

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОПРОВОЖДЕНИЮ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ВНЕДРЕНИИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Гаврилов А. В.¹, Краюшкин Д. В.², Куликов И. В.³, Соломинов М. В.⁴, Чеповский А. М.⁵

DOI: 10.21681/2311-3456-2025-2-41-51

Цель исследования: цифровизация здравоохранения стимулировала развитие медицинских информационных систем. Исследования стали доступнее благодаря повсеместному внедрению цифрового обмена изображениями в службах лучевой диагностики, а также увеличению количества и улучшению качества парка радиологических приборов. Повышение нагрузки на существующую инфраструктуру медицинских учреждений требует постоянного администрирования и устранения отказов в короткий промежуток времени. Целью данной работы является разработка подходов к эффективному сопровождению медицинских информационных систем.

Метод исследования: рассмотрена архитектура распределённой системы PACS/RIS. Представлены основные компоненты системы PACS/RIS, которые задействованы при постоянной работе системы.

Полученный результат: представлен разработанный инструмент для мониторинга и управления медицинскими информационными системами. Функциональные возможности включают: управление конфигурацией различных объектов DICOM, получение информации об обмене сообщениями (назначениями), управление цифровыми сервисами, а также получение отчетов для контроля этапов их работы. Проведены обзоры, направленные на повышение защищенности медицинских информационных систем: методов внедрения цифровых знаков для радиологических изображений; документов, регламентирующих современные требования к техническим мероприятиям и оснащению по устранению угроз безопасности данных в медицинских информационных системах.

Научная новизна: в настоящей работе предложены рекомендации по созданию цифровых инструментов, осуществляющих мониторинг и управления медицинскими информационными системами с учетом масштабируемости.

Вклад соавторов: Краюшкин Д. В. – написание текста статьи, анализ документов по защите данных в медицинских информационных системах и обзор литературы по внедрению методов стеганографии в радиологические изображения, разработка программного комплекса по администрированию систем PACS/RIS, Куликов И. В. – разработка программного комплекса PACS/RIS. Краюшкин Д. В. и Куликов И. В. – классификация наиболее используемых компонентов PACS/RIS, разработка программного комплекса для выполнения потоковых задач по сегментации и формированию отчетов в соответствии с требованиями внешних систем, Соломинов М. В. – участие в разработке программного комплекса по сегментации нарушений мозгового кровообращения с использованием искусственного интеллекта. Гаврилов А. В. – разработка общих принципов построения медицинских информационных систем, Чеповский А. М. – разработка архитектурных решений для защищенной работы с медицинскими данными.

Ключевые слова: PACS/RIS, информационная безопасность, водяные знаки.

1. Введение

Широкое распространение медицинских информационных систем совместно с развитием парка оборудования радиологических диагностических приборов ведет к повышению доступности медицинских услуг в Российской Федерации. Внедрение цифровизации в медицинские учреждения повышает качество врачебных заключений, а также увеличивает эффективность использования эксплуатируемых

источников радиологических изображений. С точки зрения технической и цифровой оснащенности, детальное информирование врача об истории болезни и подлинном состоянии здоровья пациента связано как с доступностью необходимых исследований, так и с повышением качества изображений, которое возможно благодаря развитию диагностических аппаратов с высокими параметрами разрешения

1 Гаврилов Андрей Васильевич, кандидат технических наук, заведующий лабораторией Медицинских компьютерных систем научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, НИИЯФ МГУ им. М.В. Ломоносова. Москва, Россия. E-mail: agavrilov49@gmail.com

2 Краюшкин Денис Владиславович, аспирант Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ); программист ООО «ГАММАМЕД-СОФТ». Москва, Россия. E-mail: KrayushkinDenV@yandex.ru

3 Куликов Игорь Владимирович, главный программист лаборатории Медицинских компьютерных систем научно-исследовательского института ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, НИИЯФ МГУ им. М.В. Ломоносова. Москва, Россия. E-mail: igor@multivox.ru

4 Соломинов Максим Владимирович, аспирант Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский Политехнический университет» (ФГАУ ВО «Московский Политехнический университет»); программист ООО «ГАММАМЕД-СОФТ». Москва, Россия. E-mail: msolominov@yandex.ru

5 Чеповский Андрей Михайлович, доктор технических наук, профессор Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова; профессор Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Москва, Россия. E-mail: achepovskiy@hse.ru

(битовая глубина), а также благодаря появлению цифровых сервисов, осуществляющих преобразование изображений на основе цифровых фильтров (методов обработки изображений) для улучшения визуальной оценки [1]. По разным оценкам количество исследований методом лучевой диагностики в РФ на 2018 год составляет более 350 млн [1], а общее количество рентгенологического оборудования на 2022 год составляет около 40 000 приборов [2]. Такая тенденция приближает уровень медицинского оснащения РФ к ведущим странам Европы и Азии.

В действительности увеличение числа радиологических приборов и диагностических исследований, а также их качества, приводит к существенному увеличению нагрузки на существующие цифровые информационные медицинские системы, повышению сложности администрирования и увеличению рисков отказа системы или ее отдельных компонентов [3]. Особенно критически это сказывается на отдаленных регионах, где локальная инфраструктура ограничена емкостью цифровых архивов и пропускной способностью каналов связи.

В настоящей работе рассмотрена архитектура медицинских информационных систем и введена ключевая терминология (раздел 2). В рамках построения медицинских информационных систем приведен обзор основных документов по организации защищенной работы (Раздел 3). Предложены рекомендации по созданию цифровых инструментов, осуществляющих мониторинг и управление медицинскими информационными системами с учетом масштабируемости и многокомпонентности (Раздел 4). Под многокомпонентностью понимается большое количество и разнообразие устройств и цифровых сервисов, которые осуществляют формирование, хранение, передачу и преобразование радиологических исследований в составе работы служб лучевой диагностики. Приведено описание разработанной программы для осуществления базовых операций администрирования и поиска узлов отказа в радиологической информационной системе (РИС). Приведен пример использования разработанного инструмента при обмене изображениями в информационной системе с экспериментальным модулем искусственного интеллекта (ИИ), который осуществляет сегментацию ишемического и геморрагического инсульта (Раздел 5). Также приведен обзор методов стеганографии для повышения защищенности от нежелательного воздействия на радиологические изображения (Раздел 6).

2. Архитектура системы PACS/RIS

Система архивирования, обработки и передачи диагностических изображений (PACS – Picture Archiving and Communication System) – это набор технических средств, обеспечивающих доступ

к исследованиям. PACS состоит из диагностических приборов, серверной и клиентской частей (PACS-сервер и PACS-клиент). Именно PACS-сервер включает программное и прикладное обеспечения для хранения и управления медицинскими изображениями. PACS-клиент обеспечивает доступ к просмотру и преобразованию медицинских данных пользователям. Для передачи и кодирования медицинских данных используется стандарт DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), информационную модель которого использует PACS для работы с исследованиями. Источником объектов DICOM являются диагностические приборы, которые размещают в DICOM файл графическую информацию и метаданные о результатах исследования. Последнее представляет собой набор тегов с определенным названием и типом данных, в которых содержатся атрибуты с характеристиками самого изображения, с информацией о пациенте и с деталями проведенного исследования (модальность, серия и марка прибора, дата исследования и т.д.). Передача исследований также стандартизирована, но уже сетевым уровнем DICOM, который описывает передачу данных по протоколу TCP/IP. Основная задача стандарта DICOM – это возможность подключения источников исследований независимо от производителя к любой системе PACS, а также передача данных между другими информационными системами.

Все бизнес-процессы в отделении лучевой диагностики проходят через радиологическую информационную систему (РИС, англ. RIS – Radiological Information System). Именно здесь осуществляется регистрация пациентов, создание отчетов и заключений об исследованиях, реализуется документооборот, а также находятся различные справочники названий и областей исследований, кабинетов, врачей и организаций и формы статических отчетов и т.д. Система РИС является функциональной подсистемой медицинской информационной системы (МИС, англ. HIS – Hospital Information System), которая объединяет все виды деятельности в медицинских учреждениях. В целом, набор технических средств PACS тесно интегрирован с РИС и МИС системами и обеспечивает их изображениями от диагностических приборов. По этой причине принято говорить о совместной системе PACS/РИС, которая автоматизирует работу служб лучевой диагностики и устанавливается как часть общей системы МИС.

Распределенная PACS/RIS – это единое информационное пространство для управления радиологическими исследованиями и их централизованного хранения для множества медицинских организаций. На рисунке 1 представлена структурная схема обмена информацией между центральным сервером PACS/RIS и лечебно-профилактическими учреждениями (ЛПУ).

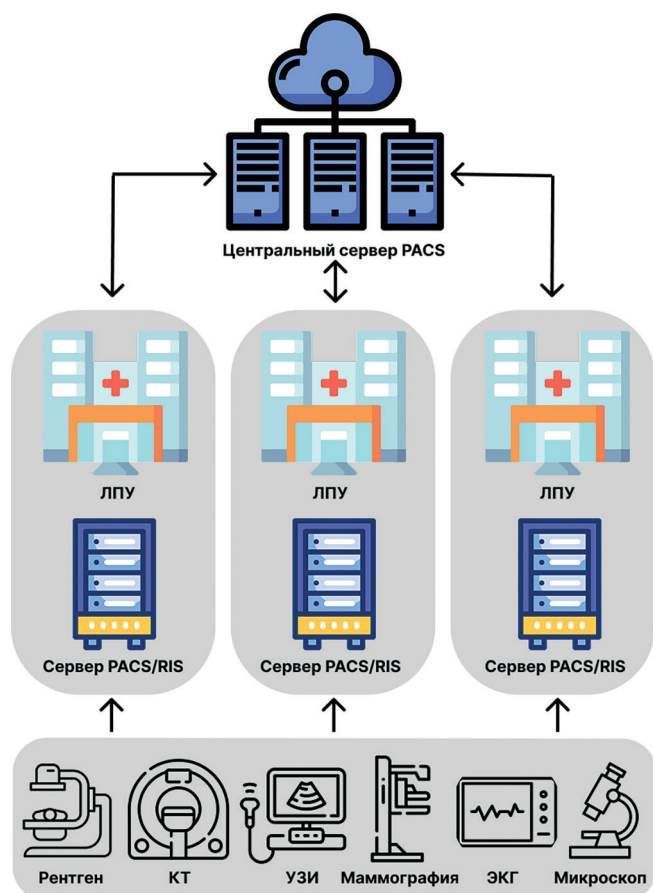


Рис. 1. Структурная схема распределенной PACS/RIS

Результаты исследований поступают от приборов различных модальностей и временно размещаются на хранение в локальных системах PACS/RIS ЛПУ. Далее пересылаются в центральных сервер PACS, который хранит данные всех обследований. Центральный сервер PACS может быть представлен как МИС, в которую прикреплены несколько ЛПУ. В общем случае центральный сервер – это верхний уровень иерархии PACS, который хранит множества систем ЛПУ (муниципальный, городской, региональный и т.д.) Между локальным и центральным PACS может несколько промежуточных, которые также временно сохраняют исследования. Такая система позволяет повысить отказоустойчивость системы и снизить нагрузку на центральный сервер PACS.

По запросу результаты исследования пациента передаются в ЛПУ, где на их основании определяют диагноз пациента на автономных рабочих местах (АРМ).

3. Защита данных

При построении информационных систем должны учитываться потенциальные угрозы несанкционированного доступа к информации о пациенте. Нормативно-правовые документы регламентируют

создание таких систем таким образом, чтобы доступ к информации был строго определен, а данные были защищены от внешнего вмешательства. Радиологические исследования относятся к персональным данным (ПДн), субъектом которых является пациент. Медицинские информационные системы являются субъектом информационной системы персональных данных (ИСПДн) или оператором ПДн. Перечень ПДн, используемых в здравоохранении, регламентирован в ст. 43, 44, 93, 94 федерального закона № 323-ФЗ от 21.11.2011г. и ст. 44 закона «Об обязательном медицинском страховании в Российской Федерации» № 326-ФЗ от 29.11.2010г., а основные требования к защите информации в ИСПДн представлены в следующих документах: «О персональных данных» № 152-ФЗ от 27.07.2006 г., постановлениях Правительства РФ № 687 от 15.09.2008 г., № 1119 от 01.11.2012 г., № 211 от 21.03.2012 г., приказах ФСТЭК России № 17 от 11.02.2013 г. (в ред. от 15.02.2017) и № 21 от 18.02.2013 г., приказе ФСБ России № 378 от 10.07.2014 г. Последний приказ регламентирует организационные и технические средства по обработке ПДн в ИСПДн [4, 5]. Передача информации с использованием криптографических средств представлена в приказе ФСБ №524 от 24.10.2024, причем рекомендуемые стандарты по использованию российских криптоалгоритмов, парольной защиты ключевой информации и т.д., представлены в документах Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, например, Р 1323565.1.043–2022 (Криптографическая защита информации. Контрольные примеры использования российских криптоалгоритмов приведены в протоколе безопасности транспортного уровня (TLS 1.3)) и Р 1323565.1.040–2022 (Криптографическая защита информации. Парольная защита ключевой информации) [6]

4. Сопровождение системы PACS/РИС

Для таких сложных систем, как PACS/РИС, установка программных продуктов не является заключительным этапом для успешного функционирования системы в течение долгого времени. Это объясняется добавлением новых диагностических аппаратов, расширением доступных модальностей, интеграции с другими информационными системами. Такие системы требуют постоянного сопровождения и администрирования. Поддержка может осуществляться на основании дополнительных соглашений с интегратором PACS/РИС или путем привлечения квалифицированного штата сотрудников. В любом случае, поддержание работоспособности требует современных средств для управления системой: от конфигурирования радиологических приборов до мониторинга заполняемости архива. Процесс администрирования

сводится к манипулированию рядом приложений, количество и разнообразие которых существенно усложняют обслуживание таких систем.

В настоящей работе предлагается следующая классификация компонентов PACS/RIS, которые постоянно задействованы при сопровождении медицинских информационных систем.

I. Сущности PACS

Это группа компонентов, участвующих в формировании, обмене и хранении изображений, а также имеющие модель данных по спецификации DICOM в базе данных. Сюда входят: принтеры, источники радиологических исследований, пути хранения для изображений исследований и т. д. Конфигурация приборов стандартизирована DICOM. Общие настройки прибора устанавливаются централизованно в системе PACS/RIS, которая передает их на целевое (конкретное) устройство. Например, распространенные задачи управления прибором могут включать: привязка назначений РИС к прибору; изменение информации о местонахождении прибора (отделение, кабинет).

II. Цифровые сервисы

Цифровые сервисы – это группа компонентов, которая включает в себя средства управления и мониторинга цифровых сервисов, запущенных в системе PACS/RIS. Например, сервис сжатия радиологических исследований в соответствии с предусмотренными стандартами компрессии DICOM; сервис архивирования исследований в базу данных, мультимодальные рабочие станции врачей в WEB-исполнении.

К требованиям для разработчиков информационной системы можно отнести создание централизованного журнала событий, куда входит информационная модель событий и заложенные сценарии их формирования. Построение журнала событий и его интеграция со всеми цифровыми сервисами, участвующими в обмене информацией, является важной задачей, потому что именно на его основе происходит анализ и устранение аварийных ситуаций в системе. Передача изображений включает множество компонентов PACS/RIS (от генерации изображений на приборе до отображения преобразованных изображений на автономном рабочем месте врача), каждый из которых является потенциальным источником отказов. Идентификация и устранение отказов необходимо осуществлять в короткий промежуток времени.

Также к этой группе следует отнести создание инструментов для управления изменяемыми параметрами цифровых сервисов, необходимых для их работы, а также средства для мониторинга обмена информацией с внешними системами (МИС, ЦАМИ, ЕМИАС), в результате интеграции с которыми могут

возникнуть отказы в процессе эксплуатации существующей инфраструктуры.

III. Контроль доступа

Контроль доступа – это группа компонентов, которые управляют пользователями системы и определяют уровень привилегий. Реализация единого сервиса авторизации позволяет контролировать доступ пользователя ко множеству ресурсов. Преимущество состоит в едином сервисе авторизации, который определяет уровень доступа для всех веб-приложений, сервисов и баз данных. Кроме того, такой подход позволяет использовать технологию одного входа (single sign on), когда нет необходимости прохождения форм авторизации для каждого ресурса или приложения. В этом случае авторизация происходит единожды только при входе в информационную систему.

5. Программа для управления PACS/RIS

В рамках решения задачи управления системой PACS/RIS предлагается использование программы «PacsMan» [7], который позволяет упростить и оптимизировать обслуживание при длительной эксплуатации и многокомпонентности таких систем. Отличительной особенностью является возможность администрирования ключевых компонентов и их взаимосвязей в рамках одного программного продукта, который включает приложение графического интерфейса пользователя, а также серверную часть со вспомогательными сервисами, которые выполняют целевые задачи, необходимые для полноценного анализа работоспособности системы. Таким является, например, сервис сбора данных о заполняемости директорий.

5.1. Содержание разделов

На основе опыта поддержки системы PACS/RIS введена классификация наиболее используемых разделов. Здесь осуществляются базовые задачи, которые возможно частично или полностью автоматизировать. Каждый раздел состоит из набора страниц, который отображает данные или производит их редактирование. На рисунке 2 представлен список разделов в клиентском приложении «PacsMan».

Далее представлено назначение и краткое описание функциональности разделов:

Журнал событий – отслеживание событий цифровых сервисов. Осуществляет отображения информации о процессах и событиях, происходящих на периоде жизненного цикла работы сервиса. Позволяет систематизировать отображение событий в целевом бизнес-процессе, в котором задействованы несколько сервисов.

Сервисный менеджер – управление цифровыми сервисами, организующими работу системы PACS/RIS. Осуществляет управление состоянием цифровых сервисов в операционной системе.

Журнал событий	Источники DICOM	Сообщения обмена	Контроль доступа
Сервисный менеджер	Принтеры DICOM	Конвейер исследований	
Параметры сервисов	Адресаты DICOM		
	Пути хранения DICOM		

Рис. 2. Список разделов в программе «PacsMap»

Параметры сервисов – управление параметрами цифровых сервисов, необходимых для их работы и хранящихся в базе данных. Осуществляет навигацию по параметрам в виде дерева зависимостей, а также предоставляет возможность их просмотра и редактирования. Параметры хранятся в JSON или XML форматах.

Источники, принтеры, адресаты, пути хранения DICOM – управление сущностями PACS, задействованными в работе с изображениями в DICOM формате. Каждая сущность выделяется в отдельный раздел. Осуществляет навигацию по сущностям PACS (источники, принтеры и т.д.) и автоматизирует базовые задачи по их добавлению, удалению и редактированию конфигураций. Некоторые разделы содержат дополнительные инструменты по получению сводных данных, которые необходимы для оценки состояния информационной системы.

Сообщения обмена – отслеживание обмена сообщений. Осуществляет отображения информации об обмене сообщениями между системами. Медицинские информационные системы активно используют стандарт HL7 для обмена данными с целью обеспечения взаимодействия между различными подсистемами. Например, передача сообщений о назначениях на радиологические приборы из МИС в PACS/RIS. Со стороны PACS/RIS в МИС могут отправляться сообщения, информирующие о наличии данных изображений для ранее переданных назначений, или сообщения, содержащие протоколы выполненных исследований.

Конвейер исследований – управление исследованиями, которые были получены от источника DICOM с ошибками валидации. Осуществляет навигацию и редактирование исследований, которые должны быть сохранены в базу данных, но содержат ошибки. Принцип работы PACS разделяет шаг приема исследований от прибора и сохранения в базу данных. Перед сохранением происходит валидация исследований на предмет соответствия спецификации DICOM. Условия укладки исследования могут быть нарушены из-за этих критериев валидации. Для избежания отправления отказов в сохранении исследований на источник DICOM после диагностики пациента, исследования задерживаются здесь и ожидают ручного исправления ошибок.

Контроль доступа – управление уровнем доступа пользователя к различным ресурсам.

5.2. Применение

Ранее было сказано, что системы PACS/RIS включают большое количество цифровых сервисов, которые задействованы при формировании, передаче, хранении и преобразовании изображений. В данной работе функционирование программы представлено на комплексе задействованных сервисов, участвующих в эксперименте по сегментации признаков ишемического и геморрагического инсульта на основе модуля ИИ [8]. Задача настоящего примера состоит в демонстрации возможности «PacsMap» не только в управлении конфигурацией различных объектов DICOM, но и достаточно эффективном отслеживании циклов работы нескольких сервисов. С этой стороны программа может предоставлять информацию о сообщениях обмена между сервисами, процессах работы и причинах отказа.

Процесс работы включает в себя следующие этапы:

1. Задача на сегментацию исследования. Получение от заказчика запроса на сегментацию исследования компьютерной томографии с указанием уникального идентификатора.
2. Загрузка исследования. Загрузка исследования из внешней системы PACS/RIS по протоколу DICOM с указанными параметрами заказчика.
3. Сегментация исследования. Запуск программы сегментации исследования с использованием модуля ИИ, которая в том числе формирует заключение о найденных патологиях.
4. Публикация исследования. Отправка сегментированного исследования и заключения к нему по протоколу DICOM во внешнюю систему PACS/RIS.
5. Отчет о выполнении. Публикация отчета заказчику о выполнении работы в установленном формате.

На рисунке 3 представлен журнал событий для формирования отчета по работе системы сегментации геморрагического или ишемического инсульта в соответствии с перечнем этапов, описанных выше. Каждая запись о событии содержит дополнительную информацию в окне «Детали события» (рисунок 4). Журнал событий содержит несколько фильтров для выборки интересующих событий. Для объединения

Источник: LOGS

admin@... Выйти

Уровень

Время

Программа

PID/TID

Сообщение

Категория

Information	15.01.2025 12:16:54.217	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	Публикация результатов обработки исследования 1.2.40.0.13	MosMedExchange.Services.Res...
Information	15.01.2025 12:16:54.203	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	Отправка результата обработки исследования 1.2.40.0.13	MosMedExchange.Services.Ima...
Information	15.01.2025 12:16:54.193	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	Отправка результата обработки исследования 1.2.40.0.13	MosMedExchange.Services.Ima...
Information	15.01.2025 12:16:54.190	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/28	PROC 4: return 0	MosMedExchange.Services.Ima...
Information	15.01.2025 12:16:54.190	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/28	C:\Program Files (x86)\Alda Universal\MultiVox\Bin\Alda.MultiVox.B...	MosMedExchange.Services.Ima...
Information	15.01.2025 12:11:48.010	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/39	PROC 3: return 1	MosMedExchange.Services.Ima...
Information	15.01.2025 12:11:48.010	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/39	Обработка исследования 1.2.40.0.13	MosMedExchange.Services.Ima...
Information	15.01.2025 12:08:35.173	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/34	Обработка исследования 1.2.40.0.13	MosMedExchange.Services.Ima...
Information	15.01.2025 12:04:27.040	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/40	Загружено исследование 1.2.40.0.13	MosMedExchange.Services.Ima...
Information	15.01.2025 12:04:19.477	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/40	Загрузка исследования 1.2.40.0.13	MosMedExchange.Services.Ima...
Information	15.01.2025 12:04:07.490	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/13	Новый запрос на обработку OriginalDicomSenderNotify2 [0] @139: S{studyUID:"1.2.40.0.13" ; "Series": "54905"; "modelId": "1000"; "studyDate": "2025-01-15T11:54:06.872+0300"; "researchParams": {"modalityTypeCode": "CT"; "anatomicalAreaCode": "[HEAD]"; "ageGroup": "ADULT"; "orgType": "hospital")	MosMedExchange.Services.Reg...

Группа фильтров

Имя фильтра

Программа MosMedExchange (3.0.8987)

Категория сообщения

EventUID

Сообщение

Имя атрибута

Значение атрибута

Компьютер

PID/Поток

ActivityID efc56bb-f747-4a1b-8bb4-c1f81c6e8e

Минимальный уровень Information

Период Сегодня

Количество 500

☒ Преобразовать сообщение

Рис. 3. Журнал событий при работе модуля ИИ

The screenshot shows the Windows Task Manager application with the 'Performance' tab selected. The 'CPU' section is highlighted, showing 'Usage: 100%' in red. Below this, a detailed view of the CPU activity is visible, listing various processes and their CPU usage percentages. A red box highlights the 'ActivityID' field, which contains the value 'efc566bb-f747-4a1b-8bb4-c1f81c6e8e21'. A red arrow points from the 'ActivityID' label to its corresponding value.

Рис. 4. Детали события

Trace	15.01.2025 12:16:54.193	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	OnDataSet: InstanceNumber 1	MosMedExchange.Services...	CUDA
Information	15.01.2025 12:16:54.193	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	Отправка результата обработки исследования 1.2.40010...	MosMedExchange.Services...	CUDA
Trace	15.01.2025 12:16:54.203	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	OnResponse: C-CTORE-RSP Service Class. Msg ID: 3. Affecte...	MosMedExchange.Services...	CUDA
Trace	15.01.2025 12:16:54.203	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	sops: 1.2.300000-01 16:04:1.4000: 001 000000: 0000...	MosMedExchange.Services...	CUDA
Trace	15.01.2025 12:16:54.203	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	series: 1.2.300000-01 16:04:1.4000: 001 000000: 0000...	MosMedExchange.Services...	CUDA
Trace	15.01.2025 12:16:54.203	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	OnResponse: 1 items sended.	MosMedExchange.Services...	CUDA
Information	15.01.2025 12:16:54.203	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	Отправка результата обработки исследования 1.2.40010...	MosMedExchange.Services...	CUDA
Trace	15.01.2025 12:16:54.207	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	OnDataSet: InstanceNumber 1	MosMedExchange.Services...	CUDA
Trace	15.01.2025 12:16:54.213	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	OnResponse: C-CTORE-RSP Service Class. Msg ID: 3. Affecte...	MosMedExchange.Services...	CUDA
Trace	15.01.2025 12:16:54.213	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	series: 1.2.300000-01 16:04:1.4000: 001 000000: 0000...	MosMedExchange.Services...	CUDA
Trace	15.01.2025 12:16:54.213	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	sops: 1.2.300000-01 16:04:1.4000: 001 000000: 0000...	MosMedExchange.Services...	CUDA
Trace	15.01.2025 12:16:54.213	MosMedExchange (3.0.8987)	5820/31	OnResponse: 1 items sended.	MosMedExchange.Services...	CUDA

Рис. 5. Журнал событий с детальной информацией об отправке результатов во внешний PACS

событий из разных цифровых сервисов, но работающих с одними и теми же данными, предусмотрен фильтр с названием ActivityID (рисунок 3, указатель 4 и рисунок 4, указатель 1). Благодаря этому фильтру существует возможность получения отчета об этапах работы системы с радиологическим исследованием. Каждая запись о событии содержит детали с подробной информацией (рисунок 4). Например, на рисунке 4 демонстрируются детали загрузки исследования путем сетевого запроса DICOM из внешней системы PACS. Данное событие представлено в журнале событий (рисунок 3, указатель 3).

В реализации локального PACS/RIS может быть задействовано несколько баз данных и соответствующих параметров подключения к ним. Программа «PacsMap» также может переключаться между ними (рисунок 3, указатель 1).

Представление журнала событий может быть более подробным и детальным. На рисунке 5 представлен более подробный отчет об отправке результата работы ИИ модуля по DICOM (рисунок 3, указатель 5). Такое представление необходимо для получения подробностей о событиях в целевой задаче

(на рисунке 3 целевая задача – это столбец «Категория»). В данном случае информация может быть использована для верификации причин сбоя соединения при отправке исследования между несколькими информационными системами. Фактически, отображение отчета событий зависит от применяемых фильтров на стороне пользователя для выборки записей.

Внешняя информационная система PACS является источником исследований, а также стороной приема результата сегментации. На рисунке 6 представлен отчет по получению результатов сегментации для такой внешней системы. Выборка определенных событий может осуществляться благодаря фильтру с названием EventUID (рисунок 6, указатель 1).

Прежде всего журнал событий предназначен для логирования событий ПО, функционирующих в информационной системе. Помимо верификации событий при следовании логике программ, необходима также возможность мониторинга обмена сообщений в информационной системе. Как правило, это назначения в формате HL7. В рамках данного примера, такими сообщениями являются задачи на сегментацию исследований от MosMedAI, а также

Уровень	Время	Программа	PID/TID	Сообщение	Категория	Компьютер
Information	15.01.2025 12:16:54.213	DicomServer (6.0.9124)	5528/58	Сохранено исследование: 1.2.40.0.13.1.12	Alda.Ris54.DicomServices.Store...	CUDA
Information	15.01.2025 12:16:54.203	DicomServer (6.0.9124)	5528/53	Сохранено исследование: 1.2.40.0.13.1.12	Alda.Ris54.DicomServices.Store...	CUDA
Information	15.01.2025 12:08:35.223	DicomServer (6.0.9124)	5528/7	Сохранено исследование: 1.2.40.0.13.1.53	Alda.Ris54.DicomServices.Store...	CUDA
Information	15.01.2025 12:08:35.200	DicomServer (6.0.9124)	5528/15	Сохранено исследование: 1.2.40.0.13.1.53	Alda.Ris54.DicomServices.Store...	CUDA
Information	15.01.2025 12:02:48.037	DicomServer (6.0.9124)	5528/35	Сохранено исследование: 1.2.40.0.13.1.93	Alda.Ris54.DicomServices.Store...	CUDA
Information	15.01.2025 12:02:48.017	DicomServer (6.0.9124)	5528/31	Сохранено исследование: 1.2.40.0.13.1.93	Alda.Ris54.DicomServices.Store...	CUDA

Группа фильтров

Имя фильтра

Программа
DicomServer (6.0.9124) X

Категория сообщения
EventUID
c1f8dcde-fa31-488a-8801-71216c3f11 X

Сообщение

Рис 6. Журнал событий внешнего PACS при архивировании исследований

Сообщения обмена

Поиск по фильтру
От 29.01.2025
До 29.01.2025
СЕГОДНЯ
Поиск по сообщению
Поиск по ошибке
С ошибками
Источник
Получатель
Количество записей
200
ОЧИСТИТЬ ФИЛЬТР
ОБНОВИТЬ ДАННЫЕ

Всего записей: 6

Создано	Доставка	Тип	Источник	Получатель	Обработка	Пересылка	Ошибка	Детали
			Источник	Получатель				
15.01.2025 12:03:00	15.01.2025 12:04:07		MosMedAI	PACS/RIS	15.01.2025 12:08:35			Подробнее
15.01.2025 12:16:00	15.01.2025 12:16:54		PACS/RIS	MosMedAI				Подробнее
15.01.2025 11:43:00	15.01.2025 11:43:10		MosMedAI	PACS/RIS	15.01.2025 11:44:13			Подробнее
15.01.2025 11:47:00	15.01.2025 11:47:02		PACS/RIS	MosMedAI				Подробнее
15.01.2025 11:33:00	15.01.2025 11:33:01		MosMedAI	PACS/RIS	15.01.2025 11:36:00			Подробнее
15.01.2025 12:41:12	15.01.2025 11:41:00		PACS/RIS	MosMedAI				Подробнее

Рис 7. Журнал сообщений обмена между системами

отчеты о работе, которые отправляет система PACS/RIS в ответ. На рисунке 7 представлены сообщения обмена в рамках работы модуля ИИ. Задача на сегментацию содержит информацию о деталях исследования и параметры для DICOM запроса, которые необходимы для извлечения исходных изображений из внешнего PACS. Результатом выполнения задачи является заключение модуля ИИ в установленной форме. Отчет о работе предоставляется в деталях записи при переходе по вкладке «Подробнее». Страница сообщений обмена содержат различные типы фильтров запросов для детальной выборки.

Таким образом функциональность «PacsMap» позволяет обслуживать медицинскую информационную систему и внедрять в нее новые компоненты на базе единого приложения. «PacsMap» позволяет не только эффективно выполнять поставленные задачи администрирования, но и дает общий инструмент для мониторинга работы различных узлов многокомпонентной системы, которая может разрабатываться различными коллективами и внедряться в единый рабочий контур.

6. Методы внедрения цифрового знака

Помимо использования различных средств защиты, которые ограничивают доступ и потенциальные угрозы к ПДн пациентов, существуют дополнительные средства для защиты изображений при передаче. Методы стеганографии позволяют защитить содержимое от изменений при хранении и передаче благодаря инъектированию скрытой информации в исходное изображение [9, 10].

Условное деление назначений методов внедрения водяного знака в медицинские изображения включает: аутентификацию, контроль целостности и сокрытие принадлежности к пациенту (DICOM: англ. Electronic Patient Record, сокр. EPR). Последнее является заголовком DICOM файла, который содержит информацию об исследовании.

Сокрытие водяных знаков может происходить как в областях интереса (англ. Region of Interest, сокр. ROI) и фона (англ. Region of Non-Interest, сокр. RONI), так и во всем изображении [11]. В основе большого количество методов стеганографии лежит несколько базовых концепций по обработке изображений или преобразованию информации, которые включают классические методы:

1. Группа методов преобразующих пространственную область (spatial domain techniques) – Least Significant Bit (LSB), Local Binary Pattern (LBP), метод модификации гистограммы (Histogram Modification). Данные методы обладают высокой емкостью и низким уровнем вычислительной сложности, но не являются обратимыми при сжатии изображений с потерями

или при добавлении шума. Кроме того, являются заметными в изображении [12, 13]. Для решения последнего недостатка активно применяют методы сжатия водяных знаков без потерь, чтобы сохранить информацию и уменьшить заметность при визуальной диагностике изображения [14].

2. Группа методов преобразования (Transform Domain Techniques) осуществляет приведение исходного изображения к новому ортонормированному базису и заменяет коэффициенты разложения по заданному алгоритму. Другими словами, водяной знак встраивают в изображение путем разложения изображения на спектральный состав. К данной группе относятся методы дискретного, косинусного, Фурье- и вейвлет преобразований (DCT, DFT и DWT). Данная группа методов обладает высокой степенью устойчивости к различным видам атак, незаметным при инъектировании, но в отличие от методов, преобразующих пространственную область, имеют небольшую емкость и высокую вычислительную сложность [12, 13].

На первом этапе водяной знак инъектируется в момент создания изображения локальным PACS с помощью закрытого ключа, далее проверка осуществляется в момент достижения главного PACS. Второй этап предполагает проверку перед консолидацией данных в главном PACS, а заключительный – при каждом запросе изображений⁶. Стоит учитывать, что проверка водяного знака существенно задерживает передачу изображения в реальных системах PACS, поэтому внедрение этой технологии возможно при проработке определенных сценариев и оценки их информационной безопасности, которые позволят осуществлять проверку без значительной потери времени получения исследований прикладными пользователями. Например, в работе⁶ предложено отправлять изображение по запросу врача при неотложной помощи, в то время как сервис проверки водяного знака начнет работу. При обнаружении сервисом атаки врач в процессе работы получает информацию о том, что исследование испорчено и его дальнейшее использование невозможно.

7. Выводы

Информационные медицинские системы стали незаменимым инструментом для управления службой лучевой диагностики в медицинских учреждениях. Повышение уровня нагрузки на существующую инфраструктуру требует современных средств для администрирования и сопровождения систем,

6 Fontani M., Rosa A. D., Caldelli R., Filippini F., Piva A., Consalvo M., Cappellini V. Reversible watermarking for image integrity verification in hierarchical PACS. / In Proceedings of the 12th ACM workshop on Multimedia and security. Association for Computing Machinery. 2010, New York, USA, P. 161–168. DOI: 10.1145/1854229.1854259.

которые позволяют в короткий срок исправлять отказы в различных узлах системы. Одним из ключевых аспектов расширения и масштабирования системы является создание продуманного журнала событий, который играет важную роль в интеграции с внешними системами. Успешное функционирование многокомпонентных и разветвлённых медицинских

информационных систем требует разработки узконаправленных цифровых инструментов.

Использование программы «PacsMan» позволяет эффективно выполнять поставленные задачи администрирования, а также даёт единый инструмент для мониторинга работы различных узлов многокомпонентной системы.

Рецензент: Сигов Александр Сергеевич, академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор, Президент Российского технологического университета – МИРЭА. Москва, Россия.
E-mail: assigov@yandex.ru

Работа выполнена в рамках государственного задания МГУ им. М. В. Ломоносова.

Литература

1. Тюрин И. Е. Лучевая диагностика в Российской Федерации. // Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2018. Т. 1. № 4. С. 43–51. DOI: 10.37174/2587-7593-2018-1-4-43-51.
2. Кобринский Б. А., Долотова Д. Д., Донитова В. В., Гаврилов А. В. Радиологические изображения в создании гибридных интеллектуальных систем. // Врач и информационные технологии. 2020. № 4. С. 43–50. DOI: 10.37690/1811-0193-2020-4-43-50.
3. Шелехов П. В., Омеляновский В. В. Анализ парка рентгенологического оборудования в Российской Федерации // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2023. № 3(45). С. 26–32. DOI: 10.17116/medtech20234503126.
4. Столбов А. П. Обезличивание персональных данных в здравоохранении. // Врач и информационные технологии. 2017. № 3. С. 76–91.
5. Столбов А. П. О кибербезопасности медицинской деятельности. Вестник Росздравнадзора. 2020. № 3. С. 44–52. – DOI 10.35576/2070-7940-2020-3-44-52.
6. Гусев С. Д. Информационная безопасность медицинской организации / С. Д. Гусев. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Русайнс». 2024. 154 с.
7. Гаврилов А. В., Куликов И. В., Краюшкин Д. В. Программа графического пользовательского интерфейса для сопровождения информационной системы PACS/RIS. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Российская Федерация, № 2025613353, заявл. 21.02.2025, опублик. 6.03.2025.
8. Гаврилов А. В., Долотова Д. Д., Парусников А. В., Благосклонова Е. Р., Соломинова Т. А., Акимова Е. А., Краюшкин Д. В. Программа комплексного анализа DICOM-изображений компьютерной томографии головного мозга при острых нарушениях мозгового кровообращения «Multivox AI Stroke». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Российская Федерация, № 2024689469, заявл. 30.11.2024, опублик. 16.12.2024.
9. Kuraparthi S., Kollati M., Kora P. An optimized blind dual medical image watermarking framework for tamper localization and content authentication in secured telemedicine // Biomed. Signal Process. Control. 2020. V. 55. p. 101665. DOI: 10.1016/j.bspc.2019.101665.
10. Fan T., Chao H., Chieu B. Lossless medical image watermarking method based on significant difference of cellular automata transform coefficient. // Signal Process. Image Commun. 2019. V. 70, P. 174–183. DOI: 10.1016/j.image.2018.09.015.
11. Parah S. A., Sheikh J. A., Ahad F., Loan N. A., Bhat G. M. Information hiding in medical images: a robust medical image watermarking system for E-healthcare. // Multimed. Tools Appl. 2017. V. 76. № 8. P. 10599–10633. DOI: 10.1007/s11042-015-3127-y.
12. Anand A., Singh A. K. Watermarking techniques for medical data authentication: a survey. // Multimedia Tools and Applications. 2021. Vol. 80. p. 30165–30197. DOI: 80. 10.1007/s11042-020-08801-0.
13. Qasim A., Meziane F., Aspin R. Digital watermarking: Applicability for developing trust in medical imaging workflows state of the art review. // Computer Science Review. 2018, V. 27. PP. 45–60. DOI: 10.1016/j.cosrev.2017.11.003.
14. Badshah G., Liew S.-C., Zain J. M., Ali M. Watermark Compression in Medical Image Watermarking Using Lempel-Ziv-Welch (LZW) Lossless Compression Technique. // Journal of Digital Imaging. 2015. V. 29. № 2. p. 2016–225. DOI: 0.1007/s10278-015-9822-4.
15. Fontani M., Rosa A. D., Caldelli R., Filippini F., Piva A., Consalvo M., Cappellini V. Reversible watermarking for image integrity verification in hierarchical PACS. / In Proceedings of the 12th ACM workshop on Multimedia and security. Association for Computing Machinery. 2010, New York, USA, P. 161–168. DOI: 10.1145/1854229.1854259.

MODERN APPROACHES TO SUPPORTING AND IMPROVING MEDICAL INFORMATION SYSTEMS

Gavrilov A. V.⁷, Krayushkin D. V.⁸, Kulikov I. V.⁹, Solominov M. V.¹⁰, Chepovsky A. M.¹¹

Keywords: PACS/RIS, information security, watermarks.

The purpose of the study: the digitalization of healthcare has stimulated the development of medical information systems. Studies have become more accessible due to the widespread implementation of digital image exchange in radiology services, as well as the increase in the number and improvement in the quality of radiological equipment. The growing load on the existing infrastructure of medical institutions requires constant administration and prompt resolution of failures. The aim of this work is to develop approaches for the effective maintenance of medical information systems.

Method: the architecture of a distributed PACS/RIS system was examined. The main components of the PACS/RIS system involved in its operation were presented.

Results: a developed tool for monitoring and managing medical information systems is presented. Its functional capabilities include: managing the configuration of various DICOM objects; obtaining information about message exchange; managing application software; generating reports on their workflow stages. Reviews were conducted aimed at improving medical information systems from the perspective of information security: methods of embedding digital watermarks for radiological images; documents regulating modern requirements for technical measures and equipment to address data security threats in medical information systems.

Scientific novelty: this work provides recommendations for creating digital tools that monitor and manage medical information systems, taking scalability into account.

References

1. Tjurin I. E. Luchevaja diagnostika v Rossijskoj Federacii. // Onkologicheskij zhurnal: luchevaja diagnostika, luchevaja terapija. 2018. T. 1. № 4. S. 43–51. DOI: 10.37174/2587-7593-2018-1-4-43-51.
2. Kobrinskij B. A., Dolotova D. D., Donitova V. V., Gavrilov A. V. Radiologicheskie izobrazhenija v sozdanii gibridnyh intellektual'nyh sistem. // Vrach i informacionnye tehnologii. 2020. № 4. S. 43–50. DOI: 10.37690/1811-0193-2020-4-43-50.
3. Shelelov P. V., Omel'janovskij V. V. Analiz parka rentgenologicheskogo oborudovanija v Rossijskoj Federacii // Medicinskie tehnologii. Ocenka i vybor. 2023. № 3(45). С. 26–32. DOI: 10.17116/medtech20234503126.
4. Stolbov A. P. Obezlichivanie personal'nyh dannyh v zdravoohranении. // Vrach i informacionnye tehnologii. 2017. № 3. S. 76–91.
5. Stolbov A. P. O kiberbezopasnosti medicinskoj dejatel'nosti. Vestnik Roszdravnadzora. 2020. № 3. S. 44–52. – DOI 10.35576/2070-7940-2020-3-44-52.
6. Gusev S. D. Informacionnaja bezopasnost' medicinskoj organizacii / S. D. Gusev. Moskva: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju «Rusajns». 2024. 154 s.
7. Gavrilov A. V., Kulikov I. V., Krayushkin D. V. Programma graficheskogo pol'zovatel'skogo interfejsa dlja soprovozhdenija informacionnoj sistemy PACS/RIS. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM. Rossijskaja Federacija, № 2025613353, zajavl. 21.02.2025, opubl. 6.03.2025.
8. Gavrilov A. V., Dolotova D. D., Parusnikov A. V., Blagosklonova E. R., Solominova T. A., Akimova E. A., Krayushkin D. V. Programma kompleksnogo analiza DICOM-izobrazhenij komp'juternoj tomografii golovnogo mozga pri ostryh narushenijah mozgovogo krovoobrashhenija «Multivox AI Stroke». Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM. Rossijskaja Federacija, № 2024689469, zajavl. 30.11.2024, opubl. 16.12.2024.
9. Kuraparthi S., Kollati M., Kora P. An optimized blind dual medical image watermarking framework for tamper localization and content authentication in secured telemedicine // Biomed. Signal Process. Control. 2020. V. 55. p. 101665. DOI: 10.1016/j.bspc.2019.101665.
10. Fan T., Chao H., Chieu B. Lossless medical image watermarking method based on significant difference of cellular automata transform coefficient. // Signal Process. Image Comm. 2019. V. 70, P. 174–183. DOI: 10.1016/j.image.2018.09.015.
11. Parah S. A., Sheikh J. A., Ahad F., Loan N. A., Bhat G. M. Information hiding in medical images: a robust medical image watermarking system for E-healthcare. // Multimed. Tools Appl. 2017. V. 76. № 8. P. 10599–10633. DOI: 10.1007/s11042-015-3127-y.
- 7 Andrey V. Gavrilov, Ph.D. (Eng.), Head of the Laboratory of Medical Computer Systems, D.V. Skobel'syn Research Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, SINP Lomonosov Moscow State University. Moscow, Russian Federation. E-mail: agavrilov49@gmail.com
- 8 Denis V. Krayushkin, PhD student, National Research University Higher School of Economics (HSE); programmer, GAMMAMED-SOFT LLC. Moscow, Russia. E-mail: KrayushkinDenV@yandex.ru
- 9 Igor V. Kulikov, Chief Programmer, Laboratory of Medical Computer Systems, D.V. Skobel'syn Research Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, SINP Lomonosov Moscow State University. Moscow, Russia. E-mail: igor@multivox.ru
- 10 Maxim V. Solominov, postgraduate student of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Moscow Polytechnic University»; Programmer at GAMMAMED-SOFT LLC. Moscow, Russia. E-mail: msolominov@yandex.ru
- 11 Andrey M. Chepovsky, D.Sc. (Eng.), Professor, Plekhanov Russian University of Economics; Professor, National Research University Higher School of Economics (HSE). Moscow, Russia. E-mail: achipovsky@hse.ru

12. Anand A., Singh A. K. Watermarking techniques for medical data authentication: a survey. // Multimedia Tools and Applications. 2021. Vol. 80. p. 30165–30197. DOI: 80. 10.1007/s11042-020-08801-0.
13. Qasim A., Meziane F., Aspin R. Digital watermarking: Applicability for developing trust in medical imaging workflows state of the art review. // Computer Science Review. 2018, V. 27. PP. 45-60. DOI: 10.1016/j.cosrev.2017.11.003.
14. Badshah G., Liew S.-C., Zain J. M., Ali M. Watermark Compression in Medical Image Watermarking Using Lempel-Ziv-Welch (LZW) Lossless Compression Technique. // Journal of Digital Imaging. 2015. V. 29. № 2. p. 2016–225. DOI: 0.1007/s10278-015-9822-4.

