

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.396.49, 621.396.669.8

СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОМЕХ РАДИОСИГНАЛОВ

Д. А. БОРОДУЛЯ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

В статье рассмотрены системы обнаружения и отслеживания источников помех радиосигналов, предложен вариант структуры подобной системы для автомобильных систем сигнализации, подключенных к ГЛОНАСС и GPS, использующих принцип детектирования отсутствия полезного сигнала при возникновении помехи.

Ключевые слова: радиосигнал, помеха, способ обнаружения помех, автомобильная сигнализация, GPS, ГЛОНАСС.

Введение. С постоянно расширяющимся применением радиотехнологий в связи, радиолокации и навигации электромагнитная среда становится все более сложной и насыщенной сигналами. Для обеспечения защиты передающейся полезной информации активно разрабатываются системы мониторинга радиопомех. Конечная цель таких систем – определить местонахождение помехи [1]. Характеристики систем зависят от характеристик помех и защищаемых сигналов, принципа действия элементов системы и связи между ними. Построение системы отслеживания с оптимальными характеристиками требует учета различных влияющих факторов и тщательных исследований на этапе предварительной разработки.

Постановка целей и задач исследования. Цель данной статьи – предложить вариант системы отслеживания источников помех радиосигналов. Для этого необходимо решить несколько задач: выбрать методы; ограничить круг защищаемых объектов и выбрать тип системы; определиться с глобальными навигационными спутниковыми системами связи (ГНСС), которые используются защищаемыми объектами; выбрать принцип действия, используемый в системе; предложить вариант структурных элементов системы и способ связи между ними.

Методология исследований. При написании статьи использовались методы поиска информации в сети Интернет, системный подход, анализ данных литературных источников, сравнение, аналогия и синтез.

Результаты и их обсуждение. По результатам выполненной работы в качестве защищаемых объектов представляется возможным выбрать объекты движимого имущества, а именно, автомобильный транспорт – современные автомобили снабжены системами охранной сигнализации, посылающими сигналы на ГНСС, но злоумышленники легко находят способ заблокировать эти системы посредством включения источника помех.

По состоянию на 2020 год в [2, 3] наиболее известны такие ГНСС, как GPS, BeiDou, ГЛОНАСС, «Галилео» и др. [2, 3]. Наиболее широко используемыми считаются GPS и ГЛОНАСС [3]. Более того, зачастую чипы спутниковой связи, устанавливаемые в охранные системы адаптированы к работе с ГЛОНАСС и GPS одновременно [3]. ГЛОНАСС и GPS являются еще и достаточно уязвимыми к воздействию помех. Известно немало случаев, когда в их работу вносились существенные сбои: в 2009-2010 годах, в декабре 2011 года, в июне 2012 года, в 2013 году, в сентябре 2017 года и др. [2, 3, 4, 5, 6, 7].

На основании сказанного выше, принято решение разрабатывать систему отслеживания источников помех радиосигналов для автомобильных систем сигнализации, подключенных к ГЛОНАСС и GPS. Помехи представляют собой сигналы, подавляющие сигнал от системы GPS автомобиля.

Тип системы, предлагаемой к разработке, – комбинированная, сочетающая в себе стационарные и мобильные элементы и децентрализованное управление.

В [8] рассмотрена система обнаружения источников помех радиосигналов на основе помехоустойчивых цифровых антенных решеток (ЦАР), установленных на самоходных роботах, использующих ГЛОНАСС и/или GPS, либо комбинацию спутниковой и инерциальных систем навигации. В систему заложен принцип нулевого приема сигналов в направлении источников помех. Применение двух и более независимых ЦАР позволяет запеленговать источник помех.

В [9] приведено описание устройства обнаружения источников ложных навигационных сигналов навигационной аппаратуре потребителей (НАП) глобальной навигационной системы связи (ГНСС). Устройство состоит из антенной решетки, пеленгатора, приемника навигационных сигналов, анализатора информационных сообщений. Если принятые сообщения имеют нарушения в структуре и содержании навигационного сигнала, то соответствующие им источники являются источниками ложных навигацион-

ных сигналов. Если с одного направления приходят несколько сигналов, имеющих разные навигационные координаты, то эти сигналы излучаются источником ложных навигационных сигналов. В результате последовательного повторения анализа формируется перечень направлений прихода полезных сигналов и помех, который передается в НАП ГНСС.

В [10] приводятся результаты разработки математической модели радиолинии с адаптивными устройствами пространственно-поляризационной фильтрации (АУППФ) и исследования возможности применения различных алгоритмов адаптации для повышения эффективности работы радиоприемного оборудования в условиях воздействия нестационарных радиопомех. Получены выражения для основных показателей эффективности АУППФ, которые дают возможность перейти к оценке качественных показателей функционирования аппаратуры потребителей радиосвязи и навигации в режимах поиска сигнала и слежения за его параметрами для рассматриваемых видов помех.

В [11] описан коммерчески производимый детектор глушения GPS-сигнала как раз для установки в автомобиле. Однако подробных данных о принципе работы нет. Работает в связке с GPS-трекером, поэтому при обнаружении факта глушения система, по уверениям разработчика, оперативно отправит владельцу автомобиля online, sms либо email-уведомление. В подробном отчете сообщается общее количество, длительность и местоположение всех включений и выключений подавителя GPS-сигналов. Электрической схемы устройства также нет. Подходит для работы с системами GPS и ГЛОНАСС. Авторы утверждают о стоимости, сравнимой со стоимостью самих подавителей.

В [12] описан обнаружитель подавителя GPS-сигналов STL3520 британского производства компании Chronos Technology. Отмечается, что подробные характеристики и принцип действия производителя держат в секрете, предположительно, устройство использует метод триангуляции. Также авторы подчеркивают актуальность и востребованность разработок подобных обнаружителей для предотвращения неприятных последствий глушения GPS-сигналов – пробок, ДТП, угонов автомобиля.

В [13] описан способ обнаружения и пеленгации источников радиоизлучения на одной частоте для мониторинга радиоэлектронной обстановки при многолучевом распространении радиоволн, воздействии преднамеренных и непреднамеренных помех, отражениях сигнала от различных объектов и слоев атмосферы. Достижимый технический результат - повышение надежности, точности и скорости пеленгации при приеме электромагнитных сигналов от нескольких источников радиоизлучения, в условиях априорной неопределенности относительно формы сигнала, шумов и помех. Получение многосигнального углового спектра мощности P , представляющего собой распределение квадратов амплитуд по пеленгам α и β , обеспечивается минимизацией функции максимального правдоподобия, путем обеспечения сходимости по времени накопления цифровых отсчетов, с учетом использования рекурсивного представления для оценки сигнальной и корреляционной матриц сигналов. По полученному многосигнальному угловому спектру мощности строится пеленгационная панорама, по которой определяется количество, интенсивность и пеленги источников радиоизлучения, кроме того, дополнительно определяется критерий наличия сигнала на заданном направлении сканирования.

Компания Tehenkom предлагает мобильную систему поиска источников помех Anritsu MX280007A Mobile InterferenceHunter на частотах от 9кГц до 54ГГц. Система предназначена для выполнения драйв тестов одним водителем-оператором [14]. Поддерживает также технологию обнаружения координат источников при наличии многолучевых и отражённых сигналов. Совместима с любым автомобилем. Полностью автоматический поиск единичных и множественных источников. В условиях плотной городской застройки корректно обрабатывает многолучевые и отражённые сигналы, а также мёртвые зоны. Может удалённо подключаться к стационарным спектральным мониторам [14].

В [15] описана система PCTEL SeeWave для точного детектирования частоты помехи и установления ее источника. PCTel SeeWave использует высокопроизводительные сканирующие радиоприемники PCTEL SeeGull. Центральная платформа подсоединяется к радиопеленгаторной антенне и планшету с сенсорным экраном. Сканирующий радиоприемник, платформа, антенна и планшет объединены. Система использует продвинутый спектральный анализ и специализированные алгоритмы.

Все описанные выше системы, независимо от особенностей работы отыскивают лишний, дополнительный, незаявленный сигнал в спектре в направлении защищаемого объекта и выделяют отдельный канал для его расшифровки. Т.е. непосредственно прямо фиксируют факт наличия помехи/подавления сигнала GPS/ГЛОНАСС.

Представляется целесообразным предложить принципиально иную систему отслеживания помех радиосигналов, основанную на косвенном определении глушения GPS и ГЛОНАСС через детектирование отсутствия полезного сигнала от GPS-трекера, установленного на автомобиле.

Подобная система, по сравнению с традиционными, будет обладать большими компактностью оборудования, эффективностью и надежностью срабатывания и меньшей стоимостью – нет необходимости применять особые алгоритмы и технически сложные устройства, достаточно мощного персонального компьютера (ПК) с установленным специализированным программным обеспечением и определенного количества GPS-трекеров. Такая система может иметь структуру, изображенную на рис. 1.



Рисунок 1. – Структурная схема системы отслеживания источников помех GPS/ГЛОНАСС для автомобильной сигнализации

Клиентский уровень представляет собой стандартный GPS-трекер с автономным питанием, устанавливаемый внутри автомобиля. Промежуточный уровень представлен стационарными GPS-трекерами с автономным питанием, установленными на парковках, в подземных гаражах, на развилках оживленных трасс и т.д. на экономически обоснованном расстоянии. Усилитель мощности используется для увеличения дальности действия трекера. Датчики механических воздействий нужны для оповещения диспетчера о попытке снять или вывести из строя стационарный трекер.

Диспетчерский уровень представлен пультом управления с мощным ПК, специализированным ПО для работы и управления системой, модулем опроса и модулем связи. Диспетчерские пульта управления предполагается устанавливать в крупных городах, районных и областных центрах.

Специализированное ПО регулирует работу всех модулей, содержит базу данных координат стационарных трекеров и альманах сигналов GPS-антенн, протоколы обмена данными с базой ГИБДД.

Трекеры предлагаемой к разработке системы при проезде мимо них угнанного автомобиля с глушителем GPS/ГЛОНАСС сигналов, тоже глушатся. И сигналы от них никуда не поступают. При этом модуль опроса регулярно опрашивает стационарные трекеры, и, если в момент опроса трекер «молчит» и отклик от него не приходит спустя положенное время, модуль опроса передает фиксированные координаты «замолчавшего» трекера в модуль связи. Как и сигналы с датчиков механических воздействий при попытке сломать или демонтировать стационарный трекер.

Модуль связи включает оповещение о тревоге, передает координаты «молчащего» трекера в базу ГИБДД, чтобы автомобиль можно отследить и в кратчайшие сроки вернуть владельцу, а также выездной ремонтной бригаде при получении сигналов от датчиков механических воздействий.

Заключение. Разработка систем обнаружения и отслеживания глушителей GPS- и ГЛОНАСС-сигналов является актуальной и востребованной задачей. В большинстве случаев помехи от глушителей отслеживаются напрямую с использованием сложных алгоритмов и громоздкого или дорогостоящего оборудования.

Представляется целесообразным предложить к разработке комбинированную децентрализованную систему отслеживания помех GPS- и ГЛОНАСС-сигналов в системах автомобильной сигнализации, использующую косвенный метод отслеживания помех через детектирование отсутствия полезного сигнала от GPS-трекеров. Подобная система может состоять из стационарных и мобильных GPS-модулей и диспетчерского пульта управления с мощным ПК, специализированным ПО, модулями опроса и связи с внешними структурами, в том числе, с базой ГИБДД.

Внедрение подобной системы позволит повысить эффективность обнаружения и отслеживания подавителей, ускорить возврат похищенного автомобиля владельцу, уменьшить сложность и стоимость по сравнению с традиционными детекторами подавителей GPS-сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jia Qiao, Zukun Lu, Baojun Lin, Jie Song, Zhibin Xiao, Zhi Wang and Baiyu LA. Survey of GNSS interference monitoring technologies [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/journals/physics/articles/10.3389/fphy.2023.1133316/full>. Дата доступа: 25.09.2024
2. Шмидт, Дж. Т. Эксплуатация навигационных систем на основе GPS в сложных условиях окружающей среды [Электронный ресурс] / Дж. Т. Шмидт // Гироскопия и навигация. — 2019. — Том 27 № 1(104). — С. 3-21. — Режим доступа:

- http://www.elektroribor.spb.ru/upload/medialibrary/62f/03_21_SHmidt_RUS_RED_posle_Rivkina_final.pdf. - Дата доступа: 25.04.2024.
3. GPS, ГЛОНАСС и другие системы глобальной спутниковой навигации: гайд от ГдеМои [Электронный ресурс]. / Сайт компании «ГдеМои». Режим доступа: <https://www.gdemoi.ru/blog/gps-glonass-gnss/>. Дата доступа: 25.09.2024.
 4. Grabowski, J., Personal Privacy Jammers, GPS World, Apr. 2012: 28–37
 5. Gibbons, G., Editor. Online GPS Jammer Sales Draw Attention of FCC, ION Newsletter, vol. 21(3), Fall 2011:5.
 6. Divis, D., GPS Spoofing Experiment Knocks Ship off Course, Inside GNSS, 31 Jul. 2013: 1–3.
 7. Gao Y, Li G. Three time spoofing algorithms for GNSS timing receivers and performance evaluation. *GPS Solutions* (2022) 26:87. doi:10.1007/s10291-022-01275-7
 8. Система и способ определения местоположения источника радиоэлектронных помех сигналам спутниковой навигации: пат. RU 2 675 671 С1 / патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Каскад" (RU) – МПК F41H 11/02 (2006.01) заявл. 14.08.2017, опубл. 21.12.2018, Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РФ) – Бюл. № 36
 9. Устройство обнаружения источников ложных навигационных сигналов НАП ГНСС: пат. RU 2 677 929 С1 / А.В. Журавлев, В.Г. Маркин, В.А. Шуваев, Е.М. Красов, А.Ф. Иванов; патентообладатель Акционерное общество научно-внедренческое предприятие "ПРОТЕК" (RU) – МПК G01C 21/24 (2006.01) заявл. 24.01.2018, опубл. 22.01.2019, Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РФ) – Бюл. № 3
 10. Жанкевич, А.О. Математическая модель адаптивного устройства приема радиосигналов в условиях сложной радиоэлектронной обстановки [Электронный ресурс] / А.О. Жанкевич // Т-Comm - Телекоммуникации и Транспорт. — 2014. — № 3. — С. 36-41. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-adaptivnogo-ustroystva-priema-radiosignalov-v-usloviyah-slozhnoy-radioelektronnoy-obstanovki/pdf>. - Дата доступа: 05.05.2024.
 11. Детектор глушения GPS-сигнала [Электронный ресурс]. – Официальный сайт компании NewApex. / Главная – Оборудование-Дополнительные датчики-Детектор глушения GPS-сигнала. // Режим доступа: <https://newapex.by/sensors/detector-glushenia-gps.html>. Дата доступа: 20.05.2024
 12. Подавитель GPS-сигналов: как обнаружить [Электронный ресурс]. – Официальный сайт российской компании, занимающейся выпуском подавителей средств связи. / Ростислав Керимов. // Подавитель GPS-сигналов: как обнаружить. Режим доступа: <https://www.podavitel.ru/podavitel-gps-signalov-kak-obnarujit.html>. Дата доступа: 30.09.2024
 13. Способ обнаружения и пеленгации источников радиоизлучения на одной частоте: пат. RU 2 517 365 С2 / И.Д. Золотарев, В.А. Березовский, К.А. Сидоренко; патентообладатель Открытое акционерное общество "Омский научно-исследовательский институт приборостроения" (ОАО "ОНИИП") (RU) – МПК G01S 5/04 (2006.01), заявл. 04.07.2012, опубл. 27.05.2014, Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РФ) – Бюл. № 15
 14. Мобильная система поиска источников помех до 54 ГГц Anritsu MX280007A [Электронный ресурс]. / Официальный сайт компании Техэнком. // Главная- [Радиочастотные измерения-Анализаторы спектра-Anritsu MX280007A](#). – Режим доступа: https://www.tehcom.com/Companies/Anritsu/MX280007A/Anritsu_MX280007A.htm. Дата доступа: 30.09.2024
 15. Система обнаружения помех PCTEL SeeWave [Электронный ресурс]. / Официальный сайт компании 2test. // Главная-Решения-Отраслевые решения-Энергетика и нефтегазовый сектор-Система обнаружения помех PCTEL SeeWave. – Режим доступа: <https://2test.ru/solutions/otraslevye-resheniya/neftegazovyy-sektor/sistema-obnaruzheniya-pomekh-pctel-seewave/>. Дата доступа: 05.09.2024