

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

Teze diplomové práce

Konstrukce a řízení chytré dobíjecí stanice pro elektrokoloběžky

Vypracoval: Bc. Luděk Scholz

Vedoucí práce: Mgr. Jakub Geyer

České Budějovice

Rok 2023

Klíčová slova: 3D tisk, RFID, zabezpečení, konstrukce, elektrokoloběžky, nabíjení, STAG, Arduino, Raspberry Pi

Anotace:

Tato práce se zaměřuje na sestavení chytré dobíjecí stanice pro elektrokoloběžky na Katedře informatiky PřF. V první části se práce zaměřuje na rešerši dostupných řešení. V druhé části se práce zabývá analýzou a návrhem vlastního řešení. To se dále dělí na tři části, server, stanice (displej) a dok (zámek), kde u každé z částí je samotná analýza, návrh a implementace. V práci se řeší návrh mechanických částí, způsob zamykání, dobíjení a také samotný návrh softwaru jak pro server, umožňující správu a logování užití koloběžek, tak i pro stanici poskytující uživatelské rozhraní pro uživatele. Cílem je vytvořit funkční a modulární stanici, která umožní uživatelům pohodlně a bezpečně dobíjet elektrokoloběžky na katedře a je připravena na další rozšiřování.

Úvod

Elektrické koloběžky se v dnešní době stávají stále více oblíbeným dopravním prostředkem, který nejen že šetří životní prostředí, ale také nabízí uživatelům pohodlnou a efektivní alternativu k tradičním automobilům. S tímto vzrůstajícím trendem však přicházejí i určité problémy, omezující jejich potenciál. V některých místech je například vjezd elektrických koloběžek zakázán a je obtížné najít vhodné místo pro jejich bezpečné zamykání a dobíjení.

Cílem této práce je představit konstrukci chytré dobíjecí stanice pro elektrokoloběžky, která bude instalována v Katedře informatiky PřF a která by některé problémy řešila a poskytovala uživatelům snadné a pohodlné řešení. Jedním z hlavních přínosů navrhovaného systému je implementace jednoduchého zamykání a odemykání elektrických koloběžek pomocí čipové karty. Tato technologie díky tomu umožní uživatelům pohodlné a bezpečné parkování koloběžek.

Dalším klíčovým prvkem, na který se zaměříme v rámci této práce, je implementace systému logování užívání elektrických koloběžek. Tato funkcionality umožní získat užitečné informace o aktivních výpůjčkách a dostupnosti koloběžek v reálném čase. Díky systému logování budou uživatelé schopni předem zjistit dostupnost elektrických koloběžek a efektivně plánovat svou cestu po kampusu.

Důležitým cílem navrhovaného systému je rovněž zajištění jednoduchého a bezproblémového nabíjení elektrických koloběžek. Chytrá dobíjecí stanice bude navržena tak, aby využívala stávající originální hardware od výrobce. Celý systém musí být navržen tak aby nepotřeboval zásahy do hardwaru samotné koloběžky, což zajistí, že uživatelé nebudou narušovat záruku ani bezpečnost svých zařízení.

Práce se zaměřuje na konstrukci a design chytré dobíjecí stanice pro elektrokoloběžky, která bude umožňovat snadné zamykání, logování a bezproblémové nabíjení. Cílem je poskytnout uživatelům pohodlné řešení, které jim umožní plně využít potenciál elektrických koloběžek pro dopravu nejen v kampusu Jihočeské Univerzity.

Cíl práce

Hlavním cílem práce je navrhnout a sestavit řešení pro chytrou dobíjecí stanici elektrokoloběžek pro Katedru informatiky PřF Jihočeské Univerzity. Stanice musí být optimalizována pro uživatele a musí umožnit jednoduché odemykání na základě elektronického ověření pomocí čipové karty. Stanice musí být modulární, aby byla lehce rozšiřitelná a počet možných nabíjecích doků mohl být dále rozšiřován. Systém musí obsahovat logovací server pro zaznamenávání výpůjček. Vybrané hardwarové komponenty musí být bezpečné a vhodné pro sestavení stanice. Fyzická konstrukce bude zohledňovat praktičnost, bezpečnost a prostorové požadavky.

Z hlavního cíle následně vyplývají úkoly:

1. Rešerše existujících dostupných řešení a technologií pro uzamykání a chytré nabíjení elektrokoloběžek.
2. Výběr vhodných HW prostředků pro dobíjecí stanici a systém uzamykání.
3. Návrh a realizace vlastního řešení stanice s důrazem na univerzálnost a modularitu (včetně simulace v prostředí 3D CAD).
4. Návrh a realizace softwaru řízení stanice a obslužného software pro vzdálenou správu.
5. Nasazení a otestování prototypu.

Výstupem této práce bude modulární dobíjecí stanice pro elektrokoloběžky, která bude umožňovat jednoduché rozšíření. Součástí jsou 3D modely, programy i samotný prototyp stanice.

Druhým výstupem bude dokumentace testovacích scénářů, kde bude popsáno, jaké testovací scénáře byly použity a jaké byly jejich výsledky.

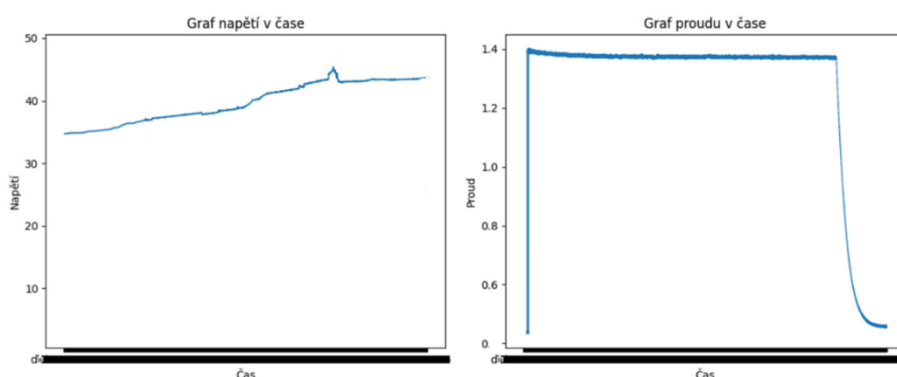
Dalším výstupem bude uživatelská dokumentace popisující používání jak webového rozhraní, tak i samotné stanice.

Posledním výstupem bude poté samotná dokumentace pro nasazení, která slouží jako návod pro sestavení stanice a nasazení, nebo pro rozšíření.

Metodika

Pro vytvoření chytré dobíjecí stanice byla nejprve nutná rešerše a analýza možných řešení. Rešerše probíhala za pomoci hlavně elektronických zdrojů, studií i dalších projektů na dané téma. Analýza následně, u každé části práce, byla formou vlastních experimentů a měření. Mezi nejpodstatnější úkoly analýzy bylo najít nejvhodnější řešení pro zamykání a také pro nabíjení elektrokoloběžky.

V případě nabíjení elektrokoloběžky se vycházelo z informací získaných při rešerši. Následně došlo k praktickým testům za použití mikrokontroleru Arduino, kdy byly informace potvrzeny a upřesněny. Bylo provedeno několik měření nabíjení koloběžky kde výsledky můžeme vidět v grafu níže. Graf byl vykreslen pomocí pythonu.



Obrázek 1 - Grafy výsledky měření

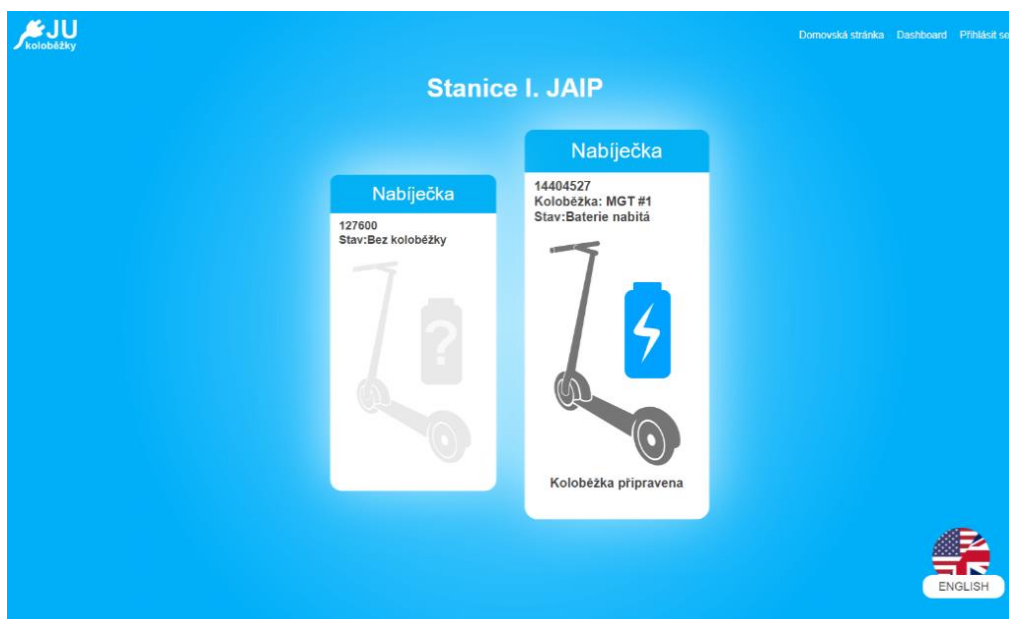
Následně bylo nutné vyřešit a vytvořit mechanismus pro zamykání elektrokoloběžky. Celý tento proces byl vyvíjen formou Rapid prototyping, kdy se nevytváří rovnou finální produkt, ale k finálnímu produktu se dochází menšími krůčky pomocí prototypů, které slouží většinou pouze k představě o vzhledu a vyzkoušení funkčnosti.

Součástí práce je také naprogramování jak serveru, tak i stanice a doků. Server je naprogramovaný pomocí návrhového vzoru MVC v jazyce PHP. Stanice je naprogramována kombinací PHP a pythonu. Samotné doky, tedy zařízení pro zamykání a řízení nabíjení jsou naprogramované pomocí Arduina.

Výsledky

Výstupem této práce je sestavení a implementování chytré dobíjecí stanice pro elektrické koloběžky spolu s odpovídajícím ekosystémem, který nabízí uživatelům pohodlné řešení a administrátorům umožňuje prakticky bezúdržbovou správu stanic a doků. Součástí tohoto výstupu jsou všechny okomentované kódy, 3D modely a diagramy, dokumentace testovacích scénářů, uživatelská dokumentace popisující užívání jak webového rozhraní, tak i samotné stanice a dokumentace pro nasazení, která slouží jako návod pro sestavení stanice a nasazení, nebo i pro pozdější rozšíření.

Celá dobíjecí stanice se skládá ze třech částí, první je server, druhou stanice a třetí částí jsou doky. Server slouží ke správě dat, poskytuje webové rozhraní jak pro uživatele, tak i pro administrátory. Server poskytuje základní informace o stanici a koloběžkách, umožňuje přihlašovat se uživatelům i za pomoci externí identity STAG. Server také loguje data o výpůjčkách. Součástí serveru je také vlastní API, které musí poskytovat možnost stanicím ověřovat karty, nebo posílat informace o docích či koloběžkách.



Obrázek 2 - Webové rozhraní

Stanice slouží k řízení doku a poskytuje rozhraní pro interakci s uživatelem. Stanice se poskytuje připojení pro doky na vlastní sběrnici, která umožňuje připojit více jak 100 doků k jedné stanici do jednoho konektoru, protože doky se mohou za sebou řetěžit. Samotný dok se potom stará o zamykání koloběžek a nabíjení. V současné době je server na stejném fyzickém zařízení jako je stanice, tedy na Raspberry Pi 4. To přináší výhodu v tom, že nemusíme používat další server a komunikace nepůjde po síti, tedy bude daleko rychlejší



Obrázek 3 - Nabíjecí stanice (vlevo) a dok v otevřeném i zavřeném stavu (vpravo)

Závěr

Tato práce si kladla za cíl vytvořit chytrou dobíjecí stanici na elektrokoloběžky Katedry informatiky PřF. Tato dobíjecí stanice má za úkol umožnit intuitivní zamykání a dobíjení elektrokoloběžek s pomocí identifikace užitím univerzitní čipové karty. Výsledkem celé práce, avšak není pouze dobíjecí stanice, ale celý ekosystém.

Tento vytvořený ekosystém se skládá ze tří hlavních částí. První částí je server, který slouží jako správce dat a sjednocuje ostatní moduly. Druhou částí je stanice, která poskytuje uživatelům grafické a fyzické rozhraní pomocí dotykového displeje a čtečky karet. Poslední částí jsou moduly doků, které umožňují propojení a řetězení doků v počtu přesahující 100 na jednu stanici.

Díky tomuto vytvořenému ekosystému je toto řešení rozšiřitelné nejen přidáváním dalších doků do stanic, ale také přidáváním nových stanic do dalších budov. Celý systém umožňuje sdílení koloběžek, uživatelů a doků mezi stanicemi, které je zajištěno pomocí serveru. Tato flexibilita má výhodu v tom, že uživatelé mohou vrátit koloběžky kdekoli v rámci systému. Také je možné měnit doky mezi stanicemi bez jakékoli konfigurace. To přináší větší pohodlí a pro uživatele a flexibilitu pro administrátory.

Díky modularitě systému je možné do budoucna přidávat nové typy doků s vlastní konfigurací, aniž by bylo nutné zasahovat do samotného programu systému. Každá koloběžka je identifikována unikátním ID, což otevírá možnost vytvoření univerzálního dobíjecího doku. Tento dok by dokázal na základě připojené koloběžky získat informace o jejím stavu nabití ze serveru a následně spustit nabíjení s optimalizovanými parametry pro danou koloběžku. Tím by vznikl dok, který by byl kompatibilní s jakoukoli koloběžkou nebo dokonce jiným zařízením, například elektrokolem, pokud by byl adaptován zámek a držák pro kolo.

Seznam literatury použité v tezích

K. T. I. S. Alisa Arno, „Accelerometer assisted authentication scheme for smart bicycle lock,“ IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), 2015.

C. K. D. Nikolaev, „Smart parking for an ecological type of transport - electric,“ v Journal of Physics: Conference Series, 2021.

P. V. D. F. G. A. J. P. B. O. I. Gautham Ram Chandra Mouli, „Sustainable E-Bike Charging Station That Enables AC, DC and Wireless Charging from Solar Energy,“ EPE-ECCE Europe, pp. <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/14/3549>, 10 7 2020.

V. -A. C.-B. S. S.-C. A. Martínez-Navarro, „Photovoltaic Electric Scooter Charger Dock for the Development of Sustainable Mobility in Urban Environments,“ IEEE Access, vol. 8, p. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9195537>, 14 9 2020.

Jihočeská univerzita, „webové služby STAG,“ Jihočeská univerzita, [Online]. Available: https://stag-ws.jcu.cz/ws/web?pp_locale=cs&pp_reqType=render&pp_page=title

Codingtxt.com, „The Advantages of PHP with MVC Architecture: More Flexible, Scalable, and Secure Web Applications,“ 18 3 2023. [Online].

J. Juviler, „What Is an API Endpoint? (And Why Are They So Important?),“ 27 7 2022. [Online]. Available: <https://blog.hubspot.com/website/api-endpoint>.

<https://www.isicskolam.cz/>, „ISIC školám,“ [Online]. Available: https://www.isicskolam.cz/faq_category/03-cipy-a-cipove-systemy-ss/.

„What is a Raspberry Pi?,“ [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>.

R. & D. R. & A. M. Bhuiyan, Miniature Energy Harvesting Device for Wireless Sensors in Electric Power System., 2010.

Úplný seznam použité literatury je uveden v textu diplomové práce.

Další bibliografické údaje

Type of thesis: master

Author: Luděk SCHOLZ

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: Mgr. Jakub Geyer

Number of pages: 78

Language of thesis: CZ

Title of Thesis: Design and control of smart charging station for electric scooters

Annotation: This thesis focuses on constructing a smart charging station for electric scooters at the Department of Computer Science, Faculty of Science. The first part of the work is dedicated to researching available solutions. The second part involves the analysis and design of a custom solution, which is further divided into three components: the server, station, and dock. Each component undergoes its analysis, design, and implementation. The thesis addresses the design of mechanical parts, the method of locking and charging, as well as the development of software for the server, enabling management and logging of scooter usage, and for the station, providing a user interface. The goal is to create a functional and modular station that allows users to charge electric scooters conveniently and securely at the department, with the readiness for future expansion.

Key words: 3D Printing, RFID, security, construction, electric scooter, charging, STAG, Arduino, Raspberry Pi

Přílohy vázané v práci:

Příloha 1 – Testovací scénáře

Příloha 2 – API Endpointy

Příloha 3 – Nasazení

Příloha 4 – Uživatelská dokumentace

Přílohy volně vložené:

Příloha 5 – 3D modely

Příloha 6 – Programy

Příloha 7 – Diagramy

Příloha 8 – Seznam součástí