



České
vysoké
učení technické
v Praze

Fakulta elektrotechnická
Katedra počítačů

Bakalárska práca

System pre plánovanie a riadenie pestovateľského prostredia

Sandra Hamráková

Školiteľ: Ing. Lukáš Zoubek
Študijný program: Softwarové inžinierstvo a technológie
Máj 2021

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hamráková** Jméno: **Sandra** Osobní číslo: **475707**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra počítačů**
Studijní program: **Softwarové inženýrství a technologie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Systém pro plánování a řízení pěstovatelského prostředí

Název bakalářské práce anglicky:

System for planning and managing of growing environment

Pokyny pro vypracování:

- 1) Definujte požadavky drobných pěstitelů ovoce a zeleniny na systém pro usnadnění plánování pěstování a řízení pěstovatelského prostředí
- 2) Proveďte rešerši stávajících řešení (jak HW, tak SW) plnicích definované požadavky
- 3) Navrhněte systém kombinující existující HW s vlastní webovou aplikací pro řízení HW, implementujte navrhované řešení
- 4) Navrhněte testovací scénáře, proveďte testování a vyhodnoťte implementované řešení.

Seznam doporučené literatury:

1. U.FAROOQ, M., Muhammad WASEEM, Sadia MAZHAR, Anjum KHAIRI a Talha KAMAL. A Review on Internet of Things (IoT). International Journal of Computer Applications . 2015, ISSN 09758887
2. SURESH, P., J. Vijay DANIEL, V. PARTHASARATHY a R. H. ASWATHY. A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment. In: 2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR). Chennai: IEEE, 2014, 2014, ISBN 978-1-4799-7613-3
3. PATNAIKUNI, Dinkar R Patnaik. A Comparative Study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT Development Board. In: International Journal of Advanced Research in Computer Science. Vol. 8. Udaipur: International Journal of Advanced Research in Computer Science, 2017, ISSN 09765697.
Podpora čecky obrazovky zapnuta.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Lukáš Zoubek, katedra softwarového inženýrství FIT

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **11.02.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21.05.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2022**

Ing. Lukáš Zoubek
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Podakovanie

Ďakujem môjmu školiteľovi bakalárskej práce Ing. Lukášovi Zoubkovi, za ochotu, rady a odbornú pomoc. Taktiež ďakujem rodičom a priateľom, ktorí ma po celú dobu štúdia plne podporovali.

Prehlásenie

I declare that this work is all my own work and I have cited all sources I have used in the bibliography.

Prague, 21. May 2021

Prehlasujem, že som predloženú prácu vypracovala samostatne, a že som uviedla všetku použitú literatúru.

V Prahe, 21. mája 2021

Abstrakt

V dnešnej dobe je takmer každé elektronické zariadenie možné pripojiť k internetu. Svet internetu vecí čím ďalej napreduje, preto je vhodné takého inteligentné riešenia využívať aj v záhradách. Práca poskytuje riešenie, ktoré pomôže drobným pestovateľom sprehľadniť pestovanie rastlín a automatizovať pestovateľské činnosti. Pomocou tohto systému dokážu pestovatelia riadiť zalievanie záhrady prostredníctvom internetového pripojenia či získať informácie o vonkajšom prostredí konkrétnej záhrady pestovateľa. Sú to informácie o presnej teplote vzduchu, o aktuálnych zrážkach alebo o vlhkosti pôdy a vzduchu. Táto práca sa zaoberá prieskumom existujúcich riešení systémov pre plánovanie a riadenie pestovateľského prostredia, následným návrhom a implementáciou takéhoto systému pomocou internetu vecí. Výsledné riešenie systému tvorí kombinácia webovej aplikácie spolu s mikročipom ESP8266, senzormi merajúcimi podmienky vonkajšieho prostredia a inteligentným zariadením, ktoré ovláda zalievanie záhrady.

Kľúčové slová: internet vecí, inteligentná domácnosť, inteligentná záhrada, automatizované pestovanie

Školiteľ: Ing. Lukáš Zoubek

Abstract

Nowadays, almost every electronic device is connected to the Internet. The world of the Internet of Things is advancing further, so it is appropriate to use such intelligent solutions in gardens. The work provides a solution that helps small growers to clarify plant cultivation and automate cultivation activities. With this system, growers can control watering the garden via the Internet connection or obtain information about the external environment of a particular grower's garden. These are information about the exact air temperature, current precipitation or soil and air humidity. This work deals with the research of existing systems for planning and managing the growing environment, the subsequent design and implementation of such a system, using the Internet of Things. The final solution of the system is a combination of a web application and the ESP8266 microchip, sensors measuring the conditions of the external environment, and an intelligent device that controls the garden's watering.

Keywords: Internet of Things, Smart Home, Smart Garden, automated cultivation

Title translation: System for planning and managing of growing environment

Obsah

1 Úvod	1	7 Implementácia	33
2 Internet vecí	3	7.1 Softvér	33
2.1 História internetu vecí	3	7.1.1 Backend	33
2.2 Príklady použitia	4	7.1.2 Frontend	34
2.2.1 Inteligentné mestá	4	7.2 Komunikácia s hardvérom	34
2.2.2 Inteligentá sieť	4	7.2.1 Mikročip ESP8266	34
2.2.3 Inteligentné domácnosti	4	7.2.2 Senzory	34
		7.2.3 Ventilový kontrolér	34
3 Inteligentné domácnosti	5	8 Testovanie	37
3.1 Architektúra	5	8.1 Popis testovania	37
3.1.1 Komunikačné protokoly	6	9 Stručný popis aplikácie	39
3.1.2 Príklady použitia	7	10 Záver	45
3.2 Komunikačné technológie	10	A Literatúra	47
3.2.1 Drôtová sieť	10	B Skratky	53
3.2.2 Bezdrôtová sieť	10	C Elektronické prílohy	55
3.3 Bezpečnosť	13	D Prílohy testovania	57
3.3.1 Ciele bezpečnosti	13	D.1 Detailné testovacie scenáre	57
3.3.2 Útoky na bezpečnosť	13		
3.3.3 Hrozby	14		
4 Požiadavky na systém	15		
Denník	15		
Riadenie podmienok	15		
Upozornenia	16		
Nice to Have	16		
5 Prieskum existujúcich riešení	19		
5.1 Hotové riešenia	19		
FarmBot	19		
LoDaWAN® Agricultural Monitoring			
Node-to-App	20		
Klarstein GrowIt Farm	21		
Gardena	21		
5.2 Čiastočné riešenia	22		
5.2.1 Aplikácie	22		
5.2.2 IoT senzory	23		
5.2.3 IoT riešenia pomocou			
mikrokontroléra	25		
5.3 Vyhodnotenie prieskumu	28		
6 Návrh riešenia	29		
6.1 Hardvér	29		
6.2 Softvér	30		
6.2.1 Backend	30		
6.2.2 Frontend	30		
6.2.3 Databáza	30		
6.3 Diagram tried	31		
6.4 Sekvenčný diagram	31		

Obrázky

3.1 Základné náležitosti riešenia IoT [9]	5
3.2 IoT Hub pripojenie zariadení [9]	9
3.3 Komunikácia domácej siete a sieťové technológie [19]	12
6.1 Diagram navrhovaného riešenia	29
6.2 Diagram tried	31
6.3 Sekvenčný diagram	31
9.1 Domovská stránka aplikácie	40
9.2 Stránka aplikácie „Moja záhrada“	41
9.3 Detail rastliny	42
9.4 Pridanie novej rastliny v záhrade	42
9.5 Stránka aplikácie „Zalievanie“	43
9.6 Stránka aplikácie „Notifikácie“	43

Tabuľky

3.1 Poskytovatelia IoT cloudových služieb a ich používané protokoly [15]	7
--	---



Kapitola 1

Úvod

V dobe, keď internet vstúpil do sveta, boli ľudia voči tejto novej veci skeptickí. Neverili tejto technológii a všetko na internete sa stalo hrozbou. Dnes si však už ľudstvo nevie predstaviť schovávať peniaze pod vankúšom a vždy so sebou nosiť hotovosť. Dnes žijeme v dobe, kedy platíme kreditnými kartami, mobilom či hodinkami, peniaze máme uložené na bankovom účte a nemusíme stáť dlhé rady na pošte, aby sme zaplatili šek, pretože to jednoducho môžeme urobiť online pomocou smartbankingu. Takmer každé elektronické zariadenie je už možné pripojiť k internetu. Svet internetu vecí čím ďalej napreduje a každý človek si rád prácu zjednoduší, ak má takúto príležitosť. Inteligentné domácnosti už nie sú žiadnou novinkou a bežne sa môžeme stretnúť s domácnosťami či kanceláriami s ovládaním osvetlenia, či žalúzií alebo s meraním vnútornej teploty prostredníctvom pripojenia k internetu.

Táto práca sa zameriava na automatizáciu plánovania a riadenia pestovateľského prostredia pomocou internetu vecí. Motiváciou pre vznik tejto práce je šetrenie ľudských zdrojov, ako je čas a energia, a tak isto šetrenie vody použitej na polievanie rastlín či pohonných hmôt použitých na dopravu k vzdialenejším záhradám. Výsledným riešením tejto práce je hotová aplikácia pre inteligentnú záhradu spolu s hardvérovým riešením. Začiatok práce sa zaoberá definovaním pojmov akými sú internet vecí či inteligentná domácnosť. Pre čitateľov neznalých v tejto oblasti, dokáže bližšie natieniť aktuálnu situáciu.

Nasledujúca časť tejto práce sa zaoberá požiadavkami drobných pestovateľov ovocia a zeleniny na systém pre zjednodušenie plánovania pestovania a riadenia pestovateľského prostredia. Po požiadavkách nasleduje prieskum existujúcich riešení inteligentných záhrad a návrh takéhoto systému. Nakoniec nasleduje implementácia a testovanie systému, spolu s predstavením výslednej aplikácie.

Kapitola 2

Internet vecí

Internet vecí (v angličtine “Internet of Things“, či v skratke IoT) zjednodušene povedané, je koncept v zásade pripojiť k internetu akékoľvek zariadenie s vypínačom. Do tejto kategórie patrí takmer akékoľvek zariadenie, ktoré si dokážete predstaviť, od smartfónov, cez chladničky, práčky, svetlá a mnoho iných [1]. Do IoT môžeme zaradiť aj zariadenia obsahujúce senzory či snímače, ako sú inteligentné hodinky, fitness náramky a podobné zariadenia, ktoré dokážu merať tep, či telesnú teplotu tela [2].

IoT sa neustále vyvíja a je horúcou výskumnou témou. Patrí k oblasti, ktorá rýchlo rastie a vďaka neustálemu technologickému pokroku čím ďalej, tým viac zariadení bude pripojených k internetu. Čoraz viac sa objavujú inovácie v internetovej sieti napríklad 5G sieť, stúpa počet zariadení s Wi-Fi prijímačom a zabudovanými senzormi a rýchlo stúpa množstvo používaných smartfónov [3].

2.1 História internetu vecí

Veci sa začali k internetu pripájať už v pomerne skorom období existencie internetu. V roku 1990 John Romkey vytvoril hriankovač, ktorého vypínanie a zapínanie dokázal ovládať cez internet, a tak vzniklo prvé “zariadenie” pripojené k internetu. Internet vecí prekvapivo nie je nový pojem. Internet vecí alebo pojem “Internet of Things” vytvoril už v roku 1999 Kevin Ashton, výkonný riaditeľ MIT Auto-ID Centra, ktoré sa zaoberá RFID štítkami. V roku 2000 predstavila jedna z najväčších elektronických spoločností LG, svoje plány na odhalenie inteligentnej chladničky, ktorá by sama určovala či sú v nej uložené potraviny doplnené alebo nie. Tento krok považujeme za významný mílnik v komercializácii IoT. Dnes je už mnoho procesov vykonávaných pomocou senzorov v IoT. Senzory dokážu prevádzať nespracované fyzické údaje, na digitálne signály, ktoré odosielajú svojej riadiacej jednotke. Pomocou internetového pripojenia dokážeme sledovať zmeny sledovaného stavu z akéhokoľvek miesta na Zemi [4].

■ 2.2 Príklady použitia

Internet vecí sa používa čím ďalej, tým viac v našich každodenných životoch. Dôležitou úlohou IoT je jeho využitie na zlepšenie nášho životného štýlu a na ochranu životného prostredia.

■ 2.2.1 Inteligentné mestá

Cieľom inteligentných miest (Smart Cities) je lepšie využitie verejných zdrojov, zvýšenie kvality služieb ponúkaných občanom a zníženie prevádzkových nákladov verejnej správy. Inteligentné mestá môžu priniesť množstvo výhod pri správe dopravy, parkovania, osvetlenia, ochrane mestského majetku alebo odvoze odpadu [5].

■ 2.2.2 Inteligentá sieť

Ide o vylepšenie elektrickej siete 20. storočia. Tradičné energetické siete sa zvyčajne používajú na prenos energie z niekoľkých centrálnych generátorov k veľkému počtu používateľov alebo zákazníkov. Naproti tomu inteligentná sieť využíva obojsmerné toky elektriny a informácií na vytvorenie automatizovanej a distribuovanej pokrokovej siete na dodávku energie [6].

■ 2.2.3 Inteligentné domácnosti

Do inteligentných domácností (Smart Homes) môžeme zaradiť budovy, napríklad naše domy či kancelárie. Tie môžu byť vybavené rôznymi IoT technológiami, akou je napríklad vysokofrekvenčná identifikácia (RFID). Napríklad inteligentná chladnička môže obsahovať potraviny obohatené o RFID štítkov. Na základe informácií z týchto štítkov, ktoré získame ich naskenovaním pomocou senzora v chladničke, sa môžeme rozhodnúť, kedy a čo potrebujeme kúpiť. IoT technológiami dokážeme aj sledovať aktivity ľudí v budove či vykonávať procesy, ktoré šetria energiu, peniaze, či životné prostredie [7].

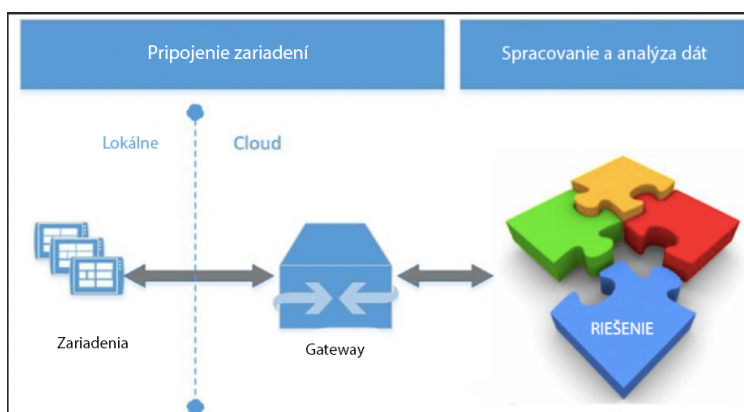
Kapitola 3

Inteligentné domácnosti

Inteligentná domácnosť alebo inteligentný dom je budova, ktorá je vybavená špeciálnym štruktúrovaným vedením (káblovým alebo bezdrôtovým), ktoré umožňuje obyvateľom diaľkovým ovládaním, alebo prostredníctvom aplikácie automatizovať domáce elektronické zariadenia zadaním jediného príkazu. Majiteľ domu môže na dovolenke napríklad pomocou telefónu zapnúť domáci bezpečnostný systém, ovládať teplomery, zapínať a vypínať spotrebiče, ovládať osvetlenie, programovať domáce kino alebo zábavný systém a vykonávať mnoho ďalších úloh [8].

3.1 Architektúra

V dnešnom svete existuje mnoho zariadení rôznych typov generujúcich obrovské množstvo dát. Veľké množstvo týchto zariadení sú súčasťou väčšieho riešenia IoT, v ktorom zariadenia odosielať svoje údaje do cloudu na ukladanie, spracovanie a analýzu. Obrázok 3.1 popisuje architektúru pripojenia zariadení, spracovanie a analýzu dát IoT riešení [9].



Obrázky 3.1: Základné náležitosti riešenia IoT [9]

„Pripojenie zariadení“ z obrázka 3.1, predstavujú jednoducho zariadenia, ktoré generujú a zhromažďujú údaje, ktoré sa potom odosielať do cloudovej

brány. Cloudová brána funguje ako sprostredkovateľ, ktorý zhromažďuje prichádzajúce údaje a sprístupňuje ich na ďalšie spracovanie ďalšími službami a procesmi IoT riešenia.[9].

Okrem toho existuje ďalšia kľúčová charakteristika zariadení, ktorú nemožno prehliadnuť. Je potrebné poznamenať, že šípka medzi zariadeniami a gateway (ako aj gateway a riešením IoT) na obrázku 3.1 je obojsmerná. Je to spôsobené tým, že riešenia IoT vyžadujú bezpečnú obojsmernú komunikáciu medzi zariadeniami a cloudovými bránami. Teda nielenže zariadenia odosielať dáta (komunikácia zariadenie-cloud), ale môžu tiež prijímať a spracovávať správy a informácie (komunikácia typu cloud-zariadenie) z koncového bodu cloudu. Predstavte si scenár, kde by riešenie IoT mohlo odoslať zariadeniu správu, s výzvou na zmenu konfiguračných hodnôt. Napríklad do zariadenia môžeme odoslať správu, ktorá má zariadeniu povedať, aby zmenil rýchlosť načítania údajov alebo zmenil horný, alebo dolný limit výstrahy teploty.

Osobitnú pozornosť treba venovať aj obmedzeniam, ktorým riešenia IoT čelia a je potrebné ich eliminovať. Sú to napríklad [9]:

- Pomalé alebo nespoľahlivé sieťové pripojenie
- Obmedzené zdroje energie
- Nedostatok fyzického prístupu k zariadeniu
- Interakcia človeka so zariadením

Potrebná je preto služba, ktorá prekoná tieto obmedzenia, a to nielen poskytnutím náležitej bezpečnosti a spoľahlivosti, ale v prípade potreby aj škálovateľnosťou [9].

■ 3.1.1 Komunikačné protokoly

Na komunikáciu IoT zariadení s cloudovými platformami slúžia komunikačné protokoly. Medzi najviac používané patria CoAP, HTTP, AMQP a MQTT [10].

MQTT (Message Queue Telemetry Transport Protocol) je štandardizovaný transportný protokol na prenos správ na publikovanie/prihlásenie, navrhnutý pre nízku spotrebu energie, minimalizované dátové pakety a efektívnu distribúciu informácií do jedného alebo viacerých prijímačov. MQTT beží nad TCP protokolom a podporuje bezpečnú komunikáciu pomocou TLS/SSL a často sa používa v prípadoch použitia IoT [10].

CoAP (Constrained Application Protocol) je protokol podporujúci architektúru požiadavka/odpoveď, ako aj zdroj/pozorovanie. Je navrhnutý tak, aby umožnil jednoduchým obmedzeným zariadeniam pripojiť sa k IoT aj prostredníctvom obmedzených sietí s nízkou šírkou pásma a nízkou dostupnosťou. Spravidla sa používa na aplikácie typu stroj na stroj (M2M), ako sú inteligentná energia a automatizácia budov. Je vyvinutý hlavne na spoluprácu s HTTP a RESTful webom pomocou jednoduchých proxy serverov. Používa UDP transportný protokol a DTLS na zabezpečenie. V sieti s veľkým preťažením alebo obmedzenou konektivitou môže CoAP pokračovať v práci tam,

kde protokoly založené na TCP, ako napríklad MQTT, nedokážu vymieňať informácie a efektívne komunikovať [11].

HTTP je prevažne protokol webových správ podporujúci RESTful webovú architektúru požiadavka/odpoveď. HTTP používa TCP ako predvolený transportný protokol a TLS/SSL na zabezpečenie. HTTP sa v IoT používa obmedzene kvôli jeho nízkemu výkonu, synchrónnej komunikácii, či vysokej spotrebe energie [10] [12].

AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) je protokol aplikačnej vrstvy pre zasielanie správ. Obsahuje súbor štandardov, ktoré riadia celý proces zasielania správ v sprostredkovateľoch správ AMQP, ako je RabbitMQ. Umožňuje dvom stranám komunikovať odosielaním a prijímaním správ medzi sebou [13].

■ 3.1.2 Príklady použitia

Mnoho poskytovateľov cloudových služieb sleduje najnovšie trendy vo vývoji cloudových aplikácií a ponúka možnosti federácie na úrovni platformy, čím vytvárajú riešenia platformy ako služby (PaaS). PaaS je úplné prostredie pre vývoj a nasadenie v cloude, ktoré poskytuje prostriedky umožňujúce dodať čokoľvek od jednoduchých cloudových aplikácií, po prepracované podnikové aplikácie s podporou cloudu. Neustále rastie počet poskytovateľov ponúkajúcich služby špecifické pre IoT, pretože cloud computing má potenciál uspokojiť potreby IoT, akými sú skrytie úloh generovania, spracovania a vizualizácie údajov [14] [15]. V nasledujúcej tabuľke bude spomenutých niekoľko poskytovateľov cloudovej služby a ich využívané komunikačné protokoly.

Poskytovateľ	Protokoly
Bluemix	MQTT
Parse	HTTP
Google	HTTP
Azure	MQTT, AMQP, HTTP
Heroku	MQTT

Tabuľka 3.1: Poskytovatelia IoT cloudových služieb a ich používané protokoly [15]

■ IBM Bluemix Platform

IBM Bluemix Platform je riešenie PaaS, s podporou IoT ponúkané spoločnosťou IBM. Môže sa použiť na rýchly vývoj cloudových aplikácií, ktoré využívajú dáta generované senzormi a zariadeniami. Podporované sú produkty niekoľkých významných výrobcov zariadení, ako napríklad ARM, Electronics B&B, Intel, Multi-Tech Systems a Texas Instruments, ale na platforme je možné vyriešiť aj ďalšie jednotlivé prípady. Dáta generované zariadením sa odosielajú do cloudu populárnym protokolom MQTT. Táto služba umožňuje používateľom konfigurovať, spravovať zariadenia a ukladať históriu generovaných údajov alebo streamovať údaje v reálnom čase do aplikácie. Prenos

dát je možné vykonať prostredníctvom zabezpečených verejných rozhraní. Platforma Bluemix ponúka niekoľko špecializovaných služieb na podporu vývoja cloudových aplikácií. Niektoré príklady týchto služieb sú: Push for messaging, Cloudant NoSQL DB na správu databáz NoSQL, Geospatial Analytics na sledovanie polohy a IBM Analytics for Hadoop pre výpočty Hadoop. Podporované jazyky pre vývoj aplikácií sú Java, JavaScript, GO, PHP, Python a Ruby [15].

■ Parse

Platforma Parse vyvinutá spoločnosťou Facebook má tiež podporu internetu vecí. Táto platforma sľubuje rýchly a ľahký vývoj aplikácií s podporou mobilných zariadení (prostredníctvom služby Mobile Backend as A Service inak aj MBaaS). Veľkou výhodou platformy je, že všetky ich súpravy SDK sú open source. Tieto SDK umožňujú odosielanie dát a takzvané push notifikácie a môžu tiež využívať výhody cloudových služieb Parse. Na demonštráciu jeho použitia je k dispozícii veľa ukážkových aplikácií vrátane scenárov poľnohospodárstva, hudby a varenia. Sú podporované javascriptové aplikácie a služba Parse Webhook umožňuje prepojenie aplikácií zo vzdialených cloudov. Podporované mobilné platformy sú iOS, Windows Phone, Android, Unity a Xamarin. Webové a desktopové SDK sú určené pre OSX, Windows, JavaScript, Unity, PHP a .NET. Je možné naplánovanie úloh, rovnako ako je k dispozícii aj vysoko kvalitný informačný panel, ktorý podporuje úpravu údajov, štatistické testovanie, push notifikácie a ukladanie logov [15].

■ Google Cloud Platform

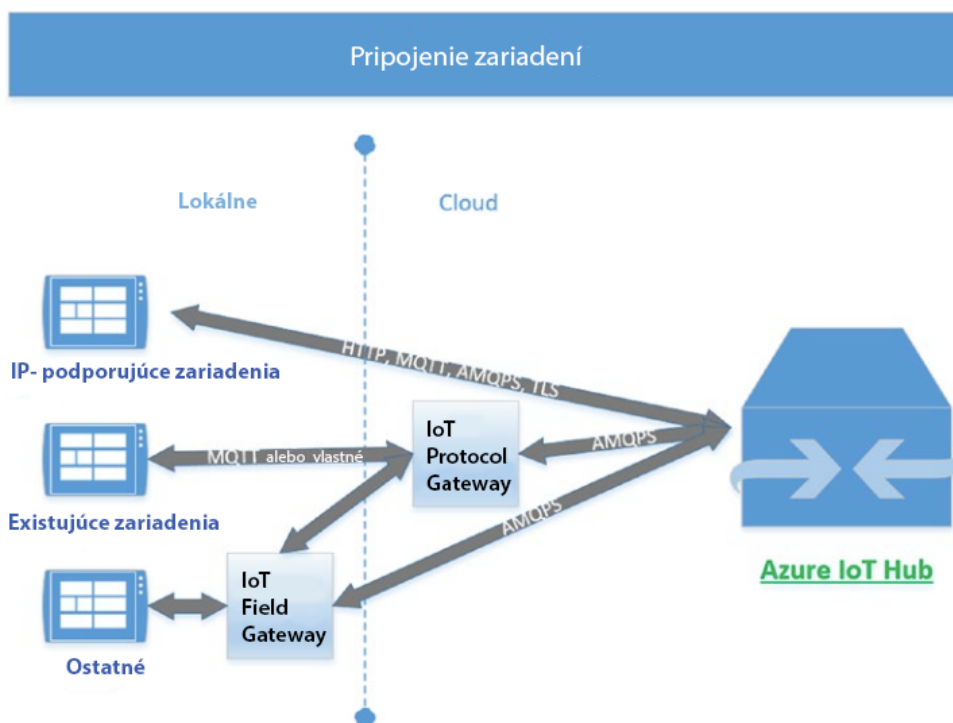
Riešenie Google IoT je súčasťou platformy Google Cloud Platform, ktorá obsahuje rôzne služby Google. Škálovateľnosť je vynikajúcou vlastnosťou tejto platformy. Umožňuje pripojenie zariadení, zhromažďuje údaje a vizualizuje ich. Platforma IoT služby Google Cloud umožňuje automaticky predpovedať, kedy zariadenie potrebuje údržbu, a optimalizovať jeho výkon v reálnom čase, zatiaľ čo zisťuje anomálie a sleduje status, stav a polohu zariadenia. Dáta odoslané zo zariadení prijíma Google Load Balancer a ďalej ich posiela do inštancií aplikácií AppEngine. Všeobecne je hlavnou časťou aplikácie AppEngine, ktorá môže využívať ďalšie služby. Google je tiež silný v správe veľkého množstva spracovania údajov, čo je dôležité, pretože v systémoch IoT existuje veľa zariadení generujúcich obrovské množstvo údajov. Google Firebase hrá dôležitú úlohu pri správe zariadení. Pôvodne bol navrhnutý na pomoc mobilným zariadeniam (napríklad MBaaS). Poskytuje synchronizovanú databázu v reálnom čase, autentifikáciu a schopnosť offline operácií [15] [16].

■ Azure IoT Hub

Azure je cloudová výpočtová platforma od spoločnosti Microsoft, ktorá umožňuje vývojárom publikovať webové aplikácie bežiacie na rôznych frameworkoch, napísané v rôznych programovacích jazykoch, akými sú napríklad .NET jazyk,

Node.js, PHP, Python a Java. Komponent týkajúci sa internetu vecí sa volá IoT Hub, ktorý umožňuje obojsmernú komunikáciu medzi zariadeniami IoT a cloudovými backendovými službami pri zohľadnení všetkých bezpečnostných požiadaviek. Cloud odosiela správy do zariadení v zmysle príkazov alebo notifikácií. Príkazy sú objednávky zariadeniam na vykonávanie akcií, zatiaľ čo notifikácie sú informácie, potrebné v niektorých prípadoch počas životného cyklu vykonávania príkazov. Pre každý odosielaný príkaz by mal cloudový backend dostávať spätnú väzbu od zariadenia ako potvrdzujúcu správu o úspešnom doručení alebo správu o chybe doručenia, ktorá upozorní na stav zlyhania doručenia. Zariadenia odosielajú správy do cloudového backendu v dvoch formátoch, ako telemetrické údaje alebo výsledok príkazov. Azure IoT Hub má register identít na uchovávanie identity a informácií, ktoré súvisia s autentifikáciou každého zariadenia. Má tiež jednotku na správu všetkých pripojených a autentifikovaných zariadení.

Kľúčovým prvkom a jednou z výziev je, ako sa môžu zariadenia IoT pripájať k riešeniam IoT. V prípade Azure IoT Hub sa môžu zariadenia pripájať priamo alebo nepriamo. Obrázok 3.2 zobrazuje tok logickej komunikácie z rôznych typov zariadení do IoT Hub. Veľkou výhodou je široké použitie komunikačných protokolov, akými sú MQTT, AMQP, HTTP, či použitie vlastného protokolu [9] [18].



Obrázky 3.2: IoT Hub pripojenie zariadení [9]

■ Heroku

Heroku je vo vývoji od roku 2007, počnúc podporou Ruby a v priebehu rokov pridávajúc podporu mnohých jazykov, ako sú Java, Node.js, Scala, Python, PHP a Perl. Služby Heroku bežia na cloudových systémoch Amazon. Heroku rozhranie je intuitívne a ľahko použiteľné. V IoT Heroku ponúka doplnok CloudMQTT, ktorý slúži ako cloudový sprostredkovateľ MQTT pre IoT aplikácie. CloudMQTT slúži ako jedno z riešení pre zasielanie správ medzi snímačmi nízkej spotreby alebo mobilnými zariadeniami, ako sú telefóny, zabudované počítače alebo mikrokontroléry, ako je Arduino [15] [17].

■ 3.2 Komunikačné technológie

Medzi hlavné komunikačné technológie inteligentných domácností patria siete pripojiteľné k hlavnému zdroju napájania - drôtové siete ako je HomePlug, či Ethernet a bezdrôtové siete, v ktorých sa využívajú technológie akými sú Wi-Fi, ZigBee alebo Bluetooth.

■ 3.2.1 Drôtová sieť

V súčasnosti existuje množstvo prenosových infraštruktúr pre drôtovú sieť ako telefónne linky, optické vlákna, koaxiálne káble či elektronické vedenie.

Komunikačná technológia elektrického vedenia s názvom **HomePlug**, využíva na komunikáciu existujúce domáce elektrické vedenie. Je široko používaná pre vysokorýchlostnú drôtovú komunikáciu [19].

Ethernet je veľmi často používaná technológia a podporuje celý rad prenosových rýchlostí pomocou netienených krútených párov (10 Mbps-1Gbps) alebo optických vlákien (až 10Gbps). Využíva bežné rozhranie ktoré sa nachádza v zariadeniach ako sú notebooky, tlačiarne, servery, herné konzoly. Ethernet však nie je najvhodnejší na pripojenie všetkých zariadení domácej siete, vzhľadom na vysoké náklady, požiadavky na napájanie a potrebu samostatnej kabeláže späť do centrálného bodu [19].

X10 je technológia (a medzinárodný a otvorený priemyselný štandard), ktorá využíva elektrické vedenie na signalizáciu a riadenie domácich zariadení, kde signály zahŕňajú krátke vysokofrekvenčné záblesky predstavujúce digitálne informácie. Táto technológia zahŕňa aj niektoré problémy, ako je napríklad rušenie, nekompatibilita s inštalovanými spotrebičmi, pomalá rýchlosť a nedostatočné šifrovanie [19].

Všetky vyššie zmienené technológie dokážu komunikovať prostredníctvom IP protokolu, preto sú ľahko integrovateľné s inteligentnými sieťami založenými na IP protokole.

■ 3.2.2 Bezdrôtová sieť

V dnešnej dobe existuje široká ponuka bezdrôtových technológií. Možno si vybrať z technológií potrebných napájať na batériu alebo technológií využívajúcich iný zdroj energie napríklad solárnu alebo veternú energiu.

■ Technológie napájané z batérie

Wi-Fi je veľmi populárna bezdrôtová technológia pracujúca na frekvenčnom pásme 2,4 GHz a 5 GHz, založená na IP protokole. Používa sa v domácich sieťach, tabletoch, mobilných telefónoch a iných elektronických zariadeniach [19]. Výhodami sú jeho vysoká prenosová rýchlosť, má široké pokrytie a silnú odolnosť proti rušeniu. Oproti káblovej sieti má lepšiu škálovateľnosť a mobilitu [20].

ZigBee je štandard, ktorý definuje sadu komunikačných protokolov pre bezdrôtové siete krátkeho dosahu s nízkou rýchlosťou. Zariadenia založené na Zigbee štandarde pracujú vo frekvenčných pásmach 868 MHz, 915 MHz a 2,4 GHz. ZigBee sa zameriava hlavne na aplikácie, ktoré požadujú dlhú výdrž batérie, či nízky dátový tok. To znamená, že ZigBee nepatrí k najlepšej voľbe pre implementáciu bezdrôtového internetového pripojenia. Vela zariadení používajúcich tento štandard je väčšinu času v úspornom režime, inak povedané aj v spiacom móde. Veľkým plusom je, že zariadenia podporujúce ZigBee môžu bežať niekoľko rokov, kým nedôjde k nutnosti výmeny batérie. ZigBee umožňuje široké nasadenie v aplikáciách bezdrôtového ovládania a monitorovania [21]. Jednou zo ZigBee aplikácií je domáce sledovanie pacientov, pri sledovaní ich krvného tlaku či srdcovej frekvencie. Tieto dáta sú bezdrôtovo odosielané do lokálneho serveru pacienta, kde sa vykoná počítačová analýza a nakoniec sú životne dôležité informácie zasielané lekárovi pacienta prostredníctvom internetu [22].

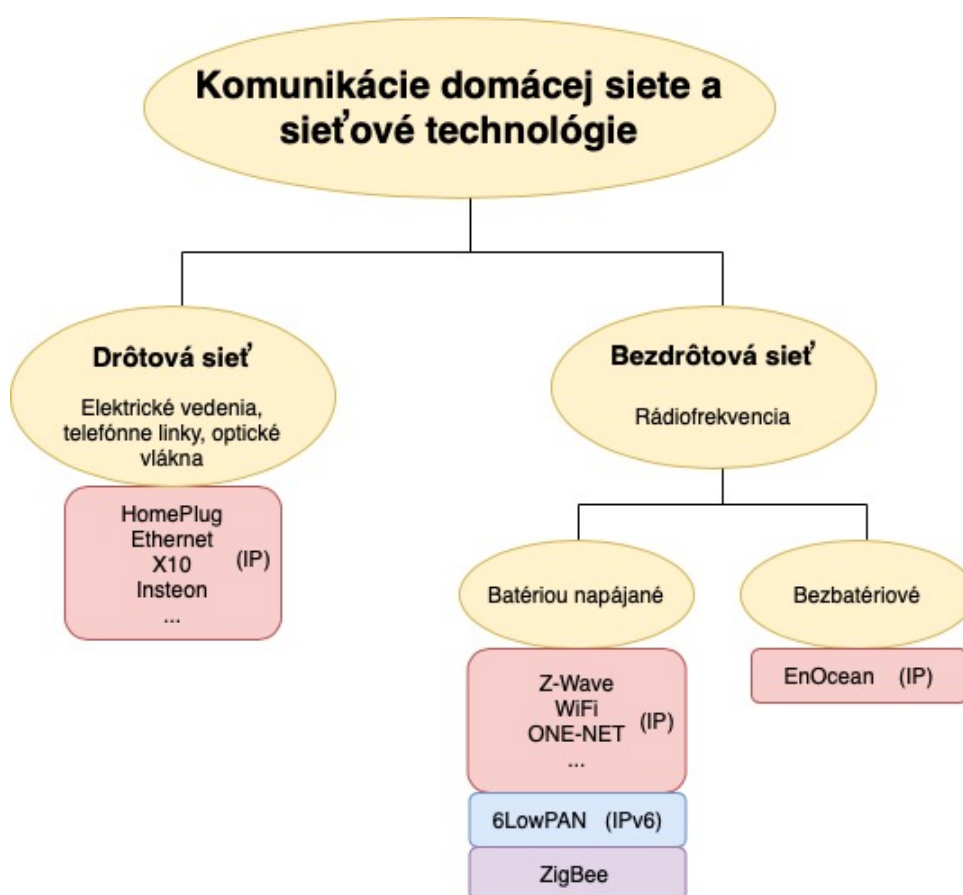
Z-Wave je patentovaná bezdrôtová komunikačná technológia navrhnutá malou dánskou spoločnosťou s názvom Zensys, špeciálne na aplikácie diaľkového ovládania v obytných priestoroch. Z-Wave je ľahko zabudovateľný do výrobkov spotrebnej elektroniky vrátane batériových zariadení, ako sú diaľkové ovládače. Používa sa na svietenie svetiel, automatické odomykanie dverí, či bezpečnostné systémy. Výhoda Z-Wave je aj to, že jeho siete zvládnu až 232 pripojených zariadení. Z-Wave predstavuje konkurenciu pre ZigBee, avšak Z-Wave získal podporu čipového giganta Intel a taktiež sieťovej firmy Cisco. ZigBee a Z-Wave sú ale v mnohých veciach veľmi podobné technológie [23].

Bluetooth patrí do skupiny štandardov IEEE 802.15.1. Jeho vývoj začal koncom roku 1998 keď spoločnosti Ericsson, IBM, Intel, Nokia a Toshiba vytvorili skupinu Bluetooth Special Industry Group (SIG). Cieľom bolo vyvinúť globálne riešenie bezdrôtovej komunikácie krátkeho dosahu, fungujúce v bezlicenčnom pásme 2,4 GHz (ISM - Industrial-Scientific-Medical band). [24].

Komunikačné nástroje s nízkou energetickou spotrebou sú budúcnosťou IoT. Preto za zmienku stojí aj Bluetooth Low Energy (BLE). Ide o veľmi energeticky efektívnu verziu Bluetooth (pokiaľ ide o prenesenie bajtov na jeden Joule) s relatívne krátkym dosahom (50 m), komunikujúca nad protokolom IPv6. BLE sľubuje, že senzory budú schopné komunikovať pomocou gombíkovej batérie dokonca až dva roky [25] [26].

■ Bezbateriové technológie

EnOcean je bezdrôtová komunikačná technológia s veľmi nízkym výkonom, ktorá na svoje fungovanie využíva energiu získavanú z okolia, napríklad premenou tepelnej, elektromagnetickej alebo solárnej energie na elektrickú. Je energeticky účinnejšia ako iné bezdrôtové komunikačné technológie, ako sú Zigbee a Bluetooth. Benefitmi produktov založených na princípe EnOcean sú hlavne znížené náklady na inštaláciu a údržbu. EnOcean sa stal štandardom v roku 2012 (ISO/IEC 14543-3-10). Tento štandard pokrýva vrstvy 1-3 OSI modelu, a to fyzickú, linkovú a sieťovú. Cieľom EnOcean bolo vyvinutie bezdrôtových modulov, ktoré dokážu napájať sami seba bez potreby pridania batériového zdroja. EnOcean využíva viaceré transportné frekvencie. Konkrétne 902 MHz, 928,35 MHz a 315 MHz. Rádiové signály z EnOcean senzorov a spínačov je možné prenášať bezdrôtovo na vzdialenosť až 300 metrov v otvorenom priestore a až 30 metrov vo vnútri budov [27][28].



Obrázky 3.3: Komunikácia domácej siete a sieťové technológie [19]

■ 3.3 Bezpečnosť

Inteligentná domácnosť je najrýchlejšie rastúcou oblasťou internetu vecí. Vďaka pripojeniu na internet, dynamickej a heterogénnej povahe vytvára inteligentná domácnosť nové bezpečnostné problémy a výzvy. V nasledujúcich podkapitolách popisujeme najdôležitejšie ciele bezpečnosti inteligentnej domácnosti, útoky na bezpečnosť a možné hrozby [29].

■ 3.3.1 Ciele bezpečnosti

Šesť najdôležitejších cieľov pre zabezpečenie inteligentnej domácnosti sú [30]:

- **Dôvernosť:** záruka, že údaje budú zverejnené iba oprávneným osobám alebo systémom.
- **Integrita:** záruka, že sa zachová presnosť a konzistentnosť údajov. Žiadne neoprávnené úpravy, zničenie alebo straty údajov nezostanú neodhalené.
- **Dostupnosť:** záruka, že akýkoľvek sieťový zdroj (dáta/šírka pásma/zariadenie) bude vždy k dispozícii pre akýkoľvek autorizovaný subjekt. Takéto zdroje sú tiež chránené pred akýmkoľvek incidentmi, ktoré ohrozujú ich dostupnosť.
- **Autenticita:** potvrdenie, že komunikujúce strany sú tým, za koho sa vydávajú, a že správy, ktoré údajne odosielať, skutočne odosielať oni.
- **Autorizácia:** záruka, že prístupové práva všetkých subjektov v systéme sú definované na účely kontroly prístupu.
- **Nepopierateľnosť:** uistenie, že budú existovať nepopierateľné dôkazy na overenie pravdivosti akýchkoľvek tvrdení subjektu.

■ 3.3.2 Útoky na bezpečnosť

Útoky na bezpečnosť v prostredí inteligentných domácností sa zvyčajne pokúšajú narušiť jeden alebo viac bezpečnostných cieľov, opísaných vyššie. Tieto útoky možno rozdeliť do dvoch kategórií.

Do prvej kategórie, konkrétne „pasívnych útokov“, zaraďujeme útoky, ktoré sa snažia získať alebo využiť informácie zo systému bez ovplyvnenia systémových prostriedkov. Inými slovami, pri pasívnych útokoch má protivník v úmysle získať prenášané informácie, nie preto aby ich upravoval, ale preto aby sa z nich niečo naučil. Pasívne útoky môžu mať formu odpočúvania alebo analýzy prenosu. Odpočúvaním sa rozumie neoprávnené odpočúvanie prebiehajúcej komunikácie bez súhlasu komunikujúcich strán. Analýzou prenosu označujeme niečo jemnejšie. V analýze prenosu protivník nezachycuje konkrétny obsah správy ako pri odpočúvaní, ale sleduje vzorce prenosu, aby z nich odvodil užitočné informácie. Oba tieto útoky sa považujú za ťažko

odhaliteľné, pretože nemenia údaje. Pri ich riešení sa teda zameriavame skôr na prevenciu ako na detekciu [30].

Druhú kategóriu tvoria „aktívne útoky“, do ktorej umiestňujeme útoky, ktoré sa snažia zmeniť systémové prostriedky alebo ovplyvniť jeho fungovanie. Aktívne útoky môžu zahŕňať určité úpravy údajov alebo zavedenie podvodných údajov do systému. Najbežnejším útokom je maskovanie, útok z opakovaného prehrávania, zmena správy, odmietnutie služby (DoS) a škodlivý softvér. K maskujúcemu útoku dôjde, keď sa votrellec vydáva za legitímnu entitu, ktorá získa privilégiá. Útok z opakovaného prehrávania zahŕňa pasívne zachytenie správ v komunikácii a ich opakovaný prenos, ktorý má neautorizovaný efekt. Útok na zmenu správy zahŕňa zmenu obsahu legitímnej správy, oneskorenie alebo zmenu poradia toku správ s cieľom vyvolať neoprávnený účinok. Cieľom útoku odmietnutia služby je dočasné alebo trvalé prerušenie alebo pozastavenie dostupnosti komunikačných prostriedkov systému. Napokon útoky škodlivého softvéru znamenajú útoky zamerané na zneužitie vnútorných chýb zabezpečenia na úpravu, zničenie a odcudzenie informácií alebo na získanie neoprávneného prístupu k systémovým prostriedkom [30].

■ 3.3.3 Hrozby

Inteligentné domácnosti sú pre spotrebiteľov čoraz atraktívnejšie a pravdepodobne sa o niekoľko rokov stanú populárnymi a budú súčasťou bežného života. Systém teda bude musieť odolávať rôznym hrozbám.

Jedna z možných hrozieb na útok bezpečnosti inteligentnej domácnosti je už existujúca hrozba na počítače a mobilné zariadenia v podobe malware. Ide predovšetkým o škodlivý softvér, ktorý sa snaží získať prihlasovacie údaje alebo iné informácie. Vzhľadom na to, že niektoré zo zariadení inteligentnej domácnosti sú malé počítače, je táto hrozba možným problémom. V súčasnosti malware dokáže šifrovať súkromné dokumenty, a za ich dešifrovanie sú požadované peniaze. Malware môže spôsobiť nemalé problémy v zariadeniach inteligentných domácností, keď nad nimi prevezme kontrolu a napríklad svetlá budú vypnuté, dvere uzamknuté či bude deaktivované kúrenie. Súkromný dom sa tak stane rukojemníkom cudzej osoby. V súčasnosti je bežná domácnosť vybavená priemerne jedným routrom, no v budúcnosti môže mať mnoho zariadení inteligentnej domácnosti [31].

Ďalšia hrozba prichádza so samotným votrelcom. Vďaka bezdrôtovým zariadeniam a monitorovacím systémom mohli zloději pomocou nechránených alebo nezabezpečených systémov inteligentných domácností hľadať svoje obeť a skryť svoju vlastnú prítomnosť. Najskôr špehujú ľudí a keď nebudú doma, potom simulujú nedotknutý domov a zároveň kradnú nájdené poklady [31].

Ďalšou možnou hrozbou je preniknutie do najslabšieho článku všetkých zariadení pripojených k internetu a pomocou neho dokáže páchateľ preniknúť do celého systému. Nie každé zariadenie má ale rovnakú úroveň rizika ako cieľ útoku. Niektoré zariadenia, najmä nespracované senzory, môžu mať vysoké obmedzenie pamäte a výpočtového výkonu, čo ich robí nepríťažlivými k takémuto útoku [31].

Kapitola 4

Požiadavky na systém

V tejto kapitole si rozoberieme požiadavky drobných pestovateľov na výsledný systém.

Denník

1. Systém umožní užívateľovi registrovať sa a prihlásiť sa do aplikácie.
2. Systém umožní užívateľovi sledovať stav jeho záhrady.
3. Systém umožní užívateľovi pridať rastlinu a vyplniť údaje o tejto rastline.
4. Systém umožní užívateľovi odstrániť pestovanú rastlinu zo zoznamu rastlín.
5. Systém umožní užívateľovi upraviť minimálnu a maximálnu možnú teplotu pestovania rastliny.
6. Systém umožní užívateľovi vyhľadať rastlinu podľa názvu.
7. Systém umožní užívateľovi pridať záhradu.
8. Systém umožní užívateľovi filtrovať rastliny podľa kategórie.

Riadenie podmienok

1. Systém bude zbierať dáta pomocou senzorov.
2. Systém umožní užívateľovi zobrazíť vlhkosť pôdy na konkrétnej záhrade.
3. Systém umožní užívateľovi zobrazíť vlhkosť vzduchu na konkrétnej záhrade.
4. Systém umožní užívateľovi zobrazíť tlak vzduchu na konkrétnej záhrade.
5. Systém umožní užívateľovi zobrazíť teplotu vzduchu na konkrétnej záhrade.
6. Systém umožní užívateľovi zobrazíť prehľad zrážok na konkrétnej záhrade.

7. Systém umožní užívateľovi zobrazit históriu vlhkosti pôdy na konkrétnej záhrade.
8. Systém umožní užívateľovi zobrazit históriu zrážok na konkrétnej záhrade.
9. Systém umožní užívateľovi zobrazit históriu teploty vzduchu na konkrétnej záhrade.
10. Systém umožní užívateľovi zobrazit históriu tlaku vzduchu na konkrétnej záhrade.
11. Systém umožní užívateľovi zobrazit históriu vlhkosti vzduchu na konkrétnej záhrade.
12. Systém umožní užívateľovi nastaviť časový interval merania senzorov.
13. Systém umožní užívateľovi priradiť konkrétnemu zalievaču záhradu.
14. Systém umožní užívateľovi nastaviť rozvrh pravidelného zalievania.
15. Systém umožní užívateľovi zaliat záhradu okamžite.

■ Upozornenia

1. Systém umožní užívateľovi nastaviť požadovanú teplotu na upozornenie o poklese teploty pod túto hodnotu.
2. Systém umožní užívateľovi nastaviť požadovanú teplotu na upozornenie o náraste teploty nad túto hodnotu.
3. Systém upozorní užívateľa, ak senzor nameria teplotu nižšiu ako je najnižšia teplota požadovaná užívateľom.
4. Systém upozorní užívateľa, ak senzor nameria teplotu vyššiu ako je najvyššia teplota požadovaná užívateľom.
5. Systém upozorní užívateľa, ak teplota stúpne nad maximálnu teplotu na pestovanie určitej rastliny.
6. Systém upozorní užívateľa, ak teplota klesne pod minimálnu teplotu na pestovanie určitej rastliny.
7. Systém upozorní užívateľa, ak začne polievať záhradu.

■ Nice to Have

1. Systém umožní užívateľovi si vybrať automatické zavlažovanie, ak senzor zaznamená suchú pôdu.
2. Systém umožní užívateľovi odstrániť svoj profil.
3. Systém umožní užívateľovi pridať fotky rastlín.

4. Systém umožní uživateli vybrat si mezi polieváním z kohútika a polieváním z nádrže.

Kapitola 5

Prieskum existujúcich riešení

Na základe požiadaviek na systém je potrebné zaistiť softvérové a hardvérové riešenie inteligentnej záhrady. Preto sa v tejto kapitole budeme venovať prieskumu existujúcich softvérových, hardvérových, či úplných riešení inteligentných záhrad a analyzovať ich výhody, nevýhody, cenu a cieľovú skupinu ľudí, pre ktorú sú konkrétne riešenia vhodné. Na základe tohoto prieskumu sme schopní vyskladať vhodné riešenie pre uvedené požiadavky na systém v kapitole 4.

5.1 Hotové riešenia

Pod hotovými riešeniami si môžeme predstaviť riešenia, ktoré obsahujú smart aplikáciu, senzory a zber dát z týchto senzorov, prípadne riadenie týchto senzorov.

FarmBot

FarmBot je americký projekt s otvoreným zdrojovým kódom, ktorý umožňuje úpravy a doplnky hardvéru, softvéru a dokumentácie od používateľov. Cieľom projektu je „Vytvoriť otvorenú a prístupnú technológiu, ktorá pomôže každému pestovať jedlo a pestovať ho pre každého“. Využíva online databázu plodín s názvom OpenFarm na vytvorenie optimálneho plánu výsadby na základe veľkosti dospelých plodín [32].

VÝHODY

- open-source
- automatické procesy sejby, mechanickej regulácie buriny, zavlažovania
- rôzne spôsoby napájania na zdroj energie a zavlažovania

NEVÝHODY

- absencia jazykovej mutácie
- obmedzenie na pestovateľskú rozlohu :

1. 2,7 m x 1,1 m s maximálnou výškou rastliny 0,5 m
2. 2,9 m x 1,4 m s maximálnou výškou rastliny 0,5 m
3. 5,7 m x 2,3 m s maximálnou výškou rastliny 0,5 m
4. 5,9 m x 2,9 m s maximálnou výškou rastliny 0,5 m

CENA

- 2.506,95 € + 280 € doprava = ~ 63 000 Kč + 7 000 Kč
- 4.167,95 € + 280 € doprava = ~ 105 000 Kč + 7 000 Kč
- 1.376,95 € + 280 € doprava = ~ 35 000 Kč + 7 000 Kč
- 1.247,95 € + 280 € doprava = ~ 31 500 Kč + 7 000 Kč

CIELOVÁ JEDNOTKA

- domáce záhrady/domáci pestovatelia
- prevažne cielené pre americký trh

■ LoDaWAN® Agricultural Monitoring Node-to-App

Pre uspokojenie potreby inteligentného poľnohospodárstva, spoločnosť Ursalink navrhla súpravu LoDaWAN® Agricultural Monitoring Node-to-App. Jeho cieľom je zjednodušiť proces vzdialeného monitorovania a vybudovať dôkladnú poľnohospodársku stratégiu založenú na dátach [33].

VÝHODY

- obsahuje rozmanité druhy senzorov
- napájanie na vlastný Ursalink cloud - rok zdarma
- má nízku spotrebu energie, a preto nie je nutnosť napájania z elektrickej siete
- automatické zavlažovanie

NEVÝHODY

- absencia jazykovej mutácie
- nutnosť širokého pokrytia siete
- nemá možnosť viesť denník pestovaných rastlín

CENA

- 740 € = ~ 20 000 Kč

CIELOVÁ JEDNOTKA

- veľkí poľnohospodári

■ Klarstein GrowIt Farm

Klarstein GrowIt Farm je inteligentný kvetináč, ktorý slúži na zjednodušenie pestovania rastlín, hlavne byliniek, pre pestovateľov, ktorí nemajú vlastnú záhradu [34].

VÝHODY

- pestovanie bez pôdy
- pestovanie bez pesticídov
- automatické ovládanie svetla, automatické zavlažovanie
- optický alarm pri príliš nízkej hladine živného roztoku

NEVÝHODY

- obmedzená kapacita priesad - 28 priesad na jednu sadu
- obmedzenie na rozmery pestovaných rastlín
- nutnosť výmeny živného roztoku a špongií pre pestovanie nových priesad

CENA

- 250 € = ~ 6 300 Kč

CIEĽOVÁ JEDNOTKA

- interieroví pestovatelia

■ Gardena

GARDENA zavlažovací počítač - súprava, pozostávajúca zo smart zavlažovacieho počítača, smart vstupnej brány a smart senzoru, ktorý automaticky riadi prívod vody do záhrady a tým zaisťuje flexibilný manažment vody [35].

VÝHODY

- silné antény pre bezdrôtové pripojenie
- voľba ľubovoľného dňa zavlažovania
- český aj slovenský jazyk aplikácie
- vedenie denníka pestovaných rastlín

NEVÝHODY

- neobsahuje automatické zavlažovanie podľa vlhkosti pôdy
- smart zavlažovací počítač funguje v nepretržitom režime iba 60 minút

- neobsahuje senzory merajúce podmienky okolitého prostredia
- neupozorňuje užívateľa na zmenu vlastností okolitého prostredia

CENA

- 300 € = ~ 7 900 Kč

CIELOVÁ JEDNOTKA

- domáce záhrady/domáci pestovatelia

5.2 Čiastočné riešenia

Sekcia čiastočných riešení obsahuje neúplné riešenia inteligentnej záhrady. Ide o aplikácie bez IoT riešenia, senzory alebo čidlá bez smart aplikácie alebo senzory, ktoré síce ponúkajú aplikáciu, ale nie je možné ich ovládať na diaľku.

5.2.1 Aplikácie

V tejto sekcii si popíšeme riešenia len pomocou aplikácie.

Agrivi

Softvér na správu farmy Agrivi umožňuje plánovať, monitorovať a analyzovať všetky aktivity na farme. Spracovanie pôdy, výsadba, postrek, hnojenie, zavlažovanie, zber a všetky ďalšie činnosti sú zaznamenané v aplikácii [36].

VÝHODY

- monitorovania a sledovania všetkých aktivít farmy
- sledovanie výdavkov farmy
- predpovede počasia
- 3-ročná história počasia pre každé pole
- inteligentné alarmy na detekciu rizika chorôb
- stav zásob na sklade v reálnom čase
- podpora platforiem Android, iOS a ako webová aplikácia

NEVÝHODY

- pre malých pestovateľov je mnoho informácií zbytočných
- absencia českého alebo slovenského jazyka
- zložité nastavenie upozornení na počasie

CENA

- 19 \$ = ~ 420 Kč mesačne

CIELOVÁ JEDNOTKA

- veľkí poľnohospodári/farmy

■ Garden Planner

Garden Planner je aplikácia, ktorá učí pestovať rastliny na základe skúseností. Vedenie záznamu zabráni opakovaniu chýb a frustrácie nad strateným časom a priestorom [37].

VÝHODY

- pridávanie fotografií
- záznamy o sadení, polievaní, hnojení a zbieraní úrody
- obsahuje databázu chorôb a škodcov
- využíva údaje o klíme na zasielanie rád o výsadbe
- umožní kresliť zeleninové záhradné plány
- upozornenia e-mailom

NEVÝHODY

- neobsahuje predpoveď ani históriu počasia
- neupozorňuje na zmenu počasia
- absencia českého alebo slovenského jazyka

CENA

- 27 € = ~ 700 Kč ročne

CIELOVÁ JEDNOTKA

- domáce záhrady/domáci pestovatelia
- veľkí poľnohospodári

■ 5.2.2 IoT senzory

V tejto sekcii si popíšeme riešenia len pomocou senzorov. Niektoré senzory síce majú aplikáciu, avšak iba na ich ovládanie.

■ RainBird ST8-2.0 Smart Irrigation Timer

RainBird značka ponúka rôzne modely regulátorov zavlažovania. Model ST8-2.0 Smart Irrigation Timer je inteligentný zavlažovací časovač. Obsahuje Wi-Fi prijímač, vďaka ktorému je možné sa jednoducho pripojiť na regulátor zavlažovania. RainBird ponúka aj vlastnú aplikáciu, ktorá dokáže regulovať množstvo zavlažovania a nastavovať intervaly tohoto zavlažovania podľa sezóny, počasia, teploty či vlhkosti. Ostatné RainBird regulátory však nie sú obohatené o Wi-Fi prijímač, avšak je možné si ho navyše dokúpiť [38].

VÝHODY

- možnosť pripojenia na aplikáciu
- možnosť manuálneho nastavenia regulátora
- aplikácia podáva mesačné správy o polievaní
- výstrahové upozornenia
- maximálna dĺžka polievania sú 3 hodiny

NEVÝHODY

- externý káblový zdroj napájania + záložný zdroj napájanie na 2 batérie
- aplikácia súvisí len so zavlažovaním
- ponúka iba mobilnú aplikáciu
- aplikácia je kompatibilná iba s platformami iOS a Android

CENA

- 180 \$ = ~ 4 500 Kč

■ Xiaomi Mi Flora Monitor

Xiaomi Mi Flora Monitor je smart senzor pre rastliny, ktorý dokáže merať teplotu, vlhkosť pôdy, intenzitu svetla či množstvo živín v pôde. Pre lepšie fungovanie je možné pomocou Bluetooth prepojiť senzor so smart aplikáciou Xiaomi MiHome v mobilnom telefóne [39].

VÝHODY

- detektor svetla a živín
- monitoring teploty a vlhkosti
- smart aplikácia so štatistikou nameraných dát
- pripojenie k telefónu pomocou Bluetooth

- napájanie batériou

NEVÝHODY

- monitorovanie iba jednej rastliny
- nevykonáva zavlažovanie
- absencia českého alebo slovenského jazyka

CENA

- 649 Kč

■ **Zatvárač ventilov iQtech SmartLife**

Elektrický zatvárač guľových ventilov iQtech SmartLife VC01W je Smart elektrický pohon pre zatváranie a otváranie guľových ventilov vody a plynu. Je ho možné použiť na štandardné pákové ventily pre vodu a plyn ako v domácnosti, tak aj na záhrade. Obdobné lacnejšie neznačkové smart zatvárače ponúkajú rôzne iné internetové obchody [40].

VÝHODY

- odolný teplotám od -25 °C do +85 °C
- pripojiteľné priamo na vodovodný kohútik
- pripojenie k zariadeniu pomocou Wi-Fi
- rýchle zatváranie a otváranie ventilu
- pripojiteľné na smartlife aplikáciu pre ovládanie z telefónu
- možnosť pripojenia k asistentom Apple Siri, Amazon Alexa, či Google Home

NEVÝHODY

- externý káblový zdroj napájania
- iba otáčanie ventilu

CENA

- 84 € = ~ 2100 Kč

■ **5.2.3 IoT riešenia pomocou mikrokontroléra**

V tejto sekcii si popíšeme čiastočné riešenia, ktoré môžeme získať naprogramovaním mikrokontroléra. Samotný mikrokontrolér neposkytuje žiadne riešenie a je iba nástrojom k celkovému riešeniu.

■ Espressif Systems ESP8266

ESP8266 je lacný mikročip s Wi-Fi prijímačom s úplným protokolom TCP/IP a mikrokontrolérom, ktorý vyrába spoločnosť Espressif Systems v čínskom Šanghaji. Služi primárne ako mikročip pre vytváranie IoT aplikácií. Obsahuje 32-bitový Tensilica procesor, ktorý vďaka Real-Time Operating System (RTOS) a Wi-Fi stack umožňuje, aby asi 80% procesného výkonu bolo k dispozícii pre programovanie a vývoj používateľských aplikácií v Arduine. Modul podporuje technológiu OTA (On The Air), ktorá umožňuje nahrávanie programu aj firmvéru cez bezdrôtovú sieť wifi. Samotné ESP8266 pri kúpe neposkytuje žiadne senzory, avšak je možné si ich veľmi lacno dokúpiť [41] [42].

VÝHODY

- vhodný do priemyselného prostredia
- odolný teplotám od -40 °C do +125 °C
- obsahuje výkonný zosilňovač a nízkošumový prijímač zosilňovača
- extra nízka spotreba energie
- architektúra šetriaca energiu (aktívny režim, režim spánku, režim hlbokého spánku)
- programovateľný cez USB
- prevádzkové napätie 3.3V
- programovateľný jazykmi C, C++ a Wiring platformou

NEVÝHODY

- malé množstvo pinov pre pripojenie senzorov
- prevádzková pamäť <45kB

CENA

- 5-7 € = ~ 125-175 Kč

■ Arduino

Doska Arduino je voľne dostupný vývojový open-source mikrokontrolér, schopný vyrovnáť sa s rôznymi komunikačnými protokolmi, ktoré musia byť použiteľné pre akýkoľvek druh IoT zariadení. Táto doska je lacná a na funkcie bohatá dostupnosťou rôznych dcérskych dosiek. Dostupnosť Wi-Fi a ethernetu spolu s nízkym výkonom BLE-4, ho robí vhodným pre rýchle prototypy a ľahké programovanie. Samotné Arduino pri kúpe neposkytuje žiadne senzory, avšak je možné si ich veľmi lacno dokúpiť [41] [43] [44].

VÝHODY

- ethernet pripojenie
- knižnica príkladov už s hotovým kódom
- automatická konverzia jednotiek
- programovateľný cez USB

NEVÝHODY

- systémová pamäť 2 kB
- prevádzkové napätie 5V
- programovateľný Wiring platformou

CENA

- 20 € = ~ 500 Kč

■ Raspberry Pi

Raspberry Pi je využiteľný na rôzne spôsoby. Napríklad ako malý stolný počítač, smart home hub, kontrolér továrne či ako mozog robota. Zabudované Wi-Fi, BLE, úložná kapacita tejto dosky a dostupná RAM, ktorá je v porovnaní s ostatnými doskami veľmi veľká, jej umožňuje fungovať ako server IoT vo väčšine konfigurácií siete IoT. Samotné Raspberry Pi pri kúpe neposkytuje žiadne senzory, avšak je možné si ich veľmi lacno dokúpiť [41] [45].

VÝHODY

- ARM technológia
- väčšie množstvo pinov pre pripojenie senzorov
- ethernet pripojenie
- výber veľkostí RAM
- programovateľný jazykmi C, python, Java, Scratch, Ruby
- systémová pamäť 1 GB

NEVÝHODY

- prevádzkové napätie 5V

CENA

- od 35 \$ = ~ 875 Kč

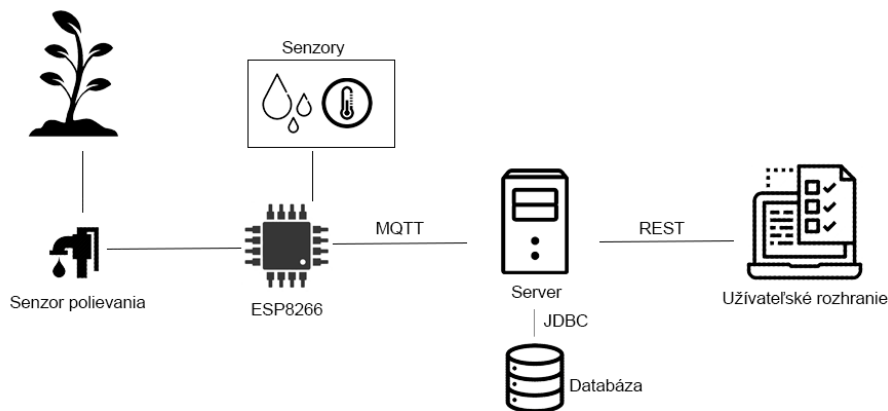
■ 5.3 Vyhodnotenie prieskumu

Prieskum ukázal rôzne riešenia, ale ani jedno z nich úplne nezhrňa všetky požadované vlastnosti systému. Cieľom by mala byť komplexná aplikácia, zahŕňajúca ovládanie senzorov, vedenie denníka pestovaných rastlín, informácie o histórii meraní senzorov a mala by upozorňovať užívateľa pri požadovanej zmene vonkajšieho prostredia. Z tohoto prieskumu sa najviac k nášmu požadovanému systému približovali systémy LoDaWAN® Agricultural Monitoring a Gardena. Systém LoDaWAN® Agricultural Monitoring ponúka širokú škálu senzorov a zavlažovania, no nevýhoda tohoto systému spočíva v absencii jazykovej mutácie či nutnosti širokého pokrytia siete. Je vhodný hlavne pre veľkých poľnohospodárov a nespĺňa jednu z dôležitých podmienok pre náš systém a tou je vedenie denníka pestovaných rastlín. Systém Gardena síce má možnosť viesť denník pestovaných rastlín, ale umožňuje ovládať iba zavlažovanie. Chýbajú mu senzory pre meranie veličín okolitého prostredia a upozornenia na zmenu vonkajšieho prostredia. Oba systémy sú pre bežného užívateľa príliš drahé. V tomto prípade je najvhodnejšou voľbou kombinácia existujúceho riešenia a vlastnej webovej aplikácie. Podrobnejšie bude výsledné riešenie popísané v nasledujúcej kapitole.

Kapitola 6

Návrh riešenia

Výsledkom navrhovaného riešenia bude existujúce hardvérové riešenie kombinované s vlastnou webovou aplikáciou. Navrhované riešenie pozostáva z mikročipu ESP8266 od spoločnosti Espressif Systems, na ktorom je napojený senzor na meranie teploty, vlhkosti vzduchu, tlaku vzduchu, vlhkosti pôdy a zrážkomer. Taktiež riadi spustenie zatvárača ventilov na polievanie záhrady, ktorý následne spustí prívod vody k rastlinám. Namerané dáta zo senzorov sa následne odosielajú pomocou MQTT protokolu na server, ktorý pomocou JDBC uloží dáta do databázy. Backend a frontend medzi sebou komunikujú pomocou REST rozhrania.



Obrázky 6.1: Diagram navrhovaného riešenia

6.1 Hardvér

Súčasťou hardvérového riešenia je mikročip ESP8266, ktorý je podrobne popísaný v sekcii 5.2.3. Dôvod výberu bola ponuka vybavenia modulu, možnosť vlastného naprogramovania riadenia senzorov a cena. Senzor na meranie teploty, vlhkosti pôdy a zrážkomer boli vybrané kvôli možnosti riadenia týchto senzorov podľa vlastného uváženia a kvôli potrebe merať

veliĥiny teploty, vlhkosti pŕdy a vzduchu, merať zrážky a tlak vzduchu. Tieto senzory je nutné pripojiť k mikroĥipu a pre správne fungovanie je nutné ich nakonfigurovať. Polievanie záhrady rieši zatváraĥ ventilov pre otáčanie ventilu, podrobnejšie spomenutý v predchádzajúcej kapitole, v sekcii 5.2.2 ako „Zatváraĥ ventilov iQtech SmartLife“. Toto riešenie nezahrňa konkrétne zatváraĥ iQtech SmartLife, ale lacnejšiu neznaĥkovú verziu senzora. Dôvod výberu bola možnosť bezdrŕového riadenia senzoru a priaznivá cena.

6.2 Softvér

Softvérové riešenie pozostáva z kombinácie backendovej a frontendovej aplikácie. Na server sa budú posielat dáta namerané senzormi pomocou protokolu MQTT. MQTT komunikáciu sme vybrali z dôvodu vysokej použiteľnosti v IoT projektoch a pre nízku spotrebu energie.

6.2.1 Backend

Backendová aplikácia bude napísaná v jazyku Java a bude slúžiť na spracovanie dát a ich ukladanie do databázy pomocou JDBC. Jazyk Java pre backendovú aplikáciu sme zvolili kvôli najväčším skúsenostiam autora s týmto jazykom.

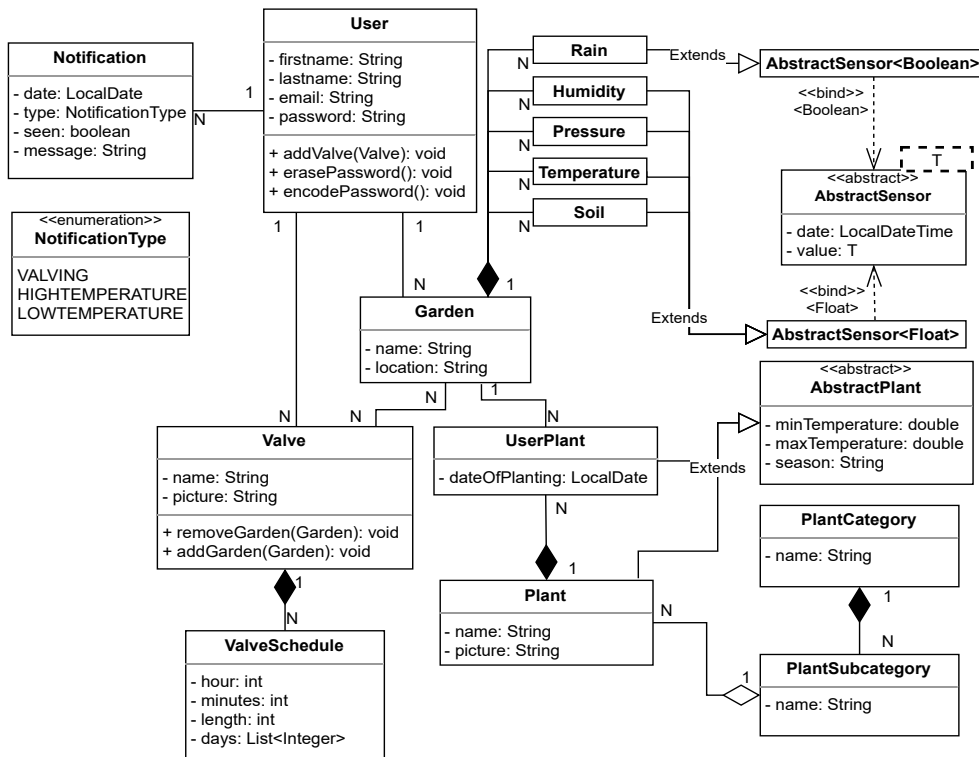
6.2.2 Frontend

Frontendovou aplikáciou bude javascriptová aplikácia, ktorá bude slúžiť ako užívateľské rozhranie. Dôvodom výberu jazyka JavaScript a nie JavaServer Pages bola možnosť využívať moderné technológie, akými sú napríklad modálne okná. Aplikácie budú medzi sebou komunikovať pomocou REST rozhrania. To dovoľuje jednoduchý prístup k zdrojom vďaka CRUD metódam. Užívateľské rozhranie bude ponúkať informácie o teplote, vlhkosti vzduchu a pŕdy, možnosť pridať informácie o svojich pestovaných rastlinách a bude ponúkať ovládanie jednotlivých senzorov.

6.2.3 Databáza

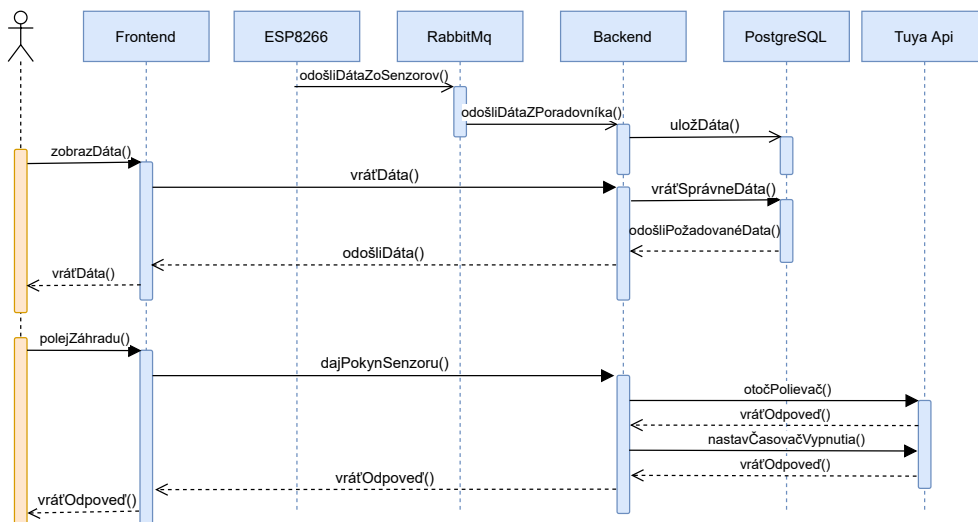
Dáta budú ukladané do databázy PostgreSQL. Dôvod výberu bola dobrá odozva na chyby, prehľadnosť a vyspelosť databázy [46].

6.3 Diagram tried



Obrázky 6.2: Diagram tried

6.4 Sekvenčný diagram



Obrázky 6.3: Sekvenčný diagram

Kapitola 7

Implementácia

Zvolené implementačné riešenie naväzuje na navrhované riešenie v predchádzajúcej kapitole.

7.1 Softvér

V backendovom riešení aplikácie sme zvolili jazyk Java. Vo frontendovom riešení aplikácie javascriptovú knižnicu React. Podrobný popis použitia je popísaný v nasledujúcich sekciách.

7.1.1 Backend

Pre vývoj backendovej časti aplikácie sme zvolili framework Spring Boot. Dôvody výberu jazyka Java sú spomenuté v sekcii 6.2. Konkrétne framework Spring Boot ponúka auto konfiguráciu závislostí, čo uľahčuje prácu pre vývoj v jazyku Java, preto sme sa rozhodli pre túto možnosť.

Jednotlivá práca s dátami a ich úprava sa nachádza práve v Spring Boot aplikácii. Ide o dáta užívateľov, záhrad, rastlín či senzorov.

Získavanie dát zo senzorov

Spring Boot pre získanie nameraných dát pomocou senzorov komunikuje prostredníctvom AMQP protokolu s RabbitMQ brokerom, ktorý slúži ako nástroj na spracovanie správ. Pomocou anotácie `@RabbitListener` Spring dokáže počúvať na jednotlivých poradovníkoch brokera, z ktorých si dokáže brať dáta v momente ich výskytu.

Dynamický rozvrh

Požiadavka ktorá znie *"Systém umožní užívateľovi nastaviť čas pravidelného zalievania."* požaduje nastaviť plán zalievania dynamicky, v čase behu aplikácie. Táto požiadavka je vyriešená pomocou dvoch rozvrhových nástrojov. Metóda označená anotáciou `@Scheduled` sa spustí každú polnoc, kedy vykoná nastavenie jednotlivých dynamických rozvrhov pomocou `ScheduledExecutorService`. V momente dosiahnutia časového plánu rozvrhu, sa spustí metóda

na otočenie ventilového kontroléra a zároveň nastaví kontroléru časovač na jeho uzatvorenie. Pred spustením zalievania sa skontroluje, či je rozvrh stále v databáze pre prípad, že ho užívateľ vymazal v daný deň polievania.

7.1.2 Frontend

Frontendová aplikácia je postavená pomocou javascriptovej knižnice React. Konkrétnu knižnicu React sme vybrali kvôli jej flexibilitě, ktorá dovoľuje vytváranie znovu použiteľných komponentov a kvôli využívaniu JSX syntaxe, ktorá umožňuje kombinovať HTML s JavaScriptom. Taktiež bol použitý framework React Bootstrap, z ktorého využívame niektoré komponenty, ako sú formuláre, modálne okná či karty [47].

7.2 Komunikácia s hardvérom

Hardvérové komponenty pozostávajú z mikročipu ESP8266, senzorov pre meranie teploty, vlhkosti vzduchu, pôdy, tlaku vzduchu, zrážkomeru a inteligentného zariadenia, ktoré slúži na zalievanie záhrady. Aby senzory dokázali odosielať dáta, musí s nimi mikročip vedieť komunikovať. V tejto sekcii si popíšeme, ako jednotlivé komponenty komunikujú medzi sebou, ale aj ako komunikujú so softvérom.

7.2.1 Mikročip ESP8266

Mikročip ESP8266 obsahuje implementáciu kódu napísanú v Arduino jazyku, ktorý zabezpečuje pripojenie mikročipu k sieti prostredníctvom Wi-Fi prijímača, riadenie senzorov pomocou tohoto mikročipu a komunikáciu mikročipu s RabbitMQ brokerom. Získané dáta zo senzorov následne odosiela pomocou MQTT protokolu na RabbitMQ brokera. Implementácia zahŕňa aj odber príkazov prichádzajúcich z RabbitMQ.

7.2.2 Sensory

Pre senzor BME280, ktorý je použitý na meranie teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu, sú v Arduino kóde použité knižnice <Adafruit_Sensor.h> a <Adafruit_BME280.h>, ktoré poskytujú metódy na komunikáciu so senzorom a rozlišovanie jednotlivých hodnôt nameraných týmto senzorom. Dáta zo zrážkomera prijme mikročip ESP8266 z digitálneho výstupu senzora a dáta namerané senzorom pre vlhkosť pôdy prijme mikrokontrolér z analógového výstupu senzora.

7.2.3 Ventilový kontrolér

Riadenie uzatvárania ventilu pre prívod vody zabezpečuje Tuya inteligentný ventilový kontrolér. Vďaka zabudovanému Wi-Fi prijímaču v kontroléri je možné kontrolér pripojiť do lokálnej siete. Na nakonfigurovanie sieťových

prístupových údajov je potrebné stiahnutie Tuya aplikácie. Pre ovládanie kontroléra pomocou API je nutná registrácia na Tuya IoT Development platforme. V tejto platforme je následne nutné nakonfigurovať nastavenia a prepojiť účet s pripojeným zariadením, v tomto prípade účet s ventilovým kontrolérom. V tomto okamihu je možné ovládať zariadenie pomocou API. Spring Boot následne komunikuje s rozhraním, a tak dokáže získať informácie od zariadení v tomto rozhraní či ovládať ich funkcionality. V tomto prípade funkcionality kontroléra, akou je pohyb ventilu alebo nastavenie časovača, po ktorom sa tento pohyb ventilu vykoná.

Kapitola 8

Testovanie

Po úspešnej implementácii nasleduje testovanie aplikácie.

8.1 Popis testovania

Vytvorili sme 11 testovacích scenárov, ktoré boli následne otestované a vyhodnotené.

Jednotlivé scenáre sú:

- Registrácia užívateľa
- Pridanie novej pestovanej rastliny
- Pridanie senzoru na zalievanie
- Pridanie záhrady k senzoru na zalievanie
- Vytvorenie rozvrhu na polievanie
- Zapnutie senzora na zalievanie
- Pridanie novej záhrady
- Úprava pestovanej rastliny
- Nastavenie intervalu merania senzorov
- Odstránenie rozvrhu
- Odobratie záhrady zo senzoru na zalievanie

Testovacie scenáre „*Pridanie záhrady k senzoru na zalievanie*“ a „*Odobratie záhrady zo senzoru na zalievanie*“ po prvom otestovaní neprešli, kde sa záhrada nepridala ani neodobrala zo zoznamu záhrad v senzore na zalievanie. Po následnej oprave chyby všetkých 11 testov úspešne prešlo.

Detailný popis všetkých testovacích scenárov sa nachádza v prílohe D.1.

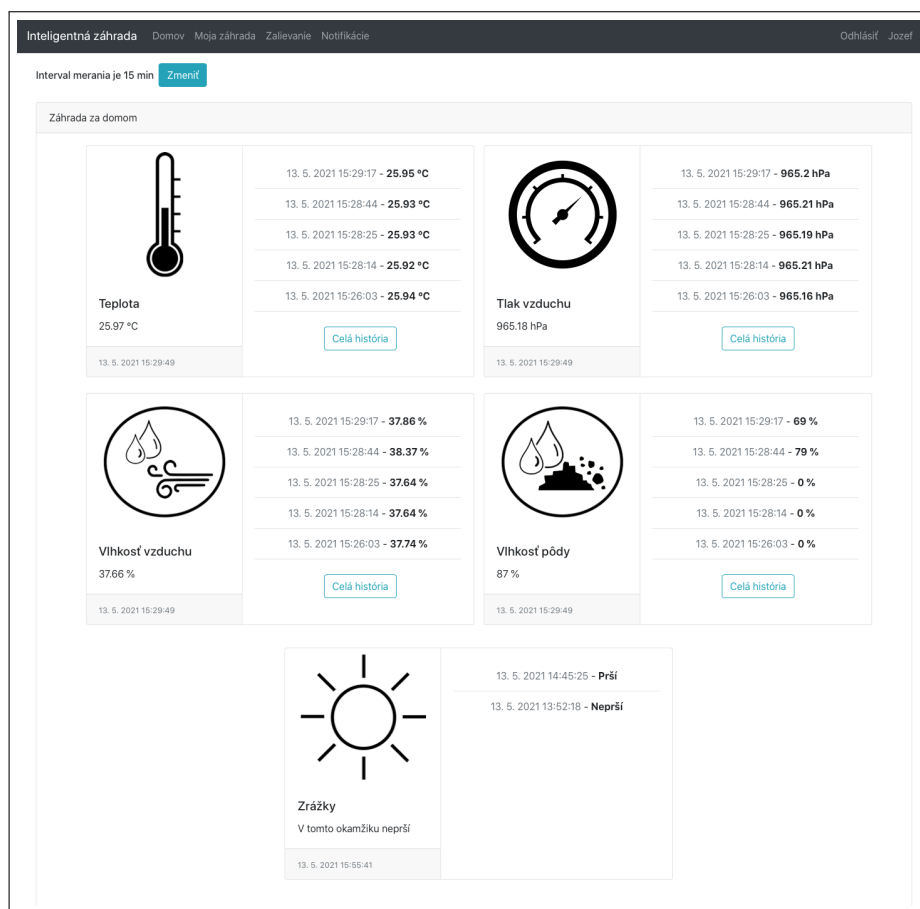


Kapitola 9

Stručný popis aplikácie

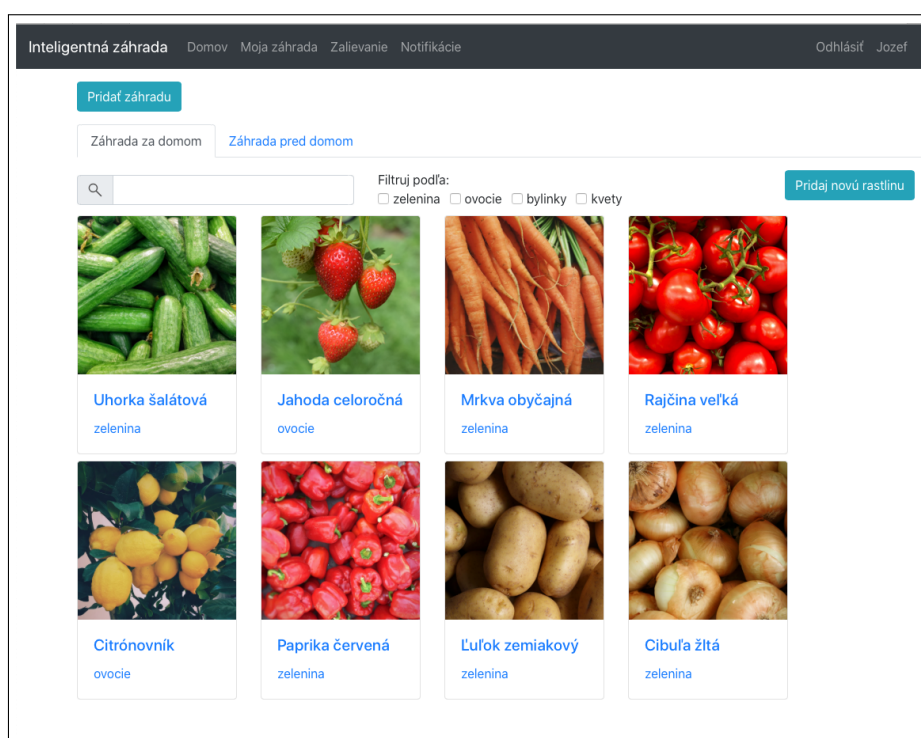
Táto kapitole stručne ukazuje funkcionality implementovanej aplikácie.

Pre kompletne využitie všetkých funkcionalít, ktoré aplikácia ponúka, je potrebné byť registrovaný vo webovej aplikácii, vlastniť senzory a zalievač. Pre čiastočné využitie funkcionality sa stačí do tejto webovej aplikácie iba zaregistrovať. Neprihlásený užívateľ nie je schopný využívať žiadnu funkcionality aplikácie.



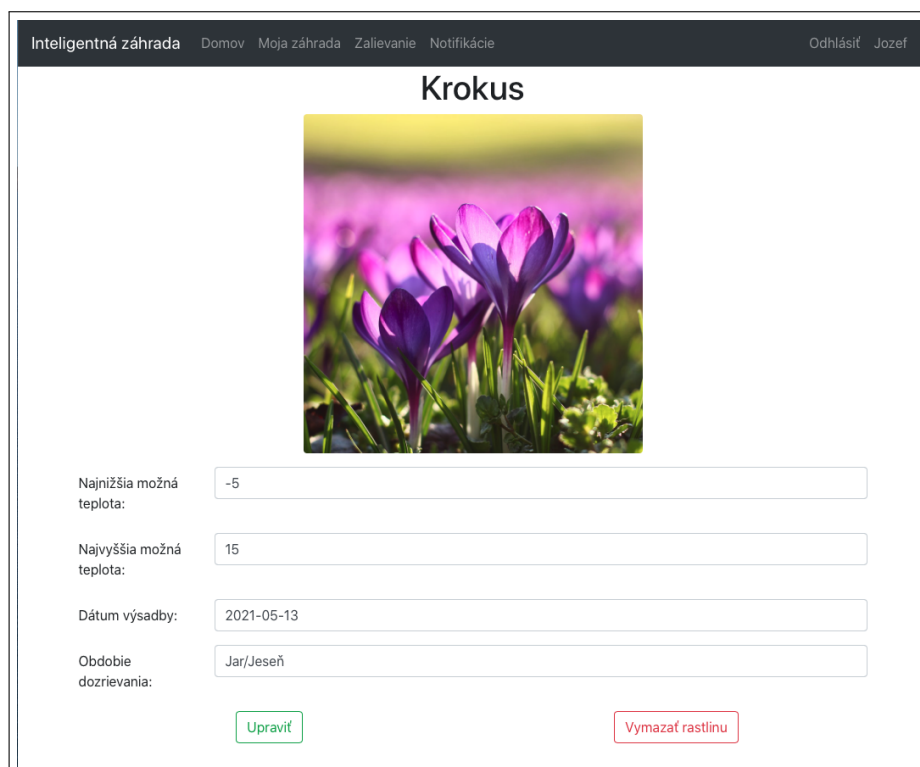
Obrázky 9.1: Domovská stránka aplikácie

Po prihlásení do aplikácie sa užívateľovi zobrazí domovská obrazovka, pozri obrázok 9.1, s jeho jednotlivými záhradami. Každá záhrada obsahuje zoznam senzorov a hodnoty nimi namerané. Ak žiadne meranie zatiaľ neprebehlo alebo senzory nie sú pripojené, tak sa pri jednotlivom senzore zobrazí nápis „Senzor nie je dostupný“. V prípade, že nameraných hodnôt na jednotlivých senzorech je viac ako 6, je možné si zobraziť plnú históriu meraní po stlačení na tlačítko „Celá história“. Časový interval merania senzorov je možné zmeniť v ľavom hornom rohu obrazovky.




Obrázky 9.2: Stránka aplikácie „Moja záhrada“

Po kliknutí na odkaz v navigácii „*Moja záhrada*“, sa zobrazia všetky pestované rastliny v jednotlivých záhradách užívateľa, čo ukazuje obrázok 9.2. Po kliknutí na tlačítko „*Pridať záhradu*“ si užívateľ môže vytvoriť novú záhradu, ktorá sa mu následne zobrazí v zozname pod daným tlačítkom. Užívateľ je schopný filtrovať výber zobrazených rastlín podľa kategórie a taktiež vyhľadať rastlinu podľa názvu pomocou vyhľadávacieho okna vedľa filtra. Kliknutím na jednu z rastlín sa zobrazí podstránka s náhľadom rastliny, pozri obrázok 9.3. V náhľade sa zobrazujú hodnoty rastliny, ktoré si užívateľ môže upraviť alebo môže vymazať celú rastlinu zo svojej záhrady. Pre pridanie novej rastliny do konkrétnej záhrady musí mať užívateľ zakliknutú záhradu kde chce rastlinu umiestniť a následne kliknúť na tlačítko „*Pridaj novú rastlinu*“, ktoré ho presmeruje na formulár pre pridanie rastliny pozri obrázok 9.4.



Inteligentná záhrada Domov Moja záhrada Zalievanie Notifikácie Odhlásiť Jozef

Krokus



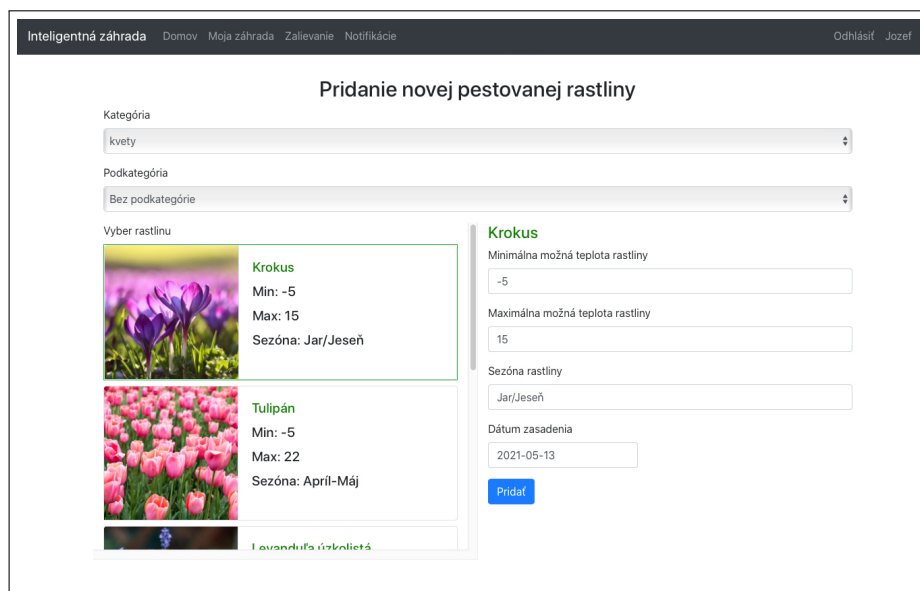
Najnižšia možná teplota:

Najvyššia možná teplota:

Dátum výsadby:

Obdobie dozrievania:

Obrázky 9.3: Detail rastliny




Inteligentná záhrada Domov Moja záhrada Zalievanie Notifikácie Odhlásiť Jozef

Pridanie novej pestovanej rastliny


Kategória: kvety

Podkategória: Bez podkategórie

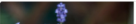
Vyber rastlinu



Krokus
Min: -5
Max: 15
Sezóna: Jar/Jeseň



Tulipán
Min: -5
Max: 22
Sezóna: Apríl-Máj



Lavandula úzkolistá

Krokus

Minimálna možná teplota rastliny:

Maximálna možná teplota rastliny:

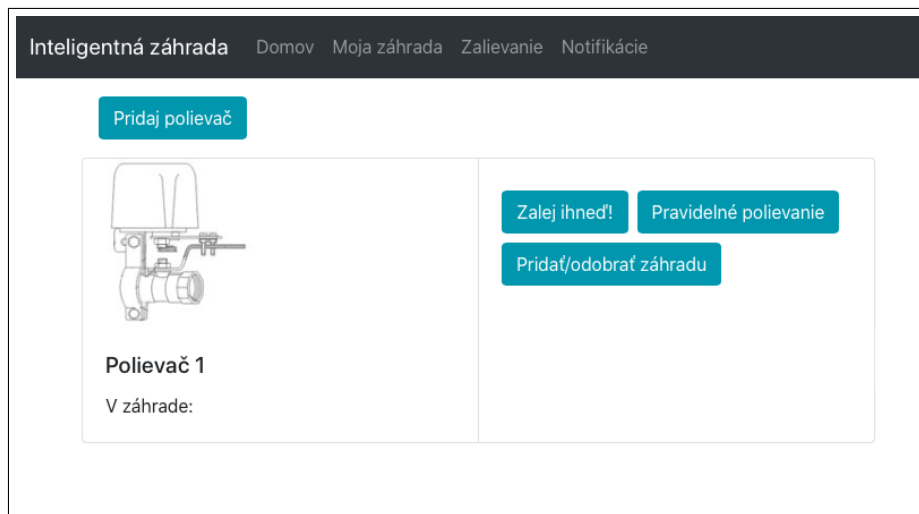
Sezóna rastliny:

Dátum zasadenia:

Obrázky 9.4: Pridanie novej rastliny v záhrade

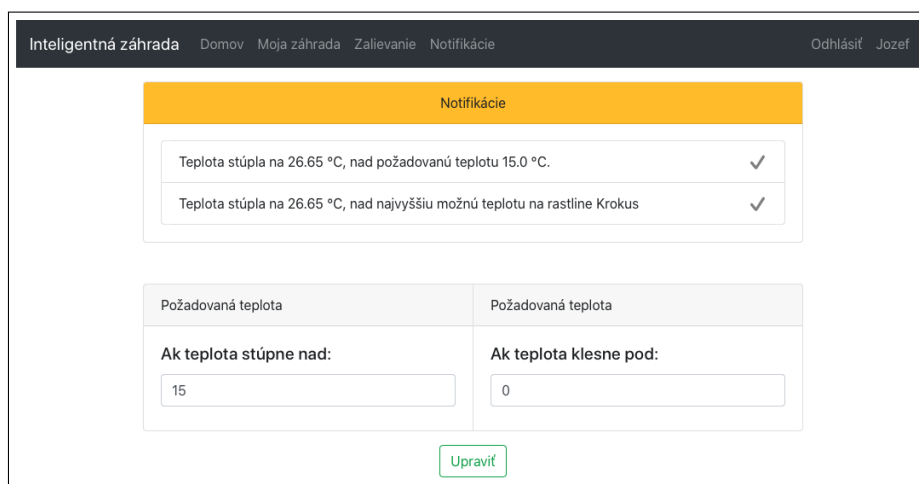
Užívateľ si vo formulári pre pridanie novej rastliny vyberie kategóriu, podkategóriu a konkrétnu rastlinu, ktorú chce pridať do záhradky, pozri obrázok 9.4. Ak užívateľ nesúhlasí s prednastavenými hodnotami rastliny,

môže ich ručne pozmeniť a následne odošle formulár. Po odoslaní sa rastlina pridá ku konkrétnej záhrade.



Obrázky 9.5: Stránka aplikácie „Zalievanie“

Po kliknutí na odkaz v navigácii „Zalievanie“, sa zobrazí podstránka s náhľadom jednotlivých zalievačov užívateľa. Užívateľ si môže pridať polievač pomocou tlačítka „Pridaj polievač“, kde zadá platné identifikačné číslo senzora. Po úspešnom pridaní sa polievač objaví v zozname. Užívateľ si môže na každom polievači nastaviť rozvrh na zalievanie alebo nastaviť trvanie zálievky a poliať záhradu ihneď. V zozname „V záhrade“ sa vypíšu záhrady priradené k tomuto polievaču, ktoré užívateľ môže regulovať tlačítkom „Pridať/odobrať záhradu“.



Obrázky 9.6: Stránka aplikácie „Notifikácie“

V neposlednom rade tu máme notifikácie aplikácie, ktoré sa zobrazujú po kliknutí na „Notifikácie“ v navigácii aplikácie. Každá notifikácia sa zobrazuje, kým užívateľ nepotvrdí, že notifikáciu videl, zakliknutím ikonky fajky, vpravo

vedľa notifikácie. Užívateľ si tu môže nastaviť, kedy ho má aplikácia upozorniť, pri poklese alebo náraste nad určitú teplotu.

Kapitola 10

Záver

V prvých kapitolách práce sme si vyjasnili dôležité pojmy spojené s touto prácou, akými sú internet vecí alebo inteligentné domácnosti a vykonali sme analýzu používaných technológií pre internet vecí. Po objasnení hlavných pojmov a technológií sme zadefinovali požiadavky na systém drobných pestovateľov, ktoré sme rozdelili do troch hlavných častí. Prvá časť definuje hlavnú funkcionálnu aplikáciu, ktorá obnáša interakciu užívateľa s aplikáciou. Tieto požiadavky definujú funkčnosť činností ako registrácia užívateľa, prihlásenie užívateľa do účtu, vedenie denníka rastlín, pridanie rastliny do záhrady užívateľa, úprava rastliny, pridanie záhrady či zobrazenie filtrovaných rastlín podľa kategórie. V druhej časti sme definovali požiadavky súvisiace s interakciou senzorov, akými sú zbieranie dát zo senzorov, zobrazenie týchto a starších dát užívateľovi v konkrétnej záhrade či riadenie inteligentného zariadenia na polievanie záhrady, buď v danom momente alebo rozvrhom. Posledná časť požiadaviek súvisí s notifikáciami užívateľa na zmenu stavu vonkajšieho prostredia. Upozornenia sa týkajú hlavne teploty vzduchu prostredia, kedy systém upozorní užívateľa v momente dosiahnutia jeho požadovanej teploty alebo teploty minimálnej, alebo maximálnej pre pestovanie konkrétnej rastliny užívateľa.

Po definovaní všetkých potrebných požiadaviek na systém sme sa pustili do prieskumu existujúcich riešení, kde sme rozobrali celkové riešenia systémov inteligentných záhrad, ale aj čiastočné riešenia, ktoré pozostávali buď len z hardvérovej časti alebo iba z aplikačnej časti. Z tohoto prieskumu sa najviac k nášmu požadovanému systému približovali systémy LoDaWAN® Agricultural Monitoring a Gardena, avšak ani jeden z nich úplne nespĺňa naše požiadavky na systém. Systém LoDaWAN® Agricultural Monitoring ponúka širokú škálu senzorov a zavlažovania, no nevýhoda tohoto systému spočíva v absencii jazykovej mutácie či nutnosti širokého pokrytia siete. Je vhodný hlavne pre veľkých poľnohospodárov a nespĺňa jednu z dôležitých podmienok pre náš systém a tou je vedenie denníka pestovaných rastlín. Systém Gardena síce má možnosť viesť denník pestovaných rastlín, ale umožňuje ovládať iba zavlažovanie. Chýbajú mu senzory pre meranie hodnôt okolitého prostredia a upozornenia na zmenu vonkajšieho prostredia. Oba systémy sú pre bežného užívateľa príliš drahé. Na základe tohoto vyhodnotenia sme dospeli k záveru, že na vytvorenie výsledného systému budeme spájať vlastné riešenie webovej

aplikácie s mikročipom, inteligentným zariadením, ktoré ovláda prívod vody do záhrady a senzormi pre meranie veličín okolitého prostredia.

Ďalej sme podrobnejšie vytvorili návrh riešenia nášho systému, kde sme ukázali, ako by softvér mohol komunikovať s hardvérom, z akých častí sa jednotlivé softvérové a hardvérové komponenty budú skladať a vytvorili sme diagram tried a sekvenčný diagram. Konkrétnym navrhovaným riešením je vlastná webová aplikácia spolu s hardvérovými komponentami. Hardvérové komponenty tvorí mikročip ESP8266, inteligentné zariadenie pre riadenie zavlažovania od spoločnosti Tuya a senzory, konkrétne senzor pre meranie teploty a vlhkosti vzduchu, senzor pre meranie vlhkosti pôdy a zrážkomer. Mikročip ESP8266 riadi činnosť senzorov a namerané dáta odosiela na server softvérovej časti nášho systému.

Ďalším krokom bola implementácia, kde sme vytvorili dve medzi sebou komunikujúce aplikácie. Frontendovú javascriptovú aplikáciu komunikujúcu s backendovou aplikáciou napísanou v jazyku Java za pomoci frameworku Spring Boot. Dáta zo senzorov sa pomocou mikrokontroléra, ktorý sme naprogramovali v Arduino jazyku, odosielajú pomocou MQTT protokolu do sprostredkovateľa správ, ktorý komunikuje s backendovou aplikáciou. Backendová aplikácia následne prijme dáta a spracuje ich do podoby vhodnej pre užívateľské rozhranie. Riešením tohoto systému je aj inteligentné zariadenie pre polievanie záhrady, ktoré je pripojené k bezdrôtovej lokálnej sieti. S týmto zariadením komunikuje backendová aplikácia pomocou aplikačného programovateľného rozhrania a ovláda jeho funkcionality, ktorými sú otvorenie či zatvorenie prívodu vody. Po implementácii sme aplikáciu otestovali jedenástimi testovacími scenármi a všetky boli vyhodnotené ako úspešne prechádzajúce.

V závere sme dospeli k riešeniu, vďaka ktorému dokážeme riadiť zavlažovanie záhrady, prijímať dáta o počasí v záhrade a viesť denník pestovaných rastlín. Toto riešenie plnohodnotne splňa zadanie, avšak pre jeho reálne používanie je potrebné túto aplikáciu nasaďiť na server, vyladiť validáciu formulárov a zlepšiť spätnú väzbu užívateľovi pri vyskytnutých chybách.

V budúcnosti je možné tento systém rozšíriť o ďalšie funkcionality, akými sú automatizovanie zalievania na základe dát namerných senzormi, obohatenie databázy rastlín, úprava užívateľského profilu, napájanie senzorov z batérie alebo solárneho panelu či doplnenie lokálneho počasia zo satelitov. Existuje mnoho funkcionalít, ktorými môžeme tento systém ďalej rozširovať.

Dodatok A

Literatúra

- [1] MORGAN, Jacob. A Simple Explanation Of 'The Internet Of Things'. *Forbes* [online]. 2014 [cit. 2020-10-18]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2014/05/13/simple-explanation-internet-things-that-anyone-can-understand/#767942d51d09>
- [2] ALBARRAN, Alan B. *The Media Economy*. 2nd edition. New York: Routledge, 2017, s. 93. ISBN 9781138886094.
- [3] U.FAROOQ, M., Muhammad WASEEM, Sadia MAZHAR, Anjum KHAIRI a Talha KAMAL. A Review on Internet of Things (IoT). *International Journal of Computer Applications* [online]. 2015, **113**(1), 1-7 [cit. 2020-10-18]. ISSN 09758887. Dostupné z: doi:10.5120/19787-1571
- [4] SURESH, P., J. Vijay DANIEL, V. PARTHASARATHY a R. H. ASWATHY. A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment. In: *2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR)*. Chennai: IEEE, 2014, 2014, s. 1-8. ISBN 978-1-4799-7613-3. Dostupné z: doi:10.1109/ICSEMR.2014.7043637
- [5] ZANELLA, Andrea, Nicola BUI, Angelo CASTELLANI, Lorenzo VANGELISTA a Michele ZORZI. Internet of Things for Smart Cities. In: *IEEE Internet of Things Journal*. IEEE, 2014, s. 22-32. ISSN 2327-4662. Dostupné z: doi:10.1109/JIOT.2014.2306328
- [6] FANG, Xi, Satyajayant MISRA, Guoliang XUE a Dejun YANG. *Smart Grid - The New and Improved Power Grid: A Survey*. In: . 2012, s. 944-980. ISSN 1553-877X. Dostupné z: doi:10.1109/SURV.2011.101911.00087
- [7] ARSHAD, Rushan, Saman ZAHOOR, Munam Ali SHAH, Abdul WAHID a Hongnian YU. Green IoT: An Investigation on Energy Saving Practices for 2020 and Beyond. In: *IEEE Access*. IEEE, 2017, s. 15667-15681. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi:10.1109/ACCESS.2017.2686092
- [8] YANG, Lili, Shuang-Hua YANG a Fang YAO. Safety and Security of Remote Monitoring and Control of intelligent Home Environments. *2006*

- [19] OBAIDAT, Mohammad S., Alagan ANPALAGAN a Isaac WOUNGANG, ed. *Handbook of Green Information and Communication Systems*. 2013. Waltham: Elsevier, 2012, s. 43-48. ISBN 9780124158825.
- [20] WANG, Lei, Dunlu PENG a Ting ZHANG. Design of Smart Home System Based on WiFi Smart Plug. *International Journal of Smart Home*. 2015, **9**(6), 173-182. ISSN 19754094. Dostupné z: doi:10.14257/ijsh.2015.9.6.19
- [21] FARAHAANI, Shahin. *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*. 2008. Burlington: Newnes, 2008, s. 1-5. ISBN 9780080558479.
- [22] DAGTAS, S., G. PEKHTERYEV a Z. SAHINOGLU. Multi-Stage Real Time Health Monitoring via ZigBee in Smart Homes. In: *21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (AINAW'07)*. IEEE, 2007, 2007, s. 782-786. ISBN 978-0-7695-2847-2. Dostupné z: doi:10.1109/AINAW.2007.263
- [23] KNIGHT, M. How safe is Z-Wave? [Wireless standards]. In: *Computing and Control Engineering*. 2006, s. 18-23. ISSN 0956-3385. Dostupné z: doi:10.1049/cce:20060601
- [24] BISDIKIAN, C. An overview of the Bluetooth wireless technology. In: *IEEE Communications Magazine*. IEEE, 2001, s. 86-94. ISSN 0163-6804. Dostupné z: doi:10.1109/35.968817
- [25] SIEKKINEN, Matti, Markus HIIENKARI, Jukka K. NURMINEN a Johanna NIEMINEN. How low energy is bluetooth low energy? Comparative measurements with ZigBee/802.15.4. In: *2012 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW)*. Paris: IEEE, 2012, 2012, s. 232-237. ISBN 978-1-4673-0682-9. Dostupné z: doi:10.1109/WCNCW.2012.6215496
- [26] SORREL, C. Casio Bluetooth Low Energy Watch Has Two Year Battery Life. *Wired magazine* [online]. 2011, 24.03.2011 [cit. 2020-10-27]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2011/03/casio-bluetooth-low-energy-watch-has-two-year-battery-life/>
- [27] LI, Xiaohui, Guang CHEN, Bing ZHAO a Xiaobing LIANG. A kind of intelligent lighting control system using the EnOcean network. In: *2014 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems (CITS)*. IEEE, 2014, 2014, s. 1-5. ISBN 978-1-4799-4383-8. Dostupné z: doi:10.1109/CITS.2014.6878964
- [28] LÁBAJ, Ondrej, Renata RYBÁROVÁ a Gregor ROZINAJ. *Automatizácia domácnosti*. 2017. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. ISBN 978-80-01-06230-2.
- [29] ALI, Waqar, Ghulam DUSTGEER, Muhammad AWAIS a Munam Ali SHAH. IoT based smart home: Security challenges, security requirements



Dodatok B

Skratky

- IoT - Internet of Things
- RFID - Radio Frequency Identification
- API - Application Programming Interface
- MQTT - Message Queue Telemetry Transport Protocol
- AMQP - Advanced Message Queuing Protocol
- CoAP - Constrained Application Protocol
- HTTP - Hypertext Transfer Protocol
- PaaS - Platform as a Service
- MBaaS - Mobile backend as a Service
- SDK - Software Development Kit
- BLE - Bluetooth Low Energy
- JDBC - Java Database Connectivity
- REST - Representational State Transfer
- CRUD - Create, Read, Update, Delete
- HTML - Hypertext Markup Language
- JSX - JavaScript XML



Dodatok C

Elektronické prílohy

Elektronická príloha a celá práca je zverejnená v *Digitální knihovna ČVUT*, na portáli dspace.cvut.cz. Elektronická príloha obsahuje textový súbor, ktorý popisuje ako správne aplikáciu spustiť a link na zdrojový kód práce. Všetky zdrojové kódy týkajúce sa bakalárskej práce nájdeme na:

- Zdrojové kódy bakalárskej práce
<https://gitlab.fel.cvut.cz/hamrasan/smartgarden>



Dodatok D

Prílohy testovania



D.1 Detailné testovacie scenáre

ID	SC_1
NÁZOV TESTU	Registrácia užívateľa
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Užívateľ sa zaregistruje
POPIS TESTU	Užívateľ otvorí stránku, pod prihlasovacím formulárom klikne na odkaz registračného formulára, následne sa mu zobrazí registračný formulár, kde vyplní všetky potrebné údaje a odošle formulár.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Unikátny e-mail
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Užívateľ sa úspešne zaregistruje do aplikácie. Po registrácii sa zobrazí prihlasovací formulár.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_2
NÁZOV TESTU	Pridanie novej pestovanej rastliny
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Pridanie novej pestovanej rastliny do vybranej záhrady
POPIS TESTU	Užívateľ rozklikne stránku záhrad, pokiaľ vlastní viac záhrad, vyberie určitú záhradu. Klikne na tlačidko pridania rastliny. Po zobrazení formulára vyplní všetky potrebné údaje a odošle formulár.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ, existujúca záhrada
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Užívateľ úspešne pridá rastlinu do vybranej záhrady. Rastlina sa zobrazí v zozname pestovaných rastlín danej záhrady.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_3
NÁZOV TESTU	Pridanie senzoru na zalievanie
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Pridanie senzoru na zalievanie užívateľovi
POPIS TESTU	Užívateľ zobrazí obrazovku zalievania, klikne na tlačidko pre pridanie polievača kde vyplní identifikačné číslo senzora a klikne na potvrdzovacie tlačidko.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ, unikátne existujúce identifikačné číslo senzora
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Senzor sa úspešne pridá do zoznamu senzorov užívateľa, v obrazovke zalievania.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_4
NÁZOV TESTU	Pridanie záhrady k senzoru na zalievanie
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Pridanie záhrady k existujúcemu senzoru zalievania
POPIS TESTU	Užívateľ zobrazí obrazovku zalievání, klikne na tlačidko pre pridanie/odobratie záhrady, následne zaklikne požadovanú záhradu zo zoznamu záhrad a potvrdí výber.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ, existujúci senzor na zalievanie, existujúca záhrada
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Záhrada sa úspešne pridá k senzoru a zobrazí sa pod názvom polievača v liste záhrad.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_5
NÁZOV TESTU	Vytvorenie rozvrhu na polievanie
HĽBKA DETAILU	Stredná
ZHRNUTIE TESTU	Vytvorenie rozvrhu pre zadaný senzor zalievania
POPIS TESTU	Užívateľ zobrazí obrazovku zalievání a vyberie pridanie pravidelného zalievania na určitom senzore. Užívateľovi sa zobrazí obrazovka pravidelných polievání, kde pridá polievanie, nastaví požadované hodnoty a potvrdí formulár.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ, existujúci senzor na zalievanie
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	V zozname pravidelných polievání sa zobrazí pridaný rozvrh.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_6
NÁZOV TESTU	Zapnutie senzora na zalievanie
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Zapnutie vybraného senzora na zalievanie
POPIS TESTU	Užívateľ zobrazí obrazovku zalievání, vyberie zalievanie na konkrétnom senzore, vyplní dĺžku času požadovaného zalievania a potvrdí formulár.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ, existujúci senzor na zalievanie
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Zalievanie sa úspešne vykoná.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_7
NÁZOV TESTU	Pridanie novej záhrady
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Pridanie novej záhrady užívateľovi
POPIS TESTU	Užívateľ zobrazí obrazovku záhrad, kde zaklikne pridanie novej záhrady, vyplní požadované údaje a potvrdí formulár.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Záhrada sa úspešne pridá užívateľovi.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_8
NÁZOV TESTU	Úprava pestovanej rastliny
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Úprava existujúcej rastliny vo vybranej záhrade.
POPIS TESTU	Užívateľ v obrazovke záhrad klikne na vybranú rastlinu v záhrade, kde sa mu následne zobrazí detail rastliny. Prepíše údaje, ktoré chce zmeniť a potvrdí formulár.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ, existujúca záhrada, existujúca rastlina
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Rastlina bude mať upravené informácie.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_9
NÁZOV TESTU	Nastavenie intervalu merania senzorov
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Nastavenie časového intervalu merania senzorov.
POPIS TESTU	Užívateľ zobrazí domovskú obrazovku, kde vyplní čas, ktorý požaduje ako interval merania senzorov a potvrdí výber.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ, existujúca záhrada, existujúce senzory
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Čas merania senzorov sa úspešne zmení a hodnota sa v domovskej stránke prepíše.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_10
NÁZOV TESTU	Odstránenie rozvrhu
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Odstránenie rozvrhu na požadovanom senzore zalievania.
POPIS TESTU	Užívateľ zobrazí obrazovku zalievania, klikne na požadovanom senzore na pravidelného polievania, kde sa mu zobrazí obrazovka pravidelných polievání. Následne odstráni vybraný rozvrh a potvrdí odstránenie.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ, existujúci senzor zalievania, existujúci rozvrh zalievania
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Rozvrh sa úspešne odstráni zo zoznamu rozvrhov a nebude sa zobrazovať v obrazovke pravidelných polievání daného senzora.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO

ID	SC_11
NÁZOV TESTU	Odobratie záhrady zo senzoru na zalievanie
HĽBKA DETAILU	Nízka
ZHRNUTIE TESTU	Odobratie záhrady z existujúceho senzoru zalievania
POPIS TESTU	Užívateľ zobrazí obrazovku zalievání, klikne na tlačidko pre pridanie/odobratie záhrady, následne zaklikne požadovanú záhradu zo zoznamu záhrad, ktorú chce odstrániť a potvrdí výber.
VSTUPNÉ PODMIENKY	Prihlásený užívateľ, existujúci senzor na zalievanie, existujúca záhrada
OČAKÁVANÝ VÝSLEDOK	Záhrada sa úspešne odoberie zo senzoru a zmizne zo zoznamu záhrad pod názvom polievača.
TESTER	Sandra Hamráková
PREŠIEL	ÁNO