

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Трубчанінова Карина Артурівна

УДК 621.391.82

ДИСЕРТАЦІЯ

**МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ДОСТУПУ
ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В РУХОМИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

Спеціальність 05.13.05 – Комп'ютерні системи та компоненти

Галузь знань: 12 – Інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

К.А. Трубчанінова

Науковий консультант
Панченко Сергій Володимирович,
доктор технічних наук, професор

Харків-2020

АНОТАЦІЯ

Трубчанінова К.А. Методи, моделі та технологія багатоканального доступу та захисту інформації в рухомих комп'ютерних системах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти (123 – комп'ютерна інженерія). – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Міністерство освіти і науки України, Харків, 2020.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми – забезпечення багатоканального доступу та захисту інформації в рухомих комп'ютерних системах (КС) на основі розробки технології та відповідного математичного апарата - математичних моделей і методів.

Проведено аналіз стану проблеми, показано, що з одночасним підвищенням вимог до швидкості передачі інформації, збільшенням щільності розташування мобільних пристроїв КС у просторі та обсягів інформації, що передається, існує фізична обмеженість радіочастотного спектру, яка не дозволяє забезпечити якість обміну інформацією в безпроводній мережі, особливо в умовах складної електромагнітної обстановки, яку створено щільно розташованими мобільними безпроводними пристроями КС.

На основі аналізу сформульовано загальні вимоги до вирішення проблеми забезпечення багатоканального доступу (БД) та захисту інформації (ЗІ) в рухомих комп'ютерних системах (КС). Визначені тенденції розвитку та існуючі потреби. Зроблено висновок, що сучасною

тенденцією є зниження рівня завадової електромагнітної обстановки рухомих мобільних пристроїв та компенсація спотворень цифрового інформаційного сигналу, що викликані міжсимвольною інтерференцією та багатопроменевим розповсюдженням радіохвиль. Також сформульовано вимоги до технічних і технологічних рішень щодо забезпечення багатоканального доступу та захисту інформації в рухомих комп'ютерних системах, їх завадостійкості по відношенню до зовнішніх завад і інтерференції, а також протидії багатопроменевому розповсюдженню радіосигналів. Показано, що критерієм, завадостійкості є відношення середньої потужності інформаційного сигналу до потужності шуму на вході приймача. Для виконання цих вимог найбільш доцільним є застосування технології надширокосмугових (НШС) сигналів.

Розроблено комплекс методів забезпечення БД та ЗІ рухомих КС, який базується на використанні надширокосмугових інформаційних сигналів, що дає можливість здійснювати багатоканальний безпроводний доступ в широкій смузі частот, коли рівень інформаційного сигналу дорівнює чи нижче рівня шуму.

Розроблено комплекс моделей архітектур фізичних пристроїв, який враховує особливості створення, розповсюдження у просторі та прийому надширокосмугових інформаційних сигналів, що дозволяє виконати вимоги щодо збільшення обсягу та захисту передачі інформації при БД в рухомих КС.

Розроблено технологію забезпечення БД та ЗІ рухомих КС, яка враховує імовірність похибки інформаційного сигналу в залежності від рівня шуму в каналі доступу та додатково виникаючих внутрішньосистемних завад під час обробки сигналу, що дозволяє виконати БД та ЗІ рухомих КС.

Удосконалений метод кодування інформації із застосуванням часової позиційно-імпульсної модуляції, який базується на зсуві у часі кодуючого

імпульсу щодо його основного положення у послідовності імпульсів та відрізняється від відомих тим, що величина часового зсуву складає чверть тривалості моноімпульсного сигналу, який дозволяє сформувати надширокосмуговий сигнал у вигляді моноциклу Гауса.

Удосконалений метод формування незалежних завадостійких каналів доступу із застосуванням ортогонального кодування, який базується на додатковому зсуві у часі кодуючого імпульсу відносно опорної послідовності імпульсів та відрізняється тим, що величина часового зсуву відносно опорної послідовності складає 2-3 порядки тривалості моноімпульсу, який дозволяє ущільнити канали доступу без порушення якості їх роботи.

Отримав подальший розвиток метод кореляційного прийому надширокосмугових сигналів шляхом цифрової обробки прийнятого сигналу та відрізняється тим, що здійснюють подвійну спектральну обробку за час появи кожного біту інформації та обчислюють модуль комплексної автокореляційної функції, що дозволяє збільшити співвідношення сигнал/завада на вході приймача.

Отримав подальший розвиток метод розпізнавання і вилучення інформаційного сигналу із суміші гаусового білого шуму та корисного сигналу шляхом кореляції прийнятого і опорного сигналу та відрізняється тим, що для прийняття рішення про достовірність прийнятого сигналу обчислюють відношення функції правдоподібності та порівнюють його значення з деяким порогом, що дозволяє підвищити достовірність прийому.

Розроблені на основі запропонованих моделей та методів інженерні методи та алгоритми дають змогу:

– здійснювати багатоканальний доступ в широкій смузі частот, коли рівень інформаційного сигналу дорівнює чи нижче рівня шуму, що забезпечує захист та прихованість інформації в безпроводних мережах рухомих КС

– забезпечити високу швидкість передачі даних (від десятків до сотень Мбіт/с);

– підвищити захист від зовнішнього електромагнітного випромінювання та пасивних завад;

– захистити від багатопроменевого розповсюдження радіохвиль.

За темою досліджень отримано 4 патенти України на винахід, які підтверджують новизну і практичну значимість результатів дисертації.

Ключові слова: багатоканальний доступ; захист інформації; комп'ютерна система; надширокосмуговий сигнал; мерехтлива поляризація; часова позиційно-імпульсна модуляція; кореляційний прийом; когерентність; спектральна обробка сигналу.

Список публікацій здобувача:

1. Панченко С. В., Серков О. А., Трубчанінова К. А. Теорія та практика електромагнітної сумісності телекомунікаційних систем. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 249 с.

2. Приходько С. І., Трубчанінова К. А., Батаєв О. П. Основи теорії інформації та кодування. Харків: УкрДУЗТ, 2017. 110 с.

3. Trubchaninova K., Serkov O., Panchenko N., Kurtsev M. Ultra Wideband Communication Technology in the Transport and Logistics Systems. ICTE in Transportation and Logistics 2019. ICTE ToL 2019. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham. 2020. P. 262-270. DOI: 10.1007/978-3-030-39688-6_33. (**SPRINGER**).

4. Serkov A.A., Lazurenko B.A., Trubchaninova K.A., Horiushkina A.E. Security Improvement Techniques for mobile applications of Industrial Internet of Things. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*. Vol. 20, No. 5, 2020. P. 145-149. URL: http://paper.ijcsns.org/07_book/202005/20200519.pdf (**SCOPUS**).

5. Trubchaninova K., Panchenko S., Korago I. Minimization method for average packet delay in data transmission networks. *ICTE in Transportation and*

Logistics 2018. (ICTE 2018). Procedia Computer Science. Latvia: Riga Technical University, 2019. No. 149. P. 177-184. DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.121. **(SCOPUS)**.

6. Serkov A., Tkachenko V., Kharchenko V., Pevnev V., Trubchaninova K., Doukas N. Method of Increasing Security of Spatial Intelligence in the Industrial Internet of Things Systems. *24th International Conference in Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC'2020)*. Plataniass, Chania Crete Island, Greece, July 19-22, 2020. No. 149. P. 177-184. DOI: 10.1016/j.procs.2020.01.121. **(SCOPUS)**.

7. Trubchaninova K., Serkov A., Kniyazev V., Yakovenko I. Electromagnetic Compatibility of Mobile Telecommunication Systems. *2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW)*. 2020. No. 149. P. 1041-1044. DOI: 10.1016/j.procs.2020.01.121. **(SCOPUS)**.

8. Trubchaninova K., Serkov A., Tkachenko V., Kharchenko V., Pevnev V. A method for increasing bandwidth and noise immunity IIoT at the influence of natural and intentional electromagnetic interference. *Problems of Telecommunications*. 2020. No. 149. P. 177-184. DOI: 10.1016/j.procs.2020.01.121.

9. Трубчанінова К.А., Серков О.А. Технологія забезпечення вимог електромагнітної сумісності мобільних систем безпроводового зв'язку. *Advanced Information Systems*. 2019. Vol. 3, Num. 3. P. 49-54. DOI:10.20998/2522-9052.2019.3.07.

10. Trubchaninova K., Serkov A., Mezitis M. Method of wireless transmission of digital information on the basis of ultra-wide signals. *Advanced Information Systems*. 2019. Volume 3, Number 4. P. 33-38. DOI:10.20998/2522-9052.2019.4.04.

11. Трубчанінова К.А., Серков О.А., Лазуренко Б.О. Метод оцінки імовірності бітової похибки в системах надширокопосмугового зв'язку.

Системи управління, навігації та зв'язку. 2019. Випуск 6(58). С.111 -114. DOI:10.26906/SUNZ.2019.6.111.

12. Трубчанінова К.А. Серков О.А., Лазуренко Б.О. Метод забезпечення завадостійкості рухомого зв'язку при виникненні внутрішньосистемних завад. *Системи управління, навігації та зв'язку. 2020. Випуск 1(59). С.155 -159. DOI: 10.26906/SUNZ.2020.1.155.*

13. Трубчанінова К.А. Серков О.А., Лазуренко Б.О. Завадостійкість мобільних телекомунікаційних систем. *Системи управління, навігації та зв'язку. 2020. Випуск 2(60). С.169 -172. DOI: 10.26906/SUNZ.2020.2.169.*

14. Трубчанінова К.А. Модель антени для випромінювання надширокосмугових сигналів. *Системи управління, навігації та зв'язку. 2020. Випуск 3(61). С.138 -141. DOI: 10.26906/SUNZ.2020.3.138.*

15. Трубчанінова К.А. Курцев М.С., Гаврилюк М.О. Метод розрахунку основних характеристик хвилевідно-щілинної антени. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2020. № 1 (140). С. 28-33. DOI:10.18664/iksz.v25i1.198645.*

16. Трубчанінова К.А., Крощенко Д.О. Метод попереднього планування безпроводової локальної мережі стандарту IEEE 802.11. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2020. № 2. С. 27-32. DOI:10.18664/iksz.v25i2.206838.*

17. Трубчанінова К.А. Ковтун І.В., Рубльов В.О., Соболевська Н.В. Дослідження значення величини середньої затримки пакета даних інформаційних потоків у мережах передачі даних. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2017. Вип. 5. С. 16-25.*

18. Трубчанінова К.А. Дослідження моделі гібридної радіо-оптичної телекомунікаційної системи. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2015. № 6. С. 20-24.*

19. Трубчанинова К.А., Чоботок А.В. Аналіз особливостей вимірювання частоти несучої фазо-модульованих сигналів. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. 2015. Випуск 158, т. 1. С.104-111.

20. Трубчанинова К.А., Полякова К.В. Дослідження пропускної здатності мережі доступу в залежності від типу абонента. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2013. № 5. С. 23-28.

21. Трубчанинова К.А. Свилярьова Н.В. Дослідження значення величини затримки пакету даних інформаційних потоків в мережах передачі даних. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. 2012. Випуск 133. С.155-162.

22. Трубчанинова К.А. Нарожный В.В., Григорьянц Г.Е., Леншин А.В. Применение современных телекоммуникационных мобильных технологий для повышения контроля за техникой безопасности в информационной системе «человек в пути» железнодорожной отрасли. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. 2012. Випуск 128. С.192-200.

23. Трубчанинова К.А., Жученко О.С., Орда О.В., Суєта О.В., Оцінка необхідної пропускної здатності зовнішнього каналу мережі доступу. *Зб.наук.пр. УкрДАЗТ*. 2011. Випуск. 126. С. 21-26.

24. Трубчанинова К.А., Батаев О.П. Синтез структурных схем для обнаружения и оценивания сигналов на фоне стационарных помех с неизвестной интенсивностью. *Зб.наук.пр. УкрДАЗТ*. 2010. Випуск. 116. С. 11 – 18.

25. Спосіб передачі інформації надширокосмуговими імпульсними сигналами в транспортних засобах: патент на корисну модель UA 140210 U Україна: МПК H04B 1/12 (2006.01) / С.В. Панченко, О.А. Серков, К.А. Трубчанинова, М.С. Курцев, Б.О. Лазуренко; власник патенту Український державний університет залізничного транспорту. – u 2019 07640; заявл. 08.07.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 3. – 5 с.

26. Надширокосмугова антена з мерехтливою поляризацією: патент на корисну модель UA 141130 U Україна: МПК H01Q 21/06 (2006.01) / С.В.

Панченко, О.А. Серков, К.А. Трубчанінова, М.С. Курцев, Б.О. Лазуренко; власник патенту Український державний університет залізничного транспорту. – и 2019 08722; заявл. 30.07.2019; опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6. – 6 с.

27. Спосіб збудження надширокосмугової антени з мерехтливою поляризацією: патент на корисну модель UA 141131 U Україна: МПК H01Q 21/06 (2006.01) / С.В. Панченко, О.А. Серков, К.А. Трубчанінова, М.С. Курцев, Б.О. Лазуренко; власник патенту Український державний університет залізничного транспорту. – и 2019 08723; заявл. 19.07.2019; опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6. – 6 с.

28. Спосіб прийому цифрових двійкових сигналів в умовах шуму: патент на корисну модель UA 145319 U Україна: МПК H04B 1/02 (2006.01) / С. В. Панченко, О.А. Серков, К.А. Трубчанінова, М.С., А.Є. Горюшкіна, Б.О. Лазуренко; власник патенту Український державний університет залізничного транспорту. - и 2020 04847; заявл. 29.07.2020; опубл. 25.11.2020, Бюл. № 22. - 5 с.

29. Трубчанінова К.А., Серков О.А., Лазуренко Б.О. Технологія надширокосмугових сигналів в системах зв'язку рухомих пристроїв. *XIX МНТК «Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-19)»: тез. доп. Х: НТУ «ХП», 2019. С. 74-75.*

30. Трубчанінова К.А., Ковтун І.В., Курцев М.С. Моделювання плоскої дводіпазонної антенної решітки для приймання хвиль кругової поляризації. *32 МНПК «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (Харків, 24-25 жовтня 2019 р.): Тез. доп. Харків: УкрДУЗТ, 2019. №4. С. 8.*

31. Трубчанінова К.А., Серков О.А. Електромагнітна сумісність сучасних систем безпроводового зв'язку. *V ВНТК «Практичні аспекти сумісності електромагнітної та блискавкозахисту» (ПАСЕБ-2019): тез. доп. – Х: НТУ «ХП», 2019. С. 76-78.*

32. Трубчанінова К.А., Серков О.А. Концепція забезпечення електромагнітної сумісності систем безпроводового зв'язку на транспорті. VII МНТК (13 -15 листопада 2019р., Том 1: секції 1-3, Черкаси-Харків-Баку-Бельсько-Бяла-2019) «Проблеми інформатизації»: Тез. доп. Х: НТУ «ХПІ», 2019. С. 59.

33. Трубчанінова К.А., Серков О.А. Моделі і методи організації надширокопasmового безпроводового зв'язку. III ВНТК «Проблеми інфокомунікацій», (Полтава-Київ-Харків-Мінск, 19 листопада 2019 р.): Тез. доп. Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2019.

34. Трубчанінова К.А., Серков О.А., Лазуренко Б.О. Метод виявлення сигналів на фоні гаусівського шуму. III ВНТК «Проблеми інфокомунікацій», (Полтава-Київ-Харків-Мінск, 19 листопада 2019 р.): Тез. доп. Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2019.

35. Трубчанінова К.А., Серков О.А., Поліщук О.Ю. Моделі і методи оцінки завадостійкості систем рухомого зв'язку. Труды XXVIII МНПК «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD – 2020) 28 - 30 жовтня 2020, м. Харків. – Х., НТУ "ХПІ".- Ч. IV.- 2020. С. 220.

36. Trubchaninova K. Methods for wireless transmission of digital information based on ultra-wideband signals. IV Міжнародної науково-практичної конференції "ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ" (Івано-Франківськ, 1-3 квітня, 2020): Тез. доп. Івано-Франківськ, 2020. С.87-88.

37. Трубчанінова К.А. Електромагнітна сумісність мобільних інфокомунікаційних систем. V МНПК «Інформаційні технології в освіті, науці й техніці» (Черкаси, 21-23 травня 2020 р.): Тез. доп. Черкаси С.81-82.

38. Trubchaninova K., Serkov A., Kniyazev V., Yakovenko I. Electromagnetic Compatibility of Mobile Telecommunication Systems. 2020

IEEE 10th International Conference on «Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals (UMBUSIS – 2020) » (22-27 червня 2020 р.): Тез. доп. Харків, 2020. P.1041-1044. (SCOPUS)

39. Trubchaninova K., Serkov A., Tkachenko V., Kharchenko V., Pevnev V. Method for increasing bandwidth and noise immunity IoT at the influence of natural and intentional electromagnetic interference. *2020 International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T’ 2020). Kharkiv, October 6-9, 2020. (SCOPUS).*

40. Трубчанінова К.А. Антенна система для реалізації технології мобільного надширокопasmового зв'язку. *IX Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи» 2020: Тез. доп. Київ: «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, 2020. С. 61-63. (WEB OF SCIENCE).*

41. Трубчанінова К.А. Моделі, методи і технологія забезпечення електромагнітної сумісності мобільних телекомунікаційних систем. *XX МНТК «Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-20) »: Тез. доп. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. С. 220.*

42. Трубчанінова К.А., Серков О.А., Панченко С.В. Метод передачі бінарної інформації в транспортних засобах. *XX МНТК «Проблеми інформатики та моделювання (ПІМ-20)»: Тез. доп. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. С. 75.*

43. Трубчанінова К.А. Критерій забезпечення вимог ЕМС мобільних телекомунікаційних систем. *33 МНПК «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті»: Тез. доп. Харків: УкрДУЗТ, 2020. №3 (додаток). С. 14-15.*

ABSTRACT

Trubchaninova K.A. Methods, models and technology of multi-channel access and protection of information in mobile computer systems. – Qualification scientific work as manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty of 05.13.05 – Computer Systems and Components (123 – Computer engineering). – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2020.

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific and technical problem of providing multichannel access and protection of information in mobile computer systems (CS) on the basis of technology development and the corresponding mathematical apparatus – mathematical models and methods.

The analysis of the state of the problem is carried out, it is shown that with simultaneous increase of requirements to speed of information transfer, increase of density of location of mobile devices of CS in space and volumes of the transferred information, there is a physical limitation of a radio frequency spectrum. in the conditions of a difficult electromagnetic situation which is created by densely located mobile wireless devices of CS.

Based on the analysis, the general requirements for solving the problem of providing multi-channel access (MA) and information security (IC) in mobile computer systems (CS) are formulated. Development trends and existing needs are identified. It is concluded that the current trend is to reduce the level of interfering electromagnetic conditions of mobile devices and to compensate for distortions of the digital information signal caused by intersymbol interference and multi-beam propagation of radio waves. There are also requirements for technical and technological solutions to ensure multi-channel access and protection of information in mobile computer systems, their noise immunity to external interference and interference, as well as counteraction to multi-beam

propagation of radio signals. It is shown that the criterion of noise immunity is the ratio of the average power of the information signal to the power of the noise at the input of the receiver. To meet these requirements, the most appropriate is the use of ultra-wideband (UWB) signal technology.

A set of methods for providing MA and IC of mobile CS, which is based on the use of ultra-wideband information signals, which allows multichannel wireless access in a wide frequency band when the level of the information signal is equal to or below the noise level.

A set of models of architectures of physical devices has been developed, which takes into account the peculiarities of creation, propagation in space and reception of ultra-wideband information signals, which allows to meet the requirements for increasing the volume, speed and protection of data transfer in mobile CS.

The technology of providing MA and IC of mobile CS is developed, which takes into account the probability of information signal error depending on the noise level in the communication channel and additional internal system interferences during signal processing, which allows to perform MA and IC of mobile CS.

An advanced method of encoding information using temporal position-pulse modulation, which is based on the time offset of the coding signal relative to its main position in the signal sequence and differs from those known in that the time offset is a quarter of the duration of the monopulse signal, which allows you to generate an ultra-wideband signal in the form of a Gaussian unicycle.

An improved method of forming independent noise-tolerant access channels using orthogonal coding, which is based on additional time offset of the coding signal relative to their reference sequence and differs in that the time offset relative to the reference sequence is 2-3 orders of magnitude of the monopulse, that allows to condense access channels without disturbance of quality of their work.

The method of correlation reception of ultra-wideband signals by digital processing of the received signal has been further developed and differs in that it performs double spectral processing at the time of each bit of information and calculates the module of complex autocorrelation function, which allows to increase the signal-to-noise ratio;

The method of recognition and extraction of information signal from a mixture of Gaussian white noise and useful signal by correlation of received and reference signal has been further developed and differs in that to determine the reliability of the received signal calculate the ratio of the likelihood function and compare its value with some threshold reliability of reception.

Engineering methods and algorithms developed on the basis of the offered models and methods allow:

- to carry out multi-channel access in a wide frequency band, when the level of the information signal is equal to or below the noise level, which provides protection and concealment of information in wireless networks of mobile CS;

- to provide high speed of data transfer (from tens to hundreds of Mbit / s);
- increase protection against external electromagnetic radiation and passive interference;

- protect against multi-beam propagation of radio waves;

On the topic of research received 4 patents of Ukraine for inventions, which confirm the novelty and practical significance of the results of the dissertation.

Keywords: multichannel access; information protection; computer system; ultra-wideband signal; flickering polarization; temporal position-pulse modulation; correlation reception; coherence; spectral signal processing.

List of publicatios:

1. Panchenko S. V., Serkov O. A., Trubchaninova K. A. Teoriya ta praktyka elektromagnitnoyi sumisnosti telekomunikacijnyx system. Kharkiv: USURT, 2020. 249 p.

2. Pryxodko S. I., Trubchaninova K. A., Batayev O. P. Osnovy teoriiyi informaciyi ta koduvannya. Kharkiv: USURT, 2017. 110 p.

3. Trubchaninova K., Serkov O., Panchenko N., Kurtsev M. Ultra Wideband Communication Technology in the Transport and Logistics Systems. ICTE in Transportation and Logistics 2019. ICTE ToL 2019. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham. 2020. P. 262-270. DOI: 10.1007/978-3-030-39688-6_33. **(SPRINGER)**.

4. Serkov A.A., Lazurenko B.A., Trubchaninova K.A., Horiushkina A.E. Security Improvement Techniques for mobile applications of Industrial Internet of Things. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*. Vol. 20, No. 5, P. 145-149. URL: http://paper.ijcsns.org/07_book/202005/20200519.pdf **(SCOPUS)**.

5. Trubchaninova K., Panchenko S., Korago I. Minimization method for average packet delay in data transmission networks. *ICTE in Transportation and Logistics 2018. (ICTE 2018). Procedia Computer Science*. Latvia: Riga Technical University, 2019. No. 149. P. 177-184. DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.121. **(SCOPUS)**.

6. Serkov A., Tkachenko V., Kharchenko V., Pevnev V., Trubchaninova K., Doukas N. Method of Increasing Security of Spatial Intelligence in the Industrial Internet of Things Systems. *24th International Conference in Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC'2020)*. Platania, Chania Crete Island, Greece, July 19-22, 2020. No. 149. P. 177-184. DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.121. **(SCOPUS)**.

7. Trubchaninova K., Serkov A., Kniyazev V., Yakovenko I. Electromagnetic Compatibility of Mobile Telecommunication Systems. *2020*

IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW). 2020. No. 149. P. 1041-1044. DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.121. (SCOPUS).

8. Trubchaninova K., Serkov A., Tkachenko V., Kharchenko V., Pevnev V. A method for increasing bandwidth and noise immunity IIoT at the influence of natural and intentional electromagnetic interference. *Problems of Telecommunications*. 2020. No. 149. P. 177-184. DOI: 10.1016/j.procs.2019.01.121.

9. Trubchaninova K.A., Serkov O.A. Texnologiya zabezpechennya vymog elektromagnitnoyi sumisnosti mobilnyh system bezprovodovogo zvyazku. *Advanced Information Systems*. 2019. Vol. 3, Num. 3. P. 49-54. DOI:10.20998/2522-9052.2019.3.07.

10. Trubchaninova K., Serkov A., Mezitis M. Method of wireless transmission of digital information on the basis of ultra-wide signals. *Advanced Information Systems*. 2019. Volume 3, Number 4. P. 33-38. DOI:10.20998/2522-9052.2019.4.04.

11. Trubchaninova K.A., Serkov O.A., Lazurenko B.O. Metod ocinky imovirnosti bitovoyi poxybky v systemax nadshyrokosmugovogo zvyazku. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Poltava: PNTU, 2019. Issue 6(58)*. P. 111-114. DOI:10.26906/SUNZ.2019.6.111.

12. Trubchaninova K.A. Serkov O.A., Lazurenko B.O. Metod zabezpechennya zavadostijkosti ruxomogo zvyazku pry vynyknenni vnutrishnosy`stemnyx zavad. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Poltava: PNTU, 2020. Issue 1(59)*. P.155 -159. DOI: 10.26906/SUNZ.2020.1.155.

13. Trubchaninova K.A. Serkov O.A., Lazurenko B.O. Zavadostijkist mobilnyx telekomunikacijnyx system. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku. Poltava: PNTU, 2020. Issue 2(60)*. P.169 -172. DOI: 10.26906/SUNZ.2020.2.169.

14. Trubchaninova K.A. Model anteny dlya vyprominyuvannya nadshyrokosmugovyx sygnaliv. *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*.

Poltava: PNTU, 2020. Issue 3(61). P.138 -141. DOI: 10.26906/SUNZ.2020.3.138.

15. Trubchaninova K.A. Kurcev M.S., Gavrylyuk M.O. Metod rozraxunku osnovnykh harakterystyk hvylevidno-shhilyynnoyi anteny. *Informacijno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti. 2020. № 1 (140). P. 28-33. DOI:10.18664/iksz.v25i1.198645.*

16. Trubchaninova K.A., Kroshchenko D.O. Metod poperednoho planuvannia bezprovodovoi lokalnoi merezhi standartu IEEE 802.11. *Informatsiino-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti. 2020. № 2. P. 27-32. DOI:10.18664/iksz.v25i2.206838.*

17. Trubchaninova K.A. Kovtun I.V., Rublov V.O., Sobolievskaya N.V. Doslidzhennia znachennia velychyny serednoi zatrymky paketa danykh informatsiinykh potokiv u merezhakh peredachi danykh. *Informatsiino-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti. 2017. №. 5. P. 16-25.*

18. Trubchaninova K.A. Doslidzhennia modeli hibrydnoi radio-optychnoi telekomunikatsiinoi systemy. *Informatsiino-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti. 2015. № 6. P. 20-24.*

19. Trubchaninova K.A., Chobotok A.V. Analiz osoblyvostei vymiriuvannia chastoty nesuchoi fazo-modulovanykh syhnaliv. *Zb. nauk. prats USART. 2015. № 158, t. 1. P.104-111.*

20. Trubchaninova K.A., Poliakova K.V. Doslidzhennia propusknoi zdatnosti merezhi dostupu v zalezhnosti vid typu abonenta. *Informatsiino-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti. 2013. № 5. P. 52-56.*

21. Trubchaninova K.A. Svyarova N.V. Doslidzhennia znachennia velychyny zatrymky paketu danykh informatsiinykh potokiv v merezhakh peredachi danykh. *Zb. nauk. prats USART. 2012. № 133. P.17-20.*

22. Trubchanynova K.A. Narozhnyi V.V., Hryhoriant H.E., Lenshyn A.V. Prymenenye sovremennykh telekommunykatyonykh mobylnykh tekhnolohiyi dlia povysheniya kontrolya za tekhnycnoi bezopasnosty v ynformatsyonoj

systeme «chelovek v puty» zheleznodorozhnoi otrasly. *Zb. nauk. prats USART. 2012. № 128. P.192-200.*

23. Trubchaninova K.A., Zhuchenko O.S., Orda O.V., Suieta O.V., Otsinka neobkhidnoi propusknoi zdatnosti zovnishnoho kanalu merezhi dostupu. *Zb. nauk. prats USART. 2011. №. 126. C. 7 – 10.*

24. Trubchanynova K.A., Bataev O.P. Syntez strukturnykh skhem dlia obnaruzhenyia y otsenyvanyia syhnalov na fone statsyonarnykh romekh s neyzvestnoi yntensyvnostiu. *Zb. nauk. prats USART. 2010. № 116. C. 11 – 17.*

25. Sposib peredachi informatsii nadshyrokosmuhovymy impulsnymy syhnalamy v transportnykh zasobakh: patent na korysnu model UA 140210 U Ukraina: MPK H04V 1/12 (2006.01) / S.V. Panchenko, O.A. Serkov, K.A. Trubchaninova, M.S. Kurtsev, B.O. Lazurenko; vlasnyk patentu Ukrainyskyi derzhavnyi universytet zaliznychnoho transportu. – u 2019 07640; zaiavl. 08.07.2019; opubl. 10.02.2020, Biul. № 3. – 5 p.

26. Nadshyrokosmuhova antena z merekhtlyvoiu poliaryzatsiieiu: patent na korysnu model UA 141130 U Ukraina: MPK H01Q 21/06 (2006.01) / S.V. Panchenko, O.A. Serkov, K.A. Trubchaninova, M.S. Kurtsev, B.O. Lazurenko; vlasnyk patentu Ukrainyskyi derzhavnyi universytet zaliznychnoho transportu. – u 2019 08722; zaiavl. 30.07.2019; opubl. 25.03.2020, Biul. № 6. – 6 p.

27. Sposib zbudzhennia nadshyrokosmuhovoi anteny z merekhtlyvoiu poliaryzatsiieiu: patent na korysnu model UA 141131 U Ukraina: MPK H01Q 21/06 (2006.01) / S.V. Panchenko, O.A. Serkov, K.A. Trubchaninova, M.S. Kurtsev, B.O. Lazurenko; vlasnyk patentu Ukrainyskyi derzhavnyi universytet zaliznychnoho transportu. – u 2019 08723; zaiavl. 19.07.2019; opubl. 25.03.2020, Biul. № 6. – 6 p.

28. Sposib pryiomu tsyfrovyykh dviikovykh syhnaliv v umovakh shumu: patent na korysnu model UA 145319 U Ukraina: MPK H04B 1/02 (2006.01) / S. V. Panchenko, O.A. Serkov, K.A. Trubchaninova, M.S., A.Ie. Horiushkina, B.O. Lazurenko; vlasnyk patentu Ukrainyskyi derzhavnyi universytet zaliznychnoho

transportu. - u 2020 04847; zaiavl. 29.07.2020; opubl. 25.11.2020, Biul. № 22. - 5 p.

29. Trubchaninova K.A., Serkov O.A., Lazurenko B.O. Tekhnolohiia nadshyrokosmuhovykh syhnaliv v systemakh zviazku rukhomykh prystroiv. XIX MNTK «Problemy informatyky ta modeliuvannia (PIM-19)»: Tez. dop. Kh: NTU «KhPI», 2019. P. 74-75.

30. Trubchaninova K.A., Kovtun I.V., Kurtsev M.S. Modeliuvannia ploskoi dvodiapazonnoi antennoi reshitky dlia pryimannia khvyl kruhovoii poliaryzatsii. 32 MNPk «Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti» (Kharkiv, 24-25 zhovtnia 2019 r.): Tez. dop. Kharkiv: USURT, 2019. №4. P. 8.

31. Trubchaninova K.A., Serkov O.A. Elektromahnitna sumisnist suchasnykh system bezprovodovoho zviazku. V VNTK «Praktychni aspekty sumisnosti elektromahnitnoi ta blyskavkozakhystu» (PASEB-2019): Tez. dop. Kh: NTU «KhPI», 2019. P. 76-78.

32. Trubchaninova K.A., Serkov O.A. Kontseptsiiia zabezpechennia elektromahnitnoi sumisnosti system bezprovodovoho zviazku na transporti. VII MNTK (13 -15 lystopada 2019r., Tom 1: sektsii 1-3, Cherkasy-Kharkiv-Baku-Belsko-Biala-2019) «Problemy informatyzatsii»: Tez. dop. Kh: NTU «KhPI», 2019. P. 59.

33. Trubchaninova K.A., Serkov O.A. Modeli i metody orhanizatsii nadshyrokosmuhovoho bezprovodovoho zviazku. III VNTK «Problemy infokomunikatsii», (Poltava-Kyiv-Kharkiv-Minsk, 19 lystopada 2019 r.): Tez. dop. Poltava: NTU «Poltavska politekhnika imeni Yuriiia Kondratiuka», 2019.

34. Trubchaninova K.A., Serkov O.A., Lazurenko B.O. Metod vyivlennia syhnaliv na foni hausivskoho shumu. III VNTK «Problemy infokomunikatsii», (Poltava-Kyiv-Kharkiv-Minsk, 19 lystopada 2019 r.): Tez. dop. Poltava: NU «Poltavska politekhnika imeni Yuriiia Kondratiuka», 2019.

35. Trubchaninova K.A., Serkov O.A., Polishchuk O.Iu. Modeli i metody otsinky zavadostiikosti system rukhomoho zviazku. *Trudy KhKhVIII MNPK «Informatsiini tekhnologii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia» (MicroCAD – 2020) 28 - 30 zhovtnia 2020, m. Kharkiv. – Kh., NTU "KhPI".- №. IV.- 2020. P. 220.*

36. Trubchaninova K. Methods for wireless transmission of digital information based on ultra-wideband signals. *IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "PRYKLADNI NAUKOVO-TEKhNICHNI DOSLIDZhENNIa" (Ivano-Frankivsk, 1-3 kvitnia, 2020): Tez. dop. Ivano-Frankivsk, 2020. P.87-88.*

37. Trubchaninova K.A. Elektromahnitna sumisnist mobilnykh infokomunikatsiinykh system. *V MNPK «Informatsiini tekhnologii v osviti, nauksi y tekhnitsi» (Cherkasy, 21-23 travnia 2020): Tez. dop. Cherkasy. P.81-82.*

38. Trubchaninova K., Serkov A., Kniyazev V., Yakovenko I. Electromagnetic Compatibility of Mobile Telecommunication Systems. *2020 IEEE 10th International Conference on «Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals (UMBUSIS – 2020) » (22-27 червня 2020 р.): Тез. доп. Харків, 2020. P.1041-1044. (SCOPUS)*

39. Trubchaninova K., Serkov A., Tkachenko V., Kharchenko V., Pevnev V. Method for increasing bandwidth and noise immunity IIoT at the influence of natural and intentional electromagnetic interference. *2020 International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T’ 2020). Kharkiv, October 6-9, 2020. (SCOPUS).*

40. Trubchaninova K.A. Antenna systema dlia realizatsii tekhnolohii mobilnoho nadshyrokosmuhovoho zviazku. *IX Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Radiotekhnichni polia, syhnaly, aparaty ta systemy» 2020: Tez. dop. Kyiv: «Kyivskiy politekhnichnyi instytut im. Ihoria Sikorskoho, 2020. P. 83. (WEB OF SCIENCE).*

41. Trubchaninova K.A. Modeli, metody i tekhnolohiia zabezpechennia elektromahnitnoi sumisnosti mobilnykh telekomunikatsiinykh system. *XX MNTK «Problemy informatyky ta modeliuвання (PIM-20)»: Tez. dop. Kharkiv: NTU «KhPI», 2020. P. 83.*

42. Trubchaninova K.A., Serkov O.A., Panchenko S.V. Metod peredachi binarnoi informatsii v transportnykh zasobakh. *XX MNTK «Problemy informatyky ta modeliuвання (PIM-20)»: Tez. dop. Kharkiv: NTU «KhPI», 2020. P. 75.*

43. Trubchaninova K.A. Kryterii zabezpechennia vymoh EMS mobilnykh telekomunikatsiinykh system. 33 MNPK «Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti»: Tez. dop. Kharkiv: USURT, 2020. №3 (dodatok). P.

14-15.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	27
ВСТУП	31
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПРОБЛЕМИ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ДОСТУПУ ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В РУХОМИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ	46
1.1. Сучасний стан та тенденції розвитку багатоканального доступу та захисту інформації в рухомих комп'ютерних системах	46
1.1.1. Тенденції розвитку технологій багатоканального доступу	48
1.1.2. Аналіз методів організації багатоканального доступу у рухомих комп'ютерних системах	50
1.2. Визначення вимог до технологій багатоканального доступу рухомих комп'ютерних систем	53
1.2.1. Особливості розповсюдження сигналів у безпроводних рухомих комп'ютерних системах	53
1.2.2. Аналіз вимог до систем безпроводного багатоканального доступу	56
1.2.3. Аналіз основних факторів що обумовлюють застосування і розробку безпроводних інформаційних технологій, спрямованих на забезпечення ефективної роботи в рухомих комп'ютерних системах	60
1.3. Аналіз сигналів в системах багатоканального доступу рухомих комп'ютерних систем	64
1.3.1 Класифікація систем багатоканального доступу	64
1.3.2. Сигнали в надширокосмугових технологіях та їх властивості	66
1.3.3. Розробка і застосування генераторів надширокосмугових сигналів	75
1.4. Постановка науково-технічної проблеми	77

Висновки за розділом	79
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В БЕЗПРОВІДНІЙ МЕРЕЖІ РУХОМИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	81
2.1. Методи багатоканального доступу в безпроводних мережах	81
2.1.1. Метод доступу з частотним розділенням каналів	84
2.1.2. Метод доступу з часовим розділенням каналів	86
2.1.3. Метод доступу з кодовим розділенням каналів	87
2.1.4. Метод доступу з розділенням каналів за поляризацією	89
2.1.5. Метод доступу з просторовим розділенням каналів	89
2.2. Розробка критерію забезпечення вимог завадостійкості багатоканальних систем безпроводного доступу	90
2.3. Методи представлення даних в рухомих комп'ютерних системах	93
2.3.1. Метод позиційно-імпульсного кодування	93
2.3.2. Мінімальна кількість чипів, кодуєчих інформаційний біт	98
2.3.3. Метод створення незалежних каналів доступу	101
2.4. Модель формування надширокосмугових інформаційних сигналів та функціональна схема його реалізації	108
2.4.1. Модель кодування НШС сигналу протилежними сигналами	112
2.4.2. Модель кодування НШС сигналу з фазовою маніпуляцією	113
2.5. Метод визначення раціональної довжини пакету повідомлень	115
2.5.1. Розрахунок мінімальних значень інтенсивностей потоків даних між окремими вузлами мережі	118
2.5.2. Визначення раціональної довжини пакету даних	124
2.5.3. Оцінка впливу завад на швидкість передачі інформації у безпроводних каналах доступу	129
2.5.4. Оцінка пропускної здатності безпроводних каналів доступу	135
Висновки за розділом	140

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛІ І МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПРИСТРОЇВ І КОМПОНЕНТІВ БЛОКУ ПРИЙОМУ/ПЕРЕДАЧІ	142
3.1. Класифікація антенних систем	144
3.2. Аналіз широкосмугових антен	144
3.2.1. Фрактальні антени	144
3.2.2. Антени TSA	151
3.3. Розробка аналітичної моделі надширокосмугової антени	155
3.3.1. Обґрунтування вибору середовища моделювання	155
3.3.2. Метод скінченних елементів в розрахунках антенних систем	157
3.3.3. Розробка аналітичної моделі TSA антени	158
3.4. Метод випромінювання НШС сигналу та модель, що його реалізує	163
3.4.1. Розробка методу випромінювання НШС сигналу	163
3.4.2. Розробка аналітичної моделі блоку антен TSA	166
3.5. Розробка методу мерехтливої поляризації	171
3.6. Розробка моделі фазованих антенних решіток	175
3.6.1. Характеристики спрямованості антенних решіток	176
3.6.2. Моделювання фазованої решітки	180
3.6.3. Вплив завад на пропускну здатність багатоканальної системи безпроводного доступу	195
Висновки за розділом	201
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА МОДЕЛІ І МЕТОДУ КОРЕЛЯЦІЙНОГО ПРИЙОМУ НАДШИРОКОСМУГОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ	203
4.1. Метод визначення сигналів в умовах дії завад з невідомою інтенсивністю	203
4.1.1. Модель приймача для визначення сигналів на фоні шуму	207
4.1.2. Модель багатоканального виявлення сигналів	209
4.2. Метод кореляційного прийому надширокосмугових	214

інформаційних сигналів

4.3. Метод вилучення інформаційних надширокосмугових сигналів у каналі доступу з завадами	216
4.4. Метод розрізнення двох відомих сигналів на фоні шуму	221
4.5. Модель приймача інформаційних надширокосмугових сигналів	228
Висновки за розділом	231
РОЗДІЛ 5. МЕТОДИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ЗАВАД НА ЯКІСТЬ ВІДНОВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ	233
5.1. Статистична оцінка імовірності похибки на біт при передачі інформації в мережі багатоканального доступу комп'ютерних систем	233
5.1.1. Статистичні характеристики оцінок	235
5.1.2. Комп'ютерне моделювання	238
5.2. Внутрішньосистемні завади	245
5.2.1. Чисельне моделювання	250
5.2.2. Метод оцінки впливу завад на якість відновлення інформації	253
Висновки за розділом	260
РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ДОСТУПУ ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ РУХОМИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	262
6.1. Технології багатоканального доступу	263
6.1.1. Метод динамічної потужності	266
6.1.2. Метод організації множинного доступу	267
6.1.3. Метод динамічного розподілу каналів доступу	268
6.1.4. Технологія багатоканального доступу МІМО	269
6.1.5. Технологія розширення спектра в безпроводних мережах	273
6.2. Розробка технології багатоканального доступу та захисту інформації в рухомих комп'ютерних системах на транспорті	279
6.3 Оцінка розробленої технології багатоканального доступу	282
6.3.1. Завадостійкість каналів безпроводного доступу	283

6.3.2. Електромагнітна сумісність рухомих комп'ютерних систем	286
6.3.3. Розробка рекомендації щодо організації багатоканального доступу та захисту інформації в рухомих комп'ютерних системах	288
Висновки за розділом	289
ВИСНОВКИ	291
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	294
ДОДАТОК А. АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ	319
ДОДАТОК Б. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ	347
ДОДАТОК В. ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ, ЩО РЕАЛІЗУЄ БАГАТОКАНАЛЬНИЙ ДОСТУП У БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖАХ	358