



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

CHATBOT PRO SMART CITIES

CHATBOT FOR SMART CITIES

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JÁN JUSKO

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Dr. Ing. PAVEL ZEMČÍK

BRNO 2019

Abstrakt

Cílem této práce je zjednodušit přístup k informacím občanům statutárního města Brno a zároveň modernizovat způsob komunikace mezi občanem a jeho městem. Zvolený problém práce řeší vytvořením konverzačního agenta - chatbota Kroka. S využitím umělé inteligence a analyzátoru českého jazyka je agent schopen porozumět určité množině textových dotazů v přirozeném jazyce a odpovídat na ně. Agent je dostupný na platformě Messenger a disponuje znalostní bází, která obsahuje data poskytnutá městem. Při provedení rozsáhlého uživatelského testování na celkovém počtu 76 občanů města se ukázalo, že až 97% respondentům se líbí idea městského chatbota a vědí si představit, že ho budou pravidelně používat. Hlavním zjištěním této práce je, že široká veřejnost dokáže dobře přijmout a efektivně využívat chatbota a výsledky této práce motivují k dalšímu vývoji praktických aplikací konverzačních agentů.

Abstract

The aim of this work is to simplify access to information for citizens of the city of Brno and at the same time to innovate the way of communication between the citizen and his city. The problem is solved by creating a conversational agent - chatbot Kroko. Using artificial intelligence and a Czech language analyzer, the agent is able to understand and respond to a certain set of textual, natural language queries. The agent is available on the Messenger platform and has a knowledge base that includes data provided by the city council. After conducting an extensive user testing on a total of 76 citizens of the city, it turned out that up to 97% of respondents like the idea of a city-oriented chatbot and can imagine using it regularly. The main finding of this work is that the general public can easily adopt and effectively use a chatbot. The results of this work motivate further development of practical applications of conversational agents.

Klíčové slová

Uživatelské rozhraní, konverzační agent, chatbot, NLP, AI, Messenger

Keywords

User interfaces, conversational agents, chatbot, NLP, AI, Messenger

Citácia

JUSKO, Ján. *Chatbot pro Smart Cities*. Brno, 2019. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Pavel Zemčík

Chatbot pro Smart Cities

Prehlásenie

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Prof. Dr. Ing. Pavel Zemčíka. Další informace mi poskytli zaměstnanci oddělení dat, analýz a evaluací statutárního města Brno, hlavně pán Mgr. Jan Zvara, Ph.D.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

.....

Ján Jusko
22. mája 2019

Obsah

1	Úvod	2
2	Užívateľské rozhrania, konverzační agenti	3
2.1	Vývin užívateľských rozhraní	3
2.2	Konverzačné užívateľské rozhrania	8
2.3	Konverzační agenti	9
2.4	Vývoj konverzačných agentov	14
3	Návrh chatbota a vytvorenie konceptu	23
3.1	Chatbot pre potreby mesta	23
3.2	Vedomostná doména konverzačného agenta	25
3.3	Návrh technickej architektúry agenta	27
4	Implementácia konverzačného agenta	30
4.1	Štruktúra projektu	30
4.2	Server 1 – jadro chatbota	31
4.3	Server 2 – datový sklad	35
5	Vyhodnotenie užívateľského testovania	37
5.1	Spôsob testovania	37
5.2	Vyhodnotenie prieskumu	40
5.3	Budúcnosť a možnosti monetizácie	41
6	Záver	42
	Literatúra	43
A	Účasť na konferencii Excel@FIT 2019	45
B	Prezentácia rade mesta Brno	46
C	Vyhľadanie kontaktu na zamestnanca	47

Kapitola 1

Úvod

Už od začiatku éry informačných technológií a počítačov sa spolu s každým prelomovým zlepšením výpočtových možností naskytá aj výzva ako jednoducho a efektívne riešiť interakciu človeka so strojom. Ešte pred pár rokmi sa počítače ovládali výhradne pomocou myši a klávesnice. Dnes, s nástupom nových technológií, virtuálnej reality a umelej inteligencie potrebujeme oveľa sofistikovanejšie spôsoby. To sú hlavné dôvody, prečo sa táto diplomová práca venuje problematike interakcie človeka so strojom prostredníctvom prirodzenej reči a konkrétne chatovacím robotom – chatbotom.

Jedným z najnovších typov užívateľských rozhraní sa nazýva konverzačné užívateľské rozhranie. Do kategórie konverzačných užívateľských rozhraní patria inteligentní asistenti a hlasovo či textovo ovládané zariadenia ako napríklad Amazon Alexa, Siri alebo Google Home. Konverzačné užívateľské rozhrania od základu menia spôsob ako s počítačom interagujeme. Nielenže nám prinášajú novú, prirodzenú a intuitívnu formu práce s počítačom, ale zároveň aj zvyšujú efektivitu a rýchlosť interakcie. Chatbot je moderný komunikačný prostriedok založený na textovej konverzácii človeka s počítačom použitím prirodzeného jazyka. Práve chatboti implementujúci umelú inteligenciu sú na výslni záujmu ako medzi vývojármi tak i medzi obvyčajnými ľuďmi.

Cieľom tejto diplomovej práce je komplexne prebádať problematiku interakcie človeka so strojom a následne vytvoriť mestského chatbota schopného odpovedať na najčastejšie otázky občanov. Chatbot je schopný podávať užitočné informácie občanom mesta ihneď a v ľubovoľný čas a zároveň je dostupný na najviac rozšírenej chatovacej platforme Facebook Messenger. Práca sa po počiatočnom zhrnutí doterajšieho vývoja a aktuálneho stavu zameriava najmä na konverzačné užívateľské rozhrania a následný popis návrhu a implementácie chatbota. Práca je vypracovaná v spolupráci so štatutárnym mestom Brno a vytvorený chatbot bude plniť podpornú funkciu informačného systému mesta Brno.

Logická stavba práce je rozdelená do šiestich kapitol. Kapitola číslo 2 obsahuje zhrnutie doterajšieho vývinu užívateľských rozhraní a vznik konverzačných agentov. Podáva tiež základné informácie potrebné k pochopeniu fungovania konverzačného agenta a popisuje aktuálne prístupy k ich vývoju a architektúre. Kapitola 3 popisuje navrhované riešenie – koncept, ako využiť chatbota v pokrokovom „Smart“ City. Nasledujúce dve kapitoly obsahujú popis implementácie a vyhodnotenie užívateľského testovania. Posledná kapitola číslo 6, záver, sumarizuje dosiahnuté ciele.

Kapitola 2

Užívateľské rozhrania, konverzační agenti

Užívateľské rozhranie počítača je tá jeho časť, softwarová alebo hardwarová, ktorá spracováva interakciu s človekom. Užívateľské rozhrania sú hlavným objektom štúdií interdisciplinárneho odboru Human-Computer Interaction (interakcia človek-stroj, ďalej len HCI). Mnohé disciplíny prispievajú k pokroku HCI vrátane informatiky, psychológie, ergonómie a grafického dizajnu. Cieľom odboru HCI je vytvoriť metodológiu pre tvorbu užívateľských rozhraní, ktoré uľahčujú a zefektívňujú ovládanie stroja – počítača [7]. V tejto práci sa zameriavame najmä na problematiku softwarových riešení užívateľských rozhraní.

Táto kapitola sa v prvej časti zaoberá zhrnutím doterajšieho rozvoja v oblasti HCI a počítačových užívateľských rozhraní (ďalej aj skrátene UI - user interfaces). Pre potreby tejto práce venujeme podkapitolu aj textovým a grafickým UI. Tie sa považujú za základy HCI a niektoré ich prvky vo veľkej miere preberajú aj najnovšie konverzačné užívateľské rozhrania. Od prvotných, textových UI, sa chronologicky dostaneme až k najmladšiemu typu rozhraní – konverzačným užívateľským rozhraniam. Následne sa ďalšia časť kapitoly venuje konverzačným agentom, teda aplikáciám konverzačného užívateľského rozhrania.

Táto kapitola neobsahuje kompletný prehľad problematiky, kôli limitu rozsahu sú uvedené iba informácie s bezprostredným vzťahom k tejto diplomovej práci. O jednotlivých častiach sa dá uviesť veľké množstvo detailov, nie všetky sú však adekvátne pre zameranie tejto práce. Nasledujúce informácie sú čerpané z použitej literatúry a z existujúcich znalostí o problematike.

2.1 Vývin užívateľských rozhraní

V oblasti informačných technológií a počítačov je jedným z hlavných problémov práve to, ako jednoducho a efektívne riešiť interakciu človeka so strojom. Táto podkapitola popisuje vývin v oblasti užívateľských rozhraní chronologicky od začiatku ich používania až po súčasné najnovšie prístupy.

Textové užívateľské rozhrania

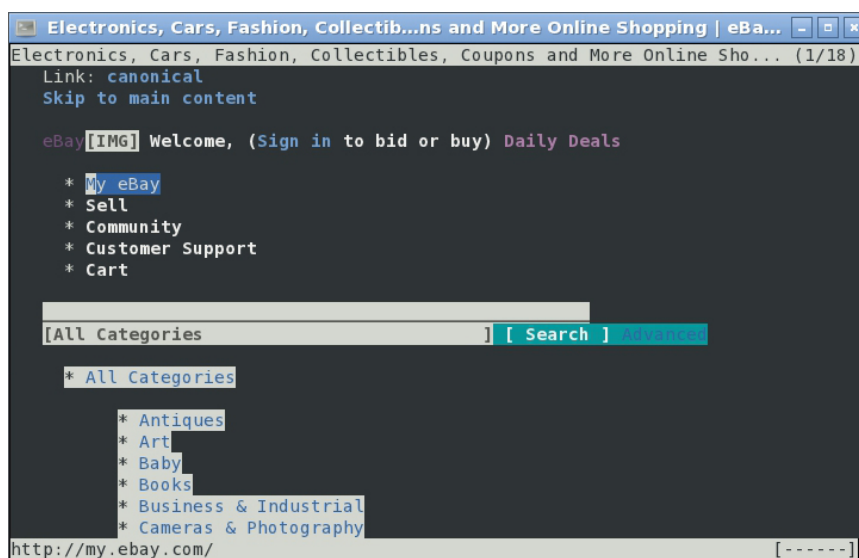
Textové užívateľské rozhrania (ďalej aj skrátene, TUI - textual user interfaces) sa začali rozvíjať s masovým nasadzovaním osobných počítačov v 80. rokoch minulého storočia. V tej dobe to bolo podmienené najmä tým, že počítače boli navrhnuté pracovať v textovom režime obrazovky. V textovom režime je obsah obrazovky interne reprezentovaný ako postupnosť

ASCII/ANSI znakov. Typicky bola obrazovka rozdelená do pravidelnej obdĺžnikovej matice pričom v každej bunke mohol byť zobrazený práve jeden znak. Pri snahe zlepšovať TUI sa tento princíp zachovával, zvyčajne sa ale vyvíjali nové znakové sady, ktoré obsahovali špeciálne znaky pomocou ktorých bolo možné na obrazovke tvarovať jednoduché grafické prvky ako kurzor, okná alebo tlačidlá [5].

Výhody textových uživatelských rozhraní

Dôvodov, prečo sa textové uživatelské rozhrania používajú dodnes, je viacero. TUIs sú stále atraktívne najmä pre náročných, kvalifikovaných užívateľov, ktorí dávajú do popredia rýchlosť a efektivitu práce pred dizajnom a estetikou. Najväčšou výhodou TUI je ich nízka pamäťová náročnosť a tým pádom aj schopnosť rýchlej odozvy obrazovky. Aj napriek počiatocne pomaly rastúcej krivke učenia, používatelia textových uživatelských rozhraní vyzdvihujú ich efektivitu a jednoduchosť. Prenos informácií v smere od užívateľa k počítaču vyžaduje v textovej forme menšiu „šírku pásma“ ako ostatnými spôsobmi. To znamená, že jeden krátky textový príkaz má obecnú rovnakú informačnú hodnotu ako napríklad postupnosť niekoľkých giest myšou v grafickom uživatelskom rozhraní [11].

Ovládanie počítača pomocou textových príkazov umožňuje jednoducho zaznamenávať a prehliadať históriu užívateľových akcií a je ľahké ukladať postupnosti príkazov do tzv. „dávkových“ súborov a automatizovať tým komplexné, opakujúce sa úlohy.



Obr. 2.1: Ukážka textového uživatelského rozhrania. Zobrazenie portálu [ebay.com](http://www.ebay.com) na webovom prehliadači ELinks.

Najčastejšie bolo možné vidieť TUI v operačných systémoch DOS od firmy Microsoft, ale aj v unixových systémoch, ktoré TUI z časti používajú až dodnes. Najznámejším príkladom aplikácie s textovým uživatelským rozhraním je napríklad textový editor Vim alebo webový prehliadač ELinks (viď na obrázku C.1).

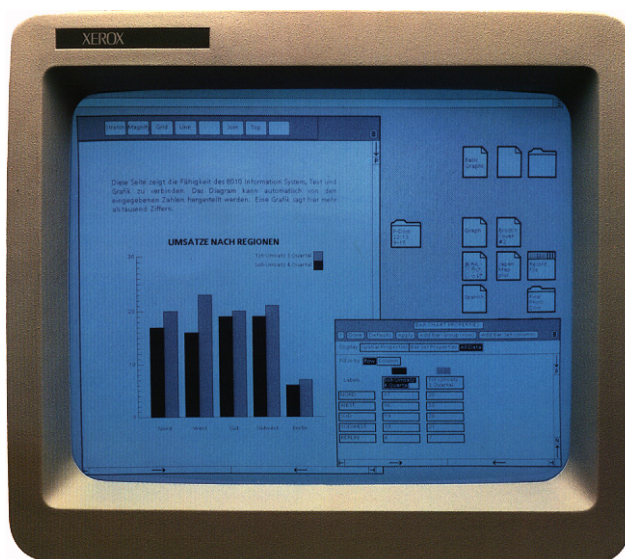
Grafické užívateľské rozhrania

Zatiaľ čo textové užívateľské rozhrania spĺňali potreby inžinierov, vedcov a skúsených užívateľov, obyčajný človek potreboval veľa času k samotnému zvládnutiu práce so strojom. K dosiahnutiu masívneho osvojenia počítačov bolo potrebné vytvoriť rozhranie, ktoré by bolo ľahko uchopiteľné pre širokú verejnosť. Každodenný užívateľ dnes typicky pracuje s počítačom prostredníctvom grafického užívateľského rozhrania (ďalej aj skrátene GUI - graphical user interface).

GUI sa zvyčajne skladá z grafických zobrazovacích a ovládacích prvkov, ktoré svojím vzhľadom pripomínajú objekty reálneho sveta. Snaží sa tým vytvoriť abstrakciu ovládaného hardwaru. GUI pracuje so vstupmi a výstupmi. Spracované akcie užívateľa – vstupy, sa ihneď prejavujú zmenou grafických prvkov ako výstupy.

Výhody grafických užívateľských rozhraní

Najväčšou výhodou GUI rozhraní je ich obecné strmá krivka učenia a intuitívnosť. To znamená, že človek je schopný v priebehu krátkeho času a bez akýchkoľvek predošlých vedomostí pochopiť, ako prostredníctvom GUI ovládať dané zariadenie. GUIs sú schopné užívateľovi podať veľké množstvo informácií a spätných väzieb v jednom momente zároveň. Tiež je prostredníctvom nich ľahké riadiť užívateľovu pozornosť a zvýrazňovať podstatné informácie.



Obr. 2.2: Pracovná stanica Xerox Alto. Historicky prvé grafické užívateľské rozhranie.

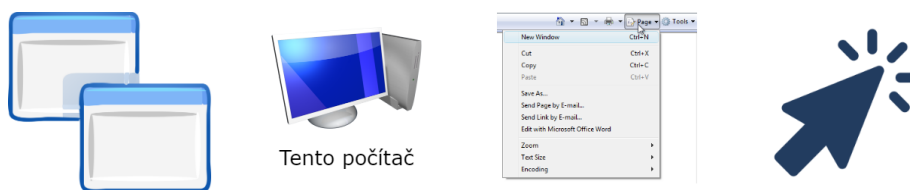
Prvým priekopníkom v ich vývoji bola firma Xerox, ktorá v roku 1973 predstavila pracovnú stanicu Xerox Alto (viď obrázok 2.6). Ako prvý priniesli na komerčný trh GUI s nadčasovým konceptom, z ktorého grafický dizajnéri čerpajú dodnes – *WIMP*.

WIMP je metodológia tvorby grafických užívateľských rozhraní, ktorá sa stala veľmi populárnou a ihneď si ju osvojila väčšina firiem na trhu. Jej názov je akronymom štyroch základných stavebných kameňov navrhovaných rozhraní. Neskôr si v tejto podkapitole priblížime aj následníka WIMP užívateľských rozhraní, tzv. *post-WIMP* rozhrania.

Rozhrania typu WIMP

Firma Xerox predstavila v roku 1973 pracovnú stanicu s historicky prvým grafickým užívateľským rozhraním. Tento míľnik tiež značí zrod metodológie WIMP. Pod akronymom WIMP sa skrývajú štyri základné stavebné prvky GUI [7], (znázornené na obr. 2.3).

- **Windows** (okná)
- **Icons** (ikony)
- **Menus** (menu)
- **Pointer** (ukazovateľ)



Obr. 2.3: Ilustračná ukážka základných stavebných prvkov WIMP užívateľských prostredí.

Princípom WIMP užívateľských prostredí je vizualizácia grafických elementov v podobe objektov reálneho sveta. Užívateľovi to pomáha v orientácii a vytvára to konzistentný zážitok z interakcie.

Okná

Oblasť obrazovky, ktorá predstavuje samostatný program alebo podprogram, logicky a vizuálne izolovaný od iných programov. Okno môže obsahovať textové alebo grafické informácie a pomocou myši sa môže presúvať alebo mu meniť veľkosť. Na obrazovke je možné otvoriť viac okien naraz a užívateľ môže pri práci venovať pozornosť viacerým zároveň. Ak sa jedno okno prekrýva s iným, zadné okno je síce čiastočne zakryté, no je stále funkčné na pozadí.

Ikony

Slúžia ako skratky k akciám, ktoré počítač vykonáva. Napríklad spustenie programu alebo úlohy. Ikony je dôležité znázorňovať v podobe objektov reálneho sveta, aby v užívateľovi vyvolávali známe asociácie.

Menu

Grafický prvok, ktorý umožňuje užívateľovi vybrať si jednu z niekoľkých, pravdepodobne súvisiacich možností. Obvykle sa v ponuke možností vyskytujú textové tlačidlá alebo ikony, ktorými užívateľ pohodlne pristupuje k častým operáciám ako napríklad uloženie, otvorenie súboru alebo ukončenie programu.

Ukazovateľ

Symbol na obrazovke, zvyčajne kurzor, ktorý predstavuje pohyb fyzického vstupného zariadenia. Tento symbol môže meniť svoju podobu na základe toho, aká akcia vstupného zariadenia sa očakáva (označenie textu vs. výber súboru, ...). Fyzické vstupné zariadenie môže nadobúdať rôznych foriem ako napríklad myš, touchpad alebo trackpoint. Užívateľ pomocou gest fyzického zariadenia (click, point, drag, ...) ovláda počítač.

Post-WIMP užívateľské rozhrania

Napriek obdivuhodnej efektívite a nadčasovosti klasických WIMP prostredí, už v roku 1993 sa objavujú vedecké články ktoré dávajú do povedomia nedostatky WIMP prostredí a navrhujú nové prístupy. V roku 1997, *Andries van Dam* publikuje článok *Post-WIMP User Interfaces* [4], v ktorom definuje novú generáciu užívateľských rozhraní.

Post-WIMP UI je z definície rozhranie, ktoré obsahuje aspoň jednu interakčnú techniku nezávislú na klasických 2D widgetoch ako menu a ikony. V tej dobe sa spomína najmä zapojenie hardwaru so zabudovaným gyroskopom alebo vizuálne rozpoznávanie gest užívateľa. Dnes sa k tomu pripájajú aj rozhrania s rozpoznávaním reči alebo písaného slova.

Neustálym vývojom v oblasti HCI sa skupina post-WIMP rozhraní rozrastá a je možné do nej zaradiť veľké množstvo nových a špecifických typov UI. Z mnohých napríklad:

- **Holografické UI** (*Holographic user interfaces*) Hologram predstavuje zobrazenie virtuálneho objektu v troj-dimenzionálnom priestore ktoré je viditeľné holým okom. UIs vyžívajúce hologramy dokážu pomocou tretej dimenzie poskytnúť užívateľovi omnoho viac informácií naraz.
- **Hlasové UI** (*Voice user interfaces*) Hlasové užívateľské rozhranie spočíva v ovládaní systému pomocou zvukových pokynov, nie však nutne pomocou slov, resp. konverzácie. Za primitívne hlasové UI sa považuje napríklad aj osvetlenie miestnosti ovládané tliesknutím.
- **UI so sledovaním pohybu** (*Motion tracking interfaces*) Rozhranie schopné monitorovať pohyb užívateľa a rozoznávať jeho fyzické gestá, na základe ktorých vykonáva požadované systémové akcie. Príkladom využitia sú hry virtuálnej reality, konzola Wii alebo Xbox Kinect.
- **Konverzačné UI** (*Conversational interfaces*) Rozhranie, ktoré je možné ovládať ľudskou rečou, rovnako ako aj ľudskou rečou poskytuje požadované informácie, respektíve stav. Viac v nasledujúcej kapitole 2.2.
- **Mnoho ďalších...**

Táto práca sa ďalej zameriava na konverzačné užívateľské rozhrania a s nimi súvisiacich konverzačných agentov.

2.2 Konverzačné užívateľské rozhrania

Jednou z myšlienok, ktoré stoja za zrodom konverzačných užívateľských rozhraní je výmena rolí stroja a užívateľa. Namiesto komunikácie s počítačom vo forme technických skratiek, akcií a syntakticky špecifických príkazov, komunikuje užívateľ svojím prirodzeným jazykom a počítaču jednoducho hovorí, resp. píše, čo má robiť.

Konverzačné užívateľské rozhranie (ďalej aj skrátene, CUI - Conversational User Interface) je obecné rozhranie, ktoré napodobňuje konverzáciu so skutočným človekom prostredníctvom prirodzeného jazyka a človek ním ovláda podliehajúci systém [2]. Konverzácia môže prebiehať verbálne alebo textovo, preto do kategórie CUI patria ako hlasovo ovládané systémy (viď obr. 2.4), tak aj textový „chatboti“.

História

Idea počítačového systému ovládaného konverzovaním nie je novinkou. Ako prvý ju využívali, síce iba v rovine science-fiction, tvorcovia literatúry a kinematografie. Takýmto príkladom je program *HAL 9000*, rozhranie ovládajúce vesmírnu loď z filmu *2001: A Space Odyssey* (1968) alebo inteligentné auto *KITT* zo seriálu *Knight Rider* (1986).

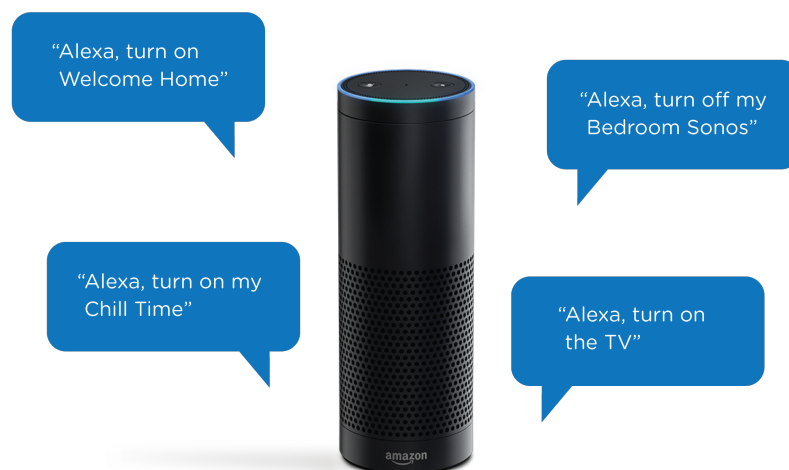
Prvé reálne konverzačné užívateľské rozhranie systému „*ELIZA*“ predstavil profesor *Joseph Weizenbaum* v roku 1966 [14]. Jednalo sa o textové rozhranie, chatbota, ktorý dokázal na základe jednoduchých pravidiel posúvať konverzáciu správnym smerom. Sám Weizenbaum však nepovažoval systém *ELIZA* za skutočne inteligentný, a svoju publikáciu prezentoval skôr ako experimentálne cvičenie.

K vývoju sofistikovanejších systémov s CUI však dochádza až v nedávnej dobe, teda začiatkom druhej dekády 21. storočia. Dôvodom toho je, že technológie potrebné k implementácii takéhoto rozhrania konečne dospeli do stavu, kedy je praktické ich použiť. Dvojica veľmi úzko prepojených odvetví informačných technológií, ktorá stojí za pokrokom CUI je odbor spracovania prirodzeného jazyka **NLP** - Natural Language Processing (popísané v kapitole 2.4) a umelá inteligencia **AI** - Artificial Intelligence.

Výhody

Záujem o konverzačné užívateľské rozhrania je podmienený mnohými výhodami ktoré so sebou prinášajú. CUIs majú vysoký potenciál stať sa masovo rozšírené. Jednak svojou prirodzenosťou pre užívateľa, ale aj preto, že sú multiplatformné – jednoducho nasaditeľné na mnoho dnešných systémov počnúc od desktopov, cez smartfóny, smartwatch až k zariadeniam bez obrazovky ako práčka alebo inteligentné domy.

Ďalšou výhodou je možnosť plynulého prechodu medzi „verziami“ CUI. Ako už Apple, Amazon alebo Google ukázali, systém s CUI je možné v priebehu jeho života vylepšovať a rozširovať bez toho, aby si užívateľ vôbec niečo všimol, respektíve musel zvykať na niečo nové.



Obr. 2.4: Virtuálny asistent Amazon Echo implementujúci konverzačné užívateľské rozhranie.

Veľkou výhodou prechodu ku konverzačným rozhraniám je tiež to, že každá funkcia v aplikácii alebo službe už nemusí byť umiestnená v ponuke, menu alebo byť zobrazená ikonou – užívateľ si požadovanú funkcionality dokáže vyvolať prirodzeným dotazom [9].

2.3 Konverzační agenti

Konverzačný agent (v literatúre často označovaný CA – Conversational Agent) je obecný systém s konverzačným užívateľským rozhraním, ktorý nielen spracúva vstupný prirodzený text pomocou NLP, ale naň dokáže aj automaticky reagovať, rovnako prirodzeným jazykom. Títo agenti predstavujú praktickú implementáciu CUI spojenú so spracovaním prirodzeného jazyka a ďalšími komponentami ako NLU (Natural Language Understanding), Speech to Text Recognition alebo znalostnou databázou. To, aké ďalšie komponenty sa vyskytnú v konkrétnej implementácii CA závisí už od účelu agenta.

Kvalita konverzačného agenta

Počet výmien Jednou z charakteristík kvality konverzačného agenta je jeho schopnosť zmysluplných výmien strán v dialógu. Výmenu definuje literatúra analogicky k výmene v hre – „turn“. Výmena v kontexte konverzačných agentov teda znamená, že účastníci konverzácie sa striedajú v rozprávaní (output) a počúvaní (input). Jedna výmena môže pozostávať i z jediného slova ale i niekoľkých viet. Najjednoduchší konverzační agenti zvládajú jedinú výmenu, to sú obecné jednoduché question-answering (FAQ) systémy alebo command-and-control agenti.

Kontext Ďalšou črtou kvalitného konverzačného agenta je udržiavanie kontextu počas konverzácie s užívateľom. Kontext konverzácie s človekom existuje dvojaký.

Dlhodobý kontext predstavuje informácie o užívateľovi, ktoré si agent na základe rozhovorov priebežne ukladá do pamäte a môže ich pri budúcich výmenách priebežne využívať.

Napríklad, agent si z predošlých rozhovorov zapamätal informáciu, že užívateľove obľúbené jedlo je pizza. Ak bude agent schopný túto informáciu vziať do úvahy pri dotaze „*Aká je v Brne prosím dobrá reštaurácia?*“ a ponúknuť prioritne reštaurácie s pizzou, znamená to, že využíva dlhodobý kontext.

Krátkodobý kontext sa udržiava zvyčajne v časovom rámci niekoľkých výmien a má za úlohu zlepšiť užívateľov zážitok z konverzácie. Príkladom je, ak si po užívateľovom dotaze „*Ako sa dostanem na FIT VUT?*“ agent zapamätá cieľ cesty. Pamätá si ho ale iba krátkodobo, a to kým nezistí od užívateľa aj štart jeho cesty a neodpovie mu.

Typy konverzačných agentov

V tejto podkapitole práce sa nachádza prehľadný súhrn a popis aktuálnych typov konverzačných agentov a ich rozdelenie z rôznych hľadísk. Informácie sú čerpané najmä z verejne dostupných materiálov kurzu *CS 124: From Languages to Information* na univerzite *Stanford* [6].

Textový vs. Hlasový

Vzhľadom na spôsob interakcie s agentom rozoznávame dva hlavné druhy a to textových (chat-based), a hlasových (voice-based resp. voice-enabled) konverzačných agentov. Pri návrhu agenta je výber jedného z týchto typov kľúčový a odvíja sa najmä od zamerania agenta, jeho cieľovej skupiny užívateľov a zariadenia, na ktorom má fungovať. Pre konverzačného agenta, s ktorým budú pracovať seniori alebo vodiči je vhodné zvoliť voice-enabled interakciu. Naopak, pre agenta zameraného na zákaznícku podporu na webe je dobré zvoliť textovú, chat-based interakciu.

Úkolovo orientovaný vs. Chatbot

Podľa cieľa, ktorý má agent dosiahnuť, delí literatúra konverzačných agentov do dvoch kategórií a to na agentov orientovaných na úlohu (task-oriented), a chatbotov (chat-oriented).

Prví zo spomenutých, **task-oriented agenti** sú určení na konkrétnu úlohu resp. množinu úloh a sú prispôbení na stručné dialógy o jednej až pol tucta výmien – *turns*.

Task-oriented agent musí byť schopný z dotazu v prirodzenom jazyku rozpoznať úlohu, ktorú má užívateľ zámer vykonať a poskytnúť mu funkcionality na dosiahnutie zamýšľaného úkonu. Takýto dialógový systém je navrhnutý tak, aby dosiahol konkrétne ciele a úlohy. Pre ilustráciu, medzi takéto ciele môžeme zaradiť každodenné úlohy ako je ovládanie klímy, management kalendára alebo rezervácia hotela, leteniek. Do tejto kategórie agentov patria najmä moderní digitálni asistenti ako Siri, Cortana, Alexa, Google Home. Ďalšími typickými zariadeniami využívajúcimi task-oriented agentov sú navigácie, ovládače inteligentných domov alebo spotrebičov a linky zákazníckej podpory implementujúce question-answer systémy. Obecne povedané, úkolovo orientovaní agenti pomáhajú svojim užívateľom pri každodenných jednoduchých úlohách alebo otázkach.

Chatbotov, na druhej strane literatúra popisuje ako systémy, ktoré sú stavané na rozšírenú konverzáciu simulujúcu dialóg človeka s človekom. K personifikovaniu takéhoto typu konverzácie zvyčajne implementujú dlhodobý zber preferencií a údajov o užívateľovi, ktoré im užívateľ sám počas interakcií poskytne (dlhodobý kontext). Pridaná hodnota tohto typu agentov je najmä schopnosť zabaviť, zahnať samotu či poskytnutie psychologického pora-

denstva. V snahe, aby mal konverzačný chatbot vysoký emočný kvocient EQ a bol stále aktuálny, je nutné na ňom priebežne pracovať a vyvíjať nové generácie [15]. Príkladom je chatbot XiaoIce od firmy Microsoft simulujúci emočnú entitu. XiaoIce je unikátne navrhnutý virtuálny spoločník s emocionálnym prepojením na uspokojenie ľudskej potreby komunikácie, náklonnosti a sociálnej príslušnosti. Využitím komplexných algoritmov, výpočtov a „big data“ je chatbot XiaoIce schopný sám tvoriť umenie, spievať a komunikovať so svojou užívateľskou základňou ktorá má už vyše 660 miliónov aktívnych užívateľov [12].

Architektúra úkolovo orientovaných agentov

Úkolovo orientovaní agenti sú určení na konkrétnu úlohu resp. množinu úloh a sú prispôbení na stručné dialógy o jednej až pol tucta výmien – „turns“.

Disponujú istou bázou znalostí, v rámci ktorej sú schopní pracovať, teda rozoznať zámer človeka z jeho dotazu. Na otázky mimo svoju vedomostnú doménu nie sú schopní odpovedať. Task-oriented agenti hrajú dôležitú rolu ako rozhranie pre fyzických robotov alebo inteligentný hardware.

Frame-based architektúra

V tomto prístupe systém analyzuje vstupné dotazy a snaží sa z nich získať všetky informácie potrebné k vykonaniu konkrétnej požadovanej akcie. Akcie ako napríklad vyhľadanie príchodov vlakov alebo rezervácia leteniek na dovolenku. K tomu, aby agent vedel rezervovať správne letenky na užívateľovu dovolenku, potrebuje poznať niekoľko parametrov ako východzí bod, cieľ, čas odchodu a príchodu. Samotná akcia rezervácie sa vykoná až v momente, kedy boli všetky tieto parametre identifikované z konverzácie s užívateľom.

Vedomostná doména úkolovo orientovaných agentov s *frame-based* architektúrou je reprezentovaná ako množina **rámčov** (angl. frames). Každý rámec obsahuje jeden alebo viacero **slotov** ktoré zároveň nesú informáciu o tom, aký datový typ hodnôt môžu nadobúdať. Pojem „datový typ“ je v tomto kontexte myslený abstraktnejšie, a to napríklad v zmysle *adresa*, *časový interval*, *spôsob dopravy*, ...

Tento prístup bol predstavený v roku 1977 a implementovaný do cestovného asistenta GUS schopného vyhľadávať a rezervovať letenky. Pre zámer vyhľadávania leteniek, môže rámec slotov vyzeráť obecné ako je znázornené (viď tabuľka 2.1).

Slot	Typ
Východzia stanica	mesto
Cieľová stanica	mesto
Čas odletu	čas
Dátum odletu	dátum
Čas príletu	čas
Dátum príletu	dátum

Tabuľka 2.1: Rámec a jeho sloty pre use-case cestovného agenta.

Interakcia s takýmto agentom prebieha pokiaľ sa príslušnými hodnotami nenaplnia všetky sloty. Samotné datové typy môžu byť ďalej hierarchicky delené a získavané od užívateľa v samostatných rámcoch. Napríklad dátum, ten človek nemusí špecifikovať vždy naraz celý, preto sa agent môže dopytovať na ostatné zložky dátumu (deň, mesiac, rok).

Architektúra chatbotov

Samotná kategória chat-based konverzačných agentov (chatbotov) sa rozdeľuje ešte podľa zvolenej architektúry do dvoch skupín. Tak ako aj v obore spracovania jazyka existuje dvojica prístupov, rovnako je to aj pri chatbotoch. Prvý si základá na istej množine pravidiel (rule-based), druhý na korpuse (corpus-based).

Rule-based architektúra

V rule-based (*založený na pravidlách*) architektúre sa aplikuje idea vychádzajúca z Rogeriánskej psychoterapie (person-centered therapy) vyvinutou psychológom Carl Rogers v 40. rokoch 20. storočia. Táto idea predpokladá absolútnu nevedomosť agenta o reálnom svete a snahu získavať poznatky na základe podnetov. Príkladom takejto konverzácie je:

Osoba: *Mám rád nočné jazdy autom.*

Agent: *Povedz mi niečo o autách.*

Z podobnej odpovede človek zvyčajne neusúdi nevedomosť agenta o autách. Naopak, vidí v tom snahu agenta o plynulú konverzáciu a empatické cítenie.

Chatbot s rule-based architektúrou teda pracuje na základe definovanej množiny pravidiel, ktoré transformujú vstupný text na odpoveď. Tieto pravidlá majú tvar *pattern/transform*. K pochopeniu je znázornený jednoduchý príklad pravidla a následné vysvetlenie.

(0 TY MA 0) [pattern]
->
(PREČO SI MYSLÍŠ, ŽE ŤA 4 ?) [transform]

V časti pattern, znak nuly predstavuje *Kleeneho hviezdu* (*). Po vyhodnotení, že vstup od užívateľa najviac odpovedá práve tomuto vzoru (pattern), sa z vety transform generuje odpoveď. Odpoveď sa vytvorí substitúciou reťazca pohlteného druhým znakom nuly (v časti pattern) za číslo 4. Číslo 4 odpovedá práve štvrtému slovu v poradí vety pattern.

Týmto spôsobom na vstup “VIEM, ŽE TY MA NENÁVIDÍŠ” generujeme odpoveď “PREČO SI MYSLÍŠ, ŽE ŤA NENÁVIDÍM?”.

Pri neúspechu nájsť vhodné pravidlo má agent množinu nezáväzných (*non-committal*) odpovedí ako napríklad “TO JE ZAUJÍMAVÉ.”, “PROSÍM POKRAČUJ” ...

Tento prístup bol použitý už v roku 1966 profesorom *Joseph Weizenbaum* v publikácii a zároveň počítačovom programe *ELIZA – A computer program for the study of natural language communication between man and machine* [14].

Corpus-based architektúra

Namiesto použitia ručne zostavených pravidiel, corpus based chatboti analyzujú veľké množstvá nahraných human-human konverzácií. Práve tieto datasety konverzácií sa v tomto kontexte nazývajú korpuse (dialogue corpora). Na základe analýz a indexácie týchto konverzácií si corpus-based chatboti vytvárajú databázu postupností, „turns“, z ktorej pri interakcii s človekom vyberajú vhodnú odpoveď.

V praxi sa objavujú dva typy algoritmov pre výber najlepšej odpovede z korpuse.

- **Výber odpovede k najviac podobnému vstupu**

Intuitívny prístup, ktorý z korpuse ľudských konverzácií vyberá vždy odpoveď na vstup, ktorý je najviac podobný na užívateľov dotaz.

Algoritmicky: Pre vstupný dotaz užívateľa q a korpuse C , nájdí turn t v korpuse C , ktorý je najviac podobný s q a ako odpoveď vráť jeho nasledujúci turn.

- **Výber najviac podobného vstupu**

Na prvý pohľad nelogické riešenie problému. Algoritmus vyberá práve ten turn z korpuse interakcií, ktorý je najviac podobný užívateľovmu dotazu.

Algoritmicky: Pre vstupný dotaz užívateľa q a korpuse C , nájdí turn t v korpuse C , ktorý je najviac podobný s q a ten vráť ako odpoveď.

Aj keď prvý algoritmus, vrátenie odpovede na podobný dotaz, sa zdá intuitívnejší ako druhý algoritmus, vrátenie podobného dotazu, literatúra hovorí, že práve druhý prístup funguje v praxi lepšie [6].

2.4 Vývoj konverzačných agentov

Táto kapitola sumarizuje základné znalosti, ktoré sú prerekvizitou k návrhu a následnej implementácii konverzačného agenta. Kapitola je logicky delená na tri časti.

Prvá časť popisuje priebeh procesu spracovania prirodzeného jazyka – **NLP** (Natural Language Processing). Ten je nevyhnutný k implementácii každého konverzačného systému. Druhá časť sa venuje technickej stránke, architektúre agenta z ktorej bude neskôr vychádzať naša implementácia. Postupne preberieme a popíšeme všetky základné časti architektúry konverzačného agenta.

V tretej časti kapitoly sa venujeme užívateľskému zážitku pri interakcii s agentom. Zhrnieme si spôsoby ktorými možno umocniť *human-like* zážitok a tiež prístupy, ktoré urýchľujú a zefektívňujú konverzáciu. V celej tejto kapitole pod pojmom konverzačný agent odkazujeme na textového konverzačného agenta.

K vývoju sofistikovanejších konverzačných agentov dochádza až v nedávnej dobe, teda začiatkom druhej dekády 21. storočia. Dôvodom toho je, že technológie potrebné k implementácii takéhoto rozhrania konečne dospeli do stavu, kedy je praktické ich použiť.

Spracovanie prirodzeného jazyka

Spracovanie prirodzeného jazyka (ďalej len **NLP** – Natural Language Processing) je oblasť výskumu nachádzajúca sa v prieniku informačných technológií, umelej inteligencie a lingvistiky. Cieľom NLP je priblížiť počítače k pochopeniu ľudského prirodzeného jazyka. Dôraz dávame na slovo priblížiť, pretože počítače ešte nemajú rovnaké intuitívne chápanie prirodzeného jazyka ako ľudia. Zvyčajne im chýba sémantické chápanie, ktoré je potrebné na to, aby pochopili izolované vety. V skratke: počítač nemôže čítať medzi riadkami.

Priebeh NLP sa dá rozdeliť do postupnosti viacerých logických krokov. Výsledok celého procesu je zvyčajne syntaktická analýza v podobe stromu závislostí.

- **Segmentácia** (*rozdelenie na vety*)

Celistvý vstupný text rozdeľuje na vety. Definíciu vety preberá z lingvistiky ako základnú, ucelenú a gramaticky usporiadanú syntaktickú jednotku. Hranice vety sú najčastejšie označené bodkami, tie ale môžu slúžiť vo vete aj na iné účely (napríklad označenie skratiek).

- **Tokenizácia**

Proces rozdelenia viet na menšie významové jednotky – *tokeny* resp. slová. Tokeny predstavujú v stavbe textu najmenšiu, nedeliteľnú jednotku ktorá nesie istú informačnú hodnotu. V slovenčine a češtine je táto úloha priamočiara. Ako oddeľovač jednotlivých tokenov slúžia v týchto jazykoch biele znaky (medzera, ...) alebo interpunkcia (pomlčka, ...).

Naopak, v nesegmentovaných jazykoch ako napr. japončina a čínština, si tento krok vyžaduje sofistikovanejšie metódy. Tieto jazyky síce poznajú koncept jednotlivých slov, avšak v texte nevyužívajú na ich oddelenie žiadne typické oddeľovače.

- **Určenie slovných druhov** (*Part-of-speech tagging*)

Part of speech tagging (*PoS tagging*) v preklade znamená určovanie slovných druhov. V tomto kroku systém prijíma vstupný tokenizovaný text a ako výstup produkuje dvojice token – slovný druh. Rôzne jazyky majú rôzny počet tagov (slovných druhov).

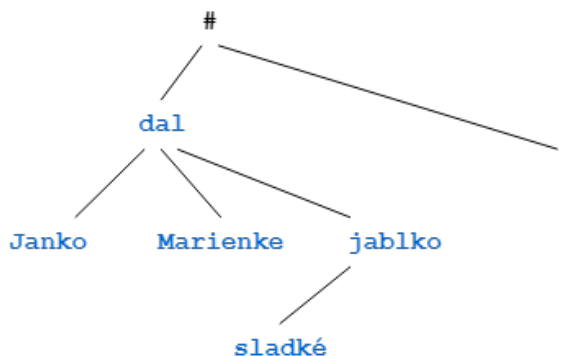
Framework Universal Dependencies [10] pracuje v českom jazyku s tagsetom obsahujúcim 17 tagov. PoS tagging je zložitá úloha. Rovnaké slovo môže v rôznom kontexte figurovať v inom slovnom druhu. Napríklad slovo „*mať*“ v slovenskom jazyku môže vystupovať aj ako sloveso (Je dobré mať šťastie.) ale aj ako podstatné meno (Hľadala ta mať.)

- **Stemming**

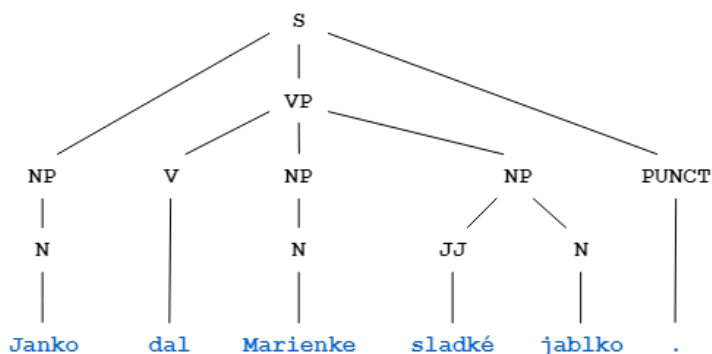
Stemming (stematizácia) je proces, ktorým sa transformujú jednotlivé slová – tokeny na ich základnú formu, teda kmeň slova. Tento krok je prínosný najmä pre ďalšie spracovanie, napríklad vyhľadávačmi, kedy niektoré slová s rovnakým kmeňom považuje za rovnaké, teda ignoruje tvar slova.

- **Syntaktická analýza**

Syntaktická analýza je zvyčajne posledným krokom v procese NLP. Jej výsledkom je jednoznačný strom popisujúci význam vety. Existujú dva základné typy takýchto výsledných stromov a to závislostný strom (*dependency tree*) a zložkový strom (*constituency tree*). V závislostnom strome sú jednotlivé slová vety uzlami orientovaného stromu. V zložkovom strome sú naopak listami stromu ktorý predstavuje derivačný strom bezkontextovej gramatiky.



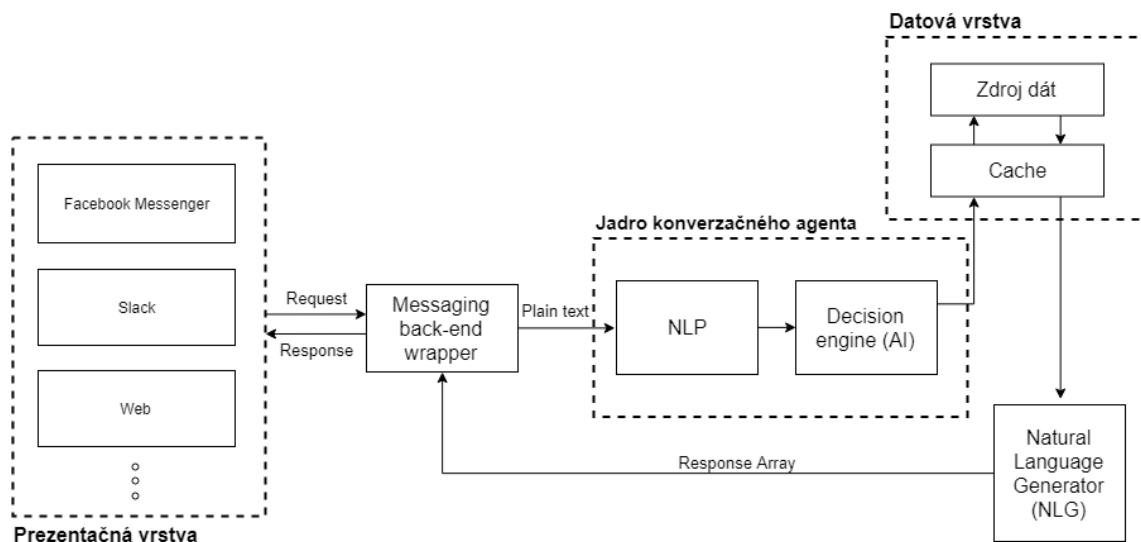
Obr. 2.5: Závislostný syntaktický strom.



Obr. 2.6: Zložkový syntaktický strom.

Technická architektúra

Obecná architektúra konverzačného agenta je načrtnutá na obrázku 2.7. Konkrétne aplikácie sa môžu niektorými prvkami odlišovať alebo rozširovať. Každopádne, táto podkapitola opisuje základ, z ktorého často vychádzajú.



Obr. 2.7: Obecná architektúra konverzačného agenta.

Prezentačná vrstva

Jediná časť viditeľná pre koncového používateľa. Zväčša predstavuje aplikáciu umožňujúcu interaktívny chat, ktorú má užívateľ nainštalovanú alebo ju používa na webe.

Pri výbere prezentačnej vrstvy vyvíjaného konverzačného agenta je nutné sa zamyslieť nad viacerými aspektmi. V úvahu musíme vziať najmä to, pre koho je agent určený a pri akej príležitosti ho užívateľ bude najviac používať. Ďalšou možnosťou je integrovať agenta do všetkých dostupných aplikácií a výber jednej, resp. viacerých z nich nechať na užívateľa.

Napojenie prezentačnej vrstvy na konverzačného agenta zvyčajne prebieha cez aplikačné programovacie rozhranie API¹ prostredníctvom HTTP² protokolu a architektúry REST³ (viď obrázok 2.8). Pre rozhranie prezentačnej vrstvy nie je aktuálne definovaný žiaden štandard, závisí na implementácii danej aplikácie. Preto je nutné využívať *back-end wrapper*, ktorý zjednotí a „odtieni“ rôzne implementácie prezentačných vrstiev od jadra konverzačného agenta. Pre potreby tejto práce si priblížime dve najviac používané aplikácie prezentačnej vrstvy.

- **Facebook Messenger**

Sociálna sieť a zároveň chatovacia aplikácia s najväčším počtom užívateľov na svete. Spoločnosť Facebook svojim správaním signalizuje, že konverzačné užívateľské rozhrania sú budúcnosťou. Na svojej platforme vytvorila veľkú komunitu vývojárov tvoriacich chatbotov a voice-botov ktorým ponúka široké spektrum nástrojov.

¹Application Programming Interface

²HyperText Transfer Protocol

³Representational State Transfer

```

"messaging_type": "<MESSAGING_TYPE>",
"recipient":{
  "id":"<PSID>"
},
"message":{
  "text":"hello, world!"
}

```

Obr. 2.8: Ukážka komunikácie s aplikačným rozhraním prezentačnej vrstvy Facebook Messenger.

Ich najväčšou konkurenčnou výhodou je bohatá ponuka media-rich elementov, rozsiahla dokumentácia a možnosť použiť ich vstavanú NLP komponentu.

- **Webový plugin**

Vyššie spomenutá prezentačná aplikácia Messenger má ale veľkú nevýhodu. Tou je nutnosť registrácie a prihlásenia užívateľa do služby tretej strany. Jednoduchým webovým chat pluginom dokážeme poskytnúť nášho chatbota širokej verejnosti.

Pod pojmom webový plugin si v tomto prípade predstavujeme chatovacie okienko umiestnené ako floating element na webe alebo ako samostatnú stránku s možnosťou chatu.

Messaging back-end wrapper

Rôzne chatovacie aplikácie majú odlišné spôsoby aplikačných napojení, preto je potrebné logiku výmeny správ izolovať od jadra chatbota. Táto komponenta spája konverzačného agenta s jednotlivými aplikáciami prezentačnej vrstvy. Preberá správy od užívateľa a následne odosiela odpovede v požadovanom formáte. Ďalšou funkciou, ktorú táto komponenta zabezpečuje je časové odsadenie správ. Niekedy nastáva situácia, kedy konverzačný agent chce odoslať postupnosť viacerých správ, „bubliniek“, za sebou. Okamžité odoslanie všetkých správ v takejto postupnosti by na užívateľa pôsobilo neprirodzene a preto je dobré ich časovo odstúpiť. Niektoré aplikácie prezentačnej vrstvy poskytujú aj možnosť vkladať do týchto časových odstupov tzv. príznak „písania“, teda real-time zobrazenie informácie, že opačná strana konverzácie píše, resp. vytvára svoju odpoveď.

Jadro konverzačného agenta

Jadro obecnej architektúry konverzačného agenta tvoria dve, zvyčajne logicky oddelené moduly. V postupnosti spracovania užívateľovho dotazu je prvé v poradí spracovanie prirodzeného jazyka. Podrobný postup samotného procesu je popísaný v kapitole 2.4. Tento modul implementuje proces NLP v jazyku, v ktorom konverzačný agent pracuje. Vstupný text prevádza do štruktúrovanej podoby, ktorú predáva ďalej, modulu rozhodovania.

Rozhodovací modul (*Decision engine*), zapája umelú inteligenciu k porozumeniu užívateľovho vstupu. Preberá štruktúrovaný vstup od komponenty NLP, a na základe aktuálneho kontextu (ktorý si ukladá do vlastnej databázi), určí užívateľov zámer. Následne komponente NLG zasiela potrebné dáta k vytvoreniu odpovede. Proces vytvorenia a vytrénovania rozhodovacieho modulu je veľmi individuálny a závisí od navrhnutých prípadov použitia daného konverzačného agenta. Kvalitný konverzačný agent by mal byť schopný zlepšovať

schopnosť porozumieť prijímaným dotazom a implementovať „spätnú väzbu“ strojového učenia. Strojové učenie môže byť v podobe asistovaného, *supervised*, kedy „ručne“ hodnotíme prebehnuté konverzácie a označujeme kedy agent reagoval správne a kedy nie. Ďalším prístupom je učenie bez asistencie, *un-supervised*, kedy sa agent zdokonaľuje bez predošlého označenia správnych a nesprávnych reakcií.

NLG – generátor prirodzených odpovedí

Problémom vytvárania textov v prirodzenom jazyku sa zaoberá vedná disciplína na pomedzí umelej inteligencie a výpočtovej lingvistiky – *Natural Language Generation*, (*NLG*). Táto disciplína sa zaoberá konštrukciou počítačových systémov, ktoré dokážu generovať zo štruktúrovaných informácií zrozumiteľné texty v ľudskom, prirodzenom jazyku. Generovanie odpovede v prirodzenom jazyku je proces inverzný k porozumeniu užívateľovho dotazu. Teda z vnútorne štruktúrovanej reprezentácie dát táto komponenta vytvára prirodzený súvislý text. Komponenta NLG vyberá na základe rozhodnutia jadra konverzačného agenta z datovej vrstvy štruktúrované dáta a transformuje ich na odpoveď.

Datová vrstva

Obece sa pod datovou vrstvou rozumie databázový systém perzistentných, štruktúrovaných dát, ktorými agent disponuje. Môže sa jednať o dáta vedomostnej domény, informácie zbierané o užívateľoch alebo pravidlá pre tvorbu odpovedí. Zvyčajne sa navrhuje aj systém pravidelnej aktualizácie množiny týchto dát, aby sa vedomosti konverzačného agenta udržali vždy aktuálne. Pri návrhu konverzačných agentov sa musí dbať na rýchlosť odozvy, preto je nutné vybrať podliehajúci systém riadenia báze dát (SRBD) najmä na základe jeho rýchlosti. Pre dosiahnutie ešte rýchlejšej odozvy v real-time konverzácii sa zvyčajne integruje aj vrstva s rýchlou cache medzipamäťou, ktorá obsahuje najčastejšie či najčerstvejšie dotazy.

Užívateľský zážitok

Pri vývoji konverzačného agenta je dôležité venovať pozornosť aj užívateľskému zážitku resp. UX⁴. Chatboti a konverzační agenti sú síce novinkou, ale psychológia človeka platí rovnaká ako pri tradičných rozhraniach. Užívateľ chce rýchlo a jednoducho vykonať zamýšľané akcie. Nasledujúca podkapitola sumarizuje základné vlastnosti dobrého návrhu UX konverzačného rozhrania. Časť informácií v tejto podkapitole je čerpaná zo zdrojovej literatúry [1], časť z vedomostí nadobudnutých v praxi.

Definícia prípadov využitia

Schopnosť definovať už pri návrhu, čo má byť konverzačný agent schopný ponúknuť, je kľúčová. Mnoho agentov necháva svojich užívateľov nespokojných a to najmä z dvoch dôvodov.

1. Agent ponúka veľmi obmedzenú množinu prípadov využitia.
2. Agent sa snaží obsiahnuť veľmi širokú škálu prípadov využitia a vedomostí, ale neskôr zlyháva pre svoju prílišnú komplexnosť.

Ideálnou cestou je začať tzv. minimálnym produktom (MVP⁵), ktorý pokryje najčastejšie prípady využitia a v ďalšom jeho vývoji veľmi opatrne a rozumne rozširovať funkcionality.

Tiež je kľúčové užívateľovi jasne a od začiatku komunikovať, akú funkcionality od agenta môže očakávať, a čo naopak agent nedokáže.

Vytvorenie persony

Človek ako sociálny tvor má potrebu pripisovať druhej strane konverzácie nejakú tvár alebo vlastnosti. Ľudia tiež očakávajú istú konzistenciu v priebehu interakcií s agentom. Je dobré keď agent vystupuje stále s rovnakým „podtónom“, či už formálnym alebo kamarátskym, a v svojej roli zostáva po celý čas života.

Pri vývoji konverzačného agenta je treba dbať na tieto poznatky a už na začiatku mu vytvoriť personu, pod ktorou bude vystupovať. Podľa psychologicky zaoberajúcej sa správaním ľudí online, Liraz Margalit, dobre zvolená persona pre chatbota môže výrazne zlepšiť celkový užívateľský zážitok [8]. Medzi jej doporučeniami k výbere persony sa nachádza napríklad:

- Vyberať personu, podľa ktorej užívateľa ihneď vedia usúdiť, že sa nejedná o človeka.
- Ak to situácia dovoľuje, vyberať personu s milými, obľúbiteľnými črtami. Užívatelia si tak agenta obľúbia a asociujú s dobrým pocitom. Následne mu rýchlejšie vedia „odpustiť“ prípadné chyby v konverzácii.
- Liraz Margalit uvádza, že persona by mala byť ideálne *gender-free*, teda nemala by vykazovať prílišné znaky svojho pohlavia. Ak sa však pozrieme na niektorých známych agentov v praxi, zistíme že toto doporučenie nedodržia. Napríklad chatbot XiaoIce od spoločnosti Microsoft má vytvorenú personu mladej ženy.

⁴UX – User Experience

⁵MVP – Minimum Viable Product

Personalizácia

Personalizácia naopak znamená, že konverzačný agent by mal oslovovať užívateľa jeho menom, ideálne prvým. Tiež je dobré, ak agent ukladá v priebehu konverzácií do datovej vrstvy špecifické informácie o užívateľovi – napríklad jeho vek, preferencie, záujmy, koníčky, atď. Použitie týchto znalostí neskôr príjemne zapôsobí a vytvára personalizovaný zážitok.

Využívanie grafických prvkov

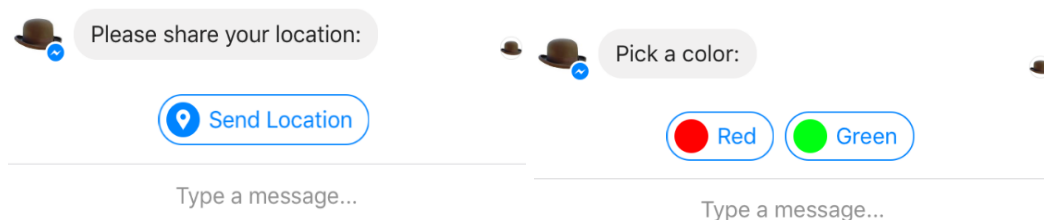
Ďalším spôsobom ako umocniť užívateľský zážitok je vhodné použitie netextových prvkov, tzv. *media rich elements*. Za netextové prvky sa v našom kontexte považujú všetky grafické a interaktívne elementy zobrazené užívateľovi v konverzačnom vlákne spolu s textom.

Hlavným priekopníkom vo vývoji a používaní týchto prvkov je spoločnosť Facebook. V ich chatovacej službe **Messenger** už predstavili desiatky netextových elementov. Mnohé z nich sú inšpiráciou pre konkurenčné riešenia ktoré ich preberajú.

V tejto podkapitole si ukážeme chatbotmi najčastejšie využívané elementy, ktoré táto platforma ponúka.

- **Quick replies**

V prípade, že na otázku konverzačného agenta existuje uzavretá množina odpovedí, je vhodné použiť rýchle odpovede tzv. *quick replies*. Užívateľa nútia držať sa aktuálneho dialógu a urýchľujú tiež jeho odpoveď. Facebook pomocou quick-replies poskytuje aj špeciálnu možnosť zrýchlene zdieľať svoju polohu.



Obr. 2.9: Ukážka použitia quick replies v konverzácii.

- **Emojis**

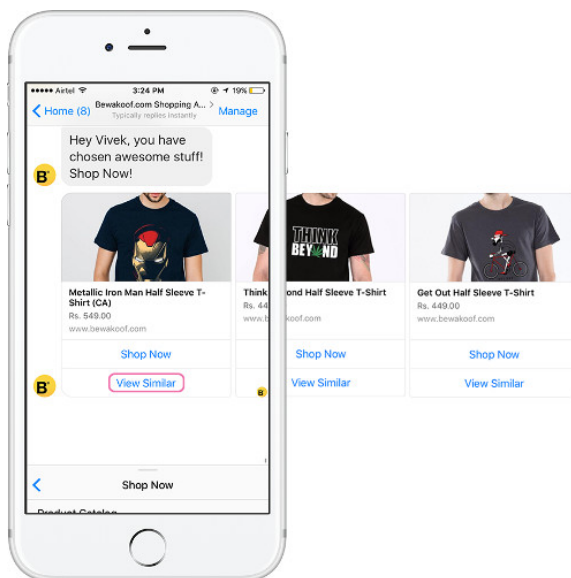
Emojis, resp. smajlíky sú rozšírené a s obľubou používané na všetkých chatovacích platformách. Dá sa nimi dobre vyjadriť nálada agenta alebo navodiť neformálny podtón konverzácie.



Obr. 2.10: Ukážka sady Facebook emoji.

- **Carousels**

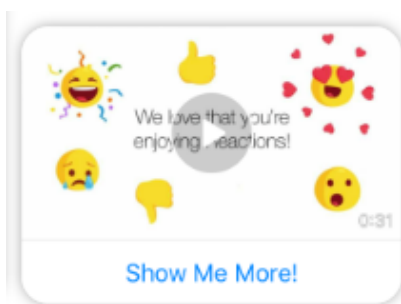
Pre zobrazenie viacerých obrázkových prvkov ktoré spolu logicky súvisia sa používa kolotoč (carousel). Originálne je určený najmä pre komerčných konverzačných agentov ktorí takto zobrazujú užívateľovi ponuku produktov.



Obr. 2.11: Ukážka použitia carousel v konverzácii.

- **Multimedia elementy**

Väčšina moderných chatovacích aplikácií už podporuje odosielanie multimediálnych elementov. Zahrňajú obrázky, animované gifs, videá alebo aj zvuky. Chatboti sú rovnako schopný používať multimedia elementy, avšak málokedy je to potrebné a naopak mnohokrát je ich použitie nesprávne a mimo kontext.

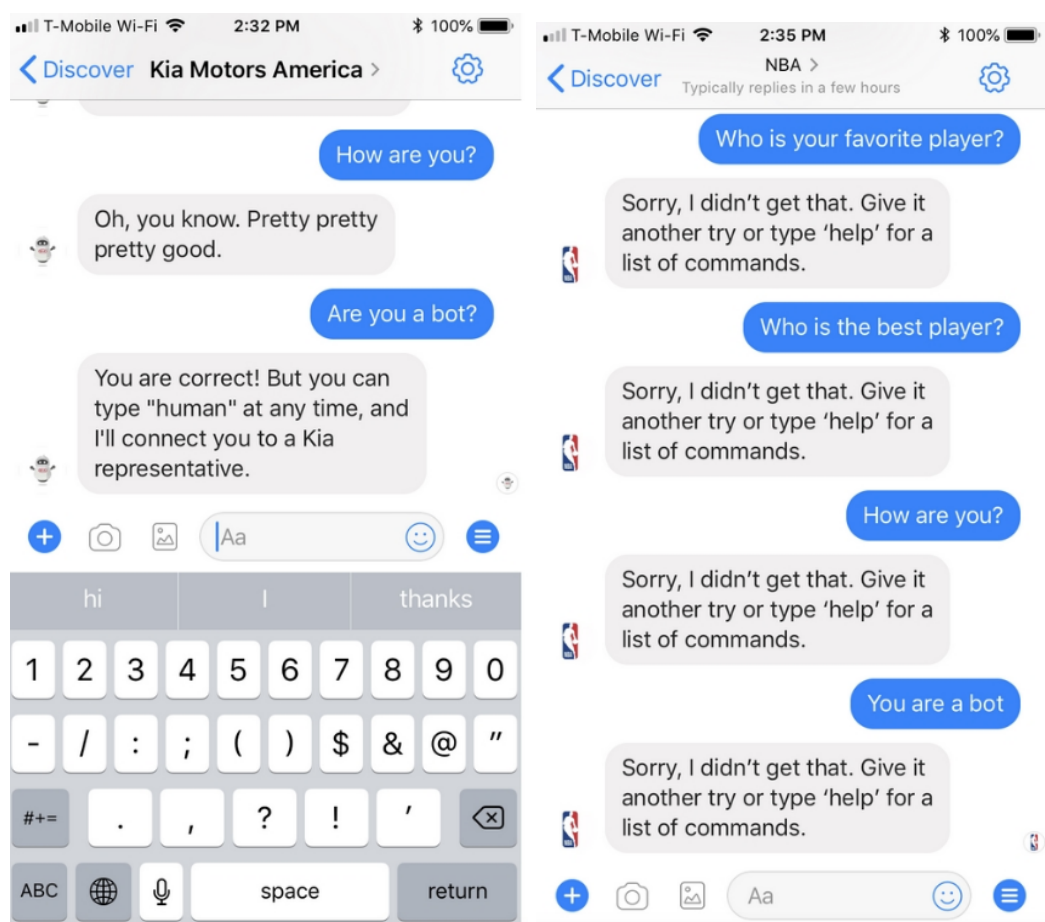


Obr. 2.12: Ukážka použitia multimédií v konverzácii.

Porozumenie small talk-u

V podkapitole 2.4 tvrdíme, že konverzačný agent by mal mať jednoznačne určený obor záujmu a schopností. Napriek tomu, literatúra venujúca sa user experience chatbotov tvrdí, že je dobré ak chatbota „pripravíme“ aj na niekoľko najčastejších mimo-oborových otázok ktoré ľudia zvyčajne pokladajú [1].

Jedná sa o tzv. *small-talk*, teda krátky zdvorilostný chat. Otázky typu „*Jak se máš?*“, „*Kolik ti je let?*“, ... Užívatelia sú naň zvyknutý z reálneho sveta a často ním iniciujú konverzáciu s chatbotom. Snažia sa tým buď „prelomiť ľady“ alebo iba vyskúšať, čo všetko chatbot dokáže.



Obr. 2.13: Ukážka reakcií na small talk komerčných chatbotov.

Správne uchopenie smalltalku je pre užívateľa veľmi príjemným plusom. Na obrázku 2.13 sú uvedené dva príklady reakcií komerčných chatbotov na small talk. Naľavo je ukážka chatbota pripraveného na small-talk, napravo naopak nie.

Kapitola 3

Návrh chatbota a vytvorenie konceptu

Zadanie tejto diplomovej práce je vypracované v spolupráci so štatutárnym mestom Brno v rámci koncepcie *Smart City – chytré a otevřené město*. V priebehu práce na diplomovej práci bolo uskutočnených niekoľko stretnutí s členmi rady a zamestnancami magistrátu. Na týchto stretnutiach boli detailne upresnené ich potreby a doporučenia smerované na vyvíjaného konverzačného agenta. Ďalej boli tiež dohodnuté možnosti propagácie, nasadenia hotového produktu a ďalšej spolupráce.

Táto kapitola popisuje návrh vytváraného konverzačného agenta pre potreby štatutárneho mesta Brno. V prvej časti odhaľuje ideu mestského konverzačného agenta, jej vznik a odpodstatnenie. Ďalej obsahuje popis spôsobu prezentácie agenta a jeho vedomostnú doménu. V poslednej časti načrtáva jeho technickú architektúru a porovnáva ju s referenčnou architektúrou popísanou v kapitole 2.4 (viď obrázok 2.7).

3.1 Chatbot pre potreby mesta

V dnešnej dobe sa čoraz častejšie stretávame s chatbotmi, ktorí plnia dané úlohy. Spoločnosti sa nimi snažia znižovať svoje náklady vynaložené na zákaznícku podporu alebo iné služby orientované na zákazníkov. Chatbotov využívajú napríklad obchody Ebay a Amazon, reštaurácie Domino's či Pizza Hut.

Problém

Predstava moderného a pokrokového mesta pre mnohých ľudí znamená jednoduchý prístup k informáciám a ich interaktívne podanie. Spôsob komunikácie samosprávnych častí so svojimi obyvateľmi sa stáva zastaralým. Obyvateľom miest zvyčajne nie je poskytnutý jeden, unifikovaný zdroj informácií a noviniek, ale viacero. Práve preto je pre veľkú časť obyvateľstva náročné získať aktuálne informácie o dianí v samospráve. Naskytá sa dopyt po jednom, unifikovanom a zároveň modernom zdroji informácií ktorý si ľudia rýchlo osvoja a stane sa ich prvým bodom kontaktu so samosprávou.

Aktuálny stav komunikácie samosprávy s obyvateľom predstavujú konvenčné prístupy ako webové stránky, vývesné tabule, rozhlasové hlásenia, atď. Medzi ich silné stránky patrí najmä zaužívanosť medzi ľuďmi a jednoduchosť na implementáciu a správu aj malými obcami. K nedostatkom určite patrí nesúrodosť, komplikovaná dostupnosť pre ľudí a neaktualnosť.

Navrhované riešenie

Mesto Brno má veľkú snahu prezentovať sa ako moderné miesto pre život. Preto chce svojím obyvateľom poskytnúť nový, inovatívny komunikačný kanál ktorý by mohli využiť k získaniu informácií o svojom meste. Spojením užitočných informácií týkajúcich sa samosprávy spolu s moderným trendom konverzačných užívateľských rozhraní som dospel k nápadu vytvoriť mestského informačného chatbota, ktorý bude schopný odpovedať na najčastejšie otázky občanov mesta a byť im nápomocný s okamžitou odpoveďou.

V návrhu sú aplikované naštudované teoretické znalosti. Navrhované riešenie pozostáva z vytvorenia konverzačného agenta orientovaného na úlohy (task-oriented) s personou spojenou s „najznámejším zvieratom“ mesta Brno – Brnenským drakom visiaci v budove starej radnici. Konverzačný agent bude vystupovať pod jednotným logom (viď obrázok 3.1) a menom **Kroko**. Logo bolo navrhnuté a vytvorené v online službe *DesignEvo*¹. So svojimi občanmi bude komunikovať v priateľskom, neformálnom, ale slušnom tóne. Návrh spočíva v spojení všetkých relevantných dát do jedného kanála ktorý je schopný na vyžiadanie ihneď odpovedať a podať informácie občanom. Veľkou výhodou tohto riešenia je jeho jednoduchosť osvojenia si a použitia – dokáže totiž dokáže spracovávať dotazy v prirodzenom jazyku človeka a rovnako aj odpovedá v prirodzenom jazyku.

Kroko bude nasadený na chatovacej platforme Facebook Messenger. Aby bol umožnený prístup aj ľuďom, ktorí tam nemajú zriadený účet, bude agent dostupný aj z vlastnej webovej stránky www.kroko.live na chatovom plugine vytvorenom v tejto práci.



Obr. 3.1: Vizual persony chatbota Kroka. Zdroj: DesignEvo.com

Navrhované riešenie – mestský chatbot Kroko má za cieľ modernizovať spôsob komunikácie samosprávy s obyvateľmi a priblížiť sa im. Opýtať sa chatbota na Facebooku „*Do kedy musím zaplatiť daň za mého psa?*“ a okamžite dostať odpoveď znie určite veľmi lákavo pre mnohých ľudí.

Otvorená služba

Idea mestského chatbota Kroka so sebou nesie poslanie zoznámiť širokú verejnosť s konverzačnými užívateľskými rozhraniami. K dosiahnutiu čo najväčšieho počtu používateľov nášho chatbota, som sa rozhodol chatbota Kroka poskytnúť ako otvorenú službu komunite vývojárov aplikácií a administrátorom webových stránok. Do návrhu práce je zahrnuté aj vytvorenie otvoreného programovacieho aplikačného rozhrania (API), ktoré sprístupňuje

¹www.designevo.com

jadro konverzačného agenta. Prostredníctvom tohto otvoreného API je možné konverzovať s chatbotom. Hlavným prínosom tohto otvoreného rozhrania je umožniť vývojárom zakomponovať virtuálny chat s chatbotom Krokom do svojích aplikácií.

Propagácia konverzačného agenta

Navrhovaný chatbot Kroko je služba, ktorá je určená k používaniu širokou verejnosťou. K tomu, aby výsledkom tejto práce bol úspešný produkt, ktorý má čo najviac aktívnych užívateľov, je potrebné myslieť aj na jeho propagáciu a marketing. Do návrhu práce je naplánované vytvorenie prezentačného webu www.kroko.live, na ktorom budú zverejnené základné informácie o chatbotovi a možnosť vyskúšať si ho. Takýto prezentačný web je v dnešnej dobe nutnou súčasťou každého komerčného projektu a dôraz sa kladie najmä na jeho jednoduchosť a dizajn. Web jednak slúži ako prvý bod kontaktu s novým užívateľom, ktorý sa chce dozvedieť viac, ale aj ako miesto, na ktoré budú smerované platené reklamy zo sociálnych sietí a internetu.

3.2 Vedomostná doména konverzačného agenta

Vedomostná doména pripravovaného chatbota Kroka predstavuje množinu vedomostí, ktoré chatbot dokáže poskytnúť – teda veci, ktoré „*umí*“. Vytvorenie návrhu tejto domény vychádza zo skúseností zamestnancov, s ktorými bolo analyzované, aké otázky im ľudia pokladajú na internete najčastejšie.

Kontakty na zamestnancov mesta

Podľa vyjadrenia viacerých zamestnancov magistrátu mesta Brno, vyhľadávanie kontaktu na zamestnancov mesta, úradníkov a politikov je najčastejší dôvod prečo ľudia navštevujú web www.brno.cz. Aktuálne sa počet všetkých zamestnancov mesta pohybuje okolo 1300. Navrhovaný chatbot bude schopný rozoznať zámer užívateľa vyhľadať kontakt (telefón, e-mail, adresu pracoviska) na konkrétnu osobu podľa mena (Ján Novák) alebo pozície (primátor mesta).

Potrebujem si vybaviť

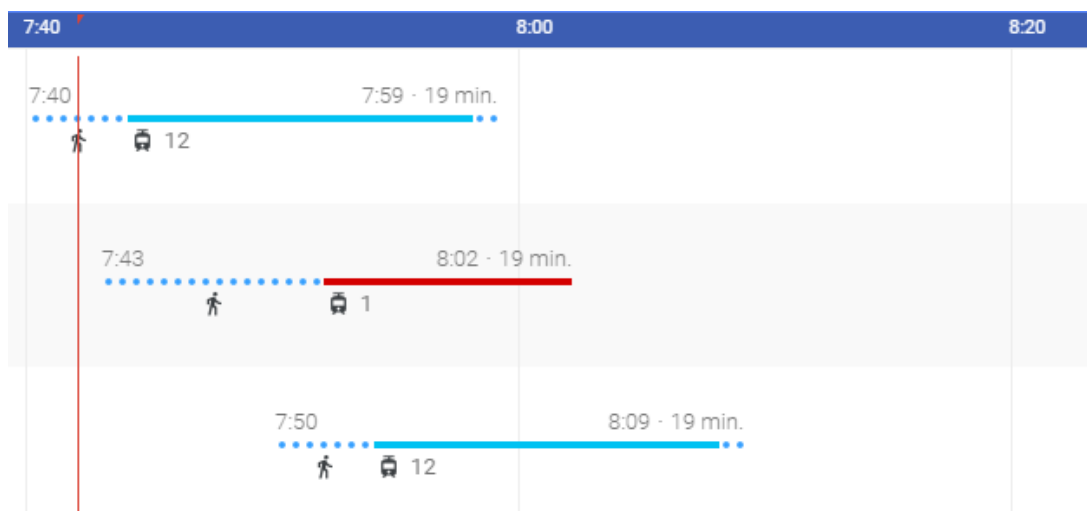
Druhou najnavštevovanejšou stránkou oficiálneho webu mesta je sekcia *Potřebuji si vyřídit*. Tá obsahuje súhrnné, stručné informácie k najčastejším úkonom v správe mesta ako napríklad vybavenie cestovného dokladu, občianskeho preukazu, registrácie vozidla alebo oprávnenia k rezidentnému parkovaniu.

Preto bola táto sekcia zaradená i do vedomostnej domény chatbota Kroka a ľudia budú schopní dopytovať informácie uvedené v tejto sekcii.

Multimodálna navigácia mestom

Veľkým plusom navrhovaného riešenia je rozhodnutie chatbota napojiť na platformu Facebook Messenger, ktorá poskytuje zdieľanie polohy užívateľa. S možnosťou získať užívateľovú aktuálnu polohu je konverzačný agent vhodným „*médiom*“ pre vyhľadanie spojenia a navigáciu mestom. Medzi podporované spôsoby dopravy po meste je zahrnutá celá sieť mestskej hromadnej dopravy Brno a pešie presuny.

Cieľom je vytvoriť taký vyhľadávač spojení, ktorý by dokázal konkurovať aktuálne najpoužívanějšímu vyhľadávaču spojení IDOS². Pridaná hodnota navrhovaného vyhľadávača je schopnosť zadávať ako východziu a cieľovú lokáciu ľubovoľnú presnú adresu, komerčné zaradenie alebo bod záujmu v meste Brno. V spomínanom konkurenčnom riešení je možnosť vyhľadávať spojenia iba medzi zastávkami mestskej hromadnej dopravy.



Obr. 3.2: Prototyp vizualizácie vyhladaných spojení.

Táto práca sa snaží vytvoriť aj modernú a užívateľsky prívetivejšiu vizualizáciu nájdených spojení. Zdrojom inšpirácie pri vytváraní tejto vizualizácie je prieskumník verejnej dopravy služby Google Maps (viď obrázok 3.2). V časovom harmonograme práce je naplánované aj užívateľské testovanie nového typu vizualizácie na čo najväčšej vzorke ľudí.

Zdvorilostný chat (small-talk)

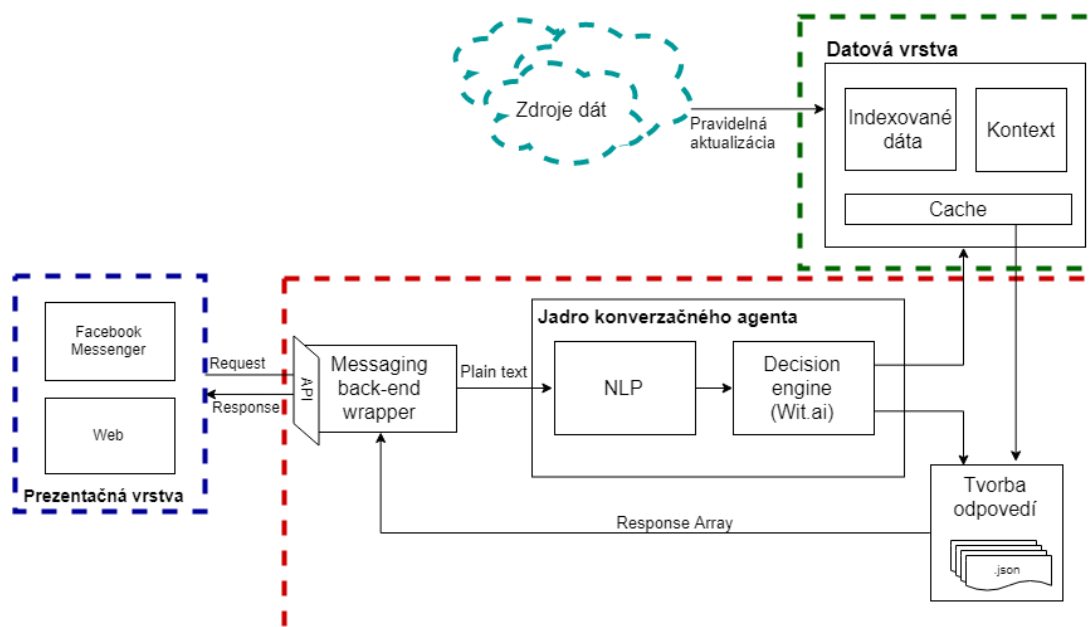
Štúdiom problematiky návrhu konverzačných agentov bolo zistené, že agenti, ktorí dokážu reagovať na obecný, zdvorilostný chat (small-talk), sú označovaní za užívateľsky prívetivejších (viď kapitola 2.4). V návrhu vedomostnej domény chatbota Kroka je preto zaradený aj small-talk. Inšpiráciou k množine najčastejších otázok, na ktoré agent musí odpovedať, je služba Dialogflow od spoločnosti Google. Dialogflow je SaaS³ produkt, prostredníctvom ktorého je možné jednoducho vytvárať konverzačných agentov. Okrem iného, ponúka aj možnosť nastaviť odpovede chatbota na vyše 90 najčastejších small-talk otázok. Z nich bolo do prvej verzie chatbota Kroka vybraných k implementácii práve 35.

²IDOS – <https://jizdnirady.idnes.cz/brno/spojeni/>

³SaaS – System as a service

3.3 Návrh technickej architektúry agenta

Pri návrhu technickej architektúry chatbota Kroka som vychádzal z referenčnej architektúry popísanej v kapitole 2.4. Pri ich porovnaní je možné nájsť iba niekoľko rozdielov. Navrhnutá architektúra (viď obrázok 3.3) je v tejto kapitole popísaná.



Obr. 3.3: Náčrt technickej architektúry chatbota Kroka.

Prezentačná vrstva

V rámci tejto diplomovej práce budú implementované napojenia na dve aplikácie prezentačnej vrstvy. Prvá, Facebook Messenger, prostredníctvom Facebook Graph API⁴ a ďalšia, webový chat na prezentačných stránkach chatbota Kroka⁵ napojený na verejné API. Aplikácia Messenger je síce veľmi rozšírená, ale používanie chatbota Kroka nebude limitované iba pre ľudí, ktorí sú v nej registrovaní. Preto bol vytvorený vlastný chat, ktorý je verejne dostupný. Rovnako tento chat má za úlohu demonštrovať využitie otvoreného API (popísané v kap. 3.1). Napríklad takýmto spôsobom sú vývojári schopní zakomponovať chatbota Kroka do svojích webových stránok a aplikácií.

Messaging back-end wrapper, API

Odtienenie logiky jadra konverzačného agenta, wrapper, je v tejto práci rozdelený na dva logické celky. Prvý z nich implementuje napojenie na Facebook Graph API. Toto rozhranie vyžaduje autorizáciu každého volania pomocou prístupového tokenu získaného na platforme *Facebook for Developers* a špecifickú štruktúru samotného obsahu volania.

Druhý zo spomenutých logických celkov implementuje verejné API, ktoré bolo v práci navrhnuté. Pri návrhu tohto verejného API chatbota bola dodržiavaná architektúra HTTP

⁴<https://developers.facebook.com/docs/messenger-platform/send-messages/>

⁵<https://www.kroko.live/chat>

REST. Pre jednoduchosť bolo navrhnuté veľmi minimalisticky a celé pozostáva iba z dvoch end-pointov.

1. Načítanie histórie správ z predošlých interakcií:

- request **GET** /history
- response

```
1 {
2   "identifier": "e1cqqsu14"
3   "conversation": [
4     {
5       "type": "incoming",
6       "msg": "Ahoj člověk! Tak začneme?",
7       "timestamp": 1557591392
8     },
9     {
10      "type": "outgoing",
11      "msg": "Ahoj Kroko! Jak se máš?",
12      "timestamp": 1557591500
13    }
14  ]
15 }
```

2. Zaslání správy chatbotovi, odpověď servera obsahuje jeho odpověď v konverzácii.

- request **POST** /converse

```
1 {
2   "identifier": "e1cqqsu14",
3   "message": "Ahoj Kroko, jak se máš?"
4 }
```

- response

```
1 {
2   "identifier": "e1cqqsu14"
3   "responses": [
4     {
5       "msg": "Já se mám dnes super!"
6     }
7   ]
8 }
```

Obe metódy majú ako povinný parameter unikátny identifikátor sedenia, resp. užívateľa, na základe ktorého jadro chatbota dokáže udržiavať kontext a históriu konverzácie. Detailná dokumentácia rozhrania je verejne dostupná v službe ApiAry.io⁶.

Jadro konverzačného agenta

Jadro konverzačného agenta obsahuje jeho hlavnú logiku. Nachádzajú sa tu definície tried rámcov jednotlivých prípadov užitia (viď rámce, kap. 2.3), vyhodnocuje sa tu kontext konverzácie a extrahujú potrebné informácie z prirodzeného vstupu. V jadre je v návrhu umiestnená dvojica komunikujúcich logických modulov, spracovanie prirodzeného jazyka a určenie zámeru užívateľa. Obe tieto moduly sú zastúpené službami tretích strán. K spracovaniu českého jazyka je použitá otvorená služba Univerzity Karlovej, UDPipe⁷ a k určovaniu zámeru užívateľa z prirodzeného textu je použitá trénovateľná služba Wit.ai.

Implementácia jadra je navrhnutá v jazyku Python3 a celá táto aplikácia (na obr. 3.3 vyznačená červenou) v sebe bude zahrňať aj messaging wrapper a tvorbu odpovedí.

Datová vrstva a naviazanie dát

Datová vrstva, teda úložisko perzistentných dát je navrhnutá ako oddelená aplikácia, ideálne na oddelenom serveri prístupná iba aplikácii jadra chatbota. Obsahuje štruktúrované dáta vedomostí chatbota, ktoré sú pravidelne aktualizované z externých zdrojov (brno.cz, Google). Oddelenie tejto aplikácie na vlastný server a použitie medzipamäte je z dôvodu čo najrýchlejšej odozvy pri požiadavkách jadra chatbota. Datová vrstva je navrhnutá v jazyku PHP 7.2 s databázovým systémom MySQL, cachovacím systémom Redis a k vyhodnocovaniu požiadaviek slúži framework Symfony.

Proces naviazania na dáta informačného systému bol bohužiaľ komplikovaný. Potrebné dáta – kontakty na zamestnancov a informácie k najčastejším otázkam „*Potřebuji si vyřídit*“ zatiaľ nie sú podľa vyjadrenia vedúceho oddelenia dát, analýz a evaluácií, Mgr. Jána Zvaru dostupné v podobe verejnej databázy. Preto bol pre tento účel vytvorený *web scraper*⁸, ktorý pravidelne ukladá potrebné dáta z webu brno.cz do datovej vrstvy chatbota.

Tvorba odpovedí

Funkcia tvorby odpovedí sa v návrhu vyskytuje ako súčasť python aplikácie chatbota. Podľa vyhodnotenia jadra konverzačného agenta dostáva táto trieda pokyn k výberu odpovede a prípadné dáta potrebné k vytvoreniu tejto odpovede. Vzhľadom na jasne definovanú množinu prípadov užitia chatbota Kroka, množinu odpovedí návrh popisuje ako ručne predvytvorené vety a hlášky v podobe reťazcov. Tieto reťazce sú štruktúrované v objektoch typu JSON. Každá možná odpoveď chatbota má pritom definovaných niekoľko podôb, ktoré pri konverzácii pravidelne rotujú. To má zabrániť vypisovaniu totožnej odpovede niekoľko krát za interakciu.

⁶<https://kroko.docs.apiary.io>

⁷<http://lindat.mff.cuni.cz/services/udpipe/>

⁸Web scraper – počítačový program k extrakcii dát z webových stránok

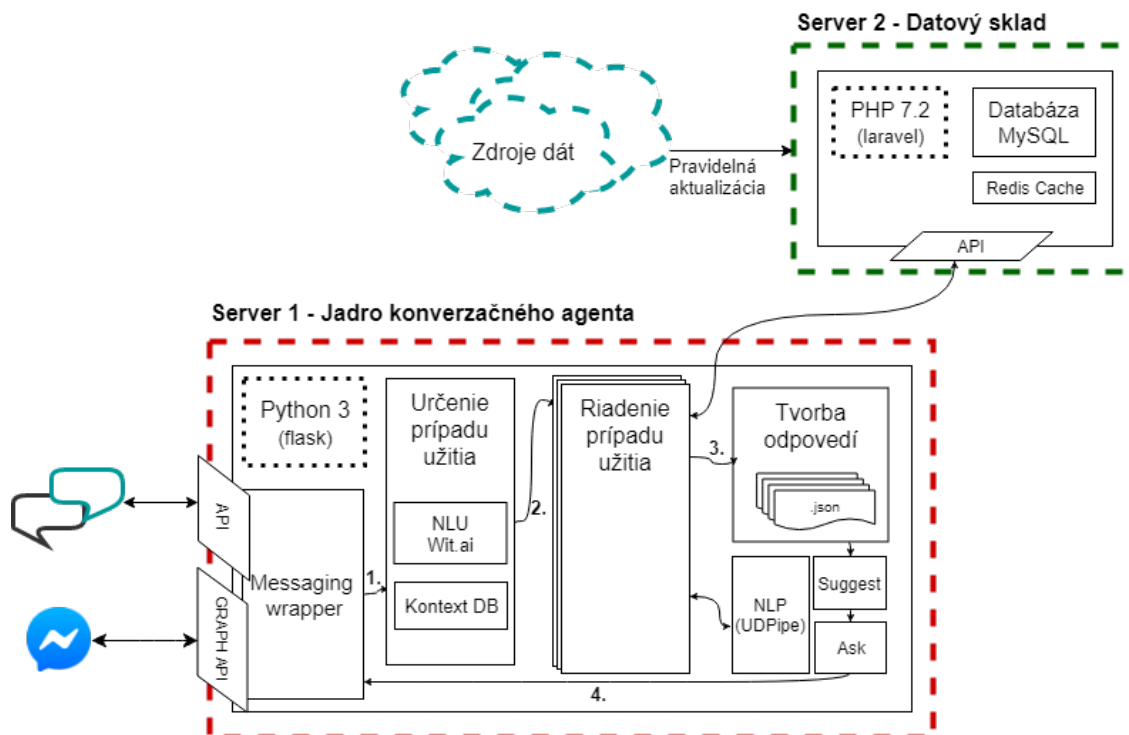
Kapitola 4

Implementácia konverzačného agenta

Táto kapitola sumarizuje ako základné prvky technickej stránky chatbota, tak aj popis zaujímavých riešení niektorých problémov.

4.1 Štruktúra projektu

Pre lepšiu orientáciu pri popise štruktúry projektu je na úvod uvedený náčrt technickej štruktúry projektu. Na obrázku 4.1 je číslami znázornený postup pri spracovaní jedného dotazu od užívateľa. Každý dotaz postupne prechádza niekoľkými komponentami pričom ich úlohy budú vysvetlené v tejto kapitole.



Obr. 4.1: Štruktúra implementovaného chatbota Kroka.

4.2 Server 1 – jadro chatbota

Jadro chatbota obsahuje jeho hlavnú logiku. V tejto práci je jadro implementované ako jedna samostatná aplikácia nasadená na vzdialenom serveri. Táto aplikácia je vytvorená ako webová služba dostupná prostredníctvom HTTP protokolu. Rozhranie aplikácie je definované podľa pravidiel REST API architektúry.

Použité technológie a knihovne

Jadro implementovaného chatbota je vytvorené v jazyku Python verzia 3.7.1. Jedná sa o webovú aplikáciu a musí byť nasadená na webovom serveri. Vytvorená produkčná inštancia beží na serveri NGINX, avšak nie je to limitované a aplikáciu je možné nasadiť na širokej škále webových serverov ako Apache, Docker, ... Aplikácia využíva viacero importovaných knihozien ktoré uľahčujú radu vedľajších úloh.

Flask web microframework Flask¹ je webový mikroframework napísaný v jazyku Python. Slovo mikro v tomto nástroji znamená, že jeho jadro je minimalistické, jednoduché, ale naopak ľahko rozširiteľné. Flask v našej aplikácii využívame v module messaging wrapper na prácu s HTTP protokolom. Pomocou knihovne Flask sú prijímané dotazy zo strany prezentačnej vrstvy (chatovacích aplikácií) na API rozhranie. Rovnako tak pomocou tohto nástroja sú späť zasielané odpovede. S knihovňou Flask bola jednoduchými direktívami definovaná množina vstupných HTTP end-pointov do chatbota a príslušné funkcie, ktoré ich obsluhujú. Flask tiež uľahčuje určiť metódu volania (GET, POST, ...) a načítať prijímané dáta z tela volania. Tento nástroj je možné používať pod *BSD licenciou*.

Google Maps API wrapper Knižovňa Google Maps API wrapper² umožňuje jednoducho a systematicky pristupovať k službe Google Maps prostredníctvom aplikačného rozhrania API. Produkt Google Maps je v tomto projekte využitý na geokódovanie súradníc a vyhľadávanie spojení verejnej hromadnej dopravy. Využitie knihovne k obstarávaniu volaní rozhrania Google Maps prispieva k budúcej udržateľnosti celého projektu. Definície aplikačného rozhrania sa síce periodicky updatujú, ale táto udržiavaná knihovňa zabezpečuje vždy funkčný prístup bez akýchkoľvek zmien v kóde projektu. Knižovňa Google Maps API wrapper je použitá pod licencovaním *Apache License 2.0*.

Messaging wrapper

Táto trieda implementuje výmenu správ s dvojicou vybraných prezentačných aplikácií. Vo veľkom rozsahu používa HTTP mikroframework Flask. Po prijatí správy od užívateľa ju spolu s identifikátorom užívateľa ihneď posúva ďalej do triedy určenia prípadu využitia. Po ukončení procesov jadra chatbota zasa prijíma pole pripravených odpovedí (akcia č. 4. v obrázku 4.1), ktoré odosiela príslušnému užívateľovi, jednu za druhou. V tejto triede bola implementovaná aj logika vytvárania časového odstuhu odosielaných odpovedí a odosielania indikátorov videní správ (*seen*) a písania správ (*typing*). Pomyselnú rýchlosť „písania“ chatbota som stanovil na 100 WPM³ čo predstavuje vyše dvojnásobok rýchlosti písania priemerného človeka (40 WPM).

¹<http://flask.pocoo.org/>

²<https://github.com/googlemaps/google-maps-services-python>

³WPM - words per minute

Táto časť jadra konverzačného agenta preberá od modulu messaging wrapper datový objekt, ktorý obsahuje reťazec správy a identifikátor užívateľa. Identifikátor užívateľa nemá zo strany chatbota predpísaný formát a závisí iba na aplikácii prezentačnej vrstvy, aký používa. Napríklad aplikácia Messenger používa pre užívateľa jedenásťmiestny numerický kód. Webový chat vytvorený v tomto projekte identifikuje každého užívateľa, resp. sedenie (*session*) pomocou alfanumerického reťazca ôsmich znakov uvedených prefixom, ktorý je unikátny pre túto prezentačnú aplikáciu (napríklad *kc_4g5f6d85*, prefix *kc* v zmysle *Kroko Chat*).

Ak užívateľ nemá v krátkodobom kontexte konverzácie nastavený aktuálne žiadny prípad užitia, využije sa služba porozumenia – Wit.ai (náčrt fungovania na viď obrázok 4.2).



Riadenie prípadu užitia

32

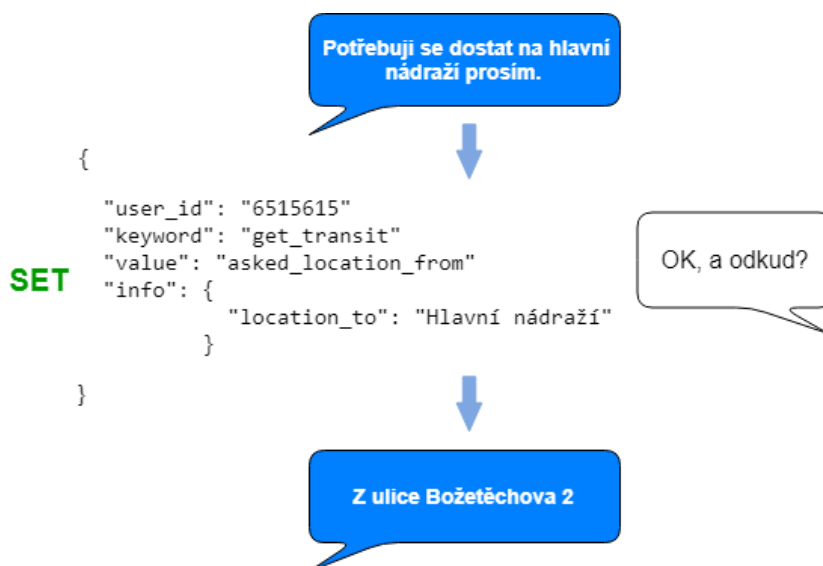
Ak si to stav vyžaduje, pri jeho spracovávaní je možné volať ostatné moduly. Modul spracovania prirodzeného jazyka sa môže vyvolať v prípade potreby extrakcie nejakej informácie zo správy (napr. cieľová stanica). Od modulu datovej vrstvy je možné žiadať napríklad dáta potrebné k vytvoreniu odpovedí. Každý jeden stav riadenia prípadu užitia musí na základe svojho vyhodnotenia pokračovať do iného stavu alebo ukončiť daný prípad užitia. Pri prechode do ďalšieho stavu sa určí odpoveď, ktorá sa má vygenerovať na odoslanie užívateľovi a nastaví sa objekt kontextu vzhľadom na ďalší stav. Kompletné znázornenie konečného automatu prípadu užitia „vyhľadanie kontaktu na zamestnanco“ je k nahliadnutiu v prílohe C.

Udržiavanie kontextu Kontext sa zvyčajne nastavuje pri odoslaní odpovede užívateľovi. Následne pri prijatí ďalšej správy od užívateľa je možné určiť, čoho sa odpoveď týka, resp. v akom kontexte užívateľ hovorí.

Mechanizmy, ako najlepšie udržiavať kontext u konverzačných agentov a chatbotov zatiaľ nie sú v literatúre popísané a preto som navrhol vlastný systém. Kontext konverzácie s užívateľom je v chatbote reprezentovaný perzistentným databázovým objektom ktorý sa skladá z nasledujúcich informácií.

- **user_id** – jedinečný identifikátor užívateľa
- **context_keyword** – určuje v akom use-case sa pohybujeme
- **context_value** – určuje, čo posledné chatbot odpovedal
- **context_additional_info** – pomocné dáta slúžiace ku krátkodobému uloženiu

Dobrým príkladom, kedy je ukladanie kontextu využité, je dopytovanie dopĺňujúcich informácií, ktoré je nutné zistiť od užívateľa k dokončeniu aktuálneho use-case. Na obrázku 4.3 je znázornené nastavenie kontextu. Následne pri prijatí odpovede už chatbot vie, že adresa *Božetěchova 2* predstavuje východzie miesto multimodálnej navigácie, ktorú chce užívateľ použiť.



Obr. 4.3: Spôsob riadenia kontextu v konverzácii.

Tvorba odpovedí

Trieda tvorby odpovedí prijíma od tried riadenia prípadu rozhodnutie, aká odpoveď sa má užívateľovi odoslať spolu s dátami potrebnými na zostavenie tejto odpovede. Šablóny odpovedí, ktoré boli v tomto projekte vytvorené, sú podľa prípadu užitia uložené v súboroch vo formáte JSON⁴. Pri odpovediach, ktoré ukončujú daný prípad užitia alebo pri voľnej konverzácii *small-talk*, sa vyskytuje príznak, na základe ktorého môže chatbot pripojiť správu, ktorou nadväzuje novú tému. Pripájanie týchto správ je implementované v pomocných triedach *Suggest* a *Asking*.

Asking V pasážach voľnej konverzácie sa chatbot pýta užívateľov na rôzne veci, ktoré môže neskôr použiť. Obecne si odpovede na otázky triedy *Asking* ukladá do dlhodobého kontextu.

- „Hele, zkus mě jedním slovem ohodnotit.“
- „Jaká je tvá oblíbená restaurace v Brně?“

Suggest Chatbot sa snaží, aby sa konverzácia nikdy neukončila. Trieda *Suggest* slúži k informovaniu o schopnostiach chatbota. Prípadne uvádza užívateľom nové funkcie.

- „Hele, zkus mě jedním slovem ohodnotit.“
- „Jaká je tvá oblíbená restaurace v Brně?“

Implementovaním týchto tried sa úplne zamedzí „mŕtvemu“ ukončeniu konverzácie zo strany chatbota. Po ukončení prebehnutej témy alebo prípadu užitia sa snaží okamžite položiť otázku alebo doporučiť, čo môže užívateľ robiť ďalej.

⁴JSON – JavaScript Object Notation

4.3 Server 2 – datový sklad

Druhý server, datový sklad, je v tomto projekte využívaný najmä na podporné úlohy, ktorých vykonávanie na serveri jadra chatbota by kriticky spomaľovali jeho fungovanie.

Použité technológie a knihovne

Aplikácia datového skladu je implementovaná v jazyku PHP verzie 7.2. Rovnako ide o aplikáciu nasadenú na webovom serveri, v tomto prípade so systémom *Apache*. Pre udržateľný budúci vývoj projektu a dosiahnutie čo najlepšieho výkonu sme znova použili viacero nástrojov a webový framework.

Laravel Laravel je PHP webový framework s architektúrou MVC⁵, ktorý v tomto projekte uľahčuje prácu s perzistentnými dátami. Laravel totiž implementuje vlastný *ORM*⁶ systém, vďaka ktorému ide prehľadne vytvárať databázové vzťahy a pracovať s dátami. Tento nástroj tiež pomáha s autentizáciou a spracovaním HTTP požiadaviek zo strany jadra. Framework Laravel je možné používať s *licenciou MIT*.

MySQL + Redis Ako databázový systém bol v tomto projekte zvolený MySQL. K zvýšeniu odozvy bola zapojená aj medzipamäť, implementovaná systémom Redis. K ukladaniu istého modelu do medzipamäte dochádza v momente, kedy ho dotazuje jadro chatbota alebo ak sa modifikujú jeho originálne dáta. Systém MySQL je dostupný pod licenciou GPL a systém Redis pod licenciou BSD.

Získavanie dát zo zdrojov

Hlavnou úlohou tohto serveru je napojenie externých zdrojov dát na jadro konverzačného agenta. Pri procese napojenia dát z informačného systému mesta Brno nebolo možné použiť jeden, štruktúrovaný zdroj dát. Zo strany oddelenia dát mesta Brno nemohol byť poskytnutý, pretože takýto verejný zdroj nemajú vytvorený. Získavanie potrebných dát je riešené vytvorením *web scraper-a*, teda programu, ktorý sťahuje z verejne dostupných webových stránok požadované informácie. Týmto spôsobom sú získavané kontakty na zamestnancov mesta Brno a informácie zo sekcie *Potřebuji si vyřídit*.

Kontakty na zamestnancov sa klasickou cestou vyhľadávajú zadaním parametrov do políček formulára a odoslaním. Po kliknutí *vyhľadať* sa zobrazia relevantné výsledky. Webový scraper implementovaný v tejto práci tiež využíva tento postup – odosiela request metódy POST a emuluje rovnaký payload ako klasický prehliadač. Postupne iteruje nad písmenami abecedy a nastavuje parameter *příjmení*. Jedným dotazom tak získa všetkých zamestnancov s príjmením začínajúcim na dané písmeno.

Sťahovanie dát pomocou web scraperu prebieha periodicky raz za každých 7 dní. Nevýhodou tohto prístupu je nutnosť pravidelnej kontroly správnej extrakcie dát. Web scraper je naprogramovaný na konkrétnu, aktuálnu organizáciu webovej stránky a nedokáže sa prispôbiť prípadným neohláseným zmenám, ktoré môžu nastať.

⁵MVC – Model, View, Controller

⁶ORM – Object Relation Mapping

Vizualizácia spojení

Časť aplikácie, ktorá je zodpovedná za vizualizáciu vyhľadanych spojení multimodálnej navigácie, je tiež umiestnená na serveri č. 2. V priebehu konverzácie s chatbotom Krokom užívateľ určí trasu svojej cesty a následne získa URL odkaz na webovú stránku s vizualizáciou spojení. K vytvoreniu webu vizualizácií bol použitý front-end framework Vue.js dostupný pod *licenciou MIT*.



Obr. 4.4: Ukážka vizuálu zobrazených spojení.

Dizajn Inšpiráciou s dizajnu bol prieskumník verejnej dopravy použitý v službe Google Maps⁷. Vyhľadané spojenia sú zobrazené na horizontálnej ose s možnosťou posúvania (viď obr. 4.4). Jednotlivé presuny sú odlíšené farbou a ich časová dĺžka je vyjadrená dĺžkou na ose. Webová stránka s vizualizáciou je responzívna, teda prispôsobená k zobrazeniu na zariadeniach všetkých rozlíšení.

⁷www.google.com/maps

Kapitola 5

Vyhodnotenie užívateľského testovania

Overenie, do akej miery je vypracované dielo úspešné, by malo byť súčasťou každého projektu. Spôsoby tohto overenia sú rôzne a závisia najmä na type overovanej práce. Práce zaoberajúce sa vylepšením algoritmov podstupujú najmä testy stability alebo kompatibility. Projekty zamerané na návrh a implementáciu užívateľského rozhrania sa zvyčajne po ukončení prác validujú užívateľskými testami. Po implementovaní chatbota sa táto práca venovala práve návrhu užívateľského testovania, jeho protokolu a stanoveniu kritérií úspechu. Kritéria úspechu predstavujú vopred stanovené ciele, ktorých dosiahnutie pri testovaní sa považuje za úspech a projekt ako úspešný. V tejto práci stanovujem ako kritéria úspechu hodnoty 80% úspešnosť vyhľadania potrebnej informácie a 90% podiel užívateľov spokojných so zážitkom z interakcie.

Konverzačné užívateľské rozhrania sú medzi širokou laickou verejnosťou novinkou a mnoho z nich ešte nemalo možnosť interagovať s nejakým agentom. Ako jeden z čiastkových cieľov tejto diplomovej práce bol stanovený aj prieskum v oblasti vnímania chatbotov a konverzačných rozhraní medzi ľuďmi. V tomto prieskume bolo cieľom zistiť aktuálny stav, ako rozšírení sú chatboti, či ich ľudia vnímajú pozitívne alebo negatívne, k akým úlohám by ich radi používali a naopak, kedy by radšej ďalej používali existujúce riešenie. V druhej, logicky oddelenej časti prieskumu, sa nachádzali otázky, ktoré zisťovali medzi opýtanými, ako sa im „pracovalo“ s chatbotom Krokom. Túto kapitolu venujeme vyhodnoteniu testovania a diskusii o ďalšom vývoji chatbota Kroka, resp. konverzačných agentov pre iné mestá.

5.1 Spôsob testovania

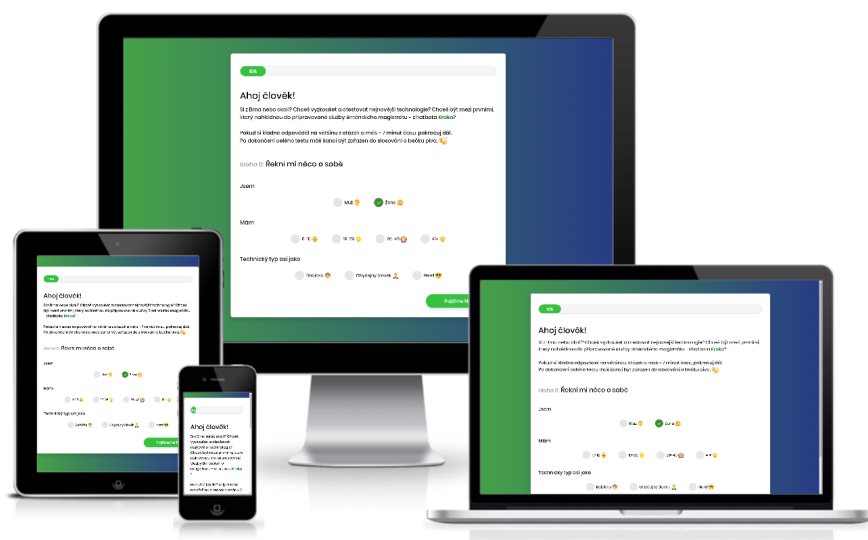
Cieľom práce bolo vykonať testovanie na čo najviac početnej a rôznorodej vzorke ľudí. K dosiahnutiu tohto cieľa bol vytvorený pútavý a „ľahko stráviteľný“ on-line dotazník¹ (viď obrázok 5.1). Otázky dotazníka boli zostavené s pomocou znalostí z webových zdrojov [13] a [3]. Dotazník bol vypracovaný s množstvom pomocných a vysvetľujúcich textov, aby ho ľudia boli schopní dokončiť aj bez prítomnosti človeka vykonávajúceho testovanie. Pri výbere testovacích subjektov neboli vytvorené žiadne limitácie a dotazník bol voľne dostupný k vyplneniu širokej verejnosti. Subjekty, ktoré podstúpili toto testovanie bude možné rozradiť na základe troch demografických otázok, ktoré sa nachádzajú v úvode dotazníka (vek, pohlavie a technická zdatnosť).

¹On-line dotazník – <https://www.kroko.live/testovani>

Propagácia on-line dotazníka

Vzhľadom na to, že v tejto práci bol implementovaný konverzačný agenta pre mesto Brno, v propagácii užívateľského dotazníka som sa zamerlal najmä na ľudí žijúcich v Brne. Ako motiváciu k vyplneniu bolo vytvorené žrebovanie o výhru 50 litrového sudu piva. Podmienkou zapojenia sa bolo práve vyplnenie dotazníka. Možnosť vyplniť dotazník bola zverejnená a propagovaná na viacerých miestach:

- konferencia študentských prác Excel@FIT 2019 (viac v prílohe A),
- platená reklama na sociálnej sieti Facebook so zameraním na segment *obyvatelia Brna*,
- propagačné materiály na brnenských fakultách vysokých škôl



Obr. 5.1: Responzivný on-line dotazník vytvorený k užívateľskému testovaniu.

Otázky dotazníka boli logicky rozdelené do dvoch skupín. Prvá časť obsahovala otázky zamerané na doterajšie skúsenosti s chatbotmi a názor na ne. Ďalej dotazník zisťoval prípadné výhrady voči chatbotom, všeobecný záujem ich využívania alebo ich používania v konkrétne ponúknutých prípadoch. Druhá časť obsahovala dve krátke praktické úlohy a otázky, ktoré sa sústredili na vytvoreného mestského chatbota Kroka. V týchto úlohách museli opýtaní interagovať s Krokom a zistiť požadované informácie. V prvej úlohe to bolo telefónne číslo na primátora mesta Brno, v tej druhej šlo o vyhľadanie spojenia medzi dvoma bodmi v meste Brno. Po vykonaní týchto úloh ľudia hodnotili rýchlosť a užívateľský zážitok z interakcie. Nasleduje prehľad otázok, ktoré boli zaradené do prieskumu.

- **Otázky popisujúce subjekt**

- vek
- pohlavie
- technické zručnosti

- **Vzťah subjektu k chatbotom**

- Vieš čo je to chatbot?
- Konverzoval si niekedy s chatbotom?
- Vieš si predstaviť každodenné používanie chatbota?
- Na aké účely by si použil/nepoužil chatbota? Z možností:
 - Objednávka jídla on-line
 - Technická podpora
 - On-line bankovníctví
 - Odběr aktuálních zpráv
 - Odběr informací o kulturním dění
 - Vyhledávání cestovních spojení
 - Linka důvěry (psychologická pomoc)

- **Praktické úlohy s chatbotom Krokem**

- Vyhľadanie telefónneho čísla na primátora Brna
- Vyhľadanie spojenia v Brne
- Porovnanie so zaužívanými prístupmi (rýchlosť, užívateľský zážitok)

- **Názor na chatbota Kroka**

- Celkový užívateľský zážitok
- Páči sa ti idea mestského chatbota?
- Budeš používať chatbota Kroka?

5.2 Vyhodnotenie prieskumu

Aktívnou propagáciou dotazníka skúmajúceho vzťah širokej verejnosti ku konverzačným užívateľským rozhraniám a chatbotom bol dosiahnutý vysoký počet vyplnení. V dobe písania tohto textu, 20.5.2019, je to celkovo 76 vyplnených dotazníkov, čo dáva prieskumu adekvátnu kredibilitu. Stanovené kritéria úspechu tohto projektu boli dosiahnuté.

Demografický profil

Vzhľadom na vekovú skupinu v ktorej sa pohybujem a na miesta, na ktorých bol prieskum propagovaný, je skupina testovacích subjektov nevyvážená. Veľkú prevahu až necelých 70% majú muži v študentskom veku 19-26 rokov. Zúčastnení na prieskume sa vo väčšine považovali za priemerne technicky zdatných (až 60%), niektorí (v obsadení 36%), ale uviedli vyššiu zdatnosť a považujú sa za *technických nerdov*².

Vzťah ku konverzačným rozhraniám a chatbotom

Vo vzťahu k tejto práci, ktorá sa snaží rozšíriť používanie konverzačných užívateľských rozhraní a chatbotov, sú výsledky tejto časti prieskumu veľmi pozitívne. Prieskum ukázal, že chatboti sa už dostali do povedomia veľkej časti ľudí a mnohí z nich už dokonca s nejakým konverzovali. To dáva chatbotom dobrý základ na vybudovanie užívateľskej základne. Konkrétne, až 84% opýtaných vedelo, čo je to chatbot, a 67% opýtaných už aspoň raz konverzovalo s nejakým chatbotom, resp. konverzačným agentom. V otázke, či by opýtaní mali akékoľvek výhrady, či už bezpečnostné alebo súkromné, kôli ktorým by nechceli používať chatbotov, tretina z nich priamo odpovedala, že žiadne nemá. Asi 60% odpovedalo, že záleží na okolnostiach a 10% opýtaných nechce používať chatbotov v akejkolvek forme.

Z poskytnutej množiny možných prípadov, v ktorých by opýtaní radi využili chatbotov, mali najväčší úspech možnosti objednať si donášku jedla on-line a vyhľadávanie cestovných spojení. Naopak, pri otázke, v ktorom prípade by neradi použili chatbota, najviac opýtaných označovalo možnosť psychologickej pomoci (linka dôvery).

Hodnotenie chatbota Kroka

Druhá časť dotazníka sa venovala praktickému otestovaniu vytvoreného mestského chatbota Kroka. Úlohou opýtaných bolo vyhľadať požadované informácie najprv pomocou chatbota Kroka, potom pomocou ich zaužívaných nástrojov (google, brno.cz).

Vyhľadanie telefónneho čísla na primátora/primátorku mesta Brno bolo prvé z praktických zadaní. Asi 80% z ľudí, ktorý vykonali túto úlohu, vedeli nájsť pomocou implementovaného chatbota správnu informáciu. Pomocou svojich tradičných zdrojov dokázali nájsť túto informáciu skoro všetci opýtaní (95%). Hodnotenie rýchlosti, akou bola vyhľadaná táto informácia, je vyrovnané. Skoro presná polovica testovaných subjektov označila za rýchlejšieho chatbota, druhá polovica vlastný zdroj.

Zaujímavým pozorovaním je zloženie týchto skupín. Chatbota označovali za rýchlejšieho skôr ľudia s priemernými technickými zručnosťami a naopak, „nerdi“ zvládali splniť úlohu rýchlejšie pomocou svojich zaužívaných prostriedkov.

Vyhľadanie spojenia v meste Brno bolo druhé praktické zadanie testovania. Úspešnosť vyhľadania dopadla skoro totožne ako predošlá úloha, teda 80% opýtaných úspešne vyhľadalo spojenie chatbotom a všetci opýtaní dokázali vyhľadať spojenie svojím doterajším

²nerd – nadpriemerne inteligentný človek (slang)

spôsobom. Iba 45% ľudí však hodnotilo chatbota za rýchlejší spôsob vyhľadania. Na druhej strane, väčšina (87%) ľudí sa nájdená vizualizácia spojenia páčila viac ako vizualizácia v ich doterajšom nástroji.

Idea vytvorená v tejto práci, implementácia mestského chatbota Kroka, sa páči až 97% opýtaných a hodnotí ju kladne. Celkový užívateľský zážitok po vyskúšaní chatbota Kroka ohodnotilo ako bezproblémový až 84%, zvyšok avizoval potrebu chatbota vylepšiť. Vôľu používať aj naďalej vytvoreného chatbota prejavilo 82% opýtaných.

Zverejnenie výsledkov prieskumu

Kompletné výsledky prieskumu, teda percentuálne zastúpenie odpovedí na všetky otázky, sú zverejnené v interaktívnej forme na webovej stránke www.kroko.live/vysledky. Vizualizácia výsledkov bola vytvorená v službe Google Data Studio³. Cieľom zverejnenia výsledkov prieskumu je poskytnúť vývojárskej komunite ukážku, že ľudia sú pripravený interagovať s konverzačnými užívateľskými rozhraniami a popudí tak impulz k vývoju nových chatbotov a konverzačných rozhraní.

5.3 Budúcnosť a možnosti monetizácie

Práce na projekte, ktorý bol vytvorený v tejto diplomovej práci, budú pokračovať aj naďalej. Aktuálne má chatbot Kroko za sebou už interakcie s vyše 100 užívateľmi, idea bola veľmi dobre prijatá a validovaná v užívateľskom prieskume, rovnako ako členmi rady mesta Brno *pro chytré a otevřené město* (viac v prílohe B).

V najbližšom pokračovaní prác je naplánovaná propagácia chatbota v mestských internetových denníkoch a na Facebook stránkach. Je totiž kľúčové vybudovať početnú základňu aktívnych užívateľov. Následne je v pláne rozširovať vedomostnú doménu chatbota a prípady využitia, ktoré podporuje.

Po vybudovaní užívateľskej základne je nutné k prevádzke a údržbe chatbota vynaložiť aj finančné prostriedky. Službu mestského chatbota je možné preto **monetizovať**, teda nejakým spôsobom na nej zarábať. Medzi možnosťami, ktoré sú pre službu tohto typu k dispozícii, je určite napríklad priame spoplatnenie a prístup k chatbotovi až po zaplatení mesačnej platby. Tomuto spôsobu by som sa však chcel vyhnúť a zvolil by som skôr nepriamy spôsob monetizácie. Napríklad, ak by bola do vedomostnej domény chatbota pridaná schopnosť doporučiť reštaurácie, baru alebo služby, dobrým spôsobom získania finančných prostriedkov by bolo ponúkať komerčným subjektom popredné miesta v doporučeníach chatbota.

³datastudio.google.com

Kapitola 6

Záver

Táto diplomová práca sa zameriavala na oblasť konverzačných užívateľských rozhraní, špecificky na návrh a implementáciu chatbota určeného na podávanie informácií obyvateľom mesta. Práca bola vypracovaná v spolupráci so štatutárnym mestom Brno v rámci projektu *Brno Smart City*. Ciele diplomovej práce boli naplnené.

V kapitole 2 boli zhrnuté teoretické znalosti z literatúry potrebné k postupu na ďalších častiach diplomovej práce. Teoretická časť tejto práce sa zaoberala postupným vývinom užívateľských rozhraní od ich počiatku až dodnes, konverzačnými užívateľskými rozhraniami a konverzačnými agentmi – chatbotmi. Tieto poznatky boli využité v kapitole 3, kde bol vypracovaný návrh konceptu mestského chatbota, spôsob jeho implementácie a naviazanie potrebných dát. Kapitola návrhu sa podrobne venuje prípadom využitia chatbota, jeho vedomostnej doméne, technickej architektúre ale aj jeho prezentácii a propagácii. Následne bola aplikácia chatbota implementovaná a kapitola 4 obsahuje popis aplikácie a ukážky riešení zaujímavých problémov, ktoré bolo treba riešiť. Výsledkom tejto práce je hotová aplikácia chatbota, ktorá bola následne podrobená užívateľskému testovaniu.

Oslovení užívateľa, v počte 70, vypracovávali dve krátke úlohy, ktorými bola porovnávaná rýchlosť získavania požadovanej informácie pomocou chatbota a pomocou tradičných zdrojov. Pomocou chatbota, 52% užívateľov hlásilo rýchlejšie vyhľadanie kontaktu na zamestnanca mesta a až 82% ľudí hodnotilo vyhľadanie a vizualizáciu spojenia mestskej hromadnej dopravy ako príjemnejšie v porovnaní s ich doterajším vyhľadávačom. Užívateľské testovanie bolo spojené aj s prieskumom, ktorého cieľom bolo medzi opýtanými zistiť ich doterajšie skúsenosti s chatbotmi a názor na ne. Vyhodnoteniu testovania a prieskumu bola venovaná samostatná kapitola číslo 5.

Pri tvorbe tejto diplomovej práce sa naskytlí aj viaceré problémy. Pri štúdiu teoretických východísk boli častokrát v rôznych zdrojoch nájdené informácie, ktoré neboli jednotné. To pripisujeme faktu, že odbor konverzačných užívateľských rozhraní má relatívne krátku históriu štúdia. Pri implementácii ma prekvapilo najmä to, že potrebné dáta z informačného systému Brno.cz nám neboli sprístupnené v jednotnej, štruktúrovanej podobe.

Pri plánovaní ďalších prác na tomto projekte sa chcem zamerať najmä na rozšírenie vedomostnej domény chatbota a trénovanie rozhodovacieho modulu. Prípadní záujemci o túto problematiku sú schopní na príklade tejto implementácie a na základe vyhodnotenia prieskumu vytvárať nové aplikácie chatbotov s ďalšími prípadmi použitia, napríklad konverzačného agenta k objednávke jedla.

Literatúra

- [1] Batish, R.: *Voicebot and Chatbot Design*. Birmingham, UK: Packt Publishing, 2018, ISBN 978-1-78913-962-4.
URL <https://learning.oreilly.com/library/view/voicebot-and-chatbot/9781789139624/>
- [2] Brownlee, J.: Conversational interfaces, explained. *Fast Company*, Jul 2018, accessed: 2019-05-21. Somerville, US.
URL <https://www.fastcompany.com/3058546/conversational-interfaces-explained>
- [3] Content, J.: 31 Questions Every Designer Should Ask When Testing Prototypes. Apr 2019.
URL <https://www.usertesting.com/blog/31-questions-every-designer-should-ask-when-testing-prototypes/>
- [4] van Dam, A.: Post-WIMP user interfaces. *Commun. ACM*, ročník 40, č. 2, Február 1997: s. 63–67, ISSN 0001-0782, doi:10.1145/253671.253708, v New York, USA.
URL <http://doi.acm.org/10.1145/253671.253708>
- [5] Hevner, A.; Chatterjee, S.: *Design research in information systems: theory and practice*, ročník 22. New York, US: Springer, 2010, ISBN 9781441956521.
- [6] Jurafsky, D.: Dialog Systems and Chatbots. *From Languages to Information*, Jan 2019, accessed: 2019-05-21. Stanford, US.
URL <http://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/24.pdf>
- [7] Kumar, R.: *Human computer interaction*. New Delhi, India: Laxmi Publications Pvt Limited, 2008, ISBN 9788131802809.
URL <https://books.google.cz/books?id=Nal4RAAACAAJ>
- [8] Margalit, L.: The Psychology of Chatbots. *Psychology Today*, 2016, v New York, USA.
URL <https://www.psychologytoday.com/us/blog/behind-online-behavior/201607/the-psychology-chatbots>
- [9] Mielke, C.: Conversational interfaces: where are we today? Where are we heading? *Smashing Magazine*, Jul 2016.
URL <https://www.smashingmagazine.com/2016/07/conversational-interfaces-where-are-we-today-where-are-we-heading/>
- [10] Nivre, J.: Czech POS tags. *Universal features*, accessed: 2019-05-21.
URL <http://universaldependencies.org/cs/pos/index.html>

- [11] Nosovicki, D.: What is an advantage about a text interface? *Quora*, Jul 2018, accessed: 2019-05-21.
URL <https://www.quora.com/What-is-an-advantage-about-a-text-interface>
- [12] Si, M.: Microsoft expands presence of AI platform Xiaoice. *China Daily*, 2018, accessed: 2019-05-21.
URL <http://www.chinadaily.com.cn/a/201807/28/WS5b5baf5ea31031a351e90b14.html>
- [13] Veal, R.: How To Write Effective Usability Testing Questions: A Beginner's Guide. 2018, accessed: 2019-05-21.
URL <https://careerfoundry.com/en/blog/ux-design/how-to-write-usability-testing-questions/>
- [14] Weizenbaum, J.: ELIZA: Computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Commun. ACM*, ročník 9, č. 1, Január 1966: s. 36–45, ISSN 0001-0782, doi:10.1145/365153.365168, v New York, USA.
URL <http://doi.acm.org/10.1145/365153.365168>
- [15] Zhou, L.; Gao, J.; Li, D.; aj.: The Design and Implementation of XiaoIce, an Empathetic Social Chatbot. *arXiv preprint arXiv:1812.08989*, 2018, v Cornell University, US.

Príloha A

Účasť na konferencii Excel@FIT 2019

Na fakulte informačných technológií VUT Brno sa každoročne koná študentská konferencia inovácií, technológií a vedy v IT. Študenti fakulty tam prezentujú svoje zaujímavé nápady, technické riešenia a odborné výsledky. V ročníku 2019 som sa do konferencii zapojil s touto diplomovou prácou. Moja práca získala v hlasovaní verejnosti 21 preferenčných hlasov, pričom každý návštevník mohol odceňiť práve 5 prác. Na nasledujúcej strane je pripojený náhľad plagátu, ktorý bol vytvorený k účasti na tejto konferencii.

Príloha B

Prezentácia rade mesta Brno

Dňa 25.4.2019 som sa zúčastnil na zasadnutí komisie rady mesta Brno pro chytré a otvorené město. Prezentoval som tam túto diplomovú prácu a jej výsledky. Nápad a jeho spracovanie bolo prijaté s veľkým záujmom a hneď na tomto zasadnutí som bol zaradený do ich pracovnej skupiny.



Obr. B.1: Prezentácia rade mesta Brno pro chytré a otevřené město.

Príloha C

Vyhľadanie kontaktu na zamestnanca

V priloženej schéme na nasledujúcej strane je načrtnutý zjednodušený tok konverzácie v prípade vyhľadávania kontaktu na nejakého zamestnanca magistrátu mesta Brno. Zelenou bublinou je znázornený turn chatbota Kroka, červeným je užívateľov turn.

