

ГЕТЕРОГЕННЫЕ СЕТИ: ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ, ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

HETEROGENEOUS NETWORKS: ADVANTAGES, DISADVANTAGES, MAIN PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

M. Abdurakhimova
A. Viduto
D. Eliseeva
D. Nazarova
S. Malakhov
D. Yakupov

Summary. This article is devoted to the analysis of modern network technologies with the main focus on heterogeneous networks. The article analyzes the advantages and disadvantages of such networks, identifies the key problems they face, and presents opportunities for their further development. The study examines in detail the positive aspects of heterogeneous networks. However, attention is also drawn to difficulties and disadvantages. In addition, the main problems currently faced by heterogeneous networks are being investigated, such as optimizing resource management, improving performance and ensuring security. The article also examines the prospects for the development of heterogeneous networks in the future and identifies areas for further research aimed at overcoming the main problems and improving the efficiency and reliability of such networks.

Keywords: heterogeneous networks, network technologies, technologies, information technology, productivity.

Абдурахимова Мадина Анваровна

Поволжский государственный университет
 телекоммуникаций и информатики
 nuda21068@gmail.com

Видута Анастасия Андреевна

Поволжский государственный университет
 телекоммуникаций и информатики
 anastasia.viduto08@gmail.com

Елисеева Диана Вячеславовна

Поволжский государственный университет
 телекоммуникаций и информатики
 dianka.eliseeva.90@gmail.com

Назарова Дарья Дмитриевна

Поволжский государственный университет
 телекоммуникаций и информатики
 yess1703@gmail.com

Малахов Сергей Валерьевич

Кандидат технических наук,
 Поволжский государственный университет
 телекоммуникаций и информатики
 s.malakhov@psuti.ru

Якупов Денис Олегович

Аспирант, Поволжский государственный университет
 телекоммуникаций и информатики
 d.yakupov@psuti.ru

Аннотация. Данная статья посвящена анализу современных сетевых технологий с основным фокусом на гетерогенных сетях. В статье проводится анализ преимуществ и недостатков таких сетей, выявляются ключевые проблемы, с которыми они сталкиваются, а также представляются возможности их будущего развития. Исследование подробно рассматривает позитивные стороны гетерогенных сетей. Однако, также обращается внимание на трудности и недостатки. Кроме того, исследуются основные проблемы, с которыми гетерогенные сети сталкиваются в настоящее время, такие как оптимизация управления ресурсами, повышение производительности и обеспечение безопасности. Также статья рассматривает перспективы развития гетерогенных сетей в будущем и выделяет направления для дальнейших исследований, нацеленных на преодоление основных проблем и улучшение эффективности и надежности таких сетей.

Ключевые слова: гетерогенные сети, сетевые технологии, технологии, информационные технологии, производительность.

Введение

В современном мире, когда доступ к информации и связность становятся ключевыми составляющими нашей повседневной жизни, гетерогенные сети выступают важным элементом современной информационной инфраструктуры. Существует постоянная потребность в создании сетевых сред, которые могут ин-

тегрировать разнообразные технологии и устройства для обеспечения надежной и эффективной связности. В этом контексте гетерогенные сети, которые объединяют в себе различные операционные системы, протоколы и устройства, играют важную роль.

Гетерогенные сети представляют собой интегрированные среды, состоящие из различных подсетей, ис-

пользующих разные стандарты и технологии связи. Они создают единую систему, где происходит непрерывный и незаметный для пользователей переход между различными сетевыми средами. Принцип их работы заключается в создании гибкой и адаптивной инфраструктуры, которая способна эффективно управлять разнообразными устройствами и технологиями для обеспечения надежной связи и высокого качества обслуживания. В условиях растущего спроса на пропускную способность в городских средах телекоммуникационным компаниям ставится задача создания сетей, которые могли бы интегрировать различные стандарты и технологии для обеспечения надежной и быстрой передачи данных. Гетерогенные сети должны обеспечивать не только взаимодействие между различными уровнями сети, но и сетями на разных технологиях радиодоступа, начиная от классических GSM и заканчивая более современными LTE. Они представляют собой ключевой элемент развития телекоммуникаций, обеспечивая эффективное использование сетевых ресурсов и повышая удовлетворенность потребностей пользователей в качественной связи.

Цель нашего исследования заключается в анализе преимуществ, недостатков, основных проблем и перспектив развития гетерогенных сетей в будущем. Мы стремимся понять, как гетерогенные сети могут быть максимально эффективно использованы для обеспечения связности и передачи данных в различных областях и применениях.

Преимущества и недостатки гетерогенных сетей

Гетерогенные сети, объединяющие различные технологии и типы ячеек, стали ключевым компонентом современных коммуникационных систем, превосходя традиционные сети по ряду параметров. В отличие от сетей, где применяется только один тип базовых станций и устройств, гетерогенные сети обеспечивают более эффективное покрытие и повышают качество обслуживания [1], [10].

Одно из главных преимуществ гетерогенных сетей — их способность адаптироваться к различным потребностям и условиям. Благодаря использованию разных типов базовых станций, включая макроячейки, микроячейки, пикоячейки и фемтоячейки, эти сети могут обеспечивать связь как в густонаселенных городах, так и в удаленных районах. Такой подход позволяет оптимально использовать ресурсы сети и обеспечивать высокое качество услуг даже при большой нагрузке или изменении условий [4].

Еще одним преимуществом гетерогенных сетей является повышенная пропускная способность и скорость передачи данных. Благодаря комбинации различных технологий, таких как LTE, Wi-Fi, и в будущем 5G, эти сети

способны обеспечить более быструю и надежную связь для конечных пользователей [2], [3], [9]. Это особенно важно в контексте растущего количества устройств, требующих постоянного подключения к интернету, и повышенной потребности в передаче больших объемов данных.

Гетерогенные сети помимо своих преимуществ обладают и недостатками. Один из главных недостатков — это сложность управления разнообразием устройств и технологий в сети. Управление интерференцией между различными типами базовых станций и устройствами может быть сложной задачей. Если не управлять интерференцией эффективно, это может привести к снижению производительности сети и ухудшению качества обслуживания для пользователей. Например, в городах с высокой плотностью застройки сигналы от различных сотовых базовых станций и Wi-Fi точек доступа могут перекрываться, что приводит к ухудшению качества связи.

Еще одним недостатком является сложность обеспечения безопасности сети. С увеличением числа устройств и точек доступа в гетерогенных сетях увеличивается потенциальная уязвимость для кибератак. Недавние кибератаки на умные устройства, такие как камеры видеонаблюдения и умные домашние устройства, подчеркнули этот риск.

Также следует отметить проблемы управления мобильностью в гетерогенных сетях. Переход между различными типами сетей, такими как Wi-Fi и сотовые сети, может быть не всегда плавным и эффективным, что может привести к потере соединения или перерывам в передаче данных.

Проблемы гетерогенных сетей

Гетерогенные сети сталкиваются с несколькими ключевыми проблемами, включая управление интерференцией, где множество устройств конкурируют за доступ к ресурсам, что может существенно снизить производительность и качество обслуживания. Управление мобильностью также является одной из проблем, так как требует эффективного перехода между различными типами сетей для обеспечения бесперебойного соединения [5]. Безопасность является все более критическим аспектом с ростом числа устройств и точек доступа, подвергая данные и конфиденциальность пользователей угрозе. Энергоэффективность становится важной задачей в свете увеличения энергопотребления с ростом числа устройств и объема передаваемых данных. Наконец, эффективное распределение ресурсов в гетерогенных сетях требует учета разнообразных характеристик устройств для обеспечения оптимальной производительности и качества обслуживания.

В современных беспроводных сетях, включая пятого поколения (5G) и предполагаемые шестое поколение (6G), гетерогенные сети (HetNet) играют ключевую роль в обеспечении широкополосной и высокоскоростной связи для разнообразных устройств и приложений. Гетерогенные сети объединяют в себе различные типы ячеек, такие как макроячейки, микроячейки, пикоячейки и фемтоячейки, для обеспечения лучшего покрытия и увеличения пропускной способности. Однако, управление ресурсами в гетерогенных сетях является сложной задачей из-за различных характеристик ячеек, динамически изменяющейся нагрузки и требований к качеству обслуживания.

Одной из ключевых проблем является разработка эффективных алгоритмов и методов управления ресурсами, которые учитывают динамические изменения в сети, а также разнообразные требования и приоритеты пользователей. Это включает в себя оптимизацию пропускной способности, минимизацию интерференции, повышение энергоэффективности и обеспечение устойчивого качества обслуживания даже в условиях высокой нагрузки и мобильности пользователей.

Методы их решения

Одним из методов решения перечисленных проблем гетерогенных сетей является создание моделей и архитектур. Модели и архитектуры гетерогенных сетей представляют собой концептуальные и технические описания организации сети, её компонентов и взаимодействий между ними. Они необходимы для понимания и проектирования сетей, состоящих из различных типов устройств, технологий и архитектур, таких как макроячейки, микроячейки, Wi-Fi точки доступа и другие. Также они позволяют инженерам и исследователям более эффективно управлять и оптимизировать сеть, принимать решения о размещении и настройке устройств, управлении ресурсами, улучшении качества обслуживания и обеспечении безопасности.

Существует несколько моделей и архитектур гетерогенных сетей, которые могут быть применены в различных сценариях. Можно выделить несколько основных моделей и архитектур такие, как модель комбинации макросотовых и микросотовых сетей, архитектура клеток различного размера, архитектура облачных сетей доступа (CRAN), архитектура виртуализированных сетей доступа (V-RAN).

Модель комбинации макросотовых и микросотовых сетей является одной из наиболее широко используемых архитектур в гетерогенных сетях. В этой модели макросотовые соты обеспечивают широкое покрытие и обслуживают большие территории, такие как города или пригороды. Они обычно используются для переда-

чи данных на большие расстояния и обеспечивают базовый уровень связи для мобильных устройств. С другой стороны, микросотовые соты расположены ближе друг к другу и обычно используются в плотно застроенных районах или внутри зданий. Они обеспечивают более высокую пропускную способность и качество обслуживания в зонах с высокой плотностью пользователей, таких как торговые центры, аэропорты, стадионы и т. д. [6].

Кроме того, комбинированные сети могут использовать технологии координации между базовыми станциями для уменьшения интерференции и улучшения производительности. Это может включать в себя использование методов координированного многоканального доступа и механизмов совместной передачи данных, чтобы обеспечить эффективное использование ресурсов спектра и улучшить качество обслуживания для всех пользователей. В целом, модель комбинации макросотовых и микросотовых сетей является эффективным подходом к созданию гибридных сетей, которые могут обеспечивать высокую производительность и качество обслуживания в разнообразных сценариях использования, от открытых пространств до внутренних помещений.

Перспективы развития и будущее гетерогенных сетей

Важно обсудить перспективы развития гетерогенных сетей. Например, развитие технологий интернета вещей (IoT), таких как LoRaWAN и NB-IoT. Это два из наиболее широко используемых протоколов для связи в сетях IoT. Оба эти протокола играют важную роль в развитии IoT-технологий, обеспечивая гибкость, надежность и энергоэффективность для широкого спектра приложений, начиная от умных устройств домашнего использования и заканчивая промышленными системами мониторинга и управления. Интернет вещей (IoT) представляет собой сеть физических объектов, оборудованных специальными датчиками, устройствами и программным обеспечением, которые позволяют им собирать и обмениваться данными через интернет. Основная идея заключается в том, чтобы предметы окружающей нас среды (вещи) могли взаимодействовать между собой и с внешними системами, делая их «умными» и автоматизированными.

Гетерогенные сети могут играть важную роль в обеспечении связи между автономными транспортными средствами и инфраструктурой дорожного движения. Это позволяет реализовать функции платформы Vehicle-to-Everything (V2X), включая обмен данными о трафике, предупреждение об опасности и координацию движения для обеспечения безопасности и эффективности дорожного движения. Интеграция сенсорных сетей в гетерогенные сети может быть полезной для мониторинга и управления окружающей средой, инфраструктурой

и производственными процессами. Например, сенсоры, размещенные на инфраструктуре города или в промышленных объектах, могут передавать данные о качестве воздуха, уровне шума, температуре и других параметрах в реальном времени, что позволяет принимать обоснованные решения и улучшать условия жизни и работы [7].

Еще одним направлением развития является применение гетерогенных сетей в новых областях. К примеру, они могут быть использованы для создания инфраструктуры телемедицины, обеспечивая связь между медицинскими устройствами, пациентами и медицинским персоналом на расстоянии. Например, врачи могут мониторить состояние пациентов в реальном времени, получать данные о показателях здоровья и предоставлять консультации дистанционно с использованием гетерогенных сетей. Гетерогенные сети могут стать основой для развития дистанционного образования и доступа к образовательным ресурсам в любой точке мира. В промышленности гетерогенные сети могут использоваться для создания «умных» производственных систем, которые обеспечивают мониторинг и управление процессами производства в реальном времени. Это позволяет повысить эффективность, безопасность и гибкость производства, а также внедрить концепцию «индустрии 4.0». Также сети могут играть ключевую роль в создании инфраструктуры умных городов, обеспечивая связь между различными элементами городской инфраструктуры, такими как уличное освещение, транспортная система [8]. Гетерогенные сети представляют собой важный инструмент для развития инновационных сфер деятельности, расширяя возможности современных технологий и создавая новые перспективы для применения в различных областях.

Примеры и кейсы успешного применения гетерогенных сетей в различных условиях

Городские сети и общественные места

Пример 1: Гетерогенные сети в Сингапуре

Пример: В торговых центрах и офисных зданиях используются микроячейки для улучшения качества связи.

Кейс: В торговом центре VivoCity микроячейки и точки доступа Wi-Fi обеспечивают высокоскоростной интернет для посетителей, что улучшает их покупательский опыт и позволяет арендаторам использовать современные цифровые решения для бизнеса.

Результаты: Увеличение числа посетителей и повышение удовлетворенности клиентов.

Пример 2: Гетерогенные сети в Лондоне. Пример: Внедрение микроячеек и Wi-Fi точек в общественных местах.

Кейс: В районе Ковент-Гарден гетерогенные сети позволяют обеспечить высокую скорость интернета для туристов и местных жителей. Это особенно важно в пиковые часы, когда традиционные сети перегружены. Результаты: Стабильная связь для всех пользователей, уменьшение перегрузок сети.

Отдаленные и сельские районы

Пример 1: Гетерогенные сети в сельских районах Индии

Пример: Использование фемтоячеек для создания зон покрытия в деревнях.

Кейс: В деревне Палафенга установлены фемтоячейки, которые обеспечивают доступ к мобильной связи и интернету для местных жителей.

Результаты: Улучшение доступа к образованию и здравоохранению, повышение качества жизни.

Пример 2: Гетерогенные сети в отдаленных районах Австралии. Пример: Внедрение микроячеек для связи в малонаселенных районах.

Кейс: В регионе Кимберли установка микроячеек позволила обеспечить связь для местного населения и фермеров.

Результаты: Повышение безопасности и улучшение условий жизни благодаря доступу к информации и услугам.

Умные технологии (IoT)

Пример 1: Умные города в Нидерландах

Пример: Датчики качества воздуха и управления уличным освещением.

Кейс: В Роттердаме датчики качества воздуха передают данные в реальном времени, что позволяет оперативно реагировать на ухудшение экологической обстановки. Умные фонари регулируют уровень освещения в зависимости от присутствия людей, что снижает энергопотребление.

Результаты: Улучшение экологической ситуации и экономия электроэнергии.

Пример 2: Умные фермы в США. Пример: Мониторинг почвы и контроль состояния животных.

Кейс: В Калифорнии датчики влажности почвы помогают оптимизировать полив, а биометрические датчики на животных позволяют своевременно обнаруживать заболевания.

Результаты: Увеличение урожайности и улучшение здоровья животных.

Промышленность и умные фабрики

Пример 1: Заводы в Германии

Пример: Виртуализированные сети доступа (V-RAN) и датчики на производственных линиях.

Кейс: на заводах компании Siemens используются V-RAN и датчики для мониторинга производственных процессов в реальном времени, что помогает оптимизировать использование ресурсов.

Результаты: Снижение затрат и повышение производительности.

Пример 2: Умные фабрики в Южной Корее

Пример: Интеграция IoT устройств для автоматизации процессов.

Кейс: на фабрике Samsung внедрены датчики и устройства, которые контролируют температуру и влажность в производственных цехах, что обеспечивает оптимальные условия для работы оборудования.

Результаты: Повышение качества продукции и уменьшение простоев оборудования.

Вывод

В заключение, обсуждаемая статья акцентирует внимание на значимости гетерогенных сетей в современном обществе, где увеличивающийся спрос на широкополосную и высокоскоростную связь стимулирует поиск новаторских методов организации и управления сетевыми ресурсами. Гетерогенные сети, интегрируя разнообразные технологии и типы ячеек, представляют собой гибкий и эффективный механизм обеспечения связи в самых разных условиях, от густонаселенных городов до удаленных районов.

Основные достоинства гетерогенных сетей, такие как увеличенная пропускная способность, гибкость и способность адаптации к различным ситуациям, делают их центральным элементом в современных коммуникационных системах. В будущем гетерогенные сети могут найти применение в различных областях, таких как интернет вещей, автономные транспортные средства, медицинское обслуживание, образование, промышленность и создание умных городов. Это открывает новые горизонты для развития инновационных технологий и приложений, которые могут значительно улучшить эффективность, безопасность и качество жизни людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационные методы передачи данных в информационных сетях [Электронный ресурс] // Студенческий научный форум: [сайт]. — URL: <https://scienceforum.ru/2024/article/2018035661> (дата обращения: 11.06.2024).
2. Кхандекар А., Г. Нейл, Т.Ф. Лэйси, Л.Э. Гарсиа, Дж. Жанг. LTE-Advanced: гетерогенные сети / А. Кхандекар, Г. Нейл, Т.Ф. Лэйси, Л.Э. Гарсиа, Дж. Жанг // Конференция European Wireless, 2010.
3. 3GPP Evolved Universal Terrestrial Radio Access (EUTRA) и Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Общее описание; Этап 2 (Релиз 10). — ETSI TS 136 300 V10.2.0. — Sophia Antipolis: ETSI, 2011.
4. Исмаил М., Шакир М.З., Караке Х.А., Серпедин Э. Зеленые гетерогенные беспроводные сети / Мухаммад Исмаил, Мухаммад Зеешан Шакир, Халид А. Караке, Эрчин Серпедин. — Издательство Wiley-IEEE, 2016. — 272 с. — ISBN 9781119088042.
5. Марчезе М. QoS в гетерогенных сетях / Марио Марчезе. — Издательство Wiley Telecom, 2007. — 328 с. — ISBN 9780470058763.
6. Цинян Ху.Р., Циан И. Гетерогенные сотовые сети / Роуз Цинян Ху, И Циан. — Издательство Wiley Telecom, 2013. — 384 с. — ISBN 9781118555262.
7. Патель С., Явуз М., Нанда С. Фемтоклетки [Индустриальные перспективы] / С. Патель, М. Явуз, С. Нанда // IEEE Wireless Commun. Mag., 2010. — Окт.
8. Дамнянович А., Монтохо Х., Вэй Й., Джи Т., Ло Т., Ваджапеям М.Ю.Т., Сонг О., Маллади Д. Исследование гетерогенных сетей 3GPP / Александр Дамнянович, Хуан Монтохо, Йонбин Вэй, Тинфан Джи, Тао Ло, Мадхаван Ваджапеям, Тэсанг Ю, Осок Сонг, Дурга Маллади // IEEE Wireless Communications. — 2011. — Т. 18, вып. 3. — С. 10–21.
9. Хан С.А., Шайеа И., Эрген М., Мохаммад Х. Управление передачей данных по двойной связи в технологии 5G с будущими сверхплотными мобильными гетерогенными сетями: обзор / Саджад Ахмад Хан, Ибрахим Шайеа, Мустафа Эрген, Хафизал Мохаммад // Инженерные науки и технологии, международный журнал. — 2022. — № 35.
10. Рашид З., Ашраф Ш., Ибупото Н.А., Батт П.Х., Садик Э.Х. Гетерогенные сети / Зеешан Рашид, Шахзад Ашраф, Наим Ахмед Ибупото, Пиниал Хан Батт, Эмад Хуссен Садик // Энциклопедия научного сообщества. — 2022.

© Абдурахимова Мадина Анваровна (nuda21068@gmail.com); Видуто Анастасия Андреевна (anastasia.viduto08@gmail.com); Елисеева Диана Вячеславовна (dianka.eliseeva.90@gmail.com); Назарова Дарья Дмитриевна (yess1703@gmail.com); Малахов Сергей Валерьевич (s.malakhov@psuti.ru); Якупов Денис Олегович (d.yakupov@psuti.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»