

# НАУКА

## СЕТИ СВЯЗИ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

- 16** Кашкаров Д.В., Парамонов А.И., Кучерявый А.Е.  
Модель и метод использования множественных связей для реализации сверхнадежных соединений в сети 5G
- 23** Мутанна М.С., Мутханна А.С., Бородин А.С.  
Метод глубокого обучения с подкреплением для систем интернета вещей на базе технологии LoRa с ограниченными ресурсами и поддержкой QoS
- 27** Чистова Н.А., Бородин А.С., Кучерявый А.Е.  
Сети связи как основа сокращения цифрового разрыва между регионами Российской Федерации
- 30** Лобастова М.В., Матюхин А.Ю., Кучерявый А.Е.  
Метод устранения петель в сети тактовой синхронизации
- 33** Цым А.Ю., Бычкова О.А.  
Планирование структуры транспортных сетей 5G на базе технологий SDN/NFV

## ЦИФРОВАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ

- 38** Павлов А.А., Романенко Ю.А., Царьков А.Н., Романенко А.Ю., Михеев А.А.  
Возможности сокращения аппаратной и временной избыточности средств обнаружения и коррекции байтовых ошибок в цифровых системах передачи данных

## КОДИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ

- 44** Мазуренко Д.К.  
Неортогональный множественный доступ на основе парциального кодирования
- 48** Крейнделин В.Б., Голубев М.В.  
Постановка задачи совместного автовыбора антенн и прекодирования в системах связи Massive MIMO

## РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

- 54** Прыгунов А.Г.  
Физические основы использования объемных отражательных голограмм в устройствах радиофотоники

## CONTENTS

- 16** KASHKAROV D.V.,  
PARAMONOV A.I.,  
KOUCHERYAVY A.E.  
A model and method of multi-connectivity for ultra-reliable 5G connections
- 23** MUTHANNA M.S.,  
MUTHANNA A.S., BORODIN A.S.  
Fast deep reinforcement learning in Quality-of-Service aware LoRa for resource constrained IoT environment
- 27** CHISTOVA N.A.,  
BORODIN A.S.,  
KOUCHERYAVY A.E.  
Telecommunication networks as a base for bridging the digital divide between Russian Federation regions
- 30** LOBASTOVA M.V.,  
MATUKHIN A.Yu.,  
KOUCHERYAVY A.E.  
A method for eliminating loops in a clock synchronization network
- 33** TSYM A.Yu., BYCHKOVA O.A.  
Planning of the structure of 5G transport networks based on SDN/NFV technologies
- 38** PAVLOV A.A.,  
ROMANENKO Yu.A.,  
TSARKOV A.N.,  
ROMANENKO A.Yu.,  
MIKHEEV A.A.  
Possibilities of reducing hardware and time redundancy in facilities for detecting and correcting byte errors in digital data transmission systems
- 44** MAZURENKO D.K.  
Non-orthogonal multiple access based on partial coding
- 48** KREYNDELIN V.B.,  
GOLUBEV M.V.  
Problem statement of joint antenna selection and precoding in Massive MIMO communication systems
- 54** PRYGUNOV A.G.  
The physical basis for the use of reflective volume holograms in radio photonics devices
- 59** Abstracts



ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ПРОВОДНОЙ И РАДИОСВЯЗИ, ТЕЛЕВИДЕНИЮ, РАДИОВЕЩАНИЮ. ОСНОВАН В 1933 ГОДУ

ISSN 0013-5771.  
ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ. 2021, № 8. 1-60.

Главный редактор В.В. Бутенко, д.т.н.

## Редакционная коллегия:

Арт.С. Аджемов, д.т.н.	А.Е. Кучерявый, д.т.н.
С.В. Бачевский, д.т.н.	Н.В. Лемешко, д.т.н.
В.А. Бурдин, д.т.н.	В.Н. Лившиц, д.э.н.
В.В. Витязев, д.т.н.	С.Л. Мишенков, д.т.н.
Е.Е. Володина, д.э.н.	Н.Н. Мурашов
В.А. Григорьев, д.т.н.	Н.Н. Мухитдинов, к.э.н.
(шеф-редактор)	А.П. Оситис, к.э.н.
В.А. Ефимушкин, к.ф.-м.н.	Н.П. Резникова, д.э.н.
Ю.Б. Зубарев, чл.-корр. РАН	Ю.М. Сподобаев, д.т.н.
О.А. Иванов, к.воен.н.	В.А. Стрелец, к.т.н.
С.В. Кизима, д.т.н.	М.М. Ступницкий, к.т.н.
А.Е. Крупнов, к.т.н.	В.О. Тихвинский, д.э.н.
К.И. Кукк, д.т.н.	Р.В. Шередин, к.т.н.

Генеральный директор Анатолий Н. Гатилов

Ведущий редактор Наталия Ефимова

Над номером также работали: Ирина Богородицкая, Евгения Волынкина, Елена Беленькая

Дизайн и верстка Екатерина Горожанкина

В соответствии с решением Президиума ВАК Минобрнауки России журнал «Электросвязь» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук (<https://vak.minobrnauki.gov.ru>)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-45919 от 22.07.2011

Фото на обложке SCHUTTERSTOCK.COM

Адрес редакции: 105064, Москва, Казакова, 16

Тел.: +7 (495) 647-17-65.

E-mail: [elsv@garnet.ru](mailto:elsv@garnet.ru). Сайт: [www.elsv.ru](http://www.elsv.ru)

Учредители: Региональное содружество в области связи, Международная академия связи, Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, ООО «Инфо-Электросвязь»

Сдано в набор 14.07.2021. Подписано в печать 05.08.2021.

Печать офсетная. Формат 60х90х8.

Усл. кр.-отт. 364 800. Уч.-изд. л. 9,5. Усл. печ. л. 19.

Отпечатано в типографии: ООО «МЕДИАКОЛОР».

127273, Москва, Сигнальный проезд, д. № 19, стр. 1

тел./факс: +7 (499) 903-69-52, +7 (499) 903-69-53

Тираж 3000 экз.

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.

© 000 «Инфо-Электросвязь»

Подписные индексы по каталогам:

«Пресса России» — 41411,

«Урал-Пресс» — 71107