

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОСТРОЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ MESH-СЕТЕЙ

© Джабраилов Байсангур Ильманович (а), Дикаев Ибрагим Висханович (b), Хаджиев Магомед Рамзанович (с), Юнусова Зулихан Умаровна (d)

- (a) Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный
- (b) Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный
- (c) Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный
- (d) Грозненский государственный нефтяной технический университет им. М.Д. Миллионщикова, Российская Федерация, г. Грозный

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы построения самоорганизующихся сетей связи (MESH), а также топология построения сетей такого класса. Выявлены основные преимущества и недостатки MESH-сетей, их возможности по организации беспроводных сервисов для мобильных абонентов сотовых сетей связи. Выделены проблемы проектирования такого рода сетей. Mesh (multi-hop) — сетевая топология, в которой беспроводные устройства объединяются многочисленными (часто избыточными) соединениями, вводимыми по стратегическим соображениям. Это определение достаточно хорошо соответствует функциям развертываемых сетей такого класса. Идея самоорганизующейся сети, имеющей децентрализованное управление и обладающей высокой степенью надежности, была предложена давно, но эффективная реализация подобной технологии стала возможной в результате быстрого развития беспроводных технологий.

Ключевые слова: самоорганизующиеся сети, беспроводной доступ, сотовые сети связи, MESH-сети, мобильные сети связи, Wi-Fi, Wi-Max.

RESEARCH OF POSSIBILITIES OF CONSTRUCTION OF SECURE MESH-NETWORKS

© Dzhabrailov Baysangur Ilmanovich (a), Dikayev Ibragim Viskhanovich (b), Khadzhiyev Magomed Ramzanovich (c), Yunusova Zulikhan Umarovna (d)

- (a) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny
- (b) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation, Grozny

(c) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation,
Grozny

(d) Grozny State Oil Technical University by Acad. M.D. Millionshikov, Russian Federation,
Grozny

Abstract. This article discusses the issues of building self-organizing communication networks (MESH), as well as the topology of building networks of this class. The main advantages and disadvantages of MESH-networks, their capabilities for organizing wireless services for mobile subscribers of cellular communication networks are revealed. The problems of designing such networks are highlighted. Mesh (multi-hop) is a network topology in which wireless devices are connected by multiple (often redundant) connections, introduced for strategic reasons. This definition matches the functions of this class of networks being deployed fairly well. The idea of a self-organizing network with decentralized control and a high degree of reliability was proposed long ago, but the effective implementation of such a technology has become possible as a result of the rapid development of wireless technologies.

Key words: self-organizing networks, wireless access, cellular communication networks, MESH networks, mobile communication networks, Wi-Fi, Wi-Max.

Mesh-сеть – это сеть, в которой устройства-или узлы-связаны друг с другом, отделяясь от других устройств или узлов. Эти сети предназначены для эффективной маршрутизации данных между устройствами и клиентами. Они помогают организациям обеспечить постоянную связь во всем физическом пространстве.

Топологии сеточной сети создают несколько маршрутов для передачи информации между подключенными узлами. Этот подход повышает устойчивость сети в случае сбоя узла или соединения. Более крупные ячеистые сети могут включать в себя несколько маршрутизаторов, коммутаторов и других устройств, которые работают как узлы. Сеточная сеть может включать сотни беспроводных узлов сетки, что позволяет ей охватывать большую площадь [1].

Ячеистая сеть – это тип локальной сети, в которой отдельные устройства (называемые узлами) в инфраструктуре соединяются непосредственно, динамически и неиерархически с как можно большим количеством других узлов и взаимодействуют друг с другом, создавая единую виртуальную сеть, способную эффективно маршрутизировать данные между клиентами. Они стали чрезвычайно популярны среди потребителей в последние несколько лет, особенно по мере того, как все больше людей выбирают гибкую или удаленную рабочую среду. Некоторые из самых популярных потребительских поставщиков ячеистых сетей включают в себя такие имена, как Google, TP-Link и Netgear, но есть и много других.

В масштабах предприятия ячеистые сети содержат более крупное и надежное оборудование, которое часто включает в себя отдельные маршрутизаторы, мосты, коммутаторы и другие устройства, работающие как узлы. В этих случаях узел действует как шлюз и подключается непосредственно к основному сетевому активу (например, серверу или Интернету); затем каждый дополнительный узел общается друг с другом и расширяет зону

покрытия беспроводной сети. Таким образом, хотя только один узел физически подключен к внешнему ресурсу, каждый узел способен отправлять данные туда и обратно с одинаковой скоростью.

Ячеистые сети привлекательны для крупных предприятий, поскольку они обладают высокой масштабируемостью, а сетевое соединение может быть распределено между десятками или даже сотнями беспроводных узлов сетки, что позволяет совместно использовать сетевое соединение на большой площади.

По сути, узел сетки-это небольшой радиопередатчик, который работает аналогично стандартному беспроводному маршрутизатору, используя общие стандарты 802.11 Wi-Fi для взаимодействия с устройствами и другими узлами. Узлы в сети программируются с помощью специального программного обеспечения, которое говорит им, как взаимодействовать с более крупной сетью и обрабатывать информацию. Например, сетевая сеть, использующая динамическую маршрутизацию, автоматически выберет самый быстрый и безопасный путь к узлу для пакетов данных, проходящих через систему [10].

Преимущества Ячеистой сети

Хотя использование ячеистой сети имеет много преимуществ, это четыре главных фактора, которые могут повлиять на решение ИТ-команды о ее внедрении.

1. Повышенная стабильность. Одна точка отказа больше не будет влиять на всю сеть; если один узел выходит из строя, система может динамически перенаправлять связь через оставшиеся функциональные узлы.

2. Внешние атаки на отдельные узлы могут быть изолированы от остальной сети.

3. Увеличенная дальность. Устройства внутри ячеистой сети могут ретранслировать сигналы дальше и подключать тысячи датчиков на большой площади, обеспечивая идеальное решение для больших площадок, таких как концертные залы, спортивные стадионы и фестивали.

4. Снижение затрат. Ячеистые сети часто требуют минимальной инфраструктуры и поэтому дешевле развертываются и обслуживаются (по сравнению с традиционными сетями).

Несмотря на подавляющие преимущества такого типа сети, важно учитывать и недостатки, так как она может быть не идеальна для всех ситуаций. Вот некоторые недостатки, которые следует учитывать.

1. Внешнее давление. Рыночные и регулирующие силы могут сделать сетевую сеть трудной для развертывания в некоторых областях.

2. Комплексное управление. Сложные ячеистые сети могут быть сложными в управлении и устранении неполадок, часто требуя специальных технических знаний.

Конечные точки-это устройства только для сетки, которые не имеют сетевых обязанностей. Это означает, что они получают данные, собранные и переданные с ретрансляторов, и не должны передавать их дальше. В результате их часто можно усыпить, когда они не нужны, что делает их идеальным выбором для устройств, подключенных к IoT, таких как датчики батареи.

Ячеистые сети могут принести большую пользу приложениям интернета вещей различными способами. Это связано с тем, что ячеистые сети действительно являются беспроводными по сравнению с другими сетями, которые требуют доступа в Интернет или кабелей Ethernet для передачи сигналов.

Ячеистые сети ретранслируют сообщения с использованием метода затопления или метода маршрутизации. При затоплении каждый отдельный пакет данных передается по каждому исходящему каналу, за исключением того, по которому он прибыл, “затопляя” сеть информацией.

Маршрутизация, с другой стороны, включает в себя пакет данных, отскакивающий от каждого сетевого узла до его конечного пункта назначения. Каждый сетевой узел выбирает маршрут, который он будет принимать на основе скорости и безопасности в процессе, называемом динамической маршрутизацией.

Метод маршрутизации особенно полезен из-за его алгоритмов самоисцеления, которые существенно реконфигурируют сеть в случае сломанного пути.

Это означает что, если один конкретный узел сети выйдет из строя, данные все равно найдут способ добраться до других узлов и, в конечном счете, до конечного пункта назначения.

По этой причине ячеистые сети являются идеальной инфраструктурой для IoT-проектов, поскольку они обеспечивают дополнительную гибкость, позволяя им работать независимо от сломанных путей или неисправных устройств.

В ячеистых сетях, как только один беспроводной узел физически подключен к сетевому соединению, например маршрутизатору, Интернет совместно используется с ближайшими к нему сетевыми узлами, и так далее, пока не будет подключена вся сеть. Это значительно сокращает время и деньги, затрачиваемые на установку и обслуживание сетевой инфраструктуры.

Полная сетка против частичной топологии сетки

В полной топологии ячеистой сети каждый узел соединен непосредственно со всеми другими узлами. В частичной сетчатой топологии только некоторые узлы соединяются непосредственно друг с другом. В некоторых случаях узел должен пройти через другой узел, чтобы достичь третьего узла.

Каждый узел в полной ячеистой сети напрямую связан с каждым другим узлом. Это не так в частичной ячеистой сети. В приведенном выше примере частичной ячеистой сети узел один должен пройти через узел два, чтобы связаться с узлом три.

Соединения в полной или частичной сети могут быть проводными или беспроводными ячеистыми сетями. Решение об использовании полной или частичной сетки зависит от таких факторов, как общая структура трафика сети и степень риска сбоя узлов или соединений.

Почти все сети кажутся полносетевыми сетями, потому что каждый в сети может соединиться со всеми остальными. Эта полная связность является свойством сетевых протоколов, а не топологии; любая сеть может выглядеть полностью взаимосвязанной на логическом уровне, если данные могут быть перенаправлены между каждым из ее пользователей. Ячеистые сети - это те области, где различие между логической и физической топологиями является наиболее важным.

Сети Wi-Fi имеют концентратор Wi-Fi, который служит центральным узлом, обеспечивая косвенную физическую связь между всеми узлами. Физическая сеть имеет звездообразную топологию, в то время как логическая связь представляет собой полную сетку.

Наиболее распространенной полной ячеистой сетью является сеть центров обработки данных fabric, локальная вычислительная сеть (LAN), предназначенная для обеспечения полной пропускной способности подключения каждого подключенного устройства. Глобальные сети (WAN) обычно представляют собой частичные ячеистые сети или древовидные топологии [2].

Как работают ячеистые сети?

Узлы в сети программируются с помощью программного обеспечения, которое сообщает узлу, как обрабатывать информацию и взаимодействовать с сетью.

Сетчатые сети используют методы маршрутизации или наводнения для отправки сообщений. При маршрутизации сообщение переходит от узла к узлу, чтобы добраться до места назначения. Ячеистая сеть должна иметь непрерывные соединения и реконфигурировать себя, если путь нарушен, используя алгоритмы самовосстановления. Часто между источником и местом назначения существует несколько путей.

Методы затопления основаны на распределении данных от одного узла к остальным в сети. Данные передаются подмножеством узлов, поскольку все узлы могут быть недоступны одновременно. Каждый узел обладает подмножеством данных. Протокол выбирает отправителей для каждой передачи данных, чтобы максимизировать пропускную способность [9].

Каковы варианты использования ячеистых сетей?

Сеточные сети могут использоваться в небольших домашних сетях или крупных организациях. Однако они лучше всего подходят для больших помещений.

Ячеистые сети позволяют многим устройствам совместно подключаться к Интернету и общаться напрямую, не выходя предварительно в Интернет. Полезность ячеистой сети по сравнению с другими типами сетей, такими как концентратор и спицевая сеть, заключается в том, что если узел находится слишком далеко от концентратора, он все равно может общаться через более близкий узел, пока не достигнет маршрутизатора [3].

Сетчатые сети могут использоваться для:

- домашний мониторинг;
- промышленный мониторинг и контроль;
- медицинский мониторинг;
- системы безопасности; и
- связь с общественностью.

Например, система мониторинга может иметь несколько сенсорных узлов, настроенных в конфигурации сетки и охватывающих широкую область.

Каковы преимущества ячеистой сети?

Ячеистые сети включают в себя следующие преимущества:

- Повышенная стабильность. Отдельные точки отказа не наносят вреда всей сети.
- Увеличенная дальность. Сеточные сети могут передавать сигналы на большее расстояние. У них меньше мертвых зон, куда не доходят сигналы Wi-Fi.
- Прямая связь. Узлы могут напрямую связываться друг с другом. Нет необходимости во вмешательстве из центральной точки доступа.
 - Для каждого узла требуется меньше энергии, и каждому устройству в сети не нужно выдавать сигнал, достаточно сильный, чтобы достичь центральной точки доступа.
 - Лучше безопасность. При атаке отдельные узлы легко заменяются.

• Более простая топология. Ячеистые сети требуют меньше инфраструктуры, чем другие типы конфигураций сетей.

Каковы недостатки ячеистой сети?

Сетчатые сети имеют некоторые недостатки. Например, к ним относятся:

• Один маршрутизатор и расширители диапазона Wi-Fi могут сделать сеть более экономичной. Отдельные узлы также не будут охватывать тот же диапазон, что и беспроводной маршрутизатор и расширитель диапазона. Это означает, что в ячеистой сети требуется больше узлов [8].

• Масштабируемость. Масштабирование размера сети может быть более сложным в зависимости от количества необходимых узлов.

• Сложность. Каждый узел должен посылать сообщения и действовать как маршрутизатор. Чем более сложной становится сетевая сеть, тем сложнее управлять или устранять неполадки во всех узлах.

• Задержка. С более низким энергопотреблением WANS задержка может быть проблемой, потому что может быть недостаточно возможностей обработки для обработки сообщений.

• Потребляемая мощность. С узлом с более низким энергопотреблением сетчатые сети трудно развернуть.

В чем разница между ячеистой сетью и традиционным Wi-Fi?

Самое большое различие между Wi-Fi и сетевыми сетями заключается в том, что с Wi-Fi традиционный маршрутизатор действует как централизованная точка доступа, в то время как сетевые сети децентрализованы. Традиционный Wi-Fi имеет отдельные сетевые соединения, где запросы от устройств получают разрешение на подключение к центральному маршрутизатору [4].

Весь трафик направляется через одну точку доступа. Вместо того чтобы полагаться на единую точку доступа, ячеистые сети позволяют устройствам связываться друг с другом для маршрутизации данных между клиентами.

Традиционный Wi-Fi рекомендуется для пользователей с меньшим бюджетом и в небольших помещениях. Однако, если требуется покрыть большую площадь, и стоимость не является фактором, то сетевую сеть стоит рассмотреть.

Сетевая сеть поставщиков и продуктов

Три примера других продуктов mesh network включают Asus ZenWiFi AX, Google Nest Wifi и трехдиапазонную сетчатую Wi-Fi систему Netgear Orbi AC3000.

• Asus ZenWiFi AX-домашний Wi-Fi 6 mesh router, использующий оборудование 802.11 ax. Система предлагает мультигигантный LAN-порт, USB-соединение и антивредоносное программное обеспечение.

• Google Nest Wifi-еще одна домашняя сетчатая система Wi-Fi, использующая оборудование 11ac. Он оснащен встроенным помощником Google, однако не включает в себя средства защиты от вредоносных программ или USB-порты.

• Netgear Orbi AC3000 Tri-Band Mesh WiFi System-это вариант ячеистой сети для больших домов и офисных помещений, который имеет хорошее покрытие сигнала и пропускную способность, согласно Colocation America, хостинг-провайдеру Colocation. Однако он не имеет средств защиты от вредоносных программ, USB-подключения или поддержки WPA3 [7].

Технология Mesh Networking обеспечивает работу многих крупнейших мобильных сетей в мире. Эта технология использует проверенные методы маршрутизации, первоначально разработанные военными для связи на поле боя. Избыточная природа ячеистых сетей является существенной характеристикой, которую ищут военные стратеги. Продвигая интеллект и принятие решений к краю сети, можно построить высокопроизводительные и масштабируемые широкополосные сети с очень низкими затратами, используя сетчатую сеть.

Сетевая сеть обычно реализуется в двух основных режимах: инфраструктурное и/или клиентское сетевое взаимодействие. Чтобы получить максимальное преимущество, которое может предложить сетка, оба режима должны поддерживаться одновременно и плавно в одной сети.

Инфраструктурная сетка создает беспроводную сетку обратной связи между проводными точками доступа и беспроводными маршрутизаторами. Это снижает затраты на обратную транспортировку системы при одновременном увеличении покрытия сети и надежности.

Клиентская сетка позволяет создавать беспроводные одноранговые сети между клиентскими устройствами (то есть конечными пользователями) и не требует наличия какой-либо сетевой инфраструктуры. В этом случае клиенты могут прыгать друг через друга, чтобы связаться с другими клиентами в сети.

Технология Mesh network поддерживает как инфраструктуру, так и клиентскую сетку. Инфраструктурное зацепление создает надежную и масштабируемую сеть, в то время как клиентское зацепление позволяет конечным пользователям мгновенно формировать широкополосную беспроводную сеть между собой – с включением сетевой инфраструктуры или без нее. Включение нескольких переходов может даже превратить каждое клиентское устройство в маршрутизатор/ретранслятор. По мере того как пользователи присоединяются к сети, они улучшают покрытие сети и увеличивают пропускную способность сети. Непрерывная сетчатая маршрутизация, в которой также возможна одновременная работа инфраструктуры и клиентской сетки. В этом сценарии клиенты могут легко перемещаться между инфраструктурными и клиентскими одноранговыми сетями. [5]

Самоформирующийся, самовосстанавливающийся интеллект маршрутизации распределяет клиентов между точками доступа, устраняя узкие места и повышая общую производительность сети. Технология Mesh также улучшает надежность сети, так как клиенты могут перейти к альтернативным точкам доступа, если их текущая точка доступа перегружена или не работает. Он также позволяет клиентам формировать большие одноранговые сети в любом месте и в любое время. Одноранговая сеть снижает спрос на точки доступа к сети, освобождая емкость для других пользователей. Все эти возможности создают недорогие, бесшовные и простые в развертывании беспроводные решения PAN, LAN или WAN.

Ячеистые сети

В топологии сетки нет центральной точки подключения. Вместо этого каждый узел подключается, по крайней мере, к одному другому узлу и обычно к более чем одному. Каждый узел способен отправлять сообщения и получать сообщения от других узлов. Узлы действуют как ретрансляторы, передавая сообщение в конечный пункт назначения.

Существует два типа топологии сетки:

- топология полной сетки

- частичная топология сетки

Сеточные сети становятся все более популярными благодаря своей эффективности.

С полной сеткой каждый узел напрямую связан с каждым другим узлом. Это позволяет отправлять сообщения по множеству отдельных маршрутов. При частичной сетке не все узлы соединены непосредственно друг с другом. Таким образом, частичная сетка имеет меньше маршрутов для сообщения, чем полная сетка, но ее проще реализовать.

Проводные сетевые сети как правило, редко, в основном потому, что подключение всех узлов ко всем другим узлам дорого и непрактично. Тем не менее, беспроводные сетчатые сети все чаще используются, так как гораздо проще и дешевле подключаться с помощью радиосигналов [6].

Преимущества и недостатки использования сеточной топологии

Наличие узлов, расположенных в топологии сетки, приносит некоторые преимущества:

- сообщения могут быть получены быстрее, если маршрут к предполагаемому получателю короткий
- сообщения должны всегда проходить, так как у них есть много возможных маршрутов, по которым можно путешествовать
- несколько соединений означают (теоретически), что ни один узел не должен быть изолирован
- несколько соединений означают, что каждый узел может передавать и получать от более чем одного узла одновременно
- новые узлы могут быть добавлены без прерывания или вмешательства в другие узлы
- полные ячеистые сети могут быть непрактичны в настройке из-за большого количества необходимых соединений
- многие соединения требуют большого технического обслуживания

Используемые топологии сетки

Сетчатые топологии используются там, где надежность сетевой связи очень важна:

- военные организации часто используют сетчатые топологии, чтобы избежать сбоев в связи
- города все чаще используют беспроводные ячеистые сети для мониторинга транспортных потоков, очистки сточных вод и управления уличным освещением
- аварийные службы, такие как полиция и пожарные службы, также используют беспроводные ячеистые сети для обеспечения надежности связи
- некоторые коммунальные компании поставляющие газ и электричество используют ячеистые сети позволяющие интеллектуальным счетчикам автоматически передавать показания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневецкий В.В. Энциклопедия Wi-Max. Путь к 4G / В.В.Вишневецкий, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. М.: Техносфера, 2018. 56 с.

2. Гаркуша С.В. Модель распределения подканалов в беспроводной mesh-сети стандарта IEEE 802.16, представленной в виде гиперграфа // Кибернетика и системный анализ. 2017. 32 с.
3. Гаркуша С.В. Модель сбалансированного распределения подканалов в mesh-сети, использующей технологию WiMax // Инфокоммуникационные системы. 2013. С. 135-140.
4. Легков К.Е., Донченко А.А. Беспроводные mesh-сети специального назначения // Т-Comm — Телекоммуникации и Транспорт. 2017. 172 с.
5. Лемешко А.В. Модель структурной самоорганизации многоканальной mesh-сети стандарта IEEE 802.11 // Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций». 2019, №1. С. 83-105.
6. Лемешко А.В. Разработка и анализ двухиндексной модели распределения каналов в многоканальной mesh-сети стандарта IEEE 802.11 // Электронное научное специализированное издание. Журнал «Проблемы телекоммуникаций». 2018. С. 38-60.
7. Осипов И.Е. Mesh-сети: технологии, приложения, оборудование // Фиксированная связь. Решения корпоративного класса. 2017, №4. 38 с.
8. Попков Глеб Владимирович – канд. техн. наук, науч. сотр. Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 2017. 134 с.
9. Портнов Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. М.: Горячая линия – телеком, 2018. 31 с.
10. Соколов Н.А. Задачи планирования сетей электросвязи. СПб.: Техника связи, 2019. 97 с.

REFERENCES

1. Vishnevsky V.V. Encyclopedia of Wi-Max. Way to 4G / V.V. Vishnevsky, S.L. Portnoy, I.V. Shakhnovich. Moscow: Technosphere, 2018. 56 p.
2. Garkusha S.V. Model of subchannel distribution in a wireless mesh network of the IEEE 802.16 standard, presented in the form of a hypergraph // Cybernetics and Systems Analysis. 2017. 32 p.
3. Garkusha S.V. Model of balanced distribution of subchannels in a mesh network using WiMax technology // Infocommunication systems. 2013. Pp. 135-140.
4. Legkov K.E., Donchenko A.A. Special purpose wireless mesh networks // T-Comm - Telecommunications and Transport. 2017. 172 p.
5. Lemeshko A.V. Model of structural self-organization of a multichannel mesh-network of the IEEE 802.11 standard // Electronic scientific specialized edition - journal "Problems of Telecommunications". 2019, № 1. Pp. 83-105.
6. Lemeshko A.V. Development and analysis of a two-index model of channel distribution in a multichannel mesh network of the IEEE 802.11 standard // Electronic scientific specialized edition. The journal "Problems of Telecommunications". 2018. Pp. 38-60.
7. Osipov I.E. Mesh-networks: technologies, applications, equipment // Fixed-line communication. Enterprise class solutions. 2017, № 4. 38 p.
8. Popkov Gleb Vladimirovich - Cand. tech. sciences, scientific. sotr. Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 2017. 134 p.

9. Portnov E.L. Principles of construction of primary networks and optical cable communication lines. M.: Hot line - telecom, 2018. 31 p.
10. Sokolov N.A. Problems of telecommunication networks planning. Saint Petersburg: Communication technology, 2019. 97 p.