

Модель конструкторов научной визуализации

Васёв П.А.

ИММ УрО РАН им. Н.Н. Красовского, г. Екатеринбург, Россия

vasev@imm.uran.ru

В течение ряда лет разрабатывается технологии создания систем научной визуализации [1-11]. Эта технология обеспечивает эффективное (относительно быстрое) создание специализированных систем визуализации. К настоящему времени получена следующая модель.

1. Точкой входа является понятие "**проект**" и функция "визуализировать проект". Эта функция запускает необходимые графические процессы.

Все обсуждаемые сущности подразумеваются к размещению в некоторой программной библиотеке. Это обеспечит возможность создания как универсальных программ, так и отдельных программ под конкретные задачи визуализации; все они могут пользоваться этой библиотекой.

2. Проект содержит набор "**слоёв**". Пользователь имеет возможность с помощью графического интерфейса добавлять в слой следующие виды объектов:

- **вложенный слой**,
- **графический объект** – т.е. объект, обладающий визуальной формой (двумерной или трёхмерной) и изображаемый на экране,
- **блок данных** – предоставляет данные,
- **блок преобразования данных** – преобразует/фильтрует данные,
- **спецобъект** – например, камера, или блок выбора входных файлов, и т.д.,
- **скрипт визуализации** – процесс, реализующий схему решения той или иной задачи визуализации. Скрипт визуализации генерирует объекты вышеуказанных видов, и они размещаются системой в слое, которому принадлежит скрипт. Дополнительно о скриптах визуализации будет сказано далее.

Каждый подобный объект имеет графический интерфейс из элементов управления, который активируется при выборе объекта в слое. Такая схема несёт следующее преимущество. Скрипт визуализации, породив визуальные объекты, как бы "отпускает" их и далее не несёт ответственности за генерацию их графического интерфейса и прочие манипуляции с этими объектами – это обеспечивает система.

3. Проект содержит набор **экранов**. Экраны содержат в себе **области**. Каждая область настраивается, в какой части экрана она размещается (для этого можно использовать и древовидное описание). Каждая область настраивается, какие слои (2) она должна показывать. Область показывает графические объекты всех подключенных к ней слоёв в одной "сцене". Пользователь переключается между экранами по мере необходимости.

Наличие слоёв, экранов и областей – обеспечивает возможность управления информационным пространством, визуальной плоскостью программы, и их соответствием. Например, можно настроить экран чтобы сравнить две сцены, или видеть одну сцену в разные моменты времени. Подобные схемы используются в таких системах визуализации, как Paraview и Visit.

4. К каждой сущности программы можно прикреплять **модификаторы** (см. [11]), специальные эффекты, которые влияют на поведение или визуальный образ этой сущности. С помощью модификаторов можно достигать широкого спектра вариаций и нюансов результата. Каждому виду сущности соответствуют свои подходящие модификаторы. Примеры модификаторов: для

графических объектов и слоёв – прозрачность, положение и масштаб, сечение, серия сечений, нейтральность к кликам мышки; для камер - следовать за объектом; для областей - разместить слои на сетке, эффект резкости финального изображения.

5. Система **параметров и связей**. Сущности программы могут публиковать мета-информацию о своих параметрах (имя, тип, возможное направление связи, etc). Это позволяет:

- автоматически строить по этой информации графический интерфейс из элементов управления, упомянутый в п.1,
- реализовать визуальный интерфейс настройки связей, то есть процессов передачи данных между параметрами различных сущностей.

Связи формируют структуру над сущностями проекта (в дополнение к структуре, образованной иерархией в слоях и их связях с областями). Эта структура определяет взаимодействие сущностей проекта, то есть задаёт его динамику. Благодаря визуальному интерфейсу, получается возможным программировать динамику проекта визуальными средствами.

Как вариант развития, в перечень точек связывания кроме параметров можно добавить каналы событий и методы. Список каналов и методов должен публиковаться сущностями также, как и список параметров. Связь каналов и параметров можно трактовать так: при появлении события в канале, связанное с ним значение устанавливается как значение параметра.

Также, на практике, связь может оказываться лишь началом, и в нее можно встраивать различные преобразования данных или даже строить составные многоуровневые выражения из преобразований (как в среде GDevelop). В целом же систему параметров и связей предлагают многие проекты, например OpenDX, SciVi, XCluDev, Unity.

6. Система **плагинов**. Каждый плагин содержит описание новых сущностей, например новых вариантов графических объектов, скриптов визуализации, модификаторов и т.п. Когда пользователь "активирует" плагин, его сущности становятся доступны для использования. Также плагин может нести изменения в графические интерфейсы программы (например добавлять какие-то команды). Наличие системы плагинов позволяет размещать код "функций системы" локально, что вносит упорядоченность в кодовую базу и помогает снижать сложность (сложность является одной из основных проблем программирования). Также плагины обеспечивают возможность "внешним" разработчикам влиять на функционал, потому что проще написать плагин по оговоренным правилам, чем разбираться с кодом целой системы.

В представленной модели необходимо пояснить роль **скриптов визуализации**. Скрипт визуализации это программа в форме действия или процесса. Скрипт визуализации, подразумевается, предложит пользователю указать входные файлы или данные в другой форме, и произведёт в итоге набор графических объектов, которые пользователь увидит в составе слоя и в графическом выводе. Подобный подход применяется например в SharpEye [1] и Blender.

Скрипт визуализации может при необходимости оснастить созданные им объекты дополнительным поведением, используя программный интерфейс (API), например путем программного прикрепления модификаторов или размещая обработчики событий.

Скрипт визуализации может добавлять в среду не только графические, но и другие объекты. Например, добавив блок данных скрипт обеспечит пользователю возможность самостоятельно добавлять необходимые графические образы этих данных, при необходимости с фильтрацией. Скрипт визуализации может добавлять в слой не только объекты, но и модификаторы слоя. Скрипт визуализации имеет свой собственный графический интерфейс (как и все другие сущности системы) и может предлагать через него дополнительные команды пользователю.

Представленное описание не включило некоторые важные аспекты, такие как автоматический выбор скриптов визуализации по входным файлам, управление камерами, светом, анимацией (полетом камеры или по другим параметрам), метод построения графического интерфейса по списку параметров, глубоко не рассмотрен вопрос формирования динамики сцены. Эти вопросы требуют отдельного рассмотрения, см. например [3].

Список литературы

- [1] Васёв П.А., Кумков С.С., Шмаков Е.Ю., О создании среды разработки систем научной визуализации // Труды XIII Международного семинара «Супервычисления и математическое моделирование» (3–7 октября 2011 г.) под редакцией Р.М. Шагалиева. — ИПК ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров. С. 131-140. <https://www.cv.imm.uran.ru/e/3070328>
- [2] П.А. Васёв, С.С.Кумков, Е.Ю.Шмаков, Конструктор специализированных систем визуализации // Электронный журнал "Научная визуализация квартал 2, том 4, номер 2, с. 64-77. МИФИ. ISSN 2079-3537. <http://sv-journal.org/2012-2/05.php?lang=ru>
- [3] Васёв П.А., Кумков С.С., Шмаков Е.Ю., О подсистеме истории в среде научной визуализации SharpEye // Труды 23-ей Международной Конференции по Компьютерной Графике и Зрению ГрафиКон'2013. 16–20 сентября, 2013. Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Дальневосточный федеральный университет. Владивосток, 2013. Стр. 174-177. <https://www.cv.imm.uran.ru/e/3241449>
- [4] Бахтерев М.О., Васёв П.А., Один метод визуализации результатов суперкомпьютерных вычислений // Материалы III Всероссийской научно-технической конференции "Суперкомпьютерные технологии"(СКТ-2014), 29 сентября - 4 октября 2014. Таганрог, НИИ МВС ЮФУ. С. 50-55. <https://www.cv.imm.uran.ru/e/3241501>
- [5] Авербух В.Л., Бахтерев М.О., Васёв П.А., Манаков Д.В., Стародубцев И.С., Развитие подходов к разработке специализированных систем компьютерной визуализации // Труды Международной научной конференции GraphiCon2015. 22-25 сентября. Протвино. АНО Научное общество «ГРАФИКОН», Институт физико-технической информатики. Москва-Протвино. 2015. Стр. 17-21. <https://www.cv.imm.uran.ru/e/3241551>
- [6] П.А. Васёв, В.Л. Авербух, М.О. Бахтерев, Д.В. Манаков, Д.Ю. Филоненко, М.А. Форгани, Сцены визуализации в вычислительных блокнотах // Труды 28-й Международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению, Томск, 24–27 сентября 2018 г. <https://www.cv.imm.uran.ru/e/3241720>
- [7] П.А. Васёв, А.В. Свалухин, О конвейере визуализации // Тезисы XVII Международной конференции Супервычисления и математическое моделирование, 15-19 октября 2018, г. Саров, стр. 40. <http://www.cv.imm.uran.ru/e/3241722>
- [8] Pavel Vasev, Sergey Porshnev, Majid Forghani, Dmitry Manakov, Mikhail Bakhterev, Ilya Starodubtsev. An Experience of Using Cinemasience Format for 3D Scientific Visualization (2021). Scientific Visualization 13.4: 127 - 143, DOI: <https://doi.org/10.26583/sv.13.4.10>
- [9] Васёв П. А., Бахтерев М. О., Манаков Д. В., Новый язык описания сцен научной визуализации // Современные проблемы математики и ее приложений, Международная (53-я всероссийская) молодежная школа-конференция. 31 января - 4 февраля 2022 г., ИММ УрО РАН им. Н.Н. Красовского, г. Екатеринбург, Россия. Тезисы докладов. Стр. 42. <https://www.cv.imm.uran.ru/e/3241842>
- [10] М. О. Бахтерев, П. А. Васёв, Конструктор специализированных конструкторов визуализации // Тезисы XVIII Международной конференции «Супервычисления и математическое моделирование», 23-26 мая 2022 г., РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров. <https://www.cv.imm.uran.ru/e/3241824>
- [11] П.А. Васёв, М.О. Бахтерев, Д.В. Манаков, С.В. Поршнев, Элементы систем научной визуализации // GraphiCon 2022: труды 32-й Междунар. конф. по компьютерной графике и машинному зрению (Рязань, 19–22 сент. 2022 г.). – М.: Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2022. Стр. 304-315. DOI: 10.20948/graphicon-2022-304-315 <https://www.cv.imm.uran.ru/e/3241838>