

Diplomová práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra měření

Frontend iQR navigačního systému

Bc. Richard Burkoň

Vedoucí: Ing. Martin Šipoš, Ph.D.

Oponent: Ing. Václav Navrátil, Ph.D.

Obor: Otevřená informatika

Studijní program: Počítačová grafika

Září 2021

Poděkování

Při vytváření této práce bych chtěl poděkovat svému kolegovi Davidu Krejčímu, za spolupráci na backendu této aplikace, vedoucímu práce Ing. Martinu Šipošovi, Ph.D. a Technickoprovoznímu oddělení Fakulty elektrotechnické a Fakulty strojní ČVUT v Praze za pomoc při získávání mapových podkladů a nasazování aplikace na webovou subdoménu *fel.cvut.cz* a svým kamarádům a spolužákům za pomoc během testování aplikace a náměty ke zlepšení.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Praze, 8. září 2021

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je vytvoření frontendu indoor QR navigačního systému, pomocí kterého si uživatel může nejen prohlížet mapové podklady budovy, ale také v ní najít nejkratší trasu. Součástí je také administrační rozhraní pro správu budov. Pro lokalizaci uživatele jsou využívány QR kódy fyzicky umístěné v budově. V práci je představený celý proces vývoje od prvotního návrhu, přes vývoj a testování, až po praktickou realizaci, tj. nasazení systému v rámci budovy FEL ČVUT v Praze a analýzu získaných dat z testovacího provozu včetně podnětů k dalšímu rozvoji.

Klíčová slova: qr kód, indoor navigace, plánování tras, vytváření map, výpočetní geometrie

Vedoucí: Ing. Martin Šipoš, Ph.D.
Katedra měření – K13138

Abstract

This diploma thesis aims to create a frontend of an indoor QR navigation system, with which the user can view the map data of the building and find the shortest route in it. QR codes for locating the user are physically located in the building. The interface for the administration of building management is also included. The work presents the entire development process from the initial idea, through development and testing, to practical implementation, i.e., the deployment of the system within the building of FEE CTU in Prague and the analysis of data obtained from the testing process, including incentives for further development.

Keywords: qr code, indoor navigation, route planning, map creating, computational geometry

Title translation: Frontend of iQR Navigation System

Obsah

1 Úvod 1

Část I

Analýza existujících řešení pro navigaci uvnitř budov

2 Lokalizace uživatele pomocí pozičních technologií 5

2.1 IEEE 802.11 (Wi-Fi) 5

2.2 Bluetooth 6

2.3 Ultra-wideband 7

2.4 Visible Light Communication (Li-Fi) 7

3 Lokalizace uživatele bez pozičních technologií 9

3.1 AR vizuální lokalizace 9

3.2 S využitím gyroskopu a akcelerometru 10

3.3 Pomocí QR kódů 10

4 Nástroje pro vytváření a zobrazení map 11

4.1 Google Maps 11

4.2 OpenStreetMaps 12

4.3 Další alternativy 12

Část II Realizace

5 Použité technologie 17

5.1 Frontend 17

5.1.1 Canvas – zobrazení mapy ... 18

5.1.2 Souřadné systémy 21

5.1.3 Datové a akcelerační struktury 22

5.2 Backend 23

5.2.1 Quick Response (QR) kódy . 23

6 Uživatelská administrace 27

6.1 Správa budov 27

6.2 Mapový editor 28

6.2.1 Wall manager 30

6.2.2 Room manager 33

6.2.3 Route manager 34

6.2.4 Nastavení 35

7	Prostředí pro návštěvníky	37
7.1	Vyhledávací obrazovka	38
7.2	Navigační obrazovka	39
7.3	Funkcionality	40
8	Realizace a testování	41
8.1	Vstupní data a plnění	41
8.2	Uživatelské testování	43
8.3	Testovací provoz	43
8.3.1	Analytika	44
8.3.2	Zpětná vazba	48
	Část III	
	Závěr	
	Přílohy	
A	Literatura	55
B	Zadání práce	59

Obrázky

5.1 První vytvořený prostor/mapa pro testování aplikace	19	6.9 Přehled všech ikoněk místností používaný v aplikaci	33
5.2 Ukázka QR kódu v Atriu Fakulty elektrotechnické	24	6.10 Ukázka umístění textu v místnosti	34
5.3 Ukázka QR kódu s trasou od vchodu Fakulty elektrotechnické do přednáškové místnosti D2-256	25	6.11 Ukázka navigačních tras	35
5.4 Ukázka samolepky s QR kódem pro rozmístění v rámci budovy Fakulty elektrotechnické	26	6.12 Ukázka bezbariérové a bariérové trasy	36
6.1 Ukázka administračního prostředí pro Správu budov	28	7.1 Ukázka prostředí pro návštěvníky	37
6.2 Ilustrace použití azimutu	29	7.2 Vyhledávací obrazovka	38
6.3 Ukázka Mapového editoru	30	7.3 Našeptávač vyhledávacího pole .	39
6.4 Ukázka asistenta pro přichycení k již existujícímu bodu nebo hraně	31	7.4 Navigační obrazovka	40
6.5 Ukázka asistenta pro přichycení k ose	31	8.1 Porovnání výkresů před úpravou a po úpravě	42
6.6 Ukázka asistenta pro přichycení pod určitým úhlem	32	8.2 Porovnání výkresů s překreslenou mapu v Mapovém editoru	42
6.7 Ukázka asistenta pro přichycení k hraně se stejnou vzdáleností	32	8.3 Porovnání původního výkresu v prostoru B3 ve třetím patře s reálným stavem v budově	43
6.8 Ukázka asistenta pro přichycení na střed	33	8.4 Plakát vyvěšený během testovacího provozu	44
		8.5 Umístění plakátu v budově	45
		8.6 Počet uživatelů webu v jednotlivých dnech	45

Tabulky

8.1 Podíl operačních systémů na používání aplikací v testovacím provozu	46
---	----

Kapitola 1

Úvod

Jakožto student Fakulty elektrotechnické ČVUT mám osobní zkušenost s hledáním učeben a místností a vím, že to není vždy jednoduché. Sám jsem dlouho přemýšlel, zda by nešlo tento problém řešit efektivní cestou, nicméně žádné snadno použitelné řešení jsem nenašel. Proto mě téma QR indoor navigačního systému velmi oslovilo. Během vytváření docházelo k rozšiřování práce o nové funkcionality a vlastnosti, díky kterým značně přesáhla původní rozsah.

Hlavním cílem této práce bylo vytvořit indoor navigační systém, který k nalezení polohy uživatele uvnitř budovy využívá QR kódy. Součástí bylo také administrační prostředí, které umožňuje spravovat navigační trasy. Navigovat musí být možné mezi více patry a u navigované trasy volit různé parametry. V průběhu vývoje se zadání na administraci rozšířilo o Mapový editor pro tvorbu vlastních map. Celá aplikace musí běžet v prostředí, které je multiplatformní a je možné ji spustit na všech běžných zařízeních. Součástí Mapového editoru je několik asistentů, kteří pomáhají při tvorbě stěn a cest.

Funkčnost aplikace je založená na tom, že uživatel naskenuje QR kód, který je umístěný uvnitř budovy. QR kód lze naskenovat libovolnou QR čtečkou, popřípadě i fotoaparátem mobilního zařízení. Uživateli se otevře webová stránka, na které je již spuštěná aplikace a uživatel ví, kde se v budově nachází. Následně zadá lokaci, do které by chtěl dorazit, a aplikace mu najde a zobrazí nejkratší možnou trasu dle zadaných parametrů.

Na stránkách níže je rozepsána analýza již existujících řešení pro navigaci uvnitř budov, analýza problému QR indoor navigačního systému včetně

1. Úvod

popisu použitých technologií, postup vývoje i včetně nalezených překážek, průběh testování a měsíc a půl dlouhého testovacího provozu včetně analytik a doporučení pro další rozvoj této aplikace.

Část I

Analýza existujících řešení pro navigaci uvnitř budov

Kapitola 2

Lokalizace uživatele pomocí pozičních technologií

Pro navigaci v rámci budov lze použít k lokalizaci uživatele bezdrátové technologie, které jsou schopné s danou přesností určit polohu uživatele pomocí vzájemné komunikace mezi vysílači a mobilním zařízením uživatele. Nejčastěji používaná technologie pro určení polohy ve venkovních prostorech je technologie GPS, která je však závislá na přijetí signálu z družic, proto není vhodná pro použití uvnitř budov. Níže jsou představeny možné alternativy k GPS pro lokalizaci uživatele uvnitř budovy a které jsou využívány ve většině aplikací určených pro navigaci v rámci budov (například Google Maps, ...).

2.1 IEEE 802.11 (Wi-Fi)

Jednou z možných technologií je určení polohy pomocí standardu IEEE 802.11 (Wi-Fi) [HSW05]. Mobilní zařízení během průchodu budovou vysílá svoji MAC adresu (unikátní identifikátor zařízení) a hlásí se k jednotlivým Wi-Fi vysílačům. Ty si ukládají sílu signálu, s jakou k nim signál přišel, a přeposílají ji do centrálního serveru, který sbírá signály ze všech Wi-Fi vysílačů. Následně tyto hodnoty centrální server dle přijaté síly signálu u jednotlivých vysílačů vyhodnocuje a počítá vzdálenost mobilního zařízení od jednotlivých vysílačů, díky které lze pak určit polohu uživatele. Pro správnou funkčnost je nutné znát polohy jednotlivých Wi-Fi vysílačů. Vypočtenou polohu lze následně předat uživateli.

Tento přístup má ale několik nevýhod. Hlavní z nich je nižší přesnost, která se pohybuje kolem 5-15 metrů. Mezi další patří potřeba instalace Wi-Fi vysílačů, které tuto technologii podporují, provoz centrálního serveru, který signály sbírá a provádí výpočty. Další nevýhodou je nutnost připojení mobilního zařízení na danou Wi-Fi síť. Pokud k ní zařízení není připojeno, telefon se dotazuje na Wi-Fi síť (vyšle svoji MAC adresu) ve svém okolí pouze jednou za 1-5 minut, což není dostatečný interval pro získání přesné polohy. Některé telefony také, pokud nejsou připojeny do sítě, pro větší bezpečnost posílají dotazy pod náhodnými MAC adresami, což znemožňuje identifikaci stejného zařízení a sledování jeho pohybu v rámci budovy. Další nevýhodou je, že výpočet polohy uživatele může probíhat pouze na centrálním serveru, který dostává informace ze všech Wi-Fi vysílačů a pokud chce znát uživatel svoji polohu, musí mu ji centrální server po výpočtu poskytnout.

Tato je technologie je tedy pro navigaci v rámci budov hůře použitelná, nicméně i tak je poměrně často využívána k jiným účelům. Jedním z nich je například odhad přibližného počtu lidí v daném prostoru, případně přibližné sledování pohybu osob v daném prostoru [infa] (například průchod osob v rámci veřejné dopravy nebo sportovním stadionu a její následná optimalizace).

2.2 Bluetooth

Další z možností je využití tzv. Bluetooth Beacons [GCGR02] [infb], česky "majáky". Tato technologie využívá podobného principu jako výše zmíněná technologie Wi-Fi, jen pro komunikaci mezi zařízením a vysílači je použita technologii Bluetooth, přesněji Bluetooth Low Energy 4.0. K použití je nutné do budovy instalovat Bluetooth vysílače, přičemž jejich pořizovací cena je poměrně nízká (již od 70 Kč za kus) a k napájení jim stačí obyčejná tužková baterie, která vydrží několik let.

Jednotlivé vysílače poté v pravidelných intervalech vysílají svůj unikátní identifikátor. Uživatel zná díky speciální aplikaci určené pro navigaci v daném prostoru polohu těchto vysílačů a v rámci svého mobilního zařízení umí spočítat svoji polohu dle síly přijatých signálů od těchto identifikátorů. Jedná se tedy o opačný přístup než v případě Wi-Fi, u které mobilní zařízení uživatele vyšle unikátní identifikátor, ten přijmou Wi-Fi přijímače a dle síly signálu centrální server spočítá polohu uživatele. Pokud má však telefon povolené vysílání vlastního identifikátoru a vysílače umí i přijímat, lze tuto technologii použít i opačným způsobem. Mezi další výhody této technologie patří lepší přesnost, která se pohybuje kolem 1-3 metrů, možnost využití

v rámci hlavních operačních systémů pro mobilní zařízení (Apple využívá svůj vlastní protokol iBeacon, ostatní operační systém protokol Eddystone). Nevýhodou je menší dosah jednotlivých Bluetooth vysílačů, který je přibližně 30 metrů, tj. pro větší prostory je třeba velké množství jednotlivých vysílačů.

Tato technologie je často využívána pro orientaci uživatele uvnitř větších dopravních uzlů, například letiště či nádraží nebo sportovních stadionů [ibe]. V České republice je tento systém využíván například v obchodním domě Kotva. Širšímu použití ale zatím brání nutnost podpory Bluetooth Low Energy 4.0, která na starších zařízeních Android není podporována. V poslední době jsme se mohli s touto technologií setkat například v aplikaci eRouška, která využívá signály z Bluetooth Low Energy 4.0 (pod hlavičkou Exposure Notifications API) pro identifikaci rizikových setkání.

2.3 Ultra-wideband

Další alternativou je využití technologie Ultra-wideband [CKSW03], která vysílá signály na frekvencích 3,1-10,6 GHz. Na straně uživatele je třeba mít umístěn speciální "tag", který na přijatý signál odpoví. u této technologie se neměří síla přijatého signálu, ale doba mezi odeslaným signálem a přijatou odpovědí. Díky znalosti rychlosti letícího signálu lze spočítat umístění daného zařízení s přesností 10-30 centimetrů. Výhodou také je, že díky odeslání jednoho obousměrného signálu obě strany znají svoji vzájemnou polohu (jak vysílač, tj. centrální server, tak i přijímač, tj. zařízení).

Bohužel pro využití této technologie je třeba mít na straně vysílače i přijímače specializovaný hardware, takže není možné technologii využít pro běžné uživatele mobilních zařízení. Tato technologie má však široké využití v průmyslu, především v logistice, kde se používá pro navádění a koordinaci samoobslužných vozíků [infc].

2.4 Visible Light Communication (Li-Fi)

Problém lokalizace uživatele lze také řešit pomocí specializovaných fluorescenčních světél [Haa16], které rychlým blikáním vysílají své unikátní ID. Blikání je pro lidské oko nepostřehnutelné a světlo se tak tváří jako běžné stálé světlo. Pro specializovaný hardware, případně kameru mobilního zařízení, je však

blikání postřehnutelné a lze díky němu určit, v jaké oblasti se uživatel nachází. Tato technologie je poměrně nová a tak se ještě nedočkala širšího uplatnění. V rámci pilotních projektů se například testuje v chytrých obchodních domech na nákupních košících, které díky znalosti své polohy mohou uživatele upozornit na akční zboží v jeho blízkosti nebo mohou poskytnout správci budovy hrubou představu o pohybu návštěvníků v rámci obchodního domu.

Kapitola 3

Lokalizace uživatele bez pozičních technologií

Níže představené technologie nevyužívají k určení polohy uživatele bezdrátové poziční systémy, ale vycházejí z vizuálního prostředí, tj. pro jejich použití není třeba v prostorech instalovat specializovaný hardware.

3.1 AR vizuální lokalizace

Jedním z nejčastějších způsobů pro lokalizaci uživatele bez nutnosti instalace specializovaného hardwaru/vysílačů je založen na vizuální podobnosti. Před použitím je třeba celý prostor vizuálně naskenovat ve 360°, díky čemuž vznikne vizuální i hloubková mapa prostoru/prostředí. Když se následně uživatel po prostředí rozhlédne pomocí fotoaparátu na svém telefonu, je systém schopen najít podobnost mezi aktuální podobou a skenovanou podobou a pomocí ní uživatele lokalizovat.

Tento přístup je poměrně snadný na zprovoznění a ze strany uživatele nevyžaduje žádný specializovaný hardware (kromě fotoaparátu). Mezi slabé stránky tohoto systému patří větší zalidněnost prostoru, která znemožňuje provést úplné naskenování, nebo například stěhování nábytku či vymalování, které vyžaduje přeskenování nového stavu prostoru. Díky těmto faktorům tak systém nemusí polohu uživatele spolehlivě nalézt. V současné době se využitím této technologie v praxi zabývá například projekt GuideBOT od

Kapitola 4

Nástroje pro vytváření a zobrazení map

Pokud se podaří jakýmkoliv z výše zmíněných způsobů získat polohu uživatele, je ještě třeba mu ji přehledně zobrazit v mapě. V následující kapitole je představeno několik způsobů k vytváření a zobrazování map v digitální podobě.

4.1 Google Maps

Nejrozšířenějším nástrojem pro zobrazení map jsou Google Maps, které podporují zobrazení i navigaci v rámci vnitřních prostor [gmi]. Podmínkou však je vložení dat o uspořádání budovy do Google Maps ve specializovaném formátu a vložení budovy podléhá schválení správcům Google. Aplikace pak umožňuje v budově hledat cesty a navigovat v ní. K nalezení polohy uživatele však využívá výše zmíněné technologie Wi-Fi či Bluetooth.

K zobrazení map ve webovém prohlížeči se využívá technologie WebGL [McC11], která je nadstavbou WebGL, která je využívána pro vykreslení grafických prvků v rámci prohlížeče a umožňuje i 3D rendering.

4.2 OpenStreetMaps

Dalším velmi rozšířením mapovým portálem jsou OpenStreetMaps, které umožňují komukoliv vytvářet a editovat mapy celého světa. Díky tomu jsou mapy v mnohých oblastech mnohem podrobnější a aktuálnější než mapy vytvářené komerčními subjekty (Google, Mapy.cz). Kromě klasických map umožňují také vytvářet mapy pro vnitřní prostory budov [osm].

OpenStreetMaps však pouze plní úlohu uložení dat s informacemi budov a jejich dostupnost přes API (backend), nicméně vkládání dat a jejich zobrazení běžnému uživateli (frontend) je již vyvíjeno vývojáři třetích stran, proto existuje velké množství platform mezi nejpoužívanější patří OpenLevelUp! nebo openindoor.io.

4.3 Další alternativy

Samotné vytvoření indoor mapy ale není nutné vždy vytvářet manuálně, jak tomu je u výše zmíněných ukázek. Převodem obrázkových map (například naskenováním dříve vytvořených nákresů) do digitální podoby se zabývali kolegové v článku *Indoor mapping and modeling by parsing floor plan images* [WSC⁺20]. Další alternativou je naskenovat prostor pomocí 3D snímkovací technologie (například LIDAR), která vytvoří 3D mapu prostoru, ze které se následně vygeneruje 2D mapa. Ukázkou v praxi lze shlédnout například zde <https://www.youtube.com/watch?v=sieBqVxTz2c>.

Část II

Realizace

V následujících kapitolách jsou podrobně popsány jednotlivé kroky při realizaci této práce.



Kapitola 5

Použité technologie

Práci jsme se po delší diskuzi s kolegou Davidem Krejčím rozhodli realizovat ve webovém rozhraní, které umožňuje uživateli využívat systém bez nutnosti instalace speciální aplikace, která uživatele často odradí od používání takového systému, a zároveň nabízí možnost toho, že je systém multiplatformní, tj. spustitelný v rámci všech možných zařízení a operačních systémů (mobilní telefony či tablety s operačními systémy iOS, Android, stolní počítače, ...).



5.1 Frontend

Frontend je psán několika jazyky určenými pro vývoj webových stránek. Hlavní část kódu je napsána v jazyce HTML5 [html]. Pro design prostředí je využíváno kaskádových stylů CSS [css] s využitím prvků z knihovny Material Design [mat], které jsou využity především pro lepší ovládání formulářových polí a oken s oznámeními. Hlavní funkční část frontendu je napsána v jazyce JavaScript [jav]. Jednotlivé požadavky (načtení/uložení) jsou odesílány přes HTTP požadavky REST API [Fie00], které vrací datovou strukturu JSON s odpovědí.

■ 5.1.1 Canvas – zobrazení mapy

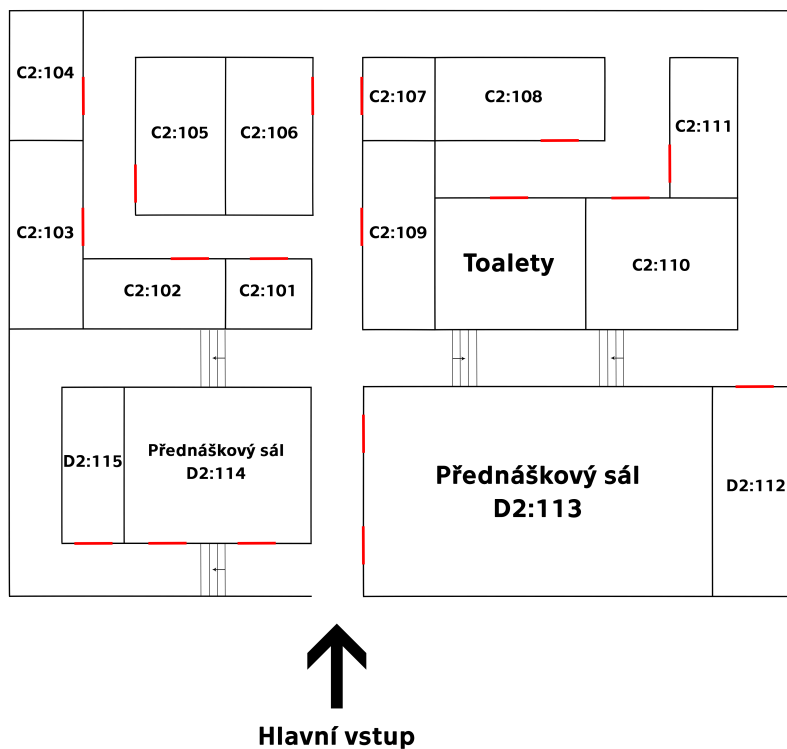
Pro zobrazení mapky je využíván prvek Canvas[htmb] z HTML5, který se ve webovém prostředí chová jako plocha grafického editoru. Pomocí příkazů lze do této plochy vykreslovat grafické objekty (čáry, kružnice, texty, ...) a díky sérii vhodných příkazů lze vykreslit celou mapu. Nevýhodou tohoto editoru je, že se jedná o bitmapový editor bez paměti (bufferu), tj. jakmile je objekt jednou do editoru vykreslen, tak přepíše všechny objekty (pixely) pod sebou a již jej nelze z editoru odebrat. Proto v rámci vykreslování je třeba před každou změnou (i jen posun mapy), celý editor vymazat a vykreslit celou mapu znovu.

Během generování mapy, se jednotlivé prvky vykreslují odspodu, tj. prvně je vykreslen obrázek mapy (pouze v režimu administrace), následně jsou vykresleny všechny zdi a dveře, poté nalezená trasa v rámci budovy a nakonec názvy místností.

Díky posouvání myší (popřípadě prstem u mobilních zařízení) může uživatel posouvat mapu do stran. K přibližování/oddalování lze použít kolečko myši (popřípadě dva prsty a změnu jejich vzdálenosti v případě mobilního zařízení). Implementace patřila k těm náročnějším částem v rámci práce, protože bylo nutné vyzkoušet funkčnost ovládacích prvků na velkém množství prohlížečů a zařízení (především mobilních), aby bylo ovládání mapky fungující na všech kombinacích zařízení a prohlížečů. Zároveň bylo nutné pohlídat, aby uživatel nemohl opustit část plochy s obsahem.

■ Varianta s rastrovou mapu na pozadí

V rámci první verze naší práce v projektu Softwarový výzkumný projekt jsme s kolegou Davidem Krejčím připravili variantu aplikace, která zobrazovala mapu budovy jako obrázek na pozadí. Administrátor tedy vytvořil mapu v libovolném grafickém editoru (popřípadě mohl naskenovat vytištěné plány budov) a ta se vložila na pozadí. V rámci ní poté vybral všechny chodby, přes které by mohl být návštěvník navigován. Uživatel následně při otevření aplikace viděl onen vytvořený obrázek mapy, přes který se vykreslovala navigovaná trasa. Tato varianta se nám zdála vhodná při testování na námi vytvořeném testovacím prostředí (viz obrázek 5.1), i když bylo nutné ze strany uživatele stahovat větší obrázky (až v řádu jednotek / nižších desítek MB) a bylo nutné řešit více úrovní mapy.



Obrázek 5.1: První vytvořený prostor/mapa pro testování aplikace

Když se provádí zmenšování velkého obrázku, dochází ke ztrátě některých pixelů (bodů v obrázku). Aby byl výsledný zmenšený obrázek stále vyhlazený a na pohled přirozený, používá se k tomu bikubická interpolace [Tab], která výslednou hodnotu pixelu počítá/průměruje z okolních hodnot. Bohužel Canvas interpolaci obrázků nepodporuje, takže obrázky zmenšené o více než dvojnásobek působily příliš přestřeně, protože došlo k zahazení více než poloviny pixelů v obrázku. Doplnění bikubické interpolace do Canvasu je bohužel výpočetně příliš náročné a nevhodné pro mobilní zařízení, které ji jinak provádí přímo na grafické kartě. Proto byla zvolena metoda více úrovní obrázků v Canvasu. Po nahrání obrázku mapy do administrace systém pomocí vhodných PHP knihoven s podporou interpolace vygeneroval obrázek v několika rozlišeních a uživateli se vždy na pozadí zobrazil ten obrázek, který byl nejbližší uživatelova rozlišení (kombinace přiblížení a rozlišení monitoru uživatele). Díky tomu při přiblížování docházelo k prohazování obrázků mapy na pozadí, které bylo pro běžného uživatele nepostřehnutelné, nicméně díky ní viděl uživatel mapku stále stejně přirozeně vyhlazenou.

Bohužel při vložení reálné mapy prostředí (budovy Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze) jsme našli první významnou limitaci této technologie. Aby

budova měla dostatečné rozlišení a byla dostatečně detailní, měl výsledný obrázek s mapou rozlišení 8500x8000 pixelů. Při prohlížení mapy na stolních počítačích nebo zařízení Apple nedocházelo k žádné limitaci, bohužel na zařízeních Android jsme narazili na limit maximální velikosti obrázku v prohlížeči, který je 8192x8192 pixelů. Limitovat maximální velikost obrázku na toto rozlišení není úplně vhodné, protože bychom následně vyloučili použití systému pro větší budovy, než byla námi testovaná budova FEL ČVUT v Praze.

Při testování jsme zkusili mapu rozdělit na několik menších obrázků (dlaždic), bohužel ani to nevedlo k příliš uspokojivým výsledkům. Následně jsme se tedy rozhodli přehodnotit využití systému a rastrovou mapu na pozadí nahradit vektorovou mapu.

■ Varianta s vektorovou mapu na pozadí

Původní idea byla využít obrázky ve formátu Scalable Vector Graphics (SVG) [svg]. Tento formát neukládá obrázky v rastrové podobě (přesně dané barevné pixely), ale ve formě křivek. Celá mapa by tedy byla definována pomocí čar, díky čemuž by se výrazně ušetřila velikost obrázků (a objem stahovaných dat) a zároveň by bylo možné obrázek zvětšovat do nekonečna. Bohužel překreslit celou budovu do vektorů pomocí grafického editoru (například Illustrator) není pro většinu uživatelů snadné, proto jsme se s kolegou Davidem Krejčím rozhodli jít cestou vytvoření vlastního editoru pro vytváření vektorových map. Tento krok náročnost celé práce výrazně zvýšil, nicméně výrazně přispěl k lepší použitelnosti a praktičnosti využití systému pro uživatele.

Administrátor v rámci administračního rozhraní nahraje rastrovou mapu na pozadí a pomocí Mapového editoru v aplikaci celou mapou překreslení. K použití má několik nástrojů pro vytváření zdí, místností a cest (více v Kapitole 6.2). Díky tomu, že je celá mapa kreslena v našem systému, lze využít různých vzájemných návazností a vztahů (propojení místností a cest) a celkový čas s vytvářením mapy a cest je mnohem kratší než za použití rastrové/vektorové mapy. Výhodou navíc je, že tento formát mapy lze pomocí Mapového editoru snadno editovat například z tabletu přímo v terénu. Navíc díky asistentům je mapa symetrická a může mít jednotný vzhled napříč všemi budovami (například ČVUT), i když zdrojové podklady můžou být různého původu.

Velkou výhodou také je, že se data vkládaná přímo do mapy rovnou propisují do navigačního systému, tj. pokud přejmenují místnost v mapě, dojde k jejímu

přejmenování i v rámci všech navigačních bodů, které by jinak při využití rastrové mapy nebylo možné. Mezi další výhody patří také minimální velikost při stahování (řádově stovky kB) a možnost optimalizace vykreslování dle zařízení a přiblížení (například názvy místností jsou vidět až od přiblížení, kdy je jejich velikost alespoň 2 pixely).

■ 5.1.2 Souřadné systémy

Celá mapa pracuje ve dvou souřadných systémech. Jeden je souřadný systém obrazovky a druhý souřadný systém mapy. Oba souřadné systémy mají pouze dvě osy (x a y).

Souřadný systém obrazovky má bod $[0, 0]$ v levém horním rohu okna prohlížeče a maximální bod v pravém dolním rohu okna prohlížeče, který je ve většině případů roven rozlišení monitoru bez horní lišty prohlížeče. Tj. rozsah tohoto souřadného systému je $[0$ až šířka obrazovky, 0 až výška obrazovky bez lišt].

Oproti tomu souřadný systém mapy má bod $[0, 0]$ uprostřed a mapa roste od jeho středu do všech směrů (i záporných). Její maximální rozsah tak není téměř omezen (až na omezení velikosti datového typu *integer*) a zároveň není zaručeno, že obsahový střed mapy bude vždy uprostřed, protože administrátor může začít v administračním prostředí vytvářet mapy pouze jedním směrem.

Z tohoto důvodu je tedy nutné neustále provádět převod mezi těmito systémy. Když uživatel klikne v rámci obrazovky do určitého místa, aplikace získá souřadnice v souřadném systému obrazovky. Následně je nutné tyto souřadnice převést do souřadného systému mapy, aby aplikace věděla, kam klikl a případně vyvolala akci (posun, přiblížení, ...). K tomu potřebuje znát:

- aktuální posun mapy - Ten definuje, o kolik je posunutý střed mapy $[0, 0]$ od středu obrazovky.
- aktuální přiblížení - Které udává poměr mezi velikostmi jednotek souřadných systémů. Tj. pokud je přiblížení rovno 1, tak jedna jednotka v souřadném systému mapy je rovna jedné jednotce v souřadném systému obrazovky (pixelu).
- Device pixel ratio - To udává, poměr mezi fyzickým pixelem zařízení a logickým pixelem zařízení. Mobilní zařízení se často tváří, že mají

větší rozlišení, aby se webové stránky vykreslovaly ve vyšším rozlišení a následně je mobilní zařízení zmenší a díky tomu získají ostřejší obraz (též zvaný Retina).

Výsledný vzorec pro získání souřadnic v souřadném systému mapy vypadá následovně:

$$(x_{\text{Souřadnýsystémbrazovky}} * \text{devicePixelRatio} - \text{posunMapyX}) / \text{přiblížení}$$

Pro použití v opačné variantě (tj. zjištění, kde se daný bod z mapy vykreslí na obrazovce) je vzorec:

$$(x_{\text{Souřadnýsystémmapy}} * \text{přiblížení} + \text{posunMapyX}) / \text{devicePixelRatio}$$

Jak je vidět z vzorců výše, tak u samotných souřadných systému se neřeší jen jejich vzájemné zarovnání, ale také rozlišení, protože souřadný systém mapy mění své rozlišení (a délku jedné jednotky) dle přiblížení mapy. Toto přiblížení se mění buď o konstantní hodnotu při použití kolečka myši, popřípadě o reálnou hodnotu při přibližování dvěma prsty. Tam se počítá Euclidovská vzdálenost mezi dvěma prsty a její změna, která se pak dle aktuálního měřítká přepočítá na míru změny přiblížení. Ani tak se ještě nesmí zapomínat na *devicePixelRatio*.

■ 5.1.3 Datové a akcelerační struktury

Většina hodnot používaných v rámci frontendu je uložena v jednoduchých polích s prvky. Velkou výjimkou je však administrační rozhraní, kde jsou stěny v rámci budovy a navigační trasy uloženy ve struktuře DCEL (Doubly connected edge list) [Mul77]. Tato struktura umožňuje ukládat sousední hrany v rámci rozsáhlejší struktur a lze pomocí ní velice snadno a v lineárním čase najít sousední hranu k již existující hraně. Tj. pokud chci například najít všechny hrany (stěny) dané místnosti, stačí pouze najít jednu stěnu a poté následovat všechny její sousedy. Zároveň umožňuje snadno a stále v lineárním čase hrany rozdělovat, mazat a upravovat. Také je možné v lineárním čase

projít všechny sousedy a najít pravý úhel (používán v asistentech při vytváření mapy). Lineárním časem se rozumí algoritmus s takovým časem, který s přibývajícím počtem prvků roste lineárně (přímo úměrně počtu prvků).

Jednoduchá pole by bylo možné ještě vylepšit o jiné datové struktury, které by mohly urychlit práci s daty. Například seznam všechny bodů by bylo možné uložit do KD-stromu nebo binárního stromu, díky kterému by bylo možné rychle hledat nejbližší sousedy. Nebo by bylo možné využít Primary search tree, pomocí kterého by šlo rychle hledat body, které mají podobnou osu x nebo y . Segmentový / intervalový strom by mohl urychlit hledání průniků jednotlivých hran nebo porovnávání hran pro nalezení hrany stejné délky (využíván v asistentech při vytváření mapy). Tyto datové struktury v rámci práce ale nejsou implementovány, protože mapa jednoho patra se pohybuje v řádech maximálně tisíců bodů, což pro dnešní hardware nepředstavuje velké problémy a zrychlení by bylo téměř neměřitelné, někdy by dokonce došlo i ke zpomalení, protože vytváření takové struktury by zabralo více času než hrubé procházení dat. Implementace těchto struktur začíná přinášet pozorovatelné výsledky až od řádů milionů objektů.

■ 5.2 Backend

Všechny předchozí zmíněné sekce se věnují frontendu (tj. toho, co uživatel vidí). Tento frontend komunikuje s backendem (pozadím), kde se provádí výpočet trasy a další zpracování požadavků (například dekódování QR kódů). Tato část je implementována v jazyce PHP 8 [php] s frameworkem Nette [net] a s využitím databáze SQL [sql]. V rámci práce se této části věnoval kolega David Krejčí, který tuto problematiku detailněji popisuje v rámci své práce.

■ 5.2.1 Quick Response (QR) kódy

Pro lokalizaci uživatele v prostoru jsou využívány QR kódy [QRc]. Mezi jejich hlavní výhody patří umístění velkého množství informací do formátu, který lze rychle a spolehlivě načíst pomocí fotoaparátu mobilního telefonu. Díky své formě je QR kód čitelný i za horších světelných podmínek a z různých úhlů. Nabízí také poměrně velkou možnost samoopravy, tj. pokud by se umístěný kód v prostoru začal časem poškozovat, bude funkční i s jistou mírou poškození.

Aplikace pracuje se QR kódů ve formátu URL odkazu, který může být ve dvou tvarech:

- *URL_domény/show/id_budovy/id_startu*
- *URL_domény/show/id_budovy/id_startu/id_cíle*

, přičemž:

- *URL_domény* je v našem případě <https://iqnavs.fel.cvut.cz> (server, na kterém aplikace běží)
- *id_budovy* je interní unikátní ID budovy, ve které se uživatel nachází (budova FEL ČVUT v Praze má ID 14)
- *id_startu* je interní unikátní ID bodu, ve kterém se uživatel nachází (většinou uzel s QR kódem)
- *id_cíle* je interní unikátní ID bodu, do kterého uživatel míří (většinou se jedná o ID místnosti)



Obrázek 5.2: Ukázka QR kódu v Atriu Fakulty elektrotechnické

Po načtení QR kód je uživatel přesměrován do aplikace s již předvyplněnými lokacemi. Příklad *id_cíle* je nepovinný parametr, který není nutné uvádět. Jeho využití je připraveno pro případ, když se v budově koná například Den otevřených dveří a uchazečům se připraví velký speciální QR kód přímo ke vstupu, který je po jeho naskenování rovnou přesměruje na cestu do přednáškové místnosti s úvodní přednáškou, aby uchazeč nebyl zbytečně zatěžován zadáváním správné místnosti. Ukázka takového QR kódu je vidět na Obrázku 5.3. Před zahájením hledání ještě uživatel může zvolit parametry trasy.

Zároveň proběhla diskuze, zda do QR kódu umístit jenom samotné ID bodu v systému (ID navigačního bodu / místnosti) nebo celou URL adresu.



Obrázek 5.3: Ukázka QR kódu s trasou od vchodu Fakulty elektrotechnické do přednáškové místnosti D2-256

Nakonec zvítězila varianta s URL adresou, protože díky ní lze QR kód načíst libovolnou čtečkou QR kódů, případně přímo výchozí aplikací Fotoaparát v mobilním telefonu, a uživatel je rovnou přesměrován na webové stránky navigační aplikace, tj. nemusí složitě přepisovat URL a následně skenovat QR.

Samotné QR kódy by se v reálném využití měly instalovat na významná místa v rámci budovy (například křížení chodeb, vstupy do budovy, velké přednáškové místnosti, ...), aby byly uživateli co nejbližší. V případě již existujících QR kódů umístěných v budově lze upravit aplikaci i pro jejich zpracování. Příkladem mohou být inventární QR kódy na dveřích v rámci budovy Fakulty strojní, které v sobě obsahují název místnosti. Po naskenování takového QR kód v aplikaci lze snadno spárovat název místnosti načtený z QR kódu s reálnou místností umístěnou v systému.

V rámci přípravy práce došlo i k vygenerování 57 QR kódů, které reprezentují významné orientační body v rámci budovy Fakulty elektrotechnické. Design těchto QR kódů byl navržen s ohledem na aktuální vzhled značení v budově a požadavky TPO. Ukázka samolepky s QR kódem se nachází na Obrázku 5.4.



Obrázek 5.4: Ukázka samolepky s QR kódem pro rozmístění v rámci budovy Fakulty elektrotechnické

Kapitola 6

Uživatelská administrace

Na následujících stránkách je představeno administrační rozhraní aplikace. To je přístupné pouze uživatelům s administračním účtem, tzv. administrátorům. V rámci rozhraní lze editovat jak samostatné budovy, tak i jednotlivá patra. Administrační rozhraní lze rozdělit na dvě části, část pro Správu budovy a pater a Mapový editor jednoho patra.

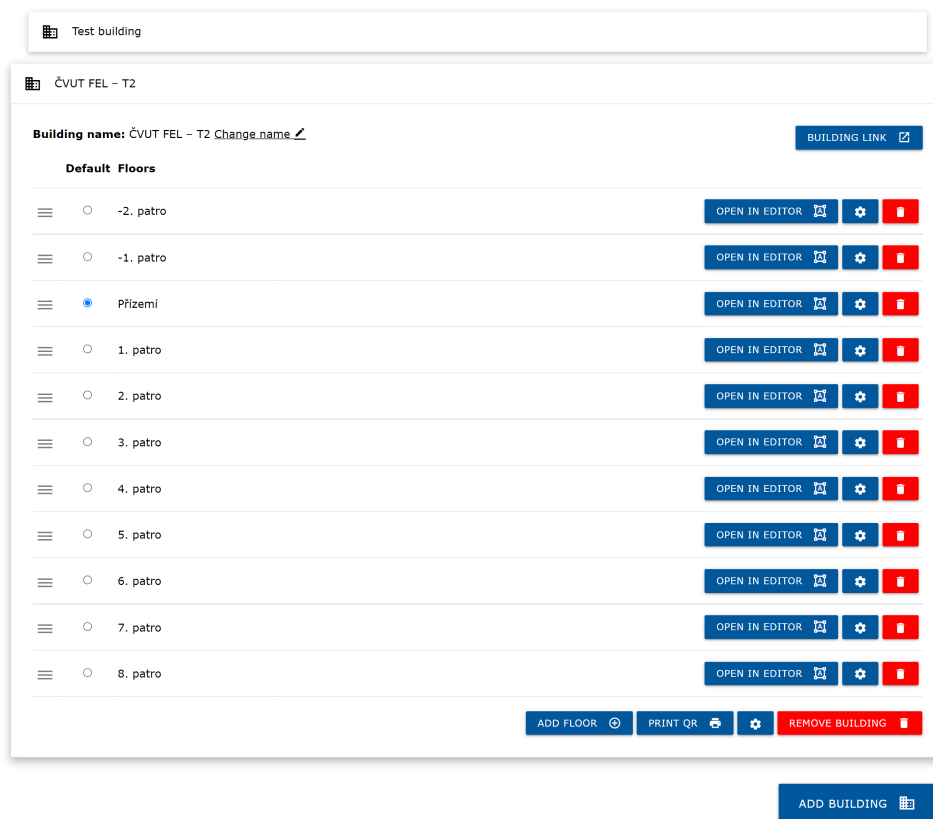
6.1 Správa budov

Po přihlášení do administrace má administrátor k dispozici výpis všech budov (Obrázek 6.1). Po zvolení budovy se mu otevře nabídka jednotlivých pater. U každého patra lze měnit jeho název, pořadí v rámci budovy a podkladový obrázek, který slouží pro překreslení mapy patra.

Při vytváření budovy administrátor kromě jejího názvu zadává i azimut vůči severu. Tj. jak je plán budovy otočen oproti severu. Tato hodnota se používá při zobrazení mapy uživatelům na mobilních zařízeních, kdy lze aktivovat funkci kompas, která následně otáčí mapu patra dle natočení telefonu. Toto otáčení mapy následně ulehčuje uživatelům orientaci a průchod budovou. Názorná ukázka použití azimutu je znázorněna na Obrázku 6.2.

Pro vytváření nového patra má administrátor dvě možnosti. Buď vytvoří nové patro od základu nebo duplikuje již existující patro. Druhá varianta

Buildings overview

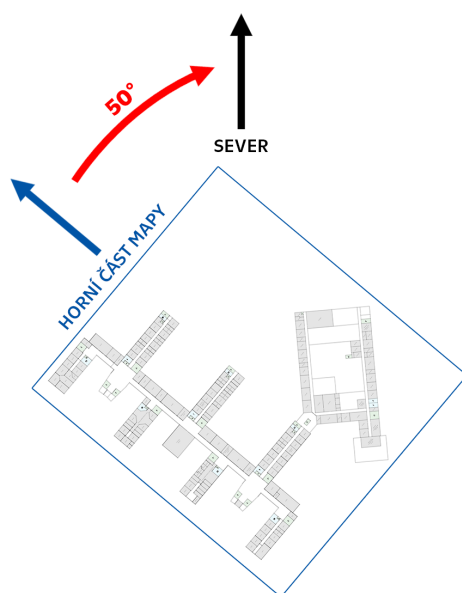


Obrázek 6.1: Ukázka administračního prostředí pro Správu budov

je výhodná při vytváření map pro vícepatrové budovy, kdy je obrys budovy a většina vnitřních příček v budově na stejných pozicích a liší se především názvy místností. Pro tento případně je v administraci i funkce pro hromadné přejmenování všech místností v rámci patra, kdy lze například z místnosti C3-304 ve třetím patře udělat C3-403 ve čtvrtém patře. Bohužel v rámci vytváření map pro Fakultu elektrotechnickou ČVUT v Praze nebylo možné tuto funkci příliš využít, protože mezi patry se nelišily jenom příčky, ale i názvy místností, které byly umístěné nad sebou.

6.2 Mapový editor

Po zvolení daného patra v budově se administrátor dostává do Mapového editoru patra. Pro vytváření mapy je vhodné k patru nahrát existující obrázkový půdorys patra, který slouží jako vzor pro překreslování. Může se jednat



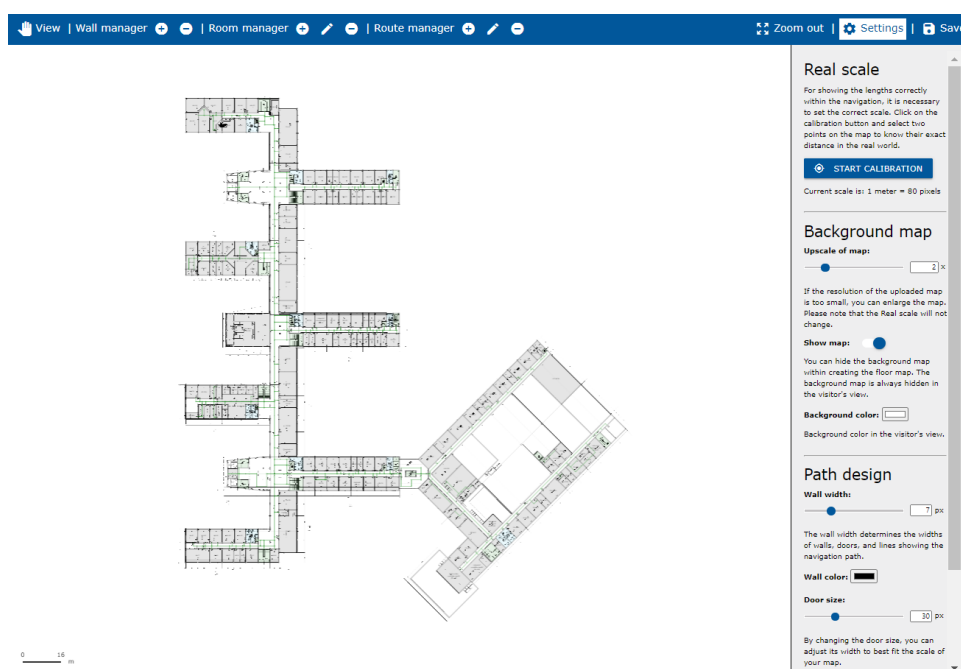
Obrázek 6.2: Ilustrace použití azimutu pro budovu FEL ČVUT v Praze, kdy je půdorys budovy pootočen o 50° oproti severu (ilustrace pomocí červené šipky)

o technický výkres, náčrtek či ofocený požární plán. Toto nahrávání probíhá ve Správě budov. Ukázka Mapového editoru je vidět na Obrázku 6.3.

Pro editaci patra je k dispozici několik nástrojů, přičemž některé z nich jsou blíže popsány níže:

- View - slouží k prohlížení mapy
- Wall manager - nástroj určený pro přidávání a odebrání zdí v patře
- Room manager - pomocí něj se vytváří místností mezi již existujícími zdmi
- Route manager - slouží k vytváření navigačních tras uvnitř budovy a vytváření dveří
- Zoom out - oddaluje mapu tak, aby ji uživatel viděl celou
- Settings - všeobecná nastavení patra
- Save - uložení všech změn přes REST API do databáze / backendu

Pro vytváření mapy je vhodné používat jednotlivé nástroje v pořadí, v jakém jsou uvedené v ovládacím panelu.



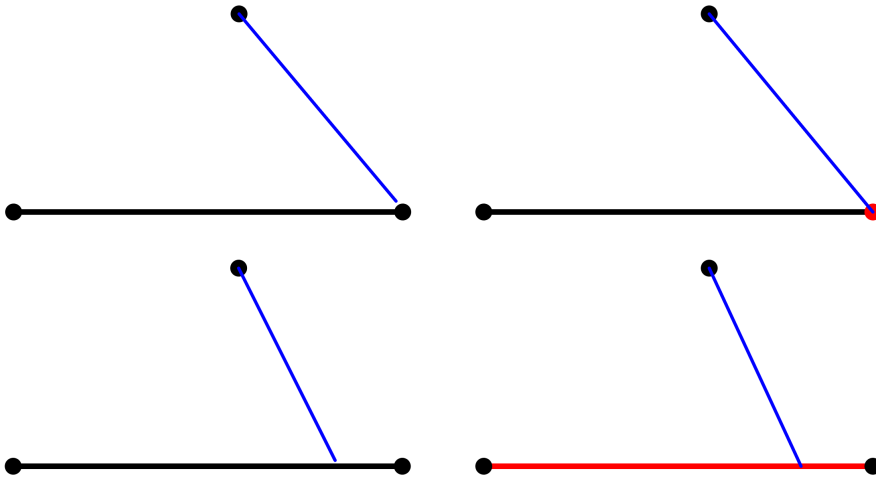
Obrázek 6.3: Ukázka Mapového editoru

6.2.1 Wall manager

Nástroj má dva režimy ovládání, buď na přidávání nebo odebrání stěn. V obou dvou režimech dochází při každé změně k aktualizaci DCEL struktury. V rámci přidávání je k dispozici několik asistentů, kteří pomáhají při tvorbě mapy.

Přichycení k již existujícímu bodu nebo hraně

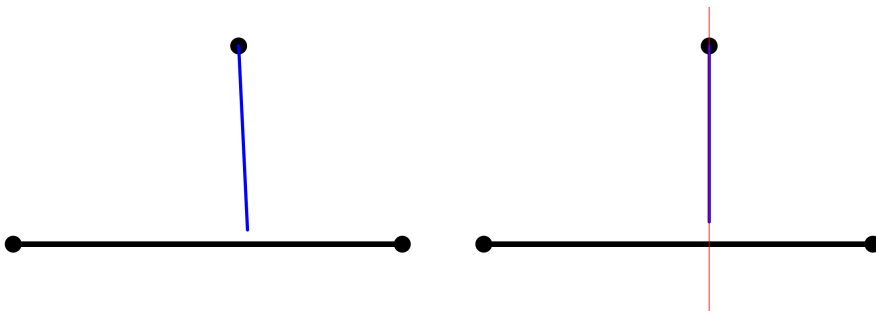
Asistent počítá aktuální vzdálenost od již existujících bodů, popřípadě nejkratší vzdálenost k již existující hraně. Pokud je vypočítaná vzdálenost menší než 1,5x násobek šířky stěny, dopočítá asistent polohu tak, aby odpovídala nejbližšímu bodu a zvýrazní jej jako přichycený. Názorná ilustrace je na Obrázku 6.4.



Obrázek 6.4: Ukázka asistenta pro přichycení k již existujícímu bodu nebo hraně (vlevo bez asistenta, vpravo s asistentem). Černé prvky jsou již existující, modrá je nově vznikající hrana, červeně zvýrazněný je přichycený prvek.

■ Přichycení k ose

V rámci vytváření stěny počítá její úhel k osám x a y . Pokud je úhel menší než 1° , je hrana zarovnána jako vodorovná/svislá.

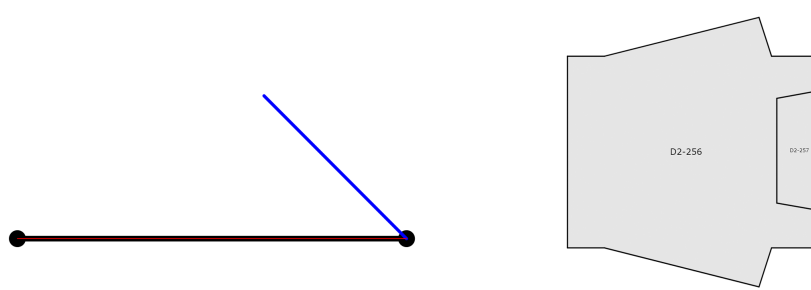


Obrázek 6.5: Ukázka asistenta pro přichycení k ose (vlevo bez asistenta, vpravo s asistentem). Černé prvky jsou již existující, modrá je nově vznikající hrana, červeně zvýrazněné přichycení ke svislé ose.

■ Přichycení pod určitým úhlem

Pomocí datové struktury DCEL lze snadno v reálném čase počítat úhel nově přidávané hrany k již existujícím hranám vedoucím z daného vrcholu. Pokud má nově vznikající hrana úhel v rozptylu $\pm 1^\circ$ ke zvolenému úhlu, tak

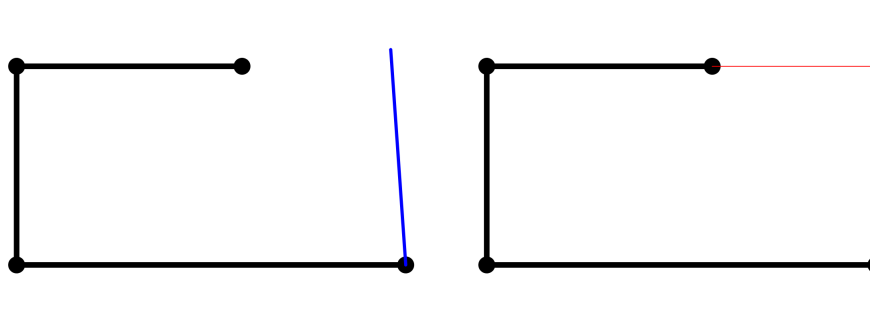
ji asistent sám zarovná. Praktické využití této funkce je pro vytváření místností s pravým úhlem, pod úhlem 45° nebo například pokud je třeba vytvořit atypický úhel na obou stranách místnosti stejný (například přednášková místnost D2-256).



Obrázek 6.6: Ukázka asistenta pro přichycení pod určitým úhlem. V levé části je vidět asistent v akci pro úhel 45° , kdy vytvoří přesný úhel a zvýrazní jej vytažením červené linky u spodní hrany. V pravé části je ukázka místnosti D2-256, u které se asistent hodil pro vytvoření stejných úhlů u obou stran místnosti.

■ Přichycení k hraně se stejnou vzdáleností

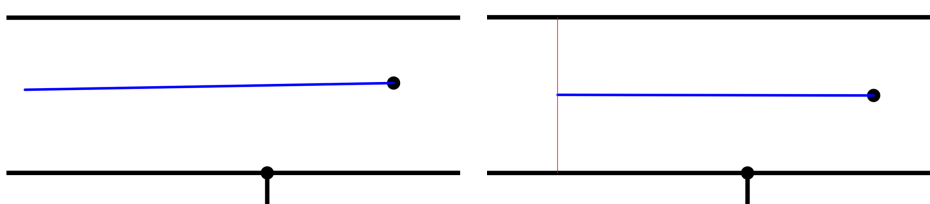
Při vytváření místnosti je ve většině případů žádoucí, aby stěna byla stejně dlouhá jako již jiná existující stěna. Tento asistent pomáhá zarovnat délku nově vznikající hrany tak, aby koncový bod měl buď osu x nebo y na stejné hodnotě jako již existující vrchol v mapě. Asistent se aktivuje, pokud je vzdálenost rozdílná o velikosti $\pm 1\%$ šířky obrazovky.



Obrázek 6.7: Ukázka asistenta pro přichycení k hraně se stejnou vzdáleností (vlevo bez asistenta, vpravo s asistentem). Černé prvky jsou již existující, modrá je nově vznikající hrana, červeně zvýrazněné přichycení ke svislé ose a zároveň k hraně stejné délky. V pravé části můžeme vidět v akci nejen asistenta pro stejné délky, ale zároveň i pro přichycení k ose, díky čemuž snadno vznikne pravouhelný roh místnosti.

■ Přichycení na střed

Při vytváření nové hrany je občas nutné umístit hranu přesně doprostřed mezi dvě již existující hrany. Tento asistent se využívá především při vytváření navigační trasy, kdy je třeba uživatele vést prostředkem chodby nebo například umístit dveře přesně doprostřed stěny. V rámci výpočtu se porovnává vzdálenost k nejbližší hraně na dané ose (buď svislá nebo vertikální) a spočítá se střed, jestli je poblíž konce nově vytvářené hrany, tak se na něj zaokrouhluje.



Obrázek 6.8: Ukázka asistenta pro přichycení na střed (vlevo bez asistenta, vpravo s asistentem). Černé prvky jsou již existující, modrá je nově vznikající hrana, červeně zvýrazněné je přichycení ke středu mezi stěnami, které jsou zvýrazněním propojené.

■ 6.2.2 Room manager

Nástroj pro správu místností má kromě režimu přidávání a odebrání k dispozici i nástroj pro editaci již existujících místností. Pro vytvoření nové místnosti je nutné kliknout do již existujícího uzavřeného prostoru vytvořeného ze zdí. Pokud prostor není uzavřen, tak místnost nelze vytvořit.

Po vytvoření místnosti je nutné zadat její oficiální název, který dále slouží pro vyhledání místnosti v rámci budovy. Lze také volitelně doplnit alternativní název místnosti (například *Studijní oddělení*). Místnost však může být i jiného typu než klasická místnost. Další možné typy jsou:



Obrázek 6.9: Přehled všech ikonek místností používaných v aplikaci

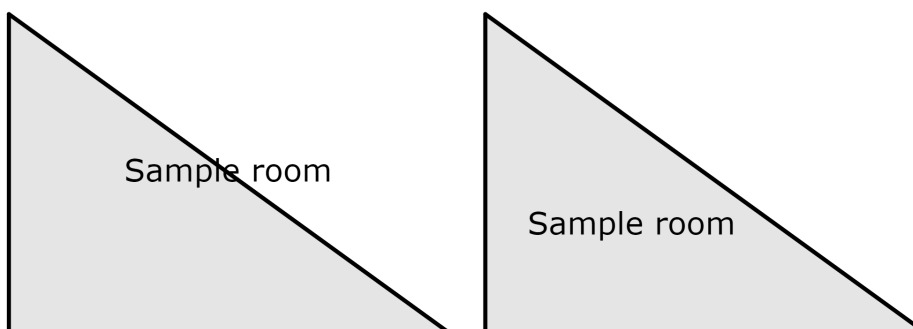
- Toaleta bez určení pohlaví (nebo pro obě) [Fre]
- Toaleta pánská

- Toaleta dámská
- Občerstvení [Chi]
- Výtah [ele]
- Schody [Koi]

Tyto typy jsou následně využívány při dotazech na nalezení daného typu místnosti bez potřeby navštívit konkrétní místnost, například "Najdi nejbližší toaletu".

U *Výtahů* a *Schodů* se ještě volí napojení do další místnosti stejného typu v jiném patře. Dochází tak k propojení výtahových šachet a schodů. U obou dvou variant lze zvolit, zda jsou přístupné pro vozíčkáře (příkladem schodů pro vozíčkáře je schodišťový výtah, příkladem výtahu nevhodného pro vozíčkáře je páternoster).

Při vytváření nové místnosti je k dispozici také několik asistentů, kteří se věnují především formátování textu s názvem místnosti / ikonkou. Jsou jim velikost textu / ikonky, který lze automaticky přizpůsobit tak, aby se vešel do šířky místnosti a nepřetékal. Pro víceřádkové názvy stačí do názvu místnosti přidat `\n`. Další možností je umístění textu v rámci místnosti. Lze jej vložit buď do středu místnosti (průměr všech krajních bodů), do těžiště místnosti nebo pozice ručně zvolené uživatelem.

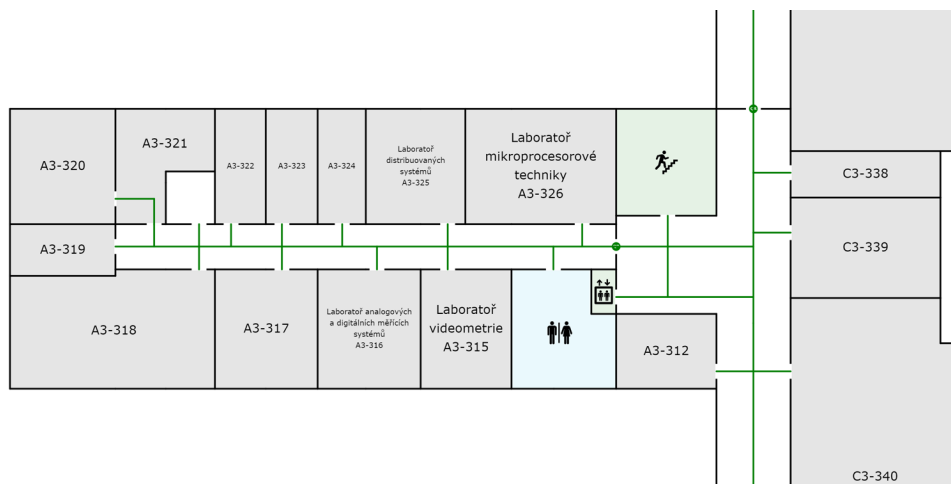


Obrázek 6.10: Ukázka umístění textu do středu / průměru všech bodů (levá varianta) a do těžiště místnosti (pravá varianta)

■ 6.2.3 Route manager

Route manager slouží pro vytváření navigačních tras, ve kterých je prováděna navigace uživatele v budově. Je tedy nutné v každém patře vytvořit navigační

trasy ve všech chodbách a propojit je. Zároveň pokud se navigační trasa připojí ke stěně, automaticky vzniknou dveře. Pro vytváření navigačních tras jsou k dispozici stejní asistenti jako pro vytváření zdí. Názornou ukázkou, jak vypadá vyplněná mapa s trasami lze vidět na Obrázku 6.11.



Obrázek 6.11: Ukázka kompletné mapy. Zelené čáry jsou navigační trasy, v rámci kterých může algoritmus hledat neoptimálnější trasy v budově. Při dotyku navigační trasy se zdí dojde k automatickému vytvoření dveří a propojení navigační trasy s místností.

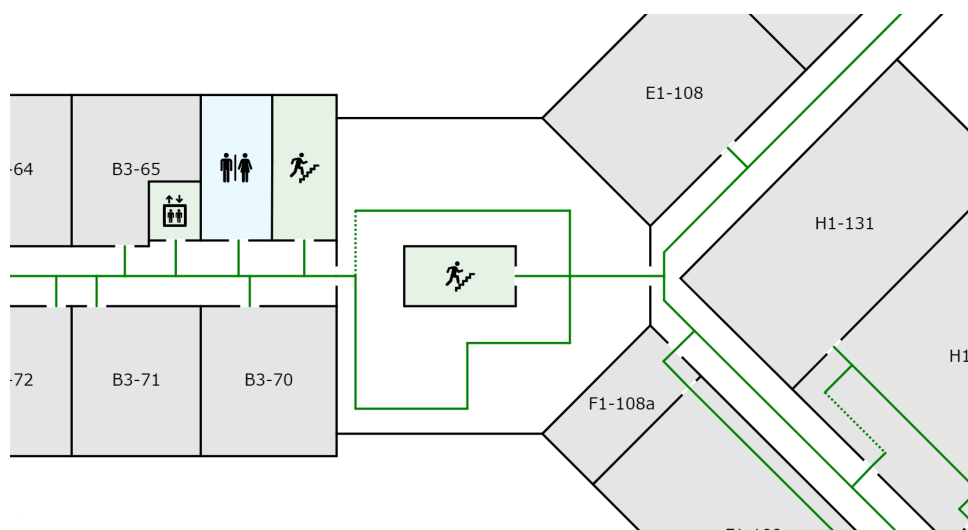
U koncových bodů navigačních tras lze zvolit jejich vlastní název, pokud není chtěné, aby bod přebíral název od názvu místnosti, se kterou sousedí. U jednotlivých bodů lze také zvolit, zda tento bod obsahuje QR kód (zelené body, které jsou v Obrázku 6.11 reprezentovány zelenou tečkou). Tato vlastnost je zohledněna při generování všech QR kódů v budově. U samotných tras lze zvolit, zda je trasa přístupná pro vozíčkáře, příkladem může být malý schůdek v rámci stejného podlaží.

Ilustrace situace bariérové a bezbariérové trasy je na Obrázku 6.12.

6.2.4 Nastavení

V Nastavení patra lze nastavit Reálné měřítko, vlastnosti podkladové obrázku patra a design patra.

Reálné měřítko slouží během navigace k převodu mezi jednotkami souřadného systému mapy a reálnou vzdáleností v budově. Pro započítání kalibrace administrátor zvolí dva body v mapě, u kterých zadá jejich reálnou vzdálenost v metrech. Díky tomu systém získá měřítko mapy, které se využívá pro



Obrázek 6.12: Obrázek ilustruje situaci z přechodové místnosti mezi budovou B3 a halovými laboratořemi v Přízemí. Horní kratší navigační trasa vede po schodech, takže je nepřístupná pro vozíčkáře (přerušovaná čára). Dolní delší trasa je nájezdová rampa pro vozíčkáře. Pokud tedy uživatel hledá trasu bez bariér, tak jej algoritmus navede spodní delší částí, jinak zvolí kratší variantu po schodech.

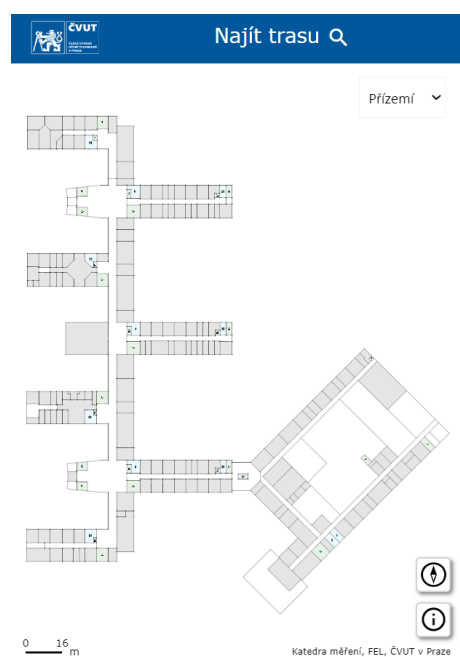
výpočet vzdáleností při navigaci.

U vlastností podkladového obrázku patra je možné nastavit jeho měřítko. Tato funkce slouží k tomu, když je zdrojový obrázek patra v příliš malém rozlišení a pro vytvoření všech potřebných detailů je nutné obrázek zvětšit. Podkladový obrázek je také možné skrýt, aby byla editace již hotového patra přehlednější.

U designu mapy lze volit jak barvy (zdí, dveří, místností, textu, navigační trasy, pozadí), tak i šířku zdí a dveří. Správné nastavení posledních dvou hodnot je důležité pro správné a přehledné vykreslení mapy.

Kapitola 7

Prostředí pro návštěvníky



Obrázek 7.1: Ukázka prostředí pro návštěvníky při prvotním načtení na mobilním zařízení

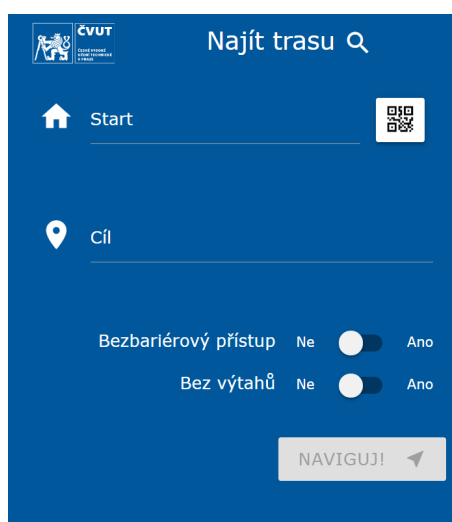
Rozhraní pro návštěvníky aplikace iQNavs je navrženo především pro mobilní zařízení s možností zobrazení i na PC nebo tabletech. Nejvýraznějším prvkem systému je modrá lišta v horní části obrazovky, která slouží pro zadávání cílů tras. Dále se v rozhraní nachází nabídka pro volbu zobrazovaného patra, kompas (pouze u mobilních zařízení), informace a měřítko.

Celé rozhraní je optimalizováno pro používání ve více jazycích. Aktuálně je

k dispozici čeština a angličtina, ale přidání dalšího jazyku je velice rychlé.

Komunikace mezi backendem, který hledá trasy, a frontendem, který je zobrazuje, probíhá na pozadí na stejné stránce, takže uživatel nemusí stránku opouštět. Dokonce pokud po nalezení trasy uživatel ztratí připojení k internetu, tak jej systém dovede až do cíle bez internetu. Veškeré dění na pozadí je uživateli prezentováno pomocí oznámení ve formě bublin, které se v prostředí zobrazují.

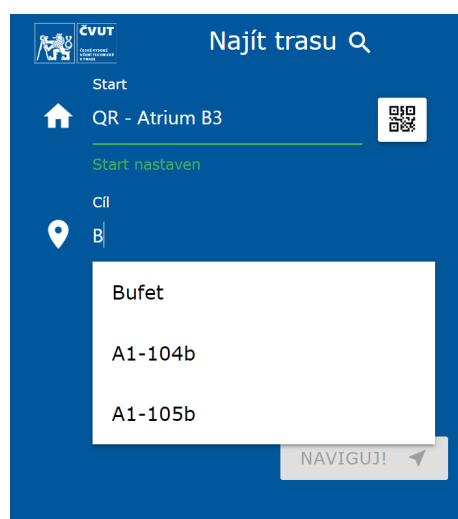
7.1 Vyhledávací obrazovka



Obrázek 7.2: Vyhledávací obrazovka

Po otevření nabídky pro vyhledávání tras má uživatel k dispozici pole pro počáteční a cílový bod (místnost) trasy. V případě, že se do aplikace dostane přes naskenování QR kódu na chodbě, má pole s počátečním bodem již vyplněné informací z QR kódu. Pokud pole vyplněné nemá, může název počáteční místnosti do systému napsat ručně a vybrat z nabídky nebo naskenovat QR kód ve svém okolí pomocí ikonky s QR kódem.

Cílový bod volí uživatel napsáním názvu místnosti do pole. V rámci pole je aktivní našeptávač (Obrázek 7.3), který zobrazuje možné místnosti odpovídající již vyplněným znakům do pole. V našeptávači jsou k dispozici jak oficiální názvy místností, tak i jejich alternativní názvy. V rámci cílového bodu lze zvolit i obecné místnosti typu *Toalety* a *Občerstvení*. Součástí našeptávače je i ověření, že zadaná místnost opravdu existuje, případně zda uživatel nechce navigovat ze stejné do stejné místnosti.



Obrázek 7.3: Našeptávač vyhledávacího pole. Poli pro start je načten QR kód ze vstupu u Atria, v cílovém poli se zobrazuje nabídka pro místnosti obsahující B

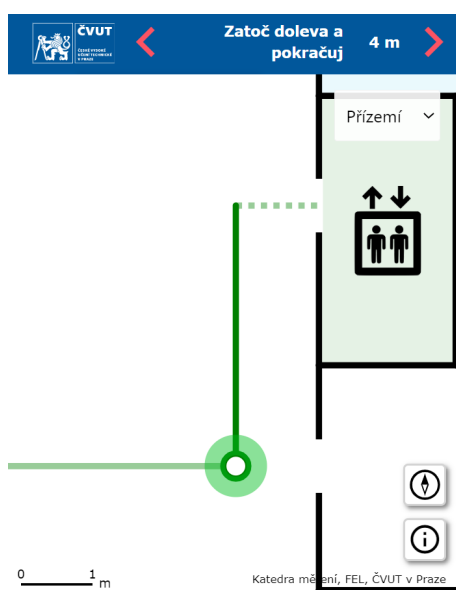
Před vyhledáním trasy ještě jsou ještě k dispozici přepínače, které slouží k volbě bezbariérové trasy, popřípadě trasy bez výtahů. V rámci rozšiřování systému lze postupně přidávat i další parametry trasy.

Pokud uživatel nechce vyhledat trasu mezi dvěma body, může vyplnit pouze cílovou lokalitu. Díky tomu se v mapě zobrazí správné patro, které danou místnost obsahuje, a místnost se zvýrazní.

7.2 Navigační obrazovka

Po vyhledání trasy se uživateli zobrazí celá nalezená trasa v mapě. Pomocí navigačního panelu v horní části obrazovky postupuje trasou, během které se mu mapa přibližuje a posouvá dle jednotlivých kroků, popřípadě se přepínají patra. Pro každý krok trasy (do další odbočky) má k dispozici textovou navigaci, která obsahuje textové instrukce trase spolu se vzdálenostmi (viz Obrázek 7.4). Mezi jednotlivými kroky se přepíná pomocí šipek na horní straně obrazovky.

Pokud se uživatel během cesty ztratí, má možnost naskenovat nejbližší QR kód na chodbě. Po naskenování se trasa automaticky přepočítá od nově nalezeného bodu a aktualizuje se v mapě i textové navigaci.



Obrázek 7.4: Navigační obrazovka se zvýrazněným bodem, od kterého platí aktuální navigační úkon spolu se vzdáleností.

Uživatel má také možnost pomocí tlačítka "Nová trasa" trasu resetovat a začít od znovu.

7.3 Funkcionality

Rozhraní pro uživatele nabízí i další funkce kromě vyhledávání. Nejvýraznější z nich je funkce kompas. Ten funguje pouze na mobilních zařízeních, respektive na zařízeních, které podporují událost Device Orientation, která umí webu předávat azimut natočení zařízení. U zařízení s operačním iOS je třeba od uživatele ještě získat dodatečné povolení k získávání těchto dat. Po povolení se mapa začne natáčet dle reálného umístění budovy vůči mobilnímu zařízení. Uživatelé má tak mapu v mobilním zařízení orientovanou stejně, jako je v realitě.

Mezi další doplňující funkcionalitu patří měřítko, které se nachází v levém dolním rohu rozhraní.

Kapitola 8

Realizace a testování

V této kapitole se blíže zaměřuji na plnění systému daty budovy Fakulty elektrotechnické a Fakulty strojní ČVUT v Praze, které jsem pro testování systému zvolil jakožto svou domovskou budovu, a následný testovací provoz během června až července 2021.

8.1 Vstupní data a plnění

Ve spolupráci s Technickoprovozním oddělením FEL a FS jsme získali technické výkresy budov. Tyto výkresy obsahovaly informace o všech příčkách, kótách, rozvodech v budově a mnoho dalšího. Výkresy pro obě fakulty (FEL a FS) byly rozdělené do nezávislých souborů. Před začátkem překreslování dat bylo tedy nutné vzít původní podklady, odstranit z nich nepotřebné informace pro tvorbu mapy, a spojit výkresy jednoho patra z obou fakult do jednoho. Tento proces bylo nutné nezávisle provést pro každé patro. Názornou ukázkou, jak vypadal původní výkres a do jaké podoby se upravoval, je Obrázek 8.1.

Po úpravě se výkres umístil se přes Správce budov ke konkrétnímu patru v Mapovém editoru se překreslily všechny jeho stěny, dveře, názvy místností a specializované místnosti (toalety, schody, výtahy, ...). Porovnání výkresu s jeho překreslenou podobou v Mapovém editoru je vidět na Obrázku 8.2.

Bohužel se ukázalo, že získané podklady nebyly v některých částech budovy

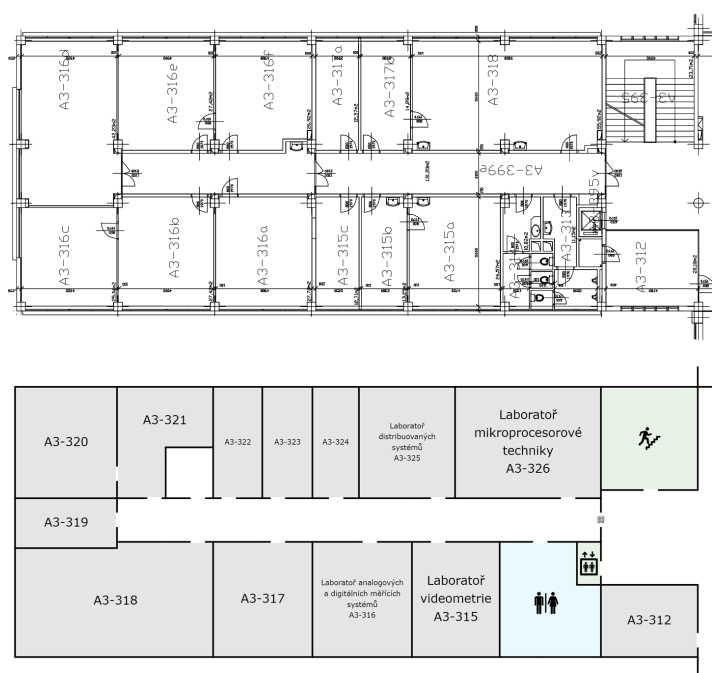


Obrázek 8.1: Porovnání výkresů před úpravou (vlevo) a po úpravě (vpravo)



Obrázek 8.2: Porovnání výkresů s překreslenou mapou v Mapovém editoru

již aktuální a zároveň z výkresů nešlo vyčíst, které dveře a místnosti jsou trvale zavřené (příklad na Obrázku 8.3). Bylo tedy nutné udělat fyzickou prohlídku v budově školy, kde bylo nutné porovnávat umístění každé místnosti a dveří s vytvořeným plánkem v Mapovém editoru. Díky tomu došlo k aktualizaci několika desítek místností a dveří, které se buď přestěhovaly nebo celkově přestavěly. Také bylo nutné zrušit několik cest (například průchod skrz byt v -1. patře). Došlo též k doplnění alternativních názvů místností, které v pláncích nebyly uvedené (například Studovna, Studijní oddělení, ...).



Obrázek 8.3: Porovnání původního výkresu v prostoru B3 ve třetím patře (nahore) s reálným stavem v budově (dole)

8.2 Uživatelské testování

V průběhu vývoje aplikace probíhalo testování uživatelského rozhraní na vybraném vzorku uživatelů, kteří zastupovali potenciální množinu uživatelů. Od studentů střední školy, kteří se jdou podívat na Den otevřených dveří nebo právě jdou první den do školy, přes již současné a bývalé studenty Fakulty elektrotechnické a ČVUT, až po osoby středního až staršího věku, kteří s moderními technologiemi nemají tolik zkušeností.

Na základě jejich zpětné vazby a analýzy jejich chování docházelo v průběhu vývoje k různým změnám designu, především rozmístění jednotlivých funkcí a textací u informačních dialogů.

8.3 Testovací provoz

Od pondělí 14. června do 31. července 2021 probíhal na Fakultě elektrotechnické testovací provoz, během kterého byl do vstupního atria budovy umístěn

informační plakát o aplikaci iQNavs spolu s prvním QR kódem.



Obrázek 8.4: Plakát vyvěšený během testovacího provozu v Atriu u vchodu do budovy

8.3.1 Analytika

V rámci aplikace byl po celou dobu testovacího provozu nasazen nástroj Google Analytics pro měření informací o uživateli a jejich aktivitách.

Za dobu testovacího provozu systém využilo 145 unikátních uživatelů, přičemž většina návštěv proběhla do konce června (rozložení návštěv je vidět na Obrázku 8.6). Tito návštěvníci provedli celkem 222 návštěv (otevření stránky), tj. více než 26 % uživatelů použilo systém opakovaně. Průměrná



Obrázek 8.5: Umístění plakátu v budově (zdroj fotografie Ing. Martin Šipoš, Ph.D.)



Obrázek 8.6: Počet uživatelů webu v jednotlivých dnech během testovacího období od 14. června do 31. července (zdroj: Google Analytics)

doba strávená na stránce byla 1:32 minuty a 74 % uživatelů navštívilo web v českém jazyce. Zbytek uživatelů má na svém zařízení nastavený jako svůj primární jazyk jiný než český, tj. vidělo anglickou verzi webu.

Zajímavé je též rozložení prohlížečů a zařízení. Jak lze vidět z Tabulky 8.1, tak počet uživatelů s operačním systémem Android a Windows byl stejný, 31,03 %, následovaný uživateli operačního systému iOS. Po sečtení všech Android a iOS uživatelů zjistíme, že 58,62 % všech uživatelů navštívilo web z mobilního zařízení. Ostatní uživatelé navštívili web z desktopového zařízení.

Z celkových 222 návštěv systému jich 113 (50,90 %) proběhlo přes načtení QR kódu v Atriu. Zbytek uživatelů se na stránku dostal přes zadání URL adresy *iqnavs.fel.cvut.cz*.

Upozornění: Je třeba zmínit, že tyto statistiky jsou ovlivněny dobou testování (druhá polovina června a červenec) a covidovým obdobím, kdy byl pohyb osob v budově a návštěvnost výrazně omezena. Zároveň aplikaci nebyla věnována žádná speciální propagace, kromě jednoho plakátu umístěného u vstupu. Plnohodnotné statistiky bude možné sledovat po zahájení kontaktní výuky, kdy bude systém spuštěn v druhé fázi testovacího provozu a v budově bude rozmístěno více QR kódů.

V rámci aplikaci bylo sledováno kromě výše zmíněných i několik dalších

Operační systém	Uživatelé	Procentuální podíl
Android	45	31,03 %
Windows	45	31,03 %
iOS	40	27,59 %
Linux	10	6,90 %
Macintosh	5	3,45 %

Tabulka 8.1: Podíl operačních systémů na používání aplikaci v testovacím provozu

akcí a aktivit:

- Zahájení navigace včetně počáteční a cílové místnosti
- Nastavení filtrů pro trasu (bezbariérová, bez výtahů)
- Načtení QR kódu buď přes tlačítko pro zadávání adresy nebo při ztracení v budově
- Dosažení cíle (uživatel prošel všechny kroky až do cílové místnosti)
- Obnovení vyhledávání a započetí nového vyhledávání
- Spuštění kompasu (úspěšné / neúspěšné)

■ Zahájení navigace včetně počáteční a cílové místnosti

Z celkového počtu 222 návštěv, 69 (20,23 %) uživatelů zahájilo navigaci, tj. vyplnilo startovní i cílovou místnost a začalo navigovat. Z těchto 69 návštěv 24 uživatelů mělo vložený jako startovní bod QR kód z vystaveného plakátu. Dalších 14 uživatelů uvedlo jako startovní lokalitu *Vchod*, což jsou vstupní dveře do budovy.

Cílové lokace jsou po většinou rozdělené po jednotkách případů, lze tedy předpokládat, že každý uživatel hledal jinou lokalitu. Větší počet (5 vyhledávání) lze pozorovat u lokace Bufet, která je ale první v nabídce, a u přednáškové místnosti C3-132 (4 vyhledávání). Po 3 vyhledávání má ještě B1-413, C3-52, C4-s150 a C4-s151b.

■ Nastavení filtrů pro trasu (bezbariérová, bez výtahů)

Z celkového počtu 69 zahájených vyhledávání bylo 65 (94,20 %) vyhledáváno jako běžná, pouhá 4 (5,80 %) jako bezbariérové trasy. U trasy bez výtahů je poměr trochu odlišnější, tam bylo 61 (88,41 %) vyhledávání pro použití výtahů, 8 (11,59 %) vyhledávání bylo pro trasy bez výtahů.

■ Načtení QR kódu buď přes tlačítko pro zadávání adresy nebo při ztracení v budově

Celkově možnost naskenovat QR kód přímo z webu pomocí tlačítka vedle políčka startovní lokace využilo 11 uživatelů a načtení QR kódu u tlačítka *Ztratil ses?* jeden uživatel. Ve dvou případech se jednalo o obrázky s nevalidním QR kódem nebo obrázky bez QR kódu.

■ Dosažení cíle

Z celkového počtu 69 započatých vyhledání se 21 (30,43 %) uživatelů v rámci aplikace proklikalo až na konec celé cesty a dorazilo do cíle. Toto číslo může být ovlivněno tím, že uživatel neklikl na poslední krok před místností, protože ji již viděl. V tomto čísle jsou tedy započtení pouze uživatelé, kteří se proklikali až na konec celé trasy.

■ Obnovení vyhledávání a započetí nového vyhledávání

Celkem 25 uživatelů po zahájení navigování (z celkových 69 vyhledávání se jedná o 36,23 %) znovu vyhledávání obnovilo.

■ Spuštění kompasu

Kompas je k dispozici pouze uživatelům mobilních zařízení, tj. možnost spuštění kompasu mělo 85 unikátních uživatelů. Celkem tuto funkci spustilo 6

(7,06 %) uživatelů, přičemž u polovinu se aktivace povedla úspěšně, polovina neúspěšně. Neúspěšnou aktivaci způsobuje zamítnutí dodatečného povolení "Přístupu k datům pohybu a orientace" na operačních systémech iOS.

■ 8.3.2 Zpětná vazba

Kromě sběru dat přes analytické nástroje Google Analytics byl k dispozici i formulář pro vyplnění zpětné vazby, který se zobrazoval po dokončení trasy nebo jeho odkaz byl k dispozici v sekci O aplikaci.

V rámci zpětné vazby se sbíraly odpovědi na dotazy:

- Bylo pro Vás jednoduché používat navigaci? (stupnice 1-5)
- Mohli byste popsat používání navigace slovy? (textové pole)
- Jak hodnotíte mapové podklady? (stupnice 1-5)
- Chcete nám něco doplnit k mapovým podkladům? (textové pole)
- Fungoval Vám kompas během procházení budovou? (stupnice 1-5)
- Kdybyste měli příležitost, používali byste aplikaci v budoucnu? (stupnice 1-5)
- Chcete nám ještě něco sdělit? (textové pole)
- Chcete být kontaktováni a pomoci autorům s vývojem? (textové pole)

Bohužel z celkového počtu 21 uživatelů, kteří dosáhli cíle, pouze jeden jediný vyplnil formulář pro zpětnou vazbu. Odpovědi na všechny otázky se stupnicí byly na úrovni 1 (tj. nejlepší) a v poli pro "Chcete nám ještě něco sdělit?" byla kromě pochvaly aplikace zanechána poznámka o větším zvýraznění navigační čáry. Tento podnět se často opakoval i během testování rozhraní s ostatními uživateli, tj. ještě před nasazením do ostrého provozu na začátku akademického roku, proběhne úpravu zvýraznění trasy.

Sběr dat ve zpětné vazbě bude probíhat i během dalších měsíců, aby testovaný vzorek byl co nejvíce odpovídající.

Část III

Závěr

Vývoj celé aplikace byl značně rozsáhlý a během jeho průběhu se narazilo na několik neočekávaných problémů, které vývoj celé aplikace značně prodlužovaly. Po ale téměř roční práci je třeba říct, že se povedlo vytvořit systém, který je v současné době funkční a připravený pro otestování v reálných podmínkách. Testování je připraveno v rámci zimního semestru v budově Fakulty elektrotechnické, ČVUT v Praze v dejvickém kampusu, kde bude systém používán studenty, zaměstnanci a návštěvami a po dobu celého semestru budou sbírána statistická data, zpětná vazba pro případné zdokonalení a bude sledována stabilita systému. Díky realizovanému editoru map je však systém snadně rozšiřitelný i na jiné libovolně složité budovy.

Aplikace však nabízí stále mnoho aktivit a směrů, kterými je možné ji nadále rozvíjet. Jednou z možných funkcionalit je automatický převod rastrových nebo vektorových obrázků a půdorysů pater do formátu pro použití v rámci aplikace. Další možnost je integrace gyroskopu a akcelerometru, který by umožňoval měřit úšlou vzdálenost a směr, podobně jak je zmíněno v Sekci 3.2. Další směr je vytvoření správy uživatelských účtů, aby se nové osoby mohli automaticky registrovat a vytvářet své vlastní budovy.

Dále je možné do systému zakomponovat adresář osob, pomocí kterého by bylo možné dohledat místnost i podle osoby, které v dané místnosti sídlí. Dalším rozšířením může být funkcionalita, která umožní vytvořit odkaz / QR kód pro danou místnost, který pak uživatelé při plánování schůzky mohou k pozvánce přiložit. Takovýto odkaz usnadní návštěvníkovi cestu na schůzku, neboť v sobě bude mít již připravenou trasu od vstupu až do cílové místnosti. Pracovat se dá také na optimalizaci vyhledávání tras, nejen z hlediska výpočetní náročnosti, ale i kvality nabízené cesty (například optimalizovat trasu na co nejméně odboček). Samotný systém je možné ještě nadále testovat a ověřovat jeho funkčnost při vyšším zatížení, které bylo zatím ověřeno jen v rámci simulací.

Vytváření této aplikace mi přišlo zajímavé a přínosné, protože se jedná o projekt, který nebude po odevzdání uložen do archivu, ale může sloužit veřejnosti pro orientaci v rámci budov. Zároveň jsem při vytváření byl postaven před nové výzvy, které mi pomohly propojit znalosti získané během předchozích fází mého studia.



Přílohy

Příloha A

Literatura

- [Chi] Roberto Chiaveri, *Fork and knife icons – download free vector icons / noun project*, <https://thenounproject.com/term/fork-and-knife/369577/>, Citováno: 8. 8. 2021.
- [CKSW03] N.S. Correal, S. Kyperountas, Q. Shi, and M. Welborn, *An uwb relative location system*, IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies, 2003, 2003, pp. 394–397.
- [CMGCCL⁺11] Enrique Costa-Montenegro, Francisco Gonzalez-Castano, David Conde-Lagoa, Belen Barragans Martinez, Pedro Rodríguez Hernández, and Felipe Gil-Castineira, *Qr-maps: An efficient tool for indoor user location based on qr-codes and google maps*, 2011 IEEE Consumer Communications and Networking Conference, CCNC'2011 (2011).
- [css] *Cascading style sheets home page*, <https://www.w3.org/Style/CSS/>, Citováno: 8. 6. 2021.
- [ele] *Lift svg png icon free download 553687 onlinewebfonts*, https://www.pngkey.com/detail/u2t4i1w7a9y3w7u2_lift-svg-png-icon-free-download-553687-onlinewebfonts/, Citováno: 8. 8. 2021.
- [Fie00] Roy Thomas Fielding, *Chapter 5: Representational state transfer (rest)*, http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm, 2000.
- [Fre] Freepik, *Toilet - free people icons*, https://www.flaticon.com/free-icon/toilet_185547, Citováno: 8. 8. 2021.

- [GCGR02] F.J. Gonzalez-Castano and J. Garcia-Reinoso, *Bluetooth location networks*, Global Telecommunications Conference, 2002. GLOBECOM '02. IEEE, vol. 1, 2002, pp. 233–237 vol.1.
- [gmi] *Plány budov - google maps*, <https://www.google.com/maps/about/partners/indoormaps/>, Citováno: 10. 6. 2021.
- [gui] *Augmented reality indoor navigation system | guidebot*, <https://guidebot.viewar.com/>, Citováno: 10. 6. 2021.
- [Haa16] Harald Haas, *Lifi: Conceptions, misconceptions and opportunities*, 2016 IEEE Photonics Conference (IPC), 2016, pp. 680–681.
- [HSW05] A. Harder, L. Song, and Y. Wang, *Towards an indoor location system using rf signal strength in ieee 802.11 networks*, International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC'05) - Volume II, vol. 2, 2005, pp. 228–233 Vol. 2.
- [htma] *Html5 - living standard*, <https://html.spec.whatwg.org/multipage/>, Citováno: 8. 6. 2021.
- [htmb] *Html5 - living standard - the canvas element*, <https://html.spec.whatwg.org/multipage/canvas.html>, Citováno: 8. 6. 2021.
- [ibe] ibeaconinsider, *Virgin atlantic and the personalization of ble*, <http://www.ibeacon.com/virgin-atlantic-tests-ibeacon/>, Citováno: 5. 6. 2021.
- [infa] infsoft, *Indoor positioning and indoor navigation using wi-fi*, <https://www.infsoft.com/technology/positioning-technologies/wi-fi>, Citováno: 8. 8. 2021.
- [infb] ———, *Indoor positioning, tracking and indoor navigation with beacons*, <https://www.infsoft.com/technology/positioning-technologies/bluetooth-low-energy-beacons>, Citováno: 5. 6. 2021.
- [infc] ———, *Ultra-wideband technology for indoor positioning*, <https://www.infsoft.com/technology/positioning-technologies/ultra-wideband>, Citováno: 8. 8. 2021.
- [jav] *Standard ecma-262*, <https://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-262.htm>, Citováno: 8. 6. 2021.

- [Koi] Sentra Koi, *The icon for wakeup hill on stairs*, https://www.kindpng.com/imgv/wRomwT_the-icon-for-wakeup-hill-on-stairs-transparent/, Citováno: 8. 8. 2021.
- [mat] *Materializace css*, <https://materializecss.com/about.html>, Citováno: 8. 6. 2021.
- [McC11] Brian McClendon, *Step inside the map with google mapsgl*, 2011, Citováno: 10. 6. 2021.
- [Mul77] F. P. Muller, D. E.; Preparata, *Finding the intersection of two convex polyhedra*, Technical Report UIUC 7 (1977), 217–236.
- [nav] *Navisens*, <https://www.navisens.com/>, Citováno: 10. 6. 2021.
- [net] *Nette – pohodlný a bezpečný vývoj webových aplikací v php*, <https://nette.org/cs/>, Citováno: 8. 6. 2021.
- [osm] *Indoor mapping - openstreetmaps wiki*, https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Indoor_Mapping, Citováno: 10. 6. 2021.
- [php] *Php: Hypertext preprocessor*, <https://www.php.net/>, Citováno: 8. 6. 2021.
- [QRc] *Iso/iec 18004:2006*, <https://www.iso.org/standard/43655.html>, Citováno: 10. 6. 2021.
- [sql] *Iso/iec 9075-1:2016 – information technology — database languages — sql — part 1: Framework (sql/framework)*, <https://www.iso.org/standard/63555.html>, Citováno: 8. 6. 2021.
- [svg] *Scaleable vector graphics (svg 2)*, <https://www.w3.org/TR/SVG/>, Citováno: 8. 6. 2021.
- [Tab] Vince Tabora, *Bicubic interpolation techniques for digital imaging*, <https://medium.com/hd-pro/bicubic-interpolation-techniques-for-digital-imaging-7c6d86dc35dc>, Citováno: 10. 6. 2021.
- [WSC⁺20] Yijie Wu, Jianga Shang, Pan Chen, Sisi Zlatanova, Xuke Hu, and Zhiyong Zhou, *Indoor mapping and modeling by parsing floor plan images*, International Journal of Geographical Information Science (2020), 1–27.

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Burkoň** Jméno: **Richard** Osobní číslo: **457956**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra počítačové grafiky a interakce**
Studijní program: **Otevřená informatika**
Specializace: **Počítačová grafika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Frontend iQR navigačního systému

Název diplomové práce anglicky:

Frontend of iQR Navigation System

Pokyny pro vypracování:

1) Cílem diplomové práce je kompletní tvorba frontendu indoor QR navigačního systému (iQNavs). Návrh frontendu bude zohledňovat a především rozšiřovat prvotní koncept, který byl již rozpracován v rámci semestrálního projektu. Při návrhu a realizaci bude student využívat backend navržený kolegou v rámci jeho BP. V rámci návrhu zrealizujte kompletní systém, jehož klíčové součásti a vlastnosti budou:

- Analýza současného stavu v oblasti Indoor navigace bez využití systémů GNSS.
- Návrh a realizace kompletního frontendu iQNavs (vícepatrové budovy, implementace preferencí v rámci navigace, tj. bezbariérově, výtah, nejkratší cesta, nejbližší zájmový bod – občerstvení, WC, dezinfekční místo, atd.).
- Implementace rozhraní pro administraci.
- Podpora nezávisle na použité platformě (iOS, Android, Windows Mobile, Windows, atd.)
- Otestování v reálných podmínkách (vícepatrové budovy, atd.)
- Podpora jak CZ, tak i EN verze.
- Mapové podklady bude možné libovolně přibližovat, posouvat, atd.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Hassan A. Karimi: Indoor Wayfinding and Navigation, CRC Press Taylor & Francis Group, ISBN, 978-1-4822-3085-7 (eBook - PDF), 2015.
- [2] Steven M. LaValle: Planning Algorithms, 2006, Cambridge University Press
- [3] Luigi Biagiotti, Claudio Melchiorri, Trajectory Planning for Automatic Machines and Robots, 2008, Springer, ISBN: 9783540856290
- [4] Robin Nixon: Learning PHP, MySQL & JavaScript - With jQuery, CSS & HTML5, O'Reilly Media, 2018, ISBN: 9781491978917

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Martin Šipoš, Ph.D., katedra měření FEL (13138)

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

Datum zadání diplomové práce: **03.02.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: _____

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2022**

Ing. Martin Šipoš, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta