

**Дослідження властивостей надширокосмугових імпульсних радіосигналів і розробка на їх основі принципів побудови радіомереж, що самоорганізуються, і терміналів для них**

**Исследование свойств сверхширокополосных импульсных радиосигналов и разработка на их основе принципов построения самоорганизующихся радиосетей и терминалов для них**

**Research of ultra wideband impulse radio signals properties and development of self-organizing radio networks based on these signals and terminals for them.**

**1. Номер державної реєстрації теми – 0112U002534, НТУУ „КПІ” – 2506-ф.**

**2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Бунін С.Г., Бунин С.Г., Bunin Sergey G.**

**3. Суть розробки, основні результати.**

**(укр.)**

Створено теоретичну базу, нові методи та засоби передачі інформації, що можуть бути використані для розробки телекомунікаційних радіомереж, які не вимагають фіксованої інфраструктури та використовують надширокосмугові радіосигнали. Головна ідея роботи полягає в тому, що кожен мобільний термінал виступає не тільки в ролі кінцевого пристрою, але й ретранслятора-маршрутизатора пакетів інших абонентів. Кожен термінал здійснює оцінку параметрів функціонування мережі та вибір методів управління інформаційними потоками, забезпечуючи оптимізацію своїх та мережевих параметрів. Підвищення інтелектуальності абонентських терміналів у сполученні з використанням надширокосмугових сигналів дозволило отримати принципово нові архітектурні рішення для побудови безінфраструктурних радіомереж з можливістю самоорганізації.

Вперше, запропоновано спосіб прийому ультракоротких імпульсних сигналів і приймач що його реалізує, в якому прийом здійснюється не накопиченням енергії імпульсів сигналу, а селекцією імпульсів, амплітуда яких перевищує середньоквадратичну напругу шумів і завад. Запропоновано модель ієрархічної побудови інтелектуальних систем управління радіомережами із самоорганізацією та метод координації цільових функцій вузлових інтелектуальних систем управління з використанням нечіткої логіки. На різних рівнях моделі OSI запропоновані методи управління вузловими та мережевими ресурсами. На каналному рівні запропонована низка методів та математичних моделей множинного доступу до радіоканалу при застосуванні імпульсних надширокосмугових сигналів. На мережевому рівні запропоновано управляти топологією мережі як складовою частиною маршрутизації, а також представлено метод координатної маршрутизації, який побудований з урахуванням особливостей надширокосмугових імпульсних радіосигналів та новий інтелектуальний метод маршрутизації. На транспортному рівні представлені аналітичні моделі оцінки тривалості зв'язності мобільних абонентів радіомереж із самоорганізацією, а також розроблено математичні моделі для розрахунку інтервалу таймауту повторної передачі пакетів. Представлена архітектура та принципи побудови апаратної частини терміналів радіомереж із самоорганізацією та надширокосмуговими імпульсними сигналами.

**(рос.)**

Создана теоретическая база, новые методы и средства передачи информации, которые могут быть использованы для разработки телекоммуникационных радиосетей, не требующих фиксированной инфраструктуры и использующих сверхширокополосные радиосигналы. Главная идея работы заключается в том, что каждый мобильный терминал выступает не только в роли конечного устройства, но и ретранслятора-маршрутизатора пакетов других абонентов. Каждый терминал осуществляет оценку параметров функционирования сети и выбор методов управления информационными потоками,

обеспечивая оптимизацию своих и сетевых параметров. Повышение интеллектуальности абонентских терминалов в сочетании с использованием сверхширокополосных сигналов позволило получить принципиально новые архитектурные решения для построения базинфраструктурных радиосетей с возможностью самоорганизации.

Впервые предложен способ приема ультракоротких импульсных сигналов и реализуемый его приемник, в котором прием осуществляется не накоплением энергии импульсов сигнала, а селекцией импульсов, амплитуда которых превышает среднеквадратическое напряжение шумов и помех. Предложена модель иерархического построения интеллектуальных систем управления радиосетями с самоорганизацией и метод координации целевых функций узловых интеллектуальных систем управления с использованием нечеткой логики. На разных уровнях модели OSI предложены методы управления узловыми и сетевыми ресурсами. На канальном уровне предложен ряд методов и математических моделей множественного доступа к радиоканалу при применении импульсных сверхширокополосных сигналов. На сетевом уровне предложено управлять топологией сети как составной частью маршрутизации, а также представлен метод координатной маршрутизации, который построен с учетом особенностей сверхширокополосных импульсных радиосигналов и новый интеллектуальный маршрутизации. На транспортном уровне представлены аналитические модели оценки продолжительности связности мобильных абонентов радиосетей с самоорганизацией, а также разработаны математические модели для расчета интервала тайм-аута повторной передачи пакетов. Представлена архитектура и принципы построения аппаратной части терминалов радиосетей с самоорганизацией и сверхширокополосных импульсными сигналами.

**(англ.)**

A new theoretical base and new methods of using ultra wide band radio signals in self-organized radio networks were created. The main idea of the self-organized networks is based on a fact that each terminal in the network acts not only as final transmitter and receiver of information but as a repeater – router for all subscribers in the network. Each terminal provides network parameters evaluation and optimizes information traffic control mechanisms. Raising of terminals intellectuality levels together with ultra wide band signals application permits to get new solutions in developments of self-organized radio networks.

A new method of ultra wide band radio signal reception and the circuitry of the receiver is proposed. The method assumes using ultra short impulses with amplitudes higher than rms noise level as a trigger to excite monostable multivibrator generating impulses with higher amplitude and duration. The last ones process by appropriate techniques rather than input impulses energy collection. A model of hierarchy structure of intellectual network control systems and method coordination of objective function of nodes based on fuzzy logic. Node and network resource control methods on different levels of OSI model are proposed. Series methods and mathematical models of multiple access protocols to radio channel with ultra wide band signals on link level are proposed. On network level it was proposed to control network topology as a part of routing. An intellectual method of coordinate routing based on ultra wide band signals properties was proposed. Analytical models of terminals connectivity duration for transport level are presented. Also models to evaluate time-out intervals range for packet transmit repetitions are provided. Architecture and concept of terminal hardware construction for self-organized radio networks with ultra wide band signals are presented.

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

– Патент на корисну модель України № 87126. Спосіб збільшення інформаційної ємності систем передачі на основі імпульсних кодових послідовностей в мережах зв'язку / Бунін С.Г., Плотник К.О. – опубл. 27 січня 2014 р. Бюл. № 2.

– Патент на корисну модель України № 88899. Пристрій підвищення інформаційної ємності при передачі інформації послідовністю імпульсів / Бунін С.Г., Плотник К.О. – опубл. 10 березня 2014 р. Бюл. № 5.

– Патент на корисну модель України № 88900. Пристрій декодування даних, які передаються послідовністю модульованих імпульсів / Бунін С.Г., Плотник К.О. – опубл. 19 червня 2014 р. Бюл. № 10.

– Патент на корисну модель України U201315545. Спосіб ретрансляції даних в мережах зв'язку на основі імпульсних кодових послідовностей / Бунін С.Г., Плотник К.О. – Номер заявки № u2014 05869 від 01.07.2014 р.

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Результати відповідають світовому рівню, а запропоновані методи прийому імпульсних надширококутних сигналів та пристрої, які їх реалізують, не мають аналогів у світовій практиці інженерії телекомунікаційних радіомереж.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

Результати дослідження можуть бути покладені в основу розробки радіотерміналів для створення радіомереж із самоорганізацією, що використовують надширококутні імпульсні радіосигнали.

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

Розроблена теоретична база, нові методи та засоби передачі інформації для побудови телекомунікаційних радіомереж, які не вимагають фіксованої інфраструктури та використовують надширококутні імпульсні радіосигнали може застосовуватись Міністерством оборони України – під час модернізації існуючої системи зв'язку та автоматизації; Міністерством інфраструктури України – при розробці концепції розвитку систем зв'язку та при впровадженні нових технологій і мереж зв'язку; Міністерством освіти і науки України, вищими навчальними закладами – при підготовці фахівців та наукових кадрів телекомунікаційного профілю; Вітчизняними та закордонними підприємствами, науково-дослідними та проектно-конструкторськими організаціями – при створенні нових систем радіозв'язку.

#### **8. Стан готовності розробки.**

Розроблено діючий макет радіотерміналу для мереж із самоорганізацією та створено діючий макет радіомережі із самоорганізацією, що складається з чотирьох радіотерміналів.

#### **9. Існуючі результати впровадження.**

За тематикою роботи захищено дисертаційну роботу Войтенка Ю.Ю. „Методи підвищення ефективності транспорту даних в радіомережах із самоорганізацією” та підготовлено дисертаційну роботу Плотника К.О. „Методи підвищення швидкості передачі даних у мережах AdHoc та MANET, що самоорганізуються” на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Надрукована монографія „Самоорганізуючіся радіосети со сверхширокополосными сигналами”. Прочитано курси лекцій для магістрів 2012 – 2013 та 2013 – 2014 років навчання: „надширококутні імпульсні сигнали та їх властивості”, „радіомережі із самоорганізацією”, „протоколи маршрутизації в радіомережах із самоорганізацією”.

#### **10. Назва організації, телефон, E-mail**

НТУУ „КПІ”, науково-дослідний Інститут телекомунікацій,  
454-98-11, 253-40-88, [its@kpi.kiev.ua](mailto:its@kpi.kiev.ua)

#### **11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки**

1. Самоорганізуючіся радіосети со сверхширокополосными сигналами / [С.Г. Бунін, А.П. Войтер, М.Е. Ильченко, В.А. Романюк]. – К.: НПП „Издательство „Наукова думка” НАН України”. – 444 с.: ил.

2. Intellectual Mobile Ad Hoc Networks / [Zhuk P., Romanyuk V., Sova O., Bunin S.] // In Proc. of International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET 2012), Lviv, 2012. – p. 238.
3. Bunin S. Usage of Ultra Wide Band Signals in Radio Networks. / Bunin S. // In Proc. of International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET 2012), Lviv, 2012. – p. 135.
4. Бунин С.Г. Межуровневое взаимодействие в самоорганизующихся сетях на основе импульсных сверхширокополосных сигналов / Бунин С.Г., Войтенко Ю.Ю. // Материалы VI Международной конференции „Проблемы телекоммуникаций”. – ИТС НТУУ «КПИ». – 2012. – С. 76 – 77.
5. Бунин С.Г. Импульсные сверхширокополосные сигналы в радиосетях / Бунин С.Г., Плотник К.А. // Материалы VI Международной конференции „Проблемы телекоммуникаций”. – ИТС НТУУ «КПИ». – 2012. – С. 74.
6. Бунин С.Г. Ретрансляция импульсных сверхширокополосных сигналов в самоорганизующихся радиосетях / Бунин С.Г., Плотник К.А. // Тр. 22-й Международной конференция „СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии”: Севастополь, 2012. – С. 251
7. Bunin S. Retransmission Method of Impulse Ultrawideband Signals in Ad-Hoc Networks / Bunin S., Plotnyk K., Voitenko Yu. // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2012. – № 5. – С. 7–11.
8. Bunin S. Impulse Ultra Wide Band Signal Relaying in Ad Hoc Network / Bunin S., Plotnyk K., Voitenko Yu. // Telecommunication science. – Vol. 3, № 2. – 2012. – P. 61 – 64.
9. Бунин С.Г. Повышение информационной емкости UWB сигналов в радиосетях / С.Г. Бунин // Тр. 23-й Международной конф. „СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии” (Крымико-2013), Севастополь, 10-15 сентября, 2013.
10. Bunin S.G. Increase of Informative Capacity of Ultra Wide Band Impulse Signals / Bunin S.G. //Telecommunication science. – Vol. 4, № 1. – January-June 2013. – P. 10 –14.
11. Бунін С.Г. Новий підхід до побудови радіомереж із самоорганізацією AD-HOC і MANET/ Бунін С.Г., Плотник К.А. // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2013. – №2. – С. 6 – 11.
12. Bunin S. Impulse Selector for “Non Energy” Impulse Radio Ultra Wide Band Receiver / Bunin S., Zhogov R. // Papers of the XII International Conference “Modern Problems of Engineering, Telecommunications and Computer Science” – TCSET’2014. – Feb. 21 – 24, 2014, Lviv – Slavske, Ukraine.
13. Бунин С.Г. Импульсные сверхширокополосные сигналы в системах телекоммуникаций / Бунин С.Г. // Тр. Международной конференции „Проблемы Телекоммуникаций”, Киев. – Апрель 2014. – С. 32 – 34.
14. Bunin S. New Approach in Construction Ad Hoc and MANET Radio Networks with Impulse Ultrawideband Radio Signals / Bunin S., Plotnyk K. // Proc. of The Second International Black Sea conference on Communication and networking. Kishinev, Moldova. – June 2014.
15. Bunin S.G. A survey of clustering protocols for MANET with weighted metric for cluster head selection / Bunin S.G., Zhgurskyi A.S. // Тр. конф. „Проблемы инфокоммуникаций. Наука и технологии”. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники (ХНУРЭ), г. Харьков. – 14 – 17 октября, 2014 г.
16. Iurii Voitenko. Multiroute cross-layer transport protocol for MANETs.//Telecommunication Science, No.4, 2013. pp.23-26
17. Voitenko Yu. Multiroute cross-layer transport protocol with reliable data delivery / Voitenko Yu. // Telecommunication Sciences, 2012. – Vol. 3, № 1. – P. 23 – 28.
18. Романюк В.А. Цільові функції оперативного управління тактичними радіомережами / Романюк В.А. // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ "КПІ". – 2012. – № 1. – С. 109 – 117.
19. Романюк В.А. Концепция иерархического построения интеллектуальных систем управления тактическими радиосетями класса MANET: сборник тезисов докладов и выступлений участников XXII Международной Крымской конференции [“СВЧ-техника

и телекоммуникационные технологии"], (КрыМиКо). / Романюк В.А., Сова О.Я., Жук П.В., Романюк А.В. – Севастополь, 2012. – С. 265.

20. Сова О.Я. Методологія синтезу інтелектуальних систем управління вузлами перспективних мобільних радіомереж тактичної ланки управління військами / Сова О.Я., Уманець Я.Л. // Тези доповідей та виступів учасників VI науково-технічної конференції „Пріоритетні напрямки розвитку теле-комунікаційних систем та мереж спеціального призначення”. – К.: ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2012. – С. 198 – 199.

21. Аналіз основних аспектів безпеки функціонування мобільних радіомереж з динамічною топологією / [Сова О.Я., Шаціло П.В., Жук П.В., Симоненко О.А.] // Збірник наукових праць інституту ДССЗЗІ НТУУ „КПІ”. – 2012. – № 4(33). – С. 112 – 116.

22. Аналіз можливостей використання інтелектуальних агентів для побудови системи управління вузлами радіомереж класу MANET / [Симоненко О.А., Уманець Я.Л., Романюк В.А., Сова О.Я.] // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2013. – № 1. – С. 76 – 84.

23. Романюк В.А. Напрямки підвищення ефективності функціонування тактичних мобільних радіомереж: доповіді та тези доповідей виступів учасників VII науково-практичного семінару [“Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”], (Київ, 24 жовтня 2013р.) / Романюк В.А. – К.: ВІТІ ДУТ, 2013. – С. 40 – 56.

24. Романюк В.А. Аналіз існуючих агентних платформ для побудови систем управління вузлами мобільних радіомереж класу MANET: доповіді та тези доповідей виступів учасників VII науково-практичного семінару [“Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”], (Київ, 24 жовтня 2013р.) / Романюк В.А., Сова О.Я., Симоненко О.А. – К.: ВІТІ ДУТ, 2013. – С. 173 – 174.

25. Аналіз існуючих агентних платформ для побудови систем управління вузлами мобільних радіомереж класу MANET / [Симоненко О.А., Сова О.Я., Романюк В.А., Уманець Я.Л.] // Збірник наукових праць ХУПС „Системи обробки інформації”. – 2014. – № 1(117). – С. 200 – 203.

26. Координація взаємодії інтелектуальних систем управління вузлів радіомереж класу MANET: доповіді та тези доповідей виступів учасників VIII міжнародної конференції „Проблеми телекомунікацій – 2014” / [Романюк В.А., Сова О.Я., Стемпковська Я.А., Симоненко О.А.] – К.: ІТС НТУУ „КПІ”, 2014. – С. 151 – 153.

27. Романюк В.А. Энергосберегающий метод агрегации данных в сенсорной радиосети с избыточным количеством узлов: доповіді та тези доповідей виступів учасників VIII міжнародної конференції „Проблеми телекомунікацій – 2014” / Романюк В.А., Коваленко И.Г., Диянчук И.Н. – К.: ІТС НТУУ „КПІ”, 2014. – С. 406 – 408.

28. Romanjuk V.A. Directions Of Mobile Ad Hoc Networks Efficiency Increase / Romanjuk V.A., Sova O.Y. // Telecommunication sciences. – 2014. – Vol. 5. – № 1. – pp. 16 – 19.

29. Координація цільових функцій інтелектуальних систем управління тактичними радіомережами класу MANET / [Сова О.Я., Романюк В.А., Стемпковська Я.А., Симоненко О.А.] // Системи обробки інформації: збірник наукових праць ХУПС. – 2014. – № 3(40). – С. 85 – 93.

30. Метод координації цільових функцій інтелектуальних систем управління вузлами тактичних мобільних радіомереж / [Сова О.Я., Романюк В.А., Жук П.В., Ошурко В.М.] // Науковий журнал Національного Університету оборони України „Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони”. – 2014. – № 3(21). – С. 214 – 223.

31. Сова О.Я. Використання інтелектуальних агентів для побудови систем управління вузлами радіомереж класу MANET / Сова О.Я., Жук П.В., Міночкін Д.А. // Тези доповідей та виступів учасників VII науково-практичного семінару „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”. – К.: ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2013. – С. 50 – 56.

32. Методи обробки знань про ситуацію в мобільних радіомережах класу MANET для побудови вузлових інтелектуальних систем управління / [Сова О.Я., Романюк В.А.,

Міночкін Д.А., Романюк А.В.] // Збірник наукових праць ВІТІ ДУТ. – 2014. – № 1. – С. 76 – 84.

33. Сова О.Я. Координація цільових функцій вузлів тактичних радіомереж класу MANET / Сова О.Я., Жук П.В. // Тези доповідей та виступів учасників VII науково-технічної конференції „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”. – К.: ВІТІ ДУТ, 2013. – С. 49 – 61.

## 12. Фото



Макети радіотерміналів, які можуть бути об'єднані в радіомережу із самоорганізацією