MEASUREMENT OF PHYSICAL QUANTITIES AND THEIR LONG-DISTANCE TRANSMISSION USING LORA MODULES

Petr Smažinka

Gymnázium Brno-Řečkovice (7)

E-mail: petr.smazinka@seznam.cz

Supervised by: Petr Marcoň

E-mail: marcon@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper discusses wireless transfer of physical quantities using the LoRaWAN network. Specifically, it acquaints readers with the problematics of long-distance carbon dioxide measurement and data transfer through the LoRaWAN network. The main goal is to describe particular components of a LoRa system that provides such transmission. This system is comprised of a carbon dioxide sensor attached to a LoRa module which sends its data to a LoRa gateway every two minutes. The gateway then resends the gathered information to a LoRa server where it is converted into a JSON format and sent to an API client. Afterwards, the data is uploaded into a database and it is put into context with preceding measurements utilising a graph. The system then compares the latest measurement with the set carbon dioxide concentration limit and displays the result using an array of red/green LED diodes, depending on whether the limit was exceeded or not.

Keywords: LoRa gateway, LoRa modules, LoRa server, wireless transmission of physical quantities, long distance, carbon dioxide

1 ÚVOD

V posledních letech se čím dál více pozornosti obrací na životní prostředí. Sleduje se koncentrace CO_2, průměrná teplota, vlhkost a mnoho dalších veličin. Článek se zabývá stavbou funkční sestavy systému, který je schopen sbírat v reálném čase data o koncentraci CO_2 z několika senzorů na velkém území a tato čísla následně vyhodnocovat, avšak v práci se modelově pracuje pouze s jedním senzorem.

Pro přenos dat byla zvolena síť LoRaWAN[1], kterou řadíme do LPWAN[2] sítí (vyžadují minimum energie pro přenos dat a dokážou pokrýt velké území) [1]. Dosah sítě se pohybuje v jednotkách kilometrů v zástavbě, v otevřené krajině i desítky kilometrům. Jednotlivé moduly mohou být napájeny bateriemi, které v závislosti na intervalu měření jsou schopny fungovat i několik let. [2]

2 NÁVRH SYSTÉMU

Jak již bylo zmíněno v sekci úvod, cílem článku je seznámit čtenáře s technologií LoRa[3] a vytvořenou koncepcí, která dokáže pružně reagovat na změny koncentrací CO_2 v krajině a v reálném čase zavádět opatření, aby se tato množství již nezvyšovala. V praxi by to znamenalo, že by byly v krajině, ale i ve městech, rozmístěny stovky LoRa modulů, které by průběžně měřily situaci v daném místě a hodnoty bezdrátově odesílaly pomocí technologie LoRa do bran. Z těch by se data odesílala na vlastní server. Po jejich vyhodnocení by se v případě překročení limitů poslal pokyn

[1] LoRaWAN – komunikační protokol využívající síť LoRa

[2] LPWAN (low power wide area network) – bezdrátové sítě, které dokážou pokrýt velké území při současné nízké spotřebě koncových bodů

[3] LoRa – bezdrátový systém spravovaný organizací LoRa Alliance®, označení fyzické vrstvy sítě

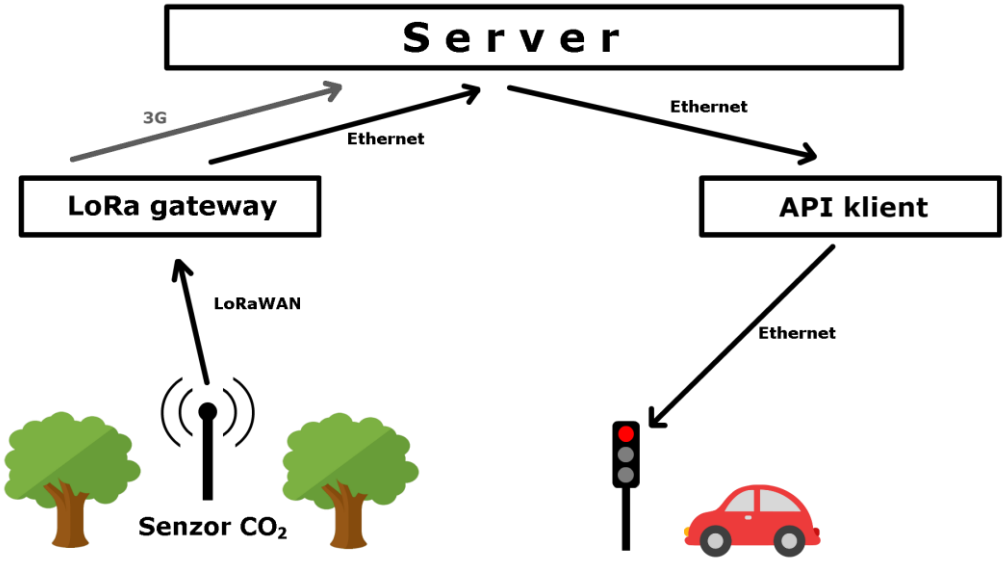
do přijímacích modulů, které by například zakázaly změnou silničního značení do daného území vjezd vozidlům se spalovacími motory anebo by bylo zavedeno jiné opatření, aby se situace dále nezhoršovala.

Zavádět jakákoliv opatření pouze na základě jednoho ukazatele je nedostačující, proto předpokládám začlenění své práce do systému inteligentní dopravy – množství CO_2 by byl pouze jeden z rozhodovacích aspektů (spolu s hustotou dopravy, aktuálními mimořádnostmi).

2.1 POPIS FUNKCE

Základem sytému je čidlo CO_2 měřící množství tohoto plynu v okolí v jednotkách ppm (parts per million = počet částice na milion), které je připojeno k modulu Arduino UNO. Na obrázku 1 je tato dvojice souhrnně označena jako Senzor CO_2. Každé dvě minuty vyšle Arduino příkaz pro změření koncentrace oxidu uhličitého v okolí. Aktuální hodnotu pak zakóduje do šestnáctkové soustavy a vyšle pomocí antény po síti LoRaWAN do nejbližší LoRa brány. Zde je informace zpracována a putuje po síti ethernet (dá se samozřejmě použít i jiná síť, případně kombinace více způsobů, článek se zabývá pouze modelovým řešením) na centrální server. Zde se shromažďují všechna data ze všech LoRa bran začleněných do tohoto systému. Server ovšem nenabízí možnost vyhodnocení, informace je proto nutné přeposlat po síti ethernet do API klienta, který provede jejich vyhodnocení a v případě překročení určitého limitu zavede určené opatření (např. změna dopravního značení). API klient je v řetězci nutný, neboť LoRa Server od firmy Chirpstack, se kterým pracuji, neumožňuje ukládání přijatých dat, nabízí pouze jejich sledování v reálném čase nebo externí přeposílání.

Jelikož se příspěvek zabývá pouze modelovým zprovozněním navrženého systému, došlo v realizaci oproti obrázku 1 k významné změně v podobě sloučení LoRa brány a centrálního serveru a jejich společné instalaci na jedno zařízení Raspberry Pi 3B+.



Obrázek 1: Schéma komunikace jednotlivých zařízení v praktickém nasazení.

3 REALIZACE

V následujících podkapitolách jsou podrobněji popsány jednotlivé části systému prezentované na obrázku 1.

3.1 LORA GATEWAY + LORA SERVER

K realizaci bylo využito modulů obsažených v sadě RAK 831 LoRaWAN Starter Kit, konkrétně desky Raspberry Pi 3B+, LoRa Converter Board a LoRa Concentrator Board, z nichž byla sestavena LoRa Gateway, viz obrázek 2 vlevo. Na toto zařízení byl rovněž nainstalován LoRa server

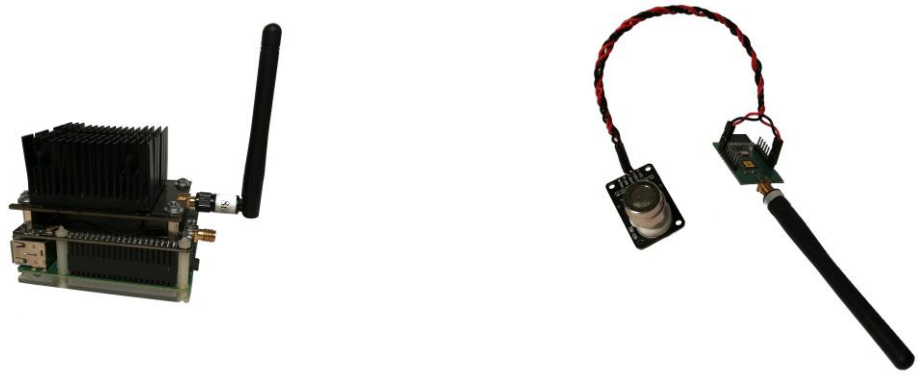
od firmy Chirpstack skládající se ze tří hlavních komponent – LoRa Bridge (most mezi bránou a serverem), LoRa Server (samotný server) a LoRa Appserver (webové rozhraní spravující server).

3.2 LoRa Senzor

Jako vysílací prvek je používán modul LoRaWAN Arduino UNO od firmy Arduinotech, jehož výhodami jsou příznivá cena (1209 Kč) a propracovaná dokumentace. Proudový odběr modulu ve vysílací špičce činí sice 120 mA, ta však trvá jen 5 ms. Většinu času je zařízení v režimu spánku, ve kterém odebírá 40 µA. [3]

Základem modulu je integrovaný obvod RN2483 od společnosti Microchip společně s mikročipem MCU ATmega328, na kterém je nainstalován bootloader Arduino UNO. Oproti klasické desce Arduino UNO má méně pinů, neboť se předpokládá, že bude napájen baterií, a proto jsou některé možnosti modulu redukovány. Velkou výhodou je však překvapivě malá velikost modulu. K připojení k počítači je potřeba převodník, programování probíhá ve vývojovém prostředí Arduino IDE.

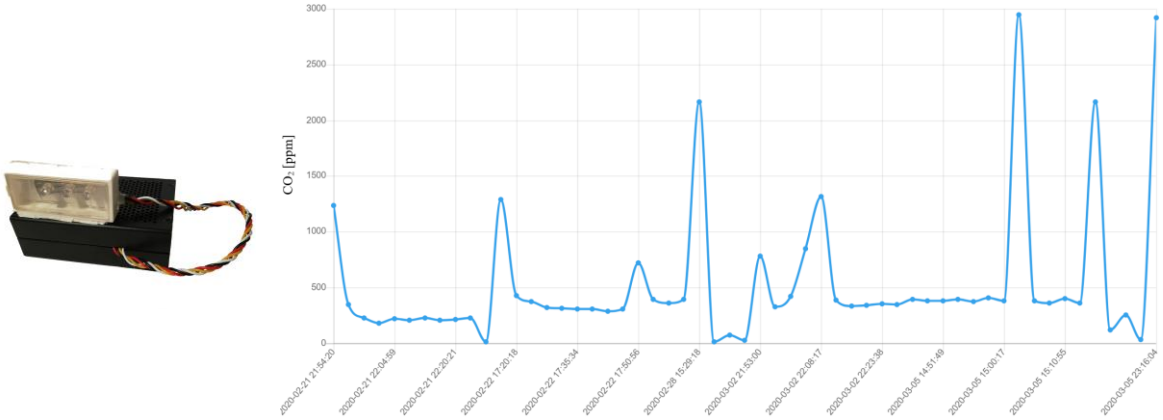
K modulu je připojen senzor CO_2 od firmy Diymore, u kterého byl zvolen analogový výstup, aby mohla být na server odeslána přesná hodnota, nikoliv pouze informace o případném překročení limitní hodnoty. Tento způsob je výhodný také v tom, že změna limitní hodnoty může probíhat na straně serveru, není proto nutné ručně přenastavovat jednotlivé moduly. Do modulu byl nakonec nahrán program, který každé 2 minuty změří koncentraci CO_2 v okolí a toto číslo pošle po síti LoRa přes LoRa bránu na LoRa server. Kompletní senzor je znázorněn na obrázku 2 vpravo.



Obrázek 2: Sestavená LoRa gateway vlevo, senzor pro měření CO_2 vpravo.

3.3 API Klient

Jako poslední zařízení byl zprovozněn API klienta (viz obrázek 3 vlevo). Jeho vytvoření bylo nezbytné, neboť LoRa Server data neukládá a po zpracování je ihned maže, nabízí ovšem možnost tato data přeposlat. Základem zařízení je modul Raspberry Pi 3B+, na kterém je nainstalovaný Apache server, PHP, MySQL databáze a pro servisní účely i balíček phpMyAdmin. Dále byly na GPIO sběrnici připojeny 3 RGB LED diody zapojené paralelně, které slouží jako výstupní světelná signalizace. Následně byl vytvořen program v jazyce php, který data přeposlaná z LoRa Serveru (ve formě JSON) zpracuje a s aktuálním časovým razítkem uloží do databáze. V téže chvíli dojde k vyhodnocení aktuální hodnoty CO_2 a rozsvícení diod do odpovídající barvy (červená/zelená) v závislosti na tom, zda došlo k překročení limitní hodnoty. Nakonec došlo s využitím knihovny Chart.js k vytvoření webové stránky běžící na Apache serveru na API klientovi zobrazující křivkou v grafu historii hodnot CO_2, viz obrázek 3 vpravo.



Obrázek 3: API klient s indikačními RGB diodami vlevo, výstupní graf průběhu hodnot CO_2 ve vytvořeném webovém prostředí vpravo.

4 ZÁVĚR

Příspěvek přináší popis funkčního systému pro měření CO_2. Mezi hlavní části patří LoRa Gateway a na ní nainstalovaný LoRa Server. Pro nasazení do ostrého provozu by bylo vhodné umístit zařízení do hliníkové krabičky. Článek rovněž popisuje modul LoRaWAN Arduino UNO (a k němu připojený senzor CO_2) pomocí něhož došlo k přenosu dat. Jako další možné vylepšení se jeví nahrazení senzoru oxidu uhličitého jiným čidlem s nižším proudovým odběrem. Nakonec došlo k postavení vlastního API klienta, který přijatá data v reálném čase vyhodnocuje (rozsvícením červené nebo zelené barvy u RGB diod) a ukládá do databáze, ze které jej získává php skript, jenž je pomocí javascriptové knihovny Chart.js zobrazuje do přehledného grafu.

Celá práce se věnuje pouze jednomu konkrétnímu využití – přenosu informací množství CO_2 v krajině. Uplatnění však již nyní nalézá v mnoha odvětvích a další stále přibývají. Mezi příklady bych zařadil dálkový odečet vodoměrů, chytrá města případně přenos dat v oblasti průmyslu 4.0, kde spousta úkonů je řešena plně automatizovanými procesy opatřenými vlastní zpětnou vazbou a kontrolou.

Jelikož je systém plně funkční, dal by se tento model zavést i ve větším měřítku. Narozdíl od tohoto zjednodušeného schématu by však množství CO_2 nemělo být rozhodujícím kritériem při změně dopravního značení, ale pouze jedním z mnoha. Nutnou podmínkou jsou však chytré semafory, které pružně reagují na různá kritéria: množství aut ve městě, průjezdnost jednotlivých komunikací, množství CO_2 a další. Koncentrace CO_2 by se tak stala pouze další sledovanou veličinou. K určování hustoty provozu by se mimochodem daly použít LoRa trackery (LoRa Wistrio – součást sady RAK831), kterými by byla opatřena všechna auta.

REFERENCE

[1] What is LoRa® Semtech [online]. Camarillo: Semtech, ©2020 [cit. 2020-01-11]. Dostupné z: https://www.semtech.com/lora/what-is-lora

[2] Internet of Things part 3: LPWAN technologies. Rompagroup [online]. Tilburg, 2018 [cit. 2019-12-01]. Dostupné z: https://www.rompagroup.cz/novinky/internet-of-things-part-3-lpwan-technologies.aspx

[3] LPWAN - LoRaWAN, Sigfox - vítejte v IoT! Arduinotech [online]. Kunčice pod Ondřejníkem: Petr Foltýn, ©2020, 2016 [cit. 2020-01-14]. Dostupné z: https://www.arduinotech.cz/inpage/lpwan-lorawan-sigfox-vitejte-v-iot/