

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Ekonomická fakulta
Katedra aplikované matematiky
a informatiky

Teze diplomové práce

Otevřená interaktivní robotická platforma pro domácí využití

Vypracoval: Bc. Martin Stropek

Vedoucí práce: Ing. Jan Fesl Ph.D.

České Budějovice

2023

Klíčová slova: Robotika, Raspberry Pi, DIY, open-source, vzdálené ovládání

Anotace: Práce se zaměřuje na návrh a implementaci funkčního mobilního robota, kterého je možné ovládat pomocí interaktivní webové aplikace. Robot dokáže přenášet video a obousměrné audio, což umožní jeho využití v oblastech, kde je nutné vzdálené monitorování (např. sledování domácích zvířat). Projekt je navržen jako otevřený na bázi open-source s důrazem na nízké pořizovací náklady a snadné rozšíření o další možné funkcionality.

Úvod

V dnešní moderní době se neustále zvyšuje poptávka po možnostech monitorování a kontrolování míst, kde nemůžeme být fyzicky přítomni. Zároveň stále roste obliba robotů a celkově IT zařízení, které si každý může přizpůsobit podle svého, přičemž nové technologie jsou stále dostupnější.

S tímto trendem vznikl inovativní nápad na vývoj mobilního robota, kterého si potenciální uživatelé mohou sami sestavit za nízké pořizovací náklady. Původní záměr tohoto projektu spočíval v návrhu robota, který by byl využitelný pro hlídání domácích zvířat. V porovnání s běžnými IP kamerami by tento robot mohl po bytě libovolně přejíždět a se zvířetem interagovat tak, že by mohlo přes vestavěné reproduktory slyšet přímo hlas svého páníčka. Na projekt však lze nahlížet mnohem komplexněji tak, že robot může být užitečný kdekoliv, kde uživatel potřebuje interagovat s okolím, avšak fyzicky být přítomen nemůže. Uživatelé rovněž mohou dle vlastních požadavků, potřeb a schopností přidávat k základnímu modelu robota další funkcionality.

Tento robot může být v neposlední řadě výborným zdrojem zábavy a vzdělávání pro všechny věkové kategorie a může sloužit jako výuková platforma, která přiláká nejen mladší generace do světa robotiky.

Cíl práce

Cílem práce je navrhnout a implementovat funkčního mobilního robota, kterého bude možné vzdáleně ovládat prostřednictvím interaktivní webové aplikace. Robot bude umět přenášet video a obousměrné audio.

Celý projekt bude realizován jako otevřený, tzn. na bázi open-source. Veškeré zdrojové kódy, schémata zapojení a postup pro zprovoznění budou zveřejněny. Pro výrobu robota budou voleny finančně dostupné součástky či moduly, umožňující snadné masivní rozšíření mezi členy uživatelské komunity. Důraz při vývoji bude kladen i na to, aby návrh zařízení byl pojat modulárně, a bylo tudíž možné bez větších komplikací řešení rozšířit o další případné funkcionality.

Kroky k naplnění hlavního cíle:

- 1) Provést důkladnou hardwarovou a softwarovou rešerši pro realizaci robota (řízení, pohon, interakce, komunikace).
- 2) Navrhnout, implementovat a odladit robota po hardwarové stránce na pečlivě vybrané mikropočítačové platformě (Raspberry Pi, Arduino, Nvidia Jetson, atd.), která bude stěžejní pro realizaci pokynů od uživatele – tj. pomocí impulzů řídit jeho pohyb, resp. zajišťovat veškeré další funkcionality pro interakci s okolím.
- 3) Navrhnout, implementovat a otestovat ovládací aplikaci, pomocí které bude možné přehrávání/příjem vizuálních a zvukových jevů a ovládání pohybu robota.

Metodika

Práce se skládá z několika základních částí. První částí je hardwarová implementace robota. Následuje vývoj řídicí aplikace, zajištění audiovizuálního přenosu a tvorba uživatelského webového rozhraní.

Hardwarová implementace

Základnu robota tvoří podvozek se dvěma pásy, které jsou poháněny stejnosměrnými 9V TT motory s vestavěnou převodovkou. K řízení směru jízdy u pásového podvozku slouží difference otáček. Je tedy možné robota otočit na místě protichůdným pohybem pásů, případně jen mírněji zatočit krátkým zastavením jednoho z pásů během jízdy. Mozkem robota je mikropočítač Raspberry Pi verze 4. Aby s ním bylo možné řídit motory, je na něj nasazena řídicí deska se dvěma H-můstky, která se rovněž stará o napájení samotného Raspberry Pi z akumulátoru. Rychlost otáčení pásů je řízena pomocí PWM. Ke snímání obrazu slouží kamera připojená přes CSI port a je možné s ní otáčet v obou osách díky dvěma modelářským servomotorům. Audio výstup představují malé reproduktory připojené přes Jack konektor k interní zvukové kartě a jako vstup slouží USB mikrofón. Součástí senzorického systému robota je rovněž ultrazvukový dálkoměr. Celá konstrukce drží pohromadě díky použití šroubů a několika dílů ze stavebnice Merkur. O přísun elektrické energie se stará akumulátor, který je nabíjený bezdrátově pomocí elektromagnetické indukce. Stav akumulátoru je hlídán pomocí voltmetru, který s Raspberry Pi komunikuje pomocí sběrnice I2C.

Řídicí aplikace

Aplikace pro ovládání robota byla napsána v jazyce Python a je rozdělena do několika souborů (jednotlivé třídy). Povelů pro řízení pohybu robota a rovněž stavové informace jsou přenášeny prostřednictvím obousměrného WebSocket kanálu, který zajišťuje knihovna Tornado.

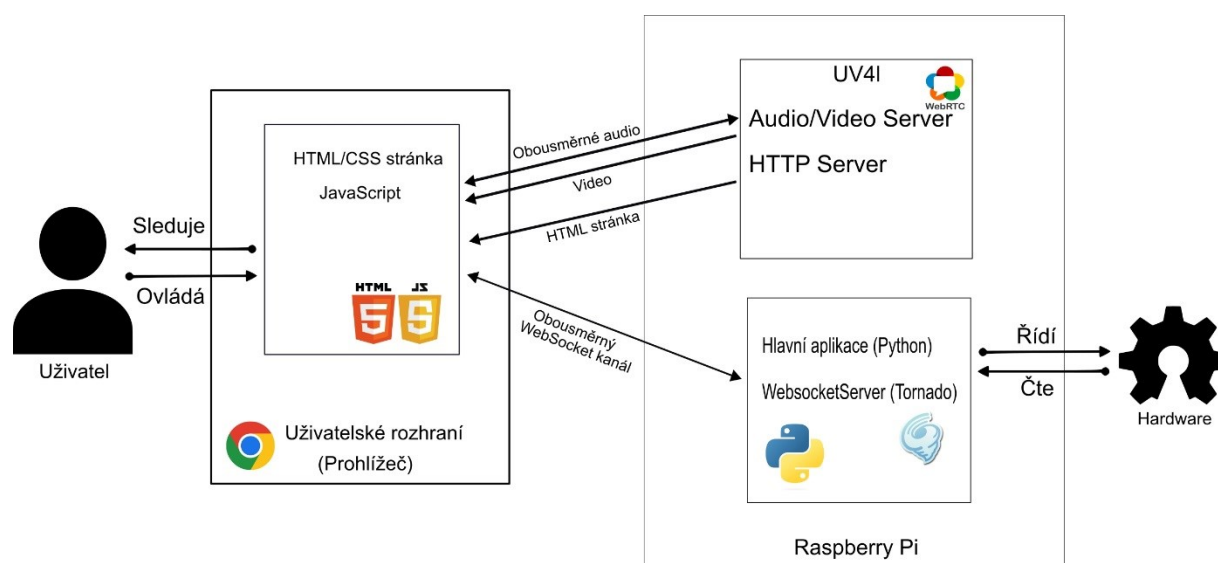
Audiovizuální přenos

O streamování videa k uživateli a obousměrný přenos audia pomocí protokolu WebRTC se stará UV4L server, který rovněž funguje jako HTTP server a odesílá uživateli samotnou ovládací HTML stránku.

Webové rozhraní

K ovládání robota slouží jednoduchá webová aplikace, kde lze pomocí tlačítek na ovládacím panelu spustit nebo zastavit streamování videa a zapnout/vypnout zvuk pro oba jednotlivé směry. Dále zde uživatel může sledovat různé stavové informace, jako je síla signálu wifi, vzdálenost od překážky před robotem nebo stav nabití baterie. Pohyb robota je možné ovládat pomocí kláves nebo tlačítek na obrazovce. Uživatel také může nastavit rychlost otáčení pásů (v procentech) pomocí jednoduchého posuvníku.

Architektura řešení



Na Raspberry Pi se nachází hlavní pythonovská aplikace pro řízení robota a dále zde běží tři servery. Prvním z nich je Websocket server, který je implementován přímo v kódu hlavní Python aplikace za pomoci knihovny Tornado. Díky tomuto serveru je možné zpracovávat povely uživatele pro ovládání robota a zároveň odesílat z robota naměřené informace na uživatelskou webovou stránku. Dále zde běží UV4L server, který zajišťuje streamování videa a obousměrný přenos audia prostřednictvím protokolu WebRTC. Součástí UV4L softwaru je také HTTP server, který odesílá ovládací HTML stránku prohlížeči uživatele.

Testování

Všechny součásti projektu byly testovány průběžně během vývoje. Po dokončení byl robot testován uživatelsky (pouze autorem práce).

Zařízení bylo testováno pouze v rámci lokální sítě, avšak při použití VPN nebo jiné z možností vzdáleného přístupu by nemělo nastat k žádné změně funkčnosti. Z webových prohlížečů se nejlépe osvědčil Google Chrome.

V průběhu testování bylo nalezeno několik menších nedostatků zejména v hardwarové části, které v rámci aktuálního prototypu nebylo možné snadno odstranit, nepředstavují však žádný problém pro běžné využití.

Řízení přes klávesnici bylo díky motorům s pomalým převodem velmi plynulé a celkový dojem z ovládání byl dobrý.

Závěr

V práci byly teoreticky popsány různé možnosti pohonu a řízení robotů, protokoly webové komunikace, způsoby detekce překážek a počítačové vidění, důkladně porovnány některé vývojové platformy a vysvětleny principy související s těmito technologiemi.

Následně byl navržen a implementován funkční prototyp robota, který je schopný živě přenášet video a obousměrné audio a je jej možné ovládat prostřednictvím webové aplikace. Součástí práce je jak softwarová, tak i hardwarová část projektu.

Je nutné si uvědomit, že vytvořený projekt představuje spíše jakýsi koncept než finální produkt. Při vytváření platformy byly využity pouze veřejně dostupné open-source technologie, standardizované protokoly a běžně dostupné komponenty. Nebyly použity žádné proprietární technologie. Všechny zdrojové kódy jsou veřejně dostupné na on-line platformě GitHub a všechny hardwarové části včetně schémat jejich zapojení jsou součástí textu práce.

Mělo by tedy být možné bez větších obtíží robota libovolně rozšiřovat, vylepšovat a upravovat dle konkrétních požadavků pro specifické využití jak v hardwarové, tak v softwarové oblasti.

Základní literatura

- [1] How to Make a Robot: Lesson 2: Choosing a Robotic Platform. Robotshop.com: community [online]. 17. 9. 2018 [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: <https://community.robotshop.com/tutorials/show/how-to-make-a-robot-lesson-2-choosing-a-robotic-platform>
- [2] SIEGWART, Roland a Illah NOURBAKHS. Introduction to autonomous mobile robots. Cambridge, Massachusetts: A Bradford Book, 2004. ISBN 0-262-19502-X.
- [3] Raspberry Pi 4. Raspberrypi.com [online]. [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- [4] ČÍŽEK, Jakub. Špionážní tank s nočním viděním. Zive.cz: Pojďme programovat elektroniku [online]. 1. 4. 2018 [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/pojdme-programovat-elektroniku-spionazni-tank-s-nocnim-videnim/sc-3-a-192485/default.aspx>
- [5] UV4L. Linux-projects.org: (advanced) Projects [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.linux-projects.org/uv4l/>

Plný seznam použité literatury je uveden v textu diplomové práce.

Další bibliografické údaje

Type of thesis: master

Author: Martin STROPEK

Academic Year: 2022/2023

Department: Department of Applied Mathematics and Informatics, Faculty of Economics, University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Czech Republic

Thesis supervisor: Ing. Jan FESL Ph.D.

Number of pages: 79

Language of thesis: CZ

Title of Thesis: Open interactive robotics platform for home use

Annotation:

The thesis focuses on the design and implementation of a functional mobile robot, which can be controlled through an interactive web application. The robot is capable of transmitting video and two-way audio, enabling its use in areas where remote monitoring is necessary (e.g. monitoring pets at home). The project is designed as an open-source platform with an emphasis on low cost and easy expansion of additional functionalities.

Key words: Robotics, Raspberry Pi, DIY, open-source, remote control

Přílohy vázané v práci:

Příloha A: Odkaz na zdrojové kódy

Příloha B: Fotografie zařízení