



ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛОГИСТИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ГРУЗОВ

ISSUES OF NAVIGATION TECHNOLOGIES USAGE IN LOGISTICAL SUPPORT PROVIDED FOR CARGOES TRANSPORTATION AND STORAGE

УДК 658.78 / 621.398

ЕВСЕЕВ ОЛЕГ ВАЛЕРИАНОВИЧ

evseev@vemail.ru

БУРЯК ТАРАС СЕРГЕЕВИЧ

АО «Специализированное опытно-конструкторское бюро систем и средств измерений «Вектор»

EVSEEV OLEG V.

evseev@vemail.ru

BURIAK TARAS S.

Повышение эффективности процессов транспортировки грузов и их хранения требует рационального распределения ресурсов, транспорта и складской техники. Возрастающая потребность в обеспечении непрерывного мониторинга состояния и местоположения различных объектов, подвижных средств и отдельных лиц на всех этапах обработки грузов все больше актуализирует необходимость создания сложных технических средств, обладающих широким функционалом.

Прежде чем перейти к определению состава и требований к техническим и функциональным характеристикам подобных технических средств, необходимо указать их конкретное место применения в логистическом обеспечении. На рис. 1 приведены основные участники модели перевозки и хранения груза. К ним относятся следующие обобщенные компоненты: груз, клиент, рынок, государство и грузооператор [1].

В компоненту «Грузооператор» включены следующие элементы: груз, транспортные средства (ТС), группа сопровождения груза, складские помещения, а также обслуживающий персонал. Именно данная компонента должна также содержать в себе и систему мониторинга за процессом обработки груза.

Действительно, из всего множества факторов полного логистического процесса, которые необходимо контролировать, непосредственно с вопросами навигации и связи связаны следующие:

- отклонение от маршрута перемещения груза;
- величина пройденного пути;
- максимальная и средняя скорость перемещения груза;
- вход или выход из зон контроля;
- координаты нахождения каждого члена группы сопровождения по отношению к грузу;
- обеспечение сохранности и целостности груза;
- обеспечение условий перемещения и хранения груза на складе или перевалочной площадке;
- местоположение складской техники и персонала, имеющего или не имеющего допуск к работе с грузом;
- идентификация груза и его частей;
- подтверждение достоверности данных за счет различных средств контроля.

Тем не менее, помимо «Грузооператора» к данным системы мониторинга могут иметь ограниченный доступ также элементы

компоненты «Клиент» (заказчик обработки груза, грузоотправитель и грузополучатель), выступающие в качестве наблюдателя или принимающей либо передающей стороны, а также элементы компоненты «Государство» (регуляторы и фискальные органы), осуществляющие контроль за соблюдением законодательных и нормативных требований регуляторов процесса обработки груза.

Таким образом, из перечисленных выше факторов следует перечень общих функциональных требований к комплексу технических средств, являющихся основой построения системы мониторинга:

- возможность навигации по сигналам ГНСС на открытой местности;
- возможность навигации внутри помещений;
- наличие пассивной и активной идентификации;
- наличие энергоэффективной низкоскоростной радиосвязи, обеспечивающей мониторинг состояния груза при длительном хранении.

Наиболее эффективным вариантом, с точки зрения минимизации массогабаритных характеристик и энергопотребления, является построение подобных средств на базе многофункциональных навигационно-связных модулей и специализированных СБИС. В связи с этим рассмотрим характеристики существующих навигационно-связных модулей и их связь с функциональными возможностями устройств.



Рис. 1. Взаимосвязь участников модели перевозки и хранения груза [1]



В настоящее время существует довольно большое число навигационных модулей и СБИС стандартной точности отечественной разработки, часть из которых широко применяется в системах спутникового мониторинга транспорта: NV08-C (АО «КБ НАВИС»); GeoС-3/3М (ДЦ «ГеоСтар Навигация»); СБИС K1917BA014 (АО «НИИМА «Прогресс»); 1K-161 (АО «РИРВ»); НП32К-02 (ОАО «ОРКК»-«НИИ КП»); НАВ-01 («СОКБ «Вектор»). Анализируя характеристики данных навигационных модулей, можно сформировать типичный набор технических параметров, обеспечивающих возможность навигации по сигналам ГНСС на открытой местности:

- обработка сигналов ГЛОНАСС L10F, L10C, GPS C/A L1, опционально: BeiDou B1, GALILEO E1;
- обработка сигналов функциональных дополнений SBAS L1, СДКМ L10C;
- количество каналов — не менее 16;
- чувствительность, (обнаружение/слежение) не менее $-140/-160$ дБм;
- холодный, теплый и горячий старт не более 120 с, 30 с и 10 с соответственно;
- темп выдачи данных не менее 1 Гц;
- протокол NMEA 0183, опционально: собственный бинарный.

Существующие навигационные модули позволяют определять местоположение в среднем с точностью 3–10 м и вектор скорости с точностью менее 0,05 м/с. Таким образом, построенные на их основе технические средства системы мониторинга обеспечивают возможность измерения с достаточной точностью отклонений от маршрута, величины пройденного пути, максимальной и средней скорости перемещения груза, вход или выход из зон контроля.

Для осуществления контроля за нахождением каждого члена группы сопровождения по отношению к грузу требуется получение навигационного решения более высокой точности, которое возможно с использованием различных дифференциальных режимов (кодовые поправки, фазовые поправки RTK или PPP). Обозначим характерные технические параметры навигационных модулей и СБИС, обеспечивающие возможность спутниковой навигации высокой точности:

- обработка сигналов ГЛОНАСС L1, L2, GPS L1, L2, опционально: BeiDou B1, B2, GALILEO E1, E5;
- диапазон перестройки уровня сигнала — от минус 140 дБ до минус 180 дБ;
- погрешность формирования псевдодальности по коду — 0,1 м;
- погрешность формирования псевдодальности по фазе — 0,001 м;
- частота выдачи навигационных данных не менее 5 Гц;
- возможность приема корректирующих поправок в формате RTCM SC 104.

Навигационные модули с подобными характеристиками позволяют определять местоположение в режиме кодовых поправок с точностью 0,5–1 м, в режиме RTK с точностью до 1 см + 1 мм на каждый 1 км расстояния до базовой станции, в режиме PPP с точностью 10–20 см. Зачастую такие модули интегрируются вместе с инерциальными навигационными системами для обеспечения непрерывной навигации в случае потери спутниковых сигналов, в том числе из-за плотной городской застройки.

Здесь заметим, что помимо технических средств системы мониторинга, устанавливаемых на ТС грузооператора, навигационные модули и СБИС также входят в состав персональных трекеров, предназначенных для отслеживания положения персонала на открытых и полуоткрытых складских и перевалочных

площадках, в том числе с целью дополнительного контроля фактов обработки груза служащими, не имеющими соответствующий допуск. В связи с этим немаловажными являются требования к навигационным модулям и СБИС по энергопотреблению. Для обеспечения приемлемых массогабаритных характеристик и продолжительности работы носимых устройств мониторинга потребляемая мощность навигационных модулей и СБИС стандартной точности не должна превышать 50 мВт в рабочем режиме.

Наиболее важными и ответственными в процессе грузообработки является этап перевозки, когда груз является наименее защищенным, так как находится на неконтролируемой грузооператором территории. В связи с этим необходим непрерывный контроль местоположения и состояния ТС, осуществляющего перевозку груза, в режиме on-line. В настоящее время для обеспечения связи с диспетчерскими центрами систем мониторинга повсеместно используется беспроводная сотовая связь (технологии GSM, 2G, 3G, 4G). Ввиду недавнего появления целого ряда новых стандартов сотовой связи в сфере Интернета вещей (IoT — Internet of Things): LTE Cat M1 (eMTC), LTE Cat NB1 (NB-IoT), EC-GSM-IoT [2] и запланированной российскими операторами модернизации своих сотовых сетей для их поддержки, наиболее перспективным представляется разработка линейки СБИС, включающих навигационный блок стандартной точности с описанными выше характеристиками и блок сотовой связи с поддержкой как существующих низко- и высокоскоростных стандартов связи, так и новых стандартов связи в сфере интернета вещей. Также перспективным является разработка на основе данных СБИС компактных малопотребляющих GSM/ГНСС модулей, имеющих кроме прочего высокочастотные разъемы для подключения GSM и ГНСС антенн; встроенный блок заряда аккумуляторной батареи; цифровые и аудиоинтерфейсы; аппаратную и/или программную поддержку стандартных интернет протоколов TCP/UDP, FTP; а также встроенное вычислительное устройство, обеспечивающее возможность его перепрограммирования. Подобные обильные функциональные возможности таких модулей позволяют использовать их не только в автомобильных и персональных трекерах, но и в других M2M-приложениях, таких как охранные системы, беспроводные POS-терминалы, промышленная автоматизация, системы удаленного сбора и учета энергоресурсов («умный город»), носимые устройства. Создание линейки новых модулей, поддерживающих различные стандарты сотовой связи, в унифицированных корпусах с максимальной как аппаратной, так и программной совместимостью, позволит сократить издержки при разработке или модернизации технических средств на их основе.

Помимо возможности позиционирования на открытой территории в периметре складской зоны в условиях уверенного приема сигналов ГНСС, отдельные технические средства, устанавливаемые на складскую технику, и носимые трекеры для персонала должны обеспечивать навигацию в закрытых помещениях, одновременно предоставляя при этом надежный канал связи. Заметим, что в сфере indoor-навигация, в отличие от сотовой связи и спутниковой навигации, нет определенных регламентирующих стандартов. Более того, существующие на данный момент решения зачастую различаются даже по физическому принципу технологий, лежащих в их основе. Анализируя опыт применения различных систем позиционирования (в том числе в складской логистике), можно сформировать следующий перечень технических и функциональных требований к модулям или СБИС,



реализующим навигацию и связь в типичных закрытых помещениях складского типа:

- точность позиционирования до 20 см;
- дальность связи между подвижными метками и закрепленными в помещении базовыми станциями (анкерами) на открытом пространстве не менее 50 м;
- скорость передачи данных не менее 10 КБ/с;
- возможность реализации режимов передачи данных с более высокой скоростью до 1 МБ/с для передачи фото и видео;
- возможность работать в помещениях с высоким уровнем отраженных сигналов.

Одной из наиболее подходящих под заданные параметры технологий является навигация и связь на основе сверхширокополосных радиочастотных сигналов (СШП), обеспечивающих двухстороннюю двунаправленную радиочастотную связь с анкерами. Использование СШП связи с высокой частотой повторения импульсов повышает устойчивость к многолучевому затуханию, а также повышает точность позиционирования. В настоящее время технические устройства на основе данной технологии разрабатываются, например, отечественной компанией ООО «РТЛС».

Заметим, что интеграция СБИС для indoor-позиционирования с представленными характеристиками в модули GSM/ГНСС, упоминаемые выше, совместно с инерциальными измерительными МЭМС-устройствами позволяет создать семейство модулей, комбинирующих различные методы навигации и позволяющих осуществлять бесшовную навигацию внутри и вне помещений. Данные модули особенно актуальны для полуоткрытых складских и перевалочных площадок, то есть предполагающих работу персонала как в закрытых помещениях, так и на открытой территории, которую зачастую сложно или принципиально невозможно оборудовать анкерами.

Для идентификации груза или его частей на всех этапах грузообработки в настоящее время повсеместное распространение получила электронная маркировка грузов, которая позволяет обеспечить требования по сохранности и целостности груза, а также автоматически отслеживать производимые операции с грузом в режиме реального времени. Наиболее распространенными являются системы автоматической идентификации на основе штрих-кодирования и системы пассивной радиочастотной идентификации (RFID — Radio Frequency Identification), которая в отличие от штрих-кодирования имеет долгий срок службы и может работать в различных условиях эксплуатации, обладает определенным объемом памяти, информация в которой может перезаписываться несколько раз. Существуют различные стандарты RFID-систем, задающие их рабочую частоту, которая и определяет характер их применения. Наиболее компактные низкочастотные системы (125–134 кГц) обеспечивают считывание на расстоянии нескольких сантиметров при невысокой скорости движения объекта относительно считывающего устройства. Системы промежуточной частоты (13,56 МГц) действуют на расстоянии десятков сантиметров и способны передавать достаточно большие объемы данных. Высокочастотные системы (863–868 МГц) могут передавать данные на расстояние десятков метров при высокой относительной скорости движения объекта.

Опираясь на вышесказанное, можно сделать вывод о перспективности создания на основе соответствующих СБИС линейки модулей, обеспечивающих связь и навигацию на основе СШП сигналов внутри помещений и считывание пассивных RFID меток различных стандартов, для последующего создания на их

основе носимых технических средств для персонала складских помещений. Технические требования к СБИС, реализующим навигацию и связь в закрытых помещениях, были указаны ранее. Технические требования к линейке СБИС считывателей различных типов пассивных RFID меток в первую очередь определяются поддержкой международных стандартов, описывающих соответствующие радиоинтерфейсы:

- ISO14443A, скорости 106, 212, 424 и 848 Кб/с;
- ISO14443B, скорости 106, 212, 424 и 848 Кб/с;
- ISO15693;
- ISO 6319-4, скорости 212 и 424 Кб/с;
- ISO 18000, ISO 18000-6C (EPC Gen2).

При этом данные модули должны содержать разъемы для подключения внешних антенн для приема СШП сигналов и считывания RFID меток, встроенный блок заряда аккумуляторной батареи, а также встроенное вычислительное устройство (микроконтроллер) с различными цифровыми интерфейсами. Это даст возможность создавать различные технические устройства с разнообразным дополнительным функционалом, в частности, подключать дополнительные датчики, кнопки тревоги и т. п. для мониторинга различных параметров состояния обслуживаемого персонала, обеспечить при этом компактный размер и малое энергопотребление конечных устройств.

Несмотря на то, что существуют отдельные технические решения по встраиванию в пассивные метки простых сенсоров (температуры, влажности и т. п.) и передачи их показаний в момент считывания метки, такие технологии не могут полностью обеспечить полноценный контроль за условиями перемещения и хранения груза на складе или перевалочной площадке. Таким образом, технические устройства (активные метки), устанавливаемые на груз, должны обеспечивать возможность передачи небольших по объему данных на дальние расстояния. В настоящее время в связи с развитием IoT проводится широкое внедрение различных энергоэффективных низкоскоростных сетей дальнего радиуса действия (LPWAN — Low-power Wide-area Network), разработанных в первую очередь для организации распределенных сетей телеметрии [3]. Для передачи данных по радиоканалу, как правило, применяется нелицензируемый спектр частот, разрешенных к свободному использованию: 433 МГц, 868 МГц, 2,4 ГГц. Заметим, что к данным технологиям также относятся и уже упомянутые выше новые стандарты сотовой связи в сфере Интернета вещей eMTC, NB-IoT, EC-GSM-IoT. Однако, учитывая то, что для их использования необходима обязательная поддержка данных стандартов инфраструктурой сотовых операторов, которая в настоящее время пока находится только на стадии запуска пилотных проектов, а также учитывая невозможность использования уже действующих стандартов мобильного интернета: 2G/3G/4G (в случае отсутствия поддержки стандартов IoT) из-за ограничений по энергопотреблению, массогабаритным характеристикам, а также стоимости приемопередатчиков, в ближайшее время целесообразно использовать данные технологии для меток, устанавливаемых на груз.

Наиболее полярными среди технологий LPWAN являются технологии LoRa, SIGFOX и «СТРИЖ». Учитывая что их появление было изначально обусловлено необходимостью подключения множества приборов учета и телеметрии для централизованного сбора данных, а также низкое энергопотребление и высокую проникающую способность радиосигнала, а также высокую масштабируемость данных сетей на больших территориях, эти технологии как нельзя лучше подходят (и уже применяются) в различных



технических средствах в сфере логистики. Сравнительный анализ этих технологий указывает, что у каждой из них имеется ряд преимуществ и особенностей, однако несколько более перспективной является технология LoRa. Для поддержки и распространения технологии создан LoRa Alliance [4], в который уже входит множество компаний, в том числе и российских. Протокол LoRaWAN открыт для всех участников альянса, которые имеют доступ ко всей технической документации. Несмотря на то, что в настоящий момент в основе технологии лежит чип Semtech LoRa, и Semtech Corporation — единственный поставщик чипов, LoRa Alliance объявил о возможности лицензировать других производителей, и свои чипы уже планируют производить такие компании, как ST и Microchip.

Заметим, что помимо сбора данных с каких-либо датчиков, с помощью технологии LoRa можно также передавать и идентификационные данные, таким образом обеспечивая возможность удаленной идентификации груза на значительных расстояниях. Таким образом, наиболее целесообразным представляется создание линейки сверхкомпактных модулей (а в дальнейшем и СБИС) — активных идентификационных меток для крепления на груз, включающих трансивер для работы в сетях LoRa, пассивную RFID метку, встроенные сенсоры различных типов в зависимости от требуемых параметров контроля (термометр, измеритель влажности, акселератор и гироскоп для регистрации толчков, вибраций и переворотов, датчики света, радиации, газов и т.д.), не перезаряжаемую батарейку с индикатором низкого заряда, а также энергоэффективное вычислительное устройство. При этом вычислительное устройство должно иметь возможность перезаписывать данные в блоке постоянной памяти, предназначенном для считывания RFID-считывателем. Это позволит обеспечить возможность подтверждения достоверности данных за счет различных средств контроля, а также считать последние показания сенсоров в случаях отсутствия поблизости принимающих шлюзов LoRa, полного разряда встроенной батарейки или частичного повреждения активной метки. Здесь приведем основные технические требования к подобным модулям с точки зрения работы в сетях LoRa и применения не только в сфере логистики:

- диапазон частот 138–1020 МГц;
- полоса пропускания 7,8–500 кГц;
- тип модуляции LoRa;
- скорость передачи данных 0,018–40 Кб/с;
- чувствительность приемника до –148 дБм;
- настраиваемая мощность передатчика до 100 мВт;

- энергопотребление блока приема-передатчика: в режиме сна не более 0,2 мкА; в ждущем режиме не более 1,6 мА; в режиме приема не более 13 мА; в режиме передачи не более 20 мА (при выходной мощности 7 дБм);
- дальность радиосвязи: в прямой видимости до 15 км, в городской застройке — до 3,5 км.

Таким образом, предложенные в работе рекомендации по построению технических средств на базе навигационно-связных модулей и специализированных СБИС позволяют обеспечить полноценный контроль всех необходимых факторов логистического процесса, приведенных в начале статьи.

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:

- сформулированы функциональные требования к навигационно-связным модулям и СБИС, позволяющие обеспечить с помощью технических средств, созданных на их основе, достижение оптимальных показателей эффективности логистического обеспечения транспортировки и хранения грузов;
- проведен анализ различных технологий навигации, связи и идентификации;
- определен состав и требования к техническим характеристикам данных модулей и СБИС;
- даны рекомендации о перспективных направлениях разработки навигационно-связных модулей и СБИС для создания технических средств с широким функционалом для логистического обеспечения транспортировки и хранения грузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашаев М. Я., Минцаев М. Ш. Формирование состава показателей эффективности процесса оказания услуг ГЛОНАСС по транспортной логистике // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика, 2016. — № 4. — С. 19–28.
2. Официальный технический документ ассоциации GSMA: 3GPP Low Power Wide Area Technologies [Электронный ресурс]. URL: <https://gsma.com/iot/wp-content/uploads/2016/10/3GPP-Low-Power-Wide-Area-Technologies-GSMA-White-Paper.pdf> (дата обращения 31.08.17).
3. Кумаритова Д. Л., Киричек Р. В. Обзор и сравнительный анализ технологий LPWAN сетей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. — № 4. — С. 33–48.
4. LoRa Alliance [Электронный ресурс]. URL: <https://loro-alliance.org> (дата обращения 31.08.17)



ТЕХНОСФЕРА
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

ЭЛЕКТРОНИКА НАУКА ТЕХНОЛОГИЯ БИЗНЕС

НАНОИНДУСТРИЯ НАУКА ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОРЯДОК

ФОТОНИКА НАУКА ТЕХНОЛОГИЯ БИЗНЕС

ПЕРВАЯ МИЛЯ НАУКА ТЕХНОЛОГИЯ БИЗНЕС

АНАЛИТИКА НАУКА ТЕХНОЛОГИЯ БИЗНЕС

СТАНКОИНСТРУМЕНТ НАУКА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВО