

BENECYKL, s.r.o.

Software

**Software monitoringu uživatele, stavu vozíku a řízení
pohybu vozíku s umělou inteligencí pro distanční terapii a
volnočasové aktivity**

FW04020071-V3

Autor:

Hejda Jan

Sokol Marek

Karavaev Aleksei

Leová Lýdie

Kutílek Patrik

Příhoda Aleš

Hýbl Ján

Volf Petr

Krejčí Lubomír

Hadraba Petr

Antonovič Milan

Číslo projektu: FW04020071

Identifikační číslo výsledku: FW04020071-V3

Typ výsledku: R - software

**Projekt „Smart Mobility pro děti s postižením - terapie, životní styl a volný čas“
č. FW04020071 je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury
ČR v rámci Programu TREND“**

Odpovědný pracovník: Krejčí Lubomír, (BENECYKL, s.r.o.)

BRNO 12/2023

Jazyk výsledku: CZE

Hlavní obor: JB - Senzory, čidla, měření a regulace

Uplatněn: ANO

Název výsledku česky: Software monitoringu uživatele, stavu vozíku a řízení pohybu vozíku s umělou inteligencí pro distanční terapii a volnočasové aktivity

Název výsledku anglicky: Software for monitoring the user, the status of the wheelchair and controlling the movement of the wheelchair using artificial intelligence for distance therapy and leisure activities

Abstrakt k výsledku česky:

Software, který umožňuje speciálně vyvinutými algoritmy terapii a rozšířit možnosti volnočasových aktivit osob upoutaných na vozík. Software využívá modulů pro záznam a hodnocení dat z monitorovacích systémů/senzorů stavu uživatele, senzorů prostředí a vozíku, současně software využívá dat zadaných uživateli (asistenty/rodiči). Měřená data jsou prostřednictvím software využita pro biofeedback.

Abstrakt k výsledku anglicky:

Software that enables therapy with specially developed algorithms and expands the possibilities of leisure activities for wheelchair users. The software uses modules for recording and evaluating data from monitoring systems/sensors of the user's condition, environmental sensors and the wheelchair sensors, at the same time the software uses data entered by users (assistants/parents). The measured data are used for biofeedback via software.

Klíčová slova česky: biofeedback, invalidní vozík, senzor, terapie, invalidní osoba

Klíčová slova anglicky: biofeedback, wheelchair, sensor, therapy, disabled person

Vlastník výsledku: Benecykl, s.r.o. - 85%, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství - 15%,

Lokalizace: České vysoké učení technické v Praze

Licence: Ano

Licenční poplatek: Ne

Ekonomické parametry:

Trh obsahuje pouze software záznamu základních charakteristik chování uživatelů invalidních vozík a invalidních vozíků, ale neumožňují monitoring pohybových dat a jejich zpracování a využití k rehabilitaci přímo ve vozíku. Současně neexistuje software umožňující biofeedback přímo v invalidním vozíku. Realizace se zaměřuje na software vyvinutý pro měření charakteristik skutečného pohybu osob v invalidním vozíku a využití znalosti o chování osob ve vozíku v řízení vozíku poháněného elektromotory. Tímto umožňuje software přispět k rehabilitaci v rámci distanční terapie a volnočasových aktivit. Software nabízí záznam chování uživatele v reálném čase a datové vstupy a výstupy umožňuje určit a hodnotit charakteristiky chování uživatele. Obdobný software není na trhu dostupný. Ekonomické přínosy vyplývají z možnosti nejen rehabilitace, ale především měření chování uživatele v rámci domácího prostředí, což vede zkrácení rehabilitace či zlepšení zdravotního stavu uživatele.

Kategorie nákladů: výše nákladů \leq 5 mil. Kč.

Software zajišťuje monitorování a analýzu senzorických veličin společně s řízením vozíku. Jeho architektura je modulární, přizpůsobená konkrétnímu použitému hardware. Kombinací moderní technologie a uživatelsky přívětivé rozhraní je zajištěno efektivní sledování a vyhodnocování potřebných veličin. Aplikace je navržena tak, aby byla intuitivní a snadno použitelná pro širokou škálu uživatelů. Její ovládání bylo optimalizováno pro dotykovou manipulaci. Kromě toho lze pro základní ovládání využít hardwarová tlačítka ovládacího terminálu.

Aplikace je primárně implementována v Pythonu, což umožňuje vysokou míru flexibility a rozšiřitelnosti. Software také využívá QML pro vývoj uživatelského rozhraní, což zajišťuje moderní a plynulý uživatelský zážitek a zlepšuje vizuální aspekty aplikace. Pro optimální vizuální chod aplikace je využíváno grafické akcelerace pomocí OpenGL.

Uživatelé

Vzhledem ke specifčnosti hardware, který software sleduje a řídí, se předpokládá, že kočárek bude obsluhován dvěma uživateli:

- **klientem** - osoba sedící v kočárku, řídící systém výhradně svým pohybem,
- **asistentem** - osoba vedoucí a řídící kočárek pomocí displeje a mechanických ovladačů (tlačítek, páček).

Funkce aplikace

Aplikace, která je nedílnou součástí hardwarového systému (viz část Hardwarové požadavky) zajišťuje

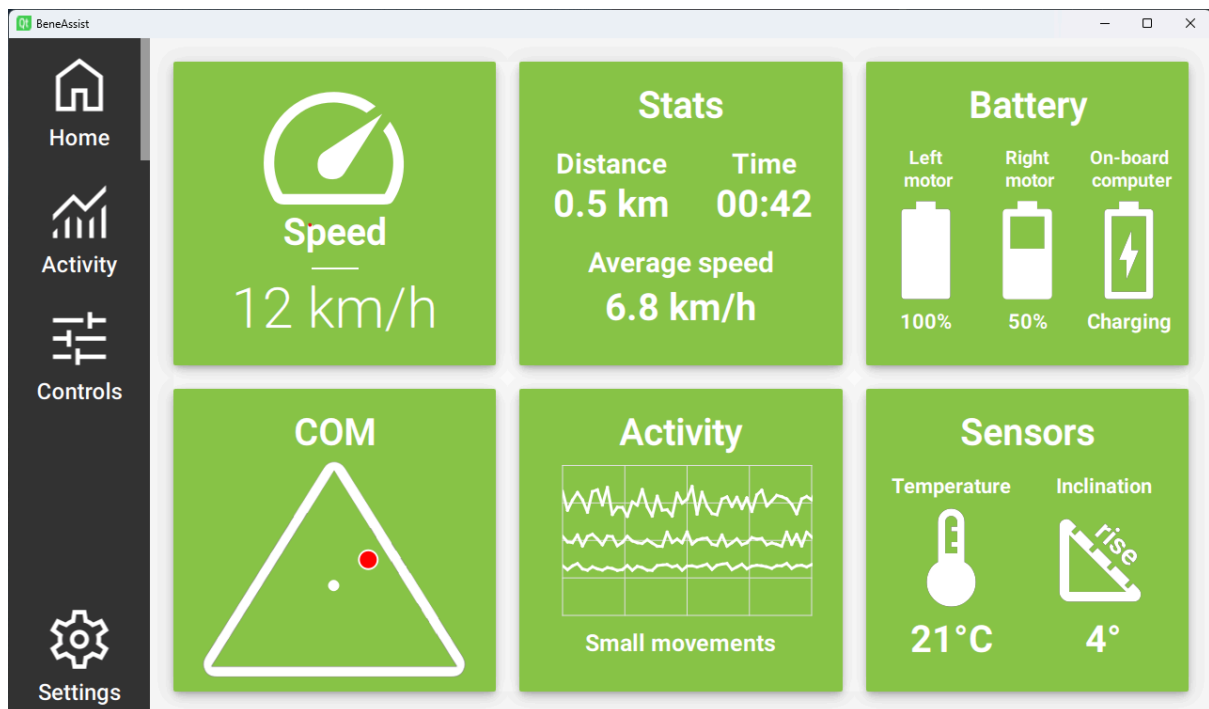
- **Sledování a analýzu měřených veličin** jako jsou
 - Náklon kočárku (hodnoty roll, pitch) určený z dostupných gyroakcelerometrických dat
 - Teplota okolí a její rozdíl mezi teplotou klienta
 - Ujetá vzdálenost
 - Aktuální a průměrná rychlost
- **Sledování aktivity klienta** měřením a hodnocením
 - Aktivity jeho zápěstí
 - Pohybu jeho těžiště v kočárku
 - Využití umělé inteligence při analýze dat za účelem určení vstupu do biofeedbacku
- **Řízení kočárku a sledování jeho stavu**
 - Řízení rychlosti a směru jízdy pomocí pákových ovladačů
 - Nastavení rychlosti jízdy - detekce pádu či jiného nestandardního stavu vedoucí k zastavení (autonomie řízení 1. stupně)
 - Biofeedback - omezené řízení kočárku pohybovou aktivitou klienta
 - Kontrola úrovně nabití baterie
- **Bezpečnost detekcí**
 - Nebezpečných stavů jako je náraz, pád nebo dlouhodobé významné vychýlení těžiště

- Zvýšeného rozdílu teploty okolí a klienta
- **Dlouhodobé sledování stavu klienta** pomocí umělé inteligence a statistických metod.

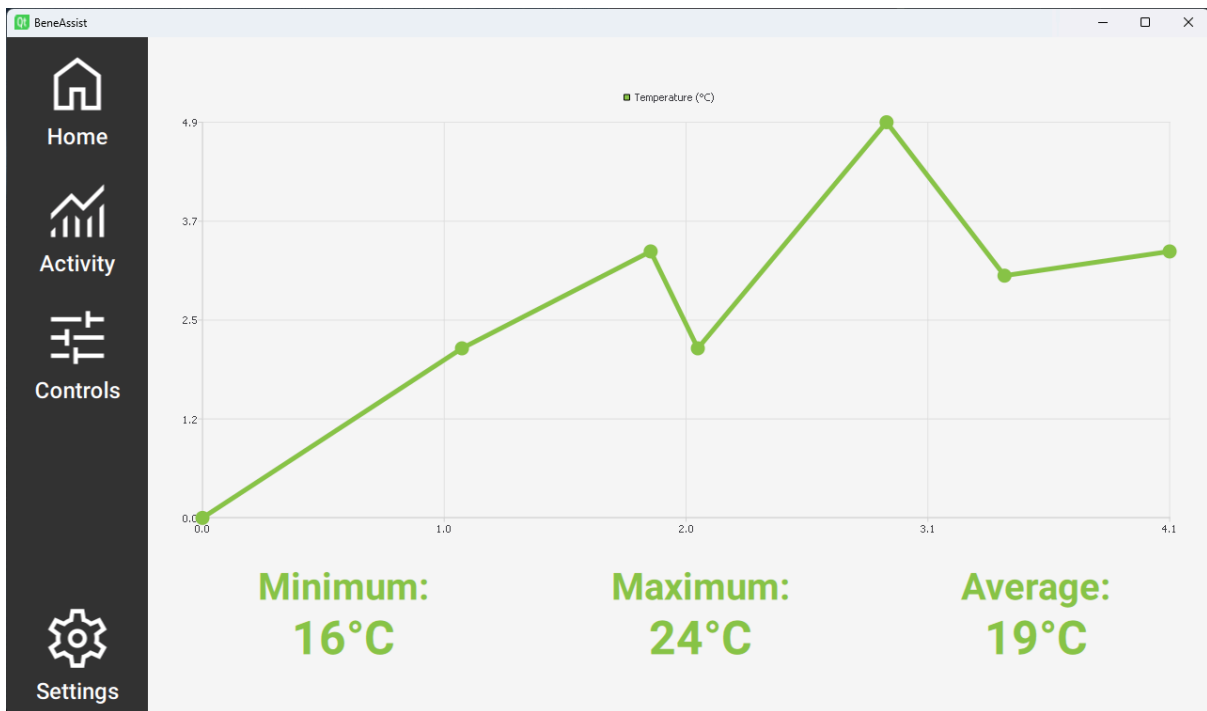
Uživatelské rozhraní

Software poskytuje uživateli intuitivní uživatelské rozhraní pro obsluhu vozíku a sledování jeho stavu. Základní obrazovka (Obr. 1) zobrazuje údaje jako jsou aktuální a průměrná rychlost, ujetá vzdálenost, čas jízdy, stav jednotlivých baterií, pohyb těžiště klienta, jeho aktivita, okolní teplota a náklon kočárku.

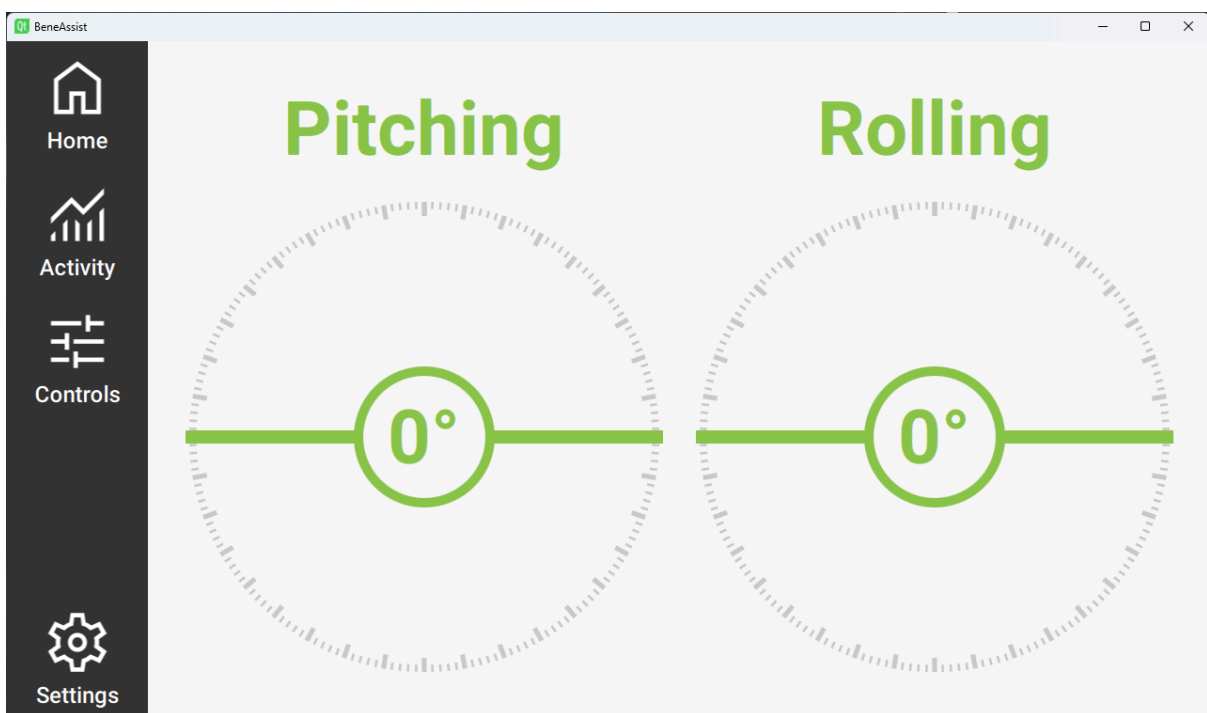
Aplikace dále umožňuje detailní zobrazení sledovaných veličin (Obr. 2-3). Samotné ovládání rychlosti je řešené mechanickými páčkami.



Obr. 1 Základní obrazovka aplikace.



Obr. 2 Zobrazení průběhu teploty v čase.



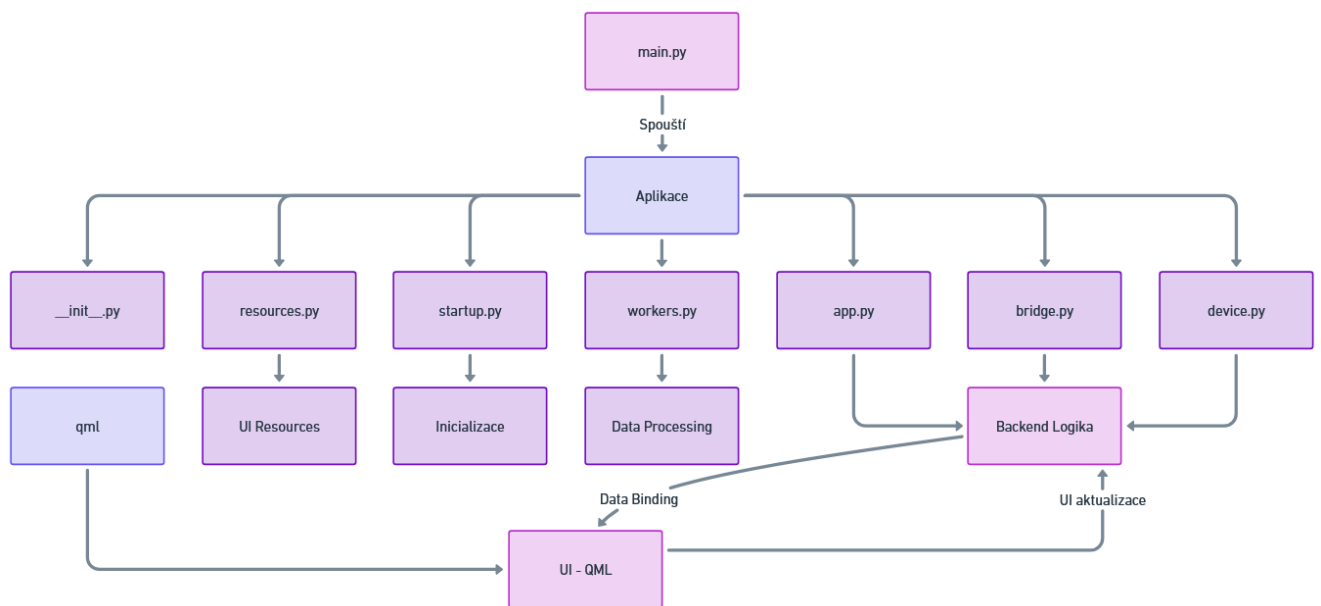
Obr. 3 Zobrazení inklinoměru.

Implementace

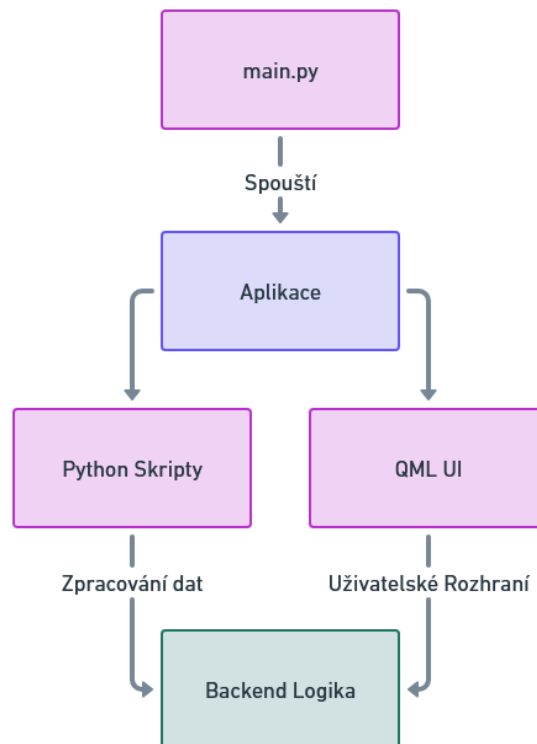
Pro implementaci backendové logiky byl zvolen Python díky své flexibilitě, množství dostupných knihoven a podpoře pro různé typy výpočtů a datových operací. Aplikace se skládá z jádra a uživatelského rozhraní. Jádro zajišťuje řízení a komunikaci s externími zařízeními, zpracování senzorických dat a řízení uživatelského rozhraní.

Pro uživatelské rozhraní je použit framework PySide2, což je oficiální sada nástrojů Qt pro Python. PySide2 umožňuje vytvářet sofistikované a atraktivní grafické uživatelské rozhraní (GUI). Také lze díky PySide2 snadno integrovat Pythonovou logiku s QML, což je klíčové pro vytváření reaktivních a interaktivních aplikací.

Struktura aplikace s jednotlivými komponentami zajišťujícími dílčí činnosti jako jsou komunikace se zařízeními, zpracování dat a poskytování uživatelského rozhraní je vynesena na Obr. 4.



Obr. 4 Diagram struktury aplikace



Obr. 5 Zjednodušený diagram softwarové struktury navržené aplikace

Hardwarové požadavky

Software monitoringu uživatele, stavu vozíku a řízení pohybu vozíku s umělou inteligencí pro distanční terapii a volnočasové aktivity je součástí jednotky Main Controller - reTerminal (MC) reTerminal s operačním systémem Linux Raspbian využívající Raspberry Pi CM4 (Obr. 5).

Pro správnou funkci systému je nezbytné množství senzorů, ovladačů a motorů. Pro snímání pohybové aktivity osoby ve vozíku je používán systém Client Machine Interface (CMI) skládající se ze subsystémů Client Upper Limb Activity Sensor (CULAS), Client Position Sensors (CPS) a Client Lower Limbs Activity Sensors (CLLAS). Jednotka CULAS tvořená 100 Hz 9 DoF MEMS senzorem umístěným v náramku na zápěstí klienta je propojená s jednotkou MC pomocí Bluetooth. Jednotka CPS tvořená trojicí tenzometrických senzorů umístěných na jednotlivých nápravách vozíků poskytuje data přenášená do MC pomocí USB.

Pro hodnocení stavu vozíku samotného je využita jednotka Environmental Sensors (ES) tvořená 100 Hz 9 DoF MEMS senzorem a dvěma teplotními čidly. MEMS senzor komunikující s MC pomocí USB je umístěný v podsedáku vozíku. Teplotní čidla jsou umístěna na vnitřní i vnější straně podsedáku vozíku.

Interakce s asistentem je řešena systémem Assistant Machine Interface (AMI) skládajícího se z hlavní brzdy a páčkových ovladačů připojených k MC USB rozhraním a 5palcového kapacitního dotykového displeje integrovaného do MC.

Samotný pohyb je zajišťován systémem Mobility system složeným z motorů a baterií doplněných elektronikou pro jejich řízení.



Obr. 6 Ukázka aplikace na ovládacím terminálu (reTerminal Seed) s ovládacími prvky

Algoritmy pro rozpoznávání gest uživatelů

Pro úlohu rozpoznávání gest z dat gyroakcelerometru se typicky využívají strojového učení, konkrétně model rozhodovacího stromu, což je interpretovatelná a rychlá metoda umělé inteligence. Podmínkou je měření trénovacích dat, na kterých se klasifikátor naučí správně interpretovat gesta, a správná volba vlastností (angl. features). Učení klasifikátoru může probíhat jak na počítači na základě předem naměřených dat, tak i přímo na mikrořadiči za předpokladu poskytnutí trénovací množiny.

Pro trénink modelu na mikrořadiči lze použít knihovnu TinyDecisionTreeClassifier, která funguje ve frameworku Arduino a umožňuje rychlou a jednoduchou práci s rozhodovacími stromy.

Knihovna je založená na algoritmu implementaci rozhodovacího ve verzi C4.5. Principem učení je maximizace informačního zisku při každém rozštěpu (angl. split) ve smyslu minimalizace Shannonovy informační entropie. Výstupní rozhodovací strom pak je jednoduše interpretovatelný.