

621.396
341



**ВІЙСЬКОВИЙ ІНСТИТУТ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ**



Збірник наукових праць

Випуск №2



КИЇВ-2020

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації

MINISTRY OF DEFENCE OF UKRAINE

Military Institute of Telecommunications and Informatization



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск № 2

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS
ISSUE № 2

У збірнику викладені статті наукових та науково-педагогічних працівників, докторантів, ад'юнктів (аспірантів), курсантів, здобувачів інституту та інших установ (організацій) за наступними науковими напрямками:

перспективи розвитку телекомунікаційних систем, комплексів та засобів спеціального призначення;

захист інформації в спеціальних інформаційно-комунікаційних системах;

стан і розвиток автоматизованих систем управління військами та зброєю;

інформаційні системи та мережі, системи підтримки прийняття рішень спеціального призначення;

бойове застосування систем зв'язку та автоматизації ЗС України;

теорія і практика інформаційної боротьби в комп'ютеризованих системах і мережах.

Запрошуємо до співробітництва всі зацікавлені установи та організації, які проводять наукові дослідження та науково-технічні розробки за даними напрямками.

The book contains articles of scientific and teaching staff, post graduate students, adjuncts, institute applicants and other institutions (organizations) applicants in the following fields:

prospects of telecommunications systems, development, facilities and means of special purpose;

in special information protection and communication systems;

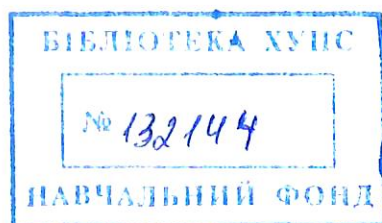
automated systems state and development of army weapons;

information systems and networks, decision support systems for special purposes;

combat use of communications systems and automation of Armed Forces of Ukraine;

theory and practice of information combating in computer systems and networks.

All interested institutions and organizations, who conduct research and development in the directions state, are invited for cooperation.



Київ – 2020 – Kyiv



Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації. – Випуск № 2. – Київ: ВІТІ, 2020. – 132 с.

Collection of scientific papers of the Military Institute of Telecommunications and Informatization. – Issue number 2. – Kyiv: MITI, 2020. – 132 p.

Редакційна колегія:

Головний редактор:

Полковник Романюк Валерій Антонович – заступник начальника ВІТІ з наукової роботи, д.т.н., професор, м. Київ, Україна.

Заступник головного редактора:

Креденер Б.П. – с.н.с. НЦ ВІТІ, д.т.н., професор, м. Київ, Україна;

Відповідальний секретар:

Грищенко Н.О. – працівник ЗСУ н.с., науково-організаційного відділу ВІТІ, м. Київ, Україна.

Члени редколегії:

Романов О.І. – п.н.с. НЦ ВІТІ, д.т.н., професор, м. Київ, Україна;

Самохвалов Ю.Я. – професор кафедри ВІТІ, д.т.н., професор, м. Київ, Україна;

Науменко М.І. – професор кафедри ВІТІ, д.т.н., професор, м. Київ, Україна.

Сова О.Я. – д.т.н., с.н.с., начальник кафедри ВІТІ, м. Київ, Україна;

Кузавков В.В. – д.т.н., доцент, начальник кафедри ВІТІ, м. Київ, Україна;

Могилевич Д.І. – д.т.н., професор кафедри ВІТІ, м. Київ, Україна.

Чеварлін В.Є. – д.т.н., с.н.с., доцент кафедри ВІТІ, м. Київ, Україна.

Editorial Board:

Editor-in-Chief:

Colonel Valery Romanjuk – Deputy Chief MITI for scientific work, doctor of technical sciences, professor, Kyiv, Ukraine.

Deputy Chief Editor:

B. Kredentser – senior research associate of communication and, doctor of technical sciences, professor, Kyiv, Ukraine;

Executive Secretary:

N. Gryshenko – the employee of Armed Forces of Ukraine, member of research and organization Department of MITI, Kyiv, Ukraine.

Editorial Board Members:

A. Romanov – leading research associate of communication and, doctor of technical sciences, professor, Kyiv, Ukraine;

U. Samokhvalov – doctor of technical sciences, professor of MITI, Kyiv, Ukraine;

M. Naumenko – doctor of technical sciences, professor MITI, Kyiv, Ukraine.

O. Sova – doctor of technical sciences, senior research associate of Chief of the Department of MITI Kyiv, Ukraine.

V. Kuzavkov – doctor of technical sciences, dotsent, Chief of the Department of MITI Kyiv, Ukraine;

D. Mohylevych – doctor of technical sciences, professor MITI Kyiv, Ukraine.

V. Chevardin – doctor of technical sciences, senior research associate of dotsent the Department of MITI Kyiv, Ukraine.

Всі наукові статті, включені до збірника, прорецензовані фахівцями по галузях та отримали позитивний відгук.

Збірник затверджено на засіданні вченої ради інституту. Протокол засідання вченої ради № 20 від 27.08.2020 року.

Збірник наукових праць ВІТІ затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 10 травня 2017 року № 693 в якості фахового видання, у якому можуть публікуватися результати дисертаційних досліджень в галузі технічних наук.

При передрукуванні матеріалів посилання на збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації.

All articles included in the collection, were reviewed by experts and have positive feedback.

The collected works was approved at the Academic Council meeting of the Institute. Protocol of the Academic Council meeting № 20 from 27.08.2020 year.

MITI collected works approved by the Presidium of the Ministry of Education and Science of Ukraine from 10.05.2017 № 693 as a professional edition, where can publish the results of dissertation research in technical sciences can be published.

In a case of recopy of any materials reference collected works of the Military Institute of Telecommunications and Information.

© Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, 2020 р.

© Military Institute of Telecommunications and Informatization, 2020.

Адреса редакції:

01011, м. Київ, вул. Московська 45/1

Тел. 256-22-73

Електронна адреса – naukaviti@gmail.com.

Свідомство про державну реєстрацію від 12.09.2016 р. КВ № 22356-12256 ПР

Засновник – Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації (код за ЄДРПОУ 24978555)

Відповідальний за випуск Грищенко Н.О.

Підписано до друку 09.09.2020 р. Зам. 208. Друк. арк 16,5.

Ум.-друк. арк.15,34. Обл.-вид. арк.14,27. Формат паперу 60x84/8.

Тираж 100 прим. (безкоштовно)

Адреса друкарні ВІТІ – 01011, м. Київ, вул. Московська 45/1

З М І С Т

1.	Гурський Т.Г., Боголій С.М., Коваль О.М., Чорний І.В. Напрямки підвищення ефективності функціонування мобільних радіомереж з направленими антенами в умовах навмисних завад.....	6
2.	Коваленко І.Г., Малих В.В., Макарчук В.І. Загальна методика та алгоритм розрахунку електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів.....	17
3.	Колтовсков Д.Г. Аналітична модель розрахунку швидкості передачі даних складними ортогональними сигнальними конструкціями в каналі управління тактичним БПЛА.....	28
4.	Кузавков В.,В Романенко М.М. Аналіз теплових моделей дослідження деградації напівпровідникових структур.....	35
5.	Лазута Р.Р., Лебідь Є.В., Прис Г.П., Макогон О.А. Перспективи застосування програмного забезпечення LIFE RING в системі бойового управління та прийняття РІШЕНЬ Збройних Сил України.....	49
6.	Мартинюк В.В., Паламарчук Н.А., Паламарчук С.А., Сівоха О.М. Задачі вдосконалення інформаційної та кібернетичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури.....	54
7.	Романов О.І., Нестеренко М.М., Фесьоха Н.О., Шрамко О.В., Ворожко А.М. Оцінка показників функціонування IP PBX ELASTIX на базі віртуальних машин та контейнерів.....	64
8.	Руденко В.І., Зінченко М.О., Гришина Н.С., Остапук О.І. Стан та напрямки розвитку телекомунікаційної мережі системи зв'язку Збройних сил України.....	75
9.	Симоненко О.А., Остапчук В.М., Троцько О.О., Шишацький А.В. Математична модель прогнозування радіозв'язності вузлів маршруту передачі інформації в радіомережах класу MANET.....	90
10.	Скиба О.В., Руденко О.В., Доманов І.О., Троцик С.М., Кравченко В.С. Формування концепції тестування спеціального програмного забезпечення для Збройних Сил України.....	98
11.	Солодовник В.І. Аналіз багатоантенних систем за показником спектрально-енергетичної ефективності.....	108
12.	Чевардін В.Є., Мазулевський О.Є. Аналіз структур кіберкомандувань розвинутих країн.....	121
13.	Автори номеру.....	129
14.	Пам'ятка для автора.....	131

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Гурский Т.Г., Боголий С.Н., Коваль О.М., Черный И.В. Направления повышения эффективности функционирования мобильных радиосетей с направленными антеннами в условиях преднамеренных помех.....	6
2.	Коваленко И.Г. Общая методика и алгоритм расчета электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.....	17
3.	Колтовсоков Д.Г. Аналитическая модель расчета скорости передачи данных сложными ортогональными сигнальными конструкциями в канале управления тактическим БПЛА.....	28
4.	Кузавков В.В., Романенко М.М. Анализ тепловых моделей для исследования деградации полупроводниковых структур.....	35
5.	Лазута Р.Р., Лебідь Є.В., Прис Г.П., Макогон О.А. Перспективы применения программного обеспечения „LifeRing” в системе боевого управления и принятия решений вооруженных сил Украины.....	49
6.	Мартынюк В.В., Паламарчук Н.А., Паламарчук С.А., Сивоха Е.М. Задачи совершенствования информационной и кибернетической безопасности объектов критической инфраструктуры.....	54
7.	Романов О.И., Нестеренко Н.Н., Фесьоха Н.А. Оценка показателей функционирования IP PBX Elastix на базе виртуальных машин и контейнеров.....	64
8.	Руденко В.И., Зинченко М.А., Гришина Н.С., Остапук А.И. Состояние и направления развития телекоммуникационной сети Системы связи Вооруженных сил Украины.....	75
9.	Симоненко А.А., Остапчук В.Н., Троцко А.А., Шишацкий А.В. Математическая модель прогнозирования радиосвязности узлов тактических радиосети класса MANET.....	90
10.	Скиба О.В., Руденко О.В., Доманов И.А., Троцик С.Н., Кравченко В.С. Формирование концепции тестирования специального программного обеспечения для Вооруженный Сил Украины.....	98
11.	Солодовник В.И. Анализ многоантенных систем по показателю спектрально-энергетической эффективности.....	108
12.	Чевардин В.Є., Мазулевський О.Є. Анализ структур киберкомандований развитых стран.....	121
13.	Авторы номера.....	129
14.	Памятка автору.....	131

CONTENTS

1.	T. Hurskyi, S. Boholii, O. Koval, I. Chornyi Directions for improving the efficiency of functioning of mobile radio networks with directed antennas in conditions of jamming....	6
2.	I.Kovalenko General methodology and algorithm for calculating the electromagnetic compatibility of radioelectronic devices.....	17
3.	D. Koltovskov An analytical model for calculating the data transfer rate with complex orthogonal signal structures in the tactical UAV control channel.....	28
4.	V.Kuzavkov, M.Romanenko Analysis of thermal models for the degradation study of semiconductor structures.....	35
5.	R.Lazuta, Y.Lebid, G.Pris, H.Makogon Prospects for the application of the „LifeRing” software in the combat control and decision-making system of the Armed Forces of Ukraine.....	49
6.	V. Martynyuk, N. Palamarchuk, S. Palamarchuk, E. Sivokha The tasks of improving information and cybernetic security of critical infrastructure facilities.....	54
7.	O.Romanov, M.Nesterenko, N.Fesokha Evaluation of performance indicators of IP PBX Elastix on the basis of virtual machines and containers.....	64
8.	V. Rudenko, M. Zinchenko, N. Gryshina, O. Ostapuk The state and development directions of the telecommunication network of the Communication system of the Armed Forces of Ukraine.....	75
9.	O.Symonenko, V.Ostapchuk, O.Trotsko, A.Shyshatskyi A mathematical model for predicting the radio connectivity of tactical radio network nodes of the MANET class....	90
10.	O. Skyba, O.Rudenko, I.Domanov, S.Trotsky V.Kravchenko Forming the concept of testing special software for Armed Forces of Ukraine.....	98
11.	V.Solodovnyk Analysis of multiple-antenna systems in terms of spectral-energy efficiency.....	108
12.	V.Chevardin, O.Mazulevsky Analysis of cyber commands of developed countries.....	121
13.	About authors	129
14.	References	131

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОБІЛЬНИХ РАДІОМЕРЕЖ З НАПРАВЛЕНИМИ АНТЕНАМИ В УМОВАХ НАВМИСНИХ ЗАВАД

Радіомережі класу MANET (далі – мобільні радіомережі, МР) знаходять все ширшого застосування для організації тактичного військового радіозв'язку в останні роки.

Перспективним напрямком підвищення ефективності функціонування МР в цілому та їх завадозахищеності зокрема є застосування антенних решіток (АР) з можливістю управління напрямком основного випромінювання, що дозволяє забезпечити максимальні значення рівнів сигналів кореспондентів на входах приймачів окремих радіостанцій на маршруті передачі інформації. Для забезпечення максимальної ефективності таких МР необхідне скоординоване управління параметрами мережі на різних рівнях етатонної моделі взаємодії відкритих систем (OSI).

Зокрема, на фізичному рівні необхідно обрати тип антенної решітки та її раціональні параметри, передбачити ефективні методики управління діаграмою направленості, на каналному рівні необхідно врахувати особливості роботи у направленому режимі та розробити алгоритми доступу до спільного радіоканалу, на мережевому – врахувати особливості діаграмоутворення та вплив навмисних завад при визначенні маршрутів передачі інформації у мережі, на прикладному – забезпечити координацію та інтеграцію нижніх рівнів, інтелектуалізацію методів управління мережею.

У статті проведено аналіз завдань, що виникають у МР з направленними антенами з урахуванням можливого впливу навмисних завад та запропоновано перспективні напрямки їх вирішення.

Ключові слова: мобільна радіомережа, антенна решітка, відношення сигнал/завада, множинний доступ, діаграмоутворення, маршрутизація, навмисна завада.

Гурський Т.Г., Боголій С.М., Коваль О.М., Черный И.В. Направления повышения эффективности функционирования мобильных радиосетей с направленными антеннами в условиях преднамеренных помех. Радиосети класса MANET (далее -- мобильные радиосети, МР) находят все более широкое применение для организации тактической военной радиосвязи в последние годы.

Перспективным направлением повышения эффективности функционирования МР в целом и их помехозащищенности в частности является применение антенных решеток (АР) с возможностью управления направлением основного излучения, позволяющее обеспечить максимальные значения уровней сигналов корреспондентов на входах приемников отдельных радиостанций на маршруте передачи информации. Для обеспечения максимальной эффективности таких МР необходимо скоординированное управление параметрами сети на различных уровнях этатонной модели взаимодействия открытых систем (OSI).

В частности, на физическом уровне необходимо выбрать тип антенной решетки и ее рациональные параметры, предусмотреть эффективные методики управления диаграммой направленности, на каналном уровне необходимо учесть особенности работы в направленном режиме и разработать алгоритмы доступа к общему радиоканалу, на сетевом – учесть особенности диаграммообразования и влияние преднамеренных помех при определении маршрутов передачи информации в сети, на прикладном – обеспечить координацию и интеграцию нижних уровней, интеллектуализацию методов управления сетью.

В статье проведен анализ задач, возникающих в МР с направленными антеннами с учетом возможного влияния преднамеренных помех и предложены перспективные направления их решения.

Ключевые слова: мобильная радиосеть, антенная решетка, отношение сигнал/помеха, множественный доступ, диаграммообразование, маршрутизация, преднамеренная помеха.

T. Hurskyi, S. Boholii, O. Koval, I. Chorny. Directions for improving the efficiency of functioning of mobile radio networks with directed antennas in conditions of jamming. Mobile ad-hoc networks (MANETs) are increasingly used for tactical military radio communications in recent years.

A promising way to increase the efficiency of MANETs in general and their anti-jammingness in particular is the use of antenna arrays (AR) with the ability to control the direction of the main radiation, which allows to ensure maximum values of signal levels at the inputs of individual radios. To ensure the maximum efficiency of such MANETs coordinated management of network parameters at different levels of the reference model of open systems interaction (OSI) model is required.

In particular, at the physical level it is necessary to choose the type of antenna array and its rational parameters to provide effective methods of beamforming, at the channel level it is necessary to take into account the features of directional mode and develop algorithms for access to a common radio channel, at the network level – to take into

account the features of beamforming and the influence of jamming in determining the routes of information transmission in the network, on the application level – to ensure the coordination and integration of lower levels, the intellectualization of network management methods.

The article analyzes the problems that arise in MANETs with directional antennas, taking into account the possible impact of jamming and suggests promising areas for their solution.

Keywords: *mobile ad-hoc networks (MANETs), antenna array, signal-to-noise ratio, multiple access, beamforming, routing, jamming.*

Постановка завдання в загальному вигляді

В останні роки радіозв'язок в тактичній ланці управління військами все більше організовується у вигляді мобільних радіомереж класу MANET – Mobile Ad Hoc Networks [1, 2] (далі – МР). Такі мережі мають низку суттєвих переваг, як порівняно з традиційними військовими симплексними (напівдуплексними) радіомережами, так і порівняно з стільниковими та транкінговими мережами загального користування: децентралізоване управління, відсутність фіксованої інфраструктури, мобільність усіх вузлів мережі, можливість багатократної ретрансляції інформаційних повідомлень на шляху від відправника до отримувача тощо [3].

Перспективним напрямком підвищення ефективності функціонування тактичних МР, є застосування направлених антен – адаптивних антенних решіток або антенних систем з управлінням направленістю випромінювання. Використання направлених антен призводить до необхідності комплексного вирішення низки додаткових завдань на різних рівнях моделі OSI, зокрема фізичному, мережевому, каналному, транспортному та прикладному. При цьому необхідно враховувати можливий вплив навмисних завад, створюваних системою радіоелектронного подавлення (РЕП) противника.

Аналіз публікацій за темою дослідження

У роботі [4] узагальнено напрямки підвищення ефективності функціонування традиційних (з ненаправленими антенами) тактичних мобільних радіомереж, серед яких виділено і застосування направлених антен.

Дослідженню функціонування МР з направленими антенами присвячена низка робіт зарубіжних та вітчизняних авторів.

Зокрема, у роботі [5] проведено аналіз ефективності методів формування діаграми спрямованості антенних решіток для мобільних радіомереж. Але методи, розглянуті в [5], забезпечують ефективну роботу МР в умовах низьких шумів в каналі зв'язку та малоефективні в умовах потужних завад.

В роботі [6] розглянуто методи адаптивного діаграмоутворення для підвищення завадозахищеності прийому, але у загальному вигляді, без урахування особливостей функціонування мобільних радіомереж. Крім цього, методи, розглянуті в [5, 6] мають достатньо високу обчислювальну складність.

В роботі [7] показано ефективність адаптивного формування нулів діаграми направленості адаптивної АР в МР в умовах навмисних завад, але не наведено рекомендацій щодо реалізації алгоритму діаграмоутворення.

Застосування направлених антен призводить до необхідності розробки нових методів доступу до радіоканалу. У роботі [8] узагальнено близько 40 варіантів реалізації протоколів МД для МР з направленими антенами, відомих з відкритих джерел, проведено їх класифікацію, визначено переваги та недоліки (табл. 1). Більшість з них ґрунтуються на протоколі випадкового доступу IEEE 802.11 DCF. Крім цього, заслуговують на увагу і детерміновані протоколи з наданням доступу за розкладом, які можуть бути забезпечити більшу ефективність за певних умов. Очевидно, що не існує єдиного методу доступу, що забезпечує ефективне функціонування мережі в різних умовах [9].

На мережевому рівні урахування як характеристик направленості антен на прийомі, так і впливу засобів РЕП, може дозволити досягнути високої завадозахищеності радіомережі в цілому за рахунок формування обхідних маршрутів передачі інформації від відправників до адресатів.