

# Методы взаимодействия компонентов распределённых схемотехнических САПР на основе протокола WebSocket

В.Н. Гридин, В.И. Анисимов, С.А. Васильев

**Аннотация.** Рассматриваются преимущества и недостатки применения распределённых архитектур для разработки веб-ориентированных схемотехнических систем автоматизированного проектирования. Описываются достоинства применения WebSocket в распределённых системах и методы коммуникации компонентов (узлов) внутри системы по средствам полнодуплексного протокола связи WebSocket (стандарт RFC 6455). Приводятся примеры использования библиотеки WebSocketSharp для обмена сообщениями между двумя серверами. Рассматривается использование библиотеки FLECK для создания прослушивающего компонента WebSocket сервера.

**Ключевые слова:** протокол полнодуплексной связи WebSocket, схемотехническая САПР, распределённая система, WebSocketSharp, FLECK, сложно-структурированные данные.

## Введение

Применение распределённой архитектуры при построения веб-ориентированной схемотехнической системы автоматизированного проектирования связано с большим количеством достоинств, в совокупности определяющих скорость и удобство работы конечного пользователя. К таким преимуществам можно отнести достижения высокой производительности за счёт масштабирования вычислительных мощностей путем применения параллельного алгоритма вычисления с использованием новых ресурсов и добавление новых свойств и методов применительно ко всем видам деятельности сервиса без полной его остановки. Особое значение имеет надёжность и отказоустойчивость, достигаемые благодаря распределённой архитектуре, для которой выход из строя одного или нескольких компьютеров может лишь незначительно повлиять на общую производительность системы [1]. Оптимальное разделе-

ние узлов обеспечивает легкое администрирование и возможность модернизации приложений системы автоматизированного проектирования. Использование распределённой архитектуры может также быть связано с известными недостатками, важнейшими из которых является снижение скорости передачи и безопасности обмена данными.

Работу с пользовательскими данными в распределённой сервис-ориентированной системе можно условно разбить на несколько составляющих: получение пользовательского запроса, обработку заголовка запроса и поиск необходимого свободного узла системы, отвечающего за обработку запроса данного типа (отражённого в заголовке) [2]. На данный момент одним из лучших методов создания приложений, работающих в режиме реального времени является применение технологии WebSocket. Она позволяет создавать устойчивое соединение между клиентом и сервером, уменьшая нагрузку на сервер по сравнению с остальными методами

[3]. Применение технологии WebSocket для передачи данных позволяет приблизиться к эффективности протокола TCP, а также избежать потенциальных проблем с межсетевыми экранами и информационной безопасностью [4].

Учитывая специфику предметной области схмотехнической системы автоматизированного проектирования заключающуюся в расчёте: стационарного режима и частотных характеристик линейных схем, а также расчёте стационарного режима и динамических характеристик нелинейных схем, расчёте чувствительности схем к вариации параметров и внешних воздействий, следует разделить программные модули в соответствии с типами расчёта, в то же время объединив все модули в единой системе для решение задач, затрагивающих несколько типов расчетов на одном наборе входных данных, описывающих схему. Принимая во внимание вероятность обслуживания большого количества одновременных подключений к данной системе, стоит отметить, что применение распределённой архитектуры позволит ей работать максимально эффективно на основе вышеуказанных преимуществ [5].

Проблемой для построения схмотехнической САПР с применением распределенной архитектуры является объём передаваемых данных (в том числе служебных) внутри системы. Опираясь на указанную специфику, большую сложность может оказать гетерогенность сред, а именно кроссплатформенность вычислительных станций и использование различных языков программирования для исполнения компонентов входящих в состав единой распределённой системы, что в свою очередь повлияет на структуру записи данных, неверная интерпретация которой может привести к ошибкам в вычислениях.

Актуальной задачей является построения распределенной схмотехнической САПР удовлетворяющей следующим условиям:

- Система обеспечивает универсальность каждого компонента, входящего в систему, и соответствие требованиям, наложенных предметной областью [6].
- Система обеспечивает безопасное соединение и передачу данных между удаленными

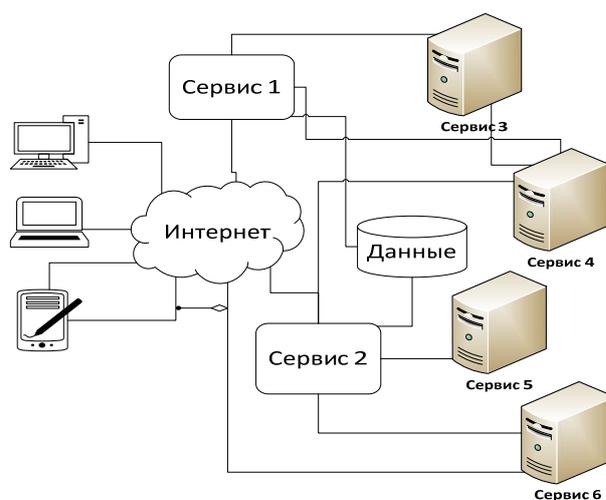


Рис. 1. Архитектура сервис-ориентированной схмотехнической САПР на основе WebSocket

компонентами или узлами, совместно использующими локальную вычислительную станцию для взаимодействия с пользователем напрямую.

- Система обеспечивает многократное использование узлов в одном или нескольких сервисах системы (Рис. 1).

## 1. Описание модуля коммуникации сервера сообщений

Для построения сервера сообщений и средств коммуникации с другими компонентами распределенной веб-ориентированной схмотехнической системы автоматизированного проектирования используется платформа .NET, язык программирования C# и протокол связи WebSocket [7]. Оптимальным решением для создания клиентской составляющей внутри сервера сообщений, отправляющей запросы к конечным или промежуточным вычислительным серверам (многозвенная вычислительная структура), является применение библиотеки WebSocketSharp.

Для использования библиотеки WebSocketSharp следует определить основные понятия, такие как создание соединения (WebSocket()), методы инициализации подключения (Connect()), отправление сообщения (Send()), закрытие соединения (Close()), события, связанные с открытием подключения (OnOpen), сообщений (OnMessage), ошибками (OnError) и закрытием соединения (OnClose).

```

04.02.2017 18:14:11 [Info] Server started at ws://127.0.0.1:8282
WS id: b137b42b-5384-4f4a-9154-c2988e099cba
Data:1*2*0,1*2*3*1*2*0*10*3*0*1*1*0*3*0*0,16*0*0*1* b137b42b-5384-4f4a-9154
c2988e099cba
Запрос обработки данных
Connect to ws://127.0.0.1:8181 ...
Connected successfully to ws://127.0.0.1:8181
Connection id: 18779474-7882-4e7c-b271-9ba6085f2b0a
OnCalc ответил: id: 18779474-7882-4e7c-b271-9ba6085f2b0a
Disconnected with ws://127.0.0.1:8181
Ответ от WSServerMain: Результаты моделирования
  f кгц      kum      kua      rim      ria
          0,16    5,00E-001    2,54    1,48E-001    -44,72
b137b42b-5384-4f4a-9154-c2988e099cba

```

Рис. 2. Работа коммуникационного модуля сервера сообщений

При построении клиентской составляющей внутри сервера сообщений, следует описать метод или функцию для работы с сервером следующего звена с входными параметрами в виде строки подключения и передаваемого сообщения, а в качестве возвращаемого параметра ответ сервера на отправляемый запрос:

```
message=ConnectOnCalcWS("ws://127.0.0.1:8181",s);
```

В самой функции следует учесть отправку сервером следующего звена ID соединения и временную задержку расчета принимающей стороны. В самом простом случае эти события можно учесть с помощью цикла вокруг события OnMessage с проверкой и синтаксическим разбором принимаемых ответов. Ниже приведен пример взаимодействия коммуникационного модуля сервера сообщений и сервера следующего звена, протокол демонстрирует работу приложения начиная с запроса пользователя, заканчивая расчетом конечного сервера (Рис. 2).

## 2. Описание прослушивающего модуля сервера следующего звена

Для построения прослушивающего модуля конечного расчетного сервера или сервера сообщений и взаимодействия с другими компонентами целесообразно использовать бесплатную распространяемую библиотеку FLECK, являющуюся реализацией сервера WebSocket в C#. Библиотеке FLECK не требуется никакого наследования, контейнера или дополнительных ссылок, она подключается к проекту, как динамическая библиотека [8].

Все перечисленные методы и события, относящиеся к библиотеке WebSocketSharp, соответствуют методам библиотеки FLECK, за исключением создания подключения. В данном случае оно будет иметь вид new WebSocketServer и метода инициализации сервера, который в свою очередь теперь имеет вид:

```
WebSocketServer server = new WebSocketServer("ws://url-адрес:8181");
server.Start(socket =>{...});
```

Также следует отметить, что применение данного подхода предлагает использовать специальную структуру IWebSocketConnection для удобного хранения информации о подключениях: [9].

```
List<IWebSocketConnection> clients =
new List<IWebSocketConnection>();
```

Прослушивающий модуль является неотъемлемой составляющей всех узлов, распределенной схмотехнической САПР. Ниже приведен пример взаимодействия прослушивающего модуля сервера расчетов с коммуникационным модулем сервера сообщений, протокол демонстрирует работу приложения начиная с запроса коммуникационного сервера, заканчивая расчетом сервера конечного звена (Рис. 3).

Для обеспечения безопасности соединений на всех уровнях взаимодействий следует использовать шифрованное соединение [10]. При использовании протокола WebSocket для обмена данными шифрованное соединение определяется URI схемой wss: для создания подклю-

```

04.02.2017 18:14:19 [Info] Server started at ws://127.0.0.1:8181
04.02.2017 18:15:12 [Debug] Client connected from 127.0.0.1:59884
id: 18779474-7882-4e7c-b271-9ba6085f2b0a
1*2*0,1*2*3*1*2*0*10*3*0*1*1*0*3*0*0,16*0*0*1* 18779474-7882-4e7c-b271-9ba6085f2
b0a
Answer: Результаты моделирования
      f кгц      kum      kua      rim      ria
          0,16      5,00E-001      2,54      1,48E-001      -44,72
18779474-7882-4e7c-b271-9ba6085f2b0a
close! 18779474-7882-4e7c-b271-9ba6085f2b0a

```

Рис. 3. Работа прослушивающего модуля сервера расчетов

чения как со стороны сервера, так и клиента. Использование шифрованного протокола WebSocket предполагает под собой основу шифрованного протокола HTTPS для рукопожатия и аналогичный метод шифрования SSL.

## Заключение

Использование прослушивающего и коммуникационного модуля на основе протокола WebSocket для компонентов распределённой системы позволяет обеспечить универсальность каждого компонента, многократное использование узлов в различных системах и безопасность соединения между ними.

Использование рассмотренного подхода к построению коммуникации компонентов распределённой веб-ориентированной схмотехнической системы автоматизированного проектирования позволяет благодаря использованию протокола полнодуплексной связи WebSocket (стандарт RFC 6455) получить все основные преимущества распределённых систем и избежать её недостатков с учетом специфики предметной области. Описанный подход способствует повышению отказоустойчивости и реактивности сервиса в условиях большого количества одновременных обращений.

## Литература

1. Шестаков В.С., Сагидуллин А.С. Применение технологий WebSocket в WEB-приложениях технологического назначения // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. Выпуск № 4. Том 58. С.328-330.
2. Лукьянов Н.М., Дергачев А.М. Организация сетевого взаимодействия узлов распределенных систем хранения данных // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. 2011. №2 (72). С. 137-141.
3. Беседа Д.Г., Семенистый Н.В., Аноприенко А.Я. Исследование технологии построения приложений реального времени с использованием протокола websocket // Конференция ИУС КМ - Донецкий национальный технический университет. Донецк: 2013. С.276-282.
4. Двоглазов Д.В., Дешко И.П., Кряженков К.Г., Тихонов А.А. Применение технологии WebSocket в системе удаленного доступа к лабораторным стендам с инфокоммуникационным оборудованием // Интернет-журнал «Наукоедение» Том 7. №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/102TVN415.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/102TVN415
5. Гридин В.Н., Анисимов В.И., Васильев С.А. Методы построения схмотехнических САПР с использованием сервис-ориентированного подхода на базе протокола WebSocket. // Системы и средства информатики. 2016. Том 26. №2. С. 136-146.
6. Reverse Ajax, Part 3: Web servers and Socket.IO // [http://www.ibm.com/URL:http://www.ibm.com/developerworks/web/library/wa-reverseajax3/index.html?S\\_TACT=105AGX99&S\\_CMP=CP](http://www.ibm.com/URL:http://www.ibm.com/developerworks/web/library/wa-reverseajax3/index.html?S_TACT=105AGX99&S_CMP=CP) (дата обращения: 12.12.2016).
7. Колосков М. А. Методы обмена данными между клиентом и сервером в веб-приложениях с применением коммуникаций реального времени // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки. Новосибирск: АНС «СибАК». 2016. С. 59-66.
8. Гридин В.Н., Анисимов В.И., Васильев С.А. Методы повышения быстродействия веб-приложений на основе протокола WebSocket. // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2016. №3 (141). С. 38-43.
9. Анисимов В.И., Гридин В.Н., Васильев С.А. Построение веб-приложений на основе полнодуплексного протокола передачи данных WebSocket в сервис-ориентированных системах автоматизации схмотехнического проектирования // Информационные технологии и математическое моделирование систем 2015. Труды международной научно-технической конференции. Одинцово: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук (Одинцово). 2015. С. 26-28.
10. Глотова Т.В., Бешер Х.И. Особенности информационной безопасности распределённых систем // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2016. №3(14).

**Гридин Владимир Николаевич.** Научный руководитель Центра информационных технологий в проектировании РАН. Окончил МАТИ в 1972 году. Доктор технических наук, профессор. Количество печатных работ: более 300, в том числе 9 монографий. Область научных интересов: информационные технологии. E-mail: info2@ditc.ras.ru

**Анисимов Владимир Иванович.** Главный научный сотрудник Центра информационных технологий в проектировании РАН. Окончил Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет в 1949 году. Доктор технических наук, профессор. Количество печатных работ: 300, в том числе 5 монографий. Область научных интересов: системы автоматизированного проектирования. E-mail: vianisimov@inbox.ru

**Васильев Сергей Алексеевич.** Аспирант Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета (СПГЭУ). Окончил СПГЭУ в 2014 году. Количество печатных работ: 5. Область интересов: системы автоматизированного проектирования. E-mail: venom-gt@list.ru

### **Methods of component interaction of the distributed computer aided circuit design systems based on WebSocket protocol**

V.N. Gridin, V.I. Anisimov, S.A. Vasilev

**Abstract.** We discuss advantages and shortcomings of the application of distributed architectures for the development of web-enabled circuitry automated design engineering systems. Advantages of the application of the WebSocket in distributed systems and communication methods among components (nodes) in such systems by full-duplex communication protocol (RFC 6455) are described. We give several examples of using WebSocketSharp library for message exchange between two servers. Also we consider the FLECK library for creation of the listening server's component.

**Keywords:** the protocol of full-duplex communication of WebSocket (RFC 6455 standard), a circuitry CAD, distributed system, WebSocketSharp, FLECK, difficult structured data.

#### **References**

1. Shestakov V. S., Sagidullin A. S. Technology Use WebSockets in WEB applications technological applications // proceedings of higher educational institutions. Instrumentation. 2015. Issue 4 / volume 58. P. 328-330.
2. Lukyanov N. M., Dergachev A. M. the Organization of network interaction of nodes in distributed data storage systems // Scientific technical Bulletin of St. Petersburg state University of information technologies, mechanics and optics. - 2011. - №2 (72). - S. 137-141.
3. Interview D. G., Seedy N. In. Anoprienko A. Y. the Study of the technology of building real-time applications using websocket Protocol // Conference ICS KM - Donetsk national technical University. Donetsk: 2013. - Pp. 276-282.
4. Dvoeglazov D. V., Deshko I. P., Krasenkow K. G., Tikhonov A. A. the Use of WebSocket technology in the system of remote access to laboratory stands with ICT equipment // Internet-journal "science of Science" Vol. 7, No. 4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/102TVN415.pdf> (access is free). Tit. screen. Yaz. eng., DOI: 10.15862/102TVN415.
5. Gridin V. N., Anisimov V. I., Vasilyev S. A. Methods for constructing circuit CAD system using a service-oriented approach based on the WebSocket Protocol. // Systems and means of Informatics that 26. - 2016. - №2. - S. 136-146.
6. Reverse Ajax, Part 3: Web servers and Socket.IO // <http://www.ibm.com/> URL: [http://www.ibm.com/developerworks/web/library/wa-reverseajax3/index.html?S\\_TACT=105AGX99&S\\_CMP=CP](http://www.ibm.com/developerworks/web/library/wa-reverseajax3/index.html?S_TACT=105AGX99&S_CMP=CP) (date accessed 12.12.2016).
7. Koloskov M. A. Methods of data exchange between client and server in web applications with the use of real-time communications // the Scientific community of students XXI century. Technical Sciences. Novosibirsk: ANS "Sibak", in 2016. S. 59-66.
8. Gridin V. N., Anisimov V. I., Vasilyev S. A. Methods of improving the performance of web applications based on WebSocket Protocol. // Herald of computer and information technologies. - 2016. - №3 (141). - P. 38-43.
9. Anisimov V. I., Gridin V. N., Vasilyev S. A. Building web-based applications full-duplex data transmission Protocol WebSocket in service-oriented systems automation circuit design // Information technologies and mathematical system modeling 2015. Proceedings of international scientific-technical conference. Odintsovo: Federal state budgetary scientific institution the Centre of information technologies in design, Russian Academy of Sciences (Moscow), 2015. P. 26-28.
10. Glotova T. V., Becher H. I. Peculiarities of information security in distributed systems // Modeling, optimization and information technology. 2016. №3 (14).

**V.N. Gridin**, Design information technologies Center Russian Academy of Sciences, scientific director, Dr. Sci., Professor. In 1972 he graduated from Moscow aviation technological Institute. Number of publications: more than 300 (including 9 monographs). Research interests: information technology. E-mail: info2@ditc.ras.ru

**V.I. Anisimov**, Design information technologies Center Russian Academy of Sciences, chief scientific officer, Dr. Sci., Professor. In 1949 graduated from Saint Petersburg State Electrotechnical University. Number of publications: 300 (including 5 monographs). Area of interest: computer aided design. E-mail: vianisimov@inbox.ru

**S.A. Vasilev**, Saint Petersburg State Electrotechnical University, a graduate student. In 2014 graduated from Saint Petersburg State Electrotechnical University. Number of publications: 5. Area of interest: computer aided design. E-mail: venom-gt@list.ru