

Анализ возможности применения технологии дополненной реальности при разработке системы моделирования сборки

08, август 2017

Круглов Д. С.^{1,*}, Ничушкина Т. Н.^{1,**}

УДК: 004.946

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

*jiwzxx@gmail.com

**tnich@rambler.ru

Введение

Опыт разработки показывает, что технологии и методологии проектирования и оценки сборки на ранней стадии проектирования имеют большое значение для разработки технического изделия [1]. Обычно, физическое прототипирование является основным методом проектирования и оценки сборки. С помощью физических прототипов пользователи могут легко получать полезную информацию об объекте (визуальную, звуковую, тактильную и силовую и т. д.) в ходе сборочных операций и выявлять любые обнаруженные недостатки в дизайне продукта. Однако, физическое прототипирование требует много времени и больших финансовых затрат, хотя за последние двадцать лет широко использовались методы быстрого прототипирования (англ. Rapid Prototyping, RP). Кроме того, однажды сделанные физические прототипы трудно или невозможно изменить.

Поэтому, разработчики ищут новые перспективные средства и технологии. К ним, в частности, относится виртуальное прототипирование (англ. Virtual Prototyping, VP). Потенциально, оно может использоваться для моделирования и оценки сборки на ранней стадии проектирования. Концепция VP проистекает из технологии виртуальной реальности (англ. Virtual Reality, VR), которая образует захватывающие интерактивные компьютерные миры с использованием комбинации трехмерной графики, технологии отслеживания движения и сенсорной обратной связи. VR пытается заменить восприятие окружающего мира пользователя искусственно созданной трехмерной средой. Благодаря применению технологий VR значительно сокращается стоимость прототипов, а модификация дизайна может быть выполнена очень быстро, экономично и эффективно. Однако недостатком VR как среды для оценки сборки является ограниченный «реализм» при манипуляции виртуальными объектами из-за отсутствия подходящей сенсорной обратной связи. Кроме того, моделирование сложной среды сборки в чистой виртуальной среде требует большого количества вычислительных ресурсов и часто не удовлетворяет требованиям моделирования в режиме реального времени, несмотря на использование современных и мощных

компьютеров. Таким образом, среда VR не предоставляет возможность манипулирования объектами, подходящую для оценки сборки.

Перспективной альтернативой VR является смешивание реальных объектов (например, физических прототипов, инструментов, машин и т. д.) с виртуальными объектами для создания интерфейса смешанной реальности. Такая концепция смешанного прототипирования (англ. Mixed Prototyping, MP) является мощной перспективной методологией для оценки сборки. В основе MP лежит технология, которая называется дополненная реальность (англ. Augmented Reality, AR) [2]. Эта технология улучшает восприятие человеком окружающего мира, а не заменяет его искусственным как виртуальная реальность. С помощью технологии AR можно было бы реализовать концепцию смешанного прототипирования, где часть проекта доступна как физический прототип, а часть конструкции существует только в виртуальной форме. С таким интерфейсом можно было бы объединить некоторые преимущества как физического, так и виртуального прототипирования.

1. Архитектура системы сборки в дополненной реальности

Система сборки в дополненной реальности - очень сложная среда, поддерживающая проектирование и оценку сборки. Предлагаемая архитектура системы AR показана на рисунке 1. В этой системе было решено объединять существующую систему САПР и среду AR, поскольку:

- системы САПР очень популярны и успешны в промышленных приложениях;
- большая часть информации, необходимой для моделирования и проверки операций сборки, может быть экспортирована из системы САПР.

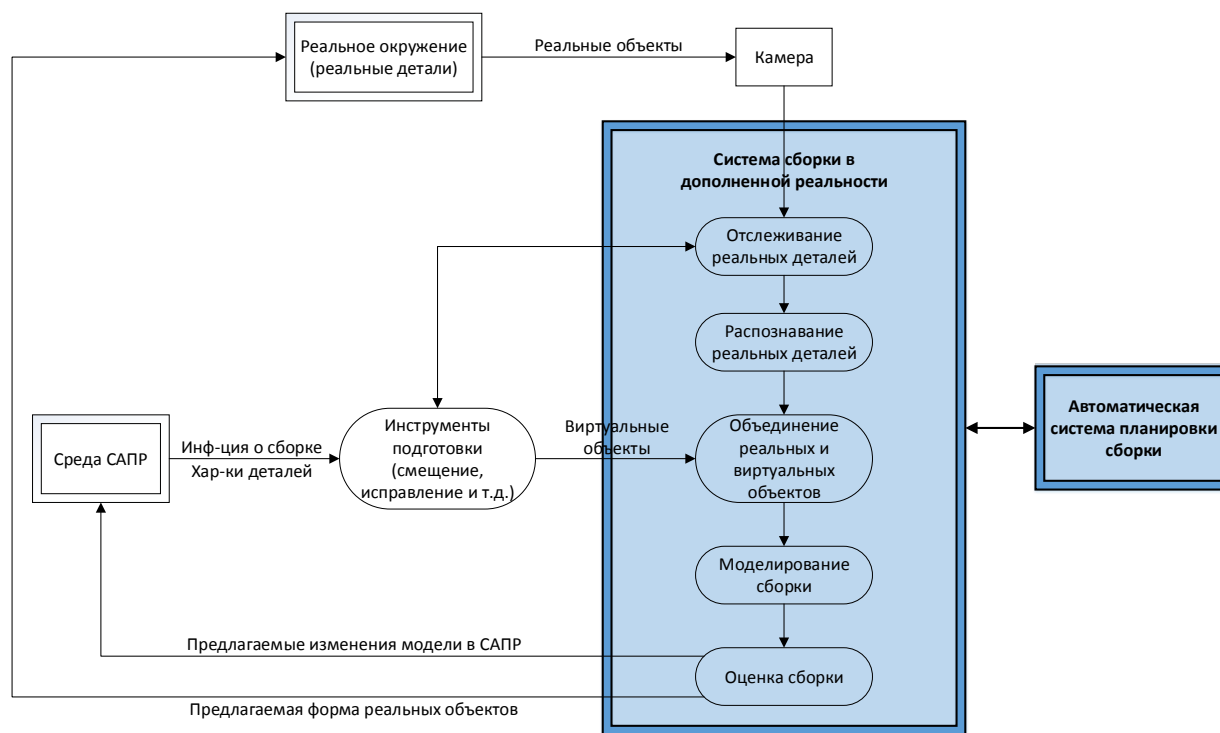


Рис. 1. Архитектура системы сборки в AR

Как показано на рисунке 1, информация о конструкции определяется в системе САПР, а информация о сборке автоматически преобразуется в среду AR с использованием некоторых инструментов подготовки. В среде AR для захвата реальной сцены сборки и реальных прототипов сборки используется камера. Эти реальные компоненты визуализируются с помощью виртуальных компонентов из системы САПР. Оценочная информация из среды сборки в AR может использоваться для планирования последовательности сборки, тренировки сборки, планирования маршрута робота и т. д.

Рассмотрим основные компоненты предлагаемой системы сборки:

А. Модуль дополненной реальности

Для рабочей среды сборки необходим портативный дисплей (англ. Head-Mounted Display HMD). Существующие системы HMD бывают двух видов:

- 1) с выводом виртуальных объектов на прозрачный дисплей;
- 2) с выводом изображения с камеры и виртуальных объектов на непрозрачный дисплей.

Для реализации предлагаемой системы целесообразно выбрать HMD с выводом изображения с камеры и виртуальных объектов на непрозрачный дисплей. Это обуславливается следующими соображениями:

- HMD первого вида предлагает почти мгновенный обзор реального мира, но с задержкой отображения виртуального объекта. Это информационное отставание будет путать информацию о столкновениях объектов в некоторых процессах сборки.

- В HMD второго вида информация о столкновениях объектов может быть легко продемонстрирована, поскольку реальное изображение и виртуальный объект накладываются в видеопоток.

- Хотя HMD первого вида лучше подходит для обеспечения надежности, поскольку он обеспечивает прямой взгляд на реальный мир, даже если питание отключено, мы можем принять некоторые методы для обеспечения бесперебойного питания для HMD второго вида, и тем самым устранить проблему надежности.

Поэтому, HMD с выводом изображения с камеры и виртуальных объектов на непрозрачный дисплей является наиболее подходящим выбором для сборочной системы AR.

Для отслеживания и установки частей конструкции сборочная система AR должна использовать методы компьютерного зрения. На ранней стадии разработки может быть применен метод отслеживания, регистрации и распознавания объектов на основе маркера, поскольку он надежный и простой в эксплуатации. Программа отслеживания и регистрации объектов, основанной на маркере, может быть спроектирована на основе фреймворка ARToolkit [3]. Однако, поскольку метод на основе маркеров имеет свои ограничения, например, ограниченный диапазон отслеживания и пониженную гибкость из-за требований видимости маркеров, на более позднем этапе исследования необходимо разработать безмаркерные методы для создания среды AR.

В. Модуль проектирования сборки

Используя технологии AR, пользователи могут визуализировать реальные и виртуальные прототипы в среде AR. Модули оценки проектирования сборки расширяют базовые функции модуля AR, чтобы моделировать и оценивать осуществимость и простоту сборочных операций с использованием смешанных прототипов и улучшать конструкцию изделия на основе данных проверки. Модуль проектирования сборки включает в себя две основные функции: имитационное моделирование сборок и анализ процесса сборки. На рисунке 2 показана конфигурация этого модуля.

1) Моделирование процесса сборки

Моделирование сборочных операций в среде AR - довольно сложный процесс. Как правило, следующие базовые функции и возможности необходимы для поддержки сборочных операций.

- Выбор и манипулирование виртуальными объектами

Некоторые интерактивные устройства (электронные перчатки и т. д.) предназначены для предоставления интерактивных возможностей для выбора и управления виртуальными объектами в среде сборки в AR [4].

- Привязки в целевую позицию

Эта функция используется для управления сборкой и фиксации детали к месту прикрепления и, таким образом, облегчает процесс сборки в среде AR. Система получает предварительную информацию о целевых позициях деталей и предоставляет привязку в среде AR для помощи управления сборкой. Кроме того, эта функция использует принудительные движения вдоль осей и плоскостей для имитации реалистичных взаимодействий в процессе сборки.

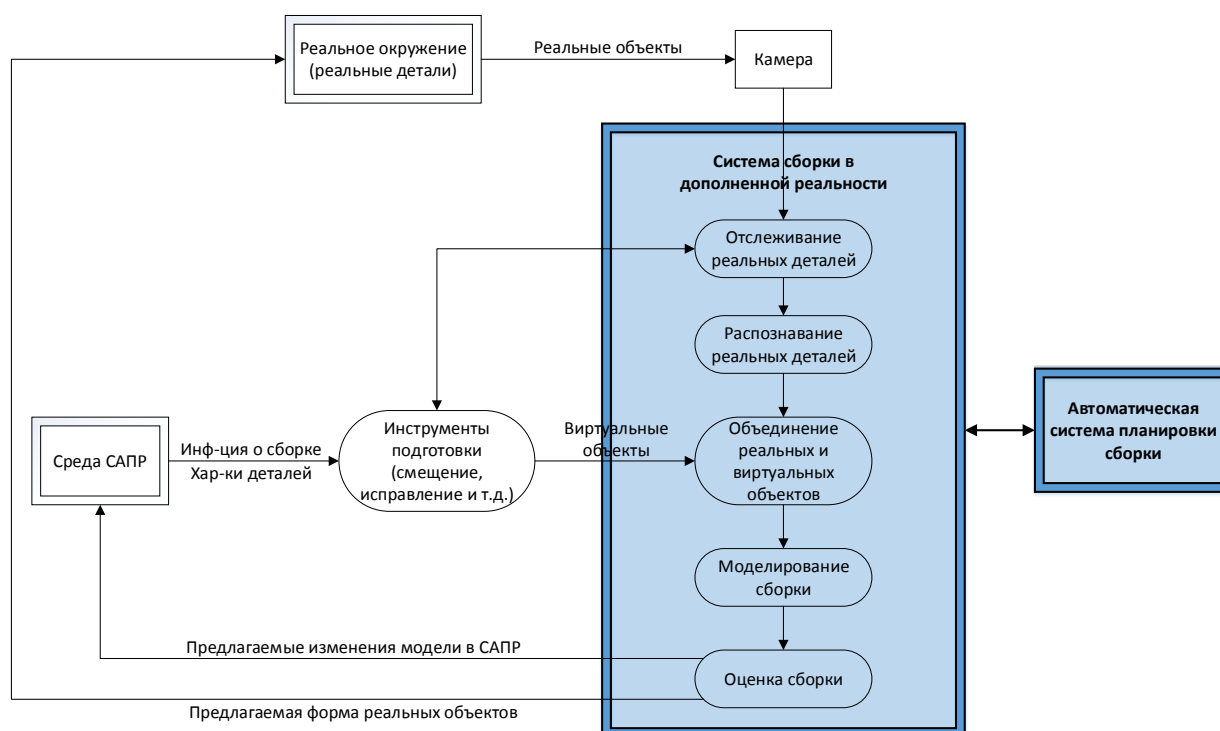


Рис. 2. Модуль проектирования сборки в системе AR

- Механизмы искусственной поддержки

Эта функция включает в себя направляющие метки и виртуальный магнетизм. Направляющие метки показаны на рисунке 3 (а): если детали перемещаются в определенные направляющие метки, они автоматически устанавливаются на предназначенное место. На рисунке 3 (б) показан «виртуальный магнетизм»: он обеспечивает функцию привязки, которая помогает точно выровнять объекты в произвольных местах. Поскольку точное размещение, перемещение и выравнивание трехмерных моделей трудно реализовать в среде AR, «виртуальный магнетизм» обеспечит достаточное выравнивание объектов.

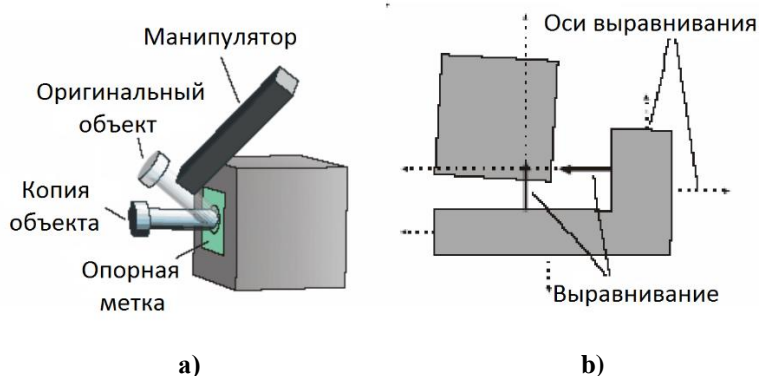


Рис. 3. Механизмы выравнивания:

(а) -направляющая метка; (б) - виртуальный магнетизм

2) Анализ процесса сборки

Используя функции, предоставляемые модулем симуляции процесса сборки, пользователи могут манипулировать смешанными прототипами, чтобы имитировать процесс сборки. Модуль анализа проектирования сборки будет определять информацию о столкновениях в процессе моделирования. Этот модуль также обеспечивает функцию имитации обратной реакции на столкновения (тактильную и силовую обратную связь), чтобы дать пользователям почувствовать, насколько сложна операция сборки. Соответствующая информация по сборке представляется интерактивно в среде AR, чтобы помочь пользователям улучшить дизайн продукта на основе информации о столкновениях. Среда AR позволяет реализовать три типа конфликтов: столкновение между виртуальными объектами, столкновение виртуальных и реальных объектов и столкновение реальных объектов [5].

С. Модуль планирования последовательности сборки

Планирование последовательности сборки сложных продуктов всегда было сложной задачей для инженеров. На многих автоматических системах были попытки автоматизировать последовательность процесса планирования, но формализация знаний планировщиков сборки оказалось очень сложным делом [6]. Однако автоматические системы планирования последовательности способны генерировать набор допустимых последовательностей на основе выбранных ограничений. Некоторые ограничения, такие как геометрические, легко идентифицируются и определяются. Но, ряд ограничений, особенно ограничения гибкости и составных элементов, трудно определить без хорошего реалистического восприятия процесса сборки. Интерфейс AR, смешивающий реальные и виртуальные про-

тотипы, обеспечивает лучшую интуитивную среду для пользователей, позволяя испытать реалистичное чувство сборочной операции и определить ограничения сборки.

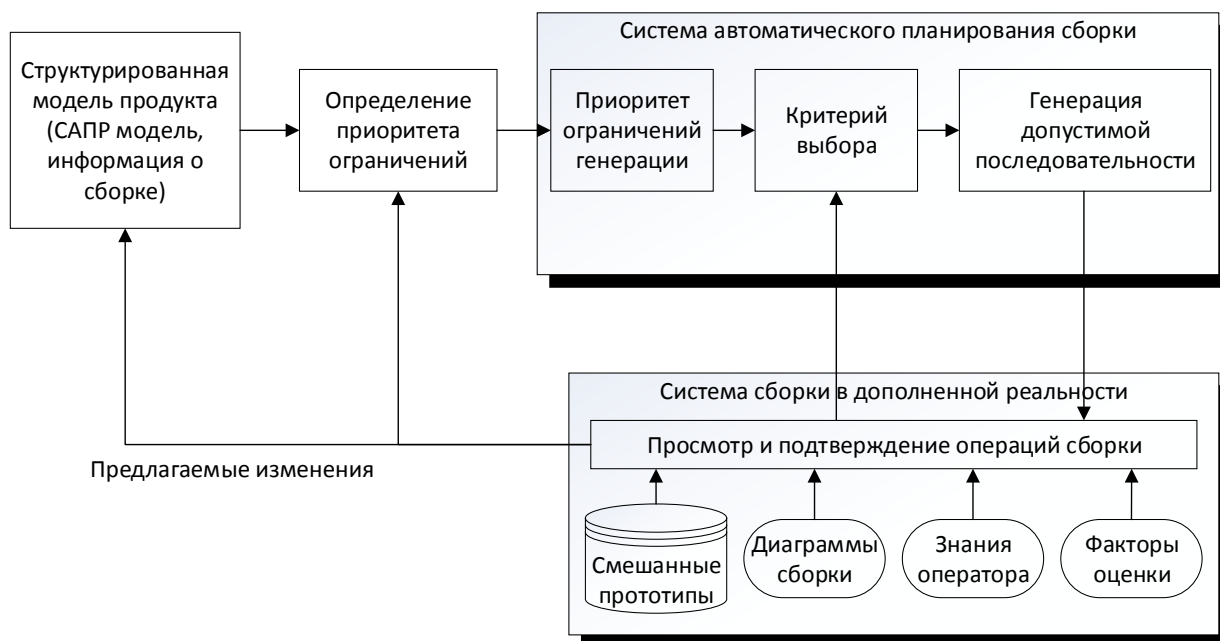


Рис. 4. Планирование последовательностей сборки в системе AR

Среда сборки в AR может быть интегрирована с автоматической системой планирования сборки. Методика, используемая для оптимизации последовательности сборки, показана на рисунке 4. Сначала через среду сборки в AR определяется максимально возможное количество ограничений. Затем эти начальные ограничения импортируются в автоматическую систему планирования сборки для создания допустимых последовательностей. Планировщики могут просматривать и проверять возможные последовательности в среде AR для выявления новых ограничений и решать, есть ли необходимость в изменении критериев оптимизации (например, минимальная стоимость, минимальное количество направлений и т. д.). После этого, пользователи возвращаются в автоматическую систему планирования сборки, чтобы оценить изменения и выявить новые ограничения. Этот процесс повторяется планировщиками до тех пор, пока не найдена подходящая последовательность.

Взаимосвязь между реальными и виртуальными компонентами

В концепции смешанного прототипирования очень важно уточнить некоторые важные вопросы:

1. Какие детали должны быть реальными прототипами? Какие должны быть виртуальными?
2. Какие манипуляции виртуальными деталями выполнимы и необходимы и т.д.?

Ответы на эти вопросы очень зависят от контекста, однако в основном можно принять решение на базе следующих аспектов.

- **Стратегия прототипирования.** Чтобы получить масштабное применение компонентов в индивидуальных продуктах, стандартные компоненты продукции должны стать очень популярными в промышленности. В концепции смешанного прототипирования эти стандартные детали должны быть реальными компонентами, поскольку их легко найти в наличии. Для некоторых фиксированных конструкций, которые не требуют большого изменения, предпочтительно использовать реальные компоненты с помощью обычных технологий RP. Для заказных деталей, которые необходимо многократно оценивать и пересматривать, лучше использовать виртуальные прототипы, поскольку виртуальные прототипы являются гибкими для модификации [7].

- **Операции сборки.** Во время сборки некоторые очевидные соображения помогли бы в процессе принятия решений. Например, было бы невозможно соединить два реальных компонента с помощью виртуального компонента, чтобы получить реалистичную обратную связь. Кроме того, нельзя присоединить реальный компонент к виртуальному. Также, использование самого большого компонента сборки как виртуальной части не было бы хорошим решением, если бы к нему были подключены несколько других реальных и виртуальных частей. Следовательно, части конструкции, такие как базовая часть, к которым присоединяются несколько компонентов, должны быть реальными.

- **Свойства компонентов.** Определенное рабочее пространство и детали сборки (пружина, гибкий кабель и т. д.) не могут быть полностью определены и симулированы. Для этих компонентов следует использовать реальные компоненты.

- **Стоимость прототипа.** Если стоимость прототипов некоторых компонентов очень высока, необходимо попытаться использовать виртуальные прототипы, даже если их конструкция уже установлена.

- **Сенсорная обратная связь.** Обычно пользователи могут получать более реалистичную обратную связь на основе реальных компонентов по сравнению с виртуальными компонентами. Для некоторых деталей сборки, если сенсорная обратная связь очень важна для принятия решения, лучше использовать реальные компоненты.

В конкретных случаях трудно получить очевидное оптимальное решение всех этих аспектов. Проектировщики должны тщательно проанализировать эти аспекты с точки зрения конкретного приложения и требований, чтобы определить правильную стратегию оценки сборки на основе смешанного прототипирования.

Заключение

В этой статье авторы постарались проанализировать потенциал создания системы сборки в AR для проектирования и оценки сборки на основе концепции смешанных прототипов, которая может сочетать преимущества RP и VP. Создание системы сборки в AR чрезвычайно сложно и требует рассмотрения многих междисциплинарных вопросов технологий AR, сборки и производственных знаний. Авторы предлагают и анализируют архитектуру сборки в AR, которая поддерживает проектирование и оценку сборки в среде AR, а также подробно рассматривают важные вопросы настройки системы.

В настоящее время ограничения исследования в сборке AR определяются методами представления учебной информации для управления процессом сборки (эксплуатации, планирования и т. д.) и методами простого наложения виртуальной формы на реальную платформу для эстетической оценки или проверки пространства.

Авторы считают, что физическое взаимодействие между реальными и виртуальными объектами в среде сборки в AR, которое включает обнаружение столкновения и реакцию, имеет важное значение для всесторонней оценки сборки. Обнаружение столкновений является основой для оценки выполнимости сборки, а информация о реакции на столкновение очень важна для оценки «облегчения» сборки. До сих пор представленные исследования по этим проблемам были ограниченными, а методы далеки от зрелости. Если эффективное и надежное решение этих проблем не может быть найдено, системы сборки в AR может быть использована только для простой оценки сборки. Кроме того, важно понимать, что большинство взаимодействий в среде AR в настоящее время являются односторонними, то есть реальные объекты могут влиять на виртуальные объекты, но виртуальные объекты обычно не могут влиять на реальные. Следовательно, вначале изучается только реакция реального прототипа на виртуальный прототип. Обратная реакция с VR на RP интересна и значима для будущих AR-приложений.

Список литературы

- [1]. Delcambre A., CAD Method for Industrial Assembly: Wiley Publisher, 1996.
- [2]. Ronald T. Azuma A Survey of Augmented Reality // In Presence: Teleoperators and Virtual Environments. – 1997. – No 4. – P. 355–385.
- [3]. ARToolKit documentation. Режим доступа: <https://archive.artoolkit.org/documentation/> (Дата обращения: 30.08.2017)
- [4]. Gesture-based interaction via finger tracking for mobile augmented reality Wolfgang Hürst *Multimed Tools*(2013) 62:233–258
- [5]. Калитин Д. В. Использование технологии дополненной реальности в САПР. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2011, №11, с. 345-350
- [6]. Белоножко П. П., Белоус В. В., Куцевич Н. А., Храмов Д. А. Свободные облачные аппаратно-программные платформы. Аналитический обзор. // Интернет-журнал «Науковедение», 2016, Т. 8, №6, с. 61
- [7]. Наумова Е.Е., Фокин А.А. Проблемы дополненной реальности в мобильных приложениях. // Молодежный научно-технический вестник, 2014, №2, с.7