné na internete: https://www.thethingsindustries.com/docs/

Wyld - What is LoRaWAN Gateway? Dostupné na internete: <https://wyldnetworks.com/blog/what-is-a-lorawan-gateway>

# Prílohy práce SOČ

Príloha\_1 Kód na nastavenie GPIO pinu číslo 25

Príloha\_2 Zariadenie GW-01 nasadené na Raspberry Pi

Príloha\_3 Vzdialená správa Raspberry Pi cez VNC Viewer

Príloha\_4 Registrácia gateway do TTN

Príloha\_5 Vytvorenie aplikácie v TTN

Príloha\_6 Payload formattery pre jednotlivé senzory