Т. 12. №4 2026
https://doi.org/10.33619/2414-2948/125

УДК 681.3. https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/21

ГЕТЕРОГЕННЫЕ СЕТИ: УПРАВЛЕНИЕ СЕТЬЮ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СЕТИ (SON)

*©**Абдыраева Н. Р**., ORCID: 0009-0008-2443-5427, SPIN-код: 1576-7528, канд. техн. наук, Ошский технологический университет им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, nabdyraeva80@mail.ru*
*©**Доценко А. А**., Ошский технологический университет им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, Alexandrdocenko97@gmail.com*
*©**Жалиев Ж**., Ошский технологический университет им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, janibekjali@gmail.com*

HETEROGENEOUS NETWORKS: NETWORK MANAGEMENT USING SELF-ORGANIZING NETWORK (SON) TECHNOLOGY

*©**Abdyraeva N**., ORCID: 0009-0008-2443-5427, SPIN-code: 1576-7528, Ph.D., Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, nabdyraeva80@mail.ru*
*©**Dotsenko A**., Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, Alexandrdocenko97@gmail.com*
*©**Zhaliev Zh**., Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, janibekjali@gmail.com*

Аннотация. Выполнен обзор и анализ текущего состояния и перспектив развития самоорганизующихся сетей. Особое внимание уделено управление сетью в самоорганизующихся сетях. Проведено сравнение различных технологий доступа. На основе сегментного анализа сформулированы основные проблемы маршрутизации в SON и предложены пути их решения.

Abstract. This article provides an overview and analysis of the current state and development prospects of self-organizing networks. Particular attention is paid to network management in self-organizing networks. Various access technologies are compared. Based on segment analysis, the main routing challenges in self-organizing networks are identified and solutions are proposed.

Ключевые слова: гетерогенные сети, самоорганизующиеся сети, HetNet, управление сетью, масштабируемость.

Keywords: heterogeneous networks, self-organizing networks, HetNet, network management, scalability.

При экстремальном росте объёмов мобильных данных, особенно в районах с высокой плотностью населения, провайдеры сталкиваются с задачей непрерывного повышения ёмкости и насыщенности сетевой инфраструктуры. Гетерогенные сети представляются перспективным решением для удовлетворения растущих потребностей. Тем не менее, успешное функционирование такой сложной и постоянно меняющейся структуры невозможно обойти без автоматизации и глубокой интеллектуальной оптимизации — именно здесь на помощь приходит технология самоорганизующихся сетей (SON) [5].

Благодаря ей обеспечивается эффективный контроль за потоками трафика, что способствует росту абонентов и балансировке нагрузки. SON позволяет управлять сетями от

Т. 12. №4 2026
https://doi.org/10.33619/2414-2948/125

различных поставщиков оборудования, настраивая процессы автоматизации учёта. Активно настраивая параметры сети, она оптимизирует все доступные ресурсы и оперативно решает выявленные сбои. Такое решение повышает эффективность управления, усиливает производительность всей системы и гарантирует стабильную связь, формируя надёжный пользовательский опыт и повышая эффективности работы сетевых операторов [3].

Решения SON предоставляют сетевым операторам возможность масштабировать и адаптировать свои сети к моим потребностям. С помощью операторов SON можно легко преобразовать и оптимизировать сетевые ресурсы, обеспечить эффективное использование и эффективное расширение [1].

Это имеет решающее значение в динамичных условиях, когда требования к изменению схем сети требуют, чтобы операторы быстро реагировали на увеличение трафика, новые услуги или изменение направления. Масштабируемость и гибкость, предоставляемые SON позволяют операторам эффективно выполнять меняющиеся сетевые проекты.

Рынок самоорганизующихся сетей (SON) сегментирован по предлагаемым решениям, типу сети, архитектуре, сетевым технологиям и областям применения. Исходя из предлагаемых решений, глобальный рынок самоорганизующихся сетей (SON) сегментирован на программное обеспечение и услуги. Ожидается, что сегмент программного обеспечения будет доминировать на глобальном рынке самоорганизующихся сетей (SON) благодаря простоте настройки и интеграции с существующей сетевой инфраструктурой. В зависимости от типа сети, глобальный рынок самоорганизующихся сетей (SON) сегментирован на RAN, Wi-Fi, базовую сеть и магистраль. Ожидается, что сегмент RAN будет доминировать на глобальном рынке самоорганизующихся сетей (SON) поскольку он является критически важным компонентом беспроводных сетей связи, выступая в качестве интерфейса между мобильными устройствами и базовой сетью. Он играет решающую роль в обеспечении беспроводного покрытия и связи для конечных пользователей. В зависимости от архитектуры глобальный рынок самоорганизующихся сетей (SON) сегментирован на C-SON (централизованные), D-SON (децентрализованные) и H-SON (гибридные). Ожидается, что сегмент C-SON (централизованный) будет доминировать на глобальном рынке самоорганизующихся сетей (SON) благодаря сочетанию преимуществ C-SON (централизованный) и D-SON (распределенный), а также возможности централизованного управления всей сетевой инфраструктурой. В зависимости от используемых сетевых технологий, глобальный рынок самоорганизующихся сетей (SON) сегментирован на 4G/LTE, 2G/3G и 5G. В зависимости от области применения, глобальный рынок самоорганизующихся сетей (SON) сегментирован на сетевую безопасность и аутентификацию, беспроводные точки доступа (WAP), межмашинную связь, глобальные системы позиционирования (GPS), игры и другие. Ожидается, что сегмент сетевой безопасности и аутентификации будет доминировать на глобальном рынке самоорганизующихся сетей (SON) с ростом цифровизации и взаимосвязанности сетей, а также значительным увеличением риска киберугроз и атак [6,7].

Так как спрос на мобильные данные превосходит все ожидания, гетерогенная сетевая архитектура с множеством частотных диапазонов, применением различных технологий радиодоступа и использованием базовых станций с различной величиной зон покрытия, является единственным решением, позволяющим операторам двигаться вперед. В области телекоммуникаций широко известны статистические данные, касающиеся спроса на передачу данных, особенно в местах наибольшего скопления людей. Высокий спрос заставляет операторов увеличивать плотность размещения базовых станций (БС) и повышать спектральную эффективность через MIMO (англ. Multiple Input Multiple Output) и другие LTE технологии [2].

Однако рано или поздно возможность развертывания новых базовых станций достигнет предела из-за переиспользования частот и дороговизны, и их установка станет нецелесообразной в крупных городах. Поэтому возникает необходимость установки точек доступа Wi-Fi, малых базовых станций и других элементы для развертывании, образующих вместе гетерогенную сеть (HetNet). Для эффективного развертывания HetNet и максимизации преимуществ SON необходимо учитывать следующие факторы [4, 8].

Точное определение местоположения малых БС: размещение малых БС в местах наибольшего скопления людей для эффективной разгрузки макро-БС. Необходимо проводить анализ трафика для определения оптимальных мест дислокации.

Интегрирование микро БС: использование компактных и легко устанавливаемых малых БС на существующих опорах и стенах для простоты развертывания и снижения затрат.

Гибкая трансмиссия: выбор наиболее подходящего способа подключения малых БС к основной сети — фиксированного (оптическое волокно) или беспроводного (микроволны 60 ГГц, LTE TDD, Wi-Fi).

Использование возможностей SON: автоматическая настройка и оптимизация параметров сети, автоматическое обнаружение и устранение проблем, координация работы макро- и микро-БС.

Координация макро-микро БС: слаженная работа макро и микро базовых станций.

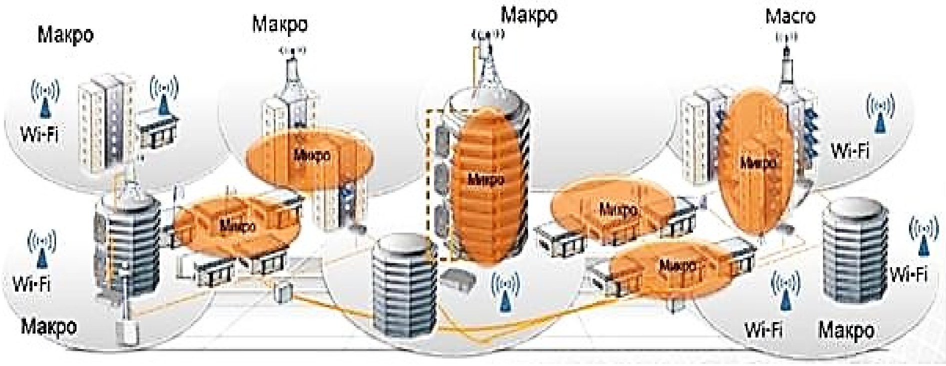

Рисунок. Схема организации HetNet

Одной из ключевых задач является «бесшовная» интеграция малых БС в сети: их установка может оказать негативное влияние на ключевые показатели эффективности, такие как падение скорости передачи в результате интерференции макро и микро БС. Для разгрузки макро БС потребуется довольно большое количество малых БС, устанавливаемых в местах наибольшего скопления людей, однако требования для их развертывания и затраты могут оказаться невысокими благодаря подведению уже имеющейся на сайте трансмиссии и встроенным источникам питания.

Малые БС эффективны для разгрузки макро БС тогда, когда они устанавливаются в местах крупного скопления людей. Операторы могут создавать карты сетевого трафика путем сбора информации о местоположении микро и макро БС, объеме циркулирующего трафика и местоположении абонентских терминалов (UE) в сети в данный момент. Учитывая размер зоны охвата микро БС, рекомендуемая точность для карты трафика составляет 50 × 50 метров. Операторы могут оценивать эффективность работы микро БС, сравнивая карты трафика, генерируемого до и после развертывания, которые помогут осуществить дальнейшую оптимизацию в будущем.

Т. 12. №4 2026
https://doi.org/10.33619/2414-2948/125

Приобретение целого нового сайта с большим количеством оборудования становится дорогим и неэффективным, что вызывает необходимость развертывания малых БС на опорах и стенах. Для достижения этой цели элементы трансмиссии, блоки питания и защиты от перенапряжения могут быть интегрированы вместе со всем остальным в удобном форм-факторе БС (сферическом или прямоугольном.

Трансмиссия является серьезным вопросом при развертывании микро БС. Для ее подведения может использоваться как фиксированный, так и беспроводной способы. Волокно является основным средством для БС с фиксированным подведением трансмиссии через соединение типа точка-точка (P2P) или через пассивную оптическую сеть (xPON).

Беспроводное соединение малых БС является более гибким, но менее надежным. Типичными решениями в данном вопросе являются использование микроволн 60 ГГц, LTE TDD, микроволн eBand, или подключение через Wi-Fi, каждое из которых имеет свои преимущества.

Нелицензированные 60 ГГц оказываются выгодными по стоимости, если предполагается передача на короткие расстояния с высокой пропускной способностью; в то время как использование LTE TDD будет эффективным в условиях отсутствия прямой видимости, а Wi-Fi пригодится предоставления недорогих услуг.

Для удовлетворения потребностей в мобильном широкополосном доступе в ближайшие пять лет, количество малых БС должно неизменно превышать количество макро БС. Простое развертывание и техническое обслуживание, которые имеют место в SON, играют важную роль в сокращении затрат на эксплуатацию в долгосрочной перспективе [5, 6].

Самоорганизующаяся микро БС может автоматически сканировать условия окружающей ее радиосреды, благодаря чему она автоматически планирует и конфигурирует параметры, такие как частота, код скремблирования и мощности передачи. Традиционная БС не может этого делать, и именно поэтому микро БС с функциями SON экономит 15% человеко-часов для планирования сети. Более того, такая микро БС может автоматически обнаруживать изменения в радиосреде; когда рядом с ней разворачивают еще одну микро БС, она может автоматически оптимизировать параметры сети. Для традиционных сетей оптимизация сети является важнейшей частью обслуживания сети.

Одним из ключевых преимуществ архитектуры HetNet является то, что она позволяет постепенное и гибко наращивать емкость сети, основываясь непосредственно на необходимости, а не на прогнозах. Для Hotspot’ов, встречающихся на территории нечасто, требуется только несколько микро БС, и они могут использовать одни и те же частоты так же, как это делают макро БС [7, 8].

Тем не менее, для уменьшения помех между ними необходима координация. Когда количество трафика в Hotspot увеличивается и развернуто достаточное количество микро БС, инженеры могут гибко распределять несущие среди микро БС, чтобы максимизировать емкость. При развернутых микро БС их координация с макро БС увеличивает общую пропускную способность соты на 80-130%. Мобильным сетям будущего понадобятся значительные емкости и пользовательский опыт, и это будет достигнуто именно с помощью HetNet. Несмотря на все преимущества, внедрение SON в HetNet сталкивается с рядом проблем.

Интеграция LTE, Wi-Fi и других стандартов доступа требует сложных алгоритмов управления ресурсами и обеспечения бесшовной мобильности.

Обеспечение безопасности данных и предотвращение несанкционированного доступа в гетерогенной среде с множеством точек доступа.

Плавное переключение абонентов между различными ячейками и технологиями доступа без ухудшения качества обслуживания.

Обеспечение эффективной работы SON при увеличении плотности сети и количества абонентов

Заключение

Технология самоорганизующихся сетей (SON) является ключевым компонентом эффективного управления гетерогенными сетями (HetNet). SON обеспечивает автоматизацию, оптимизацию и масштабируемость, необходимые для удовлетворения растущих потребностей в мобильном широкополосном доступе. Микро БС должны быть размещены в местах массового скопления людей и большого количества трафика для разгрузки макро БС. Необходима надлежащая координация: макро и микро БС должны минимально влиять друг на друга. Оптимизированное Indoor-покрытие нового поколения должно предусматривать гибкое и универсальное размещение БС, возможности для постепенного наращивания емкости, а также возможности для удаленного обслуживания. Некоторые сценарии развертывания откроют новые возможности для SON в HetNet, позволяя создавать более надежные, эффективные и интеллектуальные сети, и теперь операторы должны согласовывать их с собственными потребностями.

Список литературы:

1. Бушеленков С. Н., Парамонов А. И. Метод выбора маршрутов в беспроводной сети интернета вещей высокой плотности // Электросвязь. 2021. №12. С. 14-20.

2. Суконщиков А. А., Швецов А. Н., Андрианов И. А., Кочкин Д. В. Принципы построения самоорганизующихся информационно-телекоммуникационных систем // Вестник Череповецкого государственного университета. 2021. №1 (100). С. 56-67. https://doi.org/10.23859/1994-0637-2021-1-100-4

3. Абдыраева Н. Р., Каюмов У., Доценко А. А. Анализ особенностей маршрутизаций самоорганизующихся сетей // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №3. С. 115-123. https://doi.org/10.33619/2414-2948/112/14

4. 3GPP TS 32.500 G. P. T. Telecommunication management; self-organizing networks (SON); concepts and requirements. 2008.

5. Patil A., Sawant H. K. Technical specification group services and system aspects IP multimedia subsystem (IMS) // Int. J. Electron. Commun. Comput. Eng. 2012. V. 3. №2. P. 234-238.

6. 3GPP TS 28.525 – Telecommunication management; Life Cycle Management (LCM) for mobile networks that include virtualized network functions; Requirements

7. 3GPP TS 32.501 – Telecommunication management; Self-configuration of network elements; Concepts and requirements

8. INFSO-ICT-216284 SOCRATES, Document D2.2 Requirements for Self-Organising Networks, 2008.

References:

1. Bushelenkov, S. N., & Paramonov, A. I. (2021). Metod vybora marshrutov v besprovodnoi seti interneta veshchei vysokoi plotnosti. *Elektrosvyaz', (*12), 14-20. (in Russian).

2. Sukonshchikov, A. A., Shvetsov, A. N., Andrianov, I. A., & Kochkin, D. V. (2021). Printsipy postroeniya samoorganizuyushchikhsya informatsionno-telekommunikatsionnykh sistem. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta,* (1 (100)), 56-67. (in Russian). https://doi.org/10.23859/1994-0637-2021-1-100-4

3. Abdyraeva, N., Kayumov, U., & Dotsenko, A. (2025). Analysis of Routing Features of Self-organizing Networks. *Bulletin of Science and Practice, 11*(3), 115-123. (in Russian). https://doi.org/10.33619/2414-2948/112/14

4. 3GPP TS 32.500, G. P. T. (2008). Telecommunication management; self-organizing networks (SON); concepts and requirements.

5. Patil, A., & Sawant, H. K. (2012). Technical specification group services and system aspects IP multimedia subsystem (IMS). *Int. J. Electron. Commun. Comput. Eng*, *3*(2), 234-238.

6. 3GPP TS 28.525 – Telecommunication management; Life Cycle Management (LCM) for mobile networks that include virtualized network functions; Requirements

7. 3GPP TS 32.501 – Telecommunication management; Self-configuration of network elements; Concepts and requirements

8. INFSO-ICT-216284 SOCRATES, Document D2.2 Requirements for Self-Organising Networks, 2008.

Поступила в редакцию 10.02.2026 г.

Принята к публикации 22.02.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Абдыраева Н. Р., Доценко А. А., Жалиев Ж. Гетерогенные сети: управление сетью с помощью технологии самоорганизующейся сети (SON) // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №4. С. 152-157. https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/21

Cite as (APA):

Abdyraeva, N., Dotsenko, A., & Zhaliev, Zh. (2026). Heterogeneous Networks: Network Management Using Self-Organizing Network (SON) Technology. *Bulletin of Science and Practice, 12*(4), 152-157. (in Russian). https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/21

