

Розробка цифрового модемного обладнання станцій загоризонтного зв'язку нового покоління і систем радіозв'язку малих космічних апаратів

Разработка цифрового модемного оборудования станций загоризонтной связи нового поколения и систем радиосвязи малых космических аппаратов.

Development of digital modem equipment for next generation tropospheric stations and small satellite radio communication systems

1. Номер державної реєстрації - 0116U004038,

2. Науковий керівник (вчений ступінь, звання).

Ільченко Михайло Юхимович, д.т.н., академік НАН України

Ильченко Михаил Ефимович

M.E. Ilchenko

3. Суть розробки, основні результати (укр.)

Розроблено структурно-функціональні принципи побудови модемного обладнання станцій загоризонтного зв'язку. Розроблено алгоритми часової адаптації до зміни умов роботи станції загоризонтного зв'язку, що базуються на використанні математичного апарату нечіткого висновку. Розроблено алгоритми частотної адаптації для режимів ініціалізації та безперервної роботи. Розроблено алгоритми отримання енергетичних оцінок стану каналу та їх статистичних параметрів. Розроблено алгоритми міжрівневої взаємодії, структуру та параметри фізичного рівня системи загоризонтного зв'язку. Розроблено методи синхронізації системи, яка працює з використанням OFDM модуляції. Розроблено прототипи окремих блоків (модулятори, демодулятори, кодери та декодери з прямою корекцією помилок) на мові VHDL для систем з адаптивною модуляцією та кодуванням. Проведено експериментальні дослідження на макетному зразку, створеному на базі відлагоджених засобів для розробки пристроїв на FPGA та SDR, та шляхом імітаційного моделювання. Виконано аналітичний опис параметрів каналів зв'язку малих космічних апаратів та розроблено математичні моделі радіоліній "супутник-земля" та "земля-супутник", проведено моделювання та розрахунки потенційних можливостей. Розроблено структурну та принципову схеми функційних вузлів підсистеми наносупутника, програмне забезпечення для керування функційними вузлами. Виготовлено експериментальні зразки функційних вузлів підсистеми зв'язку наносупутника та проведено їх дослідження.

(рос.)

Разработаны структурно-функциональные принципы построения модемного оборудования станций загоризонтного связи. Разработаны алгоритмы временной адаптации к изменению условий работы станции загоризонтного связи, основанные на использовании математического аппарата нечеткого вывода. Разработаны алгоритмы частотной адаптации для режимов инициализации и непрерывной работы. Разработаны алгоритмы получения энергетических оценок состояния канала и их статистических параметров. Разработаны алгоритмы межуровневого взаимодействия, структура и параметры физического уровня системы загоризонтного связи. Разработаны методы синхронизации системы, которая работает с использованием OFDM модуляции. Разработаны прототипы отдельных блоков (модуляторы, демодуляторы, кодеры и декодеры с прямой коррекцией ошибок) на языке VHDL для систем с адаптивной модуляцией и кодированием. Проведены экспериментальные исследования на макетном образце, созданном на базе отлаженных средств для разработки устройств на FPGA и SDR, и путем имитационного моделирования. Выполнено аналитическое описание параметров каналов связи малых космических аппаратов и разработаны математические модели радиолиний "спутник-земля" и "земля-спутник", проведено моделирование и расчеты

потенциальных возможностей. Разработаны структурная и принципиальная схемы функциональных узлов подсистемы наноспутника, программное обеспечение для управления функциональными узлами. Изготовлены экспериментальные образцы функциональных узлов подсистемы связи наноспутника и проведены их исследования.

(англ.)

The structural and functional principles of modem equipment construction for over-the-horizon communication were developed. Time adaptation algorithms for changing conditions of over-the-horizon communication station, based on fuzzy conclusion algorithms were developed. Algorithms of frequency adaptation for initialization and continuous operation modes were developed. Algorithms to receive energy estimations of the channel and their statistical parameters were developed. Cross-level interaction algorithms, structure and parameters of physical system level of over-the-horizon communications were developed. System synchronization methods using OFDM modulation were developed. Individual blocks(modulators, demodulators, encoders and decoders with straight error correction) VHDL prototypes for adaptive modulation and coding were developed. Experimental studies on model sample based on development boards on FPGA and SDR and by simulation were held. Analytical description of link parameters for small spacecraft and mathematical models for "satellite-earth" and "earth-satellite" links, were done with conducted simulation and potential calculation. The structural and schematic diagrams of nano-satellite subsystem function units and functional unit control software were developed. Experimental samples of functional nano-satellite communication subsystem assemblies were created and their study was held.

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

- Патент України на корисну модель № 97166 від 10.03.2015. Бюл. № 5 „Мікросмужковий фільтр”. Захаров О.В., Ільченко М.Ю., Пінчук Л.С.

- Патент України на корисну модель UA 97669 U, H01P 11/00 (2015.01). Спосіб побудови двосмугового пропускаючого фільтра на прямокутних діелектричних резонаторах/ Т.В. Підгурська, О.О. Трубін. – № u201411808; опубл. 25.03.2015. – Бюл. No 6/2015.

- Патент на корисну модель «Двоярусний планарний фільтр», № 107402, опубл. 10.06.2016 бюл. № 11/2016. Автори О.В. Захаров, М.Ю. Ільченко, І.В. Трубаров, Л.С. Пінчук.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Науково технічний рівень виконаної роботи відповідає світовому рівню, а ряд розроблених методів, математичних моделей та алгоритмів, які дозволяють підвищити пропускну спроможність та спектральну ефективність систем загоризонтного зв'язку, не мають аналогів у світі.

За своїми показниками станції загоризонтного зв'язку і зокрема тропосферного зв'язку, в модемному обладнанні яких використовуватимуться розроблені в роботі технічні рішення та алгоритми, будуть відповідати кращим світовим аналогам (Raytheon), забезпечуючи швидкість передачі до 80 Мбіт/с при гарантованій якості (коефіцієнт бітових помилок не гірше 10^{-6}).

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Вартість реалізації проекту по створенню станції загоризонтного зв'язку нового покоління та постановки її на виробництво складе приблизно 20 млн. грн., термін впровадження два роки, строк окупності проекту три роки. Орієнтовна потреба українського ринку складає 300-500 млн. грн.

7. Потенційні користувачі

Споживачами розроблених рішень є підприємства Укроборонпрому, радіотехнічного та телекомунікаційного профілю, оператори зв'язку. Споживачами кінцевої продукції (станцій загоризонтного зв'язку) може бути Міністерство оборони

України, Державна служба з надзвичайних ситуацій, телекомунікаційні оператори та закордонні замовники.

8. Стан готовності розробки

Розроблено макетний зразок модемного обладнання на базі відлагоджених засобів. Розроблена програмна реалізація модулів та алгоритмів, орієнтована на подальше застосування з використанням технологій програмно визначуваних радіосистем та системи на кристалі. Проведено тестування розроблених рішень на макетному зразку.

9. Існуючі результати впровадження.

Окремі технічні рішення та алгоритми застосовані в розробці модемного обладнання малогабаритної тропосферної радіорелейної станції, яка проводилась в НДІ телекомунікацій НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» на протязі 2015-2016 р.р. за договором №ДЗ/40-2015 від «30» жовтня 2015 р.

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 800 тис. доларів США

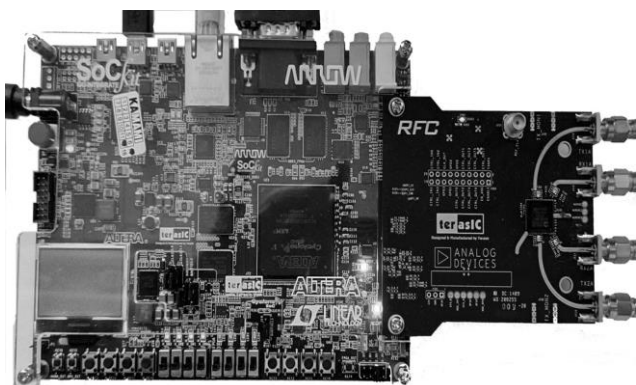
12. Мета інвестицій

Інвестиції потрібні для створення нового виду продукції, а саме станції загоризонтного зв'язку нового покоління, яка за своїми технічними показниками відповідатиме кращим світовим аналогам та істотно перевищуватиме вітчизняні аналоги.

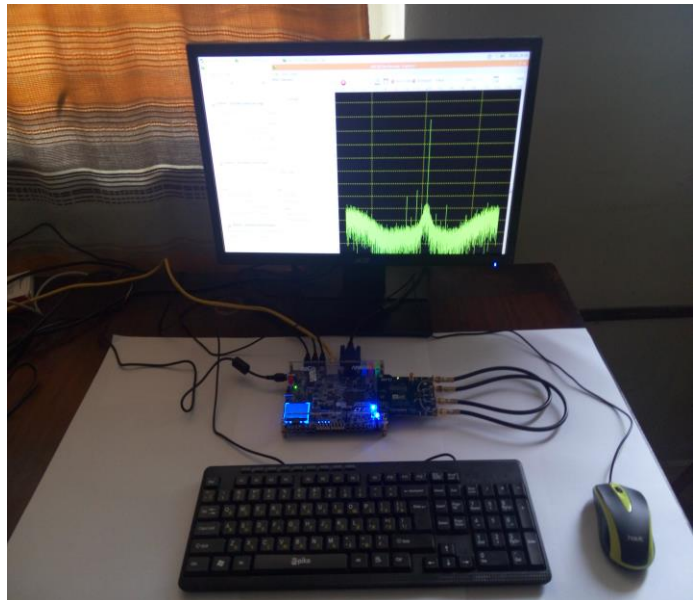
13. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

НТУУ «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



Макет прототипу модемного обладнання



Стенд з макетом прототипу модемного обладнання

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання

- Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи. – Київ: Наукова думка, 2016. – 730 с.;
- S. Kravchuk, M. Kaidenko, “Modem equipment for the new generation compact troposcatter stations”, Information and Telecommunication Sciences, No.1, pp. 5-12, 2016.
- М.Ю. Ільченко, М.М. Кайденко, С.О. Кравчук, Модемне обладнання на основі SDR-технології для тропосферних станцій нового покоління. // Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут. - 2016.- №5.- С.7-16.
- S. Kravchuk, M. Kaidenko, “Features of creation of modem equipment for the new generation compact troposcatter stations”, 2016 International Conference Radio Electronics & Info Communications (UkrMiCo) IEEE Conference Publications Pages:1-4, DOI: 10.1109/UkrMiCo.2016.7739634
- Ільченко М.Ю. «Науково-технічна космічна програма НТУУ "КПІ"» / В збірнику "Космічні дослідження в Україні, 2014–2016". – К.: Академперіодика, 2016. – С. 129–133
- Pidhurska T.V. Multi-resonator dual-band filters on dielectric resonators// Telecommunication sciences. — 2015. —Vol.6 , no. 1. — С.29–32.
- Антипенко Р. В., Першин М. О.; Смоков Є. О., Оптимізація радіолінії супутникового зв'язку. // - Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 14 – 20 березня 2016 р.: матеріали конференції-Київ, 2016. С. 165-167 с.
- Кайденко Н.Н., Кайденко В.Н. «Программно-аппаратное моделирование телекоммуникационных процессов и систем в MATLAB с использованием SDR и SOC технологий» // X Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" ПТ-2016: Збірник матеріалів конференції. К.: НТУУ "КПІ", 2016. - с. 250-253.
- Кайденко В.М., Кайденко М.М., Крылач О.Ф., Роскошный Д.В. «Организация взаимодействия между HPS и FPGA на базе SoC технологий при создании телекоммуникационных устройств» // X Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" ПТ-2016: Збірник матеріалів конференції. К.: НТУУ "КПІ", 2016. - с. 254-256/

16. Надати ключові слова до розробки

Загоризонтний зв'язок, тропосферна станція, пропускна здатність, адаптивна модуляція та кодування, OFDM модуляція, завадостійке кодування, програмно кероване радіо.