ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ REST В ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ СВЯЗИ

А.С. Гузарев, Н.И. Лычагин

*ПАО «Информационные телекоммуникационные технологии»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация*

На основе анализа модели обмена различной информацией в автоматизированных комплексах связи и известных протоколов управления рассмотрены возможные способы управления оборудованием. Сделан вывод о целесообразности применения для этих целей архитектуры REST, используемой для организации взаимодействия веб-сервисов. Приведено описание разработанных технических решений на основе REST, которые были реализованы в многофункциональном интегрированном корабельном комплексе связи нового поколения. Государственные испытания комплекса подтвердили практическую эффективность предложенной архитектуры.

Ключевые слова: автоматизированный комплекс связи, система управления, архитектура REST, Ethernet, информационный обмен.

PRACTICAL USE OF REST ARCHITECTURE IN THE RESOURCE MANAGEMENT OF COMMUNICATION SYSTEM

A.S. Guzarev, N.I. Lychagin

PJSC "Information Telecommunication Technologies", Saint Petersburg, Russian Federation

Based on the analysis of the model for exchange of various information in automated communication systems and known control protocols, possible methods of controlling the equipment are considered. It is concluded that it is advisable to use the REST architecture used for organizing the interaction of web services for these purposes. The description of the developed technical solutions based on REST, which were implemented a new generation multi-functional integrated ship communications system, is given. State tests of the complex confirmed the practical effectiveness of the proposed architecture.

Keywords: automated communication complex, control system, REST architecture, Ethernet, information exchange.

Введение

Автоматизированные комплексы связи (АКС) специального назначения (надводных кораблей, подводных лодок и др.) должны обеспечивать своевременную, достоверную и безопасную передачу сообщений. В рамках жизненного цикла АКС возникает объективная необходимость в изменении его состава, вызванная устареванием устройств, проведением учений, появлением новых каналов взаимодействия, испытаний новой техники и другими изменениями условий эксплуатации. АКС проектируются на долгий срок службы, как правило, составляющий 40 лет. Срок службы оборудования, входящего в состав АКС, обычно не превышает 15 лет. В условиях варьирования номенклатуры технических средств АКС возникает необходимость взаимодействия с различными типами устройств, устанавливаемых на объекте, а также на взаимодействующих объектах. Таким образом, создаваемые АКС должны обладать гибкими возможностями по изменению номенклатуры управляемых средств, что предъявляет дополнительные требования к адаптивности архитектуры управления. Рассмотрим более детально механизм информационного взаимодействия между системой управления и элементами АКС.

1. Обобщенная схема информационного обмена в системе управления

Современные АКС используют транспортную сеть, построенную на основе технологии Ethernet, которая была описана в работе [1]. Терминальные устройства, система управления, радиосредства взаимодействуют по протоколу IP. Обобщенная схема информационного обмена приведена на рис. 1.

Рис. 1. Обобщенная схема информационного обмена

Некоторые радиосредства не имеют интерфейсов Ethernet, взаимодействие с ними должно осуществляться по стыкам C1-И, C1-ТЧ, C1-ТЛГ, ИРПС и другим. Для включения их в транспортную сеть применяются приборы преобразования интерфейсов (ППИ), выполняющие двухстороннее преобразование стыка сопряжения в интерфейс Ethernet. ППИ имеет один интерфейс для работы по Ethernet и несколько интерфейсов для подключения технических средств по различным стыкам сопряжения. Система управления назначает каждому стыку сопряжения свой IP-адрес (порт), что обеспечивает доступность любого устройства в IP-сети. Терминальные устройства работают по протоколам SIP и RTP, обеспечивающим телефонию, видеотелефонию, конференцсвязь, обмен сообщениями и другие услуги. Для работы в составе тракта все устройства должны работать по SIP и RTP, но реализовать это технически сложно. Поэтому применяется шлюз взаимодействия, выполняющий прозрачное преобразование потоков устройств, подключаемых через ППИ, и устройств, работающих по Ethernet со своими форматами сообщений в формат, с которым работают терминалы. Таким образом, терминальные устройства могут работать с радиосредствами так же, как и с любыми другими SIP-абонентами. Полная цепочка взаимодействующих устройств называется трактом, она показана на приведенной схеме в виде информационного потока. При этом любой терминал может быть коммутирован с любым радиосредством. Для успешного функционирования тракта требуется настройка большинства устройств, входящих в него. Настройка выполняется в автоматическом режиме системой управления, она показана на приведенной схеме в виде потоков управления. Кроме настройки, система управления контролирует устройства в процессе их работы, что позволяет выявлять неисправности, оперативно перекоммутировать устройства и обеспечивать качество связи.

Основная сложность заключается в интерфейсе взаимодействия системы управления с устройствами. В условиях варьирования номенклатуры АКС требуется обеспечение необходимого уровня управляемости, позволяющего обходиться без ручной конфигурации технических средств и их соединений в обход коммутационных средств АКС. Совокупность технических решений по информационному взаимодействию системы управления с управляемыми объектами будем называть архитектурой управления. Для выбора архитектуры требуется рассмотреть существующие механизмы управления сетевыми устройствами.

2. Выбор архитектуры управления

Управление сетью АКС включает комплекс мер и мероприятий, направленный на контроль предоставляемых услуг, формирование трактов связи, обнаружение и устранение сбоев, контроль безопасности и другие аспекты. Управления сетями строится по различным архитектурам, базирующимся на протоколах сетевого взаимодействия. Можно выделить три протокола, получивших широкое распространение: SNMP (Simple Network Management Protocol), протокол SOAP (Simple Object Access Protocol), архитектурный стиль взаимодействия компонентов REST (Representational State Transfer) [2–4].

Протокол SNMP применяется для мониторинга параметров активных сетевых устройств, компьютеров, серверов. Протокол имеет распределенную архитектуру, состоящую из системы управления и агентов. Контроль выполняется посредством запросов GET, GETNEXT и TRAP для получения состояния параметров и запросом SET на их изменение. Набор контролируемых параметров хранится в системе управления в виде информационной базы данных MIB (Management Information Base). Обязательным условием работы системы управления является поддержание MIB в актуальном состоянии.

Альтернативным подходом разработки управляемого программного обеспечения является сервис-ориентированная архитектура SOA (Service-Oriented Architecture) [5], определяющая взаимодействие распределенных компонентов системы, не имеющих информации друг о друге или имеющих в минимальном объеме. Это позволяет гибко компоновать различные подсистемы и заменять их другими. Архитектура SOA не привязана к определенной технологии или протоколу, а имеет несколько реализаций, включая SOAP и REST.

Протокол SOAP определяет формат сообщения в виде документа XML. SOAP-сообщение может содержать вызов процедуры, ответ на запрос, формализованные данные или другую информацию. XML-структура передается посредством протоколов HTTP, FTP, SMTP и других.

Протокол SOAP использует протокол HTTP только в качестве транспорта и не использует всех его возможностей. Архитектурный стиль REST описывает использование стандартных HTTP-методов при взаимодействии слабосвязанных компонентов. REST основан на представлении объектов управления в виде ресурсов, имеющих унифицированные идентификаторы URI (Uniform Resource Identifier) [4] для получения доступа. Идентификаторы URI могут вкладываться друг в друга, образуя иерархию, например, обращение к ресурсу компонента может быть выполнено по следующему URI: *http://адрес_компонента/узел/ресурс*. Данные ресурсов могут быть представлены в виде форматов: JSON, HTML, XML или текст. Изменение ресурсов вызывает реакцию компонента, которому они принадлежат. Например, добавление ресурса может привести к формированию тракта связи, удаление – к расформированию.

Протоколы SNMP, SOAP и архитектурный стиль REST могут быть в равной степени использованы в качестве основы для интерфейса управления АКС. Учитывая особенности АКС и потребности в интеграции оборудования различных типов, сервис-ориентированная архитектура является более привлекательной при разработке интерфейсов управления.

Основным преимуществом REST является простота реализации и использования, HTTP-методы поддерживаются всеми браузерами и многими утилитами операционных си-

стем. Формат данных JSON является предпочтительным, поскольку легче читается человеком и обрабатывается программными средствами, чем XML.

SOAP имеет встроенные механизмы контроля целостности, обработки ошибок и шифрования XML-структуры, но привносит избыточность, что влечет за собой повышение объемов передаваемой информации, снижение скорости обработки управляющей информации. Сообщения REST обрабатываются быстрее за счет более простой структуры и возможности кэширования запросов.

Таким образом, исходя из ряда приведенных факторов, архитектурный стиль REST был выбран в качестве основы для интерфейса взаимодействия компонентов АКС.

3. Описание принятых решений

Функционал АКС обеспечивается несколькими программными средствами предоставления услуг, называемых службами. Данные и состояния служб можно представить в виде ресурсов REST. Решаемая задача предполагала управление варьируемой номенклатурой устройств и соответствующих им служб, для решения были созданы механизмы централизации сервисов и ресурсов.

Централизация сервисов выполнена за счет службы DNS [6]. По запросам от терминальных устройств данная служба преобразует доменное имя в IP-адрес. Следовательно, для связи с необходимой службой достаточно иметь информацию о соответствующих ей доменному имени и порте. Служба DNS должна содержать запись типа CNAME для каждой службы АКС. В качестве примера можно привести листинг фрагмента конфигурационного файла программного средства bind, входящего в состав операционной системы AstraLinux:

su.aks	IN A	192.168.1.10
server1.aks	IN A	192.168.1.11
server2.aks	IN A	192.168.1.12
serveice1.su.aks	IN CNAME	server1.aks
serveice2.su.aks	IN CNAME	server1.aks
serveice3.su.aks	IN CNAME	server2.aks
serveiceN.su.aks	IN CNAME	server2.aks

В приведенном примере описывается доменная зона с именем «aks», содержащая: сервер системы управления «su.aks» с IP-адресом 192.168.1.10, сервер «server1.aks» с IP-адресом 192.168.1.11 и сервер «server2.aks» с IP-адресом 192.168.1.12. Службы «serveice1.su.aks», «serveice2.su.aks» запущены на сервере «server1.aks», службы «serveice2.su.aks», «serveiceN.su.aks» запущены на сервере «server2.aks».

Будем называть компонентом системы управления (КСУ) службу АКС, имеющую REST-ресурсы и выполняющую регистрацию в системе управления при запуске.

Централизация выполняется путем добавления ресурсов КСУ в дерево ресурсов системы управления при регистрации. С точки зрения терминального устройства, все подсистемы становятся включенными в состав системы управления как в единое программное средство. Данный принцип проиллюстрирован на рис. 2.

При поступлении запросов на ресурсы КСУ система управления может как самостоятельно выполнять обработку, так и транслировать запросы компонентам.

Пример трансляции запросов системой управления на ресурсы КСУ представлен на диаграмме соединения (рис. 3). HTTP-запросы в неизменном виде перенаправляются на компонент. Ответ от компонента таким же способом перенаправляется терминалу.

Пример обработки запросов системой управления представлен на диаграмме соединения (рис. 4). При получении запросов система управления выполняет обработку самостоятельно, в соответствии с алгоритмом работы взаимодействует с необходимыми КСУ (компонент 1 и компонент 2) и формирует ответ терминалу.

Рис. 2. Добавление ресурсов компонентов

Рис. 3. Диаграмма трансляции запросов

Рис. 4. Диаграмма обработки запросов

Обработка запросов системой управления применима при работе с КСУ предусмотренных алгоритмов. В остальных случаях используется сценарий трансляции.

Предполагается, что REST и DNS используется в интерфейсе взаимодействия всех управляемых устройств АКС, включая терминалы, сетевые устройства, каналообразующую аппаратуру. В случае, когда требуется взаимодействие с изделиями, не имеющими возможности управления по представленным принципам, REST интерфейс запускается на шлюзе взаимодействия и обеспечивает двухстороннее преобразование управляющих HTTP-поток в формат соответствующего устройства.

На рис. 5 изображена схема взаимодействия устройств в комплексе по REST. Устройства, имеющие специальные стыки взаимодействия, включая RS-232, ИРПС, С1-ФЛ-БИ, С1-ТЛГ и С1-ТЧ, подключаются через ППИ. В системе управления предусмотрен компонент «Шлюз взаимодействия», имеющий агенты управления, обеспечивающие преобразование запросов к REST-ресурсам в формат, соответствующий протоколу сопряжения с подключаемым устройством. Для остальных типов устройств REST является основным интерфейсом взаимодействия.

Рис. 5. Реализация интерфейсов взаимодействия на основе REST

Представленный принцип реализации интерфейса взаимодействия системы управления и управляемых объектов на основе REST архитектуры и DNS записей, во-первых, позволяет минимизировать конфигурационную информацию, необходимую для совместной работы цепочки разнородных устройств, во-вторых, упростить задачу создания унифицированного интерфейса взаимодействия как со стороны разработчиков системы управления, так и со стороны разработчиков аппаратуры связи. Таким образом, обеспечивается интеграция системы управления АКС с различными типами применяемых устройств.

Предложенная реализация интерфейса взаимодействия была выполнена коллективом разработчиков ПАО «Интелтех» под руководством А.А. Малаховского в рамках создания многофункционального интегрированного корабельного комплекса связи, которому был присвоен индекс Р-772.

Выводы

1. Проанализированы различные способы информационного и управляющего взаимодействия технических средств перспективного АКС, который должен удовлетворять требованиям варьирования состава управляемого оборудования на различных этапах его жизненного цикла.
2. Проведено сравнение существующих решений по управлению сетевыми устройствами. В качестве основного решения по управлению оборудованием АКС по совокупности параметров был выбран архитектурный стиль REST.
3. Проведена разработка системы управления корабельного АКС нового поколения на основе REST и DNS. Комплексу присвоен индекс Р-772.
4. Государственные испытания комплекса Р-772 показали возможность и практическую эффективность применения REST в качестве унифицированного интерфейса взаимодействия элементов АКС.
5. Предлагаемые решения могут быть применены в подобных комплексах с переменным составом управляемого оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблематика создания и реализация унифицированной аппаратно-программной платформы для корабельных комплексов связи / Николашин Ю.Л. [и др.] // Морская радиоэлектроника. 2019. № 2 (68), июнь. С. 28–32.
2. SNMP как средство управления сетями // КомпьютерПресс 5'2000. URL: <https://compress.ru/article.aspx?id=10573> (дата обращения: 04.08.2019).
3. Метод обмена информацией между программными системами автоматизации технологических и производственных процессов / Рябов С.Ю. [и др.] // Программные продукты и системы. 2016. № 4 (116).
4. Николаев П.Л. Архитектура интегрированной в облачную среду системы управления умным домом // Программные продукты и системы. 2015. № 2 (110).
5. *Daigneau R.* Service Design Patterns: Fundamental Design Solutions for SOAP/WSDL and RESTful Web Services. Addison-Wesley Professional. 2011 352 p.
6. *Таненбаум Э.* Компьютерные сети. СПб.: Питер, 2019. 960 с.