

Дослідження науково-технічних засад створення нового покоління програмно-визначуваних телекомунікаційних радіосистем

Исследование научно-технических основ создания нового поколения программно-определяемых телекоммуникационных радиосистем.

Research of scientific and technical basis of communication software-defined radiosystem creation

1. Номер державної реєстрації теми — 0117U000474,

2. Науковий керівник – академік НАН України Ільченко М.Ю., Ільченко М.Е., М.Е. Pchenko

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Метою роботи була розробка науково-технічних засад створення нового покоління програмно-визначуваних радіосистем для телекомунікаційних систем 4-5 поколінь, які базуватимуться на застосуванні нових технологій побудови радіотрансиверів, цифрової обробки сигналів і організації ефективній взаємодії системного, апаратного та прикладного програмного забезпечення.

Розроблено структурно-функціональні принципи побудови програмно-визначуваних радіосистем нового покоління, які включили в себе: архітектуру програмно-визначуваної радіосистем для розробки радіотелекомунікаційного обладнання; структуру побудови сучасних SDR трансиверів; структуру організації засобів забезпечення фільтрації побічних каналів прийому приймачів та позасмугових випромінювань передавачів; алгоритми адаптації програмно-визначуваної радіосистем для роботи в умовах навмисних та ненавмисних завад та методи синхронізації програмно-визначуваної радіосистем. Розроблено архітектуру когнітивного радіо на основі програмно-визначуваних радіосистем для телекомунікаційних систем 4 та 5 поколінь та алгоритми роботи SDR системи в якості когнітивного радіо з підтримкою режимів мультистандартної багатодіапазонної роботи. Розроблено архітектуру системи зв'язку, управління та відеоспостереження БПЛА та наземної станції управління ними на основі програмно-визначуваної радіосистем. Розроблено архітектуру автономної безпроводової системи міжмашинного обміну на основі програмно-визначуваної радіосистем, орієнтовану на застосування принципів когнітивного радіо. Проведено експериментальні дослідження на макетному зразку, створеному на базі відладочних засобів для розробки пристроїв на SoC та SDR.

Розроблено програмне забезпечення взаємодії Matlab/Simulink та SDR платформи, ПЗ для створення прототипів систем зв'язку на базі SDR трансивера та SoC для програмно-апаратної симуляції, ПЗ компіляції прототипу в виконуваний код цільової платформи, драйвери забезпечення взаємодії між SDR трансивером та FPGA/SoC і драйвери забезпечення взаємодії між FPGA та ARM процесором SoC. Розроблено прототип вбудованої операційної системи реального часу на базі Linux.

(рос.)

Целью работы была разработка научно-технических основ создания нового поколения программно-определяемых радиосистем для телекоммуникационных систем 4-5 поколений, которые будут базироваться на применении новых технологий построения радиотрансиверов, цифровой обработки сигналов и организации эффективного взаимодействия системного, аппаратного и прикладного программного обеспечения.

Разработаны структурно-функциональные принципы построения программно-определяемых радиосистемы нового поколения, которые включили в себя: архитектуру программно-определяемой радиосистемы для разработки радиотелекоммуникационного оборудования; структуру построения современных SDR трансиверов; структуру организации средств обеспечения фильтрации побочных каналов приема приемников и внеполосных излучений передатчиков; алгоритмы адаптации программно-определяемой

радиосистемы для работы в условиях преднамеренных и непреднамеренных помех и методы синхронизации программно-определяемой радиосистемы. Разработана архитектура когнитивного радио на основе программно-определяемых радиосистем для телекоммуникационных систем 4 и 5 поколений и алгоритмы работы SDR системы в качестве когнитивного радио с поддержкой режимов мультистандартной многодиапазонной работы. Разработана архитектура системы связи, управления и видеонаблюдения БПЛА и наземной станции управления ими на основе программно-определяемой радиосистемы. Разработана архитектура автономной беспроводной системы межмашинного обмена на основе программно-определяемой радиосистемы, ориентированная на применение принципов когнитивного радио. Проведены экспериментальные исследования на макетном образце, созданном на базе отладочных средств для разработки устройств на SoC и SDR.

Разработано программное обеспечение взаимодействия Matlab/Simulink и SDR платформы, ПО для создания прототипов систем связи на базе SDR трансивера и SoC для программно-аппаратной симуляции, ПО компиляции прототипа в исполняемый код целевой платформы, драйверы обеспечения взаимодействия между SDR трансивером и FPGA/SoC и драйверы обеспечения взаимодействия между FPGA и ARM процессором SoC. Разработан прототип встроенной операционной системы реального времени на базе Linux.

(англ.)

The work was aiming to develop the scientific and technical bases for the creation of a new generation of software-defined radio systems for telecommunications systems of 4-5 generations, which will be based on the application of new technologies for the construction of radio transceivers, digital signal processing and the organization of effective interaction of system, hardware and application software.

Structural and functional principles for the construction of a new generation software-defined radio system have been developed: the architecture of the SDR system for the development of radio-telecommunication equipment; structure of construction of modern SDR transceivers; the structure of the organization of means of filtering the side channels of the receivers and out-of-band transmitters emissions; algorithms for adaptation of SDR system for operation in the conditions of intentional and unintentional interference and methods of synchronization of SDR system. The architecture of cognitive radio based on SDR systems for telecommunication systems of 4 and 5 generations and algorithms of operation of SDR system as a cognitive radio with the support of multi-standard multi-band modes were developed. The architecture of the UAV communication system, control and video surveillance system and the ground control station based on the SDR system have been developed. The architecture of a stand-alone wireless inter-machine exchange system (M2M) on the basis of a SDR system focused on the application of the principles of cognitive radio was developed. Experimental studies were conducted on a model sample that was created on the basis of debugging tools for the development of devices on SoC and SDR.

Software interface for Matlab/Simulink and SDR platform was developed. Software for creating a prototype communication systems based on transceiver SDR and SoC for HIL-simulation, software for compilation, software drivers for SDR transmitter and SoC was developed. A prototype of a embedded operating system based on Linux was developed.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

- Патент на корисну модель № 136128. Цифровий модем для систем радіорелейного загоризонтного зв'язку/М.Ю. Ільченко, С.О. Кравчук, М.М. Кайденко, Д.В. Роскошний, Л.О. Афанасьева та ін. - опубл. 12.08.2019 Бюл. № 15;
- Патент на корисну модель № 125315. Мікросмушковий гребінчастий фільтр. / О.В. Захаров, М.Ю. Ільченко, С.О. Розенко, Л.С. Пінчук. - опубл. 10.05.2018 бюл. № 9;
- Патент на корисну модель № 135153. Мікросмушковий смуго-пропускаючий фільтр / Захаров О.В., Ільченко М.Ю., Літвінцев С.М., Пінчук Л.С. - опубл. 25.06.2019 Бюл. № 12.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню. Структурно-функціональні принципи побудови програмно-визначуваних радіосистеми нового покоління використовують новий підхід, орієнтований на реалізацію системи та перспектив її життєвого циклу, що є принципово новим на відміну від традиційного підходу, який використовується в архітектурі комунікаційного програмного забезпечення. Архітектура системи зв'язку управління та відеоспостереження БПЛА, розроблена для підвищення стійкості до навмисних завад і архітектура безпроводової системи M2M, розроблена для автономного міжмашинного обміну, не мають аналогів у світі.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування розроблених технічних рішень, алгоритмів та програмного забезпечення дозволяє істотно знизити вартість розробки радіотелекомунікаційного обладнання різноманітного призначення та вартість кінцевого обладнання за рахунок:

- застосування технологій програмно-апаратної симуляції в процесі розробки на 50–80 % знизити вартість розробки;
- застосування технологій SDR та SoC коефіцієнт повторного використання обладнання може зрости до 3-4 разів;
- кінцева вартість обладнання за рахунок застосування технологій SDR та SoC може бути зменшена в 2-3 рази;
- економічний ефект від використання розроблених рішень тільки при створенні систем зв'язку, управління та відеоспостереження БПЛА може скласти до 30-50 млн. доларів США

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Споживачами розроблених рішень є науково-дослідні та проектно-конструкторські організації, підприємства Укроборонпрому радіотехнічного та телекомунікаційного профілю, зокрема ВАТ “Меридіан” ім. С.П.Корольова, Міністерство оборони України, Державна служба з надзвичайних ситуацій, телекомунікаційні оператори та закордонні замовники.

8. Стан готовності розробки.

Розроблено макетні зразки на базі відлагоджених засобів. Розроблено програмні реалізації модулів та алгоритмів, орієнтована на подальше застосування з використанням технологій програмно-визначуваних радіосистем та системи на кристалі. Проведено тестування розроблених рішень на макетних зразках. Можлива подальша розробка дослідно-промислових зразків нового устаткування, зокрема системи зв'язку, управління та відеоспостереження для безпілотних літальних апаратів з підвищеною стійкістю до впливу навмисних завад.

9. Існуючі результати впровадження.

Результати роботи були впроваджені в процесі створення приймально-передавального обладнання різного призначення, зокрема для станцій тропосферного та радіорелейного зв'язку в НВП «СІНКО» На даний час ведуться перемовини з ВАТ “Меридіан” ім. С.П.Корольова, метою яких є створення дослідних зразків системи зв'язку та управління безпілотних літальних апаратів з підвищеною стійкістю до впливу навмисних та ненавмисних завад.

10. Форма участі інвестора

Інвестор може приймати участь в реалізації результатів проекту як шляхом отримання частки в проекті, так і шляхом отримання частки від прибутку.

11. Обсяг інвестицій

Необхідна сума інвестиції складає орієнтовно 300 тис. доларів США.

12. Мета інвестицій

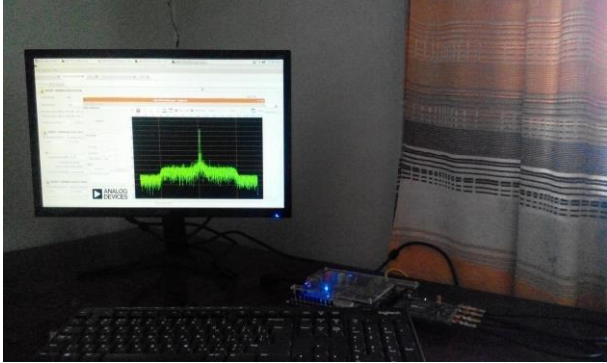
Інвестиції потрібні для створення нового виду продукції, а саме системи зв'язку, управління та відеоспостереження для безпілотних літальних апаратів з підвищеною

стійкістю до впливу навмисних завад, яка за своїми технічними показниками істотно перевищуватиме кращі світові аналоги.

13. Назва організації, телефон, E-mail

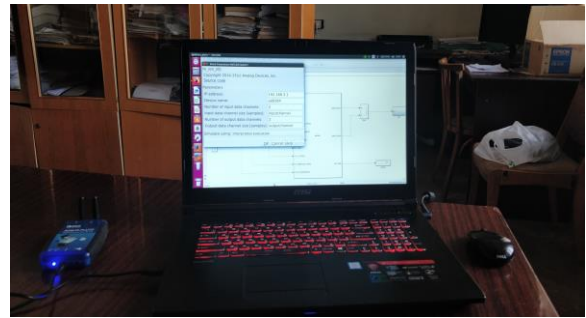
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Науково-дослідний інститут телекомунікацій,
044-236-62-13, 044-204-98-04, ilch@kpi.ua, kkk610@ukr.net

14. Фото розробки



Стенд з прототипом SDR системи на базі трансивера AD9361 та SoC Intel (Altera)

Стенд з прототипом SDR системи на базі трансивера AD9364 та SoC Xilinx



15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Advances in Information and Communication Technologies. Processing and Control in Information and Communication Systems M. Ilchenko et al. (Eds.): UKRMICO 2018, LNEE 560, p. 299, 2019. Springer, Cham DOI <https://doi.org/10.1007/978-3-030-16770-7> Print ISBN 978-3-030-16769-1
2. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи. – Київ: Наукова думка, 2017. – 730 с. ISBN 978-966-00-1566-1
3. Досягнення в телекомунікаціях 2019 / за наук. ред. М.Ю. Ільченка, С.О. Кравчука: монографія.- Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019.-336с. ISBN 978-617-7734-12-2
4. Kaidenko M.M., Roskoshnyi D.V. (2019) Software Defined Radio in Communications. In: Ilchenko M., Uryvsky L., Globa L. (eds) Advances in Information and Communication Technologies. UKRMICO 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 560. Springer, Cham DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-16770-7_11 Print ISBN 978-3-030-16769-1
5. Compact troposcatter station for transhorizon communication / M. Ilchenko; M. Kaidenko; S. Kravchuk; V. Khytrovskyy // Proceedings of the 2017 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo) 11-15 Sept. 2017 Year, Odessa, Ukraine. - IEEE Conference Publications (IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/UkrMiCo.2017.8095364), 2017. – P. 1-4
6. Creation of communication system for unmanned aerial vehicles using SDR and SOC technologies / Kaidenko M., Kravchuk S. // Proceedings of the 2019 International

Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo) 9-13 Sept. 2019 Year, Odessa, Ukraine. - IEEE Conference Publications (IEEE Xplore Digital Library), 2019. – P. 1-4

7. A. Zakharov, S. Rozenko, and M. Ilchenko, “Varactor-Tuned Microstrip Bandpass Filter with Loop Hairpin and Compline Resonators,” IEEE Trans. Circuits Syst. II, Exp. Briefs. Published 1.10.2018. DOI: 10.1109/TCSII.2018.2873227.
8. A.V. Zakharov, M.Ye. Ilchenko Varicap-tuned narrowband filters with extended rejection band based on U-shaped microstrip resonators. Radioelectronics and Communications Systems. 2017. Vol. 60, No. 9, pp. 383-392. DOI: 10.3103/S0735272717090011.

16. Надати ключові слова до розробки : програмно-визначувана радіосистема, конгнітивна радіосистема, адаптивна радіосистема, адаптивна модуляція та кодування, SDR трансивер, архітектура SDR, система зв'язку БПЛА, програмно-апаратна симуляція.