

Иванова Н.Д., Михалевич И.Ф.

Применение эмулируемой виртуальной среды PNETLab для моделирования интеллектуальных систем водного транспорта

Аннотация: Обозначена проблема обеспечения безопасности интеллектуальной системы водного транспорта (ИСВТ) как интеграции взаимосвязанных киберфизических систем. Описаны основные подсистемы ИСВТ, построена структурная схема объекта ИСВТ. Предложен вариант моделирования объекта ИСВТ в сетевой лаборатории PNETLab. Представленная виртуальная модель ИСВТ поддерживает эмуляцию работы глобальной навигационной спутниковой системы и отправку соответствующих сигналов в формате NMEA0183 согласно заданному маршруту.

Ключевые слова: безопасность транспорта, интеллектуальная система водного транспорта, сетевая лаборатория, моделирование, PNETLab

Введение

Современные интеллектуальные системы водного транспорта (ИСВТ) представляют собой комплекс взаимосвязанных киберфизических систем (Cyber-Physical System, CPS), выполняющих критически важные функции для безопасной эксплуатации судна. Интеграция информационных и операционных технологий (совместно используемых в киберфизических системах) приводит к возникновению новых рисков безопасности функционирования объекта ИСВТ, которые ранее не учитывались при обеспечении безопасности судовождения [1-2].

Цель настоящего исследования заключается в описании архитектуры ИСВТ, моделировании объекта ИСВТ в виртуальной среде PNETLab и создании соответствующего экспериментального стенда, который в последующих исследованиях будет использован для идентификации и оценки рисков безопасности функционирования объекта ИСВТ.

Архитектура интеллектуальной системы водного транспорта

В типовой состав объекта ИСВТ входят такие подсистемы как [3-4] (рисунок 1):

- глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС), позволяющая определять местоположение, скорость судна, а также является источником точного времени UTC (Universal Time Corrected);
- автоматическая идентификационная система (АИС), автоматически предоставляющая идентификационную информацию о судне другим судам и береговым службам (через спутники и ретрансляторы АИС);
- радиолокационная система (РЛС), выполняющая функции обнаружения воздушных, морских и наземных объектов и определения их дальности, скорости и геометрических параметров;
- система технического зрения (СТЗ), которая реализует обнаружение и анализ воздушных, морских и наземных объектов по их изображению;
- система радиосвязи, позволяющая осуществлять обмен данными и голосовую связь с судами и береговыми службами, а также принимать и передавать сигналы бедствия, сообщения для координации поисково-спасательных операций, сигналы для определения местоположения и информацию по обеспечению безопасности на водных путях;
- электронная картографическая навигационно-информационная система (ЭКНИС), предназначенная для отображения информации из электронных навигационных карт, интеграции с данными других систем (ГНСС, АИС, лагов, гирокомпасов и эхолотов), обмена данными с другими судами и по сети Интернет для корректуры электронной карты в процессе плавания;
- автоматизированное рабочее место (АРМ) управления судном реализует автономное, дистанционное или автоматизированное управление судном экипажем на борту (в зависимости от уровня автономности судна согласно классификации Международной морской организации (ИМО)) посредством передачи сигналов управления исполнительным устройствам (рулям и двигателям).

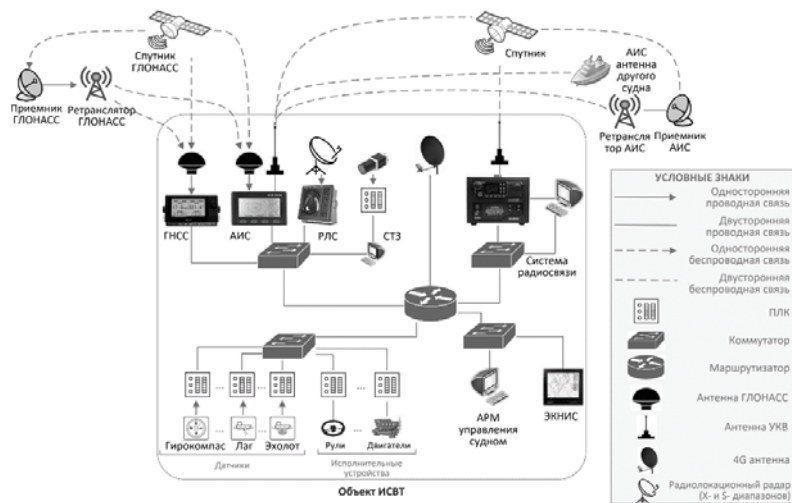


Рисунок 1 – Структурная схема объекта ИСВТ

Моделирование объекта ИСВТ в сетевой лаборатории PNETLab

В качестве среды имитационного моделирования объекта ИСВТ была выбрана эмулируемая виртуальная среда PNETLab. PNETLab – программная среда на базе виртуализации KVM (Kernel-based Virtual Machine) для моделирования различных сетевых топологий в мультивендорной среде с эмулированием реального сетевого оборудования. Сравнительный анализ эффективности подобных виртуальных моделей и физических экспериментальных стендов в контексте оценки состояния безопасности исследуемой системы представлен в работе [5].

Сетевая топология объекта ИСВТ, смоделированная в среде PNETLab, представлена на рисунке 2. Локальная сеть объекта ИСВТ разделена на две подсети с помощью коммутаторов Cisco. Первая подсеть содержит один конечный узел, эмулирующий работу ГНСС посредством установленного специального программного обеспечения (СПО). Вторая подсеть содержит три конечных узла, эмулирующих работу ЭКНИС, АРМ управления судном и гибридной системы управления рисками безопасности. Локальная сеть соединена с внешней сетью Internet через роутер

Cisco. Со стороны внешней сети на объект ИСВТ может воздействовать нарушитель безопасности со своего АРМ.

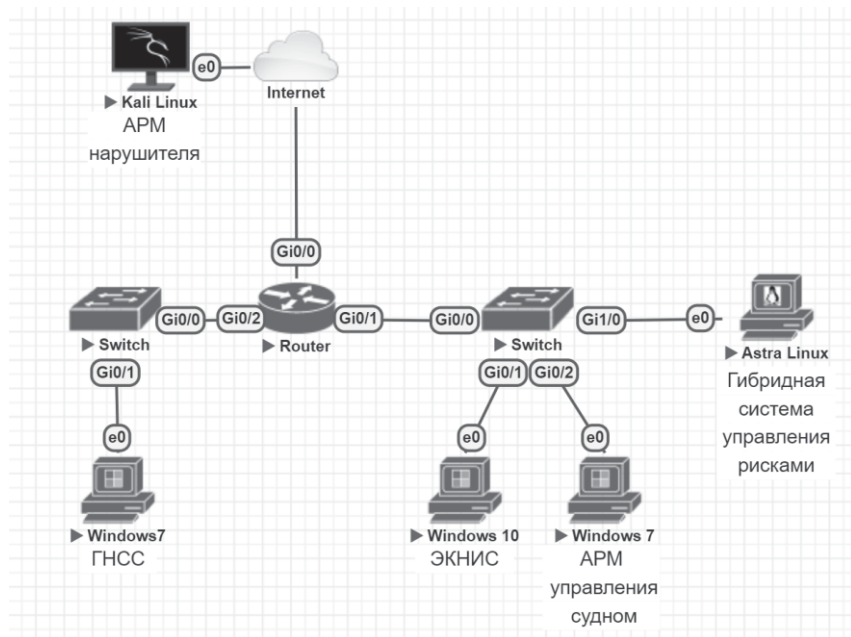


Рисунок 2 – Сетевая топология модели объекта ИСВТ

Рабочая станция ГНСС генерирует данные о местоположении виртуального судна посредством использования СПО. Сгенерированные сигналы имеют формат NMEA0183 и соответствуют общему стандарту представления навигационных данных в текстовом формате. Используемое СПО позволяет настроить маршрут, скорость и курс виртуального судна; эмулировать его движение в режиме реального времени и передавать соответствующие данные по протоколу UDP.

Рабочая станция ГНСС отправляет сгенерированные сигналы на АРМ управления судном, где в режиме реального времени реализуется их мониторинг, анализ, хранение и отображение положения судна на карте. Рабочая станция ЭКНИС предоставляет актуальную электронную картографию. Гибридная система управления рисками безопасности реализует сканирование

локальной сети, идентифицирует угрозы безопасности и проводит оценку соответствующих рисков безопасности по методике, представленной в [6].

Перечень используемых в эмуляции программных средств представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав виртуальных компонентов объекта ИСВТ

Наименование компонента	Виртуальный образ системы	СПО
ГНСС	Windows 7 Professional	GPS Simulator
АРМ управления судном	Windows 7 Professional	Advanced NMEA Monitor
ЭКНИС	Windows 10 Professional	Oziexplorer
Гибридная система управления рисками	Astra Linux	Nmap
Коммутатор	Cisco vIOS Switch	–
Маршрутизатор	Cisco vIOS Router	–
АРМ нарушителя	Kali Linux	Nmap

Заключение

В результате проведенного исследования описаны основные подсистемы объекта ИСВТ и построена соответствующая структурная схема. Предложен вариант моделирования объекта ИСВТ в виртуальной эмулируемой среде PNETLab. Виртуальная модель системы поддерживает эмуляцию работы ГНСС и применима для идентификации и оценки рисков безопасности локальной сети объекта ИСВТ в рамках последующих исследований.

Литература:

1. *Kavallieratos G., Katsikas S.* Managing Cyber Security Risks of the Cyber-Enabled Ship // Journal of Marine Science and Engineering. – 2020. – No. 8(768). – 19 p. – DOI: 10.3390/jmse8100768/.

2. *Melnyk O., Onyshchenko O., Shumylo O.* Review of Ship Information Security Risks and Safety of Maritime Transportation Issues

// TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2023. – No. 16(4). – P. 717-722. – DOI: 10.12716/1001.16.04.13.

3. Баранов Л.А., Михалевич И.Ф., Иванова Н.Д., Соколов С.С. Информационная безопасность системы автономного судовождения в контексте специфических для интеллектуальных транспортных систем угроз / Проблемы управления безопасностью сложных систем: материалы XXXI Международной научной конференции (Москва, 13 декабря 2023 года). – М.: ИПУ РАН, 2023. – С. 249-256. – DOI: 10.25728/iccss.2023.53.91.033.

4. Oruc A., Gkioulos V., Katsikas S. Towards a Cyber-Physical Range for the Integrated Navigation System (INS) // Journal of Marine Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10. Issue 1. – 31 p. – DOI: 10.3390/jmse10010107.

5. Amro A.W., Gkioulos V. Communication and Cybersecurity Testbed for Autonomous Passenger Ship // Computer Security. ESORICS 2021 International Workshops. – 2022. – Vol. 13106. – P. 5-22. – DOI:10.1007/978-3-030-95484-0_1.

6. Баранов Л.А., Иванова Н.Д., Михалевич И.Ф. Нечеткая система оценки рисков информационной безопасности интеллектуальных систем водного транспорта // Автоматика на транспорте. – 2024. – № 1 (10). – С. 7-17. – DOI: 10.20295/2412-9186-2024-10-01-7-17.

Сафронов А.И.

Применение дополненного аппарата сетей Петри для моделирования процесса автоматизированного построения плановых графиков движения пассажирских поездов метрополитена

Аннотация: В работе предложен способ дополнения аппарата сетей Петри для удобного описания функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами на верхнем уровне, где происходит обработка событий, при увязке с