

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0763**

Inteligentný systém monitorovania a prevencie zdravého srdca na báze smart technológií a organickej elektroniky

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Anton Kuzma, PhD.**

Príjemca **NanoDesign, s.r.o.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

NanoDesign, s.r.o.,
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, University of Padova, East China Normal University, Tongji University, Materials Center Leoben a pod.)

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

Uvedené udelené patenty a patentové prihlášky a úžitkové vzory:

[1] Pôvodcovia: M. Donoval, J. Marek, M. Daříček, D. Donoval, V. Stopjaková. Prihlasovateľ: Slovenská technická univerzita v Bratislave, NanoDesign, s.r.o., číslo prihlášky: 5024-2011, „Magnetickým poľom ovládaný tranzistor a spôsob merania veľkosti spínaného prúdu výkonového elektronického prvku“ – v roku 2017 bolo úspešne ukončené konanie o udelenie patentu a žiadateľ bol vyzvaný na úhradu poplatku za udelenie patentu, ktoré sa uskutoční v 1. kvartáli 2018

[2] Pôvodcovia: M. Weis, J. Uhrík, J. Jakabovič, A. Kuzma, M. Donoval, P. Juhász, S. Flickyngerová, M. Daříček, P. Telek, L. Sládek, D. Donoval. Prihlasovateľ: Slovenská technická univerzita v Bratislave, POWERTEC s.r.o., NanoDesign, s.r.o. Spôsob prípravy stabilnej vrstvy kalcia : Patent č. 288433, Dátum udelenia : 29.9.2016. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva SR, 2016. 5 s.

Podané patentové prihlášky:

[1] Personálna SMART schránka na vzdialené prevzatie listových a/alebo balíkových zásielok, Číslo prihlášky 68-2019, Dátum podania prihlášky 24.05.2017 (Odbočenie z úžitkového vzoru a preto nesie dátum podania zhodný s podaním úžitkového vzoru) Donoval Martin, Daříček Martin, Kuzma Anton

[2] Difúzor pár monoméru parylénu, Číslo prihlášky 141-2018, Dátum podania prihlášky 06.12.2018

Jakabovič Ján, Weis Martin, Novota Miroslav, Mičjan Michal

[3] Ventil pár monoméru parylénu, Číslo prihlášky 140-2018, Dátum podania prihlášky 06.12.2018

Weis Martin, Jakabovič Ján, Novota Miroslav, Mičjan Michal

Zapísané úžitkové vzory:

[1] Miniaturne kontaktné smart meracie zariadenie s bezdrôtovým prenosom dát neinvazívneho merania fyziologických parametrov sledovaného subjektu a merací system, Číslo úžitkového vzoru 8459, Dátum zápisu a sprístupnenia úžitkového vzoru verejnosti 05.04.2019

Donoval Martin, Daříček Martin, Jagelka Martin, Horínek František, Mičjan Michal, Kuzma Anton, Weis Martin

[2] Smart parkovací bezdrôtový senzor a spôsob jeho inštalácie do parkovacieho miesta, Číslo úžitkového vzoru 8499, Dátum zápisu a sprístupnenia úžitkového vzoru verejnosti 30.05.2019

Donoval Martin, Jagelka Martin, Horínek František, Mičjan Michal, Kuzma Anton, Daříček Martin

Uvedené udelené patenty a patentové prihlášky či úžitkové vzory majú vo vzťahu ku projektu vždy technický súvis napriek možnému obsahovému nesúvisu, pričom boli pri ich realizácii využívané výsledky výskumu tohto projektu a návrhovo-rozvojovej činnosti a boli a sú spojené predovšetkým s inteligentnými smart-systémami riadenia, energetickým manažmentom, výkonovými polovodičovými prvkami, novými laboratórnymi postupmi, s prípravou senzorov či riešení pre prax.

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

[1] KUZMA, Anton - URBANCOVÁ, Petra – SEDLÁK, Samuel - ŠKRINIAROVÁ, Jaroslava - UHEREK, František. Simulations of LED patterned with IP-DIP woodpile structure. In 2019 21st International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON) 2019. Paper Id: 182047 – Schválená na publikovanie

[2] SVOBODOVÁ, Helena - VAVRINSKÝ, Erik - TUROŇOVÁ, Daniela - DONOVAL, Martin - DAŘÍČEK, Martin - TELEK, Peter - KOPANI, 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. V databáze: WOS: 000454318100013.

[3] 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. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85057112856.

[4] VAVRINSKÝ, Erik -- STOPJAKOVÁ, Viera -- DONOVAL, Martin -- DAŘÍČEK, Martin -- SVOBODOVÁ, Helena -- MIHALOVIČ, Jozef -- HANIC, Michal -- TVAROŽEK, Vladimír. Design of sensor systems for long time electrodermal activity monitoring. Advances in Electrical and Electronic Engineering :, 15. p. 184--191.

[5] Pozvaná prednáška na konferencii ADEPT 2019 s názvom Electronic systems for Internet of things applications - from low-level design to market roll-out - invited

[6] Pozvaná prednáška na konferencii "International Conference on Organic Electronics" (Russia, 2017) s názvom "Making Polymers Conductive by Secondary Doping".

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu aplikovaného výskumu a vývoja boli základom pre publikovanie v zahraničných časopisoch, zborníkoch ako i aktívnu účasť na viacerých domácich a zahraničných konferenciách. Výsledky projektu si našli svoje uplatnenie aj v dvoch udelených patentoch, troch podaných patentových prihláškach a tiež v dvoch zapísaných úžitkových vzoroch. Projekt bude mať dopad aj na podanie ďalších prihlášok práv duševného vlastníctva. Významným výsledkom pre prax je návrh nového systému telemedicíny, využívajúceho realizované biomonitorovacie prvky, ktoré sú v súčinnosti s navrhnutou metodikou vhodným nástrojom na dlhodobé monitorovanie biosignálov pacientov i zdravých osôb ako nástroj prevencie zdravého srdca. Výstupy projektu budú využité na rôznych úrovniach (HW zariadenia, softvér na uplatnenie v nemocniciach pre monitorovanie pacientov, systém monitorovania prostredníctvom telemedicíny pre zvýšenie kvality asistovaného života a pod.). Výsledky budú v nasledujúcom období intenzívne zavádzané do medicínskej praxe, čo nie je jednoduché odvetvie na zavádzanie inovácií, avšak obaja partneri počas doterajšej spolupráce nadobudli dostatočné znalosti pre uskutočnenie týchto cieľov. Vo vzťahu ku uvedenému prebieha certifikácia produktu za

účelom získania CE značky ako zdravotníckej pomôcky triedy IIa. S potešením môžeme konštatovať že vďaka výsledkom projektu bolo možné sa zapojiť aj do EÚ projektov a na riešený projekt tematicky nadväzujú tri veľké a rozsiahle domáce projekty s dopadom pre obyvateľov celej SR.

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

Projekt BIO4HEART je zameraný na výskum a vývoj prostriedkov monitorovania a analýzy biosignálov srdca a typov zmien a anomálií signálov, návrh využitia vybraných metód monitorovania, srdcovej činnosti a rozbor možností využitia automatizovaného rozpoznávania biosignálov pomocou neurónových sietí, výskum metód automatizovaného rozpoznávania biosignálov a rozvoj algoritmov vyhodnocovania srdcovej činnosti pre odhaľovanie základných anomálií, ale i výskum vlastností nových organických materiálov, životnosti a stability, s ohľadom na ich využitie v oblasti prípravy ohybných biometrických senzorov. Problematika monitorovania srdca je významne podmienená biomonitovaním doplnujúcich fyziologických parametrov, napríklad monitorovaním pohybu, pulzu, elektrodermálnej aktivity a podobne. Pre realizáciu takýchto meraní bol vyvinutý a realizovaný biomonitorovací systém, ktorý umožňuje variabilné nastavenie monitorovaných parametrov vzhľadom na konkrétne zameranie meraní. V rámci projektu bol pre účely strojového učenia analyzovaný vplyv prostredia a iných pridružených faktorov na vybrané typy možných porúch či zmien signálu srdca (príkladom môže byť zmena signálu pri zvýšenej záťaži). V prvých etapách riešenia projektu bol realizovaný výskum technológie prípravy nových snímacích elektród na báze organických materiálov. Vyvinuté a otestované elektródy umožnili zníženie invazívnosti snímania biosignálov. Na realizovanom prvku bola vytvorená metodika snímania a monitorovania nízkonapäťových signálov srdca s dôrazom na zabezpečenie kvalitného signálu bez artefaktov, pričom došlo k rozvoju metód analýzy nameraných signálov pomocou neurónových sietí, ktoré boli realizované v softvérovej forme v následných etapách riešenia projektu. Súčasťou celkového systému bol aj uskutočnený návrh na vzdialený prenos dát. Všetky čiastkové ciele viedli k vytvoreniu ucelenej metodológie návrhu a prípravy riešenia celodenného monitoringu srdca a zdravotného stavu s orientáciou na ochorenia kardiovaskulárneho charakteru, pričom nad meracím systémom bola vytvorená a otestovaná aplikácia nemocničného systému, ktorá je pripravená pre praktické nasadenie v zariadeniach s asistovanou a zdravotnou starostlivosťou.

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

BIO4HEART project is focused on research and development of system of monitoring and analysis of heart biosignals and types of changes and anomalies of signals, proposal of utilization of selected methods of monitoring, cardiac activity and analysis of possibilities of automated biosignal recognition activities to detect basic anomalies, but also research into the properties of new organic materials, durability and stability, with a view to their use in the preparation of flexible biometric sensors. The issue of heart monitoring is significantly conditioned by biomonitoring of additional physiological parameters, such as monitoring of movement, pulse, electrodermal activity, and the like. A biomonitoring system has been developed and implemented for the realization of such measurements, which enables variable setting of monitored parameters with respect to the specific focus of the measurements. For the purpose of machine learning, the project analyzed the impact of the environment and other associated factors on selected types of possible disturbances or changes in the heart signal (for example, the change of signal under increased load). In the first stages of the project, research was carried out on the technology of preparation of new sensing electrodes based on organic materials. Developed and tested electrodes allowed to reduce the invasiveness of biosignal sensing. The implemented element was created a methodology of sensing and monitoring low-voltage heart signals with an emphasis on ensuring a quality signal without artifacts, while the methods of analysis of measured signals using neural networks were developed, which were implemented in software form in the subsequent project phases. A part of the overall system was also a proposal for remote data transmission. All partial goals led to the creation of a comprehensive methodology for the design and preparation of a solution for 24/7 heart and health monitoring with a focus on cardiovascular diseases, and the application of the Hospital System was prepared and

tested as a final result of the monitoring system.