

СИМБИОЗ НЕВИДИМЫХ СЕТЕЙ: ТЕХНОЛОГИИ LORAWAN И BIG DATA В АРХИТЕКТУРЕ ЦИФРОВОГО БУДУЩЕГО



К.А.Абраев

*Преподаватель кафедры «Радиосвязь и
радиотехнические системы» института
Телекоммуникаций и информатики
Туркменистана
kuvvatabrayev@gmail.com*

К.А.Абраев

Окончил институт Телекоммуникаций и информатики Туркменистана. Работает в институте Телекоммуникаций и информатики Туркменистана.

Аннотация. Мы живем в эпоху, когда неодушевленные предметы обретают «голос». Датчики в почве на полях, сенсоры на опорах линий электропередач, счетчики в подвалах городских зданий – все они генерируют непрерывный шепот данных. Однако главная проблема цифровизации долгое время заключалась в связи: как передать сигнал от тысячи устройств, работающих от одной батарейки годами, на расстояние в десятки километров? Решение пришло с технологией LoRaWAN. Но сама по себе передача данных – лишь половина дела. Настоящая магия начинается там, где этот колоссальный поток информации встречается с мощью Big Data и продвинутой аналитики. Этот симбиоз создает «интеллектуальный слой» реальности, позволяя нам управлять целыми городами и отраслями с математической точностью. сторонних провайдеров, а также расскажем о наших продуктах, поддерживающих LoRaWAN.

Ключевые слова: LoRaWAN, базовая станция, абонентское устройство, Big Data.

Введение. Современные роботизированные системы функционируют в средах с высокой динамикой и неопределённостью. В таких условиях использование BIG DATA

обеспечивает своевременную корректировку управляющих параметров на основе анализа крупных потоков сенсорной информации. Это согласуется с выводами, указывающими на важность статистической обработки больших наборов данных для минимизации ошибок позиционирования [1].

Основная часть. Чтобы понять масштаб оптимизации, которую несет эта связка, необходимо осознать уникальность протокола LoRaWAN (Long Range Wide Area Network). В отличие от Wi-Fi или 5G, эта сеть не предназначена для передачи видео или тяжелого контента. Ее задача – трансляция крошечных пакетов данных на огромные расстояния при минимальном энергопотреблении. Представьте себе датчик, который зарыт в землю на глубину полуметра и раз в час сообщает о влажности почвы. На одной батарейке он может проработать до десяти лет. Один шлюз (Gateway) LoRaWAN способен собирать сигналы с тысяч таких устройств в радиусе до 15 километров. Это создает идеальные условия для формирования «озер данных» (Data Lakes) там, где раньше сбор информации был физически невозможен или экономически невыгоден. LoRaWAN становится «руками» цифровой системы, дотягиваясь до самых удаленных уголков физического мира.

Данные, поступающие из сетей LoRaWAN, специфичны. Это миллионы коротких сообщений, содержащих идентификаторы, временные метки и показатели датчиков. По отдельности эти цифры малоинформативны. Однако, когда они объединяются в системы Big Data, возникает кумулятивный эффект. Процесс оптимизации начинается на этапе агрегации. Продвинутая аналитика позволяет очищать этот поток от шумов, восстанавливать пропущенные из-за помех пакеты и выстраивать временные ряды. Здесь Big Data выступает в роли линзы, которая фокусирует разрозненные сигналы в четкую картину. Мы получаем возможность видеть не просто состояние одного объекта, а динамику всей системы в целом – будь то потребление воды в мегаполисе или состояние сотен километров железнодорожного полотна. Наиболее яркое применение связки LoRaWAN и Big Data находит в концепции Smart City. Традиционные городские службы работают реактивно: ремонтная бригада выезжает, когда трубу уже прорвало. Аналитика больших данных меняет этот подход. Умные счетчики и датчики давления, объединенные сетью LoRaWAN, передают информацию в единый аналитический центр. Алгоритмы машинного обучения анализируют корреляции между давлением в трубах, температурой почвы и временем суток. Система способна предсказать вероятность аварии за несколько дней до ее возникновения. Оптимизация городского бюджета здесь достигает колоссальных масштабов: превентивный ремонт обходится в десятки раз дешевле, чем ликвидация последствий катастрофы. Город начинает «чувствовать» свои проблемы еще до того, как их заметят жители. В промышленном секторе LoRaWAN решает проблему «слепых зон» на огромных предприятиях, карьерах или нефтепромыслах. Установка датчиков вибрации, температуры и шума на критически важном оборудовании позволяет собирать данные без прокладки дорогостоящих кабелей. Здесь Big Data реализует стратегию предиктивного обслуживания (Predictive Maintenance). Аналитика сравнивает текущие показатели станков с эталонными моделями и данными о прошлых поломках. Если спектральный анализ вибрации подшипника, переданный через LoRaWAN, начинает отклоняться от нормы на доли процента, система автоматически формирует заказ на запчасти. Бизнес-решение принимается на основе цифр, исключая человеческий фактор и предотвращая многомиллионные убытки от простоя производства. Сельское хозяйство – это отрасль, максимально зависящая от внешних факторов. Сети LoRaWAN позволяют покрыть связью тысячи гектаров полей. Датчики влажности, освещенности и кислотности почвы передают данные, которые в системе Big Data накладываются на спутниковые снимки и метеорологические прогнозы. Оптимизация здесь проявляется в «точном земледелии». Вместо того чтобы заливать всё поле удобрениями, фермер получает карту, указывающую, какому конкретному участку в 10 квадратных метров нужен полив или подкормка. Аналитика больших данных рассчитывает идеальное время для посева и сбора урожая,

исходя из накопленной статистики за десятилетия. Это не просто экономия ресурсов – это путь к продовольственной безопасности и экологической устойчивости. Развертывание глобальных сетей мониторинга на базе LoRaWAN поднимает вопросы кибербезопасности. Поскольку данные передаются по радиоканалу, защита информации становится приоритетом. Современные протоколы используют двойное шифрование, но реальная защита обеспечивается на уровне Big Data аналитики. Системы обнаружения аномалий способны выявить попытку подмены данных или взлома датчика, анализируя нетипичное поведение устройства. С другой стороны, возникает вопрос «цифровой прозрачности». Когда каждое движение груза или состояние каждого узла системы мониторится в реальном времени, бизнес становится полностью прозрачным. Это требует новых этических стандартов управления, где данные используются для развития, а не для необоснованного давления на исполнителей.

Заключение: Интеллект в каждом бите. Союз LoRaWAN и Big Data – это не просто техническое решение, это шаг к созданию глобальной интеллектуальной среды. Мы переходим от управления объектами к управлению потоками данных. Оптимизация, достигнутая благодаря этой связке, позволяет человечеству более бережно относиться к ресурсам планеты, делать города безопаснее, а производство – эффективнее. В будущем мы увидим еще более тесную интеграцию, где нейронные сети будут работать непосредственно на оконечных устройствах (Edge AI), а сети LoRaWAN станут магистралями для обмена мудростью между машинами. Мы находимся в самом начале пути, где невидимые радиоволны и колоссальные вычислительные мощности объединяются, чтобы построить более совершенный и предсказуемый мир.

Список литературы

[1] Чарыев А.Б., Шайымов С.С., Аннабердиев И.А., «Важность использования BIG DATA для оптимизации управления роботами-манипуляторами». Международный научный журнал «ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА» №2-1/2025.

[2] Шайымов С.С., Гочов А.С., Веллиева С.Т., «Значение BIG DATA в цифровую эпоху». Международный научный журнал “ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА” №2-2/2025.

[3] Что такое Big Data (BigData) в маркетинге: проблемы, алгоритмы, методы анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lpgenerator.ru/blog/2015/11/17/chto-takoe-big-data-bolshie-dannye-v-marketinge-problemy-algoritmy-metody-analiza/>.

[4] Big Data от А до Я. Часть 1: Принципы работы с большими данными, парадигма MapReduce [Электронный ресурс]. – <https://habrahabr.ru/company/dca/blog/267361/>.

[5] Промышленный интернет вещей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/>.

Авторский вклад

Авторы внести равнозначный вклад.

SYMBIOSIS OF INVISIBLE NETWORKS: LORAWAN AND BIG DATA TECHNOLOGIES IN THE ARCHITECTURE OF THE DIGITAL FUTURE

K.A. Abrayev

Lecturer of the Department of Radio Communications and Radio Engineering Systems of the Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan

Abstract. Abstract. We live in an era when inanimate objects acquire a «voice». Sensors in the soil of fields, sensors on power line pylons, meters in the basements of city buildings—all generate a continuous whisper of data. However, the main challenge of digitalization has long been connectivity: how to transmit a signal from thousands of devices, operating on a single battery for years, over distances of tens of kilometers? The solution came with LoRaWAN technology. But data transmission alone is only half the battle. The real magic begins where this colossal flow of information meets the power of Big Data and advanced analytics. This symbiosis creates an «intelligence layer» of reality, allowing us to manage entire cities and industries with mathematical precision. We'll discuss third-party providers and discuss our products that support LoRaWAN.

Keywords: LoRaWAN, base station, subscriber device, Big Data.