



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0373

Robustný UWB senzorový systém pre monitorovanie osôb

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Miloš Drutarovský, CSc.**

Príjemca

Technická univerzita v Košiciach - Fakulta elektrotechniky a informatiky

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

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

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

- [1] Fortes, J. – Švingál, M. – Porteleky, T. – Jurík, P. – Drutarovský, M.: (2022) Positioning and Tracking of Multiple Humans Moving in Small Rooms Based on a One-Transmitter-Two-Receiver UWB Radar Configuration. Sensors (Basel), 2022 Jul 13;22(14):5228; DOI: 10.3390/s22145228
- [2] Sokol, M. – Galajda, P. – Jurík, P. : A High-Speed Differential Frequency Divider-by-7 With a 50 % Output Duty Cycle. 2022. Radioelektronika 2022, 32nd International Conference, Košice, IEEE, pp.1-4, DOI: 10.1109/RADIOELEKTRONIKA54537.2022.9764922
- [3] Jurík, P. – Galajda, P. – Sokol, M.: High-Frequency Dielectric Resonator Oscillator for 21.68 GHz Ultra-Wideband Applications. 2022. Radioelektronika 2022, 32nd International Conference, Košice, IEEE, pp.1-5, DOI: 10.1109/RADIOELEKTRONIKA54537.2022.9764939
- [4] Kelij, K. – Fortes, J.: Matlab software designed for 3D localization by a multistatic UWB radar. SAMI 2022, IEEE 20th Jubilee World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics. - Piscataway (USA), IEEE, pp. 443-448, DOI: 10.1109/SAMI54271.2022.9780723
- [5] Švecová, M. – Kocur, D.: (2021) Localization of a person moving with an unknown character of motion, Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 35:5, 647-671; DOI: 10.1080/09205071.2020.1851777
- [6] Kocur, D. – Porteleky, T. – Švecová, M. – Švingál, M. – Fortes, J.: A Novel Signal Processing Scheme for Static Person Localization Using M-Sequence UWB Radars. IEEE

Sensors Journal, Vol.21, No.18, September 15, 2021, pp. 20296 – 20310; DOI: 10.1109/JSEN.2021.3093658

[7] Labun, J. – Kurdel, P. – Nekrasov, A. – Gamcová, M. – Českovič, M. – Fidge, C.: Specific Resonant Properties of Non-Symmetrical Microwave Antennas. Sensors 2021, 21(3), 939; DOI: 10.3390/s21030939

[8] Galajda, P. – Pečovský, M. – Sokol, M. – Kmec, M. – Kocur, D.: Recent Advances in ASIC Development for Enhanced Performance M-Sequence UWB Systems. Sensors, Sensors 2020, 20(17), 4812; DOI: 10.3390/s20174812

[9] Švecová, M. – Kocur, D.: Localization of a person moving with an unknown character of motion. Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 2020, pp. 1-25, DOI: 10.1080/09205071.2020.1851777

[10] Labun, J. – Kalapoš, G. – Českovič, M. – Kurdel, P. – Gamec, J. – Nekrasov, A. – Fidge, C. – Laššák, M.: A Simple High-Precision 2-Port Vector Analyzer. IEEE Access, roč. 8, 2020, pp. 196609-196617, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3034536

[11] Pečovský, M. – Galajda, P. – Sokol, M. – Kmec, M.: Measurement of Opaque Container Contents by an M-Sequence UWB Radar. 2020 IEEE International Radar Conference : RADAR.-New York (USA) : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020, pp. 384-388, DOI: 10.1109/RADAR42522.2020.9114749

[12] Pečovský, M. – Sokol, M. – Galajda, P.: 15 th order M-sequence SoC radar for short-range sensing. 21st International Radar Symposium, IRS 2020, Warsaw, Poland, October 2020, Vol. 2020-October, No. 9253737, 2020, pp 1-5, DOI: 10.1109/RADAR42522.2020.9114749

Uplatnenie výsledkov projektu

Rámcovým výsledkom projektu RUMS je návrh, realizácia a otestovanie UWB sensorovej siete s centralizovanou architektúrou pracujúcou v reálnom čase v základnom pásme (cca DC-5 GHz), ktorá je určená na robustnú detekciu, lokalizáciu a sledovanie pohybujúcich sa osôb (R-UWB-MS). V rámci projektu bol vytvorený laboratórny vzor R-UWB-MS, ktorý využíva ako uzly sensorovej siete UWB radary APVV ReTi-UWB-SN s M-postupnosťou. V rámci laboratórneho vzoru bola realizovaná aj mobilná platforma, ktorá umožňuje flexibilne meniť a testovať konfiguráciu anténneho systému uzlov sensorovej siete. V rámci riešenia projektu bola vytvorená v jazykoch C a C++ knižnica algoritmov spracovania UWB signálov, ktorá umožňuje realizovať kompletne predspracovanie radarových signálov priamo v sensorových uzloch. Knižnica bola v rámci projektu testovaná na procesoroch s jadrami ARM pod operačným systémom Linux a je pomerne ľahko prenositeľná aj na iný typ procesorov. Centrálny počítač realizuje fúziu dát a grafické zobrazenie monitorovaných osôb s využitím vytvorených funkcií v Matlabe. V rámci projektu boli tiež navrhnuté, realizované a otestované vybrané vstupné analógové bloky UWB radarov s využitím M-postupnosti vo forme ASIC obvodov v 350 nm SiGe-BiCMOS technológii od spoločnosti AMS Rakúsko, a tiež 250 nm a 130 nm BiCMOS SiGe technológii od spoločnosti IHP Nemecko. Tieto obvody umožnia realizovať nové UWB radary pracujúce v rozšírenom frekvenčnom pásme ako kombináciu UWB radarového systému pracujúceho v dolnej časti elektromagnetického spektra, a to v pásme uvoľnenom Výborom pre elektronické komunikácie EK (ECC) pre UWB aplikácie (6,5 GHz - 8 GHz), a radaru pracujúceho v mm-vlnovom pásme (oblasť 77 GHz alebo 120 GHz). Uvedené stručne zhrnuté výsledky projektu môžu byť využité v oblasti návrhu a realizácie monitorovacích UWB systémov umožňujúcich presnejšiu lokalizáciu osôb aj za predpokladu nízkej až nulovej optickej viditeľnosti (napr. v prípade dažďa, sneženia, hmly, prachu, dymu, atď.), ako aj v prípade lokalizácie osôb nachádzajúcich sa za stenou (tzv. cezstenové scenáre lokalizácie osôb). Uvedené typy R-UWB-MS na monitorovanie osôb môžu nájsť perspektívnu aplikáciu v oblasti podpory bezpečnostných zložiek štátu (napr. polícia, armáda) pri riešení mimoriadnych situácií (napr. lokalizácia a následné zadržanie nebezpečných osôb) alebo v prípade nízkej optickej viditeľnosti (napr. v dyme). Tiež môžu byť využité na anonymné monitorovanie osôb v programoch AAL (Active Assistend Living). Skúsenosti s návrhom a výrobou ASIC obvodov pre spracovanie UWB signálov môžu byť využité pri vývoji špecializovaných senzorov na báze UWB technológie.

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

Projekt RUMS bol zameraný na návrh a otestovanie UWB senzorovej siete určenej na lokalizáciu statických osôb (SP) a pohybujúcich sa osôb (MP) ako robustný UWB systém pre monitorovanie, detekciu, lokalizáciu a sledovanie MP a SP (R-UWB-MS). V rámci riešenia projektu boli vytvorené tieto najdôležitejšie výsledky: (1) Bola navrhnutá, vybudovaná a otestovaná koncepcia R-UWB-MS s centralizovanou architektúrou pracujúcou v reálnom čase v základnom pásme (cca DC-6 GHz). (2) Boli vytvorené prototypy UWB senzorových uzlov (UWB-SNs) na báze UWB radarov s M-postupnosťou, ktoré obsahujú vstavaný počítač s operačným systémom Linux. Kompletne predspracovanie číslcových signálov je realizované lokálne vo vstavanom počítači SN. (3) Komunikácia medzi uzlami UWB-SN a centrálnou jednotkou je realizovaná pomocou štandardného TCP/IP protokolu. (4) Na detekciu a lokalizáciu osôb bola v jazyku C a C++ implementovaná portovateľná knižnica pre spracovanie číslcových signálov. Knižnica je využitá v aplikácii vo vstavaných počítačoch v UWB-SNs na báze Linuxu. (5) Bola navrhnutá a v Matlabe zrealizovaná experimentálna zobrazovacia jednotka pracujúca v reálnom čase na centrálnej jednotke. Jej funkčnosť bola overená v aplikáciách pre detekciu a monitorovanie osôb. (6) Vo forme ASIC obvodov boli navrhnuté, simulované a vyrobené vybrané základné vstupné analógové bloky UWB radaru s využitím M-postupnosti. ASIC obvody boli navrhnuté a vyrobené v lacnej 350 nm, 250 and 130 nm BiCMOS SiGe technológii. Vzhľadom na výsledky dosiahnuté v rámci riešenia projektu RUMS, možno podľa nášho názoru konštatovať, že úlohy projektu RUMS špecifikované v jeho návrhu boli v zásade splnené.

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

Project RUMS was focused on the design and evaluation of UWB sensor network intended for localization static persons (SP) and moving persons (MP) as robust UWB system for monitoring, detection, localization and tracking of MP and SP (R-UWB-MS). The most important scientific results reached at the project solution can be summarized as follows: (1) A concept of R-UWB-MS with centralized architecture operated in baseband (DC-6 GHz) and working in real time was proposed, built and tested. (2) UWB Sensor Nodes (UWB-SNs) based on M-sequence UWB radars with embedded computer and Linux operating system is used. Complete signal preprocessing is done locally in embedded computer of SN. (3) Standard TCP/IP based communication among UWB-SNs and central computer is used. (4) A new portable C and C++ based signal processing library was implemented for persons detection and localization. It was used for signal processing in embedded Linux based computers in UWB-SNs. (5) A real-time operating experimental visualization unit was developed and implemented in Matlab and running on centralized computer. Its operation was tested in person detection and monitoring applications. (6) Selected analog input blocks of M-sequence UWB radar were designed, simulated and produced in the form of ASICs. ASICs were designed and produced by using low-cost 350 nm, 250 and 130 nm BiCMOS SiGe technology. With regard to the results reached within RUMS project, it can be concluded in our opinion, that the tasks of RUMS project specified in the project proposal have been fulfilled.