

УДК 004.415.2.031.43

А. В. Дорохов, С. Н. Ежов, А. А. Романова, С. В. Стафеев
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Архитектура программного обеспечения пульта управления системы гидроакустического мониторинга акватории

Произведен анализ функций программной части системы гидроакустического мониторинга акватории, и на его основании сделан вывод о необходимости выделения подсистем. Приведено описание основных характеристик программы отображения системы гидроакустического мониторинга акватории. В соответствии с принципами функциональной декомпозиции предложено разделить систему на компоненты, каждый из которых имеет строгую иерархическую древовидную структуру. Обозначены задачи, возникающие при разработке архитектуры программной части системы гидроакустического мониторинга, и выбраны решающие их паттерны проектирования. Предложена модульная модель построения программы, и приведено описание строения каждого модуля и их композиции согласно выбранным шаблонам проектирования. На примере конкретного модуля рассмотрено функциональное предназначение основных абстрактных типов данных, приведен жизненный цикл компонентов модуля, а также определено поведение модуля при использовании пользовательского интерфейса для управления экранным представлением. Предложено архитектурное решение, отвечающее принципам модульности, эффективности, гибкости и расширяемости.

Архитектура, декомпозиция, шаблон проектирования, эффективность, модульность, гибкость, расширяемость

Основными задачами программного обеспечения (ПО) пульта управления в современных системах гидроакустического мониторинга акватории (СГМА), являющихся сложными программно-аппаратными комплексами, являются обработка результатов гидроакустических расчетов параметров поля водной среды в реальном времени, а также визуализация фактической информации, обеспечивающая принятие критических решений в процессе эксплуатации. Ввиду того, что существующие на текущий момент решения, применяемые при построении систем мониторинга объектов водной акватории, являются архитектурно сложными, что делает практически невозможным их поддержку, модификацию и развитие [1], актуальной задачей является разработка архитектуры ПО пульта управления СГМА, отвечающей требованиям модульности, эффективности, гибкости и расширяемости.

Создание структуры ПО подразумевает проведение иерархической декомпозиции программы на отдельные компоненты, а также обеспечение взаимодействия полученных подсистем друг с другом и с внешней средой [2].

Основным назначением ПО пульта управления СГМА является сбор и обработка данных, получаемых от системы предварительной обработки многоспектральных и мультисенсорных изображений характеристик; хранение полученных многомерных параметров и отображение текущей тактической обстановки водной акватории в виде двумерной проекции объектов трехмерного пространства, а также предоставление графического пользовательского интерфейса для управления экранным представлением.

В состав системы входят следующие основные подсистемы:

- обработки и анализа многомерных измерений;
- управления процессами обработки многомерных измерений;
- управления процессами анализа многомерных измерений;
- визуализации гидроакустических данных в структурированном виде.

Подсистема обработки и анализа многомерных измерений является системой решения всех видов вычислительных задач по обработке изме-

рений, последовательность и параметры выполнения которых определяются подсистемой управления процессами обработки и подсистемой управления процессами анализа многомерных измерений. Отображение полученных многомерных данных реализуется подсистемой визуализации гидроакустической информации. В ходе работы ПО пульта управления СГМА на основе характеристик, полученных от различных источников данных, система формирует их многомерные изображения, обработка и расчет которых обеспечивают решение задач гидроакустического мониторинга.

Таким образом, наблюдается отделение представления от управляющей логики, характерное для схемы Модель-Отображение-Контроллер (Model-View-Controller – MVC) [3].

При разработке архитектуры ПО необходимо определить некоторый набор структурированных решений, соответствующих всем техническим и рабочим требованиям, предъявляемым к программному продукту. Выбор каждого архитектурного решения зависит от широкого диапазона факторов. Следует отметить, что СГМА характеризуется:

- разнородностью отображаемой информации;
- изменением количества отображаемых структурных единиц.

Для технического обеспечения данных характеристик в структуру ПО пульта управления СГМА необходимо включить программные моду-

ли, содержащие реализации алгоритмов обработки и анализа данных, необходимые при решении задач гидроакустического мониторинга. Кроме того для обеспечения контроля избыточности компонентов программно-аппаратного комплекса необходимо исключить неиспользуемые модули из состава системы.

Предлагаемое решение включает в себя использование компонентов схемы MVC, в каждом из которых определяется строгая иерархическая структура абстрактных типов данных. Подобный подход позволяет поставить в соответствие каждому модулю ПО пульта управления СГМА свою иерархическую древовидную структуру с переменным коэффициентом ветвления, не связанную с остальными объектами подсистем. Структура ПО пульта управления СГМА, построенная в соответствии с принципами декомпозиции, представлена на рис. 1.

Характер взаимодействия компонентов системы, их роль и отношения определяются паттернами (шаблонами) проектирования [4].

Компонент «Модель» представлен следующими тремя видами классов: DataManager, Model_DM и Module (рис. 1).

Класс DataManager включает в себя характеристики, общие для всех модулей (текущие координаты, скорость и направление движения, параметры антенны и др.). Данный класс является

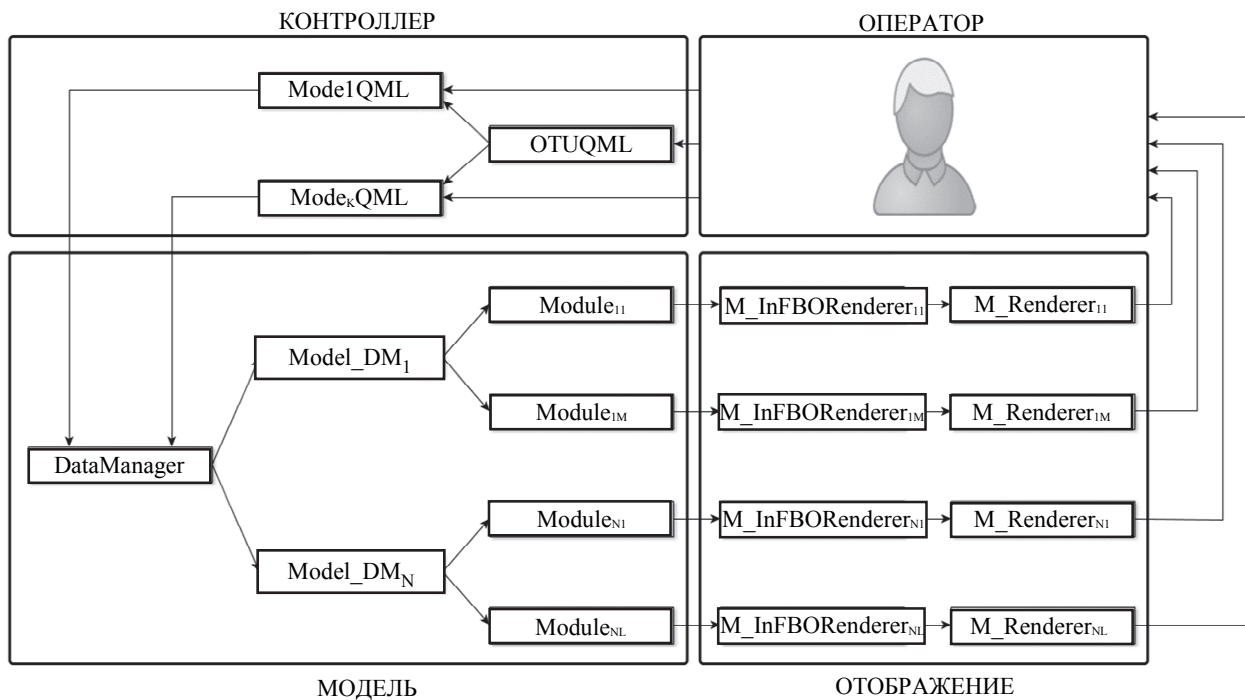


Рис. 1

реализацией шаблона проектирования «Одиночка». Единственный экземпляр класса данного типа оповещает об изменении данных в сети объекты классов видов Model_DM и Module.

Классы видов Model_DM и Module создаются отдельно для каждого режима и модели данных. Классы вида Model_DM не имеют реализации методов и являются абстрактными. Данный вид классов используется для получения информации из сети после поступления сигнала об изменении экземпляра класса вида DataManager. Экземпляры класса вида Module применяют к обновленной информации методы, необходимые для окончательной подготовки данных к отображению.

Все типы классов, представленные в компоненте «Модель», задействованы в реализации шаблона проектирования «Наблюдатель». Таким образом, компонент «Модель» предоставляет приложению интерфейс общения с сетью и получения из нее данных, а также проводит предварительную обработку информации для последующей визуализации.

Компонент «Отображение» представлен двумя видами классов: M_InFBORenderer и M_Renderer. Данные типы классов используются для реализации отображения информации конкретного модуля.

Классы типа M_InFBORenderer являются реализацией шаблона проектирования «Адаптер». Они предназначены для связи компонентов «Мо-

дель» и «Отображение» схемы MVC. Данный тип классов предоставляет интерфейс для связи классов вида DataManager и M_Renderer.

Классы вида M_Renderer реализуют финальную обработку и визуализацию данных гидроакустического мониторинга. Данный вид классов включает в себя класс типа M_InFBORenderer и 2 шейдера – вершинный и фрагментный. Подобное разделение позволяет производить обработку данных как на CPU, так и на GPU, что повышает производительность системы. Таким образом, связь компонентов «Отображение» и «Модель» схемы MVC осуществляется посредством классов-адаптеров.

Компонент схемы MVC «Контроллер» реализован как графический пользовательский интерфейс. Он представляет собой совокупность QML-сценариев: OTUQML и ModeQML.

QML-скрипт OTUQML предоставляет пользователю интерфейс управления общими для всех модулей и режимов параметрами (палитра, усиление, тип сигнала и др.), реализует общую схему разбиения рабочего пространства между компонентами системы. OTUQML включает в себя один из фрагментов ModeQML, который предоставляет пользователю интерфейс управления модулями определенного режима и реализует размещение отдельных модулей.

Описанная структура должна быть применена для каждого из модулей, встраиваемых в ПО пульта управления СГМА. На рис. 2 представлена

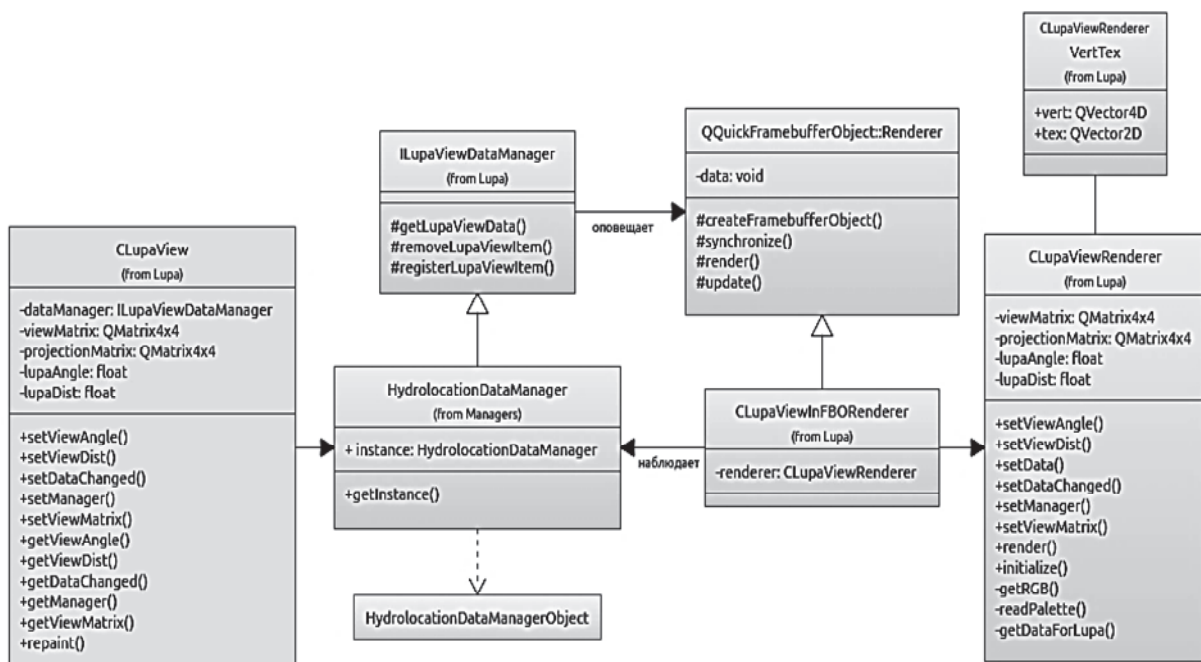


Рис. 2

диаграмма классов встраиваемого модуля «ЛУПА» [5]. Данный модуль выполняет следующие функции:

- получение многоспектральных характеристик текущего кругового сопровождения цели;
- обработку и хранение полученных многоспектральных характеристик;
- визуализацию гидроакустических сигналов текущего кругового сопровождения цели.

Приведенная диаграмма классов рассматривает логическую структуру программного модуля «ЛУПА». Использование архитектурных конструкций, описанных ранее и приведенных на диаграмме классов (рис. 2), позволяет решать возникающие в процессе разработки задачи проектирования в рамках некоторого определенного контекста. Данные абстракции позволяют унифицировать детали архитектурных решений.

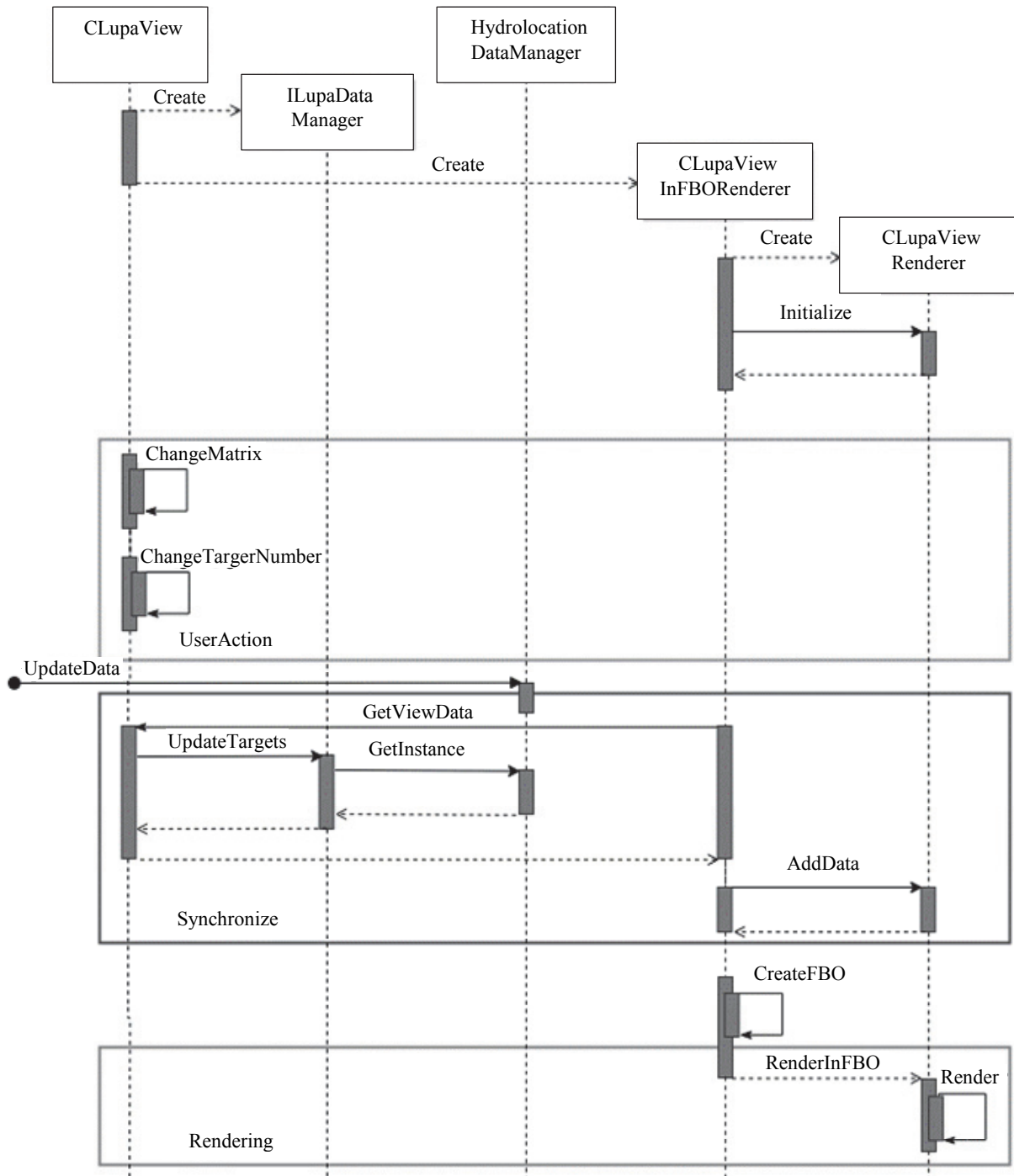


Рис. 3

Для определения характера взаимодействия структурных компонентов, а также отображения последовательности изменений входных данных в процессе визуализации на единой временной оси рассмотрим диаграмму последовательности встраиваемого модуля «ЛУПА» (см. рис. 3).

На диаграмме взаимодействия жизненный цикл классов и объектов, участвующих в процессе визуализации данных, разделен на следующие 5 частей:

- инициализация необходимых объектов;
- часть «UserAction»;
- часть «Synchronize»;
- создание объекта `FrameBufferObject`;
- часть «Rendering».

В процессе инициализации экземпляр класса `CLupaView` иницирует создание объекта класса `CLupaViewInFBORenderer`, отвечающего за отображение гидроакустической информации в буфере окна. Экземпляр класса `CLupaViewRenderer`, отвечающий за непосредственную визуализацию данных, создается и инициализируется объектом класса `CLupaViewInFBORenderer`.

Процесс информационного обмена сообщениями с пользователем реализован при помощи объекта класса `CLupaView`, который, реагируя на взаимодействие оператора с пользовательским интерфейсом, изменяет матрицу вида в зависимости от примененных аффинных преобразований или масштабирования, а также отвечает за хранение порядкового номера кругового сопровождения цели, выбранного для отображения.

Действия оператора, а также обновление данных экземпляра класса `HydrolocationDataManager`, который существует в единственном экземпляре, иницируют выполнение части «Synchronize», отвечающей за синхронизацию данных, хранящихся в памяти модуля, с актуальной информацией о характеристиках объектов водной акватории.

В процессе синхронизации объект класса `CLupaViewInFBORenderer` запрашивает экземпляр класса `CLupaView`, а также объект класса `ILupaDataManager`. После считывания актуальной информации, хранящейся в экземпляре класса `CLupaView`, объект класса `CLupaViewInFBORenderer` записывает их в экземпляр класса `CLupaViewRenderer`.

Создание объекта `FrameBufferObject` происходит единственный раз при первом отображении графической информации модуля, далее буфер окна существует в течение всего времени работы программы.

Отображение актуальной на текущий момент информации выполняется в части «Rendering» жизненного цикла модуля. Объект класса `CLupaViewInFBORenderer` вызывает метод `Render`, который посылает сообщение объекту класса `LupaViewRenderer` о том, что необходимо отрисовать сохраненные данные.

В процессе работы программы выполнение частей «Synchronize» и «Rendering» циклически повторяется при изменении данных, приходящих от объекта класса `HydrolocationDataManager`, или при совершении какого-либо действия оператором. Важно отметить, что действий пользователя может не быть вовсе, если он не взаимодействует с пользовательским интерфейсом для управления экранном представлением модуля.

Результатом разработки является архитектурное описание ПО пульта управления СГМА, а также описание иерархической древовидной структуры с переменным коэффициентом ветвления для каждого модуля, встраиваемого в систему. Применение описанных архитектурных решений позволяет встраивать в ПО пульта управления СГМА модули, необходимые для сбора, хранения и отображения многомерных характеристик объектов водной среды, а также исключать неиспользуемые модули из состава системы.

Предложенная логическая структура встраиваемых программных модулей предполагает четкое отделение компонентов, отвечающих за бизнес-логику, от компонентов, реализующих отображение гидроакустических данных. Результатом применения данного подхода является получение стандартизированной модели структуры каждого модуля. На основе анализа структурного состава была выделена схема разделения компонентов модулей системы, а также определен характер их взаимодействия.

Предложенные архитектурные решения ПО пульта управления СГМА позволяют выполнять поставленные перед программным продуктом задачи с параметрами исходных требований, отвечая принципам модульности, гибкости, расширяемости и эффективности.

Архитектурные решения, описанные в данной статье, успешно введены в эксплуатацию на базе АО «Концерн „Океанприбор“».

Работа выполнена в СПбГЭТУ «ЛЭТИ» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках договора № 02.G25.31.0149 от 01.12.2015 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архитектура распределенного комплекса мониторинга и управления движением судов по северному морскому пути / О. С. Ипатов, А. А. Кобяков, А. М. Федоров, К. В. Лапшин // Изв. ЮФУ. Техн. науки. 2015. Вып. 10. С. 106–117.

2. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2018. 352 с.

3. Рогачев С. Обобщенный Model-View-Controller. URL: <http://rsdn.org/article/patterns/generic-mvc.xml> (дата обращения 28.08.2018).

4. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. СПб.: Питер, 2001. 368 с.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018612050. Программа 3D-визуализации данных кругового обзора в режимах максимального увеличения и уменьшения для систем гидроакустического мониторинга / М. С. Куприянов, С. Н. Ежов, К. И. Полканов, А. А. Романова, С. В. Стафеев. Дата регистрации 09.02.2018.

A. V. Dorokhov, S. N. Ezhov, A. A. Romanova, S. V. Stafeev
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

THE CONTROL PANEL SOFTWARE ARCHITECTURE OF HYDROACOUSTIC MONITORING SYSTEM OF WATER AREA

The article analyzes the functions of software component of the water area hydroacoustic monitoring system, and on this basis a conclusion about the necessity of allocating the subsystems has been made. The main characteristics of the hydroacoustic monitoring system of the water area have been described. Based on the analysis, the MVC architectural template has been proposed as the most suitable for building this system. A description of its components in terms of the developed display program has been made. Tasks arising in the development of the software architecture of the hydroacoustic monitoring system have been outlined, and the decisive design patterns have been chosen. A modular model of the program construction has been proposed and a description of the structure of each module and their composition according to the selected design patterns has been provided. The functional purpose of the main classes has been considered using an example of a particular module. The life cycle of the module and its response to the actions of the operator have been given. The diagram of classes and sequences for one of the system modules has been given. A ready-made architectural solution that meets the principles of efficiency, flexibility, extensibility and modularity has been offered.

Architecture, decomposition, architectural pattern, efficiency, modularity, flexibility, extensibility
