

AUTOMATION OF THE HORTICULTURAL SYSTEM

Martin Šimek

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xsimek29@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jakub Arm

E-mail: xarmja00@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This thesis deals with the issue of the Internet of Things and its use in the automation of gardening areas. The processes that are necessary to maintain the operation of gardening facilities are both physically demanding and time consuming. The aim of this thesis will be to design a system that will reduce the need for human intervention in performing these processes. The main prerequisites of the proposed system include the modularity of the whole concept. The automation of the gardening areas focuses mainly on the irrigation system, which will be controlled by the designed wireless modules. These are SHT-01 modules which have the task of measuring soil moisture, temperature and relative humidity in the area, BVU-01 modules which provide irrigation in the required area and last but not least FDU-01 modules with which it will be possible to enrich the water located in the drip pipe and used to irrigate the mentioned areas with mineral fertilizers.

Keywords: IoT, ESP8266, Raspberry Pi, MQTT, Node – RED, PI controller

1 ÚVOD

Osvojení zemědělství bylo bezpochyby jedním z nejvýznamnějších mezníků lidské civilizace. Umožnilo nám zejména přechod z lovu a sběru na udržitelný způsob získávání potravy, což vyústilo v rapidní růst lidské populace, který předtím nebyl možný. Mnoho lidí si od té doby kladlo za cíl zjednodušit či vylepšit dosavadní technologie a metody používané při pěstování rostlin a chovu zvířat. Od prvních vynálezů, které představovaly například motyky či jednoduché pluhů určené k obdělávání půdy, se nyní dostáváme až k pokročilým nejmodernějším pěstebním metodám, jako je aeroponie nebo hydroponie. Díky pokročilému rozvoji mikroelektroniky v posledních desetiletích jsou dnes k dispozici malé integrované obvody a různá cenově dostupná zařízení, díky kterým lze řadu procesů v oblasti pěstování rostlin zautomatizovat.

Předmětem této práce je tedy návrh systému, jenž by dokázal efektivně automatizovat dosavadní procesy, které musely být vykonávány manuálně. Jedná se zejména o řízení systémů závlah. Takovým řízením bude zajištěna optimální dávka vody a výživy pěstované komoditě. S ohledem na prostředky, které areál zahradnictví poskytuje, je nutné stanovit několik základních funkcí a požadavků, jež musí systém splňovat:

- Nezávislé řízení definovaných sekcí areálu
- Nadřazené řízení jednotlivých sekcí pomocí webové vizualizace
- Monitorování teploty, relativní vlhkosti a vlhkosti půdy v požadovaných oblastech sekce
- Možnost individuální závlahy požadované oblasti v sekci
- Efektivní a jednoduchý způsob hnojení při zavlažování

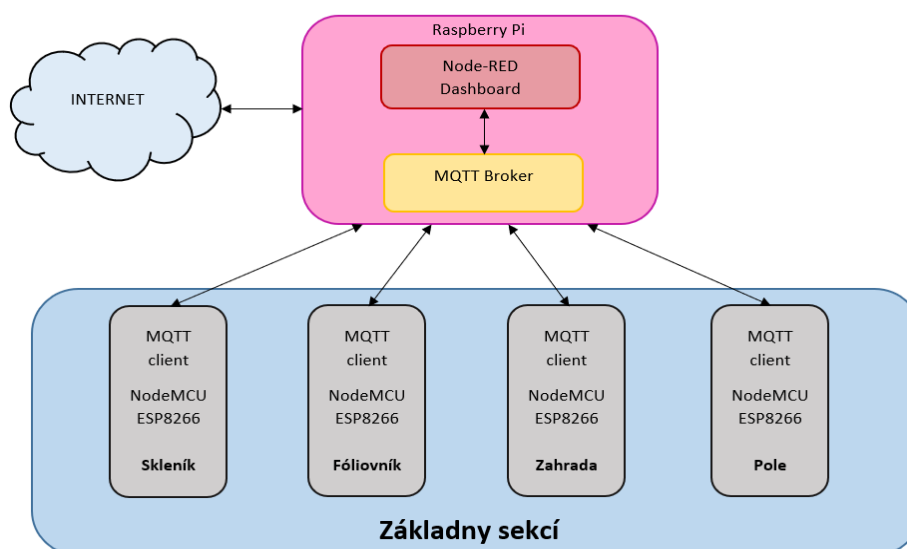
2 AUTOMATIZOVANÝ SYSTÉM

Areál zahradnictví byl vhodně rozčleněn do nezávislých sekcí, které budou individuálně spravovány. Rozdělením na sekce se zajistí modularita navrženého systému a jednoduchá správa jednotlivých sekcí. V případě potřebných úprav v dané sekci tak bude zachována plná funkčnost zbylých sekcí. Jak můžeme vidět z následujícího obrázku (obr. 2.1), pod dohled a řízení systému budou spadat 4 nezávislé sekce: Skleník, Fóliovník, Pole a Zahrada.



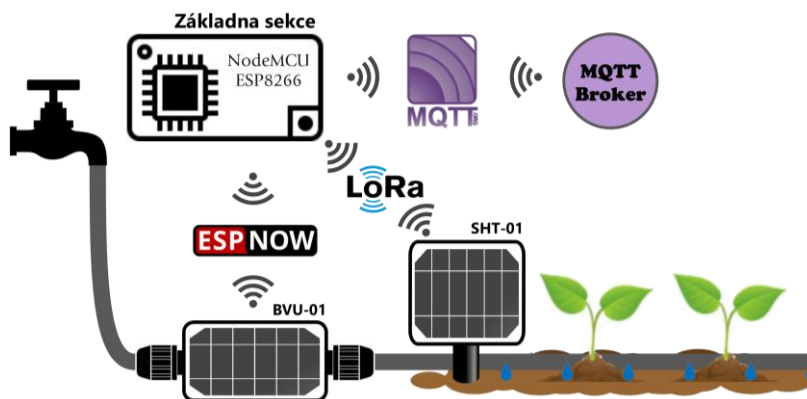
Obr. 2.1: Areál zahradnictví s vyznačenými sekcemi (převzato a upraveno z [1])

Na základě výše uvedených sekcí bylo vytvořeno blokové komunikační schéma systému (obr. 2.2). Jednotlivé sekce budou autonomní tzn. v případě výpadku serveru bude jejich proces řízení dle lokálně nastavených parametrů. Z toho důvodu byl pro jejich řízení zvolen modul ESP8266, který umožňuje jednoduchou komunikaci pomocí standardů IEEE 802.11, a zároveň poskytuje dostatečný výpočetní výkon. Pro komunikaci se serverem, jenž bude zprostředkovávat nadřazené řízení a dohled nad jednotlivými sekcemi, byl zvolen MQTT protokol a to hlavně díky jeho jednoduché implementaci a předpokládanému malému datovému toku mezi serverem a zařízeními. Server plní úlohu MQTT brokeru poběží na jednodeskovém počítači Raspberry Pi 3B+. Na tomto počítači bude také umístěna vizualizace, která bude zprostředkována pomocí vývojového prostředí Node-RED. Raspberry Pi bude nadále připojeno do místní WiFi sítě. Přístup k vizualizaci bude tudíž umožněn všem účastníkům připojeným do uvedené WiFi sítě.



Obr. 2.2: Komunikační blokové schéma systému

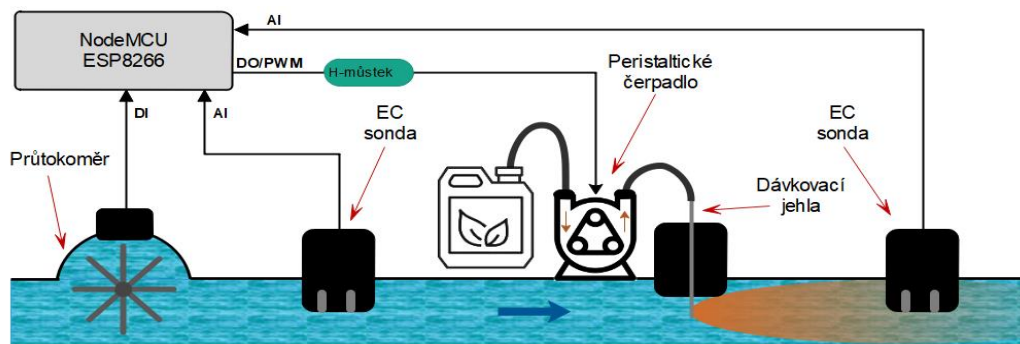
Na základě požadavků formulovaných v úvodu práce budou navrženy a realizovány tři typy modulů. První z nich, modul SHT-01 (Soil moisture, Temperature, Humidity), má za úkol monitorovat lokální teplotu, relativní vlhkost vzduchu a vlhkost půdy v dané oblasti sekce. Tyto hodnoty bude zpracovávat základna sekce a dále bude vyhodnocovat, zda je potřeba danou oblast v sekci zavlažit. K ovládání distribuce vody do požadované oblasti pak bude sloužit modul BVU-01 (Bistable Valve Unit). Výše uvedené moduly budou napájeny Li-Ion bateriemi, jež budou dobíjeny pomocí fotovoltaického článku. Poslední realizovaný modul FDU-01 (Fertilizer Dosing Unit) se bude starat o automatické dávkování hnojiv do závlahového potrubí.



Obr. 2.3: Komunikační vazby inteligentního závlahového systému

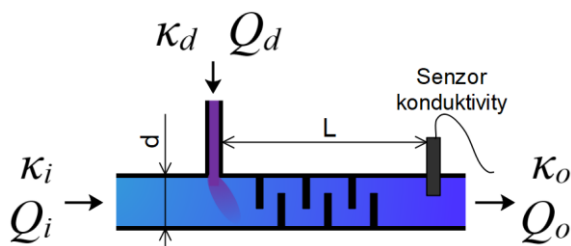
2.1 MODUL FDU-01

Pro potřebu distribuce živin v podobě tekutých hnojiv bude sestaven modul obsahující řídicí systém, peristaltické čerpadlo, lopatkový průtokoměr a dva senzory konduktivity. Na základě údajů ze senzorů konduktivity a průtokoměru se bude pomocí přímého dávkování regulovat konduktivita závlahové vody. Kvůli velké spotřebě čerpadla je nutné modul konstantně napájet 5V. Komunikace se základnou bude probíhat pomocí protokolu ESP-Now. Technologické schéma modulu je následující:



Obr. 2.4: Technologické schéma modulu FDU-01

Na následujícím obrázku lze spatřit schéma popisující systém dávkovače hnojiv a jeho procesní veličiny.



Obr. 2.5: Funkční schéma modulu FDU-01

Kde je:

Q_d ... Průtok dávkovače kapalin [l/min]

κ_d ... Konduktivita dávkované kapaliny [mS/cm]

Q_i ... Průtok vstupního potrubí [l/min]

κ_i ... Konduktivita vstupní kapaliny [mS/cm]

Q_o ... Průtok výstupního potrubí [l/min]

κ_o ... Konduktivita výstupní kapaliny [mS/cm]

L ... Vzdálenost mezi jehlou a senzorem [cm]

d ... Průměr potrubí [cm]

Na základě rovnice směšování a údajů z funkčního schématu (obr. 2.5) byla odvozena diferenciální rovnice popisující chování tohoto nelineárního systému¹. Linearizací systému v okolí pracovního bodu, jenž je daný konkrétní hodnotou vstupního průtoku a konduktivitou dávkované kapaliny, získáme přenosovou funkci LTI systému 1. řádu s dopravním zpožděním:

$$F(p) = \frac{k}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-T_d \cdot p} \quad (2.1)$$

Kde je:

$$k = \frac{\kappa_d}{Q_i}, \quad T = \frac{1}{Q_i}, \quad T_d = 15000 \frac{l \cdot \pi \cdot d^2}{Q_i}$$

Z výše uvedeného přenosu vyplývá, že zesílení k , časová konstanta T a dopravní zpoždění systému T_d jsou závislé na velikosti vstupního průtoku (konduktivitu dávkované kapaliny lze považovat za konstantní a průtok dávkované kapaliny 0 až 100 ml/min je možné kvůli jeho malému přírůstku ke vstupnímu průtoku 1 až 15 l/min zanedbat). Dopravní zpoždění systému je způsobeno umístěním senzoru konduktivity za dávkovací jehlu. V reálné aplikaci je průměr potrubí a vzdálenost mezi jehlou a senzorem konstantní, tudíž jediná veličina, která může dopravní zpoždění během regulace ovlivnit, je vstupní průtok (konstanta 15000 vychází z úpravy jednotek při odvozování a přepočtu objemového průtoku na rychlostní). Díky průtokoměru umístěnému na vstupu systému lze monitorovat aktuální průtok a dle něho přizpůsobovat probíhající regulaci. Takové přizpůsobení je možné zajistit implementací metody gain-scheduling. Na základě velikosti vstupního průtoku se tedy mění pracovní bod soustavy a s ním i parametry lineárního regulátoru navržené pomocí metody Chien, Hrones a Reswick. Pro reálnou implementaci byl zvolen PI regulátor. S ohledem na požadavky regulace není rychlost dosažení žádané hodnoty zásadní. V reálné aplikaci se navíc předpokládá poměrně velký šum při měření konduktivity a soustava má rovněž znatelné dopravní zpoždění. Volba PI regulátoru je proto optimální cestou zajišťující robustnost řízení a zároveň jeho jednoduchost.

3 ZÁVĚR

Domácí automatizace pěstování se díky dostupnosti široké škále různých komponent a zařízení stala trendem, který usnadňuje pěstitelům práci a zlepšuje podmínky pro jednotlivé pěstované komodity. V rámci chytrých domů se může jednat o inteligentní samozavlažovací květináče, kompaktní hydroponické systémy či senzory vlhkosti půdy a konduktivity, jež včas hlásí, kdy je potřeba danou rostlinu zavlažit nebo přihnojit. V případě zahrádkaření ve sklenících, fóliovnících nebo na polích je dostupnost chytrých zařízení umožňující automatizaci poměrně omezená a jejich instalace a uvedení do provozu bývá pro většinu uživatelů náročná. Cílem tohoto projektu je proto navrhnout a sestavit modulární systém inteligentních senzorů a akčních členů, který by bylo možné využít jak pro profesionální, tak pro komerční účely. Díky bezdrátové konektivitě modulů SHT-01 a BVU-01 lze jednoduše sestavit požadovaný systém závlah, jenž vyhovuje danému uživateli. Bezdrátový bistabilní ventil je možné použít pro většinu typů závlah (rozprašovací, kapénková, mlžicí). Ovšem v případě volby kapénkové závlahy je navíc zajištěno, že závlaha bude přiváděna vždy ke kořenové části rostliny, čímž lze razantně snížit spotřebu vody, a tím i ekologickou náročnost pěstování. Oproti rozprašovací závlaze je tak možné dosáhnout až 80% úspory vody [2]. U dávkovacích modulů hnojiv FDU-01 se nepředpokládá jejich nepřetržité používání. Je proto možné tento modul jednoduše připojovat pomocí rychlospojek a lze jej přemísťovat mezi jednotlivými sekcemi, u nichž je potřeba obohacovat závlahovou vodu hnojivem.

REFERENCE

- [1] *Mapy.cz* [online]. Seznam a.s. [cit. 27.03.2021]. Dostupné z: <https://www.mapy.cz/>
- [2] *How to Conserve Water: Drip Irrigation Systems* [online]. [cit. 28.03.2021]. Dostupné z: <https://www.buildwithrise.com/stories/how-to-convert-more-water-drip-irrigation-system>

¹ Podrobné odvození rovnic je nad rámec rozsahu této práce