

DOI: 10.61726/2756.2025.29.75.001

УДК 654 (082), 378.651

МОДЕЛИРУЮЩИЙ ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЧС

П.Ю. ЛАКИЗО¹, В.А. ВИШНЯКОВ²

¹Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»,
ул. Ф. Скорины, 8/2, Минск, 220076, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6720-6490>

²Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»,
ул. П. Бровки, 6, 220013, Минск, Беларусь
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2929-8958>

Поступила в редакцию 5 апреля 2025

Для оценки эффективности использования радиочастотного спектра (РЧС) выделены ее составляющие: техническая, экономическая и социальная. Для автоматизации расчета эффективности РЧС предложено использование программы многоагентной системы (МАС). Поскольку техническая составляющая использования РЧС зависит от действующих станций мобильной связи, необходимо динамически отслеживать эти изменения и учитывать в расчетах оценки. С этой целью разработана структура моделирующего центра управления для оценки эффективностью РЧС, приведено описание ее состава, технических характеристик и работы. Рассматриваются особенности программного обеспечения моделирующего центра управления.

Ключевые слова: радиочастотный спектр (РЧС), эффективность использования РЧС, центр управления использованием РЧС, Mesh-сеть, проектирование, программирование.

Введение. Для оценки эффективности использования РЧС рассматривается совокупность технических, экономических и социальных составляющих, направленных на максимально возможное обеспечение потребностей государства, операторов и пользователей [1]. На основании этого эффективность использования РЧС предложено оценивать в виде трех компонентов: технического, экономического и социального. В связи с тем, что операторы связи как пользователи РЧС используют множество станций, необходимо рассмотреть автоматизацию оценки эффективности РЧС с использованием технологии мультиагентов [2]. Для расчета эффективности РЧС и ее информационного управления авторами предложено использование многоагентной технологии (МАТ) [3]. Рассмотрены основные понятия МАТ: модель, состав, инструментальные средства для разработки мультиагентных систем. Разработана структура многоагентной распределенной системы (МАС) управления эффективностью РЧС, приведено описание ее компонент [4]. В данной статье рассматривается моделирующий центр для динамической оценки технической эффективностью РЧС, приведено описание его состава, характеристик и функционирования.

Структура и функционирование моделирующего центра управления РЧС. Для организации интеллектуального управления РЧС разработана моделирующая структура, представленная на рис. 1, в состав которой будут входить датчики, исполняющие устройства, концентратор (шлюз), маршрутизатор, сервер обработки информации и автоматизированное рабочее место пользователя, оснащенное устройством мониторинга, программирования и управления с пользовательским интерфейсом.

Датчики и исполняющие устройства (реле, приводы, видеокамеры с видеоидентификацией) с совместимостью и протоколами связи, обеспечивающими возможность использования Wi-Fi IEEE 802.11 a/b/g/n/ac 2.4 GHz / 5 GHz с защитой WPA3, Zigbee/Thread IEEE 802.15.4, Bluetooth 5.1.

Установка производится на базовых станциях операторов подвижной сотовой связи, для осуществления сбора статистической и визуальной информации по техническому состоянию базовой станции (время бесперебойной работы, количество отключений, отказ работы отдельных модулей базовых станций, физические повреждения, несанкционированное присутствие третьих лиц), а также позволяет осуществить удаленное управление базовой станцией (отключить, подключить, осуществить видеофиксацию) в случае возникновения аварийных ситуаций или невнесении платы за РЧС оператором подвижной связи.

Концентратор (шлюз), который выступает центральным блоком управления, позволяющим объединить в одну сеть датчики и исполняющие устройства. Питание концентратора обеспечивается через PoE (витая пара RJ45) 48V DC 0.27 А либо Type-C 5V DC 2A. Совместимость и протоколы связи концентратора должны обеспечивать возможность использования Wi-Fi IEEE 802.11 a/b/g/n/ac 2.4 GHz / 5 GHz с защитой WPA3, Zigbee/Thread IEEE 802.15.4, Bluetooth 5.1. В том числе концентратор должен обеспечивать сквозное шифрование локального хранилища для обеспечения конфиденциальности данных, возможность бесшовной миграции устройств, настроек и автоматизаций с других концентраторов.

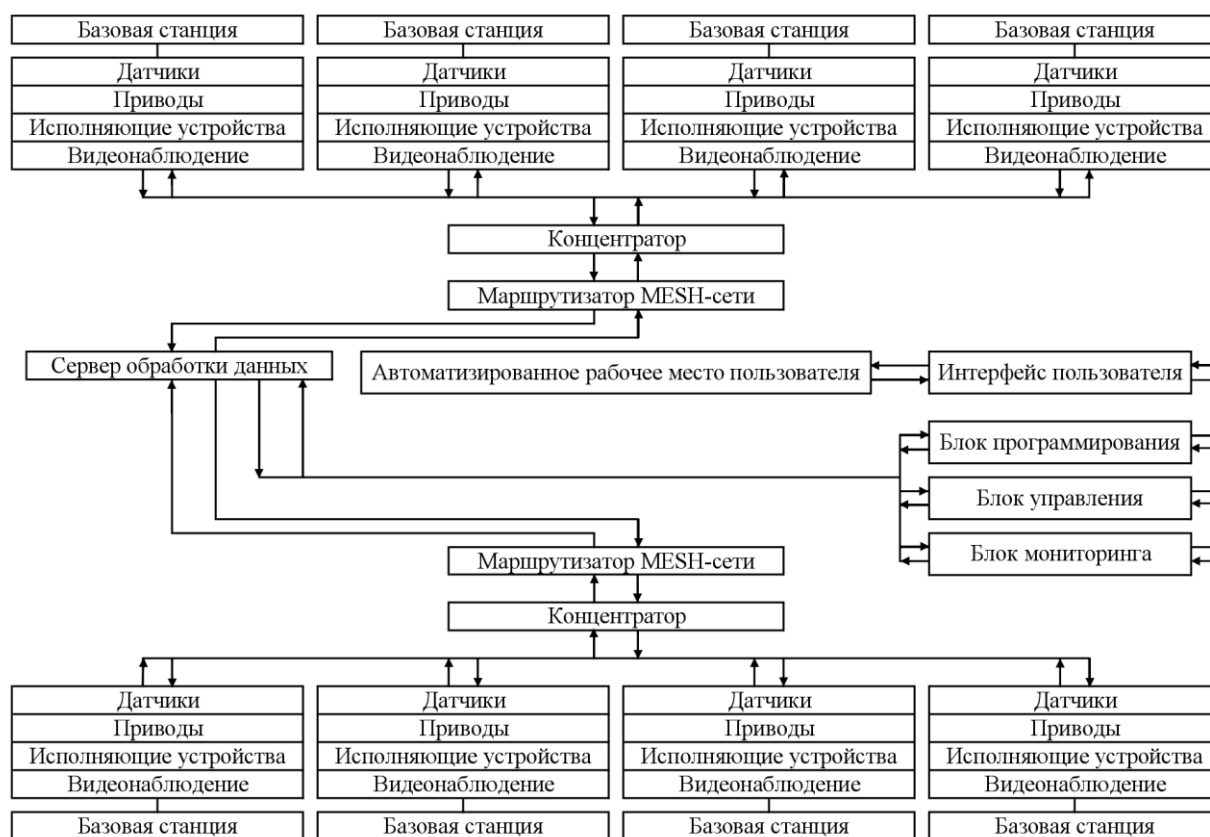


Рис. 1. Центр интеллектуального управления РЧС

Маршрутизатор, позволяющий расширить зону покрытия и обеспечить беспроводное покрытие по Mesh-технологии, поддерживающий стандарты беспроводной связи 802.11be (Wi-Fi 7), с классом скорости 19000 Mbps, скорость при использовании радиочастоты 2,4 GHz не ниже 1376 Мбит/с, при радиочастоте 5 GHz не ниже 5764 Мбит/с. Поддержка скорости при использовании радиочастоты 6 GHz не ниже 11520 Мбит/с для поддержки возможностей модернизации сети. Маршрутизатор должен обеспечивать протоколы безопасности беспроводной сети стандарта WPA, WPA2-PSK, WPA3-PSK с наличием межсетевого экрана для обнаружения и устранения различных атак по технологии SPI или NAT. Для соединения групп базовых станций в одну сеть необходима поддержка функций моста (bridge), точки доступа (access point), роутера (router).

Программируемый коммутатор 3-го уровня, обеспечивающий коммутацию на уровнях L2 и L3, с полной пропускной способностью по 32 портам QSFP-DD с поддержкой 1 подключения 400GbE или

100GbE или 4 подключений 100GbE и 4 подключений 25GbE по Breakout-кабелям, с возможностью развертывания как Spine-коммутатора с поддержкой Spine-подключений 100/400GbE.

Сервер обработки информации, который осуществляет централизованную обработку данных от мобильных станций, управление доступом, безопасностью и оптимизацией работы устройств, реализует возможность контроля, распределения ресурсов, резервного копирования и восстановления информации, оснащен двумя процессорами с частотой 2.90–3.90 GHz, кэш-памятью 22 MB, возможностью установления оперативной памяти 6 TB с контроллером RAID AOC-S3108L-H8iR, блоками питания в количестве не менее двух единиц 1000 W, возможность установки корзины HDD в количестве не менее 24 штук с технической характеристикой каждого HDD не ниже 2TB SAS 7.2K 2.5 12Gb/s. Альтернативным вариантом обработки информации могут выступать облачные хранилища (BigData).

Автоматизированное рабочее место пользователя (АРМП), оснащенное устройством мониторинга, программирования и управления с пользовательским интерфейсом. Первые из которых будут удаленно собирать статистическую информацию по техническому состоянию базовой станции (время бесперебойной работы, количество отключений, отказ работы отдельных модулей базовых станций), вторые позволяют осуществить удаленное управление базовой станцией (отключить, подключить) в случае возникновения аварийных ситуаций или невнесении платы за РЧС оператором. Оснащение АРМП должно содержать наличие персонального компьютера, оснащенного тремя мониторами, 8-ядерным процессором, обеспечивающим тактовую частоту не ниже 4,2 GHz, оперативной памятью поколения DDR5 с частотой 6 GHz и общим объемом не менее 128 Gb, с двумя твердотельными накопителями (SSD) общим объемом не менее 2000 Gb, графической картой с локальной видеопамятью объемом не менее 24 Gb и блоком питания 1000 W.

Организация сети по Mesh-технологии. Рассмотрим организацию и характеристики сети по Mesh-технологии [5], которая поддерживает следующие функциональные возможности.

Трехдиапазонный Wi-Fi 7 со скоростью 22 Гбит/с: трехдиапазонный Wi-Fi с 12 потоками обеспечивает возможность потоковой передачи 4K/8K, AR/VR и высокоскоростной загрузки на нескольких устройствах, все это одновременно. Доступ в Интернет 10G. Имеет преимущество: скорости полосы пропускания до 10 Гбит/с через комбинированный порт WAN/LAN 10 GbE/SFP+ для Ethernet и прямого оптоволоконного доступа.

Покрытие: высокопроизводительные антенны и технология формирования луча обеспечивают мощный и надежный Wi-Fi по всему моделирующему центру. Многоканальная работа (MLO). Обеспечение более высокой пропускной способности для каждого устройства с меньшей задержкой и более высокой надежностью за счет агрегации нескольких каналов в трех диапазонах.

Программное обеспечение моделирующего центра управления РЧС. Рассмотрим структуру программного обеспечения моделирующего центра управления РЧС, которое включает подсистемы расчета оценки эффективности использования РЧС, модифицированного интеллектуального ассистента Алиса, интерфейса пользователя, взаимодействия со станциями мобильной связи, общего управления.

Подсистема расчета оценки эффективности использования РЧС по данным, введенным оператором, рассчитывает как техническую, экономическую, социальную составляющие, так и комплексную оценку эффективности.

Модифицированный интеллектуальный ассистент Алиса – это разработанная компанией «Яндекс» программа – голосовой помощник [6] и измененный под задачи центра. Это программное обеспечение встраивается в «умные» колонки центра и после активации запросами или пользовательскими командами выполняет функции, связанные с озвучиванием новостей, прогноза погоды, информации по общим вопросам РЧС и динамике оценки в данный момент. В моделирующем центре управления РЧС Алиса по запросу выдает информацию как по общим вопросам, связанным с РЧС, так и использованию РЧС и оценке эффективности на данный момент.

ПО общего управления базируется на программном комплексе для организации mesh-сетей – набор программных библиотек, реализующих 3 нижних уровня модели OSI (физический, канальный и сетевой) [7].

В целях автоматизации систем управления необходимо использовать программное обеспечение с открытым программным кодом на базе операционной системы Linux, которая позволит обеспечить создание необходимых автоматизаций для управления РЧС с использованием специального языка для структурированной записи информации YAML.

Первым этапом необходимо смоделировать панель управления, переместившись в Настройки > Панели управления, затем выбрать Добавить панель управления.

В диалоговом окне «Добавить новую панель управления» выбрать наименование групп базовых станций и отображаемую иконку. Затем необходимо установить права доступа панели управления для администратора и АРМП и далее выбрать Создать. Панель управления базовых станций создана и добавлена в интерфейс.

Удаление панели управления осуществляется переходом в Настройки > Панели управления. Из списка определяется панель управления, которую необходимо удалить и в появившемся диалоговом окне Удалить.

В АРМП возможно использовать YAML для создания дополнительных панелей управления. Каждая панель управления загружается из собственного файла YAML.

Реализована возможность добавления панели управления YAML, если основная панель управления настроена через пользовательский интерфейс.

Создание блока автоматизированного управления РЧС. Для создания блока автоматизированного управления РЧС (проект автоматизации) рассмотрим управление световыми потоками на основе датчиков движения. Параметры, которые можно использовать с триггер-объектом, проименованы в разделе переменные триггеры автоматизации. В данном случае используется триггер состояния `turn_on.turn_off`, являющийся АРМП действиями. Они не привязаны к определенным доменным именам и могут быть использованы на устройствах и исполняющих устройствах с другими доменными именами.

Проекты автоматизации – это файлы YAML (с `.yaml` расширением) с нахождением в `<config>/blueprints/automation/` папке. Опционально возможно создать столько подкаталогов в этой папке, сколько требуется для обеспечения всех групп базовых станций.

Чтобы начать работу с проектом автоматизации, необходимо скопировать приведенный выше YAML-файл автоматизации и сохранить его в этом каталоге под именем `motion_light_tutorial.yaml`. Далее необходимо добавить метаданные проектной автоматизации. Это достигается путем добавления `blueprint:` раздела, содержащего проектное и доменное имя, с возможностью включения описания автоматизации.

Далее необходимо определить этапы автоматизации, которые должны быть настраиваемыми. Настраиваемые этапы в проектах автоматизаций называются входами. Чтобы сделать датчик движения настраиваемым, необходимо заменить идентификатор на пользовательский тег YAML `!input`. Этот тег YAML должен быть объединен с именем входа.

Все части, которые отмечены как входы, должны быть добавлены в метаданные, в том числе их имена, в том же формате как они используются в проекте автоматизации.

После добавления минимального количества метаданных в проект автоматизации необходимо открыть `configuration.yaml` и добавить код. Перезагрузить программное обеспечение, после чего созданная автоматизация отобразится в интерфейсе АРМП.

Заключение. 1. Разработана структура моделирующего центра управления для динамической оценки технической эффективности использования РЧС, включающей компоненты технической, программной, информационной составляющих. Приведено описание элементов реализации центра. Рассмотрены организация и работа программного обеспечения центра с созданием блока автоматизированного управления.

2. Сервер обработки информации центра осуществляет централизованную обработку данных от базовых станций, управление доступом, безопасностью, энергопотреблением и оптимизацией и удаленной настройкой работы устройств, реализует возможность контроля, распределения ресурсов, резервного копирования и восстановления информации.

3. Представлена структура программного обеспечения моделирующего центра управления РЧС, которое включает подсистемы расчета оценки эффективности использования РЧС, интерфейса пользователя, взаимодействия со станциями мобильной связи, общего управления сетью, блока автоматизированного управления с возможностью поддержки с помощью голосового ассистента.

MODELING CONTROL CENTER FOR DYNAMIC EVALUATION OF THE EFFICIENCY USING OF RADIO FREQUENCY SPECTRUM

P.YU. LAKIZO, U.A. VISHNIAKOU

Abstract

To assess the effectiveness of using the radio frequency spectrum (RFS), its components are highlighted: technical, economic and social. The use of a multi-agent system (MAS) program is proposed to automate the calculation of the efficiency of the RFS. Since the technical component of using a PPP depends on the operating mobile communication stations, it is necessary to dynamically monitor these changes and take into account the estimates in the calculations. For this purpose, the structure of the modeling control center for evaluating the effectiveness of the RF is developed, and its composition, technical characteristics, and operation are described. The features of the software of the modeling control center are considered.

Список литературы

1. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем : учебн. пособие / под ред. д. т. н., проф. М. А. Быховского. – М. : Эко-Трендз, 2006. – 342 с.
2. Ватсон, Б. Мультиагентные системы на примерах / Б. Ватсон. – СПб. : БХВ – Санкт-Петербург, 2011. – 608 с.
3. Вишняков, В. А. Информационная оценка эффективности РЧС с использованием многоагентной технологии / В. А. Вишняков, П. Ю. Лакизо // Проблемы инфокоммуникаций. – 2019. – № 2. – С. 53–58.
4. Вишняков, В. А. Программная реализация многоагентной системы для оценки эффективности РЧС / В. А. Вишняков, П. Ю. Лакизо // Проблемы инфокоммуникаций. – 2020. – № 2. – С. 53–58.
5. BE22000 Гигабитная трехдиапазонная домашняя Mesh-система Wi-Fi 7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.tp-link.com/kz/service-provider/home-wifi-system/hb810/>. – Дата доступа : 24.03.2025.
6. Что может голосовой помощник Алиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sddhelp.ru/articles/chto-mozhet-alisa-golosovoj-pomoshchnik/>. – Дата доступа : 25.03.2025.
7. ПО для организации mesh-сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.astrosoft.ru/products/development/mesh/#tabs-2/>. – Дата доступа : 25.03.2025.