

Ш. Ли¹, О. В. Мясникова²

*Институт бизнеса БГУ, Минск, Беларусь,
¹ lishuhui308@gmail.com, ² miasnikovaov1@gmail.com*

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: ТЕХНОЛОГИЯ 5G

Статья посвящена вопросам развития логистики в условиях цифровой экономики. Цель исследования установить направления использования технологии 5G как инновационного решения для логистических систем. Описаны преимущества технологии 5G и примеры использования инновационных решений в логистике на основе 5G. Выводы будут полезны для осуществления цифровой трансформации логистики.

Ключевые слова: логистическая система, инновации, технологии 5G, интеллектуализация логистики, цифровая экономика, цифровая трансформация

Sh. Li¹, O. Miasnikova²

*School of Business of BSU, Minsk, Belarus,
¹ lishuhui308@gmail.com, ² miasnikovaov1@gmail.com*

INNOVATIVE SOLUTIONS IN LOGISTICS SYSTEMS: 5G TECHNOLOGY

The article is devoted to the development of logistics in the digital economy. The purpose of the study is to establish the directions of using technology 5G as an innovative solution for logistics systems. The advantages of 5G technology and examples of the use of innovative solutions in logistics based on 5G are described. The conclusions will be useful for the implementation of the digital transformation of logistics.

Keywords: logistics system, innovations, 5G technologies, intellectualization of logistics, digital economy, digital transformation

Современные логистические системы должны обеспечить исполнение интегрированного бизнес-процесса. Ставится задача сделать систему гибкой, быстро реагирующей на изменения рынка, устойчивой к влиянию факторов неопределенности, эффективной и конкурентоспособной. Это может быть обеспечено путем выстраивания непрерывного информационного обмена актуальными данными, мониторинга оперативных изменений и поддержки принятия решений в случае отклонений, внедрение алгоритмов быстрого реагирования. Актуальным является выявление возможностей цифровых технологий связи для трансформации логистических систем в адаптивную цифровую сеть поставок.

С момента своего появления технология 5G молниеносно стала темой номер один для любой отрасли, и на то есть веские причины. 5G – это технология связи пятого поколения с тремя основными характеристиками: сверхнизкая латентность (uRLLC), высокоскоростная широкополосная связь (eMBB) и массовый доступ (mMTC). Теоретически скорость 5G возможно достигать 10 Гбит/с, в 100 раз превышать скорость 4G, а его стабильность – 99,999 % и латентность менее 10 мс.

Сеть пятого поколения обеспечит значительный технологический прогресс, что, несомненно, принесет пользу логистической отрасли. Чтобы понять инновационные решения, которые 5G привносит в логистику, рассмотрим, особенности и преимущества 5G-технологии.

Высокая скорость связи может повысить пользовательский опыт и ощущения. Если скорость сети будет улучшена, то сеть сможет без ограничений работать с сервисами AR/VR/Ultra HD. Услуги, требующие высокой скорости сети, получают широкое распространение.

По мере развития услуг сетевые услуги становятся все более всеобъемлющими. В определенной степени вездесущие сети (*ubiquitous network*) важнее высоких скоростей. Просто создание сети с высокой скоростью и покрытием в нескольких местах не гарантирует услуги и сервис 5G, а вездесущие сети являются фундаментальной гарантией опыта 5G.

Низкая латентность позволяет использовать 5G как высоконадежную связь беспилотной и автоматической промышленности. Задержка в 140 мс является приемлемой для обмена информацией между людьми, но такая задержка неприемлема для беспилотной и промышленной автоматизации, которые допускают задержки минимум 1 мс или ниже.

С помощью функционала расслоение сети «network slicing» операторы могут создавать множество сетевых слоев с определенным набором характеристик для каждого сервиса в отдельности. Это позволяет избежать необходимости строить выделенную физическую сеть для каждой услуги, что приводит к значительной экономии затрат на развертывание.

Граничные вычисления (*Edge Computing*) позволяют осуществлять вычисления непосредственно на месте, т. е. на локальном ПК, IoT устройстве или на граничном сервере, а не обращаться за вычислениями к облаку или ЦОДу. Таким образом сокращается необходимость поддерживать в требуемом состоянии дорогостоящие каналы связи.

Вышеперечисленные возможности позволили организовать использование инновационных решений в логистике на основе 5G. Так, например, Suning Super Cloud Warehouse, первая интеллектуальная логистическая база в Азии и третья в мире, оснащена автоматизированными системами, такими как AS/RS, miniload, SCS, беспилотными погрузчиками и AGV, имеет площадь 200 тыс. м², способна хранить 20 млн товаров и обрабатывать 1,81 млн посылок ежедневно. Интеллектуализация складирования становится возможной с применением 5G-технологии. Автоматически управляемая тележка (*Automatic guided vehicle, AGV*) – транспортер с электроприводом, предназначенный для перемещения грузов. AGV третьего поколения требует внешней инфраструктуры, такой как магнитные полосы, рельсы и QR-коды, но все они работают по определенному сценарию в соответствии с заранее заданной сценой карты. Поскольку рабочие условия становятся все более сложными, возникает необходимость в более гибких и интеллектуальных транспортерах – AMR (автономный мобильный робот), который обладает различными технологиями слияния датчиков, более мощным вычислительным мозгом, способностью более автономно получать карту окружающей среды, и через вычисления в реальном времени получать полное позиционирование карты, автономное планирование пути, способность автономно и интеллектуально избегать препятствий, так же умно, как человек к целевому месту, в настоящее время является наиболее технологически продвинутым мобильным роботом.

В AMR используются новейшие роботы серии P с поддержкой навигации QR-коды в стандартной комплектации и максимальной нагрузкой 800 кг. Благодаря большой пропускной способности 5G, AMR можно объединить с модулями лазерной и визуальной навигации и загружать большие объемы данных в MEC через 5G, что позволяет использовать облачный AMR. Решение лазерной навигации добавит LIDAR в переднюю часть AMR, а данные облачные точки будут загружаться в MEC через 5G для завершения ускоренных расчетов и завершения функций картографирования, обновления, навигационных алгоритмов и планирования маршрутов. Визуальная навигация добавит одну или несколько камер на переднюю часть AMR, загрузит их в MEC через 5G и будет использовать модуль обработки видеоускорения MEC и модуль ускорения нейронной сети для распознавания целей, навигации и планирования маршрутов.

Улучшение беспилотного вилочного погрузчика с помощью 5G представляет собой интегрированное решение для интеллектуального складирования на основе технологии 5G, включая

диспетчеризацию беспилотного промышленного транспорта, системы мониторинга пилотируемых/беспилотных транспортных средств и другое бортовое оборудование в рамках складской системы. Бортовое оборудование (включая бортовые ИРС, бортовые HD-камеры, бортовые датчики 3D-видения и т. д.) подключается к 5G сети логистического парка через промышленные модули 5G. Оно имеет умеренные требования к пропускной способности и высокие требования к стабильности и латентности (10 мс). Камеры 5G (для идентификации и мониторинга элементов окружающей среды на складе), обладающий высокими требованиями к пропускной способности и умеренными требованиями к латентности, напрямую подключенная к сети парка. Другие устройства (включая датчики сборочных линиях, рулонные ворота и т. д.), имеющие много точек доступа к данным, но низкие требования к пропускной способности и латентности, подключаются к сети 5G через промышленные CPE. Полный набор интеллектуального оборудования для хранения данных в парке напрямую связывается с соответствующими серверами в парке через базовые станции 5G и серверы UPF и MEF парка, завершая интеллектуальный анализ бортовых данных, и передавая результаты анализа и информацию об отправке транспортных средств обратно на беспилотные промышленные автомобили.

Доставка дронами Suning в настоящее время в основном используются для бесконтактной доставки «последней мили» из магазинов к потребителям, в микрорайоны, зоны изоляции больниц, правительственные парки, парки компаний и промышленные парки. Навигация дронов базируется на технологии автономного позиционирования и основана на лазерном SLAM с многострочными данными LiDAR, дополненными данными от GNSS, энкодеров и других инерциальных навигационных датчиков. Робот способен определять препятствия на пути своего движения и обходить их или тормозить для обеспечения безопасной работы. Робот также оснащен модулем связи 5G и камерой, которые могут передавать данные о состоянии робота и видеопоток обратно на облачную платформу, которая также может выдавать соответствующие команды роботу, контролировать рабочее состояние робота с помощью Dashboard и обрабатывать нештатные ситуации с помощью удаленного ручного управления.

Модернизация беспилотных автомобилей 5G разделена на два этапа.

1. Передача голоса и видео в режиме реального времени. Добавление модулей 5G в беспилотные автомобили с пиковой скоростью передачи данных 10 Гбит/с. Способность 5G удовлетворяет требования к связи для удаленного управления, автоматизированного и совместного вождения беспилотных транспортных средств, заменяя или дополняя существующие технологии связи и поддерживая частый обмен информацией между системами управления беспилотными транспортными средствами и облачными системами. Благодаря поддержке сверхнизкой задержки 5G (менее 10 мс) гарантируется передача управляющих сигналов в реальном времени, таких как рулевое управление, ускорение и торможение робота, что позволило достичь показателя MPI (*Miles Per Intervention*) более 2000 км для беспилотного средства доставки.

2. Диспетчеризация нескольких транспортных средств и платформа взаимодействия транспортных средств и дорог в среде 5G. Благодаря чрезвычайно низкой латентности связи 5G и C-V2X, светофоры, транспортный поток на перекрестках и даже неожиданные ситуации на дороге могут передаваться между беспилотными автомобилями, людьми и дорогами в режиме реального времени через сеть 5G и сеть C-V2X, что приводит к значительному повышению безопасности. Функция диспетчеризации нескольких транспортных средств создает локальную сеть беспилотных поставок через высокоскоростной замкнутый цикл в реальном времени без вмешательства человека. Это требует и создания интеллектуальной диспетчеризации и планирования для нескольких беспилотных транспортных средств на основе сотен измерений данных о характеристиках. В качестве важной дополнительной силы для доставки в этапе «последней мили», беспилотные автомобили будут предоставлять интеллектуальные услуги доставки со-

средоточенным в общественных местах розничным магазинам с радиусом обслуживания 3 км. Количество беспилотных автомобилей, как ожидается, достигнет сотен тысяч в ближайшие пять лет.

Еще одним трендом выступает интеллектуализация охраны в логистических центрах. Интеллектуальный анализ видео стал реальностью благодаря достижениям в области больших данных и технологий искусственного интеллекта, особенно компьютерного зрения. Использование интеллектуального анализа видео эффективно повышает ценность системы видеобезопасности, при этом фронтальный легкий интеллект обеспечивает возможности обнаружения и захвата, а внутренний тяжелый интеллект обеспечивает интеллектуальные возможности обнаружения, идентификации и применения.

Система 5G+AI для охраны складов состоит из 3 частей: во-первых, фронтальное устройство, захватывающее видеопотоки с помощью веб-камер 5G Ultra HD; во-вторых, системы платформа видеонализа, благодаря передовой технологии искусственного интеллекта, будет содержать большое количество видео ресурсов, таких как люди, транспортные средства, движущиеся объекты и другие виды информационных ресурсов, извлеченных для хранения и анализа исследования и суждения. В-третьих, клиентское приложение, через которое администратор может управлять всеми задачами системы платформы видеонализа, просматривать журналы и выполнять другие операции.

Таким образом, технология связи 5G принесет три изменения в логистическую отрасль:

1) более широкое использование интеллектуального оборудования и сооружений – беспилотные автомобили, дроны, складские роботы и т. д., что повышает эффективность работы человека;

2) взаимосвязь людей с транспортными средствами, товарами и складами – технологии IoT и ИИ позволят антропоморфизировать транспортные средства, товары и склады и связать их с человеческим общением для более эффективного взаимодействия;

3) динамичные, прозрачные и интеллектуальные услуги.

Расширение возможностей связи непосредственно влияет на интеллектуализацию логистики и ее цифровизацию, создавая новые конкурентные преимущества.

Список использованных источников

1. Мясникова, О. В. Развитие логистических систем в условиях цифровой трансформации бизнеса / О. В. Мясникова. – Минск : Колорград, 2019. – 203 с.
2. Мясникова, О. В. Развитие производственно-логистических систем: теория, методология и механизмы цифровой трансформации / О. В. Мясникова. – Минск : Институт бизнеса БГУ, 2021. – 266 с.
3. Burhan, W. How 5G and IoT are revolutionising logistics [Electronic resource] / W. Burhan // Raconteur. – Mode of access: <https://www.raconteur.net/technology/internet-of-things/5g-iot-logistics/>. – Date of access: 19.12.2018.
4. Fang, Xiao. Application of 5G vehicle-road collaboration with autopilot in long-haul logistics / Fang Xiao, Wang Xiufeng, Zhang Xu, Hou Guangda // Information and Communications Technology and Policy. – 2020. – № 46 (12). – P. 28–31.
5. Khatib, Emil Jatib. Optimization of 5G Networks for Smart Logistics / Emil Jatib Khatib, Raquel Barco // Department of Communications Engineering, University of Málaga Energies. – 2021. – 14. – P. 1758. <https://doi.org/10.3390/en14061758>
6. Yanan, Yan. Research on the Innovation Path of Logistics Formats Based on 5G Technology / Yan Yanan // Open Journal of Business and Management. – 2019. – Vol. 7. – №. 4 – P. 1936–1942. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2019.74132>
7. Chao, Duan. Research on the application of 5G in the development of smart logistics / Chao Duan, Guohua Wang // Journal of China Logistics and Purchasing. – 2020. – № 13.