

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0626**

Flexibilný systém Internetu vecí s využitím integrovaných SMART senzorických prvkov

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Michal Mičjan, PhD.**

Príjemca **POWERTEC s.r.o.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Spoločnosť Powertec s.r.o. a Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroniky a fotoniky.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Počas projektu bola realizovaná spolupráca s viacerými nadnárodnými zahraničnými partnermi (Infineon, ST Microelectronics, Orange, Telekom, SimpleCell, University of Padova).

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- [1] Miniaturne kontaktné smart meracie zariadenie s bezdrôtovým prenosom dát neinvazívneho merania fyziologických parametrov sledovaného subjektu a merací systém, č. UV: 8459, zapísaný úžitkový vzor,
- [2] Smart parkovací bezdrôtový senzor a spôsob jeho inštalácie do parkovacieho miesta, č. UV: 8499, zapísaný úžitkový vzor,
- [3] Personálna smart schránka na vzdialené prevzatie listových a/alebo balíkových zásielok č. UV:8235, zapísaný úžitkový vzor,
- [4] Ventil pár monoméru parylénu, č. UV: 8622, zapísaný úžitkový vzor,
- [5] Difúzor pár monoméru parylénu, č. UV: 8607, zapísaný úžitkový vzor,
- [6] Ventil pár monoméru parylénu, PP 140-2018, patent v konaní,
- [7] Difúzor pár monoméru parylénu, PP 141-2018, patent v konaní,
- [8] Puzdro parkovacieho senzora, PD 141-2017. zapísaný dizajn.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

- [1] SVOBODOVÁ, Helena - VAVRINSKÝ, Erik - TUROŇOVÁ, Daniela - DONOVAL, Martin - DAŘÍČEK, Martin - TELEK, Peter - KOPÁNI, Martin. Optimization of the position of single-lead wireless sensor with low electrodes separation distance for ECG-derived respiration. In Advances in Electrical and Electronic Engineering. Vol. 16, No. 4 (2018), s. 528-837. ISSN 1336-1376 (2018: 0.243 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: WOS: 000454318100013.
- [2] VAVRINSKÝ, Erik - SVOBODOVÁ, Helena - DONOVAL, Martin - DAŘÍČEK, Martin - KOPANI, Martin - MIKLOVIČ, Peter - HORÍNEK, František - TELEK, Peter. Application of single wireless holter to simultaneous EMG, MMG and EIM measurement of human muscles activity. In Lékař a technika. Vol. 48, No. 2 (2018), s. 52-58. ISSN 0301-5491 (2018: 0.125 - SJR, Q4 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85057112856.
- [3] VAVRINSKÝ, Erik - ŠUBJAK, Ján - DONOVAL, Martin - WAGNER, Alexandra -

ZÁVODNÍK, Tomáš - SVOBODOVÁ, Helena. Application of modern multi-sensor holter in diagnosis and treatment. In Sensors. Vol. 20, Iss. 9 (2020), Art. no. 2663 [21] s. ISSN 1424-8220 (2019: 3.275 - IF, Q1 - JCR Best Q, 0.653 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: DOI: 10.3390/s20092663 ; WOS: 000537106200227 ; SCOPUS: 2-s2.0-85084373704.

[4] DEBNÁR, Tomáš - GAŠPAREK, Krisztián - ŠUBJAK, Ján - ZÁVODNÍK, Tomáš - DONOVAL, Martin. Introduction to the internet of things (IoT). In ADEPT 2019 : 7th International conference on advances in electronic and photonic technologies. Štrbské Pleso, Slovakia. June 24-27, 2019. 1. vyd. Žilina : Vydavateľstvo EDIS, 2019, S. 39-42. ISBN 978-80-554-1568-0. - pozvaná/ úvodná prednáška na konferencii ADEPT 2019.

Uplatnenie výsledkov projektu

V rámci projektu boli navrhnuté a verifikované inovatívne moduly na meranie kvality životného prostredia (merané veličiny: teplota, vlhkosť a tlak vzduchu, koncentrácia prchavých organických látok, hluk, vibrácie, osvetlenie, UV index, elektrické a magnetické pole), monitorovanie teploty a mobility pacientov (precízny teplomer, gyroskop, akcelerometer, magnetometer), sledovanie polohy (pozičný prijímač, akcelerometer, magnetometer, gyroskop, zisťovanie prítomnosti Bluetooth vysieláčov). Každý z uvedených modulov bude v blízkej dobe uplatnený v systéme, ktorý nájde využitie v praxi v monitorovaní a využití internetu vecí. V oblasti životného prostredia bude riešenie nasadené na testovanie v rámci Bratislavy a okolitých obcí pre preukázanie funkčnosti riešenia a ďalšieho komerčného využitia. V rámci získaných dát bude vytváraná 3D mapa s dátami, ktoré budú využiteľné napríklad pri rozhodovaní o zefektívňovaní dopravy, monitorovaní teplotných máp v meste počas letných mesiacov, monitorovaní exhalátov a ich pôvodu pre efektívne zameranie sa na ich odstraňovanie resp. výber poplatkov. V oblasti zdravotníctva budú moduly zapracované v systémoch telemedicíny, ktorá sa bude nasadzovať v spolupráci s inými priemyselnými i akademickými partnermi v rámci slovenského zdravotníctva. Každý z navrhnutých a verifikovaných modulov dosiahne praktické využitie a uplatnenie na trhu v krátkom období po skončení realizácie projektu. Keďže projekt bol výrazne aplikačne orientovaný, počas riešenia projektu sa kolektív zamerával na dosahovanie a prípravu patentov a úžitkových vzorov namiesto karentových publikácií, ktoré sú dôležitou súčasťou realizácie elektronických riešení. Výsledky projektu si našli svoje uplatnenie v dvoch podaných patentových prihláškach, v 5 zapísaných úžitkových vzoroch a jednom priemyselnom dizajne. Niektoré publikovateľné výsledky projektu aplikovaného výskumu a vývoja boli základom pre publikovanie v zahraničných časopisoch, zborníkoch ako i aktívnu účasť na viacerých domácich a zahraničných konferenciách.

S potešením môžeme konštatovať že vďaka výsledkom projektu bolo možné sa zapojiť aj do EU projektov a na riešenie projekt tematicky nadväzuje rozsiahli domáci projekt s dopadom pre obyvateľov celej SR.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Počas riešenia projektu bol vyvinutý komplexný senzorický systém platformy obsahujúci riadiaci systém, systém spracovania a ukladania dát, komunikačné rozhranie a samotné senzorické bloky. Projekt bol v maximálnej miere orientovaný na dosiahnutie aplikačných výstupov a výsledkov, čo sa v plnom rozsahu vzhľadom na výstupy podarilo. V rámci projektu boli vyvinuté nové senzorické moduly na anorganickú i organickú bázu (merané veličiny: teplota, vlhkosť a tlak vzduchu, koncentrácia prchavých organických látok, hluk, vibrácie, osvetlenie, UV index, elektrické a magnetické pole). Na integráciu senzorických prvkov boli vyvinuté moduly s rôznymi senzormi podľa zamerania daného modulu. Modulárne riešenie s jednotným fyzickým tvarom a rozložením hardvéru sa neosvedčilo, nakoľko v každej aplikácii sú rozdielne špecifické požiadavky, a teda z hľadiska tvaru, veľkosti hardvéru vyžadujú individuálny prístup. Modulárnosť je zachovaná na úrovni elektrickej schémy a softvéru. V oblasti zdrojov energie a manažmentu napájania boli porovnávané viaceré prístupy k manažmentu batérií a napájania, kedy je potrebné dosiahnuť vysokú efektivitu konverzie napätia pre nízkoпрíkonové senzory a zároveň veľkú výkonovú rezervu na bezdrôtový prenos dát.

Navrhnutý systém je schopný vysoko efektívne dodávať prúd 500mA a je navrhnutý predovšetkým tak, aby počas prevádzky neovplyvňoval ostatné funkčné bloky zariadenia. Z hľadiska softvéru bol riadiaci firmvér navrhnutý tak, aby umožňoval nízkoenergetickú

operáciu zariadenia pri zachovaní jeho požadovanej funkcionality vzhľadom na výdrž batérie a objem dát použitých na komunikáciu s ostatnými časťami komplexného IoT systému, tvoreného centrálnym zariadením a k nemu prislúchajúce periférne zariadenia alebo senzorické bloky. Pre efektívnu komunikáciu boli navrhnuté a testované rôzne antény ako jedna z veľmi dôležitých súčastí IoT systémov podľa parametrov a technológie prípravy antén. Overenie možnosti plošnej integrácie rôznych antén na jednej platforme sa uskutočnilo pomocou kombinácie viacerých typov antén. Optimalizované rozloženie antén sa ukázalo ako priestorovo veľmi efektívne riešenie pri minimálnej penalizácii na funkčnosť antén. Všetky navrhnuté a vyvinuté antény na testovacom zariadení boli spoľahlivé, bez negatívnych vzájomných interferencií a mali dostatočnú kvalitu signálu pre použitie v aplikáciách pre internet vecí.

V ďalšej časti projektu bola tiež navrhnutá anténa, ktorá poskytuje smerové pripojenie k sieti LoRa, ako aj lepší zisk v porovnaní s komerčnými všesmerovými anténami. Počas riešenia tohto projektu bol tak navrhnutý a verifikovaný plne funkčný model environmentálnej modúlárnej senzorickej platformy. Okrem tejto platformy boli úspešne navrhnuté prototypy iných IoT zariadení, ktoré majú vysoký aplikačný potenciál nasadenia na trhu ako nový výrobok, napríklad monitor domácich a hospodárskych zvierat, elektronická plomba, SMART teplomer, alebo monitorovací systém na meranie základných parametrov srdcovej činnosti. Môžeme tak konštatovať, že ciele projektu boli úspešne dosiahnuté a projekt poskytol zázemie pre rozvoj environmentálnej modúlárnej senzorickej platformy s využitím integrovaných SMART senzorických prvkov, ale taktiež prispel aj ku vývoju ďalších senzorických platforiem. Projekt senzorickej platformy bude v ďalšom pokračovaní intenzívne riešený ďalej s cieľom dosiahnutia TRL produktu až po hodnotu 10 a následnom využití v inteligentných mestách či municipalitách.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

During the project duration, a platform of a complex sensor system was developed, including a control system, a system of data processing and storage, a communication interface and independent sensor blocks. The project was oriented as much as possible to achieve application results, which was fully successful with respect to the outputs. The project developed new sensor modules on an inorganic and organic basis (measured quantities: temperature, humidity and air pressure, concentration of volatile organic compounds, noise, vibration, lighting, UV index, electric and magnetic fields). Modules with different sensors have been developed for the integration of sensor elements according to the focus of the given module. The modular solution with a uniform physical shape and hardware layout has not worked well, as there are different specific requirements in each application, and therefore require an individual approach in terms of hardware shape and size. Modularity is maintained at the level of the wiring diagram and software. In the case of power sources, several approaches to battery and power management were compared, where it is necessary to achieve high efficiency of voltage conversion for low-power sensors and at the same time a large power reserve for wireless data transmission. The proposed system is able to supply highly efficiently a current of 500 mA and is designed primarily not to affect other functional blocks of the device during operation. In terms of software, the control firmware has been designed to allow low-power operation of the device while maintaining its required functionality, given the battery life and volume of data used to communicate with other parts of the complex IoT system, consisting of the central device and associated peripherals or sensor blocks. Various antennas have been designed and tested for efficient communication, as one of the very important components of IoT systems, according to the parameters and technology of antenna preparation. Verification of the possibility of surface integration of different antennas on one platform was performed using a combination of several types of antennas. The optimized antenna layout has proven to be a very space-efficient solution with minimal penalties for antenna functionality. All the antennas designed and developed for the test setup were reliable, without negative interference, and had sufficient signal quality for use in IoT applications. In the next part of the project, an antenna was designed that provides a directional connection to the LoRa network, as well as better gain compared to commercial omnidirectional antennas. During the solution of this project, a fully functional model of the environmental modular sensor platform was designed and verified. In addition to this platform, prototypes of other IoT

devices have been successfully designed that have a high application potential for use on the market as new products. For example, a pet and livestock monitor, an electronic seal, a SMART thermometer, or a monitoring system for measuring the basic parameters of ECG activity. We can state that the objectives of the project were successfully achieved and the project provided the background for the development of an environmental modular sensor platform using integrated SMART sensor elements, but also contributed to the development of other sensor platforms (devices). The project of sensory platform will be intensively addressed in the future, with the aim of achieving a product TRL of up to 10 and subsequent use in smart cities or municipalities.