

Построение корпоративной гибридной сети LTE/5G и MESH



Дмитрий ВИТОШНОВ
руководитель отдела технической поддержки
ТОО «ADVANTEK SYSTEMS»

Любая трансформаторная подстанция – сложное, многокомпонентное электротехническое устройство, предназначенное для преобразования и дальнейшего распределения электроэнергии по линиям передачи. И кроме непосредственного электрооборудования содержит в себе огромное количество дополнительных устройств, предназначенных как для обеспечения работы подстанции, так и для контроля её физического и технологического состояния. Это различные измерительные приборы, амперметры, вольтметры, счётчики потребления электроэнергии, устройства автоматики, обеспечивающие оперативное подключение/переключение фидеров и даже средства пожарной и охранной сигнализации, а также обеспечение контроля и доступа на объект. Со всех этих датчиков информация должна собираться и отправляться на АСУ ТП для контроля и управления работой подстанции. При этом все эти, казалось бы, независимые системы, так или иначе объединены между собой и зависят друг от друга, дополняя собираемую информацию.

Но в этой статье речь пойдет о том, как именно можно собирать данные с большого количества датчиков разбросанных по территории ТП.

Классическое, давно используемое решение – сбор информации по кабелю. Но обилие точек сбора информации, различные протоколы используемые для работы, делают сеть похожей на паутину: огромное количество проводов и сопутствующие сложности при поиске неисправности.

Поэтому многие производители выпускают датчики использующие радиоканал. Наиболее часто используются:

- КВ-радиомодемы,
- Оборудование широкополосного радиодоступа,
- Радиооборудование для передачи на малые расстояния, такие как:
 - WiFi,
 - ZigBee,
 - LoraWan,
 - BlueTooth.

Сейчас нас интересует в первую очередь передача данных на небольшие расстояния для замены кабельных линий на радиооборудование.

Давайте сравним достоинства и недостатки каждого из них.

1. Дальность связи

Протоколы WiFi, Zigbee, LoraWan и BlueTooth создавались в первую очередь для передачи на малые расстояния.

- WiFi – до 300 м на открытом пространстве, при скорости до 800 Мбит/с, для максимальной мощности излучения 20 dBm. Работа с WiFi на большей мощности требует оформления разрешений.

- ZigBee – 10-100 м на открытом пространстве, при скорости 250 кбит/с.

- LoraWan – объявлено до 15 км, но на самом деле, дальность зависит от многих факторов, это хорошо описано здесь: <https://habr.com/ru/post/553264/>, при скорости от 300 бит/с до 50 кбит/с.

- BlueTooth – скорость до 2 Мбит/с при дальности до 1500 м для версии 5.

Все эти цифры выглядят очень красиво, но все они приведены для идеальных условий, отсутствие помех и открытая местность. Реальные цифры в условиях городской застройки и интерференции от соседних объектов значительно ниже.

На промышленном объекте реальная дальность связи для протоколов WiFi, ZigBee и BlueTooth ограничивается первым же металлическим препятствием и никогда не охватит в полной мере такой объект, как трансформаторная подстанция.

2. Скорость передачи

Как видно из списка, который я привёл выше, каждый из протоколов имеет разную скорость передачи данных. От 300 бит/сек для LoraWan до 800 Мбит/сек для WiFi.

Это ограничивает круг задач, которые можно решать при использовании каждого из протоколов.

Для задач автоматики обычно достаточно низкоскоростного канала, но при усложнении требований к сбору, обычно требуется увеличение скорости. Например, чем больше датчиков требуется опросить за заданный промежуток времени, тем выше нужна скорость в канале. Или требуется передавать в реальном времени непрерывный поток данных. В зависимости от этого мы должны выбрать технологию от самой медленной до высокоскоростной.

3. Структура сети

Все перечисленные протоколы строят сеть с одной структурой – Звезда. Одно из устройств выполняет роль базовой станции, все остальные должны иметь непосредственную связь только с ним. Эта схема подключения давно уже стала классической, но она имеет один существенный недостаток. Сеть должна быть правильно спроектирована. Все точки доступа (базы) должны быть размещены таким образом, чтобы обеспечить полное покрытие территории объекта. При малейшей ошибке, часть объекта у нас остается без связи, и получить данные с датчиков расположенных там невозможно.

4. Технология MESH

На сегодняшний день многие сетевые протоколы имеют в своем арсенале протоколы MESH. Для чего это надо? Как было написано выше, размещение базовых станций на объекте задача очень сложная и в случае ошибки, часть объекта остается без покрытия. Но возможна так же ситуация, когда до какой-то точки объекта достать с базовой станции в принципе невозможно. Что делать? Для этого и приходит на помощь протокол построения MESH-сетей.

MESH-сеть (ячеистая топология) – сетевая топология компьютерной

сети, построенная на принципе ячеек, в которой рабочие станции сети соединяются друг с другом и способны принимать на себя роль коммутатора для остальных участников. MESH-сеть для беспроводных устройств, которая функционирует по принципам ячеистой топологии, называется беспроводной ячеистой сетью.

Узлы первых беспроводных ячеистых сетей представляли из себя устройства, способные работать только в режиме полудуплекс.

Протоколы MESH, реализованные в сетях WiFi, Lorawan и ZigBee обладают именно этим недостатком. При использовании любого из узлов сети в качестве ретранслятора для промежуточной передаче пакета происходит резкое падение скорости.

Для реализации ячеистой сети в военных целях на каждом из узлов используется несколько приемопередающих устройств. Вследствие чего, каждая ячейка получила возможность одновременно выполнять несколько полезных функций, таких как клиентский доступ, сканирование, требуемое для высокоскоростных передач в мобильных приложениях и прочие.

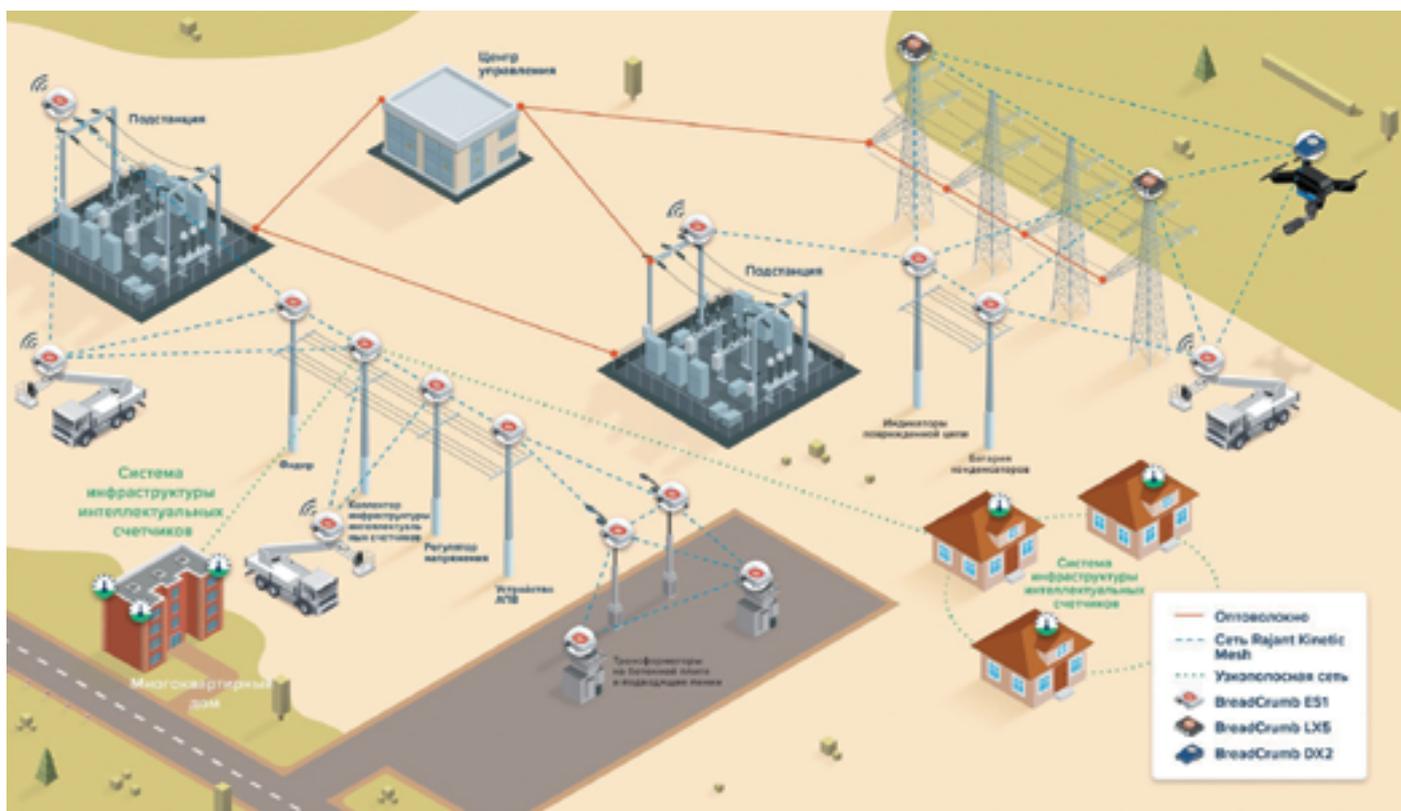
За последнее время размер устройств, стоимость, а также их энергопотребление снизились, и стало возможным добавление нескольких

радиомодулей на один узел не только для военных, но и для промышленных сетей.

В настоящее время, с развитием радиомодулей, стало естественным осуществление приема и передачи одновременно на разных частотах или CDMA-каналах, что резко подтолкнуло развитие сетей с ячеистой топологией.

Компания Rajant, уже более двадцати лет выпускает оборудование для построения MESH сетей для коммерческих и промышленных условий, чтобы обеспечить высоконадежное широкополосное подключение для критически важных приложений. В то же время, за последние десять лет технология 4G/LTE изменила сотовые сети и жизнь людей, предоставив широкополосный доступ к портативным устройствам. Эти сети обеспечивают широкое покрытие в густонаселенных районах, и потребители полагаются на них для передачи голоса, видео и данных. Сейчас по всему миру началась революция 5G и она обещает еще больше увеличить скорость передачи данных.

Эти технологии подключения, наряду со снижением стоимости вычислений и развитием облачных вычислений и искусственного интеллекта, стимулировали появление промышленного Интернета вещей и Индустрии 4.0.



Масса сенсоров, дронов, роботов, камер и других устройств, проникла во все отрасли деятельности людей – от больниц, заводов и складов до морских портов, железнодорожных станций и шахт.

Эти устройства имеют огромную потребность с точки зрения охвата подключения, скорости передачи данных и надёжности. С появлением приложений Промышленного Интернета вещей сети 4G и 5G расширяются, чтобы обеспечить высоконадёжное подключение с малой задержкой во всем мире, но с трудом справляются с этим.

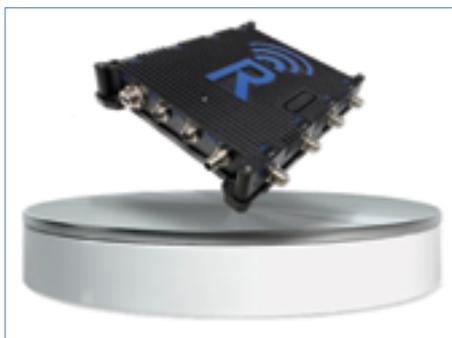
Один из вариантов расширения mesh сетей – это синтез Rajant Kinetic Mesh и 4G/5G, при этом InstaMesh работает одновременно в обеих системах, что обеспечивает беспрецедентное сочетание покрытия, надёжности, высокой пропускной способности, функциональной совместимости, подключения и низкой задержки.

Почему Kinetic Mesh или Instamesh?

Сеть Rajant не традиционна по своей структуре. Мы называем эти сети Kinetic Mesh. Они специально разработаны для сред и приложений, в которых клиентские устройства и даже сама сеть находятся в состоянии постоянного изменения и движения из-за сложных, изменяющихся условий среды.

Сети Rajant Kinetic Mesh построены на основе высочайшей надёжности и безопасности. Для достижения этих целей Rajant использует многочастотное многогранговое ячеистое соединение, чтобы дать каждому узлу в сети возможность напрямую общаться друг с другом, используя несколько радиостанций одновременно.

Каждый узел BreadCrumb®, такой как Peregrine, изображенный ниже, ведет себя как интеллектуальное беспроводное устройство, поддерживая соединения со всеми другими BreadCrumb, которые могут быть под-



ключены беспроводным или проводным способом. Эта сеть соединений обеспечивает Rajant непревзойденную надёжность, гарантируя, что пакеты всегда имеют путь домой, даже в самых сложных условиях. Rajant BreadCrumb также поддерживает Wi-Fi для подключения к любым датчикам Wi-Fi, планшетам, телефонам, ПК, дополненной реальности и многому другому, обеспечивая подключение к миллиардам устройств, развёрнутых сегодня.

InstaMesh – это усовершенствованный запатентованный протокол, разработанный Rajant, который обеспечивает непрерывную и мгновенную пересылку пакетов от беспроводных и проводных подключений. Он обеспечивает полную мобильность сети, высокую пропускную способность и низкую задержку при очень низких требованиях к обслуживанию и администрированию. Работая на уровне 2 и не требуя корневого узла или контроллера локальной сети, InstaMesh обеспечивает надёжную отказоустойчивость в случае потери соединения или отключения узла. Независимо от того, как настроена сеть, сетевое программное обеспечение InstaMesh всегда определяет наиболее эффективный путь между любыми двумя точками, даже если эти точки находятся в движении.

Мобильность для производительности критически важных приложений

Rajant InstaMesh делает сеть гибкой и надёжной во многих отношениях. Rajant может оборудовать мобильные транспортные средства, такие как вилочные погрузчики, дроны, роботы или машины скорой помощи, узлами Rajant. В результате создается мобильная инфраструктура, которая намного мощнее, чем любое клиентское устройство, пытающееся перемещаться. Эти узлы мобильной инфраструктуры действуют как мобильные точки доступа и коммуникационные мосты/ретрансляторы в областях, где связь может быть слабой или неполной. Rajant также использует связь между машинами, при которой каждое транспортное средство, мобильное устройство или узел инфраструктуры могут взаимодействовать локально. С протоколом динамической маршрутизации InstaMesh пакеты не должны входить и выходить из проводной сети или про-

ходить через маршрутный мост или центральный контроллер. Такое поведение улучшает покрытие мобильной инфраструктурой и позволяет развёртывать полностью одноранговые сети в любом месте и в любое время. Благодаря InstaMesh полевые бригады и дроны получают больше возможностей в критически важных ситуациях, таких как спасение людей в труднодоступных местах, координация служб реагирования на стихийные бедствия и миссии пожарных команд.

Kinetic Mesh и LTE/5G:

как они дополняют друг друга

Сотовые сети Rajant Kinetic Mesh и LTE/5G имеют сильные и слабые стороны, которые могут хорошо дополнять друг друга. Сотовые сети в основном ориентированы на инфраструктуру с фиксированными базовыми станциями и сложным ядром маршрутизации. Базовые станции сотовой связи выигрывают от передачи высокой мощности в выделенном спектре с использованием антенн с высоким коэффициентом усиления, расположенных на высоких башнях.

Эти преимущества переходят в охват услуг в городских и пригородных районах, где находятся люди.

Кроме того, технологии LTE и 5G интегрированы в смартфоны и планшеты, что позволяет им естественным образом подключаться и перемещаться по сети. Однако при применении сотовых подключений к приложениям и устройствам между машинами, Промышленному Интернету вещей и Индустрии 4.0 покрытие и надёжность данных не всегда достаточно сильно там, где находятся устройства. Инфраструктурно-ориентированный характер сотовой связи с фиксированным местоположением, которого достаточно для потребителей, приводит к тому, что покрытие и надёжность данных становятся нестабильными, когда они находятся глубоко на складе или в больнице или для дрона, работающего на высоте 100 метров над землей.

InstaMesh в гибридных сетях LTE/5G

Комбинация Rajant InstaMesh и сотовая связь LTE/5G обеспечивает отличное покрытие и пропускную способность в обширных регионах в условиях препятствий и помех, поддерживая как частные, так и общедоступные сотовые сети. InstaMesh



может работать одновременно и в Kinetic Mesh, и в сотовых сетях, выбирая лучший маршрут в режиме реального времени, чтобы объединить технологии в единую сеть и обеспечить высокую надёжность.

Rajant Peregrine BreadCrumb может быть оснащен стандартной SIM-картой 4G/5G, что позволяет ему подключаться к сотовой сети в качестве стандартного клиента (UE).

Сетевое устройство Rajant SlipStream в сотовой серверной сети

выступает в качестве конечной точки туннеля протокола для всех сотовых соединений BreadCrums.

По мере того, как машины и устройства IoT перемещаются по территории, InstaMesh будет постоянно оценивать все возможные беспроводные пути и перенаправлять данные по оптимальным путям. Когда оптимальным путём является сотовая сеть, пакеты будут проходить через SlipStream к месту назначения. Выбор пути смещён в сторону производительности приложения

и предназначен для того, чтобы ценность подключения превышала скорость передачи данных.

Создан для будущего

Каждый день всё больше и больше коммерческих и промышленных предприятий переходят на интеллектуальные решения и решения с искусственным интеллектом (ИИ). Эти интеллектуальные решения и решения на основе искусственного интеллекта нуждаются в непрерывной и надёжной связи для правильной работы и обеспечения высокого уровня безопасности для работников. Надёжная ячеистая сетевая система Rajant, использующая запатентованный протокол InstaMesh, была создана для предоставления беспроводных услуг в самых труднодоступных местах на планете. В сочетании с сотовой сетью 4G/5G Rajant может создать гибкую, надёжную, быстро разворачиваемую и самовосстанавливающуюся сеть сегодняшнего и завтрашнего дня.

Диапазон	2.4 ГГц	5 ГГц	LTE
Разъем антенны	(2) Type N (female)	(2) Type N (female)	(2) Type N (female)
Частота	2402 – 2482 МГц	U-NII-1: 5150 – 5250 МГц U-NII-2A: 5250 – 5350 МГц U-NII-2C: 5470 – 5725 МГц U-NII-3: 5725 – 5850 МГц	Поддерживаемые диапазоны: 1-5, 7-9, 12, 13, 18-20, 26, 28-30, 32, 41-43, 46, 48, 66
Модуляция	DSSS, CCK, OFDM до 64-QAM	OFDM до 256-QAM	OFDM до 256-QAM
Макс. Скорость физического уровня	300 Мбит/сек (с разной пропускной способностью)	866.7 Мбит/сек (с разной пропускной способностью)	Нисх. Cat 12 с 3CA, 256-QAM = 600 Mbps, Восх. Cat 13 с 2CA непрерывн., 64-QAM = 150 Mbps
Макс. Излучаемая мощность	30 dBm	30 dBm	23 dBm
Чувствительность приемника	-100 dBm (@ 1 Мбит/сек, полоса канала 20 МГц) до -76 dBm (@ 300 Мбит/сек, полоса канала 40 МГц)	-94 dBm (@ 6 Мбит/сек, полоса канала 20 МГц) до -68 dBm (@ 866.7 Мбит/сек, полоса 80 МГц)	-103 dBm (полный RB на нисх. канале; полоса 10 МГц)

Радиохарактеристики узла сети MESH Peregrine

Контактные данные:
 TOO «ADVANTEK SYSTEMS»
 050059, г. Алматы, ул. Тайманова, 150А,
 Тел. 727 277 77 00, e-mail: sales@as.kz