



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

**ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ**

DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

**UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ JEDNOTKY ROBODELIVERY**

USER INTERFACE FOR ROBODELIVERY UNIT

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**TOMÁŠ VOSTŘEJŽ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. et Ing. VÁCLAV UHLÍŘ**

BRNO 2018

## Zadání bakalářské práce



21596

Student: **Vostřejž Tomáš**  
Program: Informační technologie  
Název: **Uživatelské rozhraní jednotky RoboDelivery**  
**User Interface for RoboDelivery Unit**  
Kategorie: Uživatelská rozhraní

Zadání:

1. Prostudujte problematiku návrhu a tvorby uživatelských rozhraní na platformě ODROID.
2. Proveďte studie případů využití uživatelského rozhraní jednotky systému RoboDelivery umožňující přebírání zásilek širokým spektrem uživatelů včetně uživatelů se zrakovým, sluchovým či hmatovým handicapem.
3. Navrhněte intuitivní rozhraní pokrývající co nejširší škálu uživatelů.
4. Implementujte navržené rozhraní na platformě ODROID a zhodnoťte jej na základě recenzí uživatelů prototypu jednotky a to jak na nových uživatelů, tak opakovaných uživatelů.

Literatura:

- Hardkernel: ODROID: <http://www.hardkernel.com>
- T. Tullis a B. Albert, Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics. Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann, 2008.

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- První dva body zadání.

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <http://www.fit.vutbr.cz/info/szz/>

Vedoucí práce: **Uhlíř Václav, Ing. et Ing.**  
Vedoucí ústavu: Hanáček Petr, doc. Dr. Ing.  
Datum zadání: 1. listopadu 2018  
Datum odevzdání: 15. května 2019  
Datum schválení: 1. listopadu 2018

## Abstrakt

Cílem práce je navrhnout a implementovat uživatelské rozhraní pro službu RoboDelivery. Při řešení problému je brán důraz na skutečnost, že interakce s doručovací jednotkou musí být intuitivní a pokrývat co nejširší škálu uživatelů, včetně uživatelů se zrakovým, sluchovým či hmatovým handicapem. Dále je provedeno testování navrženého rozhraní za pomoci uživatelů. Výsledkem je aplikace pro platformu ODROID.

## Abstract

The aim of this thesis is to design and implement user interface for RoboDelivery service. In addressing the problem, attention is drawn to the fact that interaction with the delivery unit must be intuitive and cover the widest possible range of users, including users with visual, auditory or tactile disabilities. Furthermore, the designed interface is tested with the help of users. The result is an ODROID application.

## Klíčová slova

Uživatelské rozhraní, dotykový displej, robotické doručování, React, webová aplikace, ODROID.

## Keywords

User interface, touch screen, RoboDelivery, React, web application, ODROID.

## Citace

VOSTŘEJŽ, Tomáš. *Uživatelské rozhraní jednotky RoboDelivery*. Brno, 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. et Ing. Václav Uhlíř

# Uživatelské rozhraní jednotky RoboDelivery

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. et Ing. Václava Uhlíře. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....  
Tomáš Vostřejš  
15. května 2019

## Poděkování

Chci poděkovat vedoucímu práce panu Ing. et Ing. Václavu Uhlířovi za odborné rady při návrhu a realizaci projektu. Dále děkuji všem účastníkům testování za jejich čas, spolupráci a zpětnou vazbu.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Platforma ODROID a její možnosti tvorby uživatelského rozhraní</b>	<b>3</b>
2.1	Specifikace platformy ODROID . . . . .	3
2.2	Podporované operační systémy . . . . .	4
2.3	Uživatelská rozhraní a jejich tvorba . . . . .	5
2.4	Problematika návrhu a testování rozhraní . . . . .	6
2.5	Existující řešení za použití dotykového displeje . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Přeprava zásilek pomocí jednotky RoboDelivery</b>	<b>11</b>
3.1	Koncept robotické přepravy . . . . .	11
3.2	Kategorizace na základě prostředí užití . . . . .	11
3.3	Problematika přebírání zásilek . . . . .	13
3.4	Reálné služby RoboDelivery a jejich uživatelská rozhraní . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Návrh uživatelského rozhraní pro široké spektrum uživatelů</b>	<b>17</b>
4.1	Prostředí a případy užití . . . . .	17
4.2	Stanovení požadavků a aktivit . . . . .	17
4.3	Návrh rozhraní . . . . .	18
<b>5</b>	<b>Implementace pomocí knihovny React a testování aplikace</b>	<b>24</b>
5.1	Struktura aplikace . . . . .	24
5.2	Nasazení aplikace . . . . .	27
5.3	Uživatelské testování prototypu . . . . .	28
5.4	Změny rozhraní po testování . . . . .	32
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>35</b>
	<b>Literatura</b>	<b>36</b>
<b>A</b>	<b>Obsah příloženého CD</b>	<b>38</b>
<b>B</b>	<b>Instalace a spuštění</b>	<b>39</b>

# Kapitola 1

## Úvod

Přeprava zásilek je součástí lidstva už od nepaměti a její vývoj se nikdy nezastavil. Pokroky v technologiích nám umožňují tuto činnost usnadnit zapojením samostatně pracujících zařízení. Co však zůstává stejné, je komunikace, potřebná pro realizaci samotného přenosu mezi dvěma body. Nastává problém, jak efektivně zprostředkovat interakci mezi člověkem a strojem, aby mohl celý proces přepravy proběhnout podle očekávání.

Stroje pro doručování zásilek pomáhají v několika známých odvětví a různých prostředích. Ve vnitřních prostorách například ve výzkumných centrech a výrobních halách. Pro venkovní doručování velké firmy investují do vývoje systému vzdušné přepravy. Postupně se podobné systémy začínají rozšiřovat do dalších prostředí trhu, jako poštovní služby, hotelnictví, pečovatelské služby a další. To je motivací práce.

Cílem je navrhnout a vytvořit aplikaci pro doručovací jednotku s dotykovou obrazovkou a zařízením ODROID. Od aplikace se očekává, že bude dostupná pro širokou škálu uživatelů. To zahrnuje lidi se sluchovým, zrakovým, či pohybovým handicapem.

Kapitola 2 informuje o zařízení ODROID, pro které bude výsledná aplikace určena. Popisuje jeho možnosti tvorby uživatelského rozhraní a problematiku s tím spojenou. Dále ukáže již existující řešení z pohledu interakce s člověkem.

Analýzou dosavadního stavu na poli nasazení strojů do procesu přepravy zásilek se zabývá Kapitola 3. Pozornost je věnována především prostředí, ve kterém se stroje pohybují, s jakými potenciálními lidmi přicházejí do kontaktu a jaké úkony se od nich očekávají. Bez povšimnutí nezůstává ani návrh uživatelských rozhraní.

Následující Kapitola 4 obsahuje zvolený postup při návrhu. Specifikovány jsou požadavky na systém a prostředí nasazení jednotky RoboDelivery. Ilustrace doplňují, jakými prvky je návrh přizpůsoben pro interakci s co nejširší spektrem uživatelů.

Realizace je téma Kapitoly 5. Zde se nachází postup vytváření navrženého uživatelského rozhraní. Odůvodněna je volba technologie, použitých knihoven a struktura aplikace. Mimo to je uveden testovací protokol a výsledky testování rozhraní. Sbírány jsou zajímavé informace z pohledu uživatelské spokojenosti a použitelnosti. Na konec kapitoly ilustrace ukazují změny testování v aplikaci.

Na závěr Kapitola 6 shrnuje výsledky celé práce. Zmíněny jsou poznatky z testování a přínos práce. Dále jsou zmíněny možnosti rozšíření aplikace a tím i potenciální vývoj projektu.

## Kapitola 2

# Platforma ODROID a její možnosti tvorby uživatelského rozhraní

Na trhu existuje celá řada zařízení s různým výkonem a vybavením. To ovlivňuje možnosti uživatelského rozhraní. Nejčastěji se setkáváme s grafickou reprezentací pomocí displeje. V této kapitole je představena platforma ODROID, její vlastnosti a příslušenství. Dále obsahuje informace o operačních systémech, které podporuje. Zmíněny jsou i základní informace o uživatelských rozhraní a postupech při návrhu. Na závěr jsou uvedeny příklady existujících řešení pro platformu ODROID.

### 2.1 Specifikace platformy ODROID

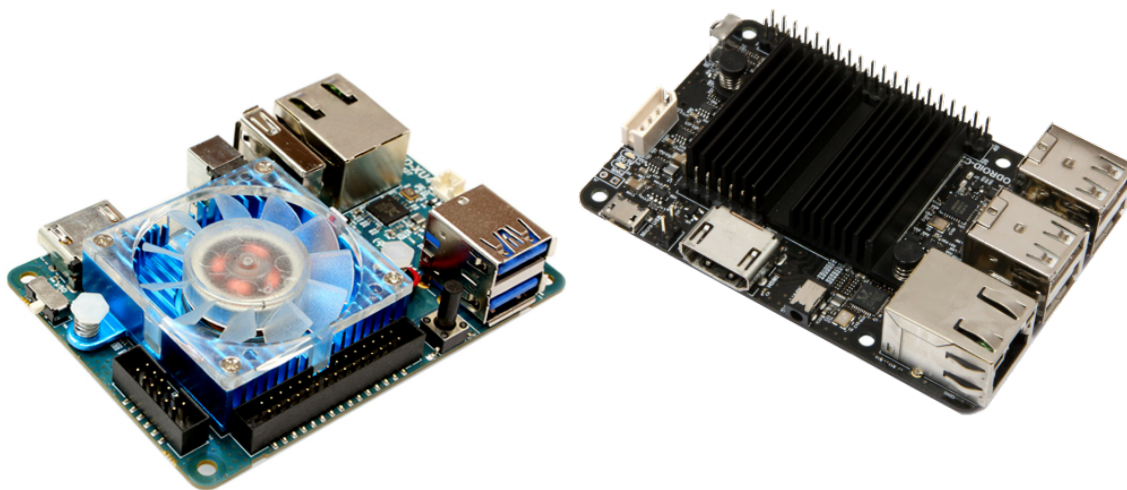
ODROID je kompaktní, jednodeskový počítač od společnosti Hardkernel Co., Ltd. Počítače tohoto typu jsou populární především pro malé pořizovací náklady, vysokou energetickou efektivitu a malou náročnost na spotřebu [1]. Výbavu počítače lze rozšířit o periferní zařízení a díky tomu je vhodným kandidátem pro uživatelské rozhraní jednotky RoboDelivery.

#### Popis hardware

Centrální výpočetní jednotka je většinou založena na architektuře ARM. Původní 32-bitovou verzi (ARMv7) postupně nahrazují 64-bitové (ARMv8) čipy. Procesory stejné architektury lze najít i v chytrých telefonech, nebo tabletech. Výkon často zvyšuje i grafická výpočetní jednotka. Setkáme se s čipy Mali-T628, Mali-400, Mali-450MP, Mali-450MP2 nebo Mali-450MP4. Dále na desce najdeme operační paměť o velikosti od 512 MB až po 2 GB. Pomocí rozhraní USB lze připojit periferní zařízení jako klávesnice, nebo Bluetooth a Wi-Fi adaptér pro bezdrátovou komunikaci s okolím. Pro připojení k síti pomocí kabelu na desce nechybí konektor RJ-45. Důležitý je výstup HDMI pro video a zvuk. Díky němu jde připojit displej s rozlišením až 4k 60 Hz (od modelu C2 [14]). Dotekové displeje potřebují navíc přenášet informace o kontaktech s plochou. Na to HDMI nestačí a můžeme využít Micro USB, nebo pinové pole pro univerzální připojení (GPIO). Do zařízení lze zapojit rozšiřující karta (eMMC, SD, micro SD). Z té se po zapnutí načte předinstalovaný operační systém.

## Periferní zařízení

Výrobce nabízí několik různých zařízení ODROID 2.1, které se liší základní výbavou. Standardně je pro funkční systém potřeba počítač, karta s operačním systémem a napájecí adaptér. Mimo to lze zařízení doplnit o baterii a různá ochranná pouzdra pro vytvoření mobilní platformy. Úložné stanice umožňují shlukovat více ODROIDů. To umožňuje sdílet úložiště (disky), napájení a sjednotit chladicí řešení celého systému. Pro grafické rozhraní poslouží dotykový displej. Pro více možností interakce s okolím jde zařízení rozšířit o mikrofón a reproduktory. Kamery a sensory pak umožní snímat okolí, což je opět vhodné pro mobilní jednotky.



(a) ODROID XU4 s aktivním chlazením.

(b) ODROID C2 s pasivním chlazením

Obrázek 2.1: Ukázka produktů od firmy Hardkernel [1].

## 2.2 Podporované operační systémy

Operační systém je programové vybavení počítače. Jeho strukturu tvoří jádro a na něm postavené pomocné systémové nástroje. Hlavní podstatou je umožnit uživateli komunikaci se zařízením a nějakou formu ovládání. Stará se o správné fungování vstupních a výstupních periférií. Nazývá jejich konfiguraci a informace o stavu. V prostředí operačního systému běží služby a vybrané aplikace. Těm rozděluje výpočetní výkon, přístup k paměti a stará se o jejich stabilní a bezpečný chod [15].

Název ODROID v sobě skrývá *open* (v překladu: *otevřený* nebo také *dostupný*) a *Android*. Zařízení bylo původně navrženo pro operační systém Android, ale setkáme se s celou řadou systémů Linux, které jsou také podporovány. Volba operačního systému a jeho prostředí má značný vliv na technologie dostupné pro danou platformu. Některé technologie jsou multiplatformní, ale můžeme se setkat s různou optimalizací a výkonem. Podporované operační systémy a jejich zaměření pro momentálně nejrozšířenější ODROIDy jsou zapsány v tabulce 2.1.



**Android** patří mezi nejrozšířenější operační systémy a to díky své popularitě mezi výrobci mobilních telefonů [11]. Protože se jedná o otevřený software, může být upraven pro konkrétní zařízení bez pořizovacích nákladů. Navržen je pro přenosná zařízení a jeho základ tvoří jádro Linuxu. ODROID podporuje Android od verze 2.1 (označení *Eclair*) a nejnovějších zařízení najdeme i Android verze 8.0 (*Oreo*). Nejvíce aplikací pro Androidy vzniklo v programovacím jazyce Java.

**Linux** je počítačový operační systém s otevřenou licencí. Jak název napovídá, je také založen na jádru linuxového typu. Setkáme se s velkým množstvím různých variant systému. Liší se především podle použití. Díky tomu lze na zařízení ODROID za pomoci Linuxu provozovat server, hrát hry nebo ho používat jako plnohodnotný stolní počítač. Přesto je třeba brát zřetel na nižší výkon oproti běžným počítačům v obchodech a zvolit nenáročnou verzi Linuxu. Na oplátku nabízí velký potenciál pro zkušené uživatele [21]. I škála dostupných technologií pro tvorbu aplikací je rozsáhlá a otevírá možnosti pro řešení.

Tabulka 2.1: Přehled podporovaných operačních systémů (OS) pro zařízení ODROID [1]

Název OS	Zaměření	Uživatelské prostředí	Podporován ODROID C2	Podporován ODROID XU4
Ubuntu	Stolní počítač/Server	GNU/Debian	Ano	Ano
Armbian	Stolní počítač/Server	GNU/Debian	Ano	Ano
Kali Linux	Penetrační testování	GNU/Debian	Ano	Ano
Volumio	Audio webový server	GNU/Debian	Ano	Ne
Retropie	Hraní her	GNU/Debian	Ano	Ne
Android	Mobilní zařízení	Android	Ano	Ano
LibreELEC	Domácí kino	Kodi	Ano	Ne
Arch Linux	Stolní počítač/Server	GNU/Arch	Ano	Ano
Lakka	Hraní her	GNU/Arch	Ano	Ano
Void Linux	Stolní počítač/Server	GNU	Ano	Ne
Batocera Linux	Hraní her	GNU/Arch	Ano	Ano

## 2.3 Uživatelská rozhraní a jejich tvorba

Tvorba uživatelských rozhraní je samostatný vědní obor. Jeho základy jsou součástí vysokoškolského vzdělání se zaměřením nejen v oblasti informačních technologií. Založen je zejména na poznacích v kognitivní vědě a psychologii, komunikačních studiích, informačních systémech, grafickém designu a ergonomii.

### Tvorba uživatelských rozhraní

Uživatelé jsou nedílnou součástí a mají vliv na celý průběh vývoje rozhraní [12]. Jejich požadavky určují obsah systému. Samotné poskytnutí obsahu však nestačí. Důležitá je i prezentace a způsob, jakým je obsah uživateli poskytnut. Interakce uživatele se systémem má vliv na oba objekty. Používání systému může mít negativní dopad na uživatele. Pokud rozhraní není dostatečně transparentní, nemusí být dosaženo požadovaného výsledku. V krajních případech to může vést až k újmě na zdraví. Pro předcházení podobným scénářům je třeba rozhraní dostatečně testovat. Na to existuje řada vhodných postupů v oblasti

testování zkušeností s uživatelským prostředím. Podle oblasti použití jsou kladeny různé nároky na funkčnost a design rozhraní. Oblasti lze rozdělit na [16]:

- **Životně důležité systémy.** Například prostředky pro první pomoc (AED - Automatizovaný Externí Defibrilátor), protipožární opatření (hasicí přístroje, alarmy), nebo nouzové brzdy ve vlaku.
- **Průmyslové a komerční systémy.** Aplikace umožňující vytvořit rezervaci pokoje v hotelu, nebo zakoupit produkt pomocí webových stránek obchodu. Jedná se ale i o informační systémy veřejné správy. V neposlední řadě také využití v průmyslu (obsluha strojů aj.).
- **Kancelářské, domácí a zábavní systémy.** To zahrnuje každodenní zařízení, jako mobilní telefon či pračku.
- **Systémy pro spolupráci, tvůrčí a výzkumnou činnost.** Systémy nabízí možnosti kooperace spolupráce více lidí na řešení projektu, i když jsou účastníci od sebe odděleni místem a časem. Dále se jedná o systémy zapojené do procesu tvůrčí a intelektuální činnosti.

## Kognitivní psychologie

Vývoj výpočetní techniky s sebou přinesl složitější systémy a přístroje [16]. Celý proces zobrazení vnitřního stavu, a to přehledně a jednoznačně, se značně ztížil. Negativní vliv měl i nárůst dat k zobrazení a stále vyšší očekávání zákazníků. Výsledkem byl velký rozvoj kognitivní vědy v druhé polovině 20. století.

Kognitivní věda se zabývá způsobem, jakým si člověk vytváří tzv. *vnitřní obrazy* vnějšího života na úrovni vyšších poznávacích procesů. Uživatele pak definuje jako systém, který dokáže pracovat se symboly. Toho se značně využívá při návrhu uživatelského rozhraní. Jednoduchý symbol dokáže reprezentovat akci rychleji, než třeba textový popis. Samotný symbol však nelze nechat bez popisu, pro případ, že není dostatečně jednoznačný.

Studium kognitivní psychologie přináší mnohé poznatky do tvorby uživatelských rozhraní. Poukazuje třeba na různé fáze při vnímání systému z pohledu uživatele. Fáze vnímání lze rozdělit do tří skupin [6]:

- **Viscerální** - první dojem bez jakékoliv interakce se systémem.
- **Behaviorální** - seznamování se s rozhraním pomocí interakce.
- **Reflexivní** - při opakovaném používání, jak rychle a přesně je schopen si uživatel vybavit předešlé funkce.

## 2.4 Problematika návrhu a testování rozhraní

Pro dosažení každého cíle je vhodným postupem co nejlépe definovat požadovaný výsledek. Nemusí být perfektní, stačí jako maják, ke kterému se dá přiblížit. K cíli ale vede několik cest. Jedna se od druhé liší a každá má své klady a zápory. Při návrhu uživatelského rozhraní, platí podobná pravidla [17]. Stanoví se požadavky na výsledný systém a poté vhodná metodika, jak onoho systému dosáhnout. Následně se testováním ověří, zda bylo splněno vše podstatné a zda se objevili nové požadavky. Celý proces by bylo dobré umět zopakovat a postupně rozhraní zlepšovat.

## Návrh uživatelských rozhraní

Vliv na návrh má mnoho faktorů. Například zařízení, na kterém bude produkt provozován. Které periferie jsou nabízeny pro ovládání a pro interakci. Jak vhodně zapojit více podnětů, ale zároveň uživatele příliš nezatěžovat. Vzdálenosti, z které bude probíhat interakce, ovlivní velikost písma a ikon. Kolik skupin uživatelů přijde se systémem do kontaktu, jak se liší jejich požadavky a frekvence používání. Je přednější splnit úkol, nebo poskytnout příjemný pocit z používání. Nejpopulárnější přístup k návrhu a jeho možná alternativa (není jediná) jsou popsány dále.

**Human-Centered Design (HCD)** - Nejpoužívanější přístup k návrhu uživatelského prostředí, který umísťuje uživatele do samotného středu procesu. Základy tohoto přístupu sahají do roku 1980 [12]. V roce 2010 byl ustanoven standard ISO 9241-210. Definiuje pravidla, která musí být dodržena, aby se jednalo o HCD. Snaží se o efektivní a intuitivní rozhraní, přístupné co největšímu počtu uživatelů. Dosáhnout toho má zapojením uživatelů do co nejvíce fází návrhu a testování. Prvně je třeba porozumět uživatelům, jejich požadavkům a prostředí. Zadruhé je co nejpresněji specifikovat (zároveň musí být i realizovatelné). Podle požadavků vytvořit návrh rozhraní a otestovat za pomoci uživatelů, zda splňuje očekávání. Zpětná vazba uživatelů může přinést nedostatky, proto je vhodné umět celý postup opakovat a postupně vylepšovat. Celý cyklus zobrazuje obrázek 2.2.

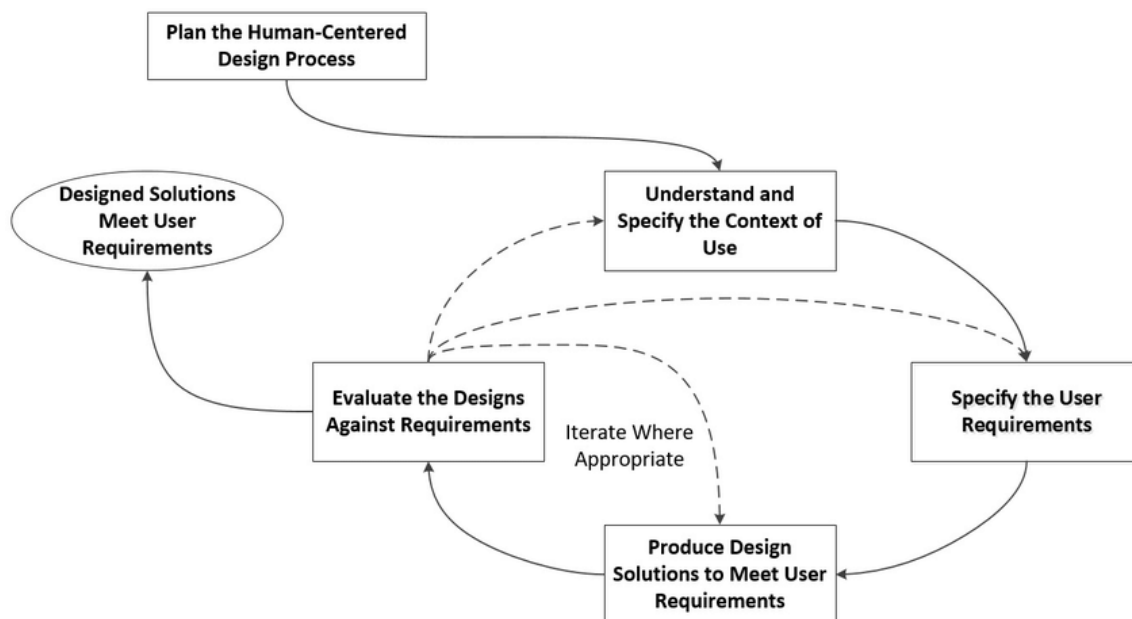
**Activity-Centered Design (ACD)** - Model se zaměřuje spíše na splnění úkolu, než na individuální požadavky uživatelů [10]. Do internetového bankovníctví jde člověk kvůli zaplacení složenek, ne aby si poklikal v hezké webové stránce. Nabízí efektivní alternativu oproti HCD. První fází je analýza uživatelských aktivit. Podle aktivit identifikujeme, která data jsou pro uživatele podstatná. Dále se vytvoří digram na sebe navazujících aktivit pro splnění úkolů uživatele. V poslední části dojde k ustanovení, která data budou zobrazena v konkrétní části diagramu a aktivitě. Model neobklopuje uživatele daty, která zrovna nepotřebuje. Lze nahlédnout na systém jako celek a lépe porozumět, co bude a nebude dělat. Uživatelé jsou spíše porozováni, ale aktivně se zapojují do fáze testování spokojenosti a zda rozhraní nabízí vše potřebné pro plnění jejich úkolů.

## Testování uživatelských rozhraní

Abychom mohli efektivně testovat kvalitu uživatelského rozhraní, musíme provést měření [20]. Stejně jako měříme třeba vzdálenost nebo váhu, je třeba i zde zavést měřicí nástroje a základní jednotky. Mimo to je třeba definovat cílovou skupinu uživatelů a za pomoci reprezentanů dané skupiny provést měření. Touto problematikou se zabývá vlastní obor testování uživatelských rozhraní (UX - *User Experience*).

Před samotným návrhem je vhodné si vymezit skupinu uživatelů, která bude rozhraní používat. Pro tento účel může posloužit model běžného uživatele - Persona. Na základě Persony pak můžeme vhodně navrhnout uživatelské rozhraní a pro fázi testování vybrat vhodné uživatele. Pomůže to zároveň udržet konzistenci mezi fázemi návrhu a později verzemi aplikace, které jsou od sebe časově vzdáleny.

Testování nemusí nutně probíhat na početné skupině. Obecně stačí skupina o velikosti 8–10 lidí. Je vhodné vytvořit testovací protokol, který obsahuje co je testováno, a které hodnoty jsou měřeny. Lze měřit třeba jak dlouho trval úkon, nebo kolikrát uživatel musel



Obrázek 2.2: Diagram znázorňující fáze procesu tvorby rozhraní pomocí HCD [12].

kliknout myší pro splnění akce. Z nasbíraných dat jsou počítány statistiky, jako průměrná hodnota, medián a nebo interval spolehlivosti. Interval spolehlivosti značí, v jakém časovém rozpětí dokáže daný úkol splnit určité procento uživatelů. Nejčastěji se počítá pro 90 %, 95 % a 99 %. Interval pro 95 % se počítá jako:

$$\text{průměrná hodnota} \pm 1.96 * (\text{směrodatná odchylka} / \sqrt{\text{počet hodnot}})$$

Vhodná reprezentace dat pomůže lépe nahlédnout na použitelnost rozhraní. Porovnáním statistik mezi jednotlivými verzemi rozhraní lze zjistit, zda jsou změny v návrhu přínosné, či nikoliv. Tento postup je vhodný opakovat a sledovat, jak změny v návrhu ovlivňují výsledky. Důležitým faktorem je i ústní konzultace s uživateli o jejich názorech a pocitech z užívání rozhraní.

## 2.5 Existující řešení za použití dotykového displeje

Grafická vizualizace dat je velmi rozšířená i v oblasti uživatelských rozhraní. Pro dynamické zobrazování se často využívají displeje. Díky novým technologiím jsou dostupnější, větší a pokrývají větší část barevného spektra. Pro uživatele jsou velkým lákadlem pro použití.

Pokud však chceme mít vliv na to, co se zrovna na obrazovce děje, musíme zajistit nějakou formu komunikace. K tomu byla vyvinuta celá řada hardwarových zařízení. Člověk má ale do přírody touhu se jednoduše dotknout toho, co chce. Dotykové displeje toho využívají pro snadnou formu interakce s uživatelem. Existuje několik různých technologií pro realizaci dotekového panelu.

## Ovládání operačního systému Linux

Osobní počítač je často ovládán za pomoci myši a klávesnice. Interakce ale probíhá s operačním systémem a přechod na dotekové ovládání není příliš složitý. S příchodem jednoduškových počítačů, jako je ODROID, značně klesla pořizovací cena celého systému.

Na obrázku 2.3 je zobrazena dotyková obrazovka ODROID-VU7 [1]. Na zadní straně panelu je přimontováno zařízení ODROID. Obraz je přenášěn pomocí HDMI adaptéru, zaznamenané doteky pro ovládání jsou přenášeny pomocí micro USB propojení. Na zařízení je nainstalován Arch Linux. Přes malý rozměr ovládání není nijak omezeno. Jedná se o plnohodnotný operační systém, který není příliš náročný na výkon.

Vzhledem ke své velikosti a ceně je systém vhodný k provozování v malých prostorách. Pomocí baterie by mohl být součástí nějakého pohyblivého zařízení. S ohledem na menší výkon lze spustit jakákoliv aplikace, jako na stolním počítači. Ovládání aplikace je pak třeba přizpůsobit dotykovému displeji, nebo připojit další periferie pro ovládání.



Obrázek 2.3: Dotykový panel (ODROID-VU7) o úhlopříčce 7 palců. Na displeji je prostředí Arch Linux [1].

## Palubní počítač automobilu

Dalším příkladem použití dotykového displeje v kombinaci se zařízením ODROID je palubní počítač automobilu [5]. Použit je ODROID C2 s operačním systémem Kodi.

Kodi je založený na Androidu a jako svůj předchůdce je volně k dispozici pro úpravy. Navržen byl jako domácí multimediální server, zde slouží jako univerzální vestavěný systém pro navigaci, přehrávání hudby a jako parkovací asistent osobního automobilu. Vnitřní elektronický okruh auta pak celý systém napájí. Dotykové ovládání je doplněno o sadu tlačítek.



Obrázek 2.4: Vestavěný palubní počítač automobilu založený na ODROID C2 s operačním systémem Kodi (Android) [5].

## Kapitola 3

# Přeprava zásilek pomocí jednotky RoboDelivery

Pod pojmem RoboDelivery se neskrývá nic složitého. Jedná se o doručovací služby realizované pomocí samostatně operujících robotů. Kapitola popisuje princip zapojení robotů do procesu přepravy zásilek. Podle prostředí klasifikuje případy použití a jejich vliv na návrh robotů. Dále jsou zkoumány problémy interakce širokým spektrem uživatelů při všech fázích přepravy. Na závěr jsou uvedeny příklady již existujících projektů, které se úspěšně daří provozovat.

### 3.1 Koncept robotické přepravy

Do domácností jsou často zavedeny automatické dodávky elektřiny, vody a plynu. Stejně tak tomu může být i s doručováním zásilek za pomoci robotů. Pokrok robotiky v posledních letech vedl k rozšíření používání strojů v různých oblastech, jako je průmyslová výroba, pečovatelské služby nebo hotelnictví. Doručování zásilek až ke dveřím by ocenilo 75 % lidí [8].

Pro tyto účely jsou navrženy speciální mobilní jednotky s možností nákladu. Jsou schopny navigace v prostředích s překážkami a lidmi. Velké logistické společnosti se alternativě doručování pomocí technicky vyspělých systémů aktivně věnují. Například Amazon ve svých skladech používá roboty Kiva pro přemísťování zboží [19]. Alibaba Group má v centrech pro rozesílání zásilek třídící roboty. V obou případech se jedná o desítky až stovky jednotek strojů. Hlavní podstatou je úspora času a snížení provozních nákladů.

Služba robotického doručování nemá nahradit lidský faktor, ale doplnit ho. Kombinace pracovní síly lidské v kombinaci se stroji se ukázala efektivnější, než použití čistě jedné z nich. Cílem usnadnit práci a vykonávat stereotypní nebo nepříjemné úkony.

### 3.2 Kategorizace na základě prostředí užití

První z problémů přepravy je systém navigace doručovací jednotky. Možné problémy se odvíjí právě podle prostředí, ve kterém se pohybuje [9]. Různé sensory a kamery umožní snímání okolí, nebo systém lokalizace a navigace GPS, ale i tato data musí být vhodně reprezentována a dále použita pro rozhodování v pohybu. Konvenční metody se snaží najít konkrétní řešení pro konkrétní případy (*Ad-hoc*).

Rozvoj umělé inteligence napomáhá řešit takové problémy. Jedno z možných řešení je strojové učení. Klasické metody dobře poslouží pro sběr potřebných dat. Pomocí nich lze

systém trénovat za dozoru člověka. To se využívá pro identifikaci objektů, zda se pohybují a když ano, jakým směrem a jak rychle.

Pro tuto práci ale není moc důležité *jak*, ale spíše *kde*. Prostředí, ve kterých se doručovací jednotka pohybuje, lze rozdělit do tří kategorií:

- **Domácnosti**
- **Kondominium**
- **Venkovní prostory**

Každé prostředí má specifické nároky na návrh pohybového mechanismu mobilní jednotky. Dále ovlivní výbavu robota a umístění uživatelského rozhraní, například kde bude umístěno ovládání a kde informace o stavu zařízení nebo zadaného úkolu. Také se budou lišit nároky na odolnost a konkrétní nástrahy při přepravě.

## Domácnosti

Domácnosti jsou svojí plochou nejmenší. Zároveň obsahují mnoho překážek. To vede k co možná nejvíce kompaktnímu návrhu robota. Důkazem toho jsou úklidoví roboti Roomba [4]. Jejich velikost je však nijak neomezuje.

Moderní zařízení umí vytvářet mapy prostoru, ve kterém se pohybují. Zvládají se vyhnout překážkám a nespádnou ze schodů. Pokud jim dochází baterie, sami se vrátí do dokovací stanice dobít. Postrádají však možnost zdolávat schody. Jedná se jeden z prvních samostatných systémů dostupných pro běžné uživatele.

Na zařízení najdeme obvykle ukazatel stavu baterie a pár základních tlačítek pro ovládání. Nebylo by komfortní se k robotovi často ohýbat a tak jde jeho pracovní režim přednastavit na konkrétní dny a čas.

## Kondominium

Kondominium zahrnuje prostory jako jsou knihovny, nemocnice, hotely, výzkumná centra a podobné. Často se setkáme s několika patry a velkými prostory. Pro člověka by bylo časově náročné zdolávat vzdálenosti ve velkých budovách, zejména pokud se jedná o přenesení nějaké drobnosti. Výhodou je, že zóny určené k pohybu jsou udržovány bez překážek a v čistotě. Ve výrobních halách se setkáme i s barevným odlišením nebo ohraničením.

Robot nemusí být moc rychlý. Jelikož se v prostorech čas pohybují lidé, není to ani žádoucí. Pro navigaci stačí zmapovat prostory budovy, nebo použít stavební plány. Moderní stavby mají automatické otevírání dveří a vzdálené ovládání výtahu. To usnadní převážení zásilky. Zásilku je třeba zabezpečit, aby nemohla být vyzvednuta jinou osobou, než pro kterou je určena. Celkově se jedná o pokročilejší systém, který komunikuje se svým okolím a s širším okruhem uživatelů.

Již existují funkční prototypy v hotelnictví. Pokud host potřebuje nějakou drobnost, jako toaletní potřeby nebo lahev vody, obsluha pošle robota do cílového pokoje. Dále je možné využití pro přenos zavazadel. V nemocnicích robot může rozvážet pacientům léky. Logistické firmy pomalu začínají používat roboty ve skladech. Výhodou je efektivnější využití prostoru a prakticky nepřetržitý provoz.



## Venkovní prostory

Ve venkovních prostorech lze mimo dopravy po zemi využít i vzdušný prostor. Letecká doprava je daleko rychlejší, ale také nákladnější. Někdy se ale jedná o jediný způsob dopravy. Vzdušný prostor je monitorován a přísněji regulován zákony. Ale ani pozemní provoz nelze uskutečnit bez povolení.

Navigace je daleko náročnější. K dispozici jsou mapy měst, ale pro malé zařízení nemusí vždy stačit. Detailní zmapování všech cest by trvalo neúnosně dlouho a proto je častěji zvolena celá řada zařízení pro monitorování okolí, jako jsou sensory vzdálenosti nebo kamery. Pro lokalizaci se používá GPS.

Oproti vnitřním prostorům má na pohyblivost s odolnost vliv počasí. Také počet překážek vzrostl. Doručovací jednotka musí překovávat přechody a semaforey. Setkáme se s mobilními roboty, kteří jsou navrženi pro kratší vzdálenosti. Pokud je třeba zdolat větší vzdálenost, je možné naložit skupinu menších robotů do nákladního auta a převést je do cílové lokace. Roboti pak obstarají doručení koncovým uživatelům.

Pozemní venkovní přeprava je využívána pro donášky jídla nebo rozvoz balíčků se zbožím. Ke stejným účelům poslouží i vzdušné doručování s potenciálem překonávat větší vzdálenosti za kratší dobu. Toho lze využít například pro rychlou přepravu zdravotních potřeb mezi nemocnicemi, nebo doručování v oblastech se špatným přístupem.

### 3.3 Problematika přebírání zásilek

Když jsou vyřešeny všechny otázky přesunu, orientace a navigace, je třeba se věnovat dalším požadavkům na systém. Do kontaktu s doručovací jednotkou přichází celé spektrum uživatelů. Interakce neprobíhá jen při vytváření a vyzvedávání zásilky, ale i během procesu přepravy.

Na turisticky rušných místech, jako jsou hotely, přichází do styku s rozhraním doručovacího robota uživatelé s různou znalostí jazyků. Pokud rozhraní nepodporuje daný jazyk, je vhodné použít pro komunikaci symboliku. V nemocnicích nebo pečovatelských domech je třeba brát ohled na možná zrakový handicap pacientů. Řešení může spočívat ve správně zvolených barvách a odstínech. Pokud uživatel není schopen interakce s robotem, minimálně by měl mít možnost přivolat obsluhu, která by mu pomohla.

Mezi další nástrahy patří nedosažení cílové destinace, nebo absence příjemce v době doručování. Je dobré vhodně zvolit dobu, po jakou bude možno zásilku vyzvednout. Dlouhé čekání by mohlo mít dopad na celý systém. Doručovací jednotka může mít na cestě závalu, nebo se někdo pokusí zcizit přepravovaný obsah. I takové možnosti je třeba brát v potaz.

### 3.4 Reálné služby RoboDelivery a jejich uživatelská rozhraní

RoboDelivery není jen koncept, ale i skutečná a fungující služba. Následující část kapitoly je věnována několika příkladům známých systémů doručování zásilek ve vnitřních i venkovních prostorech. Příklady zobrazují, jak má na rozhraní doručovacích robotů vliv prostředí, ve kterém se pohybují.

## Starship Technologies

Společnost byla založena roku 2014 a její sídlo se nachází v San Francisku [3]. Věnuje se vývoji robotů pro rozvážení drobných předmětů, především potravin nebo drogerie, v měst-

stkých oblastech. Většinou se jedná o doručení na krátkou vzdálenost, obvykle do jedné míle. Projekt v roce 2016 získal ocenění za nelepší začínající projekt roku od časopisu Computer Bild. Flotila robotů společnosti Starship v roce 2018 čítala přes stovku strojů a obstarávala rozvoz v deseti městech různých států (USA, Velká Británie, Estonsko).

## Uživatelská interakce

Uživatelská interakce probíhá přes webové stránky, mobilní aplikaci, nebo s robotem samotným. Zatímco webové stránky jsou spíše informativního rázu o společnosti a doručovací službě, samotný proces realizace přepravy obstarává mobilní aplikace.

Prvním krokem je tutoriál pro nového zákazníka. Dále se zvolí oblast, ve které doručovací služba funguje. Na základě oblasti je zobrazena mapa, která slouží pro výběr cíle pro vyzvednutí. Oblast má vliv na seznam dostupných obchodů a tím i na sortiment dostupných služeb (vzhled aplikace je na obrázku 3.1). Po ustanovení seznamu produktů pro přepravu a místa pro předání je třeba určit čas vyzvednutí. Z dostupných časových intervalů lze zvolit konkrétní den, hodiny a minuty. Možná je i volba spěšného doručení, kdy se robot vydá na cestu v momentě obdržení zásilky.

Zákazník je informován o času příjezdu do cíle pro vyzvednutí. Mobilní aplikace také slouží pro otevření přepravního boxu robota. Ten je z bezpečnostních důvodů uzamčen po celou dobu převozu.

## Design doručovací jednotky

Samotný robot zajišťuje pouze přepravu. Pohybuje se po předem zmapovaných cestách (chodníky, parky, přechody). O lokalizaci se stará modul GPS. Bezpečný pohyb zlepšují prvky pro lepší viditelnost, jako přední a zadní světla, nebo vlaječka, jelikož robot není příliš vysoký. Ve výbavě má reproduktory, které slouží pro přehrávání frází, při komunikaci se svým okolím. Dále je vybaven několika kamerami a senzory pro snímání okolí. Ty poskytují potřebné informace pro orientaci a jízdu. Maximální rychlost je omezena na 6 km/h, což odpovídá průměrné rychlosti chodce. Celkový design má připomínat zmenšený model osobního automobilu. Robot pro přepravu je na obrázku 3.1).

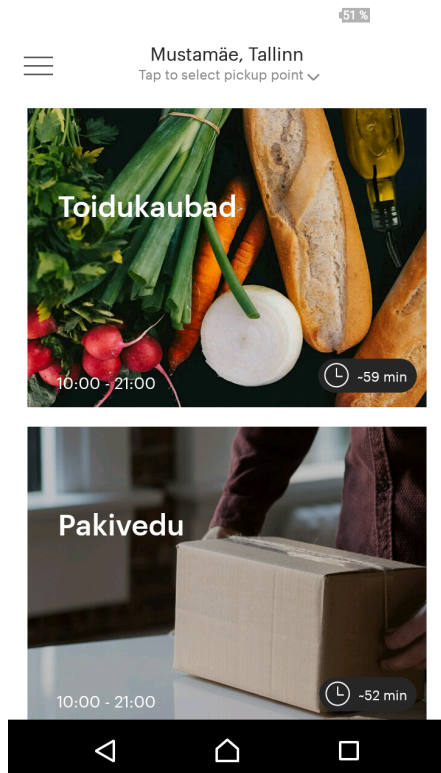
## Savioke

Vývoji robotů se věnuje od roku 2013 a jejich vlajkovou lodí je robot s názvem Relay [2]. Našel si uplatnění v hotelnictví, pečovatelských službách a také v průmyslové výrobě. Rozvážením drobných předmětů šetří čas specialistů, kteří se tak mohou věnovat své práci. Oproti robotům Starship Technologies se pohybují v prostředí budovných komplexů. Pohyb v koridorovém prostoru usnadňuje lokalizaci a orientaci, ale přináší nové výzvy, jako otvírání dveří a zdolávání pater.

## Uživatelská interakce

Další změnou je jiný přístup k uživatelské komunikaci. Pokyny pro robota nejsou zadávány pomocí aplikace, k tomu slouží dotykový panel na přední straně konstrukce. Umístěn je ve výšce přibližně jednoho metru [7]. Při prvním kontaktu robot zobrazuje informace o sobě jako své jméno, co právě provádí za činnost, nebo zda je volný pro zahájení interakce.

Pro vyslání robota na rozvoz stačí zadat cíl výběrem z plánu budovy, nebo v hotelu se může jednat o číslo pokoje, a vložit převážené položky. Podle místa provozu je zvolen



(a) Uživatelské prostředí aplikace pro zvolení místa doručení a obchodů pro nákup. (b) Robot pro přepravu zásilek. S výškou přibližně 0.5 m lze snadno přehlédnout. Vlajčka s osvětlením jeho výšku více než dvojnásobuje.

Obrázek 3.1: Ukázka nástrojů pro realizaci služeb přepravy zásilek od společnosti Starship Technologies [3].

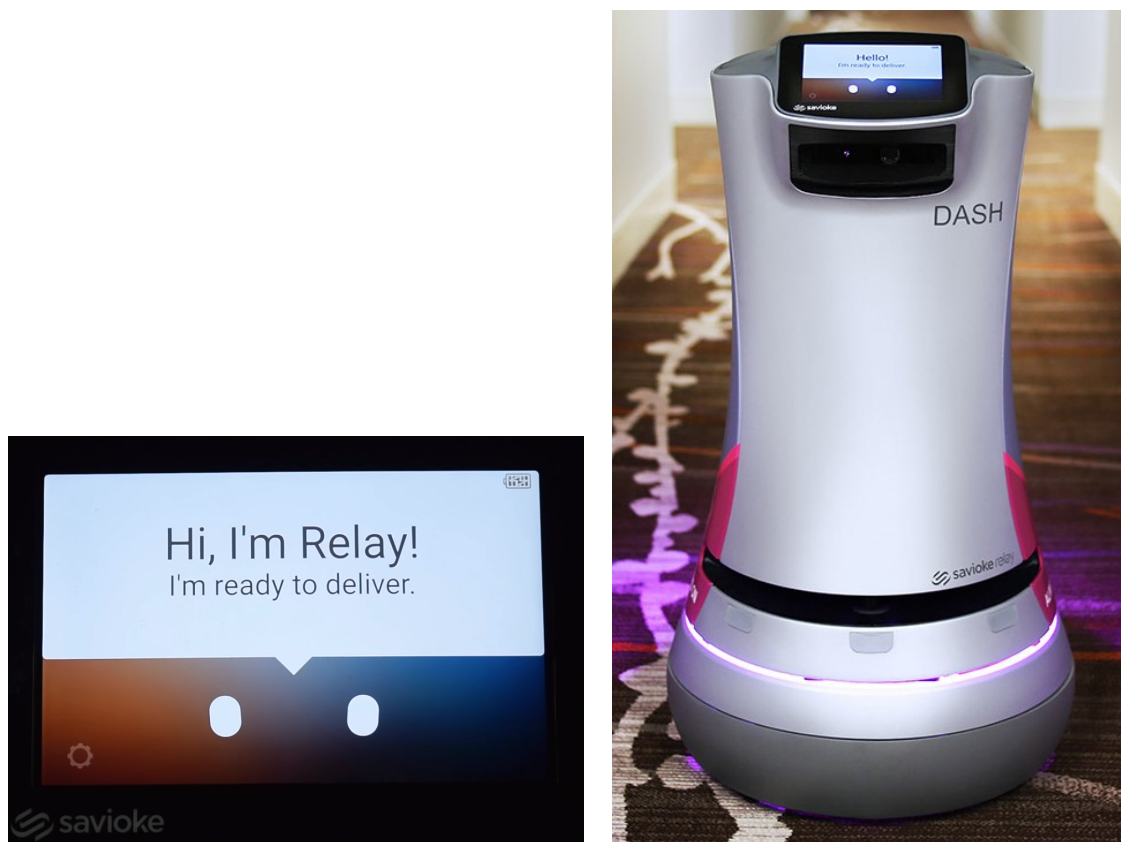
způsob uzamčení nákladu. Může být realizován identifikační kartou (nemocnice), čtyřmístným kódem, nebo zůstane uzamčený po dobu převozu a automaticky se udemkne v místě vyzvednutí. Při doručení na místo je uživatel vyzván k odebrání věcí, akce je dokončena stisknutím tlačítka pro potvrzení. Aby robot působil přívětivěji, část obrazovky tvoří obrys očí. S jejich pomocí dokáže naznačit emoce při interakci s člověkem.

Dialogové okno připomíná textovou bublinu, jako v komixových knihách. Jejím účelem je vyvolat pocit konverzace, namísto pouhého čtení textu z obrazovky. Grafická komunikace je doplněna zvukovými efekty. Nejedná se o nahrané fráze ani řeč, ale o elektronické melodie, podobné tónům mobilních telefonů při doručení zprávy. Interakci doplňují drobné pohyby robota, jako rotace na místě. Jedná se pouze o drobná pomalá gesta v době, kdy uživatel neprovádí žádné akce s robotem.

### Design doručovací jednotky

Ve službě se Relay nachází na své výchozí pozici, která může být i dokovací stanice pro dobíjení baterií. Z té se vydává do cílové destinace a po dokončení úkolu se vrací zpět. Pro snímání okolí je vybaven řadou sensorů, radarem a kamerami. Kamery snímají prostor jen pár kroků před robotem a jsou schované pod dotykovým panelem, skloněné směrem k zemi. Důvodem je bezpečnost a zachování soukromí kolemjdoucích osob. Tělo robota je relativně štíhlé a k základně se rozšiřuje. Vizualně tak zabírá méně prostoru a zároveň působí stabilně.

Kola ohraničuje nárazník pro bezpečnost okolí a maximální rychlost je 2,5 km/h. Ovládání výtahů a dveří probíhá bezdrátově, stejně jako zazvonění u dveří adresáta. Celkový vzhled robota je na obrázku 3.2.



(a) Grafické rozhraní Relay. Robot se nachází na východním místě. Na obrazovce se přepínají informace o stavu telu a pomáhá recepci rozvážet předměty až ke dveřím hostů.  
(b) Jméno robota lze změnit. Dash je robot v hotelu. Robot je připraven pro zahájení interakce s uživateli.

Obrázek 3.2: Robot Relay od společnosti Savioke [2].

## Kapitola 4

# Návrh uživatelského rozhraní pro široké spektrum uživatelů

Postup návrhu rozhraní byl inspirován Designem zaměřeným na uživatele [12]. Výhodou je opakovatelnost celého procesu a možnost zapojit uživatele hned do několika fází vytváření aplikace. Částečně byl použit model Designu zaměřeného na aktivity [10]. V úvodu návrhu posloužil pro analýzu cyklu interakce uživatelů s doručovacím robotem při odesílání a přebírání zásilek v daném prostředí.

### 4.1 Prostředí a případy užití

Rozhraní bude cíleno pro doručovací roboty používané ve vnitřních prostorech. Nejednalo by se však o domácnosti, ale o větší areály, jako jsou nemocnice, hotely, nebo výrobní haly. V těchto prostředí najdeme služby poskytované velkému množství koncových uživatelů. Může se jednat o doručování dílů ze skladu k výrobním linkám, nebo převoz zavazadel z recepce hotelu do pokoje hosta.

Robot by se nacházel na vhodně zvoleném místě, kam uživatel přijde a zahájí interakci. Zvolil by místo doručení, naložil zásilku a robot ji odveze. Po vyzvednutí se robot vrací na stejné místo a je připraven na další cestu. Místo doručení lze snadno zvolit, zpravidla jde o systém budov, pater a pokojů/stanovišť.

Uživatelské rozhraní by se nacházelo přímo na těle robota. Interakce by probíhala prostřednictvím dotykové obrazovky. Uživatelé tak mohou službu kdykoli využít a to bez vlastních zařízení.

### 4.2 Stanovení požadavků a aktivit

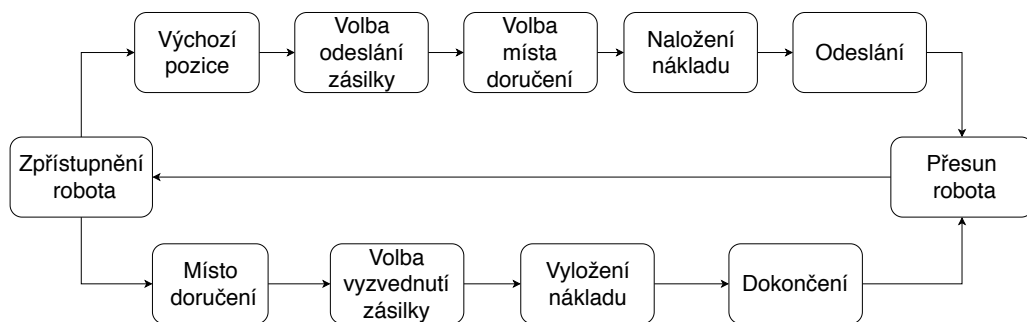
Služba má být dostupná pro co nejširší spektrum lidí. Za tímto účelem byla sestavena skupina potenciálních uživatelů. Jejich zkušenosti s technologiemi se lišili. Od základního ovládní počítače a občasného prohlížení webum, až po práci s pokročilými programy v každodenním životě.

Pár větami byla představena služba RoboDelivery jako převážení balíků pomocí robotů v prostředí zmíněném výše. Pro stanovení přibližných požadavků a představách o službě byly jednotlivcům kladeny tyto otázky:

- Setkal/a jste se někdy se službou RoboDelivery?

- Měli byste zájem službu vyzkoušet?
- Co si pod takovou službou představujete?
- Jaké by byly vaše požadavky na službu?
- Jak by komunikace s doručovacím robotem probíhala?
- Upřednostnil/a byste pro doručení robota nebo člověka?

Ani jeden z tázaných se dříve nesetkal se službou RoboDelivery, ale většina projevila zájem o vyzkoušení. Představy o službě se velmi různily, často se jednalo o roboty z vědecko-fantastických filmů. Nejčastějšími požadavky na službu byly spolehlivost a rychlost. Dále uživatelská přívětivost, nehlučnost, ochrana osobních údajů a zásilky. Pro komunikaci by většina zvolila aplikaci, případně ovládání na robotovi. Hlasové ovládání si dokázali představit, ale spíše by ho nepoužili. V poslední otázce větší polovina tázaných zvolila robota, ale často se objevily obavy z komunikace. Odeslání zásilky pro uživatele znamená neodkladnou záležitost a v případě nedorozumění s doručovacím robotem by ocenili přivolání osoby pro pomoc. Obrázek 4.1 znázorňuje cyklus interakce robota s uživatelem. Možnost přivolání pomoci by měla být dostupná ve všech fázích kromě Přesunu robota.



Obrázek 4.1: Diagram aktivit uživatele s doručovacím robotem

### 4.3 Návrh rozhraní

Rozhraní je navrženo pro dotykový displej orientovaný na šířku, který by byl připevněn na robota. Obrázky návrhu mají rozlišení  $800 \times 480$  pixelů, stejným rozlišením disponuje i panel ODROI-VU7 (Obr. 2.3). Jedná se o prototyp, který byl jako první z více návrhů dostatečně vhodný pro zahájení testování s uživateli. Samotné testování a změny v rozhraní po testech jsou v Kapitole 5.

Dotazování testovací skupiny odhalilo jen malé povědomí o službě RoboDelivery. Hlavní myšlenkou návrhu je uživatelům nabídnout prostředí, se kterým se už někdy setkali. Zároveň se pokusit zpřetrhat pocit, že komunikace probíhá s bezduchým strojem, ale s pokročilou a důvěryhodnou technologií. Architektura informací je zvolena lineární [13]. Jednotlivé stránky následují jedna za druhou, stejně jako v knize. Postup v aplikaci je tak dobře předvídatelný. Podobný přístup najdeme na bankomatech, kde série kroků vede ke splnění úkonu.

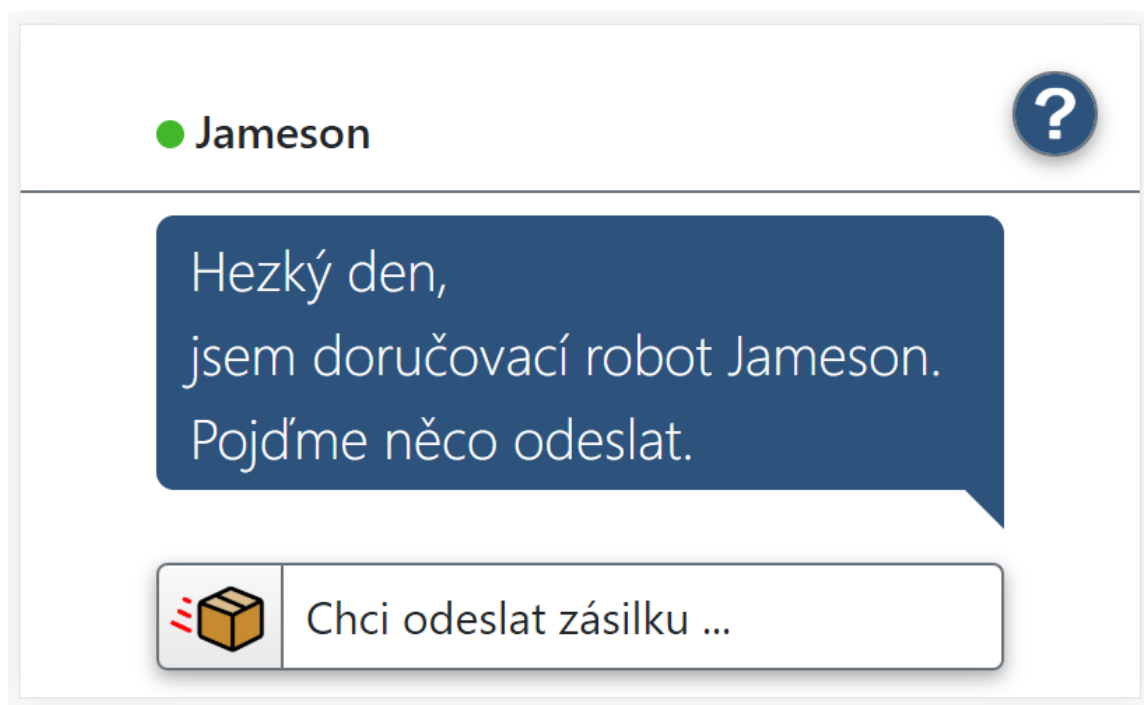
## Úvodní obrazovka

Úvodní obrazovka (Obr. 4.2) připomíná prostředí Služby pro okamžité zasílání zpráv (Messenger, Instagram, WhatsApp a další). Ve většině případů se uživatel již s podobným rozložením informací setkal. Zároveň to pomáhá bořit bariéru mezi člověkem a strojem, jelikož tento typ komunikace ve většině případů slouží pro spojení dvou lidí.

Dalším prvkem podobného rázu je i jmenovka robota v levé horní části. Pro člověka je příjemnější interakce s něčím, co dokáže pojmenovat. Zelené kolečko pak značí, že služba je právě připravena k použití. Pravá část slouží k přivolání pomoci. Otazník se v mnoha případech používá pro zobrazení pomoci pro uživatele. Po stisknutí se zobrazí samostatná obrazovka s dalšími pokyny.

Největší část obrazovky zabírá zpráva od robota. Zdvořilou frází se představí a informuje, jakou službu poskytuje. Zvoleno je tmavě modré pozadí s bílým textem. Díky vysokému kontrastu textu vůči pozadí je zaručena dobrá čitelnost.

V dolní části se nachází tlačítko pro zahájení procesu odeslání zásilky. Opět odpovídá stylu posílání zpráv. Nápis je předem zvolený a uživatel tak nic nezadá. Text doplňuje ikona značící balíček v pohybu. Při opakované interakci znalý uživatel nemusí číst text a akce provádí podle ikon. Text je pro změnu černý s bílým pozadím. Jednoznačně lze odělit směr komunikace od robota a od uživatele. Rozdíl ve světlosti je pak klíčový pro barvoslepé uživatele. Všechny stisknutelné prvky mají efekt stínu, a to nejen na úvodní obrazovce, ale i všech ostatních.

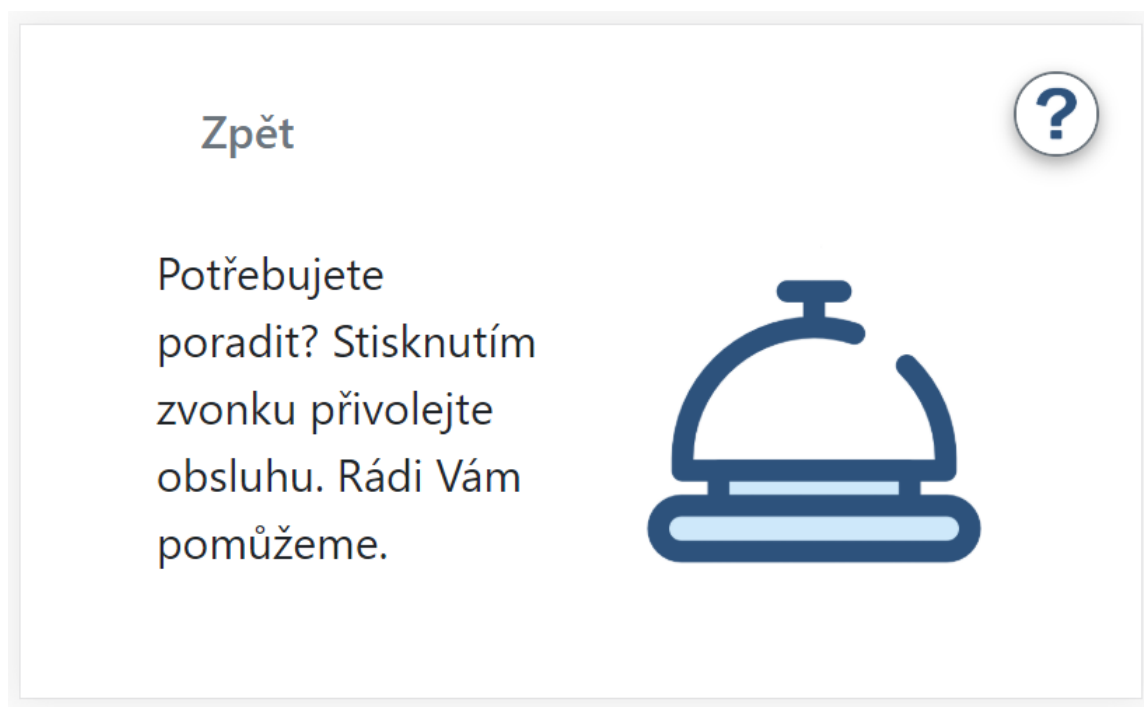


Obrázek 4.2: Úvodní obrazovka. Účelem je navodit pocit konverzace a zpříjemnit tak interakci.

## Přivolání pomoci

Pokud si uživatel neví rady, nebo ho handicap limituje v ovládní dotykové obrazovky, má možnost přivolat obsluhu, která by mu s potřebnou akcí pomohla (Obr. 4.3). Přivolání pomoci je dostupné na dvě kliknutí ze všech obrazovek pro vyšší efektivitu. U otazníku se změří barva pozadí a barva. Jméno robota zmizí a na jeho místě je tlačítko „Zpět“. Další možností, jak se vrátit je opět kliknout na otazníček.

Účelem je navodit pocit, že robot neví, že se uživateli něco nedaří. Text obsahuje návod, jak pomoc použít a že se jedná o přivolání asistenta. Ikona byla inspirována hotelovými recepcemi, kde zvoněk slouží ke stejnému účelu. Při doteku vrchní část klesne a okolo se objeví čáry, značící vycházející melodii. Cílovou platformu by bylo vhodné rozšířit o reproduktor a podpořit akci přehráním tónu cinknutí, nespoléhat pouze na vizuální odezvu. Po stisknutí se změří text, že pomoc je na cestě a časový limit, do kterého se dostaví na místo.



Obrázek 4.3: Obrazovka pro přivolání pomoci. Ikona je inspirována hotelovým zvonkem na recepci.

## Výběr místa doručení

Prvním krokem k odeslání zásilky je výběr místa doručení (Obr. 4.4). Hlavička zůstává stejná, v levé části je seznam položek k vyplnění.

Dosud nezvolenou položku reprezentuje trojice pomlček. První položka je zvolena při příchodu na stránku. Při výběru se hodnota doplní místo pomlček a výběr se automaticky posune na další. K již vybraným položkám je možné se vrátit. V takovém případě je zvolená možnost v seznamu vyznačena obrácením barev textu a pozadí. Díky tomu je jednoznačně odlišená od ostatních. Hodnota se nezmění, dokud není vybrána jiná. Uživatel tak může položky procházet pro kontrolu a nepřijde o svůj výběr.



Rozložení dostupných možností je pevně dané do dvou sloupců a pěti řádků. Možnosti mají mezi sebou dost místa pro minimalizaci překlepů. Pokud je možností více než 10, v pravé části je možné přepínat po dekádách. Při konzultaci s uživateli řazení po řádcích bylo akceptovatelné v případě budov, kde se jedná o písmena. V případě číselných hodnot ale řádkové řazení jednoznačně nevyhovovalo jak pro podlaží, tak pokoje. Pro zachování konzistence jsou všechny položky seřazeny ve sloupcích. Zvolený rozsah i vybraná položka jsou odlišeny od ostatních změnou textu a pozadí splývá s pozadím stránky. V případě budov je možné změnit barvu pozadí tlačítka. V mapách areálu jsou budovy často odlišeny pomocí barev a je vhodné tuto skutečnost promítnout na rozhraní a urychlit tak proces volby.

Po vybrání všech položek se zobrazí zpráva od robota informující o kroku, který bude následovat. Uživatel potvrdí správnost místa doručení a přesune se dál. Mimo to lze akci zrušit pomocí červeného tlačítka. To vyžaduje potvrzení pro případ, že tlačítko bylo stisknuto nedopatřením.

Jameson				?
Budova	č 1	č 6	1-10	
B	č 2	č 7	11-20	
Podlaží	č 3	č 8	21-30	
2.	č 4	č 9	31-40	
Pokoj	č 5	č 10	41-42	
---				
Odejít				

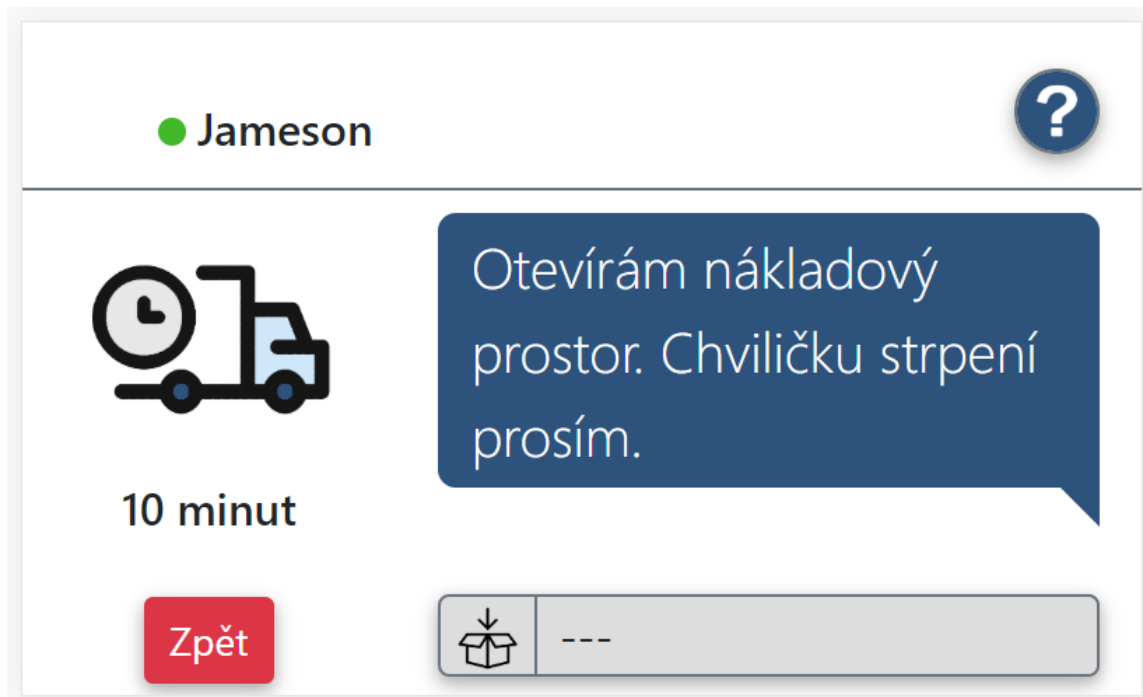
Obrázek 4.4: Výběr pokoje, do kterého bude zásilka doručena.

## Naložení nákladu

Po zvolení místa doručení je uživateli zpřístupněn nákladový prostor (Obr. 4.5). Možnost dokončení akce je po přístupu na stránku zakázána, dokud se prostor neotevře. V aplikaci je to řešeno časovým intervalem. Cílem je zamezit nechtěnému odeslání robota bez nákladu.

Nechybí hlavička se jménem robota a možnosti přívolání pomoci. Vlevo, na stejném místě předchozí stránky, se nachází tlačítko zpět. Akce zpět nevyžaduje potvrzení, uživatel by neměl přijít o data nebo pokrok, pouze se přesune na předchozí stranu. Zrychlí to proces překontrolování místa doručení a jedním tlačítkem se může vrátit na stránku s nakládáním.

Ikona nákladního automobilu reprezentuje čas do cílové destinace. Při otevření nákladového prostoru se změní zpráva robota a povolí se možnost odeslání. Tlačítkem pro odpověď celý proces odeslání končí a robot se vydává na cestu.



Obrázek 4.5: Naložení nákladu. Uživatel má přehled, za jak dlouho zásilka dorazí do cíle. Po naložení se zpřístupní možnost odeslání.

### Přeprava zásilky a cesta zpět

Po odeslání robot zobrazí zprávu, že se vydává na cestu. Po uplynutí časového intervalu se zpráva změní a robot se pomyslně rozjede k místu doručení. Další interval ukončí proces přepravy a zobrazí se stránka pro vyzvednutí zásilky.

Během přepravy je zobrazena pouze informativní stránka, že robot přepravuje zásilku a nelze s ním zahájit interkace. Účelem je zamezit zdržení doručení, robot může v jeden moment rozvážet jednu zásilku. Stejným způsobem se robot vrací po dokončení vyzvednutí, jen s jinou hláškou.

### Vyzvednutí zásilky

Vyzvednutí zásilky se skládá ze dvou kroků. V prvním se robot představí a informuje uživatele, že pro něj má zásilku. Stránky se podobají úvodní obrazovce (Obr. 4.2). Po zahájení se otevře nákladový prostor a uživatel může odebrat náklad. Opět je zakázána volba pokračování po časový interval. Uživatel je informován zprávou robota, že setrvá, jak dlouho je potřeba. Vrací se zpět až po potvrzení od uživatele. Následuje návrat robota na výchozí pozici.

● Jameson

Vydávám se na cestu se zásilkou.  
Přeji hezký zbytek dne.

Obrázek 4.6: Převážení zásilky a návrat

## Kapitola 5

# Implementace pomocí knihovny React a testování aplikace

React je knihovna jazyka JavaScript navržená pro vytváření uživatelských rozhraní [18]. Umožňuje vytvořit jednostránkovou aplikaci, která běží ve webovém prohlížeči. Díky tomu lze provozovat na jakémkoliv zařízení, které prohlížečem disponuje, nebo ho umožňuje doinstalovat. Ve stejném jazyce existuje řada knihoven, pomocí kterých lze vytvořit komplexní systém. Také dostatečně rychle reflektuje interakci se stránkou, a proto je vybrán jako vhodný nástroj pro realizaci. Společně se Reactem je použit framework Bootstrap pro stylování stránek. Bootstrap doplňují vlastní CSS styly.

### 5.1 Struktura aplikace

Postupně bude procházena struktura aplikace s vysvětlením, co k čemu slouží. Kořenový adresář není příliš zajímavý, pouze obaluje všechny potřebné části aplikace rozdělené do dalších složek. Za zmínku stojí *package.json*. React není jedna velká knihovna, ale skládá se z několika modulů. Každá aplikace používá různé moduly. Aby v tom nebyl zmatek, stará se o ně Node Package Manager. Z jeho pohledu je aplikace jen další modul a informace o něm hledá právě v *package.json*. Tam je název aplikace, verze, seznam požadovaných modulů a užitečné skripty.

#### `\node_modules`

Obsahuje všechny potřebné moduly pro spuštění aplikace. Zde najdeme například zdrojové soubory frameworku Bootstrap. V této složce se však žádné soubory neupravují. Moduly se zpravidla nepřenášejí, instalují se na každé platformě dodatečně. Veškeré změny by tím způsobem byly ztraceny.

#### `\public`

Soubory umístěné v této složce budou dostupné přes adresu URL v prohlížeči.

*index.html* - úvodní stránka, která se zobrazí při zadání URL. Jedná se klasickou HTML stránku, jejíž tělo obsahuje element s id "root". Vše uvnitř elementu pak spravuje virtuální React DOM a celá aplikace je do něj vložena. V hlavičce obsahuje odkaz na soubor *manifest.json*.

*manifest.json* - slouží pro vytvoření Progresivní webové aplikace. Webová stránka jde uložit na mobilní telefon a poté se chová jako běžná aplikace.

*images* - obsahuje všechny obrázky použité v aplikaci. Nejedná se o jedinou možnost. Obrázky jde importovat v jednotlivých komponentách.

## **\scss**

*App.scss* - definuje vlastní styly. Mimo ně je importován i Bootstrap. Pomocí modulu *node-sass* se soubor překládá a výsledkem je CSS soubor.

## **\src**

*App.css* - obsahuje veškeré styly použité v aplikaci. Soubor se neupravuje ručně, protože je výsledkem překladač SCSS.

*index.js* - slouží jako vstupní skript aplikace. Slouží pro propojení HTML DOMu a React DOMu. Aplikace je vložena do elementu s id "root".

*App.js* - je hlavní komponenta aplikace. Návrh nepoužívá routování, protože uživatel by neměl přístup k URL. O přepínání oken se tedy stará třída App. Navigaci umožňují jen ovládací prvky, které jsou právě zobrazeny na obrazovce.

## **\api**

*Api.jsx* - nejedná se o API v tom správném slova smyslu. Třída pouze napodobuje chování API serveru. Poskytuje všechna data zobrazená v aplikaci. Lze tak z jednoho místa jednoduše měnit obsah. Navíc umožňuje asynchronní volání funkcí. Tím jde přizpůsobit aplikace pro případy, kdy data ze serveru ještě nejsou k dispozici, ale uživatel musí vidět nějakou odezvu. O jednotlivé obsahy se starají následující třídy.

## **\api\sources**

*ArealInfo.jsx* - poskytuje informace o areálu, ve kterém se robot pohybuje. Jedná se o názvy budov, počty pater a pokojů. Dále jaké informace je třeba vyplnit v doručovací adrese a jak je reprezentována nevyplněná hodnota.

*Images.jsx* - spravuje veškeré obrázky použité v aplikaci. Podle názvů obrázků vytváří URL, ze které jsou dostupné v prohlížeči.

*Messages.jsx* - zde se nachází všechny texty aplikace, od popisků tlačítek, až po zprávy od robota. Díky tomu jde z jednoho místa změnit jazyk aplikace, nebo vytvořit několik různých frází a náhodně z nich vybírat.

*Variables.jsx* - nabízí možnost asynchronního zpracování pomocí objektu Promise. Stejný postup se používá i při volání API serveru a data se mění v momentě doručení odpovědi. Dále obsahuje konstanty použité v místech aplikace, kde se mění obsah po uplynutí času, například při otevírání nákladového prostoru.

## `\components`

V kořenu složky se nacházejí bezstavové komponenty aplikace. Ve většině případů se jedná o jednotlivé prvky rozhraní. Pro svou jednoduchost nebudou jednotlivě představeny. Používají je složitější třídy popsány dále.

### `\components\content`

*Confirmation.jsx* - ve výběru místa doručení se zobrazí po zvolení všech položek. Vyzývá uživatele k překontrolování údajů a potvrzením pokračuje na následující stránku.

*Destination.jsx* - na základě právě zvolené položky v menu mění třídu, která se stará o vykreslení možností na obrazovce.

*Send.jsx* - se stará o obsah na stránce pro naložení nákladu a odeslání robota se zásilkou. Pokud při vykreslení nedostane od rodičovské komponenty proměnnou s odkazem na další stránku, nevykresluje možnost pokračovat.

### `\components\content\pickers`

Třídy v této složce se starají o vykreslení možností při výběru cíle doručení. Obsah získávají pomocí dotazů na třídu *Api*. Výběr budovy, patra i pokoje jsou si podobné, ale každý má vlastní třídu. Návrh je tak otevřený změnám, protože v budoucnu se vzhled stránek může lišit.

### `\components\menu`

*Menu.jsx* - je nabídka na stránce výběru místa doručení a naložení nákladu. Primárně je určena pro *List* s elementy *Item*, ale obsahovat může i jiné komponenty. Vždy obsahuje tlačítko zpět s volitelným popiskem.

### `\components\pages`

Obsahuje jednotlivé stránky aplikace. Třídy zpravidla mají stavy, které drží informace o zobrazeném obsahu. Dále se starají o navigaci mezi jednotlivými stránkami a určují, které prvky jsou použity pro přechody. Také definují funkce, které předávají menším komponentám. Jako jediné určují rozložení obsahu na stránce, ostatní komponenty se snaží dané místo správně vyplnit.

*Destination.jsx* - stránka umožňující zvolit místo doručení. Získané položky z *Api*, které je třeba zadat, se vykreslí do menu v levé části. Definovány jsou funkce pro automatický výběr následující nezvolené položky a jejich individuální přepínání. Po vyplnění všech položek se zobrazí možnost pokračovat.

*Help.jsx* - pomáhá uživatelům, kteří si neví rady, nebo jim handicap brání v ovládní aplikace. Podstatné je udělat pomoc snadnou, jasnou a dostupnou. Zvoleno je velké písmo a výrazné tlačítko. Po stisknutí by systém vyslal zprávu pracovníkovi, který by se vydal na místo. Implementována je pouze změna textu a animace při stisknutí.

*Informative.jsx* - jak název napovídá, stránka je pouze informativní. Zobrazena je při přesunu robota z jednoho místa na druhé. Kolemjdoucím není nabídnut žádný ovládací prvek. Jedná se o jedinou obrazovku, která postrádá přivolání pomoci. Obsahuje

zprávu od robota s úvodní hláškou, kterou je možné změnit po uplynutí časovače. Časovač také určuje, za jak dlouho se zobrazí následující stránka. Simuluje se tak fyzický přesun robota a v reálném nasazení by se přechod provedl v momentě příjezdu.

*Interactive.jsx* - úvodní obrazovka, v místě odeslání i doručení, která zahajuje interakci s uživatelem. Hlavička na vrcholu obrazovky obsahuje jméno robota tlačítko pro zobrazení pomoci. Stejnou hlavičku najdeme i všech následujících stránkách. Tlačítko v dolní části pak přesune uživatele na následující stránku.

*LoadCargo.jsx* - je stránka pro naložení nákladu. V levé části se nachází menu s možností návratu a ikonou, značící aktuální činnost robota. V momentě příchodu není možné pokračovat dále. Tlačítko se zobrazí až po uplynutí časového odpočtu. Simuluje se tak otevírání prostoru pro náklad. Dále se změní zpráva od robota a ikona je doplněna o čas doručení zásilky.

*Sure.jsx* - slouží pro potvrzení přechodu z jedné stránky na druhou. Použita je při návratu na úvodní obrazovku z výberu místa doručení. Vyžaduje odkaz na následující a předcházející stránku.

*UnloadCargo.jsx* - v místě doručení je zobrazena ve fázi vykládání nákladu. Používá třídu *Interactive*. Nejdříve vykresluje informace o otevírání nákladového prostoru a po uplynutí časového odpočtu mění svůj obsah. Ten už má zobrazenou možnost pokračovat na další stránku.

## 5.2 Nasazení aplikace

Aplikace je navržena tak, aby zabírala 100 % plochy obrazovky. Využívá tak plný potenciál panelu a vše podstatné zobrazuje na jedné obrazovce bez potřeby rolování. Cílem je uživateli nabídnout přístup k aplikaci, ale nikoliv do systému. Popsány jsou vhodné nástroje, jak toho dosáhnout.

### Kiosk mode

Jádro *Chromium* nabízí všechny potřebné volby k vytvoření samostatné aplikace. Aplikaci lze spustit v režimu plné obrazovky, zakázat zobrazování systémových upozornění, neumožnit manipulaci s oknem a ignorovat některé vstupy z klávesnice (například funkční klávesy). Kiosk mode je vhodný pro systémy Linux. Výhodou je, že není třeba instalovat plné GUI. Tím se šetří výkon zařízení. Stačí minimální systémová instalace doplněná o *X Server* (zobrazení rozhraní aplikace), *Chromium* (jádro webového prohlížeče) a *unclutter* (nezobrazuje ikonu myši). Po zapnutí zařízení je třeba nastavit automatické přihlašování do systému a poté spuštění aplikace.

### Progresivní webová aplikace

Progresivní webová aplikace poskytuje vhodné prostředí pro React na systému Android. Webová stránka se uloží z prohlížeče na plochu. Poté jde spustit jako klasická aplikace se stejným chováním. Při spuštění lze nastavit skrývání systémových upozornění a zakázat odchod z aplikace. Také je daleko rychlejší, protože si obsah ukládá přímo v zařízení a je dostupná i při ztrátě připojení k serveru. Tento přístup byl použit při testování. Jak taková aplikace vypadá je na obrázku 5.1.



Obrázek 5.1: Ukázka Progresivní webové aplikace na mobilním telefonu. Mimo Android je podporován i iOS od Apple.

### 5.3 Uživatelské testování prototypu

Testování se účastnila stejná skupina, jako při analýze požadavků a aktivit uživatelů. Lze tak dobře provést jednu iteraci cyklu Návrhu zaměřeného na uživatele. Cílem je ověřit, zda jsou uživatelé schopni splnit úkoly spojené se službou RoboDelivery za pomoci navržení prototypu rozhraní. Důležité bude i zda rozhraní splňuje požadavky uživatelů a do jaké míry s ním jsou spokojeni. Podle výsledků a zpětné vazby pak ve skupině proběhne diskuze o možných změnách v aplikaci pro zlepšení uživatelské přívětivosti.

#### Persony

Pro lepší představu o skupině jsou představeny dvě Persony uživatelů. Jedná se o krajní případy nejméně a nejvíce zkušeného člena.

##### Persona 1

**Jméno:** Věra Nezkušená

**Věk:** 46

**Profese:** prodavačka v maloobchodu

**Vzdělání:** středoškolské bez maturity

**Zkušenosti:** Používá dotykový telefon, ale jen na volání a zprávy. Žádné další aplikace nepotřebuje. Technologie používá, jen když je to nezbytně nutné. O víkendu si zapne počítač a v klidu přečte emaily. V práci si vystačí s pokladnou.



## Persona 2

**Jméno:** Josef Zkušný

**Věk:** 22

**Profese:** student vysoké školy se zaměřením na informační technologie

**Vzdělání:** středoškolské s maturitou

**Zkušenosti:** Studuje informatiku a věnuje se programování. Má za sebou více jak roční pracovní zkušenost na pozici junior developera. Náplň práce zahrnovala tvorbu webových stránek informačního systému. Technologií se nebojí a denně tráví několik hodin u počítače. V mobilním telefonu používá jen pár aplikací.

## Podmínky testování

Aplikace je primárně navržena pro dotykové obrazovky. Z tohoto důvodu se testování provádělo na mobilním telefonu s operačním systémem Android za pomoci Progresivní webové aplikace. Díky tomu lze dobře napodobit cílovou platformu ODROID. Displej měl rozlišení 1280×720 pixelů a úhlopříčku 4,3 palce. Kompaktní rozměr použitelnost nijak neomezil díky rozpoznivému designu, ale je žádoucí na jednotce RoboDelivery použít větší panel.

## Úkoly a měření

Uživatelům bylo zadáno 6 úkolů, které měli splnit. Během plnění úkolu nebylo možné klást otázky. Uživatelé byli odkázáni pouze na rozhraní aplikace. Na začátku bylo vždy dostatek času pro seznámení s úkolem. Poté se měřil čas od začátku interakce až po splnění úkolu. Testeři byli obeznámeni, že se nejedná o rychlostní soutěž a aby postupovali, jak sami uznají za vhodné. Po splnění byla možnost vyjádřit se k rozhraní a úkolu. Pozorován byl i způsob interakce a celkové procházení aplikací. Znění úkolů bylo následovné:

1. Přivolat pomoc
2. Odeslat zásilku:
  - Budova: B
  - Patro: 3.
  - Pokoj: č 8
3. Vyzvednout zásilku
4. Přivolat pomoc (opět)
5. Zvolit cíl doručení, ale neodesílat:
  - Budova: A
  - Patro: 5.
  - Pokoj: č 2Změnit v místo doručení:
  - Patro: 2.

Pokoj: č 3

Dokončit odeslání zásilky

6. Odeslat zásilku:

Pokoj: č 5

Patro: 2.

Budova: C

(obrácené pořadí oproti aplikaci)

## Výsledky měření

Z naměřených hodnot jsou spočítané statistiky v tabulce 5.1. Porovnáním stejných statistik v další iteraci pomůže overřit, zda došlo ke zlepšení, či zhoršení v návrhu. Mimo to lze statistiky použít k porovnávání s individuálními časy, nebo získat celkový přehled o použitelnosti aplikace.

**Úkol 1** se dařil splnit všem bez výjimek. Většinu času zabralo čtení popisku. Ikona zvonečku byla velmi kladně hodnocena. Po prvním kliknutí si uživatelé všimli animace a kliknutí poté opakovali několikrát. Často se objevil názor, že animaci může doprovázet melodie zvonění.

**Úkol 2** splnili všichni uživatelé. Při zadávání místa doručení zpravidla nechybovali a hodnoty tak neopravovali. Nakládání pozastavuje časovač zakazující pokračování o 3,5 sekundy, většina testerů interval však strávila čtením zprávy od robota. Samotné naložení zásilky nebylo bráno v úvahu.

**Úkol 3** proběhl bez potíží ve všech případech. Vykládání opět pozrdžuje 3,5 sekundový interval. Proces fyzického vykládání nebyl do času započítáván.

**Úkol 4** je totožný s prvním a měl overřit, zda si uživatelé zapamatovali postup přivolání obsluhy. Naměřené časy byly obecně lepší, jak plyne ze spočítaných statistik. Z větší části uživatelé čas ušetřili nečtením návodu, obecně se zrychlila interakce s dotykovou obrazovkou.

**Úkol 5** jako první přinesl znatelně jiné výsledky podle zkušenosti uživatelů. Nejednalo se o odchylku v čase splnění, ale v postupu plnění. Zatímco zkušení testéři prakticky neváhali a položky měnili překlikáváním, zbytek skupiny většinou volil návrat a opakování výběru. Dále úkol pokračoval bez potíží. Po dokončení středně zkušených projevili zájem úkol opakovat a zkusit, jestli by změna nešla provést jinak. Méně zkušených byly obecně s opakováním celého výberu spokojeni a další možnosti nehledali.

**Úkol 6** měl otestovat, jak bude probíhat výběr cílové destinace při otočeném pořadí parametrů, než je v aplikaci. Oproti 2. úkolu průměrný čas klesl a medián zůstal velmi podobný díky předchozím zkušenostem, což je na první pohled pozitivní výsledek. Ovšem interval spolehlivosti se více než zvojnásobil. Příčinou je, že časy zkušených testerů se zlepšily, ale nezkušené opačné pořadí vyvedlo z míry a zadávání jim zabralo delší čas.

Po individuálních testech uživatelé odpovídali na otázky níže. Dále proběhla skupinová debata o pocitech a dojmech z používání aplikace.

Tabulka 5.1: Statistiky měření

Číslo úkolu	Průměrný čas [s]	Medián [s]	Interval spolehlivosti 95 % [s]
1	7,78	6,87	4,9 – 10,66
2	28,87	20,57	24,21 – 33,53
3	8,12	8,61	5,83 – 10,41
4	3,78	3,65	2,91 – 4,65
5	37,38	35,14	28,18 – 46,58
6	24,27	20,49	12,88 – 35,66

- Líbil se Vám styl přivolání pomoci?
- Pocítil/a jste frustraci při plnění úkolů?
- Ocenil/a byste více animací?
- Ocenil/a byste doprovodné zvuky?
- Nevěděl/a jste si při plnění úkolů rady?
- Upřednostnil/a byste pro doručení robota nebo člověka?

Možnost přivolat asistenta ocenila většina uživatelů. Z hlediska návrhu stránka vyhovovala, ale ikona zvonku splývala s pozadím a nepůsobila jako tlačítko. Skupina se shodla, že stisknutí zvonku by měla doprovázet melodie.

Méně zkušení uživatelé pocítili frustraci při změně výběru místa, protože na první pohled nebylo jasné, že se položky můžou přepínat ručně. Částečně je na vině automatické přepínání po zvolení jedné z možností. Dále absence popisku, který by značil možnost změny a tlačítko pro návrat, vzhledem k vysokému barevnému kontrastu oproti pozadí, přitahuje příliš pozornosti uživatele.

Animací v aplikaci moc není, aby zbytečně uživatele nerozptylovaly. Absence animací však testery netrápila a spíše by ani žádné nepřidávali.

Jiným případem jsou doprovodné zvuky, které by většina tázaných ocenila. Jednalo by se o melodie, které by robot přehrával při příjezdu do cílové destinace, nebo během otevírání nákladového prostoru. Možnost verbálních hlášek skončila nesouhlasem skupiny. V hotelu by robot mohl zazvonit na zvonek pokoje pomocí vnitřní sítě.

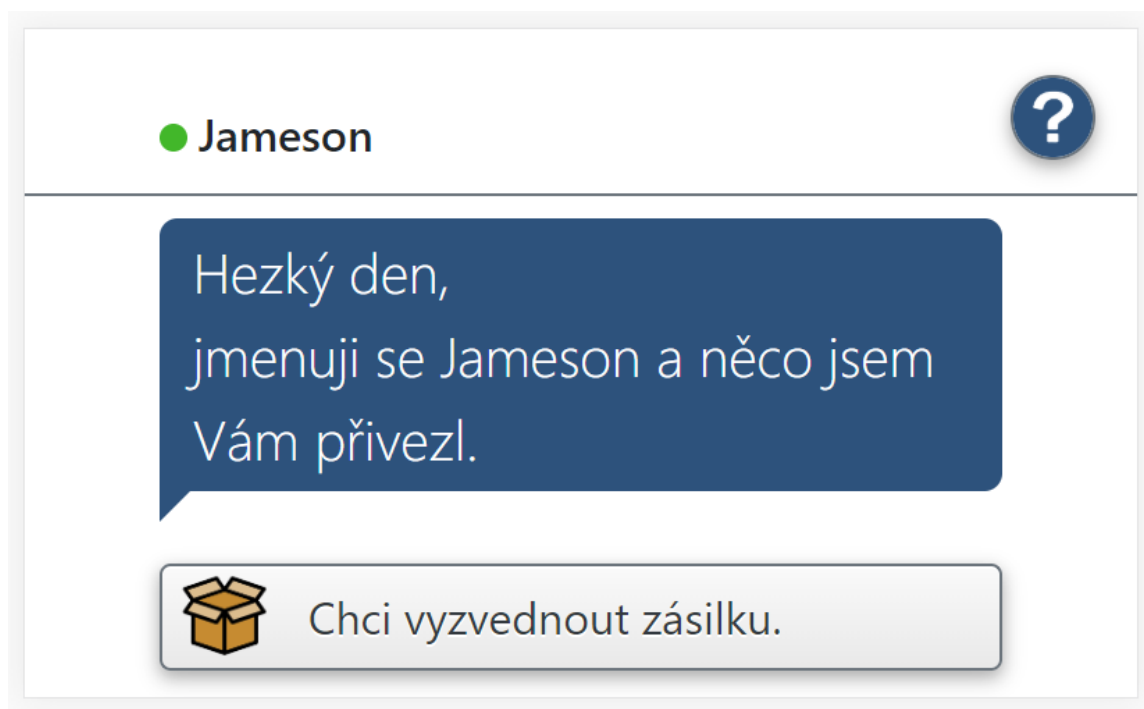
Za kladný výsledek testování lze považovat, že všichni členové skupiny si věděli během plnění úkolů rady. Žádný test neskončil neúspěchem. Úkol přivolání pomoci byl zadáním mírně matoucí. Uživatelé si jej hned nespojili s ikonou otazníku. Avšak v reálné situaci je ikona dostačující.

Při návrhu rozhraní také zazněla otázka, zda by pro doručení upřednostili člověka, nebo robota. Po zkušenostech s prototypem u několika členů opadla obava z interkace s robotem. Jeden z důvodů je možnost přivolání člověka, uživatel tak není odkázán pouze na rozhraní. Dalším důvodem je personifikace robota. Použití stylu zpráv s robotem mělo velmi pozitivní vliv na uživatele. Pomocí jména, různých hlášek a zvuků jde každému robotovi upravit charakter. Celkově to oživí komunikaci a přiblíží službu více lidem. Jako poslední stojí zmínit pozitivní ohlasy vůči textu. Byl dobře čitelný a v adekvátním množství.

## 5.4 Změny rozhraní po testování

Na základě výsledků testování a zpětné vazby od uživatelů se změnil vzhled návrhu. Všechny požadavky se dále implementovali a zpětně představili členům testovací skupiny. Jednalo se pouze o ústní validaci bez dalšího testování časů.

Textové bubliny od robota směřují od levé strany obrazovky (Obr. 5.2). Stejně tak tomu je i ve většině Služeb okamžitého zasílání zpráv a je dobré zachovat konzistenci. Původní návrh se snažil lépe vyplnit místo obrazovky umístěním bubliny vpravo. Došlo k drobným úpravám textů v celé aplikaci. Lépe odpovídají myšlenkovému toku uživatelů. Tlačítko ve spodní části už nepřipomíná textové pole, ale jedno velké tlačítko s předem danou odpovědí. Textové pole uživatele máto svojí akci. Místo zadávání textu se ocitli na další stránce.



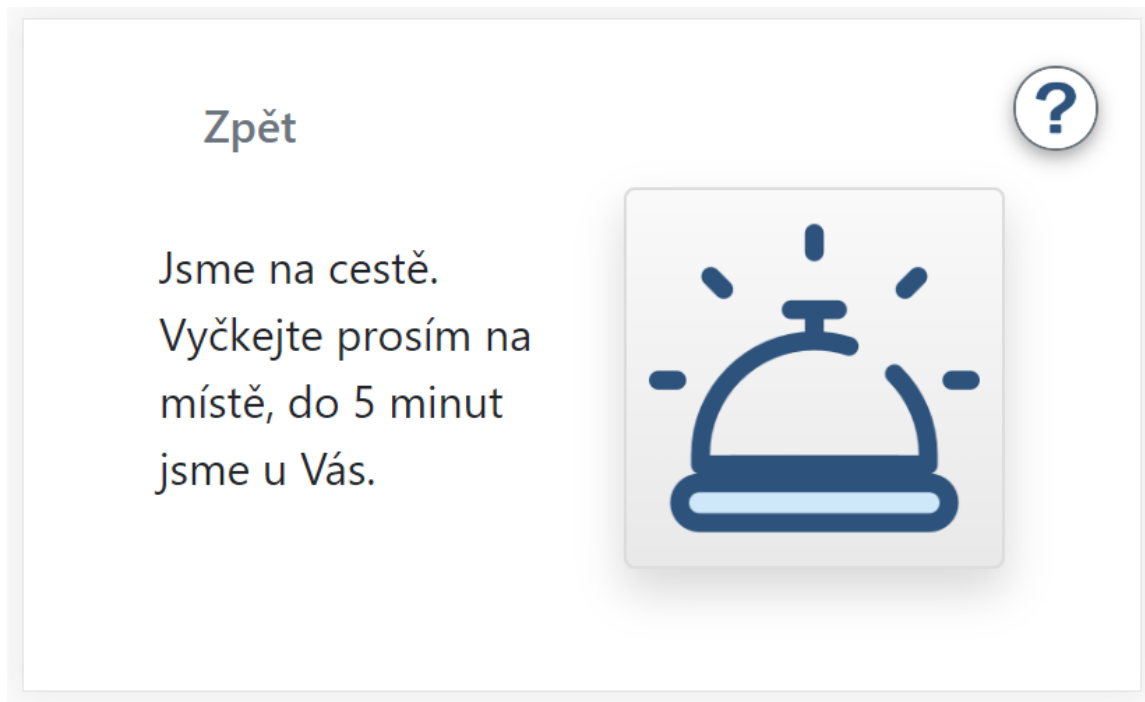
Obrázek 5.2: Úvodní strana v místě doručení. Bublina s textem přichází z levé strany, jako je tomu u většiny Služeb okamžitého zasílání zpráv.

Na stránce přivolání pomoci bylo přidáno ohraničení okolo ikony zvonku (Obr. 5.3). Dále je použit efekt stínu, jako na ostatních tlačítkách. Konzistenci s interaktivními prvky doplňuje náznak plastického vystoupenutí.

Možnost změnit výběr místa doručení napovídá drobný text u vybrané položky. Text je tenčí a mírně šedý. Nestrhává příliš pozornost a zachovává si čitelnost. U nevybraných, nebo právě vybíraných položek, se nezobrazuje. Text návratového tlačítka lépe reprezentuje akci a stále vyžaduje potvrzení. Vybraná položka má jemně šedé pozadí a rámeček, aby tolik nesplývala s pozadím stránky.

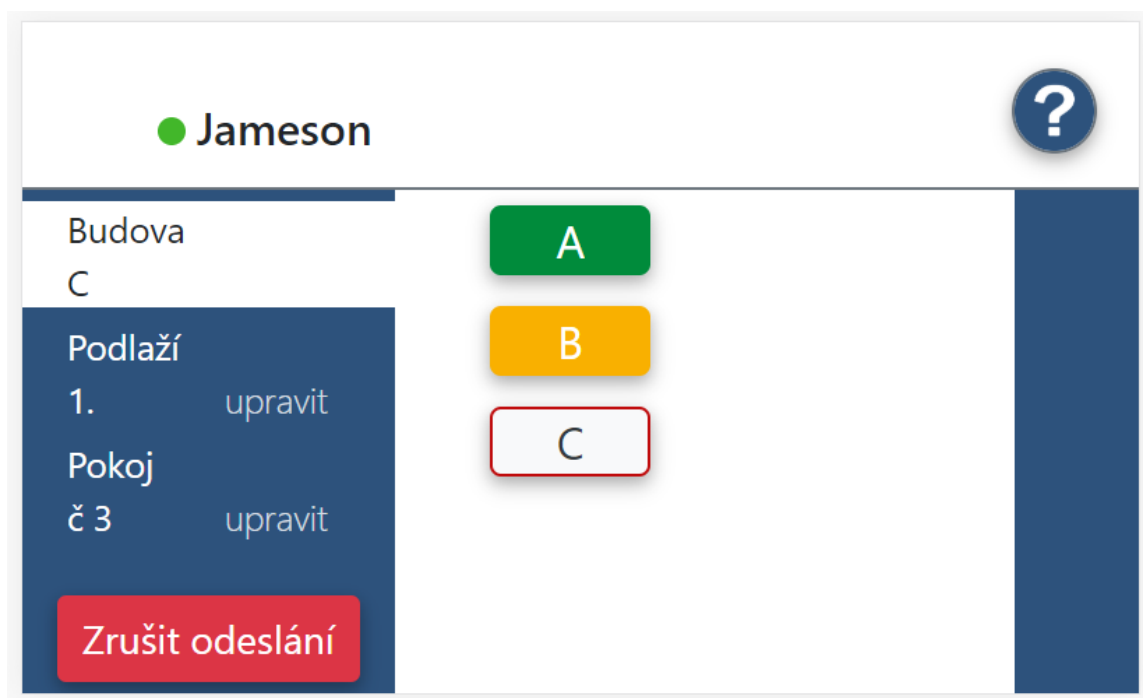
Výběr budov v další iteraci může odpovídat mapě areálu s příslušným umístěním a barvou. Výběr patra by pak mohla reprezentovat ilustrace budovy. V případě vysoké budovy by se v pravé části zobrazila miniatura výškové budovy pro posouvání pater.

Při otevírání a zavírání nákladového prostoru mělo na uživatele negativní vliv zakázání akce pokračovat. Nebylo jasné, kolik času otevírání zabere. První možností je přidání indiká-

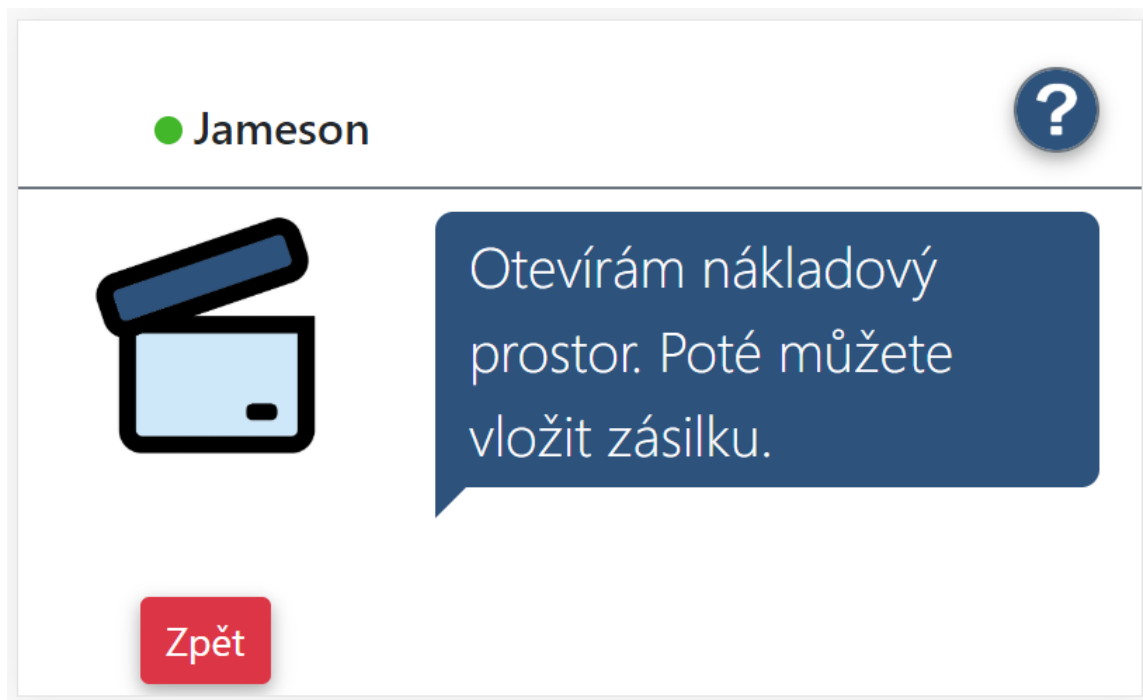


Obrázek 5.3: Strana pro přivolání pomoci. Tlačítko je právě stisknuto. Změna ikony dává uživateli vizuální zpětnou vazbu.

toru průběhu. Uživatel ale nerad čeká a indikátor průběhu by strhával všeskerou pozornost. Po diskusi s testovací skupinou se jako nejlepší volba jeví možnost pokračovat jednoduše nezobrazit. V oblasti, kde se otevírá nákladový prostor, by se rozblikala světelná signalizace. Odvede tak pozornost uživatele od dipleje. Ten si může v klidu připravit a naložit zásilku. Po dokončení akce se vrátí k panelu, kde možnost pokračovat již bude k dispozici. Samořejmostí je informace o času doručení, která se objeví společně s tlačítkem pro odeslání.



Obrázek 5.4: Volba místa doručení. Vybraná položka má jinou barvu pozadí a textu, než ostatní. Rámeček odpovídá původní barvě pozadí.



Obrázek 5.5: Otevírání nákladového prostoru. Poté se objeví možnost pokračovat společně s časem do místa doručení.

## Kapitola 6

# Závěr

Cílem práce bylo navrhnout, implementovat a otestovat uživatelské rozhraní pro službu RoboDelivery. Rozhraní mělo pokrývat co nejširší škálu uživatelů.

Výsledkem je webová aplikace použitelná pro platformu ODROID s dotykovým panelem. Testování, za pomoci nezkušených, až po zdatné uživatele, ověřilo použitelnost aplikace a splnění funkčních požadavků služby RoboDelivery. Uživatelská přívětivost byla dostačující, ale měla prostor pro zlepšení. Rozhraní se podařilo upravit vzhledem k novým požadavkům. Následná validace uživatelů potvrdila větší spokojenost s rozhraním.

K řešení projektu bylo třeba prostudovat, jaké technologie, pro tvorbu uživatelských rozhraní, podporuje zařízení ODROID. Dále zvolit vhodný postup návrhu a testování rozhraní. Analýza případů použití systému RoboDelivery přinesla poznatky o prostředí a fungování služby. Část řešení vyžadovala nastudovat, jak rozhraní přizpůsobit co nejvíce uživatelům.

Možným pokračováním práce je implementování REST API serveru. Návrh aplikace umožňuje jednoduché rozšíření pro výměnu dat se serverem. Díky tomu by se aplikace posunula blíže k reálnému systému, kde je nasazeno několik doručovacích robotů. Společně s tím by bylo třeba vyřešit bezdrátovou komunikaci ODROIDu s okolím. Další možností je přidáním zvukových efektů do aplikace. Rozhraní by tak nespoléhalo jen na vizuální komunikaci. Testování by poté ověřilo, zda přidání zvukových podnětů zlepšilo uživatelskou přívětivost, či naopak.

V budoucnu by mohla být provedena studie návrhu robota pro doručování zásilek v prostředí areálu budov. Na jejím základě vytvořit skutečný prototyp, jehož součástí by bylo zařízení ODROID společně s vytvořenou aplikací. Přineslo by to nové výzvy, jako navigace v prostředí budov, nebo detekce příkázek. Poté nasadit doručovací jednotku v konkrétní společnosti. Následovalo by testování celého systému a uživatelské spokojenosti s doručovací službou pomocí robotů.

# Literatura

- [1] *ODROID WIKI* [online]. South Korea: Hardkernel Co., Ltd., ©2009-2019, [cit. 12.03.2019]. Dostupné z: <https://wiki.odroid.com/>
- [2] *Savioke* [online]. San Francisco: Savioke, ©2013-2019, [cit. 18.3.2019]. Dostupné z: <http://www.savioke.com/>
- [3] *Starship Technologies* [online]. San Francisco: Starship Technologies, Inc., ©2014-2019, [cit. 17.3.2019]. Dostupné z: <https://www.starship.xyz>
- [4] BUTT, R.; ALI, S.: Semantic Mapping and Motion Planning with Turtlebot Roomba. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, ročník 51, č. 1, 2013: s. 9–10, ISSN 1757-8981.
- [5] Car PC Multimedia System: How i built my CarPC. In: *YouTube*[online], 25.05.2018, [cit. 23.03.2019]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=OCIqMNJsGWk>
- [6] COOPER, A.; aj.: *About Face: The Essentials of Interaction Design*. Indiana: Wiley, 2014, ISBN 978-1-118-76657-6.
- [7] EATON, E.; aj.: *Design of a Low-Cost Platform for Autonomous Mobile Service Robots* [online]. Philadelphia: University of Pennsylvania, 2015, [cit. 25.04.2019]. Dostupné z: <https://www.seas.upenn.edu/~eeaton/papers/Eaton2016Design.pdf>
- [8] HUTCHINSON, D.; aj.: *Design, User Experience, and Usability: Interactive Experience Design*. Cham: Springer International Publishing, 2015, ISBN 978-3-319-20888-6.
- [9] LIMOSANI, R.; aj.: *Robotic delivery service in combined outdoor-indoor environments: technical analysis and user evaluation* [online]. Oxford: Elsevier, Květen 2018, [cit. 30.01.2019]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889016302457>
- [10] MARAI, G. E.: Activity-Centered Domain Characterization for Problem-Driven Scientific Visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, ročník 24, č. 1, 2018: s. 913–922, ISSN 1077-2626.
- [11] MEDNIEKS, Z.: *Programming Android*. Sebastopol: O'Reilly, 2011, ISBN 978-1-449-38969-7.
- [12] MOORHEAD, A.; RIBU, L.; MORRISON, L.; aj.: A Human-Centered Design Methodology to Enhance the Usability, Human Factors, and User Experience of Connected Health Systems: A Three-Phase Methodology. *JMIR Hum Factors* [online], ročník 4, č. 1, Březen 2017, doi:10.2196/humanfactors.5443, [cit. 1.5.2019].



- [13] POWELL, T. A.; MATĚJŮ, P.: *Web design: kompletní průvodce*. Brno: Computer Press, první vydání, 2004, ISBN 80-7226-949-6.
- [14] ROY R., B. V.: *User Manual ODROID-C2* [online]. Hard Kernel, Ltd., South Korea, 2015, [cit. 5.2.2019]. Dostupné z:  
<https://magazine.odroid.com/wp-content/uploads/odroid-c2-user-manual.pdf>
- [15] SANTINY, T.; aj.: Reliability Analysis of Operating Systems and Software Stack for Embedded Systems. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, ročník 63, č. 4, Srpen 2016: s. 2225–2232, ISSN 0018-9499, [cit. 11.2.2019]. Dostupné z:  
<https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.lib.vutbr.cz/document/7438934>
- [16] SEDLÁKOVÁ, M.: *Vybrané kapitoly z kognitivní psychologie: Mentální reprezentace a mentální modely*. Praha: Grada, 2004, ISBN 80-247-0375-0.
- [17] SHNEIDERMAN, B.; PLAISANT, C.: *Designing the user interface : strategies for effective human-computer interaction*. Boston: Addison-Wesley, páté vydání, 2010, ISBN 978-0-321-53735-5.
- [18] STAFF, C.: React: Facebook’s functional turn on writing Javascript. *Communications of the ACM* [online], ročník 59, č. 12, 2016: s. 56–62, doi:10.1145/2980991, [cit. 8.5.2019].
- [19] TREBILCOCK, B.: Amazon/Kiva: Wow. *Modern Materials Handling*, ročník 67, č. 4, Březen 2012: s. 9–10.
- [20] TULIS, T.; ALBERT, B.: *Measuring the user experience*. Massachusetts: Elsevier, druhé vydání, 2013, ISBN 978-0-12-415781-1.
- [21] WARD, B.: *How Linux works: what every superuser should know*. San Francisco: No Starch, druhé vydání, 2015, ISBN 978-1-593-27567-9.

# Příloha A

## Obsah příloženého CD

`\thesis` - zdrojové soubory práce a přeložené PDF

`\robodelivery-app` - zdrojové soubory aplikace a přeložená verze

*README.md* - pokyny pro instalaci a spuštění

## Příloha B

# Instalace a spuštění

Aplikace je spustitelná na Windows i Linux. Poté je dostupná přes webový prohlížeč na adrese zařízení a portu 3000.

1. Nainstalovat Node.js. Součástí je i Node Package Manager.
2. Nakopírovat obsah CD **\robodelivery-app** na zařízení.
3. V kořenu složky otevřít příkazový řádek (terminál, nebo jiný CLI).
4. Zadat a spustit: `npm install` .
5. Po dokončení instalace spustit: `npm start` .

Aplikace by se měla automaticky zobrazit v nové záložce výchozího prohlížeče.