

ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ І СТАБІЛЬНОСТІ ЗАВАДОСТІЙКИХ БЕЗПРОВОДОВИХ ІНФОРМАЦІЙНО–КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

В роботі запропоновано підходи для збільшення доступності комунікаційних послуг та ймовірності правильного і завадостійкого їх прийому. Завадостійкі безпроводові канали передачі інформації застосовують нові технології, які дозволяють у режимі реального часу гарантувати підвищення доступності комунікаційних послуг для якісної та вірогідної передачі інформації в умовах впливу різнотипних завад. Такі канали забезпечують необхідні значення показників вірогідної передачі різнотипної завадостійкої інформації, що здійснюється за рахунок використання необхідного типу кодування. Тому, знаючи всі ці властивості сигналів та завад, види комунікаційних послуг, можна встановити відмінності між ними та використати їх для розроблення способів і методів забезпечення функціональності і стабільності завадостійких безпроводових інформаційно–комунікаційних систем для доступності цих послуг. Отримані результати дослідження дають можливість забезпечувати послуги комунікаційної системи із необхідною якістю, достовірністю і орієнтовані на подолання низької завадостійкої передачі потоків інформації.

Ключові слова: захист інформації, завадостійка передача даних, безпроводовий зв'язок, інформаційно–комунікаційна система.

V.M. DZHULIY, Y.P. KLOTS, V.S. ORLENKO, V.Y. TITOVA, Y.V. KHMELNYTSKYI
Khmelnytsky National University

IMPROVING THE FUNCTIONALITY AND STABILITY OF WIRELESS INFORMATION-COMMUNICATION SYSTEMS

In modern conditions, the volume of transmission of various types of information in wireless information and communication systems is significantly increasing, although modernization and consolidation of their structure occurs practically only in the process of their expansion or inability to ensure the required level of quality of communication services. The popularity of modern information services, services, social networks is causing an increase in media information. The real speed of Internet access is growing rapidly, which affects the resources of wireless networks at the local and global levels. Therefore, there are contradictions between the available share of the resource and the need to provide all users with access to wireless information networks. An effective way to resolve this contradiction in terms of loss of requests for communication services is to increase the number of stations by sealing their structure in all segments of the wireless network architecture.

The paper proposes approaches to increase the availability of communication services and the probability of their correct and noise-tolerant reception. Interference-resistant wireless information transmission channels use new technologies that allow in real time to ensure increased availability of communication services for high-quality and reliable transmission of information in the face of various types of interference. Such channels provide the required values of the indicators of the probable transmission of various types of noise-tolerant information, which is carried out through the use of the required type of coding. Therefore, knowing all these properties of signals and interference, types of communication services, you can distinguish between them and use them to develop ways and methods to ensure the functionality and stability of noise-resistant wireless information and communication systems for access to these services. The obtained results of the research make it possible to receive the services of the communication system with the required quality, reliability and focused on overcoming the low quality of information flows through wireless channels with interference.

Keywords: information protection, noise-tolerant data transmission, wireless communication, information-communication system.

Вступ

В сучасних умовах значно збільшуються об'єми передавання різнотипної інформації в безпроводових інформаційно-комунікаційних системах, хоча модернізація та ущільнення їх структури відбувається, практично, лише у процесі їх розширення чи за неможливості забезпечення необхідного рівня якості надання комунікаційних послуг вже відомими засобами. Популярність же сучасних інформаційних послуг, сервісів, соціальних мереж спричиняє зростання об'ємів медійної інформації. Реальна швидкість доступу до мережі Інтернет стрімко зростає, що позначається на ресурсах безпроводових мереж локального та глобального рівня. Тому виникають протиріччя між доступною часткою ресурсу та потребою надання усім користувачам доступу до безпроводових мереж передачі інформації. Ефективним способом розв'язання такого протиріччя із точки зору втрат запитів на комунікаційні послуг є збільшення кількості станцій ущільненням їх структури в усіх сегментах архітектури безпроводової мережі.

Динамічний характер доступу до навантаження призводять до того, що такий комунікаційний підхід є надзвичайно складним та дорогим. У безпроводовій системі передачі інформації з погляду постачальників комунікаційних послуг фінансова та економічна ефективність такої системи завжди превалює над технічною доцільністю, тому в архітектурі системи передачі вони нарощують кількість станцій тільки у тих місцях, де перевантаження мають досить регулярний характер. Підвищення доступності комунікаційних послуг для користувачів у безпроводових мережах зв'язку в умовах пікових їх навантажень значною мірою залежить від її ефективності та методів і алгоритмів керування послугами та ресурсами. Більша частина роботи по підвищенню доступності послуг досягається завадостійкими інформаційно-комунікаційними системами і пов'язана із балансуванням навантаження системи.

На сьогодні не до кінця розв'язаними є завдання їх динамічного розподілу за навантаженням та ресурсами, при якому одночасно можуть використовуватись більша частина кількості доступних послуг та ресурсів безпроводової мережі. При цьому повинні враховуватись вимоги до якості надання таких послуг та ефективності використання каналів передачі інформації. Тому розроблення методів та алгоритмів

підвищення доступності комунікаційних сервісів та послуг шляхом використання завадостійких безпроводових систем передачі інформації та використання балансування навантаження під час пікових їх навантажень на окремі сегменти із забезпеченням вимог якості надання комунікаційних послуг без залучення додаткових ресурсів на сьогодні є актуальним науковим завданням.

Постановка задачі

У результаті проведеного дослідження визначено, що великої актуальності методи та алгоритми підвищення доступності комунікаційних сервісів набувають в умовах сучасної інформаційної боротьби, оскільки окремі комунікаційні платформи можуть використовувати важливі підконтрольні мережеві елементи, відсутність контролю за діяльністю яких впливатиме на стабільність та якість доступу до інформаційного простору. Загальний сегмент комунікаційних платформ, незалежно від місця їх розташування, масштабів та видів діяльності, потребує побудови архітектури, що не залежить від операторів комунікацій. А це досягається такими системами у разі їх конкретного застосування, у тому числі – в розподіленому режимі. Дослідження в роботі пов'язані з підвищенням доступності комунікаційних послуг передачі інформації в мережах безпроводового доступу та в умовах пікових навантажень на її окремі сегменти. Тут велику роль грає алгоритм балансування навантаження у безпроводовій мережі передачі інформації, що дає змогу зменшити втрати запитів доступу до комунікаційних послуг в умовах граничних навантажень на окремі сегменти мережі. Підвищення доступності послуг досягається також можливістю перенесення частки навантаження у процесі його балансування, що враховує швидкість доступу користувачів, вимоги до якості надання комунікаційних послуг та ефективність використання їх каналів передачі. Також велику роль буде грати методика пошуку напрямків поетапного перенесення користувацького навантаження, що враховує кількість проміжних секторів та сегментів мережі, завантаженість яких не змінюється у процесі балансування. У процесі роботи та функціонування на комунікаційні системи впливають різні фактори і компоненти, що порушують їх нормальну роботу і можуть призводити до порушення роботи різних каналів та ліній передачі інформації, фізичного виходу із ладу компонентів і елементів та інших негативних наслідків. У результаті вони переходять до стану, в якому не можуть забезпечуватись процеси доступу та доставки інформації. Сучасна інформаційно-комунікаційна система повинна мати здатність протистояти впливам, які порушують її роботу, і забезпечувати стійкість роботи, що може бути забезпечено завадостійкими безпроводовими системами передачі інформації. Загалом, реальна завадостійкість - це є завадостійкість комунікаційної системи чи окремих її сегментів із врахуванням реальної її роботи та настройки окремих блоків каналів передачі інформації. Не всі сегменти каналів передачі інформації можна виготовити ідеальними та з визначеними параметрами. Таки чином, тільки при забезпеченні стабільності усіх характеристик та властивостей комунікаційна система може виконувати своє основне функціональне призначення – забезпечувати доступ та доставку потоків інформації в необхідному обсязі, з необхідною якістю та її вірогідністю. Дослідження та аналіз вже існуючого обладнання, стану та методів забезпечення завадостійкої доставки даних в інформаційно-комунікаційних системах свідчить, що перспективним напрямком вирішення різнопланових проблем забезпечення доступу та вірогідності потоків інформації в існуючих умовах невизначеності, перешкод та завад, є застосування структурної і параметричної адаптації системи з врахуванням захищеності та невизначеності.

Основна частина

Для підвищення доступності та оптимізації комунікаційних процесів на основі послуг сервісних систем на сьогодні розроблена значна кількість застосувань у вигляді електронних послуг на основі мереж доступу [1]. Користувачі електронних послуг та сервісів є учасниками самого процесу їх одержання та інформаційного обміну. Доступ, взаємодія та комунікації – це основні проблемні області, що стосуються діяльності розподілених суб'єктів, а також забезпечення надання різного роду електронних послуг та сервісів, які націлені на їх індивідуальне використання. Розгортання сучасних комунікаційних засобів та оптимізація їх комунікаційних платформ підвищують ефективність управління та функціонування сучасних сервісних систем, особливо для випадку оброблення потоків завадостійкими системами передачі інформації у реальному часі, а також дозволяють суб'єктам комунікацій розв'язувати поставлені перед ними завдання на якісно новому рівні, впроваджуючи масштабовані розподілені системи обчислення для надання електронних послуг та сервісів. Проте, володіння покращеними засобами комунікації та взаємодії у розподілених безпроводових системах не дає гарантій зростання продуктивності доступу для цих організаційних систем. Розвиток сучасних IP-технологій призводить до значного підвищення ефективності діяльності користувачів, проте взаємодія через комунікаційні системи реального часу між сегментами мережі для груп користувачів досі стикається із певними обмеженнями, які при трансформації можуть стати особливо відчутними для неспеціалізованих сервісних систем у програмно-апаратних комплексах. Досить позитивні тенденції у розв'язанні цього питання виникають при впровадженні технологій повсюдного інформаційного доступу, а також наскрізного проникнення IP-комунікацій через усі рівні сервісних систем. Для досягнення максимальної ефективності доступу для своєї діяльності кінцеві користувачі безпроводових мереж повинні чітко координуватися у рамках розподіленої мережевої сервісної інфраструктури для підвищення доступності інформаційних послуг у реальному часі [2].

Проблематика підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими безпроводовими системами передачі інформації та ефективного управління такими розподіленими сервісними платформами визначає основні вимоги до їх систем керування. Сучасні безпроводові системи, як правило складаються із різного мережевого обладнання (маршрутизатори, мости, комутатори тощо) які взаємодіють із зовнішнім та внутрішнім середовищем сервісних систем. Такий підхід отримав загальну назву Cloud Enabled Networking (CEN) – хмарні мережі. У такому середовищі все обладнання сервісних платформ взаємопов'язане через різноманітні сегменти та топологічні конфігурації мереж. Система управління такими сервісними

платформами здатна автоматично визначати усі мережеві пристрої та мати всю інформацію про її структуру. Топологічна структура сервісних платформ не зазнає різних змін, проте, якщо ми переходимо до CBN мереж, то стає динамічною у межах її взаємодії з обладнанням (через мережу доступу до потоків інформації). Усі структурні та архітектурні зміни повинні фіксуватися відповідними системами управління через мережевий моніторинг [3]. Ще одним питанням є масштабне впровадження новітніх послуг використовуючи завадостійких інформаційно-комунікаційних систем та розподілених електронних сервісів, які призводять до виникнення протиріччя впровадження повсюдного інформаційного доступу при скороченні споживання обчислювальних ресурсів у їх хмарних сервісних системах. Розширення переліку та обсягу інформаційного доступу та задач оброблення потоків інформації призвело до ситуації, коли останні повинні розв'язуватись у рамках надання їм розподілених послуг та сервісів. Сучасні інформаційно-комунікаційні системи виявляються досить складними, зокрема, у аспекті управління ними. Сучасні методологічні та технічні засоби не можуть забезпечити достатній рівень її функціональної завадостійкості і якості управління нею із метою оптимізації її продуктивності [4].

Сьогодні кількість пропозицій нових інноваційних послуг (мультисервісні комунікаційні послуги, віддалене голосування, мікро-платежі, самообслуговування електронними сервісами, системи електронного урядування, прогнозування потреб користувачів тощо) продовжує збільшуватися. У середовищах сервісних платформ наступного покоління надавачі послуг пропонують застосування і засоби, що використовують стандартизовані елементи відомого програмного забезпечення та готові комерційні пакетні пропозиції програмних рішень. У таких системах доступ до електронних сервісів та взаємодія сервісних елементів відбувається, зазвичай, на основі IP-технологій, стандартизованих застосувань та їх інфраструктури, які адаптуються під кожного окремо взятого користувача мережі. Оскільки потоки інформаційних даних та топології її керування не завжди є синхронними, вони мають бути представлені незалежно. Для підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими безпроводовими інформаційно-комунікаційними системами використовують спільні ресурси та сервери, які можуть експлуатуватися великою кількістю їх клієнтів. Деякі компоненти такої системи доступу можуть бути як клієнтами, так і серверами.

Механізм підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими безпроводовими інформаційно-комунікаційними системами використовує програмне забезпечення, яке перетворює потоки даних кілька разів. У результаті утворюється потік інформаційних запитів, які проходять через фільтри, що змінюють дані цих запитів у правильному порядку для системи доступу, де компоненти узгоджують свою взаємодію завдяки оголошенню повідомлень чи подій. Самі ж компоненти можуть дати запит на різну сукупність подій. У даному випадку будь-який компонент може як публікувати, так і підписуватися. Компонент, що публікує, повинен надати зручні доступні інформаційні послуги для своїх користувачів. Для вирішення питання підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими безпроводовими системами використовуємо формулу для розрахунку оцінювання ризику якості та завантаження системи, яка базується на фіксованій технології множинного доступу та схеми балансування навантаження у мережі. Різні схеми балансування можуть мати різні методи чи значення порогу для визначення рівня завантаження мережі. Балансування навантаження у комунікаційній мережі може бути запущене, коли навантаження дорівнює чи вище порогу надмірного завантаження. У багатьох відомих схемах балансування навантаження цей крок ґрунтується на навантаженні окремого каналу передачі з урахуванням небажаних впливів. Загалом, існуючі схеми балансування навантаження ділять на дві категорії [5]: схеми перерозподілу каналів передачі та схеми переміщення навантаження. Ідея схеми перерозподілу каналів передачі полягає у тому, що канал запозичує частину вільного спектру від сусідніх каналів. Схеми перерозподілу каналів передачі підходять для безпроводових мереж із коефіцієнтом повторного використання частоти більше 1, де сусідні канали використовують різний спектр частот передачі. Для оцінювання ризику системи підвищення доступності послуг та якості функціонування комунікаційної системи використовують величину середньозваженого модуля відхилення ризику доступності ΔZ (при $n=8$):

$$\Delta Z = \sum_{i=1}^n p_i \cdot k \cdot (Z_i - \bar{Z}) \quad \bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \quad (1)$$

де R – величина ризику доступності; p_i – ймовірності небажаних впливів каналу передачі інформації; k – коефіцієнт доступності; Z_i – величини втрат каналу передачі.

Далі визначається середньоквадратичне відхилення ризику доступу [6]:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2} \quad (2)$$

Якщо взяти до уваги коефіцієнт доступності та негативні відхилення від запланованих параметрів від параметру \bar{Z} , то ступінь доступності та функціонування захисту інформації комунікаційної системи завадостійкими каналами оцінюється показником варіації S_z і його необхідне значення визначається за допомогою співвідношення:

$$S_z = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2 \cdot I_{vi}} / \sum_{i=1}^n p_i \cdot I_{vi} \quad (3)$$

де $I_i = \{I_{vi}\}$ – індикатор несприятливих відхилень доступності комунікаційної системи, якому відповідають: для сприятливого відхилення $I_{vi}=0$ і для несприятливого відхилення $I_{vi}=1$.

Також показником оцінювання підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими безпроводовими системами передачі інформації в комунікаційних системах може бути коефіцієнт підвищення доступності та можливих втрат у каналах передачі, який враховує обсяг втрат доступності по

відношенню до суми абсолютних значень ймовірних втрат у завадостійких системах [7]:

$$K_{DZ} = M_{ZV} / (M_{ZV} + M_{ZP}). \quad (4)$$

де M_{ZV} , M_{ZP} – ймовірні величини сприятливих та несприятливих відхилень доступності комунікаційних послуг відносно значень показників θ_V , θ_P при розгляді запланованих рівнів доступу при передачі потоків інформації Z та вже позитивних результатів.

Для підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими безпроводовими інформаційно-комунікаційними системами необхідно розглядати завадостійкість комунікаційної мережі як здатність такої системи протидіяти різним завадам, а для цього треба знати, чим і як їм протидіяти. Для боротьби із такими завадами для підвищення доступності комунікаційних послуг потрібні усі апріорні відомості про властивості їх носія інформації та про самі завади, які можуть впливати на канал передачі. До таких важливих властивостей можливо віднести:

- величини струму і напруги вхідних сигналів та завади у каналі інформаційно-комунікаційної системи;
- середні рівні потужності сигналів та завад у такій системі;
- види та структура механізмів передачі інформації у комунікаційній системі;
- закон розподілу сигналу передачі інформації тощо.

Дослідження [8] показують, що при розгляді методів і засобів забезпечення та підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими системами передачі та захисту потоків даних в інформаційно-комунікаційних системах необхідно визначити, що являє собою передача різного типу та роду повідомлень між пунктами. В технологіях та засобах доступності комунікаційних послуг і захисту інформації семантична особливість повідомлень не враховується – задачею системи передачі інформації в комунікаційній системі є транспортування потоку даних завадостійкими каналами у визначене місце (оцінка змісту повідомлень це справа самого одержувача). У процесі функціонування на комунікаційні системи впливає множина різних факторів, що порушують нормальну роботу каналів передачі. Всі ці фактори призводять до порушення доступу до комунікаційних послуг і роботи самих каналів передачі, фізичного виходу з ладу різних елементів та компонентів комунікаційних систем та інших негативних наслідків. Сама ж основа теорії потенційної завадостійкості та захищеності була розроблена академіком В.О. Котельниковим. У ній вирішуються такі основні задачі передачі інформації по завадостійких каналах:

- синтез оптимального приймача (правил його роботи та структурної його схеми, що забезпечують найкращу якість приймання потоків інформації);
- аналіз роботи оптимального приймача (обчислення якості приймання потоків сигналів, яка забезпечується приймачем захищеної інформації);
- порівняння потенційної і реальної завадостійкості й захищеності інформаційно-комунікаційної системи.

Один із методів підвищення доступності комунікаційних послуг – шлях використання неперервних сигналів та оптимальний раціональний вибір виду модуляції сигналів потоків інформації [9]. Види модуляції мають різну завадозахищеність і стійкість. Застосовуючи різні види та типи модуляції, які забезпечують значне розширення смуги полоси частот сигналу, можливо досягти значного підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими каналами передачі інформації в комунікаційній системі [110]. Також способом підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими каналами передачі інформації для дискретних систем є використання спеціального виду кодування потоків інформації – це використання завадостійких кодів та завадозахищених каналів передачі [11, 12]. Підвищення доступності комунікаційних послуг та забезпечення завадостійкості передачі і оброблення інформації може бути досягнуто також шляхом багаторазового повторення передачі потоків інформації. Завадостійке приймання інформації захищеними каналами полягає у використанні надмірності отриманої інформації, використання апріорних відомостей про сигнали та завади у каналах.

Аналіз методів, способів та засобів забезпечення і підвищення доступності комунікаційних послуг завадозахищеними безпроводовими каналами передачі інформації в інформаційно-комунікаційних системах показує, що завдання для їх оптимального прийому полягає у використанні властивостей їх корисного сигналу, типів і видів завад та вибору каналу передачі інформаційних потоків для збільшення ймовірності правильного прийому. Також, для збільшення ймовірності правильного прийому комунікаційних послуг завадостійкими безпроводовими системами передачі інформації має бути проведене попереднє оброблення усіх прийнятих сигналів, яке забезпечує відносне збільшення відношення сигналів та завад. Це досягається багаторазовим повторенням сигналу та накопиченні окремих його реалізацій у приймальному пристрої завадостійкої системи. Для підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими та завадозахищеними каналами передачі інформації величину співвідношення сигналу та завад можна суттєво підвищити, якщо використати різницю між їх кореляційними функціями.

Висновки

Таким чином, на основі досліджень та аналізу методів підвищення доступності комунікаційних послуг завадостійкими безпроводовими каналами передачі даних інформаційно-комунікаційних систем, можливо зробити висновок, що завдання підвищення доступності послуг при оптимальному та якісному захисті потоків даних полягає у використанні всіх властивостей таких корисних сигналів, завад та каналів передачі для підвищення доступності комунікаційних послуг та ймовірності їх правильного прийому. Для збільшення доступності комунікаційних послуг та ймовірності правильного і завадостійкого їх прийому має бути проведене попереднє оброблення таких сигналів, що забезпечує значне збільшення відношення сигналів та завад. Завадостійкі безпроводові канали передачі інформації застосовують нові технології, які дозволяють у режимі роботи в реальному часі гарантувати підвищення доступності комунікаційних послуг для якісної та вірогідної передачі потоків даних в умовах впливу різнотипних завад. Це забезпечує необхідні

значення показників вірогідності завадостійкої передачі, що здійснюється за рахунок використання необхідного виду та типу кодування. Знаючи всі властивості сигналів та завад, види та типи комунікаційних послуг, можна встановити певні відмінності між ними і використати їх для розроблення способів та методів забезпечення завадостійкої передачі для доступності таких послуг. Застосування подібних методів, способів та засобів побудови сучасних завадостійких каналів безпроводових інформаційно-комунікаційних систем в умовах дії завад, дозволить будувати надійні канали передачі даних та підвищити доступність послуг.

Література

1. Khanzadi, M. Reza Phase Noise in Communication Systems Modeling, Compensation, and Performance Analysis / Göteborg: Chalmers University of Technology. – 2015. – 66 p.
2. Хмельницький Ю.В. Забезпечення вірогідної передачі інформації при впливі перешкод в телекомунікаційних мережах / Ю.В. Хмельницький, Г.Б.Жиров, Н.В. Кульпак // Збірник наукових праць Військового інституту Київського НУ імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2018. – Вип. № 59. – С. 161-170
3. Інформаційні основи побудови телекомунікаційних мереж / В. В. Казимир, В.В. Литвинов, С.М. Шкарлет, С.В. Зайцев // Вісник Чернігівського ДТУ. – Чернігів : ЧД ТУ, 2013. – 340 с.
4. Хмельницький Ю.В. Забезпечення достовірності передачі інформації та сервісних послуг для високошвидкісних мереж при завадах / Ю.В. Хмельницький, Д.П. Яковлев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського НУ імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2017. – Вип. № 57. – С. 111-119
5. Аналіз моделей та прогнозування ризиків функціонування системи управління SDN архітектури / Ю.В. Хмельницький, О.В. Селюков, Д.М. Ковпа, О.С. Лісовецький // Збірник наукових праць Військового інституту Київського нац. університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2019. - № 64. – 113-134 с.
6. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / В.Г. Кривуца, В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Б.Я.Костік, В.Ф.Олійник, С.М.Скляренко // Підручник для ВНЗ. – К.: Техніка, 2007. – 384 с.
7. Методи та засоби забезпечення завадостійкої передачі інформації в телекомунікаційних мережах / Ю.В. Хмельницький, О.А. Каблуков, Л.О. Ряба, Л.В. Солодєєва, А.О. Ткач // Збірник наукових праць Військового інституту Київського НУ імені Тараса Шевченка. - К.: ВІКНУ, 2019. - № 64. – 133-144 с.
8. Development of methods to improve noise immunity in the fifthgeneration mobile networks based on multiposition signals / V. Tolubko , L. Berkman, E. Gavrilko, O. Barabash, O. Kilmenninov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol 6, No 9 (96). – P. 6-16.
9. Cognitive security of wireless communication systems in the physical layer / Mustafa Harun Yılmaz , Ertuğrul Güvenkaya, Haji M. Furqan, Selçuk Köse, Hüseyin Arslan // Wireless Communications and Mobile Computing. – 2017. – Volume 2017.– Article ID 3592792.
10. Vybaldin Yu. K. Noise immunity of signal demodulation procedure in binary coded communication channels with a frequency-position multiplexing / Yu K Vybaldin and S V Borisov // Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1384. – P. 1-5.
11. An efficient emerging network and secured hopping scheme employed over the unsecured public channels / Aamir Shahzad, Kaiwen Zhang, René Landry, Jr, Neal Xiong, Young-Gab Kim // International Journal of Distributed Sensor Networks. – April 10, 2020. – P. 1-18.
12. Methods of previous coding, that uses in systems of radio special purpose with massive-mimo technology / I. Romanenko, A. Shyshatskyi, O. Kuvshinov, R. Pikul // Advanced Information Systems. 2018. Vol. 2, No. 1. – P.100-104.

References

1. Khanzadi, M. Reza Phase Noise in Communication Systems Modeling, Compensation, and Performance Analysis / Göteborg: Chalmers University of Technology. – 2015. – 66 p.
2. Khmelnytskyi Yu.V. Zabezpechennja viroghidnoji peredachi informaciji pry vplyvi pereshkod v telekomunikacijnykh merezhakh / Ju.V Khmelnytskyi, Gh.B.Zhyrov, N.V. Kuljpak // Zbirnyk naukovykh pracj Vijsjkovogho instytutu Kyjivsjkogho NU imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU, 2018. – Vyp. # 59. – S. 161-170
3. Informacijni osnovy pobudovy telekomunikacijnykh merezh / V. V. Kazymyr, V.V. Lytvynov, S.M. Shkarlet, S.V. Zajcev // Visnyk Chernighivsjkogho DTU. – Chernighiv : ChD TU, 2013. – 340 s.
4. Khmelnytskyi Ju.V. Zabezpechennja dostovirnosti peredachi informaciji ta servisnykh poslugh dlja vysokoshvydkisnykh merezh pry zavadakh / Ju.V Khmelnytskyi, D.P. Jakovljev // Zbirnyk naukovykh pracj Vijsjkovogho instytutu Kyjivsjkogho NU imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU, 2017. – Vyp. # 57. – S. 111-119
5. Analiz modelej ta prohnozuvannja ryzkyv funkcionuvannja systemy upravlennja SDN arkhitektury / Ju.V Khmelnytskyi, O .V. Sjeljukov, D.M. Kovpa, O.S. Lisoveckij // Zbirnyk naukovykh pracj Vijsjkovogho instytutu Kyjivsjkogho nac. universytetu imeni Tarasa Shevchenka. - K.: VIKNU, 2019. - # 64. – 113-134 s.
6. Upravlinnja telekomunikacijamy iz zastosuvannjam novitnikh tekhnologhij / V.Gh. Kryvuca, V.K. Steklov, L.N. Berkman, B.Ja.Kostik, B.F.Olijnyk, S.M.Skljarenko // Pidruchnyk dlja VNZ. – K.: Tekhnika, 2007. – 384 s.
7. Zastosuvannja intelektualnykh tekhnologhij dlja pidvyshhennja jakosti roboty telekomunikacijnykh merezh pry nevyznachenosti / O. V. Seljukov, Ju. V. Khmelnytskyi, I. V. Obertjuk, L. V. Solodjejeva // Zbirnyk naukovykh pracj Vijsjkovogho instytutu Kyjivsjkogho NU imeni Tarasa Shevchenka, – K.: 2017. - Vyp. 56. - S. 146-153.
8. Development of methods to improve noise immunity in the fifthgeneration mobile networks based on multiposition signals / V. Tolubko , L. Berkman, E. Gavrilko, O. Barabash, O. Kilmenninov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol 6, No 9 (96). – P. 6-16.
9. Cognitive security of wireless communication systems in the physical layer / Mustafa Harun Yılmaz , Ertuğrul Güvenkaya, Haji M. Furqan, Selçuk Köse, Hüseyin Arslan // Wireless Communications and Mobile Computing. – 2017. – Volume 2017.– Article ID 3592792.
10. Vybaldin Yu. K. Noise immunity of signal demodulation procedure in binary coded communication channels with a frequency-position multiplexing / Yu K Vybaldin and S V Borisov // Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1384. – P. 1-5.
11. An efficient emerging network and secured hopping scheme employed over the unsecured public channels / Aamir Shahzad, Kaiwen Zhang, René Landry, Jr, Neal Xiong, Young-Gab Kim // International Journal of Distributed Sensor Networks. – April 10, 2020. – P. 1-18.
12. Methods of previous coding, that uses in systems of radio special purpose with massive-mimo technology / I. Romanenko, A. Shyshatskyi, O. Kuvshinov, R. Pikul // Advanced Information Systems. 2018. Vol. 2, No. 1. – P.100-104.

Рецензія/Peer review : 23.02.2021 р.

Надрукована/Printed :10.03.2021 р.