



Bakalářská práce

Automatický barman

Studijní program:

B0613A140005 Informační technologie

Studijní obor:

Informatika a logistika

Autor práce:

František Řehák

Vedoucí práce:

Ing. Jana Kolaja Ehlerová, Ph.D.

Ústav nových technologií a aplikované informatiky

Liberec 2022



Zadání bakalářské práce

Automatický barman

<i>Jméno a příjmení:</i>	František Řehák
<i>Osobní číslo:</i>	M19000040
<i>Studijní program:</i>	B0613A140005 Informační technologie
<i>Specializace:</i>	Informatika a logistika
<i>Zadávající katedra:</i>	Ústav nových technologií a aplikované informatiky
<i>Akademický rok:</i>	2021/2022

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši automatizovaných systémů v gastronomii a pohostinství.
2. Seznamte se s RFID čtečkou, navrhnete UHF RFID systém pro sledování prázdných a plných sklenic.
3. Implementujte a otestujte navržený systém.
4. Navrhnete a realizujete uživatelské rozhraní pro systém sledování.
5. Vyhodnotte přínosy technologie, proveďte kritické zhodnocení a odhadněte ekonomický přínos vašeho systému.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] CURTY, Jari-Pascal, Michel DECLERCQ, Catherine DEHOLLAIN a Norbert JOEHL. *Design and optimization of passive UHF RFID systems*. New York: Springer, [2010]. ISBN 978-1-4419-4199-2.
- [2] SCHERHÄUFL, Martin. *Phase-of-arrival-based localization with passive UHF RFID transponders*. Linz: Trauner Verlag Universität, [2017]. Advances in mechatronics, 39. ISBN 978-3-99062-072-4.

Vedoucí práce: Ing. Jana Kolaja Ehlerová, Ph.D.
Ústav nových technologií a aplikované informatiky

Datum zadání práce: 12. října 2021
Předpokládaný termín odevzdání: 22. května 2023

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
děkan

L.S.

Ing. Josef Novák, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 19. října 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Automatický barman

Abstrakt

Tato bakalářská práce je zaměřena na použití technologie RFID, konkrétně UHF, ve spojení s navrženým softwarem pro účely sledování naplněnosti sklenic hostů v pohostinství. V teoretické části je popsána problematika automatizovaných systémů v gastronomii a pohostinství.

Součástí této práce je přiblížení technologie RFID, typy transpondérů, rozdělení technologie na základě vlnové frekvence a v neposlední řadě také využití dané technologie v praxi.

Část práce se zabývá rozбором použitého hardwaru a návrhem softwarového řešení. Návrh softwarového řešení je zaměřen na popis fungování back endu aplikace, použití vláken a grafického uživatelského rozhraní. V rámci testování implementovaného systému byl vytvořen souhrn nedostatků celé sestavy, kterým by se měl uživatel snažit vyhnout.

Na závěr byl celý pokus zhodnocen. Byly definovány body úspěchu, kterých bylo dosaženo, ale také finanční rozvaha a možnosti návrhu zavedení do provozu.

Při programování aplikace, do níž byla přidána knihovna PyQt, byl použit programovací jazyk Python.

Klíčová slova: RFID, UHF, pohostinství, automatizace, Python, PyQt

Automatic barman

Abstract

This bachelor thesis focuses on the use of RFID technology, specifically UHF, in conjunction with the proposed software for the purpose of tracking guest glass fillings in the hospitality industry. The theoretical part describes the issues of automated systems in the catering and hospitality industry.

This thesis includes an introduction to RFID technology, types of transponders, division of the technology based on wave frequency and last but not least the use of the technology in practice.

Part of the thesis deals with the analysis of the hardware used and the design of the software solution. The design of the software solution is focused on the description of the back end operation of the application, the use of threads and the graphical user interface. As part of the testing of the implemented system, a summary of the shortcomings of the whole setup was created, which the user should try to avoid.

Finally, the whole experiment was evaluated. The points of success that were achieved were defined, as well as the financial balance sheet and the design options for the implementation.

The Python programming language was used to program the application, to which the PyQt library was added.

Keywords: RFID, UHF, hospitality industry, automation, Python, PyQt

Poděkování

Děkuji vedoucí mé bakalářské práce Ing. Janě Kolaje Ehlerové, Ph.D. za cenné rady a podněty, které mi během vypracovávání práce poskytla.

Obsah

Úvod	13
1 Automatizované systémy v gastronomii a pohostinství	14
1.1 Automatizace a její vliv na pohostinství	14
1.2 Robotické restaurace	15
1.3 Vztah zákazníků k automatizaci	15
1.4 Užití technologie RFID ve vztahu k této práci	16
2 Technologie RFID	18
2.1 Rozdělení RFID na základě vlnové frekvence	19
2.1.1 LF RFID	19
2.1.2 HF RFID	19
2.1.3 UHF RFID	20
2.2 Konstrukce transpondéru RFID	20
2.3 Typy transpondérů	21
2.3.1 Aktivní RFID tag	21
2.3.2 Pasivní RFID tag	22
2.3.3 Semi-aktivní RFID tag	22
2.4 Využití technologie RFID	22
2.4.1 Výrobní sektor	22
2.4.2 Sport	23
2.4.3 Zabezpečení	23
3 Použitý hardware	25
3.1 Reader Alien ALR-9900+	25
3.1.1 Specifikace	26
3.1.2 Nastavení readeru pro tuto práci	26
3.2 Anténa CAEN RFID WANTENNAX019	27
3.3 Tag Smartrac UHF RFID	28
3.4 Sestava hardwaru	29
3.4.1 Testování polohy antény vůči tagu	30
4 Softwarové řešení	31
4.1 Back end	31
4.1.1 Komunikace zařízení a aplikace	32

4.1.2	Správa dat v databázovém systému	32
4.1.3	Práce s časem a jeho vyhodnocování	33
4.1.4	Zobrazení aktuálního času	34
4.2	Grafické uživatelské rozhraní	34
4.2.1	Návrh uživatelského rozhraní	35
4.2.2	Rozložení uvnitř aplikace	37
4.3	Pohyb v aplikaci	38
5	Testování	39
5.1	Testování polohy antény	39
5.2	Nedostatky	41
5.2.1	Typ nádoby	41
5.2.2	Materiál nádoby	42
5.2.3	Materiál desky stolu	43
5.2.4	Množství tekutiny ve sklenici	44
5.3	Práce s daty	45
5.3.1	Transformace dat	45
5.3.2	Reprezentace pohybu sklenice	46
5.3.3	Výsledky zpracování dat	47
5.4	Kalibrace testované sestavy	48
6	Hodnocení pokusu	50
6.1	Přínosy technologie RFID v gastronomii a pohostinství	50
6.2	Kritické zhodnocení	51
6.3	Ekonomický přínos systému	51
	Závěr	52
	Použitá literatura	54
7	Seznam příloh	55
7.1	Odkaz na GitHub	55
7.2	Odkaz na YouTube	55

Seznam obrázků

2.1	Jednoduché schéma technologie RFID	18
2.2	Popsané části aktivního a pasivního tagu [15]	21
3.1	Použitý RFID reader	25
3.2	Nastavení statické IP adresy	27
3.3	Nastavení odesílání oznámení	27
3.4	Nastavení formátu výstupu	27
3.5	Nastavení readeru na automatický režim	27
3.6	Použitá anténa	28
3.7	Použitý RFID tag	29
3.8	Schéma navržené RFID sestavy	29
4.1	Diagram návrhu aplikace	32
4.2	Sekvenční diagram komunikace v aplikaci	34
4.3	Vzhled aplikace	35
4.4	Qt Designer a Widget Box	36
4.5	Nastavení parametrů widgetů	37
5.1	Testování - sestava z boku	40
5.2	Testování - sestava shora	41
5.3	Testované druhy nádob	42
5.4	Testované materiály nádob	43
5.5	Ilustrační obrázek testovaného zapojení	45
5.6	Příklad transformace dat	46
5.7	Křivka pohybu sklenice	47
5.8	Příklad výstupu zpracovaných dat	48

Seznam tabulek

2.1	Rozdělení pásem dle frekvence	19
2.2	Vlastnosti jednotlivých frekvencí	19
3.1	Vlastnosti Alien ALR-9900+	26
3.2	Vlastnosti CAEN RFID WANTENNAX019	28
3.3	Vlastnosti Smartrac UHF RFID	29

Seznam zkratek

TUL	Technická univerzita v Liberci
FM	Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií
RF	Radio-Frequency
RFID	Radio-Frequency Identification
LF	Low Frequency
HF	High Frequency
UHF	Ultra High Frequency
NFC	Near Field Communication
BAP	Battery-Assisted Passive
MIT	Massachusetts Institute of Technology
UI	Uživatelské prostředí
GUI	Grafické uživatelské prostředí
RSSI	Received Signal Strength Indication

Úvod

Smyslem této práce je seznámení se s problematikou technologie RFID a následného návrhu RFID systému pro sledování naplněnosti sklenic v pohostinství. Návrh byl vytvořen, implementován do systému, otestován a zhodnocen dle definovaných požadavků na funkčnost celé sestavy. Během vzniku práce byla provedena rešerše automatizovaných systémů v gastronomii a pohostinství, rozbor jednotlivých přístupů k automatizaci a také vztah zákazníků k automatizovaným systémům. Součástí práce se specifickým hardwarem bylo nutné jednotlivé prvky popsat, charakterizovat a na závěr jednotlivé prvky porovnat.

Součástí tohoto projektu je návrh a implementace aplikace, která má za úkol interagovat s uživatelem obsluhujícím celý systém. Důležitou funkcionalitou aplikace je komunikace s RFID readerem, ke kterému je aplikace připojena prostřednictvím lokální sítě. Následně jsou data zpracována prostřednictvím back endu, transformována a uložena do databázového systému. Z pozice uživatele aplikace je možné do databáze přidávat, odebírat a upravovat záznamy o aktivních čípech sledujících naplněnost/nenaplněnost sklenic s nápojem. Nad těmito záznamy jsou automaticky testovány podmínky, které v případě pozitivního vyhodnocení změny stav záznamu, a aplikace následně informuje o této skutečnosti uživatele.

V závěru práce je detailně popsáno provedené testování, které bylo založeno na poznatcích o dané technologii, a také provedení kritického zhodnocení přínosu této technologie do odvětví gastronomie a pohostinství.

1 Automatizované systémy v gastronomii a pohostinství

Pod slovním spojením automatizované systémy v gastronomii a pohostinství si lze představit více, než se na první pohled může zdát. V této kapitole bude vysvětleno, co je automatizace a jak může být spojována s gastronomií či pohostinstvím.

1.1 Automatizace a její vliv na pohostinství

“Automatizace je jeden z hlavních směrů soudobého technického vývoje založený na zavádění a užívání samočinných zařízení bez obsluhy.” [1]

Hlavním smyslem automatizace v pohostinství je především zefektivnění procesů v podniku. Pokud je automatizace provedena správně, podnik do budoucna ušetří značné množství finančních výdajů. Podniky díky realizované automatizaci nebo jejímu zavedení bojují s vysokými provozními náklady a rostoucí konkurencí. Z těchto důvodů čím dál více společností vlastnících sítě restaurací investuje peníze do vývoje nových technologií, jež povedou k náhradě lidských zaměstnanců, případně eliminaci jejich počtu, a v neposlední řadě k zrychlení celého objednávkového procesu. [2]

Pod pojmem automatizace si lze představit více skutečností. Poptávka je primárně po technologii, která jakýmkoliv způsobem zlepší služby pro zákazníka, usnadní proces objednávek nebo mu jen jednoduše zpříjemní pobyt v daném restauračním zařízení. Za první stupeň automatizace lze považovat samoobslužné systémy. Jedná se především o takzvané kiosky, tedy digitální dotykové tabule, které uleví podniku od front a zjednoduší celý objednávací proces. Každý, kdo restauraci navštíví, si může objednat jídlo u samoobslužného pultu, a lze tak obsloužit více zákazníků najednou.

Rozdílů mezi restaurací s jednoduchým samoobslužným pultem a automatizovanou restaurací je několik. Mezi prvky výrazněji odlišující tyto restaurace lze zařadit například digitální menu, automatizovaný bar nebo kavárnu, robotické nebo mechanické doručení jídla na místo, roboty zastupující jednoduché činnosti v kuchyni, případně plně automatizovanou kuchyň bez potřeby většího zásahu člověka. Automatizovaná restaurace je schopna efektivněji řešit situace související s kapacitou podniku a správou zásob, což povede např. ke snížení plýtvání potravin. [3][4]

1.2 Robotické restaurace

Automatizované činnosti v restauraci jsou činnosti, které zefektivňují celkový chod dané restaurace. [5] Jedná se o systémové změny, jež nemají přímý vliv na zákazníka. Z technologických vylepšení uvnitř podniku, tedy na změnách v kuchyni a za barovým pultem, těží nejvíce restaurace samotná. Může jít o zrychlení jednoduchých procesů v podobě přípravy nápojů, ale také o úsporu financí v případě zefektivnění libovolné aktivity.

Nejpokročilejším podnikem z pohledu automatizace je podnik Spyce ve městě Boston. Tento podnik byl založen čtyřmi studenty MIT. Je označován za první, a dosud jedinou, plně automatizovanou restauraci na světě. Uvnitř restaurace se nachází nespočet technologických systémů, kdy samotné jídlo je díky automatizovanému systému servírováno zákazníkovi za méně než tři minuty. Příprava probíhá, až na výjimky, bez zásahu člověka. [6]

Dalším, ne však tak pokročilým, zástupcem je podnik Zume Pizza ve městě Camarillo, který nahradil lidský faktor při přípravě pizzy automatizovanou linkou, která však potřebuje lidskou obsluhu. [7]

Ve světě již existuje nebo vzniká mnoho podniků, jež využívají alespoň částečnou automatizaci. Nejrozšířenější jsou, již zmíněné, samoobslužné kiosky a rezervační systémy. S rezervačními systémy jsou spojeny systémy na řízení kapacity, což vede k efektivnější přípravě jídla a pití. Fází testování prochází několik technologických vylepšení, jež se týkají např. automatizovaného dodání jídla, automatického placení nebo také virtuálních telefonních čísel.

1.3 Vztah zákazníků k automatizaci

Hlavním cílem restauračního podniku by měl být především spokojený zákazník. Je více faktorů, jež lze u podniku hodnotit. Pro zákazníka se stane restaurace oblíbenou primárně na základě přidané hodnoty, kterou zákazník vnímá jako pozitivní, zásadní a odlišující podnik od konkurenčních zařízení. Zda se jedná o kvalitu jídla, adekvátní cenu nebo milý personál je velmi subjektivní rozhodnutí. Nicméně oblíbenost restaurace u zákazníka může být samozřejmě ovlivněna i mírou automatizace konkrétní restaurace. A právě obavy z případných negativních reakcí zákazníků na přílišnou automatizaci jsou příčinou skutečnosti, že proces automatizace není v restauračních zařízeních příliš rychlý ani výrazný. Kontakt se zákazníkem, zpětná vazba a lidský přístup jsou entity, jež nelze tak snadno nahradit. [8]

Velkou výhodou zautomatizování restauračních procesů, a tak obecně posunem vpřed, je kratší doba čekání. Pokud podnik docílí zkrácení čekačí doby na objednání nebo celkově dobu čekání na objednané položky, budou spokojeni všichni. Podnik celý proces urychlí, díky čemuž může obsloužit více zákazníků, a tím zvýšit své zisky. Zákazník bude obsloužen dříve, a tak nebude mít čas nabýt dojmu, že byl v procesu restaurace opomenut. K bonusům vztahujícím se k implementaci technologických nástrojů do systému patří větší flexibilita a nabídka více možností pro zákazníka. Ať už se jedná o možnost bezkontaktní platby, digitální vizualizace produktů v nabídce,

nebo rezervační systémy.

Negativní stránkou automatizace z pohledu zákazníka je jednoznačně neosobnost. Jak již bylo zmíněno, právě sociální interakce je pro mnoho lidí velmi důležitá a návštěvu podniku s ní mají spojenou. Pro tuto skupinu lidí by pravděpodobně nebyl prioritní fakt, že jídlo budou mít na stole za poloviční čas, avšak budou bez kontaktu s personálem. Druhým, a zřejmě zásadnějším, problémem může být zákazníkova špatná technická zdatnost a neochota používat nové technologie. Dané se netýká technologické vyspělosti zaměstnanců, ale systémů, s nimiž přijde do kontaktu zákazník. Ať už se jedná o bezkontaktní platbu, objednání pomocí digitální tabule, rezervace v aplikaci nebo komunikaci s autonomním systémem místo s člověkem. Obavy z užívání těchto sice efektivních, ale neosobních metod se tak mohou stát důvodem, proč právě daný podnik nenavštívit. [9]

Zároveň však nelze ignorovat skutečnost, že existuje skupina zákazníků, která naopak takovéto technologicky vyspělé systémy, jež jsou dost často unikátem dané společnosti, vyhledává a upřednostňuje. Přítomnost vyspělých systémů je také obvykle lákadlem pro zákazníky, kteří podnik navštíví pouze za účelem zkušenosti. [10]

1.4 Užítí technologie RFID ve vztahu k této práci

Tato práce je zaměřena na zkoumání a následné využití technologie RFID pro účely, které jsou těžko dosažitelné jinými prostředky. V tuto chvíli neexistuje v gastronomii systém fungující na stejném nebo podobném principu, znamená to tedy, že v této práci je řešen problém, u něhož neexistuje alternativní způsob řešení.

Většina optimalizačních automatizovaných metod se vztahuje buď k prvotní obsluze zákazníka, ať už jde o rezervaci, objednání jídla, případně jeho doručení, nebo k procesům ulehčujícím práci personálu. Tato práce se zaměřuje na něco poněkud odlišného, totiž na udržení kontaktu se zákazníkem a plnění jeho potřeb na základě definovaných požadavků pomocí automatizovaného systému, jenž využívá technologie RFID. Na trhu se sice nacházejí alternativy pro samoobslužné bary, případně pro přípravu nápojů, ale u nich je vždy nutné, aby zákazník sám vykonal nějaký úkon, jímž spustí zahájení automatizovaného procesu. Tato práce je zaměřena na automatizované vyhodnocení situace, v níž se zákazník nachází ve vztahu k produktu, konkrétně na situaci naplněnosti/nenaplněnosti sklenice zákazníka. Tento projekt navrhuje řešení, kde by zákazník sám nemusel vykonávat jakýkoli vědomý úkon, kterým by spustil zahájení automatizovaného procesu. Čímž by došlo k zefektivnění práce obsluhy v daném podniku.

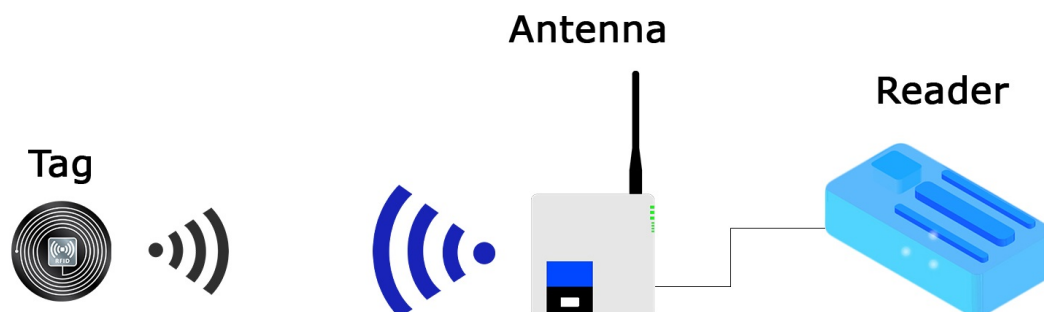
V této práci se technologie RFID užívá v souvislosti s vyhodnocením naplněnosti/nenaplněnosti nápoje ve sklenici. Pro určení, zdali je sklenice umístěná na podtáčku vyhodnocena jako naplněná, či prázdná, je použita specifická metoda. Sklenice je umístěna na podtáčku se samolepicím tagem. Nad stolem je umístěna anténa, jež periodicky vysílá signál směrem k tagu. V případě neodstínění kapalinou je RFID tag načten, a tím označen za viditelný. Pokud je na podtáčku sklenice, ve které je alespoň minimum nápoje, signál se nevrátí zpět k anténě, a tím je označena sklenice

za plnou. Na základě většího počtu načtení za krátký čas je sklenice vyhodnocena jako prázdná a tato skutečnost je následně oznámena obsluze.

2 Technologie RFID

RFID je zkratka pro Radio-Frequency Identification, přeloženo jako Radiofrekvenční identifikace. Tato technologie funguje na principu bezkontaktního spojení a přenášení dat mezi RFID čtečkou a RFID transpondérem neboli tagem. Čtečka vysílá signál do tagu, který opětovně posílá signál zpět. Tuto funkcionalitu zprostředkovává RF modul, který rovněž přijímá rádiový signál. Pro tento datový přenos je vytvořeno magnetické nebo elektromagnetické pole. Dokud je transpondér v tomto poli, může probíhat výměna dat. [11]

V posledních letech se radiofrekvenční identifikace (RFID) stala klíčovou technologií v oblasti logistiky. Je možné rozlišovat různé typy transpondérů a několik principů spojení mezi čtečkou (readerem) a transpondérem (tagem, štítkem). [12]



Obrázek 2.1: Jednoduché schéma technologie RFID

2.1 Rozdělení RFID na základě vlnové frekvence

RFID lze rozdělit dle frekvenčního pásma rádiových vln, které udává možné rozpětí frekvencí, v němž zařízení pracuje. Každé rozpětí má rozdílné vlastnosti, jako například rychlost nebo dosah, a s nimi související způsob využití.

Název pásma	Frekvence pásma
Kilometrové (dlouhé)	30 - 300 kHz
Dekametrové (krátké)	3 - 30 MHz
Decimetrové (ultrakrátké)	300 MHz - 3 GHz

Tabulka 2.1: Rozdělení pásem dle frekvence

Název pásma	Interference	Rozsah	Rychlost přenosu
Dlouhé	slabá	až 10 cm	1 - 10 KB/s
Krátké	slabá	až 1,5 m	1 - 3 KB/s
Ultrakrátké	střední	až 15 m	1 KB/s - 10 MB/s

Tabulka 2.2: Vlastnosti jednotlivých frekvencí

2.1.1 LF RFID

Nízká frekvence (LF) se vyznačuje nízkými rychlostmi přenosu dat v porovnání s vysokou frekvencí (HF) nebo ultra vysokou frekvencí (UHF). Na druhou stranu nejsou transpondéry využívající nízkou frekvenci náchylné krušení signálu materiálem, jako je např. kapalina nebo kov. Nejčastějšími pracovními frekvencemi jsou 125 KHz a 134 KHz, avšak celý rozsah LF RFID je v rozmezí 30 KHz až 300 KHz. Důležitou vlastností je čtecí dosah, který se pohybuje na hranici do 10 cm. Užití tohoto typu RFID je tedy vhodné spíše například do přístupových karet nebo čipů pro identifikaci zvířat. [13]

2.1.2 HF RFID

Vysoká frekvence (HF) je oproti nízké frekvenci pokročilejší. Pro HF je typické, že jejímu šíření nebrání materiály, jako např. kov či voda. Tzn. že umístění tagu na kovový předmět, případně do blízkosti tekutiny nevede k ovlivnění komunikace mezi čtečkou a tagem. Od LF RFID se liší dále větší čtecí vzdáleností, která ale přináší nevýhody v podobě zhoršení interferenční vlastnosti. Pracovní frekvence HF RFID je v rozmezí 3 MHz až 30 MHz a čtecí dosah je v rozmezí 10 cm až 1 m. Tento typ se nejčastěji používá v knihovnách pro inventarizaci knih a také pro modulární

bezdrátovou komunikaci zvanou NFC. NFC je technologie definována mnoha standardy, kdy právě tyto standardy pracují s HF RFID. V tuto chvíli se jedná o nejvíce používaný typ v oblasti RFID, právě z důvodu výhod plynoucích z jeho vlastností a ze skutečnosti, že rychlejší technologie UHF není zatím příliš rozšířena. [13]

2.1.3 UHF RFID

Ultra vysoká frekvence (UHF) je momentálně nejrychleji rostoucí typ RFID technologie ze všech. Má sice vysoké pořizovací náklady, vzhledem k ceně čtecího zařízení, přesto je UHF RFID nejdostupnější technologií, neboť cena tagů je oproti ostatním typům výrazně nižší. Pro ultra vysokou frekvenci se používají tzv. pasivní tagy. Výroba takového tagu, následný tisk a kódování je značně jednodušší a levnější než výroba HF a LF štítků. Díky tomu, že se snížily výrobní náklady, cena daných tagů výrazně klesla, čímž se de facto, díky své dostupnosti, staly prakticky spotřebním zbožím.

Frekvenční pásmo UHF RFID pokrývá rozsah 300 MHz až 3 GHz, čtecí dosah může dosahovat 15 metrů. Vlastnosti UHF RFID jsou opačné oproti předešlým dvěma typům, tzn. že datový přenos dosahuje několikanásobné rychlosti, ale odolnost vůči rušení je velmi slabá.

UHF RFID tedy sice není nejrozšířenějším druhem, zato nejrychleji rostoucím ano. Vlastnosti ultra vysoké frekvence umožňují sledovat v jeden okamžik více tagů na výrazně vyšší vzdálenost.

Technologie UHF RFID má potenciálně velmi široké možnosti využití, ať již se jedná o maloobchod, zdravotnictví, dopravu nebo výrobu. Aktuálně je využívána např. ve výrobním sektoru, kdy tagy zajišťují více funkcí najednou, např. kontrolní činnosti na poli importu a exportu zboží či inventarizační procesy. Ultra vysoká frekvence je velmi výkonná, má kratší vlnové délky a je citlivá na rušení. Při jejím užívání je třeba se vyvarovat několika nebezpečím, tím primárním je rušení signálu nevhodnými materiály, případně vodou. Nicméně pro úplnost je zapotřebí dodat, že na trhu jsou již dostupné chytré alternativy, které sice umožňují číst data pomocí technologie UHF RFID i z čipů umístěných poblíž kovových materiálů a vody, ale jedná se o značně finančně nákladnější záležitost. [13]

2.2 Konstrukce transpondéru RFID

Tato kapitola je věnována konstrukci RFID transpondéru. Dle záměru konkrétního způsobu užití se sice částečně odvíjí konstrukce daného transpondéru, ale některé prvky jsou u všech typů shodné.

Každý RFID tag je standardně vybaven jedním mikročipem a anténou. Anténa může být buď leptaná, složená nebo tištěná. To, co výrazně odlišuje jednu konstrukci od druhé, je baterie. Baterie je součástí tagu v případě, že se jedná o tag aktivní. Tagy mohou mít různou podobu. Jejich vzhled je odvislý od zamýšleného užití. Je tedy zapotřebí brát v potaz citlivost na mechanické, chemické a teplotní vlivy. Je tedy nutné používat tagy určené pro danou činnost, protože vnější vlivy dokáží silně

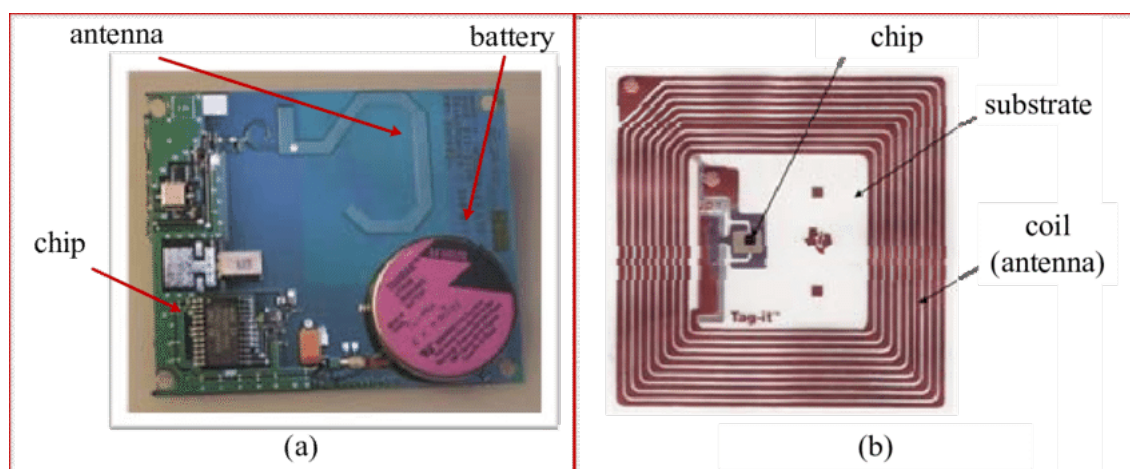
ovlivnit jejich funkčnost a také celkovou životnost.

Nejpoužívanější varianta, pro většinu činností dostatečná, má podobu samolepicího štítku. Samolepicí štítek, nebo také inteligentní etiketa, je vhodnou formou jak efektivně, rychle a ekonomicky zařadit použití této technologie do stávajících procesů. Často je však nutné připravit transpondér na náročnější podmínky, a tak místo překrytí jednoduchou fólií nebo vrstvou papíru je vhodné tag zabalit do laminované karty, případně zalít celou RFID elektroniku do plastového krytu. [14]

2.3 Typy transpondérů

V předešlé kapitole byla zmíněna baterie a její vliv na funkci daného tagu. Krom rozdělení technologie RFID na základě vlnové frekvence, lze použít rozdělení na základě skutečnosti, zdali je pracováno s aktivním prvkem či nikoliv.

Existují dva základní typy tagů. Jde o tagy nazývané jako aktivní nebo tagy pasivní, a to v závislosti na tom, zdali je součástí tagu baterie (aktivní) či nikoli (pasivní). Tyto dvě kategorie rozšiřuje ještě kategorie třetí, a to semi-aktivní tag. Jde o hybrid mezi tagem aktivním a pasivním. Tento typ byl navrhnout za účelem využití výhod aktivního a pasivního tagu a eliminací jejich nevýhod. Tím byla vytvořena specifická varianta, která umožňuje kreativní řešení problémů. Výběrem vhodného typu a jeho úspěšného nasazení lze docílit maximálního zisku plynoucího z jeho výhod.



Obrázek 2.2: Popsané části aktivního a pasivního tagu [15]

2.3.1 Aktivní RFID tag

Aktivní tag má mimo anténu a čip také zabudovaný vysílač a napájecí zdroj, obvykle baterii. Většinou používá ultra vysokou frekvenci, kdy dosah čtení dat z tagu do readeru může být až 100 metrů. Nevýhodou aktivního tagu je jeho pořizovací cena. Z toho důvodu nejsou považovány za běžné spotřební zboží. Využívají se ke

sledování velkých objektů, jako například lodních kontejnerů, aut a těžké techniky. Mimo popsanou konstrukci mohou být jejich součástí také senzory. Ty jsou připojeny k RFID transpondéru. Následně pomocí čipu a antény posílají data, například o teplotě, vlhkosti a vibracích, podle účelu, ke kterému daný senzor slouží. [16]

2.3.2 Pasivní RFID tag

Pasivním řešením jsou tagy, které neobsahují baterii ani žádný aktivní prvek. RFID čtečka pomocí antény vysílá signál do tagu, kde je signál zpracován, použit pro napájení tagu a obdrženou energii odráží zpět do čtečky. Používá se pro řešení LF, HF i UHF.

Nevýhodou je kratší dosah čtení oproti aktivnímu tagu, celá komunikace je tak omezena výkonem rádiového signálu odráženého tagem. Protože jsou pasivní tagy menší, flexibilnější a výrazně levnější, mají větší variabilitu ve způsobech použití. [16]

2.3.3 Semi-aktivní RFID tag

Třetím typem je kombinace aktivního a pasivního tagu. Zdroje také uvádí zkratku BAP, tedy pasivní za podpory baterie, jinak přeloženo - semi-aktivní tag.

V nečinném stavu se chová stejně jako tag pasivní. Baterie se zbylými komponenty jsou uvedeny v činnost v okamžiku probuzení signálem vyslaným z readeru. Na rozdíl od aktivního tagu neobsahuje tento typ vlastní vysílač. Energie z baterie pouze pomáhá zajistit, aby energie zachycená z readeru mohla být využita k odrazu signálu, a tím zvyšovala čtecí vzdálenost a rychlost přenosu dat. [16]

2.4 Využití technologie RFID

Využití technologie RFID se různí dle toho, o jaký typ RFID se jedná. Zpočátku se RFID používalo primárně na krátkou vzdálenost. Tagy měly podobu pasivních čipů v malých plastových krytech nebo také v podobě karet. Tag v sobě obsahoval základní informace o uživateli, zvířeti nebo nesl data s přiřazenými oprávněními. Takovéto typy tagu se využívají dodnes, ale později se začaly vyrábět tagy ve formě štítků a samolepek, které našly své uplatnění v mnoha odvětvích. Vývoj a využití RFID technologie roste v posledních letech exponenciálně, a to právě z důvodu výhod, které tato technologie nabízí. Ceny štítků se snižují, objevují se nová odvětví a nacházejí se nové způsoby použití pro daný systém. Technologie RFID se uplatňuje v mnoha oblastech, ať již se jedná o mýtné brány, sledování a identifikaci zásilek, logistiku, skladování a transport, rozpoznávání zvířat, knihovny a muzea, obchodní řetězce, marketing a sportovní události. [17]

2.4.1 Výrobní sektor

Aktuálně se nejvíce rozvíjí technologie RFID v průmyslových odvětvích. Využívání štítků a čteček v průmyslu se stává v moderním světě běžnou skutečností. Podniky

je využívají pro specifikování oprávnění a přístupů jednotlivých zaměstnanců, ale tím největším benefitem je využití technologie pro práci s produkty a materiálem. Zásadním přínosem se tak stal pro správu skladových zásob a případného importu a exportu. Čas a peníze jsou zásadními faktory, a právě použití RFID při správě skladových zásob přináší uživateli obojí.

Štítky je možné za pomoci speciální tiskárny přímo na místě kódovat nebo potiskovat jako takzvané „smart labels“. Smart label je RFID štítek, který má nahoře vrstvu pro termo nebo termotransfer potisk. Tyto štítky v podobě samolepky pak lze umístit přímo na produkt nebo přepravní prostředky, díky čemuž umožňují rychlou a přesnou identifikaci v případě logistických pohybů. V neposlední řadě tuto funkcionalitu pocítí také zákazník, který si objedná právě zboží nesoucí RFID štítek na vrchní části přepravního prostředku. Štítek může být taktéž použit pro sledování zásilek, kdy v každém klíčovém bodě přepravy je štítek skenován a díky několika bitům informací může nést unikátní označení, takže zákazník může sledovat polohu zásilky. [18]

2.4.2 Sport

Využití RFID čtečky a čipu na podporu sportovních událostí sklízí obrovský úspěch. Časomíra, činnost, která dříve vyžadovala práci několik lidí, se dnes může vykonávat z velké části automaticky, případně s minimální obsluhou. Čísla, pásky, přilby a další vybavení, které sportovci používají, mohou nést zabudovaný, případně jednorázově umístěný, čip využívající právě RFID technologii. Takto je často využíván např. při masových závodech, kde není možné přesně měřit jednotlivce s jejich časy. Tag je tak načten při protnutí místa určeného k měření času pomocí antény, nebo při použití RFID HF dlouhé kovové smyčky položené v daném místě. Spolehlivost čtení a dosahu čtečky anténou může být ale negativně ovlivněna lidským tělem, vodou a dalšími překážkami ovlivňujícími daný signál. Mimo měření času jsou štítky využívány i v dalších oblastech spojených se sportovními událostmi, jako je sledování pohybu návštěvníků, bezkontaktní platby ve stáncích, předplatné, permanentní vstupy, cílený marketing a mnoho dalšího.

2.4.3 Zabezpečení

Použití RFID v oblasti zabezpečení má vícero uplatnění. Původním záměrem bylo zabezpečení objektů jako celků před potenciálním nebezpečím přicházejícím z jejich okolí. Pro společnost s velkým počtem zaměstnanců a jejich intenzivním pohybem je kontrola totožnosti nutným prvkem. Pro kontrolu průchodu například bránou, která rozlišuje kolemjdoucí od zaměstnanců nebo přesně definuje úroveň oprávnění pro daný vstup, je technologie RFID velkým přínosem.

První možností využití je tedy zabezpečení zvenku dovnitř, tedy ochrana objektů vůči případnému nebezpečí z okolí. Tou druhou je směr opačný, kdy je potřebné nějakým způsobem udržet nebo zvyšovat bezpečnost uvnitř daného objektu. V tomto případě se jedná především o objekty, jako jsou muzea nebo knihovny. RFID tag je umístěn na knize nebo exponátu a s pomocí dané technologie může být sledo-

vána jeho poloha. Pokud se předmět dostane mimo sledovanou oblast, systém to zaregistruje a spustí činnosti související se zabráněním odcizení. [18]

I přes vyšší pořizovací náklady společnost v důsledku ušetří finanční prostředky, neboť pracovní sílu lze následně nahradit diskutovaným automatizovaným systémem. Tento systém, ať už jde o ověřování pomocí čipů, obvykle v podobě karet, nebo o sledování předmětů pomocí štítků, se stal posunem pro danou formu zabezpečení.

3 Použitý hardware

Hardware pro tuto práci byl použit takový, aby nejvíce vyhovoval specifikacím práce. Užity byly tři základní komponenty - reader, anténa a RFID tag.

Reader je možné připojit skrze ethernetový kabel do lokální sítě a zároveň umožňuje konfigurovatelné filtrování, režim oznámení, nastavení směrování dat a volbu datových formátů.

Reader je připojen k anténě, která byla vybrána na základě několika aspektů, jako je například vzájemná konektivita, úroveň krytí vhodná pro volbu prostředí a kruhová polarizace, která zajistí nižší chybovost způsobenou relativní orientací tagu a antény.

Poslední použitou komponentou je UHF RFID tag v potisknutelné formě v podobě samolepicího štítku.

3.1 Reader Alien ALR-9900+

Pro náš účel byl použit RFID reader, přesněji model ALR-9900+ od společnosti Alien. Firma Alien patří mezi přední dodavatele UHF RFID čipů, štítků, pevných a mobilních čteček. Tato společnost dále nabízí služby s RFID čipy souvisejícími, například označování produktů, skutečnosti spjaté s maloobchodem, dopravou a mnoho dalšího.



Obrázek 3.1: Použitý RFID reader

Na obrázku 3.1 je viditelné použité zapojení readeru. Na levé straně je v horní části zapojen napájecí a uprostřed ethernetový kabel. V pravé části koaxiální kabel, který je veden ze zdířky určené pro připojení antény.

3.1.1 Specifikace

Reader zprostředkovává komunikaci mezi anténou a koncovým zařízením. Komunikací je myšleno načítání informací z tagů v elektromagnetickém poli za použití rádiových vln. Čtečka Alien umožňuje nastavení vlastností a správu funkcí skrze webové rozhraní. Dále disponuje RSSI, rychlostními filtry a automatickým režimem se zabudovaným stavovým automatem. Se zařízením je možné komunikovat prostřednictvím portu LAN nebo sériové linky RS-232.

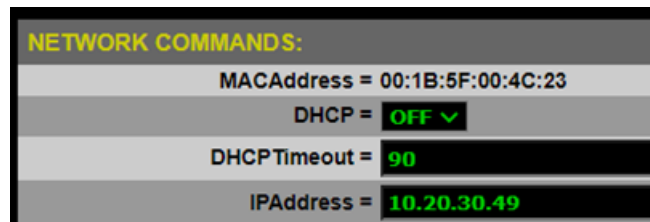
Snadné otestování funkcionalit zařízení je možné softwarem Alien Gateway, který je sice volně dostupný, ale jeho využití je značně omezené. Alien Gateway totiž neumožňuje jakoukoli konkrétnější činnost, takže v případě potřeby pracovat se zařízením specifičtěji je nutné vytvořit si vlastní komplexní software. Software pro práci s readerem je možné napsat ve více programovacích jazycích.

Protokol	EPC Gen 2, ISO 18000-6c
Frekvence	865.7 MHz - 856.5 MHz
Komunikace	LAN TCPI/IP (RJ-45), RS-232 (DB-9 F)
Rozměry	(d) 20.3 cm x (š) 17.8 cm x (v) 4.1 cm
Hmotnost	1.5 kg
Vizuální indikátory	Power Link, Active, Ant 0 - 3, CPU, Read, Sniff, Fault
IP Rating	IP53
Demo Software	Alien Gateway

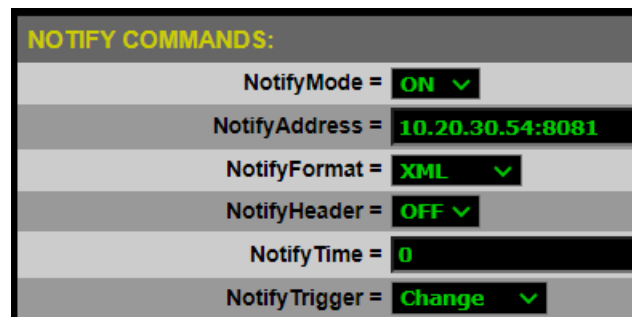
Tabulka 3.1: Vlastnosti Alien ALR-9900+

3.1.2 Nastavení readeru pro tuto práci

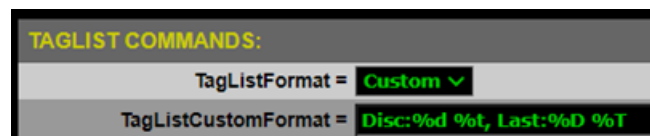
Pro typ práce byla zvolena síťová komunikace LAN se souborem protokolů TCP/IP. Reader byl připojen do lokální sítě s nastavenou statickou IP adresou zařízení a s pevnou adresou a portem pro komunikaci s aplikací (Obrázek 3.2 a Obrázek 3.3). Dále byl nastaven vlastní formát výstupu, množství načítaných informací a rychlost čtení (Obrázek 3.4). Reader pracuje v automatickém režimu dotazování a vracení definovaných hodnot každé dvě sekundy v XML formátu (Obrázek 3.5).



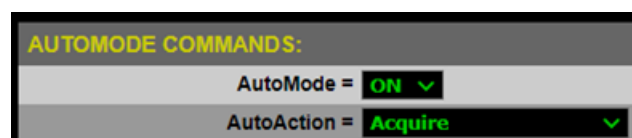
Obrázek 3.2: Nastavení statické IP adresy



Obrázek 3.3: Nastavení odesílání oznámení



Obrázek 3.4: Nastavení formátu výstupu



Obrázek 3.5: Nastavení readeru na automatický režim

3.2 Anténa CAEN RFID WANTENNAX019

Anténa WANTENNAX019 od společnosti CAEN RFID je určena pro použití na dlouhé vzdálenosti. Obvykle se používá v oblasti identifikace vozidel, kontroly přístupů nebo odpadového hospodářství. Jde o zařízení připravené pro venkovní použití, tzn. že má odolný kryt a kruhovou polarizaci, jež umožňuje větší flexibilitu v případě orientace antény a tagu.



Obrázek 3.6: Použitá anténa

Frekvence	865 - 868 MHz (ETSI EN 302 208)
Polarizace	Pravostranná kruhová polarizace (RHCP)
Nominální impedance	50 ohm
Napájení	5 W (max)
Rozměry	(d) 27 cm x (š) 27 cm x (v) 7.5 cm
Hmotnost	1.2 kg
Konektor	N-male s 30 cm RG58 kabelem
IP rating	IP65

Tabulka 3.2: Vlastnosti CAEN RFID WANTENNAX019

3.3 Tag Smartrac UHF RFID

Pro účely práce byl použit UHF RFID tag od společnosti Smartrac, která se zabývá především dodávkou a výrobou RFID tagů. Každý ze štítků obsahuje identifikační číslo a širokopásmovou konstrukci antény. Identifikační číslo a čas načtení jsou hodnoty, jež reader načte po aktivování pasivního tagu a které jsou pro práci velmi důležité.



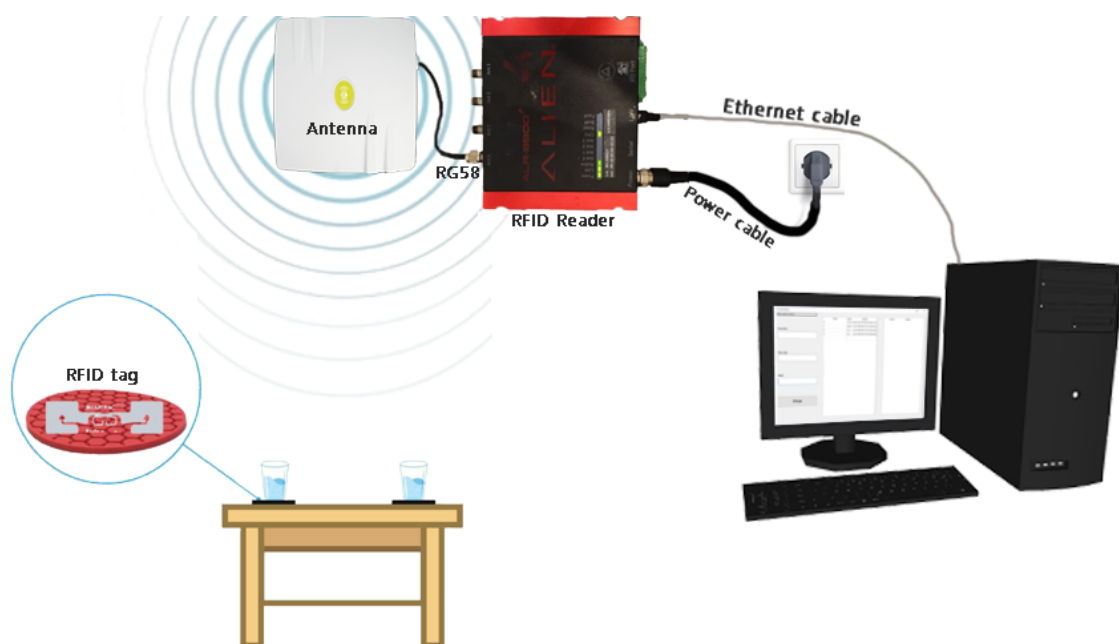
Obrázek 3.7: Použitý RFID tag

Rozměry	(d) 28 mm x (š) 97 mm
Max. vzdálenost čtení	6.1 m
Materiál	Potisknutelný plast
Podkladový materiál	plast, sklo, karton

Tabulka 3.3: Vlastnosti Smartrac UHF RFID

3.4 Sestava hardwaru

Obrázek 3.8 blíže znázorňuje vzájemné postavení všech článků celé sestavy. Takovéto rozložení jednotlivých komponent bylo na základě provedeného testování vyhodnoceno jako jediné vhodné.



Obrázek 3.8: Schéma navržené RFID sestavy

3.4.1 Testování polohy antény vůči tagu

V rámci práce bylo provedeno několik testů postavení antény vůči stolu s podtácky, na nichž byly připevněny tagy v podobě samolepicího štítku. Další možností, mimo zvolenou, bylo umístění antény přímo pod daným sledovaným stolem, ale toto řešení se ukázalo jako nevhodné. K tomu více informací viz kapitola 5. Testování.

4 Softwarové řešení

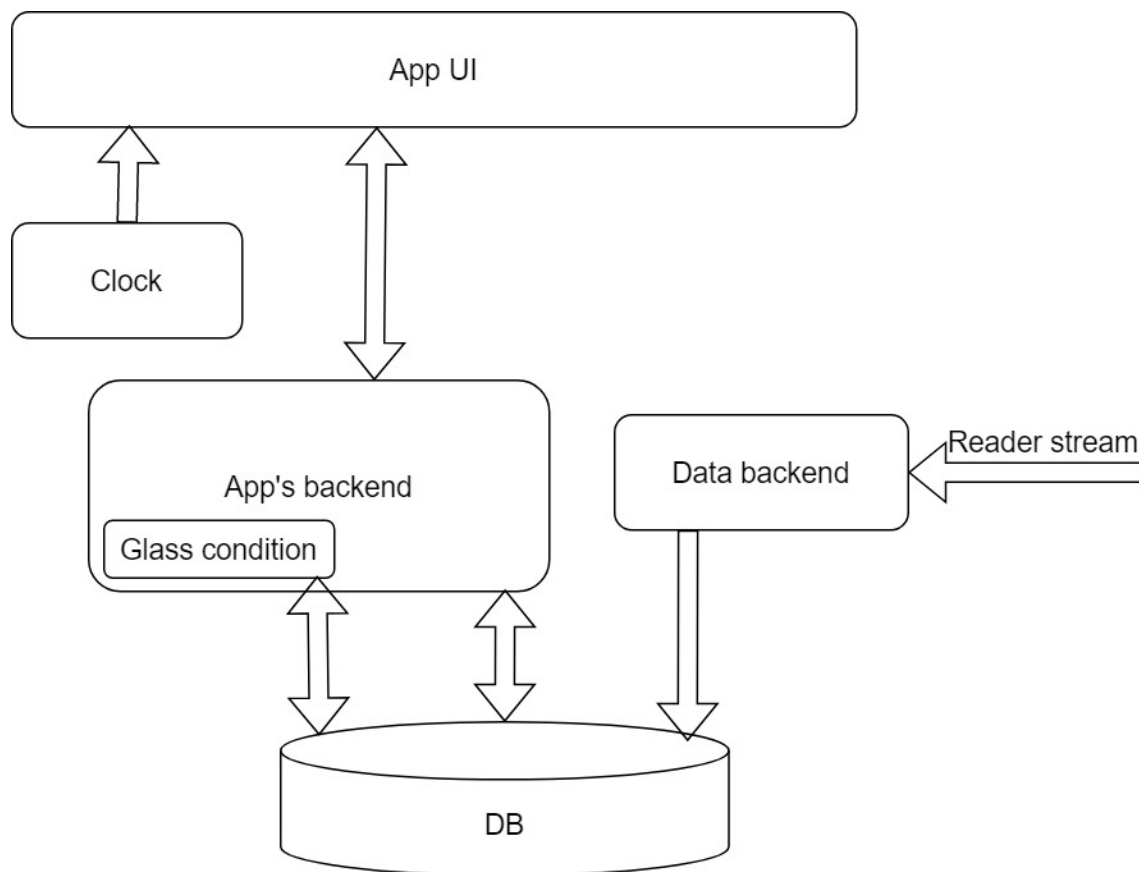
Tato kapitola pojednává o implementaci navržené aplikace pro načítání, sbírání a vyhodnocování získaných dat do systému. Celá aplikace je napsána v dynamicky typovaném jazyce Python. V rámci implementace bylo použito několik technologií. Pro práci s daty byla použita knihovna socket a databázový systém SQLite. [19][20] Grafické uživatelské rozhraní bylo vytvořeno pomocí PyQt frameworku za použití Qt Widgetů. [21]

Qt framework jako nástroj pro tvorbu rozhraní byl použit z důvodu vysoké kompatibility s mnohými zařízeními a operačními systémy. Mezi další výhody použitého frameworku lze zařadit obsáhle zpracovanou dokumentaci.

4.1 Back end

Pro správné fungování aplikace je nezbytné implementovat back end tak, aby dokázal komunikovat s HW zařízením rychle a spolehlivě. Back end byl vytvořen v programovacím jazyce Python ve verzi 3.10.8. za použití několika knihoven, které umožňují chod všech funkcionalit aplikace.

Back end nepřetržitě přijímá data obsahující filtrovanou formu dat z RFID tagu. Součástí každého záznamu je unikátní identifikátor *TagID*, čas načtení a číslo antény připojené k readeru. Data jsou načítána periodicky ve dvouvtěřinovém intervalu. Následně jsou data zpracována za použití regulárních výrazů a uložena do tabulek za použití databázového systému SQLite. Nad těmito tabulkami pracují metody, které vyhodnocují platnost definovaných podmínek. Vyhodnocení těchto metod předává back end do front endu jako výstup uživateli.



Obrázek 4.1: Diagram návrhu aplikace

4.1.1 Komunikace zařízení a aplikace

Podstatnou částí fungování celého systému je přenos dat mezi čtečkou a počítačovým systémem. Tento přenos zajišťuje lokální síť za použití ethernetového kabelu.

Data jsou posílána na pevnou adresu, která zachycuje socket modul, a za použití filtru jsou ukládána do databáze v požadovaném formátu. Tento proces připojení aplikace k dané adrese, načtení dat skrze pevnou adresu a jejich odeslání pro další zpracování je prováděno ve specifické třídě *Reader*.

Tato třída běží asynchronně díky použití objektu *QThread*, který umožňuje asynchronně spravovat jedno vlákno v rámci celého programu. Všechny moduly v aplikaci, které jsou řízeny objektem *QThread*, jsou spuštěné najednou.

4.1.2 Správa dat v databázovém systému

Pro tuto práci byl vybrán relační databázový systém SQLite, který je obsažený v jedné z knihoven napsaných v jazyce C. Tento systém byl do aplikace implementován

za použití Python knihovny `sqlite3`, která nabízí odlehčenou databázi pracující na lokálním disku. Do databáze je tak možné ukládat data až do naplnění kapacity příslušného disku, případně do maximální podporované velikosti, která je omezena na 281 terabytů. Tento přístup proto nevyžaduje samostatný serverový proces a umožňuje přístup k databázi pomocí nestandardní varianty dotazovacího jazyka SQL. SQLite je v této práci použit pro interní ukládání dat a jejich správu, při využití výhod databázových systémů a SQL dotazů.

Data jsou tedy načítána, filtrována a vkládána do tabulky databáze pomocí jedné specifické třídy. Databázi samotnou obsluhují metody ve třídě k tomu určené. Celá databáze se po spuštění aplikace promaže, a data jsou tak vždy aktuální.

Data jsou ukládána do dvou tabulek, kdy jedna tabulka funguje jako logger a druhá pracuje s podtácky, které jsou přidány do aplikace jako aktivní. Aktivní podtácky jsou takové, které se aktuálně pohybují v prostoru, tedy jsou na cestě na daný stůl nebo přímo sledují hladinu nápoje ve sklenici. Data je možné po ukončení aplikace exportovat v několika formátech. U tabulky s aktivními tagy je možnost exportu využitelná pouze v případě, že aplikace byla neúmyslně ukončena, případně nastal technický problém. Naopak u tabulky, která slouží pro logování načtených tagů, má tato funkcionality velký potenciál.

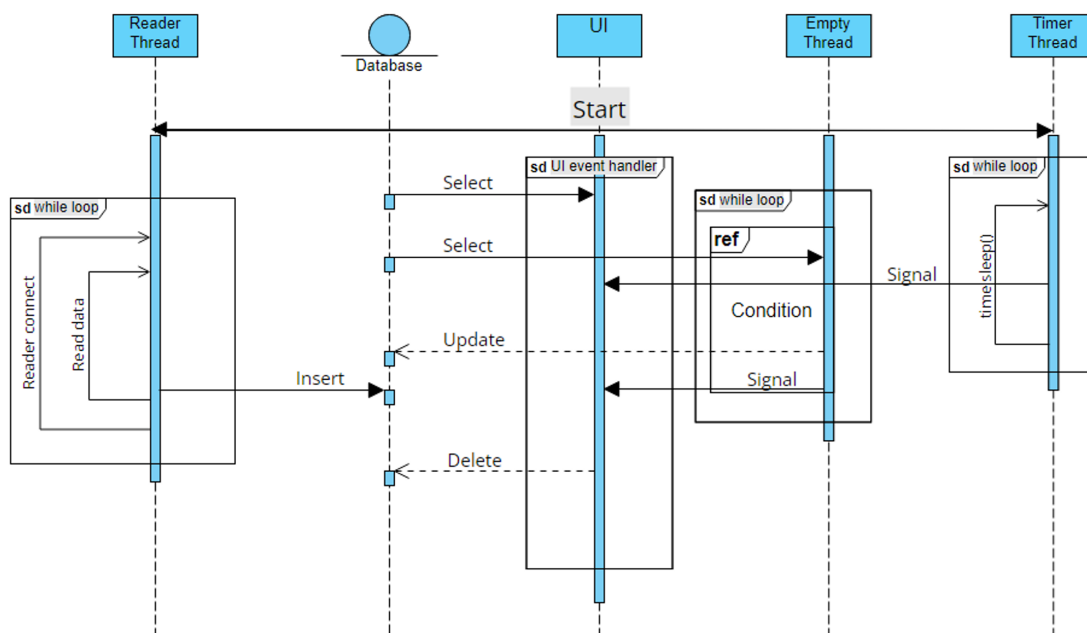
Tabulka s logem dat má potenciální využití pro analýzu, kterou je však nutné provést ručně. Na základě této analýzy se lze dopracovat k různorodým datům. Je možné zjistit průměrný čas čekání zákazníka na dodání následného nápoje, průměrný čas konzumace nápoje nebo po jaké době od postavení plné sklenice na stůl se zákazník poprvé napije.

4.1.3 Práce s časem a jeho vyhodnocování

Na práci s časovými údaji a jejich zpracování byly vytvořeny dvě na sobě nezávislé třídy. Obě třídy obsahují několik metod tvořících jeden funkční celek, který má na starost jednu specifickou činnost aplikace. I v tomto případě se jedná o asynchronní procesy běžící na pozadí celé aplikace za použití `QThread` modulu.

Vyhodnocení, pro tuto práci velmi zásadní, zprostředkovává další třída spuštěná opět asynchronně na odděleném vlákne. Tato třída zajišťuje důležitou změnu v rámci tabulky aktivních tácků, kdy výstup této změny má přímý vliv na aktuální stav aplikace. Zmíněná změna se týká jednoho z atributů záznamu uloženého v tabulce, kdy na základě jeho hodnoty je záznam zobrazen v tabulce plných nebo prázdných sklenic s nápoji.

Třída obsahující nekonečný cyklus s pětivteřinovou pauzou načítá aktuální data z tabulky logující data. Následně, na základě těchto dat, vyhodnocuje podmínky zahrnující například kontrolu hodnoty zmíněného atributu a ověření nepřetržitého počtu načtení v rámci daného časového rámce. V případě průchodu záznamu těmito testy je sklenice na tácku vyhodnocena jako prázdná. S tím souvisí následná změna hodnoty v tabulce a přesunutí daného záznamu do prostoru zobrazující tagy čekající na obsluhu.



Obrázek 4.2: Sekvenční diagram komunikace v aplikaci

4.1.4 Zobrazení aktuálního času

Zobrazení času je možné díky třídě QTimer. Třída QTimer nabízí vysokoúrovňové programovací rozhraní pro časovače.

V této práci byla tato třída použita pro připojení k metodě pro zobrazení času. Tato metoda je spuštěna v nekonečném cyklu, která za použití knihovny datetime a její built-in funkce pro aktuální čas zobrazuje aktuální čas ve vybraném okně UI.

Přidání aktuálního času do aplikace bylo motivováno snahou umožnit kontrolu při práci s časovými údaji v rámci aplikace. Přesnou kontrolu těchto časových údajů by nebylo možno provést v případě nezobrazení aktuálního čas. Každý záznam přidaný do aplikace má svůj aktuální čas, který informuje uživatele aplikace o délce trvání konzumace nápoje.

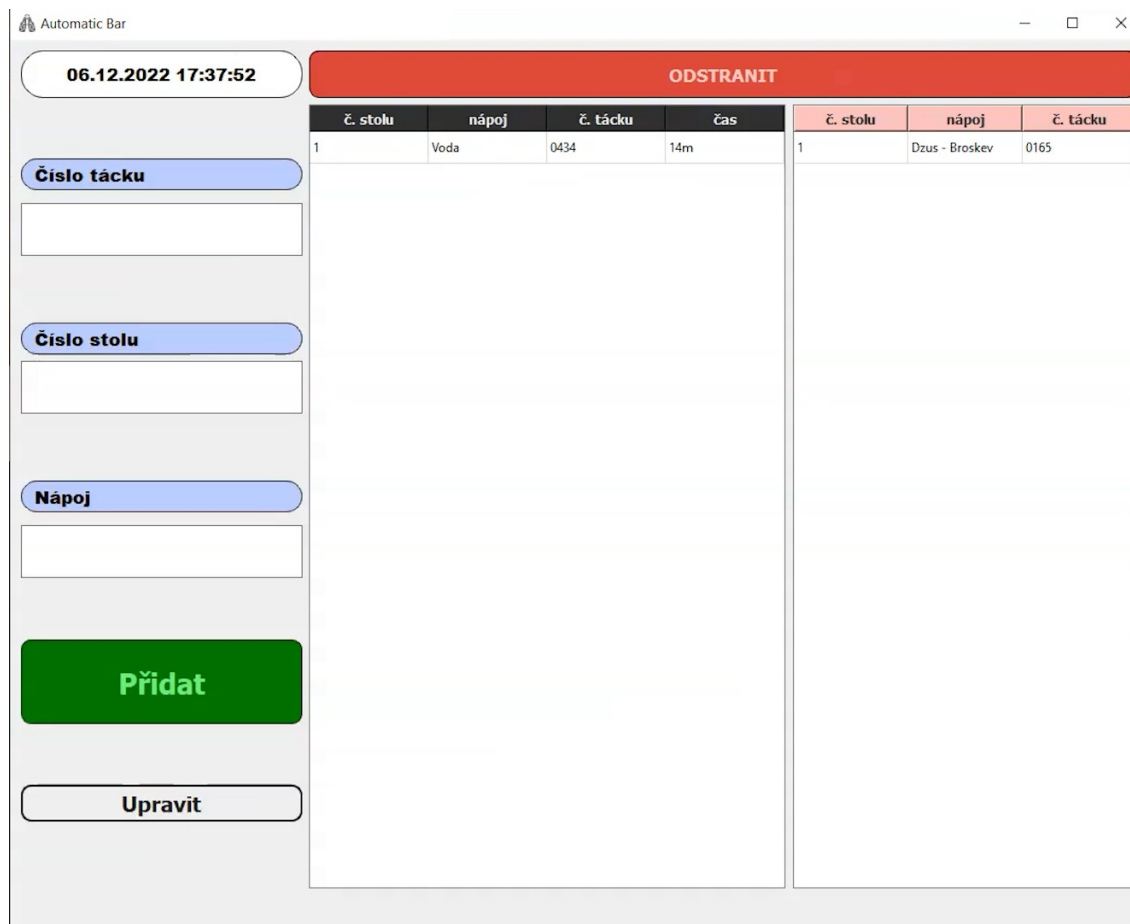
4.2 Grafické uživatelské rozhraní

Grafické uživatelské rozhraní bylo navrženo a vytvořeno designovacím nástrojem Qt Designer. Jedná se o grafický nástroj, který umožní autorovi technikou drag-and-drop vkládat widgety do aplikace, a tím mu značně ulehčit práci. Qt Designer umožňuje nastavit dynamickou velikost jednotlivých widgetů, případně fixní velikost každého z nich. Mimo práci s velikostí je možné nastavovat všem prvkům název,

vlastnosti a také vzhled. Vzhled daného widgetu lze upravit na základě jeho stavu, a tak je možné pracovat s akcemi, které daný modul nabízí.

Základním prvkem pro úpravu vzhledu je výkonný prvek Qt Style Sheets. Toto stylování je do značné míry podobné kaskádovým stylům HTML, ale je výrazně přizpůsobeno potřebám Qt Widgetů.

Výstupem tohoto programu je XML kód uložený v souborovém formátu *.ui*, který je následně překompilován do jazyka Python. Pomocí Python knihovny PyQt5 dochází po kompilaci k namapování metod a akcí, které byly v GUI definovány. Další akce, stylování a vzhled je možné upravit přímo v přeloženém kódu.



Obrázek 4.3: Vzhled aplikace

4.2.1 Návrh uživatelského rozhraní

Zásadní při tvorbě návrhu byl vhodný výběr a rozložení aktivních a zobrazovacích prvků, které by bylo možné snadno implementovat a zároveň přizpůsobit potřebám

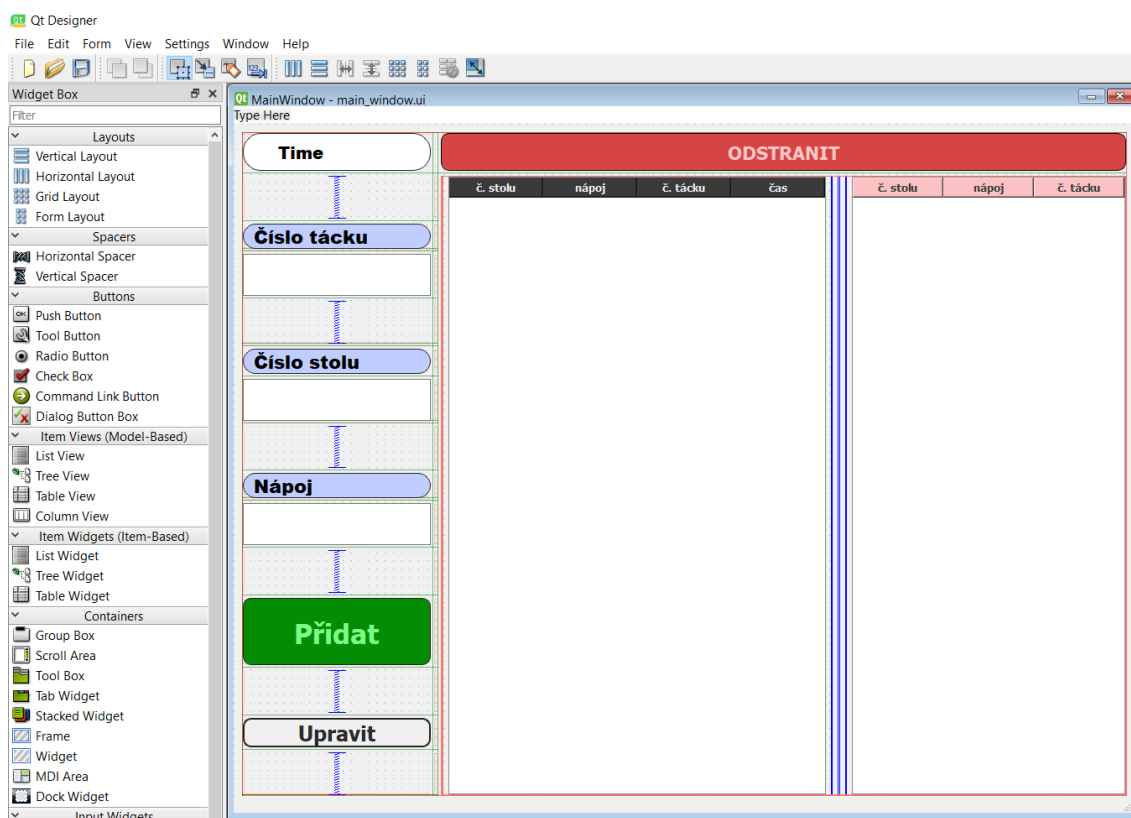
práce. Všechny použité prvky patří v rámci Qt frameworku do rozsáhlé skupiny QtWidgets.

Zobrazovacími prvky byly zvoleny Item-Based Widgets, které byly vybrány z důvodu potřeby nakládat s daty uloženými v databázi a pro jejich další možnou manipulaci v rámci aplikace. Data v databázi jsou uložena v tabulce, a tak bylo vhodné použít k jejich zobrazení QTableWidgetItem. Ten umožňuje jak definování počtu sloupců, tak řádků, ale rovněž je možné obě tyto hodnoty měnit dynamicky. Zároveň slouží pouze jako zobrazovací prvek, pro tyto účely napojený na databázi, a data tak nemusí být uložena na lokálním zařízení ani uchováвана v paměti. Tyto funkcionality přesně odpovídaly požadavkům na fungování zobrazovacích prvků, které byly pro práci použity.

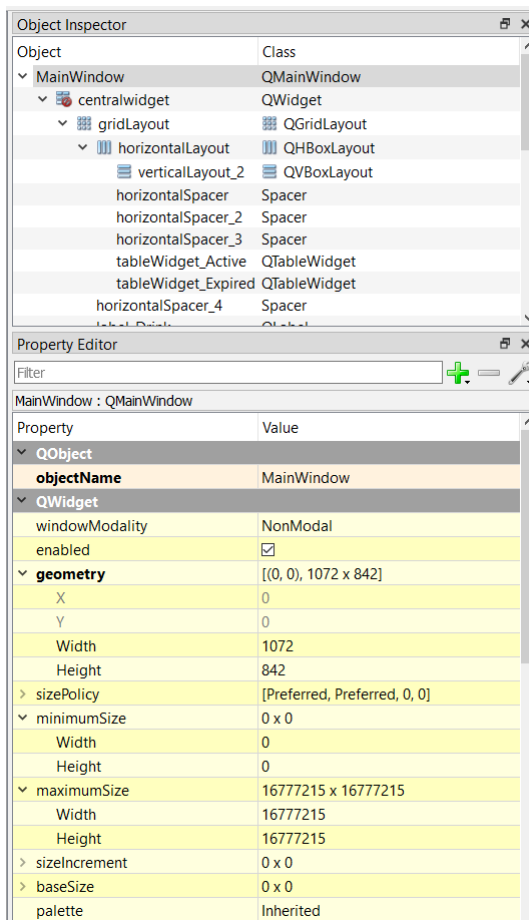
Aktivní prvky je možné rozdělit na textová pole a tlačítka. Pro textová pole byl použit QLineEdit umístěný do skupiny Input widgetů. QLineEdit je ideální řešení pro zadávání krátkých textových vstupů. Nabízí mnoho funkcí pro práci s textem a je přímo určený pro jednořádkové vstupy.

Posledním, a zároveň také speciálním zobrazovacím prvkem, je aktuální čas. Aktuální čas byl přidán pouze z důvodu přehledu a lepší orientace při práci s aplikací.

Všechny výše zmíněné prvky bylo nutné umístit tak, aby bylo pro uživatele aplikace co nejvíce intuitivní její ovládání. Zároveň však musel být návrh vytvořen tak, aby byly zobrazeny všechny potřebné aktivní a zobrazovací prvky.



Obrázek 4.4: Qt Designer a Widget Box



Obrázek 4.5: Nastavení parametrů widgetů

4.2.2 Rozložení uvnitř aplikace

Rozložení bylo podstatným aspektem při výběru všech použitých widgetů. Návrh, jenž byl vybrán jako vhodný, rozdělil hlavní okno do tří základních částí. Toto rozložení umožnilo snadnou orientaci v rámci aplikace, jednoduchost při jejím ovládání a zároveň nabídlo dostatečnou funkčnost pro všechny akce, kvůli kterým byla aplikace vytvořena.

Při návrhu aplikace v rozhraní Qt Designeru bylo základem vhodné použití layoutů. Po vytvoření základní šablony byly přidány popisy, textová pole, názvy objektů a spacery. Rozhraní nabízí uživateli použít dva spacery, horizontální a vertikální. Spacery slouží jako výplň prostoru, které umožňují aplikaci reagovat na velikost okna. Jde tedy o distanční prvky, jež ovlivňují geometrii widgetů, a dodávají tak aplikaci responzivní design.

První oblast, levá část aplikace, je pro interakci s uživatelem ta nejdůležitější. V této oblasti se nacházejí údaje o aktuálním čase, tři textová pole s popisem pro zadávání hodnot a dvě akční tlačítka.

Druhá a třetí oblast je navržena primárně pro zobrazování. Účelem rozdělení zobrazení do dvou polí byla snaha viditelně odlišit podtácky s prázdnými sklenicemi. V horní části obou oblastí je jedno velké tlačítko, které z obou umožňuje odstranit vybraný záznam.

4.3 Pohyb v aplikaci

V rámci aplikace se lze setkat se dvěma typy pohybu. Prvním typem je pohyb automatický, to je přesun záznamu z aktivních tácků do tácků čekajících.

Tento automatický pohyb je způsoben změnou hodnoty atributu v rámci jedné aktivní tabulky - stavem nápoje ve sklenici. V případě vyhodnocení podmínek a určení sklenice jako prázdné, je změněna hodnota stavu zmíněného tácku. Tabulková pole v aplikaci slouží pouze jako zobrazovací prvky jedné tabulky databázového systému na základě jedné hodnoty. Proto je tento proces zcela neovlivnitelný a v případě změny této hodnoty dojde k přesunutí záznamu mezi tabulkovými widgety téměř okamžitě. Tento způsob přesunu záznamu a zároveň také signalizace uživateli o změně množství nápoje ve sklenici byl vyhodnocen jako ideální nejen z důvodu snadné implementace, ale primárně kvůli jednoduchosti a přímočarosti daného informování o změně. Uživatel se tak může řídit jednoduchými pravidly a jeho jedinou starostí je co nejdříve obsloužit zákazníka sedícího u vybraného stolu s vybraným číslem podtácku.

Druhý typ pohybu v rámci aplikace je ovlivněn uživatelem dané aplikace. Pro potřeby pohybu uživatele v rámci aplikace byla vytvořena funkční tlačítka. Tato funkční tlačítka umožňují přidávat, mazat a upravovat záznamy o táccích a nápojích. Pro přidání záznamu je nutné zadat do příslušného pole odpovídající číslo tácku, číslo stolu a název nápoje.

5 Testování

Testování bylo provedeno vůči nezávislému měření. Pro simulaci podmínek podobných prostředí, pro které byl systém navržen, bylo zvoleno laboratorní prostředí. Uživatelské testování prověřilo fungování několika funkcionalit, ale také odhalilo nemnoho nedostatků na prototypu navržené sestavy. Systém byl testován v několika etapách.

První etapou bylo provedení několika základních testů. Tyto testy odhalily funkčnost zamýšleného použití celé technologie, a především přiblížily přístup pro následné vytvoření vyhodnocovací aplikace.

Dalšími etapami bylo sestavení celé sestavy a vhodného připojení k obslužnému zařízení a následné navržení a naprogramování aplikace, která zajišťuje log dat, signalizaci uživateli o stavu sklenice a také možnost exportu dat pro případnou analýzu.

Posledním krokem testování bylo měření a dokumentace. Měření bylo zaměřeno například na vzdálenost plochy stolu od antény, materiál stolu, vhodný typ sklenice, materiál sklenice a množství tekutiny ve sklenici. Dokumentována byla všechna zmíněná měření a výsledky jednotlivých pokusů byly zaznamenány do poznámek a popsány v této kapitole.

5.1 Testování polohy antény

Testování polohy antény bylo prvním z provedených testů v rámci této práce. Snahou bylo určit nejvhodnější vzájemnou polohu antény se stolem a čipy na stole umístěnými.

Problém, který byl v úvodu odhalen, je konektivita antény a readeru. Tato dvě zařízení jsou k sobě připojena koaxiálním kabelem, který je velmi náchylný na poškození při manipulaci. Proto je vhodné umístit anténu do blízkosti readeru, kdy není nutné kabel vést příliš daleko nebo skrze překážky. Další problém se naskytl při testování požadované funkčnosti, tedy přijímání/nepřijímání signálu na základě stavu obsahu sklenice. Umístění antény pod stůl se ukázalo jako nespolehlivé, a tak bylo zvoleno umístění antény nad stolem.

Umístění antény nad stolem ve výšce od 120 do 250 cm se ukázalo jako nejlepší možnost. Experiment byl prováděn ve výšce 160 cm od testovací plochy simulující stůl. Za předpokladu použití standartního stolu (72-78 cm) by byla anténa umístěna ve výšce 232-238 cm. [22] Mimo snížení chybovosti celé sestavy je možné tímto postavením a použitím zmíněných vzdáleností snížit pořizovací náklady. Anténa nad

stolem, případně nad stoly, nabízí možnost sledování, a tedy obsluhy více stolů najednou. V případě umístění antény pod stůl je nutné použít počet antén shodný s počtem stolů v restauraci.



Obrázek 5.1: Testování - sestava z boku



Obrázek 5.2: Testování - sestava shora

5.2 Nedostatky

V rámci testování bylo odhaleno několik slabých míst systému. Tato slabá místa mohla částečně ovlivnit výsledky testování, případně znemožnit použití technologie a celé sestavy.

Součástí testování byla rovněž snaha objevit možné překážky bránící v použití vytvořeného systému. Nedostatky se objevily především v souvislosti s užitím nevhodného typu sklenice, materiálu desky stolu, ale také v souvislosti s neovlivnitelným chováním zákazníků.

Při provádění testování za ideálních podmínek se neobjevily žádné známky neúspěchu. Ať už se jednalo o chování signálu, vyhodnocování podmínek nebo následnou signalizaci aplikace o stavu sklenice.

5.2.1 Typ nádoby

V rámci prováděných pokusů bylo vyzkoušeno několik typů sklenic a nádob na nápoje (Obrázek 5.3). Problém odhalený při provádění pokusů souvisel se vzdáleností tekutiny od čipu a s rozsahem plochy překrytí čipu spodní částí nádoby.

Postupné testování různých typů sklenic odhalilo tedy problém, který souvisel s tvarem a velikostí sklenice. Problém s tvarem sklenice souvisí především s faktem,

že aplikace pracuje se signálem, který může být pohlcen tekutinou. Tento jev se projeví pouze v případě, že tekutina je patřičně blízko čipu komunikujícího s anténou. V případě větší vzdálenosti čipu od tekutiny se čip chová stejně, jako když je sklenice ve vzduchu, a tedy komunikuje s anténou. Tvar vyhodnocený jako nevhodný se obecně týká sklenic na stopce. Jde tak o sklenici, která má obvykle dno sklenice v různé vzdálenosti od desky stolu. Tento typ sklenice není z tohoto důvodu možné použít, protože signál není pohlcen tekutinou, a tak je i plná sklenice vyhodnocena jako prázdná.

Problém týkající se velikosti sklenice je nutné detailněji rozebrat. Přesněji jde totiž o velikost průměru podstavy, nikoliv však o výšku nebo objem sklenice. Velikost průměru podstavy nádoby musí dosahovat minimálně 5 centimetrů. V opačném případě je nepokrytá část čipu příliš velká na to, aby zajistila komunikaci s anténou. Tento problém neznehodnotí všechny výsledky a ve vyjimečných případech může aplikace fungovat správně, ale hrozí zde velká chybovost.

Za účelem dosažení co nejlepších výsledků a snížení hrozby vzniku odchylky by bylo vhodné se oběma skupinám sklenic vyhnout. Oběma zmíněným skupinám hrozí v rámci tohoto specifického způsobu použití selhání.



Obrázek 5.3: Testované druhy nádob

5.2.2 Materiál nádoby

Tato kapitola pojednává o provedených testech materiálů nádoby. Provedené testy došly k jasnému výsledku, který ovlivnil provádění testů následujících. Testované byly tři různé materiály, a to sklo, porcelán a plech (Obrázek 5.4). Obdobně jako

v případě testování materiálu desky stolu, popsaného v další kapitole, i v tomto testu byl nejvíce vodivý materiál vyhodnocen jako nevhodný.

Nejvíce vodivým materiálem byl plech v podobě plechového hrnku. Plechový hrnek výrazně ovlivní chování signálu a při jeho použití nepracuje aplikace správně. Jinými slovy - vyhodnocení stavu tekutiny v nádobě bylo ve většině testovaných případů chybné.

Na základě provedených testů lze prohlásit, že materiál nádoby je dominantním faktorem při hodnocení správného fungování celého systému. Výsledky jasně dokázaly, že sklo, případně porcelán, je z pohledu využití při případné implementaci zkoumaného řešení vhodnější volbou.



Obrázek 5.4: Testované materiály nádob

5.2.3 Materiál desky stolu

Materiál desky stolu se při provádění testování ukázal jako podstatný faktor, který silně ovlivňuje správnost výsledků a fungování celého systému. Měřením byly otestovány dva tvrdé podklady plochy simulující plochu stolu.

Dřevo se ukázalo jako bezproblémový materiál, který neměl na fungování systému žádný vliv.

Při umístění podtácku na plechový podklad nemohla anténa podtáček načíst, neboť signál byl pohlcen kovovým materiálem. Tento jev nastává z obdobného důvodu jako v situaci, kdy čip nevysílá signál v blízkosti tekutiny.

Na základě tohoto testu bylo použití dřeva vyhodnoceno jako vhodné, a proto lze v případě zavádění sestavy do podniku odhadnout i na základě materiálu desky stolu funkčnost celého systému.

5.2.4 Množství tekutiny ve sklenici

Tato podkapitola se věnuje primárně situacím, které mohou nastat na základě chování zákazníka. Jednotlivé případy popisují jednání zákazníka, které by mohlo přímo ovlivnit vyhodnocovací proces aplikace. Tyto případy byly vymyšlené a poté uměle vytvořené, aby bylo možné otestovat, jak se bude zařízení za daných okolností chovat.

Jeden z prováděných testů byl zaměřen na situaci, kdy testovaná osoba vypije nespecifikovaný nápoj, ale dno sklenice zůstane souvisle pokryté malou vrstvou daného nápoje. K tomuto stavu může dojít, a také k němu dochází, v případě, že daná osoba má potřebu nechat zbytek nápoje ve sklenici. Důvodů může být několik, například ničím nezapříčiněný zvyk, nechut daného nápoje nebo změna konzistence na základě usazení obsahu na dně sklenice.

V těchto nebo jiných případech se stejným závěrem, může dojít na základě jednání zákazníka k ovlivnění chování signálu, a tak celé aplikace. Sklenice s velkou pravděpodobností nesplní definované podmínky aplikace, a tak bude stále vyhodnocována jako plná. Zákazník tedy bude očekávat nový nápoj, přestože jeho chování přímo ovlivnilo vyhodnocení aplikace, které mělo následně vliv na jednání obsluhy.

Druhý z testů, se stejně jako první, týká ovlivnění funkčnosti detekce plnosti sklenice a její signalizace vnějším jevem. Testovaná situace může nastat opět na základě chování zákazníka nebo v souvislosti s typem servírovaného nápoje. Test byl zaměřen na ovlivnění výsledků pěnou na dně sklenice.

U vybraných nápojů může při jejich servírování nebo konzumaci dojít k vytvoření pěny, která se z důvodu hustoty drží na povrchu. Tato pěna po úplné konzumaci nápoje může sednout na dno sklenice, kde setrvává po určitou dobu. V takovémto případě zákazník čeká na nový nápoj, ale sklenice je systémem stále vyhodnocována jako naplněná. Pěna se tedy ukázala jako další faktor, který může ovlivnit výsledek. Na rozdíl od ostatních popsáných problémů, ale nemusí problém s pěnou jednoznačně znemožnit fungování celého systému. Byly provedeny testy, kde sklenice s pěnou byla správně vyhodnocena jako prázdná. Bohužel spolehlivost vyhodnocení této simulace nebyla uspokojivá, a tak je záhodno doporučit této situaci předejít.



Obrázek 5.5: Ilustrační obrázek testovaného zapojení

5.3 Práce s daty

Pro účely práce a následnou analýzu s jasnými závěry byl pro export vybrán formát *.xlsx*. Tento formát lze otevřít v mnoha tabulkových softwarech. Exportovaný soubor je filtrovaný log načítaných tagů, které se ukládají do databázové tabulky. Nad těmito daty je možné provést následný rozbor, který umožní podniku odhalit mnoho informací, jež by mohly být jinak těžko dosažitelné.

5.3.1 Transformace dat

Otevřením exportované tabulky vybraného testu je získán přístup k historii načítání všech dat, která reader posílá a která jsou následně ukládána do databáze. Na základě těchto dat lze provést jejich transformaci, vyčištění a následný rozbor. Data je nutné nejprve upravit, a to z důvodu množství záznamů v jedné tabulce. Lze přibližně vypočítat maximální počet záznamů v tabulce, který závisí především na délce běhu aplikace a na počtu tácků v prostoru. Reader posílá data s menší odchylkou každé dvě vteřiny pro každý jeden čip v dosahu.

U transformace jde především o setřídění všech záznamů podle ID tagu. Toto setřídění umožní lepší orientaci v záznamech a snazší vyvození výsledných závěrů. Po provedené transformaci je možné data naformátovat, aby bylo snadné je prezentovat, případně uchovávat pro další srovnání. Vytvořený formát je vhodný z důvodu úplnosti požadované informace, která obsahuje všechna data, jež aplikace loguje. Lze

tak například snadno srovnávat časy mezi sebou, data komentovat nebo je využít pro další akce. Popsaná práce s daty se tak může stát pouze mezikrokem pro další komplexnější činnosti. Níže je možné se podívat na příklad znázorňující zmíněnou transformaci a následnou formu prezentování analyzovaných výsledků (Obrázek 5.6).

BC20 2108 0700 0000 0000 0165	Přidání nápoje	2022-12-06 17:23:16.676835
		-
	Položení nápoje	2022-12-06 17:23:56.164023
		0:01:19
	První napití	2022-12-06 17:25:15.007187
		-
		2022-12-06 17:25:27.165843
		0:02:55
	Druhé napití	2022-12-06 17:28:22.054232
		-
		2022-12-06 17:28:32.179336
		0:02:06
	Třetí napití	2022-12-06 17:30:38.089922
		-
		2022-12-06 17:30:46.188608
		0:03:16
	Čtvrté napití	2022-12-06 17:34:12.687152
		-
		2022-12-06 17:34:26.859959
		0:02:06
	Páté napití	2022-12-06 17:36:32.562317
	Vypití	-
	Nový nápoj	2022-12-06 17:39:26.185074
		0:02:00
	První napití	2022-12-06 17:41:26.916571

Obrázek 5.6: Příklad transformace dat

5.3.2 Re prezentace pohybu sklenice

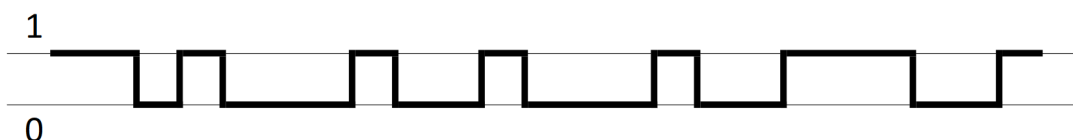
Na základě získaných dat lze vytvořit křivku, která reprezentuje pohyb sklenice. Znázornění pohybu sklenice je možné pomocí dvou stavů. Tyto dva stavy lze nazvat jako stav na tácku a mimo něj.

Pro ilustraci byla zvolena reprezentace v podobě jednoduchého grafu. Tento graf představuje zmíněné dva stavy a vodorovná osa reprezentuje čas. Příklad křivky vytvořené na základě jednoho z prováděných testů lze najít na konci této podkapitoly.

Na tomto obrázku není daný časový rámeček. Vodorovnou osou jsou reprezentovány poměry mezi časovými úseky pohybu sklenice (Obrázek 5.7).

Optimální použití tohoto vyobrazení je také podpořeno faktem, že podstatná část této práce se odvíjí od práce se signálem. Celá prvotní komunikace čipu, antény a readeru je založena na komunikaci závislé na šíření elektromagnetických vln. Vzhledem k této okolnosti je použití této křivky odůvodnitelné.

Zmíněná křivka nemá žádný pevně daný formát, ale přesto se jedná o snadno prezentovatelné informace. Ve zkratce lze říci, že se jedná o zpracovanou tabulku (Obrázek 5.6) příkladu transformace dat formou grafu. Na svislé ose jsou definovány dvě hodnoty, a těmi jsou nula a jednička. Jednička reprezentuje pozitivní odpověď, tedy návrat signálu do antény. Naopak nula zastává stav bez signálu, tedy stav, kdy sklenice plná nápoje je postavena na podtáček. V případě oddchylek v logu načítání dat je nutné data vyčistit, aby se z nich dal vytvořit pěkný vizuál. Není tedy zcela optimální kopírovat všechny záznamy uložených dat.



Obrázek 5.7: Křivka pohybu sklenice

5.3.3 Výsledky zpracování dat

Poslední podkapitola se věnuje zpracování transformovaných dat, rozboru získaných hodnot, výpočtu a následné prezentaci informací vhodnou formou. Tento přístup si zcela zakládá na předání ucelených informací o daném testu. Základem je tedy práce se všemi daty, která by však měla být vyčištěná od oddchylek a zároveň transformovaná například do formátu obrázku transformace dat (Obrázek 5.6).

Výstup se může týkat například průměrné prodlevy mezi jednotlivými úkony konzumace nápoje, celkové délky konzumace jednoho nápoje, celkového počtu nápojů v rámci jednoho běhu, celkového počtu použitých tagů nebo doby čekání na nový nápoj. Možností, jak a zdali s těmito výstupy nakládat, je nespočet, je pouze na daném podniku, případně uživateli, s jakými daty potřebuje pracovat.

Je vhodné tedy pracovat s formátovanými daty, které vytvoří ideální podmínky pro další rozbor. Tento rozbor je nutné provést individuálně a použitím vhodné metodiky je možné dosáhnout požadovaných závěrů. Velká část takového rozboru bude založena na ručních výpočtech, případně na použití vhodných funkcí v rámci použitého tabulkového softwaru. Tyto funkce bude nutné upravit, aby byly schopné

pracovat primárně s výstupním formátem času RFID readeru. Výsledky těchto funkcí bude nutné vhodně definovat, aby předaly uživateli hledané informace.

Pro ukázkou několika z mnoha možných závěrů odhalených na základě provedení testování byl vytvořen výstup z tabulky (Obrázek 5.8). Do tabulky byl zanesen výpočet průměrné prodlevy mezi konzumací nápoje, tedy doby mezi položením sklenice na podtácek a jejím dalším zvednutím. Další hodnota je celkový součet všech mezičasů, neboli rozdílu času přinesení nového nápoje a přinesení nápoje předchozího. Tato hodnota bude do určité míry nepřesná z důvodu prodlevy signalizování, že sklenice je prázdná. Poslední hodnotou je doba čekání na nápoj v konkrétním případě, týkající se jednoho podtáčku a jednoho nápoje. Všechny výše popsané hodnoty, které jsou dále číselně vyjádřeny, se týkají jednoho testování na jednom specifickém čipu a pouze s jedním nápojem. Tyto hodnoty lze v rámci celého testu zprůměrovat pro všechny použité čipy a nápoje a na základě těchto dat vytvořit komplexní soubor informací o procesech zkoumaného časového úseku.

Průměrná prodleva pití nápoje	0:02:17
Délka konzumace jednoho nápoje	0:17:30
Doba čekání na nápoj	0:02:54

Obrázek 5.8: Příklad výstupu zpracovaných dat

5.4 Kalibrace testované sestavy

Na základě provedených testů je možné definovat ideální podmínky, dle kterých je systém ve většině případů funkční. Lze tak snížit míru chybovosti celého systému na základě volby materiálu nádoby, podkladu, typu použitých nádob a vzdálenosti plochy od antény.

Nejprve byly otestovány jednotlivé prvky sestavy a poté proběhla kalibrace tak, aby bylo dosaženo optimálních výsledků. Nejdůležitějším faktorem, který měl vliv na průběh testování, byla vhodná volba polohy antény vůči ploše stolu. Vybrané rozložení bylo umístění antény nad zkoumanou plochu ve vzdálenosti od 120 do 200 cm. Mezi anténou a čipem není vhodné umísťovat větší předměty a také je třeba se vyvarovat železným překážkám v tomto prostoru. Sloučeniny železa různě ovlivňují šíření signálu, což má za následek podstatné znehodnocení celého procesu.

Dalším aspektem je vhodná volba materiálu. Volba materiálu se týká v první řadě materiálu plochy stolu, kde je vhodné použít jakýkoliv typ dřeva. Dřevo je nevodivý materiál, který neovlivňuje nijak chování signálu, a zároveň se jedná o materiál, z kterého jsou obvykle stoly vyráběny. Druhá volba materiálu se týká volby nádoby. Pozitivních výsledků bylo dosaženo užitím nádob ze skla nebo porcelánu.

Typ nádoby je na základě výsledků přesně definovaný, a to způsobem, že není možné použít nádobu, která má průměr podstavky menší než 5 centimetrů, ani

sklenici na stopce. Oba případy způsobí neschopnost aplikace správně vyhodnotit stav nápoje ve sklenici. Proto je nutné použít libovolný typ sklenice splňující výše popsané parametry. V rámci testování byly otestovány sklenice o velikosti 300 mililitrů a 500 mililitrů s běžnou podstavou o minimální velikosti 5 centimetrů. Dále byl úspěšně testován porcelánový hrnek o velikosti 400 mililitrů. Na základě těchto výsledků lze přesně určit typ nádoby, pro kterou je vhodné použít výhody tohoto systému, a naopak nádoby, které nebude možné použít.

Respektování těchto doporučení založených na výsledcích testování výrazně pomůže dosáhnoutí velmi vysoké úspěšnosti při snaze uvést systém do provozu.

6 Hodnocení pokusu

Tato kapitola popisuje přínosy RFID technologie v gastronomii a pohostinství, kriticky zhodnocuje výsledky bakalářské práce, ale také definuje podmínky vhodné pro zavedení systému do reálného provozu a v neposlední řadě definuje typ restaurací, pro něž je popisovaný systém vhodný. Na základě předem určených podmínek je odhadnut ekonomický přínos zavedení navrženého systému.

6.1 Přínosy technologie RFID v gastronomii a pohostinství

Přínos této technologie v odvětví pohostinství a gastronomie spočívá především ve zvýšené efektivitě běžně prováděných procesů. Tyto procesy se díky navrženému systému za použití technologie RFID staly rychlejšími a méně závislými na lidském faktoru, čehož důsledkem je výrazné snížení chybovosti.

V případě využití navrhované technologie bude zákazník kontaktován a následně obslužen personálem až ve chvíli, kdy to bude situace opravdu vyžadovat. Uživatel aplikace může ale využít i další data, jež mu systém nabízí. Tato práce s daty se týká především rozboru datového souboru uloženého v tabulce databáze, která slouží jako log dat. Tento datový soubor obsahuje všechny záznamy načtení tagů s jejich časy. Z této tabulky je tak snadné, v případě zájmu majitele pohostinství, zjistit např. informace o době strávené zákazníkem u stolu, počtu nápojů podávaných u jednotlivých stolů nebo délce prodlevy mezi doplněním následného nápoje. Z výše řečeného kupř. vyplývá, že na základě informace o délce prodlevy mezi dokončením nápoje a doplněním následného, lze zhodnotit výkon obsluhy, efektivnost personálu, případně dostatečnost kapacity zaměstnanců v rámci nejméně vytíženého časového okna. Na základě této informace lze také snížit zmíněný stav personálu v pohostinství v době, kdy není tak vysoký počet nezbytný, anebo naopak posílit množství personálu v exponovanějších časech.

Popisovanou technologii je možné využít i mimo odvětví pohostinství, ač dané nebylo předmětem této bakalářské práce, a to kdekoliv, kde je nutné doplňovat jiné osobě nápoj. Využití technologie je ještě smysluplnější v případě, že zmíněná kontrola stavu nápoje je zároveň jedním z nejméně časově náročných procesů.

Zmíněnému popisu vyhovuje například nemocnice. V nemocnici je nutné pacienty hydratovat příjmem tekutin. Velké množství pacientů, z důvodu zdravotního stavu, nemá možnost si doplnění prázdné sklenice obstarat samo. Proto je nutné tyto pacienty obsloužit. Pokud by byl použit tento systém, nemusela by probíhat

průběžná kontrola stavu sklenice s nápojem někým z personálu. Pouze na základě umístění prázdné sklenice do vyhrazeného prostoru by byl po určité době personál informován o této skutečnosti a sklenice s nápojem by jím byla doplněna.

6.2 Kritické zhodnocení

Na základě provedených testů lze objektivně kriticky zhodnotit využití UHF RFID systému pro sledování naplněnosti sklenic v reálném provozu. Systém může zcela objektivně fungovat při splnění konkrétních podmínek (materiál nádob, typ nádob, materiál stolu, vzdálenost antény od tagu aj.), naopak při nesplnění podmínek může dojít k selhání systému.

Dalšími faktory, které mohou limitovat využití představeného systému v praxi, mohou být pořizovací cena RFID sestavy, dostatečné technické podmínky, technická náročnost, relativní složitost nastavení systému a nutnost průběžné technické podpory, obava z pádu systému, ať již zapříčiněného technickými problémy, nebo třetí stranou, a v neposlední řadě typ objektu, v němž je pohostinské zařízení umístěno (velikost provozovny, materiál zdi apod.)

6.3 Ekonomický přínos systému

Zhodnotit finanční přínos navrhovaného řešení v pohostinských zařízeních je velmi náročné, neboť se zde kříží velké množství faktorů, jako jsou pořizovací náklady celého systému, nutnost průběžné technické podpory a nebezpečí odlivu skupiny zákazníků, jimž by zvolené řešení nevyhovovalo na jedné straně, na straně druhé ušetřené finanční prostředky za nepotřebný personál, zvýšení konzumace způsobené zrychlením obsluhy zákazníků, zatraktivnění restaurace odlišením od konkurence apod.

V současné chvíli se dá odhadnout, že pořízení navrhovaného systému do pohostinství s 30 stoly by stálo cca 45 000 Kč, instalace systému asi 20 000 Kč a následná průběžná technická podpora v závislosti na prováděných úkonech cca 5 000 až 10 000 Kč měsíčně.

Je pravděpodobné, že finanční návratnost, v případě nahrazení odpovídající pracovní síly v zařízení námi uváděné velikosti, by byla maximálně v řádu měsíců. Je tedy zjevné, že navrhované řešení lze z ekonomického pohledu označit spíše za přínosné.

Zvláště přínosné by navrhované řešení mohlo být pro pohostinství umístěné v atypických prostorách, které svou atypičností stěžují práci personálu (např. patrová restaurace do tvaru písmene L).

Závěr

Cílem této práce bylo provedení rešerše zaměřené na téma automatizovaných systémů v gastronomii a pohostinství a následné seznámení se s problematikou RFID. Automatizované systémy využívané v pohostinství byly charakterizovány, byl zhodnocen jejich přínos do daného odvětví a na závěr popsán vztah zákazníků k těmto inteligentním systémům.

Druhým cílem byl návrh, implementace a závěrečné testování UHF RFID systému pro sledování množství obsahu nápoje ve sklenici, na základě kterého by mohl podnik zefektivnit obsluhu zákazníka a celkový chod procesů. Po navržení možného řešení byla zařízení otestována pro daný způsob použití. Na základě poznatků byl vytvořen návrh aplikace a uživatelského rozhraní pro sledování stavu nápoje ve sklenici. Navržený systém byl složen do funkční sestavy a za použití lokální sítě připojen k naprogramované aplikaci. Po načtení dat o stavu čipů v prostoru se jejich zformátovaný tvar uloží do databáze. Nad daty uloženými v databázi probíhají další nezávislé testy, které vyhodnocují naplněnost sklenic. Úkolem aplikace je předat jasnou informaci o tomto stavu uživateli, který aplikaci sleduje.

Po úspěšné implementaci všech prvků do celého systému bylo nutné otestovat jeho funkčnost a spolehlivost. Testování bylo provedeno několik, na základě kterých byla odhalena slepá místa projektu. Tyto nedostatky byly detailně popsány a byla stanovena doporučení, která by měla přispět k bezchybnému fungování aplikace.

Posledním bodem práce bylo vyhodnocení přínosů použité technologie, provedení kritického zhodnocení celého systému a odhadnutí ekonomického přínosu v případě implementace navrhovaného řešení do podniků v pohostinství.

Veškeré cíle vytyčené v rámci této závěrečné práce byly dle mého názoru adekvátně naplněny.

Hlavním přínosem výsledku této bakalářské práce je odhalení možnosti uplatnění technologie RFID v odvětví pohostinství a gastronomie. Znalosti získané a zdokumentované v rámci této práce by bylo možné využít při tvorbě komplexního systému pro automatizovanou restauraci s jasně danými interními pravidly. Za velmi zásadní nedostatky vytvořeného systému lze označit nemožnost eliminování situací závislých na neovlivnitelných faktorech, které však mohou zásadně ovlivnit jeho fungování. Mezi tyto situace je možné zařadit například v práci zmíněný problém se zbytkem nápoje nebo pěny na dně sklenice.

Použitá literatura

- [1] GARZINOVÁ, Romana. *ZÁKLADY AUTOMATIZACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ V TEORII* [online]. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ, 2013 [cit. 2022-12-26]. ISBN 978-80-248-3043-8. Dostupné z: <https://docplayer.cz/41846800-Zaklady-automatizace-technologickych-procesu-v-teorii.html>.
- [2] FELLER, Chen. *10 robots automating the restaurant industry*. Louisville: Resource Label Group: Fast Casual, 2018. Dostupné také z: <https://www.fastcasual.com/blogs/10-robots-automating-the-restaurant-industry/>.
- [3] ENGINE, Restaurant. *Opportunities To Automate Your Restaurant*. San Francisco: Restaurant Engine: Restaurant Engine | Strategies & Tips on Creating Successful a Restaurant, 2015. Dostupné také z: <https://restaurantengine.com/automate-your-restaurant/>.
- [4] KURTZ, Jason. *Restaurant Automation: The Future of Robots in Restaurants*. Lancaster: WebstaurantStore: WebstaurantStore, 2022. Dostupné také z: <https://www.webstaurantstore.com/blog/2548/restaurant-automation.html>.
- [5] SAVOREAT. *How Restaurant Automation Can Help Bring Back the Human Touch*. Israel: Savoreat, 2022. Dostupné také z: <https://savoreat.com/how-restaurant-automation-can-help-bring-back-the-human-touch/>.
- [6] BELTIS, AJ. *Robots in Restaurants: How Automation Can Change the Game - On the Line*. Boston: Toast: Toast POS, 2019. Dostupné také z: <https://pos.toasttab.com/blog/on-the-line/robots-in-restaurants>.
- [7] ANDREWS, Ryan. *How Automation Is Changing the Way Restaurants Do Business*. Dubai: Eat Application DMCC: Eat App, 2019. Dostupné také z: <https://restaurant.eatapp.co/blog/automation-in-restaurant-industry>.
- [8] WOLFE, Anna. *3 Reasons Automation Is Redefining Restaurants*. Chicago: Hospitality Technology, 2019. Dostupné také z: <https://hospitalitytech.com/3-reasons-automation-redefining-restaurants>.
- [9] COX, Erik. *Will Restaurant Automation Solve the Industry's Labor Problem?* Newark: Hospitality Technology: Modern Restaurant Management, 2019. Dostupné také z: <https://modernrestaurantmanagement.com/will-restaurant-automation-solve-the-industrys-labor-problem/>.

- [10] KELSO, Alicia. *Self-Order Kiosks Are Finally Having A Moment In The Fast Food Space*. Forbes, 2019. Dostupné také z: <https://www.forbes.com/sites/aliciakelso/2019/07/30/self-order-kiosks-are-finally-having-a-moment-in-the-fast-food-space/?sh=1528b69d4275>.
- [11] CURTY, Jari-Pascal, Michel DECLERQ, Catherine DEHOLLAIN a Norbert JOEHL. *Design and optimization of passive UHF RFID systems*. New York: Springer, 2010. ISBN 978-1-4419-4199-2.
- [12] SCHERHÄUFL, Martin. *Phase-of-arrival-based localization with passive UHF RFID transponders*. Advances in mechatronics, 39. Linz: Trauner Verlag Universität, 2017. ISBN 978-3-99062-072-4.
- [13] SOLUTIONS, Terso. *What is RFID? HF vs. UHF explained - Terso*. Wisconsin: Terso Solutions: Terso Solutions, 2019. Dostupné také z: <https://www.tersosolutions.com/what-is-rfid/>.
- [14] *Technologie RFID a její výhody*. Oberhaching: smart-TEC GmbH & Co.: Smart-TEC, 2022. Dostupné také z: <https://www.smart-tec.com/cs/auto-id-svet/technologie-rfid>.
- [15] DOĞAN, Habib, Musa YAVUZ, Mahmut Ahmet GÖZEL a Mehmet Fatih CAGLAR. Use of Radio Frequency Identification Systems on Animal Monitoring. In: SDU International Journal of Technological Science, [b.r.], kap. 8.
- [16] *Comparing different types of RFID tags*. Franklin: Resource Label Group: Resource Label Group, 2018. Dostupné také z: <https://www.resourcelabel.com/comparing-different-types-of-rfid-tags/>.
- [17] LANDALUCE, Hugo et al. *A Review of IoT Sensing Applications and Challenges Using RFID and Wireless Sensor Networks*. 20(9). Sensors, 2020. ISSN 1424-8220. Dostupné z DOI: [10.3390/s20092495](https://doi.org/10.3390/s20092495).
- [18] MCKELLAR, James. *How Does RFID in Manufacturing Work? (Simple Guide)*. Cardiff: Nortech Access Control: Nortech Control Systems Ltd, 2021. Dostupné také z: <https://blog.nortechcontrol.com/rfid-in-manufacturing>.
- [19] *Socket: Low-level networking interface*. Python, 2022. Dostupné také z: <https://docs.python.org/3/library/socket.html>.
- [20] *Sqlite3: DB-API 2.0 interface for SQLite databases*. Python, 2022. Dostupné také z: <https://docs.python.org/3/library/sqlite3.html>.
- [21] *Qt for Python*. Python, 2022. Dostupné také z: <https://doc.qt.io/qtforpython/>.
- [22] SZÖKEROVÁ, Sarah. *Návrh interiéru restauračního komplexu se zaměřením na část v prvorepublikovém stylu*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Bakalářská práce, 2015. Dostupné také z: <https://theses.cz/id/f73w2q/15265670>.

7 Seznam příloh

7.1 Odkaz na GitHub

Odkaz na [GitHub](#), kde je možné nahlédnout na zdrojové kódy práce.

7.2 Odkaz na YouTube

Odkaz na [krátké video](#), které demonstruje fungování aplikace.