

REFERENCES

1. Tuzovskiy A.F., Chirikov S.V., Yampolskiy V.Z. *Sistemy upravleniya znaniyami (metody i tekhnologii)* [Knowledge management systems]. Tomsk, NTL Publ., 2005. 260 p.
2. Zakharova A.A., Yampolskiy V.Z. *3D-modelirovanie neftegazovykh mestorozhdeniy* [3D-modelling of oil and gas fields]. Tomsk, NTL Publ., 2010. 224 p.
3. Horridge M., Patel-Schneider P.F. *OWL 2 Web Ontology Language Manchester Syntax (Second Edition)*, 2012. Available at: <http://www.w3.org/TR/owl2-manchester-syntax/> (accessed 01 September 2013).
4. Mishchenko I.T. *Skvazhinnaya dobycha nefti* [Well oil production]. Moscow, Oil and gas Publ. of Russian state university of oil and gas, 2003. 816 p.

УДК 681.3:004.5:004.75

ОРГАНИЗАЦИЯ УДАЛЁННОГО УЧАСТИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА УСТАНОВКЕ ТИПА ТОКАМАК

А.А. Мезенцев, В.М. Павлов, Ю.Н. Голобоков, Д.А. Евстифеев

Томский политехнический университет
E-mail: mezentsev.anton@gmail.com

Описан программный механизм организации удалённого участия в экспериментах на исследовательской установке типа Токамак в части организации удалённого управления оборудованием, контроля его параметров состояния и диагностики. Он является альтернативой традиционно применяемому механизму для российских и зарубежных установок типа Токамак: T-10, T-15, JET, JT-60, FTU и др., основанным на таких программных комплексах, как MDS+ и ПК ИВК. Поскольку традиционные механизмы устарели и не могут применяться на новых установках типа Токамак без глубокой модернизации, задача новой разработки является актуальной. Механизм основан на применении нового унифицированного протокола взаимодействия подсистем системы автоматизации экспериментов установок типа Токамак – T-ICS. Протокол учитывает индивидуальные особенности аппаратной платформы подсистем и обеспечивает шифрование сообщений, необходимое при удалённом взаимодействии компонентов системы посредством сети Ethernet. Показаны его преимущества по сравнению с традиционными подходами, применяемыми при решении подобных задач. Реализация предложенного механизма показана на примере использования SCADA системы TRACE MODE для управления оборудованием системы автоматизации экспериментов на одной из зарубежных установок типа Токамак. Применение нового механизма совместно со SCADA позволяет значительно автоматизировать процесс разработки прикладного ПО, упрощает командный язык управления оборудованием и диагностики его состояния. В настоящее время механизм прошёл тестирование на базе макетов подсистем действующего зарубежного Токамака и полноценно применяется в составе системы управления им. Ввиду высокой перспективности разработки ведутся работы по внедрению механизма в состав системы управления модернизируемого российского Токамака T-15.

Ключевые слова:

Удалённое участие, система автоматизированного управления, САПР, TRACE MODE, протокол T-ICS.

Введение

Экспериментальные физические установки, работающие в импульсно-периодическом режиме, например, такие как Токамак, функционируют под управлением распределённых многоуровневых систем управления. В процессе проведения экспериментов на Токамаках принимает участие значительное количество инженеров и учёных, в том числе территориально располагающихся в других научных центрах вне экспериментального комплекса. В этой связи обеспечение инфраструктуры удалённого участия в экспериментах на физических установках – это направление в технике, которое в настоящее время активно развивается. Использование систем удалённого участия в процессе управления экспериментальными комплексами, на различных этапах подготовки и проведения эксперимента, описано во многих публикациях для установок DIII-D [1], LHD [2], TJ-II [3], JT-60 [4], RFX [5], JET [6] и др.

Применение механизмов удалённого участия в эксперименте дает положительный эффект при использовании в следующих областях: управление

экспериментальными данными [1–6]; управление математическими расчётами [1, 4]; управление параметрами настройки ЭВМ, диагностического и иного оборудования [3, 4, 6, 7]; управление параметрами эксперимента (в том числе в части работы подсистем) [1–3, 6]; телеконференцсвязи [1, 2, 4, 6, 7]. Для реализации этих механизмов применяются как встроенные средства из состава интегрированной программной среды управления экспериментальной установкой (например, JScope, ReviewPlus, EfitViewer), так и инструменты подключения к источнику данных (например, DAS MEX, XAccess, DAQ Access) [8–10]. Исследования [9, 10] показывают, что для организации удалённого участия в эксперименте на Токамаках широко применяются: сетевые интерфейсы, специализированные средства подключения к СУБД (библиотеки XAccess, DASAccess), различные Java- и WEB-клиенты [11] (например, DASWeb). В данной работе будут рассмотрены альтернативные механизмы организации удалённого управления оборудованием в режиме подготовки и проведения физического эксперимента.

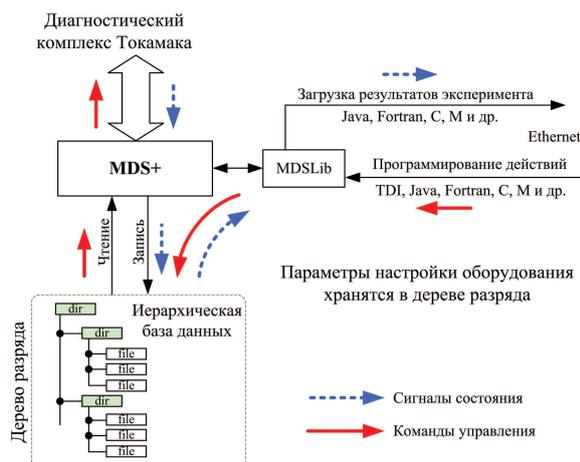


Рис. 1. Схема управления оборудованием при помощи программного комплекса MDS+

Традиционно в составе систем управления экспериментальными комплексами, для разработки программного обеспечения систем автоматизации научных исследований, применяется инструментальный программный комплекс MDS+ [5, 12, 13]. Он используется на установках: Alcator C-Mod, JET, FTU, DIII-D и на десятке других. Также рассматривалась возможность его применения на российских Токамаках T-10 и T-15 [12]. Система управления физическим экспериментом, построенная на основе комплекса MDS+ (рис. 1), предполагает наличие так называемого «дерева разряда» (группы файлов, организованных в виде иерархической базы данных). В режиме подготовки к эксперименту в состав «дерева разряда» записываются параметры настройки оборудования, алгоритмы запуска и останова измерительной аппаратуры, маршрут сохранения результатов, а также другая информация, составляющая описание эксперимента (метаданные). Конфигурация дерева разряда описывается при помощи специализированного текстового языка программирования TCL, он же применяется для программирования операций в системе управления, и языка программирования TDI, используемого для редактирования элементов дерева [12]. Для реализации удалённого доступа к данным и управления экспериментом разработчики программного комплекса предлагают использовать библиотеку MDSLib, обеспечивающую интерфейс между MDS+ и программами, создаваемым пользователями на языках программирования: C, Fortran, Java, M, G, IDL.

Следует заметить, что описанный механизм фактически предполагает реализацию режима программного управления посредством файлового обмена между клиентами (диагностической аппаратурой экспериментального комплекса) и сервером системы автоматизации экспериментов (САЭ), базирующимся на программном комплексе MDS+. В настоящее время такой подход считается устаревшим, поскольку сетевые технологии получили широкое развитие.

Стоит также обратить внимание и на современный комплекс программ сбора, хранения и математической обработки данных, разработанный для измерительно-вычислительного комплекса Института ядерного синтеза Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» [14, 15] (далее ПК ИВК). Преимущества ПК ИВК, по отношению к MDS+, определяются улучшенной моделью структурной организации результатов экспериментов, хранимых в реляционной базе данных, усовершенствованным механизмом подключения к ней, наличием экспериментальной информации нескольких отечественных и зарубежных установок, а также встроенными средствами ее поиска и обработки. В работах [9, 10] показана практическая возможность применения этого программного обеспечения в качестве альтернативы MDS+ при организации удалённого доступа к данным эксперимента, но не упоминается о возможности его использования при управлении экспериментальным оборудованием. Фактически ПК ИВК позиционируется как инструмент структурной организации данных, полученных из различных источников, в том числе из MDS+. Кроме этого, программы из состава ПК ИВК предоставляют пользователю усовершенствованный интерфейс доступа к информационным массивам и средства их обработки после эксперимента.

Несмотря на наличие проверенного временем программного обеспечения, требуется дальнейшее развитие концепции удаленного управления. Современные системы автоматизации эксперимента претерпели существенные изменения. Устройства на базе высокопроизводительных процессоров цифровой обработки сигналов, программируемых логических интегральных схем и других управляемых компонентов аналоговой и цифровой электроники дают возможность разрабатывать и применять в составе систем автоматизации аппаратно-программные комплексы, превосходящие по своим техническим характеристикам существующие. В соответствии с этим появляется необходимость организации удаленного управления экспериментом с доступом не только до уровня сервера системы, но и до каждой подсистемы сбора данных и управления. При этом механизм организации удаленного участия в эксперименте должен быть независимым от большого количества индивидуальных параметров устройств, таких как физический интерфейс подключения к сети, общий алгоритм работы, структура внутреннего адресного пространства, формат представления данных и др.

Механизм удалённого проведения физического эксперимента

Указанная цель достигается за счет создания слоя программного обеспечения, описывающего уровень аппаратной абстракции подсистемы управления. За счет этого большая часть программного

обеспечения подсистем диагностики и управления может быть унифицирована. Все внешние взаимодействия подсистем выполняются путем использования унифицированного командного языка, предоставляющего средства для описания диаграммы состояний (рис. 2), в которых могут находиться элементы системы автоматизации эксперимента, а также действий, которые необходимо выполнить для перехода в то или иное состояние. Кроме того, в языке есть средства для указания последовательности переходов между состояниями, а также реализована поддержка ветвлений при выполнении команд, в зависимости от результата их выполнения. Полученная диаграмма эксперимента интерпретируется программой управления экспериментом, которая связывается со всеми подсистемами, участвующими в эксперименте при помощи сети Ethernet, либо последовательным линиям связи. При этом использование какого-то одного из известных протоколов сетевого взаимодействия для решения задач передачи экспериментальных данных, обеспечения контроля состояния подсистем САЭ, передачи команд управления, событийной синхронизации подсистем, передачи сигналов системы аварийной защиты невозможно. Поэтому в рамках проекта САЭ Токамака авторами разработан собственный протокол – T-ICS [9, 16], являющийся базовым элементом системы. Протокол учитывает индивидуальные особенности аппаратной платформы подсистем, обеспечивает шифрование для безопасного удаленного доступа и обратную передачу инициативных сигналов от подсистем. Протокол реализует модель взаимодействия с устройствами путем организации виртуального адресного пространства, где возможно считывание или запись переменных различных типов. Кроме того, устройства могут обмениваться командами и сообщениями. В качестве механизмов оптимизации работы с данным протоколом можно упомянуть подписку на данные, группировку запросов

разных типов в один пакет, отложенный ответ на запрос. Протокол работает через последовательные линии связи и в среде передачи Ethernet поверх UDP. Поддерживается связь устройств с разными порядками байт.

В рамках системы автоматизации физического эксперимента на установке типа Токамак новый протокол позволяет специальной ЭВМ управления разрядом (рис. 3) формировать команды управления оборудованием в соответствии со сценарием эксперимента или алгоритмом [16], заданным оператором на удаленной ПЭВМ.

Унифицированные команды позволяют перевести диагностическую систему в одно из следующих состояний (рис. 2): «инициализация», «готовность», «старт», «стоп», «экспорт экспериментальных данных», «сброс параметров, перезагрузка», «выключен». Контроль процесса выполнения команд оборудованием САЭ и контроль текущего состояния также выполняется по протоколу T-ICS в обратном направлении. Унифицированные команды управления позволяют оператору Токамака работать с оборудованием аналогично ЭВМ управления разрядом без составления сценария разряда, контролируя состояние оборудования по ответным сигналам.

Представленная на рис. 3 схема показывает структуру САЭ установки типа Токамак. В отличие от программного комплекса, построенного на основе MDS+, в составе использованной нами схемы применяется современная СУБД PostgreSQL и реляционная база данных, в которой организовано хранение «дерева разряда».

Алгоритм управления оборудованием формируется на одной или нескольких удаленных ПЭВМ в составе пультов оператора и обрабатывается ЭВМ управления экспериментом. Состояние оборудования и текущий этап эксперимента возвращаются в виде метаданных в дерево разряда и оператору, который сформировал команду управления.

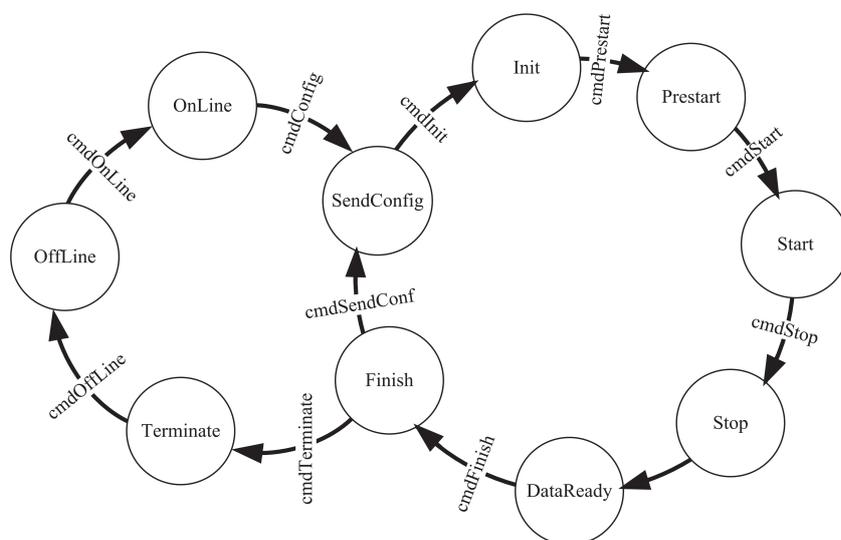


Рис. 2. Диаграмма состояний оборудования диагностического комплекса

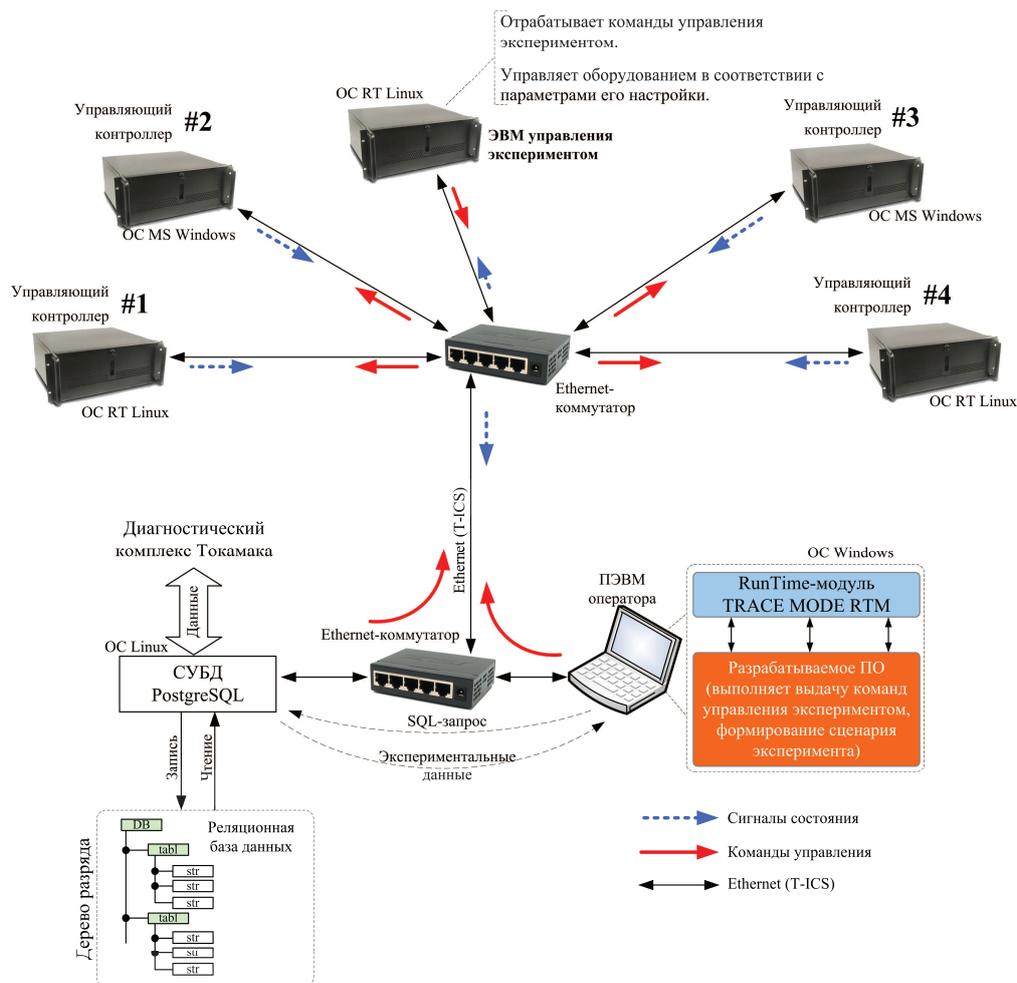


Рис. 3. Структура САЭ установки типа Токамак, в которой реализован механизм удалённого управления оборудованием при помощи TRACE MODE

Для программирования алгоритмов внешнего управления оборудованием экспериментального комплекса нами используется программный комплекс TRACE MODE. Данный компонент САЭ позволяет значительно сократить время разработки программного обеспечения САЭ, упрощает процедуру настройки сетевого взаимодействия между контроллерами подсистем и реализацию алгоритмов управления оборудованием. Они могут создаваться при помощи графических языков программирования: SFC, FBD и др. языками стандарта IEC 61131-3. Для работы с протоколом T-ICS и выполнения унифицированных команд управления (рис. 3) нами разработан и применяется специальный драйвер, который со стороны прикладного ПО, созданного в TRACE MODE, распознаётся как плата УСО, а со стороны диагностического комплекса – как унифицированный источник команд управления.

Благодаря применению комплекса инструментальных программ TRACE MODE упрощается и механизм разработки интерфейса оператора за счёт использования развитой библиотеки встроенных сложных графических форм. Применение

СУБД даёт преимущество в организации хранения информационных массивов и облегчает поиск результатов в базе данных эксперимента. В составе реляционной базы данных допускается хранение дополнительных метаданных эксперимента в виде текстовых описаний, электронных документов, видеофайлов или графических изображений со схемами постановки эксперимента. Применение унифицированного сетевого протокола T-ICS в САЭ также допускает использование механизма в режиме отладки и тестирования параметров подсистем на макетах элементов САЭ.

Удалённое участие в процессе отладки и тестирования элементов САЭ на макетах элементов системы

При разработке и отладке подсистем электрофизических комплексов во многих проектных и научных организациях параллельно проводится макетирование их основных узлов. Например, в ТПУ разработаны и эксплуатируются макеты: системы синхронизации и противоаварийной защиты Токамака, системы многоканальной диагностики плазменных процессов, системы многосвязного

цифрового управления плазменными процессами Токамака, макет источника питания обмотки электромагнитной системы Токамака, макет информационно-измерительной системы Токамака, макет центрального пульта управления Токамаком и др. Подобные макеты можно использовать для удалённой проверки параметров настройки оборудования, отладки алгоритмов управления во время пуска-наладки или ремонта оборудования действующей установки, а также для подготовки персонала. Полнофункциональные макеты могут использоваться независимыми организациями для проведения локальных экспериментов, проверки результатов моделирования или научных расчётов.

Использование программного комплекса MDS+ при разработке программного обеспечения для удалённого управления макетами затруднительно, поскольку предполагает дополнительный объём программирования со стороны клиента (экспериментатора) и согласования параметров подключения со стороны сервера (системы управления макетом подсистемы электрофизического комплекса), согласования процессов передачи данных между MDS+, программами математической обработки данных, программами организующими интерфейс пользователя.

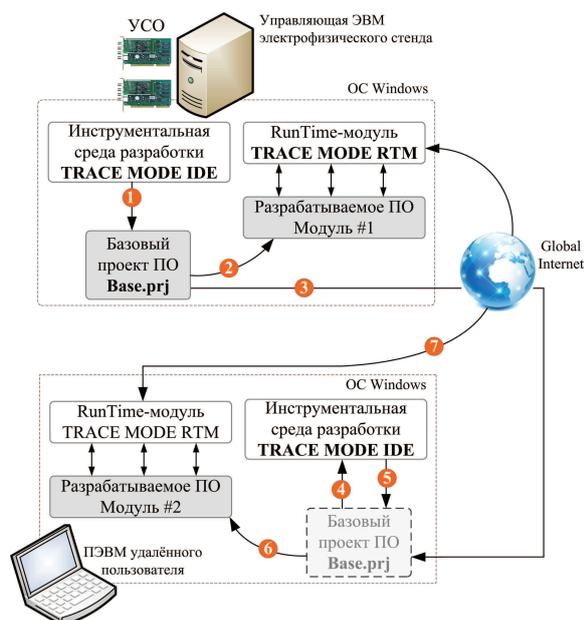


Рис. 4. Принцип разработки и исполнения программного обеспечения электрофизического комплекса: 1 – разработка проекта базового программного модуля; 2 – трансляция части проекта в коды, предназначенные для исполнения RTM; 3 – загрузка базового программного модуля на машину удалённого клиента; 4, 5 – программирование алгоритмов обработки данных и управления целевым объектом; 6 – трансляция части проекта в коды, предназначенные для исполнения RTM удалённого клиента; 7 – сетевое взаимодействие между электрофизическим комплексом и удалённым клиентом

При использовании компонента САПР (например, TRACE MODE) процесс разработки программного клиента значительно упрощается за счёт автоматизации процесса настройки сетевых подключений, процесса разработки алгоритмов управления оборудованием на интуитивно понятных графических языках программирования и применения специальных инструментов проектирования элементов интерфейса пользователя. В этом случае (рис. 4) часть программного обеспечения сервера (системы управления макетом подсистемы) разрабатывается эксплуатирующей организацией и предоставляет клиенту сетевые точки подключения к системе для управления оборудованием. Клиент самостоятельно реализует алгоритмы управления оборудованием в соответствии со своими потребностями и ожиданиями при программировании пользовательской части программного обеспечения.

Сетевая безопасность предложенного механизма обеспечивается посредством применения стандартных программ защиты (антивирус и Firewall, фильтрация по MAC и IP), а также посредством предоставления базового программного модуля только сертифицированным клиентам.

Заключение

Представленный в работе подход к построению САЭ установок типа Токамак основан на применении современных инструментальных программных средств для решения задачи оперативной разработки прикладного программного обеспечения, используемого в процессе удалённого управления экспериментальным оборудованием. Применение такого подхода позволяет в течение десятков минут реализовать и проверить эффективность функций и алгоритмов управления отдельными узлами электрофизической установки. При этом операции настройки процессов межкомпонентного сетевого взаимодействия значительно автоматизированы. Унификация интерфейса подключения к системе локального управления САЭ Токамака, показанная на примере сетевого протокола T-ICS, позволяет автоматизировать процесс подключения к серверу САЭ для передачи команд управления. Команды управления могут формироваться как специальной ЭВМ в составе САЭ, так и удалёнными клиентами через глобальную сеть. Разработанный нами протокол T-ICS может быть использован как на действующих, так и на вновь создаваемых установках.

Достоинством такого механизма, в случае использования его в составе парка макетов электрофизических систем Токамака, является то, что он позволяет организовать работу группы пользователей с несколькими подсистемами одного комплекса. В этом случае удалённый пользователь самостоятельно разрабатывает прикладное программное обеспечение, в соответствии со своими ожиданиями. Допускается разработка многотерминальной системы управления установкой, предназначенной для параллельной работы группы

или коллектива исследователей. При этом совместная, одновременная работа пользователей с оборудованием комплекса будет регламентирована структурой разрабатываемой части программного обеспечения и средствами контроля доступа исследователей к функциям управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. McHarg B.B., Casper T.A., Davis S., Greenwood D. Tools for remote collaboration on the DIII-D national fusion facility // Fusion Engineering and Design. – 1999. – V. 43. – P. 343–355.
2. Nagayama Y., et al. Control, data acquisition, data analysis and remote participation in LHD // Fusion Engineering and Design. – 2008. – V. 83. – P. 170–175.
3. Vega J., Sanchez E., Portas A., Pereira A., Mollinedo A., et al. Overview of the TJ-II remote participation system // Fusion Engineering and Design. – 2006. – V. 81. – P. 2045–2050.
4. Oshima T., et al. Development of environment for remote participation in fusion research on JT-60 // Fusion Engineering and Design. – 2004. – V. 71. – P. 239–244.
5. Luchetta A., Manduchi G., Taliercio C. et al. MDSplus data acquisition in RFX and its integration in legacy systems // Fusion Engineering and Design. – 2003. – V. 66–68. – P. 959–963.
6. Suttrop W., Kinna D., Farthing J., Hemming O., How J., Schmidt V. Remote Participation at EFDA–JET Task Force Work, Experience and Priorities from a User’s Point of View // Preprint European Fusion Development Agreement № EFDA–JET–PR (01)19. – 2001. – 8 p.
7. Yamamoto T., Nagayama Y., Nakanishi H., Ishiguro S., Takami S., Tsuda K., Okamura S. Configuration of the virtual laboratory for fusion researches in Japan // Fusion Engineering and Design. – 2010. – V. 85. – P. 637–640.
8. Мезенцев А.А., Шарнин А.В., Павлов В.М., Овчинников А.В. DAQViewer – компьютерная программа визуализации и анализа экспериментальных данных Токамака КТМ // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 5. – С. 51–55.
9. Павлов В.М., Обходский А.В. и др. Разработка и исследование унифицированной программной системы для организации удалённого участия научно-исследовательских коллективов в экспериментах, проводимых на передовых отечественных и зарубежных Токамака: отчёт о НИР (Т. 2): 1–541. – Томск, 2011. – 800 с. – № ГР 01201176681. – Инв. № 01201176681.
10. Горюнов А.Г., Обходский А.В. и др. Разработка теоретических основ и создание унифицированного многокомпонентного программного комплекса распределённой обработки и хранения данных для обеспечения эффективности проведения экспериментальных исследований на импульсно-периодических и комплексах нового поколения: отчёт о НИР (Т. 1): 1–305. – Томск, 2011. – 973 с. – № ГР 01201176680. – Инв. № 01201176680.
11. Bertocci A., Padua S., Vitale V. The new FTU continuous monitoring system // Fusion Engineering and Design. – 2005. – V. 74. – P. 797–791.
12. Вознесенский В.А., Семенов И.Б. Международная система управления и сбора данных MDSPlus и возможности ее использования на российских токамаках // Препринт РНЦ «Курчатовский институт» № ИАЭ-6249/14. – М.: РНЦКИ, 2002. – 68 с.
13. Davis W., Roney P., Carroll T., Gibney T., Mastrovito D. Web interfaces to MDSplus Data // Fusion Engineering. – 2002. – № 62. – P. 176–179.
14. Соколов М.М. Разработка информационных систем для работы с экспериментальными данными установок управляемого термоядерного синтеза: дис.... канд. физ.-мат. наук. – М., 2004. – 149 с.
15. Sokolov M.M., Igonkina G.B., Koutcherenko I.Yu., Nurov D.N. New System For Tokamak T-10 Experimental Data Acquisition, Data Handling And Remote Access // AIP Conf. Proc. – 2007. – № 996. – P. 269–275.
16. Павлов В.М., Голобоков Ю.Н., Лысенко А.В. Программа управления экспериментальной физической установкой в пусковом режиме работы // Вопросы атомной науки и техники. – 2011. – № 3. – С. 81–87.

Поступила 21.03.2013 г.

IMPLEMENTATION OF REMOTE PARTICIPATION AT TOKAMAK DEVICE EXPERIMENTS

A.A. Mezentsev, V.M. Pavlov, Yu.N. Golobokov, D.A. Evstifeev

Tomsk polytechnic university

The paper describes the software implementation of remote participation at Tokamak device experiment, particularly hardware remote control and monitoring implementation. This is an alternative to the traditional implementations based on such software kits as MDS+ and PK IVK used at Russian and foreign Tokamak devices: T-10, T-15, JET, JT-60, FTU. Traditional implementations are outdated and require deep modification for effective usage at new devices, so the new implementation is rather actual. The implementation is based on the use of new unified communication protocol for Tokamak subsystems – T-ICS. The protocol takes into account the individual peculiarities of subsystem hardware platform and provides the means of message encryption required for communication using Ethernet-based networks. The comparison of traditional approaches and the described implementation was also described. The implementation of the approach proposed was shown using a TRACE MODE SCADA for the experiment automation system hardware control at one of the foreign Tokamak devices. The use of the new implementation combined with SCADA allows significant automation of the applications development, simplifies hardware control and monitoring command language. At the present the software implementation was tested on the models of the active foreign Tokamak subsystems and it is currently used for model subsystem control. Because of the high potential of the mechanism is going to be integrated into control system of modified T-15 Russian tokamak.

Key words:

Remote participation, automatic control system, CAD-system, TRACE MODE, T-ICS protocol.

REFERENCES

1. McHarg B.B., Casper T.A., Davis S., Greenwood D. Tools for remote collaboration on the DIII-D national fusion facility. *Fusion Engineering and Design*, 1999, vol. 43, pp. 343–355.
2. Nagayama Y. Control, data acquisition, data analysis and remote participation in LHD. *Fusion Engineering and Design*, 2008, vol. 83, pp. 170–175.
3. Vega J., Sanchez E., Portas A., Pereira A., Mollinedo A. Overview of the TJ-II remote participation system. *Fusion Engineering and Design*, 2006, vol. 81, pp. 2045–2050.
4. Oshima T. Development of environment for remote participation in fusion research on JT-60. *Fusion Engineering and Design*, 2004, vol. 71, pp. 239–244.
5. Luchetta A., Manduchi G., Taliere C. MDSplus data acquisition in RFX and its integration in legacy systems. *Fusion Engineering and Design*, 2003, vol. 66–68, pp. 959–963.
6. Suttrop W., Kinna D., Farthing J., Hemming O., How J., Schmidt V. Remote Participation at EFDA–JET Task Force Work, Experience and Priorities from a User's Point of View. *Preprint European Fusion Development Agreement № EFDA–JET–PR (01)19*, 2001, 8 p.
7. Yamamoto T., Nagayama Y., Nakanishi H., Ishiguro S., Takami S., Tsuda K., Okamura S. Configuration of the virtual laboratory for fusion researches in Japan. *Fusion Engineering and Design*, 2010, vol. 85, pp. 637–640.
8. Mezentsev A.A., Sharnin A.V., Pavlov V.M., Ovchinnikov A.V. DAQViewer – компьютерная программа визуализации и анализа экспериментальных данных Tokamaka KTM [The KTM Tokamak Experimental Data Visualization and Analysis Software]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2011, vol. 319, no. 5, pp. 51–55.
9. Pavlov V.M., Obkhodskiy A.V. *Razrabotka i issledovanie unifikirovannoy programmy dlya organizatsii udalennogo uchastiya nauchno-issledovatel'skikh kolektivov v eksperimentakh, provodimykh na peredovykh otechestvennykh i zarubezhnykh Tokamakakh. Otchet o NIR* [The Development and Research of Unified Software System for Remote Participation of Scientific Research Groups at Leading Native and Foreign Tokamaks. Scientific report]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2011, vol. 2, 800 p.
10. Goryunov A.G., Obkhodskiy A.V. *Razrabotka teoreticheskikh osnov i sozdanie unifikirovannogo mnogokomponentnogo programmnogo kompleksa raspredelennoy obrabotki i khraneniya dannykh dlya obespecheniya effektivnosti provedeniya eksperimentalnykh issledovaniy na impulsno-periodicheskikh i kompleksakh novogo pokoleniya. Otchet o NIR* [The Development of Theoretical Basis and Creation of Unified Multicomponent Software Complex of Distributed Data Storage and Processing for Effective Experimental Research at Pulse-Periodic and New Generation Complexes. Scientific report]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University, 2011, vol. 1, 973 p.
11. Bertocci A., Padda S., Vitale V. The new FTU continuous monitoring system. *Fusion Engineering and Design*, 2005, vol. 74, pp. 797–791.
12. Voznesenskiy V.A., Semenov I.B. Mezhdunarodnaya sistema upravleniya i sbora dannykh MDSPPlus i vozmozhnosti ee ispolzovaniya na rossiyskikh tokamakakh [The MDSPPlus International System for Data Management and Storage and Possibility of Its Usage at Russian Tokamaks]. *Pre-print of RSC «Kurchatov institute»*. Moscow, 2002, 68 p.
13. Davis W., Roney P., Carroll T., Gibney T., Mastrovito D. Web interfaces to MDSplus Data. *Fusion Engineering*, 2002, no. 62, pp. 176–179.
14. Sokolov M.M. *Razrabotka informatsionnykh sistem dlya raboty s eksperimentalnymi dannymi ustanovok upravlyаемого термоядерного синтеза*. Diss. kand. fiz.-mat. Nauk [The Development of Information Systems for Controlled Fusion Devices Experimental Data Management Cand. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2004. 149 p.
15. Sokolov M.M., Igonkina G.B., Koutcherenko I.Yu., Nurov D.N. New System For Tokamak T-10 Experimental Data Acquisition, Data Handling And Remote Access. *AIP Conf. Proc.*, 2007, no. 996, pp. 269–275.
16. Pavlov V.M., Golobokov Yu.N., Lysenok A.V. Programma upravleniya eksperimentalnoy fizicheskoy ustanovkoy v puskovom rezhime raboty [The Software For On-line Control Of Experimental Physical Device]. *Problems of Atomic Science and Technology*, 2011, no. 3, pp. 81–87.