

осуществляется поиск точки с максимальной производной (максимальная крутизна подъема); Поиск начала пика ФПГ – поиск пиков ФПГ, а затем в интервале 200 мс перед каждым пиком осуществляется поиск локального минимума, который определяется как начало подъема пульсовой волны; Расчет временных параметров (РТТ, РАТ, RB, RM, TN, NM)

Таким образом, в результате проведения экспериментов и последующей фильтрации были зарегистрированы стабильные сигналы ЭКГ и ФПГ. Высокое качество этих сигналов позволило с высокой точностью идентифицировать необходимые характерные точки, что, в свою очередь, сделало возможным корректное вычисление набора временных параметров (РТТ, РАТ, RB, RM, TN, NM) для каждого сердечного цикла. Эти данные формируют первичную матрицу наблюдений для дальнейшего статистического анализа и построения моделей машинного обучения.

Список использованных источников

1. Features from the photoplethysmogram and the electrocardiogram for estimating changes in blood pressure / E. Finnegan, S. Davidson, M. Harford, P. Watkinson, L. Tarassenko, M. Villarroel // Scientific Reports. – 2023. – Т. 13, № 1. – 986 p.
2. Podaru A.C. Blood Pressure Estimation Based on Synchronous ECG and PPG Recording / A.C. Podaru, V. David // 2020 International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE). – Iasi, Romania, 2020. – p. 640–645
3. Ziti F., Ikeura R., Hayakawa S., Tsutsumi S. Analysis of Pan-Tompkins Algorithm Performance with Noisy ECG Signals // Journal of Physics: Conference Series. – 2020.

Серко Павел Александрович, студ. гр. 6302-120304D, serko.pvl05@mail.ru

Вершинин Демид Александрович, студ. гр. 6301-120304D, demid.vershinin2018@yandex.ru ; науч. рук.: Акулов С.А., к.т.н., доцент, доцент каф. ЛБС.

УДК 004.056:004.932

УСТОЙЧИВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ВОДЯНЫЕ ЗНАКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ АВТОРСКИХ ПРАВ В ПОТОКОВОМ ВИДЕО

Э.В. Рукавицин, Н.С. Вдовин

Алтайский Государственный Технический Университет имени
И.И. Ползунова, г. Барнаул

Ключевые слова: цифровые водяные знаки, потоковое видео, сигнально-кодовая конструкция, структурная скрытность, формализация угроз, защита авторских прав.

В условиях развития технологий цифровой трансформации и роста объемов мультимедийного трафика традиционные методы криптографической защиты перестают обеспечивать необходимый уровень безопасности после декодирования контента. Возникает потребность в математически обоснованных методах, позволяющих оперативно реагировать на нарушения авторских прав в распределённых сетях.

Цифровые водяные знаки (ЦВЗ) выступают инструментом, обеспечивающим неизменность данных о правообладателе непосредственно в телекоммуникационных системах.[1] Однако существующие решения часто требуют строгой формализации параметров встраивания, что снижает их устойчивость к преднамеренным искажениям.

Целью работы является разработка концептуальной модели устойчивых ЦВЗ для потокового видео на основе информационно-теоретического подхода.

Концептуальная модель сигнально-кодовой конструкции. В основе предлагаемого решения лежит идея представления видеопотока как сигнально-кодовой конструкции, где информация кодируется в спектральных компонентах сигнала. Видео сигнал рассматривается как совокупность кадров, каждый из которых подвергается частотному преобразованию. Встраивание метки осуществляется в коэффициенты, обеспечивающие баланс между энергетической заметностью и устойчивостью к сжатию.

Такой подход обеспечивает отказоустойчивость системы и минимизирует риски, связанные с потерей данных при передаче по каналам связи с шумами. Структурная скрытность достигается за счет внедрения информации в области, где изменения не превышают порог чувствительности человеческой зрительной системы. При этом проверка подлинности осуществляется через обращение к распределённым реестрам, где зарегистрированы хеш-суммы эталонных меток, что исключает единую точку отказа.

Формализация угроз и классификация атак. Для оценки эффективности системы необходима формализация угроз. В работе предлагается классификация атак на основе вероятностных моделей объектов наблюдений. Все воздействия делятся на три класса: сигнальные (изменение статистических характеристик), геометрические (нарушение синхронизации) и алгоритмические (сжатие данных).

Вероятность успешной атаки оценивается через взаимную информацию между оригинальным сигналом и сигналом после воздействия. Условие устойчивости записывается как требование к минимизации энтропии ошибки детектирования. Такой метод позволяет количественно определить степень компрометации данных и принять соответствующие меры по их защите. Особое внимание уделяется атакам на протоколы сжатия, где удаление данных происходит в результате квантования коэффициентов.

Критерии устойчивости и незаметности. Вводятся два фундаментальных критерия оценки. Критерий незаметности требует, чтобы разница между оригинальным видео и видео с водяным знаком не нарушала структурную целостность восприятия. Критерий устойчивости требует, чтобы вероятность корректного извлечения метки оставалась выше заданного порога даже после применения цепочки атакующих преобразований.

Баланс между этими критериями является основным ограничением. Увеличение силы встраивания повышает устойчивость, но нарушает

критерий незаметности. Адаптивное изменение параметров в зависимости от локальной сложности кадра позволяет оптимизировать этот процесс. В текстурированных областях можно внедрять более мощный сигнал без потери визуального качества, что соответствует принципам дифференциальной приватности.

Формализация процесса встраивания и извлечения. Для обеспечения воспроизводимости результатов предлагается следующая функциональная модель системы защиты. Видеопоток рассматривается как последовательность кадров, каждый из которых подвергается частотному преобразованию. Процесс защиты описывается тремя базовыми функциями: генерации, встраивания и детектирования.

Функция генерации формирует последовательность водяного знака на основе секретного ключа и идентификатора правообладателя. Данная последовательность обладает свойствами псевдослучайного шума с равномерным спектром. Функция встраивания модифицирует выбранные частотные коэффициенты видеосигнала. Выбор коэффициентов определяется энергетической маскировкой: изменения вносятся в те области спектра, где порог чувствительности зрительной системы максимален.

Функция детектирования выполняет корреляционный анализ принятого сигнала с эталонной последовательностью. Решение о наличии водяного знака принимается на основе сравнения полученной корреляционной метрики с пороговым значением. Такая структура модели позволяет разделить задачи скрытности и устойчивости, оптимизируя параметры каждой функции независимо. При этом проверка подлинности осуществляется через обращение к распределённым реестрам, где зарегистрированы хеш-суммы эталонных меток, что исключает единую точку отказа.

Предложенная концептуальная модель позволяет формализовать требования к системам защиты потокового видео на этапе проектирования. Использование аппарата сигнально-кодовых конструкций и вероятностных моделей создаёт базу для разработки стандартов цифровых водяных знаков. Дальнейшие исследования направлены на интеграцию методов защиты с децентрализованными системами доступа и протоколами доказательства с нулевым разглашением. Такой подход обеспечит создание единой экосистемы, в рамках которой ЦВЗ будут выступать надежным инструментом аутентификации контента.

Список использованных источников

1. Бахрушин А. П. Спектральный анализ видеокадров на основе системы импульсных функций с целью синхронизации процессов внедрения и поиск цифровых водяных знаков // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2008. № 4. С. 225–238.

Рукавицин Эдуард Вячеславович, студ. каф. ИиВТиИБ, slavadantana@yandex.ru
Вдовин Никита Сергеевич, студ. каф. ИиВТиИБ, nik.vdovin.03@mail.ru