

УДК 004.946

Перспективы применения цилиндрических маркеров для привязки моделей дополненной реальности в медицине

Зеленов Роман Евгеньевич^(*) romazelenov@yandex.ru

Шишова Мария Владимировна mshishova@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Маркеры дополненной реальности применяются для отслеживания положения реальных объектов и привязки к ним виртуальных 3D-моделей. Часто используемые плоские маркеры широко используются при интеграции технологий дополненной реальности в медицину. Однако их главным недостатком является затрудненное или невозможное считывание при большом угле поворота инструмента с маркером или при закреплении маркера на неровной поверхности. Предложена методика создания цилиндрического маркера и рассмотрены перспективы его применения.

Ключевые слова: дополненная реальность, маркер, цилиндрический маркер, трекинг, AR

Perspectives on the application of cylindrical markers for binding augmented reality models in medicine

Zelenov Roman Evgenivich^(*) romazelenov@yandex.ru

Shishova Maria Vladimirovna m.shishova@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. Augmented reality markers are used to track the position of real-world objects and snap virtual 3D-models to them. Commonly used planar markers are widely used in the integration of augmented reality technologies in medicine. However, their main disadvantage is that they are difficult or impossible to read when the angle of rotation of the tool with the marker is large or when the marker is fixed on an uneven surface. In this paper we propose a method of creating a cylindrical marker and consider the prospects of its application.

Keywords: augmented reality, marker, cylindrical marker, tracking, AR

Введение. Маркеры в системах дополненной реальности (AR, augmented reality) в медицине играют ключевую роль, так как они обеспечивают точную привязку виртуальных объектов к реальной среде. Для клинических процедур требуется обеспечивать точность не менее 2 мм [1]. Например, в работе [2] исследовали точность регистрации с помощью различных методов, как показано на рис. 1.

Наилучший результат — точность 2 мм на расстоянии 46,1 см от маркера. Однако на расстоянии 54,1 см от маркера точность падает до 1,3 см. Другое

исследование показало точность 2,3 мм с максимальной ошибкой 3,5 мм [3]. Это особенно важно в медицинских приложениях, где требуется высокая точность и надежность. Основные типы маркеров — плоские и цилиндрические. В современных AR-комплексах на хирургический инструмент зачастую устанавливают плоские маркеры [4]. Однако, ввиду того что медицинские инструменты часто имеют форму цилиндров или вытянутых ручек, при их вращении ухудшается точность позиционирования или распознавание вовсе прекращается. Для упрощения задачи отслеживания хирургического инструмента предлагается использование маркера в форме цилиндра [5].

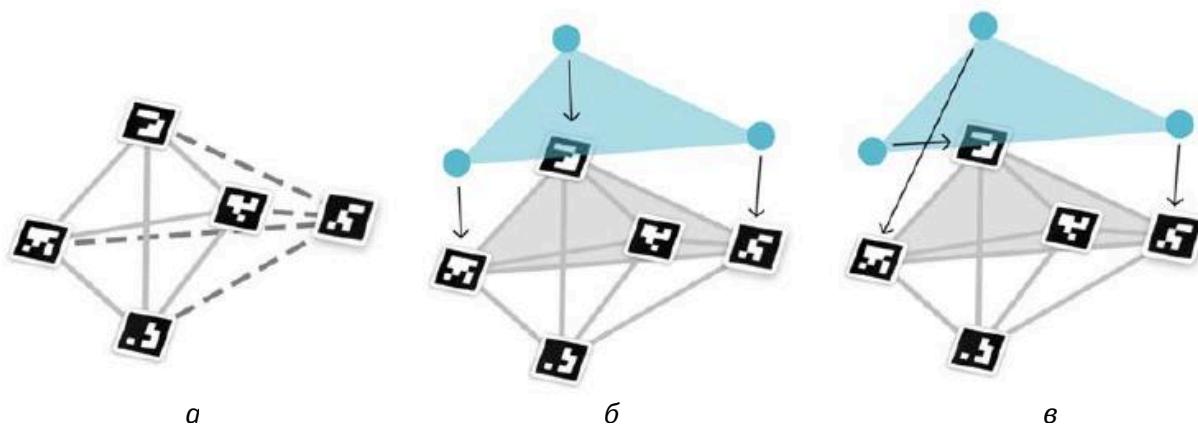


Рис. 1. Методы исследования точности маркерной привязки:

а — при появлении нового маркера проводится запись новых треугольников, которые содержат этот маркер;
 б — поиск обнаруженного треугольника, который наиболее похож на треугольник на КТ-скане, и выравнивание;
 в — если в результате регистрации получается неправильная нормаль, замена местами одной пары точек соответствия

Материалы и методы. Для создания цилиндрического маркера использованы четыре программных продукта. Autodesk Inventor — это программное обеспечение для 3D-проектирования, моделирования и создания чертежей. Однако допускается использование и других аналогичных САПР, например Blender, Autodesk 3Ds Max и прочих, поддерживающих текстурирование. Vuforia Model Target Generator — это программное обеспечение, предназначенное для создания трекеров (Model Targets) на основе 3D-моделей объектов. Эти трекары используются в Vuforia для их распознавания и отслеживания в дополненной реальности. Для совмещения трекара с требуемой 3D-моделью используется среда разработки Unity. Благодаря встроенным инструментам и интеграции с AR-платформами, такими как Vuforia, ARKit, ARCore и Microsoft HoloLens, Unity позволяет разрабатывать интерактивные AR-приложения с поддержкой 2D и 3D-графики, трекинга объектов, пространственного восприятия и интерактивного взаимодействия с реальным миром. Для компиляции и загрузки на устройство решения используется интегрированная среда разработки (IDE) Microsoft Visual Studio.

Результаты. В медицине и хирургии цилиндрический AR-маркер удобно использовать для размещения на изогнутых поверхностях, таких как конечности или инструменты, где требуется всестороннее отслеживание под разными

углами. Его форма обеспечивает стабильный трекинг при вращении или движении, минимизируя потерю видимости камерой. Для создания цилиндрического маркера предлагается методика, состоящая из четырех основных этапов.

На первом этапе создания цилиндрического маркера создается текстурированный цилиндр в САПР для твердотельного моделирования, например Autodesk Inventor.

На втором этапе текстурированный цилиндр загружается в PTC Model target generator, и программа формирует из него AR-трекер.

На третьем этапе в среде разработки Unity с подключенным расширением Vuforia Engine к полученному ранее трекеру закрепляется виртуальная модель хирургического инструмента. Цилиндрический трекер, визуализированный в Unity, показан на рис. 2.

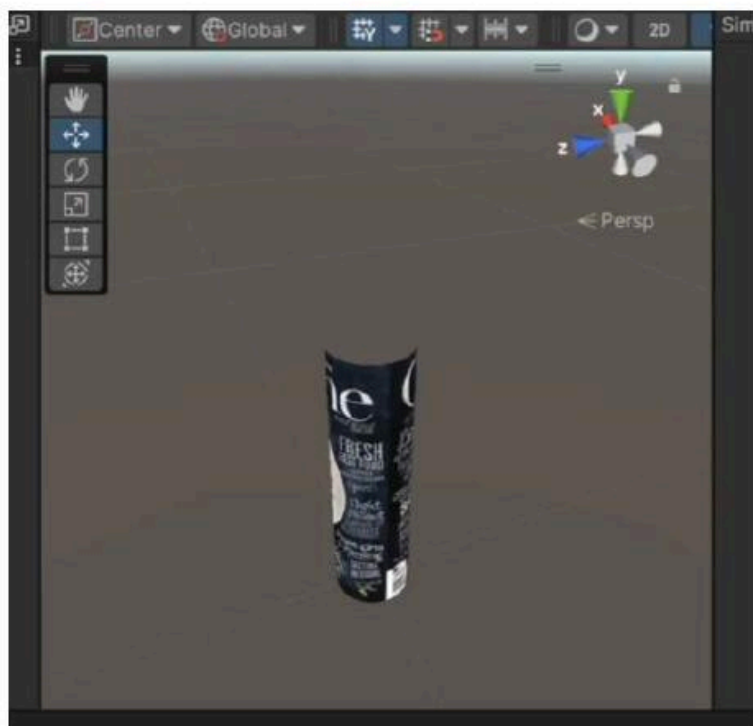


Рис. 2. Цилиндрический трекер в Unity

К критериям создания маркера для AR можно отнести детальность, отсутствие периодического рисунка, матовость, жесткость, отсутствие дублирования символов, превалирование высоких частот в рисунке.

На четвертом этапе полученное решение с помощью Microsoft Visual Studio выгружается на AR-устройство, например на очки дополненной реальности Microsoft HoloLens 2. В зависимости от AR — устройства среда Microsoft Visual Studio адаптируется в соответствии с рекомендациями производителя.

Обсуждение полученных результатов. Перспективным вариантом развития цилиндрического маркера является закодированный цилиндрический маркер [6]. Он отличается тем, что содержит закодированную информацию для распознавания и трекинга на поверхности цилиндра, как показано на рис. 3.



Рис. 3. Фото тестового маркера

Кодированная информация на маркере облегчает его идентификацию даже при изменении перспективы или частичном закрытии маркера, ведь каждому угловому положению трекера соответствует определенный набор считываемых символов. Кроме того, код внутри маркера может нести данные, которые AR-система интерпретирует и использует, например, для отображения связанных объектов или текстовой информации. Кодированный цилиндрический маркер упрощает трекинг конусных объектов.

Заключение. В работе предложен метод создания цилиндрического маркера, описаны перспективы использования цилиндрических маркеров и их основные преимущества перед плоскими AR- маркерами.

Список источников

- [1] Wang A. Surgical navigation for traumatic interventions using augmented reality with infrared marker tracking: a proof of concept. Enschede, University of Twente, 2023, 41 p.
- [2] Cao A. et al. Image-based marker tracking and registration for intraoperative 3D image-guided interventions using augmented reality. Medical Imaging 2020: Imaging Informatics for Healthcare, Research, and Applications. SPIE, Houston, Texas, United States, 2020, vol. 11318, art. no. 1131802. <https://doi.org/10.1117/12.2550415>
- [3] Meulstee J.W. et al. Toward holographic-guided surgery. Surgical innovation, 2019, vol. 26, no. 1, pp. 86–94.
- [4] Hasegawa M., Naito Y., Tone S. et al. Accuracy of augmented reality with computed tomography-based navigation in total hip arthroplasty. J. Orthop Surg Res, 2023, vol. 18, pp. 662–670.
- [5] Nagayo Y., Saito T., Oyama H. A Novel Suture Training System for Open Surgery Replicating Procedures Performed by Experts Using Augmented Reality. Journal of Medical Systems, 2021, vol. 45, no. 60, pp. 300–305.
- [6] Cartucho J., Wang C., Huang B., Elson D. S., Darzi A., Giannarou S. An enhanced marker pattern that achieves improved accuracy in surgical tool tracking. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization, 2022, vol. 10, no. 4, pp. 400–408.