



Том VIII. № 1-2016

Издается с 2009 года
Издательская лицензия ПИ № ФС 77-60899
Язык публикаций: русский, английский
Периодичность выхода – 6 номеров в год
Сайт в Интернете: www.H-ES.ru
E-mail: HT-ESResearch@yandex.ru

УЧРЕДИТЕЛЬ:
ООО «Издательский дом Медиа Паблшер»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:
Константин Легков

ИЗДАТЕЛЬ:
Светлана Дымкова

ПРЕДПЕЧАТНАЯ ПОДГОТОВКА:
ООО «H&ES Research»

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
111024, Россия, Москва,
ул. Авиамоторная, д. 8, офис 512-514

194044, Россия, Санкт-Петербург,
Лесной Проспект, 34-36, корп. 1,
Тел.: +7(911) 194-12-42

Журнал H&ES Research зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране
культурного наследия.

Мнения авторов не всегда совпадают с
точкой зрения редакции. За содержание
рекламных материалов редакция ответ-
ственности не несет.
Материалы, опубликованные в журнале –
собственность ООО «ИД Медиа
Паблшер». Перепечатка, цитирование,
дублирование на сайтах допускаются
только с разрешения издателя.

ПЛАТА С АСПИРАНТОВ ЗА ПУБЛИКАЦИЮ
РУКОПИСИ НЕ ВЗИМАЕТСЯ

Всем авторам, желающим разместить
научную статью в журнале, необходимо
оформить ее согласно требованиям и на-
править материалы на электронную почту:
HT-ESResearch@yandex.ru.

С требованиями можно ознакомиться
на сайте: www.H-ES.ru.

© ООО «ИД Медиа Паблшер» 2016

H&ES Research – один из ведущих рецензируемых научных журналов, в котором публикуются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Журнал освещает достижения и проблемы российских инфокоммуникаций, внедрение последних достижений отрасли в автоматизированных системах управления, развитие технологий в информационной безопасности, исследования космоса, развитие спутникового телевидения и навигации, исследование Арктики. Особое место в издании уделено результатам научных исследований молодых ученых в области создания новых средств и технологий космических исследований Земли.

Научно-технический журнал **H&ES Research** предназначен прежде всего для специалистов в области современных инфокоммуникационных технологий и автоматизированных систем управления, средств космических исследований Земли и информационной безопасности. В журнале публикуются новости о событиях в вышеуказанных областях, репортажи и интервью ведущих компаний, мнения специалистов, новые технологии, инновационные разработки, оборудование и решения, аналитические статьи, маркетинговые исследования и др.

Журнал H&ES Research входит в Перечень ВАК и в систему российского индекса научного цитирования (РИНЦ), а также включен в Международный классификатор периодических изданий (ISSN 2412-1363 (Online), 2409-5419 (Print)).

Тематика публикуемых статей в соответствии с перечнем групп специальностей научных работников по Номенклатуре специальностей:

- 01.01.00 Математика
- 05.07.00 Авиационная и ракетно-космическая техника
- 05.11.00 Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы
- 05.12.00 Радиотехника и связь
- 05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление

ТЕМАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ

- Вопросы развития автоматизированных систем управления
- Физико-математическое обеспечение разработки новых технологий
- Развитие автоматизированных систем управления технологическим процессом
- Вопросы исследования космоса
- Телекоммуникационные технологии и технические новинки систем подвижной связи
- Перспективы развития единого инфокоммуникационного пространства
- Использование радиочастотного спектра в системах подвижной связи
- Антенно-фидерное оборудование
- Спутниковое телевидение, системы спутниковой навигации, GLONASS, построение навигационных систем GPS
- Вопросы развития геодезии и картографии
- Информационная и кибербезопасность
- Вопросы исследования Арктики
- Волоконно-оптическое оборудование и технологии
- Метрологическое обеспечение
- Программное обеспечение и элементная база для сетей связи
- Производители, поставщики и дистрибьюторы телекоммуникационного оборудования
- Работа отечественных ассоциаций, региональных и координирующих операторов
- Правовое регулирование инфокоммуникаций, законодательство в области связи
- Экономика связи, конвергенция сетей, универсальные коммуникации
- Выставки, форумы, конференции, семинары, интервью (оригинальные и новые проекты, итоги деятельности, проблемы отрасли и пути их решения и т.д.)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

БОБРОВСКИЙ В.И., доктор технических наук, доцент

БОРИСОВ В.В., доктор технических наук, профессор, Действительный член академии военных наук РФ

БУДКО П.А., доктор технических наук, профессор

БУДНИКОВ С.А., доктор технических наук, доцент, Действительный член Академии информатизации образования

ВЕРХОВА Г.В., доктор технических наук, профессор

ГОНЧАРОВСКИЙ В.С., доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ

КОМАШИНСКИЙ В.И., доктор технических наук, профессор

КИРПАНЕВ А.В., доктор технических наук, доцент

КУРНОСОВ В.И., доктор технических наук, профессор, академик Арктической академии наук, член-корреспондент Международной академии информатизации, академик Международной академии обороны, безопасности и правопорядка, Действительный член Российской академии естественных наук

МАНУЙЛОВ Ю.С., доктор технических наук, профессор

МОРОЗОВ А.В., доктор технических наук, профессор, Действительный член Академии военных наук РФ

МОШАК Н.Н., доктор технических наук, доцент

ПРОРОК В.Я., доктор технических наук, профессор

СЕМЕНОВ С.С., доктор технических наук, доцент

СИНИЦЫН Е.А., доктор технических наук, профессор

ШАТРАКОВ Ю.Г., доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ

Дизайн и компьютерная верстка: Оксана Иванова
Системный администратор сайта: Вячеслав Косинов
Отдел развития и рекламы: Ольга Дорошкевич

H&ES Research – one of leading reviewed scientific journal in whom the main scientific results of the dissertation on competition of a scientific degree of the doctor and the candidate of science are published. The journal covers achievements and problems of the Russian infocommunication, introduction of the last achievements of branch in automated control systems, development of technologies in information security, space researches, development of satellite television and navigation, research of the Arctic. The special place in the edition is given to results of scientific researches of young scientists in the field of creation of new means and technologies of space researches of Earth.

H&ES Research – journal for specialists in the field of modern information and communication technologies and automated systems management means for Space Research of the Earth and information security. The journal publishes news about events in the above areas, reports and interviews of the leading companies, the opinions of experts, new technologies, innovations, products and solutions, analytical articles, market research and others.

The journal is included in the list of scientific publications, recommended Higher Attestation Commission Russian Ministry of Education for the publication of scientific works, which reflect the basic scientific content of candidate and doctoral theses. IF of the Russian Science Citation Index.

Subject of published articles according to the list of branches of science and groups of scientific specialties in accordance with the Nomenclature of specialties:

- 01.01.00 Mathematics
- 05.07.00 Aviation, space-rocket hardware
- 05.11.00 Instrument engineering, metrology and information-measuring devices and systems
- 05.12.00 RF technology and communication
- 05.13.00 Informatics, computer engineering and control

TOPICAL COLUMNS

- Automated control systems
- Physical and mathematical software development of new technologies
- Development of automated process control systems
- Questions of space exploration
- Telecommunication technology and technical innovations of mobile systems
- Prospects for unified info communication space
- Use of a radio-frequency range in systems of mobile communication
- Antenna-feeder equipment
- Satellite TV, satellite navigation system, GLONASS, GPS navigation systems construction
- Issues of Geodesy and Cartography
- Information and cyber security
- Questions Arctic research
- Fiber-optic equipment and technology
- Metrological maintenance
- Software and electronic components for communication networks
- Manufacturers, suppliers and distributors of telecommunications equipment
- National associations, regional and coordinating operators
- Legal regulation of Infocomm, legislation in the communication field
- Economy of communications, networks convergence, universal communication
- Exhibitions, forums, conferences, seminars, interview (original and new projects, results of activity, a problem of branch and a way of their decision, etc.)

EDITORIAL BOARD

BOBROWSKY V.I., Ph.D., associate professor

BORISOV V.V., Ph.D., professor

BUDKO P.A., Ph.D., professor

BUDNIKOV S.A., Ph.D., associate professor, Actual Member of the Academy of Education Informatization

VERHOVA G.V., Ph.D., professor

GONCHAREVSKY V.S., Ph.D., professor, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation,

KOMASHINSKIY V.I., Ph.D., professor

KIRPANEEV A.V., Ph.D., associate professor

KURNOSOV V.I., Ph.D., professor, Academician of Academy of Sciences of the Arctic, corresponding member of the International Academy of Informatization, International Academy of defense, security, law and order, Member of the Academy of Natural Sciences

MANUILOV Y.S., Ph.D., professor

MOROZOV A.V., Ph.D., professor, Actual Member of the Academy of Military Sciences

MOSHAK N.N., Ph.D., associate professor

PROROK V.Y., Ph.D., professor

SEMENOV S.S., Ph.D., associate professor

SINICYN E.A., Ph.D., professor

SHATRAKOV Y.G., Ph.D., professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation

Design and computer imposition: Oksana Ivanova

Site's system administrator: Vyacheslav Kosinov

Development and advertizing department: Olga Doroshkevich

H&ES RESEARCH

Vol. VIII. № 1-2016

It is published since 2009
Publishing license ПИ № ФС 77-60899
Language of publications:
Russian, English
Periodicity – 6 issues per year
Site on the Internet: www.H-ES.ru
E-mail: HT-ESResearch@yandex.ru

FOUNDER: «Media Publisher», LLC

EDITOR IN CHIEF: Konstantin Legkov

PUBLISHER: Svetlana Dymkova

PREPRESS: «H&ES Research», JSC

ADDRESS OF EDITION:
111024, Russia, Moscow,
st. Aviamotornaya, 8, office 512-514

194044, Russia, St. Petersburg,
Lesnoy avenue, 34-36, housing 1,
Phone: +7 (911) 194-12-42

Journal H&ES Research has been registered by the Federal service on supervision of legislation observance in sphere of mass communications and cultural heritage protection. The opinions of the authors don't always coincide with the point of view of the publisher. For the content of ads, the editorial Board is not responsible. All articles and illustrations are copyright. All rights reserved. No reproduction is permitted in whole or part without the express consent of Media Publisher Joint-Stock company




GRADUATE STUDENTS FOR
PUBLICATION OF THE MANUSCRIPT
WILL NOT BE CHARGED

All authors wishing to post a scientific article in the journal, you must register it according to the requirements and send the materials to your email: HT-ESResearch@yandex.ru. The requirements are available on the website: www.H-ES.ru.

© «Media Publisher», LLC 2016

«H&ES RESEARCH –
HIGH TECHNOLOGIES IN EARTH
SPACE RESEARCH» JOURNAL

WWW.H-ES.RU

 HES_Research  HES-Research
 club55425245



СВЯЗЬ

10–13.05

2016

Международная выставка
информационных
коммуникационных
технологий.

 **ЭКСПОЦЕНТР**

Организатор: ЗАО «Экспоцентр»

При поддержке:

- Министерства связи и массовых коммуникаций РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ
- Федерального агентства связи (Россвязь)
- Правительства Москвы

Под патронатом
Торгово-промышленной палаты РФ



12+
Реклама



Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.sviaz-expo.ru

СОДЕРЖАНИЕ

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

- Ефремов Ю.В., Круглов С.А., Полтавец Ю.И., Донцов С.А.** 6
Разработка системы автоматического управления
земными радиотехническими комплексами

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

- Карпухин Е.О., Мазепа Р.Б., Михайлов В.Ю.** 12
Исследование перспективных сигнально-кодовых конструкций
на основе FH-OFDM при воздействии Доплеровского сдвига частоты
- Аганесов А.В., Макаренко С.И.** 17
Балансировка информационной нагрузки между воздушным
и космическим сегментами объединенной воздушно-космической сети связи
построенной на основе Mesh-технологий
- Цимбал В.А., Тоискин В.Е., Сандулов Н.В., Хоптар В.В.** 26
Оперативность информационного обмена в иерархической радиосети
автоматических систем управления военного назначения с протоколом типа X.25

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Шаров С.Н., Толмачев С.Г.** 32
Особенности обработки информации сенсорных датчиков группы
беспилотных летательных аппаратов
- Допира Р.В., Сергиенко С.В., Шароглазов В.Б.,
Ягольников Д.В., Архипов А.А.** 40
Метод сетевого планирования ввода в строй объектов информационной системы
воздушно-космической обороны
- Логовский А.С., Дмитриевская А.В.** 46
Особенности автоматической обработки радиолокационной информации
с целью компенсации негативного влияния ионосферы
на работу РЛС дальнего обнаружения
- Буренин А.Н., Легков К.Е., Умаров А.Б., Борисов А.Ю.** 52
К вопросу моделирования функционирования современных
инфокоммуникационных сетей специального назначения
- Волков В.Ф., Галанкин А.В., Федер А.Л.** 59
Предложения по применению системы администрирования
объекта вычислительной техники пункта управления
формирований специального назначения

ПУБЛИКАЦИИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

- Легков К.Е.** 66
Системный подход к мониторингу инфокоммуникационной
системы специального назначения.
- Штеренберг С.И., Кафланов Р.И., Дружин А.С., Марченко С.С.** 71
Методика применения самомодификации файлов
для скрытой передачи данных в экспертной системе

CONTENTS

	AVIATION, SPACE-ROCKET HARDWARE
6	Efremov U.V., Kruglov S.A., Poltavets U.I., Dontsov S.A. Development of automatic control system of terrestrial radio complexes
	RF TECHNOLOGY AND COMMUNICATION
12	Karpukhin E.O., Mazepa R.B., Mikhaylov V.Y. Research perspective signal-code constructions based on FH-OFDM when exposed Doppler shift frequency
17	Aganesov A.V., Makarenko S.I. The traffic balancing method between aero and space segments in aerospace network based on Mesh-technology
26	Tsimbal V.A., Toiskin V.E., Sandulov N.V., Hoptar V.V. Efficiency of an information exchange in than hierarchial radio network of the automatic control system are more military-oriented with the protocol of type X.25
	INFORMATICS, COMPUTER ENGINEERING AND CONTROL
32	Sharov S.N., Tolmachev S.G. Features of information processing sensors group of unmanned aerial vehicles
40	Dopira R.V., Sergiyenko S.V., Sharoglazov V.B., Yagolnikov D.V., Archipov A.A. Method of network planning of input in the system of objects of information system aerospace defense
46	Logovkiy A.S., Dmitrievskaya A.V. Features of automatical processing of radiolocation data for ionosphere's negative influence compensation on the long-range detection radars
52	Burenin A.N., Legkov K.E., Umarov A.B., Borisov A.Yu. The problem of modeling the functioning of a modern infocommunication networks of a special purpose
59	Volkov V.F., Galankin A.V., Feder A.L. General characteristics of the process of automatic control of complex organizational–technical systems for special applications of the aerospace defense forces
	PUBLICATIONS IN ENGLISH
66	Legkov K.E. Systematic approach to the monitoring of infocommunication systems for special purposes
71	Shterenberg S.I., Kaflanov R.I., Druzhin A.S., Marchenko S.S. Method of use of self-modification files for secure communication in the expert system

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМНЫМИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Ефремов

Юрий Вячеславович,
инженер 2-ой категории
АО «Российские космические
системы», г. Москва, Россия,
jorgiy@bk.ru

Круглов

Сергей Анатольевич,
аспирант, начальник сектора
АО «Российские космические
системы», г. Москва, Россия,
kruglov10sergey@mail.ru

Полтавец

Юрий Иванович,
к.т.н., заместитель начальника
отделения АО «Российские
космические системы»,
г. Москва, Россия,
rks0901@yandex.ru

Донцов

Сергей Александрович,
к.т.н., начальник сектора
АО «Российские космические
системы», г. Москва, Россия,
sad_rks@mail.ru

Ключевые слова:

автоматизация; радиотехника;
комплексы; приборные интерфейсы;
линейные алгоритмы.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается разработка комплекса аппаратных и программных средств для автоматизации управления оборудованием земных радиотехнических комплексов. Задача организации эффективной автоматизации процесса управления возникла в связи с усложнением их структуры и оборудования, а также объединение этих комплексов в иерархические распределенные в пространстве системы. Такая система уже не может быть описана в классическом виде описания системы управления, причём для описания этих структур, представленных в виде системы звеньев, объединенных между собой прямыми и обратными связями необходимо вводить новые понятия.

Важными понятиями сложных иерархических систем управления становятся объектные представления, модели потоков и хранилищ данных, функциональные сущности. Усложнение систем управления требует изменения методов их описания, исследования и синтеза. При этом предполагается, что сложные системы, объединенные в иерархические структуры, функционируют по большей части автоматически, без вмешательства человека – оператора.

Основными требованиями к разрабатываемой системе управления были: реализация средствами операционной системы МСВС и общим программным обеспечением, совместимым с данной операционной системой, а также максимальное уменьшение количества лиц, участвующих в управлении. В основу разработки системы легло управление с помощью систем управления базами данных. Использование систем управления базами данных позволило выстроить чёткую иерархию системы и представить каждое управляющее звено как самостоятельную таблицу, которая может взаимодействовать с другими такими же таблицами посредством неформального языка структурированных запросов. Благодаря такой организации движения команд и данных, число этих звеньев ограничено только лишь настройками сервера системы управления базами данных.

В итоге такая система была реализована и прошла испытания. В данный момент она дополняется и модифицируется, исходя из результатов эксплуатации. На практике показано, что данная система управления оказалась весьма гибкой в плане включения нового оборудования, управляющих и управляемых узлов, а так же весьма легко диагностируемой и обслуживаемой.

Задача научного исследования проистекала из непосредственного требования реализации сложной иерархической системы управления радиотехническими комплексами на практике. Результатом такого исследования должна была стать не просто абстрактная система управления, а действующая, выполняющая требуемый функционал в полном объеме. Такие исследования были проведены, а система управления – построена и внедрена в конкретных изделиях успешно прошедших Государственные испытания.

Базовыми средствами организации иерархических систем управления являются общее программное обеспечение (ОПО), специальное программное обеспечение (СПО), аппаратные средства (антенные системы, приемники, передатчики) и средства связи.

Основными средствами ОПО являются операционные системы (ОС) и системы управления базами данных (СУБД). Рассмотрим их чуть подробнее.

ОС MCBC, основанная на GNU/Linux, является – многопользовательской многозадачной сетевой ОС. Она функционирует на аппаратных платформах Intel, SPARC (Эльбрус-90микро), IBM S390 и MIPS (комплексы серии «Багет» производства компании Корунд-М), поддерживает многопроцессорные конфигурации (SMP). Содержит средства мандатного управления доступом, списки контроля доступа, ролевую модель.

СУБД Линтер-ВС 7.0 – предназначена для создания информационных и управляющих систем для работы с различной информацией, а также создания и поддержки баз данных, основанных на реляционной модели данных. Данная СУБД основана на архитектуре «клиент – сервер». Данная технология даёт реальные

преимущества пользователям и становится преобладающим способом обработки данных [1–3].

Стоит отметить, что для решения задач автоматизации технологических процессов, которым в том числе и является процесс управления иерархически построенной группой радиотехнических устройств, существуют пакеты диспетчерского управления и сбора данных, представляющие собой, как правило, дистрибутивы различных ОС с встроенными библиотеками различных интерфейсов, СУБД, сред разработки приложений и графического интерфейса к ним и самой средой разработки системы в целом. Наиболее подходящими пакетами под данную задачу являются: Ignition (США), ICSCADA (Канада), Stantor (Франция), Lintouch (Германия) и OpenSCADA (Германия), который основан на открытом исходном коде. Разрабатываемый с помощью этих пакетов комплекс программных средств является подходящим для повторной сборки, или запуска на средствах ОС MCBC. Однако, разрабатываемая система была выстроена так, что для её разработки хватило средств самой ОС MCBC, а так же совместимой с ней СУБД [4].

Общая схема организации взаимодействия аппаратных средств для обеспечения управления работой радиотехнического поста представлена (РТП) на рис. 1.

Главным узлом в управлении оборудованием является сервер локальной базы данных или локальный сервер управления оборудованием. Там, в таблицах БД содержатся высокоуровневые команды управления оборудованием, такие как перевод оборудования в определённые режимы работы в заданное время. Команды представляют собой записи в БД, где содержатся

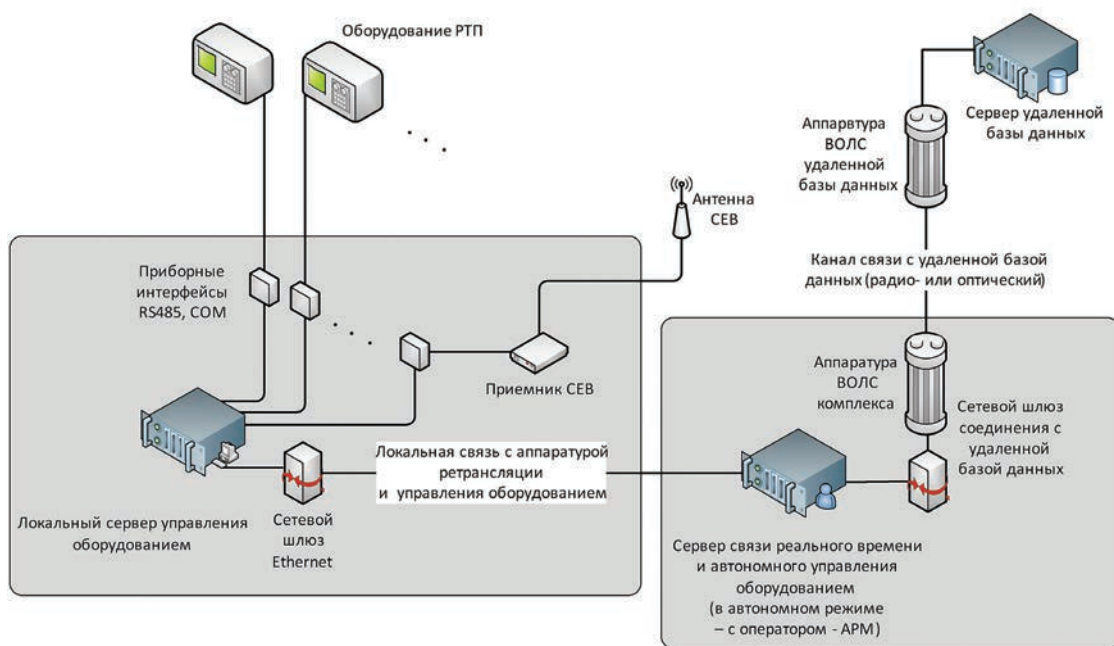


Рис. 1. Общая схема организации управления радиотехническим постом

столбцы с номером режима работы, временем его выполнения (время выхода на режим и время выхода из режима) и переменными данными (точные значения частотных параметров, данных об азимуте, угле места и т.д.). Так же на этом сервере находятся таблицы данных, принятых с каждого оборудования (включая телеметрию, оцифрованные сигналы с приёмников, точка положения антенного зеркала и т. д).

Примерная таблица высокоуровневых команд приведена на табл. 1, а ответные данные представлены в табл. 2, то есть команды управления и слова состояния оборудования, а также получаемые или отправляемые данные представляются в виде таблиц локальной СУБД.

Иерархические связи выстраиваются путем получения заданий из БД высшего уровня иерархии и отправления результатов выполнения заданий в ту же БД.

Выдача указаний на режим работы в определённое время регламентируется управляющей программой, установленной на сервере удалённой базы данных, которая, следуя своему алгоритму, выдаёт на локальный сервер управления оборудованием конкретные строки с заданиями.

Однако, сервер удалённой базы данных связан с локальным сервером управления оборудованием не напрямую. Между ними присутствует сервер связи реального времени, и автономного управления оборудованием, который может представлять собой технологическую ПЭВМ (АРМ). Предназначение этого сервера состоит в синхронизации по времени работы оборудования и выдачи указаний ему в виде команд управления. В результате чего через этот сервер (АРМ) возможно автономное управление оборудованием, в случае отказа оборудования удалённого управления. Таким образом, порождается две управляющие сущности: удалённый

сервер управления и автономный сервер управления.

Организация доступа к локальному серверу управления оборудованием устроена так, что для него (сервера) нет разницы в командах, записанных с автономного, или удалённого сервера управления.

На самом локальном сервере управления оборудованием имеются множества сущностей – программ, представляющих собой конечные автоматы, которые выдают команды контроллерам оборудования, тем самым реализуя заключительную часть алгоритма управления.

На локальном сервере управления оборудованием так же есть БД, в которую при необходимости дублируются значения таблицы высокоуровневых команд. Эти значения разбираются программой – конечным автоматом для определения выполнения самого режима и времени, в которое его надо выполнять.

Команды контроллерам содержатся в таблицах – «словарях» базы данных, которая находится на той же ПЭВМ (на локальном сервере управления оборудованием), которая и осуществляет управление. В таблице, содержащей команды контроллерам (низкоуровневые команды), содержатся так же столбцы с числами, последовательность которых (от 1 до n) представляет линейный алгоритм выполнения этих низкоуровневых команд контроллеру. Конечный автомат соотносит столбцы с номерами режимов с соответствующими строками из таблицы высокоуровневых команд. Установку переменных значений выполняет сама программа, изменяя по заданному алгоритму команды из таблиц низкоуровневых команд. Пример низкоуровневых команд «словаря» некоего контроллера приведены в табл. 3.

В результате выполнения каждой высокоуровневой команды каждая сущность будет выдавать свою ответную информацию в виде таблицы БД (телеметрию,

Таблица 1

Примерная таблица высокоуровневых команд

Номер [PK]	Исправность	Статус	Выполнение задания	Возвращаемые данные 1	Возвращаемые данные 2
1	true	Standby	No job	60	67
...

Таблица 2

Примерная таблица ответных данных

Номер режима [PK]	Начало исполнения	Окончание исполнения	Группа устройств	Устройство	Переменные данные 1	Переменные данные 2	Переменные данные 3
1	00:00	01:00	Ant	1	45	60	NULL
2	08:45	09:45	LNB	3	3	1818	1900
...

Таблица низкоуровневых команд

Номер команды [PK]	Запрос	Ответ	Номер режима	Порядковый номер в алгоритме	Комментарий
1	300048EFF0001	043000EFF	1	1	Включение
2	300048AC4xxxx	043000AC4	1	2	Выставить параметр 1
3	3000040C220000	0430000C22015	1	3	Узнать параметр 2
4	300048AAA0002	043000AAA	2	1	Выставить параметр 3
5	300040AAA	043000AAA00CC	2	2	Узнать параметр 3
...

оцифрованные сигналы с приёмников, признак выполнения/не выполнения и т. д). Эти результаты могут сразу же передаваться в БД удалённого сервера.

На рис.2 представлен элемент действующей системы управления (РТП) – стойка локального сервера управления. На лицевой стороне стойки видна выдвижная консоль, используемая для настройки ОПО и СПО локального сервера управления.

Само же окончательное управление осуществляется управляющей машиной (сервером управления оборудованием) через интерфейсы RS-485 в полудуплексном режиме, или через интерфейс Ethernet с использованием протокола TCP/IP [5]. Наборы приборных интерфейсов присутствуют в конфигурации локально-



Рис. 2. Стойка локального управляющего сервера РТП

го сервера управления. Их можно увидеть на тыльной стороне стойки (рис.3).

Достоинства данного способа управления оборудованием:

1. Предложенная архитектура позволяет унифицировать управление различным оборудованием через различные интерфейсы. Это достигается представлением оборудования «сущностями» средствами СУБД Линтер ВС. Так же использование СУБД упрощает перенастройку оборудования.

2. При разрушении иерархических связей отдельные участки системы управления могут продолжать самостоятельное функционирование и таким образом обеспечивать живучесть системы.

3. Решение проблемы несанкционированного управления данными, как и на конкретной машине, так и на комплексе в целом, за счёт организации мандатного доступа средствами ОС МСВС. Этот момент является ключевым для специальных радиотехнических комплексов, так как при заведомо неправильном управлении аппаратурой, возможна вероятность её отказа.

4. Объектно-ориентированное представление системы управления. А конкретно: представление каждого элемента системы, в виде набора средств и методологии работы с ними (например, структуры таблиц баз данных и управляющих программ, которые с ними работают), которые в зависимости от его иерархии (управляющий, или управляемый) подчиняются одному и тому же набору правил, так называемой «абстракции». В итоге каждый элемент получается не просто разрозненным набором технологических устройств и программных средств, а «сущностью», или в другой терминологии – экземпляром класса. Такое представление системы делает её достаточно понятной со стороны, что упрощает её доработку и расширение лицам, которые не принимали участие в разработке, а также выстраивает её в связи с современным подходом к проектированию и анализу.



Рис. 3. Входы и выходы приборных интерфейсов для связи с оборудованием РТП (тыльная сторона стойки локального сервера управления, задняя крышка снята)

Недостатки:

1. Путь прохождения каждой команды представляет собой 4 звена: Оборудование – Локальный сервер управления оборудованием – Сервер автономного управления оборудованием – Сервер удалённой базы данных.

Вполне вероятно, что такое количество звеньев снижает надёжность системы от сбоев. Однако проблема не является столь существенной, так как сами способы и алгоритмы управления мало загружают современные средства вычислительной техники, на которой строится система автоматизированного управления.

2. Выполненная конструкция локального сервера управления несколько громоздка и тяжеловесна, поскольку есть необходимость дублирования аппаратуры и обеспечения бесперебойного питания для корректного сохранения содержимого таблиц базы данных. Однако, с учетом новых аппаратных решений (например, применения одноплатных технологических компьютеров) в будущем она может быть существенно переработана в сторону уменьшения массогабаритных параметров.

Заключение

Данная архитектура автоматизированных систем управления радиотехническим оборудованием (а также сложной иерархией радиотехнических комплексов) является универсальной, так как не имеет жёсткой привязки к определённым типам оборудования и разнообразием стоящих перед комплексом задач. Она является практически бесконечно расширяемой как в ширину, так и в глубину. Объектно-ориентированное представление и реализация системы являются современным подходом к разработке, а также правильно организует объектно-субъектный подход к ней для дальнейшего её изучения, использования и продолжения разработки. По сути, система является системой конечных автоматов, определенных на связном графе дендритного типа.

Литература

1. Уорсли Д., Дрейк Д. PostgreSQL. Для профессионалов: пер. с англ. СПб.: Питер, 2003. 496 с.
2. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления: пер. с англ. М.: Бином, Лаборатория базовых знаний, 2004. 832 с.
3. Лав Р. Ядро Linux: описание процесса разработки (Linux Kernel Development): пер. с англ. Изд.3-е. М.: Вильямс, 2012. 496 с.
4. Синенко О., Куцевич Н., Андреев Е. SCADA-системы. Взгляд изнутри. М.: РТСофт, 2004. 176 с.
5. Магда Ю. Программирование последовательных интерфейсов. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 304 с.

Для цитирования:

Ефремов Ю.В., Круглов С.А., Полтавец Ю.И., Донцов С.А. Разработка системы автоматического управления земными радиотехническими комплексами // Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 6–11.

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF TERRESTRIAL RADIO COMPLEXES

Efremov Uriy Vyacheslavovich,
Moscow, Russia, jorgiy@bk.ru

Kruglov Sergey Anatolyevich,
Moscow, Russia, kruglov10sergey@mail.ru

Poltavets Uriy Ivanovich,
Moscow, Russia, rks0901@yandex.ru

Dontsov Sergey Alexandrovich,
Moscow, Russia, sad_rks@mail.ru

Abstract

Discusses the development of a set of hardware and software for the automation control equipment of terrestrial radio systems. The task of organizing an effective automation process control arose from the complexity of their structures and equipment, as well as the integration of these systems into hierarchical distributed in space systems. Such a system can not be described as a classic description of the control systems, with to describe these structures represented in the form of links connected together and direct feedback is necessary to introduce new concepts.

Important concepts of complex hierarchical control systems are object representations, models of flows and storage, functional entity. The increasing complexity of systems management requires changes in the way they describe, study and synthesis. It is assumed that the complex systems integrated in a hierarchical structure, function largely automatically, without human intervention – operator.

The main requirements for the developed control system were: the implementation of tools operating system MSVS and common software that is compatible with the operating system, and also the maximum reduction in the number of persons involved in controlling of the system. The basis of the development of the system laid down by a management

database. Using the database will help to build a clear hierarchy of the system and to each control unit as a separate table, which may interact with other such tables through non-procedural Structured Query Language. Through such organization of the movement commands and data the number of these units is limited only to settings of database. As a result, such a system has been implemented and has been tested. Currently it is supplemented and modified based on the results of operation. In practice, it is shown that the system of management has been very flexible in the integration of new equipment, control and managed nodes, and easily diagnosed and serviced.

Keywords: automation; radio engineering; complexes; device interfaces; linear algorithms.

References

1. Worsley J., Drake J. Practical PostgreSQL. O'Reilly & Associates, 2002. 640 p.
2. Dorf R., Bishop R. Modern Control Systems (Eighth Edition). Addison-Wesley, 1998. 855 p.
3. Lav R. Linux-Kernel Development. Addison-Wesley Professional, 2010. 440 p.
4. Sinenko O., Kutsevitch N., Andreev E. SCADA-sistemy. Vzgl'yad iznutri [SCADA-systems. Look from within]. Moscow, RTSoft, 2004. 176 p. (In Russian).
5. Magda U. Programmirovaniye posledovatel'nykh interfeysov [Serial interface programming]. Saint Petersburg, BHV-Peterburg, 2009. 304 p. (In Russian).

Information about authors:

Efremov U.V., engineer JSC "Russian Space Systems";
Kruglov S.A., graduated student, chief of sector JSC "Russian Space Systems";
Poltavets U.I., Ph.D., deputy chief of office JSC "Russian Space Systems";
Dontsov S.A., Ph.D., chief of sector JSC "Russian Space Systems".

For citation:

Efremov U.V., Kruglov S.A., Poltavets U.I., Dontsov S.A. Development of automatic control system of terrestrial radio complexes. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 1. Pp. 6–11. (In Russian).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СИГНАЛЬНО-КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ FH-OFDM ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ

Карпужин

Евгений Олегович,

к.т.н., доцент кафедры радиосистем и комплексов управления, передачи информации и информационной безопасности Московского авиационного института (национального исследовательского университета), г. Москва, Россия, ret1987@yandex.ru

Мазепа

Роман Богданович,

к.т.н., профессор, заведующий кафедрой радиосистем и комплексов управления, передачи информации и информационной безопасности Московского авиационного института (национального исследовательского университета), г. Москва, Россия, trb402@mai.ru

Михайлов

Владимир Юрьевич,

д.т.н., доцент, профессор кафедры радиосистем и комплексов управления, передачи информации и информационной безопасности Московского авиационного института (национального исследовательского университета), г. Москва, Россия, mihvj@yandex.ru

Ключевые слова:

турбо-код; сверточный код; код Рида-Соломона; сигнально-кодированная конструкция; Доплеровский сдвиг.

АННОТАЦИЯ

Как известно, системы связи и передачи информации требуют высокую эффективность использования полосы частот и энергии канала. Особенность современных систем заключается в расширении требований безопасности информационных процессов. Существует множество способов удовлетворения указанным требованиям, однако оценка эффективности их применения в разнообразных реализациях информационных систем, в частности в аэрокосмических информационных системах, является актуальной задачей. Наиболее привлекательным средством исследования эффективности систем является имитационное моделирование, а наиболее распространенным средством – среда Matlab. В статье рассмотрены сигнальные конструкции FH-OFDM, базирующиеся на широко распространенных технологиях скачков по частоте (FH) и ортогонального частотного мультиплексирования (OFDM). Рассмотрены варианты совместного применения технологий частотных скачков и ортогонального частотного мультиплексирования. Вариант с псевдослучайным выбором OFDM-поднесущих является частным случаем технологии OFDMA, а передача сигнала после прохождения через блок формирования частотных скачков в OFDM-модулятор нарушает ортогональность поднесущих частот. Исходя из этих логических соображений оптимальным вариантом совместного использования технологий FH и OFDM является передача OFDM-символов на псевдослучайных несущих. Показаны особенности использования сигнально-кодированных конструкций на основе FH-OFDM. Приводятся результаты имитационного моделирования перспективных сигнально-кодированных конструкций на основе LDPC, сверточных турбо-кодов, каскадных кодов (код Рида-Соломона и сверточный код) и кодов Рида-Соломона с модуляцией ФМ-4 при воздействии Доплеровского сдвига частоты. Было установлено, что применение сигнально-кодированных конструкций на основе FH-OFDM с механизмами компенсации сдвига частоты, взятыми у технологии OFDM, позволяет устранить последствия от воздействия эффекта Доплера на телекоммуникационную систему, использующую FH-OFDM. Сигнально-кодированные конструкции на основе FH-OFDM представляют интерес для использования в радиосистемах передачи информации летательных аппаратов из-за их высокой устойчивости к Доплеровскому сдвигу частоты и имитационным помехам. Наиболее эффективными кодами для применения в системах с FH-OFDM являются сверточные турбо-коды и коды-произведения, в составе которых есть LDPC-код и матричный перемежитель.

Интерес к сигнально-кодовым конструкциям (СКК) на основе FH-OFDM связан с тем, что данная разновидность сложных сигналов сочетает преимущества технологий скачков по частоте (FH – frequency hopping) и ортогональной частотной модуляции (OFDM – Orthogonal frequency-division multiplexing), что крайне актуально для систем передачи информации на основе летательных (ЛА) и космических аппаратов (КА) из-за большой протяженности этих линий связи, а, следовательно, и уязвимости к атакам на физическом уровне. Высокая динамика ЛА и, в особенности КА, приводят к возникновению значительного Доплеровского сдвига. Для борьбы с указанными проблемами и необходимы СКК на основе FH-OFDM. Технология частотных скачков эффективно защищает СКК от имитационных помех и замираний в канале связи, а вторая составляющая (OFDM) – эффективно борется с межсимвольной интерференцией и обеспечивает высокие скоростные характеристики, что актуально для современных телекоммуникационных систем.

В литературе отсутствует точное определение сигнальных конструкций типа FH-OFDM. Из-за особенностей двух составляющих сигнальных конструкций типа FH-OFDM необходимо рассмотреть несколько вариантов их совместного применения:

- псевдослучайный выбор OFDM-поднесущих;
- передача сигнала после прохождения через блок формирования частотных скачков в OFDM-модулятор;
- прохождение OFDM символов через блок формирования частотных скачков.

Первый вариант совместного применения технологий скачков по частоте и OFDM является частным случаем технологии OFDMA, когда телекоммуникационная система обслуживает одного пользователя. В этом случае система хоть и будет защищена от естественных искажений (в первую очередь от интерференции) в канале связи, но из-за малой величины базы сигнала стойкость к преднамеренным помехам окажется невелика.

Второй вариант невозможно использовать поскольку сигнал после прохождения через блок формирования частотных скачков оказывается частотно-модулированным, что недопустимо в OFDM-системах из-за нарушения ортогональности поднесущих частот [1].

Для совместного использования данных технологий оптимальной является передача OFDM-символов на псевдослучайных несущих. Полученные сигналы сочетают в себе преимущества обеих технологий, и вследствие этого будут защищены от имитационных помех и стойкими к искажениям в канале связи.

Особенности моделирования СКК на основе FH-OFDM

Методы модуляции с когерентным обнаружением требуют высокой достоверности определения фазы модулированного сигнала. В условиях воздействия Доплеровского сдвига частоты соблюдение этого требования возможно только в случае применения механизмов точной оценки и компенсации частотного

сдвига сигнала. Поэтому при последующей разработке модели для исследования перспективных сигнально-кодовых конструкций использована полососберегающая фазовая модуляция ФМ-4, обеспечивающая достаточно высокую помехоустойчивость. Отказ от использования амплитудной модуляции позволит избежать потерь, связанных с нелинейным искажением в усилителях мощности.

Для имитации воздействия Доплеровского сдвига выбрана модель райсовского канала как наиболее подходящая для описания канала между летательным аппаратом и наземной станцией [2-4], что отражено в табл.1.

Таблица 1

Основные модели каналов для имитации эффекта Доплера

Характерные особенности	Модель канала с распределением Релея	Модель канала с распределением Райса
Характер многолучевого распространения	Интерференция большого числа отраженных сигналов в точке приема, отсутствие сигнала прямой видимости	Присутствует сигнал прямой видимости
Воздействие эффекта Доплера	Доплеровский сдвиг частоты и расширение спектра	Доплеровский сдвиг частоты как компоненты прямой видимости, так и отраженной от подстилающей поверхности, а также расширение спектра
Применение модели для описания многолучевого распространения сигнала	В условиях города и внутри помещений	В сельских условиях, открытой местности

Применение помехоустойчивого кодирования накладывает ограничение на используемый демодулятор. Коды Рида-Соломона требуют демодулятора с жестким решением, однако это не накладывает ограничений на методы модуляции для использования с данным кодом. LDPC и Турбо-коды принимают на вход мягкие решения от демодулятора. Каскадный код для разработанной модели инфокоммуникационной системы состоит из комбинации кодов Рида-Соломона и сверточного кода с мягкими решениями. Дополнительная информация, поступающая в декодер, позволяет снизить вероятность ошибочного приема символов, однако декодер будет иметь более сложную реализацию.

Все коды, представленные выше, могут быть использованы с демодулятором ФМ-4, т.к. последний позволяет работать декодеру с мягкими решениями. Данные типы кодирования описываются в современной литературе как наиболее эффективные и часто используемые. Также было принято решение рассмотреть использование перемежителей в качестве меры борьбы с пакетными ошибками.

Технология OFDM в условиях воздействия эффекта Доплера в канале связи требует применения методов компенсации Доплеровского сдвига частоты. Наиболее

широко известен механизм компенсации, описанный в [5]. Оценка сдвига частоты производится в 2 шага. На первом шаге производится грубая оценка сдвига частоты с использованием короткой преамбулы. Данная оценка позволяет частично скомпенсировать сдвиг частоты, эквивалентный $(-2 + 2)$ ширины поднесущих.

Грубая оценка сдвига производится по формуле 1:

$$\hat{\varepsilon}_c = \frac{N}{2\pi N_g} \text{angle} \left(\sum_{n=1}^{N_g} x_s [n + N_g] x_s [n] \right) \quad (1)$$

где x_s – размер короткой преамбулы, N – размер преобразования Фурье, N_g – длина циклического префикса.

После грубой оценки величины сдвига необходимо произвести его компенсацию на обнаруженную величину. Точная оценка сдвига частоты производится с использованием длинной преамбулы. Данная оценка позволяет исправить сдвиг частоты, эквивалентный $(-0.5 + 0.5)$ ширины поднесущих.

Точная оценка сдвига частоты производится по формуле 2:

$$\hat{\varepsilon}_f = \frac{1}{2\pi} \text{angle} \left(\sum_{n=1}^N x_l [n + N] x_l [n] \right) \quad (2)$$

где x_l – размер длинной преамбулы, N – размер преобразования Фурье.

Для учета сдвига фазы принятого сигнала относительно исходного используется пилот-сигнал. Данный метод является пост-БПФ методом, поскольку компенсация сдвига фазы принятого сигнала производится после прохождения OFDM-демодулятора.

Структура имитационной модели перспективных СКК с FH-OFDM и результаты моделирования

На основе вышеизложенного для целей имитационного моделирования созданы модули формирования и обработки OFDM и FH сигналов, последовательное объединение которых моделирует FH-OFDM сигнал (см. рис.1).



Рис. 1. Структурная схема имитационной модели с блоками формирования и обработки FH-OFDM сигналов

В качестве моделей канала передачи данных используется Райсовская модель совместно с моделью канала аддитивного белого гауссова шума (АБГШ). В первой модели задается Доплеровский сдвиг частоты, а во второй – отношение сигнал/шум.

Корректность генерации сигналов на выходе модулей формирования OFDM и FH сигналов была проверена путем анализа спектральной плотности мощности на выходе этих модулей (см. рис. 2 и рис. 3). На рис. 2 видны всплески, которые соответствуют положению пилот-сигналов в OFDM кадре.

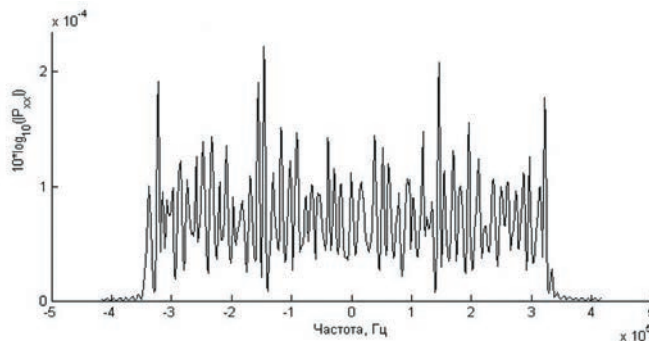


Рис. 2. Спектральная плотность мощности сигнала на выходе модуля формирования OFDM-сигнала

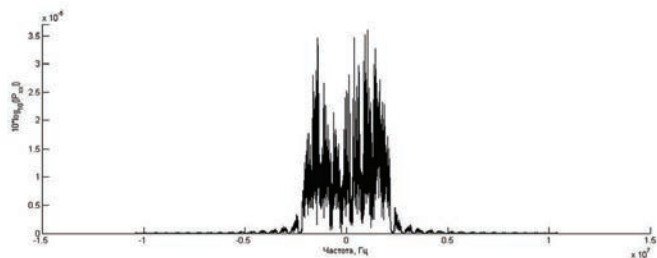


Рис. 3. Спектральная плотность мощности сигнала на выходе модуля формирования FH-сигнала

Для компенсации воздействия эффекта Доплера на спектр сигнала доработаны модуль оценки Доплеровского сдвига частоты, использующий тренировочные символы, и модуль оценки фазового сдвига сигнала, использующий пилот-сигналы, а также формирователь тренировочных OFDM-символов. В итоге созданы имитационные модели следующих СКК:

- LDPC-код, метод модуляции ФМ-4 с жестким решением демодулятора;
- Сверточный турбо-код, метод модуляции ФМ-4 с мягким решением демодулятора;
- Каскадный код, метод модуляции ФМ-4 с мягким решением демодулятора;
- Код Рида-Соломона, методы модуляции ФМ-4 с жестким решением демодулятора.

Результаты работы имитационных моделей приведены на рис. 4.

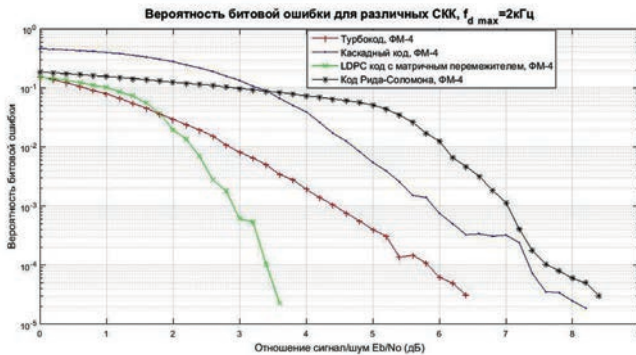


Рис. 4. Вероятность битовой ошибки для различных СКК при воздействии Доплеровского сдвига частоты 2 кГц

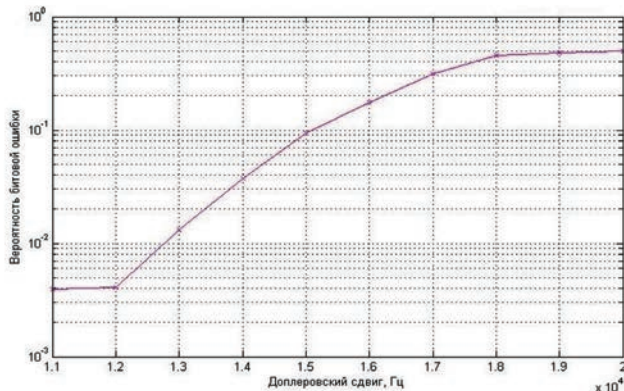


Рис. 5. Вероятность битовой ошибки для систем с OFDM, подверженных воздействию Доплеровского сдвига частоты разной величины

Из графика на рис. 5 видно, что методы компенсации Доплеровского сдвига частоты и фазового сдвига, которые были применены в модуле OFDM, демонстрируют свою эффективность при возрастании Доплеровского сдвига до величины 12 кГц. Далее значения вероятности битовой ошибки увеличивались с ростом величины Доплеровского сдвига. Добавим, что границы оценки Доплеровского сдвига при использовании

метода оценки, основанного на применении тренировочных символов, можно расширить, но это приведет к увеличению ошибки оценки сдвига. Также в качестве меры расширения границ оценки Доплеровского сдвига частоты можно увеличить ширину полосы частот, занимаемую OFDM-сигналом.

Заключение

Разработка имитационных моделей и проведение моделирования позволило сделать следующие выводы:

- Метод OFDM обладает эффективными механизмами оценки и компенсации Доплеровского сдвига частоты по сравнению с методом скачков по частоте.
- Применение метода скачков по частоте для создания FH-OFDM сигналов не вносит негативного воздействия в работу механизма оценки и компенсации эффекта Доплера, которым обладает метод OFDM.
- Наиболее эффективными кодами для применения в инфокоммуникационных системах, использующих метод FH-OFDM, являются сверточные турбокоды и коды-произведения, в составе которых есть LDPC-код и матричный перемежитель.

На основе полученных результатов можно утверждать, что телекоммуникационные системы, использующие рассмотренные выше перспективные СКК, в которых одновременно применяются методы OFDM и скачков по частоте, окажутся эффективными и в условиях воздействия эффекта Доплера, что актуально для летательных аппаратов и спутниковых систем связи.

Литература

1. Yong S. Cho, Kim J., Won Y. Yang, Chung G. Kang. MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB. Wiley, 2010. 544 p.
2. Ajayi Taiwo Seun, Mobile Satellite Communications (Channel Characterization and Simulation). Blekinge Institute of Technology, 2007. 51 p.
3. F.Perez Fontan, P.Marino Espinaira. Modeling the Wireless propagation channel: A Simulation Approach with MATLAB. Wiley, 2008. 252 c.
4. Kostov. N. Mobile Radio Channels Modeling in MATLAB. Radio Engineering. 2003. Vol. 12. No. 4.
5. Won Y. Yang, Yong S. Cho, Won G. Jeon, Jeong W. Lee, Jong H. Paik, Jae K. Kim, Mi-Hyun Lee, Kyu I. Lee, Kyung W. Park, Kyung S. Woo. MATLAB®/Simulink for Digital Communication. A-Jin Publishing, 2009. 115 p.

Для цитирования:

Карпунин Е.О., Мазепа Р.Б., Михайлов В.Ю. Исследование перспективных сигнально-кодовых конструкций на основе FH-OFDM при воздействии Доплеровского сдвига частоты // Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 12–16.

RESEARCH PERSPECTIVE SIGNAL-CODE CONSTRUCTIONS BASED ON FH-OFDM WHEN EXPOSED DOPPLER SHIFT FREQUENCY

Karpukhin Eugeny Olegovich,
Moscow, Russia, ret1987@yandex.ru

Mazepa Roman Bogdanovich,
Moscow, Russia, mrb402@mai.ru

Mikhaylov Vladimir Yurievich,
Moscow, Russia, mihvj@yandex.ru

Abstract

As is known, communication systems require high bandwidth efficiency and energy channel. The peculiarity of modern systems is to increase the security requirements of information processes. There are many ways to meet the requirements, but evaluation of the effectiveness of their application in a variety of implementations of information systems, particularly in the aerospace information systems, is an issue of the day. The most attractive means of research on the effectiveness of systems is simulation and the most common means - Matlab. The article describes the design of signal FH-OFDM, based on frequency hopping (FH) and orthogonal frequency division multiplexing (OFDM). Considered options for the joint use of frequency hopping technology and orthogonal frequency division multiplexing. A variant with a pseudo-OFDM subcarriers for this is particular case OFDMA technology, and the transmission signal after passing through the shaping unit in frequency hopping OFDM-modulator is penalized orthogonal frequency subcarriers. Based on these logical arguments the optimum variant shared FH and OFDM technology is transmission OFDM symbols on pseudo-carriers. The features of the use signal-code constructions based on FH-OFDM. The results of simulation based on the perspective of the SCC LDPC, turbo convolution codes, concatenated codes (Reed-Solomon code and convolutional code) and Reed-Solomon codes with the modulation of QPSK when exposed doppler shift frequency. It has been found that the use of signal-code constructions based on FH-OFDM with frequency offset compensation mechanisms, taken from OFDM technology, elimi-

nates the effects of exposure to the Doppler effect on telecommunication system using FH-OFDM. Signal-code constructions based on FH-OFDM are of interest for use in radio transmission systems from the aircraft because of their high resistance to Doppler shift and interference simulation. The most efficient code for use in systems with FH-OFDM is a convolutional turbo codes and product codes, which is composed of LDPC code interleaver matrix.

Keywords: Turbo code; convolutional code; Reed-Solomon code; signal-code construction; Doppler shift.

References

1. Yong S. Cho, Kim J., Won Y. Yang, Chung G. Kang. MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB. Wiley, 2010. 544 p.
2. Ajayi Taiwo Seun, Mobile Satellite Communications (Channel Characterization and Simulation). Blekinge Institute of Technology, 2007. 51 p.
3. Perez Fontan F., Marino Espinaira P. Modeling the Wireless propagation channel: A Simulation Approach with MATLAB. Wiley, 2008. 252 c.
4. Kostov. N. Mobile Radio Channels Modeling in MATLAB. Radio Engineering. 2003. Vol. 12. No. 4.
5. Won Y. Yang, Yong S. Cho, Won G. Jeon, Jeong W. Lee, Jong H. Paik, Jae K. Kim, Mi-Hyun Lee, Kyu I. Lee, Kyung W. Park, Kyung S. Woo. MATLAB®/Simulink for Digital Communication. A-Jin Publishing, 2009. 115 p.

Information about authors:

Karpukhin E.O., Ph.D., assistant professor in Department of radio systems and facilities management, information transmission and information security, Moscow Aviation Institute (National Research University);

Mazepa R.B., Ph.D., Head of Department of radio systems and facilities management, information transmission and information security, Moscow Aviation Institute (National Research University);

Mikhaylov V.Y., Ph.D., professor in Department of radio systems and facilities management, information transmission and information security, Moscow Aviation Institute (National Research University).

For citation:

Karpukhin E.O., Mazepa R.B., Mikhaylov V.Y. Research perspective signal-code constructions based on FH-OFDM when exposed Doppler shift frequency. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 1. Pp. 12–16. (In Russian).

БАЛАНСИРОВКА ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ВОЗДУШНЫМ И КОСМИЧЕСКИМ СЕГМЕНТАМИ ОБЪЕДИНЕННОЙ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ СЕТИ СВЯЗИ ПОСТРОЕННОЙ НА ОСНОВЕ MESH-ТЕХНОЛОГИИ

Аганесов

Артур Валерьевич,

помощник начальника учебного отдела
ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф.
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж, Россия,
aganesov.artur@yandex.ru

Макаренко

Сергей Иванович,

к.т.н., доцент, доцент кафедры сетей
и систем связи космических комплексов
Военно-космической академии
имени А.Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия,
mak-serg@yandex.ru

Ключевые слова:

сеть связи; ретрансляция; маршрут
зация; сеть спутниковой связи;
сеть воздушной радиосвязи;
балансировка нагрузки.

АННОТАЦИЯ

В интересах обеспечения глобальности информационного обеспечения авиации в настоящее время прорабатывается вопрос создания объединенных воздушно-космических сетей связи, которые за счет использования космических средств позволят охватить всю территорию Земли. При этом создание объединенных воздушно-космических сетей связи актуализирует вопросы решения задач маршрутизации и ретрансляции сообщений в них. Рассмотрен вариант децентрализованной структуры воздушно-космической сети на основе Mesh-технологии. Маршрутизация в такой сети осуществляется как через космический сегмент, так и через смежные воздушные сети. Целью работы является разработка методики балансировки информационной нагрузки между воздушным и космическим сегментами объединенной воздушно-космической сети связи построенной на основе Mesh-технологий. В основу методики положены ранее опубликованные работы авторов, в которых представлены модели иерархической и децентрализованной ретрансляции информационных потоков в воздушно-космической сети. При этом модель воздушной сети строится на основе модели протокола CSMA/CA, а модель спутниковой сети – на основе модели протокола S-Aloha. Элементом новизны представленной работы является оригинальное решение по маршрутизации информационных потоков в перспективной децентрализованной воздушно-космической сети, которая строится с использованием Mesh-технологии. Данные оригинальные решения по вычислению долей трафика направляемого в космический и воздушный сегменты основаны на применении численного метода Ньютона. Представленную методику балансировки информационной нагрузки в дальнейшем предполагается использовать для обоснования принципов ретрансляции информационных потоков мультимедийных данных в перспективных децентрализованных воздушно-космических сетях, которые будут обеспечивать глобальность информационного обеспечения авиации. Планируется использовать результаты исследований для разработки математического обеспечения маршрутизаторов абонентов воздушно-космических сетей связи (пилотируемых воздушных судов, беспилотных летательных аппаратов, центров и пунктов управления авиацией), построенных с использованием Mesh-технологий. Перспективная реализация методики балансировки информационной нагрузки должна быть основана на протоколе OpenFlow и может являться частью математического обеспечения глобальной программно-конфигурируемых децентрализованной воздушно-космической сети.

Актуальность

Анализ развития систем авиационной связи показал, что одним из направлений обеспечения глобальности информационного обеспечения полетов авиации различного назначения является создание объединенных воздушно-космических сетей связи (ВКСС). В работах [1, 2] рассмотрены вопросы создания модели объединенной ВКСС. В основу модели ВКСС были положены работы [3, 4], в которых рассматриваются модель сети воздушной радиосвязи (СВРС) на основе протокола CSMA/CA и модель отдельной сети спутниковой связи (ССС) на основе протокола S-Aloha, а также модели перспективных воздушных и космических сетей связи [5–8]. В соответствии с перспективными планами развития систем авиационной связи в ВКСС предусматривается внедрение Mesh-технологий, которые позволят ретранслировать часть информационных потоков между СВРС в случае, если у этих сетей имеются общие абоненты (рис. 1) и тем самым повысить общую пропускную способность сети. Схема такой ВКСС представлена на рис. 1. Данная сеть предназначена для ретрансляции команд управления между летательными аппаратами (ЛА), а также их информационного обеспечения в условиях отсутствия наземной инфраструктуры связи. Представленное в работе [9] исследование пропускной способности ВКСС показало, что для такой сети актуальной задачей является балансировка информационной нагрузки между ее космическим и воздушным сегментами.

Постановка задачи

Рассмотрим ВКСС на основе децентрализованного принципа информационного обмена когда обмен СВРС между собой ведется через ССС и через смежные СВРС объединенных на основе Mesh-технологий. В интересах формирования рациональных предложений по балансировке информационной нагрузки проведем анализ показателей качества ретрансляции информационных потоков в ВКСС по показателям:

- пропускная способность информационного направления связи;
- время задержки пакета в информационном направлении связи.

Для формализации процесса информационного обмена в ВКСС введем следующие обозначения:

- M – количество абонентов СВРС;
- C – пропускная способность канала множественного доступа СВРС [бит/с];
- $C_{ССС}$ – пропускная способность канала множественного доступа ССС [бит/с];
- S – относительная пропускная способность канала множественного доступа СВРС, нормированная к C ;
- $S_{ССС}$ – относительная пропускная способность канала множественного доступа ССС нормированная к $C_{ССС}$;
- C_e – эффективная пропускная способность канала множественного доступа СВРС [бит/с];
- $C_{e,ССС}$ – эффективная пропускная способность канала множественного доступа ССС [бит/с];

$C_{e,ИНС}$ – эффективная пропускная способность информационного направления связи (ИНС) [бит/с];

D_{mes} – объем пакета в СВРС [бит];

$D_{mes,ССС}$ – объем пакета в ССС [бит];

$D_{mes,ССС}$ – объем пакета в ССС [бит];

d_{max} – максимальный радиус сети СВРС [км];

d_{sot} – расстояние до спутника-ретранслятора (СР), образующего ССС [км]. Для низкоорбитальных ССС $d_{sot} = 500..1500$ км, для геостационарных ССС $d_{sot} = 40000$ км, для высокоэллиптических ССС $d_{sot} > 40000$ км;

c – скорость распространения электромагнитных волн [км/с];

K – настойчивость протокола множественного доступа СВРС, определяемая как число попыток передачи пакета, в случае, если предыдущие попытки оканчиваются неудачей;

$K_{ССС}$ – настойчивость протокола множественного доступа S-Aloha, используемого в ССС;

λ – интенсивность трафика, поступающего от 1-го абонента в СВРС [бит/с];

$k_{вн} = 0..1$ – коэффициент внешнего трафика СВРС, определяется как доля трафика СВРС передаваемого как через ССС, так и через смежные СВРС, объединенные по Mesh-технологии;

$k_{вн,ССС} = 0..1$ – коэффициент, определяющий долю внешнего трафика из СВРС в другую СВРС, передаваемого только через ССС;

$k_{кв} = 0..1$ – коэффициент дополнительного трафика квитанций, определяется как доля от основного трафика содержания квитанции об успешном приеме пакета. Значение $k_{кв} = 0,1$ соответствует случаю, когда на 10 пакетов основного трафика отправляется 1 пакет квитанции об их успешном приеме;

z – количество исходящих Mesh-каналов из СВРС в смежные СВРС;

$k_{св} = 0..1$ – среднесетевой коэффициент связности СВРС со смежными СВРС по Mesh-каналам;

R – среднесетевое количество ретрансляций через СВРС, объединенных на основе Mesh-технологий, при доставке пакета из СВРС-источника в СВРС-получатель;

$\Lambda_1 = M\lambda$ – интенсивность трафика в СВРС без учета трафика квитанций об успешной доставке и внешнего трафика, поступающего в СВРС [бит/с];

$\Lambda_{ССС}$ – общая интенсивность трафика в ССС с учетом трафика квитанций об успешной доставке [бит/с]

$\Lambda_{СВРС}$ – общая интенсивность трафика в СВРС с учетом внешнего трафика и трафика квитанций об успешной доставке [бит/с];

$T_{зад}$ – задержка передачи пакета по n -ой СВРС [с];

$T_{зад,ССС}$ – задержка передачи пакета по ССС [с];

$T_{зад,ИНС}$ – задержка передачи пакета по ИНС [с].

Рамки исследования:

– протокол связи в СВРС – CSMA/CA;

– протокол связи в ССС – S-Aloha;

– децентрализованный принцип ретрансляции – все СВРС соединены через ССС по принципу «звезды», причем каждая СВРС доступна из другой сети за один

шаг ретрансляции через ССС, дополнительно все СВРС соединены между собой в соответствии с количеством исходящих Mesh-каналов;

– трафик представляет собой простейший пуассоновский поток событий, состоящих в поступлении отдельных пакетов.

Целью работы является разработка методики распределения информационных потоков по воздушному и космическому сегменту объединенной воздушно-космической сети связи.

Модель воздушно-космической сети связи с децентрализованным принципом ретрансляции информационных потоков

Рассмотрим ВКСС с децентрализованным принципом информационного обмена (рис. 1). В данной сети межсетевые ИНС «СВРС-СВРС» могут проходить как через ССС, так и через смежные СВРС объединяемые на основе Mesh-технологий. В предыдущих работах авторов [2–4, 9] получены аналитические соотношения для упрощенного моделирования такой сети. Упрощенная схема вывода основных расчетных соотношений для такой сети представлена на рис. 2. При этом к уже указанным допущениям в данной модели введено следующее – количество исходящих внешних Mesh-каналов

связи из СВРС одинаково и равно z , соответственно связность всех СВРС также одинакова и равна k_{CB} .

В соответствии со схемой информационного обмена (рис. 1) и схемой аналитических вычислений для модели ВКСС с децентрализованным принципом информационного обмена (рис. 2) выражения для интенсивности трафика примут вид:

– интенсивность трафика циркулирующего в произвольной СВРС:

$$\Lambda_{CBPC} = \Lambda_1(1 + k_{CB})(1 + R k_{CB}(1 - k_{вн ССС}) + k_{CB} \cdot k_{вн ССС}), \quad (1)$$

– интенсивность трафика в ССС:

$$\Lambda_{ССС} = N(1 + k_{CB}) k_{CB} \cdot k_{вн ССС} \cdot \Lambda_1. \quad (2)$$

Общий вид двух типов ИНС которые используются в децентрализованной ВКСС представлен на рис. 3.

В ИНС, представленной на рис. 3, время задержки передачи пакета между абонентами разных СВРС будет являться суммой задержек пакета на всех звеньях ИНС:

– при передаче через ССС:

$$T_{зад ИНС} = 2T_{зад} + T_{зад ССС}; \quad (3)$$

– при передаче через СВРС соединенные по Mesh-технологии:

$$T_{зад ИНС} = T_{зад} (R + 1). \quad (4)$$

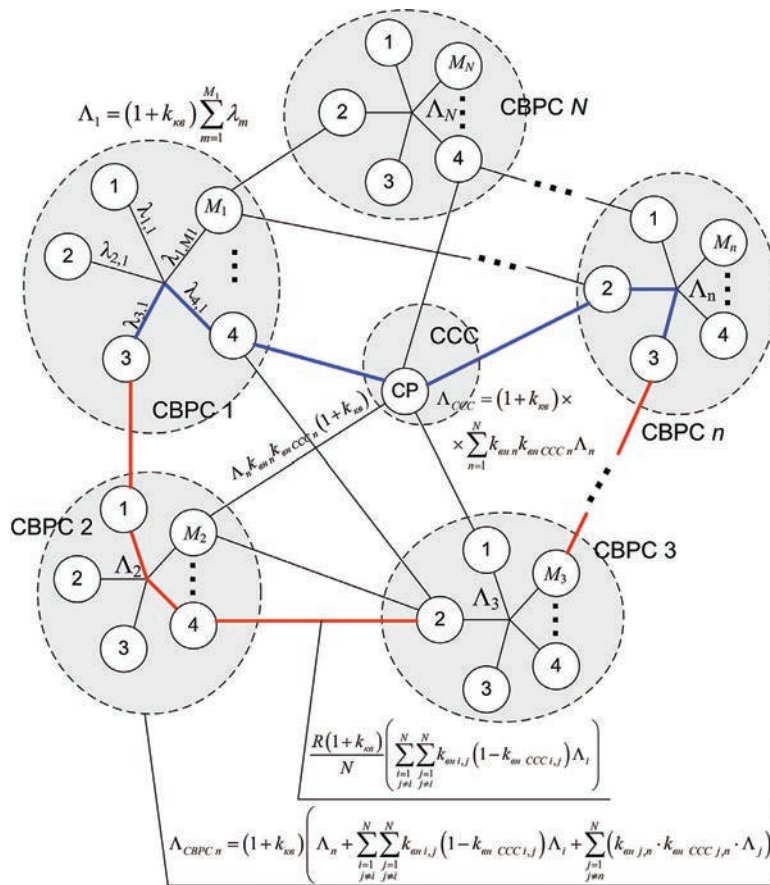


Рис. 1. ВКСС с децентрализованным принципом информационного обмена на основе Mesh-технологий

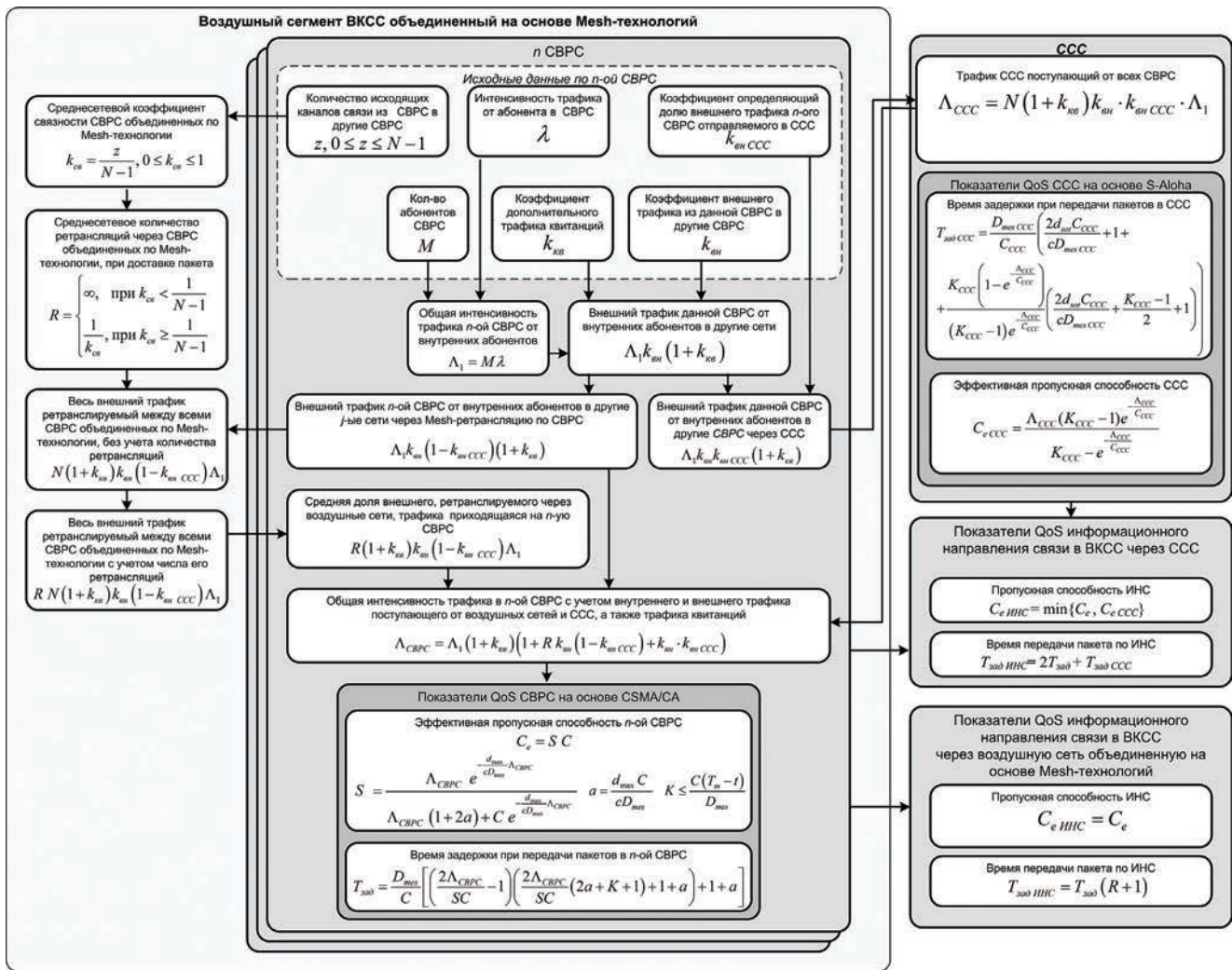


Рис. 2. Упрощенная схема аналитических вычислений для модели ВКСС с децентрализованным принципом ретрансляции информационных потоков на основе Mesh-технологий

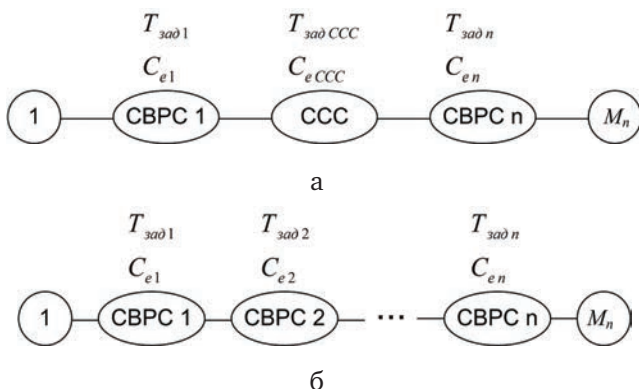


Рис. 3. Общие схемы ИНС в ВКСС:

а) через CCC; б) ретрансляция через СВРС, соединенных по Mesh-технологии

При этом время задержки пакета при передаче по отдельным звеньям будет определяться следующим образом, с учетом того что значения для интенсивности трафика $\Lambda_{\text{СВРС}}$ и Λ_{CCC} определяются из выражений (1) и (2) [3, 4]:

1. Для СВРС на основе протокола CSMA/CA:

$$T_{\text{зад}} = \frac{D_{\text{mes}}}{C} \left[\left(\frac{2\Lambda_{\text{СВРС}}}{SC} - 1 \right) \times \left(\frac{2\Lambda_{\text{СВРС}}}{SC} (2a + K + 1) + 1 + a \right) + 1 + a \right], \quad (5)$$

где: $S = \frac{\Lambda_{\text{СВРС}} e^{-\frac{d_{\text{max}} \Lambda_{\text{СВРС}}}{c D_{\text{mes}}}}}{\Lambda_{\text{СВРС}} (1 + 2a) + C e^{-\frac{d_{\text{max}} \Lambda_{\text{СВРС}}}{c D_{\text{mes}}}}}$, $a = \frac{d_{\text{max}} C}{c D_{\text{mes}}}$, $K \leq \frac{C(T_m - t)}{D_{\text{mes}}}$

2. Для CCC на основе протокола S-Aloha:

$$T_{\text{зад CCC}} = \frac{D_{\text{mes CCC}}}{C_{\text{CCC}}} \left(\frac{2d_{\text{sof}} C_{\text{CCC}}}{c D_{\text{mes CCC}}} + 1 + \frac{K_{\text{CCC}} \left(1 - e^{-\frac{\Lambda_{\text{CCC}}}{C_{\text{CCC}}}} \right) \left(\frac{2d_{\text{sof}} C_{\text{CCC}}}{c D_{\text{mes CCC}}} + \frac{K_{\text{CCC}} - 1}{2} + 1 \right)}{(K_{\text{CCC}} - 1) e^{-\frac{\Lambda_{\text{CCC}}}{C_{\text{CCC}}}}} \right). \quad (6)$$

Пропускная способность ИНС в децентрализованной ВКСС будет определяться минимальной эффективной пропускной способностью отдельного звена ИНС:
 – при передаче через ССС:

$$C_{e\text{ ИНС}} = \min\{C_e, C_{e\text{ ССС}}\}; \quad (7)$$

– при передаче через СВРС соединенные по Mesh-технологии:

$$C_{e\text{ ИНС}} = C_e. \quad (8)$$

При этом пропускные способности отдельных звеньев C_e и $C_{e\text{ ССС}}$ в ИНС будут определяться следующим образом, с учетом того что значения для интенсивности трафика $\Lambda_{\text{СВРС}}$ и $\Lambda_{\text{ССС}}$ определяются из выражений (1) и (2) [3, 4]:

1. Для СВРС на основе протокола CSMA/CA:

$$C_e = S C, \quad (7)$$

где показатели S, C определяются также как и в выражении (4) для времени задержки передачи пакета.

2. Для ССС на основе протокола S-Aloha:

$$C_{e\text{ ССС}} = \frac{\Lambda_{\text{ССС}}(K_{\text{ССС}} - 1)e^{-\frac{\Lambda_{\text{ССС}}}{C_{\text{ССС}}}}}{K_{\text{ССС}} + e^{-\frac{\Lambda_{\text{ССС}}}{C_{\text{ССС}}}}}. \quad (8)$$

Методика распределения информационных потоков по воздушному и космическому сегменту объединенной воздушно космической сети связи с учетом требований к качеству обслуживания трафика

Проведенные в работе [9] предварительные исследования пропускной способности и времени задержки передачи в ИНС для ВКСС с децентрализованным принципом ретрансляции информационных потоков показали следующее. В такой сети существует некоторое равновесное состояние в котором время задержки при передаче по ИНС в космическом сегменте и по ИНС в воздушном сегменте – равны. Такие случаи обозначены на рис. 4 стрелками.

Анализ графиков на рис. 4 показывает, что в ВКСС построенном на основе децентрализованного принципа информационного обмена в зависимости от коэффициентов $k_{\text{вн}}$ и $k_{\text{вн ССС}}$ звеном с наиболее низкой пропускной способностью может выступать как ССС так и воздушный сегмент ВКСС (рис. 4). При этом соотношение коэффициентов $k_{\text{вн}}$ и $k_{\text{вн ССС}}$ фактически определяют поведение всей системы. При этом существует такое значение $k_{\text{вн ССС}}$ при заданных параметрах $M, N, k_{\text{св}}$ и $k_{\text{вн}}$ достигается балансировка нагрузки по времени задержки передачи (рис. 4):

$$T_{\text{зад ИНС}} = 2T_{\text{зад}} + T_{\text{зад ССС}} = T_{\text{зад}}(R+1), \quad (11)$$

где $T_{\text{зад}}, T_{\text{зад ССС}}$ определяются по формулам (5), (6) с учетом выражений для интенсивности трафика $\Lambda_{\text{СВРС}}$ (1) и $\Lambda_{\text{ССС}}$ (2).

Преобразовав выражение (11) к виду

$$f(k_{\text{вн ССС}}) = T_{\text{зад ССС}} - T_{\text{зад}}(R-1) = 0, \quad (12)$$

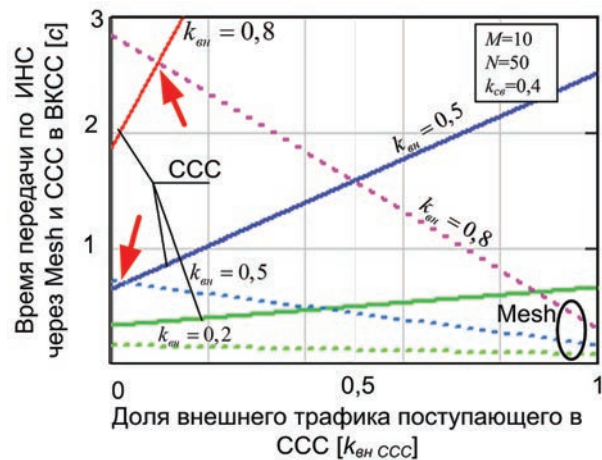


Рис. 4. Время передачи в ИНС (через ССС и через Mesh) в ВКСС с децентрализованным принципом информационного обмена при изменении доли трафика в составе внешнего трафика поступающего в ССС

и подставляя в него выражения (5), (6) и далее (1), (2) получим трансцендентное уравнение относительно параметра $k_{\text{вн ССС}}$.

В связи с этим решение для уравнения (12) относительно параметра $k_{\text{вн ССС}}$ предлагается вести в численном виде с использованием метода Ньютона (метода касательных) [10]. Общая схема методики представлена на рис. 5.

Особенностью методики является численное решение уравнения (12) относительно $k_{\text{вн ССС}}$. В соответствии с методом Ньютона [10] выбор начальной точки и направления приближения при построении касательных определяется путем определения произведения производных функции (12). В случае если произведение отрицательно:

$$f'(k_{\text{вн ССС}}) f''(k_{\text{вн ССС}}) < 0,$$

то приближение осуществляется слева, если положительно:

$$f'(k_{\text{вн ССС}}) f''(k_{\text{вн ССС}}) > 0,$$

– то справа.

Задается искомая точность поиска корня ϵ для значения $k_{\text{вн ССС}}$. Итерационная процедура поиска численного решения заключается в последовательном нахождении значений $k_{\text{вн ССС } n+1}$:

$$k_{\text{вн ССС } n+1} = k_{\text{вн ССС } n} - \frac{f(k_{\text{вн ССС } n})}{f'(k_{\text{вн ССС } n})}, \quad (13)$$

пока не будет достигнута заданная точность:

$$|k_{\text{вн ССС } n+1} - k_{\text{вн ССС } n}| \leq \epsilon,$$

или

$$\left| \frac{f(T_{\text{диагн } n})}{f'(T_{\text{диагн } n})} \right| \leq \epsilon.$$

Значение $k_{\text{вн ССС}}$ являющееся решением уравнения $f(k_{\text{вн ССС}}) = 0$ задаваемого выражением (12) определяет

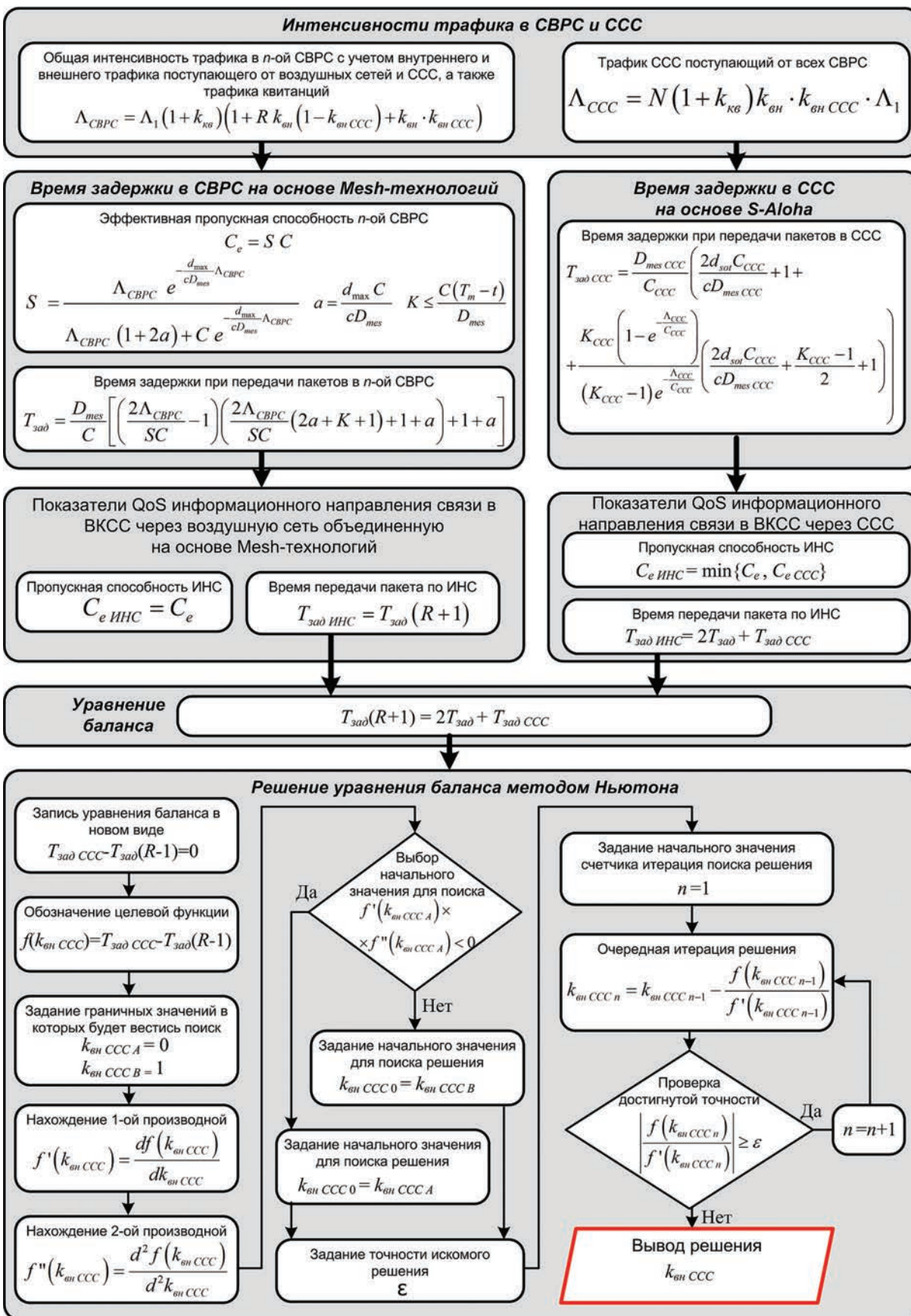


Рис. 5. Схема методики распределения информационных потоков по воздушному и космическому сегментам объединенной воздушно-космической сети связи

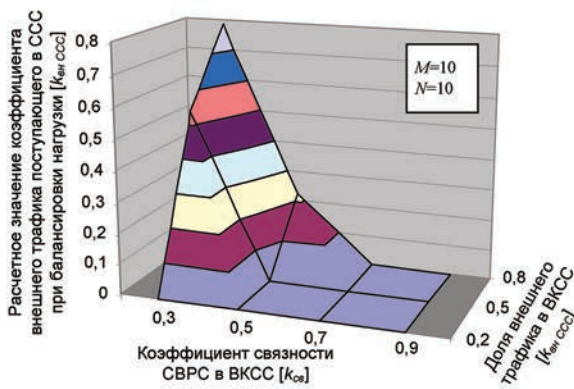
долю внешнего трафика направляемого в космический сегмент ВКСС и необходимого для балансировки нагрузки в ВКСС.

Моделирование процесса распределения информационных потоков по воздушному и космическому сегментам ВКСС

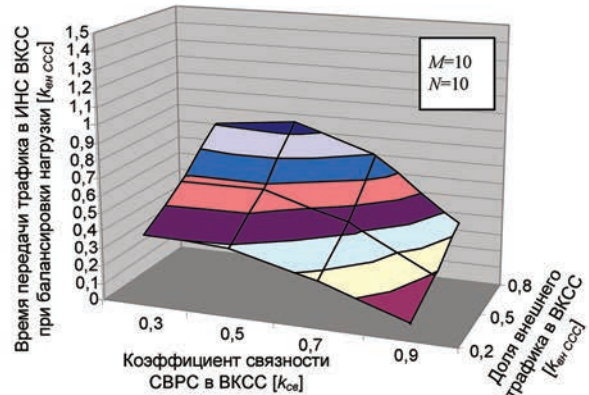
Моделирование проводилось при ограничениях, которые соответствуют техническим характеристикам перспективных средств связи:

– базовая интенсивность информационного потока в СВРС составляет $\lambda = 16$ кбит/с;

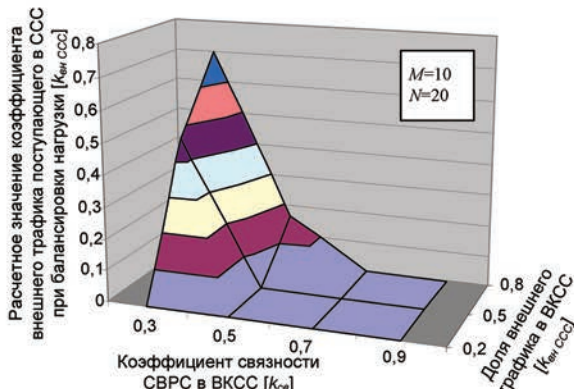
- количество абонентов СВРС $M = 10$, при этом каждый из абонентов генерирует трафик λ ;
- количество СВРС в составе ВКСС: $N = 10, 20, 50$.
- пропускная способность каналов множественного доступа для СВРС равна $C = 34$ Мбит/с, для ССС – $C_{ССС} = 2$ Мбит/с;
- объемы пакетов в СВРС (D_{mes}) и ССС ($D_{mes, ССС}$) имеют равные значения – 256 бит;
- коэффициенты настойчивости протокола множественного доступа в СВРС и ССС равны и имеют значения $K = K_{ССС} = 16$;
- радиус СВРС равен $d_{max} = 250$ км.



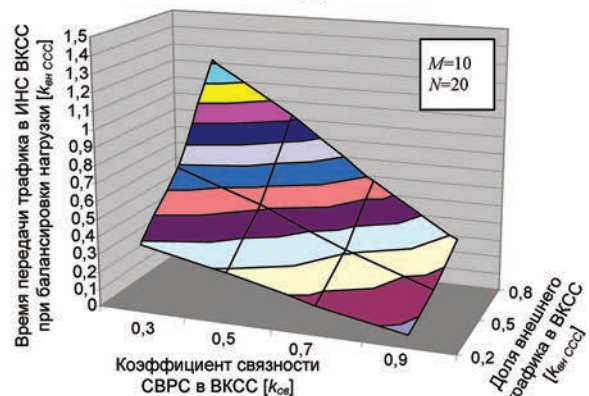
а.



г.



б.



д.

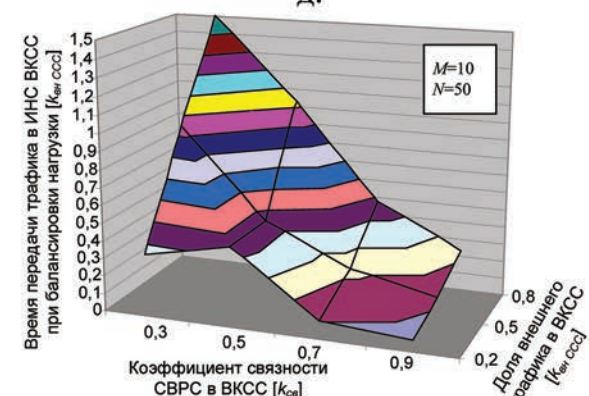
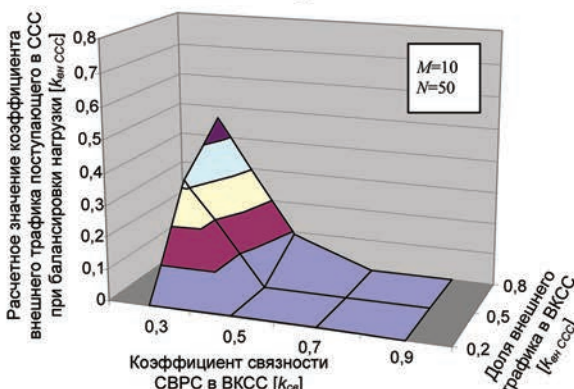


Рис. 6. Результаты расчета значений $k_{вн, ССС}$ и соответствующих им времени задержки в ИНС $T_{зд}$ в зависимости от уровня $k_{вн}$ и $k_{св}$

Результаты моделирования расчета значений $k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$ и соответствующих им времени задержки в ИНС $T_{\text{зад}}$ в зависимости от уровня $k_{\text{вн}}$ и $k_{\text{св}}$ представлены на рис. 6.

Анализ графических зависимостей на рис. 6 позволил сделать следующие общие выводы:

– балансировка нагрузки целесообразна и возможна для ВКСС с низким уровнем связности сетей воздушного сегмента $k_{\text{св}}$.

– балансировка нагрузки в ВКСС регулируемая параметром $k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$ обеспечивает перераспределение части информационных потоков в космический сегмент, однако общее время передачи при этом увеличивается.

– с увеличением информационной нагрузки на ВКСС за счет роста доли внешнего трафика $k_{\text{вн}}$ возможности передачи нагрузки через космический сегмент снижаются, а задержка его передачи по ИНС $T_{\text{зад}}$ – растет;

– расчетное значение $k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$ доли передаваемого через космический сегмент трафика прямо пропорциональна задержки передаче (чем выше доля спутникового трафика – тем выше задержка $T_{\text{зад}}$).

Коэффициент балансировки $k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$ является своеобразным делителем долей внешнего трафика и в дальнейшем может быть использован для балансировки нагрузки критичной к задержкам. Доля внешнего трафика $1 - k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$ (трафика критичного к задержкам) может быть направлена через воздушный сегмент, а доля трафика $k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$ (трафика некритичного к задержкам) – через ССС. Однако вопрос выбора конкретных значений $k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$ с учетом такого распределения и QoS по классам трафика требует отдельной проработки.

Выводы

Использование Mesh технологии позволяет существенно повысить пропускную способность ВКСС за счет реализации децентрализованного принципа ретрансляции информационных потоков. Повышение реализуется за счет использования избыточного ресурса пропускной способности СВРС и фактически ведет к ретрансляции подавляющей части трафика ВКСС через воздушный сегмент. В ВКСС существует равновесное состояние, в котором время задержки при передаче по ИНС в космическом сегменте и по ИНС в воздушном сегменте – равны. Такое состояние соответствует определенному значению коэффициента $k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$, определяющего долю внешнего трафика передаваемого через ССС. Представленная методика позволяет обосновать рациональное значение коэффициента $k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$ которое позволяет сбалансировать информационную нагрузку в ВКСС. Новизной работы отличающей ее от аналогичных работ [7, 8, 11] является совместный учет специфики как воздушных сетей, так и космического сегмента, а также использование метода Ньютона для получения решения. Проведенное исследование показывает, что балансировка нагрузки целесообразна и возможна для ВКСС с низким уровнем связности сетей воздушного сегмента $k_{\text{св}}$. При этом расчетное зна-

чение доли передаваемого через космический сегмент трафика $k_{\text{вн}}^{\text{ССС}}$ прямо пропорциональна задержки передаче (чем выше доля спутникового трафика – тем выше задержка $T_{\text{зад}}$).

Литература

1. Аганесов А.В., Макаренко С.И. Модель воздушно-космической сети связи с иерархическим принципом ретрансляции информационных потоков // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2015. № 4. С. 43–51.

2. Авиация ПВО России и научно технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра: монография / под ред. Федосова Е.А. М.: Дрофа, 2005. 815 с.

3. Аганесов А.В. Модель сети спутниковой связи на основе протокола случайного множественного доступа S-Aloha // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 2. С. 99–134.

4. Аганесов А.В. Модель сети воздушной радиосвязи на основе протокола случайного множественного доступа CSMA/CA // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 1. С. 67–97.

5. Войткевич К.Л., Резвов А.В., Шанин В.Н. Специализированные локальные беспроводные мобильные сети гражданского и военного назначения // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2013. № 1-2. С. 130–133.

6. Макаренко С.И. Адаптивное управление скоростями логических соединений в канале радиосвязи множественного доступа // Информационно-управляющие системы. 2008. № 6. С. 54–58.

7. Мальцев Г.Н., Цветков К.Ю., Родионов А.В., Акмоллов А.Ф., Ефимов С.Н., Косаревич Д.В., Викторов Е.А. Концепция построения разновысотной многоспутниковой системы связи с мобильными абонентами // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2011. № 630. С. 5–10.

8. Цветков К.Ю., Родионов А.В., Акмоллов А.Ф., Ефимов С.Н., Косаревич Д.В., Викторов Е.А. Концепция построения разновысотной многоспутниковой системы связи с мобильными абонентами: пропускная способность межспутниковых и фидерных радиолоний // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2011. № 633. С. 108–123.

9. Аганесов А.В. Анализ качества обслуживания в воздушно-космической сети связи на основе иерархического и децентрализованного принципов ретрансляции информационных потоков // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 3. С. 92–121.

10. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.П. Вычислительные методы для инженеров. М.: Высшая школа, 1994. 544 с.

11. Иванов В.И. Централизованный метод балансировки нагрузки в низкоорбитальной спутниковой системе // Т-Comm. 2014. № 4. С. 38–42.

Для цитирования:

Аганесов А.В., Макаренко С.И. Балансировка информационной нагрузки между воздушным и космическим сегментами объединенной воздушно-космической сети связи построенной на основе Mesh-технологий // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 17–25.

DIGITAL TELEMETRIC SYSTEM WITH TEMPORARY MULTIPLE ACCESS

Аганесов Артур Валер'евич,

Voronezh, Russia, aganesov.artur@yandex.ru

Макаренко Сергей Иванович,

St. Petersburg, Russia, mak-serg@yandex.ru

Abstract

The united aerospace networks will be created for the global providing information of aviation. These networks will cover the whole territory of the Earth through the use of space network in theirs. The creation of the united aerospace networks makes it relevant tasks of routing and relaying of traffic in it. The decentralized variants of the structure of the aerospace network based on Mesh-technology consideration. The traffic balancing method between aero and space segments in the aerospace network based on Mesh-technology is the purpose of this work. The traffic balancing method based on the decentralized routing model of traffic are presented in the earlier papers of the author. The air network model based on the CSMA/CA protocol model. The satellite network model based on the SAloha model. The balancing method based on the Newton method of numerical solution. The element of novelty of the presented work is the original solution for routing of traffic in the promising aerospace decentralized network, which is built using the Mesh-technology. These original numerical solution for quantity of traffic routing through the space segment of aerospace network based on Newton method are the novelty of the method of paper. Traffic balancing method are presented in this work will be used to inform protocols relay traffic in the global aerospace networks. These results will be used for software routers of aerospace communication networks, built by Mesh technology. Routers are manned aircraft, unmanned aerial vehicles, command and control centers and aircraft. Implementation of the traffic balancing method should be based on the OpenFlow protocol, and can be part of the software-configurable global aerospace decentralized network.

Keywords: satellite network; relay traffic; traffic balancing; routing; satellite network; radio networks.

References

1. Aganesov A.V., Makarenko S.I. Aerospace communications network model with traffic routing hierarchical principle. Radio- and Telecommunication Systems. 2015. No. 4. Pp. 43–51. (In Russian).

2. Fedosov E.A. Aviatsiia PVO Rossii i nauchno tekhnicheskii progress: boevye komplekсы i sistemy vchera, segodnia, zavtra. Monografiia [Air Defence of Russia and Scientific Technical Progress: Combat Systems and Systems Yesterday, Today, Tomorrow. Treatise]. Moscow, Drofav Publ., 2005. 815 p. (in Russian).

3. Aganesov A. V. Model of Satellite Network with S-Aloha Protocol. Systems of Control, Communication and Security. 2015. No. 2. Pp. 99–134. (in Russian).

4. Aganesov A. V. Model of Radio Network with CSMA/CA Protocol. Systems of Control, Communication and Security. 2015. No. 1. Pp. 67–97. (In Russian).

5. Voytkovich K.L., Rezvov A.V., Shanin V.N. Specialized Local Wireless Mobile Networks for Civil and Military Purposes. Sistemy i sredstva svyazi, televideniia i radioveshchaniia. 2013. No. 1-2. Pp. 130–133. (In Russian).

6. Makarenko S.I. Adaptive Control Speed Logical Connections in the Radio Multiaccess Channel. Information and control systems. 2008. No. 6. Pp. 54–58. (In Russian).

7. Mal'tsev G.N., Tsvetkov K.lu., Rodionov A.V., Akmolov A.F., Efimov S.N., Kosarevich D.V., Viktorov E.A. The concept of building different multi-satellite communications system with mobile subscribers. Trudy Voenno-Kosmicheskoi Akademii Imeni A.F. Mozhaiskogo, 2011. No. 630. Pp. 5–10. (In Russian).

8. Tsvetkov K.lu., Rodionov A.V., Akmolov A.F., Efimov S.N., Kosarevich D.V., Viktorov E.A. The concept of building a lot of different satellite systems of communication with mobile subscribers: bandwidth and inter-satellite feeder links. Trudy Voenno-Kosmicheskoi Akademii Imeni A.F. Mozhaiskogo. 2011. No. 633. Pp. 108–123. (In Russian).

9. Aganesov A.V. Quality of Service of Aerospace Network Based on Hierarchical and Decentralized Routing Protocols. Systems of Control, Communication and Security. 2015. No. 3. Pp. 92–121. (In Russian).

10. Amosov A.A., Dubinskiil.u.A., Kopchenova N.P. Vychislitel'nye metody dlia inzhenerov [Computational methods for engineers]. Moscow, Vysshiaia Shkola Publ., 1994. 544 p. (In Russian).

11. Ivanov V.I. The centralized load balancing method for low earth orbit satellite system. T-Comm. 2014. No. 4. Pp. 38–42. (In Russian).

Information about authors:

Аганесов А.В., assistant of head of training department. Military Training and Research Center of the Air Force Military Air Academy Named After Professor N.E. Zhukovsky and Ju.A. Gagarin;

Макаренко С.И., Ph.D., docent, associate professor at the Department of Networks and Communication Systems of Space Systems Military Space Academy.

For citation:

Аганесов А.В., Макаренко С.И. The traffic balancing method between aero and space segments in aerospace network based on Mesh-technology. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 1. Pp. 17–25. (In Russian).

ОПЕРАТИВНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В ИЕРАРХИЧЕСКОЙ РАДИОСЕТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПРОТОКОЛОМ ТИПА X.25

Цимбал

Владимир Анатольевич,

д.т.н., профессор, профессор кафедры
автоматизированных систем управления
филиала Военной академии РВСН
имени Петра Великого,
г. Серпухов, Россия,
tsimbalva@mail.ru

Тоискин

Василий Евгеньевич,

к.т.н., преподаватель кафедры
автоматизированных систем управления
филиала Военной академии РВСН
имени Петра Великого,
г. Серпухов, Россия,
vetoiskin@mail.ru

Сандулов

Николай Васильевич,

к.т.н., заместитель генерального
директора Московского Ордена
Трудового красного знамени
научно-исследовательского
радиотехнического института,
г. Москва, Россия,
n_sandulov@mail.ru

Хоптар

Виталий Владимирович,

начальник ВП МО РФ АО НПП «Полёт»,
г. Нижний Новгород, Россия,
vhoptar@mail.ru

Ключевые слова:

иерархическая радиосеть;
соединение типа «точка-многоточка»;
конечная марковская цепь;
вероятностно-временные характеристики;
информационный обмен.

АННОТАЦИЯ

Предметом исследования является своевременность доставки циркулярных сообщений в сети автоматизированной системы управления военного назначения. Целью исследования является разработка научно-методического аппарата для получения количественных значений своевременности. Показано, что процесс информационного обмена в иерархической радиосети автоматизированной системы управления военного назначения с протоколом типа X.25 при доведении «сверху-вниз» циркулярных сообщений является случайным и может быть описан конечной марковской цепью. Доказано, что для произвольного кластера соединения «точка-многоточка» можно синтезировать конечную марковскую цепь по выявленным правилам, инвариантным к системным параметрам соединения. Постулируется, что качество информационного обмена в сети может быть оценено временными и вероятностно-временными характеристиками доведения сообщений. Для нахождения указанных характеристик используется модификация известного в теории конечной марковской цепи уравнения Колмогорова-Чепмена, которая учитывает разную длину шагов перехода исследуемого процесса информационного обмена из состояния в состояние. Теоретическая значимость исследования заключается во введении в теорию конечной марковской цепи понятия «параллельная конечная марковская цепь», позволяющая описывать параллельно протекающие вероятностные процессы на разных уровнях иерархии сети. На основе выше указанного научно-методического аппарата синтезирована математическая модель информационного обмена по протоколу типа X.25 для конкретного кластера соединения сети вида «точка-многоточка». Практическая значимость исследования заключается в нахождении с использованием полученной математической модели временных и вероятностно-временных характеристик процесса доведения сообщений в сети с протоколом X.25 при исходных данных имеющих место в реальных системах передачи данных. Кроме того, определяется среднее количество радиопередатчиков, работающих в эфире на длительности процесса доведения сообщений в иерархической сети «сверху-вниз», что позволяет исследовать в дальнейшем вопросы скрытности процесса информационного обмена в сетях автоматизированной системы управления военного назначения. Показано, что используемый научно-методический аппарат применим для исследования процессов информационного обмена в сетях автоматизированной системы управления военного назначения с любым числом уровней иерархии и произвольной нормой управляемости на каждом из уровней.

Протокол канального уровня X.25 (HDLC) является базовым для многих протоколов доведения сообщений в различных сетях передачи данных (СПД), каналы связи в которых имеют невысокое качество по вероятности ошибки (10^{-2} и менее) и малую пропускную способность (единицы – десятки кбит/с). Последнее обуславливает востребованность данного протокола в радиосетях иерархических автоматизированной системы управления (АСУ) военного назначения (ВН). Типовая структура иерархической АСУ ВН представлена на

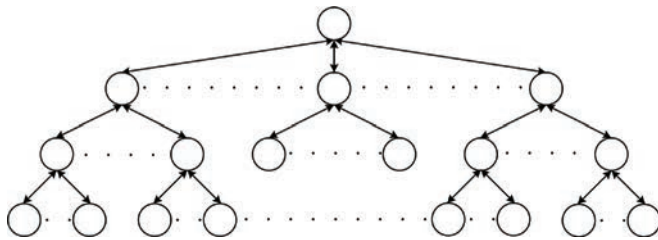


Рис. 1. Типовая структура иерархической АСУ ВН

рис. 1.

Спецификой информационного обмена в рассматриваемой АСУ ВН является то, что в ней доводятся «сверху-вниз» и «снизу-вверх» как формализованные, так и неформализованные сообщения. Наиболее сложным вариантом информационного обмена является доведение циркулярного сообщения «сверху-вниз». Согласно протоколу X.25 верхнее по иерархии звено управления (ЗУ) реализует доставку передаваемого циркулярного сообщения в соединении «точка-многоточка» путем его многократной передачи с получением от нижних ЗУ квитанций. Передача верхним ЗУ прекращается при получении квитанции от всех ЗУ в указанном соединении (успех доведения). При исчерпании всех повторов передачи и неуспехе доведения сообщения до одного (или нескольких) абонентов ЗУ выдает в систему управления сетью сигнал «Отказ соответствующего канала». Нижнее ЗУ, получив сообщение, инициирует информационный обмен подобным же образом со своими абонентами. Последние, получив сообщение, в свою очередь инициируют информационный обмен подобным же образом уже со своими абонентами.

Таким образом, в рассматриваемой иерархической радиосети на разных уровнях иерархии одновременно протекают однотипные процессы доставки одинаковых сообщений. Описание общего процесса доведения предлагается реализовать на базе так называемых «параллельных конечных марковских цепей», предложенных и описанных в [1–5]. Для начала опишем процесс доведения сообщений в типовом варианте соединения «точка-многоточка» (в типовой подсети рассматриваемой иерархической радиосети), структурная схема которой представлена на рис. 2.

Она включает три нижние абонентские станции (АС) и одну верхнюю станцию (В), соединенные радиально дуплексными односторонними по вероятности

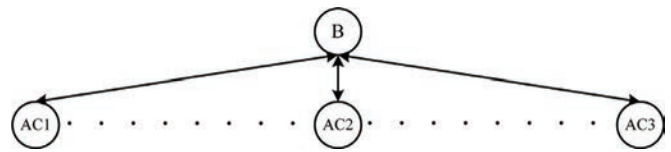


Рис. 2. Структурная схема типовой подсети рассматриваемой иерархической радиосети

ошибки каналами связи. Процесс доведения сообщений происходит в дискретные моменты времени, вызванные передачей сообщения и квитанции, и имеет конечное число состояний. Именно поэтому его удобно представлять в виде поглощающей конечной марковской цепи (ПКМЦ) [1]. Направленный граф переходов ПКМЦ для указанного варианта СПД представлен на рис. 3. Граф включает следующие состояния.

- S_0 – В выдала повтор сообщения;
- S_1 – какая-либо одна из АС-получателей из трех возможных (АС1 или АС2, или АС3) приняла повтор сообщения и выдала квитанцию;
- S_2 – В от одной АС-получателя квитанцию получила;
- S_3 – вторая из двух оставшихся АС-получателей приняла повтор сообщения и выдала квитанцию;
- S_4 – В квитанции от двух АС-получателей приняла;
- S_5 – третья АС-получатель приняла повтор сообщения и выдала квитанцию;
- S_6 – одновременно любые две из трех АС-получателей приняли повтор сообщения и выдали квитанции;
- S_7 – обе оставшиеся АС-получатели приняли сообщение и выдали квитанцию;
- S_8 – все три АС-получатели приняли сообщение и выдали квитанции;
- S_9 – один из оставшихся получателей сообщение не получил;
- S_{10} – ни один из двух получателей сообщение не получил;
- S_{11} – ни один из трех получателей сообщение не получил;
- S_{12} – квитанции от всех АС-получателей приняты.

Матрица переходных вероятностей для данного варианта сети имеет вид:

$$P_{[13,13]} = \begin{pmatrix} 0 & P_{01} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{06} & 0 & P_{08} & 0 & 0 & P_{011} & 0 \\ P_{10} & 0 & P_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{27} & 0 & 0 & P_{210} & 0 \\ 0 & 0 & P_{32} & 0 & P_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{45} & 0 & 0 & 0 & P_{49} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_{53} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{512} \\ P_{60} & 0 & 0 & 0 & P_{64} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{72} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{712} \\ P_{80} & 0 & P_{82} & 0 & P_{84} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{812} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

В силу независимости процесса доведения сообщений для любой из N АС переходные вероятности матрицы (1) находятся по биномиальному закону. Конкретные выражения для указанных вероятностей приведены в [1].

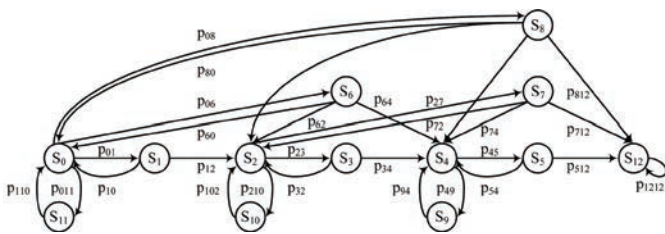


Рис. 3. Граф переходов ПКМЦ

Номера состояний графа и их взаимосвязи отображаются переходными вероятностями, а последние, в свою очередь, определяются своими индексами. Исходя из изложенного, задача нахождения (синтеза) элементов матрицы переходных вероятностей выливается в задачу нахождения соответствующих им индексов. Введем параметры i и j и выразим через них текущие номера состояний k графа переходов. Параметр j показывает номер ряда, в котором находится состояние S_k и равен $0 \leq j \leq N$, а параметр i пробегает все значения от 0 до $(N-j)$. Тогда алгоритм такого синтеза следующий.

Пусть N – число абонентов сети передачи данных, тогда:

I. Изменяем i от 0 до $N-j$, j от 2 до N и по ниже приведенным правилам П1-П5 вычисляем ненулевые элементы первых $2N$ строк матрицы переходных вероятностей. Остальные элементы этих строк равны 0.

$$\left. \begin{aligned} \text{П1: } p_{2i+1,2i} &= q_{\text{KB}}, && \text{при } 0 \leq i \leq N-1 \\ \text{П2: } p_{2i+1,2(i+1)} &= p_{\text{KB}}, && \text{при } 0 \leq i \leq N-1 \\ \text{П3: } p_{2N-1,(N+1)(N+2)/2-i} &= p_{\text{KB}}, && \text{при } i = N-1 \\ \text{П4: } p_{2i,z} &= q_c^{N-i}, && \text{при } i = N-1 \\ \text{П5: } p_{2i,2N+(2N-j+1)(j-2)/2+i} &= C_{N-i}^j p_c^j q_c^{N-i-j}, && \text{при } i = N-1 \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

$$\text{где } z = \frac{N^2 + 5N - 2}{2} - i \quad (3)$$

II. Изменяем j от 2 до N , l от 0 до j , i от 0 до $N-j$ и по правилам П6, П7 вычисляем ненулевые элементы следующих строк матрицы переходных вероятностей. Остальные элементы этих строк равны нулю.

$$\left. \begin{aligned} \text{П6: } p_{2N+(2N-j+1)(j-2)/2+i,2(i+1)} &= C_j^l p_{\text{KB}}^l q_{\text{KB}}^{j-l}, \\ \text{при } \left\{ \begin{array}{l} 2 \leq j \leq N \\ 0 \leq l \leq j \\ 0 \leq i \leq N-j \end{array} \right\} \wedge \left\{ \begin{array}{l} l \neq j \\ i \neq N-j \end{array} \right\} \\ \text{П7: } p_{3N+(2N-j+1)(j-2)/2-j,(N+5N)/2} &= p_{\text{KB}}^j, \\ \text{при } 2 \leq j \leq N, l = j, i \neq N-j \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

III. Изменяем i от 0 до $N-1$ и находим номера строк и столбцов матрицы переходных вероятностей, на пересечении которых стоят 1, т.е. $p_{z-i,2i} = 1$. А остальные элементы предпоследних N строк матрицы (1) равны 0.

IV. Ненулевой элемент последней строки матрицы с номером $(N^2 + 5N)/2$ стоит в последнем столбце с таким же номером равен 1. Остальные элементы последней строки равны 0.

ПКМЦ базируются на следующих определениях [1].

Определение 1. Параллельной КМЦ называется множество КМЦ, находящихся в иерархической зависимости друг от друга и проистекающих параллельно (одновременно).

Определение 2. Иерархическими КМЦ называется множество упорядоченных КМЦ, при этом признаком упорядочения является инициализация одной КМЦ другой.

Определение 3. Первая частная КМЦ, инициализирующая какие-либо другие частные КМЦ, называется материнской. Остальные КМЦ называются дочерними.

Определение 4. Материнским называется граф, отображающий материнскую КМЦ. Дочерним называется граф, отображающий дочернюю КМЦ. Материнский граф располагается горизонтально, а дочерние как вертикально так и горизонтально.

Определение 5. Графы, располагающиеся горизонтально, называются ярусами.

Определение 6. Графы, располагающиеся вертикально, называются уровнями.

Нас интересуют ВВХ передачи сообщений по всей информационной сети. Их можно найти на основе известного в теории КМЦ уравнения Колмогорова-Чепмена (УКЧ) с некоторой модификацией. УКЧ записывается следующим образом. Если КМЦ имеет n состояний, то распределение вероятностей состояний на i -ом шаге находится так [1-5]:

$$P_{(n)}^{(i)} = P_{(n)}^{(i-1)} P_{[n,n]} \quad (5)$$

где $P_{[n,n]}$ – матрица переходных вероятностей МПВ, $P_{(n)}^{(i)}$ и $P_{(n)}^{(i-1)}$ – вектор-строка вероятностей состояний на i -ом и $(i-1)$ шагах процесса соответственно.

Как материнские, так и все дочерние графы рассчитываются по уравнению (1), однако их взаимосвязь учитывается по следующему правилу.

Правило 1. Результат решения УКЧ в дочернем графе на текущем шаге умножается на вероятность состояния, из которого он выходит на этом же шаге [1].

Правило 2. Общее время процесса, описываемого ПКМЦ (число шагов), отсчитывается от первого шага материнского графа до последнего шага последнего дочернего графа [1].

Одним из достоинств ПКМЦ является их возможность описывать процесс передачи в сети не только «сверху-вниз», но и по рокадным связям. При этом в дочерних ПКМЦ добавляется количество состояний по числу рокадных связей.

Помимо ВВХ разработчика интересует динамика доставки сообщений до абонентов нижнего уровня иерархии. Показателем такой динамики может быть среднее число абонентов и СКО числа абонентов получивших сообщение в произвольный момент времени.

Данные величины рассчитываются по следующим формулам [1, 2]:

$$M[A] = \sum_{i=0}^N i \cdot P_i \quad ; \quad (6)$$

$$\sigma_x = \sqrt{D[A]} = \sqrt{\sum_{i=0}^N (i - M[A])^2 \cdot P_i}, \quad (7)$$

где i – количество абонентов получивших сообщение; N – норма управляемости; P_i – вероятность данного события.

Таким образом, представлен подход к математическому моделированию процесса доведения сообщений в иерархической радиосети АСУ ВН на базе теории ПКМЦ. Основываясь на данном подходе, произведем расчет характеристик информационного обмена в иерархической радиосети АСУ ВН при следующих исходных данных: $L_{\Pi} = 120$ бит; $L_{\text{КВ}} = 56$ бит; $p_0 = \{10^{-2}; 5 \cdot 10^{-3}; 10^{-3}; 5 \cdot 10^{-4}\}$; $N_{\text{повторов}} = 48$; $K_{\text{гот}}$ – коэффициент готовности каналов связи; $N_1 = 3$ – норма управляемости первого уровня иерархии; $N_2 = 3$ – норма управляемости второго уровня иерархии; $N_3 = 3$ – норма управляемости третьего уровня иерархии; $P_{\text{тр}} = 0,999$; $V = 1200$ бит/с.

Для начала найдем вероятность доведения сообщения за один повтор, вероятность недоставки, вероятность доведения квитанции и вероятность ее недоставки по формулам (8)–(11).

$$p_{\Pi} = (1 - p_0)^{L_{\Pi}}, \quad (8)$$

$$q_{\Pi} = 1 - p_{\Pi}, \quad (9)$$

$$p_{\text{КВ}} = (1 - p_0)^{L_{\text{КВ}}}, \quad (10)$$

$$q_{\text{КВ}} = 1 - p_{\text{КВ}}. \quad (11)$$

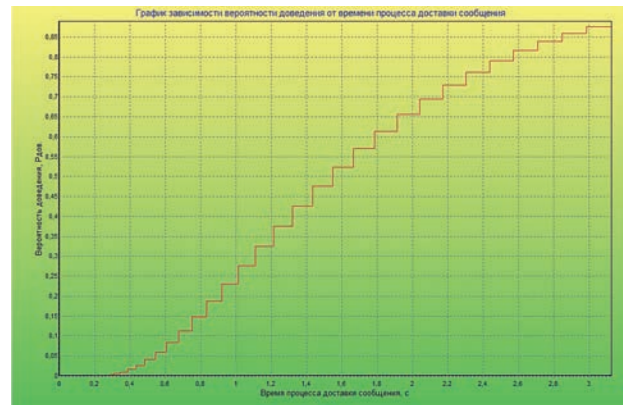
Из технических требований на АСУ ВН следует, что она устойчиво работает при вероятности ошибки в канале связи, не превышающей 10^{-2} . Реально в каналах УКВ диапазона p_0 не может быть меньше. Поэтому исследование искомым характеристик проведено для значения p_0 в пределах $10^{-2} - 10^{-4}$.

Найденные вероятностно-временные и временные характеристики доведения сообщения до абонентов нижнего уровня иерархии для указанных исходных данных представлены в виде следующих зависимостей (рис. 4–5).

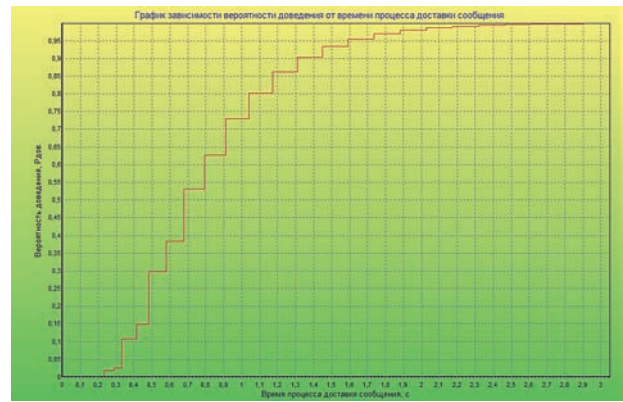
Одним из показателей оперативности информационного обмена в иерархической радиосети АСУ ВН является средняя длительность работы одиночного передатчика на излучение в ходе его информационного обмена в соединении «точка-точка». Для такого случая на основе аппарата КМЦ было получено выражение для среднего времени доставки однопакетного сообщения между двумя звеньями АСУ ВН, корреспондирующими по УКВ радиоканалу. Данное выражение имеет вид:

$$M[t] = \frac{\tau_{\text{КВ}} p_{\Pi} + \tau_c}{p_{\Pi} p_{\text{КВ}}} \quad (12)$$

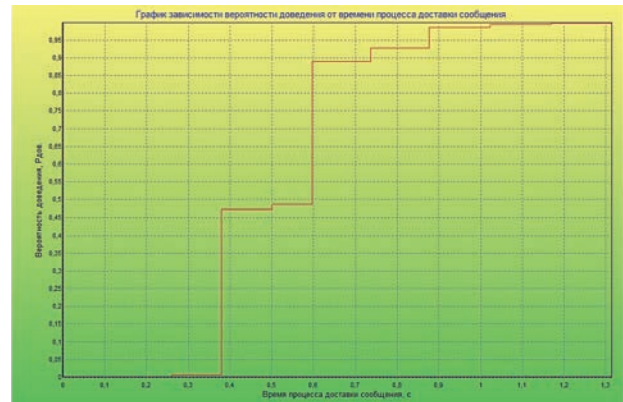
Графики зависимости среднего времени излучения одиночного передатчика от вероятности ошибки и скорости передачи представлены на рис. 6. При расчетах вероятность ошибки также бралась в диапазоне $10^{-2} - 10^{-4}$, а скорость передачи информации принималась равной 1200, 2400, 4800 бит/с. Из графиков следует, что искомая величина лежит в пределах 0,05–0,68 с.



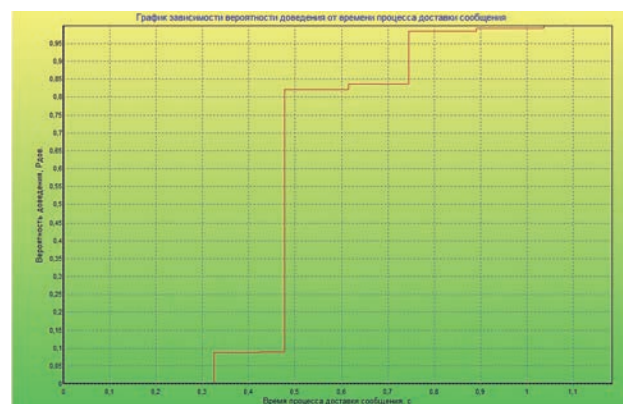
а)



б)



в)



г)

Рис. 4. График зависимости вероятности доведения от длительности процесса доведения сообщений при $p_0 = \{a) 10^{-2}; б) 5 \cdot 10^{-3}; в) 10^{-3}; г) 5 \cdot 10^{-4}\}$

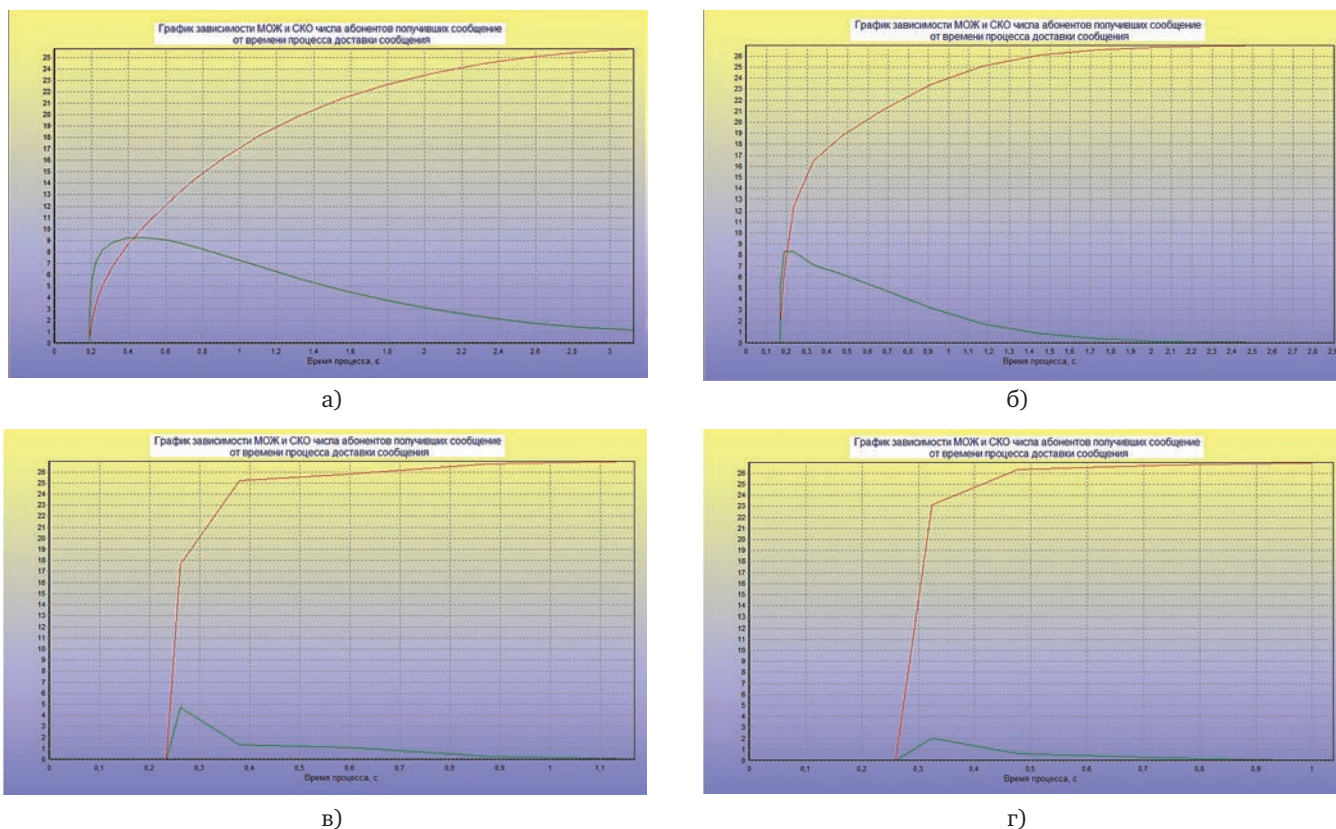


Рис. 5. Графики зависимости среднего числа абонентов, получивших сообщение и СКО среднего числа абонентов от времени процесса доведения сообщения при $p_0 = \{a) 10^{-2}; б) 5 \cdot 10^{-3}; в) 10^{-3}; г) 5 \cdot 10^{-4}\}$

Таким образом, представлен подход к определению оперативности информационного обмена в иерархической радиосети АСУ ВН с протоколом типа Х.25, а также среднего времени излучения одиночного передатчика при доведении информации «сверху-вниз».

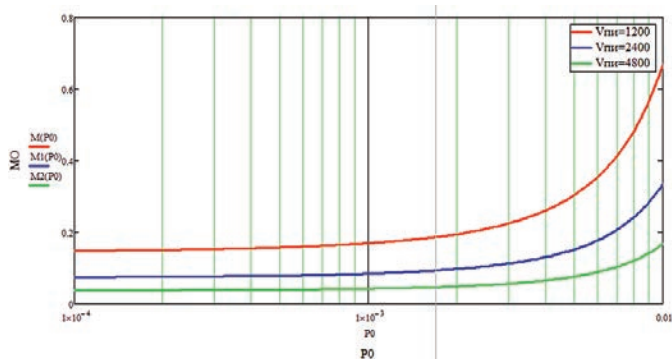


Рис. 6. Графики зависимости среднего времени излучения одиночного передатчика от вероятности ошибки и скорости передачи

Литература

1. Цимбал В.А. Качество информационного обмена в сетях передачи данных. Марковский подход: монография. М.: Вузовская книга, 2014. 161 с.
2. Цимбал В.А., Вальваков А.М., Попов М.Ю. Анализ характеристик конечных марковских цепей при разных шагах переходов // Известия Ин-та инженерной физики. 2014. № 1(31). С. 53–56.
3. Цимбал В.А., Косарева Л.Н. Метод фиктивных состояний определения характеристик конечных марковских цепей при разной длине шага переходов // Материалы VI междунар. конф. Пущино, 1999. 286 с.
4. Цимбал В.А. Нахождение характеристик реальных процессов на основе метода фиктивных состояний. Измерительная техника. 2001. № 12. С. 43–45.
5. Цимбал В.А., Попов М.Ю., Дробышев М.Ю. Математическое моделирование процесса доведения сообщения в радиосети без обратной связи с повторениями и накоплением информации / Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 3. С. 78–83.

Для цитирования:

Цимбал В.А., Тоискин В.Е., Сандулов Н.В., Хоптар В.В. Оперативность информационного обмена в иерархической радиосети автоматических систем управления военного назначения с протоколом типа Х.25 // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 26–31.

EFFICIENCY OF AN INFORMATION EXCHANGE IN THAN HIERARCHIAL RADIO NETWORK OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM ARE MORE MILITARY-ORIENTED WITH THE PROTOCOL OF TYPE X.25

Tsimbal Vladimir Anatol'evich,
Serpuhov, Russia, tsimbalva@mail.ru

Toiskin Vasilij Evgen'evich,
Serpuhov, Russia, vetoiskin@mail.ru

Sandulov Nikolaj Vasil'evich,
Moscow, Russia, n_sandulov@mail.ru

Hoptar Vitalij Vladimirovich,
Nizhni Novgorod, Russia, vhohtar@mail.ru

Abstract

Object of research are timeliness of delivery of circular messages in a network of the automated control system (ACS) are more military-oriented (MO). A research objective are development scientifically - the methodical device for obtaining of the quantitative values of timeliness. It are show that process of an information exchange in a hierarchial radio network of the ASC of MO with the protocol of type X.25 when finishing "from top to down" circular messages are casual and could be describ by a finite Markov circuit (FMC). It are prov that for the arbitrary cluster of connection "point multipoint" it are possible to synthesize FMC by the reveal rules, invariant to system parameters of connection. It are postulat that quality of an information exchange in a network could be estimat temporary and are probability - time response characteristics of finishing of messages. For finding of the specif characteristics modification of FMC of the equation of Kolmogorov Chapman known in the theory who considered different length of steps of passage of research process of an information exchange from a state in a state are us. The theoretical significance of research consisted in introduction in the theory of FMC of concept «parallel FMC (PFMC)», allow to describe parallely result probability processes at different levels of hierarchy of a network. On the basis of above specif scientifically - the methodical device the mathematical model of an information exchange on the protocol of type X.25 for a specific cluster of connection of a network of a type "point-multipoint" are synthesiz. The practical significance of research consisted in finding with usage of the receiv mathematical model temporary and are probability - time response characteristics of process of finishing of messages in a network with the protocol X.25 at the initial data of the data t place in actual transmission systems. Besides, the average amount of the radio transmitters work on air on duration of process of finishing of messages in a

hierarchial network "from top to down" that allowed to research further questions of reserve of process of an information exchange in networks of the ASC of MO are defin. It are show that us scientifically - the methodical device are applicable for research of processes of an information exchange in networks of the ASC of MO with any number of levels of hierarchy and the arbitrary norm of controllability on each of levels.

Keywords: hierarchial radio network; connection of type "point multipoint"; a finite Markov circuit; are probability-time response characteristics; information exchange.

References

1. Tsimbal V.A. Kachestvo informacionnogo obmena v setjah peredachi dannyh. Markovskij podhod. Monografija. [Quality of information exchange in data transmission networks. Markovsky approach. Monograph]. Moscow, Vuzovskaja kniga, 2014. 161 p. (In Russian).
2. Tsimbal V.A., Val'vakov A.M., Popov M.Yu. Analiz harakteristik konechnih markovskih cepej pri raznih shagah perehodov [The analysis of characteristics of final markovsky chains at different steps of transitions]. Izvestiya Instituta inzhenernoy fiziki. 2014. No. 1(31). Pp 53–56. (In Russian).
3. Tsimbal V.A., Kosareva L.N. Metod fiktivnih sostoyanij opredeleniya harakteristik konechnih markovskih cepej pri raznoj dline shaga perehodov [Method of fictitious conditions of definition of characteristics of final markovsky chains at different length of a step of transitions]. Materialy VI mezhdunarodnoy konferentsii [Materialy VI mezhdunarodnoy konferentsii]. Pushchino, 1999. 286 p. (In Russian).
4. Tsimbal V.A. Finding of characteristics of real processes on the basis of a method of fictitious conditions. Measurement Nechniques. 2001. No. 12. Pp. 43–45. (In Russian).
5. Tsimbal, V.A., Popov M.Yu., Drobyshchev M.Yu. Matematicheskoe modelirovanie protsessa dovedeniya soobshcheniya v radioseti bez obratnoy svyazi s povtorenyami i nakopleniem informatsii [Mathematical modeling of process of finishing of the message in a radio network without feedback with repetitions and information accumulation]. Informacionnie tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2010. No. 3. Pp. 78–83. (In Russian).

Information about authors:

Tsimbal V.A., Ph.D., professor, the professor of chair of the automated control systems of military academy.

Toiskin V.E. Ph.D., lecturer of chair of the automated control systems of military academy.

Sandulov N.V. Ph.D., assistant to the general director Moscow Award of the Labour red banner research radio engineering institute.

Hoptar V.V. chief of military acceptance of the MD RF of JSC "RPE "Weeded".

For citation:

Tsimbal V.A., Toiskin V.E., Sandulov N.V., Hoptar V.V. Efficiency of an information exchange in than hierarchial radio network of the automatic control system are more military-oriented with the protocol of type X.25. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 1. Pp. 26–31. (In Russian).

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ СЕНСОРНЫХ ДАТЧИКОВ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Шаров

Сергей Николаевич,

д.т.н., главный научный сотрудник
ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,
г. Санкт-Петербург, Россия,
crgi-granit@perterlink.ru

Толмачев

Сергей Геннадьевич,

к.т.н., начальник научно-
исследовательской лаборатории
ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,
г. Санкт-Петербург, Россия,
crgi-granit@perterlink.ru

Ключевые слова:

многоканальная обработка информации; семантическое сжатие; освещение обстановки; производственная модель; решающие правила.

АННОТАЦИЯ

Рассматриваемый многофункциональный комплекс аппаратуры дистанционного наблюдения беспилотными аппаратами состоит из трёх основных частей: измерительная (сенсорная) часть, аппаратура линии связи и судово-вой программно-аппаратный комплекс автоматической или чаще автоматизированной обработки информации, с которым работают люди-операторы, решающие разнообразные задачи. Активное развитие комплексов аппаратуры освещения наземной, надводной и воздушной обстановки с различными информационными каналами приводит к увеличению загруженности линий связи информацией, обрабатываемой на автоматизированных рабочих местах операторами, выполняющими функции распознавания и принятия решений. По мере увеличения количества информационных датчиков и увеличения их разрешающей способности остро встает задача сокращения передаваемой информации от измерительной части к наблюдателю путём фильтрации её по приоритетам важности и достоверности, т.е. задача семантического сжатия информации. Предлагается решение на основе семантической производственной модели, как одного из вариантов системы с искусственным интеллектом. В результате семантического отбора исходная информация датчиков физических полей проходит несколько этапов обработки в реальном масштабе времени с целью оперативного и качественного выполнения функций мониторинга.

На примере аппаратуры дистанционного мониторинга поверхности Земли и окружающей атмосферы группой беспилотных летательных аппаратов с различными датчиками показана возможность и целесообразность семантического сжатия исходной информации. Для каждого информационного канала используется собственная база данных в части признаков и их параметров для классификации наблюдаемых объектов, отсортированных в соответствии с их значимостью. Порядок сортировки может меняться оператором в процессе получения им результатов мониторинга или оперативного изменения задач наблюдения.

Рассмотренный вариант семантического сжатия передаваемой информации позволяет оперативно изменять правила отбора сообщений по приоритетам ценности информации и достоверности, которые априори закладывает оператор при составлении полётного задания беспилотных летательных аппаратов, а также изменять маршрут движения беспилотных летательных аппаратов.

Предложена структурная схема семантической обработки информации мониторинга. Получены решающие правила для каждого этапа обработки. Приведены оценочные значения коэффициента сжатия.

Комплекс аппаратуры дистанционного наблюдения беспилотными аппаратами (БЛА) состоит из трёх основных частей: измерительная (сенсорная) часть, аппаратура линии связи и программно-аппаратный комплекс (ПАК) автоматической или чаще автоматизированной обработки информации, с которым на автоматизированных рабочих местах (АРМ) работают люди-операторы, решающие разнообразные задачи [1–7].

При большом объёме получаемой информации и скорости её обновления пропускная способность линии связи не позволяет передавать всю информацию, получаемую датчиками. Первичная информация, получаемая датчиками различной физической природы, представляется как относительное значение некоторой физической величины U , изменяющейся в координатах, например, X, Y, Z наблюдаемой площади или объёма. Величиной U может быть интенсивность эхо-сигнала для активных оптических и радиолокационных датчиков, интенсивность теплового излучения или отражения дневного света и т.д.

Максимальный мгновенный объём информации M_k , получаемый одним датчиком, определяется мгновенным полем зрения $X_{пз}, Y_{пз}, Z_{пз}$ датчика, максимальным значением наблюдаемого сигнала U_H и разрешающей способностью $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ и ΔU , т.е.

$$M_k = (X_{пз} Y_{пз} Z_{пз} U_H) / (\Delta X \Delta Y \Delta Z \Delta U).$$

Объём информации M_T , получаемый в одну секунду K датчиками с частотой обновления F_k , определяется как:

$$M_T = \sum_{k=1}^K M_k \cdot F_k. \quad (1)$$

Величина (1) для современных и перспективных комплексов аппаратуры наблюдения может достигать значений 10^{10} – 10^{12} байт и обновляться с частотой десятков и даже сотен герц. Таким образом, наблюдается тенденция увеличения объёма и скорости обновления получаемой информации при ограничениях пропускной способности линии связи. Необходимость сжатия информации обостряется при мониторинге поверхности Земли группой БЛА, передающих данные наблюдения на АРМы операторов через ретранслятор. Естественным выходом из этого противоречия, является передача не первичной информации датчиков, а обработанной до уровня, необходимого потребителю. Например, потребителя не интересуют уровни и другие признаки эхо-сигналов, но интересуют наличие судна-нарушителя в запретной зоне или прохода во льдах. Возникает своего рода информационный дуализм: наличие или отсутствие информации зависит от потребностей наблюдателя. Реализация этого подхода подразумевает полную автоматизацию обработки результатов наблюдений на месте размещения датчиков-измерителей. Предлагается решить задачу сокращения передаваемой информации от измерительной части на пост наблюдения на основе семантической продукционной модели, как одного из вариантов системы с искусственным ин-

теллектом. Исходная информация с датчиков физических полей проходит несколько этапов обработки в реальном масштабе времени с целью принятия решения о загрузке линии связи актуальной информацией. Принимаемые решения являются многокритериальными и носят вероятностный характер.

Семантическая продукционная модель комплекса аппаратуры дистанционного наблюдения

Продукционная модель комплекса дистанционного наблюдения содержит следующие основные части [8]: $I; Q; P; A=>B; N$, где:

I – имя информационных данных, с помощью которого данная продукция выделяется из всего множества продукций. В рассматриваемой задаче на конечном этапе это имя аномального явления (пожар, наводнение, концентрация вредного вещества и т.д.) и (или) измеряемого параметра с его числовой оценкой.

Q – признак значимости продукции (разложение получаемой информации по назначению: чрезвычайное происшествие (природное или техногенное), охрана, экология, научные исследования и т.д.).

P – условие применимости ядра продукции. Когда P принимает истинное значение, ядро активизируется.

$A=>B$ – ядро, основной элемент продукции, правило принятия решения о наличии продукции и её числовой оценки. A показывает условия (детерминированные или стохастические), при которых возможно совершить действие B . Для рассматриваемой задачи B – условие целесообразности последующей обработки и комплексирования некоторой определённой части информации с информацией других каналов или передачи оператору.

Элементы N описывают постусловия продукции. Они активизируются только в том случае, если ядро продукции реализовалось. Постусловия описывают действия и процедуры, которые необходимо выполнить после реализации B .

В памяти аппаратуры БЛА и ретранслятора хранится система продукций. В этой системе заданы процедуры управления продукциями, с помощью которых происходит выбор выполняемых продукций из числа активизированных.

Система семантического сжатия передаваемой информации многоканального измерителя одного БЛА

Каждый из каналов, особенно использующих различные физические принципы индикации объектов мониторинга, имеет свои особенности обработки сигналов, оценку шумов, фона, признаков обнаружения и распознавания наблюдаемых объектов, свою тактовую частоту обновления информации. Рассмотрим приведенную модель на примере структурной схемы обработки информации многоканального наблюдателя-измерителя на рис. 1. В качестве примера, позволя-

ющего привести решающие правила принятия решений, используем бортовой лазерный локатор [1] как типовой локационный канал мониторинга.

На схеме рис. 1 обозначены: $1_k - 4_k$ – блоки обработки информации каждого $k[1:K]$ – канала одного БЛА, $5_{сЛА} - 6_{сЛА}$ – блоки объединения информации всех датчиков одного БЛА, $5_p - 6_p$ – блоки объединения информации всех $s[1:S]$ БЛА, размещённые на БЛА-ретрансляторе.

Блоки 1_k – преобразователи текущего значения физической величины в электрический сигнал $U_{ki}(t)$ каждого k -ого канала. Это приёмные устройства оптического или электромагнитного излучения с каждого i -ого элемента разрешения наблюдаемой зоны, в координатах оптической или антенной системы k -ого канала, например, в полярных координатах $\psi_{ki}, \nu_{ki}, R_{ki}$ – углы и дистанция.

Здесь обнаружением является принятие решения о наличии или отсутствии сигнала $U_{ki}(t)$ для его дальнейшего анализа в каждом разрешаемом объеме зоны поиска. При обнаружении допустимы только два решения: «сигнал есть» или «сигнала нет».

В реальных условиях параметры принимаемых сигналов являются величинами случайными, поэтому порог $U_{п}$ первичного обнаружения наблюдаемого сигнала $U_c = U_{ki}(t)$ на входе каждого k -ого канала устанавливается в соответствии с критерием Неймана-Пирсона [1]. Исходя из заданной полётным заданием величины ложной тревоги $P_{лт}$, которая для различных измерительных каналов изменяется в пределах от 10^{-2} до 10^{-6} , значение $U_{п}$ выставляется автоматически путём подсчёта числа шумовых выбросов, превосходящих порог обнаружения. В процессе мониторинга оператор может менять величину $P_{лт}$, увеличивая её при отсутствии сигналов обнаружения и уменьшая при увеличении числа обнаружений, оказавшимися помехами по результатам последующей обработки в блоках 2 – 4.

Оперативной оценкой качества обнаружения сигнала U_c является отношение $U_c/U_{п}$. Она дополняется

геометрическими координатами $\psi_{ki}, \nu_{ki}, R_{ki}$ и временем обнаружения t_{ki} . Продукцией этого этапа мониторинга является определение числа элементов пространства в направлении зондирования, в которых наблюдается отражённый сигнал, превышающий порог обнаружения с заданной величиной $P_{лт}$.

Информацией I_{1k} блока 1_k является факт обнаружения или не обнаружения отражённого сигнала в каждом элементе пространственного разрешения $i(\psi_{ki}, \nu_{ki}, R_{ki})$. Наличие высокого уровня сигнала обратного рассеяния и порога обнаружения является информацией, свидетельствующей о низком уровне достоверности этого информационного датчика.

Условием P применимости информации I_{1k} блока 1_k является качество q_k : «хорошее», «нормальное» или «плохое». Лингвистическая переменная «качество информации» (q_k) задается функциями принадлежности нечетких переменных, определяемых на множествах значений $U_{сop}/U_{п}$ и $N_{ш}$,

где $U_{сop}$ – уровень сигнала обратного рассеяния, $U_{п}$ – порог обнаружения, $N_{ш}$ ($U_{ш}/U_{п}$) – число шумовых выбросов, превысивших порог обнаружения при одном зондирующем импульсе. Значение q_k является составляющей Q_k – признака значимости продукции канала k .

Следующий этап обработки сигналов реализуется в блоке 2_k . Здесь решение о наличии сигнала и его классификационных признаках выносятся на основе наблюдения эхо-сигналов нескольких зондирующих сигналов с одного направления от соответствующих элементов разрешения по дистанции.

Блоки 2_k – накопители-сумматоры сигналов U_{kxyzi} в заданных координатах зоны наблюдения X, Y, Z (или географических координатах λ, ϕ, H).

Продукцией этого блока I_{2k} являются параметры (средние значения и дисперсия) отражённого сигнала: дистанция, амплитуда, отношение сигнал / шум, форма, деполаризация и изменение во времени численных

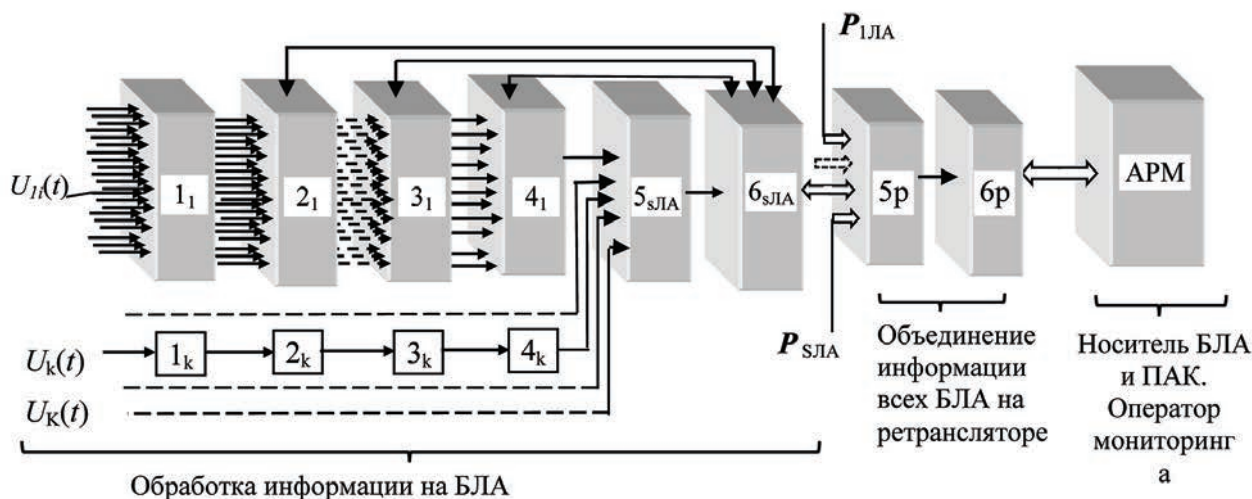


Рис. 1. Структурная схема обработки информации мониторинга

значений этих признаков отражённого сигнала. Информация I_{2k} представляет $N2$ одномерных массивов Un , соответствующих $N2$ обнаруженным сигналам и $N1$ измеренным параметрам отражённого сигнала $Un[Dn, \vartheta_n, \psi_n, n(1:N1)]$, где Dn – дистанция до отражающего элемента, ϑ_n, ψ_n – направление лазерного луча в вертикальной и горизонтальной плоскости, $n(1:N1)$ – численные значения измеренных параметров отражённого сигнала.

Нумерация обнаруженных сигналов (сортировка) начинается с сигнала, полученного на меньшей дистанции, $Un(1)$ – ближайшего к БЛА, до $Un(N2)$ – дальний от БЛА. Измерение параметров наблюдаемых сигналов с одного направления не даёт полного каталога признаков, используемых для распознавания (селекции и классификации) объектов.

Важным классификационным признаком являются геометрические размеры наблюдаемых объектов, определяемые в процессе сканирования пространства узким угловым полем зрения лазерного локатора.

Блоки 3_k определяют векторы наблюдаемых признаков сигналов Un_{xyzi} для каждого элемента разрешения в заданных координатах. Входные сигналы на рис. 1, обозначенные пунктирными стрелками означают запаздывание и возможно меньшую частоту поступления, относительно входных сигналов предыдущего блока.

Продукция этого блока I_{3k} – правило логического объединения информации о численных значениях признаков в группах «подозрительных» отсчетов посредством усреднения их значений по всем рядом стоящим элементам пространственного разрешения, в которых наблюдаются отражённые сигналы, превысившие порог обнаружения.

Совокупность рядом расположенных элементов пространства, в которых обнаружен отражённый сигнал, или одиночный элемент, окружённый неотражающими элементами, принято называть обнаруженными объектами, обладающими рядом классификационных признаков, имеющими количественную оценку. Координаты обнаруженных объектов определяются по энергетическому или геометрическому центру отражений.

Выходная информация блока 3_k представляет $N3$ одномерных массивов Un , соответствующая $N3$ обнаруженным объектам и $N1$ измеренным параметрам отражённого сигнала от объекта: $U3n[x_n, y_n, z_n, n(1:N1)]$, где x_n, y_n, z_n – координаты центра отражающих элементов объекта, $n(1:N1)$ – численные значения измеренных параметров отражённого сигнала от объекта.

В базе данных БЛА имеется каталог признаков сигналов и диапазонов их значений, принадлежащих различным объектам мониторинга. Информация, сформированная в блоке 4 представляет массив из векторов, соответствующих числу обнаруженных $N3$ объектов и расположенных в порядке их важности. Она является первой частью ядра A_k информации k -ого канала: $U4n[N_{nk}^o, x_n, y_n, z_n, n(1:N2), q_k]$, где N_{nk}^o – номер объекта по базе данных, соответствующий значимости объекта, q_k – показатель качества продукции k -ого канала,

значение которого определено ранее в блоке 1. Эта информация хранится в блоке 4 и пополняется по мере появления новых обнаруженных объектов.

Блоки 4_k вырабатывают информацию, которая является продукцией верхнего уровня для измерительной части каждого k -ого канала. Содержащиеся здесь решающие правила являются ядром $A_k = > B_k$.

В блок 5_{sIA} из блока 4 передаётся сокращённый массив B_k из $N3$ векторов

$$S_k [N_{nk}^o, x_n, y_n, z_n, k, q_k], \quad (2)$$

формируемый из $U4n$ путём удаления информации признаков классификации, заменив их условным наименованием канала, соответствующим физическому принципу обнаружения.

Численно значимость продукции канала можно оценить показателем Q_k , например, соотношением $Q_k = q_k N_k / \sum(N_{nk}^o)$, где q_k – оценка качества обнаружения, N_k – число обнаруженных объектов, $\sum(N_{nk}^o)$ – сумма коэффициентов значимости (номеров в принятом примере) обнаруженных объектов.

В блок 5_{sIA} поступает сформированная аналогично (2) информация каналов БЛА, использующих другие физические принципы обнаружения объектов, классификацию по другим признакам и другую оценку достоверности получаемой ими информации.

$$S_{k(1:K), n(1:Nk)} [N_{nk}^o, x_n, y_n, z_n, k(1:K), q_k],$$

где $S_{k(1:K), n(1:Nk)} [..]$ – массив данных всех объектов, обнаруженных K каналами.

N_{nk}^o – номер по каталогу базы данных, присвоенный n -ому объекту k -ого канала,

x_n, y_n, z_n – координаты n -ого объекта k -ого канала.

Для каждого канала используется своя база данных в части признаков и их параметров для классификации наблюдаемых объектов, но сохраняется порядок нумерации объектов в соответствии с их значимостью для целей мониторинга, установленный при составлении полётного задания. Последовательность может меняться оператором в процессе получения им результатов мониторинга или оперативного изменения его задач по указанию вышестоящего руководящего звена (операторы $Q(Q_1, Q_2, Q_3)$ на рис. 2, где Q_1 – приоритетная последовательность объектов, установленная полётным заданием, Q_2 – оперативная корректировка приоритетной последовательности по результатам мониторинга, Q_3 – изменение параметров решающих правил в отдельных каналах по текущим результатам мониторинга.

Блок 6_{sIA} формирует пакет информации для передачи из главного уровня и более низких уровней, выбирая данные из блоков 4, 3, 2 и загружая ими пропускную способность канала связи с ретранслятором.

Таким образом, блоки 5_{sIA} и 6_{sIA} реализуют семантический отбор информации для передачи ретранслятору и далее возможно операторам. Они могут быть построены по принципу систем с искусственным интеллектом [8, 10].

Приведём один из возможных вариантов алгоритмов реализации блоков $5_{\text{сЛА}}$ и $6_{\text{сЛА}}$, схема которого приведена на рис. 2.

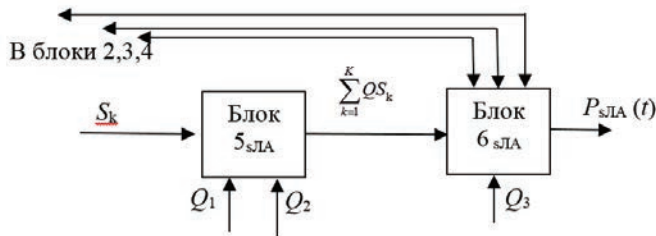


Рис. 2. Схема этапа отбора информации на ретрансляторе для передачи по линии связи

При помощи оператора Q (Q_1, Q_2, Q_3) задаётся приоритетная последовательность всей возможной продукции I_m из общего их числа M . $Q_1 = [I_1 \dots I_m \dots I_M]$ устанавливает приоритет наименований продукции, $Q_2 = [k_1 \dots k_k \dots k_K]$ – определяет приоритет каналам получения информации, $Q_3 = [T_1 \dots T_m \dots T_M]$ – определяет интервалы времени T_m допустимой дискретности обновления данных. Последовательности Q_1 и Q_3 вводятся в постоянную память блока $5_{\text{сЛА}}$ и могут изменяться по команде оператором с поста управления. Начальная последовательность Q_2 также вводится оператором как среднестатистическая, а изменяется по информации достоверности каждого k -ого канала. Например, при наличии значительной облачности или тумана нет доверия оптическим каналам, а при большом уровне радиотехнических помех снижается приоритет радиолокационного канала. Свою значимость в приоритете каждый канал корректирует автоматически, например, как показано ранее значением q_k или Q_k .

В соответствии с приоритетами Q_1 и Q_2 из $\sum_{k=1}^K S_k$ в блоке $5_{\text{сЛА}}$ формируется минимальная информация верхнего уровня о продукции измерителей $\sum_{k=1}^K QS_k$ и направляется в блок $6_{\text{сЛА}}$.

Объединение информации всех каналов в блоке $5_{\text{сЛА}}$ происходит следующим образом.

Сортировка объектов по близости координат x_{nk}, y_{nk}, z_{nk} , например, по величине невязки

$$\Delta_{ij} = | [x_{nki}, y_{nki}, z_{nki}] - [x_{nkj}, y_{nkj}, z_{nkj}] | < (\Delta_{ki} + \Delta_{kj}) \quad (3)$$

где Δ_{ij} – величина невязки, расстояние между векторами $[x_{nki}, y_{nki}, z_{nki}]$ и $[x_{nkj}, y_{nkj}, z_{nkj}]$ обнаруженных объектов, Δ_{ki}, Δ_{kj} – априорно известная ошибка определения координат обнаруженного объекта ki и kj каналов, введённая полётным заданием.

Если $\Delta_{ij} < (\Delta_{ki} + \Delta_{kj})$ & $N_{nki}^o = N_{nkj}^o$, то объект идентифицируется как один и присваивается индекс совпадения $c_{nk} = 2$ и индекс качества q_k канала $ki | kj$, имеющего большее значение.

Если $\Delta_{ij} < (\Delta_{ki} + \Delta_{kj})$ & $N_{nki}^o \neq N_{nkj}^o$, то объект идентифицируется как один и присваивается индекс совпа-

дения $c_{nk} = 1$ и присваивается индекс качества канала k с большим значением $q_k = \max(q_{ki}, q_{kj})$ и соответствующий ему номер объекта.

За счёт близости координатной идентификации объектов, обнаруженных различными каналами, общее число обнаруженных объектов сокращается и принимает вид P_K - числа объектов обнаруженных одним БЛА с K информационными каналами:

$$P_K [N_{nk}^o, x_{nk}, y_{nk}, z_{nk}, k, q_{nk}, c_{nk}], \quad (4)$$

где N_{nk}^o – номер объекта, соответствующий заданной классификации важности объекта, $[x_{nk}, y_{nk}, z_{nk}]$ – координаты объекта, q_k и c_k – параметры, определяющие качество полученной информации. Таким образом в блоке $6_{\text{сЛА}}$ реализуется вторая фаза ядра $A_s = >B_s$, и подготовка продукции P верхнего уровня БЛА. также в блоке $6_{\text{сЛА}}$ происходит оценка требуемого времени для передачи информации верхнего уровня и сравнение её с предоставленным ретранслятором временем для связи.

Если число обнаруженных наименований и их параметры, представляющие верхний уровень значимости больше пропускной способности канала связи, происходит ограничение путём исключения наименований продукции нижних уровней приоритетов. Обнаружение одновременно в наблюдаемой зоне всеми K измерителями всех $M_{\text{БД}}$ наименований продукции базы данных практически невозможно. Наиболее вероятная ситуация, когда в блок $6_{\text{сЛА}}$ поступает малое число наименований информации с одного или двух измерителей. В этом случае резерв пропускной способности канала связи заполняется информацией более низкого уровня с каналов, где активизировалось ядро $A_s = >B_s$, т.е. с блоков 4, 3 и даже 2. Таким образом, в блоке $6_{\text{сЛА}}$ реализуется последняя фаза ядра $A_s = >B_s$, и окончательное формирование продукции $P_{\text{сЛА}}(t)$.

Элементы Q в блоке $6_{\text{сЛА}}$ описывает логику дальнейшего отбора информации после реализации последней фазы ядра $A_s = >B_s$ (или его отсутствия за определённый период времени). Элементы Q могут корректировать приоритетную последовательность объектов и решающее правило отбора по командам с поста управления по результатам приёма и оценки оператором продукции $P(t)$.

Отбор информации в ретрансляторе аналогичен отбору многоканальной информации на каждом БЛА. В блоке $5p$ происходит сортировка обнаруженных объектов всеми БЛА по приоритетам, установленных полётным заданием каждому БЛА аналогично (2). Отметим задача существенно упрощается, когда приоритетная последовательность объектов одна для всех БЛА, как ранее она была одна для всех информационных каналов одного БЛА. Разные БЛА могут наблюдать один объект, что обнаруживается достаточной близостью координат (3) местонахождения. В этом случае объединение происходит с увеличением индекса с и принятия N^o объекта и q_k наибольшими из двух объединяемых $P_{\text{сЛА}}$.

В блоке бр все массивы информации, поступившие со всех БЛА и отсортированные в блоке 5р, оцениваются по объёму памяти, занимаемой каждым объектом из массива:

$$P_{(1:S), (1:K), (1:N4)} [N_{nks}^o, x_{nks}, y_{nks}, z_{nks}, k_s, q_{nks}, c_{nks}, M_{nks}], \quad (4)$$

где N_{nks}^o – номер объекта, соответствующий заданной классификации важности объекта, $[x_{nks}, y_{nks}, z_{nks}]$ – координаты объекта, q_{nks} и c_{nks} – параметры, определяющие качество полученной информации, k_s – тип канала обнаружения, M_{nks} – объём информации единичного объекта, необходимый для передачи оператору.

При помощи оператора Q_3 можно изменить правило отбора сообщений, например, следить за самыми малыми обнаруженными объектами на водной поверхности.

Заключение

Рассмотренный вариант семантического сжатия передаваемой информации, можно трактовать как фильтрацию или отбор информации по приоритетам ценности информации и достоверности, которые априори закладывает оператор при составлении полётного задания БЛА. На основании анализа получаемой информации оператор может оперативно изменять маршрут движения БЛА, особенно, если в группе работают БЛА с различным набором информационных каналов. Это позволяет наблюдать обнаруженный объект с разных ракурсов сенсорами, обладающими различными физическими принципами индикации, что существенно повышает качество мониторинга.

Практически линия связи оперативно загружается наиболее полезной информацией. Семантическое сжатие позволяет снизить объём передаваемой информации, облегчив работу линии связи и людей-операторов дистанционного наблюдения. При отсутствии обнаружения приоритетных и других значимых объектов ПАК накапливает статистический материал по наблюдаемому фону поверхности и окружающей среды, что позволяет оптимизировать не только пороги обнаружения, решающие правила для селекции и классификации наблюдения объектов.

Комплексы мониторинга поверхности Земли, создаются как многофункциональные, предназначенные для решения различных хозяйственных задач, включая обеспечение жизнедеятельности в арктической зоне. Это требует пополнения и уточнения базы данных информационных признаков и их статистических характеристик для большого числа новых объектов и явлений

природного и техногенного характера, использования активных и пассивных, оптических и радиоканалов в широком спектре частот. Для комплексирования их информации необходима разработка оптимальных решающих правил, обеспечивающих достоверные результаты мониторинга.

Литература

1. Шаров С.Н. Локационные управляющие системы беспилотных летательных аппаратов. СПб.: БГТУ «Военмех». 2009. 312 с.
2. Tomashevich S., Andrievsky B. Stability and Performance of Networked Control of Quadcopters Formation Flight. 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). 2014. Pp. 338–342.
3. Zheng Y., Li S., Qiu H. Networked coordination-based distributed model predictive control for large-scale system. IEEE Trans. Contr.Syst. Technol. 2013. Vol. 21. No. 3. Pp. 991–998.
4. Xiaofeng W., Hovakimyan N. Distributed control of uncertain networked systems: A decoupled design. IEEE Trans. Automat. Contr. 2013. Vol. 58. No. 10. Pp. 2536–2549.
5. Fradkov B., Andrievsky B., Peaucelle D. Estimation and control under information constraints for LAAS helicopter benchmark. IEEE Trans. Contr. Syst. Technol. 2010. Vol. 18. No.5. Pp. 1180–1187.
6. Maza F., Caballero J., Capitan J., Martinez de Dios R., Ollero A. A distributed architecture for a robotic platform with aerial sensor transportation and self-deployment capabilities. J. Field Robotics. 2011. Vol. 28. No. 3. Pp. 303–328.
7. Acevedo J., Arrue B., Maza I. Cooperative perimeter surveillance using aerial robots and fixed ground stations. In Proc. 2nd IFAC Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS). Compiegne, France: IFAC. 2013, Pp. 330–336.
8. Нариньяни А.С., Яхно Т.Г. Продукционные системы // Представление знаний в человеко-машинных и робототехнических системах. М.: ВЦ АН СССР, ВИНТИ, 1984. С. 136–177.
9. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос. 2000. 300 с.
10. Шаров С.Н., Толмачев С.Г. Семантическое сжатие в системах мониторинга движением судов. XIII МНТК Кибернетика и высокие технологии XXI века. Воронеж. 2012. Т.1. С. 42–51.
11. Skolnik M.I. Radar handbook. Third Edition. The McGraw-Hill Companies. 2008. 1352 p.

Для цитирования:

Шаров С.Н., Толмачев С.Г. Особенности обработки информации сенсорных датчиков группы беспилотных летательных аппаратов // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 32–38.

FEATURES OF INFORMATION PROCESSING SENSORS GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Sharov Sergey Nikolaevich,

St. Petersburg, Russia, cri-granit@perterlink.ru

Tolmachev Sergey Gennadievich,

St. Petersburg, Russia, cri-granit@perterlink.ru

Abstract

Consider a multifunctional complex equipment remote surveillance unmanned spacecraft consists of three main parts: the measuring (sensory) part of the equipment of communication lines and marine hardware-software complex of automatic or more automatic processing of information with which people work-the operators that solve a variety of tasks. Active development of the complexes of the instrument lighting ground, surface and air situation from different information channels leads to an increase of congestion of communication lines of information processed on workstations operators, which perform the functions of recognition and decision making. At least increase the amount of information sensors and increase their resolution sharply raises the task of reducing the transmitted information from the measuring part to the observer by filtering it according to the importance priorities and the reliability, i.e. the problem of semantic data compression. Proposed solution based on the semantic production rules model, as one of variants of system with artificial intelligence. As a result of the selection of initial semantic information of sensors of physical fields through several stages of processing in real time for timely and quality performance monitoring functions. For example, apparatus for remote monitoring of the Earth's surface and the surrounding atmosphere by a group of unmanned aerial vehicles (UAV) with various sensors shows the possibility and feasibility of semantic compression of the original information. For each information channel uses its own database in terms of features and their parameters for the classification of the observed objects, sorted in accordance with their importance.

The order can be changed by the operator in the process of receiving monitoring results or operational changes observation tasks. The proposed structural scheme of the semantic processing of monitoring information. The obtained decision rules for each stage of processing. Provide estimates of the compression ratio.

Keywords: multi-channel information processing; seman-

tic compression; the lighting environment; a production model; the decision rules.

References

1. Sharov S.N. Radar control systems of unmanned aerial vehicles. SPb.: BSTU "Voenmech". 2009. 312p. (In Russian).
2. Stanislav Tomashevich, Boris Andrievsky. Stability and Performance of Networked Control of Quadcopters Formation Flight. 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). 2014. Pp. 338-342.
3. Zheng Y., Li S., Qiu H. Networked coordination-based distributed model predictive control for large-scale system. IEEE Trans. Contr. Syst. Technol. 2013. Vol. 21. No. 3. Pp. 991-998.
4. Xiaofeng W., Hovakimyan N. Distributed control of uncertain networked systems: A decoupled design. IEEE Trans. Automat. Contr. 2013. Vol. 58. No. 10. Pp. 2536-2549.
5. Fradkov B., Andrievsky B., Peaucelle D. Estimation and control under information constraints for LAAS helicopter benchmark. IEEE Trans. Contr. Syst. Technol. 2010. Vol. 18. No. 5. Pp. 1180-1187.
6. Maza F., Caballero J., Capitan J., Martinez de Dios R., Ollero A. A distributed architecture for a robotic platform with aerial sensor transportation and self-deployment capabilities. J. Field Robotics. 2011. Vol. 28. No. 3. Pp. 303-328.
7. Acevedo J., Arrue B., Maza I. Cooperative perimeter surveillance using aerial robots and fixed ground stations. In Proc. 2nd IFAC Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS). Compiegne, France: IFAC. 2013, Pp. 330-336.
8. Nariniani A. S., Yakhno T. G. Production systems. Knowledge Representation in man-machine and robotic systems. M.: VTS an USSR. VINITI. 1984. Pp. 136-177. (In Russian).
9. Larichev O.I. Theory and methods of decision making. M.: Logos. 2000. 300 p. (In Russian).
10. Sharov S.N., Tolmachev S. G. Semantic compression in systems for monitoring vessel traffic. XIII IRTC Cybernetics and high technologies of the XXI century. Voronezh, 2012. Vol. 1. Pp. 42-51. (In Russian).
11. Skolnik M.I. Radar handbook. Third Edition. The McGraw-Hill Companies. 2008. 1352 p.

Information about authors:

Sharov S.N., Ph.D., main research associate JSC "Concern "Granit-Electron;

Tolmachev S.G., Ph.D., head of scientific research laboratory JSC "Concern "Granit-Electron.

For citation:

Sharov S.N., Tolmachev S.G. Features of information processing sensors group of unmanned aerial vehicles. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 1. Pp. 32-38. (in Russian).



НПЦ ИРС

Научно-производственный центр
Информационных региональных систем

▶ npcirs.ru

Закрытое акционерное общество "Научно-производственный центр информационных региональных систем" является предприятием, разрабатывающим автоматизированные системы специального назначения.

Основными направлениями нашей деятельности являются:

- проектирование, создание и ремонт автоматизированных систем управления и их составных частей, систем обработки данных, программного обеспечения, информационных систем для государственных организаций и коммерческих компаний;
- разработка общесистемного и прикладного ПО, внедрение и сопровождение информационных систем;
- защита информации в системах управления, локальных вычислительных сетях, программно-аппаратных комплексах, телекоммуникационных системах;
- производство и поставка технических средств, в офисном и защищенном исполнении;
- создание, внедрение и сопровождение оперативных и учетных систем любой сложности;
- анализ автоматизированных систем на предмет разработки к ним классификаторов и нормативно-справочной информации;
- разработка проектов и создание глобальных, корпоративных, локальных телекоммуникационных систем и структурированных кабельных сетей.

Создаваемые предприятием средства (комплексы средств автоматизации, программные и программно-информационные комплексы, информационные изделия) эксплуатируются в различных государственных органах: в органах военного управления Министерства обороны РФ, а также на предприятиях, в организациях, в органах местного самоуправления субъектов РФ, занимающихся воинским учетом.

Научные исследования в сфере КНСИ позволяют нам качественно анализировать автоматизированные системы и разрабатывать к ним классификаторы и нормативно-справочную информацию.

На данный момент уже имеющиеся разработки позволяют:

- создавать классификаторы по единым правилам, независимо от их содержимого;
- создавать массивы классификационной, нормативно-справочной информации в виде эталонных и контрольных экземпляров;
- создавать и вести централизованный банк УММ классификаторов (нормативные документы кодирования сведений);
- комплектовать массивы КНСИ для поставки на объекты, в части касающейся;
- проводить учет КНСИ и поставку на объекты автоматизации;
- централизованно вносить изменения в КНСИ;
- синхронизировать взаимодействие объектов, использующих классификаторы (КНСИ) и УФД;
- обеспечить совместимость данных баз данных объектов;
- обеспечить обмен базами данных между различными автоматизированными системами с территориально разнесенными источниками информации.

Коллектив ЗАО "НПЦ ИРС" образован на основе коллектива Государственного унитарного предприятия. Унаследовав его опыт научно-производственной деятельности, профессиональные знания коллектива специалистов, который целенаправленно занимается проблематикой автоматизации деятельности должностных лиц органов военного управления Вооруженных Сил РФ и разработкой единого информационного обеспечения автоматизированных систем военного назначения более 15 лет, выполняя как теоретические, так и практические работы в этой области.



НПЦ ИРС

Научно-производственный центр
Информационных региональных систем

▶ npcirs.ru

Телефон: 8(800)100-40-90
E-mail: administrator@npcirs.ru

МЕТОД СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВВОДА В СТРОЙ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ

Допира

Роман Викторович,

д.т.н., профессор, начальник отдела
ОАО «НПО «РУСБИТЕХ»,
г. Тверь, Россия,
rvdopira@yandex.ru

Сергиенко

Сергей Владимирович,

главный инспектор службы
(инженерно-космической)
Космических войск,
г. Москва, Россия,
sergius.military@gmail.ru

Шаролазов

Вадим Борисович,

преподаватель кафедры организации
эксплуатации и технического
обеспечения ВВСТ Военно-космической
академии имени А. Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия

Ягольников

Дмитрий Владимирович,

адъюнкт Военной академии воздушно-
космической обороны имени Маршала
Советского Союза Г. К. Жукова,
г. Тверь, Россия,
yagolnikov_dv@mail.ru

Архипов

Анатолий Анатольевич,

преподаватель кафедры организации
эксплуатации и технического
обеспечения ВВСТ Военно-космической
академии имени А. Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова:

сетевое планирование;
информационная система;
распределение работ; сетевой граф;
экономико-математическая модель;
метод.

АННОТАЦИЯ

Предлагается подход к планированию проведения сложных проектов, состоящих из большого числа работ выполняемых различными организациями. Основным инструментом проведения исследования в данной работе является метод сетевого планирования. Данный метод основан на идее оптимизации критического пути и является эффективным средством составления проектов и наблюдения за их выполнением.

В условиях рыночной экономики важной задачей при выполнении сложных проектов, разнесенных во времени и пространстве, является задача формирования кооперации исполнителей. Сложность решения такой задачи обусловлена большой размерностью и сложностью структуры комплекса работ проекта, представленного сетевой моделью.

Сетевой моделью называется экономико-математическая модель, отражающая весь комплекс работ и событий, связанных с реализацией проекта в их логической и технологической последовательности и представляется сетевым графом. Оптимизация сетевого графа состоит в улучшении организации выполнения комплекса работ с учетом срока его выполнения и проводится с целью сокращения длины критического пути до заданного (если это возможно) за счет перераспределения исполнителей работ. В первую очередь принимаются меры по сокращению продолжительности работ, находящихся на критическом пути. В процессе сокращения продолжительности работ критический путь может измениться и в дальнейшем, процесс оптимизации должен быть направлен на сокращение продолжительности работ нового критического пути. Процесс оптимизации прекращается, если дальнейшее сокращение невозможно. Для решения задачи нахождения критических путей сетевого графа модифицируется подход, основанный на методе динамического программирования.

Представленный алгоритм решения задачи позволяет определить минимальные затраты на реализацию проекта в заданные сроки (если такое решение существует), а также оценить минимальное время реализации проекта при заданном множестве возможных исполнителей, путем решения двойственной задачи.

Таким образом, метод сетевого планирования может составлять основу информационной поддержки реализации структурно-сложных проектов.

Сложность проектирования, разработки и строительства технических систем, таких как вооружение и военная техника, объекты энергетики, промышленности и транспорта, в современных условиях, обусловлена необходимостью календарной увязки большого числа взаимосвязанных работ, выполняемых различными организациями. Составление и анализ соответствующих календарных планов представляют собой весьма сложную задачу, при решении которой могут применяться методы сетевого планирования.

Методы сетевого планирования основаны на идее оптимизации критического пути и являются эффективным средством составления проектов и наблюдения за их выполнением [1].

Для определения оптимального распределения ресурса (назначения исполнителей) для выполнения работ проекта необходимо найти критические пути для каждого распределения (назначения), оценить их длины и стоимости. Универсальных эффективных точных методов решения задачи не существует.

Представим сетевой граф G системой (V, U, φ, w) , где $V = \{1, 2, \dots, v\}$ – множество вершин графа (события); $U = \{u\}$ – множество ребер графа (работ), причем $V \cap U = \emptyset$; φ – функция инциденции, ставящая в соответствии каждому ребру $u \in U$ упорядоченную пару вершин (v_1, v_2) называемых началом и концом ребра u . Ребро u находится в отношении инциденции со своими вершинами. Функция $w(u)$ определяет трудоемкость выполнения работы u и определяется из нормативов экспертных оценок или опыта и измеряется в единицах трудоемкости, стоимости и т.д.

В основе организации производства на предприятии лежит рациональное сочетание во времени и в пространстве всех основных, вспомогательных и обслуживающих процессов. Особенности и методы этого сочетания разнообразны в различных производственных условиях. Вместе с тем, при всем многообразии последних, организация производственных процессов должна быть подчинена некоторым общим принципам. К ним относятся непрерывность, пропорциональность, ритмичность, параллельность [2].

Сетевой моделью называется экономико-математическая модель, отражающая весь комплекс работ и событий, связанных с реализацией проекта в их логической и технологической последовательности и представляется графом G (рис. 1).

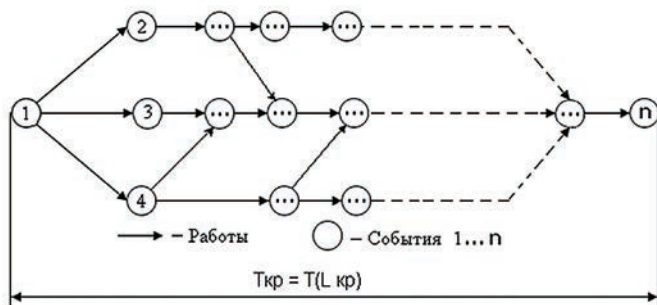


Рис. 1. Сетевая модель планирования работ

Работа характеризует любое действие, требующее затрат времени и ресурсов.

Планирование работ, управление технологическими процессами при выполнении проекта проводится на интервале времени от начала до момента завершения проекта.

Для составления сетевых графиков используются имеющиеся нормативы трудозатрат. Вероятностные оценки могут использоваться для операций по доставке материалов, запасных частей при разработке сетевого графика выполнения проекта. Графики выполнения отдельных операций сшиваются (по граничным событиям) в сетевые графики выполнения проекта в целом. Количество событий в сети зависит от степени детализации графика. Представляется целесообразным принимать при построении сетевых графиков в качестве единицы времени - смену. Опыт применения сетевых графиков на отдельных работах показал, что это дает значительный эффект.

В условиях рыночной экономики важной задачей при выполнении сложных проектов, разнесенных во времени и пространстве, является задача формирования кооперации исполнителей. Сложность решения такой задачи обусловлена большой размерностью и сложностью структуры комплекса работ проекта, представленного сетевой моделью.

Сущность задачи состоит в выборе из множества претендентов исполнителей и назначения их на множество работ так, чтобы выполнялся весь комплекс работ в заданный директивный срок и с минимальной стоимостью.

Представленная задача близка, по сути, к классической задаче о назначениях [3,4] и отличается тем, что в ней дополнительно вводится ограничение на завершение всего комплекса работ в заданный директивный срок $T_{дир}$.

Пусть имеются множество исполнителей $I = \{1, 2, \dots, n\}$, множество работ $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ и $(n \times n)$ – матрица численных оценок (например, производительностей) $C = \{c_{ij}\}$, где c_{ij} – оценка закрепления исполнителя i за работой r_j , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$. Назначения – взаимно однозначные отображения множества $\{1, 2, \dots, n\}$ в себя; назначение π исполнителю i предписывает работу $r_{\pi(i)}$; численной оценкой такого закрепления является $c_{i\pi(i)}$ – элемент матрицы C , здесь $i = 1, 2, \dots, n$. Каждое назначение π оцениваем по критерию $K(\pi) = \sum_{i=1}^n c_{i\pi(i)}$, в указанной интерпретации значение этого критерия – суммарная стоимость исполнителей при назначении π . Требуется найти назначение, при котором суммарные затраты исполнителей минимальны.

Задача может быть сформулирована в виде:

$$\sum_{i=1}^n c_{i\pi(i)} \xrightarrow{\pi} \min \quad (1)$$

$$T_{кр} = T[L_{кр}(G, \pi)] \leq T_{дир}, \quad (2)$$

где $T_{кр}$ – длина критического пути $L_{кр}$ сетевого графа G .

Рассмотрим возможность решения сформулированной задачи, обозначим ее символом Z , методом динамического программирования. С этой целью введем в рассмотрение совокупность частных задач $Z(i, W_i)$, формулируемых по исходным данным задачи Z ; здесь $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, а $W_i - i$ – элементные подмножества совокупности $\{1, 2, \dots, n\}$. В задаче $Z(i, W_i)$ между исполнителями $\{1, 2, \dots, i\}$ следует распределить совокупность работ, индексы которых перечислены в W_i , критерий задачи прежний – суммарная производительность имеющих исполнителей. Оптимальное значение критерия в задаче $Z(i, W_i)$ обозначим $B^*(i, W_i)$. В таком случае $B^*(n, \{1, 2, \dots, n\})$ – оптимальное значение критерия в исходной задаче Z .

Как очевидно,

$$B^*(1, \{j\}) = c_{1j} \text{ для всех } j \in \{1, 2, \dots, n\}. \quad (3)$$

Если $i > 1$, имеем

$$B^*(i, W_i) = \min_{j \in W_i} (c_{ij} + B^*(i-1, W_i \setminus \{j\})), \quad (4)$$

$$i = 2, 3, \dots, n;$$

здесь W_i – произвольное i -элементное подмножество из совокупности $\{1, 2, \dots, n\}$.

Записанные равенства (3), (4) являются соотношениями динамического программирования для решения задачи Z . Легко видеть, что оценкой числа элементарных операций, выполняемых основанным на соотношениях (3), (4) алгоритмом, является функция, которая экспоненциально зависит от n .

Классическая задача о назначениях с кубично зависящей от n верхней оценкой числа выполняемых элементарных операций решается, в частности, алгоритмом Куна [5].

Решение задачи о назначении с применением алгоритма динамического программирования позволяет получить начальное приближение решения сформулированной задачи, при которой стоимость выполнения комплекса работ проекта будет минимальна, однако ограничение на время выполнения проекта (2) может не выполняться.

Необходимо расширить алгоритм решения задачи о назначении для решения общей задачи (1), (2).

Оптимизация сетевого графа состоит в улучшении организации выполнения комплекса работ с учетом срока его выполнения и проводится с целью сокращения длины критического пути до заданного (если это возможно) за счет перераспределения исполнителей работ.

В первую очередь принимаются меры по сокращению продолжительности работ, находящихся на критическом пути. В процессе сокращения продолжительности работ критический путь может измениться и в дальнейшем, процесс оптимизации должен быть направлен на сокращение продолжительности работ нового критического пути. Процесс оптимизации пре-

кращается, если дальнейшее сокращение невозможно.

Для решения задачи нахождения критических путей сетевого графа модифицируем подход, представленный в [5], основанный на методе динамического программирования решения задачи нахождения кратчайших путей.

Пусть задан конечный взвешенный ориентированный граф G с множеством вершин $V = \{1, 2, \dots, v\}$, веса всех дуг неотрицательны. Веса дуг трактуем как их длины. Последовательность i_1, i_2, \dots, i_k вершин графа G определяет путь из вершины i_1 в вершину i_k , если для каждого $l = 1, 2, \dots, k-1$ в данном графе имеется дуга (i_l, i_{l+1}) ; указанные дуги образуют путь i_1, i_2, \dots, i_k . Сумма длин дуг, образующих путь, называется длиной этого пути. Для каждой вершины x графа требуется найти путь минимальной длины (критический путь) из вершины 1 в вершину x .

Вес дуги графа G обозначаем $\tau(i, j)$. Длину критического пути из 1 в x будем называть расстоянием от вершины 1 до вершины x . Расстояние от вершины 1 до вершины x будем обозначать $s(x)$.

Ясно, что $s(1) = 0$. Пусть H – множество вершин, длины критических путей из вершины 1 в которые уже известны. В начальной ситуации это множество одноэлементно: $H = \{1\}$. Через $s(1, M)$ обозначим минимальную из длин критических путей от вершины 1 до вершин множества M , $M \subseteq \{2, 3, \dots, v\}$. Как очевидно, для множества вершин H , содержащего вершину 1 , имеет место

$$s(1, N \setminus H) = \max_{i \in H, j \in N \setminus H} (s(i) + \tau(i, j)). \quad (5)$$

Пусть минимум правой части (5) реализуется на паре (i^0, j^0) . Тогда критический путь из вершины 1 в вершину j^0 получаем добавлением к критическому пути из вершины 1 в вершину i^0 дуги (i^0, j^0) , длина $s(j^0)$ этого пути равна $s(i^0) + \tau(i^0, j^0)$.

Формула (5) – рекуррентное соотношение динамического программирования для решения задачи отыскания критических путей. Пользуясь этой формулой, на первом шаге определяем ближайшую к вершине 1 вершину i^1 из совокупности $\{2, 3, \dots, v\}$. На втором шаге определяем ближайшую к вершине 1 вершину i^2 из совокупности $\{2, 3, \dots, v\} \setminus \{i^1\}$. На третьем шаге определяем ближайшую к вершине 1 вершину i^3 совокупности $\{2, 3, \dots, v\} \setminus \{i^1, i^2\}$, и т.д. В процессе счета строится дерево D критических путей из вершины 1 в остальные вершины. Корнем D является вершина 1 ; если на произвольном шаге алгоритма минимум правой части (5) реализуется на паре (i^0, j^0) , к конструируемому дереву добавляется ребро (i^0, j^0) .

Сущность алгоритма решения общей задачи состоит в последовательном уточнении назначений исполнителей на работы. Схема алгоритма представлена ниже.

Шаг 0. Определяется начальное распределение исполнителей (решение задачи о назначениях).

Для получения начального распределения исполнителей составных частей (работ) по созданию вооруже-

ния и военной техники без учета структуры этого проекта решим классическую задачу о назначениях.

Шаг 1. Рассчитывается критический путь $L_{кр}$ и соответствующее ему критическое время $T[L_{кр}(G)] = s(i, V)$.

Шаг 2. Если $T_{кр} \leq T_{sup}$, то решение получено и осуществляется переход на шаг 6.

Шаг 3. Определяется пара (i, r_j) , $i \in I$, $r_j \in U$, для которой снижение длины критического пути на единицу дополнительных затрат максимально:

$$(i^*, r_j^*) = \arg \max_{i \in I, r_j \in U} \Delta T_{кр}(i, r_j) / \Delta C(i, r_j). \quad (5)$$

Шаг 4. Если сокращение критического времени положительно, то

$$x_{ij} = 1, I = I \setminus \{i^*\}, U = U \setminus \{r_j^*\}, \text{ на шаг 1.}$$

Шаг 5. Решения задачи не существует. Корректировка сроков и состава кооперации исполнителей.

Шаг 6. Получено решение задачи:

$$X = |X_{ij}|, T_{кр}, C = C(X).$$

Представленный алгоритм решения задачи позволяет определить минимальные затраты на реализацию проекта в заданные сроки (если такое решение суще-

ствует), а также оценить минимальное время реализации проекта при заданном множестве возможных исполнителей, путем решения двойственной задачи.

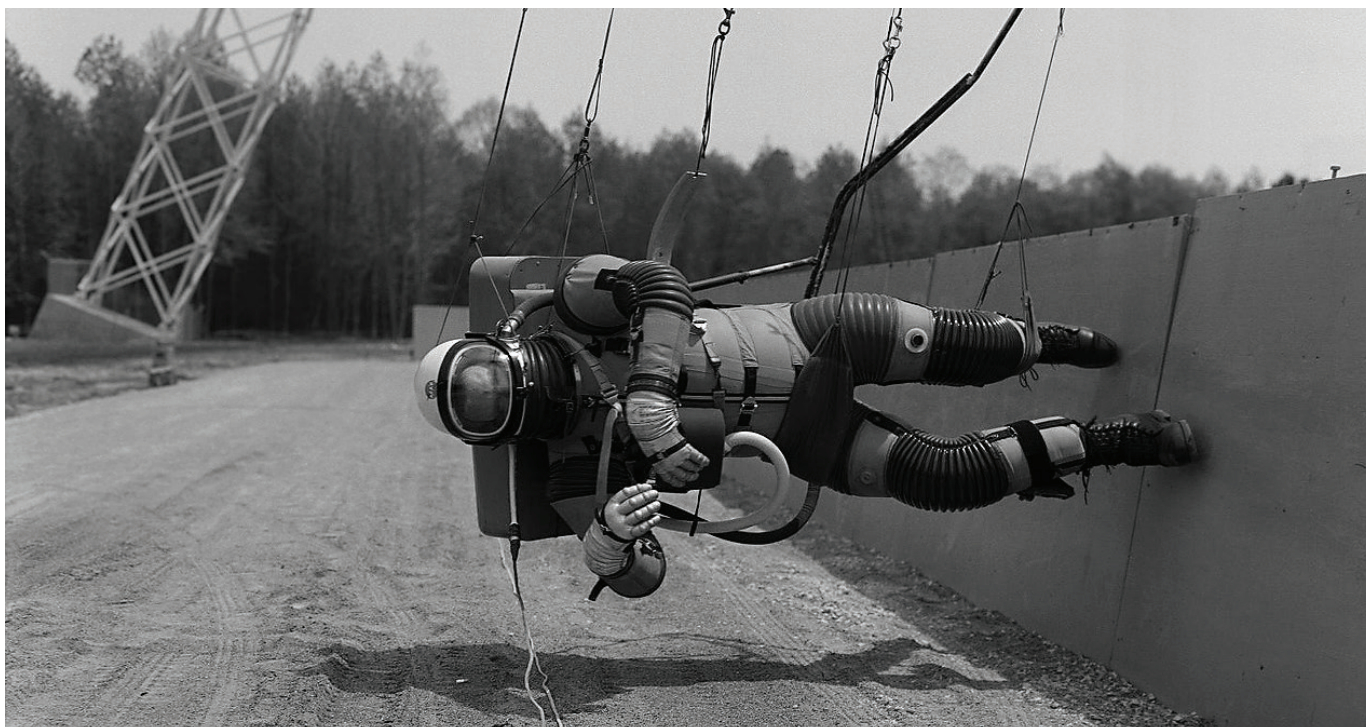
Таким образом, метод сетевого планирования может составлять основу информационной поддержки реализации структурно-сложных проектов. Разработанная методика является эффективным средством в руках заказчика при планировании НИОКР на этапе конкурсного размещения заказов на разработку перспективных образцов ВВТ.

Литература

1. Кудрявцев Е.М. Методы сетевого планирования и управления проектом. М.: ДМК, 2005. 238 с.
2. Зайцев М.Г., Варюхин С.Е. Методы оптимизации управления и принятия решений. М.: Дел, 2008. 664 с.
3. Коган Д.И. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация: учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та. 2004. 150 с.
4. Колосова Е.В., Новиков Д.А., Цветков А.В. Методика освоенного объема в оперативном управлении проектами. М.: Апостроф, 2000. 156 с.
5. Герчигова И.Н. Менеджмент: учеб. для вузов. М.: Юнити-Дана, 2012. 511 с.

Для цитирования:

Допира Р.В., Сергиенко С.В., Шароглазов В.Б., Ягольников Д.В., Архипов А.А. Метод сетевого планирования ввода в строй объектов информационной системы воздушно-космической обороны // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 40–44.



METHOD OF NETWORK PLANNING OF INPUT IN THE SYSTEM OF OBJECTS OF INFORMATION SYSTEM AEROSPACE DEFENSE

Dopira Roman Viktorovich,
Tver, Russia, rvdopira@yandex.ru

Sergiyenko Sergey Vladimirovich,
Moscow, Russia, sergius.military@gmail.ru

Sharoglazov Vadim Borisovich,
St. Petersburg, Russia, balkasch@mail.ru

Yagolnikov Dmitry Vladimirovich,
Tver, Russia, yagolnikov_dv@mail.ru

Archipov Anatoliy Anatolyevich,
St. Petersburg, Russia

Abstract

The approach to planning of carrying out difficult projects of works consisting of a large number carried out by the various organizations is offered. The main instrument of carrying out research in this work is the method of network planning. This method is based on idea of optimization of a critical way and are an effective remedy of designing and supervision over their performance.

In the conditions of market economy an important task at implementation of the difficult projects carried in time and space, is the problem of formation of cooperation of performers. Complexity of the solution of such task is caused by big dimension and complexity of structure of a complex of works of the project presented by network model.

The economic-mathematical model reflecting all complex of works and events is called as network model, connected with implementation of the project in their logic and technological sequence and it is represented the network count. Optimization of the network count consists in improvement of the organization of performance of a complex of works taking into account term of its performance and is carried out for the purpose of reduction of length of a critical way to set (if it is possible) at the expense of redistribution of performers of works. First of all measures for reduction of duration of the works being on a critical way are taken. In the course of reduction of duration of works the critical way can change and further, process of optimization should be directed on reduction of duration of works of a new critical way. Process of optimization stops, if further reduction is impossible. For the solution of a problem of finding of critical ways of the

network count the approach based on a method of dynamic programming is modified.

The presented algorithm of the solution of a task allows to define the minimum costs of implementation of the project in the set terms (if such decision exists), and also to estimate the minimum time of implementation of the project at the set great number of possible performers, a solution of a dual task.

Thus, the method of network planning can make a basis of information support of implementation of structural and difficult projects.

Keywords: network planning; information system; distribution of works; network count; economic-mathematical model; method.

References

1. Kudryavtsev E.M. *Metody setevogo planirovaniya i upravleniya proektom* [Methods of network planning and management of the project]. Moscow, DMK, 2005. 238p. (In Russian).
2. Zaiceva E.M., Varyukhin S.E. *Metody optimizatsii upravleniya i prinyatiya resheniy* [Methods of optimization of management and decision-making]. Moscow, Delo, 2008. 664 p. (In Russian).
3. Kogan D.I. *Dinamicheskoe programmirovaniye i diskretnaya mnogokriterial'naya optimizatsiya* [Dynamic programming and discrete it is a lot of criteria optimization: manual]. Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod university Publ., 2004. 150 p. (In Russian).
4. Kolosov E.V., Novikov D. A., Tsvetkov A.V. *Metodika osvoenogo ob'ema v operativnom upravlenii proektami* [Technique's flower of the mastered volume in an operational management projects]. Moscow, Apostrof, 2000. 156 p. (In Russian).
5. Gerchikova I.N. *Menezhment* [Management]. Moscow, Yuniti-Dana, 2012. 511 p. (In Russian).

Information about authors:

Dopira R.V., Ph.D., professor, head of department, JSC «NPO «RUSBITEKH»;

Sergiyenko S.V., main inspector of service space armies;

Sharoglazov V.B., lecturer in Department of the organization of operation and technical providing arms of military and special equipment, Military Space Academy;

Yagolnikov D.V., graduate student, Military academy of aerospace defense;

Archipov A.A., lecturer in Department of the organization of operation and technical providing arms of military and special equipment, Military Space Academy.

For citation:

Dopira R.V., Sergiyenko S.V., Sharoglazov V.B., Yagolnikov D.V., Archipov A.A. Method of network planning of input in the system of objects of information system aerospace defense. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 1. Pp. 40–44. (In Russian).



НАВИТЕХ

N 55°44.984' E 37°32.762'

10–13.05

2 0 1 6

8-я международная
выставка



Навигационные системы,
технологии и услуги

Организатор:
ЗАО «Экспоцентр»

При поддержке:

- Ассоциации «ГЛОНАСС / ГНСС – Форум»
- НП «ГЛОНАСС»

Под патронатом
Торгово-промышленной палаты РФ



12+
Реклама



H&ES RESEARCH

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.navitech-expo.ru

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ С ЦЕЛЬЮ КОМПЕНСАЦИИ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ НА РАБОТУ РЛС ДАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ

Логовский

Алексей Станиславович,

к.ф.-м.н., директор НТЦ-10

ОАО «Радиотехнический институт

имени академика А.Л. Минца»,

г. Москва, Россия,

logovsky@rti-mints.ru

Дмитриевская

Анастасия Владимировна,

аспирантка, инженер 1 категории

ОАО «Радиотехнический институт

имени академика А.Л. Минца»,

г. Москва, Россия,

admitrievskaya@rti-mints.ru

Ключевые слова:

радиолокационная станция дальнего обнаружения; ионосфера; компенсация ионосферных искажений; ионосферный канал; временной ресурс.

АННОТАЦИЯ

Успешное решение задачи учета и компенсации влияния ионосферы на распространение радиоволн напрямую определяет точность работы радиолокационных станций, особенно радиолокационных станций дальнего обнаружения. В настоящей работе проведен краткий обзор существующих и реализованных методов и алгоритмов автоматической и автоматизированной обработки радиолокационной информации, получаемой со вспомогательных (по отношению к самой радиолокационной станции) средств, с целью решения данной задачи, представлены их достоинства и недостатки. Исследована возможность внедрения ионосферного канала в штатную работу радиолокационных станций дальнего обнаружения. Предложен метод и алгоритмы обработки радиолокационной информации, получаемой непосредственно при работе радиолокационных станций (без использования вспомогательных средств), позволяющий обеспечить компенсацию ионосферных искажений параметров сигнала в реальном времени. Показана возможность обеспечения работы данного метода на фоне штатной работы радиолокационных станций без снижения ее тактико-технических характеристик. Представлены практические результаты проведенных экспериментов по реализации указанных алгоритмов и показана возможность их использования в существующих и создаваемых радиолокационных станциях дальнего обнаружения.

При работе радиолокационных станций дальнего обнаружения необходимо решать задачу компенсации влияния ионосферы. Негативное влияние ионосферы заключается, прежде всего, в ошибках измерения дальности до сопровождаемых космических объектов (за счет искажений при распространении радиосигнала), а в северных направлениях обзора – еще и в возникновении пассивных помех из-за авроральных явлений. Карта концентрации ионосферных неоднородностей существует еще над всей поверхностью Земли. Над неисследованными областями создается математически аппроксимированная карта, данные для которой получены в близлежащих географических областях. Но в ходе работы радиолокационных станций дальнего обнаружения опытным путем были выявлены области ионосферных аномалий, радиосигнал в которых подвержен сильным искажениям. В зависимости от конструктива и аппаратно-программного комплекса радиолокационных станций ионосфера может вносить различные искажения в распространение радиосигналов. В связи с этим, для каждого радиоэлектронного средства, одной из задач которых является достижение предельных точностей, следует составлять свою карту ионосферных искажений.

Наибольшую ошибку при распространении радиосигнала вызывает ионосфера Земли, в особенности на высотах от 90 до 600 км. Компенсация ошибок подразумевает использование алгоритмов автоматической обработки информации о текущем состоянии ионосферы (электронной концентрации в направлении излучения и приема сигналов).

Подобные алгоритмы, применяемые в радиолокационных станциях (РЛС) различного назначения, можно свести к четырем группам:

- определение электронной и ионной концентрации над интересующей областью пространства посредством обработки информации, получаемой от навигационных спутников (ГЛОНАСС, GPS, Galeleo).
- определение электронной и ионной концентра-

ции над интересующей областью пространства посредством обработки информации от дополнительных (по отношению к РЛС) средств, чаще всего ионозондов;

- применение карты ионосферных неоднородностей;
- измерение электронной и ионной концентрации над интересующей областью пространства посредством обработки информации, получаемой от средств самой РЛС.

Каждый из представленных алгоритмов имеет свои достоинства и недостатки, а эффективность их работы сильно зависит от частотного диапазона работы РЛС, в интересах которой они применяются.

Основные достоинства и недостатки указанных алгоритмов применительно к РЛС метрового частотного диапазона показаны в табл. 1.

Таблица 1

Достоинства и недостатки алгоритма определения состояние ионосферы

Алгоритм (метод) определения состояния ионосферы	Достоинства	Недостатки
Определение электронной и ионной концентрации посредством обработки информации, получаемой от навигационных спутников	Позволяет оперативно оценивать текущее состояние ионосферы в направлении текущего наблюдения навигационного спутника (с возможностью пересчета в любое направление). Автоматическая обработка получаемых данных позволяет компенсировать ошибки определения траекторий космических объектов (КО) по дальности до значения 30-100 км.	Оперативность анализа зависит от количества и направлений наблюдения навигационных спутников. Не позволяет определять зоны ионосферных возмущений, в направлениях на которые пересчет состояния ионосферы вносит большие ошибки. Требует наличия дополнительного оборудования (навигационного приемника).
Измерение электронной и ионной концентрации над интересующей областью пространства посредством отдельно стоящего зонда	Позволяет оперативно оценивать текущее состояние ионосферы в направлении работы ионозонда (с возможностью пересчета в любое направление).	Обработка информации, поступающей с ионозонда, не обеспечивает требуемой точности для формирования поправок (в частности разных характеристик по чувствительности ионозонда и РЛС). Требует наличия дополнительного оборудования (ионозонда). Не позволяет определять зоны ионосферных возмущений, в направлениях на которые пересчет состояния ионосферы вносит большие ошибки.
Применение карты ионосферных неоднородностей	Не требует наличия дополнительного оборудования. На основании ионосферной модели позволяет компенсировать ошибки определения траекторий КО по дальности до значения 150-300 км.	Не учитывает (слабо учитывает) солнечную активность, при изменении солнечной активности точность определения текущего состояния ионосферы резко ухудшается.
Измерение электронной и ионной концентрации в области работы РЛС средствами самой РЛС	Обеспечивает возможность определения текущего состояния ионосферы непосредственно в области работы РЛС. Не требует дополнительного оборудования. Позволяет определять (выявлять) зоны ионосферных возмущений. Автоматическая обработка получаемых данных позволяет компенсировать ошибки определения траекторий КО (включая зоны ионосферных возмущений).	Расходует ресурс работы РЛС. Требует проведения дополнительных исследований.

В данной работе представлены материалы, касающиеся алгоритма автоматической обработки информации, получаемой непосредственно РЛС, для определения текущего состояния ионосферы с целью формирования компенсационных поправок.

Постановка задачи

Разработать и реализовать алгоритм анализа текущего состояния ионосферы (определения электронной и ионной концентрации) в барьерной зоне работы РЛС метрового диапазона волн, на которой проводились эксперименты.

Определить (оценить) затраты временного ресурса работы РЛС на решение задачи определения состояния ионосферы.

В основе алгоритма определения электронной и ионной концентрации в барьерной зоне работы РЛС дальнего обнаружения метрового диапазона волн лежат данные, полученные в результате многолетних наблюдений состояния ионосферы с помощью Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР). Поскольку ИРНР построен на базе РЛС 5Н86 «Днепр» и работает в том же частотном диапазоне волн, что и РЛС метрового диапазона волн, на которой проводились эксперименты, указанные данные могут считаться достоверными.

При работе в режиме анализа ионосферы диапазон дальностей должен охватывать весь интересующий высотный диапазон от 90 до 600 км [1], содержащий себе наиболее концентрированные слои ионосферы. В связи с тем, что для рассматриваемых в данной работе РЛС наиболее важными направлениями является весь азимутальный сектор в нижнем угле места (от 0,5° до 10° от касательной к Земле в проекции фазового центра излучения на нее), корректировку ошибок необходимо

проводить в данной области пространства. Для центра нижнего угла места рассматриваемых РЛС при усредненном радиусе Земли $R_3=6371$ км диапазон дальностей (от ОА до ОВ (рис. 1) составит от 1074 до 2830 км.

При автоматической обработке измерений дальности до спутника или другого космического объекта с помощью РЛС возникает ионосферная ошибка измерения дальности, обусловленная различием скорости распространения радиоволны в ионосфере и скорости света в вакууме. В итоге, дальность до обнаруживаемого объекта D , измеренная по задержке отраженного сигнала τ , $R=c\tau/2$, будет всегда больше реальной дальности.

$$R = D + \Delta R, \tag{1}$$

Ионосферная ошибка измерения дальности ΔR связана с электронной и ионной концентрацией в ионосфере следующим выражением [1]:

$$\Delta R = \frac{8.06 \cdot 10^7}{f^2} \int_0^R Ne(s) ds, \tag{2}$$

где f – частота излучения в Гц, Ne – электронная концентрация в $см^3$, s – траектория вдоль луча РЛС-объект. Необходимо отметить, что выражение (2) получено без учета влияния магнитного поля Земли. Для горизонтально однородной ионосферы выражение (2) может быть записано в виде:

$$\Delta R = \frac{8.06 \cdot 10^7}{f^2} \int_0^h \frac{Ne(z)}{\cos \beta(z)} dz, \tag{3}$$

где z – высоты пролета объекта над Землей, h – текущая высота, $\cos \beta(z)$ – косинус зенитного угла и луча радара на высоте z , определяемый выражением:



Рис. 1. Отображение зенитных углов и расстояний до космического аппарата

$$\cos \beta(z) = \frac{\sqrt{\cos^2 \beta_0 + 2z/R_3 + (z/R_3)^2}}{(1 + z/R_3)} \quad (4)$$

где $\cos \beta_0$ – косинус зенитного угла луча радара на поверхности Земли, R_3 – радиус Земли. Для не слишком больших зенитных углов ($\beta_0 \leq 30^\circ$) $\cos \beta(z)$ практически совпадает с $\cos \beta_0$. Из выражений (2)–(4) видно, что ошибка измерения дальности зависит от электронной концентрации N_e (чем больше N_e , тем больше ΔR), высоты пролета h (чем больше h , тем больше ΔR) и зенитного угла луча радара на поверхности Земли (чем больше β_0 , тем больше ΔR).

В рассматриваемой в данной работе РЛС излучение ведется в линейной вертикальной поляризации, а прием – в двух линейных ортогональных поляризациях (вертикальной и горизонтальной). В случае излучения линейно поляризованной волны и приема волны, поляризация которой совпадает с излученной, выражение для профиля мощности имеет следующий вид [1–6]:

$$P_1(D) = \frac{A}{D(z)^2} \cdot \frac{Ne(z)}{1 + Te(z)/Ti(z)} \cdot \cos^2 \varphi(z) + B, \quad (5)$$

где A и B – неизвестные константы;

$Te(z)$ и $Ti(z)$ – температуры электронов и ионов на высоте z ;

$D(z)$ – дальность z ;

$$D(z) = \frac{2z(1 + z/2R) / (\cos \beta_0 + \sqrt{\cos^2 \beta_0 + 2z/R + (z/R)^2})}{1}. \quad (6)$$

$\varphi(z)$ – набег фазы фарадеевского вращения [2] до высоты z :

$$\varphi(z) = \frac{2\pi}{cf^2} \int_0^z \frac{f_p^2(z') f_H(z') \cos \theta(z')}{\cos \beta(z)} dz', \quad (7)$$

где $\cos \beta(z)$ – косинус зенитного угла луча радара на высоте z , определяемый выражением (1.3), θ – угол между лучом РЛС и магнитным полем Земли, c – скорость света, f – рабочая частота РЛС, f_p – плазменная частота электронов, f_H – гирочастота электронов. Необходимо отметить, что выражение (7) получено в приближении, которое справедливо вплоть до углов $\theta \sim 84^\circ$ [4].

В случае излучения линейно поляризованной волны и приема волны, поляризация которой ортогональна излученной, выражение для профиля мощности отличается от выражения (1.6) заменой \cos на \sin :

$$P_2(D) = \frac{A}{D^2} \cdot \frac{Ne(z)}{1 + Te(z)/Ti(z)} \cdot \sin^2 \varphi(z) + B \quad (8)$$

В связи с отличием физики распространения в атмосфере радиосигналов с вертикальной и горизонталь-

ной поляризациями, автоматизированную обработку рассеянных от ионосферных неоднородностей рекомендуется производить отдельно для двух поляризаций.

Для доработки алгоритмов детектирования факта наличия рассеянных ионосферой сигналов без использования дополнительных средств измерений, только за счет возможностей изделия, требуется набор значительного объема статистики, особенно попеременно на нескольких разнесенных частотах и поляризациях, для исследования возможных моделей сигнала и применимости разработанных учеными моделей [5].

Разработанная в ИСЗФ СО РАН методика восстановления высотного профиля электронной и ионной концентрации была апробирована на малых зенитных углах луча радара $\beta=0-20^\circ$. Для проверки применимости методики при больших зенитных углах были осуществлены модельные расчеты профиля мощности и требуется проведение экспериментов на РЛС, куда предлагается внедрение ионосферного канала и, как следствие, апробация и корректировка (при необходимости) данной методики для больших углов β . Модельные расчеты профиля мощности ионосферных преотражений, как показал эксперимент, приведенный в [1], могут быть использованы для больших зенитных углов РЛС без существенных изменений.

Многолетний набор статистики показал, что для РЛС дальнего обнаружения метрового диапазона радиоволн значительным для внесения ионосферных поправок является интервал стационарности ионосферы, равный одному часу. Исходя из этого целесообразно проводить коррекцию же параметров эхосигналов от обнаруживаемых объектов по составляемому в РЛС раз в час ионосферному профилю.

В эксперименте, приведенном в [1], сделан вывод о минимальной и максимальной длительностях РИ сигнала для исследования ионосферы Земли: от 0,1 до 50 мс. Время переключения аппаратных средств РЛС между режимами «прием» и «передача» составляет единицы микросекунд, т.е. пренебрежимо мало по сравнению с длительностью сигналов и может не учитываться.

По данным экспериментов, для анализа состояния ионосферы необходимо осуществить не менее 1000 итераций излучения и приема сигнала в одном направлении [1], что с учетом длительности используемых сигналов составит примерно 60 секунд (в одном направлении исследования).

Для получения полного ионосферного портрета в секторе анализа необходимо провести не менее 50 изменений в различных направлениях (по числу направлений излучения), что займет около 50 минут. Таким образом, исследование состояния ионосферы в одном направлении при проведении измерения 1 раз в час занимает 1,65 % общего временного ресурса работы изделия. Соответственно исследование состояния ионосферы во всех возможных направлениях излучения при проведении измерений 1 раз в час займет около 80% временного ресурса работы изделия.

Сводная оценка временного ресурса и точности определения ионосферного профиля в зависимости от количества направлений измерений

Количество направлений измерений в секторе анализа	Точность определения ионосферного профиля (по отношению к данным измерений в каждом направлении излучения в секторе анализа в периоды наибольшей Солнечной активности)	Требуемый временной ресурс для проведения измерений (в % от общего временного ресурса работы изделия за 1 час), с
0	0,7	0
1	0,8	1,65
3	0,9	4,95
5	0,95-0,97	8,25
>5	0,97-0,99	более 8,25

Опираясь на многолетний набор статистики, проводимый на ИРНР, можно определить минимально возможное и оптимальное количество направлений измерения состояния ионосферы, по которым можно восстановить ионосферный профиль во всем секторе анализа (на углах места $0,5^\circ$ до 10° для РЛС). Минимально возможное количество направлений исследования ионосферы составляет 3 измерения в секторе анализа, при этом точность восстановления ионосферного профиля составляет 0,95 (по отношению к измерениям в каждом направлении излучения в секторе анализа). Увеличение количества измерений в сектора (5, 7, 9 и т.д.) повышает точность восстановления ионосферного профиля, но при этом требует большего временного ресурса.

Сводная оценка временного ресурса и точности определения ионосферного профиля в зависимости от количества направлений измерений приведена в табл. 2.

Пример распределения временного ресурса РЛС с внедренным ионосферным каналом показан на рис. 2.

Исходя из приведённых в табл. 2 данных, можно определить минимальное и оптимальное количество направлений анализа для получения ионосферного профиля в секторе анализа. Указанные значения составят:

- минимально необходимое количество направлений – 1;
- оптимальное количество направлений – 3-5.

Таким образом, получение текущего (актуального) ионосферного профиля в барьерной зоне работы РЛС дальнего обнаружения (метровый частотный диапазон), схожих по характеристикам с РЛС, на которой проводились эксперименты, возможно, при этом затраты временного ресурса на его получения составляют от 5% общего временного ресурса, что является допустимым и существенно не должно сказываться на характеристики изделия.

В случае наличия в секторе анализа зон ионосферных возмущений количество направлений анализа может быть увеличено. При этом компенсация снижения характеристик изделия (за счет расходования временного ресурса работы) должна производиться на системном уровне.

Литература

1. Научно-технический отчет «Разработка программно-алгоритмического обеспечения ионосферного канала...» ФГУБН ИСЗФ СО РАН от 30 октября 2014 года. 66 с.

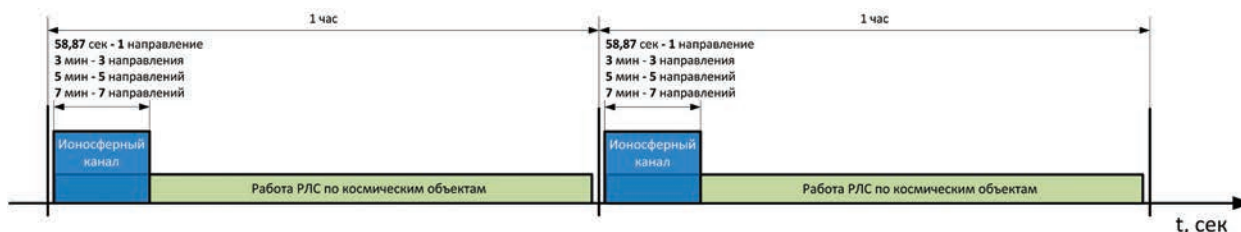


Рис. 2. Распределение временного ресурса РЛС с внедренным алгоритмом получения ионосферного профиля

2. Robinson R. New Techniques and Result from Incoherent Scatter Radars. Radio Science. Bull. 2004. Vol. 311. Pp. 79–94.

3. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере: пер. с англ. / под ред. А.А.Корчака. М.: Мир. 1973. 504 с.

4. Колосов М.А., Арманд Н.А., Яковлев О.И. Распространение радиоволн при космической связи. М.: Связь. 1969. 155 с.

5. Evans J.V. Theory and practice of ionosphere study by Thomson scatter radar. Proc. IEEE. 1969. Vol. 57. Pp. 496–530.

6. Гркович К.В., Бернгардт О.И. Методика обработки сигналов когерентного эха в приближении малого числа точечных рассеивателей // Радиофизика. 2011. Т. 54. № 7. С. 497–509.

Для цитирования:

Логовский А.С., Дмитриевская А.В. Особенности автоматической обработки радиолокационной информации с целью компенсации негативного влияния ионосферы на работу РЛС дальнего обнаружения // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 46–51.

FEATURES OF AUTOMATICAL PROCESSING OF RADIOLOCATION DATA FOR IONOSPHERE'S NEGATIVE INFLUENCE COMPENSATION ON THE LONG-RANGE DETECTION RADARS

Alexey Stanislavovich Logovkiy,
Moscow, Russia, logovsky@rti-mints.ru

Anastasia Vladimirovna Dmitrievskaya,
Moscow, Russia, admtrievskaya@rti-mints.ru

Abstract

The successful solution of problem of accounting and compensation of ionosphere's influence on radio wave propagation directly determines the accuracy of radar stations work, especially on the work of the long-range detection radars. In this article an overview are described existing and implemented methods and algorithms of automatic and automated processing of radar data, received from the subsidiary (with respect to the radar) radio-electronic facilities. To decision this problem there are presented their advantages and disadvantages.

Investigated the possibility of introducing ionospheres channel in work of long-range detection radar.

The method and algorithms of processing of radar data received at the radar (without the use of ancillary tools) are suggested, they allow to support compensation ionosphere's influence on signal's parameters in real time. There are introduced the possibility of ensuring the success of this method on the background of normal operation of the radar without reducing its tactical and technical characteristics.

There are presented practical results of the experiments of implementation of these algorithms and the possibility of their application in existing and developing the long-range detection radars.

Keywords: long-range detection radars; ionosphere; ionosphere's distortion compensation; ionospheres channel; time resource.

References

1. Nauchno-tehnicheskiy otchet «Razrabotka programno-algoritmicheskogo obespecheniya ionosfernogo kanala...». [Scientific technical report "Development of programnoalgoritmicheskoy providing the ionospheric channel ..."]. FGUBN ISZF SO RAN from 30 october 2014. 66 p. (In Russian).

2. Robinson R. New Techniques and Result from Incoherent Scatter Radars. Radio Science. Bull. 2004. Vol. 311. Pp. 79–94.

3. Davies K. Ionospheric radio waves. Waltham, Massachusetts: Blaisdell Publishing Company, 1969. 460 p.

4. Kolosov M.A., Armand N.A., Yakovlev O.I. Rasprostraneniye radiovoln pri kosmicheskoy svyazi [Propagation of radio waves in space communications]. Moscow, Svyaz'. 1969. 155 p. (In Russian).

5. Evans J.V. Theory and practice of ionosphere study by Thomson scatter radar, Proc. IEEE. 1969. Vol. 57. Pp. 496–530.

6. Grkovich K.V., Berngardt O.I. The method of signal processing of coherent echo in the approximation of a small number of point scatterers. Radiophysics and Quantum Electronics. 2011. Vol. 54. No. 7. Pp. 497–509. (In Russian).

Information about authors:

Logovkiy A.S., Ph.D., director of 10th technical-scientific centre, Joint Stock Company «Academician A.L. Mints Radiotechnical Institute»;

Dmitrievskaya A.V., engineer, graduate, Joint Stock Company «Academician A.L. Mints Radiotechnical Institute».

For citation:

Logovkiy A.S., Dmitrievskaya A.V. Features of automatical processing of radiolocation data for ionosphere's negative influence compensation on the long-range detection radarst. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 8. Pp. 46–51. (In Russian).

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Буренин

Андрей Николаевич,

д.т.н., доцент, главный специалист
АО «Научно-исследовательский
институт «Рубин»,
г. Санкт-Петербург, Россия,
konferencia_asu_vka@mail.ru

Легков

Константин Евгеньевич,

к.т.н., заместитель начальника кафедры
автоматизированных систем управления
Военно-космической академии
имени А.Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия,
constl@mail.ru

Умаров

Александр Бахтиерович,

Военно-космическая академия
имени А.Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия,
konferencia_asu_vka@mail.ru

Борисов

Александр Юрьевич,

Военно-космическая академия
имени А.Ф. Можайского,
г. Санкт-Петербург, Россия,
konferencia_asu_vka@mail.ru

Ключевые слова:

функционирование;
инфокоммуникационные сети
специального назначения;
информационное воздействие;
управление, архитектурное построение.

АННОТАЦИЯ

В период активного развития информационных и телекоммуникационных технологий, отчетливо выделяются структуры, предназначенные для полного и своевременного удовлетворения потребностей пользователей различного ранга в санкционированных информационных и телекоммуникационных услугах с обеспечением устойчивого и безопасного функционирования этих структур в условиях естественных и преднамеренных воздействий, выхода из строя и уничтожения оборудования, а также усиления информационных воздействий со стороны неопределенных формирований. В качестве таких структур обоснованно планируется развертывание современных инфокоммуникационных систем и сетей на базе современных технических, технологических и организационных решений.

Показано, что процесс информатизации, происходящих в министерствах и ведомствах специального назначения, приводит к внедрению большого количества информационных и информационно-справочных систем, реализующих требуемые информационные технологии, обеспечивающих работу их департаментов и подразделений. В последние годы существенными стали процессы интеграции корпоративных или ведомственных информационных, информационно-справочных систем в единые инфокоммуникационные сети специального назначения, в которых предоставление пользователям и техническим средствам информационных и телекоммуникационных услуг осуществляется унифицировано соответствующими программно-аппаратными комплексами услуг, поддерживаемых широким спектром телекоммуникационных сетей в составе инфокоммуникационных сетей. Тем самым обеспечивается предоставления всем пользователям полного спектра услуг, связанных с обменом информацией, ее передачей, доставкой и потреблением, а также обработкой, хранением и накоплением.

Доказано, что функционирование современных инфокоммуникационных сетей специального назначения с высокими качественными показателями, может быть обеспечено только при решении комплекса задач их рационального построения и управления.

Чрезвычайно сложная организация сетей, входящих в состав выделенной инфокоммуникационной сети (абонентские сети, сети доступа, транспортная сеть, сети услуг прикладного уровня) приводит к тому, что возрастает число потенциальных ошибок в использовании различных средств инфокоммуникаций, а это обуславливают необходимость разработки достаточно мощных автоматизированных подсистем управления.

Приведено описание и взаимодействие основных организационных компонент инфокоммуникационной сети специального назначения. Предложены варианты архитектурного построения инфокоммуникационной сети и ее описание совокупностью сетевых уровневых моделей, моделей устойчивости уровневых компонент и укрупненными моделями обслуживания требований на получение услуг уровня инфокоммуникационной сети.

В настоящее время, в рамках развивающихся систем связи специального назначения, отчетливо выделяются информационные инфраструктуры, предназначенные для полного и своевременного удовлетворения потребностей пользователей различного ранга в санкционированных инфокоммуникационных услугах, с обеспечением устойчивого и безопасного функционирования этих структур в условиях естественных и преднамеренных помех, выхода из строя и уничтожения оборудования, а также усиления информационных воздействий различных нарушителей. В качестве таких структур обоснованно планируется развертывание так называемых инфокоммуникационных сетей на базе современных технических, технологических и организационных решений [1–7].

Широкая информатизация процессов, происходящих в различных корпорациях и ведомствах специального назначения, приводит к внедрению множества информационных и информационно-справочных систем, реализующих требуемые информационные технологии, обеспечивающих работу их департаментов и подразделений. Наряду с процессами информатизации, в последние годы существенными стали процессы интеграции корпоративных или ведомственных информационных, информационно-справочных систем в единые инфокоммуникационные сети (ИКС СН), в которых предоставление пользователям и техническим средствам как информационных, так и телекоммуникационных услуг осуществляется унифицировано соответствующими программно-аппаратными комплексами услуг, поддерживаемых широким спектром телекоммуникационных сетей в составе ИКС СН. Тем самым обеспечивается предоставление всем пользователям полного спектра услуг, связанных с обменом информацией, ее передачей, доставкой и потреблением, а также обработкой, хранением и накоплением.

Как правило, различные ИКС СН существенно отличаются друг от друга потребностями в ресурсах, размахом, структурой, возможностями, реальной пропускной способностью, а также безопасностью и устойчивостью.

Вместе с тем, в значительной степени телекоммуникационной основой многих корпоративных или ведомственных систем связи в настоящее время являются устаревшие (так называемые, наследуемые) вторичные сети связи, в то время как современное телекоммуникационное ядро этих систем только создается.

Облик, номенклатура и основные характеристики существующих (наследуемых) вторичных сетей многих систем связи определялось как особенностями строительства систем связи РФ в прежние годы, так и процессами создания и развертывания ЕСЭ РФ.

Наряду с развитием корпоративных сетей передачи речи и данных, в последние годы прошлого и в начале нынешнего века в разное время осуществлялись проекты по развертыванию современных телекоммуникационных сетей, ориентированных на обмен речью и данными, интегрирующих различные сети пере-

дачи данных, документального обмена, телефонные и телеграфные сети и предназначенные для объединения существующих сетей на основе технологий ISDN, FR, IP и MPLS поверх SDH или ATM [1–3].

Привлекательность использования этих технологий для конвергенции существующих сетей связи определяется как их функциональной полнотой по предоставлению пользователям услуг, необходимых для поддержания современных информационных, так и наличием широкого профиля образцов коммутаторов и маршрутизаторов как отечественной разработки и производства, так и зарубежных. Кроме этого сочетание этих технологий отвечает требованиям открытости по наращиванию услуг и расширению перечня поддерживаемых сетевых технологий, то есть создает необходимые условия для создания современного телекоммуникационного ядра ИКС СН, с учетом перехода в подвижной радиосвязи к сетям связи 5-го и 6-го поколений.

Вместе с тем, развернутые и создаваемые в настоящее время ИКС СН, не смотря на общую тенденцию их построения в соответствии с концепциями сетей следующего поколения (NGN) и глобальной информационной инфраструктуры (ГИИ), в зависимости от особенностей их применения, от предъявляемых требований по обеспечению информационной безопасности, часто существенно отличаются от общего облика перспективной ИКС СН.

Перспективы создания ИКС связаны с концепциями ГИИ и сетей следующего поколения (NGN-сетей), при этом под ИКС СН будем понимать концепцию построения инфокоммуникационных систем, обеспечивающих предоставление неограниченного (наращиваемого) набора информационных и телекоммуникационных услуг с гибкими возможностями по их управлению, персонализации и созданию новых услуг за счёт унификации информационных и сетевых решений, предполагающую реализацию универсальной транспортной сети с распределённой коммутацией, вынесение функций предоставления информационных и телекоммуникационных услуг в оконечные сетевые узлы и интеграцию с традиционными и существующими сетями связи.

Основой архитектурного построения ИКС является транспортная сеть (как правило, двухуровневая), сети доступа, узлы информационных служб, узлы телекоммуникационных служб и узлы управления услугами.

В современных ИКС двухуровневая транспортная сеть связи, входящая в их состав, является мультипротокольной и обеспечивает перенос разных видов информации с использованием различных протоколов передачи (ATM, FR, IP-MPLS, MPLS over ATM), т.е. реализует универсальную услугу переноса, которая заключается в прозрачной передаче информации пользователей между сетевыми оконечаниями (сетями доступа) без какого-либо анализа или обработки её содержания.

Для предоставления информационных услуг и услуг телекоммуникаций в ИКС используются многочисленные программно-аппаратные средства, кото-

рые позволяют пользователям обмениваться любыми видами сообщений (речь, видео, данные), получать информационные услуги в любое время и с заданным качеством. Средства ИКС также позволяют унифицировать процедуры предоставления доступа к инфокоммуникационным услугам для различных пользователей, а также организовать межсетевое взаимодействие с пользователями других сетей.

В рамках ИКС СН все предоставляемые услуги характеризуются транзакциями, которые осуществляет спецпользователь при запросе/активизации услуги. При этом его позволяют получить полные права по использованию данной услуги, при условии санкционированности доступа.

Пользователи могут воспользоваться услугами инфокоммуникаций напрямую или с помощью пользовательских приложений. При этом все компоненты пользовательских приложений должны поддерживаться в ИКС, которые, как и услуги, обычно объединяются в пакеты, чтобы создать для конкретного пользователя требуемую сложную услугу или предоставить доступ к приложению.

Спектр услуг, которые обычно обеспечиваются в рамках современных ИКС СН, достаточно широк. Он может динамически меняться вместе с изменением доступных ресурсов. Поэтому часто целесообразно классифицировать определенные компоненты услуг, нежели сами услуги. При этом каждый компонент услуги зависит от ресурса, необходимого для ее поддержки.

В целом ИКС СН составляет совокупность баз данных, средств обработки информации, взаимодействующих сетей связи и множество терминалов пользователей. При этом доступ к информационным ресурсам ИКС СН реализуется посредством услуг нового типа, получивших название инфокоммуникационных услуг. Предполагается, что они будут преобладать в ИКС СН перспективных систем связи уже в ближайшем будущем.

К основным технологическим особенностям, отличающим инфокоммуникационные услуги от услуг традиционных сетей связи, можно отнести следующие:

- инфокоммуникационные услуги оказываются на верхних уровнях модели взаимодействия открытых систем (ВОС), в то время как услуги традиционных сетей предоставляются на представительном, сеансовом, транспортном и сетевом уровнях;

- большинство инфокоммуникационных услуг предполагает наличие клиентской части и серверной; клиентская часть реализуется в оборудовании пользователя, а серверная – на специальном выделенном узле ИКС, называемом узлом служб;

- инфокоммуникационные услуги, как правило, предполагают передачу информации мультимедиа, которая характеризуется высокими скоростями передачи и несимметричностью входящего и исходящего информационных потоков;

- для предоставления инфокоммуникационных услуг зачастую необходимы сложные многоточечные конфигурации сетевых соединений;

- для инфокоммуникационных услуг характерно разнообразие прикладных протоколов и возможностей по управлению услугами со стороны пользователя;

- для идентификации абонентов инфокоммуникационных услуг, как правило, используется дополнительная адресация в рамках данной инфокоммуникационной услуги.

Большинство инфокоммуникационных услуг являются «приложениями», т.е. их функциональность распределена между оборудованием «поставщика» услуги и окончательным оборудованием пользователя. Как следствие, функции окончательного оборудования также должны быть отнесены к составу инфокоммуникационной услуги, что необходимо учитывать при их регламентации.

Модель, определяющая участников процесса предоставления инфокоммуникационных услуг и их взаимоотношения, также отличается от модели традиционных услуг электросвязи, в которой было представлено всего лишь три основных участника: оператор, абонент и пользователь. Новая модель предполагает наличие доверенного поставщика услуг, который предоставляет инфокоммуникационные услуги. При этом сам поставщик является потребителем услуг переноса, предоставляемых транспортной сетью ИКС.

Основу информационной архитектуры перспективных ИКС составляет универсальная транспортная сеть и сети доступа, реализующие функции транспортного уровня и уровня управления коммутацией и передачей.

В состав транспортной сети входят:

- транзитные узлы, выполняющие функции переноса информации и коммутации;

- оконечные (граничные) узлы, обеспечивающие доступ абонентов к услугам транспортной сети;

- контроллеры сигнализации, выполняющие функции обработки информации сигнализации, управления вызовами и соединениями;

- шлюзы, позволяющие осуществить подключение традиционных сетей связи;

- гибкие многопротокольные коммутаторы (softswitch).

Контроллеры сигнализации могут быть вынесены в отдельные устройства, предназначенные для обслуживания нескольких узлов коммутации. Использование общих контроллеров позволяет рассматривать их как единую систему коммутации и сигнализации, распределенную по сетям ИКС. Такое решение не только упрощает алгоритмы установления соединений, но и является наиболее экономичным для предоставления всех услуг, так как позволяет заменить дорогостоящие системы коммутации большой ёмкости небольшими, надежными, гибкими и доступными по стоимости.

Оконечные/оконечно-транзитные узлы транспортной сети ИКС, в принципе, могут выполнять функции узлов служб, т.е. состав функций граничных узлов может быть расширен за счёт добавления функций предоставления достаточно простых телекоммуникационных услуг и для построения таких узлов может

использоваться технология гибкой коммутации (Soft Switch), которая также позволяет согласовывать различные системы сигнализации.

Инфокоммуникационные услуги предполагают реализацию на основе функциональной модели распределённых (зоновых) баз данных, доступ к которым организуется с использованием протокола LDAP. При этом концепция создания ИКС СН во многом опирается на системные и технические решения, уже разработанные международными организациями стандартизации.

Решение многочисленных задач проектирования, создания, развертывания и управления ИКС СН возможно только при наличии их достаточно корректного формализованного описания с использованием определенных математических конструкций, отражающих основные параметры и законы функционирования, существенные для достижения целей, для достижения которых создаются ИКС СН.

Модель ИКС является результатом формализации системы и ее элементов, т.е. построения четкого формального (в идеале, математического) их описания с необходимой степенью приближения к действительности [8]. Сущность формализации в общих чертах сводится к следующему. Поскольку математические модели ИКС СН и ее элементов определяют зависимость характеристик состояний от параметров, в первую очередь следует решать вопрос о выборе совокупности характеристик и параметров. В качестве характеристик состояний целесообразно выбирать такие функции, которые, с одной стороны, обеспечивали бы удобство определения искомых величин при исследовании ИКС и ее элементов методом моделирования, а с другой – давали бы возможность получить достаточно простую их математическую модель. Выбор параметров, характеризующих процесс функционирования ИКС, обусловлен теми факторами, которые должны учитываться при формализации процесса [8]. Однако, как правило, отсутствует возможность указать какие-либо формальные правила для выбора характеристик состояний и параметров исследуемой ИКС, что, в свою очередь, исключает из рассмотрения вопросы, связанные с полнотой и единственностью системы характеристик [8, 9, 11].

Существенное влияние на процесс функционирования ИКС оказывают случайные факторы. Для формального математического описания различных случайных объектов ИКС целесообразно использовать вероятностные схемы случайных событий, случайных величин и случайных процессов [10–14].

Вместе с тем, учет факторов, влияние которых не является определяющим для оценки характеристик и параметров сети и ее элементов, приведет лишь к тому, что математические модели становятся чересчур громоздкими и плохо обозримыми, а точность решения задач при этом практически не увеличивается [8].

Так как в качестве основной цели создания ИКС СН является представление пользователям разнообразных информационных и телекоммуникационных ус-

луг требуемого качества, то в качестве базовой логической модели ее может быть взята многоуровневая функциональная архитектура. При этом ИКС целесообразно представить трехуровневой сетевой моделью, каждый уровень которой задается определенной сетью услуг, предоставляющей фиксированные услуги конкретного уровня ИКС: инфраструктурного, промежуточного и базового (рис. 1).

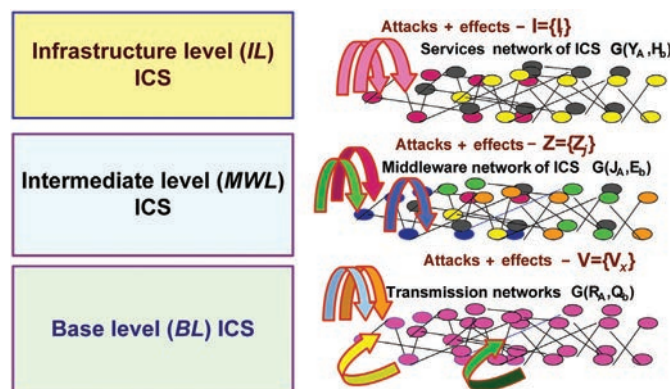


Рис. 1. Сетевая модель ИКС СН

Каждая уровневая сеть услуг описывается графом $G(Y_A, H_b)$, $G(J_A, E_b)$ и $G(R_A, Q_b)$, представляющим собой модель соответственно сети услуг инфраструктурного, промежуточного и базового уровней ИКС.

Введенные при рассмотрении модели ИКС СН уровневые инфраструктурный, промежуточный и базовый компоненты (IL, MWL и BL) определяют ее функционирование в условиях различных случайных и преднамеренных воздействий, характеризуя такое важное ее свойство как устойчивость. При этом в качестве моделей устойчивости ИКС СН, в плоскости уровняго ее представления, могут быть следующие выражения для вероятностей качественного функционирования уровнейых компонент:

$$P\{f[Q_{IC}(V_{IC}, G_{IC}, U_{IC})] \geq f_{IC}\} \geq P_{IC} \quad , \quad (1)$$

где $f[Q_{IC}(V_{IC}, G_{IC}, U_{IC})]$ – функционал качества функционирования ИК ИКС СН;

f_{IC} – минимально допустимый уровень качества функционирования ИК ИКС СН;

f_{IC} – минимально допустимое значение вероятности функционирования ИК ИКС СН с допустимым качеством;

$Q_{IC}(V_{IC}, G_{IC}, U_{IC})$ – случайная функция, характеризующая процесс функционирования ИК ИКС СН;

V_{IC}, G_{IC} – соответственно фиксированные, возмущенные параметры (характеристики) функционирования ИК ИКС СН и управление им;

$G_{IC} = \varphi_{IC}(I_{IP}, I_{RV}, I_{KA})$, а I_{IP}, I_{RV}, I_{KA} – возмущения, характеризующие воздействие на ИК ИКС СН соответственно случайных и преднамеренных помех, разрушающих воздействий и компьютерных атак.

Аналогично можно получить выражения для вероятностей качественного функционирования остальных уровней компонент.

При этом работу ИКС СН будем считать устойчивой, если выполняется неравенство (1).

Наиболее удобное и полное описание типовой структуры каждого уровня ИКС СН достигается представлением его в виде соответствующего графа $G(Y, B)$, множество вершин которого $Y = \{Y_1, \dots, Y_i, \dots, Y_j, \dots, Y_N\}$, а множество дуг $B = \{b_{ij}\}$. Мощность множества B зависит от степени связности узлов уровня и не может превышать величины $0,5 N(N-1)$. Каждому элементу b_{ij} множества B ставится в соответствие вполне определенная пара $(Y_i, Y_j) \in Y$.

В свою очередь, каждому элементу $Y_i \in Y$ ставится в соответствие определенный узел сети уровня, а элементу $b_{ij} \in B$ – определенная ветвь этой сети. Каждой дуге графа $b_{ij} \in B$ приписывается величина l_{ij} , равная весу ветви сети уровня ИКС, соединяющей узел Y_i с узлом Y_j . Кроме того, каждой дуге b_{ij} ставится в соответствие множество $K_{ij} = \{k_{ij1}, \dots, k_{ij\zeta}, \dots, k_{ijm}\}$, элемент $k_{ij\zeta}$ которого равен числу виртуальных каналов с соответствующей пропускной способностью $v_{ij\zeta}$.

Структуру каждого уровня ИКС можно также задавать различными матрицами. Матрица связности уровневой сети D_{cm} m -го уровня ИКС позволяет описать соединения узлов сети уровня друг с другом. При условии равнодоступности виртуальных каналов в ветвях она является симметричной квадратичной матрицей порядка N :

$$D_{cm} = |d_{ij}|, \quad d_{ij} = 0, 1; \quad \forall m=1, 2, 3 \quad (2)$$

Весовые коэффициенты ветвей каждой сети уровня ИКС может быть заданы матрицей $L = |l_{ij}|$, каждый элемент которой равен весу ветви, соединяющей узлы Y_i и Y_j .

Качественный и количественный состав ветвей сети уровня ИКС может быть описан множеством матриц емкости $K = \{K_\zeta\}$, элемент K_ζ которого представляет собой матрицу числа виртуальных каналов $K_\zeta = |k_{ij}|$.

Таким образом, структура сети уровня ИКС представляется множеством матриц структуры $S_m = \{L_m, K_m, V_m\}$.

В силу конечной надежности и живучести комплексов и оборудования уровневой сети, ее структура не остается неизменной. Отдельные виртуальные каналы и узлы уровневой сети могут выходить из строя и восстанавливаться. Поэтому структура сети каждого уровня ИКС СН будет постоянно меняться в процессе ее работы.

Особую трудность при математическом описании ИКС СН играют модели протекающих в ней процессов, и в первую очередь, процессов поступления и обслуживания требований на оказываемые услуги различных служб и сервисов каждого функционального уровня. Представляется перспективным эти процессы, протекающие на каждом из трех функциональных уровней ИКС СН описать математически единообразно в виде соответствующих моделей обслуживания [11–14]. Иными словами, каждый элемент инфраструктурного, про-

миссионного или базового уровня (IL , MWL или BL) ИКС, связанный с обработкой информации целесообразно представить моделью обслуживания, описываемой выражением для вероятностей состояния каждого модуля обслуживания уровня или компоненты ИКС:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t, m, j)}{dt} = -P_0(t, m, j)\lambda(m, j) + \mu_{m,j} P_1(t, m, j); \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dP_i(t, m, j)}{dt} = (i+1)\mu_{m,j} P_{i+1}(t, m, j) - i\mu_{m,j} P_i(t, m, j) + \lambda(m, j) P_{i-1}(t, m, j); \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dP_n(t, m, j)}{dt} = -n\mu_{m,j} P_n(t, m, j) + \lambda(m, j) P_{n-1}(t, m, j) \end{cases} \quad (3)$$

$j = 1, \dots, N_m; \quad m = 1, 2, 3$

где $\lambda(m, j)$ и $\mu_{m,j}$ соответственно интенсивности поступления требований на предоставление услуг и обслуживания требований;

$P_i(t, m, j)$ вероятность нахождения j -го модуля обслуживания m -го уровня архитектуры ИКС СН ($m = 1, 2, 3$ соответственно для ВС, МВС и IC) в соответствующем состоянии.

Потоки требований, характерных для сети каждого уровня ИКС СН определяются с одной стороны потребностями пользователей, а с другой – процессами функционирования самой ИКС СН. Важны основные свойства потоков требований.

Стационарность или нестационарность – это одно из основных свойств потоков требований, характеризующих зависимость их вероятностных характеристик от времени.

Другим свойством информационных потоков является отсутствие, частичное присутствие или присутствие последствия, которое характеризует вероятностное развитие процесса поступления требований в зависимости от предыстории.

И, наконец, третьим свойством потоков требований является ординарность или отсутствие ординарности, характеризующее возможность поступления одновременно нескольких требований.

Немаловажной характеристикой потоков, циркулирующих в каждой уровневой сети ИКС СН, является функция распределения временного интервала между двумя соседними поступающими требованиями и зависимость или независимость случайных величин временных интервалов между двумя поступающими требованиями.

В соответствии с приведенными свойствами и характеристиками потоков требований, циркулирующих в уровневых сетях ИКС СН, наиболее применимыми при моделировании процессов в ней, являются: примитивный (или пуассоновский стационарный) поток; поток Пальма; поток Эрланга; рекуррентный поток; рекуррентный поток с запаздыванием; поток Бернулли; самоподобный (или фракталообразный) поток; нестационарный пуассоновский поток.

Таким образом, предложенный в статье системный подход к описанию современных ИКС СН в виде мно-

гоурвневой сетевой архитектуры, позволяет представить каждый функциональный уровень моделью сети услуг, а каждый функциональный компонент обслуживания конкретного уровня – системой стохастических дифференциальных уровней, задающих динамику его состояний, и описать модели потоков.

Однако любое представление реальных потоков требований на обслуживание в уровневых сетях ИКС СН той или иной моделью стационарного потока (примитивного, Пальма, рекуррентного, рекуррентного с запаздыванием, Бернулли, обобщенного самоподобного и т.д.) должно быть научно обосновано в плане их использования в динамических моделях уровневых компонент ИК СН, т.к. сами модели потоков входят в значительно более сложные модели, описывающие состояния коммутационного и серверного оборудования, а также уровневых сетей и ИКС СН в целом.

Литература

1. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пост-NGN. СПб.: БХВ-Петербург. 2013. 344 с.
2. Буренин А.Н., Легков К.Е. Современные инфокоммуникационные системы и сети специального назначения. Основы построения и управления: монография. М.: Медиа-Паблишер, 2015. 348 с.
3. Легков К.Е. Основные теоретические и прикладные проблемы технической основы системы управления специального назначения и основные направления создания инфокоммуникационной системы специального назначения // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 7. № 6. С. 42–46.
4. Буренин А.Н., Легков К.Е., Мясникова А.И. Некоторые подходы к системному анализу процессов управления современными мультисервисными сетями связи // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2012. Т. 4. №1. С. 11–13.
5. Буренин А.Н., Легков К.Е., Нестеренко О.Е. К вопросу построения систем управления современными инфокоммуникационными сетями специального назначения // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2013. Т. 5. №6. С. 22–28.
6. Легков К.Е., Буренин А.Н. Проблемы математического описания потоков управляющей информации в процессе управления современной инфокоммуникационной сетью специального назначения // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2014. Т. 8. № 10. С. 43–46.
7. Буренин А.Н., Легков К.Е. Особенности архитектур, функционирования, мониторинга и управления полевыми компонентами современных инфокоммуникационных сетей специального назначения // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2013. Т. 5. №3. С. 12–17.
8. Буренин А.Н. Математическое описание систем обмена информацией // Теоретические основы управления обменом информацией в АСУ. 1983. С. 14–16.
9. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями: пер. с англ. / под ред. Б.С. Грушко. М.: Мир. 1979. 600 с.
10. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания: пер. с англ. / под ред. В.И. Неймана. М.: Машиностроение. 1979. 600 с.
11. Саульев В.К. Математические методы теории массового обслуживания. 3-е изд., испр. и доп. М.: Статистика. 1979. 96 с.
12. Захаров Г.П. Методы исследования сетей передачи данных. М.: Радио и связь, 1982. 208 с.
13. Баруча-Рид А.Т. Элементы теории марковских процессов и их приложения: пер. с англ. / под ред. А. Н. Ширяева. М.: Наука, 1969. 512 с.
14. Климов Г.П. Стохастические системы массового обслуживания. М.: Наука, 1966. 244 с.

Для цитирования:

Буренин А.Н., Легков К.Е., Умаров А.Б., Борисов А.Ю. К вопросу моделирования функционирования современных инфокоммуникационных сетей специального назначения // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 52–58.

THE PROBLEM OF MODELING THE FUNCTIONING OF A MODERN INFOCOMMUNICATION NETWORKS OF A SPECIAL PURPOSE

Burenin Andrey Nikolaevich,
St. Petersburg, Russian, konferencia_asu_vka@mail.ru

Legkov Konstantin Evgenyevich,
St. Petersburg, Russian, constl@mail.ru

Umarov Alexander Bakhtiyerovich,
St. Petersburg, Russian, konferencia_asu_vka@mail.ru

Borisov Alexander Yuryevich,
St. Petersburg, Russian, konferencia_asu_vka@mail.ru

Abstract

In active development of information and telecommunication technologies, the structures intended for full and timely satisfaction of needs users of a various rank in authorized information and telecommunication services with ensuring of steady and safe functioning of these structures in the conditions of natural and deliberate influences, failure and equipment destruction, and also strengthening of information influences

are distinctly allocated from uncertain formations. As such structures expansion of modern infocommunication systems and networks on the basis of modern technical, technological and organizational solutions is reasonably planned. It is shown that process of the information, occurring in the ministries and departments of a special purpose, leads to introduction of a large number information and directory systems realizing demanded information technologies, departments ensuring functioning of them and divisions. In recent years processes of integration of corporate or departmental information, directory systems in uniform infocommunication networks of a special purpose in which granting to users and means of information and telecommunication services is carried out became essential is unified by the corresponding hardware-software complexes of the services supported by a wide range of telecommunication networks as a part of infocommunication networks of a special purpose. Thereby it is provided granting to all users of a full range of the services connected with exchange of information, its transfer, delivery and consumption, and also processing, storage and accumulation.

It is proved that functioning of modern infocommunication networks of a special purpose with high quality indicators, can be provided only at the solution of a complex problems of their rational construction and management.

Extremely difficult organization of the networks which are a part of the allocated infocommunication network (user's networks, access networks, a transport network, networks of services applied level) leads to that the number of potential mistakes increases in use of various means of telecommunications, and it the powerful automated subsystems of management cause need development enough.

The description and interaction of the main organizational an infocommunication networks of a special purpose component is provided. Options of architectural creation of infocommunication networks of a special purpose and its description by set of network level models, models of stability level a component and the integrated models of service requirements receiving services of level infocommunication networks of a special purpose are offered.

Keywords: functioning; infocommunication networks of a special purpose; information influence; management; architectural construction.

References

1. Goldstein B.S., Kucheravy A.E. *Seti svyazi post-NGN [Communication network of post-NGN]*. SPb.: BHV-Petersburg, 2013. 344 p. (In Russian).
2. Burenin A.N., Legkov K.E. *Sovremennye infokommunikatsionnye sistemy i seti spetsial'nogo naznacheniya. Osnovy postroeniya i upravleniya: Monografiya. [Modern infocommunication systems and special purpose networks. Basics of*

creation and control]. Moscow, Media Publisher, 2015. 348 p. (In Russian).

3. Legkov K.E. Main theoretical and applied problems of a technical basis a control system a special purpose and main directions of creation infocommunication system of a special purpose. *T-Comm: Telecommunications and transport*. 2013. T. 7. No. 6. Pp. 42–46. (In Russian).

4. Burenin A.N., Legkov K.E., Myasnikova A.I. Some approaches to the system analysis of management modern multiservice communication networks. *H&ES Research*. 2012. Vol. 4. No. 1. Pp. 11–13. (In Russian).

5. Burenin A.N., Legkov K.E., Nesterenko O.E. To a question of creation control systems of modern infocommunication networks a special purpose. *H&ES Research*. 2013. Vol. 5. No. 6. Pp. 22–28. (In Russian).

6. Legkov K.E., Burenin A.N. Problems of the mathematical description of flows operating information in management a modern infocommunication network a special purpose. *T-Comm: Telecommunications and transport*. 2014. Vol. 8. No. 10. Pp. 43–46. (In Russian).

7. Burenin A.N., Legkov K.E. Features of architecture, functioning, monitoring and management of field components modern infocommunication networks a special purpose. *H&ES Research*. 2013. Vol. 5. No. 3. Pp. 12–17. (In Russian).

8. Burenin A.N. *Matematicheskoe opisaniye sistem obmena informatsiy [The mathematical description of systems exchange information]. Teoreticheskie osnovy upravleniya obmenom informatsiy v ASU*. 1983. Pp. 14–16 (In Russian).

9. Kleinrock L., *Queueing Systems, Volume II: Computer Applications*. New York: Wiley Interscience, 1976. 576 p.

10. Kleinrock L. *Queueing Systems, Volume I: Theory*. New York: Wiley Interscience, 1976. 417 p.

11. Saul'yev V.K. *Matematicheskie metody teorii massovogo obsluzhivaniya [Mathematical methods of the theory mass service. 3rd ed.]*. Moscow, Statistika, 1979. 96 p. (In Russian).

12. Zakharov G.P. *Metody issledovaniya setey peredachi dannykh [Methods of research networks data transmission]*. Moscow, Radio i svyaz', 1982. 208 p. (In Russian).

13. Barucha-Reid A.T. *Elements of the Theory of Markov Processes and their Applications*, McGraw-Hill, New York, Toronto, London, 1960. 157 p.

14. Klimov G.P. *Stokhasticheskie sistemy massovogo obsluzhivaniya [Stochastic systems of mass service]*. Moscow, Nauka, 1966. 244 p. (In Russian).

Information about authors:

Burenin A.N., Ph.D., associate professor, chief specialist of JSC «Research Institute «Rubin»;

Legkov K.E., Ph.D., deputy head of the Department automated systems of control, Military Space Academy;

Umarov A.B., Military Space Academy;

Borisov A.Yu., Military Space Academy.

For citation:

Burenin A.N., Legkov K.E., Umarov A.B., Borisov A.Yu. The problem of modeling the functioning of a modern infocommunication networks of a special purpose. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 4. Pp. 52–58. (In Russian).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СИСТЕМЫ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Волков

Валерий Фёдорович

д.в.н., профессор, профессор кафедры системного анализа и математического обеспечения АСУ Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского, г. Санкт-Петербург, Россия
feder1105@mail.ru

Галанкин

Андрей Вячеславович

к.т.н., заместитель начальника кафедры системного анализа и математического обеспечения АСУ Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского, г. Санкт-Петербург, Россия,
Biruk98@gmail.com

Федер

Александр Львович

к.т.н., доцент, докторант Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского, г. Санкт-Петербург, Россия,
feder1105@mail.ru

Ключевые слова:

пункт управления формирований специального назначения; объект вычислительной техники; система администрирования; администратор безопасности информации; администратор сети.

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена описанию особенностей применения системы администрирования объекта вычислительной техники пункта управления формирований специального назначения, заключающихся в предложениях по ее применению, включающих в себя семь основных блоков. Показано, что система администрирования объекта вычислительной техники пункта управления войсками способствует реализации основной цели автоматизации управления войсками, а предложения по ее применению разработаны с целью повышения оперативности выполнения типовых задач администрирования объекта вычислительной техники пункта управления формирований специального назначения. Определены субъекты управления системой администрирования, основные направления их деятельности. Показано, что состав и алгоритм функционирования системы администрирования объекта вычислительной техники пункта управления формирований специального назначения зависят от целей и задач, которые ставятся перед выше обозначенной системой, и могут варьироваться, что, в свою очередь, влияет на состав аппаратного и общего и специального программного обеспечения, входящего в систему. Кроме предложений по применению системы администрирования объекта вычислительной техники пункта управления формирований специального назначения в работе предложены несколько вариантов построения системы администрирования объекта вычислительной техники пункта управления формирований специального назначения, обусловленных различными типами технологий управления локальной вычислительной сетью, на основе которой построен объект вычислительной техники данного пункта управления. Необходимо подчеркнуть, что предложения носят общий характер, не привязанный к конкретному пункту управления формирований специального назначения. Они обретают конечный вид только после определения задач, стоящих перед данным пунктом и определения степени оснащенности его комплексами средств автоматизации с предустановленным программным обеспечением, а также степенью укомплектованности и обученности персонала, несущего ответственность за его работоспособность. Особое внимание обращается на закрепление ответственности должностных лиц за грамотную эксплуатацию, своевременное и качественное проведение регламентных работ с программным обеспечением комплексов средств автоматизации пункта управления формирований специального назначения.

В целях обеспечения управления воинским формированием специального назначения (СН) создается система управления. Она включает в себя: органы управления, пункты управления и систему связи.

Органами управления являются штабы воинских формирований, которые в ходе боевых действий располагаются на пунктах управления.

Пункты управления – это командные пункты всех степеней, с которых командиры осуществляют руководство подчиненными войсками и боевыми средствами при подготовке и в ходе боевых действий, а также при управлении дежурными силами и средствами.

Для повышения оперативности и качества управления система управления формированиями СН оснащается средствами автоматизации.

Автоматизация управления формированиями СН решает три основные задачи:

1. Развитие и широкое внедрение математических методов и моделей в практику управления войсками;
2. Развитие и широкое внедрение в войска электронно-вычислительной техники, средств автоматизации, новых информационных технологий;
3. Использование для управления войсками современных систем телекоммуникации.

Основная цель автоматизации управления войсками это приведение уровня управленческой деятельности командиров, штабов и других органов управления в соответствие с требованиями к оперативности, устойчивости, скрытности и качеству управления за счет широкого использования в этой практике современных математических методов, информационных технологий, технических средств автоматизации и электронно-вычислительной техники, а также эффективных средств систем телекоммуникации [1], при помощи которых и реализуется система администрирования (СА) объекта вычислительной техники (ОВТ) пункта управления формированиями специального назначения (ПУ ФСН).

С целью повышения оперативности и качества выполнения типовых задач администрирования ОВТ ПУ применяется различное общее и специальное программное обеспечение [3]. Важной особенностью данного процесса является включение в состав ОВТ локальной вычислительной сети (ЛВС) со всеми связанными с ее применением достоинствами и недостатками. Таким образом, особое внимание при проектировании и эксплуатации ОВТ с ЛВС необходимо уделить именно процессу сетевого администрирования с приведением конкретных предложений по применению системы администрирования объекта вычислительной техники ПУ ФСН.

Для формулирования предложений по применению системы администрирования объекта вычислительной техники ПУ ФСН необходимо выделить субъектов управления и направления их работы. Субъектами управления СА ОВТ являются администратор сети и администратор безопасности информации. При

выделении субъектов управления необходимо поднять вопрос о материально ответственном лице, отвечающем за работоспособность аппаратного и наличие программного обеспечения. Будут ли назначены администратор сети и администратор безопасности информации лицами, несущими материальную ответственность или нет, решается в соответствии с комплексом соответствующих нормативных документов. В качестве основных направлений работы администраторов сети и безопасности информации необходимо выделить управление пользователями, управление ресурсами ОВТ, управление конфигурацией сети, анализ эффективности функционирования СА ОВТ, управление безопасностью, поддержка работоспособности ОВТ. Кроме того, задачи администраторов разделяются на ежедневные, разовые (эпизодические) и задачи, выполняемые с определенной периодичностью (ежемесячные, ежеквартальные и т.д.).

Необходимо отметить, что большинство операций, совершаемых субъектами управления СА ОВТ, ненаглядны для пользователей, за исключением случаев реконфигурации ОВТ. По этой причине целесообразно составить регламент работ с возможностью их проверки, что будет целесообразно и для администраторов сети и безопасности информации, и для их непосредственных начальников.

На рис.1 представлены предложения по применению системы администрирования ОВТ ПУ ФСН (первые три блока), включающие в себя следующие основные блоки:

1. Методика экспресс-анализа ОВТ.
2. Общие предложения по установке, настройке программного обеспечения ОВТ ПУ ФСН при использовании одноранговой локальной вычислительной сети.
3. Предложения по задачам программного обслуживания контроллера домена ЛВС системы администрирования ОВТ ПУ ФСН.

На рис.2 представлены предложения по применению системы администрирования ОВТ ПУ ФСН (последние четыре блока), включающие в себя следующие основные блоки:

4. Предложения по задачам программного обслуживания Web-сервера системы администрирования ПУ ФСН.
5. Предложения по задачам программного обслуживания сервера базы данных системы администрирования ПУ ФСН.
6. Предложения по применению специализированных клиент-серверных технологий системы администрирования ОВТ ПУ ФСН.
7. Предложения по закреплению ответственных лиц за эксплуатацию объектов системы администрирования ОВТ ПУ ФСН.

Необходимо отметить, что на рис. 1 представлены соответствующие предложениям алгоритмы. Данные алгоритмы разработаны, но не приводятся в работе в связи с ограниченностью размера.

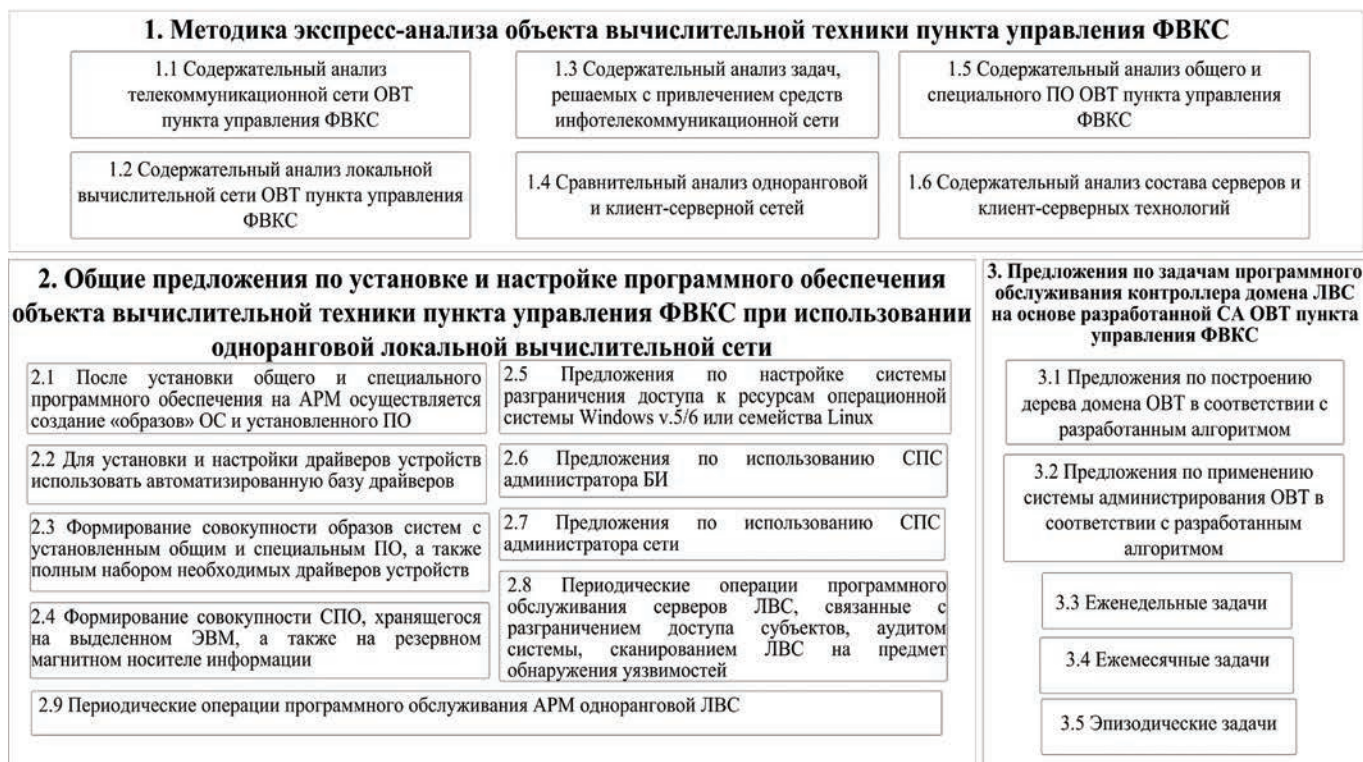


Рис. 1. Предложения по применению системы администрирования ОВТ ПУ ФСН (первые три блока)

Разнообразие вариантов построения системы администрирования (СА) объекта вычислительной техники ПУ ФСН обусловлено различными типами технологий управления локальной вычислительной сетью, на основе которых строится ОВТ. Ниже рассмотрены следующие варианты:

- система администрирования ОВТ ПУ ФСН на основе одноранговой ЛВС;
- система администрирования ОВТ ПУ ФСН на основе ЛВС с использованием контроллера домена;
- система администрирования ОВТ ПУ ФСН на основе ЛВС с использованием контроллера домена и применением специализированных клиент-серверных технологий.

В совокупности с рассматриваемыми ниже вариантами построения системы администрирования ОВТ ПУ ФСН необходимо также рассмотреть предложения по предварительной подготовке ОВТ к работе, настройке его программных средств и последующего их применения, на основе которых и формируется состав системы администрирования. Состав предложений носит обязательный характер и может варьироваться.

Предложения по подготовке к работе и дальнейшему применению системы администрирования ОВТ ПУ ФСН делятся на пять основных групп.

Первая группа состоит из общих предложений по установке и настройке программного обеспечения при использовании одноранговой локальной вычислительной сети [5] и включает:

1. Создание, так называемых, образов операционных систем (ОС) и установленного программного обеспечения (ПО) с применением специального программного обеспечения (СПО), например, Ghost или Acronis Drive Image после установки общего и специального программного обеспечения на автоматизированные рабочие места (АРМ) осуществляется.
2. Применение автоматизированной базы драйверов, например, Driver Pack Solution для установки и настройки драйверов устройств использовать.
3. Формирование совокупности образов систем с установленным общим и специальным ПО, а также полным набором необходимых драйверов устройств.
4. Формирование совокупности СПО, хранящегося на выделенном ЭВМ, а также на резервном магнитном носителе информации, необходимого для выполнения задач по предназначению.
5. Выполнение действий по настройке АРМ согласно алгоритма настройки системы разграничения доступа к ресурсам операционных систем Windows v.5/6 или семейства Linux, например, MCBC или AstraLinux.
6. Периодические операции программного обслуживания АРМ одноранговой ЛВС, такие как, проверка ЭВМ на воздействие компьютерных вирусов, еженедельное обновление баз данных антивируса и т.д.
7. Периодические операции программного обслуживания серверов ЛВС, связанные с разграничением доступа субъектов, аудитом системы, сканированием

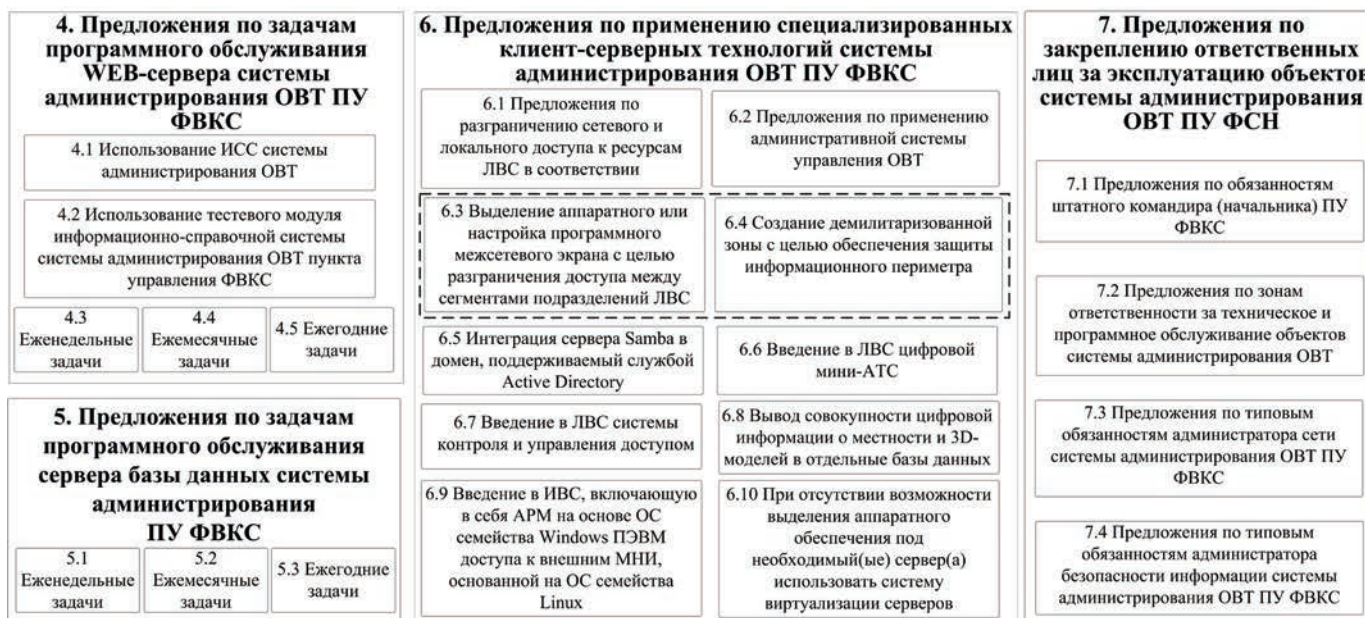


Рис. 2. Предложения по применению системы администрирования ОВТ ПУ ФСН (последние четыре блока)

ЛВС на предмет обнаружения уязвимостей.

На основании выше сформулированных предложений разработан вариант построения системы администрирования ОВТ ПУ ФСН на основе одноранговой ЛВС, который представлен на рис. 3 [4, 5].

Вторая группа состоит из предложений по задачам программного обслуживания контроллера домена ЛВС при использовании его как составной части системы администрирования ОВТ ПУ ФСН и включает:

1. Ежедневные задачи, такие как, удаление временных файлов, создание и распространение списков, содержащих информацию об использовании дискового пространства пользователями, проверка состояния системы электронной почты, репликация сервера в конце недели и аудит основных событий в ЛВС.

2. Ежемесячные задачи, такие как, архивирование и удаление неиспользуемых файлов, проверка готовности к устранению аварийных ситуаций, создание резервных копий в конце каждого месяца.

3. Эпизодические задачи, такие как, подключение и удаление аппаратных средств, инсталляция новых программных средств, подключение и удаление пользователей, оказание им помощи, поиск неисправностей.

На основании выше сформулированных предложений разработан вариант построения системы администрирования ОВТ ПУ ФСН на основе ЛВС с использованием контроллера домена, который представлен на рис. 4 [4, 5].

Третья группа предложений по предварительной подготовке ОВТ к работе, настройке его программных средств и последующего их применения состоит из предложений по задачам программного обслуживания Web-сервера ОВТ ПУ ФСН и включает:

1. Ежедневные задачи, такие как, проверка файлов регистрации ошибок, проверка стола справок электронной почты, проверка свободного пространства томов, еженедельное создание резервных копий.

2. Ежемесячные задачи, такие как, удаление временных файлов, создание и распространение списков, содержащих информацию об использовании дискового пространства пользователями, создание резервных копий в конце месяца.

3. Ежегодные задачи, такие как, архивирование и удаление неиспользуемых файлов, проверка готовности к устранению аварийных ситуаций, создание резервных копий в конце каждого года или в конце цикла.

Четвертая группа состоит из предложений по задачам программного обслуживания сервера базы данных ОВТ ПУ ФСН и включает:

1. Ежедневные задачи, такие как, проверка файлов регистрации ошибок, управление файлами данных и журналов, проверка свободного пространства томов, фрагментация индексов.

2. Ежемесячные задачи, такие как, удаление временных файлов, тестирование на предмет обнаружения повреждений в структуре базы данных или в сервере баз данных, создание резервных копий в конце месяца.

3. Ежегодные задачи, такие как, архивирование и удаление неиспользуемых баз данных, проверка готовности к устранению аварийных ситуаций, создание резервных копий в конце каждого года или в конце цикла.

Пятая группа состоит из предложений по применению специализированных клиент-серверных технологий на ОВТ ПУ ФСН и включает:

1. Выделение аппаратного или настройка программного межсетевого экрана с целью разграничения досту-

па между сегментами ЛВС ПУ с целью осуществления контроля и фильтрации сетевых пакетов на различных уровнях эталонной модели взаимодействия открытых систем в соответствии с заданными правилами.

2. Создание демилитаризованной зоны с целью обеспечения защиты информационного периметра, при котором серверы, отвечающие за запросы из внешней сети, находятся в особом сегменте ЛВС и ограничены в доступе к основным сегментам сети с помощью межсетевого экрана.

3. Интеграция сервера Samba в домен, поддерживаемый службой Active Directory, с целью объединения в ЛВС ресурсов и возможностей, предоставляемых ОС различных семейств.

4. Введение в ЛВС цифровой мини-АТС с целью создания замкнутой переговорной сети ПУ ФСН.

5. Введение в ЛВС системы контроля и управления доступом с целью физического ограничения возможности проникновения внутрь периметра ПУ и временного контроля присутствия личного состава на рабочих местах.

6. Вывод совокупности цифровой информации о местности и 3D-моделей в отдельные базы данных с целью обеспечения централизованного хранения и оптимального применения при решении повседневных задач.

7. Выделение отдельного сервера приложений под специальные программные средства.

8. Введение в ЛВС, включающую в себя АРМ на основе ОС семейства Windows, ПЭВМ доступа к внешним

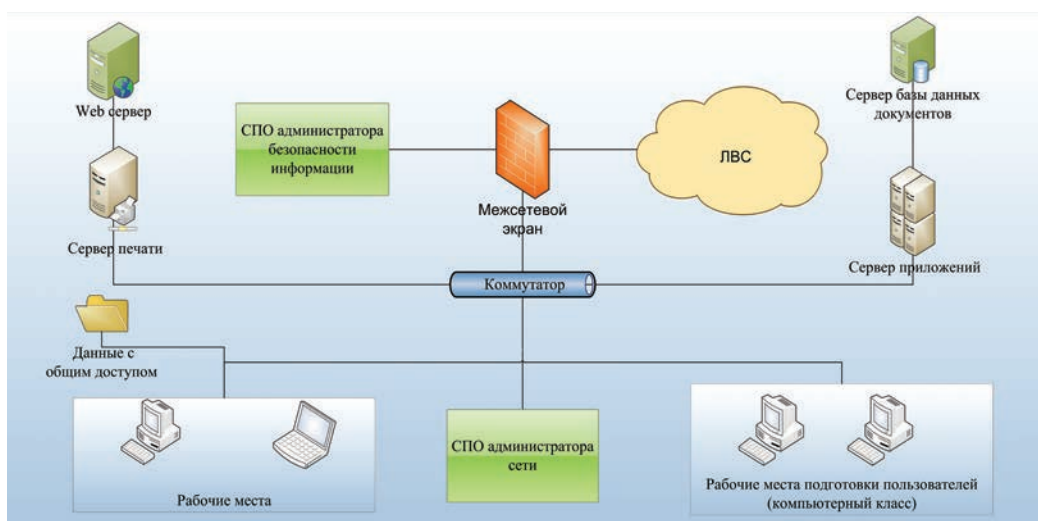


Рис. 3. Вариант построения системы администрирования ОВТ ПУ ФСН на основе одноранговой ЛВС

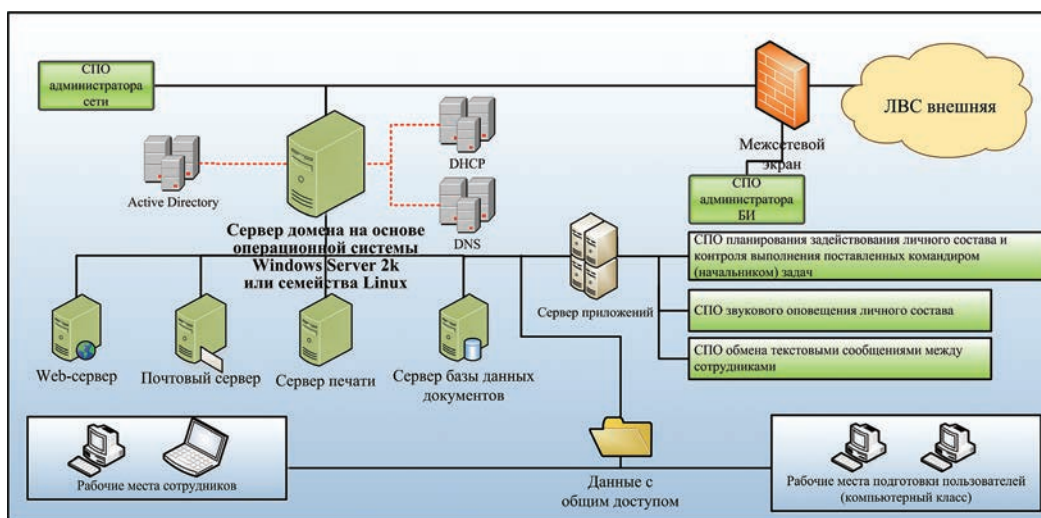


Рис. 4. Вариант построения системы администрирования ОВТ ПУ ФСН на основе ЛВС с использованием контроллера домена

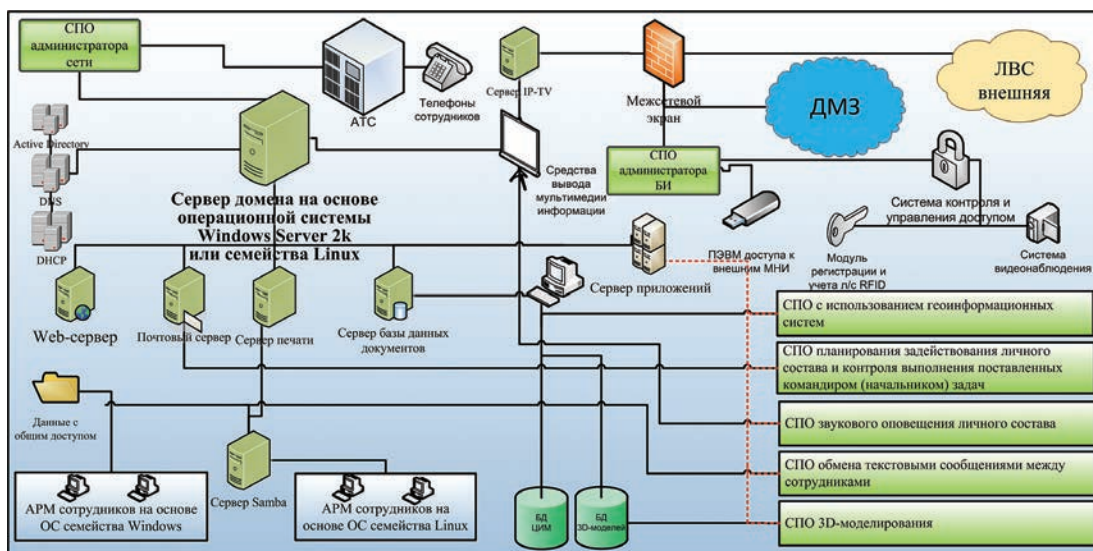


Рис. 5. Вариант построения системы администрирования ОВТ ПУ ФСН на основе ЛВС с использованием контроллера домена и применением специализированных клиент-серверных технологий

магнитным носителям информации, основанную на ОС семейства Linux, с целью исключения возможности воздействия деструктивного ПО, ориентированного на ОС семейства Windows.

9. Применение системы виртуализации серверов, например, Proxmox или ESXi VMWare при отсутствии возможности выделения аппаратного обеспечения под необходимый(ые) сервер(а).

На основании выше сформулированных предложений разработан вариант построения системы администрирования ОВТ ПУ ФСН на основе ЛВС с использованием контроллера домена и применением специализированных клиент-серверных технологий, который представлен на рис. 5 [2, 4, 5].

Таким образом, в работе представлены общие предложения по применению системы администрирования объекта вычислительной техники пункта управления формирования специального назначения, состоящие из семи основных блоков, а также предложения по подготовке к работе и дальнейшему применению системы администрирования в зависимости от предложенных вариантов ее построения, обусловленных различными типами технологий управления локальной вычислительной сетью.

Литература

1. Волков В.Ф., Галанкин А.В., Федер А.Л. Общая характеристика процесса автоматизированного управления сложными организационно-техническими системами специального назначения Воздушно-космических сил // Научно-технические исследования Земли. 2015. Т. 7. № 6. С. 50–54.
2. Новиков С.В., Зима В.М., Андрушкевич Д.В. Подход к построению защищенных распределенных сетей обработки данных на основе доверенной инфраструктуры // Труды СПИИРАН. 2015. Т. 38. Вып. 1. С. 34–57.
3. Легков К.Е. Новые принципы построения автоматических систем управления современными инфокоммуникационными сетями специального назначения // Научно-технические исследования Земли. 2015. Т. 7. № 1. С. 38–41.
4. Козичев В.Н., Каргин В.Н., Ширманов А.В., Голошев С.П. Перспективы создания корпоративных автоматизированных информационных систем военного назначения // Военная мысль. 2015. № 10. С. 19–33.
5. Салухов В.И., Солдатенко В.С. Структурно-функциональная модель и методика решения задачи обоснования модернизации телекоммуникационных систем // Труды СПИИРАН. 2015. Т. 43. Вып. 6. С. 210–237.

Для цитирования:

Волков В.Ф., Галанкин А.В., Федер А.Л. Предложения по применению системы администрирования объекта вычислительной техники пункта управления формирования специального назначения // Научно-технические исследования Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 59–65.

SUGGESTIONS ON APPLICATION OF COMPUTING CENTER ADMINISTRATION SYSTEM IN AEROSPACE FORCES CONTROL UNITS

Volkov Valery Fedorovich

St. Petersburg, Russia, feder1105@mail.ru

Galankin Andrey Viacheslavovich

St. Petersburg, Russia, Biruk98@gmail.com

Feder Aleksandr Lvovich

St. Petersburg, Russia, feder1105@mail.ru

Abstract

The research describes peculiarities of computing centers administration systems application in special purpose control units. Peculiarities consist of proposals on the application and include seven main blocks. It is shown that computing centers administration system contributes to the main purpose of troops management automation, and suggestions for its application developed to increase efficiency of typical system administration tasks performing in computing centers of special purpose control units. It is defined subjects of administration system management and main directions of their work. It is shown that the structure and algorithm of computing centers administration system functioning in special purpose control units depends on aims and objectives of the aforementioned system. These aims and objectives may vary, which, in turn, has influence with the composition of hardware and software belonged to the system. Apart from proposals of computing centers administration systems application in special purpose control units it is reviewed in research some variants of computing centers administration systems in special purpose control units construction due to different types of local network management technology. It must be emphasized that the proposals are of a General nature, not tied to a specific special purpose control units. They acquire the final form only after defining of prescribed tasks and determining of the automated with pre-installed software equipment degree, as well as the degree of respon-

sible for its performance personnel staffing and training. Special attention is paid to the establishing of officers responsibility as well as timely and qualitative routine maintenance of automation systems software carrying out.

Keywords: special purpose control units; computing center; administration system; information security administrator; network administrator.

References

1. Volkov V.F., Galankin A.V., Feder A.L. General characteristics of the process of automatic control of complex organizational-technical systems for special applications of the aerospace defence forces. H&ES Reseach. 2015. Vol. 7. No. 6. Pp. 50–54. (In Russian).
2. Novikov S.V., Zima V.M., Andrushkevich D.V. Approach to building secure distributed networks of data processing based on trusted infrastructure. SPIIRAS Proceedings. 2015. Issue 1(38). Pp. 34–57. (In Russian).
3. Legkov K.E. New principles of creation automated control systems for modern infocommunication networks of a special purpose. H&ES Reseach. 2015. Vol.7. No. 1. Pp. 38–41. (In Russian).
4. Kozichev V.N., Kargin V.N., Shirmanov A.V., Golashev S.P. Perspektivy sozdaniya korporativnykh avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem voennogo naznacheniya [Perspektivy sozdaniya korporativnykh avtomatizirovannykh informacionnykh sistem voennogo naznacheniya]. Voennaya mysl. 2015. No. 10. Pp. 19–33 (In Russian).
5. Salukhov V.I., Soldatenko V.S. Structurally functional model and technique to solve the problem of justification of telecommunication systems modernization. SPIIRAS Proceedings. 2015. Issue 6(43). Pp. 210–237. (In Russian).

Information about authors:

Volkov V.F., professor of chair, Military Space Academy;
Galankin A.V., deputy head of the Department, Military Space Academy;
Feder A.L., doctoral student, Military Space Academy.

For citation:

Volkov V.F., Galankin A.V., Feder A.L. Suggestions on application of computing center administration system in aerospace forces control units. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 1. Pp. 59–65. (In Russian).

SYSTEMATIC APPROACH TO THE MONITORING OF INFOCOMMUNICATION SYSTEMS FOR SPECIAL PURPOSES

Legkov Konstantin Evgenyevich,

*Ph.D., deputy head of the Department automated systems
of control, Military Space Academy, St. Petersburg, Russia,
constl@mail.ru*

Keywords: *infokommunicatsion system; monitoring;
supervision of parameters; condition of system;
model and monitoring methods.*

ABSTRACT

At the present stage of development of information and telecommunication technologies, monitoring communication networks and telecommunication networks of modern for authors is put different interpretations. Monitoring is considered in the system of collection, storage and analysis of the parameters describing the network as a control object for judging the state of the network as a whole. In other works under the monitoring means is the process of observing and recording data about the observed networks. Applicable for infocommunication systems monitored parameters in this work means process of monitor any parameters of infocommunication systems as object of management. The result of the monitoring parameters is a set of measured values of parameters obtained at adjacent time intervals and assessment on the basis of the entire system. Thus, is understood to be monitoring of the status of infocommunication systems in the work which refers to the observation of the system as a management object, and the result of monitoring the state of a system is a set of diagnoses of its constituent elements.

The subject of research problems of monitoring of telecommunications networks dedicated in many publications and dissertation research, however, most of them devoted to monitoring local area networks, terminal and server equipment. A small part of the work is devoted to the issues of network-wide monitoring organization, however, the subject of research, as a rule, is not the infocommunication network or the system as a whole and its individual components. Consequently, in addressing the problems associated with the models and methods of monitoring of infocommunication system, the system must consider the organization of the monitoring process, presented in this paper.

Currently, in various scientific works [1–9] uses the concept of monitoring communication networks, telecommunication networks, etc., and its contents, authors put, sometimes in different particulars, but in many ways similar to the main interpretation. For example, under the monitoring system means data collection / registration, storage and analysis of a small number of key (express or implied) attributes / parameters describing the network as an object of management to judge the behavior of / his shape as a whole. In another monitoring – this is the process of observing and recording data of the control object.

With regard to the infocommunication systems of a special purpose (ICS SP) under control parameters will

mean the monitoring of any parameters ICS SP as object of management. The result of the monitoring parameters is a set of measured values of parameters obtained at adjacent time intervals and assessment on the basis of their condition ICS SP. That is, under the monitoring of the state of ICS SP in the thesis refers to monitoring of the ICS SP as a control object. The result of monitoring the state of ICS SP is a set of diagnoses of its constituent elements.

It should be noted that all studies on the problems of monitoring telecommunications networks devoted a lot of publications [1–8] and dissertation studies [9]. Most of them are devoted to the monitoring of local area networks, and terminal server hardware and only a small part - the

organization of network-wide monitoring. However, even if the names of some of the work meets the term «network», the subject of research, as a rule, is not the infocommunication network or the system as a whole and its individual components: network FR, network IP, LAN, etc. [9]. Therefore, in dealing with the problems associated with the models and methods of monitoring ICS SP, you must consider the organization of the monitoring system is in ICS SP [1–4, 8].

Features ICS SP associated with its complexity, heterogeneity of the composition, protection and «information and multiservice» require adjustment concepts of monitoring towards its wider interpretation, which is suitable lead after examining systemic issues of the organization of such a functional subsystem management ICS SP, which performs the functions of monitoring it (Fig. 1.)

Management ICS SP need to establish effective procedures to obtain reliable data in real time about its status, the status of all component ICS SP flowing in it and in all its elements processes.

An overwhelming majority of the basic parameters characterizing the state of ICS SP, the state of the components ICS SP (access network, transport network, the service nodes, the service, etc.) and elements of ICS SP (servers, services, cabling systems, switches, multiplexers, routers, telephone exchange, interface modules, etc.) will be random variables or random processes [10–22].

The organization collect information about the state as the ICS SP and its various components and elements has a lot in common and is part of the functional subsystem of gathering information (SGI) automated control system ICS SP [1–8], elements which are also placed on the appropriate nodes ICS SP and the appropriate hardware nodes – the so-called elements of the subsystem of information gathering, primary processing of requests (applications) to receive the state information and subsequent delivery of data required in the collection and processing of information the SGI automated control system ICS SP at their request or arranging for the periodic automatic delivery of this information without request.

Generalized scheme of collecting information about the state of ICS SP, the status of all component ICS SP, flowing in it processes and all elements of the ICS SP should be presented as follows (Fig. 2).

Considering the number of heterogeneous management tasks as ICS SP and its various components (transportation network ICS SP, access network, secondary network inherits connection of old park, network services application level, etc.), the hierarchy of the automated control system ICS SP, SGI automated control system ICS SP is also built on hierarchical principle, which suggests the feasibility of deploying some intermediate level of collection and processing of information SGI-level fragment ICS SP collecting, processing, summarizing the status and provides integrated information to the appropriate centers for the collection and processing of information SGI top-level [1–4].

Elements SGI automated control system ICS SP placed (distributed) components, nodes and elements ICS SP,

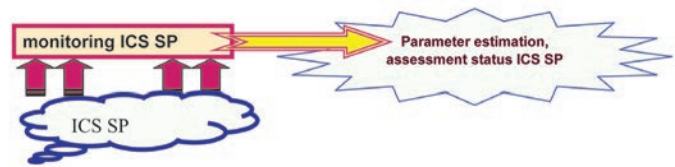


Fig. 1. Conceptual model of monitoring subsystem

pass in the appropriate centers for the collection and processing of information SGI information status (IS) of the monitored network objects, and receiving control information (CS) of the centers (if required) or upon request required information, either about the changing modes of work (change the polling period, processing time, changes in the methods and processing algorithms, etc.).

As a rule, IS from the SGI item, entering the hub element in SGI or the appropriate center for the collection and processing of information SGI of the lower level of the hierarchy SGI automated control system ICS SP is already processed (at least initial or preliminary statistical processing of the initial information) information is sent to the control center for final treatment in the subsystem of information processing.

Give the model name the retrieval, collection, processing, compilation and estimation of parameters and state information SP ICS, all ICS component occurring in them processes, all elements of the ICS SP, models monitoring [1–8].

In fact, the SGI elements of the automated control system ICS SP are modules of distributed condition monitoring ICS, the ICS state of all components, processes and all elements of the network. It is clear that the number of monitoring units and, consequently, the sources of information flows on the state, is well defined and is a finite number. It is obvious, that the organization collect information about the status of ICS, the ICS state of all components, processes and all elements of the network flows proprietary information about the state are themselves stochastic flows separately for each of the three closed monitoring groups.

As noted, the extraordinary complexity of ICS SP, features of their construction and the variety of conditions of operation in different environment peaceful and special time, which significantly complicates the organization of effective management ICS, leads to the necessity of a broad interpretation of the concept of monitoring ICS.

Under the monitoring ICS SP refers to the organization of processes of production, collection, processing, integration, evaluation and prediction of information about the parameters and status of ICS, parameters and condition of all components ICS, processes and all elements of the network, as well as the organization of periodic processes of identification ICS (Fig.3).

The main processes monitoring ICS SP to support the ICS management process should include two sets of subprocesses:

- subprocesses operational estimates of the parameters and the status of the ICS

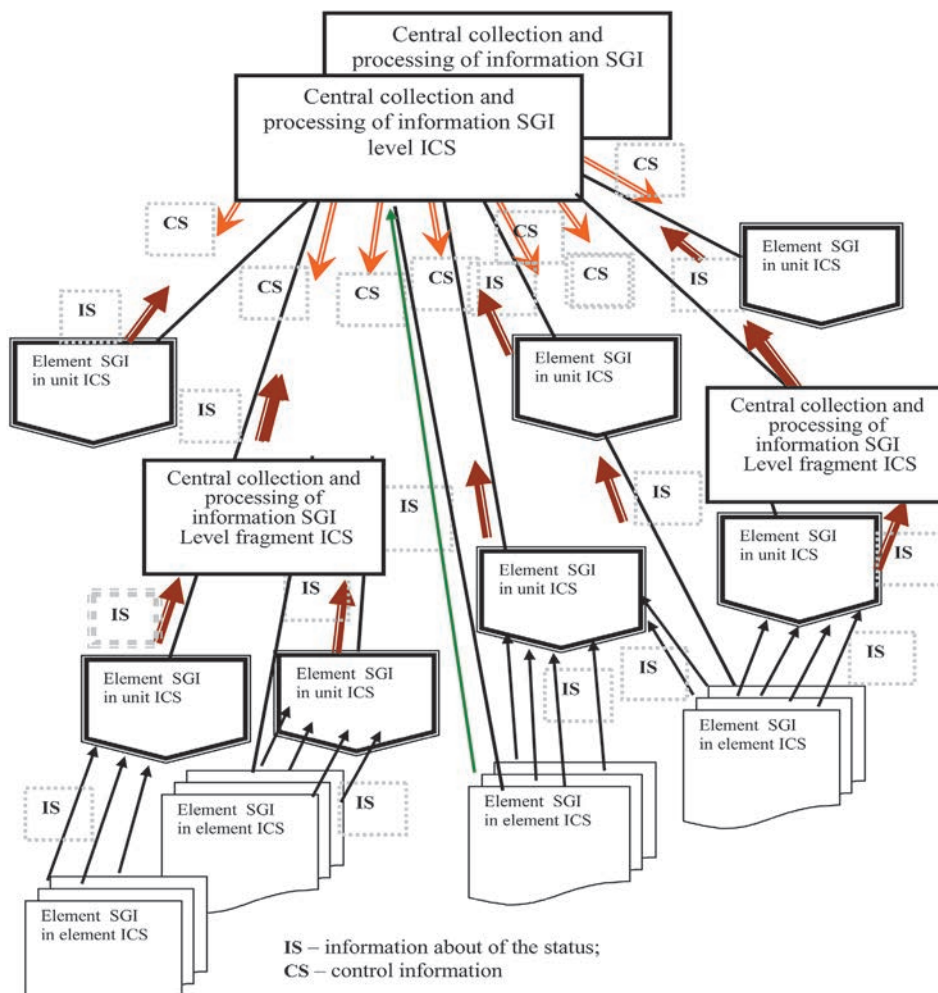


Fig. 2. The process of collecting information about the state of ICS SP, the status of all component ICS SP, processes and all its elements

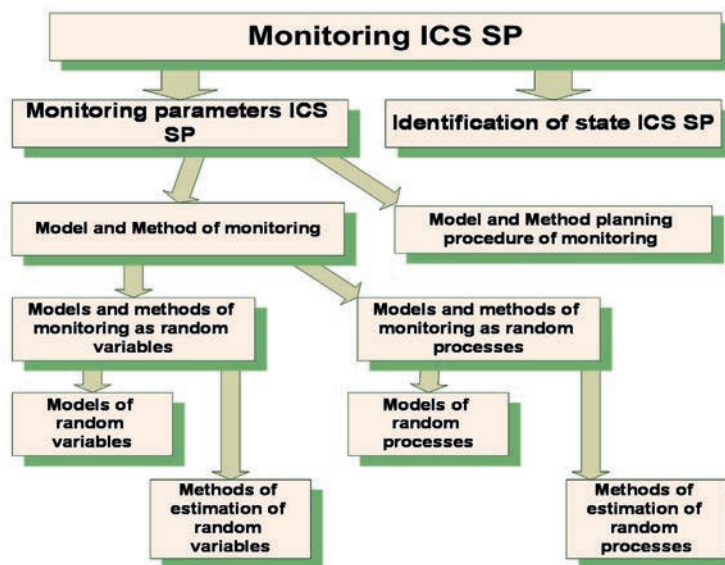


Fig. 3. The main monitoring processes ICS SP

- subprocesses identify the state ICS.

By analyzing the characteristics of construction and operation ICS SP and given the extraordinary complexity of task management, note the following basic provisions which should be considered when conducting monitoring procedures:

- a posteriori data required for analysis and use in management, can be obtained by measuring the parameters and characteristics of the ICS;
- any measurement is always carried out with errors;
- the measurement process makes sense if it reduces the a priori uncertainty;
- in many cases, the necessary measurement parameters and characteristics of ICS may not be directly produced by a measurement process in this case is indirect;
- to build the measurement procedure it is necessary to know the structure dependence of the observed parameter from the measured characteristics;
- the use of optimal methods in the subsystem of monitoring in some cases inefficient due to the large complexity of their implementation;
- in practice management ICS often advisable complex optimal monitoring methods to replace simpler suboptimal;
- comparison tasks of estimation and identification shows that from the fundamental point of view, the synthesis of monitoring procedures, they do not differ from each other and for their solution you can use the same theoretical base.

References

1. Burenin A.N., Legkov K.E. Modern infocommunication systems and special purpose networks. Basics of creation and control. Moscow, Media Publisher, 2015. 348 p.
2. Koryavov P.P., Sushkov B.G. Simulation of dynamic processes. M.: Knowledge, 1973.
3. Baboshin V.A., Legkov K.E. Monitoring of modern multiservice communication networks. Proceedings of the North-Caucasian branch of Moscow technical University of communications and Informatics. 2013. No. 1. Pp. 44–46.
4. Baboshin V.A., Legkov K.E. Algorithm for monitoring of telecommunication networks special purpose and the methods of selection. Proceedings of the North-Caucasian branch of Moscow technical University of communications and Informatics. 2011. Pp. 23–26.
5. Burenin A.N., Legkov K.E. Models of monitoring processes in ensuring operational control of operation of info-communication networks. H&ES Research. 2011. Vol. 3. No. 2. Pp. 19–23.
6. Burenin A.N., Legkov K.E., Negodin D.V. Models of monitoring parameters of management of information and communication networks. Proceedings of the North-Caucasian branch of Moscow technical University of communications and Informatics, part I. 2015. Pp. 71–74.
7. Legkov K.E. Experiments on the collection of traffic and modelling methods for the assessment of changes in the quality of information exchange in communication system special purpose. T-Comm: telecommunications and transport. 2014. Vol. 8. No. 5. Pp. 36–44.
8. Legkov K.E., Baboshin V.A. Monitoring of modern multiservice communication networks. Control Systems and communications. 2012. No. 1. Pp. 43–46.
9. Skuratov A.K. Statistical monitoring and analysis of telecommunication networks : dis. ... d-RA tekhn. Sciences: 05.13.13 / Skuratov Alexey Konstantinovich. Moscow, 2007. 416 p.
10. Barucha-Reid A.T. Elements of the Theory of Markov Processes and their Applications, McGraw-Hill, New York, Toronto, London, 1960. 157 p.
11. Beshelev S.D., Gurevich F.G. Mathematical-statistical methods of expert assessments. Moscow, Statistics, 1980. 263 p.
12. Vilenkin S.Y. Statistical analysis of the results of the study of random functions. Moscow, Energy, 1979. 320 p.
13. Gmurman V.E. Probability theory and mathematical statistics. 3th ed. Moscow, Higher school, 2002. 479 p.
14. Goppa V.D. Introduction to algebraic information theory. Moscow, Nauka. Fizmatlit, 1995. 112 p.
15. Ivchenko G. I. Medvedev Y. I. Mathematical statistics. Moscow, Higher school, 1984. 248 p.
16. Kotyuk A.F., Olshevskiy V.V., Tsvetkov E.I. Methods and apparatus for analysis of characteristics of random processes. Moscow, Energy, 1967. 240 p.
17. Prokhorov Yu.V., Rozanov Yu.A. The theory of probability. SMB. Moscow, Nauka. 1967. 406 p.
18. Saul'yev V.K. Mathematical methods in Queuing theory. 3rd. ed. Moscow, Statistics, 1979. 96 p.
19. Korolyuk V.S., Portenko N.I., Skorokhod A.V. Turbin A.F. Handbook on probability theory and mathematical statistics. Moscow, Nauka, 1985. 640 p.
20. Ushakov I.A. Probabilistic reliability models of information systems. Moscow, Radio and communication, 1991. 132 p.
21. Feller W. An Introduction to Probability Theory and its Applications, Volume I. 3rd ed. 1968. Vol.1. 528 p.
22. Shnaps M.A. Distribution System information. Calculation methods. M.: Communication, 1979. 342 p.

For citation:

Legkov K.E. Systematic approach to the monitoring of infocommunication systems for special purposes. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 1. Pp. 66–70.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Легков Константин Евгеньевич,
г. Санкт-Петербург, Россия, constl@mail.ru

Аннотация

На современном этапе развития информационных и телекоммуникационных технологий под мониторингом сетей связи и телекоммуникационных сетей современные авторы вкладывают различные толкования. Мониторинг рассматривается в работах как система сбора, хранения и анализа параметров описания сети как объекта управления для вынесения суждения о состоянии сети в целом. В других работах под мониторингом подразумевается процесс наблюдения и регистрации данных о наблюдаемых сетях. Применительно к инфокоммуникационным системам под мониторингом параметров в работе подразумевается процесс наблюдения за какими либо параметрами инфокоммуникационной системы как объекта управления. Результат мониторинга параметров представляет собой совокупность измеренных значений параметров, получаемых на примыкающих интервалах времени и оценивание на их основе состояние всей системы. Таким образом под мониторингом состояния инфокоммуникаци-

онной системы в работе понимается наблюдение за состоянием самой системы как объекта управления, а результат мониторинга состояния системы представляет собой совокупность диагнозов составляющих ее элементов.

Вопросам исследования проблем мониторинга телекоммуникационных сетей посвящено достаточно много публикаций и диссертационных исследований, однако большинство из них посвящено вопросам мониторинга локальных сетей, терминального и серверного оборудования. Малая часть работ посвящена общесетевым вопросам организации мониторинга, однако предметом исследования, как правило, является не инфокоммуникационная сеть или система в целом, а отдельные ее компоненты. Следовательно, при решении проблем, связанных с моделями и методами мониторинга инфокоммуникационной системы, необходимо рассмотреть системные вопросы организации процесса мониторинга, представленные в данной работе.

Ключевые слова: инфокоммуникационная система; мониторинг; наблюдение параметров; состояние системы; модели и методы мониторинга .

Информация об авторах:

Легков К.Е., заместитель начальника кафедры автоматизированных систем управления Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского.

Для цитирования:

Легков К.Е. Системный подход к мониторингу инфокоммуникационной системы специального назначения. Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 66–70.



METHOD OF USE OF SELF-MODIFICATION FILES FOR SECURE COMMUNICATION IN THE EXPERT SYSTEM

Shterenberg Stanislav Igorevich,

postgraduate student, Saint-Petersburg State University
of Telecommunications. prof. Bonch-Bruevich,
St. Petersburg, Russia,
shterenberg.stanislav@yandex.ru

Kaflanov Rustam Ilyasovich,

Military Space Academy,
St. Petersburg, Russia,
kaflanfromk@gmail.com

Druzhin Alexey Sergeyeovich,

Military Space Academy,
St. Petersburg, Russia,
rujin.aleks@yandex.ru

Marchenko Stanislav Sergeyeovich,

Military Space Academy,
St. Petersburg, Russia,
markstas55@gmail.com

Keywords: *self-modification; steganography; expert systems;
information technology; data transmission.*

ABSTRACT

Describes the application of the principle techniques for hidden embedding information that can then be applied to the expert system. Expert System, which is being discussed in this article is the concept of the software, which shall carry a significant part of the functions instead of the operator's safety. Expert systems are designed to solve classification problems in a narrow subject area based on the base knowledge generated by interviewing qualified and presented the classification system classification rules If-Then. In systems security information technology expert systems used in intelligent systems information security based on steganographic model and they contain, as a rule, implicit conversion operators to a command code of each application. Of course, this refers to a specific file system and application software. The advantage of Expert System is the ability to describe the experience of experts and information security in the form of rules, i.e. in expert systems expertise is represented in the form available for the analysis of If-Then rules or decision tree, and the process is similar to the inference human reasoning. The process of describing the sequence of reasoning rules If-Then implemented in chains of straight lines and backward reasoning. In the first case, by analogy with mung ins, data-driven, based on the principle of data availability: if the rules are willing to part If all values of parcels, the rule is activated and formed the conclusion contained in the part of Then. The advantage of the approach is the potential for parallelization search box rules across the knowledge base Expert System and disadvantage - the expenses of computing power of information technology to the processing of ready-made rules without regard to their need for a particular purpose. Given the need to ensure the hidden and timely transmission of data in today's expert systems, it is possible to assume that the use of self-modification technology files, namely a hidden code conversion program, it is important for the development of technologies in the field of artificial intelligence.

First of all, the principle should be weighed against the effect of any programs related to self-modification, with computer viruses. It is these types of malicious software fall under the definition of self-replicating programs. Often the spread of viruses takes place with the assistance of unsuspecting users about this by running or copying of infected programs. Processes are automated spread of viruses and to the document or spreadsheet ah hidden macros that contain viruses. And when you open the message is automatically launch attachments. This macros launched for execution, it creates the possibility of the spread of viruses. Some e-mail programs allow you to create agents that automatically send out messages or process on behalf of the user. Viruses use these opportunities and distribution are no longer constrained by the slowness of the people. On the Internet, millions of mobile agents (carriers and spreaders of viruses) able to visit a large number of sites and infect new agents. These viruses multiply at a rate that is limited only by time delays in the network and data intensive.

Thus, the ability of viruses to spread requires a review of methods of protection, and the results of simulation of the processes of their distribution – neutralize viruses at a rate exceeding the rate of their distribution. Is able to provide a sufficiently rapid response to new viruses must consist in the exclusion of the end users of a chain response.

Self-modification files, provides effective protection against fast-spreading and breeding of pathogens. The analogy between computer and conventional viruses leads to the idea of creating it steganographic techniques based on self-modifying code for the Internet environment, the ability to automatically generate and disseminate information for the detection and removal of viruses within minutes of their discovery. Consider a set of criteria to be met by such ES [1].

Computer expert system should also contain components innate and adaptive immune defense. By analogy with the innate immunity for expert systems are needed generalized mechanisms of recognition of harmful changes, as well as specific mechanisms of recognition and removal of viruses in adaptive immunity. Formulate a set of requirements that data base made to prevent the rapid spread of viruses.

1. Innate immunity. The expert system must be able to detect and recognize a large number of unknown viruses, such as file, boot sector, and macro viruses. It is also important that it is adapted to the known virus, you have called a failure in its work. Less important viruses with low capacity to spread, such as overwriting viruses.

2. Adaptive immune itet. Having a copy of the virus, namely the self-modifying code, EC should be able to automatically generate a prescription for its detection and, if possible, to remove all instances of the virus.

3. Delivery and distribution of antiviral prescriptions e. Should be able to deliver antiviral prescription infected ES and promote the dissemination of information in local and global networks.

4. Performance. Creation and delivery of antiviral prescriptions should be implemented faster spread of the virus (by car in less than 10 min. from the time of detection

of the virus, the spread requirements in the network for no more than 30 min., in a global network – no more than a day). As the EC requirements become more stringent.

5. Modular build-up. Analysis. With the rapid spread of the virus is exposed to attack a large number of machines in a number of networks. Therefore, ES you need high performance, ensuring the processing of at least 1,000 simultaneous requests for analysis of viruses.

6. Updates. EC should update anti-virus databases of tens of millions of computers on a daily basis.

7. Safety and reliability. Antivirus requirement formed by ES must be sufficiently reliable and distributed online without human intervention. The frequency of positive results and the precision of the classification of viruses should be adequate to the level of experienced developers of antivirus software.

8. Security. In the process of virus samples data base protected against interception and reading by a third party. It is important to ensure the safety of all prescriptions generated ES on the end user's machine.

9. Consumer control. Consumers should be able to manual or automatic control of sending virus samples, etc. Information from computers, as well as admission requirements for detection / neutralization of viruses and deliver them to users.

Existing anti-virus software satisfies only a small part of requirements. Creation and implementation of a reliable system of protection against fast-spreading virus requires compliance with all these requirements. It is important to consider the example of self-modification of files and additional hidden code in the implementation. It is important to note that should remain primarily integrity and immutability of information during its transmission [1].

The use of steganography tools for implementation of self-modifying code is quite promising prospects for several reasons. Firstly, information hiding in executable files have a high level of secrecy - in most cases the original and modified file Bud e t be the same size and functionality. Secondly, steganalysis of the container and the attack on it is difficult because of the nature embedding information into an executable file.

All the previously proposed methods for embedding information in the executable file can be divided into two categories: the attachment to the compilation of the final file and after it. When investing to compile meant that investing in the executable file will be at the level of its source code (such as C or C ++). Investing after compiling involves modifying the machine code (or rather, the operating code) precompiled file. It should be noted that the more secure attachment is to compile the information, since the introduction of data after compilation is unstable, since the same algorithm that introduces the data can be used for their removal and replacement. Despite this, it is an attachment after compilation for the digital watermark embedding for the purpose of tracing the leak of information – to form an individual code and then compile it will take far more time than his simple modification [2, 3].

Next will be considered previously proposed methods of embedding information into an executable file – how to compile it, and after it. Among these methods, some apply only in one case, but more often they are valid for the first event, and for the second.

Search for investment opportunities in the various systems is closely related to the redundancy of the system and environment. If digital steganography is excessive, for example, the number of shades of gray, which the human eye is unable to distinguish, for the computer steganography (more precisely, for executable files) is redundant syntax of programming languages themselves, on which the program is executed. A striking example can serve such equivalent operation as the operations of addition and subtraction. The processor cannot distinguish the operation $A = A + 2$ and $A = A - (-2)$ – they give the same result, a preparation method thereof is not important. This is mainly based methods and embedding in the executable file. Nevertheless, besides the verbosity of the code can be used redundancy when building the PE file format.

As mentioned earlier, the replacement operations of addition and subtraction on the contrary does not affect the course of the program (assuming that the arguments have been restated for the new operation), which allows you to hide a bit of a hidden message. Similarly, the modified command shift register «rol – ror» assembly language, to which we shall return.

If two chips when they do not destroy the permutation algorithm program, these shifts may also be used for embedding information. It should be noted that in such rearrangements should pay attention, do not break if they perform an initial algorithm.

These methods are valid replacements for virtually any programming language. Next will be discussed in more detail the possibility of modifying assembly language code



Fig. 1. Example of correct and incorrect transposition of code elements

and an example of investment in the executable file.

Modification of assembly code relates to methods for investments after compilation, ie modified to be a ready-executable.

As shown in Fig. 2 file modification will take place in three stages: first, the original image is processed to separate the disassembler code from data obtained will be analyzed for listing can be replaced, after which the byte code of the source file to be modified in accordance with the received changes. When the assembly language code modifications can be made as follows: the replacement instructions on the reverse with the subsequent recalculation of the arguments, the modification instructions by replacing byte addressing mode and register / modifier (abbreviated bytes ModRM) and the treatment of conditional branches.

In assembly language, the term "equivalent instruction" includes single instruction or sequence of instructions that perform the same operation, and having the same length. If the number of instructions equal to the equivalent N, then the replacement of one of these instructions to their equivalent can be put $\log_2 N$ bits hidden message [4].

Many instruction having two operands, opcode contain a bit that indicates which of the operands is a source, and a receiver (direction bit). These instructions are: add, adc,

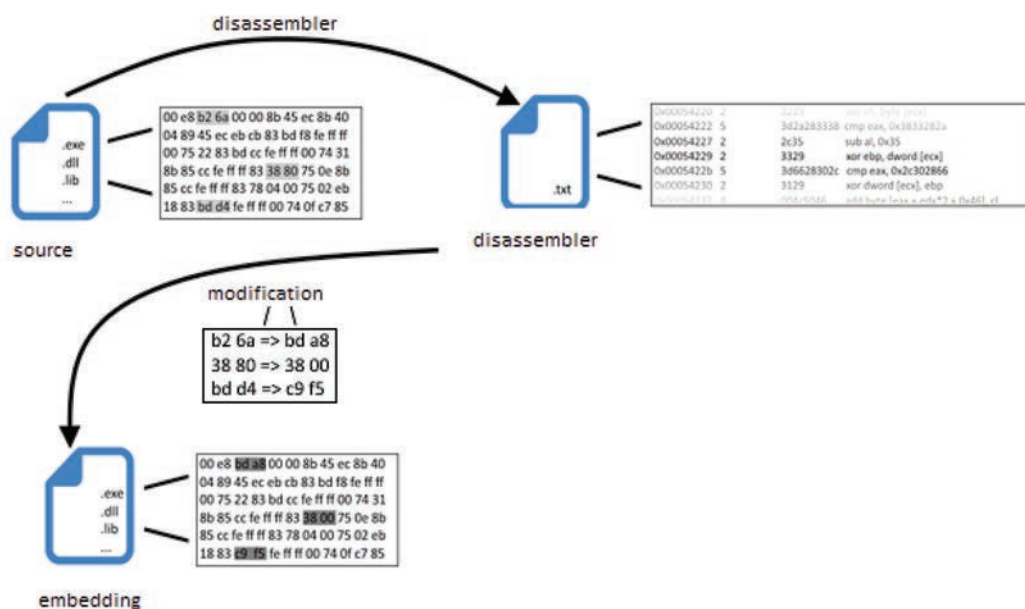


Fig. 2. The algorithm file modification

cmp, mov, or, sub, sbb, xor. For example, instructions add reg, r / m and add r / m, reg bit value different directions, and respectively have different opcode. The first statement sends the value of a register or memory (depending on the contents of the byte ModRM) in the register reg. The second sends the value of the register reg register or memory. Thus, if the two operands participate register, the mov instruction can be encoded by any of the present methods.

Table 1

Equivalent Variants Of The Add Edx, Ecx Instruction Encoding

add eax, ebx			
add r/m, reg		add reg, r/m	
Opcode	ModRM byte	Opcode	ModRM byte
0000	10111010	0000	11100001
0011		0101	
03	BA	05	E1

Some instructions that operate with immediate values can be changed to the reverse. In this case the direct value of the replacement instructions should be restated. Examples of the reciprocal instruction can act instructions add, sub, rol and ror [5].

For instructions, add and sub immediate value is recalculated according to the formula:

$$\text{var2} = (\text{not var1} + 1) \bmod 2^{\text{size}} \quad (1)$$

For instructions and rol ror:

$$\text{var2} = (\text{size} - \text{var1}) \bmod \text{size} \quad (2)$$

Where var1 and var2 – direct relevance to reverse the instructions, size - the size of the register, which is made on the shift operation.

Table 2

Examples of equivalent instructions

Equivalent instructions add-sub	Equivalent instructions rol-ror
add eax, 0000003ah (58 или 00111010b)	rol eax, 15
sub eax, ffffffff6h (-58 или 11000110b)	ror eax, 17

In some cases, the equivalent instructions differently alter the flags register eflags. Therefore, replacing one instruction to another should only be up to the next instruction, changing flags, flag values do not affect the progress of the program, there are no instructions, depending on the register eflags, such as conditional jumps [6].

If comparison instructions swap the operands, the instructions will set the opposing flags. But if, in addition to replace the operands and instructions of conditional branch that operates on the necessary flags, it does not af-

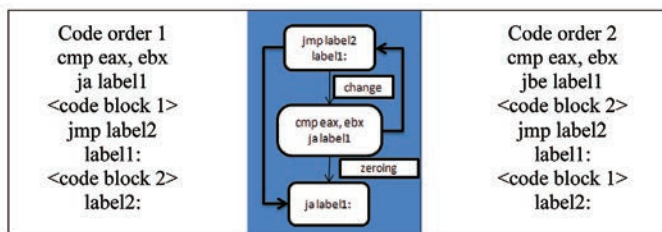


Fig. 3. The equivalent sequence of instructions with the changed order of the independent functional blocks of code

fect the progress of the program. Furthermore, it is possible not only to replace one conditional branch but the order of several functionally independent elements of the code.

Embedding information into executable files can be carried out for different purposes, but the use of the executable file as a container for the information hiding can be justified - not just statistics, but also allowed for the transmission of information greatly depend on the volume of code constituting the program algorithm, and from the environment in which the program was established. Expert systems do not have such strict requirements for secrecy stegosystem, classic stegosystem, and investing in binaries meets these "non-strict" requirements.

This article explores the principles of application techniques for embedding hidden information that can be applied to the expert system. The study mapped the different characteristics of viral malware applications self-modifying code. Based on the foregoing, it is proposed that for investments self-modifying code into the executable code by replacing the synonyms that are used for instructions that perform the same operation, and having the same length. The idea behind the semantic replacement of operators will allow to distract the "attacker" to test the integrity of individual sections of the executable output in the expert system. To notice a hidden attachment that was embedded in the file, it will be difficult due to the fact that the changes within a file will not affect the size or functionality of the executable code. The proposed method is simple to implement and does not require extra costs.

In conclusion, we can say that this article demonstrates the success of the semantic operators replacement of equivalent Assembly code. This method can be used for concealed attachment and further use in the formation of expert systems.

Literature

1. Andrianov V.I., Romanov G.G., Shterenberg S.I. Expert systems in the field of information security in the collection: Actual problems of information and telecommunications in Science and Education IV International scientific-technical and scientific-methodical conference: a collection of scientific articles 2 volumes. 2015. Pp. 193–197.
2. Shterenberg S.I. Andrianov V.I., Lipatnikov V.A. Kostarev S.V. RPA (rationable progressimo aggredi). The certificate on Official Registration of the Computer Program. No. 2015611539, 2015.

3. Romanov G.G., Vitkova L.A., Andrianov V.I., Shterenberg S.I. Interface expert system Rex. The certificate on Official Registration of the Computer Program. No. 2015661877, 2015.

4. Shin D., Kim Y., Byun K., Lee S. Data Hiding in Windows Executable Files. Center for Information Security Technologies. Korea University, Seoul, 2008. P. 51.

5. Shterenberg S.I., Vitkova L.A., Andrianov V.I. Methods of using the empty sections of executable code for stegovlozheni-

ya self-developing in a distributed system of unambiguous identification. Control systems and information technology. 2015. Vol. 59. No. 1.1. Pp. 189–194.

6. Shterenberg S.I., Krasov A.V., Ushakov I.A. Analysis of using equivalent instructions at the hidden embedding of information into the executable files. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2015. Vol. 80. No. 1. Pp. 28–34.

For citation:

Shterenberg S.I., Kaflanov R.I., Druzhin A.S., Marchenko S.S. Method of use of self-modification files for secure communication in the expert system. H&ES Research. 2016. Vol. 8. No. 1. Pp. 71–75.

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ САМОМОДИФИКАЦИИ ФАЙЛОВ ДЛЯ СКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ

Штеренберг Станислав Игоревич,

г. Санкт-Петербург, Россия,
shterenberg.stanislaw@yandex.ru

Кафланов Рустам Ильясович,

г. Санкт-Петербург, Россия, kaflanfromk@gmail.com

Дружин Алексей Сергеевич,

г. Санкт-Петербург, Россия, gujin.aleks@yandex.ru

Марченко Станислав Сергеевич,

г. Санкт-Петербург, Россия, markstas55@gmail.com

Аннотация

В данной статье описывается принцип применения методик по стеганографическому вложению информации, который в дальнейшем можно применить к экспертной системе. Экспертная система, о которой ведется речь в данной статье, носит понятие программного обеспечения, которая должна выполнять значительную часть функций вместо оператора безопасности. Экспертные системы предназначены для решения классификационных задач в узкой предметной области исходя из базы знаний, сформированной путем опроса квалифицированных специалистов и представленной системой классификационных правил If-Then. В системах обеспечения безопасности информационных технологий экспертные системы используются в интеллектуальных системах защиты информации на основе стеганографических моделей и содержат они, как правило, скрытое преобразование командных операторов к коде каждого приложения. Разумеется, здесь подразумевается конкретно файловая система и прикладное про-

граммное обеспечение. Достоинство ЭС состоит в возможности описания опыта специалистов информационной безопасности в виде правил, т.е. в экспертных системах опыт специалистов представляется в доступной для анализа форме системы правил If-Then или дерева решений, а процесс логического вывода сходен с характером человеческих рассуждений. Процесс описания последовательности рассуждений правилами If-Then реализован в цепочках прямых и обратных рассуждений. В первом случае, по аналогии с машинами, управляемыми данными, в основу положен принцип готовности данных: если для части If правила готовы все значения посылок, то правило активируется и формируется заключение, содержащиеся в части Then. Достоинством подхода является потенциальная возможность распараллеливания поиска готовых правил по всей базе знаний экспертной системы, а недостатком - затраты вычислительных мощностей информационных технологий на обработку всех готовых правил без учета их необходимости для решения конкретной задачи.

Исходя из необходимости обеспечивать скрытую и своевременную передачу данных в современных экспертных системах, возможно предположить, что применение технологии самомодификации файлов, а именно скрытое преобразование кода программ, важно для развития технологий в области искусственного интеллекта.

Ключевые слова: самомодификация; стеганография; экспертные системы; информационные технологии; передача данных.

Информация об авторах:

Штеренберг С.И., аспирант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций имени профессора М.А. Бонч-Бруевича;
Кафланов Р.И., Дружин А.С., Марченко С.С., Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского.

Для цитирования:

Штеренберг С.И., Кафланов Р.И., Дружин А.С., Марченко С.С. Методика применения самомодификации файлов для скрытой передачи данных в экспертной системе. Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 1. С. 71–75.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Предоставляемая для публикации статья должна быть актуальной, обладать новизной, отражать постановку задачи, содержать описание основных результатов исследования, выводы, а также соответствовать указанным ниже правилам оформления. Текст должен быть тщательно вычитан автором, который несет ответственность за научно-теоретический уровень публикуемого материала.

1. Статья подготавливается в редакторе MS Word.
2. Формульные выражения выполняются в редакторе Math Type. Также в отдельной папке должны содержаться экспортированные изображения формул в формате TIFF (качество изображений не менее 300 dpi). Названия файлов должны соответствовать номерам формул в статье (Например: Формула 1.tif).
3. Объем статьи без аннотации – от 10 до 20 тыс. знаков. Рисунки и таблицы в объеме статьи не учитываются.
4. Объем аннотации 250-300 слов. Аннотация должна быть информативной (не содержать общих слов), без сокращений, структурированной, отражать основное содержание статьи: предмет, цель, методологию проведения исследований, результаты исследований, область их применения, выводы. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье. Предложения должны начинаться словами: показано, получено, исследовано, предсказано и т.д. и т.п.
5. Ключевые слова (не менее пяти), разделенных точкой с запятой.
6. Фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание, должность и полное название организации - места работы, город, страна, адрес электронной почты и почтовый адрес каждого автора полностью.
7. Список литературы не менее пяти наименований, для статей - с указанием страниц, для книг - с указанием общего числа страниц в книге, для интернет-сайта - с указанием даты обращения. Ссылки должны быть только на статьи, патенты, книги и статьи из сборников трудов. В списках литературы не размещать ГОСТы, рекомендации, диссертации, авторефераты и другую нормативную и непериодическую документацию, эти данные можно указывать в теле статьи в скобках или в виде постраничных ссылок (если автор

непрерывно хочет указать нормативный документ или сослаться на свою диссертацию). Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.05-2008. Образец оформления списка литературы размещен на сайте журнала.

8. Формулы нумеруются в круглых скобках, источники – в прямых. Нумерация формул и приведение в списке источников, на которые нет ссылок по тексту, не допускается.

9. На английском языке предоставляется: название статьи, фамилия, имя, отчество, город, страна и электронный адрес всех авторов полностью, аннотация, ключевые слова и списки литературы. В конце размещается полная информация об авторах (возможно размещение кратких автобиографий): фамилия, инициалы, должность, ученая степень, ученое звание, место работы (организация) и другие данные с надписью (Information about authors).

Все названия издательств и журналов должны быть транслитерированы, а не переведены. Названия организаций в списках литературы (Труды Академии...) должны быть четко выверены с данными организации и иметь официальное английское наименование, которое указано на их сайте или также транслитерированы. Образец оформления списка литературы размещен на сайте журнала.

10. Статья предоставляется в электронном виде, единым файлом, имеющим следующую структуру: заглавие статьи, сведения об авторах, ключевые слова, аннотация, текст статьи (включая иллюстрации, таблицы и формулы), приставительный список литературы, англоязычный блок. Также представляется отдельная папка с экспортированными изображениями рисунков и формул в формате TIFF, по требованиям указанным в п.2. Тексты в рисунках должны быть читаемы.

11. К статье прилагается экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати и две рецензии кандидатов или докторов наук по профилю планируемой публикации материалов (сканированные копии в электронном виде).

Все материалы высылаются электронной почтой в адрес журнала: HT-ESResearch@yandex.ru

Редакция принимает к публикации статьи на английском языке.

Внимание! Редакция оставляет за собой право отклонить представленные материалы, оформленные не по указанным правилам.

MANUSCRIPT REQUIREMENTS

Format

1. All files should be submitted as a Word document.
2. Articles should be between 15000 and 20000 characters (incl. spaces).
3. Article Title to be submitted in native language and English. A title of not more than eight words should be provided.

Author Details (in English and native language)

Details should be supplied on the Article Title Page including:

- * Full name of each author
- * Position, rank, academic degree
- * Affiliation of each author, at the time the research was completed
- * Full postal address of the affiliation
- * E-mail address of each author
- * Structured Abstract (in English and native language)
- * Abstract should be: informative (no general words), original, relevant (reflects your papers key content and research findings); structured (follows the logics of results presentation in the paper), concise (between 250 and 300 words).
- * Purpose (mandatory)
- * Design/methodology/approach (mandatory)
- * Findings (mandatory)
- * Research limitations/implications (if applicable)
- * Practical implications (if applicable)
- * Social implications (if applicable)
- * Originality/value (mandatory)

It is appropriate to describe the research methods/methodology if they are original or of interest for this particular research. For papers concerned with experimental work describe your data sources and

data procession technique. Describe your results as precisely and informatively as possible. Include your key theoretical and experimental results, factual information, revealed interconnections and patterns. Give special priority in your abstract to new results and long-term impact data, important discoveries and verified findings that contradict previous theories as well as data that you think have practical value.

Conclusions could be associated with recommendations, estimates, suggestions, hypotheses described in the paper.

Information contained in the title should not be duplicated in the abstract. Try to avoid unnecessary introductory phrases (e.g. the author of the paper considers).

Use the language typical of research and technical documents to compile your abstract and avoid complex grammatical constructions. The text of the abstract should include key words of the paper.

Keywords (in English and native language)

Please provide up to 5 keywords on the Article Title Page, which encapsulate the principal topics of the paper.

Figures

All figures should be of high quality, legible and numbered consecutively with arabic numerals. All figures (charts, diagrams, line drawings, web pages/screenshots, and photographic images) should be submitted in electronic form preferably in color as separate files, that match the following parameters: TIFF format (quality of figures not less than 300 dpi).

References

References to other publications must be in Harvard style and carefully checked for completeness, accuracy and consistency.