

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СЕТЬЮ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СВЯЗИ

В. В. Алексеев^{1✉}, Д. А. Иванов², И. Г. Рыжов²

*Кафедра «Информационные системы и защита информации» (1),
vvalex1961@mail.ru, ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия; кафедра механики
и процессов управления (2), ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы
народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Россия*

Ключевые слова: алгоритмы управления; математическое моделирование; мобильная сеть; структура; управление.

Аннотация: В условиях ограниченности вычислительных ресурсов для оперативного перерасчета и оптимизации зон покрытия в реальном времени предложена стратегия контроля зон покрытия, основанная на интеграции существующих и разрабатываемых моделей и алгоритмов поддержки принятия решения по управлению зонами покрытия, обеспечивающая устойчивость мобильной связи. Данные алгоритмы помогут поддерживать устойчивость связи, адаптируясь к изменениям диаграммы направленности в реальном масштабе времени. Определен путь интеграции моделей и алгоритмов управления мобильной сетью связи, обеспечивающих устойчивость связи в условиях значительных инфраструктурных изменений, природных и техногенных катастроф, на основе системного подхода. Отмечено, что применение методов системного анализа при построении моделей и алгоритмов управления зонами покрытия мобильной сетью связи позволит интегрировать их в систему управления, что обеспечит непрерывность и оперативность принятия управленческих и технических решений.

Введение

С развитием информационных технологий и увеличением потребностей пользователей в улучшении качества и устойчивости систем мобильной сети связи одной из ключевых задач стало обеспечение стабильного покрытия и высокой эффективности функционирования систем мобильной сети связи в условиях неуверенного приема. Многочисленные исследования и разработки в области методов оптимизации параметров сотовых сетей подтверждают важность использования передовых технологий для поддержания устойчивости связи [1]. На практике организация структуры управления мобильной сетью часто осуществляется с использованием системного подхода, включающего математические модели и алгоритмы, которые учитывают различные параметры сети. Однако внедрение таких решений зачастую требует высокой квалификации специалистов и значительных изменений в существующей инфраструктуре [2]. Кроме того, традиционные методы управления мобильной сетью [3] не всегда эффективно справляются с динамическими изменениями городской среды и могут не учитывать все факторы, влияющие на устойчивость связи. Исходя из вышесказанного, внедрение новых моделей и алгоритмов управления позволит сократить время и повысить точность принятия решения по управлению мобильными сетями связи, что обеспечит устойчивость системы мобильной связи.

Базовая структура управления мобильной сетью связи

В 1982 году Конференция европейских администраций почт и телекоммуникаций СЕРТ (*англ.* Conference of European Post and Telecommunication) сформировала группу GSM (*англ.* Group Special Mobile) для изучения и разработки европейской мобильной наземной системы [4]. Управление мобильной сетью организовано через комплексную систему, включающую несколько уровней и подсистем, которые взаимодействуют между собой для обеспечения непрерывности и качества связи [5]. Рассмотрим структуру управления мобильной сетью, опираясь на схему, представленную в работе [6]. В отличие от источника в схему (рис. 1) добавлены подсистемы «Центр управления сетью» и «Административный центр», показано их взаимодействие внутри системы в целом. На начальном этапе исследуется общая структура системы, выделяются ее основные функциональные подсистемы и определяются взаимосвязи между ними. Это помогает понять, как различные подсистемы влияют на работу всей системы.

Рассмотрим подсистемы, представленные на схеме.

Абоненты сети используют мобильные станции (телефоны и другие устройства), которые перемещаются вместе с ними, для связи с базовыми станциями (БС).

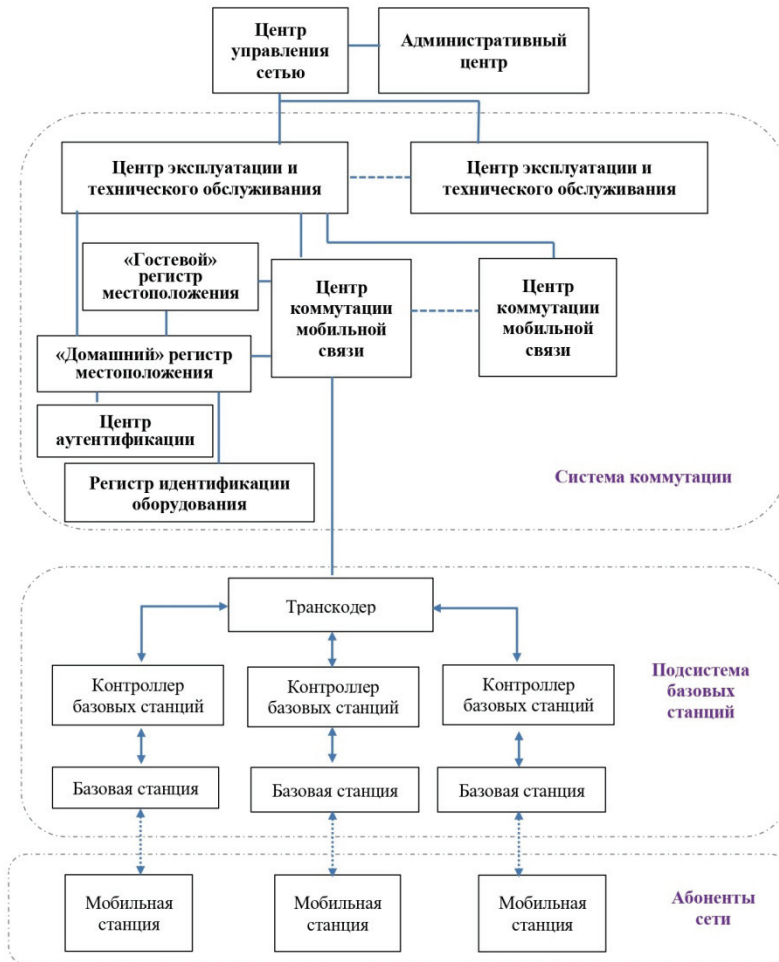


Рис. 1. Базовая структура управления мобильной сетью

Подсистема базовых станций состоит из двух основных компонентов: базовых станций и контроллеров базовых станций. Они взаимодействуют через стандартизированный интерфейс, разработанный ETSI/GSM для управления соединениями и оборудованием. Передача данных осуществляется цифровыми потоками на скорости 2,048 Мбит/с [7]. Базовые станции, являющиеся приемо-передающими устройствами, предназначены для обработки радиосигналов мобильных устройств и обеспечения связи в пределах их зоны покрытия.

В крупных городах, таких как Москва или Санкт-Петербург, количество базовых станций исчисляется тысячами, чтобы поддерживать высокую плотность абонентов. Для сельских районов, например, села Красноармейское в Саратовской области с численностью населения около 5000 человек, характерна меньшая концентрация базовых станций, обычно несколько единиц, что обеспечивает удовлетворительное покрытие. Ключевую роль в управлении подсистемой играет контроллер базовых станций (**КБС**), размещенный между базовыми станциями и транскодером. Контроллер базовых станций осуществляет управление распределением радиоканалов, обеспечивает устойчивость соединений, выполняет модуляцию и демодуляцию сигналов, а также кодирование и декодирование сообщений. Помимо этого, он организует очередность передачи данных, адаптирует скорость передачи для разных условий эксплуатации и поддерживает стабильность сети даже при увеличении нагрузки.

Функции транскодера включают преобразование цифровых потоков между базовыми станциями и ядром сети, что позволяет объединять сигналы для эффективной маршрутизации данных. Системный подход к управлению мобильной сетью связи обеспечивает устойчивость соединений и минимизирует потерю данных, особенно в условиях высокой нагрузки на сеть.

Система коммутации, основным звеном которой является центр коммутации мобильной связи (**ЦКМС**). Основными задачами ЦКМС являются отслеживание местоположения мобильных станций, обеспечение передачи сигнала при перемещении абонентов между зонами покрытия (сотами), маршрутизация вызовов, безопасность и тарификация [8]. Он обслуживает абонентов в определенной географической зоне (например, в Саратовской области). Центр коммутации мобильной связи использует «домашние» и «гостевые» регистры местоположения для отслеживания мобильных устройств, а также регистр идентификации оборудования и центр аутентификации для защиты и данных. Центр эксплуатации и технического обслуживания контролирует другие компоненты сети и устойчивость их работы, управляет аварийными сигналами, устраняет неисправности, контролирует состояние оборудования и нагрузку в сети, отвечает за обновление программного обеспечения и баз данных сети.

Центр управления сетью (ЦУС) связан с административным центром (муниципальным государственным органом) и позволяет обеспечивать рациональное иерархическое управление всей сетью [9]. Центр управления сетью отвечает за эксплуатацию и техническое обслуживание на уровне всей сети, поддерживаемой региональными центрами, собирая данные о текущем состоянии сети и анализируя изменения в зонах покрытия.

Существующие противоречия в организации системы управления

Интеграция с позиции системного анализа, моделей и алгоритмов управления мобильной сетью связи является актуальной задачей ввиду стремительного роста городской инфраструктуры и увеличения числа пользователей. Изменения городской среды, такие как строительство новых зданий и реконструкция дорог, ухудшают распространение радиосигналов, создавая «мертвые зоны» и формируя неустойчивую связь. Одновременно растущая нагрузка на сеть требует оперативного расширения ее возможностей и адаптации к изменяющимся условиям [10].

В условиях ограниченности вычислительных ресурсов и сложности моделирования реальной городской среды интеграция алгоритмов способна поддерживать устойчивость системы мобильной связи, адаптируясь к изменениям качества связи в реальном времени. Примером подобного подхода является использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования нагрузки и адаптивного управления сетями связи [11].

В связи с этим предложено разработать модели и алгоритмы системы управления сетью, которые затем интегрируются в систему управления мобильной связью для повышения ее эффективности.

Предлагаемая структура управления системой мобильной связи

Интеграция новых моделей и алгоритмов управления в систему мобильной связи предполагает последовательное выполнение нескольких этапов, направленных на поддержание устойчивости сети в условиях динамически изменяющейся городской инфраструктуры [12]. На рисунке 2 представлен результат интеграции предлагаемых моделей и алгоритмов поддержки принятия решения в систему управления мобильной сетью связи.

Предполагается, что процесс интеграции моделей и алгоритмов управления зонами покрытия мобильной сети связи будет реализован в *пять этапов*.

Первый этап включает сбор данных о состоянии сети. Система управления получает информацию от ЦКМС, фиксируя показатели качества связи, нагрузки на сеть, наличие помех и другие критически важные параметры устойчивого состояния сети [13 – 15]. Эти данные формируют основу для последующих этапов анализа и принятия решений.

На *втором* этапе происходит анализ данных и оценка изменений в сети. Собранные данные обрабатываются с использованием математических моделей и алгоритмов, которые позволяют выявить текущие изменения в зонах покрытия, такие как ухудшение сигнала, увеличение нагрузки или появление «мертвых зон» [16]. Эти алгоритмы учитывают сложные взаимосвязи между параметрами сети и внешними факторами, влияющими на ее работу.

Третий этап предполагает разработку моделей и алгоритмов управления зонами покрытия мобильной сети связи. На основе проведенного анализа состояния системы мобильной связи сделан вывод о том, что необходимо разработать новые алгоритмы и модели, направленные на обеспечение устойчивого управления системой мобильной сети связи [17].

Разрабатываемые модели и алгоритмы должны обеспечивать в первую очередь поддержку принятия решения об изменении уровня сигнала в проблемных зонах покрытия, учитывающую изменения зон покрытия, вследствие воздействия негативных факторов. Поскольку влияние негативных факторов с точки зрения математики вносит условия неопределенности в принимаемое решение, то разрабатываемые модели и алгоритмы поддержки принятия решения по управлению зонами покрытия системы мобильной связи должны быть построены с применением математического аппарата нечеткой логики, то есть теории принятия решений в условиях неопределенности. Поддержка принятия решения в таких условиях ориентирована на обеспечение стабильности и качества связи. Разрабатываемые модели и алгоритмы поддержки принятия решения, учитывая требования интеграции в систему управления мобильной сетью связи, не должны противоречить принципам ее построения, минимизируя влияние негативных факторов.

На *четвертом* этапе варианты предложенных решений анализируются лицом, принимающим решение (ЛПР). Принятый вариант решения по управлению зонами покрытия мобильной сети связи передается на исполнительные механизмы через центр управления сетью. В этом случае обеспечивается эффективное управление зонами покрытия мобильной сети связи вследствие того, что в принятом решении учтены как технические аспекты, так и возможные ограничения в материальных и временных ресурсах системы коммутации.

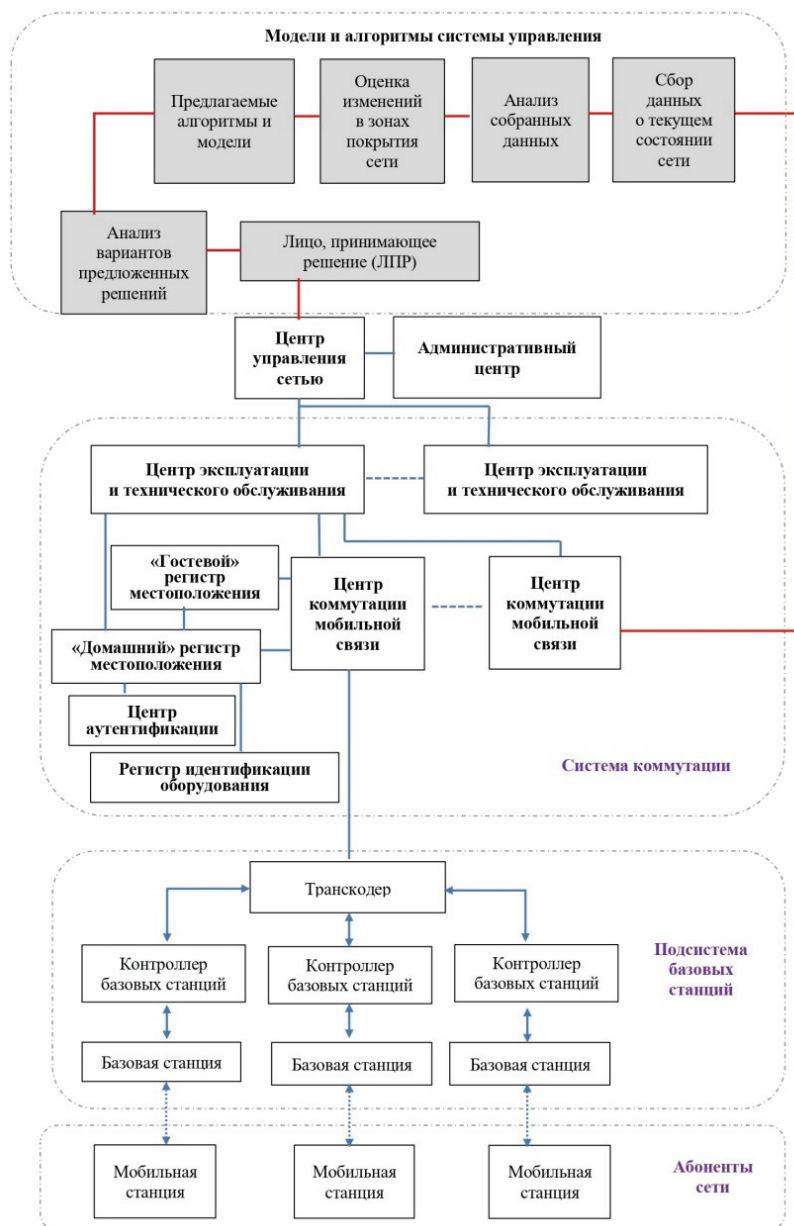


Рис. 2. Предлагаемая структура управления системой мобильной связи

Пятый этап включает реализацию принятого решения по управлению зонами покрытия мобильной сети связи через центр управления сетью. Оформленное установленным образом решение направляется через ЦУС и ЦКМС на подсистему базовых станций, где реализуется принятое решение. Реализация решения включает корректировку зоны покрытия, перераспределение нагрузки и устранение выявленных «мертвых зон» [18, 19]. Таким образом, интеграция новых моделей и алгоритмов по управлению зонами покрытия мобильной сети связи должна обеспечить непрерывную и оперативную поддержку принятия решения об изменениях зон покрытия в мобильной сети, поддерживая устойчивость связи даже в условиях значительных инфраструктурных изменений.

Применение метода декомпозиции позволило разделить систему мобильной связи на несколько ключевых подсистем, каждая из которых выполняет определенные функции [20]. Это дало возможность выделить критически важные функции подсистем структуры управления системой мобильной связи, такие как маршрутизация, управление частотными ресурсами и мониторинг состояния сети, и провести их детальный анализ. Такой подход помог выявить взаимозависимости между подсистемами системы управления мобильной сетью связи, что в дальнейшем обеспечит эффективное проектирование моделей и алгоритмов, интегрируемых в систему управления мобильной связью, для устойчивого управления зонами покрытия.

Ожидаемые результаты после внедрения

Применение системного подхода к анализу структуры управления мобильной сетью связи позволило определить элементы, неустойчивые к воздействию негативных факторов. В процессе анализа предметной области сделан вывод о недостаточной эффективности моделей и алгоритмов, обеспечивающих поддержку принятия решения в современных системах управления мобильной сетью связи, в частности, при организации поддержки принятия решений при адаптации структуры системы управления мобильной сетью связи к изменениям зон покрытия под воздействием негативных факторов.

Обоснована необходимость разработки моделей и алгоритмов поддержки принятия решения при действиях должностных лиц, обеспечивающих непрерывность и оперативность принятия решений при управлении мобильной сетью связи. Интеграция разрабатываемых моделей и алгоритмов в систему управления мобильной сетью связи позволит системе не только адаптироваться к условиям изменяющейся городской инфраструктуры и чрезвычайным ситуациям, таким, например, как природные катастрофы, но и обеспечить непрерывность и оперативность принятия решений при управлении мобильной сетью связи.

Заключение

Исследована структура управления системой мобильной сети связи, включая ее особенности. Выявлены противоречия в организации системы управления мобильной сетью связи. Мобильная сеть связи, в соответствии с методологией системного подхода, представлена целостной открытой системой. Такое представление обеспечило эффективное использование методов системного анализа в процессе исследования ее поведения в условиях изменения городской инфраструктуры и различных природных и техногенных катастроф. Применение метода иерархии четко определило роль каждого уровня управления для оптимизации зон покрытия. С помощью метода декомпозиции система разделена на подсистемы и проанализировано их взаимодействие, что помогло глубже понять влияние каждой подсистемы на работу системы в целом.

Организация принятия решения по изменению зон покрытия мобильной сетью связи невозможна без сбора и анализа данных, поступающих от центра коммутации мобильной связи, о состоянии сети, которые позволяют выявлять изменения в зонах покрытия и оценивать влияние негативных факторов на устойчивость системы в целом. Разрабатываемые модели и алгоритмы, интегрируемые в систему управления мобильной сетью связи должны обеспечивать организацию поддержки принятия управленческих и технических решений для оптимизации зон покрытия, что обеспечит устойчивость функционирования мобильной сети связи.

Для обеспечения устойчивости системы мобильной связи через центр управления сетью целесообразно разработать новые модели и алгоритмы с применением математического аппарата нечеткой логики, в частности темпоральной.

Список литературы

1. Моделирование и оптимизация процессов управления информационно-телекоммуникационными системами / Я. Е. Львович, А. П. Преображенский, Ю. П. Преображенский, Т. В. Аветисян // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2024. – Т. 29, № 3. – С. 41 – 48.
2. Оптимизация зоны покрытия сети сотовой связи на основе математического программирования / И. А. Зикратов, Ф. Н. Шаго, А. В. Гуртов, И. И. Иванинская // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 313 – 321.
3. Рожкова, А. А. Формирование оптимальной зоны покрытия в сотовых системах связи / А. А. Рожкова // *Современные наукоемкие технологии*. – 2014. – № 5-2. – С. 54 – 54.
4. Англо-русский толковый словарь сокращений в области связи, компьютерных и информационных технологий: около 35 000 терминов / Н. Н. Слепов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 2005. – 794 с.
5. Гадисова, А. М. Обзор современных систем управления сетями связи и их применения / А. М. Гадисова // *Молодой ученый*. – 2022. – № 6(401). – С. 9 – 11.
6. Берлин, А. Н. Цифровые сотовые системы связи / А. Н. Берлин. – М. : Эко-Трендз, 2007. – 292 с.
7. Комагоров, В. П. Архитектура сетей и систем телекоммуникаций: учеб. пособие / В. П. Комагоров. – Томск : Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2008. – 146 с.
8. Попов, В. И. Основы проектирования сотовых сетей мобильной связи / В. И. Попов, В. А. Скуднов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2019. – 400 с.
9. Буснюк, Н. Н. Системы мобильной связи : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1–98 01 03 «Программное обеспечение информационной безопасности» / Н. Н. Буснюк, Г. И. Мельянец. – Минск : БГТУ, 2018. – 153 с.
10. Легков, К. Е. Организация процессов управления инфокоммуникационными сетями специального назначения / К. Е. Легков // *T-Comm*. – 2015. – № 2. – С. 20 – 29
11. Канивец, З. С. Обзор способов применения методов машинного обучения к программно-конфигурируемым сетям / З. С. Канивец, А. И. Выборнова // *Информационные технологии и телекоммуникации*. – 2021. – Т. 9, № 3. – С. 11 – 21.
12. Пятибратов, А. П. Вычислительные машины, сети и телекоммуникационные системы: учеб.-метод. комплекс / А. П. Пятибратов, Л. П. Гудыно, А. А. Кириченко ; под ред. А. П. Пятибратова. – М. : Изд. центр ЕАОИ, 2009. – 292 с.
13. Predicting malfunction of mobile network base station using machine learning approach / Y.-H. Liu, Y.-C. Tu, C.-Y. Hsu, H.-C. Chao. // *2019 20th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, 18 – 20 September, Matsue, Japan, 2019. – P. 1 – 4. doi: 10.23919/apnoms.2019.8892894
14. Kumar, Y. Fault Prediction and Reliability Analysis in a Real Cellular Network / Y. Kumar, H. Farooq, A. Imran // *Proc. 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, Valencia, Spain, 2017. – P. 1090 – 1095. doi: 10.1109/IWCMC.2017.7986437
15. A machine learning approach for predictive maintenance for mobile phones service providers / A. Corazza, F. Isgro, L. Longobardo, R. Prevete // *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies (LNDECT); International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing*. – Springer International Publishing, 2017. – Vol. 1. – P. 717 – 726. doi: 10.1007/978-3-319-49109-7_69
16. Inspection plan prediction for multi-repairable component systems using neural network / N. Yousefia, S. Tsianikasa, J. Zhoua, D. W. Coit // *Proc. IISE Annual Conference* / L. Cromarty, R. Shirwaiker, P. Wang (Eds.); Institute of Industrial and Systems Engineers, IISE, Virtual, Online, United States. 2020. doi: 10.48550/arXiv.2001.09015

17. Райли, Д. NGOSS. Построение эффективных систем поддержки и эксплуатации сетей для оператора связи / Д. Райли, М. Кринер. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2007. – 192 с.

18. OSS/BSS – базовое программное обеспечение в телекоме [OSS/BSS – basic software in telecom]. – URL : <https://www.kommersant.ru/doc/2594410> (дата обращения: 14.02.2025).

19. Система поддержки деятельности операторов связи (OSS) [Operation support system for communications operators]. – URL : <https://www.nvg.ru/solutions-and-services/resheniya-oss-bss/sistemy-podderzhkideyatelnosti-operatorov-svyazi-oss> (дата обращения: 14.02.2025).

20. О декомпозиции автоматизированных систем управления. Синтез подсистем автоматики / РИТМ ПРО. – URL : <https://ritm.pro/dekompoziciya-avtomatizirovannyh-sistem-upravlenija-sintez-podsistem-avtomatiki> (дата обращения: 14.02.2025)

A System Approach to Organizing Mobile Network Management Structure to Ensure Communication Stability

V. V. Alekseev^{1✉}, D. A. Ivanov², I. G. Ryzhov²

Department of Information Systems and Information Security (1), vvaalex1961@mail.ru, TSTU, Tambov, Russia; Department of Mechanics and Control Processes (2), Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Keywords: control algorithms; mathematical modeling; mobile network; structure; management.

Abstract: In conditions of limited computing resources for operational recalculation and optimization of coverage areas in real time, a coverage area control strategy is proposed based on the integration of existing and developed models and algorithms for decision support for coverage area management, ensuring the stability of mobile communications. These algorithms will help maintain communication stability by adapting to changes in the directional diagram in real time. The path of integration of models and algorithms for mobile network management, ensuring the stability of communications in conditions of significant infrastructural changes, natural and man-made disasters, based on a systems approach is determined. It is noted that the use of systems analysis methods in constructing models and algorithms for managing mobile network coverage areas will allow integrating them into the control system, which will ensure the continuity and efficiency of making management and technical decisions.

References

1. L'vovich Ya.Ye., Preobrazhenskiy A.P., Preobrazhenskiy Yu.P., Avetisyan T.V. [Modeling and optimization of information and telecommunication systems management processes], *Elektromagnitnyye volny i elektronnyye sistemy* [Electromagnetic waves and electronic systems], 2024, vol. 29, no. 3, pp. 41-48. (In Russ., abstract in Eng.)

2. Zikratov I.A., Shago F.N., Gurtov A.V., Ivaninskaya I.I. [Optimization of cellular network coverage area based on mathematical programming], *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki* [Scientific and technical bulletin of information technologies, mechanics and optics], 2015, vol. 15, no. 2, pp. 313-321. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Rozhkova A.A. [Formation of optimal coverage area in cellular communication systems], *Sovremennyye naukoemkiye tekhnologii* [Modern science-intensive technologies], 2014, no. 5-2, pp. 54-54. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Slepov N.N. *Anglo-russkiy tolkovyy slovar' sokrashcheniy v oblasti svyazi, kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologiy: okolo 35 000 terminov* [English-Russian explanatory dictionary of abbreviations in the field of communications, computer and information technologies: about 35,000 terms], Moscow: Radio i svyaz', 2005, 794 p. (In Russ.)
5. Gadisova A.M. [Review of modern communication network management systems and their applications], *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2022, no. 6(401), pp. 9-11. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Berlin A.N. *Tsifrovyye sotovyye sistemy svyazi* [Digital cellular communication systems], Moscow: Eko-Trendz, 2007, 292 p. (In Russ.)
7. Komagorov V.P. *Arkhitektura setey i sistem telekommunikatsiy: ucheb. posobiye* [Architecture of networks and telecommunication systems: textbook], Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2008, 146 p. (In Russ.)
8. Popov V.I., Skudnov V.A. *Osnovy proyektirovaniya sotovykh setey mobil'noy svyazi* [Fundamentals of designing cellular networks of mobile communications], Moscow: Goryachaya liniya – Telekom, 2019, 400 p. (In Russ.)
9. Busnyuk N.N., Mel'yanets G.I. *Sistemy mobil'noy svyazi: ucheb.-metod. posobiye* [Mobile communication systems], Minsk: BGTU, 2018, 153 p. (In Russ.)
10. Legkov K.Ye. [Organization of control processes for special-purpose infocommunication networks], *T-Comm*, 2015, no. 2, pp. 20-29 (In Russ., abstract in Eng.)
11. Kanivets Z.S., Vybornova A.I. [Review of methods for applying machine learning methods to software-defined networks], *Informatsionnyye tekhnologii i telekommunikatsii* [Information technology and telecommunications], 2021, vol. 9, no. 3, pp. 11- 21. (In Russ., abstract in Eng.)
12. Pyatibratov A.P. (Ed.), Gudyno L.P., Kirichenko A.A. *Vychislitel'nyye mashiny, seti i telekommunikatsionnyye sistemy: ucheb.-metod. kompleks* [Computers, networks and telecommunication systems: training and methodological complex], Moscow: Izd. tsentr YEAOI, 2009, 292 p. (In Russ.)
13. Liu Y.-H., Tu Y.-C., Hsu C.-Y., Chao H.-C. Predicting malfunction of mobile network base station using machine learning approach, *2019 20th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, 18 – 20 September, Matsue, Japan, 2019, pp. 1-4. doi: 10.23919/apnoms.2019.8892894
14. Kumar Y., Farooq H., Imran A. Fault Prediction and Reliability Analysis in a Real Cellular Network, *Proc. 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, Valencia, Spain, 2017, pp. 1090-1095. doi: 10.1109/IWCMC.2017.7986437
15. Corazza A., Isgro F., Longobardo L., Prevete R. A machine learning approach for predictive maintenance for mobile phones service providers, *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies (LNDECT)*; International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing, Springer International Publishing, 2017, vol. 1, pp. 717-726. doi: 10.1007/978-3-319-49109-7_69
16. Yousefia N., Tsianikasa S., Zhoua J., Coit D.W. Inspection plan prediction for multi-repairable component systems using neural network, *Proc. IISE Annual Conference*, L. Cromarty, R. Shirwaiker, P. Wang (Eds.); Institute of Industrial and Systems Engineers, IISE, Virtual, Online, United States. 2020. doi: 10.48550/arXiv.2001.09015
17. Rayli D., Kriner M. *NGOSS. Postroyeniye effektivnykh sistem podderzhki i ekspluatatsii setey dlya operatora svyazi* [NGOSS. Building Effective Network Support and Operation Systems for a Telecom Operator], Moscow: Al'pina Biznes Buks, 2007, 192 p. (In Russ.)
18. OSS/BSS – basic software in telecom, available at: <https://www.kommersant.ru/doc/2594410> (accessed 14 February 2025).

19. Operation support system for communications operators, available at: <https://www.nvg.ru/solutions-and-services/resheniya-oss-bss/sistemy-podderzhkideyatelnosti-operatorov-svyazi-oss> (accessed 14 February 2025).

20. available at: <https://ritm.pro/dekompozicija-avtomatizirovannyh-sistem-upravlenija-sintez-podsistem-avtomatiki> (accessed 14 February 2025)

Systematischer Ansatz zur Organisation der Mobilnetz- Managementstruktur im Interesse der Sicherstellung der Kommunikationsstabilität

Zusammenfassung: Unter den Bedingungen begrenzter Rechenressourcen für die operative Neuberechnung und Optimierung von Versorgungsbereichen in Echtzeit ist eine Strategie zur Überwachung von Versorgungsbereichen vorgeschlagen, die auf der Integration bestehender und entwickelter Modelle und Algorithmen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung bei der Verwaltung von Versorgungsbereichen basiert und so die Stabilität der Mobilkommunikation gewährleistet. Diese Algorithmen tragen dazu bei, die Kommunikationsstabilität aufrechtzuerhalten, indem sie sich in Echtzeit an Änderungen im Strahlungsmuster anpassen. Es ist ein Weg zur Integration von Modellen und Algorithmen für die Verwaltung des Mobilfunknetzes definiert, der auf einem systemischen Ansatz basiert und die Stabilität der Kommunikation unter Bedingungen erheblicher Infrastrukturänderungen sowie Natur- und von Menschen verursachter Katastrophen sicherstellt. Es wird darauf hingewiesen, dass die Verwendung von Methoden der Systemanalyse beim Aufbau von Modellen und Algorithmen zur Verwaltung der Abdeckungsbereiche mobiler Netzwerke, deren Integration in das Managementsystem ermöglicht, wodurch die Kontinuität und Effizienz der technischen und Managemententscheidungen sichergestellt wird.

Approche systématique pour la structure de gestion du réseau mobile pour assurer la stabilité des communications

Résumé: Compte tenu de la rareté des ressources informatiques, est proposée une stratégie de contrôle des zones de couverture, fondée sur l'intégration de modèles existants et en cours de développement et d'algorithmes d'aide à la décision pour la gestion des zones de couverture, pour le recalcul rapide et l'optimisation en temps réel des zones de couverture. Ces algorithmes aident à maintenir la stabilité de la communication en s'adaptant aux changements de directivité en temps réel. Est définie la voie à suivre pour intégrer les modèles et les algorithmes de gestion du réseau de communication mobile qui garantissent la durabilité des communications face à des changements d'infrastructure importants, à des catastrophes naturelles et à des catastrophes d'origine humaine, sur la base d'une approche systémique. Est noté que l'application des méthodes d'analyse des systèmes aux modèles et aux algorithmes de gestion des zones de couverture du réseau mobile permettrait de les intégrer dans le système de gestion, ce qui garantirait la continuité et la rapidité des décisions de gestion et techniques.

Авторы: *Алексеев Владимир Витальевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия; *Иванов Дмитрий Александрович* – аспирант кафедры механики и процессов управления; *Рыжов Илья Геннадьевич* – аспирант кафедры механики и процессов управления, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», Москва, Россия.