

<p>3. На двумерном центре L индуцируется вырожденное скалярное произведение и идеал Z не изотропен.</p>	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} e^{t\mu} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{t\mu} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{2t\mu} \end{pmatrix}, t \in \mathbf{R}.$
---	--	---

Расположение базисных векторов в случаях 1 и 2 относительно конуса изотропных векторов показано на рисунках 1 и 2. В случае 3 необходимо поменять на рисунке 2 местами векторы V_1 и V_4 .

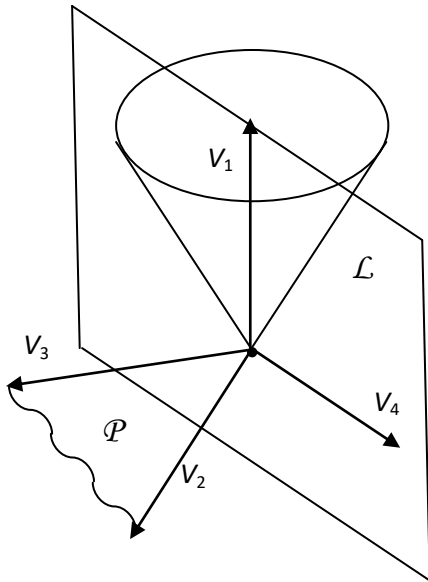


рис.1

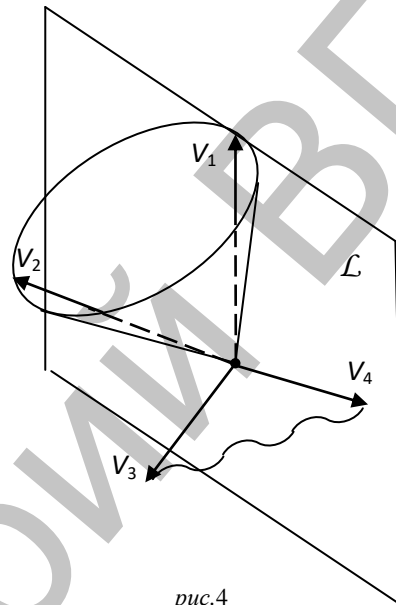


рис.4

Заключение. В данном исследовании мы нашли, что четырёхмерная алгебра Ли $G = Hs \oplus \mathbf{R}$, снабжённая лоренцевым скалярным произведением, допускает автоподобия в трёх различных случаях. Это фактически доказывает, что существует три самоподобных однородных лоренцевых многообразия группы Ли $Hs \times \mathbf{R}$, снабжённой левоинвариантной лоренцевой метрикой. Результаты этого исследования могут быть применены для построения таких однородных многообразий и для того, чтобы получить в явном виде формулы, по которым на них действуют однопараметрические группы гомотетий.

1. Кравченко А.О., Гомотетические автоморфизмы трёхмерной нильпотентной алгебры Ли / А.О. Кравченко // X (55) Региональная научно-практическая конференция преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов университета, посвящённая 90-летию со дня рождения С.М. Машерова. Сборник статей / Витебск. – УО «ВГУ имени П.М. Машерова», 2008. – С.16-17.
2. Подоксёнов М.Н. Подобия и изометрии однородного многообразия группы Гейзенберга, снабжённой левоинвариантной лоренцевой метрикой / М.Н. Подоксёнов // Вестник ВГУ.– 2011.– № 5.– С.10-15.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ LORA ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ LPWAN НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Довгулевич Д.А.,

магистрант ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Краснобаев Е.А., канд. техн. наук, доцент

В настоящее время всё чаще на слуху такое понятие как Интернет вещей (Internet of Things) или сокращенно IoT. Это концепция, суть которой заключается во взаимодействии предметов, подключенных к единой сети, для взаимодействия между собой и внешним миром.

Изначально концепция планировалась для бытовых предметов и устройств, но на данном этапе она применима и в промышленности, особенно с развитием распределенных автоматизированных систем управления технологическими процессами [1].

Объединение устройств в единую сеть можно реализовать как посредством проводных каналов передачи данных, так и беспроводных.

Основные требования, предъявляемые к каналам связи (как проводным, так и беспроводным), это высокая эффективность работы, отказоустойчивость в различных условиях, и возможность самоорганизации сети. Этим требованиям отвечают энергоэффективные сети дальнего радиуса действия (LPWAN) – беспроводная технология передачи небольших по объёму данных на дальние расстояния, разработанная для распределённых сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и интернета вещей.

Цель работы – изучение возможностей технологии беспроводной передачи данных LoRa для построения сетей LPWAN

Материал и методы. Материалом для исследования в данной работе была документация, посвященная технологии LoRa, а также модули радиосвязи Acsip S76G. Основные использованные методы: анализ, систематизация, синтез, эксперимент.

Результаты и их обсуждение. LoRa – это технология удаленной беспроводной передачи данных на частотах 433, 868 МГц. Технология LoRa описывает только физический уровень передачи данных, который может использоваться с различными протоколами канального уровня и в различных вариантах сетевой архитектуры: ячеистые-сети, звезда, точка-точка. Однако, наиболее популярным решением является использование LoRa в LPWAN сетях, использующих протокол LoRaWAN.

LoRaWAN – открытый стандарт передачи данных, верхнего уровня для построения сетей рассчитанных на большое количество устройств (до 1 000 000) с большим радиусом действия и низким энергопотреблением, который стандартизировал LoRa Alliance (объединение корпораций которое занимается продвижением данной технологии).

LoRa использует частотный диапазон, разрешенный для использования на территории Республики Беларусь. Существуют системы LoRa для диапазона 433 и 868 МГц, но частоты 868 менее замусорены поэтому являются более оптимальными.

В этом диапазоне 1,5 МГц не лицензируемого спектра – 868,7–869,2. При ограничении по мощности в 25 мВт. Технология LoRa разрабатывалась для работы на мощности 25 мВт, и соответственно данные частоты отлично подходят для работы на территории РБ.

Связь между шлюзами и оконечными устройствами является двусторонней, но предполагается, что основной объем данных передается от оконечных устройств к шлюзам. Технология LoRa обеспечивает скорость передачи в беспроводном канале от 0.3 до 50 кбит/с.

LoRa обеспечивает большой радиус действия на открытой местности (до 10 км), и высокую пробивную мощность, благодаря чему, может принимать информацию от устройств, находящихся в подвалах, канализационных люках и других труднодоступных местах. Но в условиях городской застройки радиус действия заметно снижается, и составляет около 1-5 км в зависимости от плотности застройки [2].

По состоянию на 2018 год технология LoRaWAN является не распространенной на территории Республики Беларусь, но является активно развивающейся в Российской Федерации и Европейском союзе. Существует несколько фирм выпускающих оборудование для создания сетей на базе протокола LoRaWAN, самые известные из них БС Kerlink (Франция), БС Vega (Россия), БС Cisco (США) [2].

Модули Acsip S76G представляют собой интегрированное решение на базе RF-модуля SX1276 и контроллера STM32F0. Модуль способен работать в диапазоне от 137МГц до 1020МГц. Для модуля производитель предоставляет готовые библиотеки, а прогаммирование осуществляется аналогично с микроконтроллерами STM32 в качестве программатора рекомендуется использовать STLinkV2 или аналогичные. Модуль может поддерживает технологии LoRa и LoRa-WAN.

При тестировании модулей радиосвязи Acsip S76G использовался режим точка-точка на частоте 868МГц удалось получить дальность связи ~8км в прямой видимости. Основной проблемой при тестировании стало отсутствие открытых участков местности достаточной протяженности, поэтому отсутствовала возможность тестирования на более протяженных дистанциях.

При проверке связи в условии не прямой видимости, удалось получить уверенную связь от крыши до подвала 9 этажного жилого дома. При этом скорость передаче данных составляла 300-500 байт/с. Данная скорость является достаточной для опроса большинства устройств.

Заключение. Технология радиосвязи LoRa является удачным выбором для построения энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия. Путем испытаний модуля радиосвязи Acsip S76G, экспериментальным путем было установлено что в прямой видимости дальность связи превышает 8км, а пробивная мощность позволяет получать сигнал с устройств находящихся в подвалах зданий высота которых превышает 30 метров и 8 этажей. Так-как модуль работает в нелицензируемых на территории Республики Беларусь полосах частот его использование никак не ограничивается при мощности не превышающей 25мВт.

1. Интернет вещей – основа новой экономики – 2016 – Режим доступа: <https://www.itweek.ru/iot/article/detail.php?ID=182807> – Дата доступа: 03.02.2019.
2. Основы LoRa и LoRaWAN – 2018 – Режим доступа: <http://lorawan.lace.io/faq/> – Дата доступа: 03.02.2019.